



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ.
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ
ΤΩΝ ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΓΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΟΣ**

Επιβλέπων Καθηγητής
Ν.Σ. ΜΑΡΓΑΡΗΣ

ΜΥΤΙΑΗΝΗ ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

Το διδακτορικό αφιερώνεται
Στο ΔΑΣΚΑΛΟ *Ν.Σ. Μάργαρη*
ως το τελευταίο που επέβλεψε
και δυστυχώς “έφυγε”
χωρίς αυτόν δεν θα το έκανα
ΚΑΙ στα παιδιά μου
Μαρία-Ιωάννα (Μάνια – Μπεμπίνα) και
Αθανάσιο (Θάνο – Μπεμπίνο)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχοι της διατριβής ήταν:

- ✓ η καταγραφή των ενδεδειγμένων φυτικών ειδών για την εγκατάσταση βλάστησης σε ένα Χώρο Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΔΑ), με δεδομένες τις αντίξοες συνθήκες που επικρατούν σε αυτόν
- ✓ η έρευνα των σημαντικότερων παραμέτρων που τα επηρεάζουν
- ✓ η μελέτη της διαδοχής της βλάστησης σε έναν ΧΔΑ, με παράλληλη μελέτη της μεταβολής των φυσικοχημικών εδαφικών ιδιοτήτων
- ✓ η εκπόνηση βασικών αρχών αποκατάστασης της βλάστησης, προσαρμοσμένων στις βιοκλιματικές συνθήκες της Ελλάδας και στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών απορριμμάτων και ΧΔΑ.

Η διερεύνησή των προαναφερθέντων παραμέτρων κρίθηκε αναγκαία, διότι τα δεδομένα που αφορούν την αποκατάσταση στην Ελλάδα είναι ανεπαρκή ενώ, στη βιβλιογραφία, απουσιάζουν εντελώς καταγραφές που αφορούν την επίδραση φυτοτοξικών παραμέτρων των ΧΔΑ σε είδη μεσογειακής χλωρίδας.

Ο χώρος που επιλέχθηκε για την έρευνα ήταν ο ΧΔΑ των Άνω Λιοσίων στην Αττική, ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος της χώρας και από τους μεγαλύτερους της Ευρώπης ο οποίος, δέχεται καθημερινά έως 6.500 τόνους απορριμμάτων.

Για την έρευνα επιλέχθηκαν τρεις πειραματικές περιοχές με βάση την ηλικία των απορριμμάτων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του τελικού καλύμματος.

Προσδιορίστηκαν είκοσι (20) εδαφικές παράμετροι, για τις οποίες, πραγματοποιήθηκαν δύο (2) δειγματοληψίες κατά τα έτη 1999 και 2005 σε δύο (2) βάθη. Οι μετρήσεις απέβλεπαν, στη μελέτη των τυχόν μεταβολών των παραμέτρων αυτών οι οποίες επηρεάζονται από τη σύσταση των απορριμμάτων και την εγκατάσταση των φυτών.

Για την παρακολούθηση της ποιότητας της αέριας φάσης του εδάφους (CH_4 , CO_2 , O_2 και H_2S) και της θερμοκρασίας, εγκαταστάθηκε δίκτυο σταθμών σε τρία βάθη (30cm, 60cm και 90cm) όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για έξι έτη (2000-2006).

Για την καταγραφή της φυσικής αναγέννησης, διαδοχής και βιοποικιλότητας των αυτοφυών ποωδών φυτών στο τελικό εδαφικό κάλυμμα του ΧΔΑ στις τρεις πειραματικές περιοχές, πραγματοποιήθηκε φυτοκοινωνιολογική έρευνα για τρία έτη (2001, 2002, 2005).

Για την εγκατάσταση βλάστησης στις πειραματικές περιοχές και τη διερεύνηση των επιδράσεων των περιοριστικών παραγόντων του ΧΔΑ σε ξυλώδη φυτά, πραγματοποιήθηκε πρόγραμμα φυτεύσεων. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή των ειδών αφορούν οικολογικές, βιολογικές και αισθητικές παραμέτρους. Φυτεύτηκαν 13 είδη δέντρων, θάμνων και αρωματικών φυτών, στο σύνολό τους προερχόμενα από τη μεσογειακή αττική χλωρίδα. Από τις παραμέτρους των φυτών που μετρήθηκαν, ήταν η επιβίωση και η αύξησή τους.

Η μεθοδολογία της χωρικής παρεμβολής (interpolation) των GIS χρησιμοποιήθηκε, για τον προσδιορισμό των παραμέτρων και την αντίστοιχη πρόβλεψη (extrapolation) στα σημεία που έγιναν οι φυτεύσεις και μελετήθηκαν τα αυτοφυή ποώδη.

Τέλος, δίνονται τα αποτελέσματα, διατυπώνονται τα συμπεράσματα της διεξαχθείσας έρευνας καθώς και προτάσεις αποκατάστασης ΧΔΑ.

ABSTRACT

The objectives of the dissertation were:

- ✓ The registration of appropriate plant species for the planting of vegetation in a Waste Disposal Site (WDS), given the adverse conditions prevailing in it
- ✓ researching the most important parameters that affect them
- ✓ studying the succession of vegetation in an WDS, while studying the change in physicochemical soil properties
- ✓ The development of basic principles on restoration of vegetation adapted to bioclimatic conditions of Greece and the specificities of Greek litter and WDS.

The above mentioned investigation was deemed necessary because, data on WDS rehabilitation in Greece are insufficient while, in literature, there are absolutely no records concerning the effect of phytotoxic parameters of WDS on Mediterranean species.

The area chosen for the research was the “Ano Liosia WDS” in Attica, which is the largest in the country and one of the largest in Europe, receiving daily, up to 6,500 tons of litter.

For the purposes of the research, three experimental areas were selected based on the age of litter and the technical characteristics of the final cover.

Twenty (20) terrestrial parameters were measured, for the years 1999 and 2005 at two (2) different depths. Changes influenced by waste factors and plant installation were studied.

For the monitoring of the quality of the soil gas phase (CH₄, CO₂, H₂ and H₂S) and temperature, a three-depth (30cm, 60cm and 90cm) measurement network was installed for a six year-long period (2000-2006).

In order to record the natural regeneration, succession and biodiversity of native herbaceous plants in the final terrestrial cover of the WDS, three experimental areas were selected and a phyto-sociological research program was carried out for the years, 2001, 2002 and 2005.

A planting program was carried out For the needs of planting, in the experimental areas and the investigation the effects of limiting factors of WDS on woody plants,. The criteria used for selecting species refer to ecological, biological and aesthetic parameters. All 13 species of trees, shrubs and aromatic plants selected were species of the Mediterranean Attic flora. Parameters measured included survival rate and increase.

The GIS interpolation methodology was used to determine the parameters measured and the prediction (extrapolation) on plantation and native herbs' sites.

Finally, results are given, the conclusions of the research carried out, as well as proposals for the restoration of the WDS.

Ευχαριστίες

Στο μακρύ, δύσκολο και μοναχικό δρόμο της υλοποίησης της διδακτορικής διατριβής, χωρίς τη βοήθεια άλλων θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωσή της. Το αποτέλεσμα της συνολικής εργασίας εν μέρει οφείλεται και σε αυτούς. Η συνεργασία δύο ιδρυμάτων (Πανεπιστήμιο Αιγαίου και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών) και τριών Τμημάτων τους (Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας και Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργ. Μηχανικής - Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας) ήταν καθοριστική, καθώς και η βοήθεια με τη χρήση υποδομής ενός ερευνητικού προγράμματος και η χρηματοδότηση της διατριβής από υποτροφία.

Σε όλα αυτά δεν θα μπορούσε να ήταν άλλος, εκτός του επιβλέποντος Καθηγητή κ. Ν.Σ. Μάργαρη και για μένα ΔΑΣΚΑΛΟΣ με όλη τη σημασία, όπως και τον προφέρω. Από την πρώτη στιγμή που συζητήσαμε το θέμα και μέχρι σήμερα σκεφτόμουν αυτή τη στιγμή πως θα μπορέσω να εκφράσω με λόγια όλα αυτά τα χρόνια υλοποίησης και συνεργασίας μαζί του. Δεν μπορώ να ξεχάσω την εμπιστοσύνη στο πρόσωπό μου, τις πρωτοβουλίες που μου επέτρεπε να παίρνω, το θάρρος και τη δύναμη που μου έδινε, που είναι σημαντικά πέρα από τις γνώσεις, μέχρι και την τελευταία αναβολή που ζήτησα για την εξέταση της διατριβής από την επταμελή επιτροπή. Για όλα οφείλω να τον ευχαριστήσω θερμά μέσα από την καρδιά μου. Πριν τη συνεργασία μαζί του, μου ήταν αδιανόητο ότι θα ερχόταν η στιγμή που θα παρουσίαζα διδακτορική διατριβή. Αν το αποτέλεσμα της όλης δουλειάς κρίνεται καλό οφείλω να του την αφιερώσω.

Για την Καθηγήτρια κα. Χαινούτη Κων/να, μέλος της τριμελούς επιτροπής και Διευθύντρια του Εργαστηρίου Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών οφείλω την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια που είχα, όταν όλες οι εργαστηριακές εργασίες της διατριβής πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο της, κάνοντας με να νιώθω (μαζί με τους συνεργάτες της) ότι βρίσκομαι στο Πανεπιστήμιο που φοιτώ. Την ευχαριστώ θερμά.

Στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Κουκούλα Σωτήρη οφείλω την εφαρμογή των ΓΣΠ στη διατριβή, καθώς μου έδωσε λύση στην εκτίμηση των τιμών για τον κάθε παράγοντα, στη θέση που εγκαταστάθηκε κάθε φυτό και στα σημεία που μετρήθηκαν τα αυτοφυή ποώδη φυτά, από τις θέσεις δειγματοληψίας των εδαφικών ιδιοτήτων και αερίων του εδάφους. Χωρίς τη βοήθεια του δεν θα μπορούσα να τα υλοποιήσω. Τον ευχαριστώ θερμά για τη βοήθεια, τις γνώσεις που μου έδωσε, τις διορθώσεις που μου έκανε, την υπομονή και επιμονή του καθώς και το χρόνο που διέθεσε.

Στον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δημητρακόπουλο Παναγιώτη οφείλω τη συνέχιση του διδακτορικού μου μετά την ολοκλήρωση των πειραματικών δεδομένων. Αμέτρητες συναντήσεις, συζητήσεις, παροχή γνώσεων και πληροφοριών, έλεγχο και διορθώσεις σε κάθε φάση, αμέριστη συμπαράσταση και διάθεση χρόνου. Τον ευχαριστώ θερμά.

Τους κ.κ. Καθηγητή Παντή Ιωάννη (ΑΠΘ), Αναπλ. Καθηγητή Σουλακέλλη Νίκο και Επικ. Καθηγητή Ακριώτη Τριαντάφυλλο τους ευχαριστώ θερμά για την αποδοχή τους να είναι μέλη της επταμελούς επιτροπής.

Πέρα από τα μέλη ΔΕΠ της επταμελούς επιτροπής, τεράστια βοήθεια μου παρείχαν ο Δρ. Μαστρογιάννης Σάκης για θέματα διαχείρισης απορριμμάτων και επίλυσης τεχνικών θεμάτων στις πειραματικές περιοχές, ο Δρ. Γασπαράτος Διονύσης στο

Εργαστήριο Εδαφολογίας με όλα τα θέματα των αναλύσεων των εδαφικών ιδιοτήτων, των αμέτρητων συζητήσεων και συναντήσεων, παροχής γνώσεων, ελέγχου και διορθώσεων και τόσα άλλα ακόμη, και τον Δρ. Καϊνάδά Ηλία για την αμέριστη συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια του διδακτορικού μου. Τους ευχαριστώ θερμά.

Επίσης ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή κ. Χαλβαδάκη Κων/νο για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε κατά τη διάρκεια της υποτροφίας και για τις συμβουλές του σε θέματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων και αποκαταστάσεων. Τον Επικ. Καθηγητή κ. Μάσσα Γιάννη του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών δεν μπορώ να παραλείψω, καθώς με βοήθησε στον έλεγχο και στις διορθώσεις των κειμένων σχετικά με τις εδαφικές ιδιότητες καθώς και ότι άλλο χρειάστηκε.

Όμως ξεχωριστή θέση έχουν και οι φοιτητές που με βοήθησαν, ο καθένας με το δικό του τρόπο και τους ευχαριστώ πολύ, τους: Γιώργο Καλύβα Γεωπόνο, Αγγελική Γιουλιάννου Περιβαλλοντολόγο, Μάριο Λυγκώνη Γεωπόνο και Βούλα Αλεβίζου Γεωπόνο.

Ακόμη δεν ξεχνώ το συνάδελφο Μάριο Μπαλή που ξεκινήσαμε μαζί το ερευνητικό πρόγραμμα για τις αποκαταστάσεις και βοήθησε πολύ σε αυτό, όπου ήταν και η αιτία μετέπειτα να το συνεχίσω ως διδακτορικό.

Ευχαριστώ θερμά για τον δικό του ξεχωριστό τρόπο τον Οιχαλιώτη Ρένο στον έλεγχο των κειμένων και την ηθική συμπαράσταση που μου παρείχε.

Οικονομικά η υλοποίηση της διδακτορικής διατριβής στηρίχθηκε σε μία υποτροφία και στην υλοποίηση ενός ερευνητικού προγράμματος, όπου και οφείλω ηθικά να τα αναφέρω.

Θερμές ευχαριστίες στο Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων/Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης ΕΠΕΑΕΚ II για τη στήριξη του ερευνητικού προγράμματος “Ηράκλειτος: Υποτροφίες έρευνας στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου (Περιβάλλον), Υπόεργο: Αποκατάσταση υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων με την εγκατάσταση μεσογειακής βλάστησης – Η περίπτωση του χώρου διάθεσης απορριμμάτων των Άνω Λιοσίων” που το χρηματοδότησε, με συμμετοχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) κατά 75% και το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων κατά 25%.

Θερμές ευχαριστίες στο ΕΤΕΡΠΣ/ΥΠΕΧΩΔΕ (1996) για την έγκριση του προγράμματος «Αποκατάσταση και Αναβάθμιση Χώρων Διάθεσης και Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων με την Επιλογή Κατάλληλων Μορφών Βλάστησης και Φυτευτικού Υλικού» που υλοποίησε το Τμήμα Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αιγαίου με επιστημονικό υπεύθυνο τον Καθηγητή κ. Ν.Σ. Μάργαρη και χρησιμοποιήθηκε για τη διατριβή η υποδομή του σε υλικοτεχνικά μέσα και φυτά.

Τέλος, ευχαριστώ τους «αθόρυβους συμπαραστάτες» φίλους και συγγενείς για την υπομονή και τη διαφορετική βοήθεια που μου παρείχαν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ.
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΩΡΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	13
1.1 Ορολογία	13
1.2 Έργα Αποκατάστασης	14
1.2.1 Λειτουργία συστημάτων εκχυλισμάτων και βιοαερίου	15
1.2.2 Τελικό κάλυμμα	16
1.2.3 Διαμόρφωση τελικού αναγλύφου	17
1.2.4 Περιοδικός έλεγχος	17
1.3 Συνήθεις Επιπτώσεις ΧΛΑ και Μέτρα Αντιμετώπισης	18
1.4 Κατάσταση στον Ελληνικό Χώρο	19
1.5 Περιοριστικοί Παράμετροι Ανάπτυξης Βλάστησης στους ΧΛΑ	21
1.6 Βασικά Συμπτώματα της Δράσης των Φυτοτοξικών Παραμέτρων και Μηχανισμοί Άμυνας των Φυτών	23
1.7 Τεχνικοί Περιορισμοί κατά την Φυτοκάλυψη	24
1.8 Επιλογή Ειδών – Βλάστησης	24
1.9 Εναλλακτικές Χρήσεις Αποκατεστημένων ΧΛΑ	25
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΧΛΑ ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	27
3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΛΑ ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ	47
3.1 Γενικά	47
3.2 Γεωγραφική Θέση	47
3.3 Τοπογραφία	48
3.4 Στοιχεία Φυσικού Περιβάλλοντος	48
3.4.1 Εδάφη	48
3.4.2 Γεωλογία	49
3.4.3 Μετεωρολογικά Στοιχεία - Βιοκλιματικός χαρακτήρας περιοχής	49
3.4.4 Χλωρίδα	50
3.4.5 Πανίδα	50
3.5 Στοιχεία Λειτουργίας του ΧΛΑ	50
3.6 Έργα Αποκατάστασης	52
3.6.1 Στραγγίσματα	53
3.6.2 Βιοαέριο	54
3.6.3 Τελικό κάλυμμα	56
3.6.4 Φυτεύσεις και Άρδευση	57

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	61
4.1 Γενικά	61
4.2 Εδαφικές Παράμετροι	66
4.3 Βιοαέριο στην Αέρια Φάση του Εδάφους – Θερμοκρασία Εδάφους	67
4.4 Μέτρηση Φυσικού Φυτικού Καλύμματος – Αυτοφυή Ποώδη Φυτά	69
4.5 Πρόγραμμα Φυτεύσεων – Φυτοτεχνικές Εργασίες	70
4.6 Ανάλυση Δεδομένων	73
4.6.1 Χωρική Παρεμβολή	73
4.6.2 Στατιστική Ανάλυση	78
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	81
5.1 Ανάλυση Εδαφικών Ιδιοτήτων	81
5.1.1 Κοκκομετρική Σύσταση – Κλάσεις	81
5.1.2 Υδατοϊκανότητα	82
5.1.3 Συμπύεση	87
5.1.4 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	91
5.1.5 Ανθρακικό Ασβέστιο	95
5.1.6 pH	100
5.1.7 Οργανική Ουσία	104
5.1.8 Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ)	107
5.1.9 Ολικό Άζωτο	111
5.1.10 Αφομοιώσιμος Φώσφορος	115
5.1.11 Ανταλλάξιμα Κατιόντα – Κάλιο, Νάτριο, Μαγνήσιο, Ασβέστιο	119
5.1.12 Αφομοιώσιμες Μορφές Βαρέων Μετάλλων – Σίδηρος, Μαγγάνιο, Ψευδάργυρος, Χαλκός, Μόλυβδος, Νικέλιο	133
5.2 Μετρήσεις Αερίων - Θερμοκρασίας Εδάφους	156
5.2.1 Βιοαέριο στις Πειραματικές Περιοχές	158
5.2.2 Μεθάνιο	170
5.2.3 Διοξείδιο του Άνθρακα	175
5.2.4 Οξυγόνο	180
5.2.5 Υδρόθειο	184
5.2.6 Θερμοκρασία Εδάφους	188
5.3 Μελέτη Αυτοφυών Ποωδών Φυτών	194
5.3.1 Αριθμός Ειδών	195
5.3.2 Πυκνότητα – Αφθονία Ειδών	213
5.3.3 Υπέργεια Βιομάζα	217
5.3.4 Βιοποικιλότητα	222
5.3.5 Παράμετροι Μεταβολής Αυτοφυών Ποωδών Φυτών	228

5.4 Δέντρα, Θάμνοι και Αρωματικά Φυτά	249
5.4.1 Επιβίωση	251
5.4.2 Αύξηση	260
5.4.3 Παράμετροι Μεταβολής Δέντρων, Θάμνων και Αρωματικών Φυτών	269
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	307
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	324
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάθεση των απορριμμάτων αποτελεί ένα από τα οξύτερα προβλήματα, που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες, που βρίσκονται αντιμέτωπες με τη συνεχή αύξηση της συγκεντρωμένης παραγωγής απορριμμάτων ως αποτέλεσμα της αστικοποίησης, της βιομηχανοποίησης και της υπερκατανάλωσης. Την ίδια ώρα οι κοινωνικές ομάδες αφυπνίζονται και αποκτούν όλο και μεγαλύτερη ευαισθησία στα προβλήματα ρύπανσης και υποβάθμισης του περιβάλλοντος, που σώρευσε η μη σχεδιασμένη απόρριψή τους.

Σήμερα καταβάλλονται προσπάθειες, τόσο σε πολιτικό, διοικητικό όσο και σε ατομικό επίπεδο, για τη μείωση της παραγωγής απορριμμάτων στην πηγή, με την ανακύκλωση χρήσιμων υλικών, όπως το αλουμίνιο, το γυαλί, το χαρτί κ.λπ., με την αλλαγή στον τρόπο συσκευασίας των προϊόντων, με τη μείωση της χρήσης πλαστικών υλικών κ.λπ. Παράλληλα εξελίσσεται η έρευνα που αναζητεί συνεχώς καινούργιες μεθόδους και τεχνολογίες για την καταστροφή των απορριμμάτων με καύση ή πυρόλυση και για τη μετατροπή τους σε πηγή ενέργειας (R.D.F, μπρικέτες) ή σε χρήσιμα παραπροϊόντα, όπως λίπασμα.

Εξίσου αυξανόμενο πρόβλημα αποτελεί η συλλογή και η διαχείριση των στερεών αποβλήτων για πολλές αστικές αλλά και αγροτικές περιοχές. Αρκετές πόλεις αντιμετωπίζουν προβλήματα στη διαχείριση των απορριμμάτων, ιδιαίτερα στο τμήμα της τελικής διάθεσης (ανεξέλεγκτη απόρριψη σε δρόμους, χειμάρρους, χαράδρες, δάση, λίμνες, θάλασσα καθώς και υποτυπώδεις χωματερές). Επιπλέον, ορισμένες ιδιομορφίες των πόλεων - όπως οι στενοί δρόμοι - δημιουργούν προβλήματα και κατά τη συλλογή. Ακόμη, πρόσθετα προβλήματα δημιουργεί το γεγονός ότι μέχρι σήμερα η οικονομική και οργανωτική επάρκεια των δήμων και κοινοτήτων που διαχειρίζονται τα απορρίμματα είναι οριακή.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνήθως παρατηρούνται από τη μη κατάλληλη διάθεση των απορριμμάτων εντοπίζονται στη ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών νερών, στην ανεξέλεγκτη διαφυγή βιοαερίου, τη δηλητηρίαση ζώων, σε προβλήματα οσμών, στην υποβάθμιση του τοπίου και της αισθητικής της περιοχής. Η ένταση και η έκταση αυτών των προβλημάτων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της περιοχής όπου οριοθετείται ο Χώρος Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΔΑ), από το μέγεθός του, από τα τεχνικά του χαρακτηριστικά και από τα χρόνια λειτουργίας του.

Όσον αφορά την Ελλάδα και με δεδομένο ότι στον ελλαδικό χώρο υπήρχαν 4850 Χώροι Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΔΑ) (ΦΕΚ 723B/9-6-2000), οι οποίοι δεν πληρούσαν τους όρους υγειονομικής ταφής, προκύπτει ότι η τελική διάθεση των απορριμμάτων αποτελεί μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα. Επίσης, η αδυναμία υπόδειξης, από τις διαχειριστικές αρχές, χώρων που θα προορίζονται για τη διάθεση των απορριμμάτων και θα λειτουργούν με προδιαγραφές υγειονομικής ταφής, έχει ως αποτέλεσμα την αποξένωση της κοινωνικής συναίνεσης στην περίπτωση εξεύρεσης περιοχών για τη λειτουργία Χώρων Υγειονομικής Ταφής (XYT). Εκτιμάται διεθνώς ότι η υπόδειξη Χώρων Υγειονομικής Ταφής (XYT) βοηθά σημαντικά στην κοινωνική αποδοχή ενός νέου XYT.

Στο λεκανοπέδιο Αττικής, όπου συγκεντρώνεται περίπου το 40% του πληθυσμού και το 50% της βιομηχανικής δραστηριότητας σε μια σχετικά μικρή σε έκταση περιοχή, το πρόβλημα της εξεύρεσης κατάλληλων χώρων για τη δημιουργία ΧΔΑ εμφανίζεται ιδιαίτερα οξυμμένο και με σοβαρές κοινωνικές συνιστώσες.

Ακόμη όμως και αν βρεθεί ο κατάλληλος χώρος, προσκρούει στην αντίδραση του κοινού, αντίδραση γνωστή σε όλο τον κόσμο ως σύνδρομο «Όχι στην αυλή μου» (N.I.M.B.Y, Not In My Back Yard) (Μποσδογιάννη, 1997). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, αν και καμία μέθοδος διάθεσης απορριμμάτων δεν είναι απαλλαγμένη από προβλήματα, συχνά οι χώροι υγειονομικής ταφής δεν σχεδιάζονται ούτε λειτουργούν σωστά με αποτέλεσμα να αποτελούν εστία οχλήσεων και ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Παρ' όλα αυτά η ελεγχόμενη απόθεση απορριμμάτων ή η υγειονομική ταφή εξακολουθεί να αποτελεί τον συνηθέστερο αλλά και οικονομικότερο τρόπο χειρισμού των απορριμμάτων. Πολλές χώρες και πόλεις έχουν στραφεί πλέον στη δημιουργία χώρων υγειονομικής ταφής για τη διάθεση των στερεών αποβλήτων. Ειδικά στην Ελλάδα η ταφή είναι σχεδόν η αποκλειστική μέθοδος διάθεσης των αστικών και των βιομηχανικών απορριμμάτων, καθώς και της ιλύος των μονάδων βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που απορρέουν από την ύπαρξη ενός κλειστού ή εν λειτουργία ΧΔΑ, που δεν πληροί τους όρους υγειονομικής ταφής, είναι σημαντικές. Για τον περιορισμό και την αντιμετώπιση αυτών των επιπτώσεων στο περιβάλλον, καθώς και για την πλήρη αποκατάσταση των ΧΔΑ, θα πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις, οι οποίες εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης. Οι παρεμβάσεις περιλαμβάνουν τις ακραίες περιπτώσεις της μεταφοράς του συνόλου των απορριμμάτων σε άλλο χώρο και της απλής χωματοκάλυψης της επιφάνειας του υφιστάμενου ΧΔΑ. Το σύνθημα όμως των περιπτώσεων περιλαμβάνει επεμβάσεις αναβάθμισης του χώρου με την ανάπτυξη συστημάτων ελέγχου των παραγόμενων εκχυλισμάτων και βιοαερίου. Επίσης, η επέμβαση στο ανάγλυφο του ΧΔΑ και η εξομάλυνση των πρανών του κρίνεται συνήθως απαραίτητη ώστε να καταστεί δυνατή η πλήρης χωματοκάλυψη και η αποκατάσταση του χώρου με την ανάπτυξη βλάστησης. Επομένως, είναι φανερό ότι η αποκατάσταση των ΧΔΑ είναι καθοριστικής σημασίας τόσο για την άρση των όποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων όσο και για την ομαλή «επανένταξη» τους στον περιβάλλοντα χώρο.

Σημαντικά προβλήματα ανακύπτουν και ως προς την αποκατάσταση των ΧΔΑ. Τα προβλήματα σχετίζονται με την εξασφάλιση του τελικού υλικού επικάλυψης, την ανεύρεση των κατάλληλων φυτών για ανάπλαση και την τελική διαμόρφωση του χώρου. Τις δυσκολίες περιπλέκει και η έλλειψη δεδομένων για σειρά περιβαλλοντικών παραμέτρων που σχετίζονται με την ανάπλαση (συνθήκες αποδόμησης του οργανικού υλικού, συνθήκες υγρασίας στη μάζα των απορριμμάτων, μικροπεριβαλλοντικές διακυμάνσεις στην επιφάνεια του χώρου κ.λπ.).

Στην Ελλάδα, από το σύνολο των 4850 ΧΔΑ που υπήρχαν, οι περισσότεροι έχουν αποκατασταθεί. Έτσι, ο μεγάλος αριθμός ανεξέλεγκτων Χώρων Διάθεσης Απορριμμάτων που απαντούσαν και ενίοτε συνεχίζουν να απαντούν, σε συνδυασμό με την κατασκευή νέων Χώρων Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤ), καθιστούν αναγκαία την ανάπτυξη και την προσαρμογή της τεχνογνωσίας αποκατάστασης. Η

συγκεκριμένη τεχνογνωσία οφείλει να θέσει ως κεντρική στόχευση την επιλογή των φυτικών ειδών που θα χρησιμοποιηθούν για την αποκατάσταση των εν λόγω χώρων και τα οποία θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένα τόσο στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών ΧΔΑ όσο και στις μεσογειακές βιοκλιματικές συνθήκες.

Η ανάπτυξη της βλάστησης, καθώς και η διατήρησή της στην επιφάνεια ενός χωματοκαλυμμένου ΧΔΑ, είναι μια σημαντική πρόκληση για διάφορους λόγους. Η προστασία από την διάβρωση, η ελαχιστοποίηση της ποσότητας του νερού που κατεισδύει, η αισθητική αναβάθμιση του χώρου και η ένταξη του χώρου στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής είναι οι σημαντικότεροι από αυτούς. Δεν είναι τυχαίο ότι στη διεθνή βιβλιογραφία καταγράφονται σημαντικές αποτυχίες σε σχέση με την ανάπτυξη της βλάστησης στην επιφάνεια ΧΔΑ που αποκαθίστανται και οι οποίες οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στις ανοξικές συνθήκες που επικρατούν στον εδαφικό ορίζοντα του τελικού καλύμματος (*Gilman et al, 1981b και URL1*).

Η διερεύνηση θεμάτων, που αφορούν την αποκατάσταση της βλάστησης ΧΔΑ με είδη της ελληνικής χλωρίδας, καθώς και η ανάπτυξη κατάλληλης τεχνογνωσίας προσαρμοσμένης στις συνθήκες των ελληνικών ΧΔΑ, κρίνεται αναγκαία και αρκετά σημαντική, διότι η διεθνής εμπειρία φαίνεται να είναι ανεπαρκής για τα ελληνικά δεδομένα. Είναι χαρακτηριστικό ότι από τη διεθνή βιβλιογραφία απουσιάζουν εντελώς καταγραφές που να αφορούν την επίδραση των φυτοτοξικών παραμέτρων, που εντοπίζονται σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων, σε είδη μεσογειακής χλωρίδας.

Με βάση τα παραπάνω, είναι προφανές ότι καθίσταται αναγκαία:

- ✓ η καταγραφή των ενδεδειγμένων φυτικών ειδών για την εγκατάσταση βλάστησης σε ένα ΧΔΑ, με δεδομένες τις αντίζοες συνθήκες που επικρατούν σε αυτόν
- ✓ η έρευνα των σημαντικότερων παραμέτρων που τα επηρεάζουν
- ✓ η μελέτη της διαδοχής της βλάστησης σε έναν ΧΔΑ, με παράλληλη μελέτη της μεταβολής των φυσικοχημικών εδαφικών ιδιοτήτων
- ✓ η εκπόνηση βασικών αρχών αποκατάστασης της βλάστησης, προσαρμοσμένων στις βιοκλιματικές συνθήκες της Ελλάδας και στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών απορριμμάτων και ΧΔΑ.

Στην εργασία αυτή ως μοντέλο για την έρευνα χρησιμοποιήθηκε ο Χώρος Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΔΑ) των Άνω Λιοσίων στην Αττική, και συγκεκριμένα το πρώτο τμήμα του, του οποίου η αποκατάστασή ολοκληρώθηκε στις αρχές του 1999. Ο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, ο μεγαλύτερος της χώρας και από τους μεγαλύτερους της Ευρώπης, δεχόταν το 2008 (πριν το κλείσιμό του) καθημερινά έως 6.500 τόνους απορριμμάτων.

1. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΩΡΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

1.1 Ορολογία

Ως προς την οργάνωση και τις τηρούμενες προδιαγραφές, οι χώροι εδαφικής διάθεσης απορριμμάτων διαφοροποιούνται ως ακολούθως (Μάργαρης κ.ά., 1997):

- Υγειονομική Ταφή

Στην περίπτωση αυτή τηρούνται βασικές προδιαγραφές κατασκευής και λειτουργίας του χώρου ταφής ώστε να ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον γενικότερα. Οι τυπικοί κανόνες που πρέπει να πληρούνται είναι:

- ✓ προστασία των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων (διαχείριση στραγγισμάτων - εκχυλισμάτων)
- ✓ καθημερινή χωματοκάλυψη των απορριμμάτων, με τρόπο ώστε στο τέλος των ημερήσιων εργασιών να μη διακρίνονται ακάλυπτες επιφάνειες απορριμμάτων
- ✓ διαχείριση βιοαερίου (προστασία από αυτανάφλεξη, οσμές, φαινόμενο θερμοκηπίου)
- ✓ παρακολούθηση παραμέτρων ποιότητας περιβάλλοντος (προληπτικά, για το ενδεχόμενο πρόκλησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων)
- ✓ τελική αποκατάσταση (επανένταξη του χώρου στο οικοσύστημα ή ανάπτυξη άλλων χρήσεων).

- Χωματερές

Αποκαλούνται οι χώροι διάθεσης απορριμμάτων όπου δεν εξασφαλίζονται οι παραπάνω όροι προστασίας, γίνεται όμως τακτική χωματοκάλυψη και υπάρχει στοιχειώδης μορφή οργάνωσης του χώρου. Οι χωματερές αποτελούν καθορισμένο χώρο εξυπηρέτησης κάποιων Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) (συντά με άδεια λειτουργίας, όπως προβλέπεται από σχετική υγειονομική διάταξη).

- Σκουπιδότοποι

Αποτελούν κατηγορία χώρων διάθεσης απορριμμάτων που συνήθως εξυπηρετούν μικρούς ΟΤΑ. Στους χώρους αυτούς πραγματοποιείται συχνή, ανεξέλεγκτη καύση για τη μείωση όγκου των απορριμμάτων και μία ή δύο φορές το έτος γίνεται χωματοκάλυψη των υπολειμμάτων της καύσης.

- Ανεξέλεγκτη απόρριψη

Τέλος, σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν προκαθορισμένοι από τους ΟΤΑ χώροι απόρριψης, τα απορρίμματα καταλήγουν σε ρέματα και δάση. Η περίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται ως ανεξέλεγκτη απόρριψη και παρατηρείται σε περιοχές όπου οι ΟΤΑ δεν διαθέτουν σύστημα συλλογής απορριμμάτων (ή είναι ανεπαρκές), οπότε η διάθεσή τους γίνεται με πρωτοβουλία των κατοίκων.

Για την καλύτερη κατανόηση όσων θα αναλυθούν στη συνέχεια, παρατίθεται ο ορισμός εννοιών που αφορούν την αποκατάσταση.

❖ Ως φυτοκάλυψη ενός ΧΔΑ ορίζεται η αποκατάσταση της βλάστησης ενός χώρου διάθεσης απορριμμάτων και περιλαμβάνει τις φυτοτεχνικές εργασίες που απαιτούνται για την εγκατάσταση της βλάστησης.

❖ Η αποκατάσταση ενός ΧΔΑ είναι το σύνολο των εργασιών που ακολουθούνται μετά την παύση λειτουργίας του ΧΔΑ (closure).

Η αποκατάσταση ενός ΧΔΑ μπορεί να είναι είτε σταδιακή είτε τελική (*Μάργαρης κ.ά., 1997*):

- Η σταδιακή αποκατάσταση διενεργείται σε περιπτώσεις αυστηρής τήρησης προδιαγραφών υγειονομικής ταφής όπου, αμέσως μετά την οριστική πλήρωση τμήματος του ΧΥΤΑ, ξεκινά η εφαρμογή έργων αποκατάστασης στο τμήμα αυτό.
- Η τελική αποκατάσταση αφορά τις εργασίες που εφαρμόζονται όταν ολοκληρωθεί η διάθεση των απορριμμάτων για το σύνολο του ΧΔΑ (ή ΧΥΤΑ). Αν έχει προηγηθεί σταδιακή αποκατάσταση, είναι περιορισμένη η έκταση έργων της τελικής αποκατάστασης. Σε αντίθετη περίπτωση οι εργασίες αφορούν το σύνολο του χώρου και ποικίλουν σε μορφή και ύψος δαπάνης. Σε κάποιες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η κατασκευή έργων προστασίας περιβάλλοντος (ανάκτησης βιοαερίου, διαχείρισης εκχυλισμάτων, προστασίας υπόγειων και επιφανειακών υδάτων κ.λπ.), όταν πρόκειται για χώρο μη τήρησης προδιαγραφών κατά την κατασκευή και λειτουργία.

❖ Ως αναβάθμιση ενός λειτουργούντος χώρου διάθεσης απορριμμάτων νοείται η εφαρμογή προδιαγραφών λειτουργίας και η κατασκευή έργων υποδομής που επιτρέπουν στο χώρο να προσεγγίζει τις προδιαγραφές υγειονομικής ταφής. Για την αναβάθμιση, σε περιπτώσεις «χωματερών» και «σκουπιδότοπων», εφαρμόζονται τεχνικές όμοιες με της αποκατάστασης, που συνιστούν εκ των υστέρων επεμβάσεις.

1.2 Έργα Αποκατάστασης

Όταν τα αποτιθέμενα αστικά στερεά απόβλητα και οι επάλληλες στρώσεις (ταμπάνια) φτάσουν το επιθυμητό όριο για τη διαμόρφωση του τελικού αναγλύφου, αρχίζουν οι εργασίες και τα έργα τελικής κάλυψης και επανένταξης του ΧΔΑ στο φυσικό περιβάλλον ή απόδοσής του για άλλες χρήσεις (*Παναγιωτακόπουλος, 2002*). Με την παύση λειτουργίας ενός χώρου διάθεσης, πρέπει να εξασφαλισθεί η προστασία από επιπτώσεις που προκαλεί, ενώ παράλληλα επιδιώκεται η εξασφάλιση συνθηκών επανένταξής του στο περιβάλλον ή υποστήριξης άλλης προγραμματισμένης χρήσης.

Το σχέδιο αποκατάστασης ενός ΧΔΑ καταστρώνεται με βάση τα επόμενα κριτήρια:

- ✓ την «ομαλή επανένταξη» του χώρου στον περιβάλλοντα χώρο
- ✓ την άρση των όποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- ✓ την απόδοση του χώρου σε νέες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν είναι η ομαλή και σχεδιασμένη εκτόνωση του βιοαερίου, μετά το πέρας της λειτουργίας του ΧΔΑ, καθώς και η ομαλή συλλογή των στραγγισμάτων. Η τελική στρώση του χώρου θα είναι από χώμα (μεταβλητού πάχους), κατάλληλο για φυτεύσεις. Η επιτυχία της αποκατάστασης είναι καθοριστικής σημασίας για την κοινωνική επίδραση της λειτουργίας του ΧΔΑ.

Οι γενικοί αντικειμενικοί στόχοι αποκατάστασης ενός ΧΔΑ είναι:

- ✓ η αποκατάσταση ενός υγιούς και γόνιμου αναγλύφου, που σε ιδεώδη εφαρμογή ξεπερνά και την προτέρα κατάσταση του χώρου
- ✓ η δημιουργία ενός ευέλικτου σχήματος νέων χρήσεων γης
- ✓ ένα ανάγλυφο οπτικά αποδεκτό που να εναρμονίζεται με το ευρύτερο ανάγλυφο χωρίς προβλήματα
- ✓ η δημιουργία ενός κατάλληλου περιβάλλοντος για τη χλωρίδα και την πανίδα στο νέο ισορροπημένο οικοσύστημα
- ✓ η οικονομικότερη επαναφορά από τη νέα χρήση (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Ουσιαστικό στοιχείο της διαδικασίας αποκατάστασης είναι ότι πραγματοποιείται τμηματικά. Κάθε κύτταρο, που πληρώνεται, αποκαθίσταται τάχιστα, έτσι ώστε επιτυγχάνεται η πλήρης αποκατάσταση του ΧΔΑ, αμέσως μετά το πέρας της λειτουργίας του.

Τέλος, η φυτοκάλυψη του χώρου διάθεσης απορριμμάτων, είτε κατά τη σταδιακή είτε κατά την τελική αποκατάσταση, είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση ευστάθειας στα πρανή των καλυμμένων απορριμμάτων, αλλά και για την επανένταξη ή προετοιμασία του χώρου για μελλοντική χρήση.

1.2.1 Λειτουργία συστημάτων εκχυλισμάτων και βιοαερίου

Στα έργα προστασίας περιβάλλοντος προβλέπεται η συνέχιση της λειτουργίας των συστημάτων βιοαερίου και εκχυλισμάτων, όπου υπάρχουν, ενώ προδιαγράφεται η κατασκευή τους, όπου δεν επαρκούν ή απουσιάζουν εντελώς.

Η ανάγκη έργων προστασίας από περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων, ακόμη και μετά την πλήρωσή τους, προκύπτει κυρίως από το γεγονός ότι κάποια από τα συστατικά των απορριμμάτων απαιτούν σημαντικό χρόνο μέχρις ότου αποδομηθούν ολοκληρωτικά. Στο διάστημα αυτό αναπτύσσονται βιολογικές διεργασίες (αναερόβιες συνθήκες) που έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή βιοαερίου, την επιβάρυνση των εκχυλισμάτων με οργανικό φορτίο και την καθίζηση των στρώσεων των διευθετημένων απορριμμάτων (Μάργαρης κ.ά., 1997).

Η παραγωγή και ανεξέλεγκτη διαφυγή εκχυλισμάτων, λόγω ανυπαρξίας ή μη ενδεδειγμένων έργων συλλογής και επεξεργασίας, δημιουργεί προβλήματα που εντοπίζονται όχι μόνο στη ρύπανση των επιφανειακών απορροών, αλλά και σε φαινόμενα διάβρωσης που παρατηρούνται στα πρανή των ταμπανιών, με άμεση συνέπεια την απώλεια υλικού χωματοκάλυψης, εφόσον χωματοκαλύπτονται έστω και πλημμυρώς (Χαλβαδάκης, 1992).

Μεγάλη όμως προσοχή πρέπει να αποδίδεται στο βιοαέριο που παράγεται από τα απόβλητα, διότι η κίνηση του βιοαερίου μέσα στα απορρίματα και στο έδαφος είναι εξαιρετικά πολύπλοκη. Το βιοαέριο τείνει να κινείται μέσα από υλικά υψηλής διαπερατότητας και η μετακίνησή του επηρεάζεται επίσης από τις καιρικές συνθήκες, και συγκεκριμένα από τις τιμές βαρομετρικής πίεσης. Χαμηλές τιμές βαρομετρικής πίεσης οδηγούν σε ταχύτερη διαφυγή του βιοαερίου, ενώ αντίθετα υψηλές τιμές μειώνουν το ρυθμό εκτόνωσης. Η ύπαρξη μη διαπερατού καλύμματος εμποδίζει τη διαφυγή του βιοαερίου από την επιφάνεια της χωματερής και μπορεί να το οδηγήσει σε μεγαλύτερη οριζόντια μετακίνηση, με αποτέλεσμα να διαφεύγει στην επιφάνεια

του ΧΔΑ ή ακόμη και εκτός των ορίων του χώρου. Έχει παρατηρηθεί ότι το βιοαέριο μπορεί να εκτονωθεί σε σημεία που βρίσκονται σε απόσταση μέχρι 300m περίπου από τα όρια του χώρου διάθεσης (*URL2*).

Το βιοαέριο στο μεγαλύτερο ποσοστό του (95%) αποτελείται από μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το μεθάνιο είναι εκρηκτικό σε συγκεντρώσεις 5-15% στον ατμοσφαιρικό αέρα. Ακόμη, έχουν αναφερθεί περιπτώσεις διείσδυσης του μείγματος CO_2 - CH_4 σε κτίρια που είναι κτισμένα κοντά σε χώρους διάθεσης ή πάνω σε αυτούς (*Χαλβαδάκης, 1992*).

Επομένως είναι σημαντική η λειτουργία του Συστήματος Ανάκτησης Βιοαερίου (ΣΑΒ), όπου στόχος του είναι η συλλογή και η καύση του βιοαερίου και σε μερικές περιπτώσεις η ενεργειακή του αξιοποίηση. Οι τεχνικές ανάκτησης εντοπίζονται κυρίως (α) στους φακούς και (β) στα πηγάδια ανάκτησης βιοαερίου (*Χαλβαδάκης, 1992*).

Τέλος, επισημαίνεται ότι, στις περιπτώσεις που εντοπίζονται υψηλές συγκεντρώσεις μεθανίου στον εδαφικό ορίζοντα του καλύμματος ενός αποκατεστημένου ΧΔΑ, αυτό οφείλεται συνήθως σε αστοχίες κατά τη διάστρωση του αδιαπέραστου φραγμού. Η αποκατάσταση τέτοιων αστοχιών είναι εξαιρετικά δαπανηρή και προϋποθέτει την εκσκαφή μεγάλων εκτάσεων απορριμμάτων και την επανακατασκευή του τελικού καλύμματος, μαζί με το σύστημα ανάκτησης βιοαερίου.

1.2.2 Τελικό κάλυμμα

Κυρίαρχο έργο κατά την αποκατάσταση αποτελεί η κατασκευή του τελικού καλύμματος (τελική χωματοκάλυψη). Με κατάλληλη διάταξη διαδοχικών στρώσεων από υλικά διαφορετικής διαπερατότητας, διασφαλίζονται συνθήκες που ευνοούν τη διαχείριση βιοαερίου και εκχυλισμάτων σε χώρους όπου έχει ολοκληρωθεί η διάθεση, ενώ παράλληλα δημιουργούνται προϋποθέσεις ανάπτυξης βλάστησης.

Η τυπική διάταξη περιγράφεται παρακάτω, ξεκινώντας από τη χαμηλότερη στρώση (επαφή με απορρίμματα) (*Μάργαρης κ.ά., 1997*):

- ✓ Ημερήσια χωματοκάλυψη από το υλικό που χρησιμοποιείται σε όλες τις ενδιάμεσες καλύψεις.
- ✓ Στρώση χαμηλής διαπερατότητας από αργιλικό υλικό ή συνθετική μεμβράνη (ή συνδυασμός των δύο). Ανακόπτει την πορεία βροχής που κατεισδύει προς το εσωτερικό των απορριμμάτων και του βιοαερίου που τείνει να διαφύγει προς την ατμόσφαιρα.
- ✓ Στρώση αποστράγγισης από άμμο - χαλίκι. Επιτρέπει ελεγχόμενη διαφυγή του νερού που ανακόπτεται από τη υποκείμενη αδιαπέρατη στρώση. Πάνω από το αμμοχάλικο τοποθετείται, αν κριθεί σκόπιμο, γεωφύλασμα που προστατεύει από την ανάμειξη με την υπερκείμενη στρώση.
- ✓ Στρώση χώματος μεγάλου βάθους, μέχρι και 2m. Η στρώση αυτή πρέπει να ευνοεί (στο ανώτερο τουλάχιστον τμήμα της) την ανάπτυξη της βλάστησης (*Μάργαρης κ.ά., 1997*). Οι ρίζες των περισσότερων φυτών βρίσκονται μέσα στα πρώτα 300mm του χώματος, εντούτοις είναι ικανά να προκαλέσουν ξήρανση στα χώματα μέχρι βάθους 700mm. Έτσι, το βάθος του χώματος για την προστασία της κάλυψης επιβάλλεται να είναι τουλάχιστον 1m (*Παναγιωτακόπουλος, 2002*).

Η τελική κάλυψη στα πρανή διαμορφώνεται σταδιακά, καθώς αναδύεται η απορριμματική μάζα. Επειδή εντός των πρώτων ετών μετά το «κλείσιμο» ο ΧΔΑ παραμένει «ενεργός» και αναμένονται καθιζήσεις, μέρος των έργων της τελικής κάλυψης και επανένταξης του χώρου για άλλες χρήσεις γίνεται τουλάχιστον δύο χρόνια μετά το κλείσιμο (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Η επιτυχία της κάλυψης εξαρτάται σημαντικά από τον τρόπο ταφής. Ανόμοιες καθιζήσεις αποτελούν την αιτία ζημιών και αστοχιών της κάλυψης, και για το λόγο αυτό, όπου εμφανίζονται τέτοιας μορφής καθιζήσεις, κρίνεται σκόπιμο τα έργα αποκατάστασης να καθυστερούν. Στην περίπτωση αυτή, και μέχρι να τοποθετηθεί η οριστική, μπορεί να τοποθετηθεί μια προσωρινή κάλυψη για την παρεμπόδιση της εισόδου νερών στο χώρο (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Για να παραμένει η κάλυψη αποτελεσματική, πρέπει να προστατεύεται από τις κινήσεις μηχανημάτων στην επιφάνεια του χώρου, από ξήρανση και ρηγματώσεις, από την διείσδυση των ριζικών συστημάτων, από την διάβρωση κ.λπ. Το πάχος της προστατευτικής στρώσης πάνω από την τελική κάλυψη εξαρτάται από τις σχεδιαζόμενες χρήσεις (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

1.2.3 Διαμόρφωση τελικού αναγλύφου

Εκτός από τη διάταξη των υλικών κατασκευής του τελικού καλύμματος είναι σημαντική η διαμόρφωση του τελικού αναγλύφου ώστε, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης, να εξασφαλίζεται η απομάκρυνση των επιφανειακών υδάτων σε συνδυασμό με τάφρους απομάκρυνσης ομβρίων. Τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά που δίνονται στο τελικό ανάγλυφο πρέπει, στο βαθμό του εφικτού, να εναρμονίζονται με την μορφολογία της ευρύτερης περιοχής.

Οι σύγχρονες θεωρίες για το σχεδιασμό του αναγλύφου περιλαμβάνουν τη συνεκτίμηση της ισορροπίας του φυσικού περιβάλλοντος με το νέο οικοσύστημα που θα εγκατασταθεί στο χώρο, με την υποστήριξη όλων των προβλεπόμενων τεχνικών έργων που θα κατασκευαστούν.

Στο σχεδιασμό του αναγλύφου καθορίζονται οι τελικές υψομετρικές καμπύλες του χώρου, παίρνοντας υπόψη την υφιστάμενη κατάσταση της ευρύτερης περιοχής στο χώρο διάθεσης και τις προτεινόμενες τελικές του χρήσεις. Σημαντικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη στον καθορισμό των τελικών ισοϋψών είναι οι μακροχρόνιες καθιζήσεις (ενιαίες και διαφορικές). Το τελικό ανάγλυφο θα καθορίσει σημαντικά τον τρόπο λειτουργίας της χωματερής και την επιτυχημένη υλοποίηση της αποκατάστασης (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

1.2.4 Περιοδικός έλεγχος

Οι δραστηριότητες για τον έλεγχο και την τήρηση των περιβαλλοντικών όρων, και για την επιτήρηση και παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις διεργασίες ενός ΧΔΑ, προσδιορίζονται από τη νομοθεσία (Κοινοτική Οδηγία 99/31/ΕΚ). Έτσι, στις προδιαγραφές της υγειονομικής ταφής εντάσσεται και η παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων (monitoring) του χώρου διάθεσης κατά τη φάση λειτουργίας του, αλλά και μετά την παύση αυτής. Στόχος, η έγκαιρη

επέμβαση σε περίπτωση που διαπιστωθεί διαρροή εκχυλισμάτων ή βιοαερίου που ενέχει το ενδεχόμενο σημαντικής επίπτωσης.

Παράλληλα με την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων, είναι απαραίτητος ο περιοδικός έλεγχος των τμημάτων του χώρου ταφής όπου έχουν γίνει έργα αποκατάστασης. Αντικείμενο της περιοδικής επιθεώρησης (η οποία με την πάροδο των ετών γίνεται και σπανιότερα) είναι ο έλεγχος για την ικανοποιητική λειτουργία των συστημάτων βιοαερίου και εκχυλισμάτων, τη διαπίστωση τυχόν ρωγματώσεων ή διάβρωσης του καλύμματος, την κατάσταση της βλάστησης κ.λπ. Στην περίπτωση που διαπιστωθεί ανεπάρκεια πραγματοποιούνται διορθωτικές επεμβάσεις (Μάργαρης κ.ά., 1997).

1.3 Συνήθειες Επιπτώσεις ΧΔΑ και Μέτρα Αντιμετώπισης

Οι συνηθέστερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την πλημμελή τήρηση των προδιαγραφών χωροθέτησης, κατασκευής και λειτουργίας ενός ΧΔΑ εντοπίζονται στα εξής (Μάργαρης κ.ά., 1997):

- ✓ ρύπανση υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, ατμοσφαιρική ρύπανση από ανεξέλεγκτη καύση
- ✓ δηλητηρίαση ζώων
- ✓ διαφυγή βιοαερίου - οσμές
- ✓ αισθητική υποβάθμιση τοπίου.

Ως μέτρα - έργα που εφαρμόζονται στο πλαίσιο αναβάθμισης ενός «προβληματικού» ΧΔΑ, ανεξάρτητα από το αν θα παύσει ή όχι η λειτουργία του, είναι (Μάργαρης κ.ά., 1997):

- ✓ Βελτίωση χαρακτηριστικών αναγλύφου
 - Προϋπόθεση για να γίνει δυνατή η κάλυψη των απορριμμάτων
 - Εναρμόνιση με το περιβάλλον ανάγλυφο
- ✓ Απλή χωματοκάλυψη
 - Περιορισμός της επαφής ομβρίων με απορρίμματα
 - Συγκράτηση - προσρόφηση οσμηρών μορίων του βιοαερίου
 - Έλεγχος της καύσης από αυτανάφλεξη
 - Αισθητικά αποδεκτή αναβάθμιση σε σχέση με ακάλυπτα απορρίμματα
 - Περιορισμός βόσκησης ζώων (άγριων και μη)
- ✓ Τελική χωματοκάλυψη - Κάλυμμα (εκτός των όσων ισχύουν για την απλή χωματοκάλυψη)
 - Περιορισμός κατεΐσδυσης υδάτων στο εσωτερικό των απορριμμάτων και παραγωγής εκχυλισμάτων
 - Έλεγχος διαφυγής βιοαερίου
 - Προϋπόθεση για την εγκατάσταση βλάστησης
- ✓ Διευθέτηση ομβρίων
 - Περιορισμός της επαφής ομβρίων με απορρίμματα
 - Μείωση όγκου παραγόμενων εκχυλισμάτων
- ✓ Ανάκτηση - καύση βιοαερίου
 - Προστασία από κίνδυνο ανάφλεξης
 - Συμβολή στον περιορισμό του «φαινομένου του θερμοκηπίου» (το μεθάνιο έχει πολλαπλάσια επίπτωση από του διοξειδίου του άνθρακα)
 - Έλεγχος οσμών
- ✓ Περίφραξη

- Απομάκρυνση ζώων
- Συγκράτηση ελαφρών αντικειμένων από διασπορά
- ✓ Φύτευση
 - Συγκράτηση χωματοκάλυψης στα πρανή
 - Οπτική απομόνωση όταν είναι επιθυμητό
 - Αποκατάσταση αισθητικής τοπίου
 - Αποκατάσταση οικοσυστήματος.

1.4 Κατάσταση στον Ελληνικό Χώρο

Το ΥΠΕΧΩΔΕ, με την κατάρτιση του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΣΔΣΑ), ο οποίος θεσμοθετήθηκε με την ΚΥΑ 50910/2727/03 (ΦΕΚ 1909 Β΄) έθεσε χρονοδιάγραμμα για την εξάλειψη των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) μέχρι το 2008. Το ΥΠΕΧΩΔΕ κατάρτισε πρόγραμμα αποκατάστασης των ΧΑΔΑ. Το πρόγραμμα αποκατάστασης περιλαμβάνει τις εξής ενέργειες για την ωρίμανση των έργων αποκατάστασης, την ένταξή τους σε χρηματοδοτικά προγράμματα και την υλοποίηση του έργου αποκατάστασης κάθε ΧΑΔΑ:

- Απόφαση Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων για παύση λειτουργίας των ΧΑΔΑ.
- Σύνταξη τεχνικής μελέτης περιβαλλοντικής αποκατάστασης του κάθε ΧΑΔΑ.
- Έκδοση άδειας αποκατάστασης ΧΑΔΑ από τον γ.γ. της οικείας Περιφέρειας.
- Σύνταξη οριστικής μελέτης αποκατάστασης ΧΑΔΑ, εφόσον είναι απαραίτητο.
- Αίτηση του φορέα για ένταξη του έργου αποκατάστασης σε κατάλληλο χρηματοδοτικό πρόγραμμα.
- Απόφαση ένταξης του έργου στο χρηματοδοτικό πρόγραμμα.
- Η ευθύνη για την αποκατάσταση των ΧΑΔΑ ανήκει στους ΟΤΑ, στη διοικητική περιφέρεια των οποίων λειτουργεί ο ΧΑΔΑ ή στους φορείς διαχείρισης, εφόσον έχουν συσταθεί στην περιοχή.

Το πρόγραμμα αποκατάστασης των ΧΑΔΑ άρχισε στις 29-7-2004 με την έκδοση της υπ. αρ. 175535/29.7.04 υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ 1259 Β΄/16.8.04) «Συγκρότηση ομάδας εργασίας για την προώθηση έργων αποκατάστασης χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων (ΧΑΔΑ)». Οι πιο σημαντικές ενέργειες που έγιναν από το ΥΠΕΧΩΔΕ για την κατάρτιση και την υλοποίηση του προγράμματος αποκατάστασης (επίλυση διαφόρων θεμάτων) είναι οι εξής:

- Υπουργική Απόφαση οικ. 175535/27-7-2004 για τη «Συγκρότηση ομάδας εργασίας για την προώθηση έργων αποκατάστασης χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων (ΧΑΔΑ)», (ΦΕΚ 1259 Β΄/16-8-2004).
- Ερωτηματολόγιο με αρ. πρωτ. οικ. 176596/4-10-2004 του ΥΠΕΧΩΔΕ προς τους ΟΤΑ.
- Εγκύκλιος με αρ. πρωτ. οικ. 109974/3106/22-10-2004 του ΥΠΕΧΩΔΕ «Πρότυπες προδιαγραφές τεχνικής μελέτης περιβαλλοντικής αποκατάστασης χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων (ΧΑΔΑ).
- Συλλογή στοιχείων για ΧΑΔΑ. Έγγραφο του ΥΠΕΧΩΔΕ (Τμήμα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων) προς τους φορείς λειτουργίας ΧΥΤΑ (αρ. πρωτ. 108883/2832/1-11-2004).
- Απόφαση του γ.γ. του ΥΠΕΧΩΔΕ υπ. αρ. οικ. 184095/25-7-2005 για την ένταξη στο επιχειρησιακό πρόγραμμα «Περιβάλλον 2000-2006» του έργου

«Σύμβουλος για την ωρίμανση έργων στους χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων».

- Απόφαση του γ.γ. του ΥΠΕΧΩΔΕ υπ. αρ. οικ. 185268/30-9-2005 για την επιλογή αναδόχου για το έργο «Σύμβουλος για την ωρίμανση έργων στους χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (ΧΑΔΑ)».
- Την εγκύκλιο 19 με αρ. πρωτ. οικ. 135977/14-12-2005 του ΥΠΕΧΩΔΕ με θέμα «Πρότυπες οριστικές μελέτες έργων αποκατάστασης χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων (ΧΑΔΑ)».

Το πρόγραμμα αποκατάστασης των ΧΑΔΑ βρίσκεται σε εξέλιξη και τα στοιχεία που συλλέγει το ΥΠΕΧΩΔΕ διαφοροποιούν διαρκώς την εικόνα προόδου και υλοποίησης του προγράμματος.

Μετά την αποστολή και παραλαβή των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων από τους ΟΤΑ, το ΥΠΕΧΩΔΕ κατηγοριοποίησε τους ΧΑΔΑ σε τέσσερις (4) κατηγορίες ανάλογα με την εκτίμηση επικινδυνότητας.

- Επικινδυνότητα μικρότερη των 35 βαθμών
- Επικινδυνότητα μεταξύ 35 βαθμών έως και 69
- Επικινδυνότητα μεταξύ 70 βαθμών έως και 89
- Επικινδυνότητα μεγαλύτερη από 90 βαθμούς.

Για όλες τις προαναφερόμενες κατηγορίες θα πρέπει καταρχήν να εκδοθούν αποφάσεις Νομαρχών για την παύση λειτουργίας των ΧΑΔΑ και κατόπιν να αποκοπεί η πρόσβαση στο χώρο μέχρι την έναρξη υλοποίησης της αποκατάστασης.

Για τη μείωση βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αστικών αποβλήτων που οδηγούνται για υγειονομική ταφή, οι στόχοι που θέτει η ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508/2002 είναι:

- Μέχρι την 16η Ιουλίου του 2010, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 75% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995.
- Μέχρι την 16η Ιουλίου του 2013, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 50% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995.
- Μέχρι την 16η Ιουλίου του 2020, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 35% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων προϋποθέτει:

- Τη δρομολόγηση ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων, τα οποία θα εκτρέπουν σημαντικές ποσότητες βιοαποδομήσιμων αποβλήτων από τους ΧΥΤΑ.
- Την καθιέρωση εργαλείων που θα αποτρέπουν την ταφή βιοαποδομήσιμων αποβλήτων.

Τα συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων μπορεί να περιλαμβάνουν μία ή συνδυασμό των παρακάτω μεθόδων:

- Οργάνωση προγραμμάτων διαλογής στην πηγή των ανακυκλώσιμων υλικών με προτεραιότητα στα αστικά κέντρα.
- Κατασκευή μονάδων ανακύκλωσης υλικών.
- Κατασκευή, όπου κρίνεται οικονομοτεχνικά σκόπιμο και με γνώμονα την οικονομία κλίμακας, μονάδων αερόβιας ή αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των στερεών αποβλήτων ή/και μονάδων θερμικής επεξεργασίας με ανάκτηση ενέργειας με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων.
- Κατασκευή και λειτουργία ΧΥΤ αποβλήτων ή υπολειμμάτων, με στόχο την κάλυψη των αναγκών της χώρας και για τις ποσότητες εκείνες των στερεών αποβλήτων, για τις οποίες δεν γίνεται αξιοποίηση μέσω επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης ή ανάκτησης προϊόντων και ενέργειας.

Οι μελέτες των περιφερειακών σχεδιασμών που έχουν εκπονηθεί ή εκπονούνται, προσαρμόζουν τους σχεδιασμούς διαχείρισης των οικιακών αποβλήτων με βάση τους στόχους που θέτει η νέα στρατηγική στους χρονικούς σταθμούς 2010-2013-2020. Σήμερα λειτουργούν στη χώρα μας τρεις (3) εγκαταστάσεις επεξεργασίας του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αστικών αποβλήτων (Ανω Λιόσια, Καλαμάτα, Χανιά) που συνεισφέρουν στην εκτροπή στο ποσοτικό στόχο 1.

Έτσι, στο πλαίσιο των έργων που πραγματοποιούνται με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών διάθεσης απορριμμάτων και αποκατάστασης των ΧΔΑ απαιτείται:

1. Η βελτίωση κάποιων ΧΔΑ, όπου κρίνεται εφικτή η αναβάθμισή τους σε ΧΥΤΑ, με αποκατάσταση των τμημάτων, όπου έχει ολοκληρωθεί η διευθέτηση απορριμμάτων.
2. Η παύση λειτουργίας και εγκατάλειψη όσων χώρων κρίνονται ακατάλληλοι - επικίνδυνοι, με τελική αποκατάστασή τους (στην πλειοψηφία των περιπτώσεων αφορά ΧΔΑ ανεξέλεγκτης καύσης των απορριμμάτων).
3. Η αποκατάσταση ΧΔΑ που έχουν εγκαταλειφθεί προ ετών λόγω κορεσμού.
4. Η εγκατάσταση νέων ΧΥΤΑ, όπου θα εφαρμόζεται εξ αρχής η σταδιακή αποκατάσταση (Μάργαρης κ.ά., 1997).

Κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις χαρακτηρίζεται από διαφορετικές συνθήκες και περιοριστικούς παράγοντες, και επομένως απαιτεί διαφορετική τεχνική ως προς την αποκατάσταση.

1.5 Περιοριστικοί Παράμετροι Ανάπτυξης Βλάστησης στους ΧΔΑ

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη βλάστησης σε ένα ΧΔΑ είναι οι παρακάτω:

- ✓ τοξική δράση του βιοαερίου στο ριζικό σύστημα των φυτών
- ✓ χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου στην αέρια φάση του εδάφους
- ✓ εδαφικός ορίζοντας μικρού πάχους
- ✓ χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (Cation Exchange Capacity, CEC)
- ✓ έλλειψη θρεπτικών
- ✓ χαμηλή ικανότητα κατακράτησης νερού
- ✓ υψηλός βαθμός συμπίεσης στο έδαφος
- ✓ έλλειψη νερού
- ✓ υψηλή θερμοκρασία εδάφους
- ✓ εδαφική δομή

✓ ακατάλληλη επιλογή φυτικών ειδών
(*Gilman, 1980, Gilman et al, 1982 και Tchobanoglous et al, 1993*).

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρατίθενται αναλυτικά οι σημαντικότεροι από τους παραπάνω παράγοντες.

Τοξική δράση βιοαερίου στις ρίζες: Η σημαντικότερη ανασταλτική παράμετρος ανάπτυξης βλάστησης, λόγω της φυτοτοξικής δράσης που παρουσιάζουν μερικά συστατικά του, είναι η ύπαρξη βιοαερίου στην αέρια φάση του εδαφικού ορίζοντα του τελικού καλύμματος ενός Χώρου Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΔΑ). Τα αέρια που παράγονται από την αναερόβια αποδόμηση των απορριμμάτων είναι κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το μεθάνιο (CH_4). Η υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) είναι δυνατόν να δράσει τοξικά στις ρίζες των φυτών, ενώ η υψηλή συγκέντρωση μεθανίου (CH_4) επιδρά έμμεσα στα φυτά με την εκτόπιση του οξυγόνου από το πορώδες του εδάφους, γιατί υποκαθιστά το οξυγόνο και δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες. Τα παραπάνω δύο αέρια αποτελούν το 95% του όγκου του βιοαερίου που παράγεται από τα απορρίμματα. Στο υπόλοιπο 5% περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων το υδρόθειο (H_2S), η αμμωνία (NH_3), το υδρογόνο (H_2), το αιθυλένιο (C_2H_4) και οι μερκαπτάνες (RSH). Από αυτά το υδρόθειο (H_2S) και το αιθυλένιο (C_2H_4) έχουν καταγραφεί σαν τοξικά για τα φυτά, ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις (*Gilman, 1980, Tchobanoglous et al, 1993*).

Ανεπάρκεια οξυγόνου στις ρίζες: Το πορώδες του εδάφους καταλαμβάνεται εναλλακτικά από νερό ή ατμοσφαιρικό αέρα. Μετά από βροχοπτώσεις και κατά την κατείσδυση του νερού, εκτοπίζεται ο αέρας που καταλαμβάνει τα διάκενα του εδάφους. Όταν παύσει η είσοδος νερού, με την δράση της βαρύτητας απομακρύνεται το νερό από τους μεγάλους πόρους, επιτρέποντας έτσι την επαναφορά του αέρα. Η ιδανική κοκκομετρική σύνθεση του εδάφους που βοηθά τη σωστή ανάπτυξη των φυτών είναι όταν υπάρχουν πόροι διαφορετικού μεγέθους. Έτσι, οι μεγάλοι πόροι αποστραγγίζονται γρήγορα από το νερό μετά την άρδευση ή τη βροχή, εξασφαλίζουν τον καλό αερισμό του εδάφους και επιτρέπουν την επαναφορά αέρα, ενώ οι μικροί πόροι κατακρατούν υγρασία ικανή να συντηρήσει το φυτό κατά το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο αρδεύσεις (*Gilman, 1980, Tchobanoglous et al, 1993*). Με βάση τα παραπάνω κάθε διαταραχή που θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του ποσοστού των πόρων που μπορούν να γεμίζουν με οξυγόνο (μεγάλος βαθμός συμπίεσης, φτωχή δομή εδάφους) έχει άμεσες δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών. Η κακή σύσταση και ο υψηλός βαθμός συμπίεσης του εδάφους αποτελούν χαρακτηριστικά που συναντώνται σε ΧΔΑ και δυσχεραίνουν την φυτοκάλυψη.

Χαμηλή Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (CEC): Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων είναι η ικανότητα του εδάφους να προσροφά και να αποβάλλει ιόντα, και να κατακρατά θρεπτικά συστατικά. Το κolloειδές οργανικό υλικό και η άργιλος αποτελούν κύρια στοιχεία του εδάφους με ιοντοανταλλακτική ικανότητα (σε κατιόντα). Συγκεκριμένα τα κατιόντα, λόγω θετικού φορτίου, προσροφώνται σε αρνητικά φορτισμένες θέσεις των εδαφικών κolloειδών και μπορούν να ανταλλάσσονται με κατιόντα του εδαφικού διαλύματος, ελέγχοντας έτσι την κατακράτηση θρεπτικών συστατικών. Στοιχεία που συγκρατώνται σε εδάφη υψηλής ιοντοανταλλακτικής ικανότητας κατιόντων είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το

υδρογόνο, το κάλιο, το αργίλιο κ.ά. Η χαμηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη επιδρά στην ιοντοανταλλακτική ικανότητα και την διαθεσιμότητα κάποιων θρεπτικών στοιχείων στην ριζόσφαιρα, γι' αυτό σε γενικές γραμμές εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό θεωρούνται ακατάλληλα για την ανάπτυξη βλάστησης (*Rhoades, 1982a,b*). Κατά συνέπεια, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ενός εδάφους είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε άργιλο και οργανική ουσία.

Διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών: Η γονιμότητα του εδάφους εξαρτάται από την περιεκτικότητα και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων. Η προέλευση των συστατικών αυτών μπορεί να είναι για άλλα συστατικά το νερό και ο αέρας (υδρογόνο, άνθρακας και οξυγόνο), για άλλα ο αέρας και το έδαφος (άζωτο), ενώ για τα υπόλοιπα να είναι το έδαφος (*Nelson & Sommers, 1982*). Η προέλευση του εδάφους που χρησιμοποιείται για την τελική χωματοκάλυψη των ΧΔΑ είναι τέτοια ώστε να στερείται, συνήθως, ικανοποιητική περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Για το λόγο αυτό, αμέσως μετά την εκπόνηση ενός προγράμματος αποκατάστασης της βλάστησης, θα πρέπει να ακολουθεί και λίπανση της προς αποκατάσταση περιοχής.

Χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού: Όπως περιγράφεται και παραπάνω για την ανεπάρκεια οξυγόνου στις ρίζες, το πορώδες του εδάφους είναι καθοριστικό και για την συγκράτηση του νερού (*Margaris, 1977*). Έτσι, η ικανότητα συγκράτησης νερού ενός εδαφικού σχηματισμού εξαρτάται από την κατανομή του μεγέθους των πόρων του εδάφους, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τη δομή και το βαθμό συμπίεσης. Είναι προφανές ότι η ικανότητα κατακράτησης νερού σχετίζεται άμεσα με την υγρασία του εδάφους.

Υψηλός βαθμός συμπίεσης στο έδαφος: Η συμπίεση του εδάφους στους ΧΔΑ προκαλεί μείωση του μεγέθους των πόρων του και της διηθητικής ικανότητάς του, με αποτέλεσμα τον περιορισμό του νερού που κατεισδύει και εισέρχεται στη ριζόσφαιρα, καθώς και της εδαφικής υγρασίας.

Υψηλή θερμοκρασία εδάφους: Οι υψηλές τιμές θερμοκρασίας (μέχρι 38°C) (*Tchobanoglous et al, 1993*) που καταγράφονται στον εδαφικό ορίζοντα του τελικού καλύμματος ενός ΧΔΑ, σε συνδυασμό με άλλες παραμέτρους όχλησης, δημιουργούν προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών.

Δομή Εδάφους - Συσσωματώματα ίδιου μεγέθους: Ο όρος δομή του εδάφους χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διάταξη και συνένωση των επιμέρους εδαφικών σωματιδίων σε σύνθετες ομάδες που ονομάζονται συσσωματώματα. Τα συσσωματώματα είναι διακριτά μεταξύ τους και έχουν διαφορετικές φυσικές ιδιότητες από τα μη συσσωματωμένα εδαφικά σωματίδια (*Παναγιωτόπουλος, 1984*). Εδάφη που αποτελούνται από συσσωματώματα ίδιου μεγέθους χαρακτηρίζονται από χαμηλή ικανότητα κατακράτησης νερού.

1.6 Βασικά Συμπτώματα της Δράσης των Φυτοτοξικών Παραμέτρων και Μηχανισμοί Άμυνας των Φυτών

Η ανάπτυξη συνθηκών, σαν αυτών που αναφέρθηκαν παραπάνω, στον εδαφικό ορίζοντα που αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών, επιδρά τόσο στις ρίζες

όσο και στις συμβιωτικά αερόβιες μικροβιακές κοινότητες, που βοηθούν στη θρέψη των φυτών και στην αφομοίωση των αερίων.

Τα βασικά συμπτώματα της δράσης των φυτοτοξικών παραμέτρων είναι τα εξής:

- ✓ Αρχικά, η μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των φυτών,
- ✓ Στη συνέχεια, η μερική ή ολική απώλεια του φυλλώματος,
- ✓ Και, τελικά, η νέκρωση των φυτών (*URL3*).

Τα ψυχανθή, λόγω της παρουσίας των αζωτοβακτηρίων στο ριζικό τους σύστημα, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην παρουσία βιοαερίου και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται σε πολλούς αποκατεστημένους ΧΔΑ ως δείκτης παρουσίας του βιοαερίου στην αέρια φάση του εδάφους (*URL1*).

Ο βασικός μηχανισμός άμυνας των φυτών, απέναντι στις ανοξικές συνθήκες που επικρατούν σε μεγαλύτερα βάθη, είναι η ανάπτυξη ριζικού συστήματος πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Η εν λόγω προσαρμοστικότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη της ηλικίας του φυτού που φυτεύεται στην επιφάνεια του ΧΔΑ (*Gilman et al, 1982*). Επίσης έχει καταγραφεί ότι τα γρήγορα αναπτυσσόμενα φυτά είναι τα λιγότερο ανθεκτικά σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται με βραδύτερους ρυθμούς (*Gilman, 1980*). Επισημαίνεται ότι ακόμη και τα δέντρα αναπτύσσουν επιφανειακό ριζικό σύστημα, με ανάπτυξη 90% του ριζικού τους συστήματος στο πρώτο μέτρο εδάφους. Αυτό οφείλεται κυρίως στην απουσία οξυγόνου και δευτερευόντως στον υψηλό βαθμό συμπίεσης του εδάφους (*URL4*).

1.7 Τεχνικοί Περιορισμοί κατά την Φυτοκάλυψη

Εκτός από τις παραπάνω περιοριστικές παραμέτρους, που αφορούν ακόμη και την διαδικασία φυσικής εγκατάστασης της βλάστησης (χωρίς εργασίες φύτευσης), υπάρχουν περιορισμοί που αφορούν τις φυτοτεχνικές εργασίες, όπως (*Μάργαρης κ.ά., 1997*):

Προβλήματα άρδευσης: Στις περιοχές όπου συνήθως εγκαθίστανται ΧΔΑ είναι περιορισμένη η διαθεσιμότητα νερού. Επίσης, πρέπει κατά την άρδευση να έχει αρχικά εκτιμηθεί η ποσότητα εκχυλισμάτων που παράγονται στον ΧΔΑ ώστε να ρυθμιστεί η ποσότητα άρδευσης και να περιοριστεί η παραγωγή εκχυλισμάτων.

Ανομοιομορφία ιδιοτήτων εδάφους: Η χρήση εδαφών διαφορετικής προέλευσης μπορεί να δημιουργήσει στην επιφάνεια του ΧΔΑ, ένα μωσαϊκό με ανομοιόμορφες εκτάσεις όσον αφορά τις ιδιότητες του εδάφους. Η διαφοροποίηση αυτή δημιουργεί διαφορετικές απαιτήσεις για τη βελτίωση του εδάφους, άλλα και διαφορετική αντίδραση των φυτών για κάθε μορφή εδάφους.

1.8 Επιλογή Ειδών – Βλάστησης

Τα κριτήρια που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή των φυτικών ειδών που θα φυτευτούν σε κάποιο ΧΔΑ θα πρέπει να αφορούν οικολογικές, βιολογικές και αισθητικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα, τα είδη που θα φυτευτούν θα πρέπει:

- ✓ Να απαντούν στην ευρύτερη περιοχή του ΧΔΑ ή σε περιοχές με τα ίδια βιοκλιματικά χαρακτηριστικά

- ✓ Να είναι προσαρμοσμένα στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής
- ✓ Να έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε νερό
- ✓ Μετά την αποκατάσταση, ο χώρος να αποτελεί μέρος του οικοσυστήματος και του τοπίου της ευρύτερης περιοχής
- ✓ Να είναι ανθεκτικά στις δυσμενείς συνθήκες, λόγω της λειτουργίας του ΧΔΑ (Χαλβαδάκης, 1992).

Ακόμα, η μορφή της βλάστησης που θα εγκατασταθεί στον εκάστοτε ΧΔΑ είναι συνάρτηση και της επιδιωκόμενης χρήσης, μετά την αποκατάστασή του.

Στην περίπτωση που ο ΧΔΑ βρίσκεται σε περιοχή όπου δεν υπάρχει ενδιαφέρον ή προοπτική αξιοποίησης του με οποιοδήποτε τρόπο, τότε επιδιώκεται η εγκατάσταση βλάστησης απόλυτα συμβατής με το ευρύτερο φυσικό οικοσύστημα.

Στην περίπτωση όπου επιθυμείται η διαμόρφωση χώρου αναψυχής (ή παραπλήσιας χρήσης), είτε λόγω θέσης του ΧΔΑ είτε για λόγους «προβολής» της αποκατάστασης ΧΔΑ, τότε εντάσσονται στην επιλογή της φυσιογνωμίας της βλάστησης, οι παράμετροι της αισθητικής και της λειτουργικότητας.

Πέρα από την αισθητική του χώρου, η ταχεία ανάπτυξη ριζικού συστήματος επιδιώκεται στους ΧΔΑ με σκοπό την βελτίωση της αντοχής του τελικού καλύμματος έναντι της διάβρωσης.

Η φύτευση δέντρων χωρίς την ανάπτυξη εκτεταμένης ριζόσφαιρας δεν εξυπηρετεί στην άμεση εξασφάλιση της προδιαγραφής ευστάθειας πρανών. Επίσης, είναι ενδεχόμενη η πρόκληση προβλημάτων από την σε βάθος ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των δέντρων, δεδομένου ότι το τελικό κάλυμμα του ΧΔΑ δεν θα ξεπερνάει τα 1,5 με 2 μέτρα βάθους.

Έχει εφαρμοστεί σε ΧΔΑ άλλων χωρών, αλλά και σε παρόμοιες περιπτώσεις στην Ελλάδα (βιολογικός καθαρισμός Δήμου Κω), η δημιουργία βοτανικού κήπου ο οποίος λειτουργεί ως μόνιμη έκθεση φυτικών ειδών. Στην περίπτωση αυτή, επιλέγονται είδη που ίσως σπανίζουν ως αυτοφυή ή είναι ενδημικά άλλης περιοχής, με όμοια βιοκλιματικά χαρακτηριστικά (Μάργαρης κ.ά., 2001).

1.9 Εναλλακτικές Χρήσεις Αποκατεστημένων ΧΔΑ

Οι χρήσεις που προτείνονται για τους δημιουργηθέντες χώρους μετά την αποκατάσταση επιλέγονται λαμβάνοντας υπόψη τις χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής και τις προτάσεις του ρυθμιστικού σχεδίου. Επίσης, ρόλο παίζουν και το οδικό δίκτυο και ο κυκλοφοριακός φόρτος της περιοχής. Η αξιολόγηση αυτών των χρήσεων γης, σε συνδυασμό με τις επιθυμητές δραστηριότητες, τις ευκαιρίες, τις δυνατότητες και τα εμπόδια, καθορίζουν το γενικό σχέδιο χρήσεων.

Η βασική αντίληψη αυτού του σχεδίου περιλαμβάνει:

- ✓ Εξυπηρέτηση όσων χρήσεων γης είναι δυνατές στο πνεύμα της περιβαλλοντικής ασφάλειας και της αισθητικής αναβάθμισης.
- ✓ Ενοποίηση των διαφορετικών χρήσεων γης μέσα στη βασική νέα χρήση.
- ✓ Παροχή δυνατοτήτων στο κοινό για ανοιχτούς χώρους, πράσινο κ.λπ.

✓ Μετασχηματισμό του τι είναι επιθυμητό σε αισθητικά ευχάριστη πραγματικότητα (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη σε ένα τέτοιο σχεδιασμό είναι το οικοσύστημα της ευρύτερης περιοχής και ο τρόπος με τον οποίο το οικοσύστημα αυτό επιδρά στο χώρο της πρώην χωματελής. Επομένως, η απόφαση για την μελλοντική χρήση του χώρου μετά την παύση λειτουργίας του είναι κρίσιμη τόσο για τη διαμόρφωση του τελικού αναγλύφου όσο και για την επιλογή της βλάστησης που θα εγκατασταθεί.

Ως εναλλακτικές επιλογές για τη χρήση αποκατεστημένων ΧΔΑ αναφέρονται (Παναγιωτακόπουλος, 2002):

- ✓ η επαναφορά της βλάστησης και του οικοσυστήματος στην μορφή προ της εγκατάστασης του ΧΔΑ
- ✓ η δημιουργία πάρκου αναψυχής
- ✓ η δημιουργία βοτανικού κήπου με εκπαιδευτικό χαρακτήρα
- ✓ η αγροτική ή δασοπονική εκμετάλλευση.

Η αγροτική εκμετάλλευση θεωρείται παρακινδυνευμένη αφενός λόγω της πιθανής προσβολής των φυτών από τοξικά συστατικά του βιοαερίου, και επομένως μειωμένης απόδοσης, και αφετέρου λόγω της ενδεχόμενης μεταφοράς και βιοσυσσώρευσης τοξικών ιχνοστοιχείων στην τροφική αλυσίδα (Warren, 1972).

Χρήση αποκατεστημένου χώρου που πρέπει να θεωρείται απαγορευτική είναι η ανοικοδόμηση. Ειδικά στα πρώτα έτη μετά την παύση λειτουργίας (μέχρι και 20 έτη) είναι επικίνδυνη η κατασκευή οικοδομών λόγω της πιθανότητας εισροής βιοαερίου σε αυτές, αλλά και λόγω της συνεχιζόμενης καθίζησης των απορριμμάτων. Ακόμη και μετά την παρέλευση πολλών ετών, η κατασκευή οικοδομών πάνω σε ΧΔΑ απαιτεί ειδικά, πολυδάπανα έργα θεμελίωσης (Warren, 1972).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η δημιουργία βοτανικού κήπου, ο οποίος να λειτουργεί ως μόνιμη έκθεση φυτικών ειδών, είναι μια αρκετά ενδιαφέρουσα χρήση αποκατεστημένων ΧΔΑ και έχει εφαρμοστεί σε ΧΔΑ πολλών χωρών, καθώς και στην Ελλάδα στο βιολογικό καθαρισμό του Δήμου Κω.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΧΔΑ ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Οι πρώτες βιβλιογραφικές αναφορές, όσον αφορά την έρευνα εγκατάστασης βλάστησης σε Χώρους Διάθεσης Απορριμμάτων, αναφέρουν προσπάθειες επιστημόνων, μόλις από τη δεκαετία του '70, να επιτύχουν την εγκατάστασή της και τη μετατροπή των χώρων αυτών σε πάρκα, χώρους αναψυχής και αθλητισμού, καθώς επίσης να εξυπηρετήσουν τη γεωργική εκμετάλλευση και την ένταξη του χώρου στο περιβάλλον της περιοχής.

Η μικρή χρονική διάρκεια των ερευνών, οι κοινωνικές ομάδες που τα τελευταία χρόνια αποκτούν όλο και μεγαλύτερη ευαισθησία στα προβλήματα ρύπανσης και υποβάθμισης του περιβάλλοντος, καθώς και ο χρόνος αποπεράτωσης της έρευνας των παραμέτρων που επηρεάζουν τη βλάστηση στους χώρους αυτούς, αποδεικνύουν τον σχετικά μικρό όγκο των διαθέσιμων εργασιών που πραγματοποιήθηκαν στο θέμα.

Η πρώτη ερευνητική εργασία για την εγκατάσταση βλάστησης, κυρίως ξυλώδους, πραγματοποιήθηκε από το 1980 από τον *Gilman*, έναν από τους πρώτους ερευνητές με πολυετή εμπειρία. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στο ΧΔΑ Edgeboro, ο οποίος βρίσκεται σε παρακείμενο βάλτο στον ποταμό Raritan, στο South River στο New Jersey. Η πειραματική επιφάνεια ήταν 22m x 33m (726 m²) και η περιοχή «μάρτυρας», που βρισκόταν 400 m μακριά, ήταν 14m x 33m (462 m²). Το συνολικό τελικό κάλυμμα, 60 cm περίπου, αποτελούνταν από αμμώδες υπέδαφος και φυτόχωμα. Στις πειραματικές επιφάνειες του ΧΔΑ και του μάρτυρα φυτεύτηκαν 19 είδη δέντρων, με 10 άτομα από κάθε είδος. Τα είδη που φυτεύτηκαν ήταν: *Nyssa sylvatica*, *Picea abies*, *Ginkgo biloba*, *Pinus thunbergii*, *Myrica pennsylvanica*, *Populus spp.*, *Pinus strobes*, *Quercus palustris*, *Taxus cuspidata*, *Tilia americana*, *Platanus occidentalis*, *Acer rubrum*, *Liquidambar styraciflua*, *Euonymus alatus*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Gleditsia triacanthus* και *Salix babylonica*. Ακόμη, μετρήθηκαν σε βάθος 30 cm παράμετροι του εδάφους, όπως το μεθάνιο, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, το άζωτο, η θερμοκρασία, η υγρασία και, στα 15 cm, η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους. Παράλληλα μελετήθηκε και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Όλες οι μετρήσεις ξεκίνησαν τον Μάρτιο του 1977.

Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν:

- ✓ Η βιωσιμότητα των ειδών της δασικής βλάστησης σε συνθήκες ΧΔΑ διαφέρει μεταξύ των ειδών.
- ✓ Τα είδη δέντρων που αναπτύσσονται γρήγορα φαίνεται να είναι και τα πιο ευαίσθητα στις συνθήκες ΧΔΑ σε σχέση με αυτά που αναπτύσσονται αργά.
- ✓ Τα φυτά που προτιμούν το όξινο περιβάλλον (*Pinus thunbergii*, *Picea abies*, *Nyssa sylvatica*, *Myrica pennsylvanica*) ήταν πιο ανθεκτικά στο έδαφος του ΧΔΑ με χαμηλό pH (4,5), απ' ό,τι στο έδαφος με υψηλότερο pH (6,2).
- ✓ Η υγρασία του εδάφους αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξη της βλάστησης στους ΧΔΑ.
- ✓ Ορισμένα είδη είναι ανθεκτικά σε περιβάλλον με χαμηλό οξυγόνο εδάφους (*Fraxinus pennsylvanica*, *Platanus occidentalis*, *Acer rubrum*, *Liquidambar styraciflua*, *Gleditsia triacanthos*).
- ✓ Ορισμένα δέντρα επιβίωσαν σε συνθήκες εδάφους ΧΔΑ, το οποίο περιείχε 3,9% CO₂, 0,4% CH₄ και 18,8% O₂, αλλά δεν επιβίωσαν σε συνθήκες εδάφους που περιείχε 22,8% CO₂, 12% CH₄ και 4,3% O₂.

Στον ίδιο ΧΔΑ (Gilman et al., 1981a,b) φυτεύτηκαν ακόμη 6 τετράχρονα δέντρα *Tilia Americana* σε 90 cm χώματος, που τοποθετήθηκαν σε κάθε μία από τις 4 θέσεις 3m x 4m με φραγμό αερίων (τρεις στον κλειστό ΧΔΑ και μία σε μια παρακείμενη περιοχή ελέγχου-μάρτυρα). Στις 3 θέσεις του ΧΔΑ κατασκευάστηκαν και τοποθετήθηκαν αντίστοιχα φραγμοί με άργιλο (30 cm), 10 κατακόρυφοι σωλήνες εκτόνωσης του βιοαερίου και πλαστική μεμβράνη (0,16 mm) πάνω από στρώμα 30 cm από στρόγγυλα χαλίκια διαμέτρου 2,5 cm με 10 κατακόρυφους σωλήνες εκτόνωσης του βιοαερίου. Στη θέση ελέγχου δεν τοποθετήθηκαν ούτε σωλήνες εκτόνωσης ούτε καλύμματα. Επίσης, 10 δέντρα του ίδιου είδους φυτεύτηκαν σε μια θέση του ΧΔΑ με 60 cm τελικού καλύμματος χωρίς φραγμό και 10 σε περιοχή ελέγχου. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν το συνολικό μήκος όλων των ριζών με διάμετρο πάνω από 1 mm και οι συγκεντρώσεις των αερίων CH₄, CO₂ και O₂ σε βάθος 20 cm.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το συνολικό μήκος των ριζών ήταν σημαντικά μικρότερο και η μεγαλύτερη διεισδυτικότητα των ριζών σημαντικά πιο μικρή στις θέσεις του ΧΔΑ που είχε φραγμό αργίλου και σωλήνες εκτόνωσης, όπως και στη θέση που δεν είχε φραγμό. Οι συγκεντρώσεις του CH₄ και του CO₂ ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στις δύο παραπάνω θέσεις, ενώ του O₂ ήταν μικρότερες. Επομένως, συμπεράνε ότι σε υψηλή συγκέντρωση αερίων εδάφους CH₄ και CO₂ και χαμηλή O₂ οι ρίζες δεν μπορούν να αναπτυχθούν, διότι πρέπει να αποφύγουν το περιβάλλον βιοαέριο. Όμως, όταν οι συνθήκες γίνονται ευνοϊκότερες, το *Tilia Americana* ήταν ικανό να εκτείνει όλο το ριζικό του σύστημα στα πρώτα 15 cm της επιφάνειας του εδάφους.

Ακόμη, διαπιστώθηκε ότι το ριζικό σύστημα των ανθεκτικών φυτικών ειδών είναι πολύ πιο ρηχό από των μη ανθεκτικών ειδών και ότι τα είδη στο ΧΔΑ αναπτύσσουν περισσότερο το ριζικό τους σύστημα στα ανώτερα 13 cm του εδάφους απ' ό,τι τα ίδια είδη σε περιοχή εκτός ΧΔΑ. Επομένως, φαίνεται ότι η ικανότητα ενός είδους να ανέχεται τις συνθήκες του ΧΔΑ σχετίζεται μερικώς με την ικανότητά του να αναπτύσσει ένα επιφανειακό-ρηχό ριζικό σύστημα. Πέντε στα 6 είδη δέντρων έδειξαν ότι παράγουν ένα επιφανειακό-ρηχό ριζικό σύστημα απ' ό,τι τα είδη στην περιοχή ελέγχου. Έτσι, γίνεται εμφανής η ανάγκη για συχνό πότισμα στους ΧΔΑ.

Οι Robinson & Handel (2000) μελέτησαν τη φυσική διαδοχή σπερματοφύτων ειδών δέντρων για την αποκατάσταση και εγκατάσταση ξυλώδους βλάστησης σε ένα ΧΔΑ στην περιοχή Hackensack Meadowlands, στο New Jersey. Συμπεράναν λοιπόν ότι τα σπερματοφύτα είδη των δέντρων, που έχουν φυτευτεί με μικρή ανάπτυξη, φαίνεται να είναι πιο κατάλληλα για μεταφύτευση στους ΧΔΑ, διότι έχουν την ικανότητα να παράγουν γρήγορα ένα ρηχό ριζικό σύστημα, ενώ τα μεγαλύτερα σε μέγεθος φαίνεται να απαιτούν περισσότερο χρόνο για να παράγουν ένα επιφανειακό σύστημα ριζών. Επομένως, το ρηχό-επιφανειακό σύστημα ριζών μπορεί να είναι πιο επιθυμητό, γιατί επιτρέπει στις ρίζες να αναπτυχθούν σε μια εδαφική ζώνη, η οποία περιλαμβάνει λιγότερα αέρια αναερόβιας προέλευσης απ' ό,τι περιλαμβάνουν οι βαθύτερες εδαφικές ζώνες κοντά στα απορρίμματα.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Gilman et al. (1989) φυτεύτηκαν, τον Απρίλιο του 1978, στον κλειστό ΧΔΑ στο East Brunswick του New Jersey και σε περιοχή μάρτυρα, 60 νεαρά σπερματοφύτα *Acer saccharum* τα οποία ήταν 2 χρόνων

και 1 m ύψους. Το εδαφικό στρώμα κάλυψης και στις δύο πειραματικές επιφάνειες αποτελούνταν από φυτόχωμα δάφνης *Sassafras albidum*, 60 cm περίπου. Σε κάθε επιφάνεια ποτίζονταν 30 δέντρα κατά τη διάρκεια των εποχών ανάπτυξης (από το 1978 έως το 1979), έτσι ώστε το ποσό του νερού από τις βροχοπτώσεις και το πότισμα να δίνει σαν σύνολο τουλάχιστον 2,5 cm την εβδομάδα.

Η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία και η κίνηση του ανέμου για την εποχή της ανάπτυξης ελήφθησαν από μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκονταν σε μικρή απόσταση από την περιοχή. Ακόμη, μετρήθηκαν και οι συγκεντρώσεις οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα του εδάφους σε βάθος 20 cm.

Από την έρευνα προέκυψε ότι, εξαιτίας του ποτίσματος, η υγρασία του εδάφους στο ΧΔΑ και στον μάρτυρα αυξήθηκε σημαντικά. Οι συγκεντρώσεις οξυγόνου του εδάφους ήταν αισθητά χαμηλότερες και του διοξειδίου του άνθρακα υψηλότερες στο ΧΔΑ σε σύγκριση με του εδάφους του μάρτυρα. Ακόμη, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση μεταξύ ποτισμένων και μη περιοχών. Το μήκος του βλαστού και το βάρος του φύλλου στα δέντρα του ΧΔΑ υπήρξε σημαντικά μικρότερο σε σύγκριση με αυτά στην περιοχή μάρτυρα. Στο ΧΔΑ το μήκος του βλαστού στην αρδευόμενη περιοχή ήταν μεγαλύτερο κατά 24% από της μη αρδευόμενης, ενώ παρατηρήθηκε ότι το πότισμα δεν επηρέασε το μήκος του βλαστού ή το βάρος του φύλλου στην περιοχή ελέγχου.

Τέλος, οι *Gilman et al. (1989)* συμπέραναν ότι, ενώ οι ρίζες των δέντρων στους ΧΔΑ αναπτύσσονται σε γενικές γραμμές σε μικρότερα βάθη (επιφανειακά) απ' ό,τι στις περιοχές εκτός ΧΔΑ, τα δέντρα στην περιοχή του ΧΔΑ πιθανόν να είναι πιο ευαίσθητα στην ξηρασία, εξαιτίας της επικράτησης ρηχών ριζών.

Οι περισσότεροι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της μορφής των ριζών των φυτικών ειδών παίζουν τα γενετικά κληρονομικά χαρακτηριστικά. Άλλοι όμως υποστηρίζουν ότι αυτό είναι δευτερεύουσας σημασίας συγκριτικά με τους περιορισμούς που τίθενται από το περιβάλλον του εδάφους. Όπου οι συνθήκες του εδάφους επιτρέπουν απεριόριστη ανάπτυξη, αναπτύσσονται βαθιά συστήματα ριζών, ασχέτως του είδους, ενώ, όπου οι συνθήκες του εδάφους είναι δυσμενείς, σχηματίζονται ρηχά συστήματα ριζών (*Savill 1976, Butler et al. 2010*).

Με βάση τους *Stone & Kalisz (1991)*, τα χαρακτηριστικά του εδάφους που εμποδίζουν την κατακόρυφη ανάπτυξη των ριζών περιλαμβάνουν τη μηχανική αντίσταση (συμπαγή ή πετρώδη εδάφη), το χαμηλό αερισμό του εδάφους, το υψηλό επίπεδο νερού και την ξηρότητα. Οι ρίζες, περιλαμβανομένων και των κύριων ριζών, όταν φτάνουν σε αδιαπέραστα στρώματα και είναι ανίκανες να συνεχίσουν την κατακόρυφη ανάπτυξη, τείνουν να κάμπτονται ή να διακλαδίζονται και συνεχίζουν να αναπτύσσονται οριζόντια πάνω από το περιοριστικό στρώμα. Κάτω από τέτοιες συνθήκες η οριζόντια ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μπορεί να ξεπεράσει ακόμα και τα 50 μέτρα (*Gottlicher et al., 2008*)

Το είδος της βλάστησης με τις λειτουργίες της αποτελεί έναν από τους παράγοντες σχηματισμού του εδάφους και της διαμόρφωσης των ιδιοτήτων του. Η άμεση επίδραση της βλάστησης στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους συνδέεται με τη δράση του ριζικού συστήματος, τα φυτικά υπολείμματα καθώς και με την

επίδραση που ασκεί η υπέργεια βιομάζα στη διαμόρφωση των εδαφικών συνθηκών (Αλιφραγκής κ.ά. 1996, Bonifacio et al. 2008).

Η αμφίδρομη σχέση μεταξύ βλάστησης και εδάφους γίνεται καλύτερα αντιληπτή, όπου και εντονότερη, σε ακραία περιβάλλοντα (Perez, 1995). Σημαντικό ρόλο στην τροποποίηση των ιδιοτήτων του εδάφους που προκαλούνται από τη βλάστηση ασκούν:

- το φυτικό είδος (Skeffington 1983)
- τα φυτικά υπολείμματα (Ulery et al. 1995)
- η ανακατανομή των θρεπτικών στοιχείων μέσω της ανακύκλωσης (Febere et al. 1989, Hartemink et al. 1996)
- οι απαιτήσεις κάθε είδους και οι ιδιαιτερότητες της θρέψης του
- τα χαρακτηριστικά της υπέργειας βιομάζας
- το είδος και η δραστηριότητα των μικροοργανισμών των εδαφών που συνδέονται με το είδος και τα χημικά χαρακτηριστικά των φυτικών υπολειμμάτων
- ο βαθμός προστασίας του εδάφους (Virginia 1986, Johnson & Gordon 1988)
- ο ρυθμός και το είδος της χουμοποίησης των φυτικών υπολειμμάτων (Wazel et al. 2000).

Σύμφωνα με τους Alban et al. (1978), η ένταση των μεταβολών στις ιδιότητες του εδάφους εξαρτάται από το βάθος του εδάφους από το οποίο τα φυτά αντλούν τη μεγαλύτερη ποσότητα θρεπτικών στοιχείων, δηλαδή από την κατανομή του ριζικού συστήματος, καθώς και από το βαθμό ανακύκλωσης των θρεπτικών στοιχείων.

Αρκετές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στα αποτελέσματα των δυσμενών συνθηκών που επικρατούν στους ΧΔΑ και στις επιπτώσεις τους στην εγκατάσταση και ανάπτυξη της βλάστησης σε τέτοιους χώρους. Οι μελέτες αυτές συνήθως επικεντρώνονται σε μετρήσεις για τις συγκεντρώσεις των αερίων του ΧΔΑ (CO₂, CH₄, O₂) με σκοπό να διαπιστώσουν ποιοι είναι οι περιοριστικοί παράγοντες για τα φυτά, σε ποιες συγκεντρώσεις τους προκαλούν βλάβες, καθώς και ποια φυτικά είδη ανθίστανται σε αυτούς τους παράγοντες.

Μια τέτοια έρευνα πραγματοποιήθηκε από τους Rawlinson et al. (2004) σε ΧΔΑ στη νοτιοδυτική Αγγλία ώστε να προσδιοριστούν οι περιορισμοί στην επιβίωση και την ανάπτυξη των δέντρων. Η διάρκεια της μελέτης ήταν 3 έτη, επιλέχθηκαν 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες (40x40m) και φυτεύτηκαν 21 ξυλώδη είδη.

Από την έρευνα προκύπτει ότι οι κύριοι περιβαλλοντικοί περιορισμοί στην ανάπτυξη των φυτών ήταν οι χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου του εδάφους, το βάθος του εδαφικού καλύμματος, η συμπίεση του εδάφους και η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία. Παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές pH, όπου περιορίζουν την ανάπτυξη των φυτών και ανέμεναν μικρή διαθεσιμότητα σε μέταλλα. Τα επιτυχέστερα είδη ήταν είδη των πρώιμων σταδίων διαδοχής (έναντι των μεταγενέστερων), γηγενή είδη (έναντι των εξωτικών), θάμνοι (έναντι των δέντρων) και πλατύφυλλα (έναντι των κωνοφόρων). Οκτώ από τα 21 είδη θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως τα πιο κατάλληλα φυτικά είδη για την αποκατάσταση ενός ΧΔΑ. Τα είδη αυτά είναι: *F. excelsior*, *Q. petraea*, *M. sylvestris*, *S. aucuparia*, *A. pseudoplatanus*, *C. monogyna*, *A. glutinosa*, *P. padus* και *P. spinosa*. Τέλος, συνάγεται το συμπέρασμα ότι όλες οι

περιοχές ήταν κατάλληλες για την εγκατάσταση δασικής κοινότητας, αν και δύο περιοχές του ΧΔΑ θα απαιτούσαν πρόσθετη εδαφική τροποποίηση.

Οι *Flower et al. (1981)* διαπίστωσαν ότι τα συνδυασμένα αποτελέσματα της χαμηλής υγρασίας εδάφους, των ελαφρώς υψηλών συγκεντρώσεων CO₂ του εδάφους και των συνακόλουθων μειωμένων συγκεντρώσεων O₂ συμβάλλουν σημαντικά στην περιορισμένη ανάπτυξη των φυτικών ειδών στις πειραματικές επιφάνειες ενός ΧΔΑ.

Οι *Arthur et al. (1981)* παρατήρησαν αύξηση στην ανοχή του *Acer saccharum* με μείωση της διαπνοής του, μετά από 8 ημέρες έκθεσης σε αέρια μείγματα προσομοιαζόμενα με το βιοαέριο των ΧΔΑ (CO₂=40%, O₂=3%, CH₄=50%). Παρόμοιο αποτέλεσμα παρατηρήθηκε για το *Acer saccharum* σε αρκετά χαμηλότερες συγκεντρώσεις CO₂ (3,1%) και υψηλότερες συγκεντρώσεις O₂ (16,8%).

Άλλοι, όπως οι *Sojka & Stolzy (1980)*, παρατήρησαν αυξημένη ανθεκτικότητα στα φυτά που μεγαλώνουν σε περιβάλλον με χαμηλή περιεκτικότητα εδάφους σε O₂.

Επίσης, οι *Marchiol et al. (2000)* ανέφεραν τα αποτελέσματα της ρύπανσης από το βιοαέριο στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης των *Vicia villosa*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense* και *T. Repens*. Η φύτευση καθυστέρησε σημαντικά και οι ρίζες είχαν περιορισμένη ανάπτυξη. Όταν οι ρίζες του φυτού *Leucaena leucocephala*, που μόλις είχαν εμφανισθεί από το σπόρο, εκτέθηκαν σε βιοαέριο παρόμοιο με των ΧΔΑ, ο ρυθμός επιμήκυνσης του βλαστού και η λειτουργία των στομάτων περιορίστηκαν.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις μεθανίου ή διοξειδίου του άνθρακα και οι χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου πιθανόν να αποτελούν τις κύριες αιτίες για τη συνεχιζόμενη θνησιμότητα των δέντρων με λίγο ή καθόλου κάλυμμα εδάφους. Διάφορες ερευνητικές εργασίες αποδεικνύουν μια μεγάλη διακύμανση της παραγωγής μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα από ένα τόνο απορριμμάτων, οι οποίες κυμαίνονται από 40 m³ έως 250 m³, και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη σύσταση των απορριμμάτων (*Lou and Nair, 2009*). Η ανάπτυξη των ριζών επιτυγχάνεται καλύτερα σε ποσοστά οξυγόνου της τάξης του 20% και μειώνεται, καθώς ο αερισμός πέφτει. Το ποσοστό οξυγόνου κάτω του 10% των διαστημάτων των πόρων φαίνεται να είναι κοινή διαπίστωση για μια σημαντική αναχαίτιση της ανάπτυξης των ριζών (*Theodorou et al. 1991*).

Οι *Chan et al. (1997)* παρατήρησαν ότι το μεθάνιο δεν θεωρείται από μόνο του τοξικό για τα φυτά, αλλά σε συνδυασμό με το CO₂ εκτοπίζει το οξυγόνο από τη ζώνη της ρίζας. Είναι σχεδόν αδύνατο να καθοριστεί μια ελάχιστη τιμή περιεκτικότητας, όσον αφορά το οξυγόνο του εδάφους, για τη λειτουργία των ριζών και την ανάπτυξή τους. Πάντως η χαμηλότερη τιμή περιεκτικότητας οξυγόνου του εδάφους 12% είναι πιθανό να προκαλέσει βλάβες στα δέντρα, ενώ περιεκτικότητα της τάξεως του 6% σίγουρα προκαλεί.

Πρόσφατα οι *Xiaoli et al. (2010)* στο μεγαλύτερο ΧΔΑ της Κίνας που κατασκευάστηκε το 1985 και βρίσκεται στη Σαγκάη πραγματοποίησαν μια οικολογική μελέτη με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης από την εκπομπή των αερίων σε περιβαλλοντικούς παράγοντες που σχετίζονται με χαρακτηριστικά της βλάστησης και της κάλυψης του εδάφους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο η κάλυψη του εδάφους από τη βλάστηση όσο και ο αριθμός των ειδών αυξανόταν με το

χρόνο από το κλείσιμο θέσεων του ΧΔΑ. Η τάση διαδοχής για τα είδη βλάστησης ήταν από τα πολυετή είδη (*Phragmites australis*) στα ετήσια. Τα πολυετή είδη ήταν ο κυρίαρχος τύπος βλάστησης κατά τη διάρκεια παύσης λειτουργίας του ΧΔΑ, ενώ η ετήσια βλάστηση αυξανόταν με το χρόνο που παρέμεινε ανενεργός ο ΧΔΑ. Η βλάστηση εμφανίστηκε κατά προτίμηση σε περιοχές με μεγάλο βάθος εδαφοκάλυψης (>50 cm), η οποία χαρακτηριζόταν από υψηλή συγκράτηση υγρασίας όπου επιτρέπει την αύξηση της βλάστησης. Οι συγκεντρώσεις του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα στο τελικό εδαφικό κάλυμμα μειώθηκαν σημαντικά με το χρόνο. Οι συγκεντρώσεις τους στο γυμνό έδαφος ήταν υψηλότερες από εκείνες του εδάφους με φυτική κάλυψη, ενώ η ροή του CO₂ του γυμνού εδάφους ήταν χαμηλότερη από αυτή του εδάφους με βλάστηση.

Οι *Abichou et al. (2006)* μελέτησαν τις ροές εκπομπής μεθανίου από δύο περιοχές του ΧΔΑ της Florida των ΗΠΑ. Στη μία το εδαφικό κάλυμμα είχε μεγάλο βάθος με εγκατεστημένη βλάστηση και στην άλλη υπήρχε λεπτή στρώση εδάφους χωρίς βλάστηση. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι και οι δύο τύποι αποτελούσαν σημαντικές πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Παρόλα αυτά οι εκπομπές από το λεπτό στρώμα ήταν διπλάσιες των εκπομπών με μεγάλο βάθος εδάφους. Η οξείδωση του μεθανίου στη στρώση εδάφους με μεγάλο βάθος ήταν σε ένα βαθμό υπεύθυνη για τη μείωση των εκπομπών μεθανίου στην ατμόσφαιρα. Οι ΧΔΑ αποτελούν μια μεγάλη πηγή μεθανίου και εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν στην ατμόσφαιρα περίπου το 35% των ανθρωπογενών εκπομπών μεθανίου στις Ηνωμένες Πολιτείες και 5 έως 10% των παγκόσμιων εκπομπών του (*Stern et al., 2007*).

Οι *Richards & Cockroft (1974)* υποστηρίζουν ότι η ανάπτυξη των ριζών σταμάτησε εντελώς όταν το ποσοστό οξυγόνου στους πόρους του εδάφους έπεσε στο 2%. Στα συμπαγή εδάφη, η μικρή ανταλλαγή αερίου μεταξύ εδάφους και ατμόσφαιρας έχει ως επακόλουθο να χρησιμοποιείται γρήγορα από τις ρίζες των φυτών και τους οργανισμούς του εδάφους το μικρό ποσοστό του οξυγόνου που είναι διαθέσιμο και να αντικαθίσταται από το προϊόν της αναπνοής, το διοξείδιο του άνθρακα. Ενώ τα υψηλά επίπεδα του CO₂ μπορεί να γίνουν ανεκτά εφόσον υπάρχει αρκετό οξυγόνο, όταν ο εμπλουτισμός του οξυγόνου είναι περιορισμένος, τα τοξικά αποτελέσματα του CO₂ είναι περισσότερο εμφανή (*Leone et al., 1979*).

Για παράδειγμα, οι *Boynton et al. (1938)* βρήκαν ότι για ένα ποσοστό οξυγόνου στους πόρους του εδάφους 10%, ο σχηματισμός νέων ριζών ήταν αμελητέος όταν το CO₂ υπερέβη το 5%. Κατά τον ίδιο τρόπο, η συμπίεση του εδάφους επιδεινώνει τις επιπτώσεις από τα χαμηλά επίπεδα οξυγόνου.

Οι *Gill & Miller (1956)* διαπίστωσαν ότι η ανεμπόδιστη ανάπτυξη των ριζών μειώθηκε όταν το ποσοστό σε οξυγόνο έπεσε στο 10%, ενώ παράλληλα οι ρίζες, οι οποίες επίσης συναντούν μηχανική αντίσταση, υφίστανται πολύ μεγαλύτερη μείωση στην ανάπτυξή τους στο ίδιο επίπεδο αερισμού.

Ακόμη, σύμφωνα με τους *Fadel et al. (1997)*, τα προβλήματα που προκαλούνται στα φυτά οφείλονται κατά κύριο λόγο στην έλλειψη οξυγόνου στη ριζόσφαιρα που προκύπτει από την αντικατάσταση του O₂ από τα αέρια (CH₄ και CO₂). Η μείωση στην περιεκτικότητα σε O₂ μπορεί να προέλθει και από την οξείδωση του CH₄ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους από τα μεθανοτροφικά βακτήρια (*Abushammala et al., 2009*). Επίσης, προς την ίδια κατεύθυνση επενεργεί και η έκλυση θερμότητας που

προκαλείται από την εξίσωση: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{T}^\circ$. Το CO_2 αναστέλλει την αύξηση των φυτών σε υψηλές συγκεντρώσεις της τάξης του 30-45%. Επίσης, μπορεί να λειτουργήσει ως ρύπος στα υπόγεια νερά λόγω της υψηλής του διαλυτότητας.

Οι *Maurice et al. (1999)* χρησιμοποίησαν στη νότια Φιλανδία δύο είδη ιτιάς (*Salix uiminalis* & *S. Afuiatica*) σε ΧΔΑ με άρδευση στραγγισμάτων για την ανάκτηση ενέργειας από καύση ξύλου για μια περίοδο πάνω από δέκα χρόνια. Οι ιτιές παρουσίασαν ανοχή σε υψηλές περιεκτικότητες σε CO_2 και δεν παρατηρήθηκε κάποια σχέση μεταξύ των εκπομπών αερίων και της ανάπτυξης των δέντρων. Τα επίπεδα οξείδωσης του CH_4 ήταν μεταξύ 50 και $950 \text{ mol m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική επίδραση της ποσότητας της άρδευσης στην ανάπτυξη των δέντρων. Οι εκπομπές CO_2 ήταν μεγαλύτερες στις αρδευόμενες περιοχές. Η παραγωγή CO_2 οφείλεται στην αναπνοή των ριζών (οι ιτιές είναι προσαρμοσμένες σε εδάφη κορεσμένα από νερό και μεταφέρουν O_2 στις ρίζες), την οξείδωση του CH_4 και την παραγόμενη ποσότητα από τα απόβλητα. Επίσης, οι *Maurice et al. (1999)* αναφέρουν ότι οι *Whalen et al. (1990)* παρατήρησαν ότι το 69% του CH_4 που οξειδώνεται μετατρέπεται σε βιομάζα των βακτηριδίων.

Οι *Kim & Lee (2005)* διερεύνησαν το καθεστώς εποίκησης διαφορετικών ειδών δέντρων σε 7 ΧΔΑ και μελέτησαν τις δυνατότητές τους για αποκατάσταση μη ελεγχόμενων χώρων ταφής στη Νότια Κορέα. Η *Robinia pseudoacacia* ήταν το κυρίαρχο είδος, καθώς έχει την ικανότητα να επιβιώνει ικανοποιητικά στο ξηρό οικοσύστημα των χωματερών και η ανάπτυξή του ήταν υψηλή. Επιπλέον, δεσμεύει συμβιωτικά το άζωτο και πολλαπλασιάζεται με παραβλαστήματα. Ως είδη για αποκατάσταση προτείνουν τα: *Liriodendron tulipifera*, *Albizia julibrissin*, *Ligustrum obtusifolium*, *Buxus microphylla* var. *koreana*, *Hibiscus syriacus* και *Sophora japonica*.

Αντικείμενο μελέτης έχει αποτελέσει και η επίδραση του αερισμού του εδάφους σε συγκεκριμένες βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στο έδαφος. Ο καλός αερισμός του εδάφους ευνοεί τις οξειδωτικές διεργασίες, όπως την αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων, την οξείδωση του θείου, την οξείδωση αμμωνιακών αλάτων, μαγγανίου και σιδήρου, υδρογόνου, μεθανίου και άλλων οργανικών ενώσεων που σχηματίζονται μέσα στο έδαφος. Αυτές οι διεργασίες οξείδωσης ευνοούν αρκετά το σύστημα φυτού – έδαφος σε αντίθεση με τη διεργασία μείωσης του αερισμού, που συχνά προκαλεί βλάβες στην ανάπτυξη των φυτών και μειώνει την ικανότητα πρόσληψης μαγγανίου, σιδήρου, θεικού αλάτος και αζώτου από τα φυτά (*Sairam et al., 2008*).

Σε εδάφη που είναι αναερόβια για μεγάλα χρονικά διαστήματα, παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του αμμωνιακού αζώτου, του διαθέσιμου μαγγανίου, σιδήρου και ψευδαργύρου (*Gilman et al., 1985*). Το πρώτο στοιχείο που μειώνεται σημαντικά στα φύλλα των φυτών είναι το κάλιο (*Gilman et al., 1980*). Ο ανεπαρκής εφοδιασμός με οξυγόνο ριζών φυτών αβοκάντο οδήγησε σε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης του N, P, K, Ca, Mg και B στα φύλλα (*Labanauskas et al., 1968*). Οι *Leyshon & Sheard (1974)* βρήκαν ότι χαμηλά ποσοστά οξυγόνου στο έδαφος οδήγησαν σε μείωση της συγκέντρωσης του N, P, και K κατά 51, 61 και 58% αντίστοιχα στο κριθάρι. Ο *Board (2008)* μελετώντας τις αποδόσεις της σόγιας κάτω από αναερόβιες συνθήκες διαπίστωσε ότι το στοιχείο που επηρεάζεται σημαντικά είναι το άζωτο οδηγώντας σε σημαντική μείωση της παραγωγής. Οι *Shoulders &*

Ralston (1975) ανέφεραν ότι χαμηλά επίπεδα οξυγόνου στο έδαφος οδήγησαν σε μείωση της απορρόφησης P, K, Ca και Mg σε είδος πεύκου (*Pinus elliotii*), ενώ αυξήθηκε η απορρόφηση του NO₃. Σύμφωνα με τον Kozlowski (1999), η μείωση της απορρόφησης P και K από τα φυτά σε αναερόβιες συνθήκες οφείλεται εν μέρει στην αναστολή της ανάπτυξης των μυκκώριζων.

Σύμφωνα με τους Cleemput & El-Sebaay (1985), η παραγωγή μεθανίου στα εδάφη θεωρείται ως δείκτης για την ύπαρξη αναερόβιων συνθηκών λόγω βιολογικών διεργασιών.

Σε άλλη έρευνα από τους Dobson & Moffat (1999) εξετάστηκε η εγκατάσταση βλάστησης σε 1.200 εκτάρια των κλειστών ΧΔΑ στις περιοχές Mersey και Red Rose του Liverpool και του Manchester. Μέρος της μελέτης ήταν η παρακολούθηση των δέντρων (εξέταση και εκτίμηση της ανάπτυξης των φυτών, ριζικό σύστημα) που αναπτύσσονται σε ΧΔΑ. Η έρευνα έγινε και σε ΧΔΑ χωρίς φραγμούς ώστε να παρατηρηθεί η ικανότητα ανάπτυξης των δέντρων σε αυτούς. Σε 4 θέσεις των παραπάνω κλειστών ΧΔΑ φυτεύτηκαν 3 είδη δέντρων (*Salix spp.*, *Populus spp.* και *Alnus spp.*) από 12 άτομα του κάθε είδους. Το ύψος των δέντρων ήταν μέχρι 6 m και η ηλικία τους 8, 9 και 18 ετών σε κάθε θέση. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η αυξημένη φαινομενική πυκνότητα του εδάφους ήταν ο κύριος λόγος που οι ρίζες δεν εκμεταλλεύτηκαν το διαθέσιμο βάθος εδάφους. Οι συγκεντρώσεις των αερίων του εδάφους στις τέσσερις θέσεις δεν φαίνεται να έχουν σημαντικό ρόλο στον περιορισμό του βάθους των ριζών.

Η ανάπτυξη του κορμού των δέντρων επηρεάστηκε από την φαινομενική πυκνότητα του εδάφους και από τις συγκεντρώσεις αερίων του εδάφους. Η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους επηρέασε δυσμενώς και το ύψος και τη διάμετρο των κορμών των δέντρων. Τα αέρια δεν είχαν στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα στη διάμετρο του κορμού, αλλά φαίνεται να επηρεάζουν το ύψος των δέντρων. Το CO₂ και το O₂ φάνηκε να έχουν περισσότερη βαρύτητα στην ανάπτυξη του ύψους απ' ό,τι το CH₄. Αυτή η παρατήρηση προδίδει ότι οι μετρήσεις του μεθανίου από μόνες τους είναι ανεπαρκείς για να καθορίσουν τα πιθανά αποτελέσματα των αερίων των ΧΔΑ στην ανάπτυξη των φυτών. Καταλήγοντας, από τα τρία είδη, το *Alnus spp.* είναι πιο ανθεκτικό στις σχετικά αναερόβιες συνθήκες απ' ό,τι τα άλλα δύο είδη που εξετάστηκαν.

Στο ΧΔΑ του Cleanaway, Pitsea, στο Essex της Αγγλίας, οι Moffat & Houston (1991) πραγματοποίησαν, το 1978, έργα αποκατάστασης και έρευνας με σκοπό να παρατηρήσουν την επίδραση της συμπίεσης και του τύπου του εδαφικού καλύμματος στην εγκατάσταση της βλάστησης. Στις αρχές του 1979 φυτεύτηκαν 16 δέντρα στις πειραματικές επιφάνειες από τα είδη *Pinus nigra var maritima*, *Robinia pseudoacacia*, *Alnus glutinosa*, *Salix caprea* και *Populus lichocarpa*. Επιπλέον, έγιναν μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους, των συγκεντρώσεων μεθανίου, οξυγόνου και υγρασίας του εδάφους, καθώς και των εδαφικών παραμέτρων. Τέλος, δεν χρησιμοποιήθηκε λίπασμα και πότισμα για την εγκατάσταση των φυτών.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι θερμοκρασίες παραμένουν σημαντικά υψηλότερες από τις τιμές που προσδιορίστηκαν στις περιοχές εκτός ΧΔΑ. Επομένως, η αναερόβια αποσύνθεση είναι πιθανόν να συνεχιστεί για αρκετά ακόμη χρόνια, με συνακόλουθη αύξηση της θερμοκρασίας και των συγκεντρώσεων του μεθανίου και

του διοξειδίου του άνθρακα. Οι μέσες θερμοκρασίες εδάφους που μετρήθηκαν (20-28°C) δεν ήταν αρκετά υψηλές και κρίσιμες για την ανάπτυξη των φυτών, αν και υπάρχει περίπτωση να γίνουν για μικρά χρονικά διαστήματα.

Οι *Binns & Fourt (1983)* επισήμαναν ότι η θερμότητα που παράγεται από την αναερόβια ζύμωση των απορριμμάτων στεγνώνει το υπερκείμενο έδαφος και μειώνει το διαθέσιμο νερό για τα φυτά. Η ανάπτυξη των ριζών θα αναχαιτιστεί, όπου οι θερμοκρασίες του εδάφους είναι μεγαλύτερες από τις ιδανικές.

Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στη ζώνη των απορριμμάτων, λόγω της μικροβιακής αναερόβιας αποδόμησης, των διάφορων χημικών αντιδράσεων και των υπόγειων πυρκαγιών, προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας του επιφανειακού εδαφικού στρώματος (*Gilman et al., 1985*).

Η μέση θερμοκρασία που αναπτύσσεται στη ζώνη αποδόμησης των απορριμμάτων είναι μεταξύ 30 και 40°C, με μέγιστη τιμή που μπορεί να φθάσει τους 60°C (*Christensen & Kjeldsen, 1989*). Σε ανενεργούς χώρους απόθεσης απορριμμάτων, η θερμοκρασία του τελικού εδαφικού καλύμματος μπορεί να φθάσει και τους 40°C ανάλογα με το βάθος του (*Moffat και Houston, 1991*). Υψηλές εδαφικές θερμοκρασίες μπορεί να αποβούν σημαντικά βλαβερές στην ανάπτυξη των φυτών (*Wilson, 1991*) και συνεισφέρουν στην επιτάχυνση της ξήρανσης του εδάφους (*Binns & Fourt, 1983*). Πρόσφατα οι *Wright et al. (2007)* διαπίστωσαν ότι η μείωση της θερμοκρασίας στην περιοχή της ριζόσφαιρας μπορεί να αυξήσει σημαντικά την επιβίωση και την ανάπτυξη της ρίζας των φυτών *Kalmia latifolia* κατά τη μεταφύτευσή τους.

Οι *Soulders & Ralston (1975)* παρατήρησαν ότι η απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, όπως άζωτο, φώσφορος, κάλιο, μαγνήσιο και ασβέστιο, αυξήθηκε μέχρι και 50%, καθώς η θερμοκρασία αυξανόταν από 16 στους 28°C. Σύμφωνα με τους *Ruark et al. (1982)*, οι ευνοϊκότερες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη δέντρων κυμαίνονται μεταξύ 10 και 30°C, ενώ σε θερμοκρασίες μεταξύ 25 και 35°C η ανάπτυξη των ριζικού συστήματος μειώνεται σημαντικά ανάλογα με το είδος. Επιπλέον, παρατήρησαν ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους αυξήθηκε η απορρόφηση φωσφόρου από τα δέντρα. Οι *Graves et al. (1991)*, σε πειράματα που έκαναν με δέντρα ψευδακακίας, παρατήρησαν ότι θερμοκρασίες στη ζώνη του ριζικού συστήματος που έφθαναν και τους 40°C δεν επηρέασαν σημαντικά την ανάπτυξη των δένδρων.

Σύμφωνα με τους *Dobson & Moffat (1993)*, παρόλο που οι αυξημένες θερμοκρασίες που παρατηρούνται στο τελικό εδαφικό κάλυμμα προκαλούν μεταβολές στην ανάπτυξη και δραστηριότητα του ριζικού συστήματος, δεν αποτελούν από μόνες τους αιτία θανάτου των φυτών. Σε περιπτώσεις όπου οι θερμοκρασίες του τελικού εδαφικού καλύμματος υπερβαίνουν τους 30°C, οι πιθανές επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών οφείλονται περισσότερο στις αναερόβιες συνθήκες παρά στον παράγοντα θερμοκρασία.

Η υγρασία του εδάφους αποτελεί έναν άλλο παράγοντα που ενδέχεται να επηρεάζει την επιβίωση και την ανάπτυξη των φυτικών ειδών (*Ryel et al., 2010*). Εκτιμήσεις της διαθέσιμης υγρασίας εδάφους στα φυτά έδειξε ότι τα εδαφικά στρώματα κάλυψης του

1,0 και 1,5 m έχουν μεγάλα αποθέματα νερού. Συνεπώς, η επιβίωση των φυτών είναι μεγαλύτερη σε καλύμματα με μεγάλο βάθος.

Σύμφωνα με τον *Ewing (2002)*, που μελέτησε τον ανταγωνισμό και την εξέλιξη της ανάπτυξης του είδους *Festuca idahoensis* Elmer var. *roemeri* (Pavlick) (Idaho fescue) σε περιοχές των πολιτειών της Washington και του Orego, παρατηρήθηκε ότι τα ποώδη είδη μπορεί να επηρεάσουν σοβαρά την ανάπτυξη των δέντρων και κυρίως σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από χαμηλή κατακράτηση νερού και υψηλών ελλειμμάτων υγρασίας.

Σημαντικό αντικείμενο έρευνας έχει αποτελέσει και η μελέτη της φυσικής αναγέννησης σε ΧΔΑ, με καταγραφή των ειδών που φαίνεται να ανθίσταται επιτυχώς στις συνθήκες που επικρατούν στα εδάφη ενός ΧΔΑ. Οι έρευνες αυτές όμως επικεντρώνονται κυρίως σε ξυλώδη βλάστηση. Η καταγραφή επομένως ειδών ποώδους βλάστησης, που ανθίστανται και επικρατούν σε ΧΔΑ, είναι πιο περιορισμένη στο σύνολο της βιβλιογραφίας.

Μια τέτοια έρευνα έγινε από τους *Robinson et al. (1992)* που, προσεγγίζοντας το θέμα της εγκατάστασης της βλάστησης σε έναν ΧΔΑ, μελέτησαν τη φυσική αναγέννηση σε 3 κλειστούς ΧΔΑ (ηλικίας 15-25 χρόνων) στο New Jersey. Σε όλες τις περιπτώσεις, το κάλυμμα των φυτών, που παρατηρήθηκε, χαρακτηριζόταν από μεγάλες εκτάσεις με κοινά ποώδη, υπολειμματικά τμήματα φυτών από προηγούμενες φυτεύσεις και περιστασιακά εμφανίζονταν κάποια απομονωμένα δέντρα και μικροί θάμνοι. Με εξαίρεση τα δύο επικρατέστερα είδη, της καλαμιάς (*Phragmites communis*) και της αψιθιάς (*Artemisia vulgaris*), τα πολυετή είδη ήταν σπάνια. Τα ξυλώδη είδη όχι μόνο ήταν λίγα, αλλά τα περισσότερα δεν αποτελούσαν γηγενή είδη, περιλαμβανομένων των καλλιεργουμένων, τα οποία είχαν πιθανόν μεταφερθεί στην περιοχή με τη μορφή σπερμάτων από απορρίμματα κήπων ή με άλλων υλικών. Από αυτά τα λίγα είδη δέντρων, καθώς και από τους θάμνους που είχαν «εισβάλει», τα περισσότερα δεν αναπαράχθηκαν με αποτέλεσμα να απουσιάζουν νεαρά φυτά. Και ο *Stalter (1984)*, σε παρόμοια έρευνα που πραγματοποίησε σε 4 ΧΔΑ κοντά στη Νέα Υόρκη, ανέφερε παρόμοια συμπεράσματα.

Η γενική απουσία δέντρων και θάμνων με φυσική αναγέννηση πιθανώς να οφείλεται σε δυσκολίες της επιβίωσης και διασποράς των σπερμάτων. Η διασπορά των σπερμάτων με τον άνεμο των ειδών *Populus deltoides* και *Ailanthus altissima* ήταν ο βασικός λόγος που αυτά τα ξυλώδη είδη επικρατούσαν· οι μουριές όμως ήταν σπάνιες, περιορισμένες στις άκρες των ΧΔΑ, με τις επισκέψεις των πουλιών να αποτελούν το μέσο μεταφοράς των σπερμάτων τους (*Stalter, 1984*).

Επίσης, οι *Robinson et al. (1992)*, κάνοντας μετρήσεις στις πειραματικές επιφάνειες του Gilman στο Edgeboro, παρατήρησαν ότι 9 από τα 19είδη, που είχαν φυτευτεί, αναπαράχθηκαν. Τους ταχύτερους ρυθμούς αναπαραγωγής εμφάνισαν τα είδη που βρίσκονταν και στη γύρω περιοχή. Μετρώντας τα δέντρα και τους θάμνους που φύτευαν χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, υπήρξαν 588 νέα άτομα που «εισέβαλαν» από τη γύρω περιοχή και 164 που αναπαράχθηκαν από τα φυτεμένα του Gilman. Επίσης, μετρήθηκαν 3.000 περίπου αναρριχητικά φυτά από είδη των γύρω περιοχών. Στις πειραματικές επιφάνειες το 82% των δέντρων και το 84% των θάμνων που φύτευαν προέρχονταν από εξωτερικές πηγές, πλην των φυτεμένων. Συνδυάζοντας τα είδη που φυτεύτηκαν και τους «εισβολείς», η αναπαραγωγή γινόταν κυρίως από τα

τοπικά είδη, τα οποία αντιπροσώπευαν το 64% όλων των ειδών. Ανάμεσα στα είδη που είχαν εισβάλει, 16 από τα 18 (κυρίως οι μουριές) διασπείρουν τα σπέρματα τους μέσω των πουλιών.

Ο Kim (2002) μελέτησε την εισβολή και εγκατάσταση φυτικών ειδών σε ΧΔΑ στη Νότια Κορέα που αφθονούσαν σε *Zoysia japonica* (τύρφη). Ο εν λόγω ΧΔΑ επιχωματώθηκε και αποκαταστάθηκε με καλλιέργεια *Zoysia japonica*, και πλέον αξιοποιείται ως τεχνητό οικολογικό πάρκο για δημόσια χρήση.

Από την έρευνα προέκυψαν τα εξής:

- ✓ Καταγράφηκαν 4 δέντρα, 7 θάμνοι και 155 πόες (συνολικά 166 είδη), από τα οποία τα εξωτικά είδη ήταν 1 δέντρο, 2 θάμνοι και 40 πόες.
- ✓ Τέσσερα είδη ξυλώδους βλάστησης εισέβαλαν στην περιοχή (*Robinia pseudo-acacia*, *Salix koreensis*, *Celtis sinensis* και *Quercus variabilis*) με κυρίαρχο είδος το *Robinia pseudo-acacia*.
- ✓ Επτά είδη θάμνων εξαπλώθηκαν ομοιόμορφα στην περιοχή, συγκεκριμένα τα *Lespedeza thunbergii* var. *intermedia*, *Rubus parvifolius*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Hisbuscus mutabilis*, *Amorpha Fruticosa*, *Rosa multiflora* και *Lespedeza cyrtobotrya*.
- ✓ Από τα ποώδη φυτά, τα ετήσια κάλυψαν το 49% όλων των ποώδη φυτών, ενώ τα διετή και πολυετή κάλυψαν το 12% και 39% αντίστοιχα.
- ✓ Η πιο κοινή οικογένεια ήταν η *Compositae* (28 είδη), ακολουθεί η *Gramineae* (25), η *Polygonaceae* (14), η *Leguminosae* (13), η *Cyperaceae* (11).
- ✓ Τα κυρίαρχα είδη στο σύνολο της περιοχής μελέτης του ΧΔΑ ήταν τα *Potentilla paradoxa-Aster tripolium*, *Plantago camtschatica-Digitaria sanguinalis*, *Setaria viridis-Digitaria sanguinalis*, *Setaria viridis-Trifolium repens*, *Potentilla paradoxa-Centipeda minima*, *Potentilla paradoxa-Plantago camtschatica*, *Echino-chloa crusgalli-Setaria viridis* και *Cosmos bipinnatus-Artemisia lavandulaefolia*.
- ✓ Ενώ, με βάση τη μελέτη των δειγματοληπτικών επιφανειών, τα κυρίαρχα είδη με τη μεγαλύτερη αφθονία ήταν τα *Conyza canadensis*, *Setaria viridis*, *Digitaria sanguinalis* και *Aster tripolium*.
- ✓ Ακόμη, η βιομάζα κάθε είδους κυμάνθηκε μεταξύ 0,1 gr και 122,6 gr, ενώ η υγρασία του εδάφους και το περιεχόμενο της οργανικής ουσίας ήταν 12,59% και 5,81% αντίστοιχα.

Μια άλλη έρευνα, που είχε ως σκοπό τη μελέτη εγκατάστασης της βλάστησης και καταγραφής των κυρίαρχων ειδών, πραγματοποιήθηκε από τους Kim et al. (2004) στο ΧΔΑ του Nanjido, ο οποίος βρίσκεται στα βορειοδυτικά περίχωρα της Σεούλ, στη Νότια Κορέα, συγκρίνοντας τη βλάστηση του ΧΔΑ με κοντινών δασών. Η πειραματική επιφάνεια ήταν 10x10m και επιλέχθηκαν συνολικά 29 δειγματοληπτικές επιφάνειες (26 στο ΧΔΑ και 3 στην περιοχή ελέγχου). Παράλληλα έγιναν αναλύσεις για το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα, την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και τη συνολική συγκέντρωση N, P, K, Ca, Mg.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι α) τα επίπεδα του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και των συγκεντρώσεων του P, του Ca και του Mg στα εδάφη του ΧΔΑ ήταν σημαντικά υψηλότερες απ' ό,τι στα εδάφη των περιοχών ελέγχου, β) η βελτίωση της ποιότητας του εδάφους, όπως η λίπανση, συστήνεται για την ανάπτυξη της βλάστησης στο ΧΔΑ Nanjido, γ) το *Robinia pseudoacacia*, το *Salix babylonica* και οι μεικτές κοινότητες τους εμφανίστηκαν στην περιοχή του ΧΔΑ στις απλές δομές των δέντρων ή της χλόης και η ξυλώδης βλάστηση φαίνεται να έχει

καθιερωθεί. Σε σύγκριση όμως με τις κοντινές δασικές περιοχές ελέγχου, εμφανίστηκαν να είναι πιο ασταθείς κοινότητες, ως προς τη δομή τους, δ) σε μερικές κλίσεις του ΧΔΑ Nanjido είχαν διαμορφωθεί μικρές κοινότητες του *Quercus mongolica*, κάτι που δείχνει ότι σε τοπική κλίμακα η διαδοχή έχει προχωρήσει στο στάδιο των αντιπροσωπευτικών δασών δρυός, που είναι χαρακτηριστικό της Νότιας Κορέας, ε) τα πιο κοινά είδη δέντρων που καταγράφηκαν στο ΧΔΑ ήταν τα *Salix Babylonica*, *Platanus orientalis*, *Rosa multiflora*, *Prunus persica*, *Albizia julibrissin*, *Indigofera pseudo-tinctoria*, *Robinia pseudoacacia*, *Amorpha fruticosa*, *Ailanthus altissima*, *Forsythia koreana* *Paulownia tomentosa* και *Quercus mongolica*, ενώ στ) όσον αφορά την ποώδη βλάστηση, τα είδη που επικρατούσαν στην περιοχή του ΧΔΑ ήταν τα *Humulus japonica*, *Pueraria thunbergiana* - *Brassica juncea* var. *integrifolia*, *Ambrosia trifida*, *Ageratina altissima* (εξωτικό είδος στη Νότια Κορέα), *Chrysanthemum boreale*, *Ipomoea hederacea*, *Erigeron annuus*.

Σε παρόμοια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους *Rebele & Lehmann (2002)* σε ένα ΧΔΑ στο Βερολίνο, στη Γερμανία, διαπιστώθηκε ότι τα πιο ανθεκτικά είδη ήταν τα *Trifolium repens*, *Medicago lupulina*, *Arenaria serpyllifolia*, *Cerastium semidecandrum*, *Apera spicaventi*, *Calamagrostis epigelos* και *Solidago canadensis*.

Αλλά και οι *Wiegleb & Felinks (2001)*, μελετώντας την εγκατάσταση της βλάστησης σε χωματερή στη Λουσατία, έδειξαν ότι τα κυρίαρχα είδη που κατέγραψαν στην περιοχή μελέτης ήταν τα *Calamagrostis epigejos*, *Festuca rubra*, *Corynephorus canescens* και *Pinus sylvestris*.

Η *Ireland (1991)*, σε έρευνα που πραγματοποίησε σε αποκατεστημένη περιοχή ενός ΧΔΑ, βορειοανατολικά του Colchester, στο Essex, ερεύνησε τους παράγοντες που επηρεάζουν την εγκατάσταση χορτολιβαδικών κοινοτήτων στο ΧΔΑ, αλλά και τους μηχανισμούς που οδήγησαν στη κυριαρχία του είδους *Elymus repens*. Παρατήρησε λοιπόν ότι τα χαμηλότερα ποσοστά βλάστησης και επιβίωσης καταγράφηκαν από τα είδη *Platango lanceolata*, *Centaurea nigra* και *Leucanthemum vulgare*, ακόμη και κατά τη διάρκεια που η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό ήταν επαρκής. Τα είδη αυτά σπάρθηκαν σε μια αποκατεστημένη περιοχή του ΧΔΑ, όπου κυριαρχούσε το *E. repens*. Επιπλέον, τουλάχιστον κατά τη διάρκεια των πρώτων δύο ετών, διαπιστώθηκε ότι η ποικιλότητα συνεχώς αυξανόταν.

Οι *Athy et al. (2006)* μελέτησαν την επιβίωση δενδρυλλίων από την επίδραση της εφαρμογής mulching (κάλυψη εδάφους με φυτικά υπολείμματα κοπής χόρτων και χλοοτάπητα, ξερών φύλλων, πριονιδιού κ.λπ.) και σε διάφορα βάθη δοκιμών κατά την αποκατάσταση ΧΔΑ στο Οχάιο των ΗΠΑ. Την άνοιξη του 2002, πέντε είδη των δενδρυλλίων (*Fraxinus pennsylvanica*, *Robinia pseudoacacia*, *Prunus serotina*, *Quercus macrocarpa* και *Populus* sp.) φυτεύτηκαν σε 35 πειραματικά τεμάχια. Σε κάθε τεμάχιο έγινε εφαρμογή του mulching σε συγκεκριμένο βάθος (5 ή 15 cm) ενώ ένας αριθμός τεμαχίων χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (nonmulched). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επιβίωση και η ανάπτυξη των δενδρυλλίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το φυτικό είδος. Μετά το τέλος του πειράματος, το *Fraxinus pennsylvanica* είχε το υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης (70%) ενώ το είδος *Prunus serotina* είχε το χαμηλότερο (7%). Η εφαρμογή του mulching στα 15 cm οδήγησε σε αύξηση της οργανικής ουσίας και βελτίωσε διάφορες εδαφικές ιδιότητες (όπως η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, η συγκέντρωση P, Mg) μετά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο. Τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν ότι το είδος *Fraxinus*

pennsylvanica αποτελεί μια καλή επιλογή για την αποκατάσταση ΧΔΑ. Επιπλέον, η εφαρμογή mulching μπορεί να εμπλουτίσει με οργανική ουσία και θρεπτικά συστατικά τα εδάφη χαμηλής γονιμότητας ΧΔΑ με προϋπόθεση όμως το σωστό βάθος εφαρμογής του.

Οι Chan et al (1998). εξετάζοντας την εγκατάσταση της βλάστησης σε ΧΔΑ, πραγματοποίησαν έρευνα σε 13 ανοιχτούς και κλειστούς ΧΔΑ στο Hong Kong, τα αποτελέσματα της οποίας έδειξαν ότι τα ψυχανθή είδη είναι συγκριτικά άφθονα έναντι των μη ψυχανθών. Ένας εμφανής λόγος, που εξηγεί την επιτυχία των ψυχανθών και το γεγονός ότι ανθίστανται στις συνθήκες που επικρατούν σε έναν ΧΔΑ, είναι η δυνητική ικανότητα των φυματίων τους να δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο N_2 . Ακολούθησε εξέταση των ριζών τους όπου έδειξε τα φυμάτια, αλλά ήταν αβέβαιο πόσο αποτελεσματικά μπορούσε να είναι αυτά κάτω από συνθήκες ΧΔΑ.

Οι Trotter & Cooke (2005) αναφέρουν ότι τα γρασίδια διαμορφώνουν ένα βασικό τύπο εγκατάστασης για την επαναβλάστηση περιοχών και την αποκατάσταση ΧΔΑ μετά τις χρήσεις τους στη δημιουργία πάρκων και γηπέδων γκολφ. Τα γρασίδια επιβιώνουν καλύτερα από τα δέντρα και τους θάμνους σε ΧΔΑ, ειδικά όπου υπάρχουν υψηλά ποσοστά βιοαερίου στη ζώνη της ρίζας. Η καλύτερη επιβίωση εξηγείται από το ρηχό ριζικό σύστημα των φυτών, καθώς οι ρίζες παραμένουν κοντά στην επιφάνεια και αποφεύγουν έτσι τις υψηλές συγκεντρώσεις των αερίων ΧΔΑ. Βοηθούν στη μείωση της διάβρωσης, τη συγκράτηση υγρασίας και τη διαδοχή πιο σύνθετης βλάστησης σε ΧΔΑ. Οι συντάκτες θεωρούν ως βέλτιστη ανάπλαση ενός ΧΔΑ την επιλογή κατάλληλων ειδών χόρτων που είναι ανθεκτικά στην παρουσία CO_2 στο ριζικό τους σύστημα, με μετρήσεις που κυμάνθηκαν από 0-39%, πολύ περισσότερο δηλαδή από τη συνήθη παρουσία του CO_2 στο έδαφος (0,1-5%). Επομένως, το *Cynodon dactylon* δεν ενδείκνυται ως ευαίσθητο στην παρουσία αυξημένου ποσοστού CO_2 παρ' όλη την ανθεκτικότητά του σε άλλους εδαφικούς παράγοντες. Τα είδη *Paspalum paspalodes* και *Sporololus africanus* αποδεικνύονται περισσότερο ανθεκτικά και προτρέπουν σε περισσότερη έρευνα προς αυτή την κατεύθυνση.

Οι Smith et al. (2005) εξέθεσαν σε βιοαέριο ΧΔΑ φυσικό χορτάρι, σιτάρι και φασόλια με αποτέλεσμα το χορτάρι να παρουσιάσει χλώρωση, ενώ το σιτάρι και τα φασόλια ισχυρή ανάπτυξη και χλώρωση των φύλλων τους. Βρέθηκε στη μελέτη ότι ο ρυθμός οξείδωσης του CH_4 ήταν μεγαλύτερος τους θερινούς μήνες σε σχέση με τους χειμερινούς. Για τη σωστή λειτουργία ενός ριζικού συστήματος απαιτείται ένα minimum 12-14% σε O_2 στο έδαφος. Οι μεγαλύτερες επιδράσεις των αερίων παρατηρήθηκαν την άνοιξη, όταν το ριζικό και βλαστικό σύστημα αναπτύσσεται.

Ο Warren (1972), ο οποίος πραγματοποίησε μελέτη σε ΧΔΑ στο Kalamazoo, στο Michigan, επισημαίνει ότι διάφορα πολυετή φυτικά είδη είναι ισχυροί ανταγωνιστές, όπως το *Poa pratense*, το οποίο είναι ένα είδος πολυετές που παράγει το φυτόχωμα. Παρ' όλα αυτά το *Poa compressa* είναι περισσότερο ανθεκτικό στην ξηρασία απ' ό,τι το *Poa pratense*, όμως και τα δύο είναι rhizominous, κάτι που τους προσδίδει ένα σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Ακόμη, αναφέρει ότι τα είδη *Vaccinium spp.*, *Gaylussacia baccat* και *Myrica pennsylvanica* θεωρήθηκαν κατάλληλα για εγκατάσταση σε ΧΔΑ.

Οι *Carrington & Diaz* (2011) σε ΧΔΑ στην περιοχή Somerset στο Ηνωμένο Βασίλειο, διαπίστωσαν ότι τρία έτη μετά τη φύτευση ποωδών, η αφθονία των ειδών μειώθηκε σημαντικά ως άμεσο αποτέλεσμα του ανταγωνισμού από το είδος *Elytrigia repens*. Η επιτυχία του *E. repens* σχετίστηκε άμεσα με τις εργασίες συντήρησης που εξασφάλιζαν υψηλά ποσοστά οργανικής ουσίας, εδαφικής υγρασίας και φωσφορικών ιόντων. Όμως όταν τα εδαφοβελτιωτικά αφαιρέθηκαν, τα υπόλοιπα είδη συνέχισαν να αναπτύσσονται ικανοποιητικά ως αποτέλεσμα της μείωσης του ανταγωνισμού από το είδος *E. repens*. Σε αντίθεση με προηγούμενες έρευνες, το είδος *Trifolium repens* δεν διαπιστώθηκε να μειώνει την ποικιλότητα των πλατύφυλλων ποών.

Ήταν όμως και οι κανονισμοί των αναπτυγμένων χωρών που συνέτειναν στον σχετικά μικρό αριθμό εργασιών για την αποκατάσταση ΧΔΑ, όπως αναφέρθηκε αρχικά, κανονισμοί που προέβλεπαν γενικά την απαγόρευση της φύτευσης δέντρων σε κλειστούς ΧΔΑ (*Dobson & Moffat, 1995*). Οι ρυθμίσεις αυτές απηχούσαν ανησυχίες που τις τροφοδοτούσε η υπόθεση ότι οι ρίζες των δέντρων μπορεί να εισχωρήσουν στα υλικά στεγάνωσης με αποτέλεσμα την πιθανή είσοδο του νερού στα απορρίμματα και τη διαφυγή των αερίων του ΧΔΑ. Σχετική ήταν και η εδαφολογική ανησυχία ότι, αν οι ρίζες διαπεράσουν το στρώμα αργίλου (στεγάνωσης), μπορεί να προκαλέσουν ξήρανση και δημιουργία ρωγμών εξαιτίας της υπερβολικής αφαίρεσης της υγρασίας. Επίσης, θεωρήθηκε ότι τα δέντρα που αναπτύσσονται σε μικρού πάχους κάλυμμα εδάφους ενός κλειστού ΧΔΑ μπορεί να αποβούν ιδιαίτερα επιρρεπή στην εκρίζωση από τον άνεμο. Ωστόσο η αναθεωρημένη παγκόσμια βιβλιογραφία στο θέμα δείχνει ότι, στους ΧΔΑ, τα μεγαλύτερα βάθη που επιτυγχάνουν οι ρίζες των δέντρων είναι συνήθως μεταξύ 1-2 m. Σχεδόν το 90% των ριζών των δέντρων μπορεί να αναπτυχθεί στα ανώτερα 0,6 m του εδάφους. Οι ρίζες των δέντρων είναι εξόχως ευαίσθητες στις περιβαλλοντικές συνθήκες, και η καθοδική διείδυσή τους μπορεί να εμποδιστεί από έναν αριθμό εδαφικών παραγόντων, περιλαμβανομένης της συμπίεσης και του ανεπαρκούς αερισμού. Μία λεπτομερής μελέτη αυτών των παραγόντων δείχνει ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται για να στεγανοποιηθούν οι ΧΔΑ, όπως HDPE (υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο) και συμπιεσμένη άργιλος, μπορούν να λειτουργήσουν ως ένα αποτελεσματικό φράγμα στην καθοδική ανάπτυξη της ρίζας. Τα διαθέσιμα στοιχεία μάς διαβεβαιώνουν ότι οι ρίζες των δέντρων είναι εξαιρετικά απίθανο να γίνουν η πρωταρχική αιτία ξήρανσης που ραγίζει ένα κάλυμμα αργίλου, διότι αδυνατούν να αποσπάσουν περισσότερο από το ένα τέταρτο περίπου της συνολικής υγρασίας που περικλείεται σε άργιλο διαπερατότητας ($<10^{-9}$ m/s).

Οι χωματερές εξακολουθούν να είναι ο συνηθισμένος τρόπος διάθεσης των στερεών αποβλήτων, πάντως το ενδιαφέρον για τις επιπτώσεις της ρύπανσης του περιβάλλοντος έχει συμβάλει στην επιβολή αυστηρότερων κανονισμών και κυβερνητικών χειρισμών. Τα πρότυπα των ΧΔΑ διαφοροποιήθηκαν σημαντικά στα περισσότερα μέρη της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Οδηγίες που εκδόθηκαν από το υπουργείο Περιβάλλοντος του Ηνωμένου Βασιλείου (H.B.), το 1986, συνιστούσαν ότι τα ορυκτά υλικά που χρησιμοποιούνται για φραγμό θα πρέπει να τοποθετούνται σε ένα πάχος περίπου 1 m και η διαπερατότητα των τοποθετημένων υλικών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10^{-9} m/s (*Dobson & Moffat, 1995*).

Για την αποκατάσταση ενός ΧΔΑ απαιτούνται μεγάλα χρηματικά ποσά, τα οποία πρέπει να συνυπολογιστούν με τους κινδύνους που δημιουργούνται από τα εκλυόμενα αέρια. Γι' αυτό συνήθως καταφεύγουν σε μία πρόχειρη κάλυψη, στην οποία περιλαμβάνεται και η εγκατάσταση βλάστησης. Το χώμα τοποθετείται πάνω

από το φραγμό για να διευκολύνει την εγκατάσταση βλάστησης, αλλά και για να το προστατέψει από τη διάβρωση, την ξήρανση και τις ζημιές από τα τρωκτικά ζώα. Στο Η.Β. προτάθηκε η εγκατάσταση ενός στρώματος πάχους τουλάχιστον 1 m. Η επιτρεπόμενη βλάστηση περιλαμβάνει ετήσια φυτά, γεωργικές καλλιέργειες και άλλα είδη, αλλά τα δέντρα έχουν θεωρηθεί ακατάλληλα εξαιτίας του πιθανολογούμενου κινδύνου για την ακεραιότητα του καλύμματος (φραγμού). Ο οδηγός του Η.Β. είχε ιδιαίτερα επισημάνει ότι «τα δέντρα δεν θα πρέπει να φυτεύονται ή να τους επιτρέπεται να αναπτύσσονται σε καλυμμένους κλειστούς ΧΔΑ ή όπου η κατείδυση του νερού ελέγχεται από ένα αδιαπέραστο φραγμό αργίλου ή μεμβράνης». «Εμπάργκο» στο φύτεμα των δέντρων πάνω από καλύμματα ΧΔΑ υπήρχε στις περισσότερες χώρες, που χειρίζονταν τέτοια θέματα (USEPA 1999).

Ενώ οι αντιρρήσεις για το φύτεμα δέντρων στους κλειστούς ΧΔΑ συνεχίζονταν, το υπουργείο Περιβάλλοντος του Η.Β. είχε αναγνωρίσει ότι η σύσταση κατά της φύτευσης δέντρων είχε βασιστεί σε περιορισμένες πληροφορίες και ότι απαιτείτο εκτενέστερη έρευνα. Ως αποτέλεσμα, το 1991, έγινε αναθεώρηση του οδηγού σε ό,τι αφορούσε το φύτεμα δέντρων στις χωματερές. Αυτή η εργασία ήταν σημαντική όχι μόνο εξαιτίας των νέων κατασκευαστικών δεδομένων, αλλά και για το γεγονός ότι, λόγω της γεωργικής υπερπαραγωγής της Ευρωπαϊκής Ενώσεως, δεν ήταν πλέον απαραίτητη η μετατροπή των ΧΔΑ σε γεωργική γη. Η δημιουργία καταφυγίων άγριας ζωής, οι ψυχαγωγικές ευκαιρίες και η βελτίωση της εμφάνισης του τοπίου αποτελούν σημαντικότερες προτεραιότητες. Χωρίς δέντρα μία τέτοια προοπτική μοιάζει να είναι ιδιαίτερα περιορισμένη (Dobson & Moffat, 1995).

Οι Dobson & Moffat (1995) δοκίμασαν την αντίσταση στη διείσδυση σε HDPE πάχους 1 mm, χρησιμοποιώντας ένα εργαστηριακό κωνικό διεισδύμετρο. Ανοξείδωτοι ατσάλινοι καθετήρες διαμέτρου 1 και 2 mm (για να προσομοιάζουν το μέγεθος των άκρων των αναπτυσσόμενων ριζών) οδηγήθηκαν πάνω στη μεμβράνη με ένα ρυθμό 0,1 mm/s (περίπου 1000 φορές ταχύτερα από το ρυθμό επιμήκυνσης της ρίζας) και μετρήθηκε η πίεση που ασκήθηκε έως ένα μέγιστο 20 MPa. Κανένας καθετήρας δεν κατάφερε να διαπεράσει τη γεωμεμβράνη και η άκρη του καθετήρα άφησε μόνο ένα αμυδρό σημάδι στην επιφάνειά της. Επομένως, πιέσεις αξιοσημείωτα μεγαλύτερες των 20 MPa θα χρειαζούν ώστε μια ρίζα δέντρων να διεισδύσει διαμέσου HDPE 1 mm πάχους (Dobson & Moffat, 1995).

Ο Pffefer, το 1893, ήταν ο πρώτος που μετρήσε τις πιέσεις της ανάπτυξης των ριζών και βρήκε ότι η μεγαλύτερη πίεση, που ασκήθηκε, ήταν της τάξεως του 0,7-2,5 MPa (Dobson & Moffat, 1995). Επίσης, οι Taylor & Ratliff (1969) βρήκαν μια τάξη του 0,9-1,3 MPa. Από τις μετρήσεις, μία μόνο αφορούσε ρίζες δέντρων (*Aesculus hippocastanum*), αλλά η τιμή που επιτεύχθηκε (0,7 MPa) ήταν από τις χαμηλότερες.

Η συμπίεση των εδαφών σε σχέση με τη διείσδυση των ριζών, τον αερισμό του εδάφους και την ικανότητα των φυτών να προσλαμβάνουν νερό και θρεπτικά συστατικά έχει μελετηθεί εκτεταμένα (Greacen & Sands 1980, Taylor & Brar 1991, Whalley et al. 1995, Kozlowski 1999, Godefroid & Koedam 2004, Hamza & Anderson 2005, Kristoffersen & Riley 2005, Raper 2005). Βαρέα μηχανήματα συμπιέζουν τα εδάφη σε ένα βάθος 1 m, με τον υψηλότερο βαθμό συμπίεσης να συμβαίνει στα ανώτερα 30 cm, το τμήμα το οποίο περιέχει και την περισσότερη βιομάζα του ριζικού συστήματος των φυτών. Οι γεωσκώληκες αυξάνουν τους πόρους του εδάφους με τις τρύπες που δημιουργούν από ασήμαντα ποσά έως και 100%. Στα συμπιεσμένα εδάφη

η αναλογία της διήθησης της βροχής και της άρδευσης του νερού μειώνεται. Η αργή διήθηση οδηγεί σε έλλειψη νερού στο έδαφος και διάβρωση της επιφάνειας. Σοβαρή συμπίεση εδάφους μειώνει την απορρόφηση από τις ρίζες των κύριων μεταλλικών θρεπτικών συστατικών, ιδιαίτερα των N, P, και K. Ακόμη, οι ρίζες μικραίνουν και χοντραίνουν (μεγαλύτερη διάμετρο), διακλαδώνονται πιο πολύ και σχηματίζουν περισσότερες πλάγιες ρίζες, με κάποια είδη να δημιουργούν ένα στρώμα από γρήγορα πολλαπλασιαζόμενες κοντές ρίζες σε ένα ρηχό βάθος εδάφους. Η ικανότητα για την ανάπτυξη των ριζών σε συμπίεμένο έδαφος διαφέρει μεταξύ των ειδών και περιορίζεται καθώς η μηχανική δύναμη του εδάφους αυξάνεται και σταματά εντελώς στα 2,5 MPa.

Η συμπίεση κάνει τα στερεά σωματίδια ενός εδάφους να στοιβάζονται πιο κοντά, και γι' αυτό να μειώνουν τα κενά αέρος μεταξύ τους και να αυξάνουν τη μηχανική δύναμη του εδάφους (Alameda & Villar, 2009). Η ανάπτυξη των ριζών μειώνεται εκθετικά με την αύξηση της μηχανικής δύναμης του εδάφους. Οι Taylor & Ratliff (1969) βρήκαν ότι η διείσδυση των ριζών μέσα σε 4 εδάφη μειώθηκε κατά 50% όταν η αντίσταση του διεισδύμετρου ήταν περίπου 0,7 MPa, περίπου 80% στα 1,4 MPa και 100% στα 2,0 MPa.

Πρόσφατα οι Skinner et al. (2009) διερεύνησαν την επίδραση της συμπίεσης του εδάφους ανάμεσα σε σπορόφυτα ευκαλύπτου (*Eucalyptus albens*) και σε ένα ετήσιο φυτό (*Vulpia myuros*) σε εργαστηριακό πείραμα. Κατασκευάστηκαν εδαφικοί πυρήνες σε πέντε επίπεδα φαινομενικής πυκνότητας 1,0, 1,1, 1,2, 1,3 ή 1,4 mg m⁻³ και περιεκτικότητα σε υγρασία 20%. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το βάθος διείσδυσης των ριζών μειώθηκε γραμμικά με την αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας, σε ένα ποσοστό περίπου 75% για το πιο συμπίεμένο έδαφος και για τα δύο είδη. Τα νεαρά φυτά και των δύο ειδών βρέθηκαν να είναι πιο ευαίσθητα στη μείωση της υγρασίας του επιφανειακού στρώματος στα συμπίεμένα εδάφη, με αποτέλεσμα να αντιμετωπίσουν μεγαλύτερο κίνδυνο ξήρανσης κατά τη διάρκεια των κρίσιμων μηνών μετά τη φύτευση.

Η υφή του εδάφους επηρεάζει το μέγεθος της φαινομενικής πυκνότητας στην οποία οι ρίζες παύουν να αναπτύσσονται, με τα βαρύτερα αργιλικά εδάφη να εμποδίζουν τις ρίζες σε σχέση με εδάφη μικρότερης φαινομενικής πυκνότητας (Atwell 1993). Η κρίσιμη τιμή φαινομενικής πυκνότητας παρεμπόδισης της διείσδυσης των ριζών είναι περίπου 1,8 g cm⁻³ για ελαφρύτερα εδάφη και περίπου 1,6 g cm⁻³ για βαριά εδάφη (Heilman 1981, Tuttle et al. 1988). Το μέγεθος της φαινομενικής πυκνότητας ενός αργιλικού φραγμού πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,8 g cm⁻³ (Stonell 1986).

Μία έρευνα σε 20 καλύμματα ΧΔΑ, στο Wisconsin των ΗΠΑ (Grefe et al. 1987), κατέγραψε αρκετές περιπτώσεις με ετήσια ποώδη φυτά που είχαν αναπτυχθεί σε ρηχά στρώματα εδάφους πάνω από το κάλυμμα του αργίλου. Όπου η άργιλος ήταν χαλαρή και λιγότερο συμπαγής, η διείσδυση των ριζών ήταν εκτεταμένη. Όπου η άργιλος ήταν συμπαγωμένη, η διείσδυση των ριζών ήταν περιορισμένη και επεκτάθηκε σε ένα μέγιστο 5 cm. Αν και αυτές οι μελέτες έχουν περιοριστεί στις ρίζες ετήσιων ποωδών φυτών, οι ρίζες των δέντρων εμφανίζονται ανίκανες να ασκήσουν μεγαλύτερες πιέσεις διείσδυσης. Οι Robinson & Handel (1995) βρήκαν ότι, από τα 30 εκσκαπτόμενα δέντρα και θάμνους σε ένα ΧΔΑ στο νησί Staten στη Νέα Υόρκη, κανένα δεν είχε θίξει την ακεραιότητα του καλύμματος του αργίλου. Πριν την έναρξη της έρευνας, ο ΧΔΑ ήταν κλειστός για επτά (7) χρόνια και καλυπτόταν από ένα πολύ

ρηγό (10-30 cm) στρώμα εδάφους πάνω από ένα στρώμα 45 cm συμπακνωμένου αργίλου. Όλα τα φυτά που εξετάστηκαν, περιλαμβανομένων δέντρων ύψους έως 6 m, είχαν εξαιρετικά ρηγό ριζικό σύστημα, με παραμορφωμένες τις κύριες ρίζες, οι οποίες μεγάλωναν πάνω και παράλληλα με το στρώμα της αργίλου. Μόνο περιστασιακά κάποια ριζικά τριχίδια βρέθηκαν στο ανώτερο 1 cm του στρώματος της αργίλου και σε ρωγματώσεις σε βάθη που δεν ξεπερνούσαν τα 6 cm.

Επίσης, κατά τους *Parsons et al. (1998)*, μελετήθηκε η ανάπτυξη των ριζών δέντρων και θάμνων και οι συνθήκες εδάφους στον ίδιο ΧΔΑ στο Fresh Killy (Staten Island, New York City). Η πειραματική επιφάνεια ήταν ένα πρανές, το οποίο δεν δεχόταν απορρίμματα από το 1991 και για την αποκατάστασή του ακολουθήθηκε το πρωτόκολλο του Τμήματος Υγιεινής όσον αφορά τα υλικά του εδάφους και την σπορά με μείγμα τοπικών και μη τοπικών ετήσιων ποωδών φυτών. Οι στρώσεις του καλύμματος αποτελούνταν από 45 cm συμπαγούς αργίλου, 60 cm ιλυούχου άμμου για την προστασία του φραγμού και 15 cm φυτοχώματος. Εγκαταστάθηκαν 7 είδη τα: *Amelanchier Canadensis*, *Celtis occidentalis*, *Prunus maritima*, *Rhus copallina*, *Rosa nitida*, *Rubus allegheniensis* και *Vaccinium corymbosum*.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα δέντρα δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν όλο το πάχος του καλύμματος. Οι ρίζες όλων των φυτών αυξάνουν μόνο στο «πάνω» έδαφος, είτε γιατί αποτυγχάνουν να διεισδύσουν στο φραγμό αργίλου είτε γιατί αναπτύσσονται ελάχιστα σ' αυτό το υλικό. Οι διαφορές του pH μεταξύ των εδαφικών οριζώντων κυμαίνονταν ως τις 3,8 μονάδες, με το φραγμό να εμφανίζει μεγαλύτερη οξύτητα σε σύγκριση με το επιφανειακό έδαφος, κάτι που παρατηρείται αντίστροφα σε σύγκριση με τα φυσικά δασικά οικοσυστήματα. Στο χαμηλότερο τμήμα της ιλυούχου άμμου το νερό τείνει να λιμνάζει με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ανοξικές συνθήκες.

Οι ρίζες όλων σχεδόν των ειδών των δέντρων αδυνατούν να αναπτυχθούν σε έδαφος στο οποίο υπάρχει ανεπαρκές διαθέσιμο οξυγόνο για αναπνοή. Στα συμπαγή και καλής υφής εδάφη, το γεμάτο με αέρα διάστημα των πόρων, και συνακόλουθα το συνολικό ποσό του οξυγόνου που είναι διαθέσιμο στις ρίζες, είναι μικρό. Η συμπίεση, ιδιαίτερα στα καλής υφής εδάφη (και ειδικά στα καλύμματα των ΧΔΑ που έχουν σχεδιαστεί για να εμποδίζουν τη διήθηση), εμποδίζει τη διείσδυση του νερού (*Russell 1997*).

Η υψηλή φαινομενική πυκνότητα, η χαμηλή διαπερατότητα και ο ανεπαρκής αερισμός ενός φυσικού φραγμού προσφέρει έναν αποτελεσματικό φράγμα στη διείσδυση των ριζών των δέντρων. Οι ρίζες μπορούν να διανύσουν μία μικρή μόνο απόσταση μέσα στο φραγμό, και μάλιστα σε περιοχές μικρότερης αντίστασης ή προτιμητέων διόδων που προκλήθηκαν από ατελή κατασκευή ή διαφορεική τοποθέτηση (*Thomas & Brown 1992*). Η διείσδυση διαμέσου ολόκληρου του στρώματος του φραγμού θα εμποδιστεί από την αργή, ανοδική διάχυση των φυτοτοξικών αερίων των ΧΔΑ (*Dobson & Moffat 1993, Leone et al. 1979*).

Οι *Hutchings et al. (2001)* εξέτασαν στο τελικό κάλυμμα ΧΔΑ του Η.Β. την εγκατάσταση των ειδών *Alnus glutinosa*, *Pinus nigra* var. *maritima* και *Acer pseudoplatanus*. Υπήρξε θετική συσχέτιση μεταξύ του βάθους του εδάφους και του βάθους του ριζικού συστήματος των ειδών. Δεν παρατηρήθηκε ανάπτυξη ριζών σε βάθος εδάφους πέραν του 1,3 m. Όπου υπήρχε επαφή με το φραγμό, οι ρίζες

αναπτύσσονται παράλληλα με αυτόν. Η επιβίωση των ειδών ήταν υψηλή και η ανάπτυξή τους καλή. Συμπεράναν ότι το τελικό κάλυμμα πρέπει να είναι όσο το δυνατό περισσότερο ομοιογενές, με βάθος >1,5 m πάνω από το φραγμό, ώστε η ανάπτυξη των δένδρων να είναι ικανοποιητική. Αυτό βέβαια σε περίπτωση που χρησιμοποιείται μόνο αργιλικός φραγμός και όχι κάποιο συνθετικό υλικό. Η μελέτη καταλήγει ότι το φύτευμα δέντρων ενδείκνυται για την αποκατάσταση ΧΔΑ υπό προϋποθέσεις.

Περιορίζοντας τις επιλογές των μετα-χρήσεων των ΧΔΑ και την ευελιξία των σχεδίων αποκατάστασής τους, μειώνεται και η δυνατότητα της αποδοχής τους ως χώρων διάθεσης απορριμμάτων. Το φύτεμα δέντρων συνιστά ένα ενδιαφέρον και “φυσικό” σχέδιο για την ανάπλαση της γης, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική αντίληψη των πολιτών για τους ΧΔΑ. Ο τελευταίος κυβερνητικός οδηγός (Η.Β.) για την αποκατάσταση συστήνει ότι δέντρα μπορεί να φυτεύονται σε όλους τους ΧΔΑ, στο βαθμό που είναι απαραίτητο για την βελτίωση του περιβάλλοντος χώρου και δεδομένου ότι η ανάγκη για συστήματα προστασίας του περιβάλλοντος καθ’ όλη την περίοδο μετά το κλείσιμό τους είναι πλήρως αναγνωρισμένη και λαμβάνεται υπόψη (*Simmons 1999*).

Έρευνα που έγινε από την Επιτροπή Δασών για το υπουργείο Περιβάλλοντος του Η. Β. έδειξε ότι ένας καλά κατασκευασμένος φραγμός αργίλου (συνιστώμενη φαινομενική πυκνότητα μεταξύ 1,8 και 1,9 g cm⁻³) σχηματίζει ένα αποτελεσματικό φράγμα για την ανάπτυξη των ριζών εξαιτίας της συμπίεσης του και τις αναερόβιες συνθήκες που επικρατούν. Επίσης, οι ρίζες των δέντρων δεν ασκούν αρκετή πίεση για να τρυπήσουν ή να σκίσουν τα συνθετικά (HDPE) υλικά του φραγμού. Οι ρίζες των δέντρων δεν προκαλούν ράγισμα λόγω ξήρανσης σε ένα σωστά κατασκευασμένο φραγμό αργίλου, επειδή δεν μπορούν να απορροφήσουν αρκετή υγρασία για να επακολουθήσει σημαντική συρρίκνωση. Αν ο φραγμός είναι καλά κατασκευασμένος, το βιοαέριο, τα εκχυλίσματα και οι υψηλές θερμοκρασίες δεν θα επηρεάσουν αρνητικά την ανάπτυξη των δέντρων. Το πιο σημαντικό είναι ότι οι ρίζες των δέντρων συνήθως δεν εκτείνονται βαθύτερα από 1-2 m και περίπου το 90% αυτών βρίσκονται στο ανώτερο 1 m του εδάφους.

Οι κύριοι παράγοντες που περιορίζουν την ανάπτυξη των ριζών των δέντρων στους αποκατεστημένους ΧΔΑ είναι η συμπίεση του εδάφους, η ξηρασία, το ρηχό έδαφος καλύμματος και η χαμηλή ποιότητα του εδάφους.

Η επιτυχής εγκατάσταση δέντρων και θάμνων απαιτεί τα ακόλουθα:

- Κλίση εδάφους τέτοια, που θα διευκολύνει τη φυσική ροή του νερού και θα ελαχιστοποιεί τα λιμνάζοντα νερά.
- Τα εδάφη δεν πρέπει να είναι συμπαγή και, αν έχουν συμπιεσθεί κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, το “φρεζάρισμα” πριν το φύτεμα είναι πολύ ευεργετικό για να βελτιωθεί η επιβίωση των φυτών.
- Ένα βάθος εδάφους 1,5 m πάνω από ένα συμπαγές φραγμό αργίλου και 1 m πάνω από μία γεωμεμβράνη συστήνεται από την έρευνα της Επιτροπής Δασών (*Simmons 1999*).

Για τη βελτίωση της οικολογικής αξίας και την ταχύτερη και πλέον επιτυχημένη αποκατάσταση, πρέπει να επιλέγονται τοπικά είδη δέντρων και θάμνων. Οι περιοχές,

στις οποίες θα φυτευτούν δέντρα, θα πρέπει να έχουν μεγάλη αναλογία θάμνων για να προσφέρουν επιπρόσθετες ευκαιρίες για διατροφή και καταφύγιο σε είδη πανίδας.

Οι εργασίες αποκατάστασης μετά το κλείσιμο ενός ΧΔΑ πρέπει να συμβαδίζουν με την εγκατάσταση του συστήματος ελέγχου του βιοαερίου. Μετά την κατασκευή του φραγμού είναι απαραίτητη η άμεση κάλυψή του με χώμα.

Για να αποφευχθούν τα προβλήματα που προκαλούνται μετά την αποκατάσταση (καθιζήσεις, υψηλή συγκέντρωση βιοαερίου, χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου στο τελικό κάλυμμα κ.λπ.), ο οδηγός συστήνει να καθυστερείται η τελική αποκατάσταση μέχρι μιας περιόδου πιο αποτελεσματικού εποικισμού με φυτά. Συστήνει μία περίοδο αποκατάστασης, κατά τη διάρκεια της οποίας ένα κάλυμμα από ετήσια φυτά εγκαθίσταται σε ένα ελάχιστο πάχος εδάφους, για να προστατευτεί ο φραγμός, και κανένα χαρακτηριστικό του τοπίου δεν εγκαθίσταται. Στις περισσότερες περιπτώσεις, και υπό την προϋπόθεση ότι το σύστημα ελέγχου βιοαερίου έχει σχεδιαστεί και τοποθετηθεί σωστά, μετά από μια αρχική περίοδο 5 περίπου ετών, οπότε η ανάγκη για σημαντικές διορθωτικές εργασίες έχει ικανοποιηθεί, μπορεί να ξεκινήσει η τελική αποκατάσταση. Έτσι, το φύτεμα των δέντρων και θάμνων και η διαμόρφωση των χαρακτηριστικών του αναγλύφου του εδάφους θα πρέπει να καθυστερούν στους ΧΔΑ, μέχρι να αποδειχτεί ότι η περίοδος των αρχικών αλλαγών έχει περάσει και το σύστημα ελέγχου του βιοαερίου δεν θα απαιτεί πια σημαντική - μη σχεδιασμένη - επισκευή ή τροποποίηση (*Simmons 1999*).

Τα απορρίμματα που περιέχονται στους ΧΔΑ υποτίθεται ότι είναι απομονωμένα από το γύρω περιβάλλον με την εγκατάσταση πλαστικών μεμβρανών, αλλά ο Barber et al. (1990) ανέφερε μετρήσεις για την αυξημένη ρύπανση από μεθάνιο στην αέρια φάση του εδάφους γύρω από ΧΔΑ, δείχνοντας έτσι ότι τα απορρίμματα δεν μπορούν να απομονωθούν τελείως.

Σημαντικό θα ήταν να αναφερθεί ότι τα μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα παρουσιάζουν μεγάλο θεωρητικό και πρακτικό ενδιαφέρον, και αποτελούν αντικείμενο σημαντικής και εκτεταμένης έρευνας, ιδιαίτερα κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Η μεσογειακή βλάστηση παρουσιάζει ετερογένεια στη σύνθεσή της. Η φυσιογνωμική ομοιότητα της βλάστησης μεταξύ γεωγραφικά απομακρυσμένων περιοχών, όπως τα αείφυλλα σκληρόφυλλα της Ελλάδας, της Καλιφόρνιας και της νότιας Χιλής, είναι εντυπωσιακή.

Στη χώρα μας τα μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα αποτελούνται από δύο ομάδες, τα μακί και τα φρύγανα, που υπολογίζεται ότι καταλαμβάνουν περίπου το 40% της συνολικής έκτασής της (*Margaris, 1981*).

Τα φυτά που κυριαρχούν στα μακί έχουν προσαρμοστεί στην έλλειψη του νερού που συμβαίνει κάθε καλοκαίρι με το μηχανισμό της αειφυλλίας-σκληροφυλλίας, ενώ εκείνα που κυριαρχούν στα φρύγανα με το μηχανισμό του εποχικού διμορφισμού, με τον οποίο μειώνουν τη διαπνέουσα μάζα τους (φύλλα) το καλοκαίρι (*Margaris 1977, De Micco & Aronne 2009*).

Τα φυτά της μεσογειακής βλάστησης έχουν αναπτύξει ειδικές προσαρμογές προκειμένου να αντεπεξέλθουν κατά τη δύσκολη περίοδο του καλοκαιριού (*De Micco & Aronne, 2008*). Αυτές οι προσαρμογές εντοπίζονται τόσο στο υπέργειο μέρος, και

ιδιαίτερα στα φύλλα, όσο και στο υπόγειο. Οι βαθιές ρίζες, για παράδειγμα, επιτρέπουν την εκμετάλλευση των υδατικών πόρων σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αείφυλλα σκληρόφυλλα της Καλιφόρνιας και συγκεκριμένα οι θάμνοι του γένους *Ceanothus* (*Rhamnaceae*), των οποίων οι ρίζες αναπτύσσουν συμβιωτική σχέση με μύκητα του γένους *Frankia*, γνωστός για την αζωτοδεσμευτική του ικανότητα. Στη νότια Χιλή δύο είδη θάμνων (*Rhamnaceae*) φέρουν και αυτοί φυμάτια (*Trevoa trinervis*, *Talguenea quinquenervia*). Ωστόσο, εκτός από αυτό το γένος, θάμνοι της οικογένειας *Rosaceae* των γενών *Cercocarpus* και *Purshia* διαθέτουν ριζοφυμάτια (*Kummerow 1977*).

Ο *Cooper (1922)* παρατήρησε, σε μια περιοχή με σκληρόφυλλα στο Jasper Ridge στην κεντρική Καλιφόρνια, ότι οι ρίζες των *Adenostoma fasciculatum*, *Quercus durata*, *Arctostaphylos tomentosa* συμβιώνουν με μύκητες. Στο *Q. durata* οι ρίζες του εμφανίστηκαν περισσότερο διακλαδισμένες από τις ρίζες χωρίς μυκόρριζα. Στη νότια Καλιφόρνια οι ρίζες των *A. fasciculatum*, *Ceanothus greggii*, *Rhus ovata* συμβιώνουν επίσης με μύκητες. Επίσης, στην Ελλάδα, σε είδη που μελετήθηκαν σε φρυγανικό οικοσύστημα βρέθηκαν μυκόρριζες (*Φουσέκη, 1979*). Γενικά, από παρατηρήσεις που έγιναν και στη νότια Χιλή, συμπεραίνεται ότι η μυκόρριζα συναντάται αρκετά συχνά σε πολλά οικοσυστήματα.

Η πρώτη προσπάθεια με σκοπό να εξεταστεί το ριζικό σύστημα των αείφυλλων σκληρόφυλλων στην Καλιφόρνια έγινε από τον *Hellmers et al. (1955)*. Ο *Hellmers et al.* συμπέρανε ότι το βάθος του ριζικού συστήματος εξαρτάται από το έδαφος και τα πετρώματα. Οι πλευρικές ρίζες εκτείνονται περισσότερο προς πλάγιες θέσεις, αξιοποιώντας καλύτερα το γύρω έδαφος, ενώ η πρωτογενής ή πασσαλώδης ρίζα δεν μπορεί να διεισδύσει βαθιά στο έδαφος λόγω της σκληρότητας του πετρώματος. Το ίδιο ισχύει και για το ριζικό σύστημα των ειδών *Satureja gilliesii* (0,4 - 0,8 m) και *Colliguaya odorifera* (0,8 - 1 m) της νότιας Χιλής. Αντίθετα τα είδη *Lithraea caustica*, *Quillaja saponaria* της ίδιας περιοχής έχουν ριζικό σύστημα βάθους 4-5 m και 7-8 m αντίστοιχα. Το ριζικό σύστημα των *Quercus calliprinos*, *Pistacia lentiscus* και *Sarcopoterium spinosum* έχει βρεθεί ότι φτάνει σε βάθος 8 m, ενώ του *Pinus halepensis* στα 4-5 m. Επομένως, τα ριζικά συστήματα προσαρμόζονται ανάλογα με το βάθος στο οποίο μπορούν να φτάσουν, την υγρασία του εδάφους, την ύπαρξη θρεπτικών και τη θερμοκρασία που επικρατεί εκεί, στοιχεία που υπερισχύουν των αποτελεσμάτων που μπορεί να έχει ένα ρηχό ή ένα βαθύ έδαφος στην επιτυχή εγκατάσταση ενός είδους (*Kummerow, 1977*).

Έπειτα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είναι χαρακτηριστικό ότι από τη διεθνή βιβλιογραφία απουσιάζουν εντελώς καταγραφές που να αφορούν την επίδραση φυτοτοξικών παραμέτρων, που εντοπίζονται σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων, σε είδη μεσογειακής χλωρίδας, καθώς και μελέτες που θα επικεντρώνονται στην καταγραφή της διαδοχής των ειδών μεσογειακής βλάστησης τα οποία φύονται σε ΧΔΑ.

Συνεπώς, κρίθηκε αναγκαία η έρευνα και η μελέτη της εγκατάστασης και εξέλιξης της διαδοχής των φυτικών ειδών μεσογειακής βλάστησης σε ένα αποκατεστημένο Χώρο Διάθεσης Απορριμμάτων, με δεδομένες τις ιδιαιτερότητες των ελληνικών ΧΔΑ και τις μεσογειακές βιοκλιματικές συνθήκες.

3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΔΑ ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ

Ο χώρος που επιλέχθηκε για να πραγματοποιηθεί η έρευνα είναι ο Χώρος Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΔΑ) των Άνω Λιοσίων, ο οποίος εξυπηρέτησε έως το 2008 την ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου της Αττικής. Η έρευνα της διατριβής εφαρμόστηκε στο πρώτο τμήμα (πρανή) του ΧΔΑ, όπου ολοκληρώθηκε η αποκατάσταση στις αρχές του 1999. Επομένως, τα τεχνικά στοιχεία που δίνονται στο κεφάλαιο 3 αφορούν μόνο αυτό το τμήμα, το οποίο δέχτηκε απορρίμματα από την έναρξη λειτουργίας του ΧΔΑ έως το 1996.

3.1 Γενικά

Ο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων άρχισε να λειτουργεί υπό την εποπτεία του ΕΣΔΚΝΑ (Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων & Κοινοτήτων Νομού Αττικής) το 1973, ενώ έως τότε δεχόταν απορρίμματα από γειτονικούς ΟΤΑ, αρχής γενομένης από τα τέλη της δεκαετίας του '60. Η οργανωμένη λειτουργία του ξεκίνησε το 1976. Εκτιμάται ότι μέχρι το 1995 είχαν διατεθεί στο ΧΔΑ περίπου 18.000.000 τόνοι απορριμμάτων (*Χριστοδούλου και Ρετζέπης, 1996*). Η ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων ανερχόταν σε 3.300 τόνους περίπου, ενώ ο συνολικά εξυπηρετούμενος πληθυσμός ήταν 3.125.000 κάτοικοι.

Βασικά χαρακτηριστικά της φυσιογνωμίας του τμήματος ΧΔΑ, όπου εφαρμόστηκε η διατριβή, είναι η οριοθέτησή του πάνω σε καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους, η απουσία στεγανοποιητικού υποβάθρου και η εκ των υστέρων προσπάθεια αναβάθμισής του σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).

3.2 Γεωγραφική Θέση

Ο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή νότια του βουνού Χασιάς του όρους Πάρνηθα και βόρεια του όρους Αιγάλεω. Η ακριβής θέση του ΧΔΑ προσδιορίζεται στην μισγάγγεια «Στενό Ρέμα» με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση και καταλαμβάνει την έκταση της λεκάνης μεταξύ των λόφων Σκαλιστήρι (+165 m - +215 m) και Πυργάρι (+169 m - +200 m). Το «Στενό Ρέμα» έχει συνολικό μήκος 2.400 m και μέσο πλάτος περί τα 500 m. Η συνολική έκταση της λεκάνης υπερβαίνει τα 2.000 στρέμματα. Βόρεια και ανατολικά της λεκάνης αναπτύσσονται δασικές εκτάσεις. Βόρειο-βορειοδυτικά εκτείνεται το δάσος «Φυλής». Προς νότο η λεκάνη συνορεύει με αγροτικές εκτάσεις. Το σύνολο της παραπάνω έκτασης βρίσκεται εντός των διοικητικών ορίων του Δήμου Άνω Λιοσίων. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη θέση Σκαλιστήρι σε γεωγραφικό μήκος 23,8 μοίρες και γεωγραφικό πλάτος 38,05 μοίρες.

Η πρόσβαση στον ΧΔΑ γίνεται από την επαρχιακή οδό Άνω Λιοσίων-Ασπροπύργου (Λεωφόρος ΝΑΤΟ).

Η απόσταση του ΧΔΑ από τους γύρω οικισμούς και άλλες χαρακτηριστικές τοποθεσίες είναι η ακόλουθη:

- ✓ Από το βουνό Χασιάς και τη Φυλή προς τα βόρεια 4 Km
- ✓ Από το Δήμο Άνω Λιοσίων προς τα βορειανατολικά 4 Km
- ✓ Από το Δήμο Καματερού προς τα νοτιοανατολικά 5 Km
- ✓ Από το μέσον του αυχένα του όρους Αιγάλεω 3 Km
- ✓ Από το Δήμο Ασπροπύργου προς τα νοτιοδυτικά 6 Km

✓ Από την τοποθεσία «Κάμπος» του Θριάσιου Πεδίου προς τα δυτικά βορειοδυτικά 5 Km.

3.3 Τοπογραφία

Με την απόθεση των απορριμμάτων από το 1973 (οργανωμένη λειτουργία της χωματερής από το 1976) έως το 1996, η μορφολογία της περιοχής έχει μεταβληθεί. Έτσι, στην περιοχή της κοιλάδας, το ανάγλυφο της οποίας ήταν ομαλό, δημιουργήθηκε ένας λόφος η βάση του οποίου βρίσκεται στο +80 m και η κορυφή του στο +130 m. Το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής είναι ήπιο με μέτριες κλίσεις, οι οποίες δεν ξεπερνούν το 35%, και υψόμετρο μεταξύ +74 m και +226 m, ενώ το υψόμετρο του ΧΔΑ κυμαίνεται από +74 m έως +144 m. Οι μικρότερες κλίσεις, κάτω του 10%, παρατηρούνται στο νότιο τμήμα του ΧΔΑ και κατά μήκος της μισγάγγειας «Στενό Ρέμα» με μέσο υψόμετρο 120 m.

Η οριοθετημένη έκταση που καταλάμβανε το 1996 ο ΧΔΑ ήταν 1.732 στρέμματα. Η έκταση αυτή διακρινόταν σε τέσσερα (4) τμήματα:

Α. Τριακόσια πενήντα (350) περίπου στρέμματα καταλάμβανε ο κύριος χώρος εναπόθεσης απορριμμάτων που σχημάτιζε ένα «μεγάλο ταμπάνι» σε στάθμη 130 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Β. Εκατό (100) περίπου στρέμματα καταλάμβανε ο παλαιότερος χώρος εναπόθεσης απορριμμάτων που σχημάτιζε ένα «μικρό ταμπάνι» σε στάθμη 130 m.

Γ. Τετρακόσια είκοσι επτά (427) περίπου στρέμματα καταλάμβαναν τα διαδοχικά πρηνή που σχηματίστηκαν από τα διάφορα ταμπάνια και που εμφανίζονται στην βορειοδυτική και νοτιοδυτική πλευρά των χώρων εναπόθεσης απορριμμάτων (ευρύτερη περιοχή έρευνας διατριβής).

Δ. Οκτακόσια πενήντα πέντε (855) περίπου στρέμματα καταλάμβαναν τα γύρω υψώματα που περικλείουν την έκταση από τρεις πλευρές, τη βορειοδυτική, τη βορειοανατολική και τη νοτιοανατολική.

3.4 Στοιχεία Φυσικού Περιβάλλοντος

3.4.1 Εδάφη

Τα εδάφη της περιοχής είναι αποτέλεσμα συνδυασμένης δράσης των επικρατούντων κλιματολογικών συνθηκών και της πετρολογικής δομής του γεωλογικού υπόβαθρου. Τα εδάφη που απαντούν στην περιοχή ανήκουν στις ακόλουθες κατηγορίες:

✓ Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα εδάφη που απαντούν επί των πλειστοκαινικών ίζημάτων και συναντώνται στα υψηλότερα υψομετρικά σημεία του ρέματος Στενό. Δεν παρουσιάζουν εδαφικούς ορίζοντες και ανήκουν γενετικά στην εδαφική ομάδα lithosols. Η περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο είναι αυξημένη.

✓ Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα εδάφη που απαντούν επί των ασβεστόλιθων και δολομιτών. Τα εδάφη αυτά συναντώνται εντός των κοιλοτήτων των ασβεστόλιθων, έχουν χρώμα καστανέρυθρο λόγω της παρουσίας οξειδίων του σιδήρου και ανήκουν στην εδαφική ομάδα Terra-Rossa. Τα εδάφη αυτά είναι γόνιμα με ελαφρώς αλκαλικό pH.

✓ Μια τρίτη κατηγορία εδαφών, μη συσχετιζόμενη με το φυσικό περιβάλλον, είναι οι ποικίλης σύστασης εδαφικές στρώσεις που χρησιμοποιήθηκαν κυψελωτά για την κάλυψη των διαδοχικών στρώσεων των απορριμμάτων. Τα εδάφη αυτά είναι

ανομοιογενή, σε μεγάλο ποσοστό αποτελούνται από μάζα οικοδομικών και άλλων υλικών, και επομένως ουδεμία κατάταξη αυτών κρίνεται σκόπιμη.

3.4.2 Γεωλογία

Στην ευρύτερη περιοχή του ΧΔΑ οι λόφοι Σκαλιστήρι και Πυργάρι, καθώς και το βουνό Χασιάς προς βορρά και το όρος Αιγάλεω προς νότο, αποτελούνται από ασβεστόλιθους και δολομίτες της πελαγονικής ζώνης ηλικίας μέσου τριαδικού-κατώτερου ιουρασικού. Οι ασβεστόλιθοι και δολομίτες είναι ανοικτότεφροι, μέσο-έως παχυστρωματώδεις, μικροκρυσταλλικοί και τεκτονισμένοι. Κατά μήκος της μισγάγγειας «Στενό Ρέμα» παρατηρούνται πλειστοκαινικά ιζήματα από λατυποκροκάλες ασβεστολιθικής σύστασης, συνδεδεμένες με ψαμμιτομαργαϊκή συνδετική ύλη. Κατά θέσεις παρατηρούνται ενστρώσεις καστανέρυθρων αμμούχων αργιλομαργαϊκών υλικών. Το ορατό πάχος των πλειστοκαινικών σχηματισμών είναι 30 m, ενώ στις χαμηλότερες υψομετρικά θέσεις διαπιστώθηκε από γεωτρήσεις ότι το πάχος τους προσεγγίζει τα 100 m.

