



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ-ΓΕΩΧΗΜΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Δικαστική Γεωλογία και Εδαφογεωχημικός
χαρακτηρισμός:**

Η περίπτωση του Άλσους Πουλάκη, Φιλοθέη»

Ειρήνη Χ. Κουμουτσέα

A.M.1114201100045

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Αριάδνη Αργυράκη

ΑΘΗΝΑ

2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την περάτωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους άμεσα ή έμμεσα, έμπρακτα ή ψυχολογικά, βοήθησαν στην εκπόνησή της.

Συγκεκριμένα, ευχαριστώ την Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος ΕΚΠΑ και επιβλέπουσα της εργασίας, Αριάδνη Αργυράκη πρωτίστως για την υπομονή της, αλλά και για την πολύτιμη υποστήριξη και καθοδήγησή της τόσο κατά τη συλλογή και επεξεργασία των εδαφικών δειγμάτων, όσο και κατά την μαραθώνια διαδρομή της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Σεπτέμβριος 2022

Ειρήνη Κουμουτσέα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Δικαστική Γεωλογία είναι μια Επιστήμη που συνδέει την Εγκληματολογία με την Γεωλογία και την Εδαφοχημική Ανάλυση, καθώς τα ίχνη του εδάφους είναι συχνά παρόντα σε ποινικές υποθέσεις.

Η παρούσα εργασία εστίασε στη μελέτη εδαφικών συγκεντρώσεων των στοιχείων Co, Cu, Zn, Mn, Ni, Cr, Pb και Fe στο Άλσος Πουλάκη του Δήμου Φιλοθέης-Ψυχικού Αττικής. Το Άλσος αυτό, πέρα από ένας ενδεικτικός χώρος πρασίνου της Αθήνας, έχει συνδεθεί και με ένα ειδικό έγκλημα.

Με συστηματική δειγματοληψία, ελήφθησαν 30 επιφανειακά δείγματα, τα οποία κατόπιν ξήρανσης και κοσκινίσματος, διαλυτοποιήθηκαν εν θερμώ. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των στοιχείων Co, Cu, Zn, Mn, Ni, Cr, Pb και Fe του εδάφους σε όλα τα δείγματα, με την τεχνική της Φασματοσκοπίας Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα (FAAS) και το pH σε 5 τυχαία δείγματα. Έπειτα, αναλύθηκαν με την τεχνική της περίθλασης Ακτινών-X (XRD) 5 τυχαία δείγματα, για να προσδιοριστεί η ορυκτολογία τους. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη χρήση στατιστικών μεθόδων.

Οι μετρηθείσες συγκεντρώσεις θεωρούνται φυσιολογικές για εδάφη αστικών περιοχών και ταυτόχρονα μπορούν να συνθέσουν το εδαφοχημικό «αποτύπωμα» του Άλσους, σε συνδυασμό με τις ορυκτολογικές και άλλες αναλύσεις. Το «αποτύπωμα» του εδάφους μιας περιοχής είναι χρήσιμο στην Εγκληματολογία γιατί μπορεί να τοποθετήσει στον χώρο ένα αντικείμενο/πειστήριο ενός εγκλήματος με ίχνη εδάφους πάνω του.

Απαραίτητη κρίνεται η διαχρονική παρακολούθηση του χημισμού των εδαφών για τυχόν μεταβολές που οφείλονται σε ανθρωπογενείς παράγοντες.

ABSTRACT

Forensic Geology is a Science that links Criminology with Geology and Soil Geochemistry, as soil traces are often present in criminal cases.

The present thesis focused on the study of concentrations on soil of the elements Co, Cu, Zn, Mn, Ni, Cr, Pb and Fe in the Poulaki Grove of the Municipality of Filothei-Psychiko, Attica. This Grove, in addition to being a park of Athens, has also been linked to a crime.

With systematic sampling, 30 surface samples were taken, which after drying and sieving, were dissolved in heat. Then, were determined the concentrations of elements Co, Cu, Zn, Mn, Ni, Cr, Pb and Fe in all samples by Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) technique and pH in 5 random samples. Then, 5 random samples were analyzed by X-Ray Diffraction (XRD) technique, to determine their mineralogy. The results were processed using statistical methods.

The measured concentrations are considered normal for soils in urban areas and at the same time can compose the soil chemical "footprint" of the Grove, in combination with mineralogical and other analyses. Soil "footprint" of an area is useful in Forensics because it can place in specific area an object/evidence of a crime with soil traces on it.

Long-term monitoring of soil chemistry is deemed necessary for any changes due to anthropogenic factors.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	
1.1	Σκοπιμότητα και Στόχοι της Έρευνας.....	6
1.2	Γεωγραφία – τοπογραφία περιοχής μελέτης	7
1.3	Γεωλογία περιοχής.....	8
2.	<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ</u>	
2.1	Δικαστική Γεωλογία.....	13
	2.1.1 Ιστορική Αναδρομή της Δικαστικής Γεωλογίας	
2.2	Βαρέα μέταλλα και Αστικό Περιβάλλον.....	15
3.	<u>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</u>	
3.1	Δειγματοληψία Υπαίθρου.....	17
3.2	Προετοιμασία δειγμάτων για ανάλυση.....	19
3.3	Μέθοδοι Χημικής Ανάλυσης.....	21
4	<u>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</u>	
4.1	Ποιοτικός έλεγχος και στατιστική επεξεργασία.....	23
4.2	Περιγραφικά Στατιστικά.....	29
4.3	Αποτελέσματα pH.....	34
4.4	Συσχέτιση στοιχείων.....	34
4.5	Αποτελέσματα Ορυκτολογικής Ανάλυσης.....	36
4.6	Σύγκριση στοιχείων με βιβλιογραφικά δεδομένα.....	40
5	<u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΝΕΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ</u>	
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	42
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπιμότητα και στόχοι της έρευνας

Οι χώροι πρασίνου (πάρκα, άλση, περιαστικά δάση) στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπως είναι το Λεκανοπέδιο της Αττικής, είναι πολύ σημαντικά, γιατί συμβάλλουν στην απορρύπανση της ατμόσφαιρας από αέριους ρύπους και σκόνη, βελτιώνουν το κλίμα με την επίδραση που έχουν τα φυτά στη μείωση της θερμοκρασίας και στην εξισορρόπηση της υγρασίας. Επίσης, τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και παράγουν αντίστοιχα μεγάλες ποσότητες οξυγόνου, αντισταθμίζοντας έτσι, το αποτύπωμα άνθρακα που αφήνουν οι άνθρωποι στο περιβάλλον. Είναι, λοιπόν αναμενόμενο, το αστικό πράσινο να γίνεται αντικείμενο μελέτης και έρευνας από τους επιστήμονες.

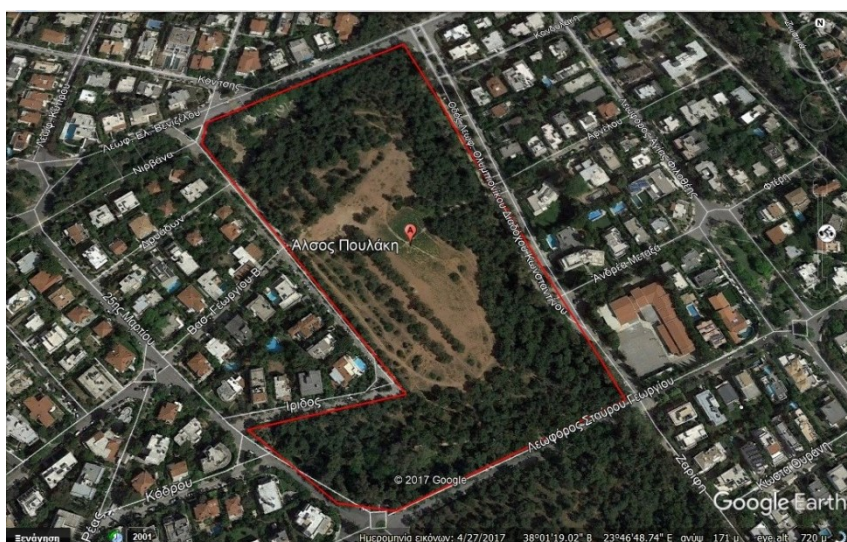
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι επίσης και η προσπάθεια σύνδεσης της Γεωχημείας και της Ανάλυσης Εδαφών με την Εγκληματολογία και την Δικαστική Γεωλογία. Η Γεωχημική Ανάλυση εδαφών σε πάρκα, ερημικές τοποθεσίες και περιοχές με αυξημένη εγκληματικότητα, μπορεί να αναγνωρίσει το Γεωχημικό-Γεωλογικό αποτύπωμα/προφίλ της κάθε τοποθεσίας. Στην συνέχεια, είναι δυνατό να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων με αυτά τα προφίλ και με την κατάλληλη χρήση από τα Εγκληματολογικά Εργαστήρια της Ελληνικής Αστυνομίας, να βοηθήσει στην εξιχνίαση πάσης φύσεως εγκλημάτων.

Η περιοχή μελέτης δεν επιλέχθηκε τυχαία, καθώς στο παρελθόν, και συγκεκριμένα τον Σεπτέμβριο του 2008, στο πάρκο Πουλάκη βρέθηκε θαμμένο πτώμα γυναίκας. Όπως έγινε γνωστό, ανήκε σε κάτοικο παρακείμενης οδού, η οποία είχε δολοφονηθεί από τον σύζυγό της. Ο δολοφόνος εκμεταλλεύτηκε το σκοτεινό και ερημικό πάρκο για να αποκρύψει και να καλύψει το έγκλημά του.

1.2 Γεωγραφία – τοπογραφία περιοχής μελέτης

Το άλσος Πουλάκη βρίσκεται στην Κοινότητα Φιλοθέης, στον Καλλικρατικό Δήμο Φιλοθέης-Ψυχικού και είναι συνολικής έκτασης 70 στρεμμάτων, εκ των οποίων, 54 στρέμματα χώρων πρασίνου, κυρίως κωνοφόρα, θάμνοι και γρασίδι.

Οριοθετείται από τις οδούς Εθνικής Τραπέζης, Ίριδος, 25^{ης} Μαρτίου, Λεωφ. Σταύρου Γεωργίου, Λεωφ. Ολυμπιονίκου Διαδόχου Κωνσταντίνου και Λεωφ. Ελ. Βενιζέλου (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Άλσος Πουλάκη, Φιλοθέη (Google earth)

Η περιοχή μελέτης είναι αυτή που φαίνεται στην Εικόνα 2, με μπλε χρώματος περίγραμμα. Βρίσκεται σε υψόμετρο 160m περίπου. Η τοπογραφία της περιοχής μελέτης είναι ομαλή και το έδαφος δεν έχει έντονη φυτοκάλυψη, γεγονός που διευκολύνει την διαδικασία της δειγματοληψίας.



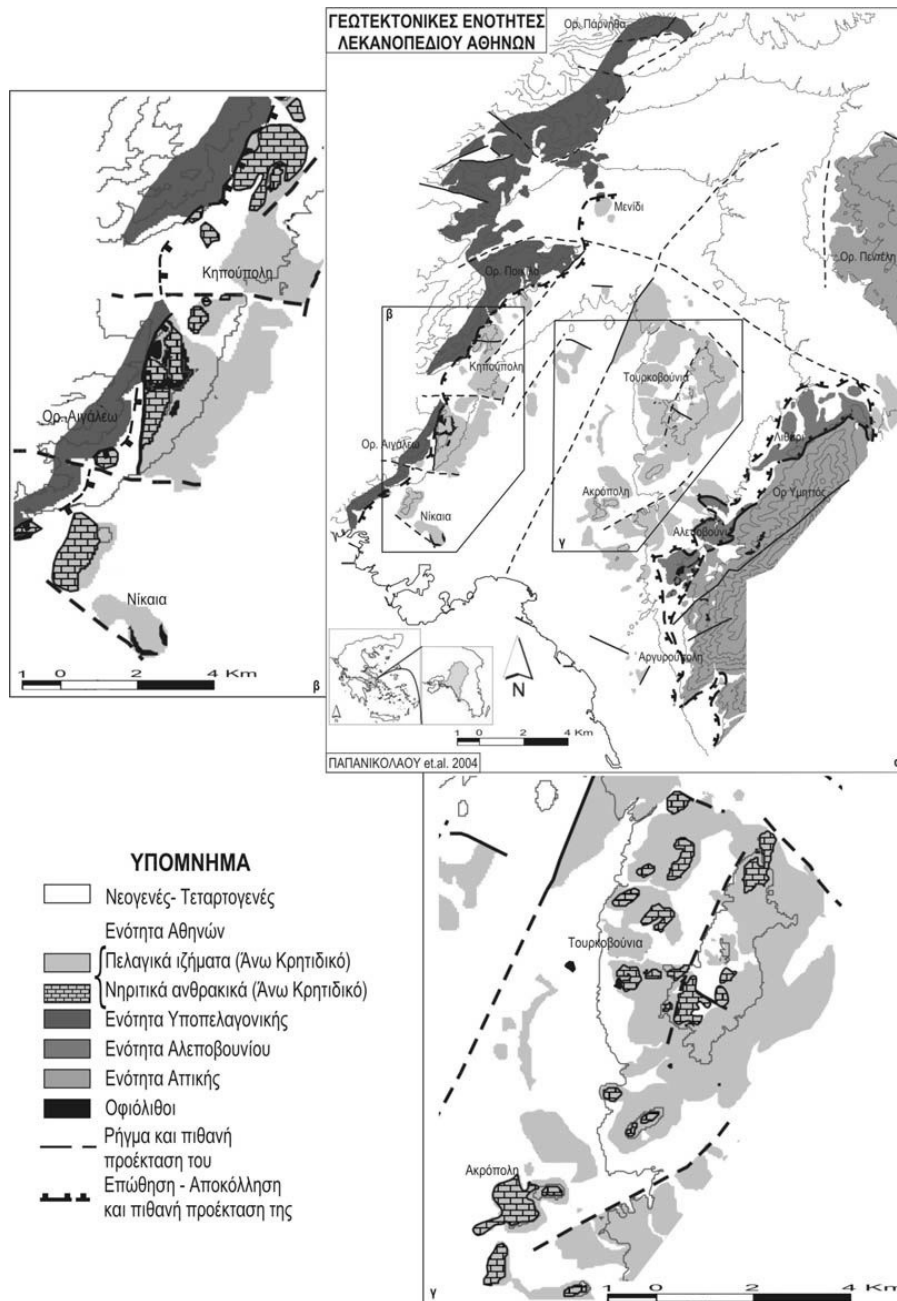
Εικόνα 2: Περιοχή Μελέτης (Google earth)

1.3 Γεωλογία περιοχής

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου Αττικής. Ανατολικά και βορειοανατολικά οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους του Υμηττού και της Πεντέλης, οι οποίοι δομούνται από μεταμορφωμένα πετρώματα της σχετικά αυτόχθονης Ενότητας Αττικής, ενώ δυτικά και βόρεια οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους του Αιγάλεω, του Ποικίλου και της Πάρνηθας, οι οποίοι δομούνται από τους αμεταμόρφωτους σχηματισμούς της Υποπελαγονικής Ενότητας. (Marinos & Petracheck 1956, Παπανικολάου 1986) (Εικόνα 3)

Γενικά, στην γεωλογική δομή του Λεκανοπεδίου, οι σχηματισμοί διακρίνονται σε αλπικούς, που εντοπίζονται στους ορεινούς όγκους γύρω από το λεκανοπέδιο και τους λόφους μέσα σε αυτό και μεταλπικούς, που υπέρκεινται ασύμφωνα των αλπικών και εμφανίζονται στο εσωτερικό του λεκανοπεδίου.

