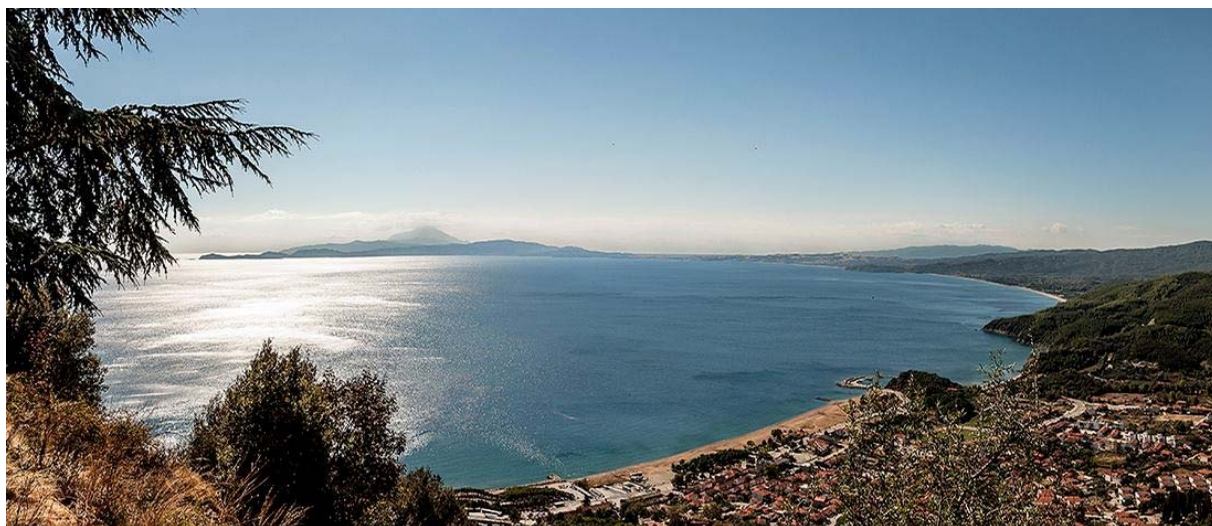




ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΑΡΓΥΡΩΣ ΣΤΟ ΣΤΡΑΤΩΝΙ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Α.Ε.Μ 4966/ ΣΑΠΟΥΝΑ ΕΛΕΝΗ Α.Ε.Μ 5037

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

Επιβλέποντες

Μ. Βαβελίδης, Καθηγητής Α.Π.Θ.

Λ. Παπαδοπούλου, Επικ. Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	3
1.1. Πρόλογος- σκοπός της εργασίας.....	3
1.2. Ευχαριστίες.....	3
2. Περίληψη.....	3
3. Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.....	4
3.1. Γενικά στοιχεία για τα ποτάμια και τα παραποτάμια οικοσυστήματα στην ΒΑ Χαλκιδική.....	6
3.2. Χαρακτηριστικά της υδρολογικής λεκάνης Αργυρώς	8
4. Ιστορική αναδρομή στην μεταλλευτική δραστηριότητα στην ΒΑ Χαλκιδική.....	8
4.1. Από τον 6ο αιώνα π.Χ. έως την Οθωμανική Αυτοκρατορία	8
4.2. Η νεότερη εποχή στην ΒΑ Χαλκιδική	9
5. Η γεωλογία της ΒΑ Χαλκιδικής	12
5.1. Λιθοστρωματογραφία της περιοχής μελέτης	12
5.2. Η ηλικία του Κρυσταλλοσχιστώδους στην περιοχή	15
5.3. Συνθήκες Μεταμόρφωσης	15
5.4. Μαγματισμός	15
5.5. Νεοτεκτονική και ενεργά ρήγματα στην περιοχή μελέτης.....	16
5.6. Κοίτασμα Μεικτών Θειούχων Στρατωνίου	19
6. Μεθοδολογία.....	20
6.1. Δειγματοληψία.....	20
6.2. Προετοιμασία Δειγμάτων.....	26
7. Ορυκτολογική Σύσταση Δειγμάτων του ρέματος Αργυρώς	27
7.1. Σουλφίδια.....	28
7.1.1 Σιδηροπυρίτης.....	28
7.2. Θειικά άλατα.....	33
7.2.1 Γιαροσίτης.....	33
7.3. Θεικές ενώσεις Σιδήρου.....	39
7.3.1 Σβερτμανίτης.....	43
7.4. Οξείδια.....	44
7.4.1 Ρουτίλιο.....	44
7.5. Πυριτικά Ορυκτά.....	45
7.5.1 Χαλαζίας.....	45
7.5.2 Άστριοι.....	47
7.5.3 Μαρμαρυγίες	49
8. Συμπεράσματα.....	51
9. Βιβλιογραφία.....	52

1. Εισαγωγή

1.1 Πρόλογος-Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στη μελέτη της μεταλλοφορίας στην τοποθεσία του ρέματος Αργυρώς στην περιοχή Στρατωνίου Β.Α Χαλκιδικής και έχει ως στόχο τον προσδιορισμό και τη μελέτη των ορυκτών φάσεων του μεταλλεύματος. Στην εργασία γίνεται αναφορά στη μεταλλευτική ιστορία, στους τύπους μεταλλοφορίας καθώς και στη γεωλογία και τεκτονική της περιοχής.

1.2 Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας σε όσους μας στήριξαν για την εκπόνηση της διπλωματικής μας εργασίας.

Αρχικά ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή μας κ. Μ. Βαβελίδη για την ανάθεση του θέματος, την πολύτιμη βοήθεια, τις ουσιώδεις συμβουλές, τη συνεχή καθοδήγηση και υποστήριξή του στην ύπαιθρο κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας καθώς και σε όλα τα στάδια της εργασίας μας.

Επίσης, ευχαριστούμε ιδιαίτερα την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Α. Παπαδοπούλου για την συνεργασία και την πολύτιμη βοήθειά της στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM). Επιπρόσθετα, οφείλουμε την ευγνωμοσύνη μας στη Διεύθυνση του τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας για τη διάθεση των εργαστηρίων και του εξοπλισμού τους οποιαδήποτε στιγμή καθώς και στη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Α. Καρέτου για την πρόθυμη συνεργασία και βοήθεια σε διάφορους τομείς της παρούσας διπλωματικής. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας για την ολόψυχη αγάπη και συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια και σ' αυτούς αφιερώνουμε την παρούσα εργασία.

2. Περίληψη

Το ρέμα της Αργυρώς βρίσκεται στην ΒΔ πλευρά της κοινότητας Στρατωνίου του νομού Χαλκιδικής. Γεωτεκτονικά, το Στρατώνι ανήκει στη Σερβομακεδονική Μάζα που περιλαμβάνει την ενότητα των Κερδυλίων και την ενότητα του Βερτίσκου. Η υδρολογική λεκάνη του ρέματος της Αργυρώς έχει έκταση 1,4 km², ενώ η περίμετρός της φτάνει τα 6 km. Η μεταλλοφορία που βρέθηκε στην περιοχή του ρέματος αυτού είναι όμοια με αυτήν των Μαύρων Πετρών και αποτελείται κυρίως από μεικτά θειούχα (P.B.G) και σύνδρομα ορυκτά. Η ιστορία των μεταλλείων στην περιοχή ξεκινάει από αρχαιοτάτων χρόνων και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με τη μελέτη των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από το μέταλλευμα του πρηνούς στο ρέμα Αργυρώς και τον προσδιορισμό τους στο μεταλλογραφικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) καθώς και κάτω από το στερεοσκόπιο πρόκειται για ορυκτά όπως ο

σιδηροπυρίτης [FeS], ένυδρα θειικά άλατα όπως ο γιαροσίτης, θεικές ενώσεις του Fe και μικρές ποσότητες σβερτμανίτη. Η παρουσία γιαροσίτη και σβερτμανίτη δηλώνει όξινο περιβάλλον και οξειδωτικές συνθήκες στην περιοχή μελέτης. Επιπλέον βρέθηκαν πυριτικά ορυκτά όπως χαλαζίας, άστριοι, μαρμαρυγίες (κυρίως μοσχοβίτης) αλλά και μικρές ποσότητες του ορυκτού ρουτιλίου.

3. Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

Το Στρατώνι Χαλκιδικής είναι ένα όμορφο χωριό το οποίο βρίσκεται στο Βορειοανατολικό τμήμα της Χαλκιδικής, απέχει 98χλμ από την Θεσσαλονίκη και βρέχεται από τον κόλπο της Ιερισσού συνδυάζοντας βουνό και θάλασσα αποτελώντας έτσι έναν επίγειο παράδεισο για τον νομό Χαλκιδικής όπως φαίνεται στην εικόνα 3.1 από την θέση "Κιόσκι Δασαρχείου Αρναίας" (Βικιπαίδεια Στρατώνι Χαλκιδικής,2016).



Εικ. 3.1 : Ο κόλπος της Ιερισσού και η κοινότητα Στρατωνίου

Το κλίμα της περιοχής αποτελείται από ήπιους χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια ενώ οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις είναι 649mm (Χατζή,2012). Ο υγρότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος και ο ξηρότερος μήνας είναι ο Αύγουστος ενώ επιπλέον οι μέσες τιμές βασικών κλιματολογικών χαρακτηριστικών σύμφωνα με τον Μετεωρολογικό Σταθμό της Αρναίας (1978-2001) αναγράφονται στον πίνακα 3.2 (Χατζή,2012). Το υψηλότερο υψόμετρο στη Β.Α Χαλκιδική είναι στην περιοχή Στρατωνικό όρος με 820 μέτρα (Καταφιώτη,2008). Επίσης, αλλούβιες πεδιάδες και παράκτιες αποθέσεις εμφανίζονται στην περιοχή με τις πρώτες να αποτελούνται από χαμηλή βλάστηση και ελαιόδεντρα ενώ φτάνουν ως 60 μέτρα υψόμετρο (Καταφιώτη,2008). Αναφερόμενοι στην βλάστηση, η περιοχή καλύπτεται κυρίως από τη φυσική βλάστηση και εν μέρει από καλλιεργημένο έδαφος. (Καταφιώτη,2008). Στις ορεινές περιοχές υπάρχουν οξιές , υψηλά δάση καστανιών, τα δρύινα δάση και αειθαλείς πλατάνια (Καταφιώτη,2008). Στις πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές έχουμε την εμφάνιση του πεύκου ενώ υπάρχουν επίσης και ελαιόδεντρα (Καταφιώτη,2008). Τα τοπικά προϊόντα της περιοχής είναι κρασί, μέλι, ελιές και λάδι (Ζαΐμης, Σ.,2013)

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ(mm)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ(%)
Ιανουάριος	2,6	47	85
Φεβρουάριος	3,4	55	83
Μάρτιος	6,5	50	80
Απρίλιος	11	51	73
Μάιος	16,2	50	71
Ιούνιος	20,9	41	66
Ιούλιος	22,9	54	65
Αύγουστος	22,3	38	67
Σεπτέμβριος	18,6	31	72
Οκτώβριος	13,3	56	80
Νοέμβριος	7,6	84	85
Δεκέμβριος	4,7	90	86
Μέση και ολική Τιμή	12,5	649	76

Πίνακας 3.2 : Μέσες μηνιαίες τιμές βασικών κλιματολογικών χαρακτηριστικών βασισμένος σε τιμές του μετεωρολογικού σταθμού της Αρναίας .

Η σημερινή θέση της Κοινότητας Στρατωνίου, είναι αυτή της αρχαίας πόλης της Στρατονίκης σύμφωνα με αρχαιολογικά ευρήματα που έγιναν τον Μάρτη του 1962 . Το ίδιο είχε ειπωθεί και από τον Πτολεμαίο Κλαύδιο ο οποίος τοποθετεί την αρχαία Στρατονίκη μεταξύ Ακάνθου και Σταγείρων (Παπάγγελος, Ι.,1991). Σύμφωνα με τον Κ. Σισμανίδης (1996) η αρχαία Άκανθος βρίσκεται στην σημερινή τοποθεσία της κοινότητας Ιερισσού και τα αρχαία Στάγειρα στην τοποθεσία Βίννα(Ολυμπιάδα) βγαίνει το συμπέρασμα ότι η αρχαία πόλη Στρατονίκη είναι η σημερινή Κοινότητα του Στρατωνίου. Το 1790-1912 στο Στρατώνι υπήρχαν μόνο μερικές καλύβες που ανήκαν στους κατοίκους της Στρατονίκης (Ισβορος) που είχαν εκεί τα κτήματα που καλλιεργούσαν (Βικιπαίδεια Στρατώνι Χαλκιδικής,2016). Το 1922 μετά την Μικρασιατική καταστροφή ήρθαν και άλλοι Έλληνες οι οποίοι πρώτα εγκαταστάθηκαν στο καλογερίκο Μετόχι Ξηροπόταμος και ύστερα στο Στρατώνι εγκατασταθέντες σε σπίτια της τότε Εταιρίας(Ανώνυμη Ελληνική Εταιρία Χημικών Προϊόντων & Λιπασμάτων (ΑΕΕΧΠ&Λ) η οποία είχε πλήρες εργοστάσιο ηλεκτρικού ρεύματος με ατμομηχανές που έκαιγαν

πετροκάρβουνο, οι κάτοικοι αυτοί αποτέλεσαν τον πρώτο πυρήνα της σημερινής Κοινότητας Στρατωνίου (Βικιπαίδεια Στρατώνι Χαλκιδικής, 2016). Το 2001 το χωριό απαριθμούσε 1174 κατοίκους. (Βικιπαίδεια Στρατώνι Χαλκιδικής, 2016).

Στην Β.Α. Χαλκιδική με την εκμετάλλευση μεικτών θειούχων κοιτασμάτων και στο άμεσο μέλλον την δημιουργία εργοστασίου χρυσού για την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων χαλκού και χρυσού στις Σκουριές Χαλκιδικής, βρίσκεται σε εξέλιξη ένα από τα σημαντικότερα έργα της Ελλάδος (Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., 2014). Όμως αυτή η εκμετάλλευση και η μεταλλουργική δραστηριότητα στην Β.Α Χαλκιδική δεν είναι πρόσφατη αλλά από αρχαιολογικών χρόνων και συγκεκριμένα τουλάχιστον από το 700 π.Χ. (Βαβελίδης 2009).

3.1 Γενικά στοιχεία για τα ποτάμια και τα παραποτάμια οικοσυστήματα στην ΒΑ Χαλκιδική

Η μορφολογία και το ανάγλυφο της ΒΑ Χαλκιδικής παρουσιάζει μια αξιόλογη ποικιλομορφία αποτελούμενη από πεδινές και παραθαλάσσιες εκτάσεις, ορεινούς όγκους κάποιοι από τους οποίους με έντονες χαραδρώσεις. Επομένως, η περιοχή που υπάρχει μεταλλευτική δραστηριότητα χαρακτηρίζεται από την παρουσία πολλών υδατορευμάτων μόνιμης ή και περιστασιακής ροής. Ένα από τα σημαντικότερα ποτάμια συστήματα στην περιοχή της ΒΑ Χαλκιδικής είναι αυτό του Μαυρόλακκα, ο οποίος πηγάζει από τα δυτικά της περιοχής των εγκαταστάσεων στην Ολυμπιάδα και εκρέει στον κόλπο του Στρυμονικού (ENVECO Α.Ε, 2013). Μέσα στην υδρολογική λεκάνη του Μαυρόλακκα συμβάλλουν τα ρέματα Κηπουρίστρα και Ξηρόλακκας (ενώνεται με το Μαυρόλακκα 100-200μ πριν τις εκβολές του) (ENVECO Α.Ε, 2013). Ο Μαυρόλακκας είναι το μόνο ρέμα, στην περιοχή της Ολυμπιάδος, που παρουσιάζει σε όλη την διάρκεια του χρόνου μόνιμη ροή σύμφωνα με στοιχεία του προγράμματος διαχείρισης υδατικών πόρων της χώρας (ΥΠΙΑΝ 2003) και από την υδραυλική μελέτη και το υδρολογικό μοντέλο που έχει γίνει στην περιοχή από τον Karavokyris (1997) (ENVECO Α.Ε, 2013).

Ένας άλλος ποταμός ο Ασπρόλακκας, βρίσκεται στην υδρολογική λεκάνη Ασπρόλακκα η οποία περικλείει σχεδόν ολόκληρη την περιοχή των Σκουριών και μέρος της περιοχής του Στρατωνίου (ENVECO Α.Ε (2013). Τα κύρια συμβάλλοντα ρέματα είναι ο Κοκκινόλακκας, ο Καρόλακκας και το ρέμα Μύλος (στα ανάντη Μουκούτουλος). Ο Ασπρόλακκας θεωρείται σύμφωνα με την ENVECO Α.Ε (2013) ένας ποταμός συνεχούς ροής η λεκάνη του οποίου αποτελείται κατά 90% από δασικές και θαμνώδεις εκτάσεις και κατά 10% από διάφορους τύπους φυτών. Όσον αφορά την υδρογεωλογία, στην υπολεκάνη Ασπρόλακκα εμφανίζεται ο διερρηγμένος υδροφορέας που παρατηρείται στους γενέσιους, αμφοβόλιτες και στις πορφυρικές διεισδύσεις καθώς και ο κοκκώδης υδροφορέας που εντοπίζεται στα χαλαρά ιζήματα της παράκτιας περιοχής Κάμπου-Χιλανταρίου (Βεράνης Νικόλαος, ΙΓΜΕ). Με βάση το υδρολογικό ισοζύγιο προκύπτει ότι η υπολεκάνη Ασπρόλακκα ($66,6 \text{ km}^2$) εμφανίζει θετικό υδατικό ισοζύγιο που ανέρχεται στα $13,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο}$. Τα επιφανειακά νερά στην έξοδο του κεντρικού ρέματος προς την πεδινή περιοχή ανέρχονται σε $9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο}$ και η υπόγεια ροή με την οποία εκφορτίζεται ο διερρηγμένος υδροφορέας προς την παράκτια ζώνη είναι $3,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο}$. Τα μόνιμα αποθέματα νερών που είναι αποθηκευμένα στα ιζήματα της περιοχής Κάμπου-Χιλανταρίου είναι $16 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ και τα ρυθμιστικά αποθέματα στα ιζήματα είναι $1,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ αντίστοιχα. Από αυτή την ποσότητα οι καταναλώσεις για την παραγωγή υδρευτικού νερού είναι $0,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο}$. (Βεράνης Νικόλαος, ΙΓΜΕ). Ο Κοκκινόλακκας πηγάζει ανατολικά της

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΑΡΓΥΡΩΣ ΣΤΟ ΣΤΡΑΤΩΝΙ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

Στρατονίκης και ανήκει στην υδρολογική υπολεκάνη Κοκκινόλακκα (ανήκει στην υδρολογική λεκάνη Ασπρόλακκα) και είναι περιστασιακής ροής. Η υπολεκάνη αυτή είναι πυκνά δασωμένη και καλύπτεται κυρίως από πεύκα . Τέλος, στην περιοχή της ΒΑ Χαλκιδικής υπάρχουν ρέματα που ανήκουν σε μικρότερες υδρολογικές λεκάνες, όπως οι Μπαχτσίνες, Μπασδέκης και Πετρόλακκας στην περιοχή των εγκαταστάσεων της εταιρίας στην Ολυμπιάδα, τα ρέματα Μεγάλης Παναγίας και Κερασιάς που ανήκουν στην υδρολογική λεκάνη Χαβρία αλλά βρίσκονται εντός των εγκαταστάσεων και την περιοχή που θα δημιουργηθεί το εργοστάσιο στις Σκουριές καθώς τα ρέματα Πόρτο, Αργυρώ και Καρβουνόσκαλα στην περιοχή του Στρατωνίου (ENVECO A.E. 2013). Γενικά όλα τα ρέματα τις περιοχής φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 3.1.1).

Τα περισσότερα από αυτά τα ρέματα που αναφέρθηκαν εκρέουν στον κόλπο της Ιερισσού. Οι ιδιαίτερες συνθήκες μικροκλίματος που δημιουργούνται εδώ δίνουν χαμηλές τιμές αιωρούμενων σωματιδίων όπως και θρεπτικών (νιτρωδών, νιτρικών, πυρετικών και αμμωνιακών) αλάτων. Σύμφωνα με τους Στάματος και Ιωαννίδου (1999) οι συγκεντρώσεις ολικών σωματιδίων, φωσφορικών, πυριτικών, νιτρωδών, νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων είναι σχετικά υψηλές κατά την περίοδο του χειμώνα χωρίς να υπάρχει κίνδυνος ευτροφισμού στα νερά του κόλπου. Για τα βαρέα μέταλλα που υπάρχουν στο νερό και στα ιζήματα, περισσότερο επιβαρυνμένες περιοχές είναι η θαλάσσια περιοχή μπροστά από τον οικισμό του Στρατωνίου και στις εκβολές του Ασπρόλακκα και του Κοκκινόλακκα (ENVECO A.E. 2013).



Εικ. 3.1.1 : Οριοθέτηση των υδατορεμάτων στην περιοχή μελέτης (ENVECO A.E., 2013)

3.2 Χαρακτηριστικά της υδρολογικής λεκάνης της περιοχής Αργυρός

Το κύριο υδατόρευμα που ρέει την υδρολογική λεκάνη είναι το ρέμα της Αργυρός ενώ δεν συμβάλλουν άλλοι κλάδοι μέσα στην λεκάνη. Η έκταση της υδρολογικής λεκάνης είναι $1,4 \text{ km}^2$ ενώ η περίμετρός της είναι 6 km . Το μέγιστο υψόμετρο της είναι 645.3 m ενώ το ελάχιστο βρίσκεται στα 0.1 m στην στάθμη της θάλασσας και το μέσο υψόμετρο είναι 318.0 m (Καταφιώτη, 2008). Το μήκος του κύριου υδατορεύματος της Αργυρός είναι 2790 m και η μέση κλίση του είναι $18,6\%$. Σύμφωνα με Καραμούζη (2000) η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 560 mm και η μέση ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή ανέρχεται στα 440 mm . Ο ενδεικτικός συντελεστής απορροής και κατείσδυσης είναι 0.13 και 0.08 αντίστοιχα σύμφωνα με τον Καραμούζη, 2000. Το ρέμα της Αργυρός δεν διαθέτει σημαντικές σημειακές εκφορτίσεις. Ο σχηματισμός που εκφορτίζεται από αυτό το υδατόρευμα είναι αποσαθρωμένοι αμφιβολίτες ενώ ο σχηματισμός που τροφοδοτείται από αυτό είναι τα αλλουβιακά του Στρατωνίου. Η ενδεικτική μέση ετήσια παροχή της Αργυρός είναι $0.003 \text{ m}^3/\text{s}$ ενώ η μέγιστη μετρημένη παροχή υπολογίστηκε στα $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ (Καταφιώτη, 2008). Τέλος, η ενδεικτική ετήσια απορροή του ρέματος Αργυρός είναι 0.10 hm^3 , ενώ η ενδεικτική ειδική παροχή του είναι 2.31 L/s/km^2 (ENVECO A.E, 2013).