Οι υδροφόροι ορίζοντες που αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή είναι ο καρστικός υδροφόρος του όρους Αιγάλεω, ο καρστικός υδροφόρος της Πάρνηθας και ο υδροφόρος εντός των νεογενών και πλειστοκαινικών σχηματισμών στην περιοχή των Άνω Λιοσίων. Ο καρστικός υδροφόρος του όρους Αιγάλεω τροφοδοτείται αποκλειστικά από όμβρια, προσδιορίζεται προς βορρά από συνδυασμένα ρήγματα στον όγκο του Ποικίλου όρους, ενώ προς νότο είναι ανοικτός προς τη θαλάσσια ζώνη (κόλπος Ελευσίνας) και έχει σημαντική δυναμικότητα. Ο καρστικός υδροφόρος της Πάρνηθας εκτείνεται βόρεια του καρστικού υδροφόρου του όρους Αιγάλεω, έχει σημαντική έκταση έως την Βοιωτία και μεγαλύτερη δυναμικότητα του προηγούμενου. Ο υδροφόρος ορίζοντας στους νεογενείς σχηματισμούς αναπτύσσεται στα ανώτερα στρώματα αυτών και υπέρκειται του υδροφόρου της Πάρνηθας. Η εκμετάλλευσή του γίνεται κυρίως από το Δήμο Άνω Λιοσίων για την κάλυψη των αναγκών του. Οι παροχές των γεωτρήσεων είναι μικρές, από 5 m³/ώρα έως 35 m³/ώρα.

3.4.3 Μετεωρολογικά Στοιχεία - Βιοκλιματικός χαρακτήρας περιοχής

Τα κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής προέρχονται από παρατηρήσεις τόσο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Σταθμός Πάρνηθας) όσο και της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Σταθμός Ελευσίνας). Τα στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού Ελευσίνας κρίνονται περισσότερο αντιπροσωπευτικά λόγω της μικρότερης απόστασης από το ΧΔΑ.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Σταθμού Πάρνηθας προκύπτει:

- ✓ Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης είναι 419 mm
- ✓ Ο μέγιστος αριθμός ημερών βροχής ανά μήνα είναι 12,8 ημέρες
- ✓ Ο ελάχιστος αριθμός ημερών βροχής ανά μήνα είναι 1,6 ημέρες και
- ✓ Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 1678 mm.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Σταθμού Ελευσίνας για τα έτη 1951-1997, προκύπτουν τα παρακάτω:

- ✓ Η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται σε 18,5°C με μέση μηνιαία ελάχιστη 9,3°C τον Ιανουάριο και μέση μηνιαία μέγιστη 28,6°C τον Ιούλιο

- ✓ Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται σε 410 mm
- ✓ Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 64%, με ελάχιστη 47% τον Ιούλιο και μέγιστη 77% τον Ιανουάριο
- ✓ Οι άνεμοι είναι μικρής έντασης και κυμαίνονται από 1,5 έως 2,6 Beaufort.

Το βιοκλίμα της περιοχής έρευνας χαρακτηρίζεται ως ασθενές προς έντονο θερμομεσογειακό. Ο αριθμός των ξηρών ημερών κατά την ξηροθερμική περίοδο είναι 100-150.

3.4.4 Χλωρίδα

Η ευρύτερη περιοχή του ΧΔΑ ανήκει στην ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης και ειδικότερα στην υποζώνη Oleo Ceratonia. Τα είδη βλάστησης που απαντούν στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι τα παρακάτω: *Olea europaea subsp. europaea var. sylvestris*, *Quercus coccifera*, *Erica verticillata*, *Phyllirea media*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea*, *Sarcopoterium spinosum*, *Euphorbia acanthoclada*, *Salvia officinalis*, *Phlomis fruticosa*, *Coridothymus capitatus* και διάφορα αγρωστώδη εποχικά εμφανιζόμενα. Στην ευρύτερη περιοχή επικρατούσαν δάση της Χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis*), καθώς και σκληρόφυλλα-αείφυλλα, όπως συμπεραίνεται από τα υπάρχοντα ακόμη διάσπαρτα άτομα.

Στην περιοχή άμεσης επιρροής του ΧΔΑ συναντάται η αγριελιά (*Olea europaea subsp. europaea var. sylvestris*) ριζωμένη στις σχισμές των ασβεστόλιθων, το πουρνάρι (*Quercus coccifera*) και σε μικρότερη αναλογία το φιλίκι (*Phillyrea media*). Παρατηρούνται επίσης διάσπαρτα άτομα του θαμνοκυπάρισσου (*Juniperus phoenicea*).

3.4.5 Πανίδα

Η πανίδα στη περιοχή του ΧΔΑ ουσιαστικά εκλείπει, λόγω του συνδυασμού των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και της κίνησης των οχημάτων για την απόρριψη των απορριμμάτων. Η μόνη εξαίρεση είναι η παρουσία γλάρων (*Larus cacchianus*), τρωκτικών και ομάδων αδέσποτων σκυλιών, εντός του ΧΔΑ, που εξαρτάται άμεσα από την απόρριψη των απορριμμάτων στο χώρο.

3.5 Στοιχεία Λειτουργίας του ΧΔΑ

Ο χώρος άρχισε να δέχεται απορρίμματα στα τέλη της δεκαετίας του '60, ενώ η οργανωμένη λειτουργία του ξεκίνησε το 1976. Ο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων -μετά το κλείσιμο του Σχιστού το 1991- ήταν ο μοναδικός ΧΔΑ της ευρύτερης περιοχής του Λεκανοπεδίου της Αττικής που δεχόταν απορρίμματα από 113 Δήμους και Κοινότητες (τα στοιχεία αφορούν τη διοικητική διάρθρωση της Αττικής πριν τη συνένωση ΟΤΑ με βάση τον «Καποδίστρια», 1997).

Η διάθεση των απορριμμάτων στο χώρο ταφής περιελάμβανε την απόθεση, συμπίεση και επικάλυψή τους. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνταν εναλλασσόμενοι συμπαγείς όγκοι απορριμμάτων και χώματος. Κάθε στρώμα απορριμμάτων (συμπιεσμένων) είχε πάχος 2 έως 2,5 m και κάθε στρώμα χώματος 0,1 έως 0,5 m.

Ποιοτικές εκτιμήσεις

Ο συνολικός όγκος των απορριμμάτων που απορρίπτονταν ημερησίως στο ΧΔΑ στις αρχές της δεκαετίας του '90 ήταν κατά μέσο όρο 3.300 τόνοι, εκ των οποίων το μεγαλύτερο ποσοστό, άνω του 65%, αποτελούνταν από οικιακά απορρίμματα (Παπαδόπουλος, 1994).

Το κύριο χαρακτηριστικό της σύνθεσης των απορριμμάτων ήταν το υψηλό ποσοστό σε ζυμώσιμα υλικά, που έφθανε το 57% της συνολικής ποσότητας που εναποτίθετο στο χώρο ταφής. Σημαντικό είναι και το ποσοστό του χαρτιού που κυμαίνονταν γύρω στο 20%, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.5.1.1.

Στο χώρο απόθεσης, εκτός από οικιακά απορρίμματα, οδηγούνταν και εξωοικιακά, τέφρες, απόβλητα από μεταλλευτικές δραστηριότητες, σκωρίες από κατεργασία σιδήρου και χάλυβα, άχρηστα υλικά εκσκαφών και κατεδαφίσεων (μπάζα, προϊόντα οικοδομικών κατεδαφίσεων κ.ά.), σταθεροποιημένες λάσπες από εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού και βιομηχανικών αποβλήτων, σταθεροποιημένες και αφυδατωμένες λάσπες από μονάδες βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων, καθώς και γεωργικά απόβλητα. Επιπλέον, ο ΧΔΑ δεχόταν απορρίμματα ζωικής προέλευσης, ακατάλληλες τροφές και απορρίμματα νοσοκομείων (σε κλειστούς σάκους). Τα παραπάνω απόβλητα αφορούσαν το 35% περίπου της προαναφερθείσας ποσότητας των 3.300 τόνων (Παπαδόπουλος, 1994).

Ειδικότερα για τα νοσοκομειακά απορρίμματα, ο ΧΔΑ Α. Λιοσίων διέθετε στη δύναμη του δυο ψυγεία οχήματα για την αποκομιδή αυτών. Τα απορρίμματα αυτού του είδους οδηγούνταν σε κλίβανους -που βρίσκονταν στο χώρο- όπου καίγονταν. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι ο ΧΔΑ διέθετε χημείο το οποίο στεγαζόταν στο κτίριο του ΕΣΔΚΝΑ. Το χημείο εξέταζε αν ήταν ικανά προς ταφή διάφορα χημικά, φαρμακευτικά και βιομηχανικά απορρίμματα.

Πίνακας 3.5.1.1: Η σύνθεση (%) των οικιακών απορριμμάτων.

Υλικά	Ποσοστό (%)
Αδρανή υλικά	1
Γυαλί	3
Πλαστικό	7
Μέταλλα	4
Υπόλοιπα	4
Υφασμα-ξύλο-δέρμα	4
Χαρτί	20
Ζυμώσιμα	57

Πηγή: Παπαδόπουλος, 1994

Η σύσταση των αστικών απορριμμάτων της ευρύτερης περιοχής του Λεκανοπεδίου της Αττικής δίνεται στον Πίνακα 3.5.1.2.

Πίνακας 3.5.1.2: Μέση τιμή (%) σύνθεσης οικιακών απορριμμάτων.

Υλικά	Ζώνες		
	I	II	III
Χαρτί	20	18,5	19
Μέταλλα	4	3,5	4,4
Γυαλί	3	2	2,6
Πλαστικά	7	7	7,1
Ύφασμα - Δέρμα - Ξύλο	3	4,4	4
Αδρανή	0,7	0,8	0,7
Ζυμώσιμα	61	59	56,4
Υπόλοιπα	1,3	4,8	5,6
Ζώνη I : Οικιστική περιοχή Αθηνών Ζώνη II : Οικιστική περιοχή Δυτικής Αττικής Ζώνη III : Οικιστική περιοχή Ανατολικής Αττικής			

Πηγή: Σκορδίλης κ.ά., 1985

Ποσοτικές εκτιμήσεις – Εξυπηρετούμενος πληθυσμός

Οι περισσότερες μελέτες της δεκαετίας του '90 που πραγματοποιούνται τις περιβαλλοντικές παραμέτρους του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων αναφέρονται σε μέση ημερήσια ποσότητα 2.200 τόνους που ελαττώνεται σε 1.500 τόνους το Σάββατο και 250 τόνους την Κυριακή. Η εκτίμηση αυτή οδηγεί σε ετήσια ποσότητα (αποτιθέμενων απορριμμάτων) 663.000 τόνους. Με την προσθήκη των απορριμμάτων του Σχιστού από Αύγουστο του 1991 προστέθηκαν ημερήσια άλλοι 1.200-1.300 τόνοι, πράγμα που αύξησε κατά τουλάχιστον 55% τις μηνιαίες αποθέσεις.

Από στοιχεία του ΕΣΔΚΝΑ προκύπτει ότι ο «εξυπηρετούμενος πληθυσμός» το 1991 ήταν 2.021.544 κάτοικοι, κατανεμημένος σε 59 Δήμους και Κοινότητες. Τον Αύγουστο του 1991 με το κλείσιμο της χωματερής του Σχιστού, προστέθηκε το φορτίο απορριμμάτων επιπλέον 1.102.650 κατοίκων. Επομένως, ο ΧΔΑ εξυπηρετούσε συνολικά 113 Δήμους και Κοινότητες, απ' όπου εισέρχονταν καθημερινά για εναπόθεση περίπου 1500 απορριμματοφόρα οχήματα τα οποία ζυγίζονταν στην είσοδο και ενημερώνονταν το αρχείο.

3.6 Έργα Αποκατάστασης

Κύρια χαρακτηριστικά του ΧΔΑ είναι η οριοθέτησή του πάνω σε καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους, η απουσία στεγανωτικού υπόβαθρου και η εκ των υστέρων προσπάθεια αναβάθμισής του σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤ), ιδιαίτερα μετά το 1978 όταν ανέλαβε ο ΕΣΔΚΝΑ. Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών του, η βασική προϋπόθεση κάθε ΧΥΤ -η προστασία των υπόγειων υδάτων σε συνδυασμό με την επεξεργασία των παραγόμενων στραγγισμάτων- δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί. Αποτέλεσμα της παραπάνω έλλειψης ήταν η κατείσδυση σημαντικών ποσοτήτων στραγγισμάτων στον υποκείμενο υδροφόρο.

Όσον αφορά τις υπόλοιπες βασικές παραμέτρους λειτουργίας ενός ΧΥΤ, όπως η στρωματοποίηση και συμπίεση των απορριμμάτων με μηχανήματα σύγχρονης

τεχνολογίας, η ‘κυψελοποίηση’ των απορριμματικών αποθέσεων, η ημερήσια χωματοκάλυψη με τη δημιουργία ενδιάμεσων φραγμών ελέγχου, η τελική χωματοκάλυψη – αποκατάσταση ολοκληρωμένων τμημάτων κ.λπ., αυτές καλύφθηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό. Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφονται αναλυτικά τα σημαντικότερα έργα αποκατάστασης που πραγματοποιήθηκαν στα τμήματα του ΧΔΑ, όπου εφαρμόστηκε η έρευνα της διατριβής.

3.6.1 Στραγγίσματα

Το σύστημα συλλογής και επεξεργασίας των στραγγισμάτων που δημιουργήθηκε στα αποκατεστημένα τμήματα του ΧΔΑ αποτελείται από:

1. Δίκτυο περιφερειακών συλλεκτήριων αγωγών.
2. Δίκτυο αγωγών μεταφοράς.
3. Δεξαμενή εξισορρόπησης - ομογενοποίησης.
4. Μονάδα επεξεργασίας (αντίστροφη ώσμωση).
5. Αγωγό ανακύκλωσης - επανατροπής.

A. Σύστημα συλλογής

Η συλλογή των πλευροδιηθούμενων στραγγισμάτων γίνεται αρχικά σε σαράντα πέντε σημεία, από όπου κατά την διάρκεια όλου του έτους, εμφανίζονται εκροές. Στις θέσεις αυτές κατασκευάστηκαν έργα απομάστευσης μετά το πέρας των εργασιών δυναμικής συμπίκνωσης. Όλα τα σημεία απομάστευσης εντάχθηκαν στο δευτερεύον δίκτυο συλλογής. Το δίκτυο αυτό κατασκευάστηκε επί των πρανών και συνδέεται με το πρωτεύον δίκτυο μεταφοράς που βρίσκεται στους πόδες των βόρειων και νότιων πρανών. Η θέση των αγωγών αυτών είναι τέτοια ώστε να βρίσκονται σε άμεση επαφή με τον όγκο των απορριμματικών αποθέσεων. Και στους δύο αγωγούς έγιναν φρεάτια για τον έλεγχο της ροής και για καθαρισμό. Πρόβλημα καθίζησης των φρεατίων δεν υπάρχει, διότι διατάσσονται εκτός του όγκου των απορριμμάτων.

Για την καλύτερη συλλογή των στραγγισμάτων κατασκευάστηκε σύστημα τεχνητής «κουρτίνας» στο χαμηλότερο υψομετρικό σημείο, περίπου +78 m, μήκους 30 μέτρων, πλάτους 1 m και μεταβλητού πυθμένα (2,5 - 3,5 m) από την τελική στρώση του εδάφους. Με τη βοήθεια αυτής συλλέγονται και ορισμένα από τα στραγγίσματα που κινούνται επί της αρχικά υφιστάμενης μισγάγγειας. Εντός της «κουρτίνας» καταλήγουν οι δύο κεντρικοί περιφερειακοί συλλεκτήρες, καθώς και ο αγωγός εκκένωσης/υπερχειλίσης της δεξαμενής ομογενοποίησης (Μπαλαφούτας κ.ά., 1997).

Στο μέσο της «κουρτίνας» κατασκευάστηκε αντλιοστάσιο, με τέσσερις (4) υποβρύχιες αντλίες (δύο εφεδρικές), που εξυπηρετεί τους εξής στόχους:

- ✓ Με τις δύο εξασφαλίζεται η ομαλή τροφοδοσία της δεξαμενής ομογενοποίησης, εφόσον η μονάδα επεξεργασίας λειτουργεί κανονικά.
- ✓ Με τις άλλες δύο αντλίες παρέχεται η δυνατότητα επανατροπής του συνόλου των στραγγισμάτων προς τον υπεδάφιο διαχυτή που βρίσκεται στην κορυφή του χώρου. Αυτές λειτουργούν μόνο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπως π.χ. διακοπή λειτουργίας εγκατάστασης επεξεργασίας στραγγισμάτων, συντήρηση κ.λπ. (Μπαλαφούτας κ.ά., 1997).

B. Δεξαμενή εξισορρόπησης-ομογενοποίησης

Το στραγγισμα μεταβάλλεται σε ποιότητα και ποσότητα ανάλογα με την εποχή. Με τη βοήθεια της χωμάτινης αυτής δεξαμενής επιτυγχάνεται η εξισορρόπηση των παροχών και εξασφαλίζεται η μερική ομογενοποίηση της ποιότητας του στραγγίσματος, που τροφοδοτείται στην εγκατάσταση επεξεργασίας που ακολουθεί. Επίσης, επιτυγχάνεται η καθίζηση των αιωρούμενων στερεών τα οποία και απομακρύνονται προς το αντλιοστάσιο. Η δεξαμενή αυτή έχει ωφέλιμο όγκο 550 m^3 έως τη στάθμη υπερχειλίσης. Ο αγωγός υπερχειλίσης οδηγείται και αυτός στο αντλιοστάσιο τροφοδοσίας της δεξαμενής ομογενοποίησης. Από το δεύτερο τμήμα της δεξαμενής ξεκινά ο αγωγός αναρρόφησης του αντλιοστασίου τροφοδοσίας της εγκατάστασης αντίστροφης ώσμωσης. Έτσι, εξασφαλίζεται η ομαλή τροφοδοσία της εγκατάστασης επεξεργασίας με σταθερή παροχή $45 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ ($2,50 \text{ m}^3/\text{ώρα}$ παροχή αιχμής) (Μπαλαφούτας κ.ά., 1997).

Γ. Αγωγός επανατροπής

Ο αγωγός επανατροπής ξεκινά από το αντλιοστάσιο επανατροπής και τροφοδοσίας, κινείται παράλληλα προς τον όγκο των απορριμματικών αποθέσεων, μέσα στο σκάμμα του αγωγού συλλογής και τελικά καταλήγει στον αγωγό υπεδάφιας διάθεσης σε υψόμετρο $+145 \text{ m}$ περίπου (Μπαλαφούτας κ.ά., 1997).

Δ. Πεδίο διαχυτών

Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης επανατροπής, η παροχή των στραγγισμάτων επανατρέπεται σε σύστημα τριών (3) υπεδάφιας διαχυτών, διαστάσεων 30 m επί 11 m (συνολικά 1000 m^2). Η παροχή κατανέμεται σε κάθε κλίση με τη βοήθεια φρεατίου διανομής. Εντός του διαχυτού κατασκευάστηκε ακτινωτό δίκτυο διάτρητων αγωγών ανά 3 m (Μπαλαφούτας κ.ά., 1997).

Ε. Μονάδα επεξεργασίας στραγγισμάτων (αντίστροφη ώσμωση)

Η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης επιλέχθηκε για την επεξεργασία των στραγγισμάτων στον ΧΔΑ Άνω Λιοσίων. Στην αντίστροφη ώσμωση, με την άσκηση πίεσης στην επιφάνεια του πυκνότερου διαλύματος η κίνηση των μορίων γίνεται από το πυκνότερο προς το αραιότερο διάλυμα. Γενικά, τα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης λειτουργούν με δυνατότητα κατακράτησης των διαλυμένων στερεών μεγαλύτερη του 90% και έως 95%. Τα αντλούμενα προς την εγκατάσταση στραγγίσματα διαχωρίζονται με τη βοήθεια μεμβράνης σε στερεά και υγρά. Τα επεξεργασμένα υγρά κατευθύνονται προς τη δεξαμενή ανάσχεσης, ενώ τα στερεά οδηγούνται πίσω στην χωματερή. Τα όρια επεξεργασίας στην έξοδο της εγκατάστασης είναι τέτοια ώστε να επιτρέπουν την άρδευση των φυτών (Μπαλαφούτας κ.ά., 1997).

3.6.2 Βιοαέριο

A. Δίκτυο συλλογής και μεταφοράς βιοαερίου

Το σύστημα συλλογής βιοαερίου, στο τμήμα του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων που εφαρμόστηκε η έρευνα, είναι δυναμικό (το βιοαέριο αντλείται) και αποτελείται από 109 κατακόρυφα πηγάδια, συνολικού βάθους 2.378 m . Από αυτά με ένα σύστημα 109 ανεξάρτητων δευτερευόντων αγωγών το βιοαέριο οδηγείται σε εννέα υποσταθμούς, όπου υπάρχουν οι απαραίτητες εγκαταστάσεις για τον χειρωνακτικό έλεγχο ποιότητας και ποσότητας του βιοαερίου κάθε πηγαδιού. Από κάθε υποσταθμό ξεκινά ένας

ανεξάρτητος αγωγός και οδηγεί το βιοαέριο στο σταθμό άντλησης (ventilator) (Μπαλαφούτας κ.ά., 1996).

Κατά την αποκατάσταση εγκαταστάθηκε περιμετρικός αγωγός που μπορεί περιοδικά, και όταν απαιτείται, να συλλέγει το βιοαέριο στη στοιβάδα εκτόνωσης (οριζόντιο σύστημα συλλογής). Για τη συγκέντρωση του βιοαερίου λειτουργούν στο σταθμό άντλησης δύο ventilators (αντλίες αναρρόφησης/συμπίεσης), που το αναρροφούν και το στέλνουν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ανάλογα με την ποιότητά του α) στο δαυλό καύσης ή β) στη γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η πύκνωση του ενεργού συστήματος αναρρόφησης, με οριζόντια δίκτυα σωλήνων συλλογής βιοαερίου κατευθείαν κάτω από την επιφάνεια του φραγμού, στην πράξη εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους. Και αυτό διότι, με μικρές εκ των υστέρων ζημιές της επιφανειακής στεγανοποίησης, υπάρχει κίνδυνος εισόδου οξυγόνου στο δίκτυο όπου αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα έκρηξης. Έτσι, κάτω από την στεγανωτική στρώση του φραγμού, τοποθετήθηκε μια ελεγχόμενη διάταξη εκτόνωσης και ταυτόχρονης δέσμευσης/συλλογής βιοαερίου, το οποίο ενδέχεται να ξεφεύγει και να μην απορροφάται (αντλείται) από τα πηγάδια. Το βιοαέριο του ΧΔΑ που φτάνει στη στρώση εκτόνωσης επιστρέφει σταδιακά στη μάζα των σκουπιδιών και αναρροφάται τελικά από τα κατακόρυφα πηγάδια.

Εξαιτίας της γειννίας με χωμάτινη επέκταση, της μικρής αναμενόμενης παραγωγής βιοαερίου και του κινδύνου εισροής ατμοσφαιρικού αέρα στο δίκτυο, δεν τοποθετήθηκαν πηγάδια σε περιοχές κοντά στο πόδι του πρανούς.

Όσον αφορά το σύστημα μεταφοράς βιοαερίου, αυτό αποτελείται από:

- ✓ τους δευτερεύοντες αγωγούς αναρρόφησης και μεταφοράς βιοαερίου (διαδρομή από πηγάδι στον υποσταθμό),
- ✓ τον υποσταθμό (Υ/Σ) συγκέντρωσης του βιοαερίου, όπου γίνονται οι έλεγχοι, οι μετρήσεις και οι ρυθμίσεις της υποπίεσης που ασκείται στα πηγάδια,
- ✓ τους κεντρικούς αγωγούς αναρρόφησης βιοαερίου (διαδρομή από υποσταθμό στο αντλιοστάσιο αναρρόφησης),
- ✓ τον περιμετρικό αγωγό αναρρόφησης βιοαερίου από την οριζόντια στρώση εκτόνωσης και
- ✓ την ειδική διάταξη αποφόρτισης/κατακράτησης των συμπυκνωμάτων που παράγονται κατά τη διαδρομή του βιοαερίου στους αγωγούς ή μέσα στις σωληνώσεις του σταθμού άντλησης (Μπαλαφούτας κ.ά., 1996).

Κατά τη μεταφορά του βιοαερίου λόγω της ψύξης μέσα στους αγωγούς παράγονται συμπυκνώματα νερού και στραγγίσματα, τα οποία συγκεντρώνονται στα χαμηλά σημεία των αγωγών χάρη στην κλίση τους. Με την τοποθέτηση ενός διαχωριστή συμπυκνωμάτων ανάντη της άντλησης, ανακόπτονται τόσο τα συμπυκνώματα που παράγονται σε ολόκληρο το δίκτυο των αγωγών συλλογής όσο και οι επιστροφές από το κεντρικό αντλιοστάσιο.

B. Αντληση και καύση του βιοαερίου

Σε χώρο που δεν εναποτέθηκαν απορρίμματα, κοντά στο Διοικητήριο, εγκαταστάθηκε ο σταθμός άντλησης που περιλαμβάνει τη μονάδα άντλησης, τη μονάδα καύσης και τη μονάδα αξιοποίησης του βιοαερίου. Στο σταθμό φθάνουν οι

ένδεκα (11) κεντρικοί αγωγοί αναρρόφησης του βιοαερίου, αφού αφήσουν στο διαχωριστή τα συμπυκνώματα που μεταφέρουν.

Η μονάδα καύσης περιλαμβάνει την καμινάδα, εξοπλισμό ελέγχου, εξοπλισμό μέτρησης βιοαερίου, διατάξεις παρακολούθησης της λειτουργίας του πυρσού, αντλίες βιοαερίου και σύστημα διαχείρισης συμπυκνώματος. Ο δαυλός καύσης κατασκευάστηκε εκτός κτιρίου, με θερμοκρασία καύσης 850°C περίπου, για παροχή βιοαερίου 2500 Nm/h.

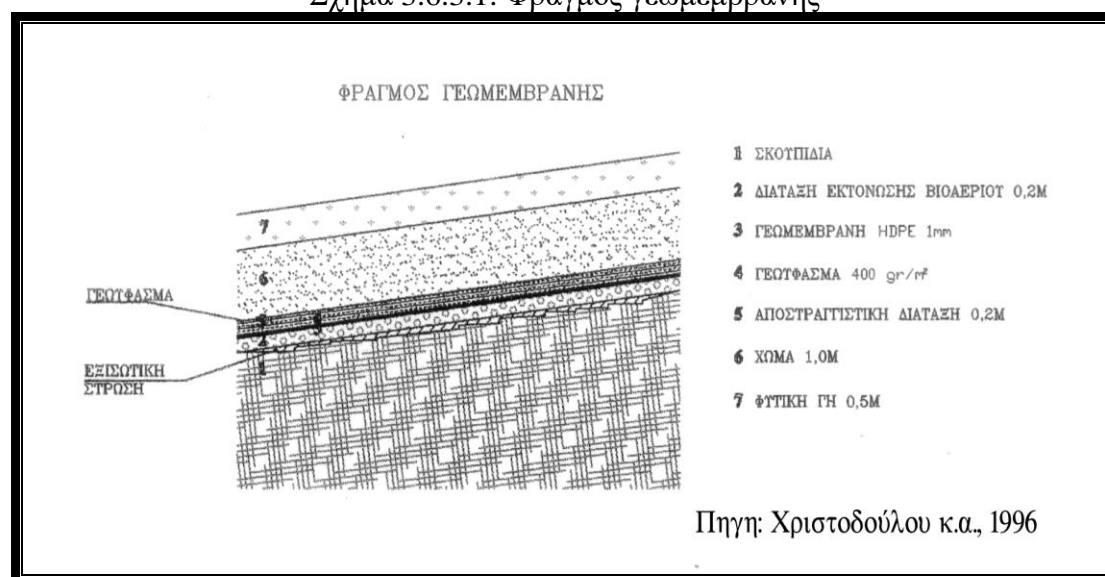
3.6.3 Τελικό Κάλυμμα

Η τελική χωματοκάλυψη των τμημάτων του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, όπου είχε ολοκληρωθεί η διάθεση των απορριμμάτων, είναι δύο τύπων ανάλογα με την ηλικία τους. Στις περιοχές όπου η ηλικία των απορριμμάτων ήταν μικρότερη της δεκαπενταετίας (πρόσφατες αποθέσεις), με αποτέλεσμα να παράγεται εκεί περισσότερο βιοαέριο, κατασκευάστηκε συνθετικός φραγμός με γεωμεμβράνη. Στις περιοχές όπου η ηλικία των αποθέσεων ήταν μεγαλύτερη από 15 χρόνια, κατασκευάστηκε φραγμός με χρήση αργιλικών στρώσεων.

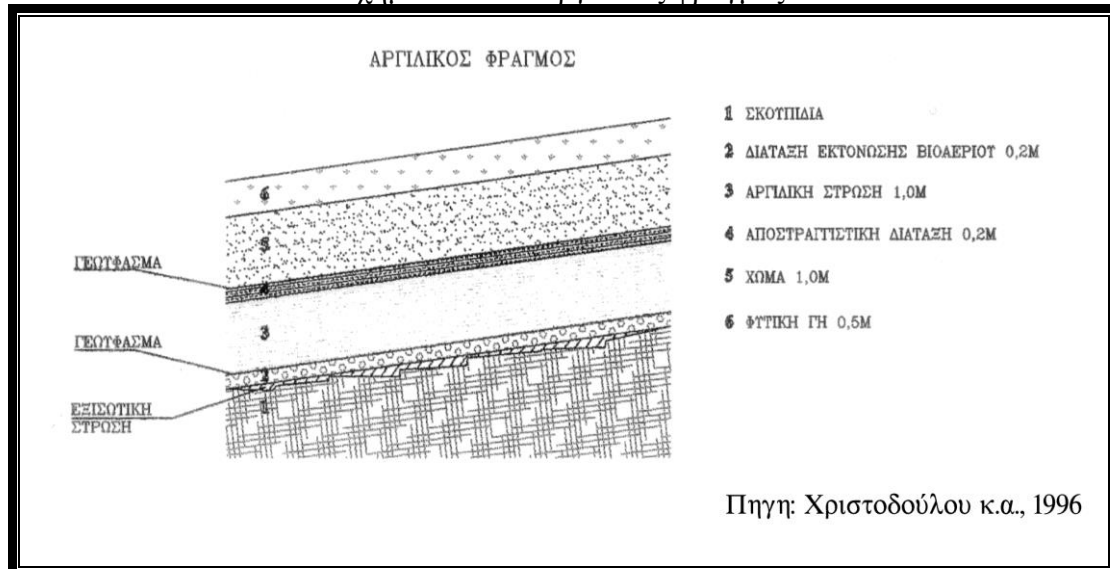
Συγκεκριμένα, όπου υπήρχαν απορρίμματα μικρής σχετικά "ηλικίας" (χρόνος απόθεσης μικρότερος των 15 ετών), το τελικό κάλυμμα -στα υψηλότερα, οριζόντια τμήματα του ΧΔΑ- περιελάμβανε μία εξισωτική στρώση συμπιεσμένου εδαφικού υλικού, πάχους περίπου 0,4 m. Ακολούθησε μία ζώνη εκτόνωσης του βιοαερίου, πάχους 0,2 m, κατασκευασμένη από χαλκώδες και αμμώδες υλικό, στη συνέχεια γεωμεμβράνη (HDPE) και γεωύφασμα. Για την παροχέτευση του νερού της βροχής, που κατεισδύει, διαστρώθηκε χαλκώδες υλικό πάχους 0,2 m. Και, τέλος, τοποθετήθηκε γεωύφασμα, εδαφική στρώση πάχους 1 m και φυτική γη βάθους 0,5 m (σχήμα 3.6.3.1) (Χριστοδούλου και Ρετζέπης, 1996).

Αντίστοιχα, στις θέσεις και σε όλα τα πρηνή του ΧΔΑ όπου η ηλικία των αποθέσεων ήταν μεγαλύτερη από 15 χρόνια, χρησιμοποιήθηκε η ίδια αλληλουχία φυσικών και τεχνητών υλικών, με μοναδική διαφοροποίηση την αντικατάσταση της γεωμεμβράνης με αργιλικό υλικό πάχους 0,5 m (σχήμα 3.6.3.2) (Χριστοδούλου και Ρετζέπης, 1996).

Σχήμα 3.6.3.1: Φραγμός γεωμεμβράνης



Σχήμα 3.6.3.2: Αργιλικός φραγμός



Ο μη διαπερατός αργιλικός ή συνθετικός φραγμός που τοποθετήθηκε, σε συνδυασμό με τη βλάστηση που εγκαταστάθηκε, είχε ως στόχο την ελαχιστοποίηση της κατείδυσης επιφανειακών απορροών και της δημιουργίας στραγγισμάτων. Επιπλέον και το ενσωματωμένο σύστημα ανάκτησης βιοαερίου, σε συνδυασμό με τον αδιαπέρατο φραγμό, είχε ως σκοπό αντιμετώπισης την ανεξέλεγκτη διαφυγή του βιοαερίου στην ατμόσφαιρα.

3.6.4 Φυτεύσεις και Άρδευση

Μετά τη χάραξη και κατασκευή των κύριων και δευτερευόντων δρόμων προσπέλασης στα τελειωμένα πρανή των απορριμματικών αποθέσεων, ακολούθησε εκτεταμένο πρόγραμμα φυτεύσεων για τη διαμόρφωση του χώρου ως φυσικού τοπίου.

Τέσσερεις διαφορετικοί τύποι φυτοκάλυψης συνδυάζονται και εναλλάσσονται μεταξύ τους. Οι περιορισμένης έκτασης φυσικοί λειμώνες μεταλλάσσονται σε πετρότοπους με αραιή χαμηλή θαμνοκάλυψη, ιδίως όπου οι κλίσεις είναι μεγάλες. Οι θαμνοφυτευμένες περιοχές με αραιή δενδροφύτευση συνεχίζονται με αλύλλια που δημιουργούν έντονες πράσινες κηλίδες. Η επιλογή των φυτών και οι φυτοτεχνικές οδηγίες για την φύτευση τους έγιναν με γνώμονα τις ειδικές συνθήκες, κλιματικές και περιβάλλοντος, της περιοχής. Σκοπός ήταν η διασφάλιση της επιβίωσης των προτεινόμενων ειδών ώστε σε μικρό χρονικό διάστημα τα φυτικά είδη ανεπτυγμένα και θαλαρά να βελτιώσουν την αισθητική και οπτική εμφάνιση του τοπίου, χωρίς ποτέ να το μεταβάλλουν σε κατασκευασμένο "κήπο", αλλά να αποκαταστήσουν τη συνέχεια με τους γύρω φυσικούς σχηματισμούς (Καρακόλη κ.ά., 1996).

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται η έκταση και ο αριθμός των φυτών ανά τύπο φυτοκάλυψης, όπως πραγματοποιήθηκαν.

Πίνακας 3.6.4.1: Η έκταση και ο αριθμός των φυτών ανά τύπο φυτοκάλυψης.

ΤΥΠΟΣ ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗΣ			
Φυσικός λειμώνας	Πετρότοποι	Συστάδες δέντρων και θάμνων	Αλσύλλια
37 στρέμματα	111 στρέμματα 49.395 θάμνοι	142 στρέμματα 42.032 θάμνοι 2.982 δέντρα	121 στρέμματα 7.623 δέντρα

Πηγή: Καρακόλη κ.ά., 1996

Το βάθος του εδαφικού υλικού (χώματος) που διαστρώθηκε στις προς φύτευση επιφάνειες ήταν: 0,40 m για φυσικό λειμώνα, 1 m για θάμνους, 1,50 m για συστάδες δέντρων-θάμνων και στα αλσύλλια. Υπολογίστηκε ότι συνολικά για τα 422 στρέμματα φυτοκάλυψης απαιτήθηκαν περίπου 480.000 m³ εδάφους. Ο εμπλουτισμός του εδαφικού καλύμματος πραγματοποιήθηκε με το υποκατάστατο της φυσικής κοπριάς "ΑΝΘΟΡΜΟΝ", το οποίο είναι οργανοχουμικός μεταπλάστης, δεν περιέχει σπόρους ποωδών φυτών και χρησιμοποιείται ως ανόργανο λίπασμα, καθώς έχει άζωτο, φώσφορο, κάλιο και ιχνοστοιχεία στις κατάλληλες αναλογίες. Το προαναφερθέν εδαφοβελτιωτικό στο φυσικό λειμώνα διασκορπίστηκε στην επιφάνεια του εδάφους σε ποσότητα 750 Kg/στρέμμα και ενσωματώθηκε με φρεζάρισμα σε βάθος 15 cm. Στους άλλους τύπους εδαφοκάλυψης προστέθηκε στο λάκκο φύτευσης κάθε φυτού 1 Kg για κάθε δέντρο και 300 gr για κάθε θάμνο (Καρακόλη κ.ά., 1996).

Με την ολοκλήρωση όλων των χωματουργικών εργασιών έγινε η τελική διαμόρφωση των πρανών με μηχανικά μέσα (φρεζάρισμα σταυρωτό σε βάθος 0,15 m με φρέζα και δισκοβάρνα) και η ομαλοποίηση των κλίσεων.

Ο φυσικός λειμώνας σπάρθηκε σε έκταση 37 στρεμμάτων με επιφανειακή σπορά από τα είδη: αγριάδα (*Cynodon dactylon*), τριφύλλι (*Trifolium repens*) και φεστούκα (*Festuca arundinacea*). Στους πετρότοπους σε έκταση 111 στρεμμάτων φυτεύτηκαν 49.395 χαμηλοί θάμνοι, κυρίως στα κεκλιμένα σημεία των πρανών με πέτρες/βράχια, για να συγκρατούν το έδαφος από τη διάβρωση. Η φύτευση έγινε σε συστάδες των 89 φυτών ακανόνιστου σχήματος με φυτευτικό σύνδεσμο 1,5m x 1,5m από τα παρακάτω είδη:

Σχίνος	<i>Pistacia lentiscus</i>
Μυρτιά	<i>Myrtus communis</i>
Θαμνώδης μηδική	<i>Medicago arboretum</i>
Σπάρτο	<i>Spartium junceum</i>
Βατομουριά	<i>Rubus fruticosus</i>
Αριά	<i>Quercus ilex</i>
Αρκουδοπούρναρο	<i>Ilex aquifolium</i>
Λαδανιά	<i>Cistus sp.</i>
Ρείκι	<i>Erica carnea</i>
Κυδωνίαστο	<i>Cotoneaster horizontalis</i>
Αγιόκλημα θαμνώδες	<i>Lonicera caprifolium</i>
Αθάνατος	<i>Agave americana</i>
Πικροδάφνη	<i>Nerium oleander</i>
Φραγκοσυκιά	<i>Opuntia sp.</i>

Σε έκταση 142 στρεμμάτων φυτεύτηκαν οι συστάδες δέντρων, θάμνων και αρωματικών φυτών. Η κατά στρέμμα αναλογία των φυτών ήταν 1 δέντρο προς 2 θάμνους με φυτευτικό σύνδεσμο για τα δέντρα 4m x 4m και για τους θάμνους 1,5m x 1,5m. Φυτεύτηκαν συνολικά 2.982 δέντρα και 42.032 θάμνοι και αρωματικά φυτά. Τα φυτά τοποθετήθηκαν ομαδοποιημένα σε 6 ενότητες, που στην κάθε μία συμμετείχαν 2 είδη δέντρων και 5 είδη θάμνων καλύπτοντας έκταση 2 στρεμμάτων. Οι ενότητες εναλλάσσονται μεταξύ αειθαλών και φυλλοβόλων, με τη συμμετοχή των αειθαλών φυτών να αποτελούν τα 2/3 του συνολικού φυτικού υλικού. Τα είδη κατά ενότητες ήταν:

A. Ενότητες φυλλοβόλων ειδών

1^η Ενότητα

Αμυγδαλιά	<i>Amygdalus communis</i>
Κουτσουπιά	<i>Cercis siliquastrum</i>
Ροδιά καλλωπιστική	<i>Punica granatum</i>
Ιβίσκος συριακός	<i>Hybiscus syriacus</i>
Κέρρια	<i>Kerria pleniflora</i>
Αρμυρίκι	<i>Tamarix parviflora</i>
Φιλάделφος (φούλι)	<i>Philadelphica coronarus</i>

2^η Ενότητα

Σοφόρα	<i>Sophora japonica</i>
Ψευδακακία	<i>Robinia pseudacacia</i>
Σπειραία	<i>Spiraea media</i>
Υπέριχο	<i>Hypericum sp.</i>
Κάσσια	<i>Cassia marylandica</i>
Λουίζα	<i>Luisa sp.</i>
Βερβερίς	<i>Berberis thunbergii atropurpurea</i>

3^η Ενότητα

Ακακία Κων/πόλεως	<i>Albizia julibrissim</i>
Αείλανθος	<i>Aelanthus sp.</i>
Πασχαλιά	<i>Syringa vulgaris</i>
Φορσύθια	<i>Forsythia sp.</i>
Ποϊντσιάνα	<i>Poinciana giliesii</i>
Μπουτλέια	<i>Buddleia davidii</i>
Βειγκέλια	<i>Weigelia veriegata</i>

B. Ενότητες αειθαλών ειδών

1^η Ενότητα

Τζιτζιφιά	<i>Eleagnus angustifolia</i>
Δάφνη Απόλλωνος	<i>Laurus nobilis</i>
Πικροδάφνη	<i>Nerium oleander</i>
Πυράκανθος	<i>Pyracantha coccinea</i>
Αγγελική	<i>Pittosporum tobira</i>
Βερονίκη	<i>Veronica sp.</i>
Σπάρτο	<i>Spartium junceum</i>

2^η Ενότητα

Ελιά και Αγριελιά	<i>Olea europea</i>
Μουσμουλιά	<i>Mespilus germanica</i>
Τεύκριο	<i>Teucrium sp.</i>
Βιμπούρνο	<i>Viburnum tinus</i>

Πικροδάφνη	<i>Nerium oleander</i>
Σπάρτο	<i>Spartium junceum</i>
Κυδωνίαστρα	<i>Cotoneaster spp.</i>
3 ^η Ενότητα	
Κυανόφυλλος ακακία	<i>Acacia cyanophylla</i>
Κουμαριά	<i>Arbutus unedo</i>
Δεντρολίβανο	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Γιασεμί κίτρινο	<i>Jasminum nodiflorum</i>
Λεβάντα	<i>Lavandula vera</i>
Λεβαντίνη	<i>Santolina chamaecyparissus</i>
Σάλβια αρωματική	<i>Salvia officinalis</i>

Τα αλσύλλια με έκταση 121 στρεμμάτων φυτεύτηκαν από 7.623 φυλλοβόλα και αιθαλή δέντρα με σύνδεσμο 4m x 4m. Τα 2/3 των φυτών ήταν αιθαλή δέντρα. Τα είδη κατά ομάδες ήταν:

Ομάδα Α'

Φυλλοβόλα

Σοφόρα	<i>Sophora japonica</i>
Δαμασκηλιά καλλωπιστική	<i>Prunus pissardii</i>
Φλαμουριά	<i>Tilia vulgaris</i>
<i>Αιθαλή</i>	
Χαρουπιά	<i>Ceratonia siliqua</i>
Κυπαρίσσι Αριζόνας	<i>Cupressus arizonica</i>
Κυπαρίσσι οριζοντιόκλαδο	<i>Cupressus horizontalis</i>

Ομάδα Β'

Φυλλοβόλα

Μουριά	<i>Morus alba</i>
Κερλετόρια	<i>Kerleuteria paniculata</i>
Ακακία Κων/πόλεως	<i>Albizia julibrissim</i>
<i>Αιθαλή</i>	
Κυπαρίσσι πυραμιδοειδές	<i>Cupressus pyramydalis</i>
Πεύκο θαλάσσιο	<i>Pinus marifima</i>
Πεύκο χαλέπιο	<i>Pinus halepensis</i> (Καρακόλη κ.ά., 1996).

Για την άρδευση κατασκευάστηκε δεξαμενή και εγκαταστάθηκε αυτόματο αρδευτικό δίκτυο με τη μέθοδο των σταγόνων (στάγδην άρδευση) σε όλα τα φυτά (δέντρα, θάμνους, αρωματικά). Το πότισμα πραγματοποιείται κατά τους μήνες Μάιο έως Σεπτέμβριο, μία έως τρεις φορές την εβδομάδα (ανάλογα με τις κλιματικές και εδαφικές συνθήκες) κατά τις πρωινές ώρες ή αργά το απόγευμα. Η ποσότητα που εφαρμόζεται στους θάμνους και τα αρωματικά είναι 1 lit/φυτό/πότισμα και στα δέντρα 2 lit/φυτό/πότισμα.

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 Γενικά

Ο χώρος που επιλέχθηκε για τη διερεύνηση εγκατάστασης μεσογειακών φυτών στο τελικό εδαφικό κάλυμμα αποκατάστασης ενός ΧΔΑ, τη φυτοκοινωνιολογική μελέτη των αυτοφυών ποωδών φυτών και την έρευνα παραγόντων, που τα επηρεάζουν, ήταν ο ΧΔΑ των Άνω Λιοσίων και, πιο συγκεκριμένα, το πρώτο τμήμα του, του οποίου η αποκατάσταση ολοκληρώθηκε στις αρχές του 1999. Στο πρώτο αυτό τμήμα του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων επιλέχθηκαν τρεις (πειραματικές) περιοχές (Π1, Π2, Π3) (αεροφωτογραφία, φωτ. 1-6).

Οι τρεις πειραματικές περιοχές επιλέχθηκαν με βάση την ηλικία των απορριμμάτων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του τελικού καλύμματος. Οι θέσεις αυτές καθώς και η ηλικία των υποκείμενων απορριμμάτων δίνονται στον πίνακα 4.1 που ακολουθεί.

Τα κριτήρια επιλογής του προαναφερθέντος χώρου ήταν:

- ✓ Η δυνατότητα εγκατάστασης βλάστησης σε περιοχές με διαφορετικούς, μη διαπερατούς φραγμούς (γεωμεμβράνη, άργιλος).
- ✓ Η εξέταση διαφορετικών περιπτώσεων όσον αφορά την ηλικία των υποκείμενων απορριμμάτων στον ίδιο χώρο.
- ✓ Το καλό επίπεδο οργάνωσης του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων.
- ✓ Η παρατήρηση των αποτελεσμάτων σε περιοχή με βιοκλιματικά χαρακτηριστικά μεσογειακού κλίματος.
- ✓ Η υποδομή που υπήρχε σε υλικοτεχνικά μέσα και φυτά από το πρόγραμμα «Αποκατάσταση και Αναβάθμιση Χώρων Διάθεσης και Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων με την Επιλογή Κατάλληλων Μορφών Βλάστησης και Φυτευτικού Υλικού» που υλοποίησε το Τμήμα Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αιγαίου με επιστημονικό υπεύθυνο τον Καθηγητή κ. Ν.Σ. Μάργαρη στο συγκεκριμένο χώρο.

Πίνακας 4.1: Έκταση διερευνόμενων περιοχών και ηλικία υποκείμενων απορριμμάτων.

Περιοχή / (στεγάνωση)	Έκταση (m ²)	Περίοδοι διάθεσης απορριμμάτων			
		1969-1981	1982-1987	1988-1989	1990-1996
Πάχος απορριμμάτων (m)					
1 / (άργιλος)	2.250	8	12	0	0
2 / (HDPE)	2.500	16	12	4	10
3 / (άργιλος)	3.500	11	3	0	6

Πηγή: Μάργαρης κ.ά., 2001.



Φωτογραφία 1: Ευρύτερη περιοχή όπου στο κέντρο της η Πειραματική Περιοχή 1



Φωτογραφία 2: Πειραματική Περιοχή 1



Φωτογραφία 3: Ευρύτερη περιοχή όπου στην κορυφή του πρώτου λόφου η Πειραματική Περιοχή 2



Φωτογραφία 4: Πειραματική Περιοχή 2



Φωτογραφία 5: Ευρύτερη περιοχή όπου στο κέντρο της η Πειραματική Περιοχή 3



Φωτογραφία 6: Πειραματική Περιοχή 3



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΧΩΡΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Όρια τμημάτων ΧΑΑ



Πειραματικές περιοχές



Πηγάδια άντλησης βιοαερίου



ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:6500

Ημερομηνία Λήψης 20.06.2001

4.2 Εδαφικές Παράμετροι

Για τον προσδιορισμό των εδαφικών παραμέτρων στις τρεις πειραματικές περιοχές, πριν την εγκατάσταση των φυτών (τεχνητή ή φυσική αναβλάστηση), πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία το έτος 1999 από 40 σημεία, στο πλαίσιο του προγράμματος του Τμήματος Περιβάλλοντος που αναφέρθηκε προηγουμένως. Συγκεκριμένα, ελήφθησαν δύο δείγματα ανά δειγματοληπτικό σημείο, σε βάθη 0 – 10 cm και 10 – 40 cm αντίστοιχα. Τα σημεία δειγματοληψιών και στις τρεις περιοχές είχαν χωροθετηθεί με τη χρήση τετραγωνικής κανάβου πλευράς 20 m περίπου. Στην περιοχή 1 τα σημεία δειγματοληψίας ήταν 12, στην περιοχή 2 ήταν 11 και στην περιοχή 3 ήταν 17 (χάρτης 4.2). Για την πληρέστερη έρευνα πραγματοποιήθηκε και δεύτερη δειγματοληψία, τον Απρίλιο του 2005, στα αντίστοιχα σημεία και βάθη των τριών περιοχών. Απέβλεπε στο να μελετηθούν τυχόν μεταβολές των εδαφικών παραμέτρων, επηρεαζόμενες από παράγοντες των απορριμμάτων και την εγκατάσταση φυτών.

Το έδαφος που μεταφέρθηκε και χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του τελικού εδαφικού καλύμματος ήταν κυρίως προϊόν εκσκαφών από το έργο του Αττικού Μετρό με ετερογενή χαρακτηριστικά. Μόνο στην πειραματική περιοχή 3 τοποθετήθηκε στην επιφάνεια στρώμα εδάφους 20 cm περίπου που προερχόταν από κοντινή περιοχή και ήταν επιφανειακό (φυτόχωμα). Με δεδομένη την ετερογένεια του εδαφικού υλικού που χρησιμοποιείται στην τελική χωματοκάλυψη των απορριμμάτων, κρίθηκε απαραίτητη η συστηματική δειγματοληψία με τη χρήση καννάβου, διατομής 20m × 20m περίπου, ώστε να καταστεί δυνατή η στατιστική επεξεργασία των εργαστηριακών αποτελεσμάτων και η εκπόνηση εδαφολογικών θεματικών χαρτών.

Οι δειγματοληψίες εδαφικού υλικού πραγματοποιήθηκαν με δειγματολήπτη εδάφους εξοπλισμένου με κεφαλή κλασικού τύπου (regular auger head) διαμέτρου 60 mm. Βάσει της τεχνικής που ακολουθήθηκε, μετά τον καθαρισμό της επιφάνειας των δειγματοληπτικών σημείων έγινε χρήση του δειγματολήπτη εδάφους στα προσδιοριζόμενα βάθη (0 – 10 cm και 10 – 40 cm). Το εδαφικό υλικό κάθε δείγματος, βάρους 1,5 kg περίπου και στις δύο δειγματοληψίες, συσκευάστηκε σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκε στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Στα δείγματα εδάφους στο Εργαστήριο Εδαφολογίας πραγματοποιήθηκε προεπεξεργασία: αεροζήρανση, κονιορτοποίηση, κοσκίνιση με κόσκινα μεγέθους πόρων < 2mm και φυλάχτηκαν σε πλαστικά δοχεία. Στη συνέχεια σε κάθε εδαφικό δείγμα μετρήθηκαν οι εξής σημαντικές παράμετροι για τα φυτά:

- Μηχανική ανάλυση: Η κοκκομετρική σύσταση των εδαφών προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Βουγιούκου (*Bouyoucos, 1951*) και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν %.
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα: Η μέθοδος προσδιορισμού της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους στηρίζεται στην παρασκευή κεκορεσμένης εδαφικής πάστας και μετρήθηκε στο αγωγιμόμετρο Beckman Mode RC 16B₂ (*Rhoades 1982a*). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε μmhos/cm.
- Ανθρακικό ασβέστιο: Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των εδαφικών δειγμάτων σε ανθρακικό ασβέστιο έγινε με την επίδραση HCl 1:1 (*Horton και Newsom, 1953*). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, προσδιορίζονται όλα τα

ανθρακικά άλατα του εδάφους (κυρίως Ca και Mg). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν %.

- pH: Το pH των εδαφικών δειγμάτων υπολογίστηκε σε αιώρημα εδάφους-νερού 1:1 (βάρος/όγκος) (*McLean, 1982*).
- Οργανική ουσία: Για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας των δειγμάτων ακολουθήθηκε η μέθοδος της υγρής οξειδωσης των Wakley-Black (*Nelson και Sommers, 1982*). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν %.
- Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων: Η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (I.A.K) προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του οξικού νατρίου (*Roades, 1982b*). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε meq/100gr ξηρού βάρους εδάφους.
- Ολικό άζωτο: Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του εδάφους σε ολικό άζωτο έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl (*Page et al., 1982*). Η μέθοδος στηρίζεται στη μετατροπή όλων των μορφών του αζώτου σε αμμωνία και στη συνέχεια στον προσδιορισμό της. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν %.
- Αφομοιώσιμος φώσφορος: Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του εδάφους σε αφομοιώσιμο φώσφορο έγινε με τη μέθοδο Olsen (*Olsen και Sommers, 1982*). Η συγκέντρωση του P στα εδάφη προσδιορίστηκε σε φασματοφωτόμετρο και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε ppm.
- Ανταλλάξιμα Κατιόντα: Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του εδάφους σε ανταλλάξιμο K, Na, Ca, Mg έγινε με τη μέθοδο του οξικού αμμωνίου (*Thomas, 1982*). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε meq/100gr ξηρού βάρους εδάφους.
- Αφομοιώσιμες μορφές βαρέων μετάλλων (Pb, Cd, Zn, Fe, Mn, Ni, Cu, Cr): 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 έγινε με όργανο ατομικής απορρόφησης και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε ppm.

4.3 Βιοαέριο στην Αέρια Φάση του Εδάφους – Θερμοκρασία Εδάφους

Το σύστημα συλλογής βιοαερίου στο πρώτο αποκατεστημένο τμήμα του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων είναι δυναμικό (το βιοαέριο αντλείται) και αποτελείται από μεγάλο αριθμό κατακόρυφων πηγαδιών (ανά 70 m περίπου απόσταση), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με δίκτυο σωλήνων που οδηγούν το βιοαέριο, ανάλογα με τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά, σε φλόγιστρο για καύση ή σε γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Με βάση εκτιμήσεις των μελετητών - κατασκευαστών το εν λόγω σύστημα συλλογής βιοαερίου έχει δυνατότητα ανάκτησης μέχρι 50% της παραγόμενης ποσότητας (*Χριστοδούλου κ.ά., 1996*).

Στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος του Πανεπιστημίου Αιγαίου, έχει εγκατασταθεί από τον Ιούνιο του 2000 δίκτυο (19 σταθμών) παρακολούθησης της ποιότητας της αέριας φάσης του εδάφους σε βάθος 90 cm περίπου στις τρεις πειραματικές περιοχές (5 σταθμοί στην Π1, 5 στην Π2 και 9 στην Π3). Μετά την ολοκλήρωση ενός πλήρους κύκλου μετρήσεων (Ιούλιος 2000 - Ιούνιος 2001) και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, το δίκτυο παρακολούθησης επεκτάθηκε, τον Ιούνιο του 2001, με την κατασκευή επιπλέον σημείων παρατήρησης στα βάθη 30 και 60 cm. Οι παραπάνω 19 σταθμοί παρακολούθησης συμπληρώθηκαν με άλλους 6, ήτοι σύνολο 25 σταθμών. από τους οποίους στους πρώτους 19 οι μετρήσεις αφορούν και τα τρία βάθη, ενώ για τους υπόλοιπους 6 τα βάθη των 60 και 30 cm. Για τις περιοχές Π1 και Π2 οι σταθμοί 1 έως 5 αφορούν και τα τρία βάθη, ενώ οι σταθμοί 6 και 7

αφορούν μόνο τα βάθη 30 και 60 cm. Για την Π3 οι σταθμοί 1 έως 9 αφορούν και τα τρία βάθη, ενώ οι σταθμοί 10 και 11 αφορούν μόνο τα βάθη 30 και 60 cm (χάρτης 4.2). Οι σταθμοί ελέγχου και στις τρεις περιοχές έχουν χωροθετηθεί με τη χρήση τετραγωνικής κανάβου πλευράς 20 m περίπου.

Οι σταθμοί μέτρησης της αέριας φάσης του εδάφους είναι οριζόντιοι σωλήνες PVC (Φ100) μήκους 40 cm, ο οποίος κλείνεται στα δύο άκρα τους από πλαστικά πώματα και είναι διάτρητοι στο κάτω μέρος. Στο επάνω μέρος και στο μέσο περίπου του σωλήνα συνδέεται λεπτός εύκαμπτος σωλήνας διαμέτρου 2 cm, ο οποίος για να προστατευθεί από καταπονήσεις, τοποθετείται μέσα σε σκληρό εύκαμπτο σπιδράλ σωλήνα. Ο λεπτός εύκαμπτος σωλήνας έχει μήκος 25 cm, 55 cm και 85 cm περίπου (για το επιθυμητό βάθος εδάφους 30, 60 και 90 cm αντίστοιχα) και στο ανώτατο άκρο του υπάρχει στρόφιγγα ασφαλείας (φωτ. 7). Η σύνδεση σωλήνα PVC και εύκαμπτου σωλήνα εξασφαλίζεται από στεγανότητα. Η τοποθέτησή τους πραγματοποιήθηκε με σκαπτικό μηχάνημα.

Οι επιτόπιες μετρήσεις πραγματοποιούνταν μία φορά κάθε δεκαπέντε έως τριάντα ημέρες με τη χρήση του GA 94 Infra-red Gas Analyser της Geotechnical Instruments και αφορούσαν τη συμμετοχή στην αέρια φάση του εδάφους το CH₄ (% v/v), το CO₂ (%v/v), το O₂ (%v/v) και το H₂S (ppm). Πρέπει να επισημανθεί ότι οι αλλαγές στη σύσταση του εδαφικού αέρα πραγματοποιούνταν με πολύ αργούς ρυθμούς, ακόμη και μερικών εβδομάδων, από τυχόν κλιματικές αλλαγές (ξηρασία-βροχή, αλλαγή ατμοσφαιρικής πίεσης κ.λπ.). Οι μετρήσεις ξεκίνησαν τον Ιούλιο του 2000 και ολοκληρώθηκαν τον Απρίλιο του 2006. Η κάθε μέτρηση-ανάλυση του εδαφικού αέρα από το όργανο έδινε μία στιγμιαία τιμή των ανωτέρω παραμέτρων.



Φωτογραφία 7: Σταθμός μέτρησης της αέριας φάσης του εδάφους, βάθους 30 cm στην Π2.

Παράλληλα στους σταθμούς μέτρησης των στοιχείων της αέριας φάσης μετρούνταν και η θερμοκρασία εδάφους (Ιούλιος 2001-Απρίλιος 2006). Αυτό γινόταν με φορητό όργανο θερμοκρασίας HI93550 με θερμοστοιχείο NICR-NI το οποίο δεν επηρεάζεται από την υγρασία εδάφους. Η μέτρηση αφορούσε στιγμιαία τιμή.

4.4 Μέτρηση Φυσικού Φυτικού Καλύμματος – Αυτοφυή Ποώδη Φυτά

Η φυτοκοινωνιολογική έρευνα για την καταγραφή της φυσικής αναγέννησης, διαδοχής και βιοποικιλότητας των αυτοφυών ποωδών φυτών στο τελικό εδαφικό κάλυμμα αποκατάστασης του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων πραγματοποιήθηκε τα έτη 2001, 2002 και 2005, στις τρεις πειραματικές περιοχές (Π1, Π2 και Π3) και σε περιοχή εκτός ΧΔΑ (Π4) η οποία επιλέχτηκε ως περιοχή ελέγχου ή αλλιώς «μάρτυρας». Το 2001 ξεκίνησε η μελέτη των αυτοφυών ποωδών φυτών που ήταν το 2^ο έτος φύτευσής τους στο αποκατεστημένο τμήμα του ΧΔΑ. Δηλαδή μελετήθηκαν τα φυτά το 2^ο, 3^ο και 6^ο έτος μετά την αποκατάσταση ώστε να υπάρχουν μετρήσεις και εκτιμήσεις όπως η παραγωγικότητα σε κλίμακα χρόνου, λαμβάνοντας υπόψη και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες.

Η επιλογή της δειγματοληπτικής επιφάνειας, ώστε αυτή να αντιπροσωπεύει επακριβώς τη φυτοκοινότητα, έγινε ώστε να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις (Αθανασιάδης, 1982):

1. Να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να περιλαμβάνει όλα τα είδη που ανήκουν στη φυτοκοινότητα.
2. Να μη παρουσιάζει μεταβολή των οικολογικών συνθηκών της.
3. Να παρουσιάζει ομοιογένεια, δηλαδή να μη παρουσιάζει διάκενα, να μη διασχίζεται από δρόμους ή μονοπάτια και να μη κυριαρχεί στο ένα μέρος της ένα είδος και διαφορετικό στο άλλο.

Έτσι, σε κάθε πειραματική περιοχή, για την επιλογή της δειγματοληπτικής επιφάνειας η οποία έπρεπε να αντιπροσωπεύει επακριβώς τη φυτοκοινότητα, επιλέχθηκε δειγματοληπτική επιφάνεια 1 m². Ένα μεγάλο τμήμα της κάθε περιοχής (περίπου 15-20 m²) σαρώθηκε, έτσι ώστε να περιλαμβάνει την πλειοψηφία των φυτικών ειδών που υποστηρίζει. Στον πίνακα 4.4 παρουσιάζεται ο αριθμός των δειγματοληπτικών επιφανειών που επιλέχθηκαν σε κάθε περιοχή και για τα τρία έτη. Σημαντικό θα ήταν να αναφερθεί ότι μερικές από τις δειγματοληπτικές επιφάνειες των περιοχών μεταξύ των τριών ετών ήταν οι ίδιες (χάρτης 4.4).

Στην έρευνα για τα αυτοφυή ποώδη φυτά καταγράφηκε ο αριθμός και η πυκνότητα των ειδών, μετρήθηκε η υπέργεια ξηρή βιομάζα και εκτιμήθηκε η βιοποικιλότητα με το δείκτη του Shannon ως προς τον αριθμό ατόμων των ειδών και με βάση τις σχετικές τιμές της ξηρής υπέργειας βιομάζας τους. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την άνοιξη κάθε έτους (μέσα Απριλίου), όταν το σύστημα παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές των ανωτέρω παραμέτρων.

Μετά τη φυτοκοινωνιολογική μελέτη, για τον υπολογισμό της βιομάζας πραγματοποιήθηκε θερισμός του υπέργειου τμήματος των φυτών. Στη συνέχεια τα φυτά αυτά, ανά είδος και πειραματική επιφάνεια, συλλέχθηκαν μέσα σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για αποξήρανση σε φούρνο στους 64°C για 48 ώρες

(Chapman, 1976). Μετά από το ζύγισμα του ξηρού βάρους σε ζυγό ακριβείας μετρήθηκε η ολική ξηρή βιομάζα ανά είδος και πειραματική επιφάνεια.

Πίνακας 4.4: Αριθμός δειγματοληπτικών επιφανειών σε κάθε περιοχή.

Έτος	Πειραματική Περιοχή	Δειγματοληπτικές επιφάνειες
2001	1	18
	2	16
	3	19
	4 (εκτός)	12
2002	1	15
	2	15
	3	14
	4	10
2005	1	13
	2	10
	3	13
	4	8

4.5 Πρόγραμμα Φυτεύσεων – Φυτοτεχνικές Εργασίες

Στις πειραματικές περιοχές του αποκατεστημένου τμήματος του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων πραγματοποιήθηκε πρόγραμμα φυτεύσεων. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή των ειδών που φυτεύτηκαν στις πειραματικές περιοχές αφορούν οικολογικές, βιολογικές και αισθητικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα, τα είδη που φυτεύτηκαν έπρεπε:

- Να απαντούν στην ευρύτερη περιοχή του ΧΔΑ ή σε περιοχές με τα ίδια βιοκλιματικά χαρακτηριστικά.
- Να είναι προσαρμοσμένα στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής.
- Να έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε νερό.
- Μετά την αποκατάσταση, ο χώρος να αποτελεί μέρος του οικοσυστήματος και του τοπίου της ευρύτερης περιοχής.

Οι φυτεύσεις στις τρεις πειραματικές περιοχές πραγματοποιήθηκαν τα έτη 1999 και 2002. Το 2002 έγιναν φυτεύσεις με είδη που εγκαταστάθηκαν το 1999 και παρατηρήθηκε κάποια προσαρμογή τους. Επίσης, υπήρξε μέριμνα ώστε τα ίδια είδη να συνυπάρχουν και στις τρεις περιοχές. Έτσι, εξασφαλίστηκε η συγκρισιμότητα των στοιχείων μεταξύ των περιοχών και των ειδών ώστε να υποστηριχθεί η διδακτορική έρευνα. Φυτεύτηκαν 13 είδη δέντρων, θάμνων και αρωματικών φυτών, στο σύνολό τους προερχόμενα από τη μεσογειακή και την αττική χλωρίδα. Λόγω έλλειψης διαθέσιμου χώρου στο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων και στη γύρω περιοχή, δεν φυτεύτηκαν φυτά των παραπάνω ειδών σε περιοχή ελέγχου (μάρτυρα).

Το 1999, για το ερευνητικό πρόγραμμα του Πανεπιστημίου Αιγαίου στην περιοχή 1 (παλιές αποθέσεις απορριμμάτων και φραγμό από στρώμα αργίλου) τα είδη φυτεύτηκαν στις 14 Ιανουαρίου, στην περιοχή 2 (πρόσφατες αποθέσεις απορριμμάτων και χρήση γεωμεμβράνης) στις 9 Μαρτίου και στην περιοχή 3 (πρόσφατες αποθέσεις απορριμμάτων και αργιλικό φραγμό) στις 24 Μαΐου. Το 2002 οι φυτεύσεις πραγματοποιήθηκαν και στις τρεις περιοχές στις 21 Νοεμβρίου για τη

διδασκαλική διατριβή. Τα είδη που φυτεύτηκαν και ο αριθμός των ατόμων τους σε κάθε περιοχή δίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5: Είδη και αριθμός ατόμων που φυτεύτηκαν σε κάθε πειραματική περιοχή του αποκατεστημένου τμήματος του ΧΔΑ Άνω Λιουσίων.

Είδη φυτών - Επιστημονικό όνομα	Είδη φυτών - Κοινό όνομα	Πειραματική Περιοχή	Αριθμός ατόμων που φυτεύτηκαν το 1999	Αριθμός ατόμων που φυτεύτηκαν το 2002
<i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>europaea</i> var. <i>sylvestris</i> (Mill.) Lehr	Αγριελιά	1	41	
		2		30
		3		30
<i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>europaea</i>	Ελιά	1	44	
		2		30
		3		30
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Χαρουπιά	1	41	
		2		30
		3		30
<i>Quercus ilex</i> L.	Αριά	1		30
		2		30
		3	64	
<i>Quercus coccifera</i> L.	Πουρνάρι	1		30
		2		30
		3	47	
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Σχίνος	1		30
		2		30
		3	58	
<i>Myrtus communis</i> L.	Μυρτιά	1		30
		2		30
		3	60	
<i>Nerium oleander</i> L.	Πικροδάφνη	1		30
		2		30
		3	246	

<i>Vitex agnus-castus</i> L.	Λυγαριά	1		30
		2		30
		3	50	
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Δενδρολίβανο	1		30
		2		30
		3	300	
<i>Salvia triloba</i> L.	Φασκόμηλο	1		30
		2	100	
		3	248	
<i>Origanum heracleoticum</i> L.	Ρίγανη	1		30
		2	555	
		3	62	
<i>Coridothymus capitatus</i> (L) Rchb. f.	Θυμάρι	1		30
		2	180	
		3		30

Όλα τα φυτά πριν τη φύτευση ήταν σε σακούλα ή γλάστρα και όχι γυμνόριζα, για την αποφυγή μεγαλύτερης καταπόνησης κατά τη μεταφύτευση. Οι διαστάσεις λάκκων φύτευσης για τα δέντρα ήταν 0,60 x 0,80 x 0,60 m και για τους θάμνους και τα αρωματικά φυτά ήταν 0,30 x 0,30 x 0,30 m. Η φύτευση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις παρακάτω τεχνικές:

- Τα φυτά στήθηκαν κατακόρυφα, σε τέτοια στάθμη ή επίπεδο ώστε μετά την καθίζηση να έχουν την ίδια σχέση με τη στάθμη του περιβάλλοντος εδάφους. Όλα τα φυτά φυτεύτηκαν πάνω και μέσα σε μείγμα χώματος.
- Μετά την τοποθέτηση του φυτού, ο λάκκος φύτευσης επιχώθηκε με εδαφικό μείγμα σε στρώσεις και συμπίεστηκε ελαφρά για την εξάλειψη κενών αέρος, την ελαχιστοποίηση της καθίζησης και τη σταθερότητα του φυτού. Τα δέντρα και οι θάμνοι υποστηρίχθηκαν και δέθηκαν σε πασσάλους ύψους 2 m, για να μην καταπονούνται κατά την ανάπτυξή τους και από τους ανέμους.
- Ακολούθως, διαμορφώθηκε γύρω από το φυτό και στην επιφάνεια του εδάφους, λεκάνη συγκράτησης του νερού της βροχής και του ποτίσματος με κλίση προς το βλαστό του φυτού.
- Όλα τα φυτά ποτίστηκαν για να έρθει σε καλή επαφή το ριζικό τους σύστημα με το νέο τους εδαφικό περιβάλλον και για τη μείωση της καταπόνησης από τη μεταφύτευση.
- Σε κάθε λάκκο προστέθηκε εδαφοβελτιωτικό, υποκατάστατο φυσικής κοπριάς, για την κάλυψη των αρχικών αναγκών.

Η άρδευση των πειραματικών περιοχών ακολουθεί το συνολικό πρόγραμμα του αποκατεστημένου τμήματος του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων. Εφαρμόζεται πότισμα (στάγδην άρδευση) μία έως τρεις φορές την εβδομάδα (ανάλογα με τις κλιματικές και εδαφικές συνθήκες) κατά τις πρωινές ώρες ή αργά το απόγευμα την ξηρή περίοδο (Μάιος – Σεπτέμβριος). Η ποσότητα άρδευσης για τους θάμνους και τα αρωματικά είναι 1 lit/φυτό/πότισμα και για τα δέντρα 2 lit/φυτό/πότισμα. Κατά τη διάρκεια της έρευνας, ως προς την άρδευση, τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν συνοψίζονται στα εξής:

- στην περιοχή 3 η πρώτη φύτευση πραγματοποιήθηκε στις 24-5-1999, λόγω καθυστέρησης τοποθέτησης του τελικού εδαφικού στρώματος από τον εργολάβο. Το δίκτυο άρδευσης εγκαταστάθηκε τέλη Ιουνίου και τα φυτά άρχισαν να ποτίζονται μετά από 40 ημέρες. Γεγονός που επηρέασε την επιβίωσή τους, καθώς καταπονήθηκαν από τη μεταφύτευση σε ξηρή περίοδο από τις υψηλές θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας αλλά και την απουσία ποτίσματος.
- στην περιοχή 3 επίσης, το καλοκαίρι του 2003 και του 2004 κάποια χρονικά διαστήματα τα φυτά δεν ποτιζόταν, λόγω έργων που πραγματοποιούνταν για τη διέλευση αγωγών βιοαερίου στις μηχανές καύσης από το Χώρο Αποκατάστασης 2 και το ΧΥΤΑ 1.
- και στις τρεις περιοχές το καλοκαίρι του 2005, για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ξηρής περιόδου, τα φυτά δεν ποτίστηκαν λόγω προβλημάτων της δεξαμενής νερού και της συντήρησης του αρδευτικού δικτύου.

Από τις παραμέτρους των φυτών που μετρήθηκαν, για να διερευνηθούν οι επιδράσεις των περιοριστικών παραγόντων τους (εδαφικοί, αέρια εδάφους, θερμοκρασία εδάφους), ήταν η επιβίωση και η αύξησή τους. Η επιβίωση όλων των φυτών μετριόνταν σε ετήσια βάση την υγρή και την ξηρή περίοδο. Από την αύξηση των φυτών μετρήθηκε το ύψος και ο βιοόγκος τους. Ο βιοόγκος (όγκος της κόμης, η οποία εξομοιώνεται με τον όγκο στερεού που καλύτερα αρμόζει στο φυσικό σχήμα του φυτού) μετρά έμμεσα την αύξηση και την παραγωγικότητα των φυτών (*Hughes et al. 1987*). Η άμεση μέτρηση της υπέργειας παραγωγικότητας των φυτών συνιστά κοπή των φυτών, κάτι που αντιβαίνει με τον ορισμό της αποκατάστασης ΧΔΑ.

4.6 Ανάλυση Δεδομένων

4.6.1 Χωρική Παρεμβολή

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους καθώς διαφέρουν από θέση σε θέση σε μια περιοχή, η δειγματοληψία της με ορισμένο αριθμό δειγμάτων δεν είναι επαρκής για να αποτυπωθεί η υφιστάμενη κατάσταση των εδαφικών συνθηκών σε όλη την έκτασή της. Η δειγματοληψία σε ένα εκτενή δίκτυο με πολλά σημεία, συνεπάγεται υψηλό κόστος και χρόνος για τη συλλογή και ανάλυση των δειγμάτων. Οι περιοριστικοί παράγοντες ωθούν στην ανάγκη πρόβλεψης των εδαφικών ιδιοτήτων σε σημεία που δεν έγινε δειγματοληψία. Οι θεμελιώδεις φυσικοχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την εδαφογένεση είναι τόσο περίπλοκες ώστε να είναι αδύνατη η προσέγγιση τους με μαθηματικά μοντέλα, τα οποία να μην εμπεριέχουν αβεβαιότητα στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Όπως προαναφέρθηκε, για τον προσδιορισμό σημαντικών παραμέτρων που επηρεάζουν τα φυτά (αυτοφυή ποάδια και φυτεμένα) πραγματοποιήθηκαν στις τρεις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, δειγματοληψίες για την ανάλυση

εδαφικών ιδιοτήτων και μετρήσεις παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα εδάφους σε θέσεις (σημεία δειγματοληψίας και σταθμούς αντίστοιχα) που είχαν χωροθετηθεί με τη χρήση τετραγωνικής κανάβου πλευράς 20 m περίπου. Όμως για τον προσδιορισμό των ανωτέρω παραμέτρων στα σημεία που φυτεύτηκαν τα φυτά και μελετήθηκαν τα αυτοφυή ποώδη, τα οποία ας σημειωθεί ότι βρίσκονται σε όλη την επιφάνεια της κάθε πειραματικής περιοχής, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία της χωρικής παρεμβολής (interpolation) των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.

Η χωρική παρεμβολή είναι η διαδικασία πρόβλεψης της τιμής μιας παραμέτρου σε θέσεις στις οποίες δεν έχει πραγματοποιηθεί δειγματοληψία ή μετρήσεις, από τιμές σε σημεία μέσα στην ίδια περιοχή ή ζώνη της. Η διαδικασία εύρεσης της τιμής σε ένα νέο σημείο που βρίσκεται εκτός της περιοχής των γνωστών σημείων καλείται πρόβλεψη (extrapolation). Η χωρική παρεμβολή χρησιμοποιείται για τη μετατροπή δεδομένων, από παρατηρήσεις σημείων σε συνεχείς επιφάνειες, έτσι ώστε τα χωρικά πρότυπα να μπορούν να προβλεφθούν σε άλλες χωρικές οντότητες. Η χωρική παρεμβολή είναι απαραίτητη, α) όταν διακριτοποιείται η επιφάνεια έχοντας ένα διαφορετικό επίπεδο ανάλυσης, μεγέθους κυψελίδας ή προσαρμογής που απαιτείται, ή β) όταν μια συνεχής επιφάνεια αντιπροσωπεύεται από ένα μοντέλο δεδομένων που είναι διαφορετικό από αυτό που απαιτείται, ή γ) όταν τα δεδομένα που έχουμε δεν καλύπτουν την περιοχή ενδιαφέροντος ολοκληρωτικά (δηλ. είναι δείγματα). Τα παραδείγματα στη γ) περίπτωση αφορούν τη μετατροπή των δεδομένων από τα δειγματοληπτικά σημεία σε μια διακριτοποιημένη συνεχή επιφάνεια. Θα πρέπει να επισημανθεί η περίπτωση των δικτύων με αραιά (λίγα) σημεία δειγματοληψίας που επιβάλλονται συχνά από τις μεγάλες δαπάνες δειγματοληψίας και εργαστηριακών αναλύσεων, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα μέσω της χωρικής παρεμβολής να παραχθούν έμμεσα αποτελέσματα.

Η βάση της χωρικής παρεμβολής και της πρόβλεψης είναι ότι, οι τιμές στα σημεία που βρίσκονται κοντά είναι πιθανότερο να είναι παρόμοιες απ' ό,τι σημείων που βρίσκονται μακριά. Γενικά, η παρατήρηση δύο σημείων σε απόσταση μερικών μέτρων είναι πιθανότερο να έχουν την ίδια ιδιότητα σε σχέση με σημεία μερικά χιλιόμετρα μακριά. Εντούτοις η ταξινόμηση είναι επίσης μια δημοφιλής μέθοδος για πρόβλεψη τιμών σε θέσεις που δεν έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις, από τις εκτιμήσεις χαρτών με μέσο όρο ή τις κεντρικές τάσεις ταξινομικών κατηγοριών, ανεξάρτητα από οποιαδήποτε χωρική σχέση μεταξύ των μετρημένων τιμών μέσα στις κατηγορίες. Όταν οι μέσες ταξινομημένες τιμές για «ομοιογενή» κατηγορίες ή τμήματα εδάφους υπολογιστούν, παραδείγματος χάριν για έναν χάρτη γεωλογικό, εδαφολογικό, κάλυψη εδάφους, ή χάρτη βλάστησης, όλες οι πληροφορίες για την περιορισμένη μεταβλητότητα των ταξινομήσεων χάνονται. Οι περισσότερες μέθοδοι παρεμβολής προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις τοπικές πληροφορίες, για να παρέχουν μια πληρέστερη περιγραφή του τρόπου ταξινόμησης μέσα στην περιοχή. Εάν αυτή η μεταβλητότητα μπορεί να συλληφθεί επιτυχώς, τότε οι εκτιμήσεις θα είναι καλύτερες από εκείνες που έλαβαν υπόψη, μόνο τους μέσους όρους στις κατηγορίες. Οι χάρτες που κατασκευάζονται με αυτό τον τρόπο, οδηγούν σε μικρότερα λάθη όταν χρησιμοποιούνται για άλλες αναλύσεις και μοντέλα στα GIS.

Η διαδικασία χωρικής παρεμβολής στηρίζεται σε δύο υποθέσεις. Πρώτον, η επιφάνεια της μελετώμενης παραμέτρου θα πρέπει να είναι συνεχής και άρα η τιμή της σε κάθε θέση, μπορεί να υπολογιστεί αν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την επιφάνεια αυτή. Η υπόθεση αυτή είναι εκείνη που επιτρέπει την εκτέλεση των μεθόδων χωρικής παρεμβολής. Και η

δεύτερη είναι έμμεση καθώς αναφέρεται στη χωρική εξάρτηση που πρέπει να έχουν οι τιμές της παραμέτρου ώστε να τεκμηριώνονται οι μέθοδοι της παρεμβολής.

Βασικό κριτήριο της εφαρμογής μεθόδων χωρικής παρεμβολής είναι η ύπαρξη χωρικής αυτο-συσχέτισης. Η χωρική αυτο-συσχέτιση εκφράζει τη φυσική τάση που παρουσιάζουν παράμετροι όπως οι εδαφικές ιδιότητες ώστε μεταξύ κοντινών σημείων στο χώρο να είναι παρόμοιες ή να μεταβάλλονται λιγότερο, δηλαδή όσο πιο κοντά είναι τα σημεία στο χώρο τόσο πιο όμοιες θα είναι και οι εδαφικές ιδιότητες που σχετίζονται με αυτά. Οι δείκτες μέτρησης της χωρικής αυτο-συσχέτισης είναι γενικοί (global) και τοπικοί (local). Η γενική μέτρηση της χωρικής αυτο-συσχέτισης είναι μια μοναδική μέτρηση για ολόκληρη την περιοχή. Οι τοπικοί δείκτες μέτρησης της χωρικής αυτο-συσχέτισης διερευνούν τοπικές μεταβολές σε παραμέτρους χωρικής εξάρτησης και είναι χρήσιμοι διότι αποκαλύπτουν χωρικές σχέσεις που σε άλλη περίπτωση δεν θα μπορούσαν να γίνουν αντιληπτές.

Οι πηγές δεδομένων για συνεχείς επιφάνειες περιλαμβάνουν:

- Στερεοσκοπικές εναέριες φωτογραφίες ή επικάλυψη δορυφορικών εικόνων με χρήση φωτογραμμετρίας.
- Δεδομένα δορυφόρων ή αεροπλάνων ή σαρωτών.
- Άμεσες μετρήσεις σε σημεία δειγματοληψίας ή έμμεσα στην περιοχή μελέτης με τυχαίο τρόπο είτε με σύνθεση.
- Ψηφιοποιημένα πολύγωνα/χωροπληθικοί χάρτες.

Πολλά στοιχεία για τη χωρική παρεμβολή προέρχονται από δειγματοληψία ενός σύνθετου σχεδίου της παραμέτρου με σχετικά λίγα σημεία. Αυτές οι μετρήσεις είναι συχνά γνωστές ως «σημαντικά δεδομένα». Όταν τα δεδομένα είναι αραιά (λίγα), είναι πολύ χρήσιμο να υπάρχουν πληροφορίες για τις φυσικές διαδικασίες των παραμέτρων ή τα φαινόμενα που μπορούν να βοηθήσουν την παρεμβολή. Όμως σε πολλές περιπτώσεις οι φυσικές διαδικασίες είναι άγνωστες και πρέπει να αρκестούμε σε διάφορες υποθέσεις σχετικά με τη «φύση» της χωρικής μεταβλητότητας των παραμέτρων. Αυτές περιλαμβάνουν την απόκριση της μεταβλητότητας του δείγματος και τις στατιστικές υποθέσεις που αφορούν την κατανομή πιθανοτήτων και τη στατιστική στασιμότητα ή ομοιογένεια (statistical stationarity).

Για τη δειγματοληψία στο χώρο, η θέση των σημείων μπορεί να είναι κρίσιμη για τη συνέχιση της ανάλυσης των δεδομένων. Ο καλύτερος τρόπος για χαρτογράφηση απαιτεί τα δείγματα να είναι ομοιογενώς κατανομημένα. Όμως ένα σχεδιασμένο συμμετρικό δίκτυο δειγματοληψίας μπορεί να μην εφαρμοστεί στο τοπίο από εμπόδια όπως ρυάκια ή δέντρα, για αυτό και οι στατιστικολόγοι προτιμούν την τυχαία δειγματοληψία (σε αυτές τις περιπτώσεις) για τον υπολογισμό των αμερόληπτων μέσων όρων και διακυμάνσεων. Η απολύτως τυχαία θέση των σημείων δειγματοληψίας έχει επίσης διάφορα μειονεκτήματα. Κάθε σημείο δειγματοληψίας θα πρέπει να βρεθεί (υπολογιστεί) ξεχωριστά, ενώ σε συμμετρικό δίκτυο χρειάζεται μόνο η θέση προέλευσης, ο προσανατολισμός και το διάστημα (απόσταση) ανάμεσα στα σημεία. Ακόμη η τυχαία δειγματοληψία μπορεί να οδηγήσει σε μια μη κανονική κατανομή των σημείων στην περιοχή, εκτός αν πάρα πολλά σημεία μπορούν να παρθούν με συνέπεια όμως το υψηλό οικονομικό κόστος. Ένας συμβιβασμός μεταξύ της τυχαίας και της συμμετρικής δειγματοληψίας μπορεί να δοθεί από τη στρωματοποιημένη τυχαία δειγματοληψία όπου τα μεμονωμένα σημεία δειγματοληψίας δημιουργούνται τυχαία μέσα σε σχεδιασμένους φραγμούς (κελιά) όπως γεωγραφικά διαμερίσματα ή διαφορετικές περιοχές.

Στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων για τη δειγματοληψία εδάφους προς ανάλυση των ιδιοτήτων του, εφαρμόστηκε συμμετρική δειγματοληψία κανάβου 20 m. Ενώ για τους σταθμούς μέτρησης της αέριας φάσης του εδάφους χρησιμοποιήθηκε η στρωματοποιημένη τυχαία δειγματοληψία σε κανάβο 20 m, διακρίνοντας την κάθε περιοχή (κυρίως την Π3) σε ζώνες (υποπεριοχές) με ποώδη βλάστηση ή όχι (δηλαδή σε χώρους που διαφεύγει το βιοαέριο στην ατμόσφαιρα ή όχι).

Πριν την εφαρμογή της χωρικής παρεμβολής καθώς τα δεδομένα θα πρέπει να είναι ομοιογενή, κρίνεται απαραίτητος ο στατιστικός τους έλεγχος ως προς την κεντρική τάση, τη διασπορά και την κανονικότητα της κατανομής. Η κεντρική τάση διερευνήθηκε με το μέσο όρο, τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή των μετρήσεων, η διασπορά ελέγχθηκε με τον υπολογισμό της διακύμανσης, της τυπικής απόκλισης και του συντελεστή παραλλακτικότητας και η κανονικότητα ελέγχθηκε με τον υπολογισμό της κύρτωσης και ασυμμετρίας με μελέτη των ιστογραμμάτων και σύγκριση αυτών με το διάγραμμα της κανονικής κατανομής, καθώς και με εφαρμογή του Kolmogorov-Smirnov test. Η στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS v.16.0.

Οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής περιλαμβάνονται σε τρεις κατηγορίες: τις γενικές (global), τις τοπικές ντετερμινιστικές (local deterministic) και τις γεωστατιστικές. Στις γενικές, η χωρική παρεμβολή προβλέπει την τιμή μιας παραμέτρου σε ένα σημείο, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις τιμές των μετρήσεων της παραμέτρου που υπάρχουν στην περιοχή. Στις τοπικές, η πρόβλεψη της τιμής της παραμέτρου προκύπτει από τις τιμές των γειτονικών σημείων. Και οι γεωστατιστικές που ασχολούνται με φαινόμενα που μεταβάλλονται στο χώρο, λαμβάνουν υπόψη τη χωρική εξάρτηση των τιμών των παραμέτρων και τα διαθέσιμα δειγματοληπτικά δεδομένα να είναι αποτέλεσμα μίας τυχαίας διεργασίας ή εκφράσεις μίας τυχαίας συνάρτησης εισάγοντας έτσι ένα βαθμό αβεβαιότητας για την εκτίμηση μιας εδαφικής ιδιότητας. Χρησιμοποιούνται όταν η διακύμανση της παραμέτρου είναι τόσο ανομοιογενής και η πυκνότητα των σημείων δειγματοληψίας τέτοια, ώστε οι απλές μέθοδοι παρεμβολής μπορεί να δώσουν μη έγκυρες προβλέψεις.

Οι γενικές μέθοδοι εφαρμόζονται για να εκτιμήσουν τη μεταβολή της γενικής τάσης των τιμών μιας παραμέτρου, και κατά αυτό τον τρόπο είναι πιθανό οι τιμές της να μπορούν να μοντελοποιηθούν μέσω μιας ομαλής μαθηματικής επιφάνειας. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να γίνει αυτό, αλλά όλοι σχεδόν προσαρμόζουν κάποιο είδος πολυωνυμικής εξίσωσης στις ιδιότητες των σημείων δειγματοληψίας, έτσι ώστε οι τιμές σε θέσεις που δεν υπάρχουν δεδομένα να μπορούν να υπολογιστούν από τις συντεταγμένες τους.

Οι τοπικές ντετερμινιστικές μέθοδοι βασίζονται στην εκτίμηση της τιμής μιας παραμέτρου σε μια συγκεκριμένη θέση, λαμβάνοντας τα δεδομένα από σημεία που βρίσκονται στην άμεση (γειτονική) περιοχή της. Βασικό πλεονέκτημα αυτών των προσεγγίσεων είναι ότι, η εκτίμηση στηρίζεται σε δεδομένα που αφορούν θέσεις κοντά στο υπό εκτίμηση σημείο και επομένως αντανakλούν διαφοροποιήσεις στον άμεσο χώρο του. Από την άλλη όμως, βασικό μειονέκτημα αποτελεί η ανάγκη καθορισμού της περιοχής εκτίμησης ως άμεση (γειτονική). Για την προσέγγιση της χωρικής παρεμβολής με τοπικές μεθόδους περιλαμβάνονται α) ο καθορισμός μιας περιοχής ή μιας γειτονιάς γύρω από το σημείο που θα προβλεφθεί, β) η εύρεση σημείων δεδομένων μέσα σε αυτή τη γειτονιά, γ) η επιλογή μιας μαθηματικής συνάρτησης για να αντιπροσωπεύσει την παράμετρο εκτός

από τα σημεία που υπάρχουν τα δεδομένα και δ) η αξιολόγηση μέχρι να υπολογιστούν όλα τα σημεία σε κάναβο. Οι σημαντικότεροι παράγοντες για την επιλογή τοπικών μεθόδων είναι:

- Το είδος της συνάρτησης παρεμβολής που θα εφαρμοστεί.
- Το μέγεθος, το σχήμα και η προσαρμογή για τον ορισμό της γειτονιάς.
- Ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας.
- Η κατανομή των σημείων δειγματοληψίας σε συμμετρικό κάναβο ή τυχαία.
- Η κατάλληλη ενσωμάτωση των εξωτερικών πληροφοριών για τις τάσεις ή τα διαφορετικά πεδία.

Τέτοιες μέθοδοι είναι:

- Του κοντινότερου γείτονα με τα πολύγωνα Thiessen (Dirichlet/Voronoi).
- Splines και
- Σταθμισμένων αντίστροφων αποστάσεων.

Στη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen, η περιοχή μελέτης χωρίζεται σε υποπεριοχές, που η κάθε μια έχει περίπου στο κέντρο της τον αντίστοιχο σταθμό μέτρησης ή το σημείο δειγματοληψίας. Οι υποπεριοχές ορίζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε όλα τα σημεία της κάθε μιας να είναι πιο κοντά στο σταθμό μέτρησης της περιοχής τους από ότι στους άλλους σταθμούς. Η κατασκευή των υποπεριοχών γίνεται με μια απλή γεωμετρική κατασκευή βασισμένη στις μεσοκαθέτους των ευθύγραμμων τμημάτων που συνδέουν τους σταθμούς ανά ζεύγη.

Τα πολύγωνα Thiessen χρησιμοποιούνται συχνά στα GIS και στη γεωγραφική ανάλυση ως μία γρήγορη μέθοδος για συσχέτιση του σημείου δειγματοληψίας με την υποπεριοχή του. Μια κοινή, αλλά ανεπιθύλακτη χρήση των πολύγωνων Thiessen είναι η αναφορά ότι τα μετεωρολογικά δεδομένα για οποιαδήποτε περιοχή μπορούν να παρθούν από τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό. Εκτός αν, υπάρχουν πολλές παρατηρήσεις - σημεία δεδομένων (που συνήθως δεν υπάρχουν), αυτή η υπόθεση δεν είναι πραγματικά κατάλληλη για φαινόμενα που αλλάζουν βαθμιαία όπως η βροχόπτωση, η θερμοκρασία και η ατμοσφαιρική πίεση διότι α) η μορφή του τελικού χάρτη καθορίζεται από την κατανομή των παρατηρήσεων, και β) η μέθοδος υποστηρίζει χωροπληθικό χάρτη με την ύπαρξη ομοιογένειας μέσα στα όρια της περιοχής και των αλλαγών που μπορούν να συμβούν μέσα σε αυτά. Δεδομένου ότι υπάρχει μόνο μια παρατήρηση-σημείο ανά υποπεριοχή (κελί), δεν υπάρχει κανένας τρόπος να υπολογιστεί μέσα στην υποπεριοχή η μεταβλητότητα, καθώς λείπουν άλλες παρατηρήσεις. Ένα πλεονέκτημα των πολύγωνων Thiessen είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα με ποιοτικά δεδομένα, όπως κατηγορίες βλάστησης ή χρήσεις γης εάν απαιτείται η δημιουργία χωροπληθικού χάρτη. Όλες οι προβλέψεις στα πολύγωνα Thiessen είναι ίδιες με τις τιμές στα σημεία δεδομένων.

Η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen εφαρμόστηκε στις πειραματικές περιοχές σε όλους τους παραμέτρους των αερίων του εδάφους, της θερμοκρασίας του καθώς και στις κλάσεις της κοκκομετρικής σύστασής του. Οι λόγοι για τα αέρια και τη θερμοκρασία αφορούν τις ζώνες (υποπεριοχές), που παρατηρήθηκε να διαφεύγουν ή όχι, αέρια του βιοαερίου των υποκειμένων απορριμμάτων στην ατμόσφαιρα, παρουσιάζοντας σε αυτές τις θέσεις όμοια χαρακτηριστικά σε όλη την έκτασή τους. Αυτό διαπιστώθηκε με την ύπαρξη ποώδους βλάστησης στις ζώνες που δεν υπήρχαν εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα ή το αντίθετο. Οι αλλαγές από ζώνη χωρίς διαφυγή αερίων σε ζώνη με διαφυγή ήταν άμεση σε πολύ μικρή απόσταση, δηλαδή το

ενδιάμεσο στάδιο κάλυπτε πολλή μικρή έκταση. Ενώ οι κλάσεις της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους καθώς ορίζονται από εύρη τιμών των κλασμάτων της άμμου, της αργίλου και της ιλύος και για την αποκατάσταση του ΧΔΑ πραγματοποιήθηκε μεταφορά εδάφους, μία κατηγοριοποίηση ενδιάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας θα ήταν εσφαλμένη.

Στη μέθοδο splines προσαρμόζονται τοπικές πολυωνυμικές συναρτήσεις παρεμβολής μικρού βαθμού, αποφεύγοντας έτσι το πρόβλημα των πολύ υψηλών διακυμάνσεων της επιφάνειας. Πριν τη χρήση των υπολογιστών για την προσαρμογή καμπυλών από ένα σύνολο σημείων με δεδομένα, οι σχεδιαστές χρησιμοποίησαν εύκαμπτους χάρακες για να επιτύχουν την κατάλληλη εξομάλυνση των καμπυλών τοπικά ανάμεσα στα σημεία. Οι εύκαμπτοι χάρακες ονομάστηκαν splines. Οι splines είναι τμηματικές συναρτήσεις οι οποίες προσαρμόζονται ακριβώς σε ένα μικρό αριθμό σημείων με δεδομένα, συγχρόνως εξασφαλίζοντας συνένωση ανάμεσα σε μέρος της καμπύλης και άλλο που είναι συνεχές. Αυτό σημαίνει ότι με τη splines είναι δυνατό να μετριάσει ένα μέρος της καμπύλης χωρίς να επαναυπολογιστούν όλα, το οποίο δεν είναι δυνατό με τις τάσεις επιφανειών. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που αναζητείται η παραγωγή ομαλών επιφανειών και οι τιμές πεδίου μεταβάλλονται ομαλά.

Επειδή τα splines είναι τμηματικές συναρτήσεις που χρησιμοποιούν λίγα σημεία τη φορά, οι τιμές παρεμβολής μπορούν να υπολογιστούν γρήγορα. Τα δεδομένα που εξετάζονται για ομαλοποιημένες επιφάνειες, δείχνουν προβλέψεις που είναι πολύ κοντά στις τιμές που παρεμβάλλονται, υπό τον όρο ότι τα σφάλματα μέτρησης που συνδέονται με τα δεδομένα είναι μικρά. Σε αντίθεση με τις τάσεις επιφανειών και τους σταθμισμένους μέσους όρους, τα splines διατηρούν τα μικρής κλίμακας χαρακτηριστικά. Τα γραμμικά και επιφανειακά splines είναι καλαίσθητα και παράγουν γρήγορα μια σαφή επισκόπηση των δεδομένων. Η ομαλότητα των splines σημαίνει ότι τα μαθηματικά παράγωγα μπορούν εύκολα να υπολογιστούν για την άμεση ανάλυση της επιφάνειας γεωμετρικά και τοπολογικά. Η ενσωμάτωση των γραμμικών παραμετρικών μοντέλων παλινδρόμησης καθιστά τη χωρική παρεμβολή των εξαρτώμενων μεταβλητών στο σημείο υποστήριξης εύκολη. Στα μειονεκτήματα των splines αναφέρεται ότι δεν υπάρχει καμία άμεση εκτίμηση των σφαλμάτων που σχετίζονται με spline χωρική παρεμβολή, ωστόσο αυτό μπορεί να επιτευχθεί από μια αναδρομική τεχνική γνωστή ως «Jack-knifing». Στη συγκεκριμένη περίπτωση της έρευνας ακολουθήθηκε ποιοτικός – εμπειρικός έλεγχος.

Η μέθοδος των splines εφαρμόστηκε στις πειραματικές περιοχές σε όλους τους παραμέτρους των ιδιοτήτων του εδάφους, εκτός από τις κλάσεις της κοκκομετρικής σύστασής του που προαναφέρθηκε. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου ήταν οι λόγοι επιλογή της.

4.6.2 Στατιστική Ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι γνωστότερες και πλέον καθιερωμένες τεχνικές της βιβλιογραφίας όπως αναφέρονται κατά περίπτωση στα αποτελέσματα. Για τη δημιουργία πολυπαραγοντικών μοντέλων με εξαρτημένη μεταβλητή την «επιβίωση» των ειδών που φυτεύτηκαν, εφαρμόστηκε η μέθοδος logistic regression, διορθώνοντας ανάλογα με το «είδος» και την «περιοχή», όπως

αναφέρεται κατά περίπτωση. Σύμφωνα με τις συνήθειες πρακτικές, το όριο της στατιστικής σημαντικότητας ήταν η τιμή $p=0,05$.

Ως προς την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) οι εξαρτημένες μεταβλητές ήταν:

- Οι εδαφικές παράμετροι (υδατοϊκανότητα, συμπίεση, ηλεκτρική αγωγιμότητα, CaCO_3 , pH, οργανική ουσία, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, ολικό N, αφομοιώσιμος P, ανταλλάξιμα κατιόντα $\text{K}\cdot\text{Na}\cdot\text{Mg}\cdot\text{Ca}$, αφομοιώσιμες μορφές βαρέων μετάλλων $\text{Fe}\cdot\text{Mn}\cdot\text{Zn}\cdot\text{Cu}\cdot\text{Pb}\cdot\text{Ni}$).

- Τα αέρια (CH_4 , CO_2 , O_2 , H_2S) και η θερμοκρασία εδάφους.

- Οι παράμετροι αυτοφυούς ποώδους βλάστησης (αριθμός ειδών, αφθονία ειδών, υπέργεια βιομάζα, ποικιλότητα με δείκτη Shannon).

- Οι παράμετροι των ειδών που φυτεύτηκαν (% ποσοστό επιβίωσης, αύξηση φυτών ως προς το ύψος και το βιοόγκο τους).

Οι εξαρτημένες μεταβλητές ελέχθησαν ως προς τους παράγοντες: «έτος», «περιοχή», «είδος» και η αλληλεπίδρασή τους, όπως αναφέρεται κατά περίπτωση.

Στα αυτοφυή ποώδη φυτά για τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων τους χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι: Wilcoxon's test, t-test, Pearson's correlation, Kendall's correlation, ANOVA και γραμμικά μοντέλα με διόρθωση ως προς «έτος», «περιοχή» και «βάθος εδάφους» ανάλογα όπως αναφέρεται κατά περίπτωση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των παραγόντων από τα διορθωμένα γραμμικά μοντέλα ήταν συμβατά με τα βιβλιογραφικά δεδομένα και τις προσδοκίες, με διαφορές από περιοχή σε περιοχή ή/και εντός της ίδιας περιοχής. Στα αποτελέσματα όταν δεν υπάρχει κάποια στατιστικώς σημαντική σχέση μεταξύ μεταβλητής και παράγοντα τότε αυτή δεν αναφέρεται.

Ως «διόρθωση» ενός στατιστικού μοντέλου εννοείται η μέθοδος που εφαρμόζεται κατά τη δημιουργία του μοντέλου αυτού, με στόχο την εξάλειψη της συγχυτικής επίδρασης καταγεγραμμένων παραγόντων που είναι γνωστό ότι μπορούν να επηρεάσουν την εξαρτημένη σε κάθε περίπτωση μεταβλητή. Οι παράγοντες αυτοί συμπεριλαμβάνονται εκ των προτέρων στο μοντέλο όχι για να εκτιμηθεί η στατιστική ή βιολογική τους σημαντικότητα, αλλά για να αναιρεθεί-αναλυθεί η επιρροή τους στη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής και να υπολογιστεί η υπολειπόμενη διακύμανση, που μπορεί πλέον να αποδοθεί στη μελετώμενη μεταβλητή. Πρόκειται για μια μέθοδο που βρίσκει ευρεία χρήση στη βιβλιογραφία και σε πληθώρα διαφορετικών πεδίων, όταν είναι αναγκαία η ανάλυση πολυπαραγοντικών συστημάτων.

Στα είδη που φυτεύτηκαν για τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων τους χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι: anova, analysis of deviance, γραμμικά μοντέλα με διόρθωση ως προς «είδος», «βάθος», «έτος φύτευσης» και «περιοχή» (ανάλογα με την κάθε περίπτωση), wilcoxon's test, Chi-square test, t-test και Spearman's correlation. Όμως για κάθε είδος ξεχωριστά στην επεξεργασία με ανάλυση διακύμανσης και μοντέλα, των μεταβλητών επιβίωση, ύψος και βιοόγκος με τους παράγοντες, η σύγκριση μεταξύ των περιοχών και των ετών φύτευσης δεν έδωσε αποτελέσματα όπως στα αυτοφυή ποώδη φυτά καθώς α) δεν επιβιώνουν όλα τα είδη σε κάθε περιοχή, β) σε κάθε έτος φύτευσης δεν φυτεύτηκαν όλα τα είδη και στις τρεις πειραματικές περιοχές (δηλαδή οι μετρήσεις δεν ήταν πλήρες ανάπτυγμα περιοχή - φύτευση ανά είδος) και γ) δεν υπάρχουν από τις μετρήσεις μεγάλες διαφορές του κάθε παράγοντα εντός των περιοχών και μεταξύ των δύο φυτεύσεων, οι διαφορές

εντοπίζονται από περιοχή σε περιοχή. Επίσης στις μεταβλητές ύψος και βιοόγκος, για την αποφυγή εσφαλμένων αποτελεσμάτων από την επιβίωση λίγων φυτών σε ορισμένα είδη ανά περιοχή, για την επεξεργασία των στοιχείων λήφθηκε υπόψη ώστε το ποσοστό επιβίωσης ενός είδους και στις τρεις περιοχές έπρεπε να ήταν τουλάχιστο 35%. Τα είδη αυτά για τη χρονική περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών ήταν η ελιά, η πικροδάφνη, η αγριελιά, ο σχίνος, η λυγαριά και το δεντρολίβανο. Η μεταβολή ύψους και βιοόγκου στα είδη που φυτεύτηκαν, αναφέρεται στο ύψος και το βιοόγκο που είχαν τα φυτά στο τέλος των περιόδων αφαιρώντας αντίστοιχα το ύψος και το βιοόγκο που είχαν όταν φυτεύτηκαν.

Τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη βοήθεια της γλώσσας R, μια έκδοση ανοιχτού κώδικα της στατιστικής γλώσσας S-plus και με το στατιστικό πακέτο SPSS v.16. Η γλώσσα R είναι διαθέσιμη δωρεάν για διάφορα λειτουργικά συστήματα (<http://cran.r-project.org>).

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Ανάλυση Εδαφικών Ιδιοτήτων

Αναπόσπαστο μέρος μιας επιτυχούς εγκατάστασης βλάστησης είναι η μελέτη των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του τελικού εδαφικού καλύμματος ενός ΧΔΑ, τόσο κατά την φάση της εγκατάστασής του όσο και σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Σε κανένα χώρο απόθεσης απορριμμάτων δεν πρέπει να γίνονται έργα εγκατάστασης και ανάπτυξης βλάστησης, εάν δεν έχουν προηγηθεί λεπτομερείς εδαφικές αναλύσεις. Προϋπόθεση, για να μη χαθούν χρόνος και χρήματα σε μια αβέβαιη προσπάθεια, είναι η ενδελεχής γνώση των εδαφικών συνθηκών και κατ' επέκταση της σκοπιμότητας να ληφθούν μέτρα που τεκμηριωμένα θα διασφαλίζουν τη βελτίωση των εδαφικών χαρακτηριστικών (*Tchobanoglous et al., 1993*).

Η συμπίεση του εδαφικού καλύμματος από βαριά μηχανήματα επίστρωσης και η ύπαρξη αερίων CH₄ και CO₂ στο τελικό εδαφικό κάλυμμα της αποκατάστασης του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων έχουν ως αποτέλεσμα την επικράτηση αναερόβιων εδαφικών συνθηκών κυρίως στην Π2 (αναλυτικά στοιχεία δίνονται παρακάτω). Επισημαίνεται ότι στην επιφάνεια (0-10 cm) επικρατούν καλύτερες συνθήκες αερισμού απ' ό,τι σε βάθος (10-40 cm) λόγω της άμεσης επαφής με τον ατμοσφαιρικό αέρα, της μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε οργανική ουσία και της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών (που προσδίδουν καλύτερες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες στο έδαφος), τα οποία είτε είναι αυτοφυή είτε εγκαταστάθηκαν στο πλαίσιο αποκατάστασης του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων.

Για τον προσδιορισμό των εδαφικών ιδιοτήτων στις τρεις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων (Π1, Π2 και Π3), πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες το 1999 (έτος ολοκλήρωσης των έργων αποκατάστασης και έτος εγκατάστασης των φυτών) και το 2005 (έξι χρόνια μετά). Από κάθε σημείο δειγματοληψίας ελήφθησαν δύο δείγματα στα βάθη 0–10 και 10–40 cm. Στην Π1 τα σημεία δειγματοληψίας ήσαν 12, στην Π2 11 και στην Π3 17.

Με δεδομένη την ετερογένεια του εδαφικού υλικού που χρησιμοποιείται στο τελικό εδαφικό στρώμα της αποκατάστασης ενός ΧΔΑ, πραγματοποιήθηκαν οι εδαφολογικές αναλύσεις των δειγμάτων, η συγκριτική μελέτη των δύο δειγματοληψιών με τις μεταβολές των εδαφικών ιδιοτήτων που παρατηρήθηκαν, η στατιστική επεξεργασία τους και η δημιουργία εδαφολογικών θεματικών χαρτών για κάθε παράμετρο, βάθος και πειραματική περιοχή. Παρακάτω αναλύονται τα αποτελέσματα για όλες τις εδαφικές παραμέτρους για κάθε περιοχή, έτος και βάθος εδάφους.

5.1.1 Κοκκομετρική Σύσταση – Κλάσεις

Οι εδαφολογικές αναλύσεις για την κοκκομετρική σύσταση πραγματοποιήθηκαν μόνο το έτος 1999, καθώς στη χρονική διάρκεια των έξι ετών μεταξύ των δύο δειγματοληψιών (1999-2005), οι επικρατούσες συνθήκες στον ΧΔΑ Άνω Λιοσίων δεν δικαιολογούν μεταβολές της. Στον πίνακα 5.1.1 παρουσιάζεται η κοκκομετρική σύσταση στα δείγματα του τελικού εδαφικού καλύμματος των περιοχών μελέτης.

Πίνακας 5.1.1: Κοκκομετρική σύσταση των εδαφών των περιοχών Π1, Π2, Π3 ανά βάθος για το έτος δειγματοληψίας 1999.

Περιγραφικά στοιχεία	Κοκκομετρική σύσταση	Περιοχή 1		Περιοχή 2		Περιοχή 3	
		0-10 cm	10-40 cm	0-10 cm	10-40 cm	0-10 cm	10-40 cm
Εύρος τιμών (%)	Άργιλος	12,4-26,6	10,9-29	11,4-21,9	11,9-19,4	14,4-26,8	13-23,2
	Άμμος	50,9-73,6	48-81,4	52,8-74	52-70,8	49,2-71	49,8-72,4
	Ίλύς	14-22,5	7,7-23	12-25,3	14-28,6	14,6-26	11,4-27
Μέσος όρος (%)	Άργιλος	16,9	17,2	16	16,7	19	17,1
	Άμμος	65,4	65,4	65,9	64	62	64,6
	Ίλύς	17,7	17,4	18,1	19,2	18,9	18,3
Τυπική απόκλιση	Άργιλος	4,89	4,99	3,01	2,58	4,15	3,19
	Άμμος	7,55	9,06	5,08	5,68	7,55	7,45
	Ίλύς	3,1	4,93	3,97	4,25	4,22	4,66
Συντελεστής διακύμανσης (%)	Άργιλος	28,9	29	18,8	15,4	21,8	18,7
	Άμμος	11,5	13,8	7,7	8,9	12,2	11,5
	Ίλύς	17,5	28,3	21,9	22,1	22,3	25,5

Από τις τιμές της αργίλου, της άμμου και της ιλύος ανά βάθος και περιοχή δεν προκύπτουν σημαντικές διαφορές. Βάσει των τιμών αυτών στα σημεία δειγματοληψίας, τα εδάφη κατατάσσονται σε κλάσεις κοκκομετρικής σύστασης, όπως δίνονται στο θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.1. Επίσης, στο χάρτη 5.1.1 εκτιμήθηκαν οι κλάσεις κοκκομετρικής σύστασης στις επιφάνειες που ορίζονται από τα πολύγωνα με βάση τις τιμές των σημείων δειγματοληψίας (μέθοδος πολυγώνων Thiessen).

Τα κλάσματα της άμμου και της ιλύος, εξαιτίας της σύνθεσής τους και της μικρής ειδικής τους επιφάνειας, είναι χημικώς αδρανή. Αντίθετα τα μικρότερα τεμαχίδια (άργιλος), που αποτελούν το ανόργανο κolloειδές κλάσμα, ως δευτερογενή ορυκτά αποτελούν πηγή θρεπτικών στοιχείων και με τη φυσικοχημική συμπεριφορά τους ρυθμίζουν τα επίπεδα αυτών στο εδαφικό διάλυμα (χάρτης εκτίμησης 5.1.1).

Τα υπό εξέταση εδάφη των τριών περιοχών είναι κατά πλειοψηφία ελαφρά και μέσης σύστασης και χαρακτηρίζονται από μετρίως χονδρόκοκκα έως μετρίως λεπτόκοκκα. Λόγω του αυξημένου ποσοστού του κλάσματος της άμμου σε σχέση με της ιλύος και της αργίλου, στερούνται συνοχής, είναι υδροπερατά και έχουν σχετικά μικρή έως μέτρια ικανότητα συγκράτησης νερού.

5.1.2 Υδατοϊκανότητα

Σύμφωνα με τις αναλύσεις των δειγμάτων εδάφους, οι τιμές της υδατοϊκανότητας ανά περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος δίνονται στον θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.2. Σύμφωνα με τη χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines), εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των περιοχών μελέτης. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά ποσοστά περιεκτικότητας της παραμέτρου στον ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές της υδατοϊκανότητας που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.1.1 :
ΚΛΑΣΕΙΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΙ
ΑΡΓΙΛΟΣ (%) ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΤΙΣ
ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ
ΤΟΥΣ**

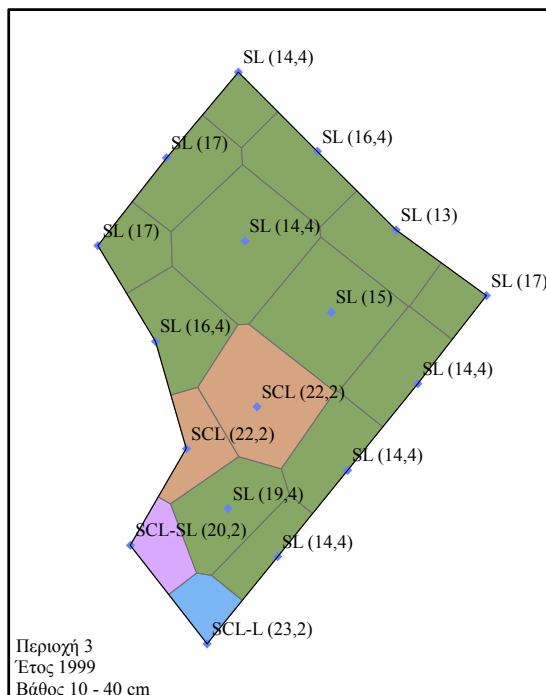
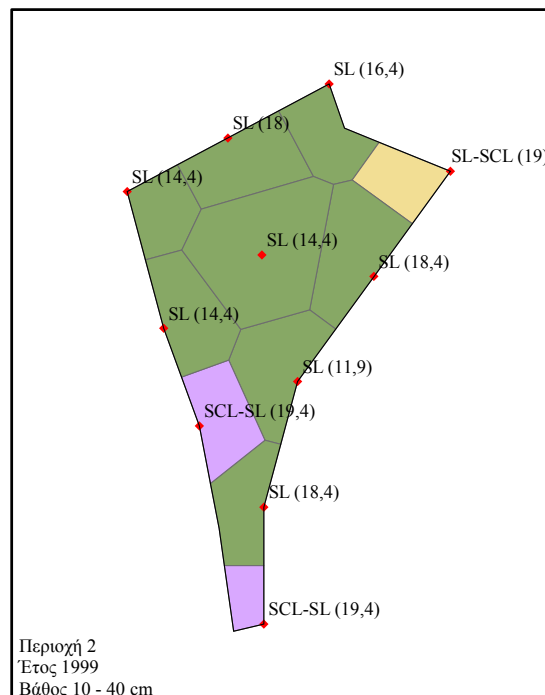
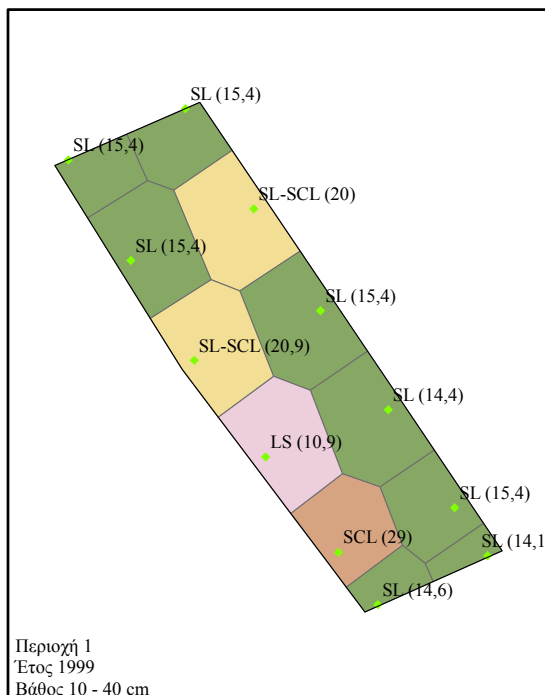
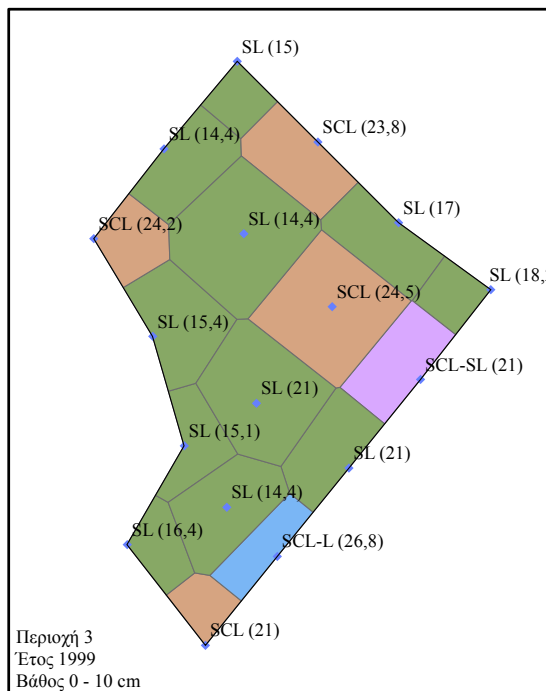
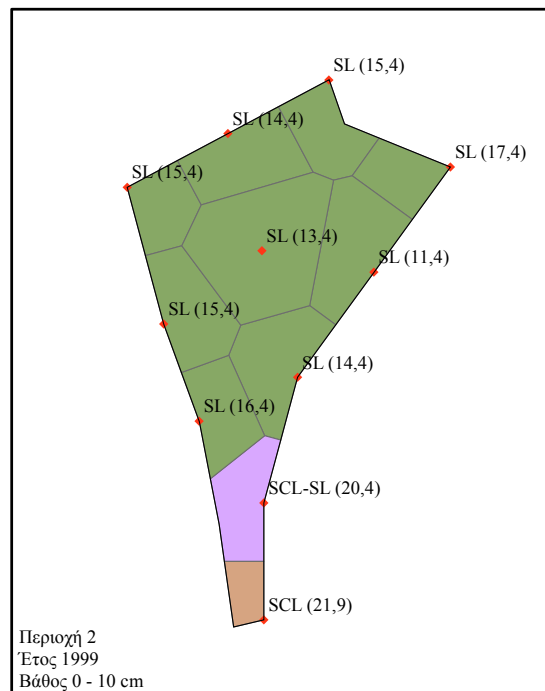
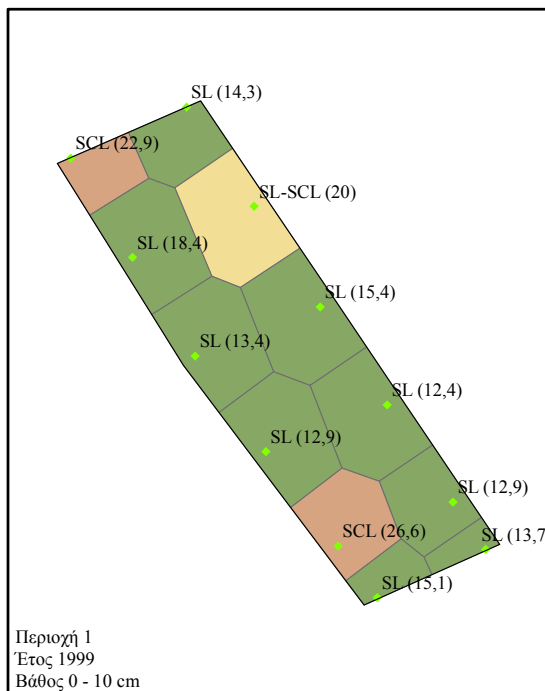
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ◆ SL - SCL (20) Σημεία Δειγματοληψίας
- ◆ SCL - SL (20,4) Κλάσεις
- ◆ SL (14,4) Αργίλος (%)

- Περίμετρος
- SL
Αμμοπηλώδες
- SL - SCL
Αμμοπηλώδες - Αμμοαργιλοπηλώδες
- SCL
Αμμοαργιλοπηλώδες
- LS
Πηλοαμμώδες
- SCL - SL
Αμμοαργιλοπηλώδες - Αμμοπηλώδες
- SCL - L
Αμμοαργιλοπηλώδες - Πηλώδες



Μέτρα
0 5 10 20 30 40





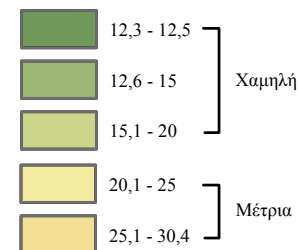
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.2 :
ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ (%)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ

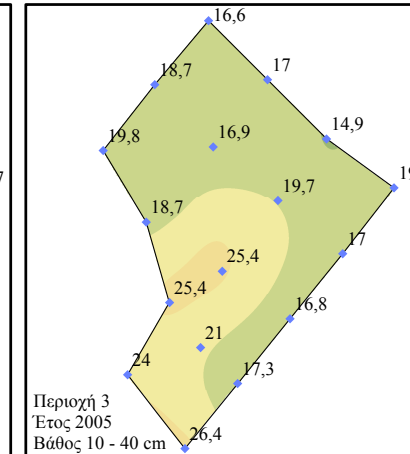
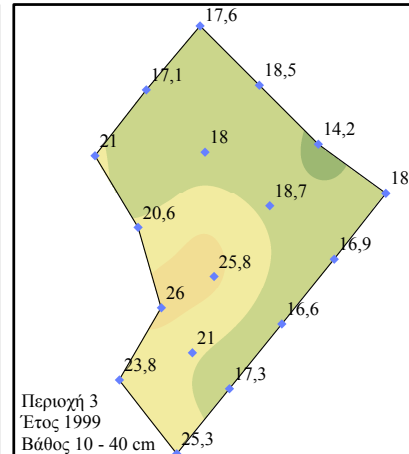
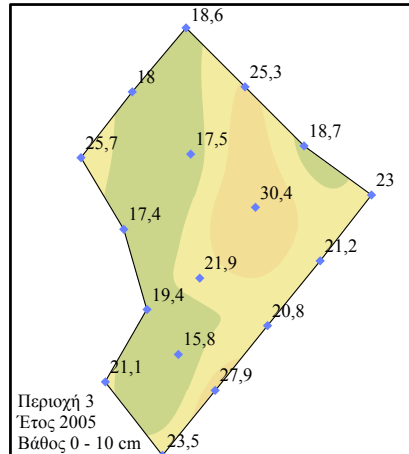
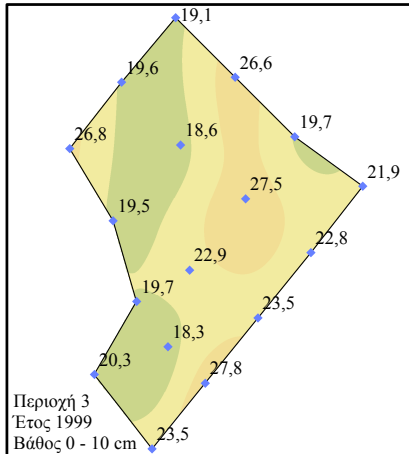
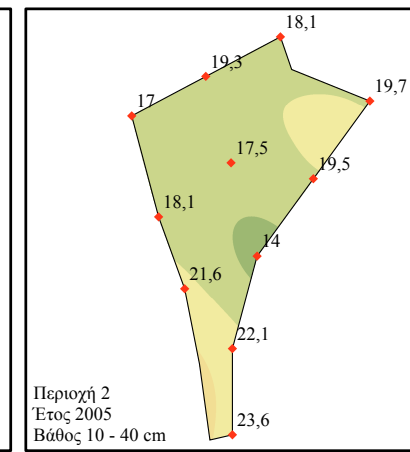
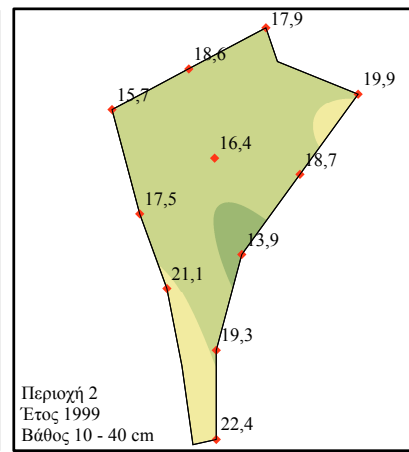
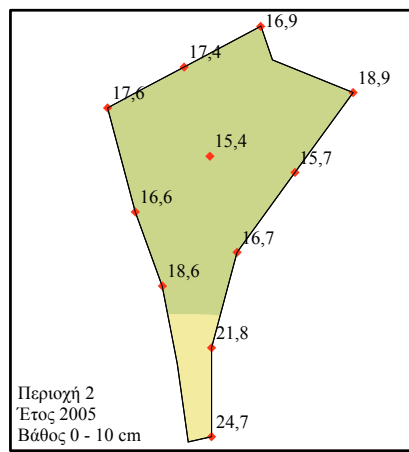
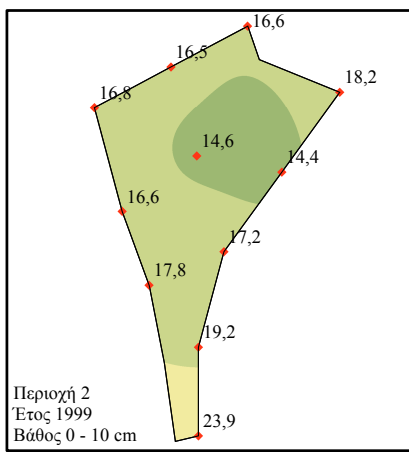
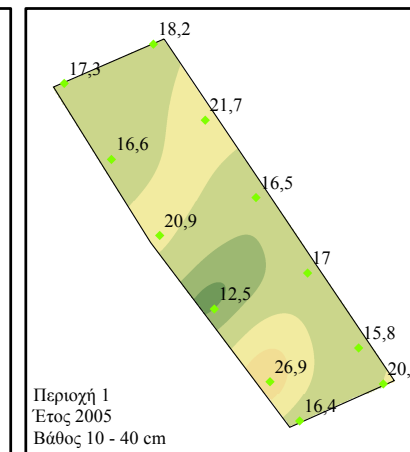
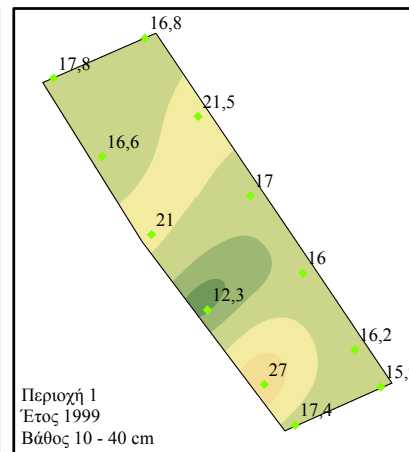
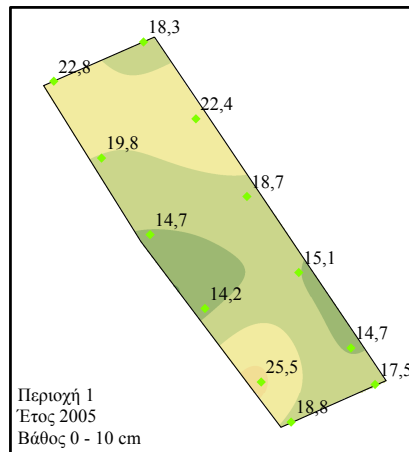
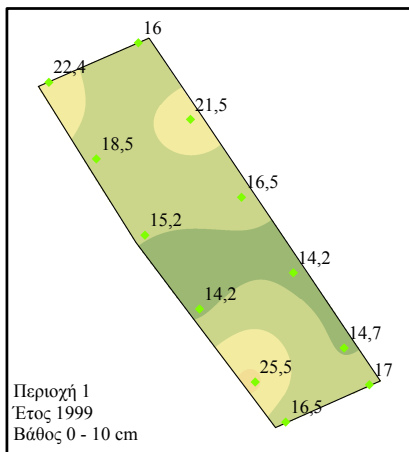
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ◆ 26,9 Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
- ◆ 23,6
- ◆ 17

□ Περίμετρος



0 5 10 20 30 40 Μέτρα



και στο πλαίσιο δειγματοληψίας (plot) στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές της υδατοϊκανότητας για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και για τις δύο δειγματοληψίες κυμαινόταν αντίστοιχα από 14,2 έως 25,5%, από 14,4 έως 24,7% και από 15,8 έως 30,4%. Δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των ετών δειγματοληψίας, αλλά υπήρχε διαφορά μεταξύ των περιοχών, με την Π3 να διαφέρει από τις άλλες δύο. Στο βάθος 10-40 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 12,3 έως 27%, από 13,9 έως 23,6% και από 14,2 έως 26,4%. Δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Σύμφωνα με το βάθος, μόνο στην Π3 παρουσιάζεται μικρή πτώση (πίνακες 5.1.2.1 και 5.1.2.2, γραφήματα 5.1.2.1-5.1.2.4). Γενικά οι τιμές της υδατοϊκανότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλές με μέτριες, εξαιτίας της κοκκομετρικής σύστασης (αυξημένο ποσοστό κλάσματος της άμμου), της μεγάλης συμπίεσης που έχουν υποστεί τα εδάφη, του χαμηλού ποσοστού οργανικής ουσίας και της παρουσίας ανθρακικού ασβεστίου.

Από την στατιστική επεξεργασία των τιμών της υδατοϊκανότητας δίνονται στον πίνακα 5.1.2.1 σημαντικά περιγραφικά στοιχεία (μέτρα) για κάθε περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.

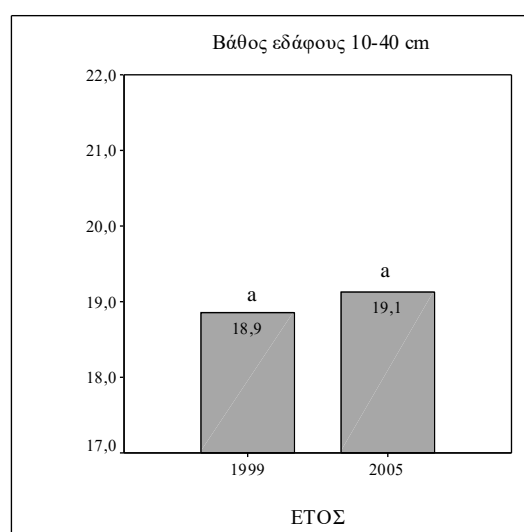
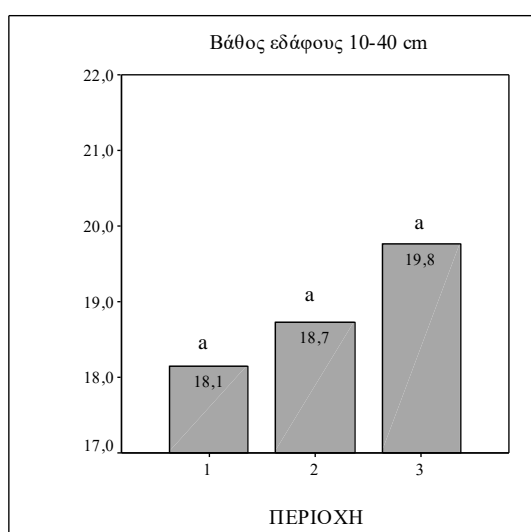
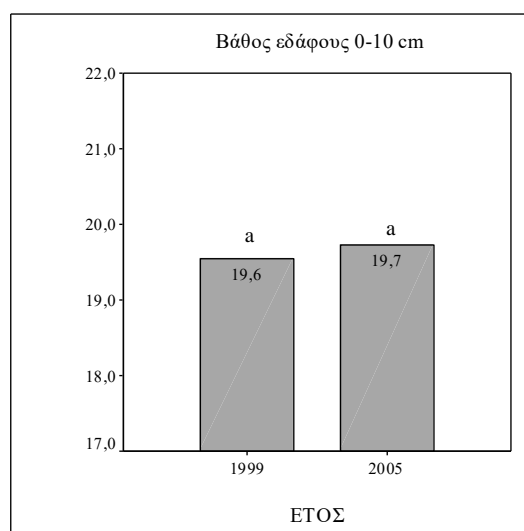
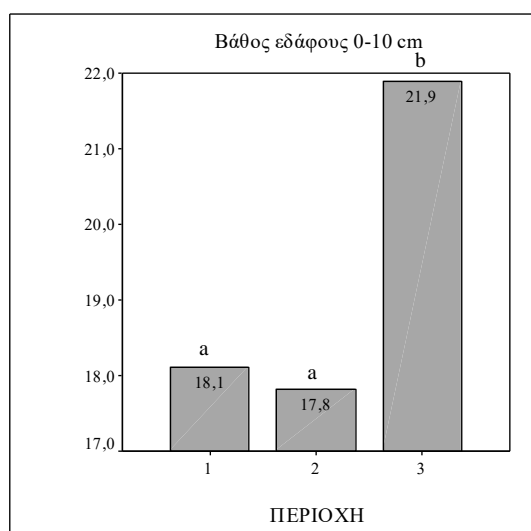
Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «υδατοϊκανότητα» ανά βάθος, η αποα έδειξε ότι υπάρχει σημαντική επίδραση μόνο του παράγοντα «περιοχή» στη μεταβλητή για το επιφανειακό βάθος (πίνακας 5.1.2.2). Δηλαδή η υδατοϊκανότητα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών στο βάθος 0-10 cm.

Πίνακας 5.1.2.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για την υδατοϊκανότητα στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (%)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	17,7	12	3,62	11,3	20,5	16,5
	2005	18,5	12	3,62	11,3	19,6	18,5
Περιοχή 2	1999	17,4	11	2,56	9,5	14,7	16,8
	2005	18,2	11	2,78	9,3	15,3	17,4
Περιοχή 3	1999	22,2	17	3,28	9,5	14,8	21,9
	2005	21,5	17	4,01	14,6	18,7	21,1
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	18,0	12	3,71	14,7	20,6	16,9
	2005	18,3	12	3,67	14,4	20,1	17,2
Περιοχή 2	1999	18,3	11	2,43	8,5	13,3	18,6
	2005	19,1	11	2,67	9,6	14	19,3
Περιοχή 3	1999	19,8	17	3,53	11,8	17,8	18,7
	2005	19,7	17	3,55	11,5	18	18,7

Πίνακας 5.1.2.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στην υδατοϊκανότητα των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	1,86	1	1,86	0,16	0,691
Περιοχή	300,96	2	150,48	12,93	<0,001
Έτος * Περιοχή	11,27	2	5,64	0,48	0,618
Error	861,32	74	11,64		
Total	1175,41	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	2,44	1	2,44	0,22	0,642
Περιοχή	38,93	2	19,46	1,73	0,184
Έτος * Περιοχή	3,17	2	1,58	0,14	0,869
Error	830,88	74	11,23		
Total	875,42	79			



Γραφήματα 5.1.2.1 - 5.1.2.4: Ραβδογράμματα της μέσης υδατοϊκανότητας στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά μελετώμενο βάθος (συγκρίσεις σύμφωνα με test Bonferroni $p < 0,05$ και anova).

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης των τιμών της υδατοϊκανότητας για το πρώτο βάθος προέκυψε σημαντική επίδραση της «περιοχής», χωρίς να υφίσταται αλληλεπίδραση, με τη βοήθεια των ελέγχων πολλαπλών συγκρίσεων (post hoc multiple comparisons tests) test του Bonferroni για τον παράγοντα «περιοχή» (καθώς ο αριθμός των συγκρίσεων είναι μικρότερος του πέντε), προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές της υδατοϊκανότητας ποιες περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.2.1-5.1.2.4).

Από τους πίνακες και τα γραφήματα παρατηρείται ότι στο επιφανειακό βάθος η υδατοϊκανότητα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών. Στην Π3 αυτό οφείλεται κυρίως στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και άργιλο σε σύγκριση με τις άλλες δύο περιοχές. Στο βάθος 10-40 cm δεν προκύπτει καμία σημαντική διαφορά καθώς α) η άργιλος δεν διαφοροποιείται στις τρεις περιοχές, β) η οργανική ουσία μειώνεται στην Π3 και γ) η υδατοϊκανότητα είναι μεγαλύτερη στην Π3 από τις Π1 και Π2, όχι όμως τόσο ώστε να προκύψει στατιστική σημαντική διαφορά, και αυτό οφείλεται στο συνδυασμό των α) και β).

5.1.3 Συμπύεση

Οι μετρήσεις για τη συμπύεση του εδάφους πραγματοποιήθηκαν στις αρχές Μαρτίου 2006, καθώς το όργανο μέτρησής της αποκτήθηκε από το πρόγραμμα «Ηράκλειτος» τον Αύγουστο του 2005 με προδιαγραφές για χρήση του όταν τα εδάφη έχουν καλή περιεκτικότητα σε υγρασία (τέλος χειμώνα με αρχές άνοιξης). Εξάλλου στη χρονική διάρκεια των επτά ετών από την ολοκλήρωση της αποκατάστασης δεν αναμενόταν μεγάλες μεταβολές της, χωρίς εξωτερική παρέμβαση στο σύστημα έδαφος-φυτό.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της συμπύεσης ανά περιοχή και βάθος, δίνονται στον θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.3 οι μέσες και μέγιστες τιμές της στα σημεία που μετρήθηκε, καθώς εκτιμήθηκαν και οι τιμές της με χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines) σε όλη την έκταση των περιοχών μελέτης. Από τις εκτιμηθείσες τιμές της συμπύεσης που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών.

Οι τιμές της συμπύεσης, καθώς το όργανο μετρά προφίλ του εδάφους ανά 2,5 cm για βάθος μέχρι 45 cm, για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα κυμαινόταν αντίστοιχα από 140 έως 4035 KPa, από 105 έως 5404 KPa και από 105 έως 4456 KPa. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών, με την Π2 να διαφέρει από τις άλλες δύο. Στο βάθος 10-40 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 456 έως 5930 KPa, από 491 έως 6000 KPa και από 351 έως 5299 KPa. Δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών. Ως προς το βάθος, βρέθηκε μεγάλη διαφορά (πίνακες 5.1.3.1 και 5.1.3.2, γραφήματα 5.1.3.1-5.1.3.4). Πάντως ως προς το προφίλ του εδάφους, το πρώτο και πιο κοινό στρώμα συμπύεσης μετρήθηκε για τις Π1 και Π2 μεταξύ 5 και 15 cm, ενώ για την Π3 μεταξύ 7,5 και 12,5 cm. Γενικά οι τιμές της συμπύεσης χαρακτηρίζονται ως υψηλές, αφενός εξαιτίας της μικρής υδατοϊκανότητας και αφετέρου από την παρουσία στρώσεων εδάφους με συμπύεση >2,5 MPa. Σύμφωνα με τον Raper (2005), συμπύεση μεγαλύτερη των 2 MPa περιορίζει την ανάπτυξη των ριζών, σε μεγαλύτερη των 2,5 MPa καμία κύρια ρίζα

δεν διαπέρασε σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους εδαφών και σε μεγαλύτερη των 2,96 MPa καμία ρίζα δεν διαπέρασε αμμόδη εδάφη. Ακόμη, αναφέρεται ότι συμπίεση 2 MPa περιορίζει την ανάπτυξη φυτών, που καλλιεργούνται, και ποικίλει ανάλογα με το είδος η αντοχή τους με ιδιαίτερα τρωτά τα σπορόφυτα στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξής τους (Bassett et al. 2005).

Από τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων δίνονται στον πίνακα 5.1.3.1 σημαντικά περιγραφικά στοιχεία για κάθε περιοχή και βάθος.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «περιοχή» και «βάθος» στη μεταβλητή «συμπίεση», η απονοα έδειξε ότι υπάρχει σημαντική επίδραση και των δύο παραγόντων (χωρίς αλληλεπίδραση) (πίνακας 5.1.3.2). Δηλαδή η συμπίεση διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών και του βάθους. Από τον πίνακα 5.1.3.2 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της «συμπίεσης».

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης δεν υφίσταται αλληλεπίδραση, για τον παράγοντα «περιοχή» με το test του Bonferroni προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές της συμπίεσης ποιες περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05. Το ίδιο πραγματοποιήθηκε και για τις μέσες μέγιστες τιμές (γραφήματα 5.1.3.1-5.1.3.4).

Πίνακας 5.1.3.1: Στατιστικά στοιχεία της συμπίεσης στα σημεία μετρήσεων για κάθε περιοχή μελέτης και βάθος εδάφους.

Περιοχή	Βάθος (cm)	Μέση τιμή (KPa)	Σημεία μετρήσεων	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Περιοχή 1	0-10	1339,5	24	442,75	3895	33,1	1291
	10-40	2254,8	24	1193,4	5474	52,9	2109,5
Περιοχή 2	0-10	1543,1	26	634,2	5299	41,1	1558
	10-40	2930,9	26	1346,37	5509	45,9	2947,5
Περιοχή 3	0-10	1169,9	23	483,94	4351	41,4	1095
	10-40	2542,5	23	1199,51	4948	47,2	2211

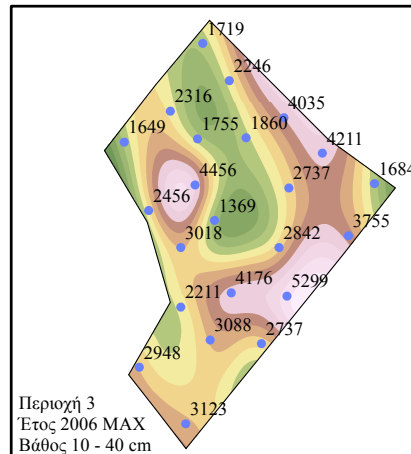
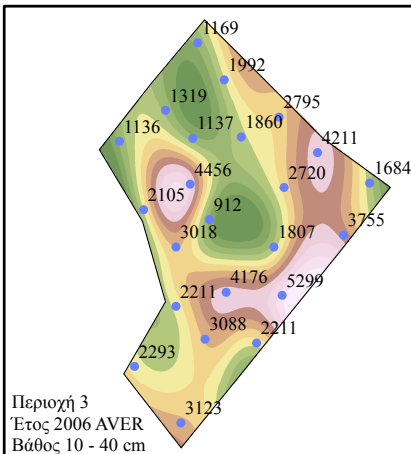
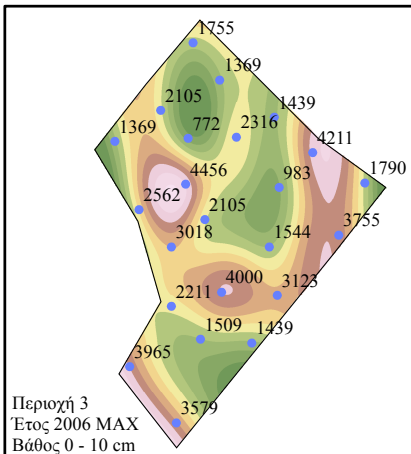
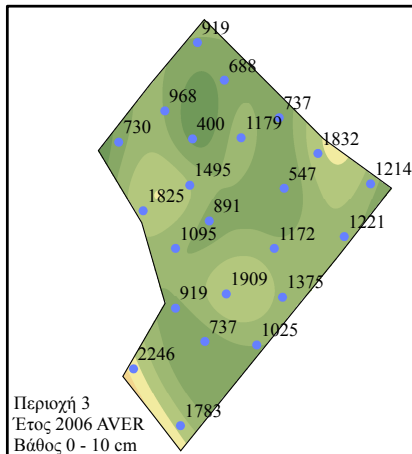
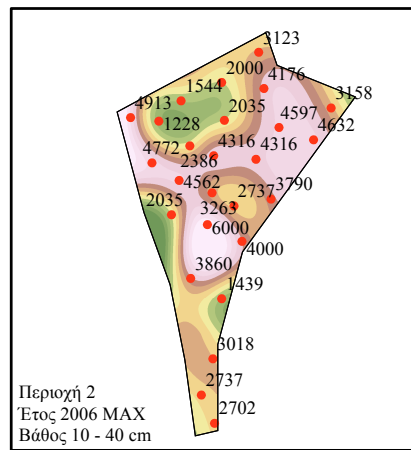
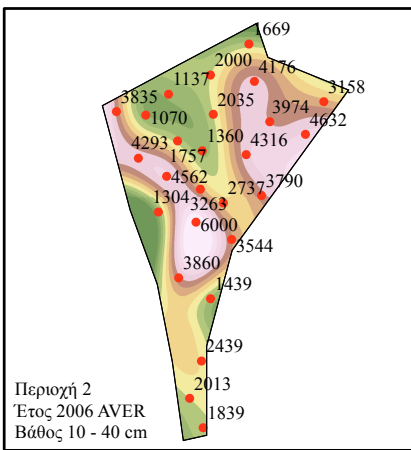
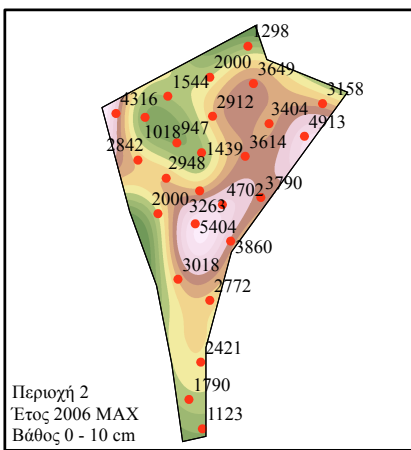
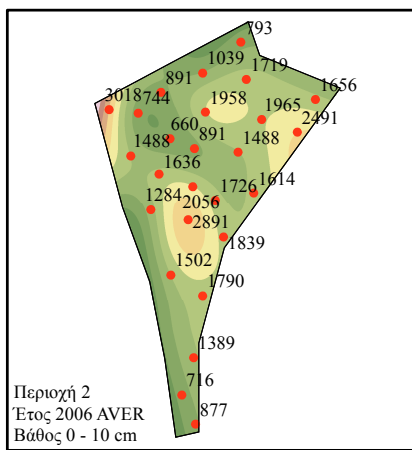
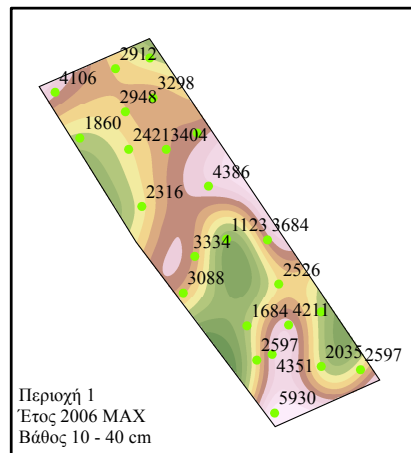
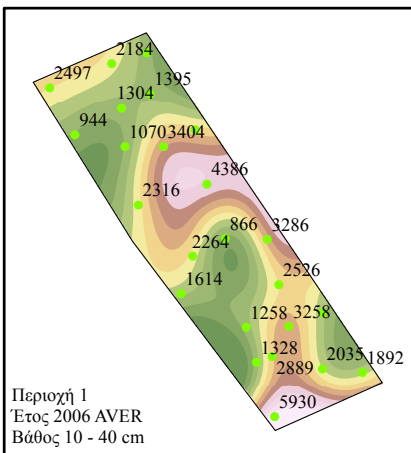
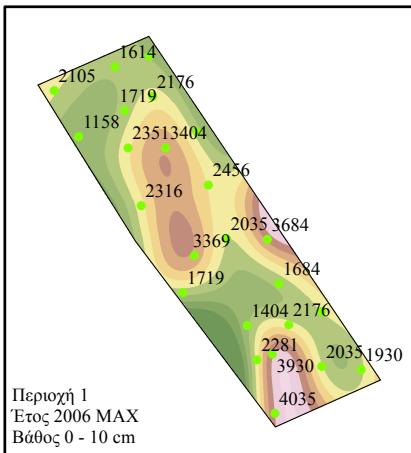
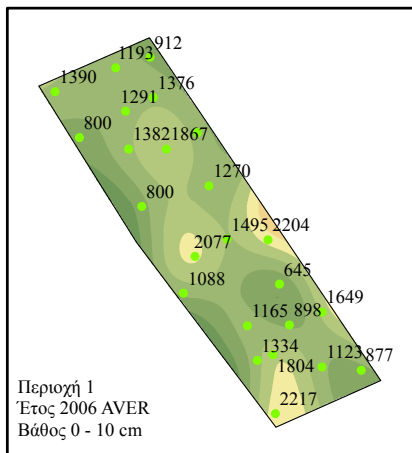
Πίνακας 5.1.3.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του βάθους, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στη συμπίεση των σημείων που μετρήθηκε.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Περιοχή	17245737,94	2	8622868,97	7,95	<0,001
Βάθος	16259519,5	1	16259519,5	14,99	<0,001
Περιοχή * Βάθος	589125,01	2	294562,5	0,27	0,762
Error	722197931,97	666	1084381,28		
Total	756292314,42	671			



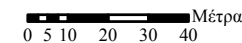
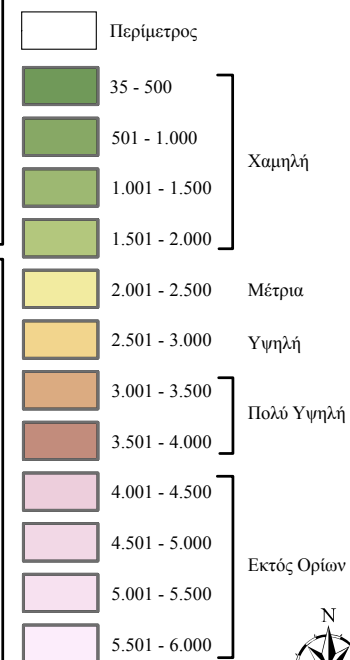
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

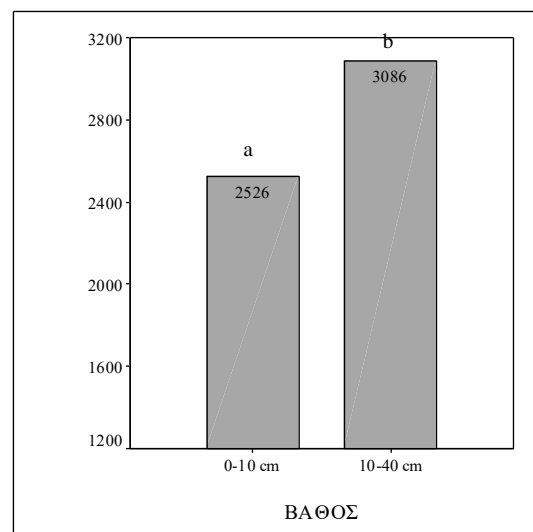
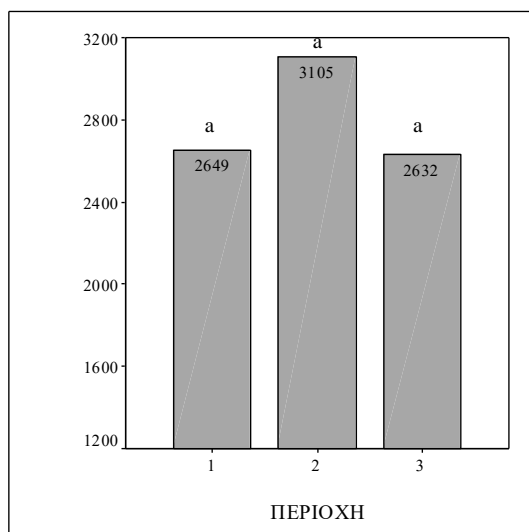
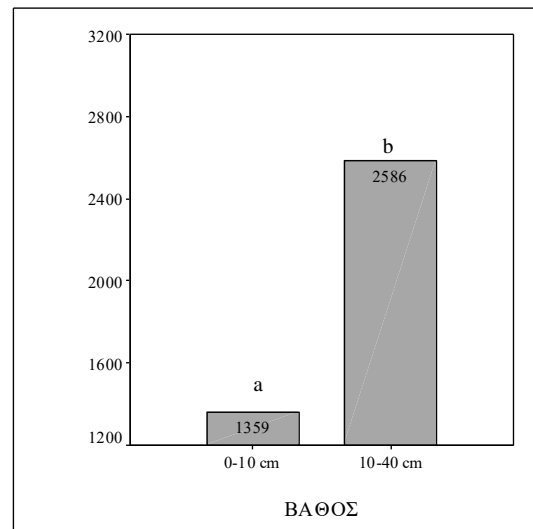
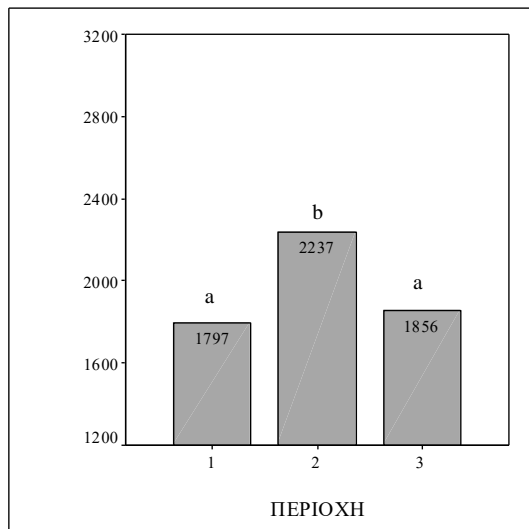
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.3 :
**ΜΕΣΗ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΗ
ΣΥΜΠΙΞΗ ΕΛΑΦΟΥΣ (ΚΡα)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΤΟ ΜΑΡΤΙΟ 2006,
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΚΑΙ ΟΙ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ
ΖΩΝΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 2316
 - 4000
 - 1684
- Σημεία Μετρήσεων - Τιμές





Γραφήματα 5.1.3.1-5.1.3.4: Ραβδογράμματα της μέσης και μέσης μέγιστης συμπίεσης στα σημεία μετρήσεων για κάθε περιοχή και βάθος (συγκρίσεις σύμφωνα με test Bonferroni $p < 0,05$ και anova).

Από τους πίνακες και τα γραφήματα παρατηρήθηκαν οι σημαντικές διαφορές μεταξύ των περιοχών και του βάθους. Για τις περιοχές, η Π2 έχει υποστεί μεγαλύτερη συμπίεση από χρήση ερπυστριοφόρου μηχανήματος για τη διάστρωση του εδάφους. Ως προς το βάθος, οφείλεται στην οργανική ουσία που είναι σε μεγαλύτερα επίπεδα στην επιφάνεια, στο ριζικό σύστημα των φυτών το οποίο αναπτύσσεται κυρίως εκεί, καθώς και στη διείδυση των ριζών όπου «χαλαρώνει» το έδαφος.

Η συμπίεση μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό τα χαρακτηριστικά ενός εδάφους. Μειώνει το μέσο όρο του μεγέθους των πόρων, αυξάνει τη μηχανική αντίσταση στην διείδυση των ριζών και μπορεί να μειώσει ή να αυξήσει την ικανότητα συγκράτησης του νερού, ανάλογα με το βαθμό συμπίεσης, την αρχική φαινομενική πυκνότητα και την κατανομή του μεγέθους των πόρων του εδάφους.

Η υποβάθμιση του εδάφους μεγιστοποιείται από την έλλειψη οργανικής ουσίας. Επίσης, επηρεάζει την ορυκτοποίηση του οργανικού άνθρακα και αζώτου, καθώς και τη συγκέντρωση του CO_2 στο έδαφος. Η ικανότητα των ριζών να διαπερνούν το έδαφος σταματά εντελώς σε συμπίεση 2,5 MPa (Watson & Kelsey, 2006).

Σύμφωνα με τους *Kuht & Reintam* (2004), η υψηλή συμπίεση του εδάφους σε καλλιέργειες σίτου (*Triticum aestivum L.*) και κριθαριού (*Hordeum vulgare L.*) είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας απορρόφησης του αζώτου από τα φυτά κατά 30% και 40% αντίστοιχα. Πειράματα που έγιναν στον αγρό με φυτά *Gleditsia triacanthos* έδειξαν ότι η συμπίεση του εδάφους προκάλεσε μείωση της κατακόρυφης διείσδυσης των ριζών, αλλά αυξήθηκε το μήκος τους στα πρώτα 2,5 cm στο προφίλ του εδάφους (*Gilman et al.*, 1987). Λόγω της συμπίεσης από βαριά μηχανήματα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας στρώσεως, η φαινομενική πυκνότητα του τελικού εδαφικού καλύμματος μπορεί να φθάσει και να υπερβεί τα 2,0 gr/cm³ με αποτέλεσμα η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών να καθίσταται προβληματική σε μεγαλύτερη από 1,7-1,8 gr/cm³ (*Gilman et al.*, 1985).

Σε πειράματα που έγιναν στο εργαστήριο με φυτά ηλίανθου και στον αγρό με φυτά αμπέλου, παρατηρήθηκε ότι οι ρίζες και των δύο σε πηλώδες έδαφος έφθασαν σε βάθος όπου η φαινομενική πυκνότητα είχε τιμή 1,9 gr/cm³, ενώ σε αργιλώδες έδαφος οι ρίζες των φυτών δεν κατάφεραν να εισχωρήσουν πέραν του βάθους όπου η τιμή της ήταν 1,6-1,7 gr/cm³ (*Gilman et al.*, 1980).

5.1.4 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Από τις αναλύσεις των δειγμάτων οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα σημεία δειγματοληψίας ανά περιοχή, έτος και βάθος δίνονται στον θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.4. Με χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines) εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των περιοχών. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης στον ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα και για τις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 920 έως 10500 μmhos/cm, από 1750 έως 7000 μmhos/cm και από 1120 έως 5000 μmhos/cm. Δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών, αλλά υπήρχε διαφορά μεταξύ των ετών δειγματοληψίας. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 930 έως 7500 μmhos/cm, από 1400 έως 6000 μmhos/cm και από 880 έως 3600 μmhos/cm. Υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Σύμφωνα με το βάθος, στις Π1 και Π2 παρουσιάζει αυξομειώσεις και στην Π3 παραμένει σταθερή περίπου (πίνακες 5.1.4.1 και 5.1.4.2, γραφήματα 5.1.4.1-5.1.4.3). Από τα δεδομένα οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας χαρακτηρίζονται χαμηλές με μέτριες και κατά μέσο όρο δεν ξεπερνούν τα 4000 μmhos/cm, που αποτελεί το όριο για προβλήματα αλατότητας στα εδάφη (*Πολυζόπουλος*, 1976). Ακόμη, οι περιπτώσεις κατά τις οποίες οι τιμές ξεπερνούν αυτό το όριο δεν είναι πάνω από δύο σε κάθε περιοχή με ενδεχόμενο εξέτασης του θέματος.

Από την στατιστική επεξεργασία των τιμών δίνονται στον πίνακα 5.1.4.1 σημαντικά περιγραφικά στοιχεία κεντρικής τάσης και διασποράς μιας κατανομής για κάθε περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

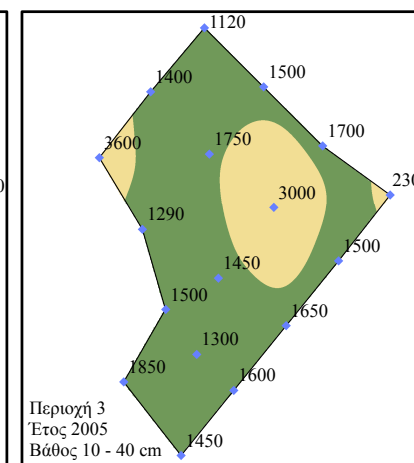
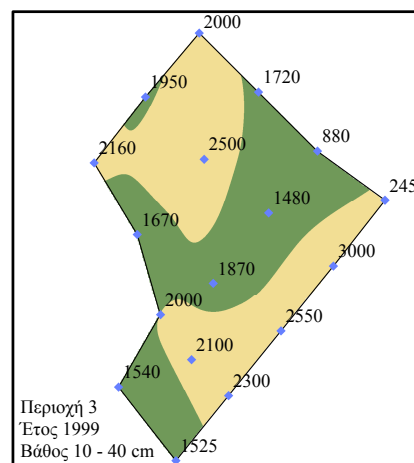
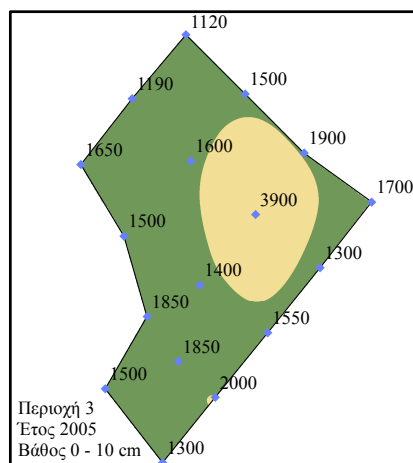
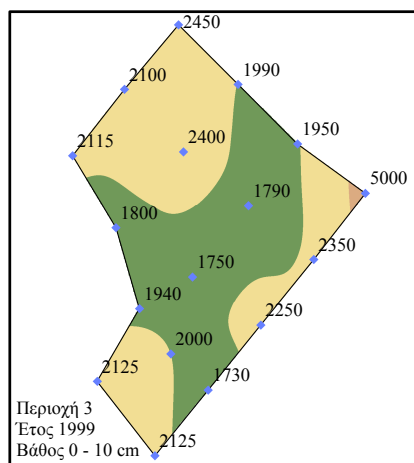
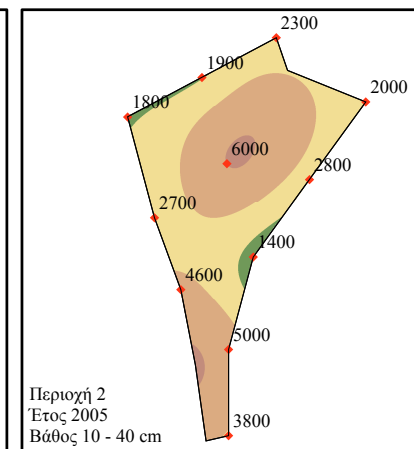
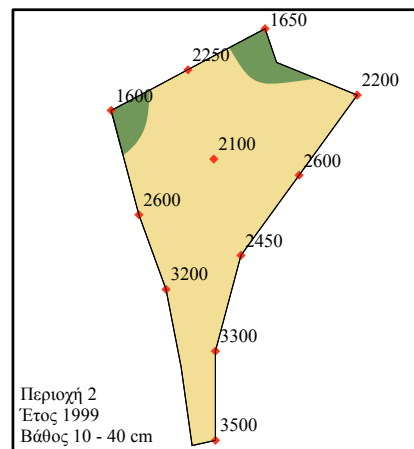
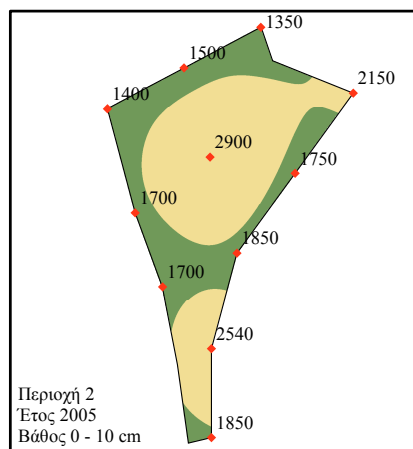
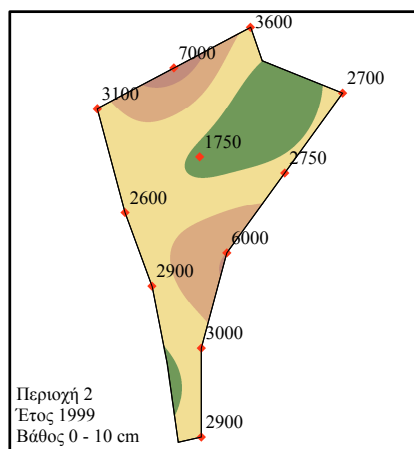
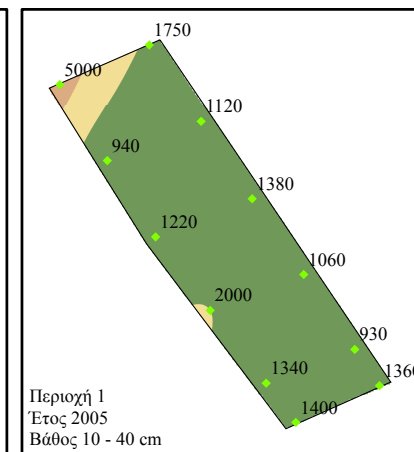
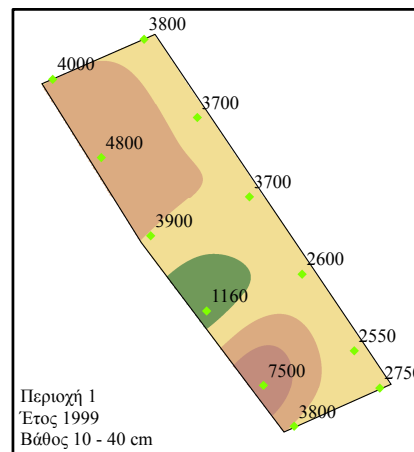
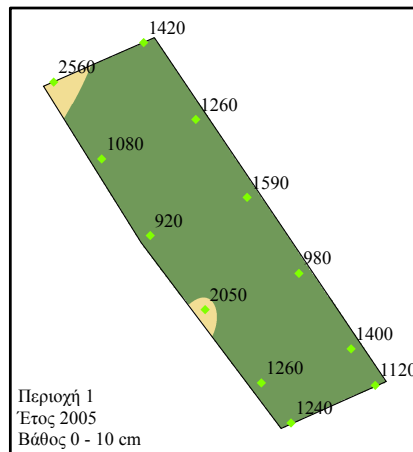
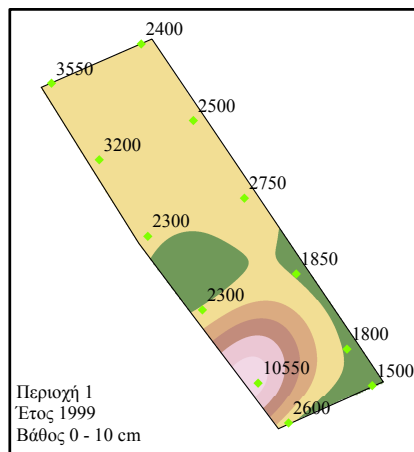
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.4 :
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ
(μhos/cm) ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ
ΚΑΙ ΕΤΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ◆ 940 Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
 - ◆ 4600
 - ◆ 3000
 - Περίμετρος
 - 880 - 2.000 Κανονική
 - 2.001 - 4.000 Μέτρια
 - 4.001 - 6.000
 - 6.001 - 8.000
 - 8.001 - 10.000
 - 10.001 - 10.550
- Υψηλή
- Πολύ Υψηλή



Μέτρα
0 5 10 20 30 40



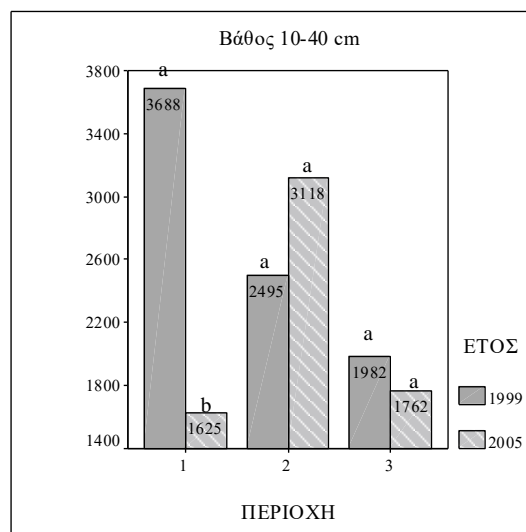
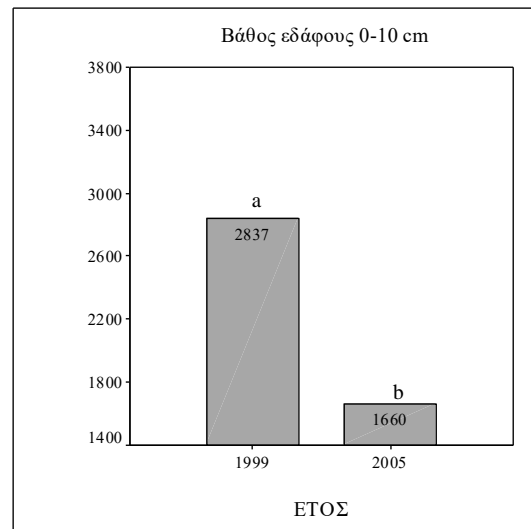
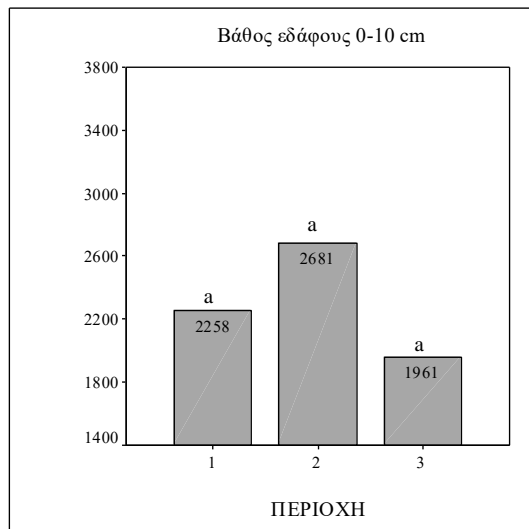
Πίνακας 5.1.4.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για την ηλεκτρική αγωγιμότητα στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (μhos/cm)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	3108	12	2413	9050	77,6	2450
	2005	1407	12	473	1640	33,6	1260
Περιοχή 2	1999	3482	11	1572	5250	45,1	2900
	2005	1881	11	478	1550	25,4	1750
Περιοχή 3	1999	2227	17	748	3270	33,6	2100
	2005	1695	17	621	2780	36,6	1550
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	3688	12	1528	6340	41,4	3750
	2005	1625	12	1108	4070	68,2	1350
Περιοχή 2	1999	2495	11	632	1900	25,3	2450
	2005	3118	11	1512	4600	48,5	2700
Περιοχή 3	1999	1982	17	503	2120	25,4	2000
	2005	1762	17	644	2480	36,5	1500

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «ηλεκτρική αγωγιμότητα», α) για το επιφανειακό έδαφος υπάρχει σημαντική επίδραση μόνο του παράγοντα «έτος» και β) στο βάθος 10-40 cm υπάρχει επίδραση όλων (πίνακας 5.1.4.2). Από τον πίνακα 5.1.4.2 στο βάθος 10-40 cm παρατηρείται ακόμη, ότι η αλληλεπίδραση των παραγόντων συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της «ηλεκτρικής αγωγιμότητας».

Πίνακας 5.1.4.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στην ηλεκτρική αγωγιμότητα των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	31555304,03	1	31555304,03	21,5	<0,001
Περιοχή	6933826,63	2	3466913,31	2,36	0,101
Έτος * Περιοχή	6169115,46	2	3084557,73	2,1	0,129
Error	108610067,29	74	1467703,61		
Total	153268313,41	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	5913853,36	1	5913853,36	5,7	0,019
Περιοχή	14592889,52	2	7296444,76	7,04	0,002
Έτος * Περιοχή	22230883	2	11115441,5	10,72	<0,001
Error	76732861,85	74	1036930,57		
Total	119470487,73	79			



Γραφήματα 5.1.4.1-5.1.4.3: Ραβδογράμματα της μέσης ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά μελετώμενο βάθος (apova). Στο βάθος 10-40 cm οι συγκρίσεις των δύο ετών αφορούν την κάθε περιοχή ξεχωριστά (t-test $p < 0,05$).

Από τους πίνακες και τα γραφήματα παρατηρείται ότι στο επιφανειακό βάθος η ηλεκτρική αγωγιμότητα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ετών δειγματοληψίας. Αυτό οφείλεται στην πρόσληψη υδατοδιαλυτών αλάτων του εδάφους από την ανάπτυξη των φυτών που φυτεύτηκαν ή αυτοφύονται, με αποτέλεσμα τη μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που καταγράφηκε και στις τρεις περιοχές στα έτη δειγματοληψίας. Στο δεύτερο βάθος επιδρούν όλα στη μεταβλητή. Αυτό έχει συμβεί καθώς:

- α) από τις περιοχές η Π1 εμφάνισε το 1999 τη μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα λόγω του υλικού που μεταφέρθηκε εκεί για την αποκατάσταση,
- β) η Π1 στο βάθος αυτό παρουσίαζε καλές συνθήκες αερισμού (υψηλό εδαφικό O_2 και πολύ χαμηλό βιοαέριο) με αποτέλεσμα το ριζικό σύστημα των φυτών να διεισδύει και να προσλαμβάνει άλατα με συνέπεια τη μεγάλη μείωση της αγωγιμότητας το 2005,
- γ) στην Π2 αντίθετα από την Π1 παρατηρήθηκε συσσώρευση αλάτων. Το χαμηλό O_2 και οι υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 και CH_4 στον αέρα του εδάφους επηρέασαν το

ρίζικό σύστημα των φυτών, το οποίο δεν αναπτύχθηκε στο βάθος αυτό με αποτέλεσμα τη μη πρόσληψη των αλάτων,

δ) η Π3 είχε λίγο χειρότερες συνθήκες στον αέρα του εδάφους από την Π1 και, σύμφωνα με τα ανωτέρω, η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρέμεινε περίπου σταθερή ή μειώθηκε λίγο και

ε) η αλληλεπίδραση, σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης, οφείλεται στο χρόνο (έτη δειγματοληψίας), με την ηλεκτρική αγωγιμότητα στην Π1 να μειώνεται, στην Π2 να αυξάνεται και στην Π3 να παραμένει περίπου σταθερή.

Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι τα εδάφη κυρίως των περιοχών Π1 και Π2 χαρακτηρίζονται από μειωμένη ικανότητα συγκράτησης της υγρασίας και παρατηρείται τάση έκπλυσης των αλάτων στα κατώτερα στρώματα πιθανόν λόγω των βροχοπτώσεων, φαινόμενο επιθυμητό όσον αφορά την αποφυγή αλάτωσης του εδάφους. Επιπλέον, οι χαμηλές μέσες τιμές της αγωγιμότητας πιθανόν να οφείλονται και στην μη επαρκή λίπανση των περιοχών. Άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την αγωγιμότητα του εδάφους είναι το νερό άρδευσης και το τοπογραφικό ανάγλυφο. Το νερό άρδευσης στον αποκατεστημένο χώρο του ΧΔΑ δεν έπαιξε σημαντικό ρόλο, διότι προέρχεται από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ και, δεύτερον, παρέχεται στα φυτά με στάγδην άρδευση η οποία δεν συνεισφέρει στην έκπλυση των αλάτων σε βαθύτερα στρώματα. Τέλος, το τοπογραφικό ανάγλυφο των περιοχών χαρακτηρίζεται από κλίση η οποία συντελεί στην επιφανειακή απορροή, και ως εκ τούτου στην αποφυγή συγκέντρωσης αλάτων στην επιφάνεια του εδάφους.

Η λίπανση που εφαρμόστηκε σύμφωνα με το σχέδιο αποκατάστασης του ΧΔΑ και στις τρεις περιοχές ήταν η εξής:

- Για τα έτη 2000, 2001 και 2002 από μία εφαρμογή για κάθε χρονιά λιπάσματος 11(N)-15(P)-15(K)+14(S).

- Για τα έτη 2003 και 2004 έγινε επίσης μία εφαρμογή για κάθε χρονιά λιπάσματος τύπου *complezal* 12(N)-12(P)-17(K)+2(Mg).

Σε αντίθεση με τα συμπεράσματα, οι *Trotter και Cooke* (2005) μελέτησαν μεταξύ άλλων τις εδαφικές ιδιότητες του τελικού καλύμματος σε ανενεργό χώρο απόθεσης απορριμμάτων στο Springfield της Νότιας Αφρικής. Παρατήρησαν ότι οι τιμές της αγωγιμότητας του εδάφους (περιεκτικότητας σε άργιλο 35-39%) σε τμήματα της περιοχής όπου είχε εγκατασταθεί βλάστηση δεν διέφεραν σημαντικά ($p>0.05$) από εκείνες που μετρήθηκαν σε τμήματα όπου δεν είχε αναπτυχθεί βλάστηση. Εντούτοις, οι παρατηρούμενες τιμές της αγωγιμότητας θεωρήθηκαν ότι είναι σαφώς υψηλότερες από εκείνες παρακείμενων εδαφών με παρόμοια χαρακτηριστικά που βρίσκονται κάτω από κανονικές συνθήκες. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν οι *Kim et al.*, (2004) σε έρευνες που έκαναν σε ανενεργό χώρο απόθεσης απορριμμάτων στη Σεούλ της Νότιας Κορέας. Παρατήρησαν ότι οι τιμές της αγωγιμότητας του εδαφικού καλύμματος (περιεκτικότητας σε άργιλο 6-10%) ήταν 2,6 φορές μεγαλύτερες από εκείνες παρακείμενων εδαφών (μέρος των οποίων χρησιμοποιήθηκε ως εδαφικό υλικό για την δημιουργία του τελικού καλύμματος) με παρόμοια εδαφικά χαρακτηριστικά και ανάπτυξη βλάστησης.

5.1.5 Ανθρακικό Ασβέστιο

Από τις μετρήσεις των δειγμάτων οι τιμές του ανθρακικού ασβεστίου ανά περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος δίνονται στον θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.5. Με

χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines) εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των περιοχών μελέτης. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά ποσοστά περιεκτικότητας της παραμέτρου στον παραπάνω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές του ανθρακικού ασβεστίου που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές του ανθρακικού ασβεστίου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα και για τις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 27,06 έως 49,2 %, από 25,6 έως 52,48 % και από 12,71 έως 33,21 %. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών, με την Π3 να έχει πολύ μικρότερο, αλλά δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των ετών δειγματοληψίας. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 26,4 έως 52,8 %, από 28 έως 59,04 % και από 11,89 έως 41,41 %. Ως προς τις σημαντικές διαφορές συνέβη ό,τι και στο βάθος 0-10 cm. Σύμφωνα με το βάθος δεν παρουσιάζεται καμία διαφορά στις περιοχές (πίνακες 5.1.5.1 και 5.1.5.2, γραφήματα 5.1.5.1-5.1.5.4). Οι τιμές του ανθρακικού ασβεστίου θεωρούνται υψηλές (>20% κατά μέσο όρο) και τα εδάφη χαρακτηρίζονται από «μάργες έως ασβεστώδη» (Γιάσσογλου, 1994b).

Από την στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων δίνονται στον πίνακα 5.1.5.1 σημαντικά περιγραφικά στοιχεία για κάθε περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.

Πίνακας 5.1.5.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το ανθρακικό ασβέστιο στις περιοχές και τα έτη μελέτης για τα δύο βάθη.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (%)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	34,65	12	5,54	17,63	16	32,8
	2005	33,83	12	6,35	20,4	18,8	31
Περιοχή 2	1999	39,58	11	7,45	24,19	18,8	39,77
	2005	36,44	11	8,08	24,8	22,2	36
Περιοχή 3	1999	20,83	17	6,48	20,5	31,1	18,45
	2005	23,44	17	6,1	20	26	23,2
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	37,42	12	4,85	14,35	13	37,52
	2005	34,93	12	7,91	26,4	22,6	31,8
Περιοχή 2	1999	40,18	11	8	26,24	19,9	36,9
	2005	36,04	11	5,51	14,4	15,3	37,6
Περιοχή 3	1999	22,94	17	8,23	29,52	35,9	22,55
	2005	21,18	17	7,41	24	35	17,6

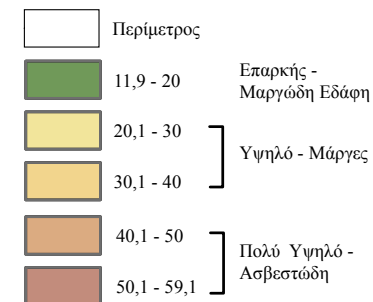


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

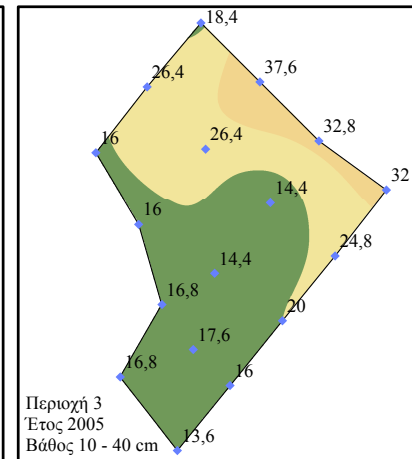
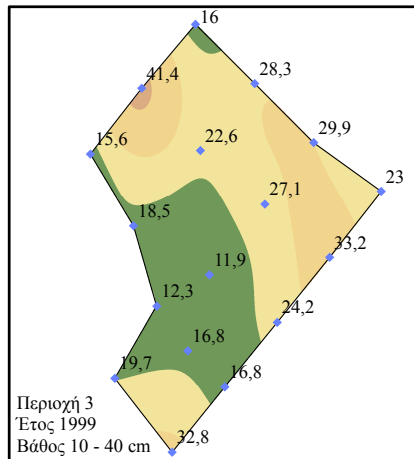
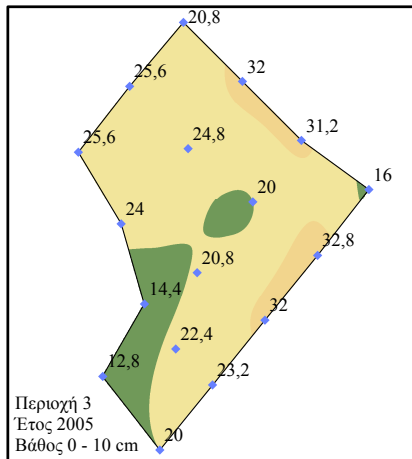
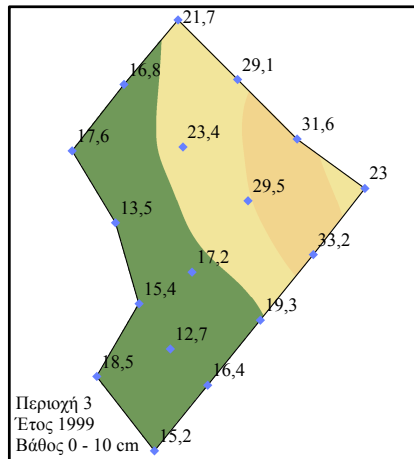
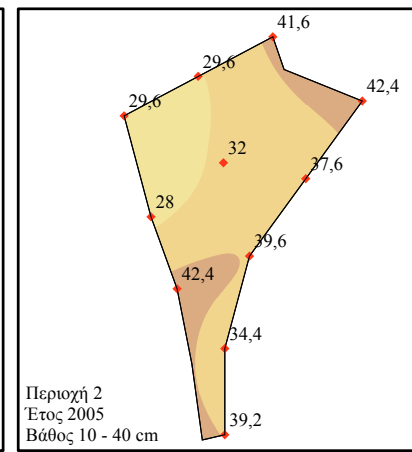
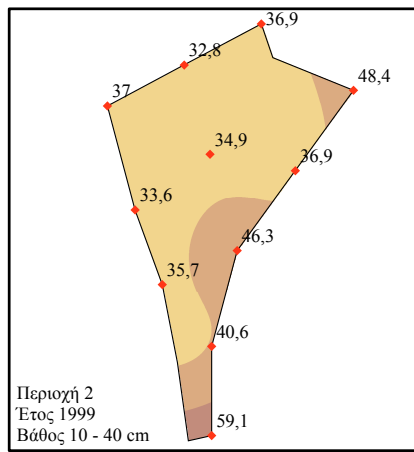
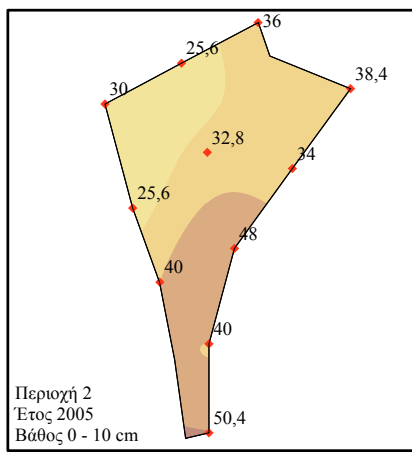
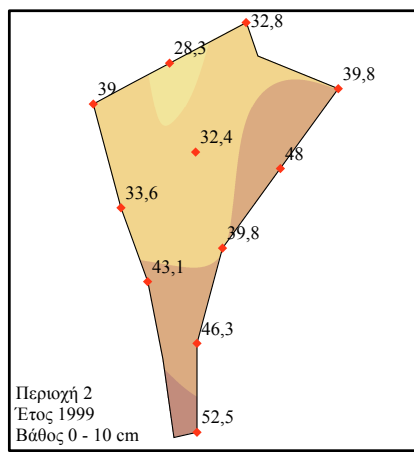
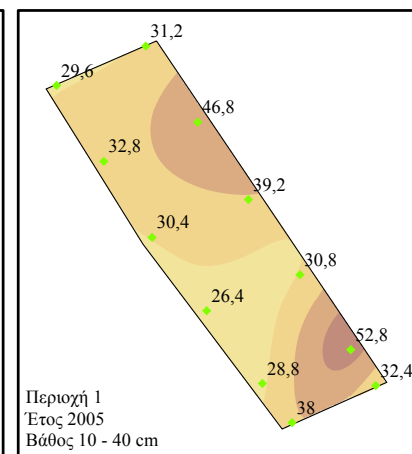
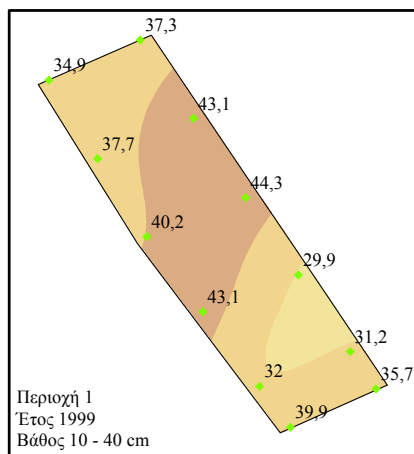
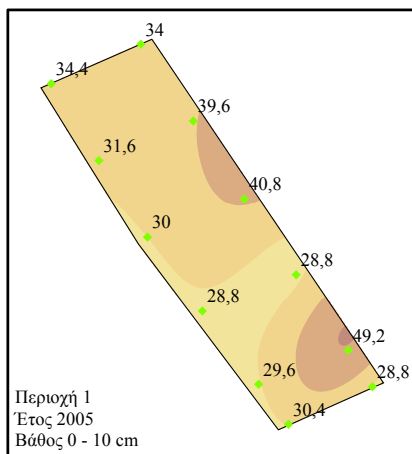
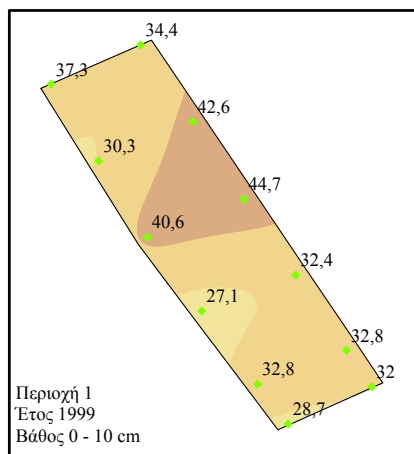
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.5 :
ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ (%)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ◆ 52,8 Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
- ◆ 34,4
- ◆ 13,6



Μέτρα
0 5 10 20 30 40

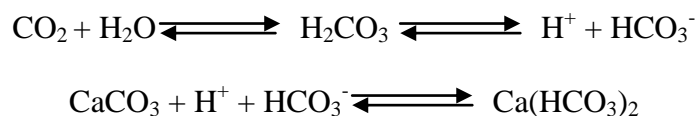


Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «ανθρακικό ασβέστιο» και για τα δύο βάθη, υπάρχει σημαντική επίδραση μόνο του παράγοντα «περιοχή» στη μεταβλητή (πίνακας 5.1.5.2).

