



ΕΛΛΗΝΙΚΗ  
ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΕΛΛΗΝΙΚΟ  
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ



*Κατανομή συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων σε εδάφη γύρω  
από το Διεθνές Αεροδρόμιο Ελευθερίου Βενιζέλου*

ΕΛΑΦ ΠΟΡΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΑ ΓΙΑΛΥΨΟΥ

Επιβλέπων  
Καθηγητής Γιώργος Σταυρουλάκης

ΧΑΝΙΑ 2020

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ  
ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΕΛΛΗΝΙΚΟ  
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ

*Κατανομή συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων σε εδάφη γύρω  
από το Διεθνές Αεροδρόμιο Ελευθερίου Βενιζέλου*

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΑΡΙΑ ΓΙΑΛΥΨΟΥ**

Επιβλέπων : Καθηγητής Σταυρουλάκης Γιώργος

Επιτροπή:  
Αξιολόγησης Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Κατσίβελα Ελευθερία  
Επιστημονική Συνεργάτης Δρ Παπαφιλίππáκη Ανδρονίκη

**Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 74**

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	
<b>Κεφάλαιο 1:</b>	
1.1. Έδαφος.....	11
1.1.1. Φυσικές ιδιότητες.....	11
1.1.2. Φυσικοχημικές ιδιότητες.....	11
1.2. Ρύπανση.....	12
1.2.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	12
1.2.2. Ρύπανση εδάφους.....	13
1.3. Βαρέα Μέταλλα.....	13
1.3.1 Μόλυβδος.....	15
1.3.2 Κάδμιο.....	16
1.3.3 Νικέλιο.....	17
1.3.4 Ψευδάργυρος.....	18
1.3.5 Χρόμιο.....	19
1.3.6 Κοβάλτιο.....	20
1.3.7 Μαγγάνιο.....	21
1.3.8 Χαλκός.....	23
<b>Κεφάλαιο 2:</b>	
2.1. Περιοχή μελέτης.....	24
Γεωλογικός και Μορφολικός χάρτης Αττικής.....	26
<b>Κεφάλαιο 3:</b>	
3.1. Υλικά και μέθοδοι εργασίας.....	28
3.2. Μηχανική ανάλυση του εδάφους.....	29
3.3. Ph και Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	32
3.4. Οργανική ουσία εδάφους.....	33
3.5. Ελεύθερο Ανθρακικό Ασβέστιο.....	34
3.6. Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός νιτρικών ιόντων στο έδαφος.....	36
3.7. Προσδιορισμός αφομοιώσιμου φωσφόρου (Olsen – P).....	37
3.8. Προσδιορισμός ολικού αζώτου κατά KJELDAHL.....	39
3.9. Ανταλλάξιμα Κατιόντα.....	41
3.9.1. Μέθοδος οξικού αμμωνίου.....	41
3.10. Προσδιορισμός μετάλλων με DTPA.....	44
3.11. Ολικές μορφές Βαρέων Μετάλλων στο έδαφος.....	44
<b>Κεφάλαιο 4:</b>	
4.1. Μηχανική Ανάλυση.....	46
4.2. pH - Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	47
4.3. Οργανική ουσία.....	48
4.4. Ελεύθερο Ανθρακικό Ασβέστιο.....	49
4.5. Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός νιτρικών ιόντων στο έδαφος.....	51
4.6. Προσδιορισμός Αφομοιώσιμου φωσφόρου.....	52
4.7. Ανταλλάξιμα κατιόντα.....	53
4.7.1. Ανταλλάξιμο νάτριο.....	53
4.7.2. Ανταλλάξιμο κάλιο.....	54
4.7.3. Ανταλλάξιμο ασβέστιο.....	55
4.7.4. Ανταλλάξιμο μαγνήσιο.....	56
4.8. Προσδιορισμός ολικού αζώτου κατά KJELDAHL.....	57
4.9. Ολικές μορφές Βαρέων Μετάλλων (Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn, Pb, Cd).....	58

4.10. Προσδιορισμός αφομοιώσιμων Βαρέων Μετάλλων με DTPA (Cu, Fe, Zn)....	64
<b>Κεφάλαιο 5:</b>	
Συμπεράσματα .....	68
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>69</b>

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤ ΥΔΑΤ & ΕΔΑΦ ΠΟΡΩΝ

## Ευχαριστίες

Ευχαριστίες εκφράζονται στον επιβλέποντα Καθηγητή κ Γ. Σταυρουλάκη για την αρωγή και την καθοδήγησή του κατά την υλοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας, καθώς επίσης για την υπομονή και κατανόηση που έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια. Επίσης ευχαριστώ την κα Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη για την συνεργασία στην πραγματοποίηση των αναλύσεων στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών και Εδαφικών Πόρων.

Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου η οποία με στηριξε όλο αυτό το διάστημα της φοίτησής μου και ήταν πάντα δίπλα μου!

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤ. ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤ. ΥΔΑΤ. & ΕΔΑΦΙΚΩΝ

## **Abstract**

### **Distribution of heavy metals concentrations in soils around the International Athens Airport**

Nowadays, one of the most important global problem is soil pollution from heavy metals, which threatens the environment and also the humanity.

This dissertation investigates the concentration of heavy metals that exists in topsoils nearby the airport of Athens “El. Venizelos”. The sampling areas were in Patima, Karellas and Ag. Anargiroi, where are about 1, 7 and 3.5 km away from the airport respectively.

According to the results, total metal concentrations (Cu, Cr, Zn, Pb, Cd, Co, Fe, Ni) were determined in topsoils aqua regia extracts and the median concentration of them surpassed the top limits, in many sampling sites. Hence, it is allowed to say that these areas are polluted by Cu, Pb, Cd and partly by Fe.

**Key words:** soil pollution, airport, heavy metals, chemical analysis

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΕΣΤΕΜΑΦ ΠΟΡΩΝ

## Περίληψη

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε στη σημερινή εποχή είναι η ρύπανση του εδάφους από τα βαρέα μέταλλα. Αυτό έχει αρνητικό αντίκτυπο όχι μόνο στο περιβάλλον αλλά και στην ανθρώπινη υγεία.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι ερευνητικού επιπέδου για τον προσδιορισμό βαρέων μετάλλων σε εδάφη κοντά και μακριά από το Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών «Ελ.Βενιζέλος». Αναλύθηκαν δείγματα εδάφους σε τρεις περιοχές γύρω από το αεροδρόμιο, στις περιοχές Πάτημα, Αγ.Ανάργυροι και Καρελλάς οι οποίες απέχουν περίπου 1, 3.5 και 7 χλμ αντίστοιχα από το αεροδρόμιο και εντάσσονται στον Δήμο Κρωπίας. Στα δείγματα αυτά πραγματοποιήθηκαν χημικές εδαφολογικές αναλύσεις ώστε να υπάρξει γενικότερη εικόνα των εδαφών αυτών.

Κύριος σκοπός αυτής της εργασίας είναι ο προσδιορισμός των ολικών συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων ( Cu, Cr, Zn, Pb, Cd, Co, Fe, Ni ) που προκύπτει από την κατεργασία με «aqua regia» των εκχυλισμάτων τους.

Ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων των Cr, Cu, Fe, Zn, Pb, Ni, Co, Cd ήταν 8,805, 24,735, 19,81, 40,167, 32,885, 60,46, 11,49, 0,895 mg/kg αντίστοιχα. Για ορισμένα μέταλλα οι συγκεντρώσεις θεωρούνται υψηλές ενώ σε κάποια άλλα είναι χαμηλές. Τα μέταλλα τα οποία τείνουν να έχουν συγκεντρώσεις άνω του επιτρεπτού ορίου είναι τα Cu, Pb, Cd και μερικώς από Fe. Αυτό ίσως να οφείλεται σε ανθρωπογενή ή και φυσική διεργασία, καθώς οι περιοχές αυτές είναι καλλιεργήσιμες .

**Λέξεις κλειδιά:** Βαρέα Μέταλλα, Αεροδρόμιο, Εδαφολογία, Χημικές Εδαφολογικές Αναλύσεις

## Εισαγωγή

Τα βαρέα μέταλλα είναι απόρροια φυσικών διεργασιών και εμφανίζονται στην κρούστα της γης και στα επιφανειακά εδάφη της, σε ποικιλία συγκεντρώσεων. Τα ολικά μέταλλα που περιέχονται στα εδάφη σχετίζονται άμεσα με το πρωτογενές υλικό από το οποίο προήλθαν. Τα εδάφη στις αστικές και επαρχιακές περιοχές μπορεί να μετατραπούν σε ρυπασμένα λόγω της συσσώρευσης των βαρέων μετάλλων υπό τις φυσικές ή ανθρωπογενείς δραστηριότητες, με αποτέλεσμα η υψηλή συγκέντρωσή τους να αποτελεί κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων, των ζώων, των φυτών ακόμη και του ίδιου του οικοσυστήματος. Όπως είναι γνωστό στα γήινα οικοσυστήματα πραγματοποιούνται πολλών ειδών αλληλεπιδράσεις μεταξύ εδάφους, υγρών, αερίων και βιοτών σαν γεωχημικές και βιολογικές διεργασίες που περιλαμβάνονται και επηρεάζονται από ανθρωπογενείς παράγοντες όπως αγροτικές καλλιέργειες, βιομηχανικές δραστηριότητες, επεξεργασία αποβλήτων κ.α.(7)

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα εδάφη έχουν καταγραφεί σε αρκετές περιοχές όπως βιομηχανικές, αστικές επαρχιακές κ.α., γεγονός που μας δίνει τροφή για σκέψη λόγω του ότι το έδαφος δεν είναι ανανεώσιμο και για αυτό είναι αναγκαίο να γίνεται παρακολούθηση της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων σε αυτό, ώστε να αποτραπεί η μόλυνσή του –εφόσον είναι εφικτό- και να προταθούν ενέργειες αποκατάστασής του εάν κριθεί απαραίτητο.(7)

Έχει παρατηρηθεί πως το φαινόμενο της αστικοποίησης σχετίζεται με την παγκόσμια αύξηση των αερομεταφορών και κατά συνέπεια την αύξηση ή επιμήκυνση των αεροδρομίων. Έτσι, υπάρχει μεγαλύτερη ρύπανση από τα προϊόντα καύσης των καυσίμων που χρησιμοποιούν τα αεροσκάφη τα οποία παράγουν διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , υδρογονάνθρακες (και διάφορα παράγωγά τους), μέταλλα ή ίχνη μετάλλων κ.α.(16)

Ίχνη μετάλλων απελευθερώνονται στο περιβάλλον με φυσικές ή ανθρωπογενείς διεργασίες. Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μία από τις κυριότερες πηγές που διαθέτουν βαρέα μέταλλα στο περιβάλλον, καθώς επίσης λόγω των εκπομπών κυκλοφορίας, αυξάνεται ολοένα και περισσότερο ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.(17)

Στις αστικές περιοχές διαπιστώνεται αυξημένος αριθμός από βιομηχανίες και οχήματα, όπου το συνονθύλευμα αυτών προκαλεί τη μέγιστη κατανάλωση φυσικών ή μη πόρων, χημικές εκπομπές στο περιβάλλον με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε σε πολύ σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία δεν θα προσέχουμε αργότερα να τα ελέγξουμε. (17)

Κατά την απελευθέρωση των ρύπων, όπως είναι τα ίχνη μετάλλων, οι αστικές περιοχές θέτονται σε κίνδυνο διότι απειλείται η ποιότητα ζωής σε αυτές. Στα αστικά εδάφη συσσωρεύονται ρύποι από διάχυτες πηγές σε συνεχή βάση. Τα βαρέα μέταλλα συσσωρεύονται στο επιφανειακό έδαφος από ατμοσφαιρική εναπόθεση, καθιζάνουν και προσκρούονται σε αυτό. Η συσσώρευση των μετάλλων αυτών και η ικανότητα των ιχνών τους να παραμένουν στο έδαφος για παρατεταμένη χρονική περίοδο, δημιουργεί πρόβλημα στην ανθρώπινη υγεία, στην υγεία του περιβάλλοντος καθώς επηρεάζεται η εκάστοτε μολυσμένη περιοχή.(17)



Έπειτα από έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί και σε εδάφη γύρω από τα αεροδρόμια, βαρέα μέταλλα βρέθηκαν κι έτσι τα εδάφη έχουν μετατραπεί σε ρυπασμένα. Τα μέταλλα που βρίσκονται συνήθως σε υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι Cd, Pb τα οποία είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων ενώ Ni, Cr, Zn, Cu, τα οποία είναι αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών όμως σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικά για τα φυτά κυρίως. (15),(16)

Ακόμη ένα ενδιαφέρον γεγονός που πραγματοποιείται στα πλαίσια λειτουργίας ενός αεροδρομίου που είναι και υπεύθυνο για τη ρύπανση των εδαφών γύρω από αυτό, είναι η εκπαίδευση διάσωσης του αεροδρομίου και η εκπαίδευση κατά της πυρκαγιάς. Οι διαστάσεις των περιοχών για αυτές τις εκπαιδεύσεις ποικίλουν ανάλογα με τις διαστάσεις του εκάστοτε αεροδρομίου και τον αριθμό κίνησης των αεροσκαφών. Οι ρύποι που εκπέμπονται στις περιοχές εκπαίδευσης περιλαμβάνουν χρήση λαδιών, καυσίμων, διαλυτών, εύφλεκτων υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή φωτιάς στις εκπαιδεύσεις, επακόλουθη καύση μεταλλικών εξαρτημάτων για τα πυροσβεστικά μέσα. Επίσης σε τέτοιες περιοχές εκπαίδευσης έχουν αναχνευτεί βενζίνη, CCl<sub>4</sub>, χλωροφόρμιο, πετρέλαιο, ολικοί πτητικοί υδρογονάνθρακες πετρελαίου, ψευδάργυρος, ολικοί εκχυόμενοι υδρογονάνθρακες πετρελαίου, 1,2-διχλωροαιθάνιο, φρέον, τολουίνη κ.α. Οι χημικές ενώσεις που υπάρχουν από τη ρύπανση που έχουν υποστεί αυτές οι περιοχές εκπαίδευσης, είναι σχετικά κοντά με ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν για το άναμμα και στο σβήσιμο της φωτιάς κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης καθώς επίσης και ίχνη μετάλλων. (18)

Όμως οι εκπομπές ρύπων από διάφορες λειτουργίες του αεροδρομίου δεν σταματάνε εδώ. Υπάρχουν κάποιες διαδικασίες που πραγματοποιούνται για την καλύτερη λειτουργία των αεροσκαφών από εξειδικευμένα οχήματα, τα οποία είναι σημαντικές πηγές ρύπανσης για την ατμόσφαιρά και το περιβάλλον γενικότερα. (18)

Δυστυχώς, οι καταγραφές που υπάρχουν για ρυπασμένα εδάφη σε περιοχές γύρω από τα Αεροδρόμια σε παγκόσμιο εύρος, είναι ελάχιστες. Όπως, για παράδειγμα, υποδεικνύονται στον πίνακα που ακολουθεί: (7)

**Πίνακας1: Ολικές μορφές βαρέων μετάλλων σε εδάφη γύρω από Διεθνής Αεροδρόμια παγκοσμίως.**

Περιοχή	Cd	Zn	Mn	Ni	Cr	Pb	Ba	Fe	References
	mg kg <sup>-1</sup>							mg g <sup>-1</sup>	
Shanghai Airport (China)	25	186	-	44	157	81	-	-	Rao et al.,2015
Pretoria Wonderboom Airport (South Africa)	98	88.9	1320	-	820	98.1	-	91.3	Olowoyo et al.,2013
Delhi (IGI) Airport (India)	21	97	391	44.2	127	37.5	-	4.38	Ray et al., 2012
Queen Alia Airport, (Jordan)	3.0	51.4	-	-	16.9	60.2	-	0.05	Al-Khashman & Shawabkeh, 2009

Athens Airport (Greece)	27	95.2	562.7	92.1	79.8	79	442	22.4	Massas et al., 2016
-------------------------	----	------	-------	------	------	----	-----	------	---------------------

Όπως φαίνεται και παραπάνω (Πίνακας 1), τα εδάφη σε περιοχές γύρω από το αεροδρόμιο είναι επιρρεπή σε μολύνσεις από οργανικές και ανόργανες ενώσεις. Αυτό συμβαίνει επειδή το έδαφος λειτουργεί σαν «νεροχύτης» για τα μέταλλα και αποτελεί πηγή αυτών σε επίγεια περιβάλλοντα. Παρ' όλο που κάποια μέταλλα είναι ουσιώδη, σε μεγάλες συγκεντρώσεις (πέραν της φυσιολογικής τιμής), είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία, για τα φυτά και για τα οικοσυστήματα.(15)

Έπειτα από έρευνα σε εδάφη αστικών περιοχών αποκαλύφθηκε πως οι κύριες πηγές των βαρέων μετάλλων είναι εκπομπές κυκλοφορίας, όπως βρέθηκε σε δρόμους του Ντουμπάι – Ενωμένα Αραβικά Εμιράτα. Εν συνέχεια, μεγάλες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων δημιουργούνται και από τα καύσιμα των αεροπλάνων, έρευνα που βασίστηκε σε υψηλές συγκεντρώσεις Cd στα φτερά, στο ηπάρ, στην καρδιά και στους μύες των γλάρων που ζουν κοντά στο αεροδρόμιο της Νέας Υόρκης «John F. Kennedy», καθώς και στον ατμοσφαιρικό αέρα του Λονδίνου στο αεροδρόμιο «Heathrow Airport» όπου βρέθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις Pb. Ακόμα μια αναφορά έγινε για τα εδάφη γύρω από το αεροδρόμιο «Delhi, India», όπου διαπιστώθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις σε κάδμιο, σίδηρο και μόλυβδο.(15),(16)

Στο αεροδρόμιο Pudong International Airport of Shanghai, China, αξιολογήθηκαν εδάφη γύρω από αυτό. Στη συγκεκριμένη έρευνα πάρθηκαν 33 εδαφολογικές δειγματοληψίες εκ των οποίων οι 31 από αυτές κρίθηκαν ρυπασμένες από κάδμιο, ενώ ένα μεγάλο ποσοστό των εδαφών της τάξεως του 76% - είναι σχετικά ρυπασμένα από Cr, Ni, Pb και Zn. Από όσο γνωρίζουμε οι φυσικές διεργασίες είναι υπεύθυνες για τις υψηλές συγκεντρώσεις των Cr, Ni, Zn ενώ για τα μέταλλα Cd, Pb σχετίζονται με τους ρύπους που εκπέμπονται από τους διαδρόμους απογείωσης/προσγείωσης, σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας που υπάρχουν σε κοντινή απόσταση, γεγονός επηρεασμένα από το αεροδρόμιο.

Ακόμη, ρυπασμένα εδάφη υπάρχουν στο Helsinki-Vantaa Airport, Finland όπου ανιχνεύθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις μολύβδου κυρίως σε βρύα και λειχήνες, ενώ στο Cerny Val Prague Airport, Czech Republic όπου ανιχνεύθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου σε έδαφος και σε μανιτάρια που αναλύθηκαν. Άλλο ένα αεροδρόμιο που ερευνήθηκε ήταν το Queen Alia Airport, Jordan όπου ανιχνεύθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις σε μόλυβδο, κάδμιο και ψευδάργυρο τα οποία συνάδουν και με άλλες ανθρωπογενής δραστηριότητες όπως χαλυβουργεία, αγροτικές διεργασίες, εκπομπές κυκλοφορίας. (16),(19)

Έτσι, ο σκοπός αυτής της Πτυχιακής Εργασίας είναι ο προσδιορισμός των πραγματικών συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων (Cr, Cu, Co, Zn, Ni, Pb, Fe, Mn, Cd) σε περιοχές γύρω από την Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος». Εν συνέχεια, να γίνει εκτίμηση των δεδομένων μας, να αναλύσουμε τις σχέσεις των μετάλλων με τις ιδιότητες των εδαφών και τέλος να προταθούν λύσεις.

# Κεφάλαιο 1

## 1.1. Έδαφος

Με τον όρο έδαφος εννοούμε το στρώμα από χαλαρά ανόργανα και οργανικά υλικά που καλύπτει την επιφάνεια της ξηράς της γης και προέκυψε από την αποσάθρωση ορυκτών και πετρωμάτων (μητρικό υλικό) με την συνδυασμένη δράση φυσικών, χημικών και βιολογικών παραγόντων (2).

### 1.1.1. Φυσικές ιδιότητες

Φυσικές ιδιότητες του εδάφους, είναι οι ιδιότητες εκείνες οι οποίες καθορίζουν την συμπεριφορά ή την αντίδραση του εδάφους σε σχέση με το περιβάλλον, τα φυτά και τη μηχανική του κατεργασία (2). Τη σημαντικότερη συμμετοχή στην συμπεριφορά αυτή έχουν τρεις ιδιότητες:

i) η κοκκομετρική (μηχανική) σύσταση του εδάφους, η οποία έχει σχέση με το μέγεθος κυρίως των ανόργανων τεμαχιδίων και την αναλογία τους στο έδαφος, ενώ η δε δομή με τη συνένωση αυτών των τεμαχιδίων σε ομάδες, τα συσσωματώματα.(2)

ii) η δομή του εδάφους. Με αυτόν τον όρο, (2), χαρακτηρίζεται τόσο η μορφή των συσσωματωμάτων όσο και η κατανομή τους σε κατηγορίες μεγέθους και είναι το αποτέλεσμα της σύνδεσης των μεμονωμένων εδαφικών τεμαχιδίων και της οργάνωσής τους σε μεγαλύτερα τεμαχίδια. Η μορφή και το μέγεθος των συσσωματωμάτων καθορίζουν το μέγεθος, τη γεωμετρία και την κατανομή κατά μέγεθος των εδαφικών πόρων μέσα στους οποίους, όπως είναι γνωστό, κυκλοφορεί το νερό και ο εδαφικός αέρας. Η συγκράτηση νερού από το έδαφος, η στράγγιση και ο αερισμός της εδαφικής μάζας εξαρτώνται, από το μέγεθος των εδαφικών πόρων και επομένως η δομή του καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την καταλληλότητά του σαν μέσου ανάπτυξης των φυτών.

iii) το χρώμα του εδάφους, το οποίο λειτουργεί ως διαγνωστικό μέσο για την αναγνώρισή του, καθώς και για την αναγνώριση των οριζόντων του. Ακόμη επηρεάζει τη θερμοκρασία του εδάφους, αφού ένα έδαφος με σκοτεινό χρώμα απορροφά περισσότερη ηλιακή ενέργεια σε σχέση με άλλο έδαφος ανοιχτού χρώματος. Η ακριβής περιγραφή του χρώματος ενός εδάφους γίνεται με την αναφορά τριών μεταβλητών: το χρώμα, τη φωτεινότητα και την απόχρωση. (2)

### 1.1.2. Φυσικοχημικές ιδιότητες

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους σχετίζονται με τη στερεή και υγρή φάση του εδάφους και οι περισσότερες από αυτές αφορούν κυρίως τις χημικές ιδιότητες της αργίλου, όπου σε συνδυασμό με τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους επηρεάζεται η παραγωγικότητά του. Οι σημαντικότερες φυσικοχημικές ιδιότητες είναι:

i) η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, όπου τα κατιόντα (π.χ.  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ) συγκρατούνται στην επιφάνεια των αρνητικά φορτισμένων κολλοειδών τεμαχιδίων του εδάφους με δυνάμεις κυρίως ηλεκτροστατικές και ανταλλάσσονται με κατιόντα που βρίσκονται το εδαφικό διάλυμα, σύμφωνα με τους νόμους της χημικής ισορροπίας. Η ύπαρξη μια δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των κατιόντων της στερεής φάσης και εκείνων του εδαφικού διαλύματος έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση των

απωλειών των θρεπτικών στοιχείων με το νερό της έκπλυσης, αλλά και τον εφοδιασμό του εδαφικού διαλύματος με θρεπτικά στοιχεία, καθώς τα τελευταία απομακρύνονται με έκπλυση ή με πρόσληψη από τα φυτά.(2)

ii) η τιμή του pH, η οποία μας δίνει πολλές πληροφορίες τόσο για τη χημική συμπεριφορά του εδάφους, όσο και για την ιστορία του, επειδή είναι το αποτέλεσμα της επίδρασης του κλίματος, του μητρικού υλικού και του χρόνου στο έδαφος.(2)

iii) η ρυθμιστική ικανότητα, είναι η ιδιότητα των διαλυμάτων των ασθενών οξέων ή βάσεων και των αλάτων τους να μη μεταβάλλουν εύκολα την τιμή του pH του κατά την προσθήκη σε αυτών  $H^+$  ή  $OH^-$ .(2)

## 1.2. Ρύπανση

Με τον όρο ρύπανση, εννοούμε την παρουσία ρύπων στο περιβάλλον, δηλαδή κάθε είδος ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς καθώς και στα οικοσυστήματα, ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές του χρήσεις (3).

### 1.2.1. Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι αποτέλεσμα εκπομπής ρύπων τόσο από φυσικές διεργασίες (π.χ. ηφαίστεια, πυρκαγιές, βιολογικές δραστηριότητες, φυσιολογικές εκπομπές φυτών και δέντρων κλπ.), όσο και ανθρωπογενείς δραστηριότητες (π.χ. βιομηχανία, παραγωγή ενέργειας, θέρμανση, μεταφορές, καυσαέρια, καύση απορριμμάτων και γεωργικών υπολειμμάτων κλπ.). Έχει οριστεί με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους, όμως ο κύριος ορισμός της επήλθε από τον ανώτατο δικαστήριο του New Jersey ο οποίος έχει ως εξής: «Ρύπανση του αέρα είναι η προσθήκη ουσιών στην ατμόσφαιρα που υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν θα υπήρχαν, σε τέτοιες ποσότητες και τέτοια διάρκεια ώστε να είναι, ή να τείνουν να γίνουν, επιβλαβείς στην ανθρώπινη υγεία ή ευημερία, στην πανίδα και στην χλωρίδα, ή θα μπορούσε αδικαιολογητά να επέμβουν στην ανθρώπινη διασκέδαση και ιδιοκτησία»

Σε παγκόσμια κλίμακα, οι εκπομπές ορισμένων αέριων ρύπων που προέρχονται από φυσικές διεργασίες είναι υψηλότερες σε σχέση με αυτές που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Όμως σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές, ρύποι που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, οι συγκεντρώσεις τους είναι πολύ υψηλότερες από τα επιτρεπτά όρια.

Ο όρος ατμοσφαιρική ρύπανση καλύπτει ευρύ φάσμα τοξικών αέριων ρύπων και αιωρούμενων σωματιδίων που εκπέμπονται στην τροπόσφαιρα, καθώς και την ποικιλία φωτοχημικών δευτερογενών ρύπων και άλλων ατμοσφαιρικών φαινομένων που είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων εκπομπών. Η στρατόσφαιρα είναι η περιοχή που επικρατεί η αραϊή στοιβάδα του όζοντος με κύριο σκοπό την προστασία από την υπεριώδη και ηλιακή ακτινοβολία (3).

Οι κυριότεροι ρύποι είναι:

- i. Μονοξείδιο του άνθρακα ( $CO$ )
- ii. Διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ )

- iii. Οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)
- iv. Οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>)
- v. Οζόν (O<sub>3</sub>)
- vi. Αιωρούμενα σωματίδια

Ο άνθρωπος εισπνέει καθημερινά περίπου 15m<sup>3</sup> αέρα. Η αναπνοή αποτελεί τον κυριότερο τρόπο έκθεσης σε επικίνδυνες ουσίες. Η φύση της έκθεσης σε ατμοσφαιρικούς ρύπους και το μέγεθος του πληθυσμού που εκτίθεται προκαλεί αρκετά προβλήματα στην υγεία, όπως στο αναπνευστικό σύστημα.