4. Ιστορική αναδρομή στην μεταλλευτική δραστηριότητα στην ΒΑ Χαλκιδική

4.1 Από τον 6ο αιώνα π.Χ. έως την Οθωμανική Αυτοκρατορία

Μεταλλευτική και μεταλλουργική δραστηριότητα στην Β.Α. Χαλκιδική έχουμε σύμφωνα με τους (Vavelidis et. al., 1983, Wagner et al., 1986, Vavelidis, 1989) από την αρχαιότητα. Ίχνη της μεταλλευτικής αυτής δραστηριότητας αποτελούν στοές, σωροί μεταλλουργικών σκωριών και υπολείμματα μεταλλεύματος σε όλη την περιοχή. Σύμφωνα με τον Βαβελίδη (2001) η ΒΑ Χαλκιδική αποτελεί το δεύτερο σε μέγεθος και έκταση μεταλλευτικό κέντρο μετά το Λαύριο στην Ελλάδα. Τα μεταλλεύματα είναι πλούσια σε χρυσό, άργυρο-μόλυβδο και χαλκό. Ο χρυσός εντοπίζεται σε μεταλλεύματα μαγγανίου, σε χαλαζιακές φλέβες αρσενοπυρίτη, σε μεταλλεύματα χαλκού και μέσα σε μεταλλεύματα μεικτών θειούχων. Ο άργυρος βρίσκεται μέσα σε μετάλλευμα θειοαλάτων και μολύβδου (Vavelidis et. al., 1983, Wagner et al., 1986, Vavelidis, 1989). Στις περιοχές Μαύρες Πέτρες και Ολυμπιάδα (Αρχαία Στάγαιρα) έχουμε ίχνη των αρχαιότερων εκμεταλλεύσεων χρυσού στην Χαλκιδική, η χρονολόγηση των οποίων γίνεται στην προϊστορική εποχή. Από ανασκαφές στην περιοχή των Σταγείρων (σημερινή Ολυμπιάδα) και από βεβαιωμένα ίχνη μεταλλευτικής δραστηριότητας στην ευρύτερη περιοχή, η εκμετάλλευση και εξαγωγή μολύβδου και αργύρου έχει ξεκινήσει τουλάχιστον από τον 6ο αιώνα π.Χ. (Βαβελίδης 2001, Σισμανίδης, 2002). Ο Βαβελίδης (2009) και Βαβελίδης και Μέλφος (2012) αναφέρουν ότι η πληθώρα πηγαδιών στην περιοχή και οι σωροί από μεταλλευτικά απόβλητα δείχνουν με ραδιοχρονολογήσεις ότι η μεταλλευτική δραστηριότητα άρχισε τουλάχιστον από τον 6ο αιώνα π.Χ.

Ο Sagui (1928) ανακάλυψε μέσα σε παλαιές στοές στην περιοχή της Ολυμπιάδος νομίσματα του Μεγάλου Αλεξάνδρου και του Φιλίππου Β'. Επίσης ο Davies (1935) αναφέρει την ύπαρξη μεταλλείων από τον 4ο αι. π.Χ. στα οποία γινόταν εκμετάλλευση για την απόληψη αργύρου και μολύβδου (Βαβελίδης 2009).

Σύμφωνα με τον Wagner(1986) η μεταλλευτική δραστηριότητα συνεχίζεται και στα ρωμαϊκά χρόνια. Η εκμετάλλευση συνεχίζει δυναμικά κατά τα Βυζαντινά χρόνια με μεγάλο μεταλλευτικό κέντρο τα Σιδηροκάυσια (Papachryssanthou 1974, Παπάγγελος 1991), όπου σύμφωνα με τον Βακαλόπουλο (1964) ήταν λίγα χιλιόμετρα βορειότερα από την σημερινή θέση Στρατονίκη (Ισβορος) όπως δείχνουν χρονολογήσεις δειγμάτων άνθρακα τα οποία βρέθηκαν ανάμεσα σε στρώματα σκωριών (Wagner et al. 1986, Βαβελίδης 2001,2009). Η κύρια μεταλλευτική δραστηριότητα βρισκόταν σε περιοχές γύρω από τα Σιδηροκάυσια όπως στις Σκουριές, Μπαζδέκ Λάκκος, Κηπουρίστρας Λάκκος, Τρίστας Λάκκος, Κολομπούκι και Πιάβιτσα. Σε όλες της περιοχές γινόταν εκμετάλλευση μολύβδου και αργύρου, με εξαίρεση της Σκουριές όπου εκεί γινόταν εκμετάλλευση χαλκού (Παπάγγελος, 1991).

Με την επικράτηση της Οθωμανική αυτοκρατορίας στον Ελλαδικό χώρο τα μεταλλεία στην Β.Α. Χαλκιδική περνούν και πάλι σε μια περίοδο ακμής . Στην περιοχή εκείνη την περίοδο λειτουργούσαν πολλά καμίνια για την καύση και κατεργασία του μολύβδου και του ψευδαργύρου ενώ οι μεταλλωρύχοι έπρεπε να δίνουν σαν φόρο τιμής ένα ποσό αργύρου στον σουλτάνο της περιοχής . Στην συνέχεια τον 16ο έως τον 17ο αιώνα έχουμε περιόδους άλλοτε με ανάπτυξη των μεταλλείων ενώ άλλοτε παρακμής αυτών. (Wagner et al. 1986)

Στις αρχές του 18ο αιώνα τα μεταλλεία περνάν σε μια περίοδο αυτονομίας και αυτοδιαχείρισης με γενική διοίκηση στην οποία συμμετείχαν άνθρωποι από τα 12 χωριά των μαντεμοχωριών. Έτσι γινόταν η εκμετάλλευση του μολύβδου, του ψευδαργύρου και του αργύρου από τους κατοίκους των Μαντεμοχωριών όμως υπήρχε πάλι ένας φόρος τιμής προς τον σουλτάνο της περιοχής ενώ στις αρχές του 19ου αιώνα χάνουν την αυτοδυναμία τους. (Βακαλόπουλος 1973, 1989, Παπάγγελος 1991).

4.2 Η νεότερη εποχή στην ΒΑ Χαλκιδική

Γάλλο-Οθωμανική

Το όνομα Μεταλλεία Κασσάνδρας εμφανίζεται πρώτη φορά το 1986. Το όνομα αυτό προήλθε από την τότε ονομασία του νομού ως Κασσάνδρα ενώ εκείνη την εποχή τα δικαιώματα της εταιρίας παραχωρούνται από την Οθωμανική Αυτοκρατορία στην Γάλλο-Οθωμανική Α.Ε. με έδρα το Παρίσι. Λειτουργούν περίπου 600 καμίνια στην περιοχή όπου σε αυτά δουλεύουν 6000 εργάτες σε μια εκδοχή πενθημέρου και περνούν από μεταλλευτική κατεργασία περίπου στους 72.000 τόνους μεταλλεύματος. Τέλος, η εταιρία αρχίζει μια επιφανειακή εκμετάλλευση σιδηροπυρίτη στο μεταλλείο του Μάντεμ Λάκκου στην Στρατονίκη (Παπαγρηγορίου κ.ά. 2010, Βαβελίδης και Μέλφος 2012).

Ανώνυμη Ελληνική Εταιρία Χημικών Προϊόντων & Λιπασμάτων (ΑΕΕΧΠ&Λ)

Το 1927 έρχεται στο προσκήνιο μια νέα εταιρία που θα αναλάβει τα μεταλλεία Χαλκιδικής, η οποία ονομάζεται Ανώνυμη Ελληνική Εταιρία Χημικών Προϊόντων & Λιπασμάτων (ΑΕΕΧΠ&Λ). Η εταιρία αγοράζει και άλλα μεταλλεία (Κύπρου, Ερμιόνης, Ωρωπού και της Κορώνειας γιατί διαβλέπει μια ευρεία χρήση λιπασμάτων για την ανάπτυξη της γεωργίας με πρώτη ύλη το θείο για την παρασκευή αυτών (Παπαρηγορίου κ.ά. 2010). Μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο το πλειοψηφικό πακέτο των μετοχών της εταιρίας περνάει στον Μποδοσάκη Αθανασιάδη, ο οποίος με τις δραστηριότητές του δίνει μεγάλη ώθηση στο μεταλλευτικό κλάδο με επίκεντρο το Στρατώνι το οποίο αναπτύσσεται σημαντικά. Το 1970 γίνεται από την εταιρία το εργοστάσιο εμπλουτισμού στην παραλία του Στρατωνίου και αρχίζει η επεξεργασία των μεικτών θειούχων συμπυκνωμάτων. Παράλληλα όμως αρχίζει και η λειτουργία του εργοστασίου στην Ολυμπιάδα Χαλκιδικής ενώ το εργοστάσιο εμπλουτισμού εκεί δημιουργείται το 1976 και τα προϊόντα μεταφέρονται στην σκάλα φόρτωσης στο Στρατώνι (Εικόνα 4.2.1) ενώ η σημερινή κατάσταση της σκάλας φόρτωσης φαίνεται στην (Εικόνα 4.2.2) (Παπαρηγορίου κ.ά. 2010).

TVX Hellas

Το 1995 τα μεταλλεία Κασσάνδρας μετά από δυο άκαρπους διαγωνισμούς μεταβιβάζονται στη TVX Hellas θυγατρική της TVX Gold. Ο πρωταρχικός στόχος της εταιρίας είναι η δημιουργία εργοστασίου χρυσού στην Ολυμπιάδα Χαλκιδικής. Παράλληλα είχε εγκριθεί και η άδεια για την εκμετάλλευση των μεικτών θειούχων στις Μαύρες Πέτρες (Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., 2014). Όμως η επένδυση στην Ολυμπιάδα ούτε αυτή την φορά θα υλοποιηθεί λόγω της αρνητικής απόφασης του Συμβουλίου Επικρατείας το 2002 για περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα είχε η περιοχή παρά το κοινωνικό και οικονομικό όφελος αλλά και τις πάρα πολλές αντιδράσεις των κατοίκων της περιοχής. (Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., 2014). Έτσι η εταιρία το 2003 διακόπτει τις εργασίες σε όλες τις εγκαταστάσεις της και κηρύσσεται υπό πτώχευση με αποτέλεσμα 480 εργαζόμενοι και οι οικογένειές τους να μένουν χωρίς δουλειά. Όλη η περιοχή σταδιακά αρχίζει να μαραζώνει αφού το κλείσιμο του έργου είχε ως αποτέλεσμα να φύγουν από τα Μαντεμοχώρια πολλές οικογένειες. Με ένα ειδικό κοινωνικό πρόγραμμα όμως η κυβέρνηση απορροφά όλους του εργαζομένους που είχαν τεθεί σε διαθεσιμότητα. (Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., 2014).

Ελληνικός Χρυσός

Το 2004 τα μεταλλεία Κασσάνδρας περνούν στα χέρια της Ελληνικός Χρυσός Α.Ε. με νόμο από την Βουλή. Με το νόμο αυτό όλες οι μεταλλευτικές εγκαταστάσεις και τα δικαιώματα μεταβιβάζονται έναντι 11εκ. ευρώ στην Ελληνικός Χρυσός (Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., 2014). Η εταιρία ξεκινάει αμέσως την σύνταξη της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για τις Μαύρες Πέτρες και το 2005 παίρνει την άδεια για την επαναλειτουργία αυτών των εγκαταστάσεων και την εκμετάλλευση και παραγωγή συμπυκνωμάτων μολύβδου και ψευδαργύρου. (Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., 2014). Στη συνέχεια, το 2006 η εταιρία κάνει γνωστό το επενδυτικό της σχέδιο για την ΒΑ Χαλκιδική το οποίο αποσκοπεί στην δημιουργία μεταλλουργίας χρυσού στον Μάντεμ Λάκκο από την εκμετάλλευση κοιτασμάτων σε Ολυμπιάδα και Σκουριές. (Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., 2014). Το 2010 καταθέτεται στο υπουργείο Περιβάλλοντος η τελική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για όλες τις εγκαταστάσεις και

τα έργα που προβλέπει να δημιουργήσει η Ελληνικός Χρυσός στην περιοχή και περιμένει την τελική έγκριση (Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., 2014). Το 2012 η Eldorado gold παίρνει στα χέρια της το 95% των μετοχών των μεταλλείων Χαλκιδικής με την εξαγορά της Καναδικής επίσης εταιρίας «European Goldfields Ltd» ενώ το υπόλοιπο 5% ανήκει στην εταιρία «ΑΚΤΩΡ» (Forward and Francis 2009, Eldorado Gold Corporation 2012).



Εικ. 4.2.1 : Η σκάλα φόρτωσης στο Στρατώνι το 1960

Εικ. 4.2.2 : Η σκάλα φόρτωσης στο Στρατώνι σήμερα

5. Η γεωλογία της ΒΑ Χαλκιδικής

5.1. Λιθοστρωματογραφία της περιοχής μελέτης

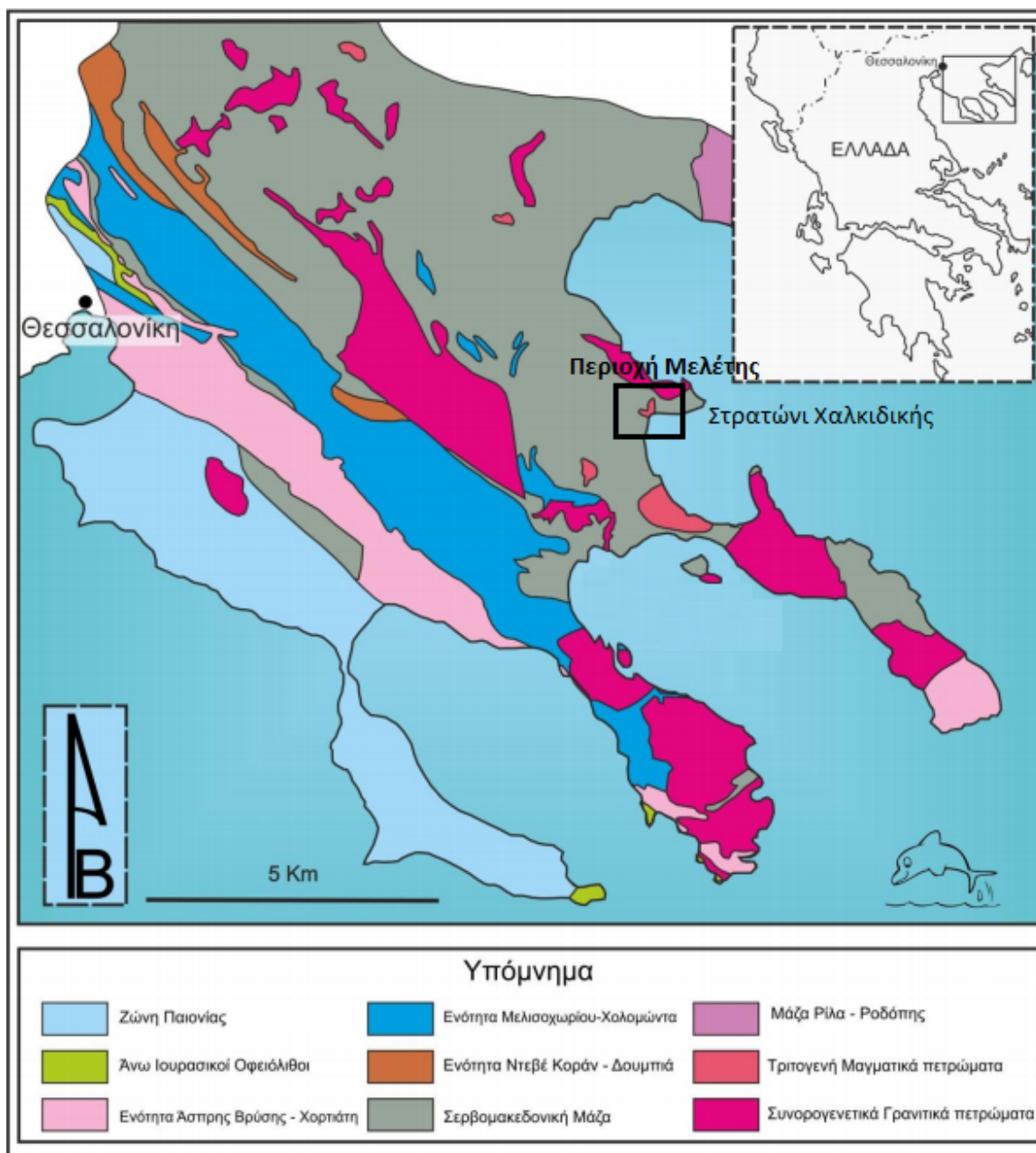
Η περιοχή μελέτης, το Στρατώνι, βρίσκεται στην ΒΑ Χαλκιδική. Γεωτεκτονικά η περιοχή ανήκει στην Σερβομακεδονική Μάζα της Ελληνικής Ενδοχώρας και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα των Κερδυλίων κατώτερης αυτής του Βερτίσκου (Γεωτεκτονικός χάρτης της περιοχής στην εικόνα 5.1.1). Σύμφωνα με τα λιθοσφαιρικά μοντέλα η Σερβομακεδονική όπως και η μάζα της Ροδόπης αντιπροσωπεύουν ηπειρωτικό φλοιό και τοποθετούνται και οι δυο στο περιθώριο της Ευρασιατικής πλάκας. Αυτή η μάζα αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα ενώ χωρίζεται σε δυο ενότητες πετρωμάτων, τα Κερδύλια που είναι η κατώτερη και αρχαιότερη ενότητα και τον Βερτίσκο που είναι ανώτερη και νεότερη ενότητα (Μουντράκης 2010).

Μεταξύ των δυο ενοτήτων υπάρχει μια τεκτονική επαφή που φέρνει τον Βερτίσκο πάνω από τα Κερδύλια, η φύση της οποίας δεν έχει διευκρινιστεί ακόμα καθώς επίσης δεν είναι ορατή αυτή η επαφή σε όλο το μήκος της (Kockel & Walther 1968).

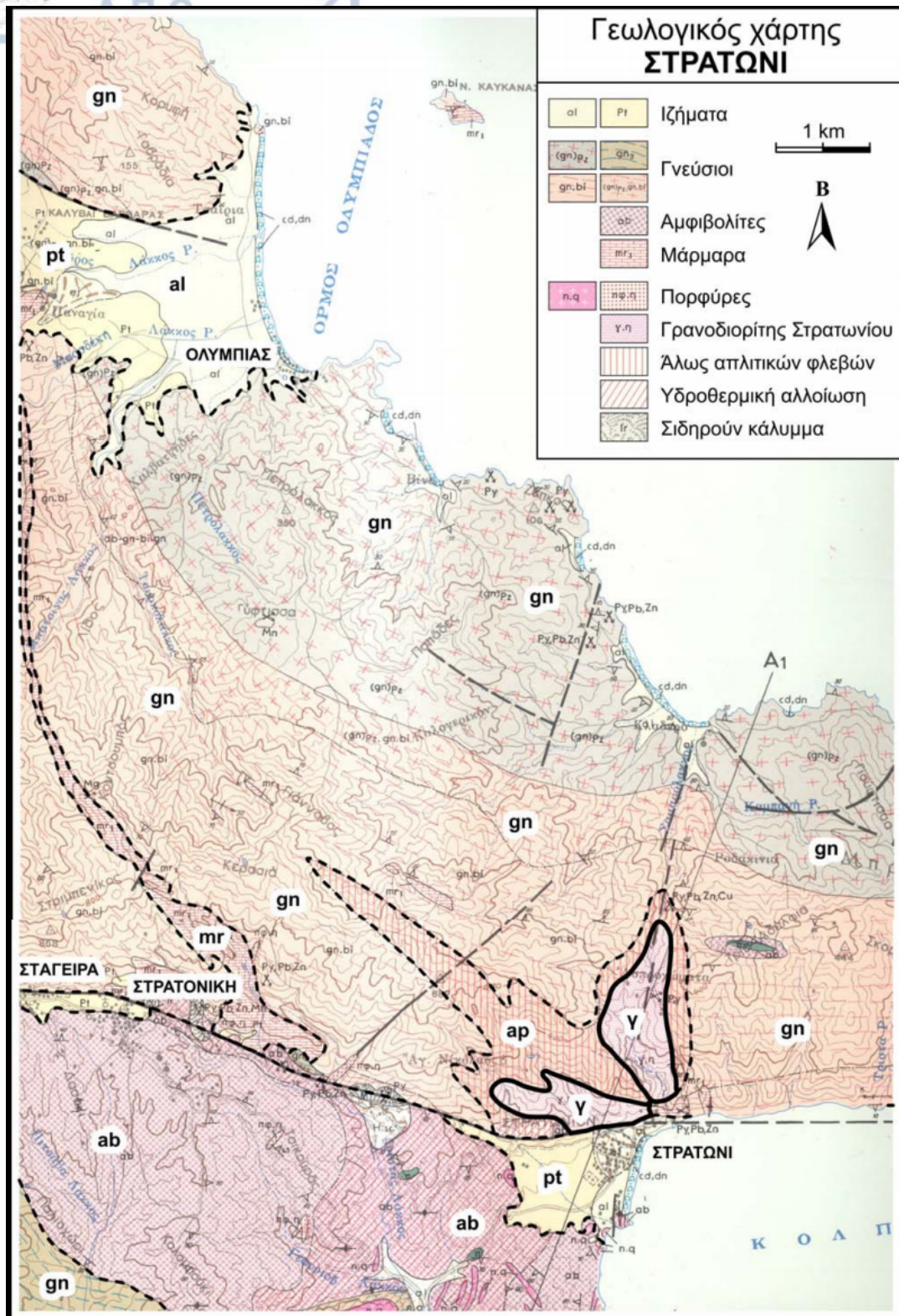
Γενικά η ενότητα των Κερδυλίων καταλαμβάνει την Ανατολική Χαλκιδική από το Στρατώνι (δυτικά) έως τις εκβολές του Στρυμόνα (ανατολικά) με πάχος περί τα 3000 μέτρα και πετρώματα που αποτελούν τους βαθύτερους ορίζοντες στην Ελλάδα. Η λιθοστρωματογραφία της ενότητας αυτής σύμφωνα με τον Μουντράκη, 2010 έχει την εξής διάταξη από τα ανώτερα προς τα κατώτερα :

- I. Ορίζοντας Ανώτερου μαρμάρου (30-300 μέτρα πάχους) που αποτελείται από παρεμβολές βιοτιτικών γνευσίων, βιοτιτικών-κεροστιλβικών γνευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων ,επιδοτιτικών-ακτινολιθικών σχιστολίθων και αμφιβολιτών.
- II. Ορίζοντας Βιοτιτικών γνευσίων (700-1000 μέτρα πάχους) ο οποίος αποτελείται από παρεμβολές βιοτιτικών-κεροστιλβικών γνευσίων, αμφιβολιτών και λεπτών ενστρώσεων μαρμάρων.
- III. Ορίζοντας Ενδιάμεσου μάρμαρου (10-200 μέτρα πάχους) όπου παρεμβάλλονται αμφιβολίτες και γνεύσιοι.
- IV. Ορίζοντας Βιοτιτικών γνευσίων (1000 μέτρα πάχους περίπου) με παρεμβολές αμφιβολιτών και ασβεστοπυριτικών πετρωμάτων.
- V. Ορίζοντας Κατώτερου μάρμαρου (150 μέτρα πάχος).
- VI. Ορίζοντας Βιοτιτικών γνευσίων (700 μέτρα πάχος) ο οποίος αποτελείται από μιγματιτικούς γνευσίους και ορθοαμφιβολίτες.