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης των τιμών του ανθρακικού ασβεστίου για τα δύο βάθη προέκυψε σημαντική επίδραση της «περιοχής», χωρίς να υφίσταται αλληλεπίδραση, με τη βοήθεια των ελέγχων πολλαπλών συγκρίσεων (test του Bonferroni) για τον παράγοντα «περιοχή», προσδιορίστηκε με βάση τη μέση τιμή ότι η Π3 διαφέρει σημαντικά από τις άλλες δύο. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.5.1-5.1.5.4).

Από τους πίνακες και τα γραφήματα η «περιοχή» επιδρά σημαντικά στο ανθρακικό ασβέστιο λόγω διαφορετικής προέλευσης του εδαφικού υλικού. Για τις Π1 και Π2 ήταν κυρίως από τις εκσκαφές του μετρό της Αθήνας και για την Π3 από επιφανειακό έδαφος της ευρύτερης περιοχής.

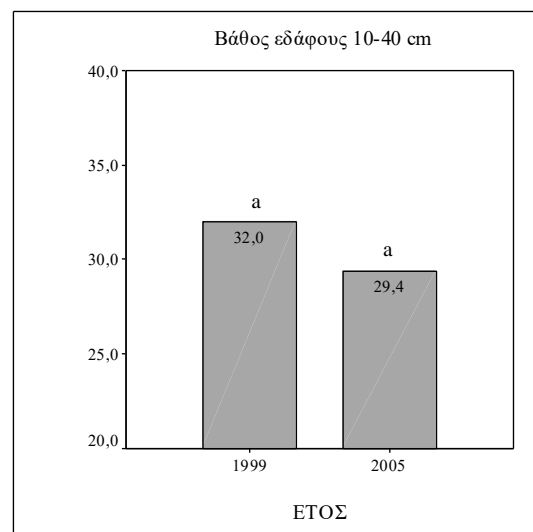
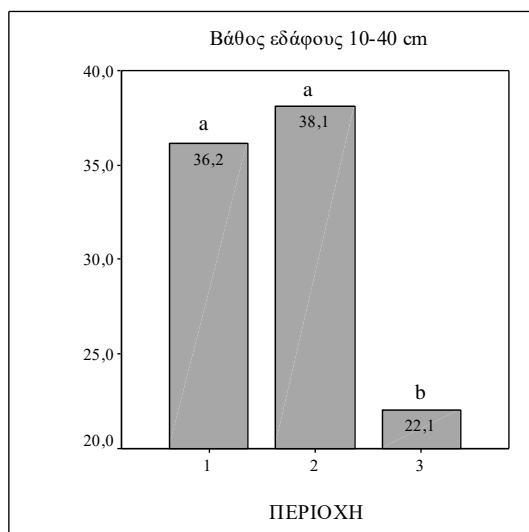
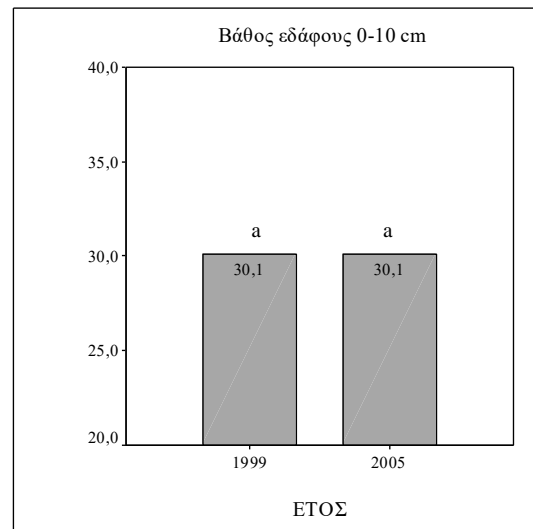
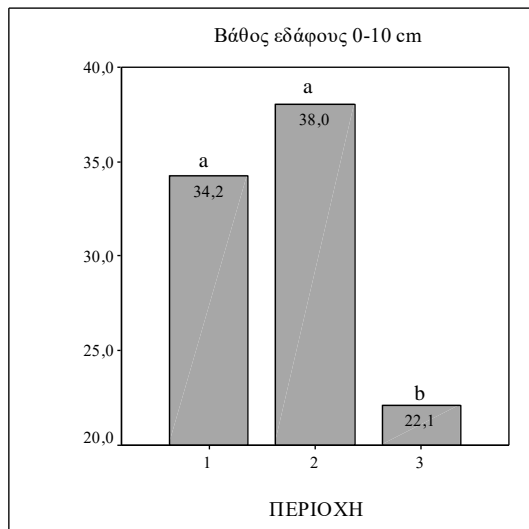
Παρόλο που η μεταβολή του ανθρακικού ασβεστίου στα έτη δειγματοληψίας δεν είναι σημαντική, παρατηρείται μια τάση μείωσης στο βάθος 10-40 cm στην Π3. Η τάση μείωσης του CaCO₃ μπορεί να δικαιολογηθεί εν μέρει με την ύπαρξη αυξημένων συγκεντρώσεων CO₂ στο τελικό εδαφικό κάλυμμα. Το CO₂ διευκολύνει την διαλυτοποίηση του CaCO₃. Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στο έδαφος είναι οι εξής:



Το προϊόν Ca(HCO₃)₂ της τελευταίας αντίδρασης είναι ευδιάλυτο και ευκίνητο με αποτέλεσμα την εύκολη απομάκρυνσή του από το εδαφικό σύστημα (Wild, 1993).

Πίνακας 5.1.5.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο ανθρακικό ασβέστιο των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	3,92	1	3,92	0,09	0,766
Περιοχή	3946,85	2	1973,42	44,83	<0,001
Έτος * Περιοχή	116,27	2	58,14	1,32	0,273
Error	3257,67	74	44,02		
Total	7324,71	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	150,97	1	150,97	2,9	0,093
Περιοχή	4467,46	2	2233,73	42,89	<0,001
Έτος * Περιοχή	19,17	2	9,58	0,18	0,832
Error	3854,06	74	52,08		
Total	8491,66	79			



Γραφήματα 5.1.5.1-5.1.5.4: Ραβδογράμματα του μέσου ανθρακικού ασβεστίου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος (συγκρίσεις σύμφωνα με test Bonferroni $p < 0,05$ και anova).

Η μεγάλη περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο που μετρήθηκε στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων επηρέασε καθοριστικά τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών αυτών, όπως τις σχέσεις εδάφους-νερού και τη δυνατότητα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων. Προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν:

- Σχηματισμός κρούστας στην επιφάνεια του εδάφους.
- Μικρή διαθεσιμότητα του φωσφόρου.
- Προβλήματα σχετικά με την διαθεσιμότητα του Mg και K λόγω της ύπαρξης μεγάλων ποσοτήτων ασβεστίου στο έδαφος.
- Μικρή διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων.
- Προβλήματα σχετικά με τη διαθέσιμη υγρασία, δεδομένου ότι τα εδάφη αυτά έχουν μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας (Μισοπολινός, 1991).

Η μικρή ικανότητα των εδαφών αυτών να συγκρατούν υγρασία οφείλεται στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου είναι στο μέγεθος της ιλύος. Αυτό συνεπάγεται τη χαλαρή συγκράτηση του νερού στο έδαφος και την άμεση (και όχι σταδιακή) μείωσή του. Το νερό της άρδευσης θα πρέπει να παρέχεται

σε μικρές ποσότητες και σε μικρά χρονικά διαστήματα λαμβάνοντας υπόψη τους κινδύνους αλάτωσης του εδάφους (Μισοπολινός, 1991).

5.1.6 pH

Οι τιμές των δειγμάτων του pH ανά περιοχή, έτος και βάθος δίνονται στον θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.6. Με χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines) εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των περιοχών μελέτης. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης στον ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές του pH που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι μετρήσεις του pH για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα και για τις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 7,54 έως 8,45, από 7,86 έως 8,5 και από 7,43 έως 8,15. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών και των ετών δειγματοληψίας. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 7,6 έως 8,75, από 7,77 έως 8,49 και από 7,69 έως 8,4. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Μεταξύ των δύο βαθών δεν παρατηρείται σε καμία περιοχή σημαντική διαφορά (πίνακες 5.1.6.1 και 5.1.6.2, γραφήματα 5.1.6.1-5.1.6.2). Από τα δεδομένα οι τιμές του pH χαρακτηρίζονται υψηλές (>7,5) και τα εδάφη από «ασθενώς αλκαλικά έως αλκαλικά» (Γιάσογλου, 1994b). Οι τιμές αυτές είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης υψηλής συγκέντρωσης ανθρακικών αλάτων. Κατά συνέπεια η απορρόφηση και ειδικότερα ο ρυθμός απορροφήσεως ορισμένων θρεπτικών στοιχείων επηρεάζεται αρνητικά, δημιουργώντας έτσι προβλήματα τροφopenίας στα φυτά (Mengel & Kirkby, 1979). Συγκεκριμένα, λόγω της υψηλής τιμής του pH και της έντονης παρουσίας των ανθρακικών αλάτων του ασβεστίου στα εδάφη, ευνοούνται οι διεργασίες αδιαλυτοποίησης των φωσφορικών με αποτέλεσμα τη μείωση της διαθεσιμότητας του φωσφόρου στα φυτά. Ομοίως, υψηλές τιμές pH προκαλούν μείωση της προσρόφησης των νιτρικών. Επίσης, η διαλυτότητα μετάλλων όπως Fe, Mn, Zn, Cu περιορίζεται λόγω σχηματισμού μη αφομοιώσιμων μορφών τους στο έδαφος, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα τροφopenίας σε ιχνοστοιχεία (Brandy & Weil, 1996).

Από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών των δειγμάτων δίνονται στον πίνακα 5.1.6.1 σημαντικά περιγραφικά στοιχεία για κάθε περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «pH» και για τα δύο βάθη, υπάρχει επίδραση όλων (πίνακας 5.1.6.2). Δηλαδή το pH διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών, των ετών μελέτης, και η επίδραση του έτους στο pH δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στο pH μεταβάλλεται στα έτη μελέτης). Από τον πίνακα 5.1.6.2 παρατηρείται ακόμη ότι στο βάθος 0-10 cm ο παράγοντας «περιοχή» συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «pH», ενώ στο βάθος 10-40 cm συμβάλλει η αλληλεπίδραση των παραγόντων.

Από τους πίνακες και τα γραφήματα διαπιστώνεται ότι επιδρούν όλα στη μεταβλητή του pH και στα δύο βάθη. Η αλληλεπίδραση συμβαίνει, καθώς οι τιμές έχουν μικρή διακύμανση και σε μεταβολή τους προκύπτουν σημαντικές διαφορές. Η αύξηση που παρατηρείται στις περιοχές ως προς τα έτη εξηγείται από τις αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στο έδαφος από τη διαλυτοποίηση του CaCO_3 από το CO_2 , όπως αναφέρθηκε στο ανθρακικό ασβέστιο. Σε εδάφη με CaCO_3 και εφόσον δεν περιέχουν πολλά διαλυτά άλατα ούτε υψηλή αναλογία προσρροφημένου Na^+ , το pH καθορίζεται κυρίως από το σύστημα $\text{CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ (Πολυζόπουλος, 1976). Στην Π1 η αύξηση είναι πολύ μεγαλύτερη, καθώς στην περιοχή αυτή το ασβέστιο περίπου διπλασιάζεται με τα έτη, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές μειώνεται. Παρ' όλα αυτά η μείωση του ανταλλάξιμου ασβεστίου στις Π2 και Π3 δεν είναι ικανή να μεταβάλλει το pH, γιατί τα εδαφικά κolloειδή παραμένουν κορεσμένα με κατιόντα ασβεστίου (πίνακας 5.1.11.4). Το pH ενός εδάφους πλούσιο σε CaCO_3 και ευρισκόμενο σε ισορροπία με τη μερική πίεση του CO_2 του ατμοσφαιρικού αέρα εξαρτάται και κατά συνέπεια μεταβάλλεται από τα ιόντα Ca^{2+} του εδαφικού διαλύματος (Αλεξιάδης, 1967).

Όμως παράμετροι όπως η εγκατάσταση φυτών (η δράση του ριζικού συστήματος προσδίδει οξύτητα στο εδαφικό περιβάλλον) και η αύξηση της οργανικής ουσίας (παραγωγή οργανικών οξέων από την αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων στο έδαφος) δεν αποτέλεσαν ικανούς παράγοντες μεταβολής (μείωση) του pH μέσα στην χρονική περίοδο των 6 ετών (Wild, 1988· Hausenbuiller, 1985· Παπαμίχος, 1996).

Πίνακας 5.1.6.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το pH στις περιοχές και τα έτη μελέτης για τα δύο βάθη.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	7,86	12	0,16	0,6	2	7,86
	2005	8,21	12	0,17	0,53	2,1	8,24
Περιοχή 2	1999	8,07	11	0,11	0,42	1,4	8,09
	2005	8,17	11	0,21	0,64	2,6	8,16
Περιοχή 3	1999	7,72	17	0,14	0,58	1,8	7,69
	2005	7,91	17	0,17	0,72	2,1	7,94
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	7,8	12	0,15	0,5	1,9	7,81
	2005	8,34	12	0,19	0,83	2,3	8,36
Περιοχή 2	1999	8,15	11	0,16	0,48	2	8,16
	2005	8,14	11	0,24	0,72	2,9	8,23
Περιοχή 3	1999	7,94	17	0,19	0,67	2,4	7,93
	2005	7,96	17	0,17	0,65	2,1	7,97



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.6 :
pH (1:1)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

◆ 8,75
◆ 8,24
◆ 7,75

Σημεία Δειγματοληψίας -
Μετρήσεις

□ Περίμετρος

7,43 - 7,6

Ελαφρός
Αλκαλικό

7,61 - 7,8
7,81 - 8

Μέσο Αλκαλικό

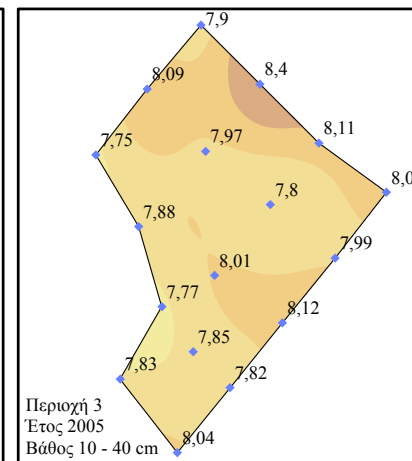
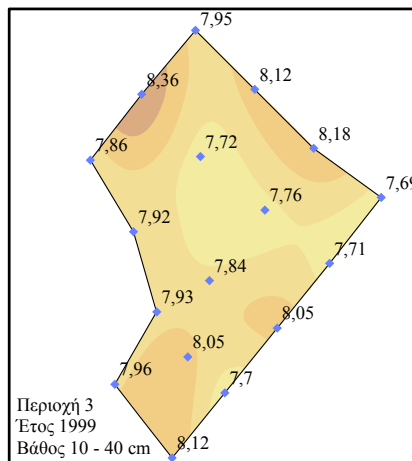
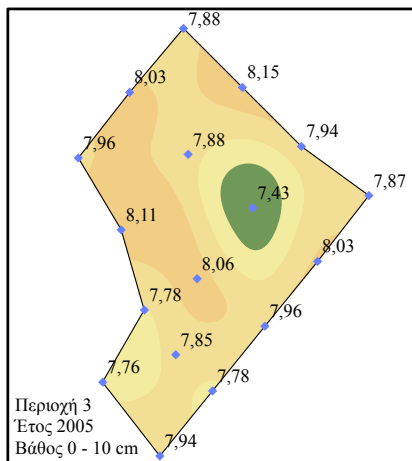
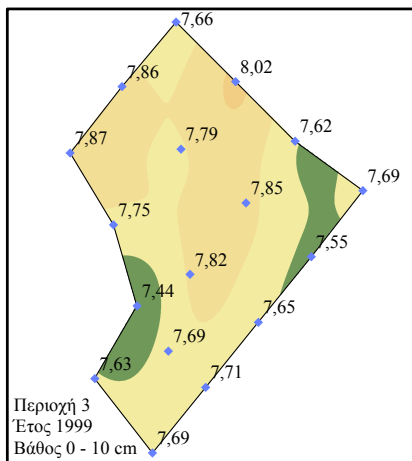
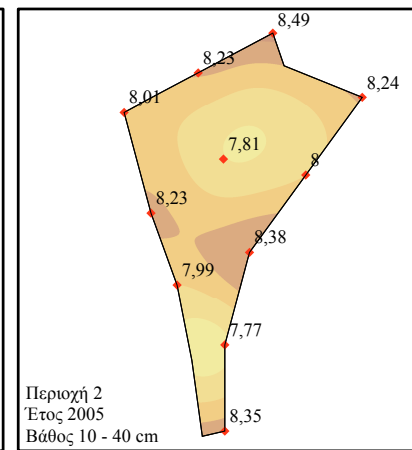
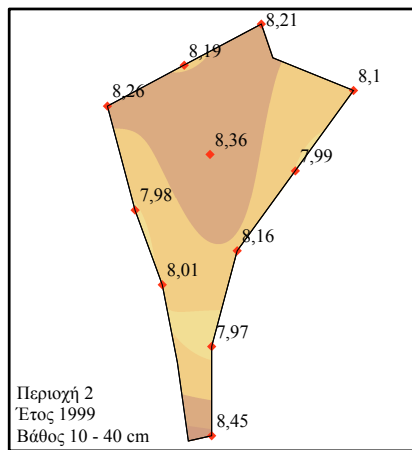
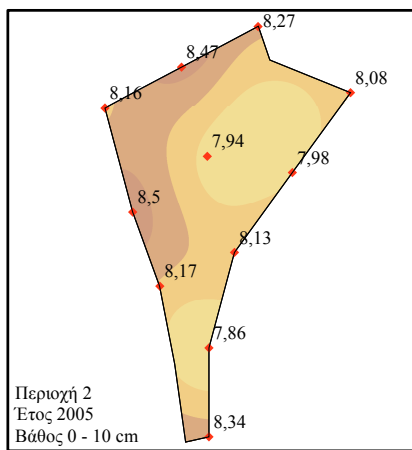
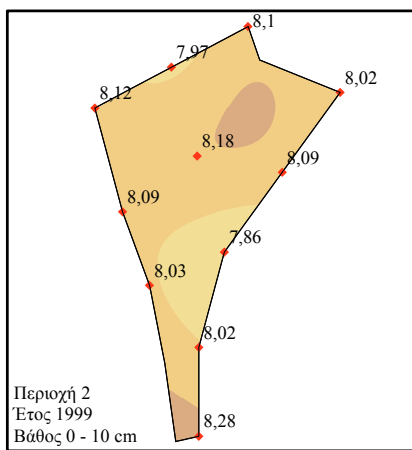
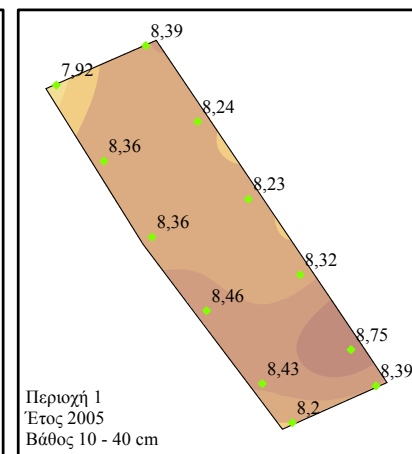
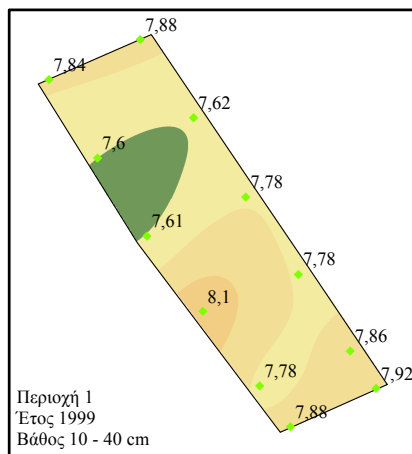
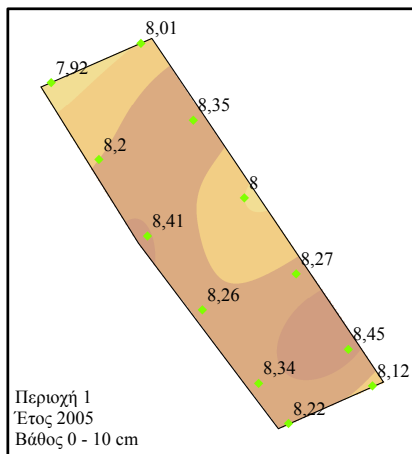
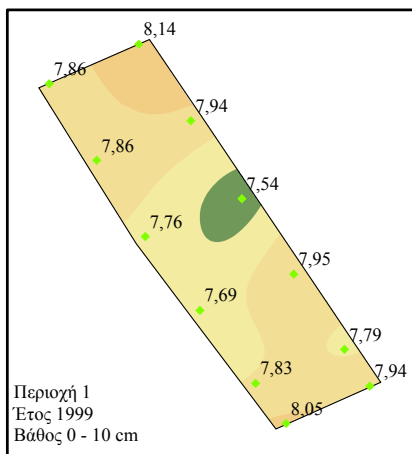
8,01 - 8,2
8,21 - 8,4
8,41 - 8,6
8,61 - 8,75

Ισχυρό Αλκαλικό



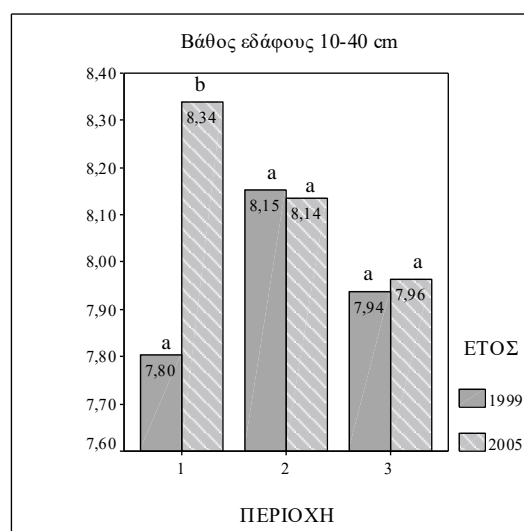
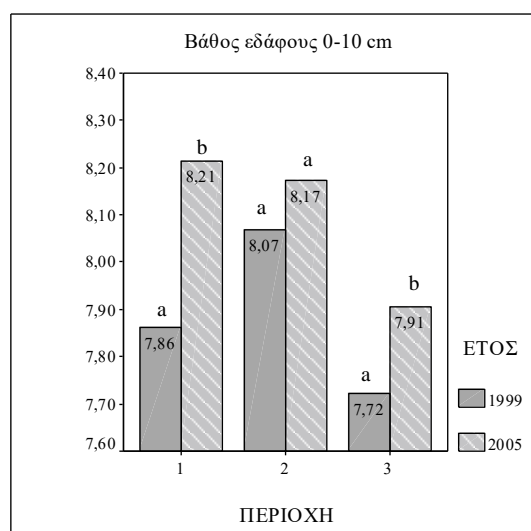
0 5 10 20 30 40

Μέτρα



Πίνακας 5.1.6.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο pH των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	0,87	1	0,87	33,99	<0,001
Περιοχή	1,43	2	0,71	27,77	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,19	2	0,09	3,6	0,032
Error	1,9	74	0,03		
Total	4,39	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	0,64	1	0,64	18,81	<0,001
Περιοχή	0,54	2	0,27	7,98	0,001
Έτος * Περιοχή	1,16	2	0,58	17,12	<0,001
Error	2,5	74	0,03		
Total	4,84	79			



Γραφήματα 5.1.6.1 & 5.1.6.2: Ραβδογράμματα του μέσου pH στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή ανά έτος δειγματοληψίας στα δύο βάθη. Οι συγκρίσεις των δύο ετών αφορούν την κάθε περιοχή ξεχωριστά (t-test $p < 0,05$).

Οι *Pastor και Hernández*, (2001) μελέτησαν τη συμπεριφορά του εδαφικού καλύμματος ανενεργού χώρου διάθεσης απορριμμάτων και συνέκριναν τις χημικές του ιδιότητες με παρακείμενων εδαφών με παρόμοια εδαφικά χαρακτηριστικά και βλάστηση. Διαπίστωσαν ότι οι τιμές του pH του εδαφικού καλύμματος ήταν σημαντικά υψηλότερες από των παρακείμενων που βρίσκονταν κάτω από κανονικές συνθήκες. Το φαινόμενο αποδόθηκε στα στραγγίσματα (λόγω της απουσίας οποιασδήποτε μορφής φραγμού πάνω από την στρώση των απορριμμάτων) τα οποία έχουν αλκαλική αντίδραση. Αντίθετα, οι *Chan et al.*, (1997) σε παρόμοιες μελέτες δεν διαπίστωσαν καμία σημαντική διαφορά στις τιμές του pH, παρόλο που και σε αυτήν την περίπτωση το ανώτερο εδαφικό στρώμα δεν διαχωριζόταν από την ζώνη των απορριμμάτων με φραγμό. Τέλος, σύμφωνα με τους *Trotter και Cooke*, (2005), καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε στις τιμές του pH μεταξύ τμημάτων του τελικού εδαφικού καλύμματος ΧΔΑ, όπου είχε αναπτυχθεί βλάστηση, και τμημάτων που παρέμειναν χέρσα.

5.1.7 Οργανική Ουσία

Οι τιμές της οργανικής ουσίας στα σημεία δειγματοληψίας ανά περιοχή, έτος και βάθος δίνονται στο θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.7. Σύμφωνα με τη χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines), εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των περιοχών μελέτης. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά ποσοστά περιεκτικότητας στον ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές της οργανικής ουσίας που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές της οργανικής ουσίας για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και για τις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,17 έως 2,14 %, από 0,22 έως 2,55 % και από 0,2 έως 5,56 %. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 0,17 έως 1,41 %, από 0,33 έως 2,81 % και από 0,3 έως 3,18 %. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών. Μεταξύ των δύο βαθών δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στις περιοχές (πίνακες 5.1.7.1 & 5.1.7.2, γραφήματα 5.1.7.1 & 5.1.7.2). Από τις μετρήσεις, οι τιμές της οργανικής ουσίας θεωρούνται χαμηλές ως μέτριες (Γιάσογλου, 1994b). Ο ευνοϊκός ρόλος της οργανικής ουσίας στη δομή του εδάφους, τη ρυθμιστική ικανότητά του, τη ρύθμιση της κυκλοφορίας του εδαφικού αέρα και ύδατος, καθώς και στη θρέψη των φυτών, είναι σημαντικά περιορισμένος από τις χαμηλές τιμές. Λόγω του χαμηλού ποσοστού οργανικής ουσίας, τα εδάφη έχουν μειωμένη ικανότητα συγκράτησης της υγρασίας, δεν είναι ανθεκτικά στη διάβρωση, καθώς επίσης είναι πιθανόν να παρατηρηθεί έκπλυση θρεπτικών στοιχείων (όπως N, P, S), με ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις στη θρέψη των φυτών (Jim, 1998). Από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών των δειγμάτων δίνονται στον πίνακα 5.1.7.1 στατιστικά στοιχεία για κάθε περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «οργανική ουσία» και για τα δύο βάθη, υπάρχει αλληλεπίδραση και επίδραση της περιοχής (πίνακας 5.1.7.2). Από τον πίνακα 5.1.7.2 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» και στα δύο βάθη συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της «οργανικής ουσίας».

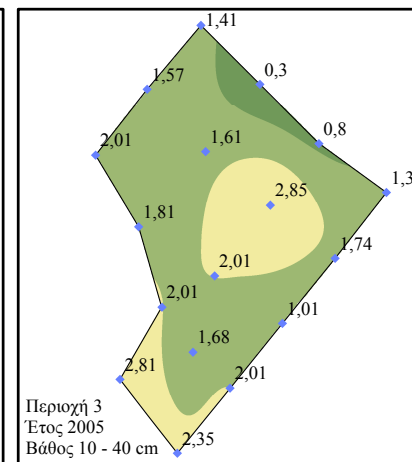
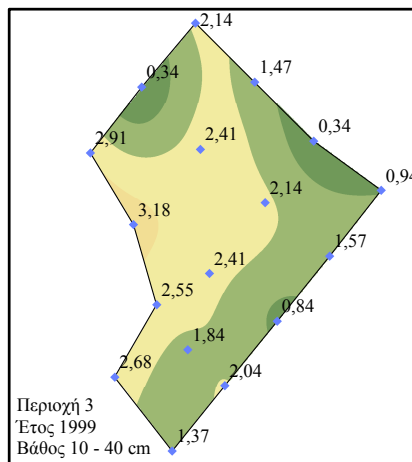
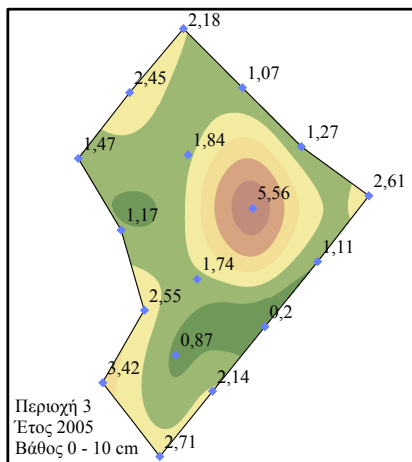
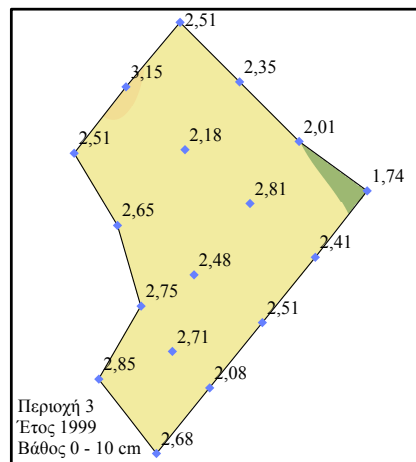
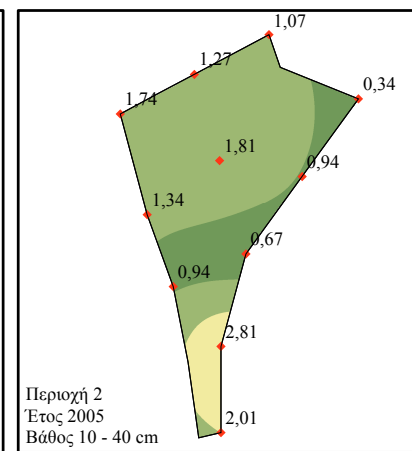
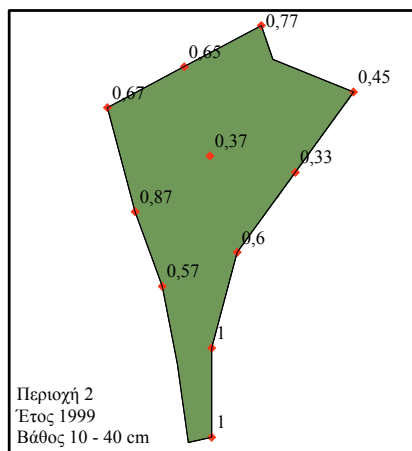
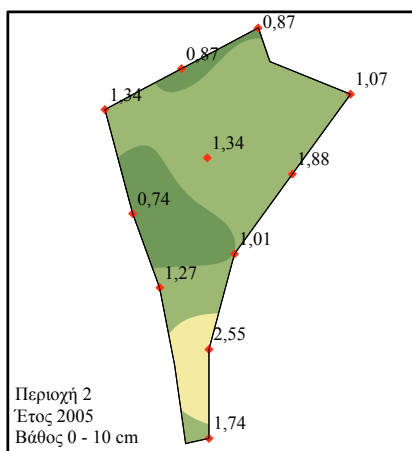
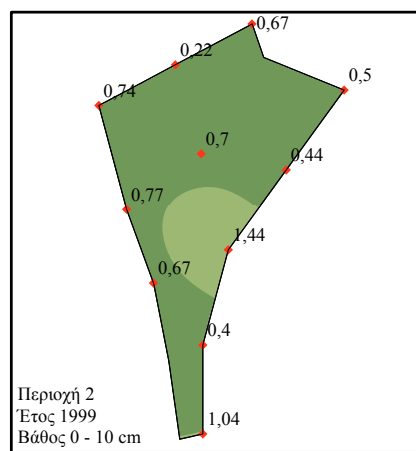
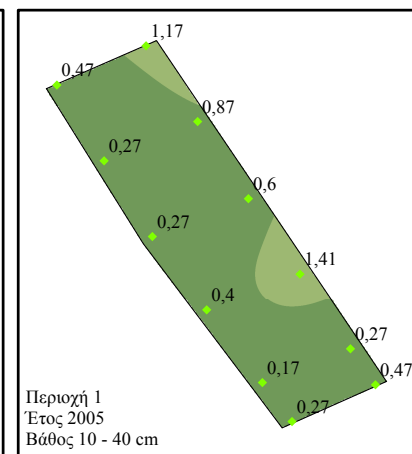
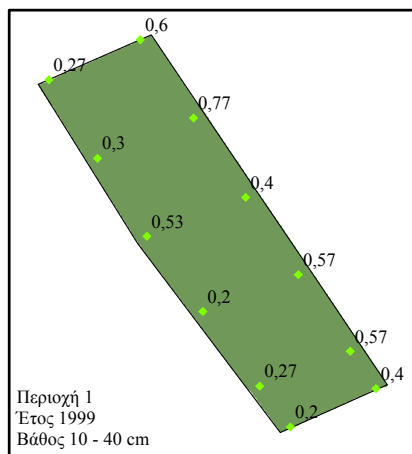
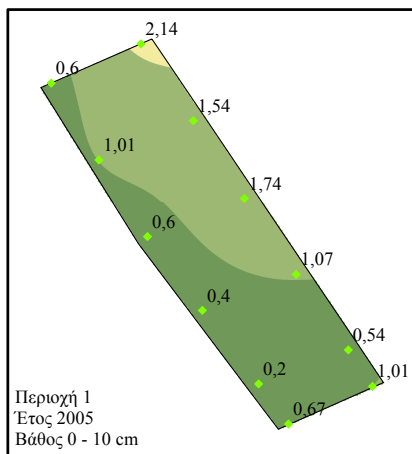
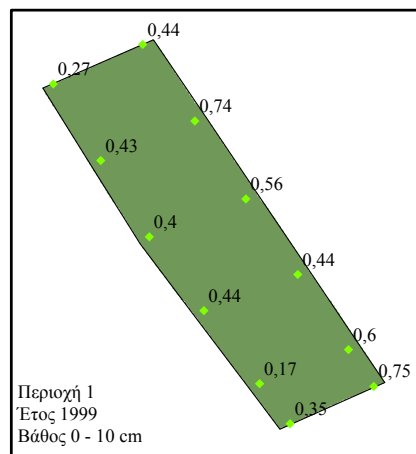
Από τους πίνακες και τα γραφήματα, το έτος δεν επιδρά στην οργανική ουσία, γιατί η Π3 που έχει τη μεγαλύτερη βαρύτητα δεν μεταβάλλεται σημαντικά. Ο παράγοντας «περιοχή» επιδρά στην οργανική λόγω αυξημένων τιμών της Π3. Η αλληλεπίδραση που υπάρχει οφείλεται στις διαφορετικές τάσεις της οργανικής στο χρόνο, όπου στις Π1 και Π2 αυξάνεται και στην Π3 μειώνεται. Αυτό συμβαίνει λόγω αύξησης της βιομάζας των αυτοφυών ποωδών φυτών στις Π1 και Π2, ενώ στην Π3 μειώνεται όπου η οργανική έχει και τη μεγαλύτερη τιμή. Η μεγαλύτερη αύξηση της οργανικής στο χρόνο που καταγράφεται στην Π2 οφείλεται στο χαμηλό ρυθμό αποδόμησής της από τους μικροοργανισμούς λόγω συνθηκών από την ύπαρξη βιοαερίου και την έλλειψη οξυγόνου στον αέρα του εδάφους.

Το εδαφικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στο τελικό κάλυμμα για την αποκατάσταση του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων στην Π3 προήλθε κυρίως από επιφανειακές εδαφικές



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.7 :
ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (%)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 0,27 Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
- 2,01
- 2,85
- Περίμετρος
- 0,17 - 1 Πολύ Χαμηλή
- 1,01 - 2 Χαμηλή
- 2,01 - 3 Μέση
- 3,01 - 4 Μέση
- 4,01 - 5 Υψηλή
- 5,01 - 5,56 Υψηλή



0 5 10 20 30 40
Μέτρα

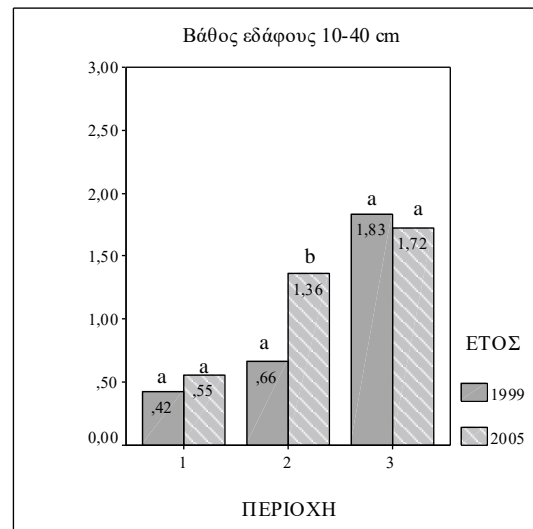
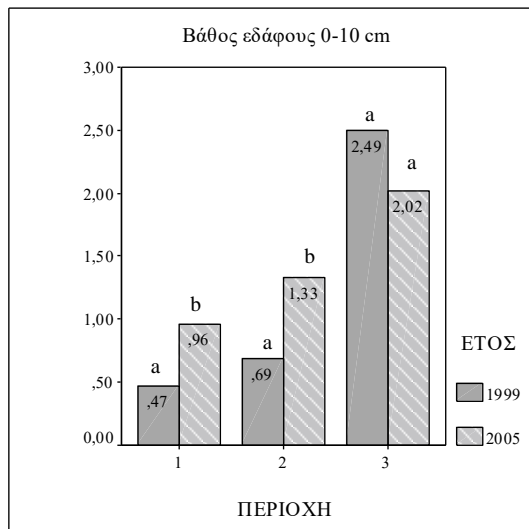
στρώσεις με μέτρια περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Αντίθετα, το εδαφικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στις Π1 και Π2 προήλθε κυρίως από εκσκαφές του μετρό της Αθήνας, δηλαδή από βαθύτερες εδαφικές στρώσεις με χαμηλό ποσοστό οργανικής.

Πίνακας 5.1.7.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για την οργανική ουσία στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (%)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	0,47	12	0,17	0,58	36,2	0,44
	2005	0,96	12	0,59	1,94	61,5	0,84
Περιοχή 2	1999	0,69	11	0,33	1,22	47,8	0,67
	2005	1,33	11	0,54	1,81	40,6	1,27
Περιοχή 3	1999	2,49	17	0,35	1,41	14,1	2,51
	2005	2,02	17	1,22	5,36	60,4	1,84
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	0,42	12	0,18	0,57	42,9	0,4
	2005	0,55	12	0,4	1,24	72,7	0,44
Περιοχή 2	1999	0,66	11	0,23	0,67	34,8	0,65
	2005	1,36	11	0,7	2,48	51,5	1,27
Περιοχή 3	1999	1,83	17	0,86	2,84	47	2,04
	2005	1,72	17	0,65	2,55	37,8	1,74

Πίνακας 5.1.7.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στην οργανική ουσία των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	0,96	1	0,96	2,09	0,153
Περιοχή	39,41	2	19,71	43,02	<0,001
Έτος * Περιοχή	5,32	2	2,66	5,81	0,005
Error	33,9	74	0,46		
Total	79,59	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	1,1	1	1,1	3,13	0,081
Περιοχή	24,32	2	12,16	34,48	<0,001
Έτος * Περιοχή	2,19	2	1,1	3,11	0,050
Error	26,09	74	0,35		
Total	53,7	79			



Γραφήματα 5.1.7.1 & 5.1.7.2: Ραβδογράμματα της μέσης οργανικής ουσίας στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή ανά έτος δειγματοληψίας στα δύο βάθη. Οι συγκρίσεις των δύο ετών αφορούν την κάθε περιοχή ξεχωριστά (t-test $p < 0,05$).

Η επίδραση της βλάστησης (αυτοφυούς και μη) που αναπτύχθηκε στις περιοχές μετά την αποκατάσταση το 1999 είναι προφανής. Στις Π1 και Π2, όπου οι τιμές της οργανικής ουσίας ήταν χαμηλές, η επίδραση της βλάστησης είχε θετικό ρόλο, αυξάνοντας σημαντικά το ποσοστό της. Στην Π3 λόγω της ύπαρξης οργανικής η βλάστηση δεν προκάλεσε σημαντικές μεταβολές. Η ποσότητα της οργανικής ουσίας που εναποτίθεται στις περιοχές προέρχεται κυρίως από την αυτοφυή ποώδη βλάστηση και τα φυτά που εγκαταστάθηκαν. Η συνεισφορά σε οργανική των φυτών που φυτεύτηκαν είναι μικρότερη, καθώς η θνησιμότητά τους είναι μεγάλη και η ανάπτυξη της κόμης τους μικρή.

Η συνολική ποσότητα της οργανικής ουσίας στο έδαφος καθώς και το μέρος του εδάφους όπου φθάνουν τα φυτικά υπολείμματα εξαρτάται άμεσα από τη βλάστηση. Στη δασική βλάστηση το μεγαλύτερο μέρος των φυτικών υπολειμμάτων συγκεντρώνεται στην επιφάνεια του εδάφους και ένα σχετικά μικρότερο μέρος μέσα στη μάζα του εδάφους με τις νεκρές ρίζες. Στη λιβαδική βλάστηση το μεγαλύτερο μέρος των φυτικών υπολειμμάτων παρατηρείται μέσα στο έδαφος και προέρχεται από τη μεγάλη ποσότητα των ριζών της ποώδους βλάστησης, που ανανεώνονται κάθε χρόνο (Παπαμίχος, 1996). Οι Bochet et al. (1999) μελέτησαν τη μεταβολή των εδαφικών παραμέτρων σε ημίξηρες περιοχές της νοτιοανατολικής Ισπανίας, κύριο χαρακτηριστικό των οποίων ήταν η σποραδική κάλυψη του εδάφους με τυπική μεσογειακή βλάστηση όπως, για παράδειγμα, οι θάμνοι *Rosmarinus Officinalis*, *Thymus vulgaris*, *Quercus coccifera* κ.ά. Παρατήρησαν ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία στα τμήματα των περιοχών που καλύπτονταν από βλάστηση ήταν έως και 4,8 φορές μεγαλύτερη από των γυμνών από βλάστηση.

5.1.8 Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ)

Στα σημεία δειγματοληψίας οι τιμές της ΙΑΚ ανά περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος δίνονται στον θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.8. Με χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines) εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των περιοχών μελέτης. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης στον ανωτέρω χάρτη. Από



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

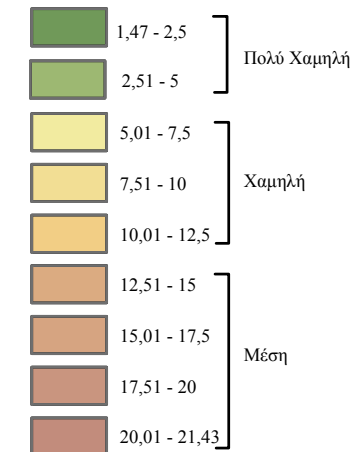
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.8 :
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ
ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ (meq/100gr)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

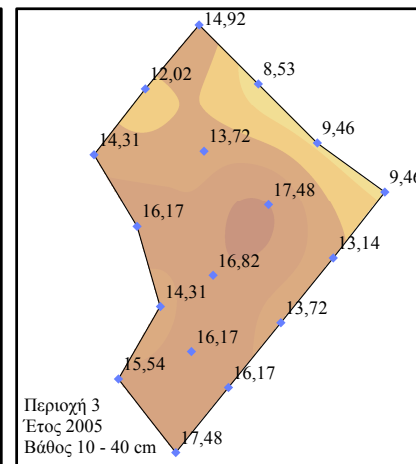
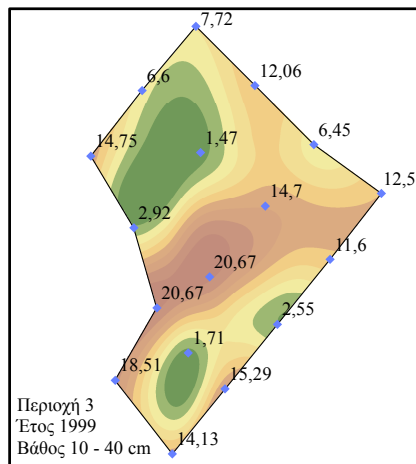
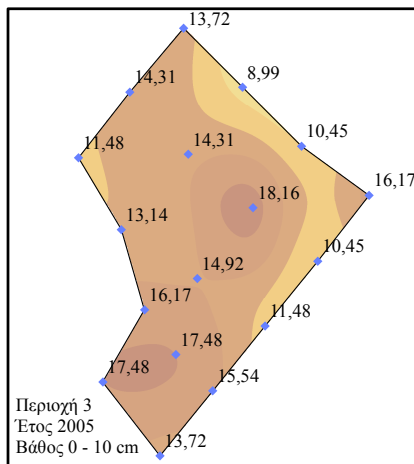
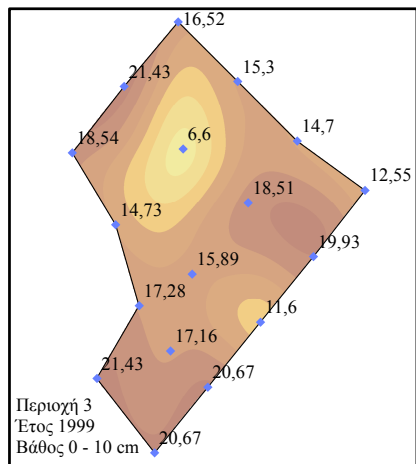
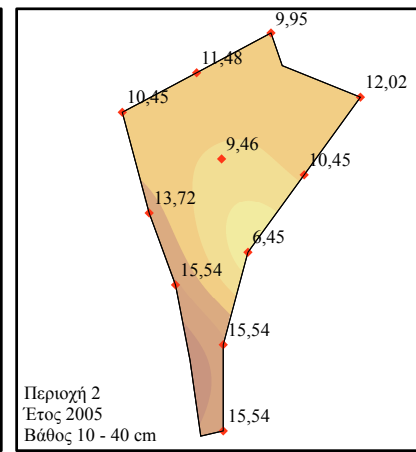
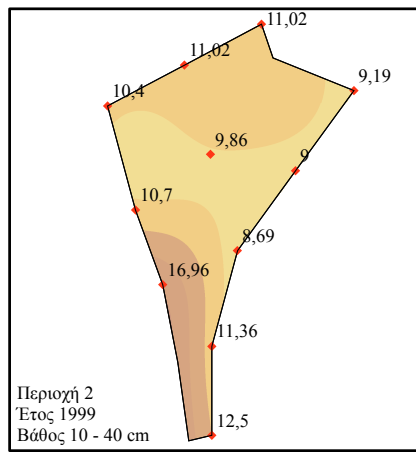
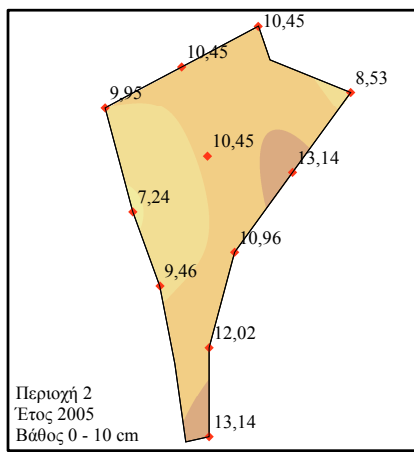
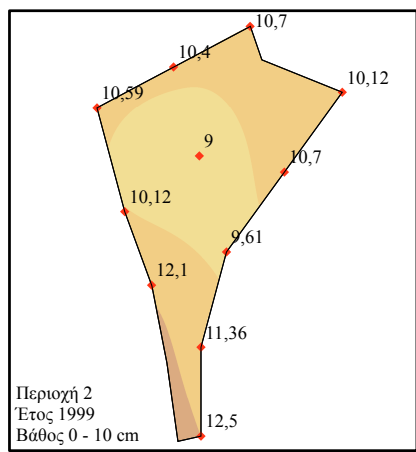
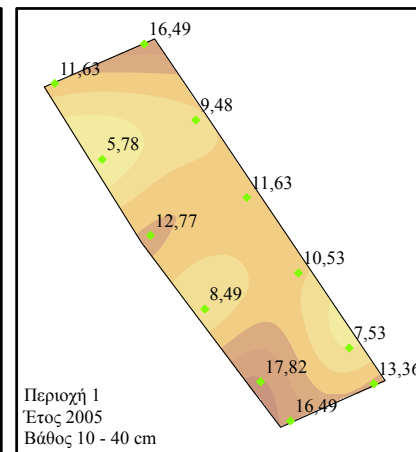
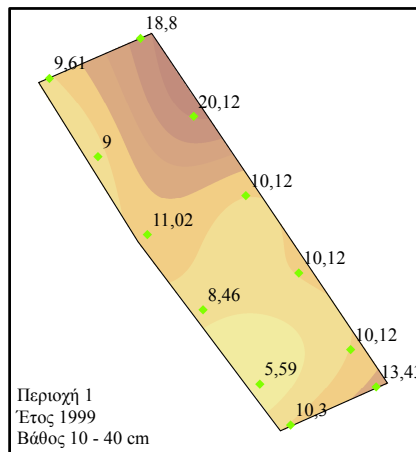
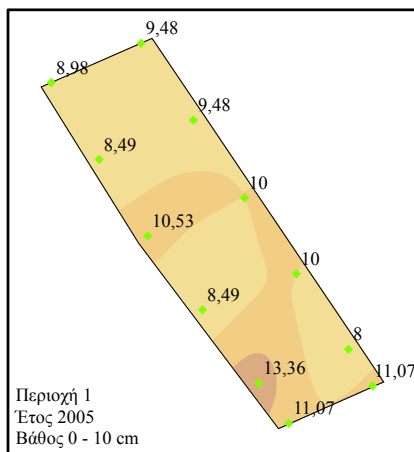
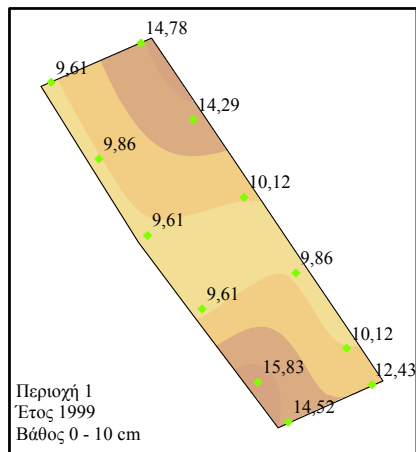
◆ 5,78
◆ 13,72
◆ 16,82

Σημεία Δειγματοληψίας -
Τιμές Μέτρησης

□ Περίμετρος



Μέτρα
0 5 10 20 30 40



τις εκτιμηθείσες τιμές της ΙΑΚ που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές της ΙΑΚ για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και για τις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 8 έως 15,83 meq/100gr, από 7,24 έως 13,14 meq/100gr και από 6,6 έως 21,43 meq/100gr. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών και των ετών δειγματοληψίας. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές αντίστοιχα ήταν από 5,59 έως 20,12 meq/100gr, από 6,45 έως 16,96 meq/100gr και από 1,47 έως 20,67 meq/100gr. Δεν υπήρχε σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών και των ετών. Μεταξύ των δύο βαθών δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά (πίνακες 5.1.8.1 & 5.1.8.2, γραφήματα 5.1.8.1-5.1.8.4). Από τις μετρήσεις η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων χαρακτηρίζεται χαμηλή ως μέση. Γεγονός που καθιστά τα εδάφη αυτά μειωμένης γονιμότητας και με χαμηλή δυνατότητα συγκράτησης των θρεπτικών στοιχείων.

Από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών των δειγμάτων δίνονται στον πίνακα 5.1.8.1 στατιστικά στοιχεία για κάθε περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.

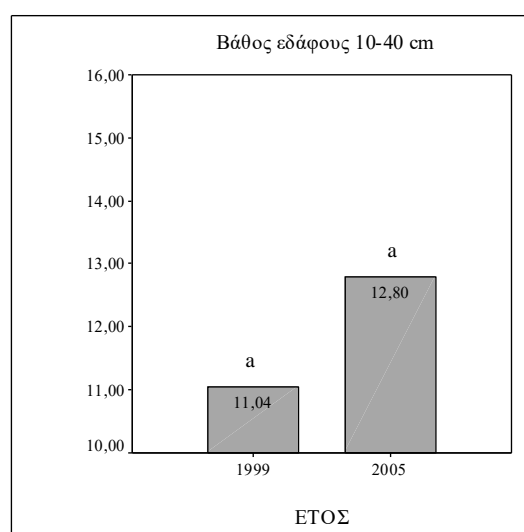
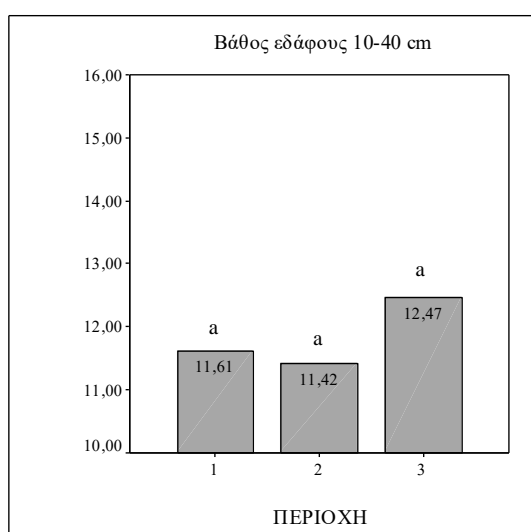
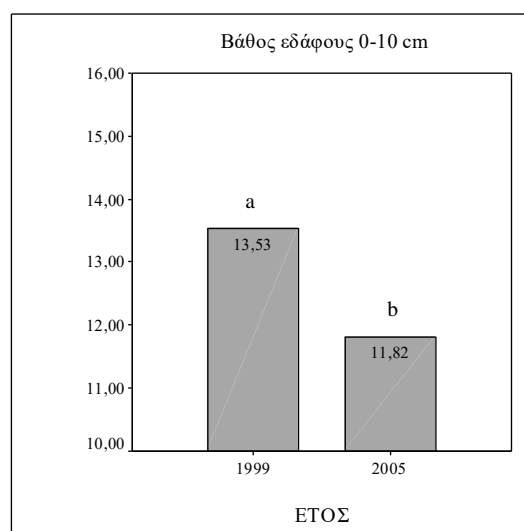
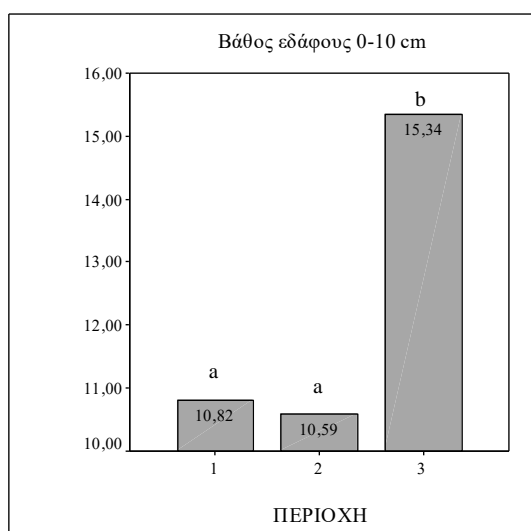
Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων», υπάρχει επίδραση της περιοχής και του έτους μόνο στο επιφανειακό βάθος (πίνακας 5.1.8.2). Από τον πίνακα 5.1.8.2 παρατηρείται ακόμη ότι στο βάθος 0-10 cm παράγοντας «περιοχή» συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της «ΙΑΚ».

Πίνακας 5.1.8.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων στις περιοχές και τα έτη μελέτης για τα δύο βάθη.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (meq/100gr)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	11,72	12	2,46	6,22	21	10,12
	2005	9,91	12	1,47	5,35	14,9	9,74
Περιοχή 2	1999	10,66	11	1,02	3,5	9,6	10,59
	2005	10,53	11	1,8	5,9	17,1	10,45
Περιοχή 3	1999	16,68	17	3,95	14,83	23,7	17,16
	2005	14	17	2,72	9,17	19,4	14,31
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	11,39	12	4,19	14,54	36,7	10,12
	2005	11,83	12	3,77	12,04	31,8	11,63
Περιοχή 2	1999	10,97	11	2,29	8,27	20,8	10,7
	2005	11,87	11	2,95	9,09	24,8	11,48
Περιοχή 3	1999	10,84	17	6,46	19,2	59,6	12,06
	2005	14,09	17	2,8	8,95	19,9	14,31

Πίνακας 5.1.8.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	45,64	1	45,64	6,74	0,011
Περιοχή	419,7	2	209,85	30,97	<0,001
Έτος * Περιοχή	21,77	2	10,88	1,61	0,208
Error	501,38	74	6,78		
Total	988,49	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	45,08	1	45,08	2,6	0,111
Περιοχή	17,83	2	8,92	0,52	0,6
Έτος * Περιοχή	33,16	2	16,58	0,96	0,388
Error	1280,95	74	17,31		
Total	1377,02	79			



Γραφήματα 5.1.8.1-5.1.8.4: Ραβδογράμματα της μέσης ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος (συγκρίσεις σύμφωνα με test Bonferroni $p < 0,05$ και anova).

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης δεν υφίσταται αλληλεπίδραση, για τον παράγοντα «περιοχή» με το test του Bonferroni προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων ποιες περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.8.1-5.1.8.4).

Από τους πίνακες και τα γραφήματα η «περιοχή» επιδρά στην μεταβλητή στο βάθος 0-10 cm, λόγω μεγαλύτερης τιμής της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων στην Π3. Αυτό οφείλεται στις μεγαλύτερες τιμές σε οργανική ουσία και άργιλο που έχει η Π3, καθώς η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων εξαρτάται από την περιεκτικότητά τους στο έδαφος. Το «έτος» για το ίδιο βάθος εδάφους επιδρά στη μεταβλητή από τις μειώσεις των τιμών της που συμβαίνει στις Π1 και Π3. Στην Π3 οφείλεται στη μείωση της οργανικής ουσίας που παρατηρείται. Στις Π1 και Π2 δεν καταγράφονται σημαντικές διαφοροποιήσεις στα έτη παρότι υπάρχει αύξηση της οργανικής ουσίας, γιατί η οργανική βρίσκεται στα πρώιμα στάδια της αποδόμησης και δεν συνεισφέρει στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

Επισημαίνεται ότι, σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, δεν βρέθηκε εργασία που να αναφέρεται σε τιμές της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων στο τελικό εδαφικό κάλυμμα αποκατάστασης χώρων διάθεσης απορριμμάτων.

5.1.9 Ολικό Άζωτο

Από τις αναλύσεις των δειγμάτων εδάφους οι τιμές του ολικού αζώτου ανά περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος δίνονται στον θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.9. Σύμφωνα με τη χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines) εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των περιοχών μελέτης. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά ποσοστά περιεκτικότητας στον ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές του ολικού αζώτου που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές του ολικού αζώτου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και για τις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,02 έως 0,06 %, από 0,03 έως 0,16 % και από 0,05 έως 0,44 %. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 0,01 έως 0,05 %, από 0,03 έως 0,25 % και από 0,03 έως 0,22 %. Υπήρχε σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών και των ετών. Μεταξύ των δύο βαθών παρατηρείται σημαντική διαφορά (πίνακες 5.1.9.1 & 5.1.9.2, γραφήματα 5.1.9.1-5.1.9.3). Από τις τιμές του ολικού αζώτου τα εδάφη χαρακτηρίζονται φτωχά σε άζωτο (<0,2%). Η παρατηρούμενη έλλειψη του αζώτου οφείλεται κυρίως στα χαμηλά ποσοστά της οργανικής ουσίας, αλλά και στο αλκαλικό περιβάλλον και στην παρουσία ελεύθερων ανθρακικών που προκαλεί τη δημιουργία πτητικών ενώσεων (αέρια NH₃, υποξείδια N₂ και στοιχειακό N₂) οι οποίες διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα. Οφείλεται επίσης στη μικρή ικανότητα των εδαφών να συγκρατούν την υγρασία με αποτέλεσμα την έκπλυση των νιτρικών σε κατώτερα στρώματα.

Από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών των δειγμάτων δίνονται στον πίνακα 5.1.9.1 περιγραφικά στοιχεία για κάθε περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «ολικό άζωτο», υπάρχει επίδραση της περιοχής στο επιφανειακό βάθος και όλων στο βάθος 10-40 cm (πίνακας 5.1.9.2). Από τον πίνακα 5.1.9.2 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» στο βάθος 10-40 cm συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «ολικού αζώτου».

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης δεν υφίσταται αλληλεπίδραση στο επιφανειακό βάθος, για τον παράγοντα «περιοχή», με το test του Bonferroni προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές του ολικού αζώτου ποιες περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στα ραβδογράμματα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.9.1 & 5.1.9.2).

Από τους πίνακες και τα γραφήματα η «περιοχή» επιδρά στην μεταβλητή στο βάθος 0-10 cm λόγω μεγαλύτερης τιμής του ολικού αζώτου στην Π3. Αυτό πιθανόν οφείλεται στη μεγαλύτερη τιμή σε οργανική ουσία που έχει η Π3, καθώς το εδαφικό άζωτο συνδέεται άμεσα με τη μηχανική σύσταση του εδάφους και την οργανική ουσία (το άμεσα διαθέσιμο στα φυτά άζωτο προέρχεται από την οργανική ουσία, από την οποία λαμβάνεται με την ορυκτοποίηση) (Tisdale et al., 1993). Στο βάθος 10-40 cm το έτος επιδρά λόγω της πολύ μικρής διακύμανσης των τιμών του ολικού αζώτου σε σχέση με την οργανική ουσία. Η περιοχή επιδρά για τους ίδιους λόγους, που αναφέρθηκαν παραπάνω, και η αλληλεπίδραση λόγω του ότι δεν υπάρχει μόνο μία τάση (μείωση ή αύξηση). Ακόμη, η λίπανση που εφαρμόστηκε στη ρίζα των φυτών που φυτεύτηκαν προφανώς δεν ήταν ικανή να καλύψει τις ανάγκες τους σε άζωτο, αφού οι τιμές του παραμένουν χαμηλές κάτω από το όριο επάρκειας.

Πίνακας 5.1.9.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το ολικό άζωτο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (%)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	0,04	12	0,01	0,03	20	0,04
	2005	0,04	12	0,01	0,04	25	0,04
Περιοχή 2	1999	0,05	11	0,02	0,06	30	0,05
	2005	0,09	11	0,03	0,1	34,4	0,09
Περιοχή 3	1999	0,15	17	0,02	0,06	12	0,15
	2005	0,14	17	0,09	0,39	65,7	0,12
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	0,04	12	0,01	0,02	15	0,04
	2005	0,03	12	0,01	0,04	33,3	0,03
Περιοχή 2	1999	0,05	11	0,02	0,06	32	0,05
	2005	0,12	11	0,06	0,21	52,5	0,1
Περιοχή 3	1999	0,11	17	0,05	0,15	42,7	0,1
	2005	0,13	17	0,04	0,18	33,1	0,13



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

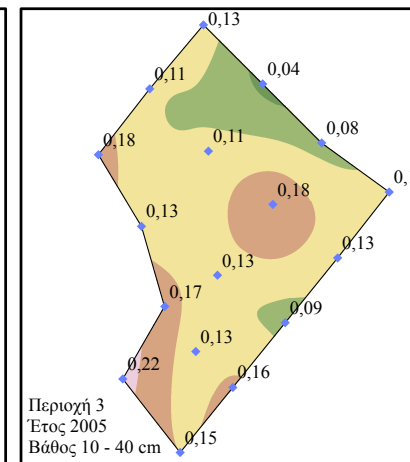
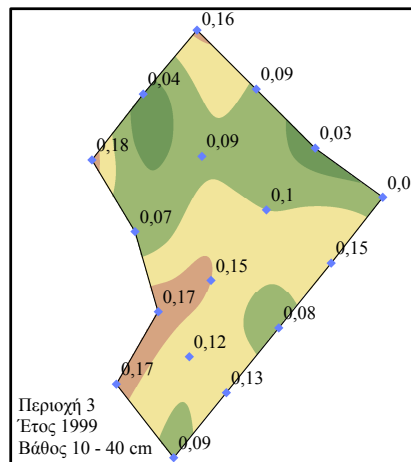
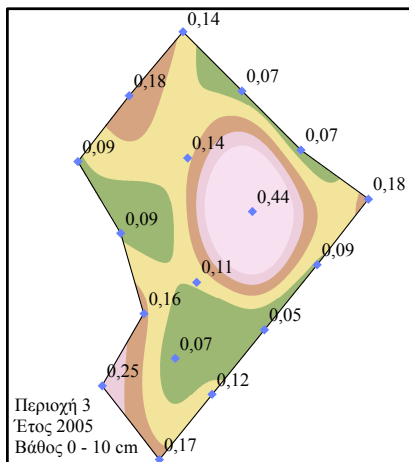
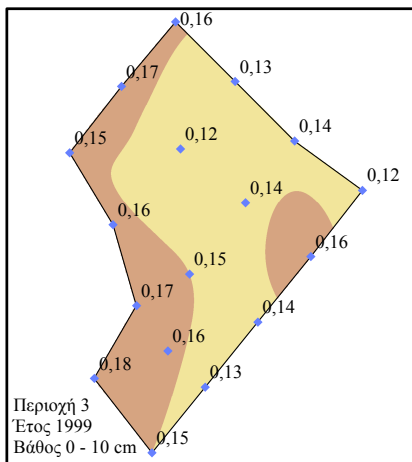
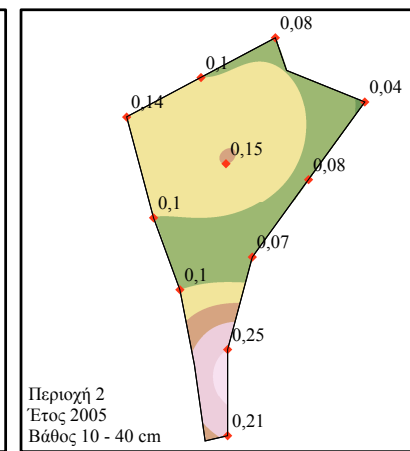
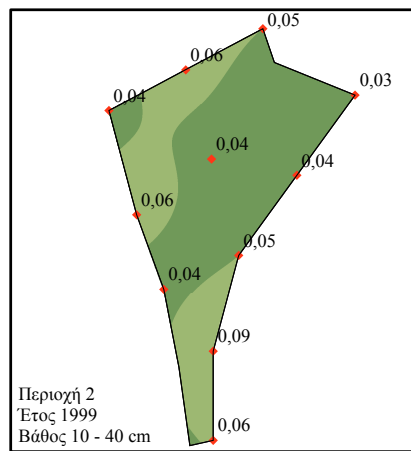
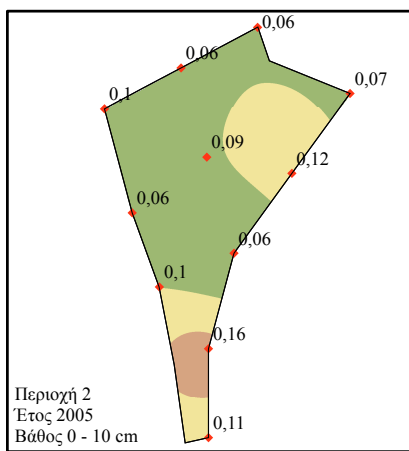
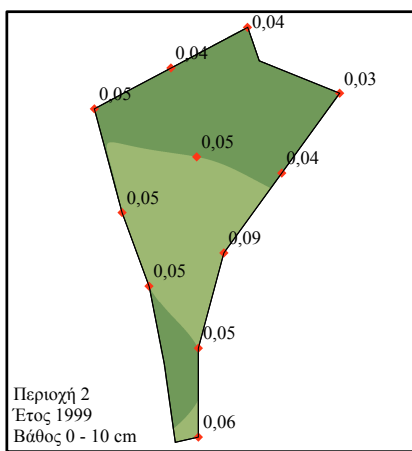
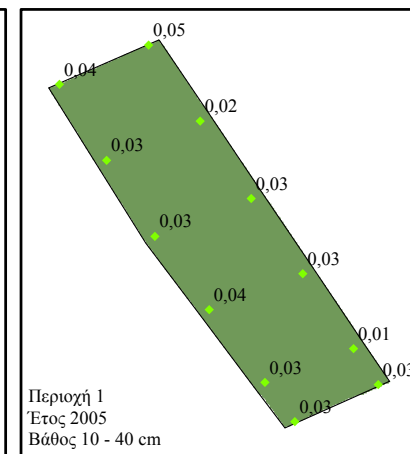
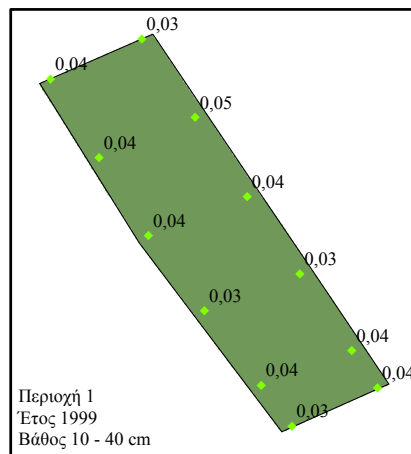
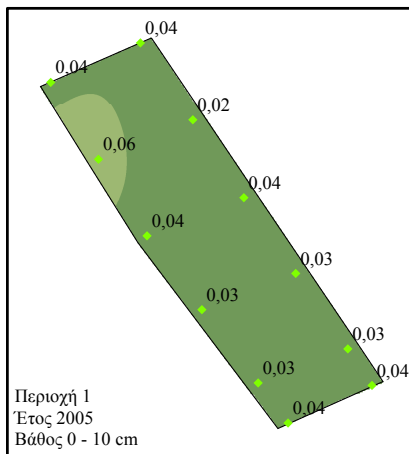
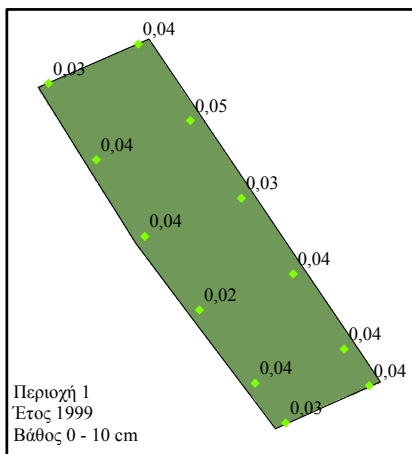
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.9 :
ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ (%)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ◆ 0,04 Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
- ◆ 0,15
- ◆ 0,22
- Περίμετρος
- 0,01 - 0,05 } Έδαφος Φτωχό
- 0,05 - 0,1
- 0,11 - 0,15 } Έδαφος Μέτρια Εφοδιασμένο
- 0,16 - 0,2
- 0,21 - 0,25 } Έδαφος Επαρκώς Εφοδιασμένο
- 0,26 - 0,44

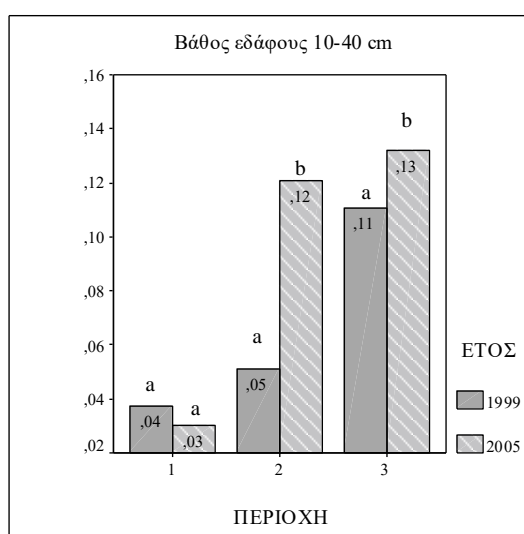
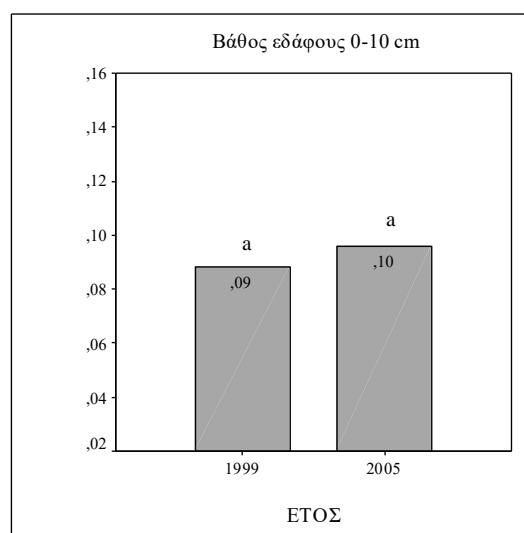
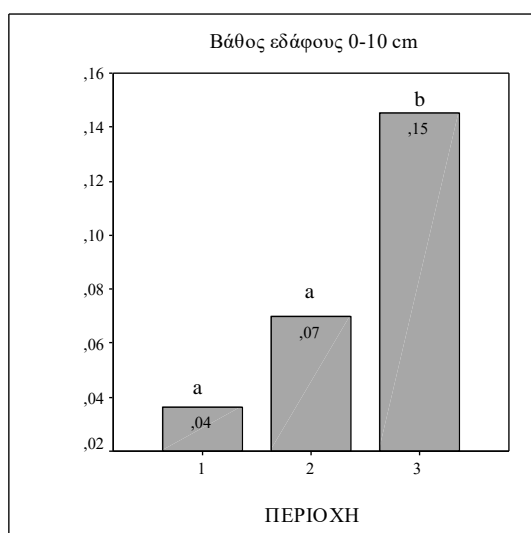


Μέτρα
0 5 10 20 30 40



Πίνακας 5.1.9.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο ολικό άζωτο των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	0,002	1	0,002	1,06	0,307
Περιοχή	0,182	2	0,091	43,82	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,008	2	0,004	1,9	0,156
Error	0,154	74	0,002		
Total	0,346	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	0,015	1	0,015	10,27	0,002
Περιοχή	0,108	2	0,054	36,69	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,017	2	0,008	5,9	0,004
Error	0,109	74	0,001		
Total	0,249	79			



Γραφήματα 5.1.9.1-5.1.9.3: Ραβδογράμματα του μέσου ολικού αζώτου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος ανά βάθος (test Bonferroni $p < 0,05$, anova). Στο βάθος 10-40 cm οι συγκρίσεις αφορούν την κάθε περιοχή ξεχωριστά (t-test $p < 0,05$).

Οι *Chan et al.*, (1997) ανέλυσαν τις εδαφικές παραμέτρους του τελικού εδαφικού καλύμματος δυο ανενεργών ΧΔΑ καθώς και του επιφανειακού εδάφους τριών περιοχών με παρόμοια χαρακτηριστικά, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως εδάφη αναφοράς. Όλες οι περιοχές είχαν εγκαταλειφθεί για τρία χρόνια, όπου με την πάροδο του χρόνου επήλθε φυσική αναβλάστηση. Ακολουθώντας, μελέτησαν την εξέλιξη και συμπεριφορά του τελικού εδαφικού καλύμματος των δυο ΧΔΑ συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με εκείνα των εδαφών αναφοράς. Μεταξύ άλλων, παρατήρησαν ότι οι τιμές του ολικού αζώτου των εδαφών που αποτελούσαν το τελικό κάλυμμα των δυο ΧΔΑ ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες από των εδαφών αναφοράς, παρόλο που οι τιμές της οργανικής ουσίας στα εδάφη όλων των υπό εξέταση περιοχών δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά. Στην εργασία αυτή, οι αυξημένες τιμές του ολικού N (καθώς και του $\text{NH}_4\text{-N}$) που παρατηρήθηκαν εξηγούνται με την ανοδική κίνηση των εκχυλισμάτων από την ζώνη των απορριμμάτων στο επιφανειακό στρώμα, τα οποία έχει διαπιστωθεί ότι περιέχουν αυξημένες ποσότητες αζώτου (*Robinson, 1991*). Σημειώνεται ότι η παρουσία εκχυλισμάτων στο εδαφικό κάλυμμα σε ένα επιθυμητό επίπεδο μπορεί να αποβεί ευεργετική για τα φυτά, ιδιαίτερα για εκείνα που αναπτύσσονται σε ξηρικές συνθήκες (*Ettala, 1987· Gordon et al., 1989· Cureton et al., 1991*).

5.1.10 Αφομοιώσιμος Φώσφορος

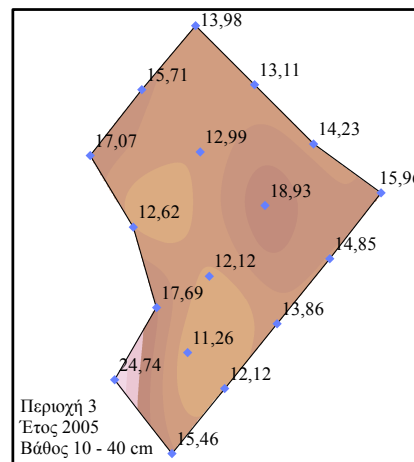
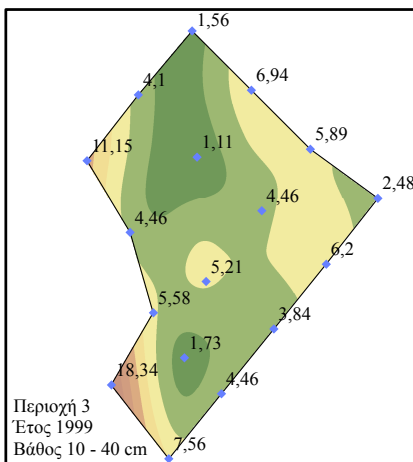
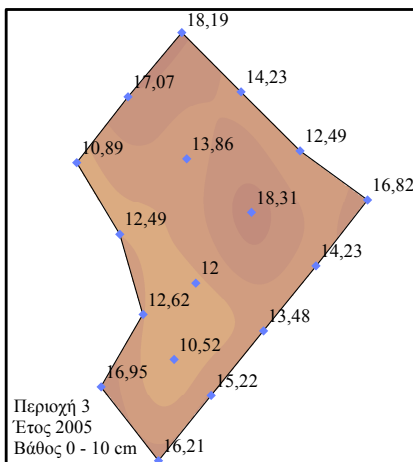
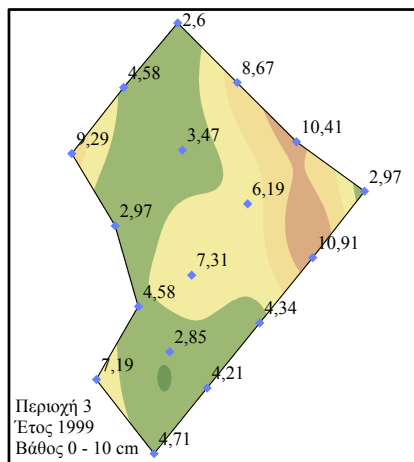
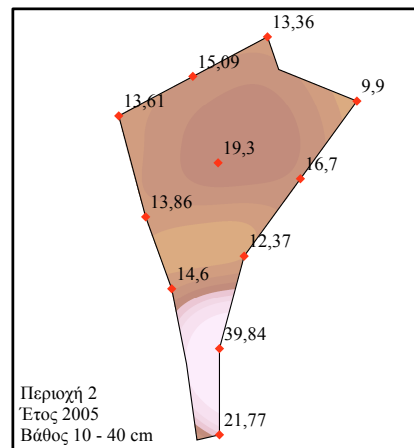
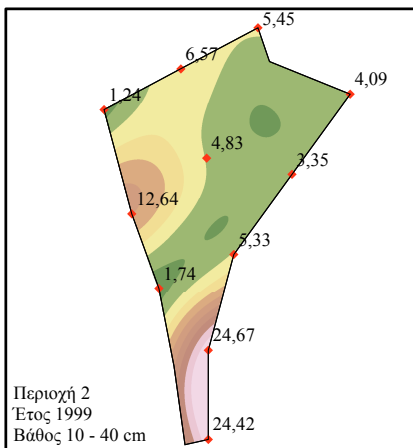
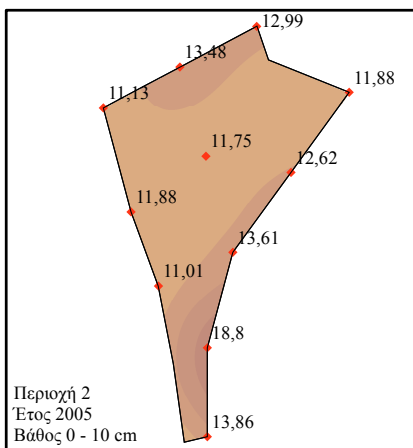
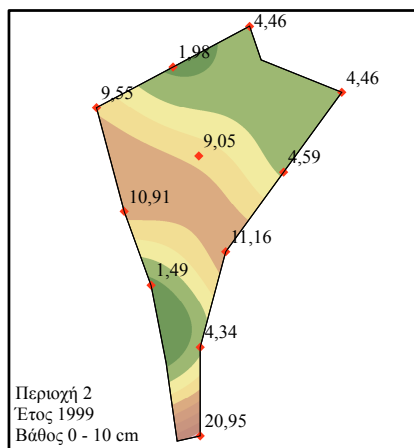
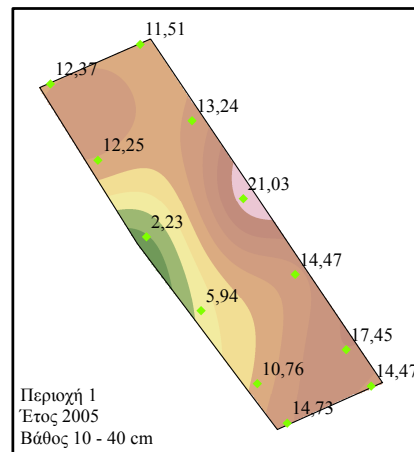
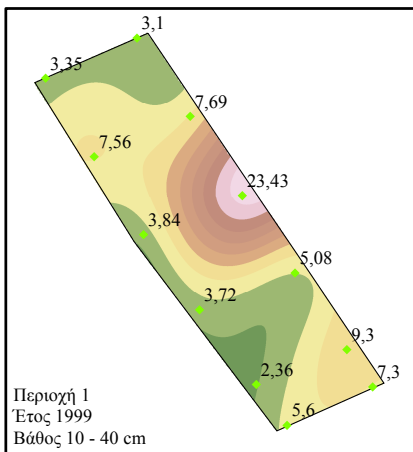
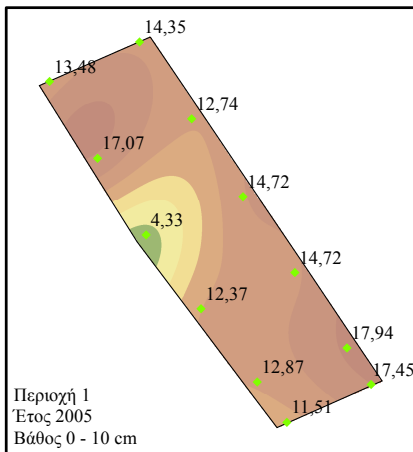
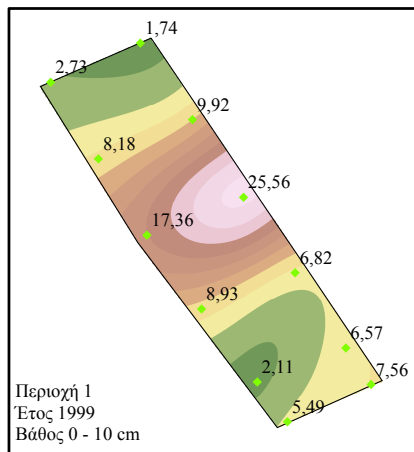
Στα σημεία δειγματοληψίας οι τιμές του αφομοιώσιμου φωσφόρου ανά περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος δίνονται στον θεματικό χάρτη εκτίμησης 5.1.10, στον οποίο εκτιμήθηκαν με χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines) οι τιμές της παραμέτρου στις περιοχές από τα σημεία που έγινε δειγματοληψία. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης του P. Ακόμη, από την εκτίμηση σε κάθε σημείο των περιοχών, δόθηκαν τιμές του αφομοιώσιμου εδαφικού φωσφόρου στις θέσεις που φυτεύτηκε το κάθε φυτό και στο σημείο δειγματοληψίας που μετρήθηκαν μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών.

Οι τιμές του αφομοιώσιμου φωσφόρου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και για τις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 1,74 έως 25,56 ppm, από 1,49 έως 20,95 ppm και από 2,6 έως 18,31 ppm. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των ετών. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 2,23 έως 23,43 ppm, από 1,24 έως 39,84 ppm και από 1,11 έως 24,74 ppm. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών. Παρατηρείται αύξηση των τιμών με το βάθος (πίνακες 5.1.10.1 & 5.1.10.2, γραφήματα 5.1.10.1-5.1.10.4). Σύμφωνα με τις τιμές, οι οποίες βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα από τα 10 ppm που είναι το όριο επάρκειας σε φώσφορο (*Γιάσογλου, 1994b*), τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως «επαρκώς εφοδιασμένα» σε αφομοιώσιμο φώσφορο. Η έντονη παρουσία του ανθρακικού ασβεστίου και το υψηλό pH που παρατηρείται στα εδάφη των περιοχών είναι παράγοντες που προάγουν τη μείωση της διαθεσιμότητας του φωσφόρου με αποτέλεσμα να καθίσταται μη αφομοιώσιμος για τα φυτά. Ως εκ τούτου, οι τιμές του αφομοιώσιμου φωσφόρου θα αναμενόταν να είναι χαμηλές. Οι παρατηρούμενες υψηλές τιμές του αφομοιώσιμου φωσφόρου οφείλονται προφανώς και στην εφαρμογή λιπάνσεων στις ρίζες των φυτών, οι οποίες προβλέπονταν από το σχέδιο αποκατάστασης, όπως αναφέρεται παραπάνω.



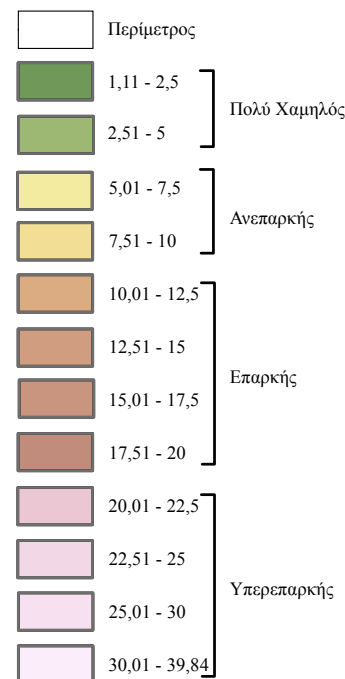
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.10 :
ΑΦΟΜΟΙΩΣΙΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ
(ppm) ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ
ΔΗΨΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΟΙ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ◆ 5,94
 - ◆ 19,3
 - ◆ 24,74
- Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις



0 5 10 20 30 40 Μέτρα



Από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών των δειγμάτων δίνονται στον πίνακα 5.1.10.1 περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για κάθε περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.

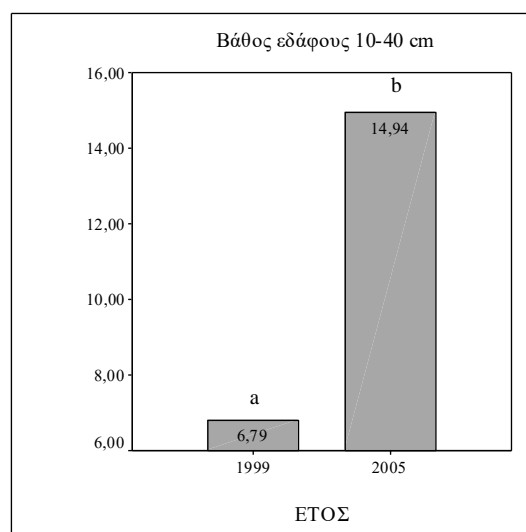
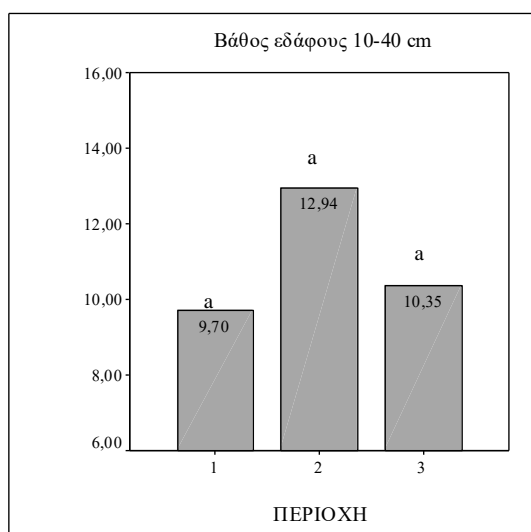
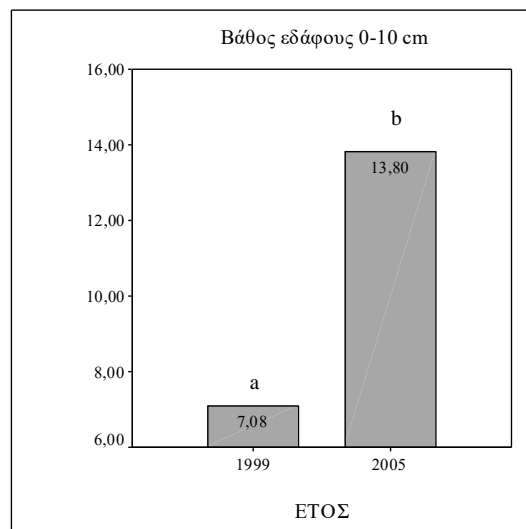
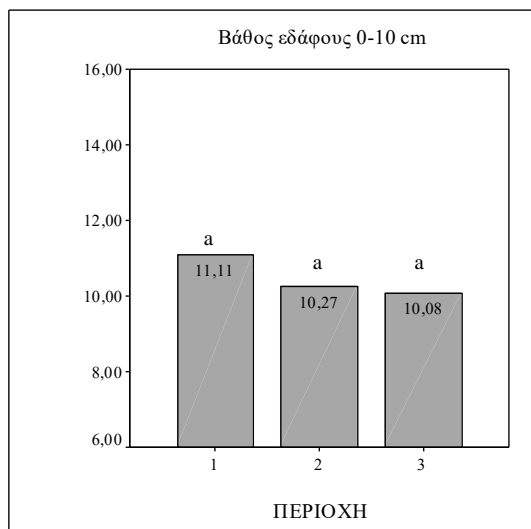
Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «αφομοιώσιμος φώσφορος, υπάρχει επίδραση μόνο του έτους και στα δύο βάθη για τους λόγους που αναφέρθηκαν (πίνακας 5.1.10.2).

Πίνακας 5.1.10.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για τον αφομοιώσιμο φώσφορο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (ppm)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	8,58	12	6,8	23,82	79,3	7,19
	2005	13,63	12	3,59	13,61	26,3	13,92
Περιοχή 2	1999	7,54	11	5,62	19,46	74,5	4,59
	2005	13	11	2,16	7,79	16,6	12,62
Περιοχή 3	1999	5,72	17	2,75	8,31	48,1	4,58
	2005	14,45	17	2,47	7,79	17,1	14,23
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	6,86	12	5,66	21,07	82,5	5,34
	2005	12,54	12	4,89	18,8	39	12,8
Περιοχή 2	1999	8,58	11	8,44	23,43	98,4	5,33
	2005	17,31	11	8,15	29,94	47,1	14,6
Περιοχή 3	1999	5,59	17	4,11	17,23	73,5	4,46
	2005	15,1	17	3,26	13,48	21,6	14,23

Πίνακας 5.1.10.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στον αφομοιώσιμο φώσφορο των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	793,67	1	793,67	47,68	<0,001
Περιοχή	15,59	2	7,79	0,47	0,628
Έτος * Περιοχή	59,63	2	29,82	1,79	0,174
Error	1231,77	74	16,65		
Total	2100,66	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	1227,13	1	1227,13	37,33	<0,001
Περιοχή	136,69	2	68,34	2,08	0,132
Έτος * Περιοχή	54,26	2	27,13	0,83	0,442
Error	2432,77	74	32,88		
Total	3850,85	79			



Γραφήματα 5.1.10.1-5.1.10.4: Ραβδογράμματα του μέσου αφομοιώσιμου φωσφόρου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος (συγκρίσεις σύμφωνα με απονα).

Από τους πίνακες και τα γραφήματα το «έτος» επιδρά στην μεταβλητή και στα δύο βάθη με την αύξηση των τιμών το 2005. Η αύξηση της συγκέντρωσης του P στο τελικό εδαφικό κάλυμμα, πάνω από το όριο επάρκειας, οφείλεται κυρίως στους εξής λόγους: α) στην εφαρμογή λίπανσης (τα λιπάσματα που εφαρμόστηκαν τα χρόνια μεταξύ των δύο δειγματοληψιών φαίνεται ότι κάλυψαν τις ανάγκες των φυτών σε P και ταυτόχρονα αύξησαν τη συγκέντρωση του διαθέσιμου P στο έδαφος) και β) στις κατά τόπους παρατηρούμενες αναερόβιες εδαφικές συνθήκες, οι οποίες προκαλούν κινητοποίηση και διαλυτοποίηση ενώσεων που δεσμεύουν τον P όπως ασβέστιο, οξείδια του σιδήρου και οξείδια του αργιλίου (Rowell, 1981).

Οι Duell et al., (1986) μελέτησαν τα χαρακτηριστικά του τελικού εδαφικού καλύμματος σε χώρους απόθεσης απορριμμάτων στο New Jersey των ΗΠΑ. Σε όλες τις περιπτώσεις παρατήρησαν ότι με την πάροδο του χρόνου δημιουργήθηκαν στο εδαφικό προφίλ δυο ζώνες, μια κατώτερη αναερόβια ζώνη και μια επιφανειακή αερόβια, οι οποίες διαχωρίζονταν από μια χαρακτηριστική σκούρα καφέ-κόκκινη ζώνη συσσώρευσης των οξειδίων του σιδήρου. Μελετώντας τις εδαφικές

παραμέτρους στις δυο ζώνες, παρατήρησαν μεταξύ άλλων ότι η συγκέντρωση του P στην αναερόβια ζώνη ήταν τρεις φορές μεγαλύτερη απ' ό,τι στην αερόβια ζώνη.

5.1.11 Ανταλλάξιμα Κατιόντα – Κάλιο, Νάτριο, Μαγνήσιο, Ασβέστιο

Από τις αναλύσεις των δειγμάτων εδάφους, οι τιμές των ανταλλάξιμων καλίου, νατρίου, μαγνησίου και ασβεστίου ανά περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος δίνονται στους θεματικούς χάρτες εκτίμησης 5.1.11, 5.1.12, 5.1.13, και 5.1.14 αντίστοιχα. Στους χάρτες αυτούς με χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines) εκτιμήθηκαν οι τιμές των ανταλλάξιμων κατιόντων σε όλη την έκταση των περιοχών μελέτης. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης του κάθε κατιόντος. Από τις εκτιμηθείσες τιμές των κατιόντων που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές των παραμέτρων για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στα σημεία δειγματοληψίας (πλαίσιο) που μετρήθηκαν μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών.

Οι τιμές του ανταλλάξιμου καλίου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,1 έως 0,33 meq/100gr, από 0,12 έως 0,37 meq/100gr και από 0,22 έως 1,22 meq/100gr. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών. Στο βάθος 10-40 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 0,09 έως 0,4 meq/100gr, από 0,12 έως 0,57 meq/100gr και από 0,11 έως 0,65 meq/100gr. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών. Δεν παρατηρούνται ουσιαστικές διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος (πίνακες 5.1.11.1 & 5.1.11.5, γραφήματα 5.1.11.1-5.1.11.4). Σύμφωνα με τις τιμές, τα εδάφη χαρακτηρίζονται κυρίως μέτρια εφοδιασμένα σε ανταλλάξιμο κάλιο, με κρίσιμο όριο για επάρκεια τα 0,5 meq/100gr (Γιάσογλου, 1994b).

Οι τιμές του ανταλλάξιμου νατρίου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,14 έως 3,74 meq/100gr, από 0,21 έως 1,65 meq/100gr και από 0,15 έως 0,71 meq/100gr. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών και των ετών. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 0,2 έως 2,26 meq/100gr, από 0,26 έως 1,39 meq/100gr και από 0,15 έως 0,91 meq/100gr. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών. Παρατηρούνται διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος (πίνακες 5.1.11.2 & 5.1.11.6, γραφήματα 5.1.11.5 & 5.1.11.6). Η περιεκτικότητα σε νάτριο της εναλλακτικής φάσης εκφράζεται και ως ποσοστό της συνολικής περιεκτικότητας σε κατιόντα με το ESP (Exchangeable-Sodium-Percentage), όπου:

$$ESP = \frac{Na^{+}_{\text{εναλ}} \text{ meq/100gr}}{I.A.K. \text{ meq/100gr}} \times 100$$

Στα εδάφη των περιοχών το ESP είναι μικρότερο του 15%, γεγονός που δείχνει ότι δεν έχουν πρόβλημα αλκαλίωσης (Μισσοπολινός, 1991).

Οι τιμές του ανταλλάξιμου μαγνησίου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 1,73 έως 13,33 meq/100gr, από 1,73 έως 6,39 meq/100gr και από 0,2 έως 3,86 meq/100gr. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν

αντίστοιχα από 1,15 έως 12,37 meq/100gr, από 1,43 έως 7,88 meq/100gr και από 1,69 έως 4,05 meq/100gr. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών. Δεν παρατηρούνται ουσιαστικές διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος (πίνακες 5.1.11.3 & 5.1.11.7, γραφήματα 5.1.11.7-5.1.11.9). Οι μέσες τιμές του μαγνησίου βρίσκονται οριακά κάτω από το όριο επάρκειας των 3,00 meq/100gr όπου ένα έδαφος θεωρείται επαρκώς εφοδιασμένο με μαγνήσιο (Γιάσογλου, 1994b).

Οι τιμές του ανταλλάξιμου ασβεστίου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 9,46 έως 21,88 meq/100gr, από 15,56 έως 46,5 meq/100gr και από 18,98 έως 52,5 meq/100gr. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών και των ετών. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 8,74 έως 27,5 meq/100gr, από 17,96 έως 47,26 meq/100gr και από 17,65 έως 43,34 meq/100gr. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών και των ετών. Δεν παρατηρούνται ουσιαστικές διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος (πίνακες 5.1.11.4 & 5.1.11.8, γραφήματα 5.1.11.10 & 5.1.11.11). Καθώς οι μέσες τιμές είναι πάνω από το όριο επάρκειας των 10-15 meq/100gr, τα εδάφη παρουσιάζουν υπερεπάρκεια σε ανταλλάξιμο ασβέστιο, εκτός από την Π1 το 1999 όπου παρουσιάζει επάρκεια (Γιάσογλου, 1994b). Οι τιμές αυτές είναι αναμενόμενες λόγω της αυξημένης παρουσίας του ανθρακικού ασβεστίου και στα τρία εδάφη.

Από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών των δειγμάτων δίνονται στους παρακάτω πίνακες 5.1.11.1-5.1.11.4 περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για κάθε ανταλλάξιμο κατιόν ανά περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.

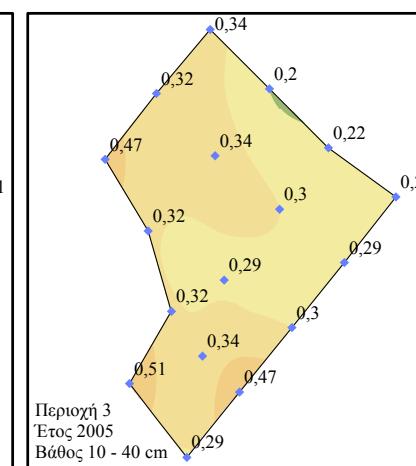
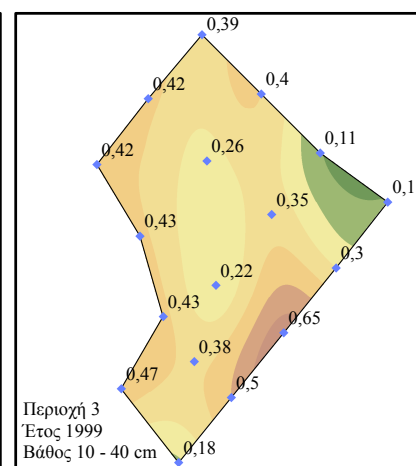
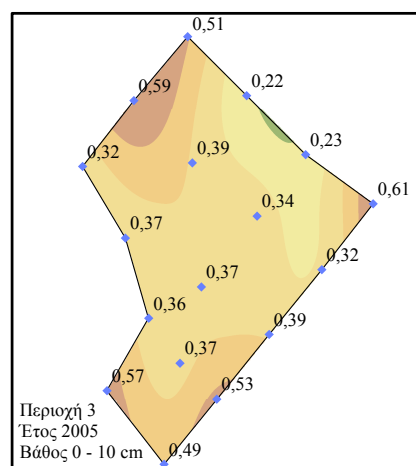
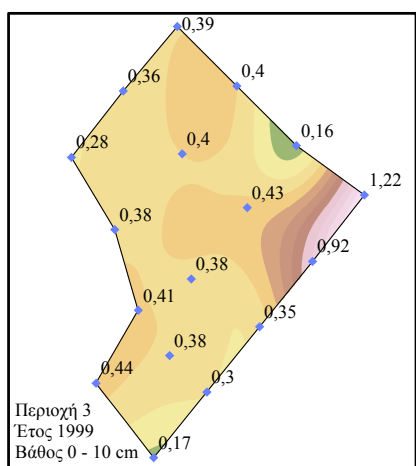
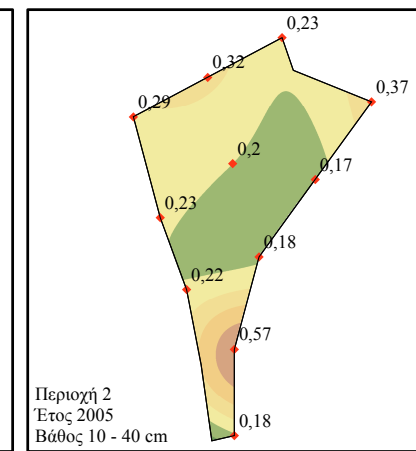
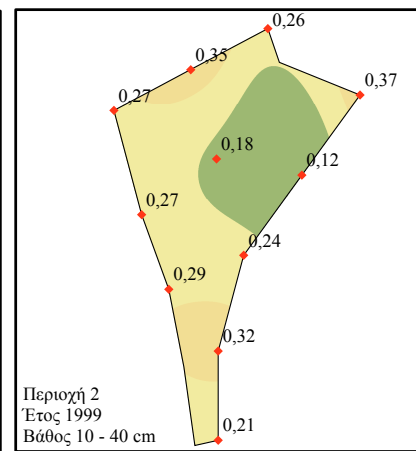
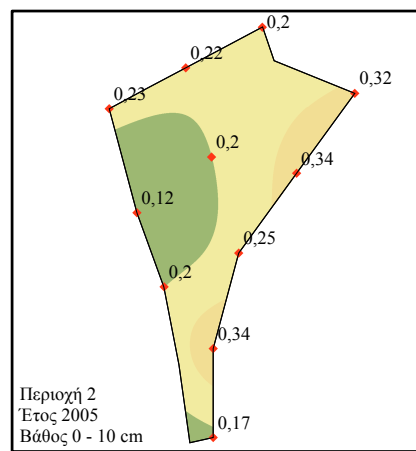
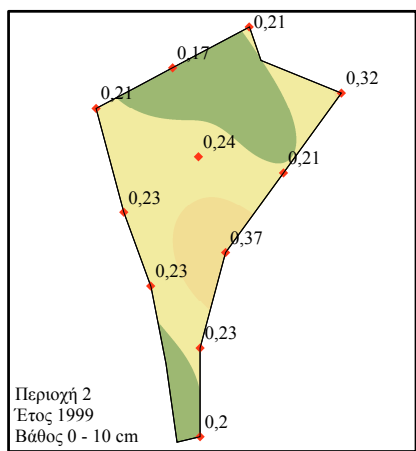
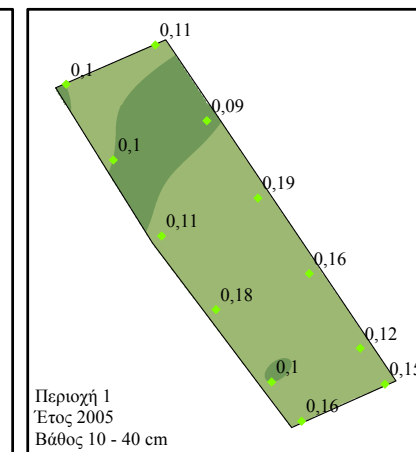
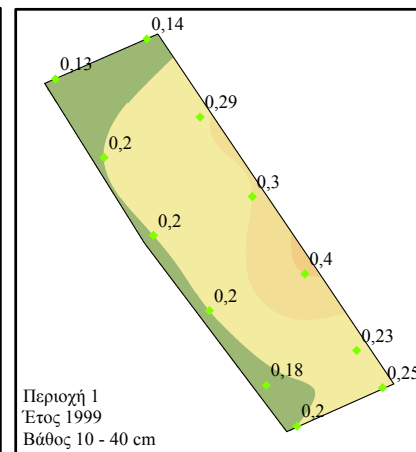
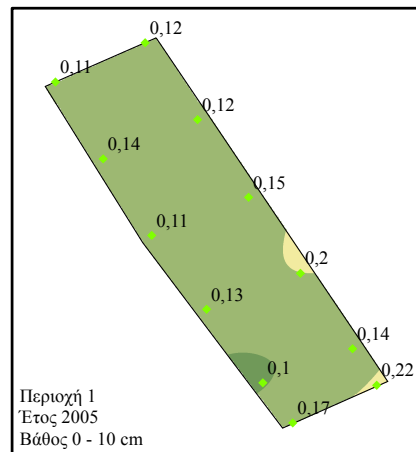
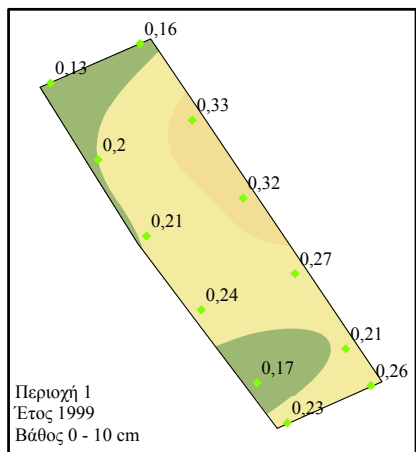
Πίνακας 5.1.11.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το ανταλλάξιμο κάλιο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (meq/100gr)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	0,23	12	0,06	0,2	26,1	0,22
	2005	0,14	12	0,04	0,12	28,6	0,14
Περιοχή 2	1999	0,24	11	0,06	0,2	25	0,23
	2005	0,24	11	0,07	0,22	29,2	0,22
Περιοχή 3	1999	0,43	17	0,26	1,06	60,5	0,38
	2005	0,41	17	0,12	0,4	29,3	0,37
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	0,23	12	0,07	0,27	30,4	0,2
	2005	0,13	12	0,04	0,1	30,8	0,12
Περιοχή 2	1999	0,26	11	0,07	0,25	26,9	0,27
	2005	0,27	11	0,12	0,4	44,4	0,23
Περιοχή 3	1999	0,35	17	0,14	0,54	40	0,39
	2005	0,33	17	0,09	0,31	27,3	0,32



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.11 :
ΚΑΛΙΟ (meq/100gr)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 0,09 (green diamond) Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
- 0,23 (red diamond)
- 0,51 (blue diamond)
- Perimeter (white line)

0,09 - 0,1	Χαμηλό
0,11 - 0,20	
0,21 - 0,3	Μέτριο
0,31 - 0,4	
0,41 - 0,5	
0,51 - 0,6	Επαρκή
0,61 - 0,7	
0,71 - 0,8	
0,81 - 0,9	Υπερεπαρκή
0,91 - 1	
1,01 - 1,1	
1,11 - 1,2	
1,21 - 1,22	

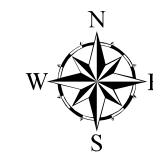
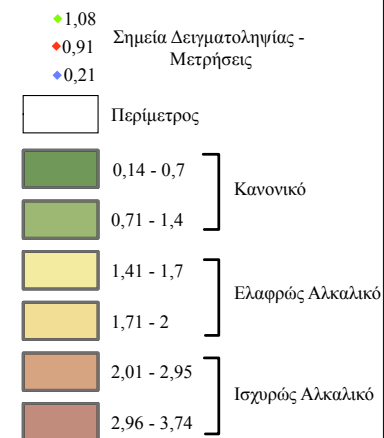
0 5 10 20 30 40 Μέτρα



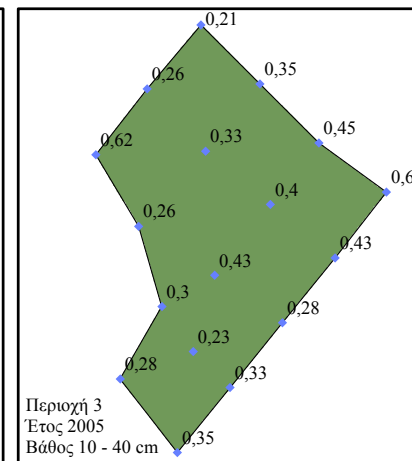
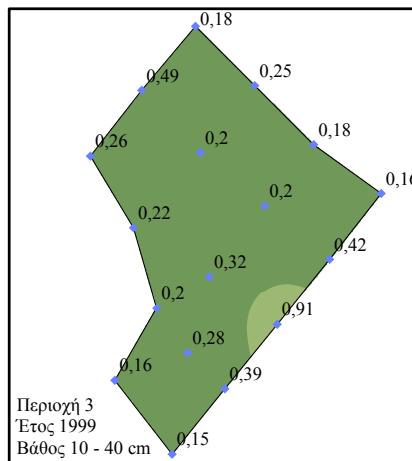
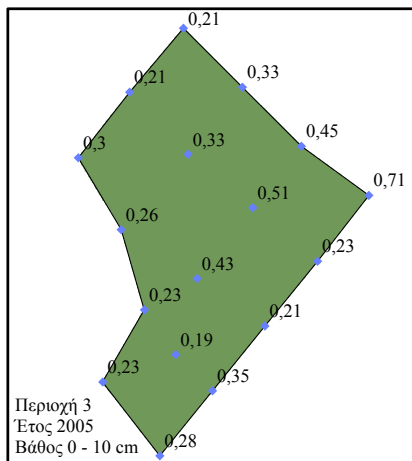
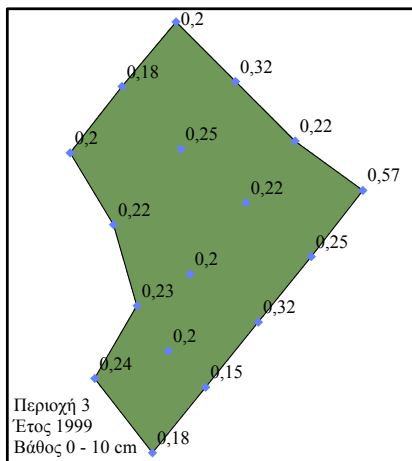
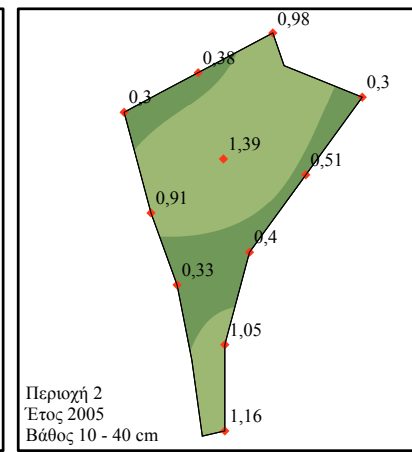
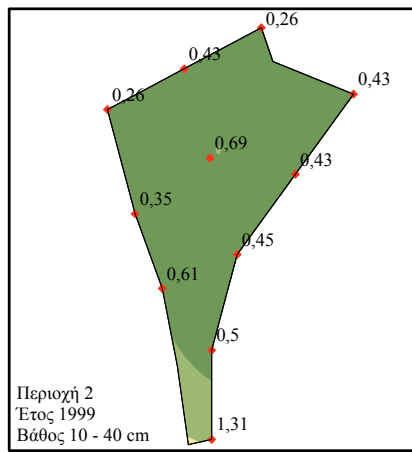
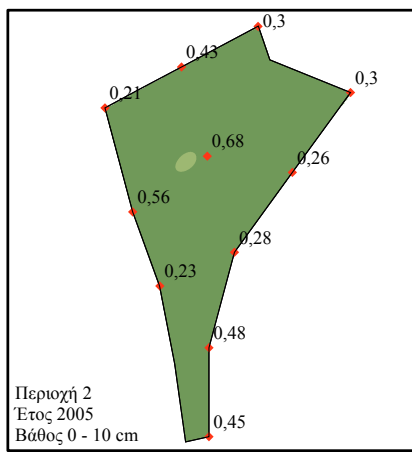
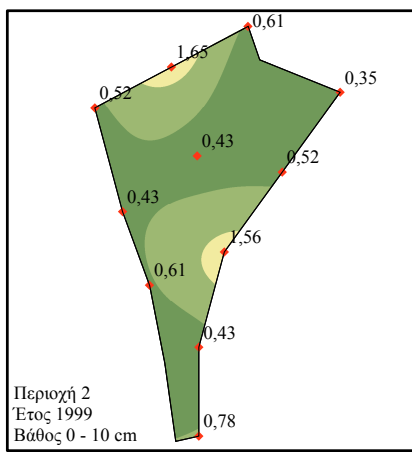
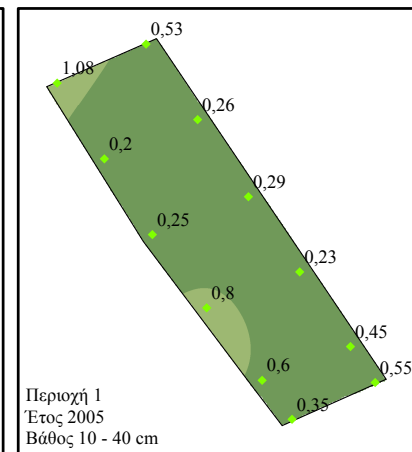
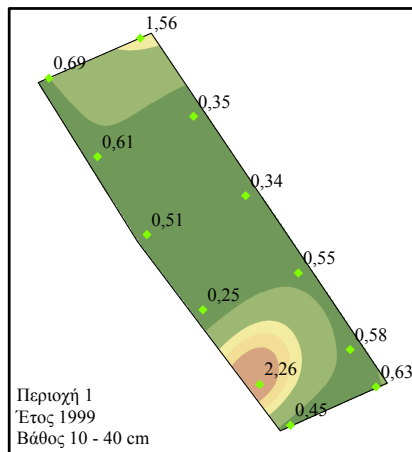
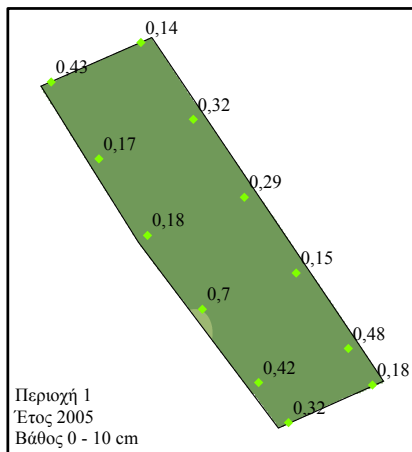
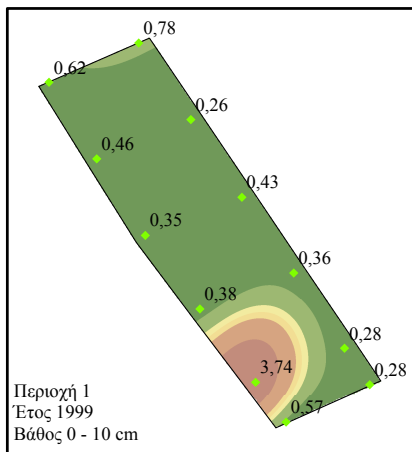
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.12 :
ΝΑΤΡΙΟ (meq/100gr)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



0 5 10 20 30 40
Μέτρα

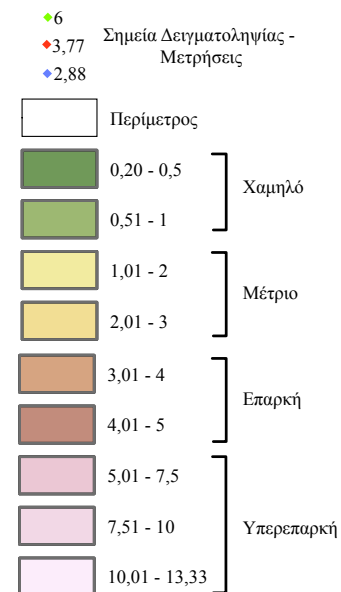




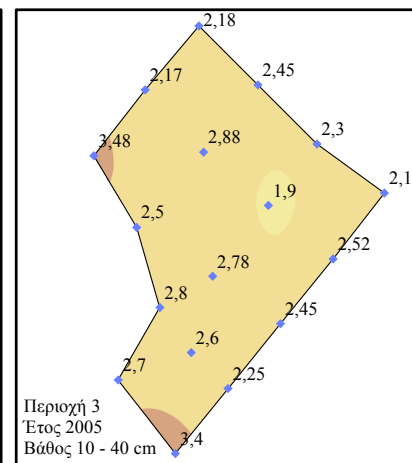
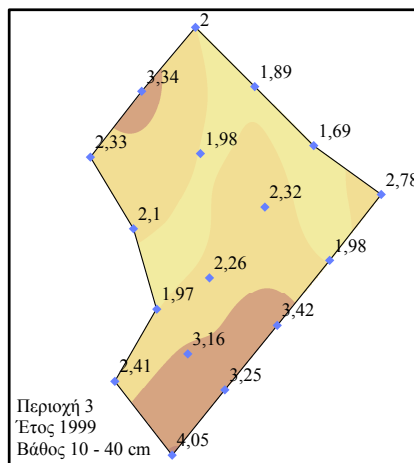
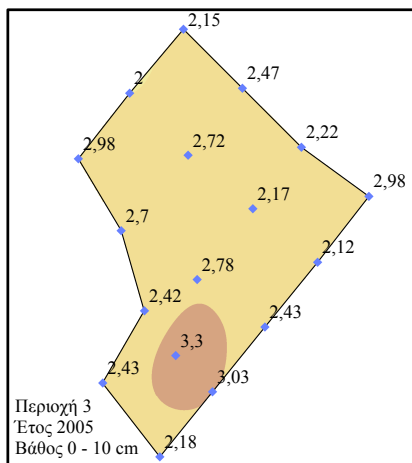
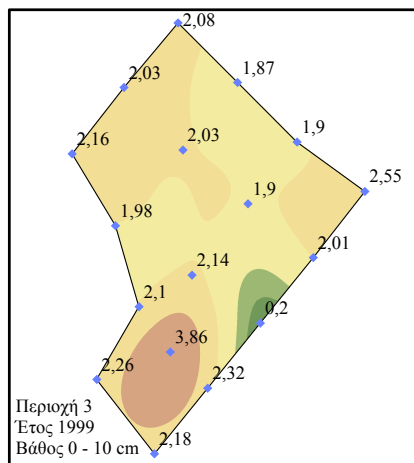
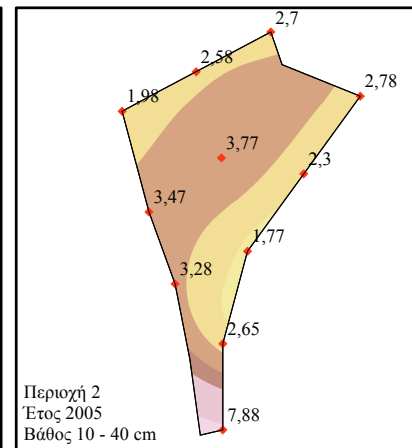
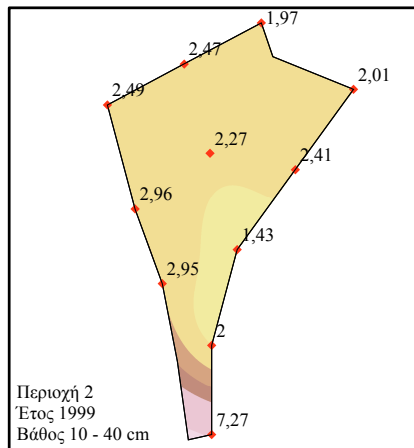
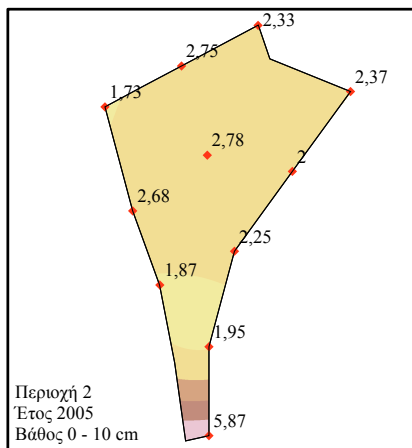
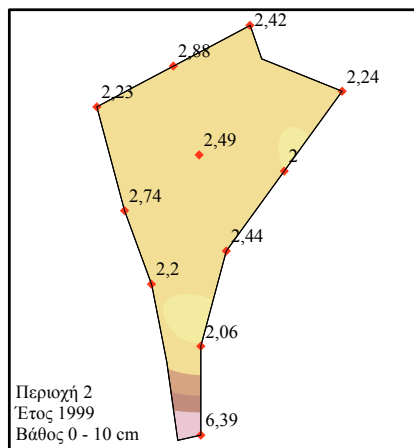
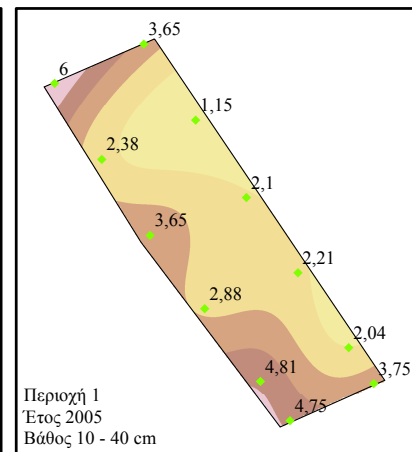
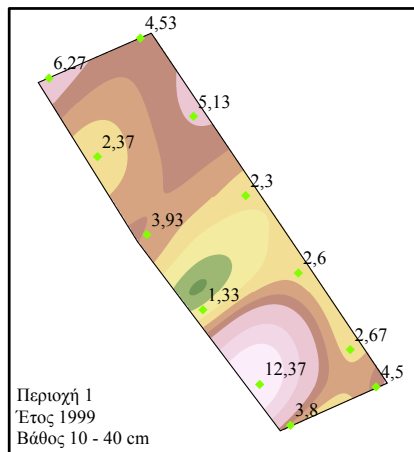
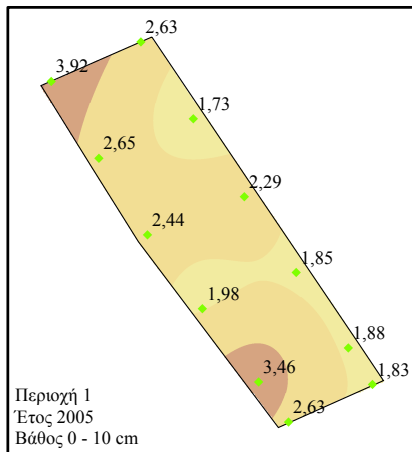
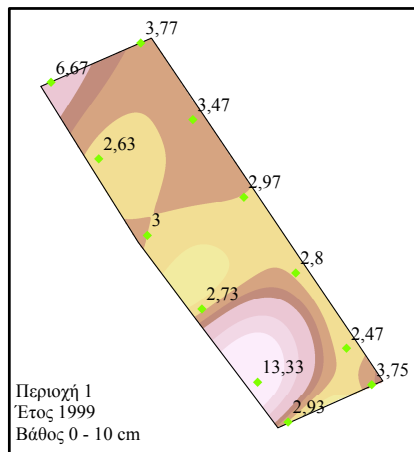
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.13 :
ΜΑΓΝΗΣΙΟ (meq/100gr)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



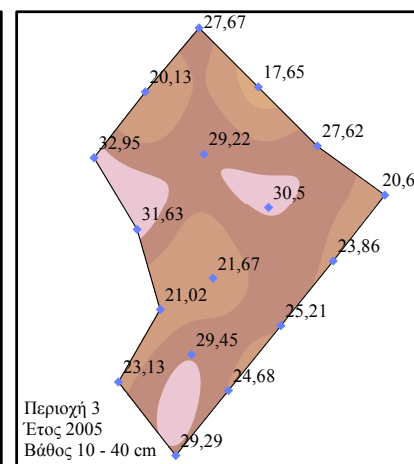
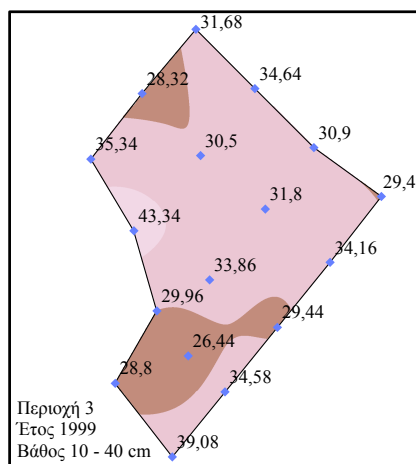
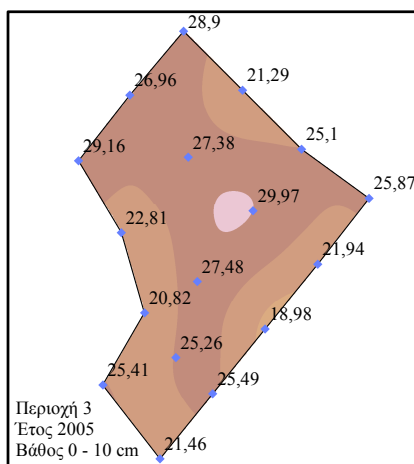
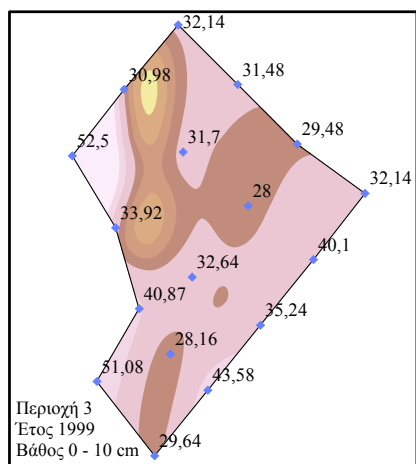
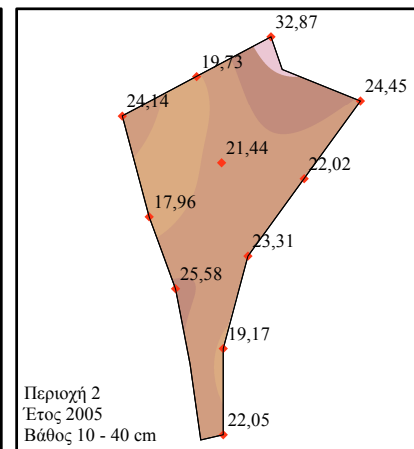
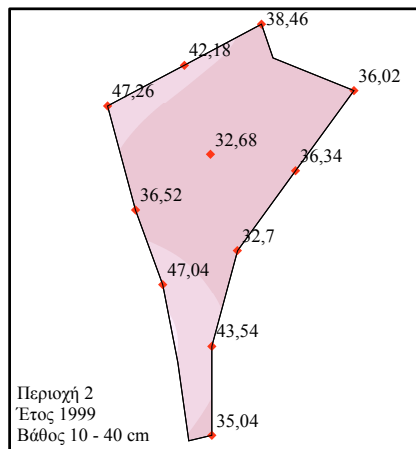
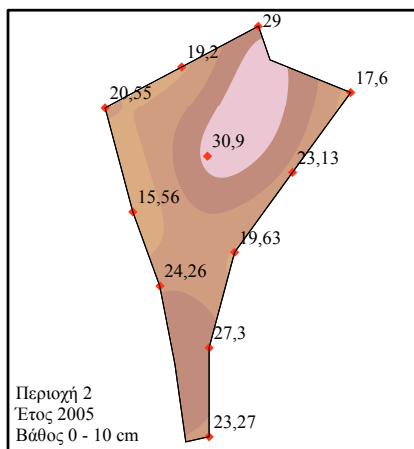
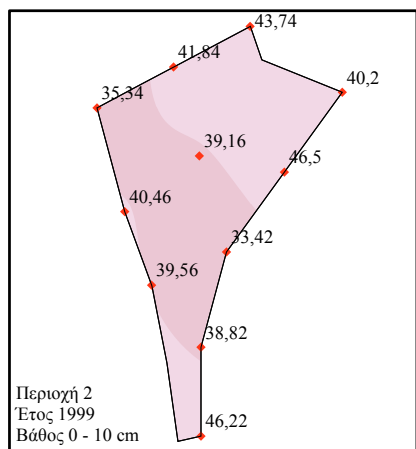
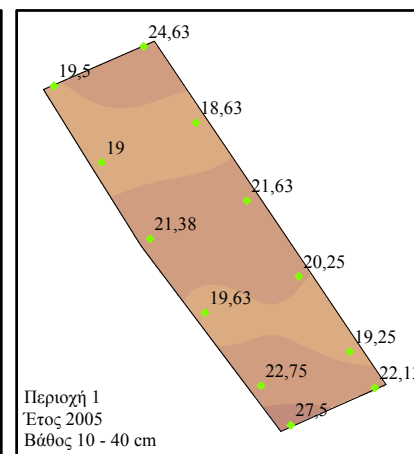
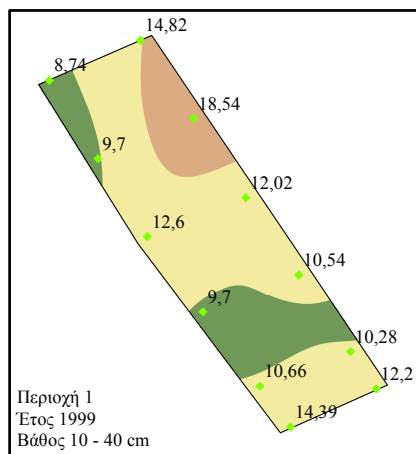
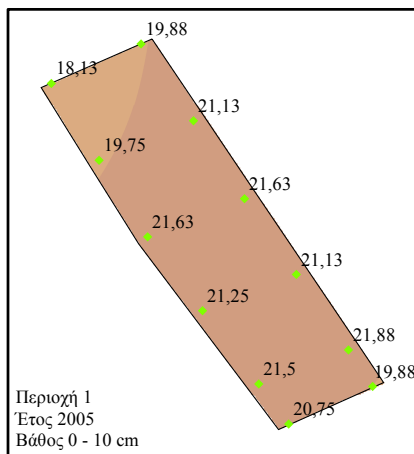
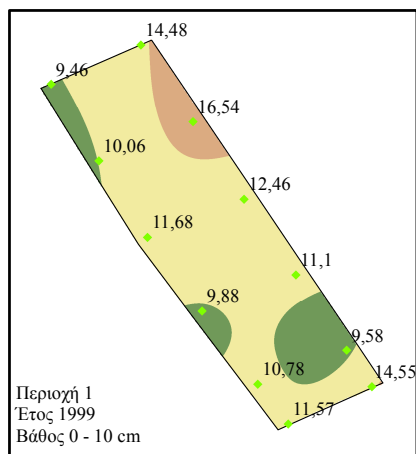
Μέτρα
0 5 10 20 30 40





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.14 :
ΑΣΒΕΣΤΙΟ (meq/100gr)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ◆ 19 Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
- ◆ 25,58
- ◆ 32,95
- Περίμετρος
- 8,74 - 10 Μέτριο
- 10,01 - 15 Επαρκή
- 15,01 - 20
- 20,01 - 25 Υπερεπαρκή
- 25,01 - 30
- 30,01 - 40
- 40,01 - 50 Κορεσμός
- 50,01 - 52,5



Μέτρα
0 5 10 20 30 40

Πίνακας 5.1.11.2: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το ανταλλάξιμο νάτριο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (meq/100gr)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	0,71	12	0,97	3,48	136,6	0,41
	2005	0,32	12	0,17	0,56	53,1	0,31
Περιοχή 2	1999	0,72	11	0,45	1,3	62,5	0,52
	2005	0,38	11	0,15	0,47	39,5	0,3
Περιοχή 3	1999	0,24	17	0,1	0,42	41,7	0,22
	2005	0,32	17	0,14	0,52	43,8	0,28
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	0,73	12	0,58	2,01	79,5	0,57
	2005	0,47	12	0,27	0,88	57,4	0,4
Περιοχή 2	1999	0,52	11	0,29	1,05	55,8	0,43
	2005	0,7	11	0,4	1,09	57,1	0,51
Περιοχή 3	1999	0,29	17	0,19	0,76	65,5	0,22
	2005	0,36	17	0,13	0,44	36,1	0,33

Πίνακας 5.1.11.3: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το ανταλλάξιμο μαγνήσιο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (meq/100gr)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	4,21	12	3,08	10,86	73,2	2,99
	2005	2,44	12	0,68	2,19	27,9	2,36
Περιοχή 2	1999	2,74	11	1,24	4,39	45,3	2,42
	2005	2,6	11	1,14	4,13	43,8	2,33
Περιοχή 3	1999	2,09	17	0,67	3,66	32,1	2,08
	2005	2,53	17	0,38	1,3	15	2,43
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	4,32	12	2,9	11,04	67,1	3,87
	2005	3,28	12	1,41	4,85	43	3,26
Περιοχή 2	1999	2,75	11	1,56	5,84	56,7	2,41
	2005	3,2	11	1,67	6,12	52,2	2,7
Περιοχή 3	1999	2,53	17	0,68	2,36	26,9	2,32
	2005	2,56	17	0,42	1,58	16,4	2,5

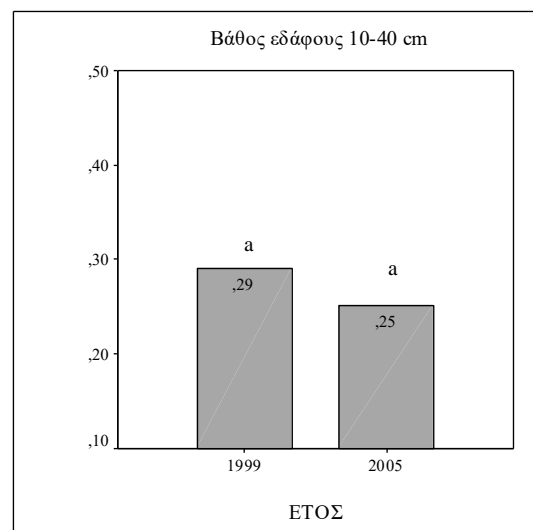
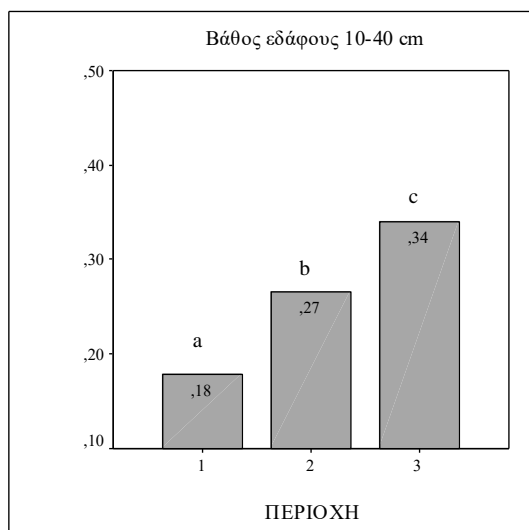
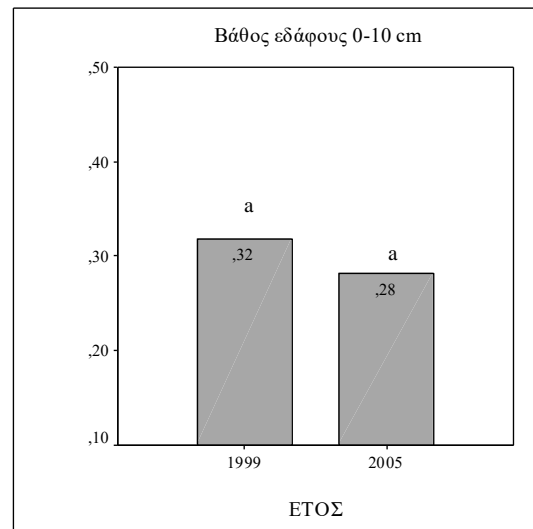
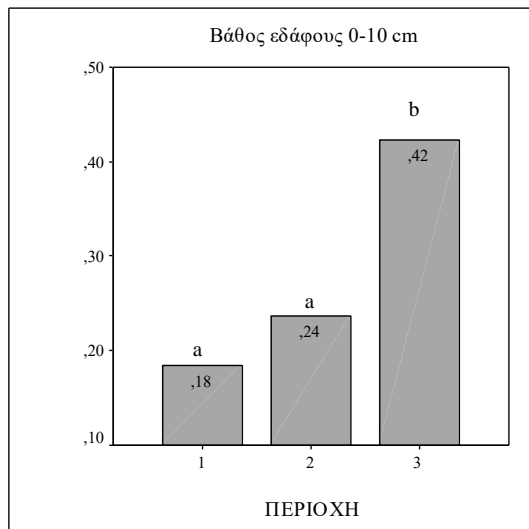
Πίνακας 5.1.11.4: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το ανταλλάξιμο ασβέστιο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (meq/100gr)	Μέγεθος δείγματος	Τοπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	11,85	12	2,26	7,08	19,1	11,34
	2005	20,71	12	1,1	3,75	5,3	21,13
Περιοχή 2	1999	40,48	11	4,04	13,08	10	40,2
	2005	22,76	11	4,84	15,34	21,3	23,13
Περιοχή 3	1999	35,51	17	7,55	24,5	21,3	32,14
	2005	24,96	17	3,24	10,99	13	25,41
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	12,02	12	2,78	9,8	23,1	11,34
	2005	21,35	12	2,63	8,88	12,3	20,81
Περιοχή 2	1999	38,89	11	5,3	14,58	13,6	36,52
	2005	22,97	11	4,03	14,91	17,5	22,05
Περιοχή 3	1999	32,49	17	4,21	16,9	13	31,68
	2005	25,67	17	4,53	15,3	17,6	25,21

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «κάλιο» και για τα δύο βάθη, υπάρχει σημαντική επίδραση μόνο του παράγοντα «περιοχή» (πίνακας 5.1.11.5).

Πίνακας 5.1.11.5: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο κάλιο των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	0,03	1	0,03	1,34	0,252
Περιοχή	0,92	2	0,46	23,7	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,02	2	0,01	0,58	0,562
Error	1,43	74	0,02		
Total	2,4	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	0,03	1	0,03	3,02	0,086
Περιοχή	0,37	2	0,18	19,08	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,03	2	0,02	1,72	0,186
Error	0,71	74	0,1		
Total	1,14	79			



Γραφήματα 5.1.11.1-5.1.11.4: Ραβδογράμματα του μέσου ανταλλάξιμου καλίου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος (συγκρίσεις σύμφωνα με test Bonferroni $p < 0,05$ και *anova*).

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης των τιμών του καλίου για τα δύο βάθη προέκυψε σημαντική επίδραση της «περιοχής», χωρίς να υφίσταται αλληλεπίδραση, με τη βοήθεια των ελέγχων πολλαπλών συγκρίσεων (test του Bonferroni) για τον παράγοντα «περιοχή», προσδιορίστηκε με βάση τη μέση τιμή ότι η Π3 διαφέρει σημαντικά από τις άλλες δύο στο επιφανειακό βάθος, ενώ στο βάθος 10-40 cm διαφέρουν όλες οι περιοχές. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.11.1-5.1.11.4).

Από τους πίνακες 5.1.11.1 & 5.1.11.5 και τα γραφήματα 5.1.11.1-5.1.11.4 η «περιοχή» επιδρά στο κάλιο και στα δύο βάθη λόγω μεγαλύτερης τιμής του στην Π3. Αυτό οφείλεται στην υψηλότερη περιεκτικότητα της Π3 σε οργανική ουσία και άργιλο, καθώς το κάλιο εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα σε άργιλο (Brandy & Weil, 1996). Επίσης, στις Π2 και Π3 η συγκέντρωση του καλίου παραμένει αμετάβλητη, ενώ στην Π1 μειώνεται με το χρόνο, το οποίο οφείλεται στην πρόσληψη των φυτών από τις καλές συνθήκες του αέρα εδάφους που υπάρχουν. Επιπλέον, το πρόγραμμα λίπανσης που εφαρμόστηκε προφανώς δεν ήταν ικανό να αυξήσει την

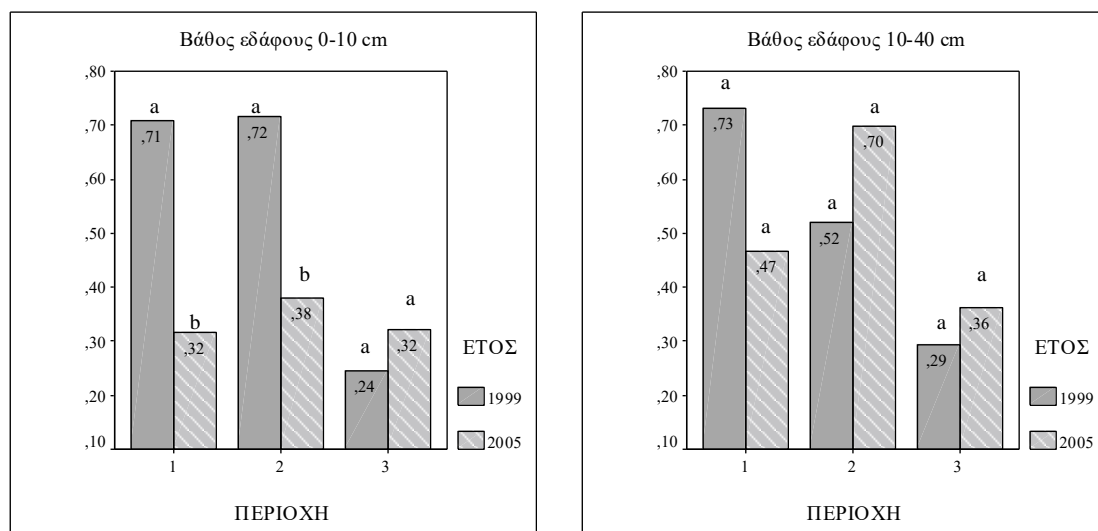
ποσότητα του Κ στο έδαφος. Πρέπει να τονιστεί ότι υψηλές συγκεντρώσεις σε κάλιο συνεπάγεται μειωμένη πρόσληψη ασβεστίου και αρνητικές επιδράσεις στον μεταβολισμό των κατιόντων. Γι' αυτό πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις ποσότητες του προστιθέμενου καλίου με τη λίπανση, κάτι που δεν ισχύει στις περιοχές μελέτης γιατί το ανταλλάξιμο ασβέστιο είναι πάρα πολύ αυξημένο. Τέλος, τα ιόντα K^+ που απελευθερώνονται με την αποσάθρωση των ορυκτών απορροφώνται σε ανταλλάξιμη μορφή από τα κολλοειδή του εδάφους και, μόνο σε πολύ υγρές περιοχές με ισχυρά όξινο έδαφος, παρατηρείται σοβαρή απομάκρυνση Κ λόγω έκπλυσης (Παπαμίχος, 1996).

Για το νάτριο, με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, καθώς δεν ίσχυε η κανονικότητα, οι τιμές του μετασχηματίστηκαν με το δεκαδικό λογάριθμο με αποτέλεσμα, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «νάτριο», α) για το επιφανειακό έδαφος υπάρχει σημαντική επίδραση όλων και β) στο βάθος 10-40 cm υπάρχει αλληλεπίδραση και επίδραση της περιοχής (πίνακας 5.1.11.6). Από τον πίνακα 5.1.11.6 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» και στα δύο βάθη συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «νατρίου».

Από τους πίνακες 5.1.11.2 & 5.1.11.6 και τα γραφήματα 5.1.11.5 & 5.1.11.6 η «περιοχή» επιδρά στο νάτριο λόγω των μικρότερων τιμών της Π3, το «έτος» λόγω των σημαντικών μειώσεων στις Π1 και Π2, και οι αλληλεπιδράσεις συμβαίνουν καθώς υπάρχουν αυξομειώσεις στις περιοχές. Οι μεγαλύτερες τιμές που εμφανίζονται το 1999 στις Π1 και Π2 οφείλονται στο υλικό που μεταφέρθηκε στις περιοχές αυτές. Οι μειώσεις που παρατηρούνται, σύμφωνα με το χρόνο, οφείλονται στην πρόσληψη από τα φυτά, οι οποίες συμβαίνουν σε όλες τις περιοχές στο επιφανειακό βάθος και στο βάθος 10-40 cm στην Π1 από την καλύτερη ποιότητα του αέρα εδάφους που υπήρχε. Οι αυξήσεις των τιμών που καταγράφονται στις Π2 και Π3 στο βάθος 10-40 cm οφείλονται στις αναγωγικές συνθήκες, όπου δεν επιτρέπουν να αναπτυχθεί το ριζικό σύστημα των φυτών και να προσλάβει το νάτριο με αποτέλεσμα και την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Πίνακας 5.1.11.6: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο νάτριο των δειγμάτων (μετασχηματισμένες τιμές με δεκαδικό λογάριθμο) ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	0,32	1	0,32	7,49	0,008
Περιοχή	0,88	2	0,44	10,47	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,62	2	0,31	7,4	0,001
Error	3,12	74	0,04		
Total	4,94	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	0,01	1	0,01	0,21	0,646
Περιοχή	1,08	2	0,54	11,54	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,34	2	0,17	3,69	0,030
Error	3,45	74	0,05		
Total	4,88	79			



Γραφήματα 5.1.11.5 & 5.1.11.6: Ραβδογράμματα του μέσου ανταλλάξιμου νατρίου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος. Οι συγκρίσεις των δύο ετών αφορούν την κάθε περιοχή ξεχωριστά (t-test $p < 0,05$).

Τα χαμηλά ποσοστά του ανταλλάξιμου νατρίου καθώς και η τιμή του ESP $< 15\%$ δείχνουν ότι αποκλείεται πιθανότητα προβλήματος αλκαλίωσης στα εδάφη αυτά. Επίσης, προβλήματα τοξικότητας των φυτών σε Na^+ , με κατάλληλο έλεγχο του νερού άρδευσης, θεωρείται απίθανο να εμφανιστούν.

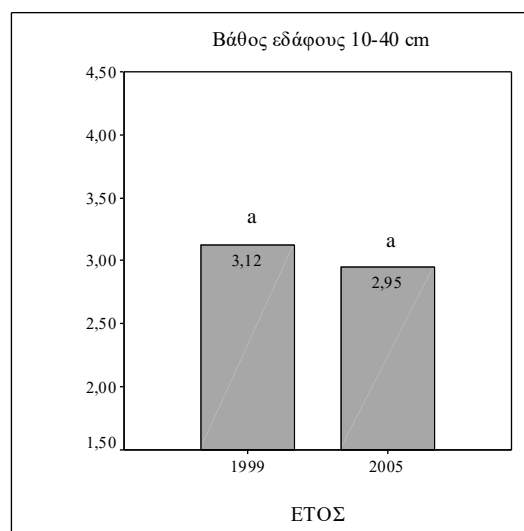
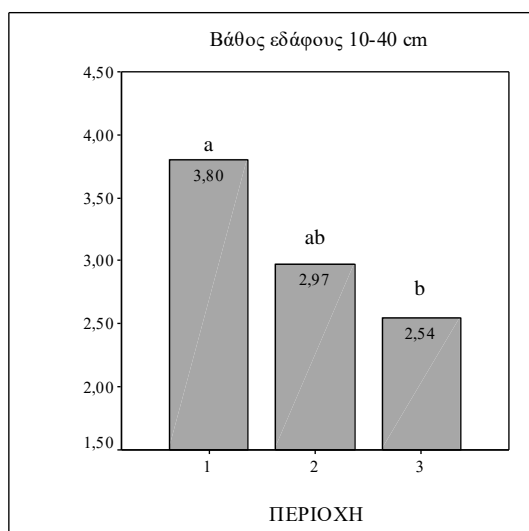
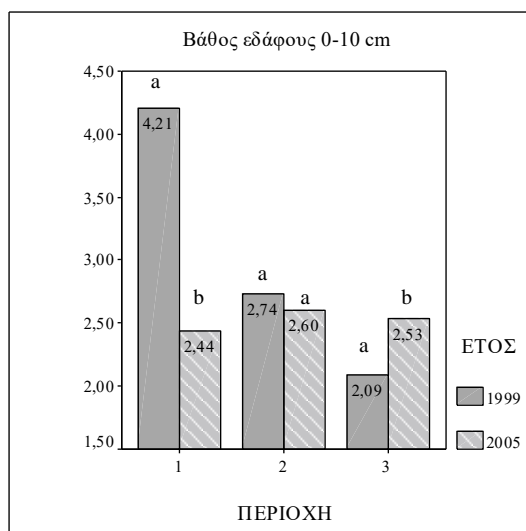
Για το μαγνήσιο, με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «μαγνήσιο», α) για το επιφανειακό έδαφος υπάρχει αλληλεπίδραση και επίδραση της περιοχής και β) στο βάθος 10-40 cm υπάρχει επίδραση μόνο της περιοχής (πίνακας 5.1.11.7).

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης δεν υφίσταται αλληλεπίδραση στο βάθος 10-40 cm, για τον παράγοντα «περιοχή» με το test του Bonferroni προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές του μαγνησίου ποιες περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στα ραβδογράμματα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.11.8 & 5.1.11.9).

Από τους πίνακες 5.1.11.3 & 5.1.11.7 και τα γραφήματα 5.1.11.7-5.1.11.9 η «περιοχή» επιδρά στο μαγνήσιο λόγω των μεγαλύτερων τιμών της Π1 και η αλληλεπίδραση συμβαίνει καθώς υπάρχουν σημαντικές αυξομειώσεις στις περιοχές με το χρόνο. Όπως και στο νάτριο, οι μεγαλύτερες τιμές που εμφανίζονται το 1999 στην Π1 οφείλονται στο εδαφικό υλικό που μεταφέρθηκε. Οι σημαντικές μειώσεις που παρατηρούνται, σύμφωνα με το χρόνο, στην Π1 οφείλονται στην πρόσληψη από τα φυτά λόγω καλύτερων συνθηκών στον αέρα του εδάφους. Οι αυξήσεις των τιμών που καταγράφονται στην Π2 στο βάθος 10-40 cm οφείλονται στις αναγωγικές συνθήκες όπου δεν επιτρέπουν να αναπτυχθεί το ριζικό σύστημα των φυτών και να προσλάβει το μαγνήσιο. Επίσης η λίπανση (η οποία ήταν εμπλουτισμένη σε Mg) προφανώς σε κάποιες θέσεις δεν κάλυψε τις ανάγκες των φυτών, ενώ σε άλλες το έκανε όπου αύξησε οριακά τα επίπεδα του διαθέσιμου Mg στο έδαφος. Από την παρατήρηση αυτή εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο μηχανισμός ανακύκλωσης των θρεπτικών στοιχείων λειτουργεί πιο έντονα στην περιοχή Π3, όπου τα αρχικά ποσοστά της οργανικής ουσίας ήταν υψηλότερα από των Π1 και Π2.

Πίνακας 5.1.11.7: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο μαγνήσιο των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	4,61	1	4,61	2,31	0,133
Περιοχή	14,46	2	7,23	3,62	0,032
Έτος * Περιοχή	17,67	2	8,84	4,43	0,015
Error	147,62	74	2		
Total	184,36	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	0,66	1	0,66	0,27	0,602
Περιοχή	22,29	2	11,15	4,67	0,012
Έτος * Περιοχή	6,98	2	3,49	1,46	0,239
Error	176,79	74	2,39		
Total	206,72	79			



Γραφήματα 5.1.11.7-5.1.11.9: Ραβδογράμματα του μέσου ανταλλάξιμου Mg στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος ανά βάθος (test Bonferroni $p < 0,05$, apova). Στο βάθος 0-10 cm οι συγκρίσεις αφορούν την κάθε περιοχή (t-test $p < 0,05$).

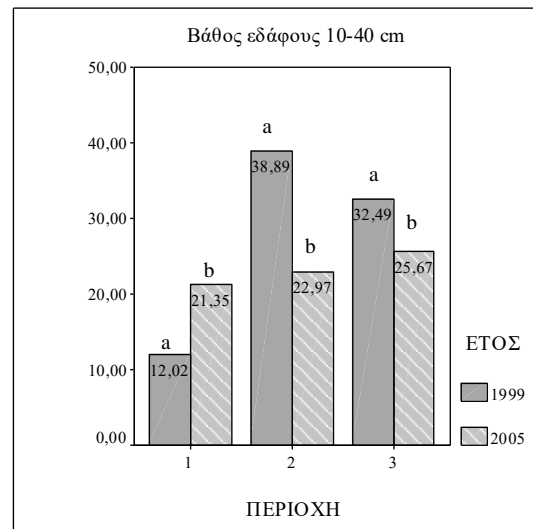
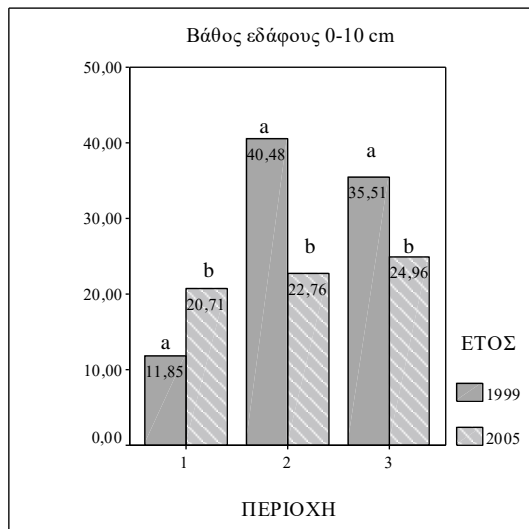
Μεταξύ μαγνησίου και καλίου υφίσταται ανταγωνισμός. Όταν το ένα εκ των δυο στοιχείων βρίσκεται στο έδαφος σε μεγάλες ποσότητες, παρεμποδίζει την πρόσληψη του άλλου από τα φυτά (Γιάσογλου, 1994b). Παρόμοια σχέση επικρατεί και μεταξύ μαγνησίου και ασβεστίου. Η απορρόφηση του ασβεστίου και του μαγνησίου από τα φυτά αλληλοεπηρεάζεται κατά αντίθετο τρόπο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στα υπό εξέταση εδάφη ισχύει: Ανταλλ. Ca / Ανταλλ. Mg > 7, προβλήματα θρέψης όσον αφορά το Mg θεωρούνται πιθανά.

Για το ασβέστιο, με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «ασβέστιο» και για τα δύο βάθη, υπάρχει επίδραση όλων (πίνακας 5.1.11.8). Δηλαδή το Ca διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών των ετών μελέτης και η επίδραση του έτους στο Ca δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στο Ca μεταβάλλεται στα έτη μελέτης). Από τον πίνακα 5.1.11.8 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» και στα δύο βάθη συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του Ca.

Από τους πίνακες 5.1.11.4 & 5.1.11.8 και τα γραφήματα 5.1.11.10 & 5.1.11.11 η συγκέντρωση του Ca στα εδάφη παρουσιάζει με το χρόνο αύξηση στην Π1 και μείωση στις Π2 και Π3, αν και οι τιμές του εξακολουθούν να παραμένουν υψηλές λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας των εδαφών σε CaCO₃. Η μείωση της συγκέντρωσης του ανταλλάξιμου Ca στις Π2 και Π3 οφείλεται κυρίως στην απορρόφησή του από τα φυτά. Αυξανόμενη της συγκέντρωσης του ανταλλάξιμου Ca, αυξάνεται και η διαθεσιμότητά του και η πρόσληψη από τα φυτά. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το έδαφος είναι κορεσμένο με κατιόντα Ca⁺² άρα και η πρόσληψη του Ca από τα φυτά αναμένεται να είναι σημαντική. Έχει βρεθεί ότι, όταν η συγκέντρωση του εδαφικού διαλύματος σε Ca είναι 15 mM, η ταχύτητα πρόσληψής του αυξάνεται με την ταχύτητα διαπνοής των φυτών. Όταν όμως η συγκέντρωση στο διάλυμα μειωθεί σε 0,5 mM, η διαπνοή δεν έχει καμία επίδραση στην απορρόφηση του Ca (Μουστάκας, 2006).

Πίνακας 5.1.11.8: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο ασβέστιο των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	807,58	1	807,58	38,62	<0,001
Περιοχή	3558,66	2	1779,33	85,08	<0,001
Έτος * Περιοχή	2246,71	2	1123,36	53,72	<0,001
Error	1547,58	74	20,91		
Total	8160,53	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	385,14	1	385,14	23,43	<0,001
Περιοχή	2938,22	2	1469,11	89,39	<0,001
Έτος * Περιοχή	1911,53	2	955,76	58,15	<0,001
Error	1216,2	74	16,44		
Total	6451,09	79			



Γραφήματα 5.1.11.10 & 5.1.11.11: Ραβδογράμματα του μέσου ανταλλάξιμου ασβεστίου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος. Οι συγκρίσεις των δύο ετών αφορούν την κάθε περιοχή ξεχωριστά (t-test $p < 0,05$).

Σύμφωνα με τον *Μισοπολινό* (1991), τα ασβεστούχα εδάφη παρουσιάζουν μικρή διαθεσιμότητα υγρασίας που οφείλεται στο σχηματισμό σταθερών συσσωματωμάτων και στην κανονική κατανομή των μικρών και μεγάλων πόρων στο έδαφος. Ανθρακικό ασβέστιο μέχρι 15% στο έδαφος δημιουργεί μεγαλοπορώδες, ενώ αύξηση του CaCO_3 στο 25% με την καθίζηση του CaCO_3 μέσα στους μεγάλους πόρους, δημιουργεί μικροπορώδες. Όταν το ποσοστό του CaCO_3 υπερβαίνει το 25%, τότε το μέγεθος των πόρων σχετίζεται με το μέγεθος των τεμαχιδίων του CaCO_3 και όσο μεγαλύτερα τα τεμαχίδια, τόσο μεγαλύτεροι οι πόροι.

Σε εδάφη που περιέχουν σημαντικό ποσοστό Ca^{++} στο εδαφικό διάλυμα και προσροφημένο στα κολλοειδή, ευνοούνται χημικές αντιδράσεις που οδηγούν σε δυσδιάλυτες ασβεστούχες ενώσεις των θρεπτικών στοιχείων ή κατακρήμνιση αυτών σαν συνέπεια του υψηλού pH το οποίο επικρατεί στο εδαφικό διάλυμα. Τέτοια θρεπτικά στοιχεία είναι το μαγνήσιο, το κάλιο, ο φώσφορος, ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος και το μαγγάνιο (*Γιάσογλου, 1994b*).

Πρέπει να τονιστεί ότι η παρουσία μεγάλης ποσότητας ασβεστίου στο έδαφος, εκτός των παραπάνω επιπτώσεων, δεν αποτελεί παράγοντα τοξικότητας για τα φυτά.

Οι *Trotter και Cooke* (2005) ανέλυσαν τις εδαφικές ιδιότητες του τελικού καλύμματος ανενεργού χώρου διάθεσης απορριμμάτων (ΧΔΑ) σε τμήματα του οποίου είχε αναπτυχθεί βλάστηση (ποώδης με κυρίαρχο είδος το *Cynodon dactylon*) και σε τμήματα χέρσα. Μεταξύ άλλων, παρατήρησαν ότι η συγκέντρωση του Ca στις περιοχές όπου είχε αναπτυχθεί βλάστηση ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερη από των χέρσων περιοχών. Το ακριβώς αντίθετο παρατηρήθηκε για τη συγκέντρωση των Mg και K. Στη μελέτη επισημαίνεται ότι η προβληματική ανάπτυξη των φυτών που παρατηρήθηκε δεν οφείλεται στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων, η οποία κρίνεται ικανοποιητική, αλλά στις αυξημένες ποσότητες CH_4 και CO_2 που διαχέονται στο εδαφικό περιβάλλον.

Σύμφωνα με τους *Kim et al.* (2004), η σύγκριση των εδαφικών ιδιοτήτων του τελικού εδαφικού καλύμματος ανενεργού ΧΔΑ με παρακείμενα εδάφη (από όπου προήλθε και το εδαφικό υλικό για τα έργα αποκατάστασης του υπό μελέτη ΧΔΑ) έδειξε ότι η συγκέντρωση του Ca και του Mg ήταν υψηλότερη στο τελικό κάλυμμα απ' ό,τι στα παρακείμενα εδάφη, ενώ η συγκέντρωση του K δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά. Στην εργασία αυτή η διαφορά στις τιμές του Ca και Mg θεωρείται αποτέλεσμα της αύξησης της συγκέντρωσης των αλάτων στο εδαφικό κάλυμμα λόγω αύξησης της εξατμισοδιαπνοής. Οι *Hernández et al.*, (1999) δικαιολογούν την αύξηση της εξατμισοδιαπνοής στο περιβάλλον ενός ΧΔΑ με την αντίστοιχη αύξηση της ατμοσφαιρικής και εδαφικής θερμοκρασίας, που προκαλείται από την έκλυση και διάχυση αερίων από τη στρώση των απορριμμάτων στο εδαφικό σύστημα και κατ' επέκταση στην ατμόσφαιρα.

5.1.12 Αφομοιώσιμες Μορφές Βαρέων Μετάλλων – Σίδηρος, Μαγγάνιο, Ψευδάργυρος, Χαλκός, Μόλυβδος, Νικέλιο

Οι εδαφικές διεργασίες, από τις οποίες εξαρτάται η «τύχη» των βαρέων μετάλλων στο έδαφος, σε γενικές γραμμές είναι η διάλυση (dissolution), η προσρρόφηση (sorption), η συμπλοκοποίηση (complexation), η μετακίνηση (migration), η καθίζηση (precipitation), ο εγκλεισμός (occlusion), η διάχυση (στα ορυκτά), η δέσμευση από οργανικά συστατικά, η απορρόφηση και προσρρόφηση από μικροοργανισμούς (microbiota) και η εξάτμιση (volatilization).

Όλες αυτές οι διεργασίες 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 ΙΑΚ, τα ανθρακικά άλατα, τα ένυδρα οξείδια Fe και Mn και τα ορυκτά της αργίλου, είναι γνωστό ότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά των μετάλλων (*Kabata-Pendias, 2001*).

Σημαντικό ρόλο στη διαθεσιμότητα των μετάλλων παίζει η εγκατάσταση βλάστησης. Η πρόσληψη των βαρέων μετάλλων από τα φυτά μπορεί να ενισχυθεί μέσω αλλαγών στη διαθεσιμότητά τους στο περιβάλλον της ριζόσφαιρας. Δραστηριότητες των ριζών, όπως η έκκριση οργανικών οξέων και φυτοσιδεροφόρων ενώσεων (οργανικές ενώσεις με μεγάλη εκλεκτικότητα στη προσρρόφηση 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*).

Στα σημεία δειγματοληψίας οι τιμές των αφομοιώσιμων μορφών βαρέων μετάλλων σιδήρου, μαγγανίου, ψευδαργύρου, χαλκού, μολύβδου και νικελίου ανά περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος δίνονται στους θεματικούς χάρτες εκτίμησης 5.1.15, 5.1.16, 5.1.17, 5.1.18, 5.1.19 και 5.1.20 αντίστοιχα. Στους χάρτες αυτούς, σύμφωνα με τη χωρική παρεμβολή (μέθοδος Splines), εκτιμήθηκαν οι τιμές των βαρέων μετάλλων σε όλη την έκταση των περιοχών μελέτης. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης του κάθε στοιχείου. Από τις εκτιμηθείσες τιμές των στοιχείων που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές των παραμέτρων για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στα σημεία δειγματοληψίας (πλαίσιο) που μετρήθηκαν μεταβλητές των αυτοφύων ποωδών φυτών.

Οι τιμές του σιδήρου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες, κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,63 έως 2,52 ppm, από 0,09 έως 15,13 ppm και από 0,09 έως 41,95 ppm. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών και των ετών μελέτης. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 0,44 έως 4,09 ppm, από 0,09 έως 26,53 ppm και από 1,57 έως 34,58 ppm. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών και των ετών. Παρατηρούνται διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος για τις Π2 και Π3 (πίνακες 5.1.12.1 & 5.1.12.7, γραφήματα 5.1.12.1 & 5.1.12.2). Οι τιμές κρίνονται ως ικανοποιητικές, αφού είναι ανώτερες του ορίου επάρκειας που είναι τα 4,5 ppm (*Viets & Lindsay, 1983*).

Οι τιμές του μαγγανίου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,53 έως 5,03 ppm, από 0,09 έως 13,58 ppm και από 0,09 έως 12,72 ppm. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών μελέτης. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 0,29 έως 4,33 ppm, από 0,09 έως 25,9 ppm και από 1,33 έως 24,98 ppm. Υπήρχε σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών και των ετών. Παρατηρούνται διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος κυρίως στην Π2 (πίνακες 5.1.12.2 & 5.1.12.8, γραφήματα 5.1.12.3-5.1.12.5). Οι τιμές κρίνονται ως καλές, αφού ξεπερνούν το όριο επάρκειας του 1,0 ppm (*Viets & Lindsay, 1983*). Τοξικότητα Μn εμφανίζεται σε όξινα εδάφη, ιδιαίτερα σε τροπικές υγρές περιοχές με pH < 5 και ποσότητα μεγαλύτερη από 100 ppm (*Αλιφραγκής & Παπαμίχος, 1994*).

Οι τιμές του ψευδαργύρου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,17 έως 1,65 ppm, από 0,09 έως 22,74 ppm και από 0,09 έως 38,55 ppm. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 0,12 έως 3,19 ppm, από 0,09 έως 31,55 ppm και από 2,83 έως 35,5 ppm. Υπήρχε σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών και των ετών μελέτης. Παρατηρούνται διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος για τις Π2 και Π3 (πίνακες 5.1.12.3 & 5.1.12.9, γραφήματα 5.1.12.6-5.1.12.8). Οι τιμές κρίνονται ως ικανοποιητικές, αφού βρίσκονται σε επίπεδα πάνω από το όριο επάρκειας που είναι το 1,0 ppm (*Viets & Lindsay, 1983*). Ο Zn είναι ένα από τα λιγότερο φυτοτοξικά βαρέα μέταλλα με όρια τοξικότητας από 100-400 ppm στα εδάφη (*Μήτσιος, 2004*).

Οι τιμές του χαλκού για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,13 έως 1,74 ppm, από 0,09 έως 25,98 ppm και από 0,09 έως 11,58 ppm. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών μελέτης. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 0,14 έως 3,86 ppm, από 0,09 έως 35,75 ppm και από 0,63 έως 7,2 ppm. Υπήρχε σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών και των ετών. Παρατηρούνται διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος για τις Π2 και Π3 (πίνακες 5.1.12.4 & 5.1.12.10, γραφήματα 5.1.12.9-5.1.12.12). Οι τιμές χαρακτηρίζονται ως ικανοποιητικές, αφού ξεπερνούν το όριο επάρκειας των 0,8-1,5 ppm (*Viets & Lindsay, 1983*). Τοξικά φαινόμενα στα φυτά εμφανίζονται όταν ο χαλκός υπερβεί τα 150 ppm στα εδάφη, με την τοξικότητα να αυξάνεται με μείωση του pH (*Γιάσογλου, 1994b*; *Αλιφραγκής & Παπαμίχος, 1994*).

