

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ  
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ & ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ, ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ  
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ  
ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ Ν. ΑΝΤΩΝΑΚΟΣ**

ΑΘΗΝΑ 2010

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΚΟΠΟΣ</b> .....	3
<b>2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ</b> .....	5
<b>2.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ</b> .....	5
2.1.1 Σύσταση Ελαστικών .....	5
2.1.2 Παραγωγή Ελαστικών .....	7
2.1.3 Μέθοδοι Διαχείρισης Μεταχειρισμένων Ελαστικών.....	8
2.1.4 Ελαστικά και Περιβάλλον .....	11
2.1.5 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	13
2.1.6 Νομοθετικό Πλαίσιο .....	14
<b>2.2 ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ</b> .....	16
2.2.1 Το νερό ως Φυσικός Πόρος .....	16
2.2.2 Αγροτική παραγωγή και νερό .....	17
2.2.3 Ορθολογική διαχείριση νερού .....	19
<b>2.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ</b> .....	20
2.3.1 Γενικά Στοιχεία .....	20
2.3.2 Κλίμα, Έδαφος, Σπορά .....	21
2.3.3 Άρδευση Βαμβακιού.....	22
2.3.3.1 Ανάγκες σε Νερό .....	22
2.3.3.2 Χρόνος εφαρμογής του αρδευτικού νερού .....	23
Σπορά - φύτευμα .....	25
Ανάπτυξη - ωρίμανση.....	25
2.3.3.3 Τρόποι Άρδευσης .....	27
2.3.4 Η Βαμβακοκαλλιέργεια στην Ελλάδα .....	29
<b>3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b> .....	31
3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	31
3.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ.....	33
3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	35
3.4 ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	39
Κλιματική κατάταξη κατά De Martonne .....	46
Κλιματική κατάταξη κατά Köppen.....	46
Καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας.....	49
Καθεστώς εδαφικής υγρασίας.....	49
3.5 ΕΔΑΦΗ.....	50
<b>4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ -ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	53
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ.....	53
4.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ .....	62

✧ Μηχανική Ανάλυση .....	64
✧ pH.....	64
✧ Οργανική Ουσία.....	64
✧ Ισοδύναμο Ανθρακικό Ασβέστιο .....	64
✧ Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) .....	64
✧ Ανταλλάξιμα Κατιόντα .....	64
✧ Ολικό άζωτο .....	65
✧ Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	65
✧ Αφομοιώσιμος Φώσφορος .....	65
✧ Αφομοιώσιμες Μορφές Βαρέων μετάλλων .....	65
<b>4.3 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ – ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>66</b>
<b>4.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....</b>	<b>67</b>
<b>4.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ .....</b>	<b>68</b>
<b>5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>70</b>
<b>5.1 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....</b>	<b>70</b>
5.1.1 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ .....	70
5.1.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ.....	72
5.1.3 ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ .....	78
5.1.4 ΕΔΑΦΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ.....	84
5.1.5 ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ.....	89
5.1.6 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ .....	94
5.1.7 ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ .....	99
5.1.8 ΑΦΟΜΟΙΩΣΙΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ .....	104
5.1.9 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Na.....	110
5.1.10 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ K.....	115
5.1.11 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Mg.....	119
5.1.12 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Ca.....	124
5.1.13 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Cu .....	129
5.1.14 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Pb.....	134
5.1.15 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Fe.....	140
5.1.16 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Zn.....	145
<b>5.2 ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....</b>	<b>153</b>
<b>5.3 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ – ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>161</b>
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>164</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>168</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>178</b>

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΚΟΠΟΣ

---

Η διαχείριση των ελαστικών των αυτοκινήτων αποτελεί εδώ και αρκετά χρόνια ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα στη χώρα μας. Η προβληματικότητα τους έγκειται τόσο στο μεγάλο όγκο τους – εξαιτίας του διαρκώς αυξανόμενου στόλου οχημάτων - όσο και στις επιπτώσεις τους στη δημόσια υγεία κάτω από ειδικές συνθήκες (π.χ. στις περιπτώσεις ανεξέλεγκτης καύσης τους και στις εστίες μόλυνσης από έντομα με τη συγκράτηση υγρασίας).

Η επαναχρησιμοποίηση και η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων ελαστικών των αυτοκινήτων αποτελεί μια εναλλακτική λύση διαχείρισης αυτών των αποβλήτων με σεβασμό στο περιβάλλον. Η συνολική ποσότητα των ελαστικών αυτοκινήτου που αυτή τη στιγμή ανακυκλώνεται σε δεδομένο έτος, χωρίς να περιλαμβάνεται αναγόμευση ή καύση, είναι σημαντικά λιγότερη του ετήσιου ρυθμού παραγωγής τους. Η πλειοψηφία των αγορών για προϊόντα ανακυκλωμένων ελαστικών αυτοκινήτου μπορεί να επεκταθεί, αλλά ακόμα και εάν αυτές οι αγορές φτάσουν στην πλήρη εκμετάλλευσή τους, ο αριθμός των ελαστικών αυτοκινήτου που διατίθενται κάθε χρόνο θα συνεχίζει να υπερβαίνει κατά πολύ τη ζήτηση για χρησιμοποιημένα ελαστικά αυτοκινήτου. Σύμφωνα με τα παραπάνω υπάρχει πλέον επιτακτική ανάγκη έρευνας καινοτόμων χρήσεων των ελαστικών που θα εξασφαλίζουν τη διάθεσή τους με περιβαλλοντική ασφάλεια.

Τα τελευταία χρόνια η χρήση των ελαστικών σε γεωτεχνικές ή πεδολογικές εφαρμογές φαίνεται να αποκτά ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον, εξαιτίας των μοναδικών μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των ελαστικών. Τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα διεθνώς θεωρούνται ελάχιστα και δεν περιλαμβάνουν τις περισσότερες φορές τη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ερευνητικές εργασίες που αφορούν στην επίδραση των ελαστικών στο περιβάλλον αναφέρονται κατά κύριο λόγο στην ποιότητα της ατμόσφαιρας και των υδάτινων πόρων, χωρίς να υπάρχουν δεδομένα για την ποιότητα των εδαφικών πόρων.

Ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η μη αρνητική επίδραση των ελαστικών στην ποιότητα των υπόγειων υδάτων. Σύμφωνα με τους Humphrey και Katz (2001) δεν παρατηρήθηκε δυσμενής επίπτωση στην ποιότητα των υπόγειων νερών από την τοποθέτηση στρώσης τεμαχιδίων ελαστικών ακριβώς πάνω από τον

υπόγειο υδροφόρο. Αν και οι συγκεντρώσεις των μετάλλων αυξήθηκαν μέσα στις τάφρους με τα τεμαχίδια των ελαστικών, στη συνέχεια μειώθηκαν στα επίπεδα αναφοράς (background level) ακριβώς 0.6 μέτρα κάτω από την κλίση των τάφρων. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζουν οι Edil και Bosscher (1992), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι σύμφωνα με εργαστηριακές μελέτες τα τεμαχισμένα ελαστικά των αυτοκινήτων δεν έχουν καμία σημαντική δυσμενή επίπτωση στην ποιότητα του νερού.

Αν και υπάρχουν κάποιες έρευνες για τη θετική επίδραση της χρήσης των τεμαχισμένων ελαστικών στις φυσικές και υδραυλικές ιδιότητες των εδαφών, δεν υπάρχει σχεδόν καμία αναφορά στην επίδραση τεμαχισμένων ελαστικών στην ποιότητα των εδαφικών πόρων.

Με βάση τα παραπάνω, κύριος στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης βουλκανισμένων τεμαχισμένων ελαστικών επισώτρων σε γεωργικές καλλιέργειες (καλλιέργεια ξηρικού βαμβακιού), ως μέσου συγκράτησης της υγρασίας των εδαφών και οι τυχόν περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο έδαφος.

## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ

### 2.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ

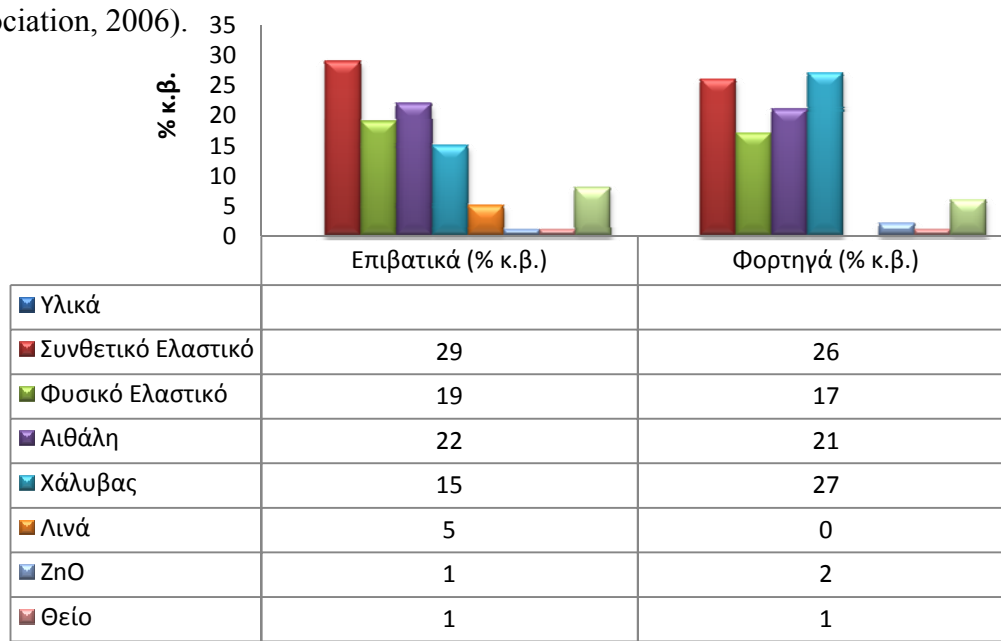
#### 2.1.1 Σύσταση Ελαστικών

Τα ελαστικά κατασκευάζονται από διάφορα υλικά ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται. Σχεδιάζονται για μεγάλη ποικιλία οχημάτων, για πολύ διαφορετικές επιφάνειες και καιρικές συνθήκες. Για παράδειγμα, τα ελαστικά ενός συνηθισμένου επιβατηγού αυτοκινήτου κατασκευάζονται από φυσικό και συνθετικό καουτσούκ, ενώ τα ελαστικά των φορτηγών έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ατσάλι προκειμένου να είναι πιο ανθεκτικά. Όμως, παρ' όλες τις διαφορές τους, ο βασικός σχεδιασμός παραμένει ίδιος.

Το κύριο συστατικό του ελαστικού είναι το συνθετικό καουτσούκ, όμως ανάλογα με την κατηγορία, τη μάρκα και τον τύπο του η σύνθεση μπορεί να διαφέρει.

Η κατασκευή ελαστικών ξεκινά με τη χρήση πολλών υλικών: χημικά, περίπου 30 διαφορετικά είδη λάστιχου, ίνες σύρματος, συνθετικές ίνες κ.ά. Η διαδικασία ξεκινά με την ανάμιξη των βασικών γομών με ειδικά έλαια, άνθρακα, αντιοξειδωτικά, επιταχυντικούς καταλύτες και άλλα πρόσθετα που το καθένα προσδίδει συγκεκριμένες ιδιότητες στο προϊόν. Χρησιμοποιείται επίσης επίστρωση από χάλυβα προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή τους στο σημείο όπου ενώνονται με τις ζάντες. Ένα ελαστικό επιβατικού αυτοκινήτου 9 κιλών περιέχει περίπου ένα κιλό σίδηρο. Περιέχουν επίσης και άλλα συστατικά, όπως λινά, οξείδιο του ψευδαργύρου, θείο και διάφορες άλλες οργανικές ενώσεις (Πίνακας 1 & 2).

**Πίνακας 1.** Μέση σύσταση ελαστικών αυτοκινήτων (Πηγή: European Tyre Recycling Association, 2006).



**Πίνακας 2.** Στοιχειακή ανάλυση ελαστικών επίσωτρων (Πηγή: MWH, 2004).

Στοιχεία	% κ.β.
Υγρασία	0,45
Ανθρακας (C)	89,48
Υδρογόνο (H)	7,61
Άζωτο (N)	0,27
Θείο (S)	1,88
Οξυγόνο (O)	< 0,01
Χλώριο (Cl)	0,07
Στάχτη	3,9

Τα ελαστικά αποτελούνται από το σκελετό, τη ζώνη, τα πλευρικά τοιχώματα και το πέλμα. Ο σκελετός, τα γνωστά λινά, είναι κατασκευασμένος από ίνες χάλυβα ή συνθετικών υλικών που καταλήγουν στην στεφάνη. Στα σύγχρονα ελαστικά οι ίνες είναι τοποθετημένες κάθετα στη φορά κύλισης και αυτός ο τύπος ελαστικού ονομάζεται ακτινικός ή radial. Η ζώνη είναι και αυτή κατασκευασμένη από ίνες χάλυβα ή συνθετικά υλικά σε στρώματα αλλά είναι τοποθετημένα υπό γωνία σε σχέση με την κύλιση των ελαστικών. Σκοπός της είναι να συγκρατεί το σκελετό και να περιορίζει την παραμόρφωσή του. Ο σκελετός και η ζώνη περιβάλλονται από μείγματα καουτσούκ και συνθετικό πυρίτιο προκειμένου τα πλαϊνά και το πέλμα να πάρουν την εξωτερική μορφή του ελαστικού (Σχήμα 1).



**Σχήμα 1.** Τομή ελαστικού αυτοκινήτου (όπου 1&2 ίνες χάλυβα και συνθετικά υλικά, 3 στεφάνη, 5 πέλμα, 6 πλευρικά τοιχώματα, 4&7 ζώνη λινών) (Πηγή: [www.Auto-Internet.gr](http://www.Auto-Internet.gr)).

## 2.1.2 Παραγωγή Ελαστικών

Παγκοσμίως, σήμερα παράγονται περισσότερα από 900 εκατομμύρια ελαστικά το χρόνο. Οι εταιρείες παραγωγής ελαστικών ξεπερνούν τις 130. Οι κυριότεροι τύποι ελαστικών που παράγονται είναι τα ελαστικά αυτοκινήτων, φορτηγών, αεροσκαφών, αγροτικών και βιομηχανικών οχημάτων και τα ελαστικά μοτοσικλετών, μοτοποδηλάτων και ποδηλάτων.

Ο μέσος χρόνος ζωής των ελαστικών έχει αυξηθεί σημαντικά. Τα τελευταία 35 χρόνια έχει σχεδόν διπλασιαστεί. Έτσι, ενώ το 1903 ένα ελαστικό μπορούσε να διανύσει 500 μίλια, το 1973 μπορούσε να διανύσει 24.000 μίλια και το 2000 περίπου 43.000 μίλια. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αλλαγή της δομής του επισώτρου και της βελτίωσης της χημικής σύστασης των υλικών από τα οποία κατασκευάζονται.

Έχει βρεθεί ότι τα ελαστικά ξεκινούν να φθείρονται μετά τα 40.000 km ενώ κατά τη διάρκεια χρήσης τους, περίπου το 30 % του ελαστικού αποδομείται και απελευθερώνεται στο περιβάλλον.

Σύμφωνα με την ETRA (Ευρωπαϊκή Ένωση για την Ανακύκλωση Ελαστικών), παγκοσμίως περίπου 1 δισεκατομμύριο ελαστικά φθάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Από αυτά τα 250.000.000 τεμάχια προέρχονται από τις χώρες της Ε.Ε. και τα 270.000.000 από τις ΗΠΑ.

Η αύξηση της αντοχής και του χρόνου ζωής των ελαστικών δεν συνεπάγεται απαραίτητα και τη μείωση της ποσότητας των απορριπτόμενων παλαιών ελαστικών, αφού ο αριθμός των αυτοκινήτων αυξάνεται συνεχώς. Στη περίπτωση των ελαστικών δεν μπορούμε να μιλάμε για μείωση της χρήσης, όπως μιλάμε για άλλα προϊόντα, προκειμένου να αποφύγουμε την αύξηση της ποσότητας των αποβλήτων.

Όμως, είναι εφικτή η μείωση της ποσότητας των ελαστικών που αποσύρονται, κυρίως μέσω της αύξησης του χρόνου ζωής τους με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών αλλά και της σωστής φροντίδας των ελαστικών από τους οδηγούς.



### 2.1.3 Μέθοδοι Διαχείρισης Μεταχειρισμένων Ελαστικών

Η επαναχρησιμοποίηση και η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων ελαστικών των αυτοκινήτων αποτελεί μια εναλλακτική λύση διαχείρισης αυτών των αποβλήτων με σεβασμό στο περιβάλλον.

Τα μεταχειρισμένα ελαστικά ανήκουν στα προβληματικά απορρίμματα διότι καταλαμβάνουν μεγάλο ειδικό όγκο και έχουν πολύ ανθεκτική δομή κατασκευής τόσο φυσικά όσο και χημικά με συνέπεια να δυσχεραίνεται πολύ οποιαδήποτε διαδικασία τεμαχισμού - κονιορτοποίησης και ανακύκλωσής τους.

Τα χρησιμοποιημένα ελαστικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους, χωρίς να υποστούν κάποια επεξεργασία. Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χώρους αναψυχής (πίστες αγώνων ταχύτητας μικρών αυτοκινήτων, παιδικές χαρές κ.α.) ή σε προβλήτες λιμανιών ως προστατευτικά για πλοιάρια. Η επαναχρησιμοποίηση των ελαστικών όμως, θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και μόνον εφόσον έχει διαπιστωθεί ότι με τη διαδικασία αυτή δεν απελευθερώνονται βλαβερές ουσίες στο περιβάλλον.

Στα κράτη μέλη της Ε.Ε., πέντε είναι οι κυριότερες μέθοδοι διαχείρισης των παλαιών ελαστικών:

- **Μεταπώληση:** Εξαγωγή των ελαφρώς φθαρμένων ελαστικών σε πιο πτωχές χώρες. Η πρακτική αυτή αναμένεται να περιορισθεί στο μέλλον, όμως η εξαγωγή περιβλημάτων ελαστικών προκειμένου να αναγομωθούν συνεχίζεται.
- **Αναγόμωση:** Τα αναγομωμένα ελαστικά πληρούν τις ίδιες προδιαγραφές με τα καινούρια.
- **Ανακύκλωση:** Η κυριότερη μέθοδος ανακύκλωσης ελαστικών είναι η παραγωγή τρίμματος. Οι επιλογές διάθεσης των ελαστικών επηρεάζονται σημαντικά από το μέγεθος των τεμαχιδίων των ελαστικών. Οι βασικές μέθοδοι τεμαχισμού παλαιού ελαστικού είναι μέσω μηχανικής ή κρυογεννούς κοκκοποίησης. Η μηχανική ή «περιβάλλοντος» επεξεργασία των ελαστικών ονομάζεται έτσι διότι πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος – ή κοντά σε αυτές – σε αντίθεση με τη κρυογονική όπου η επεξεργασία πραγματοποιείται σε συνθήκες ψύξης (-80 °C έως 120 °C). Η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας εξαρτάται από τα επιθυμητά προϊόντα και τις τιμές πώλησης αυτών. Στους Πίνακες 3 και 4 που ακολουθούν απεικονίζονται τα προϊόντα που παράγονται κατά την επεξεργασία των ελαστικών και οι πιθανές χρήσεις αυτών. Στη μηχανική κοκκοποίηση μια σειρά τεμαχιστών (shredder) κόβουν το λάστιχο σε μικρά και μικρότερα κομμάτια, και ακολούθως ο

κοκκοποιητής (granulator) μειώνει περισσότερο την τάξη μεγέθους των προϊόντων. Στην έξοδο του κοκκοποιητή τοποθετούνται μαγνητικοί διαχωριστές και κόσκινα για την απομάκρυνση του ατσαλιού και των λοιπών μετάλλων του ελαστικού αλλά και του λινού. Τα μέταλλα πωλούνται στη Χαλυβουργική και το λινό στην ασβεστοποιία αντικαθιστώντας το πετρέλαιο καύσης (Κανακόπουλος 2005).

**Πίνακας 3.** Χρήσεις των τελικών προϊόντων της ανακύκλωσης των ελαστικών (Πηγή: ΕΕΣΔΑ, 2005)

Στάδιο επεξεργασίας	Χρήσεις - Λιάθηση υλικών
<b>Προ-τεμαχισμός (Pre-shredding)</b>	Καύση, υλικά κατασκευών, τεχνητές επιφάνειες, σταθεροποιητές, ηχομονώσεις, διάθεση σε ΧΥΤΑ
<b>Τεμαχισμός (Shredding)</b>	Αποχετεύσεις, μονώσεις, υλικά για πλήρωση κενών
<b>Μηχανική κοκκοποίηση/άλεση (Granulators/Cutting mills)</b>	Αθλητικές εγκαταστάσεις και δάπεδα, στρώματα, τροχοί, πλακάκια, παγκάκια, υλικά για στέγες, ασφαλτοστρώσεις, υλικά οδοπροστασίας.
<b>Κρυογενής κοκκοποίηση</b>	Σόλες παπουτσιών, αθλητικός εξοπλισμός, επικάλυψη καλωδίων, μέρη αυτοκινήτου, επιστρώσεις, πλακάκια, αντιολισθητικά, δάπεδα παιδότοπων, οδοσήματα κλπ.

**Πίνακας 4.** Βαθμός επεξεργασίας των ελαστικών (Πηγή: ΕΕΣΔΑ, 2005)

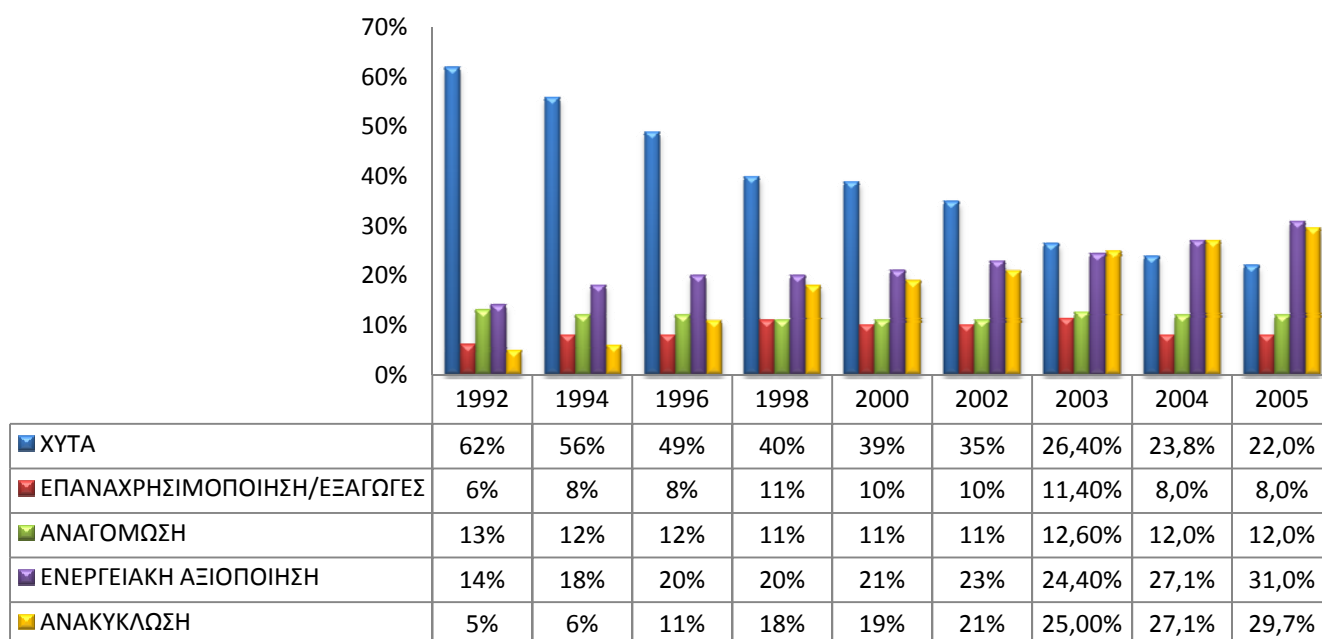
Βαθμός Επεξεργασίας	Ποσοστό	Χρήσεις
<b>Παραγωγή κόκκων</b>	63%	Κάλυψη αθλητικών επιφανειών. Γήπεδα ποδοσφαίρου κ.ά. Πρόσθετο στην άσφαλο.
<b>Τεμάχια</b>	12%	Έργα πολιτικού μηχανικού, έργα αποχέτευσης, θερμικές - ηχητικές μονώσεις, υποστρώματα.
<b>Ολόκληρα ελαστικά</b>	10%	Έργα πολιτικού μηχανικού: Έργα ακτών, σιδηροτροχιών, τοιχώματα και βάσεις ΧΥΤΑ
<b>Πούδρα</b>	8%	Πρώτη ύλη βιομηχανικών προϊόντων: Πλακίδια δαπέδων, ηχομονωτικά υλικά αντικραδασμικές βάσεις, υλικά οδοσημάνσεων, εξαρτήματα αυτοκινήτων.
<b>Ειδικές εφαρμογές</b>	5%	
<b>Διάφορα</b>	2%	

- **Ανάκτηση ενέργειας:** Η ανάκτηση ενέργειας σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τσιμεντοβιομηχανίες, χαρτοβιομηχανίες κ.α. Τα ελαστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δευτερεύων ή "εναλλακτικό" καύσιμο, αλλά κάτι τέτοιο έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η παραγωγή. Τα εύφλεκτα συστατικά των ελαστικών αποτεφρώνονται για την παραγωγή θερμότητας, ενώ άλλα συστατικά όπως η σιλικόνη και ο χάλυβας

χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες στην παραγωγή τσιμέντου, αντικαθιστώντας τις φυσικές πρώτες ύλες (όπως το γυαλί και τα οξειδία του σιδήρου). Τα ελαστικά αυτοκινήτου περιέχουν υψηλή θερμική ενέργεια περίπου 7500 kcal/kg (6553 kcal/kg το κάρβουνο). Παρόλα αυτά, τα ελαστικά αυτοκινήτου δεν μπορούν να ξεπεράσουν το 25-30% των καυσίμων του κλιβάνου χωρίς να αλλάξουν δυσχερώς τη χημεία των παραγόμενων προϊόντων. Ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο υπάρχει αυτός ο περιορισμός είναι η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου στα χρησιμοποιημένα ελαστικά αυτοκινήτου π.χ. επίδραση στην ποιότητα και στον χρόνο πήξης του τσιμέντου. (Pipilikaki. et al., 2005).

- **Ταφή ελαστικών:** Μετά το 2003 η ταφή των ελαστικών δεν αποτελεί πια επιλογή για τα κράτη μέλη της Ε.Ε. Στους χώρους ταφής των αποβλήτων δεν μπορούν να απορρίπτονται ολόκληρα και από τον Ιούλιο 2006 τεμαχισμένα ελαστικά (ETRA, 2006).

Το 1992, περίπου το 65% των απορριπτόμενων ελαστικών κατέληγε σε χώρους ταφής. Δέκατρία χρόνια μετά, το 2005 η κατάσταση είχε ήδη αντιστραφεί στην Ε.Ε. γινόταν ανακύκλωση, αναγόμευση, επαναχρησιμοποίηση, η ανάκτηση ενέργειας στο 78% των χρησιμοποιημένων ελαστικών, ενώ λιγότερο από το 22% κατέληγε σε χώρους ταφής (σχήμα 2) (ETRA, 2006).



**Σχήμα 2.** Εξέλιξη της διαχείρισης των ελαστικών στην Ε.Ε από το 1992 έως το 2005 (Πηγή: ETRA, 2006)

## 2.1.4 Ελαστικά και Περιβάλλον

Μελέτες έχουν αποδείξει ότι τεμαχίδια των ελαστικών είναι παρόντα σε όλα τα συστατικά της βιόσφαιρας, συμπεριλαμβανομένου του αέρα, του ύδατος, και του εδάφους/ιζημάτων.

Η μεγαλύτερη φθορά των ελαστικών λαμβάνει χώρα κατά την κίνηση των οχημάτων, διαδικασία η οποία ανάλογα με την ταχύτητα των οχημάτων, την κατάσταση του οδοστρώματος, τις καιρικές συνθήκες μπορεί να θεωρηθεί ο κύριος λόγος αποδόμησης των ελαστικών. Κάτω από αυτές τις έντονες συνθήκες τα μικροτεμαχίδια ελαστικών (διάμετρο < 10 μm) τα οποία απελευθερώνονται στο περιβάλλον περιέχουν ένα σύνολο οργανικών και ανόργανων συστατικών (EEA, 2003). Τα αποσαθρούμενα τεμαχίδια των ελαστικών είναι μια σημαντική πηγή ψευδάργυρου στις αστικές περιοχές, ενώ η τοξικότητά τους προκαλείται πιθανώς από τον ψευδάργυρο και τις οργανικές ενώσεις που περιέχουν (Wik & Dave, 2008).

Μελέτες που έγιναν στη Σουηδία το 1999 έδειξαν ότι κάθε χρόνο εναποτίθενται στους δρόμους της χώρας εξαιτίας της τριβής των ελαστικών  $10 \cdot 10^6$  kg μικροτεμαχιδίων απελευθερώνοντας περίπου 14tn πολυαρωματικών υδρογονανθράκων (Fauser et al., 2002; Keml, 2003).

Σύμφωνα με τους Fauser et al. (2002) η συγκέντρωση μικροτεμαχιδίων ελαστικών που μεταφέρονταν με τον αέρα, μεγέθους μικρότερου από 1 μm, ήταν 40-50% υψηλότερη σε απόσταση 18 μέτρων από έναν δρόμο από ότι σε απόσταση 3 μέτρων. Η συγκέντρωση των μεγαλύτερων τεμαχιδίων, εντούτοις, βρέθηκε να μειώνεται με την απόσταση από το δρόμο. Δεν παρατηρήθηκε καμία ουσιαστική μείωση των συγκεντρώσεων στον αέρα μέσα σε μια απόσταση 30 μέτρων από έναν αυτοκινητόδρομο. Επομένως, τα μικρότερα μικροτεμαχίδια μπορούν να μεταφερθούν σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία που συνδέονται με την εισπνοή αυτών είναι κατά ένα μεγάλο μέρος άγνωστες (Cadle & Williams, 1978; Kim et al., 1990). Παράλληλα αποτελέσματα μελετών δείχνουν ότι τα μικροτεμαχίδια μπορούν να είναι βιοδιαθέσιμα στους πελάγιους, στους βενθικούς οργανισμούς, και στα φυτά (Fauser, 1999; Voparil et al., 2004).

Μελέτες προσπάθησαν να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις των ελαστικών γενικά στο χερσαίο περιβάλλον, εξετάζοντας τη μεγάλη συμμετοχή τους στις μειωμένες παραγωγές των κοινών φασολιών *Phaseolus* και της ανάπτυξης του *Chrysanthemum* (χρυσάνθεμο), του *Pelargonium* (πελαργόνιο), της *Petunia* (πετούνια) και του

*Impatiens*. Μετά την έρευνα, διαπιστώθηκε ότι το πιο ευαίσθητο φυτό ήταν η πετούνια. Μια αύξηση 5% των μορίων ελαστικού στην περιοχή που καλλιεργήθηκε, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ανάπτυξής του κατά 2%. Το μέγεθος του λάστιχου που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη ήταν κυρίως χονδροειδή μόρια (>2mm). Οι δοκιμές με το χρυσάνθεμο έδειξαν ότι τα λεπτά μόρια (<2mm), προκάλεσαν σημαντικά μικρότερη ανάπτυξη με υψηλότερες συγκεντρώσεις ψευδάργυρου, έναντι των χονδροειδών μορίων. Όμως, δεν μπορεί να αποκλειστεί ότι η πετούνια δεν θα είχε επηρεαστεί περισσότερο από τα μόρια αν είχαν μέγεθος <2mm. Σε όλες τις προαναφερθείσες δοκιμές φυτών, η μειωμένη ανάπτυξη φυτών αποδόθηκε στην τοξικότητα του ψευδάργυρου. Δεν παρατηρήθηκε καμία μείωση του ποσοστού νιτροποίησης. Επιπλέον, βρέθηκε ότι μεταφορά μορίων ελαστικού και ταυτόχρονη αύξηση στο pH του εδάφους, περιόρισε την κινητοποίηση ψευδάργυρου και έτσι την τοξικότητά του (Schulz, 1987; Bowman et al., 1994; Newman et al., 1997, Smolders & Degryse, 2002).

Τα ελαστικά όταν απορρίπτονται ανεξέλεγκτα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία. Τα ελαστικά δεν αποσυντίθενται εύκολα και γι' αυτό όταν εναποτίθενται στο περιβάλλον γενικότερα, παραμένουν για πολύ μεγάλο διάστημα (δεκάδες χρόνια). Τα εγκαταλειμμένα στο περιβάλλον ελαστικά προκαλούν εκτός των άλλων και οπτική-αισθητική όχληση. Τα χρησιμοποιημένα ελαστικά όταν απορρίπτονται ανεξέλεγκτα μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα υγείας καθώς αποτελούν εστίες αναπαραγωγής εντόμων και τρωκτικών τα οποία μπορούν να μεταφέρουν στον άνθρωπο μολυσματικές ασθένειες. Με την απόρριψη των ελαστικών σε χωματερές και με την ανεξέλεγκτη καύση τους απελευθερώνονται στο περιβάλλον ρυπαντές, όπως οι πολύαρωματικοί υδρογονάνθρακες, το βενζόλιο και οι φαινόλες, ουσίες με καρκινογόνες ιδιότητες (Moreno et al., 2007).

Πολλές ήταν οι χώρες που επέλεξαν στο παρελθόν την ταφή των ελαστικών ως λύση για τη διαχείριση των παλαιών ελαστικών. Όμως, η επιλογή αυτή σύντομα εγκαταλείφθηκε αφού τα ελαστικά καταλαμβάνουν τεράστιο όγκο στους χώρους ταφής κι αυξάνουν τον κίνδυνο ανάφλεξης των απορριμμάτων. Η στεγανότητα των χώρων ταφής δεν εξασφαλίζεται πάντα, γεγονός που σημαίνει ότι οι επικίνδυνες ουσίες που δημιουργούνται κατά την αποσύνθεση των ελαστικών μπορούν να διαπεράσουν το έδαφος και να επηρεάσουν τη γύρω περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να ρυπάνουν τα νερά και το έδαφος και να έχουν βλαβερές συνέπειες στους ζώντες οργανισμούς (WRAP, 2006).

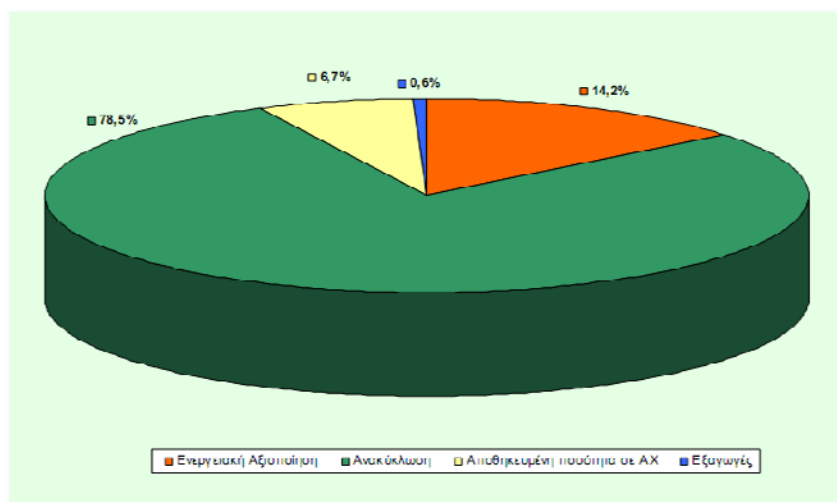
## 2.1.5 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στη χώρα μας δεν παράγονται πια ελαστικά. Τα δύο εργοστάσια παραγωγής ελαστικών που υπήρχαν στη Θεσσαλονίκη και την Πάτρα, διέκοψαν τη λειτουργία τους το 1991 και το 1996 αντίστοιχα, και από τότε στη χώρα μας εισάγονται ελαστικά.

Η ετήσια ποσότητα μεταχειρισμένων ελαστικών στην Ελλάδα είναι περίπου 50.000 τόνοι, που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για ανακύκλωση όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.

Οι κυριότερες μέθοδοι διαχείρισης των παλαιών ελαστικών στον ελλαδικό χώρο είναι η μηχανική κοκκοποίηση και η συναποτέφρωση στην τσιμεντοβιομηχανία. Στην Ελλάδα, η συνηθέστερη εφαρμογή τεμαχισμένου ελαστικού είναι ως πρόσθετο σε τεχνητούς χλοοτάπητες γηπέδων 5x5 καθώς επίσης και η χρήση κόκκου ελαστικού για την κατασκευή τροχών σε κάδους απορριμμάτων. Οι υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται στην παραγωγική διαδικασία του τσιμέντου, οι οξειδωτικές συνθήκες, οι μεγάλοι χρόνοι παραμονής των καυσαερίων, οι μεγάλες απαιτήσεις θερμικής ενέργειας καθώς και η γεωγραφική διασπορά των μονάδων της τσιμεντοβιομηχανίας και το νομοθετικό πλαίσιο που καθορίζεται με την Οδηγία Ε.Ε 2000/75, καθιστούν την συναποτέφρωση επιλεγμένων ρευμάτων αποβλήτων στην τσιμεντοβιομηχανία της χώρας μας μία οικονομική και περιβαλλοντικά ασφαλή εναλλακτική λύση στο πρόβλημα της διάθεσης αποβλήτων.

Σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας ο μέσος χρόνος ζωής των ελαστικών στη χώρα μας φθάνει τα 3 χρόνια. (Ε.Σ.Υ.Ε, 2007)



**Σχήμα 3.** Ποσοστιαία ανάλυση διαχειριζόμενων ποσοτήτων ((01/01/07 - 31/12/07) στην Ελλάδα (πηγή [www.ecoelastica.gr](http://www.ecoelastica.gr))

## 2.1.6 Νομοθετικό Πλαίσιο

Το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την διαχείριση ελαστικών στην χώρα μας είναι :

- Νόμος 2939/01 για την εναλλακτική διαχείριση των υλικών συσκευασίας και άλλων προϊόντων.
- Προεδρικό Διάταγμα (ΠΔ 109/2004): θέτει προδιαγραφές και στόχους για την διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών στην Ελλάδα.
- ΥΑ 106157/04: Έγκριση του συλλογικού συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης της εταιρείας Ecoelastika.
- ΚΥΑ 50910/2727: Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης.
- Πλήρης απαγόρευση διάθεσης παλαιών ελαστικών στους ΧΥΤΑ από τον 07/2006 (Οδηγία 31/99 Ε.Ε.).

Στα πλαίσια αυτά, οι ευθύνες των εμπλεκομένων στην εισαγωγή, διακίνηση και εμπορία ελαστικών είναι οι εξής:

- ✧ Οι διακινητές και οι τελικοί πωλητές να διακινούν ελαστικά, τα οποία ανήκουν σε κάποιο πιστοποιημένο «σύστημα».
- ✧ Οι εισαγωγείς να μεριμνούν για τον βέλτιστο τρόπο διαχείρισης όλων των μεταχειρισμένων ελαστικά που συλλέγονται από τα σημεία περισυλλογής.
- ✧ Τα καταστήματα βουλκανιζατέρ να παραδίδουν τα παλαιά τους ελαστικά σε κάποιο πιστοποιημένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης.
- ✧ Οι ιδιοκτήτες, κάτοχοι ή τελικοί χρήστες να τα μεταφέρουν οι ίδιοι και να τα παραδίδουν σε σημεία συλλογής ή σε νόμιμους συλλέκτες ή σε εγκεκριμένα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης.

Όμως, γίνεται λόγος για τον τρόπο διαχείρισης των χρησιμοποιημένων ελαστικών σε 3 Οδηγίες της Ε.Ε.

- την Οδηγία για την Υγειονομική Ταφή των Αποβλήτων (1999/31/EC)
- την Οδηγία για τα Οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους (2000/53/EC)
- την Οδηγία για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων (2000/76/EC)

Με την Οδηγία για την Υγειονομική Ταφή των Αποβλήτων (1999/31/EC) απαγορεύτηκε από τον Ιούλιο του 2003 η απόρριψη ολόκληρων των ελαστικών σε ΧΥΤΑ και από τον Ιούλιο του 2006 απαγορεύεται και η απόρριψη των τεμαχισμένων ελαστικών.

Στην Οδηγία για τα Οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους (2000/53/EC) γίνεται σύντομη αναφορά στα ελαστικά. Η Οδηγία θέτει μέτρα στοχεύοντας στην πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων από τα μεταχειρισμένα αυτοκίνητα και στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης, και άλλων μορφών ανάκτησης των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους και των εξαρτημάτων τους. Με λίγα λόγια, θέτει στόχους ανακύκλωσης και ανάκτησης που πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2015 και οι οποίοι αφορούν και τα ελαστικά. Επίσης, η Οδηγία ορίζει ότι θα πρέπει να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα, έτσι ώστε τα οχήματα που κατασκευάζονται, των εξαρτημάτων τους συμπεριλαμβανομένων, να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, να ανακτηθούν και να ανακυκλωθούν. Τον Φεβρουάριο του 2003 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την απόφαση 2003/138/EC, για τη θέσπιση προτύπων κωδικοποίησης για τα κατασκευαστικά στοιχεία και τα υλικά, στην οποία προβλέπεται και η κωδικοποίηση των ελαστικών (ΕΚΠΑΑ, 2008; ΦΕΚ Α' 81/5.3.2004; ΦΕΚ 1145B/28-07-2004; ΦΕΚ 1909B/22-12-2003).



## 2.2 ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η έλλειψη νερού έχει επισημανθεί σαν ένα από τα κυρίαρχα προβλήματα για τις γενιές που έρχονται, αν και τις συνέπειές της τις έχουν ήδη υποστεί σε κάποιες περιοχές της γης. Η ζήτηση σε νερό αυξάνεται εκθετικά, και πιο γρήγορα από την αύξηση του πληθυσμού. Αναγνωρίζεται σήμερα ότι η έλλειψη νερού αποτελεί μια τεράστια απειλή για τη παγκόσμια σταθερότητα και για τη παγκόσμια ανάπτυξη, αν δεν διαχειριστεί σωστά (Χαρτζουλάκης & Μπερτάκη, 2009).

### 2.2.1 Το νερό ως Φυσικός Πόρος

Το νερό είναι ένα σημαντικό αγαθό αλλά και ρυθμιστικός παράγοντας για την οικονομική, κοινωνική και πολιτισμική ανάπτυξη μιας χώρας. Είναι όμως ένα αγαθό σε ανεπάρκεια αφού μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό του νερού είναι κατάλληλο για χρήση. Επίσης, είναι ένα διεθνές ζήτημα και πρόβλημα το οποίο απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα και δημιουργεί διενέξεις ανάμεσα σε χώρες που μοιράζονται νερά από διασυνοριακά ποτάμια, λίμνες και υπόγειους υδροφορείς. Αν και το νερό φαίνεται να υπάρχει σε αφθονία στη γη, αφού το 70% της επιφάνειάς της καλύπτεται από αυτό, η τελικά διαθέσιμη και κατάλληλη για χρήση ποσότητα είναι πολύ μικρή. Και αυτό το λίγο νερό είναι άνισα κατανομημένο στον χώρο και στον χρόνο. Η ανεπάρκεια και η ανισοκατανομή των υδατικών πόρων καθιστούν απολύτως αναγκαία τη βέλτιστη διεύθυνση και διαχείρισή τους (Μιμίκου, 2009).

Οι υδατικοί πόροι σήμερα στην Ελλάδα υπόκεινται σε εκμετάλλευση η οποία χαρακτηρίζεται από μια υποτυπώδη διαχείριση, για κάλυψη κυρίως περιστασιακών αναγκών, με περιορισμένη εφαρμογή σχεδιασμών ή στρατηγικών.

Αποτέλεσμα είναι το συνεχώς αυξανόμενο έλλειμμα νερού που συνοδεύεται από υποβάθμιση της ποιότητάς του καθιστώντας το νερό ως φυσικό πόρο με αξία χωρίς αξία (Μιγκίρος, 2008).

## 2.2.2 Αγροτική παραγωγή και νερό

Η γεωργία είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού (70% σε παγκόσμιο επίπεδο και πάνω από 80% στις περισσότερες Μεσογειακές χώρες), για τη παραγωγή τροφίμων, πρώτων υλών αλλά και παροχή εργασίας σε εκατομμύρια κατοίκων των αγροτικών περιοχών. Τόσο η ξηρική όσο και η αρδευόμενη γεωργία δέχονται ισχυρές πιέσεις από την έλλειψη νερού με αποτέλεσμα να απειλείται η διαβίωση δισεκατομμυρίων ανθρώπων, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στις χώρες της Μεσογείου το νερό αποτελεί ένα περιοριστικό παράγοντα για την οικονομική ανάπτυξη και βελτίωση του βιοτικού επιπέδου (Hamdy *et al.*, 1995).

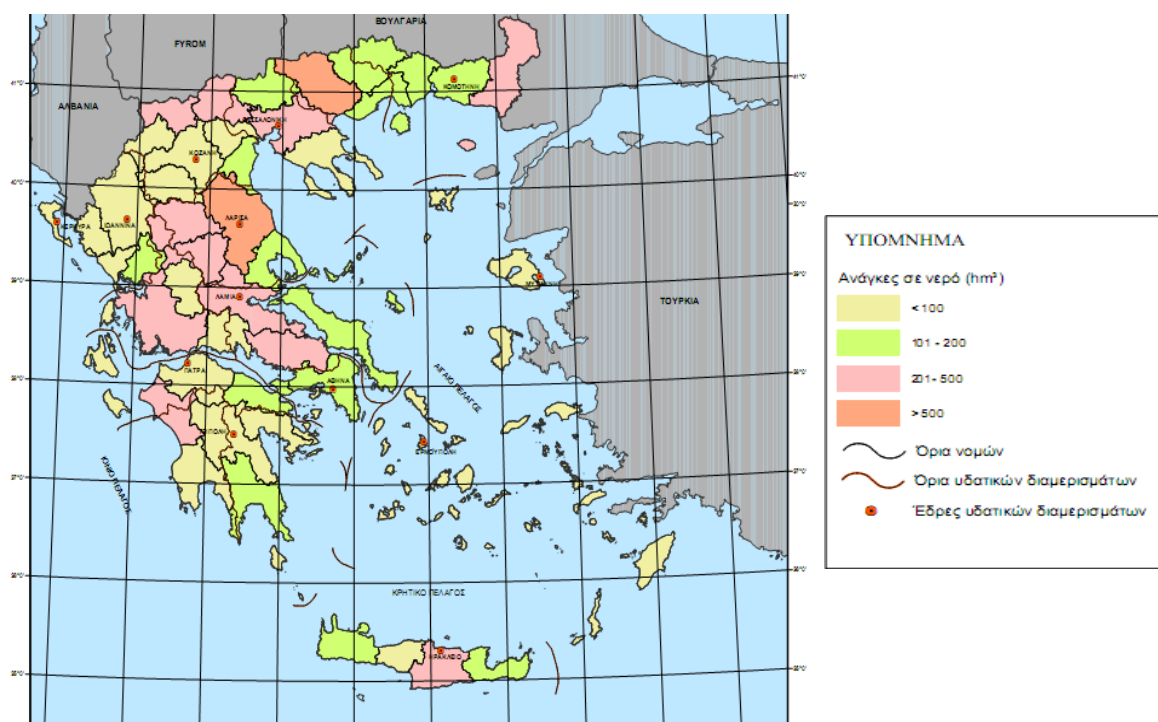
Τη μελλοντική όμως προοπτική της γεωργικής παραγωγής και κατ' επέκταση της επισιτιστικής ασφάλειας απειλεί άμεσα και η κλιματική αλλαγή, που θα έχει αρκετές και πολύπλοκες επιπτώσεις. Σε κάποιες περιοχές οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να είναι θετικές αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις, ιδίως των χωρών που στηρίζουν την παγκόσμια παραγωγή τροφίμων, θα είναι από λίγο έως πολύ αρνητικές. Ο όγκος, η ποιότητα και η σταθερότητα της γεωργικής παραγωγής, καθώς και το φυσικό περιβάλλον στο οποίο εντάσσεται η γεωργία θα επηρεαστούν από αναμενόμενες μεταβολές σε φυσικά φαινόμενα, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, η συχνότητα και η ένταση των βροχοπτώσεων καθώς και οι ακραίες καιρικές καταστάσεις που θα επικρατούν εποχικά κατά τόπους (πλημμύρες και ξηρασίες). Οι δύο κύριες απειλές της αλλαγής του κλίματος στη γεωργία είναι η μείωση της γονιμότητας των καλλιεργούμενων εδαφών και η ελάττωση του διαθέσιμου νερού για την άρδυσή τους.

Η Ελλάδα θεωρείται πλούσια χώρα σε νερό, με το μέσο ύψος των ετήσιων βροχοπτώσεων να φτάνει στα 700 mm, που αντιστοιχεί σε 115 δισ. m<sup>3</sup>. Από αυτά χάνεται το 50% λόγω εξατμισοδιαπνοής και το 30% (περίπου 35 δισ. m<sup>3</sup>) λόγω επιφανειακής απορροής (καταλήγουν στη θάλασσα). Η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις έχουν σαν αποτέλεσμα τα φαινόμενα λειψυδρίας που παρατηρούνται σε ορισμένες περιοχές της χώρας. Η σχέση ωστόσο ανάμεσα στη συνολική κατανάλωση ως προς τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους υπολογίζεται στο 12% και είναι ελαφρώς υψηλότερη από το μέσο όρο των χωρών του ΟΟΣΑ.

Με βάση τις βροχοπτώσεις και τις πηγές νερού, η Ελλάδα διακρίνεται σε τέσσερις βασικές ζώνες διαθεσιμότητας υδατικών πόρων (Ανατολική Ελλάδα, Δυτική

Ελλάδα, Βόρεια Ελλάδα και Νότια Ελλάδα) και σε δέκα τέσσερα (14) υδατικά διαμερίσματα (Ν. 1739/87)

Το σύνολο της ετήσιας ζήτησης νερού στη χώρα, με τις σημερινές συνθήκες, εκτιμάται σε 8.243 hm<sup>3</sup>, από τα οποία το 83% αφορά στην άρδευση, το 1% στην κτηνοτροφία, το 13% στην ύδρευση και το 3% στη βιομηχανία και ενέργεια. Η ζήτηση νερού άρδευσης (Σχήμα 4) είναι μεγάλη και αρδεύεται σήμερα το 41,2% της καλλιεργούμενης έκτασης δηλαδή 5.410.000 στρέμματα επί συνόλου 13.200.000. Από αυτά το 35-40% αρδεύεται με επιφανειακές μεθόδους, το 50-55% με συστήματα καταιονισμού και το 10% με στάγδην άρδευση και λοιπά συστήματα μικροαρδεύσεων (ΥΠΑΑΤ, 2002).



Σχήμα 4. Ανάγκες σε νερό κατά Νομό (πηγή ΥΠΑΑΤ, 2002)

### 2.2.3 Ορθολογική διαχείριση νερού

Η ορθολογική χρήση του νερού είναι μια αναγκαιότητα σε περιοχές με έλλειψη νερού. Στην αναπτυγμένη γεωργία, οι απώλειες της παραγωγής λόγω μη ικανοποιητικής θρέψης ή φυτοπροστασίας έχουν μειωθεί σημαντικά, ενώ αυτές που έχουν σχέση με την διαθεσιμότητα του νερού άρδευσης συνεχίζουν να είναι μεγαλύτερες από τις απώλειες που προκαλούνται από όλες τις άλλες αιτίες συνολικά (Passioura, 2002).

Η αναγκαιότητα της επέκτασης και βελτίωσης των αρδεύσεων για την εξασφάλιση βιώσιμης και αειφόρου γεωργίας ολοένα και αυξάνεται. Με δεδομένο ότι υπάρχουν σοβαροί περιορισμοί για την ανάπτυξη νέων πηγών νερού, ιδιαίτερα από τους υπόγειους υδροφορείς, και τον ανταγωνισμό από τους άλλους χρήστες (ύδρευση και βιομηχανία) η μοναδική λύση για την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών της γεωργίας σε νερό είναι η ορθολογική διαχείριση και πιο αποτελεσματική χρήση του με :

- Εφαρμογή ορθής αρδευτικής πρακτικής
- Εφαρμογή ορθής διαχείρισης του εδάφους
- Εφαρμογή ορθής διαχείρισης της καλλιέργειας

Στην αποτελεσματική εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων θα συμβάλει και η πολιτική τιμολόγησης του νερού άρδευσης. Η πολιτική της τιμολόγησης (Οδηγία για το Νερό της Ε.Ε WFD 2000/60) θα πρέπει να προωθεί την μελλοντική εξασφάλιση της επάρκειας, να αποθαρρύνει τη σπατάλη, να ενθαρρύνει την εισαγωγή νέας τεχνολογίας και να κινητοποιεί τις ιδιωτικές επενδύσεις.

Μπροστά στις νέες αυτές προκλήσεις, επιβάλλεται η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας νέων τεχνολογιών περιβάλλοντος, ώστε να μπορέσουν να προσφέρουν λύσεις και κατευθυντήριες γραμμές για την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με την σωστή διαχείριση του αρδευτικού νερού.

Με βάση τα παραπάνω, κύριος στόχος της προτεινόμενης έρευνας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης και αξιοποίησης των μεταχειρισμένων βουλκανισμένων τεμαχισμένων ελαστικών επίσωτρων σε γεωργικές καλλιέργειες, ως μέσου συγκράτησης υγρασίας και εξοικονόμησης νερού στα εδάφη καθώς και οι τυχόν επιπτώσεις στο περιβάλλον.

## 2.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

### 2.3.1 Γενικά Στοιχεία

Αγγειόσπερμο, δικότυλο φυτό το βαμβάκι ανήκει στην τάξη των Malvales και στην οικογένεια των Malvaceae. Ιθαγενές των τροπικών περιοχών της Αφρικής και της Ασίας είναι γνωστό από τα πανάρχαια χρόνια και καλλιεργείται για τις ίνες του (Εικόνα 1).

Η επιστημονική του ονομασία είναι γοσύπιο και οι βλαστοί του διακλαδώνονται φτάνοντας σε ύψος το 1,5 μέτρο αλλά και τα 6 μέτρα στις δενδροειδείς ποικιλίες. Έχει φύλλα με μακρύ μίσχο, μεγάλα και με έλασμα. Στη βάση του μίσχου βρίσκονται δύο μικρά παράφυλλα συνήθως οδοντωτά. Τα άνθη βγαίνουν από τις μασχάλες των φύλλων και είναι μεγάλα, μοναχικά και παράγονται από ανθοφόρους οφθαλμούς. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί στην αρχή τους μοιάζουν με μικρές πυραμίδες και στο στάδιο αυτό τα άνθη του λέγονται χτένια. Ο καρπός του είναι κάψα και έχει 8-10 σπόρια που περιβάλλονται από λευκές ίνες. Οι ώριμες ίνες αποτελούνται κατά μεγάλο ποσοστό από κυτταρίνη. Σήμερα το βαμβάκι καλλιεργείται σε πολλές χώρες της γης αλλά το μεγαλύτερο τμήμα της παραγωγής προέρχεται από το βόρειο ημισφαίριο.

Τα είδη που καλλιεργούνται σήμερα είναι τέσσερα.

- ✧ **Χνουδωτό βαμβάκι.** Το πιο κοινά καλλιεργούμενο δίνει πάνω από το 90% της παγκόσμιας παραγωγής. Είναι και το μοναδικό είδος που καλλιεργείται στην Ελλάδα. Το είδος αυτό είναι πολυετές αλλά στην Ελλάδα καλλιεργείται σαν μονοετές γιατί δεν επιβιώνει σε κρύο χειμώνα.
- ✧ **Ποώδες βαμβάκι.** Βρίσκεται αυτοφυές στο Πακιστάν, στην Ινδία και σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής. Παλαιότερα η καλλιέργειά του ήταν πολύ διαδεδομένη αλλά σήμερα οι καλλιέργειές του αντικαταστάθηκαν από το χνουδωτό βαμβάκι που είναι πολύ καλλίτερης ποιότητας.
- ✧ **Βαρβαδεινό βαμβάκι.** Πολυετή και ετήσια φυτά που τα περισσότερα είναι δενδροειδή και φτάνουν σε ύψος και τα 6 μέτρα. Οι ίνες του είναι οι μακρύτερες από όλα τα είδη και φτάνουν και τα 50 χιλιοστόμετρα είναι καλής ποιότητας, λεπτές και μαλακές.
- ✧ **Δενδροειδές βαμβάκι.** Βρίσκεται αυτοφυές στο Πακιστάν, τη Σρι Λάνκα και την Ινδία όπου θεωρείται ιερό φυτό γι αυτό βρίσκεται έξω από πολλούς ναούς. Οι ίνες του είναι πολύ κοντές και όχι τόσο καλής ποιότητας γι αυτό η

καλλιέργεια του είναι πολύ περιορισμένη (Γαλανοπούλου-Σένδουκα, 2002; [www.wikipedia.gr](http://www.wikipedia.gr)).



**Εικόνα 1.** α) Ώριμα καρύδια έτοιμα για συγκομιδή β) Ίνες βαμβακιού όπως φαίνονται μέσα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (Πηγή: [www.wikipedia.gr](http://www.wikipedia.gr); [www.agrotypos.gr](http://www.agrotypos.gr))

### 2.3.2 Κλίμα, Έδαφος, Σπορά

Το βαμβάκι είναι φυτό απαιτητικό σε υψηλές θερμοκρασίες. Το καταλληλότερο κλίμα για τη σωστή ανάπτυξη του είναι μία μέτρια σε ζέστη και κρύο άνοιξη, συχνές βροχοπτώσεις όχι μεγάλης έντασης, όχι παγετός ή χαλάζι, δροσερό φθινόπωρο χωρίς πολλές βροχές και ζεστό, υγρό καλοκαίρι. Δυνατές σε ένταση βροχές μπορούν να καταστρέψουν τις ίνες του φυτού. Τα κατάλληλα εδάφη θεωρούνται αυτά που είναι αμμοπηλώδη με αρκετή ποσότητα αργίλου, οργανική ουσία και λίγο άζωτο και φώσφορο. Η απόδοση σε παραγωγή δεν επηρεάζεται εάν το χωράφι φυτεύεται για πολλά χρόνια. Στην Ελλάδα για παράδειγμα λόγω έλλειψης μεγάλων εκτάσεων καλλιεργείται στο ίδιο χωράφι για πολλά χρόνια και πολλές φορές.

Στην Ελλάδα η καλύτερη εποχή για τη σπορά είναι από τις αρχές Απριλίου έως τα μέσα Μαΐου. Το όψιμο βαμβάκι σπέρνεται στις βόρειες περιοχές και το πρώιμο στις νότιες. Η θερμοκρασία κατά τη σπορά πρέπει να είναι γύρω στους 15 βαθμούς καθώς χαμηλότερες θερμοκρασίες καθυστερούν το φύτρωμα και οι σπόροι μπορεί να εμφανίσουν μύκητες.

Ο κύκλος της καλλιέργειας του βαμβακιού ολοκληρώνεται με τη συγκομιδή, η οποία συμπίπτει χρονικά με τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο. Ο κύκλος των

εργασιών για τη νέα καλλιεργητική περίοδο αρχίζει -για ορισμένους τουλάχιστον τύπους εδαφών – την ίδια περίοδο μετά τη συγκομιδή. Έτσι η καλλιέργεια κλείνει με τον κύκλο της σε λιγότερο από έξι μήνες, η μέριμνα όμως του καλλιεργητή, για την πραγματοποίηση όλων των καλλιεργητικών εργασιών διαρκεί όλο το χρόνο.

Το **φθινόπωρο**, αμέσως μετά τη συγκομιδή, στα βαριά αργιλώδη εδάφη πραγματοποιείται στελεχοκοπή και όργωμα. Η στελεχοκοπή, πέρα από τη συμβολή της σαν καλλιεργητικό στην αντιμετώπιση του ρόδινου σκουληκιού, ενώ συμβάλλει και στη διευκόλυνση του οργώματος.

Τον **χειμώνα** όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν (αλκυονίδες ημέρες), στα βαριά αργιλώδη εδάφη γίνεται επέμβαση με ένα καλλιεργητή σε βάθος 20-25 εκατοστά. Η εργασία αυτή θα δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες στράγγισης και αερισμού του εδάφους και θα επισπεύσει έτσι την έναρξη των εργασιών προετοιμασίας την άνοιξη.

Την **άνοιξη**, οργώνονται τα πηλοαμμώδη εδάφη, επιλέγοντας με προσοχή τον πλέον κατάλληλο χρόνο ώστε αυτά να είναι στο ρώγο τους. Το όργωμα του εδάφους στον πλέον κατάλληλο χρόνο, από πλευράς περιεκτικότητας σε υγρασία (ρώγος), είναι αποφασιστικής σημασίας για την παραπέρα εξέλιξη της πορείας της καλλιέργειας. Η καλλιέργεια ενός εδάφους, όταν είναι υγρό ή περισσότερο στεγνό από το κανονικό, δημιουργεί πολλές δυσκολίες στην παραπέρα προετοιμασία του για τη σπορά, αναγκάζει τον παραγωγό σε επιπλέον επεμβάσεις με μηχανήματα, οι οποίες και το κόστος ανεβάζουν και το έδαφος καταπονούν (πάτημα, κονιορτοποίηση), οδηγώντας σε μία μη αντιστρέψιμη κατάσταση σε βάρος της ευδοκίμησης της καλλιέργειας (Βλάχος, 2004).

### 2.3.3 Άρδευση Βαμβακιού

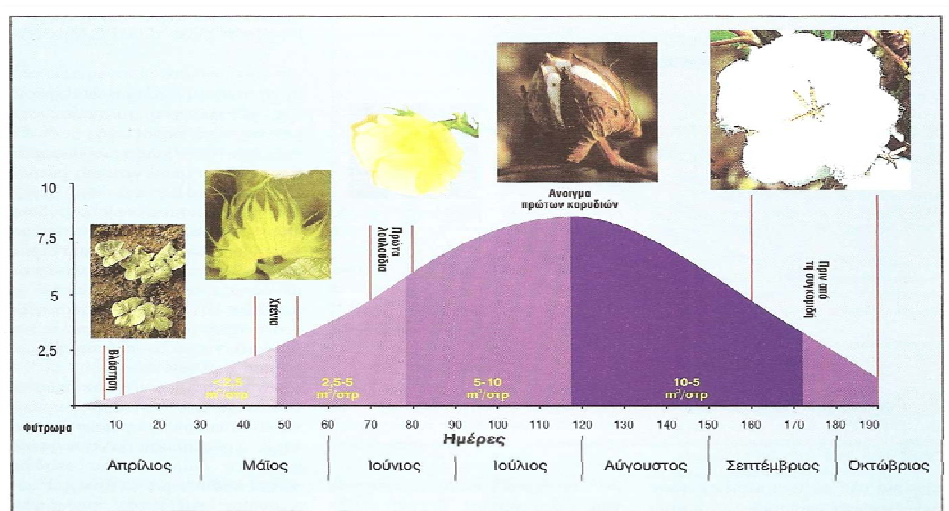
#### 2.3.3.1 Ανάγκες σε Νερό

Αναφερόμενοι σε μία τόσο μεγάλη έκταση, που καλλιεργείται με βαμβάκι, γίνεται σαφές ότι η γνώση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ETc) του βαμβακιού και κατ' επέκταση του όγκου του νερού που καταναλώνεται από αυτό κατά την αρδευτική περίοδο παίζει σπουδαίο ρόλο στην ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού.