Η ενότητα του Βερτίσκου καταλαμβάνει σύμφωνα με τον Μουντράκη, 2010 τον κορμό της Χαλκιδικής και φτάνει ως τα σύνορα στον Βορρά. Είναι νεότερη ενότητα από αυτήν των Κερδυλίων και αποτελείται από μια ακολουθία μιγματιτικών, οφθαλμοειδών ορθογνεύσιων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και λεπτών στρωμάτων μαρμάρων, ενώ στα ανώτερα βρίσκονται μεταγάρβροι-μεταδιαβάσες και ορθοαμφιβολίτες, που προήλθαν από μεταμόρφωση βασικών πυριγενών πετρωμάτων και βρίσκονται ως ενδιαστρώσεις και φακοειδή σώματα μέσα στους γνευσίους. Ίσως μπορούν να βρεθούν και σερπεντινιτικά σώματα (Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής στην εικόνα 5.1.2).



Εικ. 5.1.1: Γεωτεκτονικός χάρτης με τις ζώνες και ενότητες της ευρύτερης περιοχής μελέτης (Βασισμένος στο χάρτη Κεντρικής Μακεδονίας του Kockel et al., 1977).



Εικ. 5.1.2 : Γεωλογικός Χάρτης της Περιοχής Στρατωνίου. Φύλλο Στρατονίκη, Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε.(ανάκτηση από Ασκήσεις Υπαίθρου Στρατώνι ΑΠΘ Τμήμα Γεωλογίας)

5.2. Η ηλικία του Κρυσταλλοσχιστώδους στην περιοχή

Γενικά πιστεύεται ότι η ηλικία των δυο ενότητων (Βερτίσκος και Κερδύλια) είναι ουσιαστικά η ίδια και λόγω της τεκτονικής η μια ενότητα ήρθε πάνω στην άλλη. Έτσι και οι δυο ενότητες αποτελούν το ίδιο κρυσταλλοσχιστώδες η ηλικία του οποίου θεωρείται πολύ παλιά. Η άποψη αυτή γίνεται αποδεκτή και από άλλους ερευνητές στην Βουλγαρία και Γιουγκοσλαβία όπου και εκεί προεκτείνεται η Σερβομακεδονική, στην οποία δίνουν ηλικία Προκάμβριο (540-635 Ma). Στον Ελληνικό χώρο η ηλικία του κρυσταλλοσχιστώδους θεωρείται Παλαιοζωϊκή με ηλικία μεταμόρφωσης του Ερκύνια (275-337 Ma) με έρευνες σε μαρμαρυγίες των πηγματιτών (Kockel et al 1971). Νεότερες όμως έρευνες υπολόγισαν την ηλικία του στο Προκάμβριο (555-587 Ma) και τις διεισδύσεις γρανιτών-ορθογνεύσιων στο Σιλούριο (428-433 Ma) (Himmerkus et al 2006).

5.3. Συνθήκες Μεταμόρφωσης

Σύμφωνα με τις μέχρι τώρα έρευνες για την μεταμόρφωση που υπέστη η μάζα της Σερβομακεδονικής οι διάφοροι ερευνητές (Δημητριάδης 1974, Κασώλη 1981, Σακελαρίου 1989, Κούρου 1991, Σιδηρόπουλος 1991, Dimitriadis & Godelitsas 1991, Himmercus et al 2006) κατέληξαν ότι οι υπολειμματικοί κρύσταλλοι που εντοπίστηκαν στα μεταβασικά πετρώματα (ορθοαμφιβολίτες) δείχνουν ότι υπέστησαν μεταμόρφωση στην εκλογιτική φάση που δρα σε παλιά βασικά πυριγενή πετρώματα σε συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης ($T=700^{\circ}\text{C}$, $P=13\text{-}14\text{ kbars}$). Η φάση αυτή της μεταμόρφωσης τοποθετείται στο Παλαιοζωϊκό προ-Ερκύνια (Μουντράκης 2010).

Στη συνέχεια σε συνθήκες μέσης θερμοκρασίας και πίεσης ($T=650^{\circ}\text{C}$, $P=3,5\text{-}8,5\text{ kbars}$) τα πετρώματα της εκλογιτικής φάσης αλλοιώνονται από την δράση της αμφιβολιτικής φάσης συνοδευόμενη από παραμόρφωση και ανάπτυξη σχιστότητας στα πετρώματά της. Επιπλέον, από την ανάτηξη κάποιων πετρωμάτων σχηματίστηκαν μιγματιτικά πετρώματα και γρανιτικά συγγενικά με τους μιγματίτες. Η αμφιβολιτική μεταμόρφωση τοποθετείται είτε στο Άνω Παλαιοζωϊκό στην Ερκύνια ορογένεση είτε στο Ιουρασικό (Μουντράκης 2010).

Τέλος, τα πετρώματα της Σερβομακεδονικής υπέστησαν μια ανάδρομη πρασινοσχιστολιθική μεταμόρφωση η οποία από κάποιους ερευνητές τοποθετείται στο Κρητιδικό ενώ από άλλους στο Τριτογενές (Μουντράκης 2010).

5.4 Μαγματισμός

Το μεταμορφωμένο κρυσταλλοσχιστώδες της Σερβομακεδονικής διακόπτεται σύμφωνα με τον Μουντράκη, 2010 από μεγάλους μαγματικούς όγκους πετρωμάτων τα οποία ταξινομούνται σε τέσσερις φάσεις μαγματισμού.

- I. Η πρώτη φάση μαγματισμού περιέχει μεταβασικά πετρώματα υπερβασικής συστάσεως (ορθοαμφιβολίτες, μεταγάββρους, μεταδιαβάσες) Προαλπικής ηλικίας.
- II. Η δεύτερη φάση μαγματισμού είναι γρανιτικής συστάσεως και δημιουργείται στις περιοχές Κερδύλια, Ολυμπιάδα και Βερτίσκος με πετρώματα όπως πλαγιοκλαστικοί-μικροκλινικοί γνεύσιοι που ήταν παλιοί γρανίτες. Συνδέεται με την Ερκύνια ορογένεση και είναι Ανωπαλαιοζωϊκής ηλικίας.

- III. Η τρίτη φάση μαγματισμού πραγματοποιείται κατά την αλπική πτύχωση του Ιουρασικού και δημιούργησε τους μεγάλους γρανιτικούς όγκους της Αρναίας (212-135 Ma) , του Μονοπήγαδου ,του Λαχανά και άλλους.
- IV. Τέλος, η τέταρτη φάση μαγματισμού ήταν όξινη και δημιούργησε τους γρανίτες σε Ιερισσό, Στρατώνι και Άγιο Όρος, ενώ επίσης και κάποιες εμφανίσεις απλιτικών και πηγματιτικών φλεβών πλούσιες σε μεταλλικά στοιχεία. Η φάση αυτή είχε ηλικία Τριτογενή (Ηώκαινο-Ολιγόκαινο).

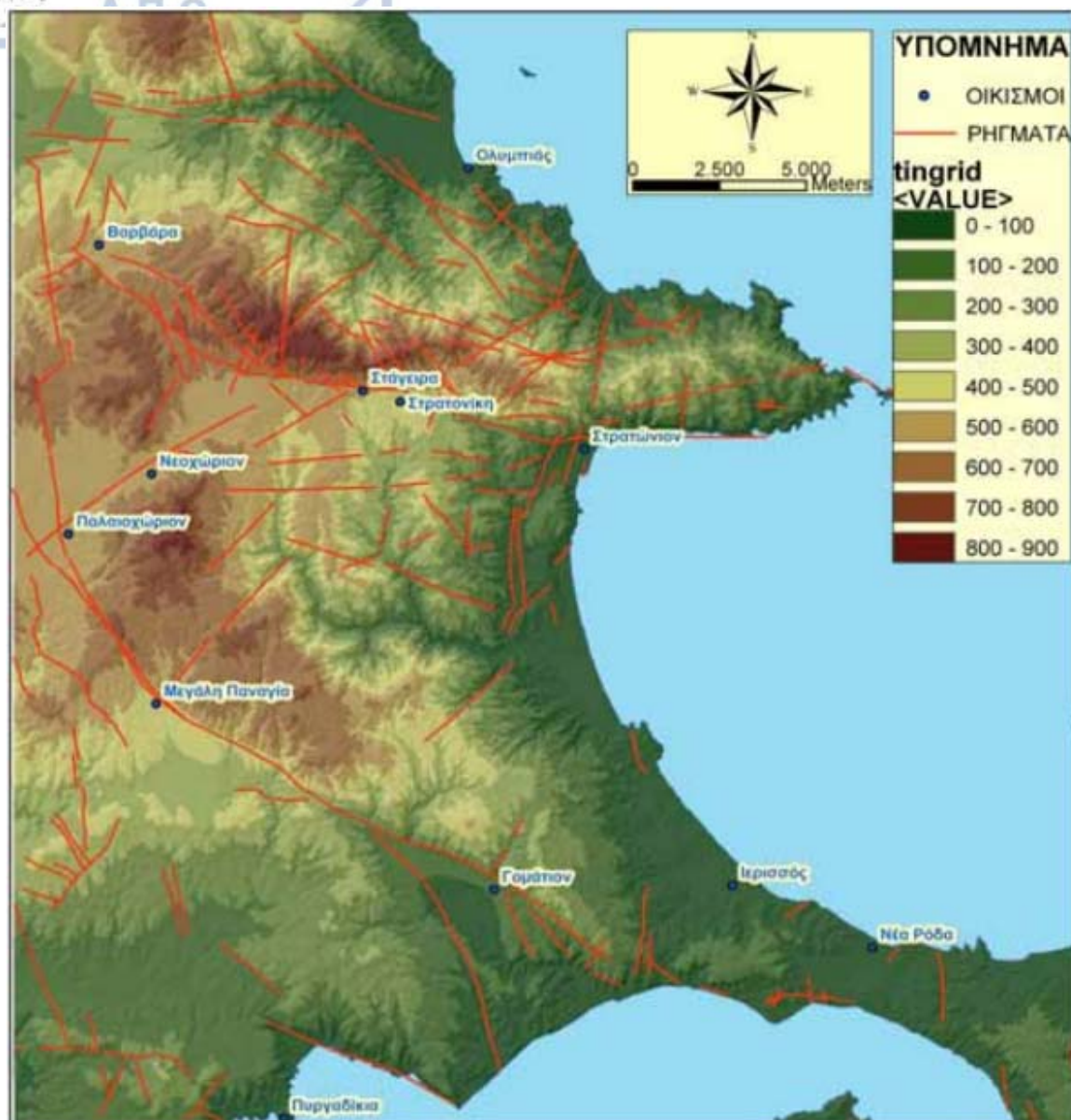
Στα τελευταία στάδια του μαγματισμού (23-28 Ma) εκδηλώθηκε μια ηφαιστειότητα με πετρώματα όπως ανδεσίτες και ρυόλιθους στα βόρεια της Σερβομακεδονικής (Μουντράκης 2010).

5.5 Νεοτεκτονική και ενεργά ρήγματα στην περιοχή μελέτης

Στη Σερβομακεδονική μάζα από το Παλαιοζωϊκό μέχρι και τις τελευταίες φάσεις της Αλπικής πτύχωσης έλαβαν χώρα σύμφωνα με τους Mountrakis, 2004, Pavlides & Kiliias 1987 διάφορες τεκτονικές δράσεις. Η νεοτεκτονική που δρα στην περιοχή της ΒΑ Χαλκιδικής χαρακτηρίζεται από ρήγματα κανονικά και για τον λόγο αυτό σχηματίζονται πολλά τεκτονικά κέρατα και τεκτονικές τάφροι στην περιοχή (Ψηφιακό μοντέλο με όλα τα ρήγματα της περιοχής στην εικόνα 5.5.1). Τα ρήγματα αυτά τις περισσότερες φορές συνδέονται με σημαντικά οριζόντια άλματα και μετατοπίσεις . Τα μεγαλύτερα ρήγματα που κυριαρχούν στην ΒΑ Χαλκιδική παρουσιάζουν τρεις διευθύνσεις ανάπτυξης (Mountrakis,2004, Pavlides & Kiliias 1987) :

- Το πρώτο σύστημα έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ ως ΒΒΔ-ΝΝΑ
- Το δεύτερο σύστημα έχει διεύθυνση περίπου Α-Δ ως ΔΒΔ-ΑΝΑ
- Τέλος, το τρίτο σύστημα έχει μια ΒΑ-ΝΔ κατεύθυνση, ή ακόμα και Β-Ν

Σύμφωνα με τους Pavlides & Kiliias (1987) το δεύτερο σύστημα που αναφέραμε και παραπάνω χαρακτηρίζεται από κανονικά ρήγματα με γωνία κλίσης από 70° έως 90° όπως για παράδειγμα το ρήγμα της Ιερισσού με διεύθυνση Β95° και κλίση 77°Ν . Οι δομές που ανήκουν στο πρώτο σύστημα αποτελούνται από δυο ομάδες γραμμώσεων με κλίσεις 65°-85° και 40°-65° .Στην πρώτη ομάδα ανήκει το κανονικό αριστερόστροφο ρήγμα του Γοματίου με διεύθυνση Β130° και κλίση 65°ΝΔ ενώ στην δεύτερη ομάδα ένα κανονικό αριστερόστροφο ρήγμα στην περιοχή της Αρναίας με διεύθυνση Β135° και κλίση 45°ΝΑ . Τέλος, στο τρίτο σύστημα ανήκει το ρήγμα της Βαρβάρας -Στρατωνίου που είναι ένα πλάγιο κανονικό δεξιόστροφο ρήγμα με διεύθυνση Β65° και κλίση 70° . Το ρήγμα αυτό χωρίζεται σε τρία τμήματα ,το πρώτο τμήμα του αποτελεί το ρήγμα της Βαρβάρας ,το δεύτερο τμήμα του ρήματος συνεχίζεται από την Βαρβάρα και φτάνει ως το Στρατώνι και τέλος, το τρίτο τμήμα είναι το ρήγμα του Στρατωνίου που ξεκινάει από τον οικισμό του Στρατωνίου και συνεχίζει υποθαλάσσια ,σε αυτό το ρήγμα θα αναφερθούμε και παρακάτω (Pavlides & Kiliias 1987).



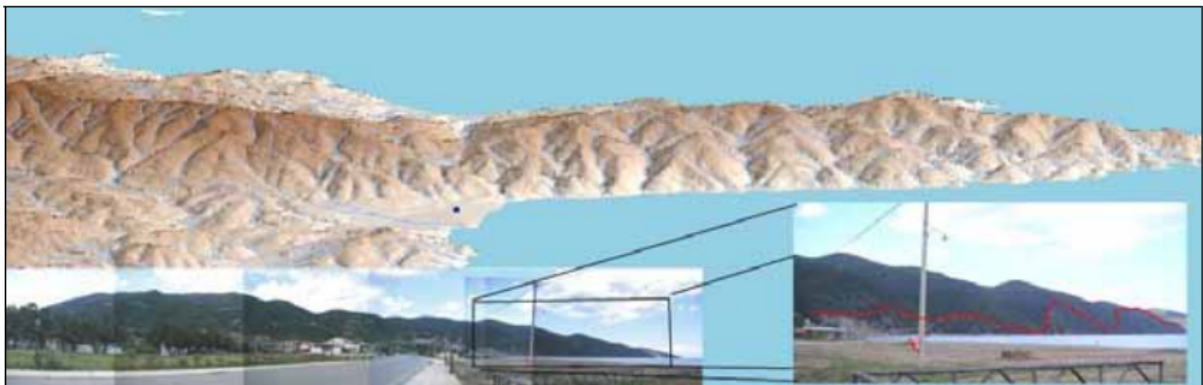
Εικ. 5.5.1 : Τοπογραφικό ψηφιακό μοντέλο (DEM) με τις εμφανίσεις ρηγμάτων στην περιοχή μελέτης .Τα ρήγματα προέρχονται από ψηφιοποίηση των χαρτών α) "General Geological Map of Kassandra" (Cepeda, A. 1999 Scale, 1:20.000), β) Νεοτεκτονικός χάρτης φύλλο Ροδολίβος (Μουντράκης et al.,1994, κλίμακα, 1:100.000) και γ) Γεωλογικοί χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε, φύλλα : Αρναία ,Ιερισσός, Σταυρός και Στρατονίκη ,(Ι.Γ.Μ.Ε.,1978, κλίμακα : 1:50.000), (Μιχαλίδου 2005) (ENVECO A.E. 2013)

Το ρήγμα του Στρατωνίου

Το ρήγμα του Στρατωνίου είναι μια μεγάλη ρηξιγενής γραμμή και όριο της ενότητας των Κερδυλίων με την ανώτερη ενότητα του Βερτίσκου και με τα οφειολιθικά πετρώματα που βρίσκονται στις περιοχές Βόλβη-Γομάτι (Dixon & Dimitriadis 1985) . Το ρήγμα αυτό είναι μεγαλύτερο των 30km (τα 15km βρίσκονται μέσα στην θάλασσα) και έχει διεύθυνση Α-Δ . Το ρήγμα διέρχεται από διάφορα χωριά όπως τα Στάγειρα, την Στρατονίκη και το Στρατώνι ενώ στα δυτικά συναντά το ρήγμα της Βαρβάρας όπου φαίνεται να διαχωρίζεται με αυτό του Στρατωνίου λόγω της διαφορετικής τους παράταξης (ΒΔ-ΝΑ) (Pavlidis & Tranos 1991) .

Το ρήγμα του Στρατωνίου είναι ένα κανονικό ρήγμα όπου το πάνω τέμαχος του που βυθίζεται αποτελεί το νότιο τμήμα του ρήγματος δηλαδή τον κόλπο της Ιερισσού ενώ το κάτω τέμαχος που ανυψώνεται αποτελεί ένα φυσικό όριο που χαρακτηρίζεται από το υψηλό ανάγλυφο του Στρατωνικού όρους και βρίσκεται βόρεια του ρήγματος . Προς το ανατολικό τμήμα του ρήγματος Στρατωνίου έως τη θέση λιβάδι ,κατά μήκος της ακτής , παρουσιάζονται χαρακτηριστικές τριγωνικές κλιτύες (Triangular Facets, εικόνα 5.5.2) με διεύθυνση παράλληλη με το ρήγμα (Χατζηπέτρος 1998, Μιχαηλίδου, 2005) .

Σε όλο τον χώρο της ζώνης του ρήγματος υπάρχουν τεταρτογενείς αποθέσεις και πλευρικά κορήματα ερυθρού χρώματος με τεμάχη γωνιώδη από τα πετρώματα του υποβάθρου τα οποία αποθέτονται εκεί λόγω της δράσης του ρήγματος . Το ρήγμα του Στρατωνίου συνδέεται με την σεισμική ακολουθία της Ιερισσού που είχε μέγεθος κύριου σεισμού (M 7.0) (Φλώρας ,1993,Μαραβελάκης,1993 ,Georgalas & Galanopoylos 1953 και Pavlidis & Tranos 1991) . Τέλος , το ρήγμα αυτό συνδέεται και με την ανάπτυξη των ισόσειστων καμπυλών με διεύθυνση Α-Δ του σεισμού της Ιερισσού (Papazachos et al ,1982).



Εικ. 5.5.2 : Triangular facets κατά μήκος της ακτής (Μιχαηλίδου 2005)

5.6 Κοίτασμα Μεικτών Θειούχων Στρατωνίου

Το Στρατώνι βρίσκεται στην ΒΑ Χαλκιδική και ανήκει όπως αναφέρθηκε στην Σερβομακεδονική Μάζα. Σε όλη την περιοχή γενικά υπάρχουν τα κοιτάσματα του Στρατωνίου, των Σκουριών και της Ολυμπιάδας τα οποία βρίσκονται προς εκμετάλλευση ή θα εκμεταλλευθούν στο προσεχές μέλλον (Βαβελίδης, Ηλεκτρονικές Παρουσιάσεις). Το κοιτάσμα των Σκουριών αποτελείται από σουλφίδια του χαλκού (Χαλκοπυρίτης, Βορνίτης, Χαλκοσίνης) ενώ επίσης έχει κάποιες ποσότητες χρυσού οι οποίες κάνουν το κοιτάσμα εκμεταλλεύσιμο (Βαβελίδης, Ηλεκτρονικές Παρουσιάσεις). Το κοιτάσμα αυτό είναι ένα πορφυριτικό κοιτάσμα χαλκού (Βαβελίδης, Ηλεκτρονικές Παρουσιάσεις). Στο Στρατώνι και στην Ολυμπιάδα τα κοιτάσματα αποτελούνται κατά κύριο λόγο από μεικτά θειούχα (P.B.G) όπως ο σιδηροπυρίτης, ο σφαλερίτης και ο γαληνίτης με αρσеноπυρίτη. Σύμφωνα με τους Kalogeropoulos, 1989 και Ζαΐμης, 2013 μέσα στο πλέγμα του σιδηροπυρίτη και του αρσеноπυρίτη εντοπίζονται σημαντικές ποσότητες χρυσού (περίπου στα 25gr/ton Au). Το κοιτάσμα της Ολυμπιάδας αποτελεί μια συμπαγής υδροθερμική μεταλλοφορία εξ αντικατάστασης του μαρμάρου (Nicolau 1964, Kalogeropoulos et al. 1989b, Ζαΐμης 2013).