Πρόσφατη αναλυτική Γεωλογική Χαρτογράφηση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια μικροζωνικής μελέτης (Παπανικολάου et al. 2002) στο Λεκανοπέδιο Αττικής, διακρίνει τους αλπικούς σχηματισμούς σε δύο Ενότητες: την Υπερκείμενη Ενότητα Αθηνών και την Υποκείμενη Ενότητα Αλεποβουνίου.

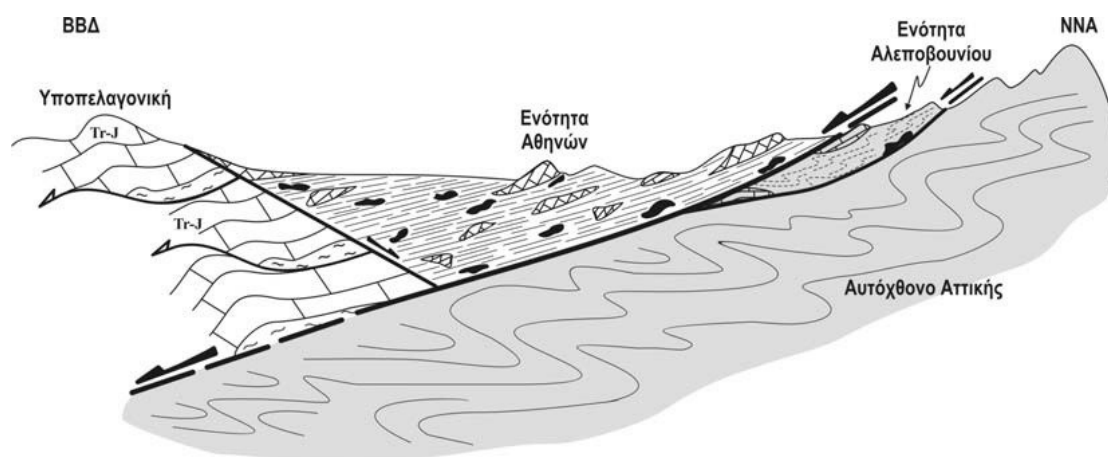


Εικόνα 3: Γεωλογία Αθηνών (Marinos & Petracheck 1956, Παπανικολάου 1986)

Η Ενότητα Αθηνών υπέρκειται τεκτονικά των σχηματισμών της Ενότητας Υποπελαγονικής στο δυτικό τμήμα του Λεκανοπεδίου. Η επαφή εμφανίζεται κατά μήκος των ανατολικών προπόδων του Αιγάλεω και του Ποικίλου όρους. Στο ανατολικό τμήμα του Λεκανοπεδίου η Ενότητα Αθηνών υπέρκειται τεκτονικά των σχηματισμών της μεταμορφωμένης Ενότητας Αλεποβουνίου. Η επαφή στο μεγαλύτερο τμήμα της καλύπτεται από μεταλτικούς σχηματισμούς, αναγνωρίζεται δε κυρίως από το τεκτονικό πέτρωμα που δημιουργήθηκε και από το γεγονός ότι

εκατέρωθεν αυτής, τα πετρώματα έχουν υποστεί έντονη διατμητική παραμόρφωση πράγμα που καθιστά ιδιαίτερα δύσκολη την αναγνώριση του ορίου των δύο ενότητων. Η διατμητική παραμόρφωση των σχηματισμών της Ενότητας Αθηνών εξασθενεί σταδιακά προς τα δυτικά.

Το μεγαλύτερο τμήμα του Λεκανοπεδίου, αλλά και η περιοχή μελέτης, δομείται από την Ενότητα Αθηνών, η οποία θεωρείται ένα mélange με ηλικία στο Ανώτερο Κρητιδικό (Εικόνα 4). Η Ενότητα Αθηνών περιλαμβάνει δύο λιθολογικά σύνολα – υπο-ενότητες.



Εικόνα 4: Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής του Λεκανοπεδίου Αθηνών (Papanikolaou et al, 2004)

Η πρώτη υπο-ενότητα της Ενότητας Αθηνών περιλαμβάνει λευκούς έως γκριζωπούς συμπαγείς άστρωτους παχυστρωματώδεις νηρητικούς ασβεστολίθους, κατά θέσεις δολομιτικούς. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί εμφανίζουν γενικά τα ίδια χαρακτηριστικά τόσο στο δυτικό όσο και στο κεντρικό τμήμα του Λεκανοπεδίου και περιέχουν τρηματοφόρα, πλήρεις τομές και θραύσματα ρουδιστών, που προσδιορίζουν κατά βάση ηλικία Σενωνίου (Παπανικολάου κ.α., 2004). Η παραμόρφωση αυτής της υπο-ενότητας είναι κυρίως ρηξιγενής και εκφράζεται μέσω ρηγμάτων, από τα οποία κάποια περιορίζονται στη μία υπο-ενότητα ενώ άλλα επηρεάζουν και τις δύο.

Η δεύτερη υπο-ενότητα είναι ένα σύνθετο σύστημα γεωλογικών σχηματισμών που αποτελείται από διάφορες λιθολογίες και λανθασμένα αποκαλείται «Σχιστόλιθοι των Αθηνών» (Μαρίνος et al. 1971). Η ονομασία αυτή δεν είναι αντιπροσωπευτική γιατί αυτή η φάση περιλαμβάνει αμεταμόρφωτα κλαστικά ιζήματα, όπως ψαμμίτες, αργίλους, ψαμμούχες μάργες και γραουβάκες, τοφφικά ηφαιστειοκλαστικά ιζήματα, πηλίτες, αργιλικούς σχίστες και πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Η λιθολογική ποικιλία της υπο-ενότητας αυτής είναι πιο έντονα εκπεφρασμένη στο δυτικό τμήμα του Λεκανοπεδίου. Η παραμόρφωση αυτής της υπο-ενότητας είναι πιο πολύπλοκη και χαρακτηρίζεται από έντονη πτύχωση με ισοκλινείς πτυχές και λεπιώσεις, οι οποίες σε συνδυασμό με τις ρηξιγενείς επιφάνειες επιτείνουν την χαώδη εικόνα της δομής.

Η επαφή μεταξύ των παραπάνω δύο λιθολογικών συνόλων είναι πάντα τεκτονική.

Η ενότητα Αλεποβουνίου εμφανίζεται κατά μήκος των δυτικών προπόδων του Υμηττού, όπου παρεμβάλλεται μεταξύ των υποκείμενων μεταμορφωμένων σχηματισμών της σχετικά αυτόχθονης Ενότητας Αττικής και των υπερκείμενων σχηματισμών της Ενότητας Αθηνών. Αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα που δομούν την σειρά των λόφων (Τσακός, Λιθάρι, Αλεποβούνι, Κουταλάδες, λόφος Ζωοδόχου Πηγής Υμηττού, Κοπανάς κ.α.), οι οποίοι αναπτύσσονται ως πρόβουνοι του Υμηττού από την περιοχή του αυχένα του προς την οροσειρά της Πεντέλης μέχρι την περιοχή της Αργυρούπολης. Σ' ένα μεγάλο της μέρος καλύπτεται ασύμφωνα από τις μεταλλικές αποθέσεις. (Παπανικολάου κ.α., 2004)

Όπως στην Ενότητα Αθηνών έτσι και στην Ενότητα Αλεποβουνίου, από λιθολογική και τεκτονική άποψη, διακρίνονται δύο κύρια λιθολογικά σύνολα.

Το ανώτερο σύνολο της ενότητας Αλεποβουνίου περιλαμβάνει συμπαγείς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, λευκούς έως ερυθρίζοντες ή φαιοκάστανους, άστρωτους έως παχυστρωματώδεις. Η ηλικία του συνόλου των κρυσταλλικών ασβεστόλιθων παραμένει ερώτημα αναπάντητο, λόγω της απουσίας προσδιορισμών απολιθωμάτων. (Παπανικολάου κ.α., 2004)

Το κατώτερο σύνολο της Ενότητας Αλεποβουνίου συνίσταται από μεταμορφωμένα έως ημι-μεταμορφωμένα ψαμμιτικά, σχιστομαργαϊκά στρώματα και φυλλίτες,

έντονα πτυχωμένους και σχιστοποιημένους, ιδιαίτερα κάτω από την τεκτονική επαφή με τους υπερκείμενους κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους Αλεποβουνίου. Εντός αυτών παρεμβάλλονται τεφροί ή καστανοί, αγκεριτωμένοι πλακώδεις ασβεστόλιθοι, καθώς και πλακώδεις ερυθροί ή κιτρινωποί μικροκοκκώδεις χαλαζίτες. Συχνή είναι η παρουσία τεμαχών πρασινιτών (μεταμορφωμένων βασικών και υπερβασικών πυριγενών πετρωμάτων), ιδιαίτερα στην επαφή των δύο συνόλων, όπου και εμφανίζονται έντονα σχιστοποιημένοι. (Παπανικολάου κ.α., 2004)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Δικαστική Γεωλογία

Τα ίχνη του εδάφους (χώμα, πετρώματα, ορυκτά, οργανικά υλικά, κ.α.) είναι συχνά παρόντα σε ποινικές υποθέσεις και μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη σύνδεση υπόπτων ή αντικειμένων με έναν τόπο εγκλήματος. Ίχνη εδάφους για χρήση ως δικαστική απόδειξη μπορούν να βρεθούν σε πολλές διαφορετικές καταστάσεις. Για παράδειγμα, σε παπούτσια από έναν ύποπτο ή ένα θύμα, σε βρώμικα φτυάρια ή άλλα εργαλεία, σε αντικείμενα στο σπίτι ενός υπόπτου, στο όχημα ενός υπόπτου, κ.α..

Τα πεδολογικά υλικά περιλαμβάνουν τρία κλάσματα που έχουν πολύ μεταβλητές αμοιβαίες αναλογίες: ανόργανα, οργανικά και ανθρωπογενή (Lombardi et al. 1983; Murray 2004; Di Maggio et al. 2009; Bergslien 2012). Το τελευταίο είναι ένα σύνολο από διάφορα υλικά που έχουν εισαχθεί σε ένα έδαφος από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Το ανόργανο κλάσμα αποτελείται από θραύσματα πετρωμάτων και ορυκτών και, όπου η γεωλογία του τοπίου είναι σχετικά ομοιογενής, η ορυκτολογία μπορεί να είναι πολύ παρόμοια σε μεγάλες περιοχές. Σε τέτοιες περιπτώσεις, τα οργανικά και ανθρωπογενή κλάσματα διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό τον εντοπισμό της θέσης και την προέλευση ενός δείγματος εδάφους.

Η Ιατροδικαστική ή Δικαστική Γεωλογία μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική σε μια ποινική έρευνα όταν ο γεωλόγος θεωρείται ως μέρος της ερευνητικής ομάδας στην αρχή της υπόθεσης. Εάν δοθούν στον γεωλόγο οι κατάλληλες πληροφορίες για το ιστορικό της υπόθεσης και για τη δυναμική του εγκλήματος, η δειγματοληψία μπορεί να γίνει αποτελεσματικά στοχευμένη για να μεγιστοποιηθεί η ανάκτηση κρίσιμων αποδεικτικών στοιχείων.

Σε μια δικαστική έρευνα, ενοχοποιητικά ή αθωωτικά στοιχεία που προέρχονται από την ανάλυση δείγματος εδάφους, μπορεί να έχουν ιδιαίτερη αξία. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι, όπως κάθε άλλο είδος αποδεικτικών στοιχείων, τα ίχνη του εδάφους μπορούν εύκολα να αλλοιωθούν κατά τη διάρκεια και μετά τη μεταφορά τους σε ένα αντικείμενο. Σε αυτήν την περίπτωση, η εγγενής φύση του

εδαφολογικού υλικού, οι μετεωρολογικές συνθήκες πριν από τη συλλογή, αλλά και η δύναμη και η κατεύθυνση της ενέργειας που εμπλέκονται στη μεταφορά και εναπόθεση, είναι όλοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επεξεργασία και την ερμηνεία των αναλυτικών δεδομένων (Di Maggio et al. 2009).