Ακριβής πρόβλεψη των απαιτούμενων αναγκών του βαμβακιού σε νερό για την προσεχή αρδευτική περίοδο δεν είναι δυνατό να γίνει. Μπορεί όμως να εκτιμηθεί η αναμενόμενη μέση μηνιαία τιμή εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς (ET<sub>r</sub>) σε mm/ημέρα και κατ' επέκταση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ET<sub>c</sub>) για το παραπάνω χρονικό διάστημα, με βάση το μέσο όρο των ανά μήνα μέσων ημερήσιων τιμών μιας χρονοσειράς ιστορικών κλιματικών δεδομένων (Snyder et al., 1989; Jensen et al. 1990).

Οι Doorenbos and Kassam (1979) εκτιμούν τις μέσες συνολικές ανάγκες του βαμβακιού σε 700 mm περίπου. Στη βλαστική περίοδο οι ανάγκες είναι μικρές και ίσες με το 10% των συνολικών. Στην περίοδο της άνθησης είναι υψηλές και ίσες με 50-60% των συνολικών. Από εκεί και πέρα οι ανάγκες μειώνονται.

Οι μέσες ημερήσιες ανάγκες σε νερό κατά τις διαφόρους περιόδους ανάπτυξης του βαμβακιού δίνονται στο Σχήμα 5.



**Σχήμα 5.** Μέση ημερήσια κατανάλωση νερού σε σχέση με την περίοδο ανάπτυξης (m<sup>3</sup>/ημέρα) (πηγή Γεωργία Κτηνοτροφία, 1996).

### 2.3.3.2 Χρόνος εφαρμογής του αρδευτικού νερού

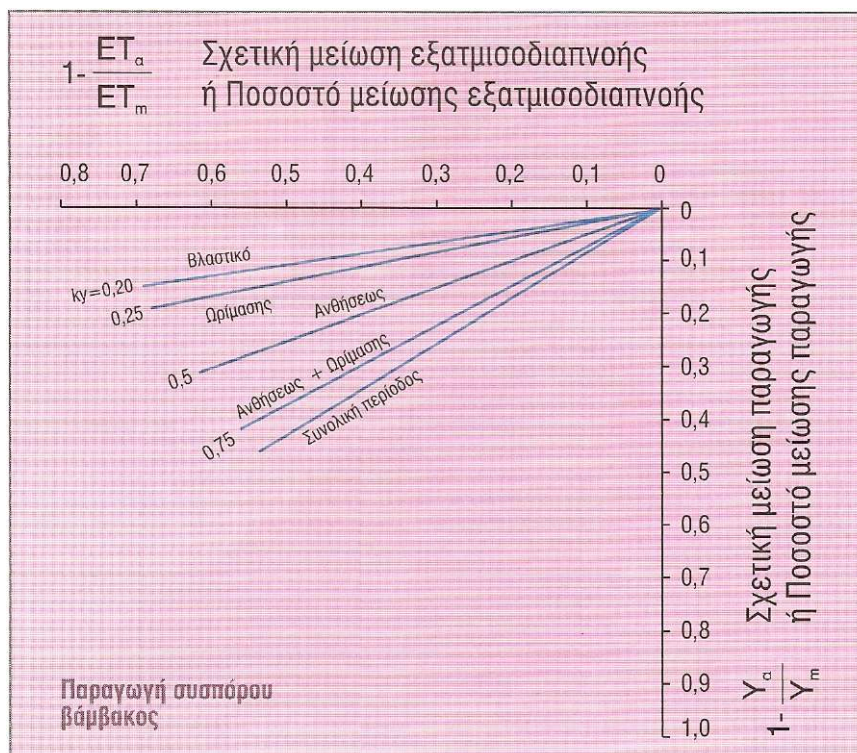
Είναι γνωστό ότι η εφαρμογή του αρδευτικού νερού σε διάφορα κριτικά στάδια των καλλιεργειών διαφοροποιεί την απόδοση της καλλιέργειας. Οι Doorenbos και Kassam (1979) στο Σχήμα 6 παρουσιάζουν τη σχετική μείωση της παραγωγής βαμβακιού σε σχέση με τη σχετική μείωση της εξατμισοδιαπνοής.

Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι, η έλλειψη επαρκούς εδαφικής υγρασίας κατά τη βλαστική περίοδο και την περίοδο της ωρίμανσης, προκαλεί μικρότερη μείωση της



παραγωγής από εκείνη που προκαλείται όταν η έλλειψη υγρασίας συμπίπτει με την περίοδο της ανθοφορίας και της δημιουργίας των καρυδιών.

Γενικά, το βαμβάκι χρειάζεται αρκετή εδαφική υγρασία για να έχει σωστή ανάπτυξη και καλή παραγωγή.



**Σχήμα 6.** Σχετική μείωση της παραγωγής βαμβακιού σε σχέση με τη σχετική μείωση της εξατμισοδιαπνοής (πηγή Γεωργία Κτηνοτροφία,1996).

Για την οργάνωση των ποτισμάτων της καλλιέργειας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το κλίμα, το έδαφος, η επάρκεια ή έλλειψη νερού στην περιοχή και οι συνθήκες συμπλήρωσης και αποστράγγισης των υπόγειων νερών, σε συνδυασμό με τις καιρικές συνθήκες κατά τη βλαστική περίοδο (θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα, ένταση των ανέμων και της ηλιακής ακτινοβολίας κ.λπ.).

Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει επίσης η καλλιεργούμενη ποικιλία, καθώς η κάθε μία έχει τις δικές της απαιτήσεις, ανάλογα με τη μορφολογία των φυτών και την πρωιμότητα. Οι πρώιμες ποικιλίες που έχουν και φτωχότερο ριζικό σύστημα, χρειάζονται πότισμα νωρίτερα και συχνότερα και μάλιστα με μεγαλύτερες ποσότητες νερού σε κάθε πότισμα.

Επίσης, τα ποτίσματα επηρεάζονται από την εφαρμοζόμενη καλλιεργητική τεχνική και το ύψος των αποδόσεων που επιδιώκεται. Για παράδειγμα, οι ανάγκες σε νερό αυξάνονται όσο πιο πλούσια είναι η λίπανση που εφαρμόζεται.

## Σπορά - φύτευμα

Εφόσον επικρατήσουν κανονικές καιρικές συνθήκες και έχουν σημειωθεί αρκετές βροχοπτώσεις κατά την περίοδο του χειμώνα, μετά τη σπορά γίνεται 1 ή και 2 ποτίσματα φυτρώματος, για να επιτευχθεί ομοιόμορφο και γρήγορο φύτευμα. Τα ποτίσματα αυτά είναι απαραίτητα αν οι συνθήκες ευνοούν την απώλεια επιφανειακής υγρασίας,

Σε χωράφια μέσης ως ελαφριάς σύστασης ή ιλυοαμμώδη, το πότισμα φυτρώματος μπορεί να αντικατασταθεί από ένα προσπαρτικό πότισμα; ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία κρούστας (χαρακτηριστικό αυτών των εδαφών μετά τη βροχή ή την άρδευση), που θα εμπόδιζε το κανονικό φύτευμα.

Τέλος, σε περιπτώσεις που κατά την περίοδο του χειμώνα δεν έχουν σημειωθεί αρκετές βροχοπτώσεις και το έδαφος δεν έχει αρκετή υγρασία, η οποία είναι απαραίτητη για την προετοιμασία του χωραφιού πριν τη σπορά, αργά το χειμώνα ή αρχές της άνοιξης, τότε που τα νερά είναι ακόμα αρκετά, γίνεται μια προάρδευση με κατάκλυση.

## Ανάπτυξη - ωρίμανση

Οι απαιτήσεις των φυτών σε νερό διαφέρουν, ανάλογα με το στάδιο στο οποίο βρίσκονται. Μετά το φύτευμα και μέχρι τη συγκομιδή, το βαμβάκι έχει μεγάλες ανάγκες σε νερό. Η ποσότητα νερού και ο χρόνος ποτίσματος διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και από χρονιά σε χρονιά και εξαρτώνται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, την ποικιλία κ.ά. Γενικά τα ποτίσματα αρδευτικής περιόδου διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

### α. Ποτίσματα ανάπτυξης

Τα ποτίσματα της περιόδου αυτής, όπου οι απαιτήσεις των βαμβακόφυτων σε νερό είναι αυξημένες, πρέπει να είναι ελαφρά ( $30-50 \text{ m}^3/\text{στρ.}$ ), αν και η ποσότητα του νερού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (τύπος εδάφους, καιρικές συνθήκες, ποικιλία κ.λπ.). Ένα έως δύο ποτίσματα, πριν να εμφανιστούν τα πρώτα άνθη είναι απαραίτητα για την κεντρική και νότια Ελλάδα, τόσα που αν δε δοθούν όταν πρέπει, τα βαμβακόφυτα παραμένουν κοντά και το έδαφος δεν καλύπτεται από φύλλωμα.

Χαρακτηριστικά συμπτώματα, στα οποία ο παραγωγός πρέπει να δίνει σημασία, ώστε να επεμβαίνει την κατάλληλη χρονική στιγμή, είναι η πτώση του ρυθμού ανάπτυξης και η βαθμιαία αλλαγή του χρώματος των φύλλων. Μέχρι την εμφάνιση του πρώτου άνθους, μια καλά αναπτυγμένη φυτεία θα πρέπει να έχει 7- 10 πλάγιες διακλαδώσεις, οι οποίες θα εμφανίζονται αρκετά ψηλά.

Καλύτερος τρόπος άρδευσης γι' αυτή την περίοδο θεωρείται η τεχνητή βροχή

### **β. Ποτίσματα ανθοφορίας - καρποφορίας**

Το στάδιο αυτό (έναρξη άνθισης έως και αρχές ή μέσα Αυγούστου) θεωρείται ως το πλέον κρίσιμο για τη βαμβακοφυτεία. Οι μεγάλες ανάγκες των φυτών σε νερό την περίοδο αυτή οφείλονται στην παραγωγή ανθέων, στη θρέψη των μικρών καρυδιών, στο σχηματισμό των σπόρων και των ινών, από τη μια πλευρά, και στις ξηροθερμικές συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες, πνοή αποξηραντικών ανέμων), από την άλλη.

Η ποσότητα του απαιτούμενου νερού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Προσοχή χρειάζεται στη δόση και το εύρος της άρδευσης. Με μεγάλη δόση νερού προκαλείται χλώρωση και πτώση πολλών ανθικών καταβολών, ενώ αντίθετα με μεγάλο εύρος άρδευσης οι ανθοφόρες καταβολές "καίγονται" και παραμένουν ξηραμένες πάνω στο φυτό.

Πάντως, μικρή δόση νερού συνεπάγεται, όπως είναι φυσικό, συχνότερα ποτίσματα. Γενικά υπολογίζεται ότι οι ανάγκες σε νερό είναι 6-8 m<sup>3</sup>/ημέρα/στρ.

Ανάλογα με το έδαφος, την ποικιλία, την ανάπτυξη της φυτείας και τις καιρικές συνθήκες, τα ποτίσματα ανθοκαρποφορίας, που γίνονται το μήνα Ιούλιο έως αρχές ή μέσα Αυγούστου, κυμαίνονται από 3 έως 5.

Στα μέσα Αυγούστου, τα καλά αναπτυγμένα φυτά έχουν ύψος 80-90 εκ., μήκος μεσογονατίων 4.5-5.5 εκ. και λουλούδια στις πλάγιες διακλαδώσεις.

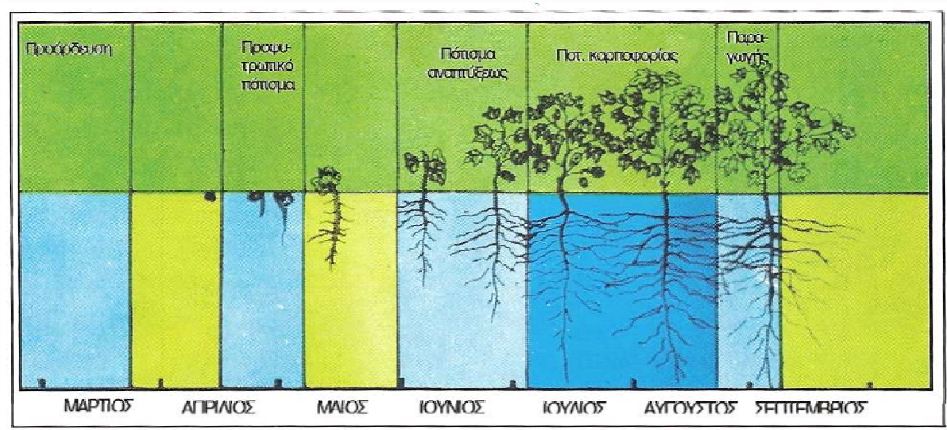
### **γ. Ποτίσματα παραγωγής**

Στο στάδιο αστό, δηλαδή από το άνοιγμα των πρώτων καρυδιών μέχρι τέλος Αυγούστου ή πρώτο δεκαήμερο Σεπτεμβρίου, γίνονται 1-2 ποτίσματα παραγωγής, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Αυτά αποσκοπούν στο να ωριμάσουν και να ανοίξουν καλά τα καρύδια, να δώσουν αρκετό βαμβάκι και να μην πέσουν όσα είναι ακόμη μικρά. Οι ανάγκες σε νερό κατά την περίοδο αυτή κυμαίνονται από 6 έως 10 m<sup>3</sup>/ημέρα/στρ. Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η κατάσταση του φυλλώματος, οι καιρικές συνθήκες και το ποσοστό της όψιμα δεμένης παραγωγής. Τυχόν διακοπή των ποτισμάτων ή μείωση αυτών έχει σοβαρή επίπτωση στην παραγωγή.

### **δ. Πότισμα συντήρησης - ωρίμανσης**

Από τα τέλη Αυγούστου μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου, οι ανάγκες των βαμβακόφυτων είναι περιορισμένες και η εδαφική υγρασία χρειάζεται μόνο για να διατηρούνται τα φυτά σε καλή κατάσταση, ώστε να ωριμάσουν και να ανοίξουν κανονικά τα καρύδια.

Υπερβολική υγρασία σε αυτό το στάδιο μπορεί να οψιμίσει το άνοιγμα των καρυδιών και η φυτεία να είναι ευαίσθητη σε διάφορους εχθρούς και ασθένειες. Εάν όμως οι καιρικές συνθήκες είναι ξηροθερμικές, χρειάζεται τις περισσότερες φορές ένα πότισμα (30-40 m<sup>3</sup>/στρ.), το λεγόμενο πότισμα συντήρησης (Κατερίνης, 2000).



**Σχήμα 7.** Κατανομή των ποτισμάτων, στην διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (πηγή Δαβάρης, 1996).

### 2.3.3.3 Τρόποι Άρδευσης

Η μέθοδος άρδευσης επιλέγεται από κάθε καλλιεργητή ανάλογα με τα αρδευτικά έργα που υπάρχουν στην περιοχή, το διαθέσιμο αρδευτικό νερό, τον τύπο του εδάφους, το ανάγλυφο και το σχήμα του χωραφιού του, την οργάνωσή του (οικονομική, κοινωνική), πολλές φορές και από την παράδοση της περιοχής.

Οι κυριότεροι τρόποι ποτίσματος στις βαμβακοφυτείες είναι:

- ✧ με τεχνητή βροχή,
- ✧ με σταγόνα (στάγδην άρδευση) και
- ✧ με αυλάκια.

➡ Το **πότισμα με τεχνητή βροχή** είναι σήμερα η πιο διαδεδομένη μέθοδος άρδευσης. Ενδείκνυται σε χωράφια επικλινή και πορώδη, επιτρέπει οικονομία και ομοιόμορφη κατανομή του νερού, αξιοποιεί μικρές παροχές αρδευτικού νερού και θεωρείται ο καλύτερος τρόπος για ελαφρά ποτίσματα (φυτρώματος, συντήρησης). Παρόλα αυτά, κοστίζει σχετικά ακριβά, παρουσιάζει απώλειες νερού με την εξάτμιση, επηρεάζεται από τον άνεμο και απαιτεί αρκετές τεχνικές γνώσεις και πείρα από το χειριστή του συστήματος.

➡ **Το πότισμα με σταγόνα (στάγδην άρδευση)** έχει διαδοθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

Αποδοτική χρήση του νερού και δυνατότητα άρδευσης καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, αφού δεν επηρεάζεται από τον άνεμο, όπως η τεχνητή βροχή.

Μικρές απώλειες λόγω εξάτμισης ή κίνησης του νερού κάτω από τη ρίζα και επομένως οικονομία στο νερό και την ενέργεια.

- ✧ Ομοιόμορφο πότισμα του αγρού, ακόμα και στα όριά του.
- ✧ Δυνατότητα αξιοποίησης φτωχών εδαφών, καθώς και χωραφιών που η τοπογραφία τους περιορίζει τη χρήση άλλων μεθόδων άρδευσης (ενδείκνυται για όλους τους τύπους των εδαφών).
- ✧ Πρωιμότητα και αύξηση της παραγωγής.
- ✧ Αποτελεσματική εφαρμογή λιπασμάτων μέσω του αρδευτικού δικτύου (υδρολίπανση).
- ✧ Έλεγχος και μείωση των ζιζανίων (τα ζιζάνια περιορίζονται μόνο στην έκταση που διαβρέχεται).
- ✧ Δυνατότητα οδήγησης των ψεκαστικών μηχανημάτων στα στεγνά τμήματα του αγρού, χωρίς να διακόπτεται η άρδευση.
- ✧ Μείωση των ασθενειών που ευνοούνται από την υγρασία στα φύλλα (π.χ. αλτερνάρια).
- ✧ Δυνατότητα ολοκληρωμένης εφαρμογής φυτοπροστατευτικών προϊόντων, τα οποία δεν ξεπλένονται από το αρδευτικό νερό (όπως στην τεχνητή βροχή).

Η κατανομή της άρδευσης με σταγόνες στις διάφορες περιοχές της χώρας φαίνεται ότι συμβαδίζει με την έλλειψη νερού, τις υψηλές αποδόσεις, τη γενική οργάνωση των καλλιεργητών, καθώς επίσης και τις ικανοποιητικές τιμές του σύσπορου βαμβακιού. Οι περισσότερες εκτάσεις (551.000 στρ., ποσοστό 88%, το 1996) βρίσκονται στη Θεσσαλία, ακολουθεί η Αν. Στερεά Ελλάδα και η Κεντρική Μακεδονία, ενώ πολύ μικρή είναι η έκταση στη Θράκη και σχεδόν μηδενική στη Δυτική Ελλάδα.

Ένα μεγάλο εμπόδιο στην ταχύτερη διάδοση της μεθόδου είναι το σχετικά μεγάλο κόστος της αρχικής εγκατάστασης, σε συνδυασμό με τη μικρή διάρκεια ζωής του δικτύου. Σημειώνεται επίσης ότι ορισμένες ποικιλίες ανταποκρίνονται καλύτερα στην άρδευση με σταγόνες.

➡ **Το πότισμα με αυλάκια** εφαρμόζεται σε ισοπεδωμένα χωράφια. Σ' αυτήν την περίπτωση σημασία έχει το μήκος και η κλίση των αυλακίων, καθώς και η σύσταση του εδάφους. Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι το χαμηλό κόστος επένδυσης που απαιτεί και η εύκολη εφαρμογή του, ενώ μπορεί να δώσει άριστα αποτελέσματα στα χέρια έμπειρων βαμβακοκαλλιεργητών. Βεβαίως προϋποθέτει σημαντική επάρκεια νερού. Τα τελευταία χρόνια η άρδευση με αυλάκια έχει περιοριστεί σημαντικά.

Σήμερα στη χώρα μας το σύνολο σχεδόν της βαμβακοκαλλιέργειας αρδεύεται. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 1996 η αρδευόμενη έκταση έφτασε τα 4.224.000 στρ., έναντι 1.090.000 στρ. το 1985. Από αυτά, το 82,8% ποτίστηκε με τη μέθοδο της τεχνητής βροχής και ειδικότερα το 28,4% με χειρομετακινούμενους αγωγούς και εκτοξευτήρες μικρών παροχών και το 54,4% με αυτοκινούμενα συγκροτήματα, εφοδιασμένα με εκτοξευτήρες (πάνω από το 30%) ή ράμπες. Η υπόλοιπη έκταση ποτίστηκε κυρίως με τη μέθοδο της στάγδην άρδευσης (624.000 στρ., ποσοστό 14,8% του συνόλου, το 1996), ενώ η άρδευση με αυλάκια έχει περιοριστεί σε μικρή έκταση (μόλις το 2,4% των καλλιεργούμενων εκτάσεων, το 1996) (Δαβάρης, 1996).

### **2.3.4 Η Βαμβακοκαλλιέργεια στην Ελλάδα**

Η βαμβακοκαλλιέργεια είναι μια από τις κυριότερες αροτραίες καλλιέργειες στη χώρα μας. Τα τελευταία χρόνια καταλαμβάνει το 45-50% του συνόλου των αρδευόμενων αροτραίων εκτάσεων. Στην Ελλάδα η βαμβακοκαλλιέργεια ασκείται από μικρές σχετικά εκμεταλλεύσεις που αριθμητικά κυμαίνονται περί τις 75.000. Προμηθεύει με πρώτη ύλη την ελληνική βαμβακουργία και σποροelaiουργία, δίνοντας εργασία σε άλλες περίπου 200.000 οικογένειες που ασχολούνται με την εμπορία και μεταποίηση του προϊόντος. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η χώρα μας καταλαμβάνει σε παραγωγή βαμβακιού την 8<sup>η</sup> έως 10<sup>η</sup> θέση (ανάλογα με το ετήσιο ύψος παραγωγής των μεγαλύτερων βαμβακοπαραγωγών χωρών, όπως Κίνα, Ινδία, ΗΠΑ, Αυστραλία, Πακιστάν, Τουρκία, Βραζιλία, 9<sup>η</sup> θέση το 2009 ) Σε παγκόσμιο επίσης επίπεδο, τα τελευταία χρόνια κατέχει την 6<sup>η</sup> έως 8<sup>η</sup> θέση ως εξαγωγική χώρα ακατέργαστου βαμβακιού, μετά τις ΗΠΑ, Ουζμπεκιστάν, γαλλόφωνες αφρικανικές χώρες, Αυστραλία, Αργεντινή (7<sup>η</sup> θέση το 2009). Ωστόσο, η ανταγωνιστικότητα της ελληνικής βαμβακοκαλλιέργειας οφείλεται κυρίως στην κοινοτική στήριξη του

εισοδήματος των βαμβακοπαραγωγών με τους κανονισμούς οργάνωσης της. Για ορισμένες κατηγορίες καλλιεργητών, η βαμβακοκαλλιέργεια αποτελεί κύρια πηγή απόκτησης εισοδήματος και αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την εξασφάλιση ικανοποιητικού επιπέδου ζωής για τους καλλιεργητές και τις οικογένειές τους (ΥΠ.Α.Α.Τ, 2010; NCCA, 2010).

Η εξέλιξη της καλλιέργειας του βαμβακιού από το 1970 έως το 2009 παρουσιάζεται στον Πίνακα 5. Τα στοιχεία αφορούν το σύσπορο βαμβάκι. Το εκκοκκισμένο μπορεί να υπολογιστεί κατά προσέγγιση αν το σύσπορο πολλαπλασιαστεί κατά 32% και ο βαμβακόσπορος αν το σύσπορο πολλαπλασιαστεί κατά 54% (ΥΠ.Α.Α.Τ., 2010).

**Πίνακας 5.** Η εξέλιξη της καλλιέργειας του σύσπορου βαμβακιού (Πηγή: ΥΠ.Α.Α.Τ, Δ/ση αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης, 2010)

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)	ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά/στρεμ.)	ΤΙΜΗ (δρχ./κιλό)	ΑΚΑΘ. ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλ. δρχ.)	
1970	1.317.100	308.000	234	8,09	2.491.720	
1971	1.302.000	330.000	253	9,58	3.161.400	
1972	1.650.000	360.000	218	9,93	3.574.800	
1973	1.466.000	310.000	211	19,00	5.890.000	
1974	1.510.000	350.000	232	16,56	5.796.000	
1975	1.350.000	368.000	273	14,10	5.188.800	
1976	1.492.000	340.000	228	23,75	8.075.000	
1977	1.820.000	435.000	239	19,86	8.639.100	
1978	1.675.000	451.200	269	20,68	9.330.816	
1979	1.422.000	320.000	225	24,90	7.968.000	
1980	1.411.700	356.000	252	33,12	11.790.720	
1981	1.263.000	358.835	284	45,21	16.222.930	
1982	1.375.000	315.869	230	62,44	19.722.860	
1983	1.680.000	402.506	240	78,73	31.689.297	
1984	1.920.000	452.370	236	103,95	47.023.862	
1985	2.090.000	526.045	252	109,82	57.770.262	
1986	2.100.000	623.592	297	113,87	71.008.421	
1987	2.020.000	571.052	283	133,05	75.978.469	
1988	2.560.000	749.807	293	137,69	103.240.926	
1989	2.800.000	828.944	296	159,90	132.548.146	
1990	2.680.000	663.032	247	182,75	121.169.098	
1991	2.330.000	680.000	292	238,78	162.370.400	
1992	3.212.000	815.000	254	262,32	213.790.800	
1993	3.516.000	986.000	280	276,76	272.885.360	
1994	3.826.000	1.184.000	309	288,13	341.145.920	
1995	4.406.000	1.250.000	284	277,82	347.275.000	
1996	4.282.330	962.000	225	294,31	283.126.220	
1997	3.862.440	1.058.920	274	295,00	312.381.400	
1998	4.070.000	1.170.000	287	275,00	321.750.000	
1999	4.300.000	1.320.000	307	260,00	343.200.000	
2000	4.050.000	1.235.000	305	298,00	368.030.000	
2001	3.787.378	1.246.839	329	245,34	305.899.480	
2002	3.605.000	1.131.500	314	0,88	995.720	*
2003	3.671.000	972.000	265	1,03	1.001.160	*
2004	3.837.910	1.254.780	327	0,88	1.104.206	*
2005	3.630.000	946.000	261	0,90	851.400	*
2006	3.803.800	765.400	201	0,31	237.274	*
2007	3.387.240	668.181	197	0,42	280.636	*
2008	2.841.570	670.000	236	0,20	134.000	*
2009	2.330.000	600.000	258		0	*

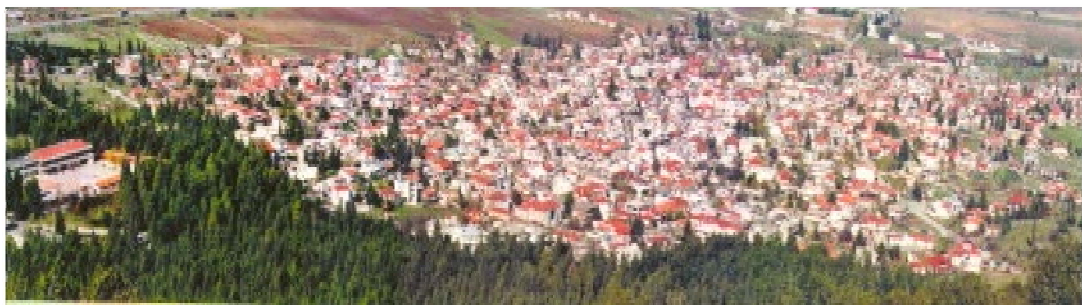
\* τιμές σε ευρώ

## 3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

---

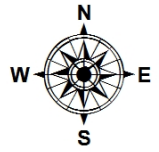
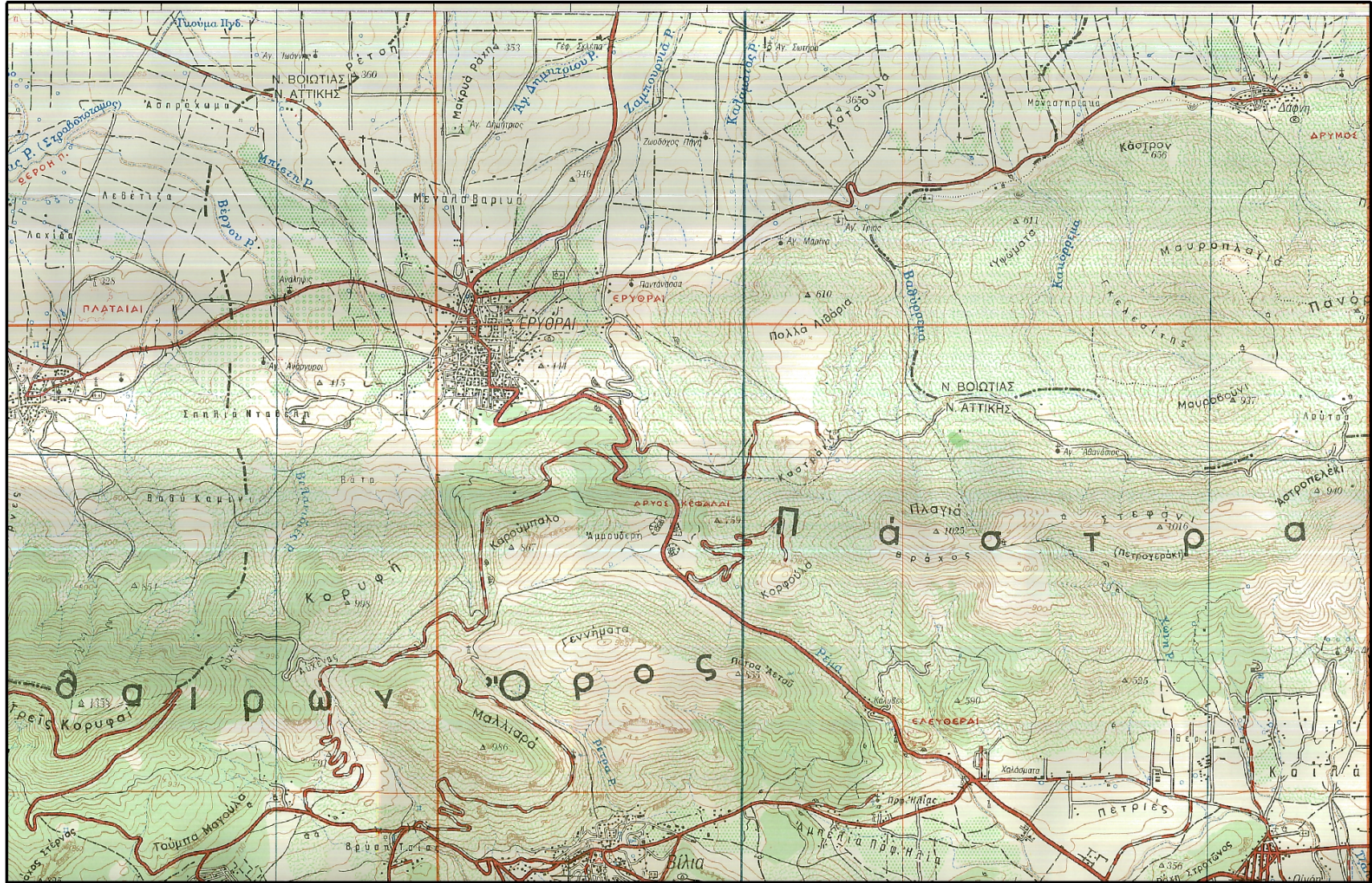
### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Δ.Δ Ερυθρών Ν. Αττικής, θέση «Καλαμάτα». Οι Ερυθρές (παλαιότερα Κρικεκούκι) είναι κωμόπολη της Δυτικής Αττικής (Εικόνα 2). Βρίσκονται στα βορειοδυτικά του νομού, χτισμένες σε υψόμετρο 390 μέτρων στις ανατολικές πλαγιές του Κιθαιρώνα. Το γεωγραφικό μήκος της είναι  $23^{\circ} 22' 40''$  και το γεωγραφικό πλάτος  $38^{\circ} 13' 30''$ . Η κωμόπολη των Ερυθρών απέχει 58 χιλ. από την Αθήνα. Συνορεύει βόρεια με το δήμο Θηβαίων ο οποίος απέχει 12 χιλ., και τις κοινότητες Λουτουφίου, και Νεοχωρακίου, νότια με το δήμο Βιλλίων και την κοινότητα Οινόης, ανατολικά με την κοινότητα Δάφνης και δυτικά με το δήμο Πλαταιών (Χάρτης 1). Αν και ανήκουν στον νομό Αττικής συνδέονται περισσότερο με το διοικητικό κέντρο της Θήβας με την οποία βρίσκονται πολύ κοντά. Αποτελούν έδρα δήμου και έχουν συνολικό πληθυσμό 3.326 κατοίκων.

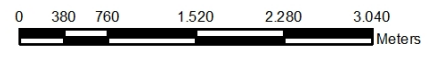


**Εικόνα 2.** Πάνω: Άποψη του Δ. Ερυθρών ( πηγή [www.erythres.gr](http://www.erythres.gr)), Κάτω:  
Άποψη του πεδίου των Ερυθρών.





# Δ. ΕΡΥΘΡΩΝ



Χάρτης 1. Ερυθρές Αττικής

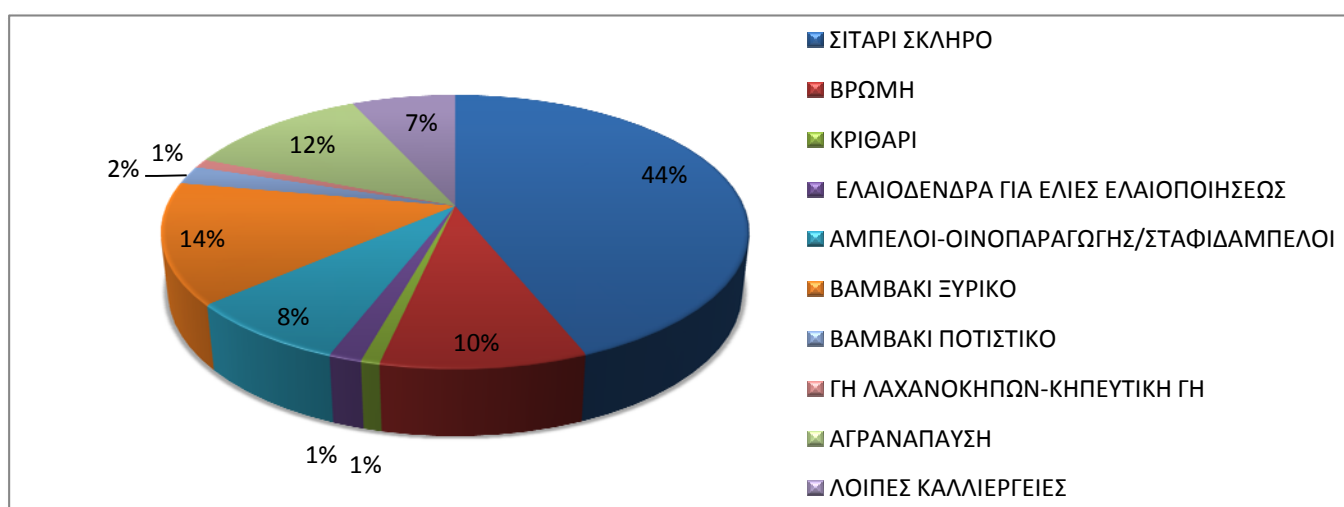
Πηγή ΓΥΣ 1989

### 3.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

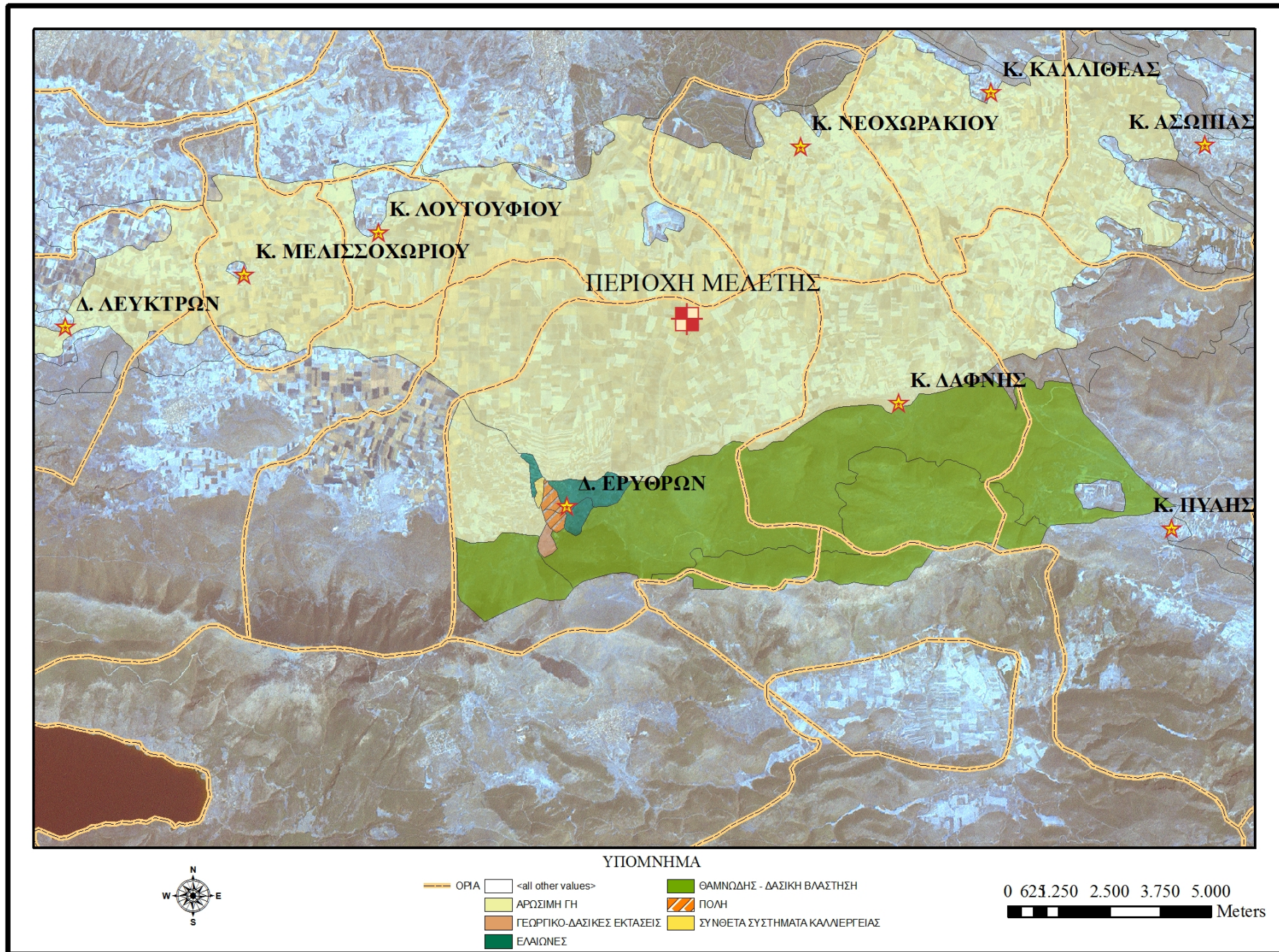
Η κατανομή των χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης, το έτος 2001 δίνεται στον πίνακα 6 και στο σχήμα 8, τα οποία συντάχθηκαν ύστερα από γεωαναφορά και ψηφιοποίηση του χάρτη χρήσεων γης της λεκάνης του Ασωπού (Χάρτης 2). Ο συγκεκριμένος χάρτης δημιουργήθηκε από την επεξεργασία δορυφορικής εικόνας που ελήφθει για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού, από τον δορυφόρο Corine το έτος 2001 στα πλαίσια ευρωπαϊκού προγράμματος για την αποτύπωση των χρήσεων γης των ευρωπαϊκών χωρών με χρήση δορυφόρου. Το σύνολο των γεωργικών εκτάσεων που καλλιεργούνται ανέρχονται στα 45.560 στρέμματα, με το ποσοστό των αρδευόμενων εκτάσεων να είναι 50.4%. Το σύνολο των αροτραίων καλλιεργειών ανέρχεται σε 35.200 στρ. (ΕΣΥΕ 2004, Θέος 2008)

**Πίνακας 6.** Χρήσεις γεωργικής γης στον Δ. Ερυθρών (τιμές σε χιλιάδες στρ.)

ΕΙΔΟΣ	ΣΙΤΗΡΑ			ΕΛΑΙΟΔΕΝΔΡΑ ΓΙΑ ΕΛΕΣ ΕΛΑΙΟΠΟΙΗΣΕΩΣ	ΑΜΠΕΛΟΙ- ΟΙΝΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ/ ΣΤΑΦΙΔΑΜΠΕΛΟΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ		ΓΗ ΛΑΧΑΝΟΚΗΠΩΝ ΚΗΠΕΥΤΙΚΗ ΓΗ	ΑΓΡΑΝΑΠΑΥΣΗ
	ΣΙΤΑΡΙ ΣΚΛΗΡΟ	ΒΡΩΜΗ	ΚΡΙΘΑΡΙ			ΒΑΜΒΑΚΙ ΕΥΡΙΚΟ	ΒΑΜΒΑΚΙ ΠΟΤΙΣΤΙΚΟ		
ΕΚΤΑΣΕΙΣ	20	4,35	0,4	0,7	3,52	6,5	1	0,47	5,505
ΠΟΣΟΣΤΟ(%) ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	43,9	9,5	0,9	1,5	7,7	14,3	2,2	1,0	12,1



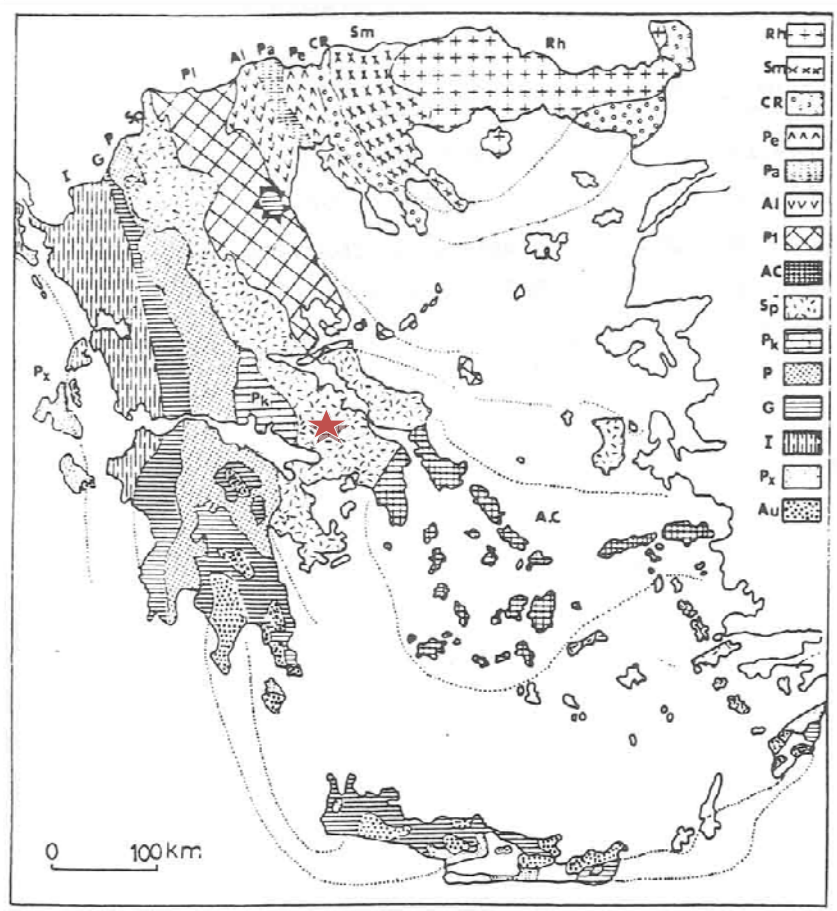
**Σχήμα 8.** Κύριες καλλιέργειες στον Δ. Ερυθρών (Πηγή: ΕΣΥΕ, 2004).



Χάρτης 2. Χρήσεις Γης στον Δ. Ερυθρών

### 3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης σύμφωνα με τη νεότερη γεωτεκτονική διαίρεση του Ελλαδικού χώρου ανήκει στην Υποπελαγονική Ζώνη (Σχήμα 9).



**Σχήμα 9.** Γεωλογικές ζώνες Ελλάδας, όπου Sp η Υποπελαγονική ζώνη, Ac η Αττικοκυκλαδική ζώνη και Pk η Ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας (Μουντράκη et al. 1983)

Η Υποπελαγονική ζώνη βρίσκεται δυτικά της Πελαγονικής. Έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Ξεκινάει από την Αλβανία, συνεχίζει προς τη δυτική Θεσσαλία, ανατολική Στερεά Ελλάδα, Σαλαμίνα, Ύδρα, ανατολική Πελοπόννησο, Κω και Μ. Ασία. Στην περιοχή μελέτης την συναντάμε στο Νοτιοδυτικό τμήμα του Ν. Βοιωτίας και σε ολόκληρο σχεδόν του Ν. Αττικής (εκτός του τμήματος που ανήκει στη Αττικοκυκλαδική ζώνη στα Ανατολικά).

Η Υποπελαγονική ζώνη περιλαμβάνει σχηματισμούς (σύμφωνα με τους Δούνα, κ.α. (1978) γεωλογικοί χάρτες Ι.Γ.Μ.Ε 1:50000, 1971) όπως:

## ✧ **Πετρώματα Μεσοζωικού**

### **Οι ασβεστόλιθοι του Μέσου και Ανώτερου Τριαδικού**

Στους ασβεστόλιθους του Μέσου και Ανώτερου Τριαδικού ανήκουν τα ασβεστολιθικά στρώματα Βόρεια και Δυτικά της Πάρνηθας και των κλιτών της με εξαίρεση τον όγκο Λιόπεσι – Πάτερο – Σαλονίκι. Επίσης, υπάρχουν μεμονωμένες εμφανίσεις, οι οποίες επικάθονται σποραδικά πάνω στα σχιστοψαμμιτικά στρώματα και στους ασβεστόλιθους του Ανώτερου Λιθανθρακοφόρου – Περμίου. Πρόκειται για τεφρόλευκους ασβεστόλιθους στους οποίους επικρατούν οι Μεσοτριάδικοί, που αναπτύσσονται συχνά σε αλληπάλληλες στοιβάδες.

Η κατώτερη στοιβάδα αποτελείται από ασβεστόλιθους που διαφέρουν από τόπο σε τόπο. Ως σχηματισμοί μετάβασης από τα υποκείμενα νεοπαλαιοζωικά πετρώματα της βάσης τους προς τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους του Μέσου Τριαδικού, μπορεί να μεταπίπτουν πλευρικά σε σχιστόλιθους και ψαμμίτες, αλλά πιο συχνά είναι μαργαϊκοί, εναλλασσόμενοι με στρώματα κερατολίθων, λεπτοπλακώδεις και στιφοί.

Η ενδιάμεση στοιβάδα συνίσταται από παχυστρωματώδεις μέχρι και άστρωτους κατά κύριο λόγο δολομιτικούς ασβεστόλιθους, έντονα διερρηγμένους και κατακερματισμένους. Συχνά μεταπίπτουν σε τοπικούς δολομίτες. Οι ασβεστόλιθοι της ανώτερης στοιβάδας είναι βαθύτεφροι έως μελανότεφροι. Είναι συνήθως λεπτοπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις, με κονδύλους και ενστρώσεις κερατολίθων. Παρουσιάζουν πυκνό δίκτυο διαρρήξεων, ρηγματώσεων και καρστικοποίησης. Τα τεκτονικά και καρστικά διάκενα αποφράσσονται συχνά με ερυθροχώματα και μαργαϊκά υλικά. Παρουσιάζουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση (Δούνας κ.α.1978).

## ✧ **Πετρώματα Καινοζωικού**

### **1. Νεογενές**

Οι σχηματισμοί του Νεογενούς καταλαμβάνουν τα πεδινά τμήματα της λεκάνης του Ασωπού και απαρτίζονται από πάνω προς τα κάτω από τα παρακάτω στρώματα:

i) Ασβεστόλιθοι κατά πλείστον πλακώδεις και εν μέρει μαργαϊκοί με πάχος μεγαλύτερο από 60 μ.

ii) Πλακώδεις μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις μαργών. Προς τα κάτω μεταπίπτουν σε λευκές μάργες με ενστρώσεις λευκών μαργαϊκών ασβεστόλιθων ή ασβεστολιθικών μαργών με πάχος 50 – 80 μέτρων.

iii) Τεφρόλευκες έως κιτρινόλευκες μάργες με ενστρώσεις ασβεστολιθικών μαργών. Προς τα κάτω μεταπίπτουν σε τεφρόχρωες μάργες και περαιτέρω σε τεφρόχρωες αργίλους. Το πάχος τους ανέρχεται σε 50 μέτρα.

Ο κατώτερος ορίζοντας των μαργών και αργίλων του Νεογενούς περιλαμβάνει σε ορισμένες περιπτώσεις και ενστρώσεις ψαμμίτη και κροκαλοπαγούς με τις οποίες εναλλάσσεται το στρώμα της αργίλου. Το κροκαλοπαγές αυτό συνίσταται από κροκάλες ασβεστολιθικές, αργιλικού σχιστόλιθου και ψαμμίτη, μαύρου κερατόλιθου και λευκού χαλαζία, υλικά τα οποία προέρχονται από το σύστημα της Πάρνηθας. Διαφοροποιείται από τα κροκαλοπαγή του Διλουβίου από το γεγονός ότι οι κροκάλες αυτές είναι κατά κανόνα μικρότερου μεγέθους.

Η αλληλουχία των τριών αυτών στρωμάτων δεν είναι εμφανής σε όλες τις περιοχές. Σε ορισμένες θέσεις τα στρώματα του Νεογενούς βρίσκονται υπεράνω των Κρητιδικών ασβεστολίθων ή των σχιστοψαμμιτικών στρωμάτων και σερπεντινών της περιοχής (Δούνας κ.α.1978).

## **2. Το Διλούβιο**

Στην περιοχή το Διλούβιο συνίσταται από εναλλασσόμενα στρώματα αργίλων και κροκαλοπαγών. Αποτελούνται από υλικά κλειστών λεκανών (ερυθροί πηλοί, λεπτομερείς αμμοαργιλώδεις σχηματισμοί, αδρομερείς σχηματισμοί κροκάλων και λατυπών, χαλαροί ή συγκολλημένοι αργιλομαργαϊκό συνδετικό υλικό). Τα κροκαλοπαγή του Διλουβίου αποτελούνται από κροκάλες από τα πετρώματα του ορεινού συγκροτήματος της Πάρνηθας και των ορεινών όγκων πριν από αυτή, δηλαδή ασβεστολιθικές, σχιστοψαμμιτικές, κερατολιθικές (από μαύρο και ερυθρό κερατόλιθο), καθώς επίσης και από κροκάλες προερχόμενες από τον ασβεστόλιθο και τον μαργαϊκό ασβεστόλιθο του Νεογενούς (Δούνας κ.α.1978).

## **3. Το Αλλούβιο**

Το Αλλούβιο στην περιοχή σχηματίζει:

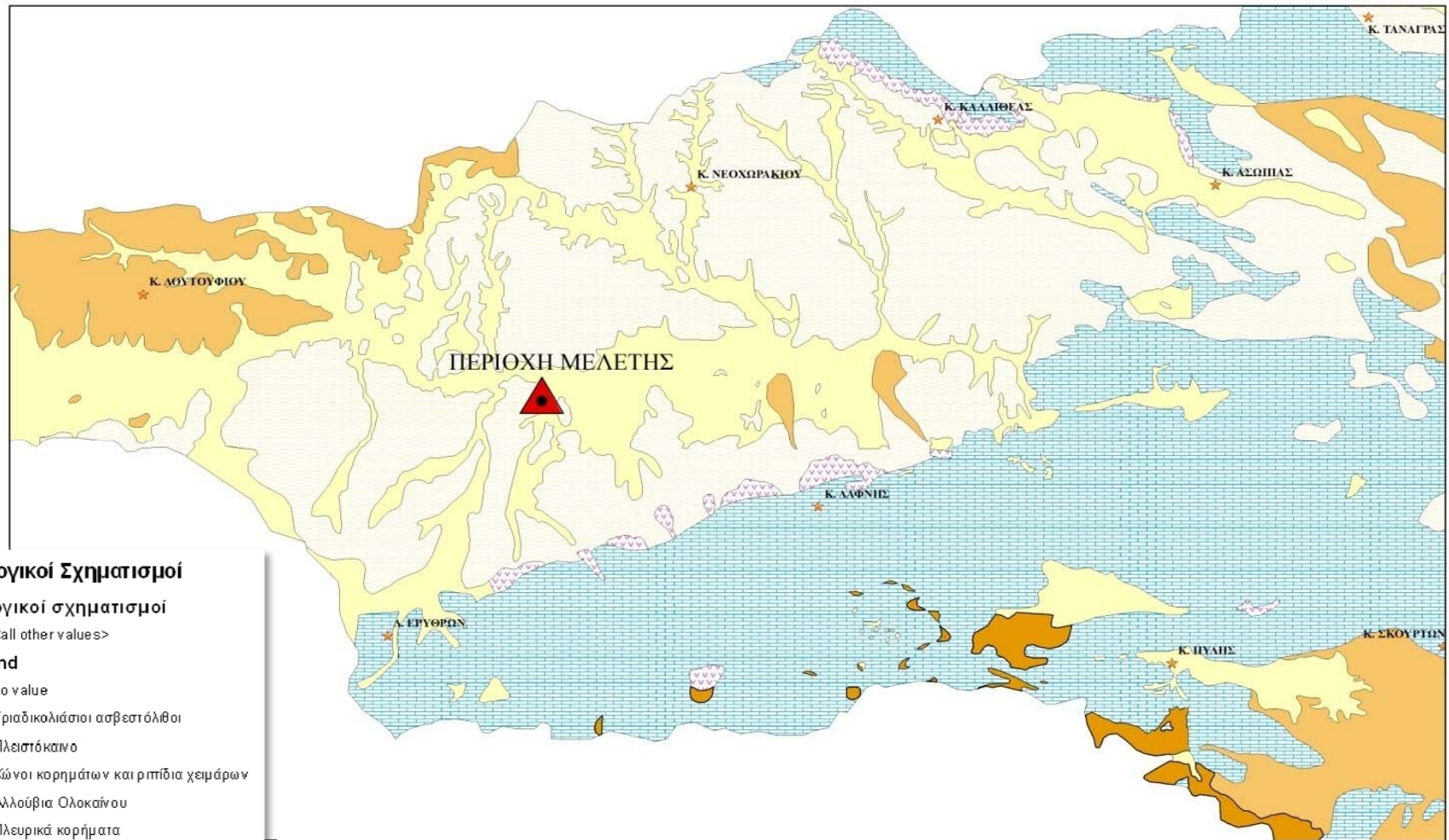
i) Τα αποθέματα φυτικής γης και αργίλων εν γένει τα οποία αναπτύσσονται στην περιοχή.

ii) Τα αποθέματα ερυθράς γης και λατυπών κυρίως ασβεστολιθικών

iii) Τα κορήματα, τα οποία σχηματίζονται από καταρρεύσεις ασβεστόλιθων στους πρόποδες της Πάρνηθας.

Παρακάτω παρατίθεται ο Χάρτης 3 όπου και αποτυπώνονται με ξεχωριστά χρώματα οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συνθέτουν την περιοχή μελέτης .

# ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ



## Γεωλογικοί Σχηματισμοί

### Γεωλογικοί σχηματισμοί

<all other values>

### rockkind

no value

Τριαδικολιάσιιο ασβεστόλιθοι

Πλειστόκαινο

Κώνιοι κορημάτων και ριπίδια χειμάρων

Αλλούβια Ολοκαίνου

Πλευρικά κορήματα

Ηφαιστειογενές Περμοτριάδικού

Σιδηροκρανιούχο μετάλλευμα

Αν. Κρητιδικοι Ασβεστόλιθοι

Ασβεστόλιθοι και δολομίτες

Φλύσχης Παλαιοκαίνου

0 6501.300 2.600 3.900 5.200  
Meters



Χάρτης 3. Γεωλογικοί Σχηματισμοί περιοχής μελέτης

### 3.4 ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν τα στοιχεία που συνθέτουν το κλίμα της ευρύτερης περιοχής στην οποία ανήκει ο πειραματικός αγρός όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Αυτά προέρχονται από καταγραφές των Μετεωρολογικών Σταθμών Τανάγρας της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας και του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (<http://penteli.meteo.gr/meteosearch/default.asp>) οι οποίοι απέχουν περίπου 20 Km από την περιοχή μελέτης και είναι οι πιο κοντινοί σταθμοί με αξιόπιστα στοιχεία.

Παρακάτω στον πίνακα 7 παρατίθενται η γεωγραφική θέση, το υψόμετρο και η χρονική διάρκεια των μετρήσεων των σταθμών.

**Πίνακας 7:** Στοιχεία μετεωρολογικών σταθμών

Σταθμός	Γεωγραφικό πλάτος φο	Γεωγραφικό μήκος λο	Υψόμετρο σταθμού (m)	Χρονική περίοδος μετεωρολογικών στοιχείων
Τανάγρας EMY	38° 19' N	23° 32' E	139	1978 – 1998
Τανάγρας EAA	38° 19' 56'' N	23° 35' 02'' E	140	2009

Γενικά το κλίμα της ευρύτερης περιοχής του χαρακτηρίζεται ως εύκρατο, με κρύους και υγρούς χειμώνες και καλοκαίρια ζεστά και ξηρά.

Το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος ανέρχεται σε 16.6°C (Σταθμός Τανάγρας EMY) που χαρακτηρίζει την περιοχή ως ηπειρωτική (Πίνακες 8 & 9).

Ισχυροί παγετοί και χιονοπτώσεις στα πεδινά δεν είναι σπάνιο φαινόμενο. Οι εποχές δεν συμπίπτουν κλιματολογικά με την αντίστοιχη ημερολογιακή τους διαίρεση. Ο χειμώνας αρχίζει από τα μέσα Νοεμβρίου και τελειώνει συνήθως περί τα τέλη Μαρτίου, οπότε παρατηρούνται και οι τελευταίοι παγετοί. Αντίθετα η άνοιξη είναι μικρής διάρκειας λόγω παράτασης του χειμώνα και της πρώιμης εμφάνισης του καλοκαιριού. Εξαιτίας των πιο πάνω μεταβολών, ο Μάιος μπορεί να θεωρηθεί περισσότερο ως καλοκαιρινός μήνας και λιγότερο ανοιξιάτικος. Το καλοκαίρι μπορεί να θεωρηθεί ως η εποχή με τη μεγαλύτερη διάρκεια, αφού προσδιορίζεται μεταξύ αρχών Μαΐου και μέσα Οκτωβρίου, ενώ το φθινόπωρο έχει πολύ μικρή διάρκεια από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι τα μέσα Νοεμβρίου (Μαριολόπουλος, 1982)

Η κατανομή των κατακρημνισμάτων μεταξύ των εποχών είναι άνιση. Βάση των βροχομετρικών στοιχείων των Μ.Σ Τανάγρας (Πίνακες 8 & 9), το 79.3% περίπου του συνολικού ετήσιου ύψους βροχής πέφτει κατά την περίοδο του φθινοπώρου-χειμώνα,



το 14.6% περίπου την άνοιξη και μόλις το 6.1% το καλοκαίρι. Σύμφωνα με τα στοιχεία των πίνακων 8 & 9 το ύψος βροχής της αρδευτικής περιόδου θεωρείται ελλειμματική για την αγροτική ανάπτυξη, γιατί χωρίς την πρόσθετη χορήγηση επαρκών ποσοτήτων νερού, ειδικότερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο, δεν είναι δυνατή η ανάπτυξη των εαρινών καλλιεργειών.

**Πίνακας 8:** Βασικά Κλιματικά Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Τανάγρας (ΕΑΑ) για το έτος 2009.

ΜΗΝΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ °C			ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ σε mm	ΑΝΕΜΟΙ	
	Μέση	Απόλυτη μέγιστη	Απόλυτη ελάχιστη		Μέση μηνιαία ανεμοταχύτητα Km/hr	Δ/νση ανέμου
Ι	9.3	18.6	-1.3	79.6	6.4	WNW
Φ	7.7	20.3	-2.8	38.6	7.3	WNW
Μ	10.3	22.9	-0.3	52.6	7.4	WNW
Α	13.4	23.6	5.3	13.2	5.3	NW
Μ	19.7	32.3	7.1	18	6.7	NW
Ι	24.7	36.9	14	0.6	7.3	N
Ι	27.4	40.1	16.9	2.6	8.6	N
Α	25.3	34.1	14.2	0	9.2	N
Σ	20.9	34.9	10.9	129.6	6	N
Ο	17.3	27.9	7.2	25.2	6.1	N
Ν	12.4	22.3	3.8	66.8	4.1	NW
Δ	11.5	24.3	0.7	90.6	6	WNW
ΕΤΟΣ	16.7	40.1	-2.8	517.4	6.7	

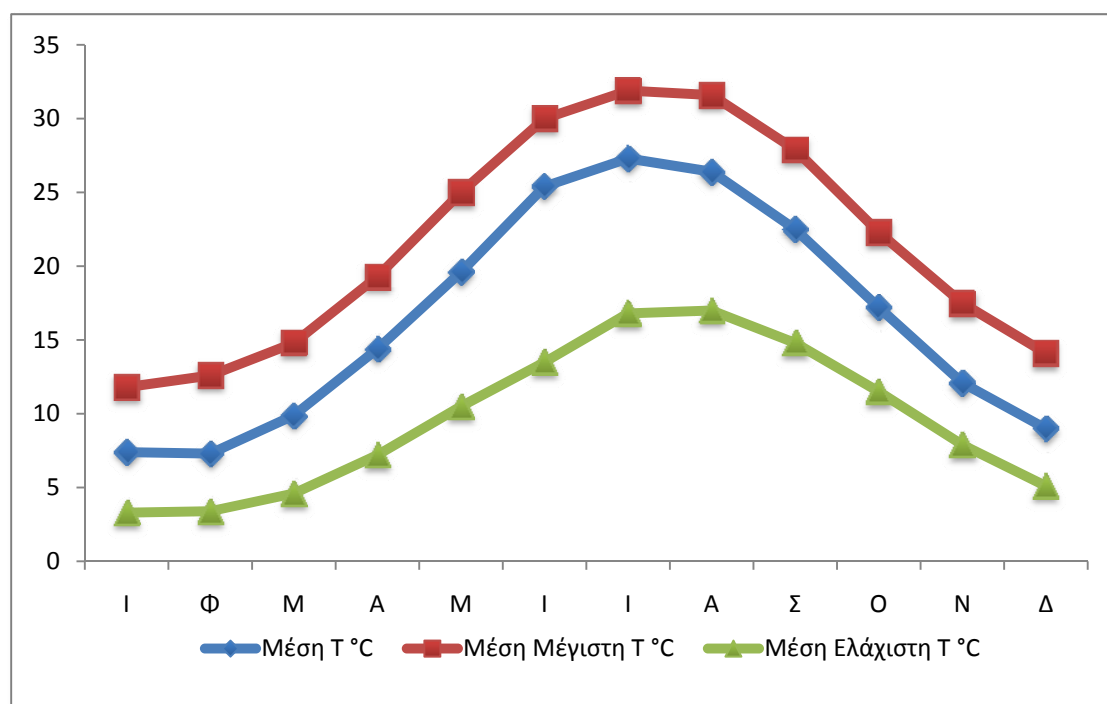
**Πίνακας 9.** Μέσοι όροι της μηνιαίας διακύμανσης των διαφορετικών κατηγοριών θερμοκρασίας (T) σε °C, της σχετικής υγρασίας, της βροχόπτωσης σε mm, της μέσης μηνιαίας ανεμοταχύτητας σε m/sec, της Δ/σης ανέμου, των ωρών ηλιοφάνειας, της εξατμισοδιαπνοής (ET) και του πηλίκου P/ET για την περιοχή του Μ.Σ. Τανάγρας (EMY), κατά την χρονική περίοδο 1978-1998.