Πιο συγκεκριμένα το κοιτάσμα του Στρατωνίου δημιουργήθηκε από τον γρανοδιорίτη του Στρατωνίου και χαρακτηρίζεται ως ένα υδροθερμικό-μετασωματικό μέσης θερμοκρασίας κοιτάσμα (ENVECO A.E., 2013). Κατά το Ολιγόκαινο διείσδυσε μέσα στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής ένα όξινο μάγμα το οποίο κρυσταλλώθηκε και σχημάτισε τον Γρανοδιорίτη του Στρατωνίου και πηγματιτικές και απλιτικές φλέβες. Μετά από την κρυστάλλωση του πλουτωνίτη τα υδροθερμικά διαλύματα πλούσια σε μεταλλικά συστατικά απέθεσαν το περιεχόμενο τους στο όριο των μαρμάρων και των γνευσίων και μέσα στα μάρμαρα όπου δημιουργείται μια δομή παγίδευσης, σχηματίζοντας έτσι το κοιτάσμα μεικτών θειούχων κοντά στο ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας το οποίο οριοθετεί τις ενότητες Βερτίσκου και Κερδυλίων. Όμως σύμφωνα με τις πρόσφατες απόψεις και τα δεδομένα χρονολογήσεων από ισότοπα φαίνεται ότι το κοιτάσμα Στρατωνίου συνδέεται γενετικά, χωροταξικά και χρονικά με το νεότερης ηλικίας πορφυριτικό σύστημα της Φισώκας. Έτσι αυτή η άποψη έρχεται σε αντίθεση με την προηγούμενη άποψη δημιουργίας του κοιτάσματος Στρατωνίου από τον γρανοδιорίτη αφού αντίθετα με τις απλιτικές εμφανίσεις που είναι έντονα μεταμορφωμένες, ο γρανοδιорίτης είναι μετατεκτονικός και μη σχιστοφυής (Ζαΐμης 2013, ENVECO A.E. 2013).

Γενικά τα μεταλλοφόρα σώματα βρίσκονται σε στρωματοειδή ανάπτυξη και απαντώνται στον κατώτερο ορίζοντα μαρμάρου κοντά στην επαφή με τον υπερκείμενο βιοτιτικό γνεύσιο. Ο τύπος της μεταλλοφορίας που συναντάμε στην περιοχή του Στρατωνίου είναι συμπαγής ή διάσπαρτη με την μορφή πλήρωσης ανοιχτών εγκοίλων, τύπου breccia (δηλαδή λατύπες μεταλλεύματος μεικτών θειούχων και εξαλλοιωμένου απλίτη ή μαρμάρου, προερχόμενης από τεκτονική δραστηριότητα και φαινόμενα καρστικοποίησης) και μεταλλοφορία μεταμόρφωσης επαφής (τύπου skarn με γρανίτη και επίδοτο) (ENVECO A.E., 2013).

Η εκμετάλλευση του κοιτάσματος γίνεται στις θέσεις Μάντεμ Λάκκος (όχι σήμερα γιατί έχει εξαντληθεί) και Μαύρες Πέτρες, περιοχές που βρίσκονται δυτικά από το χωριό Στρατώνι, μέσω υπόγειων στοών. (Ελληνικός Χρυσός Α.Ε., 2014)

Τα κύρια ορυκτά του κοιτάσματος είναι σύμφωνα με τον Kalogeropoulos, 1989 ο σιδηροπυρίτης (FeS_2), σφαλερίτης (ZnS) και γαληνίτης (PbS) ενώ υπάρχουν επίσης σε μικρότερες ποσότητες, αρσеноπυρίτης (FeAsS), τετραεδρίτης ($(\text{Cu, Fe, Ag, Zn})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$), βουλανζερίτης ($\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$), χαλκοπυρίτης (CuFeS_2), εναργίτης (Cu_3AsS_4), μαρκασίτης (FeS_2) και

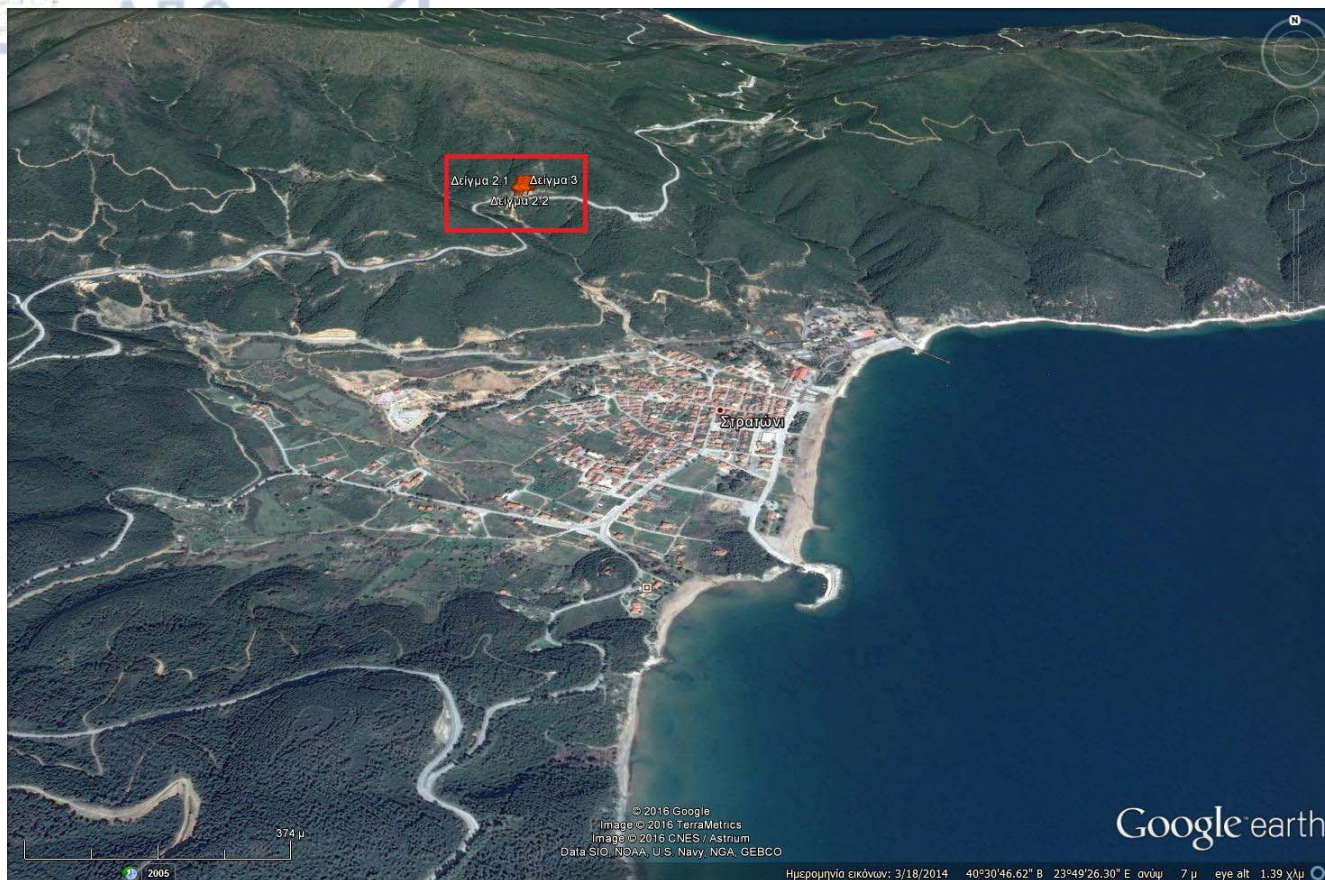
άλλα δευτερεύοντα ορυκτά. Ο χαλαζίας (SiO_2), ο ασβεστίτης (CaCO_3) και ο ροδοχρωσίτης (MnCO_3) είναι κάποια από τα κύρια σύνδρομα ορυκτά. Η εκμετάλλευση του κοιτάσματος γίνεται για τον σφαλερίτη όπου εξάγεται ο ψευδάργυρος (Zn) και για τον γαληνίτη όπου εξάγεται ο μόλυβδος (Pb) επίσης υπάρχουν σημαντικές ποσότητες αργύρου (Ag) μέσα στον γαληνίτη (ENVECO A.E., 2013, Kalogeropoulos et al. 1989b).

Η παραγωγή στα μεταλλεία Στρατωνίου μέχρι σήμερα εκτιμάται στους 12,6 Mt. Τα αποθέματα του κοιτάσματος μεικτών θειούχων το οποίο σήμερα περιορίζεται στην περιοχή Μαύρες Πέτρες είναι 2,31Mt με περιεκτικότητα σε κύρια συστατικά 9,8% Zn, 7,2% Pb και 188 ppm Ag. Το κοίτασμα στις Μαύρες Πέτρες επίσης περιέχει Au της τάξεως 4-6 ppm σύμφωνα όμως με την τεχνική μελέτη της European Goldfields Ltd ο χρυσός δεν παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον (Forward and Francis 2009, Eldorado Gold Corporation 2012). Η εξόρυξη ανέρχεται στους 200.000 τόνους ετησίως, ενώ στο εργοστάσιο εμπλουτισμού στο Στρατώνι παράγονται κάθε χρόνο 25.300 τόνοι αργυρούχου συμπυκνώματος μόλυβδου (γαληνίτης) και 42.100 τόνοι συμπυκνώματος ψευδαργύρου (σφαλερίτης) οι οποίοι δεν επεξεργάζονται στην περιοχή αλλά πωλούνται σε χώρες του εξωτερικού για μεταλλουργία. (Forward and Francis 2009, Eldorado Gold Corporation 2012).

6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

6.1 Δειγματοληψία

Τα δείγματα που μελετούμε σε αυτήν την εργασία πάρθηκαν από την περιοχή του Στρατωνίου και πιο συγκεκριμένα από το πρηνές της περιοχής του ρέματος Αργυρούς. Το σημείο της δειγματοληψίας βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα της κοινότητας Στρατωνίου όπως φαίνεται και στην Εικ. 6.1.1 (Δορυφορική εικόνα Google Earth 7.1, 2014) συνολικά πάρθηκαν 5 δείγματα όπως φαίνεται και στην Εικ. 6.1.2 (Δορυφορική εικόνα Google Earth 6.1, 2014).



Εικ. 6.1.1 . Κοινότητα Στρατωνίου και περιοχή δειγματοληψίας (Δορυφορική Εικόνα από Google Earth 6.1, 2014)



Εικ. 6.1.2 . Περιοχή δειγματοληψίας και θέση δειγμάτων (Δορυφορική Εικόνα από Google Earth 6.1, 2014)

Τα στοιχεία των πέντε δειγμάτων, που πάρθηκαν από το πρηνές στην περιοχή του ρέματος της Αργυρώς, όπως ο τύπος του δείγματος, ο αριθμός του δείγματος, το γεωγραφικό του στίγμα και το υψόμετρο, φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 6.1. Επιπλέον, η φωτογράφιση των θέσεων της δειγματοληψίας φαίνεται στις παρακάτω εικόνες (Εικ. 6.1.3 - 6.1.7) .

Πίνακας 6.1 Στοιχεία δειγματοληψίας των δειγμάτων

Αριθμός Δείγματος	Τύπος Δείγματος	Γεωγραφικό στίγμα		Υψόμετρο
1	Εξαλειωμένο πέτρωμα	40° 31' 24.16" B	23° 49' 7.00" A	262m
2.1	Επανθίσματα θείου	40° 31' 24.13" B	23° 49' 7.33" A	262m
2.2	Κρύσταλλοι Μεικτών Θειούχων	40° 31' 24.14" B	23° 49' 7.66" A	262m
3	Κρύσταλλοι Μεικτών Θειούχων	40° 31' 24.13" B	23° 49' 8.06" A	262m
4	Επανθίσματα Μαγγανίου	40° 31' 24.15" B	23° 49' 8.77" A	262m



Εικ 6.1.3 Θέση μελέτης πρηνούς στην περιοχή του ρέματος Αργυρώς στο Στρατώνι Χαλκιδικής



Εικ 6.1.4 α) Θέση δειγματοληψίας δείγματος 2.1 και β) Δείγμα 2.1 με επανθίσματα θείου σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια . Περιοχή ρέματος Αργυρώς.



Εικ 6.1.5 α) Θέση δειγματοληψίας δείγματος 2.2 και β) Δείγμα 2.2 με κρυστάλλους μεικτών θειούχων σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Περιοχή ρέματος Αργυρώς.



Εικ. 6.1.6 Δείγμα 3 με κρυστάλλους χαλαζία και σιδηροπυρίτη. Περιοχή ρέματος Αργυρώς.



Εικ. 6.1.7 Θέση δειγματοληψίας δείγματος 4, οξειδωμένο πέτρωμα με επανθίσματα Mn. Περιοχή ρέματος Αργυρώς

6.2 Προετοιμασία δειγμάτων

Τα δείγματα που συλλέξαμε μεταφέρθηκαν στα εργαστήρια του τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ για την περαιτέρω επεξεργασία τους που περιλαμβάνει δύο στάδια: την ξήρανση των δειγμάτων και το κοσκίνισμα αυτών. Η ξήρανση έγινε σε ηλεκτρικό φούρνο σε θερμοκρασία 120°C για 5 μέρες με τα δείγματα να βρίσκονται μέσα σε αεροστεγείς πλαστικές σακούλες. Όσον αφορά το κοσκίνισμα, αντιπροσωπευτική ποσότητα από κάθε δείγμα κονιοποιήθηκε στο χέρι μέσα σε αχάτινο γουδί μέχρι το δείγμα να γίνει ομοιογενές ενώ στην συνέχεια μετά την κορνιοτοποίησή τους τοποθετήθηκαν μέσα σε σακουλάκια ώστε να μεταφερθούν για τον προσδιορισμό της ορυκτολογικής σύστασης τους με τη χρήση περιθλασίμετρου ακτινών Χ(XRD) (Εικ 6.2.1).

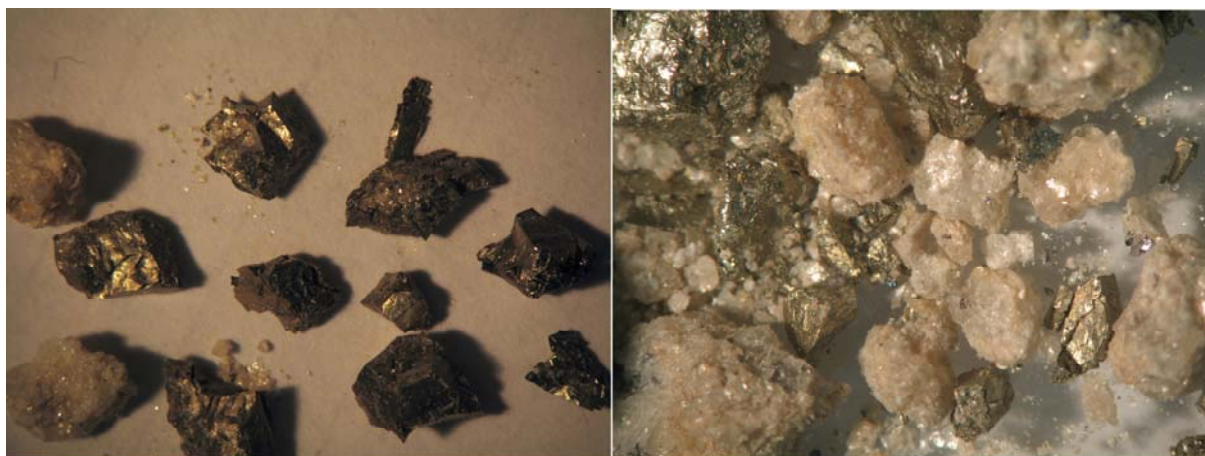


Εικ 6.2.1 α) Κονιορτοποίηση σε αχάτινο γουδί β) Κονιορτοποιημένα δείγματα τοποθετημένα μέσα σε σακουλάκια

7. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΑΡΓΥΡΩΣ

Για τον προσδιορισμό της ορυκτολογικής και χημικής σύστασης των δειγμάτων από το πρυνές στην περιοχή της λεκάνης της Αργυρώς κατασκευάστηκαν στιλπνές τομές για τη μικροσκοπική μελέτη με τη χρήση μεταλλογραφικού μικροσκοπίου ανακλώμενου φωτός και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) . Τα δείγματα αυτά από το ρέμα της Αργυρώς μελετήθηκαν επίσης οπτικά με τη χρήση στερεοσκοπικού μικροσκοπίου, όπου διαχωρίστηκαν τα ορυκτά που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) (Εικ 7.1).

Τα δείγματα (με αριθμό 1, 2.1, 2.2 και 3) επιλέχθηκαν να μελετηθούν με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) προκειμένου να γίνει ο εντοπισμός των ορυκτών φάσεων. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου Jeol JSM - 840 του εργαστηρίου ηλεκτρονικής μικροσκοπίας του Α.Π.Θ. και οι συνθήκες λειτουργίας του ήταν 15kV, ένταση ηλεκτρονικής δέσμης < 3 nA και διαμέτρου 1μm (Εικ. 7.2). Τα δείγματα επίσης μελετήθηκαν με μεταλλογραφικό μικροσκόπιο του τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.



Εικ 7.1 Τα ορυκτά που παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον διαχωρισμένα μέσω στερεοσκοπικού μικροσκοπίου



Εικ 7.2 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) Τομέας Ορυκτολογίας Πετρολογίας ΑΠΘ

Κατά κύριο λόγο τα δείγματα αποτελούνται από σύνδρομα πυριτικά και ανθρακικά ορυκτά, σουλφίδια της πρωτογενούς μεταλλοφορίας, δευτερογενή ορυκτά θεικών αλάτων τα οποία χαρακτηρίζονται έτσι λόγω του γιαροσίτη που αποτελεί δευτερογενή προϊόν οξείδωσης σιδηρούχων σουλφιδίων ενώ επιπλέον οξείδια και υδροξείδια του Fe και Mn. Τα πυριτικά ορυκτά που βρέθηκαν είναι χαλαζίας, μαρμαρυγίες και άστριοι. Επίσης βρέθηκαν σε πολύ μικρές ποσότητες κρύσταλλοι ρουτιλίου.

7.1 ΣΟΥΛΦΙΔΙΑ

7.1.1 Σιδηροπυρίτης

Ο σιδηροπυρίτης [FeS₂] είναι αυτός που από τα μεταλλικά ορυκτά τις δειγματοληψίας βρίσκεται σε μεγαλύτερη ποσότητα στα δείγματα και έτσι αποτελεί το κύριο ορυκτό στην περιοχή του ρέματος της Αργυρώς. Το μέγεθος των κόκκων του φτάνει έως και τα 2mm και είναι υπογωνιώδεις ενώ παρουσιάζει και κατακλαστική υφή. Επίσης στην περιοχή αυτή βρίσκεται είτε ως ελεύθερος κόκκος (Εικ. 7.1.1.1- 7.1.1.5) είτε σε σύμφυση με άλλα ορυκτά κυρίως σύνδρομα όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες από το μεταλλογραφικό μικροσκόπιο και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM). Στις εικόνες 7.1.1.6 και 7.1.1.7 απεικονίζεται το φάσμα από φασματοσκόπιο ενεργειακής διασποράς (EDS) που δείχνει τη σύσταση του ορυκτού σιδηροπυρίτη.

Σύμφωνα με τις μικροανάλυσεις στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) σε κόκκους σιδηροπυρίτη προκύπτει ότι η περιεκτικότητα σε Fe κυμαίνεται από 41,8 έως 54,4 wt.% με μέσο όρο 45,67 wt.%, ενώ η περιεκτικότητα σε S από 45,6 έως 57,5 wt.% με μέσο όρο 54,08 wt.%.

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΑΡΓΥΡΩΣ ΣΤΟ ΣΤΡΑΤΩΝΙ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

Επίσης βρέθηκαν σε κάποιους κόκκους μικρές ποσότητες από Co με περιεκτικότητα από 0,3 έως 1,1 wt.% με μέσο όρο 0,75 wt.% , μικρές ποσότητες από As με περιεκτικότητα από 0,3 έως 0,7 wt.% με μέσο όρο 0,53 wt.% και Ni με περιεκτικότητα από 0,3 έως 0,5 wt.% με μέσο όρο 0,4 wt.% Όλα τα παραπάνω φαίνονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες (7.1.1.1-7.1.1.3) .

Ο χημικός τύπος που προκύπτει σύμφωνα και με τις μικροαναλύσεις (SEM) για τον τυπικό σιδηροπυρίτη κατά μέσο όρο με βάση τα 3 άτομά του είναι $Fe_{0.98}S_{2.01}$. (Πίνακες 7.1.1.1-7.1.1.3) .