2.1.1 Ιστορική Αναδρομή της Δικαστικής Γεωλογίας

Ένα πρώιμο παράδειγμα χρήσης της ανάλυσης εδάφους για εγκληματολογικούς σκοπούς περιγράφεται στο έργο του καθηγητή Ehrenberg στο Βερολίνο το 1856. Η χρήση του εδάφους ως ιατροδικαστικής απόδειξης προωθήθηκε περαιτέρω από τους Hans Gross και Georg Ropp. Το 1893, ο Αυστριακός δικαστής Gross έγραψε το «Εγχειρίδιο για την εξέταση δικαστών, αστυνομικών, στρατιωτικών αστυνομικών κ.λπ.». στο οποίο δήλωσε ότι «Η βρωμιά στα παπούτσια μπορεί συχνά να μας πει περισσότερα για το πού ήταν τελευταία φορά ο κομιστής αυτών των παπουτσιών από ότι οι επίπονες ερωτήσεις» (Murray and Tedrow 1975). Ο Georg Ropp έγινε ο πρώτος επιστήμονας που παρουσίασε στο δικαστήριο μια υπόθεση όπου η γεωλογική σύνθεση των εδαφών χρησιμοποιήθηκε για να εξασφαλιστεί μια ποινική καταδίκη. Επίσης, μεγάλη συνεισφορά σε αυτή την επιστήμη ήταν και η «Αρχή της Ανταλλαγής», που διατυπώθηκε από τον λεγόμενο Sherlock Holmes της Γαλλίας Dr. Edmond Locard το 1928. Αυτή η αρχή συνοψίστηκε ως εξής:

Κάθε φορά που δύο αντικείμενα έρχονται σε επαφή, υπάρχει πάντα μια μεταφορά υλικού. Οι μέθοδοι ανίχνευσης μπορεί να μην είναι αρκετά ευαίσθητες ώστε να το αποδεικνύουν αυτό ή ο ρυθμός αποσύνθεσης μπορεί να είναι τόσο γρήγορος που όλα τα στοιχεία μεταφοράς έχουν εξαφανιστεί μετά από ένα δεδομένο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, η μεταφορά έχει πραγματοποιηθεί (Palenik 1988).

Από τα τέλη του 1800 έως τα μέσα του 20ου αιώνα, η εγκληματολογική/δικαστική γεωλογία κυριαρχούνταν από μεμονωμένες προσωπικότητες που υποστήριζαν συγκεκριμένες θεωρίες ή τεχνικές (Chisum and Turvey, 2000). Μια σημαντική αλλαγή συνέβη το 1975 με τη δημοσίευση του βιβλίου των Raymond Murray και John Tedrow για την Δικαστική Γεωλογία. Αποτελεί μια συλλογή τεχνικών διερεύνησης που βασίστηκε τόσο στην έρευνα των συγγραφέων όσο και σε άλλες έρευνες, και αναθεωρήθηκε το 1986.

Η Δικαστική Γεωλογία είναι μια συνεχώς εξελισσόμενη και αναπτυσσόμενη επιστήμη και συνεχίζει να αναπτύσσεται με την άφιξη νέων θεωριών και τεχνικών ανάλυσης. Στη διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχουν πολλές υποθέσεις που έχουν εξιχνιαστεί χάρη στη Δικαστική Γεωλογία και την ανάλυση δείγματος εδάφους στην Ευρώπη (Ισπανία, Ιταλία, Ολλανδία), αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο (Βραζιλία, Αυστραλία, Ν. Κορέα). Συγκεκριμένα, στην Ισπανία περίπου 15 υποθέσεις ετησίως σχετίζονται με εδαφολογική ανάλυση. Σήμερα, πολλά εγκληματολογικά εργαστήρια απασχολούσαν έναν ειδικό γεωλόγο και εφαρμόζουν μια σειρά γεωλογικών μεθόδων για την εξέταση και σύγκριση των εδαφών.

2.2 Βαρέα Μέταλλα και Αστικό Περιβάλλον

Τα βαρέα μέταλλα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, λόγω του μεγάλου χρόνου παραμονής σε εδάφη και της τοξικότητας στον άνθρωπο. Υπάρχουν δύο κύριες πηγές των βαρέων μετάλλων στα εδάφη. Η αποσάθρωση του μητρικού πετρώματος και οι πολυάριθμοι εξωτερικοί παράγοντες που προκαλούν ρύπανση (ανθρωπογενής πηγή). Οι ανθρωπογενείς πηγές των βαρέων μετάλλων στα εδάφη είναι είτε πρωτογενείς, δηλαδή τα βαρέα μέταλλα προστίθενται στα εδάφη σαν συνέπεια επεξεργασίας του ή δευτερογενείς, όπου τα βαρέα μέταλλα προστίθενται στα εδάφη σαν συνέπεια γειτονικής δραστηριότητας, όπως τα υπολείμματα μεταλλουργίας ή αιωρούμενης σκόνης (Κελεπερτζής, 2005).

Τα βαρέα μέταλλα από ανθρωπογενείς πηγές, υπάρχουν κυρίως στα επιφανειακά εδάφη σε υδατοδιαλυτές και ανταλλάξιμες μορφές, συνδεδεμένες με οργανική ύλη, ανθρακικές ρίζες, οξειδία του σιδήρου (Fe), αργιλίου (Al) και μαγγανίου (Mn) και πυριτικά άλατα (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007).

Ανάλογα με την τοξικότητά τους, τα βαρέα μέταλλα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

α) αυτά όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το νικέλιο και το χρώμιο που είναι τοξικά για τα φυτά και μπορούν να προκαλέσουν σημαντική μείωση στην γεωργική παραγωγή και

β) αυτά όπως ο μόλυβδος, το κάδμιο και ο υδράργυρος που υπό κανονικές συνθήκες δεν αναχαιτίζουν την ανάπτυξη των φυτών αλλά μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές οργανικές βλάβες στους ανθρώπους και τα ζώα που καταναλώνουν τα φυτά άμεσα.

Τα εδάφη των πόλεων διαφέρουν σημαντικά από εκείνα των αγροτικών περιοχών, λόγω της ευρείας επιρροής από ανθρωπογενείς παράγοντες.

Η ρύπανση των αστικών περιοχών οφείλεται κυρίως σε εκπομπές καυσαερίων από βιομηχανικές μονάδες και οχήματα, στην καύση ορυκτών καυσίμων και σε βιομηχανικά απόβλητα καθώς και στα οικιακά απορρίμματα. Έτσι, τα εδάφη είναι συνεχώς εκτεθειμένα σε ρύπανση.

Στις αστικές περιοχές, οι παράγοντες της ρύπανσης είναι τεράστια απειλή για τον άνθρωπο, καθώς μπορούν εύκολα να εισέλθουν στον οργανισμό μέσω της τροφής, της αναπνοής, της αιωρούμενης σκόνης και της επαφής με το δέρμα.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα εξής μέταλλα: Κοβάλτιο (Co), Χαλκός (Cu), Ψευδάργυρος (Zn), Μαγγάνιο (Mn), Νικέλιο (Ni), Χρώμιο (Cr), Μόλυβδος (Pb) και Σίδηρος (Fe).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Δειγματοληψία υπαίθρου

Από την περιοχή μελέτης, ελήφθησαν 30 επιφανειακά δείγματα, όπως φαίνεται στις Εικόνες 5-7, σε κάναβο και σε απόσταση 20m μεταξύ τους.

Στο κάθε σημείο δειγματοληψίας χαράχθηκε ένα ισόπλευρο τρίγωνο, πλευράς περίπου 1 μέτρου και πάρθηκαν δείγματα από τις 3 κορυφές του, σε βάθος 0-5cm από την επιφάνεια του εδάφους. Κατά συνέπεια, το κάθε τελικό δείγμα αποτελείται από τα 3 επιμέρους δείγματα των κορυφών του τριγώνου, που ενοποιήθηκαν σε πλαστική σακούλα.



Εικόνα 5: Διαδικασία δειγματοληψίας

Το βάρος του κάθε τελικού δείγματος ήταν περίπου 1kg, ενώ σε περιπτώσεις έντονα βραχώδους εδάφους ήταν λιγότερο.



Εικόνα 6: Διαδικασία δειγματοληψίας

Οι πλαστικές σακούλες, καθώς και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την δειγματοληψία ήταν ελεγμένα για ενδεχόμενες μολύνσεις που μπορεί να προκαλέσουν σφάλματα στις μετέπειτα μετρήσεις.



Εικόνα 7: Διαδικασία δειγματοληψίας

3.2 Προετοιμασία δειγμάτων για ανάλυση

- **Αποξήρανση – Κοσκίνισμα**

Το νερό πρέπει να απομακρυνθεί από τα δείγματα πριν την εκτέλεση της χημικής ανάλυσης ως μη αναγκαίο συστατικό. Έτσι, η διαδικασία που ακολουθείται είναι η παρακάτω:

Στον χώρο του εργαστηρίου, τα δείγματα μεταφέρθηκαν από τις σακούλες σε σκεύη αλουμινίου και τοποθετήθηκαν στον φούρνο στους 60°C για δύο μέρες με σκοπό την ξήρανσή τους.

Εν συνεχεία, ακολούθησε η διαδικασία της αποσβόλωσης σε γουδί πορσελάνης και ύστερα το κοσκίνισμα. Αρχικά, κοσκινίζουμε τα δείγματα σε κόσκινο των 2mm και απομακρύνουμε τυχόν πέτρες. Συνεχίζουμε το κοσκίνισμα σε κλάσμα του δείγματος σε κόσκινο των 100μm.



Εικόνα 8: Προετοιμασία δειγμάτων

- Διαλυτοποίηση

Χρησιμοποιήθηκε η Μέθοδος χώνευσης 3050A (Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils), η οποία χρησιμοποιείται για να προετοιμάσει δείγματα εδάφους για την ανάλυση με Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα (AAS). Στην συγκεκριμένη μέθοδο, ζυγίζεται ομογενοποιημένο δείγμα 1g και υποβάλλεται σε οξείδωση με HNO_3 , H_2O_2 και HCl . Το δείγμα φιλτράρεται και το τελικό διάλυμα θα πρέπει να περιέχει συγκέντρωση οξέος κατά προσέγγιση 5% (v/v).

Η αναλυτική διαδικασία χώνευσης με την μέθοδο 3050A παρουσιάζεται στο Παράρτημα 1.



Εικόνα 10: Διαδικασία διαλυτοποίησης



Εικόνα 9: Διαδικασία διαλυτοποίησης

3.3 Μέθοδοι Χημικής Ανάλυσης

- **Προσδιορισμός pH**

Προσδιορίστηκε το pH εδαφικών δειγμάτων, με χρήση εργαστηριακού πεχάμετρου σε 5 δείγματα. Τα εδαφικά δείγματα αναμίχθηκαν με απεσταγμένο νερό και το pH μετρήθηκε με εμβάπτιση κατάλληλου ηλεκτροδίου στο υπερκείμενο του ιζήματος διάλυμα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με το Ph-μετρο Jenway 3040 Ion Analyser.

Η μέθοδος προσδιορισμού που ακολουθήθηκε περιγράφεται στο Παράρτημα 1.

- **XRD (Τεχνική Περιθλάσεως ακτίνων Χ)**

Η περίθλαση ακτίνων-Χ από δείγματα σε μορφή σκόνης, επιτρέπει τον προσδιορισμό της δομής και της σύστασης του δείγματος, το οποίο μπορεί να περιέχει περισσότερες από μία κρυσταλλικές ενώσεις. Μπορούν να μελετηθούν στερεά οιασδήποτε χημικής φύσης όπως απλές και σύνθετες χημικές ενώσεις, κράματα μετάλλων και ορυκτά, οργανικά μόρια και άλλα.

Το διάγραμμα περίθλασης ακτίνων-Χ για κάθε κρυσταλλική φάση είναι μοναδικό.

Το όργανο αποτελείται από μια κινούμενη τράπεζα στην οποία εφαρμόζεται το δείγμα σε μορφή πούδρας, μέσα σε ειδικό δισκίο. Η δέσμη των ακτίνων-Χ παράγεται από ειδική λυχνία και μέσω διαφραγμάτων προσπίπτει στο δείγμα. Η ανακλώμενη από το δείγμα ακτινοβολία, αφού περάσει από διαφράγματα, καταλήγει στον ανιχνευτή και καταγράφεται από το ειδικό υπολογιστικό σύστημα. Το διάγραμμα περίθλασης ακτίνων-Χ αποτελεί την καταγραφή της γωνίας και του αντίστοιχου αριθμού ακτίνων-Χ που ανιχνεύτηκαν στην συγκεκριμένη γωνία περίθλασης. Το σύστημα είναι εξοπλισμένο επίσης με τη βάση δεδομένων στην οποία περιέχονται στοιχεία όλων των γνωστών ορυκτών.

Οι αναλύσεις έγιναν στο XRD Siemens D5005.

- FAAS (Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα)

Το προς ανάλυση διάλυμα ατμοποιείται και διέρχεται μέσα από μια ακτίνα φωτός κατάλληλου μήκους κύματος το οποίο διεγείρει τα άτομα του προσδιοριζόμενου στοιχείου κατά την απορρόφησή του από αυτά. Η μετρούμενη απορρόφηση της φωτεινής ακτίνας συγκρίνεται με την απορρόφηση που προκύπτει από standard βαθμονόμηση γνωστής συγκέντρωσης και κατ' αυτό τον τρόπο προσδιορίζεται η συγκέντρωση του αναλυτή στο δείγμα (Αργυράκη, 2013).

Μετρήθηκαν συγκεντρώσεις Cu, Ni, Cr, Mn, Co, Pb, Zn και Fe σε όλα τα δείγματα.

Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του Fe, λόγω πολύ υψηλών συγκεντρώσεων στα δείγματα, χρειάστηκε να γίνουν οι κατάλληλες αραιώσεις.

Για όλα τα μετρούμενα στοιχεία, και πριν τις μετρήσεις, πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση με διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων.

Οι μετρήσεις έγιναν στο Perkin Elmer 4000.



Εικόνα 11: Εργαστήριο FAAS

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Ποιοτικός έλεγχος και στατιστική επεξεργασία

- Επαναληψιμότητα 10%

Ο προσδιορισμός της επαναληψιμότητας γεωχημικών μεθόδων μέτρησης αποτελεί τον τρόπο ποσοτικοποίησης των τυχαίων σφαλμάτων της μέτρησης και εκφράζεται συνήθως με την τυπική απόκλιση (s) μίας σειράς επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, δηλαδή πρακτικά αποτελεί ένδειξη του μεγέθους της διασποράς μεταξύ μίας σειράς μετρήσεων. Έτσι, όσο μικρότερη είναι η εκτιμώμενη τιμή της, τόσο μεγαλύτερη είναι η συμφωνία μεταξύ των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων και συνεπώς τόσο καλύτερη η ποιότητα της μέτρησης.