	Μέση T(°C)	Μέση Μέγιστη T(°C)	Μέση Ελάχιστη T(°C)	Απολύτως Μέγιστη T(°C)	Απολύτως Ελάχιστη T(°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%)	Βροχόπτωση (mm)	Μέση μηνιαία ανεμοταχύτητα (m/sec)	Δ/ση Ανέμου	Μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας ανά ημέρα (hr/day)	Μέσος μηνιαίος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας (hr)	(ET) mm/day	P/ET
<b>Ι</b>	7.4	11.8	3.3	23.4	-10.4	75.6	62.7	3.3	NW	3.6	110.4	2.05	30.6
<b>Φ</b>	7.3	12.6	3.4	26	-16.6	71	49	3.3	NW	4	111.1	2.59	18.9
<b>Μ</b>	9.9	14.8	4.6	26.6	-6.4	71.5	53.5	3.2	NW	5	155.4	3.28	16.3
<b>Α</b>	14.4	19.3	7.2	32.8	-1.4	64.7	31.6	2.9	W	7.1	212.6	4.36	7.3
<b>Μ</b>	19.6	25	10.5	38.2	1.1	55.8	24.9	2.9	N	8.8	272.9	5.8	4.3
<b>Ι</b>	25.4	30	13.5	42.4	7	47	7.8	3.4	N	11	331	7.54	1
<b>Ι</b>	27.3	31.9	16.8	46	11	44	6.2	3.9	N	11.3	350.9	8.13	0.8
<b>Α</b>	26.4	31.6	17	43.7	10.5	48.9	10.6	3.6	N	10.7	330.2	7.26	1.5
<b>Σ</b>	22.5	27.9	14.8	39	5.8	56.2	10	3	N	8.9	267.8	5.28	1.9
<b>Ο</b>	17.2	22.3	11.5	37.2	0	67.4	46.5	2.9	N	5.7	178	3.51	13.3
<b>Ν</b>	12.1	17.5	7.9	29.4	-3	74.7	65.4	2.8	NW	4	119.3	2.3	28.4
<b>Δ</b>	9	14.1	5.1	24	-6	70.1	72	3.1	W	3.2	100.3	2.01	35.8
<b>ΕΤΟΣ</b>	16.6	21.7	9.6	43.7	-16.6	62.3	440.2	3.2		6.9	2539.9	4.51	

## Θερμοκρασία αέρα

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα ανέρχεται σε  $16.6^{\circ}\text{C}$  (πίνακας 9). Σύμφωνα με τον πίνακα 9 η μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρείται τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο είναι  $3.3^{\circ}\text{C}$  και  $3.4^{\circ}\text{C}$  αντίστοιχα, και η μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία, που σημειώνεται τον Ιούλιο και Αύγουστο είναι  $31.9^{\circ}\text{C}$  και  $31.6^{\circ}\text{C}$  (Σχήμα 10). Κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων 1978 - 1998 σημειώθηκε απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία  $-16.6^{\circ}\text{C}$  κατά το μήνα Φεβρουάριο και απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία  $46^{\circ}\text{C}$  τον Ιούλιο. Οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται κατά διαστήματα το Μάρτιο και τον Απρίλιο, αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για τη σπορά και το φύτευμα των καλοκαιρινών καλλιεργειών. Αντίθετα οι υψηλές του Σεπτεμβρίου είναι ευνοϊκός παράγοντας για την ωρίμανση των καλλιεργειών. Επομένως για τη θερμοκρασία οι τιμές από τον πίνακα κρίνονται καλές για την καλλιέργεια βαμβακιού και οι ακραίες ελάχιστες και μέγιστες εμφανίζονται ανά μεγάλα χρονικά διαστήματα και όχι σε τακτά ετήσια.

Για το έτος 2009 όπου καλλιεργήθηκε το βαμβάκι στον πειραματικό αγρό, σύμφωνα με τον πίνακα 8 οι θερμοκρασίες (μέση, ελάχιστη και μέγιστη) κατά τη βλαστική περίοδο κρίνονται πολύ καλές.



**Σχήμα 10.** Ετήσια πορεία των τιμών της Μέσης ( $T_{\text{mean}}$ ), της Μέσης Μέγιστης ( $T_{\text{max}}$ ) και της Μέσης ελάχιστης ( $T_{\text{min}}$ ) Θερμοκρασίας για την περιοχή του Μ.Σ. της Τανάγρας (EMY) και για τη χρονική περίοδο 1978-1998.

### **Μέση θερμοκρασία εδάφους**

Η διαφορά θερμοκρασίας εδάφους, σε βάθος 0.05 μ. και θερμοκρασίας αέρα όπως είναι γνωστό είναι σχετικά μικρή.

Γενικά η θερμοκρασία εδάφους είναι ελαφρά χαμηλότερη από την θερμοκρασία του αέρα, στοιχείο ευνοϊκό για το φύτρωμα του σπόρου των εαρινών καλλιεργειών και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των επιπολαιόριζων χειμερινών σιτηρών.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί και το γεγονός ότι κατά την άρδευση των καλλιεργειών θα πρέπει να επιδιώκεται ώστε το νερό της άρδευσης να έχει περίπου την θερμοκρασία εδάφους ή και του αέρα και όχι μικρότερη, όπως στην περίπτωση χρησιμοποίησης του νερού των γεωτρήσεων απευθείας για άρδευση και χωρίς παρεμβολή δεξαμενής οξυγόνωσης-θέρμανσης, γιατί τότε προκαλούνται διαταραχές στη φυσιολογία του φυτού με συνέπεια να μειώνονται οι στρεμματικές αποδόσεις και η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, μια και η θερμοκρασία του νερού των υπόγειων υδροφορέων δεν ξεπερνάει τους 15 ° C όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος ( Πίνακας 9) κατά την περίοδο των αρδεύσεων κυμαίνεται από 19.6 μέχρι 27.3 της κλίμακας Κελσίου.

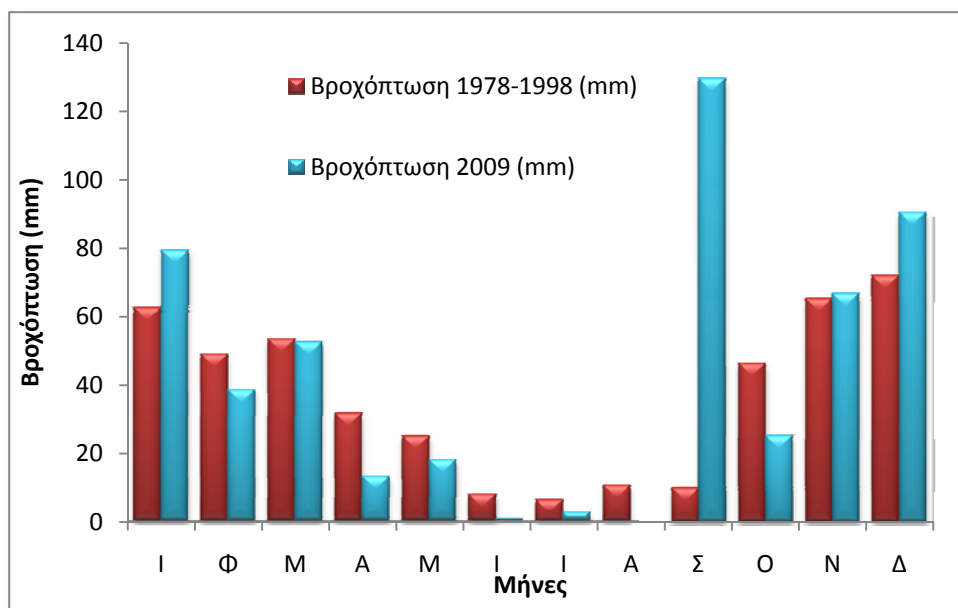
### **Βροχοπτώσεις**

Σύμφωνα με τα δεδομένα του Μ.Σ. Τανάγρας (ΕΜΥ) το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται σε 440.2 χιλιοστά (πίνακας 9).

Η κατανομή των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια του έτους δεν είναι ομοιόμορφη. Έτσι το 41.7% των βροχών (183.7 mm) πέφτει κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το 27.7% (121.9 mm) κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, το 25% (110 mm) την Άνοιξη και τέλος το 5.6% (24.6 mm) κατά τη θερινή περίοδο.

Η κατανομή των βροχοπτώσεων δίνεται από το σχήμα 11 -τόσο για τον Μ.Σ. Τανάγρας (ΕΜΥ) για την χρονική περίοδο 1978-1998, όσο και για τον Μ.Σ. Τανάγρας (ΕΑΑ) για την χρονική περίοδο 2009-, όπου παρατηρούνται αλλαγές στο ύψος ανά εποχή.

Για το έτος 2009 το ύψος βροχής ανήρθε σε 517,4 mm. Η μέγιστη βροχόπτωση (129.6 mm) παρατηρήθηκε τον μήνα Σεπτέμβριο. Είναι χαρακτηριστικό τους καλοκαιρινούς μήνες που οι καλλιέργεια ξηρικού βάμβακος έχει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό, η βροχόπτωση ήταν σχεδόν μηδαμινή (πίνακες 8 & 9, Σχήμα 11).



**Σχήμα 11.** Πορεία της Ετήσιας Βροχόπτωσης για την περιοχή του Μ.Σ. της Τανάγρας και για τη χρονική περίοδο 1978-1998.

### Νέφωση-Ηλιοφάνεια

Από τα στοιχεία του Μ.Σ Τανάγρας (Πίνακας 9) φαίνεται ότι οι περισσότεροι νεφοσκεπείς μήνες είναι ο Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος Νοέμβριος, Μάρτιος και λιγότερο ο Οκτώβριος ο Απρίλιος .Οι υπόλοιποι μήνες που συμπίπτουν με την περίοδο μεγάλης ανάπτυξης και καρποφορίας, κυρίως φυτών μεγάλης καλλιέργειας, παρουσιάζουν πολύ μικρή νέφωση.

Αντίθετα με ότι συμβαίνει με το θέμα της νέφωσης, η μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, παρατηρείται κατά τους μήνες του καλοκαιριού και λιγότερο της άνοιξης και του φθινοπώρου με μέσο όρο ωρών το 24ωρο 11.3 για τον Ιούλιο, 11.0 για τον Ιούνιο, 10.7 για τον Αύγουστο, 8.9 για τον Σεπτέμβριο, 8.80 για τον Μάιο. Για τους υπόλοιπους μήνες Απρίλιο, Οκτώβριο, Μάρτιο, Φεβρουάριο, Ιανουάριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο οι ώρες ηλιοφάνειας μειώνονται σε 7.1, 5.7, 5.0, 4.0, 3.6, 4.0, και 3.2 αντίστοιχα.

Εδώ κρίνεται απαραίτητο να γίνει η παρατήρηση ότι η διάρκεια ηλιοφάνειας για την περιοχή μελέτης θεωρείται από της μεγαλύτερες της χώρας.

### Σχετική υγρασία

Από τα επιμέρους στοιχεία σχετικής υγρασίας του Μ.Σ της Τανάγρας (ΕΜΥ) προκύπτει ότι η περιοχή μελέτης μπορεί να καταταχθεί κατά τμήματα, στην ισούγρη

καμπύλη των 66.8-64.2. Σημειώνεται ότι υπάρχει αισθητή διαφορά μεταξύ διαφόρων μηνών του έτους με ελάχιστη τον Ιούλιο 44,0% και μέγιστη τον Ιανουάριο με 75.6% (Πίνακας 9). Σημειώνεται ότι η μέγιστη ισόγυρη καμπύλη διατηρείται στα αυτά περίπου υψηλά επίπεδα, όλη την περίοδο του Νοέμβριο-Μαρτίου προφανώς λόγω επηρεασμού της περιοχής από τους ορεινούς όγκους που την περιβάλλουν και τις υδατικές συνθήκες που επικρατούν στο Κωπαιδικό πεδίο.

### **Άνεμοι**

Με βάση τα στοιχεία του παραπάνω Μ.Σ της Τανάγρας (ΕΜΥ) (Πίνακας 9) οι μετρήσεις για τους μήνες (Οκτώβριος-Νοέμβριος) είναι αντίστοιχα 2.7 και 3.6 m/sec και για τον Φεβρουάριο-Απρίλιο αντίστοιχα 3.1 και 2.8 m/sec αντίστοιχα.

Για την αρδευτική περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου οι αντίστοιχες ταχύτητες ανέμων είναι από 2.6 m/sec μέχρι 4.1 m/sec.

Βέβαια για να δοθεί σαφή ερμηνεία των στοιχείων εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι ο χώρος που αναπτύσσεται το αεροδρόμιο της Τανάγρας βρίσκεται μεταξύ των ορεινών όγκων Πτόων όρος και Μεσσάπιον όρος, γεγονός που δημιουργεί συνθήκες επιτάχυνσης των κατερχόμενων από τις κλιτιές αέριων μαζών, προς τις πεδινές περιοχές.

Με βάση τις πιο πάνω παρατηρήσεις και συμπεράσματα, για την περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου που είναι η βασική χρονική περίοδος εφαρμογής των αρδεύσεων, η μέση ταχύτητα ανέμων κυμαίνεται μεταξύ των 2.6 m/sec και 4.1 m/sec. Αυτό σημαίνει ότι δεν επηρεάζουν οι άνεμοι με οποιοδήποτε τρόπο την καλή εφαρμογή των αρδεύσεων με τεχνητή βροχή, εκτός των περιπτώσεων που εφαρμόζονται αρδεύσεις με πολύ χαμηλές πιέσεις και συμπέσει να πνέουν άνεμοι μεγαλύτερης έντασης από τις εντάσεις που προσδιορίστηκαν βάση των παρατηρήσεων του Μ.Σ της Τανάγρας (ΕΜΥ). Αντίστοιχα συμπεράσματα προκύπτουν και από τα δεδομένα του Μ.Σ. Τανάγρας (ΕΑΑ) για την χρονική περίοδο 2009 (Πίνακας 8).

### **Πάχνη-Παγετοί-Χιόνι**

Στοιχεία πάχνης, παγετού και χιονιού δεν διαθέτουν οι Μ.Σ. της Τανάγρας. Όμως από παρεμφερείς πηγές και πληροφορίες συμπεραίνεται ότι η περιοχή δεν πάσχει συχνά από επιπτώσεις τέτοιων φαινομένων τουλάχιστον σε ότι αφορά τη γεωργία.

## Εξατμισοδιαπνοή

Από αγρομετεωρολογική άποψη, μια παράμετρος που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον εξαιτίας της καθοριστικής συμμετοχής της στην παραγωγή είναι η εξατμισοδιαπνοή ET, η οποία υπολογίστηκε για το ίδιο χρονικό διάστημα με τη βοήθεια της μεθόδου PENMAN (Πίνακας 9).

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι τιμές του πηλίκου P/ET, όπου P αντιπροσωπεύει τη μηνιαία βροχόπτωση σε mm και ET εκφράζει την εξατμισοδιαπνοή. Ο λόγος αυτός, του οποίου οι τιμές δίνονται από τον πίνακα 9, επιβεβαιώνει το γεγονός ότι το έλλειμμα υγρασίας τους καλοκαιρινούς μήνες έχει ομαλή μεταβολή.

## Κλιματική κατάταξη κατά De Martonne

Με σκοπό την ταξινόμηση σ' ένα κλιματικό σύστημα αναφέρεται ο συντελεστής De Martonne's (1940), ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$\diamond A=P/(T+10)$$

Όπου P: η συνολική ετήσια βροχόπτωση

T: η μέση ετήσια θερμοκρασία

Αν χρησιμοποιηθεί η παραπάνω εξίσωση του De Martonne's για συνολική ετήσια βροχόπτωση 440.2 mm και για μέση ετήσια θερμοκρασία 16.6° C, τότε ο δείκτης ξηρότητας AI ισούται με 16.5 και σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση του De Martonne χαρακτηρίζεται ως ημίξηρο.

## Κλιματική κατάταξη κατά Köppen

Ο Köppen κατατάσσει το κλίμα σε πέντε βασικές κατηγορίες, με κριτήρια τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση. Συγκεκριμένα χρησιμοποιεί :

- ◇ r = 440.2 mm (μέση ετήσια βροχόπτωση)
- ◇ rξ = 6.2 mm (μέση βροχόπτωση του ξηρότερου μήνα, Ιούλιος)
- ◇ rv = 72 mm (μέση βροχόπτωση του υγρότερου μήνα, Δεκέμβριος)
- ◇ rθ = 22.4 mm (μέση βροχόπτωση για το θερινό εξάμηνο)
- ◇ rx = 50.93 mm (μέση βροχόπτωση για το χειμερινό εξάμηνο)

- ✧  $T = 16.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (μέση ετήσια θερμοκρασία)
- ✧  $T_{\theta} = 27.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα, Ιούλιος)
- ✧  $T_{\psi} = 7.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα, Φεβρουάριος)

Σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης Koppen ο τύπος του κλίματος είναι **CSa** και χαρακτηρίζεται ως μεσογειακός τύπος κλίματος ή μεσόθερμος τύπος κλίματος με ξηρό και θερμό θέρος. Το σύμβολο C αναφέρεται στη θερμοκρασία, το s υποδηλώνει την ξηρή περίοδο του έτους και το a τη μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα.

Συγκεκριμένα:

**C:** Μεσόθερμο κλίμα - κλίμα μέσων γεωγραφικών πλατών, με μέση ετήσια θερμοκρασία  $15\text{-}20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα  $> 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  και ψυχρότερου μήνα μεταξύ  $-3$  και  $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$  και διάρκεια ξηρής περιόδου από 1- 8 μήνες.

**S:** Ξηρή περίοδος το θέρος. Το ύψος βροχόπτωσης του ξηρότερου θερινού μήνα είναι μικρότερο από 30 mm και μικρότερου του 1/3 του ύψους βροχής το θερμότερο μήνα

**a:** Πολύ θερμό θέρος. Η τιμή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα είναι ίση ή μεγαλύτερη από  $22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Μια παρόμοια ταξινόμηση δίνεται από τον υπολογισμό των ξηροθερμικών δεικτών από τους Bagnouls-Gaussen (1957).

Επομένως το κλίμα της περιοχής αυτής έχει χαρακτήρα έντονο μεσομεσογειακό με μικρή ξηρή περίοδο.

Το ομβροθερμικό διάγραμμα κατά Bagnouls-Gaussen (1957) δείχνει τους βαθμούς ξηρασίας για ένα δεδομένο μήνα (P/T) και προσδιορίζει τον αριθμό των ημερών που θεωρούνται ξηρές από βιολογική άποψη. Σύμφωνα με τους Bagnouls-Gaussen, ξηρές μέρες θεωρούνται όλες εκείνες για τις οποίες

1. δεν σημειώνεται βροχόπτωση
2. η τιμή της μέσης σχετικής υγρασίας είναι μικρότερη από 40%.

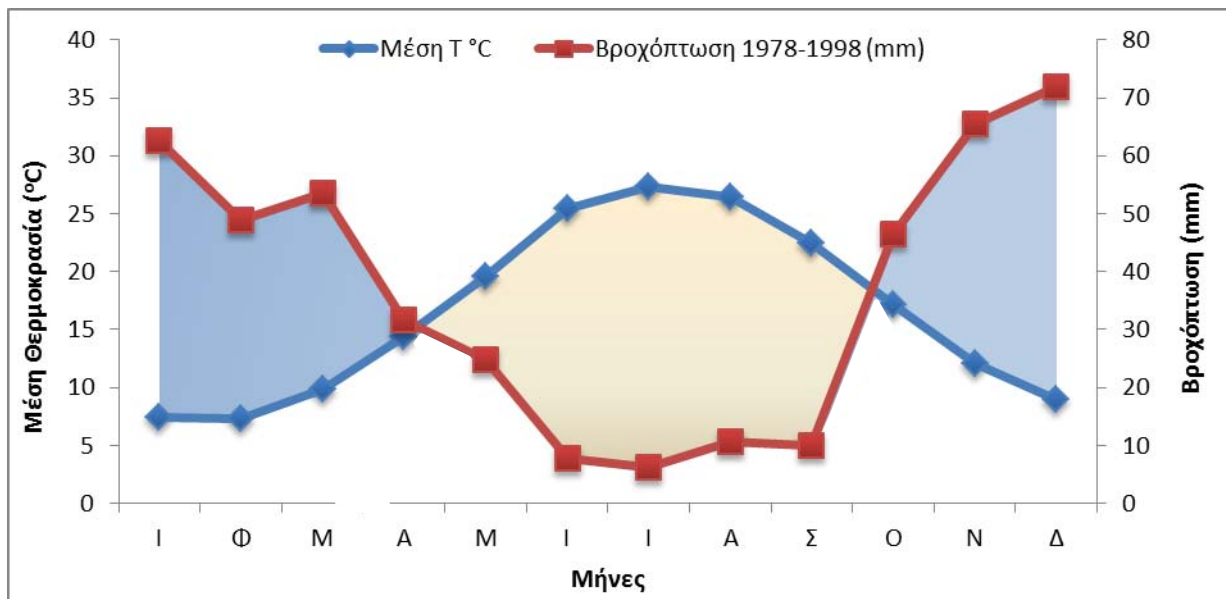
Από τον αριθμό των ξηρών ημερών ( $\chi$ = ξηροθερμικό δείκτης), πραγματικών και διορθωμένων, λαμβάνονται υπόψη μόνο εκείνες που σημειώνονται στη διάρκεια μιας συνεχούς ξηράς εποχής του έτους.

Στο σχήμα 12 & 13 η καμπύλη μεταβολής της θερμοκρασίας τοποθετείται πάνω στην καμπύλη βροχόπτωσης. Η τετμημένη, η οποία δίνει τις τιμές της βροχόπτωσης είναι ίση με  $2T$  ( $P=2T$ ) και όπου  $P>2T$  υπάρχει πλεόνασμα υγρασίας, ενώ όπου  $P<2T$  έλλειμμα υγρασίας.

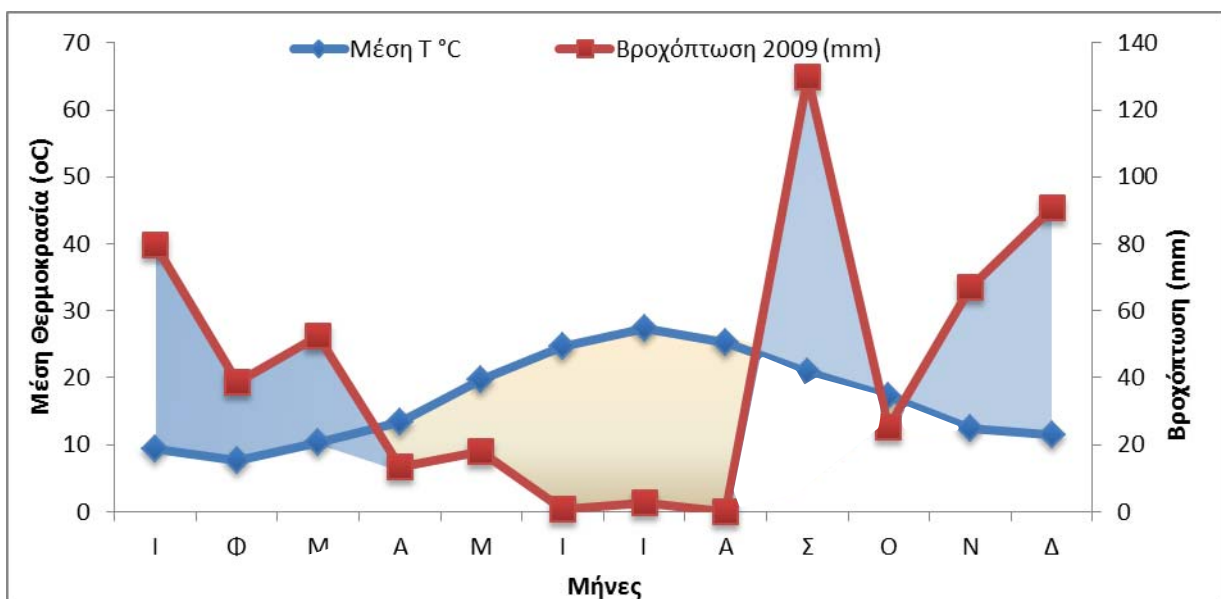


Ακολουθούν τα ομβροθερμικά διαγράμματα του Μ.Σ. Τανάγρας για το χρονικό διάστημα 1978-1998 (Σχήμα 12) και για το έτος 2009 (Σχήμα13).

Από τα διαγράμματα, για τη χρονική διάρκεια 1978-1998 ορίζεται γραφικά η ξηροθερμική περίοδος από μέσα Απριλίου έως αρχές Οκτωβρίου. Για το έτος 2009 αντίστοιχα, ορίζεται από αρχές Απριλίου έως αρχές Σεπτεμβρίου λόγω των μικρών βροχοπτώσεων που πραγματοποιήθηκαν τον Απρίλιο και των πολύ υψηλών που συνέβησαν αρχές Σεπτεμβρίου στην περιοχή, στοιχεία που είναι χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος δηλαδή υγρή φθινοπωρινή, χειμερινή και εαρινή περίοδος και ξηρή θερινή με αντίστοιχες υψηλές θερμοκρασίες.



Σχήμα 12. Ομβροθερμικό διάγραμμα Μ.Σ. Τανάγρας (EMY) (1978-1998).



Σχήμα 13. Ομβροθερμικό διάγραμμα Μ.Σ. Τανάγρας (ΕΑΑ) (2009).

## Καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία του εδάφους αποτελεί ταξινομικό κριτήριο με ιδιαίτερη σπουδαιότητα. Η μέση ετήσια (MEE), η μέση θερινή (ΜΘΕ) και η μέση χειμερινή θερμοκρασία (ΜΧΕ) εδάφους χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των κλάσεων εδαφικής θερμοκρασίας (Soil Survey Staff, 2010). Η έλλειψη δεδομένων θερμοκρασίας εδάφους στην περιοχή μελέτης οδήγησε στην εκτίμηση της εδαφικής θερμοκρασίας από τη μέση θερμοκρασία αέρα, ως εξής (Soil Survey Staff, 2010)

$$\diamond MEE = \text{Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Αέρα} + 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\diamond M\Theta\text{E} = \text{Μέση θερινή Θερμοκρασία Αέρα} - 0.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\diamond M\text{X}\text{E} = M\Theta\text{E} - MEE$$

Στην περιοχή έρευνας οι αντίστοιχες τιμές εδαφικής θερμοκρασίας είναι οι εξής:

$$\diamond M_{\epsilon\epsilon} = 17,6 \text{ } ^\circ\text{C}, M_{\theta\epsilon} = 20,5 \text{ } ^\circ\text{C}, M_{\chi\epsilon} = 12,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Αρα  $\rightarrow$  **thermic**, καθώς η MEE κυμαίνεται μεταξύ 15 και 22  $^\circ\text{C}$ , και η διαφορά ΜΘΕ - ΜΧΕ είναι μεγαλύτερη από 6  $^\circ\text{C}$  σε βάθος 50 cm από την επιφάνεια του εδάφους.

## Καθεστώς εδαφικής υγρασίας

Η κατάσταση εδαφικής υγρασίας σχετίζεται άμεσα με το κλίμα και αποτελεί βασικό κριτήριο ταξινόμησης. Το καθεστώς εδαφικής υγρασίας ορίζεται από μετεωρολογικά δεδομένα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας, μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και δυναμικής εξατμισοδιαπνοής. Σύμφωνα με το Soil Survey Staff (2010) και με βάση ότι:

$\diamond$  η περιοχή ελέγχου εδαφικής υγρασίας είναι ξηρή για περισσότερο από 45 συνεχείς μέρες στο διάστημα των τεσσάρων μηνών που ακολουθούν το θερινό ηλιοστάσιο

$\diamond$  η μέση ετήσια Θερμοκρασία εδάφους σε βάθος 50 cm είναι μικρότερη από 22 $^\circ\text{C}$

$\diamond$  η διαφορά μέσης θερμοκρασίας εδάφους μεταξύ χειμώνα και θέρους είναι μεγαλύτερη από 5  $^\circ\text{C}$

Προκύπτει ότι το καθεστώς εδαφικής υγρασίας είναι **xeric** και είναι χαρακτηριστικό των περιοχών με Μεσογειακό κλίμα, όπου ο χειμώνας είναι υγρός και δροσερός και το καλοκαίρι θερμό και ξηρό.

### 3.5 ΕΔΑΦΗ

Τα εδάφη της περιοχής έχουν αναπτυχθεί σε ασβεστούχα ή μη ασβεστούχα, μητρικά υλικά, σε περιοχές με μεγάλες έως πολύ μικρές κλίσεις με συνθήκες έντονης διάβρωσης - σε αυτόχθονα υλικά ή μεταφερθέντα πρόσφατα υλικά. Η βιοκλιματική επίδραση επί της εδαφογένεσης καθορίζεται από το xeric καθεστώς εδαφικής υγρασίας και thermic καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας, δεδομένου ότι επικρατούν υγροί και ψυχροί χειμώνες και ξερά και θερμά καλοκαίρια.

Έτσι σε κολλουβιακές αποθέσεις δηλαδή κολλουβιακά πετρώγια και κώνους κορυμάτων τα εδάφη είναι πρόσφατα χωρίς εδαφογενετικούς ορίζοντες, A/C Entisols (Orthent), από αβαθή μέχρι πολύ βαθιά, και κατά κανόνα επικλινή γεμάτα πέτρες και κροκάλες ως επί το πλείστον ασβεστούχα.

Η κατανομή των εδαφών σε αλλουβιακά ριπίδια καθορίζεται από το μέγεθος του αλλουβιακού ριπιδίου. Στις περισσότερες περιπτώσεις όπου συναντώνται μεγάλα ριπίδια παρατηρούνται στο επάνω και περισσότερο επικλινές μέρος, Entisols, στη μέση του ριπιδίου εδάφη, τα οποία έχουν αναπτύξει καμβικό ορίζοντα (Inceptisols), ενώ προς το κάτω μέρος του ριπιδίου απαντώνται λεπτόκοκκα εδάφη με ρωγμές Vertic (sliken sides, gilgay ανάγλυφο, σχισμές την ξηρή περίοδο), χαρακτηριστικά δηλαδή Vertisols (ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε 1992).

Σύμφωνα με την Εδαφολογική μελέτη της περιοχής μελέτης, ο πειραματικός αγρός βρίσκεται στο όριο 2 τάξεων, των Entisol και των Vertisol (Χάρτης 4). Τα εδάφη των 2 αυτών χαρτογραφικών μονάδων θα μπορούσαν να περιγραφούν περιληπτικά ως εξής:

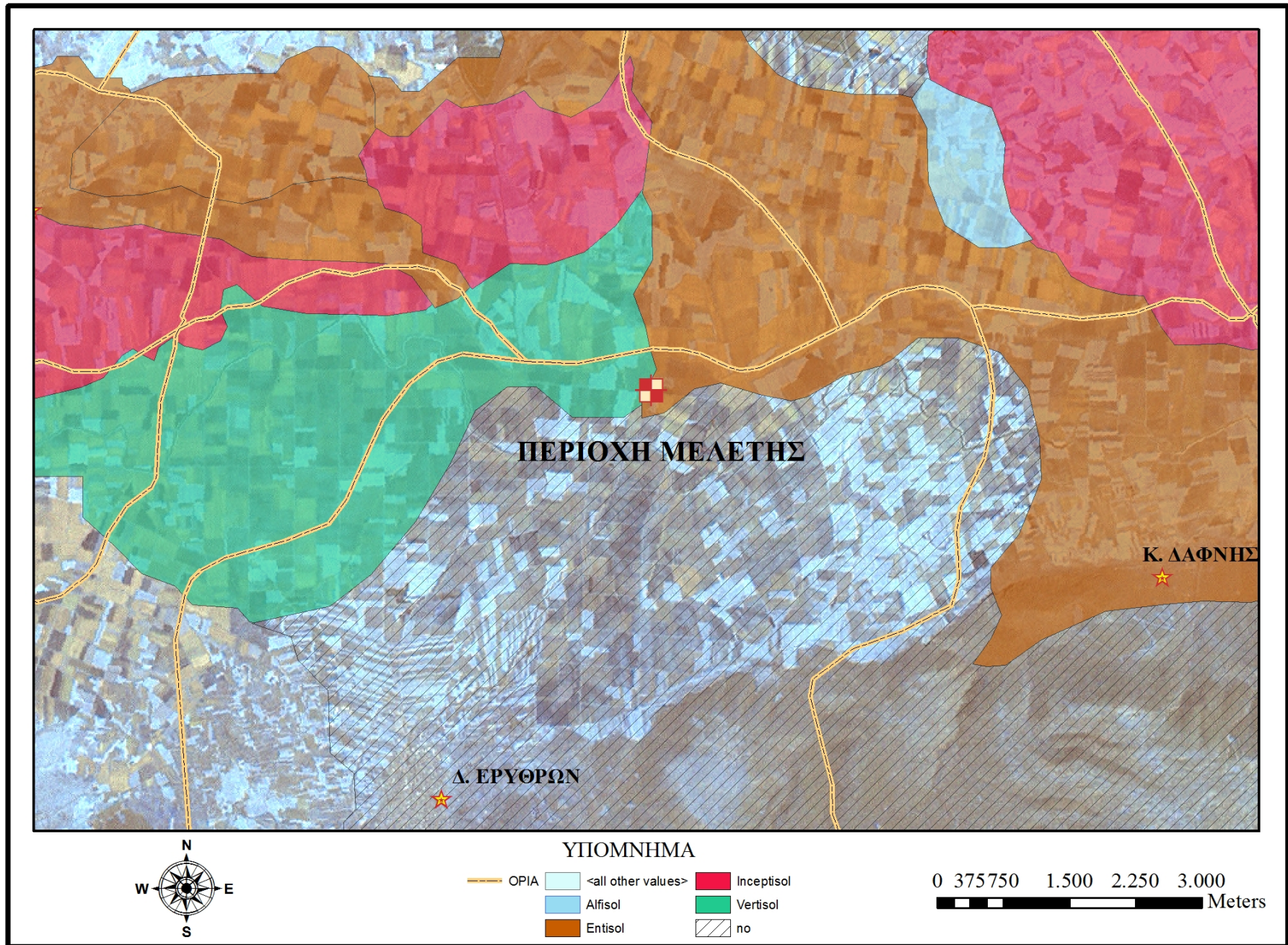
#### ✧ ENTISOLS

Πρόσφατα εδάφη χωρίς ανεπτυγμένους εδαφογενετικούς ορίζοντες, σχηματισθέντα σε αυτόχθονα ή μεταφερθέντα υλικά. Εδάφη κυρίως πολύ καλά έως μέτρια στραγγιζόμενα. Αβαθή έως Βαθιά. Η μηχανική σύσταση της εδαφοτομής ποικίλει από αμμώδη μέχρι αργιλώδη με ή χωρίς χαλίκια. Επίπεδα ή πολύ επικλινή εδάφη, χωρίς διάβρωση μέχρι πολύ διαβρωμένα, κυρίως με ή και χωρίς ανθρακικά στην εδαφοτομή.

#### ✧ VERTISOLS-XERERTS

Εδάφη με VERTIC χαρακτηριστικά. Μέτρια (κυρίως) μέχρι υπερβολικά στραγγιζόμενα. Βαθιά εδάφη. Η μηχανική σύσταση στον επιφανειακό ορίζοντα είναι από αμμοαργιλοπηλώδης μέχρι αργιλώδης χωρίς χαλίκια (κύριως). Η μηχανική

σύσταση στους υποεπιφανειακούς ορίζοντες είναι από αργιλώδης (κυρίως) μέχρι αμμοαργιλοπηλώδης. Η μηχανική σύσταση στο υπόστρωμα είναι λεπτότερη από ιλυώδης. Συναντώνται κυρίως σε επίπεδες ή ελαφρά κεκλιμένες επιφάνειες. Χωρίς (κυρίως) ή με ελαφρά διάβρωση. Χωρίς ανθρακικά σε ολόκληρη την εδαφοτομή μέχρι και με υψηλή περιεκτικότητα ανθρακικών (ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε 1992).



Χάρτης 4. Εδαφολογικός Χάρτης της Περιοχής Μελέτης

# 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

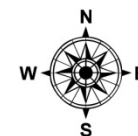
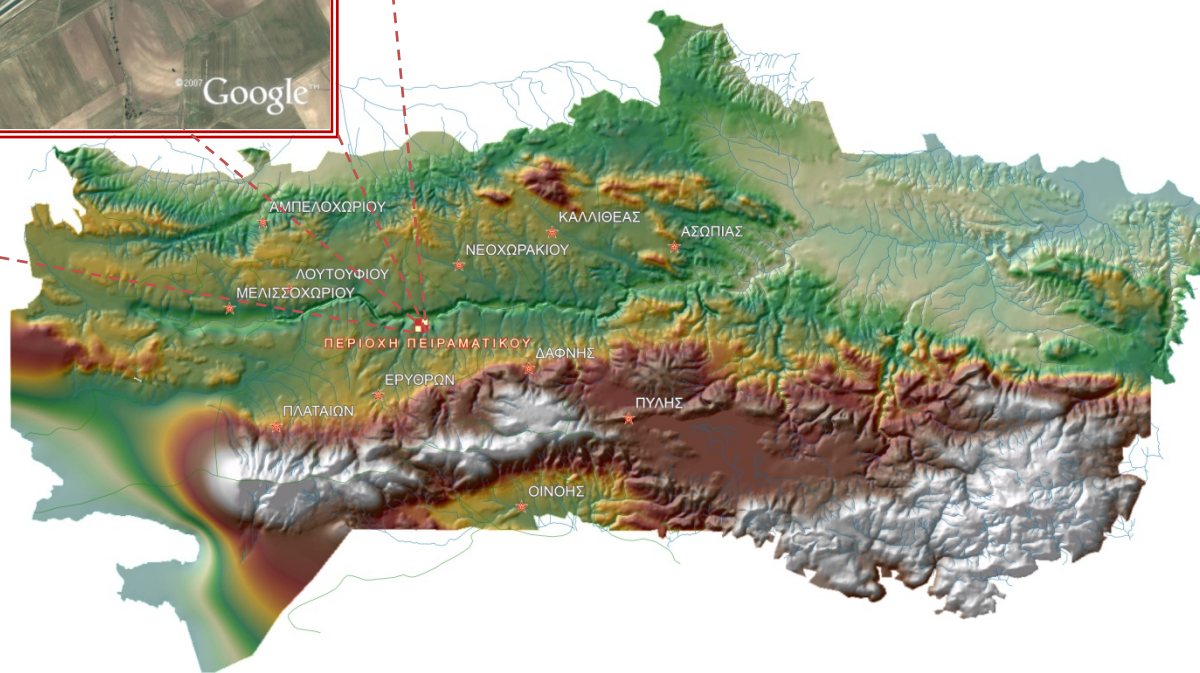
---

## 4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

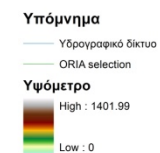
Η περιοχή μελέτης, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, βρίσκεται στο Δήμο Ερυθρών Ν. Αττικής στη θέση “Καλαμάτα”, 7 Km βορειοανατολικά του οικισμού των Ερυθρών (Χάρτης 5). Η έρευνα υλοποιήθηκε σε έκταση 1,3 στρεμμάτων (52m x 25m σε σχήμα ορθογώνιο) σε σύνολο ιδιοκτησίας 120 στρεμμάτων. Στο 1 στρέμμα (40m x 25m) εγκαταστάθηκε στρώση ελαστικού 20cm σε βάθος εδάφους 80-100cm ενώ στο υπόλοιπο 0,3 στρέμμα (300 m<sup>2</sup>) (12m x 25m) δεν τοποθετήθηκε στρώση και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Στην επιφάνεια του 1,3 στρέμματος καλλιεργήθηκε ξηρικό βαμβάκι.

Η έναρξη των εργασιών για την υλοποίηση της έρευνας και για τη δημιουργία του πειραματικού αγρού ξεκίνησε στις 10-5-2009. Πρώτα εμβαδομετρήθηκε η έκταση με τοποθέτηση σημαδούρας στην κάθε γωνία του πειραματικού και στο μάρτυρα. Επειδή στην έκταση υπήρχε καλλιέργεια σιτηρών, πραγματοποιήθηκε στελεχοκοπή των φυτών του σιταριού, όπου και απομακρύνθηκαν (Εικόνα 3). Κατόπιν με μηχανήματα ελαφρού τύπου έγινε η εκσκαφή όλης της έκτασης (μαζί και του μάρτυρα) σε βάθος 1 μέτρου πραγματοποιώντας εκσκαφή 1300 m<sup>3</sup> για την τοποθέτηση των ελαστικών (Εικόνα 4). Το έδαφος που αφαιρούνταν τοποθετήθηκε περιμετρικά της πειραματικής επιφάνειας για την επανατοποθέτησή του μετά την εγκατάσταση της στρώσης του ελαστικού. Για την αποφυγή της συμπίεσης από τα μηχανήματα, στο σκαμμένο επίπεδο του 1 m βάθους, πραγματοποιήθηκε κατεργασία του εδάφους (Εικόνα 5).

Πριν την τοποθέτηση των ελαστικών στο σκαμμένο επίπεδο έγινε η 1<sup>η</sup> δειγματοληψία εδάφους όπου πάρθηκαν δείγματα από βάθος 110-115 cm (Εικόνα. 6). Τα δείγματα αυτά για τις εδαφικές παραμέτρους, αποτελούν σημεία αναφοράς καθώς δεν επηρεάστηκαν από κανένα παράγοντα της έρευνας.



1:51.000



Χάρτης 5. Άποψη της περιοχής του πειραματικού αγρού



**Εικόνα 3.** Στελεχοκοπή της υπάρχουσας καλλιέργειας σιτηρών για την έναρξη των εργασιών δημιουργίας του πειραματικού αγρού.



**Εικόνα 4.** Εκσκαφή όλης της έκτασης του πειραματικού αγρού για την τοποθέτηση στρώσης τεμαχισμένων ελαστικών σε βάθος 80-100cm.





**Εικόνα 5.** Κατεργασία εδάφους για την αποφυγή τυχόν συμπίεσης που μπορεί να προκλήθηκε από τα μηχανήματα εκσκαφής.



**Εικόνα 6.** Άποψη του κατεργασμένου πειραματικού αγρού όπου πραγματοποιήθηκε η 1<sup>η</sup> δειγματοληψία εδάφους πριν την τοποθέτηση στρώσης τεμαχισμένων ελαστικών.

Ακολούθησε η εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης εδαφικής υγρασίας ώστε να βρίσκονται κάτω από τη στρώση των ελαστικών σε βάθος 10-15cm (από την επιφάνεια 110-115cm). Για την προφύλαξη τμημάτων των αισθητήρων, τοποθετούνταν σε πλαστικούς όρθιους σωλήνες.

Στη συνέχεια τα τεμαχισμένα ελαστικά επίσωτρων οχημάτων διαστάσεων έως 20cm, προερχόμενα από πρωτογενή μηχανικό τεμαχισμό και μεταφερόμενα με φορτηγά στο χώρο, τοποθετούνταν στο κάτω μέρος του σκαμμένου και κατεργασμένου εδάφους. Η διάστρωση των ελαστικών έγινε από μικρό μηχάνημα για την εξασφάλιση της στρώσης των 20cm στο βάθος εδάφους 80-100cm (Εικόνα 7). Το βάθος αυτό της στρώσης των ελαστικών επιλέχτηκε με βάση την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος του βαμβακιού.

Μετά τη στρώση τοποθετήθηκαν αισθητήρες θερμοκρασίας μέσα στο λάστιχο (σε βάθος 90cm) και προφυλάχτηκαν από φθορές με σωλήνες πλαστικούς. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας εγκαταστάθηκαν στις θέσεις των αισθητήρων εδαφικής υγρασίας. Στο μάρτυρα οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν στα αντίστοιχα βάθη με τον πειραματικό αγρό. Ακολούθησε η επανατοποθέτηση του εδάφους και η δημιουργία των κλίσεων επιφανείας, όπως ήταν πριν τις επεμβάσεις. Ο χρόνος ολοκλήρωσης των ανωτέρω εργασιών ήταν 7 ημέρες.



**Εικόνα 7.** Τοποθέτηση στρώσης των τεμαχισμένων ελαστικών.

Στη συνέχεια ακολούθησαν οι εργασίες για την καλλιέργεια του ξηρικού βαμβακιού, οι οποίες γινόταν ενιαία και για το μάρτυρα και για το πειραματικό με το λάστιχο.

Για την κατεργασία του εδάφους, με τη νέα δομή του και με απώλεια υγρασίας λόγω των εκσκαφών, πρώτα έγινε επέμβαση με ένα καλλιεργητή και μετέπειτα ακολούθησε σβάρνισμα για την ισοπέδωση ανωμαλιών του εδάφους και ψιλοχωμάτισμα των σβώλων. Στις 20-5-2009 πραγματοποιήθηκε με μηχανή η σπορά της πειραματικής επιφάνειας. Η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η “ΗΛΕΚΤΡΑ”. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 95 cm, επί της γραμμής «αφηνόταν» ένας σπόρος κάθε 7 cm (14 σπόρους ανά μέτρο) και σε βάθος 2-3 cm. Έτσι δημιουργήθηκαν 26 γραμμές σποράς με 14500 περίπου σπόρους στο πειραματικό με το λάστιχο και 4350 σπόρους στο μάρτυρα (χάρτης 6). Λίπανση δεν πραγματοποιήθηκε καθώς είχε προηγηθεί κατά την προηγούμενη καλλιέργεια (Σιτηρά). Είχε πραγματοποιηθεί βασική λίπανση με τη σπορά 30-32 Kgr/στρέμμα και την Άνοιξη με νιτροθεϊκή αμμωνία 20-22 Kgr/στρέμμα. Την επόμενη μέρα της σποράς έγινε άρδευση με καταιονισμό αυτοπροωθούμενου εκτοξευτήρα (καρούλι). Αυτό κρίθηκε αναγκαίο για τη φύτευση των σπόρων καθώς οι βροχοπτώσεις των μηνών Απριλίου και Μαΐου 2009 ήταν ελάχιστες με μικρή ποσότητα, καθώς και των εκσκαφών με την αναμόχλευση και την παραμονή του εδάφους σε σωρούς 5 ημέρες, αφαίρεσαν από το έδαφος και τη λιγιστή υγρασία που είχε.

Ακολούθησε η 1<sup>η</sup> επιφανειακή δειγματοληψία εδάφους σε βάθος 0-40cm για την καλλιέργεια του βαμβακιού (Εικόνα 8) ενώ παράλληλα εγκαταστάθηκαν αισθητήρες μέτρησης της εδαφικής υγρασίας στα βάθη 30 και 60 cm (Εικόνες 8 & 9).

Σκαλιστήρι έγινε μηχανικά τρεις φορές ανά 15 ημέρες, με αρχή μετά τη σπορά και αφού είχε φυτρώσει ο σπόρος (15-6). Σκοπός ήταν το «σπάσιμο» της κρούστας στην επιφάνεια του εδάφους που δημιουργήθηκε, ο αερισμός του εδάφους και η αντιμετώπιση των ζιζανίων. Ακόμη ενδιάμεσα αυτών πραγματοποιήθηκαν καθαρισμοί των ζιζανίων με το χέρι. Άρδεύσεις πραγματοποίησε ο ιδιοκτήτης του χωραφιού άλλες δύο φορές στις 5 και στις 20 Ιουνίου. Για την καλύτερη καταγραφή της υγρασίας και θερμοκρασίας εδάφους, στις 15-7-2009 εγκαταστάθηκαν στον πειραματικό αγρό και στο μάρτυρα επιπλέον δύο σταθμοί. Συνολικά τοποθετήθηκαν σε 4 θέσεις (σταθμοί) αισθητήρες μέτρησης εδαφικής υγρασίας και θερμοκρασίας (χάρτης 7).



**Χάρτης 6:** Διάταξη πειραματικής επιφάνειας με τις γραμμές σποράς των βαμβακόφυτων.

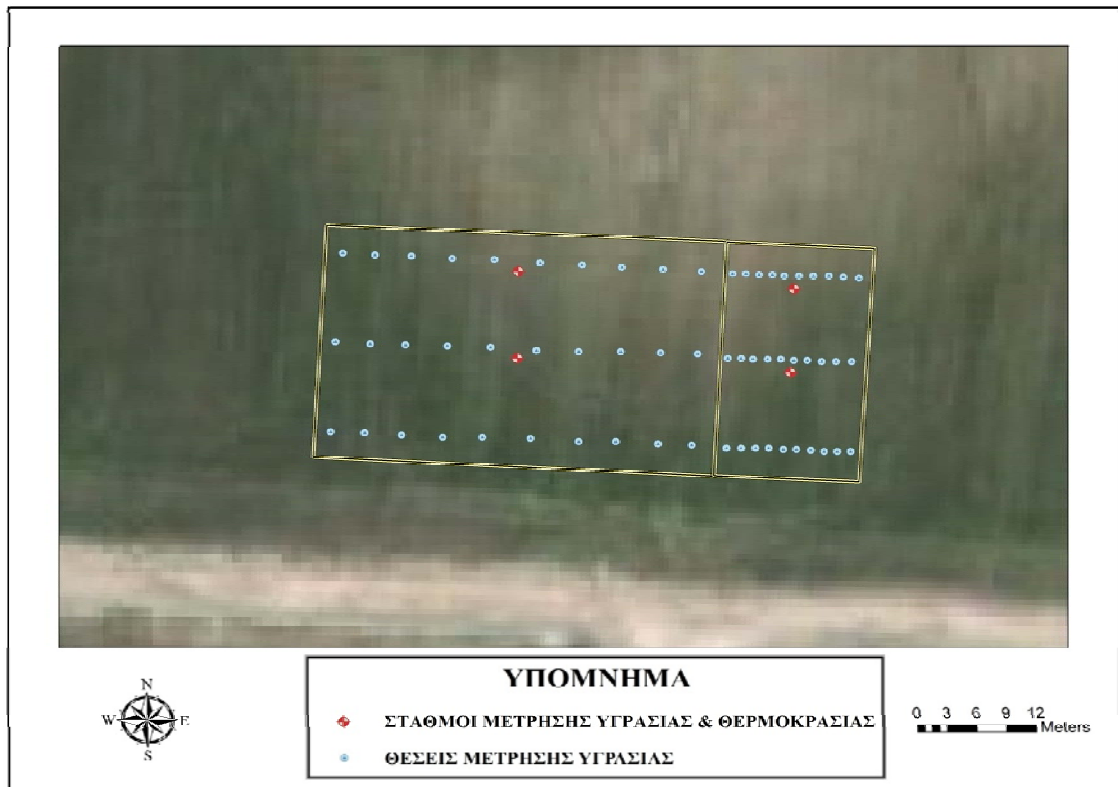
**Εικόνα 8.** 1<sup>η</sup> επιφανειακή δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων καλλιέργειας



βαμβακιού σε βάθος 0-40cm.



**Εικόνα 9.** Εγκατάσταση των αισθητήρων για τη μέτρησή της εδαφικής υγρασίας στα βάθη 30 και 60cm.



**Χάρτης 7.** Σταθμοί μέτρησης εδαφικής υγρασίας, θερμοκρασίας και θέσεις μέτρησης υγρασίας στον αγρό

Συνολικά για τη μέτρηση της υγρασίας εγκαταστάθηκαν 13 αισθητήρες (6450WD Watermark soil moisture sensor), για τη μέτρηση της θερμοκρασίας 3 αισθητήρες (3667 external soil temperature sensor) καθώς και 4 καταγραφικά (Watchdog data loggers model 400) όλα της εταιρείας Spectrum.

Για τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας επιφανειακά (βάθος 16cm) στο χωράφι, επιλέχτηκε η μέθοδος μέτρησης χρόνου ανάκλασης ηλεκτρομαγνητικού παλμού, που είναι γνωστή στη διεθνή βιβλιογραφία ως TDR (Time Domain Reflectometry) και προσδιορίζει την εδαφική υγρασία έμμεσα από τη μέτρηση της διηλεκτρικής σταθεράς  $K_b$  του εδάφους. Για την μέθοδο αυτή χρησιμοποιήθηκε το όργανο TRIME-FM (Imko GmbH) με ραβδωτούς ανιχνευτές με δύο κυματοδηγούς. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν στις θέσεις μέτρησης σε τρεις γραμμικές σειρές των βαμβακόφυτων (μία νότια, μία στο κέντρο και μία βόρεια) ανά 15 ημέρες (χάρτης 7).

Με την ολοκλήρωση της καλλιέργειας του βαμβακιού στα τέλη Νοεμβρίου (22/11) πραγματοποιήθηκε η 2<sup>η</sup> επιφανειακή δειγματοληψία εδάφους σε βάθος 0-40cm, καθώς και σε βάθος 10-15cm κάτω από τη στρώση των ελαστικών (συνολικό βάθος 110-115 cm), για τυχόν διαφορές και επιπτώσεις από το λάστιχο (Εικόνα 10).

Η τελευταία καλλιεργητική εργασία ήταν η συγκομιδή του σύσπορου βαμβακιού η οποία έγινε χειρωνακτικά (Εικόνα 11).



**Εικόνα 10.** Διάνοιξη ορύγματος βάθους 2 m για την πραγματοποίηση της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας εδάφους κάτω από τη στρώση των ελαστικών.



**Εικόνα 11.** Συγκομιδή του σύσπορου βαμβακιού χειρωνακτικά.

## 4.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

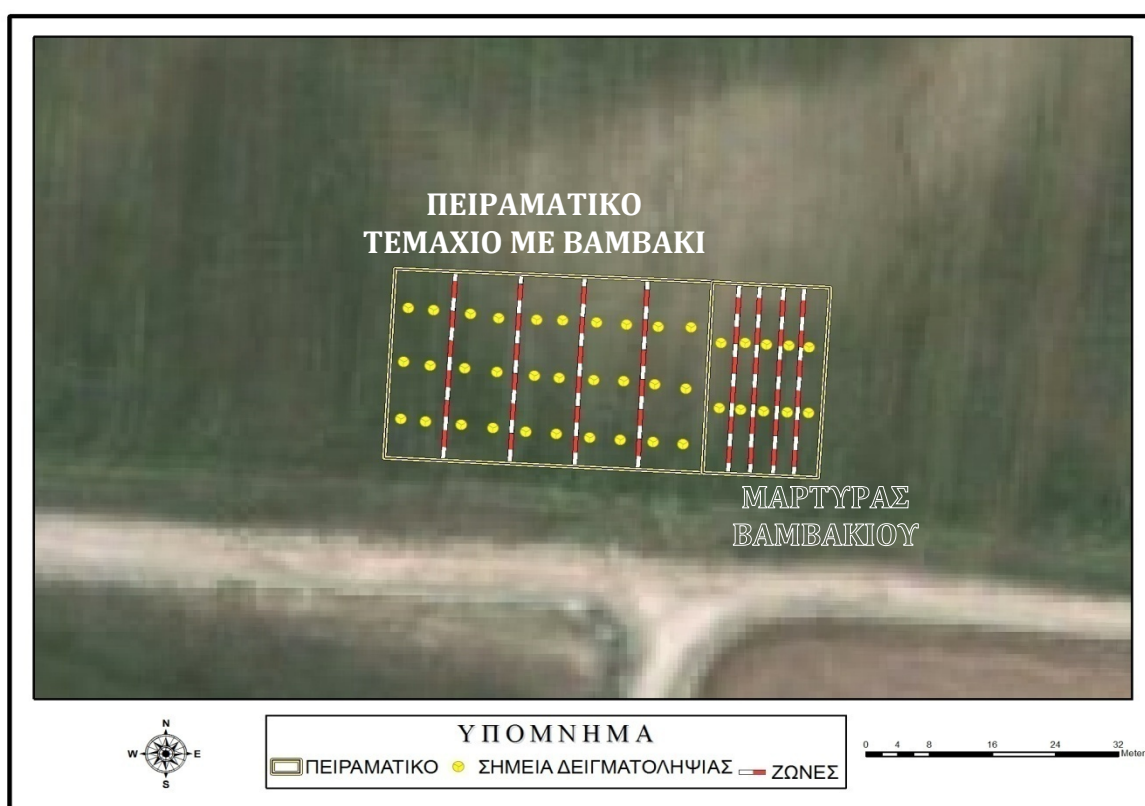
Όπως προαναφέρθηκε για τον προσδιορισμό των εδαφικών παραμέτρων στον πειραματικό αγρό, πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες σε δύο βάθη. Το πρώτο βάθος ήταν το επιφανειακό 0-40 cm και το δεύτερο 110-115 cm (10-15 cm κάτω από τη στρώση των ελαστικών). Οι δύο δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν μία στην αρχή, πριν τοποθετηθεί η στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών και η άλλη με το τέλος της συγκομιδής του βαμβακιού. Για το μάρτυρα ίσχυσαν τα ίδια με τον πειραματικό αγρό.

Τα σημεία δειγματοληψιών τόσο για την καλλιέργεια βαμβακιού με τη στρώση των ελαστικών όσο και για το μάρτυρα καταγράφηκαν με συσκευή GPS Garmin nuvi 400 (Παράρτημα, Πίνακας 1) και παρουσιάζονται στο Χάρτη 8.

Το σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split-plot). Ο πειραματικός αγρός διαιρέθηκε σε 5 κύρια τεμάχια (ή ζώνες) μεγέθους 25\*8 m, οι οποίες επιπλέον διαιρέθηκαν σε 2 υπό-τεμάχια επανάληψης μεγέθους 25\*4 m. Αντίστοιχα στο μάρτυρα τα 5 κύρια τεμάχια είχαν μέγεθος 25\*2 m, ενώ διαιρέθηκαν σε υπό-τεμάχια μεγέθους 12,5\*2 ή 25\*1 m. Κύρια τεμάχια ήταν οι μεταχειρίσεις και

υπό-τεμάχια οι επαναλήψεις. Ο πειραματικός αγρός χωρίστηκε από το μάρτυρα με μία ζώνη απομόνωσης 2 m.

Οι δειγματοληψίες στον πειραματικό αγρό με τα τεμαχισμένα ελαστικά έγιναν με την ανάμιξη 3 δειγμάτων σε ένα μεικτό για κάθε υπό-τεμάχιο. Τα σημεία δειγματοληψιών ήταν δέκα (10) και για τον πειραματικό αγρό και για το μάρτυρα, για κάθε βάθος. Οπότε στην 1<sup>η</sup> δειγματοληψία ελήφθησαν συνολικά 40 δείγματα (20 δείγματα για το βάθος 0-40 και 20 δείγματα για το βάθος 110-115 cm. Όμοια ήταν και στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία.



**Χάρτης 8.** Αποτύπωση του Πειραματικού αγρού με τα σημεία δειγματοληψίας και την διαίρεση σε κύρια τεμάχια.

Για τις εδαφικές αναλύσεις τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, αεροξηράθηκαν, λειοτριβήθηκαν και πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των εδαφικών τεμαχιδίων με κόσκινο των 2mm. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες αναλύσεις.



### ✧ Μηχανική Ανάλυση

Η κοκκομετρική σύσταση των εδαφών προσδιορίστηκε με την μέθοδο Βουγιούκου (Bouyoucos, 1951) και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν %.

### ✧ pH

Ο προσδιορισμός του pH πραγματοποιήθηκε σε αιώρημα εδάφους - νερού 1:1 μετά από χρόνο εξισορρόπησης μιας ώρας με τη βοήθεια πεχάμετρου (McLean, 1982).

### ✧ Οργανική Ουσία

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υγρής οξείδωσης Walkley – Black, η οποία στηρίζεται στην οξείδωση της οργανικής ουσίας από ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο ( $K_2Cr_2O_7$ ) σε ισχυρό όξινο περιβάλλον ( $H_2SO_4$ ) και την τιτλοδότηση της περίσσειας του οξειδωτικού μέσου με δισθενή θειικό σίδηρο ( $FeSO_4 \cdot H_2O$ ) (Nelson and Sommers, 1982).

### ✧ Ισοδύναμο Ανθρακικό Ασβέστιο

Ο υπολογισμός του ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου βασίστηκε στην έκλυση  $CO_2$  κατά την προσθήκη στο εδαφικό δείγμα  $HCl$  (1:1) (Duchaufour, 1960). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται όλα τα ανθρακικά άλατα του εδάφους ανεξάρτητα από το κατιόν τους και εκφράζονται ως %  $CaCO_3$ .

### ✧ Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ)

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του οξικού αμμωνίου που περιλαμβάνει αρχικά κορεσμό των θέσεων ανταλλαγής του εδαφικού κολλοειδούς με  $Na^+$  και στη συνέχεια αντικατάσταση του  $Na^+$  με  $NH_4^+$  (Rhoades, 1982). Η απομάκρυνση της περίσσειας οξικών ή χλωριούχων αλάτων του νατρίου έγινε με την προσθήκη ισοπροπυλικής αλκοόλης.

### ✧ Ανταλλάξιμα Κατιόντα

Για τον προσδιορισμό των ανταλλάξιμων κατιόντων χρησιμοποιήθηκε διάλυμα οξικού αμμωνίου 1 N pH = 7.0 (Thomas, 1982). Ο ποσοτικός προσδιορισμός του

$\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$  έγινε σε φλογοφωτόμετρο, ενώ για το  $\text{Ca}^{++}$  και το  $\text{Mg}^{++}$  χρησιμοποιήθηκε όργανο ατομικής απορρόφησης (Varian AA-300).

#### ❖ **Ολικό άζωτο**

Ο προσδιορισμός του ολικού αζώτου έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl (Bremner and Mulvaney, 1982). Η αρχή αυτή της μεθόδου στηρίζεται στη μετατροπή όλων των μορφών του αζώτου (εκτός από τα νιτρικά) σε αμμωνία και σε συνέχεια στον προσδιορισμό της.

#### ❖ **Ηλεκτρική Αγωγιμότητα**

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έγινε σε πάστα κορεσμού των εδαφικών δειγμάτων και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mmhos/cm.

#### ❖ **Αφομοιώσιμος Φώσφορος**

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του εδάφους σε αφομοιώσιμο φώσφορο έγινε με την μέθοδο Olsen (Olsen and Sommers, 1982). Η συγκέντρωση του P στα εδάφη προσδιορίστηκε σε φασματοφωτόμετρο και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε ppm.

#### ❖ **Αφομοιώσιμες Μορφές Βαρέων μετάλλων**

Για τον προσδιορισμό των αφομοιώσιμων μορφών των βαρέων μετάλλων πραγματοποιήθηκε εκχύλιση του εδάφους με DTPA (Lindsay and Norvell, 1978). Ο προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων στο εκχύλισμα γίνεται με όργανο ατομικής απορρόφησης και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε ppm.

#### 4.3 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ - ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Για την παραγωγικότητα και την απόδοση της καλλιέργειας του βαμβακιού στον πειραματικό αγρό και στο μάρτυρα, κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου των βαμβακόφυτων μετρήθηκαν διάφοροι παράμετροι, οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω.

✧ Η φυτρωτικότητα των σπόρων είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες καθώς δίνει τον αριθμό των φυτών σε συγκεκριμένη έκταση και στα οποία μετράται η παραγωγικότητα και η απόδοση μιας καλλιέργειας. Μικρή φυτρωτικότητα σημαίνει μικρός αριθμός φυτών και κατά συνέπεια μικρή παραγωγικότητα και απόδοση. Η φυτρωτικότητα στον αγρό μετρήθηκε σε ένα μήνα από τη σπορά όταν τα φυτά είχαν βγάλει τα πραγματικά φύλλα. Εκφράστηκε σε ποσοστό (%) ο αριθμός των φυτών που φύτρωσαν προς το συνολικό αριθμό σπόρων που σπάρθηκαν.