Πίνακας 7.1.1.1 Μικροαναλύσεις (SEM) σιδηροπυρίτη του Δείγματος 2.2 από το πρανές στο ρέμα της Αργυρώς

wt.%	ΔΕΙΓΜΑ 2.2	ΔΕΙΓΜΑ 2.2	ΔΕΙΓΜΑ 2.2	ΔΕΙΓΜΑ 2.2	ΔΕΙΓΜΑ 2.2	ΔΕΙΓΜΑ 2.2	ΔΕΙΓΜΑ 2.2
Fe	47,2	43,3	41,8	46,5	51,4	54,4	45,4
S	52,2	54,7	57,0	53,1	49,0	45,6	56,4
As	bdl	0,7	0,4	bdl	bdl	bdl	bdl
Co	0,8	0,7	0,8	0,9	0,5	bdl	bdl
Ni	bdl	bdl	0,5	bdl	bdl	bdl	0,3
Σ	100,2	99,4	100,5	100,5	100,9	100,0	102,1
Αριθμός Ιόντων							
Fe	1,02	0,93	0,88	1,00	1,13	1,22	0,96
S	1,96	2,03	2,09	1,99	1,87	1,78	2,04
Σ	2,98	2,96	2,97	2,99	3,00	3,00	3,00

bdl: κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας (below detection limit)

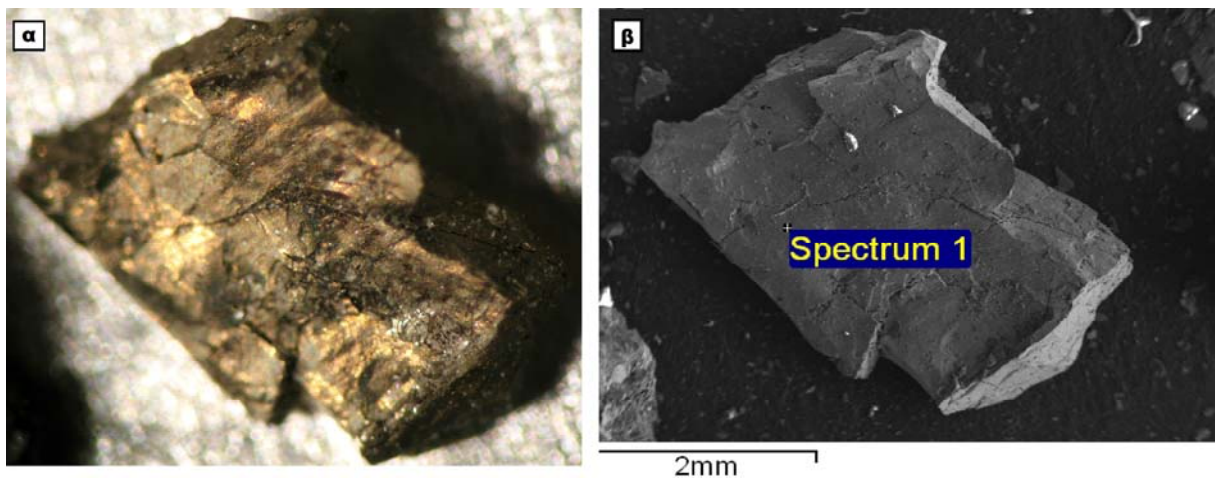
Πίνακας 7.1.1.2 Μικροαναλύσεις (SEM) σιδηροπυρίτη του Δείγματος 3 από το πρανές στο ρέμα της Αργυρώς

W t. %	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3	ΔΕΙΓΜΑ A 3
Fe	43,0	46,1	44,7	45,0	43,2	45,6	45,7	42,3	44,1	47,8	45,5	45,7	42,4	47,9
S	56,9	53,0	55,8	54,8	57,5	53,8	54,4	57,1	56,8	51,9	53,7	53,8	56,4	51,8
As	bdl	bdl	bdl	0,3	bdl	Bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0,7
Co	0,3	0,7	bdl	bdl	bdl	0,9	bdl	bdl	bdl	bdl	1,1	0,5	1,0	bdl
Ni	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	Bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Σ	100,2	99,8	100,5	100,1	100,7	100,3	100,1	99,4	100,9	99,7	100,3	100,0	99,8	100,4
Αριθμός Ιόντων														
Fe	0,91	0,99	0,95	0,96	0,91	0,98	0,98	0,89	0,93	1,03	0,97	0,98	0,90	1,04
S	2,09	1,99	2,05	2,04	2,09	2,01	2,02	2,10	2,07	1,96	2,00	2,01	2,08	1,95
Σ	3,00	2,98	3,00	3,00	3,00	2,99	3,00	2,99	3,00	2,99	2,97	2,99	2,98	2,99

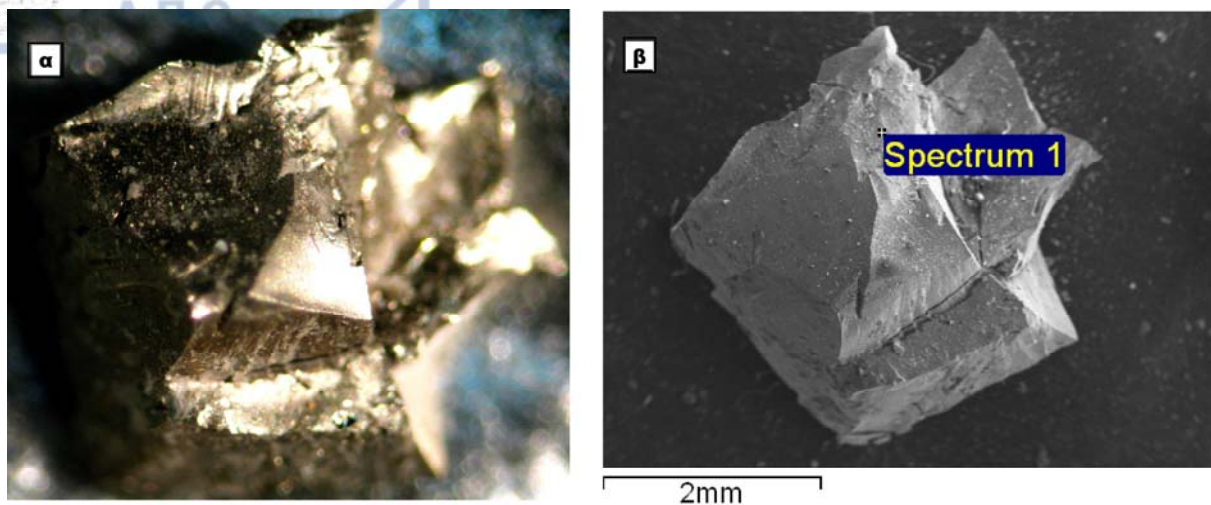
bdl: κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας (below detection limit)

Πίνακας 7.1.1.3 Μέσος όρος των μικροαναλύσεων (SEM) σιδηροπυρίτη

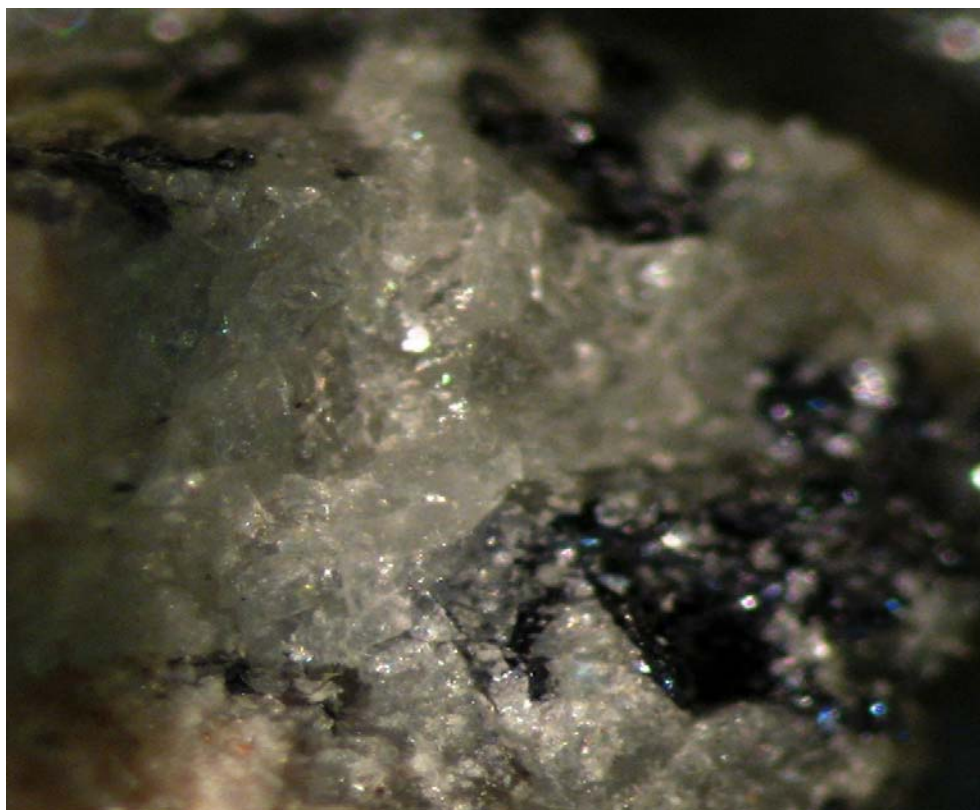
wt. %	M.O.(n=21)
Fe	45,67
S	54,08
As	0,53
Co	0,75
Ni	0,40
Σ	101,43
Αριθμός Ιόντων	
Fe	0,98
S	2,01
Σ	2,99



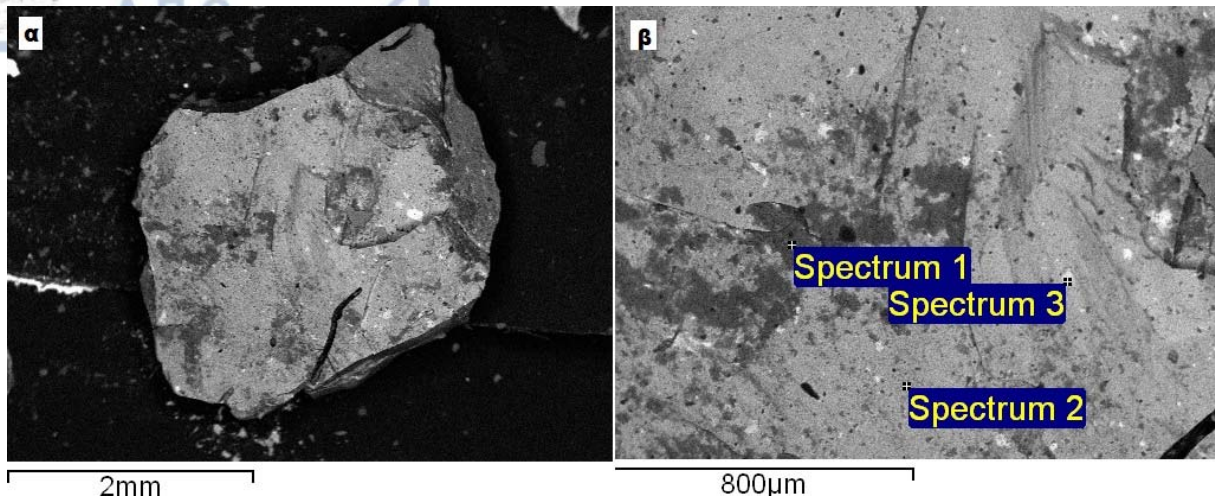
Εικ. 7.1.1.1: Σιδηροπυρίτης (FeS_2) απανθρακωμένος (α) Στερεοσκοπική εικόνα (β) Εικόνα σιδηροπυρίτη (Spectrum 1) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM)



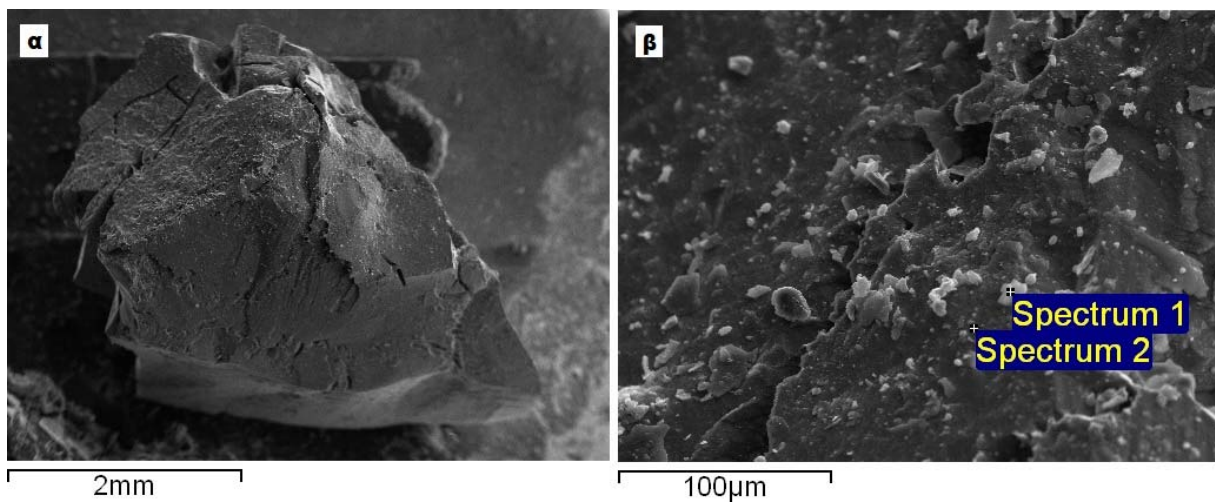
Εικ. 7.1.1.2 : Σιδηροπυρίτης (FeS_2) απανθρακωμένος (α) Στερεοσκοπική εικόνα (β) Εικόνα σιδηροπυρίτη (Spectrum 1) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM)



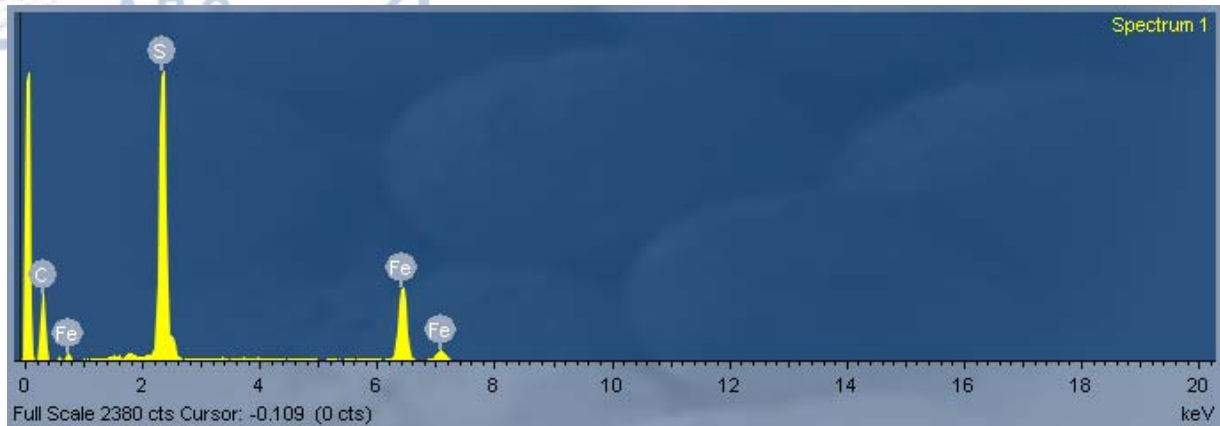
Εικ. 7.1.1.3: Κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη (FeS_2) μαζί με χαλαζία



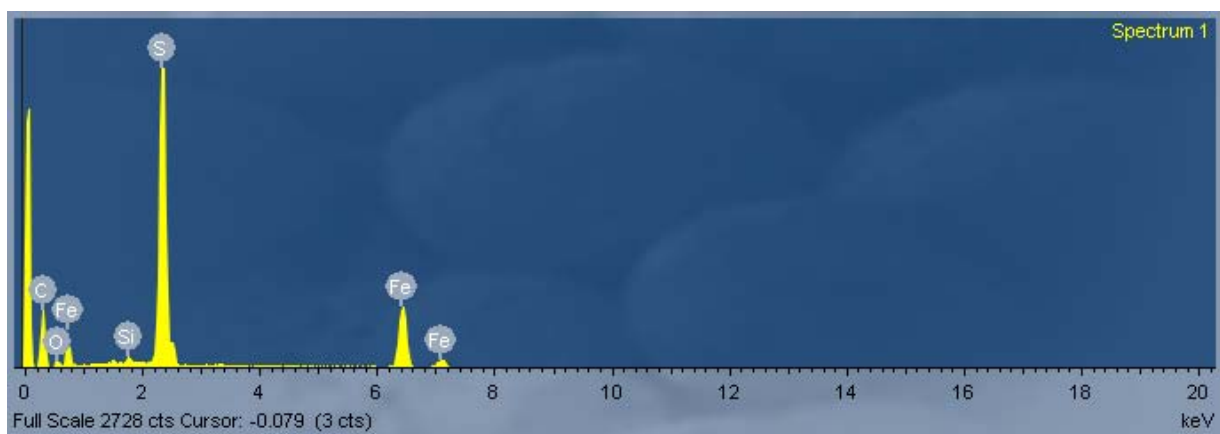
Εικ. 7.1.1.4 : (α) Κόκκος σιδηροπυρίτη (FeS_2) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) (β) Λεπτομέρεια της εικόνας 7.1.1.2(α) όπου πάνω στον σιδηροπυρίτη (Spectrum 2) βρίσκονται σε σύμφυση τα ορυκτά γιαιοσίτης (Spectrum 3) και οι θεικές ενώσεις του σιδήρου (Spectrum 1)



Εικ. 7.1.1.5 : (α) Κόκκος σιδηροπυρίτη (FeS_2) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) (β) Λεπτομέρεια της εικόνας 7.1.1.2 (α) όπου πάνω στον σιδηροπυρίτη (Spectrum 2) βρίσκεται σε σύμφυση το ορυκτό γιαιοσίτης (Spectrum 1)



Εικ.7.1.1.6 : Φάσμα από φασματοσκόπιο ενεργειακής διασποράς (EDS) που δείχνει τη σύσταση του ορυκτού σιδηροπυρίτη της εικόνας 7.1.1.1.



Εικ. 7.1.1.7 : Φάσμα από φασματοσκόπιο ενεργειακής διασποράς (EDS) που δείχνει τη σύσταση του ορυκτού σιδηροπυρίτη της εικόνας 7.1.1.2.

7.2 ΘΕΠΚΑ ΑΛΑΤΑ

7.2.1 Γιαροσίτης

Ο γιαροσίτης $[\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$ είναι βασικό ένυδρο θεικό του καλίου και του σιδήρου που κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα και το χρώμα του εμφανίζεται από σκούρο κίτρινο έως σκούρο καφέ. Αποτελεί δευτερογενές ορυκτό που προέρχεται από την οξείδωση του σιδηροπυρίτη και συνδέεται κυρίως με τη ζώνη οξείδωσης θειούχων κοιτασμάτων (Βαβελίδης, 1993). Από την παρατήρηση των δειγμάτων στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΑΡΓΥΡΩΣ ΣΤΟ ΣΤΡΑΤΩΝΙ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

(SEM) ο γιαροσίτης περιέχει FeO (41,6 έως 46,1 wt.% ,με μέσο όρο 44,2 wt.%), SO₃ (31,3 έως 34,2 wt.% , με μέσο όρο 32,5 wt.%), και K₂O (4,47 έως 9,13 wt.% ,με μέσο όρο 6,9 wt.%) σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 7.2.1.1- 7.2.1.3). Από τις αναλύσεις των δειγμάτων του ρέματος Αργυρώς στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) προέκυψαν οι παρακάτω εικόνες για το ορυκτό γιαροσίτη (Εικ. 7.2.1.1-7.2.1.3). Τέλος, βρέθηκε και μια μορφή γιαροσίτη με FeO (41,57 wt.%), SO₃ (34,2 wt.%), K₂O(4,47 wt.%), και Na₂O (4,58 wt.%) (Εικ. 7.2.1.4). Στην εικόνα 7.2.1.4 παρουσιάζεται η εμφάνιση του γιαροσίτη κάτω από το στερεοσκόπιο.

Πίνακας 7.2.1.1 Μικροαναλύσεις (SEM) γιαροσίτη του Δείγματος 2.2 από το πρανές στο ρέμα της Αργυρώς

wt. %	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Al ₂ O ₃	0,4	0,9	0,9	0,5	0,5	1,1	0,5	1,4	0,7	0,5	0,8	0,8	0,5	0,2	0,2	0,4
Fe ₂ O ₃																
FeO	46,0	44,2	42,2	46,1	45,8	42,8	44,0	44,0	45,2	43,9	44,1	45,1	44,5	44,6	43,1	44,4
MgO																
CaO																
Na ₂ O																
K ₂ O	5,1	6,8	8,0	4,9	5,3	7,8	7,1	6,3	6,1	6,1	5,3	6,5	7,3	8,2	8,9	9,1
SO ₃	32,9	32,0	33,0	31,9	32,7	32,4	32,1	32,7	31,6	32,9	33,3	31,8	32,8	32,1	32,0	33,0
H ₂ O																
Σ	84,4	83,8	84,2	83,5	84,4	84,1	83,8	84,4	83,6	83,4	83,5	84,2	84,2	84,2	84,2	84,2

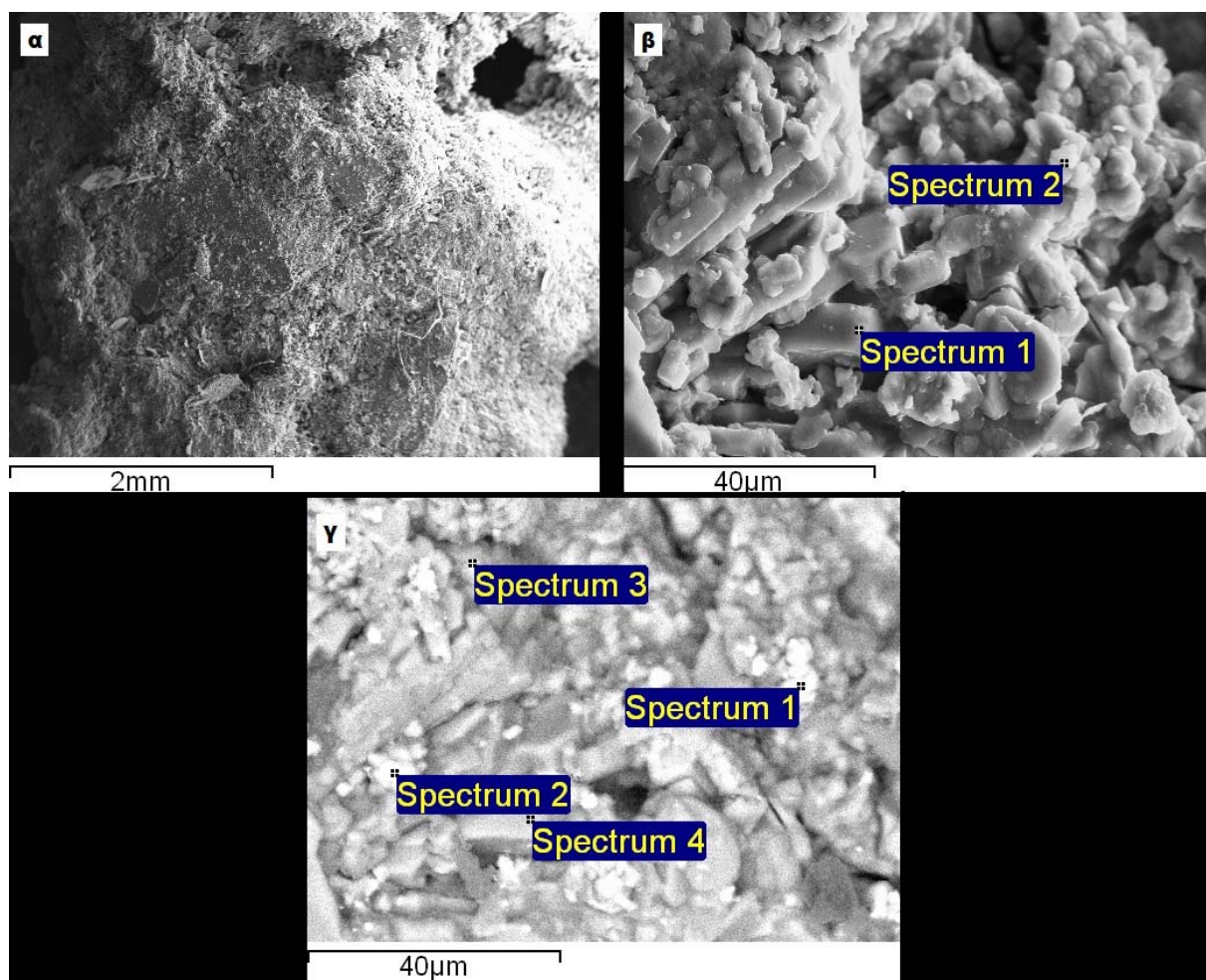
Πίνακας 7.2.1.2 Μικροαναλύσεις (SEM) γιαροσίτη των Δειγμάτων 1, 2.1 και 3 από το πρανές στο ρέμα της Αργυρώς

wt. %	2.1	2.1	2.1	2.1	3	3	3	1
Al ₂ O ₃	bdl	bdl	bdl	bdl	0,2	0,4	bdl	0,5
Fe ₂ O ₃								
FeO	44,2	44,4	43,6	41,6	44,5	43,4	44,4	45,3
MgO								
CaO								
Na ₂ O	bdl	bdl	bdl	4,6	bdl	bdl	bdl	bdl
K ₂ O	7,1	7,0	7,3	4,5	8,0	8,8	8,1	5,7
SO ₃	32,4	33,3	33,9	34,2	32,0	32,4	31,3	32,4
H ₂ O								
Σ	97,7	97,9	97,8	97,6	84,7	84,9	83,7	84,0