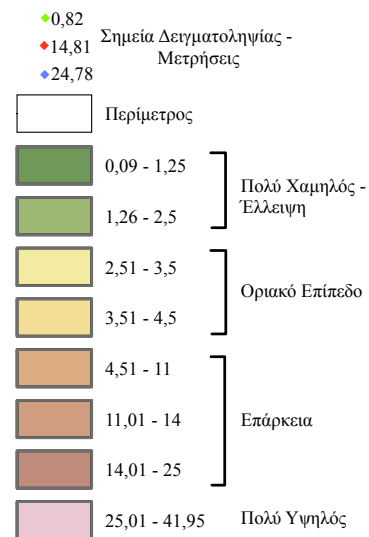
Οι τιμές του μολύβδου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,53 έως 5,18 ppm, από 0,09



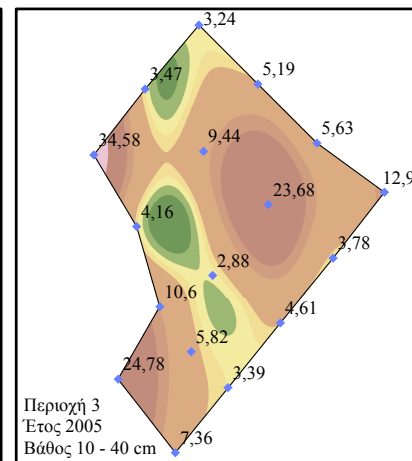
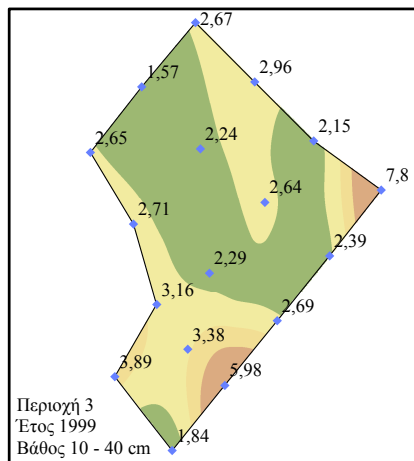
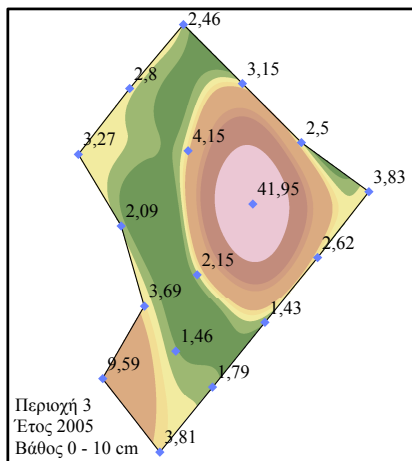
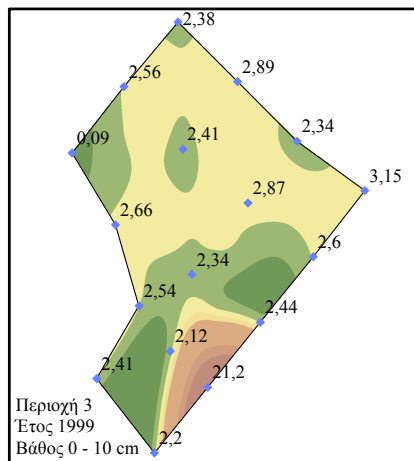
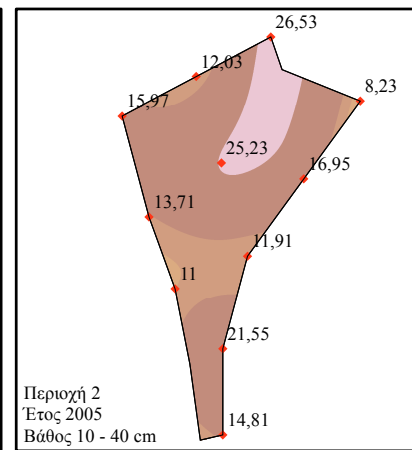
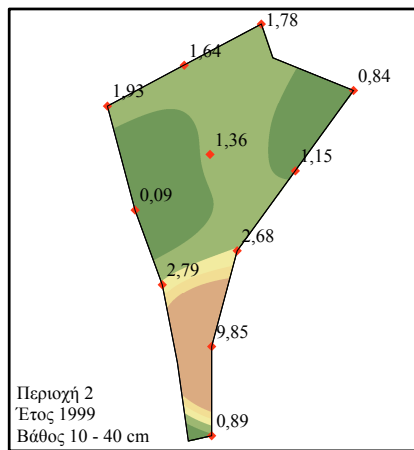
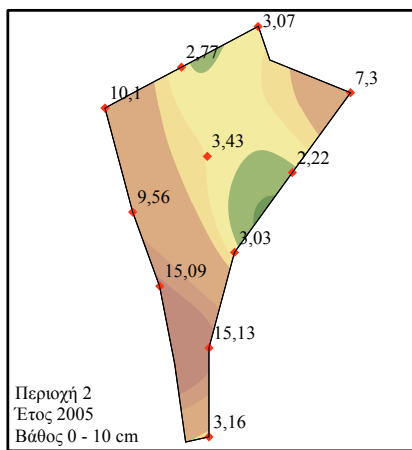
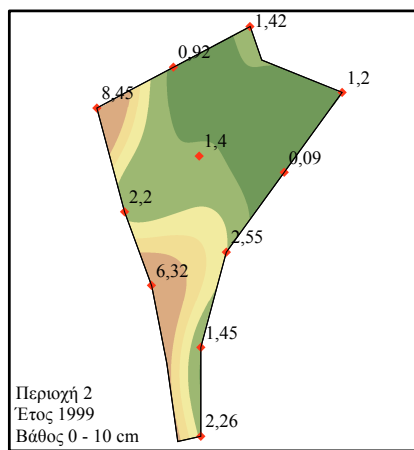
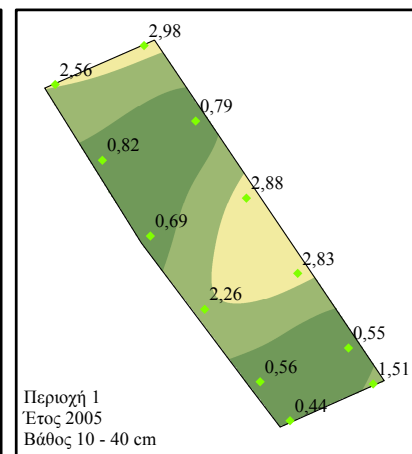
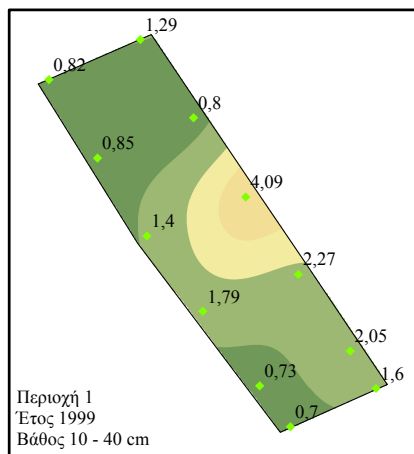
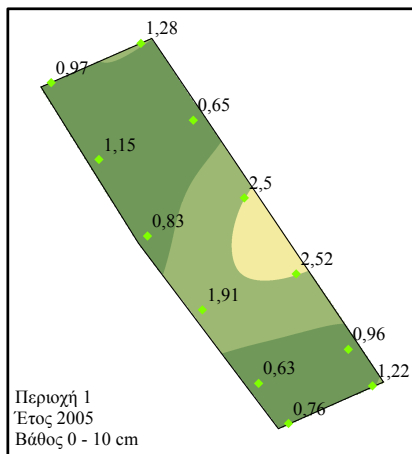
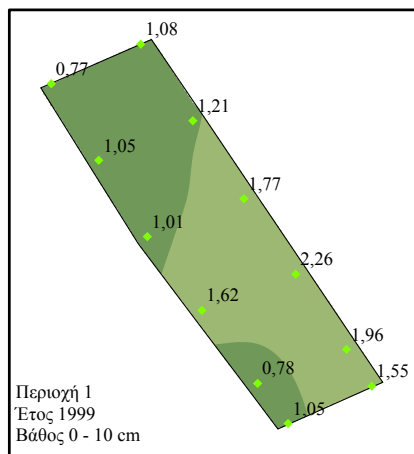
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.15 :
ΣΙΔΗΡΟΣ (ppm)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Μέτρα
0 5 10 20 30 40



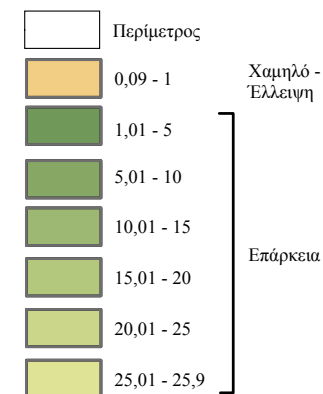


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

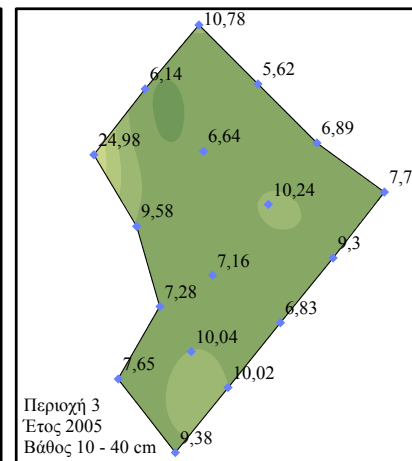
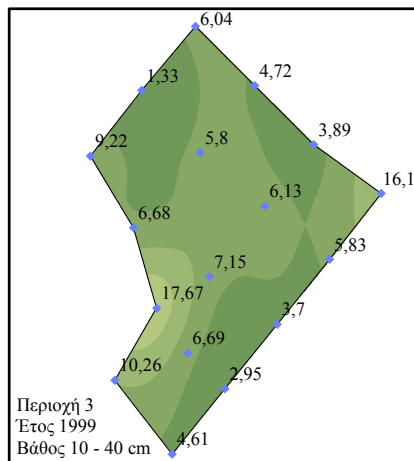
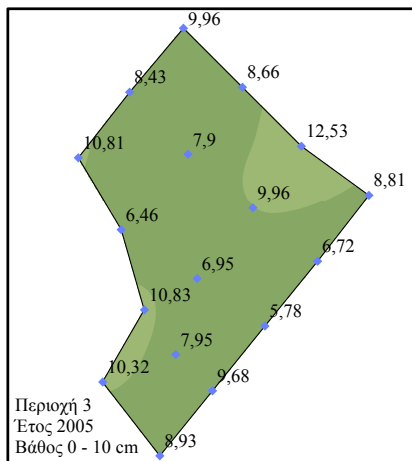
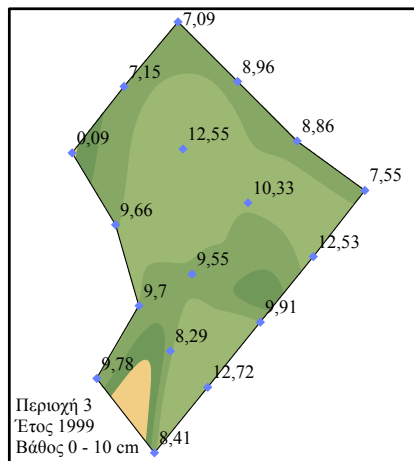
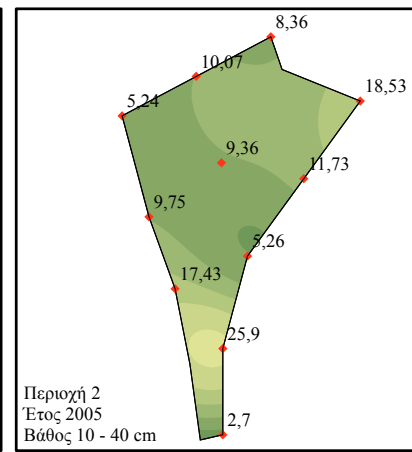
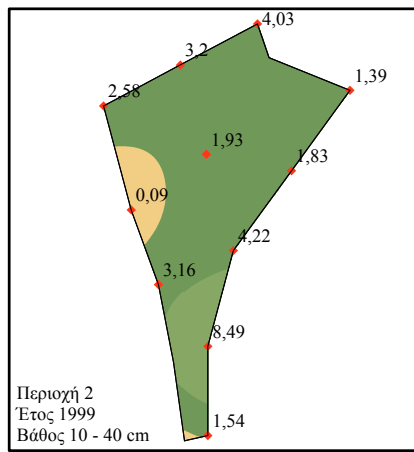
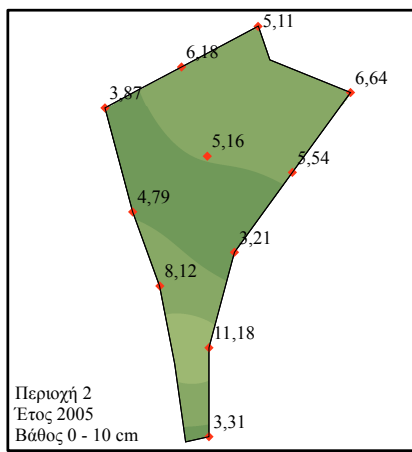
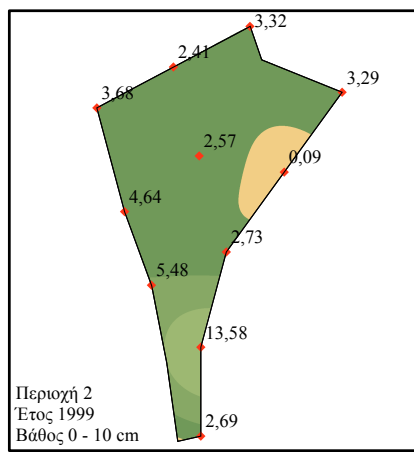
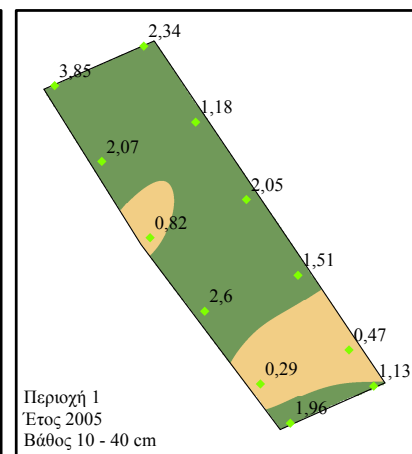
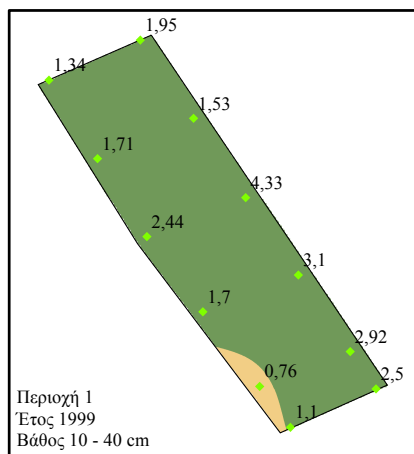
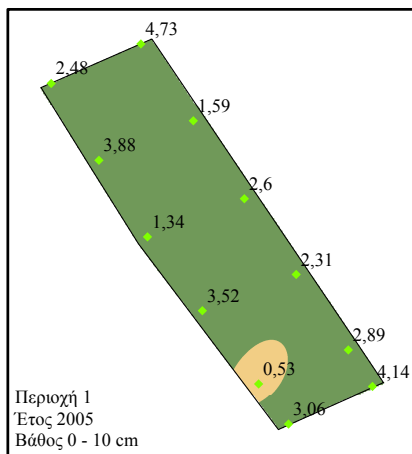
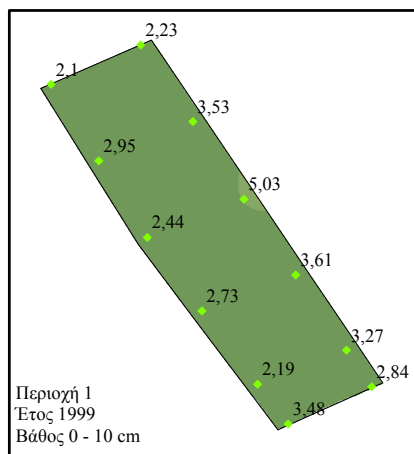
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.16 :
ΜΑΓΓΑΝΙΟ (ppm)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ◆ 0,29 Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
- ◆ 18,53
- ◆ 24,98



0 5 10 20 30 40 Μέτρα



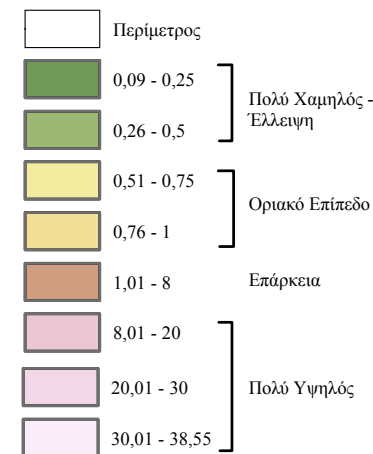


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

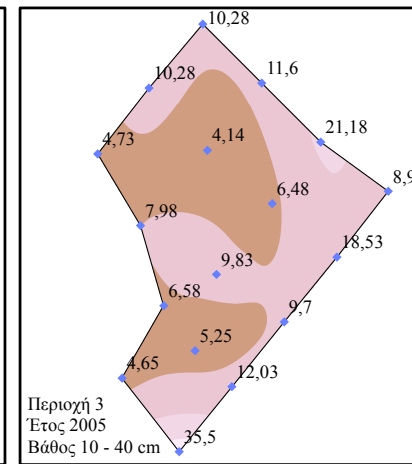
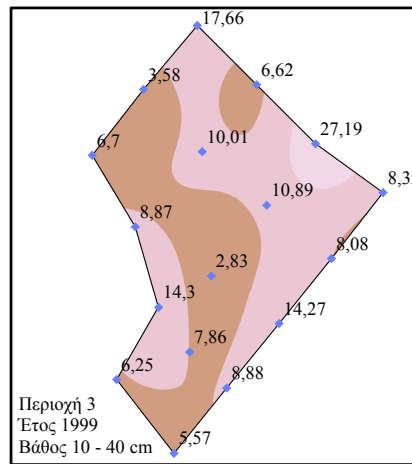
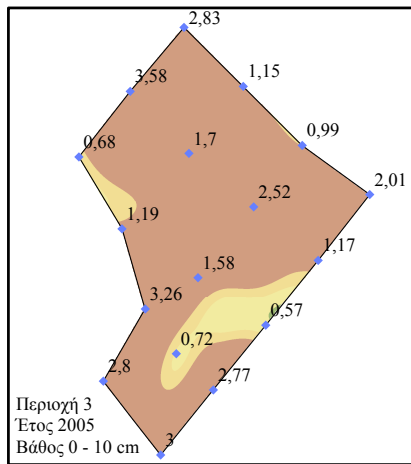
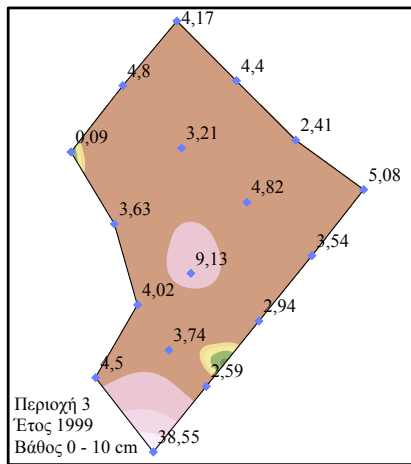
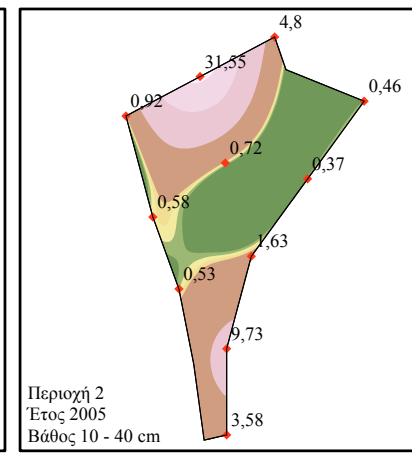
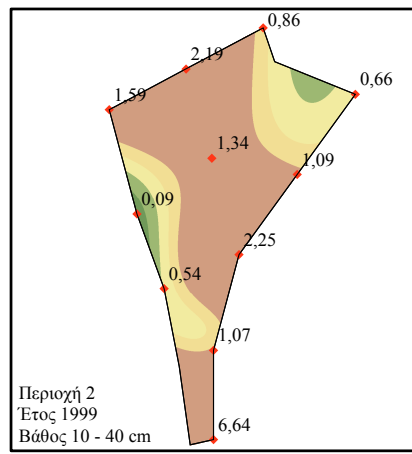
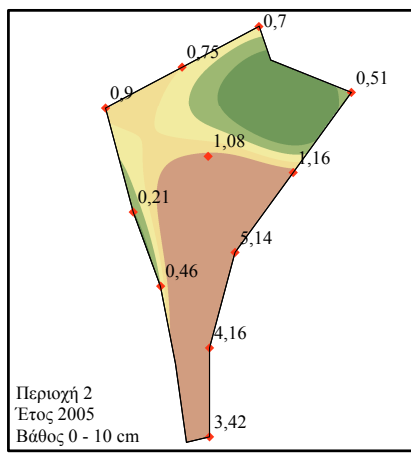
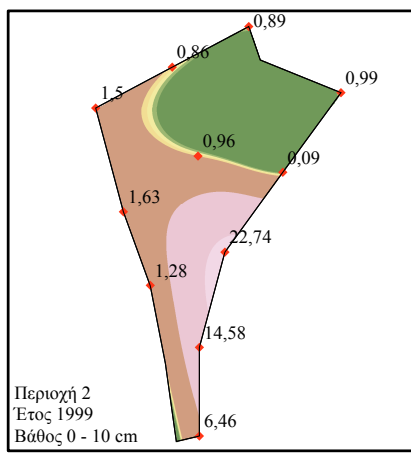
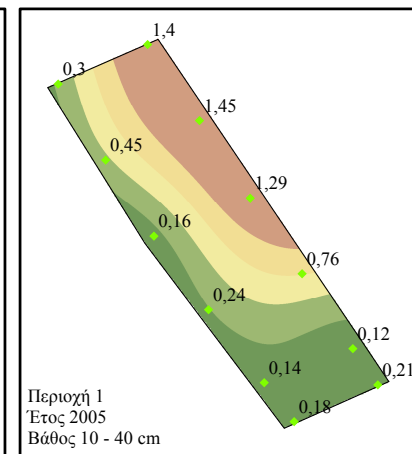
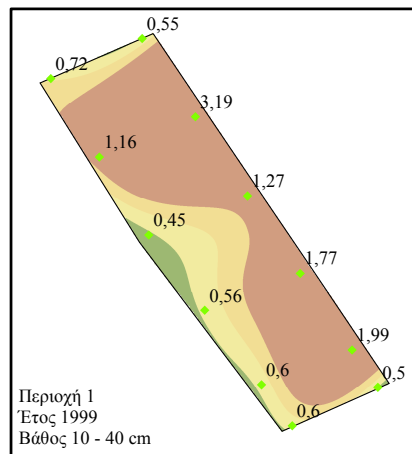
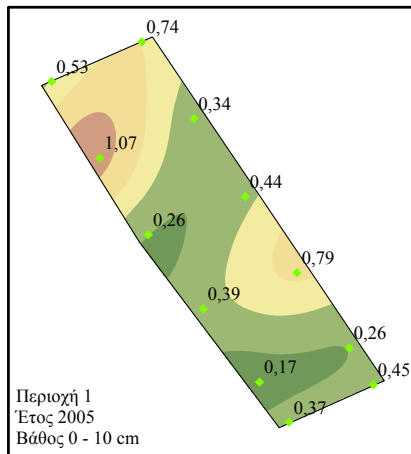
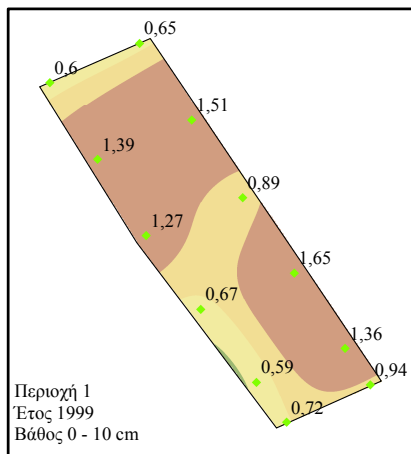
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.17 :
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ (ppm)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 0,3 Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
- 9,73
- 35,5



Μέτρα
0 5 10 20 30 40

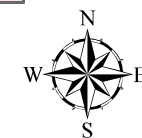
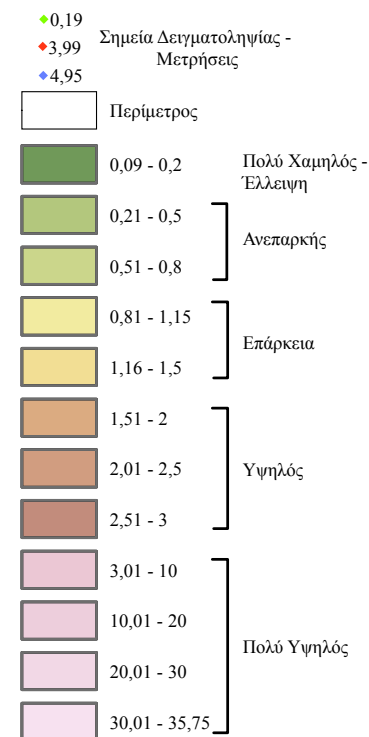




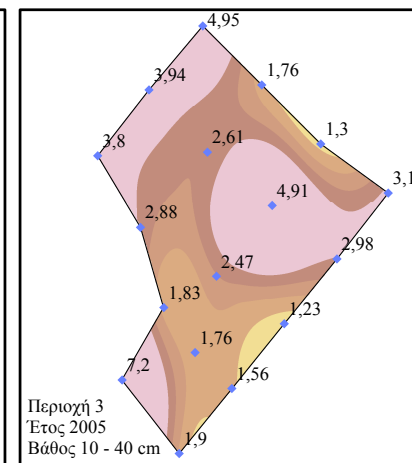
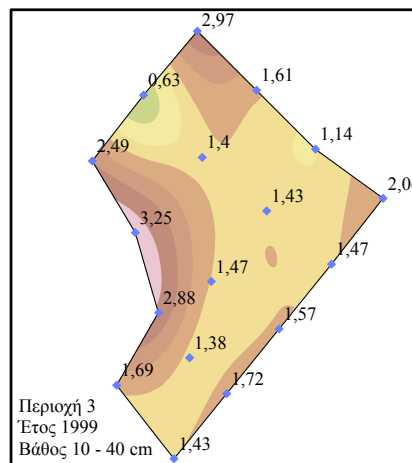
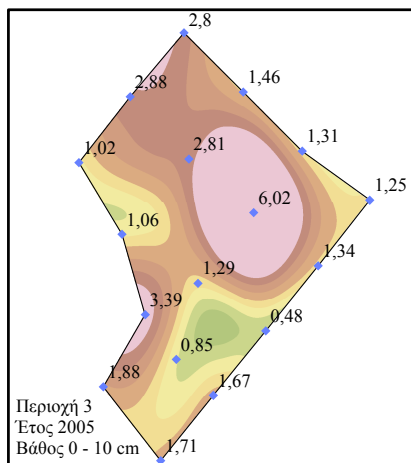
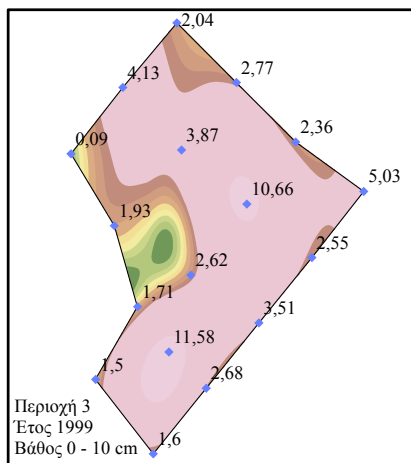
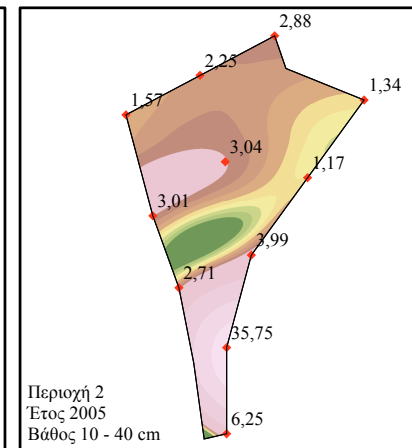
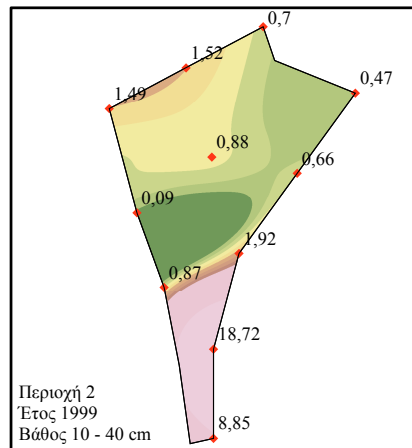
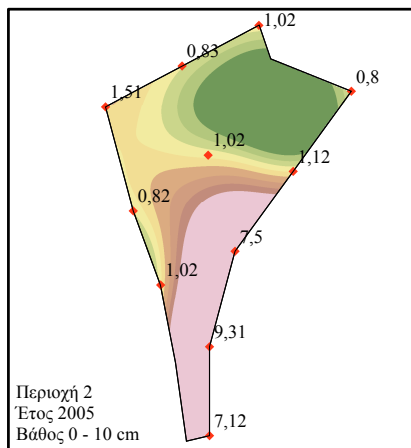
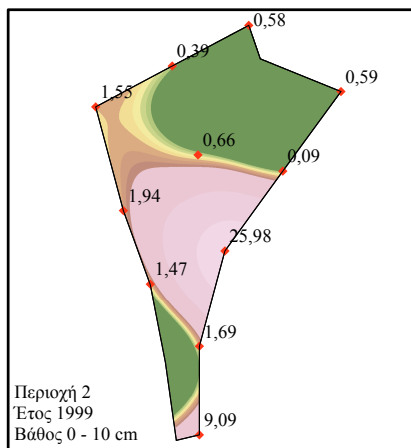
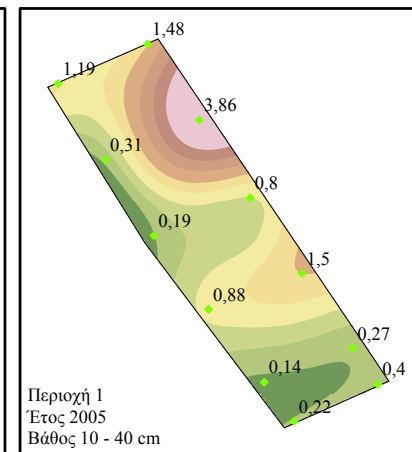
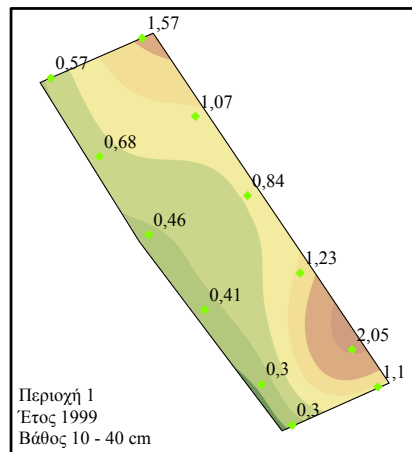
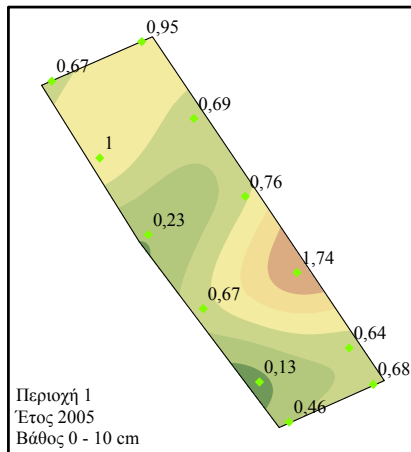
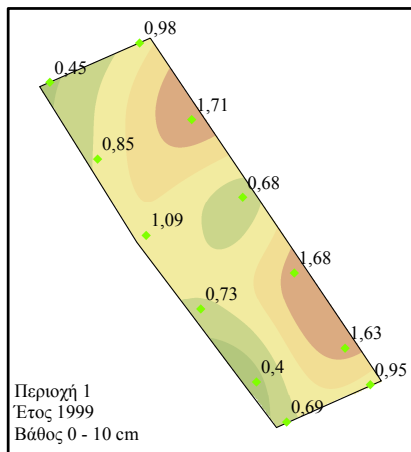
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.18 :
ΧΑΛΚΟΣ (ppm)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Μέτρα
0 5 10 20 30 40

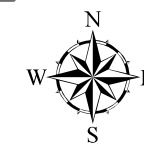
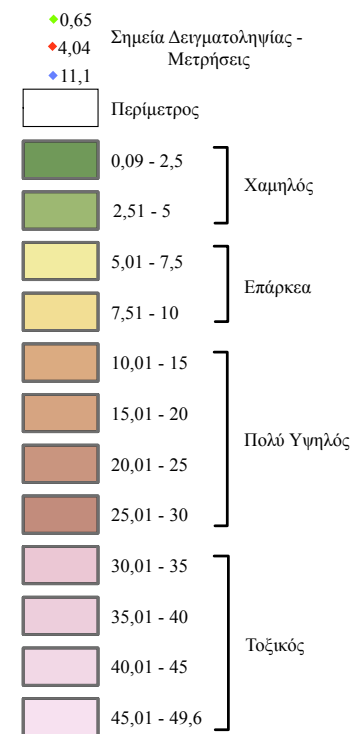




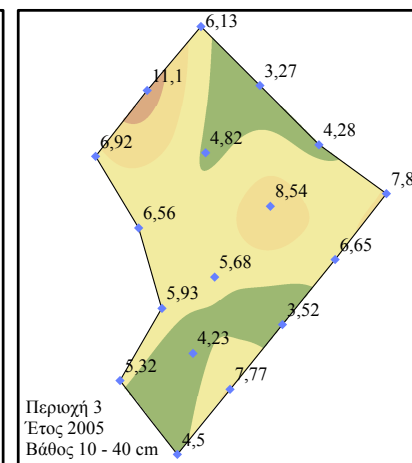
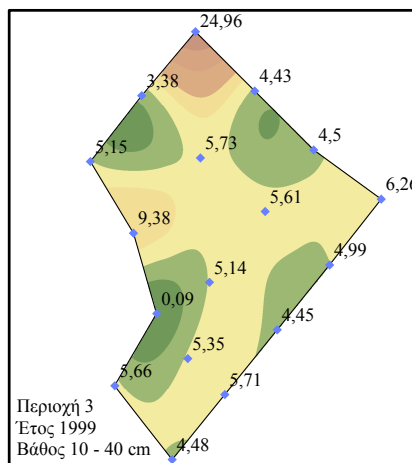
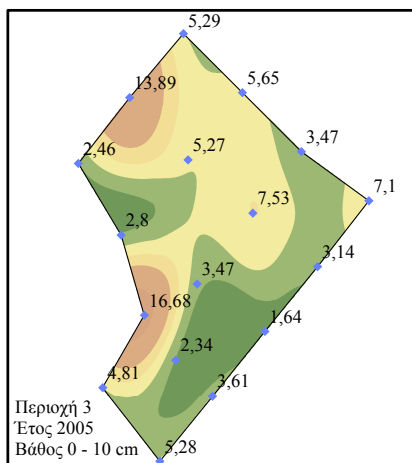
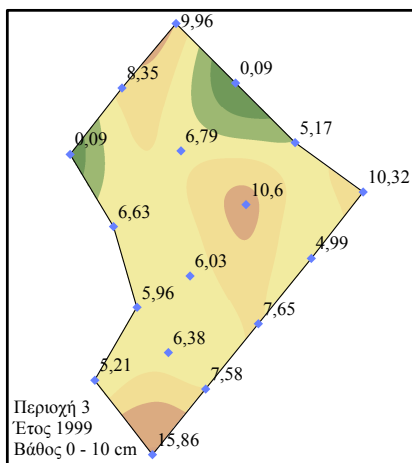
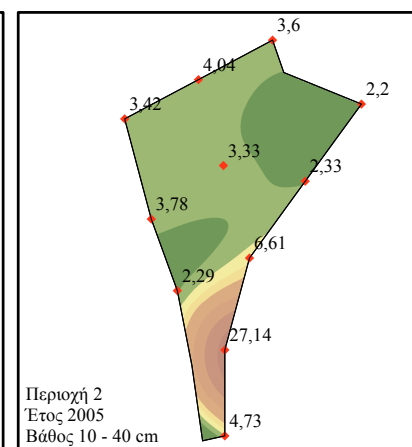
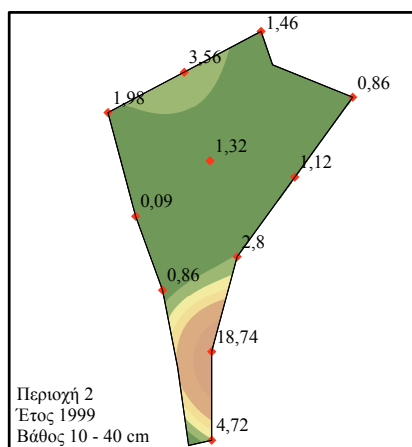
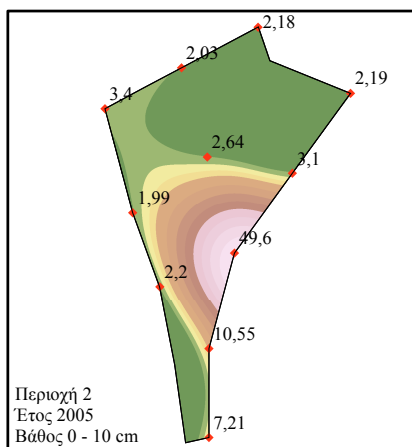
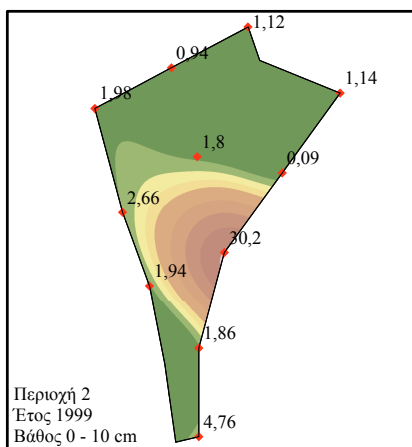
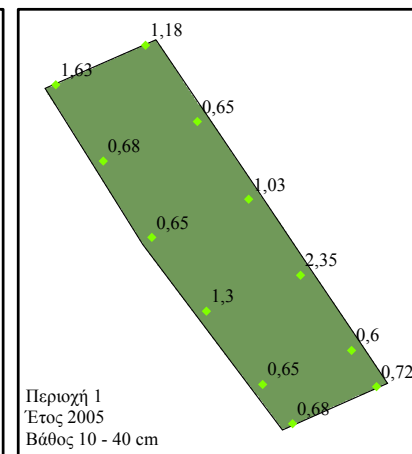
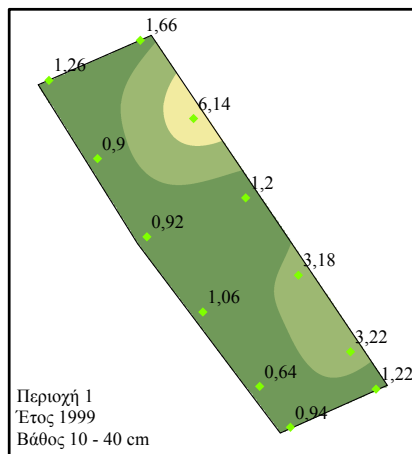
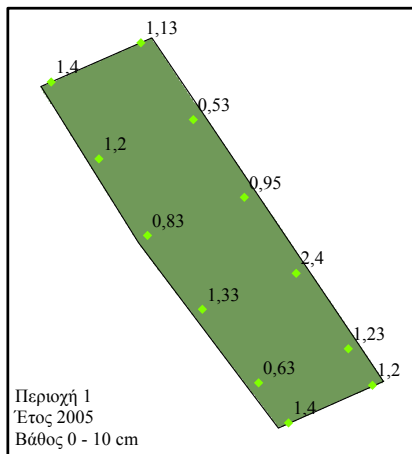
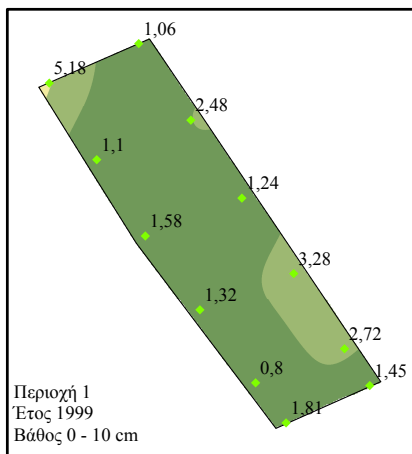
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.19 :
ΜΟΛΥΒΔΟΣ (ppm)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Μέτρα
0 5 10 20 30 40



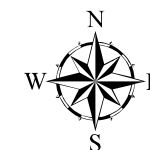
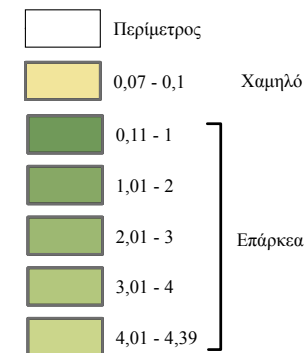


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

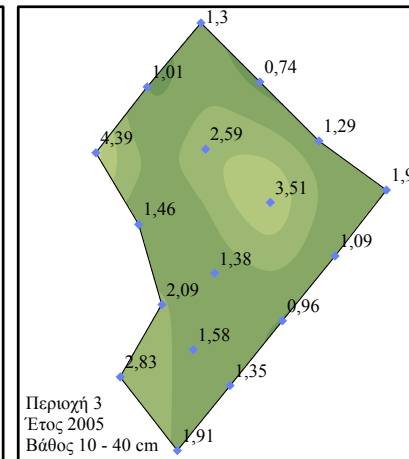
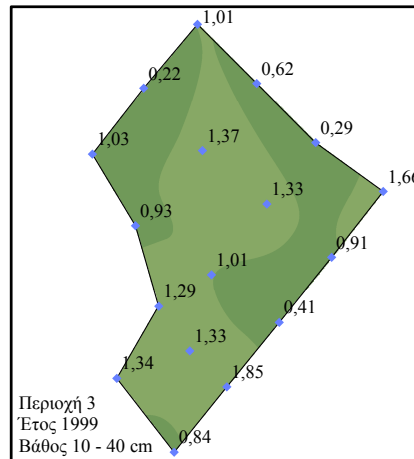
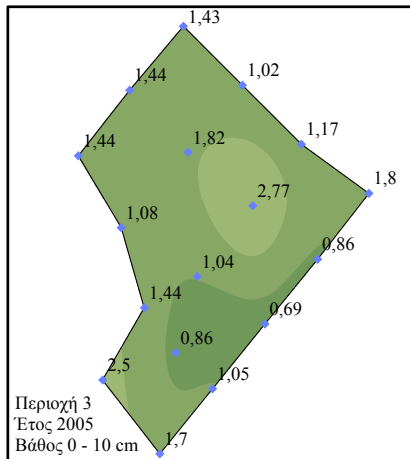
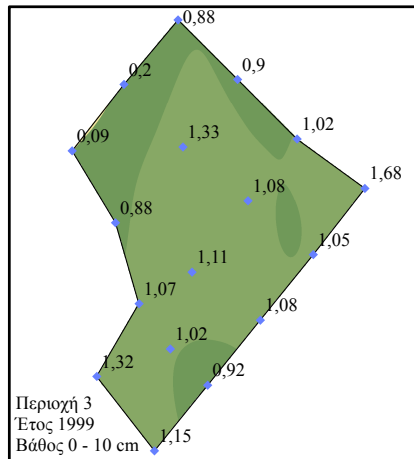
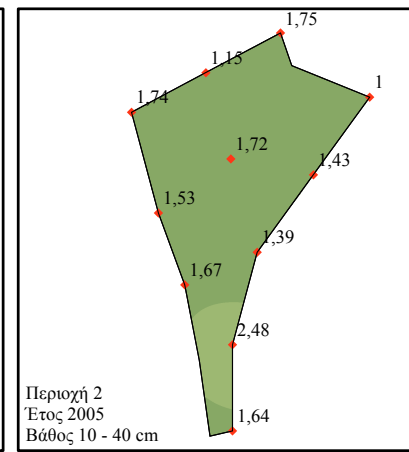
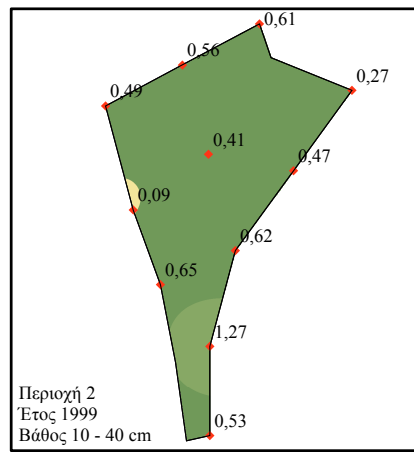
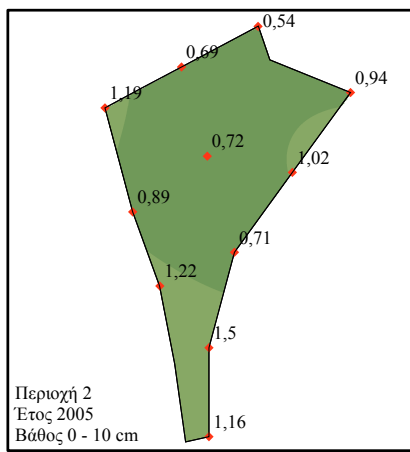
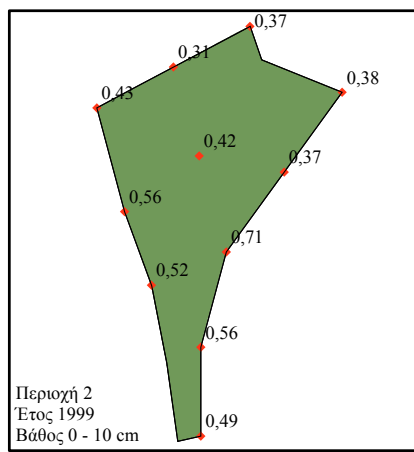
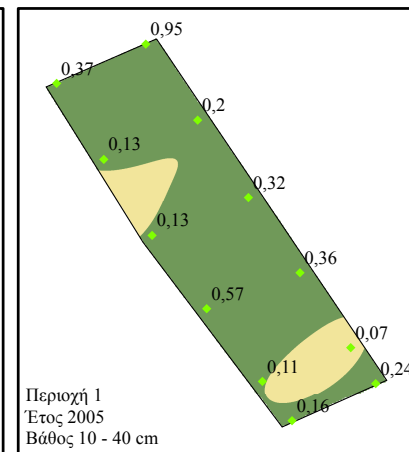
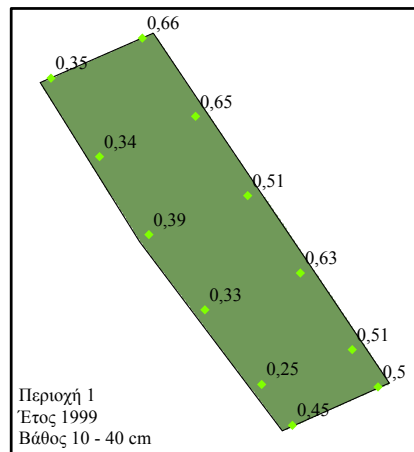
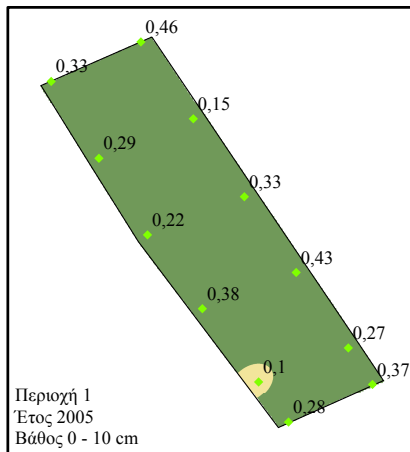
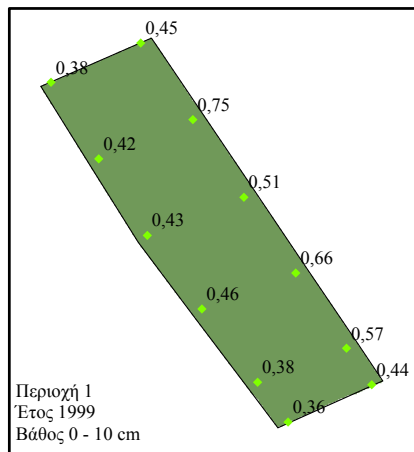
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.1.20 :
ΝΙΚΕΛΙΟ (ppm)
ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ ΕΤΟΣ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΗΨΗΣ ΤΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 0,07 Σημεία Δειγματοληψίας - Μετρήσεις
- 2,48
- 4,39



Μέτρα
0 5 10 20 30 40



έως 49,6 ppm και από 0,09 έως 16,68 ppm. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών μελέτης. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 0,6 έως 6,14 ppm, από 0,09 έως 27,14 ppm και από 0,09 έως 24,96 ppm. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών. Δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος (πίνακες 5.1.12.5 & 5.1.12.11, γραφήματα 5.1.12.13-5.1.12.15). Οι τιμές χαρακτηρίζονται ως φυσιολογικές εκτός μίας περίπτωσης στην Π2, όπου είναι πάνω από το όριο τοξικότητας χωρίς τα φυτά να εμφανίσουν συμπτώματα. Σύμφωνα με τον *Μήτσιο* (2004), η τοξική δράση του μολύβδου κυμαίνεται από 30-300 ppm στα εδάφη ανάλογα με το είδος του φυτού.

Οι τιμές του νικελίου για τις Π1, Π2 και Π3 στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm και στις δύο δειγματοληψίες κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0,08 έως 0,75 ppm, από 0,31 έως 1,5 ppm και από 0,09 έως 2,77 ppm. Υπήρχε σημαντική διαφορά στις τιμές μεταξύ των περιοχών και των ετών μελέτης. Στο βάθος 10-40 cm οι τιμές ήταν αντίστοιχα από 0,07 έως 0,95 ppm, από 0,09 έως 2,48 ppm και από 0,22 έως 4,39 ppm. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των περιοχών και των ετών. Παρατηρούνται μικρές διαφορές στις τιμές σε σύγκριση με το βάθος στις Π2 και Π3 (πίνακες 5.1.12.6 & 5.1.12.12, γραφήματα 5.1.12.16 & 5.1.12.17). Οι τιμές κρίνονται ως χαμηλές με επαρκείς και δεν υπάρχει πρόβλημα τοξικότητας (*Γιάσσογλου, 1994b*). Σε μεγάλο αριθμό φυτών η τοξική δράση του νικελίου κυμαίνεται από 10-100 ppm στα εδάφη (*Μήτσιος, 2004*).

Από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών των δειγμάτων δίνονται στους παρακάτω πίνακες 5.1.12.1-5.1.12.6 περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για κάθε αφομοιώσιμη μορφή των βαρέων μετάλλων ανά περιοχή, έτος δειγματοληψίας και βάθος.

Πίνακας 5.1.12.1: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το σίδηρο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (ppm)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	1,34	12	0,48	1,49	35,8	1,15
	2005	1,28	12	0,67	1,89	52,3	1,06
Περιοχή 2	1999	2,57	11	2,52	8,36	98,1	1,45
	2005	6,8	11	4,97	12,91	73,1	3,43
Περιοχή 3	1999	3,48	17	4,61	21,11	132,5	2,44
	2005	5,46	17	9,58	40,52	175,5	2,8
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	1,53	12	0,97	3,39	63,4	1,35
	2005	1,57	12	1,05	2,54	66,9	1,16
Περιοχή 2	1999	2,27	11	2,63	9,76	115,9	1,64
	2005	16,17	11	5,93	18,3	36,7	14,81
Περιοχή 3	1999	3,12	17	1,56	6,23	50	2,67
	2005	9,74	17	9,25	31,7	95	5,63

Πίνακας 5.1.12.2: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το μαγγάνιο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (ppm)	Μέγεθος δείγματος	Τοπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	3,03	12	0,83	2,93	27,4	2,9
	2005	2,76	12	1,22	4,2	44,2	2,75
Περιοχή 2	1999	4,04	11	3,44	13,49	85,1	3,29
	2005	5,74	11	2,32	7,96	40,4	5,16
Περιοχή 3	1999	9,01	17	2,88	12,63	32	9,55
	2005	8,86	17	1,8	6,75	20,3	8,81
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	2,12	12	1	3,57	47,2	1,83
	2005	1,69	12	1	3,56	59,2	1,74
Περιοχή 2	1999	2,95	11	2,2	8,4	74,6	2,58
	2005	11,3	11	6,83	23,2	60,4	9,75
Περιοχή 3	1999	6,99	17	4,32	16,34	61,8	6,04
	2005	9,19	17	4,37	19,36	47,6	7,73

Πίνακας 5.1.12.3: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για τον ψευδάργυρο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (ppm)	Μέγεθος δείγματος	Τοπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	1,02	12	0,39	1,06	38,2	0,92
	2005	0,48	12	0,26	0,9	54,2	0,41
Περιοχή 2	1999	4,73	11	7,32	22,65	154,8	1,28
	2005	1,68	11	1,71	4,93	101,8	0,9
Περιοχή 3	1999	5,98	17	8,58	38,46	143,5	4,02
	2005	1,91	17	1	3,02	52,4	1,7
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	1,11	12	0,83	2,74	74,8	0,66
	2005	0,56	12	0,53	1,33	94,6	0,27
Περιοχή 2	1999	1,67	11	1,78	6,55	106,6	1,09
	2005	4,99	11	9,26	31,18	185,6	0,92
Περιοχή 3	1999	9,88	17	5,88	24,36	59,5	8,32
	2005	11,04	17	7,82	31,37	70,8	9,7

Πίνακας 5.1.12.4: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το χαλκό στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (ppm)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	0,99	12	0,46	1,31	46,5	0,9
	2005	0,72	12	0,41	1,61	56,9	0,67
Περιοχή 2	1999	4	11	7,71	25,89	192,8	1,47
	2005	2,91	11	3,3	8,51	113,4	1,02
Περιοχή 3	1999	3,57	17	3,07	11,49	86	2,62
	2005	1,95	17	1,32	5,54	67,7	1,46
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	0,88	12	0,54	1,75	61,4	0,76
	2005	0,94	12	1,05	3,71	111,7	0,6
Περιοχή 2	1999	3,29	11	5,66	18,63	172	0,88
	2005	5,81	11	10,03	34,58	172,6	2,88
Περιοχή 3	1999	1,8	17	0,7	2,62	38,9	1,57
	2005	2,96	17	1,6	5,97	54,1	2,61

Πίνακας 5.1.12.5: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το μόλυβδο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (ppm)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	2	12	1,25	4,38	62,5	1,52
	2005	1,18	12	0,48	1,88	40,7	1,2
Περιοχή 2	1999	4,41	11	8,64	30,11	195,9	1,86
	2005	7,92	11	14,09	47,61	177,9	2,64
Περιοχή 3	1999	6,92	17	3,73	15,77	53,9	6,63
	2005	5,55	17	4,04	15,04	72,8	4,81
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	1,86	12	1,59	5,5	85,5	1,21
	2005	1,01	12	0,53	1,75	52,5	0,7
Περιοχή 2	1999	3,41	11	5,26	18,65	154,3	1,46
	2005	5,77	11	7,2	24,94	124,8	3,6
Περιοχή 3	1999	6,19	17	5,15	24,87	83,2	5,15
	2005	6,06	17	2	7,83	33	5,93

Πίνακας 5.1.12.6: Στατιστικά στοιχεία των δειγμάτων εδάφους για το νικέλιο στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (ppm)	Μέγεθος δείγματος	Τοπική απόκλιση	Εύρος	Συντελεστής διακύμανσης (%)	Διάμεσος
Βάθος εδάφους 0-10 cm							
Περιοχή 1	1999	0,48	12	0,12	0,39	25	0,45
	2005	0,3	12	0,11	0,38	36,7	0,31
Περιοχή 2	1999	0,47	11	0,12	0,4	25,5	0,43
	2005	0,96	11	0,29	0,96	30,2	0,94
Περιοχή 3	1999	0,99	17	0,37	1,59	37,4	1,05
	2005	1,42	17	0,57	2,08	40,1	1,43
Βάθος εδάφους 10-40 cm							
Περιοχή 1	1999	0,46	12	0,14	0,41	30,4	0,48
	2005	0,3	12	0,25	0,88	83,3	0,22
Περιοχή 2	1999	0,54	11	0,29	1,18	53,7	0,53
	2005	1,59	11	0,38	1,48	23,9	1,64
Περιοχή 3	1999	1,03	17	0,46	1,63	44,7	1,01
	2005	1,85	17	0,98	3,65	53	1,46

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, καθώς δεν ίσχυε η κανονικότητα, οι τιμές του σιδήρου μετασχηματίστηκαν με το δεκαδικό λογάριθμο με αποτέλεσμα, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «σίδηρος» και για τα δύο βάθη, υπάρχει σημαντική επίδραση όλων (πίνακας 5.1.12.7). Από τον πίνακα 5.1.12.7 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» και στα δύο βάθη συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «σιδήρου».

Από τους πίνακες 5.1.12.1 & 5.1.12.7 και τα γραφήματα 5.1.12.1 & 5.1.12.2 η επίδραση όλων των παραγόντων στο Fe και για τα δύο βάθη οφείλεται στις μεγαλύτερες τιμές των Π2 και Π3, στην αύξηση των τιμών με το χρόνο, καθώς και από τη σταθερότητα των τιμών στην Π1 προκύπτει η αλληλεπίδραση. Κι αυτό γιατί υπάρχουν αναγωγικές συνθήκες κυρίως στην Π2, λιγότερο στην Π3 και μηδαμινά στην Π1. Οι επικρατούσες αναερόβιες συνθήκες στην Π2 δικαιολογούν την αύξηση στις τιμές του Fe και μάλιστα ακόμη και στο επιφανειακό βάθος, φυσικά με μικρότερη αύξηση. Αντίστοιχα, καθώς οι συνθήκες βελτιώνονται στην Π3, παρατηρείται μικρότερη αύξηση, ενώ στην Π1 οι τιμές παραμένουν σταθερές.

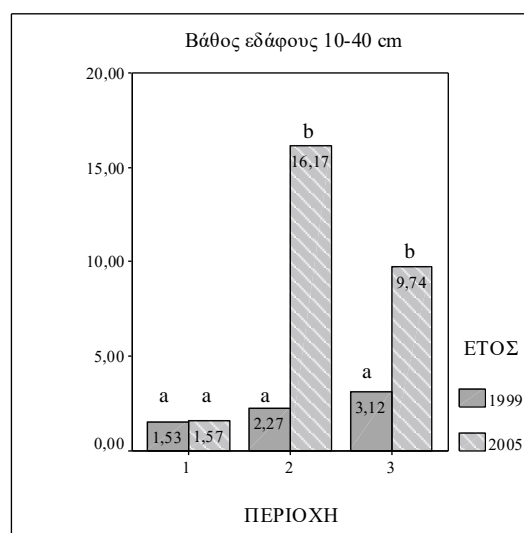
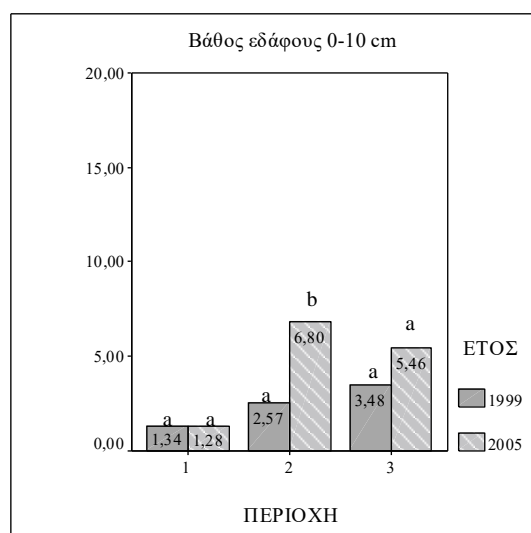
Πολλές αντιδράσεις εμπλέκονται στη διαλυτότητα του Fe στο έδαφος, με πιο σημαντικές εκείνες της υδρόλυσης και της συμπλοκοποίησης. Αναφέρεται ότι η κινητικότητα του Fe στο έδαφος ελέγχεται κυρίως από τη διαλυτότητα των άμορφων υδροξειδίων του Fe^{3+} και Fe^{2+} . Η συγκέντρωση του διαλυτών μορφών Fe στο έδαφος είναι εξαιρετικά χαμηλή σε σύγκριση με την ολική περιεκτικότητα του εδάφους σε Fe. Σε καλώς αεριζόμενα εδάφη ο Fe^{2+} αποτελεί ένα μικρό ποσοστό του ολικού διαλυτού ανόργανου Fe. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο Fe δρα ανταγωνιστικά με τον P, τον Zn και το Mn στο περιβάλλον των ριζών. Υψηλές συγκεντρώσεις του Fe είναι

ικανές να προκαλέσουν μείωση της απορρόφησης από τα φυτά των παραπάνω στοιχείων και αντίστροφα (Kabata-Pendias, 2001).

Καλές συνθήκες αερισμού (υψηλά επίπεδα O₂ στον αέρα εδάφους) προάγουν τις οξειδωμένες ιοντικές μορφές του σιδήρου και μαγγανίου (Fe³⁺ και Mn⁴⁺), ενώ κακές συνθήκες αερισμού (χαμηλά επίπεδα O₂ στην εδαφική ατμόσφαιρα) προάγουν τις ανηγμένες μορφές τους (Fe²⁺ και Mn²⁺). Οι ανηγμένες μορφές του Fe και Mn είναι περισσότερο αφομοιώσιμες απ' ό,τι οι οξειδωμένες. Ως εκ τούτου, η επικράτηση αναγωγικών συνθηκών που συνδέεται με την έλλειψη οξυγόνου στο εδαφικό περιβάλλον οδηγεί στην αύξηση της διαθεσιμότητας του Fe και Mn (Γιάσογλου, 1994b· Hausenbuiller, 1985· Kabata-Pendias, 2001).

Πίνακας 5.1.12.7: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο σίδηρο των δειγμάτων (μετασηματισμένες τιμές με δεκαδικό λογάριθμο) ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	0,84	1	0,84	6,77	0,011
Περιοχή	2,34	2	1,17	9,4	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,94	2	0,47	3,76	0,028
Error	9,2	74	0,12		
Total	13,32	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	4,18	1	4,18	45,73	<0,001
Περιοχή	5,11	2	2,56	27,93	<0,001
Έτος * Περιοχή	3,28	2	1,64	17,9	<0,001
Error	6,77	74	0,09		
Total	19,34	79			



Γραφήματα 5.1.12.1 & 5.1.12.2: Ραβδογράμματα της μέσης συγκέντρωσης σιδήρου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος. Οι συγκρίσεις των δύο ετών αφορούν την κάθε περιοχή ξεχωριστά (t-test $p < 0,05$).

Σημαντικό ρόλο στην αναγωγή του Fe και Mn παίζει και η οργανική ουσία. Κατά την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας, με τη δράση των μικροοργανισμών, παράγονται e^- . Σε αερόβιες συνθήκες δέκτης των e^- αποτελεί το O_2 , ενώ σε αναερόβιες συνθήκες δέκτες των e^- γίνονται άλλα στοιχεία όπως ο Fe και το Mn, τα οποία ανάγονται σε μορφές περισσότερο ευδιάλυτες και ευκίνητες.

Για το μαγγάνιο, με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «μαγγάνιο», α) για το επιφανειακό έδαφος υπάρχει σημαντική επίδραση της περιοχής και β) στο βάθος 10-40 cm υπάρχει επίδραση όλων (πίνακας 5.1.12.8). Από τον πίνακα 5.1.12.8 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» στο βάθος 10-40 cm συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «μαγγανίου».

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης δεν υφίσταται αλληλεπίδραση στο βάθος 0-10 cm, για τον παράγοντα «περιοχή» με το test του Bonferroni προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές του μαγγανίου ποιες περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στα ραβδογράμματα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.12.3 & 5.1.12.4).

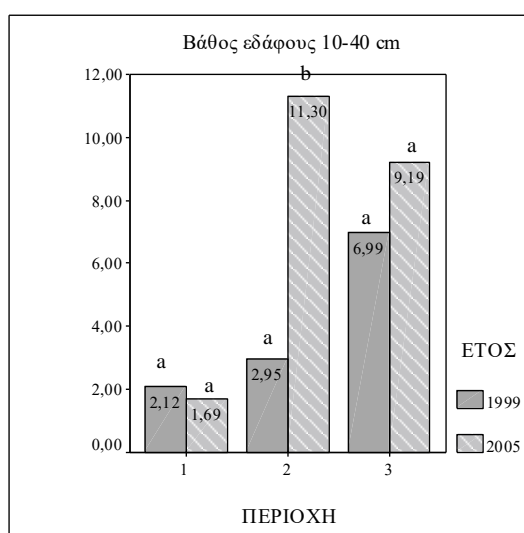
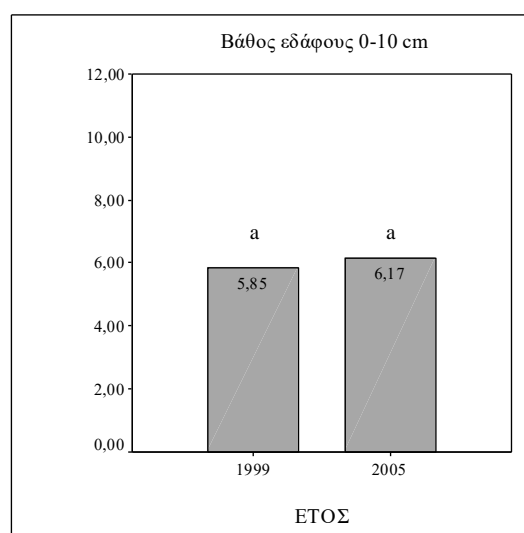
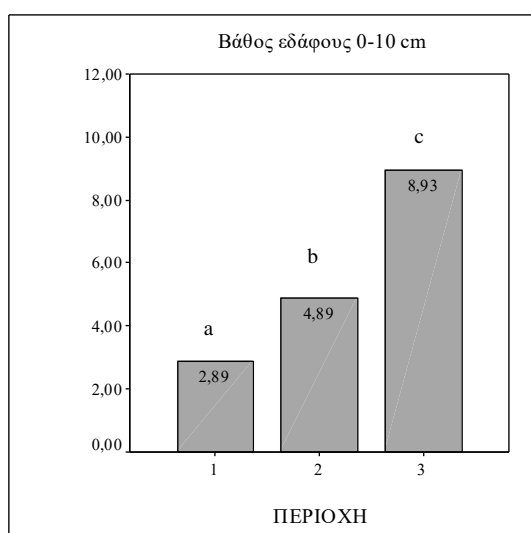
Από τους πίνακες 5.1.12.2 & 5.1.12.8 και τα γραφήματα 5.1.12.3-5.1.12.5 για το βάθος 0-10 cm στην Π3 το μαγγάνιο είναι αυξημένο το 1999 λόγω διαφορετικών εδαφικών χαρακτηριστικών και κυρίως της οργανικής ουσίας που είναι περισσότερη στην Π3 απ' ό,τι στις Π1 και Π2 (το Mn δημιουργεί σύμπλοκα με την οργανική ουσία). Για το βάθος 10-40 cm, λόγω αύξησης του βιοαερίου και μείωσης του οξυγόνου στον αέρα εδάφους, οι συνθήκες γίνονται πιο αναγωγικές με συνέπεια να αυξάνεται η διαθεσιμότητα του Mn αλλά και των άλλων μετάλλων. Τα πιο ευαίσθητα μέταλλα στην αναγωγή είναι το Mn και ο Fe. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο για όλα τα μέταλλα στην Π2 λόγω πιο ισχυρών αναγωγικών συνθηκών. Η αλληλεπίδραση των παραγόντων έτους και περιοχής οφείλεται στη μεταβλητότητα της Π1 από τη σχετική σταθεροποίηση των τιμών ως προς τη διαθεσιμότητα του Mn. Τα ανωτέρω επιβεβαιώνονται με όσα αναφέρθηκαν και στο Fe.

Από τη βιβλιογραφία, η αύξηση της φυτοδιαθεσιμότητας του Mn σχετίζεται με αναερόβιες συνθήκες στο έδαφος. Επίσης, η ικανότητά του να σχηματίζει ανιοντικά σύμπλοκα, καθώς και σύμπλοκα με οργανικούς υποκαταστάτες, μπορεί να συνεισφέρει στην αύξηση της διαλυτότητάς του σε αλκαλικά εδάφη (Kabata-Pendias, 2001).

Για τον ψευδάργυρο, με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, καθώς δεν ίσχυε η κανονικότητα, οι τιμές του μετασχηματίστηκαν με το δεκαδικό λογάριθμο με αποτέλεσμα, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «ψευδάργυρος», α) για το επιφανειακό έδαφος υπάρχει σημαντική επίδραση της περιοχής και του έτους και β) στο βάθος 10-40 cm υπάρχει αλληλεπίδραση και επίδραση της περιοχής (πίνακας 5.1.12.9). Από τον πίνακα 5.1.12.9 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» στο βάθος 10-40 cm συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «ψευδαργύρου».

Πίνακας 5.1.12.8: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο μαγγάνιο των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	3,46	1	3,46	0,67	0,415
Περιοχή	551,43	2	275,72	53,59	<0,001
Έτος * Περιοχή	14,36	2	7,18	1,4	0,254
Error	380,73	74	5,15		
Total	949,98	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	219,85	1	219,85	14,25	<0,001
Περιοχή	579,57	2	289,79	18,78	<0,001
Έτος * Περιοχή	233,15	2	116,58	7,56	0,001
Error	1141,72	74	15,43		
Total	2174,29	79			



Γραφήματα 5.1.12.3-5.1.12.5: Ραβδογράμματα της μέσης συγκέντρωσης μαγγανίου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος (test Bonferroni $p < 0,05$, anova).

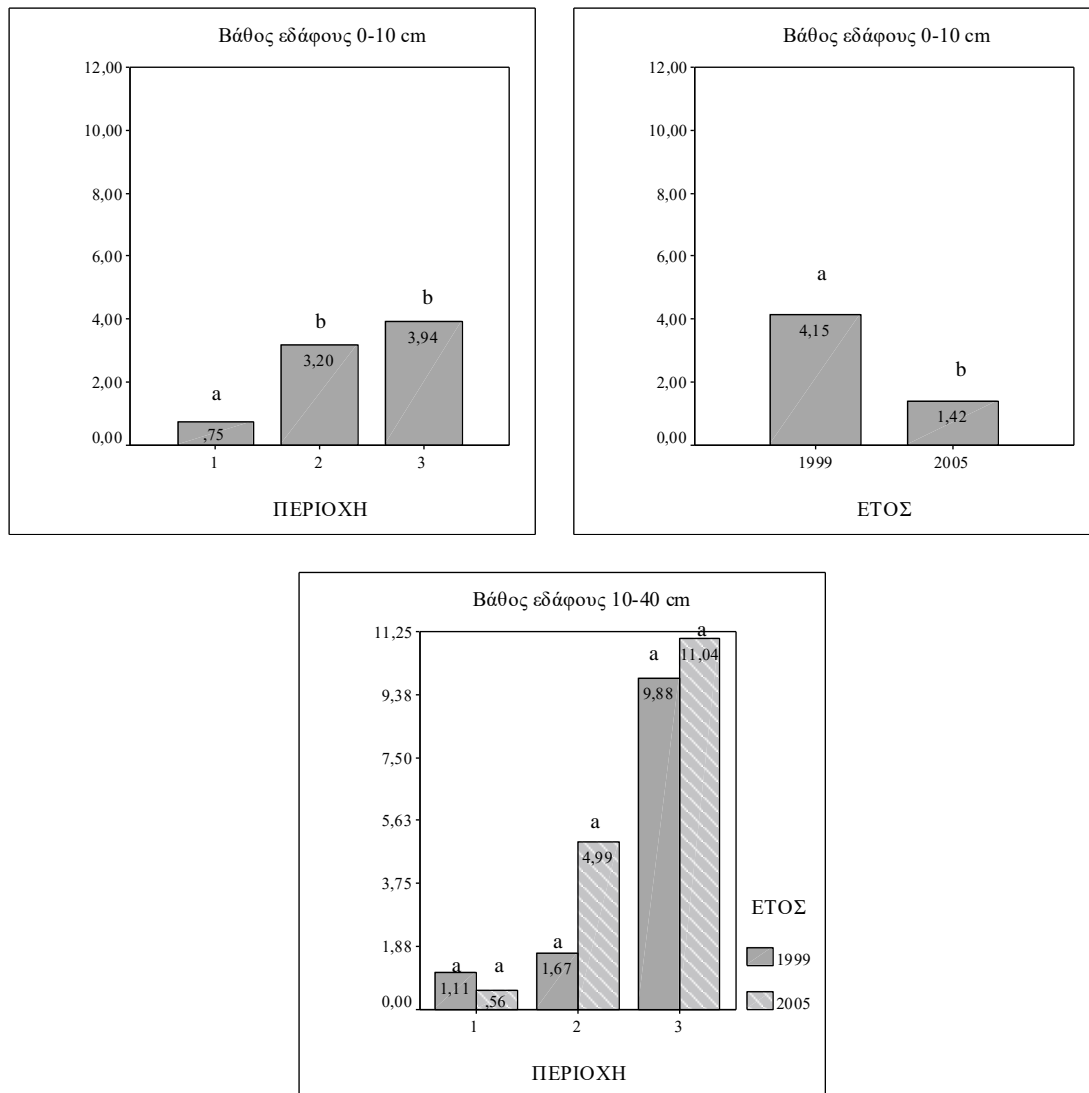
Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης δεν υφίσταται αλληλεπίδραση στο βάθος 0-10 cm, για τον παράγοντα «περιοχή», με το test του Bonferroni προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές του ψευδαργύρου ποιες περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στα ραβδογράμματα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.12.6 & 5.1.12.7).

Από τους πίνακες 5.1.12.3 & 5.1.12.9 και τα γραφήματα 5.1.12.6-5.1.12.8 για το επιφανειακό βάθος 0-10 cm, το έτος επιδρά στον ψευδάργυρο από τη μείωση. Η παρατηρούμενη τάση μείωσης της συγκέντρωσης του Zn στην επιφάνεια όλων των περιοχών οφείλεται στο σχηματισμό συμπλόκων με την οργανική ουσία με αποτέλεσμα την αύξηση της διαθεσιμότητας και κατά συνέπεια την αύξηση της απορρόφησης του (και μη αναπλήρωσης) από τα φυτά που φύτεψαν και εγκαταστάθηκαν μετά την πρώτη δειγματοληψία. Η περιοχή έχει σημαντική επίδραση λόγω μεγαλύτερων τιμών στις Π2 και Π3 από το εδαφικό υλικό που μεταφέρθηκε. Για το βάθος 10-40 cm, η περιοχή επίσης είναι σημαντική για τους ίδιους λόγους με το προηγούμενο βάθος. Με το χρόνο, παρότι υπάρχει αύξηση στις Π2 και Π3, δεν είναι σημαντική, με τις αναγωγικές συνθήκες να ευνοούν τη διαθεσιμότητά του και τη μη πρόσληψη από τα φυτά. Από τις αυξομειώσεις των τιμών στις περιοχές προκύπτει η αλληλεπίδραση.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που ελέγχουν την κινητικότητα του Zn στο έδαφος είναι παρόμοιοι με του Cu, αν και ο Zn φαίνεται να εμφανίζεται σε πιο διαλυτές μορφές (Lindsay, 1972). Ο Novell, (1991) περιγράφει την επίδραση της οργανικής ουσίας στη συμπεριφορά του Zn στο έδαφος. Ο κύριος όγκος της οργανικής ουσίας συνίσταται από χουμικά και φουλβικά οξέα, τα οποία παρουσιάζουν την ικανότητα να χηλικοποιούν τα θρεπτικά στοιχεία βοηθώντας ταυτόχρονα την πρόσληψή τους από το ριζικό σύστημα των φυτών. Τα φουλβικά οξέα δείχνουν μια επιλεκτικότητα προς τα ιόντα των μετάλλων, γεγονός που αποδεικνύεται και στην περίπτωση του Zn, με αποτέλεσμα την αύξηση της κινητικότητας και διαλυτότητας του Zn λόγω του σχηματισμού οργανικών συμπλόκων.

Πίνακας 5.1.12.9: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στον ψευδάργυρο των δειγμάτων (μετασηματισμένες τιμές με δεκαδικό λογάριθμο) ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	1,76	1	1,76	10,68	0,002
Περιοχή	4,79	2	2,4	14,58	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,08	2	0,04	0,23	0,798
Error	12,17	74	0,16		
Total	18,8	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	0,06	1	0,06	0,38	0,541
Περιοχή	21,59	2	10,8	74,53	<0,001
Έτος * Περιοχή	1,07	2	0,54	3,7	0,029
Error	10,72	74	0,15		
Total	33,44	79			



Γραφήματα 5.1.12.6-5.1.12.8: Ραβδογράμματα της μέσης συγκέντρωσης Zn στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος ανά βάθος (test Bonferroni $p < 0,05$, apova). Στο βάθος 10-40 cm οι συγκρίσεις αφορούν την κάθε περιοχή (t-test $p < 0,05$).

Τόσο ο Zn όσο και ο Cu 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. Επιπλέον, η διαλυτότητα και η διαθεσιμότητα του Zn και του Cu συσχετίζονται αρνητικά με τις συγκεντρώσεις του Ca και το υψηλό pH του εδάφους. Εντούτοις ανιοντικές μορφές και διαλυτά οργανικά σύμπλοκα του Zn μπορεί να συνεισφέρουν στη διαθεσιμότητά του σε εδάφη με υψηλές τιμές pH (Kabata-Pendias, 2001).

Για το χαλκό, με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, καθώς δεν ίσχυε η κανονικότητα, οι τιμές του μετασχηματίστηκαν με το δεκαδικό λογάριθμο με αποτέλεσμα, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «χαλκός», α) για το επιφανειακό έδαφος υπάρχει σημαντική επίδραση της περιοχής και β) στο βάθος 10-40 cm υπάρχει σημαντική επίδραση της περιοχής και του έτους (πίνακας 5.1.12.10). Από τον πίνακα 5.1.12.10 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» στο βάθος 10-40 cm συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του Cu.

Πίνακας 5.1.12.10: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο χαλκό των δειγμάτων (μετασχηματισμένες τιμές με δεκαδικό λογάριθμο) ανά βάθος εδάφους.

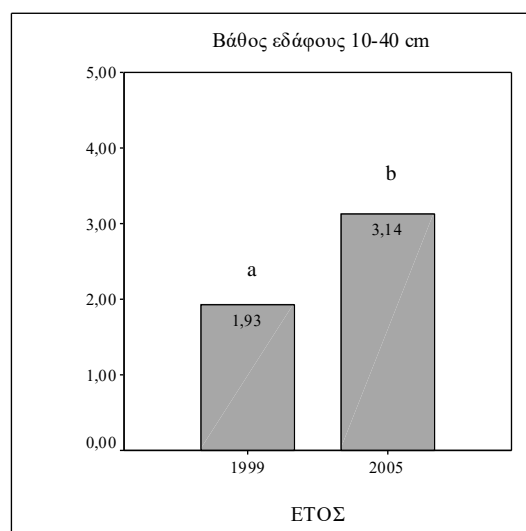
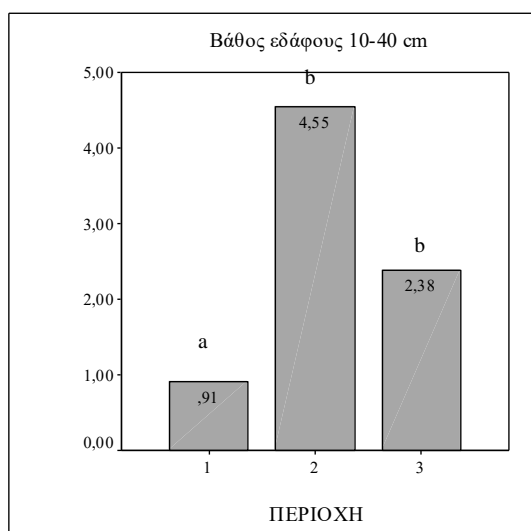
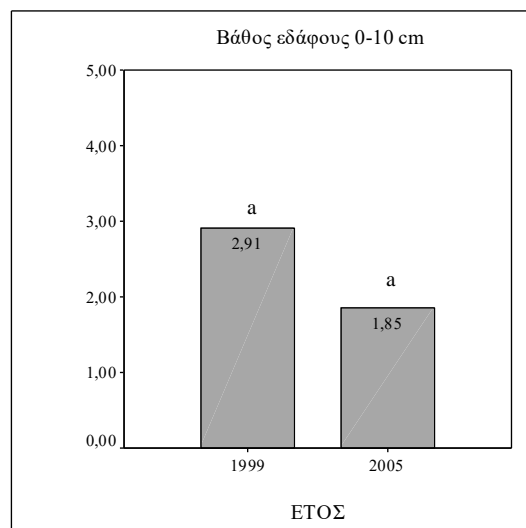
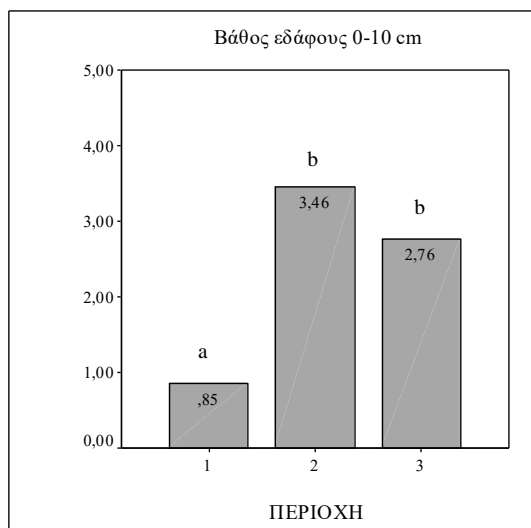
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	0,1	1	0,1	0,6	0,442
Περιοχή	2,78	2	1,39	8,58	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,4	2	0,2	1,24	0,295
Error	12,01	74	0,16		
Total	15,29	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	0,53	1	0,53	4,06	0,048
Περιοχή	4,16	2	2,08	15,82	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,78	2	0,39	2,95	0,058
Error	9,73	74	0,13		
Total	15,2	79			

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης δεν υφίσταται αλληλεπίδραση και στα δύο βάθη, για τον παράγοντα «περιοχή», με το test του Bonferroni προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές του χαλκού ποιες περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στα ραβδογράμματα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.12.9-5.1.12.12).

Από τους πίνακες 5.1.12.4 & 5.1.12.10 και τα γραφήματα 5.1.12.9-5.1.12.12 ο χαλκός συμπεριφέρεται όπως και ο ψευδάργυρος με τις αιτιολογίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Μόνο στο βάθος 10-40 cm με το χρόνο παραμένει περίπου σταθερός (μικρή αύξηση) λόγω μεγαλύτερης ευαισθησίας ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις βιοαερίου στον αέρα του εδάφους. Επιπλέον οι *James & Barrow*, (1981) αναφέρουν ότι ο Cu αντιδρά με τις φαινολικές-καρβοξυλικές ομάδες της οργανικής ουσίας και σχηματίζει σύμπλοκες ενώσεις παραμένοντας σε ανταλλάξιμη μορφή. Το μεγαλύτερο μέρος του Cu απαντά σαν σύμπλοκο με την οργανική ουσία, ενώ μόνο ένα πολύ μικρό μέρος απαντά προσροφημένο στα ανόργανα κolloειδή στα οποία συγκρατείται πολύ ισχυρά (μη διαθέσιμη μορφή για τα φυτά).

Για το μόλυβδο, με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, καθώς δεν ίσχυε η κανονικότητα, οι τιμές του μετασχηματίστηκαν με το δεκαδικό λογάριθμο με αποτέλεσμα, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «μόλυβδος», α) για το επιφανειακό έδαφος υπάρχει σημαντική επίδραση της περιοχής και β) στο βάθος 10-40 cm υπάρχει αλληλεπίδραση και επίδραση της περιοχής (πίνακας 5.1.12.11). Από τον πίνακα 5.1.12.11 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» στο βάθος 10-40 cm συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «μόλυβδου».

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης δεν υφίσταται αλληλεπίδραση στο βάθος 0-10 cm, για τον παράγοντα «περιοχή», με το test του Bonferroni προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές του μολύβδου ποιες περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στα ραβδογράμματα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.1.12.13 & 5.1.12.14).

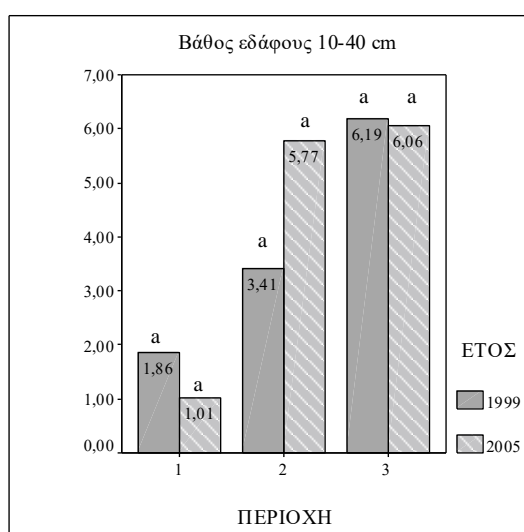
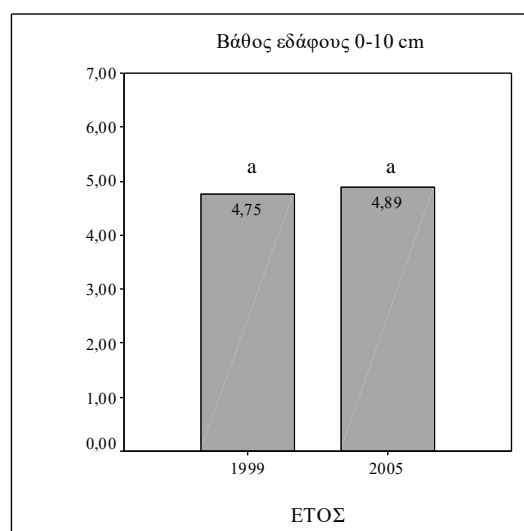
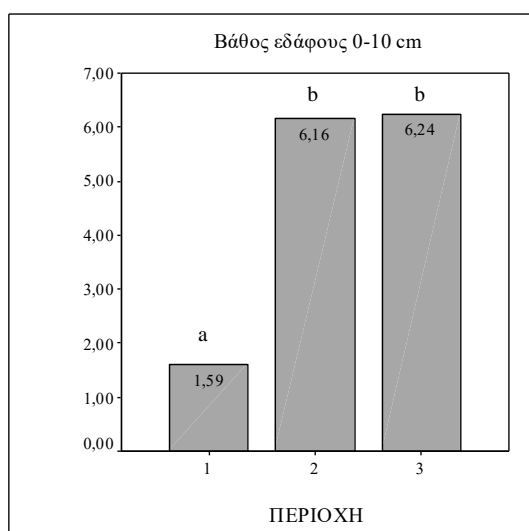


Γραφήματα 5.1.12.9-5.1.12.12: Ραβδογράμματα της μέσης συγκέντρωσης χαλκού στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος (συγκρίσεις σύμφωνα με test Bonferroni $p < 0,05$ και anova).

Από τους πίνακες 5.1.12.5 & 5.1.12.11 και τα γραφήματα 5.1.12.13-5.1.12.15 για το επιφανειακό βάθος, η περιοχή επιδρά στον μόλυβδο από τη διαφορά των τιμών της Π1 με τις Π2 και Π3 λόγω του εδαφικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε. Σύμφωνα με το χρόνο, το 2005 παρατηρείται μείωση των τιμών του Pb στις Π1 και Π3, η οποία μάλλον οφείλεται στην απορρόφηση του από τα φυτά, ενώ στην Π2 η αύξηση οφείλεται στις αναγωγικές συνθήκες. Στο βάθος 10-40 cm για την περιοχή ισχύουν τα ίδια με το προηγούμενο βάθος. Με το χρόνο, η ύπαρξη αναγωγικών συνθηκών αυξάνει τις τιμές, ενώ αντίθετα μειώνονται από την πρόσληψη από τα φυτά. Γενικά μεγάλες μεταβολές με το χρόνο στο μόλυβδο δεν συμβαίνουν, γεγονός που δικαιολογείται αν ληφθεί υπόψη η μικρή κινητικότητα και η ισχυρή συγκράτησή του στο έδαφος.

Πίνακας 5.1.12.11: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο μόλυβδο των δειγμάτων (μετασηματισμένες τιμές με δεκαδικό λογάριθμο) ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	0,07	1	0,07	0,35	0,555
Περιοχή	3,71	2	1,85	9,62	<0,001
Έτος * Περιοχή	0,89	2	0,44	2,3	0,107
Error	14,25	74	0,19		
Total	18,92	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	0,19	1	0,19	1,5	0,225
Περιοχή	5,84	2	2,92	22,75	<0,001
Έτος * Περιοχή	1,06	2	0,53	4,13	0,020
Error	9,5	74	0,13		
Total	16,59	79			



Γραφήματα 5.1.12.13-5.1.12.15: Ραβδογράμματα της μέσης συγκέντρωσης μολύβδου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος ανά βάθος (test Bonferroni $p < 0,05$, apova). Στο βάθος 10-40 cm οι συγκρίσεις αφορούν την κάθε περιοχή (t-test $p < 0,05$).

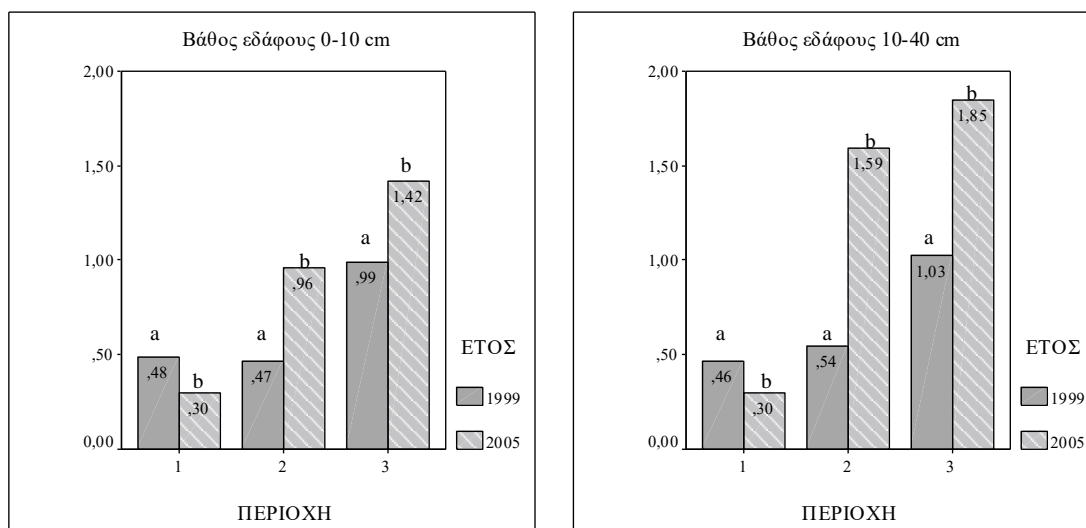
Η διαθεσιμότητα του μολύβδου στο έδαφος εξαρτάται άμεσα από την άργιλο και την οργανική ουσία. Τα ιόντα του μολύβδου (Pb^{++}) προσρροφώνται ισχυρά στην άργιλο και την οργανική ουσία ή σχηματίζουν αδιάλυτα σύμπλοκα με το χούμο (King 1988, Mace et al. 1997). Η παρουσία Ca και τα υψηλά επίπεδα του pH περιορίζουν τη διαθεσιμότητα του Pb, διότι ο μολύβδος κατακρημνίζεται υπό μορφή υδροξειδίων, ανθρακικών ή φωσφορικών αλάτων. Επίσης, τα κατιόντα του Ca^{++} ανταγωνίζονται τα κατιόντα του Pb^{++} για τις εναλλακτικές θέσεις στα κolloειδή του εδάφους και για την προσρρόφηση από τις ρίζες των φυτών (Kabata-Pendias and Pendias, 1986).

Για το νικέλιο, με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «νικέλιο» και για τα δύο βάθη, υπάρχει σημαντική επίδραση όλων (πίνακας 5.1.12.12). Δηλαδή το Ni διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών των ετών μελέτης, και η επίδραση του έτους στο Ni δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στο Ni μεταβάλλεται στα έτη μελέτης). Από τον πίνακα 5.1.12.12 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του Ni.

Από τους πίνακες 5.1.12.6 & 5.1.12.12 και τα γραφήματα 5.1.12.16 & 5.1.12.17 στην Π1 με τις μικρότερες τιμές, το νικέλιο μειώνεται με το χρόνο από την πρόσληψη των φυτών και στα δύο βάθη λόγω καλύτερων συνθηκών αέρα του εδάφους και ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Στις Π2 και Π3 συμβαίνει το αντίθετο, με την Π2 να έχει μεγαλύτερη αύξηση λόγω ισχυρότερων αναγωγικών συνθηκών. Η διαθεσιμότητα του νικελίου στα εδάφη και των τριών περιοχών είναι μικρή, γιατί περιορίζεται από το υψηλό pH τους. Ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την κατανομή του Ni μεταξύ της στερεάς φάσης του εδάφους και του εδαφικού διαλύματος είναι το pH, ενώ παράγοντες όπως η περιεκτικότητα σε άργιλο και το ποσό ένυδρων οξειδίων του Fe και του Mn στο έδαφος είναι δευτερευούσης σημασίας. Η κινητικότητα του Ni στα εδάφη αυξάνεται με τη μείωση της τιμής του pH και της CEC (Μήτσιος, 2004).

Πίνακας 5.1.12.12: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο νικέλιο των δειγμάτων ανά βάθος εδάφους.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 0-10 cm					
Έτος	1,17	1	1,17	10,06	0,002
Περιοχή	9,61	2	4,8	41,17	<0,001
Έτος * Περιοχή	1,74	2	0,87	7,44	0,001
Error	8,64	74	0,12		
Total	21,16	79			
Βάθος εδάφους 10-40 cm					
Έτος	6,22	1	6,22	20,97	<0,001
Περιοχή	15,71	2	7,86	26,48	<0,001
Έτος * Περιοχή	5,02	2	2,51	8,46	<0,001
Error	21,95	74	0,3		
Total	48,9	79			



Γραφήματα 5.1.12.16 & 5.1.12.17: Ραβδογράμματα της μέσης συγκέντρωσης νικελίου στα δείγματα εδάφους για κάθε περιοχή και έτος δειγματοληψίας ανά βάθος. Οι συγκρίσεις των δύο ετών αφορούν την κάθε περιοχή ξεχωριστά (t-test $p < 0,05$).

Οι *Duell et al.*, (1986) μελέτησαν τη συμπεριφορά του εδαφικού καλύμματος 15 ανενεργών χώρων διάθεσης απορριμμάτων (ΧΔΑ). Κοινό τους χαρακτηριστικό ήταν η ύπαρξη περιοχών στο εδαφικό κάλυμμα, όπου επικρατούσαν αναερόβιες συνθήκες λόγω της ύπαρξης αυξημένων συγκεντρώσεων CH_4 και CO_2 στον εδαφικό αέρα (έως και 50%) σε συνδυασμό με την αυξημένη εδαφική συμπίεση. Παρατήρησαν ότι μεταξύ των ιχνοστοιχείων οι διαθέσιμες μορφές του Fe, Mn, Cu και Zn είχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στις αναερόβιες περιοχές απ' ό,τι στις αερόβιες. Στη μελέτη τονίζεται ότι σε, αντίθεση με τα αναερόβια τμήματα του εδαφικού καλύμματος, τα αερόβια τμήματα παρουσίασαν ικανοποιητική ανάπτυξη βλάστησης.

Οι *Pastor και Hernández*, (2001), ύστερα από έρευνες που έκαναν σε ανενεργούς ΧΔΑ της Μαδρίτης στην Ισπανία, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι σε όλες τις περιπτώσεις το εδαφικό κάλυμμα των απορριμμάτων περιείχε υψηλότερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (σε ορισμένες περιπτώσεις στα όρια φυτοτοξικότητας) απ' ό,τι το επιφανειακό στρώμα παρακείμενων εδαφών με παρόμοια χαρακτηριστικά και βλάστηση. Στην εργασία αυτή επισημαίνεται ότι οι υψηλές τιμές των βαρέων μετάλλων και τα αυξημένα επίπεδα των αλάτων, που παρατηρούνται συχνά σε εδαφικά καλύμματα (*Pastor et al. 1994, Hernández et al. 1998*), συντελούν στη δημιουργία ενός υποβαθμισμένου θρεπτικά εδαφικού υλικού που χρήζει εφαρμογής αναγκαίων μέτρων βελτίωσης ώστε να είναι δυνατή η ανάπτυξη βλάστησης.

Σύμφωνα με τους *Kim & Lee* (2005), η σύγκριση των αποτελεσμάτων των εδαφικών αναλύσεων που έκαναν στο τελικό εδαφικό κάλυμμα σε επτά ΧΔΑ με εκείνες παρακείμενων εδαφών (εδάφη αναφοράς) έδειξε ότι οι τιμές του Fe στο εδαφικό κάλυμμα των ΧΔΑ ήταν σημαντικά υψηλότερες από των παρακείμενων εδαφών, ενώ οι τιμές του Mn, Cu και Zn βρέθηκαν να κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Τα αποτελέσματα δικαιολογούνται με την ύπαρξη αναερόβιων συνθηκών στο εδαφικό κάλυμμα λόγω των παραγόμενων αερίων και της επίδρασης των στραγγισμάτων, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις θεωρείται ότι περιέχουν μείγματα διάφορων τοξικών ενώσεων (*Kaur et al.*, 1996).

Για την εκτίμηση του βαθμού ρύπανσης των εδαφών έχουν θεσπιστεί μέγιστα αποδεκτά όρια για τους διάφορους ρύπους. Είναι προφανές ότι τα μέγιστα αποδεκτά όρια της ρύπανσης για κάθε συγκεκριμένο ρύπο εξαρτώνται και από την χρήση του χώρου στον οποίο έχει εντοπιστεί η ρύπανση. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν θεσπιστεί τρεις οδηγίες (76/464/EEC, 86/280/EEC, 88/374/EEC) που αφορούν τις επικίνδυνες ρυπαντικές ουσίες, οι οποίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στις λιγότερο τοξικές (κατηγορία 2 – grey list) περιλαμβάνονται ο ψευδάργυρος, ο χαλκός, το νικέλιο και ο μόλυβδος. Τα όρια τα οποία αναφέρονται στις μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις των διάφορων ρυπαντικών ουσιών καθορίζονται από τα κράτη-μέλη και όχι από την Κοινότητα. Στη Μ. Βρετανία το όριο επιφυλακής για το μόλυβδο είναι 500-2000 mg/kg (ppm) ξηρού εδάφους, ενώ στην Ολλανδία τα μέγιστα αποδεκτά όρια ρύπανσης εδάφους για το νικέλιο είναι 210, για το χαλκό 190, για τον ψευδάργυρο 720 και για το μόλυβδο 530 mg/kg ξηρού εδάφους (Καββαδάς, 2000). Επίσης, σύμφωνα με τον ίδιο, από τα ανωτέρω βαρέα μέταλλα σε κλίμακα με ανώτερο όριο ασφαλείας, μέτριας ρύπανσης και βαριάς ρύπανσης, σε κανένα στοιχείο δεν ορίζεται ανώτερο όριο ασφαλείας. Στις άλλες δύο κατηγορίες τα όρια ρύπανσης για το νικέλιο είναι 100 και 500 mg/kg ξηρού εδάφους αντίστοιχα, για το χαλκό είναι επίσης 100 και 500, για τον ψευδάργυρο 500 και 3000 και ,τέλος, για το μόλυβδο 150 και 600 mg/kg ξηρού εδάφους. Στη χώρα μας ο μοναδικός καθορισμός που έχει γίνει αφορά οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων σε εδάφη που πρόκειται να δεχτούν ιλύ βιολογικών καθαρισμών (ΦΕΚ 641/Β/7-8-1991). Η απόφαση αυτή ορίζει οριακές τιμές σε mg/kg ξηράς ουσίας (pH 6-7) για το χαλκό 50-140, για το νικέλιο 30-75, για το μόλυβδο 50-300 και για τον ψευδάργυρο 150-300.

Τέλος, στα δείγματα εδάφους μετρήθηκαν και τα βαρέα μέταλλα κάδμιο και χρώμιο, αλλά οι μετρήσεις ήταν κάτω από 0,1 ppm. Το Cd σε pH>7,5 δεν είναι ευκίνητο και καταβυθίζεται ως CdCO₃ σε εδάφη με υψηλό ποσοστό CaCO₃ ή ως Cd₃(PO₄)₂. Το Cr(III) πάνω από την τιμή pH=5,5 κατακρημνίζεται πλήρως, ενώ το Cr(VI) σε ισορροπία με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο και παρουσία οργανικής ουσίας ανάγεται σε Cr(III).

5.2 Μετρήσεις Αερίων - Θερμοκρασίας Εδάφους

Η παραγωγή του βιοαερίου σε ένα ΧΔΑ είναι αποτέλεσμα ενός συνόλου βιολογικών διεργασιών, που ξεκινούν από τη στιγμή της παραγωγής των απορριμμάτων, της συλλογής και της μεταφοράς τους στο ΧΔΑ. Όταν τα απορρίμματα αποτίθενται, αερόβια βακτήρια αρχίζουν να καταναλώνουν το υπάρχον οξυγόνο και σε διάστημα μερικών ημερών το εξαντλούν από το μεγαλύτερο τμήμα του συστήματος. Η απουσία οξυγόνου δημιουργεί ένα περιβάλλον στο οποίο μπορούν να υπάρξουν αναερόβια βακτήρια. Τα βακτήρια αυτά καταναλώνουν οργανικό υλικό μεταβολίζοντάς το, πρώτα σε απλούστερες οργανικές ενώσεις και τελικά σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα.

Τα ολικά στερεά (total solids) του υποστρώματος διακρίνονται σε πτητικά στερεά (volatile solids) και στάχτες. Τα πτητικά στερεά με τη σειρά τους διακρίνονται σε βιοαποδομήσιμα πτητικά στερεά (biodegradable volatile solids) και δύσκολα βιοαποδομήσιμα πτητικά στερεά (refractory volatile solids). Τελικά από τα ολικά στερεά, μόνο τα βιοαποδομήσιμα πτητικά στερεά μετασχηματίζονται από τους μικροοργανισμούς (Kayhanian 1995).

Η έρευνα γύρω από τις αναερόβιες διεργασίες έχει αποκαλύψει ένα μεγάλο αριθμό πολύπλοκων αναερόβιων βιολογικών διεργασιών (Halvadakis 1983, Senior 1990) που πραγματοποιούνται με τη βοήθεια τριών κατηγοριών βακτηρίων και μυκήτων: α) των υδρολυτικών ή ζυμωτικών, β) των οξυγενών και γ) των μεθανογενών. Τα τελικά προϊόντα των αναερόβιων διεργασιών είναι ένα πλήθος αερίων με κύρια το μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Παράδειγμα σύστασης βιοαερίου παρουσιάζεται στον πίνακα 5.2.1.

Πίνακας 5.2.1: Σύσταση βιοαερίου

Χημική ένωση	Συγκέντρωση		Χημική ένωση	Συγκέντρωση	
	Κατ' όγκο %	ppm		Κατ' όγκο %	ppm
Acetone		32,5	Methanol		0,21
Argon	0,01 - 0,05		Methyl ethyl keton		5,2
Benzene	0,08 - 0,11	5,5	2-Methyl-fluran		6,9
C1- substituted benzenes		9,8	Methyl pentanoate		0,022
C2- substituted benzenes		7,6	Methyl styrene		0,015
Butyl benzene		0,063 - 0,138	Nitrogen		
Butyl benzenes		0,032	Nonanes		0,031-0,10
Dichloro beenzene		4,1	n-Nonanes	0,064	0,019-0,083
Dichloro beenzenes		0,016	Nonenes		0,012-0,02
Ethyl benzenes		21,4	n-Octane	0,206	0,006-0,012
Penthyl benzenes		0,018	Octanes		0,009-0,015
Propyl benzenes		0,069 - 0,12	Octenes		0,004
n-Butane	0,006	184	Oxygen	1	
iso-Butane	0,004	122	n-Pentane	0,014	196
Butane thiol			iso-Pentane	0,01	83
1-Butene		18	Pentanes		0,04

Butyl alcohol		5,2	Pentan-2-one		0,004
Butan-1-ol		>0,019	Perchloroethylene		19
iso-Butan-1-ol		>0,005	Propane	0,007	141
Butan-2-ol		>0,0022-0,210	Propan-1-ol		0,073
Butan-2-one		0,020-0,026	Propan-2-ol		0,017-0,046
Carbon dioxide	30 - 40		Propyl cyclohexanes		0,004-0,005
Carbon tetrachloride		0,011	Sulfides	0,041-1,80	
Chloroform		0,61	Terpene		12,4
Decanes		0,081-0,252	Terpenes		0,033
n-Decane		0,045-0,140	α -Terpinene		11,1
Decanes		0,013-0,092	Tetrachloroethylene		0,003-0,03
1,2-Dichloroethane		19	Toluene	0,05-0,09	150
t-1,2-Dichloroethane		59	1,1,1-Trichloroethane		0,018
Dichlorodifluoromethene		0,023	Trichloroethene		13
Diethylether		0,02	Trichloroethylene		0,011
Disulfides	0,93 - 1,65		n-Undecane		0,021-0,051
Dimethyle sulfide		0,004-0,040	Undecanes		0,048-0,164
Ethane		22	Undecenes		0,034-0,054
Ethanol		0,65	Vinyl chloride		44
Ethyl acetate		0,008-0,064	Xylene		14,9
Ethyle butanoate		0,004-0,015	Xylenes		0,036-0,077
2-Ethyl-1-hexanol		6,2			
Ethyl mercaptan		21,1			
Ethyl pentanoate		0,027			
Ethylene		20			
Heptane	0,29 - 0,45				
Heptanes		0,004-0,007			
n-Hexane	0,128	0,013			
Hexanes		0,014			
Hexanes		0,0026			
C4-C14 hydrocarbons		114,2			
Hydrogen sulfide	0,0017 - 0,91				
Limonene		26,2			
Mercaptan sulfur	0 - 0,33				
Methane	40 - 50				
Methane thiol		0,087			

Πηγή: Senior, 1990

Γενικά, από τις τρεις κύριες ομάδες μικροοργανισμών που εμπλέκονται στην αναερόβια χώνευση (υδρολυτικά, οξυγενή, μεθανογενή), τα μεθανογενή είναι τα πιο αργά και ευαίσθητα σε ό,τι αφορά τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες βελτιστοποιούν το μεταβολισμό τους. Στον πίνακα 5.2.2 παρουσιάζονται οι ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες για μεθανογένεση.

Πίνακας 5.2.2: Ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες για μεθανογένεση

Υγρασία 60-80%

Παρουσία θρεπτικών (οργανικό υλικό, άζωτο, φώσφορος και άλλα θρεπτικά)

Απουσία οξυγόνου και άλλων τοξικών υλικών

pH ανάμεσα στο 6,7-7,2

Αλκαλικότητα μεγαλύτερη από 2000 mg/l ισοδύναμα $CaCO_3$

Λιγότερα από 3000 mg/l οργανικού οξέος ισοδύναμα CH_3COOH

Θερμοκρασία: α. Μεσοφιλική (30-40 °C)

β. Θερμοφιλική (50-55 °C)

Πηγή: Schumacher, 1983

Η εκατοστιαία σύσταση των κύριων αερίων που εκλύονται από ένα πρόσφατα κλεισμένο κελί, ως προς το χρόνο, παρουσιάζεται στον πίνακα 5.2.3.

Πίνακας 5.2.3: Εκατοστιαία σύσταση βιοαερίου στους 48 πρώτους μήνες μετά το κλείσιμο του κελιού.

Χρόνος μετά το κλείσιμο του κελιού (μήνες)	Μέσος Όρος (% κατά όγκο)		
	Άζωτο (N ₂)	Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂)	Μεθάνιο (CH ₄)
0-3	5,2	88	5
3-6	3,8	76	21
6-12	0,4	65	29
12-18	1,1	52	40
18-24	0,4	53	47
24-30	0,2	52	48
30-36	1,3	46	51
36-42	0,9	50	47
42-48	0,4	51	48

Πηγή: Merz & Stone, 1970

5.2.1 Βιοαέριο στις Πειραματικές Περιοχές

Το σύστημα συλλογής βιοαερίου στο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων είναι δυναμικό (το βιοαέριο αντλείται) και αποτελείται από μεγάλο αριθμό κατακόρυφων πηγαδιών, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με δίκτυο σωλήνων οι οποίοι οδηγούν το βιοαέριο, ανάλογα με τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά, σε φλόγιστρο για καύση ή σε γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (αεροφωτογραφία κεφ. 4). Με βάση εκτιμήσεις των μελετητών – κατασκευαστών, το εν λόγω σύστημα συλλογής βιοαερίου έχει δυνατότητα ανάκτησης μέχρι 50% της παραγόμενης ποσότητας (Χριστοδούλου κ.ά., 1996). Η εγκατάσταση συστήματος συλλογής βιοαερίου ελαττώνει τις συνολικές εκπομπές μεθανίου στην ατμόσφαιρα από 30 μέχρι 60% (Hogan et al., 1991).

Για την εκτίμηση του ποσοστού του βιοαερίου που έχει εκλυθεί από τη μάζα των υποκείμενων απορριμμάτων στο αποκατεστημένο τμήμα του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, σε σχέση με την αναμενόμενη συνολική παραγωγή βιοαερίου, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο των Tabasaran - Rettenberger (URL5)

$$G_t = 1,868 * C_o * (0,014 * T + 0,28) * (1 - 10^{-k*t})$$

όπου: G_t : ειδική παραγωγή βιοαερίου που παράγεται σε χρόνο t [m^3/t απορριμμάτων]

C_o : ποσοστό οργανικού άνθρακα [Kg/t απορριμμάτων]

T : θερμοκρασία [$^{\circ}C$]

k : σταθερά αποσύνθεσης [y^{-1}]

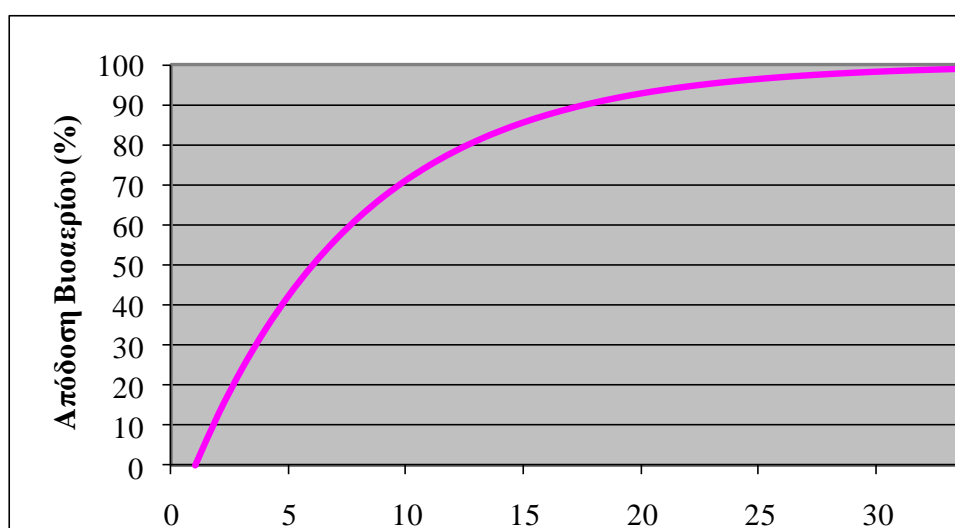
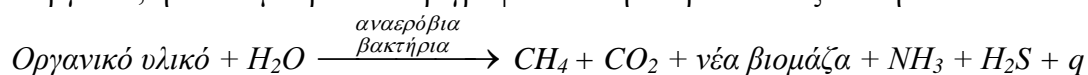
t : χρόνος [y].

Το ποσοστό του οργανικού άνθρακα ανέρχεται σε $120 Kg/t$ απορριμμάτων, η θερμοκρασία σε $45^{\circ}C$ και η σταθερά αποσύνθεσης σε $0,06 y^{-1}$, η οποία αντιστοιχεί σε ημιπερίοδο 5 χρόνων (Μπαλαφούτας κ.ά., 1996).

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του εν λόγω μοντέλου (γράφημα 5.2.1.1) δείχνουν ότι η αποδοτικότερη περίοδος, σε σχέση με την παραγωγή βιοαερίου, κυμαίνεται από τρία μέχρι πέντε χρόνια από τη στιγμή που τα απορρίμματα διατίθενται στο χώρο. Επίσης, εκτιμάται ότι σε χρονικό διάστημα 15 χρόνων, τα απορρίμματα αποδίδουν περίπου το 85% του συνολικού βιοαερίου.

Με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις, προκύπτει ότι, στις τρεις πειραματικές περιοχές κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (2000-2006), η Π1 έχει αποδώσει περίπου το 85-90% της συνολικής ποσότητας του βιοαερίου, ενώ η Π2 και η Π3 περίπου το 40-70%. Τέλος, σημειώνεται ότι ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου - λόγω των περισσότερων ποσοτήτων απορριμμάτων που υπόκεινται - είναι πολύ μεγαλύτερος στην Π2.

Η αναερόβια αποδόμηση του οργανικού φορτίου είναι μια πολύπλοκη βιοχημική διεργασία, η οποία μπορεί να περιγραφεί από την παρακάτω εξίσωση:



Γράφημα 5.2.1.1: Εφαρμογή του μοντέλου των Tabasaran - Rettenberger με την εκτίμηση της παραγωγής βιοαερίου στο χρόνο, των απορριμμάτων που διατέθηκαν στο αποκατεστημένο τμήμα του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων.

Για την εφαρμογή ενός δεύτερου μαθηματικού μοντέλου υπολογισμού του ρυθμού και της συνολικής ποσότητας παραγωγής βιοαερίου στο πρώτο αποκατεστημένο τμήμα του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, καθώς η παραπάνω αντίδραση είναι πρώτης τάξης, τότε ισχύει ότι (Alexander et al., 2005)

$$Q=L_o*R*(e^{-k*c}-e^{-k*t})$$

όπου:

Q : παραγωγή μεθανίου το τρέχον έτος (m^3/yr)

L_o : δυναμικότητα παραγωγής μεθανίου (m^3/tn αποδομήσιμων απορριμμάτων)

R : μέσος ρυθμός εισόδου αποβλήτων (tn/yr)

k : σταθερά ταχύτητας παραγωγής μεθανίου (yr^{-1})

c : χρονικό διάστημα από το κλείσιμο του χώρου (yr)

t : χρονικό διάστημα από το άνοιγμα του χώρου (yr).

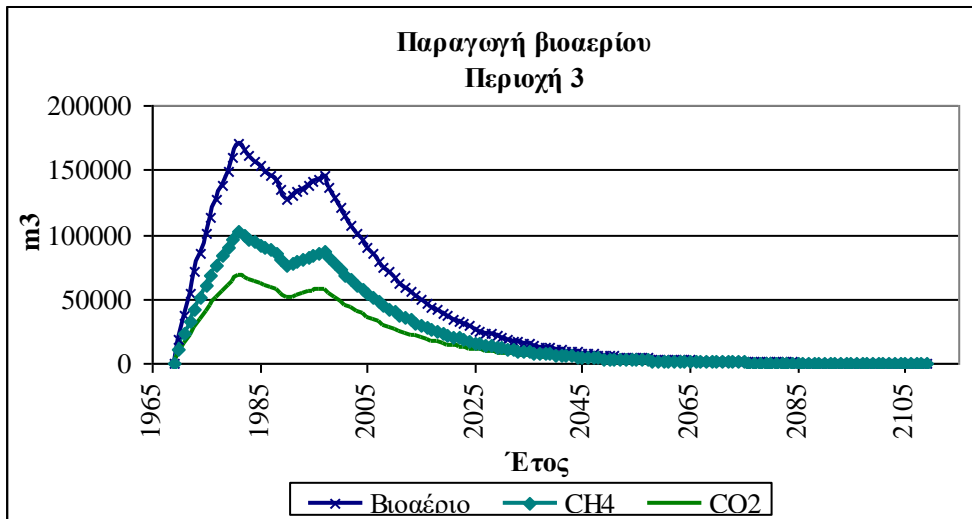
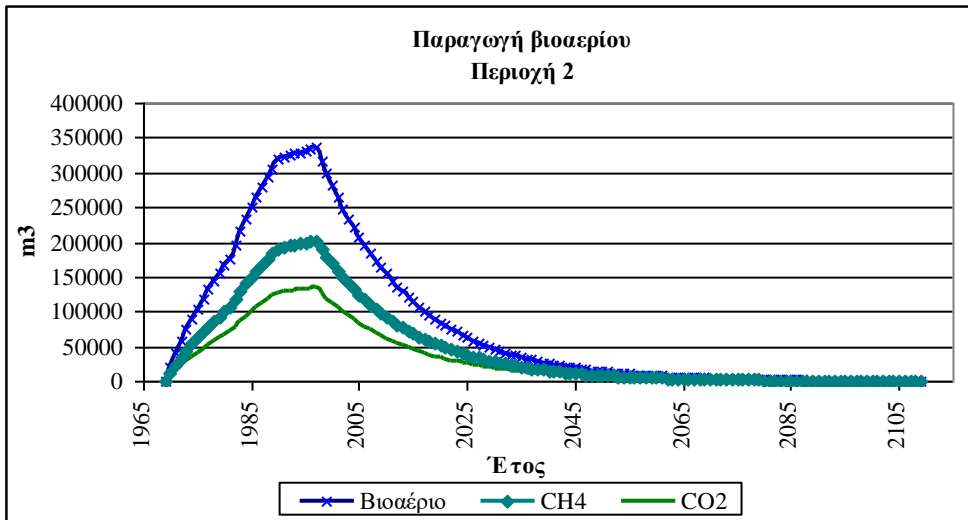
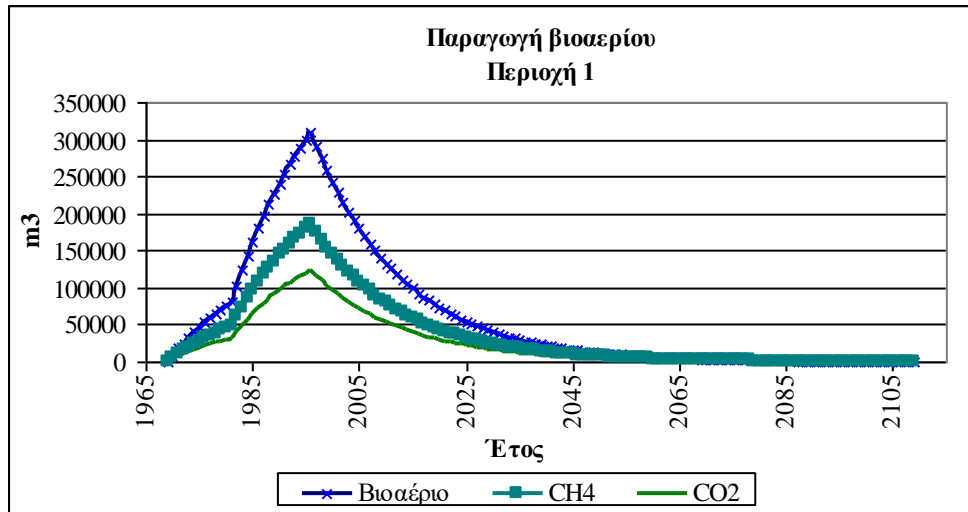
Η δυναμικότητα παραγωγής μεθανίου εξαρτάται από τη σύσταση των απορριμμάτων. Για τα ελληνικά απορρίματα και λόγω του υψηλού ποσοστού συμμετοχής οργανικής ύλης, εκτιμάται ότι παράγονται περίπου $170 m^3 CH_4/tn$ απορριμμάτων. Η σταθερά ταχύτητας k καθορίζει το ρυθμό παραγωγής μεθανίου και εξαρτάται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- ⇒ υγρασία αποβλήτων
- ⇒ φύση οργανικού φορτίου
- ⇒ pH
- ⇒ θερμοκρασία.

Σε γενικές γραμμές ισχύει ότι τόσο η υψηλή υγρασία όσο και το είδος των ελληνικών απορριμμάτων ευνοούν την αναερόβια αποδόμηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η τιμή της σταθεράς της ταχύτητας αποσύνθεσης να ανέρχεται σε $0,06 yr^{-1}$ (Μπαλαφούτας κ.ά., 1996), ενώ η συνηθισμένη βιβλιογραφική τιμή ανέρχεται σε $0,04 yr^{-1}$.

Με βάση τα παραπάνω και με δεδομένους τους ρυθμούς πλήρωσης των μελετώμενων περιοχών, όπως αυτοί καταγράφονται στον πίνακα 4.1, εκτιμήθηκε η μεταβολή του ρυθμού παραγωγής βιοαερίου και για τις τρεις πειραματικές περιοχές (γραφήματα 5.2.1.2, 5.2.1.3 και 5.2.1.4).

Από τα γραφήματα 5.2.1.2, 5.2.1.3 και 5.2.1.4, παρατηρείται ότι και οι τρεις περιοχές έχουν αποδώσει το μεγαλύτερο ποσοστό βιοαερίου και εκτιμάται ότι μετά από 35 χρόνια περίπου τα απορρίματα θα έχουν ουσιαστικά αποδώσει το σύνολο του βιοαερίου. Με τη διαπίστωση αυτή συμφωνούν και οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις Π1, Π2 και Π3 την εξαετία 2000-2006 και κατέγραψαν τις συγκεντρώσεις CH_4 , CO_2 , O_2 και H_2S στην αέρια φάση του εδάφους. Παράλληλα μετρούνταν και η θερμοκρασία εδάφους σε κάθε σταθμό μέτρησης και βάθος. Στις Π1 και Π2 εγκαταστάθηκαν 7 σταθμοί μετρήσεων για κάθε περιοχή (από τους οποίους οι πέντε σταθμοί περιέχουν τρία βάρη 30, 60 και 90 cm και οι δύο τα βάρη 30 και 60 cm), ενώ στην Π3 εγκαταστάθηκαν 11 σταθμοί (εννέα και με τα τρία βάρη και δύο με τα βάρη 30 και 60 cm). Για το βάθος 90 cm οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον Ιούλιο 2000 έως τον Απρίλιο 2006 και για τα βάρη 30 και 60 cm από τον Ιούνιο 2001 έως τον Απρίλιο 2006, καθώς εγκαταστάθηκαν πρώτα οι σωλήνες στο βάθος 90 cm ώστε να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα.



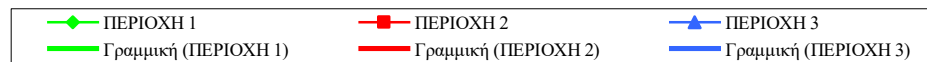
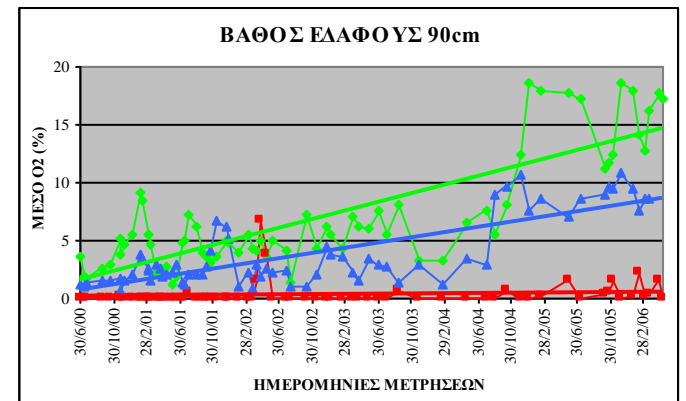
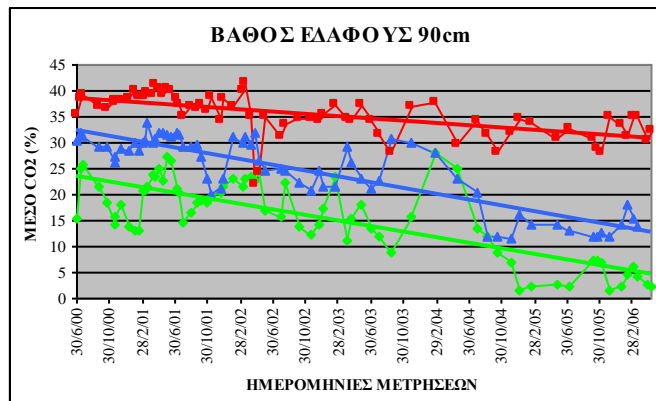
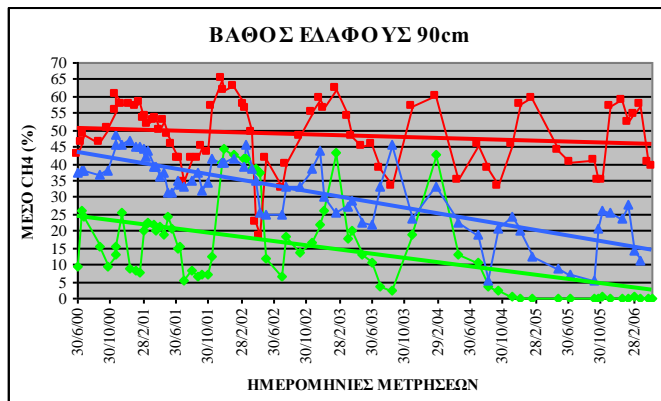
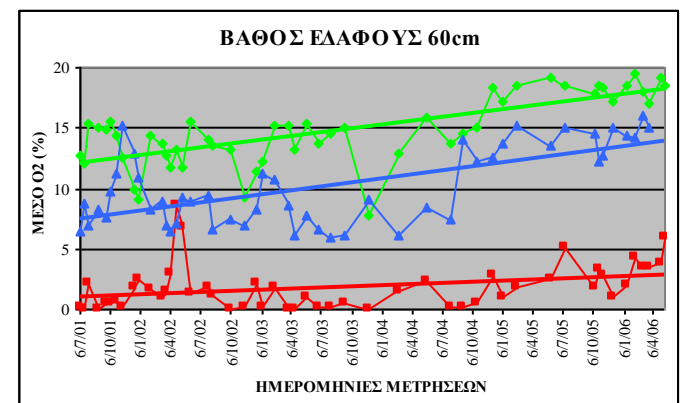
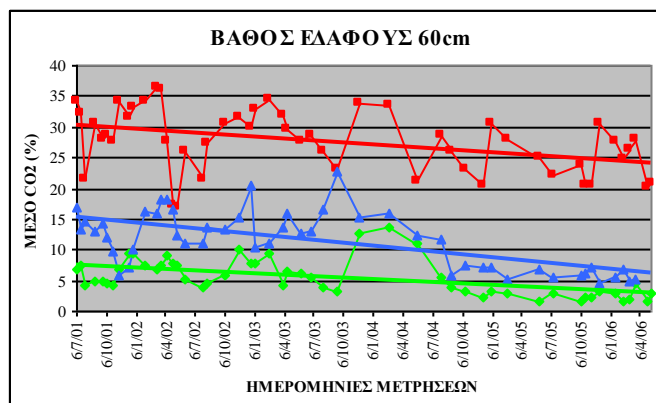
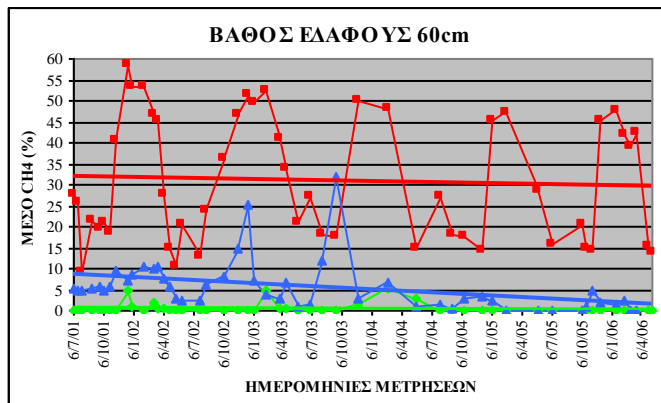
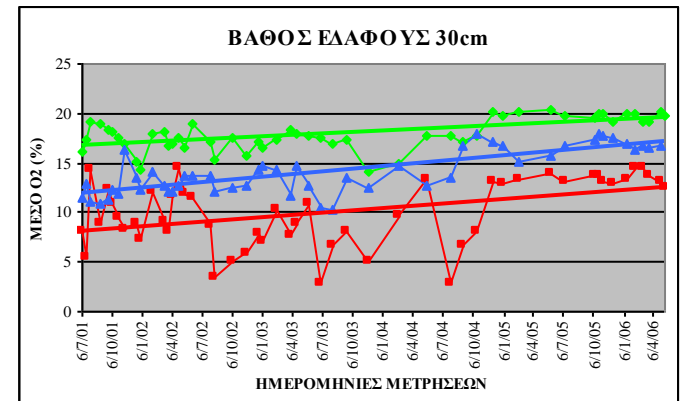
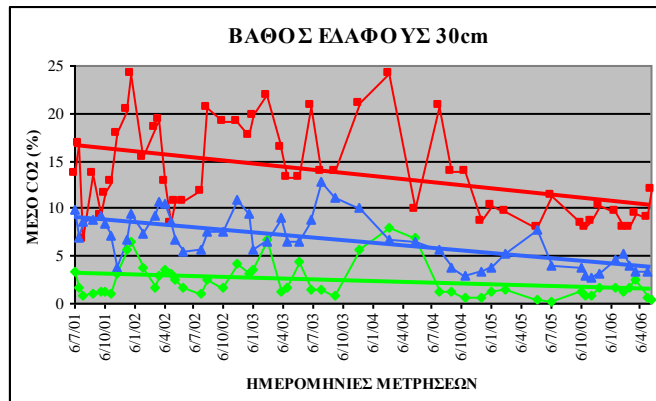
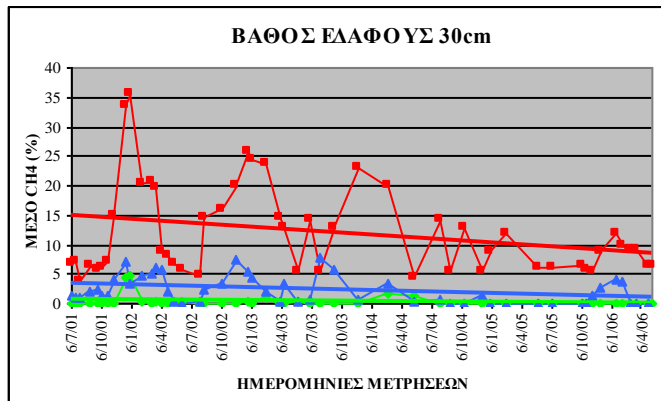
Γραφήματα 5.2.1.2, 5.2.1.3 και 5.2.1.4: Εφαρμογή του μοντέλου των *Alexander et al.* (2005) για την εκτίμηση της παραγωγής βιοαερίου, CH₄ και CO₂ στο χρόνο ανά πειραματική περιοχή στο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων.

Συγκεκριμένα, και στις τρεις περιοχές από τις μετρήσεις των αερίων του εδάφους, παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεων του CH₄, του CO₂ και του H₂S και αντίστοιχη αύξηση του O₂, όπως φαίνεται στα παρακάτω γραφήματα 5.2.1.5 έως 5.2.1.16. Η μείωση των αερίων και η αύξηση του O₂, αντίστοιχα, καταγράφηκαν έντονα από το 2004 και μετέπειτα. Από τα γραφήματα, η Π2 παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση των αερίων του βιοαερίου και τη μικρότερη του οξυγόνου, ακολουθεί η Π3 και η Π1 (η Π3 έχει μικρότερη διαφορά από την Π1 παρά από την Π2). Ως προς το βάθος, με την αύξησή του η συγκέντρωση των αερίων μεγαλώνει, εκτός από το οξυγόνο που συμβαίνει το αντίθετο. Από τα αέρια που μετρήθηκαν, το μεθάνιο έχει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε όλα τα βάθη της Π2 αλλά και στο βάθος 90 cm στις υπόλοιπες περιοχές, ακολουθεί το οξυγόνο κυρίως στο βάθος 30 cm. Ακόμη, κατά τις υγρές περιόδους (χειμώνας), το CH₄ και το CO₂ παρουσίαζαν αύξηση με αντίστοιχη μείωση του O₂, ενώ τις ξηρές περιόδους (καλοκαίρι) συνέβαινε το αντίθετο. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της υγρασίας των θαμμένων απορριμμάτων με την επαναπροώθηση των στραγγισμάτων τους. Αλλά και στο ρυθμό εκπομπής του μεθανίου που αυξάνεται κατά τις ψυχρές περιόδους λόγω μείωσης της οξειδωτικής δράσης των μικροοργανισμών του εδάφους (*Nozhevnikova et al., 1993*). Επίσης, πιθανόν να οφείλεται στο κλείσιμο των πόρων του εδάφους από το νερό της βροχής και τη μη κανονική ροή διαφυγής των αερίων στην ατμόσφαιρα. Όλα τα ανωτέρω διαπιστώνονται και στα γραφήματα 5.2.1.20 έως 5.2.1.28 με τη συνεισφορά % του κάθε αερίου στη σύσταση του αέρα του εδάφους.

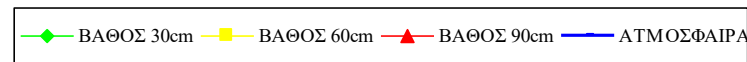
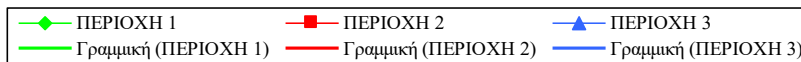
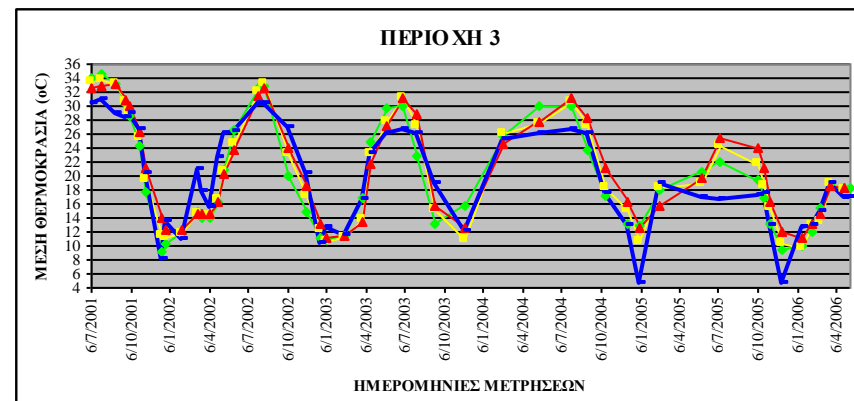
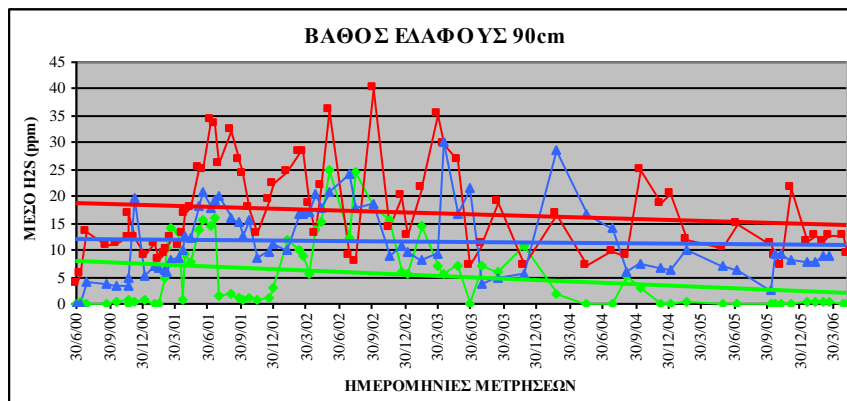
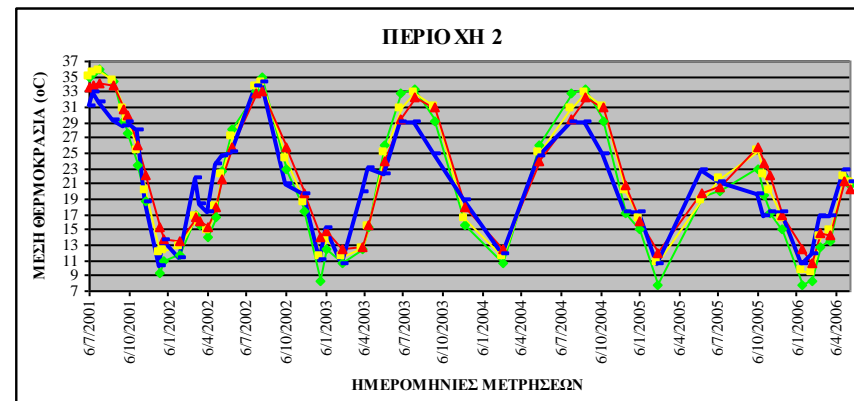
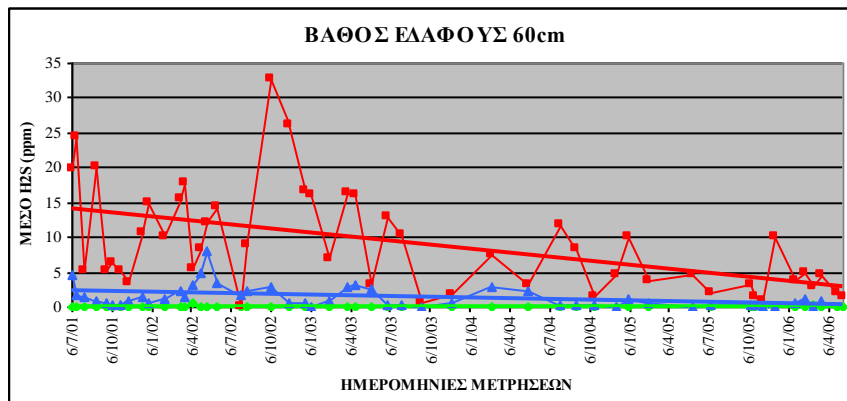
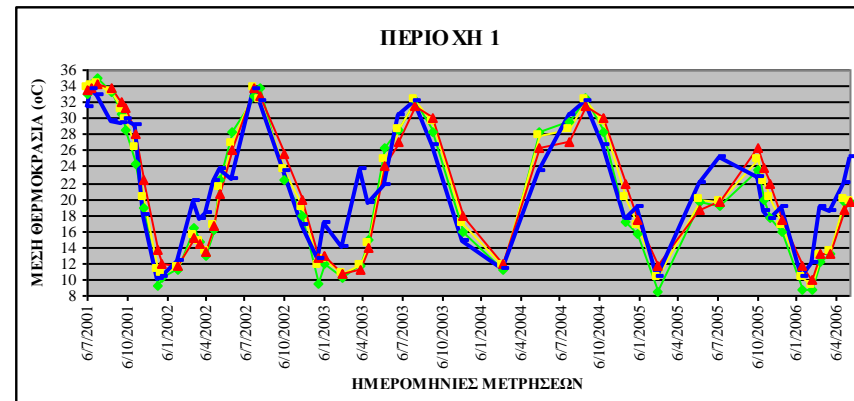
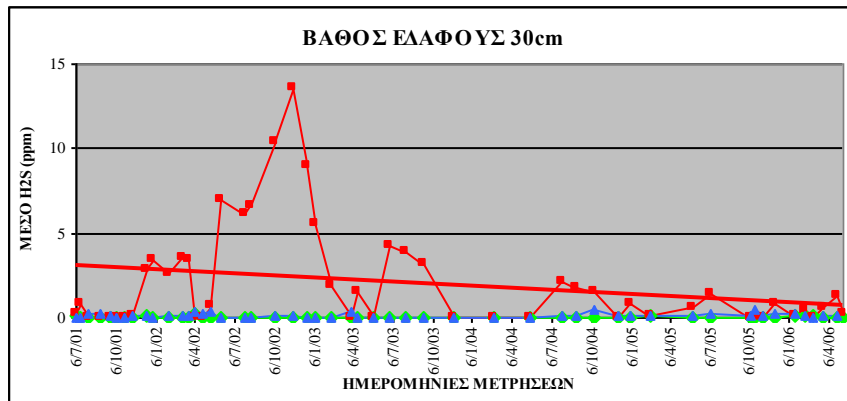
Στα γραφήματα 5.2.1.17-5.2.1.19 δίνεται ο μέσος όρος της θερμοκρασίας εδάφους όλων των σταθμών μέτρησης ανά περιοχή και βάθος σε σχέση με την ατμοσφαιρική θερμοκρασία. Παρατηρείται, σύμφωνα με τις εποχές, αυξομείωση των τιμών με μεγαλύτερες το καλοκαίρι και μικρότερες το χειμώνα. Σε σχέση με την ατμοσφαιρική θερμοκρασία υπάρχει συσχέτιση και οι όποιες διαφορές οφείλονται στις διακυμάνσεις των τιμών της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας που είναι μεγαλύτερες από αυτές στο έδαφος κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου, καθώς επίσης οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές δεν καταγράφονται την ίδια χρονική στιγμή και για τις δύο θερμοκρασίες. Μεταξύ των βαθών για κάθε περιοχή η διαφορά είναι μικρή.

Ως προς τις περιοχές μελέτης Π1, Π2 και Π3, τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανά σταθμό δείχνουν την επικράτηση αναερόβιων συνθηκών στο βάθος 90 cm, ενώ στα μικρότερα βάθη παρατηρείται δραστική μείωση της συγκέντρωσης του CH₄ και του CO₂ και παράλληλη αύξηση της συγκέντρωσης του O₂ (γραφήματα 5.2.1.29-5.2.1.31, χάρτες εκτίμησης 5.2.2-5.2.6).

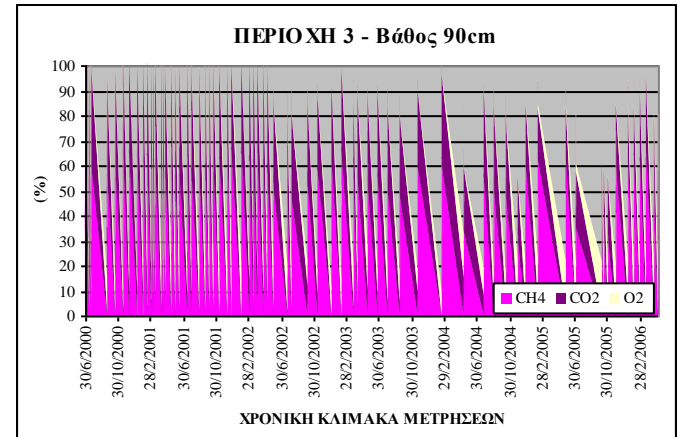
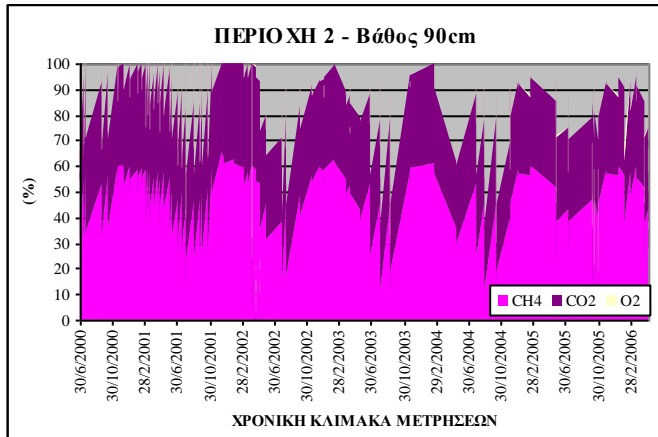
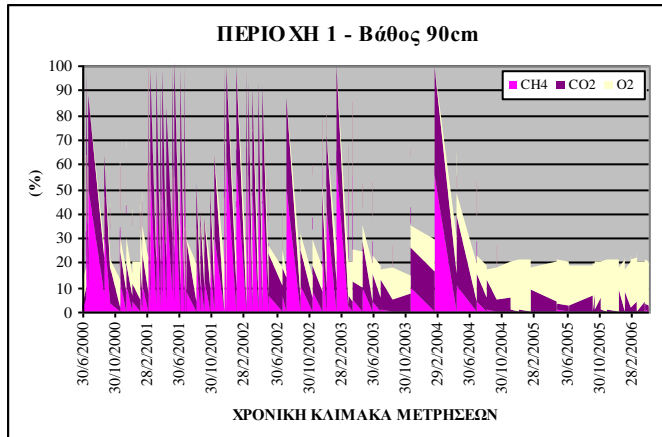
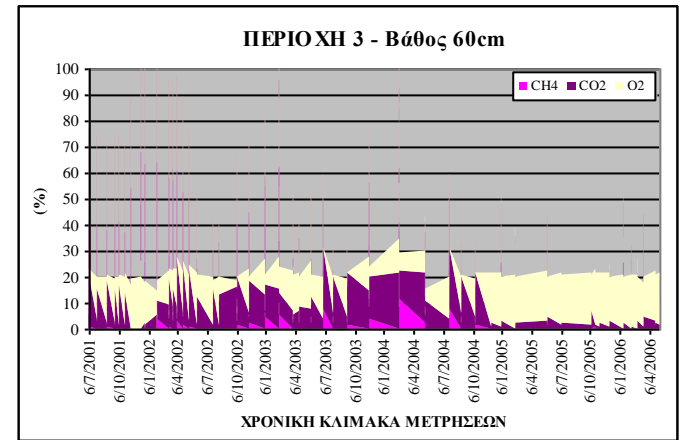
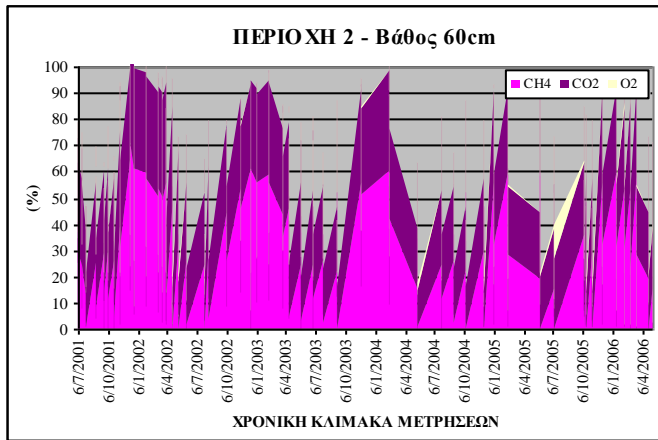
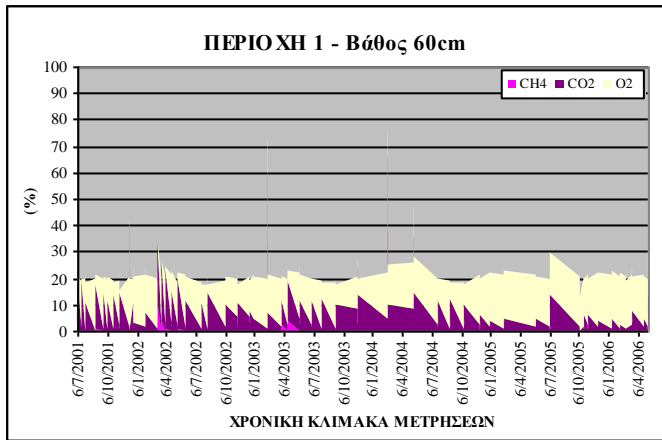
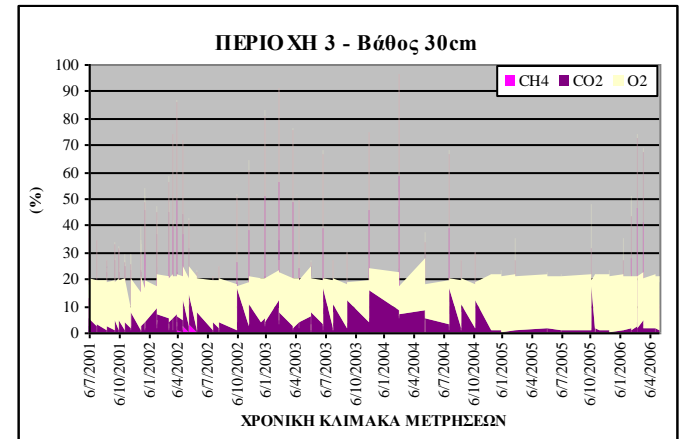
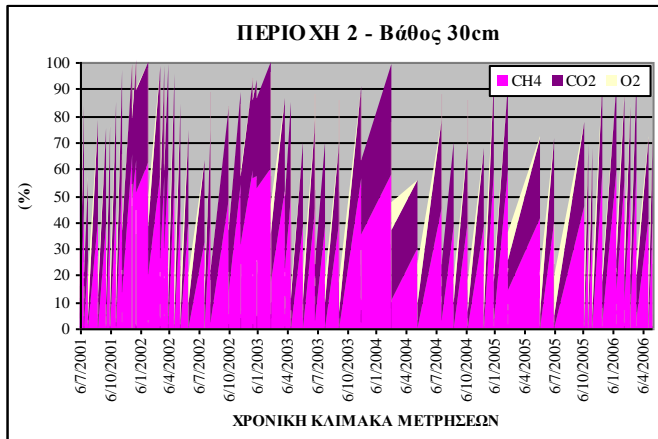
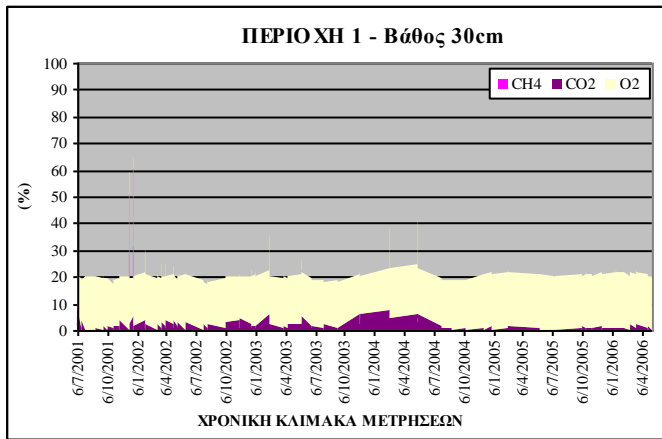
Η Περιοχή 1 χαρακτηρίζεται σαν η λιγότερο προβληματική σε σχέση με την ανίχνευση CH₄ και CO₂ στην αέρια φάση του εδάφους (γράφημα 5.2.1.29). Παρατηρείται ότι στο βάθος 90 cm στους σταθμούς μέτρησης, η καταγεγραμμένη μέση συγκέντρωση μεθανίου κυμάνθηκε από 1 μέχρι 24% v/v περίπου, η μέση συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα από 7 έως 21% v/v και η μέση συγκέντρωση οξυγόνου από 3 μέχρι 12% v/v περίπου. Η εικόνα αλλάζει στα βάθη των 60 και 30 cm, όπου το CH₄ μειώθηκε κοντά στο 0 με 1% v/v, η μέση συγκέντρωση του CO₂ μειώθηκε λιγότερο και αυξήθηκε σημαντικά η μέση συγκέντρωση του οξυγόνου, η οποία σε ορισμένους σταθμούς έφτασε σε φυσιολογικά επίπεδα.



Γραφήματα 5.2.1.5-5.2.1.13: Μέσος όρος των αερίων του εδάφους (CH₄, CO₂ και O₂) των σταθμών της κάθε περιοχής σύμφωνα με τις μετρήσεις στα τρία βάθη και η γραμμική τους τάση.



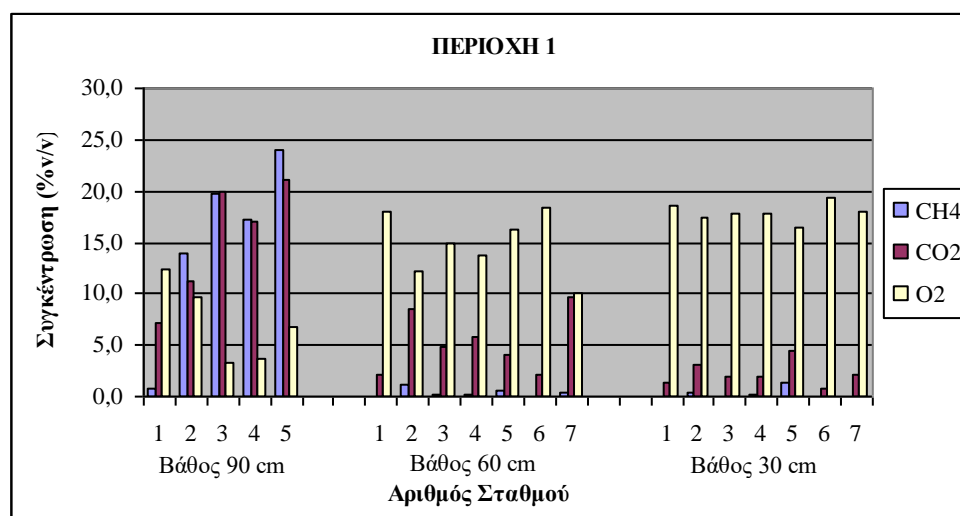
Γραφήματα 5.2.1.14-5.2.1.19: Μέσος όρος του H₂S εδάφους των σταθμών της κάθε περιοχής σύμφωνα με τις μετρήσεις στα τρία βάθη και η γραμμική τους τάση. Αντίστοιχα η θερμοκρασία εδάφους σε κάθε περιοχή και βάθος σε σχέση με την ατμοσφαιρική θερμοκρασία.



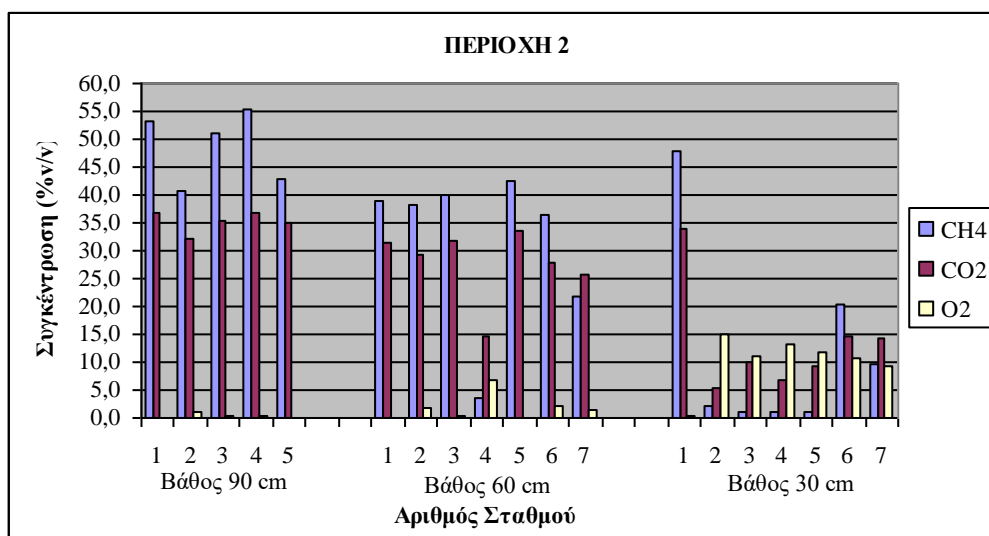
Γραφήματα 5.2.1.20-5.2.1.28: Συνεισφορά % του μεθανίου, του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου στη σύσταση του αέρα του εδάφους στις περιοχές μελέτης ανά βάθος, σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.

Η Περιοχή 2 είναι η πλέον προβληματική σε σχέση με την επικράτηση αναερόβιων συνθηκών στην αέρια φάση του εδάφους, ακόμη και στο βάθος των 60 cm (γράφημα 5.2.1.30). Η κατάσταση βελτιώνεται αισθητά στο βάθος των 30 cm, χωρίς αυτό να σημαίνει όμως ότι η συγκέντρωση του οξυγόνου προσεγγίζει τις φυσιολογικές τιμές. Σημειώνεται ότι στη συγκεκριμένη περιοχή παρατηρείται η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου λόγω του "νεαρού" της ηλικίας των απορριμμάτων και του μεγάλου όγκου τους.

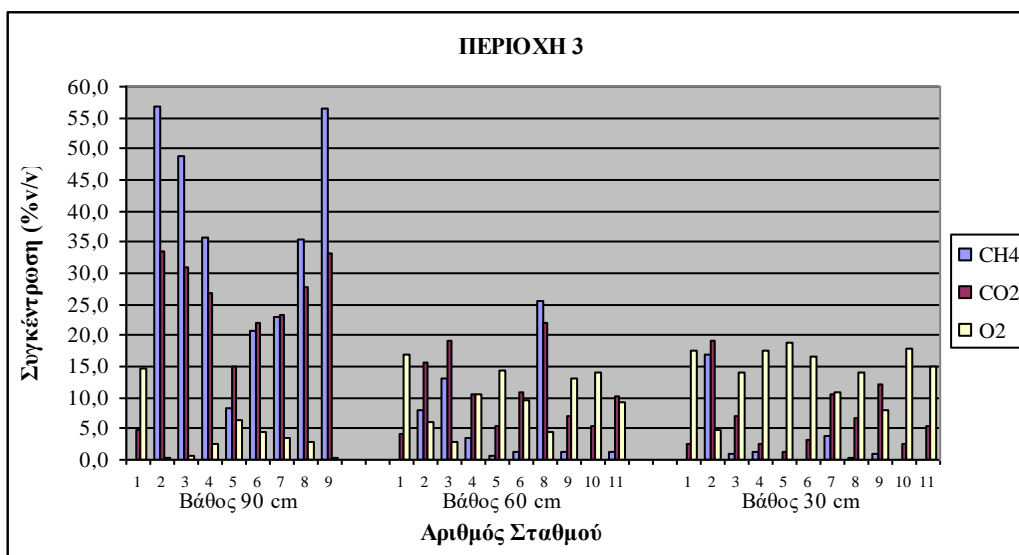
Η Περιοχή 3 χαρακτηρίζεται από την επικράτηση αναερόβιων συνθηκών στο βάθος 90 cm, σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα στο βάθος 60 cm και επικράτηση -σε γενικές γραμμές- αερόβιων συνθηκών στο βάθος 30 cm (γράφημα 5.2.1.31).



Γράφημα 5.2.1.29: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων ανά σταθμό μέτρησης της συγκέντρωσης των αερίων του εδάφους (CH₄, CO₂ και O₂) στην Π1 για τα τρία βάθη.



Γράφημα 5.2.1.30: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων ανά σταθμό μέτρησης της συγκέντρωσης των αερίων του εδάφους (CH₄, CO₂ και O₂) στην Π2 για τα τρία βάθη.



Γράφημα 5.2.1.31: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων ανά σταθμό μέτρησης της συγκέντρωσης των αερίων του εδάφους (CH₄, CO₂ και O₂) στην Π3 για τα τρία βάθη.

Ως προς το H₂S, σύμφωνα με τις μετρήσεις, οι τιμές κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Ακόμη και οι μέγιστες τιμές που δεν ξεπέρασαν σε καμία περιοχή τα 100 ppm, απέχουν από τα 400 ppm των οποίων η επίδραση στα φυτά αναφέρεται σε πειράματα (Dobson & Moffat, 1993 από τους Jacobsen and Glyde-Hill, 1970). Η θερμοκρασία εδάφους κυμάνθηκε σε επιτρεπτά όρια, εκτός από την περίοδο του καλοκαιριού που σε λίγες περιπτώσεις άγγιξε τους 39-40°C στο βάθος των 30 cm στην Π2 και Π3.

Στον πίνακα 5.2.1.1 παρατίθενται τα ποσοστά των σταθμών για κάθε περιοχή και βάθος, όπου ο μέσος όρος της συγκέντρωσης οξυγόνου είναι μικρότερος των 15%, 10% και 5% v/v. Η συγκέντρωση οξυγόνου, στην πλειονότητα των σταθμών, είναι μικρότερη από 15% (v/v) και σε σημαντικό βαθμό μικρότερη στα άλλα δύο ποσοστά, δημιουργώντας έτσι προβλήματα στις ρίζες των φυτών ακόμη και στα μικρά βάθη. Συγκέντρωση οξυγόνου <15% θεωρείται ανεπαρκής για τη φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών (Τσαπικούνης, 1995), έδαφος με <12% είναι πιθανό να είναι βλαβερό για τη λειτουργία των ριζών και έδαφος <6% σίγουρα είναι (Moffat & Houston, 1991).

Περιοχή	Βάθος (cm)		
	90	60	30
	Ποσοστό σταθμών (%) με O₂ <15%		
Περιοχή 1	100	57	0
Περιοχή 2	100	100	86
Περιοχή 3	100	90	55
	Ποσοστό σταθμών (%) με O₂ <10%		
Περιοχή 1	80	0	0
Περιοχή 2	100	100	29
Περιοχή 3	89	50	18
	Ποσοστό σταθμών (%) με O₂ <5%		
Περιοχή 1	40	0	0
Περιοχή 2	100	86	14
Περιοχή 3	78	20	9

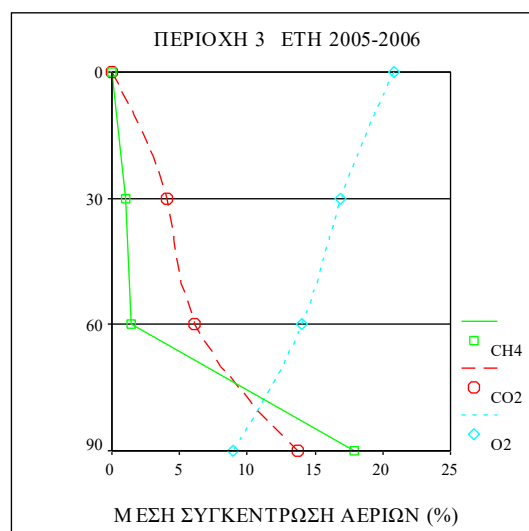
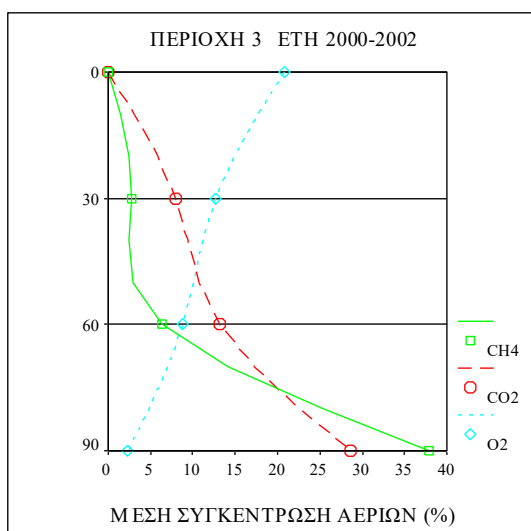
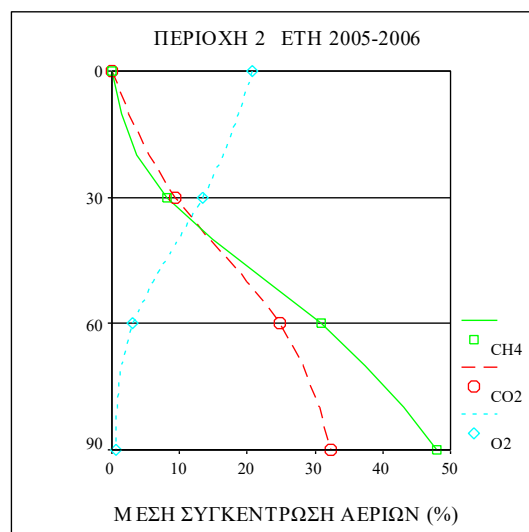
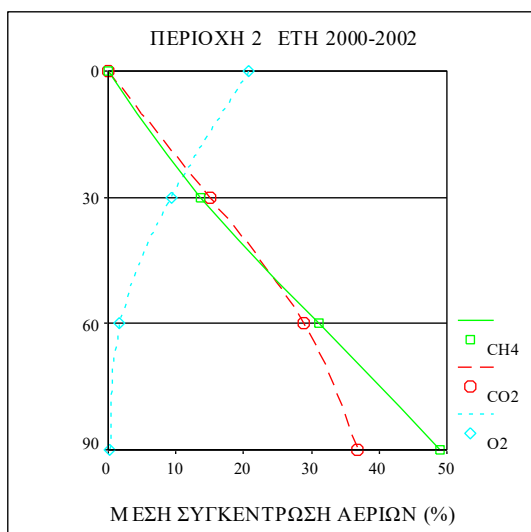
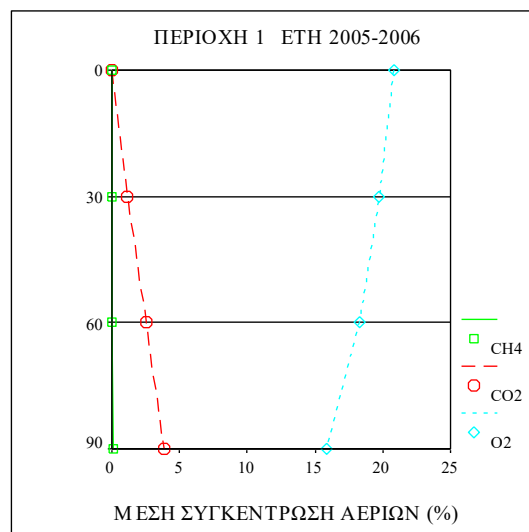
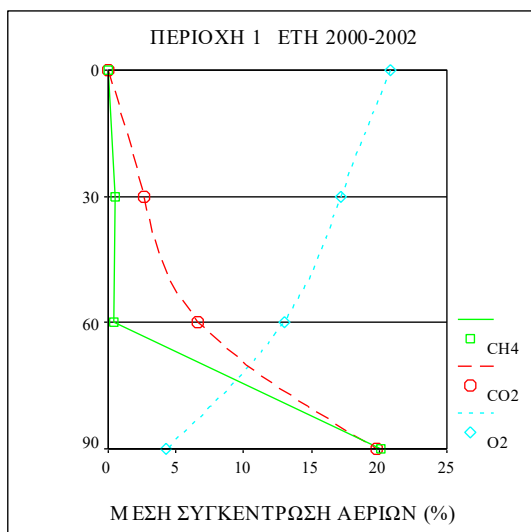
Πίνακας 5.2.1.1: Ποσοστά σταθμών (%) με μέσο όρο συγκέντρωσης οξυγόνου μικρότερο των 15%, 10% και 5% (v/v).

Οι υψηλές συγκεντρώσεις CH₄ και CO₂ που καταγράφηκαν στο βάθος 90 cm είναι αποτέλεσμα της έντονης μεθανογενετικής δραστηριότητας που παρατηρείται στις υποκείμενες μάζες απορριμμάτων και πιθανών αστοχιών στον αδιαπέρατο φραγμό ή/και στο σύστημα ανάκτησης βιοαερίου.

Στο βάθος των 60 cm η εικόνα -τουλάχιστον στις περιοχές 1 και 3- βελτιώνεται αρκετά, και στο βάθος των 30 cm υπάρχει περαιτέρω βελτίωση με σταθμούς σε αερόβιες συνθήκες. Αυτό οφείλεται στη διάχυση των ατμοσφαιρικών αερίων από την ατμόσφαιρα στο έδαφος και στην οξείδωση του μεθανίου (γραφήματα 5.2.1.32-5.2.1.37). Το έδαφος που χρησιμοποιείται για την χωματοκάλυψη των απορριμμάτων οξειδώνει το παραγόμενο μεθάνιο μειώνοντας την ποσότητα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα (Whalen *et al.* 1990, Hilger *et al.* 2000). Η οξειδωτική δράση του εδάφους οφείλεται στους μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα να επηρεάζεται από τις εποχικές μεταβολές της θερμοκρασίας. Σε θερμοκρασία 25°C η οξείδωση ήταν 3-4 φορές μεγαλύτερη από αυτή στους 10°C (Kjeldsen *et al.* 1997).

Σύμφωνα με τα γραφήματα 5.2.1.32-5.2.1.37, στην Π1 η συγκέντρωση μεθανίου τα πρώτα έτη των μετρήσεων (2000-2002) οξειδωνόταν σχεδόν όλη στο βάθος 60 έως 90 cm, ενώ στο τέλος (2005-2006) η οξείδωση πραγματοποιούνταν σε μεγαλύτερο βάθος λόγω και της μείωσης της συγκέντρωσης του μεθανίου. Παρατηρείται ακόμη μείωση του CO₂ και αύξηση του O₂ με το χρόνο και το βάθος. Στην Π2, σε όλα τα μετρήσιμα βάθη και έτη, η οξείδωση πραγματοποιούνταν μέχρι και την επιφάνεια του εδάφους. Κάποια σχετική βελτίωση των συνθηκών παρατηρήθηκε στο βάθος 0 έως 30 cm. Στην Π3 η οξείδωση πραγματοποιούνταν σε όλα τα βάθη και κυρίως από 60 έως 90 cm. Με τα έτη καταγράφηκε μείωση στο ήμισυ του CH₄ και CO₂ και αύξηση (διπλασιασμός) της συγκέντρωσης του O₂ κυρίως στα βάθη 60 και 90 cm.

Η κίνηση του βιοαερίου μέσα στα απορρίμματα και στο έδαφος είναι εξαιρετικά πολύπλοκη. Το βιοαέριο τείνει να κινηθεί μέσα από υλικά υψηλής διαπερατότητας και η μετακίνησή του επηρεάζεται επίσης από τις καιρικές συνθήκες και συγκεκριμένα από τις τιμές της βαρομετρικής πίεσης. Χαμηλές τιμές βαρομετρικής πίεσης οδηγούν σε ταχύτερη διαφυγή του βιοαερίου, ενώ αντίθετα υψηλές τιμές μειώνουν το ρυθμό εκτόνωσης. Η ύπαρξη αδιαπέρατου καλύμματος εμποδίζει τη διαφυγή του βιοαερίου από την επιφάνεια του ΧΔΑ και μπορεί να το οδηγήσει σε μεγαλύτερη οριζόντια μετακίνηση με αποτέλεσμα να διαφεύγει στην περιφέρειά του ή ακόμη και εκτός των ορίων του χώρου. Έχει παρατηρηθεί ότι το βιοαέριο μπορεί να εκτονωθεί σε σημεία που βρίσκονται σε απόσταση μέχρι 300 m περίπου από τα όρια του χώρου διάθεσης (URL2).



Γραφήματα 5.2.1.32-5.2.1.37: Μέση συγκέντρωση των αερίων (%) και οξείδωση του μεθανίου ανά βάθος και περιοχή, στην αρχή και στο τέλος της χρονικής περιόδου των μετρήσεων.

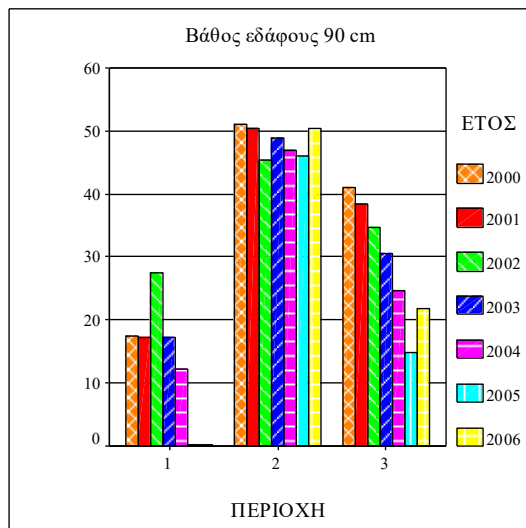
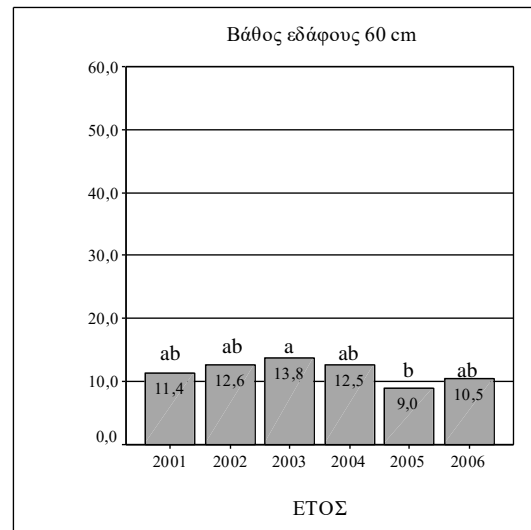
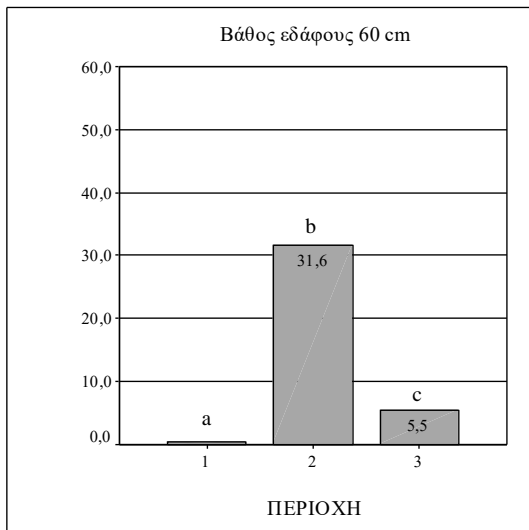
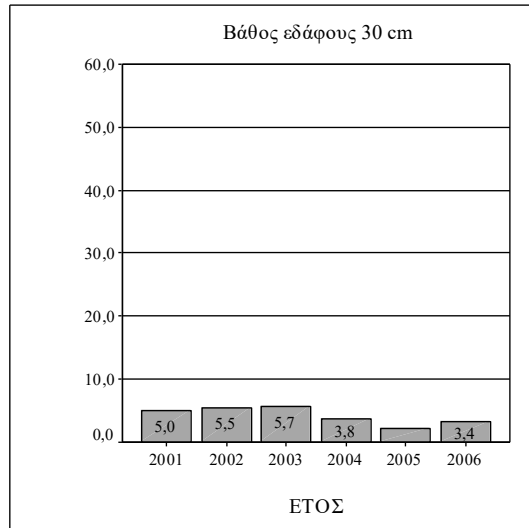
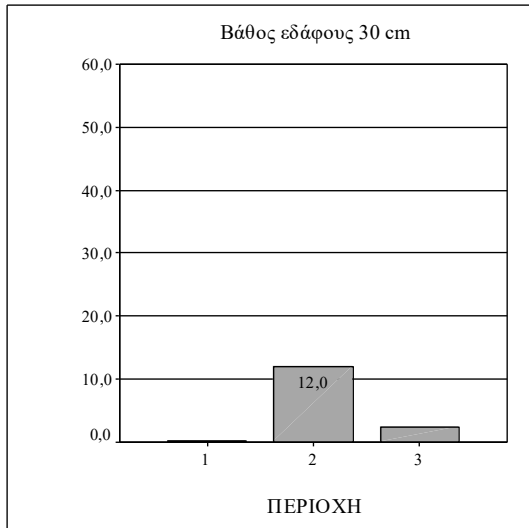
5.2.2 Μεθάνιο

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, οι τιμές της συγκέντρωσης (% v/v) του μέσου και μέγιστου μεθανίου δίνονται στους σταθμούς ανά πειραματική περιοχή και βάθος στο χάρτη εκτίμησης 5.2.2. Με χωρική παρεμβολή (μέθοδος του κοντινότερου γείτονα με πολύγωνα Thiessen), εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των περιοχών χωρίζοντας αυτές σε υποπεριοχές (πολύγωνα) επιρροής του κάθε σταθμού μέτρησης. Οι εκτιμηθείσες τιμές (τιμή σε κάθε σημείο του πολυγώνου είναι η τιμή που έχει ο κοντινότερος σταθμός μέτρησης) δίνονται με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης στο ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές του μεθανίου, σύμφωνα με τον πίνακα 1 του παραρτήματος I όπου δίνονται στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων, για τις Π1, Π2 και Π3 στο βάθος εδάφους 30 cm για όλα τα έτη κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0 έως 31,7 %, από 0 έως 65,3 % και από 0 έως 58,1 %. Υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Στο βάθος 60 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 0 έως 32,5 %, από 0 έως 62,8 % και από 0 έως 67,5 %. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Στο βάθος 90 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 0 % έως 68,2 %, από 0 έως 66,1 % και από 0 έως 70 %. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Από τις μετρήσεις και το μέσο όρο του μεθανίου ανά έτος, οι τιμές στα τρία βάθη για κάθε περιοχή παρουσιάζουν αυξομειώσεις με τη γραμμική τάση να δείχνει μείωση (πίνακες 1 παραρτήματος I και 5.2.2.1, γραφήματα 5.2.1.5-5.2.1.13 και 5.2.2.1-5.2.2.5). Από τα δεδομένα, οι τιμές του μεθανίου χαρακτηρίζονται υψηλές στο τελικό εδαφικό κάλυμμα, με μέγιστη καταγεγραμμένη τιμή σε ΧΔΑ 88 % (v/v) (Dobson & Moffat, 1993).

Πίνακας 5.2.2.1: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο μεθάνιο ανά βάθος.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 30 cm					
Έτος	3428,154	5	685,631	4,47	<0,001
Περιοχή	36546,389	2	18273,194	119,139	<0,001
Έτος * Περιοχή	2765,293	10	276,529	1,803	0,055
Error	230372,545	1502	153,377		
Total	273112,4	1519			
Βάθος εδάφους 60 cm					
Έτος	4113,894	5	822,779	3,716	0,002
Περιοχή	263606,359	2	131803,179	595,273	<0,001
Έτος * Περιοχή	2251,784	10	225,178	1,017	0,426
Error	323046,195	1459	221,416		
Total	593018,2	1476			
Βάθος εδάφους 90 cm					
Έτος	42024,126	6	7004,021	17,15	<0,001
Περιοχή	217928,230	2	108964,115	266,81	<0,001
Έτος * Περιοχή	21984,672	12	1832,056	4,486	<0,001
Error	604426,379	1480	408,396		
Total	886363,4	1500			



Γραφήματα 5.2.2.1-5.2.2.5: Ραβδογράμματα του μέσου μεθανίου από τις μετρήσεις βιοαερίου του εδάφους για κάθε περιοχή και έτος μελέτης ανά βάθος.

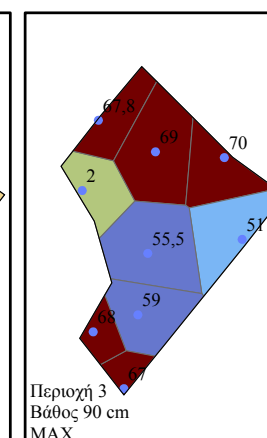
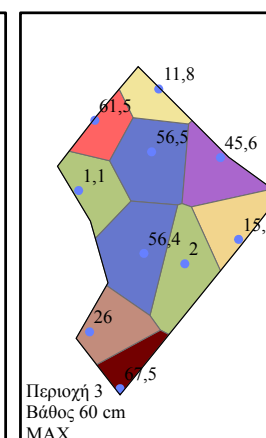
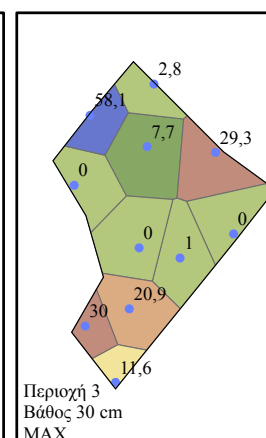
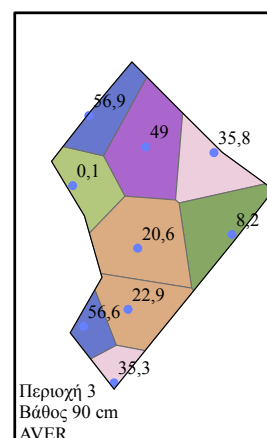
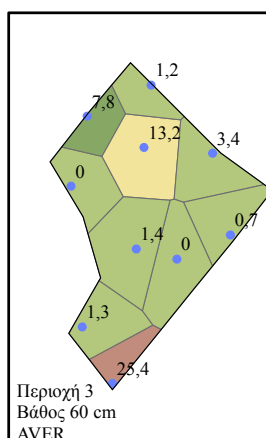
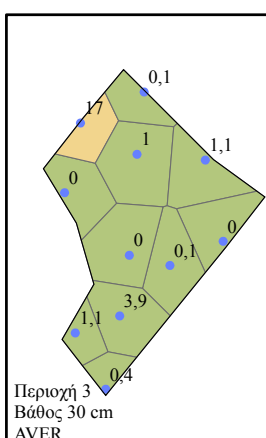
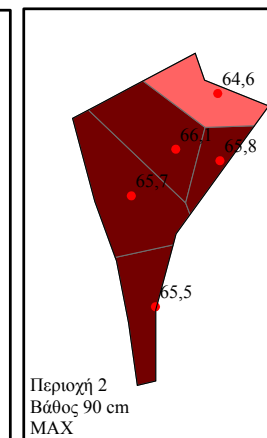
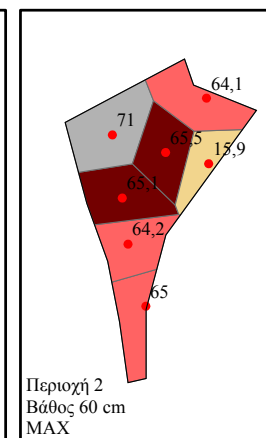
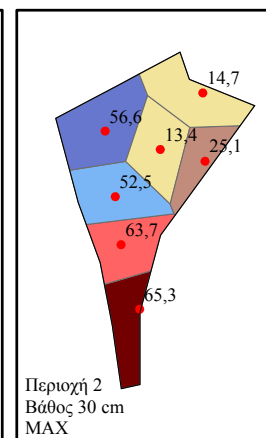
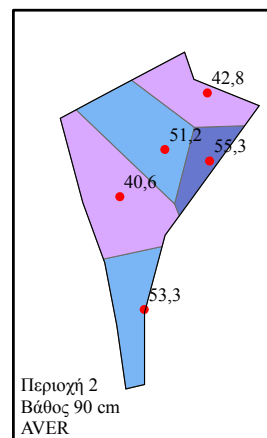
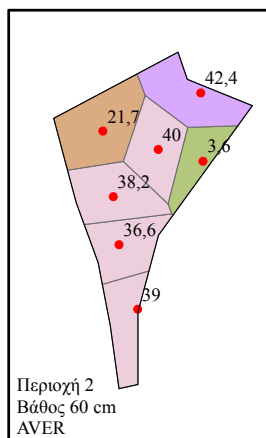
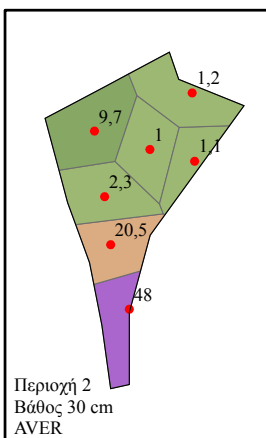
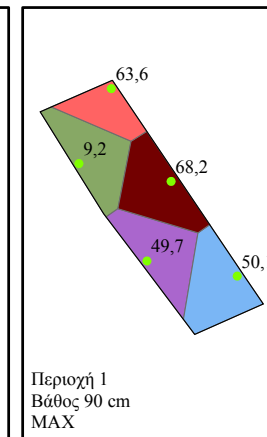
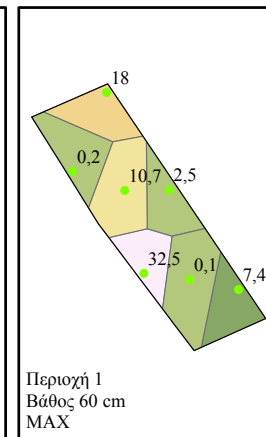
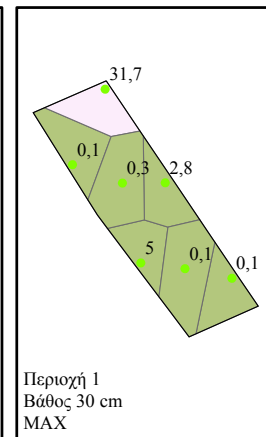
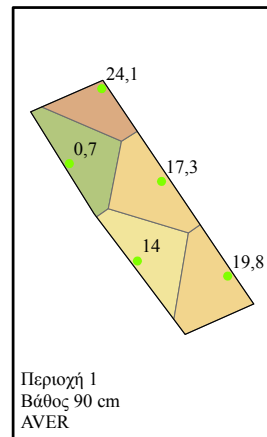
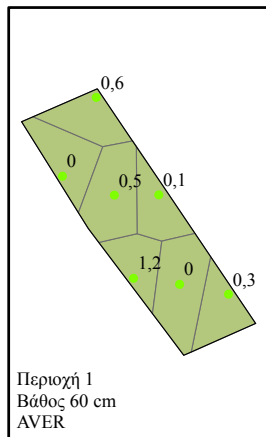
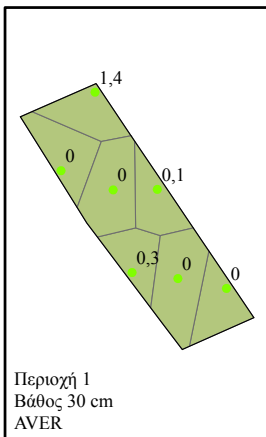
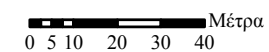
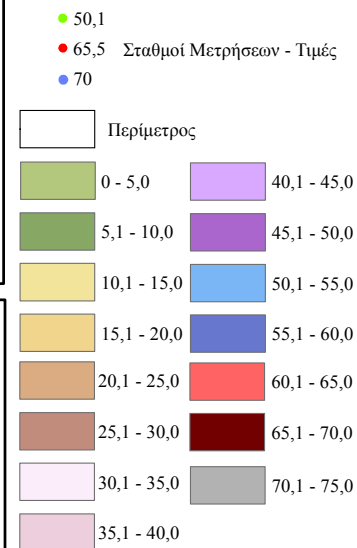
Στις περιπτώσεις που εντοπίζονται υψηλές συγκεντρώσεις μεθανίου στον εδαφικό ορίζοντα του καλύμματος ενός αποκατεστημένου ΧΔΑ, αυτό οφείλεται συνήθως σε



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.2.2 :
ΤΟ ΜΕΣΟ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΟ
ΜΕΘΑΝΙΟ (%) ΑΝΑ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ
ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΚΑΙ Η
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΤΙΣ
ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ
ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΟΥ**

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



αστοχίες κατά τη διάσπρωση του αδιαπέραστου φραγμού (σκισημένη ή ακατάλληλα συγκολλημένη γεωμεμβράνη, αστοχία στη διάσπρωση του αργιλικού υλικού). Η αποκατάσταση τέτοιων αστοχιών είναι εξαιρετικά δαπανηρή και προϋποθέτει την εκσκαφή μεγάλων εκτάσεων απορριμμάτων και την επανακατασκευή του τελικού καλύμματος, μαζί με το σύστημα ανάκτησης βιοαερίου (Μάργαρης κ.ά., 2001). Επισημαίνεται ότι σε ένα αποκατεστημένο ΧΥΤΑ, η συγκέντρωση του CH₄ στο εδαφικό κάλυμμα και σε βάθος 5 - 10 cm δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 500 ppm (0,05% v/v) (USEPA, 1999). Η εν λόγω συγκέντρωση αποτελεί και κριτήριο ελέγχου της απόδοσης του αδιαπέραστου φραγμού του τελικού καλύμματος και του συστήματος ανάκτησης βιοαερίου.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «μεθάνιο», α) για το βάθος εδάφους 30 cm υπάρχει σημαντική επίδραση και των δύο παραγόντων «έτος» και «περιοχή», β) στο βάθος 60 cm επίσης το ίδιο και γ) στο βάθος 90 cm υπάρχει επίδραση όλων, δηλαδή το μεθάνιο διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών, των ετών μελέτης, και η επίδραση του έτους στο μεθάνιο δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στο μεθάνιο μεταβάλλεται στα έτη μελέτης) (πίνακας 5.2.2.1). Από τον πίνακα 5.2.2.1 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» και στα τρία βάθη συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «μεθανίου».

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης των τιμών του μεθανίου για τα βάθη 30 και 60 cm προέκυψε σημαντική επίδραση του «έτους» και της «περιοχής» χωρίς να υφίσταται αλληλεπίδραση, με τη βοήθεια των ελέγχων πολλαπλών συγκρίσεων, test του Tukey, για τους παράγοντες «έτος» και «περιοχή», προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές του μεθανίου ποια έτη και περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.2.2.1-5.2.2.4).

Από τους πίνακες και τα γραφήματα, η «περιοχή» επιδρά στη μεταβλητή στα βάθη 30 και 60 cm, καθώς όλες οι περιοχές διαφέρουν μεταξύ τους, με μεγαλύτερη τιμή του μεθανίου στην Π2. Αυτό οφείλεται στην επιλογή των περιοχών με βάση την ηλικία των απορριμμάτων, με την Π2 να καταγράφει τη μέγιστη παραγωγή βιοαερίου λόγω της μικρής ηλικίας των υποκειμένων απορριμμάτων και του μεγάλου όγκου τους (πίνακας 4.1 και γραφήματα 5.2.1.2-5.2.1.4). Το «έτος» για το ίδιο βάθη επιδρά στη μεταβλητή από τις μειώσεις των τιμών της που συμβαίνει στις Π2 και Π3 κατά το έτος 2005. Στην Π1 δεν καταγράφεται σημαντική διαφοροποίηση στα έτη. Αυτό δικαιολογείται από την παραγωγή βιοαερίου όπου η κάθε περιοχή σύμφωνα με το χρόνο έχει αποδώσει σε διαφορετικό βαθμό-ποσοστό (γραφήματα 5.2.1.2-5.2.1.4).

Στο βάθος 90 cm η «περιοχή» επιδρά στη μεταβλητή για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν στα βάθη 30 και 60 cm. Το «έτος» επιδρά στο μεθάνιο από τις μειώσεις των τιμών που συμβαίνουν και στις τρεις περιοχές κυρίως κατά τα έτη 2004-2005 με την αιτιολογία που αναφέρθηκε παραπάνω. Η αλληλεπίδραση εξηγείται από το γεγονός ότι δεν υπάρχει μόνο μία τάση στις τιμές (μείωση ή αύξηση) κατά τα έτη των μετρήσεων. Καθώς η γραμμική (γενική) τάση των τιμών δείχνει μείωση, στην Π1 παρατηρήθηκε μέση αύξηση του μεθανίου κατά το έτος 2002, στην Π2 το 2003 και το 2006, και στην Π3 κατά το έτος 2006.

Στο σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει το βιοαέριο σε έργα αποκατάστασης και εγκατάστασης βλάστησης στο τελικό εδαφικό κάλυμμα ενός ΧΔΑ αναφέρονται όσοι μελέτησαν το θέμα (Arthur et al. 1981, Athy et al. 2006, Chan et al. 1997; 1998, Dobson & Moffat 1993; 1995; 1999, Duell et al. 1986, Flower et al. 1981, Forest & Partnerships 2000, Gilman 1980, Gilman et al. 1980; 1981a; 1981b; 1982; 1985; 1987; 1989, Graber 1999, Handel et al. 1997, Hilger et al. 2000, Hutchings et al. 2001, Ireland 1991, Kim 2002, Kim et al. 2004; 2005, Leone et al. 1979, Liang et al. 1999, Marchiol et al. 1999; 2000, Margaris et al. 2001a; 2001b, Maurice et al. 1999, Moffat & Houston 1991, Parsons et al. 1998, Rawlinson et al. 2004, Rebele & Lehmann 2002, Remon et al. 2005, Robinson et al. 1992, Robinson & Handel 1995, Rogers 1972, Simmons 1999, Spreull & Cullum 1987, Tchobanoglous et al. 1993, Wilson 1991, Zairi et al. 2004, Zhang et al. 1995). Αφού τα αέρια του βιοαερίου που παράγονται από την αναερόβια αποσύνθεση καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο από τα υλικά τα οποία παράγονται, αυτά πρέπει να μετακινηθούν προς τα έξω. Η κίνηση αυτή των αερίων που είναι οριζόντια και κάθετα έχει προκαλέσει προβλήματα στην ανάπτυξη βλάστησης που βρίσκεται πάνω από τα παρακείμενα απορρίμματα (Flower et al. 1981).

Στον παρακάτω πίνακα 5.2.2.2 δίνονται μετρήσεις αερίων και χαρακτηριστικά κλειστών ΧΔΑ που πραγματοποιήθηκαν από ερευνητές σε εδάφη πάνω από απορρίμματα για την εγκατάσταση βλάστησης.

Πίνακας 5.2.2.2: Μετρήσεις αερίων και χαρακτηριστικά κλειστών ΧΔΑ, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.

Βιβλιογραφία	Χαρακτηριστικά ΧΔΑ	Μετρήσεις				
		CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	Θερμοκρασία εδάφους (°C)
<i>Gilman 1980</i>	Edgeboro New Jersey, 14 έτη κλειστός, μετρήσεις σε βάθη 20, 60 και 90 cm	0,4 1,8 16,9	4,1 8,7 24,9	17,2 18,1 12,7	-	19
<i>Gilman et al. 1981a; 1981b; 1982</i>	Edgeboro New Jersey, 10 έτη κλειστός	0-7,3	1,4-18,1	12,1-19,6	-	19
<i>Gilman et al. 1989</i>	East Brunswick New Jersey, μέγιστο βάθος απορριμμάτων 9 m, μετρήσεις σε βάθος 20 cm	-	2,6-3,1	16,8-17,9	-	-
<i>Duell et al. 1986</i>	Έρευνα σε 7 κλειστούς ΧΔΑ στις ΗΠΑ, μετρήσεις σε βάθος 20 cm με αναερόβιες συνθήκες	0-50	0-43	-	-	-
<i>Insley & Carnell 1982</i>	Pitsea Essex UK 3 έτη κλειστός, μέγιστο βάθος απορριμμάτων 7 m, μετρήσεις σε βάθος 20 cm	0,01	-	-	-	-
<i>Moffat & Houston 1991</i>	Pitsea Essex UK 11 έτη κλειστός, μέγιστο βάθος απορριμμάτων 7 m, μετρήσεις σε βάθος 30 cm	10-50	-	4-16	-	20-35
<i>Maurice 1999</i>	Μετρήσεις σε 2 ΧΔΑ της νότιας Φιλανδίας,	-	3,3-9,5	-	-	-

<i>Chan et all. 1997</i>	Έρευνα σε 2 ΧΔΑ στο Hong Kong, μετρήσεις σε βάθος 35-50 cm	11,7±14,7 4,18±3,81	11,3±11,4 3,76±4,32	10,9±9,02 16,8±4,4	-	33,9±4,06 32,4±1,8
<i>Kim et all. 2004</i>	ΧΔΑ Nanjido Seoul S. Korea, λειτουργία 1978-1993, max βάθους απορριμμάτων 104 m	0,000731	-	-	-	-
<i>Spreull & Cullum 1987</i>	Essex UK, βιομηχανικά απόβλητα	37-60	20-40	-	-	-
<i>Saarela 2003</i>	3 ΧΥΤΑ κοντά στο Helsinki Finland, 20-30 έτη κλειστοί	5-15	-	10-20	-	Καταγραφή υψηλών θερμοκρασιών στα σημεία διαφυγής του CH ₄ (max 46°C)
<i>Zairi et all. 2004</i>	El Yahoudia Tunisia, κάλυψη με αργιλώδες στρώμα πάχους 40 cm	0-75	0-35	-	0-45	-
<i>Trotter & Cooke 2005</i>	Bisasar Road South Africa, βάθος απορριμμάτων 30 m, μετρήσεις σε βάθος 30 cm σε περιοχές χωρίς/και με βλάστηση	17,5±4,3 8,5±4,0	14,5±3,2 6,8±2,3	12,4±1,6 15,5±1,6	-	25,1±0,5 23,8±0,5

Σύμφωνα με τους *Zairi et all.* (2004), ο λόγος CO₂/CH₄ αποτελεί δείκτη της ηλικίας και της παλαιότητας των απορριμμάτων. Όταν ο λόγος είναι α) ≥ 1 η ηλικία των απορριμμάτων θεωρείται 2 εβδομάδων έως 2 μηνών, β) ≈ 1 θεωρείται <2 ετών, γ) 0,4-1 θεωρείται 2-40 ετών και δ) ≈ 0 θεωρείται >40 ετών. Από τον ανωτέρω πίνακα ο λόγος των περισσότερων περιπτώσεων είναι μεταξύ 0,4 και 1 με αποτέλεσμα τα απορρίμματα να βρίσκονται στο στάδιο της μεθανογένεσης, όπου καταγράφονται υψηλές συγκεντρώσεις μεθανίου στο τελικό εδαφικό κάλυμμα. Οι *Rawlinson et all* (2004) σε μελέτη 11 παλαιών ΧΔΑ διατύπωσαν τη θέση ότι το λοφώδες σχήμα τους επιδρά σημαντικά μεταξύ περιοχών με βόρεια και νότια έκθεση, κορεσμένων ή όχι σε νερό και με διαφορετικές συγκεντρώσεις μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα.

5.2.3 Διοξείδιο του Άνθρακα

Οι τιμές της συγκέντρωσης (% v/v) του μέσου και μέγιστου διοξειδίου του άνθρακα, από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το διάστημα 2000-2006, δίνονται στο χάρτη εκτίμησης 5.2.3 ανά περιοχή και βάθος στους σταθμούς μέτρησης. Με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen, εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των πειραματικών περιοχών στις επιφάνειες που ορίζονται από τα πολύγωνα με βάση τον κοντινότερο σταθμό μέτρησης, όπου και πήραν την τιμή του. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης στον ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Στον πίνακα 2 του παραρτήματος Ι δίνονται στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων του διοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με τα οποία για τις Π1, Π2 και Π3 στο βάθος

εδάφους 30 cm για όλα τα έτη, οι τιμές κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0 έως 28,4 %, από 0,1 έως 41,8 % και από 0 έως 38,3 %. Υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Στο βάθος 60 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 0 έως 28,3 %, από 0,7 έως 41,8 % και από 0 έως 38,6 %. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Στο βάθος 90 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 0 % έως 43,7 %, από 3,2 έως 43 % και από 0 έως 42,2 %. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Από τις μετρήσεις και το μέσο όρο του διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος, οι τιμές στα τρία βάθη για κάθε περιοχή παρουσιάζουν αυξομειώσεις, με τη γραμμική τάση όμως να δείχνει μείωση (πίνακες 2 παραρτήματος Ι και 5.2.3, γραφήματα 5.2.1.5-5.2.1.13 και 5.2.3.1-5.2.3.5). Οι τιμές των μετρήσεων του διοξειδίου του άνθρακα χαρακτηρίζονται υψηλές στο τελικό εδαφικό κάλυμμα κυρίως για τις Π2, Π3 και για τα βάθη 60, 90 cm, με μέγιστη καταγεγραμμένη τιμή σε ΧΔΑ 89 % (v/v) (*Dobson & Moffat, 1993*).

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, οι υψηλές συγκεντρώσεις CH₄ και CO₂ που καταγράφηκαν στο τελικό εδαφικό κάλυμμα είναι αποτέλεσμα της μεθανογενετικής δραστηριότητας που πραγματοποιείται στις υποκείμενες μάζες απορριμμάτων και πιθανών αστοχιών στον αδιαπέρατο φραγμό ή/και στο σύστημα ανάκτησης βιοαερίου.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «διοξείδιο του άνθρακα», τα αποτελέσματα ήταν τα ίδια όπως στο μεθάνιο, δηλαδή α) για το βάθος εδάφους 30 cm υπάρχει σημαντική επίδραση και των δύο παραγόντων «έτος» και «περιοχή», β) στο βάθος 60 cm επίσης το ίδιο και γ) στο βάθος 90 cm υπάρχει επίδραση όλων, με το διοξείδιο του άνθρακα να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών, των ετών μελέτης, και η επίδραση του έτους στο διοξείδιο του άνθρακα δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στο διοξείδιο του άνθρακα μεταβάλλεται στα έτη μελέτης) (πίνακας 5.2.3). Από τον πίνακα 5.2.3 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» και στα τρία βάθη συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «διοξειδίου του άνθρακα». Αναμενόμενα τα αποτελέσματα, καθώς το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα στη σύσταση του βιοαερίου παράγονται από την ίδια δραστηριότητα (μεθανογενετική) στα συγκεκριμένα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των υποκείμενων απορριμμάτων.

Από την ανάλυση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του άνθρακα για τα βάθη 30 και 60 cm, προέκυψε σημαντική επίδραση του «έτους» και της «περιοχής» χωρίς να υφίσταται αλληλεπίδραση. Με τη βοήθεια των ελέγχων πολλαπλών συγκρίσεων, test του Tukey, για τους παράγοντες «έτος» και «περιοχή», προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές του διοξειδίου του άνθρακα ποια έτη και περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.2.3.1-5.2.3.4).

Από τους πίνακες και τα γραφήματα, η «περιοχή» επιδρά στη μεταβλητή στα βάθη 30 και 60 cm, καθώς όλες οι περιοχές διαφέρουν μεταξύ τους με μεγαλύτερη τιμή του διοξειδίου του άνθρακα στην Π2. Το «έτος» για το ίδιο βάθη επιδρά στη μεταβλητή από τις μειώσεις των τιμών που συμβαίνουν και στις τρεις περιοχές, κυρίως κατά τα έτη 2005-2006. Αυτά οφείλονται στους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν στο μεθάνιο.