✧ Δειγματοληπτικά πριν τη συγκομιδή σε κάθε 30 φυτά ανά 200m<sup>2</sup> μετρήθηκαν ο συνολικός αριθμός των καρυδιών, ο αριθμός των ανοιχτών καρυδιών καθώς και το βάρος του καρυδιού. Έτσι υπολογίστηκε ο συνολικός αριθμός των καρυδιών/στρέμμα και το % άνοιγμα των καρυδιών. Αυτό έγινε επειδή ο αριθμός των καρυδιών και το % άνοιγμα των καρυδιών συμπεριλαμβάνονται στους συντελεστές απόδοσης και μπορούν να επηρεάσουν σοβαρά την τελική απόδοση της καλλιέργειας του βαμβακιού.

✧ Για το σημαντικότερο παράγοντα απόδοσης μιας καλλιέργειας, πραγματοποιήθηκε χειροσυλλογή των ανοιχτών καρυδιών όπου μετέπειτα ζυγίστηκαν. Για τη συνολική απόδοση σε ίνα βαμβακιού, πολλαπλασιάστηκε η συνολική απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι με το μέσο συντελεστή μετατροπής της χώρας.

✧ Ως προς την παραγωγικότητα μετρήθηκε το ύψος των φυτών και η ξηρή βιομάζα του υπέργειου μέρους των φυτών και μία εκτίμηση από το αποσπώμενο τμήμα των ριζών. Με τη συλλογή όλου του υπέργειου μέρους των φυτών χωρίς το σύσπορο βαμβάκι, μετά τη ζύγισή τους, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε φούρνο με θερμοκρασία 70°C για 72 ώρες για τον προσδιορισμό της ξηρής φυτικής μάζας. Το ίδιο συνέβη και με τις ρίζες δηλαδή του τμήματος που αποσπώταν από το έδαφος με τράβηγμα.

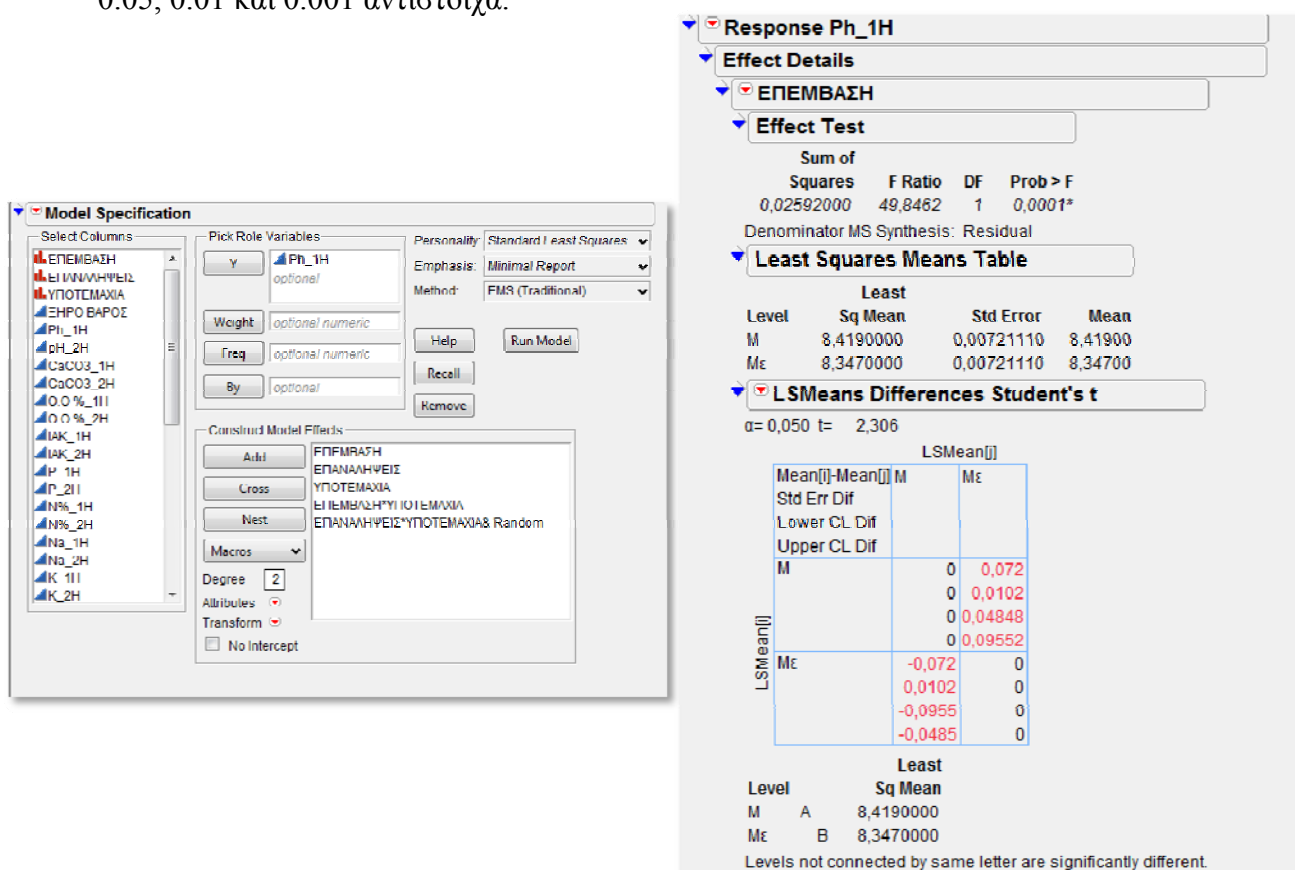
## 4.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SAS JMP v.8.0.2.

Τα δεδομένα πριν την Ανάλυση Διασποράς ελέγχθηκαν για την κανονικότητα της κατανομής τους και την ομοιογένεια διασπορών.

Στην συνέχεια για κάθε ιδιότητα εφαρμόστηκε η μέθοδος μη παραγοντικών πειραματικών των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (Split-Plot), για κάθε επέμβαση, για κάθε βάθος και για τις δύο δειγματοληψίες (Εικόνα 12). Για τις συγκρίσεις των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το LSMeans Student's t-test, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.



**Εικόνα 12.** Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων μιας ιδιότητας (pH 1ης δειγματοληψίας) μέσω του στατιστικού πακέτου SAS JMP v.8.0.2. Αριστερά η παραμετροποίηση του μοντέλου των υποδιαιρεμένων τεμαχίων και δεξιά η οθόνη αποτελεσμάτων.

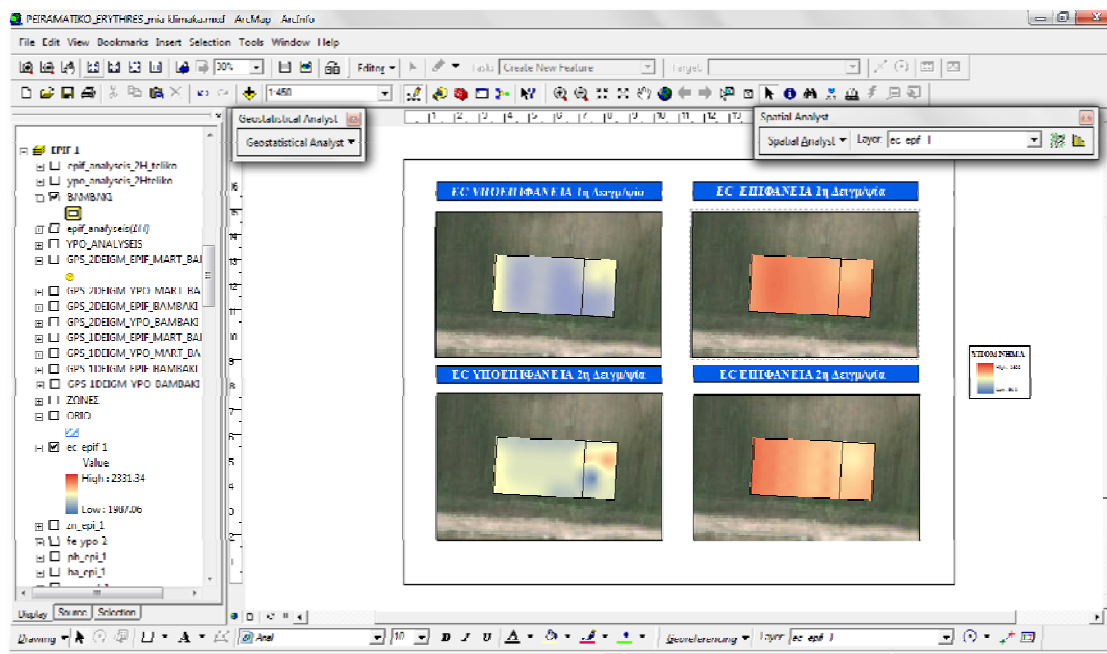
## 4.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

Ψηφιακοί θεματικοί χάρτες δημιουργήθηκαν ώστε να οπτικοποιηθούν τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων.

Ως πρωτογενές υλικό χρησιμοποιήθηκαν ορθοφωτοχάρτες της περιοχής μελέτης, οι οποίοι ψηφιοποιήθηκαν. Χρησιμοποιήθηκε μετά από γεωαναφορά και ψηφιοποίηση ο εδαφολογικός χάρτης του νομού Βοιωτίας σε κλίμακα 1:100.000 (Εδαφολογική μελέτη Ν. Βοιωτίας ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε, 1992). Επίσης χρησιμοποιήθηκε μετά από γεωαναφορά και ψηφιοποίηση ο Πολιτικός Χάρτης της περιοχής μελέτης. Τέλος χρησιμοποιήθηκε ο Γεωλογικός χάρτης καθώς και ο χάρτης Αναγλύφου εδάφους της λεκάνης απορροής του Ασωπού.

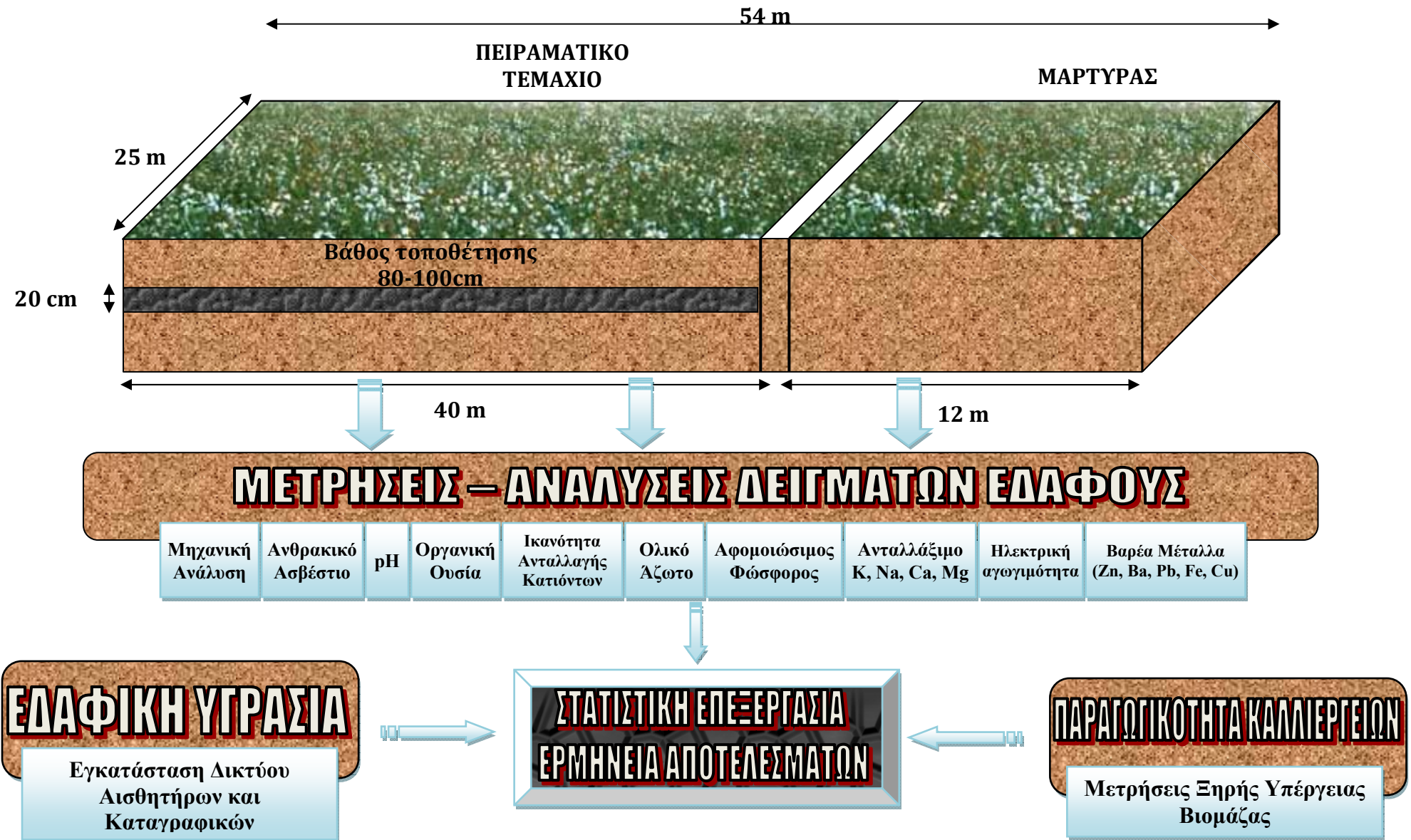
Για την γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων και τη δημιουργία συνεχών επιφανειών χωρικής μεταβλητότητας των τιμών των εξεταζόμενων ιδιοτήτων της υπό εξέταση περιοχής, εφαρμόστηκε η μέθοδος Ordinary Kriging και των προτύπων (μαθηματικών μοντέλων) Circular και Spherical.

Από απόψεως λογισμικού για την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε το ESRI ArcView v.9.3 Desktop. Χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα τα Arc Catalog, Arc Map, Arc Toolbox (Εικόνα 13).



**Εικόνα 13.** Κατασκευή ψηφιακών θεματικών χαρτών μέσω του ESRI ArcView v.9.3 Desktop

Ακολουθεί γραφική απεικόνιση του πειραματικού μοντέλου που ακολουθήθηκε (Σχήμα 14).



Σχήμα 14. Γραφική απεικόνιση του πειραματικού μοντέλου

# 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

## 5.1 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

### 5.1.1 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων της κοκκομετρικής σύστασης παρουσιάζονται παρακάτω και αφορούν το πειραματικό τεμάχιο με την στρώση των ελαστικών και του Μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος (Πίνακας 10).

**Πίνακας 10.** Κοκκομετρική σύσταση του πειραματικού τεμαχίου με την στρώση των ελαστικών και του μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος.

	S%	Si%	C%	ΚΛΑΣΗ		S%	Si%	C%	ΚΛΑΣΗ
<b>Ελυπο</b>	51,2	24	24,8	SCL	<b>Μυπο</b>	65,2	10,6	24,2	SCL
	63,2	10	26,8	SCL		65,3	9,2	25,5	SCL
	65,2	10	24,8	SCL		65,2	8,6	26,2	SCL
	65,9	10	24,1	SCL		65,2	9,5	25,3	SCL
	65,2	10	24,8	SCL		59,2	9,6	31,2	SCL
	65,2	8	26,8	SCL		67,2	6,6	26,2	SCL
	67,2	8	24,8	SCL		70,2	8,6	21,2	SCL
	73,2	6	20,8	SCL		66,9	9,6	23,5	SCL
	73,2	6	20,8	SCL		71,2	8,6	20,2	SCL
	69,2	8	22,8	SCL		59,2	11,6	29,2	SCL
<b>Ελεπιφ</b>	40,6	13,2	46,2	C	<b>Μεπιφ</b>	53,2	14	32,8	SCL
	38	15,8	46,2	C		47,5	14	38,5	SC
	39	15,5	45,5	C		47,2	14	38,8	SC
	42,6	15,2	42,2	C		49,3	14	36,7	SC
	45,6	16,2	38,2	SC		47,2	14	38,8	SC
	43,2	15,6	41,2	C		47,2	14	38,8	SC
	42,8	16,4	40,8	C		45,2	14	40,8	SC
	44,2	16	39,8	CL		45,9	14	40,1	SC
	49,2	16	34,8	SCL		45,2	14	40,8	SC
	47,2	16	36,8	SC		47,2	14	38,8	SC

Στον πίνακα 11 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών της κοκκομετρικής σύστασης για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος.

**Πίνακας 11.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών της κοκκομετρικής σύστασης για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος.

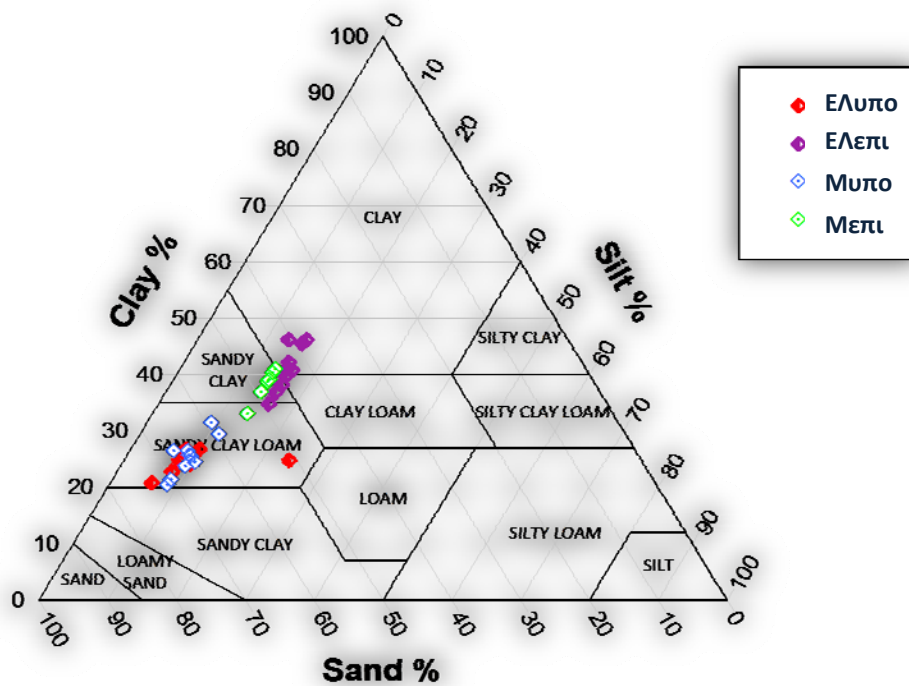
	ΕΛ. υπο			ΕΛ επιφ.			Μάρτυρας υπο			Μάρτυρας επιφ.		
	S%	Si%	C%	S%	Si%	C%	S%	Si%	C%	S%	Si%	C%
<b>mean</b>	65.87	10.00	24.13	43.24	15.59	41.17	65.49	9.24	25.27	47.50	14.00	38.50
<b>Std.Dev</b>	6.18	5.16	2.11	3.51	0.91	3.96	3.93	1.33	3.31	2.34	0.00	2.34
<b>SEm</b>	1.96	1.63	0.67	1.11	0.29	1.25	1.24	0.42	1.05	0.74	0.00	0.74
<b>min</b>	51.20	6.00	20.80	38.00	13.20	34.80	59.20	6.60	20.20	45.20	14.00	32.80
<b>max</b>	73.20	24.00	26.80	49.20	16.40	46.20	71.20	11.60	31.20	53.20	14.00	40.80

Οι μέσοι όροι των τιμών της αργίλου, της άμμου και της ιλύος υποεπιφανειακά μεταξύ του πειραματικού τεμαχίου και του μάρτυρα δεν παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφορές. Πιο συγκεκριμένα στο πειραματικό με τα ελαστικά τα ποσοστά για τα μηχανικά κλάσματα είναι 65.87% για την άμμο, 10% για την ιλύ και 24.13% για την άργιλο, ενώ στο μάρτυρα οι αντίστοιχες τιμές είναι 65.49%, 9.24% και 25.27%. Τόσο στο πειραματικό τεμάχιο όσο και στο μάρτυρα τα εδάφη ανήκουν στην αμμοαργιλοπηλώδη κλάση (SCL) και χαρακτηρίζονται ως μέσης σύστασης με ιδιότητες επιθυμητές για την ανάπτυξη των φυτών.

Μικρές διαφορές παρουσιάζονται στους μέσους όρους των τιμών της αργίλου, της άμμου και της ιλύος επιφανειακά ανάμεσα στο πειραματικό με τα ελαστικά και στο μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα επιφανειακά στο πειραματικό τεμάχιο τα ποσοστά για τα μηχανικά κλάσματα είναι 43.24% για την άμμο, 15.59% για την ιλύ και 41.17% για την άργιλο, ενώ στο μάρτυρα οι αντίστοιχες τιμές είναι 47.50%, 14.00% και 38.50%. Σύμφωνα με τις τιμές ο μάρτυρας εμφανίζει υψηλότερα ποσοστά άμμου σε σχέση με το πειραματικό τεμάχιο. Η μηχανική σύσταση στα εδάφη του πειραματικού με τα ελαστικά ποικίλει από αμμοαργιλοπηλώδης (SCL) μέχρι αργιλώδη (C), ενώ στο μάρτυρα είναι αμμοαργιλώδη (SC) (Σχήμα 15). Τα εδάφη στην επιφάνεια χαρακτηρίζονται ως βαριά με την εμφάνιση δυσμενών συνθηκών που σχετίζονται κυρίως με το φτωχό αερισμό και την κακή στράγγιση.

Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι υπάρχει σημαντική μεταβολή των μηχανικών κλασμάτων ανάμεσα στην επιφάνεια και στο βάθος και για τις δύο μεταχειρίσεις (με – χωρίς ελαστικά). Παρατηρούνται υψηλότερες τιμές των μέσων όρων της αργίλου στην επιφάνεια τόσο στο μάρτυρα όσο και στο πειραματικό τεμάχιο, όπως και στους μέσους όρους της ιλύος, ενώ σημαντική είναι η μείωση στις τιμές των μέσων όρων της άμμου.





**Σχήμα 15.** Οι κλάσεις κοκκομετρικής σύστασης των εδαφικών δειγμάτων που αφορούν το πειραματικό τεμάχιο με την στρώση των ελαστικών και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος.

## 5.1.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

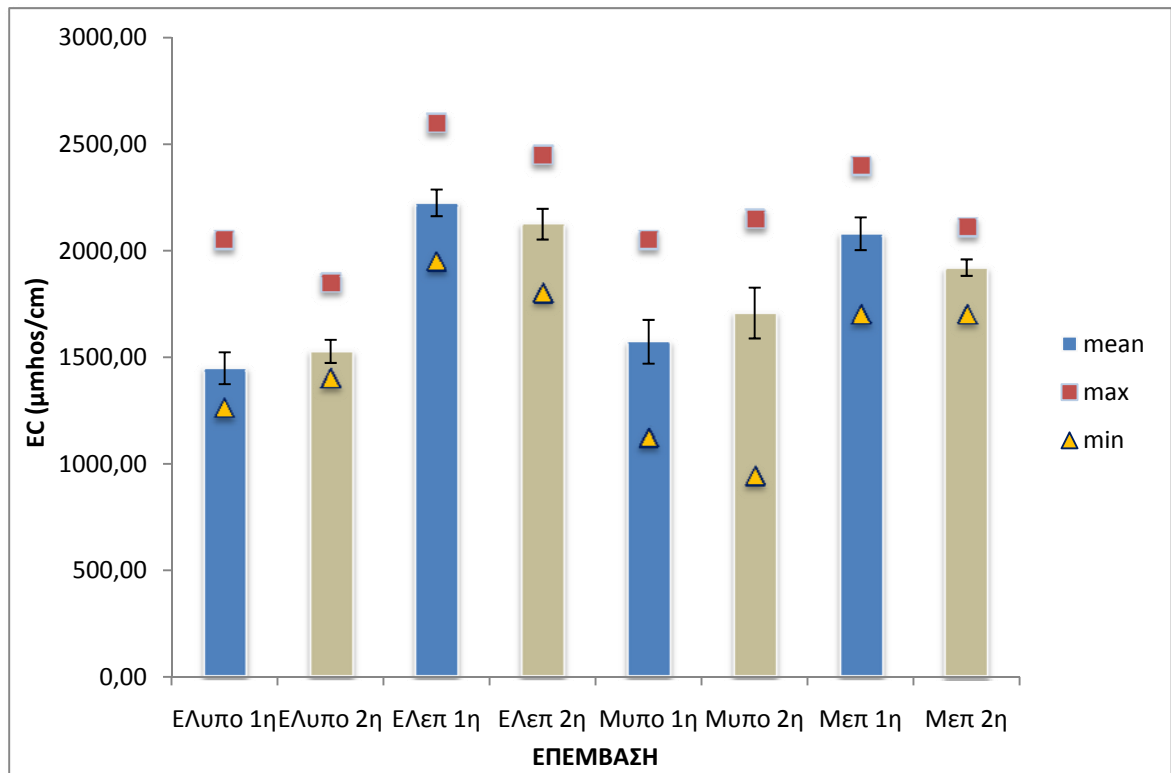
Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

**Πίνακας 12.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε μmhos/cm για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

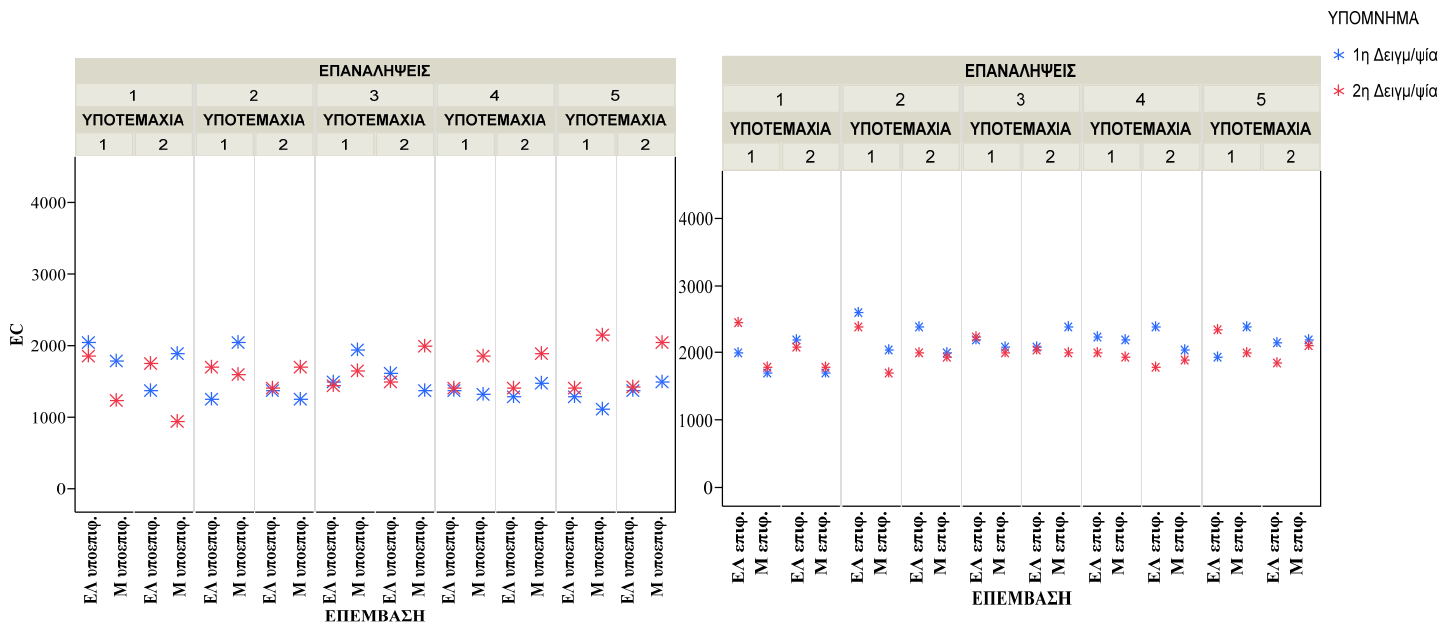
	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	1449	1528	2225	2125	1573	1708	2080	1921
<b>Std.Dev</b>	236.57	171.45	197.55	227.61	324.96	376.91	242.90	122.33
<b>SEm</b>	74.81	54.22	62.47	71.98	102.76	119.19	76.81	38.69
<b>min</b>	1260	1400	1950	1800	1120	940	1700	1700
<b>max</b>	2050	1850	2600	2450	2050	2150	2400	2110

Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 1950 έως 2600 μmhos/cm με μέση τιμή 2225 μmhos/cm στο επιφανειακό στρώμα και από 1260 έως 2050 μmhos/cm με μέση τιμή το 1449 μmhos/cm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 1800 έως 2450 μmhos/cm με μέση τιμή 2125 μmhos/cm στο επιφανειακό στρώμα και από 1400 έως 1850 μmhos/cm με μέση τιμή το 1528 μmhos/cm υποεπιφανειακά. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο μάρτυρα κυμαίνονται από 1700 έως 2400 μmhos/cm με μέση τιμή 2080 μmhos/cm στο επιφανειακό στρώμα και από 1120 έως 2050 μmhos/cm με μέση τιμή το 1573 μmhos/cm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 1700 έως 2100 μmhos/cm με μέση τιμή 1921 μmhos/cm στο επιφανειακό στρώμα και από 940 έως 2150 μmhos/cm με μέση τιμή το 1708 μmhos/cm υποεπιφανειακά.

Σύμφωνα με τα παραπάνω παραπάνω οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην επιφάνεια εμφανίζονται υψηλότερες για κάθε μεταχείριση (ελαστικό – μάρτυρας) και στις δύο δειγματοληψίες (Σχήματα 16 & 17). Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην εφαρμογή των λιπάνσεων κατά την διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων που μπορεί να οδηγήσει στην άυξηση των υδατοδιαλυτών αλάτων κυρίως στην επιφάνεια.



**Σχήμα 16.** Μέσοι όροι των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε μmhos/cm στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)



**Σχήμα 17.** Γραφική απεικόνιση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε μmhos/cm ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την επίδραση του βάθους στο πειραματικό με τα ελαστικά και για τις δυο δειγματοληψίες (Πίνακας 13).

Σε κάθε περίπτωση τόσο στο βάθος όσο και στην επιφάνεια οι τιμές είναι μικρότερες των 4000  $\mu\text{mhos/cm}$  κάτι που αποτελεί το όριο για τα αλατούχα εδάφη (Πολυζόπουλος, 1976).

Προς αποφυγή αλάτωσης των υπό εξέταση εδαφών θα πρέπει:

- ✧ Να γίνεται έλεγχος και αξιολόγηση της ποιότητας του νερού άρδευσης. Με το νερό άρδευσης είναι δυνατόν το έδαφος και κατά συνέπεια το φυτό, να εφοδιάζεται με συγκεκριμένα ιόντα (όπως χλωρίου, νατρίου, βορίου κ.α.) τα οποία σε μεγάλες συγκεντρώσεις καθίστανται τοξικά για το φυτό.
- ✧ Η δόση, η συχνότητα και το σύστημα άρδευσης πρέπει να υπολογίζεται κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να αποφεύγεται συσσώρευση αλάτων στα επιφανειακά στρώματα.
- ✧ Να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις ποσότητες των λιπασμάτων που εφαρμόζονται, τον τρόπο εφαρμογής τους καθώς και την χρονική περίοδο που αυτά εφαρμόζονται. Λανθασμένη και αλόγιστη λίπανση, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα αλατότητας και τοξικότητας στα φυτά με άμεσες αρνητικές συνέπειες γι' αυτά (π.χ. παρεμπόδιση πρόσληψης νερού και θρεπτικών στοιχείων λόγω αύξησης της οσμωτικής πίεσης).

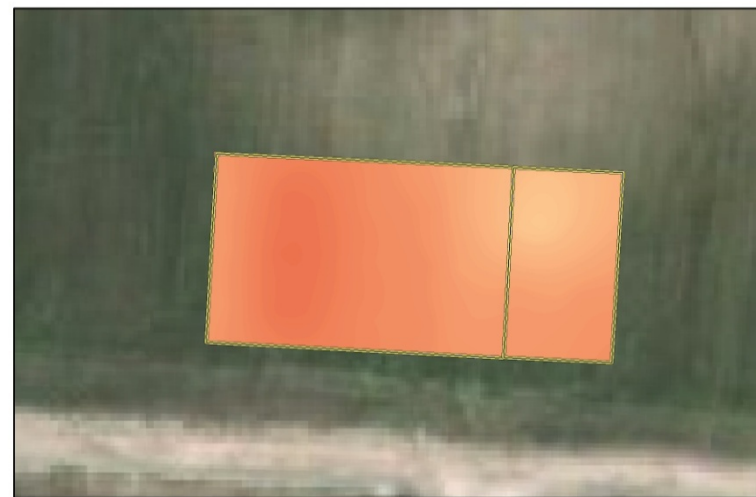
ΕC ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



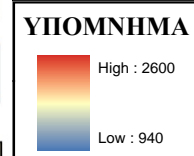
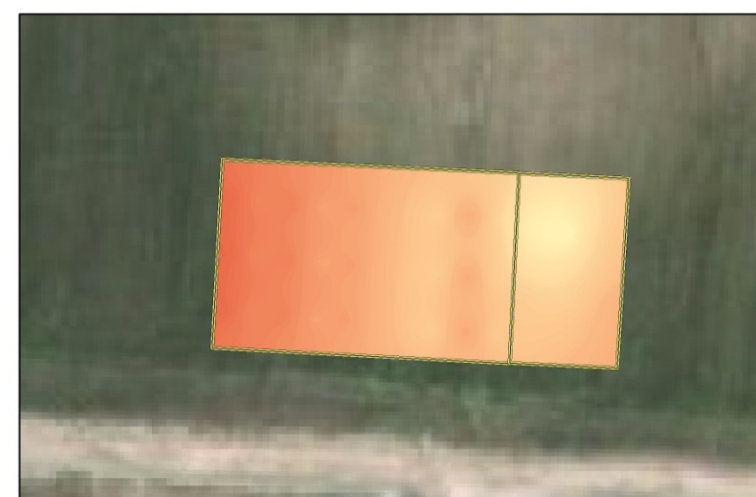
ΕC ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



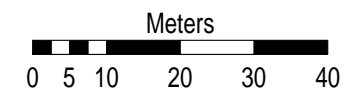
ΕC ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



ΕC ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



**Χάρτης 9.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (μhos/cm) στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.



**Πίνακας13 :** Στατιστική επεξεργασία των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μmhos/cm) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		ns						
			Μ	2080				Επιφ.	2080				Επιφ.	2069							
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΕΠΙΦ.	Μ	2080	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.	2080	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	2069	ns					
			ΕΛ	2225					Υποεπιφ.					1573	2η Δειγμ/ψία		1915				
		ΕΠΙΦ.	Μ	1921	ns			ΕΛ	Επιφ.	1921			ns	Υποεπιφ.	1708	ns	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1624	ns
			ΕΛ	2125						2η Δειγμ/ψία					1723						
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΕΠΙΦ.	Μ	1573	ns		ΕΛ		Επιφ.	2225		**	Υποεπιφ.	1449	**	ΕΛ		ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	2211	ns
			ΕΛ	1449						2η Δειγμ/ψία				2146							
		ΕΠΙΦ.	Μ	1708	ns			ΕΛ	Επιφ.	2125		***	Υποεπιφ.	1528	***		ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1458	ns
			ΕΛ	1528						2η Δειγμ/ψία				1516							

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.3 ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ

Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του  $\text{CaCO}_3$  για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

**Πίνακας 14.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών του  $\text{CaCO}_3$ (%) για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

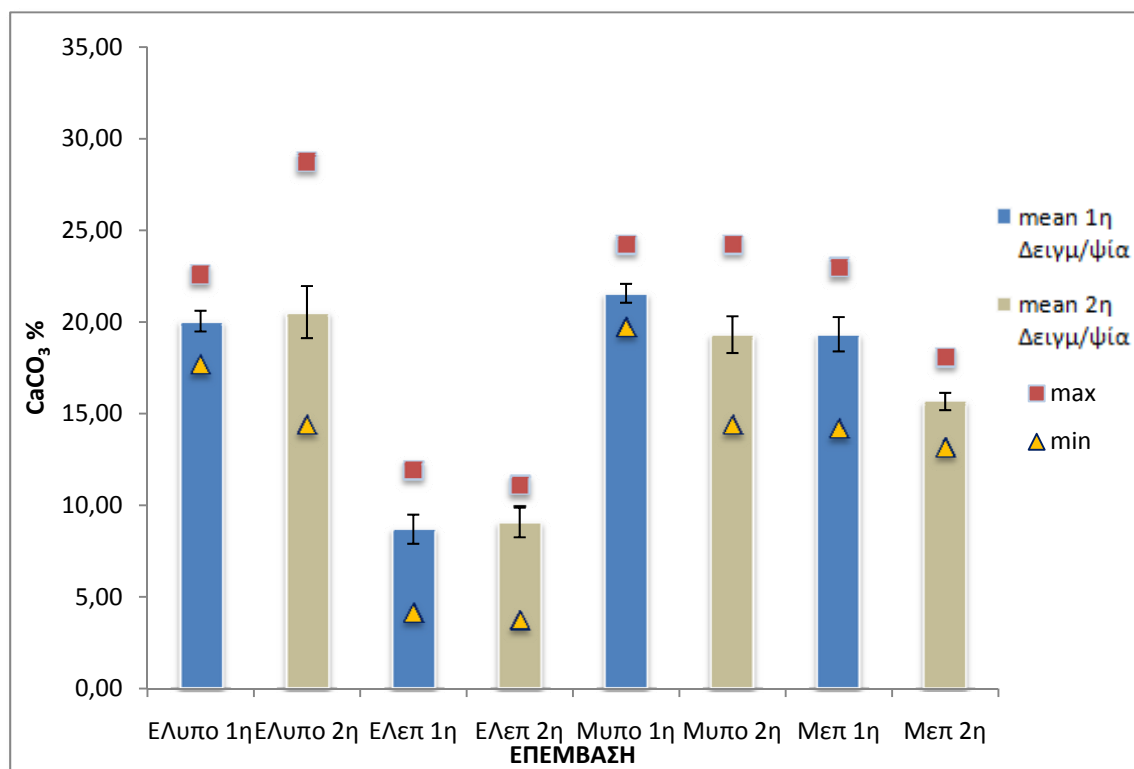
	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>
	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	20.05	20.54	8.69	9.06	21.57	19.31	19.33	15.66
<b>Std.Dev</b>	1.787	4.497	2.511	2.560	1.631	3.173	2.963	1.495
<b>SEm</b>	0.56	1.42	0.79	0.81	0.52	1.00	0.94	0.47
<b>min</b>	17.63	14.35	4.10	3.69	19.68	14.35	14.15	13.12
<b>max</b>	22.55	28.70	11.89	11.07	24.19	24.19	22.96	18.04

Οι τιμές του  $\text{CaCO}_3$  στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 4.10% έως 11.89% με μέση τιμή 8.69% στο επιφανειακό στρώμα και από 17.63% έως 22.55% με μέση τιμή το 20.05% υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 3.69% έως 11.07% με μέση τιμή 9.06% στο επιφανειακό στρώμα και από 14.35% έως 28.70% με μέση τιμή το 20.54% υποεπιφανειακά. Οι τιμές του  $\text{CaCO}_3$  στο μάρτυρα κυμαίνονται από 14.15% έως 22.96% με μέση τιμή 19.33% στο επιφανειακό στρώμα και από 19.68% έως 24.19% με μέση τιμή το 21.57% υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 13.12% έως 18.04% με μέση τιμή 15.66% στο επιφανειακό στρώμα και από 14.35% έως 24.19% με μέση τιμή το 19.31% υποεπιφανειακά.

Σύμφωνα με τις τιμές αυτές τα εδάφη της παρούσας μελέτης χαρακτηρίζονται ως ασβεστώδη ( $\text{CaCO}_3 > 10\%$ ). Είναι γνωστό ότι το ανθρακικό ασβέστιο επηρεάζει σημαντικά τις φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών, το καθεστώς υγρασίας του εδάφους καθώς και τη δυνατότητα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων. Πιθανά προβλήματα που μπορεί να παρουσιάσουν τέτοια εδάφη εξαιτίας της υψηλής τους περιεκτικότητας σε  $\text{CaCO}_3$  είναι:

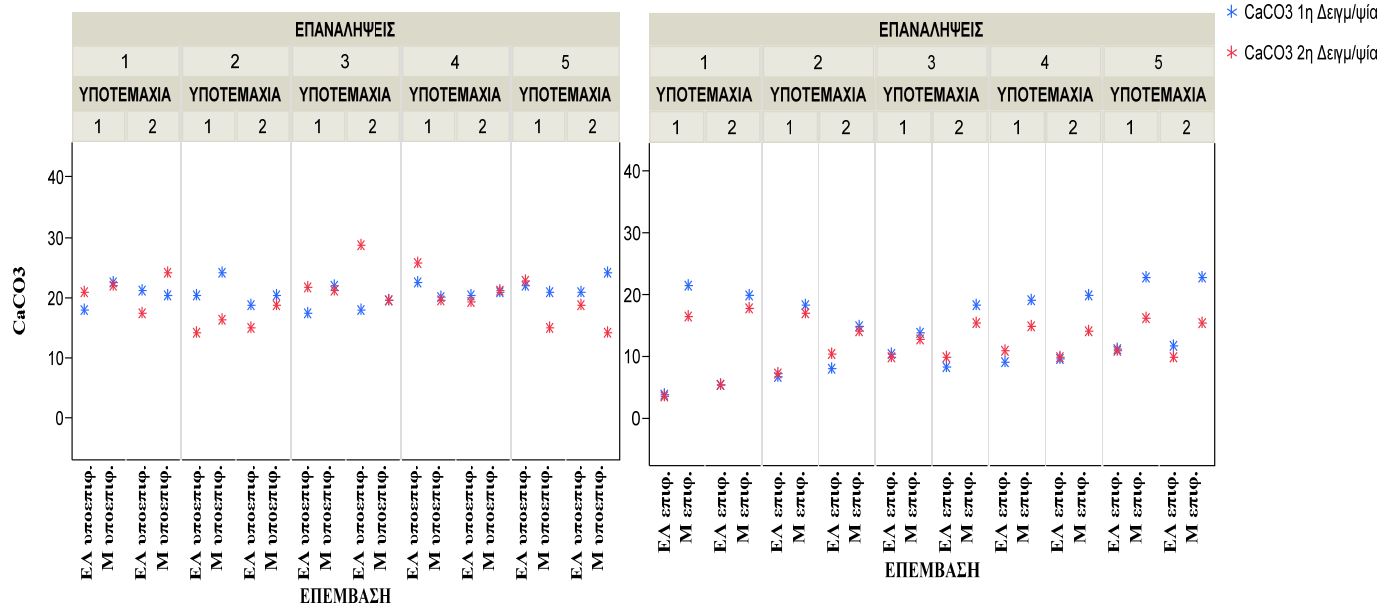
- ✧ Σχηματισμός κρούστας στην επιφάνεια του εδάφους
- ✧ Δημιουργία σκληρού στρώματος στο υπέδαφος

- ✧ Μικρή διαθεσιμότητα φωσφόρου
- ✧ Προβλήματα στη διαθεσιμότητα βασικών κατιόντων όπως του K και Mg
- ✧ Μικρή διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων
- ✧ Προβλήματα σχετικά τη διαθέσιμη υγρασία των εδαφών, δεδομένου ότι εδάφη πλούσια σε  $\text{CaCO}_3$  έχουν μικρή ικανότητα υγρασίας. Σύμφωνα με το Μισοπολινό (1991) η μικρή διαθεσιμότητα της υγρασίας στα ασβεστούχα εδάφη οφείλεται στο σχηματισμό σταθερών συσσωματωμάτων και στην κανονική κατανομή των μικρο και μάκρο – πόρων στο έδαφος. Για τις τιμές των υπό μελέτη εδαφών  $\text{CaCO}_3$  μέχρι 15% δημιουργεί μεγαλοπορώδες, ενώ αύξηση του  $\text{CaCO}_3$  στο 25% με την καθίζηση του ανθρακικού ασβεστίου μέσα στους μεγάλους πόρους, δημιουργεί μικροπορώδες. Οι σχέσεις αυτές μπορεί να επηρεάσουν τις υδραυλικές ιδιότητες των εδαφών και την ικανότητά τους να συγκρατούν υγρασία.



**Σχήμα 18.** Μέσοι όροι των τιμών του  $\text{CaCO}_3$  % στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).





**Σχήμα 19.** Γραφική απεικόνιση των τιμών του CaCO<sub>3</sub> % ανά πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

Η γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων δείχνει ότι υπάρχει μια έντονη χωρική μεταβολή των τιμών του CaCO<sub>3</sub>, με την επιφάνεια του μάρτυρα να εμφανίζει σχεδόν διπλάσιες τιμές σε σχέση με την επιφάνεια του πειραματικού των ελαστικών και στις δυο δειγματοληψίες (Χάρτης 10). Αντίθετα οι τιμές στο βάθος τόσο στο μάρτυρα όσο και στο πειραματικό κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα και στις δυο δειγματοληψίες (Σχήμα 19).

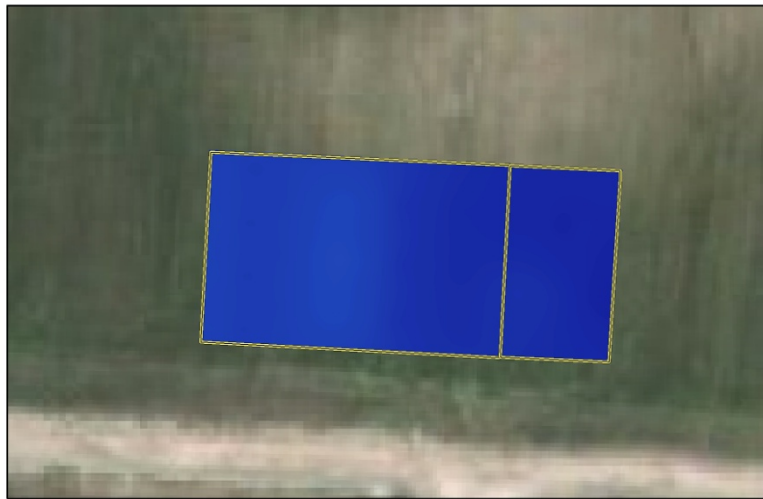
Η έντονη αυτή διαφοροποίηση πιθανόν να οφείλεται στην επίδραση του εδαφικού τύπου όπου στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά φαίνεται να έχει λάβει χώρα απομάκρυνση του CaCO<sub>3</sub> από την επιφάνεια του εδάφους.

Τα αποτελέσματα αυτά ενισχύονται από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, που δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών του CaCO<sub>3</sub> ανάμεσα στην επιφάνεια του μάρτυρα και στην επιφάνεια του πειραματικού με τα ελαστικά και για τις δυο δειγματοληψίες. Ταυτόχρονα υπάρχει και επίδραση του βάθους, όπου οι τιμές του CaCO<sub>3</sub> είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με την επιφάνεια επιβεβαιώνοντας το ασβεστούχο μητρικό υλικό (Πίνακας 15).

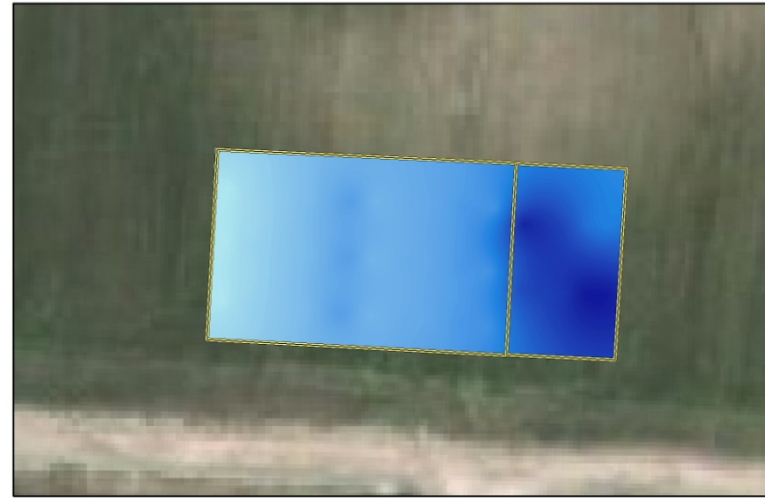
Η επίδραση του χρόνου στην περιεκτικότητα των εδαφών σε CaCO<sub>3</sub> δεν φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική, εκτός από την περίπτωση του μάρτυρα στην επιφάνεια που υπάρχει διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας ( $p < 0.05$ ). Πρόσφατα οι Kocyigit and Uz (2010) διαπίστωσαν ότι η καλλιέργεια σιταριού οδήγησε σε μείωση του

CaCO<sub>3</sub> στο έδαφος σε επίπεδο σημαντικότητας 95% ( $p < 0.05$ ). Η μείωση αυτή μπορεί να δικαιολογηθεί εν μέρει με την ύπαρξη αυξημένων συγκεντρώσεων CO<sub>2</sub> στο έδαφος η οποία οφείλεται στη δράση των ριζών και οδηγεί σε διαλυτοποίηση του CaCO<sub>3</sub>.

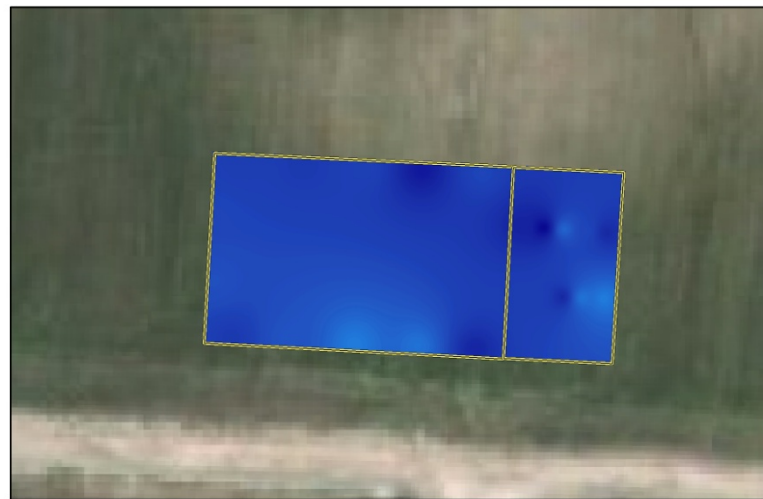
**CaCO<sub>3</sub> ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



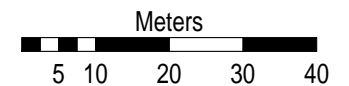
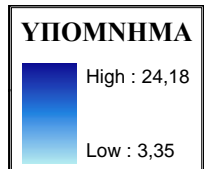
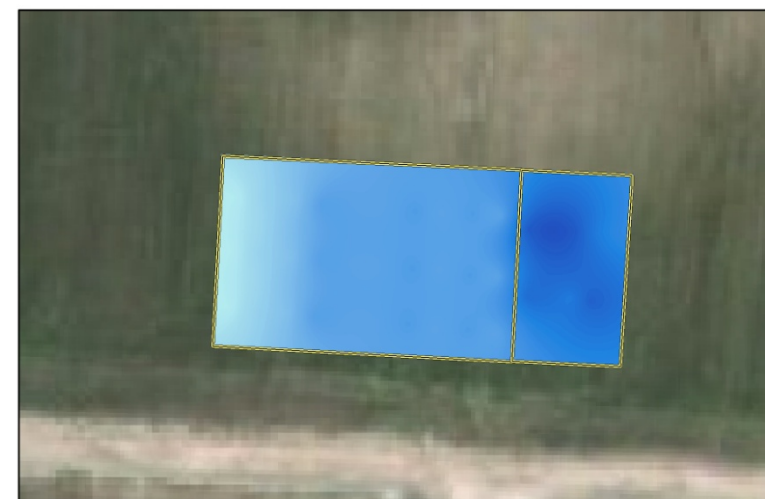
**CaCO<sub>3</sub> ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



**CaCO<sub>3</sub> ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**CaCO<sub>3</sub> ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Χάρτης 10.** : Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του CaCO<sub>3</sub> στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.

**Πίνακας 15.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του CaCO<sub>3</sub> (%) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	19,3	**	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	19,3	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	18,9	*
			ΕΛ	8,69					Υποεπιφ.	21,6					2η Δειγμ/ψία	15,7	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	15,7	*			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	15,7	ns			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	21,1	ns
			ΕΛ	9,06					Υποεπιφ.	19,3				2η Δειγμ/ψία	19,5		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	21,6	ns		ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	8,69	***		ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	8,59	ns
			ΕΛ	20,1					Υποεπιφ.	20,1					2η Δειγμ/ψία	9,27	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	19,3	ns			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	9,06	**			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	19,9	ns
			ΕΛ	20,5					Υποεπιφ.	20,5				2η Δειγμ/ψία	20,9		

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.4 ΕΛΑΦΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ

Στον πίνακα 16 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του pH για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

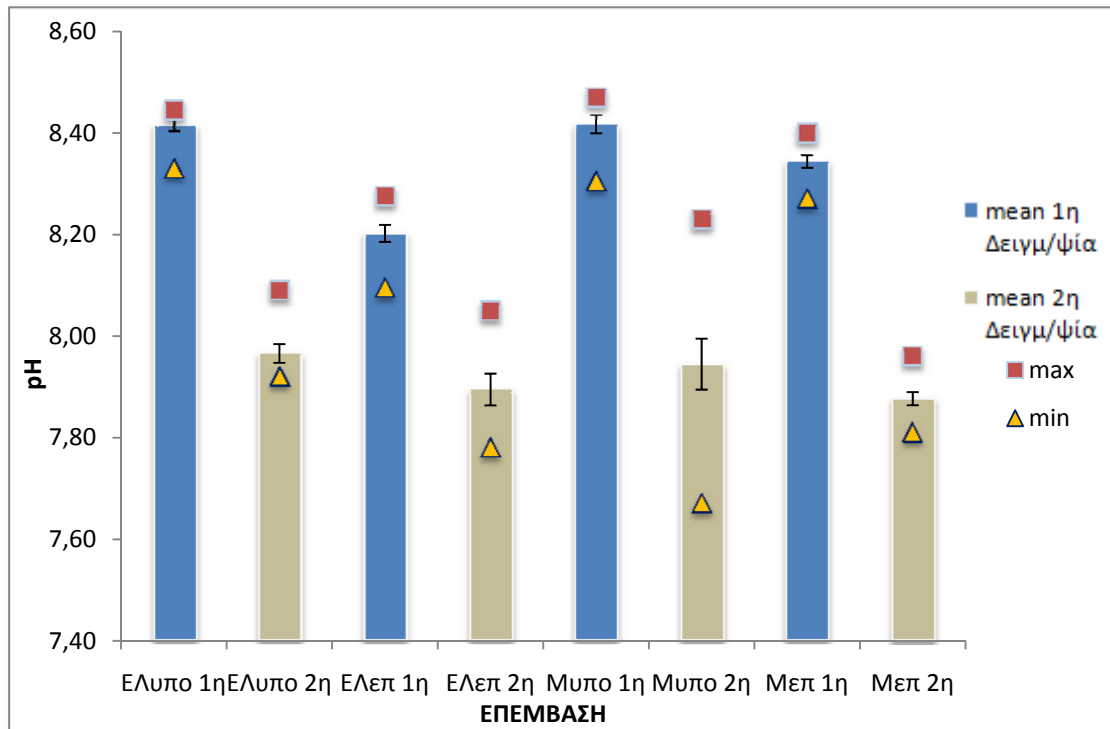
**Πίνακας 16.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών του pH για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	8.42	7.97	8.20	7.90	8.42	7.95	8.34	7.88
<b>Std.Dev</b>	0.033	0.058	0.053	0.099	0.055	0.159	0.039	0.041
<b>SEm</b>	0.010	0.018	0.017	0.031	0.017	0.050	0.012	0.013
<b>min</b>	8.33	7.92	8.10	7.78	8.31	7.67	8.27	7.81
<b>max</b>	8.45	8.09	8.28	8.05	8.47	8.23	8.40	7.96

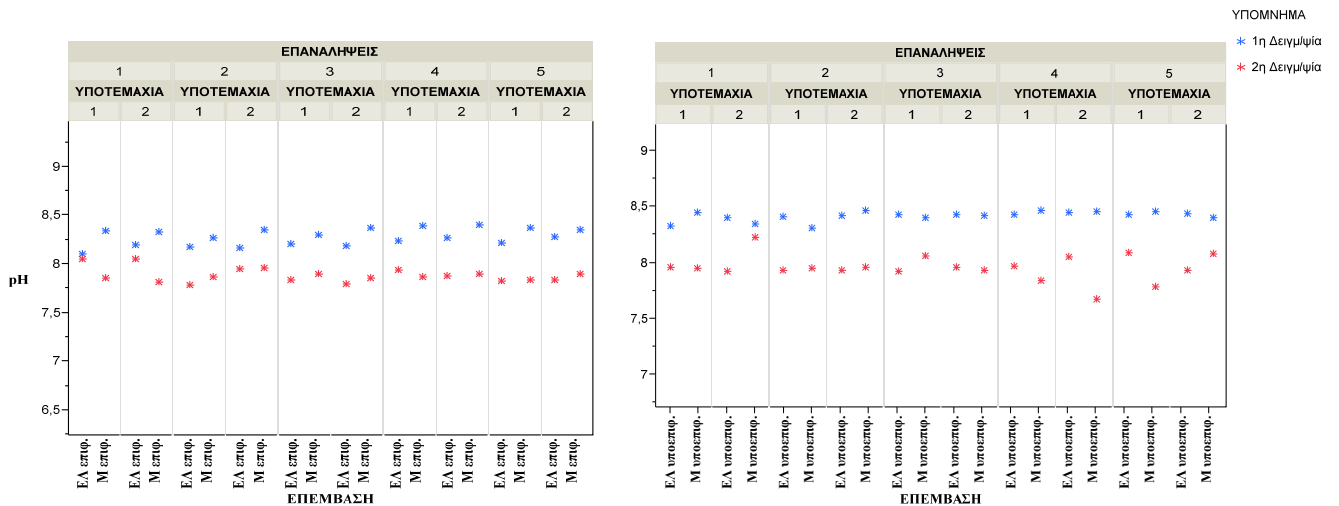
Οι τιμές του pH στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 8.10 έως 8.28 με μέση τιμή 8.20 στο επιφανειακό στρώμα και από 8.33 έως 8.45 με μέση τιμή το 8.42 υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 7.78 έως 8.05 με μέση τιμή 7.90 στο επιφανειακό στρώμα και από 7.92 έως 8.09 με μέση τιμή το 7.97 υποεπιφανειακά. Οι τιμές του pH στο μάρτυρα κυμαίνονται από 8.27 έως 8.40 με μέση τιμή 8.34 στο επιφανειακό στρώμα και από 8.31 έως 8.47 με μέση τιμή το 8.42 υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 7.81 έως 7.96 με μέση τιμή 7.88 στο επιφανειακό στρώμα και από 7.67 έως 8.23 με μέση τιμή το 7.95 υποεπιφανειακά.

Με βάση τις τιμές του Πίνακα 16 τα εδάφη σε όλες τις περιπτώσεις χαρακτηρίζονται από ασθενώς αλκαλικά έως αλκαλικά. Οι τιμές αυτές είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης υψηλής συγκέντρωσης ανθρακικών αλάτων και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα μειωμένου ρυθμού απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά και επομένως την εμφάνιση σημαντικών τροφοπενιών όπως ιχνοστοιχείων και φωσφόρου.

Σύμφωνα με το σχήμα 20 παρατηρείται σημαντική διαφορά στις τιμές του pH ανάμεσα στην πρώτη και δεύτερη δειγματοληψία τόσο για τη μεταχείριση (ελαστικό – μάρτυρας) όσο και για το βάθος (επιφανειακό – υποεπιφανειακό).



**Σχήμα 20.** Μέσοι όροι των τιμών του pH στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)



**Σχήμα 21.** Γραφική απεικόνιση των τιμών του pH ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

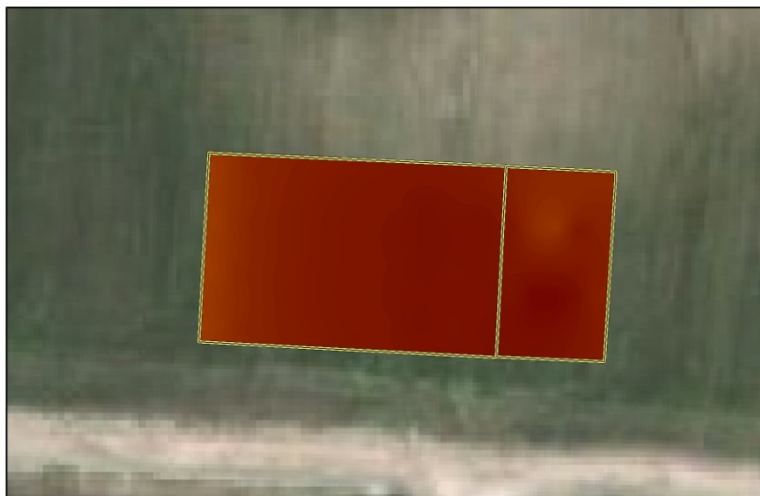
Οι τιμές pH εμφανίζονται υψηλότερες υποεπιφανειακά, ενώ σε κάθε περίπτωση η δεύτερη δειγματοληψία εμφανίζει χαμηλότερες τιμές pH σε σχέση με την πρώτη (Σχήμα 21). Έχει παρατηρηθεί εποχιακή μεταβολή στις τιμές του pH από την άνοιξη έως το φθινόπωρο λόγω των αλάτων που προκύπτουν από τη διαλυτοποίηση οργανικών υπολειμμάτων, την αποσάθρωση των ορυκτών και την εφαρμογή λιπασμάτων. Έτσι αναμένονται υψηλότερες μετρήσεις στις τιμές pH όταν η δειγματοληψία λαμβάνει χώρα τους πρώτους μήνες της άνοιξης ή κατά τη διάρκεια του χειμώνα (James & Wells, 1990). Επιπροσθέτως σε πολλές μελέτες έχουν παρουσιαστεί παρόμοιες αλλαγές στις τιμές εδαφικού pH με την πάροδο του χρόνου (Davey και Conyers, 1988; Prodromou και Pavlatou-VE, 1998). Οι μεγαλύτερες μεταβολές αναφέρθηκαν για εδάφη με υψηλές τιμές pH (Kuylenstierna & Chadwick, 1991). Σε κάποιες περιπτώσεις, οι περισσότεροι από τους επιφανειακούς οργανικούς ορίζοντες παρουσίασαν μεταβολές (Billett et al., 1990) ενώ σε άλλες περιπτώσεις σε όλους τους εδαφικούς ορίζοντες παρατηρείται μείωση του pH (Hallbacken & Tamm, 1986).

Στο Χάρτη 11 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των τιμών του pH στον πειραματικό αγρό. Παρατηρείται ότι υπάρχει μια συστηματική αύξηση των τιμών του pH με κατεύθυνση από τα πειραματικά υποτεμάχια με την εφαρμογή του ελαστικού προς τα πειραματικά υποτεμάχια του μάρτυρα, πιθανόν εξαιτίας της μεταβολής του εδαφικού τύπου όπως φαίνεται και στην εδαφολογική μελέτη της περιοχής.