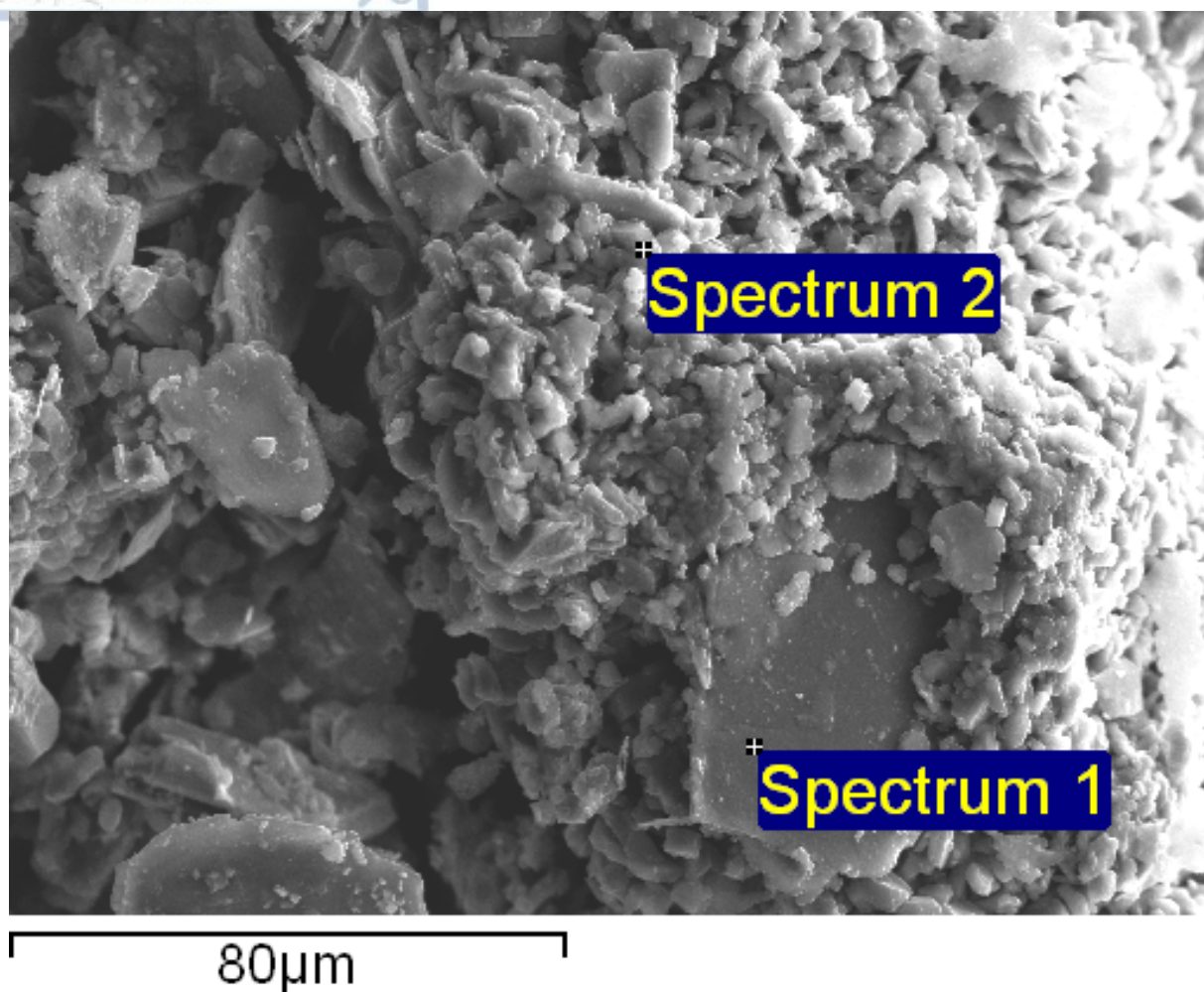
bdl: κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας (below detection limit)

Πίνακας 7.2.1.3 Μέσος όρος των μικροανάλυσεων (SEM) γιαροσίτη

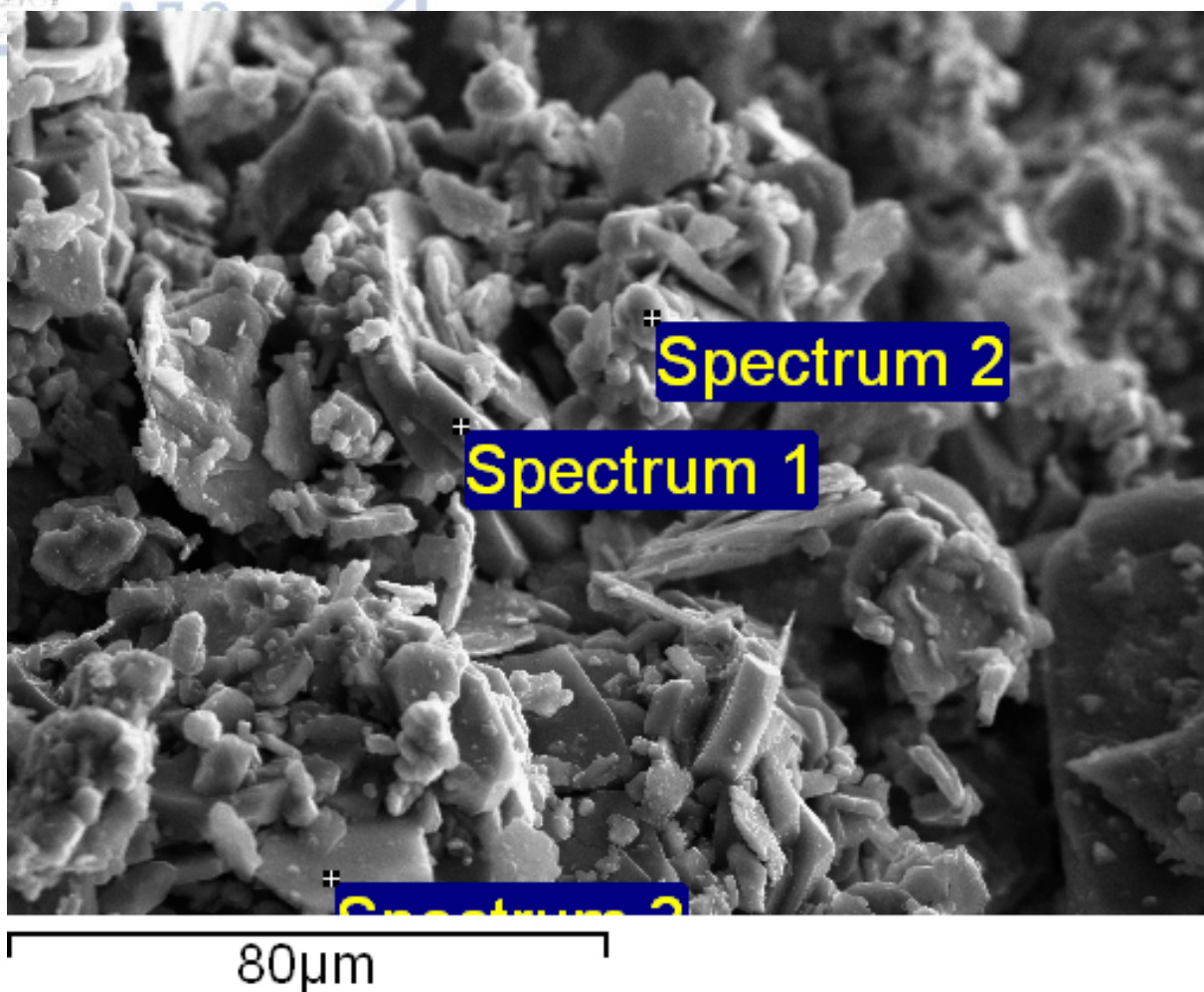
wt. %	M.O.(v=24)
FeO	44,2
K ₂ O	6,9
SO ₃	32,5
Al ₂ O ₃	0,6
H ₂ O	
Σ	84,3



Εικ. 7.2.1.1 : (α) Οξειδωμένο μέταλλευμα σιδηροπυρίτη κάτω από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), (β) Λεπτομέρεια της εικόνας 7.2.1.1 (α) όπου διακρίνονται δευτερογενείς ορυκτά οξειδώσεως όπως ο γιαροσίτης (Spectrum 2) και οι θεικές ενώσεις του σιδήρου (Spectrum 1) , (γ) εμφανίζεται η εικόνα β με οπισθοσκεδαζόμενα ηλεκτρόνια όπου διακρίνονται δευτερογενείς ορυκτά οξειδώσεως όπως ο γιαροσίτης (Spectrum 1 και Spectrum 2) και οι θεικές ενώσεις του σιδήρου (Spectrum 3 και Spectrum 4) .



Εικ 7.2.1.2: Εικόνα με κρυστάλλους θεικών ενώσεων σιδήρου (Spectrum 1) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) και κρυστάλλων γιαροσίτη (Spectrum 2) .



Εικ 7.2.1.3: Εικόνα με κρυστάλλους γιαροσίτη (Spectrum 2) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) σε σύμφυση με τις θεικές ενώσεις του σιδήρου (Spectrum 1)



Εικ 7.2.1.4: Γιαροσίτης στο στερεοσκόπιο μαζί με κόκκους χαλαζία και μοσχοβίτη

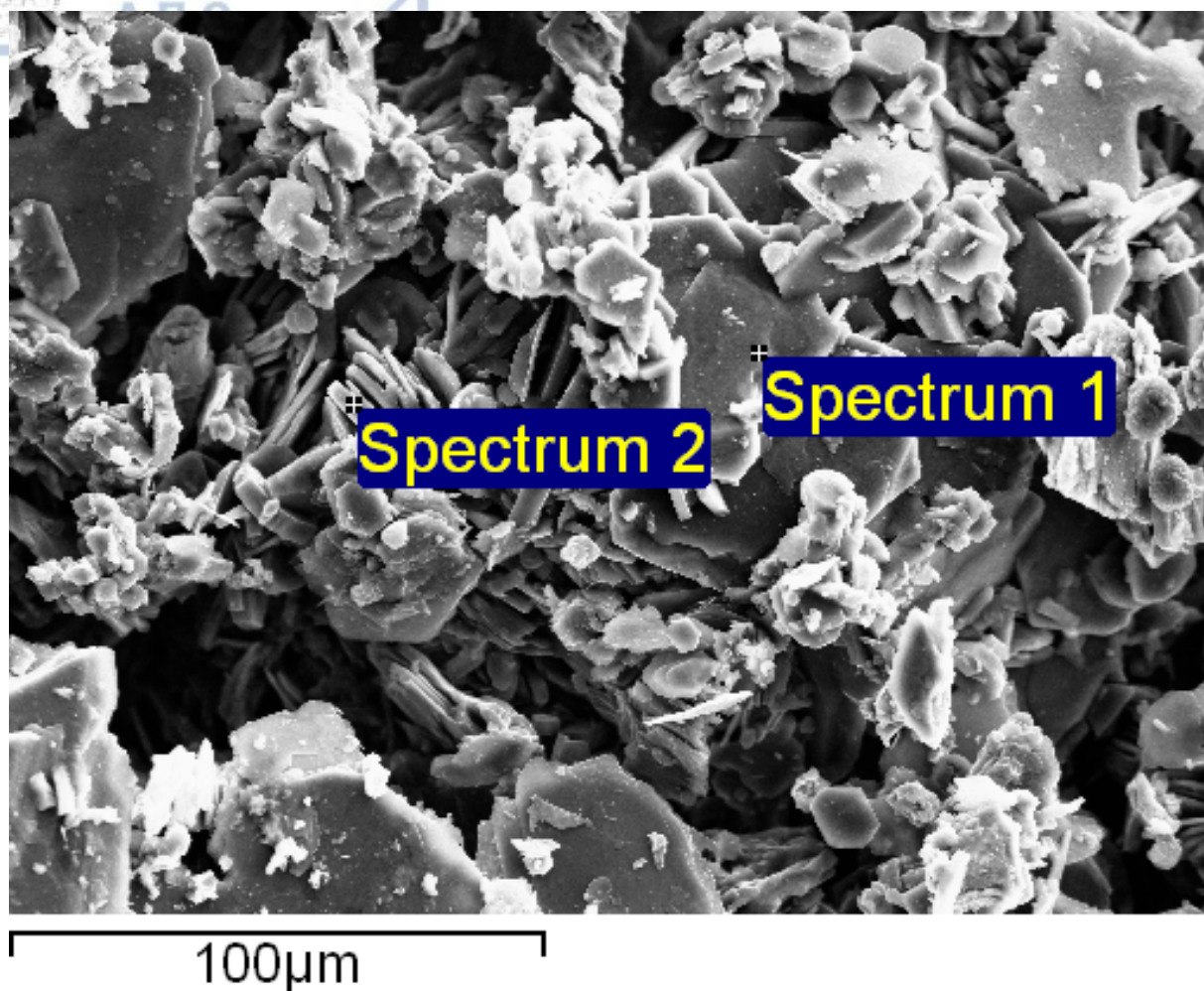
7.3 ΘΕΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΣΙΔΗΡΟΥ

Από την παρατήρηση των δειγμάτων στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) οι θεικές ενώσεις του σιδήρου περιέχουν FeO (22,61 έως 29,19 wt.% με μέσο όρο 44,23 wt.%) και SO₃ (24,28 έως 52,61 wt.% με μέσο όρο 50,77 wt.%) σύμφωνα με τον πίνακα 7.3.1, ενώ υπάρχει μια ιδιαίτερη φάση με FeO (71,36 wt.%) και SO₃ (19,87 wt.%) η οποία πρέπει να ανήκει στο ορυκτό σβερτμανίτη. Το μέγεθος των κόκκων αυτών των ορυκτών μπορεί να φτάσει τα 100μm .

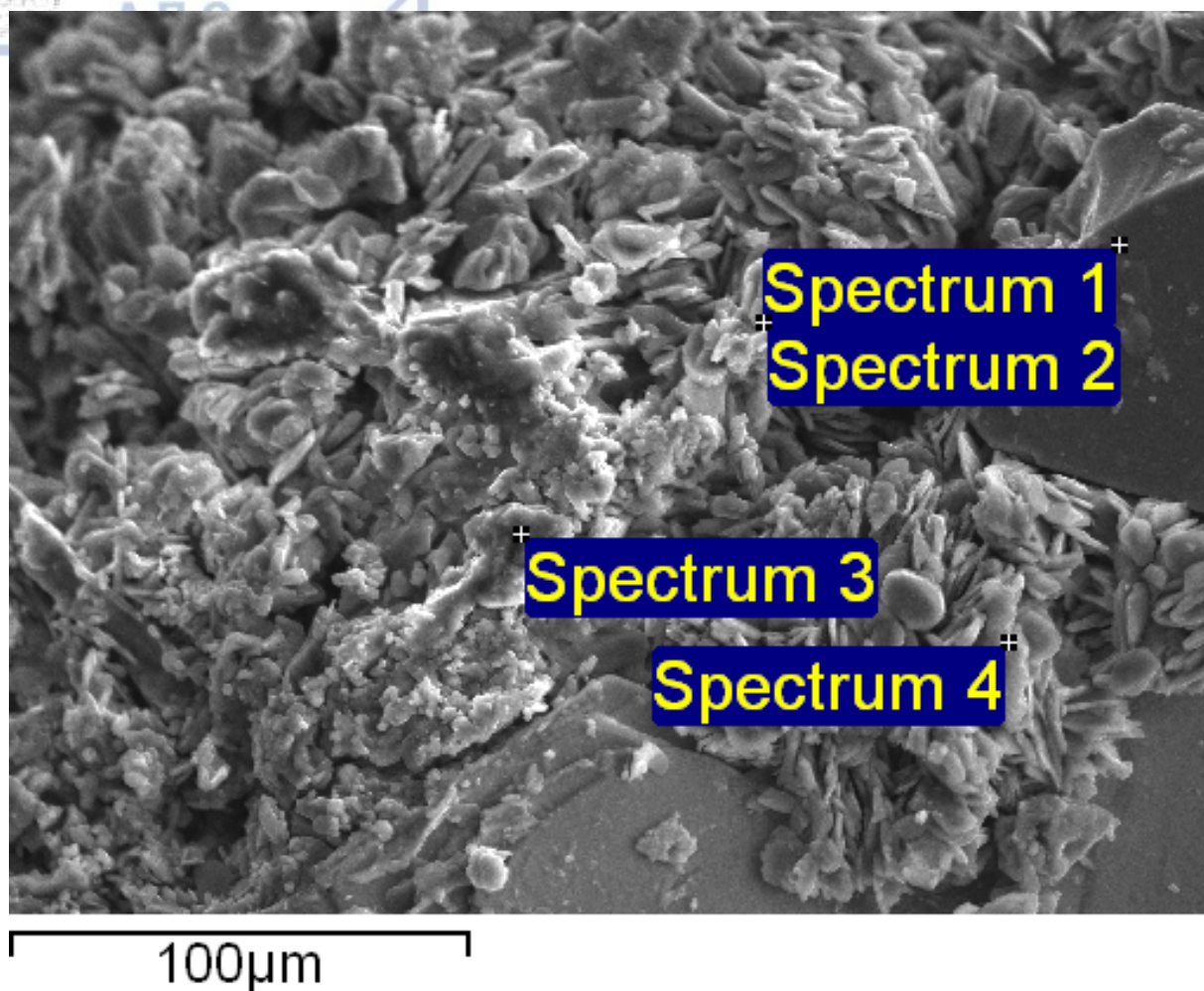
Από τις αναλύσεις των δειγμάτων του ρέματος Αργυρώς στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) προέκυψαν οι παρακάτω εικόνες για τις θεικές ενώσεις του σιδήρου (Εικ. 7.3.1- 7.3.3).