### 1.2.2. Ρύπανση εδάφους

Ρύπανση εδάφους, είναι υποβάθμιση που προκαλείται συχνά από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και την κακή χρήση του. Ο όρος "ρύπανση" του εδάφους αναφέρεται στη μείωση της ικανότητας του εδαφικού οικοσυστήματος να επιτελέσει τις βασικές του λειτουργίες, ως αποτέλεσμα της εναπόθεσης οργανικών ή ανόργανων ουσιών. Η ρύπανση του εδάφους είναι μια ειδική περίπτωση της ευρύτερης έννοιας του όρου υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους και αναφέρεται στην χημική του υποβάθμιση. Οι διάφορες χημικές ουσίες που προκαλούν τη ρύπανση του εδάφους μπορεί να προέρχονται είτε από φυσικές διεργασίες (φυσικοί ρύποι), είτε να είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (ανθρωπογενείς ρύποι) (3).

Οι κυριότερες αιτίες ρύπανσης του εδάφους είναι:

- i. Λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων
- ii. Υγρά και στερεά απόβλητα των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων
- iii. Υγρά και στερεά απόβλητα των χημικών βιομηχανιών
- iv. Αστικά και νοσοκομειακά απόβλητα που διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής και αποτέφρωσης σε υψηλές θερμοκρασίες
- v. Απόβλητα μεταλλευτικών και λατομικών επιχειρήσεων
- vi. Βαρέα μέταλλα που προέρχονται από χημικές βιομηχανίες, καύση στερεών και υγρών ορυκτών καυσίμων και άλλες διεργασίες εμπλουτισμού ή καθαρισμού μεταλλευτών

Σύμφωνα με τα παραπάνω αίτια, το έδαφος δέχεται και αφομοιώνει τοξικές και επικίνδυνες ουσίες. Ανάλογα με τη γεωμορφολογία κι άλλες εξωγενείς συνθήκες, η ρύπανση που προκύπτει μπορεί να είναι τοπική ή να διασκορπίζεται ή να εκπλύνεται στα υδάτινα συστήματα.

### 1.3. Βαρέα Μέταλλα

Στη Χημεία τα βαρέα μέταλλα, αναφέρονται σ' ένα τύπο χημικών στοιχείων, πολλά από τα οποία είναι τοξικά για τον άνθρωπο. Τα επικρατέστερα και κυρίως εξεταζόμενα είναι ο υδράργυρος (Hg), ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd), το αρσενικό (As), το νικέλιο (Ni), ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu), το χρώμιο (Cr) κ.α. τα οποία παρουσιάζουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο προς το περιβάλλον και την υγεία των ζωντανών οργανισμών, λόγω της τοξικότητάς τους και της ευρείας κατανομής τους. Τα μέταλλα, σε αντίθεση με άλλες τοξικές οργανικές ενώσεις, έχουν την δυνατότητα να διεισδύουν στο περιβάλλον, δεν αποικοδομούνται κι έτσι συσσωρεύονται (3).

Τα βαρέα μέταλλα είναι φυσικά συστατικά τα οποία τα συναντάμε στον φλοιό της γης και δεν μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερες ενώσεις ή να καταστραφούν. Το ατομικό τους βάρος είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 20 και η πυκνότητά τους είναι ίση

ή μεγαλύτερα από  $5\text{mg}/\text{cm}^3$ . Σε μικρή έκταση εισάγονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω των τροφίμων, του πόσιμου νερού και του αέρα. Μερικά βαρέα μέταλλα όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το σελήνιο κλπ, είναι απαραίτητα στον ανθρώπινο οργανισμό για την διατήρηση του μεταβολισμού, όμως σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι τοξικά και να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα.

Επίσης τα βαρέα μέταλλα είναι επικίνδυνα επειδή τείνουν να βιοσυσσωρεύονται γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της συγκέντρωσης μιας χημικής ουσίας σε ένα βιολογικό οργανισμό με την πάροδο του χρόνου. Οι ρύποι συσσωρεύονται στα έμβια όντα όπου λαμβάνονται και αποθηκεύονται γρηγορότερα από ότι διασπώνται ή εκκρίνονται. Οι ρύποι εισέρχονται στον οργανισμό των ζώων και φυτών με την αναπνοή και την διατροφή με αποτέλεσμα να κατακρατούνται από τους ιστούς. Η βιοσυσσώρευση εξαρτάται από:

1. Περιβαλλοντικούς παράγοντες: το είδος και η συγκέντρωση του ρύπου, ο χρόνος έκθεσης κλπ.
  2. Βιολογικούς παράγοντες: είδος, ηλικία, φύλο, ιστός/όργανο, βιολογικός κύκλος
- Οι βιοσυσσωρευμένοι ρύποι δεν εξαφανίζονται με τον θάνατο του οργανισμού, αλλά μεταφέρονται διαμέσου της τροφικής αλυσίδας. Με αυτόν τον τρόπο ένας ρύπος μπορεί διαδοχικά να μεταφερθεί χρονικά και γεωγραφικά μακριά από το σημείο απόρριψής του.(3)

#### Γενικές επιπτώσεις των βαρέων μετάλλων στο οικολογικό περιβάλλον

Πέραν των επιπτώσεων των βαρέων μετάλλων στην υγεία του ανθρώπου, οι διάφοροι τοξικοί μεταλλικοί ρυπαντές επιδρούν αρνητικά στα φυτά, στην υγεία των ζώων, στις μικροβιακές λειτουργίες του εδάφους και γενικά στην υγεία του περιβάλλοντος.(14)

Οι επιπτώσεις αυτές εξαρτώνται από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του εδάφους, το είδος και το επίπεδο συγκέντρωσης του ρυπαντή, την ευαισθησία των εκτιθέμενων στους ρυπαντές, οργανισμών ή φυτών και το επίπεδο της ρύπανσης. Ως παράδειγμα αναφέρονται τα ψυχάνθη. Ως γνωστόν τα φυτά δεσμεύουν το  $\text{N}_2$  της ατμόσφαιρας με τα ριζόβια που συμβιώνουν στα φυμάτια των ριζών των εν λόγω φυτών. Τα ριζόβια είναι πολύ ευαίσθητα στους ρυπαντές των βαρέων μετάλλων, και σε περίπτωση ρύπανσης του εδάφους μπορεί να ανασταλεί η αζωτοδέσμευση, στερώντας τα φυτά από το πολύτιμο  $\text{NO}_3\text{-N}$ , γεγονός που μπορεί να έχει δυσμενέστερες επιπτώσεις στη μικρό και μακροχλωρίδα με παράλληλες επιπτώσεις στην ποιότητα του περιβάλλοντος.(14)

Το στρες των συσσωρευόμενων βαρέων μετάλλων στο έδαφος ασκεί σημαντική πίεση σε ορισμένους ευαίσθητους μικροοργανισμούς, με συνέπεια να μεταβάλει την βιοποικιλότητα της μικροχλωρίδας και μικροπανίδας του εδάφους. Μία βασική μεταβολή που λαμβάνει χώρα κάτω από την επίδραση των μετάλλων είναι η μείωση της βιομάζας των μικροοργανισμών. Η βιομάζα αυτή αποτελεί μία σπουδαία παρακαταθήκη θρεπτικών στοιχείων, τα οποία απελευθερώνονται με την ανοργανοποίηση και αξιοποιούνται για την ανάπτυξη των φυτών. Υπάρχει μια σημαντική σχέση μεταξύ της μικροβιακής βιομάζας και της γονιμότητας του εδάφους, η οποία διαταράσσεται από το στρες των βαρέων μετάλλων π.χ. η ανοργανοποίηση του N σε πολλά εδάφη άμεσα με τον άνθρακα και το άζωτο της βιομάζας.(14)

Γενικά ο εφοδιασμός του εδάφους με άζωτο και οργανικό άνθρακα, εξαρτάται από την καλή λειτουργία της βιομάζας του εδάφους. Επομένως, οποιαδήποτε μεταβολή

της βιομάζας λόγω της επίδρασης των βαρέων μετάλλων θα επιδρά δυσμενώς και στα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά του εδάφους που στο σύνολό τους αντανακλούν το επίπεδο της γονιμότητάς του.(14)

Τα βαρέα μέταλλα ασκούν σημαντικές τοξικές επιπτώσεις στους μικροοργανισμούς του εδάφους, οι οποίες εμφανίζονται με διάφορους τρόπους, όπως:

- Μείωση της διάσπασης των οργανικών υπολειμμάτων και κατά συνέπεια ελαχιστοποίηση της παρουσίας της οργανικής ουσίας
- Περιορισμός της δέσμευσης του αζώτου
- Ανεπαρκής κύκλος των θρεπτικών συστατικών
- Μειωμένη ανάπτυξη

Είναι προφανές ότι οι επιπτώσεις των βαρέων μετάλλων στα φυτά στην μικροχλωρίδα και μικροπανίδα του εδάφους επηρεάζουν άμεσα το περιβάλλον και υποβαθμίζουν το ποιοτικό του επίπεδο. (14)

### 1.3.1. Μόλυβδος

#### Γενικά.

Ο μόλυβδος (Pb), είναι ένα από τα πιο άφθονα μέταλλα το οποίο χρησιμοποιείται ευρύτατα και για το λόγο αυτό είναι ευρέως διασκορπισμένο στο περιβάλλον. Γενικά δεν δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα μέχρι τη στιγμή που διαλύεται και αποκτά ιονική μορφή κι έτσι ο ατμός του αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα για το περιβάλλον (3,6).

#### Χρήση μολύβδου

Ο μόλυβδος εμφανίζεται φυσικά στο περιβάλλον, αλλά οι υψηλές του συγκεντρώσεις οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Η παγκόσμια παραγωγή του υπολογίζεται στα 6 εκατομμύρια τόνους ετησίως και τα συνολικά του αποθέματα στα 85 εκατομμύρια τόνους, δηλαδή πρόμηθεια για περίπου 15 χρόνια. Λόγω της εφαρμογής του στη βενζίνη έχει δημιουργηθεί ένας αφύσικος κύκλος μόλυβδου. Εισέρχεται στους κινητήρες των αυτοκινήτων, καίγεται κι έτσι δημιουργούνται άλατα μολύβδου (χλώριο, βρώμιο, οξείδια), τα οποία αφομοιώνονται στην ατμόσφαιρα μέσα από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Τα μεγαλύτερα σωματίδια θα πέσουν στο έδαφος και αμέσως θα το ρυπάνουν ή θα ρυπάνουν τα επιφανειακά ύδατα. Τα μικρότερα σωματίδια θα διανύσουν μεγάλες αποστάσεις μέσω του αέρα ή θα παραμείνουν στην ατμόσφαιρα, όπου μέρος αυτών μέσω της βροχής θα πέσει στη γη. Αυτός ο κύκλος του μόλυβδου που προκαλείται από την ανθρώπινη παραγωγή είναι πολύ πιο εκτεταμένος κι αποτελεί παγκόσμιο ζήτημα.

Άλλος ένας τρόπος ο μόλυβδος να καταλήξει στο νερό και το έδαφος είναι από τη διάβρωση αγωγών μολύβδου, από ένα σύστημα μεταφοράς νερού και μέσω της διάβρωσης βαφών από μόλυβδο. Στη συνέχεια συσσωρεύεται στα όργανα των οργανισμών του νερού και του εδάφους και μέσω της τροφικής αλυσίδας διαταράσσονται οι ισορροπίες. Δεν διασπάται, παρά μόνο μετατρέπεται σε άλλες μορφές.

#### Επιπτώσεις στην Υγεία

Οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου από τον μόλυβδο έχουν προκαλέσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τους ερευνητές. Εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό είτε με την εισπνοή των εκπομπών αυτοκινήτων, είτε σωματιδίων σκόνης που προέρχονται από τη φθορά βαμμένων κτιρίων καθώς και ρινισμάτων σιδήρου, ακόμα και από τη

διατροφή (φρούτα, λαχανικά, κρέατα, δημητριακά, θαλασσινά, αναψυκτικά, ποτά, τσιγάρο). Ο μόλυβδος προσλαμβάνεται στα ριζικά τριχίδια μέσω παθητικής διαδικασίας και συγκρατείται κυρίως στο κυτταρικό τοίχωμα των κυττάρων της ρίζας. Με την πάροδο του χρόνου η συγκέντρωσή του αυξάνεται στα φυτά και μέσω της τροφικής αλυσίδας προσλαμβάνεται και βιοσυσσωρεύεται και στον ανθρώπινο οργανισμό. Επίσης η πρόσληψη μολύβδου γίνεται σε παιδιά ηλικίας 2 ετών από το χώμα και τη σκόνη. Η ημιζωή του μολύβδου στο αίμα εκτιμάται στις 36-40 μέρες και 17-27 έτη στα οστά. Το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου το 90%) συγκεντρώνεται στα οστά του ανθρώπου. Η βιολογική ημιζωή του μολύβδου μπορεί να είναι αρκετά μακρύτερη στα παιδιά σε σχέση με τους ενήλικες.

Τα πιο συχνά προβλήματα που δημιουργεί ο μόλυβδος είναι:

- i. Διακοπή της βιοσύνθεσης της αιμοσφαιρίνης και αναιμία
- ii. Αύξηση της αρτηριακής πίεσης
- iii. Νεφρική βλάβη
- iv. Αποβολές και ανεπαισθητες αμβλώσεις
- v. Διαταραχές στο νευρικό σύστημα
- vi. Εγκεφαλικές βλάβες
- vii. Μειωμένη ικανότητα μάθησης στα παιδιά
- viii. Διαταραχές στη συμπεριφορά των παιδιών (επιθετικότητα, υπερκινητικότητα, παρορμητική συμπεριφορά)
- ix. Βλάβη στο νευρικό σύστημα και εγκεφαλικές βλάβες σε έμβρυα

### 1.3.2. Κάδμιο

#### Γενικά

Το κάδμιο (Cd), είναι τοξικότερο και λιγότερο άφθονο από το Pb. Το μεγαλύτερο μέρος του, παράγεται ως παραπροϊόν της χύτευσης άλλων μετάλλων με αποτέλεσμα να προκαλείται ρύπανση του περιβάλλοντος. Όπως συμβαίνει και με τα άλλα βαρέα μέταλλα, η καύση του άνθρακα έχει σαν αποτέλεσμα να καταλήξει το Cd στο περιβάλλον. Επίσης σημαντικές πηγές ρύπανσης από το κάδμιο είναι η αποτέφρωση απορριμμάτων που περιέχουν κάδμιο, τα αερολύματα των μεταλλουργείων και της καύσης απορριμμάτων, τα απόβλητα εργοστασίων επιμετάλλωσης και των βιομηχανιών παραγωγής φωσφορικών λιπασμάτων (3,6).

Το κάδμιο βρίσκεται κυρίως στο φλοιό της γης από τα βιομηχανικά απόβλητα κι εμφανίζεται πάντα σε συνδυασμό με τον ψευδάργυρο. Συναντάται επίσης στις βιομηχανίες ως ένα αναπόφευκτο υποπροϊόν του ψευδαργύρου, του μολύβδου κι επίσης χρησιμοποιείται στην εξαγωγή του χαλκού. Έτσι απελευθερώνεται μεγάλη ποσότητα στο περιβάλλον, περίπου 25.000 τόνοι ετησίως. Περίπου η μισή ποσότητα απελευθερώνεται σε ποταμούς μέσω αποσάθρωσης των πετρωμάτων και κάποια ποσότητα απελευθερώνεται στον αέρα μέσω δασικών πυρκαγιών και από ηφαίστεια. Το υπόλοιπο κάδμιο απελευθερώνεται μέσω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Το κάδμιο προσλαμβάνεται εύκολα από τα φυτά και διοχετεύεται μέσα από την τροφική αλυσίδα στα νεφρά και στο συκώτι του ανθρώπινου οργανισμού με αποτέλεσμα να υπάρχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία. Με την πάροδο του χρόνου βιοσυσσωρεύονται οι χαμηλές συγκεντρώσεις που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα κι έτσι προκαλούνται προβλήματα στους πνεύμονες, στο συκώτι, στα νεφρά ακόμα και στα οστά του ανθρώπου. Επιπλέον αυξάνει τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου του προστάτη και των πνευμόνων κυρίως σε άτομα που καπνίζουν εφόσον ο καπνός του



τσιγάρου μεταφέρει το κάδμιο στους πνεύμονες και το αίμα θα το μεταφέρει στο υπόλοιπο σώμα με αποτέλεσμα να αυξάνει τις επιδράσεις από το ήδη υπάρχον κάδμιο από τα τρόφιμα.

Άλλες επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου από το κάδμιο είναι:

1. Διάρροια, πόνοι στο στομάχι και έντονοι εμετοί
2. Κατάγματα οστών
3. Αναπαραγωγική αποτυχία και ενδεχομένως ακόμη και στειρότητα
4. Βλάβη στο νευρικό σύστημα
5. Βλάβη στο ανοσοποιητικό σύστημα
6. Ψυχολογικές διαταραχές
7. Βλάβη στο DNA ή ανάπτυξη καρκίνου

### 1.3.3. Νικέλιο

#### Γενικά

Το νικέλιο (Ni), είναι το πέμπτο πιο άφθονο στοιχείο που περιέχεται στο φλοιό της γης. Συναντάται σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις στους μετεωρίτες καθώς και στον πυρήνα της γης.(14). Βρίσκεται στις τροφές και στο νερό και η ποσότητά του μπορεί να αυξηθεί από την ανθρώπινη ρύπανση π.χ. από επνικελωμένες βρύσες που μπορεί να μολύνουν το νερό και το έδαφος καθώς και τα σκεύη αλουμινίου ή νικελίου που απελευθερώνουν το Ni στα τρόφιμα. Η ατμόσφαιρα μπορεί να ρυπανθεί από το Ni κατά την καύση ορυκτών καυσίμων (3,4).

Βασική φυσική πηγή εμπλουτισμού του νικελίου είναι η αποσάθρωση των πυριγενών πετρωμάτων. Γενικότερα, η περιεκτικότητά του μεταβάλλεται με το είδος του μητρικού υλικού. Επίσης σημαντικό ρόλο στην περιεκτικότητα νικελίου στο έδαφος έχει και η γεωλογία της περιοχής, έτσι πηλώδη και αμμώδη εδάφη έχουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις νικελίου σε σχέση με τα υπόλοιπα εδάφη. Αντίθετα τα εδάφη που χαρακτηρίζονται αργιλώδη έχουν υψηλές συγκεντρώσεις νικελίου, πάνω από το μέσο όρο των εδαφών.(14)

#### Χρήση

Το νικέλιο, (14), χρησιμοποιείται για την παραγωγή ανοξείδωτου χάλυβα, διαφόρων κραμάτων, των ηλεκτροεπιμεταλλωμένων βιομηχανικών προϊόντων και για την παραγωγή χημικών ενώσεων νικελίου. Επίσης, το μέταλλο αυτό χρησιμοποιείται για άλλους πολλούς ποικίλους σκοπούς όπως:

- Κατασκευή μπαταριών
- Παραγωγή καταλυτών υδρογόνωσης λιπών
- Επιμετάλλωση οικιακών και λοιπών εργαστηριακών συσκευών
- Αυτοκίνητα
- Κοσμήματα
- Χειρουργικά εργαλεία και διαφόρων εμφυτευμάτων
- Πολεμικά άρματα
- Κινητήρες αεροπλάνων
- Μαγνητικά προϊόντα

- Παραγωγή κραμάτων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή θερμαντικών σωμάτων, ανθεκτικών στη διάβρωση, κραμάτων χαμηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

#### Επιπτώσεις στην Υγεία

Υπάρχουν ενδείξεις ότι το νικέλιο είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για αρκετά είδη ζώων, φυτών, προκαρυωτικών οργανισμών ακόμα και για τον άνθρωπο. Όμως όταν βρεθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας όπως:

- i. Αναστρέψιμα νεφρικά προβλήματα
- ii. Αλλεργική δερματίτιδα
- iii. Βλενώδεις ερεθισμοί σε άσθμα (προκαλείται από έκθεση σε ανόργανες ενώσεις νικελίου)

### 1.3.4. Ψευδάργυρος

#### Γενικά

Ο ψευδάργυρος είναι ένα μεταλλικό στοιχείο υψηλής βιομηχανικής, τεχνολογικής και βιολογικής σπουδαιότητας. Είναι το τέταρτο μέταλλο που χρησιμοποιείται περισσότερο σε σχέση με τα υπόλοιπα μέταλλα σε διάφορες εφαρμογές της καθημερινής ζωής του ανθρώπου. Παράγεται κατά 70% από ορυκτά και κατά 30% από ανακυκλώσιμα μεταλλικά υλικά. (14)

Τα εργοστάσια καύσης άνθρακα, φέρουν την κυριότερη ευθύνη για τις εκπομπές ψευδαργύρου (Zn) στην ατμόσφαιρα. Το δηλητηριώδες αέριο, που ανήκει στα βαρέα μέταλλα, πλήττει το ανθρώπινο νευρικό σύστημα και το περιβάλλον, ενώ με τη βοήθεια του αέρα μεταφέρεται και εισέρχεται στην τροφική αλυσίδα. Ο ψευδάργυρος μπορεί, μεταξύ άλλων, να προκαλέσει καρδιαγγειακές παθήσεις και βλάβες στο ανοσοποιητικό σύστημα (5).

#### Χρήση

Ο ψευδάργυρος είναι ένα μέταλλο με ισχυρές αντιδιαβρωτικές ιδιότητες και γενικά ενώνεται χημικά με πολλά στοιχεία. Περίπου το 55% του παραγόμενου μεταλλικού ψευδαργύρου χρησιμοποιείται για την επιψευδαργύρωση, κατά την οποία δημιουργείται μια λεπτή στρώση επιφανειών του σιδήρου για την προστασία από την οξείδωση. Επίσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή διαφόρων κραμάτων όπως του ορείχαλκου, καθώς και άλλων που αφορούν την αυτοκινητοβιομηχανία, τις οικιακές συσκευές, την παραγωγή μπαταριών, την αεροναυπηγική βιομηχανία, τη διαστημική κλπ. Ακόμη περίπου το 8% του ψευδαργύρου χρησιμοποιείται για διάφορους άλλους σκοπούς όπως για την παραγωγή του οξειδίου του, ZnO, το οποίο αποτελεί την κυριότερη ένωση του μετάλλου αυτού, η οποία χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία ελαστικών αυτοκινήτων, ως προστατευτικός παράγων των ελαστικών. (14)

Επίσης ο ψευδάργυρος, χρησιμοποιείται για φαρμακευτικούς σκοπούς, δεδομένου ότι είναι απαραίτητος για τη λειτουργία των ενζυμικών συστημάτων του ανθρώπινου οργανισμού, καθώς επίσης και για το ανοσοβιολογικό σύστημα.

### Επιπτώσεις την Υγεία

Ο ψευδάργυρος είναι ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο στον οργανισμό του ανθρώπου, όμως σε μεγάλες ποσότητες προκαλεί προβλήματα υγείας. Η τοξικότητά του προκαλείται από κατάποση υπερβολικής κατάποσης αλάτων του ψευδαργύρου, τα οποία χορηγούνται από συμπληρώματα διατροφής.

Τα πιο σύνηθες προβλήματα που δημιουργούνται είναι, (5):

- i. Εμετός από κατανάλωση περισσότερων από 500mg θεικού ψευδαργύρου
- ii. Πυρετός, ναυτία, εμετός, στομαχικές συσπάσεις, διάρροια από κατανάλωση όξινων ποτών που διατηρούνταν σε γαλβανισμένα κιβώτια
- iii. Άμεση τοξικότητα από εισπνοή ψευδαργύρου κυρίως σε εργαζομένους

### **1.3.5. Χρώμιο**

#### Γενικά

Το χρώμιο είναι το έβδομο πιο άφθονο στοιχείο στη γη. Η προέλευση του χρωμίου στο έδαφος είναι φυσική και ανθρωπογενής. Αμφότερες συμβάλλουν στο έδαφος με σημαντικές ποσότητες χρωμίου, με την ανθρωπογενή προέλευση να υπερτερεί έναντι της φυσικής και πολλές φορές να δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα ρύπανσης τόσο του εδάφους όσο και της ατμόσφαιρας, καθώς και των επιφανειακών νερών.(14) Το χρώμιο προέρχεται στο έδαφος ως αποτέλεσμα της χημικής και φυσικής αποσάθρωσης των πετρωμάτων και ορυκτών που περιέχουν χρωμικό οξύ. Η περιεκτικότητα του χρωμίου στα διάφορα πετρώματα ποικίλει, με την υψηλότερη τιμή να έχουν τα βασικά ( mafic rocks), που κυμαίνεται στα 170-200mg/kg, τα υπερβασικά (ultramafic rocks) με τιμές 1600-3400mg/kg. Τα πυριγενή πετρώματα, έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα η οποία κυμαίνεται μεταξύ 5-12mg/kg. Γενικότερα η συγκέντρωση του χρωμίου στο φλοιό της γης είναι 100-126mg/kg με μέσο εύρος 54-70mg/kg. (14)

Η ανθρωπογενή προέλευση του χρωμίου όπου είναι και η κύρια πηγή του επικινδύνου Cr(VI) είναι η βιομηχανική δραστηριότητα του ανθρώπου. Μια άλλη ανθρωπογενή πηγή είναι η διήθηση των εκπλυνομένων νερών, που προέρχονται από τις χωματερές, στις οποίες εναποτίθενται τα στερεά απόβλητα, η ιλύς από τα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων, τα εκπλυνομένα υπολείμματα των ορυχείων όπου το χρώμιο εισέρχεται στο έδαφος. Επίσης σημαντικές ποσότητες χρωμίου εισέρχονται στα γεωργικά εδάφη μέσω των λιπασμάτων και μάλιστα οι μεγαλύτερες ποσότητες εκπορεύονται μέσω των φωσφορικών λιπασμάτων. Ωστόσο, γεωργικά φάρμακα όπως τα μυκητοκτόνα και τα εντομοκτόνα περιέχουν χρώμιο ή παράγωγά του. Τέλος σημαντικές πηγές χρωμίου από ανθρωπογενής δραστηριότητες είναι η καύση των πετρελαιοειδών, της βενζίνης, της τσιμεντοπαραγωγής και της καύσης ιλύος από τα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων ή της εναπόθεσης αυτής στις χωματερές.(14)

### Χρήση

Το χρώμιο χρησιμοποιείται κυρίως στη μεταλλουργία για την παραγωγή κραμάτων όπως του ανοξείδωτου χάλυβα. Επίσης χρησιμοποιείται ευρύτατα στην επιχρωμίωση, δηλαδή στη δημιουργία προστατευτικών επικαλύψεων διάφορων μεταλλικών προϊόντων για την εξασφάλιση αντοχής στην οξείδωση και στα διάφορα αντιδραστήρια (χημικές ουσίες) με τις οποίες μπορεί να έλθουν σε επαφή τα επιχρωμιωμένα αντικείμενα. Ακόμη, το χρώμιο χρησιμοποιείται στα κράματα για τη δημιουργία σκληρότητας στα διάφορα μέταλλα. Το χρώμιο αυτό καθεαυτό έχει ευρύτατη χρήση στην κατασκευή εργαλείων, μαχαιροπήρουνων, ηλεκτρικών αντιστάσεων λόγω του υψηλού σημείου τήξης, στοιχείων λεβήτων και πληθώρας εξαρτημάτων διάφορων μηχανημάτων.(14)

### Επιπτώσεις στην Υγεία

Το χρώμιο και κυρίως τα παράγωγά του εισέρχονται στα κύτταρα του οργανισμού με αποτέλεσμα να προκαλεί βλάβη στο DNA και στις πρωτεΐνες, όπως να προκαλέσει χρωμοσωμικές ανωμαλίες και μεταβολές στις διαδικασίες αντίγραφής του DNA. Επίσης, λόγω των μεταλλαξογόνων ιδιοτήτων του έχει χαρακτηριστεί ακόμη και ως καρκινογόνο για τον άνθρωπο από τον Διεθνή Οργανισμό για την έρευνα για τον καρκίνο. Ακόμα, είναι υπεύθυνο για τη δυσλειτουργία του μεταβολισμού του σιδήρου, τη νεφρική βλάβη, τον καρκίνο του πνεύμονα μετά από έκθεση μέσω εισπνοής, τα έλκη του ρινικού διαφράγματος και στη μείωση της ικανότητας αναγωγής της μεθαιμοσφαιρίνης σε αιμοσφαιρίνη. (14)

## **1.3.6. Κοβάλτιο**

### Γενικά

Το κοβάλτιο είναι ένα μεταλλικό στοιχείο σκληρό, αργυρόλευκου χρώματος. Το συναντάμε στη φύση συνήθως σε συνδυασμό με το As, Fe, Ni και τον Cu. Γενικά το μέταλλο αυτό δεν βρίσκεται ελεύθερο στη φύση και ο βαθμός αφθονίας του εκτιμάται ως μέσος, όμως βρίσκεται ως συστατικό στοιχείο πολλών ορυκτών και απαντάται ευρέως στο φυσικό περιβάλλον. Οι φυσικές πηγές του κοβαλτίου είναι τα πετρώματα, τα ορυκτά, το έδαφος, τα νερά και σε μικρότερο ποσοστό στα φυτά. (14)

Η περιεκτικότητα του κοβαλτίου στο έδαφος εξαρτάται από την παρουσία των ορυκτών και των πετρωμάτων που περιέχουν το μέταλλο αυτό και ασφαλώς από τον ρυθμό της αποσάθρωσης και από τις επικρατούσες εδαφοκλιματικές συνθήκες.(14)

### Χρήση

Το κοβάλτιο χρησιμοποιείται για πολλαπλούς σκοπούς όπως:

- Παραγωγή ηλεκτροδίων οξειδίου του κοβαλτίου και του λιθίου
- Μελανών συγκεκριμένου χρώματος
- Παραγωγή ειδικών βερνικιών των κραμάτων
- Παραγωγή χημικών ενώσεων για βιομηχανικούς σκοπούς και για τις αναλυτικές ανάγκες των χημικών εργαστηρίων

Ακόμη το κοβάλτιο έχει ευρεία εφαρμογή και στην Ιατρική για την ραδιοθεραπεία ασθενών, την αποστείρωση των εργαλείων και διάφορων νοσοκομειακών υλικών, τροφίμων κλπ με τη λεγόμενη «ψυχρή αποστείρωση», είτε με βομβαρδισμό ακτινών γ

που εκπέμπει το ισότοπο  $^{60}\text{Co}$  του κοβαλτίου. Επίσης, ορισμένα άλλα ισότοπα όπως το  $^{57}\text{Co}$  χρησιμοποιείται στην Ιατρική για την μελέτη της πορείας αφομοίωσης της βιταμίνης  $\text{B}_{12}$  από τον οργανισμό.