Η επαναληψιμότητα (p), εκφράζεται κανονικά επί τη βάση ενός εκατοστιαίου ποσοστού στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95 %, δηλαδή σε δύο σταθερές αποκλίσεις επί έκαστης πλευράς της μέσης τιμής των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων:

$$p = 100 * 2s/\chi$$

Το κόστος της δειγματοληψίας, της προετοιμασίας και της ανάλυσης των δειγμάτων λειτουργεί ως περιοριστικός παράγοντας στον αριθμό των επαναλήψεων της μέτρησης, έτσι ο υπολογισμός της επαναληψιμότητας γίνεται βάσει ενός ποσοστού διπλών αναλύσεων (10 %) επί του συνόλου των αναλύσεων της γεωχημικής διασκόπησης. Η επαναληψιμότητα σε αυτή την περίπτωση υπολογίζεται βάσει τη μέση τιμή και την απόλυτη διαφορά μεταξύ των ζευγών μετρήσεων. Τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι αξιόπιστα. Ο υπολογισμός της επαναληψιμότητας γίνεται με τη χρήση γραφημάτων επαναληψιμότητας 10 % στα οποία προβάλλονται οι μέσες τιμές και οι απόλυτες διαφορές των ζευγών μετρήσεων.

Για να υπολογιστεί η επαναληψιμότητα σε αυτή την περίπτωση βρίσκεται η διαφορά που αντιστοιχεί σε μέση τιμή 100 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Υποθέτοντας ότι η τιμή αυτή είναι μία εκτίμηση της τυπικής απόκλισης (s), η επαναληψιμότητα των μετρήσεων της χημικής ανάλυσης υπολογίζεται ως $p = 2 * s$.

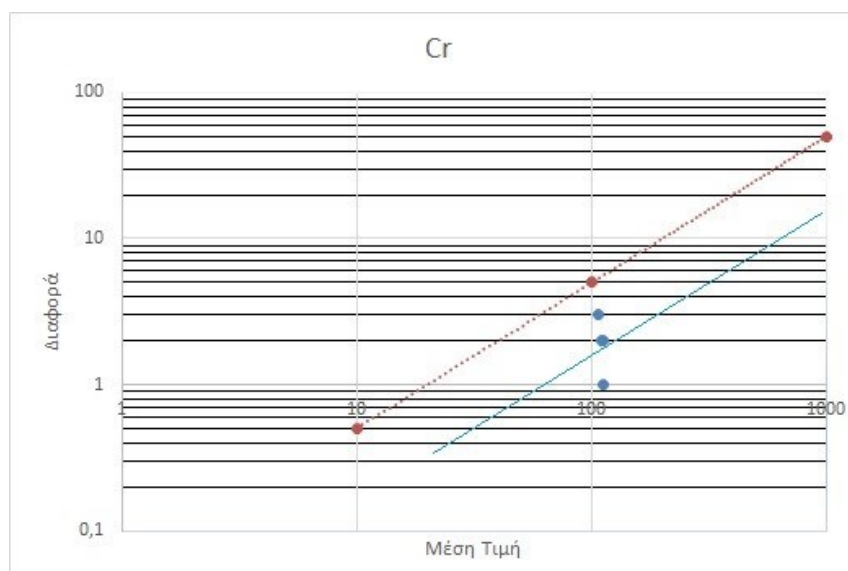
Τα σφάλματα στις μετρήσεις γίνονται είτε κατά τη δειγματοληψία (μόλυνση, λάθη αρίθμησης), είτε κατά την προπαρασκευή (κοσκίνισμα, κονιοποίηση), είτε κατά τη χημική ανάλυση (ζύγιση, ογκομέτρηση, βαθμονόμηση).

Στην αναλυτική σειρά των 30 αναλύσεων εν θερμώ, 4 τυχαία δείγματα αναλύθηκαν δύο φορές. Τα δεδομένα παρατίθενται ξεχωριστά για το καθένα μέταλλο στο Παράρτημα.

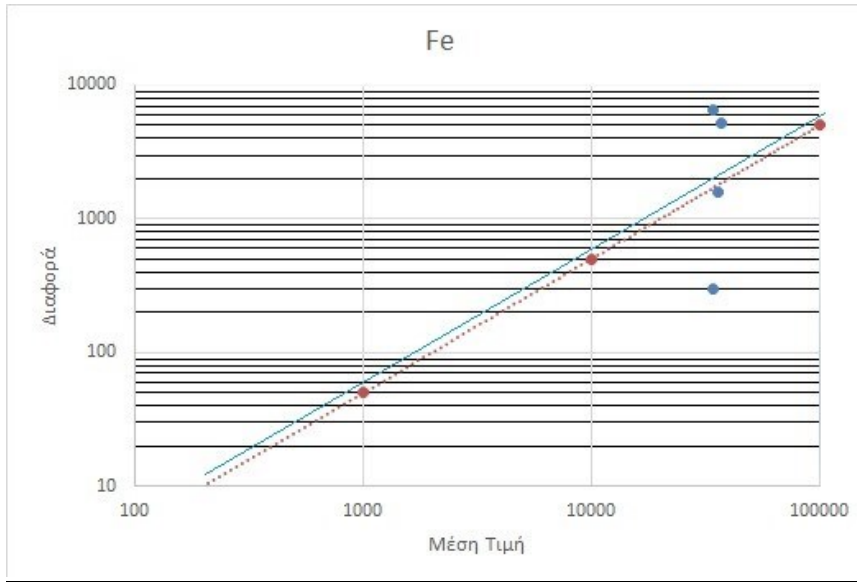
Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι για τα στοιχεία η επαναληψιμότητα είναι καλή, αφού αυτή είναι μικρότερη από το 10%, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, εκτός από το Co και το Fe.

	Cr	Fe	Cu	Mn	Ni	Co	Pb	Zn
Επαναληψιμότητα %	3,60%	13%	4%	6%	6%	20%	7%	8%

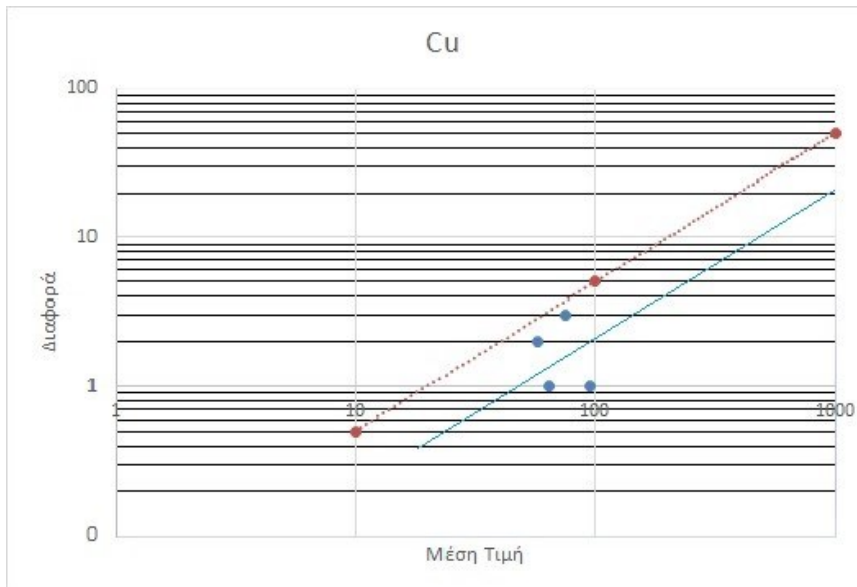
Πίνακας 1: Ποσοστά επαναληψιμότητας όπως υπολογίστηκαν από τα γραφήματα επαναληψιμότητας 10% με βάση τις 4 διπλές αναλύσεις



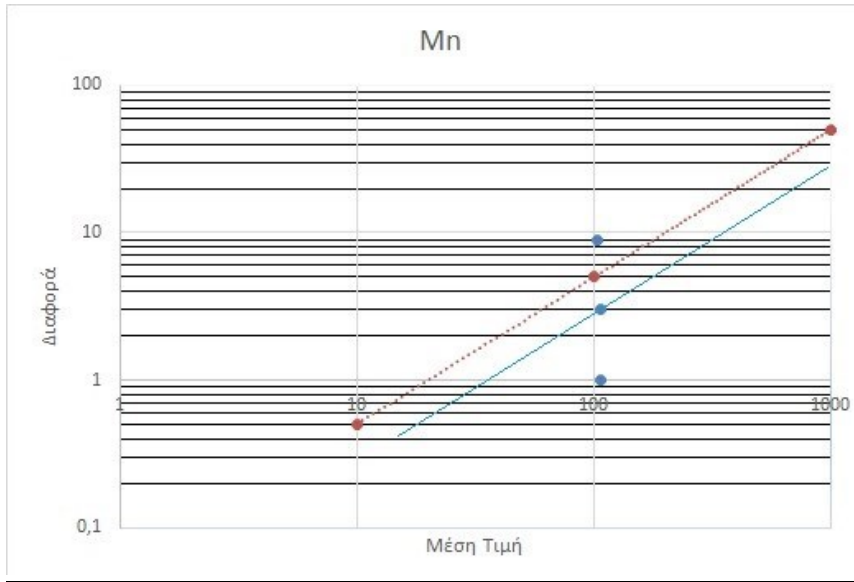
Διάγραμμα 1: Επαναληψιμότητα Cr. Σημειώνεται η γραμμή επαναληψιμότητας 10%



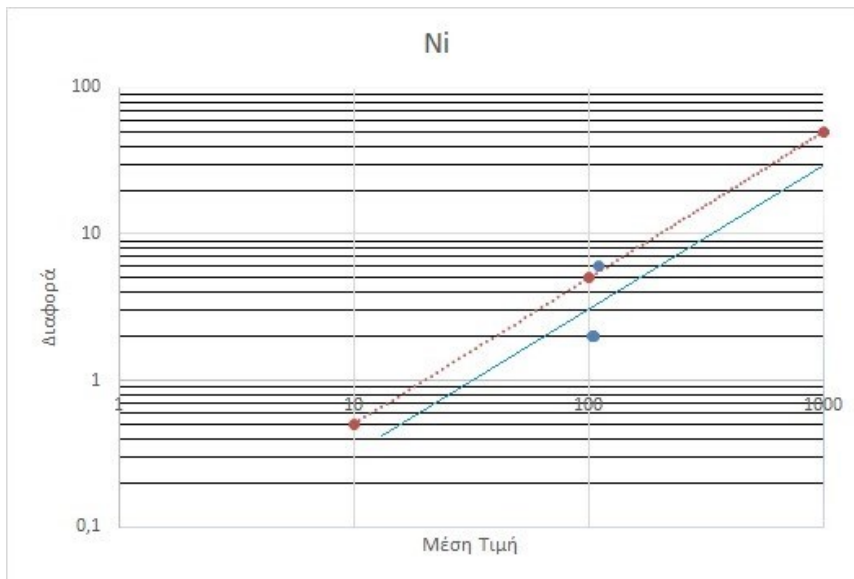
Διάγραμμα 2: Επαναληψιμότητα Fe. Σημειώνεται η γραμμή επαναληψιμότητας 10%



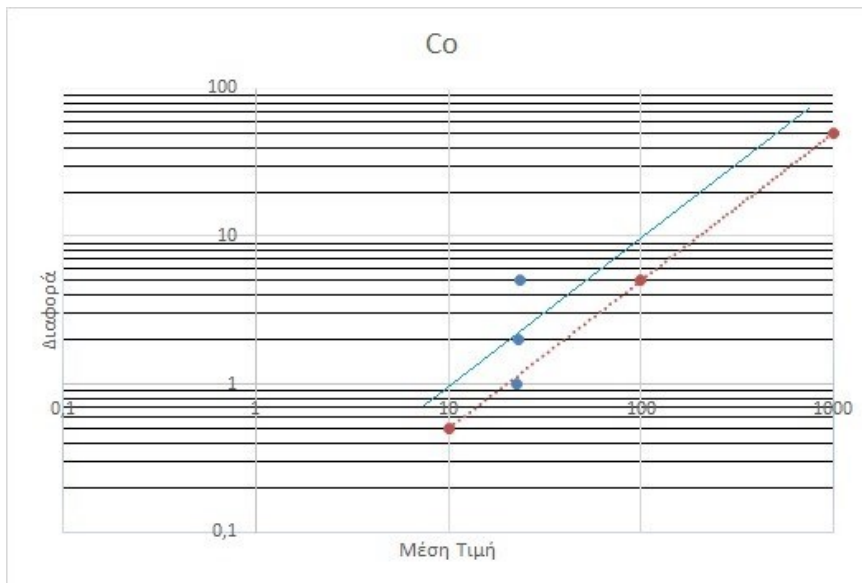
Διάγραμμα 3: Επαναληψιμότητα Cu. Σημειώνεται η γραμμή επαναληψιμότητας 10%



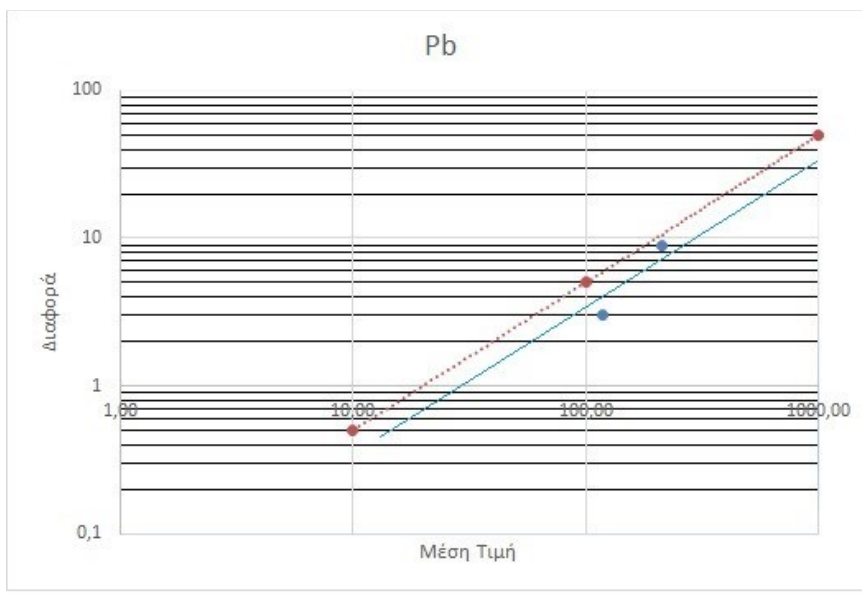
Διάγραμμα 4: Επαναληψιμότητα Mn. Σημειώνεται η γραμμή επαναληψιμότητας 10%