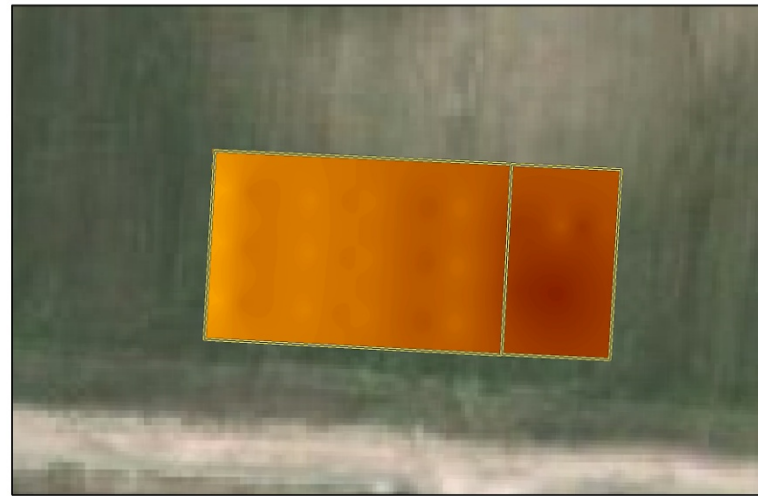
Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έδειξε ότι όσον αφορά την επέμβαση στην πρώτη δειγματοληψία υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0.05$  ανάμεσα στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα επιβεβαιώνοντας τη διαφοροποίηση του εδαφικού τύπου (Πίνακας 17).

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων επιβεβαιώνει τη σημαντική επίδραση του χρόνου στις τιμές του pH σε όλες τις περιπτώσεις (Πίνακας 17). Η μείωση του pH με το χρόνο όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, φαίνεται να είναι αποτέλεσμα της καλλιέργειας του βαμβακιού. Σε πολλές περιπτώσεις ερευνητές έχουν καταλήξει ότι η καλλιέργεια οδηγεί σε μείωση του pH η οποία μπορεί να κυμανθεί από 0.03 – 0.27 για τον επιφανειακό ορίζοντα άροσης, εξαιτίας της χρήσης κυρίως των αζωτούχων λιπασμάτων και της κοπριάς (Wei et al., 2006).

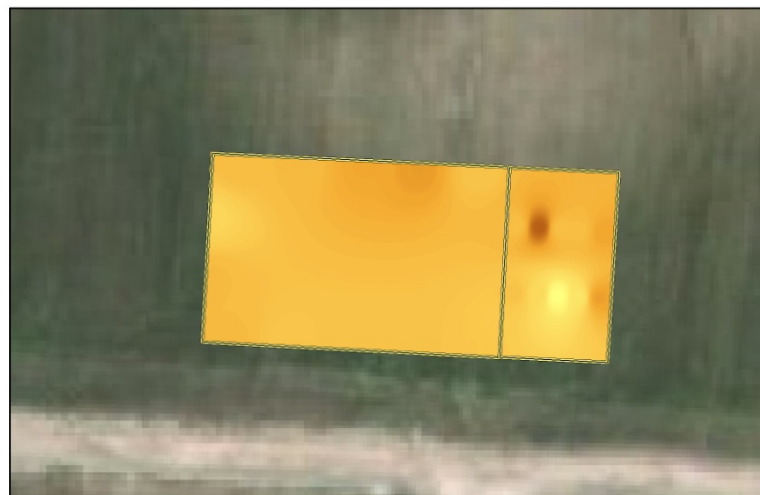
ρΗ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



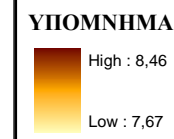
ρΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



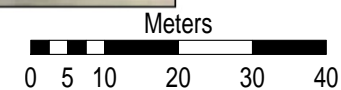
ρΗ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



ρΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



Χάρτης 11. Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του ρΗ στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.





**Πίνακας 17.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του pH σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	8,34	*	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	8,42	***	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	8,32	***
			ΕΛ	8,2	Υποεπιφ.				8,35	2η Δειγμ/ψία	7,87						
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	7,87	ns		ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	7,94	ns		ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	8,4	**	
			ΕΛ	7,89	Υποεπιφ.				7,87	2η Δειγμ/ψία	7,91						
	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	8,41	ns		Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	8,42	***		ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	8,18	**
			ΕΛ	8,41	Υποεπιφ.				8,2	2η Δειγμ/ψία	7,9						
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	7,96	ns		ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	7,97	ns		ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	8,38	**	
			ΕΛ	7,94	Υποεπιφ.				7,90	2η Δειγμ/ψία	7,98						

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.5 ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ

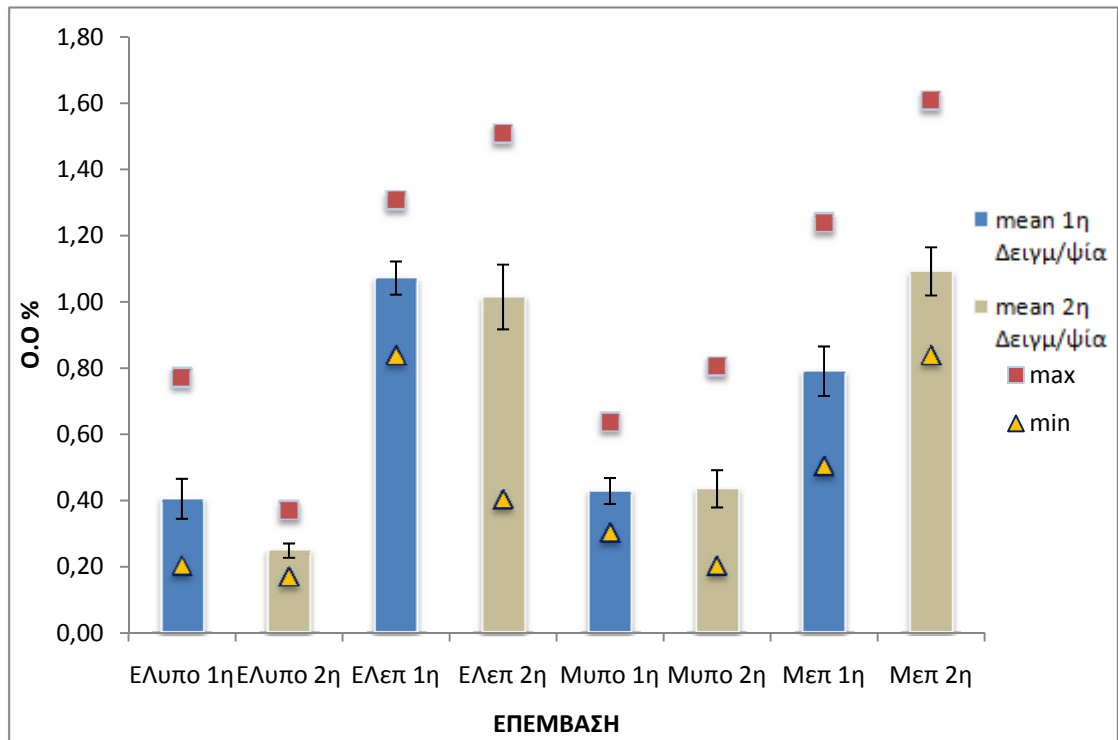
Στον πίνακα 18 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών της οργανικής ουσίας για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

**Πίνακας 18.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών της οργανικής ουσίας % για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

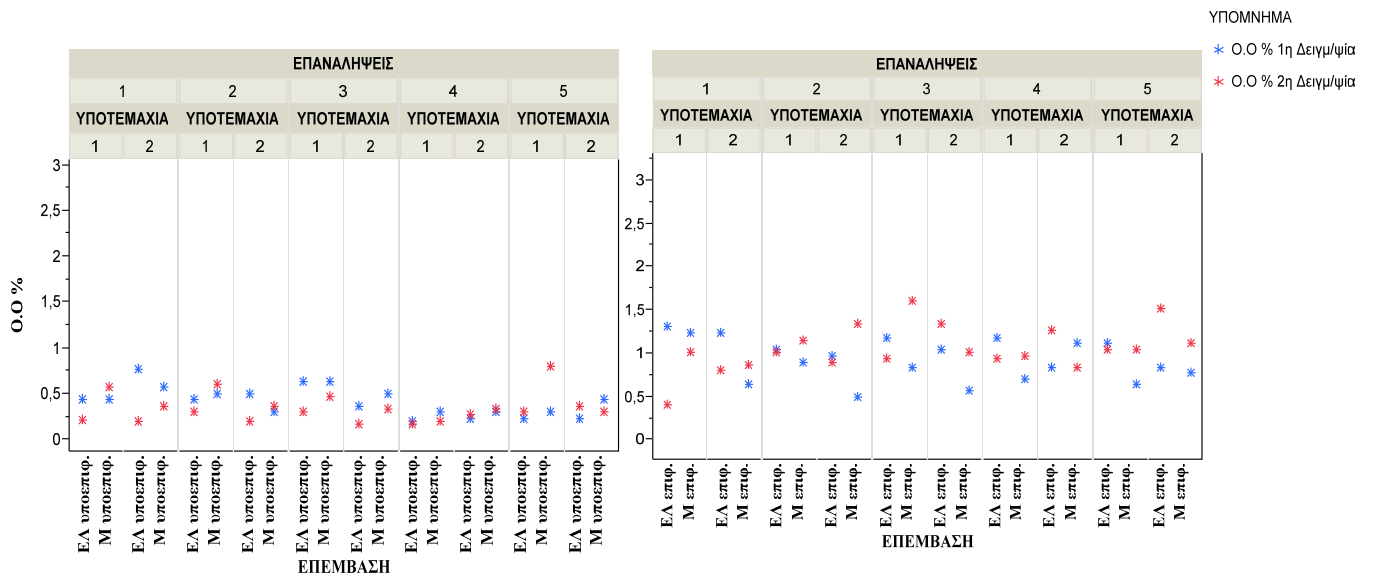
	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>
	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	0.41	0.25	1.07	1.02	0.43	0.44	0.79	1.09
<b>Std.Dev</b>	0.191	0.069	0.159	0.309	0.124	0.178	0.236	0.230
<b>SEm</b>	0.060	0.022	0.050	0.098	0.039	0.056	0.075	0.073
<b>min</b>	0.20	0.17	0.84	0.40	0.30	0.20	0.50	0.84
<b>max</b>	0.77	0.37	1.31	1.51	0.64	0.80	1.24	1.61

Οι τιμές της οργανικής ουσίας στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 0.84% έως 1.31% με μέση τιμή 1.07% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.20% έως 0.77% με μέση τιμή το 0.41% υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.40% έως 1.51% με μέση τιμή 1.02% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.17% έως 0.37% με μέση τιμή το 0.25% υποεπιφανειακά. Οι τιμές του pH στο μάρτυρα κυμαίνονται από 0.50% έως 1.24% με μέση τιμή 0.79% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.30% έως 0.64% με μέση τιμή το 0.43% υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.84% έως 1.61% με μέση τιμή 1.09% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.20% έως 0.80% με μέση τιμή το 0.44% υποεπιφανειακά.

Σύμφωνα με τις τιμές αυτές η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία είναι χαμηλή και η τυπική για τα καλλιεργούμενα ελληνικά εδάφη (1 – 2%). Για το λόγο αυτό ο ευνοϊκός ρόλος της οργανικής ουσίας στη δομή του εδάφους, στη ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους, στη ρύθμιση της κυκλοφορίας του εδαφικού αέρα και νερού καθώς και στη θρέψη των φυτών θα είναι σημαντικά περιορισμένος.



**Σχήμα 22.** Μέσοι όροι των τιμών της οργανικής ουσίας % στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)



**Σχήμα 23.** Γραφική απεικόνιση των τιμών της οργανικής ουσίας % ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

Στον χάρτη 12 παρουσιάζεται η χωρική παραλλακτικότητα της οργανικής ουσίας στα εδάφη, στα δυο διαφορετικά βάθη και για τις δύο δειγματοληψίες. Όπως ήταν αναμενόμενο και παρόλο την ανάμειξη του εδάφους κατά την τοποθέτηση του ελαστικού, οι τιμές της οργανικής ουσίας ήταν υψηλότερες στην επιφάνεια σε σχέση με το βάθος και για τους δυο χρόνους δειγματοληψίας.

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων επιβεβαιώνει τη σημαντική επίδραση του βάθους τόσο στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά όσο και στο μάρτυρα και για τις δύο δειγματοληψίες (Σχήμα 22). Αντίθετα το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε μεταξύ των δύο δειγματοληψιών και η καλλιέργεια του βαμβακιού δεν ήταν ικανά να μεταβάλουν σημαντικά τις τιμές της οργανικής ουσίας.

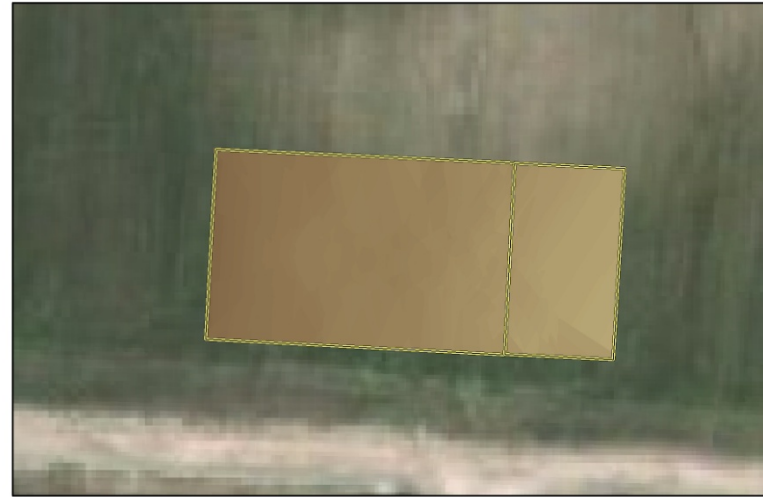
Αρκετοί ερευνητές αναφέρουν ότι η μακροχρόνια καλλιέργεια μπορεί να αυξήσει την οργανική ουσία του εδάφους εξαιτίας της δράσης του ριζικού συστήματος των καλλιεργούμενων φυτών που οδηγεί στην προσθήκη οργανικών υλικών (Wei et al., 2006). Σύμφωνα με τους Post και Mann (1990), εδάφη με αρχική υψηλή περιεκτικότητα σε C και N, εμφανίζουν τις μεγαλύτερες απώλειες όταν καλλιεργούνται ενώ εδάφη όπως της παρούσας μελέτης με αρχικά χαμηλά ποσοστά C και N δεν παρουσιάζουν απώλειες αλλά αύξηση η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική (Πίνακας 19). Επιπλέον οι απώλειες είναι υψηλότερες στα αμμώδη από ότι στα αργιλώδη εδάφη εξαιτίας της προστατευτικής δράσης της αργίλου η οποία όπως έχει βρεθεί μειώνει τους ρυθμούς αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας (White, 2006).

Είναι γνωστό ότι όταν το καθεστώς εδαφικής υγρασίας μεταβάλλεται από *aquic* σε *aridic*, τα επίπεδα της οργανικής ουσίας μειώνονται σημαντικά εξαιτίας της αύξησης των επιπέδων του οξυγόνου το οποίο προκαλεί οξείδωση και αποσύνθεση της οργανικής ουσίας (Bowman et al., 1990; White, 2006).

**Ο.Ο ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ 1η Δειγμ/ψία**



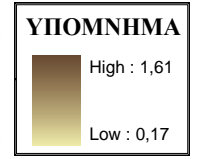
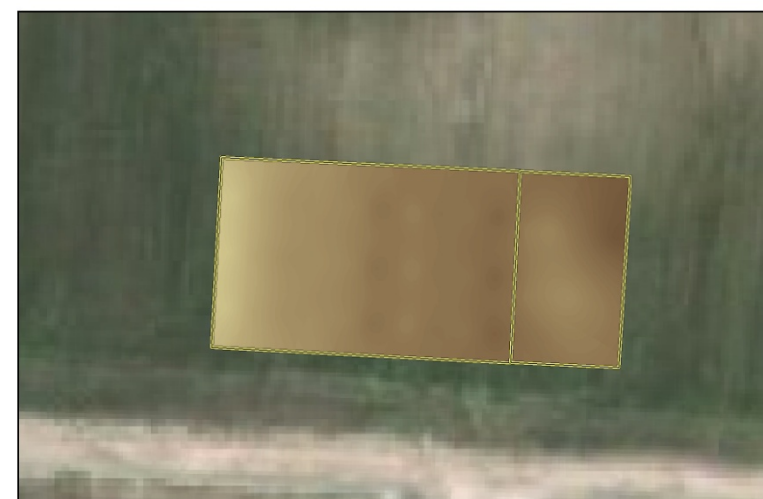
**Ο.Ο ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ 1η Δειγμ/ψία**



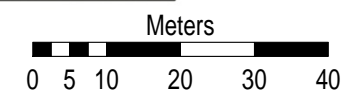
**Ο.Ο ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ 2η Δειγμ/ψία**



**Ο.Ο ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ 2η Δειγμ/ψία**



**Χάρτης 12.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών της Οργανικής Ουσίας (%) στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.



**Πίνακας 19.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών της οργανικής ουσίας (%) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,79	*	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,79	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,82	ns	
			ΕΛ	1,07					Υποεπιφ.	0,43					2η Δειγμ/ψία	1,07		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,79	*	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,79	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,82	ns	
			ΕΛ	1,07					Υποεπιφ.	0,43					2η Δειγμ/ψία	1,07		
	ΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	1,09	ns		Μ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,09	**		ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,43	ns
			ΕΛ	1,02					Υποεπιφ.	0,44						2η Δειγμ/ψία	0,48	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,43	ns		ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,07	***		ΕΛ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,11	ns
			ΕΛ	0,41					Υποεπιφ.	0,40						2η Δειγμ/ψία	0,99	
ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	0,44	**	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,01	**	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,41	ns			
		ΕΛ	0,25				Υποεπιφ.	0,25					2η Δειγμ/ψία	0,24				

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

## 5.1.6 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ

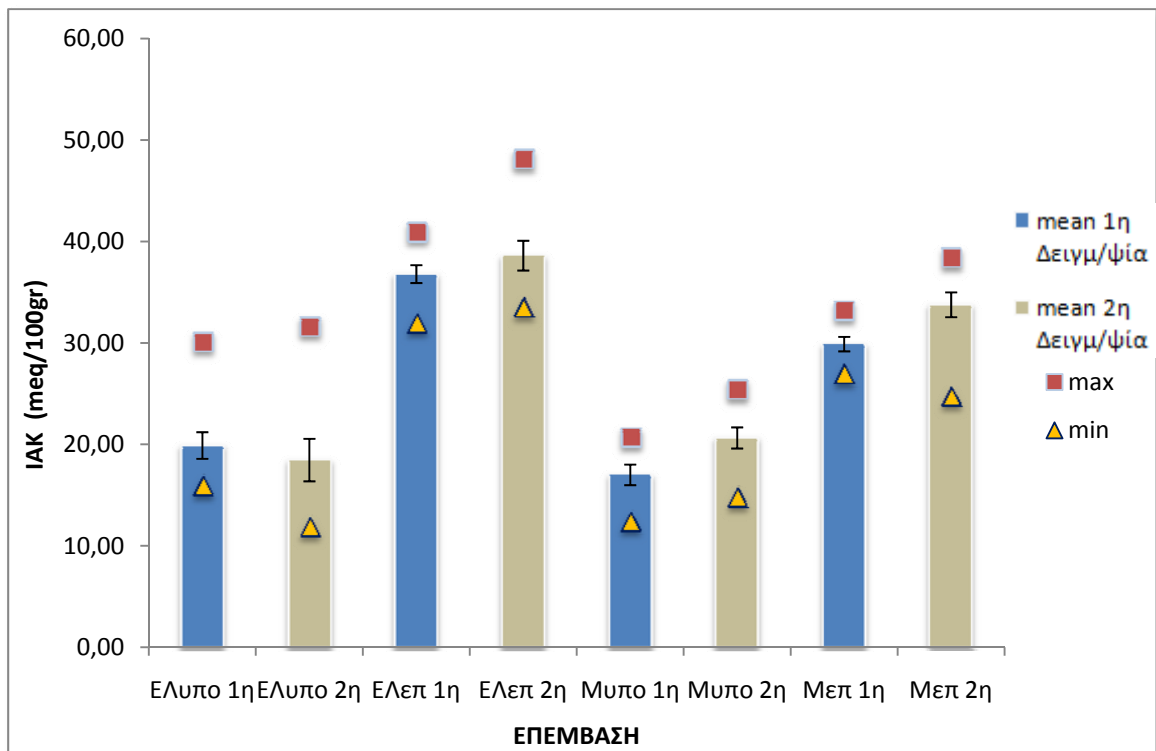
Στον πίνακα 20 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών της ΙΑΚ για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

**Πίνακας 20.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών της ΙΑΚ σε meq/100gr για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

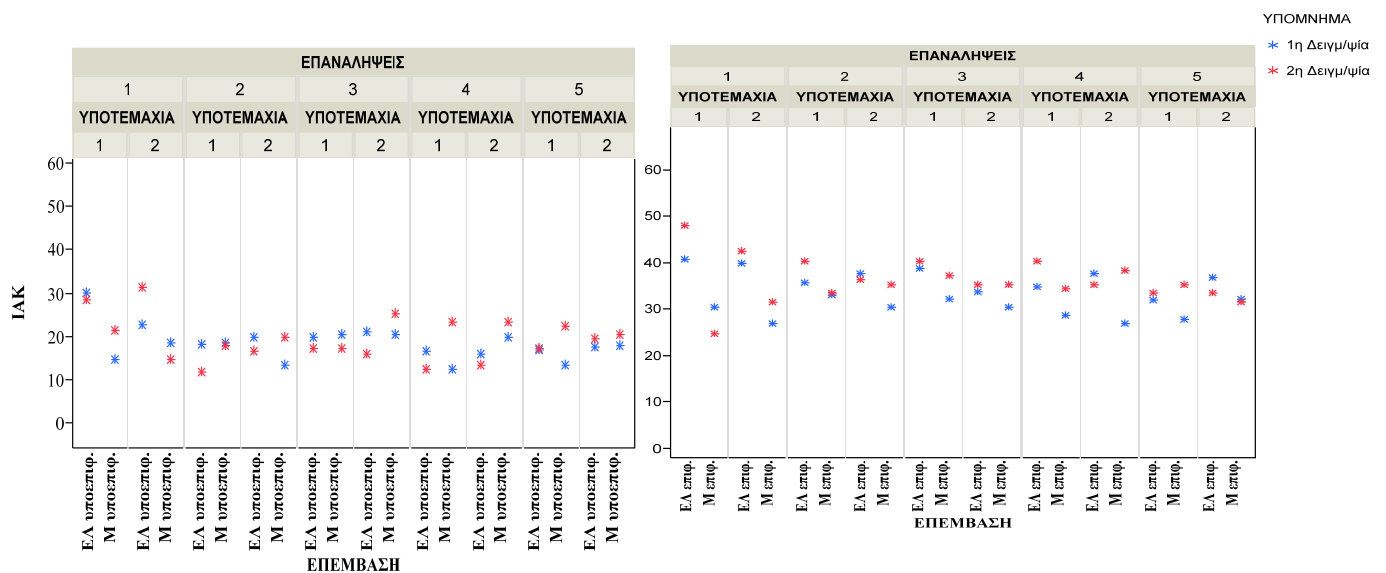
	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>
	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	19.90	18.46	36.80	38.61	17.00	20.64	29.90	33.78
<b>Std.Dev</b>	4.157	6.623	2.788	4.647	3.206	3.29	2.257	3.867
<b>SEm</b>	1.31	2.09	0.88	1.47	1.01	1.04	0.71	1.22
<b>min</b>	15.87	11.84	31.91	33.47	12.35	14.73	26.92	24.69
<b>max</b>	30.08	31.61	40.89	48.11	20.65	25.40	33.14	38.39

Οι τιμές της ΙΑΚ στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 31.91 έως 40.89 meq/100gr με μέση τιμή 36.80 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 15.87 έως 30.08 meq/100gr με μέση τιμή το 19.90 meq/100gr υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 33.47 έως 48.11 meq/100gr με μέση τιμή 38.61 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 11.84 έως 31.61 meq/100gr με μέση τιμή το 18.46 meq/100gr υποεπιφανειακά. Οι τιμές του ΙΑΚ στο μάρτυρα κυμαίνονται από 26.92 έως 33.14 meq/100gr με μέση τιμή 29.90 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 12.35 έως 20.65 meq/100gr με μέση τιμή το 17.00 meq/100gr υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 24.69 έως 38.39 meq/100gr με μέση τιμή 33.78 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 14.73 έως 25.40 meq/100gr με μέση τιμή το 20.64 meq/100gr υποεπιφανειακά.

Σύμφωνα με τις τιμές η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων μπορεί να χαρακτηριστεί ως υψηλή στην επιφάνεια του πειραματικού τεμαχίου και για τις δυο δειγματοληψίες ενώ υποεπιφανειακά ως μέτρια (Σχήμα 24, Χάρτης 13).



**Σχήμα 24.** Μέσοι όροι των τιμών της ΙΑΚ σε meq/100gr στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)

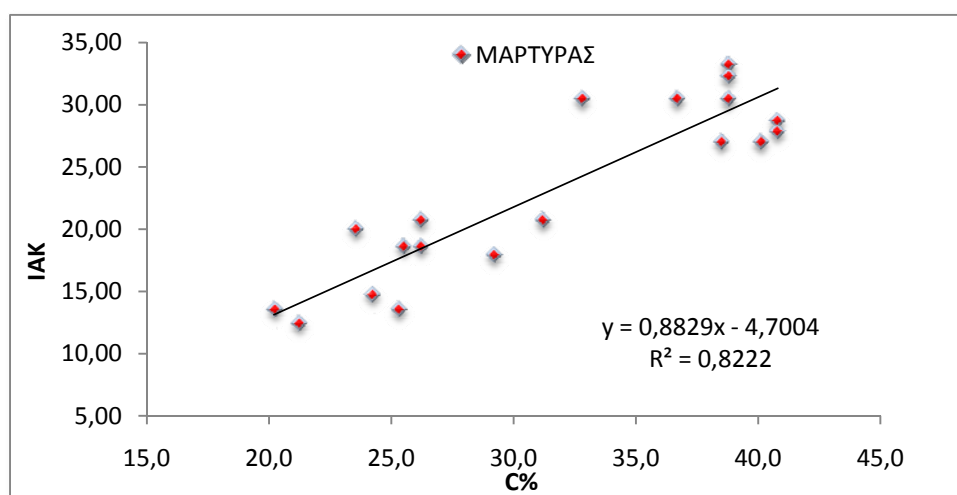
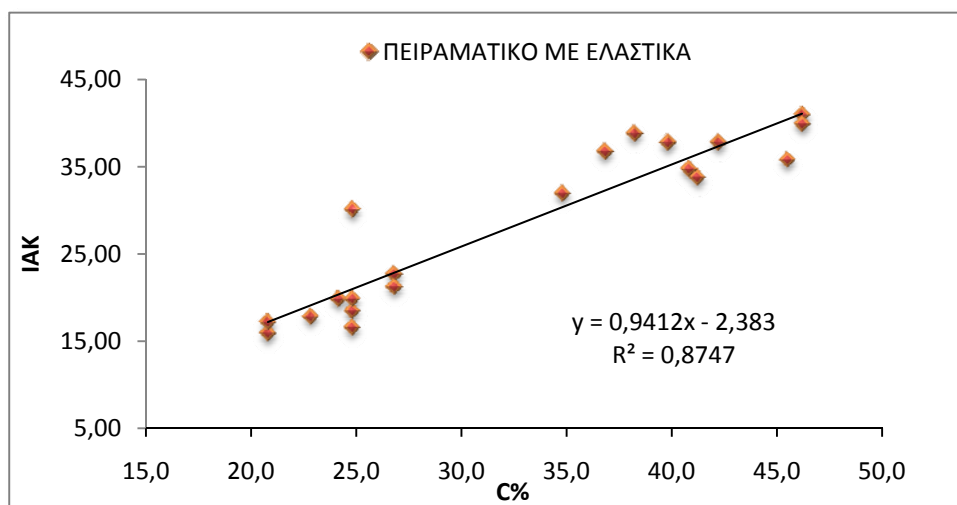


**Σχήμα 25.** Γραφική απεικόνιση των τιμών της ΙΑΚ σε meq/100gr ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.



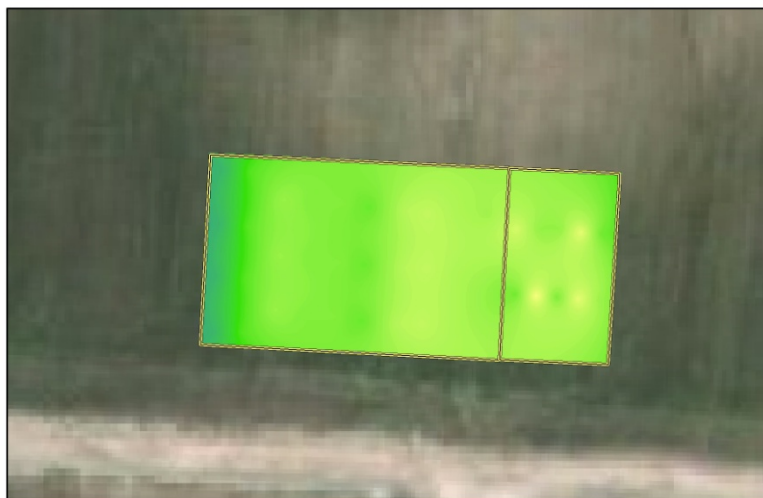
Σύμφωνα με τα σχήματα 26 & 27 οι τιμές της ΙΑΚ συσχετίζονται ισχυρά με την άργιλο τόσο στο πειραματικό με τα ελαστικά ( $R^2 = 0.87$ ) όσο και στο μάρτυρα ( $R^2 = 0.82$ ). Η διαφοροποίηση στην κοκκομετρική σύσταση με το βάθος και οι υψηλότερες τιμές της οργανικής ουσίας στην επιφάνεια επιδρούν σημαντικά στις τιμές της ΙΑΚ.

Η σημαντική επίδραση του βάθους αποδεικνύεται και από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων η οποία δείχνει ότι σε κάθε περίπτωση υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών της ΙΑΚ με το βάθος ( $p < 0.001$ ) (Πίνακας 21).

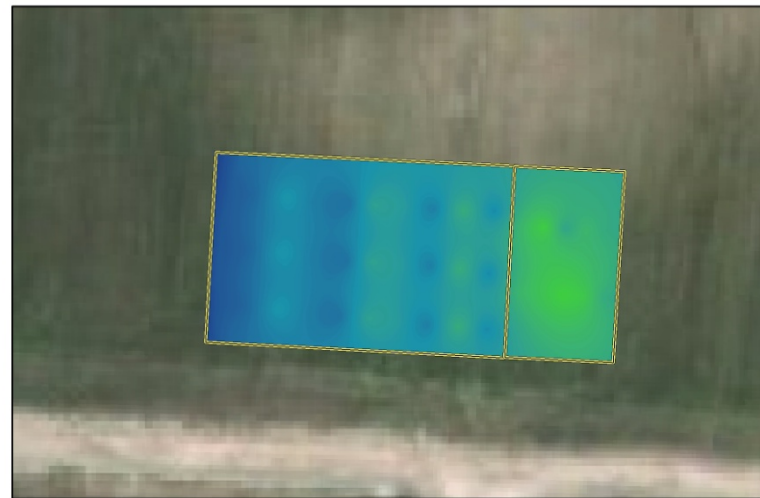


**Σχήμα 26 & 27.** Συσχέτιση των τιμών της αργίλου και των τιμών της ΙΑΚ, α. Στο πειραματικό με την στρώση των ελαστικών και β. Στο μάρτυρα.

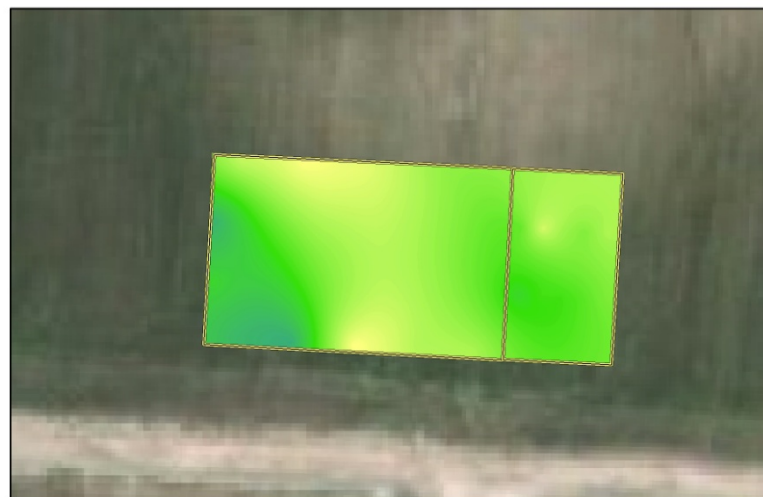
**ΙΑΚ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



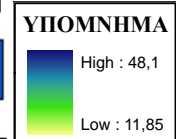
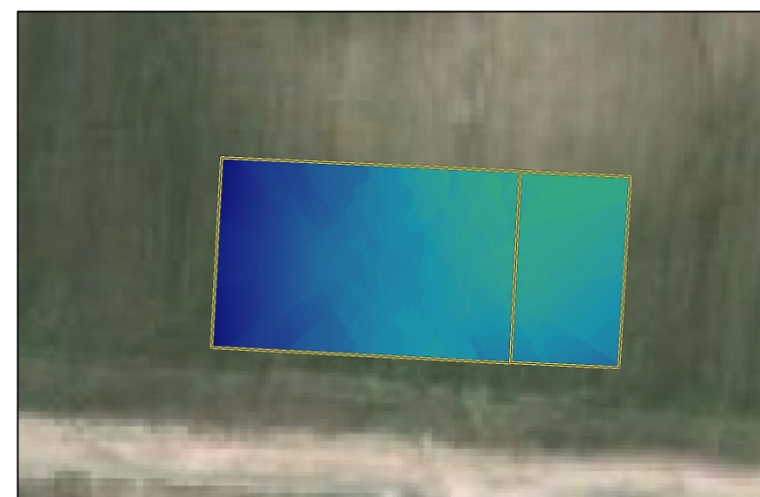
**ΙΑΚ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



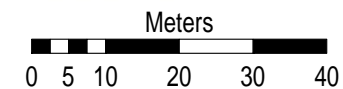
**ΙΑΚ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**ΙΑΚ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Χάρτης 13.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών της ΙΑΚ σε mg/100gr στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.



**Πίνακας 21.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών της ΙΑΚ (meq/100g) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1η – 2η δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΕΠΙΦ.	Δειγμ/ψία	Μ	Ε	ns	*	***	***	***	***	***	***	ns	ns
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	29,9	*	ns	***	***	***	***	***	***	ns	ns	
			ΕΛ	36,8											
		2η Δειγμ/ψία	Μ	33,8											
			ΕΛ	38,6											
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	17	ns	ns	***	***	***	***	***	***	ns	ns	
			ΕΛ	19,9											
		2η Δειγμ/ψία	Μ	20,6											
			ΕΛ	18,5											
ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	29,9	***	ns	***	***	***	***	***	***	ns	ns	
			Υποεπιφ.	17											
		2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	33,8											
			Υποεπιφ.	20,6											
	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	36,8	***	ns	***	***	***	***	***	***	ns	ns	
			Υποεπιφ.	19,9											
		2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	38,7											
			Υποεπιφ.	18,5											

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.7 ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ

Στον πίνακα 22 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του αζώτου για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

**Πίνακας 22.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών του αζώτου % για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>H</sup>	2 <sup>H</sup>	1 <sup>H</sup>	2 <sup>H</sup>	1 <sup>H</sup>	2 <sup>H</sup>	1 <sup>H</sup>	2 <sup>H</sup>
	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	0.02	0.03	0.07	0.02	0.03	0.03	0.06	0.04
<b>Std.Dev</b>	0.006	0.009	0.010	0.002	0.014	0.008	0.015	0.016
<b>SEm</b>	0.002	0.003	0.003	0.001	0.004	0.003	0.005	0.005
<b>min</b>	0.01	0.02	0.06	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01
<b>max</b>	0.02	0.04	0.09	0.02	0.05	0.04	0.08	0.07

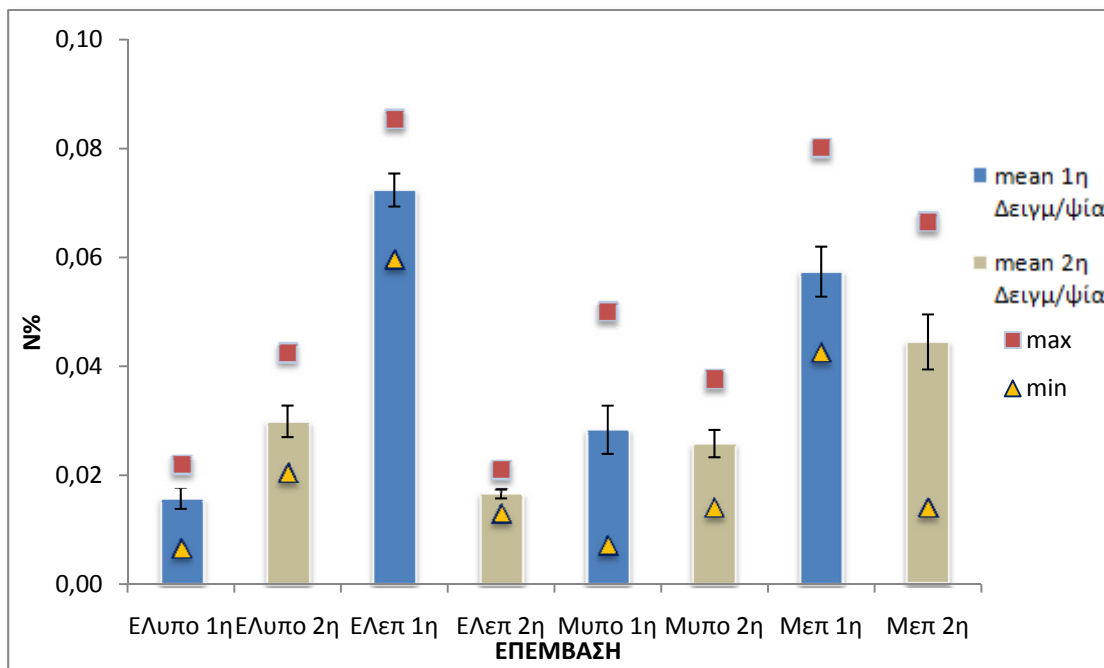
Οι τιμές του αζώτου στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 0.06% έως 0.09% με μέση τιμή 0.07% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.01% έως 0.02% με μέση τιμή το 0.02% υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.01% έως 0.02% με μέση τιμή 0.02% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.02% έως 0.04% με μέση τιμή το 0.03% υποεπιφανειακά. Οι τιμές του αζώτου στο μάρτυρα κυμαίνονται από 0.04% έως 0.08% με μέση τιμή 0.06% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.01% έως 0.05% με μέση τιμή το 0.03% υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.01% έως 0.07% με μέση τιμή 0.04% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.01% έως 0.04% με μέση τιμή το 0.03% υποεπιφανειακά

Σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές είναι χαμηλές κάτω από το όριο του 0.2% όπου το έδαφος θεωρείται επαρκώς εφοδιασμένο με άζωτο (Σχήματα 28 & 29). Η παρατηρούμενη έλλειψη των εδαφών σε άζωτο μπορεί να οφείλεται κυρίως σε:

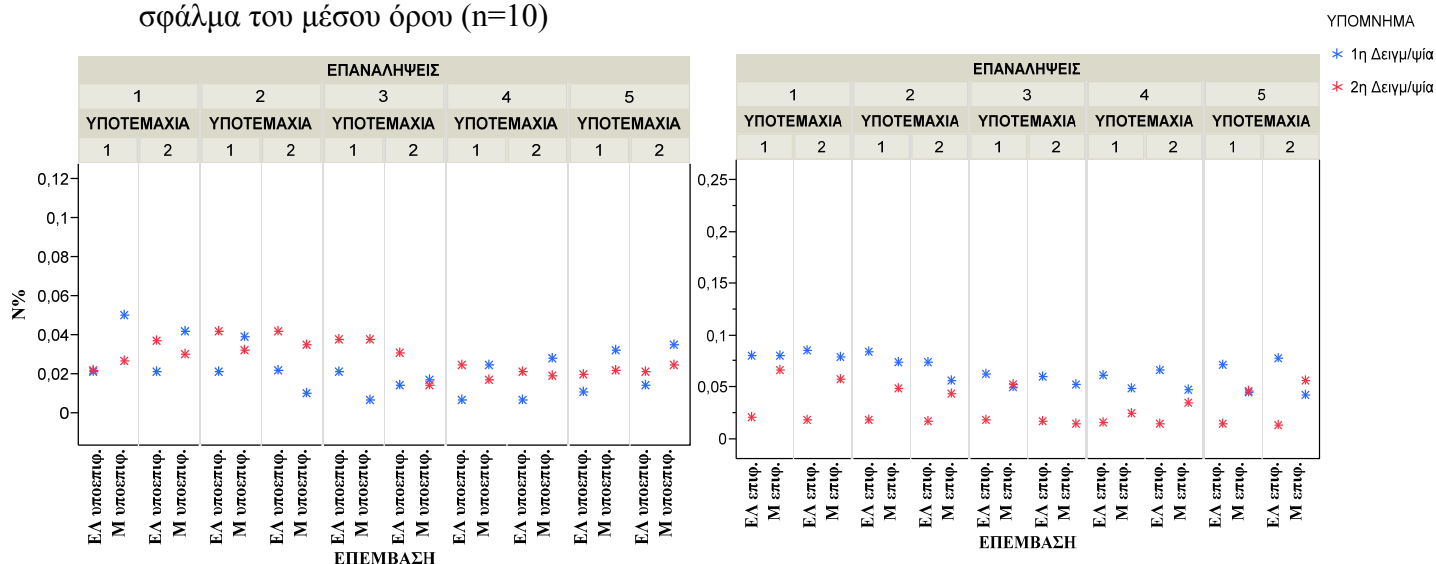
- ✧ Στα χαμηλά ποσοστά της οργανικής ουσίας, η οποία αποτελεί σημαντική πηγή αζώτου και ταυτόχρονα δρα προστατευτικά όσον αφορά την έκπλυση και δέσμευση του. Είναι γνωστό ότι το 90% του ολικού αζώτου στην επιφάνεια του εδάφους βρίσκεται σε οργανική μορφή και εξαρτάται από την παρουσία της οργανικής ουσίας με αποτέλεσμα μεταβολές της περιεκτικότητας του

εδάφους σε οργανική ουσία να προκαλούν σημαντικές αλλαγές στο εδαφικό άζωτο (Conant et al., 2005).

- ✧ Στο έντονα αλκαλικό περιβάλλον και την παρουσία των ανθρακικών αλάτων που οδηγούν στη δημιουργία πτητικών ενώσεων του αζώτου ( $\text{NH}_3$ , υποξείδια  $\text{N}_2$  και στοιχειακό  $\text{N}_2$ ) και τελικά σε σημαντικές αέριες απώλειες.



**Σχήμα 28.** Μέσοι όροι των τιμών του αζώτου % στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)



**Σχήμα 29.** Γραφική απεικόνιση των τιμών του αζώτου % ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

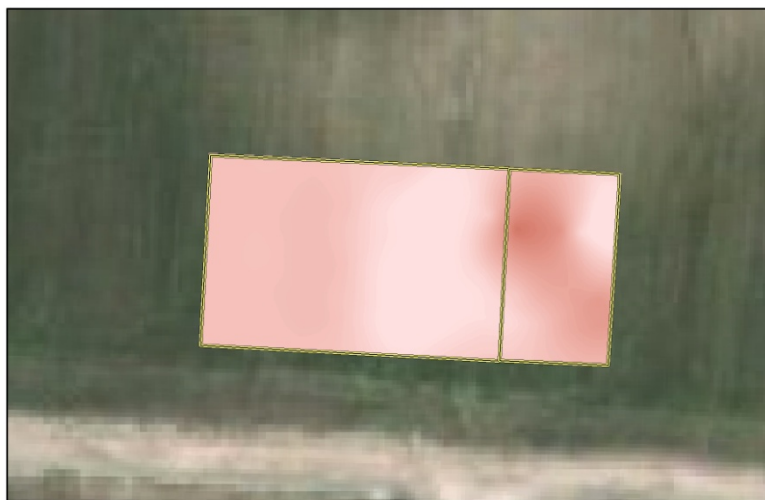
Στον Χάρτη 14 της χωρικής παραλλακτικότητας του αζώτου οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στην επιφάνεια του πειραματικού τεμαχίου με τα ελαστικά και το μάρτυρα κατά τη πρώτη δειγματοληψία, ακολουθώντας την κατανομή της οργανικής ουσίας.

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων υπάρχει σημαντική επίδραση του χρόνου και επομένως της καλλιέργειας στις τιμές του αζώτου με σημαντική μείωση των ποσοστών κατά τη διάρκεια της δεύτερης δειγματοληψίας (Πίνακας 23).

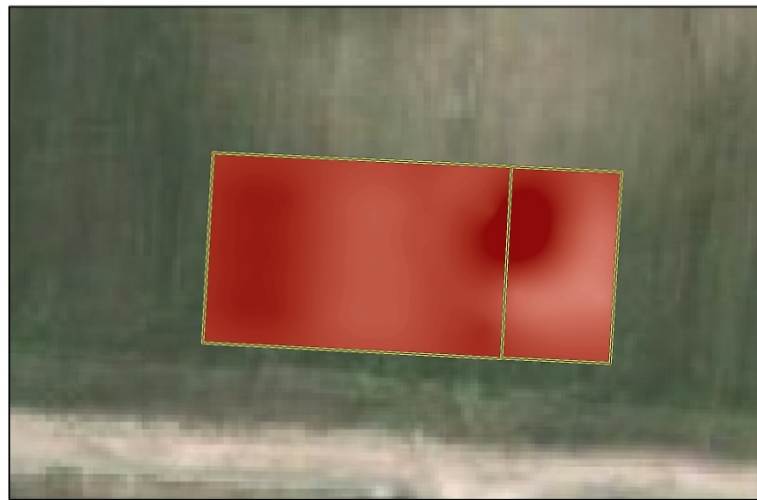
Οι Mikhailova et al (2000) μελετώντας εδάφη Pachic Hapludolls παρατήρησαν ότι οι υψηλότερες απώλειες αζώτου λαμβάνουν χώρα στα 10 πρώτα εκατοστά του εδάφους σε ποσοστά που κυμαίνονται από 45 έως 53% ανάλογα με τη χρήση γης. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και στη παρούσα μελέτη από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και επιβεβαιώνει το συμπέρασμα ότι οι μεγαλύτερες μεταβολές στο εδαφικό άζωτο συμβαίνουν στους επιφανειακούς ορίζοντες του εδάφους ακολουθώντας ουσιαστικά εκείνες της οργανικής ουσίας (Σχήμα 28, Πίνακας 23)

Οι απώλειες του αζώτου στα καλλιεργούμενα εδάφη πέρα από την παραγωγή βιομάζας οφείλονται στις μικρές εισροές οργανικών υλικών, στην απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας καθώς και στην έντονη επίδραση των καλλιεργητικών τεχνικών που οδηγούν σε σημαντική μείωση της φυσικής προστασίας της οργανικής ουσίας από την οξείδωση (Wang et al., 2009). Επομένως στην πράξη παράγοντες που αφορούν τη διαχείριση του εδάφους, και τις καλλιεργητικές τεχνικές όπως η αμειψισπορά, η αγρανάπαυση, η ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων, η προσθήκη των λιπασμάτων καθορίζουν τα ποσά των απωλειών του N από το έδαφος.

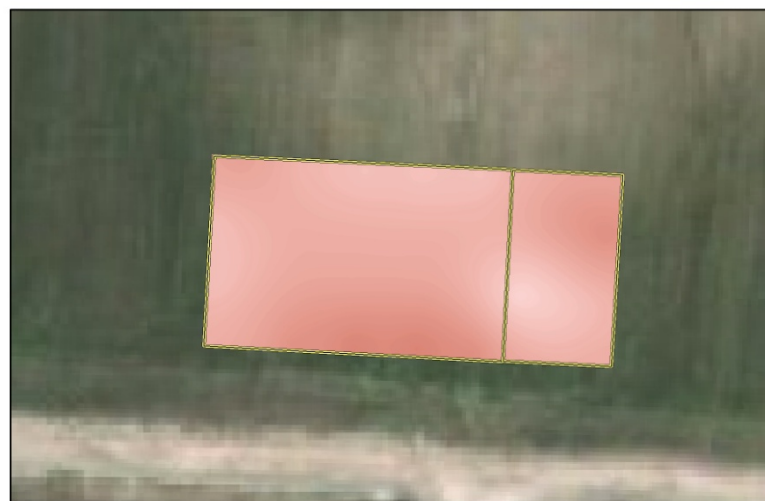
**N% ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



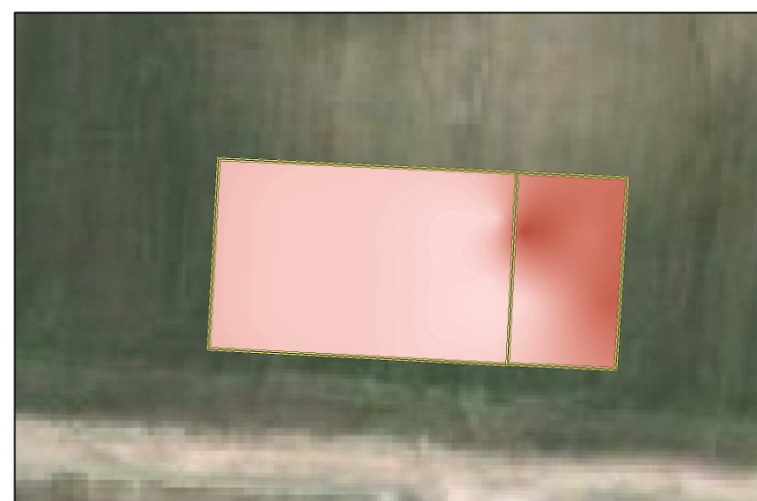
**N% ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



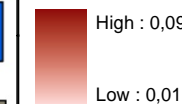
**N% ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



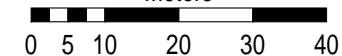
**N% ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**



Meters



**Χάρτης 14.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του Ολικού Αζώτου % στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.

**Πίνακας 24 .** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του N (%) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1η – 2η δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,06	*	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,06	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,06	***
			ΕΛ	0,07	Υποεπιφ.				0,03	2η Δειγμ/ψία	0,04				***		
			Μ	0,04	Επιφ.				0,04	Υποεπιφ.	0,03				ns		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,03	ns	ΒΑΘΟΣ	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,07	***	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,07	***
			ΕΛ	0,02	Υποεπιφ.				0,02	2η Δειγμ/ψία	0,02				***		
		2η Δειγμ/ψία	Μ	0,03	ns			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,02	*			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,02	**
			ΕΛ	0,03	Υποεπιφ.				0,03	2η Δειγμ/ψία	0,03						

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχ  
 ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.



### 5.1.8 ΑΦΟΜΟΙΩΣΙΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ

Στον πίνακα 25 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του αφομοιώσιμου φωσφόρου για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

**Πίνακας 25.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών του αφομοιώσιμου φωσφόρου σε ppm για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	10.94	11.21	8.86	14.57	12.43	14.14	13.33	13.48
<b>Std.Dev</b>	4.69	1.90	1.59	2.07	1.58	4.23	2.11	1.99
<b>SEm</b>	1.48	0.60	0.50	0.65	0.50	1.34	0.67	0.63
<b>min</b>	6.37	8.09	6.62	11.41	10.18	8.49	10.73	11.07
<b>max</b>	16.75	14.75	12.30	18.19	14.87	21.24	16.54	18.10

Οι τιμές του αφομοιώσιμου φωσφόρου στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 6.62 έως 12.30 ppm με μέση τιμή 8.86 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 6.37 έως 16.75 ppm με μέση τιμή το 10.94 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 11.41 έως 18.19 ppm με μέση τιμή 14.57 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 8.09 έως 14.75 ppm με μέση τιμή το 11.21 ppm υποεπιφανειακά. Οι τιμές του αφομοιώσιμου φωσφόρου στο μάρτυρα κυμαίνονται από 10.73 έως 16.54 ppm με μέση τιμή 13.33 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 10.18 έως 14.87 ppm με μέση τιμή το 12.43 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 11.07 έως 18.10 ppm με μέση τιμή 13.48 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 8.49 έως 21.24 ppm με μέση τιμή το 14.14 ppm υποεπιφανειακά.



**Σχήμα 31.** Γραφική απεικόνιση των τιμών του αφομοιώσιμου φωσφόρου σε ppm ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

Στον χάρτη 15 της χωρικής παραλλακτικότητας φαίνεται να υπάρχει μια μικρή αύξηση των τιμών του αφομοιώσιμου φωσφόρου από το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά προς το μάρτυρα στην πρώτη δειγματοληψία.

Είναι γνωστό ότι η έντονη παρουσία του  $\text{CaCO}_3$  και το υψηλό pH είναι παράγοντες που επηρεάζουν και μειώνουν σημαντικά τη διαλυτότητα του φωσφόρου στα ασβεστούχα εδάφη με αποτέλεσμα να μην καθίσταται αφομοιώσιμος για τα φυτά. Στην παρούσα μελέτη οι τιμές του διαθέσιμου φωσφόρου βρίσκονται οριακά στα επίπεδα επάρκειας γεγονός που οφείλεται στην υπολειμματική δράση της φωσφορικής λίπανσης της προηγούμενης καλλιέργειας (σιτάρι) καθώς και στη βασική λίπανση που δέχθηκε το πειραματικό κατά την έναρξη της καλλιέργειας. Αρκετοί ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι η καλλιέργεια οδηγεί σε αύξηση του φωσφόρου (Sharpley & Smith, 1983, Vu et al. 2010). Οι Pushparajah και Bachik (1987) αναφέρουν ότι η φωσφορική λίπανση οδήγησε σε αύξηση του διαθέσιμου P κατά  $11 \mu\text{g g}^{-1}$  σε ένα Typic Paleudult.

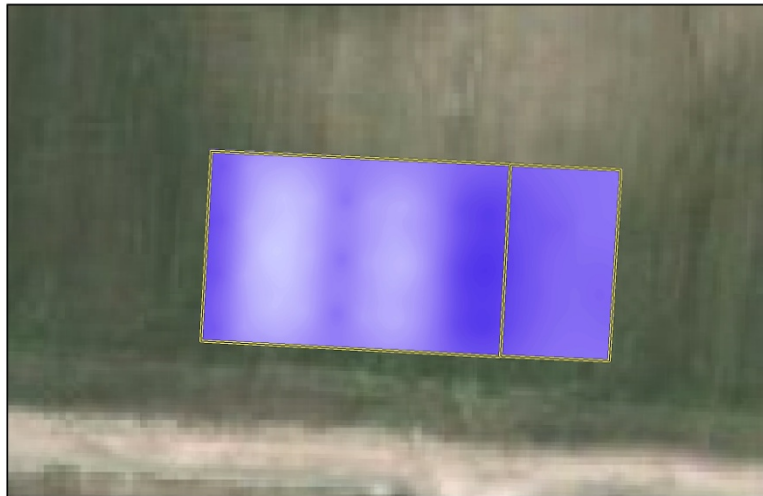
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης η αύξηση της διαθεσιμότητας του φωσφόρου στη δεύτερη δειγματοληψία συνοδεύεται από ταυτόχρονη μείωση του Ca η οποία οδηγεί σε αύξηση της διαλυτότητας του φωσφόρου στο έδαφος.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η παρουσία της στρώσης των ελαστικών διαφοροποιεί σημαντικά την κατανομή του φωσφόρου με το βάθος στη δεύτερη δειγματοληψία με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται στην επιφάνεια και να μειώνονται στο βάθος κάτω από τη στρώση. Η αντίθετη τάση παρατηρείται στο μάρτυρα όπου οι υψηλότερες τιμές του διαθέσιμου P παρατηρούνται στο βάθος και όχι στην επιφάνεια (Πίνακας 26).

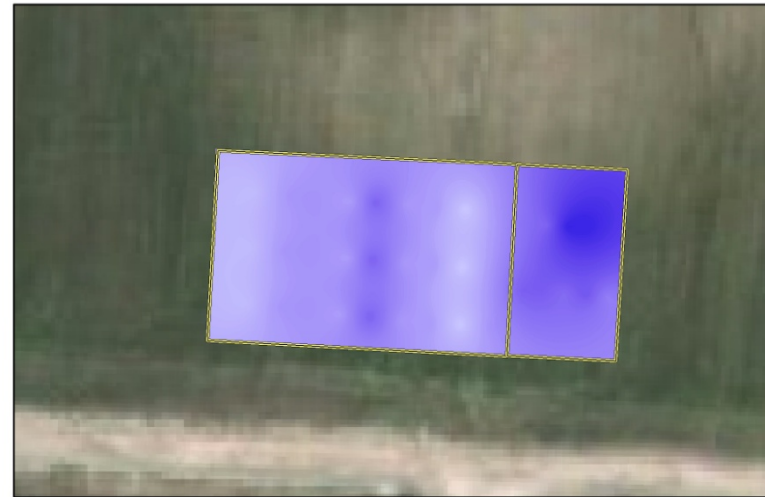
Σύμφωνα με τους Misra και Tyler (1999) σε ασβεστούχα εδάφη όπως της παρούσας μελέτης η διαθεσιμότητα του φωσφόρου καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα της εδαφικής υγρασίας. Υψηλότερα ποσοστά υγρασίας οδηγούν σε υψηλότερα επίπεδα διαθέσιμου φωσφόρου. Η παρουσία του ελαστικού στο

πειραματικό προκαλεί μεταβολή της κατανομής της εδαφικής υγρασίας με το βάθος και επομένως μεταβολές στα επίπεδα του διαθέσιμου φωσφόρου.

**Ρ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



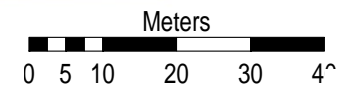
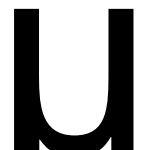
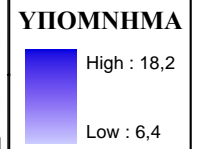
**Ρ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



**Ρ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Ρ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Χάρτης 15.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του αφομοιώσιμου φωσφόρου σε ppm στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.

**Πίνακας 26.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του P (ppm) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1η – 2η δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	13,3	**	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	13,3	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	13,5	ns	
			ΕΛ	8,85					Υποεπιφ.	12,4					2η Δειγμ/ψία	13,5		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	13,3	**	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	13,3	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	13,5	ns	
			ΕΛ	8,85					Υποεπιφ.	12,4					2η Δειγμ/ψία	13,5		
	ΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	13,5	ns		Μ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	13,5	ns		Μ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1η Δειγμ/ψία	13	ns
			ΕΛ	14,6					Υποεπιφ.	14,1						2η Δειγμ/ψία	14	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	12,4	ns		ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	8,56	ns		ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1η Δειγμ/ψία	9,29	**
			ΕΛ	10,9					Υποεπιφ.	10,9						2η Δειγμ/ψία	14,8	
ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	14,1	ns	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	14,6	**	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1η Δειγμ/ψία	10,9	ns			
		ΕΛ	11,2				Υποεπιφ.	11,2					2η Δειγμ/ψία	11,4				

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.9 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Na

Στον πίνακα 27 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου νατρίου για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

**Πίνακας 27.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου νατρίου σε meq/100gr για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>
	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	0.53	0.23	1.02	0.36	0.51	0.25	0.76	0.29
<b>Std.Dev</b>	0.09	0.04	0.16	0.04	0.10	0.04	0.11	0.06
<b>SEm</b>	0.03	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01	0.04	0.02
<b>min</b>	0.39	0.17	0.64	0.30	0.35	0.17	0.62	0.25
<b>max</b>	0.70	0.28	1.17	0.44	0.63	0.33	1.02	0.44

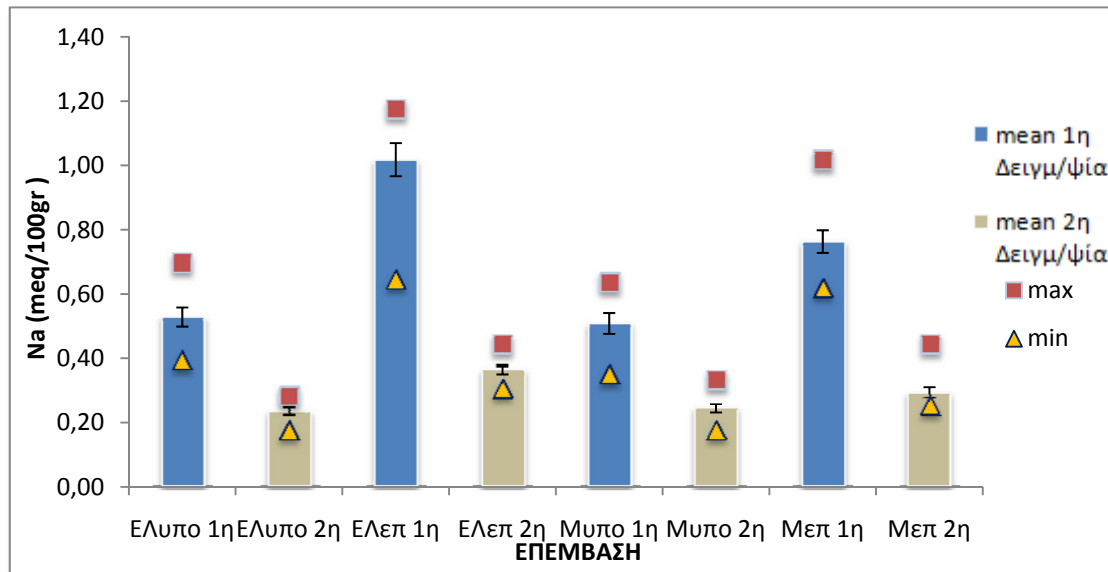
Οι τιμές του ανταλλάξιμου νατρίου στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 0.64 έως 1.17 meq/100gr με μέση τιμή 1.02 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 0.39 έως 0.70 meq/100gr με μέση τιμή το 0.53 meq/100gr υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.30 έως 0.44 meq/100gr με μέση τιμή 0.36 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 0.17 έως 0.28 meq/100gr με μέση τιμή το 0.23 meq/100gr υποεπιφανειακά. Οι τιμές του ανταλλάξιμου νατρίου στο μάρτυρα κυμαίνονται από 0.62 έως 1.02 meq/100gr με μέση τιμή 0.76 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 0.35 έως 0.63 meq/100gr με μέση τιμή το 0.51 meq/100gr υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.25 έως 0.44 meq/100gr με μέση τιμή 0.29 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 0.17 έως 0.33 meq/100gr με μέση τιμή το 0.25 meq/100gr υποεπιφανειακά.

Τα αποτελέσματα δείχνουν μια έντονη πτώση του ανταλλάξιμου νατρίου στη δεύτερη δειγματοληψία πάνω από 50% σε σχέση με την πρώτη δειγματοληψία γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και από τους χάρτες της χωρικής παραλλακτικότητας για το νάτριο (Σχήματα 32 & 33, Χάρτης 16). Επίσης στον Χάρτη 16 φαίνεται ότι υπάρχει μια μείωση των τιμών του νατρίου με το βάθος.