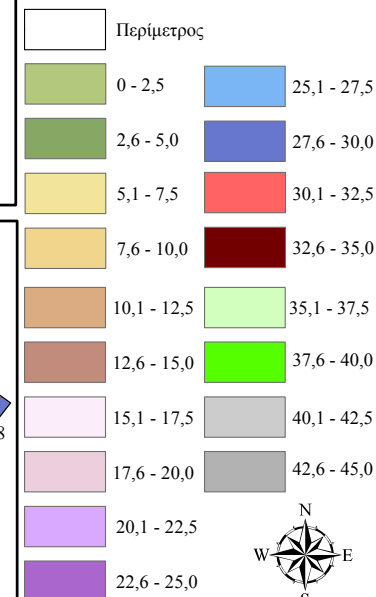


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

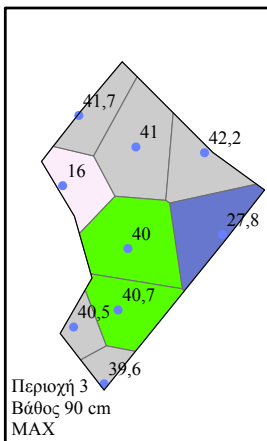
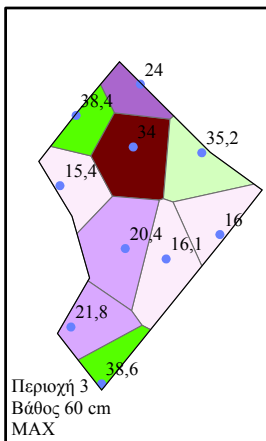
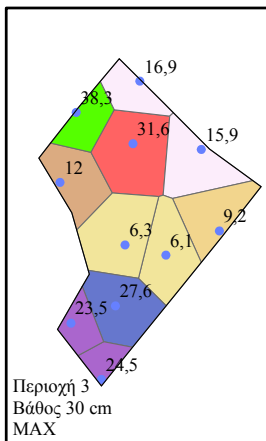
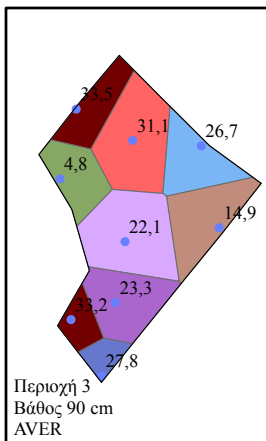
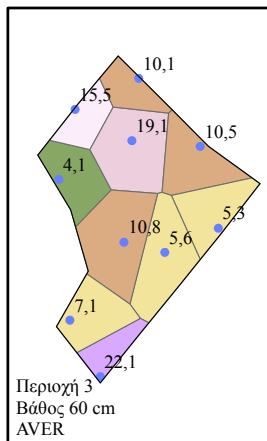
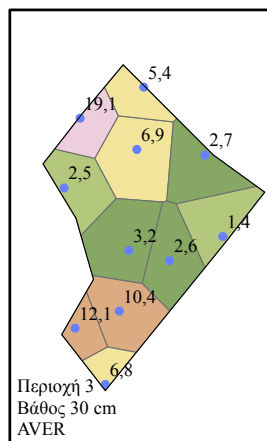
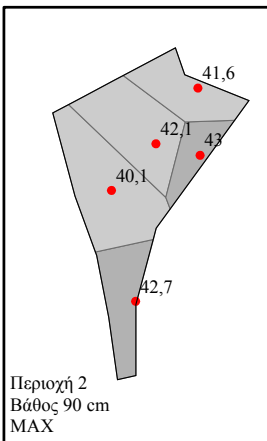
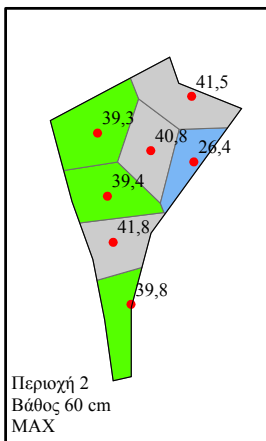
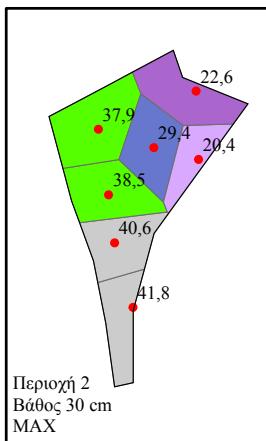
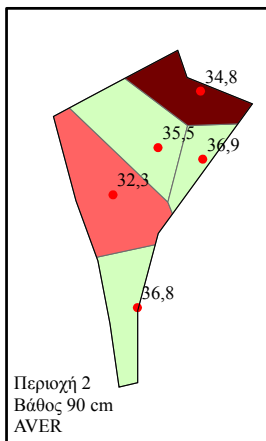
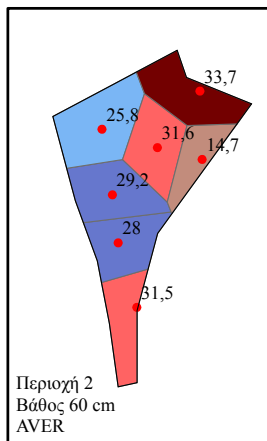
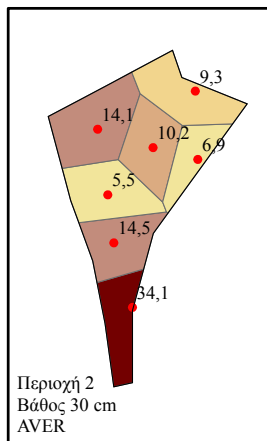
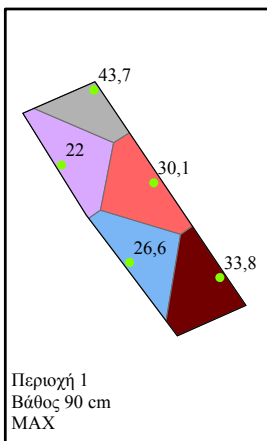
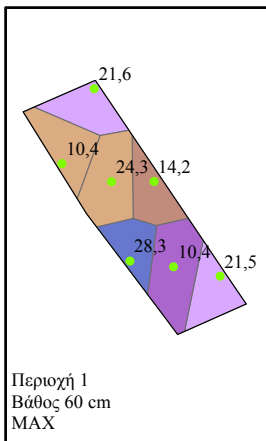
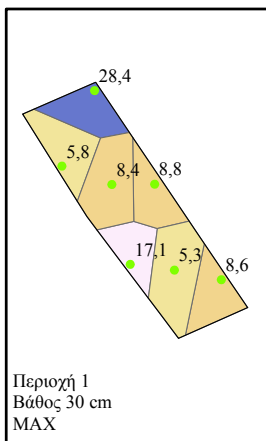
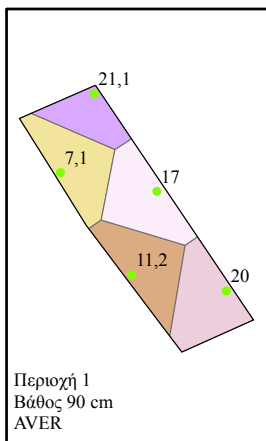
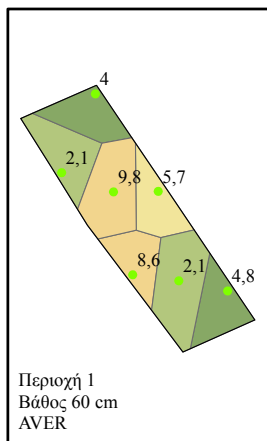
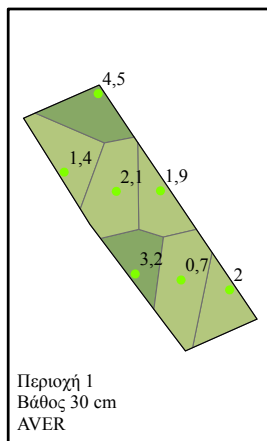
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.2.3 :
ΤΟ ΜΕΣΟ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΟ
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (%)
ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ
ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΚΑΙ Η
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΤΙΣ
ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ
ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 30,1
- 41,6 Σταθμοί Μετρήσεων - Τιμές
- 42,2



Μέτρα
0 5 10 20 30 40



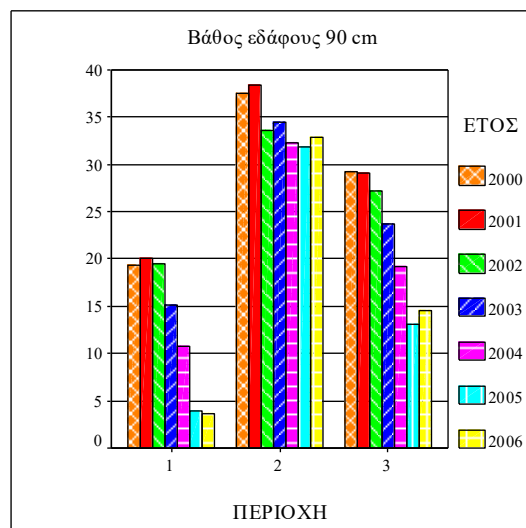
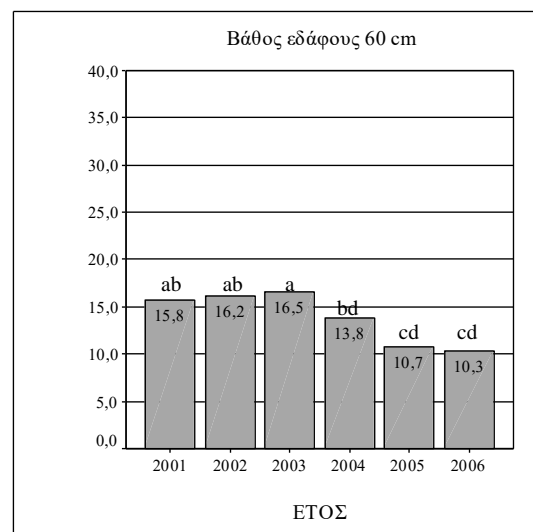
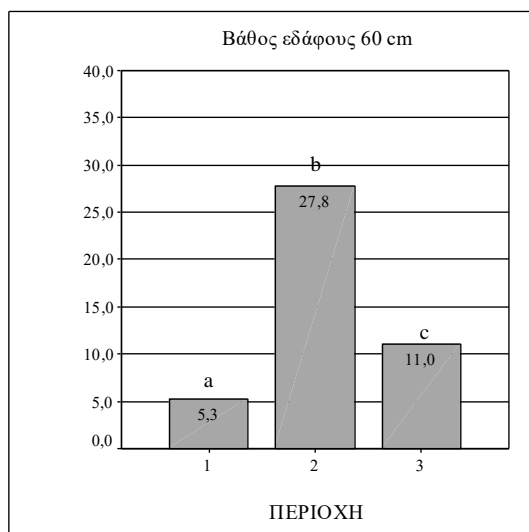
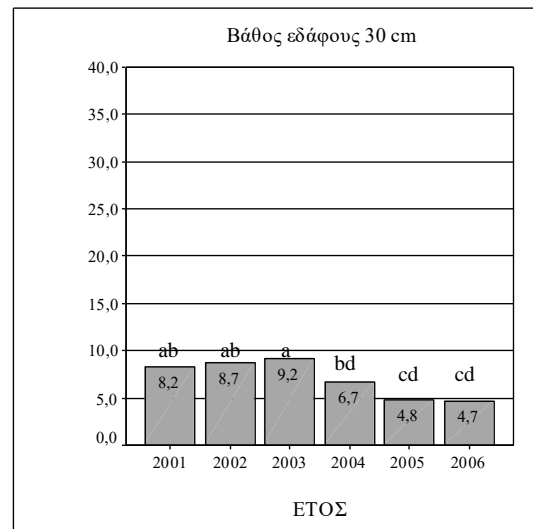
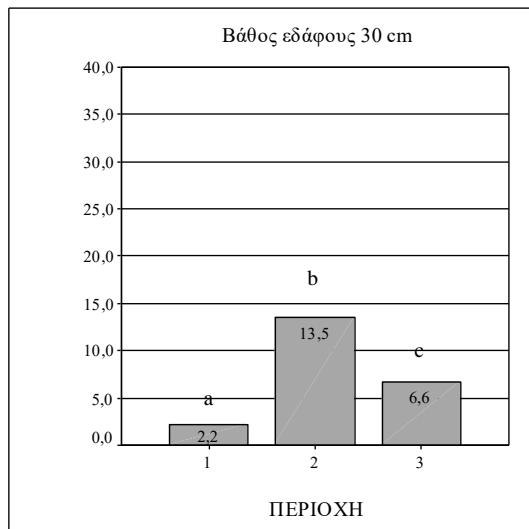
Πίνακας 5.2.3: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο διοξείδιο του άνθρακα του εδάφους ανά βάθος.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 30 cm					
Έτος	5142,131	5	1028,426	15,569	<0,001
Περιοχή	26686,721	2	13343,361	202,006	<0,001
Έτος * Περιοχή	1031,02	10	103,102	1,561	0,113
Error	99213,647	1502	66,054		
Total	132073,5	1519			
Βάθος εδάφους 60 cm					
Έτος	9216,718	5	1843,344	29,448	<0,001
Περιοχή	116468,146	2	58234,073	930,308	<0,001
Έτος * Περιοχή	994,651	10	99,465	1,589	0,104
Error	91328,358	1459	62,597		
Total	218007,9	1476			
Βάθος εδάφους 90 cm					
Έτος	31098,509	6	5183,085	57,564	<0,001
Περιοχή	78319,777	2	39159,888	434,917	<0,001
Έτος * Περιοχή	5067,989	12	422,332	4,690	<0,001
Error	133259,141	1480	90,04		
Total	247745,4	1500			

Στο βάθος 90 cm η «περιοχή» και το «έτος» επιδρούν στη μεταβλητή για τους λόγους που δίνονται στα βάθη 30 και 60 cm. Η αλληλεπίδραση εξηγείται από το γεγονός ότι δεν υπάρχει μόνο μία τάση στις τιμές (μείωση ή αύξηση) κατά τα έτη των μετρήσεων. Καθώς η γραμμική (γενική) τάση των τιμών δείχνει μείωση, στην Π1 παρατηρήθηκε μέση αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα κατά το έτος 2001, στην Π2 το 2001, το 2003 και το 2006, και στην Π3 κατά το έτος 2006.

Οι *Maurice et al* (1999), εγκαθιστώντας δασικά δέντρα σε ΧΔΑ που ποτίζονταν με τα στραγγίσματά του, εξέτασαν επιπλέον και την επίδραση στις εκπομπές των αερίων που παράγονται. Διαπίστωσαν ότι οι εκπομπές μεθανίου εξαρτώνται από την οξειδωτική ικανότητά του και ότι του διοξειδίου του άνθρακα ήταν μεγαλύτερες στις αρδευόμενες περιοχές (3,3-9,5% έναντι 3,4-7,1%). Η παραγωγή CO₂ οφείλεται στην αναπνοή των ριζών, την οξείδωση του CH₄ και την παραγόμενη ποσότητα από τα απόβλητα. Σε μελέτη δύο ΧΔΑ στο Χονγκ Κονγκ (*Chan et al*, 1997) μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ με μέσο όρο 11,3 και 3,8 (% v/v). Επίσης (*Chan et al*, 1998) σε έρευνα 13 κλειστών ΧΔΑ στο Χονγκ Κονγκ καταγράφηκε υψηλή συγκέντρωση 64%, ενώ στο βάθος 35-50 cm δεν ξεπέρασε το 10%. Στο ΧΔΑ της Τύνιδας στην Τυνησία (*Zairi et al*, 2004), σε θέσεις που είχαν εναποτεθεί τα νεότερα σε ηλικία απορρίμματα, καταγράφηκαν συγκεντρώσεις CO₂ στο τελικό εδαφικό κάλυμμα έως 35%.

Σε πανεθνική έρευνα των ΗΠΑ με περισσότερους από 60 ΧΔΑ, οι συγκεντρώσεις του CO₂ ήταν υψηλές ως 43 % του όγκου της ατμόσφαιρας του εδάφους στα 30 cm βάθους. Υψηλές συγκεντρώσεις του CO₂ (>15%) είχαν παρατηρηθεί σε εδάφη ΧΔΑ που δεν ήταν αναερόβια (*Arthur et al*, 1981).



Γραφήματα 5.2.3.1-5.2.3.5: Ραβδογράμματα του μέσου διοξειδίου του άνθρακα από τις μετρήσεις αέρα του εδάφους για κάθε περιοχή και έτος μελέτης ανά βάθος.

Τα βασικά συστατικά των αερίων σε φυσιολογικά εδάφη κατανέμονται ανόμοια μεταξύ των υγρών και των αέριων φάσεων του εδάφους. Το διοξείδιο του άνθρακα

δεν αλλάζει σημαντικά με την αλλαγή στην αναλογία των υγρών και αεριοδών φάσεων σε θερμοκρασίες στην περιοχή των 20° C, ενώ το οξυγόνο, το μεθάνιο και το άζωτο χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή διαλυτότητα στο νερό. Σε σύγκριση με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο αέρας του εδάφους περιέχει λιγότερο οξυγόνο (η συγκέντρωση του οποίου συνήθως μεταβάλλεται από 10-20%) και περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα (συνήθως από 0,1-5%). Η συγκέντρωση του αζώτου μεταβάλλεται ως αποτέλεσμα των αλλαγών στο άθροισμα του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, κάτω από ανοξικές συνθήκες μπορεί να πέσει στο 30-40%. Το άθροισμα του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα, κάτω από συνθήκες οξικού μεταβολισμού, δηλαδή όταν το πηλίκιο της αναπνοής είναι κοντά στο 1, είναι περίπου 20% ή λίγο λιγότερο εξαιτίας της διαλυτότητας του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό. Μπορεί να υπερβεί αυτή την τιμή κάτω από συνθήκες μερικής ανοξαιμίας (apoxia). Οι μέγιστες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα στα αέρια του εδάφους συμβαίνουν κατά τη διάρκεια περιόδων αυξημένης υγρασίας και θερμοκρασίας. Το διοξείδιο του άνθρακα στα αέρια του εδάφους επηρεάζεται από όλους αυτούς τους παράγοντες που επηρεάζουν το οξυγόνο, αλλά προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στα αέρια του εδάφους μειώνεται με μέτρα που επιτρέπουν καλύτερο αερισμό του εδάφους (Glinski *et al*, 1985).

5.2.4 Οξυγόνο

Στους σταθμούς μέτρησης οι τιμές της συγκέντρωσης (% v/v) του μέσου και ελάχιστου οξυγόνου, που μετρήθηκαν ανά περιοχή και βάθος, δίνονται στο χάρτη εκτίμησης 5.2.4. Με χωρική παρεμβολή (μέθοδος του κοντινότερου γείτονα με πολύγωνα Thiessen) για την εκτίμηση των τιμών της παραμέτρου σε όλη την έκτασή τους, οι Π1, Π2 και Π3 χωρίζονται σε υποπεριοχές που η κάθε μία έχει περίπου στο κέντρο της τον αντίστοιχο σταθμό μέτρησης (επιρροής). Οι υποπεριοχές ορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε όλα τα σημεία της κάθε μιας να είναι πιο κοντά στο σταθμό επιρροής της απ' ό,τι σε άλλους σταθμούς. Οι εκτιμηθείσες τιμές (τιμή σε κάθε σημείο των υποπεριοχών είναι η τιμή που έχει ο σταθμός επιρροής τους) δίνονται με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης στον ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές του οξυγόνου για τις Π1, Π2 και Π3 στο βάθος εδάφους 30 cm για όλα τα έτη κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 3,9 έως 20,7 %, από 0 έως 20,6 % και από 0 έως 20,6 %. Υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Στο βάθος 60 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 0 έως 20,7 %, από 0 έως 20,1 % και από 0 έως 20,6 %. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Στο βάθος 90 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 0 % έως 20,6 %, από 0 έως 16,6 % και από 0 έως 20,6 %. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Από τις μετρήσεις και το μέσο όρο του οξυγόνου ανά έτος, οι τιμές στα τρία βάθη για κάθε περιοχή παρουσιάζουν αυξομειώσεις, με τη γραμμική τάση να δείχνει αύξηση (πίνακες 3 παραρτήματος I και 5.2.4, γραφήματα 5.2.1.5-5.2.1.13 και 5.2.4.1-5.2.4.4). Από τις μετρήσεις στο τελικό εδαφικό κάλυμμα, οι τιμές του οξυγόνου χαρακτηρίζονται χαμηλές ως και ανοξικές συνθήκες, εκτός από την Π1 στο βάθος 30 cm που πλησιάζουν τις φυσιολογικές. Στη βιβλιογραφία από τις

καταγραφές σε ΧΔΑ αναφέρεται τυπική τιμή 0,16 % με μέγιστη 20,9 % (v/v) (Dobson & Moffat, 1993). Οι αναερόβιες συνθήκες στο πορώδες του εδάφους δημιουργούνται από την υψηλή συγκέντρωση του βιοαερίου, με το μεθάνιο κυρίως να εκτοπίζει και να υποκαθιστά το οξυγόνο.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «οξυγόνο», α) για το βάθος εδάφους 30 cm υπάρχει σημαντική επίδραση και των δύο παραγόντων «έτος» και «περιοχή» και β) στα βάθη 60 και 90 cm υπάρχει επίδραση όλων, δηλαδή το οξυγόνο διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών, των ετών μελέτης, και η επίδραση του έτους στο οξυγόνο δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (πίνακας 5.2.4). Από τον πίνακα 5.2.4 παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» και στα τρία βάθη συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «οξυγόνου».

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης των τιμών του οξυγόνου για το βάθος 30 cm προέκυψε σημαντική επίδραση του «έτους» και της «περιοχής» χωρίς να υφίσταται αλληλεπίδραση, με τη βοήθεια των ελέγχων πολλαπλών συγκρίσεων, test του Tukey, για τους παράγοντες «έτος» και «περιοχή», προσδιορίστηκε με βάση τις μέσες τιμές του οξυγόνου ποια έτη και περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.2.4.1-5.2.4.2).

Πίνακας 5.2.4: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο οξυγόνο του εδάφους ανά βάθος.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 30 cm					
Έτος	4183,658	5	836,732	30,961	<0,001
Περιοχή	11486,263	2	5743,131	212,506	<0,001
Έτος * Περιοχή	416,758	10	41,676	1,542	0,119
Error	40592,581	1502	27,026		
Total	56679,26	1519			
Βάθος εδάφους 60 cm					
Έτος	5107,135	5	1021,427	36,180	<0,001
Περιοχή	36796,241	2	18398,12	651,683	<0,001
Έτος * Περιοχή	1087,092	10	108,709	3,851	<0,001
Error	41190,071	1459	28,232		
Total	84180,54	1476			
Βάθος εδάφους 90 cm					
Έτος	8128,061	6	1354,677	52,856	<0,001
Περιοχή	11477,666	2	5738,833	223,916	<0,001
Έτος * Περιοχή	3866,917	12	322,243	12,573	<0,001
Error	37931,504	1480	25,629		
Total	61404,15	1500			

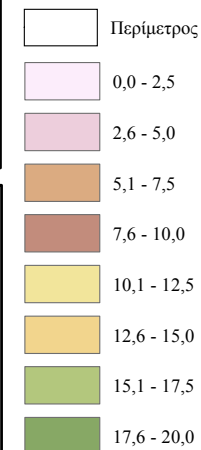


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

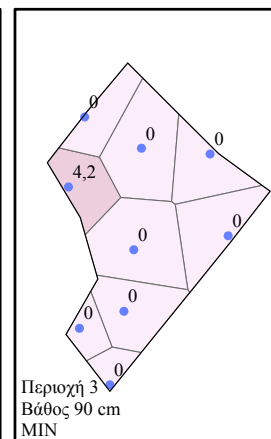
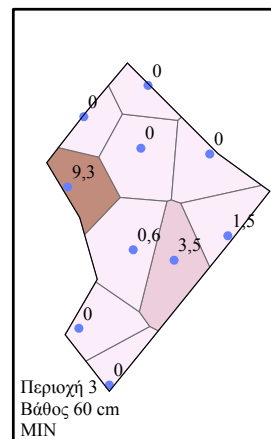
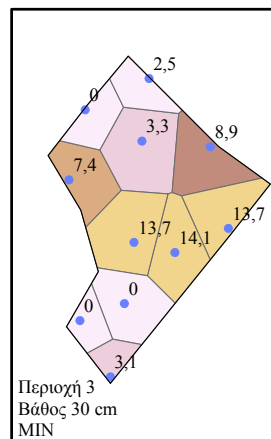
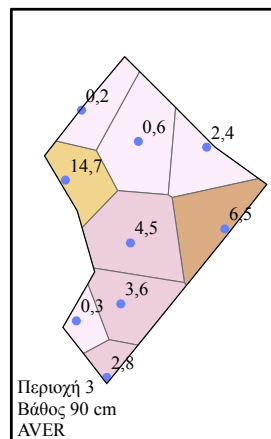
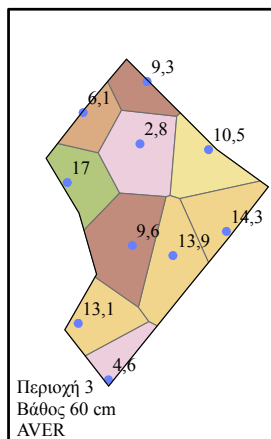
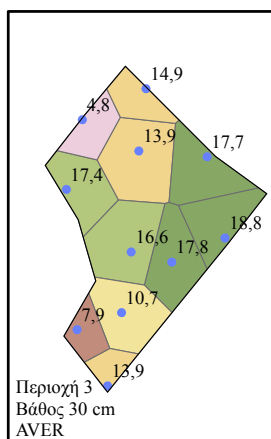
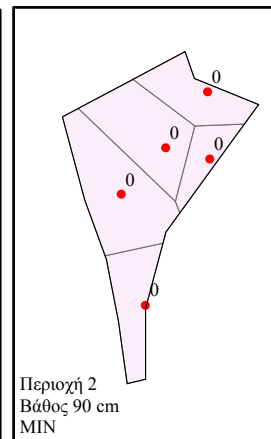
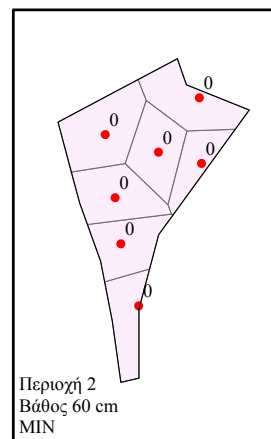
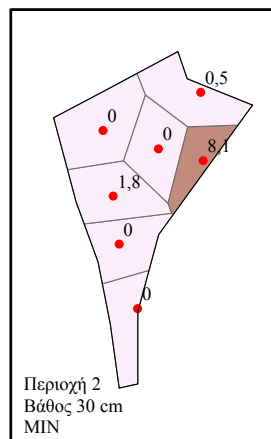
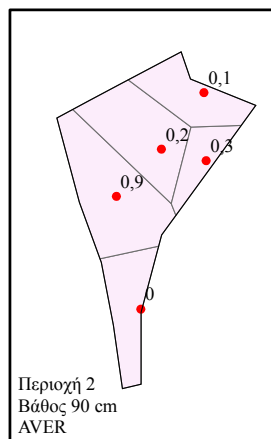
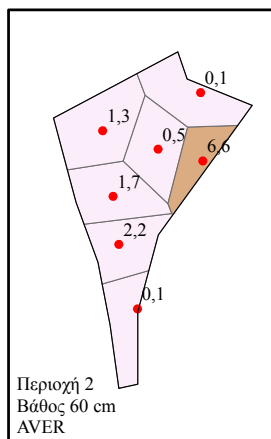
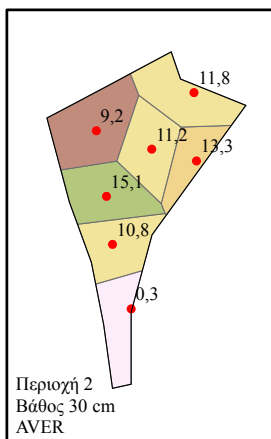
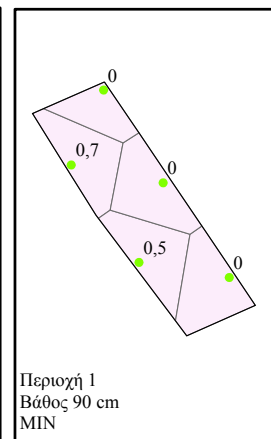
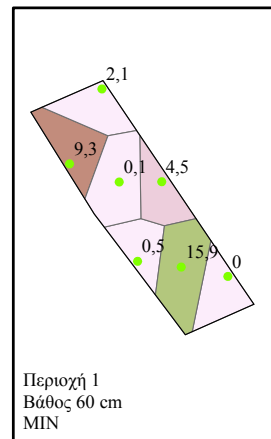
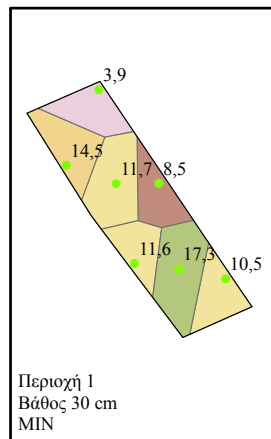
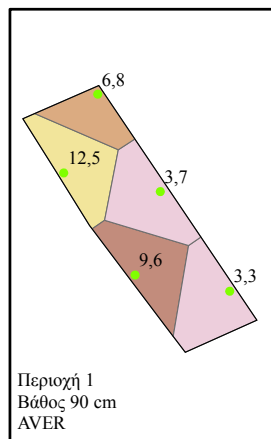
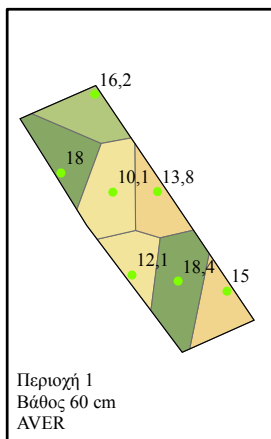
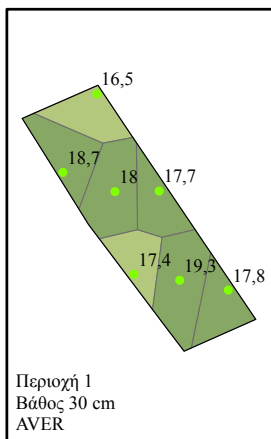
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.2.4 :
ΤΟ ΜΕΣΟ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΟ
ΟΞΥΓΟΝΟ (%) ΑΝΑ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ
ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΚΑΙ Η
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΤΙΣ
ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ
ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΟΥ

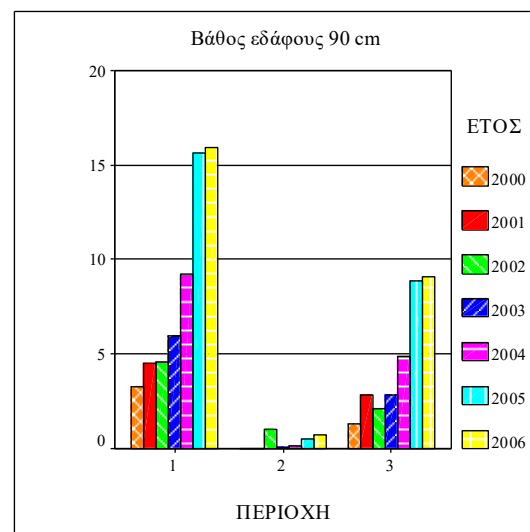
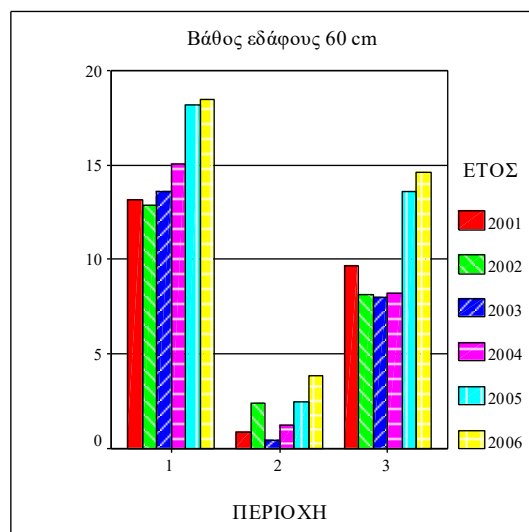
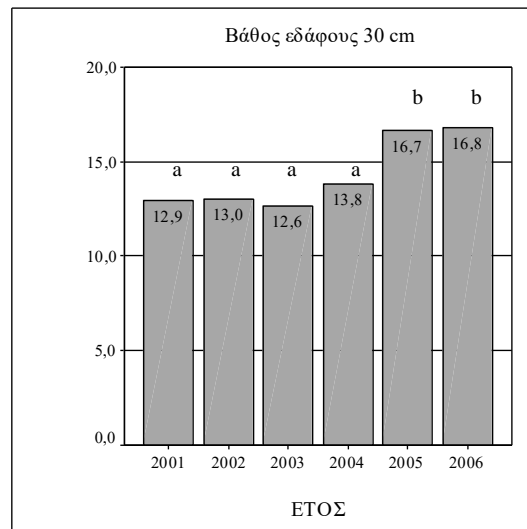
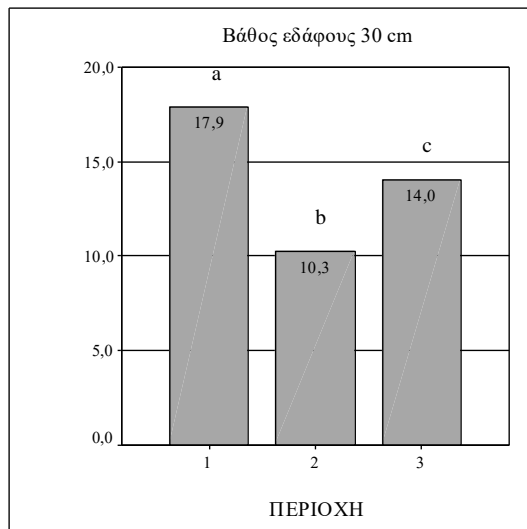
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 0,7
- 0 Σταθμοί Μετρήσεων - Τιμές
- 4,2



Μέτρα
0 5 10 20 30 40





Γραφήματα 5.2.4.1-5.2.4.4: Ραβδογράμματα του μέσου οξυγόνου από τις μετρήσεις αέρα του εδάφους για κάθε περιοχή και έτος μελέτης ανά βάθος.

Από τους πίνακες και τα γραφήματα, η «περιοχή» επιδρά στη μεταβλητή στο βάθος 30 cm, καθώς όλες οι περιοχές διαφέρουν μεταξύ τους με μεγαλύτερη τιμή του οξυγόνου στην Π1. Αυτό οφείλεται στην επιλογή των περιοχών με βάση την ηλικία των απορριμμάτων, με την Π1 να καταγράφει τη μικρότερη παραγωγή βιοαερίου λόγω της μεγάλης ηλικίας των υποκείμενων απορριμμάτων και του μικρού όγκου τους (πίνακας 4.1 και γράφημα 5.2.4.1). Στο οξυγόνο συμβαίνει το αντίθετο απ' ό,τι στο μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα, όπου αντικαθιστά το βιοαέριο σε μικρή παραγωγή των υποκείμενων απορριμμάτων. Το «έτος» για το ίδιο βάθος επιδρά στη μεταβλητή από τις αυξήσεις των τιμών που συμβαίνουν και στις τρεις περιοχές κατά τα έτη 2005-2006. Αιτιολογία θεωρείται η παραγωγή βιοαερίου, όπου η κάθε περιοχή σύμφωνα με το χρόνο έχει αποδώσει και βρίσκεται σε φάση μείωσης με συνέπεια την αύξηση του οξυγόνου (γραφήματα 5.2.1.2-5.2.1.4).

Στα βάθη 60 και 90 cm η «περιοχή» και το «έτος» επιδρούν στη μεταβλητή για τους λόγους που δίνονται στο βάθος 30 cm. Η αλληλεπίδραση εξηγείται από το γεγονός ότι δεν υπάρχει μόνο μία τάση στις τιμές (μείωση ή αύξηση) κατά τα έτη των μετρήσεων. Καθώς η γραμμική (γενική) τάση των τιμών δείχνει αύξηση, στην Π2

παρατηρήθηκε μέση μείωση του οξυγόνου κατά τα έτη 2003-2004 και στην Π3 κατά το έτος 2002.

Ο πολύ σημαντικός ρόλος που έχει το οξυγόνο σε έργα αποκατάστασης, ανάπλασης και εγκατάστασης βλάστησης στο τελικό κάλυμμα ενός ΧΔΑ αναφέρεται από όσους διερεύνησαν το θέμα και δόθηκαν στο υποκεφάλαιο για το μεθάνιο με τη μελέτη για το βιοαέριο. Στον πίνακα 5.2.2.2 δίνονται μετρήσεις οξυγόνου στις οποίες το εύρος τιμών είναι μεγάλο και εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις του CH₄ και CO₂. Σε συγκέντρωση οξυγόνου μικρότερη από 11% οι ρίζες των φυτών νεκρώνονται (Bernatzky, 1978), κάτω του 15% θεωρείται ανεπαρκής για τη φυσιολογική τους ανάπτυξη (Τσαπικούνης, 1995), έδαφος με λιγότερο από 12% είναι πιθανό να είναι βλαβερό για τη λειτουργία των ριζών των δέντρων και έδαφος <6% σίγουρα είναι (Moffat & Houston, 1991).

Τα προβλήματα που προκαλούνται στα φυτά ενός ΧΔΑ οφείλονται κατά κύριο λόγο στην έλλειψη οξυγόνου στη ριζόσφαιρα που με τη σειρά του οφείλεται στην αντικατάστασή του από το βιοαέριο. Η μείωση στη συγκέντρωση μπορεί να προέλθει και από την οξείδωση του CH₄ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους από τα μεθανοτροφικά βακτήρια. Επίσης, προς την ίδια κατεύθυνση επενεργεί και η έκλυση θερμότητας που προκαλείται από την εξίσωση: CH₄ + O₂ → CO₂ + 2 H₂O + T⁰ (Fadel et all, 1997).

Η συγκέντρωση του οξυγόνου σε καλά αεριζόμενα καλλιεργημένα εδάφη συνήθως δεν πέφτει κάτω από 15% και μειώνεται με το βάθος στην κατατομή του εδάφους. Αλλάζει την εποχή της βλάστησης, με μια τάση η ελάχιστη τιμή να σημειώνεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, συσχετισμένη με την ύπαρξη υψηλών θερμοκρασιών. Στα ανεπαρκώς στραγγισμένα εδάφη, η συγκέντρωσή του μειώνεται αξιοσημείωτα, όπου μπορεί και να μηδενιστεί. Η βασική φυσική παράμετρος στα εδάφη που προσδιορίζει τη συγκέντρωση του οξυγόνου είναι οι γεμάτοι αέρα πόροι του, με την αναλογία στην ανταλλαγή αερίων. Με μια μείωση σε αυτούς τους πόρους, η συγκέντρωση οξυγόνου στο έδαφος μειώνεται επίσης. Η συγκέντρωση του οξυγόνου στο έδαφος επηρεάζεται από τους παράγοντες και τις μετρήσεις που επηρεάζουν το συντελεστή διάχυσής του και την αναπνευστική δραστηριότητα του εδάφους. Οι πρώτοι περιλαμβάνουν κυρίως την υγρασία και τη δομή του εδάφους. Μια σημαντική επίδραση είναι της πλημμύρας στην επιφάνειας του εδάφους με αποτέλεσμα την ολική εξάντληση των αποθεμάτων του οξυγόνου του εδάφους μέσα σε μόλις 24 ώρες, ιδιαίτερα το καλοκαίρι. Ο άλλος κύριος παράγοντας που παρεμποδίζει την ανταλλαγή αερίων στο έδαφος είναι η συμπίεσή του. Παράγοντες που αυξάνουν το οξυγόνο στα αέρια του εδάφους περιλαμβάνουν μέτρα που «χαλαρώνουν» το έδαφος (Glinski et all 1985).

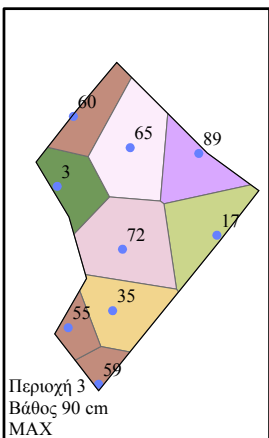
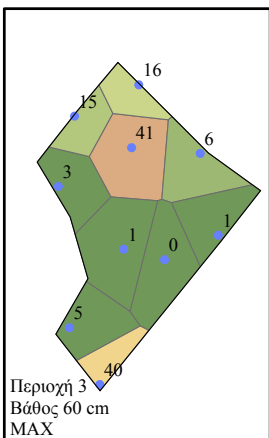
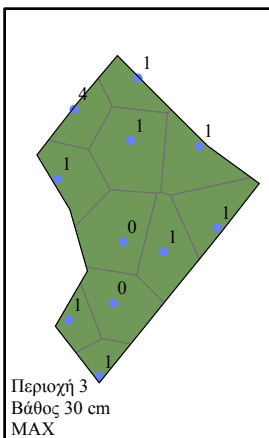
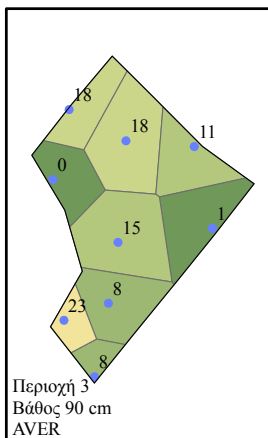
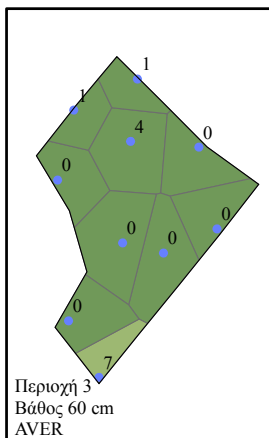
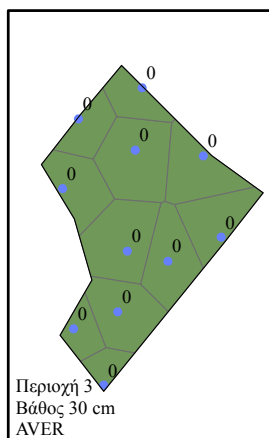
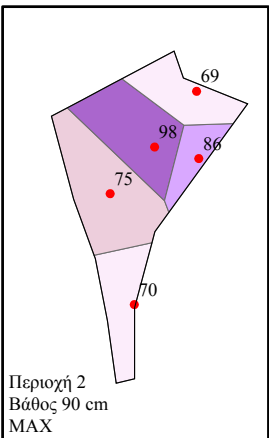
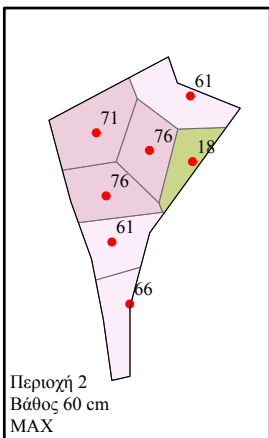
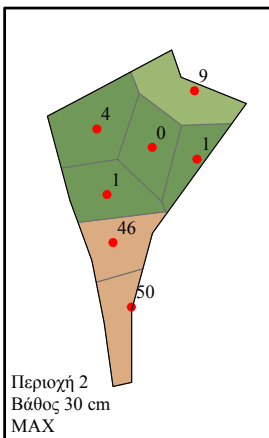
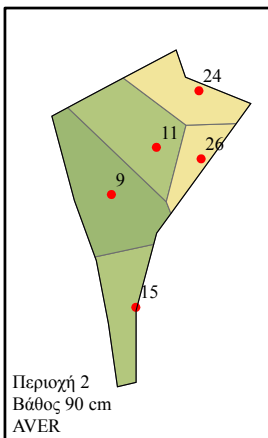
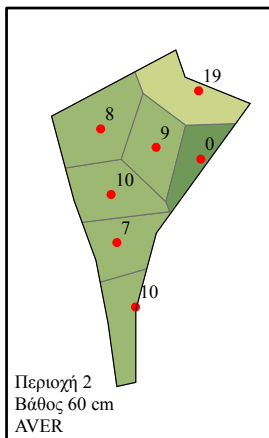
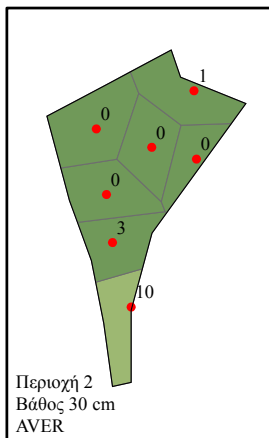
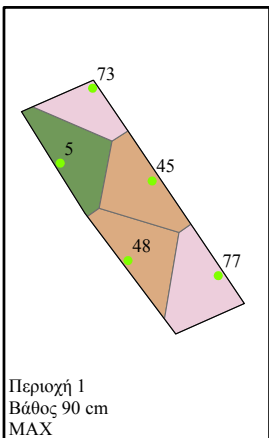
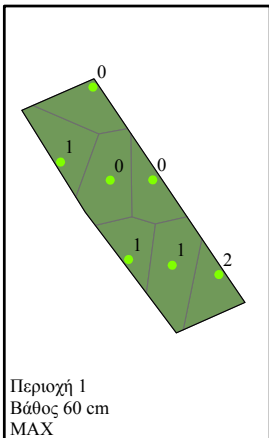
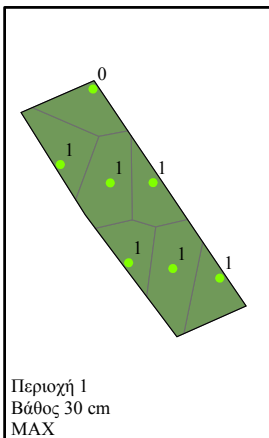
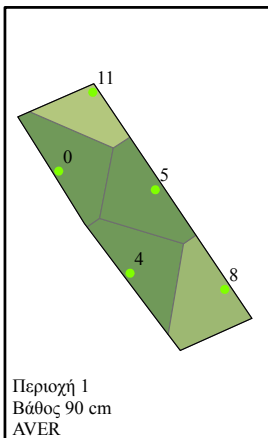
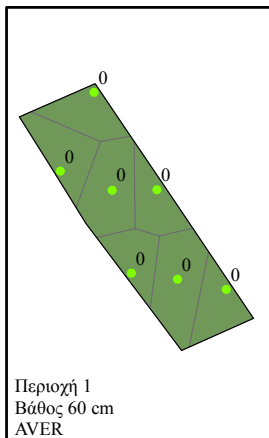
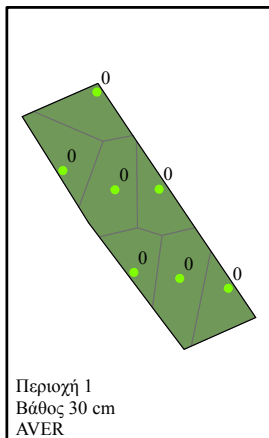
5.2.5 Υδρόθειο

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, οι τιμές της συγκέντρωσης (ppm) του μέσου και μέγιστου υδρόθειου δίνονται στους σταθμούς ανά πειραματική περιοχή και βάθος, στο χάρτη εκτίμησης 5.2.5. Με χωρική παρεμβολή (μέθοδος του κοντινότερου γείτονα με πολύγωνα Thiessen), εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των περιοχών χωρίζοντας αυτές σε υποπεριοχές (πολύγωνα) επιρροής του κάθε σταθμού μέτρησης. Οι εκτιμηθείσες τιμές (τιμή σε κάθε σημείο του πολυγώνου είναι η τιμή που έχει ο κοντινότερος σταθμός μέτρησης) δίνονται με διαφορετικούς

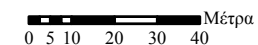
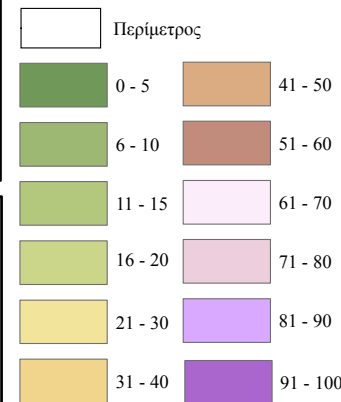


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.2.5 :
ΤΟ ΜΕΣΟ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΟ
ΥΔΡΟΘΕΙΟ (ppm) ΑΝΑ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ
ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΚΑΙ ΟΙ
ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ
ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΟΥ**



- ΥΠΟΜΝΗΜΑ
- 77
 - 69 Σταθμοί Μετρήσεων - Τιμές
 - 89



χρωματισμούς ανά επίπεδο συγκέντρωσης στον ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές του υδρόθειου, για τις Π1, Π2 και Π3 στο βάθος εδάφους 30 cm για όλα τα έτη, κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 0 έως 1 ppm, από 0 έως 50 ppm και από 0 έως 4 ppm. Υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Στο βάθος 60 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 0 έως 2 ppm, από 0 έως 76 ppm και από 0 έως 41 ppm. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Στο βάθος 90 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 0 έως 77 ppm, από 0 έως 98 ppm και από 0 έως 89 ppm. Υπήρχε και σε αυτό το βάθος σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών και των περιοχών. Από τις μετρήσεις και το μέσο όρο του υδρόθειου ανά έτος, οι τιμές στα τρία βάθη για κάθε περιοχή παρουσιάζουν αυξομειώσεις, με τη γραμμική τάση να δείχνει μείωση (πίνακες 4 παραρτήματος I και 5.2.5, γραφήματα 5.2.1.14-5.2.1.16 και 5.2.5.1-5.2.5.4). Από τις μετρήσεις στο τελικό εδαφικό κάλυμμα, οι τιμές του υδρόθειου χαρακτηρίζονται χαμηλές, με τις καταγραφές σε ΧΔΑ να αναφέρουν τυπική τιμή 0,2 ppm και μέγιστη 35 % (v/v) (Dobson & Moffat, 1993).

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «υδρόθειο», α) για τα βάθη εδάφους 30 και 60 cm υπάρχει επίδραση όλων, δηλαδή το υδρόθειο διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών, των ετών μελέτης, και η επίδραση του έτους στο υδρόθειο δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα και β) στο βάθος 90 cm υπάρχει σημαντική επίδραση του «έτους» και της «περιοχής» (πίνακας 5.2.5). Από τον πίνακα 5.2.5 παρατηρείται ακόμη ότι α) στο βάθος 30 cm η αλληλεπίδραση των παραγόντων συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «υδρόθειου», β) στο βάθος 60 cm ο παράγοντας «περιοχή» συμβάλλει περισσότερο και γ) στο βάθος 90 cm ο παράγοντας «έτος» συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «υδρόθειου».

Στα βάθη 30 και 60 cm η «περιοχή» και το «έτος» επιδρούν στη μεταβλητή, όπως στο μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα, επηρεαζόμενα από την παραγωγή του βιοαερίου, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των υποκείμενων απορριμμάτων της κάθε περιοχής. Η αλληλεπίδραση εξηγείται από το γεγονός ότι δεν υπάρχει μόνο μία τάση στις τιμές (μείωση ή αύξηση) κατά τα έτη των μετρήσεων. Καθώς η γραμμική (γενική) τάση των τιμών δείχνει μείωση, το έτος 2002 παρατηρήθηκε μέση αύξηση του υδρόθειου στην Π2 και στο βάθος 60 cm στην Π3.

Επειδή από την ανάλυση διακύμανσης των τιμών του υδρόθειου για το βάθος 90 cm προέκυψε σημαντική επίδραση του «έτους» και της «περιοχής» χωρίς να υφίσταται αλληλεπίδραση, με το test του Tukey για τους παράγοντες «έτος» και «περιοχή», προσδιορίστηκε με βάση το μέσο υδρόθειο ποια έτη και περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.2.5.3-5.2.5.4).

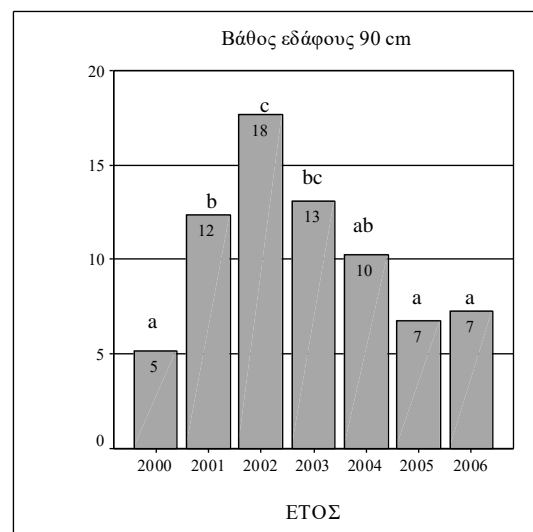
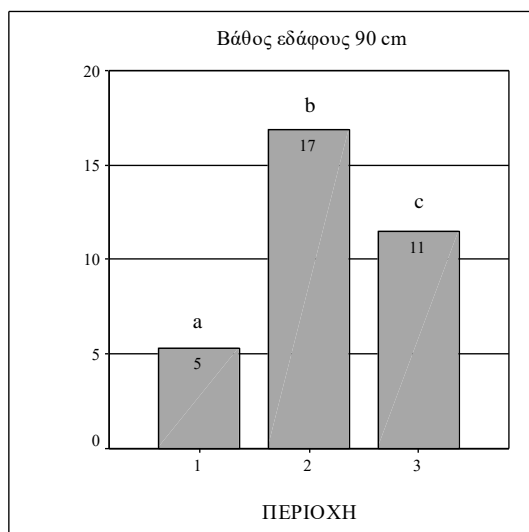
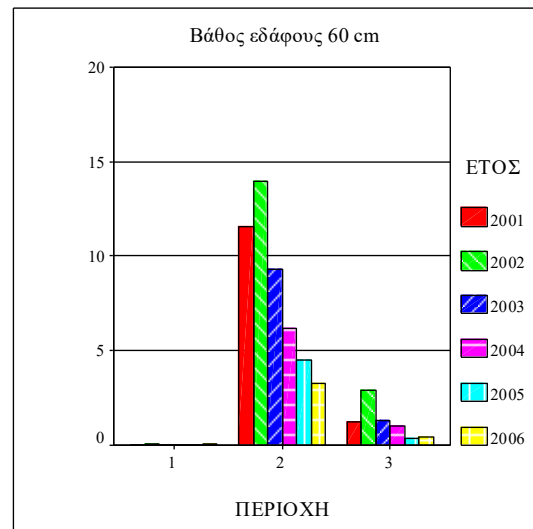
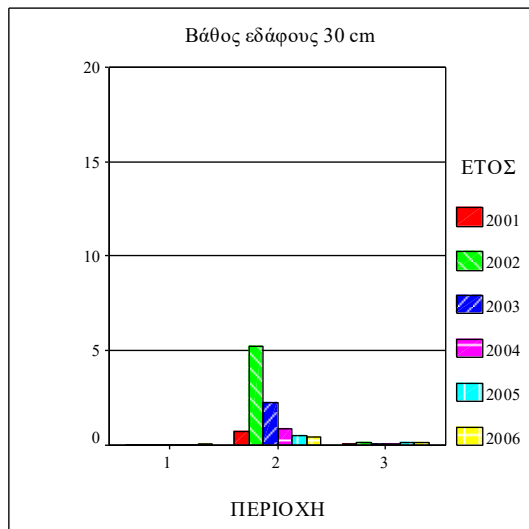
Πίνακας 5.2.5: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στο υδρόθειο του εδάφους ανά βάθος.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 30 cm					
Έτος	473,563	5	94,713	7,094	<0,001
Περιοχή	714,782	2	357,391	26,77	<0,001
Έτος * Περιοχή	921,585	10	92,159	6,903	<0,001
Error	20052,409	1502	13,35		
Total	22162,34	1519			
Βάθος εδάφους 60 cm					
Έτος	3521,475	5	704,295	9,743	<0,001
Περιοχή	15412,27	2	7706,135	106,603	<0,001
Έτος * Περιοχή	3736,226	10	373,623	5,169	<0,001
Error	105468,206	1459	72,288		
Total	128138,2	1476			
Βάθος εδάφους 90 cm					
Έτος	23253,392	6	3875,565	16,998	<0,001
Περιοχή	21784,106	2	10892,053	47,771	<0,001
Έτος * Περιοχή	1577,822	12	131,485	0,577	0,862
Error	337449,224	1480	228,006		
Total	384064,5	1500			

Από τους πίνακες και τα γραφήματα, η «περιοχή» επιδρά στη μεταβλητή στο βάθος 90 cm, καθώς όλες οι περιοχές διαφέρουν μεταξύ τους με μεγαλύτερη τιμή του υδρόθειου στην Π2. Το «έτος» για το ίδιο βάθος επιδρά στη μεταβλητή από την αύξηση τιμών που συμβαίνει μέχρι το 2002 και στη συνέχεια μείωση μέχρι το 2006 και στις τρεις περιοχές. Αιτιολογία θεωρείται, όπως και ανωτέρω, η παραγωγή βιοαερίου που αποδίδει κάθε περιοχή σύμφωνα με το χρόνο.

Οι *Dobson & Moffat* (1993) μετά από βιβλιογραφική αναζήτηση αναφέρουν ότι το υδρόθειο, παρότι συμμετέχει στο βιοαέριο με πολύ χαμηλά ποσοστά, μπορεί να γίνει τοξικό για τα φυτά σε μικρές συγκεντρώσεις (*Scott-Russel, 1977*). Σε πειράματα σπάνια έχουν βρεθεί αποτελέσματα τοξικής επίδρασης στα φυτά σε συγκέντρωση κάτω των 400 ppm (*Jacobsen & Glyde-Hill, 1970*).

Για ανάπλαση μελετήθηκε ο ΧΔΑ της πόλης της Τύνιδα στην Τυνησία και προτάθηκε ο διαχωρισμός του σε 4 ζώνες, σύμφωνα με τη συγκέντρωση του βιοαερίου, το βάθος και την ηλικία των υποκείμενων απορριμμάτων (*Zairi at all. 2004*). Το περιεχόμενο σε οργανικό κλάσμα ήταν 70% και ένα αργιλώδες στρώμα πάχους 40 cm καλύπτει τα απορρίμματα. Κατόπιν των μετρήσεων στις ζώνες με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση βιοαερίου (μεθάνιο 70-75%, διοξείδιο του άνθρακα έως 35% και υδρόθειο 10-45 ppm) συνέστησαν, αν προχωρήσουν τα έργα ανάπλασης, να δοθεί μεγάλη προσοχή, ενώ στη ζώνη με τη μικρότερη συγκέντρωση βιοαερίου (υδρόθειο 5 ppm) θα μπορούσαν αμέσως να ξεκινήσουν τα έργα.



Γραφήματα 5.2.5.1-5.2.5.4: Ραβδογράμματα του μέσου υδρόθειου από τις μετρήσεις αέρα του εδάφους για κάθε περιοχή και έτος μελέτης ανά βάθος.

5.2.6 Θερμοκρασία Εδάφους

Οι μετρήσεις της ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας (°C) εδάφους, που πραγματοποιήθηκαν κατά το διάστημα 2000-2006, δίνονται στο χάρτη εκτίμησης 5.2.6 ανά περιοχή και βάθος στους σταθμούς μέτρησης. Με χωρική παρεμβολή (μέθοδος του κοντινότερου γείτονα με πολύγωνα Thiessen), εκτιμήθηκαν οι τιμές της παραμέτρου σε όλη την έκταση των πειραματικών περιοχών στις επιφάνειες που ορίζονται από τα πολύγωνα με βάση τον κοντινότερο σταθμό μέτρησης, όπου και πήραν την τιμή του. Οι εκτιμηθείσες τιμές δίνονται με διαφορετικούς χρωματισμούς ανά εύρος στον ανωτέρω χάρτη. Από τις εκτιμηθείσες τιμές που προσδιορίστηκαν σε κάθε σημείο των τριών περιοχών μελέτης, δόθηκαν τιμές της παραμέτρου για όλα τα φυτά στις θέσεις που φυτεύτηκαν και στο πλαίσιο δειγματοληψίας στα σημεία που μετρήθηκαν μεταβλητές των ποωδών φυτών.

Οι τιμές της θερμοκρασίας, για τις Π1, Π2 και Π3 στο βάθος εδάφους 30 cm για όλα τα έτη, κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 7,1 έως 35,7°C, από 6,6 έως 39,5°C και από 7 έως 39,6°C. Στο βάθος 60 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 8,7 έως 35,3°C, από 8,3

έως 37,1°C και από 8,2 έως 37,5°C. Στο βάθος 90 cm αντίστοιχα οι τιμές ήταν από 9,5 έως 34,9°C, από 9,4 έως 35°C και από 9,4 έως 37,3°C. Υπήρχε και στα τρία βάθη σημαντική διαφορά μόνο μεταξύ των ετών. Όμως θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι η διαφορά οφείλεται στο ότι κατά τα έτη 2001 και 2006 δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε όλους τους μήνες (2001:Ιανουάριος-Ιούνιος, 2006:Μάιος-Δεκέμβριος). Επομένως η σημαντική διαφορά δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη. Από τις μετρήσεις η θερμοκρασία παρουσιάζει αυξομειώσεις σύμφωνα με τις εποχές, αύξηση το καλοκαίρι και μείωση το χειμώνα. Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας ανά έτος παρουσιάζει μείωση στα τρία βάθη για όλες τις περιοχές (πίνακες 5 παραρτήματος Ι και 5.2.6, γραφήματα 5.2.1.17-5.2.1.19 και 5.2.6.1-5.2.6.6). Από τις μετρήσεις στο τελικό εδαφικό κάλυμμα, οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας ήταν αυξημένες. Οι υψηλές θερμοκρασίες είναι συνήθως χαρακτηριστικό των ΧΔΑ. Θερμοκρασίες ως 60°C έχουν καταγραφεί μέσα στα απορρίμματα, αν και 30-40°C είναι οι πιο συνηθέστερες. Θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 40°C έχουν καταγραφεί σε ΧΔΑ όπου το τελικό κάλυμμα είναι μικρού βάθους. Ωστόσο, η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους εξαρτάται πάρα πολύ από το βάθος του καλύμματος (*Dobson & Moffat, 1993*).

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «θερμοκρασία», α) για τα βάθη εδάφους 30 και 90 cm υπάρχει επίδραση μόνο του «έτους» και β) στο βάθος 60 cm υπάρχει σημαντική επίδραση του «έτους» και της «περιοχής» (πίνακας 5.2.6).

Πίνακας 5.2.6: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στην θερμοκρασία εδάφους ανά βάθος.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Βάθος εδάφους 30 cm					
Έτος	13260,927	5	2652,185	42,738	<0,001
Περιοχή	298,344	2	149,172	2,404	0,091
Έτος * Περιοχή	44,165	10	4,416	0,071	1,000
Error	93208,347	1502	62,056		
Total	106811,8	1519			
Βάθος εδάφους 60 cm					
Έτος	14257,809	5	2851,562	51,967	<0,001
Περιοχή	388,252	2	194,126	3,538	0,029
Έτος * Περιοχή	25,104	10	2,51	0,046	1,000
Error	80059,259	1459	54,873		
Total	94730,42	1476			
Βάθος εδάφους 90 cm					
Έτος	11158,547	5	2231,709	43,727	<0,001
Περιοχή	227,452	2	113,726	2,228	0,108
Έτος * Περιοχή	24,64	10	2,464	0,048	1,000
Error	56294,125	1103	51,037		
Total	67704,76	1120			



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ 5.2.6 :
**Η ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΗ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (°C)
ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ
ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΚΑΙ ΟΙ
ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ
ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ**

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 34
- 33,4 Σταθμοί Μετρήσεων - Τιμές
- 33

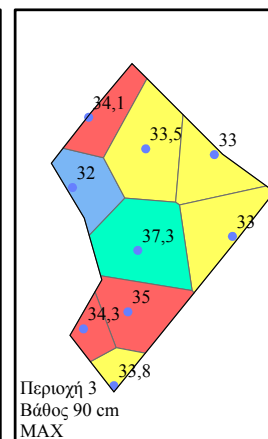
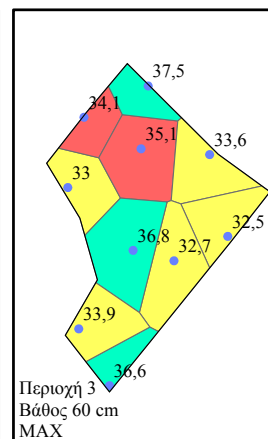
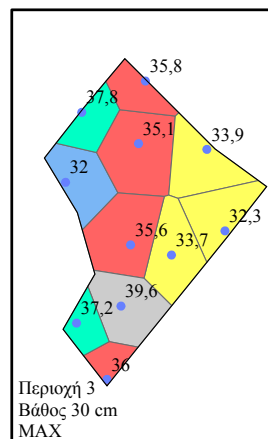
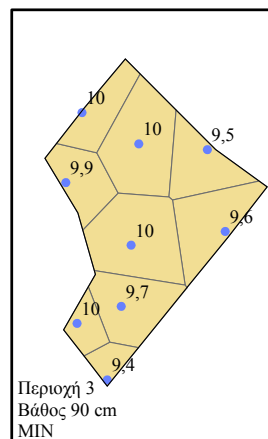
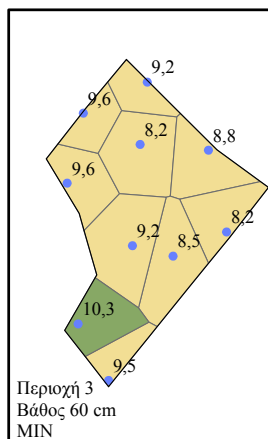
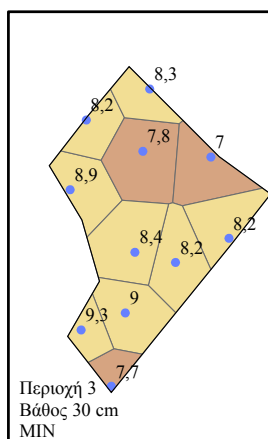
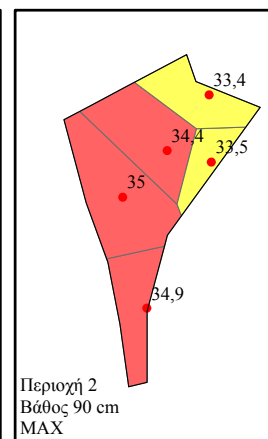
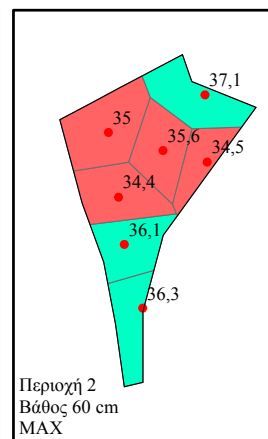
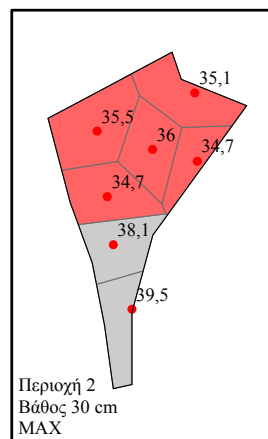
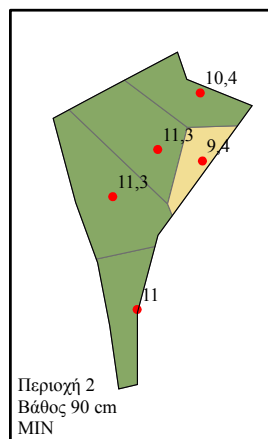
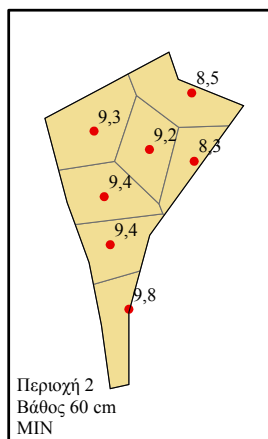
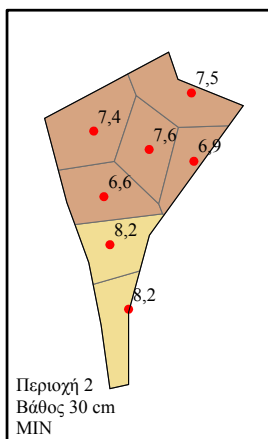
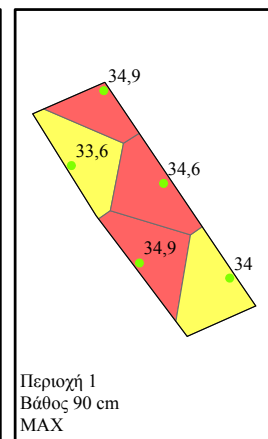
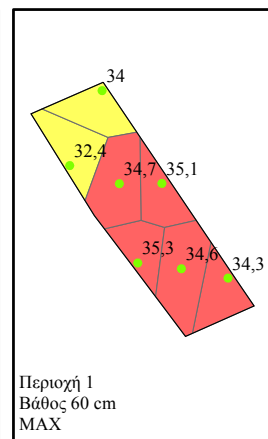
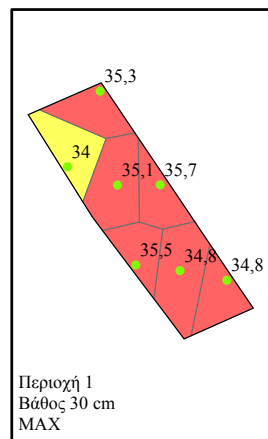
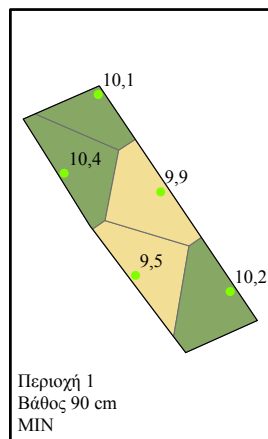
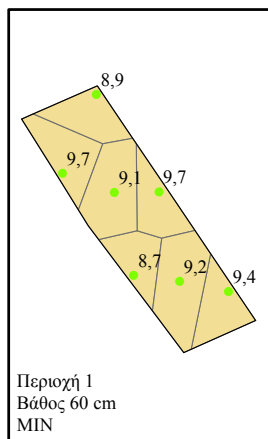
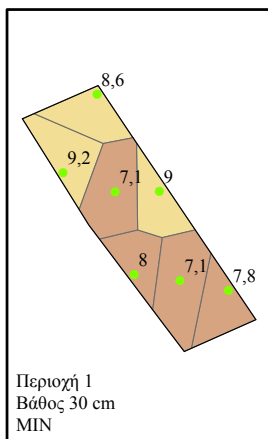
□ Περίμετρος

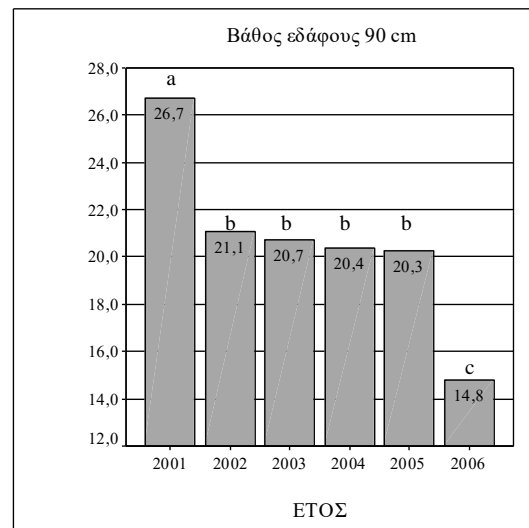
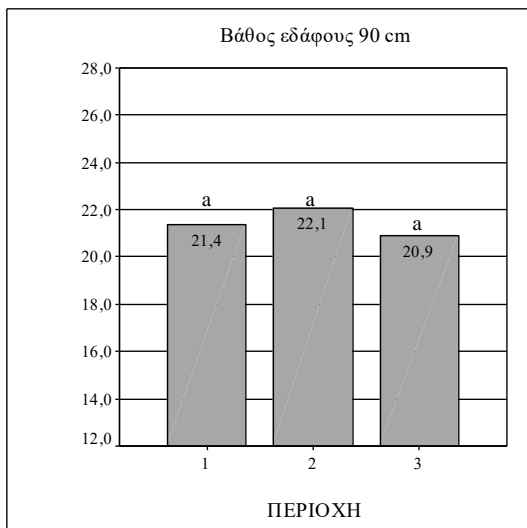
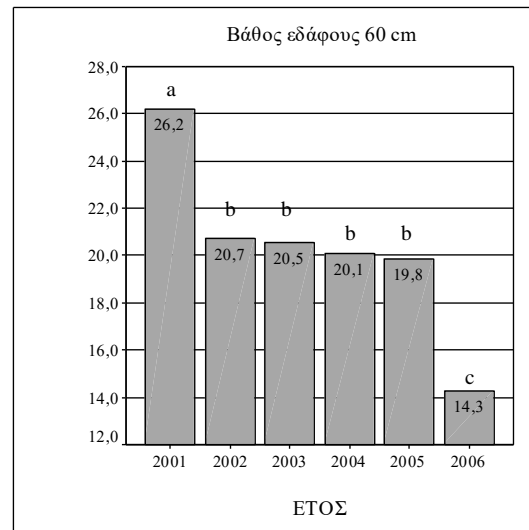
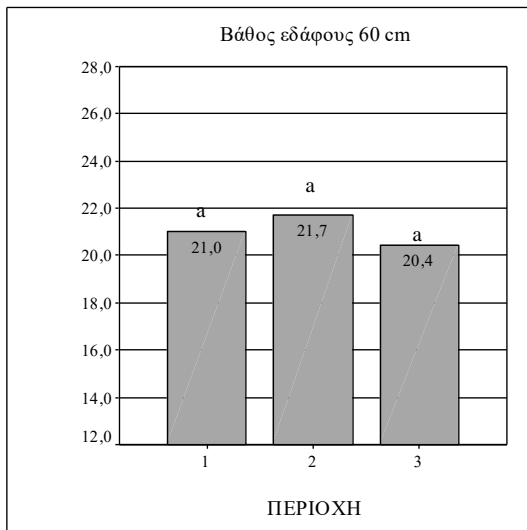
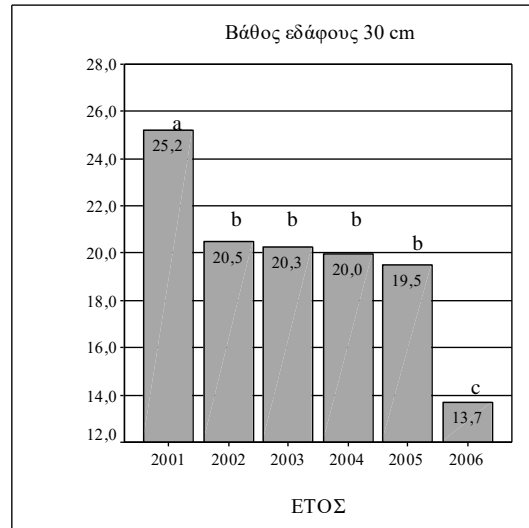
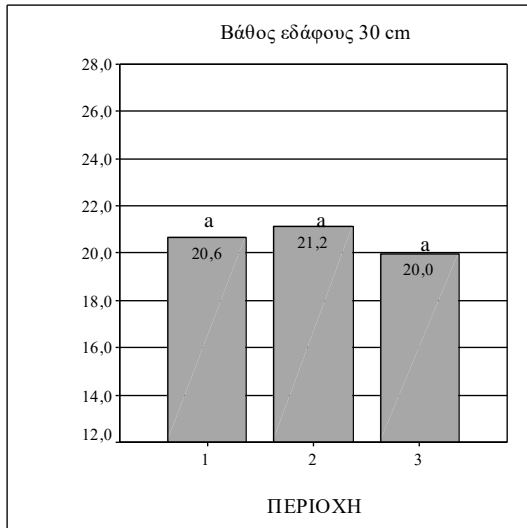
MIN MAX

6,0 - 8,0	30,0 - 32,0
8,1 - 10,0	32,1 - 34,0
10,1 - 12,0	34,1 - 36,0
	36,1 - 38,0
	38,1 - 40,0



0 5 10 20 30 40 Μέτρα





Γραφήματα 5.2.6.1-5.2.6.6: Ραβδογράμματα της μέσης θερμοκρασίας εδάφους από τις μετρήσεις για κάθε περιοχή και έτος μελέτης ανά βάθος.

Καθώς από την ανάλυση διακύμανσης των τιμών της θερμοκρασίας σε όλα τα βάθη προέκυψε σημαντική επίδραση του «έτους» ή/και της «περιοχής» χωρίς να υφίσταται

αλληλεπίδραση, με το test του Tukey για τους παράγοντες «έτος» και «περιοχή», προσδιορίστηκε με βάση τη μέση θερμοκρασία ποια έτη και περιοχές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Με διαφορετικά γράμματα στο κάθε ραβδόγραμμα δηλώνονται οι σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 0,05 (γραφήματα 5.2.6.1-5.2.6.6). Όμως, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, επειδή τα έτη 2001 και 2006 δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις όλους τους μήνες και είναι αυτά που διαφέρουν από τα υπόλοιπα, η επίδραση του «έτους» στη θερμοκρασία δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη για όλα τα βάθη. Ως προς το βάθος 60 cm από την απονα προέκυψε οριακή επίδραση της περιοχής στη θερμοκρασία, η οποία δεν προκύπτει από το test του Tukey που πραγματοποιήθηκε. Επομένως θα ήταν επισφαλές να ληφθούν υπόψη όλες οι επιδράσεις των παραγόντων στη θερμοκρασία.

Οι *Dobson & Moffat*,(1993) διατύπωσαν ότι θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 40°C μετρήθηκαν σε μικρού βάθους τελικό εδαφικό κάλυμμα, με το βάθος να αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα. Οι θερμοκρασίες για την ανάπτυξη των δέντρων στη ζώνη του ριζικού συστήματος είναι 10-30°C και εξαρτώνται πάρα πολύ από τα είδη. Στους ΧΔΑ κάποιες αλλαγές στη δραστηριότητα των ριζών και της ανάπτυξης δέντρων μπορεί να συμβούν, ο θάνατός τους όμως είναι απίθανος. Σε συνθήκες όπου οι θερμοκρασίες υπερβαίνουν τους 30°C, τα προβλήματα των δέντρων μπορεί να οφείλονται στα αναερόβια εδάφη παρά στη θερμοκρασία την ίδια. Αυτό συμβαίνει γιατί οι υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν τη ζήτηση του οξυγόνου των αναπτυσσόμενων άκρων των ριζών και διεγείρουν τη δραστηριότητα των οργανισμών του εδάφους που καταναλώνουν οξυγόνο. Έχει γραφτεί ότι οι υψηλές θερμοκρασίες θα είναι επιζήμιες για την ανάπτυξη των δέντρων και μπορεί να συντείνουν στην επιταχυνόμενη ξηρασία του εδάφους. Τα «ζεστά» εδάφη μπορεί επίσης να ευνοούν πρόωμη ανοιξιάτικη ανάπτυξη, να επεκτείνουν την εποχή ανάπτυξης και να μπορούν να παρέχουν κάποια προστασία από τους παγετούς του χειμώνα ή της άνοιξης. Σύμφωνα με τους ανωτέρω, οι *Shoulders & Ralston* (1975) βρήκαν ότι τα θρεπτικά συστατικά (ιδιαίτερα το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, το μαγνήσιο και το ασβέστιο) και η πρόσληψη του νερού από δέντρα βελτιώθηκε ως 50%, καθώς η θερμοκρασία αυξήθηκε από τους 16°C στους 28°C. Ομοίως οι *Ruark et al.* (1982) ανέφεραν ότι, κατά κανόνα η αυξανόμενη θερμοκρασία του εδάφους διεγείρει την πρόσληψη φωσφόρου από τα δέντρα.

Ωστόσο, οι *Moffat & Houston* (1991) βρήκαν ότι στον αποκατεστημένο ΧΔΑ η υγρασία του εδάφους αυξήθηκε παρά μειώθηκε με τη θερμοκρασία, το οποίο εξηγήθηκε με την προς τα πάνω κίνηση του νερού. Οι μέσες θερμοκρασίες εδάφους δεν ήταν κρίσιμα υψηλές για την ανάπτυξη των φυτών, αν και μπορεί να συμβούν μικρού χρονικού διαστήματος θανάσιμες θερμοκρασίες, καθώς καταγράφηκαν πάνω από 30°C ή 40°C την άνοιξη-καλοκαίρι και 25°C το χειμώνα. Σε αντίθεση αναφέρουν ότι οι *Binns & Fourt* (1983) εκτιμούν ότι η θερμότητα που παράγεται από την αναερόβια ζύμωση μέσα στα απορρίμματα στεγνώνει το έδαφος που βρίσκεται από πάνω και γι' αυτό μειώνεται το νερό του που είναι διαθέσιμο για τα φυτά. Επίσης, η ανάπτυξη των ριζών θα αναχαιτιστεί όπου οι θερμοκρασίες του εδάφους είναι μεγαλύτερες από τις φυσιολογικές.

Σε μελέτη που έγινε σε 2 ΧΔΑ στο Χονγκ-Κονγκ (*Chan et al.*, 1997) με υψηλές συγκεντρώσεις CH₄ και CO₂ στο εδαφικό κάλυμμα, η μέση θερμοκρασία ήταν 33,9 και 32,4°C χωρίς να διαφέρουν οι δύο χώροι στατιστικά σημαντικά. Επίσης, σε 3 ΧΥΤΑ (κλειστοί περίπου 20-30 ετών) κοντά στο Ελσίνκι Φιλανδίας (*Saarela J.*

2003), έγιναν μετρήσεις στην επιφάνεια του εδάφους και σε βάθη 0-25 cm. Χωρίς να υπάρχει δίκτυο συλλογής αερίων με το μεθάνιο να κυμαίνεται από 5 έως 15%, σημειώθηκαν υψηλές θερμοκρασίες (max 46°C) σε θέσεις όπου υπήρχε διαφυγή μεθανίου.

Η αύξηση ή η μείωση της θερμοκρασίας πάνω στην επιφάνεια της γης οφείλεται στην επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (Σάββας Δ., 2003). Ένα μικρό μέρος της ηλιακής ενέργειας ανακλάται, ενώ το υπόλοιπο μετατρέπεται σε θερμότητα, μέρος της οποίας μεταφέρεται με αγωγιμότητα προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Σε εδαφικό βάθος 50-60 cm η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας δεν ξεπερνά τον 1°C, ενώ σε βάθος 90-100 cm μηδενίζεται. Η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το έδαφος μίας περιοχής κατά τη διάρκεια μίας ημέρας εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, την εποχή του έτους, τον προσανατολισμό, την κλίση (ανάγλυφο) και το χρώμα του. Λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού και επομένως των μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας που περιέχει, η επίδραση της βροχής και της άρδευσης στη θερμοκρασία του εδάφους είναι σημαντική. Γενικά όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι υψηλή, τότε τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία απορροφώνται ταχύτερα, δεδομένου ότι η πρόσληψή τους μέσω μηχανισμών ενεργού μεταφοράς βασίζεται σε ενζυμικές αντιδράσεις. Η αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους επιταχύνει επίσης την ανοργανοποίηση της οργανικής ουσίας, καθώς και την μετατροπή ορισμένων λιπασμάτων σε άλλες μορφές, δεδομένου ότι οι μεταβολές αυτές προκαλούνται μέσω της δράσης μικροοργανισμών.

Από μετρήσεις της θερμοκρασίας εδάφους που πραγματοποίησε κατά τα έτη 1992-2008 το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών στις εγκαταστάσεις του στην Αθήνα, η Κουτελίδα (2010) με την επεξεργασία τους παρατήρησε ότι α) για βάθος 30 cm οι τιμές κυμάνθηκαν από 2,5°C μέχρι 36,5°C με μέση ετήσια 18°C, β) για βάθος 60 cm οι τιμές κυμάνθηκαν από 5,5°C μέχρι 34°C με μέση ετήσια 18,7°C και γ) για βάθος 90 cm οι τιμές κυμάνθηκαν από 8°C μέχρι 34°C με μέση ετήσια 19°C. Συγκρίνοντας τις τιμές αυτές σε φυσιολογικά εδάφη με τις μετρήσεις στις τρεις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων στα αντίστοιχα βάθη, γίνεται αντιληπτό ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι υψηλότερη στο ΧΔΑ τουλάχιστον κατά 1-3°C για κάθε περιοχή και βάθος. Αντίστοιχα, επίσης, η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία στο ΧΔΑ είναι υψηλότερη.

5.3 Μελέτη Αυτοφυών Ποωδών Φυτών

Τα μεσογειακού-τύπου λιβάδια έχουν δεχθεί την επίδραση του ανθρώπου μέσω της βόσκησης και της φωτιάς για 9000 χρόνια με αποτέλεσμα πολλά είδη να παρουσιάζουν ανοχή σε αυτούς τους παράγοντες διαταραχής ή να αποκτούν συγκριτικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων ειδών. Παρ' όλα αυτά η απουσία της διαταραχής ή η μεταβολή της έντασής της προκαλεί αξιοσημείωτες αλλαγές στην σύνθεσή τους σε είδη. Στην απουσία κάποιας διαταραχής για λίγα χρόνια, τα λιβάδια κυριαρχούνται από έναν μικρό αριθμό πολυετών αγρωστωδών (π.χ. *Hordeum bulbosum*) και άλλων ποωδών ειδών (π.χ. *Echinops* spp.) ή από υψηλά ετήσια αγρωστώδη με μεγάλου μεγέθους σπέρματα (π.χ. *Triticum* spp., *Hordeum* spp., *Avena* spp.) ή από ένα μείγμα των παραπάνω ομάδων. Αυτά τα είδη σχηματίζουν ένα πυκνό στρώμα φυλλοστρωμνής, και ένα πυκνό και τάχιστα αναπτυσσόμενο λειμώνια στη βλαστητική περίοδο. Αυτό το σύνολο των επικρατούντων ειδών εμφανίζεται να εμποδίζει την εγκατάσταση πολλών άλλων ετήσιων ειδών, τα οποία μπορούν να αναγεννηθούν επιτυχώς μόνο στα διάκενα που δημιουργούνται από παράγοντες που προκαλούν διαταραχές. Ένα πυκνό λιβάδι με μεγάλη φυτοκάλυψη, ύψος και βιομάζα σχετίζεται με μικρό πλούτο ειδών και ποικιλότητα, και αναπτύσσεται χαρακτηριστικά σε μη διαταραγμένα λιβάδια σε ευνοϊκό περιβάλλον μέσα σε άλλες περιοχές (Δημητρακόπουλος 2001).

Η σύνθεση των μεσογειακών λιβαδιών κυριαρχείται από ετήσια φυτικά είδη, τα οποία βλασταίνουν μετά τις πρώτες έντονες φθινοπωρινές βροχές, ανθίζουν και παράγουν σπέρματα κατά τη διάρκεια της άνοιξης, μαραίνονται στις αρχές του καλοκαιριού και περνούν τη μη ευνοϊκή περίοδο του καλοκαιριού με τη μορφή σπερμάτων ενταφιασμένων στο έδαφος (τα αποκαλούμενα "χειμωνιάτικα ετήσια" ή "θερόφυτα"). Η επικράτηση των ετήσιων φυτικών ειδών στα μεσογειακά λιβάδια σχετίζεται με περιοδικώς ευνοϊκά περιβάλλοντα, που υφίστανται ανθρώπινη διαταραχή και μακρά καλοκαιρινή ξηρασία. Τα θεωρητικώς βέλτιστα χαρακτηριστικά ζωής που αναμένεται να μεγιστοποιήσουν την προσαρμοστικότητα σε διαταραγμένο περιβάλλον δεν εμφανίζονται σε όλα τα ετήσια είδη. Οι επιλογές-στρατηγικές διαβίωσης των ετήσιων ειδών προσλαμβάνουν ποικίλες μορφές που τους επιτρέπουν να υπάρχουν σε διαφορετικά τμήματα ενός ψηφιδωτού διαταραγμένων περιβαλλόντων (Δημητρακόπουλος 2001).

Τα μεσογειακά λιβάδια είναι πολύ πλούσια σε είδη (120-180/100 m²), και η βοτανική τους σύνθεση και η αφθονία των ειδών τους ποικίλει στο χρόνο και τον χώρο εξαρτώμενη από τη γονιμότητα του εδάφους, τη διακύμανση των βροχοπτώσεων, την βοσκητική πίεση και την ανθρωπογενή διαταραχή. Είναι λοιπόν αναμενόμενο ότι αυτή η πλούσια μεσογειακή χλωρίδα περιλαμβάνει μία πολυμορφία στρατηγικών των φυτών προσαρμοσμένη στο επίσης ποικιλόμορφο περιβάλλον της (Δημητρακόπουλος 2001).

Για παράδειγμα, τα σπέρματα της *Avena steliris*, ενός από τα πιο κοινά μεσογειακά ετήσια αγρωστώδη, βάσει της μορφολογίας τους, καταφέρνουν μετά τη διασπορά τους να διαπερνούν τη φυλλοστρωμή και να θάπτονται αρκετά εκατοστά κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, αποφεύγοντας με αυτό τον τρόπο το κάψιμο ή τη νομή τους και παράλληλα μεγιστοποιώντας τη δυνατότητα φύτευσής τους σε ένα ευνοϊκό - από άποψη υγρασίας - εδαφικό περιβάλλον τους πρώτους μήνες του χειμώνα. Αυτή την ικανότητα ενταφιασμού των "μονάδων" διασποράς εμφανίζουν όλα τα ετήσια

αγρωστώδη, περιλαμβανομένων και μερικών πολυετών (π.χ. *Hordeum bulbosum*), καθώς και πολλά άλλα ετήσια είδη (Δημητρακόπουλος 2001).

Η ενεργοποίηση της φύτευσης των σπερμάτων τους πραγματοποιείται με τη διάνοιξη του σκληρού περιβλήματος των σπερμάτων που τα καθιστά διαπερατά στο νερό (περίπτωση που αφορά κυρίως τα ψυχανθή). Εκτός της θερμότητας, η διάνοιξη των σπερμάτων των ψυχανθών επιτυγχάνεται στη φύση μέσω διαφόρων μηχανισμών, όπως οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και η εναλλαγή ξηρών και υγρών περιόδων, η δράση των βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών του εδάφους, καθώς και η χημική διάνοιξη διαμέσου του πεπτικού συστήματος των φυτοφάγων (Δημητρακόπουλος 2001).

Η φυτοκοινωνιολογική έρευνα για την καταγραφή της φυσικής αναγέννησης, διαδοχής και βιοποικιλότητας των αυτοφυών ποωδών φυτών στο τελικό εδαφικό κάλυμμα αποκατάστασης του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων πραγματοποιήθηκε τα έτη 2001, 2002 και 2005 στις τρεις πειραματικές περιοχές (Π1, Π2 και Π3) και σε περιοχή εκτός ΧΔΑ (Π4). Το 2001 ξεκίνησε η μελέτη των αυτοφυών ποωδών φυτών που ήταν στο 2^ο έτος της φύτευσης τους στον αποκατεστημένο ΧΔΑ, ο οποίος ολοκληρώθηκε το καλοκαίρι του 1999. Δηλαδή μελετήθηκε το 2^ο, 3^ο και 6^ο έτος μετά την αποκατάσταση ώστε να υπάρχουν μετρήσεις και εκτιμήσεις όπως η παραγωγικότητα σε κλίμακα χρόνου, λαμβάνοντας υπόψη και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες. Στην έρευνα με δειγματοληπτικές επιφάνειες του 1 m² (πίνακας 5.3), καταγράφηκε ο αριθμός και η πυκνότητα των ειδών, μετρήθηκε η υπέργεια ξηρή βιομάζα και εκτιμήθηκε η βιοποικιλότητα με το δείκτη Shannon με βάση τον αριθμό ατόμων των ειδών και με βάση τις σχετικές τιμές της ξηρής υπέργεια βιομάζας τους. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την άνοιξη κάθε έτους (μέσα Απριλίου), όταν το σύστημα παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές των ανωτέρω παραμέτρων.

Πίνακας 5.3: Αριθμός δειγματοληπτικών επιφανειών του 1 m² ανά περιοχή και έτος για τη μελέτη των αυτοφυών ποωδών φυτών στον αποκατεστημένο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων και σε περιοχή εκτός.

Έτος	Περιοχή 1	Περιοχή 2	Περιοχή 3	Περιοχή 4 (εκτός ΧΔΑ)
2001	18	16	19	12
2002	15	15	14	10
2005	13	10	13	8

5.3.1 Αριθμός Ειδών

Από τη μελέτη των τριών πειραματικών περιοχών και της εκτός ΧΔΑ, καταγράφηκαν 144 είδη αυτοφυών ποωδών φυτών, στοιχεία των οποίων για την οικογένεια, την ονομασία, την εποχή φύτευσης, το βιολογικό κύκλο, τον πολλαπλασιασμό τους και την περιοχή που βρέθηκαν παρατίθενται στον πίνακα 5.3.1.1.

Πίνακας 5.3.1.1: Στοιχεία των καταγεγραμμένων αυτοφυών ποωδών ειδών στις τρεις πειραματικές περιοχές (1, 2, 3) και στην εκτός ΧΔΑ περιοχή (4).

Οικογένεια	Επιστημονική Ονομασία Είδους ¹	Κοινή Ονομασία Είδους ²	Εποχή Φύτρωσης	Βιολογικός Κύκλος	Πολλαπλασιασμός	Περιοχή
Μονοκοτυλήδονα (Οικογένειες 3, Γένη 22, Είδη 41)						
<i>Cyperaceae</i> (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Κύπερη πορφυρή	Άνοιξη	Πολυετές	Κόνδυλοι, Ριζώματα	3
<i>Poaceae</i> (Γένη 17 Είδη 34)	<i>Aegilops neglecta</i> Reg. Ex Bertol.	Αγριόσταρο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Aegilops</i> spp.	Αγριόσταρο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Agrostis</i> spp.	Άγρωστη	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1
	<i>Avena barbata</i> Pott. Ex Link.	Άγριοβρόμη μικρή	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1
	<i>Avena sterilis</i> L.	Άγριοβρόμη μεγάλη	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Bromus arvensis</i> L.	Βρόμος κοινός	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Bromus madritensis</i> L.	Βρόμος	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Bromus</i> spp.	Βρόμος	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Bromus squarrosus</i> L.	Βρόμος	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Bromus sterilis</i> L.	Βρόμος χαλαρός	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Αγριάδα	Άνοιξη	Πολυετές	Κόνδυλοι, Ριζώματα	1,2,3
	<i>Cynosurus echinatus</i> L.	Κυνόσουρος	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Dacrydium villosum</i> (L.) Coss. & Durieu	Τριχοκρίθαρο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2,3,4
	<i>Desmazeria rigida</i> (L.) Tutin	Σκληροπόα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3,4
	<i>Hordeum murinum</i> L.	Άγριοκρίθαρο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Lagurus ovatus</i> L.	Λαγοουρά	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Ήρα πολύανθη	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Lolium perenne</i> L.	Ήρα πολυετής	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Lolium rigidum</i> Gaud.	Ήρα λεπτή	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2
	<i>Lolium</i> spp.	Ήρα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Lolium temulentum</i> L.	Ήρα μεθυστική	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Oryzopsis miliacea</i> (L.) Benth. & Hook. ex Asch. & Graebn.	Ορύζωση	Άνοιξη	Πολυετές	Ριζώματα	1,2,3,4

	<i>Phalaris brachystachys</i> Link	Φάλαρη κοντή	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	Φάλαρη μικρόκαρπη	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Phalaris paradoxa</i> L.	Φάλαρη παράδοξη	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Phalaris</i> spp.	Φάλαρη	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Poa annua</i> L.	Πόα κοινή	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	2,3,4
	<i>Poa</i> spp.	Πόα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Σπέρματα, Αγενώς	2,3
	<i>Setaria glauca</i> (L.) P. Beauv.	Σετάρια γλαυκόχρωμη	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Schult.	Σετάρια κίτρινη	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	Σετάρια πράσινη	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Stipa capensis</i> Thunb.		Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Vulpia ciliata</i> Dumort.	Βούλπια μικρή	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C. Gmel.	Βούλπια μεγάλη	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
Liliaceae (Γένη 4 Είδη 6)	<i>Allium ampeloprasum</i> L.	Αγριοκρέμμυδο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Βολβίδια, Σπέρματα	1,3,4
	<i>Allium roseum</i> L.	Αγριοκρέμμυδο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Βολβίδια, Σπέρματα	3
	<i>Asphodelus fistulosus</i> L.	Ασφόδελος	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Βολβίδια, Σπέρματα	3
	<i>Muscari comosum</i> L.	Βολβός - Σταφύλι του κούκου	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Βολβίδια, Σπέρματα	3
	<i>Muscari neglectum</i> Guss. ex Ten.	Βολβός	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Βολβίδια, Σπέρματα	1,3,4
	<i>Ornithogalum</i> spp.	Του πουλιού το γάλα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Βολβίδια, Σπέρματα	3
Δικοτυλήδονα (Οικογένειες 23, Γένη 72, Είδη 103)						
Boraginaceae (Γένη 3 Είδη 3)	<i>Anchusa arvensis</i> (L.) M. Bieb.	Αγχούζα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2
	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	Ηλιοτρόπιο κοινό	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1
	<i>Lithospermum arvense</i> L.	Λιθόσπερμο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
Caryophyllaceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	Βοϊδοκράτης	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Σπέρματα, Ριζώματα	3
Chenopodiaceae (Γένη 3 Είδη 3)	<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>maritima</i> (L.)	Αγριότευτλο	Άνοιξη	Πολυετές	Σπέρματα, Αναβλαστάνει από ρίζες	3
	<i>Chenopodium album</i> L.	Λουβουδιά	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Salsola</i> spp.	Αλμυρίδα	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1,3,4

Compositae (Γένη 28 Είδη 36)	<i>Anthemis chia</i> L.	Άγρια μαργαρίτα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Aster squamatus</i> (Spreng.) Hieron.	Αστέρας	Άνοιξη	Ετήσιο, Διετές, Πολυετές	Σπέρματα, Οφθαλμούς ρίζας	1,2,3,4
	<i>Atractylis</i> spp.		Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3
	<i>Calendula arvensis</i> L.	Καλεντούλα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,3
	<i>Carduus acanthoides</i> L.	Γαιδουράγκαθο μικρό	Άνοιξη	Διετές	Σπέρματα	3
	<i>Carduus pycnocephalus</i> L.	Γαιδουράγκαθο πυκνοκέφαλο	Άνοιξη	Διετές	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Carlina corymbosa</i> L.	Καρλίνα κορυμβώδης	Άνοιξη	Διετές	Σπέρματα, Αναβλαστώνει	3
	<i>Carthamus lanatus</i> L.	Κάρδαμος τριχωτός	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Carthamus</i> spp.	Κάρδαμος	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Centaurea cyanus</i> L.	Κενταύρια	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Centaurea solstitialis</i> L.	Φαλαρίδα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Centaurea</i> spp.	Κενταύριο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2
	<i>Chamomilla recutita</i> (L.) Rausch.	Χαμομήλι	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2,3,4
	<i>Chrysanthemum coronarum</i> L.	Μαργαρίτα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Κίρσιο πράσινο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Ρίζα	1,2,3,4
	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.	Κόνυζα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2,3
	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	Κόνυζα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Crepis</i> spp.	Πικραλίδα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) W. Greuter	Ακονυζιά	Άνοιξη	Πολυετές	Ρίζα, Σπέρματα	1,4
	<i>Hyoseris radiata</i> L.		Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1
	<i>Hypochoeris achyrophorus</i> L.		Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1
	<i>Inula</i> spp.	Ίνουλα	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1
	<i>Lactuca serriola</i> L.	Αγριομάρουλο	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Onopordum</i> spp.	Γαιδουράγκαθο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Διετές	Σπέρματα	1,3
	<i>Pallenis spinosa</i> (L.) Cass.	Καρφόχορτο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Picnemon acarna</i> (L.) Cass.	Πίκνομο	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1,3,4
	<i>Pulicaria dysenterica</i> (L.) Bernh.	Σκυλόχορτο	Άνοιξη	Πολυετές	Ρίζα, Σπέρματα	2
	<i>Scolymus maculatus</i> L.	Ασκόλυμπος ετήσιος	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	3

	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Μαρτιάκος	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,3,4
	<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	Γαϊδουράγκαθο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3,4
	<i>Sonchus asper</i> (L) Hill	Ζωχός τραχύς	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	4
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Ζωχός κοινός	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Sonchus</i> spp.	Ζωχός	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	Αγριοράδικο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Ρίζα	1,2,3,4
	<i>Taraxacum</i> spp.	Αγριοράδικο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Ρίζα	1,4
	<i>Tragopogon pratensis</i> L.	Τραγοπόγων	Άνοιξη	Διετές	Σπέρματα	2,3
Convolvulaceae (Γένη 2 Είδη 2)	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.	Περικοκλάδα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Ρίζα	1,2,3,4
	<i>Convolvulus althaeoides</i> L.	Περικοκλάδι	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Ρίζα	1,2,3,4
Cruciferae (Γένη 5 Είδη 6)	<i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	Αραβίδοψη	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1
	<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	Ρόκα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Erysimum graecum</i> Boiss. & Heldr.	Σκυλόβρουβα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Διετές	Σπέρματα	3,4
	<i>Sinapis alba</i> L.	Σινάπι ήμερο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Sinapis arvensis</i> L.	Σινάπι άγριο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Sisymbrium irio</i> L.	Σισύμπριο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2
Euphorbiaceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Γαλατσίδα	Φθινόπωρο, Χειμώνα, Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
Geraniaceae (Γένος 1 Είδη 2)	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L' Hir.	Βελονίδα κοινή	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Διετές	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Erodium malacoides</i> (L.) L' Hir.	Βελονίδα μαλακοειδής	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2
Labiatae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Δωδεκάνθι	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1
Leguminosae (Γένη 10 Είδη 23)	<i>Astragalus hamosus</i> L.		Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Hippocrepis unisiliquosa</i> L.		Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Hymenocarpus circinatus</i> (L.) Savi		Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2,4
	<i>Medicago aculeate</i> Willd.	Μηδική	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Medicago disciformis</i> DC.	Μηδική	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2
	<i>Medicago marina</i>	Μηδική	Φθινόπωρο,	Πολυετές	Σπέρματα,	1,2,3

	L.		Χειμώνα		Ρίζα	
	<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.	Μηδική	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Medicago polymorpha</i> L.	Μηδική	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Medicago rugosa</i> Desr.	Μηδική	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1
	<i>Medicago scutellata</i> (L.) Miller	Μηδική	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1
	<i>Medicago</i> spp.	Μηδική	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2,3
	<i>Melilotus indica</i> (L) All.	Μελιλοτος	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Psoralea bituminosa</i> L.	Καλοσύκι	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Σπέρματα, Ρίζα	1,2,3,4
	<i>Scorpiurus muricatus</i> L.		Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2,4
	<i>Trifolium angustifolium</i> L.	Αγριοτριφύλλο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2
	<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	Αγριοτριφύλλο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2,3,4
	<i>Trifolium hirtum</i> All.	Αγριοτριφύλλο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Trifolium</i> spp.	Αγριοτριφύλλο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
	<i>Trifolium stellatum</i> L.	Αγριοτριφύλλο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Trifolium tomentosum</i> L.	Αγριοτριφύλλο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Trigonella corniculata</i> L.	Νυχάκι	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2,3
	<i>Vicia cracca</i> L.	Αγριόβικος	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Vicia hybrida</i> L.	Βίκος	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
Linaceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Linum bienne</i> Miller	Λινάρι	Χειμώνα, Άνοιξη	Διετές, Πολυετές	Σπέρματα	4
Malvaceae (Γένος 1 Είδη 2)	<i>Malva neglecta</i> Wallr.	Μολόχα	Χειμώνα, Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	4
	<i>Malva sylvestris</i> L.	Μολόχα	Φθινόπωρο, Χειμώνα, Άνοιξη	Πολυετές	Σπέρματα, Ρίζα	1,2,3,4
Orobanchaceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Orobanche crenata</i> Forskal	Οροβάγγη	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	3
Oxalidaceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	Ξυνήθρα - Οξαλίδα	Άνοιξη	Πολυετές	Στόλωνες	3
Papaveraceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Παπαρούνα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,4
Plantaginaceae (Γένος 1 Είδη 3)	<i>Plantago coronopus</i> L.	Πεντάνευρο	Χειμώνα, Άνοιξη	Διετές, Πολυετές	Σπέρματα	2

	<i>Plantago lagopus</i> L.	Πεντάνευρο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Πεντάνευρο	Χειμώνα, Άνοιξη	Πολυετές	Σπέρματα	2,3,4
Polygonaceae (Γένη 2 Είδη 6)	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Σιδηροχόρταρο	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Polygonum maritimum</i> L.	Πολυκόμμι	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	2
	<i>Rumex acetosa</i> L.	Ξινολάπαθο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Σπέρματα, Ρίζα	1,2,3,4
	<i>Rumex acetosella</i> L.	Ξινάκι	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Σπέρματα, Ρίζα	1
	<i>Rumex crispus</i> L.	Λάπαθο κοινό	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Σπέρματα, Ρίζα	1
	<i>Rumex</i> spp.	Λάπαθο	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Σπέρματα, Ρίζα	2
Primulaceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Αναγαλλίδα	Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
Resedaceae (Γένος 1 Είδη 2)	<i>Reseda alba</i> L.	Ρεζεντά	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	1,2,3,4
	<i>Reseda lutea</i> L.	Ρεζεντά	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	3
Rubiaceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Galium murale</i> (L.) All.	Κολλητσιδα	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Ετήσιο	Σπέρματα	2
Scrophulariaceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Verbascum phlomoides</i> L.	Φλώμος	Άνοιξη	Διετές	Σπέρματα	1,3,4
Solanaceae (Γένος 1 Είδος 1)	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	Σολάνο	Άνοιξη	Πολυετές	Σπέρματα, Ρίζα	1,2,3,4
Umbelliferae (Γένη 4 Είδη 4)	<i>Daucus carota</i> L.	Αγριοκαρότο	Άνοιξη	Διετές	Σπέρματα	1
	<i>Eryngium campestre</i> L.	Αγκάθι	Άνοιξη	Πολυετές	Σπέρματα, Ρίζα	2,3,4
	<i>Ferula communis</i> L.	Νάρθηκας	Φθινόπωρο, Χειμώνα	Πολυετές	Σπέρματα, Ρίζα	1,2,3,4
	<i>Torilis arvensis</i> (Hudson) Link		Χειμώνα, Άνοιξη	Ετήσιο	Σπέρματα	2,3

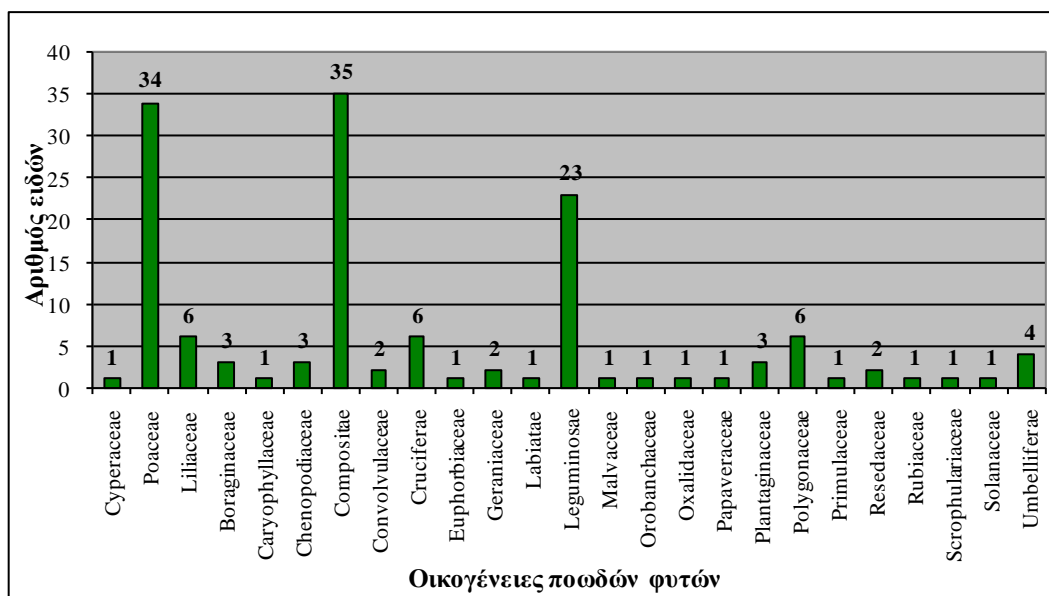
1 Η επιστημονική ονομασία όπως προτείνεται στο Flora Europaea (Tutin et al. 1964-1980)

2 Η κοινή ονομασία όπως υιοθετήθηκε από την Ελληνική Ζιζανιολογική Εταιρεία (<http://www.eze.org.gr>)

Από τον πίνακα 5.3.1.1, διαπιστώνεται ότι καταγράφηκαν 144 είδη από 94 γένη και 26 οικογένειες. Μόνο τρία είδη, το *Sonchus asper*, το *Linum bienne* και το *Malva neglecta* των οικογενειών *Compositae*, *Linaceae* και *Malvaceae* αντίστοιχα, καταγράφηκαν στην εκτός ΧΔΑ περιοχή και σε καμία άλλη. Η πλειονότητα των ειδών ανήκει στις οικογένειες *Compositae* (*Asteraceae*) (36), *Poaceae* (*Gramineae*) (34), *Leguminosae* (*Papilionaceae*) (23) και δίνεται στο γράφημα 5.3.1.1 ο αριθμός ειδών ανά οικογένεια στις περιοχές του ΧΔΑ. Επίσης τα περισσότερα είδη φυτρώνουν το φθινόπωρο και το χειμώνα, ο βιολογικός τους κύκλος είναι ετήσιος και πολλαπλασιάζονται με σπόρους. Στην οικογένεια *Leguminosae* ανήκουν τα ψυχανθή (η πολυπληθέστερη σε είδη σε παγκόσμια κλίμακα με 17000 περίπου και χαρακτηριστικό τα φυμάτια στις ρίζες με τη δέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου και τη

σταδιακή βελτίωση των εδαφών), στην *Compositae* τα σύνθετα ή πλατύφυλλα με 15000 περίπου είδη στην 3^η θέση και στην *Poaceae* ανήκουν τα αγρωστώδη με 9000 είδη στην 4^η σειρά παγκοσμίως.

Είδη των οικογενειών των *Poaceae*, *Compositae*, *Convolvulaceae*, *Cruciferae*, *Geraniaceae* και *Leguminosae* παρατηρήθηκαν σε όλα τα έτη και τις περιοχές έρευνας (πίνακας 5.3.1.2). Επιπλέον ανεξαρτήτως έτους, σε όλες τις περιοχές καταγράφηκαν και είδη των οικογενειών *Liliaceae*, *Chenopodiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Malvaceae*, *Plantaginaceae*, *Polygonaceae*, *Primulaceae*, *Resedaceae*, *Solanaceae* και *Umbelliferae*. Δηλαδή σε όλες τις περιοχές καταγράφηκαν είδη από 16 κοινές οικογένειες. Από το σύνολο των οικογενειών ανά έτος και περιοχή, η Π3 και Π4 έχουν τις περισσότερες, ενώ στην Π1 και Π2 το 2005 υπάρχει σημαντική πτώση. Σύμφωνα με τον αριθμό ειδών και το ποσοστό συμμετοχής της κάθε οικογένειας στις περιοχές και τα έτη μελέτης, οι *Poaceae*, *Compositae* και *Leguminosae* έχουν τους μεγαλύτερους αριθμούς και ποσοστά. Ως προς τη μεταβολή του αριθμού ειδών στα έτη μέτρησης για κάθε περιοχή, τα αγρωστώδη στην Π1 μειώνονται λίγο, στην Π2 αυξομειώνονται, στην Π3 μειώνονται και στην Π4 μειώνονται λίγο (γράφημα 5.3.1.2). Τα σύνθετα στην Π1 αυξομειώνονται, στην Π2 μειώνονται, στην Π3 μειώνονται και στην Π4 παραμένουν σταθερά. Τα ψυχανθή στην Π1 αυξάνονται, στην Π2 αυξομειώνονται, στην Π3 μειώνονται και στην Π4 παραμένουν σταθερά. Δηλαδή γενικά στις τρεις οικογένειες, ο αριθμός των ειδών τους στην Π4 παραμένει περίπου σταθερός, στην Π3 μειώνεται, στην Π2 αυξάνεται και στη συνέχεια μειώνεται, και στην Π1 στα ψυχανθή αυξάνεται ενώ στις υπόλοιπες μειώνεται. Επίσης, ως προς τα έτη μέτρησης, οι τρεις οικογένειες το 2005 παρουσιάζουν τον μικρότερο αριθμό ειδών μόνο στις Π2 και Π3 ως αποτέλεσμα των συνθηκών που επικρατούν στις περιοχές αυτές και πιθανώς επιδρούν αρνητικά στον αριθμό των ειδών τους.

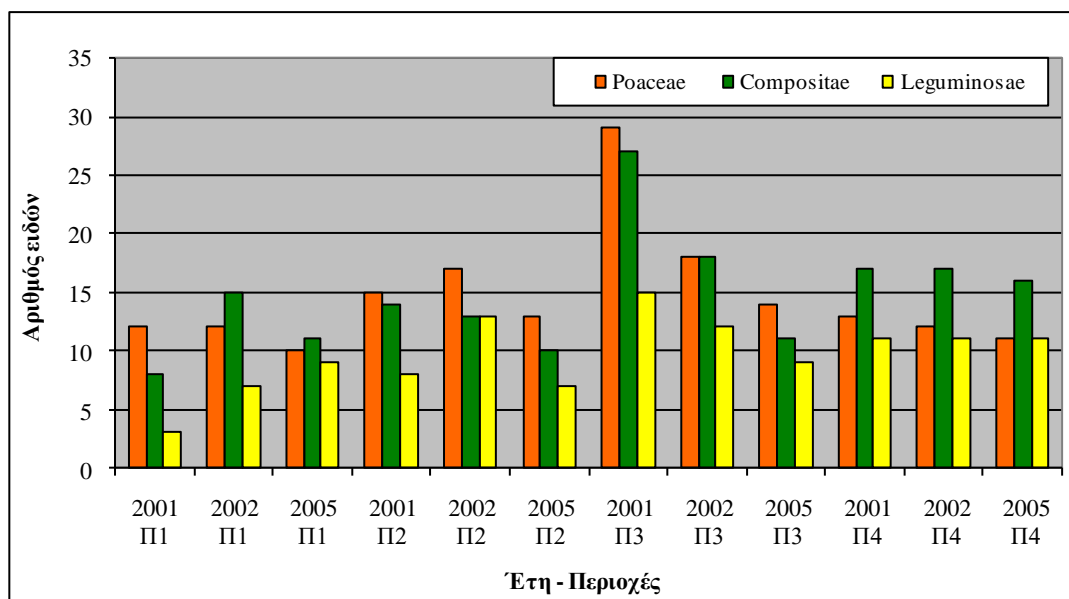


Γράφημα 5.3.1.1: Ο αριθμός ειδών της κάθε οικογένειας που καταγράφηκαν στα αυτοφυή ποώδη φυτά στις τρεις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων.

Πίνακας 5.3.1.2: Ο αριθμός ειδών των ποωδών φυτών και το ποσοστό (%) συμμετοχής τους ανά οικογένεια στα έτη και τις περιοχές μελέτης.

Οικογένεια	Περιοχή 1						Περιοχή 2						Περιοχή 3						Περιοχή 4					
	2001		2002		2005		2001		2002		2005		2001		2002		2005		2001		2002		2005	
	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%	Αρ. ειδ.	%
Μονοκοτυλήδονα																								
<i>Cyperaceae</i>													1	1	1	1,4								
<i>Poaceae</i>	12	27,3	12	21,1	10	24,4	15	26,8	17	27	13	31	29	28,7	18	24,7	14	24,6	13	19,4	12	18,5	11	18
<i>Liliaceae</i>	1	2,3	1	1,8	1	2,4	1	1,8	1	1,6			5	5	5	6,8	4	7	2	3	2	3,1	1	1,6
Δικοτυλήδονα																								
<i>Boraginaceae</i>			1	1,8			1	1,8					1	1										
<i>Caryophyllaceae</i>													1	1			1	1,8						
<i>Chenopodiaceae</i>	2	4,5	2	3,5			1	1,8	1	1,6			2	2	1	1,4	2	3,5	2	3	2	3,1	2	3,3
<i>Compositae</i>	8	18,2	15	26,3	11	26,8	14	25	13	20,6	10	23,8	27	26,7	18	24,7	11	19,3	17	25,4	17	26,2	16	26,2
<i>Convolvulaceae</i>	2	4,5	2	3,5	2	4,9	2	3,6	2	3,2	1	2,4	2	2	2	2,7	1	1,8	2	3	2	3,1	2	3,3
<i>Cruciferae</i>	3	6,8	4	7	1	2,4	2	3,6	4	6,3	3	7,1	4	4	3	4,1	3	5,3	4	6	4	6,2	4	6,6
<i>Euphorbiaceae</i>					1	2,4	1	1,8	1	1,6	1	2,4	1	1	1	1,4	1	1,8	1	1,5	1	1,5	1	1,6
<i>Geraniaceae</i>	2	4,5	1	1,8	1	2,4	1	1,8	1	1,6	1	2,4	1	1	1	1,4	1	1,8	1	1,5	1	1,5	1	1,6
<i>Labiatae</i>					1	2,4																		
<i>Leguminosae</i>	3	6,8	7	12,3	9	22	8	14,3	13	20,6	7	16,7	15	14,9	12	16,4	9	15,8	11	16,4	11	16,9	11	18
<i>Linaceae</i>																			1	1,5			1	1,6
<i>Malvaceae</i>	1	2,3	1	1,8			1	1,8	1	1,6	1	2,4	1	1	1	1,4	1	1,8	2	3	2	3,1	2	3,3
<i>Orobanchaceae</i>															1	1,4	1	1,8						
<i>Oxalidaceae</i>													1	1	1	1,4								
<i>Papaveraceae</i>	1	2,3	1	1,8					1	1,6									1	1,5	1	1,5	1	1,6

<i>Plantaginaceae</i>			1	1,8	1	2,4	2	3,6	1	1,6	2	4,8	1	1	2	2,7	2	3,5	2	3	2	3,1	2	3,3
<i>Polygonaceae</i>	4	9,1	4	7	1	2,4	2	3,6	3	4,8			2	2	2	2,7	2	3,5	2	3	2	3,1	1	1,6
<i>Primulaceae</i>	1	2,3	1	1,8			1	1,8	1	1,6	1	2,4	1	1	1	1,4	1	1,8	1	1,5	1	1,5	1	1,6
<i>Resedaceae</i>	1	2,3	1	1,8	1	2,4	1	1,8			1	2,4	2	2					1	1,5	1	1,5	1	1,6
<i>Rubiaceae</i>									1	1,6														
<i>Scrophulariaceae</i>	1	2,3	1	1,8									1	1					1	1,5	1	1,5	1	1,6
<i>Solanaceae</i>	1	2,3	1	1,8	1	2,4	1	1,8					1	1	1	1,4	1	1,8	1	1,5	1	1,5		
<i>Umbelliferae</i>	1	2,3	1	1,8			2	3,6	2	3,2	1	2,4	2	2	2	2,7	2	3,5	2	3	2	3,1	2	3,3
Σύνολο ειδών	44	100	57	100	41	100	56	100	63	100	42	100	101	100	73	100	57	100	67	100	65	100	61	100
Σύνολο οικογενειών	16		18		13		17		16		12		21		18		17		19		18		18	



Γράφημα 5.3.1.2: Η μεταβολή του αριθμού ειδών για τις κυρίαρχες οικογένειες *Poaceae*, *Compositae* και *Leguminosae* των ποωδών φυτών ανά περιοχή και έτος.

Οι οικογένειες αυτές των ποωδών φυτών παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τις αποκαταστάσεις για τους εξής λόγους:

- Τα ψυχανθή έχουν κοσμοπολίτικη κατανομή, αξιοσημείωτη ποικιλομορφία και μεγάλη οικολογική, αγροτική και επιστημονική σπουδαιότητα. Απαντούν σε μία ποικιλία οικοσυστημάτων, από τις τροπικές μέχρι τις εύκρατες και ψυχρές περιοχές. Στα εύκρατα οικοσυστήματα, ειδικότερα, παρατηρείται σημαντική συσχέτιση των ψυχανθών με τις διαταραχές και με τα αρχικά στάδια της διαδοχής. Τα ψυχανθή διαθέτουν προσαρμοστικούς μηχανισμούς, οι οποίοι καλύπτουν την ευρεία κλίμακα οικοσυστημάτων στα οποία εμφανίζονται, και οι οποίοι αποτελούν το κλειδί για την εξελικτική και οικολογική υπεροχή της οικογένειας *Leguminosae*. Προσαρμοστικές διαφοροποιήσεις παρατηρούνται σε δομικά χαρακτηριστικά των φυτών (βιοτική μορφή, αρχιτεκτονική του φυτού και της ρίζας του, μορφολογία φύλλων) και σε φυσιολογικές ιδιότητες (ρύθμιση της φαινολογίας, υδατικές σχέσεις, αζωτοδέσμευση, μυκορριζικές συμβιώσεις). Καμία από τις ιδιότητες αυτές δεν εμφανίζεται μεμονωμένη αποκλειστικά στα ψυχανθή, όλες μαζί όμως χαρακτηρίζουν μόνο τα ψυχανθή και καμία άλλη οικογένεια.. Ψυχανθή χρησιμοποιούνται για τη λίπανση πτωχών σε θρεπτικά στοιχεία εδαφών ώστε να βελτιωθεί η παραγωγικότητα του εδάφους. Επίσης, συνεισφέρουν ως φυτά κάλυψης στη συγκράτηση του εδάφους και την αντιμετώπιση της διάβρωσης, ως παράγοντες αύξησης της βιοποικιλότητας μέσω του χλωριδικού τους πλούτου, αλλά και ως συντελεστές εμπλουτισμού του εδάφους σε άζωτο μέσω της συμβιωτικής τους σχέσης με αζωτοδεσμευτικά βακτήρια. Ακόμη, συμβάλλουν ως επαγωγείς της αύξησης της ριζικής βιομάζας των υπόλοιπων φυτών, ως φυτά με ιστούς πλούσιους σε άζωτο, το οποίο επιστρέφει στο έδαφος μέσω της αποικοδόμησης, και επιτυγχάνουν σε συνδυασμό με αγρωστώδη εξαιρετικά αποτελεσματική επανόρθωση του εδάφους και αποφυγή της διάβρωσης μετά από φωτιά (Παπαβασιλείου, 2001).

- Τα αγρωστώδη έχουν μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση, υψηλό αριθμό ειδών, καλύπτουν, συγκρατούν, προστατεύουν και βελτιώνουν το έδαφος με το άφθονο φύλλωμα και ιδιαίτερα με το πλούσιο θυσανωτό ριζικό τους σύστημα. Εμφανίζονται σε όλα τα πλάτη της γης, σε όλους τους εδαφικούς τύπους και κάτω από οποιοδήποτε

συνθήκες περιβάλλοντος. Στην Ελλάδα υπάρχουν 300 περίπου αυτοφυή είδη που απαντούν σε όλες τις ζώνες βλάστησης. Χρησιμοποιούνται για την προστασία του εδάφους, καθώς και για την κάλυψη εκτάσεων στις περιπτώσεις όπου απαιτούνται υψηλής αισθητικής αξίας συνθέσεις και τοπία (χώροι αναψυχής, πάρκα, γήπεδα κλπ.). Τα αγρωστώδη είναι τα πρώτα είδη που εγκαθίστανται σε εκτάσεις που έχουν διαταραχθεί ή/και εγκαταλειφθεί από τον άνθρωπο αποτρέποντας την απώλεια εδάφους από τη διάβρωση, αποκαθιστώντας και βελτιώνοντας τις φυσικές του ιδιότητες.

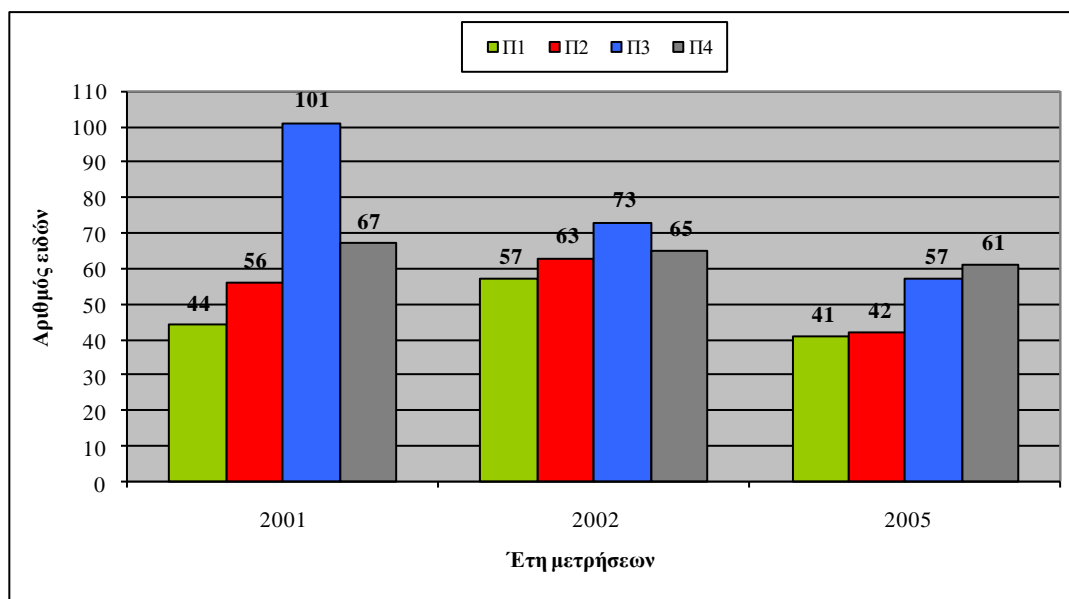
- Τα σύνθετα πιθανώς να περιλαμβάνουν τα περισσότερα είδη από τα αγγειόσπερμα. Τα είδη της οικογένειας είναι στην πλειονότητά τους ποώδη φυτά. Πολλά από τα φυτά αυτά έχουν μακριά ριζώματα από τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν μεγάλες αποικίες με αγνή πολλαπλασιασμό, ενώ άλλα έχουν πασσαλώδη ή θυσανώδη ρίζα για την προστασία και βελτίωση του εδάφους. Απαντούν σε όλη τη γη από την επιφάνεια της θάλασσας έως την αλπική ζώνη σε μεγάλη ποικιλία βιοτόπων. Στις πιο ακραίες προσαρμογές σε αντίξοο περιβάλλον ανήκουν τα είδη που έχουν προσαρμοστεί στη διαβίωση σε αμμοθίνες, σε σχισμές γκρεμών, σε λιθώνες, σε αλκαλικά ή ασβεστολιθικά εδάφη. Η σημασία της οικογένειας έγκειται επιπλέον στο ότι πολλά είδη της καλλιεργούνται ως καλλωπιστικά σε κήπους, πάρκα κλπ.

- Είδη και των τριών οικογενειών είναι από τα καλύτερα προσαρμοσμένα στις ιδιαίτερες οικολογικές συνθήκες της Μεσογείου. Όπως εξάγεται από χλωριδικές μελέτες που έχουν γίνει στην Ελλάδα, θεωρούνται από τις πλουσιότερες σε αριθμό ειδών της ελληνικής χλωρίδας.

Ως προς τα είδη των ποωδών φυτών που καταγράφηκαν, τα συγκεντρωτικά αριθμητικά δεδομένα δίνονται στον πίνακα 5.3.1.3. Αποκλειστικά και μόνο σε μία περιοχή για τα τρία έτη μελέτης παρατηρήθηκαν 14 είδη στην Π1, 11 στην Π2, 35 στην Π3 και 3 στην Π4. Για την Π1 και Π2 από αυτά τα είδη, το 2002 καταγράφηκαν τα περισσότερα, όπως επίσης και στο σύνολο των ειδών. Αντίθετα, για την Π3, το 2001 καταγράφονται τα 30 από τα 35 είδη που φύτεψαν μόνο εκεί. Επίσης 6 είδη ήταν κοινά και στις τρεις πειραματικές του ΧΔΑ και 45 σε όλες τις περιοχές. Γίνεται αντιληπτό ότι τα περισσότερα είδη απαντούν και στις τέσσερις περιοχές, ενώ η Π3 λόγω της τοποθέτησης επιφανειακού εδάφους από την ευρύτερη περιοχή, έχει την αποκλειστικότητα σε 35 είδη. Χρονικά στα έτη μελέτης, για τις Π1 και Π2 υπάρχει αύξηση ειδών από το 2001 στο 2002 και μείωση το 2005 (γράφημα 5.3.1.3). Δηλαδή τα τρία πρώτα χρόνια από την αποκατάσταση (1999-2002) έχουμε είσοδο ειδών στις περιοχές (Π1, Π2) που δημιουργήθηκαν, και στον έκτο χρόνο (2005) υπάρχει μείωση, η οποία αποδεικνύει την προσαρμογή των ειδών στις νέες συνθήκες εδάφους. Αντίθετα, η Π3 παρουσιάζει συνεχή μείωση στα έτη μέτρησης, ενώ η Π4 έχει σχετική σταθερότητα λόγω των φυσικών συνθηκών που επικρατούν στην εκτός ΧΔΑ περιοχή. Για την Π3, ενώ «ξεκινά» με μεγάλο αριθμό ειδών, από το πολλαπλασιαστικό υλικό (σπόρους, σπέρματα, κονδύλους, ριζώματα, βολβίδια κλπ.) που είχε το επιφανειακό έδαφος που μεταφέρθηκε εκεί και από την εισροή ειδών κυρίως με τον αέρα, η προσαρμογή τους στις συνθήκες του αποκατεστημένου ΧΔΑ επιφέρει συνεχή μείωση. Συνολικά και στα τρία έτη καταγράφηκαν στην Π1 76 είδη, στην Π2 81, στην Π3 109 και στην Π4 68, είδη που κατά το πλείστον υπάρχουν στη γύρω περιοχή του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων.

Πίνακας 5.3.1.3: Αριθμός αυτοφυών ποωδών ειδών ανά περιοχή και έτος, και αριθμός κοινών ειδών ανά περιοχές και έτος.

Περιοχές	Περιοχή 1				Περιοχή 2				Περιοχή 3				Περιοχή 4				Όλες οι Περιοχές
	2001	2002	2005	Όλα τα έτη	2001	2002	2005	Όλα τα έτη	2001	2002	2005	Όλα τα έτη	2001	2002	2005	Όλα τα έτη	Όλα τα Έτη
1	4	8	5	14													14
2					4	8		11									11
3									30	15	9	35					35
4													3	2	2	3	3
1&2	2	1	1	2	1	1	1	2									2
1&3		1	1	2					2			2					2
1&4	2	1		2									2	2	2	2	2
2&3					3	3	2	6	5	2	1	6					6
2&4					1	1		2					2	2	2	2	2
3&4									3	2	2	3	3	2	3	3	3
1&2&3	2	3	3	6	5	4	4	6	6	5	1	6					6
1&2&4	1	1		1		1		1					1	1	1	1	1
1&3&4	2	2	2	4					4	3	3	4	4	4	4	4	4
2&3&4					4	5	4	8	7	6	7	8	8	7	7	8	8
1&2&3&4	31	40	29	45	38	40	31	45	44	40	34	45	44	45	40	45	45
Σύνολο	44	57	41	76	56	63	42	81	101	73	57	109	67	65	61	68	144



Γράφημα 5.3.1.3: Ο συνολικός αριθμός ειδών των ποωδών φυτών που καταγράφηκαν ανά περιοχή και έτος μέτρησης.

Από το διαχωρισμό των ειδών σε μονοετή, διετή και πολυετή κατά τα έτη μέτρησης, παρατηρείται γενικά μείωση σε αυτά, και οι αριθμοί τους μεταβάλλονται όπως στις οικογένειες και τα είδη παραπάνω (πίνακας 5.3.1.4). Τα μονοετή υπερτερούν με μεγάλο ποσοστό, έπονται τα πολυετή και μικρό ποσοστό καταλαμβάνουν τα διετή ποώδη φυτά, επηρεαζόμενα από το θερμομεσογειακό χαρακτήρα της περιοχής και τη μεγάλη ξηρή περίοδο. Σε πολύ λίγα είδη ο βιολογικός τους κύκλος ανήκει σε δύο κατηγορίες, με συνέπεια ο συνολικός αριθμός ειδών ανά περιοχή και έτος να μη συμπίπτει με τον αριθμό της καταγραφής.

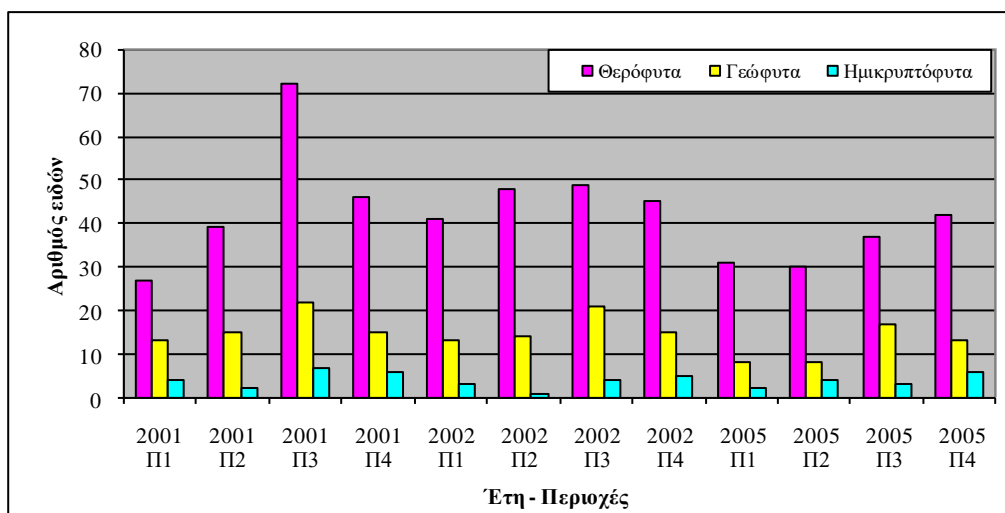
Πίνακας 5.3.1.4: Ο αριθμός των ποωδών ειδών με βάση το χρόνο ζωής τους στις περιοχές έρευνας.

Περιοχή	Έτος	Αριθμός Ειδών		
		Μονοετή	Διετή	Πολυετή
Περιοχή 1	2001	28	5	13
	2002	41	5	13
	2005	31	2	8
Περιοχή 2	2001	40	3	16
	2002	49	2	14
	2005	31	4	9
Περιοχή 3	2001	73	8	22
	2002	49	4	22
	2005	38	3	18
Περιοχή 4	2001	47	6	17
	2002	46	5	16
	2005	43	6	15

Υποστηρίζεται από τον *Braun-Blanquet* (1964) ότι η εναρμόνιση και προσαρμογή των φυτών στις οικολογικές συνθήκες του περιβάλλοντος εκφράζεται με τις βιοτικές μορφές, στις οποίες αποδίδεται ότι αποτελούν τη μορφολογική συνισταμένη των συνθηκών του περιβάλλοντος στα φυτά, καθορίζουν τις βιοτικές αξιώσεις αυτών και δύνανται να εκλαμβάνονται ως βιοτικοί δείκτες των οικολογικών συνθηκών που επικρατούν στον τόπο που αναπτύσσονται. Από τις δειγματοληψίες των αυτοφυών ποωδών φυτών, οι ομάδες των βιοτικών μορφών ήταν οι εξής: θερόφυτα (μονοετή φυτά που διέρχονται τη δυσμενή περίοδο με μορφή σπόρων), γεώφυτα (πολυετή φυτά που επιβιώνουν κατά τη δυσμενή χρονική περίοδο χάρη σε υπόγεια όργανα όπως βολβούς, ριζώματα ή κονδύλους) και ημικρυπτόφυτα (διετή-πολυετή φυτά των οποίων τα όργανα επιβίωσης βρίσκονται πλησίον της επιφάνειας του εδάφους). Η συμμετοχή της κάθε μορφής στις περιοχές μελέτης εκφράζεται ως εκατοστιαίο ποσοστό επί του συνολικού αριθμού των ειδών (πίνακας 5.3.1.5). Από τον πίνακα 5.3.1.5 συμπεραίνεται ότι τα θερόφυτα κυριαρχούν σε όλες τις περιοχές και τα έτη μελέτης με πολύ υψηλά ποσοστά. Τα υψηλά ποσοστά των θερόφυτων συμφωνούν με τον έντονο θερμομεσογειακό χαρακτήρα της ευρύτερης περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με τη μεγάλη διάρκεια της ξηρής περιόδου. Ο αριθμός ειδών των γεώφυτων είναι μεγαλύτερος στην Π3 λόγω του επιφανειακού εδάφους που μεταφέρθηκε εκεί από κοντινή περιοχή και εγκαταστάθηκε στα πρώτα 20 cm. Η αύξηση των ειδών που παρατηρείται στην Π1 και Π2 από το έτος 2001 στο 2002 αφορά αποκλειστικά θερόφυτα είδη που συνεχίζουν να “εισρέουν” (γράφημα 5.3.1.4).

Πίνακας 5.3.1.5: Βιοτικές μορφές των αυτοφυών ποωδών φυτών στις περιοχές μελέτης.

			Θερόφυτα	Γεώφυτα	Ημικρυπτόφυτα	Σύνολο
Περιοχή 1	2001	Αριθμός ειδών	27	13	4	44
		Συμμετοχή %	61,4	29,5	9,1	100
	2002	Αριθμός ειδών	41	13	3	57
		Συμμετοχή %	71,9	22,8	5,3	100
	2005	Αριθμός ειδών	31	8	2	41
		Συμμετοχή %	75,6	19,5	4,9	100
Περιοχή 2	2001	Αριθμός ειδών	39	15	2	56
		Συμμετοχή %	69,6	26,8	3,6	100
	2002	Αριθμός ειδών	48	14	1	63
		Συμμετοχή %	76,2	22,2	1,6	100
	2005	Αριθμός ειδών	30	8	4	42
		Συμμετοχή %	71,4	19,1	9,5	100
Περιοχή 3	2001	Αριθμός ειδών	72	22	7	101
		Συμμετοχή %	71,3	21,8	6,9	100
	2002	Αριθμός ειδών	48	21	4	73
		Συμμετοχή %	65,8	28,8	5,4	100
	2005	Αριθμός ειδών	37	17	3	57
		Συμμετοχή %	64,9	29,8	5,3	100
Περιοχή 4	2001	Αριθμός ειδών	46	15	6	67
		Συμμετοχή %	68,6	22,4	9	100
	2002	Αριθμός ειδών	45	15	5	65
		Συμμετοχή %	69,2	23,1	7,7	100
	2005	Αριθμός ειδών	42	13	6	61
		Συμμετοχή %	68,9	21,3	9,8	100



Γράφημα 5.3.1.4: Η μεταβολή του αριθμού ειδών στις βιοτικές μορφές των ποωδών φυτών ανά έτος και περιοχή.

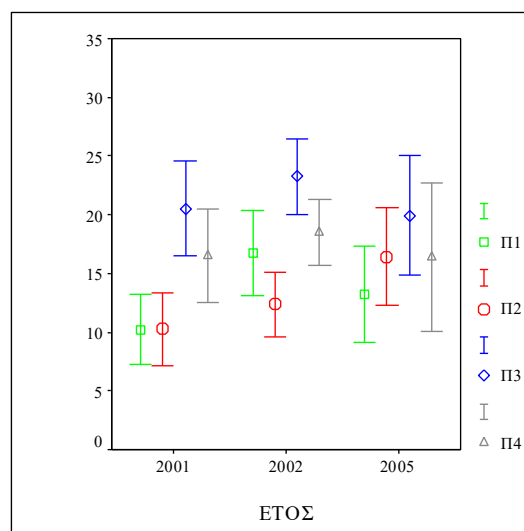
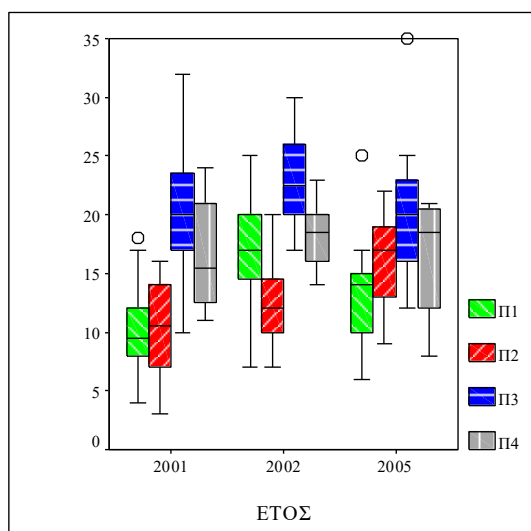
Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, ο αριθμός των ειδών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m^2) στα αυτοφυή ποώδη φυτά για κάθε έτος, με βάση τον πίνακα στατιστικών στοιχείων, στις περιοχές παρατηρείται αύξηση της μέσης τιμής από το 2001 στο 2002 και μείωση από το 2002 στο 2005, εκτός από την Π2 όπου μόνο αυξάνεται (πίνακας 5.3.1.6) (γραφήματα 5.3.1.5 & 5.3.1.6). Δηλαδή στις δειγματοληπτικές επιφάνειες του ΧΔΑ, το 2002 σε σύγκριση με το 2001 καταγράφεται αύξηση της ποικιλότητας των ειδών, καθώς οι διαθέσιμοι χώροι εδάφους χωρίς φυτά, τα μειωμένα επίπεδα ανταγωνισμού και οι υπάρχοντες στο έδαφος με τους εισρέοντες σπόρους που μπορούν να φυτρώσουν σ' αυτές τις συνθήκες συνεργούν σε αυτό. Ειδικά στην Π4, που δεν υπάρχουν οι συνθήκες του ΧΔΑ, η αύξηση πιθανόν να οφείλεται στο μεγαλύτερο ύψος βροχής το έτος 2002 (γράφημα 5.3.1.7, πίνακας 5.3.1.8). Η αύξηση για την Π2 ισχύει και το 2005, καθώς παραμένουν οι υψηλές συγκεντρώσεις CH_4 και CO_2 με τη χαμηλή συγκέντρωση O_2 στο βάθος εδάφους 30 cm, που επιδρούν αρνητικά στην επιβίωση των ειδών, με αποτέλεσμα να συνεχίζουν να υπάρχουν χώροι χωρίς φυτά. Η Π3 κατά μέσο όρο παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό ειδών από όλες τις περιοχές σε όλα τα έτη και ακολουθεί η Π4.

Από τον πίνακα 5.3.1.2, οι μεταβολές του αριθμού ειδών για την Π1 οφείλονται κυρίως στις μεταβολές των ειδών από τις οικογένειες *Compositae*, *Cruciferae*, *Leguminosae*, *Polygonaceae*, για την Π2 από τις *Poaceae*, *Compositae*, *Leguminosae*, *Polygonaceae* και για την Π3 από τις *Poaceae*, *Compositae* και *Leguminosae*.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «αριθμός ειδών», υπάρχει αλληλεπίδραση και σημαντική επίδραση των παραγόντων (πίνακας 5.3.1.7, γράφημα 5.3.1.8). Δηλαδή ο αριθμός ειδών διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών ($\text{Π1}=\text{Π2}\neq\text{Π3}\neq\text{Π4}$, $p<0,05$), των ετών μελέτης (έτος 2001 \neq έτος 2002 \neq έτος 2005) και η επίδραση του έτους στον αριθμό ειδών δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στον αριθμό ειδών μεταβάλλεται στα έτη μελέτης). Από τον πίνακα 5.3.1.7, παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «αριθμού ειδών».

Πίνακας 5.3.1.6: Στατιστικά στοιχεία για τον αριθμό ειδών των αυτοφυών ποωδών φυτών στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²).

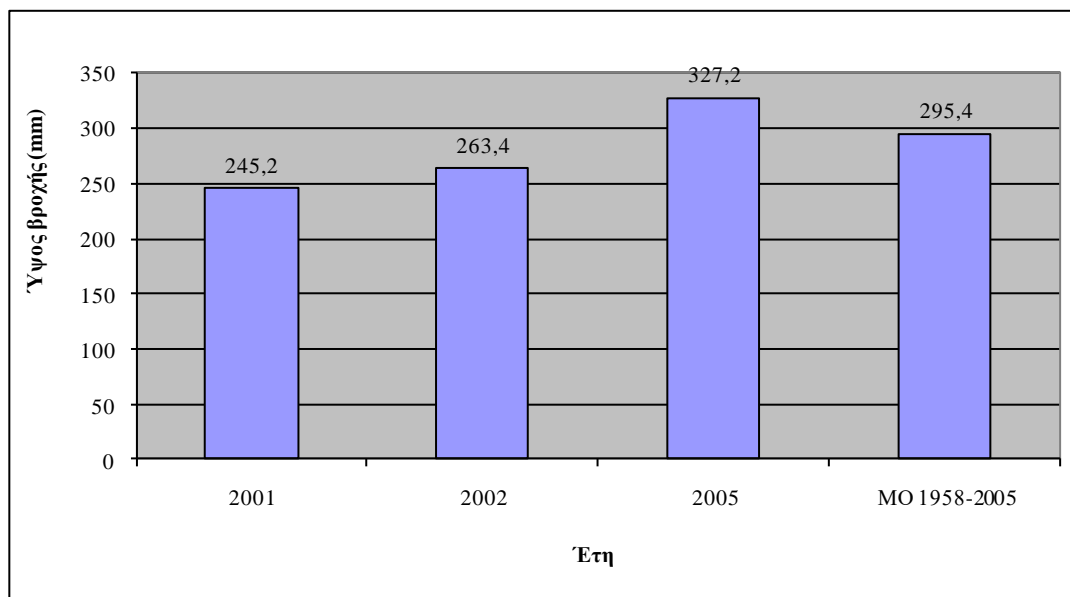
Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Διακύμανση	Διάμεσος
Περιοχή 1	2001	10,2	18	4,24	14	17,95	9,5
	2002	16,7	15	4,51	18	20,33	17
	2005	13,2	13	4,66	19	21,72	14
Περιοχή 2	2001	10,3	16	4,12	13	16,94	10,5
	2002	12,4	15	3,46	13	11,97	12
	2005	16,4	10	3,83	13	14,64	17
Περιοχή 3	2001	20,5	19	5,94	22	35,30	20
	2002	23,3	14	3,86	13	14,92	22,5
	2005	19,9	13	5,78	23	33,46	20
Περιοχή 4	2001	16,5	12	4,29	13	18,42	15,5
	2002	18,5	10	2,62	9	6,85	18,5
	2005	16,4	8	4,77	13	22,73	18,5



Γραφήματα 5.3.1.5 & 5.3.1.6: Θηκόγραμμα και ραβδόγραμμα σφάλματος (με διάστημα εμπιστοσύνης 95% για το μέσο όρο) του αριθμού ειδών των αυτοφυών ποωδών φυτών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²).

Πίνακας 5.3.1.7: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στον αριθμό ειδών των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια.

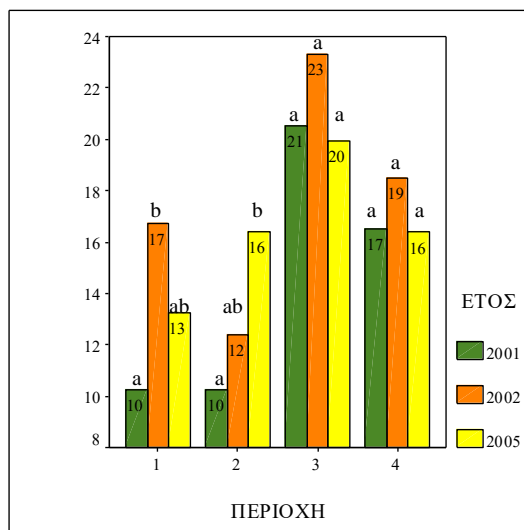
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Έτος	332,81	2	166,41	7,63	0,001
Περιοχή	1918,16	3	639,39	29,32	<0,001
Έτος * Περιοχή	341,32	6	56,89	2,61	0,020
Error	3293,24	151	21,81		
Total	5885,53	162			



Γράφημα 5.3.1.7: Υψος βροχής στη βλαστητική περίοδο των ετών μέτρησης στα αυτοφυή ποώδη φυτά και μέσος όρος της περιόδου για τα έτη 1958 έως 2005 του μετεωρολογικού σταθμού Ελευσίνας.

Πίνακας 5.3.1.8: Υψος βροχόπτωσης στα αυτοφυή ποώδη φυτά ανά έτος μελέτης και σύγκριση των ετών με Pairwise Wilcoxon test.

Έτος	Βροχόπτωση (mm)	Pairwise Wilcoxon test (p value)		
2001	245,2		Έτος 2001	Έτος 2002
2002	263,4	Έτος 2002	<0,001	-
2005	327,2	Έτος 2005	<0,001	<0,001



Γράφημα 5.3.1.8: Ραβδόγραμμα του μέσου αριθμού ειδών των αυτοφυών ποωδών φυτών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²). Οι διαφορές μεταξύ των ετών για την κάθε περιοχή δίνονται με τη χρήση διαφορετικών γραμμάτων (a, b, ab) όπως προέκυψαν από το Tukey post-hoc test.

Από τους πίνακες 5.3.1.6-5.3.1.8 και τα γραφήματα 5.3.1.5-5.3.1.8 διαπιστώνονται τα εξής:

- Στην Π1, που είναι ένας χώρος που δημιουργήθηκε και στον οποίο προστέθηκε κυρίως έδαφος από μεγάλο βάθος (μετρό της Αθήνας) χωρίς πολλαπλασιαστικό υλικό και με μικρή ύπαρξη συγκέντρωσης βιοαερίου στα 30 cm εδάφους, τα είδη τα πρώτα 3 χρόνια της αποκατάστασης αυξάνονται, καθώς υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες, και στη συνέχεια τον 6^ο χρόνο το σύστημα προσπαθεί να ισορροπήσει.
- Στην Π2, παρότι η αποκατάσταση πραγματοποιείται με ίδιο έδαφος όπως και στην Π1, η ύπαρξη βιοαερίου και χαμηλής συγκέντρωσης O₂ δεν επιτρέπει την πλήρη κάλυψη του εδάφους από ποώδη, με συνέπεια, ακόμη και τον 6^ο χρόνο της αποκατάστασης, η ποικιλότητα των ειδών που επιβιώνουν σε αυτές τις συνθήκες να αυξάνει, καθώς παράλληλα υπάρχει και μικρή βελτίωση του εδαφικού αέρα.
- Η Π3 είναι και αυτή ένας νέος χώρος, όμως στο επάνω στρώμα των 20 cm εγκαταστάθηκε επιφανειακό έδαφος από κοντινή περιοχή που περιείχε πολλαπλασιαστικό υλικό. Επίσης, οι συνθήκες του αέρα εδάφους ήταν χειρότερες από την Π1 και καλύτερες από την Π2. Αποτέλεσμα ήταν, για τα ποώδη φυτά, τα πρώτα 3 χρόνια ένα ποσοστό τους να φυτρώνει από τους σπόρους που υπήρχαν στο επιφανειακό έδαφος και ένα ποσοστό τους να μεταφέρεται με τον αέρα, καλύπτοντας σε υψηλό ποσοστό το έδαφος. Στη συνέχεια, τον 6^ο χρόνο, το σύστημα και εδώ προσπαθεί να ισορροπήσει. Όμως το πλεονέκτημα της ύπαρξης πολλαπλασιαστικού υλικού στο έδαφος και της εισόδου σπόρων στην Π3, έναντι των άλλων περιοχών μελέτης, εξηγεί και τη μεγάλη διαφορά που έχει στον αριθμό ειδών.
- Η Π4 εκτός ΧΔΑ, καθώς βρίσκεται σε φυσιολογικές συνθήκες, έχει σχετική σταθερότητα και οι μικρές αλλαγές οφείλονται κυρίως σε παραμέτρους του κλίματος (ύψος βροχοπτώσεων κάθε βλαστητικής περιόδου) και σε ενδογενείς (ανταγωνισμός, ανάπτυξη φυτών κλπ.).

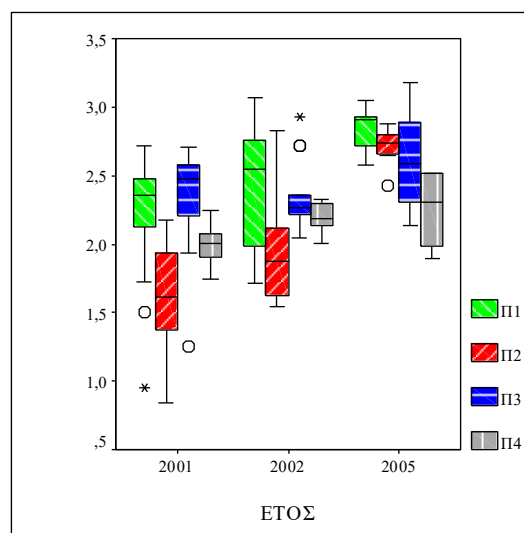
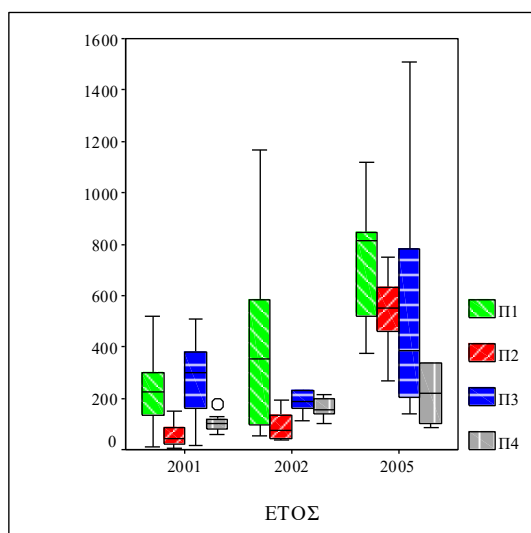
5.3.2 Πυκνότητα – Αφθονία Ειδών

Ως προς την αφθονία με την οποία αντιπροσωπεύονται τα είδη για κάθε έτος, από τις μετρήσεις ο αριθμός ατόμων ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²) παρουσιάζει αύξηση της μέσης τιμής (πίνακας 5.3.2.1) (γραφήματα 5.3.2.1 & 5.3.2.2). Θα πρέπει να σημειωθεί, λόγω της έλλειψης κανονικότητας στην εξαρτημένη μεταβλητή “αριθμός ατόμων”, ότι οι τιμές της μετασχηματίστηκαν με τη βοήθεια του δεκαδικού λογαρίθμου. Ο πίνακας 5.3.2.1 και το γράφημα 5.3.2.1 περιέχουν τις τιμές χωρίς μετασχηματισμό, ενώ το γράφημα 5.3.2.2 και η ανάλυση της διακύμανσης πραγματοποιήθηκαν με λογαριθμικό μετασχηματισμό.

Στην Π1 ο αριθμός ατόμων κατά μέσο όρο στα έτη τριπλασιάζεται, ενώ στην Π2 δεκαπλασιάζεται. Στην Π3 ο αριθμός το 2002 παραμένει σταθερός σε σύγκριση με το 2001, ενώ το 2005 διπλασιάζεται. Για την Π4 το 2002 αυξάνεται κατά 60% περίπου σε σχέση με το 2001 και 30% το 2005 σε σχέση με το 2002. Η Π1 εκτός από το 2001 έχει τα περισσότερα άτομα κατά μέσο όρο ανά δειγματοληπτική επιφάνεια, ακολουθεί η Π3, η Π4 και, τέλος, η Π2 εκτός από το 2005. Όμως από τον πίνακα 5.3.2.1 και το γράφημα 5.3.2.1 ο αριθμός ατόμων της Π1 το 2002 και της Π3 το 2005 παρουσίασαν αυτά τα στατιστικά στοιχεία λόγω μεγάλων διαφορών στις δειγματοληπτικές επιφάνειες που αντιπροσώπευαν.

Πίνακας 5.3.2.1: Στατιστικά στοιχεία για τον αριθμό ατόμων των αυτοφυών ποωδών φυτών στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²).

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Διακύμανση	Διάμεσος
Περιοχή 1	2001	232,7	18	151,9	510	23073,04	227
	2002	394,7	15	319,43	1113	102032,24	354
	2005	711,8	13	232,49	744	54049,86	816
Περιοχή 2	2001	53,1	16	39,91	143	1592,73	41
	2002	126,1	15	160,1	638	25631,55	75
	2005	541,3	10	134,35	481	18051,12	549,5
Περιοχή 3	2001	274,1	19	150,61	493	22681,77	300
	2002	270,4	14	212,73	741	45254,73	186
	2005	549,5	13	437,16	1372	191109,44	387
Περιοχή 4	2001	102,2	12	32,87	121	1080,7	101,5
	2002	160,6	10	35,11	112	1232,49	154,5
	2005	210,6	8	117,09	254	13709,98	212

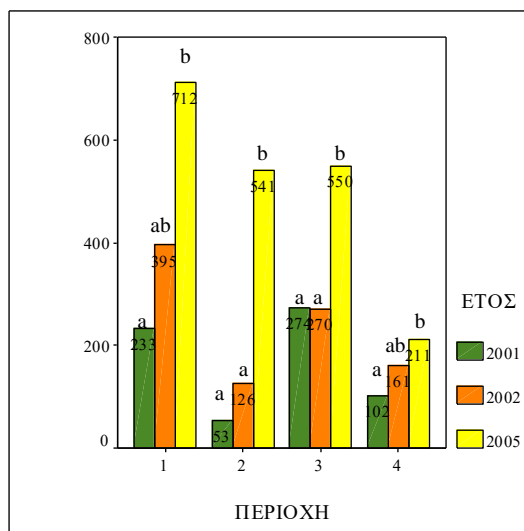


Γραφήματα 5.3.2.1 & 5.3.2.2: Θηκογράμματα (χωρίς και με μετασχηματισμό των τιμών) του αριθμού ατόμων των αυτοφυών ποωδών φυτών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «αριθμός ατόμων», υπάρχει αλληλεπίδραση και σημαντική επίδραση των παραγόντων (πίνακας 5.3.2.2). Δηλαδή ο αριθμός ατόμων διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών ($\Pi 1 \neq \Pi 2 \neq \Pi 3 \neq \Pi 4$, $p < 0,05$), των ετών μελέτης (έτος 2001 \neq έτος 2002 \neq έτος 2005) και η επίδραση του έτους στον αριθμό ατόμων δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στον αριθμό ατόμων μεταβάλλεται στα έτη μελέτης). Από τον πίνακα 5.3.2.2, παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «έτος» συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του «αριθμού ατόμων».

Πίνακας 5.3.2.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στον αριθμό ατόμων των ποωδών φυτών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (μετασηματισμένες τιμές).

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Έτος	8,23	2	4,11	39,48	<0,001
Περιοχή	5,06	3	1,69	16,17	<0,001
Έτος * Περιοχή	3,22	6	0,54	5,15	<0,001
Error	15,73	151	0,11		
Total	32,24	162			



Γράφημα 5.3.2.3: Ραβδόγραμμα του μέσου αριθμού ατόμων των αυτοφυών ποωδών φυτών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²). Οι διαφορές μεταξύ των ετών για την κάθε περιοχή δίνονται με τη χρήση διαφορετικών γραμμμάτων (a, b, ab) όπως προέκυψαν από το Tukey post-hoc test.

Οι περιοχές Π1 και Π2, παρότι αποκαταστάθηκαν με ίδιο έδαφος (του μετρό της Αθήνας χωρίς πολλαπλασιαστικό υλικό και χαμηλής ποιότητας) και διέφεραν σημαντικά στην αέρια φάση του εδάφους - με την Π2 να έχει υψηλές συγκεντρώσεις CH₄ και CO₂ και ταυτόχρονα μικρή συγκέντρωση O₂ στο βάθος 30 cm -, ο αριθμός των ατόμων τους παρουσίασε πολύ μεγάλη διαφορά με υψηλές τιμές στην Π1. Η Π3, καθώς είχε καλύτερης ποιότητας έδαφος με πολλαπλασιαστικό υλικό και αέρια φάση του εδάφους χειρότερη από την Π1 και καλύτερη από την Π2, παρουσίασε μικρότερο αριθμό ατόμων από την Π1 (εκτός του 2001) και μεγαλύτερο από την Π2. Η Π4 εκτός ΧΔΑ παρουσίασε μεγαλύτερο αριθμό μόνο από την Π2 για το 2001 και 2002. Δηλαδή η Π2 είχε το μικρότερο αριθμό ατόμων λόγω της υψηλής συγκέντρωσης βιοαερίου στο έδαφος, καθώς ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά έχει τα ίδια περίπου με την Π1. Η Π1, παρότι είχε σχεδόν μηδαμινό βιοαέριο στο βάθος 30 cm αλλά χαμηλότερης ποιότητας έδαφος χωρίς πολλαπλασιαστικό υλικό, για το έτος 2001 είχε μικρότερο αριθμό ατόμων από την Π3. Δηλαδή η Π3, με το καλύτερης ποιότητας έδαφος αλλά και βιοαέριο στον αέρα του εδάφους, είχε μεγαλύτερο. Αυτό οφείλεται στους χώρους της Π3, οι οποίοι παρουσίαζαν δύο όψεις: στους χώρους που υπήρχε διαφυγή βιοαερίου και η κάλυψη του εδάφους από ποώδη φυτά ήταν μικρή, όπως μικρός ήταν και ο αριθμός των ατόμων τους, και στους χώρους όπου απουσίαζε το βιοαέριο και η κάλυψη ήταν πολύ μεγάλη καθώς και τα άτομα. Ο αριθμός ατόμων στους χώρους χωρίς βιοαέριο ήταν μεγάλος ως αποτέλεσμα της καλής ποιότητας

εδάφους (οργανική, άζωτο κλπ.) και των περισσοτέρων ειδών που είχε η Π3. Επίσης, το 2000 που ήταν το 1^ο έτος αποκατάστασης έπεσε 227 mm ύψος βροχής (68 mm λιγότερο από τον μέσο όρο και ακόμη πιο χαμηλό από το 2001 που ήταν 245 mm, γράφημα 5.3.1.7) με συνέπεια κάποιοι σπόροι στην Π3 να μην φύτρωσαν το 2000 και να φύτρωσαν το 2001. Έτσι στον συμψηφισμό των δύο χώρων της Π3 για το 2001 προέκυψαν οι συγκεκριμένες μέσες τιμές της. Για τα άλλα δύο έτη το βιοαέριο δείχνει να είναι ο ρυθμιστής του αριθμού ατόμων για την Π3, καθώς οι διαφορές μεταξύ των χώρων εμφανίζουν τάσεις σύγκλισης. Η Π4 με τις φυσιολογικές συνθήκες που είχε, λόγω μεγάλης ανάπτυξης και παραγωγής βιομάζας των ατόμων, παρουσίασε μικρό αριθμό.

Στην Π1, ως χώρο που δημιουργήθηκε από την αποκατάσταση, τα άτομα όλων των ειδών της προσπαθούν να καλύψουν το έδαφος, καθώς δεν υπάρχει σημαντικός περιοριστικός παράγοντας. Σε όλα τα έτη ο αριθμός τους αυξάνεται και στη σύγκριση με την Π4 είναι διπλάσιος και τριπλάσιος. Από τον πίνακα 5.3.2.3, οι μεταβολές στον αριθμό ατόμων ανά δειγματοληπτική επιφάνεια τα έτη μελέτης, οφείλονται κυρίως στην αύξηση των ατόμων των αγρωστώδων, τα οποία έχουν και υψηλό ποσοστό (%) συμμετοχής στην Π1. Τα είδη της οικογένειας των αγρωστώδων που είχαν και τις μεγαλύτερες αυξήσεις στον αριθμό ατόμων ήταν τα *Aegilops* spp., *Avena sterilis*, *Bromus madritensis*, *Bromus sterilis*, *Hordeum murinum* και *Lolium perenne*.

Στην Π2 όμως, καθώς το βιοαέριο είναι περιοριστικός παράγοντας στην επιβίωση των ατόμων των ειδών, παραμένουν ακάλυπτοι χώροι εδάφους. Ο χαμηλός αριθμός ατόμων το 2001 και το 2002 που καταγράφεται, αλλάζει σημαντικά το 2005, καθώς βελτιώνονται οι συνθήκες και ο αριθμός πλησιάζει της Π3. Ως προς τις οικογένειες, η αύξηση οφείλεται στα αγρωστώδη, στα σύνθετα και στα πεντάνευρα και σε σύγκριση με την Π1 διαφέρει κυρίως στον αριθμό των αγρωστώδων. Τα είδη που είχαν τις μεγαλύτερες αυξήσεις από τα αγρωστώδη ήταν τα *Aegilops* spp., *Bromus madritensis*, *Cynodon dactylon*, *Lolium perenne*, από τα σύνθετα τα *Aster squamatus*, *Crepis* spp., *Sonchus oleraceus* και από τα πεντάνευρα το *Plantago lagopus*.

Στην Π3, παρότι διαθέτει καλύτερης ποιότητας έδαφος με πολλαπλασιαστικό υλικό και εδώ καταγράφεται το 2001 ο μεγαλύτερος αριθμός ατόμων από όλες τις περιοχές, οι συνθήκες του εδάφους δεν της επιτρέπουν τα επόμενα χρόνια να διατηρήσει το μεγαλύτερο αριθμό. Ως προς τις οικογένειες, η αύξηση που παρουσιάζει η Π3 το 2005 οφείλεται κυρίως στα αγρωστώδη και στα πεντάνευρα τα οποία έχουν υψηλό ποσοστό (%) συμμετοχής. Τα είδη που είχαν τις μεγαλύτερες αυξήσεις από τα αγρωστώδη ήταν τα *Avena sterilis*, *Bromus arvensis*, *Bromus* spp., *Lolium perenne* και από τα πεντάνευρα το *Plantago lagopus*.

Η Π4, εκτός ΧΔΑ, παρουσίασε σχετικά μικρές αλλαγές στον αριθμό ατόμων ανά έτος και οικογένεια σε σύγκριση με τις άλλες περιοχές λόγω των φυσικών συνθηκών. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρέασε όλες τις περιοχές στο να αυξήσουν τον αριθμό ατόμων τους από το 2001 έως το 2005 ήταν το ύψος βροχής (γράφημα 5.3.1.7 & πίνακας 5.3.1.8). Τα είδη που είχαν τις μεγαλύτερες μεταβολές ήταν τα *Avena sterilis*, *Chrysanthemum coronarium*, *Crepis* spp., *Eruca vesicaria*, *Hymenocarpus circinatus*, *Plantago lagopus*.

Πίνακας 5.3.2.3: Μέσος όρος του αριθμού ατόμων των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια των πέντε επικρατέστερων οικογενειών, του συνόλου τους και το ποσοστό (%) συμμετοχής στις περιοχές και τα έτη μελέτης.

		<i>Poaceae</i> (Αγρωστώδη)		<i>Compositae</i> (Σύνθετα)		<i>Leguminosae</i> (Ψυχανθή)		<i>Cruciferae</i> (Σταυρανθή)		<i>Plantagina- ceae</i> (Πεντάνευρα)		Μερικό Σύνολο	Σύνολο οικογενειών
		Αριθμ. ατόμων	%	Αριθμ. ατόμων	%	Αριθμ. ατόμων	%	Αριθμ. ατόμων	%	Αριθμ. ατόμων	%	Αριθμ. ατόμων	Αριθμ. ατόμων
Περιοχή 1	2001	101,1	43,4	29,1	12,5	60,8	26,1	32,9	14,2	0	0	224	232,7
	2002	173,3	43,9	66	16,7	116,5	29,5	16,6	4,2	0,1	0	372,5	394,7
	2005	471,5	66,2	162,1	22,8	52,6	7,4	7,4	1	13,4	1,9	706,9	711,8
Περιοχή 2	2001	9,1	17,1	35,6	67,1	3,5	6,6	0,3	0,6	0,1	0,2	48,6	53,1
	2002	15,6	12,4	48,9	38,7	53,9	42,8	0,3	0,2	0,3	0,2	118,9	126,1
	2005	185,5	34,3	156,7	29	48,6	9	14,3	2,6	62,3	11,5	467,4	541,3
Περιοχή 3	2001	155,9	56,9	31,3	11,4	8,7	3,2	15,6	5,7	41,2	15	252,6	274,1
	2002	161,5	59,7	30,5	11,3	9,3	3,4	10,1	3,7	37,1	13,7	248,4	270,4
	2005	307,1	55,9	65,8	12	6,5	1,2	5,5	1	142,9	26	527,7	549,5
Περιοχή 4	2001	30,4	29,8	26	25,4	18,4	18	12	11,7	8,7	8,5	95,5	102,2
	2002	46,6	29	39,1	24,3	25,4	15,8	21,7	13,5	15,1	9,4	147,9	160,6
	2005	70	33,2	36,8	17,4	37,8	17,9	29,1	13,8	23	10,9	196,6	210,6

5.3.3 Υπέργεια Βιομάζα

Η μεικτή πρωτογενής παραγωγικότητα εκφράζει το συνολικό τάχος της φωτοσύνθεσης, περιλαμβανομένων και των απωλειών λόγω αναπνοής στο οργανικό υλικό κατά τα έτη που μετρήθηκε. Η παραγωγικότητα αποτελεί σημαντικό δείκτη της δυναμικής των οικοσυστημάτων. Η ξηρή υπέργεια βιομάζα των φυτών είναι μια παραδεκτή παράμετρος για τον υπολογισμό της πρωτογενούς παραγωγικότητας του οικοσυστήματος (Μάργαρης, 1986).

Ένας σημαντικός παράγοντας που επιδρά στη διαμόρφωση των τιμών της βιομάζας είναι το ύψος των βροχοπτώσεων. Όμως η επίδραση της αύξησης του ύψους βροχής με το χρόνο δεν επιφέρει και αντίστοιχη αύξηση βιομάζας ποωδών, καθώς ο ρυθμός μεταβολής της δεν ακολουθεί εκθετική αύξηση και φτάνει μέχρι μια ανώτερη τιμή. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο γεγονός ότι οι επαρκείς βροχοπτώσεις ενεργοποιούν στο μέγιστο τη φυτρωτική ικανότητα των σπερμάτων που βρίσκονται στο έδαφος. Ο έντονος ανταγωνισμός που υπάρχει όταν ο πληθυσμός των ατόμων των φυτών είναι μεγάλος οδηγεί τα φυτά σε αδυναμία να επιτύχουν τους μέγιστους ρυθμούς ανάπτυξής τους με αποτέλεσμα να έχουμε μικρότερο ποσοστό αύξησης της βιομάζας του οικοσυστήματος από έτος σε έτος (Κουτσίδου, 1995).

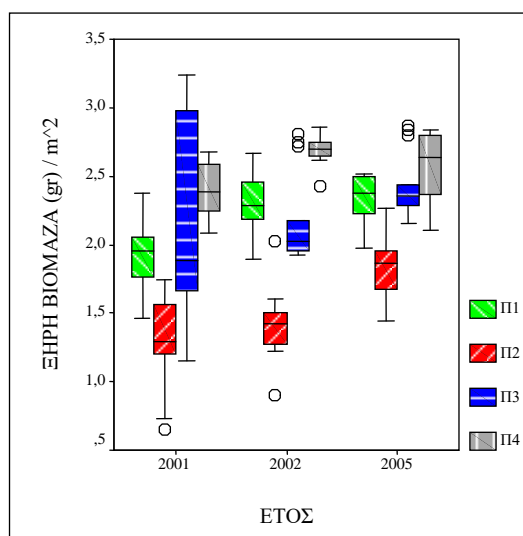
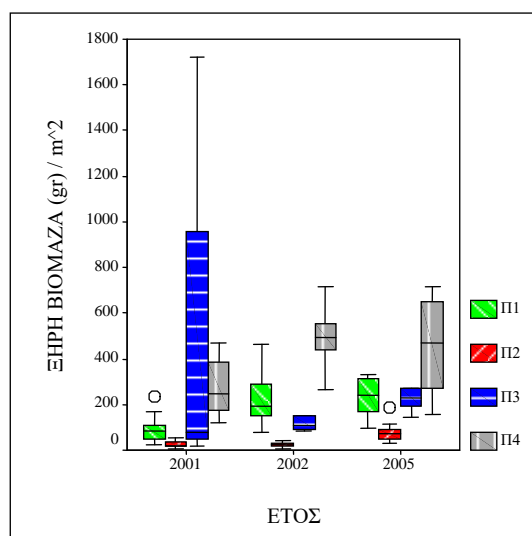
Ως προς την παραγωγικότητα, η οποία υπολογίζεται από την ξηρή υπέργεια βιομάζα, από τις μετρήσεις για κάθε έτος ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²) η μέση τιμή της βιομάζας παρουσιάζει μία μεικτή εικόνα (πίνακας 5.3.3.1) (γραφήματα 5.3.3.1 & 5.3.3.2). Θα πρέπει να σημειωθεί και στην εξαρτημένη μεταβλητή «ξηρή βιομάζα» ότι, λόγω της έλλειψης κανονικότητας, οι τιμές της μετασχηματίστηκαν με τη

βοήθεια του δεκαδικού λογαρίθμου. Ο πίνακας 5.3.3.1 και το γράφημα 5.3.3.1 περιέχουν τις τιμές χωρίς μετασχηματισμό, ενώ το γράφημα 5.3.3.2 και η ανάλυση της διακύμανσης πραγματοποιήθηκαν με λογαριθμικό μετασχηματισμό.

Στην Π1 η μέση βιομάζα από το 2001 στο 2002 αυξάνεται πάνω από το διπλάσιο και στη συνέχεια σταθεροποιείται το 2005. Στην Π2 αυξάνεται με τριπλασιασμό της, κυρίως από το 2002 στο 2005. Στην Π3 από το 2001 στο 2002 μειώνεται κάτω από το μισό και στη συνέχεια, το 2005, αυξάνεται κατά 55%. Για την Π4, το 2002 αυξάνεται κατά 80% σε σχέση με το 2001 και μειώνεται κατά 15% το 2005 σε σχέση με το 2002. Η Π4, εκτός από το 2001, έχει τη μεγαλύτερη μέση βιομάζα ανά δειγματοληπτική επιφάνεια, ακολουθεί η Π3, η Π1 και, τέλος, η Π2.

Πίνακας 5.3.3.1: Στατιστικά στοιχεία για την ξηρή βιομάζα των αυτοφυών ποωδών φυτών στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²).

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή (gr)	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Διακύμανση	Διάμεσος
Περιοχή 1	2001	93,45	18	51,15	209,37	2616,53	91,12
	2002	226,18	15	115,03	382,56	13232,48	195,08
	2005	225,32	13	88,93	233,71	7909,04	239,17
Περιοχή 2	2001	24,69	16	15,66	50,54	245,1	19,72
	2002	30,22	15	22,42	97	502,47	26,31
	2005	80,49	10	45,6	158,62	2079,41	74,06
Περιοχή 3	2001	494,89	19	574,67	1701,83	330241,32	77,17
	2002	206,71	14	199,74	553,53	39897,22	106,9
	2005	319,73	13	211,19	601,41	44600,91	228,13
Περιοχή 4	2001	272,78	12	117,04	350,19	13698,8	244,25
	2002	495,63	10	118,78	451,3	14109,35	497,21
	2005	428,89	8	215,47	562,76	46426,38	441,11



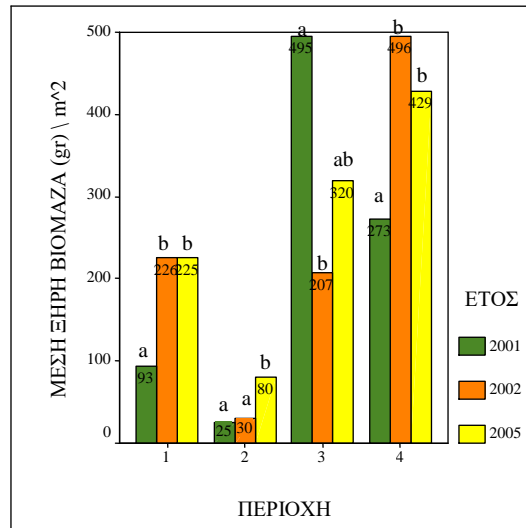
Γραφήματα 5.3.3.1 & 5.3.3.2: Θηκογράμματα (χωρίς και με μετασχηματισμό των τιμών) της ξηρής υπέρβειας βιομάζας των αυτοφυών ποωδών φυτών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια.

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «υπέργεια βιομάζα», υπάρχει αλληλεπίδραση και σημαντική επίδραση των παραγόντων (πίνακας 5.3.3.2, γράφημα 5.3.3.3). Δηλαδή η υπέργεια βιομάζα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών ($P1 \neq P2 \neq P3 \neq P4$, $p < 0,05$), των ετών μελέτης (έτος 2001 \neq έτος 2002 \neq έτος 2005) και η επίδραση του έτους στη βιομάζα δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στη βιομάζα μεταβάλλεται στα έτη μελέτης). Από τον πίνακα 5.3.3.2, παρατηρείται ακόμη ότι ο παράγοντας «περιοχή» συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της «βιομάζας».

Οι περιοχές Π1 και Π2, με τις συνθήκες που αναφέρθηκαν στον αριθμό ατόμων, διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, αφού η ξηρή υπέργεια βιομάζα της Π1 είναι τουλάχιστον τριπλάσια από της Π2 σε όλα τα έτη. Αντίστοιχα και οι δύο περιοχές διαφέρουν υποπολλαπλάσια με την Π4. Η Π3 επίσης, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω, παρουσίασε τη μεγαλύτερη βιομάζα του έτους 2001 στη συνέχεια μειώθηκε και μετά αυξήθηκε, παραμένοντας σε υψηλές τιμές. Όμως από τον πίνακα 5.3.3.1 και το γράφημα 5.3.3.1, η βιομάζα το 2001 παρουσιάζει αυτά τα στατιστικά στοιχεία λόγω μεγάλων διαφορών στις δειγματοληπτικές επιφάνειες που αντιπροσώπευαν την Π3. Η Π4, εκτός ΧΔΑ, στα έτη 2002 και 2005 παρουσίασε πολύ υψηλές τιμές με διαφορά από τις υπόλοιπες περιοχές. Επομένως η Π2 είχε τη μικρότερη βιομάζα λόγω της υψηλής συγκέντρωσης βιοαερίου στην αέρια φάση του εδάφους, καθώς ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά έχει τα ίδια περίπου με την Π1. Η Π1, παρότι έχει μηδαμινό βιοαέριο στο βάθος 30 cm αλλά χαμηλότερης ποιότητας έδαφος χωρίς πολλαπλασιαστικό υλικό, είχε μικρότερη βιομάζα από την Π3. Δηλαδή η Π3, με το καλύτερης ποιότητας έδαφος και τη διαφορά στη συγκέντρωση των αερίων του εδάφους, είχε περισσότερη. Αυτό οφείλεται στους χώρους της Π3, οι οποίοι παρουσίαζαν δύο όψεις (όπως αναφέρθηκε): τους χώρους όπου υπήρχε διαφυγή βιοαερίου και η κάλυψη του εδάφους από ποώδη φυτά ήταν μέτρια, όπως μέτρια ήταν και η βιομάζα τους, και τους χώρους όπου απουσίαζε το βιοαέριο και η κάλυψη ήταν πολύ μεγάλη καθώς και η βιομάζα τους. Στους χώρους χωρίς βιοαέριο καταγράφηκε η μεγαλύτερη βιομάζα από όλες τις περιοχές του ΧΔΑ ως αποτέλεσμα και της καλής ποιότητας εδάφους (οργανική, άζωτο κλπ.). Η Π4, με τις φυσιολογικές συνθήκες που είχε, δείχνει να επηρεάζεται το 2002 από το ύψος βροχόπτωσης, καθώς όλες οι οικογένειες αυξάνουν τη βιομάζα τους, ενώ το 2005 με μεγαλύτερη βροχόπτωση παρατηρήθηκαν αυξομειώσεις στη βιομάζα των οικογενειών με μείωση σε είδη των σύνθετων και των σταυρανθών (αλλαγή στη σύνθεση των ατόμων των ειδών).

Πίνακας 5.3.3.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στην υπέργεια βιομάζα των ποωδών φυτών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (μετασηματισμένες τιμές).

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Έτος	2,78	2	1,39	12,2	<0,001
Περιοχή	21,1	3	7,03	61,77	<0,001
Έτος * Περιοχή	1,73	6	0,29	2,53	0,023
Error	17,2	151	0,11		
Total	42,81	162			



Γράφημα 5.3.3.3: Ραβδόγραμμα της μέσης υπέργειας βιομάζας των αυτοφυών ποωδών φυτών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²). Οι διαφορές μεταξύ των ετών για την κάθε περιοχή δίνονται με τη χρήση διαφορετικών γραμμμάτων (a, b, ab), όπως προέκυψαν από το Tukey post-hoc test.

Με βάση τον πίνακα 5.3.3.3 για τις μεταβολές της ξηρής βιομάζας των πέντε επικρατέστερων οικογενειών, στην Π1 παρατηρείται αύξηση το 2002 η οποία οφείλεται κυρίως στην αύξηση της βιομάζας των αγρωστωδών και ψυχανθών, η δε σταθεροποίηση το 2005 οφείλεται στην αύξηση των αγρωστωδών και στη μείωση των ψυχανθών. Όμως για τις μεταβολές στη βιομάζα των οικογενειών, όλα τα είδη τους δεν μεταβάλλονται με τον ίδιο τρόπο και το καθένα αναπτύσσεται διαφορετικά στις συνθήκες του κάθε έτους. Το έτος 2002, στην Π1, τα είδη που διαδραμάτισαν το σημαντικότερο ρόλο στην αύξηση της βιομάζας ήταν από τα αγρωστώδη τα: *Aegilops neglecta*, *Bromus madritensis*, *Bromus sterilis*, *Hordeum murinum*, *Lolium perenne*, *Oryzopsis miliacea* και από τα ψυχανθή τα: *Medicago polymorpha* και *Melilotus indica*. Επίσης, για την ίδια περιοχή, το 2005 τα είδη των αγρωστωδών *Aegilops* spp., *Avena sterilis*, *Bromus madritensis*, *Bromus sterilis* επηρέασαν την αύξηση και τα είδη των ψυχανθών *Medicago polymorpha* και *Melilotus indica* επηρέασαν τη μείωση της βιομάζας.

Στην Π2, η αύξηση της βιομάζας που παρατηρήθηκε τα έτη μέτρησης οφειλόταν στα ψυχανθή, το έτος 2002, και στα αγρωστώδη το 2005. Τα είδη που επηρέασαν αντίστοιχα για το 2002 ήταν τα: *Astragalus hamosus*, *Medicago disciformis*, *Medicago polymorpha*, *Melilotus indica* και για το έτος 2005 ήταν τα: *Aegilops* spp., *Bromus madritensis*, *Bromus sterilis*, *Cynodon dactylon*, *Lolium perenne*. Στη σύγκριση για τη βιομάζα μεταξύ των οικογενειών της Π1 και Π2, υπάρχει σημαντική διαφορά στα αγρωστώδη και στα ψυχανθή.

Στην Π3 η βιομάζα τα έτη μέτρησης παρουσίασε μείωση το 2002 σε σύγκριση με το 2001 και αύξηση το 2005. Η οικογένεια που επέφερε αυτές τις μεταβολές ήταν τα αγρωστώδη με κύριους αντιπροσώπους για τη μείωση τα είδη *Aegilops neglecta*, *Cynodon dactylon*, *Dacypyrum villosum*, *Hordeum murinum*, *Lolium perenne*, *Oryzopsis miliacea*, *Phalaris paradoxa* και για την αύξηση τα είδη *Avena sterilis*, *Bromus arvensis*, *Bromus* spp. Οι υπόλοιπες οικογένειες στην Π3 παρουσίασαν σχετική σταθερότητα, εκτός από τα σταυρανθή των οποίων μειώθηκε η βιομάζα.

Πίνακας 5.3.3.3: Μέσος όρος της ξηρής βιομάζας των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²) των πέντε επικρατέστερων οικογενειών, του συνόλου τους και το ποσοστό (%) συμμετοχής στις περιοχές και τα έτη μελέτης.

		<i>Poaceae</i> (Αγρωστώδη)		<i>Compositae</i> (Σύνθετα)		<i>Leguminosae</i> (Ψυχανθή)		<i>Cruciferae</i>		<i>Plantagi- naceae</i>		Μερικό Σύνολο	Σύνολο οικογενειών
		Βιομάζα	%	Βιομάζα	%	Βιομάζα	%	Βιομάζα	%	Βιομάζα	%	Βιομάζα	Βιομάζα
Περιοχή 1	2001	55,89	59,8	2,87	3,1	15,13	16,2	13,82	14,8	0,00	0	87,70	93,45
	2002	127,40	56,3	11,78	5,2	64,95	28,7	6,33	2,8	0,00	0	210,47	226,18
	2005	175,40	77,8	18,95	8,4	23,45	10,4	3,71	1,6	0,82	0,4	222,34	225,32
Περιοχή 2	2001	14,53	58,9	5,73	23,2	1,69	6,8	0,04	0,2	0,03	0,1	22,03	24,69
	2002	11,63	38,5	7,05	23,3	10,39	34,4	0,19	0,6	0,02	0,1	29,28	30,22
	2005	52,64	65,4	14,56	18,1	4,63	5,8	1,62	2	3,28	4,1	76,73	80,49
Περιοχή 3	2001	380,78	76,9	19,61	4	19,83	4	49,36	10	8,34	1,7	477,92	494,89
	2002	101,74	49,2	23,64	11,4	18,70	9	33,32	16,1	8,97	4,3	186,36	206,71
	2005	264,36	82,7	21,35	6,7	7,50	2,3	2,27	0,7	11,38	3,6	306,86	319,73
Περιοχή 4 (εκτός)	2001	67,43	24,7	121,31	44,5	26,34	9,7	42,80	15,7	2,70	1	260,59	272,78
	2002	116,84	23,6	218,57	44,1	43,61	8,8	83,21	16,8	6,05	1,2	468,28	495,63
	2005	162,01	37,8	129,27	30,1	51,34	12	63,34	14,8	7,83	1,8	413,79	428,89

Στην Π4 η αύξηση της βιομάζας το έτος 2002 οφείλεται στην ενίσχυση των επικρατέστερων οικογενειών με μεγαλύτερη αύξηση στα αγρωστώδη και στα σύνθετα. Τα είδη που επέδειξαν τη μεγαλύτερη μεταβολή ήταν: *Avena sterilis*, *Hordeum murinum*, *Anthemis chia*, *Carthamus lanatus*, *Chrysanthemum coronarium*, *Eruca vesicaria*, *Hymenocarpus circinatus*. Για το 2005 η πτώση προέκυψε από τα σύνθετα και τα σταυρανθή, με μεγαλύτερη στα είδη *Anthemis chia*, *Carduus pycnocephalus*, *Carthamus lanatus*, *Chrysanthemum coronarium*, *Crepis* spp., *Silybum marianum*, *Eruca vesicaria*.

Από τις οικογένειες, κυριαρχούν ως συμμετοχή με πολύ υψηλό ποσοστό τα αγρωστώδη στις περιοχές του ΧΔΑ. Και στις τέσσερις περιοχές πέφτουν οι τιμές το 2002 και αυξάνονται το 2005. Τα σύνθετα κυριαρχούν στην Π4, εμφανίζονται όμως με μικρά ποσοστά στις περιοχές του ΧΔΑ η Π2 με το μεγαλύτερο ποσοστό έχει τη μισή τιμή της Π4. Τα ψυχανθή παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά στην Π1 όλα τα έτη και στην Π2 το 2002. Στην Π3 παρουσιάζονται με τα μικρότερα ποσοστά. Στην Π4 κυριαρχούν τα σύνθετα εκτός από το 2005. Γενικά στην Π4, ως προς τα ποσοστά συμμετοχής των οικογενειών, παρατηρείται σχετική σταθερότητα στα έτη μέτρησης. Ακόμη, στην Π4 τα σταυρανθή παρουσιάστηκαν με σημαντικό ποσοστό.

Σύμφωνα με το Δημητρακόπουλο (2001), ο Tilman et. al. (1996) εξέτασαν τη σχέση ποικιλότητας με την παραγωγικότητα και τη δέσμευση και απελευθέρωση θρεπτικών σε χορτολιβαδικές κοινότητες πειραματικών επιφανειών στη Μινεσότα, σε εδάφη όπου το άζωτο ήταν περιοριστικός παράγοντας. Στο δεύτερο έτος της αύξησης των φυτών, οι επιφάνειες με την υψηλότερη ποικιλότητα παρουσίασαν μεγαλύτερη παραγωγικότητα. Επίσης, τα περισσότερα ποικίλα οικοσυστήματα εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα να περιέχουν μερικά είδη, τα οποία μπορεί να αντεπεξέλθουν

σε περιβαλλοντική διαταραχή. Και στην περίπτωση ξηρασίας, πειραματικές επιφάνειες πλούσιες σε είδη παρήγαγαν περίπου πενταπλάσια βιομάζα από των με χαμηλό αριθμό ειδών. Ως προς την αφθονία, σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, στα ευαίσθητα είδη θα υπάρχει μείωση, ενώ στα ανθεκτικότερα θα υπάρχει αύξηση, με αποτέλεσμα η βιομάζα της κοινότητας να παραμένει σταθερή. Ακόμη, σε άλλη έρευνα (*Symstad et. al.*, 1998), η σχέση της απώλειας ενός είδους και των οικοσυστημικών διεργασιών επιφέρει: α) μείωση της φυτικής βιομάζας κατά μέσο όρο, καθώς ο πλούτος των ειδών ελαττώνεται και β) αλλαγές στη σύνθεση των ειδών της κοινότητας, ανεξαρτήτως της ποικιλότητάς της, που μπορεί να έχουν σημαντικές επιδράσεις στη βιομάζα.