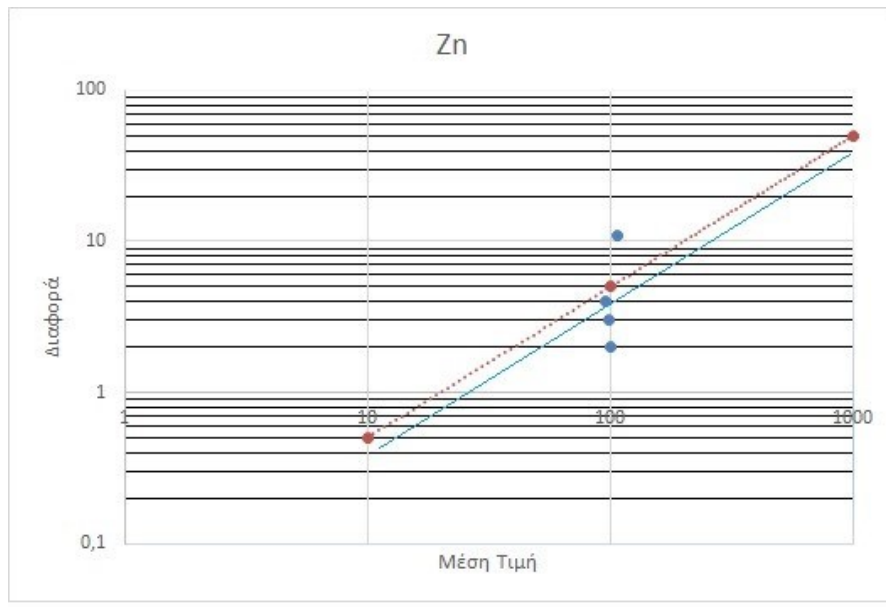
Διάγραμμα 5: Επαναληψιμότητα Ni. Σημειώνεται η γραμμή επαναληψιμότητας 10%



Διάγραμμα 6: Επαναληψιμότητα Co. Σημειώνεται η γραμμή επαναληψιμότητας 10%



Διάγραμμα 7: Επαναληψιμότητα Pb. Σημειώνεται η γραμμή επαναληψιμότητας 10%



Διάγραμμα 8: Επαναληψιμότητα Zn. Σημειώνεται η γραμμή επαναληψιμότητας 10%

- Όριο Ανίχνευσης

Ως όριο ανίχνευσης (detection limit) ορίζεται η χαμηλότερη συγκέντρωση που μπορεί να μετρηθεί σε καθορισμένο όριο εμπιστοσύνης. Για τον προσδιορισμό του ορίου χρησιμοποιούμε τυφλά δείγματα (RBLK) τα οποία περιέχουν μόνο τα αντιδραστήρια και άρα η συγκέντρωσή τους πρέπει να είναι μηδενική. Τις περισσότερες φορές αυτό δεν ισχύει λόγω σφαλμάτων τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Το όριο ανίχνευσης (dl) υπολογίζεται από τη σχέση :

όριο ανίχνευσης = 3 * τυπική απόκλιση

$$dl = 3 * s$$

Στοιχείο	Όρια Ανίχνευσης (mg/Kg)
Cu	0,010
Ni	0,059
Cr	0,091
Mn	0,055
Co	0,055
Pb	0,021
Zn	0,045
Fe	0,084

Πίνακας 2: Όρια ανίχνευσης

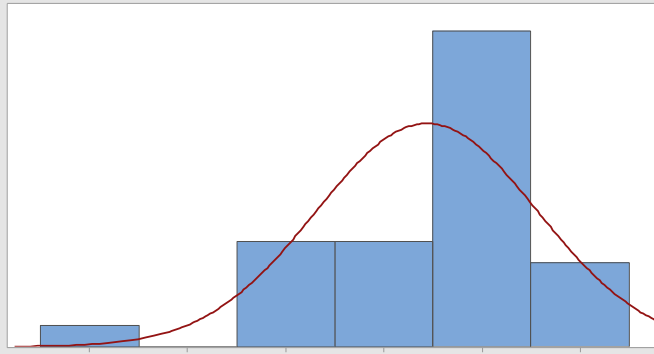
4.2 Περιγραφικά Στατιστικά

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εν θερμώ διαλυτοποίηση των δειγμάτων, και με την βοήθεια του προγράμματος MiniTab, υπολογίστηκαν τα περιγραφικά στατιστικά για τα οκτώ μέταλλα των οποίων οι συγκεντρώσεις προσδιορίστηκαν.

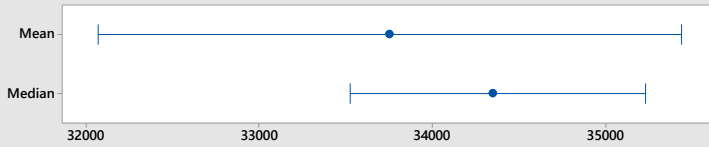
	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Διάμεσος	Μέγιστο	Εύρος
Cu (mg/Kg)	78	23	30	81	124	94
Ni (mg/Kg)	106	12	67	107	129	62
Cr (mg/Kg)	109	13	65	111	131	66
Mn (mg/Kg)	105	12	63	106	126	63
Co (mg/Kg)	23	2	18	23	27	9
Pb (mg/Kg)	189	75	71	205	307	236
Zn (mg/Kg)	104	12	83	101	142	59
Fe (mg/Kg)	33753	4518	18600	34350	41000	22400

Πίνακας 3: Περιγραφικά Στατιστικά στοιχείων Μελέτης

Summary Report for Fe (mg/Kg)



95% Confidence Intervals



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared 1.17
P-Value <0.005

Mean 33753
StDev 4518
Variance 20414989
Skewness -1.40801
Kurtosis 3.26768
N 30

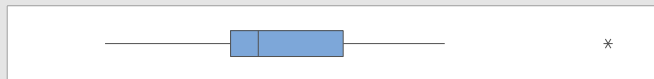
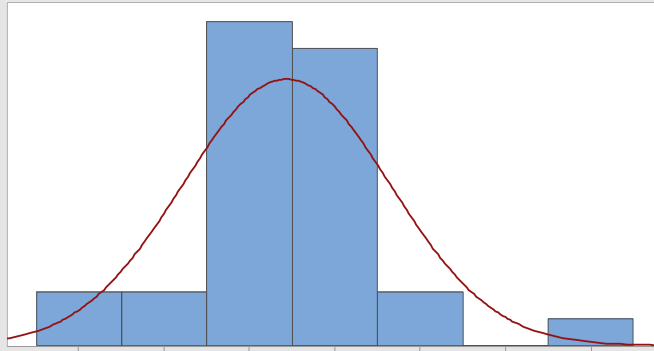
Minimum 18600
1st Quartile 33000
Median 34350
3rd Quartile 36400
Maximum 41000

95% Confidence Interval for Mean
32066 35440

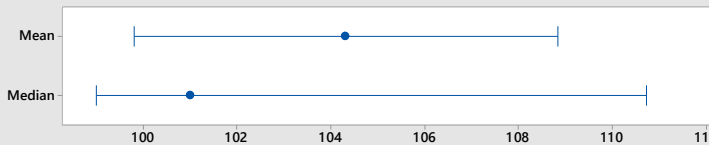
95% Confidence Interval for Median
33523 35231

95% Confidence Interval for StDev
3598 6074

Summary Report for Zn (mg/Kg)



95% Confidence Intervals



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared 0.55
P-Value 0.141

Mean 104.32
StDev 12.12
Variance 146.96
Skewness 0.81256
Kurtosis 2.07709
N 30

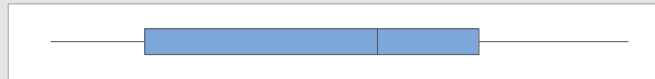
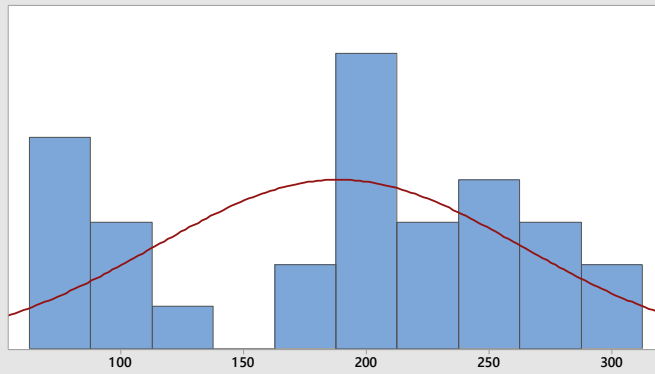
Minimum 83.01
1st Quartile 97.75
Median 100.99
3rd Quartile 110.99
Maximum 142.00

95% Confidence Interval for Mean
99.79 108.85

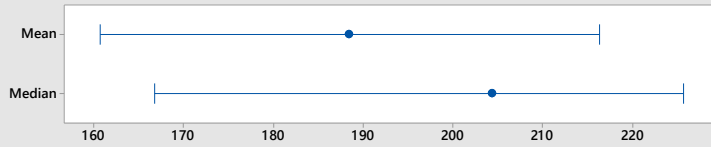
95% Confidence Interval for Median
98.98 110.75

95% Confidence Interval for StDev
9.65 16.30

Summary Report for Pb (mg/Kg)



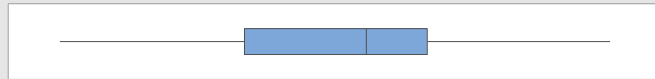
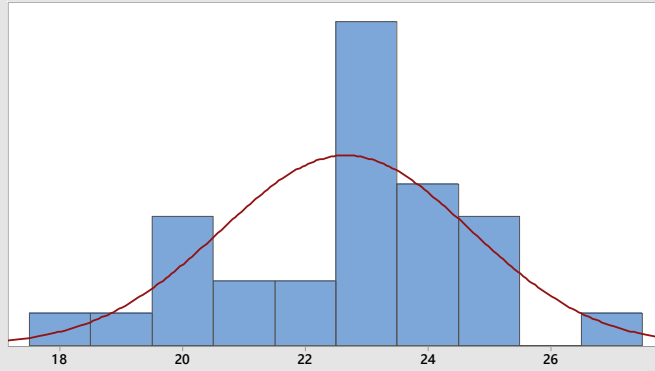
95% Confidence Intervals



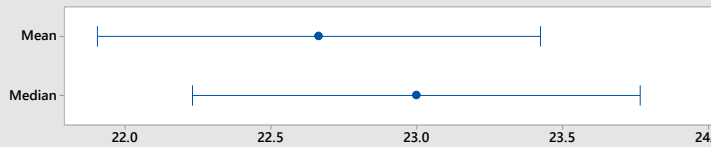
Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	0.84
P-Value	0.027
Mean	188.51
StDev	74.63
Variance	5569.68
Skewness	-0.30760
Kurtosis	-1.12708
N	30
Minimum	71.00
1st Quartile	109.46
Median	204.47
3rd Quartile	245.94
Maximum	307.03
95% Confidence Interval for Mean	160.64 216.37
95% Confidence Interval for Median	166.68 225.75
95% Confidence Interval for StDev	59.44 100.33

Summary Report for Co (mg/Kg)



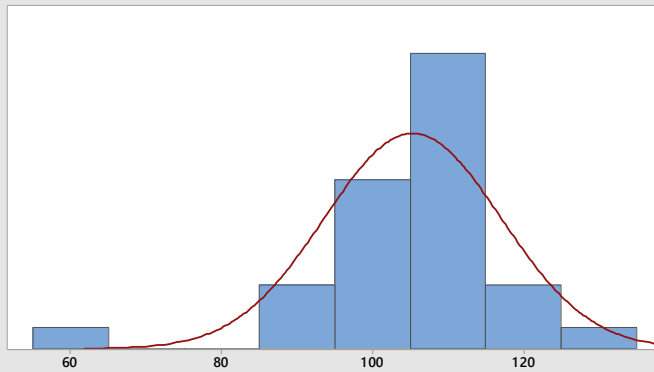
95% Confidence Intervals



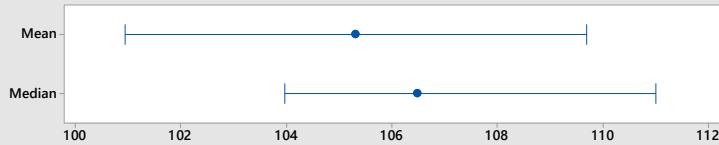
Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	0.89
P-Value	0.019
Mean	22.664
StDev	2.039
Variance	4.156
Skewness	-0.406270
Kurtosis	-0.010624
N	30
Minimum	18.000
1st Quartile	21.002
Median	23.000
3rd Quartile	23.998
Maximum	26.981
95% Confidence Interval for Mean	21.903 23.425
95% Confidence Interval for Median	22.228 23.768
95% Confidence Interval for StDev	1.624 2.741

Summary Report for Mn (mg/Kg)



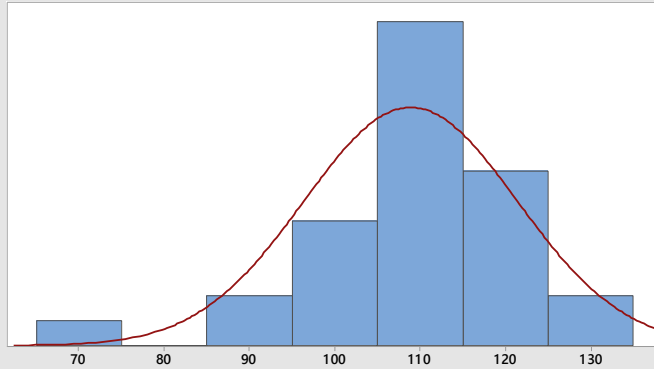
95% Confidence Intervals



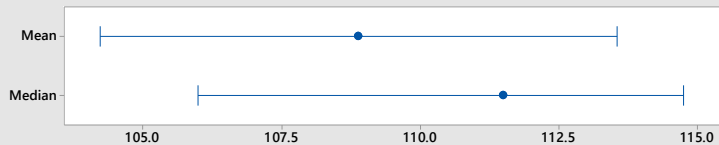
Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	0.97
P-Value	0.012
Mean	105.32
StDev	11.73
Variance	137.65
Skewness	-1.64574
Kurtosis	4.97353
N	30
Minimum	63.00
1st Quartile	101.75
Median	106.49
3rd Quartile	112.00
Maximum	125.91
95% Confidence Interval for Mean	100.94 109.70
95% Confidence Interval for Median	103.97 111.01
95% Confidence Interval for StDev	9.34 15.77