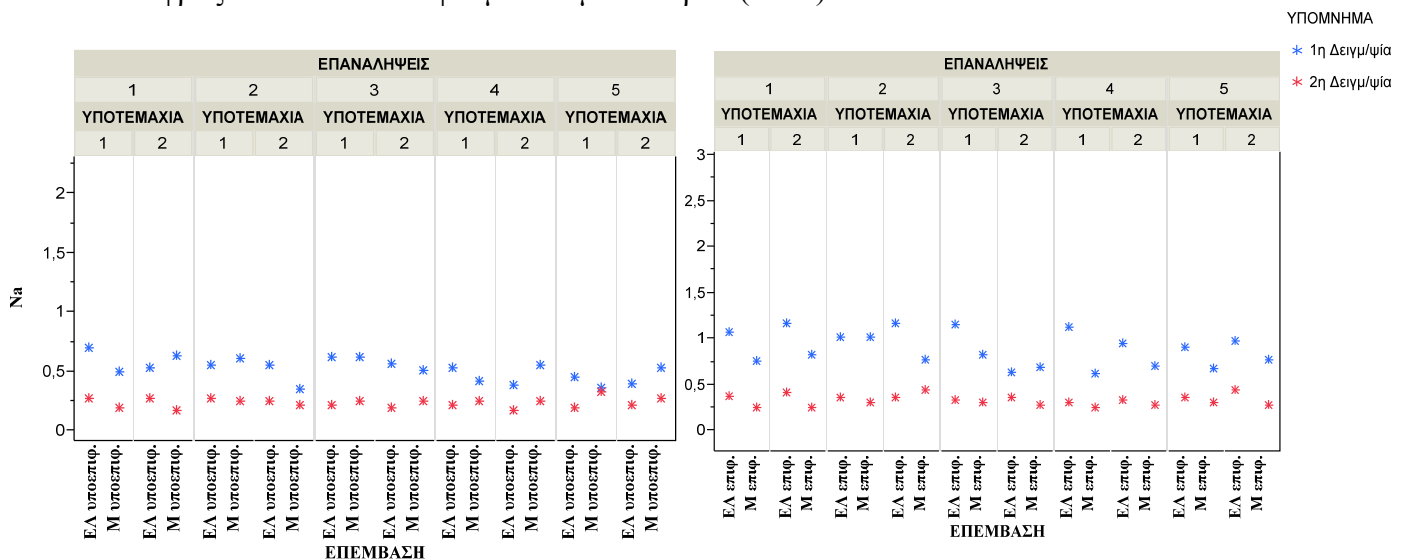
Η περιεκτικότητα σε νάτριο της εναλλακτικής φάσης, εκφράζεται και ως ποσοστό της συνολικής περιεκτικότητας σε κατιόντα με το ESP (Exchangeable Sodium Percentage), όπου:

$$ESP = Na^+_{\text{εναλ}} (\text{meq}/100\text{g}) / \text{IAK} (\text{meq}/100\text{g})$$

Συγκεκριμένα στα εδάφη της περιοχής, το ESP είναι κατά πολύ μικρότερο του 15%, γεγονός που δείχνει ότι τα εδάφη δεν έχουν πρόβλημα αλκαλίωσης (Μισοπολινός, 1991).



**Σχήμα 32.** Μέσοι όροι των τιμών ανταλλάξιμου νατρίου σε meq/100gr στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)



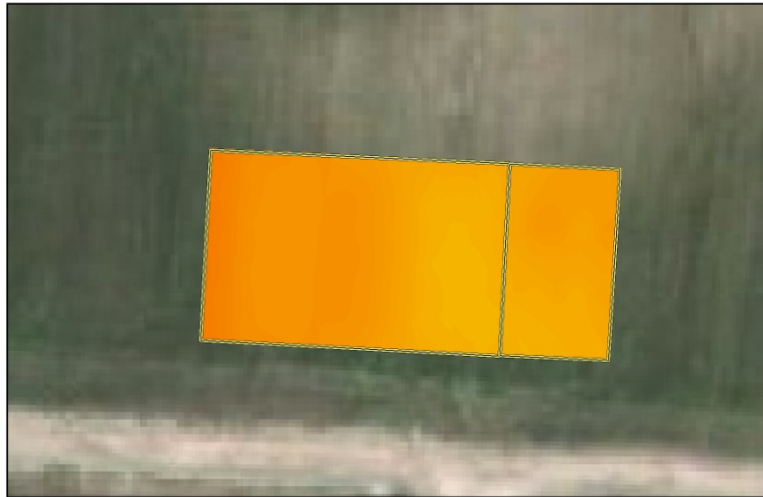
**Σχήμα 33.** Γραφική απεικόνιση των τιμών ανταλλάξιμου νατρίου σε meq/100gr ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.



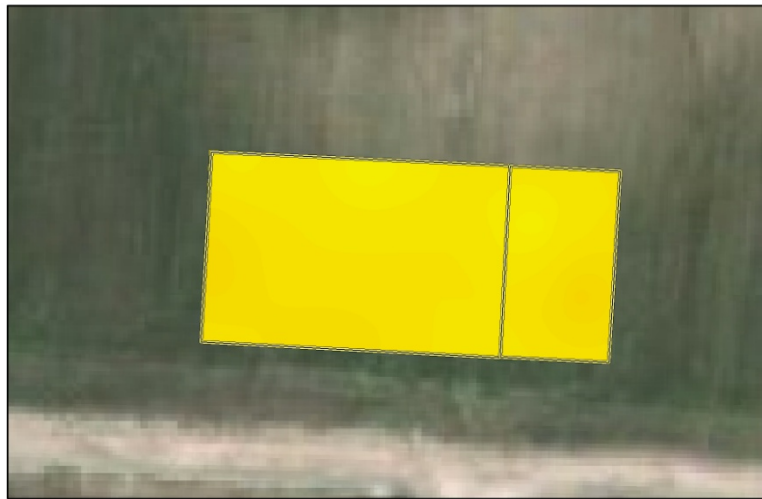
Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δείχνει τη σημαντική επίδραση του χρόνου στη συγκέντρωση του ανταλλάξιμου νατρίου στο έδαφος και τον έντονο ρυθμό απομάκρυνσης του από την εδαφική κατατομή (Πίνακας 28).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 28 φαίνεται ότι παρουσία του ελαστικού δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα του εδάφους σε νάτριο τόσο στην επιφάνεια όσο και στο βάθος.

Na ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



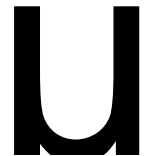
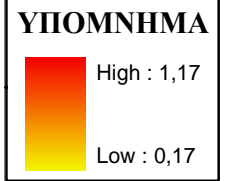
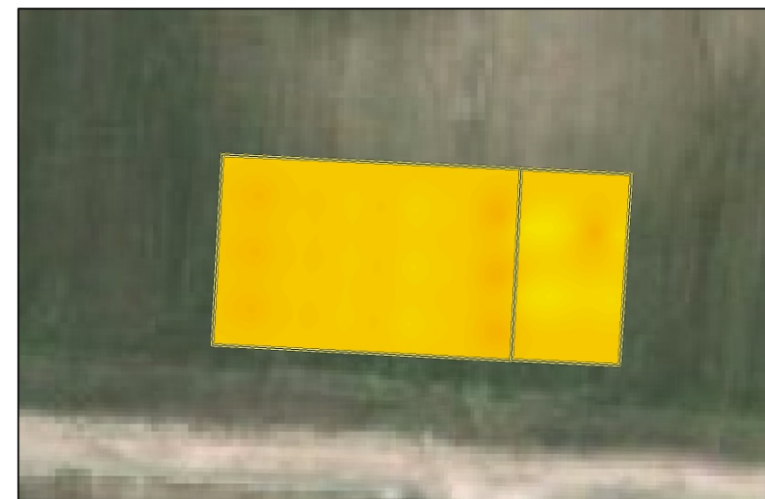
Na ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



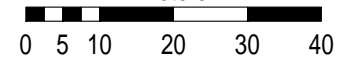
Na ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



Na ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



Meters



Χάρτης 16. Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του Ανταλλάξιμου Na (meq/100 gr) στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.

**Πίνακας 28.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Na (meq/100g) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1η – 2η δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,77	**	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,76	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,74	***
			ΕΛ	1,02					Υποεπιφ.	0,51					2η Δειγμ/ψία	0,3	
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,77	**	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,76	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,74	***
			ΕΛ	1,02					Υποεπιφ.	0,51					2η Δειγμ/ψία	0,3	
	ΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	0,29	ns		Μ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,29	ns		ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,5	**	
			ΕΛ	0,36					Υποεπιφ.	0,25					2η Δειγμ/ψία		0,25
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,51	ns		ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,02	***		ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,99	***	
			ΕΛ	0,53					Υποεπιφ.	0,53					2η Δειγμ/ψία		0,36
ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	0,25	ns	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,36	**	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,52	***				
		ΕΛ	0,23				Υποεπιφ.	0,23				2η Δειγμ/ψία		0,23			

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.10 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Κ

Στον πίνακα 29 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών ανταλλάξιμου καλίου για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

**Πίνακας 29.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών ανταλλάξιμου καλίου σε meq/100gr για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

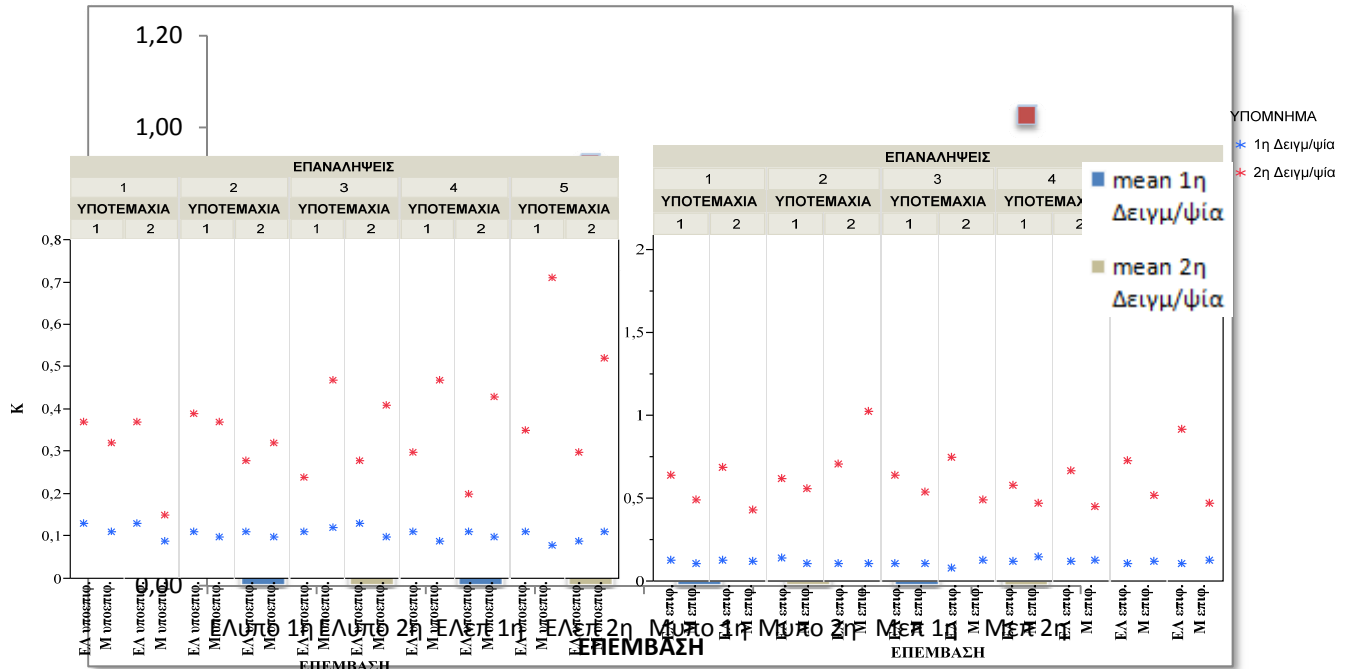
	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	0.11	0.31	0.12	0.69	0.10	0.42	0.12	0.55
<b>Std.Dev</b>	0.01	0.06	0.02	0.09	0.01	0.15	0.01	0.17
<b>SEm</b>	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.05	0.00	0.05
<b>min</b>	0.09	0.20	0.08	0.58	0.08	0.15	0.11	0.43
<b>max</b>	0.13	0.39	0.14	0.92	0.12	0.71	0.15	1.03

Οι τιμές του ανταλλάξιμου καλίου στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 0.08 έως 0.14 meq/100gr με μέση τιμή 0.12 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 0.09 έως 0.13 meq/100gr με μέση τιμή το 0.11 meq/100gr υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.58 έως 0.92 meq/100gr με μέση τιμή 0.69 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 0.20 έως 0.39 meq/100gr με μέση τιμή το 0.31 meq/100gr υποεπιφανειακά. Οι τιμές του ανταλλάξιμου καλίου στο μάρτυρα κυμαίνονται από 0.11 έως 0.15 meq/100gr με μέση τιμή 0.12 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 0.08 έως 0.12 meq/100gr με μέση τιμή το 0.10 meq/100gr υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.43 έως 1.03 meq/100gr με μέση τιμή 0.55 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 0.15 έως 0.71 meq/100gr με μέση τιμή το 0.42 meq/100gr υποεπιφανειακά.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ανεξαρτήτως βάθους οι συγκεντρώσεις του καλίου στο έδαφος είναι υψηλότερες κατά τη δεύτερη δειγματοληψία σε σχέση με τη πρώτη (Σχήμα 34). Επίσης όπως φαίνεται στο σχήμα 35 παρατηρείται μεγάλο εύρος στις τιμές του ανταλλάξιμου καλίου μεταξύ των διαφόρων θέσεων δειγματοληψίας στη δεύτερη δειγματοληψία τόσο στην επιφάνεια όσο και στο βάθος. Ενώ η μέση τιμή του ανταλλάξιμου καλίου στην επιφάνεια κατά την πρώτη δειγματοληψία τόσο

στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά όσο και το μάρτυρα δείχνει ότι το κάλιο βρίσκεται σε επίπεδα ανεπάρκειας, στη δεύτερη δειγματοληψία η μέση τιμή του είναι πάνω από 0.5 meq/100g όπου ένα έδαφος χαρακτηρίζεται επαρκές σε ανταλλάξιμο κάλιο.

**Σχήμα 34.** Μέσοι όροι των τιμών ανταλλάξιμου καλίου σε meq/100gr στα εδάφη



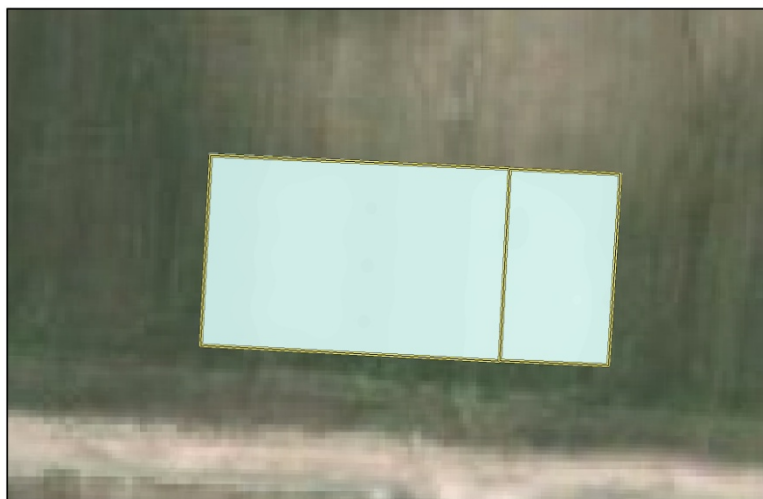
ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)

**Σχήμα 35.** Γραφική απεικόνιση των τιμών ανταλλάξιμου καλίου σε meq/100gr ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

Ο Χάρτης 17 επιβεβαιώνει την έντονη χωρική παραλλακτικότητα του ανταλλάξιμου καλίου κατά τη διάρκεια της δεύτερης δειγματοληψίας.

Τα αποτελέσματα του ανταλλάξιμου καλίου δείχνουν την σημαντική επίδραση του χρόνου στη συγκέντρωση του ανταλλάξιμου καλίου ενώ η επέμβαση με το ελαστικό δεν φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση (Πίνακας 30). Παρόλα αυτά η αύξηση του καλίου στο βάθος κατά τη διάρκεια της δεύτερης δειγματοληψίας είναι υψηλότερη στο μάρτυρα σε σχέση με το πειραματικό με το ελαστικό που δείχνει ότι η μετακίνηση του καλίου στο μάρτυρα είναι εντονότερη σε σχέση με το ελαστικό.

**Κ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



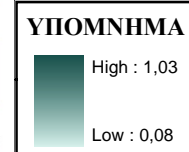
**Κ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



**Κ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**

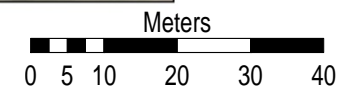


**Κ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**U**

**Χάρτης 17.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του ανταλλάξιμου καλίου σε meq/100gr στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.



**Πίνακας 30.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του K (meq/100g) σε σχέση με την επέμβαση (M – μάρτυρας, E – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	M	0,12	*	ΒΑΘΟΣ	M	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,12	*	ΧΡΟΝΟΣ	M	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,14	**
			ΕΛ	0,11					Υποεπιφ.	0,1					2η Δειγμ/ψία	0,56	
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	M	0,12	*	ΒΑΘΟΣ	M	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,12	*	ΧΡΟΝΟΣ	M	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,14	**
			ΕΛ	0,11					Υποεπιφ.	0,1					2η Δειγμ/ψία	0,56	
	ΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	M	0,55	ns		M	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,54	ns		ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,13	**
			ΕΛ	0,69					Υποεπιφ.	0,41					2η Δειγμ/ψία	0,43	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	M	0,1	ns		ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,12	ns		ΕΠΙΦ.	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,17	***
			ΕΛ	0,11					Υποεπιφ.	0,11					2η Δειγμ/ψία	0,68	
ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	M	0,42	ns	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,79	**	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,13	***			
		ΕΛ	0,31				Υποεπιφ.	0,31				2η Δειγμ/ψία	0,31				

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.11 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Mg

Στον πίνακα 31 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών ανταλλάξιμου μαγνησίου για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

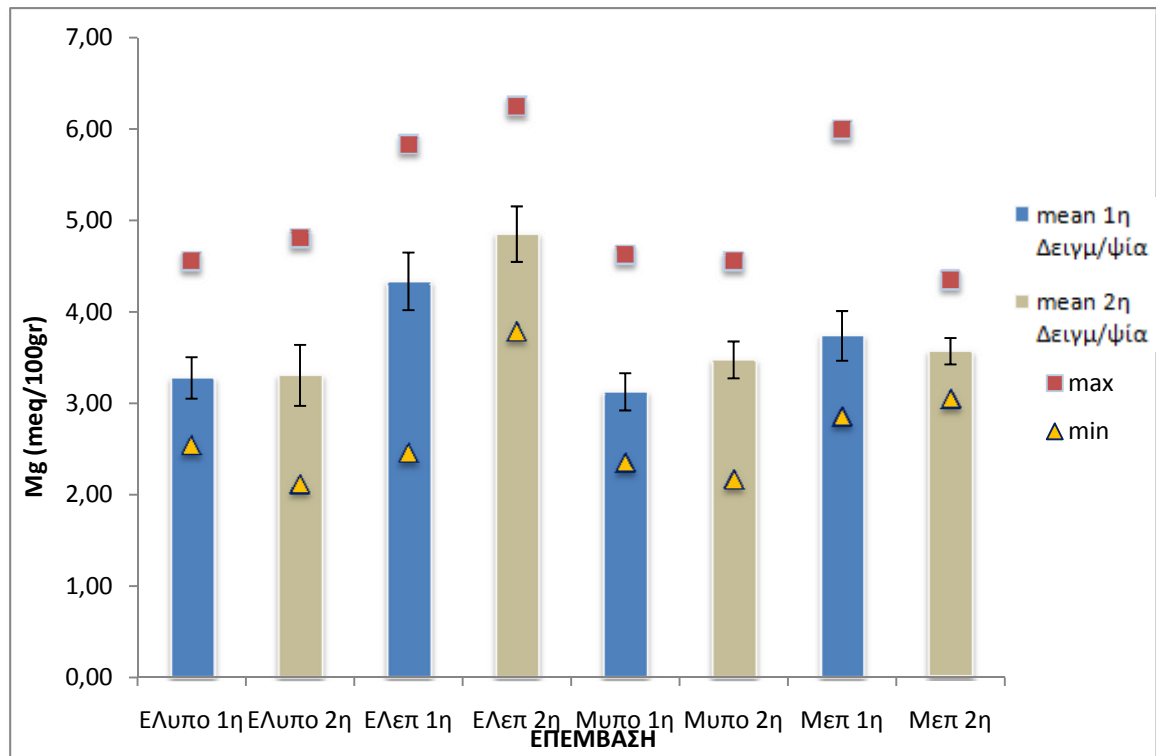
**Πίνακας 31.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών ανταλλάξιμου μαγνησίου σε meq/100gr για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	3.28	3.31	4.33	4.85	3.13	3.48	3.74	3.57
<b>Std.Dev</b>	0.72	1.05	1.00	0.96	0.64	0.64	0.86	0.46
<b>SEm</b>	0.23	0.33	0.31	0.30	0.20	0.20	0.27	0.14
<b>min</b>	2.53	2.11	2.45	3.78	2.34	2.16	2.85	3.04
<b>max</b>	4.56	4.81	5.84	6.26	4.63	4.56	6.00	4.35

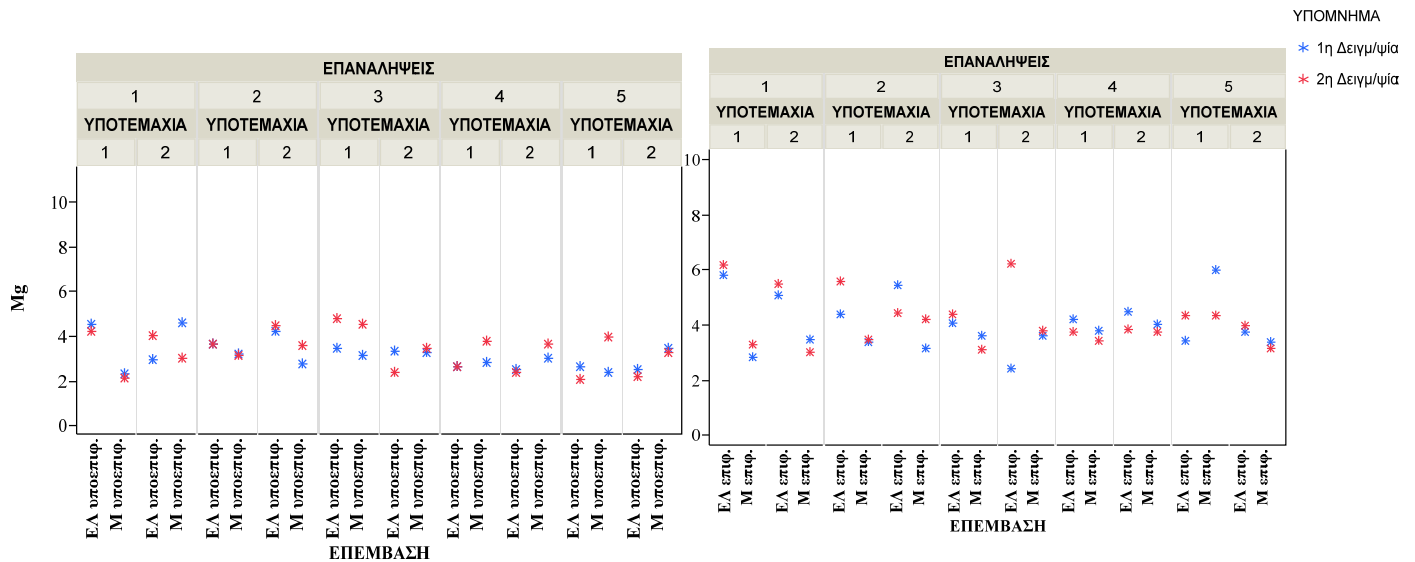
Οι τιμές του ανταλλάξιμου μαγνησίου στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 2.45 έως 5.84 meq/100gr με μέση τιμή 4.33 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 2.53 έως 4.56 meq/100gr με μέση τιμή το 3.28 meq/100gr υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 3.78 έως 6.26 meq/100gr με μέση τιμή 4.85 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 2.11 έως 4.81 meq/100gr με μέση τιμή το 3.31 meq/100gr υποεπιφανειακά. Οι τιμές του ανταλλάξιμου μαγνησίου στο μάρτυρα κυμαίνονται από 2.85 έως 6.00 meq/100gr με μέση τιμή 3.74 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 2.34 έως 4.63 meq/100gr με μέση τιμή το 3.13 meq/100gr υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 3.04 έως 4.35 meq/100gr με μέση τιμή 3.57 meq/100gr στο επιφανειακό στρώμα και από 2.16 έως 4.56 meq/100gr με μέση τιμή το 3.48 meq/100gr υποεπιφανειακά.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι τιμές είναι υψηλότερες στην επιφάνεια σε σχέση με το βάθος και βρίσκονται πάνω από το όριο επάρκειας των 3 meq/100 g όπου ένα έδαφος θεωρείται επαρκώς εφοδιασμένο με μαγνήσιο (Σχήμα 36).





**Σχήμα 36.** Μέσοι όροι των τιμών ανταλλάξιμου μαγνησίου στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)



**Σχήμα 37.** Γραφική απεικόνιση των τιμών ανταλλάξιμου μαγνησίου ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

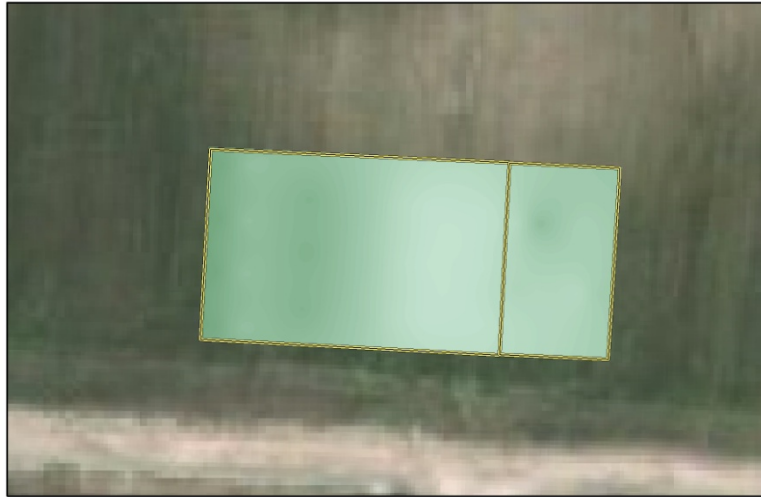
Σύμφωνα με τους χάρτες της χωρικής παραλλακτικότητας οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του μαγνησίου παρατηρούνται και για τις δύο δειγματοληψίες στην επιφάνεια του πειραματικού με τα ελαστικά.

Στο βάθος οι συγκεντρώσεις του μαγνησίου στο πειραματικό με τα ελαστικά παραμένουν αμετάβλητες μεταξύ των δυο δειγματοληψιών ενώ στο μάρτυρα αυξάνονται.

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων δείχνει ότι ο χρόνος της δειγματοληψίας δεν έχει σημαντική επίδραση στις τιμές του μαγνησίου σε αντίθεση με το βάθος δειγματοληψίας στο πειραματικό με τα ελαστικά με τις υψηλότερες τιμές στην επιφάνεια (Πίνακας 32).

Αν και δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά οι τιμές του μάρτυρα με το βάθος είναι υψηλότερες σε σχέση με το πειραματικό με τα ελαστικά γεγονός που δείχνει ότι στο μάρτυρα είναι εντονότερη η μετακίνηση του μαγνησίου και η απομάκρυνσή του από την επιφάνεια του εδάφους.

**Mg ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



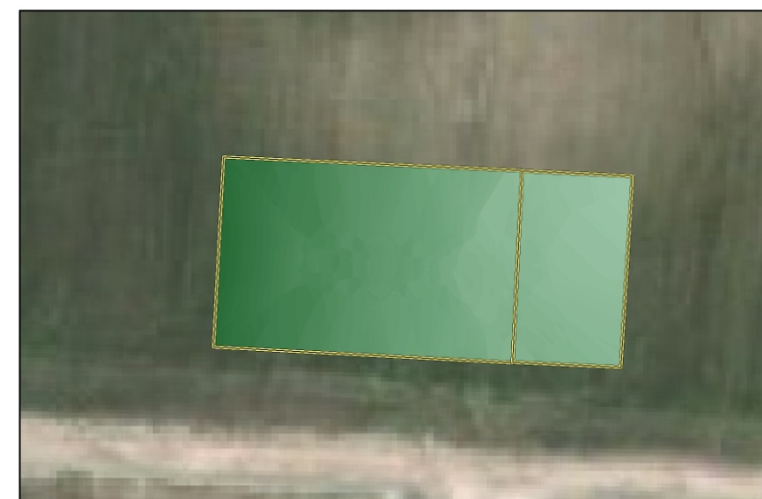
**Mg ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



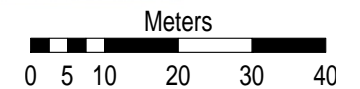
**Mg ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Mg ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Χάρτης 18.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του ανταλλάξιμου μαγνησίου σε meq/100gr στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.



**Πίνακας 32.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Mg (meq/100g) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1η – 2η δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	3,74	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	3,74	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	3,65	ns
			ΕΛ	4,33					Υποεπιφ.	3,13					2η Δειγμ/ψία	3,72	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	3,6	*			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	3,6	ns		Μ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	3,13	ns
			ΕΛ	4,85					Υποεπιφ.	3,48				2η Δειγμ/ψία	3,55		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	3,13	ns	ΒΑΘΟΣ	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	4,33	*	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	4,36	ns
			ΕΛ	3,28					Υποεπιφ.	3,28				2η Δειγμ/ψία	4,89		
		2η Δειγμ/ψία	Μ	3,48	ns			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	4,85	**		ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	3,26	ns
			ΕΛ	3,3					Υποεπιφ.	3,3				2η Δειγμ/ψία	3,24		

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

## 5.1.12 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Ca

Στον πίνακα 33 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών ανταλλάξιμου ασβεστίου για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δυο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

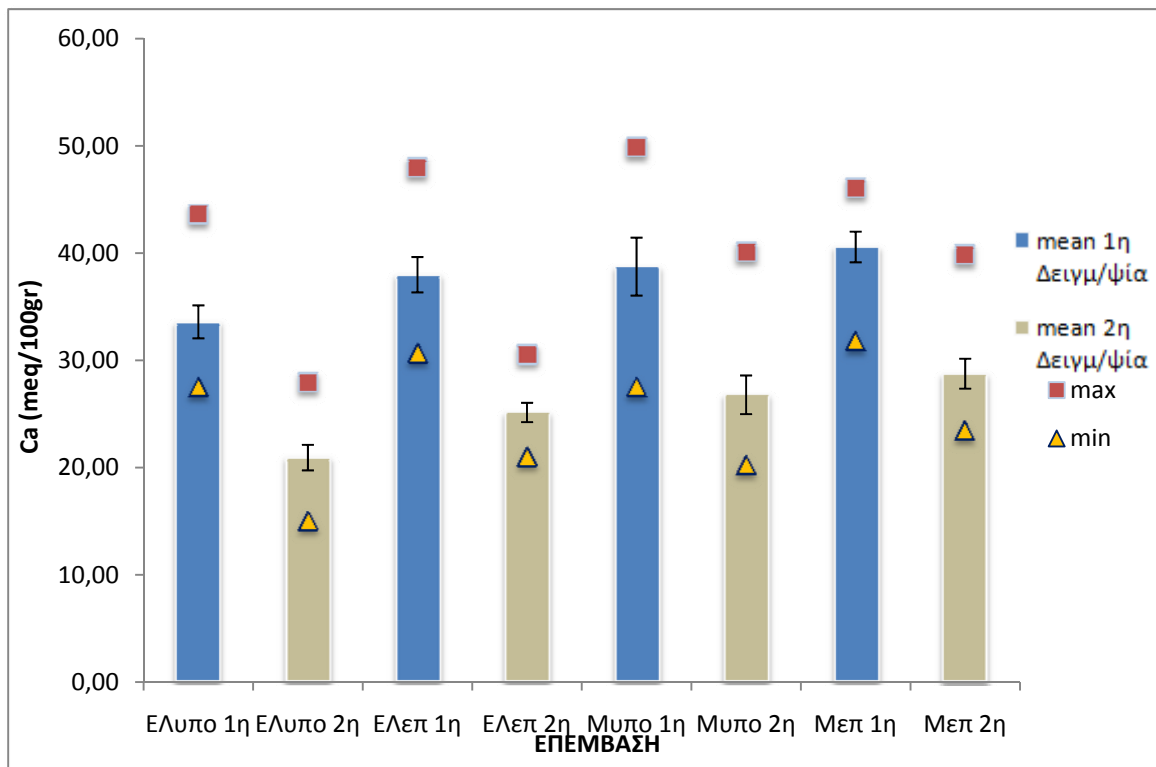
**Πίνακας 33.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών ανταλλάξιμου ασβεστίου σε meq/100gr για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	33.60	20.93	37.99	25.14	38.74	26.80	40.58	28.76
<b>Std.Dev</b>	4.86	3.76	5.22	2.84	8.55	5.70	4.52	4.41
<b>SEm</b>	1.54	1.19	1.65	0.90	2.70	1.80	1.43	1.39
<b>min</b>	27.48	15.00	30.65	20.98	27.50	20.20	31.78	23.43
<b>max</b>	43.63	27.95	48.00	30.53	49.90	40.13	46.10	39.88

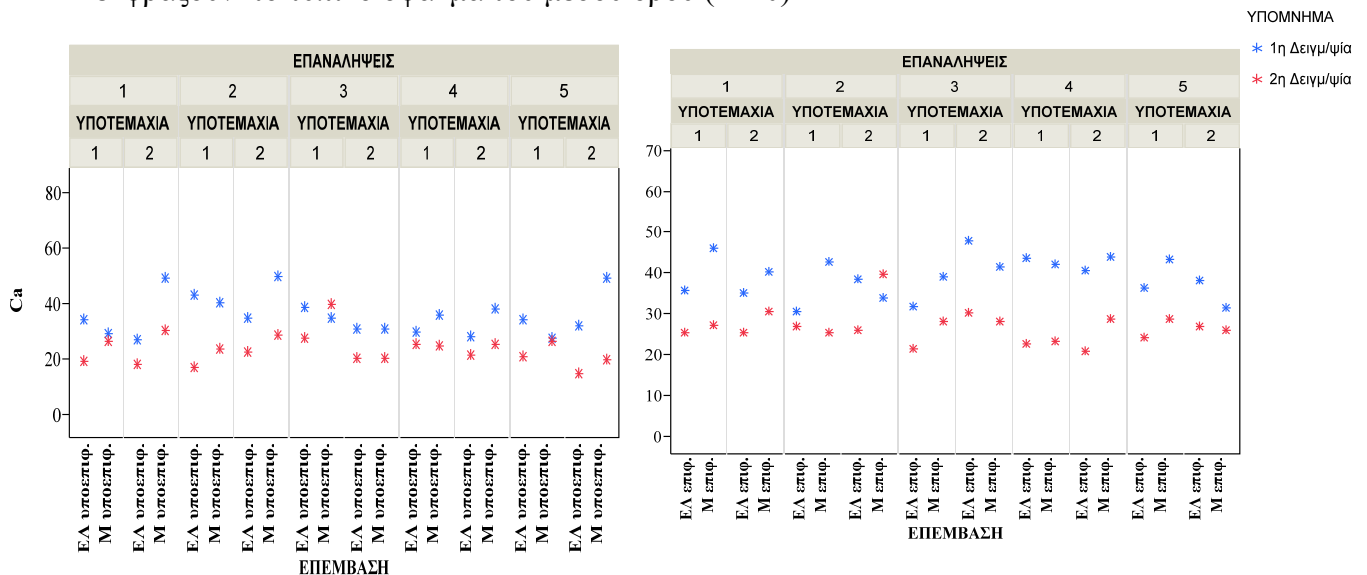
Οι τιμές του ανταλλάξιμου ασβεστίου στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 30.65 έως 48 meq/100g με μέση τιμή 37.99 meq/100g στο επιφανειακό στρώμα και από 27.48 έως 43.63 meq/100g με μέση τιμή 33.60 meq/100g υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 20.98 έως 30.53 meq/100g με μέση τιμή 25.14 meq/100g στο επιφανειακό στρώμα και από 15.00 έως 27.95 meq/100g με μέση τιμή 20.93 meq/100g υποεπιφανειακά.

Οι τιμές του ανταλλάξιμου ασβεστίου στο μάρτυρα κυμαίνονται από 31.78 έως 46.10 meq/100g με μέση τιμή 40.58 meq/100g στο επιφανειακό στρώμα και από 27.50 έως 49.90 meq/100g με μέση τιμή 38.74 meq/100g υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 23.43 έως 39.88 meq/100g με μέση τιμή 28.76 meq/100g στο επιφανειακό στρώμα και από 20.20 έως 40.13 meq/100g με μέση τιμή 26.80 meq/100g υποεπιφανειακά.

Οι μέσες τιμές του ασβεστίου δείχνουν ότι τα εδάφη παρουσιάζουν υπερεπάρκεια σε ανταλλάξιμο ασβέστιο, πάνω από το όριο επάρκειας των 10 – 15 meq/100g. Για κάθε περίπτωση τόσο στην επιφάνεια όσο και στο βάθος οι τιμές του ανταλλάξιμου ασβεστίου είναι υψηλότερες στην πρώτη δειγματοληψία σε σχέση με τη δεύτερη δειγματοληψία (Σχήμα 38). Η μείωση στη συγκέντρωση του ασβεστίου στη δεύτερη δειγματοληψία πλησιάζει περίπου το 30% των τιμών της πρώτης δειγματοληψίας



**Σχήμα 38.** Μέσοι όροι των τιμών ανταλλάξιμου ασβεστίου σε meq/100gr στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)



**Σχήμα 39.** Γραφική απεικόνιση των τιμών ανταλλάξιμου ασβεστίου σε meq/100gr ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

Στον χάρτη χωρικής παραλλακτικότητας (Χάρτης 19) είναι εμφανής η μείωση των τιμών του ασβεστίου στη δεύτερη δειγματοληψία, η οποία είναι εντονότερη στο βάθος σε σχέση με την επιφάνεια. Επίσης όπως φαίνεται οι τιμές του ανταλλάξιμου ασβεστίου είναι υψηλότερες στο μάρτυρα σε σχέση με το πειραματικό με τα ελαστικά στο βαθύτερο στρώμα γεγονός που δείχνει την έντονη απομάκρυνση του ασβεστίου από την επιφάνεια.

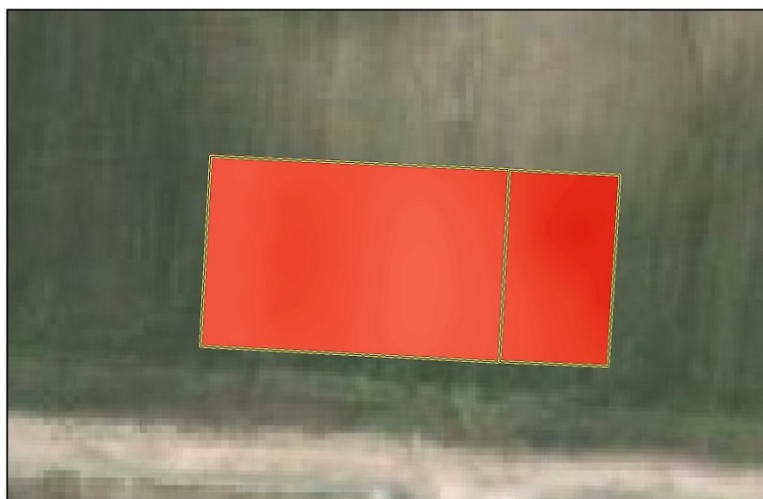
Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων επιβεβαιώνει την σημαντική επίδραση του χρόνου στη συγκέντρωση του ασβεστίου ενώ ταυτόχρονα δείχνει ότι η μείωση με το χρόνο συμβαίνει αναλογικά και για τα δυο βάθη δειγματοληψίας. Στατιστικά σημαντική είναι και η επίδραση του ελαστικού στη δεύτερη δειγματοληψία τόσο στην επιφάνεια όσο και στο βάθος όπου οι τιμές του μάρτυρα είναι υψηλότερες σε σχέση με το πειραματικό του ελαστικού (Πίνακας 34).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι σε συμφωνία με τους περισσότερους ερευνητές οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η καλλιέργεια, η χρήση ανόργανων οξυνοποιών λιπασμάτων και η κατακόρυφη διήθηση του αρδευτικού νερού οδηγούν σε έντονη μείωση και απομάκρυνση των ανταλλάξιμων κατιόντων από την επιφάνεια του εδάφους.

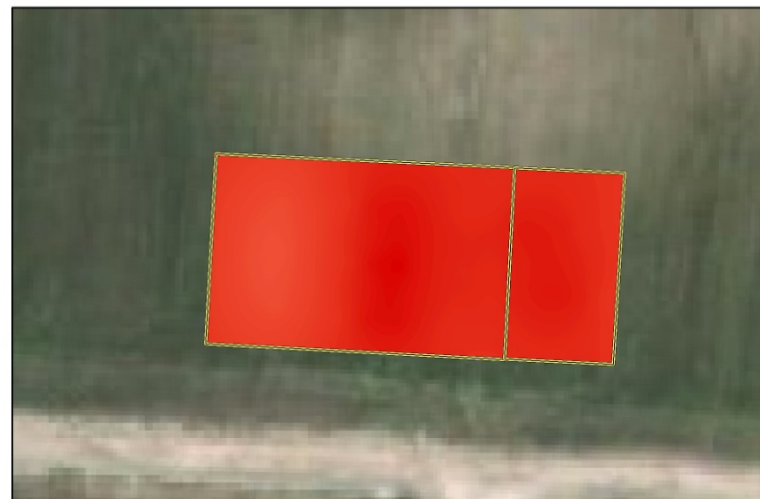
Ο Jaiyeoba (2003) διαπίστωσε ότι η συνεχόμενη καλλιέργεια σε εδάφη της τάξης των Alfisols για μια περίοδο 25 ετών οδήγησε σε σημαντική απώλεια των ανταλλάξιμων κατιόντων λόγω της απομάκρυνσης τους με την καλλιέργεια και την κατακόρυφη διήθηση, ενώ το 50% των απωλειών αυτών έλαβε χώρα μόλις τα 3 πρώτα χρόνια της καλλιέργειας.

Ο Girma (1998) μελετώντας ένα έδαφος της τάξης των Vertisols υπό φυσική βλάστηση και με καλλιέργεια αρδευόμενου βαμβακιού κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η διήθηση του αρδευτικού νερού οδηγεί σε έντονη έκπλυση των βασικών κατιόντων με αποτέλεσμα να παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις τους σε μεγαλύτερο βάθος σε σχέση με το ακαλλιεργητο έδαφος. Για τον ίδιο λόγο παρατήρησε και υψηλότερες τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο ίδιο βάθος του καλλιεργούμενου εδάφους.

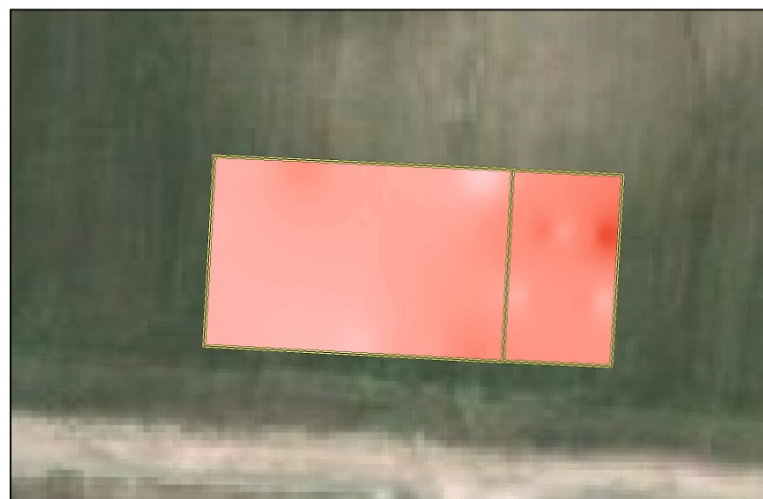
Ca ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



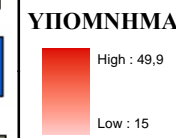
Ca ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



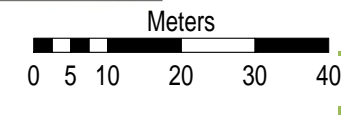
Ca ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



Ca ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



Χάρτης 19. Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών ανταλλάξιμου ασβεστίου σε mg/100gr στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.





**Πίνακας 34.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Ca (meq/100g) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1η – 2η δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	40,6	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	40,6	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	40,0	*
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	40,6	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	40,6	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	40,0	*
			ΕΛ	38,0					Υποεπιφ.	38,8					2η Δειγμ/ψία	29,6	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	28,8	**			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	28,8	ns			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	37,3	*
			ΕΛ	25,2					Υποεπιφ.	26,8					2η Δειγμ/ψία	27,2	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	38,8	ns		ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	38,0	ns		ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	37,2	**
			ΕΛ	33,6					Υποεπιφ.	33,6					2η Δειγμ/ψία	25	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	26,8	**			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	25,1	ns			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	32,7	**
			ΕΛ	20,9					Υποεπιφ.	20,9					2η Δειγμ/ψία	21,4	

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.13 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Cu

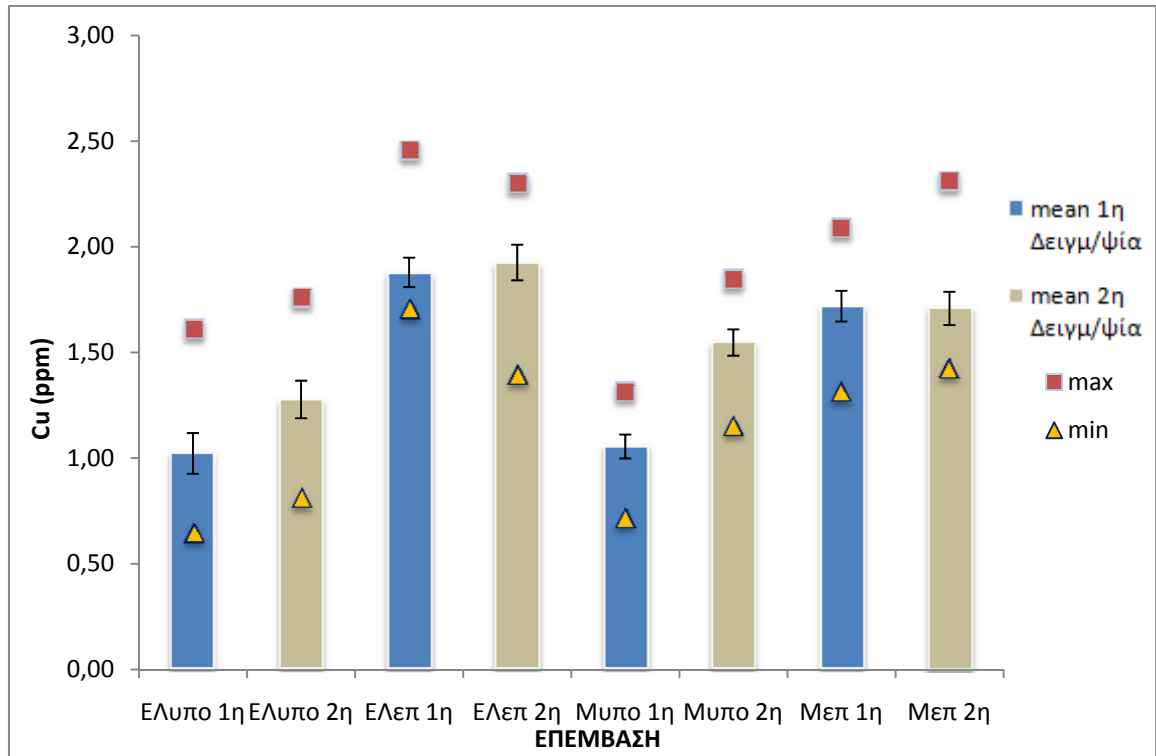
Στον πίνακα 35 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του Cu για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

**Πίνακας 35.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Cu σε ppm για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

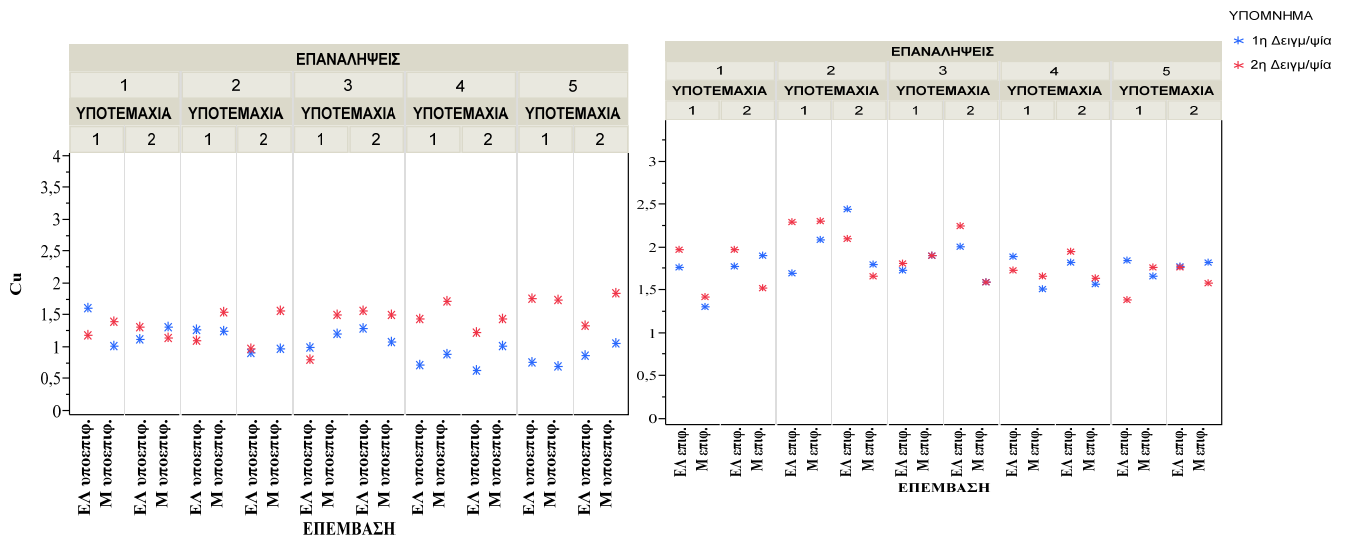
	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	1.02	1.28	1.88	1.93	1.06	1.55	1.72	1.71
<b>Std.Dev</b>	0.30	0.28	0.22	0.27	0.18	0.20	0.23	0.25
<b>SEm</b>	0.10	0.09	0.07	0.08	0.06	0.06	0.07	0.08
<b>min</b>	0.64	0.81	1.70	1.39	0.71	1.15	1.31	1.42
<b>max</b>	1.61	1.76	2.45	2.30	1.31	1.85	2.09	2.31

Οι τιμές του Cu στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 1.70 έως 2.45 ppm με μέση τιμή 1.88 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.64 έως 1.61 ppm με μέση τιμή το 1.02 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 1.39 έως 2.30 ppm με μέση τιμή 1.93 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.81 έως 1.76 ppm με μέση τιμή το 1.28 ppm υποεπιφανειακά. Οι τιμές του Cu στο μάρτυρα κυμαίνονται από 1.31 έως 2.09 ppm με μέση τιμή 1.72 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.71 έως 1.31 ppm με μέση τιμή το 1.06 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 1.42 έως 2.31 ppm με μέση τιμή 1.71 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 1.15 έως 1.85 ppm με μέση τιμή το 1.55 ppm υποεπιφανειακά.

Με βάση τις τιμές του Πίνακα τα εδάφη οι τιμές στην επιφάνεια δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφορές και χαρακτηρίζονται ως ικανοποιητικές αφού ξεπερνούν το όριο επάρκειας των 0,9-1,5 ppm (Viets and Lindsay, 1973), ενώ υποεπιφανειακά οι τιμές εμφανίζονται λίγο χαμηλότερες (Σχήμα 41). Παρόμοια αποτελέσματα για τις τιμές του διαθέσιμου Cu αναφέρονται από τους Constable et al. (1988) οι οποίοι μελετώντας αλκαλικά εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο παρατήρησαν ότι ο Cu κυμαίνεται από 1.8 έως 2.9 με μέση τιμή τα 2.2 ppm.



**Σχήμα 40.** Μέσοι όροι των τιμών του Cu σε ppm στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)



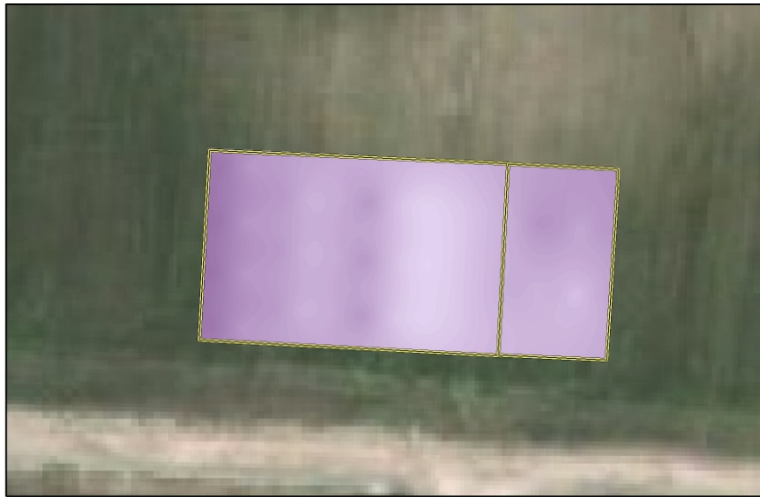
**Σχήμα 41.** Γραφική απεικόνιση των τιμών του Cu σε ppm ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων παρατηρείται σημαντική διαφορά στις τιμές του Cu με το βάθος με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται στην επιφάνεια (Πίνακας 36, Χάρτης 20)

Η επίδραση του χρόνου στην περιεκτικότητα των εδαφών σε Cu δεν φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική, εκτός από την περίπτωση του μάρτυρα υποεπιφανειακά που υπάρχει διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας ( $p < 0.05$ ). Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα αποδεικνύεται ότι η καλλιέργεια βαμβακιού συσσωρεύει τις χαμηλότερες ποσότητες σε Cu σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία (Mullins & Burmester, 1993). Επομένως είναι φανερό ότι η καλλιέργεια του βαμβακιού δεν μείωσε σημαντικά την συγκέντρωση του διαθέσιμου Cu στο έδαφος όπως αποδεικνύεται και από την παρούσα μελέτη. Οι Constable et al. (1988) επιβεβαιώνοντας τις χαμηλές ανάγκες της βαμβακοκαλλιέργειας σε Cu αναφέρουν ως μέση τιμή της πρόσληψης Cu από 35 καλλιέργειες βαμβακιού σε αλκαλικά εδάφη (μέση τιμή pH 8.2) τα 2 g/στρ.

Ο Cu στα περισσότερα καλλιεργούμενα σε εδάφη με pH  $>5.5$  βρίσκεται σε δυσδιάλυτες μορφές, και γενικότερα μείωση του pH αυξάνει την ενεργότητα του  $\text{Cu}^{+2}$  στο διάλυμα που σχετίζεται με την αποσάθρωση των ορυκτών, και την μείωση της προσρόφησης του Cu από τις οργανικά σύμπλοκα και την στερεή φάση του εδάφους (Alloway, 1995). Σύμφωνα με τα παραπάνω η ύπαρξη υψηλού pH δικαιολογεί τις χαμηλές συγκεντρώσεις Cu.

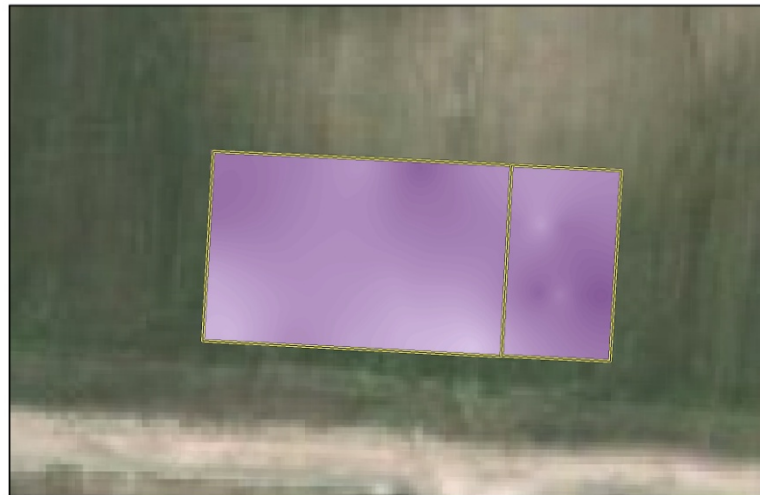
Cu ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



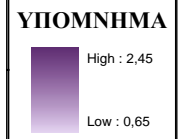
Cu ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



Cu ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία

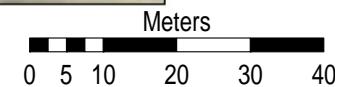


Cu ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



U

**Χάρτης 20.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του Cu (ppm) στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.



**Πίνακας 36.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Cu (ppm) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1η – 2η δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	1,72	*	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,72	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,71	ns
			ΕΛ	1,88					Υποεπιφ.	1,05					2η Δειγμ/ψία	1,82	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	1,86	ns			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,86	ns			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,11	**
			ΕΛ	1,93					Υποεπιφ.	1,55				2η Δειγμ/ψία	1,52		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	1,05	ns		ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,87	**		ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,87	ns
			ΕΛ	1,02					Υποεπιφ.	1,02					2η Δειγμ/ψία	1,90	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	1,55	*			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,93	*			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,06	ns
			ΕΛ	1,28					Υποεπιφ.	1,28				2η Δειγμ/ψία	1,33		

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικές σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.14 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Pb

Στον πίνακα 37 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του Pb για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

**Πίνακας 37.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Pb σε ppm για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	2.66	2.28	3.00	3.00	2.95	2.79	3.33	2.95
<b>Std.Dev</b>	0.14	0.22	0.09	0.44	0.20	0.46	0.08	0.27
<b>SEm</b>	0.05	0.07	0.03	0.14	0.06	0.14	0.03	0.08
<b>min</b>	2.45	1.87	2.86	2.15	2.67	1.96	3.17	2.46
<b>max</b>	2.84	2.60	3.15	3.71	3.37	3.33	3.42	3.35

Οι τιμές του Pb στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 2.86 έως 3.15 ppm με μέση τιμή 3.00 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 2.45 έως 2.84 ppm με μέση τιμή το 2.66 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 2.15 έως 3.71 ppm με μέση τιμή 3.00 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 1.87 έως 2.60 ppm με μέση τιμή το 2.28 ppm υποεπιφανειακά. Οι τιμές του Pb στο μάρτυρα κυμαίνονται από 2.46 έως 3.35 ppm με μέση τιμή 3.33 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 2.67 έως 3.37 ppm με μέση τιμή το 2.95 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 2.46 έως 3.35 ppm με μέση τιμή 2.95 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 1.96 έως 3.33 ppm με μέση τιμή το 2.79 ppm υποεπιφανειακά.

Με βάση τα Σχήματα 42 & 43 οι τιμές Pb δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφορές τόσο στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά, όσο και στον μάρτυρα ενώ μεταξύ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας οι τιμές εμφανίζονται ελαφρά χαμηλότερες .

Παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις τιμές του Pb με τον χρόνο (1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) στο μάρτυρα στην επιφάνεια και στην επέμβαση με τα ελαστικά υποεπιφανειακά.





Από τον Πίνακα 38 παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά από την επίδραση του βάθους μεταξύ των συγκεντρώσεων του πειραματικού με τα ελαστικά. Σύμφωνα με τους Li και Shuman (1996b) ο Pb στο εδαφικό προφίλ συσσωρεύεται στο επιφανειακό τμήμα των 30 cm ενώ οι συγκεντρώσεις στο υποεπιφανειακό τμήμα (κάτω από 30 εκατοστά) είναι αρκετά χαμηλές και ενιαίες σε ολόκληρο το εδαφικό προφίλ, ενώ προσεγγίζουν τις τιμές υποβάθρου για αυτά τα εδάφη. Η χαμηλή περιεκτικότητα του Pb στο υπέδαφος δείχνει ότι ο Pb μπορεί να ακινητοποιείται σε αυτό το έδαφος, υπό φυσικές συνθήκες. Επίσης η αύξηση της οργανικής ύλης στο επιφανειακό τμήμα ενδέχεται να μειώσει την κινητικότητα του Pb σε ρυπασμένα εδάφη, διότι ο Pb στο έδαφος δεν διαλυτοποιείται με διαλυτές οργανικές ουσίες (Li & Shuman, 1996a).

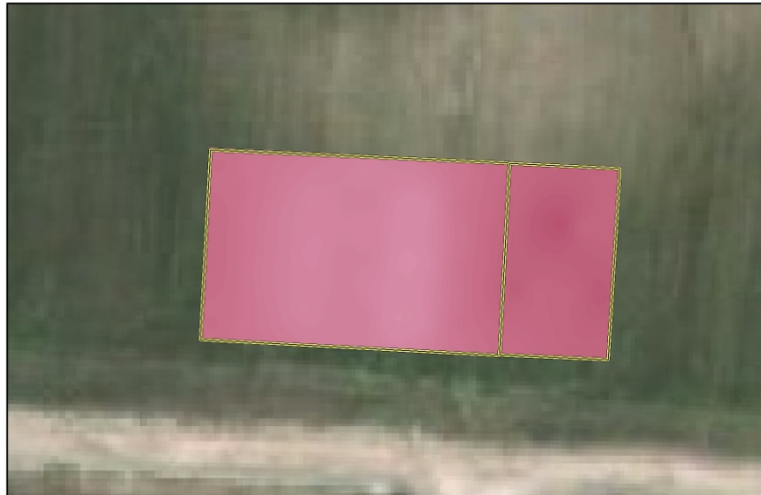
Οι συγκεντρώσεις σε Pb τόσο της επέμβασης όσο και του μάρτυρα κυμαίνονται στα συνήθη επίπεδα τιμών (από 0.1 έως 20 ppm) και κάτω από το μέγιστο ανεκτό όριο των 100 ppm (Ewers, 1991). Σύμφωνα με την βιβλιογραφία οι σημαντικότερες πηγές του Pb στα γεωργικά εδάφη είναι οι κυρίως η ατμοσφαιρική εναπόθεση, η εφαρμογή των λιπασμάτων, λόγω των προσμίξεων που συχνά περιέχουν αυξημένα ποσά βαρέων μετάλλων, καθώς και η εφαρμογή ενεργού ιλύος στο έδαφος. Ο Lin (1996) αναφέρει ότι σε φωσφορικά λιπάσματα βρέθηκαν από 5.6 έως 17.2 ppm Pb. Επίσης οι Giuffrede Lopez Camelo et al. (1997) αναφέρουν ότι χρήση φωσφορικών λιπασμάτων οδήγησε σε ρύπανση των εδαφών από βαρέα μέταλλα. Οι Atafar et al. (2008) παρατήρησαν αύξηση των τιμών του Pb από 3.68 ppm κατά την έναρξη της καλλιέργειας σε 7.07 ppm μετά την συγκομιδή αποτέλεσμα της λίπανσης, ενώ αντίστοιχη συμπεριφορά αναφέρουν και οι Pandey et al. (2008).

Άλλες μελέτες έχουν παρουσιάσει τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις ως την σημαντικότερη πηγή Pb στις περισσότερες γεωργικές περιοχές, και αντιπροσωπεύουν το 25-85% των συνολικών εισαγωγών Pb (Nicholson et al., 2003), ενώ παρουσιάζουν συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από αρκετά γραμμάρια ως αρκετές εκατοντάδες γραμμάρια ανά εκτάριο το χρόνο, με μέση τιμή περισσότερα από 30 g/ha το χρόνο (Kockova et al., 1996; Nicholson et al., 2003).