Πίνακας 7.3.1 Μικροαναλύσεις (SEM) των θεικών ενώσεων του σιδήρου των δειγμάτων από το πρανές στο ρέμα της Αργυρώς

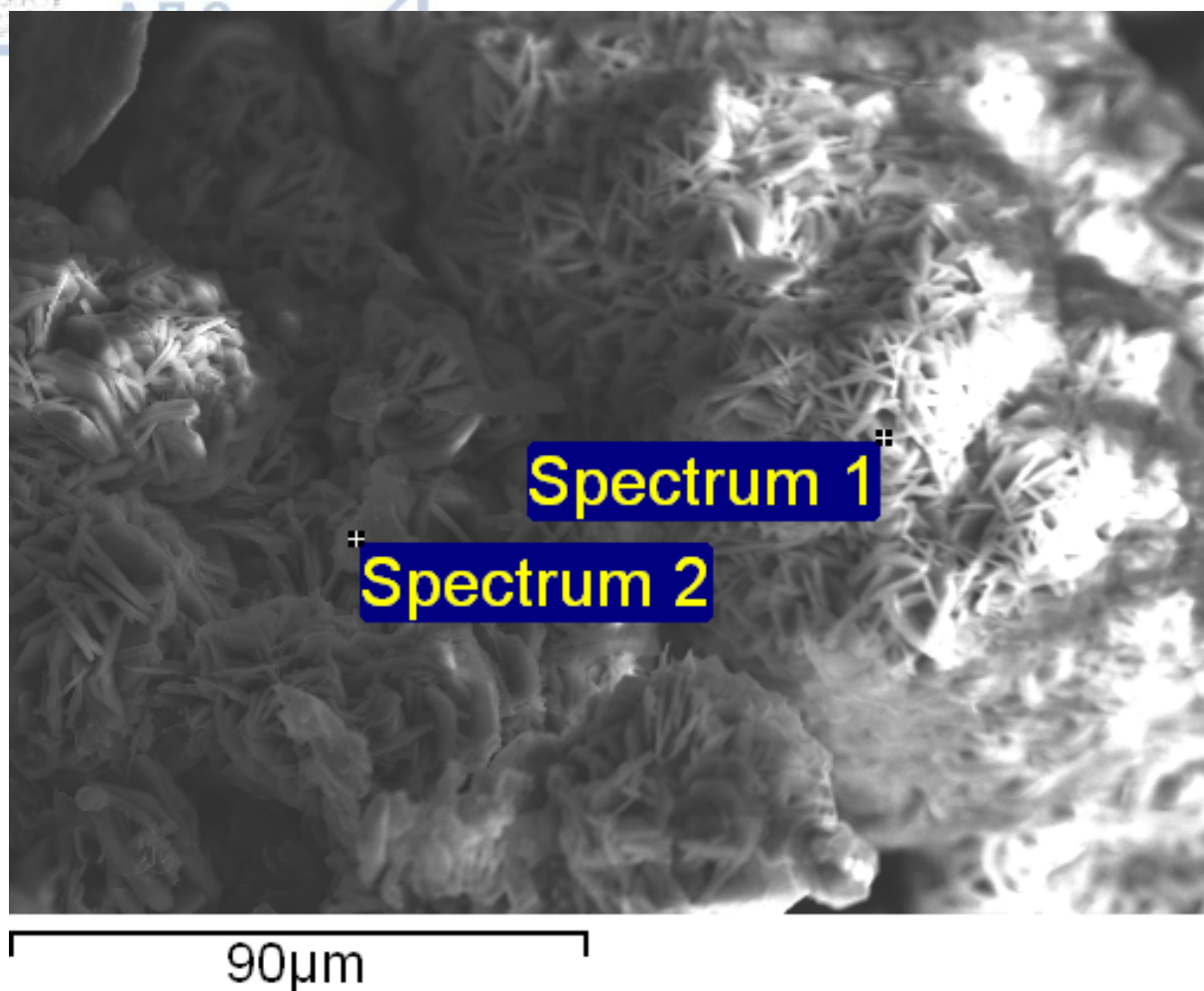
wt.%	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	M.O(v=10)
SO ₃	51,0	51,3	52,6	51,4	52,1	46,1	51,0	51,9	48,5	51,8	50,8
FeO	23,8	24,3	22,6	23,5	23,3	29,2	23,1	22,6	26,7	23,6	24,3
H ₂ O											
Σ	74,7	75,61	75,2	74,9	75,4	75,3	74,2	74,6	75,2	75,4	75,1



Εικ. 7.3.1: Εικόνα με κρυστάλλους θεικών ενώσεων σιδήρου από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) (Spectrum 1 και Spectrum 2)



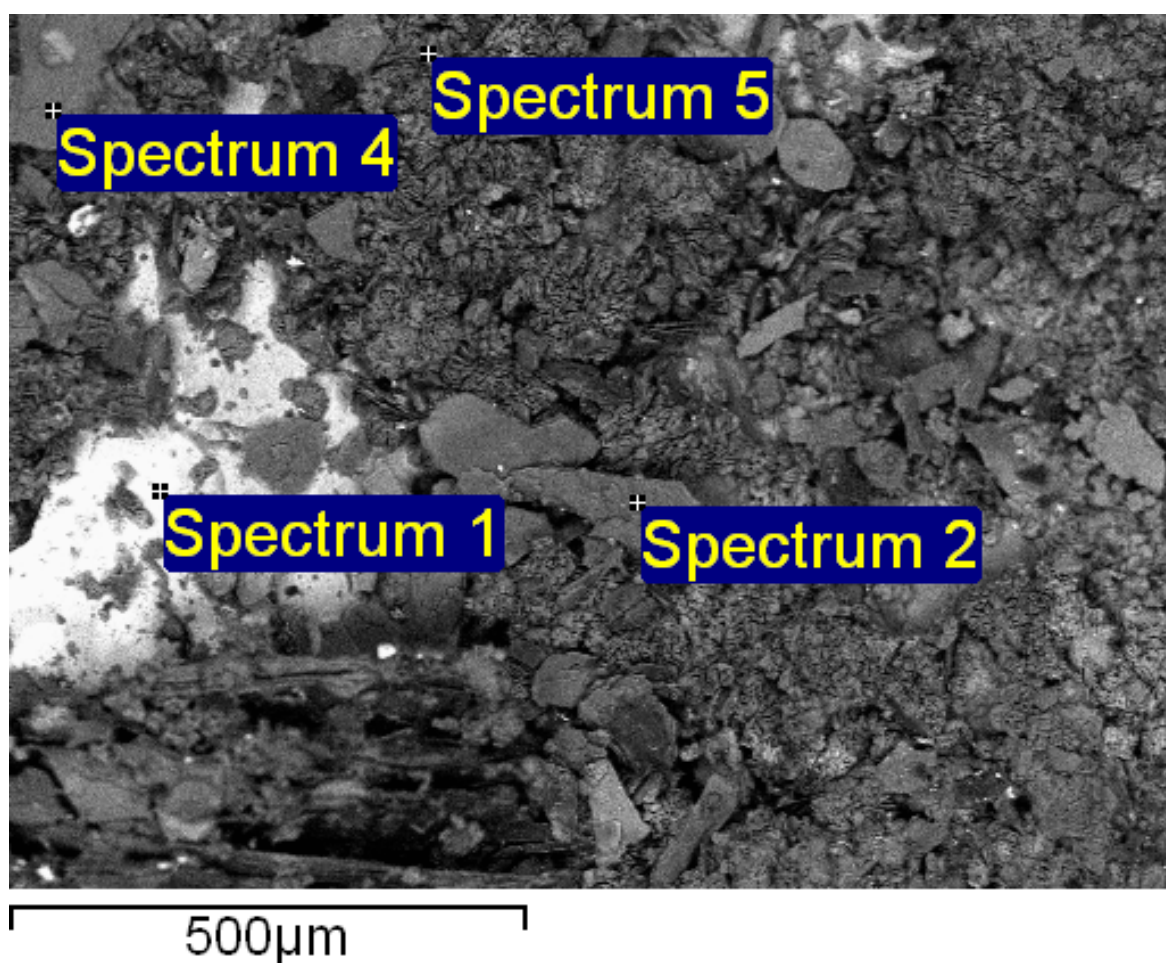
Εικ. 7.3.2: Εικόνα με κρυστάλλους θεικών ενώσεων σιδήρου (Spectrum 3 και Spectrum 4) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) και επιπλέον κρύσταλλους χαλαζία (Spectrum 1) και σιδηροπυρίτη (Spectrum 2)



Εικ. 7.3.3: Εικόνα με κρυστάλλους θεικών ενώσεων σιδήρου (Spectrum 1 και Spectrum 2) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM)

7.3.1 Σβερτμανίτης

Ο σβερτμανίτης $[\text{Fe}_{16}\text{O}_{16}(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_2]$ είναι ένα σιδηρο-σουλφίδιο που κρυσταλλώνεται στο τετραγωνικό σύστημα, εμφανίζει καφετί κίτρινο χρώμα και είναι αδιαφανές. Αποτελεί δευτερογενές ορυκτό που προέρχεται από την αλλοίωση σουλφιδίων και συγκεκριμένα του σιδηροπυρίτη. Στα δείγματα που μελετήθηκαν κάτω από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Εικ. 7.3.1.1) προκύπτει ότι ο σβερτμανίτης περιέχει FeO (71,36 wt.%) και SO_3 (19,87 wt.%) .

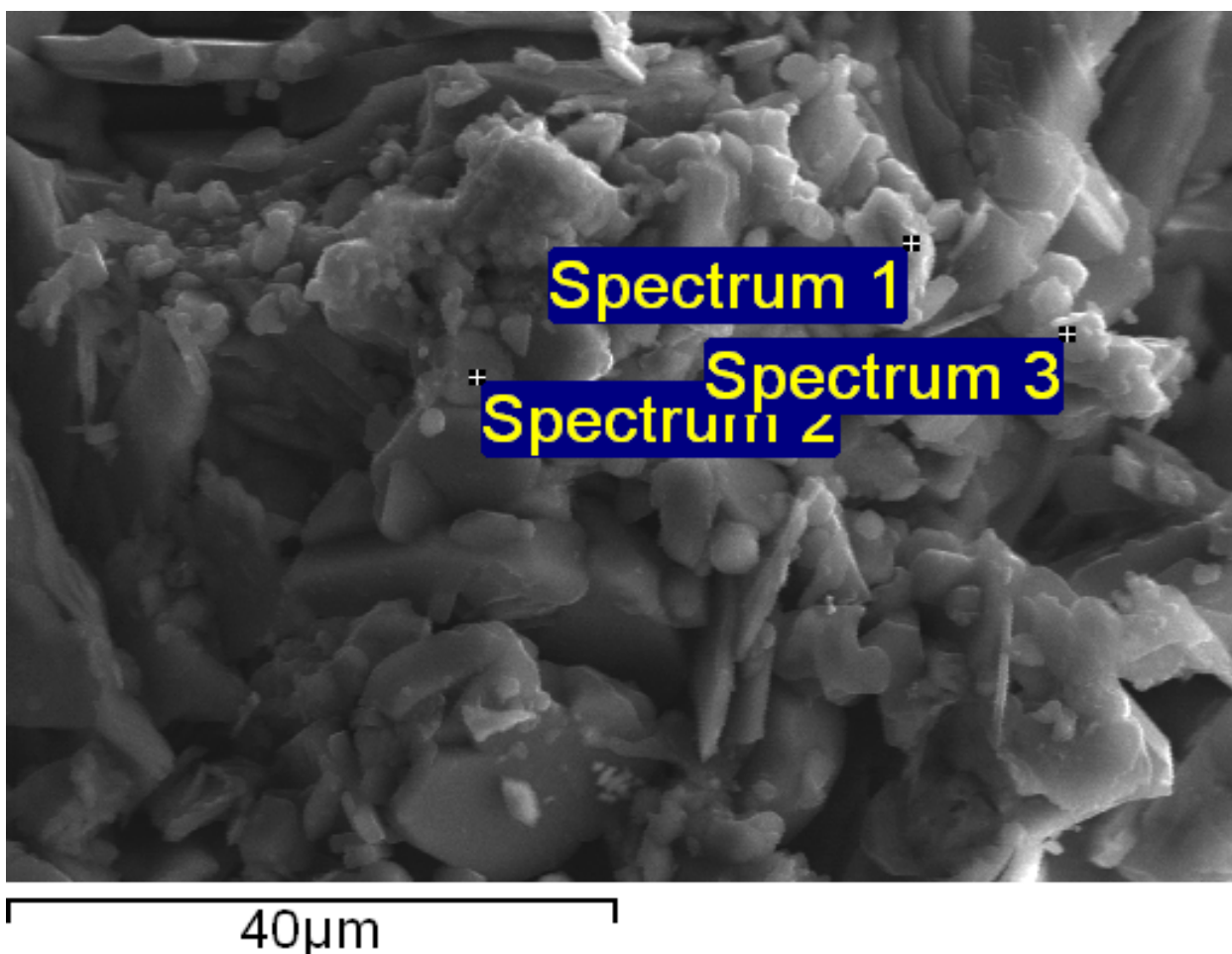


Εικ 7.3.1.1: Εικόνα από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) η οποία απεικονίζει κρυστάλλους του ορυκτού σβερτμανίτη (Spectrum 5) μαζί με σιδηροπυρίτη (Spectrum 1) και χαλαζία (Spectrum 4)

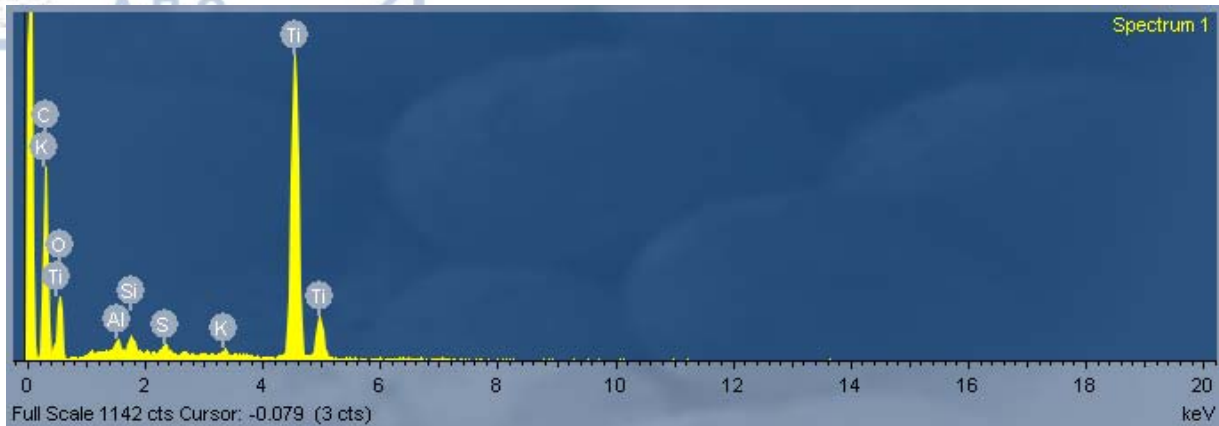
7.4 ΟΞΕΙΔΙΑ

7.4.1 Ρουτίλιο

Το ρουτίλιο [TiO_2] είναι ορυκτό του τιτανίου με κογχοειδή θραυσμό και χαρακτηριστική διδυμία {011}. Ανήκει στο τετραγωνικό σύστημα κρυστάλλωσης και έχει αδαμαντοειδή λάμψη. Το ορυκτό αυτό βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις στις αποθέσεις του ρέματος και περιλαμβάνει υψηλά ποσοστά TiO_2 (92,2 wt.%), ενώ σε μικρότερες ποσότητες περιέχει Ta_2O_5 (2,53 wt.%), SiO_2 (2,01 wt.%), και Al_2O_3 (1,94%). Από τις αναλύσεις των δειγμάτων του ρέματος Αργυρώς στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) προέκυψαν η παρακάτω εικόνα για το ρουτίλιο που έχει βοτρυοειδή μορφή (Εικ. 7.4.1.1) και το αντίστοιχο φάσμα από το φασματοσκόπιο ενεργειακής διασποράς (EDS) που δείχνει τη σύσταση του ορυκτού ρουτιλίου (Εικ. 7.4.2.2).



Εικ 7.4.1.1: Εικόνα από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) που απεικονίζει κρυστάλλους ρουτιλίου (Spectrum 1) μαζί με κρυστάλλους σιδηροπυρίτη (Spectrum 2) και γιαιοσίτη (Spectrum 3).



Εικ. 7.4.1.2: Φάσμα από φασματοσκόπιο ενεργειακής διασποράς (EDS) που δείχνει τη σύσταση του ορυκτού ρουτιλίου της εικόνας 7.4.1.1

7.5 ΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

7.5.1 Χαλαζίας

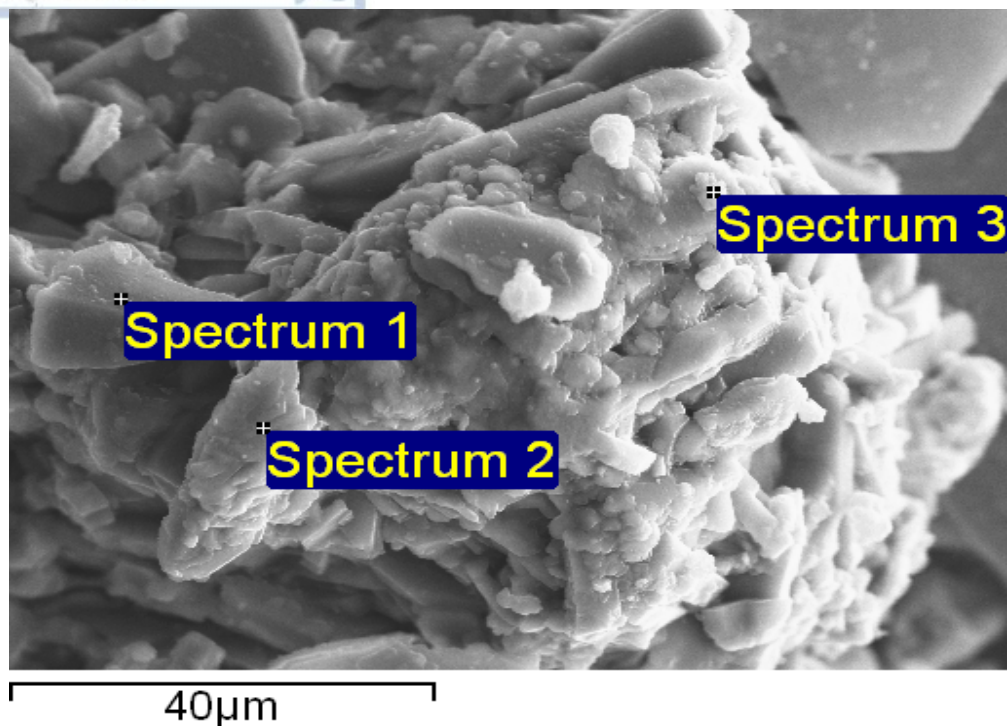
Ο χαλαζίας [SiO_2] είναι ορυκτό του πυριτίου με υαλώδη λάμψη και το δεύτερο πιο διαδεδομένο ορυκτό στη φύση. Κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό ή εξαγωνικό σύστημα. Στα δείγματα που μελετήθηκαν οι κρύσταλλοι του χαλαζία έχουν ακανόνιστο σχήμα με γωνιώδεις απολήξεις και το μέγεθός τους δεν υπερβαίνει τα 2 mm. Το χρώμα τους εμφανίζεται από λευκό έως και καστανέρυθρο. Μπορεί να εμφανίζεται ως ελεύθερος κόκκος ή σε σύμφυση με άλλα ορυκτά όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες (Εικ. 7.5.1.1-7.5.1.3) .



Εικ. 7.5.1.1.: Στερεοσκοπική εικόνα με κρυστάλλους χαλαζία και μοσχοβίτη



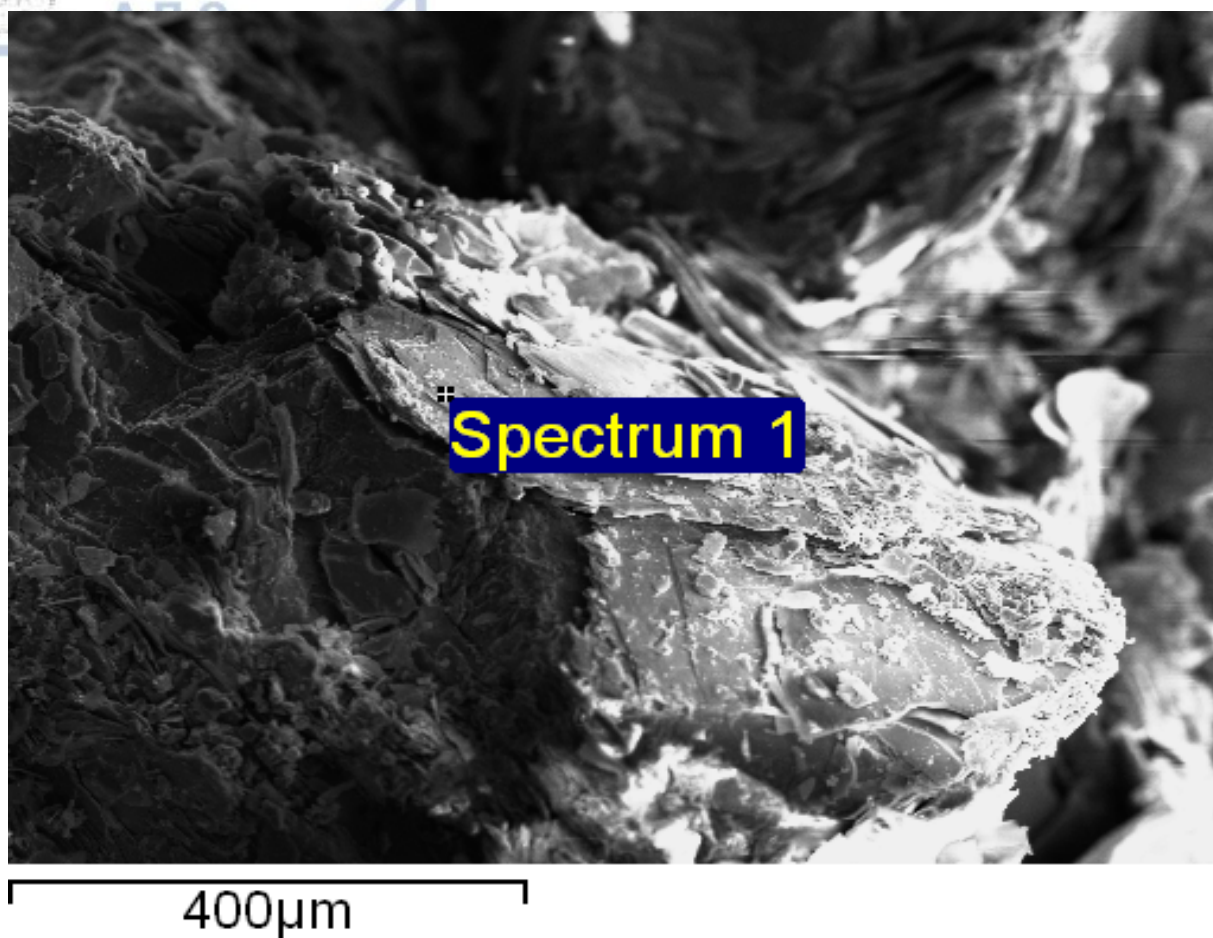
Εικ. 7.5.1.2.: Στερεοσκοπική εικόνα με κρυστάλλους χαλαζία



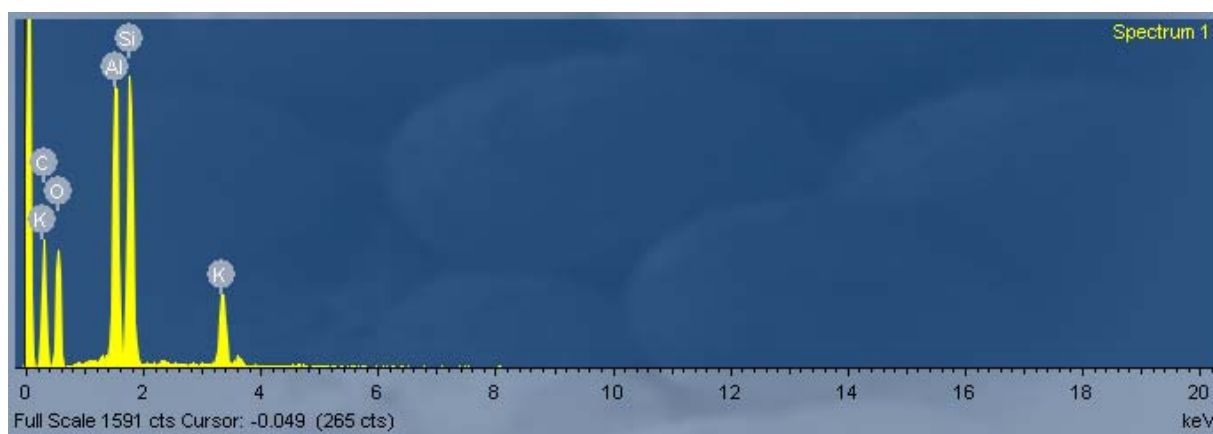
Εικ 7.5.1.3: Εικόνα με κρυστάλλους χαλαζία (Spectrum 1) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) σε σύμφυση με γιαιοσίτη (Spectrum 3) και θεικές ενώσεις σιδήρου (Spectrum 2)

7.5.2 Άστριοι

Οι άστριοι ανήκουν στα τεκτοπυριτικά ορυκτά και κρυσταλλώνονται στο τριαδικό σύστημα. Από τη μελέτη τους κάτω από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι άστριοι είναι κυρίως αλκαλιούχοι $[KAlSi_3O_8]$ και υπογωνιώδεις. Το μέγεθός τους δεν ξεπερνά το 1 mm και στα δείγματα εμφανίζονται είτε μαζί με σιδηροπυρίτη και χαλαζία είτε σαν μεμονωμένοι κρύσταλλοι. Παρακάτω παρουσιάζεται η χαρακτηριστική τους εικόνα κάτω από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Εικ 7.5.2.1) με το αντίστοιχο φάσμα τους που δείχνει την σύστασή τους (Εικ 7.5.2.2).