Summary Report for Cr(mg/Kg)



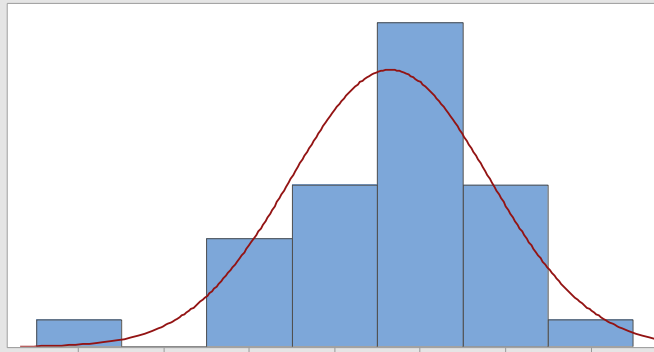
95% Confidence Intervals



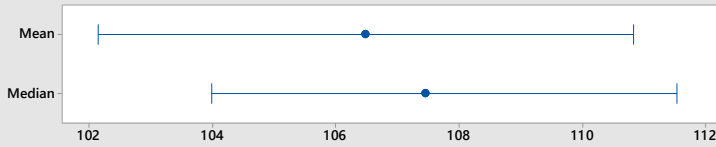
Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	1.19
P-Value	<0.005
Mean	108.89
StDev	12.52
Variance	156.71
Skewness	-1.60174
Kurtosis	4.49996
N	30
Minimum	65.00
1st Quartile	104.98
Median	111.49
3rd Quartile	115.99
Maximum	130.91
95% Confidence Interval for Mean	104.21 113.56
95% Confidence Interval for Median	105.98 114.76
95% Confidence Interval for StDev	9.97 16.83

Summary Report for Ni (mg/Kg)



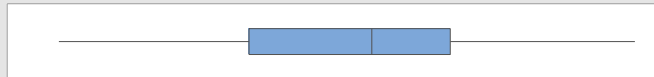
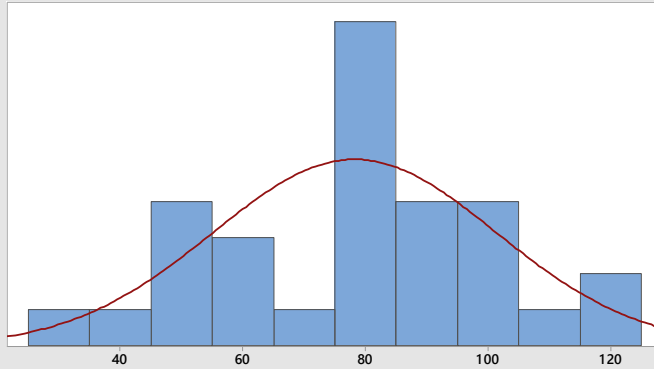
95% Confidence Intervals



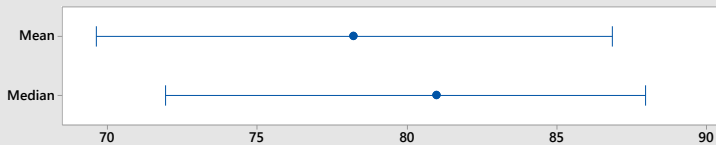
Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	0.63
P-Value	0.094
Mean	106.49
StDev	11.67
Variance	136.16
Skewness	-1.21698
Kurtosis	3.49623
N	30
Minimum	67.00
1st Quartile	102.74
Median	107.47
3rd Quartile	113.49
Maximum	128.91
95% Confidence Interval for Mean	102.13 110.84
95% Confidence Interval for Median	103.98 111.54
95% Confidence Interval for StDev	9.29 15.69

Summary Report for Cu (mg/Kg)



95% Confidence Intervals



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	0.25
P-Value	0.707
Mean	78.223
StDev	23.129
Variance	534.952
Skewness	-0.115573
Kurtosis	-0.168816
N	30
Minimum	30.000
1st Quartile	60.977
Median	80.992
3rd Quartile	93.757
Maximum	124.000
95% Confidence Interval for Mean	69.586 86.859
95% Confidence Interval for Median	71.920 88.001
95% Confidence Interval for StDev	18.420 31.093

4.3 Αποτελέσματα pH

	ΖΥΓΙΣΗ	pH
ΚΟΥ26	8,0002g	7,935
ΚΟΥ16	8,0069g	7,575
ΚΟΥ10	8,0008g	7,715
ΚΟΥ15	8,0107g	7,911
ΚΟΥ4	8,0015g	7,684

Πίνακας 4: Αποτελέσματα Ph

4.4 Συσχέτιση Στοιχείων

Για να μελετηθεί η συσχέτιση των στοιχείων μεταξύ τους, κατασκευάστηκε ο πίνακας συσχέτισης (πίνακας 5) με τη βοήθεια του Microsoft Excel, με βάση τον οποίο γίνεται η ερμηνεία της.

Ο συντελεστής συσχέτισης παίρνει τιμές από 1 έως -1 με την τιμή 1 να σημαίνει τέλεια θετική συσχέτιση, -1 τέλεια αρνητική συσχέτιση και 0 καμία συσχέτιση. Γενικά τιμές πάνω από 0,5 σημαίνουν καλή στατιστική συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων. Η καλή συσχέτιση δείχνει ότι οι υψηλές τιμές των δύο στοιχείων είναι φυσιολογικές, επομένως έχουν κοινή προέλευση, δηλαδή προέρχονται από την ίδια πηγή.

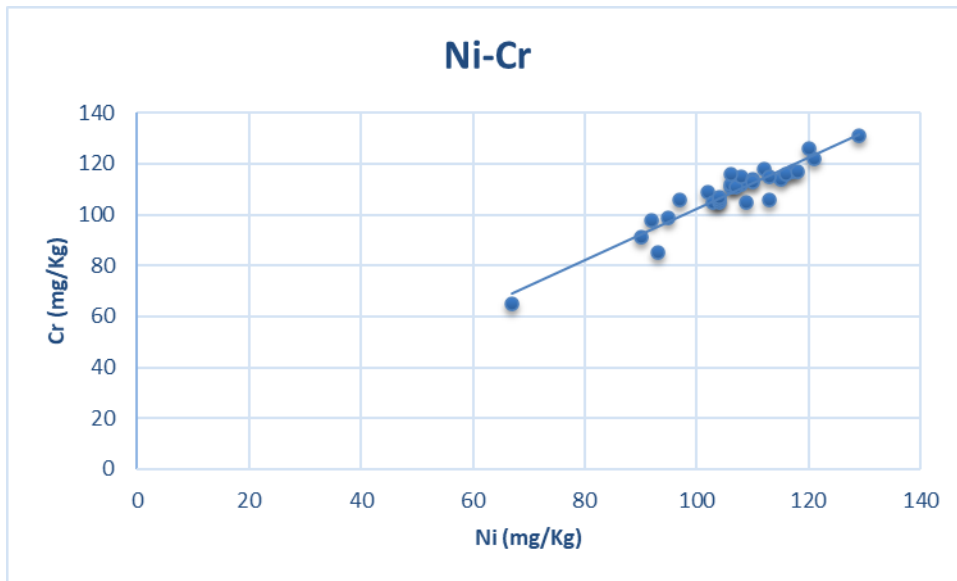
	<i>Cu (mg/Kg)</i>	<i>Ni (mg/Kg)</i>	<i>Cr(mg/Kg)</i>	<i>Mn (mg/Kg)</i>	<i>Co (mg/Kg)</i>	<i>Pb (mg/Kg)</i>	<i>Zn (mg/Kg)</i>	<i>Fe (mg/Kg)</i>
<i>Cu (mg/Kg)</i>	1							
<i>Ni (mg/Kg)</i>	0,65	1,00						
<i>Cr(mg/Kg)</i>	0,62	0,94	1,00					
<i>Mn (mg/Kg)</i>	0,63	0,95	0,96	1,00				
<i>Co (mg/Kg)</i>	0,42	0,78	0,71	0,76	1,00			
<i>Pb (mg/Kg)</i>	0,87	0,45	0,44	0,44	0,20	1,00		
<i>Zn (mg/Kg)</i>	0,71	0,62	0,59	0,59	0,32	0,55	1,00	
<i>Fe (mg/Kg)</i>	0,41	0,75	0,78	0,84	0,57	0,23	0,40	1

Πίνακας 5: Συσχέτιση στοιχείων

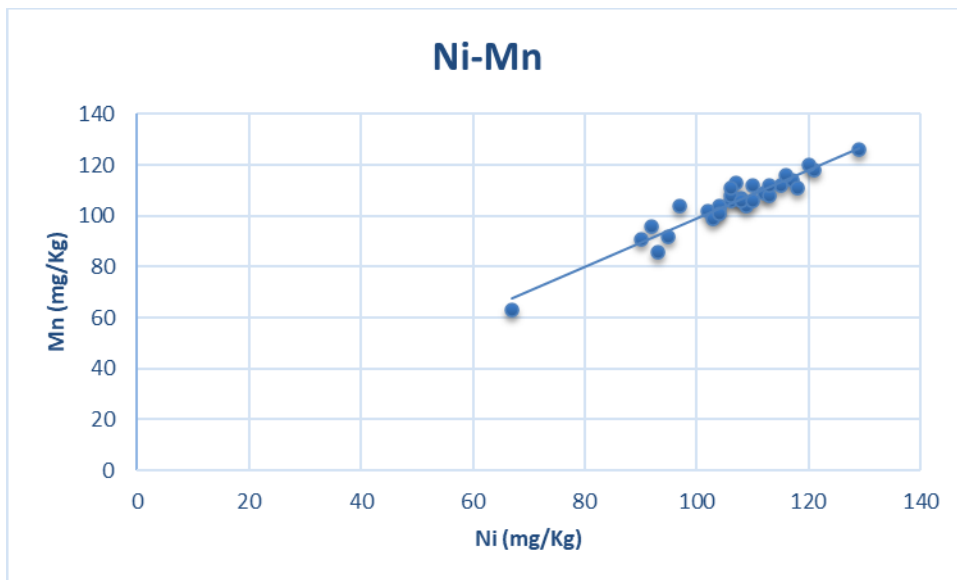
Παρατηρώντας τους συντελεστές συσχέτισης των μετάλλων, βλέπουμε ότι για τα ζεύγη Ni-Cr, Ni-Mn και Cr-Mn η συσχέτιση είναι κοντά στο 1, δηλαδή πολύ καλή και για τα υπόλοιπα ζεύγη η συσχέτιση είναι σχετικά καλή.

Η καλή συσχέτιση των στοιχείων αυτών επιβεβαιώνεται και από τα διαγράμματα συσχέτισης, στα οποία παρατηρείται ότι το σμήνος των σημείων είναι γύρω από μία ευθεία (με μικρές αποκλίσεις σε κάθε διάγραμμα) (διαγράμματα 9-11).

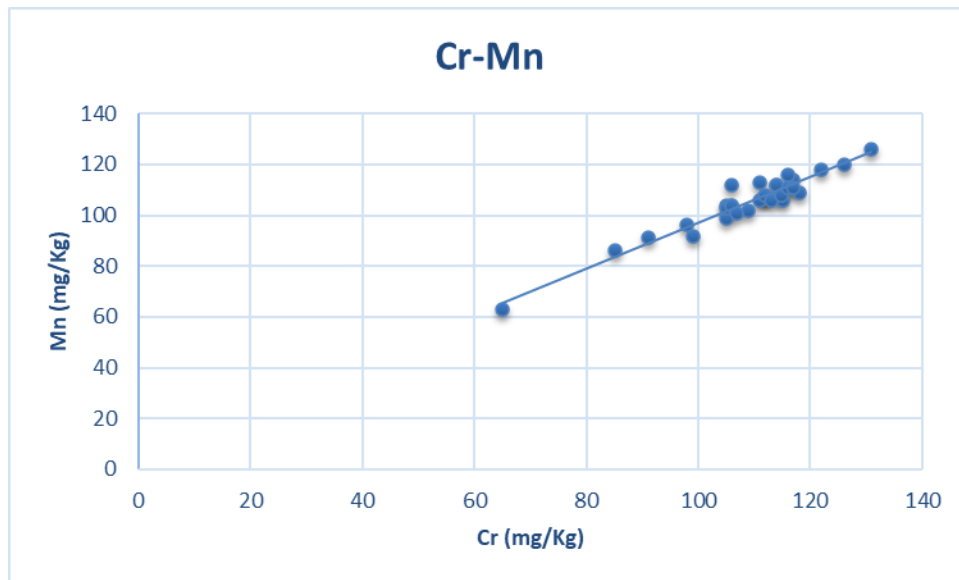
Αντίθετα από τα στοιχεία που έχουν μικρό συντελεστή συσχέτισης (<0,5), προκύπτει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους (διάγραμμα 12).