Παρόλα αυτά στην περιοχή μελέτης δεν παρατηρήθηκε κάτι τέτοιο με τις συγκεντρώσεις του Pb να παραμένουν σταθερές ή ελαφρά μειούμενες κάτι που επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι δεν έχουμε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάλογα με την επέμβαση. Οι συγκεντρώσεις του Pb που καταγράφηκαν στο μάρτυρα και στο πειραματικό με τα ελαστικά τόσο επιφανειακά όσο και

υποεπιφανειακά κυμαίνονταν από 2.28 ppm έως 3.33 ppm. Τα επίπεδα αυτών των τιμών είναι ιδιαίτερα χαμηλά ώστε να έχουν επιπτώσεις στην ποιότητα του εδάφους ή την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων (Ju et al., 2006).

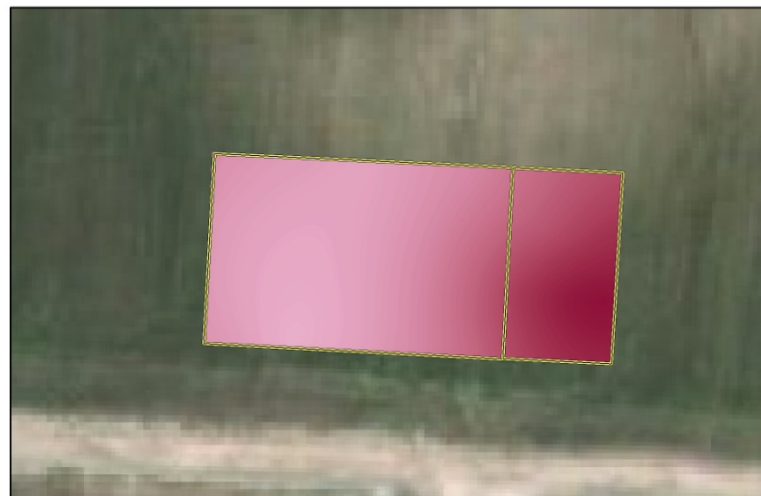
**Pb ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



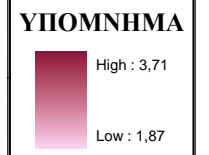
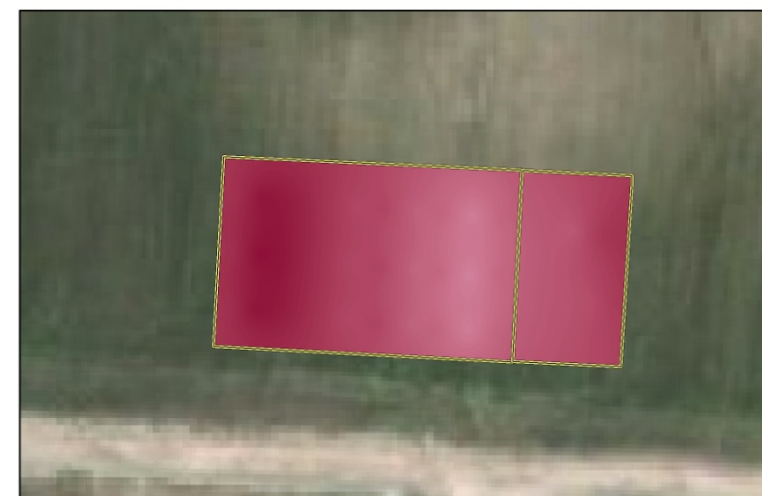
**Pb ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



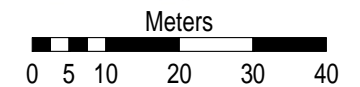
**Pb ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Pb ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Χάρτης 21.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του Pb (ppm) στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.



**Πίνακας 38.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Pb (ppm) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	3,32	**	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	3,32	***	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	3,31	***				
			ΕΛ	3	Υποεπιφ.				2,95	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.				2,95	ns	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	2,97	ns	
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	2,96	**	ΒΑΘΟΣ	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	3	*	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	2,99	ns				
			ΕΛ	2,66	Υποεπιφ.				2,7	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.				3	*	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	2,62	*	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	2,79	ns			2η Δειγμ/ψία	Υποεπιφ.	2,28	ns			2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	2,76	ns	2η Δειγμ/ψία	Υποεπιφ.	2,29	*
			ΕΛ	2,28	ns				Υποεπιφ.	2,28	ns				Υποεπιφ.	2,28	ns		Υποεπιφ.	2,29	*

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

### 5.1.15 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Fe

Στον πίνακα 39 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του Fe για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

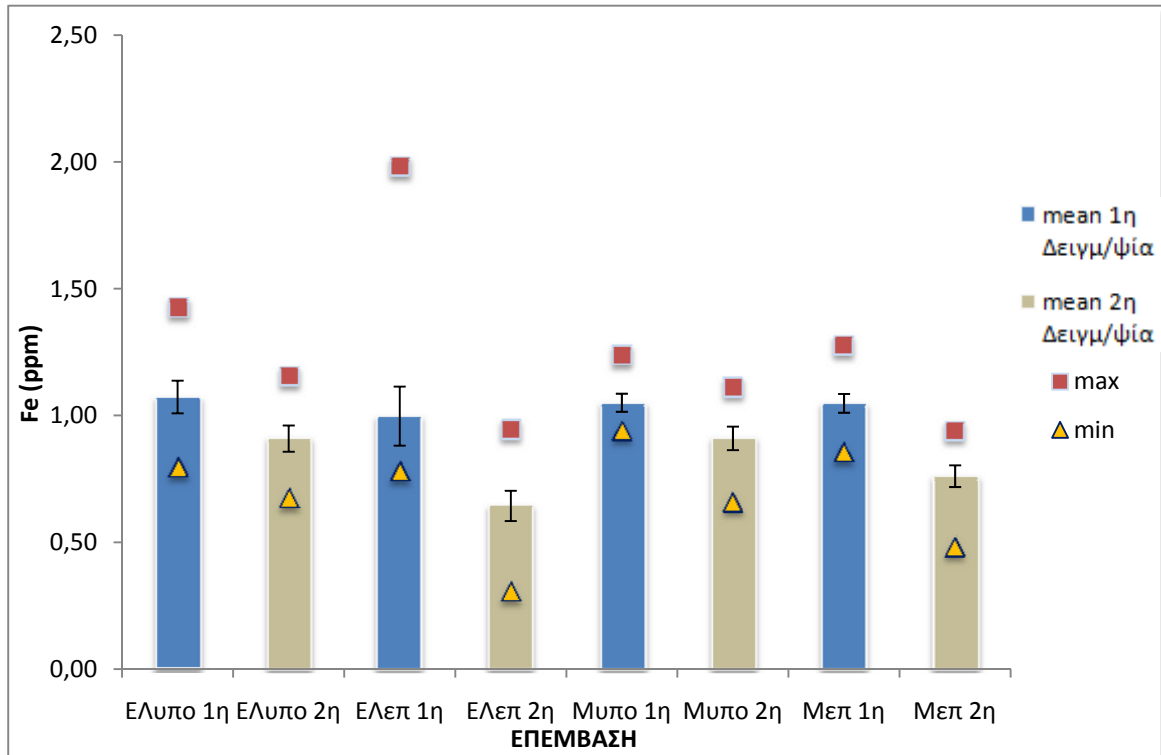
**Πίνακας 39.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Fe σε ppm για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	1.07	0.91	1.00	0.64	1.05	0.91	1.05	0.76
<b>Std.Dev</b>	0.20	0.16	0.37	0.19	0.11	0.15	0.12	0.14
<b>SEm</b>	0.06	0.05	0.12	0.06	0.04	0.05	0.04	0.04
<b>min</b>	0.79	0.67	0.78	0.30	0.94	0.65	0.85	0.48
<b>max</b>	1.42	1.15	1.98	0.94	1.24	1.11	1.27	0.94

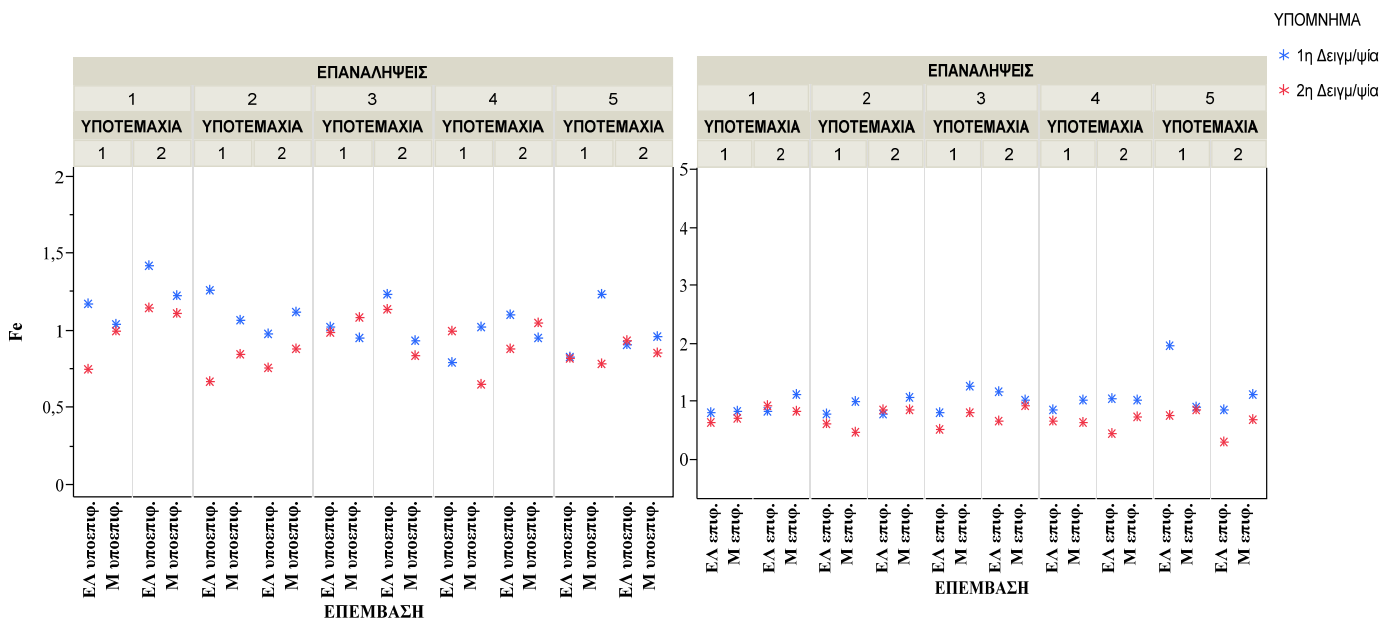
Οι τιμές του Fe στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 0.78 έως 1.98 ppm με μέση τιμή 1.00 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.79 έως 1.42 ppm με μέση τιμή το 1.07 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.30 έως 0.94 ppm με μέση τιμή 0.64 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.67 έως 1.15 ppm με μέση τιμή το 0.91 ppm υποεπιφανειακά. Οι τιμές του Fe στο μάρτυρα κυμαίνονται από 0.85 έως 1.27 ppm με μέση τιμή 1.05 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.94 έως 1.24 ppm με μέση τιμή το 1.05 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.48 έως 0.94 ppm με μέση τιμή 0.76 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.65 έως 1.11 ppm με μέση τιμή το 0.91 ppm υποεπιφανειακά.

Με βάση το Σχήμα 44 οι τιμές Fe δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφορές τόσο στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά, όσο και στον μάρτυρα με εξαίρεση τις επιφανειακές τιμές στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία όπου εμφανίζονται χαμηλότερες. Οι τιμές τόσο επιφανειακά όσο και υποεπιφανειακά εμφανίζονται αρκετά χαμηλότερες από το όριο επάρκειας που είναι τα 4,5 ppm (Σχήμα 45) (Viets and Lindsay, 1983).

Παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά διαφορές στις τιμές του Fe με τον χρόνο (1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) και στην επέμβαση και στο μάρτυρα (Πίνακας 40).



**Σχήμα 44.** Μέσοι όροι των τιμών του Fe σε ppm στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10)



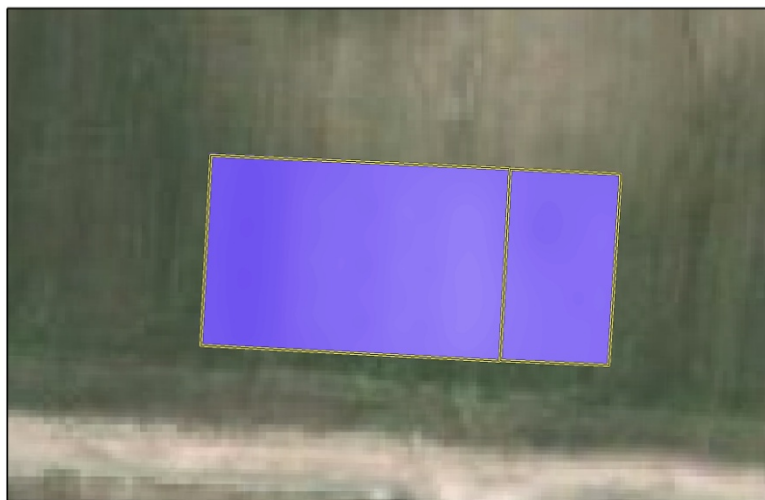
**Σχήμα 45.** Γραφική απεικόνιση των τιμών του Fe σε ppm ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

Η μείωση των τιμών του σιδήρου στην δεύτερη δειγματοληψία φαίνεται να οφείλεται στην επίδραση της καλλιέργειας η οποία σύμφωνα με την βιβλιογραφία μπορεί να απομακρύνει από 60 έως 81 gr/στρ. (Mullins & Burmester, 1993). Σύμφωνα με τους Constable et al. (1988) η πρόσληψη του σιδήρου από το βαμβάκι είναι υψηλότερη από όλα τα ιχνοστοιχεία και φτάνει στα 60 gr/στρ.

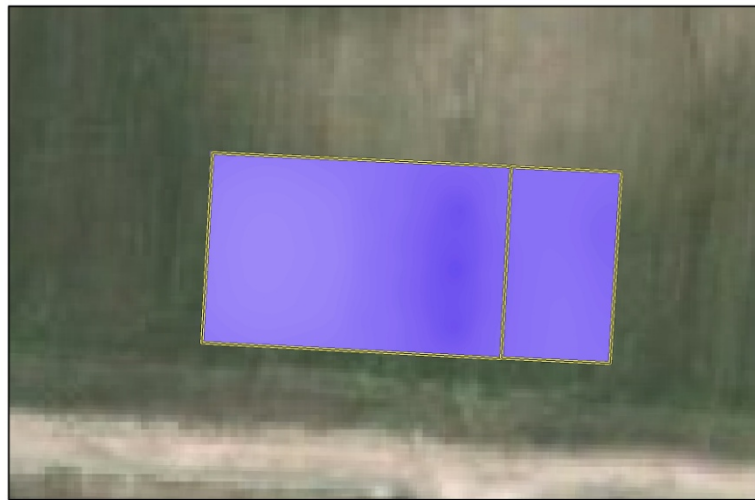
Η στατιστικά σημαντική διαφορά που εμφανίζουν οι τιμές του σιδήρου στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία με το βάθος οφείλονται στην μείωση της συγκέντρωσης του σιδήρου στην επιφάνεια κατά την 2<sup>η</sup> δειγματοληψία λόγω της καλλιέργειας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η παρουσία του ελαστικού (επέμβαση) δεν παρουσιάζει καμιά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα είτε στην επιφάνεια είτε υποεπιφανειακά.

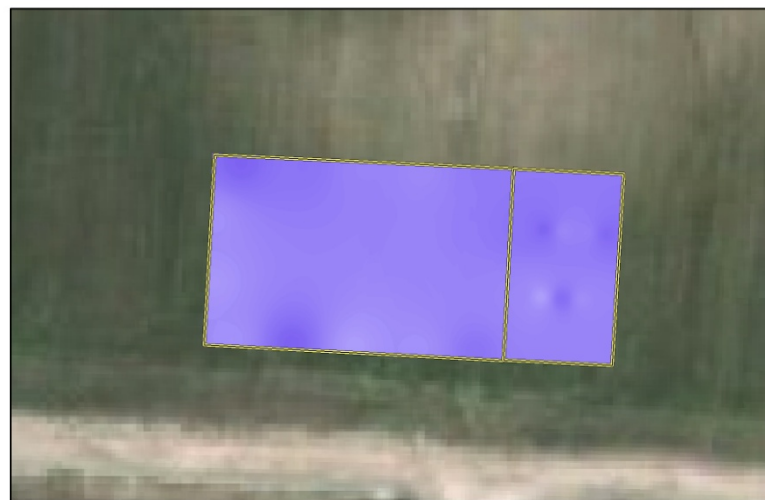
Fe ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



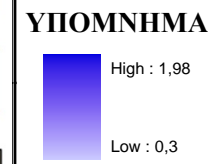
Fe ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία



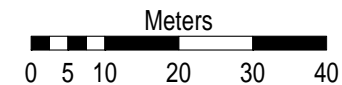
Fe ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



Fe ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία



Χάρτης 22 Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του Fe (ppm) στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.





**Πίνακας 40.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Fe (ppm) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	1,05	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,05	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,02	*
			ΕΛ	1,10					Υποεπιφ.	1,05				2η Δειγμ/ψία	0,80		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	1,05	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,05	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,02	*
			ΕΛ	1,10					Υποεπιφ.	1,05				2η Δειγμ/ψία	0,80		
	ΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	0,76	ns		Μ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,76	*		ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,04	ns	
			ΕΛ	0,64					Υποεπιφ.	0,91				2η Δειγμ/ψία	0,91		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	1,05	ns		ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,09	ns		ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,01	*	
			ΕΛ	1,07					Υποεπιφ.	1,07				2η Δειγμ/ψία	0,70		
ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	0,91	ns	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,64	*	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,07	ns				
		ΕΛ	0,90				Υποεπιφ.	0,90			2η Δειγμ/ψία	0,91					

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικές σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα  
 ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

### 5.1.16 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Zn

Στον πίνακα 41 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του Zn για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

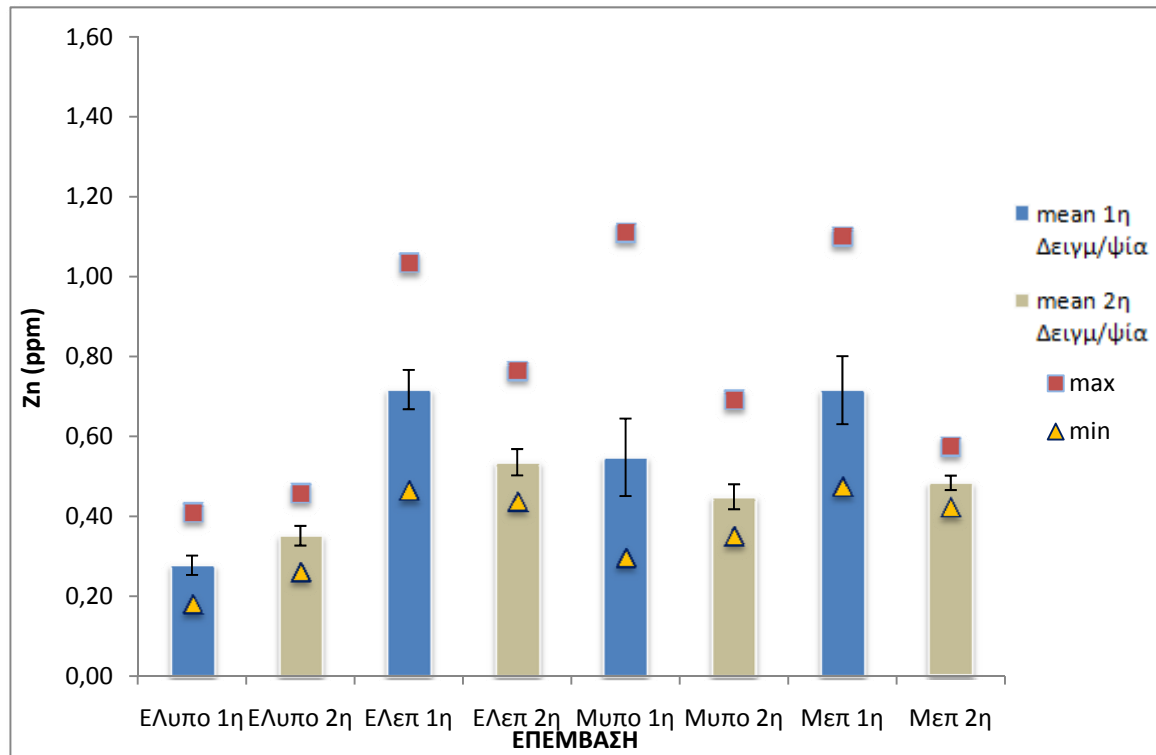
**Πίνακας 41.** Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Zn σε ppm για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δυο δειγματοληψίες.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	1 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία	2 <sup>η</sup> Δειγμ/ψία
<b>mean</b>	0.28	0.35	0.72	0.54	0.55	0.45	0.72	0.48
<b>Std.Dev</b>	0.08	0.08	0.16	0.10	0.31	0.10	0.27	0.06
<b>SEm</b>	0.02	0.02	0.05	0.03	0.10	0.03	0.09	0.02
<b>min</b>	0.18	0.26	0.46	0.44	0.30	0.35	0.47	0.42
<b>max</b>	0.41	0.46	1.03	0.76	1.11	0.69	1.10	0.57

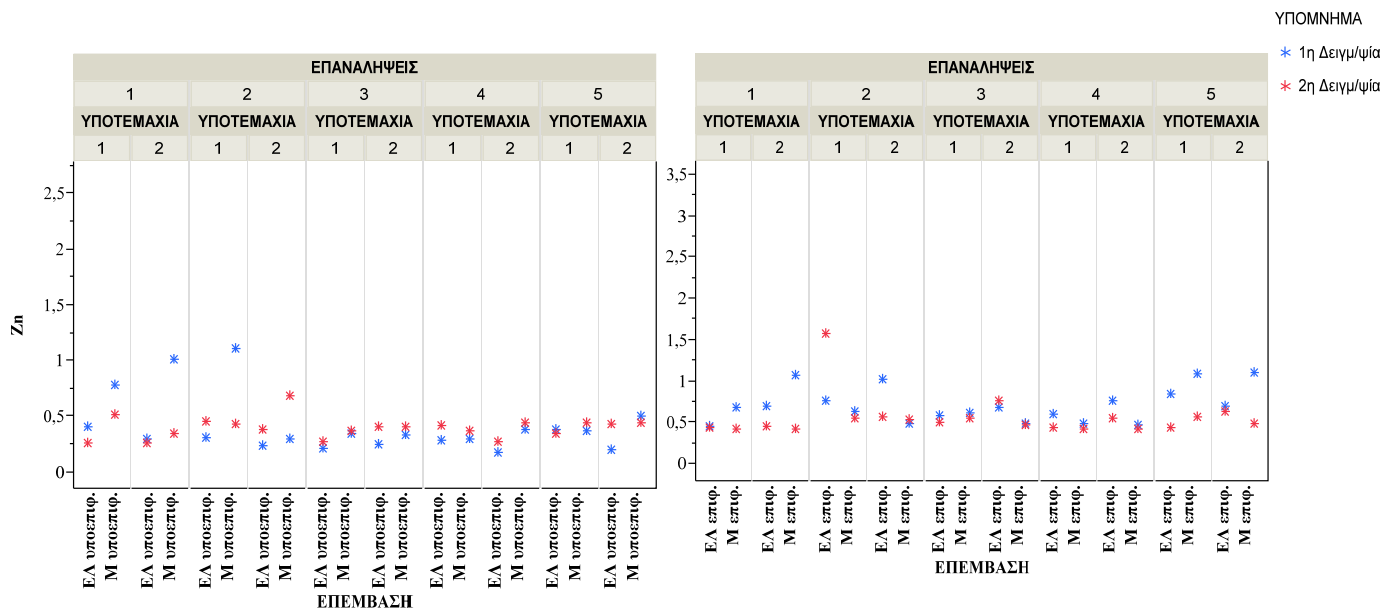
Οι τιμές του Zn στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά κυμαίνονται από 0.46 έως 1.03 ppm με μέση τιμή 0.72 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.18 έως 0.41 ppm με μέση τιμή το 0.28 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.44 έως 0.76 ppm με μέση τιμή 0.54 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.26 έως 0.46 ppm με μέση τιμή το 0.35 ppm υποεπιφανειακά. Οι τιμές του Zn στο μάρτυρα κυμαίνονται από 0.47 έως 1.10 ppm με μέση τιμή 0.72 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.30 έως 1.11 ppm με μέση τιμή το 0.55 ppm υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.42 έως 0.57 ppm με μέση τιμή 0.48 ppm στο επιφανειακό στρώμα και από 0.35 έως 0.69 ppm με μέση τιμή το 0.45 ppm υποεπιφανειακά.

Με βάση το Σχήμα 46 οι τιμές Zn διαφέρουν μεταξύ των 2 δειγματοληψιών τόσο στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά, όσο και στον μάρτυρα, με τις τιμές στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία να εμφανίζονται χαμηλότερες. Επίσης οι τιμές τόσο επιφανειακά όσο και υποεπιφανειακά διαφέρουν με αυτές στην επιφάνεια να είναι υψηλότερες, όμως όλες οι τιμές βρίσκονται κάτω από το όριο επάρκειας που είναι το 1,0 ppm (Σχήμα 47) (Viets and Lindsay, 1983).

Παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές του Zn με το βάθος (επιφανειακό-υποεπιφανειακό) στην επέμβαση με τα ελαστικά, αλλά και με την επέμβαση (ελάστικά - μαρτυρας) υποεπιφανειακά (Πίνακας 42).



**Σχήμα 46.** Μέσοι όροι των τιμών του Zn σε ppm στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).



**Σχήμα 47.** Γραφική απεικόνιση των τιμών του Zn σε ppm ανα πειραματικό υποτεμάχιο, επέμβαση και χρόνο δειγματοληψίας α. για την επιφάνεια και β. για το βάθος.

Η συνεισφορά των λιπασμάτων στην περιεκτικότητα του Zn στα εδάφη υπολογίζεται στα  $90 \text{ gr ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ , ενώ η ατμοσφαιρική εναπόθεση κυμαίνεται από  $20 \text{ gr ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  έως  $540 \text{ gr ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  σε περιοχές με έντονη την βιομηχανική δραστηριότητα (Alloway, 2008). Στο εδαφικό διάλυμα οι μορφές του Zn εξαρτώνται από το pH. Έτσι για pH μικρότερο από 7.7 υπερισχύει το  $\text{Zn}^{2+}$ , για pH μεγαλύτερο από 7.7 υπερισχύει το  $\text{ZnOH}^+$ , και για pH μεγαλύτερο από 9.13 κυριαρχεί το  $\text{Zn(OH)}_2$  (Kieckens, 1995). Τα ασβεστούχα εδάφη, με  $\text{pH} > 7.4$  έχουν σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις διαθέσιμου Zn, διότι η διαλυτότητα του ψευδαργύρου μειώνεται με την αύξηση του pH. Πολύ συχνά, η συνολική περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο στα εδάφη αυτά είναι παρόμοια με αυτά εδαφών άλλων τύπων, ή και υψηλότερη, αλλά η διαθεσιμότητα είναι περιορισμένη. Η προσρόφηση του ψευδαργύρου στο  $\text{CaCO}_3$  είναι επίσης ένας παράγοντας μείωσης της διαθεσιμότητας (Alloway, 2008)..

Στον χάρτη 23 παρατηρείται μια διαφοροποίηση της κατανομής του Zn κατά την διάρκεια της 1<sup>ης</sup> δειγμ/ψίας με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται στο μάρτυρα. Αυτή η κατανομή του Zn φαίνεται να οφείλεται κυρίως στη χωρική μεταβολή του εδαφικού τύπου.

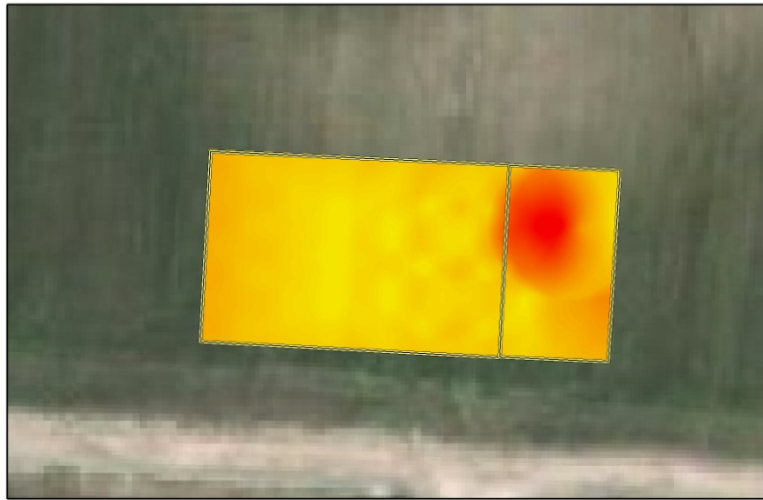
Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων δείχνει ότι στην επιφάνεια παρατηρείται μείωση των τιμών του Zn κατά την 2η δειγμ/ψία (Πίνακας 42). Σύμφωνα με τον Alloway (2008) το βαμβάκι θεωρείται ιδιαίτερα ευαίσθητη καλλιέργεια όσον αφορά τον Zn. Πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι η καλλιέργεια βαμβακιού μπορεί να αφαιρέσει  $13 \text{ gr Zn/στρ.}$  (Rochester, 2007). Επομένως η απομάκρυνση του Zn με την καλλιέργεια θεωρείται ο κυριότερος παράγοντας των μειωμένων τιμών κατά την 2<sup>η</sup> δειγμ/ψία.

Η αύξηση των τιμών στο βάθος κατά την διάρκεια της 2<sup>ης</sup> δειγμ/ψίας στο πειραματικό τεμάχιο σε σχέση με το μάρτυρα πιθανόν να οφείλεται στην απελευθέρωση μικρών ποσοτήτων Zn από τα θαμμένα ελαστικά, και στην μικρή μείωση του pH. Είναι γνωστό ότι ο Zn προστίθενται ως οξείδιο του ψευδαργύρου ( $\text{ZnO}$ ) στο πέγμα των ελαστικών, ως παράγοντας βουλκανισμού, με μέσο όρο τιμών σε  $\text{ZnO}$  1.2% για τα ελαστικά των αυτοκινήτων (ελάχιστο 0.4%, μέγιστο 2.9 %) και στην περίπτωση των ελαστικών φορτηγών και λεωφορείων 2.1% (ελάχιστο 1.2%, μέγιστο 4.3%) ενώ η περιεκτικότητα του  $\text{ZnO}$  σε ψευδάργυρο είναι 80,3% (Wik & Dave, 2006).

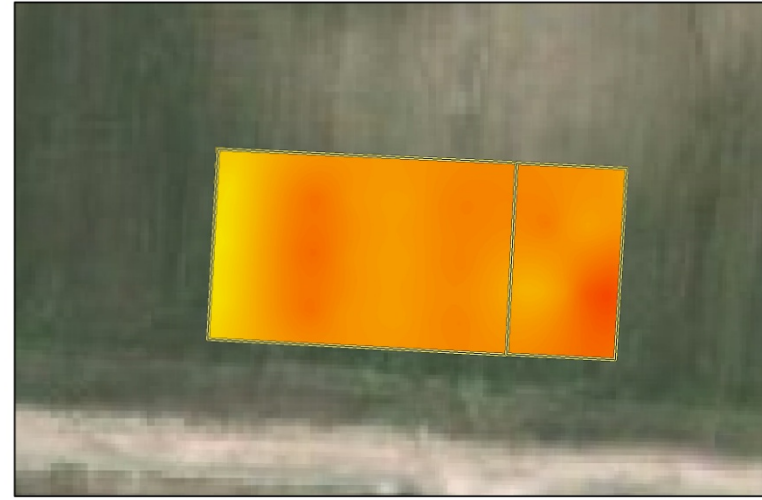
Σύμφωνα με τους Smolders και Degryse (2002) το 10-40% του προστιθέμενου Zn από τα ελαστικά μπορεί δυνητικά να ανήκει στο διαθέσιμο κλάσμα και ποικίλλει

ανάλογα με τον τύπο των εδαφών, τον τύπο της πηγής (είδος ελαστικών), και του τρόπου εφαρμογής (επιφάνεια ή υποεπιφανειακά). Ο μετασχηματισμός του Zn σε διαθέσιμες μορφές δεν οδηγεί απαραίτητα σε αντίστοιχη αύξηση του Zn στο εδαφικό διάλυμα και αυτό γιατί το εδαφικό pH παίζει σημαντικό ρόλο στην κινητικότητα του Zn. Εδάφη, με αυξημένο εδαφικό pH παρεμποδίζουν την αύξηση της ποσότητας των διαθέσιμων μορφών Zn στο έδαφος, και ως εκ τούτου οδηγούν σε μικρή αύξηση του Zn στο εδαφικό διάλυμα. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει και από τα δεδομένα της παρούσας εργασίας. Σε κάθε όμως περίπτωση οι τιμές οι οποίες παρατηρούνται είναι σημαντικά χαμηλότερες ακόμα και από τα όρια επάρκειας με αποτέλεσμα να μην θέτουν κανένα απολύτως κίνδυνο για την ποιότητα των εδαφικών πόρων της περιοχής.

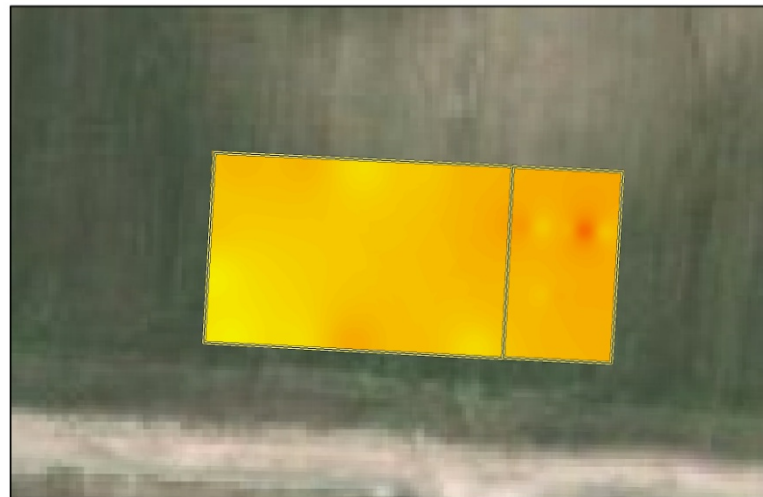
**Zn ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



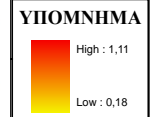
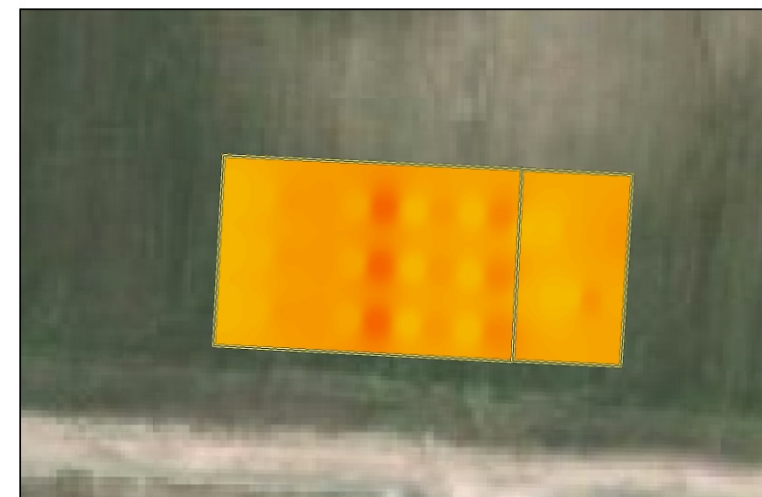
**Zn ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1η Δειγμ/ψία**



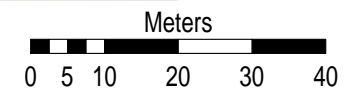
**Zn ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Zn ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2η Δειγμ/ψία**



**Χάρτης 23.** Γεωστατιστική ανάλυση των τιμών του Zn (ppm) στο πειραματικό τεμάχιο και το μάρτυρα επιφανειακά και υποεπιφανειακά για τις δυο δειγματοληψίες.



**Πίνακας 42.** Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Zn (ppm) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – Ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ( 1<sup>η</sup> – 2<sup>η</sup> δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,72	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,72	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,67	ns
			ΕΛ	0,72					Υποεπιφ.	0,55					2η Δειγμ/ψία	0,49	
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,72	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,72	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,67	ns
			ΕΛ	0,72					Υποεπιφ.	0,55					2η Δειγμ/ψία	0,49	
	2η Δειγμ/ψία	Μ	0,49	ns	ΕΛ		2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,59	ns	ΥΠΟΕΠΙΦ.		1η Δειγμ/ψία	0,55	ns		
		ΕΛ	0,64					Υποεπιφ.	0,45					2η Δειγμ/ψία		0,45	
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,55	*	ΒΑΘΟΣ	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,72	**	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,70	ns
			ΕΛ	0,28					Υποεπιφ.	0,28					2η Δειγμ/ψία	0,53	
	2η Δειγμ/ψία	Μ	0,45	*	ΕΛ		2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	0,53	**	ΥΠΟΕΠΙΦ.		1η Δειγμ/ψία	0,29	ns		
		ΕΛ	0,35					Υποεπιφ.	0,35					2η Δειγμ/ψία		0,34	

Όπου \*, \*\*, \*\*\* στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

ns: μη στατιστική σημαντική διαφορά.

Οι εδαφικές διεργασίες από τις οποίες εξαρτάται η «τύχη» των βαρέων μετάλλων στο έδαφος σε γενικές γραμμές είναι:

- ✧ Διάλυση (Dissolution)
- ✧ Προσρόφηση (Sorpton)
- ✧ Συμπλοκοποίηση (Complexation)
- ✧ Μετακίνηση (Migration)
- ✧ Καθίζιση (Precipitation)
- ✧ Εγκλεισμός (Occlusion)
- ✧ Διάχυση (στα ορυκτά)
- ✧ Δέσμευση από οργανικά συστατικά
- ✧ Απορρόφηση και προσρόφηση από μικροοργανισμούς (Microbiota)
- ✧ Εξάτμιση (Volatilization)

Όλες αυτές οι διαδικασίες εξαρτώνται από διάφορους εδαφικούς παράγοντες, από τους οποίους το εδαφικό pH και οι οξειδοαναγωγικές συνθήκες θεωρούνται ως οι σημαντικότεροι. Επίσης άλλοι εδαφικοί παράγοντες, όπως η I.A.K, τα ανθρακικά αλατα. τα ένυδρα οξείδια Fe και Mn και τα ορυκτά της αργίλου, είναι γνωστό ότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά των ιχνοστοιχείων (Kabata-Pendias, 2001).

Η απορρόφηση των βαρέων μετάλλων από τα φυτά μπορεί να ενισχυθεί μέσω αλλαγών στη διαθεσιμότητα τους στο περιβάλλον της ριζόσφαιρας. Δραστηριότητες των ριζών όπως η έκκριση οργανικών οξέων και ενώσεων (οργανικές ενώσεις με μεγάλη εκλεκτικότητα στη προσρόφηση διαθέσιμου Fe) καθώς επίσης και οι μεταβολές του pH και του δυναμικού οξειδοαναγωγής, παίζουν καθοριστικό ρόλο στον έλεγχο της κινητικότητας των μετάλλων (Kabata-Pendias, 2001).

Τόσο ο Cu όσο και ο Zn φαίνεται να απορροφώνται από τα φυτά με τον ίδιο μηχανισμό, επομένως το κάθε ένα μπορεί να δράσει ανταγωνιστικά και να εμποδίσει την απορρόφηση του άλλου από τις ρίζες (Graham, 1981). Επιπλέον, η διαλυτότητα και η διαθεσιμότητα του Cu και του Zn συσχετίζονται αρνητικά με τις συγκεντρώσεις του Ca και το υψηλό pH του εδάφους (Kabata-Pendias, 2001).Εντούτοις, ανιοντικές μορφές και διαλυτά οργανικά σύμπλοκα του Zn μπορούν να συνεισφέρουν στη διαθεσιμότητα του σε εδάφη με υψηλές τιμές pH (Bloomfield, 1981).

Η διαθεσιμότητα του μολύβδου στο έδαφος εξαρτάται άμεσα από την άργιλο και την οργανική ουσία. Τα ιόντα του μολύβδου ( $Pb^{2+}$ ) προσροφώνται ισχυρά στην



άργίλο και στην οργανική ουσία ή σχηματίζουν αδιάλυτα σύμπλοκα με το χούμο (King, 1988, Mace et al., 1997). Η παρουσία Ca και τα υψηλά επίπεδα του pH περιορίζουν τη διαθεσιμότητα του Pb, διότι ο μόλυβδος κατακρημνίζεται υπό μορφή υδροξειδίων, ανθρακικών ή φωσφορικών αλάτων. Επίσης, τα κατιόντα  $Ca^{2+}$  ανταγωνίζονται τα κατιόντα του  $Pb^{2+}$  για τις εναλλακτικές θέσεις στα κolloειδή του εδάφους και για την προσρόφηση από τις ρίζες των φυτών (Kabata-Pendias and Pendias, 1986).

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που ελέγχουν την κινητικότητα του Zn στο έδαφος είναι παρόμοιοι με εκείνους του Cu αν και ο Zn φαίνεται να εμφανίζεται σε πιο διαλυτές μορφές (Lindsay, 1972). Οι James και Barrow, (1981) αναφέρουν ότι ο Cu αντιδρά με φαινολικές-καρβοξυλικές ομάδες της οργανικής ουσίας και σχηματίζει συμπλοκές ενώσεις παραμένοντας σε ανταλλάξιμη μορφή. Το μεγαλύτερο μέρος του Cu απαντάται σαν σύμπλοκο με την οργανική ουσία ενώ μόνο ένα πολύ μικρό μέρος απαντάται προσροφημένο στα ανόργανα κolloειδή στα οποία συγκρατείται πολύ ισχυρά (μη διαθέσιμη μορφή για τα φυτά).

Η παρατηρούμενη τάση μείωσης της συγκέντρωσης του Zn στην επιφάνεια, οφείλεται στο σχηματισμό συμπλόκων με την οργανική ουσία με αποτέλεσμα την αύξηση της διαθεσιμότητάς τους και κατά συνέπεια την αύξηση της απορρόφησής τους από τα φυτά.

Οι Merrington και Alloway, (1994) μελέτησαν την κατανομή των βαρέων μετάλλων Pb, Zn, Cu και Cd σε επιβαρυμένα εδάφη από την παρουσία ορυχείων μολύβδου και ψευδαργύρου. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο Pb παρουσιάζει το μεγαλύτερο συντελεστή συγκράτησης στο έδαφος. Ο Pb παρουσιάζει την τάση να συγκεντρώνεται στον επιφανειακό ορίζοντα του εδάφους σχηματίζοντας σταθερά σύμπλοκα με τα οργανικά κolloειδή (Merry et al., 1983; Johnson and Siccama, 1984). Τέλος, οι Tyler et al., (1989) υποστηρίζουν ότι ο Pb λόγω των πολύ σταθερών συμπλοκών που σχηματίζει δεν μετακινείται εύκολα στο εδαφικό προφίλ.

Από τα βαρέα μέταλλα από τα οποία μελετήθηκαν μόνο ο Zn εμφάνισε αυξημένες τιμές στην υποεπιφάνεια μετά την επέμβαση με τα ελαστικά, γεγονός που οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα του φθαρτού τμήματος των ελαστικών σε Zn. Παρόλα αυτά η απελευθέρωση του Zn γίνεται με αργούς ρυθμούς και τα επίπεδα των συγκεντρώσεων στα υπό εξέταση εδάφη βρίσκονται κάτω από το 1ppm.

## 5.2 ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Για τη μέτρηση της υγρασίας εδάφους όπως έχει ήδη αναφερθεί (Υποκεφάλαιο 4.1) επιλέχθηκαν τα βάθη 16, 30, 60 και 110-115cm.

Για το επιφανειακό βάθος 16cm η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο TDR και το όργανο TRIME-FM με δύο κυματοδηγούς, εκφρασμένη σε % κατά όγκο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρεις γραμμικές σειρές των βαμβακόφυτων (νότια, κέντρο, βόρεια) (χάρτης 7) ανά 15 ημέρες περίπου.

Η καταγραφή της εδαφικής υγρασίας στα βάθη 30, 60 και 110-115 cm (κάτω από τη στρώση των ελαστικών) πραγματοποιήθηκε με την εγκατάσταση αυτοματοποιημένου δικτύου 4 σταθμών (2 στο πειραματικό και 2 στο μάρτυρα) και οι μετρήσεις λαμβάνονταν ανά μία ώρα σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας του βαμβακιού.

Η εδαφική υγρασία προέρχεται από τις βροχοπτώσεις, την άρδευση και την τριχοειδή ανύψωση από τους υπόγειους υδροφορείς και η κατανομή της με το βάθος είναι αποτέλεσμα της κίνησης του νερού στο έδαφος. Σύμφωνα με την υδρογεωλογία της περιοχής μελέτης επειδή οι υπόγειοι υδροφορείς είναι σε μεγάλο βάθος πολλών δεκάδων μέτρων, στο πειραματικό χωράφι είναι εξαιρετικά δύσκολο να συμβεί τριχοειδής ανύψωση του νερού (Φραγκόπουλος. Ι. 1992). Επομένως η εδαφική υγρασία στον αγρό έρευνας προέρχεται από το ύψος βροχής και της άρδευσης.

Από τα κλιματικά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Τανάγρας του ΕΑΑ και την άρδευση που εφαρμόστηκε στην αρχή της καλλιέργειας (πίνακας 43), το ύψος νερού που δέχτηκε το έδαφος κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας ήταν 317.1 mm. Όμως από αυτά, τα 105 mm ήταν από αρδεύσεις στην αρχή της καλλιέργειας για φύτευμα και ανάπτυξη (μικρές οι απαιτήσεις την περίοδο αυτή) και οι βροχοπτώσεις του Οκτωβρίου και κυρίως του Νοεμβρίου που επηρεάζουν περισσότερο αρνητικά παρά θετικά με την ονίμιση της παραγωγής, τις προσβολές από έντομα και ασθένειες καθώς και την υποβάθμιση της ποιότητας. Το πιο σημαντικό ήταν η έλλειψη αρδεύσεων και βροχοπτώσεων την περίοδο της ανθοφορίας και καρποφορίας όπου τα βαμβακόφυτα έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε νερό.

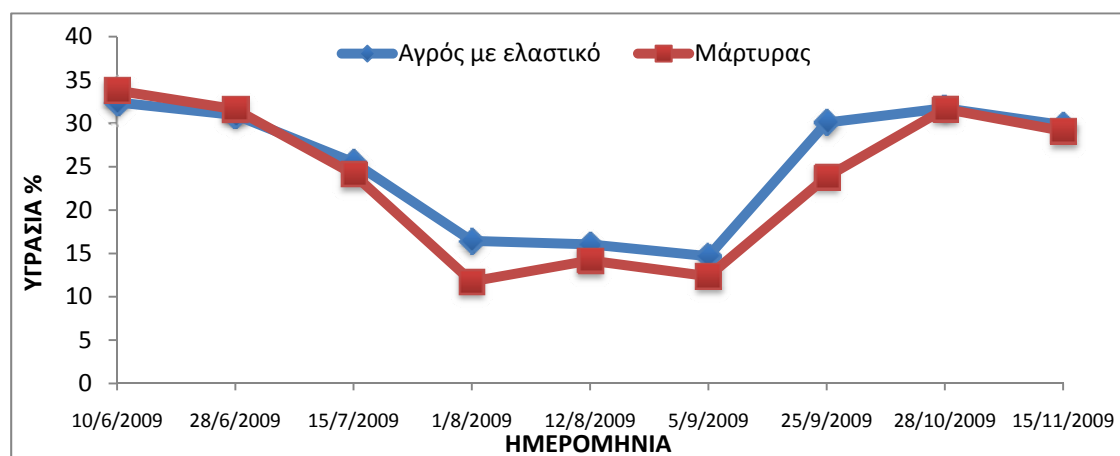
Πριν την καλλιέργεια του βαμβακιού παρότι στο σύνολο χειμώνα-άνοιξη οι βροχοπτώσεις ήταν σημαντικές (304.3 mm), δύο μήνες πριν τη σπορά έβρεξε μόνο 30.4 mm. Ακόμη ο αγρός είχε καλλιέργεια σιταριού πριν πραγματοποιηθούν οι

εργασίες για την έρευνα στο βαμβάκι με αποτέλεσμα τη μείωση της υγρασίας. Επίσης οι εκσκαφές που πραγματοποιήθηκαν για τη διάστρωση του ελαστικού, με τη συγκέντρωση του εδάφους σε σωρούς, μείωσαν ακόμη περισσότερο την εδαφική υγρασία λόγω έκθεσης του εδάφους στον ήλιο και στον άνεμο.

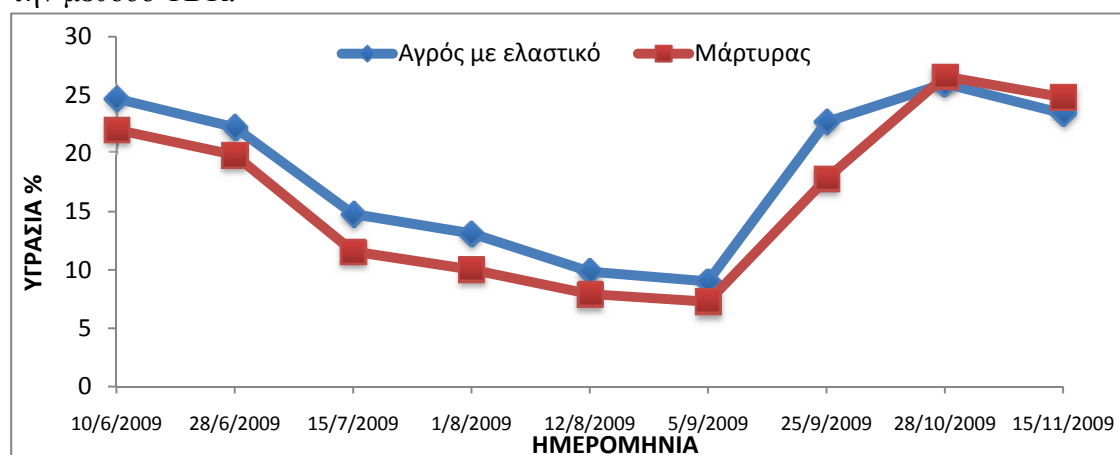
**Πίνακας 43.** Ύψη νερού σε mm που δέχτηκε ο πειραματικός αγρός από τις αρδεύσεις και τις βροχοπτώσεις πριν και κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας βαμβακιού.

Ημερομηνία	Άρδευση (mm)	Βροχόπτωση (mm)
<i>Πριν καλλιέργεια βαμβακιού</i>		
Νοέμβριος 2008	-	36.7
Δεκέμβριος 2008	-	66.4
Ιανουάριος	-	79.6
Φεβρουάριος	-	38.6
Μάρτιος	-	52.6
Απρίλιος 2009	-	13.2
6-5-2009	-	17.2
<b>Σύνολο</b>	<b>-</b>	<b>304.3</b>
<i>Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας</i>		
21-5-2009	35	-
5-6-2009	35	-
20-6-2009	35	-
6-7-2009	-	2.9
11-9-2009	-	50
12-9-2009	-	64.4
14-9-2009	-	2.2
15-9-2009	-	2.6
15-10-2009	-	14.6
16-10-2009	-	3.6
31-10-2009	-	6.8
1-11-2009	-	3.2
3-11-2009	-	15.2
4-11-2009	-	3.8
8-11-2009	-	6.6
10-11-2009	-	36.2
<b>Σύνολο</b>	<b>105</b>	<b>212.1</b>
<i>Ανά στάδιο της καλλιέργειας</i>		
Σύνολο κατά τη διάρκεια φυτρώματος - ανάπτυξης	105	2.9
Σύνολο στην ανθοφορία - καρποφορία	0	0
Σύνολο στην παραγωγή και συντήρηση	0	144.2

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων (Παράρτημα, Πίνακας 2) που πραγματοποιήθηκαν στις τρεις γραμμικές σειρές των βαμβακόφυτων με τη μέθοδο TDR παρατηρείται καταρχήν στο σύνολο των γραμμών ότι η υγρασία έχει κατά πλειοψηφία μεγαλύτερες τιμές στον πειραματικό αγρό με τη στρώση των ελαστικών σε σχέση με το μάρτυρα. Κυρίως δε, την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου όπου δεν υπάρχουν αρδεύσεις ή βροχοπτώσεις. Ανά σειρά, στην 1<sup>η</sup> και στην 3<sup>η</sup>, η υγρασία υπερτερεί στον αγρό με την στρώση των ελαστικών από ότι στο μάρτυρα (σχήματα 48 & 49), ενώ στη 2<sup>η</sup> σειρά (κέντρο) ο μάρτυρας έχει παρόμοιες τιμές που πιθανόν να οφείλονται στην κακή διάστρωση του εδάφους από τις εκσκαφές στη μέση της έκτασης του μάρτυρα με συνέπεια τη συλλογή νερών της άρδευσης ή των βροχοπτώσεων.



**Σχήμα 48.** : Χρονική μεταβολή της εδαφικής υγρασίας στον αγρό με τα ελαστικά και στο μάρτυρα για την 1<sup>η</sup> γραμμική σειρά (Νότια) που μετρήθηκε σε βάθος 16cm με την μέθοδο TDR.



**Σχήμα 49.** : Χρονική μεταβολή της υγρασίας εδάφους στον αγρό με το λάστιχο και στο μάρτυρα για την 3<sup>η</sup> γραμμική σειρά (Βόρεια) που μετρήθηκε σε βάθος 16cm με την μέθοδο TDR.

Με το αυτοματοποιημένο δίκτυο καταγραφής με αισθητήρες έγιναν οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας στα βάθη 30, 60 και 110-115 cm (κάτω από τη στρώση των ελαστικών). Σύμφωνα με τον κατασκευαστή των αισθητήρων μέτρησης της εδαφικής υγρασίας η ηλεκτρική αντίσταση μετατρέπεται σε 0-200 centibars της αναρρόφησης του εδαφικού ύδατος. Το εύρος τιμών του 0-200 centibars συνδέεται από τον κατασκευαστή με την άρδευση των καλλιεργειών και το κατηγοριοποιεί ερμηνεύοντας την κάθε τιμή ως εξής:

- ✧ 0-10 centibars ή KPa. Κορεσμένο έδαφος σε υγρασία.
- ✧ 10-20 cbars ή KPa. Υδατοϊκανότητα. Το έδαφος είναι ακόμα επαρκώς υγρό σε όλους τους τύπους εκτός από χονδροειδείς άμμους όπου αρχίζει να μειώνεται. Αυτό το εύρος τιμών διατηρείται συνήθως στη στάγδην άρδευση.
- ✧ 30-60 cbars ή KPa. Συνηθισμένο εύρος τιμών για άρδευση στα περισσότερα εδάφη. Πότισμα στο χαμηλότερο όριο του εύρους σε ζεστά ξηρά κλίματα και με ελαφρά σύσταση εδάφη. Πότισμα στο ανώτερο όριο του εύρους στα δροσερά υγρά κλίματα και με τα εδάφη που έχουν την υψηλότερη υδατοϊκανότητα.
- ✧ 70-100 cbars ή KPa. Σε βαριά εδάφη αργίλου και καλλιέργειες που απαιτούν ένα μεγαλύτερο ξηρό κάτω μεταξύ αρδεύσεων, η άρδευση μπορεί να καθυστερήσει μέχρι αυτό το εύρος τιμών. Προσοχή στο εύρος 90-100.
- ✧ 100-200 cbars ή KPa. Ξηρή κατάσταση. Έδαφος που γίνεται επικίνδυνα ξηρό για τη μέγιστη απόδοση.

Επιπλέον, το πιο σημαντικό είναι ότι ο κατασκευαστής ορίζει για την έναρξη ποτίσματος στα 70-80 KPa για το βαμβάκι, όπου η διαθέσιμη υγρασία έχει μειωθεί στο 50%. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η υδατική καταπόνηση της καλλιέργειας βαμβακιού είναι αποδεκτό ότι προκύπτει μετά από ένα ποσοστό απομάκρυνσης της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας της τάξης του 65% (Doorenbos and Kassam, 1979).

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων (Παράρτημα, Πίνακας 3) που πραγματοποιήθηκαν και σύμφωνα με τις ανωτέρω κατηγορίες του κατασκευαστή καταγράφηκαν περισσότερες τιμές σε όλα τα βάθη στο εύρος 0-60 centibars (KPa) στον πειραματικό αγρό με τη στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών σε σύγκριση με το μάρτυρα. Στο εύρος τιμών 0-60 KPa θεωρείται ότι το έδαφος έχει επαρκή υγρασία για τα βαμβακόφυτα και δεν απαιτείται άρδευση. Αντίθετα, στο εύρος τιμών 81-200 KPa καταγράφηκαν περισσότερες τιμές στο μάρτυρα σε σύγκριση με τον πειραματικό

αγρό. Όμως στο εύρος αυτό το έδαφος βρίσκεται σε ξηρή κατάσταση όπου χρειάζεται άρδευση καθώς τα βαμβακόφυτα είναι σε υδατική καταπόνηση.

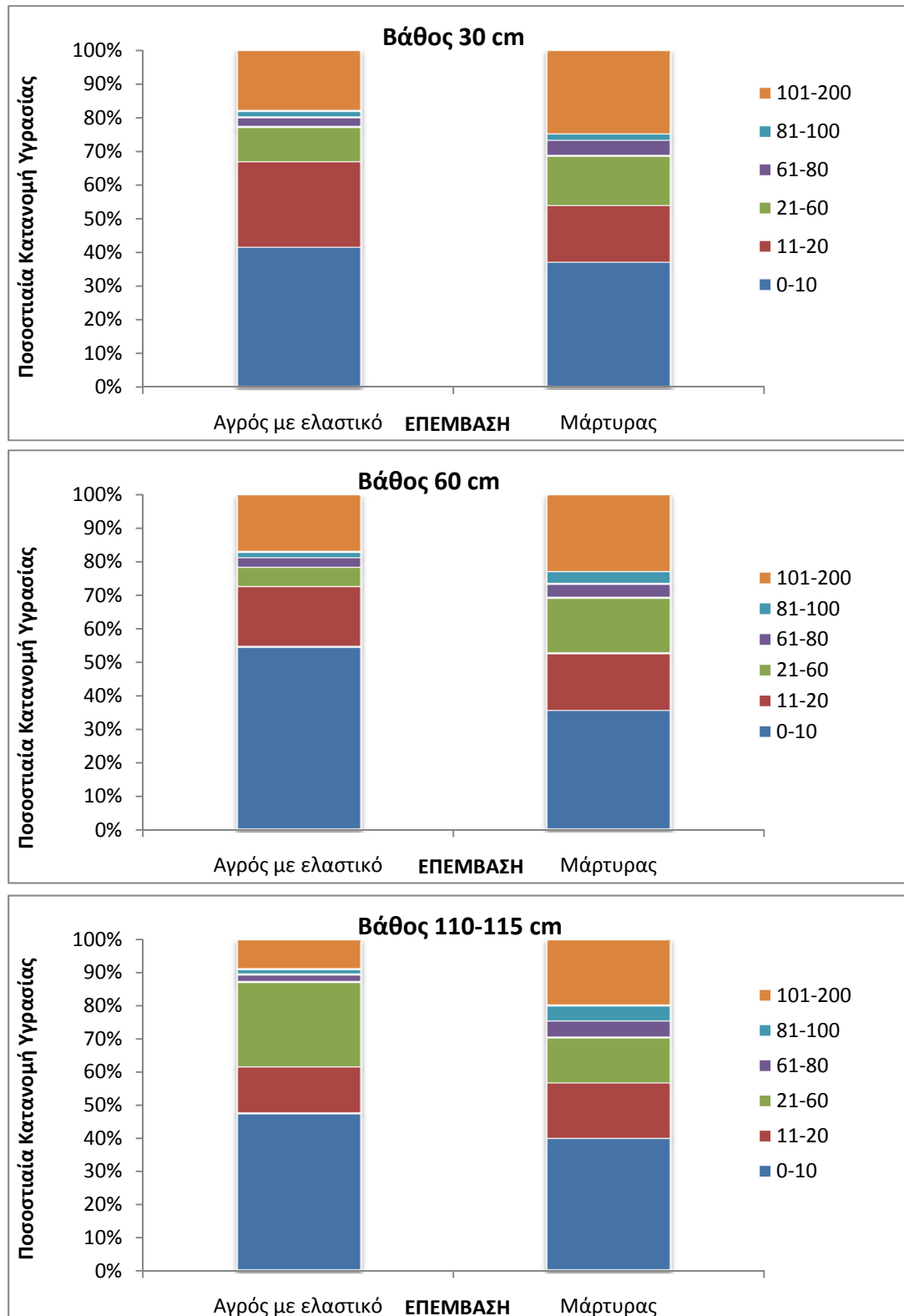
Στο βάθος των 30 cm οι τιμές στο εύρος 0-60 KPa ήταν το 77% του συνόλου των μετρήσεων στον πειραματικό αγρό κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του βαμβακιού. Αντίστοιχα στο μάρτυρα ήταν το 68,6% (Σχήμα 50). Στο εύρος 81-200 KPa στον πειραματικό αγρό οι τιμές ήταν το 20% του συνόλου των μετρήσεων, ενώ στο μάρτυρα ήταν το 27%. Η χρονική διάρκεια που καταγράφηκε η υδατική καταπόνηση στα βαμβακόφυτα του πειραματικού αγρού ήταν από 9-8 έως 11-9-2009 (σύνολο ημερών 33.6). Στο μάρτυρα ήταν από 28-7 έως 12-9-2009 (σύνολο ημερών 45.3) (Σχήματα 53 & 54). Μία διαφορά περίπου 12 ημερών μεταξύ των αγρών, σημαντική αν αναλογιστεί κανείς ότι τα φυτά βρίσκονται την περίοδο της ανθοφορίας και της παραγωγής των καρυδιών, έχοντας τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό.

Στο βάθος των 60 cm οι τιμές στο εύρος 0-60 KPa (υγρή κατάσταση) ήταν το 78.4% στο σύνολο των μετρήσεων στον πειραματικό αγρό. Αντίστοιχα στο μάρτυρα ήταν το 69.2% (Σχήμα 51). Στο εύρος 81-200 KPa (ξηρή κατάσταση) στον πειραματικό αγρό οι τιμές ήταν το 18.9% του συνόλου των μετρήσεων, ενώ στο μάρτυρα ήταν το 26.7%. Η χρονική διάρκεια που καταγράφηκε η υδατική καταπόνηση στα βαμβακόφυτα του πειραματικού αγρού ήταν από 10-8 έως 12-9-2009 (σύνολο ημερών 31.7). Στο μάρτυρα ήταν από 28-7 έως 12-9-2009 (σύνολο ημερών 44.9) (Σχήματα 53 & 54). Μία διαφορά περίπου 13 ημερών, πολύ σημαντική μεταξύ των αγρών.