Το κοβάλτιο έχει εφαρμογή στην κατασκευή των πορσελάνων για τη δημιουργία σμαλτωμένων επιφανειών, καθώς και στη βιομηχανία κεραμικών διαφόρων χρωμάτων, στην χρυσοχοΐα όπου χρησιμοποιείται κατά την επιμετάλλωση διαφόρων χρυσαφικών για αντοχή στην οξείδωση.(14)

#### Επιπτώσεις την Υγεία

Για το γενικό πληθυσμό τα τρόφιμα και τα ποτά αποτελούν κύρια πηγή έκθεσης σε κοβάλτιο. Το περισσότερο κοβάλτιο που προσλαμβάνεται από τον άνθρωπο είναι σε ανόργανη μορφή. Ίχνη κοβαλτίου επίσης βρίσκονται σε διάφορα προϊόντα οικιακής χρήσης. Εκτός από τη συνήθη διατροφική έκθεση, πιθανή πρόσθετη έκθεση σε κοβάλτιο μπορεί να οφείλεται σε συμπληρώματα διατροφής, επαγγελματική έκθεση και ιατρικές συσκευές.(14)

Η οξεία βραχυπρόθεσμη ανθρώπινη έκθεση σε υψηλά επίπεδα κοβαλτίου μπορεί να προκαλέσει:

- Ερεθισμό της αναπνευστικής οδού
- Δύσπνοια
- Άσθμα
- Πνευμονία
- Ίνωση
- Καρδιακές επιδράσεις
- Βλάβες του ήπατος και των νεφρών
- Επιπλοκές στον επιπεφυκότα
- Ανοσολογικές επιδράσεις

Επίσης σε περιπτώσεις έκθεσης μέσω του στόματος, έχουν καταγραφεί γαστρεντερικές επιδράσεις όπως ναυτία, εμετός, διάρροια, επιδράσεις στο αίμα και ηπατική βλάβη.(14)

Ωστόσο, άτομο που πάσχουν από έλλειψη σιδήρου τείνουν να απορροφούν περισσότερο το κοβάλτιο.(14)

### 1.3.7. Μαγγάνιο

#### Γενικά

Το μαγγάνιο είναι σκληρό και εύθραυστο μέταλλο χρώματος λευκότεφρου. Η συνήθης κρυσταλλική μορφή του είναι κυβική, παρ' ότι ορισμένες φορές μπορεί να εμφανίζεται με διάφορες κρυσταλλικές μορφές. Γενικά οι ιδιότητες τους μαγγανίου είναι οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των μεταβατικών μετάλλων. Η χημική συμπεριφορά του μετάλλου αυτού ομοιάζει σημαντικά με αυτήν του σιδήρου. Χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι υπόκειται σε οξείδωση εκτιθέμενο στον αέρα και καίγεται όταν εκτίθεται στον αέρα παρουσία οξυγόνου. (14)

Το μέταλλο αυτό είναι ηλεκτροθερμικό και έχει την ικανότητα να διασπά το νερό σε  $H_2$ . Το μαγγάνιο έχει αριθμό οξειδώσεως +2, σχηματίζει άλατα με αραιά και μη οξειδωτικά ανόργανα οξέα. Αντιδρά με τα περισσότερα αμέταλλα στοιχεία σε υψηλές θερμοκρασίες σχηματίζοντας διάφορα άλατα.(14)

Η παρουσία του μαγγανίου σε διάφορα πετρώματα και ορυκτά είναι γενικά έντονη και μάλιστα σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από αυτή των λοιπών μικροθρεπτικών, αλλά και μικρότερη από την αντίστοιχη του σιδήρου. Η χημεία του Mn είναι περίπου όμοια με αυτή του Fe. Λόγω της ομοιότητας αυτής, τα δύο μέταλλα συνυπάρχουν στη φύση και τα ορυκτά τους συχνά βρίσκονται το ένα πλησίον του άλλου.

Το μαγγάνιο υπάρχει παντού παρ' όλο που η περιεκτικότητά του στο φλοιό της γης είναι μόλις στο 0.10%.(14)

### Χρήση

Το μαγγάνιο έχει πολλές χρήσεις όπως:

- Παραγωγή αλκαλικών μπαταριών
- Παραγωγή ηλεκτρικών αντιστάσεων
- Παραγωγή κεραμικών, πυρείων και ράβδων
- Ηλεκτροσυγκόλλησης
- Παραγωγή στη βιομηχανία υάλου, χρωμάτων και διαφόρων χρωστικών
- Μεταλλουργικές Βιομηχανίες

Επιπλέον μερικές οργανικές μορφές του μαγγανίου χρησιμοποιείται στην παραγωγή μυκητοκτόνων και στην παραγωγή της ένωσης η οποία χρησιμοποιείται σαν κρουστικός παράγοντας στην αμόλυβδη βενζίνη. (14)

### Επιπτώσεις στην Υγεία

Το μαγγάνιο είναι ένα από τα απαραίτητα στοιχεία για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά και απαιτείται για την ανάπτυξη και τη διατήρηση της υγείας τους. Ως ιχνοστοιχείο είναι απαραίτητο για τη φυσιολογική ανάπτυξη και λειτουργία του ανθρώπου καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Συναντάται στους περισσότερους ιστούς και βρίσκεται επίσης σε νερό και τρόφιμα. Παρά του ότι είναι πλέον εμφανές ότι η παγκόσμια ρύπανση του αέρα και του νερού από το μαγγάνιο αποτελεί μια σημαντική απειλή για την ανθρώπινη υγεία. (14)

Οι υψηλές όμως συγκεντρώσεις του μαγγανίου στον οργανισμό μπορεί να οδηγήσει σε προοδευτική, μόνιμη, νευροεκφυλιστική βλάβη, σύνδρομο παρόμοια με την ιδιοπαθή νόσο Πάρκινσον. Επιπλέον η έκθεση στο μαγγάνιο διαταράσσει :

- Νευρολογικές διαταραχές
- Υπέρταση
- Δυσλειτουργία της νοητικής λειτουργίας (απώλεια μνήμης)
- Καρδιά
- Ήπαρ
- Αναπαραγωγή
- Έμβρυο

Η νευροτοξικότητα του μαγγανίου μπορεί να σχετίζεται με την αλληλεπίδρασή του με άλλα απαραίτητα ιχνοστοιχεία όπως ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος ή ο χαλκός.(14)

### 1.3.8. Χαλκός

#### Γενικά

Ο χαλκός είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μέταλλο που απαντάται στη φύση υπό τη μορφή μείγματος δύο σταθερών ισοτόπων, του  $^{63}\text{Cu}$ (63,09%) και του  $^{65}\text{Cu}$ (30,91%) . Όσον αφορά τις ιδιαίτερες χημικές ιδιότητές του, ο χαλκός από πλευράς χημικής ενεργότητας δεν είναι πολύ ενεργός, αντιθέτως σε πολλές περιπτώσεις εμφανίζεται σχετικά αδρανής. Η ιδιότητά του αυτή σχετίζεται με το θετικό και κανονικό οξειδοαναγωγικό δυναμικό του. Ο χαλκός οξειδώνεται κυρίως από τα ισχυρά οξέα όπως το νιτρικό οξύ και το πυκνό θειικό οξύ. Κατά την παραμονή του στην ατμόσφαιρα υφίσταται μία επιφανειακή διάβρωση με τη δημιουργία ενός προστατευτικού στρώματος αποτελούμενο από ανθρακικό χαλκό, που δεν αποτρέπει την σε βάθος εισχώρηση της οξείδωσης, η οποία μπορεί να ενταθεί σε όξινο περιβάλλον. (14)

Το μέταλλο αυτό είναι ευρέως διαδεδομένο στη φύση και είναι το 26<sup>ο</sup> στοιχείο σε αφθονία στο φλοιό της γης. Η περιεκτικότητά του μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή.(14)

Ο χαλκός σε πολλές χώρες μεταφέρεται νε τον αέρα μέσω αιωρούμενων τεμαχιδίων της ατμόσφαιρας, όπου μετακινούνται και μέσω των ανέμων. Τα τεμαχίδια αυτά εναποτίθενται σε απομακρυσμένες περιοχές, για αυτό έχει παρατηρηθεί πως εδάφη ορισμένων απομακρυσμένων χωρών έχουν βελτιωθεί σημαντικά στην περιεκτικότητα χαλκού που προηγουμένως ήταν χαμηλή. Ιδιαίτερα έχουν ευνοηθεί οι δασικές περιοχές με τη μεταφορά του χαλκού μέσω του αέρα, επειδή με αυτόν τον τρόπο ευνοείται η ανάπτυξη της δασικής γλωρίδας.(14)

Η ρύπανση του περιβάλλοντος από τον χαλκό οφείλεται σε φυσικές και ανθρωπογενής δραστηριότητες. Οι πιο σημαντικές όμως πηγές ρύπανσης οφείλονται στις ανθρωπογενής δραστηριότητες, όπως:

- Τα χυτήρια επεξεργασίας των μεταλλευμάτων
- Τα στραγγιζόμενα νερά των απορριμμάτων των ορυχείων
- Η καύση του γαιάνθρακα
- Οι χώροι απόρριψης των στερεών αποβλήτων
- Η εφαρμογή της λυματολάσπης η
- Η εφαρμογή ορυκτού άλατος στους δρόμους
- Η εφαρμογή των χημικών ενώσεων
- Η χρήση χαλκούχων φυραμάτων πάχυνσης ζώων

Γενικότερα υπάρχουν πολλές πηγές ρύπανσης χαλκού επειδή ο χαλκός είναι ένα μέταλλο που χρησιμοποιείται στα περισσότερα κράματα με αποτέλεσμα όταν αυτά παλαιώνουν και διαβρώνονται απελευθερώνουν στο περιβάλλον σημαντικές ποσότητες χαλκού οι οποίες προκαλούν μοιραία τη ρύπανσή του.(14)

Οι ανόργανες χημικές ενώσεις του χαλκού χρησιμοποιούνται ευρύτατα για ποικίλους σκοπούς όπως, (14):

- Ως λιπάσματα
- Παραγωγή φυτοφαρμάκων
- Συστατικό ζωοτροφών

- Χρήση ως αντιδραστήρια των χημικών αναλύσεων

### Επιπτώσεις στην υγεία

Η θεραπευτική αξία του χαλκού για τον άνθρωπο αποδεικνύεται με βάση την ολική παρουσία του στο σώμα, τις ποικίλες δυσμενείς επιπτώσεις σε περιπτώσεις αφαίρεσής του από τη διατροφή και τέλος από την ευεργετική επίδραση της επακόλουθης αποκατάστασής του.(14)

Όμως η μεγάλη έκθεση σε χαλκό είναι υπεύθυνη για τη νόσο Wilson όπου ο χαλκός συσσωρεύεται στο ήπαρ και στον εγκέφαλο προκαλώντας μεταβολές στη δομή και τη λειτουργία των οργάνων αυτών.(14)

## **Κεφάλαιο 2**

### **2.1. Περιοχή μελέτης**

Τα Μεσόγεια είναι μια περιοχή η οποία φημίζεται για την παραγωγικότητά της στην γεωργία. Υπάρχουν σε πληθώρα ελαιώνες, αμπελώνες κλπ., καθώς επίσης είναι μια παραθαλάσσια περιοχή. Όπως είναι γνωστό τα Μεσόγεια είναι μία από τις λίγες περιοχές της Αθήνας όπου παράγουν γεωργικά προϊόντα εφόσον η Αθήνα ως η πρωτεύουσα της χώρας μας, δέχεται να φιλοξενεί ένα μεγάλο ποσοστό πληθυσμού σε σχέση με τις υπόλοιπες πόλεις της Ελλάδος κι ως εκ τούτου δεν υπάρχουν πολλά περιθώρια για καλλιεργήσιμη γη. Έτσι, η περιοχή των Μεσογείων δικαίως έχει τον τίτλο της γεωργικής περιοχής.

Στην περιοχή των Μεσογείων φιλοξενείται ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος» από το 2001.

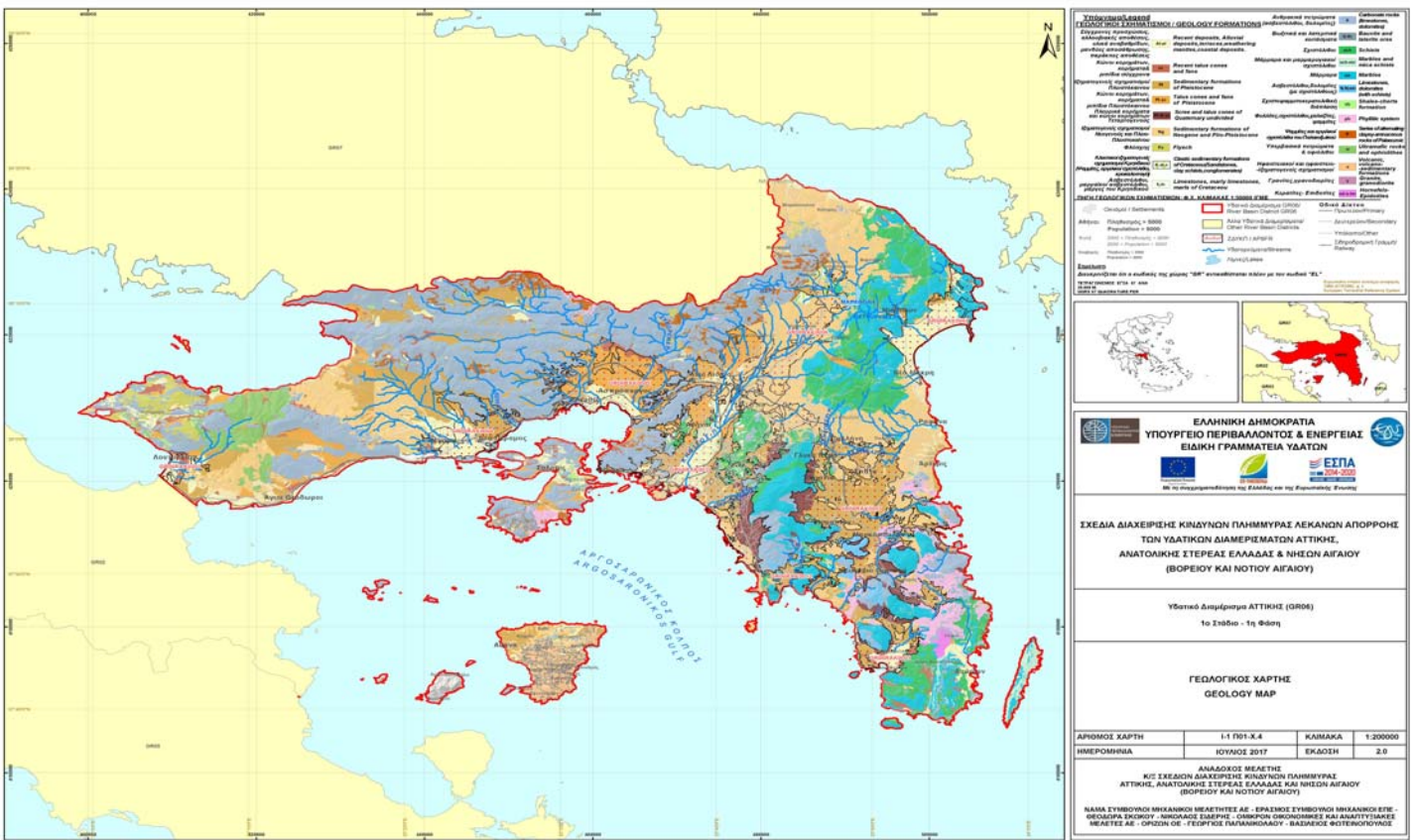
Το κλίμα της περιοχής είναι ημίξηρο, μεσογειακό και ήπιο, ενώ η γεωμορφολογία της έχει ελαφρά κυματοειδές ανάγλυφο με διάσπαρτες εδαφικές εξάρσεις και μικρούς λόφους

Γεωλογικά η περιοχή δομείται από τρεις ενότητες από την αυτόχθονη, την κατώτερη τεκτονική και την ανώτερη τεκτονική. Αντίστοιχα εικονίζεται στις εικόνες 1&2 ο Γεωλογικός και Μορφολογικός Χάρτης της περιοχής. Υδρογεωλογικά η περιοχή παρουσιάζει στα επιφανειακά στρώματα του πεδινού τμήματος εναλλαγές χαλαρών ολοκαινικών σχηματισμών (άργιλοι, κροκάλες, άμμοι, χαλίκια, χειμαρρώδεις αποθέσεις και κορήματα κλιτύων) και βαθύτερα, ιζήματα του Νεογενούς και Τριτογενούς που αποτελούνται κυρίως από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και στρώματα αργίλων και πηλών σε εναλλαγές. Τα παραπάνω ιζήματα επικάθονται σε ένα υπόβαθρο που στα ανώτερα τμήματά του περιλαμβάνει

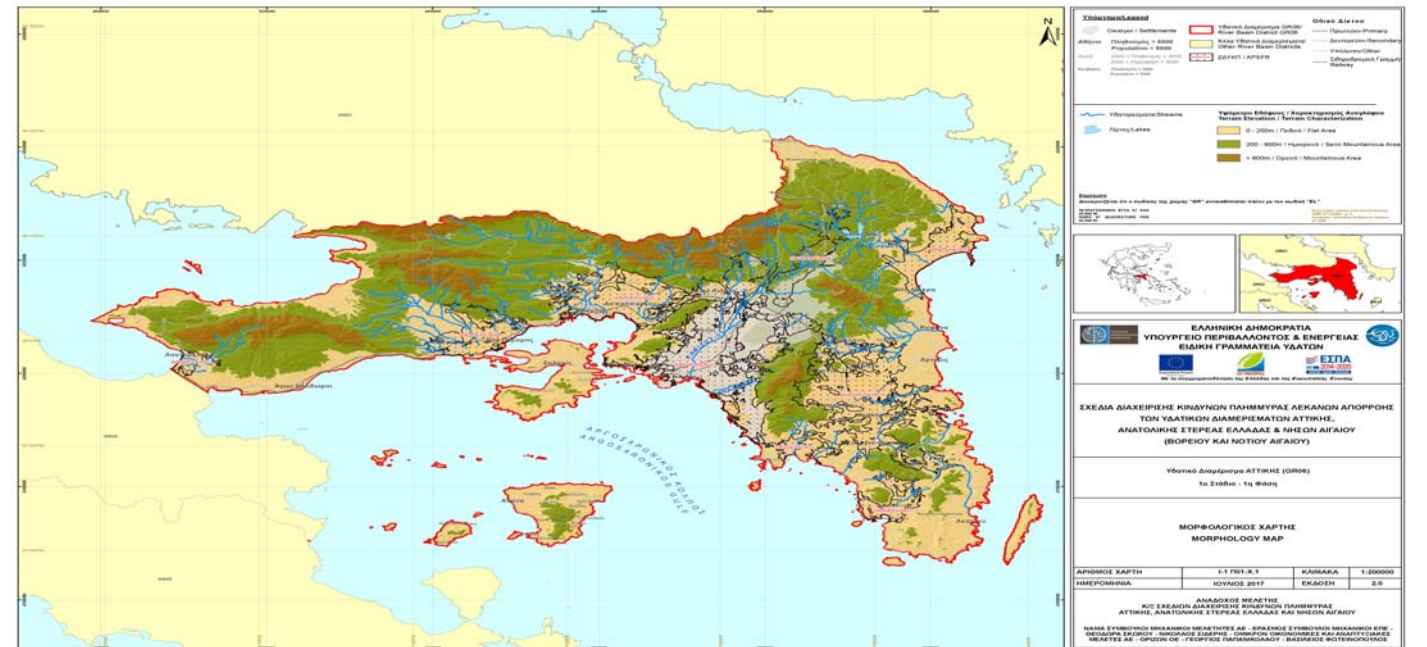


Κρητιδικούς ασβεστόλιθους και σχιστόλιθους και στα κατώτερα σχηματισμούς της αυτόχθονης ενότητας της Αττικής ( σχιστόλιθοι, μάρμαρα και δολομίτες). Οι κύριοι υδροφόροι στην περιοχή αναπτύσσονται στα Νεογενή ιζήματα, μέσα σε ορίζοντες άμμου και χαλικιών, κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους καθώς και στα μάρμαρα του υποβάθρου. Υδροφόροι περιορισμένης δυναμικότητας αναπτύσσονται στα Ολοκαινικά ιζήματα, τους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους, σε παρεμβολές μαρμάρων στους σχιστόλιθους (1).

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤ ΥΔΑΤ & ΕΔΑΦ ΠΟΡΩΝ



Εικόνα 1. Γεωλογικός χάρτης Αττικής (12)



Εικόνα 1.1. Μορφολογικός χάρτης Αττική (11)

Η πανίδα των Μεσογείων είναι πλούσια και αυτή σε ποικιλία ειδών: Χελώνες, σκαντζόχοιροι, λαγοί, αλεπούδες, κουνάβια, φίδια, πέρδικες, κοτσύφια, τσαλαπετινοί, νυχτερίδες αλλά και άλλα πουλιά, αρπαχτικά και μη, μόνιμοι φτερωτοί κάτοικοι, ή μεταναστευτικά είδη. Τα Μεσόγεια έχουν περισσότερα από 600 είδη φυτών, από τα οποία τα 40 είναι ενδημικά της Ελλάδας. Στη ζώνη βλάστησης υπάρχουν οι λεγόμενοι «μεσογειακοί θαμνώνες»: Πουρνιάρια, κουμαριές, φιλίκια, αγριοτσικουδιές, αγριελιές, φρύγανα και βολβώδοι φυτά ανάμεσα σε μερικά πεύκα. Αυτός ο τύπος όμως κρύβει κι έναν υπέροχο δρυμό, αυτόν του Σουνίου. Η πανίδα και η χλωρίδα είναι τυπική μεσογειακή. Αποτελείται κυρίως από δάση, βοσκοτόπους και γεωργικές καλλιέργειες, μέσα στις οποίες ενδημούν λαγοί, αλεπούδες και ερπετά. Επίσης είναι βασικό πέρασμα πουλιών κατά τις περιόδους της μεταναστεύσεως. Κάτω από το έδαφος, δηλαδή στο υπέδαφος υπάρχει εκπληκτική ποικιλία μεταλλευμάτων και ορυκτών (περίπου 260 διαφορετικά είδη). (10)

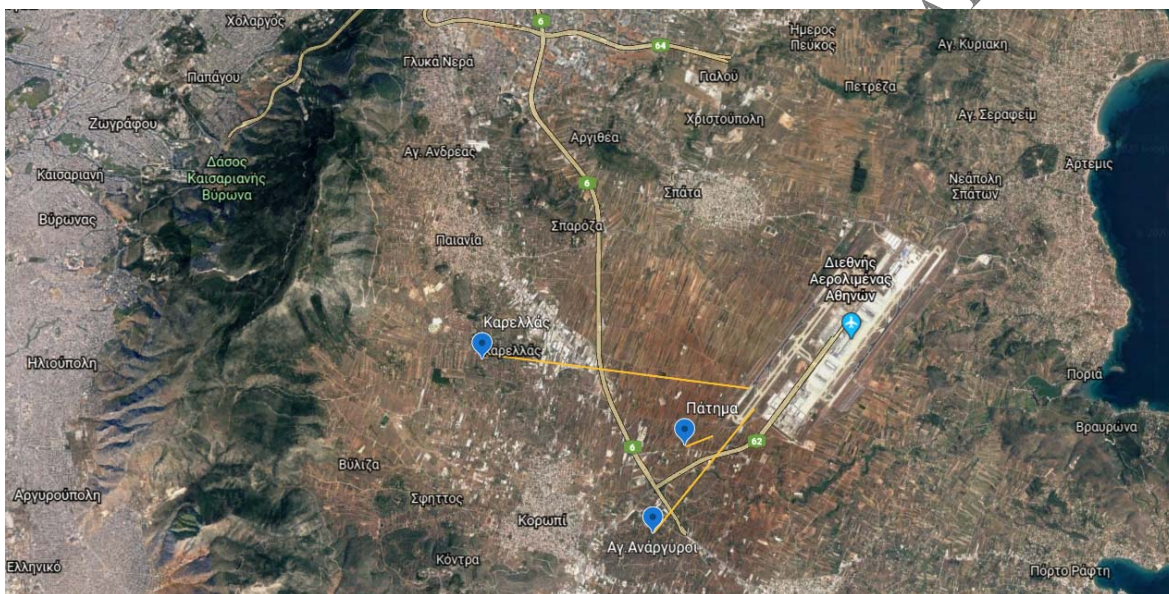
Η χλωριδική σύνθεση των οικοσυστημάτων, χαρακτηρίζεται για την δυναμική τους και την συμβολή τους στην βιοποικιλότητα της περιοχής. Τα αγροοικοσυστήματα της περιοχής χαρακτηρίζονται από μία χλωρίδα που αποτελείται από taxa που απαντούν γενικά σε ανοιχτούς χώρους. Παρότι που η χλωρίδα αυτή είναι πλούσια σε αριθμό ειδών, δεν φιλοξενεί μεγάλο αριθμό από σπάνια ή άλλα σημαντικά είδη. Η σύνθεση των αγροοικοσυστημάτων δεν είναι σταθερή, καθότι επηρεάζεται κυρίως από δύο μεταβαλλόμενους παράγοντες: τις καλλιεργητικές πρακτικές που ακολουθούνται σε κάθε αγρό και από τις εποχιακές αλλαγές, οι οποίες είναι πολύ χαρακτηριστικές κι έντονες σε τέτοιου είδους οικοσυστήματα (10).