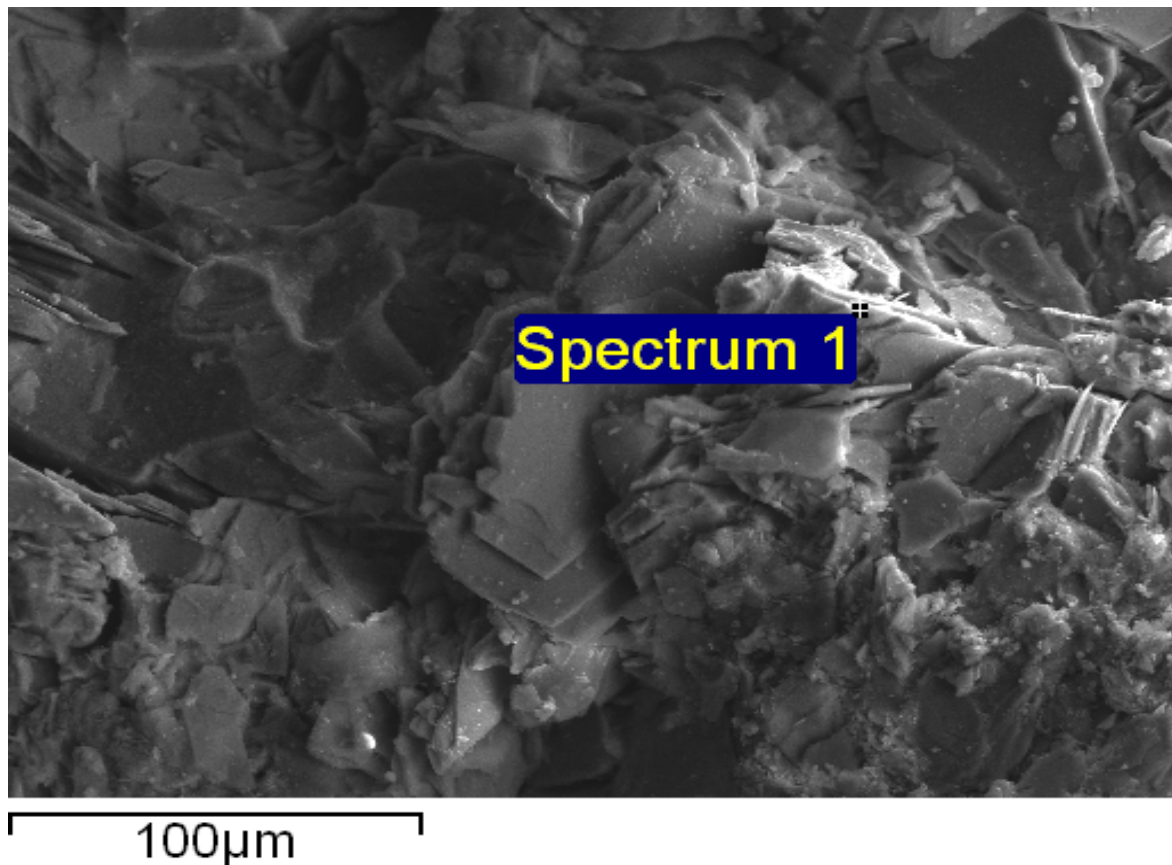
Εικ. 7.5.2.1: Χαρακτηριστική εικόνα των αστρίων (Spectrum 1) κάτω από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM)



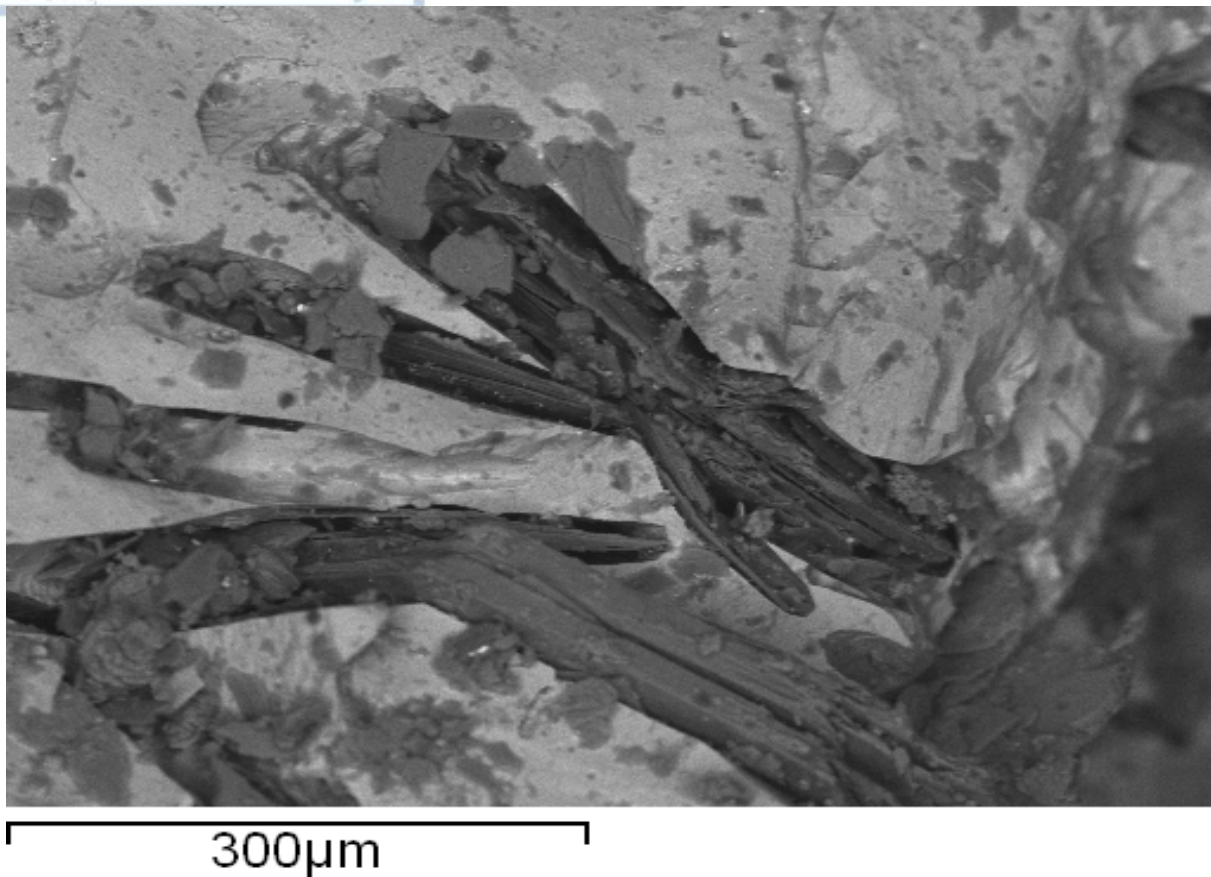
Εικ. 7.5.2.2 : Φάσμα από φασματοσκόπιο ενεργειακής διασποράς (EDS) που δείχνει τη σύσταση των αστρίων

7.5.3 Μαρμαρυγίες

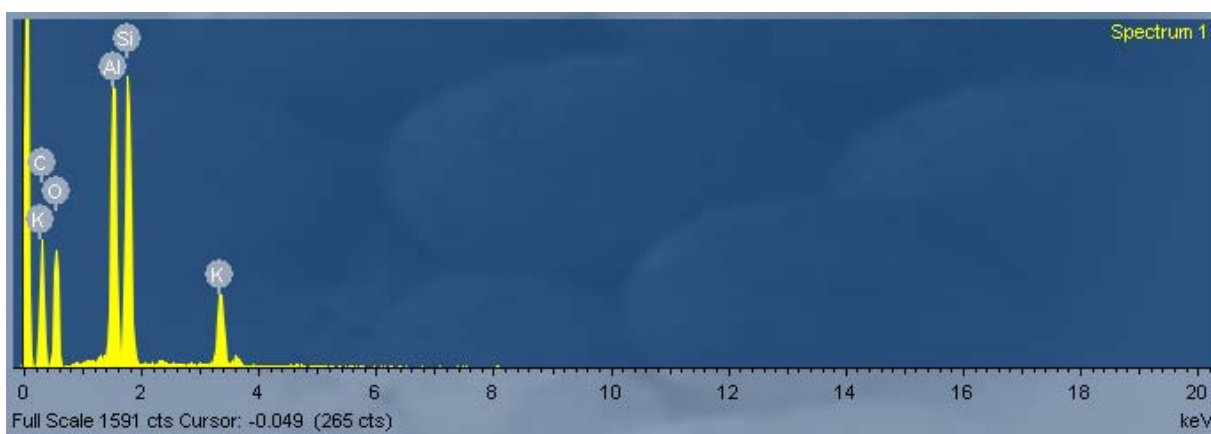
Οι μαρμαρυγίες ανήκουν στην κατηγορία των φυλλοπυριτικών ορυκτών και κρυσταλλώνονται στο μονοκλινές σύστημα. Έχουν υαλώδη λάμψη και τέλειο σχισμό. Οι αποθέσεις του ρέματος Αργυρώς περιέχουν μαρμαρυγίες που συναντώνται σε διάφορα μεγέθη και αποτελούνται κυρίως από μοσχοβίτη $[(K,Na)Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2]$ (Εικ. 7.5.3.1 και Εικ. 7.5.3.2) και βιοτίτη $[K(Fe,Mg)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2]$. Το μέγεθος των κόκκων των ορυκτών αυτών μπορεί να φτάσει και τα 100μm. Τέλος, το φάσμα από φασματοσκόπιο ενεργειακής διασποράς (EDS) που δείχνει τη σύσταση του ορυκτού μοσχοβίτη απεικονίζεται στην Εικ. 7.5.3.3.



Εικ. 7.5.3.1: Εικόνα με κρυστάλλους μοσχοβίτη (Spectrum 1) από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) .



Εικ. 7.5.3.2: Χαρακτηριστική εικόνα με κρυστάλλους μοσχοβίτη κάτω από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) .



Εικ. 7.5.3.3: Φάσμα από φασματοσκόπιο ενεργειακής διασποράς (EDS) που δείχνει τη σύσταση του ορυκτού μοσχοβίτη

8. Συμπεράσματα

- Το πρανές στην περιοχή του ρέματος της Αργυρώς στο Στρατώνι Χαλκιδικής περιέχει σύνδρομα ορυκτά και ορυκτά της πρωτογενούς μεταλλοφορίας των Μαύρων Πετρών, όπως σουλφίδια, θειικά άλατα, θεικές ενώσεις σιδήρου και οξείδια-υδροξείδια του Fe και του Mn.
- Με την χρήση του μεταλλογραφικού ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) και του στερεοσκοπίου προσδιορίστηκαν τα πυριτικά ορυκτά χαλαζίας, άστριοι και μαρμαρυγίες (κυρίως μοσχοβίτης), από τα σουλφίδια ο σιδηροπυρίτης, από τα θειικά άλατα ο γιαιοσίτης, ενώ από τις θεικές ενώσεις σιδήρου βρέθηκε σε μικρές ποσότητες το ορυκτό σβερτμανίτης. Επίσης εντοπίστηκαν οξείδια και υδροξείδια του Fe και του Mn ενώ σε μικρές ποσότητες το ορυκτό ρουτίλιο.
- Λόγω της παρουσίας του σιδηροπυρίτη καθώς και των θεικών ενώσεων του Fe, ο Fe είναι ένα από τα κύρια χημικά στοιχεία στο πρανές του ρέματος της Αργυρώς. Ο σιδηροπυρίτης έχει περιεκτικότητα σε Fe κατά μέσο όρο 45,67 wt.%, ενώ σε S 54,08 wt.%.
- Ο Γιαροσίτης αποτελεί δευτερογενές ορυκτό, προϊόν οξείδωσης σιδηρούχων σουλφιδίων και βρίσκεται σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις στα οξειδωμένα δείγματα. Περιέχει FeO κατά μέσο όρο 44,23 wt.%, SO₃ κατά μέσο όρο 32,55 wt.% και K₂O κατά μέσο όρο 6,88 wt.%.
- Στα οξειδωμένα δείγματα υπάρχουν μεγάλες συγκεντρώσεις από ορυκτά θεικών ενώσεων σιδήρου τα οποία περιέχουν FeO κατά μέσο όρο 44,23 wt.% και SO₃ κατά μέσο όρο 50,77 wt.%.
- Το ορυκτό Σβερτμανίτης που βρέθηκε σε μικρές ποσότητες μέσα στα δείγματα, είναι και αυτό δευτερογενές ορυκτό που προέρχεται από την αλλοίωση σουλφιδίων. Σχηματίζεται σε όξινο pH και σε οξειδωτικές συνθήκες, είναι όμως μετασταθής και με το πέρασμα του χρόνου μεταπίπτει σε γκαιτίτη.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ENVECO A.E. (2013)** «Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταλλευτικών – μεταλλουργικών εγκαταστάσεων της εταιρίας Ελληνικός Χρυσός στην Χαλκιδική» Hellas Gold
- Forward, P., & Francis, A. (2009).** Technical Report on the Stratoni Project, Pb Zn Ag Deposits, Northern Greece. European Goldfields Ltd.
- Georgalas, G. and Galanopoulos, A. (1953).** “Das Grosse Erdbeben Der Chalkidike Vom 26 September 1932. Bull. Geol. Soc. Greece, 1
- Himmerkus, F., Reischmann, T., & Kostopoulos, D. (2006).** Late Proterozoic and Silurian basement units within the Serbomacedonian massif, northern Greece: the significance of terrane accretion in the Hellenides. In Robertson, & Mountrakis, Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region (pp. 35-50). London: Sp. Publ.
- Kalogeropoulos, S., Kiliass, S., Bitzios, D., Nicolaou, M., & Both, R. (1989b).** Genesis of the Olympias carbonate-hosted Pb-Zn (Au, Ag) sulphide ore deposit, eastern Chalkidiki, northern Greece. Econ. Geol., 84, pp. 1210-1234.
- Kockel, F., & Walther, H. (1968).** Zur Geologischen entwicklung des Sudli-chen Serbomazedonischen massivs. Bulg. Ak. Sc. Bull. Geol., KH XVII, pp. 133-142.
- Kockel, F., Mollat, H., & Walther, H. (1971).** Geologie des Serbo-Mazedonischen Massivs und seines mesozoischen Rahmens (Nord-Griechenland). Geol. Jahrb., 89, pp. 529-551.
- Kockel, F., Mollat, H., & Walther, H. (1977).** Erlauterungen zur Geologischen Karte der Chalkidhiki und angrenzender Gebiete 1:100.000 (Nord-Griechenland). Bundesanstalt fur Geowissenschaften und Rohstoffe.
- Kockel, F., Mollat, H., Walther, H., Αντωνιάδης, Π., & Ιωαννίδης, Κ. (1978b).** Φύλλο Στρατονίκη, Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε.
- Papachryssanthou, D. (1974).** La vie de saint Euthyme le jeune et la metropole de Thessalonique a loa fin du IX et au debut du X siecle. Revue des Etudes byzantines, 32, p. 241.
- Pavlidis, S. - Kiliass, A. (1987).** “Neotectonic and active faults along the Serbomacedonian zone (SE Chalkidiki, northern Greece)”, Annales Tectonic, Vol. I- n. 2: 97-104.
- Pavlidis, S. B. & M. D. Tranos. (1991).** «Structural characteristics of two Strong earthquakes in the North Aegean: Ierissos (1932) and Agios efstratios (1968)». J.Struct. Geol. 13, 2:205-214.

Wagner, G., Pernicka, E., Vavelidis, M., Baranyi, I., & Bassiakos, I. (1986). Archaeometallurgische Untersuchungen auf Chalkidiki. Anschnitt, 38(5-6), pp. 166-186.

Ασκήσεις Υπαίθρου Στρατώνι ΑΠΘ Τμήμα Γεωλογίας.

http://www.geo.auth.gr/106/askhseis_ypai8roy/stratoni/stratoni_odigos.pdf

Βαβελίδης, Μ. (2009). Η μεταλλευτική και μεταλλουργική δραστηριότητα στη Μακεδονία και Θράκη, με αναφορά στη λατομική δραστηριότητα, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Στο Ε. Χαρτοθήκη (Επιμ.), Μεταλλεία-Τόποι-Πόλεμοι, Αναγνώσεις χαρτών από το αρχείο της Επιθεώρησης Μεταλλείων Βορείου Ελλάδος του Υπουργείου Ανάπτυξης (σσ. 17-86). Θεσσαλονίκη: ΖΗΤΗ.

Βαβελίδης, Μ. Ηλεκτρονικές παρουσιάσεις για το μάθημα «Κοιτασματολογία μεταλλευμάτων» Ανάκτηση από: http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo645y/pdf_theory/mn.pdf

Βαβελίδης, Μ., & Μέλφος, Β. (2012). Αρχαιομεταλλουργική έρευνα στην περιοχή Κηπουρίστρα Ολυμπιάδας (Αρχαία Στάγειρα), ΒΑ Χαλκιδική. Στο Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών Α.Π.Θ. (Τόμ. 101, σσ. 9-16). Θεσσαλονίκη.

Βακαλόπουλος, Α. (1964). Ιστορία του νέου Ελληνισμού, Τουρκοκρατία 1453-1669, Οι ιστορικές βάσεις της Νεοελληνικής κοινωνίας και οικονομίας (Τόμ. Β'). Θεσσαλονίκη.

Βακαλόπουλος, Α. (1973). Ιστορία του νέου Ελληνισμού, Τουρκοκρατία 1669-1812, Η οικονομική άνοδος και ο φωτισμός του γένους (Τόμ. Δ'). Θεσσαλονίκη.

Βακαλόπουλος, Α. (1989). Πηγές της Ιστορίας της Μακεδονίας 1354-1833. (Μ. Βαφειάδου, Επιμ.) Θεσσαλονίκη: Εταιρεία Μακεδονικών Σπουδών.

Βικιπαιδεία. Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια. Στρατώνι Χαλκιδικής.

Βεράνης Ν. (ΙΓΜΕ). «Οι Επιπτώσεις στο Υδρολογικό Ισοζύγιο από την Εκμετάλλευση του Κοιτάσματος Πορφυριτικού Χαλκού στις Σκουριές Χαλκιδικής»

Δημητριάδης, Σ. (1974). Πετρολογική μελέτη των μιγματικών γνευσίων και αμφιβολιτών των περιοχών Ρεντίνας - Ασπροβάλλτας, Σταυρού - Ολυμπιάδος. Θεσσαλονίκη: Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ελληνικός Χρυσός. Ιστορικό των μεταλλείων στη Χαλκιδική. Ανάκτηση από:

<http://www.hellas-gold.com/ellinikos-xrysos/istoriko-metalleiwn>

Ζαΐμης, Σ. (2013) Ορυκτολογική και γεωχημική έρευνα σε θέσεις αποκατάστασης του παλαιού τέλματος στη μεταλλευτική περιοχή Ολυμπιάδος, ΒΑ Χαλκιδική. Θεσσαλονίκη: Διατριβή Ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Κασώλη-Φουρναράκη, Α. (1981). Συμβολή στην ορυκτολογική και πετρολογική μελέτη αμφιβολιτικών πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής Μάζας. Θεσσαλονίκη: Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Καταφιώτη Μ., (2008) « Εκτίμηση των περιβαλλοντικών συνθηκών στον Ν. Χαλκιδικής όσον αφορά τα βαρέα μέταλλα». Πάτρα

Μουντράκης, Μ. (2010). Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Παπάγγελος, Ι. (1991). Το κοινόν του Μαντεμίου. Η διαχρονική πορεία του κοινοτισμού στη Μακεδονία, Κέντρο Ιστορίας Θεσσαλονίκης του Δήμου Θεσσαλονίκης. Αυτοτελείς Εκδόσεις.

Παπαγρηγορίου, Σ., Παπαδάκη, Α., Κατσέλης, Ι., Κοτζαγεώργης, Γ., Μπεκιάρης, Ι., Τέντες, Γ., & κ.α. (2010). Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταλλευτικών - ENVECO A.E. Προστασία, Διαχείριση και Οικονομία Περιβάλλοντος.

Παυλίδης,Σ. ,Τσάπανος,Θ. ,Κοραβος,Γ., Μιχαηλίδου,Α., Χατζηπέτρος,Α. (2010). Ειδική σεισμοτεκτονική μελέτη των ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής των μεταλλείων Κασσάνδρας. Θεσσαλονίκη: ENVECO A.E

Σισμανίδης, Κ. (1996). Αρχαία Στάγεια 1990-1996. ΑΕΜΘ 10Α, (σσ. 279-295).

Χατζή Π., (2012) «Διερεύνηση παράκτιας στερεομεταφοράς στο κόλπο Ιερισσού Χαλκιδικής ». Διατριβή Ειδίκευσης , Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης .

Χατζηπέτρος, Α. (1998). «Παλαιοσεισμολογική-Μορφοτεκτονική μελέτη και Μηχανική συμπεριφορά των συστημάτων ενεργών διαρρήξεων, Μυγδονίας, Ανατολικής Χαλκιδικής, Κοζάνης-Γρεβενών», Διδ. Διατριβή, Θεσσαλονίκη. Σελ. 118-128.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<http://www.stratoni.net/history/istoria-stratoniou/>

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%84%CF%81%CE%B1%CF%84%CF%8E%CE%BD%CE%B9_%CE%A7%CE%B1%CE%BB%CE%BA%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82