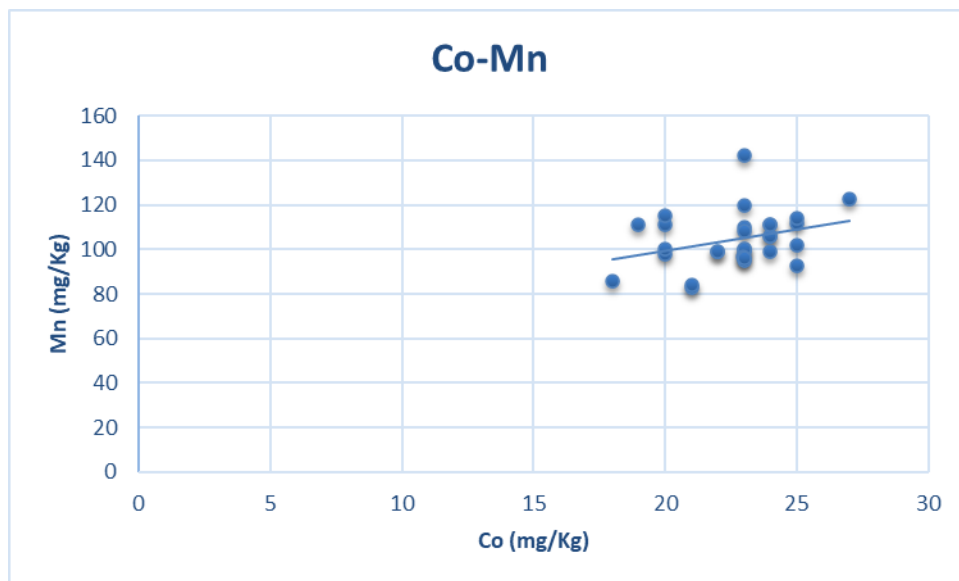
Διάγραμμα 9: Συσχέτιση Ni-Cr



Διάγραμμα 10: Συσχέτιση Ni-Mn



Διάγραμμα 11: Συσχέτιση Cr-Mn



Διάγραμμα 12: Συσχέτιση Co-Mn

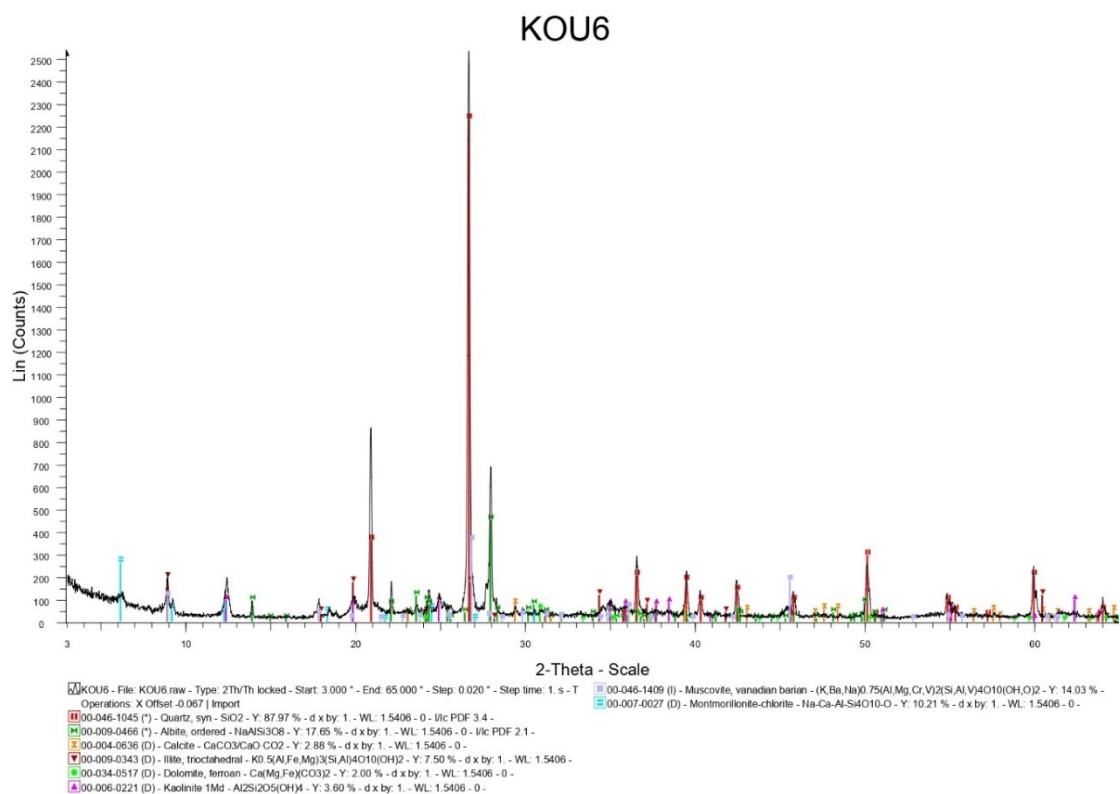
4.5 Αποτελέσματα Ορυκτολογικής Ανάλυσης

Με την τεχνική περιθλάσεως ακτίνων Χ (XRD) αναλύθηκαν δειγματοληπτικά 4 δείγματα. Τα διαγράμματα που προέκυψαν φαίνονται παρακάτω.

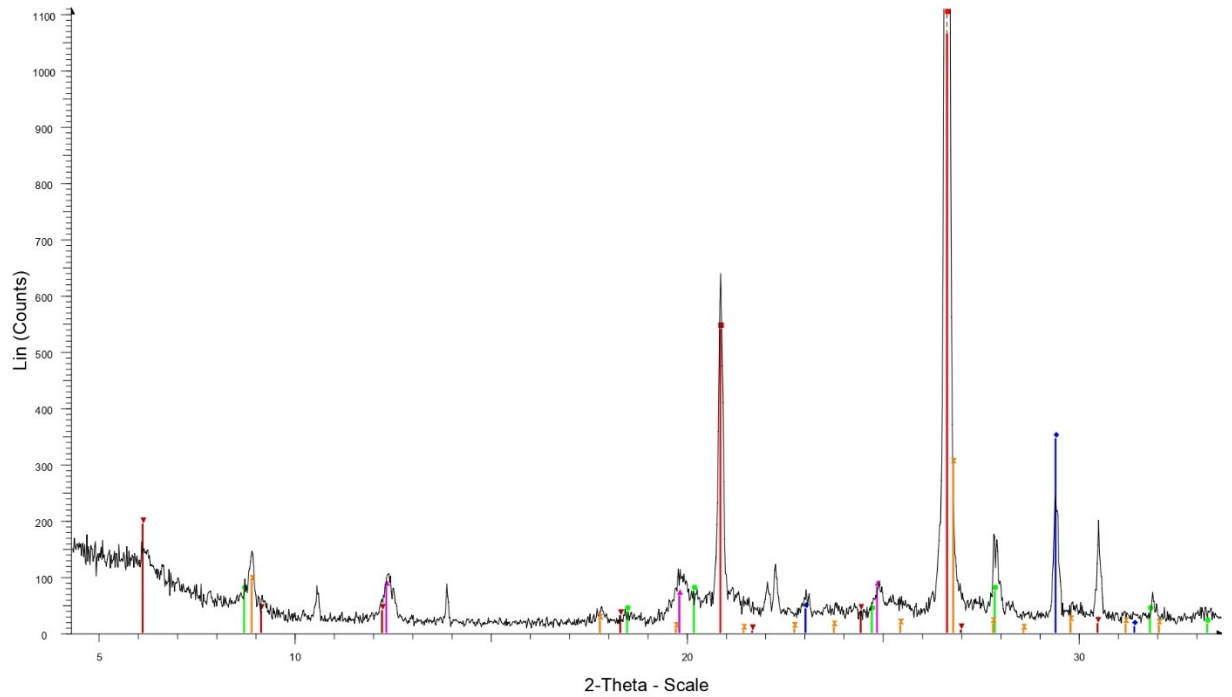
Από αυτά προκύπτει ότι τα ορυκτά που κυριαρχούν στα δείγματα είναι: Χαλαζίας και Ασβεστίτης. Σαν δευτερεύοντα ορυκτά υπάρχουν: Αλβίτης, Μοσχοβίτης, Δολομίτης, Καολινίτης, κ.α..

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι με την μέθοδο της περιθλασιμετρίας δεν μπορεί να γίνει ακριβής ποσοτική εκτίμηση ορυκτών, μπορούν όμως να εξαχθούν μερικά ποιοτικά συμπεράσματα του ποσοστού που καταλαμβάνουν τα ορυκτά στο δείγμα, συγκρίνοντας το ύψος και το πλάτος των κορυφών μεταξύ τους.

Επίσης, υπάρχει περίπτωση η ορυκτολογική σύσταση του εδάφους να έχει αλλοιωθεί λόγω ανθρωπογενούς παρέμβασης.

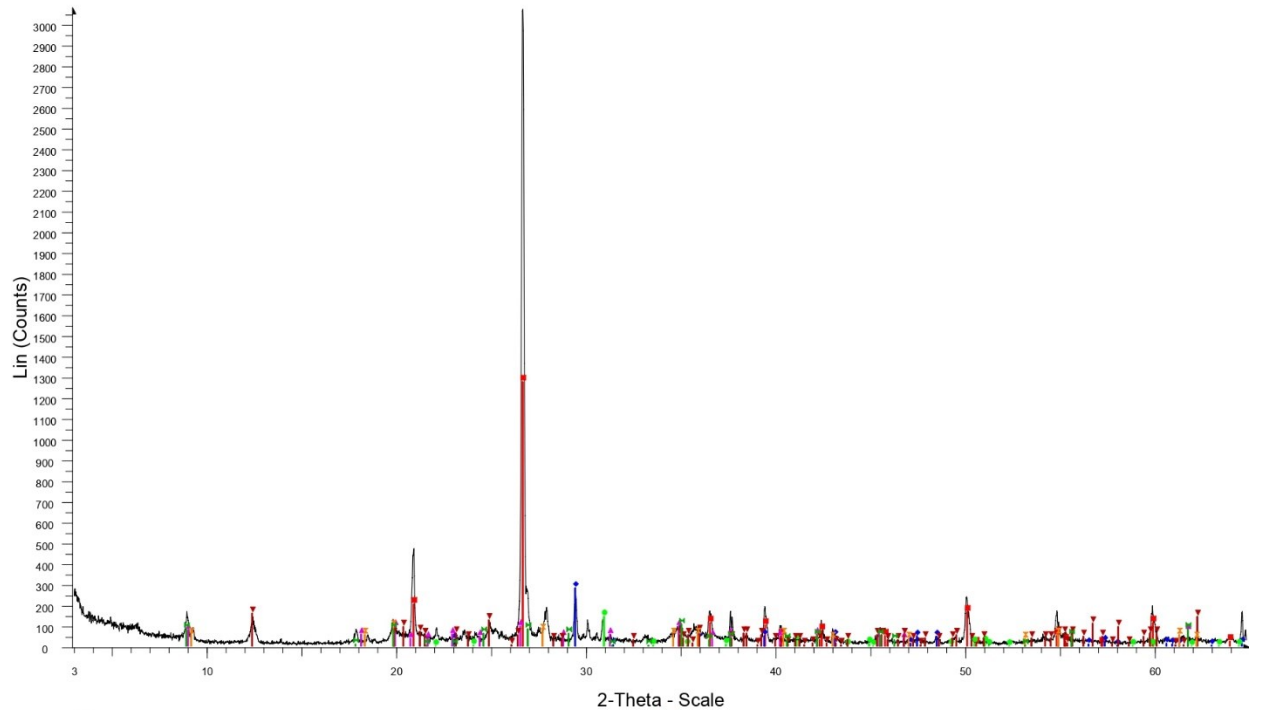


KOU15



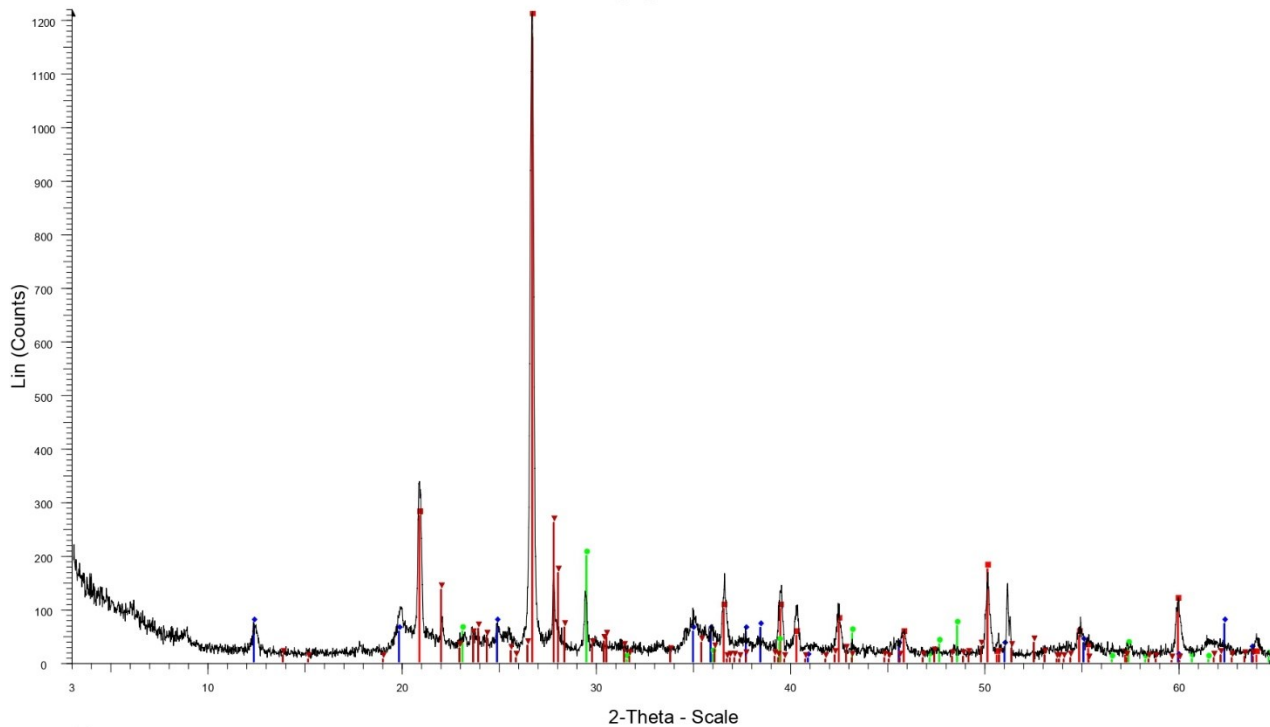
KOU15 - File: KOU15.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.0 mm - Y
 Operations: X Offset -0.025 | Import
 ■ 00-005-0490 (D) - Quartz, low - SiO₂ - Y: 58.28 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic PDF 3.6 -
 ■ 00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO₃ - Y: 13.02 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic PDF 2 -
 ■ 00-002-0042 (D) - Illite, sodian - (Na,K)Al₂(Si₃AlO₁₀)(OH)₂ - Y: 2.75 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -
 ■ 00-006-0221 (D) - Kaolinite 1Brd - Al₂Si₂O₅(OH)₄ - Y: 3.04 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -
 ■ 00-007-0027 (D) - Montmorillonite-chlorite - Na-Ca-Al-Si₄O₁₀O - Y: 7.28 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -
 ■ 00-046-1409 (I) - Muscovite, vanadian baran - (K,Ba,Na)_{0.75}(Al,Mg,Cr)₂(Si,Al)₄O₁₀(OH)₂ - Y: 11.29 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic User 1. -