## Κεφάλαιο 3

### 3.1. Υλικά και μέθοδοι εργασίας

Για την δειγματοληψία χρησιμοποιήσαμε τον δειγματολήπτη εδάφους τύπου Edelman. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε 3 διαφορετικές περιοχές κοντά στην περιοχή του αεροδρομίου Ελ. Βενιζέλος όπου η κάθε περιοχή είχε 1km, 7km και 3.5 km απόσταση αντίστοιχα (όπως απεικονίζεται παρακάτω στη εικόνα 3.1), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε την επιβάρυνση που δέχεται το έδαφος από τους ρύπους και τα βαρέα μέταλλα από το αεροδρόμιο.

**Εικόνα 3.1. Απεικόνιση των περιοχών που έγιναν οι δειγματοληψίες, Πάτημα, Καρελλάς και Αγ.Ανάργυροι**



Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας πήραμε δείγμα βάθους 30cm. Χωρίσαμε την εκάστοτε περιοχή σε 4 τεταρτημόρια και από το κάθε τεταρτημόριο πήραμε 3 με 4 δείγματα από διάσπαρτα σημεία, όπου στο σύνολο των δειγμάτων μας ήταν περίπου από 10 με 15 σε κάθε περιοχή. Ύστερα έγινε ομογενοποίηση των δειγμάτων και από την τελική τους μορφή χρησιμοποιήθηκε 1kg για τις αναλύσεις.

Πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, ώστε το δείγμα μας να ήταν όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό, σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η πρώτη δειγματοληψία έγινε στις 12 Φεβρουαρίου 2016 δέκα μέρες μετά από βροχόπτωση και η δεύτερη δειγματοληψία στις 13 Οκτωβρίου 2016 όπου ήταν περίοδος ξηρασίας. Η περιοχή που απέχει από το αεροδρόμιο Ελ. Βενιζέλος 1km ονομάζεται «Πάτημα», η περιοχή που απέχει 3,5km ονομάζεται «Αγ. Ανάργυροι» και η περιοχή που απέχει 7km ονομάζεται «Καρελλάς» όπου εντάσσονται στον Δήμο Κρωπίας.

Στην πρώτη δειγματοληψία στις περιοχές Καρελλά και Πάτημα πήραμε από 10 με 15 σημεία δείγμα με τον τρόπο που προαναφέρθηκε, ενώ στην περιοχή Αγ. Ανάργυροι συλλέξαμε το δείγμα με δύο διαφορετικούς τρόπους, εκ των οποίων ο ένας ήταν από διάσπαρτα σημεία και ο δεύτερος τρόπος ήταν από την κόμη της ελιάς από 15 περίπου δέντρα, με τη μέθοδο «ζικ-ζακ».

Στην δεύτερη δειγματοληψία πήραμε δείγματα από τις τρεις περιοχές –σε κάθε περιοχή πραγματοποιήθηκε μία δειγματοληψία- αποκλειστικά από την κόμη της ελιάς, με την ίδια διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε και στην 1<sup>η</sup> δειγματοληψία.

Οι εδαφολογικές παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν (9):

- Μηχανική (κοκκομετρική) ανάλυση εδάφους
- pH και Ηλεκτρική Αγωγιμότητα
- Οργανική ουσία
- Ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο
- Αφομοιώσιμος φώσφορος
- Ανταλλάξιμα κατιόντα
- Προσδιορισμός αφομοιώσιμων μορφών βαρέων μετάλλων με DTPA
- Προσδιορισμός ολικών μορφών βαρέων μετάλλων

### 3.2. Μηχανική Ανάλυση του εδάφους

Με τον όρο μηχανική ανάλυση του εδάφους,(9), εννοούμε τον εκατοστιαίο προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασής του, δηλαδή της επί τοις εκατό περιεκτικότητας του στα τρία κλάσματα μηχανικής σύστασης σε άμμο, ιλύς και άργιλο.

Η γνώση του ποσοστού συμμετοχής κάθε κλάσματος στη σύσταση των εδαφών, είναι πολύ σημαντική, εφόσον μας δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικά με τις φυσικοχημικές ιδιότητες και την παραγωγικότητα των εδαφών.

Κάθε κλάσμα μηχανική σύστασης επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, εξαιτίας των διαφορών στην ορυκτολογική τους σύσταση, στο μέγεθος των τεμαχιδίων τους, επομένως και στην ειδική του επιφάνεια. Κατά κύριο λόγο τα τεμαχίδια της άμμου αλλά και της ιλύος θεωρούνται συνήθως αδρανή τεμαχίδια και αποτελούνται κυρίως από πρωτογενή ορυκτά. Σε αντίθεση με αυτά, τα τεμαχίδια της αργίλου λόγω του μικρότατου μεγέθους τους, που συνεπάγεται μεγάλη ειδική επιφάνεια, θεωρούνται το ενεργό συστατικό του εδάφους. Αποτελούνται κατά κανόνα από δευτερογενή ορυκτά τα οποία εκδηλώνουν αρνητικά φορτία, με αποτέλεσμα να συγκρατούν, κυρίως υπό ανταλλάξιμη μορφή, τα απαραίτητα για τη θρέψη των φυτών ανόργανα στοιχεία και νερό. Τα τεμαχίδια κυρίως της αργίλου και κατά δεύτερο λόγο της ιλύος και της άμμου, δεν βρίσκονται στο έδαφος μεμονωμένα αλλά συνήθως συγκροτημένα πολλά μαζί με μεγαλύτερες μονάδες που ονομάζονται συσσωματώματα.

Η στερεή φάση του εδάφους, (9), υποδιαιρείται με βάση πάντα την ισοδύναμη διάμετρο σε mm στα εξής κλάσματα όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα(3.1).

**Πίνακας.3.1. Διάμετρος κλάσματος σε mm**

Κλάσμα	Διεθνές Σύστημα	Αμερικάνικο Σύστημα
Χονδρή άμμος	2 – 0,2	2 – 0,2
Λεπτή άμμος	0,2 - 0,02	0,2 – 0,05

Ιλύς	0,02 – 0,002	0,02 – 0,002
Άργιλλος	< 0,002	<0,002

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την μηχανική ανάλυση του εδάφους είναι η μέθοδος Βουγιούκου, η οποία στηρίζεται στον προσδιορισμό με ειδικό πυκνόμετρο της πυκνότητας του εδαφικού αιωρήματος του οποίου οι κόκκοι καθιζάνουν με ταχύτητα που καθορίζεται από την εξίσωση Stokes:

$$V=2r^2(d_1-d_2)g/(9n)$$

Όπου:

V= η ταχύτητα πτώσεως των εδαφικών υλικών (cm/sec)

r=η ακτίνα των εδαφικών τεμαχιδίων (cm)

g=η επιτάχυνση της βαρύτητας (980cm/sec<sup>2</sup>)

n=το απόλυτο ιξώδες του υγρού (poises)

d<sub>1</sub>=η πυκνότητα των εδαφικών υλικών (2,65gr/cm<sup>3</sup>)

d<sub>2</sub>=η πυκνότητα του υγρού (0,998gr/cm<sup>3</sup>)

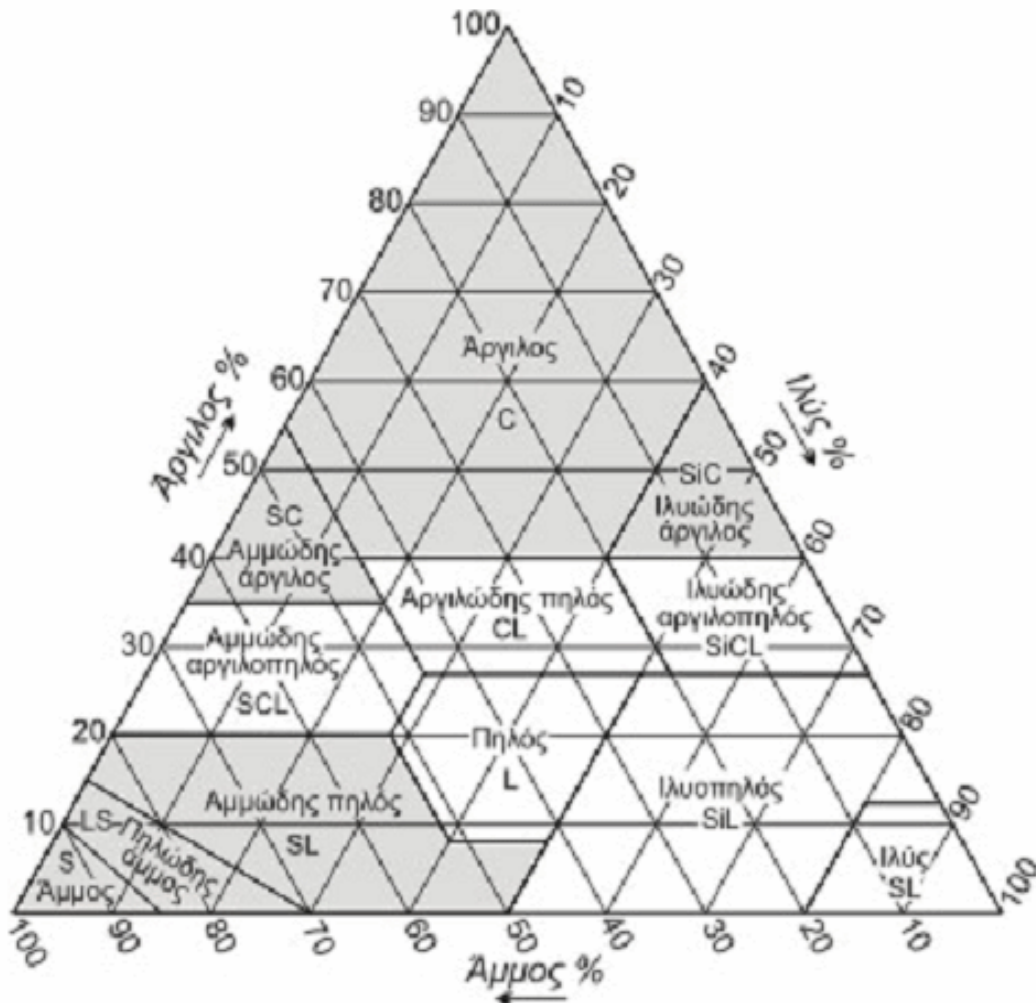
Τα όργανα και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Κύλινδροι μηχανικής ανάλυσης
- Αναδευτήρας μηχανικής ανάλυσης ( mixer ηλεκτρικό)
- Υδρόμετρο Βουγιούκου
- Υδροαργυρικό θερμομέτρο
- Διάλυμα εξαμεταφωσφορικού νατρίου 0,1N
- Χρονόμετρο
- Απιονισμένο νερό

### Μεθοδολογία Ανάλυσης

Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης αρχικά ομογενοποιήσαμε το δείγματά μας σε γουδί κι ύστερα χρησιμοποιήσαμε κόσκινο με άνοιγμα οπών 2mm. Από το έτοιμο δείγμα ζυγίσαμε 50 gr προστέθηκαν 50ml διάλυμα 0,1 N εξαμεταφωσφορικού νατρίου και 250 ml νερό. Ακολούθησε 10 λεπτών ανάδευση. Το σχηματιζόμενο αιώρημα μεταφέρεται ποσοτικά σε κύλινδρο 1000ml, ο οποίος συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή με νερό, αφού πρώτα έχει τοποθετηθεί μέσα στο αιώρημα υδρόμετρο το οποίο μετά τη συμπλήρωση, αφαιρείται. Στη συνέχεια κλείνοντας το στόμιο του κυλίνδρου με το χέρι γίνεται ανάδευση μέχρι να ομογενοποιηθεί το μίγμα. Κατόπιν αφήσαμε το διάλυμα σε ηρεμία και πήραμε μετρήσεις σε 40 δευτερόλεπτα με το υδρόμετρο και μετά με το θερμομέτρο. Μετά από 2 ώρες αφού έχει καθίσει η άμμος κι έχει κατακαθίσει η ιλύς παίρνουμε μέτρηση με το υδρόμετρο.

Η διαδικασία αυτή γίνεται και για την παρασκευή του μάρτυρα ο οποίος περιέχει ότι και παραπάνω χωρίς όμως με δείγμα εδάφους. Ο σκοπός του μάρτυρα είναι ο έλεγχος της κανονικότητας του εξαμεταφωσφορικού νατρίου.



**Σχήμα 3.1:** Τρίγωνο μηχανικής σύστασης για την κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες.

Για τον προσδιορισμό των κλασμάτων γίνεται η εφαρμογή των τύπων:

- Άργιλος σε g% =  $\eta (X_{\nu\delta\rho 2} \pm X_{\theta 2})$
- Άμμος σε g% =  $100 - \eta (X_{\nu\delta\rho 2} \pm X_{\theta 1})$
- Ίλύς σε g% =  $100 - (\text{άργιλος} + \text{άμμος})$
- (Άργιλος + ιλύς) σε g% =  $\eta (X_{\nu\delta\rho 2} \pm X_{\theta 1})$

Όπου:

- $X_{\nu\delta\rho 1}$  = η ένδειξη του υδρόμετρου μετά από 40 δευτερόλεπτα
- $X_{\theta 1}$  = η διόρθωση υδρομέτρου για τη θερμοκρασία της πρώτης υδρομέτρησης
- $X_{\nu\delta\rho 2}$  = η ένδειξη του υδρόμετρου μετά από 2 ώρες
- $X_{\theta 2}$  = η διόρθωση υδρομέτρου για τη θερμοκρασία της δεύτερης υδρομέτρησης
- $\eta$  = συντελεστής με τιμή 1 αν χρησιμοποιηθούν 100g εδάφους και 2 αν χρησιμοποιηθούν 50g

### 3.3. pH και E-C

#### Προσδιορισμός pH 1:1

Ως pH ορίζεται, (9), η συγκέντρωση των ιόντων  $H^+$  στο εδαφικό διάλυμα. Η τιμή του pH ενός εδάφους μας δίνει πολλές πληροφορίες τόσο για τη χημική συμπεριφορά του εδάφους, όσο και για την ιστορία του, επειδή είναι το αποτέλεσμα της επίδρασης του κλίματος, του μητρικού υλικού και του χρόνου στο έδαφος.

Ο προσδιορισμός του γίνεται σε εκχύλισμα κορεσμού με πεχάμετρο, το ηλεκτρόδιο του οποίου τοποθετείται εντός του εκχυλίσματος κορεσμού. Αρχικά πρέπει να γίνεται βαθμονόμηση του πεχαμέτρου με την βοήθεια ρυθμιστικών διαλυμάτων γνωστών pH (pH=4.01, pH=7). Το ηλεκτρόδιο πρέπει να βυθίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε η υαλός καλομέλανος να διαβρέχεται πλήρως ή περίπου 1,5εκ.

#### Πειραματική διαδικασία

Για την μέτρηση pH χρειαστήκαμε 20gr δείγμα εδάφους με 40 ml απιονισμένου νερού προς ανάδευση για 1 ώρα και στη συνέχεια αφήσαμε το μίγμα σε ηρεμία για 30 λεπτά.

#### Ηλεκτρική Αγωγιμότητα ( EC)

Για την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκαν τα εξής όργανα και υλικά:

- Αναλυτικός ζυγός
- Πλαστικά ποτήρια
- Σπάτουλες
- Ογκομετρικοί κύλινδροι 50 ml
- Διηθητικό χαρτί
- Χωνί Buchner
- Αντλία κενού
- Απιονισμένο νερό
- Αγωγιμόμετρο

Το ηλεκτρόδιο πρέπει να βυθίζεται έως και 4εκ ώστε να διαβρέχεται και ο αισθητήρας θερμοκρασίας του οργάνου.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, (9), είναι μια έμμεση μέτρηση που σχετίζεται πολύ καλά με αρκετές φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους. Επίσης είναι η ικανότητα ενός υλικού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Εκφράζεται σε mhos ή σε mmhos ή σε mmhos στους 25°C. Τα εδάφη, γενικά, περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό διαφόρων δυσδιάλυτων οξειδίων, μετάλλων και ορυκτών, όπως και ευδιάλυτα υδατοδιαλυτά άλατα, που ανάλογα με την ποιότητα τους και τις συγκεντρώσεις τους, στο κορεσμένο με νερό έδαφος, τα χαρακτηρίζουν αλατούχα ή μη αλατούχα.

#### Πειραματική διαδικασία

Για την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρειαστήκαμε 200gr δείγμα εδάφους όπου τα τοποθετήσαμε σε πλαστικό δοχείο και προστέθηκε ο απαραίτητος όγκος απιονισμένου νερού για την παρασκευή κορεσμένης εδαφικής πάστας (γίνεται καλή ανάμιξη με την βοήθεια σπάτουλας), η οποία πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά :



1. Η επιφάνειά της να γυαλίζει χωρίς όμως να υπάρχει περίσσεια νερού
  2. Η πάστα θα πρέπει να γλιστρά ελεύθερα πάνω στη σπάτουλα
  3. Αν χαραχτεί αυλάκι με την σπάτουλα θα πρέπει να κλείνει σιγά-σιγά
- Ύστερα η πάστα αφήνεται σε ηρεμία τουλάχιστον για 4 ώρες και μετά ακολουθεί διήθηση με τη βοήθεια αντλίας κενού (χωνί Buchner και ηθμό Whatman No42), και συλλέγεται το διήθημα το οποίο ονομάζεται εκχύλισμα κορεσμού.

### 3.4. Οργανική Ουσία Εδάφους

Οργανική ουσία του εδάφους ορίζεται το σύνολο των φυτικής και ζωικής προέλευσης υπολειμμάτων ή απορριμμάτων που ενσωματώνονται στο έδαφος π.χ. ρίζες, φύλλα, βλαστοί, κοπριά ζώων κλπ. Ανεξάρτητα από το στάδιο αποσύνθεσής τους.

Τα εδάφη, που η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία φτάνει σε ποσοστό μέχρι 20% θεωρούνται ανόργανα, ενώ εκείνα όπου το ποσοστό είναι υψηλότερο θεωρούνται οργανικά. Το ποσοστό οργανικής ουσίας των περισσότερων Ελληνικών εδαφών κυμαίνεται μεταξύ 1-2,5%

Η οργανική ουσία παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε CO<sub>2</sub> καθώς και στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους.

#### Πειραματική διαδικασία

Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας γίνεται με τη μέθοδο των Walkley-Black.

Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης θα χρησιμοποιηθούν τα εξής αντιδραστήρια και υλικά:

- Διχρωμικό Κάλιο (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1N)
- π. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- π. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>
- Δείκτης διφαινιλαμίνης
- FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 0,5N
- Κωνικές φιάλες των 500 ml
- Προχοΐδα των 25ml
- Ογκομετρικοί κύλινδροι των 50ml και 100ml
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Μαγνητάκια
- Σιφόνια των 10ml
- Απαγωγός

Χρησιμοποιήσαμε 1g εδάφους όπου το μεταφέραμε σε στεγνή κωνική φιάλη των 500ml. Στη συνέχεια προσθέσαμε 10ml διχρωμικό κάλιο και αναδεύουμε ήπια κουνώντας την φιάλη με το χέρι. Μετά προσθέσαμε 20ml π.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και αναδεύουμε για 1 λεπτό όπως πριν στον απαγωγό. Έπειτα τα αφήνουμε σε ηρεμία για 30 λεπτά περίπου κι ύστερα προσθέτουμε 200ml νερό και 10ml H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Επίσης προσθέτουμε 10 σταγόνες δείκτη για να χρωματιστεί το δείγμα σε σκούρο καφέ. Τέλος ακολουθεί τιτλοδότηση του δείγματος με τον θεικό σίδηρο μέχρι το χρώμα να γίνει πετρώλ. Παράλληλα ετοιμάζουμε κι ένα τυφλό δείγμα με όλα τα αντιδραστήρια εκτός του εδάφους.

Για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας χρησιμοποιούμε τον τύπο:

**Οργανική Ουσία σε g% εδάφους=  $10 \cdot (1 - V_{\Delta} / V_T) \cdot (0,3 \cdot 1,3 \cdot 1,724 / B)$**

Όπου,

$V_T$  = ο όγκος σε ml του διαλύματος εναμμόνιου θειικού σιδήρου 0,5N που καταναλώθηκαν για την ογκομέτρηση των 10ml 1N  $K_2Cr_2O_7$  στο τυφλό

$V_{\Delta}$  = ο όγκος σε ml του διαλύματος εναμμόνιου θειικού σιδήρου 0,5N που καταναλώθηκαν για την ογκομέτρηση της περισσειας του διχρωμικού καλίου στο δείγμα.

B = το βάρος του εδαφικού δείγματος που χρησιμοποιήσαμε

0,3 = συντελεστής μετατροπής του 1ml  $K_2Cr_2O_7$  1N σε g άνθρακα %. Το συντελεστής αυτός προκύπτει από τη σχέση  $(12/4000) \cdot 100 = 0,3$ . Το πλήικο αντιπροσωπεύει το 4000 βάρος σε g ενός mmol© άνθρακα και το 100 χρησιμοποιείται σαν ποσοστό επί τοις εκατό).

1,3 = συντελεστής, που αναφέρεται στο ποσοστό του άνθρακα της οργανικής ουσίας που οξειδώνεται με τη μέθοδο αυτή. Το ποσοστό αυτό είναι κατά μέσο όρο ίσο με 77%.

1,724 = συντελεστής, που αναφέρεται στη μετατροπή του ποσοστού του άνθρακα σε ποσοστό οργανικής ουσίας. Προκύπτει από την παραδοχή ότι το ποσοστό του άνθρακα στις οργανικές ενώσεις του εδάφους είναι κατά μέσο όρο 58%.

### 3.5. Ελεύθερο Οργανικό Ασβέστιο

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις,(9). Αρχίζει από ίχνη και φτάνει μέχρι και 70% του συνόλου της μάζας τους. Η πιο διαδεδομένη μορφή του ανθρακικού ασβεστίου είναι ο ασβεστίτης  $CaCO_3$  και λιγότερο διαδεδομένη ο δολομίτης  $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ . Τα ορυκτά αυτά αποτέλεσαν συστατικά των μητρικών υλικών από τα οποία προέκυψαν τα περισσότερα εδάφη ή πιθανόν να σχηματίστηκαν και δευτερογενώς (ιδίως ο ασβεστίτης).

Σε υγρές περιοχές όπου το ύψος της ετήσιας βροχόπτωσης ήταν μεγάλο, είχε σαν αποτέλεσμα τα ορυκτά να διαλύονται σιγά σιγά και έτσι να προκύπτουν εδάφη με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο. Αντίθετα σε ξηρές περιοχές με μικρά ποσοστά βροχοπτώσεων απομακρυνόταν μόνο το μικρό μέρος των ορυκτών με αποτέλεσμα να προκύψουν εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο.

Το ανθρακικό ασβέστιο απαντάται και στα τρία κλάσματα μηχανικής σύστασης του εδάφους (άμμος, ιλύς, άργιλος) με μεγάλες διακυμάνσεις του ποσοστού του στο καθένα από αυτά.

Το pH των εδαφών που περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο κυμαίνεται από 7 έως 8,4. Η παρουσία  $CaCO_3$  στο έδαφος αποτελεί εγγύηση ότι αυτό δεν κινδυνεύει να οξινοσθεί εξαιτίας της χρήσης όξινης αντίδρασης λιπασμάτων. Επίσης όταν εξασφαλίζεται η καλή στράγγιση του εδάφους αποφεύγεται ο κίνδυνος νατρίωσης του από κακής ποιότητας νερού άρδευσης, καθώς η παρουσία του ευνοεί τη δημιουργία καλής δομής στο έδαφος συμβάλλοντας στο σχηματισμό σταθερών συσσωματωμάτων.

Τα προβλήματα που μπορεί να εμφανισθούν στα ασβεστούχα εδάφη (με περιεκτικότητα  $CaCO_3$  μεγαλύτερη του 10% είναι τα εξής:

1. Σχηματισμός κρούστας στην επιφάνεια του εδάφους

2. Δημιουργία σκληρού στρώματος στο υπέδαφος
3. Μικρή διαθεσιμότητα P
4. Μικρή διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων
5. Προβλήματα διαθεσιμότητας του Mg και K
6. Στα εδάφη αυτά έχουν μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας

Χαμηλή	0-2%
Μέση	2-4%
Υψηλή	>4%

#### Μέθοδος του Ασβεστόμετρου – Μέθοδος Bernard

Ο προσδιορισμός του  $\text{CaCO}_3$  γίνεται με τη μέθοδο Bernard, η οποία βασίζεται στη μέτρηση του όγκου  $\text{CO}_2$  που εκλύεται μετά την αντίδραση διαλύματος HCl με τα ανθρακικά άλατα του εδάφους .

Τα υλικά και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- HCl 6N.
- Κωνικές φιάλες των 250ml
- Κάψες πορσελάνης
- Δοκιμαστικοί σωλήνες
- Σταγονόμετρο
- Ασβεστόμετρο
- Αναλυτικός ζυγός
- Θερμόμετρο

#### Πειραματική διαδικασία

Αρχικά σε μικρή ποσότητα εδάφους γίνεται δοκιμή με προσθήκη σταγόνων HCl κι ανάλογα τον αφρισμό που δημιουργείται βγάζουμε συμπέρασμα για την ποσότητα του ανθρακικού ασβεστίου και βρίσκουμε στο κάθε δείγμα μας την ποσότητα που θα χρειαστούμε.

Τοποθετούμε τα δείγματά μας σε κωνικές φιάλες (κρατάμε υπό κλίση την φιάλη ώστε το έδαφος να μαζευτεί σε μία πλευρά και τοποθετούμε έναν δοκιμαστικό σωλήνα γεμάτο ως τα 2/3 με HCl και όρθιο. Το ασβεστόμετρο έχει 3 στρόφιγγες οι οποίες αριθμούνται από αριστερά προς τα δεξιά (1, 2, 3). Αρχικά πρέπει η κόκκινη κουκίδα που έχει η στρόφιγγα 1 να είναι πάνω και η στρ.3 να είναι δεξιά. Κατόπιν γεμίζουμε τους σωλήνες ως τη μέση και γυρίζουμε τη στρ.1 ώστε το κόκκινο αριστερά όπως και στην στρ.3, ταυτόχρονα για την θέση λειτουργίας.

Πωματίζουμε καλά την φιάλη με το πόμα του ασβεστόμετρου και αφήνουμε να πέσει αργά το HCl και να διαποτίσει όλο το έδαφος. Εκλύεται  $\text{CO}_2$ . Αναδεύουμε μέχρι να σταθεροποιηθεί η στάθμη. Έχουμε άνισες στους 2 σωλήνες. Κατόπιν γυρίζουμε τη στρ.1 σιγά σιγά ώστε το κόκκινο κάτω, για να πέσει η στάθμη και να ισορροπήσει τους 2 σωλήνες, μετά κόκκινο αριστερά. Γίνεται ανάγνωση της ένδειξης. Στη συνέχεια κόκκινο στη στρ.1 πάνω και ξεταπώνουμε το δείγμα. Πέφτει η στάθμη και επαναλαμβάνουμε την διαδικασία για τα επόμενα δείγματα.