5.3.4 Βιοποικιλότητα

Ο όρος «βιοποικιλότητα» χρησιμοποιείται ως συνώνυμο της «ποικιλίας της ζωής». Εμπερικλείει την ετερογένεια, η οποία εμφανίζεται σε όλα τα επίπεδα της βιολογικής οργάνωσης. Περιλαμβάνει την ποικιλία των ειδών των φυτών, των ζώων και των υπολοίπων οργανισμών (ποικιλότητα ειδών), τα γονίδια που εμπεριέχουν (γενετική ποικιλότητα) και τις κοινότητες και τα οικοσυστήματα που συγκροτούν (οικολογική ποικιλότητα). Εμπεριέχει, δηλαδή, την ετερογένεια στα πολλαπλά επίπεδα της βιολογικής οργάνωσης, διατεταγμένα με έναν ιεραρχικό τρόπο, περιλαμβάνοντας όχι μόνο τη συνθετική πλευρά του κάθε επιπέδου αλλά και τη δομική και τη λειτουργική του (*Δημητρακόπουλος, 2001*).

Η ποικιλότητα (diversity) είναι ένα από τα βασικά στοιχεία της δομής των κοινοτήτων με συγκεκριμένη βιολογική σημασία και στηρίζεται στην αφθονία των ειδών, καθώς και στον τρόπο κατανομής τους μέσα στην βιοκοινότητα. Η εκτίμηση της ποικιλότητας και οι μεταβολές της στο χρόνο μπορεί να δείξουν τις μεταβολές στη δομή των βιοκοινοτήτων όταν υφίστανται πιέσεις ή διάφορες διαχειριστικές πρακτικές. Στον υπολογισμό της ποικιλότητας συμμετέχουν δύο παράμετροι:

- Η αφθονία των ειδών, ο αριθμός δηλαδή των ειδών μιας κοινότητας
- Η (ισο)-κατανομή των ειδών, ο τρόπος δηλαδή με τον οποίο η παράμετρος που μετράται κατανέμεται μεταξύ των ειδών που απαρτίζουν την κοινότητα. Είναι ενδιαφέρον να μελετάται σε ποιο βαθμό μια συγκεκριμένη κατανομή π.χ. ατόμων μιας κοινότητας “απέχει” από την θεωρητική ισοκατανομή, όπου όλα τα είδη έχουν τον ίδιο αριθμό ατόμων (*Κουτσίδου, 1995*).

Ως παράμετρος της ποικιλότητας λαμβάνεται ο αριθμός των ατόμων είτε η κάλυψη ή η βιομάζα του κάθε είδους. Στην παρούσα έρευνα η εκτίμηση της ποικιλότητας των αυτοφυών ποωδών φυτών έγινε με βάση τον αριθμό ατόμων και τη βιομάζα των ειδών.

Οι δείκτες ποικιλότητας ενσωματώνουν τόσο τον πλούτο των ειδών όσο και την ισοδιανομή σε μία μοναδική τιμή. Για το λόγο αυτό ο *Peet* (1974) τους χαρακτήρισε ως δείκτες ετερογένειας. Το μεγαλύτερο πιθανώς πρόβλημα στη χρήση των δεικτών ποικιλότητας είναι η ερμηνεία τους. Για παράδειγμα, σε κάποιες περιπτώσεις μία δεδομένη τιμή ενός δείκτη ποικιλότητας μπορεί να είναι αποτέλεσμα των ποικίλων συνδυασμών του πλούτου των ειδών και της ισοδιανομής. Η ίδια τιμή ενός δείκτη ποικιλότητας μπορεί να προκύψει για μία κοινότητα με χαμηλό πλούτο ειδών και υψηλή ισοδιανομή και για μία κοινότητα με υψηλό πλούτο ειδών και χαμηλή ισοδιανομή. Συνεπώς, αν κάποιος γνωρίζει μόνο την τιμή ενός δείκτη ποικιλότητας,

είναι αδύνατο να γνωρίζει τη σχετική σημασία του πλούτου των ειδών και της ισοδιανομής. Παρά την πληθώρα των προβλημάτων, οι δείκτες ποικιλότητας χρησιμοποιούνται ευρέως στην έρευνα της οικολογίας (Δημητρακόπουλος, 2001).

Για την μελέτη της σύνθεσης μιας κοινότητας, χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες ποικιλότητας. Οι δείκτες ποικιλότητας είναι μαθηματικοί τύποι, οι οποίοι ενσωματώνουν σε μια αριθμητική τιμή τις δύο βασικές συνιστώσες της βιοποικιλότητας, τον πλούτο των ειδών και την ισοδιανομή των ειδών. Ο πλούτος των ειδών αναφέρεται στον αριθμό των ειδών που είναι παρόντα σε μια κοινότητα, ενώ η ισοδιανομή αναφέρεται στη σχετική αφθονία των ειδών. Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται ευρύτερα είναι ο δείκτης του Simpson (1949), ο δείκτης του Shannon-Wiener (1949) και για την ισοδιανομή χρησιμοποιείται ο δείκτης της Pielou (1975) (Δημητρακόπουλος, 2001). Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης του Shannon-Wiener ο οποίος αναλύεται παρακάτω.

Ο δείκτης του Shannon - Wiener (H') αποτελεί μία μέτρηση του μέσου βαθμού της "αβεβαιότητας" στην πρόβλεψή του σε ποιο είδος θα ανήκει ένα άτομο επιλεγμένο τυχαία από ένα σύνολο ειδών και N ατόμων. Αυτή η αβεβαιότητα αυξάνει καθώς ο αριθμός των ειδών αυξάνει και η κατανομή των ατόμων μεταξύ των ειδών γίνεται ομοιόμορφη. Συνεπώς, δύο είναι οι βασικές ιδιότητες του δείκτη που συνεισφέρουν στο να θεωρείται ο πιο προσφιλής στη μέτρηση της ποικιλότητας των ειδών: α) ισούται με μηδέν, αν υπάρχει μόνο ένα είδος στο δείγμα και β) λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του μόνο όταν όλα τα S είδη αναπαρίστανται από τον ίδιο αριθμό ατόμων - δηλαδή παρουσιάζουν μία τελείως ομοιόμορφη κατανομή των αφθονιών.

Ο δείκτης υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln(p_i)$$

όπου p_i είναι η σχετική αφθονία (ή η αναλογία της βιομάζας) του είδους i στην κοινότητα, που προκύπτει από τη σχέση:

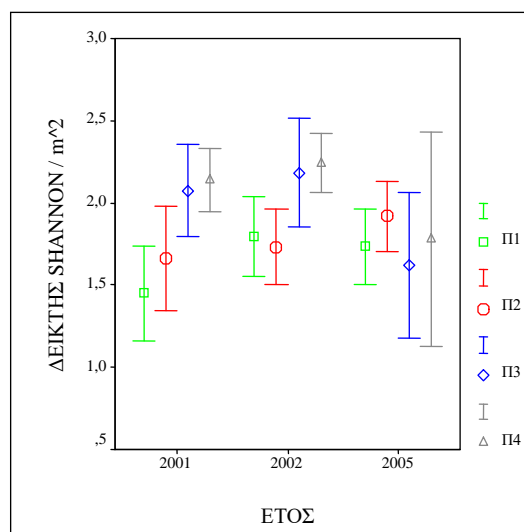
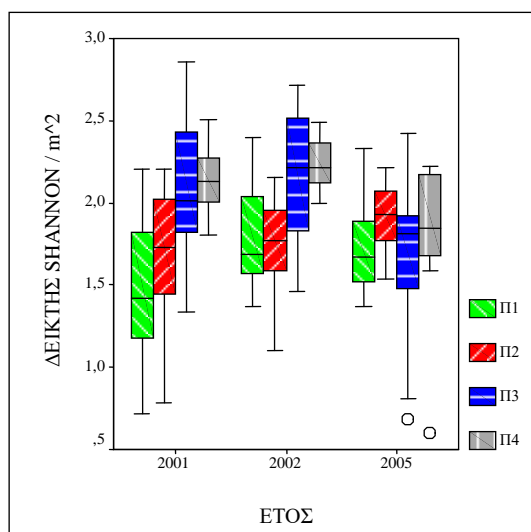
$$p_i = n_i/N, i=1,2,3,4,\dots,S$$

όπου n_i ο αριθμός των ατόμων (ή η βιομάζα) του είδους i , και N ο συνολικός αριθμός των ατόμων (ή συνολική βιομάζα) των S ειδών της κοινότητας.

Από τον υπολογισμό της ποικιλότητας με το δείκτη του Shannon με βάση τις σχετικές αφθονίες των ειδών, προέκυψαν ο πίνακας 5.3.4.1 με τα στατιστικά στοιχεία για τις περιοχές και τα έτη μελέτης, καθώς και τα γραφήματα 5.3.4.1 - 5.3.4.3. Κυρίως λόγω μεταβολής των ειδών, παρατηρείται στις περιοχές σε σχέση με τα έτη μελέτης η ποικιλότητα να αυξάνεται από το 2001 στο 2002 και στη συνέχεια το 2005 να μειώνεται, εκτός από την Π2 στην οποία και το 2005 αυξάνεται. Δηλαδή μέχρι και το 3^ο έτος μετά την αποκατάσταση η ποικιλότητα αυξάνεται, ενώ στο 6^ο μειώνεται, κάτι το οποίο συμβαίνει στις διαταραχές οικοσυστημάτων μετά τη φωτιά και τη βόσκηση. Την υψηλότερη ποικιλότητα παρουσιάζει για το 2001 και 2002 η Π4 και για το 2005 η Π2. Αυτό οφείλεται στο μεγαλύτερο αριθμό ειδών και ισοδιανομής που μετρήθηκαν στην Π4 και στην υψηλότερη ισοδιανομή στην Π2. Από τις περιοχές του ΧΔΑ, η Π3 για το 2001 και 2002 έχει τη μεγαλύτερη ποικιλότητα λόγω του υψηλότερου αριθμού ειδών που μετρήθηκαν ανά δειγματοληπτική επιφάνεια.

Πίνακας 5.3.4.1: Στατιστικά στοιχεία για την ποικιλότητα με το δείκτη του Shannon με βάση τον αριθμό ατόμων των ειδών των αυτοφυών ποωδών φυτών στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²).

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Διακύμανση	Διάμεσος
Περιοχή 1	2001	1,451	18	0,419	1,49	0,176	1,42
	2002	1,796	15	0,317	1,022	0,1	1,688
	2005	1,734	13	0,271	0,966	0,073	1,667
Περιοχή 2	2001	1,662	16	0,432	1,421	0,186	1,727
	2002	1,731	15	0,3	1,05	0,09	1,768
	2005	1,919	10	0,209	0,681	0,044	1,933
Περιοχή 3	2001	2,076	19	0,421	1,525	0,177	2,016
	2002	2,184	14	0,413	1,253	0,171	2,216
	2005	1,62	13	0,526	1,745	0,276	1,814
Περιοχή 4	2001	2,139	12	0,211	0,698	0,044	2,127
	2002	2,241	10	0,175	0,492	0,031	2,212
	2005	1,777	8	0,527	1,62	0,277	1,844



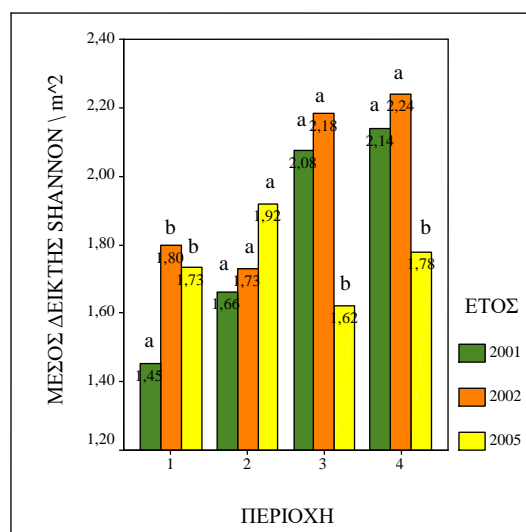
Γραφήματα 5.3.4.1 & 5.3.4.2: Θηκόγραμμα και ραβδόγραμμα σφάλματος (με διάστημα εμπιστοσύνης 95% για το μέσο όρο) του δείκτη H' του Shannon με βάση τον αριθμό ατόμων των ειδών των αυτοφυών ποωδών φυτών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²).

Με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «ποικιλότητα του δείκτη του Shannon με βάση την αφθονία των ποωδών ειδών», υπάρχει αλληλεπίδραση και σημαντική επίδραση των παραγόντων (πίνακας 5.3.4.2, γράφημα 5.3.4.3). Δηλαδή η ποικιλότητα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών (Π1=Π2≠Π3=Π4, p<0,05), των ετών μελέτης και η επίδραση του έτους στην ποικιλότητα δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στην ποικιλότητα μεταβάλλεται στα έτη μελέτης). Από τον πίνακα 5.3.4.2, παρατηρείται επίσης ότι η αλληλεπίδραση

συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της «ποικιλότητας του δείκτη του Shannon με βάση την αφθονία των ποωδών ειδών» και μετά ο παράγοντας «περιοχή».

Πίνακας 5.3.4.2: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στην ποικιλότητα του δείκτη του Shannon με βάση την αφθονία των ποωδών ειδών.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Έτος	1,31	2	0,65	4,68	0,011
Περιοχή	3,6	3	1,2	8,57	<0,001
Έτος * Περιοχή	3,74	6	0,62	4,46	<0,001
Error	21,15	151	0,14		
Total	29,8	162			

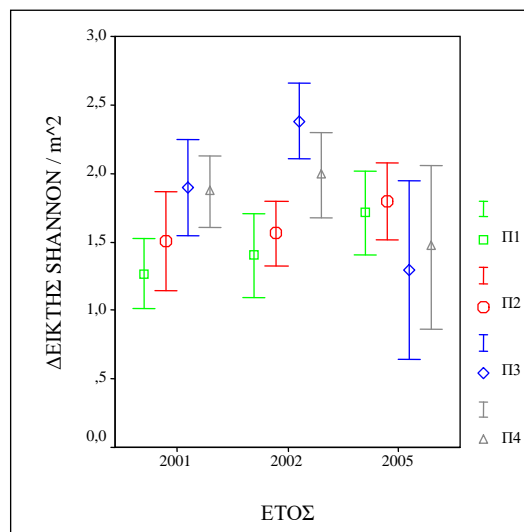
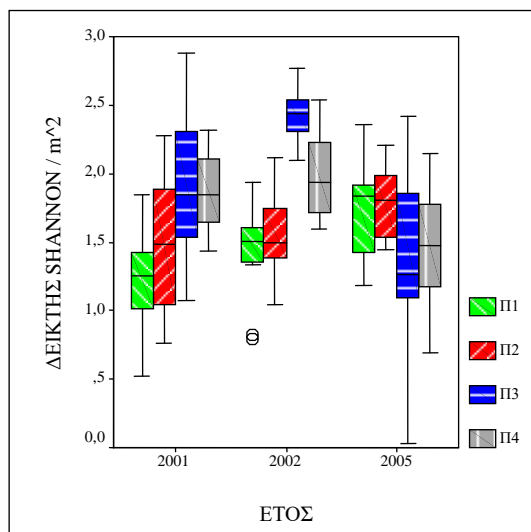


Γράφημα 5.3.4.3: Ραβδόγραμμα του μέσου δείκτη του Shannon με βάση την αφθονία των ποωδών ειδών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²). Οι διαφορές μεταξύ των ετών για την κάθε περιοχή δίνονται με τη χρήση διαφορετικών γραμμάτων (a, b, ab), όπως προέκυψαν από το Tukey post-hoc test.

Αντίστοιχα, από τον υπολογισμό της ποικιλότητας με το δείκτη του Shannon με βάση τις σχετικές τιμές της ξηρής βιομάζας των ειδών, προέκυψαν ο πίνακας 5.3.4.3 με τα στατιστικά στοιχεία για τις περιοχές και τα έτη μελέτης, καθώς και τα γραφήματα 5.3.4.4 - 5.3.4.6. Παρατηρείται ότι οι περιοχές χωρίζονται σε δύο ομάδες, την Π1 με την Π2 και την Π3 με την Π4, συμπεριφέρονται δε το ίδιο, με τις τιμές τους να βρίσκονται κοντά. Στην Π1 και Π2 η ποικιλότητα τα έτη μέτρησης αυξάνεται, ενώ στις Π3 και Π4 αυξάνεται το 2002 και μειώνεται το 2005. Την υψηλότερη ποικιλότητα παρουσιάζει για το 2001 και 2002 η Π3 και για το 2005 η Π2. Τα ανωτέρω οφείλονται για α) την Π1 στην αύξηση του αριθμού των ειδών και της βιομάζας για τα έτη 2001 και 2002, ενώ για το 2005 στην υψηλή ισοδιανομή της βιομάζας, β) την Π2 στην αύξηση και των δύο, γ) την Π3 στην αύξηση του αριθμού ειδών και της ισοδιανομής, ενώ για το 2005 στη μείωση του αριθμού και δ) την Π4 στην αύξηση όλων, ενώ για το 2005 στη μείωση αντίστοιχα όλων των παραμέτρων της ποικιλότητας.

Πίνακας 5.3.4.3: Στατιστικά στοιχεία για την ποικιλότητα με το δείκτη του Shannon με βάση τις σχετικές τιμές της ξηρής βιομάζας των ειδών των αυτοφυών ποωδών φυτών στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά δειγματοληπτική επιφάνεια.

Περιοχή	Έτος	Μέση τιμή	Μέγεθος δείγματος	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Διακύμανση	Διάμεσος
Περιοχή 1	2001	1,266	18	0,373	1,327	0,139	1,249
	2002	1,4	15	0,396	1,422	0,156	1,507
	2005	1,714	13	0,361	1,175	0,13	1,838
Περιοχή 2	2001	1,505	16	0,487	1,517	0,237	1,488
	2002	1,562	15	0,306	1,079	0,094	1,492
	2005	1,794	10	0,275	0,767	0,076	1,803
Περιοχή 3	2001	1,898	19	0,531	1,798	0,282	1,849
	2002	2,38	14	0,341	1,364	0,116	2,434
	2005	1,294	13	0,769	2,386	0,591	1,269
Περιοχή 4	2001	1,863	12	0,29	0,884	0,084	1,849
	2002	1,987	10	0,306	0,945	0,094	1,941
	2005	1,461	8	0,48	1,456	0,23	1,479



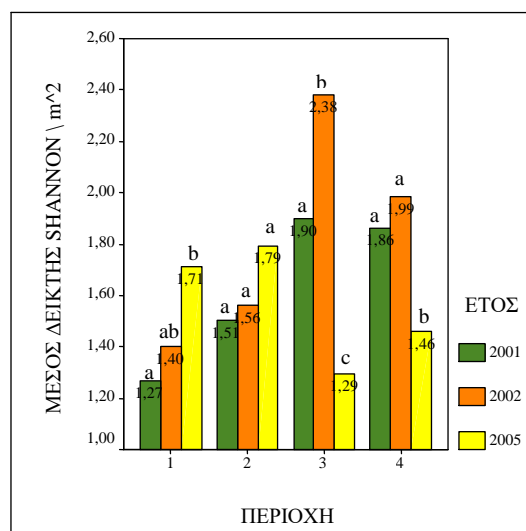
Γραφήματα 5.3.4.4 & 5.3.4.5: Θηκόγραμμα και ραβδόγραμμα σφάλματος (με διάστημα εμπιστοσύνης 95% για το μέσο όρο) του δείκτη του Shannon με βάση τις σχετικές τιμές της ξηρής βιομάζας των ειδών των αυτοφυών ποωδών φυτών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια.

Αντίστοιχα με τις προϋποθέσεις που ορίζει η ανάλυση διακύμανσης, από τον έλεγχο για την ύπαρξη αλληλεπίδρασης και κύριων επιδράσεων των παραγόντων «έτος» και «περιοχή» στη μεταβλητή «ποικιλότητα του δείκτη του Shannon με βάση τις σχετικές τιμές της ξηρής βιομάζας των ειδών», υπάρχει αλληλεπίδραση και σημαντική επίδραση των παραγόντων (πίνακας 5.3.4.4, γράφημα 5.3.4.6). Δηλαδή η ποικιλότητα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών ($\Pi1 \neq \Pi2 \neq \Pi3 \neq \Pi4$, $p < 0,05$), των ετών μελέτης (έτος 2001 = έτος 2005 \neq έτος 2002) και η επίδραση του έτους στην ποικιλότητα δεν είναι ομοιόμορφη στις περιοχές και αντίστροφα (η επίδραση της περιοχής στην ποικιλότητα μεταβάλλεται στα έτη μελέτης). Ακόμη, από τον πίνακα

5.3.4.4, παρατηρείται ότι η αλληλεπίδραση συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της «ποικιλότητας του δείκτη του Shannon με βάση τις σχετικές τιμές της ξηρής βιομάζας των ειδών» και μετά ο παράγοντας «περιοχή».

Πίνακας 5.3.4.4: Ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της περιοχής και του έτους μελέτης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους, στην ποικιλότητα του δείκτη H' του Shannon με βάση τις σχετικές τιμές της ξηρής υπέργειας βιομάζας των ειδών των αυτοφυών ποωδών φυτών.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Έτος	1,91	2	0,95	5,02	0,008
Περιοχή	3,96	3	1,32	6,93	0,001
Έτος * Περιοχή	9,55	6	1,59	8,36	0,001
Error	28,73	151	0,19		
Total	44,15	162			



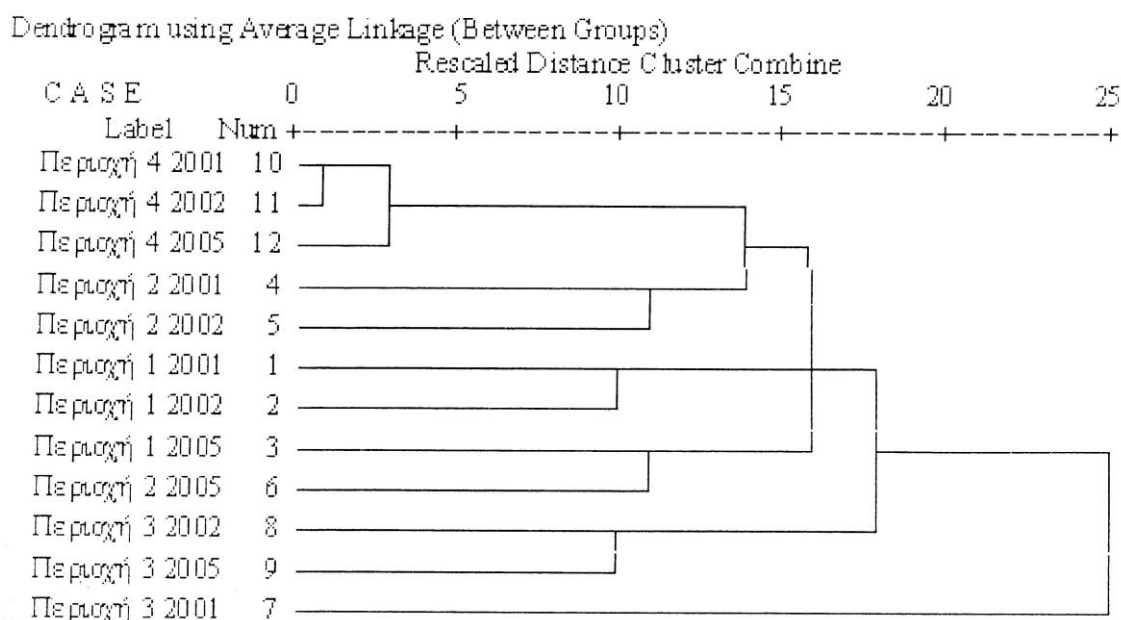
Γράφημα 5.3.4.6: Ραβδόγραμμα του μέσου δείκτη Shannon με βάση τις σχετικές τιμές της ξηρής βιομάζας των ποωδών ειδών σε κάθε περιοχή και έτος έρευνας ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²). Οι διαφορές μεταξύ των ετών για την κάθε περιοχή δίνονται με τη χρήση διαφορετικών γραμμάτων (a, b, ab), όπως προέκυψαν από το Tukey post-hoc test.

Οι μέθοδοι ιεραρχικής ομαδοποίησης δεδομένων υποδιαιρούνται σε δύο κατηγορίες: τις συσσωρευτικές (*agglomerative*) και τις επιμεριστικές (*divisive*). Στη συσσωρευτική ιεραρχική ανάλυση, οι παρατηρήσεις οι οποίες θεωρούνται αρχικά ως διακριτές μονομελείς συστάδες ή ομάδες (*clusters* ή *groups*) συνενώνονται βαθμιαία σε όλο και μεγαλύτερες συστάδες, έως ότου καταστούν μέλη μίας και μόνο συστάδας. Οι ιεραρχικές ομαδοποιήσεις μπορεί να αναπαρασταθούν με ένα διάγραμμα δύο διαστάσεων - γνωστό και ως δένδρογραμμα (*dendrogram*)- το οποίο απεικονίζει τις ομαδοποιήσεις ή διαιρέσεις που έγιναν στα διαδοχικά στάδια της ανάλυσης.

Από τις συσσωρευτικές μεθόδους, η ανάλυση σε συστάδες (*cluster analysis*) είναι ένας γενικός όρος, ο οποίος χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα σύνολο μεθόδων ομαδοποίησης. Η ακριβής μέθοδος, και άρα η ομαδοποίηση που προκύπτει,

εξαρτάται από την επιλογή της μεθόδου τυποποίησης των δεδομένων, της συνάρτησης ομοιότητας ή απόστασης και της στρατηγικής (τεχνικής) ομαδοποίησης. Στην εργασία αυτή ομαδοποιήθηκαν οι περιοχές για κάθε έτος με βάση την καταγραφή των ειδών (παρουσία – απουσία) (γράφημα 5.3.4.7). Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν του μέσου δεσμού μεταξύ των ομάδων (complete group average – unweighted group average linkage).

Από το δενδρόγραμμα που σχηματίστηκε, η Π4 για τα τρία έτη ομαδοποιήθηκε πρώτη (πρώτα τα έτη 2001 και 2002 και μετέπειτα με το έτος 2005), δείχνοντας τα πολλά κοινά είδη που είχε στα έτη, κάτι αναμενόμενο καθώς είναι ο “μάρτυρας” που βρίσκεται κάτω από φυσιολογικές συνθήκες. Στη συνέχεια ομαδοποιήθηκε η Π2 για το 2001 και 2002 και μετέπειτα με όλα τα προηγούμενα. Μετά ομαδοποιήθηκε η Π1 για τα ίδια έτη και μετά οι Π1 με την Π2 για το 2005. Όλα τα προηγούμενα στη συνέχεια ομαδοποιήθηκαν. Μετά η Π3 για το 2002 με το 2005 και όλα μαζί πάλι. Τέλος, η Π3 για το 2001 ομαδοποιήθηκε με όλες τις περιοχές. Άρα η Π3 για το 2001 και η Π3 για το 2002 και 2005 έχουν μεγάλη διαφορά στη σύνθεση των ειδών από τις υπόλοιπες περιοχές για κάθε έτος, το οποίο συμφωνεί με τον πίνακα 5.3.1.3.



Γράφημα 5.3.4.7: Δενδρόγραμμα με ομαδοποιήσεις των περιοχών μελέτης ανά έτος με βάση την παρουσία ή απουσία των ειδών.

5.3.5 Παράμετροι Μεταβολής Αυτοφυών Ποωδών Φυτών

Από τις μετρημένες εδαφικές ιδιότητες και τις συγκεντρώσεις των αερίων του εδάφους, αυτές που επηρεάζουν τις μεταβλητές της βλάστησης των αυτοφυών ποωδών φυτών δίνονται στον πίνακα 5.3.5. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων και των αερίων του εδάφους, που επηρεάζουν τις μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών, είναι οι εκτιμηθείσες σύμφωνα με τη χωρική παρεμβολή και τις μεθόδους των splines και των πολυγώνων Thiessen αντίστοιχα. Κι αυτό στα σημεία του πλαισίου δειγματοληψίας που μετρήθηκαν οι μεταβλητές για τα δύο βάθη εδάφους ως προς τις εδαφικές ιδιότητες και το βάθος 30 cm για τα αέρια.

Πίνακας 5.3.5: Εδαφικές ιδιότητες και αέρια του εδάφους που επηρεάζουν τις μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών με χρήση συσχέτισης Kendall, ανονα και γραμμικό μοντέλο με διόρθωση*.

Παράμετρος	Αριθμός ειδών	Αριθμός ατόμων	Βιομάζα	Δείκτης Shannon (αριθμός ατόμων)	Δείκτης Shannon (βιομάζα)
Υδατοϊκανότητα (%)		F=4,45 p=0,035 (+)			F=5,06 p=0,025 (+)
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μmhos/cm) Βάθος 1 & 2**	tau=-0,157 p<0,001 F=28,82 p<0,001 (-)		tau=-0,245 p<0,001 F=20,4 p<0,001 (-)	tau=-0,077 p=0,001 F=21,26 p<0,001 (-)	tau=-0,125 p<0,001 F=19,5 p<0,001 (-)
Συμπίεση (KPa) Βάθος 1 & 2	tau=-0,127 p<0,001 F=5,46 p=0,004 (-)		tau=-0,092 p<0,001 F=5,96 p=0,003 (+)		
CaCO ₃ (%) Βάθος 1 & 2			tau=-0,24 p<0,001 F=3,72 p=0,025 (+)		
pH (1:1) Βάθος 1 & 2	tau=-0,164 p<0,001 F=5,44 p=0,004 (-)	tau=0,114 p<0,001 F=42,61 p<0,001 (+)	tau=-0,306 p<0,001 F=45,08 p<0,001 (-)	tau=-0,185 p<0,001 F=35,22 p<0,001 (-)	tau=-0,049 p=0,023 F=6,56 p=0,001 (-)
Οργανική ουσία (%) Βάθος 1 & 2	tau=0,375 p<0,001 F=6,91 p=0,001 (+)	tau=0,145 p<0,001 F=20,9 p<0,001 (+)		tau=0,215 p<0,001 F=20,1 p<0,001 (+)	tau=0,263 p<0,001 F=17,87 p<0,001 (+)
ΙΑΚ (meq/100gr) Βάθος 1 & 2	tau=0,161 p<0,001 F=7,58 p<0,001 (+)	tau=0,089 p<0,001 F=3,32 p=0,037 (+)	tau=0,115 p<0,001 F=5,42 p=0,005 (+)		
Ολικό N (%) Βάθος 1 & 2	tau=0,364 p<0,001 F=4,68 p=0,009 (+)	tau=0,065 p=0,008 F=12,16 p<0,001 (+)	tau=0,074 p=0,003 F=3,19 p=0,041 (-)	tau=0,222 p<0,001 F=5,2 p=0,006 (+)	
Αφομοιώσιμος P (ppm) Βάθος 1 & 2	tau=-0,054 p=0,027 F=10,96 p<0,001 (-)		tau=0,051 p=0,031 F=6,79 p=0,001 (-)	tau=-0,084 p<0,001 F=5,55 p=0,004 (-)	tau=-0,122 p<0,001 F=22,52 p<0,001 (-)
Ανταλλάξιμο K (meq/100gr) Βάθος 1 & 2	tau=0,236 p<0,001 F=84,13 p<0,001 (+)		tau=0,115 p<0,001 F=58,22 p<0,001 (+)	tau=0,116 p<0,001 F=12,92 p<0,001 (+)	tau=0,068 p=0,005 F=6,82 p=0,001 (+)
Ανταλλάξιμο Mg (meq/100gr) Βάθος 1 & 2	tau=-0,1 p<0,001 F=7,22 p<0,001 (-)	tau=0,044 p=0,064 F=5,51 p=0,004 (+)	tau=-0,049 p=0,04 F=13,15 p<0,001 (-)	tau=-0,117 p<0,001 F=18,47 p<0,001 (-)	
Ανταλλάξιμο Ca (meq/100gr) Βάθος 1 & 2	tau=0,046 p=0,056 F=8,07 p<0,001 (-)	tau=-0,249 p<0,001 F=21,1 p<0,001 (-)	tau=-0,248 p<0,001 F=9,55 p<0,001 (+)		
CH ₄ (min, aver, max) (%)		tau=-0,173 p<0,001 F=20,1 p=0,018 (-)	tau=-0,414 p<0,001 F=3,36 p<0,001 (-)	tau=-0,09 p<0,001 F=26,17 p<0,001 (-)	
CO ₂ (min, aver, max) (%)	tau=-0,101 p<0,001 F=13,135 p<0,001 (-)	tau=-0,088 p<0,001 F=3,62 p=0,013 (-)	tau=-0,401 p<0,001 F=28,634 p<0,001 (-)	tau=-0,109 p<0,001 F=8,24 p<0,001 (-)	
O ₂ (min, aver, max) (%)	tau=0,051 p=0,036 F=3,239 p=0,022 (+)	tau=0,253 p<0,001 F=10,51 p<0,001 (+)	tau=0,315 p<0,001 F=16,38 p<0,001 (+)		
Ts (min, aver, max) (°C)	tau=-0,073 p=0,001 F=3,47 p=0,016 (-)	tau=0,042 p=0,057 F=26,67 p<0,001 (+)	tau=-0,249 p<0,001 F=30,51 p<0,001 (-)	tau=-0,141 p<0,001 F=23,45 p<0,001 (-)	tau=-0,07 p=0,001 F=5,04 p=0,002 (-)

* ▶ tau, p από συσχέτιση Kendall, με πρόσημο «-» στο tau η σχέση είναι αρνητική, χωρίς πρόσημο η σχέση είναι θετική

▶ F, p από ανονα

▶ (+) ή (-) επίδραση θετική ή αρνητική στις μεταβλητές και στα δύο βάθη εδάφους από γραμμικά μοντέλα με διόρθωση ως προς «έτος», «περιοχή» και «βάθος εδάφους».

** ▶ Βάθος 1 = Βάθος 0-10 cm

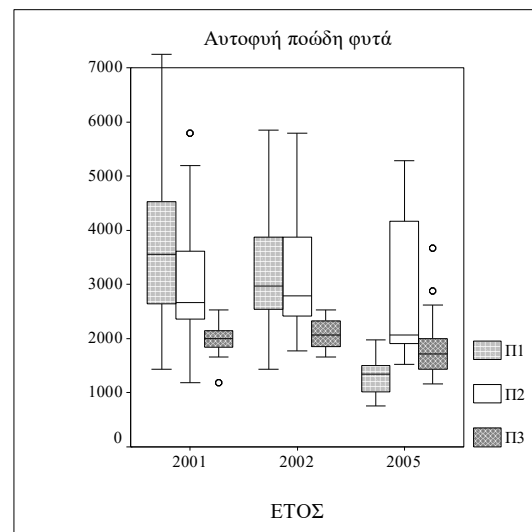
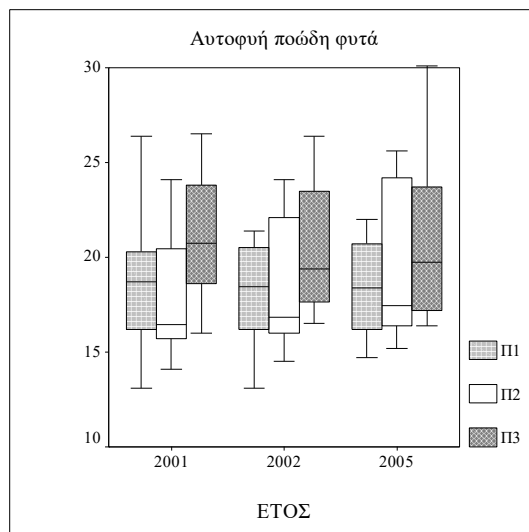
▶ Βάθος 2 = Βάθος 10-40 cm

Από τον πίνακα 5.3.5, η υδατοϊκανότητα επηρεάζει οριακά τον αριθμό ατόμων και το δείκτη Shannon ως προς τη βιομάζα, με την επίδραση να είναι θετική, δηλαδή σε αύξηση της παραμέτρου αυξάνονται οι τιμές των μεταβλητών ελάχιστα, σύμφωνα με το συντελεστή του γραμμικού μοντέλου διορθωμένο ως προς περιοχή, έτος και βάθος εδάφους. Αύξηση κατά 1% της υδατοϊκανότητας θα αυξήσει κατά 5,49 τα άτομα των ποωδών φυτών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια και κατά 0,01 την ποικιλότητα στο δείκτη Shannon. Η επίδραση στον αριθμό ατόμων οφείλεται πιθανόν στους χώρους χωρίς φυτά που υπάρχουν στις περιοχές, με την αύξηση της παραμέτρου να ευνοεί τη φύτευση ή επιβίωση περισσότερων ατόμων στις συνθήκες του ΧΔΑ. Στο γράφημα 5.3.5.1 δίνεται η υδατοϊκανότητα των δειγματοληπτικών επιφανειών ανά έτος μελέτης για κάθε πειραματική περιοχή. Παρατηρείται ότι η υδατοϊκανότητα παραμένει περίπου σταθερή με μικρές αυξομειώσεις στα έτη για την κάθε περιοχή. Επίσης, συγκρίνοντας τις περιοχές μεταξύ τους, η Π3 έχει μεγαλύτερη υδατοϊκανότητα από τις άλλες δύο και ακολουθεί η Π1 λόγω των καλύτερων εδαφικών ιδιοτήτων της.

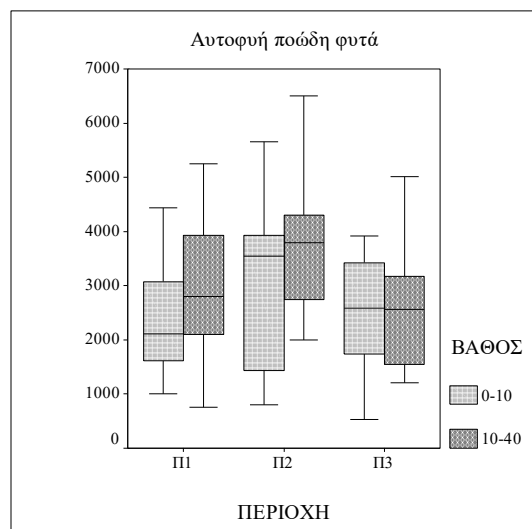
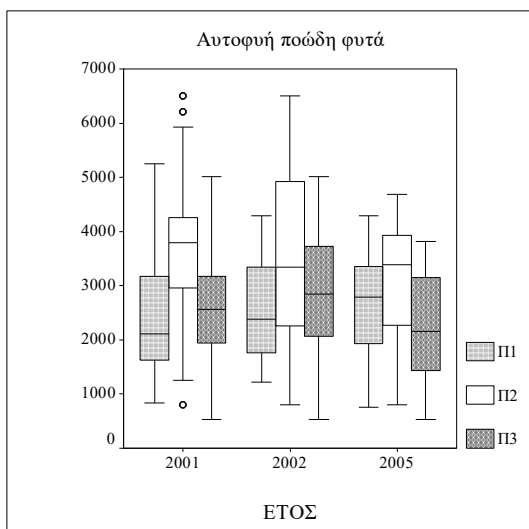
Στην ηλεκτρική αγωγιμότητα βρέθηκε σημαντική σχέση με όλες τις μεταβλητές εκτός από τον «αριθμό ατόμων» (πίνακας 5.3.5). Από τη συσχέτιση Kendall στις επηρεαζόμενες μεταβλητές, υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση, με την αγωγιμότητα να είναι σε βαθμό μεγαλύτερη στη «βιομάζα» ($\tau = -0,245$ $p < 0,001$). Επομένως όσο αυξάνεται η αγωγιμότητα μειώνονται οι τιμές των μεταβλητών. Τα γραμμικά μοντέλα με «διόρθωση» ως προς «έτος», καθώς υπάρχει διαφορά στις τιμές του παράγοντα από «περιοχή» σε «περιοχή» και όχι εντός της ίδιας «περιοχής», επιβεβαίωσαν την άποψη με τις μεταβλητές, με τις σχέσεις να είναι αρνητικές και στα δύο βάθη (γράφημα 5.3.5.2). Όμως λόγω της μικρής έκτασης της σχέσης (οι τιμές των συντελεστών είναι πολύ μικρές) και η άποψη πολύ «ισχυρή», ο παράγοντας αν και έχει σαφώς κάποιο ρόλο, δεν είναι πολύ σημαντικός, πολύ καθοριστικός για τις μεταβλητές. Από τις τιμές των συντελεστών των μοντέλων, συμπεραίνουμε επίσης ότι το βάθος είναι ασήμαντο για τις μεταβλητές, καθώς δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το t-test, καθώς δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη ($p = 0,201$, MO βάθους 0-10cm=2582 $\mu\text{mhos/cm}$ και MO βάθους 10-40cm=2670 $\mu\text{mhos/cm}$).

Από την επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική σχέση της συμπίεσης του εδάφους με τις μεταβλητές «αριθμός ειδών» και «βιομάζα» (άποψη $p = 0,004$ και $p = 0,003$) (πίνακας 5.3.5). Από τη συσχέτιση Kendall στις μεταβλητές, υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση με την συμπίεση, και σε βαθμό μεγαλύτερη είναι στον «αριθμό ειδών» ($\tau = -0,127$ $p < 0,001$) - σχετικά μικρή. Επομένως όσο αυξάνεται η συμπίεση μειώνονται οι τιμές των μεταβλητών. Στα γραμμικά μοντέλα με «διόρθωση» ως προς «έτος» και «περιοχή», η μεταβολή των τιμών της συμπίεσης είναι τόσο πολύ σημαντική στατιστικά ώστε ακόμη και στην ίδια περιοχή θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη (γράφημα 5.3.5.3). Και στα δύο βάθη εδάφους (0-10 και 10-40 cm) οι σχέσεις συμπίεσης με τις μεταβλητές είναι αρνητική με τον «αριθμό ειδών» και θετική με τη «βιομάζα». Όμως λόγω της μικρής έκτασης της σχέσης (οι τιμές των συντελεστών των γραμμικών μοντέλων είναι πολύ μικρές) και η άποψη με τα p είναι πολύ «ισχυρή», σημαίνει ότι η συμπίεση έχει σαφώς κάποιο ρόλο αλλά δεν είναι τόσο καθοριστικός για τις μεταβλητές. Εφαρμόζοντας t-test ανάμεσα στα δύο βάθη εδάφους, αποδεικνύεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους, που σύμφωνα με τους μέσους όρους η συμπίεση είναι μικρότερη στο βάθος 0-10 cm ($p < 0,001$, μέσος όρος βάθους 0-10cm=2552 KPa και MO βάθους 10-40cm=3113

ΚΡα) (γράφημα 5.3.5.4). Φυσιολογικό να καταγράφεται μικρότερη συμπίεση στην επιφάνεια του εδάφους λόγω περισσότερης οργανικής ουσίας από ξερά φυτικά υπολείμματα που βελτιώνει τη συμπίεση, το ριζικό σύστημα το οποίο αναπτύσσεται και τη διείσδυση των ριζών που “χαλαρώνει” το έδαφος. Ως προς τη «βιομάζα» η συσχέτιση είναι μία ασθενής αρνητική σχέση, ενώ στο μοντέλο είναι θετική. Επειδή η συσχέτιση δίνει απλώς μια γενική εικόνα της σχέσης, ενώ το γραμμικό μοντέλο διερευνά διεξοδικά με περισσότερες παραμέτρους, έχει μεγαλύτερη σημασία το μοντέλο και θεωρείται πιο έγκυρο στη διαφορά που προκύπτει μεταξύ τους. Η διαφορά πιθανώς οφείλεται στο ότι η «βιομάζα» από «περιοχή» σε «περιοχή» έχει αρνητική σχέση αλλά εντός της ίδιας «περιοχής» έχει θετική.



Γραφήματα 5.3.5.1 & 5.3.5.2: Η υδατοϊκανότητα και ηλεκτρική αγωγιμότητα στις δειγματοληπτικές επιφάνειες (plots) των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά έτος μελέτης στην κάθε πειραματική περιοχή.

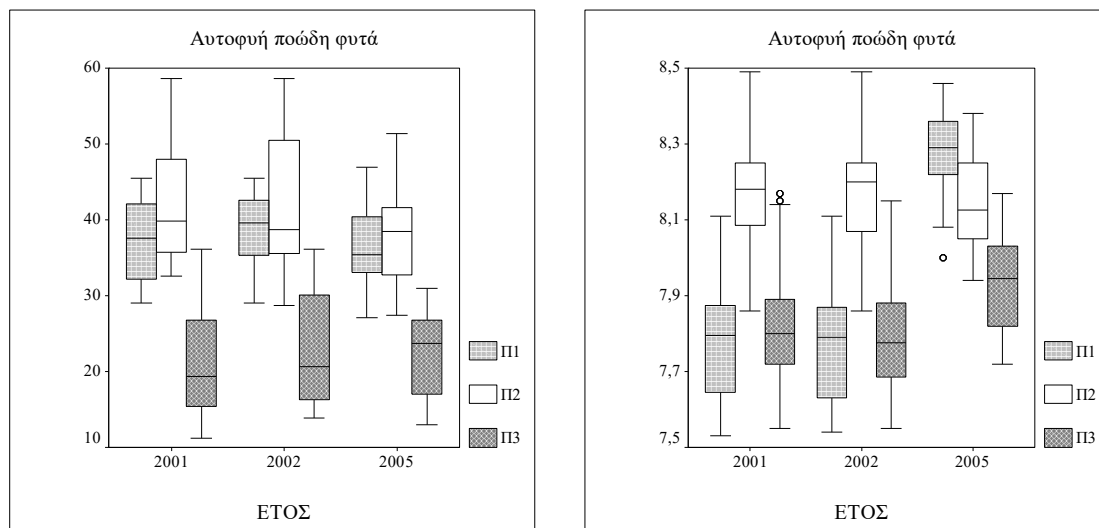


Γραφήματα 5.3.5.3 & 5.3.5.4: Η μέση συμπίεση εδάφους στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά έτος μελέτης στην κάθε πειραματική περιοχή. Αντίστοιχα, η μέση συμπίεση στην κάθε περιοχή μελέτης και στα δύο βάθη.

Από τον πίνακα 5.3.5, η μοναδική σημαντική σχέση του ανθρακικού ασβεστίου βρέθηκε με τη «βιομάζα» (apova $p=0,025$). Τα γραμμικά μοντέλα με «διόρθωση» ως προς «έτος» και «περιοχή», που σημαίνει ότι μεταβολές στις τιμές του παράγοντα ακόμη και στην ίδια περιοχή είναι πάρα πολύ σημαντικές (γράφημα 5.3.5.5), επιβεβαίωσαν την apova, με τη σχέση της «βιομάζας» να είναι θετική και στα δύο βάθη. Από τις τιμές των συντελεστών των μοντέλων, συμπεραίνουμε επίσης ότι το βάθος είναι ασήμαντο για τη μεταβλητή - δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη. Αυτό εν μέρει επιβεβαιώνεται και από το t-test, καθώς η στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη είναι οριακή ($p=0,03$, MO βάθους 0-10cm=32,4% και MO βάθους 10-40cm=33,7%). Αναμενόμενο να μην καταγράφεται σημαντική διαφορά στα δύο βάθη, καθώς το έδαφος μεταφέρθηκε στο ΧΔΑ και δεν ισχύουν οι μηχανισμοί της εδαφογένεσης ή συνυπάρχουν ταυτόχρονα στα δύο βάθη οι ίδιοι μηχανισμοί αφαίρεσής του όπως π.χ. η διαλυτοποίησή του με την ύπαρξη CO_2 . Ακόμη, από τα γραμμικά μοντέλα ως προς τη «βιομάζα», μία αύξηση 1% του ανθρακικού ασβεστίου στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τη βιομάζα των ποωδών φυτών κατά 3,714 gr και στο βάθος 10-40 cm την αυξάνει κατά 3,697 gr ανά δειγματοληπτική επιφάνεια. Πιθανώς τα περισσότερα αυτοφυή ποώδη είδη που καταγράφηκαν στις περιοχές του ΧΔΑ ή τα είδη με τη μεγαλύτερη βιομάζα να είναι ασβεστόφιλα, οπότε μία αύξηση του ήδη υψηλού CaCO_3 να επιφέρει επιπλέον αύξηση στη βιομάζα κατά περίπου 3,7 gr ανά βάθος. Ως προς τη «βιομάζα» η συσχέτιση είναι μία αρνητική σχέση, ενώ στο μοντέλο είναι θετική και ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στη συμπύεση για αυτή τη διαφορά. Ακόμη, από τα γραμμικά μοντέλα με διόρθωση, μόνο ως προς «έτος» υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση με τη μεταβλητή «αριθμός ειδών», η οποία οφείλεται στη διαφορά από «περιοχή» σε «περιοχή», με τις Π1 και Π2 να έχουν πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε CaCO_3 απ' ό,τι η Π3 (γράφημα 5.3.5.5).

Ως προς τον παράγοντα pH η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων απέδειξε σχέση με όλες τις μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών (apova, πίνακας 5.3.5). Από τη συσχέτιση Kendall στις μεταβλητές υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση με το pH, όπου σε βαθμό η μεγαλύτερη με διαφορά είναι στη «βιομάζα» ($\text{tau}=-0,306$ $p<0,001$) - μόνο στον «αριθμό ατόμων» υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική σχέση ($\text{tau}=0,114$ $p<0,001$). Επομένως όσο αυξάνεται το pH αυξάνονται οι τιμές του «αριθμού ατόμων», ενώ για τις υπόλοιπες μεταβλητές οι τιμές μειώνονται. Τα γραμμικά μοντέλα με «διόρθωση» ως προς «έτος», καθώς υπάρχει διαφορά στις τιμές του παράγοντα από «περιοχή» σε «περιοχή» και όχι εντός της ίδιας «περιοχής», επιβεβαίωσαν τα ανωτέρω, με τις σχέσεις να είναι αρνητικές και στα δύο βάθη εδάφους, εκτός από τον «αριθμό ατόμων» που ήταν θετική (γράφημα 5.3.5.6). Από τους συντελεστές των γραμμικών μοντέλων, το βάθος δεν είναι σημαντικό για τις μεταβλητές, δεν έχει διαφορά. Αυτό επίσης επιβεβαιώνεται και από το t-test, καθώς δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη εδάφους ($p=0,777$, MO βάθους 0-10cm=7,93 και MO βάθους 10-40cm=8,0). Από τα μοντέλα ως προς τη «βιομάζα», αύξηση μίας μονάδας του pH στο βάθος 0-10 cm μειώνει τη βιομάζα κατά 26,094 gr και στο βάθος 10-40 cm τη μειώνει κατά 25,803 gr. Το ίδιο συμβαίνει με τους συντελεστές των υπόλοιπων μεταβλητών, εκτός του «αριθμού ατόμων» που αυξάνεται κατά 21,446 και 21,245 άτομα αντίστοιχα. Λόγω του υψηλού pH, μία αύξησή του θα μειώσει τη βιομάζα και θα αυξήσει τον αριθμό ατόμων των ποωδών φυτών πιθανόν α) ως προς τη βιομάζα άμεσα να επηρεάσει υφιστάμενα είδη, καθώς δεν θα βρίσκονται στο optimum της ανάπτυξής τους, και έμμεσα μέσω της μείωσής τους, αφού ο παράγοντας έχει αρνητική επίδραση στη μεταβλητή «αριθμός

ειδών» και β) ως προς τον αριθμό ατόμων να αυξηθούν από είδη που επιβιώνουν φυσιολογικά σε αυτές τις συνθήκες καταλαμβάνοντας ελεύθερους χώρους ή χώρους των ειδών που δεν θα επιβιώνουν. Επίσης, με την αύξηση του αριθμού ατόμων, η βιομάζα τους να μειώνεται λόγω και του ανταγωνισμού για υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, θρεπτικά κλπ.

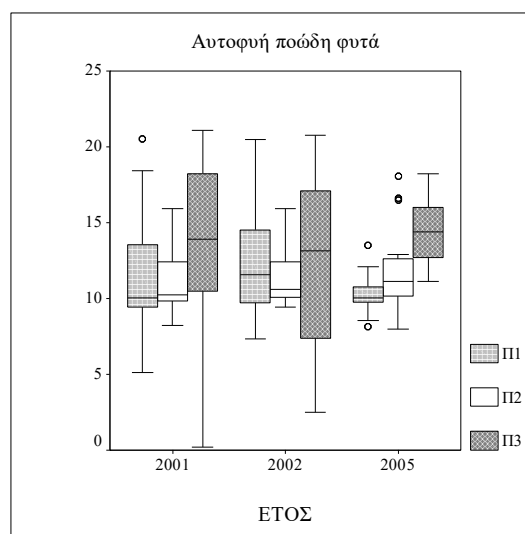
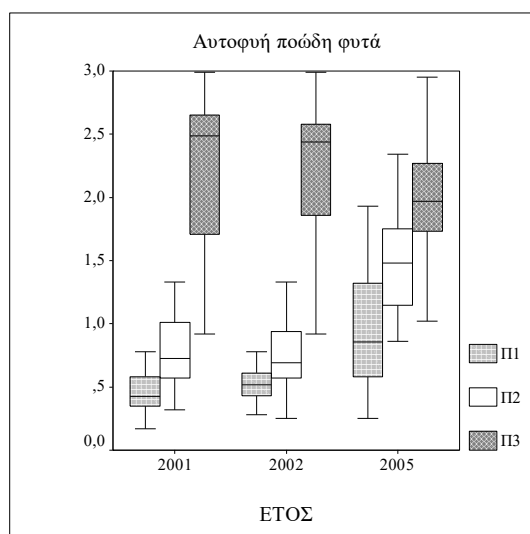


Γραφήματα 5.3.5.5 & 5.3.5.6: Το ανθρακικό ασβέστιο και το pH στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των ποωδών φυτών ανά έτος μελέτης στην κάθε πειραματική περιοχή.

Ως προς την οργανική ουσία η στατιστική επεξεργασία απέδειξε σημαντική σχέση με τις μεταβλητές, εκτός από τη «βιομάζα» (απονα πίνακας 5.3.5). Από τη συσχέτιση Kendall σε όλες τις μεταβλητές υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική σχέση με την οργανική ουσία του εδάφους, όπου σε βαθμό μεγαλύτερη είναι στον «αριθμό ειδών» ($\tau=0,375$ $p<0,001$). Επομένως όσο αυξάνεται η οργανική ουσία αυξάνονται και οι τιμές των μεταβλητών. Τα γραμμικά μοντέλα πραγματοποιήθηκαν με «διόρθωση» ως προς «έτος» και «περιοχή» και όχι μόνο ως προς «έτος», καθώς η οργανική ουσία έχει πολύ μεγάλη στατιστική σημασία (γράφημα 5.3.5.7). Αυτό σημαίνει ότι μεταβολές στις τιμές της ακόμη και στην ίδια περιοχή είναι πάρα πολύ σημαντικές, όπως και η περιεκτικότητά της σε κάθε σημείο οποιασδήποτε περιοχής. Τα μοντέλα επιβεβαίωσαν τα ανωτέρω με τις μεταβλητές, με τις σχέσεις να είναι θετικές και στα δύο βάθη. Από τους συντελεστές των μοντέλων, το βάθος είναι σημαντικό για τις μεταβλητές, καθώς υπάρχει διαφορά. Οι συντελεστές στο βάθος 10-40 cm επηρεάζουν περισσότερο τις μεταβλητές απ' ό,τι στο βάθος 0-10 cm. Αυτό επιβεβαιώνει και το t-test: ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη, που σύμφωνα με τους μέσους όρους η οργανική ουσία είναι λιγότερη στο βάθος 10-40cm ($p<0,001$, MO βάθους 0-10cm=1,42% και MO βάθους 10-40cm=1,12%). Φυσιολογικό να καταγράφεται λιγότερη οργανική ουσία όσο αυξάνεται το βάθος εδάφους, καθώς υπάρχει οργανικό υλικό στην επιφάνειά του από ξερά ποώδη φυτά, τις ρίζες τους, φύλλα θάμνων και δέντρων κλπ. Ακόμη, από τα μοντέλα ως προς τον «αριθμό ατόμων», αύξηση 1% της οργανικής ουσίας στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τον αριθμό κατά 104,64 άτομα και στο βάθος 10-40 cm κατά 122,13. Δηλαδή ανεξάρτητα από το «έτος» και την «περιοχή», όταν αυξάνεται η οργανική ουσία υπάρχουν περισσότερα άτομα στο σύνολο των ειδών. Αντίστοιχα στον «αριθμό ειδών» αυξάνει τα είδη κατά 1,228 και 1,662, στο «δείκτη Shannon (αριθμός ατόμων)» αυξάνει την ποικιλότητα κατά 0,178 και 0,228 και στο «δείκτη

Shannon (βιομάζα)» αυξάνει την ποικιλότητα κατά 0,215 και 0,269. Αυτό οφείλεται στον πολύπλευρο ρόλο της οργανικής ουσίας σε συνδυασμό με τις χαμηλές τιμές που έχει στα σημεία μέτρησης των δειγματοληπτικών επιφανειών. Ο ευνοϊκός ρόλος της στη δομή του εδάφους, στη ρυθμιστική ικανότητά του, στη ρύθμιση της κυκλοφορίας του εδαφικού αέρα και ύδατος, καθώς και στη θρέψη των φυτών, είναι σημαντικά περιορισμένοι από τις χαμηλές τιμές που σε οποιαδήποτε αύξησή της επιδρά θετικά στις μεταβλητές.

Από τον πίνακα 5.3.5, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων επηρεάζει τις μεταβλητές εκτός από δείκτη Shannon. Από τη συσχέτιση Kendall στις μεταβλητές υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική σχέση με την ΙΑΚ, που σε βαθμό μεγαλύτερη είναι στον «αριθμό ειδών» ($\tau=0,161$ $p<0,001$). Επομένως όσο αυξάνεται η ΙΑΚ αυξάνονται οι τιμές των μεταβλητών. Τα γραμμικά μοντέλα με «διόρθωση» ως προς «έτος», καθώς υπάρχει διαφορά στις τιμές του παράγοντα από «περιοχή» σε «περιοχή» και όχι εντός της ίδιας «περιοχής», επιβεβαίωσαν την άποψη, με τις σχέσεις να είναι θετικές και στα δύο βάθη (γράφημα 5.3.5.8). Από τις τιμές των συντελεστών των μοντέλων, το βάθος είναι σημαντικό για τις μεταβλητές, καθώς υπάρχει διαφορά. Οι συντελεστές στο βάθος 0-10 cm επηρεάζουν περισσότερο τις μεταβλητές από το βάθος 10-40 cm. Αυτό επιβεβαιώνει και το t-test: ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη που σύμφωνα με τους μέσους όρους η ΙΑΚ είναι μικρότερη στο βάθος 10-40 cm ($p<0,001$, ΜΟ βάθους 0-10cm=12,55 meq/100gr και ΜΟ βάθους 10-40cm=11,63 meq/100gr). Οι μεγαλύτερες τιμές σε οργανική ουσία και άργιλο διαδραματίζουν το σημαντικότερο ρόλο, καθώς η ΙΑΚ εξαρτάται από την περιεκτικότητά τους στο έδαφος. Ακόμη, από τα μοντέλα, ως προς τον «αριθμό ατόμων», αύξηση 1 meq/100gr της ΙΑΚ στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τον αριθμό κατά 5,9 άτομα και στο βάθος 10-40 cm κατά 5,605. Αντίστοιχα αυξάνει τη «βιομάζα» κατά 8,862 και 6,928 gr και τον «αριθμό ειδών» κατά 0,23 και 0,167 είδη. Η θετική επίδραση του παράγοντα (ΙΑΚ) στις μεταβλητές οφείλεται στις χαμηλές τιμές του, γεγονός που καθιστά τα εδάφη μειωμένης γονιμότητας και με χαμηλή δυνατότητα συγκράτησης των θρεπτικών στοιχείων, γι' αυτό άλλωστε στην αύξησή του οι μεταβλητές αντιδρούν θετικά.

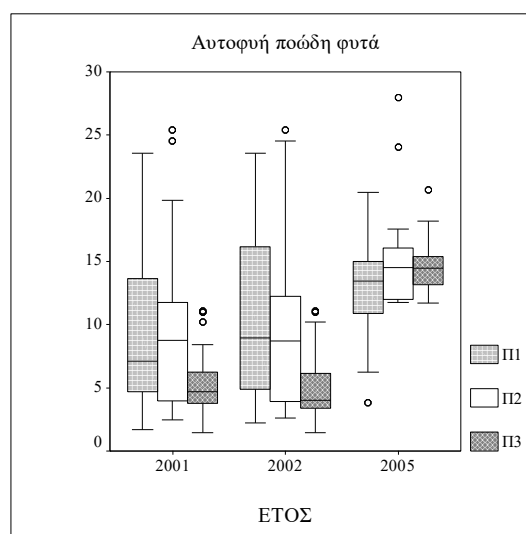
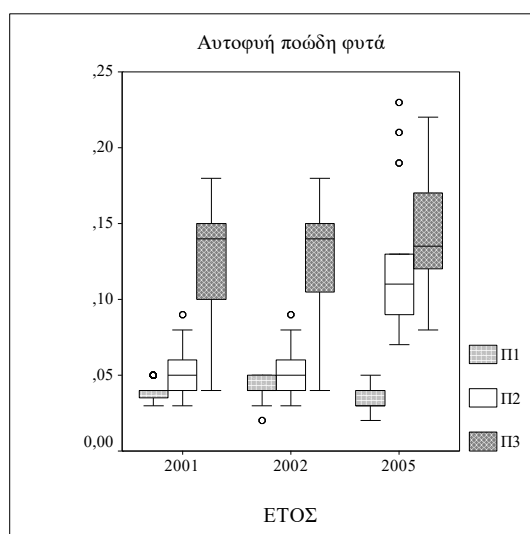


Γραφήματα 5.3.5.7 & 5.3.5.8: Η οργανική ουσία και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά έτος μελέτης στην κάθε πειραματική περιοχή.

Το ολικό άζωτο επηρεάζει όλες τις μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών εκτός από το «δείκτη Shannon (βιομάζα)» (απονα πίνακας 5.3.5). Από τη συσχέτιση Kendall στις μεταβλητές υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική σχέση με το ολικό άζωτο, που σε βαθμό μεγαλύτερη είναι στον «αριθμό ειδών» ($\tau=0,364$ $p<0,001$). Επομένως όσο αυξάνεται το άζωτο αυξάνονται οι τιμές των μεταβλητών. Τα γραμμικά μοντέλα πραγματοποιήθηκαν με «διόρθωση» ως προς «έτος» και «περιοχή» (γράφημα 5.3.5.9). Αυτό σημαίνει ότι μεταβολές στις τιμές του αζώτου ακόμη και στην ίδια περιοχή είναι πάρα πολύ σημαντικές όπως και η ποσότητά του σε κάθε σημείο οποιασδήποτε περιοχής. Τα μοντέλα επιβεβαίωσαν την απονα, με τις σχέσεις να είναι θετικές και στα δύο βάθη εκτός από τη «βιομάζα» που είναι αρνητική. Από τους συντελεστές των μοντέλων, το βάθος είναι σημαντικό για τις μεταβλητές - υπάρχει διαφορά. Οι συντελεστές στο βάθος 10-40 cm επηρεάζουν περισσότερο τις μεταβλητές απ' ό,τι στο επιφανειακό βάθος. Αυτό επιβεβαιώνει και το t-test: υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη όπου σύμφωνα με τους μέσους όρους το ολικό άζωτο είναι λιγότερο στο βάθος 10-40 cm ($p<0,001$, MO βάθους 0-10cm=0,09% και MO βάθους 10-40cm=0,07%). Το βάθος 10-40 cm έχει σημαντικότερο ρόλο σύμφωνα με το συντελεστή του που είναι μεγαλύτερος, ίσως επειδή έχει λιγότερο άζωτο. Είναι αναμενόμενο να καταγράφεται περισσότερο ολικό άζωτο στην επιφάνεια του εδάφους λόγω της βιοαποικοδόμησης οργανικών υλικών (χόρτα, ρίζες, φύλλα κλπ.), των λιπάνσεων που πραγματοποιήθηκαν, της μηχανικής σύστασης του εδάφους και της μεγαλύτερης τιμής σε οργανική ουσία. Ακόμη, από τα μοντέλα, ως προς τον «αριθμό ατόμων», αύξηση 1% του ολικού αζώτου στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τον αριθμό κατά 1156,9 άτομα και στο βάθος 10-40 cm κατά 1318,02 άτομα. Αντίστοιχα ως προς τον «αριθμό ειδών» αυξάνει κατά 14,043 και 19,298 είδη, το «δείκτη Shannon (αφθονία)» αυξάνει την ποικιλότητα κατά 1,27 και 1,678, το «δείκτη Shannon (βιομάζα)» αυξάνει την ποικιλότητα κατά 0,508 και 0,728 και ως προς τη «βιομάζα» μειώνει κατά 621,52 και 810,15 gr. Η αρνητική επίδραση του ολικού αζώτου στη βιομάζα, οφείλεται στην αλληλεπίδραση με άλλα στοιχεία μέσω δευτερογενών σχέσεων. Η έλλειψη του αζώτου οφείλεται κυρίως στα χαμηλά ποσοστά της οργανικής ουσίας (το άμεσα διαθέσιμο στα φυτά άζωτο προέρχεται από την οργανική ουσία), στο αλκαλικό περιβάλλον και στη μικρή υδατοϊκανότητα, καθώς το άζωτο είναι απαραίτητο στοιχείο για την ανόργανη θρέψη και αποτελεί τον πιο σημαντικό περιοριστικό παράγοντα αύξησης και ανάπτυξης των φυτών. Δηλαδή θα πρέπει να μεταβληθούν και οι παράγοντες που είναι περιοριστικοί του αζώτου. Ως προς τη «βιομάζα» η συσχέτιση δείχνει ως ασθενής θετική σχέση, ενώ στο μοντέλο είναι αρνητική και ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στη συμπύεση. Η διαφορά πιθανώς οφείλεται στο ότι η «βιομάζα» από «περιοχή» σε «περιοχή» έχει θετική σχέση αλλά εντός της ίδιας «περιοχής» έχει αρνητική.

Ως προς τον αφομοιώσιμο φώσφορο βρέθηκε σημαντική σχέση με τις μεταβλητές, εκτός από τον «αριθμό ατόμων» (απονα, πίνακας 5.3.5). Από τη συσχέτιση Kendall στις μεταβλητές υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση με το φώσφορο ως προς τον «αριθμό ειδών», το «δείκτη Shannon (αριθμό ατόμων)» και το «δείκτη Shannon (βιομάζα)», και θετική σχέση ως προς τη «βιομάζα». Σε βαθμό μεγαλύτερη είναι στο «δείκτη Shannon (βιομάζα)» ($\tau=-0,122$ $p<0,001$) - σχετικά μικρή. Επομένως όσο αυξάνεται ο φώσφορος αυξάνονται οι τιμές των μεταβλητών που έχουν θετική σχέση και μειώνονται αυτών που έχουν αρνητική. Τα γραμμικά μοντέλα πραγματοποιήθηκαν με «διόρθωση» ως προς «έτος», καθώς υπάρχει διαφορά στις τιμές του παράγοντα από «περιοχή» σε «περιοχή» και όχι εντός της ίδιας «περιοχής»

(γράφημα 5.3.5.10). Τα μοντέλα με τις μεταβλητές επιβεβαίωσαν την απονα, με τις σχέσεις να είναι αρνητικές και στα δύο βάθη. Από τους συντελεστές των μοντέλων το βάθος είναι σημαντικό για τις μεταβλητές, καθώς υπάρχει διαφορά. Οι συντελεστές στο βάθος 0-10 cm επηρεάζουν περισσότερο τις μεταβλητές απ' ό,τι στο βάθος 10-40 cm, εκτός από τη «βιομάζα» που συμβαίνει το αντίθετο. Αυτό επιβεβαιώνει και το t-test, καθώς υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη που σύμφωνα με τους μέσους όρους η συγκέντρωση του φωσφόρου είναι μικρότερη στο βάθος 10-40 cm ($p=0,003$, MO βάθους 0-10cm=10,14 ppm και MO βάθους 10-40cm=9,38 ppm). Αυτό οφείλεται στην εφαρμογή της λίπανσης, που κάλυψε τις ανάγκες των φυτών και ταυτόχρονα αύξησε τη συγκέντρωσή του. Επίσης, η παρουσία CaCO_3 και το υψηλό pH είναι παράγοντες που προάγουν τη μείωση της διαθεσιμότητας του φωσφόρου. Από τα μοντέλα ως προς τη «βιομάζα», αύξηση 1 ppm του φωσφόρου στο βάθος 0-10 cm μειώνει τη βιομάζα των ποωδών φυτών κατά 6,73 gr και στο βάθος 10-40 cm κατά 7,033 gr. Επειδή όλες οι σχέσεις των μοντέλων είναι αρνητικές, με τις τιμές του φωσφόρου να είναι υψηλές λόγω λίπανσης και αναερόβιων συνθηκών (προκαλούν κινητοποίηση και διαλυτοποίηση ενώσεων που δεσμεύουν τον P όπως ασβέστιο, οξείδια του σιδήρου και οξείδια του αργιλίου) μία αύξηση του φωσφόρου είναι δυνατό να επιφέρει μείωση των τιμών των μεταβλητών. Ως προς τη «βιομάζα» η συσχέτιση είναι μία ασθενής θετική σχέση, ενώ στο μοντέλο είναι αρνητική, ακριβώς η ίδια διαφορά που συνέβη στο ολικό άζωτο και ισχύουν ότι αναφέρθηκε εκεί.

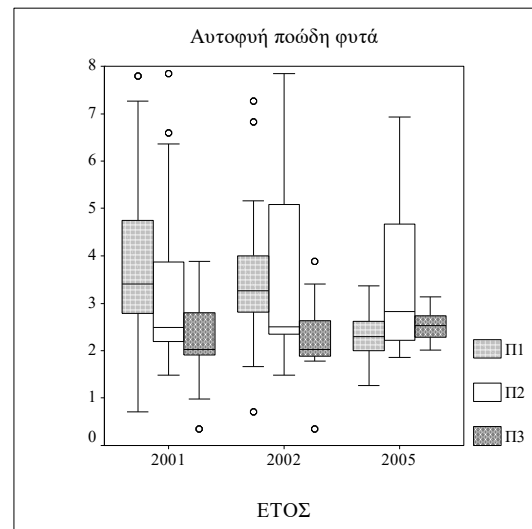
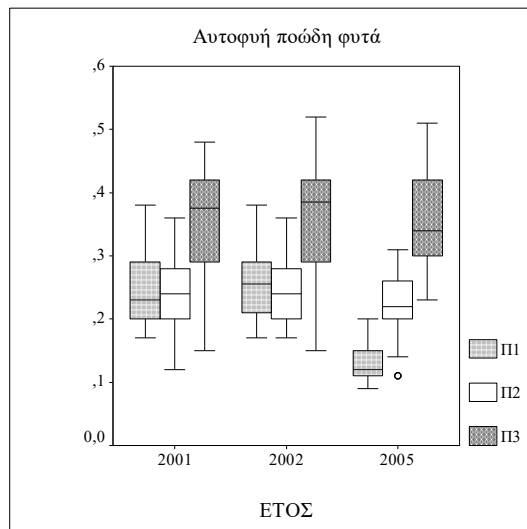


Γραφήματα 5.3.5.9 & 5.3.5.10: Το ολικό άζωτο και ο αφομοιώσιμος φώσφορος στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά έτος μελέτης στην κάθε πειραματική περιοχή.

Για το ανταλλάξιμο κάλιο η επεξεργασία των στοιχείων απέδειξε σημαντική σχέση με τις μεταβλητές, εκτός από τον «αριθμό ατόμων» (απονα πίνακας 5.3.5). Από τη συσχέτιση Kendall υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική σχέση με τις μεταβλητές. Σε βαθμό μεγαλύτερη είναι στον «αριθμό ειδών» ($\text{tau}=0,236$ $p<0,001$). Επομένως όσο αυξάνεται το κάλιο αυξάνονται οι τιμές των μεταβλητών. Τα γραμμικά μοντέλα πραγματοποιήθηκαν με «διόρθωση» ως προς «έτος», καθώς υπάρχει διαφορά στις τιμές του παράγοντα από «περιοχή» σε «περιοχή» (λόγω μεγαλύτερης τιμής στην P3) και όχι εντός της ίδιας «περιοχής» (γράφημα 5.3.5.11). Τα μοντέλα επιβεβαίωσαν την απονα, με τις σχέσεις να είναι θετικές και στα δύο βάθη. Από τους συντελεστές των μοντέλων, το βάθος είναι σημαντικό για τις μεταβλητές, καθώς υπάρχει διαφορά. Οι

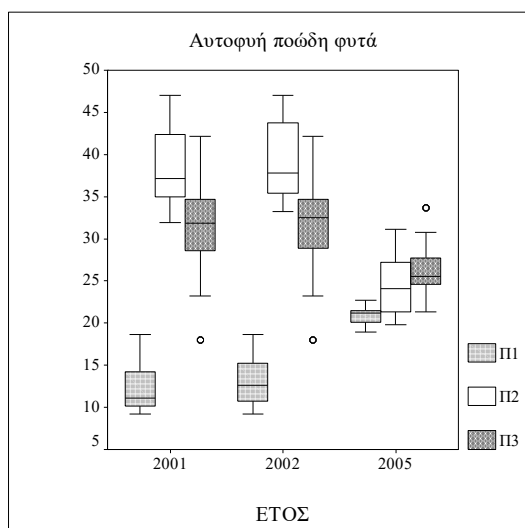
συντελεστές στο βάθος 10-40 cm επηρεάζουν περισσότερο τις μεταβλητές απ' ό,τι στο βάθος 0-10 cm. Αυτό επιβεβαίωσε και το t-test καθώς υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη, όπου σύμφωνα με τους μέσους όρους το κάλιο είναι λιγότερο στο βάθος 10-40 cm ($p < 0,001$, ΜΟ βάθους 0-10cm=0,29 meq/100gr και ΜΟ βάθους 10-40cm=0,26 meq/100gr). Δηλαδή όσο αυξάνεται το βάθος μειώνεται το κάλιο, που οφείλεται στη μεγαλύτερη τιμή της Π3 και στην υψηλότερη περιεκτικότητά της σε οργανική ουσία και άργιλο, καθώς το κάλιο εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα σε άργιλο. Ακόμη, από τα μοντέλα, ως προς τη «βιομάζα», αύξηση 1 meq/100gr του ανταλλάξιμου καλίου στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τη βιομάζα των ποωδών φυτών κατά 886,63 gr και στο βάθος 10-40 cm κατά 1005,54 gr. Αντίστοιχα στον «αριθμό ειδών» αυξάνει τα είδη κατά 23,142 και 26,639, στο «δείκτη Shannon (αριθμός ατόμων)» αυξάνει την ποικιλότητα κατά 0,662 και 0,777 και στο «δείκτη Shannon (βιομάζα)» αυξάνει την ποικιλότητα κατά 0,606 και 0,721. Οι αυξήσεις των μεταβλητών οφείλονται στις μέτριες τιμές που έχει το ανταλλάξιμο κάλιο και στο ρόλο που έχει στη θρέψη των φυτών.

Στο ανταλλάξιμο μαγνήσιο η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων απέδειξε σημαντικές σχέσεις με τις μεταβλητές εκτός από το «δείκτη Shannon (βιομάζα)» (απονα πίνακας 5.3.5). Από τη συσχέτιση Kendall στις μεταβλητές, υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση, εκτός από τον «αριθμό ατόμων». Σε βαθμό μεγαλύτερη είναι στο «δείκτη Shannon (αριθμός ατόμων)» ($\tau = -0,117$ $p < 0,001$) - σχετικά μικρή. Επομένως όσο αυξάνεται το μαγνήσιο μειώνονται οι τιμές των μεταβλητών. Τα γραμμικά μοντέλα πραγματοποιήθηκαν με «διόρθωση» ως προς «έτος», καθώς υπάρχει διαφορά στις τιμές του παράγοντα από «περιοχή» σε «περιοχή» και όχι εντός της ίδιας «περιοχής» (γράφημα 5.3.5.12). Η «περιοχή» επιδρά στο μαγνήσιο λόγω των μεγαλύτερων τιμών της Π1 και οφείλονται στο εδαφικό υλικό που μεταφέρθηκε. Τα μοντέλα με τις μεταβλητές επιβεβαίωσαν την απονα, με τις σχέσεις να είναι αρνητικές και στα δύο βάθη, εκτός από τον «αριθμό ατόμων» που ήταν θετική. Από τους συντελεστές των μοντέλων το βάθος είναι σημαντικό για τις μεταβλητές, καθώς υπάρχει διαφορά. Οι συντελεστές στο βάθος 0-10 cm επηρεάζουν περισσότερο τις μεταβλητές από ότι στο βάθος 10-40 cm (μόνο στον «αριθμό ατόμων» συμβαίνει το αντίθετο). Αυτό επιβεβαίωσε και το t-test: υπάρχει οριακή στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη που σύμφωνα με τους μέσους όρους το μαγνήσιο είναι λιγότερο στο βάθος 0-10 cm ($p = 0,027$, ΜΟ βάθους 0-10cm=2,91 meq/100gr και ΜΟ βάθους 10-40cm=3,17 meq/100gr). Δηλαδή όσο αυξάνεται το βάθος αυξάνεται και το μαγνήσιο. Οι αυξήσεις των τιμών οφείλονται στην Π1 και Π2, με την Π1 να καταγράφει υψηλές τιμές ασβεστίου στο βάθος 10-40 cm που παρεμποδίζει την πρόσληψη μαγνησίου από τα φυτά, στη δε Π2 οι αναγωγικές συνθήκες δεν επιτρέπουν να αναπτυχθεί το ριζικό σύστημα των φυτών και να προσλάβει το μαγνήσιο. Το βάθος 0-10 cm με τιμή συντελεστή γραμμικού μοντέλου να είναι πιο μεγάλη έχει σημαντικότερο ρόλο, ίσως επειδή έχει λιγότερο μαγνήσιο. Ακόμη, από τα μοντέλα, ως προς τη «βιομάζα», αύξηση 1 meq/100gr του μαγνησίου στο βάθος 0-10 cm μειώνει τη βιομάζα των ποωδών φυτών κατά 34,134 gr και στο βάθος 10-40 cm τη μειώνει κατά 26,867 gr. Αντίστοιχα στον «αριθμό ειδών» μειώνει τα είδη κατά 0,572 και 0,451, στο «δείκτη Shannon (αριθμός ειδών)» μειώνει την ποικιλότητα κατά 0,06 και 0,051 και στον «αριθμό ατόμων» αυξάνει τα άτομα των ποωδών φυτών κατά 16,749 και 17,1.



Γραφήματα 5.3.5.11 & 5.3.5.12: Τα ανταλλάξιμα κάλιο και μαγνήσιο στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά έτος μελέτης στην κάθε πειραματική περιοχή.

Ως προς το ανταλλάξιμο ασβέστιο τα στοιχεία της στατιστικής επεξεργασίας απέδειξαν σημαντικές σχέσεις με τις μεταβλητές εκτός από το «δείκτη Shannon» (απονα πίνακας 5.3.5). Από τη συσχέτιση Kendall στις μεταβλητές, υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση με τις μεταβλητές «αριθμός ατόμων» και «βιομάζα», που σε βαθμό είναι ίσες ($\tau = -0,249$ $p < 0,001$, $\tau = -0,248$ $p < 0,001$). Επομένως όσο αυξάνεται το ασβέστιο μειώνονται οι τιμές των μεταβλητών. Τα γραμμικά μοντέλα πραγματοποιήθηκαν με «διόρθωση» ως προς «έτος» και «περιοχή», καθώς οι μεταβολές στις τιμές του ασβεστίου ακόμη και σε μία περιοχή είναι λίαν σημαντικές όπως και η περιεκτικότητά του σε κάθε σημείο της περιοχής (γράφημα 5.3.5.13). Τα μοντέλα με τις μεταβλητές επιβεβαίωσαν την απονα, με τις σχέσεις να είναι αρνητικές και στα δύο βάθη, εκτός από τη «βιομάζα» που ήταν θετική. Από τους συντελεστές των μοντέλων, το βάθος είναι ασήμαντο για τις μεταβλητές, καθώς δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στα δύο βάθη. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το t-test που έγινε, καθώς δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσά τους ($p = 0,201$, MO βάθους 0-10cm=26,85 meq/100gr και MO βάθους 10-40cm=26,6 meq/100gr). Ακόμη, από τα μοντέλα, ως προς τη «βιομάζα», αύξηση 1 meq/100gr του ασβεστίου στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τη βιομάζα των ποωδών φυτών κατά 6,047 gr και στο βάθος 10-40 cm κατά 5,968 gr. Αντίστοιχα συμβαίνει με τους συντελεστές των υπόλοιπων μεταβλητών, που όμως μειώνονται, στον «αριθμό ειδών» για το βάθος 0-10 cm μειώνεται κατά 0,106 είδη και στο βάθος 10-40 cm κατά 0,112, και στον «αριθμό ατόμων» μειώνεται ο αριθμός κατά 4,776 και 5,159. Επομένως αύξηση του ασβεστίου στο έδαφος αυξάνει τη βιομάζα των ποωδών φυτών, ενώ παράλληλα μειώνει τα είδη και τον αριθμό ατόμων ή τα ασβεστόφιλα είδη αναπτύσσονται καλύτερα σε αυτές τις συνθήκες και τα υπόλοιπα είδη έχουν πρόβλημα επιβίωσης.

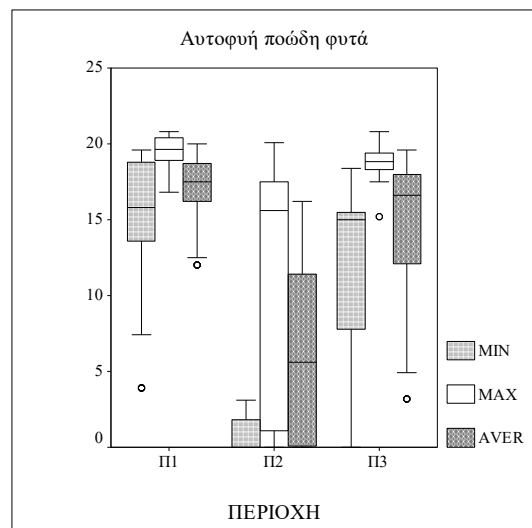
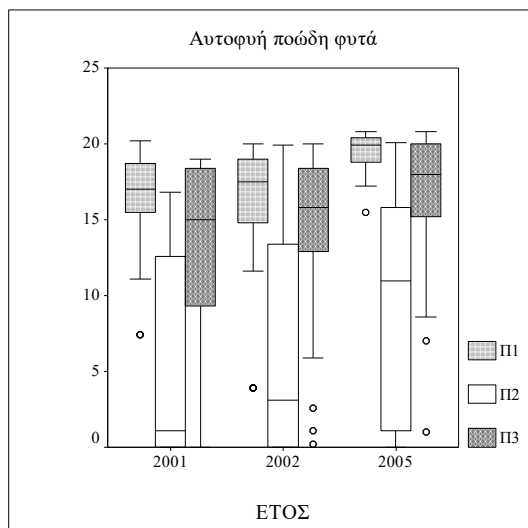
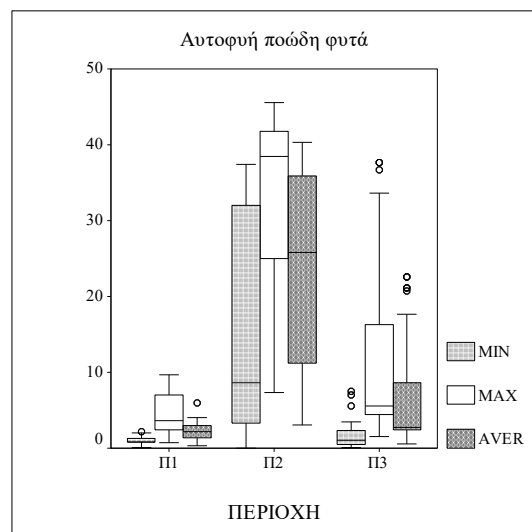
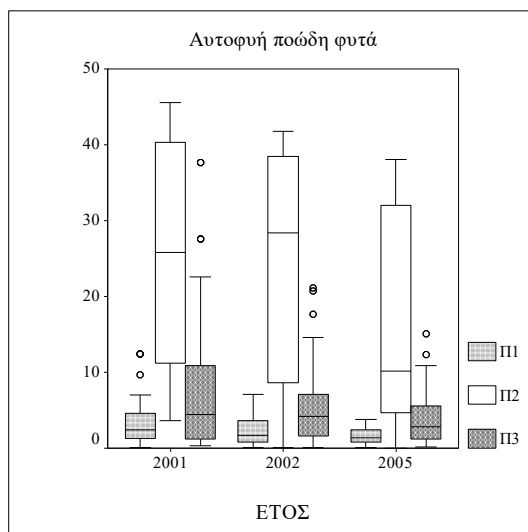
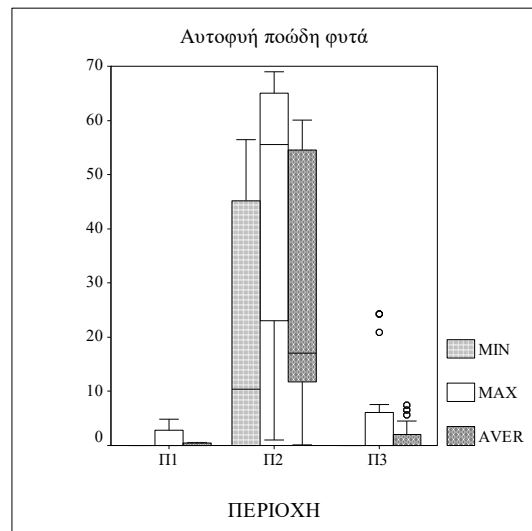
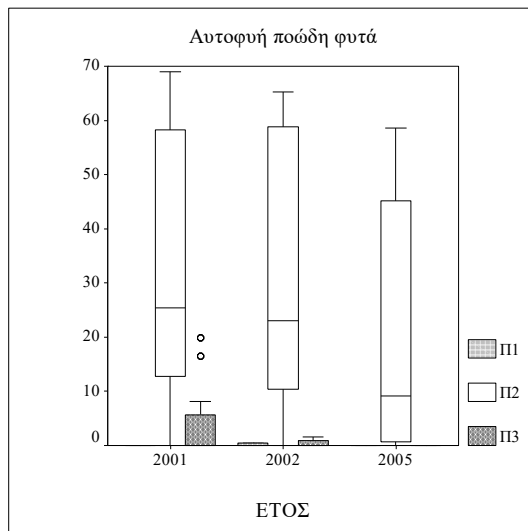


Γράφημα 5.3.5.13: Το ανταλλάξιμο ασβέστιο στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά έτος μελέτης στην κάθε πειραματική περιοχή.

Ως προς τα αέρια του εδάφους που μετρήθηκαν στις τρεις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ και εκτιμήθηκαν οι τιμές τους στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των αυτοφυών ποωδών φυτών, από τον πίνακα 5.3.5 που περιέχει τα πιο σημαντικά στοιχεία της στατιστικής επεξεργασίας του μεθανίου, βρέθηκαν σχέσεις του με τις μεταβλητές «αριθμός ατόμων», «βιομάζα» και «δείκτης Shannon (αριθμός ατόμων)». Από τη συσχέτιση Kendall στις μεταβλητές αυτές, υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση με το CH_4 , και σε βαθμό κατά πολύ μεγαλύτερη είναι στη «βιομάζα» ($\tau = -0,414$ $p < 0,001$). Από τις σχέσεις αυτές συμπεραίνεται ότι όσο αυξάνεται το CH_4 μειώνονται οι τιμές των μεταβλητών, το οποίο ισχύει, καθώς το CH_4 επιδρά ως έμμεσο τοξικό στα φυτά εκτοπίζοντας το οξυγόνο από την αέρια φάση του εδάφους.

Τα γραμμικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των στοιχείων των αερίων (CH_4 , CO_2 και O_2) σε σχέση με τις μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών «διορθώθηκαν» μόνο ως προς «έτος» όχι και ως προς «περιοχή». Κι αυτό γιατί το εύρος των ελάχιστων, μέσων και μέγιστων τιμών των παραγόντων των αερίων στην κάθε περιοχή μελέτης ήταν μικρό και παράλληλα υπήρχαν μεγάλες διαφορές στις τιμές μεταξύ των περιοχών για τον ίδιο παράγοντα (γραφήματα 5.3.5.14-5.3.5.19). Η διαίρεση των παραγόντων των αερίων σε ελάχιστο, μέσο και μέγιστο πραγματοποιήθηκε για τους εξής λόγους: α) το εύρος τιμών του κάθε παράγοντα ήταν πολύ μεγάλο (CH_4 από 0 έως 71%, CO_2 από 0 έως 43,7% και O_2 από 0 έως 20,7%) και β) οι αλλαγές στη σύσταση του αέρα του εδάφους πραγματοποιούνται μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα, το οποίο σημαίνει ότι σε μία μέτρηση ανοξικών συνθηκών αυτές θα υπάρχουν για αρκετές ημέρες έως εβδομάδες (Glinski & Stepniewski 1985). Άρα είναι σημαντική η κάθε μέτρηση.

Τα γραμμικά μοντέλα των σχέσεων του CH_4 (min, aver, max) με τις μεταβλητές επιβεβαίωσαν τις ανωτέρω σχέσεις οι οποίες ήταν όλες αρνητικές [αριθμός ατόμων (CH_4 aver συντελεστής=-1,454 $p=0,039$ και CH_4 max συντελεστής=-1,28 $p=0,012$), βιομάζα (CH_4 min συντελεστής=-5,142 $p < 0,001$, CH_4 aver συντελεστής=-4,145 $p < 0,001$ και CH_4 max συντελεστής=-2,782 $p < 0,001$), δείκτης Shannon (αριθμός ατόμων) (CH_4 min συντελεστής=-0,0042 $p=0,017$, CH_4 aver συντελεστής=-0,0046



Γραφήματα 5.3.5.14-5.3.5.19: Το μέσο μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και οξυγόνο στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά έτος μελέτης στην κάθε πειραματική περιοχή. Αντίστοιχα, το ελάχιστο, μέγιστο και μέσο μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και οξυγόνο στην κάθε περιοχή μελέτης.

$p < 0,001$ και CH_4max συντελεστής = $-0,003$ $p < 0,001$)]. Λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές των μοντέλων, το μέσο CH_4 επηρεάζει περισσότερο τις μεταβλητές «αριθμός ατόμων» και «δείκτης Shannon (αριθμός ατόμων)», ενώ στη «βιομάζα» το ελάχιστο. Τη μικρότερη επιρροή έχει το μέγιστο CH_4 . Από τα μοντέλα, ως προς τη «βιομάζα», αύξηση 1% του CH_4min μειώνει τη βιομάζα κατά 5,142 gr, 1% του CH_4aver μειώνει κατά 4,145 gr και 1% του CH_4max μειώνει κατά 2,782 gr. Αντίστοιχα συμβαίνει με τους συντελεστές των υπόλοιπων μεταβλητών. Επομένως σε ταυτόχρονη αύξηση 1% του ελάχιστου, μέσου και μέγιστου CH_4 , το CH_4min θα μειώσει τη βιομάζα των αυτοφυών ποωδών φυτών κατά 85% λιγότερη από το CH_4max και κατά 24% λιγότερη από το CH_4aver , ενώ στον «αριθμό ατόμων» το CH_4aver θα μειώσει τον αριθμό κατά 13% λιγότερα άτομα από το CH_4max . Με τη διαίρεση του CH_4 σε min, aver και max, το ελάχιστο και το μέσο μεθάνιο επηρεάζει περισσότερο τις μεταβλητές, καθώς τα ποώδη φυτά έχουν περιέλθει ήδη σε συνθήκες stress για να τα επιβαρύνει περαιτέρω αύξηση των τιμών (των μεταβλητών).

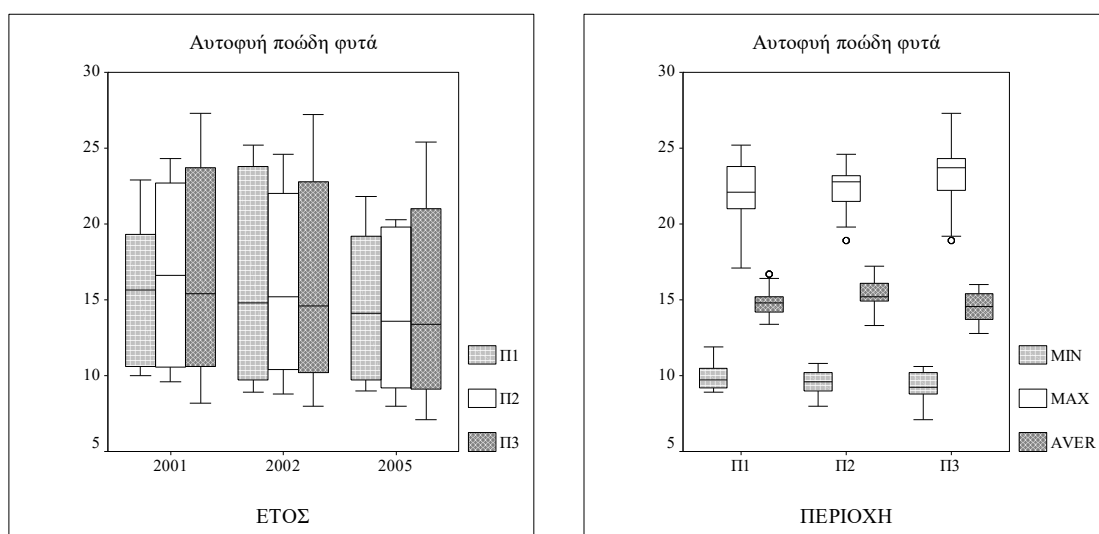
Με βάση τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σχέση του διοξειδίου του άνθρακα με όλες τις μεταβλητές εκτός του «δείκτη Shannon (βιομάζα)» (πίνακας 5.3.5, άνομα $p < 0,001$ $p = 0,013$, $p < 0,001$ και $p < 0,001$). Ως προς τον «αριθμό ειδών» υπάρχει μια στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση με το CO_2 ($\text{tau} = -0,101$ $p < 0,001$), όπως επίσης ως προς τον «αριθμό ατόμων» ($\text{tau} = -0,088$ $p < 0,001$). Ως προς τη «βιομάζα» υπάρχει μεγάλη σε βαθμό (η μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες μεταβλητές) στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση ($\text{tau} = -0,401$ $p < 0,001$) και ως προς το «δείκτη Shannon (αριθμός ατόμων)» υπάρχει επίσης στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση ($\text{tau} = -0,109$ $p < 0,001$). Από τις σχέσεις αυτές συμπεραίνεται ότι όσο αυξάνεται το CO_2 μειώνονται οι τιμές όλων των ανωτέρω μεταβλητών, επαληθεύοντας ότι το CO_2 είναι άμεσα τοξικό στα φυτά, όπως αναφέρεται από όσους ερεύνησαν το θέμα. Τα γραμμικά μοντέλα των σχέσεων του CO_2 (ελάχιστο, μέσο, μέγιστο) με τις μεταβλητές επιβεβαίωσαν τα ανωτέρω, με τις σχέσεις να είναι όλες αρνητικές [αριθμός ειδών (CO_2min συντελεστής = $-0,109$ $p = 0,002$, CO_2aver συντελεστής = $-0,107$ $p < 0,001$ και CO_2max συντελεστής = $-0,083$ $p < 0,001$), αριθμός ατόμων (CO_2aver συντελεστής = $-2,242$ $p = 0,02$ και CO_2max συντελεστής = $-1,831$ $p = 0,009$), βιομάζα (CO_2min συντελεστής = $-9,484$ $p < 0,001$, CO_2aver συντελεστής = $-6,743$ $p < 0,001$ και CO_2max συντελεστής = $-4,815$ $p < 0,001$), δείκτης Shannon (αριθμός ατόμων) (CO_2min συντελεστής = $-0,007$ $p = 0,007$, CO_2aver συντελεστής = $-0,006$ $p = 0,001$ και CO_2max συντελεστής = $-0,005$ $p < 0,001$)]. Λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές των μοντέλων, συμπεραίνουμε ότι το ελάχιστο διοξείδιο του άνθρακα (εκτός του αριθμού ατόμων που είναι το μέσο CO_2) έχει το μεγαλύτερο συντελεστή και επομένως επηρεάζει περισσότερο την κάθε μεταβλητή, το μέσο CO_2 επηρεάζει λίγο λιγότερο και το μέγιστο CO_2 ακόμη λιγότερο - έχει τη μικρότερη στατιστική σημαντικότητα. Από τα γραμμικά μοντέλα, για παράδειγμα ως προς τον αριθμό ειδών, αύξηση 1% του CO_2min μειώνει τον αριθμό ειδών κατά 0,109, 1% του CO_2aver μειώνει κατά 0,107 και 1% του CO_2max μειώνει κατά 0,083 είδη. Αντίστοιχα συμβαίνει με τους συντελεστές των υπόλοιπων μεταβλητών. Επομένως σε ταυτόχρονη αύξηση 1% του ελάχιστου, μέσου και μέγιστου CO_2 , το CO_2min θα μειώσει τη βιομάζα των αυτοφυών ποωδών φυτών κατά 97% λιγότερη από το CO_2max και κατά 40% λιγότερη από το CO_2aver . Αντίστοιχα στον «αριθμό ειδών» θα μειώσει κατά 32% λιγότερα είδη από το CO_2max και κατά 2% λιγότερα από το CO_2aver , ενώ στον «αριθμό ατόμων» το CO_2aver θα μειώσει τον αριθμό κατά 22% λιγότερα άτομα από το CO_2max . Με τη διαίρεση του CO_2 σε ελάχιστο, μέσο και μέγιστο, το ελάχιστο και το μέσο διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζει περισσότερο τις μεταβλητές, καθώς οι τιμές

τους ήδη αντιπροσωπεύουν συνθήκες stress για τα φυτά ώστε περαιτέρω αύξησή τους δεν θα επιβαρύνει το αρνητικό περιβάλλον τους (κυρίως στην Π2), καθώς επίσης στις μετρήσεις εμφάνισαν και τη μεγαλύτερη συχνότητα (γραφήματα 5.3.5.16 & 5.3.5.17).

Από τον πίνακα 5.3.5 που περιέχει τα πιο σημαντικά στοιχεία της στατιστικής επεξεργασίας του οξυγόνου, βρέθηκαν σχέσεις με τον «αριθμό ειδών», τον «αριθμό ατόμων» και τη «βιομάζα» (ANOVA $p=0,022$, $p<0,001$ και $p<0,001$ αντίστοιχα). Ως προς τον «αριθμό ειδών» υπάρχει μια μικρή σε βαθμό αλλά στατιστικά σημαντική θετική σχέση με το O_2 ($\tau=0,051$ $p=0,036$), ως προς τον «αριθμό ατόμων» υπάρχει σχετικά μεγάλη στατιστικά σημαντική θετική σχέση ($\tau=0,253$ $p<0,001$) και ως προς τη «βιομάζα» ακόμη μεγαλύτερη ($\tau=0,315$ $p<0,001$). Από τις σχέσεις αυτές συμπεραίνεται ότι όσο αυξάνεται το O_2 αυξάνεται ο αριθμός των ειδών και ατόμων, καθώς και η βιομάζα τους - ό,τι δηλαδή συμβαίνει στα περισσότερα είδη φυτών, όταν το οξυγόνο στην αέρια φάση του εδάφους είναι χαμηλό και αυξάνεται. Τα γραμμικά μοντέλα των σχέσεων του οξυγόνου (ελάχιστο, μέσο, μέγιστο) με τον «αριθμό ειδών», τον «αριθμό ατόμων» και τη «βιομάζα» επιβεβαίωσαν τα ανωτέρω (ANOVA, συσχέτιση), με τις σχέσεις να είναι όλες θετικές [αριθμός ειδών (O_{2min} συντελεστής=0,13 $p=0,006$, O_{2aver} συντελεστής=0,11 $p=0,007$ και O_{2max} συντελεστής=0,07 $p=0,032$), αριθμός ατόμων (O_{2min} συντελεστής=10,9 $p<0,001$, O_{2aver} συντελεστής=8,59 $p<0,001$ και O_{2max} συντελεστής=6,28 $p<0,001$), βιομάζα (O_{2min} συντελεστής=9,99 $p<0,001$, O_{2aver} συντελεστής=8,53 $p<0,001$ και O_{2max} συντελεστής=6,31 $p<0,001$)]. Λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές των μοντέλων, συμπεραίνουμε ότι το ελάχιστο οξυγόνο έχει το μεγαλύτερο συντελεστή και επομένως επηρεάζει περισσότερο την κάθε μεταβλητή, το μέσο οξυγόνο επηρεάζει λιγότερο και το μέγιστο οξυγόνο ακόμη πιο λίγο - η μικρότερη στατιστική σημαντικότητα. Το ελάχιστο οξυγόνο έχει τη μεγαλύτερη στατιστική σημαντικότητα και επηρεάζει περισσότερο τις μεταβλητές, γιατί οι τιμές του είναι τόσο χαμηλές που δημιουργούνται ακόμη και ανοξικές συνθήκες (γραφήματα 5.3.5.18 & 5.3.5.19). Ακόμη, από τα γραμμικά μοντέλα, αύξηση 1% του O_{2min} αυξάνει τη βιομάζα κατά 9,99 gr, 1% του O_{2aver} αυξάνει τη βιομάζα κατά 8,53 gr και 1% του O_{2max} αυξάνει τη βιομάζα κατά 6,31 gr. Αντίστοιχα συμβαίνει με τους συντελεστές των υπόλοιπων μεταβλητών. Επομένως σε ταυτόχρονη αύξηση 1% του ελάχιστου, μέσου και μέγιστου οξυγόνου, για το O_{2min} θα παρατηρήσουμε αύξηση της βιομάζας των αυτοφυών ποωδών φυτών κατά 58% περισσότερη από το O_{2max} και κατά 17% περισσότερη από το O_{2aver} . Αντίστοιχα ο «αριθμός ατόμων» θα αυξηθεί κατά 73% περισσότερα άτομα από το O_{2max} και κατά 27% περισσότερα από το O_{2aver} , και ο «αριθμός ειδών» κατά 85% περισσότερα είδη από το O_{2max} και κατά 18% περισσότερα από το O_{2aver} .

Ως προς τη θερμοκρασία εδάφους, από τα στοιχεία της στατιστικής επεξεργασίας, βρέθηκαν σχέσεις με όλες τις μεταβλητές (πίνακας 5.3.5 ANOVA). Από τη συσχέτιση Kendall στις μεταβλητές αυτές υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική σχέση. Σε επίπεδο μεγέθους των σχέσεων, είναι η «βιομάζα» που έχει το μεγαλύτερο βαθμό ($\tau=-0,249$ $p<0,001$). Από τις σχέσεις αυτές συμπεραίνεται ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία μειώνονται οι τιμές των μεταβλητών, καθώς είναι υψηλότερες στα εδάφη των τριών περιοχών του ΧΔΑ λόγω έκλυσης θερμότητας από τη βιοαποικοδόμηση των απορριμμάτων και την οξειδωση του CH_4 από τα μεθανοτροφικά βακτήρια σε σύγκριση με εδάφη μη ΧΔΑ (Κουτελίδα 2010). Τα γραμμικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των στοιχείων της θερμοκρασίας εδάφους σε σχέση με τις μεταβλητές «διορθώθηκαν» ως προς «έτος».

Κι αυτό γιατί οι θερμοκρασίες ελάχιστη, μέση και μέγιστη εντός της κάθε περιοχής μελέτης είχαν μικρό εύρος τιμών, ενώ υπήρχαν μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ των περιοχών (γραφήματα 5.3.5.20-5.3.5.21). Το εύρος τιμών της θερμοκρασίας εδάφους κυμάνθηκε από 6,6°C έως 39,6°C. Τα μοντέλα των σχέσεων της θερμοκρασίας (min, aver, max) με τις μεταβλητές επιβεβαίωσαν τα ανωτέρω (την απονα), με τις σχέσεις να είναι όλες αρνητικές εκτός από τον «αριθμό ατόμων» που ήταν θετική. Λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές των μοντέλων, η ελάχιστη θερμοκρασία επηρεάζει περισσότερο τις μεταβλητές και ακολουθεί η μέση. Από τα μοντέλα, ως προς τον «αριθμό ατόμων», αύξηση 1°C της ελάχιστης θερμοκρασίας αυξάνει τον αριθμό κατά 17,09 άτομα, αύξηση 1°C της μέσης τον αυξάνει κατά 10,908 άτομα και αύξηση 1°C της μέγιστης τον αυξάνει κατά 7,252. Για τη «βιομάζα», αύξηση 1°C της ελάχιστης θερμοκρασίας μειώνει τη βιομάζα των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια κατά 21,577 gr, αύξηση 1°C της μέσης τη μειώνει κατά 14,02 gr και αύξηση 1°C της μέγιστης τη μειώνει κατά 8,903 gr. Αντίστοιχα συμβαίνει με τους συντελεστές των υπολοίπων μεταβλητών που τις μειώνουν. Γίνεται αντιληπτό ότι τα αυτοφυή ποώδη φυτά των τριών περιοχών του ΧΔΑ χρειάζονται υψηλότερες θερμοκρασίες εδάφους για να αυξήσουν τον αριθμό των ατόμων τους και χαμηλότερες θερμοκρασίες για να αυξήσουν τα είδη, τη βιομάζα και την ποικιλότητα. Ως παράγοντας είναι αρκετά σημαντικός λόγω των ισχυρών σχέσεων που έχει με τις μεταβλητές και τους υψηλούς συντελεστές των μοντέλων. Από τα είδη που επιβιώνουν, με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνονται τα άτομα, ενώ μειώνεται η βιομάζα τους. Αυτό μπορεί να οφείλεται και στον ανταγωνισμό για θρεπτικά, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία κλπ. από την αύξηση των ατόμων, που μπορεί να επιφέρει μείωση της βιομάζας τους.



Γραφήματα 5.3.5.20-5.3.5.21: Η μέση θερμοκρασία εδάφους στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των αυτοφυών ποωδών φυτών ανά έτος μελέτης στην κάθε πειραματική περιοχή. Αντίστοιχα, η ελάχιστη, μέγιστη και μέση θερμοκρασία στην κάθε περιοχή μελέτης.

Συμπερασματικά, από τη συσχέτιση Kendall σύμφωνα με τον συντελεστή της (tau), οι παράγοντες με την μεγαλύτερη επίδραση στις μεταβλητές είναι:

Αριθμός ειδών	Αριθμός ατόμων	Βιομάζα	Δείκτης Shannon (αριθμός ατόμων)	Δείκτης Shannon (βιομάζα)
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Οργανική ουσία (+)* ▶ Ολικό N (+) ▶ Ανταλλάξιμο K (+) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ O₂ (+) ▶ Ανταλλάξιμο Ca (-) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ CH₄ (-) ▶ CO₂ (-) ▶ O₂ (+) ▶ pH (-) ▶ Θερμοκρασία εδάφους (-) ▶ Ανταλλάξιμο Ca (-) ▶ Ηλεκτρική αγωγιμότητα (-) ▶ CaCO₃ (-) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ολικό N (+) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Οργανική ουσία (+)

Επίσης, από τα γραμμικά μοντέλα σύμφωνα με τους συντελεστές τους οι παράγοντες με τη μεγαλύτερη επίδραση στις μεταβλητές είναι:

Αριθμός ειδών	Αριθμός ατόμων	Βιομάζα	Δείκτης Shannon (αριθμός ατόμων)	Δείκτης Shannon (βιομάζα)
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ανταλλάξιμο K (+)* ▶ Ολικό N (+) ▶ Οργανική ουσία (+) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ολικό N (+) ▶ Οργανική ουσία (+) ▶ pH (+) ▶ Ανταλλάξιμο Mg (+) ▶ Θερμοκρασία εδάφους (+) ▶ O₂ (+) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ανταλλάξιμο K (+) ▶ Ολικό N (-) ▶ Ανταλλάξιμο Mg (-) ▶ pH (-) ▶ Θερμοκρασία εδάφους (-) ▶ O₂ (+) ▶ CO₂ (-) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ολικό N (+) ▶ Ανταλλάξιμο K (+) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ανταλλάξιμο K (+)

* (+) θετική επίδραση, (-) αρνητική επίδραση

Από τις δύο μεθόδους επεξεργασίας των στοιχείων, δεν υπάρχουν πολύ σημαντικές διαφορές καθώς οι παράγοντες ελάχιστα διαφέρουν στην κάθε μεταβλητή, με το ανταλλάξιμο κάλιο, το ολικό άζωτο, την οργανική ουσία, τη θερμοκρασία εδάφους, το pH και τα αέρια του εδάφους (O₂, CH₄ και CO₂) να επιδρούν περισσότερο.

Οι *Glinski & Stepniewski* (1985), εξετάζοντας την επίδραση του οξυγόνου στο αρχικό στάδιο ανάπτυξης φυτών μετά τη φύτευσή τους, παρατήρησαν το σιτάρι, το μαρούλι, το καρότο και το κρεμμύδι να αναπτύσσονται καλά ακόμα και σε χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου. Μερικά φυτά, όπως το ρύζι και η αγγουριά, διατηρούν τη βλαστητική τους ικανότητα ακόμα και σε εντελώς ανοξικές συνθήκες. Υπάρχουν επίσης φυτά που επιδεικνύουν αύξηση της βλαστικής τους ικανότητα με αύξηση του οξυγόνου σε όλη την κλίμακα των συγκεντρώσεων των αερίων του εδάφους και περιλαμβάνουν αυτοφυή ποώδη είδη όπως τα *Phalaris tuberosa*, *Oryzopsis holciformis*, *Agropyrum desertorum* και *A. elongatum*.

Οι *Duell et all* (1986), γνωρίζοντας τα καίρια σημεία (hot spots) του επιφανειακού εδάφους σε ΧΔΑ απ' όπου διαφεύγουν τα αέρια του βιοαερίου στην ατμόσφαιρα, πρότειναν τρόπους αναγνώρισης αυτών, καθώς πραγματοποίησαν και πειράματα σε ΧΔΑ του New Jersey για να εγκαταστήσουν ποώδη βλάστηση σε αυτά τα σημεία. Η ύπαρξή τους σε ΧΔΑ είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο που αναγνωρίζεται εύκολα, καθώς εκεί δεν υπάρχει βλάστηση ή είναι νεκρή ή έχει έντονα σημάδια επιβίωσης.

Επιβεβαιώνεται εύκολα με τη μέτρηση οργάνων του περιεχόμενου μεθανίου στην αέρια φάση του εδάφους, την παρατήρηση πιο σκούρου χρώματος του εδάφους, της έντονης μυρωδιάς αναερόβιων συνθηκών ακόμη και σε μικρό βάθος από την επιφάνειά του. Δημιουργώντας 4 μείγματα εδάφους με λίπασμα, άσβεστο και ιλύ υγρών αποβλήτων, τα τοποθέτησαν στα σημεία αυτά όπου σπάρθηκαν με αυτοφυή ψυχανθή φυτά (*Trifolium repens*, *T. pratense*, *T. hybridum*, *T. Incanatum*, *T. Resiculosum*, *Melilotus officinalis* και *Medicago sativa*). Και στις 20 περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκαν τα είδη (μόνα τους ή σε μείγματα με διάφορες αναλογίες του κάθε είδους) η εγκατάστασή τους απέτυχε. Όμως κατά τους Chan *et all* (1997) τα ψυχανθή (legumes), που μπορούν να δεσμεύσουν άζωτο και τα οποία είναι προσαρμοσμένα σε ξηρό περιβάλλον, ήταν κυρίαρχα σε όλες τις περιοχές μελέτης του ΧΔΑ και του «μάρτυρα».

Για την εκμετάλλευση των εκτάσεων των ΧΔΑ για γεωργική χρήση, οι Spreull & Cullum (1987) εγκατέστησαν στο τελικό εδαφικό κάλυμμα παλαιού λατομείου με βιομηχανικά απόβλητα φραγμό αργίλου με ένα σύστημα αερισμού και στη συνέχεια έσπειραν χειμερινό σιτάρι. Προηγούμενη εμπειρία είχε δείξει αποτυχία εγκατάστασης καλλιεργειών σε αντίστοιχο ΧΔΑ, που σχετιζόταν με τη χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου στο έδαφος και την τοξική επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα και του αιθυλενίου. Παρότι οι συγκεντρώσεις του CH₄, CO₂ και C₂H₄ ήταν πολύ υψηλές κάτω από το φραγμό, στην καλλιέργεια σιταριού δεν παρατηρήθηκαν ορατά σημάδια επίδρασης, δεδομένου ότι και τυχαίες μετρήσεις πάνω από το έδαφος για CH₄ δεν έδωσαν αποτελέσματα. Με την εγκατάσταση του δικτύου αερισμού και την απαγωγή των αερίων, η απόδοση της καλλιέργειας των χειμερινών σιτηρών ήταν συγκρίσιμη με τις κανονικές αποδόσεις σε γειτονικές περιοχές «μάρτυρες». Αντίθετα υπήρξαν επιπτώσεις στη βλάστηση σε γειτονικό ΧΔΑ, στο οποίο δεν εγκαταστάθηκε σχετικό δίκτυο.

Πρόταση στους κλειστούς ΧΔΑ για αποκατάσταση με αυτοφυή ποώδη και ψυχανθή φυτά εξαιτίας των ρηχών ριζών τους, αποφεύγοντας έτσι τις δυσμενείς συνθήκες που επικρατούν, έκαναν οι Marchiol *et all* (1999). Συνδυάζοντας και άλλες έρευνες, πρότειναν *Trifolium sp.*, *Medicago sativa* ή φύτευση άλλων ψυχανθών για να βλαστήσουν οι κλειστοί ΧΔΑ. Η σύσταση της εγκατάστασης ποωδών φυτών έναντι των θάμνων και δέντρων έχει σημασία, καθώς με τις ρηχές τους ρίζες είναι πιο ανεκτικά στις συνθήκες των ΧΔΑ. Οι Marchiol *et all* (1999) από τους Nobel & Palta (1989) ανέφεραν ότι τα φυτά CAM έχουν την υψηλότερη ευαισθησία στο CO₂ και η αναπνοή των ριζών τους καταστέλλεται από 2% CO₂. Τα ψυχανθή είναι επίσης ευαίσθητα και η κυτταρική διαίρεση στη *Vicia faba* αναχαιτίζεται όταν η συγκέντρωση του CO₂ υπερβαίνει το 6%. Πραγματοποιώντας πείραμα σε συνθήκες πλημμύρας και βιοαερίου σε ΧΔΑ, οι Zhang *et all* (1995) δεν βρήκαν σημάδια από έλλειμμα νερού στα φύλλα φυτών όταν οι ρίζες τους βρισκόταν υπό επίδραση βιοαερίου. Τη συμπεριφορά αυτή εξήγησαν ως έγκαιρο μήνυμα ετοιμότητας της ρίζας προς το βλαστό σε καταστάσεις καταπόνησης ώστε η φυσιολογία του βλαστού να είναι προσαρμοσμένη.

Σε εργαστηριακή προσομοίωση οι Marchiol *et all* (2000) ερεύνησαν τα αποτελέσματα από την επίδραση βιοαερίου ΧΔΑ στη φύτευση και την αρχική ανάπτυξη των ριζών 4 ψυχανθών (*Vicia villosa*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*). Μετά από 6 ημέρες η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων των 4 ειδών μειώθηκε από την παρουσία του βιοαερίου. Σημαντική καθυστέρηση στη

φύτρωση παρατηρήθηκε στα είδη *V. villosa* και *L. corniculatus* με αποτέλεσμα να έχουν και μικρότερο ξηρό βάρος. Συμπέραναν ότι συγκέντρωση οξυγόνου χαμηλότερη από της ατμόσφαιρας και υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα (>4%) επιβραδύνουν τη φύτρωση των σπόρων στα περισσότερα είδη φυτών. Επίσης, η ρύπανση από βιοαέριο έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη της βλάστησης σπορόφυτων, αν και έχει παρατηρηθεί ότι τα είδη φυτών μπορούν να δράσουν διαφορετικά κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Αναφέρουν ακόμη έρευνες που έγιναν από προηγούμενους συγγραφείς η μέση συγκέντρωση αερίων ΧΔΑ σε βάθος 20 cm ήταν από 16 ως 18,5% O₂, 5 ως 8,5% CO₂, 0,5 ως 3% CH₄ και 70 ως 76% N₂. Οι προτάσεις που διατυπώνουν αφορούν το συνδυασμό ετήσιων και πολυετών ειδών ως πιο κατάλληλο για τη σταθεροποίηση του εδάφους από τη διάβρωση. Τα ετήσια φυτά μπορεί να δώσουν ένα προσωρινό κάλυμμα και μετά να ακολουθήσουν τα πολυετή, οι θάμνοι και τα δέντρα. Τα αυτοφυή ποώδη και ψυχανθή θα πρέπει να επιλέγονται με βάση το τοπικό κλίμα, τις συνθήκες του ΧΔΑ και φυσικά τη μελλοντική χρήση του χώρου. Είναι προτιμότερο να δοκιμαστούν πολλά είδη σε τμήμα του ΧΔΑ ώστε να προσδιοριστούν τα κατάλληλα για την αποκατάσταση. Μπορούν να γίνουν και προκαταρκτικά πειραματικά τεστ σε εργαστήρια προσομοιάζοντας τις πραγματικές συνθήκες για την επιλογή των ειδών.

Σε έρευνα σε κλειστό ΧΔΑ που είχε εγκατασταθεί χλοοτάπητας υπολογίστηκε ο βαθμός διείδυσης βλάστησης (Kim 2002). Τα είδη που είχαν το μεγαλύτερο βαθμό εξάπλωσης (38%) ήταν τα βαρόχωρα (barochore, είδη των οποίων η διασπορά των σπορών συμβαίνει με τη βαρύτητα). Μαζί με τα είδη που εξαπλώνονται με τον άνεμο, έφτασαν το 68%. Σε ΧΔΑ της πολιτείας Ουάσιγκτον των ΗΠΑ φυτεύτηκαν 1344 άτομα από 7 είδη λειμώνων σε 48 επιφάνειες (Ewing, 2002). Ο αριθμός των ατόμων που επιβίωσαν από το καλοκαίρι του 1995 έως το καλοκαίρι του 1997 μειωνόταν σταδιακά αλλά διαφορετικά για κάθε είδος.

Οι *Rebele & Lehmann* (2002) μέτρησαν την τυχαία και ελεγχόμενη διαδοχή των φυτών σε ΧΔΑ στο Βερολίνο της Γερμανίας με ξηρό αμμώδες έδαφος και χαμηλή γονιμότητα. Το μακροκλίμα στην κεντρική Ευρώπη υποστηρίζει την ανάπτυξη δάσους, όπου η εποίκιση χέρσων περιοχών, ο ρυθμός διαδοχής και η ταχύτητα εξέλιξης προς διαφορετικά εξελικτικά δασικά στάδια εξαρτώνται από τον πλούτο των ειδών, τη γονιμότητα του εδάφους, άλλους τοπικούς παράγοντες (όπως η υφή του εδάφους, η υδατοϊκανότητα, το pH, το μικροκλίμα) και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φυτών και άλλων οργανισμών (φυτοφάγα). Από τις αναλύσεις των ιδιοτήτων του εδάφους, το pH ήταν 8,1-8,2 (υψηλό), το Ca 0,79%-1,32% (υψηλό), ο αφομοιώσιμος P 38-69 ppm (ελαφρώς υψηλός), το N 0,009%-0,021% (πολύ χαμηλό), το K 72-144 ppm (ελαφρώς υψηλό) και το Mg 160-328 ppm (υψηλό). Οι μετρήσεις της διαδοχής κράτησαν 5 χρόνια. Τα περισσότερα από τα είδη που τελικά εγκαταστάθηκαν παρουσιάστηκαν ήδη από το πρώτο έτος διαδοχής. Δεν υπήρχε τράπεζα σπερμάτων, διότι το έδαφος προερχόταν από βαθιά εδάφη. Υπολόγισαν ότι τα είδη που εποίκισαν την περιοχή προέρχονταν από γειτονικά ενδιαιτήματα. Στις μη-κουρεμένες δειγματοληπτικές επιφάνειες (2×2 m²) παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση της κάλυψης από πολυετή αγρωστώδη 40% περίπου και οι πόες αυξήθηκαν έως 25%. Επίσης, τα ξυλώδη είδη παρουσιάστηκαν ήδη από το πρώτο έτος και αυξήθηκε η κάλυψη τους σε περισσότερο από 20% τον 5^ο χρόνο. Ενώ ο πλούτος σε είδη μειωνόταν λόγω αντίστοιχης μείωσης σε μονοετή και πολυετή, ο αριθμός των ειδών ανά μονάδα επιφάνειας μέτρησης ήταν σταθερό και τα 5 χρόνια (20-25 είδη στα 4m²). Το κούρεμα δυο φορές το χρόνο επηρέασε τη σύσταση σε είδη και την πορεία διαδοχής.

Ανεστάλη η ανάπτυξη των ξυλωδών και των υψηλών ποωδών πολυετών που εξαπλώνονται με αγενή πολλαπλασιασμό όπως τα *Calamagrostis epigejos* και *Solidago canadensis*. Οι μικρές πολυετείς πόες, όπως *Plantago lanceolata* και *Trifolium repens*, ευνοήθηκαν από το κούρεμα. Ο πλούτος σε είδη αυξήθηκε στα κουρεμένα τετράγωνα (plots) από τον 3^ο χρόνο, με κύρια αιτία τη μείωση του ανταγωνισμού για φως. Ο εποικισμός με ξυλώδη είδη υπήρχε ταχύς. Το 2^ο χρόνο αναπτύχθηκε ο θαμνώδης όροφος (>50cm). Το μέσο ύψος μετά τα 5 χρόνια ήταν 2 m. Τα κυρίαρχα είδη ήταν ιτιές (κυρίως *Salix rubens*) και κατά δεύτερο λόγο λεύκες (*Populus nigra*). Φυσική διαδοχή φυτοκοινωνιών μπορεί να επιτευχθεί σε περιοχές που γειτονεύουν με άλλες που διαθέτουν φυτά με αναπαραγωγικά τμήματα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση του ΧΔΑ στο Βερολίνο, πιθανότερη είναι η σταδιακή διαδοχή προς δασική έκταση, εκτός αν με διαδοχικά κουρέματα, περίπου δυο φορές το χρόνο, κυριαρχήσουν τα ξηρά αγρωστώδη.

Στο ΧΔΑ Nanjido της Σεούλ η εποίκιση με φυτά προερχόταν από την τράπεζα σπερμάτων (*Kim et all, 2004*). Επομένως, η αρχική κατάσταση της βλάστησης εξαρτάται από την προέλευση του εδαφικού καλύμματος. Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η φυτική διαδοχή προχωρά σταδιακά προς τη βλάστηση των περιοχών-μαρτύρων στα δύο γειτονικά βουνά. Παρ' όλα αυτά τα «ξενικά» είδη φαίνεται να παρεμποδίζουν την εγκατάσταση των τοπικών. Οι δείκτες Simpson και Shannon – Wiener δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο ΧΔΑ και στους «μάρτυρες». Η επιδιωκόμενη αποκατάσταση των πρανών των ΧΔΑ πρέπει να συμπεριλαμβάνει βλάστηση και στα τρία επίπεδα (δέντρα-θάμνοι-πόες).

Με ειδική συσκευή οι *Smith et all (2005)* διοχέτευαν βιοαέριο σε 18 θέσεις, 1 m κάτω από το κέντρο τους. Μετρώντας τις επιπτώσεις σε φυσικό χορτάρι, σιτάρι και φασόλια με συγκεντρώσεις CH₄ που έφθαναν και το 80%, παρατήρησαν ότι οι μεγαλύτερες επιδράσεις του βιοαερίου συνέβαιναν την άνοιξη όταν το ριζικό και βλαστικό σύστημα αναπτύσσεται.

Οι *Trotter & Cooke (2005)* μελέτησαν σε ΧΥΤΑ στη Νότια Αφρική τις συνθήκες ανάπτυξης ποωδών φυτικών ειδών ανάμεσα σε θέσεις με απουσία φυτικής κάλυψης και σε θέσεις με ικανοποιητική εγκατάσταση βλάστησης. Παράγοντες, όπως το CO₂, CH₄, O₂, θρεπτικά συστατικά, και άλλες ιδιότητες του εδάφους, μετρήθηκαν σε σχέση με την κατανομή των φυτικών ειδών και της βιομάζας. Το *Cynodon dactylon* ήταν το κυρίαρχο είδος (σχεδόν μονοκαλλιέργεια) σε περιοχές με καλή ανάπτυξη φυτών, αλλά η παρουσία του μειωνόταν σημαντικά στις θέσεις που γειτνιάζουν με το γυμνό έδαφος (χωρίς βλάστηση) που έδινε τη θέση του σε 12 άλλα είδη, από τα οποία κυρίαρχα ήταν τα είδη *Paspalum paspalodes* και *Sporobolus africanus*. Οι μετρήσεις της ανάπτυξης του *Cynodon dactylon* σε εδάφη από τρεις περιοχές του ΧΔΑ (χωρίς βλάστηση – οριακή – με βλάστηση και ο μάρτυρας) έδειξαν ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη του φυτού, οπότε η περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά ή η χημική τοξικότητα δεν ήταν υπεύθυνες για την απουσία βλάστησης στο γυμνό έδαφος. Εδαφικοί παράγοντες όπως η περιεκτικότητα σε Mg, Ca, Zn, Mn, K, η θερμοκρασία, η υγρασία, και η συγκέντρωση του CO₂ σχετίστηκαν σημαντικά με τη βιομάζα. Όμως εκτός του CO₂, φαίνεται ότι δεν αποτελούν τις βασικές αιτίες για την απουσία βλάστησης στις θέσεις με γυμνό έδαφος. Επομένως οι κρίσιμοι παράγοντες πρέπει να μην υπήρχαν όταν εδάφη από το ΧΥΤΑ των περιοχών, με ή χωρίς βλάστηση, μεταφέρθηκαν για εργαστηριακές δοκιμές και στη συνέχεια φυτεύτηκαν με *Cynodon dactylon*. Οι παράγοντες αυτοί ήταν: CO₂, CH₄, O₂,

υγρασία και θερμοκρασία εδάφους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το CO₂, που εισέρχεται στη ζώνη της ρίζας από την έκλυση του βιοαερίου από τα υποκείμενα απορρίμματα, ήταν πιθανώς ο κύριος παράγοντας που παρεμπόδισε την εποίκιση των φυτικών ειδών στις γυμνές θέσεις του ΧΥΤΑ και ταυτόχρονα έκανε το *Cynodon dactylon* πιο ευαίσθητο σε αυξημένα επίπεδα CO₂ στο έδαφος σε σχέση με τα άλλα είδη, όπως το *Paspalum paspalodes* και *Sporobolus africanus*. Οι τιμές του CO₂ στις γυμνές θέσεις ήταν 14,5±3,2% και στις θέσεις με βλάστηση ήταν 6,8±2,3%. Υπήρχε ισχυρός θετικός συσχετισμός μεταξύ της παρουσίας CO₂ και CH₄ και της απουσίας O₂. Δεν βρέθηκε θετικός συσχετισμός μεταξύ της παρουσίας CH₄ και της απουσίας βλάστησης. Τα επίπεδα του O₂ ήταν 9% μέχρι 18% και μόνο όταν έπεφτε η συγκέντρωσή του κάτω από 10% υπήρχαν επιπτώσεις στα φυτά. Η επίδραση θεωρούν ότι ασκείται στο ριζικό σύστημα. Οι προαναφερθέντες συσχετισμοί με τα στοιχεία Mg, Zn και Ca εξηγούνται από την επίδρασή τους στις γυμνές από βλάστηση περιοχές σε συνέργεια με την παρουσία υψηλών ποσοστών σε CO₂. Καταλήγοντας, προτείνουν για την ανάπλαση ΧΔΑ την επιλογή κατάλληλων ποωδών ειδών που είναι ανθεκτικά στην παρουσία CO₂ στο ριζικό τους σύστημα. Το *Cynodon dactylon* δεν ενδείκνυται για τα παραπάνω, όντας ευαίσθητο στην παρουσία αυξημένου ποσοστού CO₂ παρ' όλη την ανθεκτικότητά του σε άλλους εδαφικούς παράγοντες όπως η αγωγιμότητα, η οποία ήταν υψηλή (5,5 ms/cm). Τα είδη *Paspalum paspalodes* και *Sporobolus africanus* αποδεικνύονται περισσότερο ανθεκτικά.

Οι Carrington & Diaz (2011), μετρώντας την αφθονία των ειδών σε ΧΔΑ στο Ηνωμένο Βασίλειο, παρατήρησαν ότι τρία έτη μετά τη φύτευση ποωδών φυτών ο αριθμός τους μειώθηκε σημαντικά. Αυτό οφειλόταν στην επικράτηση του *Elytrigia repens*, στον ανταγωνισμό με τα υπόλοιπα είδη, ως αποτέλεσμα των υψηλών ποσοστών οργανικής ουσίας, εδαφικής υγρασίας και φωσφορικών ιόντων από τις πρακτικές συντήρησης. Όμως όταν τα εδαφοβελτιωτικά αφαιρέθηκαν, τα υπόλοιπα είδη επανήλθαν σε ικανοποιητικό βαθμό. Αντίθετα με προηγούμενες μελέτες, το είδος *Trifolium repens* δεν διαπιστώθηκε να μειώνει την ποικιλότητα των πλατύφυλλων ποών.

5.4 Δέντρα, Θάμνοι και Αρωματικά Φυτά

Η ανάπτυξη και η ίδια η επιβίωση των φυτών επηρεάζεται δυσμενώς όταν εκτίθενται σε αντίξοες συνθήκες. Η καταπόνηση (stress) αφορά την επίδραση δυσμενών παραγόντων του περιβάλλοντος, οι οποίοι τείνουν να παρεμποδίζουν την εύρυθμη λειτουργία φυσιολογικών μηχανισμών των φυτών. Επομένως η εμφάνιση δυσλειτουργιών (αποκλίσεις από τα κανονικά επίπεδα λειτουργίας) αποτελεί ένδειξη ύπαρξης παραγόντων καταπόνησης στο περιβάλλον τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις η καταπόνηση εκτιμάται μέσω της επιβίωσης του φυτού, της παραγωγικότητας, της αύξησης, της συσσώρευσης βιομάζας ή του ρυθμού αφομοίωσης (CO₂ ή θρεπτικών συστατικών). Κάθε φυτικός οργανισμός έχει προσαρμοσθεί μέσω της εξέλιξης να αναπτύσσεται απρόσκοπτα μέσα σε καθορισμένα όρια συνθηκών του περιβάλλοντος (βέλτιστες συνθήκες). Εάν παραβιαστούν τα βέλτιστα αυτά όρια, ο φυτικός οργανισμός θα επιβαρυνθεί και θα εμφανίσει τα πρώτα συμπτώματα καταπόνησης. Σε συνθήκες έντονης καταπόνησης παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις από τις βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης, καθώς οι επιδράσεις είναι πρόσκαιρες ή/και μόνιμες σε όλα τα επίπεδα λειτουργίας. Συνήθως ένας παράγοντας καταπόνησης επηρεάζει περισσότερες της μίας φυσιολογικές λειτουργίες. Από την άλλη πλευρά η αλληλεπίδραση τουλάχιστον δύο παραγόντων καταπόνησης δημιουργεί εξαιρετικά πολύπλοκες φυσιολογικές αντιδράσεις στα φυτά (Καραμπουρνιώτης, 2003).

Ωστόσο στη φύση σπάνια η καταπόνηση που δέχονται τα φυτά οφείλεται στην επίδραση αποκλειστικά ενός παράγοντα καταπόνησης. Σύμφωνα με τη θεωρία της αντιστάθμισης, οι φυτικοί οργανισμοί μέσω της εξέλιξης έχουν αναπτύξει μηχανισμούς, με τους οποίους έχουν τη δυνατότητα να αντισταθμίζουν τη χρήση των πόρων οι οποίοι βρίσκονται σε μικρή διαθεσιμότητα στο φυσικό περιβάλλον. Η ανάπτυξη ενός φυτού μπορεί να περιορίζεται εξίσου από όλους τους περιοριστικούς παράγοντες, οι οποίοι δρουν την ίδια χρονική στιγμή. Τα πειραματικά δεδομένα συνηγορούν υπέρ της θεωρίας αυτής και δεν επιβεβαιώνουν το ότι η ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών στο φυσικό περιβάλλον περιορίζεται από έναν και μόνο παράγοντα, της χαμηλότερης διαθεσιμότητας (νόμος ελαχίστων του *Liebig*). Παραδείγματα που περιλαμβάνουν είδη μεσογειακού τύπου οικοσυστημάτων αναφέρουν ότι, σε περιβάλλον στο οποίο επικρατούν περιορισμοί στη διαθεσιμότητα των πόρων (π.χ. περιοχές φτωχών εδαφών σε θρεπτικά συστατικά) επικρατούν, μέσω εξελικτικών πιέσεων, φυτά τα οποία χαρακτηρίζονται από χαμηλούς γενετικά καθορισμένους ρυθμούς ανάπτυξης. Οι χαμηλοί ρυθμοί ανάπτυξης και η μεγάλη διάρκεια ζωής των φύλλων προσδίδουν κατά κανόνα ανθεκτικότητα έναντι βιοτικών παραγόντων καταπόνησης. Επίσης, σε συνθήκες επάρκειας αζώτου και νερού, τα C₃ φυτά παρουσιάζουν αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων CO₂ στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο η θετική αυτή επίδραση του CO₂ δεν υφίσταται σε συνθήκες ανεπάρκειας αζώτου ή/και υδατικής καταπόνησης (Καραμπουρνιώτης, 2003).

Οι πολυάριθμοι παράγοντες καταπόνησης του περιβάλλοντος διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: α) τους αβιοτικούς ή φυσικοχημικούς που προκαλούνται από ένα πλεόνασμα ή μια έλλειψη στο φυσικό ή χημικό περιβάλλον (θερμοκρασία, νερό, αέρια, αλατότητα, μηχανική καταπόνηση, θρεπτικά συστατικά, ακτινοβολίες, βαρέα μέταλλα κ.ά.) και β) τους βιοτικούς που προκαλούνται από άλλους οργανισμούς (φυτά, παθογόνα, ζώα).

Τα φυτά αντιδρούν στην ύπαρξη καταπονήσεων στο περιβάλλον τους μέσω κατάλληλων παραγόντων και μηχανισμών οι οποίοι τους επιτρέπουν ή μη να επιβιώσουν. Η ικανότητα αντίδρασης διαφέρει σημαντικά μεταξύ των φυτών και επηρεάζεται από τις συνθήκες ανάπτυξης του φυτού, τη συχνότητα έκθεσης σε καταπονήσεις, την ένταση και τη διάρκεια, καθώς και το συνδυασμό (προσθετικά ή συνεργητικά) με άλλους παράγοντες. Επιδρούν στα φυτά ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης, το γονότυπο και το όργανο που επηρεάζουν. Η αδυναμία προσαρμογής ή εγκλιματισμού των φυτών οδηγεί στο θάνατο, ενώ το αντίθετο, μέσω στρατηγικών όπως η διαφυγή (ολοκλήρωση βιολογικού κύκλου όταν η καταπόνηση δεν υφίσταται π.χ. θερόφυτα, γεώφυτα, πόες), η ανθεκτικότητα (διατήρηση υψηλής μεταβολικής δραστηριότητας) και η αποφυγή (διάθεση μηχανισμών οι οποίοι αμβλύνουν τις επιπτώσεις), τους επιτρέπει να επιβιώνουν και να αναπτύσσονται. Οι μηχανισμοί αυτοί περιλαμβάνουν τροποποιήσεις μορφολογικών ή φυσιολογικών χαρακτηριστικών, αναγκαίες για την αντιμετώπιση των καταπονήσεων.

Καθώς η ξηρασία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες καταπόνησης, τα φυτά των μεσογειακού τύπου οικοσυστημάτων (μακί και φρύγανα), από τα οποία φυτεύτηκαν στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων προκειμένου να αντεπεξέλθουν κατά τη δύσκολη περίοδο του καλοκαιριού, έχουν αναπτύξει ειδικές προσαρμογές. Αυτές εντοπίζονται τόσο στο υπέργειο μέρος (ιδιαίτερα στα φύλλα με τους μηχανισμούς της αιφυλλίας-σκληροφυλλίας και του εποχικού διμορφισμού) όσο και στο υπόγειο (βαθιές ρίζες). Τα περισσότερα είδη εφαρμόζουν τη στρατηγική της αποφυγής για την καταπόνηση της καλοκαιρινής ξηρασίας με χαρακτηριστικά όπως δίνονται στον πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4: Σύγκριση των χαρακτηριστικών που κυριαρχούν στα μακί και τα φρύγανα
(Margaris, 1981)

Χαρακτηριστικά	Μακί	Φρύγανα
Μέγεθος	Μεγάλο	Μικρό
Ριζικό σύστημα	Βαθύ	Ρηχό
Μονάδες διασποράς	Μεγάλες	Μικρές
Διαπερατότητα καμβίου	Μεγάλη	Μικρή
Φύτρωση σπερμάτων μετά τη φωτιά	Μικρή	Μεγάλη
Φύλλα: - πυκνότητα	Μεγάλη	Μέτρια
- διάρκεια	Άνω των 2 ετών	Κάτω του 1 έτους
- θερμιδικό περιεχόμενο	Μεγάλο	Μέτριο
- μέγιστο ωσμωτικό δυναμικό	Μέτριο	Μεγάλο
- τάχος φωτοσύνθεσης	Μικρό	Μεγάλο
- περιεχόμενο N	Λίγο	Πολύ
- περιεχόμενο P	Λίγο	Πολύ

Ακόμη, τα μακί παρουσιάζουν στα φύλλα μειωμένη εξωτερική επιφάνεια σε σχέση με τον όγκο τους (παχιά και μικρών διαστάσεων), διαθέτουν ανεπτυγμένους σκληροεγχυματικούς ιστούς, οι επιφανειακοί προστατευτικοί ιστοί (επιδερμίδα, εφυμενίδα) είναι συνήθως μεγάλου πάχους και παρατηρείται μεγάλος αριθμός μικρού μεγέθους στοματίων. Ενώ τα φρύγανα παρουσιάζουν πυκνό τρίχωμα κυρίως στα νεαρά φύλλα, εποχικό διμορφισμό και ύπαρξη αδένων, οι οποίοι εκκρίνουν αιθέρια έλαια.

Στις περιοχές μελέτης του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων πραγματοποιήθηκαν δύο φυτεύσεις, το 1999 (1^η φύτευση) και το 2002 (2^η φύτευση), ώστε τα ίδια είδη να υπάρχουν και στις τρεις περιοχές. Στην πρώτη φύτευση ο ΕΣΔΚΝΑ (ο αρμόδιος φορέας για τον ΧΔΑ) δεν επέτρεψε να φυτευτούν δέντρα και θάμνοι, κυρίως στην Π2, για το φόβο της διαπέρασης των ριζών από τη στεγάνωση της γεωμεμβράνης. Τα κριτήρια, που προσδιόρισαν την επιλογή των ειδών που φυτεύτηκαν, αφορούν οικολογικές, βιολογικές και αισθητικές παραμέτρους. Φυτεύτηκαν 13 είδη δέντρων, θάμνων και αρωματικών φυτών που προέρχονται από την αττική χλωρίδα των μεσογειακού τύπου οικοσυστημάτων.

Από τις παραμέτρους των φυτών που μετρήθηκαν, για να διερευνηθούν οι επιδράσεις των εδαφικών ιδιοτήτων και των αερίων του εδάφους, ήταν η επιβίωση και η αύξησή τους. Η επιβίωση όλων των φυτών στις πειραματικές περιοχές μετριόταν σε ετήσια βάση στο τέλος της υγρής και της ξηρής περιόδου. Όμως απώλειες καταγράφηκαν στη συντριπτική τους πλειοψηφία την ξηρή περίοδο. Από την αύξηση των φυτών, μετρήθηκε το ύψος και ο βιόγκος τους.

Καθώς πραγματοποιήθηκαν δύο φυτεύσεις, και για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα των παραγόντων των φυτών που μετρήθηκαν μεταξύ των ειδών και των περιοχών, η χρονική περίοδος αφορά τις μετρήσεις για τα 3 πρώτα χρόνια. Δηλαδή για την 1^η φύτευση αφορά από τις αρχές του 1999 έως αρχές του 2002 και για τη 2^η φύτευση από τα τέλη του 2002 έως τέλη του 2005. Για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης δίνονται στοιχεία και για την υπόλοιπη περίοδο, καθώς μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τις αρχές του 1999 έως αρχές του 2006.

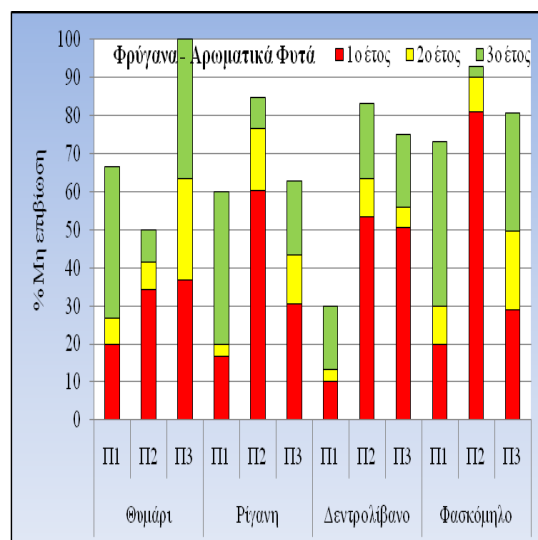
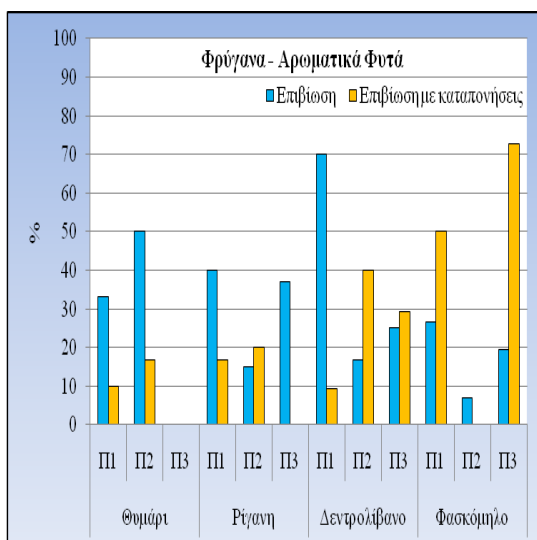
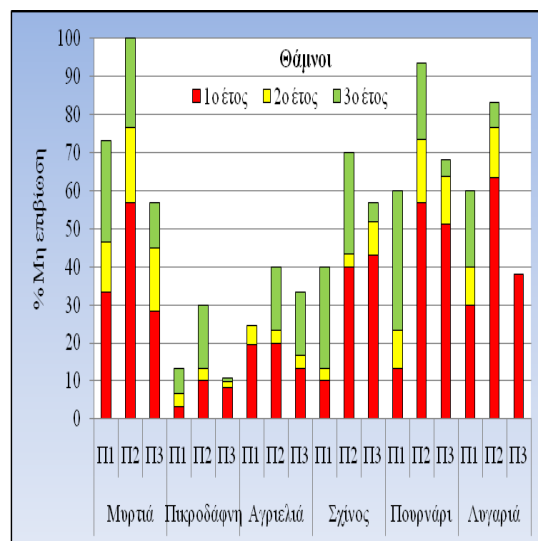
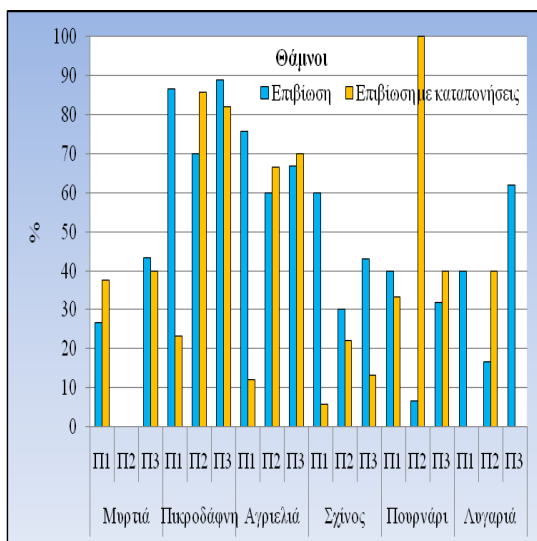
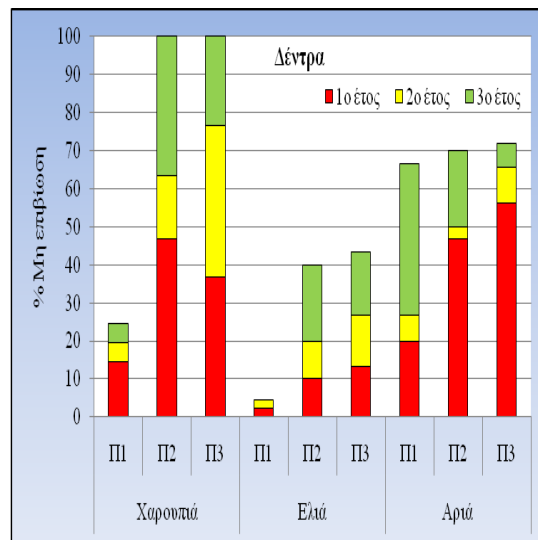
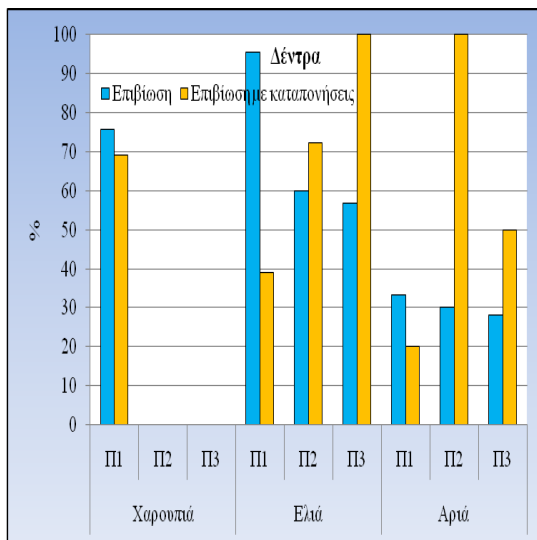
5.4.1 Επιβίωση

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την επιβίωση του κάθε είδους ανά πειραματική περιοχή, προέκυψαν τα αποτελέσματα που δίνονται στον πίνακα 5.4.1. Από τα είδη, για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης, τα μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης και στις τρεις περιοχές μελέτης παρουσιάζουν η πικροδάφνη (70-89%), η ελιά (57-95%) και η αγριελιά (60-75%) (γραφήματα 5.4.1.1-5.4.1.6 όπου τα είδη δίνονται ανά κατηγορία δέντρα, θάμνοι, φρύγανα για καλύτερη σύγκριση). Ακολουθούν η χαρουπιά (75%), το δεντρολίβανο (70%) και ο σχίνος (60%) αλλά μόνο στην Π1, η λυγαριά (62%) στην Π3 και το θυμάρι (50%) στην Π2. Από τα είδη με τα μικρότερα ποσοστά επιβίωσης και στις τρεις περιοχές είχε το φασκόμηλο (7-27%), η αριά (28-33%), το πουρνάρι (7-40%), η μυρτιά (0-43%) και η ρίγανη (15-40%). Ως προς τις περιοχές, στην Π1 παρουσιάζονται τα υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης για κάθε είδος, ακολουθεί η Π3 και μετά η Π2, όπου στα περισσότερα είδη τα αποτελέσματα είναι απογοητευτικά. Από μελέτη 11 ΧΔΑ στο Η.Β. (*Rawlinson et al., 2004*) οι οποίοι είχαν κλείσει από το 1960 έως το 1988, με την εγκατάσταση 21 ειδών δέντρων και θάμνων το 1998, τα πρώτα 3 χρόνια η επιβίωση στους ΧΔΑ κυμάνθηκε από 40 έως 72%, ενώ στα είδη ήταν από 33 έως 74%.

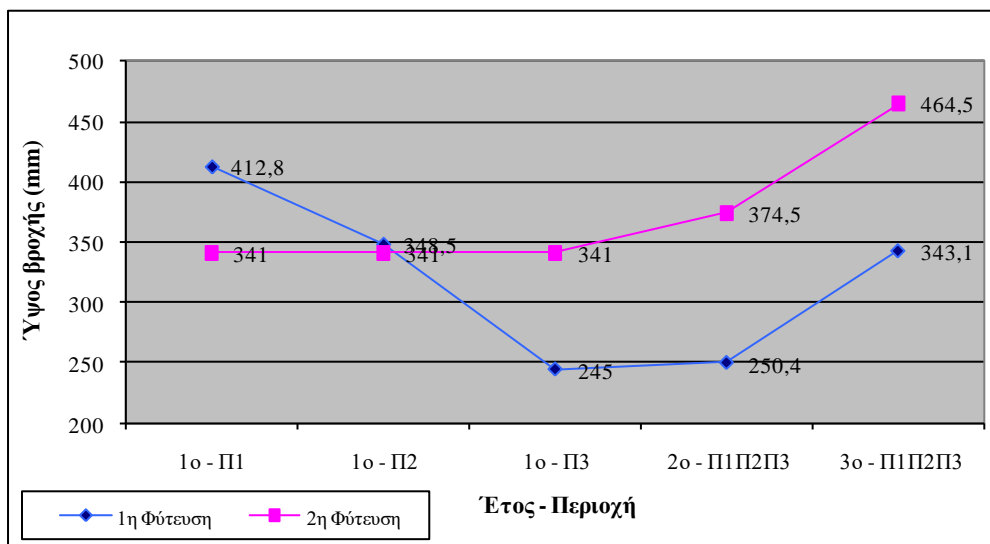
Από την καταμέτρηση ανά έτος, το 1^ο (και κυρίως το 1^ο δίμηνο από τη φύτευση) υπήρχαν οι μεγαλύτερες απώλειες, που κυμάνθηκαν για όλα τα είδη στην Π2 από 10 έως 80%, στην Π3 από 8 έως 50% και στην Π1 από 2 έως 30% (γραφήματα 5.4.1.1-5.4.1.6). Αυτό οφείλεται στην καταπόνηση των φυτών από τη μεταφύτευση, στις συνθήκες επιβίωσης της κάθε περιοχής του ΧΔΑ, στο διαφορετικό ύψος βροχής που δέχτηκαν οι περιοχές στις δύο φυτεύσεις (γράφημα 5.4.1.7) και, για την Π3, στην

Πίνακας 5.4.1.1: Στοιχεία φυτεύσεων και επιβίωσης του κάθε είδους ανά περιοχή μελέτης.

Είδη που φυτεύτηκαν	Ελληνική ονομασία είδους	ΠΕΡΙΟΧΗ	Αριθμός φυτών που φυτεύτηκαν το 1999 – 1 ^η φύτευση	Αριθμός φυτών που φυτεύτηκαν το 2002 – 2 ^η φύτευση	Ποσοστό % επιβίωσης για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης	Ποσοστό % επιβίωσης 1 ^{ης} φύτευσης για περίοδο 7 ετών (1999-2006)	Ποσοστό % των φυτών που επιβίωσαν και παρουσίασαν συμπτώματα καταπονήσεων	Ποσοστό % μη επιβίωσης 1 ^{ου} έτους	Ποσοστό % μη επιβίωσης 2 ^{ου} έτους	Ποσοστό % μη επιβίωσης 3 ^{ου} έτους
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Χαρουπιά	1	41		75,6	63,4	69,2	14,6	4,9	4,9
		2		30	0		0	46,7	16,7	36,7
		3		30	0		0	36,7	40,0	23,3
<i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>europaea</i>	Ελιά	1	44		95,5	93,2	39	2,3	2,3	0,0
		2		30	60		72,2	10,0	10,0	20,0
		3		30	56,7		100	13,3	13,3	16,7
<i>Quercus ilex</i> L.	Αριά	1		30	33,3		20	20,0	6,7	40,0
		2		30	30		100	46,7	3,3	20,0
		3	64		28,1	15,6	50	56,3	9,4	6,3
<i>Myrtus communis</i> L.	Μυρτιά	1		30	26,7		37,5	33,3	13,3	26,7
		2		30	0		0	56,7	20,0	23,3
		3	60		43,3	33,3	40	28,3	16,7	11,7
<i>Nerium oleander</i> L.	Πικροδάφνη	1		30	86,7		23,1	3,3	3,3	6,7
		2		30	70		85,7	10,0	3,3	16,7
		3	246		89	74,8	82,1	8,1	1,6	1,2
<i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>europaea</i> var. <i>sylvestris</i> (Mill.) Lehr	Αγριελιά	1	41		75,6	61	12	19,5	4,9	0,0
		2		30	60		66,6	20,0	3,3	16,7
		3		30	66,7		70	13,3	3,3	16,7
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Σχίνος	1		30	60		5,6	10,0	3,3	26,7
		2		30	30		22,2	40,0	3,3	26,7
		3	58		43,1	25,9	13,3	43,1	8,6	5,2
<i>Quercus coccifera</i> L.	Πουρνάρι	1		30	40		33,3	13,3	10,0	36,7
		2		30	6,7		100	56,7	16,7	20,0
		3	47		31,9	10,6	40	51,1	12,8	4,3
<i>Vitex agnus-castus</i> L.	Λυγαριά	1		30	40		0	30,0	10,0	20,0
		2		30	16,7		40	63,3	13,3	6,7
		3	50		62	54	0	38,0	0,0	0,0
<i>Coridothymus capitatus</i> (L) Rchb. F.	Θυμάρι	1		30	33,3		10	20,0	6,7	40,0
		2	180		50	3,3	16,7	34,4	7,2	8,3
		3		30	0		0	36,7	26,7	36,7
<i>Origanum heracleoticum</i> L.	Ρίγανη	1		30	40		16,7	16,7	3,3	40,0
		2	555		15,1	0,9	20	60,2	16,4	8,3
		3	62		37,1	3,2	0	30,6	12,9	19,4
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Δεντρολίβανο	1		30	70		9,5	10,0	3,3	16,7
		2		30	16,7		40	53,3	10,0	20,0
		3	300		25	8	29,2	50,7	5,3	19,0
<i>Salvia triloba</i> L.	Φασκόμηλο	1		30	26,7		50	20,0	10,0	43,3
		2	100		7	1	0	81,0	9,0	3,0
		3	248		19,4	4,4	72,7	29,0	20,6	31,0



Γραφήματα 5.4.1.1-5.4.1.6: Αριστερά, ποσοστό επιβίωσης ανά είδος (σε κατηγορίες) και περιοχή για τα πρώτα τρία χρόνια εγκατάστασης των φυτών παράλληλα με το ποσοστό των ατόμων που επιβίωσαν και παρουσίασαν κατά το ίδιο χρονικό διάστημα συμπτώματα καταπονήσεων. Δεξιά, ανά έτος αθροιστικά τα πρώτα τρία χρόνια το ποσοστό μη επιβίωσης των ειδών (σε κατηγορίες) στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων.



Γράφημα 5.4.1.7: Ύψος βροχής τα τρία πρώτα έτη για τις δύο φυτεύσεις στις πειραματικές περιοχές.

εκτός εποχής φύτευση (τέλη Μαΐου) με επιπλέον καθυστέρηση 40 ημερών η άρδευση. Σε αυτές τις συνθήκες, το 1^ο έτος επιβίωσης στην Π1 η μυρτιά (33%) και η λυγαριά (30%) είχαν τις μεγαλύτερες απώλειες (τα πιο ευαίσθητα είδη), ενώ στην Π2 είχαν το φασκόμηλο (81%), η λυγαριά (63%), η ρίγανη (60%) το πουρνάρι (57%), η μυρτιά (57%) και το δεντρολίβανο (53%) και στην Π3 η αριά (56%), το δεντρολίβανο (51%), το πουρνάρι (51%) και ο σχίνος (43%). Όμως οι απώλειες συνεχίστηκαν το 2^ο έτος με μικρά ποσοστά, καθώς εξακολουθούσαν να υπάρχουν δυσμενείς συνθήκες για τα φυτά στο ΧΔΑ. Στο 3^ο έτος οι απώλειες αυξήθηκαν στα φυτά της 2^{ης} φύτευσης λόγω και της μη άρδευσης για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα του καλοκαιριού του 2005 από βλάβες στη δεξαμενή και στο αρδευτικό δίκτυο, παρόλο που το ύψος βροχής του έτους ήταν μεγαλύτερο από των φυτών της 1^{ης} φύτευσης (γράφημα 5.4.1.7). Από τη μελέτη των 11 ΧΔΑ στο Η.Β. (Rawlinson et al., 2004), καταγράφηκε υψηλό ποσοστό θνησιμότητας κατά το 1^ο έτος, με 40% στα *Salix viminalis* και *S. caprea*, και >30% στα *Pinus nigra*, *Alnus viridis* και *A. cordata*, το οποίο αποδόθηκε στον ανταγωνισμό (κυρίως για υγρασία) με τα αυτοφυή ποώδη φυτά στο λάκκο φύτευσης. Αυτά τα είδη μαζί με άλλα δύο κωνοφόρα είχαν συνολικά 3-χρονη αθροιστική θνησιμότητα πάνω από 55%. Επίσης, 4 ΧΔΑ από τους 11 είχαν συνολική θνησιμότητα πάνω από 40%. Τον 3^ο χρόνο ωστόσο, η θνησιμότητα για όλα τα είδη είχε ελαττωθεί κατά πολύ.

Για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης, η επιβίωσή τους μετρήθηκε μέχρι τις αρχές του 2006, δηλαδή για χρονική περίοδο 7 ετών. Από τα αποτελέσματα, η χαρουπιιά (63%), η πικροδάφνη (75%), η ελιά (93%), η αγριελιά (61%) και η λυγαριά (54%) στις Π1 και Π3 είχαν μικρές περαιτέρω απώλειες (σε σύγκριση με τα πρώτα 3 χρόνια επιβίωσης), αλλά παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα επιβίωσης. Δηλαδή θνησιμότητα καταγραφόταν κάθε χρόνο σε πολύ μικρούς αριθμούς, το οποίο δεν συμβαίνει σε φυσιολογικές συνθήκες και αιτιολογείται από τις συνεχείς (μόνιμες) καταπονήσεις που επιδρούσαν στα φυτά σε συνθήκες που δεν έχουν προσαρμοστεί (ιδιαιτερότητες ΧΔΑ).

Επιπλέον, από την επίδραση των καταπονήσεων στα φυτά κατά τη διάρκεια της έρευνας, παρατηρήθηκαν συμπτώματα. Στην αρχή εμφανιζόταν ένα καφέ χρώμα στις άκρες των φύλλων (ξήρανση), το οποίο επεκτεινόταν προς το μίσχο όσο οι καταπονήσεις συνέχιζαν να επιδρούν (μόνο στη χαρουπιιά στα νέα φύλλα είχαν

χρώμα μαύρο). Ακολουθούσε πτώση των φύλλων, κυρίως τα χαμηλότερα στην κόμη, και μετέπειτα ξήρανση τμημάτων της κόμης και του βλαστού. Τελικό στάδιο ήταν η ξήρανση όλου του υπέργειου τμήματος των φυτών που συνήθως παρατηρούνταν προς το τέλος της ξηρής περιόδου. Με την έναρξη της υγρής περιόδου, παραβλαστάνανε τα φυτά στα οποία ξεραινόταν ολόκληρο ή το μεγαλύτερο τμήμα υπέργεια και η ρίζα επιβίωνε. Από τα είδη που φυτεύτηκαν, μόνο το θυμάρι δεν παραβλαστάνει, ενώ η λυγαριά, που είναι φυλλοβόλο, παραβλαστάνει την άνοιξη. Στις πειραματικές περιοχές, υψηλά ποσοστά εμφάνισης συμπτωμάτων καταπονήσεων παρουσίασαν η ελιά, η αγριελιά, η πικροδάφνη, η χαρουπιά, η αριά, το πουρνάρι και το φασκόμηλο, ενώ χαμηλά ποσοστά είχαν το θυμάρι και η λυγαριά (γραφήματα 5.4.1.1-5.4.1.6). Τα ανωτέρω έχουν διαπιστωθεί στα περισσότερα είδη των μεσογειακού τύπου οικοσυστημάτων, καθώς έχουν αναπτύξει προσαρμοστικές στρατηγικές για επιτυχή ανάκαμψη μετά από διαταραχές όπως η φωτιά και η βόσκηση. Χαρακτηριστική εξάλλου είναι η αυξημένη συμμετοχή των ψυχανθών στη γλωρίδα των πρώτων μεταπτυρικών σταδίων που εμπλουτίζει το έδαφος με ατμοσφαιρικό άζωτο και παράλληλα παραβλαστάνουν τα περισσότερα ξυλώδη είδη (*Arianoutsou-Faraggitaki & Margaris, 1982*). Η παραβλάστηση γίνεται κυρίως από οφθαλμούς σε λήθαργο, που εντοπίζονται στο κορυφαίο τμήμα του ριζικού συστήματος. Με τη φωτιά καταστρέφεται μόνο το υπέργειο φυτικό μέρος που αποτελεί το 1/3 της φυτικής βιομάζας, ενώ τα 2/3 της βιομάζας (ρίζες) παραμένουν βασικά ανεπηρέαστα (*Μάργαρης, 1976*). Δηλαδή τα περισσότερα ξυλώδη είδη των μεσογειακού τύπου οικοσυστημάτων στην επίδραση σημαντικών παραγόντων καταπόνησης για την επιβίωσή τους, μόνο όταν δεν επιβιώνει η ρίζα δεν επιβιώνει το φυτό.

Επομένως ο τρόπος αντίδρασης των ειδών που φυτεύτηκαν ως προς την εμφάνιση των συμπτωμάτων καταπονήσεων και την επιβίωσή τους θα μπορούσε να τα χωρίσει σε τρεις ομάδες: α) τα αειθαλή είδη που παραβλαστάνουν μετά τις φθινοπωρινές βροχές, β) τη λυγαριά (φυλλοβόλο φυτό) που παραβλαστάνει την άνοιξη και γ) το θυμάρι που δεν παραβλαστάνει. Τα είδη της πρώτης ομάδας έχουν και τα μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης στις συνθήκες του ΧΔΑ, που πιθανόν να οφείλεται στη διάθεση καλύτερων μηχανισμών αντιμετώπισης των καταπονήσεων με την προσαρμογή και τον εγκλιματισμό τους. Η πικροδάφνη για παράδειγμα, που έχει και το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης, καθώς παρουσιάζει και υψηλό ποσοστό φυτών με συμπτώματα καταπονήσεων, παραβλαστάνει γρηγορότερα, έχει μεγάλο τάχος αύξησης και τον πρώτο χρόνο τα νέα παραβλαστήματα μπορεί να φθάσουν σε φάση ωριμότητας και να ανθίσουν. Η λυγαριά ως φυλλοβόλο, με την πτώση των φύλλων και τη μείωση του μεταβολισμού το χειμώνα, παρουσιάζει συμπτώματα μόνο στα φυτά της Π2, ενώ η επιβίωσή της στις Π1 και Π3 είναι σε σημαντικά ποσοστά. Τέλος, το θυμάρι παρουσιάζει μικρά ποσοστά επιβίωσης και συμπτωμάτων. Η βιολογία του θυμαριού όμως δεν είναι ίδια όσον αφορά τον πολλαπλασιασμό του είδους, το οποίο αναγεννάται αποκλειστικά με σπέρματα. Έτσι τα είδη που παραβλαστάνουν πλεονεκτούν κατά κάποιο τρόπο συγκριτικά με εκείνα που αναγεννώνται από σπέρματα. Ως προς τις περιοχές, στην Π2 παρουσιάζονται τα υψηλότερα ποσοστά συμπτωμάτων καταπονήσεων για κάθε είδος, ακολουθεί η Π3 και μετά η Π1.

Από τα γραφήματα 5.4.1.1-5.4.1.6, για τα είδη χωρισμένα σε κατηγορίες δέντρα, θάμνοι και φρύγανα - αρωματικά φυτά, διαπιστώνεται ότι οι θάμνοι έχουν τα υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης με παράλληλη υψηλή παρουσία συμπτωμάτων καταπονήσεων, ακολουθούν τα δέντρα και μετά τα φρύγανα. Δηλαδή, στις δυσμενείς συνθήκες του ΧΔΑ, οι θάμνοι δείχνουν να εγκλιματίζονται με μεγαλύτερες αντοχές στις καταπονήσεις ή με τους μηχανισμούς προσαρμογής (όπως η πτώση φύλλων, ξήρανση του υπέργειου τμήματος) με παραβλάστηση να συνεχίζουν να επιβιώνουν.

Ως προς την ταξινόμηση των ειδών σύμφωνα με το ποσοστό επιβίωσης, τις περιοχές μελέτης και το έτος φύτευσης για την περίοδο των 3 πρώτων ετών, δίνονται οι πίνακες 5.4.1.2 και 5.4.1.3. Από τον πίνακα 5.4.1.2, υψηλές τιμές επιβίωσης (από 60% και πάνω) παρουσιάζουν η πικροδάφνη, η αγριελιά και η ελιά (και στις τρεις περιοχές μελέτης), η χαρουπιά, το δεντρολίβανο και ο σχίνος στην Π1 και η λυγαριά στην Π3. Ακόμη, στην Π1 περίπου τα μισά είδη παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό, ενώ στις Π2 και Π3 το 1/3 των ειδών (με την Π3 να καταγράφει υψηλότερα ποσοστά). Σύμφωνα με τα πρότυπα της δασοπονίας στο Η.Β., θνησιμότητα πάνω από 40% δεν είναι αποδεκτή για την επιτυχή εγκατάσταση φυτών (Rawlinson *et al.*, 2004). Από τον πίνακα 5.4.1.3, ως προς το έτος φύτευσης, υψηλό ποσοστό επιβίωσης παρουσιάζουν 5 είδη του έτους 1999 και 7 είδη του έτους 2002 (με υψηλότερα ποσοστά στα είδη του έτους 1999). Δεν υπάρχουν είδη του έτους φύτευσης 1999 στην Π2 που να έχουν υψηλό ποσοστό επιβίωσης, ενώ αντίθετα για το 2002 υπάρχουν και στις τρεις περιοχές. Αυτά οφείλονται στην αντίδραση του κάθε είδους στις καταπονήσεις, στις βελτιωμένες συνθήκες που υπήρχαν στα φυτά που φυτεύτηκαν το έτος 2002 ως προς την αέρια φάση του εδάφους, αλλά και στο πρόγραμμα παρακολούθησης και συντήρησης των φυτών που υλοποιήθηκε καλύτερα τα πρώτα έτη από την αποκατάσταση του ΧΔΑ το 1999. Μία μεθοδική και λεπτομερή εξέταση για 2-6 χρόνια, 27 αποκατεστημένων περιοχών (περιλαμβανομένων 8 ΧΔΑ) στην Αγγλία, που φυτεύτηκαν με δέντρα, έδειξε ότι το 50% αυτών απέτυχε να εκπληρώσει το σκοπό για τον οποίο φυτεύτηκαν, με χαρακτηριστικό υψίστης σημασίας την ανάγκη μετα-φροντίδας σε αυτές τις περιοχές (Moffat & Laing, 2003).

Από τη στατιστική επεξεργασία με ανάλυση απόκλισης (analysis of deviance) για τον έλεγχο της επίδρασης των παραγόντων «είδος», «περιοχή» και «έτος φύτευσης» στη μεταβλητή «επιβίωση», προέκυψαν σε όλες τις περιπτώσεις σημαντικά στατιστικά αποτελέσματα (πίνακας 5.4.1.4). Από τα στοιχεία της ανάλυσης, και οι τρεις παράγοντες είναι στατιστικά σημαντικοί ($p < 0,001$) και σε βαθμό σημαντικότητας (Df, Deviance) κατά σειρά: το είδος, η περιοχή και το έτος φύτευσης, με μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Το γραμμικό μοντέλο που πραγματοποιήθηκε (με διόρθωση ως προς είδος, περιοχή και έτος φύτευσης) επιβεβαίωσε την ανάλυση απόκλισης. Σύμφωνα με τους συντελεστές των παραγόντων και λαμβάνοντας υπόψη το κάθε είδος, η Π2 είχε τη μικρότερη επιβίωση από όλες τις περιοχές, ενώ η Π1 τη μεγαλύτερη. Επίσης, τα είδη του έτους φύτευσης 2002 (Φ2) κατά τη χρονική περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης, σε σύγκριση με τα είδη του έτους φύτευσης 1999 (Φ1), είχαν μικρότερο ποσοστό επιβίωσης, το οποίο εν μέρει εξηγείται από την ελλιπή υλοποίηση του προγράμματος παρακολούθησης και συντήρησης των φυτών από τον ΕΣΔΚΝΑ και τον εργολάβο.

Από την επεξεργασία των στοιχείων, συγκρίνοντας το κάθε είδος μεταξύ των περιοχών ως προς τη μεταβλητή της επιβίωσης, βρέθηκε σχέση σε όλα τα είδη (ANODE, $p < 0,001$) εκτός από την αριά λόγω του ότι επιβιώνει με το ίδιο περίπου ποσοστό και στις τρεις περιοχές (πίνακας 5.4.1.5). Από τον πίνακα 5.4.1.5, το μοντέλο που επακολούθησε με διόρθωση ως προς περιοχή, επιβεβαιώθηκαν τα προηγούμενα και επιπλέον στη χαρουπιά δεν βρέθηκαν σχέσεις ανάμεσα στις περιοχές, καθώς στις Π2 και Π3 δεν επιβίωσε κανένα φυτό. Ακόμη, από το μοντέλο, στα περισσότερα είδη το ποσοστό επιβίωσης ήταν μικρότερο στην Π2 και μετέπειτα στην Π3 (στη σύγκριση με την Π1) σε στατιστικά σημαντικό βαθμό. Εξαιρετική αποτέλεσε το θυμάρι, που επιβίωσε καλύτερα στην Π2, και η μυρτιά, η πικροδάφνη και η λυγαριά που επιβίωσαν με μεγαλύτερο ποσοστό στην Π3. Επειδή όλα τα είδη των εξαιρέσεων αφορούν το έτος φύτευσης 1999, οι λόγοι αποδίδονται στην καλύτερη εφαρμογή του προγράμματος παρακολούθησης και συντήρησης των φυτών.

Πίνακας 5.4.1.2: Ταξινόμηση των ειδών σύμφωνα με το ποσοστό επιβίωσής τους (ανεξαρτήτως περιοχής και έτους φύτευσης) για τη χρονική περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης. Επίσης, στις στήλες δεξιά, ταξινόμηση των ειδών σύμφωνα με την περιοχή και το ποσοστό επιβίωσής τους.

Είδος	Επιβίωση (%)	Περιοχή	Έτος φύτευσης*	Είδος	Περιοχή	Επιβίωση (%)	Έτος φύτευσης
Ελιά	95,5	1	1	Ελιά	1	95,5	1
Πικροδάφνη	89	3	1	Πικροδάφνη	1	86,7	2
Πικροδάφνη	86,7	1	2	Αγριελιά	1	75,6	1
Αγριελιά	75,6	1	1	Χαρουπιά	1	75,6	1
Χαρουπιά	75,6	1	1	Δεντρολίβανο	1	70	2
Δεντρολίβανο	70	1	2	Σχίνος	1	60	2
Πικροδάφνη	70	2	2	Λυγαριά	1	40	2
Αγριελιά	66,7	3	2	Πουρνάρι	1	40	2
Λυγαριά	62	3	1	Ρίγανη	1	40	2
Αγριελιά	60	2	2	Αριά	1	33,3	2
Ελιά	60	2	2	Θυμάρι	1	33,3	2
Σχίνος	60	1	2	Μυρτιά	1	26,7	2
Ελιά	56,7	3	2	Φασκόμηλο	1	26,7	2
Θυμάρι	50	2	1	Πικροδάφνη	2	70	2
Μυρτιά	43,3	3	1	Αγριελιά	2	60	2
Σχίνος	43,1	3	1	Ελιά	2	60	2
Λυγαριά	40	1	2	Θυμάρι	2	50	1
Πουρνάρι	40	1	2	Αριά	2	30	2
Ρίγανη	40	1	2	Σχίνος	2	30	2
Ρίγανη	37,1	3	1	Δεντρολίβανο	2	16,7	2
Αριά	33,3	1	2	Λυγαριά	2	16,7	2
Θυμάρι	33,3	1	2	Ρίγανη	2	15,1	1
Πουρνάρι	31,9	3	1	Φασκόμηλο	2	7	1
Αριά	30	2	2	Πουρνάρι	2	6,7	2
Σχίνος	30	2	2	Μυρτιά	2	0	2
Αριά	28,1	3	1	Χαρουπιά	2	0	2
Μυρτιά	26,7	1	2	Πικροδάφνη	3	89	1
Φασκόμηλο	26,7	1	2	Αγριελιά	3	66,7	2
Δεντρολίβανο	25	3	1	Λυγαριά	3	62	1
Φασκόμηλο	19,4	3	1	Ελιά	3	56,7	2
Δεντρολίβανο	16,7	2	2	Μυρτιά	3	43,3	1
Λυγαριά	16,7	2	2	Σχίνος	3	43,1	1
Ρίγανη	15,1	2	1	Ρίγανη	3	37,1	1
Φασκόμηλο	7	2	1	Πουρνάρι	3	31,9	1
Πουρνάρι	6,7	2	2	Αριά	3	28,1	1
Θυμάρι	0	3	2	Δεντρολίβανο	3	25	1
Μυρτιά	0	2	2	Φασκόμηλο	3	19,4	1
Χαρουπιά	0	2	2	Θυμάρι	3	0	2
Χαρουπιά	0	3	2	Χαρουπιά	3	0	2

* 1=έτος φύτευσης 1999 & 2=έτος φύτευσης 2002

Πίνακας 5.4.1.3: Για τη χρονική περίοδο των πρώτων 3 ετών, ταξινόμηση των ειδών σύμφωνα με το έτος φύτευσης και το ποσοστό επιβίωσής τους (ανεξαρτήτως περιοχής). Επίσης, στις στήλες δεξιά, ταξινόμηση των ειδών σύμφωνα με το έτος φύτευσης, την περιοχή και το ποσοστό επιβίωσής τους.

Είδος	Έτος φύτευσης	Επιβίωση (%)	Περιοχή	Είδος	Έτος φύτευσης	Περιοχή	Επιβίωση (%)
Ελιά	1	95,5	1	Ελιά	1	1	95,5
Πικροδάφνη	1	89	3	Αγριελιά	1	1	75,6
Αγριελιά	1	75,6	1	Χαρουπιά	1	1	75,6
Χαρουπιά	1	75,6	1	Θυμάρι	1	2	50
Λυγαριά	1	62	3	Ρίγανη	1	2	15,1
Θυμάρι	1	50	2	Φασκόμηλο	1	2	7
Μυρτιά	1	43,3	3	Πικροδάφνη	1	3	89
Σχίνος	1	43,1	3	Λυγαριά	1	3	62
Ρίγανη	1	37,1	3	Μυρτιά	1	3	43,3
Πουρνάρι	1	31,9	3	Σχίνος	1	3	43,1
Αριά	1	28,1	3	Ρίγανη	1	3	37,1
Δεντρολίβανο	1	25	3	Πουρνάρι	1	3	31,9
Φασκόμηλο	1	19,4	3	Αριά	1	3	28,1
Ρίγανη	1	15,1	2	Δεντρολίβανο	1	3	25
Φασκόμηλο	1	7	2	Φασκόμηλο	1	3	19,4
Πικροδάφνη	2	86,7	1	Πικροδάφνη	2	1	86,7
Δεντρολίβανο	2	70	1	Δεντρολίβανο	2	1	70
Πικροδάφνη	2	70	2	Σχίνος	2	1	60
Αγριελιά	2	66,7	3	Λυγαριά	2	1	40
Σχίνος	2	60	1	Πουρνάρι	2	1	40
Αγριελιά	2	60	2	Ρίγανη	2	1	40
Ελιά	2	60	2	Αριά	2	1	33,3
Ελιά	2	56,7	3	Θυμάρι	2	1	33,3
Λυγαριά	2	40	1	Μυρτιά	2	1	26,7
Πουρνάρι	2	40	1	Φασκόμηλο	2	1	26,7
Ρίγανη	2	40	1	Πικροδάφνη	2	2	70
Αριά	2	33,3	1	Αγριελιά	2	2	60
Θυμάρι	2	33,3	1	Ελιά	2	2	60
Αριά	2	30	2	Αριά	2	2	30
Σχίνος	2	30	2	Σχίνος	2	2	30
Μυρτιά	2	26,7	1	Δεντρολίβανο	2	2	16,7
Φασκόμηλο	2	26,7	1	Λυγαριά	2	2	16,7
Δεντρολίβανο	2	16,7	2	Πουρνάρι	2	2	6,7
Λυγαριά	2	16,7	2	Μυρτιά	2	2	0
Πουρνάρι	2	6,7	2	Χαρουπιά	2	2	0
Μυρτιά	2	0	2	Αγριελιά	2	3	66,7
Χαρουπιά	2	0	2	Ελιά	2	3	56,7
Θυμάρι	2	0	3	Θυμάρι	2	3	0
Χαρουπιά	2	0	3	Χαρουπιά	2	3	0

Πίνακας 5.4.1.4: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας από τον έλεγχο της επίδρασης των παραγόντων «είδος», «περιοχή» και «έτος φύτευσης» στην επιβίωση των ειδών που φυτεύτηκαν.

Μεταβλητή	Analysis of Deviance					Γραμμικό Μοντέλο (διόρθωση ως προς είδος, περιοχή και έτος φύτευσης*)			
	Παράγοντας	Df	Deviance	Resid D	p	Παράγοντας	Επίδραση	Συντελεστής	p
Επιβίωση	Είδος	12	10497	52739	<0,001				
	Περιοχή	2	3063	63468	<0,001	Π2	αρνητική	-1,633	<0,001
						Π3	αρνητική	-1,34	<0,001
Έτος φύτευσης	1	231	63237	<0,001	Φ2	αρνητική	-1,108	<0,001	

* Φ1=έτος φύτευσης 1999 & Φ2=έτος φύτευσης 2002

Πίνακας 5.4.1.5: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας από τον έλεγχο της επίδρασης του είδους στην επιβίωση με διόρθωση στο μοντέλο ως προς περιοχή.

Μεταβλητή	Είδος	Analysis of Deviance	Μοντέλο (διόρθωση ως προς περιοχή)			
		p	Παράγοντας	Επίδραση	Συντελεστής	p
Επιβίωση	Χαρουπιά	<0,001	Π2	αρνητική	-21,697	0,964
			Π3	αρνητική	-21,697	0,964
	Ελιά	<0,001	Π2	αρνητική	-2,639	<0,001
			Π3	αρνητική	-3,313	<0,001
	Αριά	0,09	Π2	αρνητική	-0,154	0,24
			Π3	αρνητική	-0,245	0,29
	Μυρτιά	<0,001	Π2	αρνητική	-17,554	0,942
			Π3	θετική	0,743	<0,001
	Πικροδάφνη	<0,001	Π2	αρνητική	-1,025	<0,001
			Π3	θετική	0,221	0,102
	Αγριελιά	<0,001	Π2	αρνητική	-0,726	<0,001
			Π3	αρνητική	-0,438	<0,001
	Σχίνος	<0,001	Π2	αρνητική	-1,253	<0,001
			Π3	αρνητική	-0,683	<0,001
	Πουρνάρι	<0,001	Π2	αρνητική	-2,234	<0,001
			Π3	αρνητική	-0,352	0,002
	Λυγαριά	<0,001	Π2	αρνητική	-1,204	<0,001
			Π3	θετική	0,895	<0,001
	Θυμάρι	<0,001	Π2	θετική	0,693	<0,001
			Π3	αρνητική	-16,872	0,916
	Ρίγανη	<0,001	Π2	αρνητική	-1,319	<0,001
			Π3	αρνητική	-0,276	0,009
	Δεντρολίβανο	<0,001	Π2	αρνητική	-2,457	<0,001
			Π3	αρνητική	-1,946	<0,001
Φασκόμηλο	<0,001	Π2	αρνητική	-1,575	<0,001	
		Π3	αρνητική	-0,415	<0,001	

Σύμφωνα με τους *Rawlinson et al. (2004)* στη μελέτη τους στους 11 ΧΔΑ, τα πλέον επιτυχημένα είδη ήταν τα ιθαγενή σε σύγκριση με τα κωνοφόρα, οι θάμνοι σε σύγκριση με τα δέντρα και τα πλατύφυλλα σε σύγκριση με τα κωνοφόρα. Τον μεγαλύτερο ρόλο στη θνησιμότητα έπαιξε η επιλογή του χώρου και όχι η επιλογή των ειδών.

Επίσης, και οι *Dobson & Moffat (1993)* αναφέρουν ότι προσπάθειες για την επιλογή ειδών ανεκτικών στο βιοαέριο ΧΔΑ είχαν περιορισμένη επιτυχία. Η υπόθεση ότι δέντρα που ανέχονται το πολύ νερό (συνθήκες πλημμύρας) μπορεί επίσης να είναι ικανά να ανέχονται και την έκθεση σε βιοαέριο δεν έδωσε σημαντικά αποτελέσματα.

Η ικανότητα ενός δέντρου πάντως να αντέχει τις επιδράσεις του βιοαερίου σχετίζεται με την ικανότητά του να ανέχεται υψηλές συγκεντρώσεις του παρά με την ικανότητα να αποφεύγει αναερόβιες συνθήκες διαμέσου της ανάπτυξης ενός ρηχού ριζικού συστήματος.

Από τους *Robinson et al* (1992), σε έρευνα ΧΔΑ στο New Jersey, φυτεμένο 15 χρόνια με 19 είδη από 10 άτομα του κάθε είδους, παρατηρήθηκε ότι όλα τα είδη εκτός από ένα είχαν τουλάχιστον ένα άτομο που επιβίωσε και ότι σχεδόν τα μισά από τα αρχικά 190 φυτά ήταν παρόντα. Η επιβίωση ήταν αρκετά ποικίλη ανάμεσα στα είδη. Από τα 18 είδη, καταγράφηκαν στοιχεία για αναπαραγωγή, από σπόρους ή παραβλάστηση στα 9. Ανάμεσα σε αυτά, υψηλότερους ρυθμούς αναπαραγωγής είχαν όλα τα κοινά τοπικά είδη.

Οι *Moffat & Houston* (1991), σε ΧΔΑ στο Έσσεξ 8 χρόνια μετά τη φύτευση σε 4 βάθη επιπρόσθετου καλύμματος (0,0, 0,5, 1,0, 1,5 m), παρατήρησαν ότι η επιβίωση 5 ειδών δέντρων ήταν πολύ χαμηλή. Κανένα είδος δεν επιβίωσε καλά ή αποδεκτά ακόμη και σε βάθη 1m και 1,5m.

Οι *Μάργαρης κ.ά.* (1999) πραγματοποίησαν στη Λήμνο έρευνα για την ενίσχυση της μελισσοκομικής χλωρίδας με *Thymus capitatus* (θυμάρι), *Salvia triloba* (φασκόμηλο), *Origanum sp.* (ρίγανη) και *Menta sp.* (μέντα) με στόχο την αντικατάσταση του *Sarcopoterium spinosum* (αστοιβή) με μελισσοκομικά φυτά και την προστασία των οικοσυστημάτων από υποβάθμιση. Η έρευνα εφαρμόστηκε σε εγκαταλελειμμένες γεωργικές γαίες (οι οποίες υπέστησαν άροση) και σε εκτάσεις με διαφορετική φυτοκάλυψη από αστοιβή χωρίς άρδευση. Από την καταπόνηση της μεταφύτευσης (2 μήνες μετά τη φύτευση), τα ποσοστά θνησιμότητας για το θυμάρι κυμάνθηκαν στις πρώην καλλιεργούμενες εκτάσεις από 2 έως 12% και σε βοσκότοπους με φυτοκάλυψη από αστοιβή από 9 έως 34%. Αντίστοιχα για το φασκόμηλο ήταν 3 έως 14% και 0 έως 12%, και για τη ρίγανη 0% και από 0 έως 14%. Η επιβίωση των φυτών, σε διάρκεια 2 ετών, στο θυμάρι κυμάνθηκε στις μεν πρώην καλλιεργούμενες εκτάσεις από 57 έως 85%, στους δε βοσκότοπους με φυτοκάλυψη από αστοιβή από 2 έως 66%. Αντίστοιχα για το φασκόμηλο ήταν 67 έως 76% και 7 έως 82%, και για τη ρίγανη από 71 έως 77% και από 4 έως 94%.