Στο βάθος των 110-115 cm οι τιμές στο εύρος 0-60 KPa ήταν το 87% του συνόλου των μετρήσεων στον πειραματικό αγρό. Αντίστοιχα στο μάρτυρα ήταν το 70.5% (Σχήμα 52). Στο εύρος 81-200 KPa στον πειραματικό αγρό οι τιμές ήταν το 10.6% του συνόλου των μετρήσεων, ενώ στο μάρτυρα ήταν το 24.6%. Η χρονική διάρκεια που καταγράφηκε η υδατική καταπόνηση στον πειραματικό αγρό 10-15 cm κάτω από τη στρώση των ελαστικών ήταν από 25-8 έως 12-9-2009 (σύνολο ημερών 17.8). Στο μάρτυρα ήταν από 2-8 έως 12-9-2009 (σύνολο ημερών 41.3) (Σχήματα 53 & 54). Μία διαφορά περίπου 23.5 ημερών. Στην περίπτωση που οι ρίζες των βαμβακόφυτων διαπερνούν τη στρώση των ελαστικών η διαφορά έχει νόημα και είναι σημαντική καθώς τα φυτά θα εκμεταλλεύονται την υγρασία και στο βάθος αυτό.

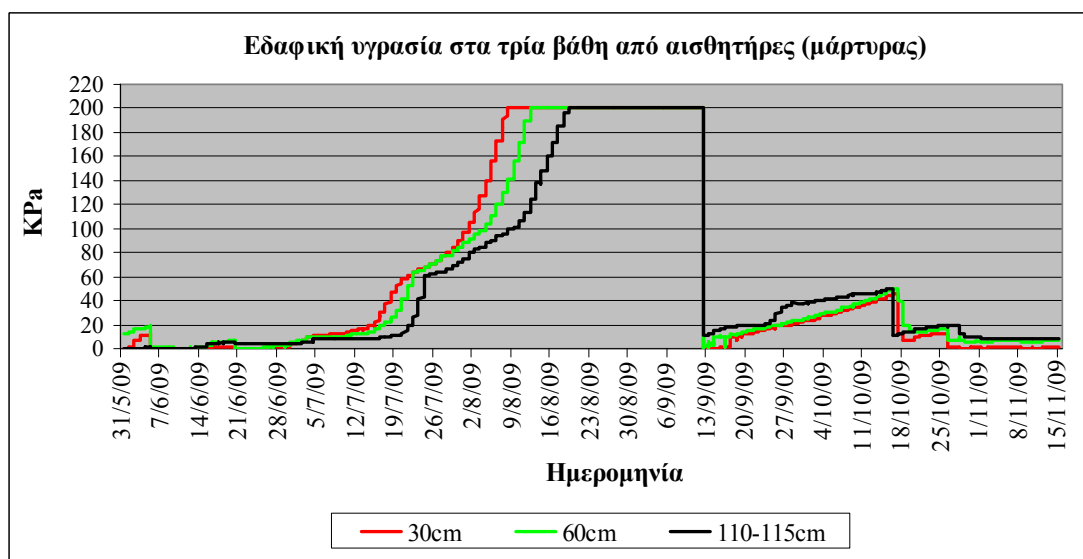
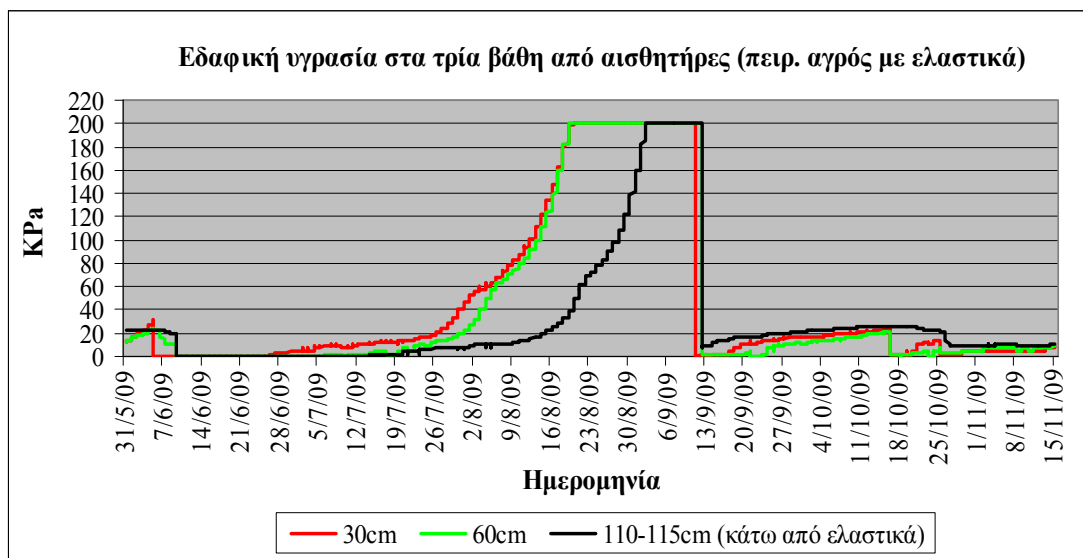
Στον πειραματικό αγρό με τη στρώση των ελαστικών στο βάθος των 60 cm, παρατηρήθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό των μετρήσεων 54.6% όπου το έδαφος ήταν κορεσμένο (εύρος τιμών 0-10 KPa). Αντίστοιχα στο μάρτυρα ήταν 35.5%, μία

διαφορά περίπου 20%. Φαίνεται ότι η στρώση των ελαστικών συγκρατεί το νερό μέσα και πάνω από αυτή, και στη συνέχεια η υγρασία μετακινείται προς τα πάνω και προς τα κάτω και ένα μέρος προσλαμβάνεται από τα φυτά.



Σχήματα 50 & 51 & 52. Ποσοστιαία κατανομή κατηγοριών της εδαφικής υγρασίας ανά επέμβαση στα τρία βάθη που μετρήθηκαν από τους αισθητήρες.

Ακόμη από τα Σχήματα 53 & 54 διαπιστώνεται ότι οι διαφορές στην εδαφική υγρασία εντοπίζονται χρονικά κυρίως το διάστημα από μέσα Ιουλίου έως και τις υψηλές βροχοπτώσεις 11 και 12 Σεπτεμβρίου. Διάστημα στο οποίο τα βαμβακόφυτα βρίσκονται σε περίοδο άνθισης και δημιουργίας καρυδιών με υψηλές ανάγκες σε νερό.



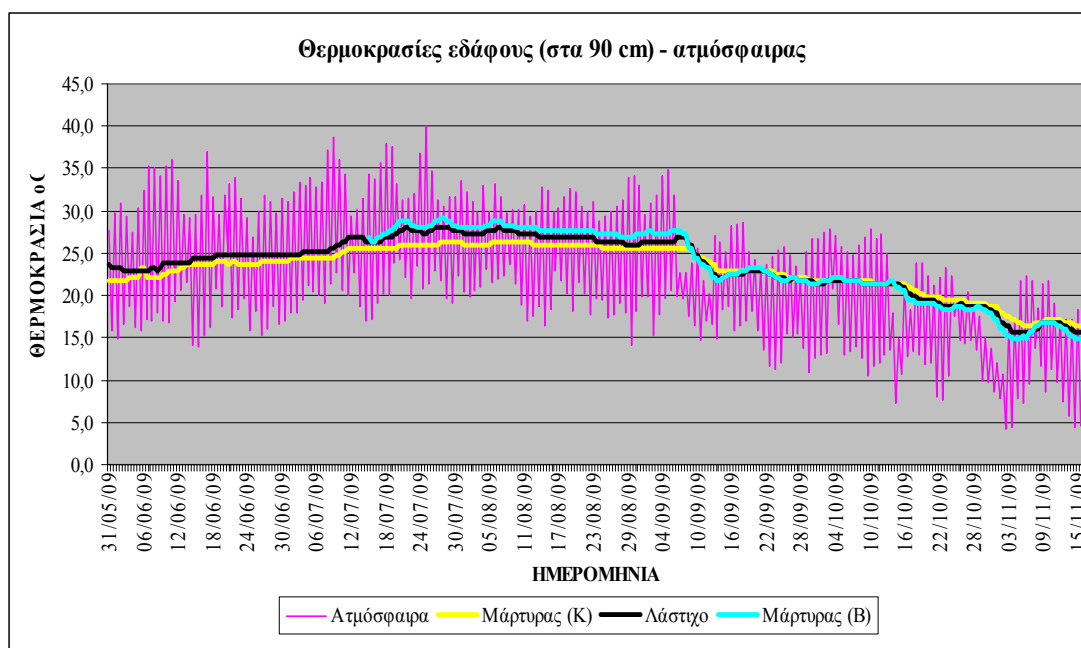
**Σχήματα 53 & 54.** Χρονική μεταβολή της εδαφικής υγρασίας στον πειραματικό αγρό και στο μάρτυρα για τα τρία βάθη κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του βαμβακιού.

Η θερμοκρασία εδάφους μετρήθηκε με αισθητήρες της εταιρείας Spectrum ανά μία ώρα και σε βάθος 90 cm. Επιλέχτηκε το βάθος αυτό ώστε ο αισθητήρας στον αγρό με τα ελαστικά να βρίσκεται μέσα στη στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών. Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε τρεις σταθμούς (1 στο λάστιχο και 2 στο μάρτυρα) από 31-5-2009 έως και τη συγκομιδή 15-11-2009, τα αποτελέσματα



δίνονται στον Πίνακα 4 του Παραρτήματος. Στο σχήμα 55 παρουσιάζεται η χρονική μεταβολή σε σύγκριση με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας από το Μετεωρολογικό Σταθμό Τανάγρας (ΕΑΑ).

Σύμφωνα με τις μετρήσεις το σημαντικότερο είναι ότι οι θερμοκρασίες εδάφους και ατμόσφαιρας δεν αποτέλεσαν περιοριστικό παράγοντα για την καλλιέργεια βαμβακιού. Για τη στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών στο βάθος 90 cm δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη μέτρηση της θερμοκρασίας από το αντίστοιχο βάθος στο μάρτυρα, όπου ήταν και ο λόγος της μέτρησης.



**Σχήμα 55.** Χρονική μεταβολή των θερμοκρασιών εδάφους (βάθους 90 cm) και ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του βαμβακιού.

## 5.3 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ - ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

### Φυτρωτική ικανότητα

Η φυτρωτικότητα των σπόρων είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες καθώς δίνει τον αριθμό των φυτών σε συγκεκριμένη έκταση και στα οποία μετράται η παραγωγικότητα και η απόδοση μιας καλλιέργειας. Στις 20-5-2009 πραγματοποιήθηκε με μηχανή η σπορά των δύο επιφανειών (πειραματικός αγρός και μάρτυρας ταυτόχρονα). Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 95 cm και επί της γραμμής σε κάθε θέση τοποθετήθηκε ένας σπόρος ανά 7 cm (14 σπόροι ανά μέτρο) σε βάθος 2-3 cm. Έτσι σπαρθήκαν 26 γραμμές με σύνολο σπόρων 14500 περίπου στον πειραματικό αγρό με τη στρώση των ελαστικών και 4350 σπόρους στο μάρτυρα. Η φυτρωτικότητα μετρήθηκε σε ένα μήνα από τη σπορά όταν τα φυτά είχαν βγάλει τα πραγματικά φύλλα και τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 44.

Από τον πίνακα διαπιστώνεται η μικρή φυτρωτικότητα των σπόρων που σπάρθηκαν και στις δύο εκτάσεις. Ποσοστά φυτρωτικής ικανότητας 17.4% για τον πειραματικό αγρό με τα ελαστικά και 16.6% για το μάρτυρα είναι πολύ χαμηλά, με επακόλουθο ο μικρός αριθμός φυτών που φύτρωσαν να δώσουν μειωμένη παραγωγικότητα και απόδοση της καλλιέργειας στο σύνολο των εκτάσεων.

**Πίνακας 44.** Σπορά, φυτρωτική ικανότητα και συγκομιδή φυτών για την καλλιέργεια βαμβακιού στις εκτάσεις της έρευνας.

	Αριθμός σπόρων που σπάρθηκαν	Αριθμός φυτών που φύτρωσαν	%	Αριθμός φυτών συγκομιδής	%	Τρόπος σποράς
Πειραματικός αγρός με ελαστικά (Έκταση 1000 m <sup>2</sup> )	14.500	2.527	17,4	2.475	17	σπόρος/7cm
Μάρτυρας (Έκταση 300 m <sup>2</sup> )	4.350	724	16,6	703	16.2	
Μάρτυρας (Αναγωγή σε 1000 m <sup>2</sup> )	14.500	2.407		2.344		

Η διερεύνηση των αποτελεσμάτων ως προς τη φυτρωτική ικανότητα και τον αριθμό των φυτών συγκομιδής μεταξύ των δύο εκτάσεων (πειραματικός αγρός και μάρτυρας) έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ποσοστά φυτρωτικότητας <50% έχουν επίδραση στη μέγιστη απόδοση της καλλιέργειας βαμβακιού, καθώς και καθυστέρηση στη

σπορά μέχρι τις 20 Μαΐου πιθανή είναι η μείωση της απόδοσης κατά 20%. Με χαμηλούς πληθυσμούς φυτών είναι σπάνιο να υπάρχει ομοιόμορφη πυκνότητα και κενά μεγαλύτερα του 1 m έχουν επίδραση στην παραγωγή (Μπαξεβάνος, 2001).

### Απόδοση καλλιέργειας βαμβακιού

Για την απόδοση της καλλιέργειας βαμβακιού μετρήθηκαν δειγματοληπτικά ο συνολικός αριθμός καρυδιών/φυτό, ο αριθμός ανοιχτών καρυδιών/φυτό, το ποσοστό % ανοιγμένων καρυδιών/φυτό και το βάρος καρυδιού. Μετά τη συγκομιδή ζυγίστηκε το σύσπορο βαμβάκι ανά πειραματική έκταση.

Από τα αποτελέσματα που δίνονται στον πίνακα 45, συμπεραίνεται ο μικρός συνολικός αριθμός καρυδιών/φυτό (8.4 και 7.7 για αγρό με ελαστικά και μάρτυρα αντίστοιχα) και ο μικρός αριθμός ανοιχτών καρυδιών/φυτό (6.3 και 5.1) και στις δύο πειραματικές εκτάσεις. Τα αποτελέσματα αυτά οφείλονται στην έλλειψη νερού κατά το στάδιο της ανθοφορίας και παραγωγής των καρυδιών σε ξηρική καλλιέργεια, όπου παρατηρείται σημαντική πτώση ανθών και λιγότερο καρυδιών (Μπαξεβάνος, 2001). Όμως το βάρος του καρυδιού δεν φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά όσο ο αριθμός τους, και κατά μέσο όρο είχε 4.9 gr στον πειραματικό αγρό και 4.8 στο μάρτυρα, με εύρος τιμών για τη χώρα μας σε ποτιστικές καλλιέργειες από 5.2-6.4 gr.

Από τη συγκομιδή του σύσπορου βαμβακιού που πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικά, ο πειραματικός αγρός με τα ελαστικά παρήγαγε σε έκταση 1000 m<sup>2</sup> 72.5 Kgr και ο μάρτυρας σε έκταση 300 m<sup>2</sup> 18.5 Kgr (αναγωγή σε 1 στρέμμα 61.7 Kgr). Δηλαδή ο πειραματικός αγρός με τα ελαστικά είχε απόδοση μεγαλύτερη κατά 17.5% από το μάρτυρα.

**Πίνακας 45.** Στοιχεία που μετρήθηκαν για την απόδοση της καλλιέργειας βαμβακιού στις δύο πειραματικές επιφάνειες.

	Συνολικός αριθμός καρυδιών/φυτό	Αριθμός ανοιχτών καρυδιών/φυτό	% άνοιγμα των καρυδιών	Βάρος καρυδιού (gr)	Συγκομιδή σύσπορου βαμβακιού (Kgr)
Πειραματικός αγρός με ελαστικά (Έκταση 1000 m <sup>2</sup> )	8.4	6.3	75	4.9	72.5
Μάρτυρας (Έκταση 300 m <sup>2</sup> )	7.7	5.1	66.2	4.8	18.5
Μάρτυρας (Αναγωγή σε 1000 m <sup>2</sup> )					61.7

Σε ξηρικές καλλιέργειες βαμβακιού σύμφωνα με το Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων η μέση στρεμματική απόδοση στο σύνολο της χώρας για την τελευταία 10ετία ήταν από 100-200 Kgr, ενώ στην περιοχή του Δήμου Ερυθρών οι αποδόσεις κατά μέσο σε ξηρική καλλιέργεια βαμβακιού δεν ξεπέρασαν το 2009 τα 80-100 Kgr (ΥΠ.Α.Α.Τ, 2010).

### Παραγωγικότητα καλλιέργειας βαμβακιού

Για την παραγωγικότητα της καλλιέργειας βαμβακιού μετρήθηκαν (δειγματοληπτικά 30 φυτά/200 m<sup>2</sup> κατά την ημέρα της συγκομιδής) οι παράμετροι του ύψους των φυτών, η ξηρή βιομάζα του υπέργειου μέρους και εκτιμήθηκε η ξηρή βιομάζα της ρίζας από το αποσπώμενο τμήμα του ριζικού συστήματος με τράβηγμα χειρωνακτικά.

Από τα αποτελέσματα που δίνονται στον πίνακα 46, παρατηρείται η σημαντική διαφορά στην ανάπτυξη των φυτών μέσω της μέτρησης του ύψους, μεταξύ της πειραματικής επιφάνειας και του μάρτυρα. Στις εκτάσεις της έρευνας μετρήθηκαν 620 Kgr/στρέμμα στον πειραματικό αγρό και 592 Kgr/στρέμμα στο μάρτυρα. Οι υψηλές αυτές τιμές οφείλονται στις έντονες βροχοπτώσεις από αρχές Σεπτεμβρίου και μέχρι τη συγκομιδή, όπου βοήθησαν στην αναβλάστηση των βαμβακόφυτων και στη διατήρηση των φύλλων τους.

**Πίνακας 46.** Στοιχεία που μετρήθηκαν για την παραγωγικότητα της καλλιέργειας βαμβακιού στις δύο πειραματικές επιφάνειες.

	Μέσο ύψος φυτών (cm)	Ξηρή βιομάζα υπέργειου μέρους/φυτό (gr)	Εκτίμηση της ξηρής βιομάζας της ρίζας από το αποσπώμενο τμήμα του ριζικού συστήματος με τράβηγμα χειρωνακτικά/φυτό (gr)
Πειραματικός αγρός με ελαστικά (Εκταση 1000 m <sup>2</sup> )	84,3	620 Kgr/στρέμμα	55,7 (18,2%)
Μάρτυρας (Εκταση 300 m <sup>2</sup> )	68,9	592 Kgr/στρέμμα	50,9 (16,8%)

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η επίδραση της χρήσης φθαρμένων ελαστικών αυτοκινήτων στις φυσικές και χημικές ιδιότητες εδαφών που καλλιεργήθηκαν με βαμβάκι καθώς και οι τυχόν περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

➔ Παρατηρείται αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ως αποτέλεσμα της καλλιέργειας και της εφαρμογής των λιπάνσεων κατά τη χρονική διάρκεια του πειράματος. Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του ελαστικού στις τιμές αυτές, σε σχέση με το μάρτυρα.

➔ Η γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων δείχνει ότι υπάρχει μια έντονη χωρική μεταβολή των τιμών του  $\text{CaCO}_3$ , με την επιφάνεια του μάρτυρα να εμφανίζει σχεδόν διπλάσιες τιμές, σε σχέση με την επιφάνεια του πειραματικού των ελαστικών και στις δυο δειγματοληψίες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη μεταβολή του εδαφικού τύπου ανάμεσα στο πειραματικό με τα ελαστικά και το μάρτυρα, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και από την εδαφολογική μελέτη της περιοχής.

➔ Τα εδάφη της μελέτης χαρακτηρίζονται από ασθενώς αλκαλικά έως αλκαλικά ενώ παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση του pH, σε σχέση με το χρόνο, επιβεβαιώνοντας το συμπέρασμα ότι η καλλιέργεια μπορεί να οδηγήσει σε πτώση του pH η οποία κυμαίνεται από 0.3 έως 0.4. Επίσης η χρήση των ελαστικών δεν φαίνεται να προκάλεσε καμία μεταβολή στις τιμές του pH.

➔ Η ανάμιξη του εδάφους κατά τη διάρκεια προετοιμασίας του πειραματικού τεμαχίου φαίνεται να μην προκάλεσε έντονες μεταβολές στις εδαφικές ιδιότητες λόγω του νεαρού της ηλικίας των εδαφών (Entisols) και της απουσίας διαγνωστικών οριζόντων. Το γεγονός αυτό ενισχύεται και από τις υψηλότερες τιμές της οργανικής ουσίας οι οποίες παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια μετά την αναμόχλευση του εδάφους.

➔ Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι οι τιμές του φωσφόρου βρίσκονται στην πλειοψηφία τους σε υψηλότερα επίπεδα από τα 10 - 12 ppm που θεωρούνται τα όρια επάρκειας για το φώσφορο και επομένως τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως οριακά επαρκώς εφοδιασμένα σε αφομοιώσιμο φώσφορο. Σε κάθε περίπτωση η αύξηση της διαθεσιμότητας του φωσφόρου στη δεύτερη δειγματοληψία συνοδεύεται από ταυτόχρονη μείωση του Ca, η οποία οδηγεί σε

αύξηση της διαλυτότητας του φωσφόρου στο έδαφος. Η διαθεσιμότητα του φωσφόρου καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα της εδαφικής υγρασίας. Υψηλότερα ποσοστά υγρασίας οδηγούν σε υψηλότερα επίπεδα διαθέσιμου φωσφόρου. Η παρουσία του ελαστικού στο πειραματικό προκαλεί μεταβολή της κατανομής της εδαφικής υγρασίας με το βάθος, όπου παρατηρούνται υψηλότερα ποσοστά υγρασίας στην επιφάνεια και χαμηλότερα στο βάθος κάτω από τη στρώση του ελαστικού σε σχέση με το μάρτυρα. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο ο διαθέσιμος φώσφορος πριν και μετά την καλλιέργεια εμφανίζει ακριβώς τις ίδιες μέσες τιμές στο βάθος, εξαιτίας της παρουσίας του ελαστικού ενώ στο μάρτυρα αυξάνεται κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.

➔ Παρατηρείται σημαντική μείωση των ανταλλάξιμων κατιόντων λόγω της απομάκρυνσής τους με την καλλιέργεια και την κατακόρυφη διήθηση του νερού. Σε κάθε περίπτωση οι τιμές των ανταλλάξιμων κατιόντων είναι υψηλότερες στο μάρτυρα σε σχέση με το πειραματικό με τα ελαστικά που δείχνει ότι η απομάκρυνση τους από την επιφάνεια και η μετακίνηση τους στα βαθύτερα στρώματα είναι εντονότερη στην πρώτη περίπτωση. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται από τις τιμές του ασβεστίου στις οποίες η επίδραση του ελαστικού είναι στατιστικά σημαντική.

➔ Οι τιμές του διαθέσιμου Cu χαρακτηρίζονται ως ικανοποιητικές πάνω από τα όρια επάρκειας, ενώ του Fe εμφανίζονται ιδιαίτερα χαμηλές ως αποτέλεσμα του υψηλού pH και της μεγάλης περιεκτικότητας του εδάφους σε  $\text{CaCO}_3$ . Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα ελαστικά, οχτώ μήνες μετά την εφαρμογή τους στο έδαφος, δεν οδήγησαν σε αύξηση των τιμών αυτών των ιχνοστοιχείων.

➔ Χαμηλές τιμές Zn παρατηρήθηκαν και στις 2 δειγμ/ψίες με αύξησή τους όμως στο βάθος κατά τη διάρκεια της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά ως αποτέλεσμα της απελευθέρωσης μικρών ποσοτήτων Zn από τα τεμαχίδια του ελαστικού. Είναι γνωστό ότι ο Zn προστίθεται ως ZnO στο πέγμα των ελαστικών με μέση περιεκτικότητα 1.2%. Παρόλα αυτά οι εδαφικές ιδιότητες (pH,  $\text{CaCO}_3$ ) παρεμποδίζουν την αύξηση της ποσότητας των διαθέσιμων μορφών Zn στο έδαφος, οι οποίες σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικά χαμηλότερες από τα όρια επάρκειας.

➔ Οι τιμές του διαθέσιμου Pb, ο οποίος μπορεί να προέλθει από την χρήση των ελαστικών παραμένουν σταθερές ή ελαφρώς μειούμενες, όπως προκύπτει από τις μη στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάλογα με την επέμβαση. Οι συγκεντρώσεις του Pb που καταγράφηκαν στο μάρτυρα και στο πειραματικό με τα ελαστικά τόσο επιφανειακά όσο και υποεπιφανειακά κυμαίνονταν από 2.28 ppm έως 3.33 ppm. Τα

επίπεδα αυτών των τιμών είναι ιδιαίτερα χαμηλά ώστε να εμφανίσουν οποιαδήποτε σημαντική επίδραση στην ποιότητα του εδάφους ή την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων.

➡ Ο ρόλος της εδαφικής υγρασίας στην ανάπτυξη και απόδοση των φυτών είναι καθοριστικός. Από τη μέτρησή της στο επιφανειακό βάθος των 16cm είχε κατά πλειοψηφία μεγαλύτερες τιμές στον πειραματικό αγρό με τη στρώση των ελαστικών σε σχέση με το μάρτυρα, κυρίως δε την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου όπου δεν υπάρχουν αρδεύσεις ή βροχοπτώσεις. Στατιστικά σημαντική διαφορά καταγράφηκε στις δύο από τις τρεις γραμμικές σειρές που μετρήθηκαν. Από το αυτοματοποιημένο δίκτυο καταγραφής της εδαφικής υγρασίας με αισθητήρες στα βάθη 30, 60 και 110-115 cm (κάτω από τη στρώση των ελαστικών) καταγράφηκαν περισσότερες τιμές για όλα τα βάθη στο εύρος 0-60 centibars (KPa) (υγρή κατάσταση του εδάφους) στον πειραματικό αγρό με τη στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών σε σύγκριση με το μάρτυρα. Αντίθετα, στο εύρος τιμών 81-200 KPa (ξηρή κατάσταση του εδάφους) καταγράφηκαν περισσότερες τιμές στο μάρτυρα. Η μεγαλύτερη διαφορά περίπου 20% υπέρ του πειραματικού αγρού, για την υγρή κατάσταση του εδάφους, παρατηρήθηκε στο βάθος των 60cm που αιτιολογείται από την τοποθέτηση της στρώσης των ελαστικών.

➡ Με τη μέτρηση της θερμοκρασίας σε βάθος 90cm (μέσα στη στρώση των ελαστικών) αλλά και της ατμόσφαιρας από το μετεωρολογικό σταθμό της Τανάγρας διαπιστώθηκαν οι καλές συνθήκες σποράς, φυτρώματος, ανάπτυξης και παραγωγής των βαμβακόφυτων.

➡ Από τους παράγοντες που μετρήθηκαν για την παραγωγικότητα και την απόδοση της καλλιέργειας του βαμβακιού, η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων αποδείχθηκε πολύ χαμηλή με ποσοστά γύρω στο 17% και για τους δύο αγρούς. Η απόδοση της καλλιέργειας ως ξηρικής με τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας κρίνεται ως θετική. Κι αυτό επειδή η παραγωγή στον πειραματικό αγρό ήταν 72,5 Kgr/στρέμμα, απόδοση μεγαλύτερη κατά 17.5% από το μάρτυρα, του οποίου η παραγωγή ήταν 61,7 Kgr/στρέμμα ενώ ο μέσος όρος παραγωγής στον Δήμο Ερυθρών είναι 80-100 Kgr/στρέμμα. Η παραγωγικότητα της καλλιέργειας βαμβακιού σύμφωνα με το ύψος των φυτών, στον πειραματικό αγρό ήταν μεγαλύτερη από του μάρτυρα με σημαντική διαφορά. Ως προς την ξηρή βιομάζα του υπέργειου μέρους των φυτών δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των δύο αγρών.

✦ Η προσθήκη φθαρμένων ελαστικών σε εδάφη και η επίδρασή τους στις εδαφικές ιδιότητες και το περιβάλλον εξακολουθεί να αποτελεί θέμα συνεχών ελέγχων. Όπως προκύπτει από την παρούσα μελέτη και σε συνδυασμό με βιβλιογραφικά δεδομένα η επίδραση των ελαστικών στις εδαφικές ιδιότητες προέκυψε έμμεσα από τις μεταβολές στα ποσοστά της εδαφικής υγρασίας. Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην παρούσα μελέτη προέκυψαν ελάχιστες και σε κάθε περίπτωση εντός των επιτρεπτών ορίων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μελέτη αυτή έγινε με βάση τα δεδομένα μιας καλλιεργητικής περιόδου και θα πρέπει για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων η επίδραση των ελαστικών να μελετηθεί και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Επίσης προτείνεται η παρούσα μελέτη να επεκταθεί και σε διαφορετικούς εδαφικούς τύπους με διαφορετικές πεδοκλιματικές συνθήκες με σκοπό την δημιουργία βάσης δεδομένων, στην οποία θα είναι καταχωρημένες χρονοσειρές από τις διαφορετικές πειραματικές επιφάνειες. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για τη πληρέστερη διερεύνηση του θέματος της επαναχρησιμοποίησης και αξιοποίησης των μεταχειρισμένων ελαστικών των αυτοκινήτων στα πλαίσια ευρύτερης εφαρμογής, ώστε η διαχείριση αυτών των αποβλήτων να αποτελεί μια πραγματικά εναλλακτική λύση με σεβασμό στο περιβάλλον.



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- Βλάχος Β., 2004.** Καλλιέργεια του Βαμβακιού: Βασικές εργασίες ενός ετήσιου καλλιεργητικού προγράμματος, Περιοδικό ΓΕΩΡΓΙΑ- Κτηνοτροφία 10/2004, p.17-20
- Γαλανοπούλου - Σενδούκα Στ., 2002.** Βιομηχανικά Φυτά, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, p.234
- Δαβάρης Δ., 1996.** Έκθεση καλλιέργειας βαμβακιού έτους 1996, Οργανισμός Βάμβακος, Τμήμα Καλλιέργειας, στο Περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία, Ειδική Ετήσια Έκδοση, Βαμβάκι 2000, p.99-100
- Δούνας, Α., Καλλέργης, Γ., Μόρφης, Α., Παγούνης, Μ. 1978.** Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης μέσου ρου του Ασωπού ποταμού. Αθήνα, Εκδόσεις Ι.Γ.Μ.Ε
- Ε.Α.Α, 2010,** Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών - Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος  
@ <http://penteli.meteo.gr/meteosearch/default.asp>
- Ε.Ε. Δ. Σ.Α, 2005,** Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων  
@ <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?catid=50&lang=gr>
- ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε, 1992.** Εδαφολογική Μελέτη Νομού Βοιωτίας (Κλίμακα 1:100000), Χαρτογράφηση Μηχανογράφηση αξιολόγηση των εδαφών της Βοιωτίας, Ινστιτούτο Εδαφολογίας Αθηνών, Λυκόβρυση Αττικής
- ΕΚΠΑΑ, 2008.** Κατάλογος Νομοθεσίας Διάθεση και Ανακύκλωση Αποβλήτων, Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης, Αθήνα
- Θέος Ν., 2008.** Υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης του Ασωπού ποταμού, Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- Μαριολόπουλος, Η.Γ., 1982.** Το κλίμα της Ελλάδος, Αθήνα
- Μιγκίρος Γ., 2008.** Διαχείριση νερού ως φυσικός πόρος, στο 1<sup>ο</sup> Αναπτυξιακό Συνέδριο Ν. Καρδίτσας, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καρδίτσας, 8-10 Φεβρουαρίου 2008
- Μιμίκου Μ.Α., 2009.** Οι υδάτινοι πόροι της Ελλάδας: Παρόν και μέλλον, στην Ημερίδα «Το Νερό στην Εποχή της Κλιματικής Αλλαγής», Ίδρυμα Ευγενίδου, 9 Δεκεμβρίου 2009.
- Μισοπολινός, Ν.Δ., 1991.** Προβληματικά Εδάφη. Μελέτη-Πρόληψη-Βελτίωση. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη Θεσσαλονίκη. Β' Έκδοση, σελ. 188.

- Μουντράκης Δ., 1983.** Η Γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής Ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των εσωτερικών Ελληνίδων. Διατριβή επί Υψηγεία, Παν/μιο Θεσσαλονίκης, p.289
- Μπαξεβάνος Δ., 2001,** – D & PL Ελλάς ΕΠΕ, «Η ποιότητα του βαμβακόσπορου, η σπορά και η εγκατάσταση της φυτείας του βαμβακιού», MarketAgri – No 3/2001.
- Κανακόπουλος Δ., 2005.** Επεξεργασία Ελαστικών Αποβλήτων, Τεχνολογία περιβάλλοντος στην 5<sup>η</sup> Διεθνή Έκθεση HELECO 05, ΤΕΕ, 3-6 Φεβρουαρίου 2005.
- Κατερίνης Στ., 2000.** Άρδευση του Βαμβακιού, Περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία, Ειδική Ετήσια Έκδοση, Βαμβάκι 2000, p.98-107
- Οικονόμου Ν. & Μαυρίδου Σ., 2008,** «Χρήση φθαρμένων ελαστικών σε έργα πολιτικού μηχανικού», 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008.
- Οικονόμου Ν., Στεφανίδου Μ. & Μαυρίδου Σ., 2006,** «Βελτίωση της πρόσφυσης ανακυκλωμένων ελαστικών αυτοκινήτων σε προϊόντα τσιμέντου» 15ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου, 2006.
- Πανώρας Αθ. Γ., 1996.** Άρδευση του Βαμβακιού, Περιοδικό ΓΕΩΡΓΙΑ-Κτηνοτροφία 1/1996, p.46-49
- Πολυζόπουλος Ν., 1976.** Εδαφολογία, Αφοί Π. Σακκουλά, Θεσσαλονίκη ΥΠΑΑΤ, 2010. Η εξέλιξη της καλλιέργειας του σύσπορου βαμβακιού, Δ/ση Αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης,, Αθήνα
- ΥΠΑΑΤ, 2002.** Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Ελλάδας, Δ/ση Υδατικού Δυναμικού, Αθήνα
- ΥΠΑΑΤ, 2010.** Η εξέλιξη της καλλιέργειας του σύσπορου βαμβακιού, Δ/ση Αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης  
@ ([http://www.minagric.gr/greek/agro\\_pol/bambaki.htm](http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/bambaki.htm))
- ΦΕΚ Α' 81/5.3.2004, ΠΔ 116/2004.** «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, των χρησιμοποιημένων ανταλλακτικών τους και των απενεργοποιημένων καταλυτικών μετατροπέων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/53/ΕΚ «για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους» του Συμβουλίου της 18ης Σεπτεμβρίου 2000 ».

- ΦΕΚ 1145B/28-07-2004, ΥΑ 106157/04.** «Έγκριση του συλλογικού συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης της Ecoelastika».
- ΦΕΚ 1909B/22-12-2003, ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727.** «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων / Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης». Ενσωμάτωση της Οδηγίας Πλαίσιο 91/156/ΕΟΚ .
- Φραγκόπουλος Ι., 1992,** Οριστική υδρογεωλογική μελέτη επαρχίας Θηβών , ΙΓΜΕ.
- Χαρτζουλάκης Κ., Μπερτάκη Μ., 2009.** Ορθολογική διαχείριση του νερού άρδευσης: Αναγκαιότητα για αειφόρο αγροτική ανάπτυξη. Πρακτικά 23ου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών - Τεύχος Α, 2009- ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών, 73100 Χανιά, Κρήτης
- Alloway B.J., 2008.** Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA Publications. International Zinc Association, Brussels, pp:139
- Alloway B.J., 1995.** Heavy metals in soils, Blackie, Academic and Professional, London-Glasgow-Weinhein-New York-Tokyo-Melbourne, 2nd ed., pp: 368
- Atafar Z., Alireza M., Jafar N., Mehdi H., Masoud Y., Mehdi Ah., Amir H. M., 2010.** 'Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration', Environmental Monitoring and Assessment, 160 (1), p.83-89.
- Billett, M. F., Parker-Jervis F., Fitzpatrick E. A., Cresser M. S., 1990.** 'Forest soil chemical changes between 1949/50 and 1987', European Journal of Soil Science, 41 (1), p.133-145.
- Bouyoucos, G. H., 1951.** A Recalibration of the Hydrometer for making Mechanical Analysis of Soils, Agronomy J. 43: 438.
- Bowman, R. A., Reeder, J. D., And Lober, R. W., 1990.** 'Changes in Soil Properties in A Central Plains Rangeland Soil After 3, 20, and 60 Years of Cultivation1', Soil Science, 150 (6), p.851-857.
- Bowman, D.C., Evans, R.Y., Dodge, L.L., 1994.** Growth of chrysanthemum with ground automobile tires used as a container amendment. Hortscience 29, 774–776 .
- Bremner, J.M. & Mulvaney C.S., 1982,** Total nitrogen in A.L.Page, R.H.Miller, and D.R.Keeney (ed.): Methods of Soil Analysis (Part 2): Chemical and Microbiological Properties, 2nd edn., ASA, SSSA, Madison, WI, pp. 595-624.
- Cadle, S.H., Williams, R.L., 1978.** Gas and particle emissions from automobile tires in laboratory and field studies. Rubber Chemistry and Technology 52, 146–158.

- Cadle, S.H., Williams, R.L., 1980.** Environmental degradation of tire-wear particles. *Rubber Chemistry and Technology* 53, 903–914.
- Conant, Richard T., Paustian, Keith, Del Grosso, Stephen J., Parton, William J., 2005.** 'Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon', *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 71 (3), p.239-248.
- Constable, GA, Rochester, IJ, and Cook, JB., 1988.** 'Zinc, copper, iron, manganese and boron uptake by cotton on cracking clay soils of high pH', *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 28 (3), p.351-356.
- Davey, B. G. & Conyers, M. K., 1988.** Determining the pH of acid soils. *Soil Science* 146, 141-150.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1979.** Yield response to water. FAO Irrigation and Drain, Paper 33. Rome, Italy, 193 pp.
- Duchaufour, Ph., 1960.** *Precis de Pedologie*. Masson, Paris, pp : 438
- ECOELASTICA @ [www.ecoelastica.gr](http://www.ecoelastica.gr)**
- Edil, T.B. & Bosscher, P.J., 1992.** Development of engineering criteria for shredded waste tires in highway applications, Final Report Research Project No. WI 14-9.
- EEA, European Environmental Agency, 2003.** EMEP/CORINAIR, Emission Inventory Guidebook , Groups 0707–0708: Non Exhaust Particles from Transport and Road Wear. <http://reports.eea.europa.eu/emepcorinairs/en/page002.html>
- ETRA, 2006.** Trends in Tyre Recycling, in Tyre technology International, European Tyre Recycling Association, Wed, 29 Nov 2006 @ <http://www.etra-eu.org/>
- EU 2003/138/EC COMMISSION DECISION** establishing component and material coding standards for vehicles pursuant to Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council on end-of-life vehicles
- EU. Directive 2000/76/EC** of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste, OJ L 332, 28.12.2000, p. 91–111
- EU. Directive 2000/60/EC** of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy; 2000
- EU. Directive 2000/53/EC** of the European Parliament and of the Council Of 18 September 2000 On End-Of Life Vehicles, OJ L 269, 21.10.2000, p. 34
- EU. Directive 1999/31/EC** of 26 April 1999 on the landfill of waste, Official Journal L 182 , 16/07/1999 p. 0001 - 0019

- Ewers, M., 1991.** Metals and their compounds in Environment: Occurrence Analysis and Biological Relevance. VCH, Publisher, New York (USA).
- Fausser, P., 1999.** Particulate Air Pollution with Emphasis on Traffic Generated Aerosols. Thesis. Riso National Laboratory, Technical University of Denmark, Roskilde.
- Fausser, P., Tjell, J.C., Mosbaek, H., Pilegaard, K., 2002.** Tire-tread and bitumen particle concentrations in aerosol and soil samples, *Petroleum Science and Technology* 20, 127–141.
- Girma, T., 1998.** Effect of cultivation on physical and chemical properties of a Vertisol in Middle Awash Valley, Ethiopia, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29, p.287-295,
- Giuffréde López Carnelo, Lidia, de Miguez, Silvia Ratto, and Marbán, Liliana, 1997.** 'Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina', *Science of The Total Environment*, 204 (3), p.245-250.
- Hallbacken L. & Tamm C.O., 1986.** Changes in soil acidity from 1927-1982/84 in a forested area of south west Sweden, *Scandinavian Journal of Forest Research* 1, 219-232.
- Hamdy, Atef, Abu-Zeid, Mahmoud, and Lacirignola, C., 1995.** 'Water Crisis in the Mediterranean: Agricultural Water Demand Management', *Water International*, 20 (4), p.176 - 187.
- Huang, Shao-Wen & Jin, Ji-Yun, 2008.** 'Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use', *Environmental Monitoring and Assessment*, 139 (1), p.317-327.
- Humphrey, Dana & Katz, Lynn, 2000.** 'Water-Quality Effects of Tire Shreds Placed Above the Water Table: Five-Year Field Study', *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1714 (-1), p.18-24.
- Jaiyeoba, I. A., 2003.** 'Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah', *Soil and Tillage Research*, 70 (1), p.91-98.
- James, D.W., & K.L. Wells. 1990.** Soil sample collection and handling: Techniques based on source and degree of field variability. Pp: 25-44. *In*: R.L. Westerman (ed.) soil testing and plant analysis. 3<sup>rd</sup> ed. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Ju, X. T., Kou, C. L., Christie, P., Dou, Z. X., Zhang, F. S., 2007.** 'Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two

- contrasting intensive cropping systems on the North China Plain', *Environmental Pollution*, 145 (2), p.497-506.
- KemI, 2003.** HA Oils in Automotive Tyres – Prospects for a National Ban. Report on a Government Commission. The Swedish National Chemicals Inspectorate, Solna, 105 pp.
- Kiekens, L, 1995.** Zinc, in Alloway, B.J. (ed.) *Heavy Metals in Soils* (2 edn.), Blackie Academic and Professional, London, pp 284 -305.
- Kim, M.G., Yagawa, K., Inoue, H., Lee, Y.K., Shirai, T., 1990.** Measurement of tire tread in urban air by pyrolysis–gas chromatography with flame photometric detection. *Atmospheric Environment Part A – General Topics* 24, 1417–1422.
- Kocková, E., Palát, M., & Betusová, M., 1996.** 'Bioelements and heavy metals in dry and wet depositions at some localities in the morava river basin', *Water Science and Technology*, 33 (4-5), p.277-283.
- Koçyiğit, Rasim & Uz, Buket Yetgin, 2010.** 'Long-Term Cultivation Effects on Biological C and N Fractions in a Fluvaquentic Haplustolls of Semi-arid Region of the Northern Turkey', *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41 (6), p.757-767.
- Kuylenstierna J.C.L. & Chadwick M.J., 1991.** Increases in soil acidity in north west Wales between 1957 and 1990. *Ambio* 20, 118-119.
- Li, Zhenbin & Shuman, Larry M., 1996a.** 'EXTRACTABILITY OF ZINC, CADMIUM, AND NICKEL IN SOILS AMENDED WITH EDTA.', *Soil Science*;161(4): p.226-232
- Li, Zhenbin & Shuman, Larry M., 1996b.** 'Mobility of Zn, Cd and Pb in soils as affected by poultry litter extract, leaching in soil columns', *Environmental Pollution*, 95 (2), p.219-226.
- Lin, C. G., 1996.** *Soil pollution and its control* (In Chinese), Beijing: Chinese Agricultural Press, pp 44– 58.
- Lindsay, W.L. & Norvell W.A., 1978.** Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:421–428
- McLean, F., 1982.** Soil pH and Lime requirement. In A.L.Page (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* Agronomy, 9 : p.199 – 223

- Mikhailova E.A., Bryant R.B., Vassenev I.I., Schwager S.J. and Post C.J., 2000.** Cultivation effects on soil carbon and nitrogen contents at depth in the Russian Chernozem, *Soil Sci. Soc. Am. J.* **64** (2000), pp. 738–745.
- Misra, Ap. & Tyler, G., 1999.** 'Influence of Soil Moisture on Soil Solution Chemistry and Concentrations of Minerals in the Calcicoles Phleum phleoides and Veronica spicata Grown on a Limestone Soil', *Ann Bot*, 84 (3), p.401-410.
- Moreno, T., Querol, X., Alastuey, A., Ballester, F., Gibbons, W., 2007.** Airborne particulate matter and premature deaths in Europe: the new WHO guidelines and the challenge ahead as illustrated by Spain. *European Journal of Epidemiology* 22, 1–5.
- Mullins G.L. & Burmester C.H., 1993.** 'Accumulation of copper, iron, manganese and zinc by four cotton cultivars', *Field Crops Research*, 32 (1-2), p.129-140.
- Mullins G.L. & Burmester C.H., 1990.** Dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation by four cotton varieties, *Agron. J.* **82** (1990), pp. 729–736
- MWH, 2004.** End-of-Life Tyre Management: Storage Options, Final Report for the Ministry for the Environment, Ministry for the Environment and Ministry of Economic Development, New Zealand
- NCCA, 2010,** National Cotton Council of America, Cotton Crop Databases @ <http://www.cotton.org/econ/cropinfo/cropdata/index.cfm>
- Nelson, D.W. & Sommers, L.E., 1982.** Total carbon, organic carbon, and organic matter, In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 538-580.
- Newman, S.E., Panter, K.L., Roll, M.J., 1997.** Growth and nutrition of geraniums grown in media developed from waste tire components. *Hortscience* 32, 674–676.
- Nicholson, F. A., Alloway B.J, Carlton-Smith C., Chambers B.J., 2003.** 'An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales', *The Science of The Total Environment*, 311 (1-3), p.205-219.
- Olsen S R.. & Sommers L.E. 1982.** Phosphorus, In: *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Propertie*. A.L. Page, R.H. Miller & D.R. Keeney (Eds). Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 403-427

- Pushparajah, E., Bachik, A.T., 1987.** Management of acid soil in southeast Asia. In: Latham, M. (Ed.), Proceedings of the IBSRAM Conference on Land Development—Management of Acid Soils, vol. 4, Bangkok, Thailand.
- Pandey, J. & Pandey, Usha, 2009.** 'Accumulation of heavy metals in dietary vegetables and cultivated soil horizon in organic farming system in relation to atmospheric deposition in a seasonally dry tropical region of India', Environmental Monitoring and Assessment, 148 (1), p.61-74.
- Passioura, John B., 2002.** 'Environmental biology and crop improvement', Functional Plant Biology, 29 (5), p.537-546.
- Pipilikaki P., Katsioti M., Papageorgiou D., Fragoulis D., Chaniotakis E., 2005.** 'Use of tire derived fuel in clinker burning', Cement and Concrete Composites, 27 (7-8), p.843-847.
- Prodromou, K.P. & Pavlatou-Ve, A.S., 1998.** 'Changes in soil pH due to the storage of soils', Soil Use and Management, 14 (3), p.182-183.
- Rhoades, J.D., 1982.** Cation exchange capacity. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 149-158.
- Rochester, Ian, 2007.** 'Nutrient uptake and export from an Australian cotton field', Nutrient Cycling in Agroecosystems, 77 (3), p.213-223.
- Schulz, M., 1987.** Effects of ground rubber on *Phaseolus vulgaris*. Zeitschrift fur Pflanzennahrung und Bodenkunde 150, 37–41.
- Snyder, R.L., Lanini, B.J., Shaw, D.A., and Pruitt, W.O., 1989a.** Using Reference Evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and Crop Coefficients to Estimate Crop Evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) for Agronomic Crops, Grasses and Vegetable Crops. *Leaflet No. 21427*, Cooperative Extension, University of California. Berkeley, California.
- Sharpley, A. N. & Smith, S. J., 1983.** 'Distribution of Phosphorus Forms in Virgin and Cultivated Soils and Potential Erosion Losses', Soil Sci Soc Am J, 47 (3), p.581-586.
- Smolders, Erik & Degryse, Fien , 2002.** 'Fate and Effect of Zinc from Tire Debris in Soil', Environmental Science & Technology, 36 (17), p.3706-3710.
- Snyder, R.L., Lanini, B.J., Shaw, D.A., and Pruitt, W.O., 1989b.** Using Reference Evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and Crop Coefficients to Estimate Crop



Evapotranspiration (ETc) for Trees and Vines. *Leaflet No. 21428*, Cooperative Extension, University of California. Berkeley, California.

**Soil Survey Staff, 2003**, Keys to Soil Taxonomy, 9th edition. U.S Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

**Soil Survey Staff. 2010**. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed U.S Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

**Thomas, G.W., 1982**. Exchangeable cations. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 159-166.

**Viets F.G. and Lindsay W.L., 1983**. Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. In: L.M. Walsh and J. Beaton, Editors, *Soil Testing and Plant Analysis*, Soil Science Society of America, Madison (1973), pp. 153–172.

**Voparil, I.M., Burgess, R.M., Mayer, L.M., Tien, R., Cantwell, M.G., Ryba, S.A., 2004**. Digestive bioavailability to a deposit feeder ( *Arenicola marina* ) of polycyclic hydrocarbons associated with anthropogenic particles. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23, 2618–2626.

**Vu, D., Tang, C., & Armstrong, R., 2010**. 'Transformations and availability of phosphorus in three contrasting soil types from native and farming systems: A study using fractionation and isotopic labeling techniques', *Journal of Soils and Sediments*, 10 (1), p.18-29.

**Walkley A. 1947**. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. Effects of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents, *Soil Science*. 63: 251-263.

**Wang Jianfei , Zhou Yi, Caixia Dong, Qirong Shen and Ramesh Putheti, 2009**. Effects of  $\text{NH}_4^+$ -N/  $\text{NO}_3^-$ -N ratios on growth, nitrate uptake and organic acid levels of spinach (*Spinacia oleracea* L.), *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (15), pp. 3597-3602

**Wang, Q., Zhang L., Li L., Bai Y., Cao J., Han X., 2009**. 'Changes in carbon and nitrogen of Chernozem soil along a cultivation chronosequence in a semi-arid grassland', *European Journal of Soil Science*, 60 (6), p.916-923.

**Wei Xiaorong, Hao Mingde, Shao Mingan, Gale William J., 2006**. 'Changes in soil properties and the availability of soil micronutrients after 18 years of cropping and fertilization', *Soil and Tillage Research*, 91 (1-2), p.120-130.

- Wei, X., Vajrala, N., Hauser, L., Sayavedra-Soto, L. A. & Arp, D. J., 2006.** Iron nutrition and physiological responses to iron stress in *Nitrosomonas europaea*. *Arch Microbiol* **186**, 107–118
- Wik, Anna & Dave, Göran, 2009.** 'Occurrence and effects of tire wear particles in the environment - A critical review and an initial risk assessment', *Environmental Pollution*, 157 (1), p.1-11.
- WRAP, 2006.** Used tyres in agriculture – use, storage and recycling options, in New rules on agricultural waste - Duty of Care, Waste and Resources Action Programme, UK Environment Agency, England and Wales.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1. Γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας

Σημείο Δειγμ/ψίας	Γεωγραφικό μήκος	Γεωγραφικό πλάτος
T1A	23°21'25.97''	38°15'28.739''
T1B	23°21'25.94''	38°15'28.503''
T1Γ	23°21'25.937''	38°15'28.251''
T2A	23°21'26.104''	38°15'28.729''
T2B	23°21'26.087''	38°15'28.485''
T2Γ	23°21'26.065''	38°15'28.241''
T3A	23°21'26.294''	38°15'28.715''
T3B	23°21'26.268''	38°15'28.474''
T3Γ	23°21'26.251''	38°15'28.227''
T4A	23°21'26.442''	38°15'28.697''
T4B	23°21'26.435''	38°15'28.46''
T4Γ	23°21'26.418''	38°15'28.212''
T5A	23°21'26.642''	38°15'28.691''
T5B	23°21'26.63''	38°15'28.443''
T5Γ	23°21'26.589''	38°15'28.198''
T6A	23°21'26.776''	38°15'28.688''
T6B	23°21'26.759''	38°15'28.436''
T6Γ	23°21'26.747''	38°15'28.188''
T7A	23°21'26.952''	38°15'28.681''
T7B	23°21'26.94''	38°15'28.426''
T7Γ	23°21'26.923''	38°15'28.174''
T8A	23°21'27.109''	38°15'28.671''
T8B	23°21'27.097''	38°15'28.423''
T8Γ	23°21'27.08''	38°15'28.163''
T9A	23°21'27.276''	38°15'28.664''
T9B	23°21'27.259''	38°15'28.409''
T9Γ	23°21'27.252''	38°15'28.157''
T10A	23°21'27.447''	38°15'28.661''
T10B	23°21'27.421''	38°15'28.391''
T10Γ	23°21'27.409''	38°15'28.146''
MA1	23°21'27.603''	38°15'28.594''
MA2	23°21'27.729''	38°15'28.595''
MA3	23°21'27.84''	38°15'28.588''
MA4	23°21'27.957''	38°15'28.585''
MA5	23°21'28.063''	38°15'28.578''
MB1	23°21'27.596''	38°15'28.308''
MB2	23°21'27.707''	38°15'28.301''
MB3	23°21'27.828''	38°15'28.294''
MB4	23°21'27.95''	38°15'28.29''
MB5	23°21'28.061''	38°15'28.287''

**Πίνακας 2.** Μετρήσεις εδαφικής υγρασίας στο επιφανειακό βάθος 16cm ανά γραμμική σειρά.

Υγρασία (%) σε βάθος 16 cm						
Ημερομηνία μετρήσεων	1 <sup>η</sup> σειρά (νότια)		2 <sup>η</sup> σειρά (κέντρο)		3 <sup>η</sup> σειρά (βόρεια)	
	Αγρός με ελαστικό	Μάρτυρας	Αγρός με ελαστικό	Μάρτυρας	Αγρός με ελαστικό	Μάρτυρας
<b>10/6/09</b>	32,41	33,77	30,91	34,43	24,69	22,02
<b>28/6/09</b>	30,95	31,62	28,79	32,55	22,23	19,85
<b>15/7/09</b>	25,51	24,15	23,93	26,92	14,80	11,58
<b>1/8/09</b>	16,44	11,77	17,68	22,72	13,13	10,03
<b>12/8/09</b>	16,05	14,17	14,62	17,90	9,85	7,93
<b>5/9/09</b>	14,68	12,37	12,68	15,73	9,02	7,27
<b>25/9/09</b>	30,09	23,82	25,70	26,30	22,68	17,82
<b>28/10/09</b>	31,74	31,65	29,06	32,85	25,97	26,58
<b>15/11/09</b>	29,78	29,10	27,36	29,00	23,41	24,80
<b>Μέσος όρος</b>	<b>25,29</b>	<b>23,60</b>	<b>23,41</b>	<b>26,49</b>	<b>18,42</b>	<b>16,43</b>

**Πίνακας 3.** Οι μετρήσεις εδαφικής υγρασίας ανά κατηγορία, ποσοστό %, μέσος όρος και χρονική διάρκεια της υδατικής καταπόνησης των βαμβακόφυτων στον πειραματικό αγρό και στο μάρτυρα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΑ					ΜΑΡΤΥΡΑΣ				
Βάθος 30 cm					Βάθος 30 cm				
KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ		KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ	
0-10	1666	41,3	3,2		0-10	1488	36,9	1,7	
11-20	1026	25,4	14,7	77%	11-20	682	16,9	14,1	68,60%
21-60	414	10,3	31,7		21-60	596	14,8	35,8	
61-80	123	3,0	69,1	Υδατική καταπόνηση από 9-8 έως 11-9-2009. Σύνολο: 33,6 ημέρες	61-80	181	4,5	69,4	Υδατική καταπόνηση από 28-7 έως 12-9-2009. Σύνολο: 45,3 ημέρες
81-100	76	1,9	89,2		81-100	81	2,0	89,1	
101-200	730	18,1	186,1		101-200	1007	25,0	178,8	
ΣΥΝΟΛΟ	4035	100,0			ΣΥΝΟΛΟ	4035	100		
Βάθος 60 cm					Βάθος 60 cm				
KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ		KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ	
0-10	2202	54,6	2,9		0-10	1433	35,5	4,6	
11-20	728	18,0	14,8	78,40%	11-20	690	17,1	14,8	69,20%
21-60	233	5,8	32,6		21-60	668	16,6	34,2	
61-80	111	2,8	70,3	Υδατική καταπόνηση από 10-8 έως 12-9-2009. Σύνολο: 31,7 ημέρες	61-80	167	4,1	70,9	Υδατική καταπόνηση από 28-7 έως 12-9-2009. Σύνολο: 44,9 ημέρες
81-100	67	1,7	90,0		81-100	148	3,7	90,2	
101-200	694	17,2	188,9		101-200	929	23,0	171,7	
ΣΥΝΟΛΟ	4035	100,0			ΣΥΝΟΛΟ	4035	100		
Βάθος 110-115 cm (κάτω από τη στρώση των ελαστικών 10-15 cm)					Βάθος 110-115 cm				
KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ		KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ	
0-10	1920	47,6	4,3		0-10	1616	40,0	5,3	
11-20	566	14,0	15,7	87,00%	11-20	672	16,7	15,5	70,50%
21-60	1035	25,7	24,9	Υδατική καταπόνηση από 25-8 έως 12-9-2009. Σύνολο 17,8 ημέρες	21-60	555	13,8	31,3	Υδατική καταπόνηση από 2-8 έως 12-9-2009. Σύνολο: 41,3 ημέρες
61-80	87	2,2	71,4		61-80	201	5,0	68,2	
81-100	68	1,7	89,6		81-100	188	4,7	89,9	
101-200	359	8,9	179,9		101-200	803	19,9	154,7	
ΣΥΝΟΛΟ	4035	100,0		ΣΥΝΟΛΟ	4035	100			

**Πίνακας 4.** Μετρήσεις εδαφικής θερμοκρασίας βάθους 90 cm στον πειραματικό αγρό και στο μάρτυρα σε εύρη τιμών με τα ποσοστά τους.

Εύρος τιμών (°C)	Θερμοκρασία ελαστικών στο βάθος 90cm			Θερμοκρασία μάρτυρα στο βάθος 90cm (κέντρο)			Θερμοκρασία μάρτυρα στο βάθος 90cm (βόρεια)		
	Αριθμός μετρήσεων	%	MO	Αριθμός μετρήσεων	%	MO	Αριθμός μετρήσεων	%	MO
15-17	327	8,1	16,2	188	4,7	16,7	343	11,6	15,8
17-19	284	7	18,6	282	7	18,1	343	11,6	18,5
19-21	143	3,5	20	259	6,4	19,9	79	2,7	20,1
21-23	922	22,9	22,1	1045	25,9	22,1	724	24,5	21,9
23-25	699	17,3	24,3	778	19,3	24	122	4,1	23,6
25-27	1044	25,9	26,3	1483	36,8	25,9	145	4,9	26,6
27-29	616	15,3	27,6	0	0		1195	40,5	27,9
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>4035</b>	<b>100</b>		<b>4035</b>	<b>100</b>		<b>2951</b>	<b>100</b>	

---

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η διαχείριση των ελαστικών των αυτοκινήτων αποτελεί εδώ και αρκετά χρόνια ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα στη χώρα μας. Η προβληματικότητα τους έγκειται τόσο στο μεγάλο όγκο τους – εξαιτίας του διαρκώς αυξανόμενου στόλου οχημάτων - όσο και στις επιπτώσεις τους στη δημόσια υγεία κάτω από ειδικές συνθήκες. Η επαναχρησιμοποίηση και η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων ελαστικών των αυτοκινήτων αποτελεί μια εναλλακτική λύση διαχείρισης αυτών των αποβλήτων με σεβασμό στο περιβάλλον.

Η προοπτική της γεωργικής παραγωγής είναι άμεσα εξαρτημένη από το νερό άρδευσης. Η έλλειψη νερού αποτελεί μια τεράστια απειλή για τη παγκόσμια σταθερότητα και για τη παγκόσμια ανάπτυξη, αν δεν διαχειριστεί ορθολογικά

Με βάση τα παραπάνω, κύριος στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης βουλκανισμένων τεμαχισμένων ελαστικών επισώτρων σε γεωργικές καλλιέργειες (καλλιέργεια ξηρικού βαμβακιού), ως μέσου συγκράτησης της υγρασίας των εδαφών και οι τυχόν περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο έδαφος.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Δ.Δ Ερυθρών Ν. Αττικής, θέση «Καλαμάτα». Για την εφαρμογή της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τεμαχισμένα ελαστικά επίσωτρων οχημάτων προερχόμενα από πρωτογενή μηχανικό τεμαχισμό.

Για τον προσδιορισμό των εδαφικών παραμέτρων στον πειραματικό αγρό, πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες σε δύο βάθη. Το πρώτο βάθος ήταν το επιφανειακό 0-40 cm και το δεύτερο 110-115 cm (10-15 cm κάτω από τη στρώση των ελαστικών). Οι δύο δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν μία στην αρχή, πριν τοποθετηθεί η στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών και η άλλη με το τέλος της συγκομιδής του βαμβακιού.

Παράλληλα μέσω δικτύου αισθητήρων σε διάφορα βάθη (30, 60, 110-115cm) έγινε η καταγραφή της εδαφικής υγρασίας πάνω και κάτω από τη στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών καθώς και η καταγραφή της ανάπτυξης και παραγωγής των πειραματικών καλλιεργειών στις δεδομένες συνθήκες.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αποδεικνύεται η θετική επίδραση των ελαστικών χωρίς περιβαλλοντικούς κινδύνους στην αύξηση της εδαφικής υγρασίας, η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο για την ανάπτυξη των φυτών και την απόδοση των καλλιεργειών.

---

# ABSTRACT

---

The continuous increasing use of vehicles have as result the accumulation of great quantities of end-of-life tires, that are currently landfilled, illegally dumped or stockpiled. The end-of- life tires are a source of health and environmental concerns and so for the confrontation of this phenomenon, various efforts are currently underway. The re-use and the exploitation of end-of-life tires of cars constitute an alternative way of management with respect in the environment.

The prospect of agricultural production is directly dependent upon irrigation water. The lack of water constitutes an enormous threat for the world stability and for the world growth, and for that, water is to be managed rationally.

A field trial was constructed in ERYTHRES (West Attica, site “Kalamata”) to investigate the possibility of use end-of-life tire shred fills placed as a sub-surface layer in an agricultural land. Therefore, the effects of shred tires sub-surface layer in a cotton field were studied, in order to investigate the environmental impact in soil properties and soil moisture

Samples were collected from sub-surface soil (100-115cm), before the excavation and the positioning of the shred tires layer and from surface soil (0-40cm) after the repositioning of excavated soil. The basic cotton crop growth procedures were followed and after the ingathering of cotton crop a second sampling took place at the same layers, in order to be compared with the reference samples of the first sampling.

For the monitoring of soil moisture, sensors were installed in several depths of soil profile (30, 60, 110-115cm). Likewise the same sampling procedure was carried out also for the contiguous control. At the same time growth and production of cotton crop was recorder, in the given conditions.

The sub-surface layer seems to have a positive effect on altering soil humidity, while no major environmental issue was observed and in every case inside the permissible limits. The results indicate that using end-of-life tires as a drainage layer or fill material beneath root zones does not compromise the function of the profile or quality of the vegetation, while creating a value-added option for scrap tire reuse.



**Λέξεις Κλειδιά:** βουλκανισμένα τεμαχισμένα ελαστικά επίσωτρα, επαναχρησιμοποίηση ελαστικών αυτοκινήτων, ξηρικό βαμβάκι, εδαφικές παράμετροι, εδαφική υγρασία, παραγωγικότητα καλλιεργειών

**Keywords:** end-of-life tires, tire shreds, re-use of end-of-life tires, cotton crop, soil properties, soil moisture, crop production