Για τον προσδιορισμό του  $\text{CaCO}_3$  χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$\text{CaCO}_3(\text{ g}\%) = K \cdot V/B$$

Όπου V= ο όγκος του CO<sub>2</sub> που εκλύεται (ml)

B= το βάρος του εδαφικού δείγματος (gr)

K= ο συντελεστής μετατροπής 1cm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> σε gr CaCO<sub>3</sub> έχει τιμή:

0.44 σε θερμοκρασία 0 °C και πίεση 760 mmHg

0.42 σε θερμοκρασία 15°C και πίεση 760 mm Hg

0.41 σε θερμοκρασία 20 °C και πίεση 760 mm Hg

0.40 σε θερμοκρασία 30°C και πίεση 760 mm Hg

### 3.6. Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός νιτρικών ιόντων στο έδαφος

#### Προσδιορισμός

Για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων στο έδαφος χρησιμοποιήσαμε 2gr εδάφους με 20ml KCl 1N.

#### Πειραματική διαδικασία

Σε φιάλη ανακίνησης τοποθετούνται 2gr εδάφους και 20ml KCl 1N προς σχηματισμό μίγματος. Το μίγμα ανακινείται για 1h σε μηχανικό παλινδρομικό αναδευτήρα (περίπου 130 παλμούς ανά λεπτό). Μετά το τέλος της ανάδευσης το μίγμα αφήνεται ρε ηρεμία για μερικά λεπτά και κατόπιν διηθείται με ηθμό Whatman No42

Στη συνέχεια στο φασματοφωτόμετρο χρησιμοποιούμε δύο κυψελίδες με διαδρομή 1cm όπου αρχικά τοποθετούμε KCl 1N για να προσδιοριστεί η απορρόφησή του στα 210 και 270nm σαν τυφλό διάλυμα. Ύστερα στην εξωτερική κυψελίδα τοποθετούμε το εδαφικό εκχύλισμα και η εσωτερική χρησιμοποιείται σαν μάρτυρας με το διάλυμα KCl 1N.

Οι κυψελίδες που χρησιμοποιήθηκαν είναι από χαλαζία.

Ο προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων προσδιορίζεται βάσει της σχέσης:

$$\text{NO}_3 \text{ (ppm)} = ((A_{210}-B_{210})-2.9 * (A_{270}-B_{270})) * 10/0.555$$

Όπου:

A = η απορρόφηση του εκχυλίσματος στο αντίστοιχο μήκος κύματος

B = η απορρόφηση του τυφλού στο αντίστοιχο μήκος κύματος

2.9 = εμπειρικός συντελεστής για τα περισσότερα ανόργανα ελληνικά εδάφη

0.555 = η κλίση της προτύπου καμπύλης NO<sub>3</sub> για 210nm και οπτική διαδρομή 1cm

### 3.7. Προσδιορισμός Αφομοιώσιμου Φωσφόρου (Olsen – P)

Ο φώσφορος στο έδαφος, (9), όπως και όλα τα θρεπτικά στοιχεία, απαντάται τόσο στη στερεή φάση, όσο και στο εδαφικό διάλυμα με διάφορες μορφές. Από τις διάφορες αυτές μορφές φωσφόρου ένα πολύ μικρό ποσοστό (περίπου το 1% από τη συνολική ποσότητα φωσφόρου), μπορεί να αφομοιωθεί από τα φυτά.

Οι μορφές με τις οποίες ο φώσφορος απαντάται στη στερεή φάση του εδάφους είναι οι παρακάτω:

- i. Οργανικός φώσφορος: αντιπροσωπεύει περίπου το 50% του φωσφόρου της στερεής φάσης. Η συνεισφορά του είναι συνήθως έμμεση όσον αφορά την θρέψη των φυτών, εξαιτίας της ανοργανοποίησης που πρέπει να υποστεί με τη βοήθεια μικροοργανισμών, για να εμφανιστεί στο εδαφικό διάλυμα σε μορφή προσιτή για τα φυτά
- ii. Δυσδιάλυτες ανόργανες: φωσφορικές ενώσεις: το είδος αυτών των ενώσεων καθορίζεται από το pH των εδαφών. Έτσι σε εδάφη αλκαλικής αντίδρασης, στα οποία κατά κανόνα κυριαρχεί το ασβέστιο, ο φώσφορος εμφανίζεται με τη μορφή φωσφορικού μονοασβεστίου ή φωσφορικού τετρασβεστίου. Στα όξινα εδάφη επικρατούν συνήθως τα ιόντα  $Fe^{3+}$  και  $Al^{3+}$  και ο στρεγκίτης ή ο βαρισκίτης. Άλλα δυσδιάλυτα υδροξυαπατίτης κλπ. Η ποσότητα φωσφόρου που λαμβάνεται από τα φυτά από τις ενώσεις αυτές ρυθμίζεται κυρίως από τα γινόμενα διαλυτότητάς τους και ο φώσφορος αυτός ανήκει στην κατηγορία του δύσκολα αφομοιώσιμου φωσφόρου.
- iii. Προσροφημένος φώσφορος: τα συστατικά του εδάφους που είναι υπεύθυνα για την προσρόφηση των φωσφορικών ανιόντων είναι τα ορυκτά της αργίλου, τα ελεύθερα οξειδία του σιδήρου και αργιλίου, καθώς και το ανθρακικό ασβέστιο. Από τον προσροφημένο φώσφορο ένα μόνο μέρος ελευθερώνει έτσι εύκολα στο εδαφικό διάλυμα ώστε να γίνεται διαθέσιμος στα φυτά, ενώ ο υπόλοιπος συγκρατείται ισχυρά και ανήκει και αυτός στην κατηγορία του δύσκολα αφομοιώσιμου φωσφόρου.

#### Προσδιορισμός με μέθοδο Olsen

Τα όργανα και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Σωλήνες φυγόκεντρο
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 50ml
- Ογκομετρικές φιάλες των 100ml και 50ml
- Ηθμό Νο40
- Φυγόκεντρο
- Ηλεκτρικός παλινδρομικός αναδευτήρας
- Φασματοφωτόμετρο
- Σιφόνια 1ml και 10ml
- Μικρά χωνιά
- Όξινο ανθρακικό νάτριο ( $NaHCO_3$  0.5M)
- Ενεργός άνθρακας
- Μολυβδαινικό αμμώνιο ( $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ )
- Αντιμονυλοτριγικό κάλιο ( $C_8H_4K_2O_{12}Sb_2 \cdot 3H_2O$ )
- Πυκνό θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ )
- Διάλυμα ασκορβικού οξέος ( $C_6H_8O_6$ )
- Διάλυμα  $KH_2PO_4$  100ppm και 5ppm

- Murpfy-Riley

#### Πειραματική διαδικασία

Για την πραγματοποίηση της αναλυτικής μεθόδου μεταφέραμε σε κωνική φιάλη 2gr εδάφους και 40ml NaHCO<sub>3</sub>, τα οποία ανακινούνται σε μηχανικό αναδευτήρα για 30min και κατόπιν διηθούνται με ηθμό Νο 40.

Ύστερα λαμβάνουμε 10ml από το εκχύλισμα από το κάθε δείγμα και τοποθετούνται σε ογκομετρικές φιάλες των 50ml. Προσθέτουμε 5N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> σιγά σιγά ώστε να μην αφρίσει υπερβολικά κι ανακινούμε τη φιάλη και μετά προσθέτουμε απιονισμένο νερό μέχρι όγκου περίπου 40ml και 8ml αντιδραστήριου B.

Γίνεται προσεκτική ανακίνηση, συμπληρώνεται η φιάλη με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή, πωματίζεται, ανακινείται και μετά από 10min μετράται η απορρόφηση στα 882nm με τη βοήθεια του φασματοφωτομέτρου όπως προαναφέρεται στη μέθοδο των νιτρικών ιόντων.

Για τη μέτρηση χρησιμοποιείται απλή κυψελίδα και το όργανο μας δίνει κατευθείαν την μέτρηση με ppm.

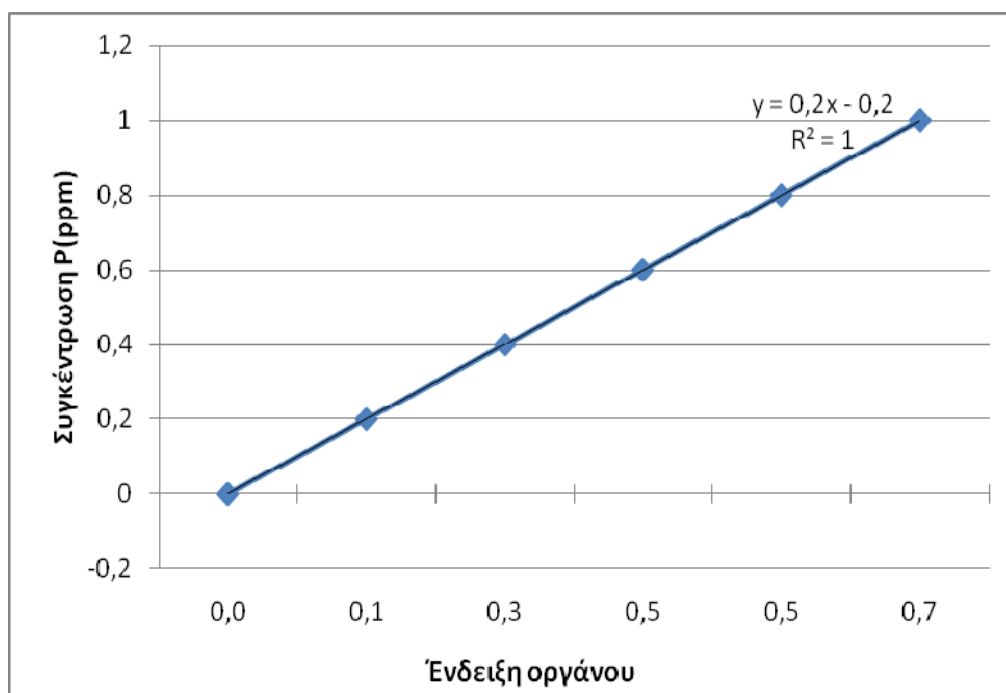
#### Βαθμονόμηση φασματοφωτομέτρου

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φασματοφωτομέτρου με τη συγκέντρωση του διαλύματος. Για τον σκοπό αυτό από το διάλυμα των 5ppm P προστίθενται σε έξι ογκομετρικές φιάλες των 50ml ποσότητες 0, 2, 4, 6, 8, 10 ml αντίστοιχα. Στη συνέχεια σε κάθε μια προστίθεται 10ml NaHCO<sub>3</sub> και ακολουθεί η ανάπτυξη χρώματος με την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε και για το δείγμα. Οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων είναι 0 – 0, 2 – 0, 4 – 0, 6 – 0, 8 και 1ppm αντίστοιχα. Τα διαλύματα αφέθηκαν σε ηρεμία για 20 λεπτά ώστε να γίνει η ανάπτυξη του χρώματος. Ύστερα μετρήθηκαν τα πρότυπα διαλύματα στο φασματοφωτόμετρο κι έτσι προέκυψαν τα εξής:

Συγκέντρωση P ( ppm )	Απορρόφηση οργάνου
0	0
0,2	0,129
0,4	0,302
0,6	0,458
0,8	0,545
1	0,678

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα 3.1. που δείχνει την καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου η οποία θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του φωσφόρου.

Τοποθετώντας τα δείγματα στο φασματοφωτόμετρο καταγράφουμε τις τιμές απορρόφησης και από την εξίσωση που προέκυψε έχουμε:  $y=0,2x-0,2$  όπου  $x=$  η απορρόφηση που δίνει το κάθε δείγμα ξεχωριστά.



Διάγραμμα 3.1. καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου

### 3.8. Προσδιορισμός ολικού αζώτου κατά KJELDAHL

Η μέθοδος προσδιορισμού ολικού αζώτου κατά KJELDAHL χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου στο έδαφος και στα φυτά (Bremmer, 1965)

Με την μέθοδο αυτή το ολικό άζωτο του δείγματος μετατρέπεται σε αμμωνιακά ιόντα, τα οποία δεσμεύονται σαν  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  με χώνευση με πυκνό θειικό οξύ και καταλύτη. Τα αμμωνιακά ιόντα κατόπιν δεσμεύονται σαν  $(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$  και η συγκέντρωσή τους προσδιορίζεται με τιτλοδότηση pH με HCL 0,1N

Η συσκευή Kjeldhal αποτελείται από 3 τμήματα:

1. Την συσκευή καύσης ή χώνευσης στην οποία το ολικό άζωτο δεσμεύεται και μετατρέπεται σε  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  με την χρήση των αντιδραστηρίων
2. Την συσκευή απόσταξης όπου τα  $\text{NH}_4^+$  μετατρέπονται σε  $(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$
3. Τον απαγωγό που χρησιμοποιείται για να δεσμεύσει και να υγροποιεί τους επικίνδυνους υδρατμούς του  $\text{H}_2\text{SO}_4$  και των άλλων αντιδραστηρίων κατά την διαδικασία της καύσης και της απόσταξης των δειγμάτων

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν:

1. 1 ταμπλέτα καταλύτη αποτελούμενη από  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , Se
2. Διάλυμα  $\text{H}_3\text{BO}_3$  4%. Ζυγίζονται 40gr  $\text{H}_3\text{BO}_3$  σε ογκομετρική φιάλη 1L και διαλύονται σε 1L απιονισμένου νερού
3. Διάλυμα NaOH 40%. Ζυγίζονται 400gr NaOH σε ογκομετρική φιάλη 1L και διαλύονται σε 1L απιονισμένου νερού
4. Πυκνό  $\text{H}_2\text{SO}_4$
5. Πρότυπο διάλυμα HCl 0,1N

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

### A. ΧΩΝΕΥΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

1. Ζυγίζονται 0,5gr εδάφους και τοποθετούνται σε σωλήνα πέψης. Το βάρος του δείγματος καταγράφεται επακριβώς
2. Στο σωλήνα προστίθενται 1 ταμπλέτα καταλύτη και 10ml π.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
3. Τοποθετούμε το σωλήνα πέψης στην συσκευή καύσης την οποία προγραμματίζουμε να κάνει δύο κύκλους:  
1<sup>ος</sup> : Ισχύς 30% για 10 λεπτά  
2<sup>ος</sup> : Ισχύς 40% για 70 λεπτά

Στο τέλος του δεύτερου κύκλου το δείγμα πρέπει να έχει χρώμα απαλό πράσινο. Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε και για ένα τυφλό δείγμα, το οποίο περιέχει όλα τα αντιδραστήρια εκτός από το δείγμα.

### B. ΑΠΟΣΤΑΞΗ

1. Οι σωλήνες πέψης απομακρύνονται από τη συσκευή θέρμανσης και αφήνονται να κρυώσουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος
2. Για κάθε δείγμα, και για το τυφλό, προετοιμάζεται μια κωνική φιάλη των 250ml η οποία περιέχει 30ml διαλύματος 4% H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>
3. Η κωνική φιάλη με το H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> τοποθετείται στη συσκευή απόσταξης έτσι ώστε ο σωλήνας εξόδου να βρίσκεται μέσα στο διάλυμα H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>
4. Ο σωλήνας πέψης τοποθετείται στη συσκευή απόσταξης και ελέγχεται η στεγνότητα του συστήματος. Ενεργοποιούμε το πρόγραμμα απόσταξης το οποίο πραγματοποιεί 4 κύκλους:
  - a. Εισαγωγή 50ml dH<sub>2</sub>O
  - b. Εισαγωγή 60ml NaOH 40%
  - c. Απόσταξη για 5min
  - d. Εξαγωγή του διαλύματος από το σωλήνα πέψης για 20 δευτερόλεπτα

### Γ. ΤΙΤΛΟΔΟΤΗΣΗ

Η τιτλοδότηση του δείγματος γίνεται με HCl 0,1N και προσθήκη δείκτη βρωμοκρεζόλη (10 σταγόνες). Αρχικά το δείγμα έχει χρώμα πράσινο – γαλάζιο και η τιτλοδότηση σταματά όταν το χρώμα γίνει κίτρινο.

Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήσαμε τη σχέση:

$$N\% = (ml \text{ δείγματος} - ml \text{ τυφλού}) * 1,4 * N / \text{βάρος δείγματος σε gr}$$

Όπου:

ml δείγματος: η ποσότητα του HCl που καταναλώθηκε για το μεταχρωματισμό του δείγματος

ml τυφλού: η ποσότητα του HCl που καταναλώθηκε για το μεταχρωματισμό του τυφλού



N: η συγκέντρωση του οξέος που χρησιμοποιήθηκε στην τιτλοδότηση

### 3.9. Ανταλλάξιμα Κατιόντα

Η άργιλος των εδαφών εκδηλώνει αρνητικά φορτία και κάθε τεμαχίδιο της άργιλου έλκει και προσανατολίζει τα κατιόντα του εδαφικού διαλύματος σε τέτοια ποσότητα, αρκετή για να το εξουδετερώσει. Τα κατιόντα αυτά χαρακτηρίζονται ως ανταλλάξιμα γιατί ανταλλάσσονται από άλλα κατιόντα που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα, με χημικώς ισοδύναμα ποσά. Το φαινόμενο αυτό χαρακτηρίζεται σαν ιονική ανταλλαγή. Η ικανότητα των εδαφών να συγκρατούν και ν' ανταλλάσσουν τα κατιόντα χαρακτηρίζεται ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (I.A.K.)

Τα ανταλλάξιμα κατιόντα π.χ. ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) βρίσκονται σε χημική ισορροπία με τα κατιόντα του εδαφικού διαλύματος.

Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων των εδαφών είναι η σημαντικότερη ίσως φυσικοχημική τους ιδιότητα γιατί αποτρέπει τις απώλειες θρεπτικών στοιχείων μέσω του νερού στράγγισης.(9)

#### 3.9.1. Μέθοδος Οξικού Αμμωνίου

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην χρήση του ίδιου του εκχυλιστικού μέσου ( $\text{CH}_3\text{COOCNH}_4$ ), όπου ακολουθείται διαφορετική τεχνική κατά την εκχύλιση.

Η αντικατάσταση των ανταλλάξιμων κατιόντων γίνεται με μια σειρά διαδοχικών ανακινήσεων του δείγματος με το εκχυλιστικό μέσο. Μετά από κάθε ανακίνηση ακολουθεί φυγοκέντρηση για το διαχωρισμό του εκχυλίσματος από τη στερεή φάση.

Ύστερα βρίσκουμε την συγκέντρωση των ανταλλάξιμων κατιόντων με τη βοήθεια του φλωγοφωτόμετρου και του φασματοφωτόμετρου Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα. ,(9)

Τα υλικά και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Σωλήνες φυγόκεντρου
- Ηλεκτρικός παλινδρομικός αναδευτήρας
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 50 ml
- Φυγόκεντρος
- Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης
- Φλωγοφωτόμετρο
- Ογκομετρικές φιάλες των 100ml
- Ηθμοί No40
- Απιονισμένο νερό
- Διάλυμα οξικού αμμωνίου(Οξικό αμμώνιο 1N. Διαλύονται 77,08gr αντιδραστηρίου σε 1L διαλύματος)
- Μικρά χωνιά

#### Πειραματική διαδικασία

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία της ατομικής απορρόφησης σε 2,5gr εδάφους προσθέτουμε 25ml αντιδραστηρίου και ανακινούμε στον μηχανικό αναδευτήρα για 15min. Κατόπιν φιλτράρουμε με σκληρό ηθμό Whatman No 45, και παίρνουμε το εκχύλισμα όπου γίνονται οι μετρήσεις.

Για K, Na τα αποτελέσματα είναι ακριβή γιατί οι μετρήσεις έγιναν με φλόγα εκπομπής

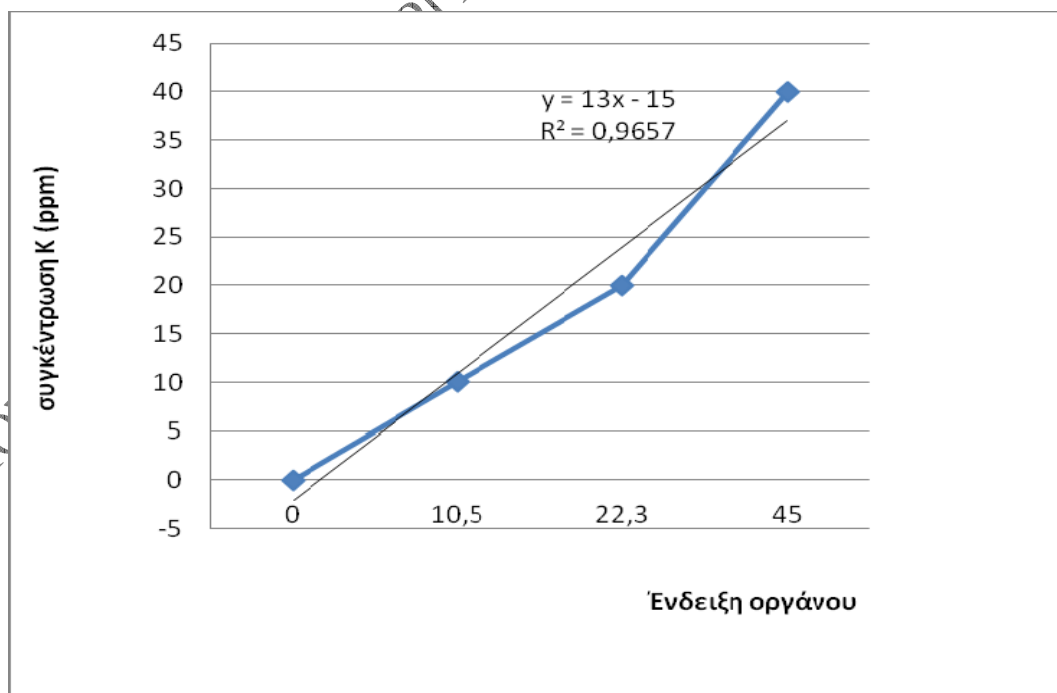
#### Βαθμονόμηση φλωγοφωτόμετρου

Η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται για να βρεθεί η σχέση που συνδέει την ένδειξη του οργάνου και τη συγκέντρωση του στοιχείου που προσδιορίζεται στο δείγμα. Η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται με τη βοήθεια πρότυπων διαλυμάτων του στοιχείου που προσδιορίζεται. Αρχικά γίνεται η ρύθμιση του μηδενός με απιονισμένο νερό και ακολουθεί η ρύθμιση της μέγιστης συγκέντρωσης του στοιχείου που προσδιορίζεται με τη βοήθεια του διακόπτη που βρίσκεται στη μετωπική όψη του οργάνου. Στη συνέχεια με τη βοήθεια των πρότυπων διαλυμάτων με κατάλληλες συγκεντρώσεις λαμβάνονται οι αντίστοιχες ενδείξεις για καθένα από τα πρότυπα διαλύματα. Από τα ζεύγη των τιμών αυτών χαράσσεται στους άξονες των συντεταγμένων η καμπύλη του οργάνου, η οποία συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων.

**Η μέτρηση για το  $K^+$ , που προκύπτει είναι:**

Συγκέντρωση K σε ppm	Ένδειξη οργάνου
0	0
10	10,5
20	22,3
40	45

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διαγραμμα 3.2. που παρουσιάζει την καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου, η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του K.



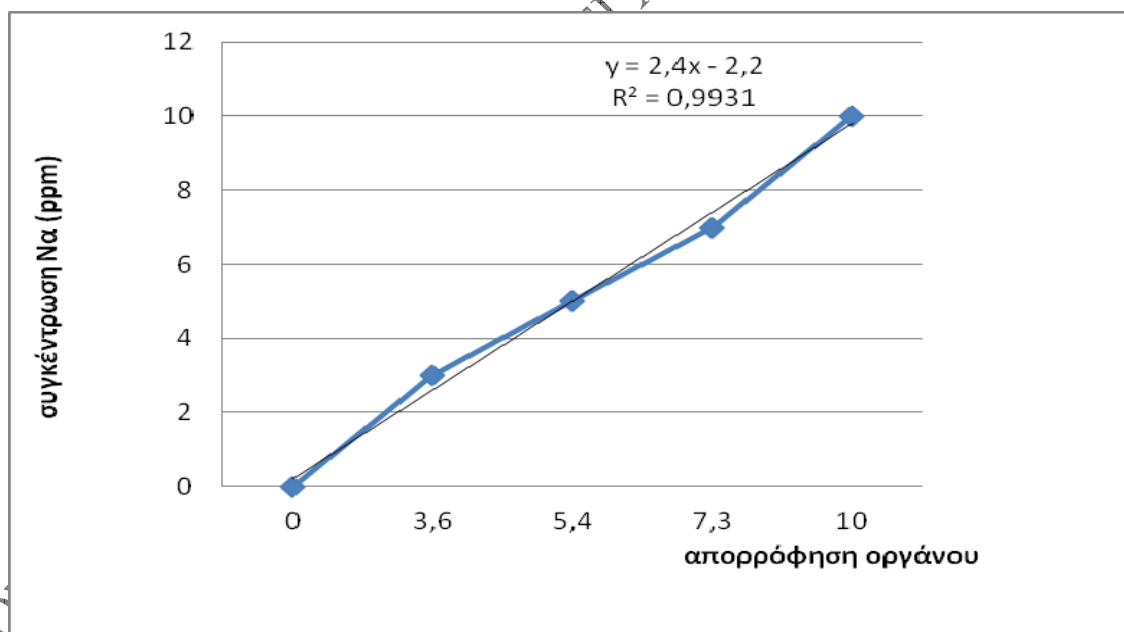
**Γράφημα. 3.2. Καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου**

Τοποθετώντας τα δείγματα στο φασματοφωτόμετρο καταγράφουμε τις τιμές απορρόφησης και από την εξίσωση που προέκυψε έχουμε:  $y=13x-15$  όπου  $x=$  η απορρόφηση που δίνει το κάθε δείγμα ξεχωριστά.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τη μέτρηση του Na. Γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου, και ακολουθεί η προετοιμασία της καμπύλης αναφοράς με τα πρότυπα διαλύματα με συγκεντρώσεις 0, 3, 5, 7 και 10ppm

Συγκέντρωση Na (ppm)	Ένδειξη οργάνου
0	0
3	3,6
5	5,4
7	7,3
10	10

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα 3.3 που παρουσιάζει την καμπύλη βαθμονόμησης του οργάνου η οποία θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του Na



**Γράφημα. 3.3. Καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου**

Από το παραπάνω διάγραμμα 3.3. που προέκυψε έχουμε  $y=2,4x-2,2$  όπου  $x=$  η ένδειξη του οργάνου για το κάθε δείγμα.

### 3.10. Προσδιορισμός μετάλλων με DTPA (Cu, Fe, Zn)

Με αυτή τη μέθοδο υπολογίζονται οι αφομοιώσιμες μορφές μετάλλων,(9). Οι αφομοιώσιμες μορφές είναι οι μορφές εκείνες που είναι διαθέσιμες για τα φυτά (αφορούν άμεσα και την γονιμότητα) και είναι οι υδατοδιαλυτές, οι ανταλλάξιμες και οι οργανικές μορφές.