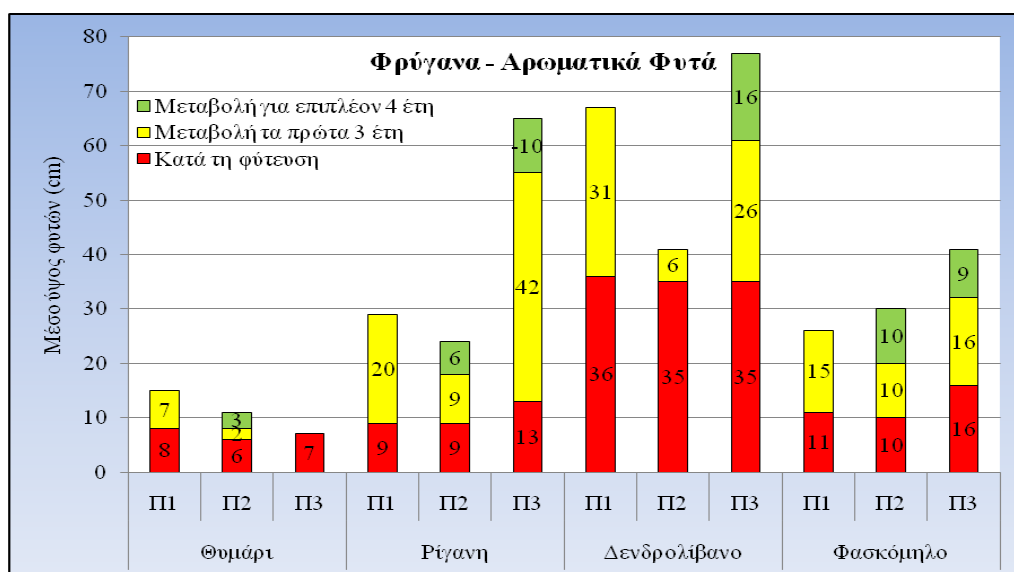
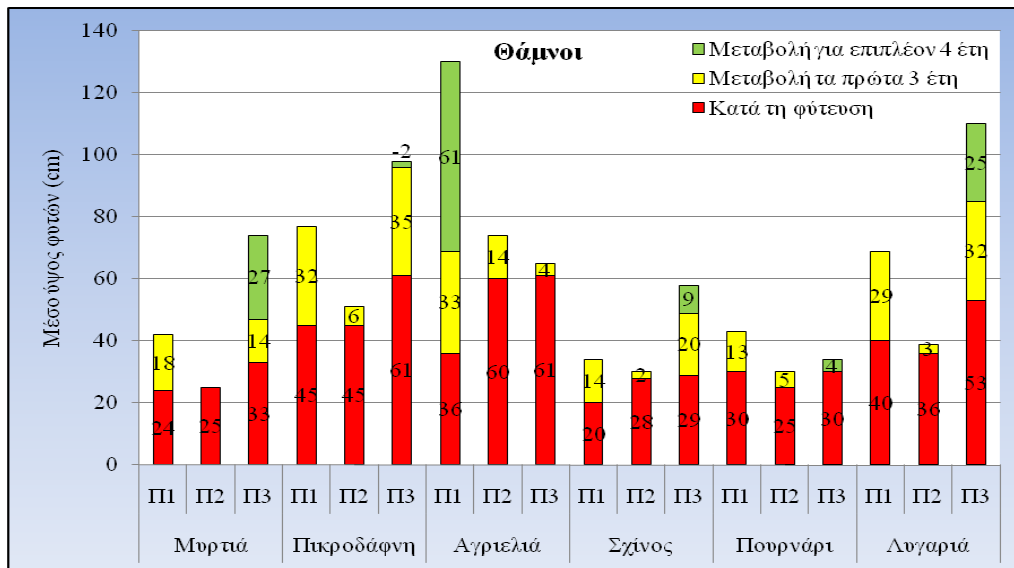
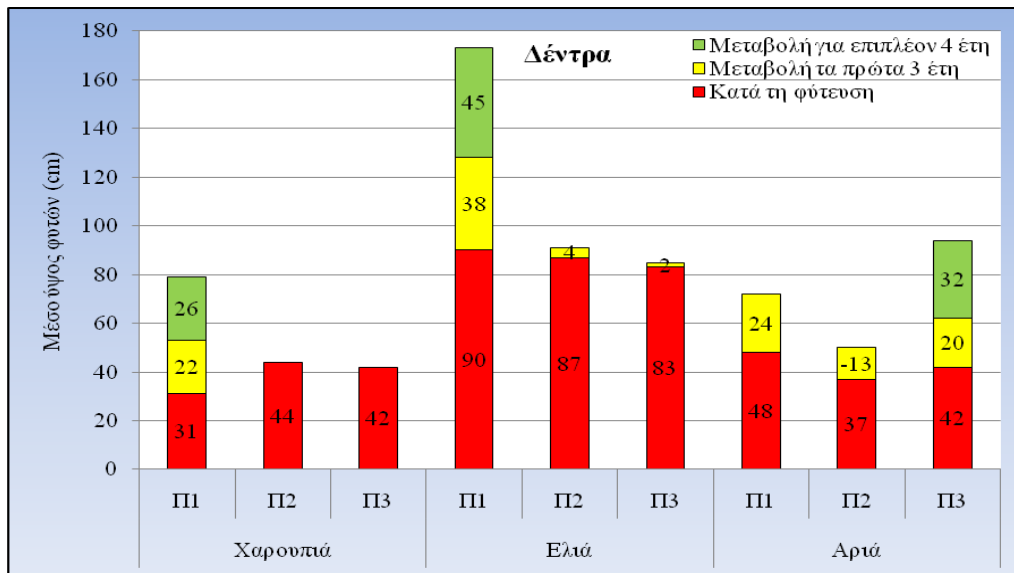
5.4.2 Αύξηση

Από την αύξηση των φυτών μετρήθηκε το ύψος και ο βιοόγκος. Ο βιοόγκος (όγκος της κόμης, η οποία εξομοιώνεται με τον όγκο στερεού που καλύτερα αρμόζει στο φυσικό σχήμα του φυτού) μετρά έμμεσα την αύξηση και την παραγωγικότητα των φυτών (*Hughes et al.* 1987). Η άμεση μέτρηση της υπέργειας παραγωγικότητας συνεπάγεται κοπή των φυτών, κάτι που αντιβαίνει στον ορισμό της αποκατάστασης ΧΔΑ. Για το ύψος και το βιοόγκο, μετρήθηκαν όλα τα φυτά του κάθε είδους που επιβίωνε.

Στον πίνακα 5.4.2.1 δίνονται τα στοιχεία των αποτελεσμάτων από τις μετρήσεις του ύψους και του βιοόγκου των ειδών που φυτεύτηκαν. Για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών, από τα είδη δέντρων (χαρουπιά, ελιά, αριά) τη μεγαλύτερη μεταβολή ύψους είχαν η ελιά (μέσος όρος 38cm), η αριά (μ.ό. 24cm) και η χαρουπιά (μ.ό. 22cm) στην Π1 και η αριά (μ.ό. 20cm) στην Π3 (φυτά της 1^{ης} φύτευσης εκτός από την αριά στην Π1) (γράφημα 5.4.2.1). Εκτός από την ελιά που η μεταβολή κρίνεται μέτρια, στα υπόλοιπα είδη ήταν μικρή, παρότι ήταν μεγαλύτερη συγκρινόμενη με το ύψος που είχαν τα φυτά όταν φυτεύτηκαν. Αυτό εξηγείται, καθώς θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η ελιά σε πλήρη ανάπτυξη έχει μικρότερο ύψος από

Πίνακας 5.4.2.1: Στοιχεία φυτεύσεων, επιβίωσης, μέσου ύψους και βιοόγκου του κάθε είδους ανά περιοχή μελέτης και χρονική περίοδο.

Είδος	ΠΕΡΙΟΧΗ	Αριθμός φυτών που φυτεύτηκαν	Αριθμός φυτών που επιβίωσαν τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης	Αριθμός φυτών (1 ^{ης} φύτευσης) που επιβίωσαν για επιπλέον περίοδο 4 ετών (2002-2006)	Ποσοστό % των φυτών που επιβίωσαν και παρουσίασαν συμπτώματα καταπονήσεων	Μέσο ύψος φυτών κατά τη φύτευση (cm)	Μεταβολή μέσου ύψους φυτών τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης (cm)	Μεταβολή μέσου ύψους φυτών (1 ^{ης} φύτευσης) για επιπλέον περίοδο 4 ετών (2002-2006) (cm)	Μέσος βιοόγκος φυτών κατά τη φύτευση (cm ³)	Μεταβολή μέσου βιοόγκου φυτών τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης (cm ³)	Μεταβολή μέσου βιοόγκου φυτών (1 ^{ης} φύτευσης) για επιπλέον περίοδο 4 ετών (2002-2006) (cm ³)
Χαρουπιά	1	41	31	26	69,2	31	22	26	6740	7782	126461
	2	30	0			44					
	3	30	0			42					
Ελιά	1	44	42	41	39	90	38	45	65648	175248	790785
	2	30	18		72,2	87	4		28128	6469	
	3	30	13		100	83	2		33293	15092	
Αριά	1	30	10		20	48	24		8769	18233	
	2	30	9		100	37	-13		7930	-3442	
	3	64	18	10	50	42	20	32	38266	91370	188596
Μυρτιά	1	30	8		37,5	24	18		1911	8559	
	2	30	0			25					
	3	60	26	20	40	33	14	27	18100	66501	205988
Πικροδάφνη	1	30	26		23,1	45	32		7579	20642	
	2	30	21		85,7	45	6		9911	3293	
	3	246	219	184	82,1	61	35	-2	30383	182886	261865
Αγριελιά	1	41	31	25	12	36	33	61	4978	50975	618791
	2	30	18		66,6	60	14		17277	13491	
	3	30	20		70	61	4		31838	50492	
Σχίνος	1	30	18		5,6	20	14		3853	10397	
	2	30	9		22,2	28	2		9391	8484	
	3	58	25	15	13,3	29	20	9	14887	50392	121288
Πουρνάρι	1	30	12		33,3	30	13		4338	4853	
	2	30	2		100	25	5		4977	1429	
	3	47	15	5	40	30	0	4	1451	2925	6287
Λυγαριά	1	30	12			40	29		10282	22820	
	2	30	5		40	36	3		5294	783	
	3	50	31	27		53	32	25	11227	101638	668212
Θυμάρι	1	30	10		10	8	7		403	2142	
	2	180	90	6	16,7	6	2	3	159	685	1203
	3	30	0			7					
Ρίγανη	1	30	12		16,7	9	20		985	15332	
	2	555	84	5	20	9	9	6	420	6723	34606
	3	62	23	2		13	42	-10	1276	32217	139600
Δεντρολίβανο	1	30	21		9,5	36	31		5530	19867	
	2	30	5		40	35	6		6136	1971	
	3	300	75	24	29,2	35	26	16	11784	184561	348507
Φασκόμηλο	1	30	8		50	11	15		565	11571	
	2	100	7	1		10	10	10	785	5495	7850
	3	248	48	11	72,7	16	16	9	3099	53840	52136



Γραφήματα 5.4.2.1-5.4.2.3: Μεταβολή του μέσου ύψους ανά είδος (σε κατηγορίες) και περιοχή για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών και μεταβολή για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης για επιπλέον περίοδο 4 ετών (2002-2006).

τη χαρουπιά και την αριά, και με τον αυξητικό ρυθμό που είχε στη χρονική περίοδο της έρευνας θα αποκτήσει το τελικό της ύψος σε μικρότερο χρόνο. Στις άλλες πειραματικές περιοχές το ύψος μετά από 3 χρόνια παρέμεινε το ίδιο (δηλαδή τα φυτά δεν αναπτύσσονταν), ενώ στην Π2 η αριά είχε μείωση 13cm, καθώς όλα τα φυτά παρουσίασαν συμπτώματα καταπονήσεων με ξήρανση του υπέργειου τμήματος και στη συνέχεια παραβλάστησαν. Επίσης, τα είδη στις περιοχές που δεν μεταβλήθηκε το ύψος είχαν πολύ υψηλά ποσοστά εμφάνισης συμπτωμάτων καταπονήσεων. Για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης, το ύψος μετρήθηκε και στις αρχές του 2006, επιπλέον 4 χρόνια της πρώτης τριετίας εγκατάστασης (με συνολική χρονική περίοδο 7 ετών από τη φύτευση). Τα αποτελέσματα ήταν αντίστοιχα, όπως στην πρώτη τριετία, για τα είδη δέντρων στις πειραματικές περιοχές, δηλαδή μέτρια μεταβολή ύψους η ελιά (45cm) στην Π1, χαμηλή η αριά (32cm) στην Π3 και η χαρουπιά (26cm) στην Π1. Συνδυάζοντας όμως υψηλό ποσοστό επιβίωσης των φυτών (>60%) και μέτρια προς ικανοποιητική μεταβολή ύψους για την πρώτη τριετία εγκατάστασης και την τετραετία 2002-2006 (για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης), μόνο η ελιά στην Π1 εκπληρώνει αυτά τα κριτήρια. Σύμφωνα με τον *Μιχελάκη (1986)*, με διαφορετικά χρονικά διαστήματα και τρόπους αρδεύσεως σε φυτείες ελιάς, η μεταβολή του ύψους των φυτών για διετή παρακολούθηση κυμάνθηκε από 60 έως 80cm.

Από τα είδη θάμνων (μυρτιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, πουρνάρι, λυγαριά), αντίστοιχα για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών, τη μεγαλύτερη μεταβολή ύψους είχαν η πικροδάφνη (μ.ό. 35cm στην Π3 και 32cm στην Π1), η αγριελιά (33cm στην Π1), η λυγαριά (32cm στην Π3 και 29cm στην Π1), ο σχίνος (20cm στην Π3) και η μυρτιά (18cm στην Π1) (γράφημα 5.4.2.2). Στα είδη των περιοχών που αναφέρθηκαν, η μεταβολή κρίνεται μέτρια προς ικανοποιητική, ενώ στα υπόλοιπα ήταν οριακά χαμηλή έως αμετάβλητη. Από τις περιοχές, στην Π2 τα φυτά σχεδόν δεν αυξήθηκαν και εμφάνισαν υψηλά ποσοστά συμπτωμάτων καταπόνησης, όπως και τα είδη με χαμηλή μεταβολή ύψους. Για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης, πέραν της τριετίας, στην τετραετία 2002-2006 το ύψος μεταβλήθηκε ικανοποιητικά μόνο στην αγριελιά (61cm) στην Π1. Για τα υπόλοιπα είδη, το ύψος μεταβλήθηκε μέτρια στη μυρτιά (27cm) και στη λυγαριά (25cm) για την Π3, ενώ τα άλλα είχαν σχεδόν μηδαμινή αύξηση, με οριακή μείωση (-2cm) η πικροδάφνη στην Π3. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στα είδη (εκτός της πικροδάφνης και της αγριελιάς) που είχαν οριακά χαμηλή προς μηδαμινή μεταβολή ύψους, η επιβίωση ήταν επίσης σε μικρά ποσοστά. Όπως στα δέντρα, συνδυάζοντας υψηλό ποσοστό επιβίωσης των φυτών (>60%) και μέτρια προς ικανοποιητική μεταβολή ύψους, για την πρώτη τριετία εγκατάστασης η πικροδάφνη στις Π1 και Π3, η αγριελιά στην Π1 και η λυγαριά στην Π3 εκπληρώνουν τα κριτήρια. Ενώ την τετραετία 2002-2006 (για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης), μόνο η αγριελιά στην Π1 τα εκπληρώνει. Σύμφωνα με τον *Παρασκευόπουλο (1991)*, μετά από θερισμό σε μακί οικοσύστημα του Πηλίου, η μεταβολή του ύψους του πουρναριού (*Quercus coccifera*) για τα πρώτα 3 έτη ήταν 100cm και για τα επόμενα 4 έτη ήταν 55cm. Αντίστοιχα, στα άλλα κυρίαρχα είδη, η μεταβολή ύψους ήταν: για το μικρό φυλλίκι (*Phillyrea media*) 120cm και 50cm, για την κουμαριά (*Arbutus unedo*) 110cm και 55cm, και για το ρείκι (*Erica arborea*) 115cm και 35cm. Επίσης, η *Κουτσίδου (1995)*, στο Αίπος της Χίου μετά την προστασία περιοχών από βόσκηση, κατέγραψε μεταβολή του ύψους του πουρναριού (*Quercus coccifera*) για τα πρώτα 3 έτη 30cm και για τα επόμενα 4 έτη άλλα 30cm. Αντίστοιχα για το μεγάλο φυλλίκι (*Phillyrea latifolia*) ήταν 20cm και 30cm.

Από τα φρύγανα - αρωματικά φυτά (θυμάρι, ρίγανη, δεντρολίβανο, φασκόμηλο), αντίστοιχα για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών, τη μεγαλύτερη μεταβολή ύψους είχαν η ρίγανη (μ.ό. 42cm στην Π3 και 20cm στην Π1) και το δεντρολίβανο (31cm στην Π1 και 26cm στην Π3) (γράφημα 5.4.2.3). Στα είδη των

περιοχών που αναφέρθηκαν, η μεταβολή κρίνεται μέτρια προς ικανοποιητική, ενώ στα υπόλοιπα ήταν οριακά χαμηλή έως αμετάβλητη. Από τις περιοχές, στην Π2, τα είδη παρουσίασαν οριακά χαμηλή έως μηδαμινή αύξηση. Στα φυτά της 1^{ης} φύτευσης, πέραν της τριετίας, στην τετραετία 2002-2006 το ύψος δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή, που στην περίπτωση της ρίγανης μειώθηκε κατά 10cm με την επιβίωση όμως μόνο 2 φυτών. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στα φυτά της 1^{ης} φύτευσης την τετραετία 2002-2006 η επιβίωση ήταν $\leq 8\%$. Συνδυάζοντας υψηλό ποσοστό επιβίωσης των φυτών (>60%) και μέτρια προς ικανοποιητική μεταβολή ύψους, μόνο το δεντρολίβανο στην Π1 για την πρώτη τριετία εγκατάστασης εκπληρώνει τα κριτήρια αυτά. Από τους Μάργαρης κ.ά. (1999) στη Λήμνο με παρόμοιες εδαφοκλιματικές συνθήκες με το ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, η μεταβολή του ύψους για διετή έρευνα χωρίς άρδευση στο θυμάρι (*Thymus capitatus*) κυμάνθηκε σε εγκαταλελειμμένες γεωργικές γαίες από 10cm έως 14cm και σε βοσκότοπους με φυτοκάλυψη από αστοιβή ήταν 10cm. Επίσης, στο φασκόμηλο (*Salvia triloba*), στις εγκαταλελειμμένες γεωργικές γαίες ήταν 36cm, ενώ στη ρίγανη (*Origanum sp.*) ήταν 17cm.

Συμπερασματικά ως προς το ύψος των φυτών και στις τρεις περιοχές, κανένα είδος δεν παρουσίασε μεταβολή, όπως συμβαίνει σε φυσιολογικές συνθήκες ανάπτυξης, παράλληλα με υψηλή επιβίωση στη χρονική περίοδο που εξετάστηκαν, με χειρότερη περίπτωση την Π2 όπου κανένα είδος δεν αύξησε το ύψος του πάνω από 14cm την πρώτη τριετία.

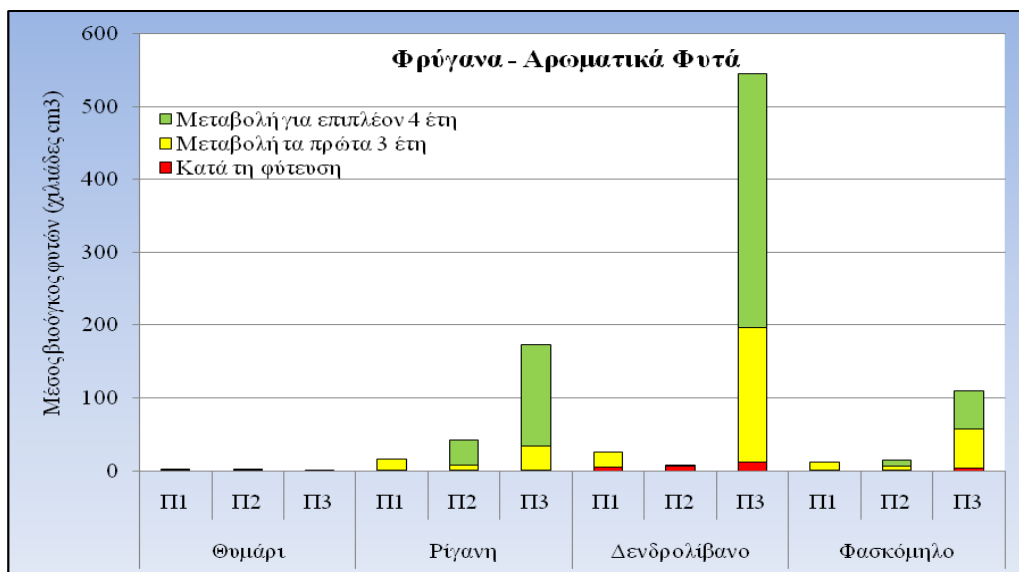
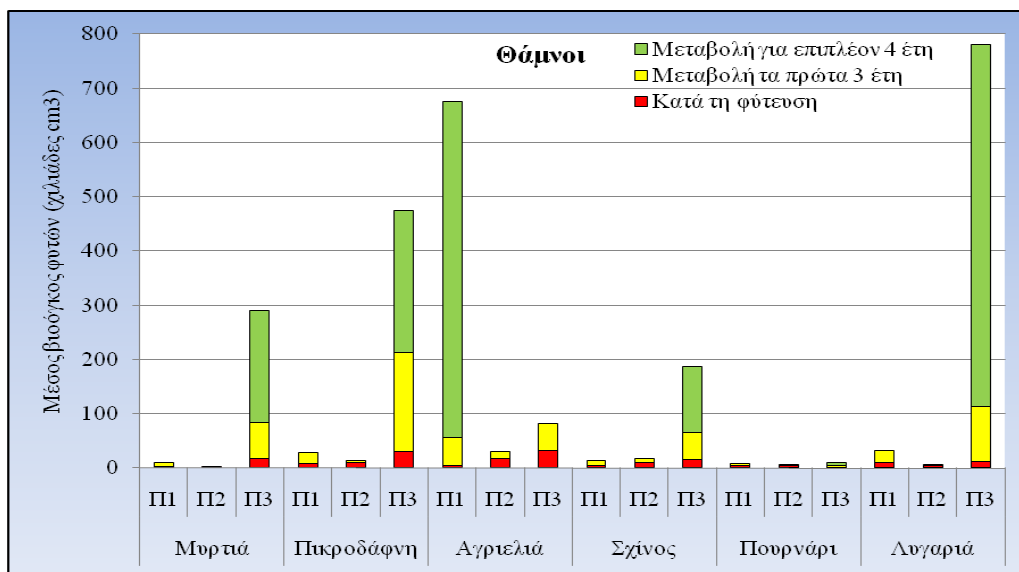
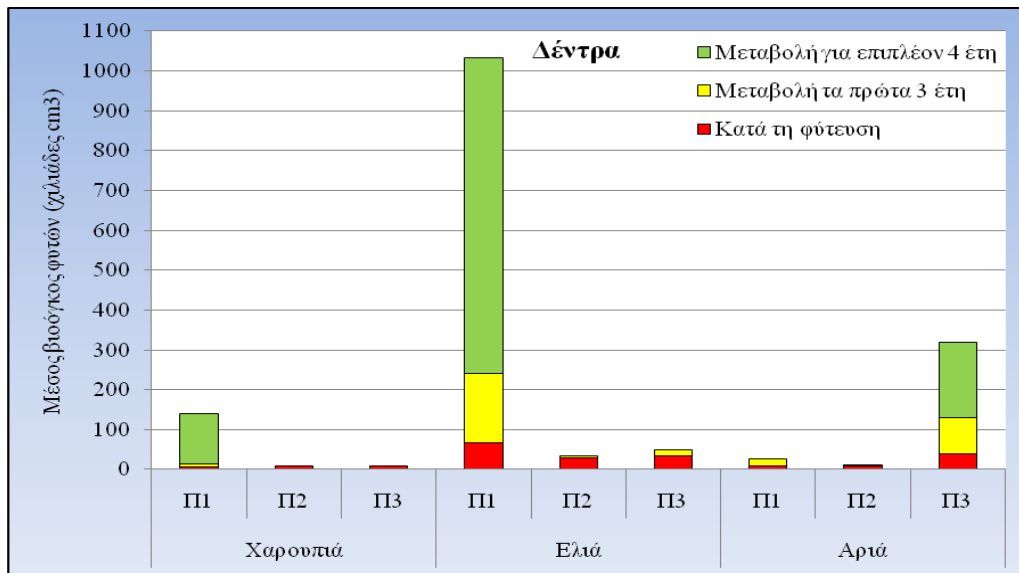
Από τον πίνακα 5.4.2.1, για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών από τα είδη δέντρων (χαρουπιά, ελιά, αριά), τη μεγαλύτερη μεταβολή βιοόγκου είχαν η ελιά (μέσος όρος 175248cm³ στην Π1 με τριπλασιασμό περίπου του αρχικού της όγκου κατά τη φύτευση) και η αριά (μ.ό. 91370 cm³ στην Π3 και 18233 cm³ στην Π1 με διπλασιασμό περίπου του αρχικού όγκου κατά τη φύτευση και στις δύο περιοχές) (γράφημα 5.4.2.4). Στα είδη αυτά η μεταβολή κρίνεται ικανοποιητική, ενώ στα υπόλοιπα ήταν πολύ χαμηλή, με την αριά μάλιστα στην Π2 να μειώνεται ο βιοόγκος της, όπως συνέβη και εξηγείται στη μεταβολή του ύψους. Επίσης, τα είδη στις περιοχές με χαμηλή μεταβολή είχαν υψηλότερα ποσοστά εμφάνισης συμπτωμάτων καταπόνησης από τα άλλα. Για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης την περίοδο 2002-2006 (επιπλέον 4 χρόνια), ο βιοόγκος παρουσίασε μεγάλη μεταβολή σε σύγκριση με τα πρώτα 3 χρόνια και κατά τη φύτευση. Όμως μόνο για την ελιά στην Π1 μπορεί να χαρακτηριστεί η μεταβολή καλή, καθώς η μέχρι τότε αύξησή της και με τον αυξητικό ρυθμό την χρονική περίοδο της έρευνας μπορεί να αποκτήσει σε μικρότερο χρόνο από τα άλλα είδη την τελική της ανάπτυξη. Αντίστοιχα για την αριά στην Π3, η μεταβολή κρίνεται μέτρια και για την χαρουπιά χαμηλή. Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, αν συνδυαστεί το υψηλό ποσοστό επιβίωσης των φυτών (>60%) και η μεταβολή από μέτρια προς καλή για τη χρονική περίοδο της έρευνας, μόνο η ελιά στην Π1 εκπληρώνει αυτά τα κριτήρια.

Από τα είδη θάμνων (μυρτιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, πουρνάρι, λυγαριά), αντίστοιχα για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών, τη μεγαλύτερη μεταβολή βιοόγκου είχαν η πικροδάφνη (μ.ό. 182886cm³ στην Π3), η λυγαριά (101638 cm³ στην Π3), η μυρτιά (66501 cm³ στην Π3), η αγριελιά (50975 cm³ στην Π1 και 50492 cm³ στην Π3) και ο σχίνος (50392 cm³ στην Π3) (γράφημα 5.4.2.5). Εκτός από την αγριελιά στην Π3, τα υπόλοιπα είναι φυτά της 1^{ης} φύτευσης, με το πρόγραμμα παρακολούθησης και συντήρησης των φυτών που υλοποιήθηκε καλύτερα σε αυτά να αποτελεί σημαντικό ρόλο στις αποκαταστάσεις. Η μεταβολή κρίνεται καλή για την πικροδάφνη στην Π3, ενώ στα υπόλοιπα ήταν μέτρια προς ικανοποιητική. Από τις περιοχές, στην Π2 τα φυτά είχαν πολύ μικρή μεταβολή βιοόγκου και εμφάνισαν τα υψηλότερα ποσοστά συμπτωμάτων καταπόνησης. Για τα

φυτά της 1^{ης} φύτευσης, στην τετραετία 2002-2006, ο βιοόγκος μεταβλήθηκε σε καλό βαθμό στη λυγαριά (668212cm³ στην Π3), στην αγριελιά (618791 cm³ στην Π1) και στην πικροδάφνη (261865cm³ στην Π3). Για τα υπόλοιπα είδη, ο βιοόγκος μεταβλήθηκε μέτρια, εκτός από το πουρνάρι που ήταν πολύ χαμηλός. Όμως στον συνδυασμό υψηλού ποσοστού επιβίωσης των φυτών (>60%) και μέτριας προς καλής μεταβολής του βιοόγκου, για την πρώτη τριετία εγκατάστασης, η πικροδάφνη στην Π3, η λυγαριά στην Π3 και η αγριελιά στις Π1 και Π3 εκπληρώνουν τα κριτήρια. Ενώ την τετραετία 2002-2006 (για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης), τα εκπληρώνει η αγριελιά στην Π1 και η πικροδάφνη στην Π3. Σύμφωνα με τον Παρασκευόπουλο (1991), μετά από θερισμό σε μακί οικοσύστημα του Πηλίου, η μεταβολή του βιοόγκου του πουρναριού (*Quercus coccifera*) για τα πρώτα 3 έτη ήταν περίπου 350000cm³ και για τα επόμενα 4 έτη ήταν 750000cm³. Αντίστοιχα στα άλλα κυρίαρχα είδη (*Phillyrea media*, *Arbutus unedo* και *Erica arborea*), η μεταβολή βιοόγκου ήταν περίπου 450000 cm³ και 850000 cm³. Επίσης, η Κουτσίδου (1995), στο Αίπος της Χίου μετά την προστασία περιοχών από βόσκηση, κατέγραψε μεταβολή του βιοόγκου του πουρναριού (*Quercus coccifera*) για τα πρώτα 3 έτη περίπου 150000 cm³ και για τα επόμενα 4 έτη άλλα 300000cm³. Αντίστοιχα για το μεγάλο φυλλίκι (*Phillyrea latifolia*) ήταν περίπου 90000cm³ και 610000cm³.

Στα φρύγανα - αρωματικά φυτά (θυμάρι, ρίγανη, δεντρολίβανο, φασκόμηλο), αντίστοιχα για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών, τη μεγαλύτερη μεταβολή βιοόγκου είχαν το δεντρολίβανο (μ.ό. 184561cm³ στην Π3 και 19867 cm³ στην Π1), το φασκόμηλο (53840 cm³ στην Π3) και η ρίγανη (32217cm³ στην Π3 και 15332cm³ στην Π1) (γράφημα 5.4.2.6). Η μεταβολή στα δεντρολίβανο, φασκόμηλο και ρίγανη για την Π3, κρίνεται καλή έως πολύ καλή, ενώ στα υπόλοιπα ήταν ικανοποιητική. Από τις περιοχές, στην Π2 τα είδη παρουσίασαν χαμηλή αύξηση. Στα φυτά της 1^{ης} φύτευσης, για την τετραετία 2002-2006, επειδή η επιβίωση ήταν ≤8% δεν μπορούν να διατυπωθούν ασφαλή αποτελέσματα. Αν ληφθεί υπόψη το υψηλό ποσοστό επιβίωσης των φυτών (>60%) με τη μεταβολή του βιοόγκου να είναι τουλάχιστον ικανοποιητική, μόνο το δεντρολίβανο στην Π1 για την πρώτη τριετία εγκατάστασης εκπληρώνει τα κριτήρια αυτά. Από τους Μάργαρης κ.ά. (1999) στη Λήμνο με παρόμοιες εδαφοκλιματικές συνθήκες με το ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, η μεταβολή του βιοόγκου για διετή έρευνα χωρίς άρδευση, στο θυμάρι (*Thymus capitatus*) κυμάνθηκε σε εγκαταλελειμμένες γεωργικές γαίες από 3700cm³ έως 5300cm³ και σε βοσκότοπους με φυτοκάλυψη από αστοιβή ήταν 1850cm³. Επίσης, στο φασκόμηλο (*Salvia triloba*) στις εγκαταλελειμμένες γεωργικές γαίες ήταν 38000cm³, ενώ στη ρίγανη (*Origanum sp.*) ήταν 10300cm³.

Συμπερασματικά, ως προς το βιοόγκο και λαμβάνοντας υπόψη την επιβίωση, από τα δέντρα, μόνο η ελιά στην Π1 εμφανίζει μεταβολή που μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική προς καλή, από τους θάμνους η πικροδάφνη στην Π3, η λυγαριά στην Π3 και η αγριελιά στις Π1 και Π3 καλή και μέτρια αντίστοιχα. Από τα αρωματικά φυτά, μόνο το δεντρολίβανο στην Π1 η μεταβολή του μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική. Ανεξαρτήτως επιβίωσης, ορισμένα είδη αρωματικών φυτών παρουσιάζουν κανονική ανάπτυξη, λιγότερο οι θάμνοι και ακόμη λιγότερο τα δέντρα.



Γραφήματα 5.4.2.4-5.4.2.6: Μεταβολή του μέσου βιοόγκου ανά είδος (σε κατηγορίες) και περιοχή για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών και μεταβολή για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης για επιπλέον περίοδο 4 ετών (2002-2006).

Από τη στατιστική επεξεργασία με ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης των παραγόντων «είδος», «περιοχή» και «έτος φύτευσης» στις μεταβλητές «ύψος» και «βιοόγκος» κατά τη διάρκεια των πρώτων 3 ετών από την εγκατάσταση των φυτών, βρέθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις σημαντικά στατιστικά αποτελέσματα (πίνακας 5.4.2.2). Από τα στοιχεία της ανάλυσης διακύμανσης, και οι τρεις παράγοντες είναι στατιστικά σημαντικοί ($p < 0,001$) στις μεταβλητές και σε βαθμό σημαντικότητας (Df, Sum Sq) κατάσειρά ι: το είδος, η περιοχή και το έτος φύτευσης με μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Τα γραμμικά μοντέλα που πραγματοποιήθηκαν (με διόρθωση ως προς είδος, περιοχή και έτος φύτευσης) επιβεβαίωσαν τις αναλύσεις διακύμανσης. Σύμφωνα με τους συντελεστές των παραγόντων και λαμβάνοντας υπόψη το κάθε είδος, η Π2 είχε τη μικρότερη μεταβολή ύψους και βιοόγκου από όλες τις περιοχές, ενώ η Π1 αντίστοιχα είχε τη μεγαλύτερη. Επίσης, τα είδη του έτους φύτευσης 2002 (Φ2) σε σύγκριση με τα είδη του έτους φύτευσης 1999 (Φ1) είχαν μικρότερη μεταβολή ύψους και βιοόγκου, το οποίο εν μέρει εξηγείται από την ελλιπή υλοποίηση του προγράμματος παρακολούθησης και συντήρησης των φυτών.

Για την επεξεργασία των στοιχείων με ανάλυση διακύμανσης και μοντέλα, των μεταβλητών «ύψος» και «βιοόγκος» με τους παράγοντες, δεν μπορεί να γίνει σύγκριση μεταξύ των περιοχών και των ετών φύτευσης για κάθε είδος στη χρονική διάρκεια της έρευνας, διότι αφενός δεν επιβιώνουν όλα τα είδη σε κάθε περιοχή και αφετέρου σε κάθε έτος φύτευσης δεν φυτεύτηκαν όλα τα είδη και στις τρεις πειραματικές περιοχές. Επίσης, για να μην εξαχθούν εσφαλμένα αποτελέσματα λόγω της επιβίωσης ολιγάριθμων φυτών σε ορισμένα είδη ανά περιοχή, εξασφαλίστηκε κατά την επεξεργασία των στοιχείων το ποσοστό επιβίωσης ενός είδους και στις τρεις περιοχές να είναι τουλάχιστον 35%. Τα είδη αυτά για τη χρονική περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών ήταν η ελιά, η πικροδάφνη, η αγριελιά, ο σχίνος, η λυγαριά και το δεντρολίβανο. Δηλαδή, όλα τα είδη που αναλύθηκαν παραπάνω με υψηλό ποσοστό επιβίωσης και μέτρια έως καλή ανάπτυξη.

Από την επεξεργασία των στοιχείων, συγκρίνοντας το κάθε είδος μεταξύ των περιοχών ως προς τις μεταβλητές «ύψος» και «βιοόγκος», βρέθηκαν σχέσεις σε όλα τα είδη που αναλύθηκαν (ANOVA, $p < 0,001$) (πίνακας 5.4.2.3). Το ύψος στην Π1 έχει τη μεγαλύτερη μέση μεταβολή όλων των ειδών και ακολουθεί η Π3. Η Π2 πάντως έχει λίγο μεγαλύτερη μέση μεταβολή ύψους από την Π3 στην ελιά και στην αγριελιά. Ο βιοόγκος έχει τη μεγαλύτερη μέση μεταβολή στην Π3, εκτός της ελιάς, και ακολουθεί η Π1 έναντι της Π2.

Πίνακας 5.4.2.2: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας από τον έλεγχο της επίδρασης των παραγόντων «είδος», «περιοχή» και «έτος φύτευσης» στις μεταβλητές «ύψος» και «βιοόγκος» για τα πρώτα 3 έτη εγκατάστασης των φυτών.

Μεταβλητή	Analysis of Variance					Γραμμικό Μοντέλο (διόρθωση ως προς είδος, περιοχή και έτος φύτευσης*)			
	Παράγοντας	Df	Sum Sq	F	p	Παράγοντας	Επίδραση	Συντελεστής	p
Ύψος	Είδος	12	1891695	643,4	<0,001				
	Περιοχή	2	705373	1439,4	<0,001	Π2	αρνητική	-21,374	<0,001
	Έτος φύτευσης	1	179864	734,1	<0,001	Π3	αρνητική	-17,864	<0,001
	Υπόλοιπα	18488	4529871			Φ2	αρνητική	-9,605	<0,001
Βιοόγκος	Είδος	12	4,78x10 ¹³	301,42	<0,001				
	Περιοχή	2	7,46x10 ¹²	281,79	<0,001	Π2	αρνητική	-38652	<0,001
	Έτος φύτευσης	1	7,47x10 ¹²	563,87	<0,001	Π3	αρνητική	-9114	0,001
	Υπόλοιπα	18488	2,45x10 ¹⁴			Φ2	αρνητική	-61881	<0,001

* Φ1=έτος φύτευσης 1999 & Φ2=έτος φύτευσης 2002

Πίνακας 5.4.2.3: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας από τον έλεγχο της επίδρασης του είδους στο ύψος και το βιοόγκο με διόρθωση στο μοντέλο ως προς περιοχή και έτος φύτευσης.

Μεταβλητή	Είδος	Ανοva	Γραμμικό Μοντέλο (διόρθωση ως προς περιοχή και φύτευση)				
			ρ	Παράμετρος	Επίδραση	Συντελεστής	ρ
Ύψος	Ελιά	<0,001	Π2	αρνητική	-33,849	<0,001	
			Π3	αρνητική	-36,2	<0,001	
	Πικροδάφνη	<0,001	Π2	αρνητική	-25,586	<0,001	
			Π3	αρνητική	-2,223	0,01	
	Αγριελιά	<0,001	Π2	αρνητική	-12,841	<0,001	
			Π3	αρνητική	-21,952	<0,001	
	Σχίνος	<0,001	Π2	αρνητική	-10,278	<0,001	
			Π3	αρνητική	-0,7	0,369	
	Λυγαριά	<0,001	Π2	αρνητική	-26,583	<0,001	
			Π3	αρνητική	-0,228	0,884	
	Δεντρολίβανο	<0,001	Π2	αρνητική	-24,714	<0,001	
			Π3	αρνητική	-22,781	<0,001	
	Βιοόγκος	Ελιά	<0,001	Π2	αρνητική	-165707	<0,001
				Π3	αρνητική	-157084	<0,001
Πικροδάφνη		<0,001	Π2	αρνητική	-17349	0,179	
			Π3	θετική	132243	<0,001	
Αγριελιά		<0,001	Π2	αρνητική	-26126	<0,001	
			Π3	θετική	10876	0,028	
Σχίνος		<0,001	Π2	αρνητική	-2024	0,676	
			Π3	θετική	19727	<0,001	
Λυγαριά		<0,001	Π2	αρνητική	-22037	0,066	
			Π3	θετική	68982	<0,001	
Δεντρολίβανο		<0,001	Π2	αρνητική	-17,167	0,291	
			Π3	θετική	37459	<0,001	

Σύμφωνα με τους *Rawlinson et al. (2004)*, σε ΧΔΑ στη νοτιοδυτική Αγγλία ερεύνησαν τον προσδιορισμό των παραγόντων που περιορίζουν την αύξηση των 21 ειδών (δέντρων και θάμνων) που φυτεύτηκαν. Οι κύριοι περιβαλλοντικοί περιορισμοί στην ανάπτυξη των φυτών ήταν οι χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου του εδάφους, το βάθος του εδαφικού καλύμματος, η συμπίεση του εδάφους, η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία και οι υψηλές τιμές pH. Επίσης, στο Η.Β. οι *Hutchings et al. (2001)* εξέτασαν την εγκατάσταση τριών ειδών δέντρων σε τελικό κάλυμμα ΧΔΑ. Βρήκαν σημαντικά θετική συσχέτιση μεταξύ του ύψους των δέντρων και του βάθους του εδάφους και για τα 3 είδη. Η αύξηση των *Alnus glutinosa* και *Pinus nigra* var. *maritima* χαρακτηρίστηκε καλή, ενώ του είδους *Acer pseudoplatanus* όχι, που μπορεί να επηρεάστηκε από τη μη ικανοποίηση των αυξημένων απαιτήσεών του σε θρεπτικά στοιχεία. Καταλήγοντας, συμπέραναν ότι το τελικό κάλυμμα πρέπει να είναι ομοιογενές με βάθος >1,5 m πάνω από αργιλικό φραγμό ώστε η ανάπτυξη των δέντρων να είναι ικανοποιητική.

Από τους *Dobson & Moffat (1999)* εξετάστηκε η ικανότητα ανάπτυξης 3 ειδών δέντρων (*Salix spp.*, *Populus spp.* και *Alnus spp.*) σε κλειστούς ΧΔΑ του Liverpool και του Manchester. Από τη στατιστική ανάλυση διαπιστώθηκε ότι το ύψος των δέντρων επηρεάστηκε δυσμενώς από τη φαινομενική πυκνότητα και από τις συγκεντρώσεις αερίων του εδάφους, ενώ η διάμετρος των κορμών μόνο από τη φαινομενική πυκνότητα. Αντίθετα οι *Maurice et al. (1999)*, σε ΧΔΑ στη νότια Φιλανδία, σε δύο είδη ιτιάς δεν βρήκαν κάποια σχέση μεταξύ των εκπομπών αερίων και της αύξησης των δέντρων ούτε θεώρησαν στατιστικά σημαντική την επίδραση της άρδευσης.

Οι *Gilman et al.* (1989), σε κλειστό ΧΔΑ του New Jersey και σε περιοχή μάρτυρα, φύτευσαν νεαρά σπερματόφυτα *Acer saccharum*, τα μισά των οποίων αρδεύονταν. Από την έρευνα προέκυψε ότι το μήκος του βλαστού και το βάρος του φύλλου στα δέντρα του ΧΔΑ υπήρξε σημαντικά μικρότερο σε σύγκριση με αυτά στην περιοχή ελέγχου. Επίσης, στο ΧΔΑ το μήκος του βλαστού στα αρδευόμενα φυτά ήταν μεγαλύτερο κατά 24% από τα μη αρδευόμενα, ενώ το πότισμα δεν επηρέασε το μήκος του βλαστού ή το βάρος του φύλλου στο μάρτυρα.

Από τη διδακτορική έρευνα του *Gilman* (1980), με τη φύτευση 19 ειδών δέντρων στο ΧΔΑ Edgeboro του New Jersey και σε περιοχή μάρτυρα, στα συμπεράσματα ως προς την αύξηση των φυτών συγκαταλέγονται: α) η υγρασία του εδάφους αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την εγκατάσταση της βλάστησης στους ΧΔΑ και την αύξηση των δέντρων και β) τα είδη δέντρων που αναπτύσσονται γρήγορα φαίνεται να είναι και τα πιο ευαίσθητα στις συνθήκες ΧΔΑ σε σχέση με αυτά που αυξάνονται αργά.

5.4.3 Παράμετροι Μεταβολής Δέντρων, Θάμων και Αρωματικών Φυτών

Για κάθε είδος ξεχωριστά, στην επεξεργασία των στοιχείων με ανάλυση διακύμανσης και μοντέλα των μεταβλητών «επιβίωση», «ύψος» και «βιοόγκος» με τους παράγοντες, η σύγκριση μεταξύ των περιοχών και των ετών φύτευσης δεν έδωσε αποτελέσματα όπως στα αυτοφυή ποώδη φυτά, καθώς α) δεν επιβιώνουν όλα τα είδη σε κάθε περιοχή, β) σε κάθε έτος φύτευσης δεν φυτεύτηκαν όλα τα είδη και στις τρεις πειραματικές περιοχές (δηλαδή οι μετρήσεις δεν ήταν πλήρες ανάπτυγμα περιοχή - φύτευση ανά είδος) και γ) δεν υπάρχουν από τις μετρήσεις μεγάλες διαφορές του κάθε παράγοντα εντός των περιοχών και, μεταξύ των δύο φυτεύσεων, οι διαφορές εντοπίζονται από περιοχή σε περιοχή. Επίσης, στις μεταβλητές «ύψος» και «βιοόγκος», όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, για να μην εξαχθούν εσφαλμένα αποτελέσματα λόγω της επιβίωσης ολιγάριθμων φυτών σε ορισμένα είδη ανά περιοχή, εξασφαλίστηκε κατά την επεξεργασία των στοιχείων το ποσοστό επιβίωσης ενός είδους και στις τρεις περιοχές να είναι τουλάχιστον 35%. Τα είδη αυτά για τη χρονική περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών ήταν η ελιά, η πικροδάφνη, η αγριελιά, ο σχίνος, η λυγαριά και το δεντρολίβανο.

Από τις μετρημένες εδαφικές ιδιότητες και τις συγκεντρώσεις των αερίων του εδάφους, αυτές που επηρεάζουν τις μεταβλητές «επιβίωση», «ύψος» και «βιοόγκος» των ειδών που φυτεύτηκαν στις τρεις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων δίνονται στους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3. Θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι οι τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων και των αερίων του εδάφους, που επηρεάζουν τις μεταβλητές, είναι οι εκτιμηθείσες σύμφωνα με τη χωρική παρεμβολή και τις μεθόδους των splines και των πολυγώνων Thiessen αντίστοιχα. Κι αυτό, στα σημεία που φυτεύτηκε το κάθε φυτό για τα δύο βάθη εδάφους ως προς τις εδαφικές ιδιότητες και για τα βάθη 30, 60 και 90 cm για τα αέρια.

Πίνακας 5.4.3.1: Εδαφικές ιδιότητες και αέρια του εδάφους που επηρεάζουν την επιβίωση ειδών δέντρων που φυτεύτηκαν στο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων για τη χρονική περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης με χρήση απωνα, wilcoxon's test και t-test. Πρόσθετα στοιχεία της κάθε παραμέτρου στο σύνολο των φυτών, ανά είδος, περιοχή και βάθος.

				Χαρουπιά			Ελιά			Αριά					
				Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3			
				Επιβίωση (%)			75,6	0	0	95,5	60	56,7	33,3	30	28,1
Σύγκριση περιοχών με Π1 ανά είδος								-13,74 ***	-17,29 ***			-2,18 *			
Παράμετρος															
Υδατοϊκανότητα (%)	Περιοχή	F=8262,75 ***		Μέσος όρος παραμέτρου ανά περιοχή και είδος			18	17,9	20	17,5	17,7	20,2	18,8	17,8	19,7
	Βάθος	F=331,13 ***		>> στα φυτά που επιβίωσαν/και μη για το βάθος 0-10 cm			17,4/18,4	/17	/21,1	17,5/16,3	17/16,4	20,8/22,5	19,8/18,5	18,2/16,5	20,3/20
	Επίδραση	+	***	>> στα φυτά που επιβίωσαν/και μη για το βάθος 10-40 cm			18,6/17,7	/18,7	/18,8	17,6/18,3	18,5/18,7	18,4/18,8	18,7/18,8	19,3/18,4	19,4/19,3
	ΜΟ παραμέτρου στο σύνολο των φυτών που επιβίωσαν/και μη		19,2 / 18,8 ***		Μέσος όρος παραμέτρου ανά είδος στα φυτά που επιβίωσαν/και μη			18 / 18,8 ***			18 / 19,2 ***			19,4 / 18,9 ***	
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μhos/cm)	Π	F=5092,39 ***		ΜΟ			3370	3196	1855	3509	3134	1877	1388	3150	2063
	B	F=9,5 **		E/ME B1			2837/3469	/2185	/1914	3385/2608	2131/2172	1670/2167	1357/1394	2170/2199	2039/2095
	ΕΔ			E/ME B2			3700/3906	/4208	/1796	3658/3869	4026/4264	1791/1810	1514/1336	4018/4148	2007/2063
	2304 / 2359 ***		E / ME			3268 / 2692 ***			3093 / 2545 ***			2125 / 2179			
Συμπίεση (KPa)	Συμπίεση	F=8369,4 ***		ΜΟ			1862	2261	1751	1751	2348	1798	1672	2309	1766
	Π	F=1104,1 ***		E/ME B1			1293/1186	/1481	/1039	1287/1656	1449/1580	1049/946	1125/1245	1556/1521	1163/1153
	ΕΔ	-		E/ME B2			2543/2188	/3042	/2464	2175/2680	3236/3132	2461/2716	2160/2130	2833/3196	2212/2440
	1973 / 2064 ***		E / ME			1984 / 2009			1942 / 2111 **			1883 / 1991			
CaCO ₃ (%)	Π	F=30695,45 ***		ΜΟ			37,6	34,9	23,4	36,2	34,6	24	35,1	35,4	22
	B	F=138,15 ***		E/ME B1			37/34,7	/34,8	/24,3	34,2/39,7	34,9/33,3	25,9/24,9	35,7/34	38,8/34,3	19,2/20,1
	ΕΔ	-		E/ME B2			39,1/37,9	/34,9	/22,4	37,8/41,2	34,9/35	23,5/22,2	37,6/34,8	36,6/34,6	25/23,9
	29,5 / 30,9 ***		E / ME			38 / 30,1 ***			33,7 / 28,7 ***			29,8 / 27,9 ***			
pH (1:1)	Π	F=19113,6 ***		ΜΟ			7,79	8,05	7,92	7,81	8,08	7,93	8,33	8,05	7,85
	B	F=3645,9 ***		E/ME B1			7,82/7,87	/8,09	/7,86	7,82/7,87	8,14/8,09	7,93/7,83	8,25/8,29	8,02/8,1	7,81/7,79
	ΕΔ	-		E/ME B2			7,73/7,8	/8,01	/7,97	7,8/7,78	8,06/8	8,01/7,97	8,33/8,41	8,02/8,02	7,94/7,89
	7,97 / 8,02 ***		E / ME			7,77 / 7,96 ***			7,91 / 7,95 ***			8,02 / 8,01 *			
Οργανική ουσία (%)	Π	F=49538,8 ***		ΜΟ			0,48	1,44	1,99	0,43	1,34	1,94	0,72	1,45	2,35
	B	F=4813,8 ***		E/ME B1			0,49/0,44	/1,38	/2,24	0,44/0,51	1,24/1,32	2,05/2,29	1,03/0,84	1,68/1,3	2,56/2,5
	ΕΔ	+		E/ME B2			0,49/0,42	/1,51	/1,75	0,41/0,54	1,43/1,39	1,67/1,71	0,6/0,52	1,65/1,4	2,14/2,2
	1,49 / 1,37 ***		E / ME			0,49 / 1,53 ***			0,91 / 1,65 ***			1,77 / 1,72			
ΙΑΚ (meq/100gr)	Π	F=1519,6 ***		ΜΟ			11,7	10,9	14,3	11	10,8	14,1	10,3	10,9	9,4
	B	F=3648,3 ***		E/ME B1			11,3/11,7	/10,7	/14,5	11,2/12,6	10,4/10,6	13,5/14,5	9,4/10	11,7/10,5	13,5/12,7
	ΕΔ			E/ME B2			12,1/11,9	/11,1	/14,1	10,5/15,2	11/11	13,6/14,3	9,5/11,4	11,4/10,9	6,1/5,7
	11,5 / 11,5 *		E / ME			11,7 / 12,5 ***			11,3 / 13 ***			10,2 / 9,9			
Ολικό N (%)	Π	F=27349,4 ***		ΜΟ			0,04	0,11	0,15	0,04	0,1	0,14	0,03	0,11	0,11
	B	F=3337,5 ***		E/ME B1			0,04/0,04	/0,09	/0,17	0,04/0,04	0,08/0,09	0,16/0,17	0,04/0,03	0,11/0,09	0,14/0,14
	ΕΔ			E/ME B2			0,04/0,04	/0,13	/0,13	0,04/0,04	0,12/0,12	0,12/0,12	0,03/0,03	0,15/0,12	0,08/0,08
	0,09 / 0,09 *		E / ME			0,04 / 0,12 ***			0,07 / 0,12 ***			0,09 / 0,09			
Αφομοιώσιμος P (ppm)	Π	F=4759,831 ***		ΜΟ			9,2	15,5	14,8	8,3	14,6	14,5	12,6	15,8	3,9
	B	F=39,128 ***		E/ME B1			11,8/7,6	/12,6	/14,6	9,1/12,7	12,4/12,1	14,9/14,3	14,6/13	14,2/12,3	4,6/4,3
	ΕΔ			E/ME B2			7,8/6,7	/18,4	/14,9	7,1/10,5	17/16,9	14,7/14,3	13,1/11	22,5/17,2	3,7/3,2
	7,8 / 8,1 ***		E / ME			9,8 / 14 ***			10,9 / 14,2 ***			10,2 / 8,3 ***			

				Χαρουπιά			Ελιά			Αριά			
				Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	
				Επιβίωση (%)			75,6	0	0	95,5	60	56,7	33,3
Σύγκριση περιοχών με Π1 ανά είδος								-13,74 ***	-17,29 ***			-2,18 *	
Παράμετρος													
Ανταλλάξιμο Κ (meq/100gr)	Π	F=22268,9 ***	ΜΟ	0,24	0,23	0,35	0,23	0,22	0,34	0,13	0,24	0,36	
	Β	F=1722,8 ***	Ε/ΜΕ Β1	0,25/0,22	/0,23	/0,39	0,23/0,24	0,21/0,23	0,41/0,34	0,13/0,13	0,27/0,22	0,38/0,39	
	ΕΔ	+	**	Ε/ΜΕ Β2	0,25/0,21	/0,24	/0,32	0,23/0,21	0,22/0,22	0,31/0,31	0,11/0,13	0,28/0,22	0,34/0,32
	0,29 / 0,28 ***			Ε / ΜΕ	0,25 / 0,28 ***			0,25 / 0,28 ***			0,27 / 0,27		
Ανταλλάξιμο Mg (meq/100gr)	Π	F=2957,3 ***	ΜΟ	3,85	2,91	2,49	4,08	2,94	2,48	2,57	2,84	2,17	
	Β	F=1192,3 ***	Ε/ΜΕ Β1	3,53/4,52	/2,54	/2,51	4,21/3,45	2,67/2,44	2,4/2,59	2,41/2,33	2,5/2,51	1,98/2,08	
	ΕΔ	+	**	Ε/ΜΕ Β2	3,81/4,35	/3,27	/2,46	3,99/3,88	3,4/3,18	2,5/2,41	2,62/2,88	3,1/3,21	2,31/2,27
	2,53 / 2,48 ***			Ε / ΜΕ	3,66 / 2,94 ***			3,54 / 2,7 ***			2,4 / 2,44 ***		
Ανταλλάξιμο Ca (meq/100gr)	Π	F=8669,95 ***	ΜΟ	12,4	24,5	26	11,5	24,4	25,9	20,7	24	33,1	
	Β	F=324,37 ***	Ε/ΜΕ Β1	12,3/11,9	/26,2	/25,7	11,3/13,7	25,5/26,4	25,8/25,5	20,6/21,3	26,4/25,4	35,3/31,4	
	ΕΔ	-	***	Ε/ΜΕ Β2	12,8/11,8	/22,7	/26,2	11,5/14,1	22,8/23	25,4/26,8	19,6/20,7	22,6/22,2	34,5/33,4
	29,5 / 32,4 ***			Ε / ΜΕ	12,5 / 23,3 ***			17,1 / 24,8 ***			28,4 / 27,7		
CH ₄ (min, aver, max) (30, 60, 90 cm) (%)	CH ₄	F=7722,5 ***	Ε/ΜΕ Β30cm	0,5/1,3	/13,9	/2,7	0,7/0	14,9/8,1	5,5/0,5	0,1/0,2	19,4/11,5	3,4/3,1	
	Π	F=8401,5 ***	Ε/ΜΕ Β60cm	0,7/0,6	/36,1	/4,7	0,5/0,9	36,1/32,5	6,5/4,9	0,1/0,9	33,1/31	4,2/4,2	
	ΕΔ	-	***	Ε/ΜΕ Β90cm	17,4/22,2	/46,8	/25,7	19,4/23	45,7/47,4	28,5/22,3	6,5/11,6	50,4/47,2	33,9/33,1
	30,1 / 38,4 ***			Ε / ΜΕ	8,6 / 20,6 ***			15,4 / 18,5 ***			16,2 / 16,5		
CO ₂ (min, aver, max) (30, 60, 90 cm) (%)	CO ₂	F=9941,3 ***	Ε/ΜΕ Β30cm	2,6/3,7	/14,3	/6,7	2,6/2,4	14/11,1	8,2/5,3	2/2,5	17,2/12	7,8/7,7	
	Π	F=14549,5 ***	Ε/ΜΕ Β60cm	8,6/6,4	/28,7	/9,9	6,7/10,4	28,6/27,1	11,5/9,8	3,9/5,7	26,9/26,2	13,1/12,5	
	ΕΔ	-	***	Ε/ΜΕ Β90cm	18,5/20,9	/32,6	/19,7	19,4/23,4	32,2/32,9	20,3/18,8	9,9/11,2	33,8/32,7	24,8/24,7
	15,1 / 17,4 ***			Ε / ΜΕ	10,2 / 18 ***			14,5 / 16,9 ***			15 / 15		
O ₂ (min, aver, max) (30, 60, 90 cm) (%)	O ₂	F=9565,3 ***	Ε/ΜΕ Β30cm	17,3/16,8	/10	/14,8	17,3/17,3	10,2/11,7	14,1/15,6	18,5/18,2	8,7/11,4	13,1/13	
	Π	F=10096,3 ***	Ε/ΜΕ Β60cm	11,3/13,6	/1,1	/11,2	13,3/9,7	1,1/1,8	9,9/11,4	16,9/15,4	2,1/2,1	9,2/9,6	
	ΕΔ	+	***	Ε/ΜΕ Β90cm	4,7/4,4	/0,4	/5,4	4,6/0,8	0,5/0,4	5,6/5,7	10,8/9	0,2/0,4	5,1/4,8
	9,48 / 7,96 ***			Ε / ΜΕ	11,2 / 8,1 ***			9,7 / 8,7 *			9,9 / 9,7		

*: p<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001

► Π: Περιοχή

Β: Βάθος, Β1: Βάθος 0-10 cm, Β2: Βάθος 10-40 cm

ΕΔ: Επίδραση, «-» αρνητική, «+» θετική

ΜΟ: Μέσος όρος παραμέτρου ανά περιοχή και είδος

Ε: Επιβίωση, ΜΕ: Μη επιβίωση

Ε / ΜΕ: Μέσος όρος παραμέτρου ανά είδος στα φυτά που επιβίωσαν/και μη

Ε/ΜΕ Β1: Μέσος όρος παραμέτρου ανά περιοχή και είδος στα φυτά που επιβίωσαν/και μη για το βάθος 0-10 cm

Ε/ΜΕ Β2: Μέσος όρος παραμέτρου ανά περιοχή και είδος στα φυτά που επιβίωσαν/και μη για το βάθος 10-40 cm

Ε/ΜΕ Β30cm: Μέσος όρος παραμέτρου ανά περιοχή και είδος στα φυτά που επιβίωσαν/και μη για το βάθος 30 cm

Ε/ΜΕ Β60cm: Μέσος όρος παραμέτρου ανά περιοχή και είδος στα φυτά που επιβίωσαν/και μη για το βάθος 60 cm

Ε/ΜΕ Β90cm: Μέσος όρος παραμέτρου ανά περιοχή και είδος στα φυτά που επιβίωσαν/και μη για το βάθος 90 cm.

				Μυρτιά			Πικροδάφνη			Αγριελιά			Σχίνος			Πουρνάρι			Λυγαριά			
				Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	
				E (%)	26,7	0	43,3	86,7	70	89	75,6	60	66,7	60	30	43,1	40	6,7	31,9	40	16,7	62
						7,454 ***		-6,498 ***			-5,91 ***	-3,497 ***		-9,736 ***	-6,332 ***		-11,53 ***	-3,068 **		-8,292 ***	8,021 ***	
Παράμετρος																						
Mg (meq/100gr)	Π	F=2957,3 ***	MO	2,49	2,97	2,18	2,51	3,11	2,09	4,24	2,88	2,54	2,68	2,96	2,02	2,58	2,81	2,14	2,77	2,99	2,18	
	B	F=1192,3 ***	E/MEB1	2,21/2,28	/2,59	2,03/2,01	2,33/2,01	2,83/2,37	1,86/1,9	4,14/4,42	2,58/2,42	2,63/2,54	2,32/2,66	2,57/2,58	1,91/1,97	2,17/2,5	2,65/2,49	2,12/2,01	2,48/2,47	2,43/2,64	1,97/2,21	
	EΔ	+	**	E/MEB2	2,67/2,73	/3,34	2,44/2,26	2,85/1,9	3,71/3,09	2,34/2,22	4,26/4,35	3,25/3,24	2,48/2,46	2,76/3,12	3,49/3,3	2,08/2,12	2,43/3,05	3,25/3,12	2,29/2,22	3,05/3,06	3,44/3,36	2,21/2,48
				E/ME	2,53 / 2,48 ***		2,28 / 2,52 ***		2,24 / 2,2		3,39 / 3,21		2,36 / 2,48 ***		2,29 / 2,51 ***		2,35 / 2,73 ***					
Ca (meq/100gr)	Π	F=8669,95 ***	MO	20,9	24,4	38,5	21	24,1	33,5	11,8	24,1	26,7	20,9	24,3	34,5	20,7	24	32,8	20,9	24	32,9	
	B	F=324,37 ***	E/MEB1	21,2/21,1	/25,7	47,3/38,1	21,3/21,4	26,1/25,9	34/32,9	11,6/11,4	25,2/27	25,8/25,7	21,2/20,7	26,7/25,5	28,8/38,4	21/20,7	20,7/25,6	36,6/31,9	20,8/20,8	27,4/25,5	31,7/37,2	
	EΔ	-	***	E/MEB2	20,8/20,6	/23,1	34,5/35,2	20,8/20,2	22,4/21,5	32,9/34,6	12,1/11,6	22,2/22,5	28/26,9	20,6/21,3	22,1/23,1	35/34,4	19,8/21,2	20,5/22,8	32,1/32,2	21,2/20,9	22,8/22	32,6/31,2
				E/ME	29,5 / 32,4 ***		36,2 / 28,3 ***		31,5 / 30,2 *		19,3 / 21,1 ***		26,8 / 29,8 **		27,6 / 26,7		28,6 / 26,1 ***					
CH ₄ (min, aver, max) (%)	CH ₄	F=7722,5 ***	E/ME 30	0,2/0,1	/13	5,1/2	0,1/0,1	15,5/17,6	2,2/1,4	0,7/0,5	14,7/10,7	0,4/0,3	0,1/0,2	17,8/9,7	0,6/1,4	0,2/0,2	11,3/11,4	3,5/2,4	0,1/0,2	11,2/12,6	2/5,9	
	Π	F=8401,5 ***	E/ME 60	0,9/0,5	/34,9	1,8/3	0,2/0,2	40,5/26,9	2,7/3	0,5/0,5	31,7/34,3	4/4,3	0,3/0,1	31,2/32,2	1,6/3,2	0,9/0,3	38,9/33,5	4,9/3,2	0,2/0,6	42,3/36	4/2,8	
	EΔ	-	***	E/ME 90	9,2/8,3	/47	31/27,4	10,8/15,8	47/50,1	32,9/27,4	19,3/21,8	47/48,2	15,7/19,8	10,1/7,8	48,8/47,1	24,3/32,6	10,5/10,5	42,4/47,6	42/41,3	9,6/9,3	47,6/46,7	36,9/46,9
				E/ME	30,1 / 38,4 ***		12,2 / 16,6 ***		14,6 / 15,8		14,4 / 17,4 **		12,3 / 16,5 ***		14,3 / 19,1 ***		14,7 / 20,6 ***					
CO ₂ (min, aver, max) (%)	CO ₂	F=9941,3 ***	E/ME 30	2,7/2,4	/13,1	9,5/5,9	2,1/2,2	14,9/16,6	5,6/4,6	2,6/2,5	13,6/13,3	5/4,4	2,2/2,4	17,2/11,2	3,7/5,2	2,4/2,3	10,3/12,8	8/6,5	2,3/2,5	14,4/13,6	5,2/11,1	
	Π	F=14549,5 ***	E/ME 60	6/5,6	/27,9	11,2/10,8	4,4/6	30,3/25,3	10,8/10,3	5,8/6,7	26,6/27,8	9,2/9,5	4,9/4,1	27,2/26,7	10/12	5,7/4,3	28/27,5	14,1/12,4	5,2/5,4	31,1/28,7	12,1/13,3	
	EΔ	-	***	E/ME 90	10,2/10,8	/32,6	23,4/21,5	12/13,9	32,7/33,7	26,1/22,9	19,2/20,1	32,6/33,1	15/18,5	11,1/9,6	33,2/32,7	21,6/25,1	10,2/10,7	30,7/32,9	30,2/30	10,5/10,1	32,9/32,5	28,4/32,3
				E/ME	15,1 / 17,4 ***		12,7 / 15,3 ***		13,7 / 14,6		14 / 16,2 ***		12,4 / 15,3 ***		13 / 16,7 ***		13,7 / 17,7 ***					
O ₂ (min, aver, max) (%)	O ₂	F=9565,3 ***	E/ME 30	18/18,1	/10,8	12/14,3	18,4/18	9,9/8,4	14,9/15,4	17,5/17,4	10,4/10,6	16,1/16,7	18,2/18,1	8/11,8	16/14,8	18,3/18,2	13,2/10,8	13/14,1	18,1/18,1	10,1/10,3	15,1/10,9	
	Π	F=10096,3 ***	E/ME 60	14,9/15,1	/1,5	10,2/10,8	16,5/14,4	0,7/2,1	10,4/11	14,1/13,2	1,8/1,6	12/11,8	15,9/16,6	1,3/2	10,9/9,7	15,3/16,5	1,9/1,6	8,2/9,2	15,4/15,5	0,4/1	9,5/8,3	
	EΔ	+	***	E/ME 90	10,1/9,8	/0,4	5,6/6,3	8,2/7	0,4/0,2	3,6/5,1	5/4,4	0,4/0,3	8,2/5,8	9,2/11,2	0,2/0,4	6/4,7	10/10	0,9/0,4	2/2,3	10,2/10,3	0,3/0,4	2,6/1,5
				E/ME	9,48 / 7,96 ***		10,8 / 9,6 **		10,3 / 9,7		10,2 / 9 **		11,2 / 9,6 ***		10,9 / 9 ***		10,3 / 8,4 ***					

Πίνακας 5.4.3.3: Εδαφικές ιδιότητες και αέρια του εδάφους που επηρεάζουν την επιβίωση αρωματικών ειδών που φυτεύτηκαν στο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων για τη χρονική περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης με χρήση απονα, wilcoxon's test και t-test. Πρόσθετα στοιχεία της κάθε παραμέτρου στο σύνολο των φυτών, ανά είδος, περιοχή και βάθος.

			Θυμάρι			Ρίγανη			Δεντρολίβανο			Φασκόμηλο			
			Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	
Επιβίωση (%)			33,3	50	0	40	15,1	37,1	70	16,7	25	26,7	7	19,4	
Σύγκριση με Π1				7,573 ***			-14,304 ***	2,597 **		-16,503 ***	-19,646 ***		-11,736 ***	-3,978 ***	
Παράμετρος															
Υδατοικανότητα (%)	Π	F=8262,75 ***	MO	18,1	17,1	20,1	17,4	17,1	20,5	18,1	18	20,9	17,4	17	21
	B	F=331,13 ***	E/ME B1	18/18,1	19,4/18,8	/21,3	17,7/17,9	16,2/16,2	20,8/21,6	18,2/18,6	17,3/16,9	22,1/22,5	16,6/18	16,2/16,2	22,6/22,7
	ΕΔ	+ ***	E/ME B2	18,2/18,2	19,3/18,5	/18,9	16,1/17,7	18,2/17,9	19,6/19,9	17,9/18	19/18,9	19/19,4	17,5/17	17,6/17,8	19/19,4
	19,2 / 18,8 ***		E / ME	17 / 18,1 ***			17,9 / 17,3 ***			19,9 / 20,6 ***			19,9 / 19,6 **		
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μhos/cm)	Π	F=5092,39 ***	MO	1311	2710	1901	1632	2716	1938	1432	3128	2013	1515	2762	1971
	B	F=9,5 **	E/ME B1	1364/1279	2195/2039	/1987	1626/1481	2962/3011	2006/1999	1345/1506	2252/2134	2098/2050	1251/1543	3035/3107	2119/2016
	ΕΔ		E/ME B2	1467/1237	2281/2291	/1814	1961/1566	2401/2432	1861/1886	1346/1762	4265/4071	1991/1953	1266/1673	2383/2426	1979/1889
	2304 / 2359 ***		E / ME	2566 / 2339 ***			2423 / 2631 ***			1959 / 2095 ***			2022 / 2169 **		
Συμπίεση (KPa)	Σ	F=8369,4 ***	MO	1496	2289	1856	1710	2239	2010	1667	2212	1648	1815	2245	1868
	Π	F=1104,1 ***	E/ME B1	1364/951	1401/1307	/1105	1453/1137	1497/1513	1288/1205	1137/1441	1490/1428	1040/1059	1389/1303	1236/1509	1010/1124
	ΕΔ	- ***	E/ME B2	2205/1753	2768/2570	/2607	2501/1928	2962/2968	2970/2604	1877/2644	2942/2994	2193/2258	2404/2267	2264/3056	2561/2650
	1973 / 2064 ***		E / ME	2239 / 2159 *			2235 / 2241			1692 / 1781 **			1840 / 2055 ***		
CaCO ₃ (%)	Π	F=30695,45 ***	MO	34,2	37,7	22,6	32,1	37,4	22,8	36,4	34,1	23,2	32,5	37	23,6
	B	F=138,15 ***	E/ME B1	33,4/33,9	32,8/31	/24,2	33,3/31,8	37,9/37,7	22,7/22,1	35,2/36,8	36,3/33,3	22,3/22,3	31,5/32,9	36/37,1	22,9/23,3
	ΕΔ	- ***	E/ME B2	33,8/35,1	34,2/31,5	/21	32,8/31,2	37,2/37,1	23,7/22,9	36,9/37,9	35,9/34,1	24,4/24	31,3/32,9	37,1/37,1	23,7/24,1
	29,5 / 30,9 ***		E / ME	36,4 / 34,6 ***			33,8 / 36,3 ***			26,6 / 24,7 ***			25,8 / 28,3 ***		
pH (1:1)	Π	F=19113,6 ***	MO	8,33	8,14	7,9	8,25	8,14	7,83	8,3	8,05	7,85	8,27	8,14	7,84
	B	F=3645,9 ***	E/ME B1	8,22/8,28	8,04/8,02	/7,86	8,15/8,2	8,1/8,09	7,74/7,79	8,26/8,18	8,02/8,12	7,78/7,77	8,23/8,2	8,08/8,09	7,75/7,75
	ΕΔ	- ***	E/ME B2	8,34/8,43	8,17/8,1	/7,95	8,27/8,35	8,19/8,17	7,9/7,87	8,41/8,24	7,97/8,01	7,94/7,92	8,34/8,32	8,18/8,19	7,92/7,92
	7,97 / 8,02 ***		E / ME	8,15 / 8,11 ***			8,08 / 8,12 ***			7,69 / 7,88 ***			7,93 / 7,96 ***		
Οργανική ουσία (%)	Π	F=49538,8 ***	MO	0,68	0,6	2,05	0,77	0,6	2,28	0,8	1,43	2,2	0,79	0,61	2,15
	B	F=4813,8 ***	E/ME B1	1,05/0,82	1,54/1,53	/2,28	1,05/0,89	0,6/0,66	2,45/2,48	0,93/1,34	1,55/1,33	2,55/2,55	0,99/0,92	0,63/0,68	2,49/2,53
	ΕΔ	+ ***	E/ME B2	0,52/0,44	1,19/1,19	/1,81	0,61/0,57	0,55/0,56	1,99/2,19	0,52/0,65	1,53/1,48	1,79/1,86	0,71/0,62	0,55/0,55	1,78/1,77
	1,49 / 1,37 ***		E / ME	0,6 / 0,93 ***			0,98 / 0,72 ***			1,83 / 2,09 ***			1,8 / 1,6 ***		
ΙΑΚ (meq/100gr)	Π	F=1519,6 ***	MO	10,2	10,7	14,6	10,2	10,6	11,7	9,8	11	12,7	10,2	10,6	13,1
	B	F=3648,3 ***	E/ME B1	9,8/9,7	11,5/11,7	/14,6	9,4/9,9	10,3/10,3	14,5/13,8	9,3/9,5	11,1/10,4	15,7/15,9	10,9/9,7	10/10,2	15,8/16
	ΕΔ		E/ME B2	10,9/10,5	11/10,4	/14,6	10,6/10,9	10,9/11	9,5/9	9,9/11,1	11,2/11,5	9,1/9,7	10,9/10,4	10,5/11	9,2/10,5
	11,5 / 11,5 *		E / ME	10,5 / 11,5 ***			10,9 / 10,7 *			11,8 / 12,5 ***			12 / 12,3		
Ολικό N (%)	Π	F=27349,4 ***	MO	0,03	0,05	0,15	0,03	0,05	0,12	0,03	0,11	0,12	0,03	0,05	0,12
	B	F=3337,5 ***	E/ME B1	0,04/0,04	0,09/0,08	/0,17	0,04/0,04	0,05/0,05	0,15/0,14	0,04/0,03	0,1/0,09	0,15/0,14	0,04/0,04	0,05/0,05	0,14/0,15
	ΕΔ		E/ME B2	0,03/0,03	0,07/0,07	/0,13	0,03/0,03	0,05/0,05	0,09/0,09	0,03/0,03	0,13/0,12	0,1/0,1	0,03/0,03	0,05/0,05	0,11/0,1
	0,09 / 0,09 *		E / ME	0,05 / 0,07 ***			0,06 / 0,05 ***			0,1 / 0,12 ***			0,1 / 0,09 ***		
Αφομοίωση P (ppm)	Π	F=4759,831 ***	MO	12,3	6,7	14,5	12,7	6,8	4,9	13,3	15,4	4,8	12,8	6,8	5,3
	B	F=39,128 ***	E/ME B1	12,9/13,6	10,1/9,6	/14,4	13,1/13,4	6,5/6,9	6,1/5,5	14,6/12,5	13,3/12,4	5,4/5,5	12,1/13,7	6,8/7,1	5,7/6,2
	ΕΔ		E/ME B2	11,1/11,3	11/9,8	/14,6	12,4/11,8	6,7/6,7	4,1/4	12,5/13	20,3/17,8	4/4,2	11,5/12,6	7,2/6,6	4,2/4,5
	7,83 / 8,07 ***		E / ME	6,7 / 9,6 ***			6,9 / 6,9			7,1 / 6,1 ***			6,1 / 6,4 ***		
Ανταλλάξιμο K (meq/100gr)	Π	F=22268,9 ***	MO	0,13	0,23	0,35	0,15	0,23	0,34	0,13	0,24	0,38	0,15	0,23	0,37
	B	F=1722,8 ***	E/ME B1	0,13/0,14	0,26/0,26	/0,38	0,14/0,15	0,22/0,23	0,4/0,39	0,14/0,12	0,26/0,22	0,42/0,41	0,15/0,14	0,24/0,23	0,41/0,41
	Δ	+ **	E/ME B2	0,13/0,13	0,23/0,23	/0,32	0,15/0,15	0,23/0,23	0,27/0,3	0,12/0,13	0,27/0,24	0,35/0,35	0,15/0,15	0,25/0,23	0,35/0,33
	0,29 / 0,28 ***		E / ME	0,22 / 0,24 ***			0,24 / 0,23			0,33 / 0,35 ***			0,34 / 0,31 ***		

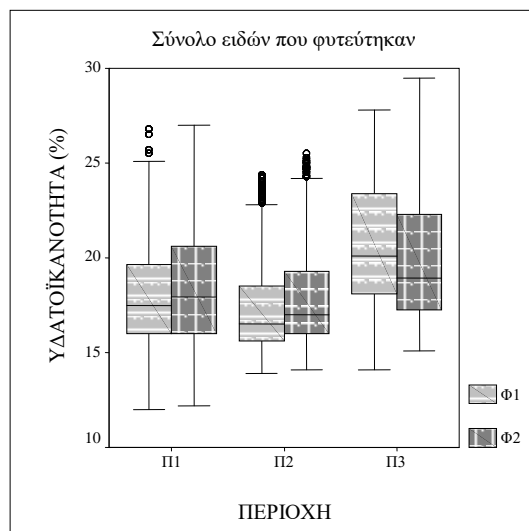
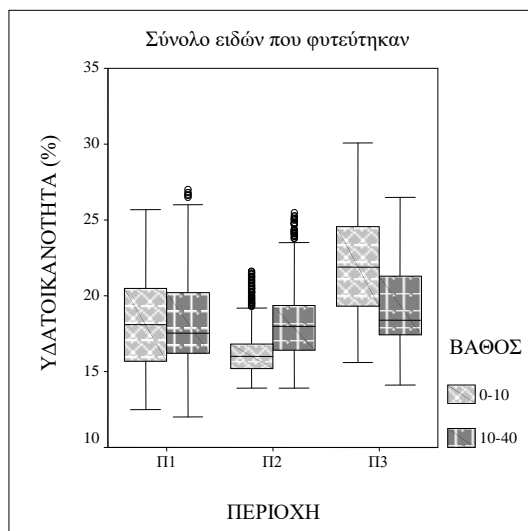
			Θυμάρι			Ρίγανη			Δεντρολίβανο			Φασκόμηλο				
			Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3		
			Επιβίωση (%)			33,3	50	0	40	15,1	37,1	70	16,7	25	26,7	7
Σύγκριση με Π1				7,573 ***			-14,304 ***	2,597 **		-16,503 ***	-19,646 ***		-11,736 ***	-3,978 ***		
Παράμετρος																
Ανταλλάξιμο Mg (meq/100gr)	Π	F=2957,3 ***	ΜΟ	2,62	2,51	2,48	2,67	2,5	2,07	2,52	2,85	2,28	2,56	2,52	2,23	
	Β	F=1192,3 ***	Ε/ΜΕ Β1	2,33/2,35	2,67/2,28	/2,51	2,34/2,33	2,53/2,5	2/2,02	2,31/2,34	2,34/2,52	2,05/2,12	2,22/2,35	2,43/2,55	2,13/2,04	
	ΕΔ	+	**	Ε/ΜΕ Β2	2,87/2,92	3,08/2,65	/2,45	3,06/2,97	2,55/2,49	2,08/2,16	2,76/2,64	2,98/3,26	2,42/2,46	2,7/2,85	2,3/2,51	2,46/2,4
	2,53 / 2,48 ***			Ε / ΜΕ	2,44 / 2,57			2,44 / 2,47 ***			2,32 / 2,35			2,33 / 2,34		
Ανταλλάξιμο Ca (meq/100gr)	Π	F=8669,95 ***	ΜΟ	20,8	39,2	26,3	20,7	39,2	31,4	20,6	23,8	32,2	20,7	38,8	32,7	
	Β	F=324,37 ***	Ε/ΜΕ Β1	20,8/21	30,7/28,2	/25,8	20,7/21	41,2/40,6	28,1/29,6	20,8/20,8	26,5/25,2	31,1/33	21,3/20,9	39,7/40,3	35,2/33	
	ΕΔ	-	***	Ε/ΜΕ Β2	20,5/20,6	29,3/27,8	/26,8	20,7/20,6	37,8/37,6	33,8/33,9	20,4/20,4	22,6/22,2	31,9/31,9	20,7/20,4	36,9/37,5	31,7/31,9
	29,5 / 32,4 ***			Ε / ΜΕ	37,4 / 33,8 ***			35,7 / 38 ***			28,9 / 31,2 ***			32,4 / 33,5 ***		
CH ₄ (min, aver, max) (30, 60, 90 cm) (%)	CH ₄	F=1548,6 ***	Ε/ΜΕ Β30cm	0,1/0,1	9,3/9,8	/1,9	0,2/0,1	12/12,9	2,2/1,8	0,2/0,2	18,7/12,9	3,7/3,5	0,1/0,1	12,3/12,3	2,6/2,9	
	Π	F=1063,6 ***	Ε/ΜΕ Β60cm	0,5/0,4	12,8/12,7	/3,4	0,9/0,7	32,2/31,9	1,7/5,8	0,5/0,5	37,9/34,1	3,7/6,8	0,5/0,7	34,4/32,5	7/4	
	ΕΔ	-	*													
	30,1 / 38,4 ***			Ε / ΜΕ	18,5 / 15,9 ***			15,4 / 20,5 ***			4,2 / 6,8 ***			6,3 / 8,9		
CO ₂ (min, aver, max) (30, 60, 90 cm) (%)	CO ₂	F=9941,3 ***	Ε/ΜΕ Β30cm	2,3/2,1	10,4/8	/5,6	2,5/2,2	14,1/14,4	5/5,7	2,4/2,7	17/13,5	8/8	1,9/2,1	14/13,7	6,9/6,5	
	Π	F=14549,5 ***	Ε/ΜΕ Β60cm	5,5/4,8	15,4/15,8	/8,7	5,7/4,8	30,4/30,2	11/13,5	4,6/6,1	29,4/27,9	12,2/13,4	4,8/5	31,6/30,3	13,3/11,3	
	ΕΔ	-	***													
	15,1 / 17,4 ***			Ε / ΜΕ	19,7 / 16,8 ***			17,2 / 20,9 ***			9,4 / 11,5 ***			10,7 / 12,5		
O ₂ (min, aver, max) (30, 60, 90 cm) (%)	O ₂	F=9565,3 ***	Ε/ΜΕ Β30cm	18,2/18,3	13/14	/15,7	18,1/18,4	10,2/10,1	15,2/14,5	18,1/17,9	8,7/10,4	13,1/13	18,6/18,4	10,5/10,6	13,7/14,1	
	Π	F=10096,3 ***	Ε/ΜΕ Β60cm	15,2/16	9,2/8,8	/12,5	15,2/16,1	1,6/1,6	10/9	16,3/14,6	0,9/1,4	9,4/9,1	16,1/15,9	1,2/1,6	9,1/10,1	
	ΕΔ	+	***													
	9,48 / 7,96 ***			Ε / ΜΕ	7,2 / 9,1 ***			8,5 / 6,7 ***			12,2 / 10,7 ***			11,6 / 10,7		

Πίνακας 5.4.3.4: Συσχέτιση των εδαφικών ιδιοτήτων και αερίων του εδάφους με τις μεταβλητές «ύψος» και «βιοόγκος» των 6 ειδών με τουλάχιστον 35% επιβίωση στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων (Spearman's correlation, συντελεστής rho, ρ).

Παράμετρος	Ελιά		Πικροδάφνη		Αγριελιά		Σχίνος		Λυγαριά		Λεντρολίβανο	
	Υψος	Βιοόγκος	Υψος	Βιοόγκος	Υψος	Βιοόγκος	Υψος	Βιοόγκος	Υψος	Βιοόγκος	Υψος	Βιοόγκος
Υδατοϊκανότητα			-0,063 ***	0,036 *	-0,224 ***	-0,2 ***	-0,123 ***	-0,123 ***	0,1 **	0,171 ***	-0,294 ***	-0,251 ***
Αγωγιμότητα	0,31 ***	0,274 ***	-0,062 ***	0,101 ***	0,061 *	-0,055 *	-0,1 *		-0,266 ***		-0,111 ***	0,067 **
Συμπύεση	-0,161 ***	-0,154 ***	-0,135 ***	-0,063 ***	0,129 ***	0,102 ***	0,074 *	0,098 **	-0,16 ***	-0,165 ***		
CaCO ₃	0,259 ***	0,315 ***	-0,129 ***	-0,302 ***	0,271 ***	0,12 ***	0,072 *	0,109 ***	-0,218 ***	-0,478 ***	0,378 ***	0,238 ***
pH	-0,506 ***	-0,533 ***	0,068 ***	-0,082 ***	-0,148 ***					-0,294 ***	0,413 ***	0,239 ***
Οργανική ουσία	-0,658 ***	-0,638 ***	0,085 ***	0,217 ***	-0,332 ***	-0,226 ***	-0,126 ***	-0,085 **	0,067 *	0,362 ***	-0,377 ***	-0,213 ***
ΙΑΚ	-0,222 ***	-0,194 ***	-0,046 **		-0,234 ***	-0,179 ***	-0,133 ***	-0,095 **			-0,297 ***	-0,240 ***
Ολικό N	-0,617 ***	-0,604 ***		0,168 ***	-0,357 ***	-0,251 ***	-0,188 ***	-0,136 ***	-0,158 ***	0,128 ***	-0,308 ***	-0,137 ***
Αφομοίωσιμος P	-0,418 ***	-0,337 ***	-0,251 ***	-0,409 ***	-0,194 ***	-0,175 ***	-0,095 **		-0,231 ***	-0,553 ***	0,203 ***	
K	-0,168 ***	-0,117 ***	0,067 ***	0,277 ***	-0,167 ***					0,303 ***	-0,261 ***	-0,065 **
Mg	0,264 ***	0,235 ***		-0,059 ***	0,101 ***				-0,072 *	-0,294 ***	0,07 **	
Ca	-0,64 ***	-0,612 ***	0,04 **	0,183 ***	-0,311 ***	-0,229 ***			-0,078 *	0,214 ***	-0,385 ***	-0,237 ***
CH ₄	-0,256 ***	-0,252 ***			-0,08 **	-0,094 ***	-0,117 ***		-0,128 ***	-0,143 ***	-0,123 ***	-0,059 *
CO ₂	-0,297 ***	-0,289 ***			-0,109 ***	-0,099 ***	-0,133 ***		-0,129 ***	-0,117 ***	-0,115 ***	-0,062 **
O ₂	0,228 ***	0,22 ***			0,075 **	0,078 **	0,108 **		0,123 ***	0,084 *	0,147 ***	0,081 **

► Με πρόσημο «-» στο συντελεστή rho η σχέση είναι αρνητική, χωρίς πρόσημο η σχέση είναι θετική
*: p<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001

Από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.1 & 5.4.3.2 και τη στατιστική επεξεργασία στην παράμετρο «υδατοϊκανότητα», σύμφωνα με τις εκτιμώμενες τιμές της για το σύνολο των φυτών στις θέσεις που φυτεύτηκαν, υπάρχει σημαντική επίδραση της περιοχής και του βάθους στην παράμετρο και όχι του έτους φύτευσης. Από την άποψη η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της υδατοϊκανότητας. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος), οι τρεις περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Δηλαδή, η Π3 (συντελεστής 2,6 p<0,001) είχε περισσότερη υδατοϊκανότητα από την Π1 και Π2, και η Π2 (συντελεστής -0,83 p<0,001) είχε λίγο λιγότερη από την Π1. Το βάθος εδάφους, καθώς αυξάνεται, μειώνεται η παράμετρος (συντελεστής -0,46 p<0,001). Στο βάθος 10-40 cm από το γράφημα 5.4.3.1 παρατηρείται ότι η υδατοϊκανότητα στις περιοχές εξομοιώνεται, το οποίο εξηγείται καθώς η άργιλος δεν διαφοροποιείται στις τρεις περιοχές και η οργανική ουσία μειώνεται στην Π3.



Γραφήματα 5.4.3.1 & 5.4.3.2: Η υδατοϊκανότητα στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα 3 έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης (Φ1: έτος φύτευσης 1999 & Φ2: έτος φύτευσης 2002).

Ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για την ύπαρξη σχέσης και τη στατιστική σημαντικότητα των τιμών της υδατοϊκανότητας, χρησιμοποιήθηκε Wilcoxon's test και t-test για το σύνολο των φυτών που φυτεύτηκαν αλλά και για το κάθε είδος ξεχωριστά στις τιμές που επιβίωσαν ή όχι (πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3). Για το σύνολο των ειδών η υδατοϊκανότητα επιδρά θετικά ($p < 0,001$), δηλαδή σε αύξησή της αυξάνεται η επιβίωσή τους, με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (19,2% / 18,8% αντίστοιχα, $p < 0,001$). Οι χαμηλές προς μέτριες τιμές της υδατοϊκανότητας λόγω χαμηλής οργανικής ουσίας, υψηλής συμπίεσης και ελαφράς με μέσης σύστασης εδαφών στις μελετώμενες περιοχές αιτιολογούν τις μεγαλύτερες τιμές της παραμέτρου που έχουν τα περισσότερα είδη στα φυτά που επιβιώνουν. Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τα μικρότερα ποσοστά υδατοϊκανότητας (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της χαρουπιάς (18%), της ελιάς (18%), του θυμαριού (17%) και της ρίγανης (17,9%). Το θυμάρι παρουσιάζει το χαμηλότερο ποσοστό, καθώς το είδος επιβιώνει καλύτερα στην Π2 η οποία έχει το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης και υδατοϊκανότητας σε σύγκριση με τις άλλες δύο περιοχές. Επίσης, η ρίγανη στην Π1 για το βάθος 10-40 cm είχε τη μικρότερη υδατοϊκανότητα (16,1%) που καταγράφηκε. Αντίστοιχα, με τα μεγαλύτερα ποσοστά ήταν: της πικροδάφνης (20,5%), του σχίνου (20,2%) και της λυγαριάς (20,3%). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική στην πικροδάφνη και την αγριελιά. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων, η υδατοϊκανότητα είναι στατιστικά σημαντική ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για τα είδη: χαρουπιά, θυμάρι, μυρτιά, ελιά, ρίγανη, σχίνος, αριά, δεντρολίβανο, φασκόμηλο και λυγαριά, και δεν είναι για τα είδη: πικροδάφνη, αγριελιά και πουρνάρι. Όμως η υδατοϊκανότητα στη χαρουπιά, στο θυμάρι, στην ελιά και στο δεντρολίβανο ήταν μεγαλύτερη στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος και στις τρεις περιοχές), αναδεικνύοντας έτσι την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Καθώς το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, ενώ το ποσοστό της υδατοϊκανότητας ήταν μεγαλύτερο στην Π3, με την Π1 και Π2 να έχουν σε βαθμό πολύ μικρή διαφορά, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για την επιβίωση των περισσότερων ειδών δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Αναλυτικά, το ποσοστό επιβίωσης των ειδών (δέντρα: χαρουπιά, ελιά, αριά, θάμνοι: αγριελιά, σχίνος, πουρνάρι και αρωματικά: ρίγανη,

δεντρολίβανο και φασκόμηλο) ήταν μεγαλύτερο στην Π1, οι θάμνοι: μυρτιά, πικροδάφνη και λυγαριά ήταν στην Π3 και το θυμάρι ήταν στην Π2. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και επειδή η υδατοϊκανότητα δεν είναι στατιστικά σημαντική στην πικροδάφνη ως προς την επιβίωση, η μυρτιά δεν επιβιώνει στην Π2 και το θυμάρι στην Π3, η λυγαριά διαφαίνεται να επηρεάζεται από την παράμετρο σε σχέση με τα άλλα είδη στο συγκεκριμένο εύρος τιμών.

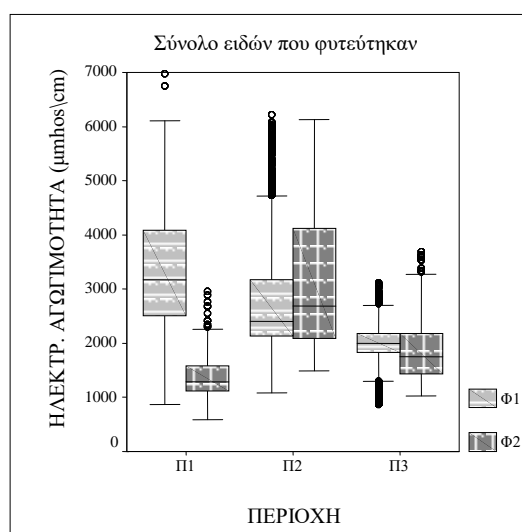
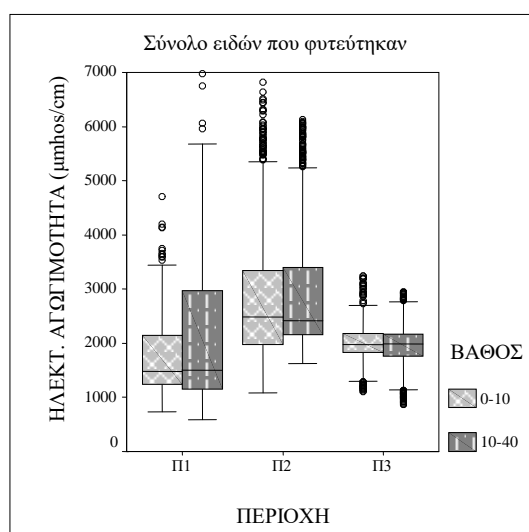
Ως προς τις μεταβλητές «ύψος» και «βιοόγκος», για τη μεταβολή τους την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, χρησιμοποιήθηκε Spearman's correlation για την ύπαρξη σχέσεων μεταξύ των τιμών της υδατοϊκανότητας που εκτιμήθηκαν στις θέσεις που φυτεύτηκαν τα φυτά και του κάθε είδους που αναλύθηκε (πίνακας 5.4.3.4). Στη μεταβολή του ύψους μόνο η ελιά δεν βρέθηκε να συσχετίζεται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό. Αρνητική σχέση είχαν η πικροδάφνη, η αγριελιά, ο σχίνος και το δεντρολίβανο, ενώ η λυγαριά είχε θετική σχέση. Δηλαδή, σε αύξηση της υδατοϊκανότητας θα μειωθεί στην πρώτη περίπτωση το ύψος, ενώ στη δεύτερη η λυγαριά θα το αυξήσει. Στη μεταβολή του βιοόγκου, επίσης η ελιά δεν βρέθηκε να συσχετίζεται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό. Αρνητική σχέση είχαν η αγριελιά, ο σχίνος και το δεντρολίβανο, ενώ η πικροδάφνη και η λυγαριά είχαν θετική σχέση. Και στις δύο μεταβλητές η αγριελιά και το δεντρολίβανο είχαν σε βαθμό τη μεγαλύτερη σχέση που κρίνεται ως σχετικά μεγάλη.

Θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι η αρνητική ή θετική σχέση (επίδραση + ή -) στις μεταβλητές δεν αναφέρεται στην τιμή μηδέν (0) της κάθε παραμέτρου, αλλά στη μέση τιμή της παραμέτρου όπως προκύπτει από το σύνολο των τιμών της σε όλα τα είδη ώστε αναλόγως πού βρίσκεται το εύρος τιμών του κάθε είδους είναι η επίδραση αρνητική ή θετική.

Ως προς την παράμετρο «ηλεκτρική αγωγιμότητα», από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.3 & 5.4.3.4 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, υπάρχει σημαντική επίδραση της περιοχής, του βάθους και του έτους φύτευσης στην παράμετρο. Από την άποψη η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος) οι δύο περιοχές (Π1 και Π2) και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Δηλαδή, η Π2 (συντελεστής 817,7 $p < 0,001$) είχε περισσότερη αγωγιμότητα από την Π1. Το βάθος εδάφους, καθώς αυξάνεται, μεγαλώνει η παράμετρος (συντελεστής 24,9 $p = 0,002$). Από το γράφημα 5.4.3.4 παρατηρείται ότι η αγωγιμότητα στις περιοχές ως προς το έτος φύτευσης διαφέρει σημαντικά (κυρίως στην Π1), το οποίο εξηγείται στην Π1 από την πρόσληψη υδατοδιαλυτών αλάτων από τα φυτά (αυτοφυή και μη), στην Π2 η συσσώρευση δημιουργήθηκε από τη μη πρόσληψη των αλάτων λόγω βιοαερίου και στην Π3 η μικρή μείωση οφείλεται στον καλύτερο αερισμό του εδάφους σε σύγκριση με την Π2.

Για την ύπαρξη σχέσης και τη στατιστική σημαντικότητα των τιμών της αγωγιμότητας ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», χρησιμοποιήθηκε Wilcoxon's test και t-test για το σύνολο των φυτών που φυτεύτηκαν αλλά και για το κάθε είδος ξεχωριστά στις τιμές που επιβίωσαν ή όχι (πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3). Για το σύνολο των ειδών, η αγωγιμότητα δεν επιδρά σε σημαντικό βαθμό, με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν περίπου την ίδια μέση τιμή της παραμέτρου με αυτά που δεν επιβίωσαν (2304 $\mu\text{mhos/cm}$ - 2359 $\mu\text{mhos/cm}$ αντίστοιχα, $p < 0,001$). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μεγαλύτερες τιμές αγωγιμότητας (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της χαρουπιάς (3268 $\mu\text{mhos/cm}$), της ελιάς (3093 $\mu\text{mhos/cm}$) και της αγριελιάς (3052 $\mu\text{mhos/cm}$) - λόγω των μεγαλύτερων τιμών στην Π1 για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης και στην Π2 για τα φυτά της 2^{ης} φύτευσης. Όμως οι μεγαλύτερες τιμές

καταγράφηκαν στην Π2 και στο βάθος 10-40 cm, με επιβίωση φυτών στην ελιά σε 4026 $\mu\text{mhos/cm}$ (κατά μέσο όρο), στην αριά σε 4018 $\mu\text{mhos/cm}$, στην πικροδάφνη σε 4293 $\mu\text{mhos/cm}$, στην αγριελιά σε 4054 $\mu\text{mhos/cm}$, στο σχίνο σε 4631 $\mu\text{mhos/cm}$, στη λυγαριά σε 4831 $\mu\text{mhos/cm}$ και στο δεντρολίβανο 4265 $\mu\text{mhos/cm}$ (Τα φυτά του σχίνου, της λυγαριάς και του δεντρολίβανου επιβίωσαν, έναντι αυτών που δεν επιβίωσαν, σε μεγαλύτερες τιμές αγωγιμότητας, αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους). Αντίστοιχα, τη μικρότερη τιμή αγωγιμότητας (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) κατέγραψε το πουρνάρι (1764 $\mu\text{mhos/cm}$), καθώς το είδος επιβιώνει καλύτερα στην Π1 η οποία έχει τις χαμηλότερες τιμές της παραμέτρου στα φυτά της 2^{ης} φύτευσης. Για τα είδη που εμφανίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική μόνο στην πικροδάφνη. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων, η αγωγιμότητα είναι στατιστικά σημαντική ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για τα είδη: χαρουπιά, θυμάρι, μυρτιά, ελιά, αγριελιά, ρίγανη, σχίνος, πουρνάρι, δεντρολίβανο, φασκόμηλο και λυγαριά, και δεν είναι για τα είδη: πικροδάφνη και αριά. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, η δε αγωγιμότητα ήταν μεγαλύτερη στην Π2, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για τα είδη στην Π2 επιδρά σε μεγαλύτερο βαθμό αρνητικά (σε σύγκριση με τις άλλες δύο περιοχές). Επίσης, αγωγιμότητα >4000 $\mu\text{mhos/cm}$ θεωρείται ως όριο για προβλήματα αλατότητας στα εδάφη, όπου στις περιοχές μελέτης καταγράφηκαν μέσες τιμές μόνο σε είδη της Π2 και για το βάθος 10-40 cm. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και επειδή η αγωγιμότητα δεν είναι στατιστικά σημαντική στην πικροδάφνη και την αριά, ενώ στο σχίνο, στη λυγαριά και στο δεντρολίβανο τα φυτά που επιβίωσαν (σε σχέση με αυτά που δεν επιβίωσαν) είχαν μεγαλύτερη αγωγιμότητα στην Π2 για το βάθος 10-40 cm (όλες οι τιμές πάνω από 4000 $\mu\text{mhos/cm}$), τα είδη στην Π2 χαρουπιά και μυρτιά (πρωτίστως λόγω επιβίωσης 0%) και η ελιά με την αγριελιά (δευτερευόντως λόγω επιβίωσης 60%) θεωρείται ότι επηρεάστηκαν από την παράμετρο σε σχέση με τα άλλα είδη στο συγκεκριμένο εύρος τιμών.

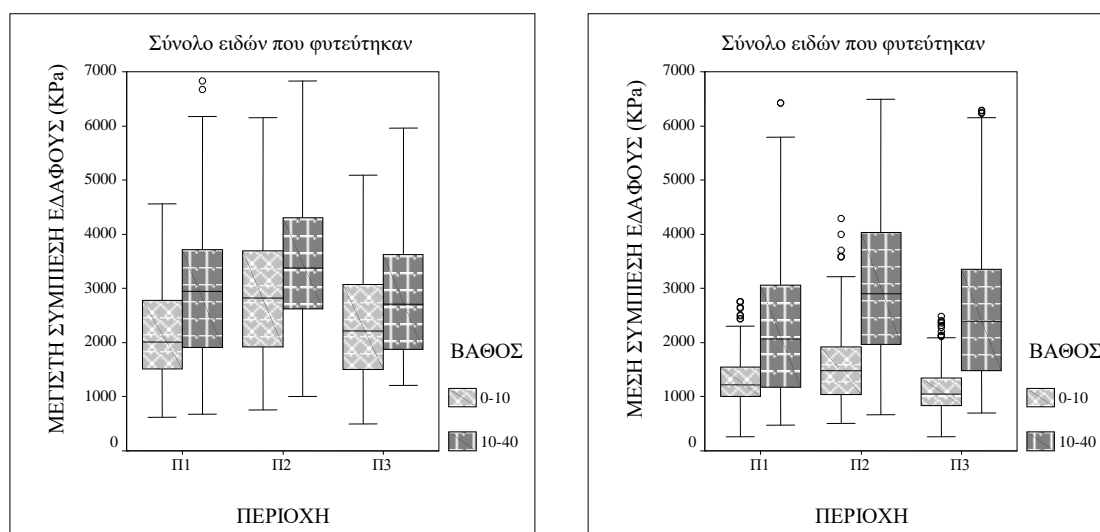


Γραφήματα 5.4.3.3 & 5.4.3.4: Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Ως προς τη μεταβλητή «ύψος», για τη μεταβολή της την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, και τα 6 είδη βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με την αγωγιμότητα (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν η

πικροδάφνη, ο σχίνος, η λυγαριά και το δεντρολίβανο, ενώ η ελιά και η αγριελιά είχαν θετική σχέση. Δηλαδή, σε αύξηση της αγωγιμότητας θα μειωθεί στην πρώτη περίπτωση το ύψος, ενώ στη δεύτερη θα αυξηθεί. Στη μεταβολή του βιοόγκου, ο σχίνος και η λυγαριά δεν βρέθηκε να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό. Αρνητική σχέση είχε μόνο η αγριελιά, ενώ η ελιά, η πικροδάφνη και το δεντρολίβανο είχαν θετική σχέση. Και στις δύο μεταβλητές η ελιά, ενώ στο ύψος η λυγαριά, είχαν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό τη μεγαλύτερη σχέση που κρίνεται ως σχετικά μεγάλη.

Από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.5 & 5.4.3.6 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, διαπιστώθηκε σημαντική επίδραση της παραμέτρου «συμπίεση» και της περιοχής στα είδη. Από την άποψη, η παράμετρος διαδραματίζει σημαντικότερο ρόλο. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος) οι τρεις κατηγορίες της παραμέτρου (min, aver, max), οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Δηλαδή, η Π2 (συντελεστής 473,7 $p<0,001$) είχε περισσότερη συμπίεση από την Π1, και η Π3 (συντελεστής 47,7 $p<0,001$) επίσης περισσότερη από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μεγαλώνει η παράμετρος. Από τα γραφήματα 5.4.3.5 & 5.4.3.6 παρατηρείται ότι η μέγιστη και μέση συμπίεση στις περιοχές και στα δύο βάθη διαφέρει σημαντικά. Αυτό οφείλεται στη χρήση στην Π2 ερπυστριοφόρου μηχανήματος για τη διάστρωση του εδάφους, ενώ το επιφανειακό στρώμα είχε λιγότερη συμπίεση λόγω μεγαλύτερης οργανικής ουσίας και διείσδυσης των ριζών όπου «χαλαρώνει» το έδαφος.



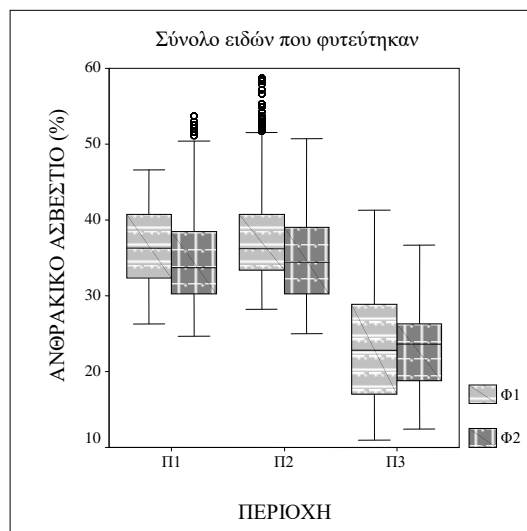
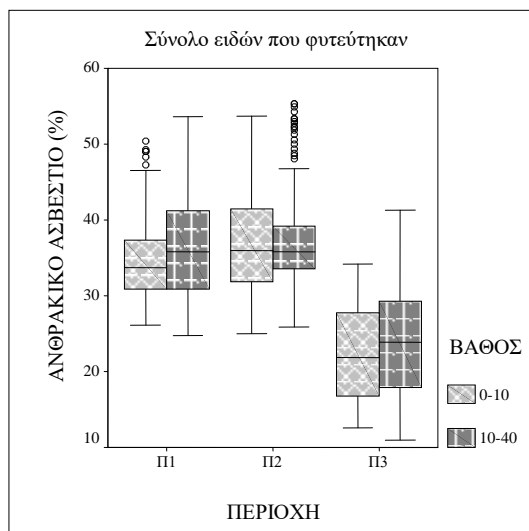
Γραφήματα 5.4.3.5 & 5.4.3.6: Η μέγιστη και μέση συμπίεση στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν ανά περιοχή μελέτης και βάθος εδάφους.

Ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», για το σύνολο των ειδών, η συμπίεση επιδρά αρνητικά ($p<0,001$), δηλαδή σε αύξηση της μειώνεται η επιβίωση των ειδών, με τα φυτά που επιβίωσαν να καταγράφουν μικρότερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (1973KPa / 2064KPa αντίστοιχα, $p<0,001$). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μεγαλύτερες τιμές συμπίεσης (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: του σχίνου (2024KPa), του θυμαριού (2239KPa) και της ρίγανης (2235KPa). Τα είδη παρουσιάζουν αυτή τη συμπίεση λόγω μεγάλων τιμών στο βάθος 10-40cm και στις τρεις περιοχές. Όμως οι μεγαλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην Π2 και στο βάθος 10-40 cm με επιβίωση φυτών στην ελιά σε 3236KPa (κατά μέσο όρο) και στο πουρνάρι σε 4535KPa (με τα φυτά να επιβιώνουν σε σχέση με αυτά που δεν επιβιώνουν, σε μεγαλύτερες τιμές συμπίεσης, αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη

ρυθμιστική για την επιβίωσή τους). Αντίστοιχα, με τις μικρότερες τιμές συμπίεσης (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της μυρτιάς (1787KPa), του δεντρολίβανου (1692KPa) και του φασκόμηλου (1840KPa). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική μόνο στη λυγαριά. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων η συμπίεση είναι στατιστικά σημαντική ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για τα είδη: ελιά, μυρτιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, θυμάρι, δεντρολίβανο και φασκόμηλο και δεν είναι για τα είδη: χαρουπιά, αριά, πουρνάρι, λυγαριά και ρίγανη. Όμως η συμπίεση στο σχίνο και στο θυμάρι ήταν μικρότερη στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης, για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές, ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, η δε συμπίεση ήταν μεγαλύτερη στην Π2, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για τα είδη στην Π2 επιδρά σε μεγαλύτερο βαθμό αρνητικά (σε σύγκριση με τις άλλες δύο περιοχές). Επίσης, συμπίεση >2000 KPa περιορίζει την ανάπτυξη των ριζών και >2500 KPa αναστέλλει οριστικά την ικανότητα των ριζών να διαπερνούν το έδαφος όπου στις περιοχές μελέτης καταγράφηκαν μέσες τιμές μεγαλύτερες των 2 και 2,5 MPa μόνο στο βάθος 10-40 cm και στις τρεις περιοχές. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω, τα είδη μυρτιά και φασκόμηλο (πρωτίστως λόγω μικρότερης επιβίωσης) και η ελιά, η πικροδάφνη, η αγριελιά και το δεντρολίβανο (δευτερευόντως λόγω μεγαλύτερης επιβίωσης) θεωρείται ότι επηρεάστηκαν από την παράμετρο σε σχέση με τα άλλα είδη στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

Ως προς τη μεταβλητή «ύψος», για τη μεταβολή της την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών στα 6 είδη με τη μεγαλύτερη επιβίωση, βρέθηκε να μην συσχετίζεται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με την συμπίεση μόνο το δεντρολίβανο (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν η ελιά, η πικροδάφνη και η λυγαριά, ενώ η αγριελιά και ο σχίνος είχαν θετική σχέση. Δηλαδή, σε αύξηση της συμπίεσης, θα μειωθεί στην πρώτη περίπτωση το ύψος, ενώ στη δεύτερη θα αυξηθεί. Στη μεταβολή του βιοόγκου, όπως και στο ύψος, βρέθηκαν τα ίδια αποτελέσματα. Και στις δύο μεταβλητές τα είδη συσχετίζονται με τη συμπίεση με σχετικά μικρό στατιστικά σημαντικό βαθμό.

Ως προς την παράμετρο «ανθρακικό ασβέστιο», από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.7 & 5.4.3.8 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, υπάρχει σημαντική επίδραση της περιοχής, του βάθους και του έτους φύτευσης. Από την απονοα, η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του ανθρακικού ασβεστίου. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος), οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Δηλαδή, η Π2 (συντελεστής 1,34 $p < 0,001$) είχε περισσότερο ανθρακικό ασβέστιο από την Π1 και η Π3 (συντελεστής -12,36 $p < 0,001$) λιγότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μεγαλώνει η παράμετρος (συντελεστής 0,63 $p < 0,001$). Από το γράφημα 5.4.3.8 παρατηρείται ότι το ανθρακικό ασβέστιο ως προς το έτος φύτευσης διαφέρει μεταξύ των περιοχών, το οποίο εξηγείται από τη διαφορετική προέλευση του εδαφικού υλικού (για τις Π1 και Π2 ήταν κυρίως από τις εκσκαφές του μετρό της Αθήνας και για την Π3 από επιφανειακό έδαφος της ευρύτερης περιοχής) και την τάση μείωσης που παρατηρείται στο βάθος 10-40 cm στη 2^η δειγματοληψία.

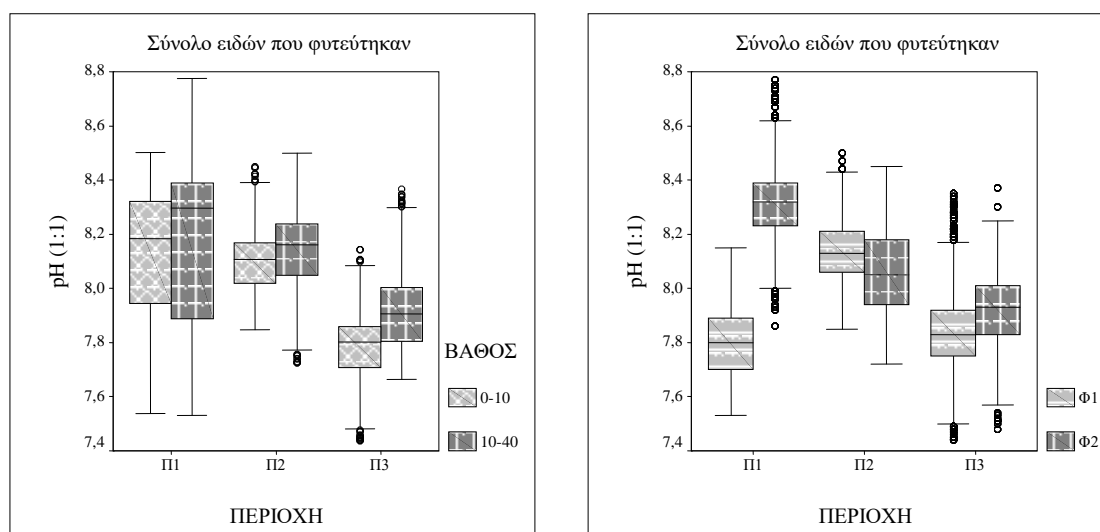


Γραφήματα 5.4.3.7 & 5.4.3.8: Το ανθρακικό ασβέστιο στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», για το σύνολο των ειδών, το ανθρακικό ασβέστιο επιδρά αρνητικά ($p < 0,001$), με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μικρότερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (29,5% / 30,9% αντίστοιχα, $p < 0,001$). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μεγαλύτερες τιμές ανθρακικού ασβεστίου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της χαρουπιάς (38%), της ελιάς (33,7%), του θυμαριού (36,4%) και της ρίγανης (33,8%). Τα είδη παρουσιάζουν υψηλό ανθρακικό ασβέστιο λόγω μεγάλων τιμών στις Π1 και Π2. Όμως οι μεγαλύτερες τιμές στα φυτά που επιβιώνουν καταγράφηκαν στη χαρουπιιά (39,1%, Π1 βάθος 10-40cm) και στην αριά (38,8%, Π2 βάθος 0-10cm) (με τα φυτά να επιβιώνουν σε σχέση με αυτά που δεν επιβιώνουν, σε μεγαλύτερες τιμές ανθρακικού ασβεστίου, αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους). Αντίστοιχα, με τις μικρότερες τιμές ανθρακικού ασβεστίου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της μυρτιάς (24,7%), της πικροδάφνης (25,4%) και του φασκόμηλου (25,8%). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική στην αγριελιά και το σχίνο. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων το ανθρακικό ασβέστιο είναι στατιστικά σημαντικό ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για τα είδη: χαρουπιιά, ελιά, αριά, μυρτιά, πικροδάφνη, λυγαριά, θυμάρι, ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο και δεν είναι για τα είδη: αγριελιά, σχίνο, και πουρνάρι. Όμως το ανθρακικό ασβέστιο στη χαρουπιιά, ελιά, αριά, στο θυμάρι και στο δεντρολίβανο ήταν λιγότερο στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, το δε ανθρακικό ασβέστιο στην Π1 και Π2 είχε πολύ μικρή διαφορά και στην Π3 ήταν αρκετά χαμηλότερο, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για την επιβίωση των περισσότερων ειδών δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και με τις τιμές του ανθρακικού ασβεστίου να θεωρούνται υψηλές (>20% κατά μέσο όρο, εδάφη μάργες έως ασβεστώδη), τα είδη μυρτιά, ρίγανη και φασκόμηλο (πρωτίστως λόγω μικρότερης επιβίωσης) και η πικροδάφνη και η λυγαριά (δευτερευόντως λόγω μεγαλύτερης επιβίωσης) θεωρείται ότι επηρεάστηκαν από την παράμετρο σε σχέση με τα άλλα είδη στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

Ως προς τη μεταβλητή «ύψος», για τη μεταβολή της την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, και τα 6 είδη βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το ανθρακικό ασβέστιο (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν η πικροδάφνη και η λυγαριά, ενώ η ελιά, η αγριελιά, ο σχίνος και το δεντρολίβανο είχαν θετική σχέση. Στη μεταβολή του βιοόγκου βρέθηκαν τα ίδια αποτελέσματα όπως και στο ύψος. Στο ύψος η ελιά, η αγριελιά, η λυγαριά και το δεντρολίβανο συσχετίζονται με το ανθρακικό ασβέστιο με σχετικά μεγάλο στατιστικά σημαντικό βαθμό, όπως επίσης και στο βιοόγκο η ελιά, η πικροδάφνη, η λυγαριά και το δεντρολίβανο.

Από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.9 & 5.4.3.10 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων ως προς την παράμετρο «pH», υπάρχει σημαντική επίδραση της περιοχής, του βάθους και του έτους φύτευσης. Από την άποψη, η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του pH. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος) οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Η Π2 (συντελεστής -0,043 $p < 0,001$) είχε λιγότερο pH από την Π1, και η Π3 (συντελεστής -0,309 $p < 0,001$) επίσης είχε λιγότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μεγαλώνει η παράμετρος (συντελεστής 0,086 $p < 0,001$). Από το γράφημα 5.4.3.10 παρατηρείται ότι το pH στις περιοχές ως προς το έτος φύτευσης διαφέρει σημαντικά, με την αύξηση να εξηγείται από τις αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στο έδαφος από τη διαλυτοποίηση του CaCO_3 από το CO_2 και στην Π1 να οφείλεται στην αύξηση του ασβεστίου.



Γραφήματα 5.4.3.9 & 5.4.3.10: Το pH στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Για το σύνολο των ειδών, ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», το pH επιδρά αρνητικά ($p < 0,001$), με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μικρότερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (7,97 / 8,02 αντίστοιχα, $p < 0,001$). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μεγαλύτερες τιμές pH (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: του πουρναριού (8,06), του θυμαριού (8,15) και της ρίγανης (8,08). Τα είδη παρουσιάζουν υψηλό pH λόγω μεγάλων τιμών στις Π1 και Π2. Όμως οι μεγαλύτερες τιμές στα φυτά που επιβιώνουν καταγράφηκαν στην Π1 βάθος 10-40cm στα είδη: μυρτιά (8,42), πικροδάφνη (8,44), σχίνο (8,43) και δεντρολίβανο (8,41) (με τα φυτά να επιβιώνουν σε σχέση με αυτά που δεν επιβιώνουν, σε μεγαλύτερες τιμές pH, αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους). Αντίστοιχα,

με τις μικρότερες τιμές pH (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της χαρουπιάς (7,77), και του δεντρολίβανου (7,69). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική στην πικροδάφνη και στο σχίνο. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων το pH είναι στατιστικά σημαντικό ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για τα είδη: χαρουπιά, ελιά, αριά, μυρτιά, αγριελιά, πουρνάρι, λυγαριά, θυμάρι, ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο και δεν είναι για τα είδη: πικροδάφνη και σχίνο. Όμως το pH στην αριά, στο πουρνάρι και στο θυμάρι ήταν χαμηλότερο στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, το δε pH στην Π1 και Π2 είχε πολύ μικρή διαφορά και στην Π3 ήταν χαμηλότερο, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για την επιβίωση των περισσότερων ειδών δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και με τις τιμές του pH να χαρακτηρίζονται υψηλές (>7,5 εδάφη από «ασθενώς αλκαλικά έως αλκαλικά»), τα είδη χαρουπιά, ελιά, μυρτιά, αγριελιά, λυγαριά, ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο θεωρείται ότι επηρεάστηκαν από την παράμετρο σε σχέση με τα άλλα είδη στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

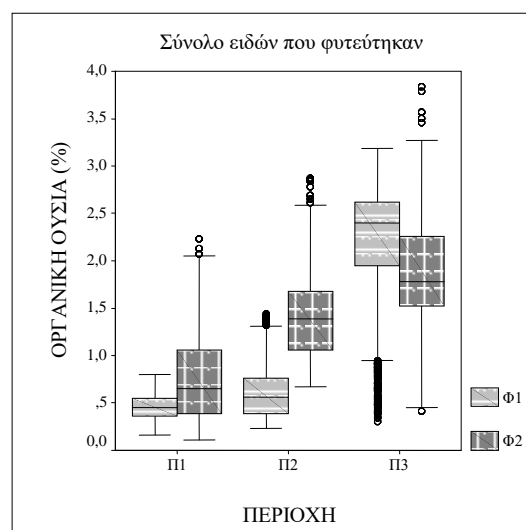
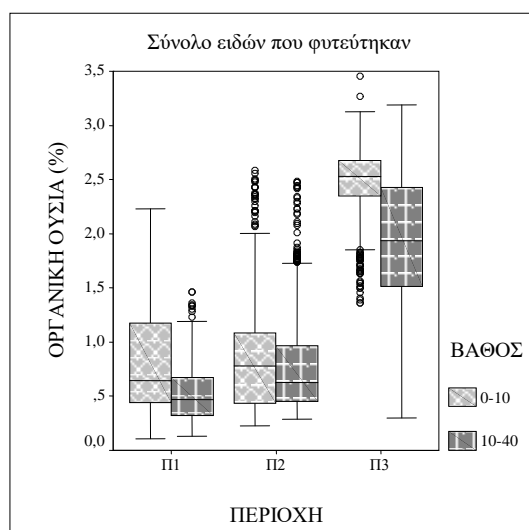
Για τη μεταβολή της μεταβλητής «ύψος» την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, δεν βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το pH ο σχίνος και η λυγαριά (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν η ελιά και η αγριελιά, ενώ η πικροδάφνη και το δεντρολίβανο είχαν θετική σχέση. Στη μεταβολή του βιοόγκου δεν βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το pH η αγριελιά και ο σχίνος. Στο ύψος η ελιά και το δεντρολίβανο συσχετίζονται με το pH με μεγάλο στατιστικά σημαντικό βαθμό, όπως επίσης και στο βιοόγκο η ελιά, ενώ η λυγαριά και το δεντρολίβανο με σχετικά μεγάλο.

Στην παράμετρο «οργανική ουσία» από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.11 & 5.4.3.12 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική επίδραση της περιοχής, του βάθους και του έτους φύτευσης στην παράμετρο. Από την άποψη, η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της οργανικής ουσίας. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος) οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Η Π2 (συντελεστής 0,149 $p < 0,001$) είχε λίγο περισσότερη οργανική ουσία από την Π1, και η Π3 (συντελεστής 1,541 $p < 0,001$) περισσότερη από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μειώνεται η παράμετρος (συντελεστής -0,315 $p < 0,001$). Από το γράφημα 5.4.3.12 παρατηρείται ότι η οργανική ουσία στις περιοχές ως προς το έτος φύτευσης διαφέρει σημαντικά, το οποίο εξηγείται από τη διαφορετική προέλευση του εδαφικού υλικού (για τις Π1 και Π2 ήταν κυρίως από τις εκσκαφές του μετρό της Αθήνας με χαμηλό ποσοστό οργανικής και για την Π3 από επιφανειακό έδαφος της ευρύτερης περιοχής με μέτρια περιεκτικότητα σε οργανική ουσία) και την επίδραση της βλάστησης με την αύξηση της βιομάζας στις Π1 και Π2.

Στη μεταβλητή «επιβίωση», για το σύνολο των ειδών, η οργανική ουσία επιδρά θετικά ($p < 0,001$), με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (1,49% / 1,37% αντίστοιχα, $p < 0,001$). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μικρότερες τιμές οργανικής ουσίας (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της χαρουπιάς (0,49%), της ελιάς (0,91%), του θυμαριού (0,6%) και της ρίγανης (0,98%). Τα είδη παρουσιάζουν χαμηλή οργανική ουσία λόγω μικρών τιμών κυρίως στην Π1. Όμως οι μικρότερες τιμές στα φυτά που επιβιώνουν καταγράφηκαν στην Π1 στα είδη: ελιά (0,41%) και στην αγριελιά (0,45%) (με τα

φυτά να επιβιώνουν σε σχέση με αυτά που δεν επιβιώνουν, σε μικρότερες τιμές οργανικής ουσίας, αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους). Αντίστοιχα, με τις μεγαλύτερες τιμές οργανικής ουσίας (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της μυρτιάς (1,99%) και της πικροδάφνης (2,02%). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική στην πικροδάφνη και το σχίνο. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων η οργανική ουσία είναι στατιστικά σημαντική ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για τα είδη: χαρουπιά, ελιά, μυρτιά, αγριελιά, λυγαριά, θυμάρι, ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο και δεν είναι για τα είδη: αριά, πικροδάφνη, σχίνο και πουρνάρι. Όμως η οργανική ουσία στη χαρουπιά, ελιά, αγριελιά, στο θυμάρι και στο δεντρολίβανο ήταν λιγότερη στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, η δε οργανική ουσία στην Π1 και Π2 είχε πολύ μικρή διαφορά και στην Π3 ήταν αρκετά υψηλότερη, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για την επιβίωση των περισσότερων ειδών δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και με τις τιμές της οργανικής ουσίας να θεωρούνται χαμηλές ως μέτριες, τα είδη μυρτιά, λυγαριά, ρίγανη και φασκόμηλο πιθανό να επηρεάστηκαν από την παράμετρο στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

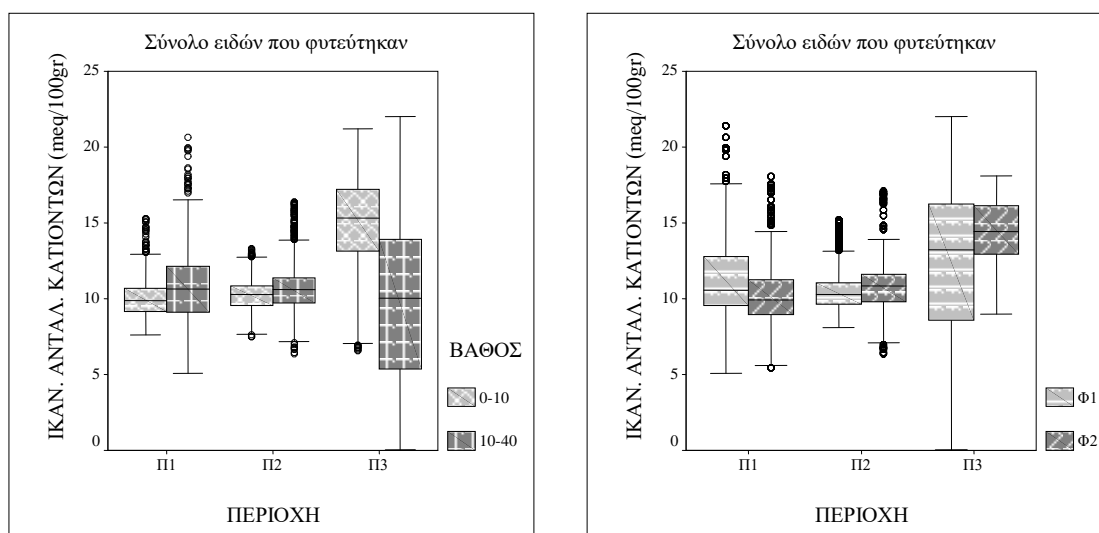
Στη μεταβολή της μεταβλητή «ύψος» για την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, και τα 6 είδη βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με την οργανική ουσία (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν η ελιά, η αγριελιά, ο σχίνος και το δεντρολίβανο, ενώ η πικροδάφνη και η λυγαριά είχαν θετική σχέση. Στη μεταβολή του βιοόγκου βρέθηκαν τα ίδια αποτελέσματα όπως και στο ύψος. Η ελιά συσχετίζεται με την οργανική ουσία και στις δύο μεταβλητές με πολύ μεγάλο στατιστικά σημαντικό βαθμό, ενώ στο ύψος η αγριελιά και το δεντρολίβανο συσχετίζονται με σχετικά μεγάλο βαθμό όπως και η πικροδάφνη, η αγριελιά, η λυγαριά και το δεντρολίβανο στη μεταβλητή βιοόγκος.



Γραφήματα 5.4.3.11 & 5.4.3.12: Η οργανική ουσία στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.13 & 5.4.3.14 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, ως προς την παράμετρο «ικανότητα ανταλλαγής

κατιόντων» (IAK), βρέθηκε σημαντική επίδραση της περιοχής και του βάθους. Από την άποψη, το βάθος συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της IAK. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος) οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Η Π2 (συντελεστής 0,124 $p < 0,001$) είχε μεγαλύτερη IAK από την Π1, και η Π3 (συντελεστής 1,879 $p < 0,001$) επίσης είχε μεγαλύτερη από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μειώνεται η παράμετρος (συντελεστής -1,95 $p < 0,001$). Από το γράφημα 5.4.3.14 παρατηρείται ότι η IAK στις περιοχές ως προς το έτος φύτευσης δεν διαφέρει σημαντικά, καθώς η οργανική ουσία βρίσκεται στα πρώιμα στάδια της αποδόμησης και δεν συνεισφέρει στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.



Γραφήματα 5.4.3.13 & 5.4.3.14: Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Για την ύπαρξη σχέσης και τη στατιστική σημαντικότητα των τιμών της IAK ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», χρησιμοποιήθηκε Wilcoxon's test και t-test για το σύνολο των φυτών που φυτεύτηκαν, αλλά και για το κάθε είδος ξεχωριστά στις τιμές των φυτών που επιβίωσαν ή όχι (πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3). Για το σύνολο των ειδών η IAK δεν επιδρά σε σημαντικό βαθμό, με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν την ίδια μέση τιμή της παραμέτρου με αυτά που δεν επιβίωσαν (11,5meq/100gr – 11,5meq/100gr αντίστοιχα, $p=0,049$). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μικρότερες τιμές IAK (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: η αριά (10,2meq/100gr), το θυμάρι (10,5meq/100gr) και η ρίγανη (10,9meq/100gr) (λόγω των χαμηλών τιμών στην Π1 για τα φυτά της 2^{ης} φύτευσης και στην Π3 βάθος 10-40cm για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης). Όμως οι μικρότερες τιμές καταγράφηκαν στην Π3 και στο βάθος 10-40 cm, με τα φυτά να επιβιώνουν στην αριά σε 6,1meq/100gr (κατά μέσο όρο) και στη μυρτιά σε 7,5meq/100gr. Αντίστοιχα, οι μεγαλύτερες τιμές IAK (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν της αγριελιάς (12,3meq/100gr), της λυγαριάς (12,1meq/100gr) και του φασκόμηλου (12meq/100gr) λόγω υψηλών τιμών στην Π3, κυρίως στο βάθος 0-10cm. Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική στην πικροδάφνη και στην αγριελιά. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων η IAK είναι στατιστικά σημαντική ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για τα είδη: χαρουπιά, ελιά, μυρτιά, σχίνο, πουρνάρι, λυγαριά, θυμάρι, ρίγανη και δεντρολίβανο, και δεν είναι για τα είδη: αριά, πικροδάφνη, αγριελιά και φασκόμηλο. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές

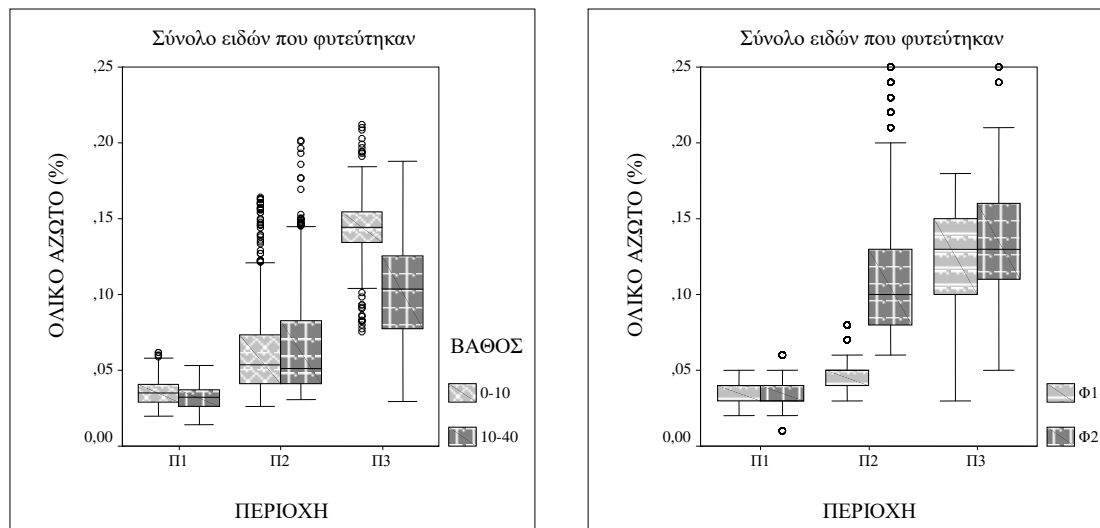
ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, η δε ΙΑΚ ήταν περίπου ίδια στην Π1 και Π2, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για την επιβίωση των περισσότερων ειδών δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και με τις τιμές της ΙΑΚ να χαρακτηρίζονται χαμηλές ως μέτριες- αυτό καθιστά τα εδάφη μειωμένης γονιμότητας και με χαμηλή δυνατότητα συγκράτησης των θρεπτικών στοιχείων -, τα είδη χαρουπιά, μυρτιά, πουρνάρι, θυμάρι και ρίγανη (πρωτίστως λόγω μικρότερης επιβίωσης) και η ελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο (δευτερευόντως λόγω μεγαλύτερης επιβίωσης) θεωρείται ότι επηρεάστηκαν από την παράμετρο σε σχέση με τα άλλα είδη στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

Για τη μεταβλητή «ύψος» στη μεταβολή της την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, από τα 6 είδη δεν βρέθηκε να συσχετίζεται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με την ΙΑΚ μόνο η λυγαριά (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν όλα τα υπόλοιπα είδη. Δηλαδή, σε αύξηση της ΙΑΚ, θα μειωθεί το ύψος. Στη μεταβολή του βιοόγκου η πικροδάφνη και η λυγαριά δεν βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό. Επίσης, αρνητική σχέση είχαν όλα τα υπόλοιπα είδη. Στο ύψος η ελιά, αγριελιά και το δεντρολίβανο συσχετίζονται με την ΙΑΚ με σχετικά μεγάλο στατιστικά σημαντικό βαθμό, όπως επίσης και στο βιοόγκο το δεντρολίβανο.

Εξετάζοντας την παράμετρο «ολικό άζωτο» από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.15 & 5.4.3.16 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική επίδραση της περιοχής, του βάθους και του έτους φύτευσης. Από την άποψη, η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του ολικού αζώτου. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος), οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Η Π2 (συντελεστής 0,03 $p < 0,001$) είχε λίγο περισσότερο ολικό άζωτο από την Π1, και η Π3 (συντελεστής 0,09 $p < 0,001$) επίσης είχε περισσότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μειώνεται η παράμετρος (συντελεστής -0,017 $p < 0,001$). Από το γράφημα 5.4.3.16 παρατηρείται ότι το ολικό άζωτο στις περιοχές ως προς το έτος φύτευσης διαφέρει σημαντικά στην Π2 λόγω αύξησης των τιμών της οργανικής ουσίας.

Από τη διερεύνηση για την ύπαρξη σχέσης και τη στατιστική σημαντικότητα των τιμών του ολικού αζώτου ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», για το σύνολο των ειδών, το ολικό άζωτο δεν επιδρά σε σημαντικό βαθμό, με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν την ίδια μέση τιμή της παραμέτρου με αυτά που δεν επιβίωσαν (0,09% – 0,09% αντίστοιχα, $p = 0,013$) (πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μικρότερες τιμές ολικού αζώτου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: η χαρουπιά (0,04%), η ελιά (0,07%), το θυμάρι (0,05%) και η ρίγανη (0,06%) (λόγω των χαμηλών τιμών στην Π1). Όμως οι μικρότερες τιμές (0,03-0,04%) στα φυτά που επιβίωσαν καταγράφηκαν σε όλα τα είδη στην Π1. Αντίστοιχα, οι μεγαλύτερες τιμές ολικού αζώτου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν της μυρτιάς (0,1%), της πικροδάφνης (0,11%), της λυγαριάς (0,1%), του δεντρολίβανου (0,1%) και του φασκόμηλου (0,1%) λόγω υψηλών τιμών, κυρίως στην Π3 και λιγότερο στην Π2. Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική μόνο στην πικροδάφνη, όπως ισχύει και για όλα τα είδη που φυτεύτηκαν μαζί με την αριά. Όμως το ολικό άζωτο στη χαρουπιά, ελιά, αγριελιά, σχίνο, πουρνάρι, θυμάρι και στο δεντρολίβανο ήταν περισσότερο στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος και στις τρεις περιοχές), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, το δε ολικό άζωτο ήταν λίγο

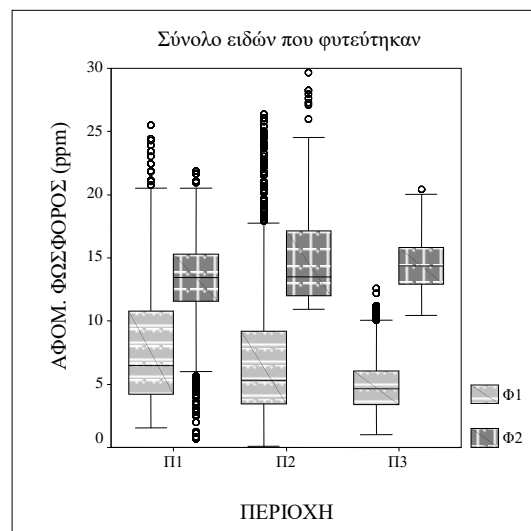
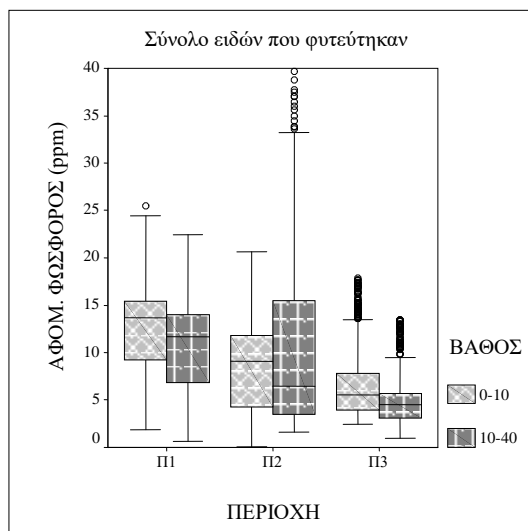
λιγότερο στην Π1 από την Π2 και περισσότερο στην Π3, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για την επιβίωση των ειδών δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και παρότι οι τιμές του ολικού άζωτου (<0,2%) ήταν χαμηλές -τα εδάφη χαρακτηρίζονται φτωχά σε άζωτο -, τα είδη μυρτιά, λυγαριά, ρίγανη και φασκόμηλο πιθανόν να επηρεάστηκαν από την παράμετρο στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.



Γραφήματα 5.4.3.15 & 5.4.3.16: Το ολικό άζωτο στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Ως προς την εξέταση της μεταβλητής «ύψος» στη μεταβολή της την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, από τα 6 είδη δεν βρέθηκε να συσχετίζεται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το ολικό άζωτο μόνο η πικροδάφνη (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν όλα τα υπόλοιπα είδη. Δηλαδή, σε αύξηση του άζωτου, θα μειωθεί το ύψος των φυτών. Στη μεταβολή του βιοόγκου και τα 6 είδη βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με την παράμετρο. Αρνητική σχέση είχαν η ελιά, η αγριελιά, ο σχίνος και το δεντρολίβανο, ενώ θετική είχαν η πικροδάφνη και η λυγαριά. Η ελιά συσχετίζεται με το ολικό άζωτο και στις δύο μεταβλητές με πολύ μεγάλο στατιστικά σημαντικό βαθμό, η αγριελιά με σχετικά μεγάλο βαθμό και το δεντρολίβανο παρομοίως μόνο για το ύψος.

Για την παράμετρο «αφομοιώσιμος φώσφορος», από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.17 & 5.4.3.18 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική επίδραση της περιοχής, του βάθους και του έτους φύτευσης. Από την απονα, η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του φωσφόρου. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος) οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Η Π2 (συντελεστής -2,53 $p < 0,001$) είχε λιγότερο φώσφορο από την Π1, και η Π3 (συντελεστής -5,75 $p < 0,001$) επίσης είχε ακόμη λιγότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μειώνεται η παράμετρος (συντελεστής -0,27 $p < 0,001$). Από το γράφημα 5.4.3.18 παρατηρείται ότι ο αφομοιώσιμος φώσφορος στις περιοχές ως προς το έτος φύτευσης διαφέρει σημαντικά λόγω αύξησης της συγκέντρωσης του φωσφόρου από την εφαρμογή λίπανσης και στις κατά τόπους παρατηρούμενες αναερόβιες εδαφικές συνθήκες, οι οποίες προκαλούν κινητοποίηση και διαλυτοποίηση ενώσεων που δεσμεύουν τον P όπως ασβέστιο, οξείδια του σιδήρου και οξείδια του αργιλίου.



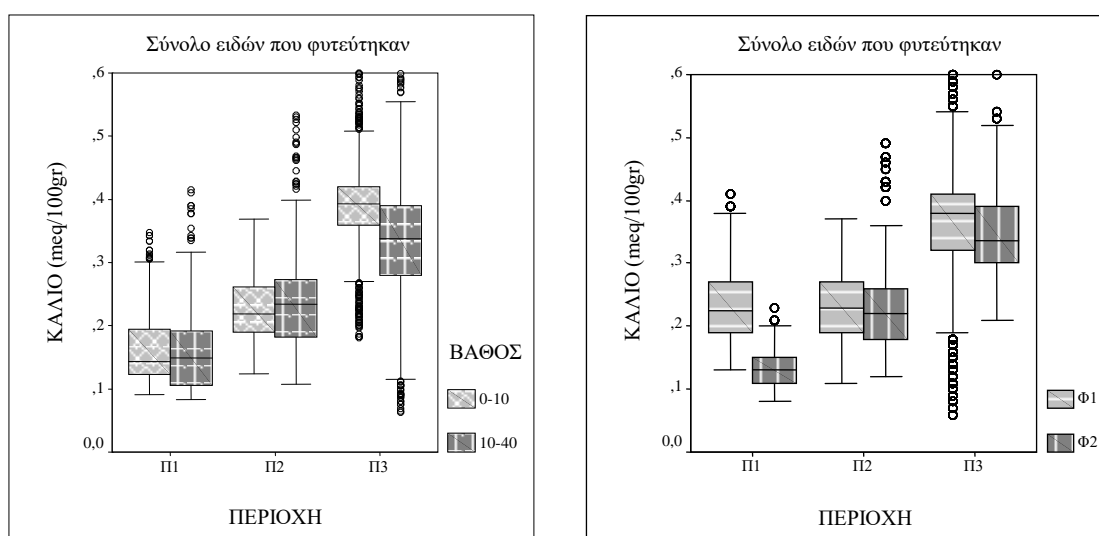
Γραφήματα 5.4.3.17 & 5.4.3.18: Ο αφομοιώσιμος φώσφορος στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Για τη διερεύνηση της ύπαρξης σχέσης και τη στατιστική σημαντικότητα των τιμών του φωσφόρου ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», για το σύνολο των ειδών ο φώσφορος δεν επιδρά σε σημαντικό βαθμό, με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μικρότερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (7,8ppm – 8,1ppm αντίστοιχα, $p < 0,001$) (πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μεγαλύτερες τιμές φωσφόρου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: η ελιά (10,9ppm), η αριά (10,2ppm) και η αγριελιά (11,5ppm) (λόγω υψηλών τιμών κυρίως στην Π2 και Π3). Όμως οι μεγαλύτερες τιμές στα φυτά που επιβίωσαν καταγράφηκαν στην Π2 βάθος 10-40cm στα είδη αριά (22,5ppm), πικροδάφνη (20,4ppm), λυγαριά (20,2ppm) και δεντρολίβανο (20,3ppm). Αντίστοιχα, οι μικρότερες τιμές φωσφόρου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της μυρτιάς (6,5ppm), της πικροδάφνης (6,7ppm), του θυμαριού (6,7ppm), της ρίγανης (6,9ppm) και του φασκόμηλου (6,1ppm) λόγω χαμηλών τιμών στην Π2 και Π3 στα φυτά της 1^{ης} φύτευσης. Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική μόνο στο σχίνο, όπως ισχύει και για όλα τα είδη που φυτεύτηκαν μαζί με τη ρίγανη. Όμως ο φώσφορος στην αριά και στο δεντρολίβανο ήταν λιγότερος στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος και στις τρεις περιοχές), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, ο δε φώσφορος ήταν περισσότερος στην Π1 από τις άλλες δύο περιοχές και ως όριο επάρκειάς του θεωρούνται τα 10ppm, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για την επιβίωση των περισσότερων ειδών δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω, τα είδη πικροδάφνη και φασκόμηλο πιθανόν να επηρεάστηκαν από την παράμετρο στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

Από τη διερεύνηση της μεταβλητής «ύψος» στη μεταβολή της την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, και τα 6 είδη βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το φώσφορο (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν όλα εκτός από το δεντρολίβανο που είχε θετική. Στη μεταβολή του βιοόγκου δεν βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με την παράμετρο ο σχίνος και το δεντρολίβανο. Αρνητική σχέση είχαν όλα τα υπόλοιπα είδη. Εκτός από

το σχίνο στο ύψος και στις δύο μεταβλητές, ο βαθμός συσχέτισης χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλος έως μεγάλος.

Στην παράμετρο «ανταλλάξιμο κάλιο» από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.19 & 5.4.3.20 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική επίδραση της περιοχής, του βάθους και του έτους φύτευσης στην παράμετρο. Από την άποψη, η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του καλίου. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος), οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Η Π2 (συντελεστής 0,067 $p < 0,001$) είχε πολύ λίγο περισσότερο κάλιο από την Π1, και η Π3 (συντελεστής 0,207 $p < 0,001$) επίσης είχε περισσότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μειώνεται η παράμετρος (συντελεστής -0,032 $p < 0,001$). Από το γράφημα 5.4.3.20 παρατηρείται ότι το κάλιο κυρίως στην Π1 ως προς το έτος φύτευσης διαφέρει σημαντικά, με τη μείωση να οφείλεται στην πρόσληψη των φυτών από τις καλές συνθήκες του αέρα εδάφους που υπάρχουν και στο ότι το πρόγραμμα λίπανσης που εφαρμόστηκε προφανώς δεν ήταν ικανό να αυξήσει την ποσότητα του Κ στο έδαφος.



Γραφήματα 5.4.3.19 & 5.4.3.20: Το ανταλλάξιμο κάλιο στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Στη μεταβλητή «επιβίωση», για το σύνολο των ειδών, το κάλιο επιδρά θετικά ($p=0,003$), με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (0,29meq/100gr - 0,28meq/100gr αντίστοιχα, $p < 0,001$). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μικρότερες τιμές καλίου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: ο θυμάρι (0,22meq/100gr) και η ρίγανη (0,24meq/100gr). Τα είδη παρουσιάζουν χαμηλό κάλιο λόγω μικρών τιμών στην Π1. Οι μικρότερες τιμές (0,11-0,15meq/100gr) στα φυτά που επιβιώνουν καταγράφηκαν στην Π1 στα είδη: αριά, μυρτιά, πικροδάφνη, σχίνο, πουρνάρι, λυγαριά, θυμάρι, ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο. Αντίστοιχα, οι μεγαλύτερες τιμές καλίου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της μυρτιάς (0,32meq/100gr), της πικροδάφνης (0,36meq/100gr), του δεντρολίβανου (0,33meq/100gr) και του φασκόμηλου (0,34meq/100gr) (λόγω μεγαλύτερων τιμών στην Π3). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική μόνο στην αγριελιά. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων το κάλιο για όλα τα είδη που φυτεύτηκαν δεν είναι στατιστικά σημαντικό ως προς τη μεταβλητή

«επιβίωση» για την αριά, την αγριελιά και τη ρίγανη. Όμως το κάλιο στη χαρουπιά, ελιά, σχίνο, πουρνάρι, θυμάρι και στο δεντρολίβανο ήταν λιγότερο στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος και στις τρεις περιοχές), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, το δε κάλιο στην Π1 και Π2 είχε πολύ μικρή διαφορά και στην Π3 ήταν μεγαλύτερο, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για την επιβίωση των ειδών δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και με τις τιμές του καλίου να χαρακτηρίζονται ως μέτριες με κρίσιμο όριο για επάρκεια τα 0,5meq/100gr, τα είδη πικροδάφνη, λυγαριά, ρίγανη και φασκόμηλο πιθανόν να επηρεάστηκαν από την παράμετρο στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

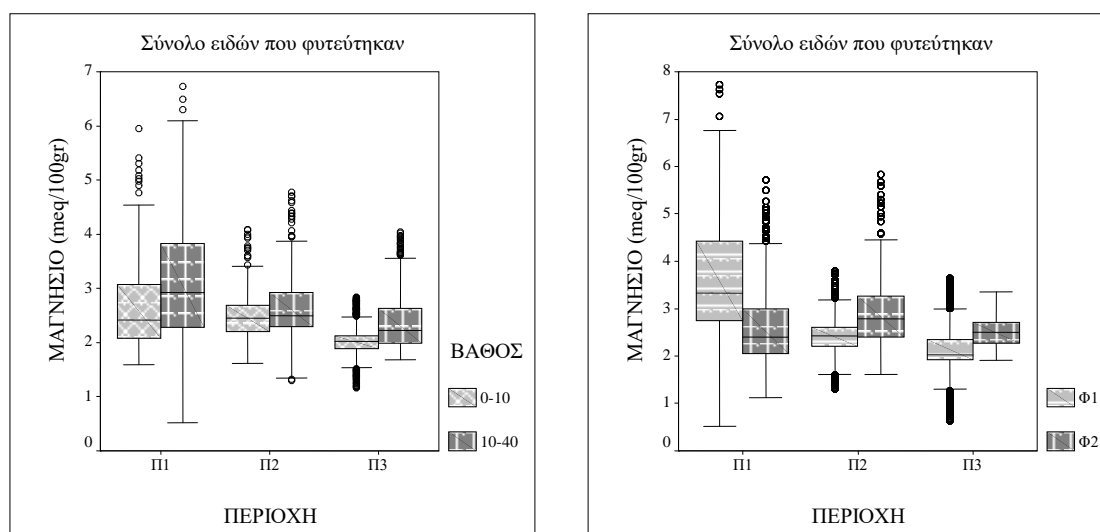
Στη μεταβολή της μεταβλητής «ύψος» για την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, δεν βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το κάλιο ο σχίνος και η λυγαριά (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν η ελιά, η αγριελιά και το δεντρολίβανο, ενώ η πικροδάφνη είχε θετική σχέση. Στη μεταβολή του βιοόγκου δεν βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το κάλιο η αγριελιά και ο σχίνος. Αρνητική σχέση είχαν η ελιά και το δεντρολίβανο, ενώ η πικροδάφνη και η λυγαριά είχαν θετική σχέση. Με σχετικά μεγάλο βαθμό συσχετίζονται στο ύψος το δεντρολίβανο και στο βιοόγκο η πικροδάφνη και η λυγαριά.

Ως προς την παράμετρο «ανταλλάξιμο μαγνήσιο», από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.21 & 5.4.3.22 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική επίδραση της περιοχής, του βάθους και του έτους φύτευσης στην παράμετρο. Από την άποψη, η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του μαγνησίου. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος), οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Η Π2 (συντελεστής -0,415 $p < 0,001$) είχε λίγο λιγότερο μαγνήσιο από την Π1, και η Π3 (συντελεστής -0,818 $p < 0,001$) επίσης είχε λιγότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, αυξάνεται η παράμετρος (συντελεστής 0,261 $p < 0,001$). Από το γράφημα 5.4.3.22 παρατηρείται ότι το μαγνήσιο και στις τρεις περιοχές ως προς το έτος φύτευσης διαφέρει σημαντικά: η μείωση στην Π1 οφείλεται στην πρόσληψη από τα φυτά λόγω καλύτερων συνθηκών στον αέρα του εδάφους και η αύξηση στις Π2 και Π3 οφείλεται στις αναγωγικές συνθήκες κατά θέσεις που εμποδίζουν την πρόσληψη του μαγνησίου από το ριζικό σύστημα των φυτών, καθώς και στη λίπανση (εμπλουτισμός σε Mg).

Ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», για το σύνολο των ειδών, το μαγνήσιο επιδρά θετικά ($p < 0,01$), με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (2,53meq/100gr – 2,48meq/100gr αντίστοιχα, $p < 0,001$). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μικρότερες τιμές μαγνησίου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: η μυρτιά (2,28meq/100gr), η πικροδάφνη (2,24meq/100gr) και το πουρνάρι (2,29meq/100gr). Τα είδη παρουσιάζουν χαμηλό μαγνήσιο λόγω μικρών τιμών στις Π1 και Π3. Οι μικρότερες τιμές (1,86-1,98meq/100gr) στα φυτά που επιβιώνουν καταγράφηκαν στην Π3 βάθος 0-10cm στα είδη: αριά, πικροδάφνη, σχίνο και λυγαριά. Αντίστοιχα, οι μεγαλύτερες τιμές μαγνησίου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της χαρουπιάς (3,66meq/100gr), της ελιάς (3,54meq/100gr) και της αγριελιάς (3,39meq/100gr) (λόγω μεγαλύτερων τιμών στην Π1 στα φυτά της 1^{ης} φύτευσης). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική

στην πικροδάφνη, αγριελιά και δεντρολίβανο. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων το μαγνήσιο για όλα τα είδη που φυτεύτηκαν δεν είναι στατιστικά σημαντικό ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για την πικροδάφνη, αγριελιά, θυμάρι, δεντρολίβανο και φασκόμηλο. Όμως το μαγνήσιο στην αριά, μυρτιά, σχίνο, πουρνάρι, λυγαριά και ρίγανη ήταν λιγότερο στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος και στις τρεις περιοχές), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, το δε μαγνήσιο στην Π1 λίγο μεγαλύτερο από την Π2 και Π3, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος για την επιβίωση των περισσότερων ειδών δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και με τις τιμές του μαγνησίου να χαρακτηρίζονται ως οριακές κάτω από την τιμή επάρκειας των 3,00 meq/100gr, τα είδη χαρουπιά και ελιά πιθανόν να επηρεάστηκαν από την παράμετρο στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

Ός προς τη μεταβολή της μεταβλητής «ύψος» για την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, δεν βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το μαγνήσιο η πικροδάφνη και ο σχίνος (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχε μόνο η λυγαριά, ενώ η ελιά, η αγριελιά και το δεντρολίβανο είχαν θετική σχέση. Στη μεταβολή του βιοόγκου δεν βρέθηκαν να συσχετίζονται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το μαγνήσιο η αγριελιά, ο σχίνος και το δεντρολίβανο. Αρνητική σχέση είχαν η πικροδάφνη και η λυγαριά, ενώ η ελιά είχε θετική σχέση. Με σχετικά μεγάλο βαθμό συσχετίζονται στο ύψος η ελιά και στο βιοόγκο η ελιά και η λυγαριά.

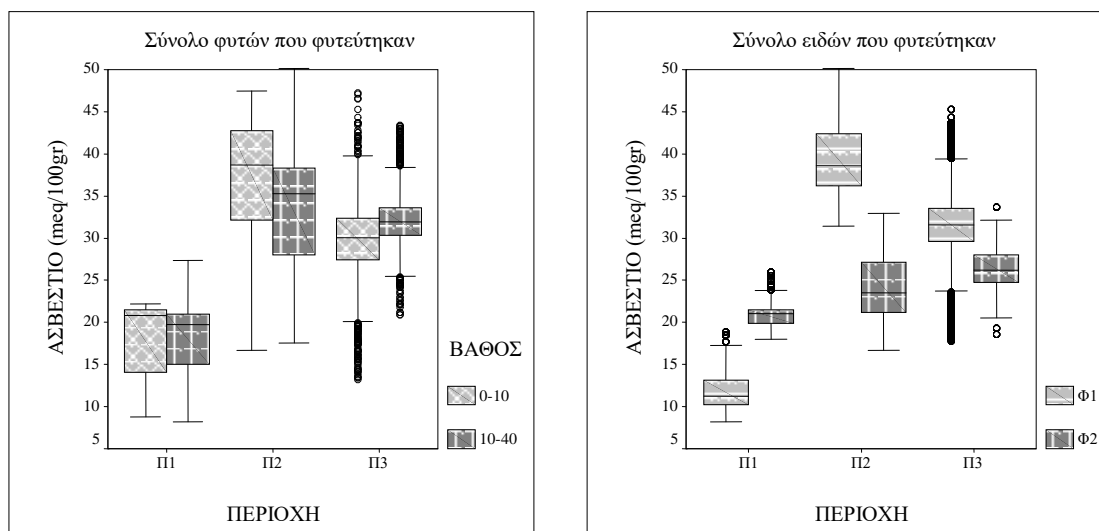


Γραφήματα 5.4.3.21 & 5.4.3.22: Το ανταλλάξιμο μαγνήσιο στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Για την παράμετρο «ανταλλάξιμο ασβέστιο», από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.23 & 5.4.3.24 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική επίδραση της περιοχής, του βάθους και του έτους φύτευσης στην παράμετρο. Από την άποψη, η περιοχή συμβάλλει περισσότερο στην ερμηνεία της μεταβλητότητας του ασβεστίου. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος), οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Η Π2 (συντελεστής 17,02 $p < 0,001$) είχε πολύ περισσότερο ασβέστιο από την Π1, και η Π3 (συντελεστής 14,29 $p < 0,001$) επίσης περισσότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μειώνεται η παράμετρος (συντελεστής -1,56 $p < 0,001$). Από το γράφημα 5.4.3.24 παρατηρείται ότι

το ασβέστιο και στις τρεις περιοχές ως προς το έτος φύτευσης διαφέρει σημαντικά, με την αύξηση στην Π1 να οφείλεται στην αυξημένη παρουσία του ανθρακικού ασβεστίου και τη μείωση στις Π2 και Π3 να οφείλεται κυρίως στην απορρόφησή του από τα φυτά. Αυξανόμενη της συγκέντρωσης του ανταλλάξιμου Ca, αυξάνεται και η διαθεσιμότητά του και η πρόσληψη από τα φυτά.

Για τη μεταβλητή «επιβίωση», στο σύνολο των ειδών, το ασβέστιο επιδρά αρνητικά ($p < 0,01$), με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μικρότερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν ($29,5 \text{ meq}/100\text{gr} - 32,4 \text{ meq}/100\text{gr}$ αντίστοιχα, $p < 0,001$). Τα φυτά των ειδών που επιβίωσαν με τις μεγαλύτερες τιμές ασβεστίου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: η μυρτιά ($36,2 \text{ meq}/100\text{gr}$), το θυμάρι ($37,4 \text{ meq}/100\text{gr}$) και η ρίγανη ($35,7 \text{ meq}/100\text{gr}$). Τα είδη παρουσιάζουν υψηλό ασβέστιο λόγω μεγάλων τιμών στις Π2 και Π3. Οι μεγαλύτερες τιμές ($39,7-47,3 \text{ meq}/100\text{gr}$) στα φυτά που επιβιώνουν καταγράφηκαν στις Π2 και Π3 βάθος 0-10cm στα είδη: μυρτιά, ρίγανη και φασκόμηλο. Αντίστοιχα, οι μικρότερες τιμές ασβεστίου (κατά μέσο όρο και στις τρεις περιοχές) ήταν: της χαρουπιιάς ($12,5 \text{ meq}/100\text{gr}$), της ελιάς ($17,1 \text{ meq}/100\text{gr}$) και της αγριελιάς ($19,3 \text{ meq}/100\text{gr}$) (λόγω μικρότερων τιμών στην Π1 στα φυτά της 1^{ης} φύτευσης). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος είναι στατιστικά σημαντική σε όλα. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων το ασβέστιο για όλα τα είδη που φυτεύτηκαν δεν είναι στατιστικά σημαντικό ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» για την αριά και το πουρνάρι. Όμως το ασβέστιο στη μυρτιά, πικροδάφνη, λυγαριά και στο θυμάρι ήταν μεγαλύτερο στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος και στις τρεις περιοχές), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή τους. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και με τις τιμές του ασβεστίου να χαρακτηρίζονται ως υψηλές στις Π2 και Π3, και επαρκείς στην Π1 - το όριο επάρκειας είναι $10-15 \text{ meq}/100\text{gr}$ -, τα είδη ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο πιθανόν να επηρεάστηκαν από την παράμετρο στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.



Γραφήματα 5.4.3.23 & 5.4.3.24: Το ανταλλάξιμο ασβέστιο στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

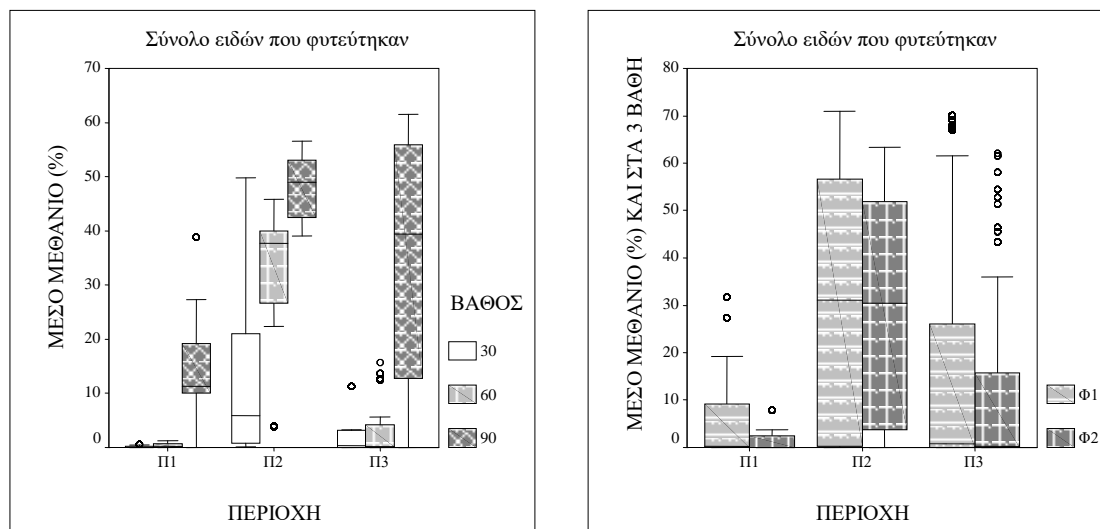
Για τη μεταβολή των μεταβλητών «ύψος» και «βιοόγκος» στην περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, δεν βρέθηκε να συσχετίζεται με στατιστικά σημαντικό βαθμό με το ασβέστιο μόνο ο σχίνος (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση και στις δύο μεταβλητές είχε η ελιά, η αγριελιά, το δεντρολίβανο και η λυγαριά (εκτός

από το βιοόγκο που είχε θετική), ενώ η πικροδάφνη είχε θετική σχέση. Με σχετικά μεγάλο βαθμό συσχετίζονται και στις δύο μεταβλητές η αγριελιά και το δεντρολίβανο, καθώς επίσης και η λυγαριά στο βιοόγκο. Η ελιά συσχετίζεται με πολύ μεγάλο βαθμό και με τις δύο μεταβλητές.

Ως προς τα αέρια του εδάφους, για κάθε μία παράμετρο, από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.25 & 5.4.3.26 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική επίδραση του «μεθανίου» και της περιοχής στα είδη. Από την απονα, η περιοχή διαδραματίζει σημαντικότερο ρόλο. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος), οι τρεις κατηγορίες της παραμέτρου (min, aver, max), οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Δηλαδή, η Π2 (συντελεστής 23,24 $p < 0,001$) είχε πολύ περισσότερο μεθάνιο από την Π1, και η Π3 (συντελεστής 7,82 $p < 0,001$) επίσης είχε περισσότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται μεγαλώνει η παράμετρος. Από τα γραφήματα 5.4.3.25 & 5.4.3.26 παρατηρείται ότι το μέσο μεθάνιο στις περιοχές και στα τρία βάθη διαφέρει σημαντικά, ενώ δεν διαφέρει στην κάθε περιοχή το έτος φύτευσης.

Ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», για την ύπαρξη σχέσης και τη στατιστική σημαντικότητα των τιμών του μεθανίου, χρησιμοποιήθηκε Wilcoxon's test και t-test για το σύνολο των φυτών που φυτεύτηκαν αλλά και για το κάθε είδος ξεχωριστά στις τιμές των φυτών που επιβίωσαν ή όχι (πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3). Για το σύνολο των ειδών το μεθάνιο επιδρά αρνητικά ($p < 0,001$), δηλαδή σε αύξησή του μειώνεται η επιβίωσή τους, με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μικρότερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (30,1% / 38,4% αντίστοιχα, $p < 0,001$). Τα φυτά των δέντρων και θάμνων που επιβίωσαν με τα μεγαλύτερα ποσοστά μεθανίου (κατά μέσο όρο στα τρία βάθη και στις τρεις περιοχές) ήταν: η ελιά (15,4%) και η αριά (16,2%), ενώ στα αρωματικά φυτά (κατά μέσο όρο στις τρεις περιοχές και στα 2 βάθη 30, 60cm λόγω μικρότερου ριζικού συστήματος) ήταν: το θυμάρι (18,5%) και η ρίγανη (15,4%) (λόγω υψηλών τιμών στις Π2 και Π3). Οι μεγαλύτερες τιμές (31,2-50,4%) στα φυτά που επιβιώνουν καταγράφηκαν στην Π2 βάθη 60, 90cm και στην Π3 βάθος 90cm στα είδη: ελιά, αριά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνο, πουρνάρι, λυγαριά, ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο. Αντίστοιχα, τα μικρότερα ποσοστά (κατά μέσο όρο στα τρία βάθη και στις τρεις περιοχές) στα δέντρα και τους θάμνους ήταν: της χαρουπιάς (8,6%), της μυρτιάς (12,2%) και του σχίνου (12,3%), ενώ στα αρωματικά φυτά (στα δύο βάθη) ήταν: του δεντρολίβανου (4,2%) και του φασκόμηλου (6,3%). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική μόνο στην πικροδάφνη. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων σε όλα τα είδη που φυτεύτηκαν, το μεθάνιο δεν είναι στατιστικά σημαντικό ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» στην αριά, πικροδάφνη και στο φασκόμηλο. Όμως το μεθάνιο στο θυμάρι ήταν λιγότερο στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος και στις τρεις περιοχές), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή του. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, το δε ποσοστό του μεθανίου στις περιοχές ήταν ακριβώς το αντίθετο από την επιβίωση, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος διαδραματίζει κάποιο ρόλο. Αναλυτικά, το ποσοστό επιβίωσης των ειδών (δέντρα: χαρουπιά, ελιά, αριά, θάμνοι: αγριελιά, σχίνος, πουρνάρι και αρωματικά: ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο) ήταν μεγαλύτερο στην Π1, οι θάμνοι: μυρτιά, πικροδάφνη και λυγαριά ήταν στην Π3 και το θυμάρι ήταν στην Π2. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω και επειδή το μεθάνιο δεν είναι άμεσα τοξικό στα φυτά - εκτοπίζει το οξυγόνο προς την επιφάνεια και δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες -, τα είδη χαρουπιά, πουρνάρι και

ρίγανη (πρωτίστως λόγω μικρότερης επιβίωσης) και η ελιά, μυρτιά, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο (δευτερευόντως λόγω μεγαλύτερης επιβίωσης) θεωρείται ότι επηρεάστηκαν σε κάποιο βαθμό από την παράμετρο στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.



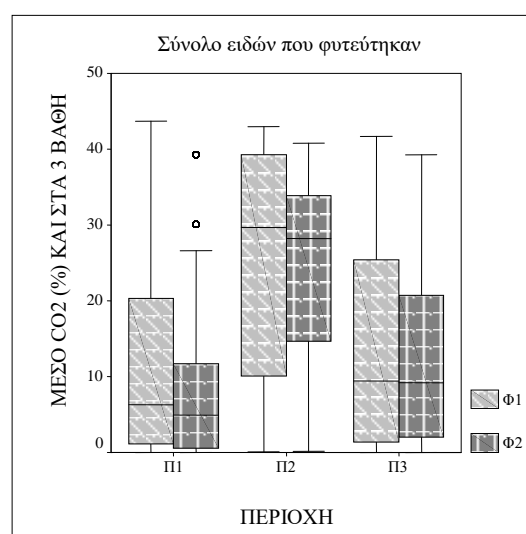
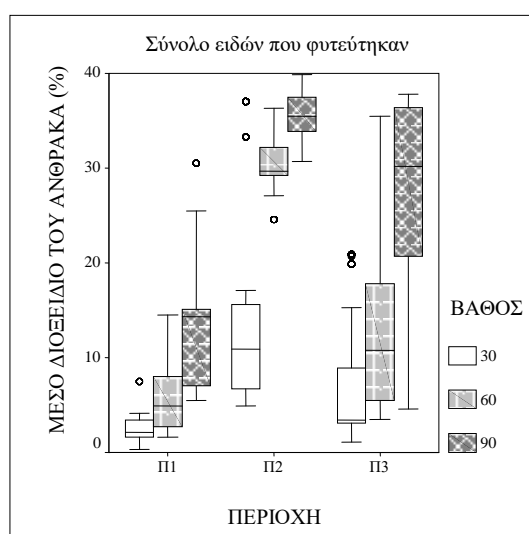
Γραφήματα 5.4.3.25 & 5.4.3.26: Το μέσο μεθάνιο στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Ως προς τη μεταβολή της μεταβλητής «ύψος» για την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, στα 6 είδη με τη μεγαλύτερη επιβίωση δεν βρέθηκε να συσχετίζεται σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με το μεθάνιο μόνο η πικροδάφνη (πίνακας 5.4.3.4). Αρνητική σχέση είχαν όλα τα είδη που συσχετίζονται σημαντικά. Στη μεταβολή του βιοόγκου δεν βρέθηκαν να συσχετίζονται με στατιστικά σημαντικό βαθμό με το μεθάνιο η πικροδάφνη και ο σχίνος. Επίσης, αρνητική σχέση είχαν όλα τα είδη. Με σχετικά μεγάλο βαθμό συσχετίζεται και στις δύο μεταβλητές μόνο η ελιά.

Στην παράμετρο «διοξείδιο του άνθρακα», από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.27 & 5.4.3.28 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική επίδραση της παραμέτρου και της περιοχής στα είδη. Από την άποψη, η περιοχή διαδραματίζει πιο σημαντικό ρόλο. Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος), οι τρεις κατηγορίες της παραμέτρου (min, aver, max), οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Δηλαδή, η Π2 (συντελεστής 16,94 $p < 0,001$) είχε πολύ περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από την Π1, και η Π3 (συντελεστής 6,3 $p < 0,001$) επίσης είχε περισσότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μεγαλώνει η παράμετρος. Από τα γραφήματα 5.4.3.27 & 5.4.3.28 παρατηρείται ότι το μέσο διοξείδιο του άνθρακα στις περιοχές και στα τρία βάθη διαφέρει σημαντικά, ενώ δεν διαφέρει στην κάθε περιοχή το έτος φύτευσης.

Στη μεταβλητή «επιβίωση», για την ύπαρξη σχέσης και τη στατιστική σημαντικότητα των τιμών του διοξειδίου του άνθρακα στο σύνολο των ειδών, η παράμετρος επιδρά αρνητικά ($p < 0,001$), με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μικρότερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (15,1% / 17,4% αντίστοιχα, $p < 0,001$) (πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3). Τα φυτά των δέντρων και θάμνων που επιβίωσαν με τα μεγαλύτερα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα (κατά μέσο όρο στα τρία βάθη και στις τρεις περιοχές) ήταν: η ελιά (14,5%) και η αριά (15%), ενώ στα αρωματικά φυτά (κατά μέσο όρο στις τρεις περιοχές και στα 2 βάθη 30, 60cm λόγω μικρότερου ριζικού

συστήματος) ήταν: ο θυμάρι (19,7%) και η ρίγανη (17,2%) (λόγω υψηλών τιμών στις Π2 και Π3). Οι μεγαλύτερες τιμές (26,6-33,8%) στα φυτά που επιβιώνουν καταγράφηκαν κυρίως στην Π2 βάθη 60, 90cm στα είδη: ελιά, αριά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνο, πουρνάρι, λυγαριά, ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο. Αντίστοιχα, τα μικρότερα ποσοστά (κατά μέσο όρο στα τρία βάθη και στις τρεις περιοχές) στα δέντρα και τους θάμνους ήταν: της χαρουπιάς (10,2%), της μυρτιάς (12,7%) και του σχίνου (12,4%), ενώ στα αρωματικά φυτά (στα δύο βάθη) ήταν: του δεντρολίβανου (9,4%) και του φασκόμηλου (10,7%). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική μόνο στην πικροδάφνη. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων σε όλα τα είδη που φυτεύτηκαν, το διοξείδιο του άνθρακα δεν είναι στατιστικά σημαντικό ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» στην αριά, πικροδάφνη και στο φασκόμηλο. Όμως το διοξείδιο του άνθρακα στο θυμάρι ήταν μικρότερο στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος και στις τρεις περιοχές), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή του. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, το δε ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα στις περιοχές ήταν ακριβώς το αντίθετο από την επιβίωση, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος διαδραματίζει ρόλο. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω, το ποσοστό επιβίωσης του κάθε είδους ανά περιοχή και το γεγονός ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι άμεσα τοξικό σε μεγάλο εύρος τιμών, θεωρείται ότι τα είδη χαρουπιά, πουρνάρι και ρίγανη (πρωτίστως λόγω μικρότερης επιβίωσης) και η ελιά, μυρτιά, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο (δευτερευόντως λόγω μεγαλύτερης επιβίωσης) επηρεάστηκαν σε κάποιο βαθμό από την παράμετρο στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

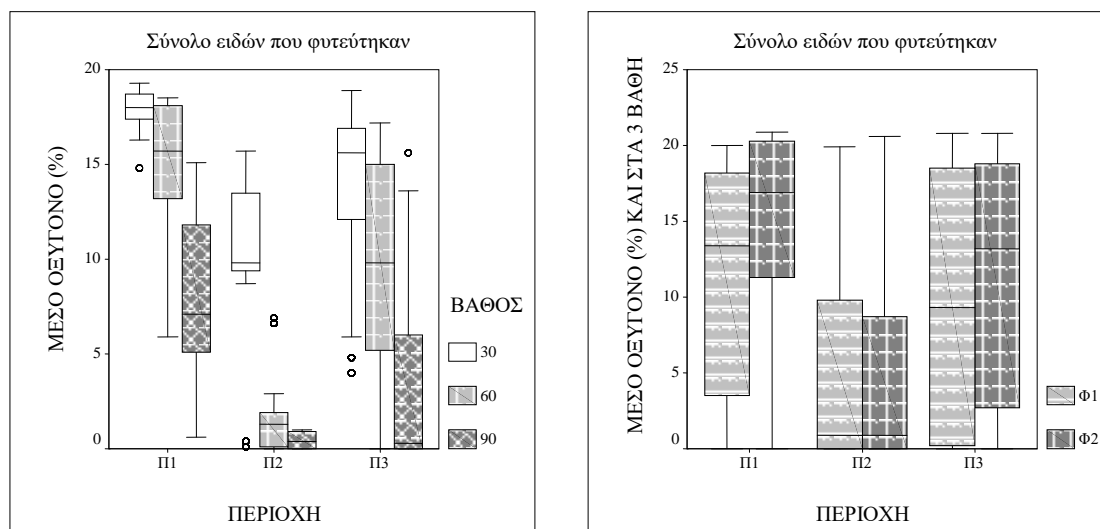


Γραφήματα 5.4.3.27 & 5.4.3.28: Το μέσο διοξείδιο του άνθρακα στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Ως προς τη μεταβολή των μεταβλητών «ύψος» και «βιοόγκος», για την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών, στα 6 είδη με τη μεγαλύτερη επιβίωση τα αποτελέσματα ήταν τα ίδια όπως και στο μεθάνιο.

Τέλος, ως προς τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις μεταβλητές, για το «οξυγόνο» από τους πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3, τα γραφήματα 5.4.3.29 & 5.4.3.30 και τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, βρέθηκε σημαντική επίδραση της παραμέτρου και της περιοχής στα είδη. Από την απονα, η περιοχή διαδραματίζει σημαντικότερο ρόλο.

Επίσης, και από γραμμικό μοντέλο (με διόρθωση ως προς περιοχή και βάθος), οι τρεις κατηγορίες της παραμέτρου (min, aver, max), οι περιοχές και τα δύο βάθη διαφέρουν μεταξύ τους με στατιστικά σημαντικό βαθμό. Δηλαδή, η Π2 (συντελεστής -8,2 $p < 0,001$) είχε πολύ λιγότερο οξυγόνο από την Π1, και η Π3 (συντελεστής -3,8 $p < 0,001$) επίσης είχε λιγότερο από την Π1. Το βάθος εδάφους καθώς αυξάνεται, μειώνεται η παράμετρος. Από τα γραφήματα 5.4.3.29 & 5.4.3.30 παρατηρείται ότι το μέσο οξυγόνο στις περιοχές και στα τρία βάθη διαφέρει σημαντικά, όπως και στις Π1 και Π3 το έτος φύτευσης.



Γραφήματα 5.4.3.29 & 5.4.3.30: Το μέσο οξυγόνο στο σύνολο των ειδών που φυτεύτηκαν για τα πρώτα τρία έτη της εγκατάστασης ανά περιοχή μελέτης, βάθος εδάφους και έτος φύτευσης.

Στη μεταβλητή «επιβίωση», για την ύπαρξη σχέσης και τη στατιστική σημαντικότητα των τιμών του οξυγόνου στο σύνολο των ειδών, η παράμετρος επιδρά θετικά ($p < 0,001$), με τα φυτά που επιβίωσαν να έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή της παραμέτρου από αυτά που δεν επιβίωσαν (9,48% / 7,96% αντίστοιχα, $p < 0,001$) (πίνακες 5.4.3.1-5.4.3.3). Τα φυτά των δέντρων και θάμνων που επιβίωσαν με τα μικρότερα ποσοστά οξυγόνου (κατά μέσο όρο στα τρία βάθη και στις τρεις περιοχές) ήταν: η ελιά (9,7%) και η αριά (9,9%), ενώ στα αρωματικά φυτά (κατά μέσο όρο στις τρεις περιοχές και στα 2 βάθη 30, 60cm λόγω μικρότερου ριζικού συστήματος) ήταν: το θυμάρι (7,2%) και η ρίγανη (8,5%) (λόγω χαμηλών τιμών στις Π2 και Π3). Οι μικρότερες τιμές (0,2-2,1%) στα φυτά που επιβιώνουν καταγράφηκαν στην Π2 βάθη 60, 90cm στα είδη: ελιά, αριά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνο, πουργάρι, λυγαριά, ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο. Αντίστοιχα, τα μεγαλύτερα ποσοστά (κατά μέσο όρο στα τρία βάθη και στις τρεις περιοχές) στα δέντρα και τους θάμνους ήταν: της χαρουπιάς (11,2%) και του σχίνου (11,2%), ενώ στα αρωματικά φυτά (στα δύο βάθη) ήταν: του δεντρολίβανου (12,2%) και του φασκόμηλου (11,6%). Για τα είδη που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης και στις τρεις περιοχές (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο), η παράμετρος δεν είναι στατιστικά σημαντική μόνο στην πικροδάφνη. Με βάση την επεξεργασία των στοιχείων σε όλα τα είδη που φυτεύτηκαν, το οξυγόνο δεν είναι στατιστικά σημαντικό ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση» στην αριά, πικροδάφνη και στο φασκόμηλο. Όμως το οξυγόνο στο θυμάρι ήταν μεγαλύτερο στα φυτά που δεν επιβίωσαν (ανά είδος και στις τρεις περιοχές), αναδεικνύοντας την παράμετρο ως μη ρυθμιστική για την επιβίωσή του. Δεδομένου ότι το ποσοστό επιβίωσης για τη χρονική διάρκεια των 3 πρώτων ετών εγκατάστασης των φυτών στις τρεις περιοχές ήταν μεγαλύτερο στην Π1 και μικρότερο στην Π2, όπως και το ποσοστό του οξυγόνου στις περιοχές, συμπεραίνεται ότι η παράμετρος

διαδραματίζει ρόλο. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω, το ποσοστό επιβίωσης του κάθε είδους ανά περιοχή και το ότι το οξυγόνο είναι απαραίτητο στοιχείο για την επιβίωση των φυτών, θεωρείται ότι τα είδη χαρουπιά, πουρνάρι και ρίγανη (πρωτίστως λόγω μικρότερης επιβίωσης) και η ελιά, μυρτιά, αγριελιά, σχίνος, λυγαριά και δεντρολίβανο (δευτερευόντως λόγω μεγαλύτερης επιβίωσης) επηρεάστηκαν σε κάποιο βαθμό από την παράμετρο στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν.

Όπως και στο διοξείδιο του άνθρακα, τα αποτελέσματα του οξυγόνου, στη μεταβολή των μεταβλητών «ύψος» και «βιοόγκος» για την περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών στα 6 είδη με τη μεγαλύτερη επιβίωση, ήταν τα ίδια με του μεθανίου.

Συμπερασματικά, από τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων (ανονα, γραμμικά μοντέλα, Wilcoxon's test και t-test), το ποσοστό επιβίωσης του κάθε είδους ανά περιοχή, τους μέσους όρους των παραμέτρων στα φυτά των ειδών που επιβίωσαν ή όχι ανά περιοχή και βάθος και από τους περιορισμούς της κάθε παραμέτρου σε εύρος τιμών που προκαλούν καταπόνηση στα φυτά, οι παράμετροι που επιδρούν στα 13 είδη φυτών που φυτεύτηκαν στις 3 πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, ως προς τη μεταβλητή «επιβίωση», δίνονται στον πίνακα 5.4.3.5.

Από τον πίνακα 5.4.3.5 συμπεραίνεται ότι τα αέρια (CH_4 , CO_2 και O_2) και η ΙΑΚ επιδρούν στην επιβίωση των 9 από τα 13 είδη που φυτεύτηκαν, ακολουθεί το pH σε 8, η συμπίεση σε 6, το ανθρακικό ασβέστιο σε 5 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η οργανική ουσία, το άζωτο και το κάλιο σε 4. Από τους παράγοντες που επέδρασαν στα λιγότερα είδη ήταν η υδατοϊκανότητα σε 1, ο φώσφορος και το μαγνήσιο σε 2 και το ασβέστιο σε 3. Φυσιολογική η κατάταξη των παραμέτρων με τα αέρια, την ΙΑΚ, το pH και τη συμπίεση στις πρώτες θέσεις και τα θρεπτικά στοιχεία με την υδατοϊκανότητα στις τελευταίες.

Η επίδραση των αερίων που κατατάσσεται στις σημαντικότερες παραμέτρους, καθώς επιδρούν σε περισσότερα είδη (9 μαζί με την ΙΑΚ) είναι αναμενόμενη λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων του CH_4 και CO_2 και των χαμηλών του O_2 . Επίσης, και στα αποτελέσματα των περισσότερων ερευνών, το υψηλό CO_2 και το χαμηλό O_2 αναφέρονται ως σημαντικότεροι παράγοντες για την επιβίωση των ειδών. Το CH_4 στη βιβλιογραφία αναφέρεται σε λιγότερα αποτελέσματα. Η ΙΑΚ, μαζί με τα αέρια, περιλαμβάνεται στους πλέον σημαντικούς παράγοντες λόγω των χαμηλών προς μέτριων τιμών που είχε, επηρεάζοντας δυσμενώς τη γονιμότητα των εδαφών και την περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά στοιχεία (επίδραση επί πολλαπλών παραμέτρων).

Το pH, λόγω υψηλών τιμών, επιδρά σε μεγάλο αριθμό ειδών ως εξής: α) ο ρυθμός απορρόφησης ορισμένων θρεπτικών στοιχείων επηρεάζεται αρνητικά, δημιουργώντας προβλήματα τροφопενίας στα φυτά, β) μειώνεται η προσρόφηση των νιτρικών και γ) η διαλυτότητα μετάλλων όπως Fe, Mn, Zn, Cu περιορίζεται από το σχηματισμό μη αφομοιώσιμων μορφών τους στο έδαφος, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα τροφопενίας σε ιχνοστοιχεία (επίσης επίδραση επί πολλαπλών παραμέτρων).

Η συμπίεση επιδρά σε 6 είδη (περιλαμβάνοντας τα τρία: ελιά, πικροδάφνη και αγριελιά με επιβίωση πάνω από 60% -αποδεκτό όριο για αποκαταστάσεις- και στις τρεις περιοχές) λόγω των υψηλών τιμών και την παρουσία στρώσεων εδάφους με συμπίεση >2,5 MPa η οποία περιορίζει ή αναστέλλει την ανάπτυξη των ριζών.

Πίνακας 5.4.3.5: Εδαφικές ιδιότητες και αέρια του εδάφους που επηρεάζουν τη μεταβλητή «επιβίωση» των ειδών που φυτεύτηκαν στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων.

Παράμετρος	Χαρουπιά	Ελιά	Αριά	Μορτιά	Πικροδάφνη	Αγριελιά	Σχίνος	Πουρνάρι	Λυγαριά	Θυμάρι	Ρίγανη	Δεντρολίβανο	Φασκόμηλο
Υδατοϊκανότητα									+				
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	*	*		*		*							
Συμπίεση		-		-	-	-						-	-
CaCO₃				-	-				-		-		-
pH	-	-		-		-			-		-	-	-
Οργανική ουσία				+					+		+		+
ΙΑΚ	*	*		*			*	*	*	*	*	*	
Ολικό N				*					*		*		*
Αφομοιώσιμος P					*								*
Ανταλλάξιμο K					+				+		+		+
Ανταλλάξιμο Mg	+	+											
Ανταλλάξιμο Ca											-	-	-
CH₄	-	-		-		-	-	-	-		-	-	
CO₂	-	-		-		-	-	-	-		-	-	
O₂	+	+		+		+	+	+	+		+	+	

(+) ή (-): επίδραση της παραμέτρου ανά είδος με τον τύπο της σχέσης (αρνητικός «-» ή θετικός «+») από το σύνολο των ειδών στην κάθε παράμετρο σύμφωνα με το Wilcoxon's test.

*: επίδραση της παραμέτρου ανά είδος χωρίς να αποδεικνύεται ο τύπος της σχέσης (αρνητικός ή θετικός) από το σύνολο των ειδών σύμφωνα με το Wilcoxon's test.

Το ανθρακικό ασβέστιο επιδρά σε 5 είδη όπου καταγράφηκαν τιμές υψηλές (>20%, χαρακτηρισμός εδαφών «μάργες έως ασβεστώδη») με αποτέλεσμα να επηρεαστούν φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών αυτών, όπως οι σχέσεις εδάφους-νερού και η δυνατότητα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων. Προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν ο σχηματισμός κρούστας στην επιφάνεια του εδάφους, η διαθεσιμότητα του Mg και K, η μικρή διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων και η μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα επιδρά σε 4 είδη από τις υψηλές τιμές στην Π1, τις οποίες εμφάνισε το 1999 λόγω της εκεί μεταφοράς υλικού για την αποκατάσταση, και στην Π2 από την συσσώρευση αλάτων, όπου οι ανοξικές συνθήκες επηρέασαν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών εμποδίζοντας την πρόσληψη των αλάτων.

Η οργανική ουσία επιδρά σε 4 είδη από τις χαμηλές έως μέτριες τιμές που κατέγραψε. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη δομή του εδάφους, τη ρυθμιστική ικανότητά του, τη ρύθμιση της κυκλοφορίας του εδαφικού αέρα και ύδατος, καθώς και στη θρέψη των φυτών.

Το ολικό άζωτο επιδρά σε 4 είδη, από δευτερογενείς σχέσεις, καθώς εξαρτάται κυρίως από τα ποσοστά της οργανικής ουσίας που είναι χαμηλά, το αλκαλικό περιβάλλον και την παρουσία ελεύθερων ανθρακικών που προκαλεί τη δημιουργία πτητικών ενώσεων (αέρια NH₃, υποξείδια N₂ και στοιχειακό N₂) οι οποίες διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα.

Το κάλιο επίσης επιδρά σε 4 είδη από δευτερογενείς σχέσεις λόγω εξάρτησης κυρίως από την περιεκτικότητα σε άργιλο.