KOU23



KOU23 - File: KOU23.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - 00-010-0490 (N) - Muscovite-2M2, barian - (Ba,K)Al₂(Si₃AlO₁₀)(OH)₂ - Y: 3.42 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -
 Operations: X Offset -0.092 | Import
 ■ 00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 41.50 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic PDF 3.4 -
 ■ 00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO₃ - Y: 9.17 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic PDF 2 -
 ■ 00-036-0426 (*) - Dolomite - CaMg(CO₃)₂ - Y: 4.70 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic User 1. -
 ■ 00-009-0334 (D) - Illite 2M1 - K-Na-Mg-Fe-Al-Si-O-H₂O - Y: 3.19 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -
 ■ 00-014-0164 (I) - Kaolinite-1A - Al₂Si₂O₅(OH)₄ - Y: 5.18 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -
 ■ 00-007-0304 (D) - Montmorillonite, heated - Na-Mg-Al-Si₄O₁₁ - Y: 3.06 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -

KOU30



KOU30 - File: KOU30.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.0 mm - Y
Operations: Import

- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 102.26 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic PDF 3.6 -
- 00-006-0221 (D) - Kaolinite 1Md - Al2Si2O5(OH)4 - Y: 5.90 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -
- 00-024-0027 (D) - Calcite - CaCO3 - Y: 16.33 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic User 1. -
- 00-020-0548 (D) - Albite, calcian, ordered - (Na,Ca)(Si,Al)4O8 - Y: 21.41 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -

4.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΑ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στο σημείο αυτό, είναι ενδιαφέρον να γίνει σύγκριση των μέσων τιμών βαρέων μετάλλων που προσδιορίστηκαν στο Άλσος Πουλάκη, με τιμές που προσδιορίστηκαν σε άλλα εδάφη. Έτσι, από δεδομένα των Argyraki & Kelepertzis (2014) για εδάφη στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής (έκταση περιοχής μελέτης 220km²) και των Biasoli et al. (2006) για εδαφικά δείγματα σε πάρκο στο Τορίνο της Ιταλίας, κατασκευάζεται ο πίνακας 6 με τις μέσες τιμές των στοιχείων:

	Cu (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Co (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Άλσος Πουλάκη	78	106	109	105	23	189	104
Αττική	48	111	163	587	16	77	122
Πάρκο Τορίνο	90	209	191			149	183

Πίνακας 6: Σύγκριση περιεκτικότητας βαρέων μετάλλων

Παρατηρούμε ότι οι περιεκτικότητες σε βαρέα μέταλλα στο Άλσος Πουλάκη είναι παραπλήσιες με εκείνες στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής και μικρότερες από αυτές στο πάρκο του Τορίνο. Επομένως, επιβεβαιώνουμε ότι η ανθρώπινη επίδραση οδηγεί σε εμπλουτισμό των εδαφών σε βαρέα μέταλλα. Ταυτόχρονα, παρατηρούμε ότι η κάθε περιοχή μελέτης έχει το δικό της μοναδικό εδαφοχημικό προφίλ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΕΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σύμφωνα με τις χημικές και άλλες αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, αλλά και την σύγκριση των τιμών με άλλα αστικά εδάφη, βλέπουμε ότι η κάθε περιοχή έχει το δικό της εδαφοχημικό «αποτύπωμα», σε συνδυασμό με τις ορυκτολογικές και άλλες αναλύσεις.

Επέκταση λοιπόν, της παρούσας έρευνας είναι η ορυκτολογική, χημική και βοτανολογική μελέτη και άλλων αστικών πάρκων και χώρων πρασίνου ή ερημικών αστικών περιοχών, με σκοπό τη δημιουργία ενός δικτύου (βάσης δεδομένων) χωρικής ταυτοποίησης του εδάφους. Αυτό το δίκτυο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί , αφενός ως ένα σημείο αναφοράς άλλων σχετικών μελετών, αφετέρου σαν βάση άντλησης δεδομένων από τα Εγκληματολογικά Εργαστήρια της Ελληνικής Αστυνομίας (ΔΕΕ) για την σύγκριση δείγματος εδάφους που μπορεί να βρεθεί σε έναν τόπο εγκλήματος, με σκοπό τη διαλεύκανση εγκλημάτων μέσω της χωρικής σύνδεσης υπόπτου, θύματος ή αντικειμένου.

Απαραίτητη φυσικά, θεωρείται η διαχρονική παρακολούθηση του χημισμού των εδαφών, για εντοπισμό μεταβολών λόγω ανθρώπινης παρέμβασης.

Τέλος, η χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών θα ήταν χρήσιμη στην χωρική προβολή των δεδομένων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Εργαστηριακές Μέθοδοι Ανάλυσης

- Διαλυτοποίηση, Μέθοδος Χώνευσης 3050A
 - ✓ Ζυγίζεται ομογενοποιημένο ξηρό δείγμα 1g και τοποθετείται σε κωνική φιάλη.
 - ✓ Προστίθενται 1:1 HNO₃, αναδεύεται καλά και καλύπτεται με γυαλί.
 - ✓ Τοποθετείται σε αμμόλουτρο και θερμαίνεται στους 95°C για 10-15min χωρίς να βράσει.
 - ✓ Αφαιρείται από το αμμόλουτρο και κρυώνει. Προστίθενται 5ml HNO₃, καλύπτεται εκ νέου με γυαλί και θερμαίνεται στο αμμόλουτρο στους 95°C για 30min.
 - ✓ Επαναλαμβάνεται το τελευταίο βήμα μέχρι να σταματήσει η οξείδωση.
 - ✓ Αφαιρείται το γυάλινο καπάκι και αφήνεται να εξατμιστεί μέχρις ότου απομείνουν περίπου 5ml.
 - ✓ Με την ολοκλήρωση του προηγούμενου βήματος και αφού το δείγμα έχει κρυώσει, προστίθενται 2ml H₂O και 3ml 30% H₂O₂. Το διάλυμα καλύπτεται και θερμαίνεται έως ότου ολοκληρωθεί η αντίδραση. Απομακρύνεται από το αμμόλουτρο και κρυώνει.
 - ✓ Η διαδικασία συνεχίζεται με την προσθήκη διαδοχικά, 1ml 30% H₂O₂ μέχρι να σταματήσει η αντίδραση. Σε κάθε περίπτωση, δεν πρέπει να προστεθούν πάνω από 10 ml.
 - ✓ Στην συνέχεια, προστίθενται 5 ml πυκνό HCl και 10ml H₂O, το διάλυμα σκεπάζεται και μπαίνει εκ νέου στο αμμόλουτρο για 15min.
 - ✓ Το διάλυμα απομακρύνεται από το θερμό αμμόλουτρο, κρυώνει και αραιώνεται με απεσταγμένο νερό μέχρι να έχει συνολικό όγκο 100ml.
 - ✓ Το διάλυμα διηθείται μεσώ φίλτρου.

- Προσδιορισμός pH

- ✓ Ζυγίζεται 8gr ξηρού δείγματος διαμέτρου <2mm και το τοποθετείται σε ποτήρι ζέσεως.
- ✓ Προσθέτουμε 10ml απεσταγμένο H₂O και αναδεύουμε καλά.
- ✓ Προσθέτουμε άλλα 10ml απεσταγμένο H₂O και αναδεύουμε σε τράπεζα για 15 λεπτά.
- ✓ Αφήνουμε το μίγμα σε ηρεμία για 30 λεπτά.
- ✓ Πραγματοποιούμε μέτρηση pH στο αιώρημα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Αποτελέσματα μετρήσεων επί ξηρού δείγματος

A/A	ΔΕΙΓΜΑ	Cu (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Cr(mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Co (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)
1	KOU1	82	108	112	107	23	226	100	33500
2	KOU10	123	129	131	126	27	282	123	38300
3	KOU11	83	109	105	104	23	200	99	36200
4	KOU12	75	106	111	106	23	169	100	34300
5	KOU13	81	112	118	109	23	200	110	37000
6	KOU14	93	115	114	112	23	307	108	35300
7	KOU15	108	121	122	118	24	294	111	34800
8	KOU16	64	106	112	108	22	118	99	37500
9	KOU17	62	107	111	113	23	111	97	41000
10	KOU18	54	108	115	106	23	95	95	33500
11	KOU19	76	120	126	120	25	225	102	37400
12	KOU2	71	102	109	102	20	211	98	33600
13	KOU20	78	95	99	92	20	274	100	29000
14	KOU21	49	93	85	86	21	73	83	27200
15	KOU22	49	103	105	99	24	76	99	34300
16	KOU23	49	110	114	112	25	71	93	35000
17	KOU24	58	110	113	106	23	105	96	35900
18	KOU25	76	117	117	114	23	166	142	34400
19	KOU26	30	67	65	63	18	80	86	18600
20	KOU27	36	90	91	91	21	74	84	26700
21	KOU28	88	92	98	96	22	286	99	29300
22	KOU29	92	104	105	103	20	245	111	33100
23	KOU3	81	97	106	104	19	197	111	40000
24	KOU30	98	113	115	108	25	238	112	34200
25	KOU4	96	104	106	104	24	212	106	34600
26	KOU5	99	116	116	116	24	252	106	34800
27	KOU6	88	113	106	112	25	209	114	38500
28	KOU7	83	104	107	101	20	195	115	27900
29	KOU8	101	106	116	111	24	215	111	32700
30	KOU9	124	118	117	111	23	249	120	34000

Πίνακας 7: Μετρήσεις επί ξηρού δείγματος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Αποτελέσματα μετρήσεων διπλών δειγμάτων (Μονάδα Μέτρησης: mg/Kg)

	Cu	Ni	Cr	Mn	Co	Pb	Zn	Fe
ΚΟΥ12(A)	74	105	110	107	24	169	101	34397
ΚΟΥ12(B)	77	107	112	106	22	169	99	34100
ΚΟΥ16(A)	64	105	113	108	23	117	98	40084
ΚΟΥ16(B)	65	107	112	108	22	120	101	34890
ΚΟΥ24(A)	59	113	112	105	21	105	98	36657
ΚΟΥ24(B)	57	107	114	108	26	105	94	35093
ΚΟΥ4(A)	97	105	105	109	25	217	112	37754
ΚΟΥ4(B)	96	103	108	100	23	208	101	31337

Πίνακας 8: Μετρήσεις διπλών δειγμάτων

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Argyraki, A., & Kelepertzis, E. (2014). Urban soil geochemistry in Athens, Greece: the importance of local geology in controlling the distribution of potentially harmful trace elements. *Science of the Total Environment*, 482, 366-377.
- Biasioli, M., Barberis, R., & Ajmone-Marsan, F. (2006). The influence of a large city on some soil properties and metals content. *Science of the Total Environment*, 356(1-3), 154-164.
- Chisum, W. J., & Turvey, B. (2000). Evidence dynamics: Locard's exchange principle & crime reconstruction. *Journal of Behavioral Profiling*, 1(1), 1-15.
- Chronopoulos, J., Haidouti, C., Chronopoulou-Sereli, A., & Massas, I. (1997). Variations in plant and soil lead and cadmium content in urban parks in Athens, Greece. *Science of the Total Environment*, 196(1), 91-98.
- Di Maggio, R. M., Donnelly, L. J., Al Naimi, K. S., Barone, P. M., Salvador, F. A. D. S., Dawson, L., ... & Forbes, S. (2017). Global developments in forensic geology. *Episodes Journal of International Geoscience*, 40(2), 120-131.
- Kabata-Pendias, A., & Mukherjee, A. B. (2007). Trace elements of group 12 (Previously group IIb). *Trace elements from soil to human*, 283-319.
- Maggio, R. M. D. (2016). Geological Analysis of Soil and Anthropogenic Material. Three Case Studies. In *Soil in Criminal and Environmental Forensics* (pp. 25-43). Springer, Cham.
- Min, J., Kim, K., Heo, S., & Jang, Y. (2016). Forensic comparison of soil samples. In *Soil in Criminal and Environmental Forensics* (pp. 71-105). Springer, Cham.
- Miranda, D. A., & Russo, D. (2016). Geographical Information Systems—A Working Example in the Brazilian Federal Police for Fighting Environmental Crime. In *Soil in Criminal and Environmental Forensics* (pp. 139-152). Springer, Cham.
- Ruffell, A., & McKinley, J. (2005). Forensic geoscience: applications of geology, geomorphology and geophysics to criminal investigations. *Earth-Science Reviews*, 69(3-4), 235-247.

- Santillana, E., Cordero, J. C., & Alamilla, F. (2016). Forensic soil analysis: Case study of looting at a Roman-Visigothic burial vault. In *Soil in Criminal and Environmental Forensics* (pp. 45-60). Springer, Cham.
- Uitdehaag, S., Quaak, F., & Kuiper, I. (2016). Soil comparisons using small soil traces, a case report. In *Soil in criminal and environmental forensics* (pp. 61-69). Springer, Cham.
- Woods, B., Lennard, C., Kirkbride, K. P., & Robertson, J. (2016). Reinstating soil examination as a trace evidence sub-discipline. In *Soil in Criminal and Environmental Forensics* (pp. 107-120). Springer, Cham.
- Αργυράκη, Α. (2013). Σημειώσεις του μαθήματος Αναλυτική Γεωχημεία, ΕΚΠΑ.
- Κελεπερτζής, Α., Αργυράκη, Α., Αλεξάκης, Δ., Γοργογιάννη-Τσιγκαρίδα, Φ. (2005). Εργαστηριακές ασκήσεις εφαρμοσμένης και περιβαλλοντικής γεωχημείας Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Τομέας Οικονομικής γεωλογίας και Γεωχημείας.
- Παπανικολάου, Δ. Ι., Λόζιος, Σ. Γ., Σούκης, Κ., & Σκούρτσος, Ε. (2004). Η γεωλογική δομή του αλλοθόνου συστήματος των " Σχιστολίθων Αθηνών". *Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, 36(4), 1550-1559.