Τα υλικά και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Σωλήνες φυγόκεντρου
- Ογκομετρικές φιάλες 25ml
- Μικρά χωνιά
- Ηθμοί Νο42
- Ηλεκτρικός παλινδρομικός αναδευτήρας
- Φυγόκεντρος
- Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης
- Απιονισμένο νερό
- Διάλυμα DTPA 0,005M

#### Πειραματική διαδικασία

Για την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήσαμε 10 gr εδάφους όπου προσθέσαμε 20 ml αντιδραστήριου και ανακινούμε για 2 ώρες. Κατόπιν φυγόκεντρώμε για 10 λεπτά στις 3000 στρ. και διηθούμε με σκληρό ηθμό Whatman 42 ή 45. Οι μετρήσεις γίνονται στο εκχύλισμα που παίρνουμε μετά την διήθηση.

### 3.11. Όλικές μορφές βαρέων μετάλλων στο έδαφος ( Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn, Pb, Cd)

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Κωνικές φιάλες των 250 ml
- Συσκευή υγρής καύσης
- Ψυκτήρες
- Ογκομετρικές φιάλες των 25 ml
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 50 ml
- Μικρά χωνιά
- Ηθμοί Νο42
- Απαγωγός εστία
- Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης
- Απιονισμένο νερό
- Διάλυμα Aqua Regia π.HNO<sub>3</sub>/ π. HCl = 1/3

Πειραματική διαδικασία

Σε 1g εδάφους προσθέσαμε 15ml διαλύματος  $\text{HNO}_3$  και  $\text{HCl}$  1:3, όπου τοποθετούνται σε συσκευή υγρής καύσης στους  $140^\circ\text{C}$  για 16 ώρες.

Παρακολουθούμε τις κωνικές φιάλες ώστε να υπάρχει σταθερός και ελαφρύς βρασμός.

Μετά τη λήξη του χρόνου αφήνουμε τις φιάλες να κρυώσουν.

Κατόπιν παίρνουμε το προϊόν της υγρής καύσης του εδάφους (υγρό) και το διηθούμε με σκληρό ηθμό No44 σε ογκομετρική φιάλη 25ml. Με σκοπό την ποσοτική παραλαβή του δείγματος, ξεπλένουμε την κωνική με μικρούς όγκους απιονισμένου ή υπερκάθαρου νερού, το διηθούμε και στο τέλος ξεπλένουμε το φίλτρο ώστε να φύγει όλο το κίτρινο χρώμα. Προσοχή στην προσθήκη του νερού ώστε να μην ξεπεράσουμε τα 25ml φιάλης. Το δείγμα φυλάσσεται στο ψυγείο μέχρι να μετρηθεί στην ατομική απορρόφηση.

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤ. ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤ. ΥΔΑΤ. & ΕΔΑΦ. ΠΟΡΩΝ

## Κεφάλαιο 4

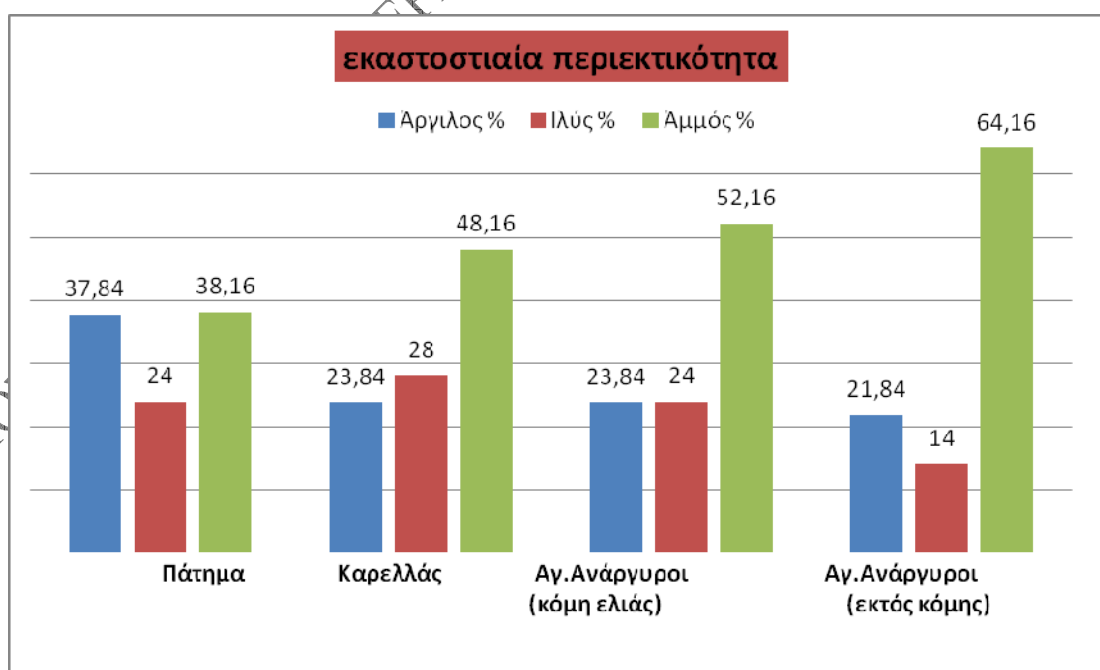
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις που προαναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3.

### 4.1. Μηχανική Ανάλυση

Στον πίνακα που ακολουθεί περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα από τη μηχανική ανάλυση των δειγμάτων:

Μηχανική ανάλυση	Άργιλος %	Ιλός %	Άμμος %	Ονομασία
Πάτημα	37,84	24	38,16	Αργιλοπηλώδες
Καρελλάς	23,84	28	48,16	Πηλώδες
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	23,84	24	52,16	Αμμοαργιλοπηλώδες
Αγ. Ανάργυροι (εκτός κόμης)	21,84	14	64,16	Αμμοαργιλοπηλώδες

Για την κατάταξη των εδαφών σε μια κατηγορία χρησιμοποιήσαμε το τρίγωνο μηχανικής σύστασης. Παρακάτω βρίσκουμε το γράφημα με την εκατοστιαία περιεκτικότητα των τριών κλασμάτων των εδαφών, που προέκυψαν από τη μηχανική ανάλυση.



**Διάγραμμα 4.1. Εκατοστιαία περιεκτικότητα σε άργιλο, άμμο και ιλό.**

Στο παραπάνω διάγραμμα (4.1) απεικονίζονται τα ποσοστά των κλασμάτων στο κάθε δείγμα μας. Από ότι διακρίνουμε το μεγαλύτερο ποσοστό που υπάρχει σε όλα τα δείγματα είναι η άμμος. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα να πούμε πως η σύσταση των εδαφών μπορεί να χαρακτηριστεί μέση, εφόσον υπάρχουν και η ιλύς με την άργιλο σε χαμηλότερα ποσοστά.

Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των Massas et al.(7), τα εδάφη επίσης έχουν σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα την άμμο με ποσοστό μέσου όρου 52,8%, ύστερα είναι η άργιλος με ποσοστό μέσου όρου 24,3% και τέλος η ιλύς με ποσοστό μέσου όρου 23,5%.

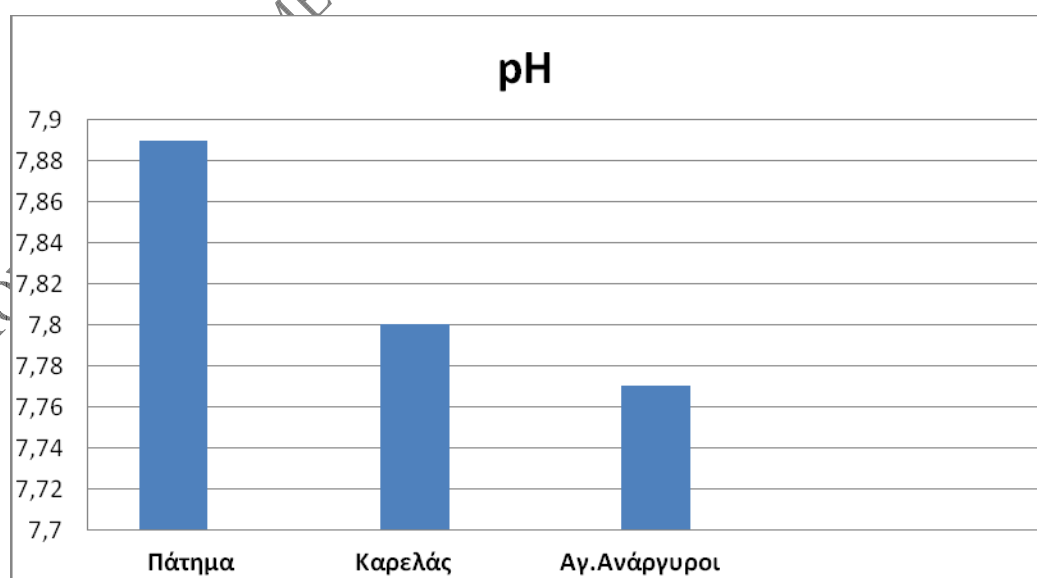
## 4.2. pH – Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

**Πίνακας 4.1.Απεικόνιση pH και EC(μS/cm)**

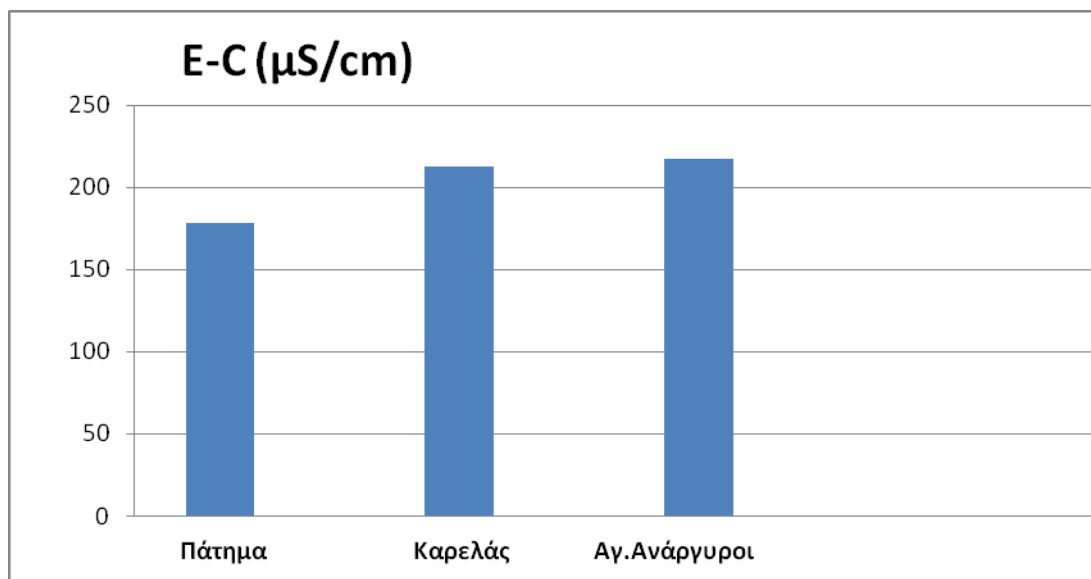
Περιοχή δειγματοληψίας	pH	EC (μS/cm)
Πάτημα	7,89	178,1
Καρελάς	7,80	213
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	7,77	217

Παρατηρούμε πως ο μέσος όρος των εδαφών της περιοχής κυμαίνεται στο 7.80 , τιμή που συμπίπτει με εργασία που έχει πραγματοποιηθεί από Massas et al (7), που κυμαίνεται στο 7.96.

Παρακάτω απεικονίζονται το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα στα γραφήματα 4.2 και 4.3 αντίστοιχα.



**Γράφημα 4.2. Μεταβολή του pH των εδαφών στις δύο δειγματοληψίες.**



**Γράφημα 4.3. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC(  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) των εδαφών στις δύο δειγματοληψίες.**

### 4.3. Οργανική Ουσία

Στον παρακάτω πίνακα 4.2. απεικονίζονται τα αποτελέσματα του ποσοστού της οργανικής ουσίας επί τοις εκατό.

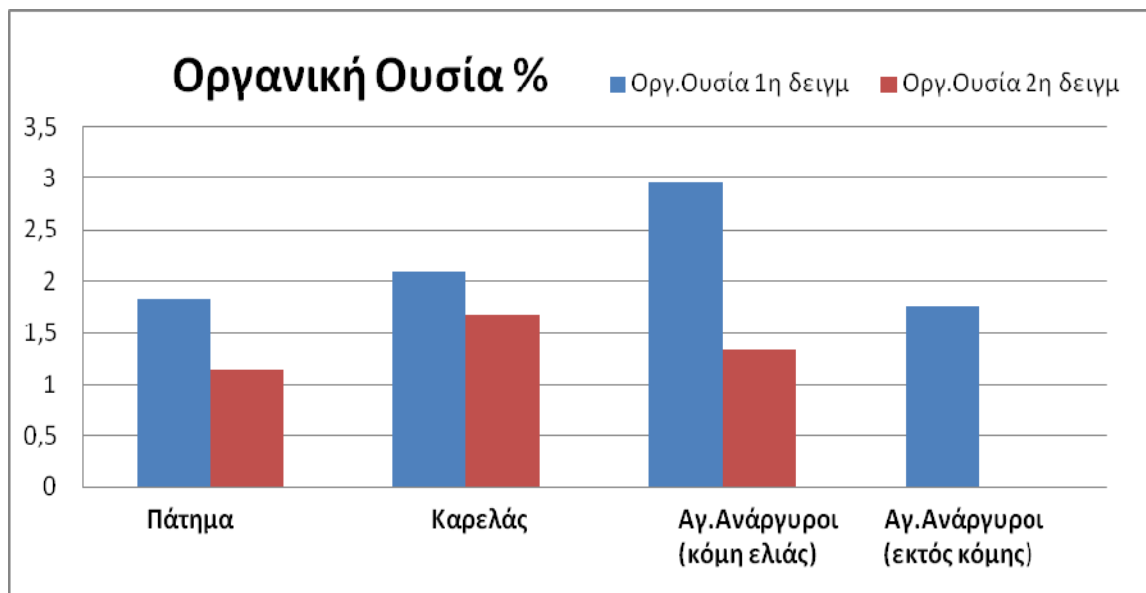
**Πίνακας 4.2. Ποσοστό επί τοις εκατό οργανική ουσία**

Περιοχή δειγματοληψίας	Οργανική ουσία %	
	1 <sup>η</sup> δειγματοληψία	2 <sup>η</sup> δειγματοληψία
Πάτημα	1,815372	1,143012
Καρελάς	2,084316	1,6809
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	2,958384	1,34472
Αγ. Ανάργυροι (εκτός κόμης)	1,748136	

Εδάφη με οργανική ουσία 2-4% χαρακτηρίζονται ως μέτρια, (9). Εφόσον η οργανική ουσία στα δείγματά μας είναι χαμηλότερη από το 3%, τότε τα εδάφη μας μπορούν χαρακτηριστούν μέτριας οργανικής ουσίας. Ωστόσο, επειδή εδάφη με ποσοστό οργανικής ουσίας >20% χαρακτηρίζονται σαν ανόργανα, τότε το ίδιο μπορούμε να πούμε και για τα δικά μας εδάφη.(9)



Ωστόσο, σύμφωνα με την εργασία των Massas et al , ο μέσος όρος οργανικής ουσίας στα εδάφη που αναλύθηκαν από τον ίδιο και τους συνεργάτες του, παρατηρείται να βρίσκεται σε ποσοστό 2,24%.(7)



**Γράφημα 4.3. Απεικόνιση ποσοστού(%) οργανικής ουσίας στα εδάφη 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας**

#### 4.4. Ελεύθερο Ανθρακικό Ασβέστιο

Στον παρακάτω πίνακα 4.4, βλέπουμε την ποσότητα που έπρεπε να καταναλώσουμε για την πραγματοποίηση της ανάλυσης, ανάλογα με τον βρασμό που δημιουργήθηκε.

**Πίνακας 4.4. Προσδιορισμός της ποσότητα εδάφους που απαιτείται για την μέτρηση στο ασβεστόμετρο**

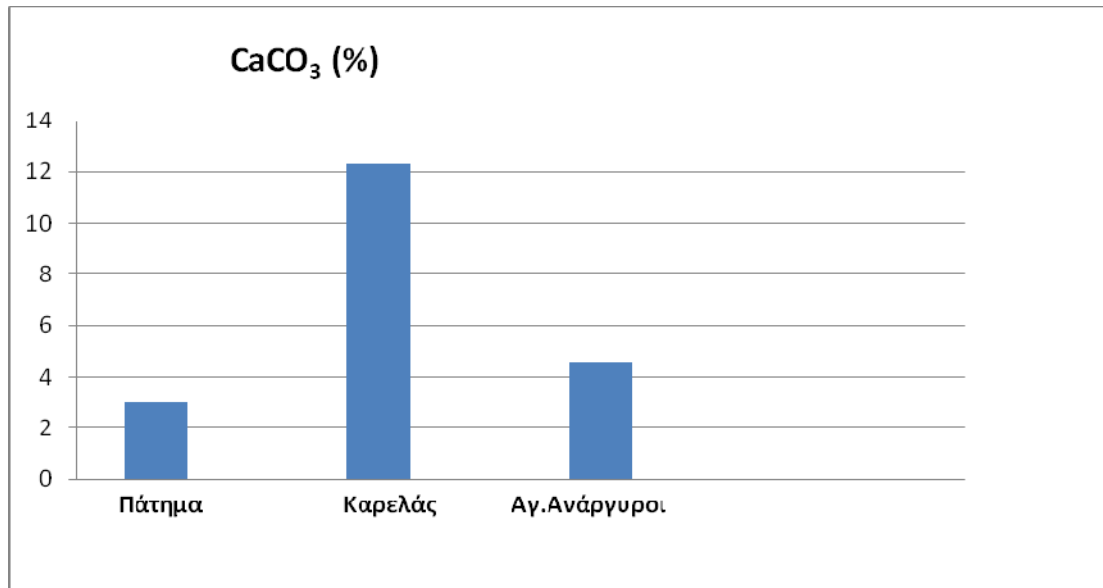
Περιοχή δειγματοληψίας	Αφρισμός	Ποσότητα (gr)
Πάτημα	Μέτριος	1
Καρελάς	Υψηλός	0,5
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	Υψηλός	0,5

Ανάλογα τον αφρισμό που έκανε κάθε δείγμα, (9), με την προσθήκη σταγόνων HCl , υπολογίστηκε η ποσότητα εδάφους, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.4.

Με αυτόν τον τρόπο εξαχθήκαν τα αποτελέσματα με το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου στο κάθε δείγμα όπως φαίνεται παρακάτω, στον πίνακα 4.5.

**Πίνακας 4.5. Απεικόνιση των αποτελεσμάτων του ποσοστού του ανθρακικού ασβεστίου των εδαφών στην 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία.**

Περιοχή δειγματοληψίας	CaCO <sub>3</sub> %
Πάτημα	3,0135
Καρελάς	12,30
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	4,56



**Γράφημα 4.6. Απεικόνιση ποσοστού αναθρακικού ασβεστίου των εδαφών.**

Σύμφωνα με το γράφημα 4.6., διαπιστώνουμε πως στην περιοχή «Καρελάς» το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου ξεπερνά το 10%,(7) επομένως το έδαφος σε αυτή την περιοχή θεωρείται ασβεστόυχο .

Κατόπιν, εν συγκρίσει των αποτελεσμάτων των Massas et al,(7), διαπιστώνουμε πως ο μέσος όρος του ανθρακικού ασβεστίου ανέρχεται στα 19,8%, με ελάχιστο 0,4% και μέγιστο 54,4%. Στα δικά μας δείγματα, τα οποία είναι κοντά με τα δείγματα των Massas et al, έχουν μια σχετική ταυτοποίηση διότι έχουμε ελάχιστο ποσοστό 3,0135% και μέγιστο 12,3%. Επομένως στην περιοχή «Καρελλάς» όπου απέχει από αυτές τις περιοχές περίπου 7 km έχει πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα στο ανθρακικό ασβέστιο.

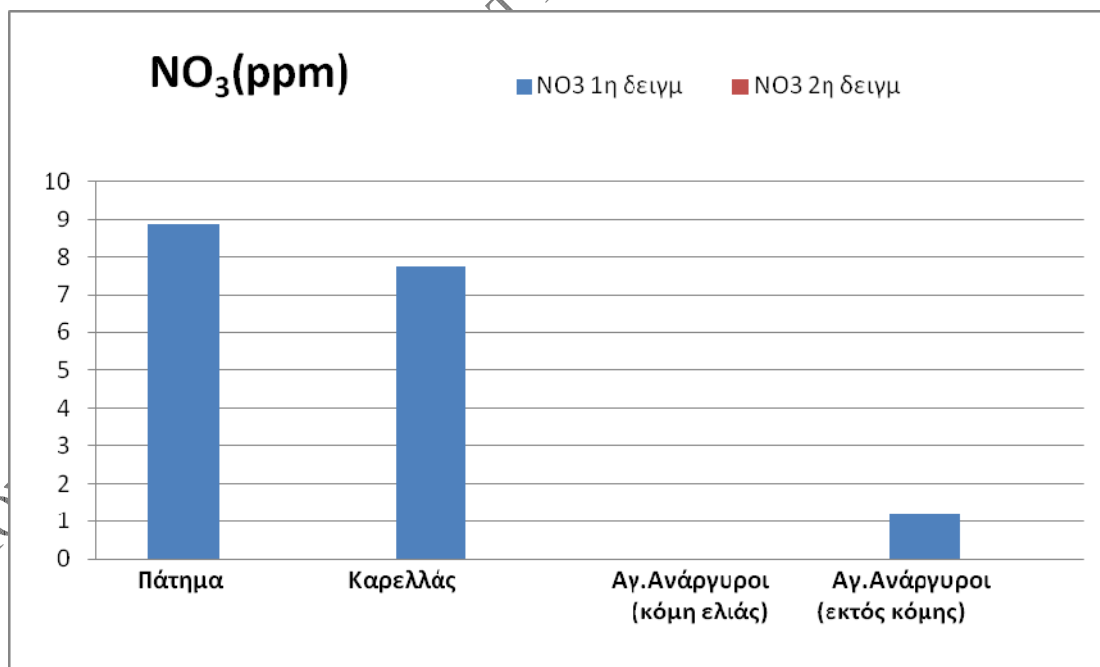
#### 4.5. Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός νιτρικών ιόντων στο έδαφος

Στον παρακάτω πίνακα (4.6) διακρίνουμε τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων στα εδάφη.

**Πίνακας 4.6. Απεικόνιση συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Περιοχή δειγματοληψίας	NO <sub>3</sub> (ppm)	
	1 <sup>η</sup> δειγματοληψία	2 <sup>η</sup> δειγματοληψία
Πάτημα	8.86	0
Καρελλάς	7.74	0
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	0	0
Αγ. Ανάργυροι (εκτός κόμης)	1.18	0

Όπως βλέπουμε στον παραπάνω πίνακα(4.6), οι τιμές των νιτρικών ιόντων είναι χαμηλές έως και ανύπαρκτες. Στις περιπτώσεις που η τιμή είναι μηδέν, στην πραγματικότητα τα αποτελέσματα ήταν με αρνητικό πρόσημο. Επειδή όμως δεν υφίστανται οι τιμές με αρνητικό πρόσημο στα αποτελέσματα, τότε η τιμή που παίρνει το εκάστοτε δείγμα θα είναι μηδέν.



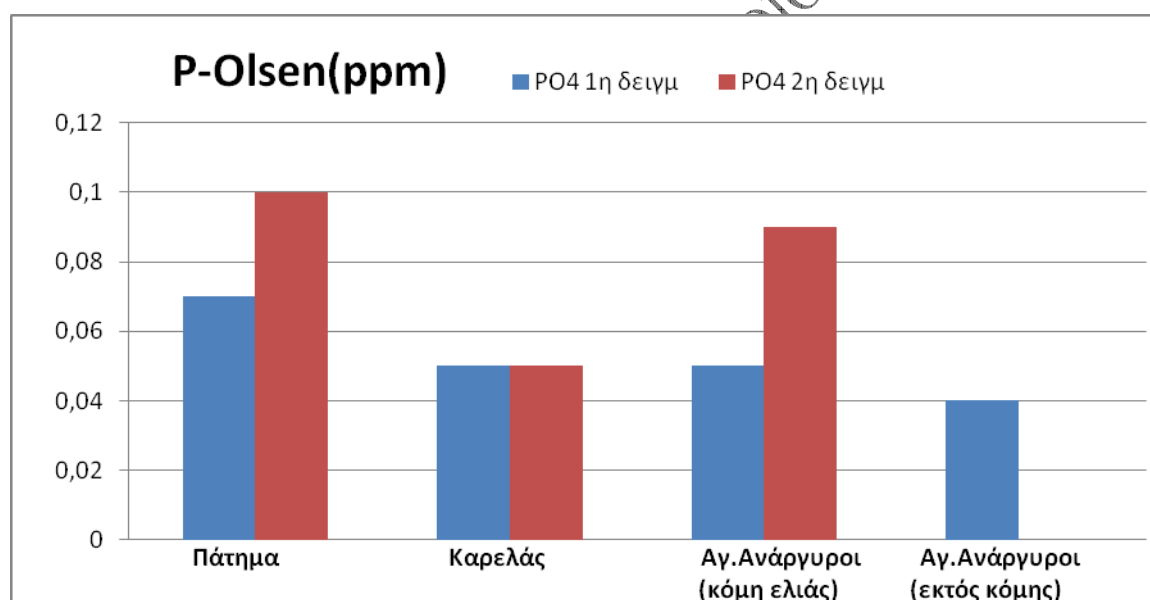
**Γράφημα 4.7. Απεικόνιση των νιτρικών ιόντων στα εδάφη.**

#### 4.6. Προσδιορισμός Αφομοιώσιμου Φωσφόρου

Στον παρακάτω πίνακα (4.7) διακρίνουμε τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων του φωσφόρου στα εδάφη.

**Πίνακας 4.7. Απεικόνιση αποτελεσμάτων των συγκεντρώσεων φωσφόρου στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Περιοχή δειγματοληψίας	P-Olsen	
	1 <sup>η</sup> δειγματοληψία	2 <sup>η</sup> δειγματοληψία
Πάτημα	0,07	0,10
Καρελλάς	0,05	0,05
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	0,05	0,09
Αγ. Ανάργυροι (εκτός κόμης)	0,04	



**Γράφημα 4.8. Απεικόνιση συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων στα εδάφη**

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα(4.7) και το γράφημα(4.8.), η συγκέντρωση των Φωσφορικών ιόντων στα εδάφη μας και στις δύο δειγματοληψίες, δεν ξεπερνά τα 0,1ppm. Γνωρίζοντας πως συγκεντρώσεις κάτω των 10ppm (6),(8), τότε τα δείγματά μας είναι φτωχά σε Φώσφορο.