Ως προς την επίδραση των παραμέτρων σε λίγα είδη, εξηγείται κατά παράμετρο ως εξής: α) Η υδατοϊκανότητα, παρότι έχει χαμηλές με μέτριες τιμές εξαιτίας της κοκκομετρικής σύστασης (αυξημένο ποσοστό κλάσματος της άμμου), επηρεάζεται από τις παραμέτρους της υψηλής συμπίεσης, της χαμηλής οργανικής ουσίας και του υψηλού ποσοστού ανθρακικού ασβέστιου (δηλαδή δευτερογενείς σχέσεις που μειώνουν την πρωτογενή). β) Ο φώσφορος, με τιμές πάνω από το όριο επάρκειας (10 ppm), κυρίως λόγω λίπανσης, δεν δύναται να είναι καθοριστικός παράγοντας. γ) Το μαγνήσιο εμφάνισε τιμές οριακά κάτω από το όριο επάρκειας (3,00 meq/100gr) για να θεωρείται ένα έδαφος επαρκώς εφοδιασμένο. Τέλος, δ) το ασβέστιο, αν και κατέγραψε τιμές πάνω από το όριο επάρκειας (10-15 meq/100gr), η παρουσία μεγάλης ποσότητας Ca στο έδαφος δεν αποτελεί παράγοντα τοξικότητας για τα φυτά.

Από τα είδη στη μυρτιά, λυγαριά και ρίγανη, ως προς την επιβίωση, επιδρούν 10 παράμετροι, στην ελιά και το φασκόμηλο 8, στη χαρουπιά και το δεντρολίβανο 7, στην αγριελιά 6, στην πικροδάφνη, σχίνο και πουρνάρι 4, μία στο θυμάρι και καμία στην αριά.

Στην αριά δεν επιδρά καμία παράμετρος σε στατιστικά σημαντικό βαθμό, αφενός διότι υπήρξε το ίδιο περίπου ποσοστό επιβιώσής της στις περιοχές και αφετέρου διότι τα φυτά αριάς που επιβίωσαν βρέθηκαν στις καλύτερες συνθήκες από άποψη εδαφικών ιδιοτήτων. Επίσης, στο θυμάρι, που επιδρά μία παράμετρος, τα φυτά που επιβίωσαν στις Π1 και Π2 είχαν καλύτερες συνθήκες αερισμού του εδάφους σε σύγκριση με τις εδαφικές ιδιότητες, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές ανά βάθος. Η πικροδάφνη, που έχει τα μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης και στις τρεις περιοχές, δεν επηρεάζεται από τα αέρια και για να επιβιώσει (σύμφωνα με το εύρος τιμών των παραμέτρων) θέλει λιγότερη συμπίεση, λιγότερο ανθρακικό ασβέστιο και περισσότερο κάλιο (σημαντικότερος παράγοντας η συμπίεση). Το φασκόμηλο είναι το τελευταίο είδος στο οποίο δεν επιδρούν με στατιστικά σημαντικό βαθμό τα αέρια, επιδρούν όμως 8 εδαφικές παράμετροι καθώς για την επιβίωσή του θέλει λιγότερη συμπίεση, ανθρακικό ασβέστιο, pH, ασβέστιο και περισσότερη οργανική ουσία και κάλιο.

Στην ελιά και στην αγριελιά, παρότι επιδρούν 8 και 6 παράμετροι αντίστοιχα, τα ποσοστά επιβιώσής τους είναι υψηλά και στις τρεις περιοχές, απ' όπου συμπεραίνεται ότι η επίδρασή τους είναι μικρή. Για να επιβιώσουν με μεγαλύτερα ποσοστά στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν, οι παράμετροι θέλουν μικρότερες τιμές συμπίεσης, pH, μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα και μεγαλύτερες τιμές οξυγόνου (και μαγνησίου για την ελιά). Πλην της συμπίεσης, η χαρουπιά επηρεάστηκε από τους ίδιους παράγοντες με την ελιά που, λόγω της μηδενικής επιβίωσης στις Π2 και Π3, είναι πολύ ευαίσθητο είδος στις συνθήκες αυτές.

Ο σχίνος και το πουρνάρι επηρεάστηκαν μόνο από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της επιβίωσης των ειδών, τα αέρια και την ΙΑΚ, με το σχίνο να είναι ανθεκτικότερος λόγω μεγαλύτερων ποσοστών επιβίωσης στις περιοχές. Το δεντρολίβανο επηρεάστηκε επιπλέον από το pH, τη συμπίεση και το ασβέστιο. Η λυγαριά και η ρίγανη επηρεάστηκαν από τις ίδιες παραμέτρους (εκτός από την υδατοϊκανότητα για τη λυγαριά και το ασβέστιο για τη ρίγανη), όπως τεκμαίρεται από τα ίδια ποσοστά επιβίωσης στις Π1 και Π2. Τέλος, στη μυρτιά επιδρούν 10 παράμετροι που, για να αυξήσει το ποσοστό επιβιώσής της στις περιοχές, θα πρέπει στις περισσότερες παραμέτρους να μειωθούν οι τιμές τους.

Από τη συσχέτιση των εδαφικών ιδιοτήτων και αερίων του εδάφους με τις μεταβλητές της αύξησης των φυτών (ύψος και βιοόγκος), παρατηρήθηκε ότι το ανθρακικό ασβέστιο και η οργανική ουσία συσχετίστηκαν και με τις 2 μεταβλητές σε όλα τα είδη. Ακολουθεί το άζωτο (σε όλα εκτός από το ύψος στην πικροδάφνη) και στη συνέχεια οι παράμετροι της υδατοϊκανότητας (όλα εκτός της ελιάς), της αγωγιμότητας (εκτός από το βιοόγκο στο σχίνο και τη λυγαριά), της συμπίεσης (όλα εκτός του δεντρολίβανου) και του φωσφόρου (εκτός από το βιοόγκο στο σχίνο και το δεντρολίβανο). Μετά η ΙΑΚ (εκτός του βιοόγκου στην πικροδάφνη και των μεταβλητών στη λυγαριά) και τα αέρια (εκτός των μεταβλητών στην πικροδάφνη και του βιοόγκου στο σχίνο), το pH (εκτός των μεταβλητών στο σχίνο, του βιοόγκου στην αγριελιά και του ύψους στη λυγαριά), το κάλιο (ίδια με το pH) και τέλος, το μαγνήσιο (εκτός των μεταβλητών στο σχίνο, του ύψους στην πικροδάφνη και του βιοόγκου στην αγριελιά και το δεντρολίβανο).

Από τα ανωτέρω, σύμφωνα με το μέγεθος του βαθμού συσχέτισης από τον συντελεστή rho της Spearman's correlation (από σχετικά μεγάλος έως πολύ μεγάλος που προσδίδει μεγαλύτερη σημαντικότητα), στο ανθρακικό ασβέστιο και την οργανική ουσία καταγράφηκε σε 8 περιπτώσεις, στο φώσφορο και στο ασβέστιο σε 7, στο pH και άζωτο σε 5, στην υδατοϊκανότητα και ΙΑΚ σε 4, στην αγωγιμότητα, κάλιο και μαγνήσιο σε 3, στα αέρια σε 2 (ύψος και βιοόγκος της ελιάς) και τέλος, στη συμπίεση δεν υπολογίστηκε σε καμία. Αρνητική ήταν η σχέση με τις μεταβλητές των ειδών σε όλες τις περιπτώσεις του μεθανίου, του διοξειδίου του άνθρακα, της ΙΑΚ, του φωσφόρου (εκτός από το ύψος στο δεντρολίβανο) και του αζώτου (εκτός από το βιοόγκο στην πικροδάφνη και στη λυγαριά). Θετικά ήταν η σχέση σε όλες τις περιπτώσεις μόνο στο οξυγόνο. Στο σύνολο οι περιπτώσεις με αρνητική σχέση ήταν διπλάσιες απ' ό,τι με θετική. Επίσης, παρατηρήθηκε αντίθετη σχέση στο ανθρακικό ασβέστιο και στην οργανική ουσία σε κάθε είδος, ενώ στους θάμνους η συμπίεση και το ανθρακικό ασβέστιο σε κάθε είδος έχουν την ίδια σχέση.

Στις παραμέτρους των θρεπτικών στοιχείων (N, P, K, Ca) και των αερίων (CH₄, CO₂, O₂) όταν υπάρχει αρνητική σχέση με τις μεταβλητές ανά είδος, στα φυτά που επιβιώνουν η κάθε παράμετρος έχει μικρότερη μέση τιμή από τα φυτά που δεν επιβιώνουν. Το αντίθετο συμβαίνει στη θετική σχέση, με τα φυτά που επιβιώνουν να έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή ανά παράμετρο. Ενώ στις φυσιολογικές συνθήκες όταν τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους είναι σε χαμηλά επίπεδα, η αύξησή τους οδηγεί σε ανάπτυξη των φυτών, στις συνθήκες του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων και στο εύρος τιμών που μετρήθηκαν η αρνητική σχέση με τις μεταβλητές της αύξησης (ύψος και βιοόγκος) δηλώνει ότι θα μειωθεί η ανάπτυξή τους. Επειδή τα φυτά του κάθε είδους που δεν επιβιώνουν έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή από αυτά που επιβιώνουν, η αύξηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών ξεχωριστά στα φυτά που επιβιώνουν τα οδηγεί σε μη επιβίωση. Αυτό μπορεί να συμβεί καθώς η αύξηση των θρεπτικών θα αυξήσει την ανάπτυξή τους και το ριζικό τους σύστημα. Όμως η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος στο ΧΔΑ κυρίως σε βάθος, το φέρνει σε επαφή με το βιοαέριο ή μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του καθώς και σε χαμηλότερο οξυγόνο με συνέπεια να υπάρχουν μεγαλύτερες καταπονήσεις με συμπτώματα όπως πτώση φύλλων, ξήρανση μέρους της κόμης ή του υπέργειου τμήματος των φυτών ή ακόμη και τη μη επιβίωσή τους με τελικό στάδιο τη μείωση της αύξησης (ανάπτυξης) των φυτών που επιβιώνουν. Επίσης σε χαμηλό οξυγόνο ή ανοξικές συνθήκες προκαλείται μία μείωση στην πρόσληψη των θρεπτικών με φθίνουσα σειρά ως ακολούθως: K>N>P>Mg=Ca. Σύμφωνα με τα ανωτέρω, τα αέρια του εδάφους αποτελούν τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την επιβίωση και την αύξηση των φυτών. Ως προς τη θετική σχέση σε αύξηση των θρεπτικών να αυξηθούν οι μεταβλητές δηλώνει το φυσιολογικό τους ρόλο. Στα αέρια

(CH₄ και CO₂) η αρνητική σχέση με τις μεταβλητές είναι φυσιολογική καθώς τα φυτά θα βρεθούν σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις με επακόλουθο μεγαλύτερες καταπονήσεις δημιουργώντας έτσι προβλήματα στην ανάπτυξή τους ακόμη και στην επιβίωσή τους, με απόδειξη τα φυτά των ειδών να επιβιώνουν σε λιγότερο CH₄ και CO₂. Αντίθετα το οξυγόνο με τη θετική σχέση, η αύξησή του οδηγεί σε καλύτερες συνθήκες τα φυτά, όπου μπορούν να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν καλύτερα, όπως δείχνουν και τα αποτελέσματα στα είδη να επιβιώνουν σε μεγαλύτερο οξυγόνο.

Ανά είδος και κατά σειρά, συσχετίστηκαν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό: η ελιά με όλες τις παραμέτρους (εκτός της υδατοϊκανότητας) και στις δύο μεταβλητές (ύψος και βιοόγκος), η αγριελιά (εκτός του βιοόγκου με το pH, κάλιο και μαγνήσιο), το δεντρολίβανο (εκτός της συμπίεσης και του βιοόγκου με το φώσφορο και το μαγνήσιο), η λυγαριά (εκτός της IAK, του βιοόγκου με την αγωγιμότητα και του ύψους με το pH και το κάλιο), η πικροδάφνη (εκτός των αερίων, του βιοόγκου με την IAK και του ύψους με το άζωτο και το μαγνήσιο) και τέλος, ο σχίνος.

Ως προς το βαθμό συσχέτισης των μεταβλητών με τις παραμέτρους στην ελιά, εκτός από τη συμπίεση και το κάλιο, στις υπόλοιπες χαρακτηρίζεται σχετικά μεγάλος, ενώ πολύ μεγάλος με το pH, την οργανική ουσία, το άζωτο και το ασβέστιο (23 περιπτώσεις στο σύνολο να είναι ο βαθμός τουλάχιστον σχετικά μεγάλος). Ακολουθεί το δεντρολίβανο με σχετικά μεγάλο βαθμό συσχέτισης σε 15 περιπτώσεις, η λυγαριά και η αγριελιά σε 10, η πικροδάφνη σε 5 και τέλος, ο σχίνος (0).

Από τη βιβλιογραφία οι *Flower et al. (1981)* αναφέρουν ότι οι περιοχές στο τελικό κάλυμμα ΧΔΑ που εκπέμπεται το βιοαέριο στην ατμόσφαιρα, στις οποίες δεν υπάρχει ή είναι νεκρή η βλάστηση, ήταν συνήθως οβάλ σχήματος, προφανώς λόγω μετακίνησης των αερίων κάθετα προς τα πάνω. Η υπόγεια στάθμη νερού, τα υγρά εδάφη αργίλου και ο περικλείων αέρας ενεργούν σαν φυσικά φράγματα στη μετακίνηση του βιοαερίου στην επιφάνεια του εδάφους. Σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε περισσότερους από 70 ΧΔΑ για 12 έτη έδειξαν ότι στο έδαφος του τελικού καλύμματος, όταν γίνεται αναερόβιο εξαιτίας της παρουσίας βιοαερίου, δεν είναι δυνατό να αναπτυχθούν δέντρα. Οι παράγοντες που το προκαλούν είναι: α) η έλλειψη οξυγόνου στη ζώνη της ρίζας, β) η τοξικότητα του CO₂ στις ρίζες και γ) οι αναερόβιες συνθήκες του εδάφους που καθιστούν βαρέα μέταλλα όπως ο σίδηρος, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος διαθέσιμα στα φυτά σε τοξικές συγκεντρώσεις. Γενικά, όταν το βιοαέριο είναι παρόν στην επιφάνεια του εδάφους, η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων αυξάνει στα βαθύτερα στρώματα. Ως προς το οξυγόνο, 10% συγκέντρωση σταμάτησε την αύξηση ποικιλιών βατόμουρων, ενώ φυτά μηλιάς στο ίδιο ποσοστό διατήρησαν την αύξησή τους. Όμως όταν εκτέθηκαν σε μείγμα 3% οξυγόνου, 40% διοξειδίου του άνθρακα, 50% μεθανίου και 7% αζώτου, τα αποτελέσματα ήταν απογοητευτικά, με κυριότερα συμπτώματα την χλώρωση και πτώση των χαμηλότερων φύλλων. Εκτός από τις διαφορές μεταξύ των ειδών, περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορεί επίσης να επηρεάσουν τα φυτά σε χαμηλό οξυγόνο. Οι υψηλές θερμοκρασίες έχει βρεθεί ότι αυξάνουν την ανάγκη για οξυγόνο από τις αναπτυσσόμενες άκρες των ριζών. Ένα συμπιεσμένο έδαφος μπορεί επίσης να αυξήσει τη ζήτηση του οξυγόνου. Η υγρασία εδάφους στους ΧΔΑ είναι γενικά χαμηλότερη από αυτή του ίδιου εδάφους εκτός. Αυτό αποδίδεται, τουλάχιστον μερικώς, στο ότι το νερό εμποδίζεται να ανέβει (λόγω τριχοειδούς φαινομένου) προς την επιφάνεια σε περιόδους ξηρασίας από την ύπαρξη των απορριμμάτων. Επίσης, η μεγάλη συμπίεση από την κατασκευή του τελικού καλύμματος μειώνει τη διήθηση του νερού της βροχής.

Από τους *Gilman et al. (1981)* στη φύτευση 19 ειδών στο ΧΔΑ Edgeboro (κλειστός από το 1966 με 60 cm τελικό κάλυμμα), τα αποτελέσματα έδειξαν: α) οι χαμηλές συγκεντρώσεις CO₂ και CH₄ δεν ευθύνονται για τις απώλειες των φυτών αλλά δείχνουν την ανοχή τους να επιβιώνουν σε αυτές, β) μόνο 2 είδη ήταν ικανά να αντέξουν το χαμηλό O₂ και να επιλεγούν ως είδη σε ΧΔΑ, γ) η ανάπτυξη κατά τη φύτευση καθώς και η βιολογική ικανότητα των ειδών στο χαμηλό O₂ είναι σημαντικό κριτήριο στην επιλογή των ειδών σε ΧΔΑ και δ) το *Tilia americana* επηρεάστηκε από τις χαμηλές συγκεντρώσεις του CO₂ (1-10%) στην αύξησή του. Επίσης, οι ίδιοι συγγραφείς (1982) στον ίδιο ΧΔΑ εγκατέστησαν φυτά ενός και έξι ετών των ειδών *Fraxinus lanceolata* και *Populus spp* και μελέτησαν το ριζικό σύστημα σε σχετικά υψηλό CO₂ (10%) και χαμηλό (<6%). Παρατήρησαν ότι η κατανομή των ριζών στο έδαφος του ΧΔΑ ήταν σημαντικά διαφορετική από αυτή στην περιοχή ελέγχου. Το βάθος των ριζών σε χαμηλό CO₂ ήταν περίπου διπλάσιο απ' ό,τι σε υψηλό CO₂. Τα φυτά των έξι ετών σε υψηλό CO₂ στράφηκαν προς την επιφάνεια, αποφεύγοντας τις δυσμενείς συνθήκες ή παρέμειναν στο αρχικό τους βάθος, όπου η ανάπτυξη συνεχίστηκε με μικρές – κοντές ρίζες και το σχηματισμό ενός ρηχού, νέου ριζικού συστήματος από ρίζες του κορμού. Τα φυτά του ενός έτους προσαρμόστηκαν, σχηματίζοντας ρηχό ριζικό σύστημα. Από τα δεδομένα διαπιστώνεται ότι μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι από ένας μηχανισμοί για την προσαρμογή των ριζών σε εδάφη ΧΔΑ, οι οποίοι διαφέρουν από τους γνωστούς μηχανισμούς για είδη που είναι ανεκτικά στην πλημμύρα.

Από τους *Glinski et al. (1985)*, η επίδραση των αερίων του εδάφους στα φυτά είναι πολύπλοκη. Περιλαμβάνει άμεσα και έμμεσα αποτελέσματα. Τα πρώτα συνδέονται με τις φυσιολογικές επιδράσεις του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα, που είναι βασικά συστατικά των αερίων του εδάφους. Τα δεύτερα (έμμεσα) συνδέονται με τις πολυάριθμες αλλαγές που συμβαίνουν στο έδαφος υπό την επίδραση του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Κάθε τέτοια αλλαγή έχει την επίδρασή της στα φυτά. Οι έμμεσες περιλαμβάνουν την επίδραση του O₂ και του CO₂ στις διεργασίες οξειδοαναγωγής στο έδαφος, στην οξύτητά του και στους ζωντανούς οργανισμούς σε αυτό. Αυτοί οι παράγοντες ως σύνολο επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά, καθώς και την καλή επιβίωσή τους γενικά. Η αναπνοή των ριζών είναι η πρώτη διαδικασία που περιορίζεται από την έλλειψη οξυγόνου. Άλλες διαταραχές των ζωτικών λειτουργιών των φυτών, όπως η ανάπτυξη, το νερό και η πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, είναι συνέπεια διαταραχών της αναπνοής. Η άμεση επίδραση που έχει το διοξείδιο του άνθρακα του εδάφους στα φυτά μπορεί να είναι θετική ή αρνητική ανάλογα με το φυτό. Χαμηλή συγκέντρωση CO₂ στο έδαφος είχε διεγερτική επίδραση στα φυτά σε συγκεντρώσεις 1-2% με χαμηλό οξυγόνο 0-7%, η οποία όμως εξέλιπε σε υψηλότερες συγκεντρώσεις του οξυγόνου. Η διεγερτική επίδραση κυμαίνεται ανάλογα με το είδος του φυτού από 1-20%. Ως προς την αρνητική επίδραση αυτή ενεργεί ανάλογα με το είδος από 1-80%. Δηλαδή, σε χαμηλές συγκεντρώσεις το CO₂ μπορεί να έχει θετικές ή αρνητικές επιδράσεις στα φυτά.

Οι *Duell et al. (1986)* προτείνουν ότι, σε ανεπιτυχή εγκατάσταση ποωδών φυτών σε ΧΔΑ χωρίς φραγμό, θα πρέπει να αποφεύγεται το φύτεμα δέντρων, ενώ αντίστοιχα επιτυχία των ποωδών φυτών δεν εγγυάται επιβίωση των δέντρων. Οι αναερόβιες συνθήκες δεν υποστηρίζουν την επιβίωση και ανάπτυξη των φυτών. Οι *Moffat & Houston (1991)*, μετά από 8 χρόνια από τη φύτευση 5 ειδών δέντρων σε ΧΔΑ, κατέγραψαν μικρή επιβίωση ώστε κανένα είδος να μη μπορεί να προταθεί για αποκαταστάσεις. Παρότι υπήρχαν μεγάλα αποθέματα υγρασίας, πρότειναν και άλλο περιοριστικό παράγοντα τα θρεπτικά στοιχεία. Όμως ήταν αδύνατη η εξειδίκευση ελάχιστης συγκέντρωσης οξυγόνου που απαιτείται για την κανονική λειτουργία των ριζών και την ανάπτυξη των φυτών, με το έδαφος σε οξυγόνο <12% να

πιθανολογείται πως δημιουργεί προβλήματα στις λειτουργίες των δέντρων και σε <6% να θεωρείται δεδομένο. Επιπρόσθετος πιθανός παράγοντας που επηρεάζει την επιβίωση και την ανάπτυξη των δέντρων είναι η υγρασία του εδάφους.

Οι *Robinson et al. (1992)* μελέτησαν τη φυσική αναδάσωση σε κλειστούς ΧΔΑ χωρίς επέμβαση. Κατέγραψαν καλαμιές (*Phragmites communis*), αρτεμισία (*Artemisia vulgaris*), ενώ τα δέντρα ήταν σπάνια και μη τοπικά είδη που μεταφέρθηκαν με τα σκουπίδια. Συμπέραναν ότι δεν είναι επιτακτικό όλοι οι ΧΔΑ να γυρίζουν σε φυσιολογική κατάσταση, όπως συμβαίνει στα δάση, αλλά η φυσική αναδάσωση δεν αναμένεται να συμβεί χωρίς επέμβαση στους ΧΔΑ. Η γενική απουσία φυσικά αναγεννημένων δέντρων και θάμνων αποδόθηκε στις δυσκολίες μεταφοράς των σπόρων και στην επιβίωση των ειδών. Οι διασκορπισμένες από τον άνεμο *Populus deltoides* και *Ailanthus altissima* ήταν τα επικρατούντα δέντρα, ενώ τα είδη που παράγουν μούρα ήταν σπάνια και περιορίζονταν στις άκρες των ΧΔΑ. Για τη δοκιμή της υπόθεσης φύτευσαν 19 είδη, στα οποία η επιβίωση ήταν αρκετά ποικίλη ανάμεσα στα είδη. Η ανάπτυξη των δέντρων δεν συσχετίστηκε με την επιβίωση, ένδειξη ότι η πιθανότητα επιβίωσης και ο ρυθμός αύξησης επηρεάστηκαν από διαφορετικούς παράγοντες. Επίσης, κατά τους *Kim & Lee (2005)*, μελετώντας την εποίκηση διαφορετικών ειδών δέντρων σε ΧΔΑ, η *Robinia pseudoacacia* ήταν το κυρίαρχο είδος, το οποίο διακρίνεται για την ικανότητά του να επιβιώνει ικανοποιητικά σε ΧΔΑ και η αύξησή του ήταν υψηλή.

Οι *Dobson & Moffat (1993)*, σε τεχνική έκθεση για την εγκατάσταση ξυλώδους βλάστησης σε ΧΔΑ, συγκεντρώνοντας εργασίες και άλλων ερευνητών, αναφέρουν ότι οι μικρότερες συγκεντρώσεις οξυγόνου που απαιτούνται για την ανάπτυξη των ριζών δέντρων δεν μπορούν να προσδιορισθούν σαφώς. Ωστόσο φαίνεται ότι συγκέντρωση εδαφικού οξυγόνου κάτω του 10%, περιορίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη των ριζών και περί τα 3-5% σταματά εντελώς την ανάπτυξη. Οι ρίζες κάποιων ειδών δέντρων ωστόσο μπορεί να επιβιώσουν για μια περιορισμένη περίοδο, εφόσον οι συγκεντρώσεις είναι πολύ χαμηλές ως 0,1 – 0,3%, αλλά σε αυτά τα επίπεδα δεν μπορούν να δημιουργηθούν νέες ρίζες. Η ανάπτυξη των ριζών μπορεί να περιορισθεί σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις οξυγόνου, αν τα εδάφη είναι συμπιεσμένα καθώς και πλημμυρισμένα. Επίσης, ρίζες φυλλοβόλων δέντρων μπορεί να αντέξουν τις χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου κατά την διάρκεια της αδρανούς χειμερινής τους περιόδου, καθώς ο ρυθμός αναπνοής τους είναι πολύ χαμηλός, αλλά κατά τη διάρκεια της ενεργούς ανάπτυξης μπορεί να μην επιβιώσουν, αν οι συγκεντρώσεις του οξυγόνου παραμείνουν χαμηλές. Μερικά είδη δέντρων έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν μικρές ποσότητες O_2 από τον κορμό στις ρίζες. Επιπρόσθετα, διατυπώνουν την άποψη ότι τα ρηχά αλλά ανεπτυγμένα ριζικά συστήματα, που χαρακτηρίζουν κάποια δέντρα σε ξηρικά εδάφη, αποτελούν μια στρατηγική προσαρμοστικότητα για την εκμετάλλευση των μικρών βροχοπτώσεων. Επίσης, οι μορφολογικές προσαρμογές των ριζών σε αναερόβιες συνθήκες πραγματοποιούνται με την αύξηση της διακλάδωσης των ριζών και με τη δημιουργία τυχαίων ριζών. Η αύξηση του αριθμού των ριζών αυξάνει ως συνέπεια την περιοχή της ενεργής απορρόφησης ιόντων και οι τυχαίες ρίζες παρέχουν περισσότερο χώρο κενό με αέρα, επιτρέποντας έτσι στο οξυγόνο να διαχέεται καλύτερα στο ριζικό σύστημα.

Από τους *Zhang et al (1995)*, το CH_4 είναι αδρανές στοιχείο, όχι τοξικό, στα φυτά σε συγκέντρωση 67% για διάρκεια πέραν του ενός μηνός. Η ανάπτυξη των ριζών και οι λειτουργίες των φυτών μειώνονται σε υψηλό CO_2 . Το χαμηλό O_2 επηρεάζει την αναπνοή των ριζών μέχρι να πέσει κάτω από 4%. Η αναπνοή των φυτών σπάνια περιορίζεται, αν η συγκέντρωση του O_2 είναι >5%. Η μικρή αύξηση των φυτών και η υψηλή θνησιμότητα παρατηρούνται συχνά σε ΧΔΑ. Το βιοαέριο φαίνεται να

συγκαταλέγεται σε ένα από τα κύρια προβλήματα που μπορεί να έχουν συντελέσει στη φτωχή βλάστηση. Ακόμη, οι *Fadel et al. (1997)* πιστεύουν ότι τα προβλήματα που προκαλούνται στα φυτά οφείλονται κατά κύριο λόγο στην έλλειψη οξυγόνου στη ριζόσφαιρα που προκαλείται από την αντικατάστασή του από τα αέρια (CH_4 και CO_2).

Ως προς την αύξηση των φυτών (κυρίως δέντρων και θάμνων) που εγκαταστάθηκαν σε αποκαταστημένους ΧΔΑ, οι *Fadel et al. (1997)* συμπέραναν ότι το CO_2 αναστέλλει την αύξησή τους σε υψηλές συγκεντρώσεις της τάξης του 30-45%. Οι *Dobson & Moffat (1995)*, για την μείωση ή εξάλειψη της πτώσης των δέντρων σε μικρό βάθος εδάφους, πρότειναν την κλάδευσή τους πριν φτάσουν σε ένα θεωρούμενο κρίσιμο όριο ύψους πέρα από το οποίο απειλείται πτώση.. Διαφορετικά συστήνεται η φύτευση θάμνων ή χαμηλών δέντρων με την ενημέρωση ότι η οριζόντια εξάπλωση των ριζών είναι μεγαλύτερη της κάθετης που συχνά είναι της τάξης 1-3 φορές το ύψος του φυτού. Οι *Hutchings et al. (2001)* παρατήρησαν ότι η φαινομενική πυκνότητα σε ΧΔΑ, όπου φύτευσαν 3 είδη δέντρων, αυξανόταν με το βάθος και υπήρξε θετικός συσχετισμός μεταξύ του βάθους του εδάφους και του βάθους του ριζικού συστήματος και στα 3 είδη. Επίσης, σημαντικά θετική ήταν η συσχέτιση μεταξύ του ύψους των δέντρων και του βάθους του εδάφους και για τα 3 είδη, από την οποία συμπέραναν πως το τελικό κάλυμμα πρέπει να είναι όσο το δυνατό περισσότερο ομοιογενές. Η αύξηση του ενός είδους, παρότι η επιβίωσή του ήταν υψηλή, δεν ήταν καλή ως αποτέλεσμα των αυξημένων απαιτήσεών του σε θρεπτικά στοιχεία. Και καταλήγουν θέτοντας προϋποθέσεις στην πρόταση για φύτεμα δέντρων σε αποκαταστάσεις ΧΔΑ .

Ο *Gilman (1980)* από τους *Gingrich & Russell (1957)* αναφέρει ότι το οξυγόνο και η υγρασία του εδάφους αλληλεπιδρούν στα φυτά, έτσι ώστε σε υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου η αύξησή τους μειώνεται περισσότερο σε χαμηλή υγρασία, ενώ σε μικρή συγκέντρωση οξυγόνου η διαφορά της αύξησης μεταξύ υψηλής και χαμηλής υγρασίας ήταν ασήμαντη. Οι *Gilman et al. (1981a)* παρατήρησαν στα 20 cm βάθους σε τελικό κάλυμμα ΧΔΑ με φραγμό αργίλου και υψηλές συγκεντρώσεις αερίων εδάφους (22,8% CO_2 , 12% CH_4) με χαμηλό O_2 (4,3%) ότι οι ρίζες δεν μπορούν να αναπτυχθούν για να αποφύγουν αυτό το περιβάλλον. Όμως όταν εξαλείφονταν οι αρνητικοί παράγοντες, το βάθος της ήταν 24,4cm.

Από τους *Glinski & Stepniowski (1985)* αναφέρεται ότι η αντίδραση των ριζών σε ανοξικές συνθήκες εκδηλώνεται με διάφορους τρόπους στα φυτά. Σε πλήρως ανοξικές συνθήκες σταματά η ανάπτυξη των ριζών μέσα σε 2 με 3 λεπτά. Οι ρίζες των φυτών που είναι πολύ ευαίσθητα στις ανοξικές συνθήκες (π.χ. καπνός, όσπρια) πεθαίνουν μετά από μερικές ημέρες πλημμύρας, αλλά τα πρώτα συμπτώματα μπορεί να εμφανιστούν μετά από 1 έως 2 ώρες. Τα φυτά, τα οποία μπορεί να επιβιώσουν από ένα ανοξικό stress, μειώνουν εντούτοις το ρυθμό της ανάπτυξης των ριζών τους. Σε ανοξικές συνθήκες η βιομάζα των ριζών των μη ανεκτικών στην πλημμύρα φυτών μειώνεται νωρίτερα και σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι η βιομάζα των βλαστών. Έτσι η αναλογία των βλαστών προς τις ρίζες είναι υψηλότερη σε ανοξικές συνθήκες απ' ό,τι παρουσία οξυγόνου. Οι ρίζες που αναπτύσσονται σε ένα περιβάλλον με χαμηλό οξυγόνο είναι παχύτερες, κοντύτερες, λιγότερο διακλαδισμένες, ανοιχτού χρώματος, έχουν μεγαλύτερα κύτταρα και, στην περίπτωση των ψυχανθών, έχουν λιγότερα φυμάτια. Η αντίδραση της αύξησης των βλαστών σε ανοξικές συνθήκες της ρίζας είναι η χλωρίωση, το στρίψιμο, ο γηρασμός και η αποκοπή των φύλλων, ο μειωμένος αριθμός κλαδιών και η μερική ή ολοκληρωτική καταστολή του ρυθμού αύξησης του βλαστού. Η καταπόνηση των φυτών από το χαμηλό ή ελλιπές οξυγόνο στο έδαφος προκαλεί διαταραχές ιδίως στη πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων. Οι αλλαγές στην πρόσληψη των θρεπτικών παρατηρούνται πρώτες (επειδή συνοδεύονται από ευδιάκριτη μείωση της βιομάζας του φυτού), ενώ στα μέταλλα εμφανίζονται μόνο σε

συνθήκες παρατεταμένου stress. Ως προς το άζωτο, φώσφορο και κάλιο παρατηρήθηκε μείωση της πρόσληψης και μεταφορά από γηραιότερα σε νεαρά φύλλα όπου συνοδεύτηκε με μια γενική μείωση της βιομάζας και της παραγωγής σε ανοξικές συνθήκες. Το κάλιο είναι το πιο ευαίσθητο θρεπτικό στοιχείο στην ανοξία (anoxia) των φυτών. Επίσης, στο φώσφορο υπήρχε μείωση της πρόσληψης, κυρίως όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου πέφτει κάτω από 5%. Ως προς το ασβέστιο και το μαγνήσιο, παρατηρήθηκε μικρότερη μείωση πρόσληψης χωρίς μεταφορά τους από άλλα όργανα των φυτών.

Οι *Moffat & Houston (1991, 1993)* διατύπωσαν την άποψη ότι, σε ΧΔΑ με εδάφη χαμηλής υδατοϊκανότητας και έλλειψης υγρασίας, η πυκνή βλάστηση αυτοφυών ποωδών φυτών μπορεί να επηρεάσει την αύξηση των δέντρων. Οι ρίζες που φτάνουν σε στρώματα εδάφους με υψηλή συμπίεση και είναι ανήμπορες να συνεχίσουν την κάθετη ανάπτυξη τους τείνουν να παραμορφώνονται, να διακλαδώνονται αρκετά και να συνεχίζουν πλάγια κατά μήκος της στρώσης με την υψηλή συμπίεση. Η ανάπτυξη των ριζών είναι μειωμένη στα συμπιεσμένα εδάφη. Εκτός από τη μείωση στην επιμήκυνση της ρίζας και τη διεύδυση, η συμπίεση του εδάφους τείνει να γίνει η αιτία να αλλάζει η ανάπτυξη των ριζών από κάθετες σε πλάγιες. Επίσης, οι *Dobson & Moffat (1995)* αναφέρουν ότι, όπου οι συνθήκες εδάφους είναι δυσμενείς, σχηματίζονται ρηχά συστήματα ριζών και συναριθμούν στα χαρακτηριστικά του εδάφους που εμποδίζουν την κάθετη ανάπτυξη των ριζών τη συμπίεση ή τα πετρώδη εδάφη, το φτωχό αερισμό του εδάφους και το πλεόνασμα νερού από πλημμύρα. Ακόμη, το διοξείδιο του άνθρακα σε υψηλά επίπεδα είναι ανεκτό από τα φυτά, εφόσον το οξυγόνο είναι υψηλό. Όμως σε χαμηλό οξυγόνο, είναι τοξικό. Με 10% οξυγόνο και >5% CO₂ παρατήρησαν ότι δεν αναπτύσσονται οι ρίζες. Επιπλέον, οι *Dobson & Moffat (1999)* σε έρευνα 3 ΧΔΑ διαπίστωσαν, παρά τη μικρή αύξηση των δέντρων στο ΧΔΑ με τις υψηλότερες μέσες συγκεντρώσεις μεθανίου, η σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης μεθανίου και του ύψους των δέντρων δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Ωστόσο υπήρξαν μικρές αλλά σημαντικές σχέσεις μεταξύ του μέγιστου CO₂ και του ύψους, του O₂ και του ύψους, που υποδηλώνει ότι τα αέρια των ΧΔΑ μπορεί να ευθύνονται μερικώς για την αύξηση των δέντρων. Αντίθετα, οι *Maurice et al. (1999)* σε δύο είδη ιτιάς δεν βρήκαν κάποια σχέση μεταξύ των εκπομπών αερίων και της αύξησης των δέντρων, με τα φυτά να παρουσιάζουν ανοχή σε υψηλές συγκεντρώσεις CO₂.

Από τους *Rawlinson et al. (2004)*, σε μελέτη 11 ΧΔΑ για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης 21 ειδών δέντρων, τα αυτοφυή ποώδη τον πρώτο χρόνο ήταν ο σοβαρότερος ανταγωνιστής. Δεν προέκυψε συσχέτιση μεταξύ του βαθμού επιβίωσης και του ρυθμού αύξησης των ειδών. Το μεγαλύτερο ρόλο στην αύξηση των φυτών είχε η επιλογή των ειδών. Τέλος, η αύξηση των δέντρων έδειξε αρνητική συσχέτιση με την αύξηση του pH και θετική συσχέτιση με την ανάπτυξη των ριζών σε βάθος.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σύμφωνα με τους παράγοντες που επηρεάζουν τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του τελικού εδαφικού καλύμματος καθώς και την ανάπτυξη βλάστησης σε αποκατεστημένους ΧΔΑ, από τις αναλύσεις των εδαφικών ιδιοτήτων, με δεδομένη την ετερογένεια του εδαφικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την αποκατάσταση του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, τα εδάφη των τριών περιοχών είναι κατά πλειοψηφία ελαφρά και μέσης σύστασης και χαρακτηρίζονται από μετρίως χονδρόκοκκα έως μετρίως λεπτόκοκκα. Καθώς υπάρχει αυξημένο ποσοστό του κλάσματος της άμμου σε σχέση με της ιλύος και της αργίλου, είναι υδροπερατά και έχουν σχετικά μικρή έως μέτρια ικανότητα συγκράτησης νερού. Η χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού ως ένας παράγοντας που επηρεάζει τη βλάστηση σε ΧΔΑ, από τη μέτρηση της υδατοϊκανότητας οι τιμές της χαρακτηρίστηκαν χαμηλές ως μέτριες (στην Π3 είναι μεγαλύτερη από τις Π1 και Π2) λόγω και της μεγάλης συμπίεσης που έχουν υποστεί τα εδάφη, του χαμηλού ποσοστού οργανικής ουσίας και της παρουσίας υψηλού ανθρακικού ασβέστιου.

Ως προς τη συμπίεση, σε υψηλό βαθμό έχει υποστεί το έδαφος, με την Π2 να έχει τη μεγαλύτερη και ακολουθεί η Π3, στις μέσες τιμές των οποίων για το βάθος 10-40cm η ικανότητα των ριζών να διαπερνούν το έδαφος σταματά εντελώς ενώ στην Π1 περιορίζεται η ανάπτυξή τους, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.

Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ως άλλος σημαντικός παράγοντας, χαρακτηρίζει τα εδάφη των πειραματικών περιοχών ως μειωμένης γονιμότητας και με χαμηλή δυνατότητα συγκράτησης των θρεπτικών στοιχείων (Π1 και Π2 έχουν τη χαμηλότερη ενώ η Π3 διαφέρει σημαντικά, ως προς το έτος δεν υπάρχει διαφορά) καθώς εξαρτάται από την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία και άργιλο.

Για τα θρεπτικά στοιχεία, το ολικό άζωτο παρότι τη λίπανση που εφαρμόστηκε παρέμεινε σε χαμηλά επίπεδα (<0,2%) κάτω από το όριο επάρκειας, με την Π3 να έχει το περισσότερο και την Π1 το λιγότερο. Η έλλειψη του αζώτου οφείλεται κυρίως στα χαμηλά ποσοστά της οργανικής ουσίας, στο αλκαλικό περιβάλλον, στην παρουσία ελεύθερων ανθρακικών που προκαλεί τη δημιουργία πτητικών ενώσεων και στη χαμηλή ικανότητα των εδαφών να συγκρατούν υγρασία. Ο αφομοιώσιμος φώσφορος αντίθετα, με τη λίπανση και τις κατά τόπους παρατηρούμενες αναερόβιες εδαφικές συνθήκες στις περιοχές (οι οποίες προκαλούν κινητοποίηση και διαλυτοποίηση ενώσεων που δεσμεύουν τον P όπως ασβέστιο, οξείδια του σιδήρου και οξείδια του αργιλίου) παρουσίασε τιμές πάνω από το όριο επάρκειας, παρότι το υψηλό ανθρακικό ασβέστιο και το pH που προάγουν τη μείωσή του. Οι περιοχές πάντως δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά. Στο ανταλλάξιμο κάλιο τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως μέτρια εφοδιασμένα, με την Π3 να έχει το περισσότερο ακολουθώντας η Π2, λόγω υψηλότερης περιεκτικότητας σε οργανική ουσία και άργιλο. Με το χρόνο (ανάμεσα στις δύο δειγματοληψίες) η συγκέντρωσή του στις Π2 και Π3 παραμένει αμετάβλητη ενώ στην Π1 μειώνεται, το οποίο οφείλεται στην πρόσληψη των φυτών από τις καλές συνθήκες του αέρα εδάφους που υπάρχουν. Οι τιμές του μαγνησίου βρίσκονται λίγο κάτω από το όριο επάρκειας, με την Π1 λόγω εδαφικού υλικού που μεταφέρθηκε να έχει το περισσότερο, το οποίο μειώνεται με το χρόνο από την πρόσληψη των φυτών. Αντίθετα στην Π2 λόγω αναγωγικών συνθηκών και τη μη πρόσληψή του από τα φυτά παρατηρήθηκε αύξηση. Ως προς το ανταλλάξιμο ασβέστιο, τα εδάφη παρουσιάζουν υπερεπάρκεια (χωρίς να αποτελεί

παράγοντα τοξικότητας για τα φυτά) λόγω αυξημένης παρουσίας του ανθρακικού ασβεστίου και στις τρεις περιοχές.

Το ανθρακικό ασβέστιο μετρήθηκε στις περιοχές καθώς επηρεάζει την ικανότητα συγκράτησης νερού και τη δυνατότητα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων των εδαφών, με τις τιμές του να θεωρούνται υψηλές (>20%). Εξαιτίας του υψηλού ανθρακικού ασβεστίου στην επιφάνεια των εδαφών σχηματίστηκε κρούστα και η χαμηλή διαθεσιμότητα του μαγνησίου και του καλίου αποδόθηκε και σε αυτό.

Επίσης και η οργανική ουσία λόγω του ευνοϊκού της ρόλου στη δομή του εδάφους, τη ρυθμιστική ικανότητά του, τη ρύθμιση της κυκλοφορίας του εδαφικού αέρα και ύδατος, καθώς και στη θρέψη των φυτών, είναι σημαντικά περιορισμένος στις πειραματικές περιοχές από τις χαμηλές ως μέτριες τιμές που μετρήθηκαν. Εξαιτίας του χαμηλού ποσοστού της τα εδάφη έχουν μειωμένη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, δεν είναι ανθεκτικά στη διάβρωση, καθώς επίσης αυξάνεται η έκπλυση θρεπτικών στοιχείων (όπως N, P, S), με ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις στη θρέψη των φυτών. Το εδαφικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην Π3 προήλθε κυρίως από επιφανειακές εδαφικές στρώσεις όπου απέδωσαν και τις μέτριες τιμές σε οργανική ουσία, ενώ στις Π1 και Π2 που προήλθε κυρίως από εκσκαφές του μετρό της Αθήνας αιτιολογεί και το χαμηλό ποσοστό της. Η επίδραση της βλάστησης (αυτοφυούς και μη) στις Π1 και Π2 είχε θετικό ρόλο στην οργανική ουσία αυξάνοντας σημαντικά το ποσοστό της, ενώ στην Π3 από την ύπαρξη οργανικής η βλάστηση δεν προκάλεσε σημαντική μεταβολή.

Από τα αξιοσημείωτα της ανάλυσης των εδαφικών ιδιοτήτων ήταν και η αύξηση των τιμών του pH (από τη διαλυτοποίηση του CaCO_3 από το CO_2) με το χρόνο, παρότι οι τιμές του ήταν υψηλές (>7,5) από την ύπαρξη υψηλής συγκέντρωσης ανθρακικών αλάτων, με τους παράγοντες «δράση του ριζικού συστήματος των φυτών» και «αύξηση της οργανικής ουσίας» να μην αποτέλεσαν ικανοί στη μείωσή του.

Τα βαρέα μέταλλα καθώς οι τιμές του σιδήρου (Fe), του ψευδαργύρου (Zn), του χαλκού (Cu) και του μαγγανίου (Mn) κρίνονται ως ικανοποιητικές, του νικελίου (Ni) ως χαμηλές, ενώ του μολύβδου (Pb) βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα, ευρισκόμενες κάτω των ορίων φυτοτοξικότητας, για τα φυτά δεν αποτελούν σε καμία περίπτωση περιοριστικό παράγοντα επιβίωσης και αύξησή τους. Επίσης το κάδμιο (Cd) και χρώμιο (III) που μετρήθηκαν οι τιμές τους ήταν κάτω από 0,1 ppm.

Ως προς τα αέρια εδάφους, το σύστημα συλλογής βιοαερίου στο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων είναι δυναμικό (το βιοαέριο αντλείται) και έχει δυνατότητα ανάκτησης μέχρι 50% της παραγόμενης ποσότητας. Από το μοντέλο των Tabasaran – Rettenberger για την εκτίμηση του ποσοστού του βιοαερίου που έχει εκλυθεί από τη μάζα των υποκείμενων απορριμμάτων στο αποκατεστημένο τμήμα του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η αποδοτικότερη περίοδος κυμαίνεται από τρία μέχρι πέντε χρόνια από τη στιγμή που τα απορρίμματα διατίθενται στο χώρο και εκτιμάται ότι σε χρονικό διάστημα 15 χρόνων, τα απορρίμματα αποδίδουν περίπου το 85% του συνολικού βιοαερίου. Στις τρεις πειραματικές περιοχές κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (2000-2006), η Π1 έχει αποδώσει περίπου το 85-90% της συνολικής ποσότητας του βιοαερίου, ενώ η Π2 και η Π3 περίπου το 40-70%.

Για τον υπολογισμό του ρυθμού και της συνολικής ποσότητας παραγωγής βιοαερίου εφαρμόστηκε το μοντέλο των *Alexander et al.* (2005), με το οποίο οι τρεις πειραματικές περιοχές έχουν αποδώσει το μεγαλύτερο ποσοστό βιοαερίου και εκτιμάται ότι μετά από 35 χρόνια περίπου τα απορρίμματα θα έχουν ουσιαστικά αποδώσει το σύνολο του βιοαερίου.

Από τις μετρήσεις, η Π2 παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση των αερίων του βιοαερίου και τη μικρότερη του οξυγόνου, ακολουθεί η Π3 και η Π1. Ως προς το βάθος, με την αύξησή του η συγκέντρωση των αερίων μεγαλώνει, εκτός από το οξυγόνο που συμβαίνει το αντίθετο, με την επικράτηση αναερόβιων συνθηκών στο βάθος 90 cm. Κατά τις υγρές περιόδους (χειμώνας), το CH₄ και το CO₂ παρουσίαζαν αύξηση με αντίστοιχη μείωση του O₂, ενώ τις ξηρές περιόδους (καλοκαίρι) συνέβαινε το αντίθετο.

Η Π1 χαρακτηρίζεται σαν η λιγότερο προβληματική σε σχέση με την ανίχνευση CH₄ και CO₂ στην αέρια φάση του εδάφους. Στο βάθος 90 cm η μέση συγκέντρωση μεθανίου ήταν 16,8% (v/v), του διοξειδίου του άνθρακα ήταν 16,9% και του οξυγόνου 6,3%. Η εικόνα αλλάζει στα βάθη των 60 και 30 cm, όπου το CH₄ μειώθηκε κοντά στο 0 με 1% (0,6% και 0,4% αντίστοιχα για τα δύο βάθη), το CO₂ μειώθηκε λιγότερο (5,3% και 2,2%) και αυξήθηκε σημαντικά το οξυγόνο (14,4% και 17,9%) όπου σε ορισμένους σταθμούς μέτρησης έφτασε σε φυσιολογικά επίπεδα. Η Π2 είναι η πλέον προβληματική σε σχέση με την επικράτηση αναερόβιων συνθηκών στην αέρια φάση του εδάφους, ακόμη και στο βάθος των 60 cm. Στα βάθη 90 και 60 cm η μέση συγκέντρωση μεθανίου ήταν 48,7% και 31,6% αντίστοιχα, του διοξειδίου του άνθρακα ήταν 35,6% και 27,8% και του οξυγόνου 0,3% και 1,8%. Η κατάσταση βελτιώνεται αισθητά στο βάθος των 30 cm (CH₄ 12%, CO₂ 13,5% και O₂ 10,3%) χωρίς αυτό να σημαίνει όμως ότι η συγκέντρωση του οξυγόνου προσεγγίζει τις φυσιολογικές τιμές. Στην Π2 οι συνθήκες αυτές οφείλονται στη μέγιστη παραγωγή βιοαερίου λόγω του "νεαρού" της ηλικίας των απορριμμάτων και του μεγάλου όγκου τους. Η Π3 χαρακτηρίζεται από την επικράτηση αναερόβιων συνθηκών στο βάθος 90 cm (CH₄ 33,3%, CO₂ 25,5% και O₂ 3,5%), σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα στο βάθος 60 cm (CH₄ 5,5%, CO₂ 11% και O₂ 9,7%) και επικράτηση -σε γενικές γραμμές- αερόβιων συνθηκών στο βάθος 30 cm (CH₄ 2,6%, CO₂ 6,5% και O₂ 14%). Οι υψηλές συγκεντρώσεις CH₄ και CO₂ που καταγράφηκαν στο βάθος 90 cm είναι αποτέλεσμα της έντονης μεθανογενετικής δραστηριότητας που παρατηρείται στις υποκείμενες μάζες απορριμμάτων και πιθανών αστοχιών στον αδιαπέρατο φραγμό ή/και στο σύστημα ανάκτησης βιοαερίου. Στα βάθη 30 και 60 cm οι συνθήκες βελτιώνονται με τη διάχυση αερίων (O₂ και N₂) της ατμόσφαιρας στο έδαφος και στην οξείδωση του μεθανίου.

Από την καταγραφή των τιμών του οξυγόνου για κάθε περιοχή και βάθος, η συγκέντρωσή του στην πλειονότητα των σταθμών μέτρησης είναι μικρότερη από 15% και σε σημαντικό βαθμό μικρότερη από 10% και 5%, δημιουργώντας έτσι καταπονήσεις στα φυτά ακόμη και στα μικρά βάθη.

Στο H₂S οι τιμές κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα με τις μέγιστες να μην ξεπερνούν σε καμία περιοχή τα 100 ppm, με όριο επίδρασης στα φυτά τα 400 ppm.

Στο χρονικό διάστημα (2000-2006) από τις μετρήσεις παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεων του CH₄, του CO₂ και του H₂S και αντίστοιχη αύξηση

του O₂. Η μείωση των αερίων και η αύξηση του O₂, αντίστοιχα, καταγράφηκαν έντονα από το 2004 και μετέπειτα.

Η θερμοκρασία εδάφους κυμάνθηκε σε επιτρεπτά όρια για φυτά, εκτός από την περίοδο του καλοκαιριού που σε λίγες περιπτώσεις άγγιξε τους 39-40°C στο βάθος των 30 cm στην Π2 και Π3. Στη σύγκριση τιμών μεταξύ πειραματικών περιοχών με φυσιολογικά εδάφη στα αντίστοιχα βάθη, η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι υψηλότερη στο ΧΔΑ Άνω Λιοσίων τουλάχιστον κατά 1-3°C για κάθε περιοχή και βάθος. Αντίστοιχα και η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία στο ΧΔΑ είναι υψηλότερες.

Ως προς τη φυτοκοινωνιολογική έρευνα με την καταγραφή της φυσικής αναγέννησης, διαδοχής και βιοποικιλότητας των αυτοφυών ποωδών φυτών στο τελικό εδαφικό κάλυμμα αποκατάστασης των τριών πειραματικών περιοχών και της περιοχής «μάρτυρα-ελέγχου» εκτός ΧΔΑ, ο αριθμός των ειδών που μετρήθηκε ήταν 144 είδη από 94 γένη και 26 οικογένειες. Τρία είδη, το *Sonchus asper*, το *Linum bienne* και το *Malva neglecta* καταγράφηκαν μόνο στην εκτός ΧΔΑ περιοχή. Η πλειονότητα των ειδών ανήκει στις οικογένειες *Compositae* (*Asteraceae*) (36), *Poaceae* (*Gramineae*) (34), *Leguminosae* (*Papilionaceae*) (23). Τα περισσότερα είδη φυτρώνουν το φθινόπωρο και το χειμώνα, ο βιολογικός τους κύκλος είναι ετήσιος και πολλαπλασιάζονται με σπόρους. Και στα τρία έτη μελέτης καταγράφηκαν στην Π1 76 είδη (από τα οποία 14 μόνο στην Π1), στην Π2 81 (από τα οποία 11 μόνο στην Π2), στην Π3 109 (από τα οποία 35 μόνο στην Π3) και στην Π4 (εκτός ΧΔΑ) 68 (από τα οποία 3 μόνο στην Π4). Έξι (6) είδη ήταν κοινά και στις τρεις πειραματικές του ΧΔΑ και 45 σε όλες τις περιοχές. Χρονικά στα έτη μελέτης, για τις Π1 και Π2 υπάρχει αύξηση ειδών τα τρία πρώτα χρόνια από την αποκατάσταση (1999-2002) λόγω εισόδου ειδών κυρίως με τον άνεμο, και μείωση το 2005 από την προσαρμογή τους στις νέες συνθήκες εδάφους. Αντίθετα, η Π3 ενώ καταγράφει 101 είδη το 2001 (τα 30 από τα 35 είδη που φύτεψαν μόνο εκεί) λόγω του πολλαπλασιαστικού υλικού (σπόρους, σπέρματα, κονδύλους, ριζώματα, βολβίδια κλπ.) που είχε το επιφανειακό έδαφος που εγκαταστάθηκε και από την εισροή ειδών με τον αέρα, η προσαρμογή τους στις συνθήκες του αποκατεστημένου ΧΔΑ επέφερε συνεχή μείωση. Η Π4 έχει σχετική σταθερότητα λόγω των φυσικών συνθηκών που επικρατούν στην εκτός ΧΔΑ περιοχή.

Από τις μετρήσεις ο αριθμός των ειδών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m²) στα αυτοφυή ποώδη φυτά για κάθε έτος, στις περιοχές παρατηρείται αύξηση της μέσης τιμής από το 2001 στο 2002 και μείωση από το 2002 στο 2005, εκτός από την Π2 όπου μόνο αυξάνεται. Δηλαδή στις δειγματοληπτικές επιφάνειες του ΧΔΑ, το 2002 σε σύγκριση με το 2001 καταγράφεται αύξηση της ποικιλότητας των ειδών, καθώς οι διαθέσιμοι χώροι εδάφους χωρίς φυτά, τα μειωμένα επίπεδα ανταγωνισμού και οι υπάρχοντες στο έδαφος με τους εισρέοντες σπόρους που μπορούν να φυτρώσουν σ' αυτές τις συνθήκες συνεργούν σε αυτό. Η μείωση οφείλεται στην προσαρμογή των ειδών στις συνθήκες του ΧΔΑ. Στην Π4, που δεν υπάρχουν οι συνθήκες του ΧΔΑ, η αύξηση πιθανόν να οφείλεται σε παραμέτρους του κλίματος (ύψος βροχοπτώσεων κάθε βλαστητικής περιόδου) και σε ενδογενείς (ανταγωνισμός, ανάπτυξη φυτών κλπ.). Η αύξηση για την Π2 ισχύει και το 2005, καθώς υπάρχουν κενοί χώροι με μειωμένες τις υψηλές συγκεντρώσεις CH₄ και CO₂ και αύξηση του χαμηλού O₂ στο βάθος εδάφους 30 cm. Η Π3 κατά μέσο όρο παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό

ειδών από όλες τις περιοχές σε όλα τα έτη, από την ύπαρξη πολλαπλασιαστικού υλικού στο έδαφος και ακολουθεί η Π4.

Ως προς την αφθονία με την οποία αντιπροσωπεύονται τα είδη για κάθε έτος, από τις μετρήσεις ο αριθμός ατόμων ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m^2) παρουσίασε αύξηση της μέσης τιμής. Στην Π1 ο αριθμός ατόμων κατά μέσο όρο στα έτη τριπλασιάζεται, ενώ στην Π2 δεκαπλασιάζεται. Στην Π3 ο αριθμός το 2002 παραμένει σταθερός σε σύγκριση με το 2001, ενώ το 2005 διπλασιάζεται. Για την Π4 το 2002 αυξάνεται κατά 60% περίπου σε σχέση με το 2001 και 30% το 2005 σε σχέση με το 2002. Η Π1 εκτός από το 2001 έχει τα περισσότερα άτομα κατά μέσο όρο ανά δειγματοληπτική επιφάνεια, ακολουθεί η Π3, η Π4 και, τέλος, η Π2 εκτός από το 2005. Η Π2 είχε το μικρότερο αριθμό ατόμων κυρίως λόγω του υψηλού βιοαερίου και χαμηλού οξυγόνου, καθώς ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά έχει τα ίδια περίπου με την Π1 (στα αγρωστώδη είναι κυρίως η διαφορά στον αριθμό ατόμων). Η Π4 με τις φυσιολογικές συνθήκες που είχε, λόγω μεγάλης ανάπτυξης και παραγωγής βιομάζας των ατόμων, παρουσίασε μικρό αριθμό. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρέασε όλες τις περιοχές στο να αυξήσουν τον αριθμό ατόμων τους από το 2001 έως το 2005 ήταν το ύψος βροχής. Τα είδη της οικογένειας των αγρωστωδών που είχαν και τις μεγαλύτερες αυξήσεις στον αριθμό ατόμων και στις τρεις πειραματικές περιοχές ήταν τα *Aegilops* spp., *Avena sterilis*, *Bromus arvensis*, *Bromus madritensis*, *Bromus* spp., *Bromus sterilis*, *Cynodon dactylon*, *Hordeum murinum* και *Lolium perenne*, από τα σύνθετα τα *Aster squamatus*, *Crepis* spp., *Sonchus oleraceus* και από τα πεντάνευρα το *Plantago lagopus*.

Ως προς την παραγωγικότητα, η οποία υπολογίζεται από την ξηρή υπέργεια βιομάζα, από τις μετρήσεις για κάθε έτος ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (1 m^2) η μέση τιμή της βιομάζας παρουσιάζει μία μεικτή εικόνα. Η Π4, εκτός από το 2001, έχει τη μεγαλύτερη μέση βιομάζα ανά δειγματοληπτική επιφάνεια, ακολουθεί η Π3, η Π1 και, τέλος, η Π2. Οι περιοχές Π1 και Π2 διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, αφού η βιομάζα της Π1 είναι τουλάχιστον τριπλάσια από της Π2 σε όλα τα έτη. Αντίστοιχα και οι δύο περιοχές διαφέρουν υποπολλαπλάσια με την Π4. Η Π3 επίσης, παρουσίασε τη μεγαλύτερη βιομάζα του έτους 2001 στη συνέχεια μειώθηκε και μετά αυξήθηκε, παραμένοντας σε υψηλές τιμές. Η Π4 στα έτη 2002 και 2005 παρουσίασε πολύ υψηλές τιμές με διαφορά από τις υπόλοιπες περιοχές. Επομένως η Π2 είχε τη μικρότερη βιομάζα κυρίως λόγω της υψηλής συγκέντρωσης βιοαερίου στην αέρια φάση του εδάφους, καθώς ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά έχει τα ίδια περίπου με την Π1. Η Π1, παρότι έχει μηδαμινό βιοαέριο στο βάθος 30 cm αλλά χαμηλότερης ποιότητας έδαφος χωρίς πολλαπλασιαστικό υλικό, είχε μικρότερη βιομάζα από την Π3. Αυτό οφείλεται στους χώρους της Π3, οι οποίοι παρουσίαζαν δύο όψεις: τους χώρους όπου υπήρχε διαφυγή βιοαερίου και η κάλυψη του εδάφους από ποώδη φυτά ήταν μέτρια, όπως μέτρια ήταν και η βιομάζα τους, και τους χώρους όπου απουσίαζε το βιοαέριο και η κάλυψη ήταν πολύ μεγάλη καθώς και η βιομάζα τους. Η Π4 δείχνει να επηρεάζεται το 2002 από το ύψος βροχόπτωσης, καθώς όλες οι οικογένειες αυξάνουν τη βιομάζα τους, ενώ το 2005 με μεγαλύτερη βροχόπτωση παρατηρήθηκαν αυξομειώσεις στη βιομάζα των οικογενειών. Στη σύγκριση για τη βιομάζα μεταξύ των οικογενειών της Π1 και Π2, υπάρχει σημαντική διαφορά στα αγρωστώδη και στα ψυχανθή. Από τις οικογένειες, κυριαρχούν ως συμμετοχή με πολύ υψηλό ποσοστό τα αγρωστώδη στις περιοχές του ΧΔΑ. Τα σύνθετα κυριαρχούν στην Π4, εμφανίζονται όμως με μικρά ποσοστά στις περιοχές του ΧΔΑ η Π2 με το μεγαλύτερο ποσοστό έχει

τη μισή τιμή της Π4. Τα ψυχανθή παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά στην Π1 όλα τα έτη και στην Π2 το 2002. Στην Π3 παρουσιάζονται με τα μικρότερα ποσοστά. Τα είδη που διαδραμάτισαν το σημαντικότερο ρόλο στη βιομάζα των περιοχών ήταν από τα αγρωστώδη τα: *Aegilops neglecta*, *Aegilops* spp., *Avena sterilis*, *Bromus madritensis*, *Bromus sterilis*, *Cynodon dactylon*, *Dacypyrum villosum*, *Hordeum murinum*, *Lolium perenne*, *Oryzopsis miliacea*, *Phalaris paradoxa* και από τα ψυχανθή τα: *Astragalus hamosus*, *Medicago disciformis*, *Medicago polymorpha* και *Melilotus indica*.

Από τον υπολογισμό της ποικιλότητας με το δείκτη του Shannon ως προς τις σχετικές αφθονίες των ειδών, κυρίως λόγω μεταβολής των ειδών, παρατηρείται στις περιοχές σε σχέση με τα έτη μελέτης η ποικιλότητα να αυξάνεται από το 2001 στο 2002 και στη συνέχεια το 2005 να μειώνεται, εκτός από την Π2 στην οποία και το 2005 αυξάνεται. Δηλαδή μέχρι και το 3^ο έτος μετά την αποκατάσταση η ποικιλότητα αυξάνεται, ενώ στο 6^ο μειώνεται, κάτι το οποίο συμβαίνει στις διαταραχές οικοσυστημάτων μετά τη φωτιά και τη βόσκηση. Την υψηλότερη ποικιλότητα παρουσιάζει για το 2001 και 2002 η Π4 και για το 2005 η Π2. Αυτό οφείλεται στο μεγαλύτερο αριθμό ειδών και ισοδιανομής που μετρήθηκαν στην Π4 και στην υψηλότερη ισοδιανομή στην Π2. Από τις περιοχές του ΧΔΑ, η Π3 για το 2001 και 2002 έχει τη μεγαλύτερη ποικιλότητα λόγω του υψηλότερου αριθμού ειδών που μετρήθηκαν ανά δειγματοληπτική επιφάνεια.

Αντίστοιχα, από τον υπολογισμό της ποικιλότητας με το δείκτη του Shannon ως προς τις σχετικές τιμές της βιομάζας των ειδών, παρατηρείται ότι οι περιοχές χωρίζονται σε δύο ομάδες, την Π1 με την Π2 και την Π3 με την Π4, συμπεριφέρονται δε το ίδιο, με τις τιμές τους να βρίσκονται κοντά. Στην Π1 και Π2 η ποικιλότητα τα έτη μέτρησης αυξάνεται, ενώ στις Π3 και Π4 αυξάνεται το 2002 και μειώνεται το 2005. Την υψηλότερη ποικιλότητα παρουσιάζει για το 2001 και 2002 η Π3 και για το 2005 η Π2. Τα ανωτέρω οφείλονται για α) την Π1 στην αύξηση του αριθμού των ειδών και της βιομάζας για τα έτη 2001 και 2002, ενώ για το 2005 στην υψηλή ισοδιανομή της βιομάζας, β) την Π2 στην αύξηση και των δύο, γ) την Π3 στην αύξηση του αριθμού ειδών και της ισοδιανομής, ενώ για το 2005 στη μείωση του αριθμού και δ) την Π4 στην αύξηση όλων, ενώ για το 2005 στη μείωση αντίστοιχα όλων των παραμέτρων της ποικιλότητας.

Και στις δύο περιπτώσεις υπολογισμού της ποικιλότητας με το δείκτη του Shannon οι τιμές κρίνονται σχετικά μικρές, με μέτριες (>2) τα έτη 2001 και 2002 για τις Π3 και Π4. Από την είσοδο των ειδών στους νέους χώρους του ΧΔΑ, τις δύσκολες συνθήκες που επικρατούν εκεί και την προσπάθεια προσαρμογής σε περιβάλλον που δεν έχουν επιβιώσει άλλη φορά, τα αυτοφυή ποώδη φυτά παρουσιάζουν αυτές τις αυξομειώσεις χωρίς να έχει ισορροπήσει το σύστημα, που τείνει πάντως προς το οικοσύστημα της ευρύτερης περιοχής. Όμως και στην Π4 παρότι δεν επηρεάζεται από τις συνθήκες του ΧΔΑ, επειδή υπάρχουν έντονες ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην περιοχή (χώρος απόθεσης απορριμμάτων, βιοτεχνίες, αποθήκες, κ.α.) με πολύ μεγάλο αριθμό κυκλοφορίας οχημάτων, επιδρούν αρνητικά και δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά με τις πειραματικές περιοχές.

Από τις μετρημένες εδαφικές ιδιότητες και τις συγκεντρώσεις των αερίων του εδάφους, αυτές που συσχετίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό σύμφωνα με το συντελεστή (tau) της συσχέτισης Kendall, με τις μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών είναι

οι εξής: α) για τον αριθμό ειδών η οργανική ουσία (0,375), το ολικό N (0,364) και το ανταλλάξιμο K (0,236), β) για τον αριθμό ατόμων το O₂ (0,253) και το ανταλλάξιμο Ca (-0,249), γ) για τη βιομάζα το CH₄ (-0,414), το CO₂ (-0,401), το O₂ (0,315), το pH (-0,306), η θερμοκρασία εδάφους (-0,249), το ανταλλάξιμο Ca (-0,248), η ηλεκτρική αγωγιμότητα (-0,245) και το CaCO₃ (-0,24), δ) για το δείκτη Shannon (αριθμός ατόμων) το ολικό N (0,222) και ε) για το δείκτη Shannon (βιομάζα) η οργανική ουσία (0,263).

Σύμφωνα με το βαθμό συσχέτισης το μεγαλύτερο συντελεστή ανεξαρτήτου μεταβλητής παρουσίασαν τα αέρια του εδάφους CH₄, CO₂ και το O₂, μαζί με την οργανική ουσία και το ολικό N.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνετε ότι ο αριθμός των ειδών για να αυξηθεί ή να επιβιώσουν περισσότερα είδη στις τρεις πειραματικές περιοχές χρειάζεται το έδαφος να έχει κυρίως μεγαλύτερη συγκέντρωση οργανικής ουσίας, ολικού N και ανταλλάξιμου K. Αντίστοιχα για τον αριθμό ατόμων για να αυξηθούν ή να επιβιώσουν περισσότερα, το έδαφος χρειάζεται κυρίως μεγαλύτερη συγκέντρωση O₂ και λιγότερη ανταλλάξιμου Ca. Για τη βιομάζα, για να αναπτυχθούν (αυξηθούν) περισσότερο τα άτομα των ειδών, χρειάζεται το έδαφος να έχει κυρίως μικρότερη συγκέντρωση CH₄, CO₂, μεγαλύτερη O₂, μικρότερο pH, μικρότερη θερμοκρασία εδάφους, μικρότερη συγκέντρωση ανταλλάξιμου Ca, μικρότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα και μικρότερη συγκέντρωση CaCO₃.

Επίσης από τις μετρημένες εδαφικές ιδιότητες και τις συγκεντρώσεις των αερίων του εδάφους, αυτές που επηρεάζουν περισσότερο σύμφωνα με τους συντελεστές των γραμμικών μοντέλων, τις μεταβλητές της βλάστησης των αυτοφυών ποωδών φυτών είναι οι εξής:

α) για τον αριθμό ειδών το ανταλλάξιμο K (αύξηση 1 meq/100gr του K στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τα είδη των ποωδών φυτών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια κατά 23,1 και στο βάθος 10-40 cm κατά 26,6) και το ολικό N (αύξηση 1% του N στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τα είδη κατά 14 και στο βάθος 10-40 cm κατά 19,3),

β) για τον αριθμό ατόμων το ολικό N (αύξηση 1% του N στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τον αριθμό ατόμων κατά 1156,9 και στο βάθος 10-40 cm κατά 1318), η οργανική ουσία (αύξηση 1% της οργανικής ουσίας στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τον αριθμό κατά 104,6 άτομα και στο βάθος 10-40 cm κατά 122,1), το pH (αύξηση μίας μονάδας του pH στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τον αριθμό κατά 21,4 άτομα και στο βάθος 10-40 cm κατά 21,3), το ανταλλάξιμο Mg (αύξηση 1 meq/100gr του Mg στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τον αριθμό κατά 16,8 άτομα και στο βάθος 10-40 cm κατά 17,1), η θερμοκρασία εδάφους (αύξηση 1°C της ελάχιστης θερμοκρασίας αυξάνει τον αριθμό κατά 17,1 άτομα, αύξηση 1°C της μέσης τον αυξάνει κατά 10,9 άτομα και αύξηση 1°C της μέγιστης τον αυξάνει κατά 7,3) και το O₂ (αύξηση 1% του O₂min αυξάνει τον αριθμό κατά 10,9 άτομα, αύξηση 1% του O₂aver τον αυξάνει κατά 8,6 άτομα και αύξηση 1% του O₂max τον αυξάνει κατά 6,3),

γ) για τη βιομάζα το ανταλλάξιμο K (αύξηση 1 meq/100gr του ανταλλάξιμου K στο βάθος 0-10 cm αυξάνει τη βιομάζα των ποωδών φυτών κατά 886,6 gr και στο βάθος 10-40 cm κατά 1005,5gr), το ολικό N (αύξηση 1% του N στο βάθος 0-10 cm μειώνει τη βιομάζα των ποωδών φυτών κατά 621,5 gr και στο βάθος 10-40 cm κατά 810,2gr), το ανταλλάξιμο Mg (αύξηση 1 meq/100gr του Mg στο βάθος 0-10 cm μειώνει τη βιομάζα κατά 34,1 gr και στο βάθος 10-40 cm τη μειώνει κατά 26,9gr), το pH (αύξηση μίας μονάδας του pH στο βάθος 0-10 cm μειώνει τη βιομάζα κατά 26,1gr και

στο βάθος 10-40 cm τη μειώνει κατά 25,8gr), η θερμοκρασία εδάφους (αύξηση 1°C της ελάχιστης θερμοκρασίας μειώνει τη βιομάζα κατά 21,6gr, αύξηση 1°C της μέσης τη μειώνει κατά 14gr και αύξηση 1°C της μέγιστης τη μειώνει κατά 8,9gr), το O₂ (αύξηση 1% του O₂min αυξάνει τη βιομάζα κατά 10gr, 1% του O₂aver αυξάνει τη βιομάζα κατά 8,5gr και 1% του O₂max αυξάνει τη βιομάζα κατά 6,3gr) και το CO₂ (αύξηση 1% του CO₂min μειώνει τη βιομάζα κατά 9,5gr, 1% του CO₂aver μειώνει τη βιομάζα κατά 6,7gr και 1% του CO₂max τη μειώνει κατά 4,8),

δ) για το δείκτη Shannon (αριθμός ατόμων) το ολικό N (αύξηση 1% του ολικού N στο βάθος 0-10 cm αυξάνει την ποικιλότητα κατά 1,27 και στο βάθος 10-40 cm κατά 1,69) και το ανταλλάξιμο K (αύξηση 1 meq/100gr του K στο βάθος 0-10 cm αυξάνει την ποικιλότητα κατά 0,66 και στο βάθος 10-40 cm κατά 0,78) και

ε) για το δείκτη Shannon (βιομάζα) το ανταλλάξιμο K (αύξηση 1 meq/100gr του K στο βάθος 0-10 cm αυξάνει την ποικιλότητα κατά 0,61 και στο βάθος 10-40 cm κατά 0,72).

Όπως και ανωτέρω (με τη συσχέτιση Kendall) όταν η επίδραση των γραμμικών μοντέλων είναι θετική, για αύξηση των τιμών των μεταβλητών απαιτούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των παραμέτρων του εδάφους (εδαφικές ιδιότητες, αέρια), ενώ όταν είναι αρνητική απαιτούνται μικρότερες.

Όμως μπορεί η στατιστική επεξεργασία να έδωσε αυτά τα αποτελέσματα, δεν μπορεί να μη ληφθεί υπόψη σοβαρά το γεγονός ότι ενώ η Π1 με την Π2 έχουν περίπου τις ίδιες τιμές από τις παραμέτρους των εδαφικών ιδιοτήτων (μάλιστα η Π2 έχει στις περισσότερες περιπτώσεις λίγο μεγαλύτερες τιμές), έχουν μεγάλες διαφορές στην συγκέντρωση των αερίων (με καλύτερες συνθήκες στην Π1) και επιπλέον μεγάλες διαφορές στις τιμές των μεταβλητών που μετρήθηκαν (η Π1 έχει πολύ καλύτερες τιμές), τα αέρια του εδάφους από τις παραμέτρους που μετρήθηκαν να είναι οι πιο σημαντικοί παράγοντες στις μεταβλητές.

Από τις φυτεύσεις (1999, 2002) των 13 ειδών δέντρων (χαρουπιά, ελιά, αριά), θάμνων (μυρτιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, πουρνάρι, λυγαριά) και αρωματικών φυτών (θυμάρι, ρίγανη, δεντρολίβανο, φασκόμηλο) στις τρεις πειραματικές περιοχές για τη διερεύνηση των επιδράσεων των εδαφικών ιδιοτήτων και των αερίων του εδάφους στα φυτά, μετρήθηκαν η επιβίωση και η αύξησή τους (ύψος και βιοόγκος).

Ως προς την επιβίωση, για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης, τα μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης και στις τρεις περιοχές μελέτης παρουσιάζουν η πικροδάφνη (70-89%), η ελιά (57-95%) και η αγριελιά (60-75%). Ακολουθούν η χαρουπιά (75%), το δεντρολίβανο (70%) και ο σχίνος (60%) αλλά μόνο στην Π1, η λυγαριά (62%) στην Π3 και το θυμάρι (50%) στην Π2. Από τα είδη με τα μικρότερα ποσοστά επιβίωσης και στις τρεις περιοχές είχε το φασκόμηλο (7-27%), η αριά (28-33%), το πουρνάρι (7-40%), η μυρτιά (0-43%) και η ρίγανη (15-40%). Αποδεκτό ποσοστό επιτυχής εγκατάστασης φυτών σε αποκαταστάσεις θεωρείται >60%. Ως προς τις περιοχές, στην Π1 παρουσιάζονται τα υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης για κάθε είδος, ακολουθεί η Π3 και μετά η Π2 όπου στα περισσότερα είδη της τα αποτελέσματα είναι απογοητευτικά. Στην Π1 περίπου τα μισά είδη παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό, ενώ στις Π2 και Π3 το 1/3 των ειδών (με την Π3 να καταγράφει υψηλότερα ποσοστά). Ως προς το έτος φύτευσης, υψηλό ποσοστό επιβίωσης παρουσιάζουν 5 είδη του έτους 1999 και 7 είδη του έτους 2002 (με υψηλότερα ποσοστά στα είδη του έτους 1999). Για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης, η επιβίωσή τους μετρήθηκε για χρονική περίοδο 7

ετών με τα μεγαλύτερα ποσοστά να έχουν η χαρουπιά (63% στην Π1), η πικροδάφνη (75% στην Π3), η ελιά (93% στην Π1), η αγριελιά (61% στην Π1) και η λυγαριά (54% στην Π3) όπου καταγράφηκαν μικρές περαιτέρω απώλειες.

Οι απώλειες των φυτών καθώς καταγράφηκαν οι μεγαλύτερες στο 1^ο έτος φύτευσης (κυρίως 1^ο δίμηνο), αποδόθηκαν στην καταπόνηση των φυτών από τη μεταφύτευση, στις συνθήκες της κάθε περιοχής του ΧΔΑ όπου τα είδη δεν είχαν επιβιώσει άλλη φορά ώστε να διαθέτουν μηχανισμούς προσαρμογής, στο διαφορετικό ύψος βροχής που δέχτηκαν οι περιοχές από το χρόνο των φυτεύσεων και για την Π3 στην εκτός εποχή της 1^{ης} φύτευσης (τέλη Μαΐου) με επιπλέον καθυστέρηση 40 ημερών η άρδευση. Στα φυτά της 2^{ης} φύτευσης το 3^ο έτος καταγράφηκαν σημαντικές απώλειες πέρα από τις δύσκολες συνθήκες του ΧΔΑ, λόγω και της μη άρδευσης για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα του καλοκαιριού του 2005 από βλάβες στη δεξαμενή και στο αρδευτικό δίκτυο. Στο χρονικό διάστημα των 7 ετών που πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης, απώλειες για τα περισσότερα είδη καταγραφόταν κάθε χρόνο σε μικρούς αριθμούς, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει σε φυσιολογικές συνθήκες.

Η επίδραση των συνθηκών του ΧΔΑ καταπονίζοντας τα φυτά, εκδηλώθηκε με συμπτώματα (πτώση φύλλων κυρίως τα χαμηλότερα στην κόμη, μετέπειτα ξήρανση τμημάτων της κόμης και του βλαστού ή ακόμη και ξήρανση όλου του υπέργειου τμήματος των φυτών που συνήθως παρατηρούνταν προς το τέλος της ξηρής περιόδου). Στην περίπτωση που η ρίζα επιβίωνε με την έναρξη της υγρής περιόδου τα φυτά παραβλαστάνανε (από τα είδη μόνο το θυμάρι δεν παραβλαστάνει, ενώ η λυγαριά που είναι φυλλοβόλο, παραβλαστάνει την άνοιξη). Υψηλά ποσοστά εμφάνισης συμπτωμάτων καταπονήσεων παρουσίασαν η ελιά, η αγριελιά, η πικροδάφνη, η χαρουπιά, η αριά, το πουρνάρι και το φασκόμηλο, ενώ χαμηλά ποσοστά είχαν το θυμάρι και η λυγαριά. Η πικροδάφνη που έχει και το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης, παρουσίασε υψηλό ποσοστό φυτών με συμπτώματα καταπονήσεων καθώς παραβλαστάνει γρηγορότερα, έχει μεγάλο τάχος αύξησης και τον πρώτο χρόνο τα νέα παραβλαστήματα μπορούν να φθάσουν σε φάση ωριμότητας και να ανθίσουν. Η λυγαριά ως φυλλοβόλο, με την πτώση των φύλλων και τη μείωση του μεταβολισμού το χειμώνα παρουσιάζει συμπτώματα μόνο στα φυτά της Π2. Το θυμάρι παρουσιάζει μικρά ποσοστά συμπτωμάτων πιθανό λόγω του εποχικού διμορφισμού και αναγεννάται αποκλειστικά με σπέρματα. Επομένως τα είδη που παραβλαστάνουν πλεονεκτούν κατά κάποιο τρόπο συγκριτικά με εκείνα που αναγεννώνται από σπέρματα. Ως προς τις περιοχές, στην Π2 παρουσιάζονται τα υψηλότερα ποσοστά συμπτωμάτων καταπονήσεων για κάθε είδος, ακολουθεί η Π3 και μετά η Π1.

Στο σύνολο των φυτών από τις κατηγορίες διαπιστώνεται ότι οι θάμνοι έχουν τα πιο υψηλά ποσοστά επιβίωσης με παράλληλη υψηλή παρουσία συμπτωμάτων καταπονήσεων, ακολουθούν τα δέντρα και μετά τα φρύγανα. Δηλαδή στις δυσμενείς συνθήκες του ΧΔΑ οι θάμνοι δείχνουν να εγκλιματίζονται με μεγαλύτερες αντοχές στις καταπονήσεις ή με τους μηχανισμούς προσαρμογής (όπως η πτώση φύλλων, ξήρανση του υπέργειου τμήματος) με παραβλάστηση να συνεχίζουν να επιβιώνουν.

Ως προς την αύξηση των φυτών, για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης τη μεγαλύτερη μεταβολή ύψους από τα είδη δέντρων (χαρουπιά, ελιά, αριά) είχαν η ελιά (μέσος όρος 38cm), η αριά (μ.ό. 24cm) και η χαρουπιά (μ.ό. 22cm) στην Π1 και η αριά (μ.ό.

20cm) στην Π3 (φυτά της 1^{ης} φύτευσης εκτός από την αριά στην Π1). Εκτός από την ελιά που η μεταβολή κρίνεται μέτρια, στα υπόλοιπα είδη ήταν χαμηλή. Στις άλλες πειραματικές περιοχές το ύψος μετά από 3 χρόνια παρέμεινε το ίδιο (δηλαδή τα φυτά δεν αναπτύσσονταν), ενώ στην Π2 η αριά είχε μείωση 13cm, καθώς όλα τα φυτά παρουσίασαν συμπτώματα καταπονήσεων με ξήρανση του υπέργειου τμήματος και στη συνέχεια παραβλήστησαν. Τα είδη στις περιοχές που δεν μεταβλήθηκε το ύψος, είχαν πολύ υψηλά ποσοστά εμφάνισης συμπτωμάτων καταπονήσεων. Για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης το ύψος μετρήθηκε επιπλέον 4 χρόνια της πρώτης τριετίας εγκατάστασης (συνολική χρονική περίοδο 7 ετών). Τα αποτελέσματα ήταν αντίστοιχα όπως στην πρώτη τριετία, μέτρια μεταβολή ύψους η ελιά (45cm) στην Π1, χαμηλή η αριά (32cm) στην Π3 και η χαρουπιά (26cm) στην Π1. Συνδυάζοντας όμως, υψηλό ποσοστό επιβίωσης των φυτών (>60%) και μέτρια προς ικανοποιητική μεταβολή ύψους για την πρώτη τριετία εγκατάστασης και την τετραετία 2002-2006 (για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης), μόνο η ελιά στην Π1 εκπληρώνει αυτά τα κριτήρια.

Από τα είδη θάμνων (μυρτιά, πικροδάφνη, αγριελιά, σχίνος, πουρνάρι, λυγαριά), αντίστοιχα για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών, τη μεγαλύτερη μεταβολή ύψους είχαν η πικροδάφνη (μ.ό. 35cm στην Π3 και 32cm στην Π1), η αγριελιά (33cm στην Π1), η λυγαριά (32cm στην Π3 και 29cm στην Π1), ο σχίνος (20cm στην Π3) και η μυρτιά (18cm στην Π1). Η μεταβολή αυτών των ειδών κρίνεται μέτρια προς ικανοποιητική, ενώ στα υπόλοιπα ήταν πολύ χαμηλή έως αμετάβλητη. Στην Π2 τα φυτά σχεδόν δεν αυξήθηκαν και εμφάνισαν υψηλά ποσοστά συμπτωμάτων καταπονήσεων. Για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης στην τετραετία 2002-2006 το ύψος μεταβλήθηκε ικανοποιητικά μόνο στην αγριελιά (61cm) στην Π1. Για τα υπόλοιπα είδη, το ύψος μεταβλήθηκε μέτρια στη μυρτιά (27cm) και στη λυγαριά (25cm) για την Π3, ενώ τα άλλα είχαν σχεδόν μηδαμινή αύξηση με οριακή μείωση (-2cm) η πικροδάφνη στην Π3. Συνδυάζοντας υψηλό ποσοστό επιβίωσης των φυτών (>60%) και μέτρια προς ικανοποιητική μεταβολή ύψους, για την πρώτη τριετία εγκατάστασης η πικροδάφνη στις Π1 και Π3, η αγριελιά στην Π1 και η λυγαριά στην Π3 εκπληρώνουν τα κριτήρια. Ενώ την τετραετία 2002-2006 (για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης), μόνο η αγριελιά στην Π1 εκπληρώνει.

Από τα φρύγανα - αρωματικά φυτά (θυμάρι, ρίγανη, δεντρολίβανο, φασκόμηλο), για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών, τη μεγαλύτερη μεταβολή ύψους είχαν η ρίγανη (μ.ό. 42cm στην Π3 και 20cm στην Π1) και το δεντρολίβανο (31cm στην Π1 και 26cm στην Π3). Η μεταβολή τους κρίνεται μέτρια προς ικανοποιητική, ενώ στα υπόλοιπα ήταν πολύ χαμηλή έως αμετάβλητη. Στην Π2 τα είδη παρουσίασαν πολύ χαμηλή έως μηδαμινή αύξηση. Στα φυτά της 1^{ης} φύτευσης στην τετραετία 2002-2006 το ύψος δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή, που στην περίπτωση της ρίγανης μειώθηκε κατά 10cm με την επιβίωση όμως μόνο 2 φυτών. Συνδυάζοντας υψηλό ποσοστό επιβίωσης των φυτών (>60%) και μέτρια προς ικανοποιητική μεταβολή ύψους, μόνο το δεντρολίβανο στην Π1 για την πρώτη τριετία εγκατάστασης εκπληρώνει τα κριτήρια αυτά.

Από τα ανωτέρω, ως προς το ύψος των φυτών και στις τρεις περιοχές κανένα είδος δεν παρουσίασε μεταβολή αντίστοιχη των φυσιολογικών συνθηκών με επιβίωση >60%.

Ως προς τη μεταβολή βιοόγκου για τα πρώτα 3 χρόνια εγκατάστασης των φυτών από τα είδη δέντρων τη μεγαλύτερη είχαν η ελιά (μ.ό. 175248cm³ στην Π1 με

τριπλασιασμό περίπου του αρχικού όγκου που είχε κατά τη φύτευση) και η αριά (μ.ό. 91370 cm³ στην Π3 και 18233 cm³ στην Π1 με διπλασιασμό περίπου του αρχικού όγκου που είχε κατά τη φύτευση και στις δύο περιοχές). Η μεταβολή αυτή κρίνεται ικανοποιητική, ενώ στα υπόλοιπα είδη ήταν πολύ χαμηλή, με την αριά μάλιστα στην Π2 να μειώνεται ο βιοόγκος της. Τα είδη στις περιοχές που είχαν χαμηλή μεταβολή εμφάνισαν και υψηλότερα ποσοστά συμπτωμάτων καταπονήσεων. Για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης τα πρόσθετα 4 χρόνια (2002-2006) ο βιοόγκος παρουσίασε μεγάλη μεταβολή σε σύγκριση με τα πρώτα 3 χρόνια. Όμως μόνο για την ελιά στην Π1 μπορεί να χαρακτηριστεί η μεταβολή καλή, ενώ για την αριά στην Π3 είναι μέτρια και για τη χαρουπιά χαμηλή. Πάντως αν συνδυαστεί υψηλό ποσοστό επιβίωσης των ειδών (>60%) και η μεταβολή να είναι από μέτρια προς καλή μόνο η ελιά στην Π1 εκπληρώνει αυτά τα κριτήρια.

Από τα είδη θάμνων τη μεγαλύτερη μεταβολή βιοόγκου για την πρώτη τριετία εγκατάστασης είχαν η πικροδάφνη (μ.ό. 182886cm³ στην Π3), η λυγαριά (101638 cm³ στην Π3), η μυρτιά (66501 cm³ στην Π3), η αγριελιά (50975 cm³ στην Π1 και 50492 cm³ στην Π3) και ο σχίνος (50392 cm³ στην Π3). Εκτός από την αγριελιά στην Π3, τα υπόλοιπα είναι φυτά της 1^{ης} φύτευσης, με το πρόγραμμα παρακολούθησης και συντήρησης των φυτών που υλοποιήθηκε καλύτερα σε αυτά, να αποτελεί σημαντικό ρόλο στις αποκαταστάσεις. Η μεταβολή κρίνεται καλή για την πικροδάφνη στην Π3, ενώ στα υπόλοιπα είδη ήταν μέτρια προς ικανοποιητική. Στην Π2 τα φυτά είχαν πολύ μικρή μεταβολή βιοόγκου. Για τα είδη της 1^{ης} φύτευσης, στην τετραετία 2002-2006 ο βιοόγκος μεταβλήθηκε σε καλό βαθμό στη λυγαριά (668212cm³ στην Π3), στην αγριελιά (618791 cm³ στην Π1) και στην πικροδάφνη (261865cm³ στην Π3). Συνδυάζοντας υψηλό ποσοστό επιβίωσης (>60%) και μέτρια προς καλή μεταβολή βιοόγκου, για την πρώτη τριετία η πικροδάφνη στην Π3, η λυγαριά στην Π3 και η αγριελιά στις Π1 και Π3 εκπληρώνουν τα κριτήρια. Ενώ την τετραετία 2002-2006 (για τα φυτά της 1^{ης} φύτευσης), η αγριελιά στην Π1 και η πικροδάφνη στην Π3 τα εκπληρώνει.

Στα φρύγανα - αρωματικά φυτά για την πρώτη τριετία τη μεγαλύτερη μεταβολή βιοόγκου είχαν το δεντρολίβανο (μ.ό. 184561cm³ στην Π3 και 19867 cm³ στην Π1), το φασκόμηλο (53840 cm³ στην Π3) και η ρίγανη (32217cm³ στην Π3 και 15332cm³ στην Π1). Η μεταβολή στα δεντρολίβανο, φασκόμηλο και ρίγανη για την Π3, κρίνεται καλή ως πολύ καλή, ενώ στα υπόλοιπα ήταν ικανοποιητική. Στην Π2 τα είδη παρουσίασαν χαμηλή αύξηση. Τα είδη της 1^{ης} φύτευσης για την τετραετία 2002-2006 είχαν επιβίωση ≤8% με συνέπεια να μην λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή βιοόγκου. Από το συνδυασμό υψηλό ποσοστό επιβίωσης (>60%) και μεταβολή βιοόγκου τουλάχιστο ικανοποιητική, μόνο το δεντρολίβανο στην Π1 για την πρώτη τριετία εγκατάστασης εκπληρώνει τα κριτήρια αυτά.

Από τα ανωτέρω λαμβάνοντας υπόψη την επιβίωση, στα δέντρα η μεταβολή του βιοόγκου μόνο στην ελιά για την Π1 είναι ικανοποιητική προς καλή, όπως και στους θάμνους στην πικροδάφνη και στη λυγαριά για την Π3, η αγριελιά για τις Π1 και Π3 έχει μεταβολή καλή και μέτρια αντίστοιχα καθώς και στα αρωματικά φυτά μόνο στο δεντρολίβανο για την Π1 είναι ικανοποιητική.

Από τη στατιστική επεξεργασία με ανάλυση απόκλισης (analysis of deviance) και ανάλυση διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης των παραγόντων «είδος», «περιοχή» και «έτος φύτευσης» στις μεταβλητές «επιβίωση», «ύψος» και «βιοόγκος»

την πρώτη τριετία και οι τρεις παράγοντες είναι στατιστικά σημαντικοί ($p < 0,001$) και σε βαθμό σημαντικότητας η σειρά είναι: το «είδος», η «περιοχή» και το «έτος φύτευσης» με μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Τα γραμμικά μοντέλα που πραγματοποιήθηκαν (με διόρθωση ως προς είδος, περιοχή και έτος φύτευσης) επιβεβαίωσαν τα ανωτέρω. Σύμφωνα με τους συντελεστές των παραγόντων και λαμβάνοντας υπόψη το κάθε είδος, η Π2 είχε τη μικρότερη επιβίωση, μεταβολή ύψους και βιοόγκου από όλες τις περιοχές, ενώ η Π1 είχε τη μεγαλύτερη. Επίσης τα είδη της 2^{ης} φύτευσης σε σύγκριση με τα είδη της 1^{ης} είχαν μικρότερη επιβίωση, μεταβολή ύψους και βιοόγκου, το οποίο εν μέρει εξηγείται από την ελλιπή υλοποίηση του προγράμματος παρακολούθησης και συντήρησης των φυτών.

Στις μεταβλητές ύψος και βιοόγκος για την αποφυγή εσφαλμένων αποτελεσμάτων από την επιβίωση λίγων φυτών σε ορισμένα είδη ανά περιοχή, για την επεξεργασία των στοιχείων (εδαφικές ιδιότητες και αέρια του εδάφους που επηρεάζουν τις μεταβλητές) λήφθηκε υπόψη ώστε το ποσοστό επιβίωσης ενός είδους και στις τρεις περιοχές έπρεπε να ήταν τουλάχιστο 35%. Τα είδη αυτά για τη χρονική περίοδο των πρώτων 3 ετών εγκατάστασης των φυτών ήταν η ελιά, η πικροδάφνη, η αγριελιά, ο σχίνος, η λυγαριά και το δεντρολίβανο.

Από τις παραμέτρους που μετρήθηκαν τα αέρια (CH_4 , CO_2 και O_2) επιδρούν στη μεταβλητή «επιβίωση» σε 9 από τα 13 είδη που φυτεύτηκαν (χαρουπιά, ελιά, μυρτιά, αγριελιά, σχίνος, πουρνάρι, λυγαριά, ρίγανη και δεντρολίβανο), η ΙΑΚ επίσης σε 9 είδη (χαρουπιά, ελιά, μυρτιά, σχίνος, πουρνάρι, λυγαριά, θυμάρι, ρίγανη και δεντρολίβανο), ακολουθεί το pH σε 8 (χαρουπιά, ελιά, μυρτιά, αγριελιά, λυγαριά, ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο), η συμπίεση σε 6 (ελιά, μυρτιά, πικροδάφνη, αγριελιά, δεντρολίβανο και φασκόμηλο), το ανθρακικό ασβέστιο σε 5 (μυρτιά, πικροδάφνη, λυγαριά, ρίγανη και φασκόμηλο), η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε 4 (χαρουπιά, ελιά, μυρτιά και αγριελιά), η οργανική ουσία και το άζωτο επίσης σε 4 (μυρτιά, λυγαριά, ρίγανη και φασκόμηλο), και το κάλιο επίσης σε 4 (πικροδάφνη, λυγαριά, ρίγανη και φασκόμηλο). Από τους παράγοντες που επίδρασαν στα λιγότερα είδη ήταν η υδατοϊκανότητα σε 1 (λυγαριά), ο φώσφορος σε 2 (πικροδάφνη και φασκόμηλο), το μαγνήσιο σε 2 (χαρουπιά και ελιά) και το ασβέστιο σε 3 (ρίγανη, δεντρολίβανο και φασκόμηλο).

Η επίδραση των αερίων στην επιβίωση 9 ειδών, των περισσότερων από κάθε άλλη παράμετρο μαζί με την ΙΑΚ, κατατάσσει τα αέρια στους πιο σημαντικούς παραμέτρους. Αναμενόμενο καθώς η Π1 έχει τη μεγαλύτερη επιβίωση στα είδη και η Π2 έχει τη μικρότερη, διαφέρουν όμως σημαντικά οι περιοχές αυτές στις συγκεντρώσεις των αερίων του εδάφους (καλύτερες συνθήκες στην Π1) και όχι στις εδαφικές ιδιότητες. Η ΙΑΚ λόγω των χαμηλών προς μέτριων τιμών καθιστά τα εδάφη μειωμένης γονιμότητας και χαμηλής δυνατότητας συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων (δηλαδή επιδρά σε πολλούς παραμέτρους). Η συμπίεση, το pH και τα αέρια επιδρούν σε 4 από τα 6 είδη (ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, λυγαριά και δεντρολίβανο) με τη μεγαλύτερη επιβίωση.

Από τα είδη στη μυρτιά, λυγαριά και ρίγανη ως προς την επιβίωση επιδρούν 10 παράμετροι, στην ελιά και το φασκόμηλο 8, στη χαρουπιά και το δεντρολίβανο 7, στην αγριελιά 6, στην πικροδάφνη, σχίνος και πουρνάρι 4, 1 στο θυμάρι και καμία στην αριά. Στην αριά δεν επιδρά καμία παράμετρο σε στατιστικά σημαντικό βαθμό, λόγω του ίδιου περίπου ποσοστού επιβίωσής της στις περιοχές, καθώς και στις

καλύτερες συνθήκες στις εδαφικές ιδιότητες που βρεθήκαν τα φυτά της που επιβίωσαν. Επίσης στο θυμάρι που επιδρά μία, τα φυτά του που επιβίωσαν στις Π1 και Π2 είχαν καλύτερες συνθήκες αερισμού του εδάφους σε σύγκριση με τις εδαφικές ιδιότητες λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές ανά βάθος. Η πικροδάφνη που έχει τα μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης και στις τρεις περιοχές δεν επηρεάζεται από τα αέρια και για να επιβιώσει σε μεγαλύτερα ποσοστά (σύμφωνα με το εύρος τιμών των παραμέτρων) θέλει λιγότερη συμπίεση, λιγότερο ανθρακικό ασβέστιο και περισσότερο κάλιο (με την συμπίεση να αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα). Το φασκόμηλο είναι το τελευταίο είδος που δεν επιδρούν με στατιστικά σημαντικό βαθμό τα αέρια ενώ επιδρούν 8 εδαφικές παράμετροι που για μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης θέλει λιγότερη συμπίεση, ανθρακικό ασβέστιο, pH, ασβέστιο και περισσότερο οργανική ουσία και κάλιο.

Στην ελιά και στην αγριελιά παρότι επιδρούν 8 και 6 παράμετροι αντίστοιχα, τα ποσοστά επιβίωσή τους είναι υψηλά και στις τρεις περιοχές με την επίδρασή τους να θεωρείται μικρή. Για να επιβιώσουν τα είδη με μεγαλύτερα ποσοστά στα εύρη τιμών που καταγράφηκαν οι παράμετροι πρέπει να έχουν μικρότερες τιμές συμπίεσης, pH, μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα και μεγαλύτερες τιμές οξυγόνου (και μαγνησίου για την ελιά). Πλην της συμπίεσης η χαρουπιιά επηρεάστηκε από τους ίδιους παράγοντες με την ελιά, που λόγω της μηδενικής επιβίωσης στις Π2 και Π3 είναι πολύ ευαίσθητο είδος στις συνθήκες των περιοχών αυτών.

Ο σχίνος και το πουρνάρι επηρεάστηκαν μόνο από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της επιβίωσης των ειδών, τα αέρια και την ΙΑΚ, με το σχίνο να είναι πιο ανθεκτικός λόγω μεγαλύτερων ποσοστών επιβίωσης στις περιοχές. Το δεντρολίβανο επηρεάστηκε επιπλέον από το pH, τη συμπίεση και το ασβέστιο. Η λυγαριά και η ρίγανη επηρεάστηκαν από τους ίδιους παραμέτρους (εκτός από την υδατοϊκανότητα για τη λυγαριά και το ασβέστιο για τη ρίγανη) με απόδειξη τα ίδια ποσοστά επιβίωσης στις Π1 και Π2. Τέλος στη μυρτιά επιδρούν 10 παράμετροι που για να αυξήσει το ποσοστό επιβίωσή της στις περιοχές θα πρέπει στους περισσότερους παραμέτρους να μειωθούν οι τιμές τους.

Από τη συσχέτιση των εδαφικών ιδιοτήτων και αερίων του εδάφους με τις μεταβλητές της αύξησης των φυτών (ύψος και βιοόγκος), παρατηρήθηκε ότι το ανθρακικό ασβέστιο και η οργανική ουσία συσχετίστηκαν και με τις 2 μεταβλητές σε όλα τα είδη, ακολουθεί το άζωτο (σε όλα εκτός από το ύψος στην πικροδάφνη), στη συνέχεια οι παράμετροι της υδατοϊκανότητας (όλα εκτός της ελιάς), της αγωγιμότητας (εκτός από το βιοόγκο στο σχίνο και τη λυγαριά), της συμπίεσης (όλα εκτός του δεντρολίβανου) και του φωσφόρου (εκτός από το βιοόγκο στο σχίνο και το δεντρολίβανο), μετά η ΙΑΚ (εκτός του βιοόγκου στην πικροδάφνη και των μεταβλητών στη λυγαριά) και τα αέρια (εκτός των μεταβλητών στην πικροδάφνη και του βιοόγκου στο σχίνο), έπειτα το pH (εκτός των μεταβλητών στο σχίνο, του βιοόγκου στην αγριελιά και του ύψους στη λυγαριά) και το κάλιο (ίδια με το pH) και τέλος το μαγνήσιο (εκτός των μεταβλητών στο σχίνο, του ύψους στην πικροδάφνη και του βιοόγκου στην αγριελιά και δεντρολίβανο).

Από τα ανωτέρω, σύμφωνα με το μέγεθος του βαθμού συσχέτισης (σχετικά μεγάλος έως πολύ μεγάλος) από τον συντελεστή r_{ho} της Spearman's correlation στο ανθρακικό ασβέστιο και την οργανική ουσία καταγράφηκε σε 8 περιπτώσεις, στο φώσφορο και στο ασβέστιο σε 7, στο pH και άζωτο σε 5, στην υδατοϊκανότητα και

ΙΑΚ σε 4, στην αγωγιμότητα, κάλιο και μαγνήσιο σε 3, στα αέρια σε 2 (ύψος και βιοόγκος της ελιάς) και τέλος στη συμπίεση δεν υπολογίστηκε σε καμία. Αρνητική ήταν η σχέση με τις μεταβλητές των ειδών σε όλες τις περιπτώσεις του μεθανίου, του διοξειδίου του άνθρακα, της ΙΑΚ, του φωσφόρου (εκτός από το ύψος στο δεντρολίβανο) και του αζώτου (εκτός από το βιοόγκο στην πικροδάφνη και στη λυγαριά). Θετικά ήταν η σχέση σε όλες τις περιπτώσεις μόνο στο οξυγόνο. Στο σύνολο οι περιπτώσεις με αρνητική σχέση ήταν διπλάσιες από ότι με θετική. Επίσης παρατηρήθηκε στο ανθρακικό ασβέστιο και στην οργανική ουσία σε κάθε είδος να έχουν αντίθετη σχέση, ενώ στους θάμνους η συμπίεση και το ανθρακικό ασβέστιο σε κάθε είδος να έχουν την ίδια σχέση.

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε αρνητική σχέση των θρεπτικών στοιχείων (N, P, K, Ca) με τις μεταβλητές (ύψος και βιοόγκος), το οποίο δεν ισχύει στις φυσιολογικές συνθήκες όταν μάλιστα τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους είναι σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό αιτιολογείται καθώς σε αύξηση των θρεπτικών τα φυτά θα αναπτυχθούν όπως και το ριζικό τους σύστημα. Όμως στις συνθήκες του ΧΔΑ η ανάπτυξη των ριζών σε βάθος το φέρνει σε επαφή με το βιοαέριο ή μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του καθώς και σε χαμηλότερο οξυγόνο, με συνέπεια να υπάρχουν καταπονήσεις ή ακόμη και μη επιβίωσή τους, με τελικό στάδιο τη μείωση της αύξησης των φυτών που επιβιώνουν. Επίσης σε χαμηλό οξυγόνο ή ανοξικές συνθήκες προκαλείται μείωση στην πρόσληψη των θρεπτικών με φθίνουσα σειρά ως ακολούθως: $K > N > P > Mg = Ca$. Επομένως τα αέρια του εδάφους (άμεσα ή έμμεσα) αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την επιβίωση και την αύξηση των φυτών.

Στις παραμέτρους και των αερίων (CH_4 , CO_2 , O_2) όταν υπάρχει αρνητική σχέση ανά είδος, στα φυτά που επιβιώνουν η κάθε παράμετρος έχει μικρότερη μέση τιμή από τα φυτά που δεν επιβιώνουν. Το αντίθετο συμβαίνει στη θετική σχέση, με τα φυτά που επιβιώνουν να έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή ανά παράμετρο. Ενώ στις φυσιολογικές συνθήκες όταν τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους είναι σε χαμηλά επίπεδα, η αύξησή τους οδηγεί σε ανάπτυξη των φυτών, στις συνθήκες του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων και στο εύρος τιμών που μετρήθηκαν η αρνητική σχέση με τις μεταβλητές της αύξησης (ύψος και βιοόγκος) δηλώνει ότι θα μειωθεί η ανάπτυξή τους. Επειδή τα φυτά του κάθε είδους που δεν επιβιώνουν έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή από αυτά που επιβιώνουν, η αύξηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών ξεχωριστά στα φυτά που επιβιώνουν τα οδηγεί σε μη επιβίωση. Αυτό μπορεί να συμβεί καθώς η αύξηση των θρεπτικών θα αυξήσει την ανάπτυξή τους και το ριζικό τους σύστημα. Όμως η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος στο ΧΔΑ κυρίως σε βάθος, το φέρνει σε επαφή με το βιοαέριο ή μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του καθώς και σε χαμηλότερο οξυγόνο με συνέπεια να υπάρχουν μεγαλύτερες καταπονήσεις με συμπτώματα όπως πτώση φύλλων, ξήρανση μέρους της κόμης ή του υπέργειου τμήματος των φυτών ή ακόμη και τη μη επιβίωσή τους με τελικό στάδιο τη μείωση της αύξησης (ανάπτυξης) των φυτών που επιβιώνουν. Επίσης σε χαμηλό οξυγόνο ή ανοξικές συνθήκες προκαλείται μία μείωση στην πρόσληψη των θρεπτικών με φθίνουσα σειρά ως ακολούθως: $K > N > P > Mg = Ca$. Σύμφωνα με τα ανωτέρω, τα αέρια του εδάφους αποτελούν τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την επιβίωση και την αύξηση των φυτών. Ως προς τη θετική σχέση σε αύξηση των θρεπτικών να αυξηθούν οι μεταβλητές δηλώνει το φυσιολογικό τους ρόλο. Στα αέρια (CH_4 και CO_2) η αρνητική σχέση με τις μεταβλητές είναι φυσιολογική καθώς τα φυτά θα βρεθούν σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις με επακόλουθο μεγαλύτερες καταπονήσεις δημιουργώντας έτσι προβλήματα στην ανάπτυξή τους ακόμη και στην επιβίωσή τους, με απόδειξη τα φυτά των ειδών να

επιβιώνουν σε λιγότερο CH₄ και CO₂. Αντίθετα το οξυγόνο με τη θετική σχέση, η αύξησή του οδηγεί σε καλύτερες συνθήκες τα φυτά, όπου μπορούν να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν καλύτερα, όπως δείχνουν και τα αποτελέσματα στα είδη να επιβιώνουν σε μεγαλύτερο οξυγόνο.

Ανά είδος, η ελιά συσχετίστηκε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό με όλους τους παραμέτρους (εκτός της υδατοϊκανότητας) και στις δύο μεταβλητές (ύψος και βιοόγκος), έπειτα η αγριελιά (εκτός του βιοόγκου με το pH, κάλιο και μαγνήσιο), στη συνέχεια το δεντρολίβανο (εκτός της συμπίεσης και του βιοόγκου με το φώσφορο και το μαγνήσιο), ακολουθεί η λυγαριά (εκτός της ΙΑΚ, του βιοόγκου με την αγωγιμότητα και του ύψους με το pH και το κάλιο), μετά η πικροδάφνη (εκτός των αερίων, του βιοόγκου με την ΙΑΚ και του ύψους με το άζωτο και το μαγνήσιο) και τέλος ο σχίνος. Ως προς το βαθμό συσχέτισης των μεταβλητών με τις παραμέτρους, στην ελιά εκτός από τη συμπίεση και το κάλιο, στις υπόλοιπες χαρακτηρίζεται σχετικά μεγάλος, με πολύ μεγάλος με το pH, την οργανική ουσία, το άζωτο και το ασβέστιο (σε 23 περιπτώσεις μεταξύ μεταβλητών και παραμέτρων στην ελιά ο βαθμός συσχέτισης είναι τουλάχιστο σχετικά μεγάλος). Ακολουθεί το δεντρολίβανο με σχετικά μεγάλο βαθμό συσχέτισης σε 15 περιπτώσεις, η λυγαριά και η αγριελιά σε 10, η πικροδάφνη σε 5 και τέλος ο σχίνος σε καμία.

Λαμβάνοντας όλα τα ανωτέρω, σε αντίστοιχες περιπτώσεις αποκατάστασης ΧΔΑ με τις ίδιες εδαφοκλιματικές συνθήκες προτείνονται τα εξής:

- Μέτρηση των εδαφικών ιδιοτήτων του τελικού καλύμματος (θρεπτικά, συμπίεση, ΙΑΚ, pH και οργανική ουσία). Στις σύνηθες περιπτώσεις των χαμηλών τιμών των θρεπτικών στο έδαφος αποκαταστάσεων, θα πρέπει να πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους (λίπανση, compost κ.ά.) προσθήκη τους. Κρίνεται επιθυμητό η χρήση επιφανειακού εδάφους από τις εργασίες κατασκευής ΧΔΑ ή άλλων περιπτώσεων με τα καλύτερα αποτελέσματα στις εδαφικές ιδιότητες και στις μεταβλητές των αυτοφυών ποωδών φυτών στην Π3. Ως προς τη συμπίεση που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της διάστρωσης του τελικού εδάφους κυρίως από ερπυστριοφόρα, θα πρέπει να γίνεται από μηχανήματα με ελαστικά και όταν τα εδάφη είναι ξηρά και όχι υγρά. Η μέτρηση βαρέων μετάλλων κρίνεται απαραίτητη στις περιπτώσεις ανάμειξης του εδάφους με τα απορρίμματα, μικρού βάθους ώστε οι ρίζες των φυτών να έρθουν σε επαφή μαζί τους, ύπαρξης ανοξικών συνθηκών ή χρήσης εδάφους με φυσιολογικά υψηλές τιμές.
- Μέτρηση της σύστασης του αέρα εδάφους ώστε στα βάθη που θα αναπτυχθεί το ριζικό σύστημα να εξασφαλίζεται αρκετό οξυγόνο όλες τις εποχές.
- Το βάθος εδάφους της τελικής αποκατάστασης για την εγκατάσταση ξυλωδών φυτών θα πρέπει να είναι τουλάχιστο 1 m για την υποστήριξη του ριζικού συστήματος, την εξασφάλιση συγκράτησης περισσότερης υγρασίας και της οξειδωσης του μεθανίου ώστε να πραγματοποιείται σε μεγαλύτερα βάθη.
- Εκτίμηση του ποσοστού του βιοαερίου που έχει εκλυθεί από τα απορρίμματα, ο ρυθμός και η συνολική παραγωγή του, παράλληλα με έλεγχο από μετρήσεις στο ΧΔΑ, ως γνώση α) της αποδοτικότερης περιόδου του βιοαερίου, στην οποία δεν προτείνεται να πραγματοποιούνται έργα τελικής αποκατάστασης και φυτοτεχνικές εργασίες με φύτευση δέντρων και θάμνων και β) της χρονικής περιόδου και του ρυθμού παραγωγής του βιοαερίου ώστε να προσδιοριστεί η έναρξη των φυτοτεχνικών εργασιών.
- Δεν προτείνονται έργα τελικής αποκατάστασης και φυτοτεχνικές εργασίες με φύτευση δέντρων και θάμνων τουλάχιστο κατά την πρώτη περίοδο των 3-5 ετών που

είναι συνήθως η αποδοτικότερη σε βιοαέριο, λόγω συχνών αστοχιών, καθιζήσεων από τη μείωση του όγκου των απορριμμάτων, βλαβών, καταστροφή φραγμών κ.λπ. όπου είναι απαραίτητες οι εργασίες επιδιόρθωσης. Στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων, οι υψηλές συγκεντρώσεις βιοαερίου που μετρήθηκαν πάνω από τους φραγμούς στεγάνωσης μαρτυρούσαν πιθανές αστοχίες ή βλάβες, με το σύστημα συλλογής βιοαερίου να εγκαταστάθηκε για τη συλλογή-εκμετάλλευσή του, την αποτροπή μετακίνησης εκτός ΧΔΑ του βιοαερίου και της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, καθώς και την αποφυγή του στο ριζικό σύστημα των φυτών ώστε να είναι επιτυχής η εγκατάστασή τους. Όμως εργασίες επιδιόρθωσης στο σύστημα συλλογής βιοαερίου (συμπεριλαμβανομένων και των φραγμών στεγάνωσης) προκαλεί σοβαρά προβλήματα όπως: συμπίεση του εδάφους από βαρέου τύπου μηχανήματα, ρύπανση του τελικού καλύμματος από τα απόβλητα του ΧΔΑ, απώλεια εδάφους και φυτών. Επομένως ακόμη και στις καλύτερες συνθήκες που υπάρχει σύστημα συλλογής βιοαερίου και στεγάνωση των απορριμμάτων (με μεγάλο οικονομικό κόστος) σε ένα ΧΔΑ, εξασφαλίζοντας έτσι υψηλό οξυγόνο στις ρίζες εγκατεστημένων δέντρων και θάμνων, οι συχνές βλάβες στη στεγάνωση κυρίως από καθιζήσεις μπορούν ανά πάσα στιγμή να διοχετεύσουν βιοαέριο στις ρίζες αυτών και να απομακρύνουν το οξυγόνο με δυσμενή αποτελέσματα. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει σύστημα συλλογής βιοαερίου ή/και φραγμών στεγάνωσης, οι υψηλές συγκεντρώσεις βιοαερίου στο έδαφος με τις ανοξικές συνθήκες που δημιουργούνται για τα φυτά, ακυρώνουν κάθε προσπάθεια επιτυχούς εγκατάστασης βλάστησης. Για αυτό είναι προτιμότερο σε όλες τις περιπτώσεις, οι φυτεύσεις από ξυλώδη είδη σε ΧΔΑ να πραγματοποιούνται όταν τα απορρίμματα έχουν αποδώσει το μεγαλύτερο ποσοστό του βιοαερίου και η συγκέντρωση οξυγόνου είναι σταθερά υψηλή όλες τις εποχές, κατόπιν ελέγχου από μετρήσεις. Στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων μόνο η Π1 είχε αυτές τις ιδιότητες καθώς είχαν περάσει 12 χρόνια από την τελευταία εναπόθεση απορριμμάτων.

- Επειδή η συνολική παραγωγή του βιοαερίου ενός ΧΔΑ διαρκεί δεκάδες χρόνια (σύμφωνα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων, των όγκων τους, την ηλικία κ.α. όπως στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων από 35-75 χρόνια) δεν θα πρέπει να ολοκληρωθεί αυτή η περίοδος για να εγκατασταθούν ξυλώδη είδη τεχνικά ή με φυσική αναγέννηση (αν συμβεί) ώστε ο χώρος να αλλάξει χρήση (πάρκο, βοτανικός κήπος, κ.λπ.) ή να επιστρέψει σε οικοσύστημα της περιοχής που πιθανό να ήταν πριν. Όμως τα πρώτα 3-5 χρόνια από την εναπόθεση των απορριμμάτων, που η παραγωγή του βιοαερίου είναι η υψηλότερη καθώς και τα επόμενα χρόνια που παρότι μειώνεται, το βιοαέριο είναι υψηλό στο έδαφος για τα φυτά, μετά την παρέλευση περίπου 10 ετών και κατόπιν ελέγχου προτείνονται τα είδη ελιά, πικροδάφνη, αγριελιά, λυγαριά και δεντρολίβανο σύμφωνα με την επιβίωση και την αύξησή τους στις Π1 και Π3. Επίσης στις θέσεις που θα φυτευτούν θα πρέπει να γίνει έλεγχος αν υπάρχουν «hot spot» μέρη του τελικού καλύμματος όπου εκπέμπεται μεθάνιο στην ατμόσφαιρα, στα οποία η επιτυχή επιβίωση και αύξηση είναι δύσκολη και θα πρέπει να αποφεύγονται.

- Η σύσταση καθυστέρησης της τελικής αποκατάστασης (interim restoration) από τυχόν διορθώσεις βλαβών και την απόδοση της μεγαλύτερης παραγωγής βιοαερίου δεν αποτρέπει όμως φυτοτεχνικές εργασίες με ποώδη φυτά. Εξασφαλίζοντας έτσι, μείωση της διάβρωσης του εδάφους και μείωση της διείσδυσης του νερού των βροχοπτώσεων στα απορρίμματα. Από τη μελέτη των αυτοφυών ποωδών στις πειραματικές περιοχές του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων προτείνονται στις αποκαταστάσεις ή πειραματικά σε τμήματα των ΧΔΑ πριν γίνει ολική εφαρμογή, για τα πρώτα έτη τα είδη των αγρωστωδών και ψυχανθών που παρουσίασαν μεγάλο αριθμό ατόμων και

υψηλή βιομάζα. Αγρωστώδη: *Aegilops neglecta*, *Aegilops* spp., *Avena sterilis*, *Bromus arvensis*, *Bromus madritensis*, *Bromus sterilis*, *Cynodon dactylon*, *Dacrydium villosum*, *Hordeum murinum*, *Lolium perenne*, *Oryzopsis miliacea* και *Phalaris paradoxa*. Ψυχανθή: *Astragalus hamosus*, *Medicago disciformis*, *Medicago polymorpha* και *Melilotus indica*.

- Ένα άλλο σημαντικό θέμα στην επιτυχή εγκατάσταση βλάστησης σε αποκατεστημένο ΧΔΑ, είναι το πρόγραμμα παρακολούθησης και συντήρησης των φυτών που πρέπει να υλοποιείται σε κάθε περίπτωση αντίστοιχων χώρων με διάρκεια τουλάχιστο 5 ετών, αν και η συνεχής είναι προτιμητέα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη

- Abichou, T. Chanton, J. Powelson, D. Fleiger, J. Escoriza, S. Lei, Y. & Stern, J. (2006), 'Methane flux and oxidation at two types of intermediate landfill covers' *Waste Management* **26**, 1305-1312.
- Abushammala, M.F.M. Basri, N.E.A. & Kadhum, A.A.H (2009) 'Review on landfill gas emission to the atmosphere' *European Journal of Scientific Research* **30 No 3**, 427-436.
- Alameda, D. & Villar, R. (2009), 'Moderate soil compaction: Implications on growth and architecture in seedlings of 17 woody plant species', *Soil & Tillage Research* **103**, 325-331.
- Alban, D.H. Perala, D.A. & Schlaegel, B.E. (1978), 'Biomass and nutrient distribution in aspen, pine, and spruce stands on the same soil type in Minnesota', *Can. J. For. Res.* **8**, 290-299.
- Alexander, A. Burklin, C. & Singleton, A. (2005), *Landfill gas emissions model (LandGEM) version 3.02 User's guide*, EPA, Washington D.C.
- Arianoutsou-Faraggitaki, M. & Margaris, N.S. (1982), 'Fryganic ecosystems in East Mediterranean and fire', *Ecologia Mediterranea* **VIII(1/2)**, 473-480.
- Arthur, J. Leone, I. & Flower, F. (1981), 'Flooding and landfill gas effects on red and Sugar Maples', *Journal of Environmental Quality* **10 No 4**, 431-433.
- Athy, E. Keiffer, C. & Stevens, M. (2006), 'Effects of mulch on seedling and soil on a closed landfill', *Restoration Ecology* **14 No 2**, 233-241.
- Atwell, B. (1993), 'Response of roots to mechanical impedance', *Environmental and Experimental Botany* **33**, 27-40.
- Barker, C. & Senior (1996), 'The effects of installing landfill gas and associated control systems upon landfill restoration planning and practice', *Waste Planning* **18**, 12-16.
- Basra, A. (ed.) (1994), *Mechanisms of plant growth and improved productivity Modern Approaches*, Marcel Dekker New York Basel Hong Kong.
- Bassett, I. Simcock, R. & Mitchell, N. (2005), 'Consequences of soil compaction for seedling establishment: Implications for natural regeneration and restoration', *Austral Ecology* **30**, 827-833.
- Bernatzky, A. (1978), *Tree ecology and preservation*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Binns, W. & Fourt, D. (1983), 'Report on forest research', Edinburgh.
- Board, J.E. (2008) 'Waterlogging effects on plant nutrient concentrations in Soybean', *Journal of Plant Nutrition*, **31**, 828-838.

- Bochet, E. Rubio, J.L. & Poesen, J. (1999), 'Modified topsoil islands within patchy mediterranean vegetation in SE Spain', *Catena* **38**, 23-44.
- Bonifacio, E. Santoni, S. Cudlin, P. & Zanini, E. (2008) 'Effect of dominant ground vegetation on soil organic matter quality in a declining mountain spruce forest of central Europe' *Boreal Environment Research* **13**, 113-120.
- Borjesson, G.I. Sundh & Svensson, B. (2004), 'Microbial oxidation of CH₄ at different temperatures in landfill cover soils', *FEMS Microbiology Ecology* **48**, 305-312.
- Bouyoucos, G.H. (1951), 'A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils', *Agronomy Journal* **43**, 434-438.
- Boynton, D. Villiers, J.D. & Reuther, W. (1938), 'Are there different critical oxygen levels for the different phases of root activity?', *Science* **88**, 569-570.
- Brandy, N.C. & Weil, R.R. (1996), *The nature and properties of soils*, 11th edn., Pentice Hall, NJ.
- Braun-Blanquet, J. (1964), *Pflanzensoziologie*, Springer Verlag, 3 Auflage Wien.
- Bremner, J.M. & Mulvaney, C.S. (1982), 'Total nitrogen', In Page, A.L. & Miller, R.H. & Keeney D.R. (eds.): *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, 2nd edn., ASA & SSSA, Madison, WI, pp. 595-615.
- Butler, A.J. Barbier, N. Cermak, J. Koller, J. Thornily, C. McEvoy, C. Nicoll, B. Perks, M.P. Grace, J. & Meir, P. (2010) 'Estimates and relationships between aboveground and belowground resource exchange surface areas in a Sitka spruce managed forest' *Tree Physiology* **30**, 705–714.
- Canadell, J. Jackson, R. Mooney, H. Sala, O. & Schulze, E. (1996), 'Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale', *Oecologia* **108**, 583-595.
- Canillas, E. & Salokhe, V. (2002), 'Modeling compaction in agricultural soils', *Journal of Terramechanics* **39**, 71-84.
- Carrington, L.P. & Diaz, A. (2011), 'An investigation into the effect of soil and vegetation on the successful creation of a hay meadow on a clay-capped landfill', *Restoration Ecology* **Vol. 19 No. 1**, 93-100.
- Chan, Y. Chu, L. & Wong, M. (1997), 'Influence of landfill factors on plants and soil fauna-an ecological perspective', *Environmental Pollution* **97 No 1 - 2**, 39-44.
- Chan, Y. Wong, M. & Whitton, B. (1998), 'Effects of landfill gas on growth and nitrogen fixation of two leguminous trees (*Acacia confula*, *Leucaena leucocephala*)', *Water, Air and Soil Pollution* **107**, 409-421.
- Chapman, S. (1976), *Methods in plant ecology*, Blackwell Science, Oxford.
- Christensen, T.H. & Kjeldsen, P. (1989), *Basic biochemical processes in landfills. Sanitary*

landfilling: process, technology and environmental impact, Eds., T.H. Christensen, R. Cossu and R. Stegmann. Academic Press, London, pp. 29-50.

Cleemput, V. & El-Sebaay, A. (1985), 'Gaseous hydrocarbons in soil', *Advances in Agronomy* **38**, 159-181.

Cooper, W. (1922), *The broad sclerophyll vegetation of California*, Vol. 319, Carnegie Inst. Wash.

Cureton, P.M. Groenvelt, P.H. & McBride, R.A. (1991), 'Landfill leachate recirculation: Effects on vegetation vigor and clay surface cover infiltration', *Journal of Environmental Quality* **20**, 17-24.

De Micco, V. & Aronne, G. (2008), 'Twig morphology and anatomy of mediterranean trees and shrubs related to drought tolerance', *Bot. Helv.* **118**, 139-148.

De Micco, V. & Aronne, G. (2009), 'Seasonal dimorphism in wood anatomy of the Mediterranean *Cistus incanus* L. subsp. *incanus*', *Trees* **23**, 981-989.

Dobson, M. & Moffat, A. (1993), 'The potential for woodland establishment on landfill sites (CWM 054/92)', Technical report, Department of the Environment, London U.K., HMSO.

Dobson, M. & Moffat, A. (1995), 'A re-evaluation of objections to tree planting on containment landfills', *Waste Management and Research* **13**, 579-600.

Dobson, M. & Moffat, A. (1999), 'Examination of tree and root performance on closed landfills in Merseyside', *Arboricultural Journal* **23**, 261-272.

Duell, R.W. Leone, I.A. & Flower, F.B. (1986), 'Effect of landfill gases on soil and vegetation', *Pollution Engineering* **18**, 38-40.

Ecoscope (2000), *Wildlife management and habitat creation on landfill site: A manual of best practice*, Ecoscope Applied Ecologists, Muker.

EPA/530/SW-89/047, U. E. P. A. (1989), 'Final covers on hazardous waste landfills and surface impoundments', Technical report, Environmental Protection Agency Report, Washington D.C. U.S.A, Washington D.C. U.S.A.

Ettala, M. (1987), 'Influence of irrigation with leachate on biomass production and evapotranspiration on sanitary landfill', *Aqua Fennica* **17**, 69-86.

Ewing, K. (2002), 'Mounding as a technique for restoration of prairie on a capped landfill in the Puget Sound lowlands', *Restoration Ecology* **10 No 2**, 289-296.

Febere, C.A. Hornbeck, J.W. Tritton, L.M. Martin, C.W. Pierce, R.S. & Smith, C.T. (1989), 'Long-term depletion of calcium and other nutrients in eastern U.S. forests' *Environmental Management* **13**, 593-601.

Fadel, M.E. Findikakis, A. & Leckie, J. (1997), 'Environmental impacts of solid waste landfilling', *Journal of Environmental Management* **50**, 1-25.

- Flower, B. Gilman, E. & Leone, I. (1981), 'Landfill gas, what it does to trees and how its injurious effects may be prevented', *Journal of Arboriculture* **7** No 2, 43-52.
- Forest, T.M. & Partnerships, R.R.F. (2000), 'Creating community woodlands on closed landfill site assessing the potential for community woodland for sites disturbed by landfilling', Technical report, English Partnerships and The Forestry Commission.
- Gee, G.W. & Bauder, J.W. (1986), '*Particle-size analysis*', In Klute, A. (ed.): *Methods of soil analysis*, 2nd Edition, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 383-411.
- Gill, W. & Miller R.D. (1956), A method of study of the influence of mechanical impedance and aeration on the growth of seedling roots, *in* 'Proceedings of the Soil Science Society of America 20', pp. 154-157.
- Gilman, E. (1980), 'Determining the adaptability of woody species, planting techniques and the critical factors for vegetating completed refuse landfill sites', PhD thesis, Rutgers University, The State University of New Jersey.
- Gilman, E.F. Leone, I.A. & Flower, F.B. (1980), 'Factors affecting tree growth on resource recovery residual landfills', Proceedings of the 1980 National Waste Processing Conference, The American Society Of Mechanical Engineers.
- Gilman, E. Leone, I. & Flower, B. (1981a), 'Vertical root distribution of american basswood in sanitary landfill soil', *Forest Science* **27** No 4, 725-729.
- Gilman, E. Leone, I. & Flower, B. (1981b), 'The adaptability of 19 woody species in vegetating a former sanitary landfill', *Forest Science* **27** No 1, 13-18.
- Gilman, E. Leone, I. & Flower, B. (1982), 'Influence of soil gas contaminants on tree root growth', *Plant and Soil* **65**, 3-10.
- Gilman, E. Leone, I. & Flower, B. (1985), 'Standardized procedures for planting vegetation on completed sanitary landfills', *Waste Management and Research* **3**, 65-80.
- Gilman, E.F., Leone, I.A. & Flower, F.B. (1987), 'Effect of soil compaction and oxygen content on vertical and horizontal root distribution', *Journal of Environmental Horticulture* **5**, 33-36.
- Gilman E.F. Leone, I. & Flower, B. (1989), 'Growth and stomatal responses of sugar maple in irrigated and non-irrigated landfill cover soil', *Landscape and Urban Planning* **17**, 215-220.
- Glinski, J. & Stepniewski, W. (1985), *Soil aeration and its role for plants*, CRC Press Boca Raton Florida.
- Godefroid, S. & Koedam, N. (2004), 'Interspecific variation in soil compaction sensitivity among forest floor species', *Biological Conservation* **119**, 207-217.
- Gordon, A.M. Leone, I.A. & Fiskin, A.J. (1989), 'Effect of landfill leachate irrigation on red maple (*Acer rubrum* L.) and sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) seedling growth and on foliar nutrient concentrations', *Environmental Pollution* **56**, 327-336.

- Gottlicher, S.G. Taylor, A.F.S. Grip, H. Betson, N.R. Valinger, E. Hogberg, M.N. & Hogberg, P. (2008) 'The lateral spread of tree root systems in boreal forests: Estimates based on ¹⁵N uptake and distribution of sporocarps of ectomycorrhizal fungi' *Forest Ecology and Management* **255**, 75–81.
- Graber, J. (1999), 'A guide to the revegetation and environmental restoration of closed landfills', Technical report, California Integrated Waste Management Board.
- Graves, W.R., Joly, R.J. & Dana, M.N. (1991), 'Water use and growth of honeylocust and tree of heaven at high root-zone temperature', *Hortscience* **26**, 1309-1312.
- Greacen, E. & Sands, R. (1980), 'Compaction of forest soils - a review', *Australian Journal of Soil Research* **8**, 163-189.
- Grefe, R. Huebner, P. & Gordon, M. (29-30 September 1987), 'Multi-layered cover design and application to Wisconsin landfills' 'Tenth Annual Madison Waste, Madison U.S.A.', University of Wisconsin.
- Hakansson, I. Van Ouwerkerk, C. & Soane, B. (1995), 'Conclusions of the ISTRO workshop on "The effects of soil compaction on physical chemical and biological factors in the environment" 25 August 1993 Melitopol Ukraine', *Soil and Tillage Research* **35**, 111-113.
- Halvadakis, C. (1983), 'Methanogenesis in solid waste landfill bioreactors', PhD thesis, Dpt of Civil Engineering, Stanford University.
- Hamza, M. & Anderson, W. (2005), 'Soil compaction in cropping systems a review of the nature causes and possible solutions', *Soil and Tillage Research* **82**, 121-145.
- Handel, S. Robinson, G. Parsons, W. & Mattei, J. (1997), 'Restoration of woody plants to capped landfills: Root dynamics in an engineered soil', *Restoration Ecology* **5 No 1**, 178-186.
- Harris, J. Birch, P. & Palmer, J. (1996), *Land Restoration and Reclamation Principles and Practice*, Addison Wesley Longman.
- Hartemink, A.E. Buresh, R.J. Jama, B. & Jansen B.H. (1996), 'Soil nitrate and water dynamics in Sesbenia weed fallows and maize', *Soil Sci. Soc. Am. J.* **60**, 568-574.
- Hausenbuiller, R.L. (1985), 'Soil science, principles & practices', *Nutrient relationships in soils and plants*, pp. 347-388.
- Heilman, P. (1981), 'Root penetration of Douglas-fir seedlings into compacted soil', *Forest Science* **27**, 660-666.
- Hellmers, H. Horton, J. & O'Keefe, G.J.J. (1955), 'Root system of some plants in Southern California 36', *Ecology* **36**, 667-678.
- Hernandez, A. Alcazar, M.A. & Pastor, J. (1998), 'Some impacts of urban waste landfills on mediterranean soils', *Land Degradation and Development* **9**, 21-33.

- Hernandez, A.J. Adarve, M.J. Gil, A. & Pastor, J. (1999), 'Soil salination from landfill leachates: Effects on the macronutrient content and plant growth of four grassland species', *Chemosphere* **38**, 1693-1711.
- Hilger, H. Wollum, A. & Barlaz, M. (2000), 'Landfill methane oxidation response to vegetation fertilization and liming', *Waste Management* **29**, 324-334.
- Hogan, K.B. Hoffman, J.S. & Thompson, A.M. (1991), 'Methane on the greenhouse agenda', *Nature* **354**, 181-182.
- Horton, J. & Newsom, D. (1953), 'A rapid gas evolution method for calcium carbonate equivalent in liming materials', *Soil Science Society of America Proceedings* **17**, 414-415.
- Hughes G. Varner, J. & Blankenship, L. (1987), 'Estimating shrub production from plant dimensions', *Range Management* **40**, 367-369.
- Hutchings, T. Moffat, A. & Kemp, R. (2001), 'Effects of rooting and tree growth of selected woodland species on cap integrity in a mineral capped landfill site', *Waste Management and Research* **19**, 194-200.
- Ihaka, R. & Gentleman, R. (1996), 'R: A language for data analysis and graphics', *Journal of Computational and Graphical Statistics* **5**(3), 299-314.
- Insley, H. & Carnell, R. (1982), 'The influence of depth and type of cover material on tree establishment on a domestic refuse landfill site', *Reclamation and Revegetation Research* **1**, 225-232.
- Ireland, E.M. (1991), 'Factors influencing the establishment of floristically rich grasslands on a restored landfill site', PhD thesis, Department of Biology University of Essex.
- James, R.O. & Barrow, N.J. (1981), *Copper in soils and plants*, Academic Press, 47-68.
- Jim, C.Y. (1998), 'Soil characteristics and management in an urban park in Hong Kong', *Environmental Management* **22**, 683-695.
- Johnson, C.W. & Gordon, N.D. (1988), 'Runoff and erosion from rainfall simulator plots on sagebrush rangeland', *Transactions of the American Society of Agriculture Engineers* **31**, 421-427.
- Kabata-Pendias, A. (2001), *Trace elements in soils and plants*, 3rd Edition, CRC Press, NY.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. (1986), *Trace elements in soils and plants*, CRC Press, Boca Raton.
- Kaur, R. Buckley, B. Park, S.S. Kim, Y.K. & Cooper, K.R. (1996), 'Toxicity test of Nanjido island landfill (Seoul Korea) leachate using japanese medaka (*Oryzias latipes*) embryo larval assay', *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **57**, 84-90.
- Kayhanian, (1995), 'Biodegradability of the organic fraction of municipal solid waste in a high-solids anaerobic digester', *Waste Management and Research* **13**, 123-126.

- Kent, M. & Coker, P. (1992), *Vegetation description and analysis: A practical approach*, John Wiley and Sons.
- Kim, K. (2002), 'Plant invasion and management in turf - dominated waste landfills in South Korea', *Land Degradation and Development* **13**, 257-267.
- Kim, K.D. & Lee, E.J. (2005), 'Potential tree species for use in the restoration of unsanitary landfills', *Environmental Management* **36 No 1**, 1-14.
- Kim, K.D. Lee, E.J. & Cho, K.H. (2004), 'The plant community of Nanjido, a representative nonsanitary landfill in South Korea: Implications for restoration alternatives', *Water Air and Soil Pollution* **00**, 1-19.
- King, L.D. (1988), 'Retention of metals by several soils of the southeastern United States', *Journal of Environmental Quality* **17**, 239-246.
- Kjeldsen P., Dalager, A. & Broholm, K. (1997), 'Attenuation of methane and nonmethane organic compounds in landfill gas affected soils', *Air and Waste Manage. Assoc.* **47**, 1268-1275.
- Koerner, R. & Daniel, D. (1997), *Final covers for solid waste landfills and abandoned dumps*, American Society of Civil Engineers.
- Kostopoulou, P. Karagiannidis, A. Rakimbei, P. & Tsiouvaras, K. (2010), 'Simulating the water balance in an old non-engineered landfill for optimizing plant cover establishment in an arid environment', *Desalination* **250**, 373-377.
- Kozłowski, T. (1999), 'Soil compaction and growth of woody plants', *Scandinavian Journal of Forest Research* **14**, 596-619.
- Kristoffersen, A. & Riley, H. (2005), 'Effects of soil compaction and moisture regime on the root and shoot growth and phosphorus uptake of barley plants growing on soil with varying phosphorus status', *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **72**, 135-146.
- Kroon, H. & Visser, E.J.W. (eds.) (2003), *Root ecology*, Vol. 168, Springer Berlin Heidelberg New York Hong Kong London Milan Paris Tokyo.
- Kuht, J. & Reintam, E. (2004), 'Soil compaction effect on soil physical properties and the content of nutrients in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.)', *Agronomy Research* **2**, 187-194.
- Kummerow, J. (1977), 'Structure of roots and systems', In F. di Castri et al. (ed.): *Mediterranean-Type Shrublands*, Elsevier Scientific, Amsterdam, pp. 269-288.
- Kummerow, J. (1981), The relation between root and shoot systems in chaparral shrubs, in 'Proceedings of the Symposium on Dynamics and Management of Mediterranean-Type Ecosystems, June 22-26 San Diego California', pp. 142-147.
- Labanauskas, C.K. Stolgy, L.H. Zentmyer, G.H. & Szuszkiewicz, I.E. (1968), 'Influence of soil

O₂ and soil water on the accumulation of nutrients in avocado seedlings', *Plant and Soil* **29**, 391-406.

Leone, I. Flower, B. Gilman, E. & Arthur, J. (1979), 'Adapting woody species and planting techniques to landfill conditions: Field and laboratory investigations', Technical report, U.S. EPA Report 600/2-79-128.

Leyshon, A.J. & Sheard, R.W. (1974), 'Influence of short-term flooding on the growth and plant nutrient composition of barley', *Can. J. Soil. Sci.* **54**, 463-473.

Liang, J. Zhang, J. Chan, G. & Wong, M. (1999), 'Can differences in root responses to soil drying and compaction explain differences in performance of trees growing on landfill sites?', *Tree Physiology* **19**, 619-624.

Lindsay, W.L. (1972), 'Zinc in soils and plant nutrition', *Adv. Agron.* **24**, 147.

Lindsay, W. & Norvell, W. (1978), 'Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper', *Journal of the Soil Science Society of America* **42**, 421-428.

Lou, X.F. & Nair, J. (2009) 'The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions - A review' *Bioresource Technology* **100**, 3792-3798.

Mace, J.E. Graham, R.C. & Amrhein, C. (1997), 'Anthropogenic lead distribution in rodent-affected and undisturbed soils in Southern California', *Soil Sci.* **162**, 46-50.

Marchiol, L. Cesco, R. Pinton, R. & Zerbi, G. (2000), 'Germination and initial root growth of four legumes as affected by landfill biogas atmosphere', *Restoration Ecology* **8**, 93-98.

Marchiol, L. Mori, A. Leita, L. & Zerbi, G. (1999), 'Gas exchanges in soybean as affected by landfill biogas atmosphere', *Plant and Environment Interactions* **28**, 289-293.

Margaris, N. (1977), 'Water relations in plants dominating phryganic ecosystems', *Biol. Plantarum (Praha)* **19**, 442-447.

Margaris, N. (1981), 'Adaptive strategies in plants dominating Mediterranean-type ecosystems', In F. di Castri et al. (ed.): *Mediterranean-Type Shrublands*, Elsevier Scientific, Amsterdam, pp. 309-315.

Margaris, N. Haidouti, C. Mastrogiannis, A. Cainadas, E. Theodorakis, M. Galogiannis, K. & Doikos, P. (3 - 6 September 2001a), 'Examination of the soil parameters affecting vegetation growth in the Ano Liossia waste disposal site' '7o International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis Syros Island Greece', University of the Aegean Departement of Environmental Studies, 605-611.

Margaris, N. Mastrogiannis, A. Cainadas, E. Galogiannis, K. Theodorakakis, M. Doikos, P. & Haidouti, K. (19 - 21 September 2001b), 'Soil parameters affecting vegetation in the Ano Liossia waste disposal site', in P.Z. Agioutantis, ed., 'International Workshop New Frontiers in Reclamation: Facts and Procedures in Extractive Industry Milos Island Greece', Milos Conference Center-George Eliopoulos, 191-196.

- Maurice, C. Ettala, M. & Lagerkvist, A. (1999), 'Effects of leachate irrigation on landfill vegetation and subsequent methane emissions', *Water Air and Soil Pollution* **113**, 203-216.
- McLean, E.O. (1982), 'Soil pH and lime requirement', In A.L. Page et al. (ed.): *Methods of soil analysis*, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 199-224.
- Mengel, K. & Kirkby, E. (1979), '*Principles of plant nutrition*', 3rd ed., International Potesh Institute, Bern, Switzerland, pp 295-318.
- Merz, R.C. & Stone, R. (1970), *Special studies of a sanitary landfill*, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Washington, D.C.
- Mitra, A. Bhattacharyya, P. Chakrabarti, K. Chattopadhyay, D. & Chakraborty, A. (2003), 'Physico-chemical properties heavy metals and their relations in cultivated landfill soils dumped with municipal solid wastes', *Archives of Agronomy and Soil Science* **49**, 163-170.
- Moffat, A. & Houston, T. (1991), 'Tree establishment and growth at Pitsea landfill site, Essex, U.K.', *Waste Management and Research* **9**, 35-46.
- Moffat, A.J. & Laing, J. (2003), 'An audit of woodland and performance on reclaimed land in England' *Arbor. J.* **27**, 11-25.
- Nelson, D.W. & Sommers, L.E. (1982), '*Total carbon, organic carbon and organic matter*', In Page A.L. & Miller R.H. & Keeney D.R. (eds.): *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 539-547.
- Newsom, D.W. (1953), 'A rapid gas evolution method for calcium carbonate equivalent in liming materials', *Soil Science Society of America Proceedings* **17**, 414-415.
- Novel, W.A. (1991), '*Micronutrients in agriculture*', In Page Mordvedt, J.J. Giordano, P. & Lindsay W.L. (eds.), Madison WI, Soil Science Society of America.
- Nozhevnikova, A. Lifshitz, A. Lebedev, V. & Zavarzin, G. (1993), 'Emission of methane into the atmosphere from landfills in the former USSR', *Chemosphere* **26 No 1-4**, 401-417.
- Olsen, S.R. & Sommers, L.E. (1982), '*Phosphorus*', In Page A.L. & Miller R.H. & Keeney D.R. (eds.): *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 403-440.
- Orshan, G. (ed.) (1989), *Plant pheno-morphological studies in mediterranean type ecosystems*, Kluwer Academic Dordrecht Boston London.
- Page, A.L. Miller, R.H. & Keeney, D.R. eds. (1982), '*Methods of soil analysis*', Part 2, Chemical and microbiological properties, 2nd Ed., Agronomy 9. Madison, Wis.: American Society of Agronomy, p. 1159.
- Parsons, W. Ehrenfeld, J. & Handel, S. (1998), 'Vertical growth and mycorrhizal infection of woody plant roots as potential limits to the restoration of woodlands on landfills', *Restoration Ecology* **6**, 280-289.

- Pastor, J. Urcelay, A. Oliver, S. & Hernández, A.J. (1994), 'Impact of municipal wastes on mediterranean dry environments', *Geomicrobiology Journal* **11**, 247-260.
- Pastor, J. & Hernández, A.J. (2001), 'Difficulties encountered in the phytoremediation of uncontrolled landfills in the Madrid area', *Ecole Polytechnique Federale de Lausanne*, Cost Action 837.
- Peet, R.K. (1974), 'The measurement of species diversity', *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **5**, 285-307.
- Perez, F.L. (1995), 'Plant-induced spatial patterns of surface soil properties near caules cent Andean rosettes'. *Geoderma* **68**, 101-121.
- Raper, R. (2005), 'Agricultural traffic impacts on soil', *Journal of Terramechanics* **42**, 259-280.
- Rawlinson, H. Dickinson, N. Nolan, P. & Putwain, P. (2004), 'Woodland establishment on closed old-style landfill sites in N.W. England', *Forest Ecology and Management* **202**, 265-280.
- Rebele, F. & Lehmann, C. (2002), 'Restoration of a landfill site in Berlin Germany by spontaneous and directed succession', *Restoration Ecology* **10 No 2**, 340-347.
- Remon, E. Bouchardon, J. Cornier, B. Guy, B. Leclerc, J. & Faure, O. (2005), 'Soil characteristics, heavy metal availability and vegetation recovery at a former metallurgical landfill: Implications in risk assessment and site restoration', *Environmental Pollution* **137**, 316-323.
- Rhoades, J.D. (1982a), '*Soluble salts*', In Page A.L. & Miller R.H. & Keeney D.R. (eds.): *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, ASA SSSA, Madison, WI, pp. 167-179.
- Rhoades, J.D. (1982b), '*Cation exchange capacity*', In Page A.L. & Miller R.H. & Keeney D.R. (eds.): *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 149-157.
- Richards, D. & Cockroft, B. (1974), 'Soil physical properties and root concentrations in an irrigated apple orchard', *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* **14**, 103-107.
- Robinson, G. & Handel, S. (1995), 'Woody plant roots fail to penetrate a clay-lined landfill: Management implications', *Environmental Management* **19 No 1**, 57-64.
- Robinson, G. & Handel, S. (2000), 'Directing spatial patterns of recruitment during an experimental urban woodland reclamation', *Ecological Applications* **10 No 1**, 174-188.
- Robinson, G. Handel, S. & Schmalhofer, V. (1992), 'Survival reproduction and recruitment of woody plants after 14 years on a reforested landfill', *Environmental Management* **16 No 2**, 265-271.
- Robinson, H.D. (1991), 'Characterization and treatment of leachates from Hong Kong landfill sites', *Journal of the Institution of Water and Environmental Management* **5**, 326-335.

- Robinson, T.P. Metternicht, G.I. (2005), 'Comparing the performance of techniques to improve the quality of yield maps', *Agricultural System* **85**, 19-41.
- Rogers, J. (1972), 'A study of the vegetation on three sanitary landfills in kalamazoo county', Master's thesis, Western Michigan University Kalamazoo Michigan.
- Rowell, D.L. (1981), '*Oxidation and reduction*', In Greenland, D.J., Hayes, M.H.B. (eds.): *The Chemistry of Soil Processes*, John Wiley and Sons, UK, pp. 410-461.
- Ruark, G.A, Mader, D.L. & Tattar, T.A. (1982), 'The influence of soil compaction and aeration on the root growth and vigor of trees-a literature review', Part I. *Arboricultural Journal* **7**, 39-51.
- Russell, R. (1997), *Plant roots systems - their function and interaction with the soil*, McGraw-Hill Book Co, London U.K., London U.K.
- Ryel, R.J. Leffler, A.J. Ivans, C. Peek, M.S. & Caldwell, M.M. (2010), 'Functional differences in water-use patterns of contrasting life forms in great basin steppelands', *Soil Science Society of America* **9**, 548-560.
- Saarela, J. (2003), 'Pilot investigations of surface parts of three closed landfills and factors affecting them', *Environmental Monitoring and Assessment* **84**, 183-192.
- Sairam, R.K. Kumutha, D. Ezhilmathi, K. Deshmukh, P.S. & Srivastava, G.C. (2008) 'Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants' *Biologia Plantarum* **52** (3), 401-412.
- Savill, P. (1976), 'The effects of drainage and sloughing of surface water gleys on rooting and wind throw of Sitka spruce in Northern Ireland', *Forestry* **49**, 133-141.
- Schumacher, M. (1983), *Landfill methane recovery*, Noyes Data Corporation, New Jersey, New Jersey.
- Senior, E. (1990), *Microbiology of landfill sites*, CRC.
- Shoulders, E. & Ralston C.W. (1975), 'Temperature, root aeration and light influence slash pine nutrient uptake rate', *Forest Sci.* **21**, 401-410.
- Simmons, E. (1992), 'Restoration of landfill sites for wildlife', *Waste Planning* **3**, 3-7.
- Simmons, E. (1997), 'Improving standards of landfill restoration', *Land Contamination and Reclamation* **5 No 1**, 63-67.
- Simmons, E. (1999), 'Restoration of landfill sites for ecological diversity', *Waste Management and Research* **17**, 511-519.
- Skeffington, R.A. (1983), *Soil properties under three species of tree in Southern England in relation to acid deposition in through fall*, Eds., B. Ulrich and J. Pankrath, *Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystems*, D. Reidel Dordrecht Netherlands pp. 219-231.

- Skinner, A.K. Lunt, I.D. Spooner, P. & McIntyre, S. (2009), 'The effect of soil compaction on germination and early growth of *Eucalyptus albens* and an exotic annual grass', *Austral Ecology* **34**, 698-704.
- Smith, K. Colls, J. & Steven, M. (2005), 'A facility to investigate effects of elevated soil gas concentration on vegetation', *Water Air and Soil Pollution* **161**, 75-96.
- Sojka, R. & Stolzy, L. (1980), 'Soil oxygen effects on stomatal response', *Soil Science* **130**, 350-358.
- Specht, R. (ed.) (1988), *Mediterranean-type ecosystems A data source book*, Kluwer Academic Publishers Dordrecht Boston London.
- Spreull, W. & Cullum, S. (1987), 'Landfill gas venting for agricultural restoration', *Waste Management and Research* **5**, 1-12.
- Stalter, R. (1984), 'Plant communities on four landfill sites, New York City, New York, in 'Proceedings of the Annual Meetings, Northeastern Weed Science Society 38', pp. 64-71.
- Stern, J. Chanton, J. Abichou, T. Powelson, D. Yuan, L. Escoriza, S. & Bogner, J. (2007) 'Use of a biologically active cover to reduce landfill methane emissions and enhance methane oxidation' *Waste Management* **27**, 1248-1258.
- Stirrat, B. & Associates (1994), 'Guide to vegetative covers for California landfills', Technical report, California Integrated Waste Management Board Sacramento.
- Stone, E. & Kalisz, P. (1991), 'On the maximum extent of tree roots', *Forest Ecology and Management* **46**, 59-102.
- Stonell, K. (25 June 1986), Design parameters for containment sites, in 'Landfill Water Management Symposium Proceedings, Harwell Laboratory U.K', pp. 30-38.
- Symstad, A.J. Tilman, D. Willson, J. & Knops, J.M.H. (1998), 'Species loss and ecosystem functioning: effects of species identity and community composition', *Oikos* **81**, 389-397.
- Taylor, H. & Brar, G. (1991), 'Effect of soil compaction on root development', *Soil and Tillage Research* **19**, 111-119.
- Taylor, H. & Ratliff, L. (1969), 'Root growth pressures of cotton, peas and peanuts', *Agronomy* **61**, 398-402.
- Tchobanoglous, G. Theisen, H. & Vigil, S. (1993), *Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues*, McGraw-Hill.
- Tenhunen, J. Catarino, F. Lange, O. & Oechel, W. (eds.) (1987), *Plant response to stress - Functional analysis in mediterranean ecosystems*, Vol. 15, Springer-Verlang Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo.
- Theodorou, C. Cameron, J. & Bowen, G. (1991), 'Growth of roots of different *Pinus radiata*

genotypes in soil at different strength and aeration', *Australian Forestry* **54**, 52-59.

Thomas, G.W. (1982), 'Exchangeable cations', In Page A.L. & Miller R.H. & Keeney D.R. (eds.): *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, ASA SSSA, Madison, WI, pp. 159-165.

Thomas, J. & Brown, K. (1992), 'Depth variation in hydraulic conductivity within a single lift of compacted clay', *Water, Air and Soil Pollution* **65**, 371-380.

Tisdale, S.L. Nelson, W.L. Beaton, J.D & Halvin, J.L. (1993), *Soil fertility and fertilizers*, fifth edition, Prentice Hall.

Tosh, J. Senior, E. Smith, J. & Watson-Craik, I. (1994), 'Landfill site restoration: The inimical challenges of ethylene and methane', *Environmental Pollution* **83**, 335-340.

Trotter, D. & Cooke, J. (2005), 'Influence of landfill gas on the microdistribution of grass establishment through natural colonization', *Environmental Management* **35 No 3**, 303-310.

Tutin, T.G. et al. (1964-1980), *Flora Europaea I-V*, Cambridge University Press, London.

Tuttle, C. Golden, M. & Meldahl, R. (1988), 'Soil compaction effects on *Pinus taeda* establishment from seed and early growth', *Canadian Journal of Forest Research* **18**, 628-632.

Ulery, A.L., Graham, R.C., Chadwick, O.A. & Wood, H.B. (1995), 'Decade-scale changes of soil, carbon, nitrogen and exchangeable cations under chaparral and pine', *Geoderma* **65**, 121-134.

USEPA (1999) '*Municipal solid waste landfills, Vol. 1: Summary of the requirements for the new source performance standards and emission guidelines for municipal solid waste management*', EPA-453R/96-004.

Viets, F. & Lindsay, W. (1983), '*Testing soils for zinc, copper, manganese and iron*', In Page L. Walsh (ed.): *Soil Testing and Plant Analysis*, Soil Science Society of Amer. Inc., Madison, Wisconsin, pp. 153-170.

Virginia, A.R. (1986) 'Soil development under legume tree canopies', *For. Ecol. Mang.* **16**, 69-79.

Waisel, Y. Eshel, A. & Kafkafi, U. (eds.) (1996), *Plant roots the hidden half*, Marcel Dekker New York Basel Hong Kong.

Warren, R.J. (1972), *A study of the vegetation on three sanitary landfills in Kalamazoo country*, M.A. Biology, Western Michigan University.

Watson, G.W. & Kelsey, P. (2006), 'The impact of soil compaction on soil aeration and fine root density of *Quercus palustris*', *Urban Forestry & Urban Greening* **4**, 69-74.

Wazel, A.J., Razot, L. & Herbring, C. (2000), 'Influence of shrubs on soil characteristics and their function in sahelian agro ecosystems in semiarid', *Journal of Arid Enviroments* **44**, 383-398.

Webster, R. Oliver, M.A. (2001), 'Geostatistics for environmental scientists', John Wiley and Sons, Brisbane, Australia.

Whalen, S.C. Reeburg, W.S. Sanbeck, K.A. (1990), 'Rapid methane oxidation in a landfill cover', *Applied and Environmental Microbiology* **56** (3), 405-411.

Whalley, W. Dumitru, E. & Dexter, A. (1995), 'Biological effects of soil compaction', *Soil and Tillage Research* **35**, 53-68.

Wiegleb, G. Felinks, B. (2001) 'Primary succession in post-mining landscapes of Lower Lusatia - chance or necessity', *Ecological Engineering* **17**, 199-217.

Wild, A. (1988), 'Russell's soil conditions & plant growth. Potassium, sodium, calcium, magnesium, sulphur, silicon', pp. 743-780.

Wild, A. (1993), *Soils and the environment*, Soil acidification, pp. 170.

Willoughby, I. Stokes, V. Poole, J. White J.E.J & Hodge, S.J (2007), 'The potential of 44 native and non-native tree species for woodland creation on a range of contrasting sites in lowland Britain', *Forestry* **10**.

Wilson, G. (1991), 'Post closure problems on landfill sites', Paper Presented at NAWDC Training Course: Practical Landfill Restoration and Aftercare of Landfill Sites, Crest Hotel, Welwyn Garden City.

Wright, A.N. Warren, S.L. & Blazich, F.A. (2007) 'Effect of root-zone temperature on survival, growth, and root morphology of *Kalmia latifolia* and *Ilex crenata* 'compacta'', *J. Environ. Hort.* **25**, 73-77.

Xiaoli, Ch. Ziyang, L. Shimaoka, T. Nakayama, H. Ying, Z. Xiaoyan, C. Komiya, T. Ishizaki, T. & Youcai, Z. (2010), 'Characteristics of environmental factors and their effects on CH₄ and CO₂ emissions from a closed landfill: An ecological case study of Shanghai', *Waste Management* **30**, 446-451.

Zairi, M.M., Ferchichi Ismail, A. Jenayeh, M. & Hammami, H. (2004), 'Rehabilitation of E1 Yahoudia dumping site Tunisia', *Waste Management* **24**, 1023-1034.

Zhang, J. Liang, J. & Wong, M. (1995), 'The effect of high CO₂ and low O₂ concentration in simulated landfill gas on the growth and nodule activity of *Leucaena leucocephala*', *Plant Cell Physiol* **36** No 8, 1431-1438.

Ελληνική

Αθανασιάδης, Ν.Η. (1982), *Δασική φυτοκοινωνιολογία*, Εκδόσεις: Ζήτη Θεσσαλονίκη.

Αλεξιάδης, Κ. (1967), *Φυσική και χημική ανάλυσις του εδάφους*, Θεσσαλονίκη.

Αλιφραγκής, Δ.Α. & Παπαμίχος, Ν.Θ. (1994), *Γονιμότητα δασικών εδαφών - Δασικές*

λιπάνσεις, Εκδόσεις: Δεδούση Θεσσαλονίκη.

Αλιφραγκής, Δ. Παπαϊωάννου, Α. & Τσιόντης, Α. (1996), 'Μεταβλητότητα των ιδιοτήτων σε δασικά εδάφη κάτω από την επίδραση της βλάστησης', 6^ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο, Τόμος Α, σελ. 345-355, Ναύπλιο.

Γιάσογλου, Ν.Ι. (1994α), *Μαθήματα γεωργικής χημείας (Εδαφολογία) I - Περιγραφή του εδαφικού συστήματος*, Αθήνα.

Γιάσογλου, Ν.Ι. (1994β), *Μαθήματα γεωργικής χημείας (Εδαφολογία) II - Δυναμική και γονιμότης του εδαφικού συστήματος*, Αθήνα.

Γκαλογιάννης, Κ. Χαϊντούτη, Κ. Μάργαρης, Ν.Σ. Καλύβας, Γ. & Γασπαράτος, Δ. (2008), 'Χρονική μεταβολή των εδαφικών ιδιοτήτων του τελικού εδαφικού καλύμματος του χώρου διάθεσης απορριμμάτων Άνω Λιοσίων' 3^ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας, 14-17 Μαρτίου 2008 HELEXPO Θεσσαλονίκη.

Γουλιάμου, Α. (2005), 'Μελέτη διαδοχής της βλάστησης ποωδών φυτικών ειδών στο χώρο διάθεσης απορριμμάτων Άνω Λιοσίων', Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου Σχολή Περιβάλλοντος Τμήμα Περιβάλλοντος.

Δημητρακόπουλος, Π.Γ. (2001), 'Η αλληλεπίδραση φωτιάς και ποικιλότητας στη λειτουργία των οικοσυστημάτων: Έλεγχος της υπόθεσης της εξασφάλισης σε μεσογειακού τύπου πειραματικές χορτολιβαδικές κοινότητες', Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Περιβάλλοντος Εργαστήριο Διαχείρισης Βιοποικιλότητας.

Θεοδωρακάκης, Μ. & Λαλούση, Α. (1990), 'Εργασία μαθήματος: Επιλογές φυσικής αποκατάστασης και περίφραξης χώρων υγειονομικής ταφής στην Ελλάδα', Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Περιβάλλοντος.

Καββαδάς, Μ. (2000), 'Σημειώσεις μαθήματος: Στοιχεία περιβαλλοντικής γεωτεχνικής', Ε.Μ. Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Καλύβας, Γ.Σ. (2006), 'Χρονική μεταβολή των εδαφικών ιδιοτήτων στο τελικό εδαφικό κάλυμμα αποκατάστασης του χώρου διάθεσης απορριμμάτων Άνω Λιοσίων', Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας.

Καρακόλη, Χ. Μπαλαφούτας, Γ. & Μεσοχωρίτης, Ο. (1996), Τελική αποκατάσταση τελειωμένων πρανών χώρου διάθεσης απορριμμάτων Άνω Λιοσίων - Οριστική μελέτη - Τεύχος ΠΡ - Πράσινο και αρδευτικό δίκτυο', Τεχνική Έκθεση, Νομαρχία Αθηνών Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής.

Καραμπουρνιώτης, Γ.Α. (2003), *Φυσιολογία καταπονήσεως των φυτών*, Εκδόσεις Έμβρυο Αθήνα.

Κουτελίδα, Αικ. (2010), 'Ανάλυση και εκτίμηση θερμοκρασιών εδάφους', Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Γενικού Τμήματος Γεωλογικό και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον για το Σχεδιασμό Έργων Υποδομής.

Κουτσίδου, Ε.Ι. (1995), 'Φυσική αναγέννηση υποβαθμισμένων μεσογειακών οικοσυστημάτων ως αποτέλεσμα αποκλεισμού της βοσκητικής πίεσης - Η περίπτωση της Χίου', Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Περιβάλλοντος Τομέας Διαχείρισης Οικοσυστημάτων.

Λυγκώνης, Μ.Φ. (2002), 'Μελέτη του εδαφικού - γεωλογικού υλικού και επιλογή των κατάλληλων μορφών βλάστησης για την εγκατάσταση και αναβάθμιση χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων στη χωματερή Άνω Λιοσίων', Πτυχιακή Εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας.

Μάργαρης, Ν.Σ. (1976), 'Δομή και διανομή ενός φρυγανικού οικοσυστήματος', Διδακτορική Διατριβή, Εργαστήριο Γενικής Βοτανικής Πανεπιστημίου Αθηνών Φυσικομαθηματική Σχολή Αθήνα.

Μάργαρης, Ν.Σ. (1986), 'Εισαγωγή στην οικολογία', ΑΠΘ Τμήμα Βιολογίας Τομέας Οικολογίας, Θεσσαλονίκη.

Μάργαρης, Ν.Σ. Γκαλογιάννης, Κ. Γιούργα, Χ. Λούμου, Α. (1999), 'Πιλοτικό πρόγραμμα αναβάθμισης αστοιβεώνων με επαναφορά θυμαριού και άλλων μελισσοκομικών φυτών. Η περίπτωση της Λήμνου', Τελική Έκθεση, Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Περιβάλλοντος / Μελισσοκομική Εταιρεία «ΑΤΤΙΚΗ».

Μάργαρης, Ν.Σ. Καϊναδάς, Η. Θεοδωρακάκης, Μ. Μαστρογιάννης, Α. Γκαλογιάννης, Κ. Μπαλής, Μ. Χριστοδουλάκης, Ν. Παππάς, Β. & Φραντζής, Ι. (1997), 'Αποκατάσταση και αναβάθμιση χώρων διάθεσης και υγειονομικής ταφής απορριμμάτων με την επιλογή κατάλληλων μορφών βλάστησης και φυτευτικού υλικού', Έκθεση Α΄ Φάσης, Τμήμα Περιβάλλοντος Πανεπιστήμιο Αιγαίου / ΥΠΕΧΩΔΕ, Διεύθυνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Τμήμα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων.

Μάργαρης, Ν.Σ. Καϊναδάς, Η. Θεοδωρακάκης, Μ. Μαστρογιάννης, Α. Γκαλογιάννης, Κ. & Δόικος, Π. (1998), 'Αποκατάσταση και αναβάθμιση χώρων διάθεσης και υγειονομικής ταφής απορριμμάτων με την επιλογή κατάλληλων μορφών βλάστησης και φυτευτικού υλικού', Έκθεση Β΄ Φάσης, Τμήμα Περιβάλλοντος Πανεπιστήμιο Αιγαίου / ΥΠΕΧΩΔΕ, Διεύθυνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Τμήμα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων.

Μάργαρης, Ν.Σ. Καϊναδάς, Η. Θεοδωρακάκης, Μ. Μαστρογιάννης, Α. Γκαλογιάννης, Κ. & Δόικος, Π., (2001), 'Αποκατάσταση και αναβάθμιση χώρων διάθεσης και υγειονομικής ταφής απορριμμάτων με την επιλογή κατάλληλων μορφών βλάστησης και φυτευτικού υλικού', Έκθεση Γ΄ Φάσης, Τμήμα Περιβάλλοντος Πανεπιστήμιο Αιγαίου / ΥΠΕΧΩΔΕ, Διεύθυνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Τμήμα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων.

Μέρτζιου, Ε. Τρούμπης, Α. & Χαλβαδάκης, Κ. (1989), 'Μεθοδολογία ανάπτυξης συστημάτων αποκατάστασης χώρων ανεξέλεγκτης ρίψης στερεών απορριμμάτων', Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας Μυτιλήνη, Τόμος Α΄, Εκδότης Θ.Δ. Λέκκας, 557-571.

Μήτσιος, Ι.Κ. (2004), *Γονιμότητα εδαφών - Θρεπτικά στοιχεία φυτών (μακροθρεπτικά, μικροθρεπτικά) και Βαρέα μέταλλα - Μέθοδοι και εφαρμογές*, Εκδόσεις: Zymel Αθήνα.

- Μισοπολινός, Ν.Δ. (1991), *Προβληματικά εδάφη - Μελέτη πρόληψη βελτίωση*, Εκδόσεις: Γιαχούδη Θεσσαλονίκη.
- Μιχελάκης, Ν.Γ. (1986), 'Συμπεριφορά της Ελιάς σε Διάφορες Συνθήκες Άρδευσης', Διδακτορική Διατριβή, Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών Τμήμα Ζωικής Παραγωγής.
- Μουστάκας, Ν. (2006), *Γενική εδαφολογία*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μπαλαφούτας, Γ. & Μεσοχωρίτης, Ο. (1996), 'Τελική αποκατάσταση τελειωμένων πρανών χώρου διάθεσης απορριμμάτων Άνω Λιοσίων - Οριστική μελέτη - Τεύχος ΒΑ - Συλλογή και άντληση βιοαερίου', Τεχνική Έκθεση, Νομαρχία Αθηνών Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής.
- Μπαλαφούτας, Γ. & Μεσοχωρίτης, Ο. (1997), 'Τελική αποκατάσταση τελειωμένων πρανών χώρου διάθεσης απορριμμάτων Άνω Λιοσίων - Οριστική Μελέτη - Τεύχος ΣΡ - Διαχείριση στραγγισμάτων', Τεχνική Έκθεση, Νομαρχία Αθηνών Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής.
- Μποσδογιάννη, Α.Δ. (1997), 'Βιολογική αποδόμηση αστικών απορριμμάτων', Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Υδατικών Πόρων - Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων.
- Παναγιωτακόπουλος, Δ.Χ. (2002), *Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων*, Εκδόσεις: Ζυγός Θεσσαλονίκη.
- Παναγιωτόπουλος, Κ. (1984), *Εδαφοφυσική*, Εκδόσεις: Γιαχούδη-Γιαπουλή Θεσσαλονίκη.
- Παπαβασιλείου, Σ. (2001), 'Η σημασία των ψυχανθών στη μεταπυρική αναγέννηση μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων', Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών Τμήμα Βιολογίας Τομέας Οικολογίας και Ταξινόμησης.
- Παπαδόπουλος, Α. (1994), 'Ανάπτυξη μεθόδων για την επεξεργασία στραγγισμάτων από χώρους ταφής απορριμμάτων', Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Τμήμα Χημικών Μηχανικών Τομέας Χημικών Επιστημών Εργαστήριο Γενικής Χημείας.
- Παπαμίχος, Ν.Θ. (1996), *Δασικά εδάφη*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παρασκευόπουλος, Σ.Π. (1991), 'Μελέτη της αναγέννησης των οικοσυστημάτων μεσογειακού τύπου, μετά από θερισμό για ενέργεια και υλικά', Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Περιβάλλοντος Τομέας Διαχείρισης Οικοσυστημάτων.
- Πολυζόπουλος, Ν.Α. (1976), *Εδαφολογία*, Εκδόσεις: Αφοι Π. Σάκκουλα Θεσσαλονίκη.
- Σάββας, Δ. (2003), *Γενική ανθοκομία*, Εκδόσεις Έμβρυο.
- Σκορδίλης, Α. Ζιώγας, Χ. Οικονομόπουλος, Π. Πανταζοπούλου Α. Καπετάνιος Ε. & Αλεξάκη, Μ. (1985), 'Αναλύσεις οικιακών απορριμμάτων με στατιστικά παραδεκτές μεθόδους στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών', ΕΣΔΚΝΑ - ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.

Τάγαρης, Ε. (2001), 'Παραγωγή και διασπορά μεθανίου στην ατμόσφαιρα σε μονάδες εδαφικής διάθεσης αποβλήτων (ΜΕΔΑ)', Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Περιβάλλοντος.

Τσαπικούνης, Φ.Α. (1995), *Θρέψη - Λίπανση των φυτών Μέρος Α: Έδαφος - Νερό*, Βάρδα.

Φουσέκη, Ε. (1979), 'Αποικοδόμηση και εδαφικός μεταβολισμός σε φρυγανικό οικοσύστημα', Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Φυσικομαθηματική Σχολή.

Χαλβαδάκης, Κ.Π. (1992), 'Σημειώσεις μαθήματος: Διαχείριση στερεών αποβλήτων', Τμήμα Περιβάλλοντος Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τομέας Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Μυτιλήνη.

Χαινούτη, Κ. (1999), 'Γένεση και ταξινόμηση', Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Αθήνα.

Χαινούτη, Κ. (2002), 'Σημειώσεις μαθήματος: Περιβαλλοντική εδαφολογία', Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Αθήνα.

Χριστοδούλου, Κ. & Ρετζέπης, Ι. (1996), 'Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων έργου: Τελική αποκατάσταση τελειωμένων πρανών του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων', Τεχνική Έκθεση, Νομαρχία Αθηνών ΕΣΔΚΝΑ.

Ιστοσελίδες

1. URL1:<http://www.ciwmb.ca.gov/LEACentral/Closure/Revegetate/Part3.htm>

2. URL2:<http://www.dnr.state.mo.us/deq/swmp/fgtask6a.htm>

3. URL3:<http://www.ciwmb.ca.gov/LEACentral/Closure/Revegetate/Par7t.htm#12>

4. URL4: <http://www.planning.detr.gov.uk/welssm/01.htm>

URL5:<http://www.provincia.milano.it/ambiente/progettispeciali/pub/convegno2k/papers/mascha-eng.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1: Στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων μεθανίου στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος εδάφους.

Περιοχή	Έτος	Μετρήσεις/ Αριθμός δευγμάτων	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δευγμάτων	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δευγμάτων	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος
		Βάθος εδάφους 30 cm							Βάθος εδάφους 60 cm							Βάθος εδάφους 90 cm			
Περιοχή 1	2000													8/40	17,4	58	0	14,639	12,65
	2001	10/70	0,9	31,7	0	5,027	0	10/70	0,6	18	0	2,514	0	20/100	17,2	63,6	0	19,209	9,5
	2002	12/84	0,2	3,2	0	0,544	0	12/84	0,3	10,7	0	1,260	0	12/60	27,5	68,2	0	22,592	26,15
	2003	11/77	0,2	5,2	0	0,851	0	11/77	0,8	32,5	0	4,168	0	11/55	17,3	65,2	0	19,876	7,5
	2004	11/77	0,1	5	0	0,772	0	11/77	0,5	19,2	0	2,962	0	11/55	12,1	59,3	0	18,169	3,4
	2005	12/84	0	0	0	0	0	12/84	0	0,3	0	0,042	0	12/60	0,1	1,7	0	0,354	0
	2006	6/42	0	0	0	0	0	6/42	0	0,1	0	0,015	0	6/30	0,2	2,3	0	0,474	0
Περιοχή 2	2000													8/40	51,1	62,7	28,1	11,108	56,25
	2001	10/70	12,7	65,3	0	20,920	0,1	10/70	29,4	71	0,1	20,337	26,2	20/100	50,4	66,1	14,1	11,736	54,65
	2002	12/84	14,3	62,2	0	22,435	0,25	12/84	32,4	62,8	0	23,109	38,7	12/60	45,3	64	0	19,171	53,3
	2003	11/77	15,2	60,2	0	21,706	0,5	11/77	34,5	61,8	0	20,768	40,9	11/55	48,9	63,4	11,7	12,414	52,9
	2004	11/77	10,5	58,2	0	18,401	0	11/77	31,2	60,6	0	17,931	32,9	11/55	46,8	61,4	7,1	11,451	45,7
	2005	12/84	7,4	59,6	0	17,071	0,1	12/84	29,0	60,7	0	23,829	28,35	12/60	46,1	60,8	2,6	15,162	51
	2006	6/42	8,8	60,5	0	18,174	0,3	6/42	33,4	60,5	0	22,914	36,35	6/30	50,4	60,4	23,7	10,160	55,6
Περιοχή 3	2000													8/70	41,1	66,6	0	22,008	45,45
	2001	9/98	2,4	30	0	5,390	0	9/98	5,9	67,5	0	14,660	0	20/176	38,3	70	0	24,467	46
	2002	11/119	3,1	49,4	0	8,947	0	11/118	6,8	64,1	0	14,702	0	11/97	34,8	67	0	24,629	38
	2003	11/119	3,2	55,9	0	10,942	0	11/106	8,3	62	0	15,407	0	11/98	30,6	66,9	0	24,889	32,95
	2004	11/120	1,9	58,1	0	8,156	0	11/108	7,6	61,5	0	15,844	0	11/99	24,6	63	0	23,333	17,35
	2005	12/130	0,3	15,5	0	1,665	0	12/119	1,2	25,6	0	4,287	0	12/107	14,9	66,8	0	21,458	0
	2006	6/66	2,0	46	0	8,391	0	6/60	1,8	25,3	0	5,018	0	6/54	21,8	66,2	0	27,071	0,7

Πίνακας 2: Στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων διοξειδίου του άνθρακα στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος εδάφους.

Περιοχή	Έτος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)	Τοπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)	Τοπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)	Τοπική απόκλιση	Διάμεσος
		Βάθος εδάφους 30 cm							Βάθος εδάφους 60 cm							Βάθος εδάφους 90 cm			
Περιοχή 1	2000													8/40	19,4	39,8	1	9,308	22,3
	2001	10/70	2,6	28,4	0	4,422	1,4	10/70	6,3	21,6	0,1	5,689	3,9	20/100	20,1	43,7	0,1	10,018	20,75
	2002	12/84	2,7	13,1	0,1	2,600	2,3	12/84	6,9	24,3	0,6	5,636	5,45	12/60	19,5	40,7	2	10,365	20,4
	2003	11/77	3,0	15,1	0,1	2,933	2,1	11/77	6,6	26,3	0,5	5,288	4,6	11/55	15,1	39,3	2,3	8,843	15,1
	2004	11/77	2,2	17,1	0,1	2,876	1,1	11/77	4,9	28,3	0,5	4,851	3,85	11/55	10,4	34,2	1,2	8,921	6,9
	2005	12/84	1,0	3,5	0,1	0,763	0,9	12/84	2,5	13,7	0	2,309	1,8	12/60	4,0	16	0	4,074	2,55
	2006	6/42	1,4	4,5	0,1	1,082	0,9	6/42	2,6	13	0,2	2,470	1,9	6/30	3,7	10,2	0	3,250	2,6
Περιοχή 2	2000													8/40	37,6	41,9	33	2,407	37,85
	2001	10/70	14,7	39,8	0,1	12,918	10,1	10/70	30,2	39,9	2,8	7,903	32,35	20/100	38,4	43	24,9	2,895	38,8
	2002	12/84	15,3	41,8	0,3	13,241	8,85	12/84	27,9	41,8	1,9	11,332	32,45	12/60	33,6	42,1	3,2	8,542	35,25
	2003	11/77	17,1	39,8	0,7	11,736	12,4	11/77	29,7	40,2	14,1	7,157	32,8	11/55	34,4	39,8	17,9	3,865	35,2
	2004	11/77	12	40,8	0,2	10,917	7,35	11/77	27,4	39,6	8,4	7,131	28,8	11/55	32,2	39,4	17,9	4,744	33,1
	2005	12/84	9,4	35,1	0,2	10,225	5,35	12/84	25,1	36,9	5	9,215	26,95	12/60	31,8	36,8	15	4,828	33,45
	2006	6/42	9,4	35,3	0,2	10,551	5,1	6/42	24,6	36,5	0,7	10,847	27,85	6/30	32,9	37,5	21,5	3,460	33,15
Περιοχή 3	2000													8/70	29,2	40	1,6	11,230	34,1
	2001	9/98	7,7	27,6	0,1	7,739	4,15	9/98	11,9	36,5	0	10,699	9,6	20/176	29,1	41,7	0	12,854	35,4
	2002	11/119	8,2	36,7	0,2	8,158	5,3	11/118	14,3	38,6	0	10,089	11,5	11/97	27,3	41	0	10,828	30,3
	2003	11/119	8,0	35,1	0,3	7,835	5,4	11/106	14,2	38,4	2,1	9,077	13,6	11/98	23,7	37,2	0	10,780	28,3
	2004	11/120	6,3	38,3	0	6,82	4,15	11/108	10,6	38,4	0,7	6,799	10,2	11/99	19,2	42,2	0	10,473	19,7
	2005	12/130	4,3	31,6	0,2	5,514	1,75	12/119	6,5	23,7	0,3	5,275	4,95	12/107	13,1	30,9	1	9,339	11,45
	2006	6/66	3,8	26,5	0,2	5,099	2	6/60	5,7	23,3	0,1	5,419	4,1	6/54	14,5	31	0,2	10,702	11,5

Πίνακας 3: Στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων οξυγόνου στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος εδάφους.

Περιοχή	Έτος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος
		Βάθος εδάφους 30 cm							Βάθος εδάφους 60 cm							Βάθος εδάφους 90 cm			
Περιοχή 1	2000													8/40	3,3	11,4	0	3,642	1,05
	2001	10/70	17,2	19,9	3,9	2,778	18,05	10/70	13,1	19,9	0,2	5,969	15,45	20/100	4,5	20	0	5,399	1,5
	2002	12/84	17,1	20,5	8,5	2,033	17,5	12/84	12,9	20,1	0	5,252	13,85	12/60	4,6	17,5	0	5,764	0,15
	2003	11/77	17,1	19,6	10,5	1,825	17,6	11/77	13,6	20,1	0	4,625	15,1	11/55	5,9	17,1	0	6,104	3,9
	2004	11/77	17,6	20,6	10,1	2,044	17,8	11/77	15,0	20,6	6,4	3,828	16,4	11/55	9,3	19,4	0	5,309	10,85
	2005	12/84	19,8	20,7	16,6	0,715	19,85	12/84	18,2	20,6	12,1	2,154	18,65	12/60	15,7	20,6	0,7	5,193	17,25
	2006	6/42	19,6	20,6	17,1	0,847	19,8	6/42	18,5	20,7	13,5	1,625	18,85	6/30	16,0	20,6	3,7	4,649	17,25
Περιοχή 2	2000													8/40	0,0	0,2	0	0,053	0
	2001	10/70	9,4	19,9	0	6,810	9,8	10/70	0,8	17,4	0	2,783	0	20/100	0,0	2,5	0	0,239	0
	2002	12/84	9,1	19,7	0	6,962	11,2	12/84	2,4	18,2	0	4,776	0	12/60	1,0	16,6	0	3,149	0
	2003	11/77	7,5	18	0	6,329	8,7	11/77	0,4	12,4	0	1,807	0	11/55	0,1	3,3	0	0,492	0
	2004	11/77	10,6	20,3	0	5,477	11,65	11/77	1,3	11,3	0	2,906	0	11/55	0,1	3,3	0	0,602	0
	2005	12/84	13,4	20,6	0	6,490	15,55	12/84	2,4	14,9	0	4,314	0	12/60	0,5	7,6	0	1,474	0
	2006	6/42	13,6	19,7	0	6,449	16	6/42	3,9	20,1	0	6,197	1	6/30	0,8	7,6	0	1,634	0
Περιοχή 3	2000													8/70	1,3	14	0	3,462	0
	2001	9/98	12,4	20	0	6,614	14,7	9/98	9,7	20	0	7,273	9,7	20/176	2,8	20,6	0	6,205	0
	2002	11/119	12,8	20,1	0	5,804	14,9	11/118	8,1	20,3	0	6,585	8,5	11/97	2,1	20,3	0	5,157	0
	2003	11/119	13,0	19,9	0	5,524	15,2	11/106	8,0	18,7	0	6,600	8,25	11/98	2,8	18,8	0	5,257	0
	2004	11/120	13,5	20,4	0	5,648	15,45	11/108	8,2	20,6	0	6,815	7,2	11/99	4,8	20,1	0	5,289	2,65
	2005	12/130	16,8	20,6	0	5,195	18,95	12/119	13,6	20,6	0	5,793	14,8	12/107	8,9	20,6	0	7,499	9,1
	2006	6/66	17,1	20,6	1,5	4,444	18,75	6/60	14,6	20,6	0	5,566	16,25	6/54	9,1	20,6	0	7,612	10,6

Πίνακας 4: Στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων υδροθείου στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος εδάφους.

Περιοχή	Έτος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (ppm)	Μέγιστη τιμή (ppm)	Ελάχιστη τιμή (ppm)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (ppm)	Μέγιστη τιμή (ppm)	Ελάχιστη τιμή (ppm)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (ppm)	Μέγιστη τιμή (ppm)	Ελάχιστη τιμή (ppm)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος
		Βάθος εδάφους 30 cm							Βάθος εδάφους 60 cm							Βάθος εδάφους 90 cm			
Περιοχή 1	2000													8/40	0,2	1	0	0,423	0
	2001	10/70	0	1	0	0,168	0	10/70	0	1	0	0,120	0	20/100	6,0	73	0	17,179	0
	2002	12/84	0	1	0	0,153	0	12/84	0	2	0	0,265	0	12/60	13,9	77	0	18,211	2
	2003	11/77	0	0	0	0	0	11/77	0	0	0	0	0	11/55	7	49	0	12,736	0
	2004	11/77	0	0	0	0	0	11/77	0	0	0	0	0	11/55	1,7	26	0	5,615	0
	2005	12/84	0	1	0	0,134	0	12/84	0	1	0	0,187	0	12/60	0	1	0	0,158	0
	2006	6/42	0,1	1	0	0,261	0	6/42	0	1	0	0,216	0	6/30	0,2	1	0	0,407	0
Περιοχή 2	2000													8/40	10,7	30	0	9,565	8,5
	2001	10/70	0,8	24	0	3,763	0	10/70	11,6	57	0	15,763	2,5	20/100	19,0	69	0	15,919	15
	2002	12/84	5,3	50	0	12,828	0	12/84	14	76	0	20,842	0	12/60	21,8	98	0	23,104	15,5
	2003	11/77	2,3	30	0	6,715	0	11/77	9,3	66	0	16,974	0	11/55	18,9	81	0	21,697	11
	2004	11/77	0,9	15	0	3,334	0	11/77	6,2	52	0	11,576	0	11/55	14,4	69	0	14,378	12
	2005	12/84	0,5	9	0	1,489	0	12/84	4,5	31	0	9,049	0	12/60	13,3	43	0	13,277	10
	2006	6/42	0,5	9	0	1,517	0	6/42	3,3	30	0	6,919	0	6/30	11,7	36	0	9,935	10
Περιοχή 3	2000													8/70	4,9	72	0	11,277	0
	2001	9/98	0,1	1	0	0,259	0	9/98	1,3	30	0	4,177	0	20/176	12,3	46	0	13,559	8
	2002	11/119	0,1	4	0	0,454	0	11/118	2,9	41	0	8,021	0	11/97	17,4	89	0	18,198	15
	2003	11/119	0,1	4	0	0,413	0	11/106	1,3	24	0	4,174	0	11/98	13,3	68	0	19,193	0,5
	2004	11/120	0,0	1	0	0,210	0	11/108	1	17	0	3,411	0	11/99	12,7	62	0	18,258	3,5
	2005	12/130	0,2	1	0	0,378	0	12/119	0,4	11	0	1,335	0	12/107	6,9	53	0	11,419	0
	2006	6/66	0,1	1	0	0,346	0	6/60	0,5	10	0	1,523	0	6/54	8,8	55	0	14,160	0

Πίνακας 5: Στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων θερμοκρασίας εδάφους στις περιοχές και τα έτη μελέτης ανά βάθος.

Περιοχή	Έτος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (°C)	Μέγιστη τιμή (°C)	Ελάχιστη τιμή (°C)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (°C)	Μέγιστη τιμή (°C)	Ελάχιστη τιμή (°C)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος	Μετρήσεις/ Αριθμός δειγμάτων	Μέση τιμή (°C)	Μέγιστη τιμή (°C)	Ελάχιστη τιμή (°C)	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος
		Βάθος εδάφους 30 cm							Βάθος εδάφους 60 cm							Βάθος εδάφους 90 cm			
Περιοχή 1	2001	10/70	25,7	35,7	8,9	9,428	29,85	10/70	26,2	35,3	9,8	8,880	30,2	8/40	27	34,9	10,9	8,345	31,5
	2002	12/84	20,5	35,4	8,7	8,409	19,8	12/84	20,6	35	10	7,881	19,05	12/60	21,3	34,2	10,6	7,865	20,3
	2003	11/77	20,4	33	9,8	8,418	19,15	11/77	20,7	34,3	10,2	8,352	19,65	11/55	20,6	33,1	10,2	8,157	20,2
	2004	11/77	20	33,3	9,6	7,879	21,5	11/77	20,3	33,6	10,5	7,502	21	11/55	20,4	33,3	10	7,398	22,1
	2005	12/84	19,5	33,5	7,8	7,41	19	12/84	20,1	33,2	10,1	6,77	20,5	12/60	20,1	33	10,3	6,453	21
	2006	6/42	13,7	20,8	7,1	4,623	12,7	6/42	14,3	22	8,7	4,277	13,3	6/30	14,4	21	9,5	3,639	13,25
Περιοχή 2	2001	10/70	25,7	39,5	8,4	9,947	28,15	10/70	26,8	37,1	11,1	9,03	30,4	8/40	27,2	35	13	7,536	30,25
	2002	12/84	21	36	7,4	8,605	20,9	12/84	21,4	35,5	10,4	7,981	19,85	12/60	21,8	34,1	12	7,305	20,55
	2003	11/77	21,2	35,6	10,1	8,986	19,05	11/77	21,5	35,5	10,7	8,533	19,95	11/55	21,6	34,2	11,6	7,979	20,95
	2004	11/77	20,8	34,2	10,3	8,019	22,5	11/77	21	34,8	10,9	7,755	22	11/55	21,3	34,6	11	7,832	22
	2005	12/84	20,1	34,9	9,7	7,21	17,85	12/84	20,4	34	9,4	7,133	20,7	12/60	21,1	34	10,7	6,905	22,55
	2006	6/42	14,2	23,3	6,6	5,642	12,9	6/42	15,1	23,8	8,3	5,12	14,25	6/30	15,6	22,1	9,4	4,101	14,3
Περιοχή 3	2001	9/98	24,6	39,6	8	9,72	27,75	9/98	25,8	37,5	10,3	8,796	29,3	8/66	26,3	37,3	11,2	7,885	29,95
	2002	11/119	20,1	37,8	10	8,104	17,55	11/118	20,3	35,1	10,4	7,738	18,65	11/97	20,6	34,7	11,3	7,34	19,4
	2003	11/119	19,6	35	9,4	8,682	17,65	11/106	19,8	35,1	9,4	8,129	17,6	11/98	20,3	33,4	10,2	7,895	18,75
	2004	11/120	19,4	33,2	8,2	8,086	20	11/108	19,5	34,2	9,6	7,721	21	11/99	20	33,2	9,4	7,476	20
	2005	12/130	19,2	33	7,5	7,2	18,8	12/119	19,3	33,4	8,7	6,538	20	12/107	19,9	33,1	10	6,691	20
	2006	6/66	13,4	22,3	7	4,414	12,5	6/60	13,7	20,8	8,2	3,797	12,85	6/54	14,5	20,5	10,1	3,287	13,65