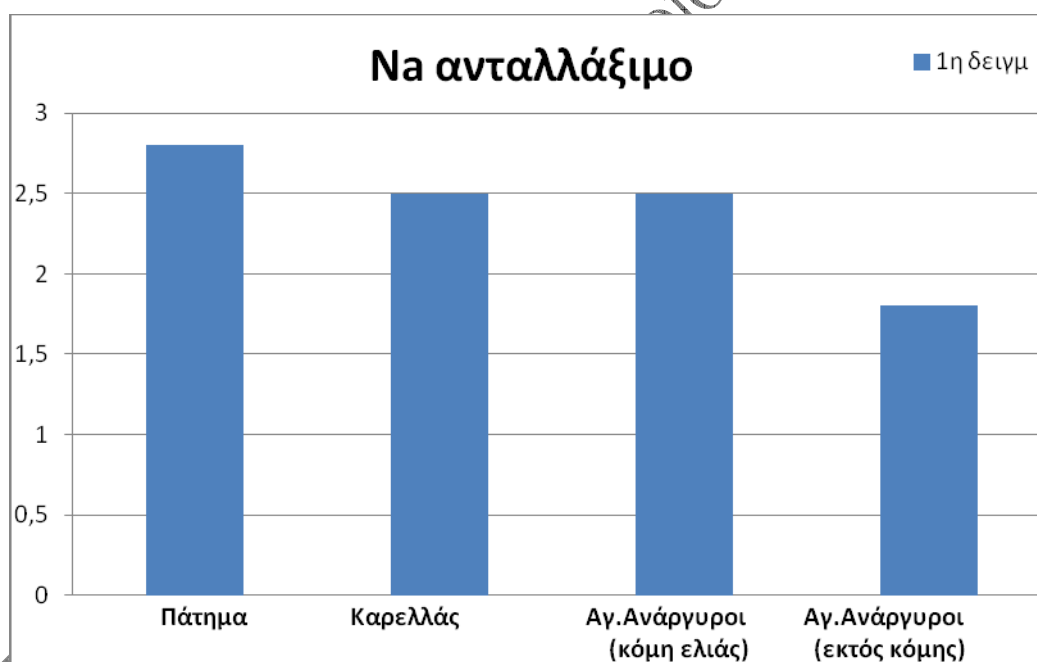
## 4.7. Ανταλλάξιμα Κατίοντα

### 4.7.1. Ανταλλάξιμο Νάτριο

Στον παρακάτω πίνακα(4.8) διακρίνουμε τα αποτελέσματα του Na(mg/kg) σε ανταλλάξιμα.

**Πίνακας 4.8. Απεικόνιση αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης του ανταλλάξιμου νατρίου σε (mg/kg) στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Περιοχή δειγματοληψίας	Na ανταλλάξιμο	
	1 <sup>η</sup> δειγματοληψία	2 <sup>η</sup> δειγματοληψία
Πάτημα	2,8	-
Καρελλάς	2,5	-
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	2,5	-
Αγ. Ανάργυροι (εκτός κόμης)	1,8	-



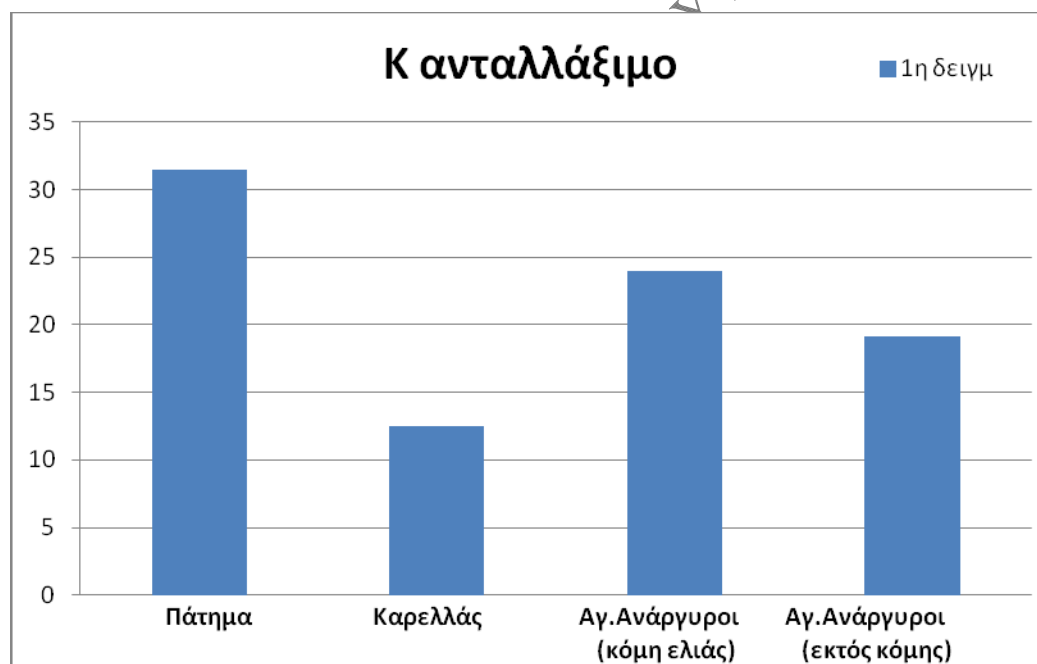
**Γράφημα 4.9. Απεικόνιση συγκέντρωσης ανταλλάξιμων Na στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

#### 4.7.2. Ανταλλάξιμο Κάλιο

Στον παρακάτω πίνακα(4.9) διακρίνουμε τα αποτελέσματα του K(mg/kg) σε ανταλλάξιμο.

**Πίνακας 4.10. Απεικόνιση αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης του ανταλλάξιμου καλίου σε (mg/kg) στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Περιοχή δειγματοληψίας	Κ ανταλλάξιμο	
	1 <sup>η</sup> δειγματοληψία	2 <sup>η</sup> δειγματοληψία
Πάτημα	31,5	-
Καρελλάς	12,5	-
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	24	-
Αγ. Ανάργυροι (εκτός κόμης)	19,1	-



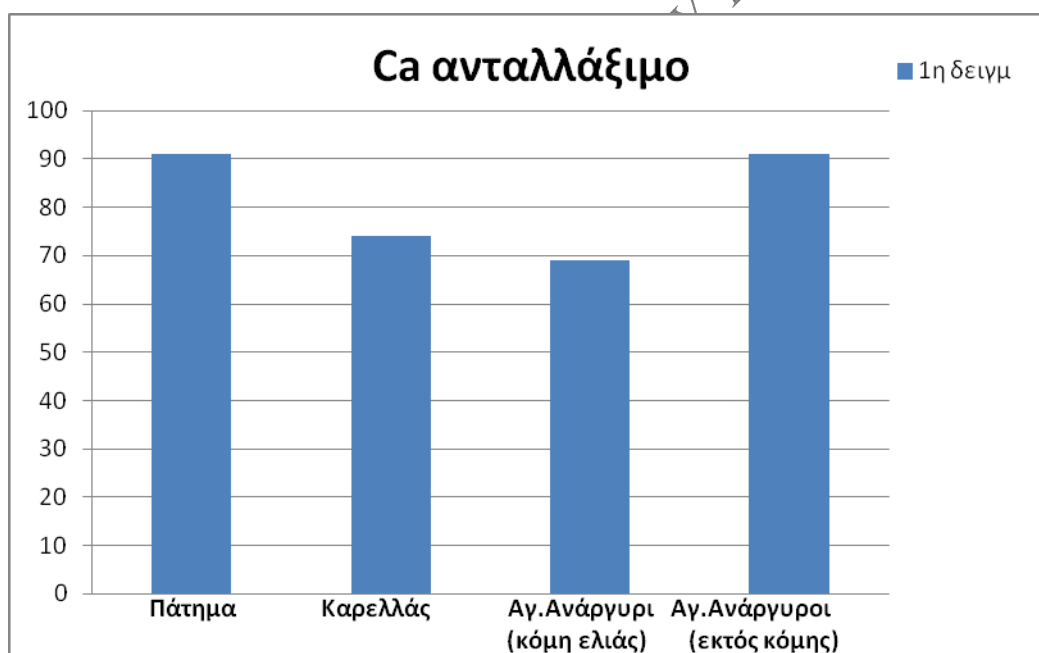
**Γράφημα 4.11. Απεικόνιση συγκεντρώσεων ανταλλάξιμο K<sup>+</sup> στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

### 4.7.3. Ανταλλάξιμο Ασβέστιο

Στον παρακάτω πίνακα(4.10) διακρίνουμε τα αποτελέσματα του Ca(mg/kg) σε ανταλλάξιμα.

**Πίνακας 4.11. Απεικόνιση αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης του ανταλλάξιμου ασβεστίου σε (mg/kg) στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Περιοχή δειγματοληψίας	Ca ανταλλάξιμο	
	1 <sup>η</sup> δειγματοληψία	2 <sup>η</sup> δειγματοληψία
Πάτημα	91	-
Καρελλάς	74	-
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	69	-
Αγ. Ανάργυροι (εκτός κόμης)	91	-



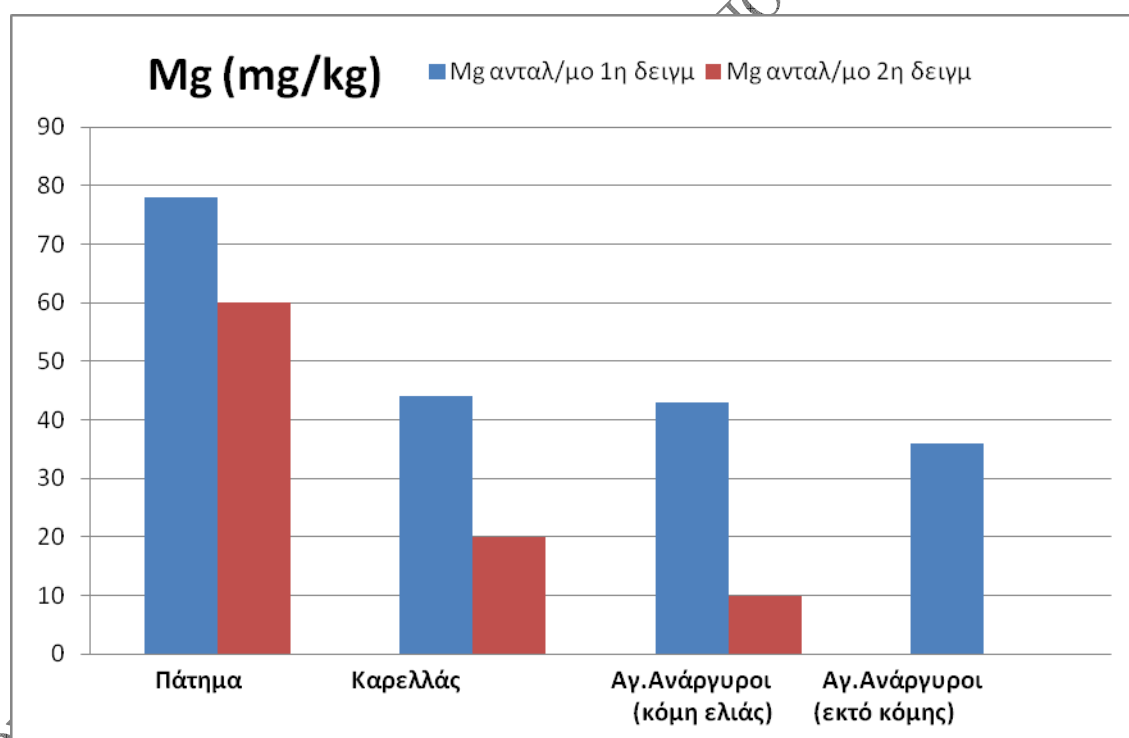
**Γράφημα 4.13. Απεικόνιση συγκεντρώσεων ανταλλάξιμων Ca στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

#### 4.7.4. Ανταλλάξιμο Μαγνήσιο

Στον παρακάτω πίνακα(4.11) διακρίνουμε τα αποτελέσματα Mg(mg/kg) σε ανταλλάξιμα.

**Πίνακας.4.12.Απεικόνιση αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης του ανταλλάξιμου μαγνησίου σε (mg/kg) στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Περιοχή δειγματοληψίας	Mg(mg/kg)	
	1 <sup>η</sup> δειγματοληψία	2 <sup>η</sup> δειγματοληψία
Πάτημα	78	60
Καρελλάς	44	20
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	43	10
Αγ. Ανάργυροι (εκτός κόμης)	36	



**Γράφημα 4.15. Απεικόνιση συγκέντρωσης ανταλλάξιμων Mg στα εδάφη 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία**

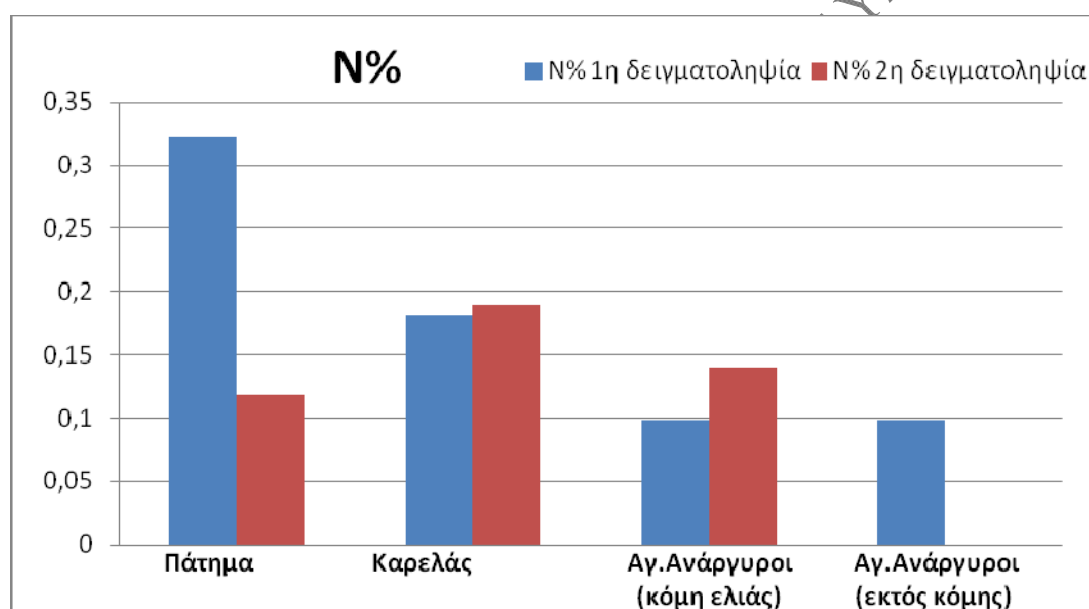
Όπως παρατηρούμε τον πίνακα 4.12 καθώς και το γράφημα 4.15, διαπιστώνουμε πως το ανταλλάξιμο μαγνήσιο έχει πολύ υψηλές τιμές. (9)



#### 4.8. Προσδιορισμός ολικού αζώτου κατά KJELDAHL

**Πίνακας 4.13. Ποσοστό ολικού αζώτου στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Περιοχή δειγματοληψίας	N%	
	1 <sup>η</sup> δειγματοληψία	2 <sup>η</sup> δειγματοληψία
Πάτημα	0,322	0,119
Καρελλάς	0,182	0,189
Αγ. Ανάργυροι (κόμη ελιάς)	0,098	0,14
Αγ. Ανάργυροι (εκτός κόμης)	0,098	



**Γράφημα 4.16. Απεικόνιση ποσοστού επί τοις εκατό αζώτου στα εδάφη της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Όπως διαπιστώνουμε υπάρχει διαφορά του ποσοστού του αζώτου ανάμεσα στις δύο δειγματοληψίες. Στην πρώτη δειγματοληψία η περιοχή Πάτημα έχει το υψηλότερο ποσοστό (0,322%) σε σχέση με τις υπόλοιπες δύο περιοχές οι οποίες δεν ξεπερνούν το 0,2% και 0,15% αντίστοιχα. Ενώ στην δεύτερη δειγματοληψία μεγαλύτερο ποσοστό αζώτου έχει η περιοχή Καρελλάς (0,189%), στην περιοχή Πάτημα το ποσοστό έχει μειωθεί κατά 0,203 μονάδες και ανέρχεται στο ποσοστό 0,119% και τέλος στην περιοχή Αγ.Αναργύροι υπάρχει αύξηση του αφομοιώσιμου αζώτου κατά 0,042 μονάδες κι ανέρχεται στο ποσοστό 0,14%.

Επομένως, εφόσον το ποσοστό του αζώτου που αφομοιώνεται είναι περίπου 2-3% συνήθως (9), είναι επιτρεπτό να αναφέρουμε πως τα εδάφη δεν αφομοιώνουν το άζωτο και πως οι διαφορές οφείλονται ενδεχομένως στις κλιματολογικές αλλαγές.

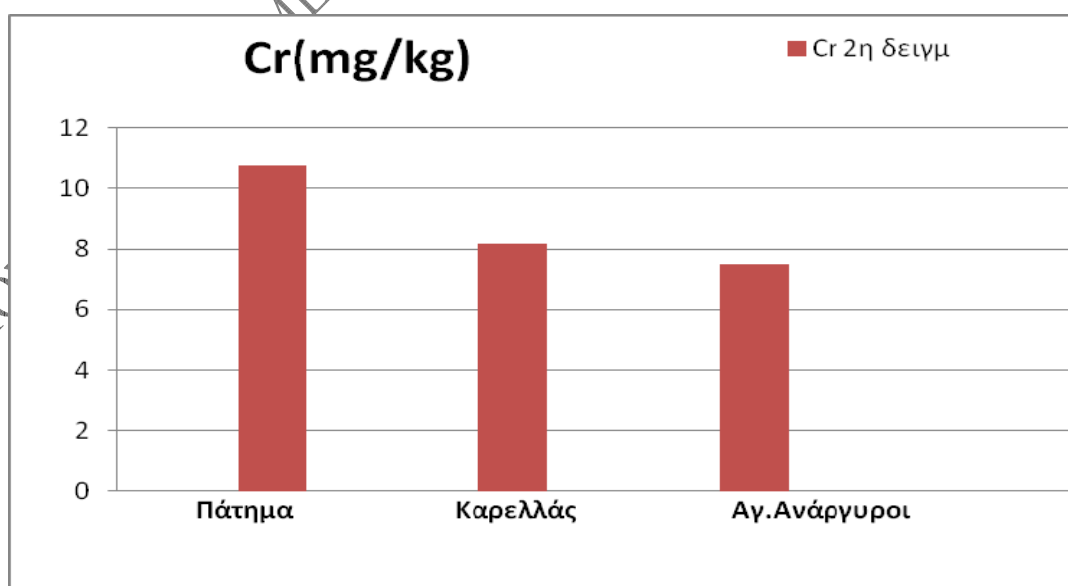
#### 4.9. Ολικές μορφές Βαρέων Μετάλλων

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις δειγματοληψίες για τις Ολικές Μορφές Βαρέων Μετάλλων αναφέρονται παρακάτω στον πίνακα 4.14

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την δειγματοληψία βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα(4.15)

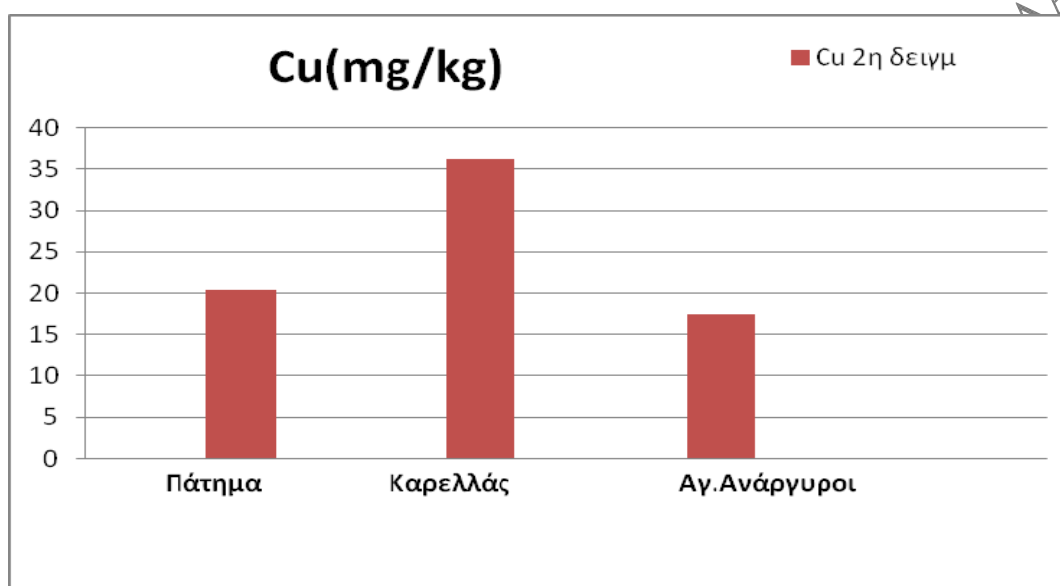
**Πίνακας 4.14. Αποτελέσματα Ολικών μορφών Βαρέων Μετάλλων 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

ΟΝΟΜΑ	2η Δειγματοληψία		
	Πάτημα	Καρελλάς	Αγ.Ανάργυροι
Cr	10,74	8,175	7,5
Cu	20,415	36,27	17,52
Fe	22,635	18,075	18,72
Zn	34,5	55,5	30,5
Pb	29,37	44,325	24,96
Ni	62,055	66,645	52,68
Co	11,16	11,835	11,475
Cd	0,675	1,035	0,975



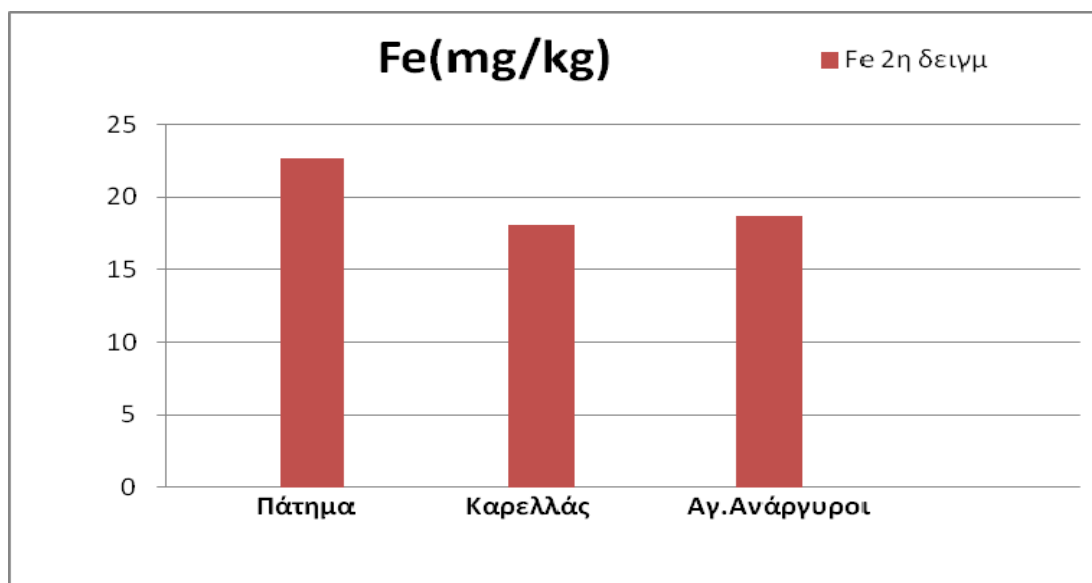
**Γράφημα 4.15. Απεικόνιση συγκέντρωσης Ολικών μορφών Βαρέων Μετάλλων στο στοιχείο Cr στα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Στο παραπάνω γράφημα απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις Cr (mg/kg). Το ανώτατο επιτρεπτό όριο για μη ρυπασμένα εδάφη είναι 79,8mg/kg, (7). Επομένως τα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας δεν είναι ρυπασμένα διότι οι συγκεντρώσεις τους είναι αρκετά χαμηλότερες σε σχέση με το ανώτατο επιτρεπτό όριο με μέσο όρο συγκέντρωσης 8,805 mg/kg, εν συγκρίσει με τα αποτελέσματα των Massas et al (7), τα εδάφη τους ως προς το χρώμιο δεν θεωρούνται ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 74,18 mg/kg.



**Γράφημα 4.16. Απεικόνιση συγκέντρωσης Ολικών μορφών Βαρέων Μετάλλων στο στοιχείο Cu στα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας**

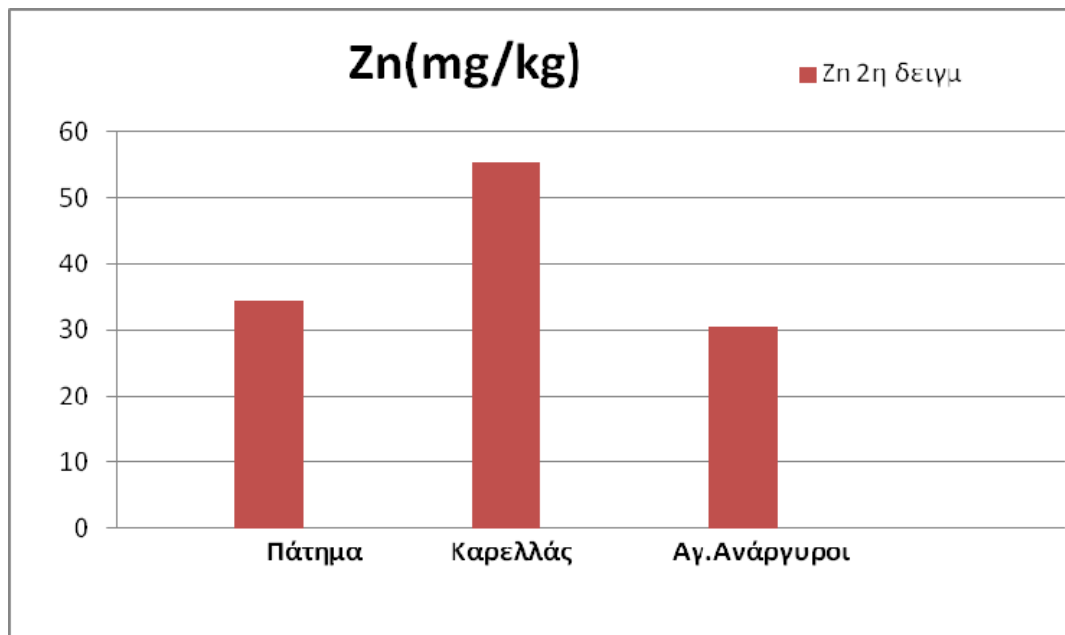
Στο παραπάνω γράφημα απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις του Cu(mg/kg). Τα μη ρυπασμένα ελληνικά εδάφη από τον χαλκό κυμαίνονται από 3,23-14,5 mg/kg, (7). Επομένως τα εδάφη ως προς τον χαλκό στις περιοχές Πάτημα, Καρελλά και Αγ. Ανάργυροι θεωρούνται ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 24,735 mg/kg. Συγκριτικά με τα αποτελέσματα των Massas et al (7), τα εδάφη τους θεωρούνται ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 23,25 mg/kg



**Γράφημα 4.17. Απεικόνιση συγκέντρωσης Ολικών μορφών Βαρών Μετάλλων στο στοιχείο Fe στα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Στο παραπάνω γράφημα απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις του Fe (mg/g) στα εδάφη. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο για το σίδηρο για τα ελληνικά μη ρυπασμένα εδάφη είναι 22,4 mg/g,(7). Επομένως τα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψία στην περιοχή Πάτημα θεωρείται ρυπασμένο, ενώ οι υπόλοιπες περιοχές είναι μη ρυπασμένες με μέσο όρο συγκέντρωσης 19,81 mg/kg. Συγκριτικά με την έρευνα των Massas et al (7), τα εδάφη του αεροδρομίου θεωρούνται μη ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 21,71 mg/g.

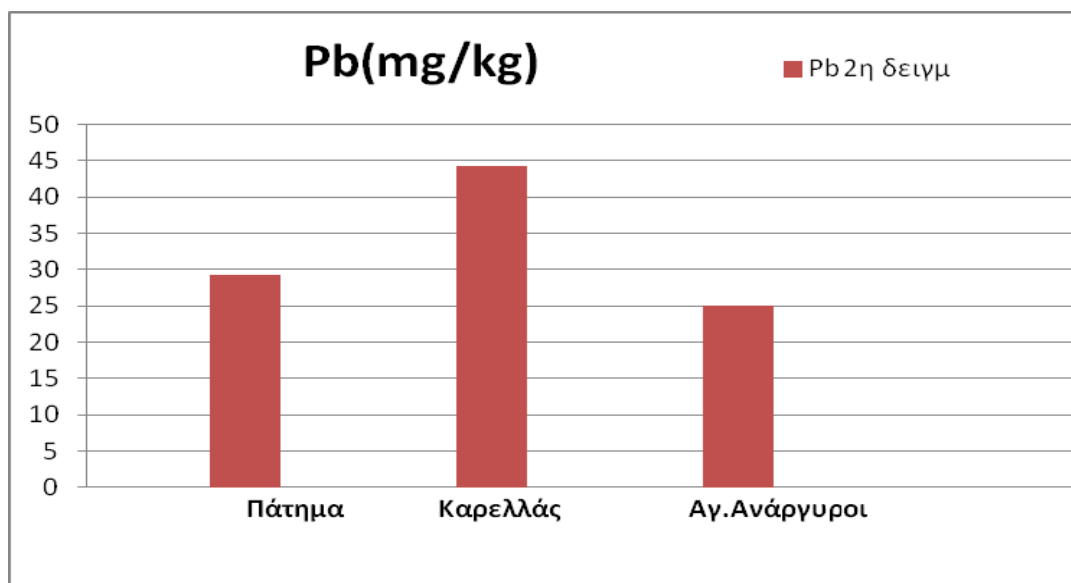
ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ



**Γράφημα 4.18. Απεικόνιση συγκέντρωσης Ολικών μορφών Βαρέων μετάλλων στο στοιχείο Zn στα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας**

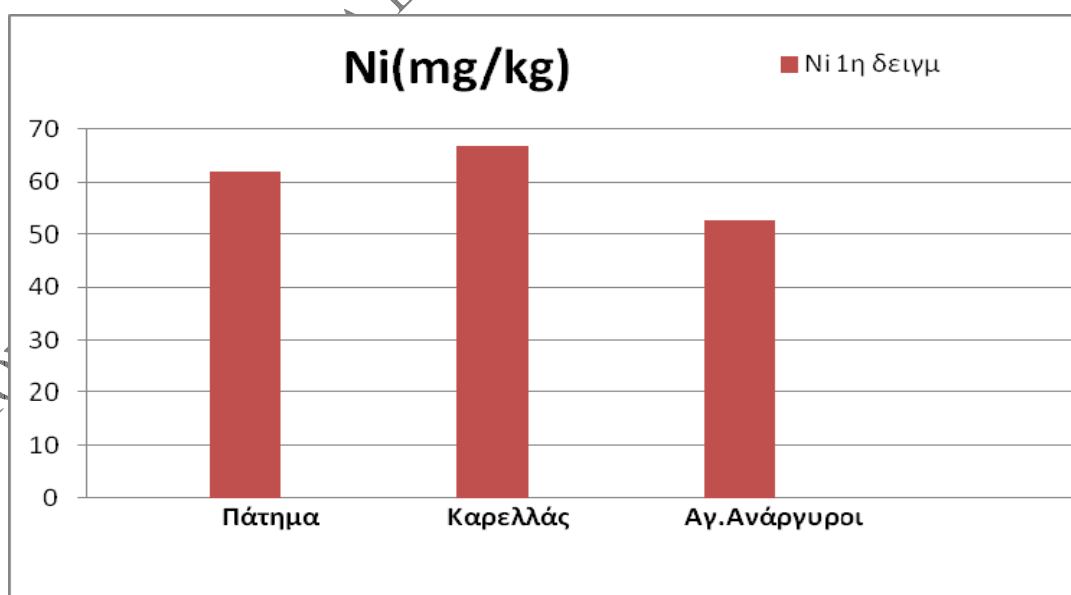
Στο παραπάνω γράφημα απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις Zn(mg/kg) των εδαφών. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο ψευδαργύρου για ελληνικά μη ρυπασμένα εδάφη είναι 95,2mg/kg,(7). Επομένως τα εδάφη ως προς τον ψευδάργυρο θεωρούνται μη ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 40,167 mg/kg. Χρησιμοποιώντας συγκριτικά την έρευνα των Massas et al (7), τα εδάφη τους θεωρούνται επίσης μη ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 81,00mg/kg .

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ



**Γράφημα 4.19. Απεικόνιση συγκέντρωσης Ολικών μορφών Βαρών Μετάλλων στο στοιχείο Pb στα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας**

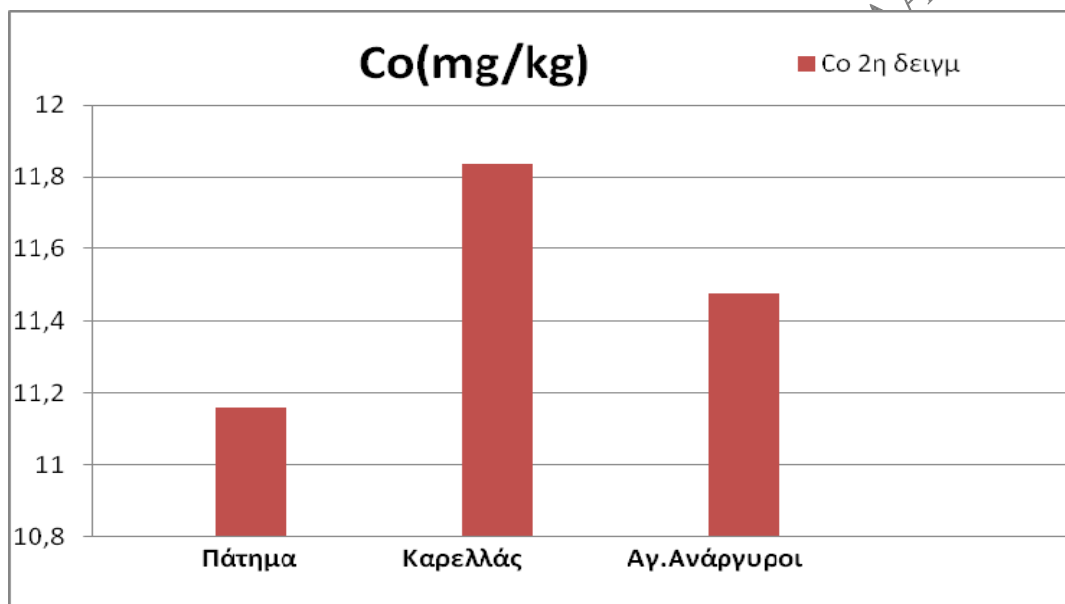
Στο παραπάνω γράφημα απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις Pb(mg/kg) των εδαφών. Τα επιτρεπτά όρια για τα ελληνικά μη ρυπογόνα εδάφη κυμαίνονται από 4 - 19,2mg/kg,(7). Επομένως τα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας θεωρούνται ρυπασμένα ως προς τον μόλυβδο με μέσο όρο συγκέντρωσης 32,885 mg/kg. Συγκριτικά για άλλη μια φορά με την έρευνα των Massas et al (7), τα εδάφη του θεωρούνται επίσης ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 74,90 mg/kg .



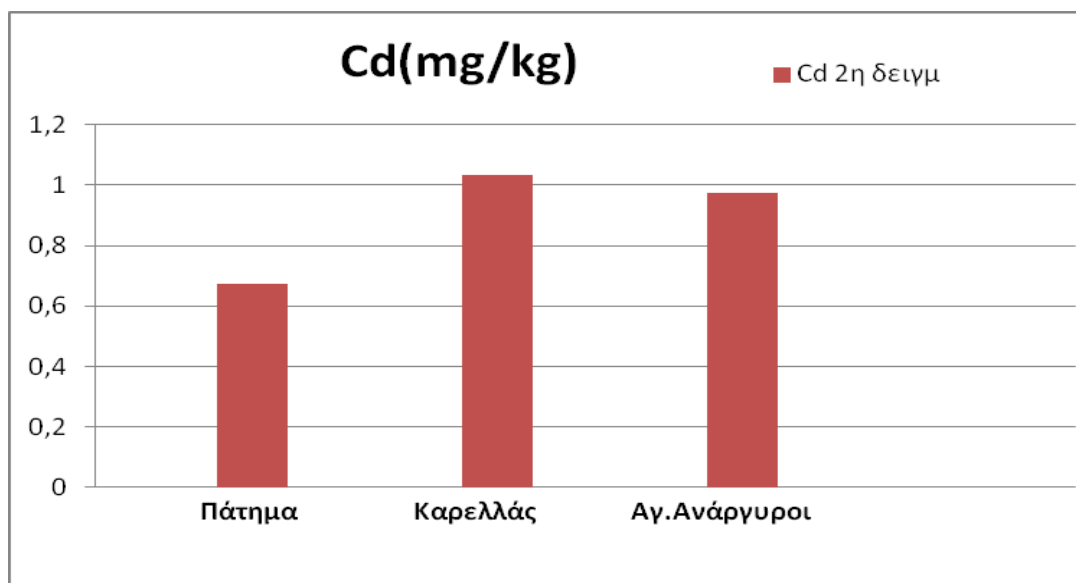
**Γράφημα 4.20. Απεικόνιση συγκέντρωσης Ολικών μορφών Βαρών Μετάλλων στο στοιχείο Ni στα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας**

Στο παραπάνω γράφημα απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις Ni (mg/kg). Το ανώτατο επιτρεπτό όριο για τα ελληνικά μη ρυπασμένα εδάφη είναι στα 90mg/kg,(7). Επομένως τα εδάφη ως προς το νικέλιο θεωρούνται μη ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 60,46 mg/kg.

Χρησιμοποιώντας συγκριτικά την έρευνα των Massas et al (7), τα εδάφη του θεωρούνται επίσης μη ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 86,90mg/kg .



**Γράφημα 4.21. Απεικόνιση συγκέντρωσης Ολικών μορφών Βαρέων Μετάλλων στο στοιχείο Co στα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας**



**Γράφημα 4.22. Απεικόνιση συγκέντρωσης Ολικών μορφών Βαρών Μετάλλων στο στοιχείο Cd στα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας**

Στο παραπάνω γράφημα(4.24) απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις Cd(mg/kg) των εδαφών. Τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα ελληνικά μη ρυπογόνα εδάφη κυμαίνονται από 0,2-0,5 mg/kg,(6). Επομένως στα εδάφη της 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας οι συγκεντρώσεις των εδαφών υπερβαίνουν το ανώτερο επιτρεπτό όριο, οπότε θεωρούνται ρυπασμένα με μέσο όρο συγκέντρωσης 0,895 mg/kg.

#### **4.10. Προσδιορισμός αφομοιώσιμων μορφών Βαρών μετάλλων με DTPA (Cu, Fe, Zn)**

Η ρύπανση του εδάφους δεν εξαρτάται μόνο από τις συγκεντρώσεις των ολικών μορφών των βαρέων μετάλλων, εξαρτάται επίσης και από το ποσοστό των αφομοιώσιμων μορφών του εκάστοτε μετάλλου καθώς και από την κινητικότητά τους, τα οποία εξαρτώνται από τη σύσταση αλλά και από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους. Για αυτό το λόγο οι αφομοιώσιμες μορφές των βαρέων μετάλλων είναι εξίσου σημαντικές για την συνολική εκτίμηση της ρύπανσης του εδάφους.(6)

Για τον προσδιορισμό των αφομοιώσιμων μορφών Βαρών Μετάλλων ακολουθείται η ίδια διαδικασία και στις δύο δειγματοληψίες.

Παρακάτω αναγράφονται τα αποτελέσματα των αφομοιώσιμων μορφών Βαρών μετάλλων με χρήση DTPA, στον πίνακα 4.16 και 4.17.

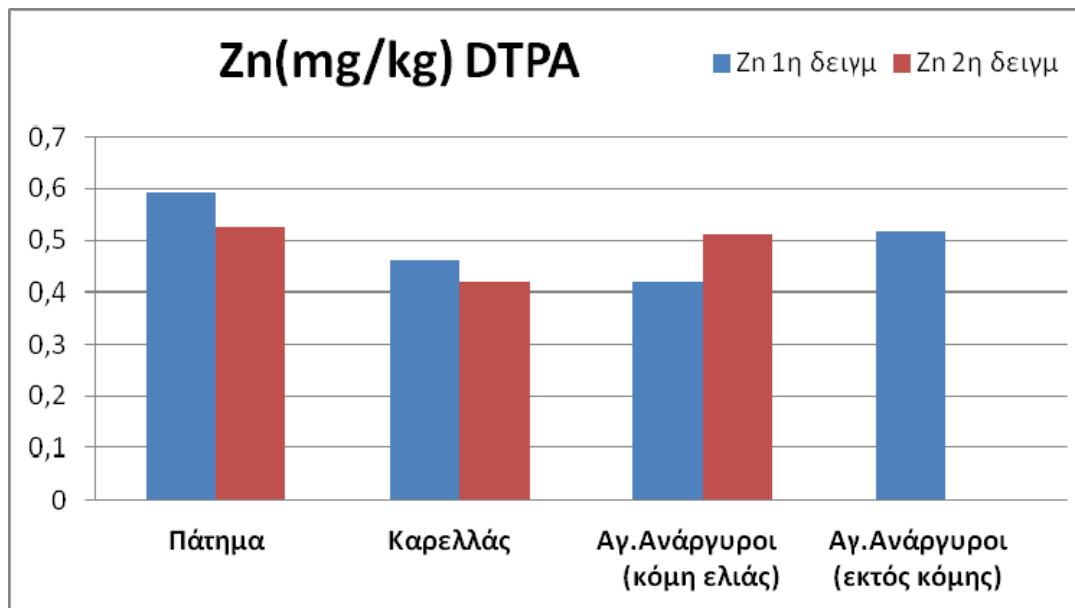


**Πίνακας 4.16. Αποτελέσματα DTPA 1<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

1 <sup>η</sup> δειγματοληψία	Περιοχή δειγματοληψίας			
	Πάτημα	Καρελλάς	Αγ.Αν.(κόμη)	Αγ.Αν(διακ)
Στοιχείο				
Zn	0,592	0,462	0,418	0,516
Cu	2,204	1,74	0,768	1,04
Fe	0,52	2,022	1,032	1,572

**Πίνακας 4.17. Αποτελέσματα DTPA 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

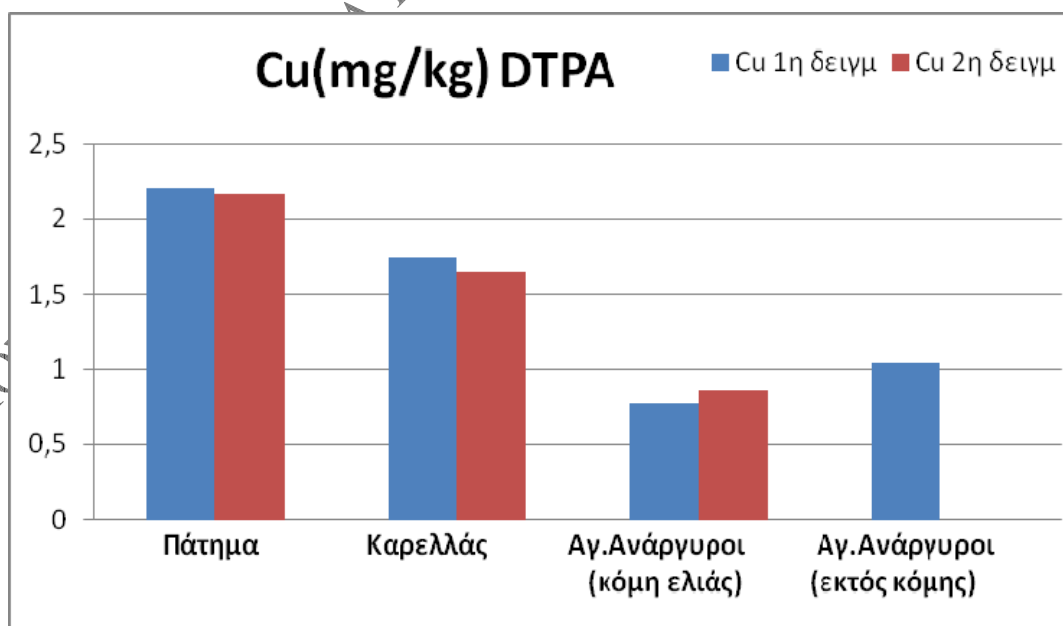
2η δειγματοληψία	Περιοχή δειγματοληψίας		
	Πάτημα	Καρελλάς	Αγ.Ανάργυροι
Στοιχείο			
Zn	0,526	0,418	0,51
Cu	2,174	1,646	0,862
Fe	0,49	2,384	1,194



**Γράφημα.4.35. Απεικόνιση αφομοιώσιμου Zn με χρήση DTPA στα εδάφη 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Στο παραπάνω γράφημα (4.35) απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις των εδαφών της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας του αφομοιώσιμου ψευδαργύρου.

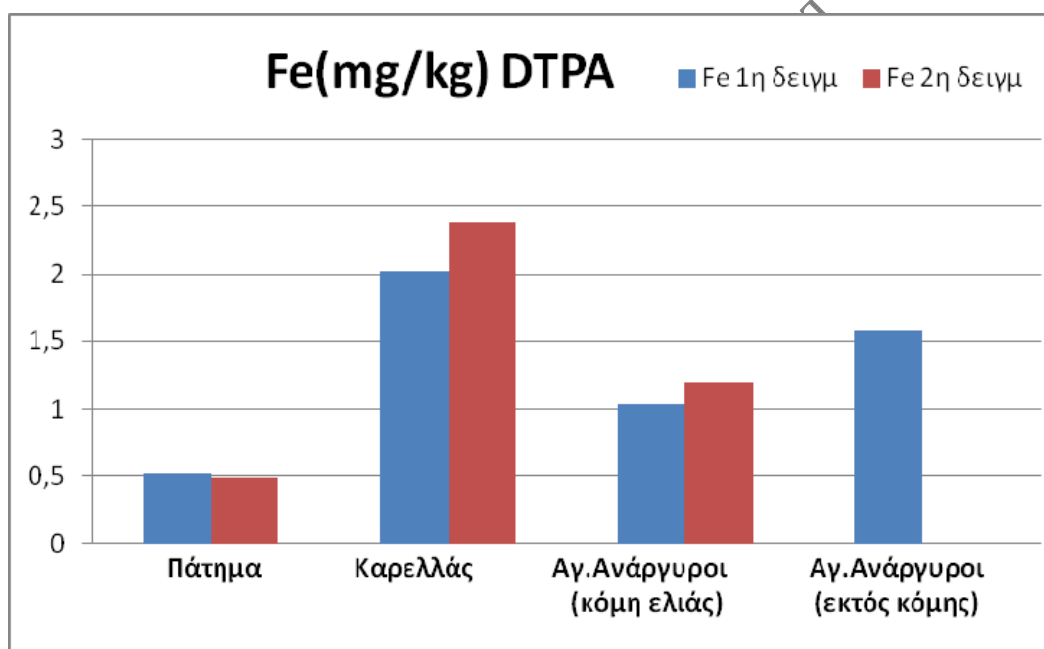
Το εύρος της βιοδιαθεσιμότητας του ψευδαργύρου κυμαίνεται στο 1,31-3,26mg/kg.(13). Εφόσον στα εδάφη και στις δύο δειγματοληψίες είναι η συγκέντρωσή τους χαμηλότερη από το εύρος, τότε είναι επιτρεπτό να πούμε πως δεν αφομοιώνεται ο ψευδάργυρος στα φυτά.



**Γράφημα.4.36. Απεικόνιση αφομοιώσιμου Cu με χρήση DTPA στα εδάφη 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Στο παραπάνω γράφημα (4.36) απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις των εδαφών της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας του αφομοιώσιμου χαλκού.

Το εύρος της βιοδιαθεσιμότητας του χαλκού κυμαίνεται στο 1,55-15,93mg/kg.(13). Και στις δύο δειγματοληψίες παρατηρούμε πως στις περιοχές Πάτημα και Καρελλάς οι συγκεντρώσεις βρίσκονται εντός του εύρους, οπότε σε αυτές τις περιοχές ο χαλκός αφομοιώνεται από τα φυτά. Στην περιοχή, όμως, των Αγ.Αναργύρων η συγκέντρωση είναι χαμηλότερη του εύρους, οπότε σε αυτή την περιοχή δεν είναι αφομοιώσιμος ο χαλκός από τα φυτά.



**Γράφημα.4.37. Απεικόνιση αφομοιώσιμου Fe με χρήση DTPA στα εδάφη 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας.**

Στο παραπάνω γράφημα (4.37) απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις των εδαφών της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας του αφομοιώσιμου σιδήρου.

## Κεφάλαιο 5

### Συμπεράσματα:

Ύστερα από την εκτενή έρευνα και σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο, συμπεραίνουμε ότι τα εδάφη που αναλύθηκαν είναι κυρίως αργιλλοπηλώδη με μέση σύσταση. Το pH είναι σχεδόν ουδέτερο με μικρές αποκλίσεις.

Τα εδάφη παρουσιάζουν έλλειψη σε νιτρικά και φωσφορικά ιόντα, ενώ οι τιμές των ανταλλάξιμων κατιόντων είναι υψηλές όπου σημαίνει πως τα εδάφη είναι επαρκή σε ασβέστιο και μαγνήσιο, καθώς επίσης παρουσιάζουν πρόβλημα αλκαλίωσης λόγω του νατρίου.

Αναλύοντας με ατομική απορρόφηση τα εδαφικά μας δείγματα για τις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων, συμπεραίνουμε πως τα εδάφη είναι ρυπασμένα από Cu, Pb, Cd, ενώ η περιοχή Πάτημα είναι ρυπασμένη και από Fe με τη συγκέντρωσή του να ξεπερνά ελάχιστα το ανώτατο επιτρεπτό όριο.

Ως γνωστόν τα βαρέα μέταλλα δεν αφομοιώνονται κι ούτε αποβάλλονται, αντιθέτως βιοσυσσωρεύονται, με αποτέλεσμα να είναι επικίνδυνα για το περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και γενικότερα για το οικοσύστημα.

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤ. ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤ. & ΕΞΑΡΤΗΤΩΝ

## **Βιβλιογραφία:**

- 1)Ελληνας Α. Αντρέας. Γεωλογία και υδρογεωλογία στην περιοχή των Μεσογείων, εργασία με θέμα « Υδρογεωλογικό καθεστώς πεδιάδας Μεσογείων με έμφαση στην ποιότητα των υπόγειων νερών», όπου είναι διαθέσιμη στην ιστοσελίδα:  
[http://new.ims.forth.gr/water/sites/new.ims.forth.gr.water/files/documents/thesis/Ellinas\\_Andreas\\_perilipsi.pdf](http://new.ims.forth.gr/water/sites/new.ims.forth.gr.water/files/documents/thesis/Ellinas_Andreas_perilipsi.pdf)
- 2)Σινάνης Κωνσταντίνος . 2008. Εδαφολογία. Ηράκλειο
- 3)Φυτιανός, Κ. και Κ.Σαμαρά-Κωνσταντίνου. 2008. Χημεία Περιβάλλοντος. University Studio Press
- 4)Μάλλιου Κριαρά Σαββούλα. Ιανουάριος 2017. Χρήσιμες πληροφορίες για το νικέλιο. Δημοσιευμένο Άρθρο διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:  
<http://www.emedi.gr/%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%B8%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1-%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD/item/6692-%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CE%BB%CE%B9%CE%BF.html#.WXI4fYjyiM8>
- 5)Συμεωνίδης Κώστας. Μάιος 2014. Όριο στις εκπομπές ψευδαργύρου στον αέρα. Άρθρο βρίσκεται διαθέσιμο στην ιστοσελίδα.  
<http://www.dw.com/el/%CF%8C%CF%81%CE%B9%CE%BF-%CF%83%CF%84%CE%B9%CF%82-%CE%B5%CE%BA%CF%80%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%AD%CF%82-%CF%88%CE%B5%CF%85%CE%B4%CE%B1%CF%81%CE%B3%CF%8D%CF%81%CE%BF%CF%85-%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B1/a-17610681>. DW Made for minds
- 6)Βλαχάκη Κ. και Βελεγράκη Δ. Χανιά 2014. Πτυχιακή Εργασία με θέμα : Επίπεδα και Βιοδιαθεσιμότητα βαρέων μετάλλων σε εδάφη από τη βιομηχανική περιοχή (ΒΙ.ΠΕ) Ηρακλείου Κρήτης. Τεχνολογικό Ίδρυμα Κρήτης
- 7)Massas I., Ioannou D., Kalivas D. and Gasparatos D. Μάιος 2016. Distribution of heavy metals concentrations in soils around the International Athern Airport (Greece). An assessment on preliminary data. Πρακτικά 14<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη
- 8)Προσδιορισμός του αφομοιώσιμου ή διαθέσιμου φωσφόρου, εργασία διαθέσιμη στην ιστοσελίδα:  
[https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3508/2/02\\_chapter\\_10.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3508/2/02_chapter_10.pdf)
- 9) Σινάνης Κωνσταντίνος. 2003. Εργαστηριακές Ασκήσεις Εδαφολογίας. Ηράκλειο
- 10) Γκένα Βασιλική.Οι χωρικές επιπτώσεις του αερολιμένα Ελ. Βενιζελος στα Μεσόγεια Αττικής. Διπλωματική εργασία. Διαθέσιμη στην ιστοσελίδα:  
[www.marathondata.gr](http://www.marathondata.gr)
- 11)Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Μορφολογικός χάρτης Αττικής. Εικόνα διαθέσιμη στην ιστοσελίδα:

[https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr06/gr06\\_maps\\_jpg\\_p01/GR06\\_P01\\_S1\\_morphology.jpg](https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr06/gr06_maps_jpg_p01/GR06_P01_S1_morphology.jpg)

12) Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Γεωλογικός χάρτης Αττικής. Εικόνα διαθέσιμη στην ιστοσελίδα:

[https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr06/gr06\\_maps\\_jpg\\_p01/GR06\\_P01\\_S4\\_geology.jpg](https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr06/gr06_maps_jpg_p01/GR06_P01_S4_geology.jpg)

13) Papafilippaki A., D. Gasparatos, C. Haiduti, G. Stavroulakis. 2007. Total and bioavailable forms of Cu, Zn, Pb and Cr in agricultural soils : a study from the hydrological basin of Keritis, Chania, Greece”, Global NEST Journal, Vol. 9 No. 3, pp. 201 -206.

14) Πρόδρομος Χ. Κουκουλάκης, Ιωάννης Καλαβρουζιώτης, Πέτρος Κόκκινος. 2019. Η γεωχημική συμπεριφορά των βαρέων μετάλλων στο περιβάλλον. Θεσσαλονίκη

15) Pinhua Rao, Aiyun Zhu, Wei Yao, Wenqi Zhang, Yong Men & Guoyu Ding. 2015. Sources and risk assessment of metal contamination in soils at the international airport of Shanghai, China.

16) Sharmila Ray, P.S. Khillare and Ki-Hyun Kim. 2012. The Effect of Aircraft Traffic Emissions on the Soil Surface Contamination Analysis around the International Airport in Delhi, India. Atmospheric Environment Laboratory, Department of Environment and Energy, Sejong University, Seoul 143-747, Korea School of Environmental Sciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi-110 067

17) Joshua Oluwole Olowoyo, Eureka van Heerden, Johann Fischer. 2013. Trace metals concentrations in soil from different sites in Pretoria, South Africa. Department of Biology, University of Limpopo Pretoria 0204, South Africa.

18) L.M.Nunes, Y.G.Zhu, T.Y.Stigter, J.P.Monteiro, M.R.Teixeira. 2011. Environmental impacts on soil and groundwater at airports: origin, contaminants of concern and environmental risks.

19) Al-Khashman, O.A. and Shawabkeh, R.A. 2009. Metal distribution in urban soil around steel industry beside Queen Alia Airport, Jordan, Environmental Geochemistry and Health, 31, 717-726.

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΩΝ