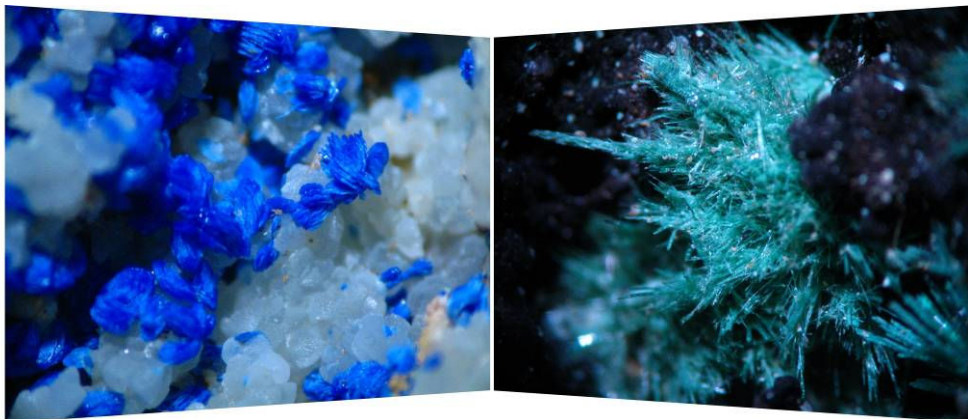




ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ Ν. ΖΑΪΜΗΣ

**ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΤΟΥ ΛΑΥΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΟΥ
ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ ΒΑΒΕΛΙΔΗΣ
ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΕΛΦΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ Ν. ΖΑΪΜΗΣ
Α.Ε.Μ. 3987

**ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΤΟΥ ΛΑΥΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΟΥ
ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ ΒΑΒΕΛΙΔΗΣ
ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΕΛΦΟΣ

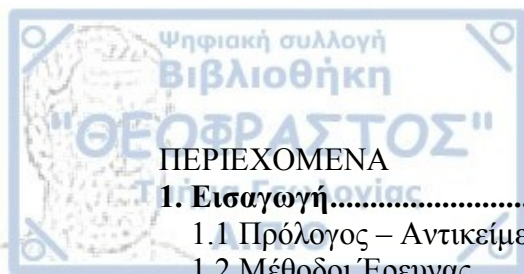
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010



Από τις στοές της Λαυρεωτικής αιώνια ξεπροβάλλει φως, φως ανέσπερο, φως που χάραξε το λαμπρό δρόμο της πολιτιστικής και πνευματικής επανάστασης των Αθηναίων της κλασικής εποχής, φως που έδωσε τις βάσεις να χριστεί μια παγκόσμια κληρονομιά. Αλλά όχι μόνο. Φως που ακόμα και σήμερα ακτινοβολεί μέσα από τα εκατοντάδες ορυκτά μοναδικής τελειότητας και αρμονίας, στις στοές, αλλά και στις αίθουσες των μουσείων σε όλο το κόσμο, μεταφέροντας μαζί την ένδοξη ιστορία και το απέραντο μεγαλείο.

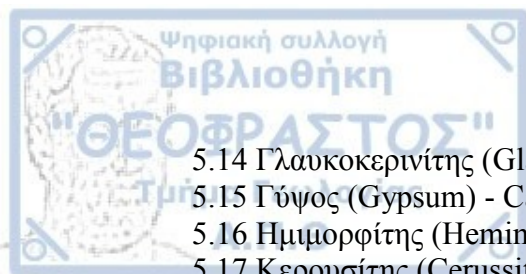
Στέφανος Ζαΐμης





ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Πρόλογος – Αντικείμενο Εργασίας.....	1
1.2 Μέθοδοι Έρευνας.....	2
2. Ιστορική ανασκόπηση της εκμετάλλευσης του ορυκτού πλούτου της Λαυρεωτικής.....	3
2.1 Τεχνικές εξόρυξης κατά την αρχαιότητα.....	3
2.1.1 Εξόρυξη των Μεταλλευμάτων.....	3
2.1.2 Εμπλουτισμός του μεταλλεύματος.....	4
2.1.3 Τήξη.....	5
2.1.4 Κυπέλλωση.....	6
2.1.5 Ανάτηξη λιθαργύρου.....	7
2.2 Ιστορία του μεταλλευτικού κέντρου του Λαυρίου κατά την αρχαιότητα.....	7
2.2.1 Ενδείξεις χρήσης της τεχνικής κυπέλλωσης, 1.500 – 900 π.Χ.	7
2.2.2 Τα πρώτα αθηναϊκά νομίσματα γίνονται με λαυρεωτικό άργυρο, 800 – 600 π.Χ.	7
2.2.3 Τα κοιτάσματα του Λαυρίου αξιοποιούνται, 560 -510 π.Χ.	8
2.2.4 Αρχή της συστηματικής εκμετάλλευσης. Κοίτασμα στη Μαρώνια της Καμάριζας, 483 π.Χ.	8
2.2.5 Ο «χρυσός αιώνας» του Περικλή και η ακμή του Λαυρίου, 480 – 431 π.Χ.	8
2.2.6 Παρακμή του Λαυρίου, Πελοποννησιακός πόλεμος, 431 – 404 π.Χ.	9
2.2.7 Το Λαύριο ανθεί και πάλι, 400 - 300 π.Χ.	9
2.2.8 Μακεδονική περίοδος. Παρακμή της Αθήνας και του Λαυρίου, 300 - 200 π.Χ.	10
2.2.9 Ρωμαϊκή κυριαρχία, η Αθήνα παρακμάζει, το Λαύριο εγκαταλείπεται, 200 – 100 π.Χ.	10
2.3 Σύγχρονη ιστορία των μεταλλείων της Λαυρεωτικής.....	11
2.3.1 Επαναλειτούργια μεταλλείων στο Λαύριο, 1860.....	11
2.3.2 Το «Λαυρεωτικό ζήτημα», 1871.....	12
2.3.3 Η αρχή του τέλους για το Λαύριο, 1910.....	12
2.3.4 Το Λαύριο την εποχή της γερμανικής κατοχής, 1941.....	13
2.3.5 Σύγκριση αρχαίας και σύγχρονης μεταλλευτικής δραστηριότητας.....	13
3. Γεωλογία Λαυρίου.....	13
4. Ορυκτά Λαυρίου.....	15
4.1 Τύποι μεταλλοφορίας Λαυρίου.....	15
4.2 Ορυκτά του Λαυρίου.....	18
5. Ορυκτά του Λαυρίου από το Μουσείο Ορυκτολογίας – Πετρολογίας Α.Π.Θ.	23
5.1 Αδαμίτης (Adamite) - $\text{Zn}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$	24
5.2 Αζουρίτης (Azurite) - $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	24
5.3 Αιματίτης (Hematite) - Fe_2O_3	29
5.4 Αλλοφάνης (Allophane) – $\text{Al}_2\text{SiO}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	29
5.5 Ανναβεργίτης (Annabergite) - $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	31
5.6 Αντιμονιούχο αρσενικό (Antimonial Arsenic) – (As, Sb).....	31
5.7 Αραγονίτης (Aragonite) - CaCO_3	35
5.8 Αρσеноπυρίτης (Arsenopyrite) - FeAsS	35
5.9 Ασβεστίτης (Calcite) - CaCO_3	36
5.10 Αυτοφυής Μόλυβδος (Lead) - Pb.....	39
5.11 Βαρύτης (Barite) – BaSO_4	39
5.12 Γαληνίτης (Galena) - PbS	41
5.13 Γκαιτίτης (Goethite) - $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$	43



5.14 Γλαυκοκερινίτης (Glaucokerinite) - $(\text{Zn,Cu})_{10}\text{Al}_6[(\text{OH})_{32}(\text{SO}_4)_3] \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	45
5.15 Γύψος (Gypsum) - $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$	46
5.16 Ημιμορφίτης (Hemimorphite) - $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$	48
5.17 Κερουσίτης (Cerussite) – PbCO_3	48
5.18 Κοβελίνης (Covellite) - CuS	51
5.19 Κονιχαλκίτης (Conichalcite) - $\text{CaCu}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$	51
5.20 Κτενασίτης (Ktenasite) – $\text{Zn}(\text{Cu,Zn})_4[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	52
5.21 Κυπρίτης (Cuprite) – Cu_2O	52
5.22 Λολινγκίτης (Lollingite) – FeAs_2	55
5.23 Μαλαχίτης (Malachite) - $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	57
5.24 Μελαντερίτης (Melanterite) - $\text{Fe}^{++}\text{SO}_4 \cdot 7(\text{H}_2\text{O})$	57
5.25 Μολυβδοϊαροσίτης (Plumbojarosite) - $\text{PbFe}_6(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12}$	59
5.26 Μπεουδαντίτης (Beudantite) - $\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$	59
5.27 Σερπιερίτης (Serpierite) - $\text{Ca}(\text{Cu,Zn})_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	61
5.28 Σιδηροπυρίτης (Pyrite) – FeS_2	61
5.29 Σμιθσονίτης (Smithsonite) – ZnCO_3	66
5.30 Σφαλερίτης (Sphalerite) - ZnS	71
5.31 Τεναντίτης (Tennantite) – $(\text{Cu,Fe})_{12}(\text{As,Sb})_4\text{S}_{13}$	71
5.32 Φθορίτης (Fluorite) – CaF_2	73
5.33 Χαλαζίας (Quartz) – SiO_2	74
7. Βιβλιογραφία	77

1. Εισαγωγή

1.1 Πρόλογος – Αντικείμενο Εργασίας

Το Λαύριο πήρε το όνομά του από τη λέξη «Λαύρα», που σημαίνει στενό πέραςμα και κατ' επέκταση μεταλλευτική στοά (Εγκυκλοπαίδεια «Δομή» 2002 - 2005). Είναι μια παραθαλάσσια κωμόπολη στα νοτιοανατολικά του Ν. Αττικής και με περίπου 10.600 κατοίκους. Αποτελεί έδρα του Δήμου Λαυρεωτικής, 50 km ανατολικά της Αθήνας.

Το Λαύριο αποτελούσε πάντοτε σημαντικό μεταλλευτικό και βιομηχανικό κέντρο με την περιοχή των μεταλλείων να καλύπτουν έκταση περίπου 150 km². Η περιοχή είναι γνωστή για την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων πλούσιων σε μόλυβδο και άργυρο κατά τους αρχαίους χρόνους.

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η ορυκτολογική μελέτη των ορυκτών από το Λαύριο που βρίσκονται στο Μουσείο Ορυκτολογίας – Πετρολογίας του Τμήματος Γεωλογίας στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό:

- Την ιστορική ανασκόπηση της μεταλλευτικής δραστηριότητας της Λαυρεωτικής και των μεθόδων εξόρυξης στην αρχαία Ελλάδα.
- Την αναφορά στη γεωλογική δομή και το σχηματισμό των μεταλλοφοριών του Λαυρίου.
- Την καταγραφή όλων των ορυκτών που έχουν εντοπιστεί μέχρι σήμερα στην Λαυρεωτική.
- Την ταξινόμηση και την ορυκτολογική – γεωχημική μελέτη όλων των δειγμάτων της συλλογής.
- Τον προσδιορισμό της κρυσταλλικής δομής των ορυκτών.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στη περάτωση της παρούσας εργασίας.

Τον επιβλέποντα Καθηγητή του Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας, κ. Μιχάλη Βαβελίδη, ευχαριστώ θερμά για την ανάθεση του θέματος, το αμείωτο ενδιαφέρον και τις χρήσιμες συμβουλές του.

Τις θερμές μου ευχαριστίες επίσης στον Λέκτορα του Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας, κ. Βασίλειο Μέλφο, για το ενδιαφέρον, τις υποδείξεις, τα σχόλια και τη συνολική υποστήριξη σε όλα τα στάδια της παρούσας εργασίας.

Σημαντική ήταν επίσης η συμβολή της Λέκτορα κ. Λαμπρινής Παπαδοπούλου κατά τη μελέτη στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης και της MSc κ. Άννας Μπουρλίβας για τη βοήθειά της στην πραγματοποίηση των ακτινογραφημάτων με τη χρήση περιθλασίμετρου ακτίνων -X-.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την Διεύθυνση του Τομέα Ορυκτολογίας - Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας για τη διάθεση των χώρων εργασίας και τη χρήση του τεχνικού εξοπλισμού.

Η πτυχιακή διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα εργαστήρια του Τομέα Ορυκτολογίας - Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Συνολικά μελετήθηκαν 149 δείγματα από τη Συλλογή του Μουσείου Ορυκτολογίας - Πετρολογίας που προέρχονται από το Λαύριο.

Η εργαστηριακή μελέτη περιλαμβάνει την οπτική, ακτινογραφική και ορυκτοχημική μελέτη των δειγμάτων που επιλέχθηκαν ως αντιπροσωπευτικά.

Εκτός από την μακροσκοπική παρατήρηση έγινε και μελέτη σε στερεοσκόπιο τύπου Zeiss (Stemi DV4) και προσδιορίστηκαν η μορφή και τα χαρακτηριστικά των διαφόρων ορυκτών.

Για τη μικροσκοπική μελέτη των στιλπνών τομών, που κατασκευάσθηκαν στον Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας, έγινε χρήση μικροσκοπίου ανακλώμενου φωτός, τύπου Leitz (Laborlux 11 Pol S).

Για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης των ορυκτών έγινε χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) τύπου Jeol (840A) με αναλυτικό σύστημα EDS Link AN10000. Η παρατήρηση των μεταλλικών ορυκτών στο SEM έγινε με τη βοήθεια εικόνας οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων (back scattering image). Η διάμετρος της δέσμης ήταν περίπου 1 μm και ο χρόνος μέτρησης 30 sec.

Για την ακτινογραφική μελέτη χρησιμοποιήθηκε περιθλασίμετρο ακτίνων X (XRD) τύπου Philips στον Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας. Η ακτινοβολία που χρησιμοποιήθηκε για τις ακτίνες X ήταν CuK α με φίλτρο Ni, η ταχύτητα ανίχνευσης (scanning speed) 1° και 0,25°/min και ο ρυθμός των μετρήσεων (count rate) 10³/sec. Η μελέτη με τις ακτίνες X έγινε για το εύρος μεταξύ 3° και 63°. Για την ταυτοποίηση των αποτελεσμάτων XRD έγινε χρήση της βάσης δεδομένων κατά Hanawalt και American Mineralogist. Για την εξαγωγή των διαγραμμάτων έγινε χρήση των λογισμικών Powder4 v.1.5b (N. Drago, Université Paris Sud) και ConvX, ενώ για την εύρεση της κρυσταλλικής δομής έγινε χρήση του λογισμικού UnitCell (Tim Holland and Simon Redfern).

Για την μακροσκοπική φωτογράφιση χρησιμοποιήθηκε ψηφιακή φωτογραφική μηχανή τύπου Pentax. Στο σύνολο λήφθηκαν 162 φωτογραφίες με ανάλυση 3072x2304 pl. Για τη φωτογράφιση με χρήση στερεοσκοπίου χρησιμοποιήθηκε ψηφιακή φωτογραφική μηχανή τύπου Canon. Στο σύνολο λήφθηκαν 69 φωτογραφίες με ανάλυση 2592x1944 pl.

Η ταξινόμηση των 150 δειγμάτων έγινε στα πρότυπα της International Mineralogical Association (IMA) και περιλαμβάνει βάση δεδομένων με όνομα των ορυκτών κατά IMA, το χημικό τους τύπο, το κρυσταλλικό σύστημα, την κατηγορία ταξινόμησης κατά DANA, τις συμφύσεις και το πέτρωμα ξενιστή, την τοποθεσία προέλευσης και το μέγεθος. Η καταγραφή έγινε ηλεκτρονικά στα πρότυπα Νεότερης Ταξινόμησης κατά DANA (Gaines et al. 1997) σε λογισμικό Microsoft Office 2003 (EXCEL).

Τέλος πραγματοποιήθηκε ψηφιοποίηση των συνοδευτικών καρτελών και κειμένων των ορυκτών του Μουσείου Ορυκτολογίας – Πετρολογίας Α.Π.Θ.

Όλα τα ηλεκτρονικά αρχεία της εργασίας παρατίθενται στον συνοδευτικό ψηφιακό δίσκο.

2. Ιστορική ανασκόπηση της εκμετάλλευσης του ορυκτού πλούτου της Λαυρεωτικής

2.1 Τεχνικές εξόρυξης κατά την αρχαιότητα

Για να γίνει καλύτερα αντιληπτή η ιστορική αναδρομή της μεταλλευτικής δραστηριότητας του Λαυρίου κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν περιληπτικά οι τεχνικές που χρησιμοποιούσαν οι αρχαίοι Έλληνες. Τεχνικές για τις οποίες πάντα υπήρχε το ερώτημα ποιος τις εισήγαγε, με τον Servais (1973) της Βελγικής αρχαιολογικής αποστολής να αναιρεί την μέχρι τότε υπάρχουσα αντίληψη ότι οι Φοίνικες δίδαξαν τις τεχνικές εξόρυξης, υποστηρίζοντας ότι τις γνώσεις πάνω στη μεταλλευτική και τη μεταλλουργία, οι Μυκηναίοι πρώτα, τις απέκτησαν από τα εμπορικά τους ταξίδια στο εξωτερικό.

Οι μεταλλευτικές εργασίες των αρχαίων δείχνουν σύμφωνα με τον Κονοφάγο (1980) ότι είχαν αντιληφθεί από την αρχή ότι τα μεταλλεύματα στο Λαύριο συγκεντρώνονται σχεδόν αποκλειστικά μέσα στα μάρμαρα, στην επαφή με τους σχιστόλιθους, κοντά σε υδροθερμικές φλέβες.

2.1.1 Εξόρυξη των Μεταλλευμάτων

Τα μεταλλεύματα που ενδιέφεραν τους αρχαίους ήταν τα οξειδωμένα και θειούχα μεταλλεύματα του μολύβδου. Τα μεταλλεύματα αυτά είχαν περιεκτικότητα σε μολύβδο έως 65%. Σε αυτό το πλούσιο μετάλλευμα η περιεκτικότητα του αργύρου κυμαίνονταν από 500 μέχρι και 5.000 gr/t μολύβδου (Κονοφάγος 1980).

Το μετάλλευμα εξορύσσονταν αρχίζοντας από την επιφάνεια με τη διάνοιξη στοών (Εικ. 2.1.1.1) και φρεάτων που κατασκευάζονταν κατά προτίμηση μέσα σε σχιστόλιθους αφού είναι πιο εύθραυστοι από το μάρμαρο. Αρχικά μέσα στις στοές και αργότερα έξω από αυτές γινόταν χειροδιαλογή των τεμαχίων με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μολύβδο, κάτι που εύκολα καταλάβαιναν από το βάρος του δείγματος. Τα φτωχά σε μολύβδο μεταλλεύματα (κάτω από 7%) που άφηναν μέσα ή έξω από τα μεταλλεία, αποτελούσαν τις λεγόμενες εσωτερικές και εξωτερικές «εκβολάδες».

Πάνω από 1.000 φρεάτια έχουν βρεθεί στην ευρύτερη μεταλλευτική περιοχή με τις υπόγειες στοές να φτάνουν το συνολικό μήκος εκατοντάδων χιλιομέτρων, που είναι κατασκευασμένες σε έξι επίπεδα. Τα φρεάτια φτάνουν σε βάθος έως και 119 m από την επιφάνεια και είχαν πολλαπλές χρήσεις, όπως για τον εξαερισμό των στοών και την εξαγωγή και μεταφορά του μεταλλεύματος (Κονοφάγος 1980). Οι στοές διανοίχτηκαν χειρονακτικά, αποκλειστικά με εργαλεία όπως η αξίνα, η σφύρα και η σμίλη, όπως προκύπτει από τα ίχνη στα τοιχώματα των μεταλλείων αλλά και από τα αρχαιολογικά ευρήματα. Σε μικρότερο βαθμό χρησιμοποιήθηκε και η φωτιά με την οποία θερμαινόταν το πέτρωμα στο μέτωπο της υπόγειας εξόρυξης και στη συνέχεια ψύχονταν απότομα με νερό, με αποτέλεσμα λόγω της απότομης συστολής να θρυμματίζεται και να αποσπάται ευκολότερα (Marinos G, Petrascheck WE 1956, Κονοφάγος 1980, Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου 1994). Ο φωτισμός επίσης επιτυγχάνονταν και με λυχνίες λαδιού από ψημένη άργιλο (Εικ. 2.1.1.2) ή από μολύβδο (Κορδέλλας, κατά Κονοφάγο 1980), για μεγαλύτερη αντοχή, οι οποίες ήταν ατομικές για τον κάθε εργάτη και η διάρκειά τους έφθανε τις 8-10 ώρες (Κονοφάγος 1980). Κατά την εργασία ο εργάτης τοποθετούσε τη λάμπα στην κατακόρυφη πλευρά της γαλαρίας ή σε κατακόρυφο τμήμα του μεταλλείου σε μια μικρή κατάλληλη λακκούβα που έφτιαχνε ο ίδιος.

Η διατομή των αρχαίων στοών μέσα στους σχιστόλιθους ήταν σχήματος παραλληλόγραμμου, τραπεζίου ή θόλου με ύψος 0,6 – 1 m και πλάτος 0,6 – 0,9 m. (Κονοφάγος 1980). Υπήρχαν διάφοροι λόγοι που επέβαλλαν την διάνοιξη τόσο στενών στοών, με σημαντικότερο το ότι με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνονταν μεγαλύτερη ταχύτητα ορύξεως τόσο των ερευνητικών στοών όσο και των στοών εκμετάλλευσης. Συγχρόνως όμως υπήρχε και ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα. Δεν υπήρχε ανάγκη για υποστύλωση (με ξύλα ή ξερολιθιές) όπως συμβαίνει σχεδόν πάντα στις στοές των μεταλλείων. Υπολογίζεται ότι η διάνοιξη της στοάς προχωρούσε σε μήκος 12 μέτρα το μήνα, ενώ τα φρεάτια μόλις κατά 5 μέτρα (Κονοφάγος 1980). Στο μέτωπο μιας νέας στοάς εργαζόταν ένας εργάτης με τα εργαλεία και ένα λύχνο για να φωτίζει. Μακριά περίμενε ο αντικαταστάτης του για να είναι η εργασία συνεχής, ενώ τα παιδιά άλλαζαν τα παλιά καλέμια με νέα «βαμμένα» ατσάλινα.

Οι εργαζόμενοι στις στοές έπρεπε να εργάζονται ύπτιοι και να προχωρούν έρποντας εκατοντάδες μέτρα για να μεταφέρουν το μετάλλευμα. Πολλές φορές η μεταφορά υλικού μέσα από στενές στοές γίνονταν επίσης από παιδιά.

Η εργασία στις στοές ήταν επίπονη και ο αέρας γινόταν συχνά ασφυκτικός από την ελάττωση του οξυγόνου από τους ανθρώπους, τις λυχνίες, όπως και από την αιθάλη του καπνού τους.



Εικ. 2.1.1.1. Αρχαία μεταλλευτική στοά στην Καμάριζα Λαυρίου.
Φωτογραφία: Β. Μέλφος



Εικ. 2.1.1.2. Λυχνία λαδιού από ψημένη άργιλο από το Μουσείο Ορυκτολογίας - Πετρολογίας.
Φωτογραφία: Μ. Βαβελίδης

2.1.2 Εμπλουτισμός του μεταλλεύματος

Το πλούσιο μέταλλευμα με πάνω από 30% σε μόλυβδο προορίζονταν κατευθείαν για την κάμινο τήξεως για την μεταλλουργική διεργασία. Αν το μέταλλευμα ήταν φτωχότερο (<30% σε μόλυβδο), ήταν απαραίτητος ο εμπλουτισμός, δηλαδή ο διαχωρισμός σε πλούσιο και σε φτωχό σε μόλυβδο μέταλλευμα. Ο εμπλουτισμός γινόταν ως εξής:

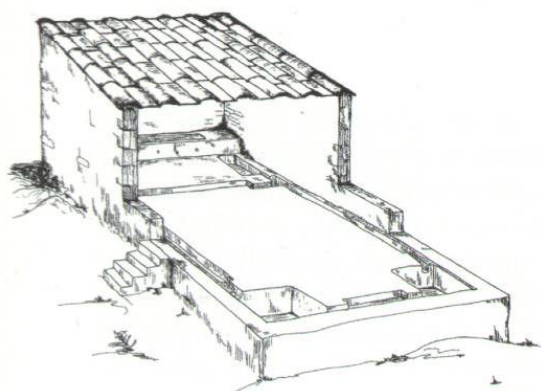
Καταρχήν έθραυαν το μέταλλευμα με βαριά σφυριά σε πλάκες ή λεκάνες από μάρμαρο, διαμέτρου περίπου 50 cm. Έπειτα, το κοκκώδες υλικό οδηγούνταν σε λίθινα τριβεία από τραχείτη, γνωστά ως μυλόπετρες. Η κοκκοποίηση εκεί φαίνεται ότι ήταν πλήρης και οι κόκκοι είχαν διάμετρο 1 mm περίπου (Πρωτόπαπας 2000).

Στη συνέχεια το έπλεναν σε ειδικές εγκαταστάσεις πλυντηρίων εμπλουτισμού (Εικ. 2.1.2.1, 2.1.2.2) όπου το νερό, ρέοντας σε ειδικά ξύλινα ρείθρα¹ με εγκοπές,

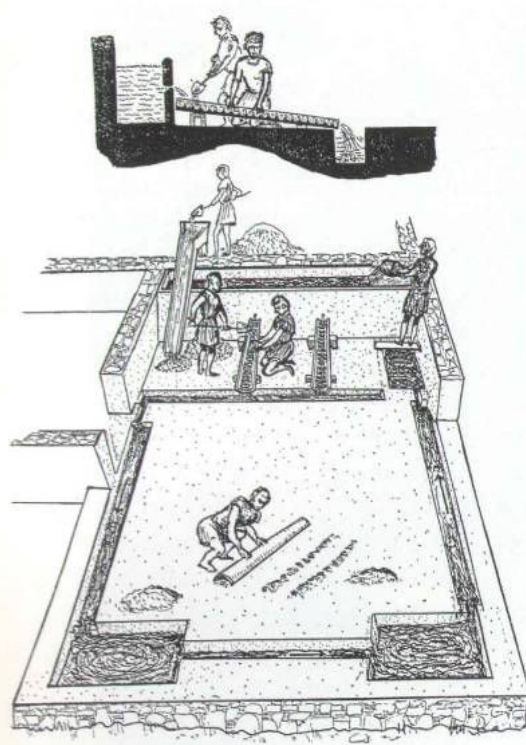
¹ Κεκλιμένο πλυντήριο με σταθερή κλίση επί του οποίου με ρεύμα νερού πλένεται το μέταλλευμα. Οι αρχαίοι Έλληνες για το ρείθρο χρησιμοποιούσαν τις λέξεις «φάτνη» και «κάτυλον». Φάτνη για τα

παρέσερνε το ελαφρύ κλάσμα του τριμμένου μεταλλεύματος και άφηνε στις εγκοπές το βαρύ κλάσμα που ήταν πλούσιο σε μόλυβδο. Τα πλυντήρια ήταν κεκλιμένα επίπεδα σχήματος ορθογωνίου και σπανιότερα κυκλικού, με ισοπεδωμένες επιφάνειες και υδατοστεγές επίχρισμα. Κατά τη διαδικασία της έκπλυσης και του εμπλουτισμού, πρώτα αποχωρίζονταν τα ορυκτά με μικρότερο ειδικό βάρος, όπως χαλαζίας και ασβεστίτης και στη συνέχεια τα μεταλλικά ορυκτά σφαλερίτης, σιδηροπυρίτης και γαληνίτης, ο οποίος περιείχε τον άργυρο. Το ελαφρύ κλάσμα λέγονταν «πλυνίτης» και το πετούσαν (Κονοφάγος 1980).

Το μετάλλευμα που απέμενε είχε βάρος $\frac{1}{4}$ του αρχικού. Όσον αφορά το νερό για τα πλυντήρια, οι αρχαίοι χρησιμοποιούσαν μεγάλες δεξαμενές, χωρητικότητας 300 - 1.500 m³, για να συλλέγουν το νερό της βροχής, αφού στο Λαύριο δεν υπήρχαν ποτάμια ή πηγές νερού (Κονοφάγος 1980). Εσωτερικά οι δεξαμενές ήταν ενισχυμένες με επάλληλα στρώματα υδατοστεγανού υλικού², ενώ πλευρικά υπήρχε σκάλα καθόδου για τη συντήρηση και τον καθαρισμό τους (Marinos G, Petrascheck WE 1956, Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου 1994).



Εικ. 2.1.2.1. Σχέδιο πλυντηρίου μεταλλεύματος στο Λαύριο από Κονοφάγο (1980)



Εικ. 2.1.2.2. Αναπαράσταση λειτουργίας πλυντηρίου μεταλλεύματος στο Λαύριο από Κονοφάγο (1980)

2.1.3 Τήξη

Το εμπλουτισμένο μετάλλευμα ήταν λεπτόκοκκο και για να τακεί στην κάμινο (Εικ. 2.1.3.1) έπρεπε να κατασκευαστούν ειδικοί πλίνθοι από αυτό. Οι πλίνθοι αυτοί

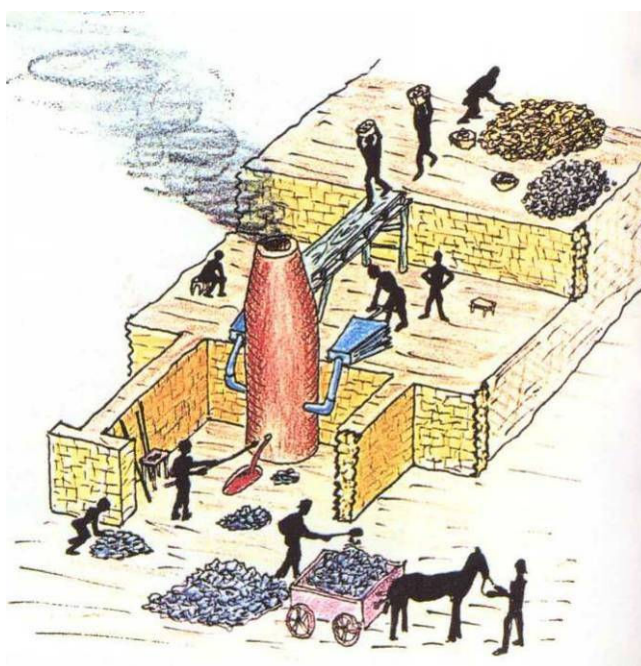
ξύλινα ρείθρα που τα εμπόδια που κατακρατούσαν το μετάλλευμα ήταν οι τρίχες των δερμάτων. Κάτυλον ονομάζονταν κάθε τι κοίλο (Τσάμου 1991).

² Κύριο συστατικό του επιχρίσματος ήταν ο πυρολουσίτης (MnO₂). Το υλικό εκτός από τη στεγανότητα παρουσίαζε και μεγάλη ελαστικότητα, έως σήμερα δεν έχει υποστεί αλλοιώσεις (Πρωτόπαπας 2000).

είχαν αυξημένο πορώδες ώστε να γίνεται πιο εύκολη καύση μαζί με το χονδρόκοκκο μετάλλευμα. Η καύση γινόταν με συνεχή τροφοδοσία σε ξυλοκάρβουνο (περίπου 15% του βάρους του μεταλλεύματος) και διοχέτευση ρεύματος αέρα με χειροκίνητα φυσερά (Κονοφάγος 1980).

Η καύση του ξυλοκάρβουνου προκαλούσε την τήξη του μεταλλεύματος σε θερμοκρασία 1.000 °C. Στην θερμοκρασία αυτή ο άνθρακας και το μονοξείδιο του άνθρακα «ανάγουν» χημικά τα οξείδια του μολύβδου και ελευθερώνουν το μολύβδο σε μεταλλική κατάσταση. Έτσι από μια μικρή οπή στο κάτω μέρος της καμίνου έρεε ο μολύβδος που περιείχε και τον άργυρο σε μίξη.

Όλο το υπόλοιπο υλικό έβγαινε επίσης ως λειωμένο απόρριμμα σε πλήρη ανάμιξη και αποτελούσε τη λεγόμενη «σκωρία». Ο μολύβδος και η σκωρία έρεαν σε έναν λάκκο και η σκωρία επέπλεε επάνω στον μολύβδο αφού έχει χαμηλότερο ειδικό βάρος, ενώ και τα δύο στερεοποιούνταν σε δύο στρώματα και έτσι ο μολύβδος διαχωρίζονταν εύκολα (Κονοφάγος 1980).



Εικ. 2.1.3.1. Αναπαράσταση καμίνου τήξης στο Λαύριο από Κονοφάγο (1980)

2.1.4 Κυπέλλωση

Σύμφωνα με τον Κονοφάγο (1980) υπολογίζεται ότι κατά την αρχαιότητα η περιεκτικότητα του μολύβδου σε άργυρο ήταν περίπου 0,5 – 5 kg/t, ανάλογα με το αρχικό μετάλλευμα. Για να διαχωριστεί ο άργυρος από τον μολύβδο χρησιμοποιούνταν μια επιπλέον τεχνική που εφαρμόζεται και σήμερα, αυτή της οξειδωσης του μολύβδου με το οξυγόνο του αέρα σε θερμοκρασία περίπου 950 °C. Σε ειδική κάμινο έτηκαν τον μολύβδο, ο οποίος οξειδώνεται και σαν οξείδιο του μολύβδου, που οι αρχαίοι ονόμαζαν λιθάργυρο, έρεε έξω από την κάμινο. Σαν υπόλειμμα έμενε ο άργυρος που δεν προσβάλλεται από το οξυγόνο (Κονοφάγος 1980).

Η μεταλλουργική αυτή οξειδωση ονομάζεται «κυπέλλωση» γιατί γίνεται σε ένα πυρίμαχο κύπελλο που τοποθετείται σε ειδική θολωτή κάμινο κυπελλώσεως στο οποίο διοχετεύεται ισχυρό ρεύμα αέρα. Οι μεταλλουργοί του αργύρου είχαν

ανακαλύψει και τη χρήση καταλυτών, όπως ο φθορίτης, που υπάρχει άφθονος στο Λαύριο. Με αυτό το τρόπο ο άργυρος που έφθανε στα νομισματοκοπεία για την κοπή των περίφημων «λαυρεωτικών γλαυκών» έφθανε σε καθαρότητα 0,978 που το καθιστούσε το ισχυρότερο νόμισμα της εποχής (Κονοφάγος 1980).

2.1.5 Ανάτηξη λιθαργύρου

Ο λιθάργυρος περιείχε όλο σχεδόν το μόλυβδο και ήταν η πρώτη ύλη για τον εμπορεύσιμο μεταλλικό μόλυβδο, χωρίς άργυρο.

Ο λιθάργυρος τήκονταν στις καμίνους τήξεως, μαζί με κάρβουνο αλλά και με λίγη σκωρία. Συγχρόνως αποδεσμεύονταν ο μόλυβδος, ως μεταλλικός και έρεε από την κάτω οπή της καμίνου (Κονοφάγος 1980).

2.2 Ιστορία του μεταλλευτικού κέντρου του Λαυρίου κατά την αρχαιότητα

Το Λαύριο αποτέλεσε ένα από τα σημαντικότερα μεταλλευτικά κέντρα στην αρχαιότητα, από όπου εξορύχτηκαν μεγάλες ποσότητες αργύρου. Από εκεί οι αρχαίοι Αθηναίοι απέκτησαν τη δύναμη και κυριάρχησαν κατά την Κλασική περίοδο.

Η αρχή της μεταλλευτικής ιστορίας του Λαυρίου χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Ορισμένοι συγγραφείς την τοποθετούν γύρω στο 2.500 π.Χ., στα πρωτοελλαδικά χρόνια. Η παραγωγή του αργύρου φαίνεται πως άρχισε κατά το 1.500 π.Χ. στο Θορικό (Κονοφάγος 1980).

2.2.1 Ενδείξεις χρήσης της τεχνικής κυπέλλωσης, 1.500 – 900 π.Χ.

Την εποχή εκείνη στην Ελλάδα ανθεί ο Μυκηναϊκός πολιτισμός, ο οποίος χαρακτηρίζεται και ως πολιτισμός του κρατερώματος, δηλαδή του μπρούτζου, αυτού που στην Ελλάδα ονομάζουμε «Εποχή του Χαλκού». Το 1.200 π.Χ. η μετανάστευση, φύλλων από το βορρά, γνωστή και ως «Κάθοδος των Δωριέων» οδήγησε σε παρακμή το Μυκηναϊκό πολιτισμό. Θεωρείται ότι με τους «Δωριείς» αρχίζει και η «Εποχή του Σιδήρου», κάτι που φαίνεται και από τη χρήση όπλων κατασκευασμένα από χάλυβα. Στη Λαυρεωτική με τα μεταλλεύματα του αργυρούχου μολύβδου πιθανώς να έγινε η πρώτη εκμετάλλευση αργύρου την περίοδο αυτή (Κονοφάγος 1980). Σημαντικά ευρήματα της Βελγικής αρχαιολογικής αποστολής στο Λαύριο, που χρονολογούνται στην εποχή εκείνη, όπως κεραμικά με ίχνη τήξης, ακανόνιστα κομμάτια μολύβδου και λιθαργύρου, δηλώνουν παραγωγή αργύρου την εποχή εκείνη.

Όσο όμως για την αρχή της μεταλλευτικής δραστηριότητας στη Λαυρεωτική, όπως ο ίδιος ο Ξενοφών γράφει, κανείς δεν επιχείρησε να την προσδιορίσει χρονολογικά, παρόλο που όλοι γνώριζαν ότι είναι τόσο παλιά.

2.2.2 Τα πρώτα αθηναϊκά νομίσματα γίνονται με λαυρεωτικό άργυρο, 800 – 600 π.Χ.

Τα πρώτα ίχνη που δηλώνουν εκμετάλλευση των μεταλλευμάτων της Λαυρεωτικής είναι η χρήση των πρώτων αργυρών Αθηναϊκών νομισμάτων που έγιναν πιθανότατα από λαυρεωτικό άργυρο. Τα νομίσματα αυτά συνετέλεσαν στην ραγδαία οικονομική ανάπτυξη της Αθήνας, που πολύ γρήγορα μεταβλήθηκε σε ένα σημαντικό βιοτεχνικό, εμπορικό, πολιτισμικό κράτος – πόλη, με πολύπλευρη ισχύ και δύναμη.

2.2.3 Τα κοιτάσματα του Λαυρίου αξιοποιούνται, 560 -510 π.Χ.

Το Λαύριο την εποχή του Πεισίστρατου αναπτύσσεται σημαντικά. Αν και δεν υπάρχουν άμεσες πηγές από την εποχή εκείνη είναι βέβαιο ότι χρησιμοποιήθηκαν σημαντικές ποσότητες αργύρου για τη κοπή των πρώτων αττικών τετράδραχμων. Η τεχνική εξόρυξης είχε βελτιωθεί σημαντικά και έτσι σημειώθηκε αύξηση της παραγωγής του αργύρου. Ο ίδιος ο Πεισίστρατος από το Λαύριο κατείχε μεταλλεία στο Παγγαίο, όπου βρισκόταν σε εξορία, από το οποίο συγκέντρωσε πλούτο και απέκτησε μισθοφορικό στρατό. Θεωρείται πως επιστρέφοντας στην Αθήνα από την δεκαετή εξορία του το 546 π.Χ. έφερε μαζί του από το Παγγαίο εργάτες καθώς και νέες τεχνικές εξόρυξης (Κονοφάγος 1980).

Επιπλέον την εποχή εκείνη τα μεταλλεία ανήκαν σε ιδιώτες, κάτι που φαίνεται από την ύπαρξη ιδιωτικών νομισματοκοπειών και επιγραφών σε αυτά. Αυτό ήρθε να αλλάξει ο Κλεισθένης, ο οποίος με σχετικό νόμο κρατικοποίησε τα μεταλλεία (Marinos G, Petrascheck WE 1956, Κονοφάγος 1980, Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου 1994)..

2.2.4 Αρχή της συστηματικής εκμετάλλευσης. Κοίτασμα στη Μαρόνεια της Καμάρizas, 483 π.Χ.

Ενώ η παραγωγή σε άργυρο του Λαυρίου ήταν περιορισμένη, το 483 π.Χ. σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, έγινε γνωστή η ανακάλυψη ενός πλούσιου κοιτάσματος στη Λαυρεωτική, στη θέση Μαρόνεια, στην περιοχή της Καμάρizas (Marinos G, Petrascheck WE 1956, Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου 1994). Απότομα τα έσοδα του Δήμου από τη Λαυρεωτική διπλασιάζονται και το Λαύριο γνωρίζει σημαντική ακμή. Από τον άφθονο άργυρο οι επιχειρηματίες κερδίζουν υπέρογκα ποσά, ενώ με υπόδειξη του Θεμιστοκλή («Ναυτικός Νόμος του Θεμιστοκλή») κατασκευάζεται ο ισχυρός αθηναϊκός στόλος, ο οποίος μαζί με τον υπόλοιπο ελληνικό σώζει στη Σαλαμίνα τον αρχαίο ελληνικό πολιτισμό από την επίθεση των υπό τον Ξέρξη Περσών. Οι τότε αθηναϊκές τριήρεις ήταν 200, σε σύνολο των 314 ελληνικών που κατασκευάστηκαν 2 χρόνια πριν από τη μεγάλη ναυμαχία, χάρη στα αποθέματα λαυρεωτικού αργύρου. Κάθε τριήρης στοίχιζε 2 τάλαντα που ισοδυναμούσαν σε 12.000 αργυρές δραχμές ή 54 kg άργυρο (Marinos G, Petrascheck WE 1956, Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου 1994).

Σε κάθε περίπτωση, όπως αναφέρει και ο Αισχύλος, η δύναμη της Αθήνας οφείλεται σε τρεις λόγους: στο ελεύθερο πολίτευμα των Αθηναίων, στον ισχυρό στρατό και στην οικονομική δύναμη που της παρείχε ο άργυρος του Λαυρίου. Πριν από τον Πελοποννησιακό πόλεμο, 270 t αργύρου φυλάσσονταν στα θησαυροφυλάκια του Παρθενώνα, ενώ άλλος τόσος ήταν ο άργυρος σε κυκλοφορία.

2.2.5 Ο «χρυσός αιώνας» του Περικλή και η ακμή του Λαυρίου, 480 – 431 π.Χ.

Στα 50 χρόνια που ακολούθησαν τους Μηδικούς πολέμους, η Αθήνα παρουσίασε απότομη ευημερία και άνοδο σε δύναμη και πολιτισμό. Με επίκεντρο την Αθήνα αναπτύχθηκε ο περίφημος «Κλασικός Πολιτισμός» του 5^{ου} π.Χ. αιώνα, που δικαίως ονομάστηκε «Χρυσός Αιώνας». Μια εποχή στην οποία μεταξύ άλλων απaráμιλλων μεγαλουργημάτων αναπτύχθηκε σημαντικά η τεχνική της παραγωγής του αργύρου στο Λαύριο καθώς και της νομισματοκοπίας.

Τα Αθηναϊκά νομίσματα, γνωστά και ως «λαυρεωτικές γλαύκες» (Εικ. 2.2.5.1) κυκλοφορούν σε όλο τον τότε γνωστό κόσμο και το Λαύριο γνωρίζει μια συνεχή

άνοδο. Η μέγιστη ετήσια παραγωγή υπολογίζεται να ήταν της τάξεως των 20 t αργύρου (Κονοφάγος 1980). Οι εργάτες στα μεταλλεία ήταν δούλοι και υπολογίζονται σε 11.000 (Κονοφάγος 1980). Δούλευαν όμως και ελεύθεροι πολίτες σε άλλους τομείς της εκμετάλλευσης των μεταλλείων. Εξάλλου κάτι τέτοιο ήταν συνηθισμένο στην εποχή του Περικλή.

Όλα αυτά όμως μέχρι τον Πελοποννησιακό πόλεμο που όπως προέβλεψε ο Περικλής ήταν μοιραίος, οδηγώντας στην παρακμή τους Αθηναίους.



Εικ. 2.2.5.1. Αθηναϊκό νόμισμα από άργυρο, «Λαυρεωτική γλαύκα».

2.2.6 Παρακμή του Λαυρίου, Πελοποννησιακός πόλεμος, 431 – 404 π.Χ.

Ο Πελοποννησιακός πόλεμος ανάμεσα στην Αθήνα, τη Σπάρτη και τους συμμάχους τους διήρκεσε 27 χρόνια και τον περιέγραψε ο Αθηναίος ιστορικός Θουκυδίδης. Όπως ο ίδιος γράφει κατά τη πρώτη περίοδο του Πελοποννησιακού πολέμου, μέχρι το 421 π.Χ., το Λαύριο βρίσκονταν σε παρακμή. Οι Σπαρτιάτες εισέβαλλαν στην Αττική και έφτασαν έως το Λαύριο, κάτι που επηρέασε αισθητά την παραγωγή αργύρου. Ο Περικλής πεθαίνει από τον λοιμό που έπεσε στην Αθήνα το 430 π.Χ. και οι διάδοχοί του κρίνονται ανάξιοι, αφού οδήγησαν την Αθήνα σε αδιέξοδο. Με την κατάληψη της Δεκέλειας, το 413 π.Χ. η κατάσταση χειροτέρευσε καθώς διακόπηκε η από ξηράς επικοινωνία της Αθήνας με το Λαύριο και παράλληλα συνέβη κάτι ακόμα πιο καταστροφικό. Περίπου 20.000 δούλοι οδηγήθηκαν προς Σπάρτη, πολλοί από τους οποίους, αν όχι οι περισσότεροι, ήταν δούλοι - εργάτες στη Λαυρεωτική. Αυτό είχε ως άμεσο αποτέλεσμα η παραγωγή του αργύρου να μηδενιστεί. Πρέπει να σημειωθεί όμως πως η αποχώρηση των δούλων δεν ήταν η μοναδική αιτία της παρακμής των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων. Οι δούλοι είχαν τη γνώση και τις τεχνικές εκμετάλλευσης, αφού ήταν εξειδικευμένοι στην εργασία αυτή. Έτσι δεν είναι τυχαίο ότι έπρεπε να περάσουν δεκαετίες για να ξεκινήσει πάλι η εντατική παραγωγή, χωρίς ποτέ όμως αυτή να φθάσει στις δόξες του 5^{ου} π.Χ. αιώνα.

2.2.7 Το Λαύριο ανθεί και πάλι, 400 - 300 π.Χ.

Τη περίοδο αυτή, Αθήνα και Σπάρτη χάνουν έδαφος τη στιγμή που ισχυροποιείται η Θήβα, χάρη στον ικανότατο ηγέτη τους Επαμεινώνδα, η ηγεμονία του οποίου δεν διαρκεί πολύ. Η παρακμή της Θήβας αρχίζει λίγο μετά το θάνατο του Επαμεινώνδα στη νικηφόρα μάχη εναντίων των Σπαρτιατών το 362 π.Χ. στη Πελοπόννησο. Η Σπάρτη χάνει την επιρροή της, η Αθήνα πολεμάει εναντίων των συμμάχων της και γενικά οι ελληνικές πόλεις – κράτη αποσυντίθενται. Οικονομικά όμως η Αθήνα ανακάμπτει, επειδή οι πολίτες της απογοητευμένοι από τον Πελοποννησιακό πόλεμο στρέφονται προς την προσωπική τους οικονομική άνοδο. Στο λιμάνι του Πειραιά γίνονται εκτεταμένες συναλλαγές με το εξωτερικό κάνοντας το εμπόριο τη σίγουρη λύση για κέρδος, παραμερίζοντας τα μεταλλεία και την

εκμετάλλευση του αργύρου. Η Αθήνα γενικά τηρεί ειρηνική πολιτική και προσπαθεί να ανασυγκροτηθεί.

Ο Καλλίστρατος (Αθηναίος οικονομολόγος) όμως γνώριζε τη σπουδαιότητα του λαυρεωτικού αργύρου και έτσι προώθησε την παραχώρηση δικαιωμάτων εκμετάλλευσης σε ιδιώτες. Τα υπόγεια μεταλλεία ανήκαν αποκλειστικά στο κράτος αλλά τα επιφανειακά εδάφη και οι μεταλλουργικές εγκαταστάσεις δίνονταν σε ιδιώτες με ενοίκιο. Τα όρια της μεταλλευτικής παραχωρήσεως ορίζονταν με όρια πάνω στο έδαφος και η διάρκεια της ενοικίασης ήταν 3 χρόνια για τα ενεργά μεταλλεία και 10 χρόνια για αυτά σε νέες περιοχές έρευνας, όπως αναφέρει ο Αριστοτέλης. Ο ενοικιαστής επίσης πλήρωνε στην πολιτεία το 5% των κερδών του. Ταυτόχρονα ψηφίζεται ειδικός νόμος «ο Μεταλλευτικός νόμος» που ήταν σχετικός με τις παραβάσεις που μπορούσαν να κάνουν οι μεταλλευτές (Marinos G, Petrascheck WE 1956, Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου 1994). Οι ποινές αφορούσαν παραβάσεις ορίων εκμετάλλευσης, παρενόχληση της εργασίας του γείτονα και αντικανονική εκμετάλλευση μεταλλείων θέτοντας σε κίνδυνο τη ζωή των εργαζομένων. Αξιοσημείωτη ήταν η θανατική ποινή που επιβάλλονταν σε όποιον έκοβε τις κολόνες από μετάλλευμα στα παλιά μεταλλεία, που χρησίμευαν στην στήριξη της οροφής, επιδιώκοντας έτσι εύκολη πρώτη ύλη (Marinos G, Petrascheck WE 1956, Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου 1994).

2.2.8 Μακεδονική περίοδος. Παρακμή της Αθήνας και του Λαυρίου, 300 - 200 π.Χ.

Τη περίοδο αυτή ξεπροβάλλει μια νέα υπερδύναμη από τον βορρά, αυτή των Μακεδόνων. Υπό τον βασιλιά τους Φίλιππο Β' θέτουν στόχο να κυριαρχήσουν στην Ελλάδα και αφετέρου ενώνοντάς την σε μία συμμαχία να εισβάλουν στην ανατολή. Τις ιδέες του Φιλίππου προσυπογράφουν όλες οι ελληνικές πόλεις – κράτη πλην των Σπαρτιατών. Ο Φίλιππος πραγματοποιεί συστηματικά τους σκοπούς του και την μεγάλη εκστρατεία ολοκληρώνει ο γιος του Αλέξανδρος ο Μέγας.

Το Λαύριο δεν θα μπορούσε όμως να μην επηρεαστεί. Ο Φίλιππος εισάγει τον διμεταλλισμό στα νομίσματα (παράλληλη κυκλοφορία χρυσών και αργυρών νομισμάτων) και σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων της Μακεδονίας και της Θράκης, το Λαύριο δέχεται άμεσα ένα σοβαρό χτύπημα αφού το λαυρεωτικό νόμισμα παύει να είναι το μοναδικό ισχυρό νόμισμα της εποχής εκείνης.

Το μακεδονικό νόμισμα εκτόπισε το λαυρεωτικό και κυκλοφόρησε σε όλο τον τότε γνωστό κόσμο. Στα μεταλλεία του Λαυρίου καταβάλλονται φιλότιμες προσπάθειες αλλά χωρίς κανένα αποτέλεσμα, αφού η εκμετάλλευση κρίνονταν ασύμφορη, λόγω και της χαμηλής περιεκτικότητας των κοιτασμάτων σε άργυρο (Κονοφάγος 1980). Αίσθηση προκαλεί η αναφορά του Στράβωνα ότι ο Δημήτριος ο Φαληρεύς έλεγε πως «οι Αθηναίοι έσκαβαν τη γη στα αττικά αργυρεία με τόση μανία ώστε θαρρούσες πως προσδοκούσαν να βγάλουν έξω από τα σπλάχνα τους τον Πλούτωνα».

2.2.9 Ρωμαϊκή κυριαρχία, η Αθήνα παρακμάζει, το Λαύριο εγκαταλείπεται, 200 – 100 π.Χ.

Μετά τον θάνατο του Μεγάλου Αλεξάνδρου η Μακεδονία παρακμάζει αφού οι διάδοχοι του μεγάλου στρατηλάτη κρίνονται ανάξιοι. Οι Ρωμαίοι πλέον εισβάλλουν και καταδυναστεύουν τις ελληνικές πόλεις – κράτη, ενώ προχωρούν και σε ακρότητες τόσο σε ανθρωπιστικό όσο και σε πολιτισμικό επίπεδο.

Την ίδια στιγμή οι Ρωμαίοι δίνουν στην Αθήνα ως αντάλλαγμα της ουδετερότητάς της το λιμάνι της Δήλου και αυτή το εκμεταλλεύεται αναπτύσσοντας εμπόριο. Έχοντας άθικτο το γόητρό της που συνδέεται με την πολιτιστική και πνευματική της ανάπτυξη, καταφέρνει να κάνει γνωστό το νέο της νόμισμα που ο τύπος του μοιάζει με τις «λαυρεωτικές γλαύκες». Χρειάζεται όμως μεγάλες ποσότητες αργύρου και έτσι στρέφεται και πάλι στα μεταλλεύματα του Λαυρίου τα οποία αρχίζουν να λειτουργούν εντατικά. Χιλιάδες δούλοι εργάζονται ακατάπαυστα μέχρι που επαναστατούν ορμώνον από το γενικότερο ρεύμα επανάστασης κατά της δουλοκτητικής κοινωνίας. Οι δούλοι του Λαυρίου (1.000 περίπου) καταλαμβάνουν το φρούριο του Σουνίου και αρχίζουν να λεηλατούν την Αττική. Οι Ρωμαίοι με δυσκολία σταμάτησαν την επανάσταση.

Για το Λαύριο η επανάσταση και η απώλεια των δούλων ήταν καθοριστική. Τα μεταλλεία έκλεισαν στο τέλος του 2^{ου} π.Χ. αιώνα ενώ στις αρχές του 1^{ου} π.Χ. αιώνα υπήρχε μια μικρή εκμετάλλευση των μεταλλουργικών σκωριών. Τα μεταλλεία εγκαταλείφθηκαν όχι λόγω εξάντλησης των κοιτασμάτων αλλά λόγω έλλειψης δούλων. Πλέον η ανάτηξη των σκωριών ήταν πιο προσιτή αφού δεν απαιτούνταν εξόρυξη και εμπλουτισμός. Ύστερα και η τήξη της σκωρίας είναι αισθητά ευκολότερη από την τήξη του μεταλλεύματος. Ακόμα όμως και αυτή η δραστηριότητα έλαβε γρήγορα τέλος γιατί στο μεταξύ η Αθήνα δέχεται ένα τελικό πλήγμα. Λεηλατείται από τον Λεύκιο Κορνήλιο Σύλλα (Ρωμαίος στρατιωτικός και πολιτικός, 138 π.Χ. – 78 π.Χ.). Το αθηναϊκό νόμισμα δεν κυκλοφορεί πια και η Αθήνα μαζί με την υπόλοιπη Ελλάδα καταρρέουν.

2.3 Σύγχρονη ιστορία των μεταλλείων της Λαυρεωτικής

2.3.1 Επαναλειτουργία μεταλλείων στο Λαύριο, 1860.

Το Λαύριο έμεινε ξεχασμένο σχεδόν για δυο χιλιετίες, μέχρι το 1860 όταν εμφανίστηκε και πάλι στο ιστορικό προσκήνιο. Αρκετοί διανοούμενοι στην Ελλάδα και το εξωτερικό γνώριζαν ότι στο Λαύριο βρίσκονταν τα αργυρεία των Αθηναίων. Η κυβέρνηση κάλεσε ξένους ειδικούς για την εκτίμηση των μεταλλείων αλλά αυτοί αποφάνθηκαν ότι δεν ήταν εκμεταλλεύσιμα. Η κατάσταση όμως του Λαυρίου επανεκτιμήθηκε χάριν στον Ανδρέα Κορδέλλα (νεαρό Έλληνα μεταλλειολόγο μηχανικό από τη Σμύρνη) σε συνεργασία με το υπουργείο Οικονομικών. Ο ίδιος το 1860 υπέβαλλε στην κυβέρνηση έκθεση στην οποία ανέφερε πως η εκμετάλλευση των αρχαίων μεταλλευτικών σκωριών που έφθανε σε όγκο το 1.000.000 m³ θα μπορούσε να αποβεί ιδιαίτερα επωφελής (Κονοφάγος 1980).

Ως συνέπεια των εκθέσεων του Κορδέλλα έρχεται στην Ελλάδα ο Ιταλός μεταλλειολόγος J. B. Serpieri εκπροσωπώντας τα συμφέροντα ευρωπαϊκής εταιρείας γαλλικών κεφαλαίων και διαπραγματεύεται με την ελληνική κυβέρνηση την αγορά των σκωριών για να εγκαταστήσει εργοστάσιο μεταλλουργίας. Παρά τους δισταγμούς της Ελληνικής κυβέρνησης ο Serpieri απευθύνεται στη Κοινότητα Κερατέας και στη Μονή Πεντέλης στους οποίους ανήκε η περιοχή. Ιδρύει την εταιρεία Γάλλο – Ιταλικών συμφερόντων «Roux – Serpieri – Fressynet και Σία» και αγοράζει τα δικαιώματα της εκμετάλλευσης των σκωριών. Τότε, κατασκευάζοντας νέες μεταλλουργικές εγκαταστάσεις προσλαμβάνεται ο Κορδέλλας ως τεχνικός σύμβουλος και η παραγωγή μολύβδου ξεκινάει το 1865 (Κονοφάγος 1980).

Η εταιρεία εκμεταλλεύεται τις σκωρίες αρχίζοντας με τις πλουσιότερες σε μολύβδο και εν συνεχεία οικειοποιείται και τις εκβολάδες που ανέρχονταν σε πολλά εκατομμύρια τόνους, ενώ υποστήριζε πως είχε δικαιώματα και στα απορρίμματα των

αρχαίων, κάτι που κρίνονταν παράνομο. Ο έλεγχος του κράτους όμως ήταν ανύπαρκτος και η εταιρεία προκάλεσε σημαντικές καταστροφές στο Λαύριο προς όφελός της (Marinos G, Petrascheck WE 1956, Κονοφάγος 1980, Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου 1994).

2.3.2 Το «Λαυρεωτικό ζήτημα», 1871.

Με τις εξελίξεις αυτές το κοινό αντέδρασε και ο Τύπος έθιξε αμέσως το ζήτημα της νομιμότητας της ξένης εταιρείας, υποστηρίζοντας ότι πρόκειται για εκμετάλλευση τεράστιων ποσοτήτων αργύρου και χρυσού. Η κυβέρνηση υπό την πίεση της κοινής γνώμης ρύθμισε νομοθετικά άμεσα το ζήτημα των εκβολάδων το Μάιο 1871, κηρύσσοντας όλες τις εκβολάδες εθνικό πλούτο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να επέμβουν οι κυβερνήσεις της Γαλλίας και της Ιταλίας, αφού πείστηκαν και από τον ίδιο τον Serpieri, θεωρώντας πως θίγονται και τα δικά τους συμφέροντα. Οι διαφωνίες αυτές έμειναν γνωστές ως το «Λαυρεωτικό ζήτημα» και ήταν μείζονος σημασίας. Ο τότε πρωθυπουργός Ε. Δεληγεώργης τήρησε αδιάλλακτη στάση μέχρι που η λύση δόθηκε τον Φεβρουάριο 1873 από τον Έλληνα επιχειρηματία Ανδρέα Συγγρό, που με δική του επέμβαση, όλα τα δικαιώματα της εκμετάλλευσης των εκβολάδων και των σκωριών μεταβιβάστηκαν έναντι του μεγάλου ποσού των 35.000.000 δραχμών στην Τράπεζα της Κωνσταντινούπολης (Marinos G, Petrascheck WE 1956, Κονοφάγος 1980, Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου 1994)..

Έτσι, με το βασιλικό διάταγμα της 7^{ης} Μαρτίου 1873 εγκρίθηκε το καταστατικό μιας νέας εταιρείας με την ονομασία «Ελληνική Εταιρεία Μεταλλουργείων» και στις 29 Απριλίου 1873 υπογράφηκε σύμβαση μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και αντιπροσώπων της εταιρείας αυτής. Σύμφωνα με τη σύμβαση χορηγήθηκε στο ελληνικό Δημόσιο ποσοστό 44% των εσόδων από την εκμετάλλευση των μεταλλείων που παραχωρήθηκαν στην εταιρεία. Αργότερα το Κράτος αναγκάστηκε να μειώσει το ποσοστό του Δημοσίου, λόγω του μικρού κέρδους των μετόχων. Η εταιρεία εκμεταλλεύτηκε τις σκωρίες αλλά και τις εκβολάδες με σύγχρονα για την εποχή μέσα (Κονοφάγος 1980).

Ο Serpieri το 1876 ίδρυσε μια άλλη εταιρεία με σκοπό την εκμετάλλευση του υπεδάφους της Λαυρεωτικής για τη συνέχιση ουσιαστικά του μεταλλευτικού έργου των αρχαίων. Η εταιρεία αυτή ονομάστηκε «Γαλλική Εταιρεία Μεταλλείων Λαυρίου» και αγόρασε σχεδόν όλες τις ενδιαφέρουσες παραχωρήσεις της Λαυρεωτικής, με αποτέλεσμα η παραγωγή να εντατικοποιηθεί (Κονοφάγος 1980).

2.3.3 Η αρχή του τέλους για το Λαύριο, 1910.

Το 1910 οι αρχαίες σκωρίες και εκβολάδες εξαντλούνται και μετά από προσπάθειες εκμετάλλευσης των φτωχών μεταλλευμάτων η «Ελληνική Εταιρεία Μεταλλουργείων» κλείνει το 1917 και εκποιεί τις εγκαταστάσεις της το 1930. Στα χρόνια της λειτουργίας της παρήγαγε συνολικά περίπου 370.000 t αργυρούχο μόλυβδο: 60.000 t από το 1865 έως το 1873 ως εταιρεία «Roux – Serpieri», 290.000 t από το 1873 έως το 1910 και 20.000 t από το 1910 έως το 1917 (Κονοφάγος 1980).

Όσον αφορά την «Γαλλική Εταιρεία Μεταλλείων Λαυρίου» έκλεισε το 1977 ύστερα από 100 χρόνια δραστηριότητας κατά τα οποία εκμεταλλεύτηκε αποτελεσματικά τα κοιτάσματα της Λαυρεωτικής. Στα 100 χρόνια λειτουργίας της παρήγαγε συνολικά 490.000 t αργυρούχο μόλυβδο (Κονοφάγος 1980).

2.2.4 Το Λαύριο την εποχή της γερμανικής κατοχής, 1941.

Η γερμανοϊταλική κατοχή επέφερε σοβαρές συνέπειες στα μη αγροτικά διαμερίσματα της χώρας. Το Λαύριο ήταν μέσα σε αυτά και φοβερή πείνα μάστιζε την περιοχή. Ήταν αδύνατο να βρεθούν τρόφιμα, η Εταιρεία είχε σταματήσει και ο στρατός κατοχής δεν παρείχε βοήθεια. Το Λαύριο είχε τότε 5.000 κατοίκους και 752 πέθαναν από πείνα σε διάστημα 11 μηνών, από τον Οκτώβριο του 1941 μέχρι τον Αύγουστο του 1942 (Κονοφάγος 1980). Μέχρι τότε ο άργυρος δεν παράγονταν ως μέταλλο αλλά πουλιόταν ως κράμα με το μόλυβδο στο εξωτερικό.

Μπροστά σε αυτό το δράμα όμως και ιδιαίτερα των παιδιών των εργατών ο μηχανικός μεταλλουργίας της Εταιρείας και μετέπειτα Πρύτανης και Καθηγητής του Ε.Μ.Π. Κωνσταντίνος Κονοφάγος σε συνεννόηση με τον Βέλγο διευθυντή Maurice Bremer και την Κεντρική Διεύθυνση των Παρισίων δρομολογούν την παραγωγή αργύρου κρυφά από τον γερμανικό στρατό κατοχής. Υπήρχαν συνολικά 10.000 kg περιεχόμενου αργύρου σε στοκ τριπλού κράματος στην Εταιρεία με περιεκτικότητα 1% περίπου (Κονοφάγος 1980). Η πρόταση έγινε αποδεκτή και η διεύθυνση της Εταιρείας θα πουλούσε τον άργυρο στη «μαύρη αγορά» και τα χρήματα θα τα διέθετε στην οργάνωση συσσιτίου για τα παιδιά που πέθαιναν από τη πείνα. Έτσι άρχισε υπό δραματικές συνθήκες η παραγωγή μεταλλικού αργύρου για πρώτη φορά στη σύγχρονη Ελλάδα. Οι εργασίες γίνονταν νύχτα και με κίνδυνο της ζωής των λίγων εργατών που γνώριζαν περί τίνος πρόκειται. Η τολμηρή αυτή ενέργεια έφερε αποτελέσματα και τα συσσίτια συνεχίστηκαν μέχρι που την τροφοδοσία της Ελλάδας συστηματοποίησαν οι σύμμαχοι με τον Ερυθρό Σταυρό (Κονοφάγος 1980).

2.3.5 Σύγκριση αρχαίας και σύγχρονης μεταλλευτικής δραστηριότητας.

Τα μεταλλεύματα του Λαυρίου έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ιστορική διαδρομή της Ελλάδας, τόσο στην αρχαία όσο και στην σύγχρονη εποχή.

Επιχειρώντας μια σύγκριση μεταξύ της αρχαίας και σύγχρονης μεταλλευτικής δραστηριότητας προκύπτουν τα εξής στοιχεία:

Οι Αρχαίοι Έλληνες σύμφωνα με τον Κονοφάγο (1980) παρήγαγαν περίπου 1.400.000 t μόλυβδο και 3.500 t άργυρο, ενώ η Γαλλική εταιρεία παρήγαγε σε 100 χρόνια (1877 – 1977) περίπου 490.000 t μόλυβδο. Από την κατεργασία των αρχαίων απορριμμάτων και την εξόρυξη μικρών ποσοτήτων λαυρεωτικών μεταλλευμάτων η Ελληνική Εταιρεία παρήγαγε από το 1865 έως το 1917 περίπου 370.000 t μόλυβδο. Έτσι, συνολικά εξορύχτηκαν περίπου 860.000 t μολύβδου και 1.000 t αργύρου.

Όσο για το μέλλον το πιο πιθανό είναι ότι τα μεταλλεία του Λαυρίου δεν θα τυχουν νέας εκμετάλλευσης, εκτός αν στο μέλλον υπάρξει κάποια θεαματική εξέλιξη των τεχνικών εκμετάλλευσης που θα κάνει αξιοποιήσιμα τα υπάρχοντα αποθέματα ή τις σκωρίες.

3. Γεωλογία Λαυρίου

Η Λαυρεωτική ανήκει γεωτεκτονικά στην Αττικοκυκλαδική ζώνη, η οποία αντιπροσωπεύει μια μάζα ετερογενούς σύστασης που αποτελείται από διάφορες ενότητες (Papanikolaou 1987, Photiades and Carras 2001, Broecker et al. 2004). Εντοπίζεται στο ενεργό ηπειρωτικό περιθώριο του Νοτίου Αιγαίου όπου η Αφρικανική πλάκα βυθίζεται κάτω από την Ευρασιατική. Παρά το γεγονός ότι τα υψηλής πίεσης και χαμηλής θερμοκρασίας πετρώματα της Εύβοιας, αλλά και άλλων

νησιών των Κυκλάδων, συμπεριλαμβανομένων της Σύρου, της Τήνου, της Σίφνου, έχουν μελετηθεί σε βάθος κατά το παρελθόν (Katzir et al. 2000, Brocker et al. 2004, Forster and Lister 2005), η τεκτονο-μεταμορφική εξέλιξη της Νότιας Αττικής είναι λιγότερο καλά τεκμηριωμένη.

Η Αττικοκυκλαδική ζώνη διακρίνεται σε δύο μεγάλες τεκτονικές ενότητες, την Κατώτερη Τεκτονική Ενότητα (ΚΤΕ) και την Ανώτερη Τεκτονική Ενότητα (ΑΤΕ) (Papanikolaou 1987, Broecker et al. 2004, Forster and Lister 2005).

Η ΚΤΕ περιλαμβάνει ένα κρυσταλλικό υπόβαθρο, προ-Αλπικής ηλικίας και μία σειρά μεταμορφωμένων πετρωμάτων Μεσοζωικής ηλικίας που αποτελούνται κυρίως από μάρμαρα, μεταπηλίτες και μεταηφαιστίτες. Η σειρά αυτή έχει επηρεαστεί από μία σειρά μεταμορφικών γεγονότων (Baltatzis 1981, 1996, Altherr and Siebel 2002, Broecker et al. 2004, Forster and Lister 2005) τα οποία είναι:

(α) Ηώκαινική (~42 Ma) υψηλής πίεσης, κυανοσχιστολιθικής φάσης μεταμόρφωση.

(β) Ολιγοκαινική - Μειοκαινική (20 – 25 Ma) περιοχική μεταμόρφωση.

(γ) Μειοκαινική (8 – 10 Ma) μεταμόρφωση επαφής που συνδέεται με τη διείσδυση των γρανιτικών πετρωμάτων.

Η ΑΤΕ περιλαμβάνει μια ετερογενή ακολουθία μη μεταμορφωμένων ιζημάτων του Περμίου-Μεσοζωϊκού, οφιολίθων, πετρωμάτων μεταμορφωμένων στην πρασινοσχιστολιθική φάση του Τριτογενούς και πετρωμάτων μεταμορφωμένων σε μέσες πιέσεις και υψηλές θερμοκρασίες κατά το Άνω Κρητιδικό.

Σε ότι αφορά τη Λαυρεωτική, η ΚΤΕ περιλαμβάνει μια ακολουθία αυτόχθονων πετρωμάτων μεταμορφωμένων στην πρασινοσχιστολιθική έως αμφιβολιτική φάση, Τριαδικής-Κάτω Ιουρασικής ηλικίας. Αυτά τα πετρώματα αποτελούνται από την Κατώτερη σειρά μαρμάρων, από τον σχιστόλιθο της Καισαριανής με ηφαιστειοϊζηματογενή προέλευση καθώς και από την Ανώτερη σειρά μαρμάρων. Τα πετρώματα αυτά βρίσκονται σε επαφή προς τα επάνω με μη μεταμορφωμένα κροκαλοπαγή και ασβεστόλιθους του Άνω Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού (Marinos and Petrascheck 1956, Photiades and Carras 2001). Στην ΚΤΕ επωθήθηκε ένα φυλλιτικό «nappe» της πρασινοσχιστολιθικής φάσης (αλόχθονη ακολουθία ή Ενδιάμεση Τεκτονική Ενότητα) με πιθανή ηλικία στο Άνω Κρητιδικό (Marinos and Petrascheck 1956, Papanikolaou and Syskakis 1991, Photiades and Carras 2001). Αποτελείται από έναν ηφαιστειοϊζηματογενή σχηματισμό (σχιστόλιθοι, μάρμαρα, χαλαζίτες), ένα σιδηρομαγνησιούχο μετα-οφιολιθικό σχηματισμό και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους. Σύμφωνα με τους Μπαλτατζή (1996) και Αρίκα κ.ά. (2001), τα μετα-οφιολιθικά πετρώματα, που περιγράφονται ως "πρασινίτες", έχουν υποστεί μία κυανοσχιστολιθική μεταμόρφωση υψηλής πίεσης (7,0 - 7,5 kb) σε θερμοκρασία 300 - 340 °C, κατά το Ηώκαινο. Τα πετρώματα αυτά ακολούθως υπέστησαν μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης ($P = 4,0 - 4,5$ kb και $T = 340 - 360$ °C) κατά τη διάρκεια του Κάτω Μειόκαινου.

Η ΑΤΕ στην περιοχή του Λαυρίου αποτελείται από έναν μη μεταμορφωμένο ασβεστόλιθο του Άνω Κρητιδικού που συνδέεται με εμφανίσεις οφιολιθικών πετρωμάτων (Photiades and Carras 2001).

Τα φαινόμενα επέκτασης στο Αιγαίο κατά το Μειόκαινο συνοδεύτηκαν από τη διείσδυση μαγματικών πετρωμάτων στα ανώτερα στρώματα του στερεού φλοιού (Altherr and Siebel, 2002) όπως στη περιοχή της Πλάκας με την εμφάνιση ενός γρανοδιορίτη. Η διείσδυση αυτή αποτελεί το μεγαλύτερο σε έκταση μαγματικό πέτρωμα στη περιοχή του Λαυρίου. Η επιφάνειά του καλύπτει περίπου 0,5 km² και διεισδύει στην ΚΤΕ, που περιλαμβάνει τους σχιστόλιθους της Καισαριανής και την Ανώτερη Σειρά Μαρμάρων. Το πέτρωμα αυτό περιγράφεται ως γρανοδιορίτης

(Marinos and Petrascheck 1956, Papanikolaou and Syskakis 1991, Altherr and Siebel 2002, Tsikouras et al. 2006), είναι μεσόκοκκο με ισοκοκκώδη έως πορφυριτικό ιστό και ορυκτολογικά αποτελείται κυρίως από πλαγιόκλαστο, ορθόκλαστο, βιοτίτη, χαλαζία και κερυστίλη με ίχνη από απατίτη, τιτανίτη και ζirkόνιο. Γεωχρονολογήσεις K - Ar από τους Altherr et al. (1982) και Μαρίνο (1971) έδωσαν ελάχιστη ηλικία 9,3 - 8,3 Ma για την διείσδυση του μαγματικού πετρώματος, ενώ «fission tracks» μελέτες σε απατίτη έδωσαν ηλικία 7,3 Ma (Altherr et al. 1982). Μικρότερες μαγματικές διεισδύσεις από πορφυροειδή γρανοδιορίτη, καθώς και δακτιικές φλέβες και κοίτες, κόβουν τα μεταμορφωμένα πετρώματα. Η ηλικία τους υπολογίστηκε σε 9.4 ± 0.3 Ma με βάση γεωχρονολόγηση K - Ar σε αστρίους (Tsikouras et al. 2006, Skarpelis et al. 2007). Σύμφωνα με τους Tsikouras et al. (2006), ο γρανοδιορίτης και οι φλέβες έχουν κοινή μαγματική πηγή που σχετίζεται με το ενεργό ηπειρωτικό περιθώριο μεταξύ Αφρικής και Ευρώπης.

Αερομαγνητικά δεδομένα από τους Μαρίνο και Μακρή (1975) και Τσόκα κ.ά. (1998) για την περιοχή του Λαυρίου δείχνουν την ύπαρξη ενός μεγάλου βαθόλιθου στην περιοχή της Πλάκας. Οι μελέτες δείχνουν επίσης ότι μικρές εμφανίσεις του γρανοδιορίτη είναι αποφύσεις από την κεντρική μεγάλη διείσδυση.

Μια εκτεταμένη άλως (ασβεστο-πυριτικός κερατίτης) από μεταμόρφωση επαφής εμφανίζεται στο περιθώριο της διείσδυσης του γρανοδιορίτη της Πλάκας κατά μήκος της επαφής με τους σχιστόλιθους της Καισαριανής (Baltatzis 1981). Ο κερατίτης περιλαμβάνει επίδοτο, γρανάτη, κλινοπυρόξενο, ανορθίτη, K-άστριους, πλαγιόκλαστο, χλωρίτη, ασβεστίτη, χαλαζία, σφήνα και απατίτη. Σύμφωνα με τον Μπαλταζή (1981), η εκτιμώμενη πίεση της μεταμόρφωσης επαφής φθάνει τα 1,0 - 1,5 kb και σε θερμοκρασίες μεταξύ 440 και 600 °C μέσα σε ρευστό πλούσιο σε H₂O και χαμηλή P_{CO2}.

Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής του Λαυρίου (Petrascheck and Marinos 1959, Voudouris et al. 2008) όπου αποτυπώνονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί, οι μεταλλοφόρες θέσεις, η τεκτονική και οι στοές εξόρυξης.

4. Ορυκτά Λαυρίου

4.1 Τύποι μεταλλοφορίας Λαυρίου

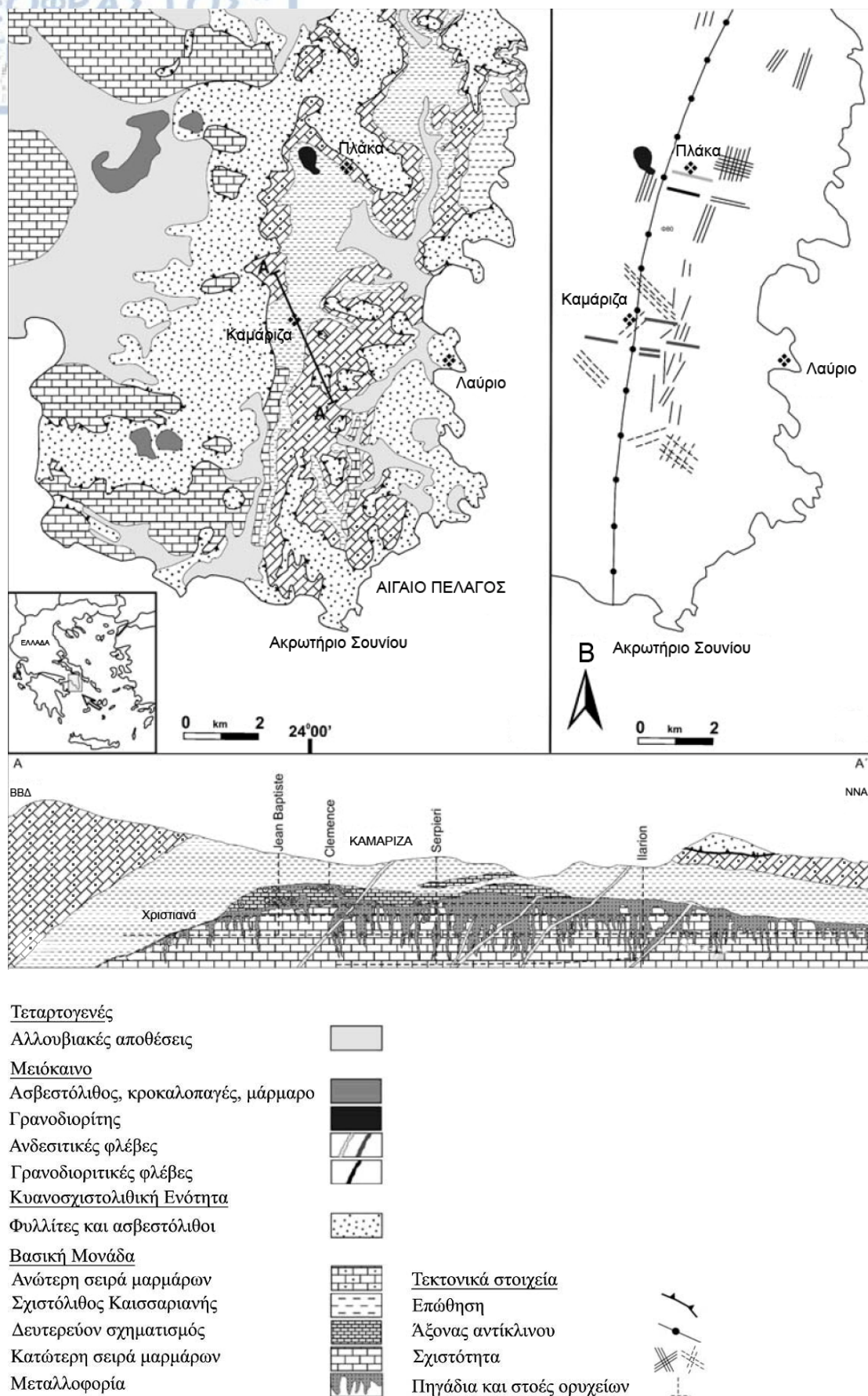
Όπως προαναφέρθηκε, η Λαυρεωτική γεωτεκτονικά αποτελεί μέρος της Αττικοκυκλαδικής ζώνης, η οποία περιλαμβάνει σημαντικά κοιτάσματα βασικών και σπάνιων μετάλλων στη νότια Εύβοια, στη Σίφνο, στην Τήνο και στην Κύθνο (Vavelidis 1997, Skarpelis 2002, Tombros et al. 2004, Neubauer 2005, Tombros et al. 2007). Αυτές οι μεταλλοφόρες εμφανίσεις συνδέονται με τη μαγματική δραστηριότητα του Μειοκαίνου.

Μελέτες για τα κοιτάσματα του Λαυρίου (Marinos and Petrascheck 1956, Leleu et al. 1973, Economou et al. 1981, Skarpelis 2002, Voudouris and Economou - Eliopoulos 2003, Solomos et al. 2004, Voudouris 2005, Skarpelis 2007, Bonsall et al. 2007, Voudouris et al. 2008a,b) δείχνουν την παρουσία διαφόρων τύπων κοιτασμάτων σουλφιδίων, όπως τύπου skarn, τύπου breccia, τύπου αντικατάστασης καθώς και μεταλλοφορίες φλεβικού τύπου εμπλουτισμένων σε Pb, Zn, Fe, Cu, As, Sb, Ag, Bi και Au. Επίσης σύμφωνα με τους Voudouris et al. (2008a) σημειώνεται για πρώτη φορά η παρουσία πορφυριτικού τύπου μολυβδαινίτη μέσα στον γρανοδιορίτη της Πλάκας.

Τα μεταλλεύματα αποτελούνται κυρίως από γαληνίτη, σφαλερίτη, σιδηροπυρίτη, αρσеноπυρίτη και χαλκοπυρίτη, ενώ επουσιωδώς απαντά πλήθος άλλων θειούχων ορυκτών και θειοαλάτων. Στον Πίνακα 4.1.1 φαίνεται η περιεκτικότητα των σημαντικότερων μεταλλευμάτων του Λαυρίου. Σύνδρομα ορυκτά αποτελούν ο φθορίτης, ο ασβεστίτης, ο βαρύτης, ο χαλαζίας, ο ανκερίτης και ο δολομίτης. Τα μεταλλεύματα φιλοξενούνται στους ανθρακικούς σχηματισμούς τόσο της αυτόχθονης όσο και της αλλόχθονης ενότητας. Σχηματίζουν φλεβοειδή, φακόμορφα ή στρωματόμορφα σώματα, τα τελευταία κοντά στην επαφή μαρμάρων-σχιστόλιθων. Οι δύο μεγάλες περιοχές εξόρυξης βρίσκονται στη Πλάκα και την Καμάριζα, με σχετικά διαφορετικά μεταλλογενετικά μοντέλα.

Συστηματικές γεωλογικές, κοιτασματολογικές και γεωχημικές μελέτες από τους Voudouris et al. (2008a) έδειξαν την παρουσία μιας εμφάνισης πορφυριτικού Mo στο Λαύριο, που συνδέεται γενετικά με τον γρανοδιορίτη της Πλάκας. Στη περιοχή αυτή η μεταλλοφορία περιλαμβάνει τα ορυκτά σιδηροπυρίτη, μαγνητοπυρίτη, αρσеноπυρίτη, χαλκοπυρίτη, γαληνίτη, σφαλερίτη, μολυβδαινίτη, αυτοφυές αρσενικό, λολινγκίτη, θειοάλατα του Ag, Bi, Cu, Pb, Sb (τετραεδρίτη - τεναντίτη, βουρνονίτη, μιργυρίτη, πυραργυρίτη, ενώσεις ομόλογες του λιλλιανίτη) καθώς και θειοάλατα του Pb - Sb (βεενίτη, σεμσεϊίτη, ετερομορφίτη και φαλκμανίτη). Τα δεδομένα των ρευστών εγκλεισμάτων δείχνουν απόθεση του μολυβδαινίτη στα χαλαζιακά φλεβίδια σε ένα εύρος θερμοκρασιών μεταξύ 260 και 400 °C, από διαλύματα σε συνθήκες βρασμού, όπως προκύπτει και από τη συνύπαρξη ρευστών μέσης αλατότητας (23 - 24 wt% NaCl ισοδ.) και υψηλής αλατότητας (33 - 40 wt% NaCl ισοδ.). Αραίωση των ρευστών μέσης αλατότητας, οδήγησε στο σχηματισμό ενός χαμηλής θερμοκρασίας (190 έως 220 °C) και μικρότερης αλατότητας (14 - 18 wt% NaCl ισοδ.) ρευστού υπεύθυνου για την απόθεση της πλούσιας σε Ag, γαληνίτη, φθορίτη «Φλέβας 80» που βρίσκεται ΒΑ του γρανοδιορίτη της Πλάκας. Η παραγένεση των μεταλλικών ορυκτών δείχνει αναγωγικές συνθήκες, και καθεστώς χαμηλής θείωσης των υδροθερμικών ρευστών που οδήγησαν στην απόθεσή τους.

Η κοιτασματολογική, ορυκτολογική και μικροθερμομετρική μελέτη των κοιτασμάτων αντικατάστασης Pb - Zn - Ag ± Au στην περιοχή Καμάριζας του Λαυρίου (Voudouris et al. 2008b) δείχνει ότι σχετίζονται γενετικά με την διείσδυση ανδεσιτικών φλεβών Μειοκαινικής ηλικίας κατά την ανάδυση της Αττικο-Κυκλαδικής ζώνης. Οι κυριότεροι τύποι μεταλλοφορίας αποτελούνται από φλέβες αντικατάστασης καθώς και από «chimneys» και «mantos» συμπαγών σουλφιδίων. Τα μεταλλοφόρα σώματα αποτελούνται από σουλφίδια και σουλφαρσενίδια (σιδηροπυρίτης, αρσеноπυρίτης, χαλκοπυρίτης, γαληνίτης, σφαλερίτης, μαρκασίτης, γκερσντορφίτης), αυτοφυή μέταλλα (Au και Bi), ορυκτά του Sn (πετρουκίτης), θειοάλατα του Ag, Bi, Cu, Pb, As, Sb (τετραεδρίτης-τεναντίτης, βουρνονίτης, βουλανζερίτης, στεφανίτης, πυραργυρίτης, σεμσεϊίτης, εναργίτης, βισμούθινίτης, ενώσεις ομόλογες του λιλλιανίτη, χαλκούχος ματιλδίτης, αϊκινίτης, αργυρούχος αϊκινίτης, μουμείτης, εμπλεκτίτης, βιτιχενίτης). Από την παραγένεση των μεταλλικών ορυκτών και από τη χημική τους σύσταση προκύπτει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των στοιχείων Bi, Au και Ag. Επίσης οι παραγενέσεις γκερσντορφίτης - βισμούθινίτης - αυτοφυής Au και αυτοφυής Au - αυτοφυής Ag αποτελούν ένδειξη για συνεισφορά μαγματικών ρευστών στο υδροθερμικό σύστημα. Μετρήσεις ρευστών εγκλεισμάτων σε χαλαζία, ασβεστίτη και φθορίτη, που αποτελούν σύνδρομα ορυκτά της μεταλλοφορίας στην Καμάριζα, δείχνουν ότι αποτέθηκαν από διαλύματα χαμηλής έως μέσης αλατότητας (1,8 - 17,3 wt% NaCl ισοδ.) σε θερμοκρασίες από 100 έως 400 °C. Διαπιστώθηκαν τρία στάδια απόθεσης της μεταλλοφορίας με τη μείωση της θερμοκρασίας:



Σχ. 3.1. Γεωλογικός χάρτης και τομή της περιοχής Λαυρίου (Petrascheck and Marinos 1959, Voudouris et al. 2008).

312 – 399 °C (στάδιο Ι), 214 – 282 °C (στάδιο ΙΙ) και 100 – 200 °C (στάδιο ΙΙΙ). Σε ότι αφορά τη σύσταση των διαλυμάτων, αυτά αποτελούνται κυρίως από NaCl με συμμετοχή CaCl₂. Από τα γεωλογικά, κοιτασματολογικά, ορυκτολογικά και γεωχημικά δεδομένα προκύπτει ότι η μεταλλοφορία αντικατάστασης στην Καμάριζα βρίσκεται σε σχετικά μεγάλη απόσταση από το γρανοδιορίτη της Πλάκας και την αντίστοιχη μεταλλοφορία πορφυριτικού Mo και πιθανώς να σχετίζεται με κάποιο μαγματικό πέτρωμα που βρίσκεται σε βάθος.

Οι τιμές ισοτόπων S στα θειούχα (γαληνίτης, σφαλερίτης και σιδηροπυρίτης) και θειϊκά (βαρύτης και γύψος) ορυκτά, δείχνουν μια μαγματική συνεισφορά στα ρευστά, καθώς επίσης προέλευση από θαλασσινό νερό για τον βαρύτη (Bonsall et al. 2007).

Ισότοπα άνθρακα και οξυγόνου σε ασβεστίτες που συμφύονται με τα θειούχα ορυκτά, δείχνουν διάφορες ανταλλαγές των υδροθερμικών ρευστών με το Ανώτερο και το Κατώτερο μάρμαρο στην Καμάριζα, καθώς και με τον γρανοδιορίτη στην Πλάκα, αντίστοιχα.

Το μεγαλύτερο μέρος της πρωτογενούς μεταλλοφορίας είναι οξειδωμένο. Με διεργασίες έκπλυσης και υπεργενετικού εμπλουτισμού σχηματίστηκε ένας μεγάλος αριθμός δευτερογενών ορυκτών.

Στα μεταλλεία στην περιοχή της Καμάριζας, εντοπίζεται μία οξειδωμένη μεταλλοφορία ασυνήθιστα πλούσια σε βισμούθιο, χρυσό, αντιμόνιο και χαλκό. Ορυκτολογικές μελέτες (Σολωμός κ.ά. 2004) υποδεικνύουν ότι η πρωτογενής μεταλλοφορία αποτελείται από σιδηροπυρίτη, αρσеноπυρίτη, χαλκοπυρίτη, βισμούθινίτη (ή/και θειοάλατα βισμούθιου), αυτοφυές βισμούθιο, μαλδονίτη (που απομίχθηκε σε χρυσό και βισμούθιο) και βουρνονίτη. Η μεταλλοφορία αυτή έπειτα από οξείδωση και επίδραση υπεργενετικών διαλυμάτων με σημαντική συνεισφορά σε HCO₃⁻ και HAsO₄⁻² - H₂AsO₄⁻ παρουσιάζει τις εξής παραγενέσεις: α) χαλκού, που περιλαμβάνει τα δευτερογενή ορυκτά χαλκοσίνη, διγενίτη, κοβελίνη, αζουρίτη, μαλαχίτη, γεωργεΐτη, β) βισμούθιου – χρυσού, που περιλαμβάνει αυτοφυές βισμούθιο και χρυσό και δευτερογενή ορυκτά όπως βισμούθινίτη, βισμίτη, βισμούτιτη, μπεϋερίτη, κεττνερίτη, πραΐσινγκερίτη, ρουσβελτίτη, μιζίτη και τέλος γ) αντιμονίου, που περιλαμβάνει τα δευτερογενή ορυκτά στιμπικονίτη, μπιντχαϊμίτη, μιμετίτη και γκαρτρελλίτη.

Πίνακας 4.1.1. Περιεκτικότητα (wt%) μεταλλευμάτων Λαυρίου (κατά Μαράτο 1972).

Συμπύκνωμα	Pb	Zn	Fe	S	Ag
Γαληνίτη	65,5	4,50	-	18,8	0,060
Σφαλερίτη	0,60	53	-	32	0,045
Σιδηροπυρίτη	0,62	1,36	43,1	43,75	-

4.2 Ορυκτά του Λαυρίου

Αυτό που κάνει την Λαυρεωτική ιδιαίτερη σήμερα, είναι το ότι σε αυτή απαντούν περισσότερα από 400 διαφορετικά ορυκτά (Κατερινόπουλος και Ζησιμοπούλου 1994, Wendel and Markl 1999, Baumgärtl and Burow 2002) συμπεριλαμβανομένων των πετρογενετικών, των πρωτογενών μεταλλικών αλλά και των δευτερογενών ορυκτών.

Ως δευτερογενή αναφέρονται τα ορυκτά που σχηματίστηκαν από τη από τη δράση του μετεωρικού νερού στα μεταλλικά κυρίως ορυκτά που βρέθηκαν κοντά στην επιφάνεια της γης και υπέστησαν οξείδωση ή/και αλλοίωση. Το επιφανειακό

νερό μαζί με το οξυγόνο και το CO₂ είναι οι κύριοι συντελεστές για τις μεταβολές που παθαίνουν τα μεταλλικά ορυκτά σ' αυτή την περίπτωση (Μιχαηλίδης κ.ά. 2003).

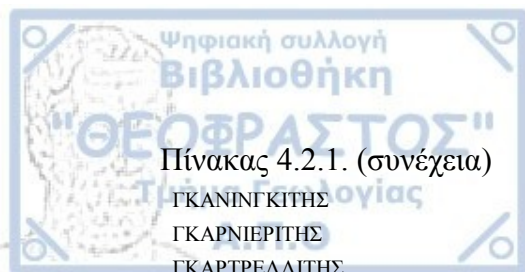
Η οξειδωτική επίδραση του οξυγόνου του αέρα καθώς και του οξυγόνου που είναι διαλυμένο μέσα στα επιφανειακά νερά πάνω στα πυριτικά ορυκτά είναι πολύ περιορισμένη σε σχέση με εκείνη που εξασκεί πάνω στα μεταλλικά ορυκτά και κυρίως τα σουλφίδια που αποτελούν την κύρια μεταλλοφορία του Λαυρίου.

Έτσι λοιπόν σε ένα φλεβικό κοίτασμα σουλφιδίων που δέχεται την επίδραση των συνθηκών της επιφάνειας, δημιουργούνται θειικά άλατα ή ελεύθερο θειικό οξύ, ανθρακικά άλατα, οξείδια και υδροξείδια. Μ' αυτή τη διαδικασία παρατηρείται τελικά σε πολλά κοιτάσματα χαρακτηριστική μεταβολή από τη επιφάνεια προς τα κάτω, ως προς τη κατανομή των μεταλλικών στοιχείων και των ενώσεών τους και κατά συνέπεια μια ζώνωση. Πρόκειται δηλαδή για ένα διαφορισμό του κοιτάσματος ως αποτέλεσμα της αποσάθρωσης (Μιχαηλίδης κ.ά. 2003).

Μέχρι σήμερα έχει καταγραφεί στο Λαύριο ένας πολύ μεγάλος αριθμός ορυκτών από τους Wendel et al (1999), Κατερινόπουλος και Ζησιμοπούλου (1994), Voudouris et al (2007), Voudouris et al (2008), που συνολικά αριθμεί 432 κύρια μεταλλικά και σύνδρομα ορυκτά (Πίνακας 4.2.1) καθώς και 124 ορυκτά που εντοπίζονται στις μεταλλουργικές σκωρίες (Πίνακας 4.2.2). Αυτό κατατάσσει τη Λαυρεωτική σε μία από τις πιο πλούσιες περιοχές στον κόσμο σε ποικιλία ορυκτών.

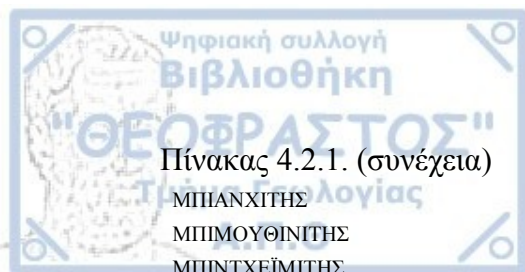
Πίνακας 4.2.1. Κυριότερα μεταλλικά και σύνδρομα ορυκτά, πρωτογενή και δευτερογενή, του Λαυρίου κατά Wendel et al (1999), Κατερινόπουλος και Ζησιμοπούλου (1994), Voudouris et al (2007), Voudouris et al (2008).

ΑΓΑΡΔΙΤΗΣ	ΑΟΥΜΠΕΡΤΙΤΗΣ	ΑΤΕΛΕΣΤΙΤΗΣ
ΑΓΑΡΔΙΤΗΣ – La	ΑΟΥΡΙΧΑΛΚΙΤΗΣ	ΑΥΤΙΤΗΣ
ΑΓΑΡΔΙΤΗΣ – Y	ΑΟΥΡΟΤΙΤΗΣ	ΑΥΡΙΠΙΓΜΕΝΤΙΤΗΣ
ΑΙΓΛΕΣΙΤΗΣ	ΑΟΥΣΤΙΝΙΤΗΣ	ΒΑΛΕΝΤΙΝΙΤΗΣ
ΑΔΑΜΙΤΗΣ ή ΑΔΑΜΙΝΗΣ	ΑΠΑΤΙΤΗΣ	ΒΑΝΑΔΙΝΙΤΗΣ
ΑΔΑΜΙΤΗΣ ΧΑΛΚΟΥΧΟΣ	ΑΠΛΟΟΥΙΤΗΣ	ΒΑΟΥΚΕΛΙΝΙΤΗΣ
ΑΖΟΥΡΙΤΗΣ	ΑΡΑΓΟΝΙΤΗΣ	ΒΑΡΙΚΑΝΙΤΗΣ
ΑΪΚΙΝΙΤΗΣ	ΑΡΓΕΝΤΙΤΗΣ	ΒΑΡΥΤΗΣ
ΑΙΜΑΤΙΤΗΣ	ΑΡΓΕΝΤΟ-ΪΑΡΟΣΙΤΗΣ	ΒΕΕΝΙΤΗΣ
ΑΪΝΡΙΧΙΤΗΣ	ΑΡΓΕΝΤΟΠΥΡΙΤΗΣ	ΒΕΡΝΑΔΙΤΗΣ
ΑΚΑΝΘΙΤΗΣ	ΑΡΓΥΡΟΣ ΑΥΤΟΦΥΗΣ	ΒΕΣΣΕΛΥΙΤΗΣ
ΑΚΤΙΝΟΛΙΘΟΣ	ΑΡΖΡΟΥΝΙΤΗΣ	ΒΙΛΛΕΜΙΤΗΣ
ΑΛΒΙΤΗΣ	ΑΡΘΟΥΡΙΤΗΣ	ΒΙΟΤΙΤΗΣ
ΑΛΙΤΗΣ	ΑΡΣΕΝΓΟΡΚΕΪΙΤΗΣ	ΒΙΣΜΟΥΘΙΝΙΤΗΣ
ΑΛΛΟΨΙΤΗΣ	ΑΡΣΕΝΙΚΟ ΑΥΤΟΦΥΕΣ	ΒΙΣΜΟΥΘΙΝΙΤΗΣ ΑΝΤΙΜΟΝΙΤΙΚΟΣ
ΑΛΛΟΦΑΝΗΣ	ΑΡΣΕΝΙΟ-ΣΙΔΗΡΙΤΗΣ	ΒΙΣΜΟΥΘΙΟ ΑΥΤΟΦΥΕΣ
ΑΛΟΤΡΙΧΙΤΗΣ	ΑΡΣΕΝΟ-ΒΙΣΜΟΥΤΙΤΗΣ	ΒΙΤΙΧΕΝΙΤΗΣ
ΑΛΟΥΜΙΝΟ-ΑΔΑΜΙΤΗΣ	ΑΡΣΕΝΟ-ΓΚΟΡΚΕΪΙΤΗΣ	ΒΟΛΛΑΣΤΟΝΙΤΗΣ
ΑΛΟΥΜΙΝΟ-ΚΟΠΙΑΠΙΤΗΣ	ΑΡΣΕΝΟ-ΚΡΑΝΤΑΛΙΤΗΣ	ΒΟΛΤΑΪΤΗΣ
ΑΛΟΥΝΟΓΕΝΗΣ	ΑΡΣΕΝΟ-ΛΑΜΠΡΙΤΗΣ	ΒΟΡΝΙΤΗΣ
ΑΝΑΤΑΣΗΣ	ΑΡΣΕΝΟΛΙΤΗΣ	ΒΟΤΑΛΑΚΙΤΗΣ
ΑΝΔΟΡΙΤΗΣ	ΑΡΣΕΝΟΠΥΡΙΤΗΣ	ΒΟΥΛΑΝΖΕΡΙΤΗΣ
ΑΝΔΡΑΔΙΤΗΣ	ΑΡΣΕΝΤΕΣΚΛΟΪΖΙΤΗΣ	ΒΟΥΛΦΕΝΙΤΗΣ
ΑΝΚΕΡΙΤΗΣ	ΑΡΣΕΝΤΣΟΥΜΕΜΠΙΤΗΣ	ΒΟΥΡΝΟΝΙΤΗΣ
ΑΝΝΑΒΕΡΙΤΗΣ	ΑΡΤΙΝΙΤΗΣ	ΒΟΥΡΤΣΙΤΗΣ
ΑΝΟΡΘΙΤΗΣ	ΑΡΦΒΕΝΤΣΟΝΙΤΗΣ	ΒΡΟΧΑΝΤΙΤΗΣ
ΑΝΤΙΜΟΝΙΟ ΑΥΤΟΦΥΕΣ	ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ	ΓΑΛΗΝΙΤΗΣ
ΑΝΤΙΜΟΝΙΤΗΣ	ΑΣΜΠΟΛΑΝΙΟ	ΓΕΡΜΑΝΙΤΗΣ
ΑΝΤΛΕΡΙΤΗΣ	ΑΤΑΚΑΜΙΤΗΣ	ΓΚΑΙΤΙΤΗΣ



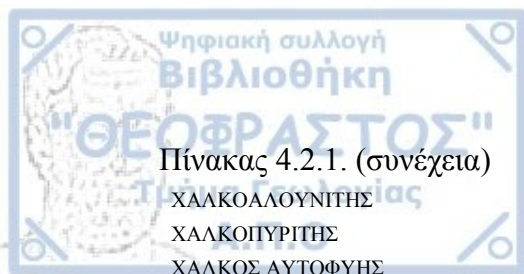
Πίνακας 4.2.1. (συνέχεια)

ΓΚΑΝΙΝΓΚΙΤΗΣ	ΘΕΙΟ	ΛΕΥΚΟΞΕΝΟΣ
ΓΚΑΡΝΙΕΡΙΤΗΣ	ΘΟΜΕΤΖΕΚΙΤΗΣ	ΛΗΔΧΙΛΛΙΤΗΣ
ΓΚΑΡΤΡΕΛΛΙΤΗΣ	ΙΑΡΟΣΙΤΗΣ	ΛΙΛΛΙΑΝΙΤΗΣ
ΓΚΑΣΠΕΪΤΗΣ	ΙΑΜΕΝΙΤΗΣ	ΛΙΝΑΡΙΤΗΣ
ΓΚΕΡΣΔΟΡΦΙΤΗΣ	ΙΟΧΑΝΙΤΗΣ	ΛΙΝΤΧΙΛΙΤΗΣ
ΓΚΟΡΚΕΪΞΙΤΗΣ	ΚΑΛΙΔΟΝΙΤΗΣ	ΛΟΛΙΝΓΚΙΤΗΣ
ΓΚΟΡΝΤΑΪΤΗΣ	ΚΑΜΠΡΕΡΙΤΗΣ	ΛΟΥΖΟΝΙΤΗΣ
ΓΚΟΣΛΑΡΙΤΗΣ	ΚΑΟΛΙΝΙΤΗΣ	ΛΟΥΤΖΙΠΙΑΪΤΗΣ
ΓΚΟΥΕΡΙΝΙΤΗΣ	ΚΑΡΜΙΝΙΤΗΣ	ΜΑΓΓΑΝΑΔΑΜΙΤΗΣ
ΓΚΟΥΝΤΕΓΙΤΗΣ	ΚΕΡΑΤΙΤΗΣ	ΜΑΓΓΑΝΙΤΗΣ
ΓΚΡΑΝΤΡΙΦΙΤΗΣ	ΚΕΡΜΕΣΙΤΗΣ	ΜΑΓΓΑΝΟΜΕΛΑΣ
ΓΚΡΟΥΤΙΤΗΣ	ΚΕΡΟΣΤΙΑΒΗ	ΜΑΓΝΗΣΙΤΗΣ
ΓΛΑΥΚΟΚΕΡΙΝΙΤΗΣ	ΚΕΡΟΥΣΙΤΗΣ	ΜΑΓΝΗΤΙΤΗΣ
ΓΛΑΥΚΟΣΦΑΙΡΙΤΗΣ	ΚΕΤΝΕΡΙΤΗΣ	ΜΑΓΝΗΤΟΠΥΡΙΤΗΣ
ΓΛΑΥΚΟΦΑΝΗΣ	ΚΕΥΤΗΣ	ΜΑΛΑΧΙΤΗΣ
ΓΟΥΝΤΒΑΡΝΤΙΤΗΣ	ΚΙΝΝΑΒΑΡΙ	ΜΑΛΑΝΤΟΝΙΤΗΣ
ΓΟΥΝΤΓΟΥΑΡΔΙΤΗΣ	ΚΙΣΕΡΙΤΗΣ	ΜΑΝΕΡΙΤΗΣ
ΓΡΑΦΙΤΗΣ	ΚΛΑΡΙΝΓΚΜΠΟΥΛΙΤΗΣ	ΜΑΡΚΑΣΙΤΗΣ
ΓΡΗΝΟΚΙΤΗΣ	ΚΛΙΝΟΖΩΙΣΙΤΗΣ	ΜΑΣΣΙΚΟΤΗΣ
ΓΡΟΣΣΟΥΛΑΡΙΟΣ	ΚΛΙΝΟΜΙΜΕΤΕΣΙΤΗΣ	ΜΑΤΙΛΔΙΤΗΣ ΧΑΛΚΟΥΧΟΣ
ΓΥΨΙΤΗΣ	ΚΟΒΑΛΤΑΔΑΜΙΤΗΣ	ΜΑΤΛΟΚΙΤΗΣ
ΓΥΨΟΣ	ΚΟΒΕΛΙΝΗΣ	ΜΕΪΞΕΝΕΡΙΤΗΣ
ΔΕΒΙΛΙΝΗΣ	ΚΟΚΟΥΙΜΠΙΤΗΣ	ΜΕΛΑΚΟΝΙΤΗΣ
ΔΕΣΚΛΟΪΖΙΤΗΣ	ΚΟΛΒΕΖΙΤΗΣ	ΜΕΛΑΝΤΕΡΙΤΗΣ
ΔΖΟΥΡΛΕΪΤΗΣ	ΚΟΝΕΛΙΤΗΣ	ΜΕΡΕΪΤΕΡΙΤΗΣ
ΔΙΑΒΟΛΕΪΤΗΣ	ΚΟΝΙΧΑΛΚΙΤΗΣ	ΜΕΡΝΤΟΧΙΤΗΣ
ΔΙΑΛΛΑΓΗΣ	ΚΟΠΙΑΠΙΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΟΛΤΙΤΗΣ
ΔΙΑΦΟΡΙΤΗΣ	ΚΟΡΙΤΝΙΓΚΙΤΗΣ	ΜΙΑΡΓΥΡΙΤΗΣ
ΔΙΓΕΝΙΤΗΣ	ΚΟΡΚΙΤΗΣ	ΜΙΚΡΟΚΑΙΝΗΣ
ΔΙΜΟΡΦΙΝΗΣ	ΚΟΡΝΒΑΛΙΤΗΣ	ΜΙΛΛΕΡΙΤΗΣ
ΔΙΟΥΨΙΔΙΟΣ	ΚΟΡΝΕΛΙΤΗΣ	ΜΙΛΛΟΣΕΒΙΚΙΤΗΣ
ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ	ΚΟΡΟΝΑΔΙΤΗΣ	ΜΙΜΕΤΕΣΙΤΗΣ
ΔΟΥΝΔΑΣΙΤΗΣ	ΚΟΤΙΓΚΙΤΗΣ	ΜΙΜΕΤΙΤΗΣ
ΔΟΥΦΡΕΝΙΤΗΣ	ΚΟΤΟΥΝΝΙΤΗΣ	ΜΙΞΙΤΗΣ
ΔΟΥΦΤΙΤΗΣ	ΚΟΥΒΑΝΙΤΗΣ	ΜΟΛΥΒΔΑΙΝΙΤΗΣ
ΔΥΠΙΓΚΙΤΗΣ	ΚΟΥΙΝΣΤΕΝΤΙΤΗΣ	ΜΟΛΥΒΔΟ- ΙΑΡΟΣΙΤΗΣ
ΔΥΣΚΡΑΣΙΤΗΣ	ΚΟΥΜΙΓΚΤΟΝΙΤΗΣ	ΜΟΛΥΒΔΟΓΚΟΥΜΙΤΗΣ
ΕΛΥΙΤΗΣ	ΚΡΕΕΔΙΤΗΣ	ΜΟΜΠΥΙΤΗΣ
ΕΜΒΟΛΙΤΗΣ	ΚΡΙΝΤΙΤΗΣ	ΜΟΝΤΕΠΟΝΙΤΗΣ
ΕΜΠΛΕΚΤΙΤΗΣ	ΚΡΟΝΚΙΤΗΣ	ΜΟΡΕΝΟΣΙΤΗΣ
ΕΝΑΡΙΤΗΣ	ΚΡΟΥΠΚΑΪΤΗΣ	ΜΟΣΧΟΒΙΤΗΣ
ΕΝΔΕΛΛΙΤΗΣ	ΚΡΥΠΤΟΜΕΛΑΣ	ΜΟΥΙΧΟΕΚΙΤΗΣ
ΕΞΑΨΔΡΙΤΗΣ	ΚΤΕΝΑΣΙΤΗΣ	ΜΟΥΜΜΕΪΤΗΣ
ΕΠΙΔΟΤΟ	ΚΥΑΝΟΤΡΙΧΙΤΗΣ	ΜΠΑΠΙΝΙΤΗΣ
ΕΡΥΘΡΙΝΗΣ	ΚΥΠΡΙΤΗΣ	ΜΠΑΨΑΔΟΝΙΤΗΣ
ΕΣΣΙΤΗΣ	ΛΑΒΕΝΔΟΥΛΑΝΗΣ	ΜΠΕΑΒΕΡΙΤΗΣ
ΕΤΕΡΟΛΙΤΗΣ	ΛΑΒΡΑΔΟΡΙΟ	ΜΠΕΟΥΔΑΝΤΙΤΗΣ
ΕΤΕΡΟΜΟΡΦΙΤΗΣ	ΛΑΝΑΡΚΙΤΗΣ	ΜΠΕΡΘΕΡΙΤΗΣ
ΕΥΧΡΩΙΤΗΣ	ΛΑΝΓΚΙΤΗΣ	ΜΠΕΤΕΚΤΙΝΙΤΗΣ
ΕΨΟΜΙΤΗΣ	ΛΑΟΥΡΕΛΙΤΗΣ	ΜΠΕΪΕΡΙΤΗΣ
ΖΑΚΚΑΓΚΝΑΪΤΗΣ	ΛΑΟΥΤΕΝΤΧΑΛΙΤΗΣ	ΜΠΙΑΝΧΙΤΗΣ
ΖΙΡΚΟΝΙΟ	ΛΕΓΚΡΑΝΔΙΤΗΣ	ΜΠΙΜΟΥΘΙΝΙΤΗΣ
ΗΜΙΜΟΡΦΙΤΗΣ	ΛΕΠΙΔΟΚΡΟΚΙΤΗΣ	ΜΠΙΝΤΧΕΪΜΙΤΗΣ



Πίνακας 4.2.1. (συνέχεια)

ΜΠΙΑΝΧΙΤΗΣ	ΠΛΑΤΝΕΡΙΤΗΣ	ΣΤΙΑΠΝΟΜΕΛΑΣ
ΜΠΙΜΟΥΘΙΝΙΤΗΣ	ΠΟΛΥΑΛΙΤΗΣ	ΣΤΙΜΠΑΡΣΕΝΙΚΟ
ΜΠΙΝΤΧΕΪΜΙΤΗΣ	ΠΟΛΥΒΑΣΙΤΗΣ	ΣΤΙΜΠΙΚΟΝΙΤΗΣ
ΜΠΙΣΜΟΚΛΙΤΗΣ	ΠΟΣΝΤΖΑΚΙΤΗΣ	ΣΤΙΜΠΙΟ-ΕΝΑΡΓΙΤΗΣ
ΜΠΟΪΛΕΪΤΗΣ	ΠΟΥΜΠΕΛΥΙΤΗΣ	ΣΥΜΠΛΗΣΙΤΗΣ
ΜΠΟΛΕΪΤΗΣ	ΠΡΕΪΣΙΝΓΚΕΡΙΤΗΣ	ΣΥΣΚΡΑΣΙΤΗΣ
ΜΠΡΑΪΑΝΓΙΑΝΓΚΙΤΗΣ	ΠΡΟΥΣΤΙΤΗΣ	ΣΦΑΙΡΟΚΟΒΑΛΤΙΤΗΣ
ΜΠΡΙΑΡΤΙΤΗΣ	ΠΥΡΑΡΓΥΡΙΤΗΣ	ΣΦΑΛΕΡΙΤΗΣ
ΜΠΡΟΥΚΙΤΗΣ	ΠΥΡΟΛΟΥΣΙΤΗΣ	ΣΧΑΛΕΝΜΠΕΡΓΚΙΤΗΣ
ΝΑΜΟΥΒΙΤΗΣ	ΠΥΡΟΜΟΡΦΙΤΗΣ	ΣΧΑΛΤΕΝΙΤΗΣ
ΝΑΤΡΟ - ΑΛΟΥΝΙΤΗΣ	ΠΥΡΟΣΤΙΑΠΝΙΤΗΣ	ΣΧΕΕΛΙΤΗΣ
ΝΑΤΡΟ - ΓΛΑΥΚΟΚΕΡΙΝΙΤΗΣ	ΡΑΜΔΟΡΙΤΗΣ	ΤΑΛΚΗΣ
ΝΑΤΡΟ - ΙΑΡΟΣΙΤΗΣ	ΡΑΜΜΕΛΣΒΕΡΓΙΤΗΣ	ΤΑΛΜΕΣΙΤΗΣ
ΝΕΣΚΕΧΟΝΙΤΗΣ	ΡΑΜΣΔΕΛΙΤΗΣ	ΤΑΜΑΡΟΥΓΚΙΤΗΣ
ΝΙΚΕΛΑΔΑΜΙΤΗΣ	ΡΑΝΣΟΜΙΤΗΣ	TENANTΙΤΗΣ
ΝΙΚΕΛΕΞΑΕΔΡΙΤΗΣ	ΡΙΚΕΛΣΔΟΡΦΙΤΗΣ	ΤΕΤΡΑΕΔΡΙΤΗΣ
ΝΙΚΕΛΙΝΗΣ	ΡΟΔΟΧΡΩΣΙΤΗΣ	ΤΖΕΪΜΣΙΤΗΣ
ΝΙΚΕΛΟΣΤΙΝΙΤΗΣ	ΡΟΕΒΟΛΦΕΪΤΗΣ	ΤΖΕΪΜΣΟΝΙΤΗΣ
ΝΙΝΤΕΡΜΑΪΡΙΤΗΣ	ΡΟΕΜΕΡΙΤΗΣ	ΤΖΟΥΡΛΕΪΤΗΣ
ΝΟΝΤΡΟΝΙΤΗΣ	ΡΟΖΑΣΙΤΗΣ	ΤΙΤΑΝΙΤΗΣ
ΝΟΡΝΤΣΤΡΑΝΤΙΤΗΣ	ΡΟΖΕΝΙΤΗΣ	ΤΟΥΡΜΑΛΙΝΗΣ
ΝΤΑΝΤΣΟΝΙΤΗΣ	ΡΟΜΑΝΕΧΙΤΗΣ	ΤΡΕΜΟΛΙΤΗΣ
ΝΤΕΒΙΛΙΝΗΣ	ΡΟΜΕΡΙΤΗΣ	ΤΡΙΠΚΕΪΤΗΣ
ΝΤΕΛΑΦΟΣΙΤΗΣ	ΡΟΜΠΙΝΣΟΝΙΤΗΣ	ΤΡΙΠΟΥΧΥΙΤΗΣ
ΝΤΕΣΚΛΟΪΖΙΤΗΣ	ΡΟΣΑΣΙΤΗΣ	ΤΡΟΪΛΙΤΗΣ
ΝΤΖΑΛΙΝΔΙΤΗΣ	ΡΟΣΙΚΥΙΤΗΣ	ΤΣΟΥΜΚΟΡΙΤΗΣ
ΞΑΝΘΙΟΣΙΤΗΣ	ΡΟΣΛΕΡΙΤΗΣ	ΤΥΡΟΛΙΤΗΣ
ΞΑΝΘΟΚΟΝ	ΡΟΥΣΕΒΕΛΤΙΤΗΣ	ΥΑΛΙΤΗΣ
ΟΒΙΧΕΪΤΗΣ	ΡΟΥΤΗΛΙΟ	ΥΔΡΟΓΟΥΝΤΒΑΡΤΙΤΗΣ
ΟΛΕΪΤΗΣ	ΣΑΪΝΦΕΛΑΝΤΙΤΗΣ	ΥΔΡΟΕΤΕΡΟΛΙΤΗΣ
ΟΛΙΒΕΝΙΤΗΣ	ΣΑΛΙΤΗΣ	ΥΔΡΟΖΙΝΚΙΤΗΣ
ΟΛΙΓΟΚΛΑΣΤΟ	ΣΑΝΔΑΡΑΧΗ ΕΡΥΘΡΑ	ΥΔΡΟΚΕΡΟΥΣΙΤΗΣ
ΟΛΛΑΝΔΙΤΗΣ	ΣΑΝΔΑΡΑΧΗ ΚΙΤΡΙΝΗ	ΥΔΡΟΜΑΓΝΗΣΙΤΗΣ
ΟΟΥΙΧΕΪΤΗΣ	ΣΑΠΟΝΙΤΗΣ	ΥΔΡΟΝΙΟ-ΙΑΡΟΣΙΤΗΣ
ΟΡΘΟΚΛΑΣΤΟ	ΣΑΦΛΟΡΙΤΗΣ	ΥΔΡΟΤΑΛΚΗΣ
ΟΡΘΟΣΕΡΠΙΕΡΙΤΗΣ	ΣΕΓΚΝΙΤΙΤΗΣ	ΥΠΕΡΣΘΕΝΗΣ
ΟΣΑΡΙΖΑΓΟΥΕΪΤΗΣ	ΣΕΜΣΕΪΤΗΣ	ΦΑΛΚΜΑΝΙΤΗΣ
ΟΤΑΒΙΤΗΣ	ΣΕΝΑΪΤΗΣ	ΦΑΜΑΤΙΝΙΤΗΣ
ΟΤΖΟΥΕΛΑΪΤΗΣ	ΣΕΝΑΡΜΟΝΤΙΤΗΣ	ΦΑΡΜΑΚΟΛΙΤΗΣ
ΟΥΡΑΓΙΤΗΣ	ΣΕΡΙΚΙΤΗΣ	ΦΑΡΜΑΚΟΣΙΔΗΡΙΤΗΣ
ΠΑΚΟΝΕΝΙΤΗΣ	ΣΕΡΙΠΕΡΙΤΗΣ	ΦΕΪΝΓΚΛΟΣΙΤΗΣ
ΠΑΡΑΔΑΜΙΤΗΣ	ΣΙΔΕΡΟΤΙΛΙΟ	ΦΘΟΡΙΤΗΣ
ΠΑΡΑΚΟΚΟΥΙΜΠΙΤΗΣ	ΣΙΔΗΡΙΤΗΣ	ΦΙΛΙΨΜΠΕΡΓΚΙΤΗΣ
ΠΑΡΑΜΕΛΑΚΟΝΙΤΗΣ	ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ	ΦΙΜΠΡΟΦΕΡΡΙΤΗΣ
ΠΑΡΑΣΥΜΠΛΗΣΙΤΗΣ	ΣΙΔΗΡΟΤΙΛΗΣ	ΦΟΡΝΑΚΙΤΗΣ
ΠΑΡΑΤΑΚΑΜΙΤΗΣ	ΣΚΑΠΟΛΙΘΟΣ	ΦΟΥΛΟΠΙΤΗΣ
ΠΑΡΝΟΪΤΗΣ	ΣΚΟΡΟΔΙΤΗΣ	ΦΡΑΪΠΟΝΤΙΤΗΣ
ΠΕΝΝΙΝΙΤΗΣ	ΣΚΡΑΤΥΙΝΙΤΗΣ	ΦΡΕΪΒΕΡΓΙΤΗΣ
ΠΕΡΣΑΪΛΙΤΗΣ	ΣΜΙΘΣΟΝΙΤΗΣ	ΦΡΕΪΒΕΡΓΙΤΗΣ ΧΑΛΚΟΥΧΟΣ
ΠΕΤΡΟΥΚΙΤΗΣ	ΣΟΥΛΕΝΒΕΡΓΙΤΗΣ	ΦΩΣΓΕΝΙΤΗΣ
ΠΙΚΕΡΙΝΓΚΙΤΗΣ	ΣΠΑΝΓΚΟΛΙΤΗΣ	ΧΑΛΑΖΙΑΣ
ΠΙΚΡΟΦΑΡΜΑΚΟΛΙΤΗΣ	ΣΤΑΡΚΕΪΤΗΣ	ΧΑΛΚΑΝΘΙΤΗΣ
ΠΙΤΤΙΚΙΤΗΣ	ΣΤΕΦΑΝΙΤΗΣ	ΧΑΛΚΗΔΟΝΙΟΣ

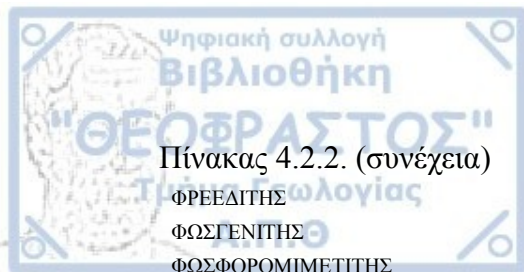


Πίνακας 4.2.1. (συνέχεια)

ΧΑΛΚΟΑΛΟΥΝΙΤΗΣ	ΧΕΝΕΒΙΕΙΤΗΣ	ΧΡΥΣΟΣ ΑΥΤΟΦΥΗΣ
ΧΑΛΚΟΠΥΡΙΤΗΣ	ΧΕΝΙΤΗΣ	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡ - ΟΛΙΒΕΝΙΤΗΣ
ΧΑΛΚΟΣ ΑΥΤΟΦΥΗΣ	ΧΙΝΣΝΤΑΛΙΤΗΣ	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΤΗΣ
ΧΑΛΚΟΣΙΝΗΣ	ΧΙΝΤΑΛΓΚΟΪΤΗΣ	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ - ΓΟΥΝΤΒΑΡΝΤΙΤΗΣ
ΧΑΛΚΟΣΤΙΒΙΤΗΣ	ΧΙΣΙΝΓΚΕΡΙΤΗΣ	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ - ΚΟΠΙΑΠΙΤΗΣ
ΧΑΛΚΟΤΡΙΧΙΤΗΣ	ΧΛΩΡΑΡΓΥΡΙΤΗΣ	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ - ΜΕΛΑΝΤΕΡΙΤΗΣ
ΧΑΛΚΟΦΑΝΙΤΗΣ	ΧΛΩΡΙΤΗΣ	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ - ΡΟΣΑΣΙΤΗΣ
ΧΑΛΚΟΦΥΛΛΙΤΗΣ	ΧΛΩΡΙΤΟΕΙΔΕΣ	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ
ΧΑΝΤΙΤΗΣ	ΧΟΝΕΣΣΙΤΗΣ	ΨΕΥΔΟΜΠΟΛΕΪΤΗΣ
ΧΕΛΜΟΥΤΒΙΝΚΛΕΡΙΤΗΣ	ΧΡΥΣΟΚΟΛΛΑ	ΨΙΛΟΜΕΛΑΣ

Πίνακας 4.2.2. Ορυκτά των σκωριών στο Λαύριο κατά Wendel et al (1999), Κατερινόπουλος και Ζησιμοπούλου (1994), Voudouris et al (2007), Voudouris et al (2008).

ΑΓΓΛΕΣΙΤΗΣ	ΗΛΙΟΦΥΑΛΙΤΗΣ	ΜΟΛΥΒΔΟΝΑΚΡΙΤΗΣ
ΑΖΟΥΡΙΤΗΣ	ΗΜΙΜΟΡΦΙΤΗΣ	ΜΟΛΥΒΔΟΣ
ΑΙΜΑΤΙΤΗΣ	ΘΑΥΜΑΣΙΤΗΣ	ΜΟΝΤΜΟΡΙΑΛΟΝΙΤΗΣ
ΑΚΑΓΚΑΝΕΪΤΗΣ	ΘΕΙΟ	ΜΠΕΟΥΔΑΝΤΙΤΗΣ
ΑΛΙΤΗΣ	ΘΟΜΣΕΝΟΛΙΤΗΣ	ΜΠΕΥΕΡΙΤΗΣ
ΑΜΕΣΙΤΗΣ	ΘΟΡΙΚΟΖΙΤΗΣ	ΜΠΙΑΝΧΙΤΗΣ
ΑΝΔΟΡΙΤΗΣ	ΙΟΔΑΡΓΥΡΙΤΗΣ	ΜΠΛΙΞΙΤΗΣ
ΑΝΝΑΒΕΡΓΙΤΗΣ	ΚΑΛΗΔΟΝΙΤΗΣ	ΜΠΟΛΕΪΤΗΣ
ΑΝΤΛΕΡΙΤΗΣ	ΚΑΛΟΥΜΕΤΙΤΗΣ	ΜΠΟΤΑΛΛΑΚΙΤΗΣ
ΑΝΤΟΝΙΙΤΗΣ	ΚΕΡΟΥΣΙΤΗΣ	ΝΑΜΟΥΒΙΤΗΣ
ΑΡΑΓΩΝΙΤΗΣ	ΚΕΤΝΕΡΙΤΗΣ	ΝΕΑΛΙΤΗΣ
ΑΡΣΕΝΟΒΙΣΜΙΤΗΣ	ΚΟΒΕΛΙΝΗΣ	ΟΛΙΒΕΝΙΤΗΣ
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ	ΚΟΝΝΕΛΙΤΗΣ	ΠΑΡΑΛΑΥΡΙΟΝΙΤΗΣ
ΑΣΒΕΣΤΟ-ΜΙΞΙΤΗΣ	ΚΟΤΟΥΝΝΙΤΗΣ	ΠΑΡΑΣΥΜΠΛΕΣΙΤΗΣ
ΑΤΑΚΑΜΙΤΗΣ	ΚΟΥΜΕΝΓΚΕΪΤΗΣ	ΠΑΡΑΤΑΚΑΜΙΤΗΣ
ΒΕΣΣΕΛΥΪΤΗΣ	ΚΡΕΕΔΙΤΗΣ	ΠΕΝΦΙΛΔΙΤΗΣ
ΒΙΛΛΕΜΙΤΗΣ	ΚΤΕΝΑΣΙΤΗΣ	ΠΕΡΙΤΗΣ
ΒΙΣΜΙΤΗΣ	ΚΥΑΝΟΧΡΩΙΤΗΣ	ΠΛΑΤΝΕΡΙΤΗΣ
ΒΙΣΜΟΥΤΙΤΗΣ	ΚΥΠΡΙΤΗΣ	ΠΟΛΜΟΥΡΕΪΤΗΣ
ΒΟΡΜΠΟΡΦΙΤΗΣ	ΛΑΒΕΝΔΟΥΛΑΝΗΣ	ΠΡΑΪΣΙΝΓΚΕΡΙΤΗΣ
ΒΟΥΡΝΟΝΙΤΗΣ	ΛΑΝΑΡΚΙΤΗΣ	ΡΟΥΣΒΕΛΤΙΤΗΣ
ΒΡΟΧΑΝΤΙΤΗΣ	ΛΑΥΡΙΟΝΙΤΗΣ	ΣΑΣΚΟΒΙΤΗΣ
ΓΑΛΗΝΙΤΗΣ	ΛΕΓΡΑΝΔΙΤΗΣ	ΣΕΡΠΙΕΡΙΤΗΣ
ΓΕΩΡΓΕΪΤΗΣ	ΛΕΠΙΔΟΚΡΟΚΙΤΗΣ	ΣΚΟΡΟΔΙΤΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΑΔΕΣΙΤΗΣ	ΛΗΔΙΑΛΙΤΗΣ	ΣΜΙΘΣΟΝΙΤΗΣ
ΓΚΑΙΤΙΤΗΣ	ΛΙΘΑΡΓΥΡΟΣ	ΣΟΥΛΕΝΒΕΡΓΙΤΗΣ
ΓΚΑΡΤΡΕΛΙΤΗΣ	ΛΙΝΑΡΙΤΗΣ	ΣΟΥΣΣΑΝΙΤΗΣ
ΓΚΕΛΕΝΙΤΗΣ	ΛΟΡΕΤΤΟΪΤΗΣ	ΣΤΙΜΠΚΟΝΙΤΗΣ
ΓΚΙΛΑΛΙΤΗΣ	ΛΟΥΔΛΟΚΙΤΗΣ	ΣΤΡΟΝΤΙΑΝΙΤΗΣ
ΓΥΨΟΣ	ΜΑΚΦΕΡΣΟΝΙΤΗΣ	ΣΥΜΠΛΕΣΙΤΗΣ
ΔΑΜΑΡΑΪΤΗΣ	ΜΑΛΑΧΙΤΗΣ	ΣΦΑΛΕΡΙΤΗΣ
ΔΙΑΒΟΛΕΪΤΗΣ	ΜΑΜΜΟΟΙΤΗΣ	ΤΑΡΝΟΟΥΤΖΙΤΗΣ
ΔΙΓΕΝΙΤΗΣ	ΜΑΣΣΙΚΟΤΗΣ	ΥΔΡΟΚΕΡΟΥΣΙΤΗΣ
ΔΙΟΥΨΙΔΙΟΣ	ΜΑΤΛΟΚΙΤΗΣ	ΦΑΡΜΑΚΟΣΙΔΗΡΙΤΗΣ
ΕΔΕΝΒΕΡΓΙΤΗΣ	ΜΕΝΔΙΠΙΤΗΣ	ΦΕΡΙΥΔΡΙΤΗΣ
ΕΚΔΕΜΙΤΗΣ	ΜΙΜΕΤΙΤΗΣ	ΦΕΡΟΞΙΧΙΤΗΣ
ΕΜΒΟΛΙΤΗΣ	ΜΙΝΙΟ	ΦΘΟΡΙΤΗΣ
ΕΤΤΡΙΝΓΚΙΤΗΣ	ΜΟΛΥΒΔΟΪΑΡΟΣΙΤΗΣ	ΦΙΕΔΛΕΡΙΤΗΣ



Πίνακας 4.2.2. (συνέχεια)

ΦΡΕΕΔΙΤΗΣ

ΦΩΣΓΕΝΙΤΗΣ

ΦΩΣΦΟΡΙΜΙΤΗΣ

ΧΑΛΑΖΙΑΣ

ΧΑΛΚΟΣ

ΧΑΛΚΟΣΙΝΗΣ

ΧΛΩΡΙΤΗΣ

ΧΛΩΡΟΦΟΙΝΙΚΙΤΗΣ

ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΙΤΗΣ

ΨΕΥΔΟΜΠΟΛΕΪΤΗΣ

5. Ορυκτά του Λαυρίου από το Μουσείο Ορυκτολογίας – Πετρολογίας Α.Π.Θ.

Το «Μουσείο Ορυκτολογίας-Πετρολογίας» του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης ιδρύθηκε το 1940 και ανήκει στον Τομέα Ορυκτολογίας - Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας. Οι συλλογές του χρονολογούνται από την ίδρυση του Εργαστηρίου Γεωλογίας, Πετρολογίας και Ορυκτολογίας το 1929 της τότε Σχολής Φυσικών και Μαθηματικών Επιστημών. Στο τεύχος «Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 1926 - 1936» που εκδόθηκε το 1937 με αφορμή τη δεκάχρονη λειτουργία του ιδρύματος παρουσιάζεται αναλυτικά το Εργαστήριο και συγκεκριμένα αναφέρεται ότι «διαθέτει πλούσιας συλλογής υλικού δι' ασκήσεις, ορυκτολογικάς, πετρολογικάς και γεωλογικάς» που προέρχονται «εκ δωρεών είτε εξ αγοράς είτε και εξ επιτοπίων ερευνών του προσωπικού του Εργαστηρίου, γενομένων δαπάναις του πανεπιστημίου».

Από τις σημαντικότερες δωρεές θα πρέπει να αναφερθεί αυτή του Αστεροσκοπείου Αθηνών που προσέφερε την ορυκτολογική και παλαιοντολογική συλλογή του Πρίγκηπα Μαυροκορδάτου, ενώ η σημαντικότερη αγορά αφορά συλλογή δειγμάτων του Λαυρίου από τους κληρονόμους του Serpieri.

Τα δείγματα που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία ανέρχονται σε 145 με 31 διαφορετικά ορυκτά. Επιπλέον καταγράφηκαν 1 δείγμα πετρώματος από γρανίτη, 3 δείγματα από μεταλλουργικές σκωρίες και 1 δείγμα λιθάργυρου.

Τα δείγματα από το Λαύριο βρίσκονται ταξινομημένα σε τρεις τον αριθμό συρταριέρες στην αίθουσα που παραχωρήθηκε από το Τμήμα Γεωλογίας, δίπλα από την βιβλιοθήκη «Θεόφραστος» του Τμήματος και στην οποία φιλοξενούνται προθήκες και συρταριέρες μέσα στις οποίες υπάρχει μεγάλος αριθμός δειγμάτων ορυκτών και πετρωμάτων από όλη την Ελλάδα και το εξωτερικό.

Πρόθεση του Τομέα Ορυκτολογίας - Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας είναι η πλήρης ταξινόμηση και οργάνωση των δειγμάτων με σκοπό την αξιοποίηση τους τόσο για να εκτεθούν με τη μορφή Μουσειακής έκθεσης όσο και να είναι προσβάσιμες στο προσωπικό, στους φοιτητές και στο κοινό. Η επιμέλεια του εγχειρήματος είναι υπό την αιγίδα της Επιτροπής Μουσείου που λειτουργεί στο πλαίσιο του Τομέα και απαρτίζεται από τον Καθηγητή κ. Μ. Βαβελίδη και τον Λέκτορα κ. Β. Μέλφο.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα ορυκτά που μελετήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

5.1 Αδαμίτης (Adamite) - $\text{Zn}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$

Ο αδαμίτης πήρε το όνομά του από τον Γάλλο ορυκτολόγο G. J. Adam (1795 - 1881). Κρυσταλλώνεται στο ορθορομβικό σύστημα. Η σκληρότητά του είναι 3,5 στην κλίμακα Mohs ενώ το ειδικό του βάρος κυμαίνεται μεταξύ 3,5 και 4,5. Ο σχισμός είναι καλός κατά (101), ενώ έχει θραυσμό υποκογχώδη έως ανώμαλο. Το χρώμα του είναι ανοιχτό πράσινο, κίτρινο, ανοιχτό κυανό, πράσινο ή και άχρωμο, ανάλογα με τα ιχνοστοιχεία που περιέχει, το δε χρώμα σκόνης είναι λευκό. Έχει λάμψη υαλώδη και είναι διαφανής.. Όσον αφορά τη μορφή του, συνήθως εμφανίζεται σε βοτρυοειδή, ακτινωτά ή σφαιρικά συσσωματώματα, αλλά και υπό τη μορφή κρυστάλλων με απολήξεις σφηνοειδούς σχήματος ή σπάνια μικροπρισματικές.

Ο αδαμίτης στο Λαύριο εντοπίζεται ως δευτερογενές ορυκτό στη ζώνη οξειδωσης σε όλη την έκταση της μεταλλοφορίας στη Λαυρεωτική. Οι ποικιλίες που εντοπίστηκαν είναι ο νικελιούχος αδαμίτης, ο χαλκούχος αδαμίτης και ο αργιλούχος αδαμίτης. Συναντάται με γκαιτίτη, με σμιθσονίτη καθώς και με ασβεστίτη, αζουρίτη, ημιμορφίτη και μαλαχίτη.

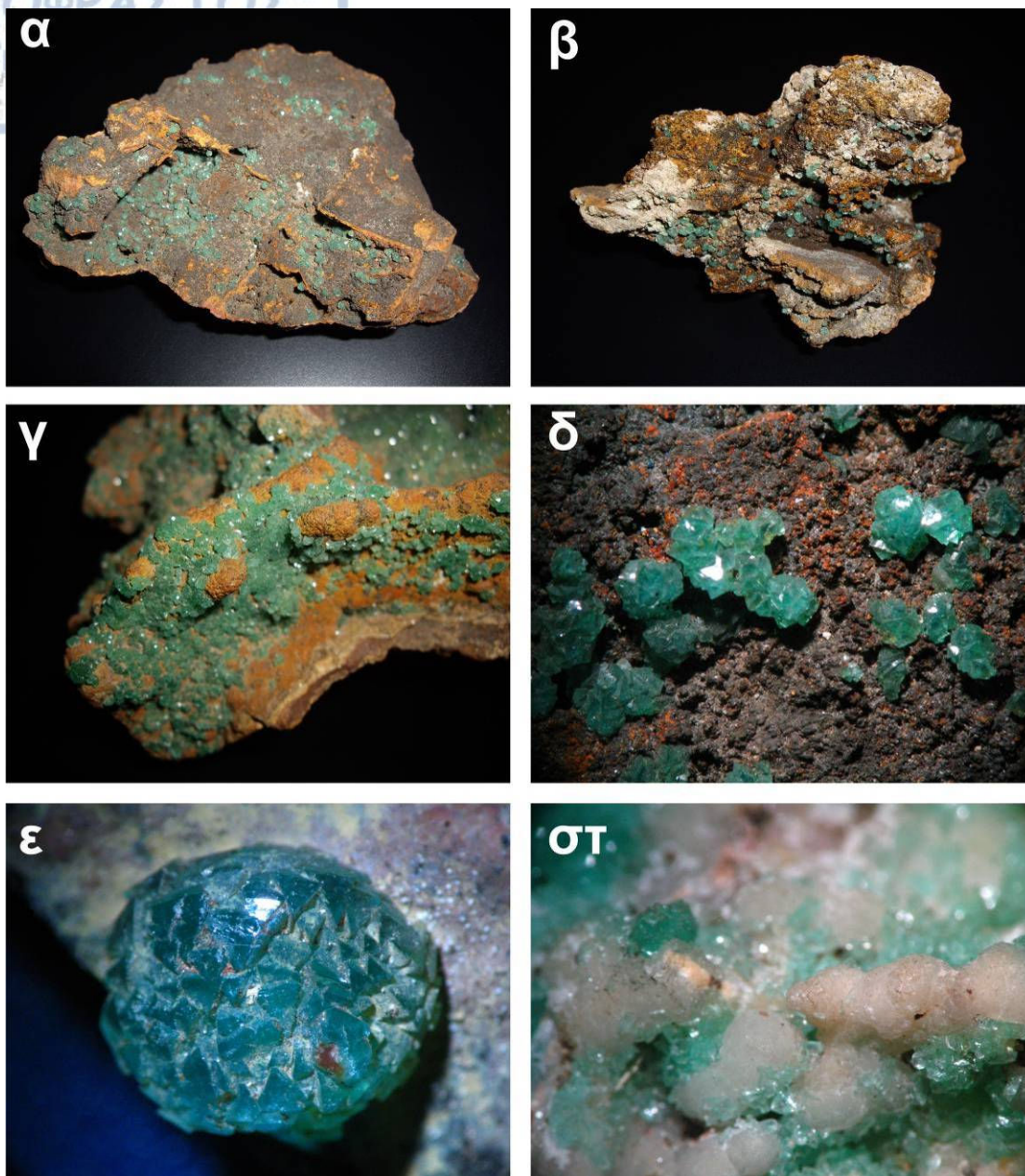
Ο αδαμίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό τη μορφή ιδιόμορφων κρυστάλλων σε σφαιρικά συσσωματώματα, χρώματος πράσινου σκούρου έως πράσινου ανοιχτού και σε μεγέθη που φθάνουν τα 4,5 mm (Εικ. 5.1.1 α-ε). Βρίσκεται κυρίως σε σύμφυση με γκαιτίτη, αλλά και με σμιθσονίτη (Εικ. 5.1.1 στ) με τους κρυστάλλους σε αυτή τη περίπτωση να παρουσιάζονται διαφανείς και σε ακανόνιστους κόκκους με σφηνοειδείς απολήξεις. Επίσης συμφύεται με αζουρίτη και μαλαχίτη.

Στον Πίνακα 5.1.1 παρουσιάζεται η κρυσταλλική του δομή όπως προέκυψε από την ακτινογραφική ανάλυση (XRD) του δείγματος Λ039 (Σχ. 5.1.1) και συμφωνεί με τα αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα κατά American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace 2003). Ο όγκος της κυψελίδας υπολογίστηκε σε $425,4955 \text{ \AA}^3$. Σε ότι αφορά την ποικιλία, από την ακτινογραφική μελέτη προέκυψε ότι στο δείγμα Λ039 συνυπάρχουν δύο ποικιλίες: ο καθαρός αδαμίτης και ο χαλκούχος αδαμίτης.

5.2 Αζουρίτης (Azurite) - $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Ο αζουρίτης οφείλει το όνομά του στο χαρακτηριστικό του χρώμα και στην περσική σημαίνει «lazawalt» που σημαίνει «μπλε». Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα. Η σκληρότητά του κυμαίνεται μεταξύ 3,5 και 4 στην κλίμακα Mohs και το ειδικό του βάρος από 3,7 έως 3,9. Ο σχισμός είναι ατελής κατά (011) και καλός κατά (100) και έχει θραυσμό κογχώδη. Ο αζουρίτης βρίσκεται σε όλες τις αποχρώσεις του κυανού, από ανοιχτό έως σκούρο, το δε χρώμα σκόνης είναι ανοιχτό κυανό. Η λάμψη του είναι γενικά υαλώδης εκτός από τις περιπτώσεις συμπαγούς ποικιλίας που είναι αλαμπής. Όσον αφορά τη μορφή του εμφανίζεται συνήθως υπό τη μορφή κρυστάλλων συνήθως πλακωδών έως πρισματικών. Ο αζουρίτης αποτελεί δευτερογενές ανθρακικό ορυκτό του χαλκού, όπως ο μαλαχίτης, και έχουν τον ίδιο τρόπο γένεσης.

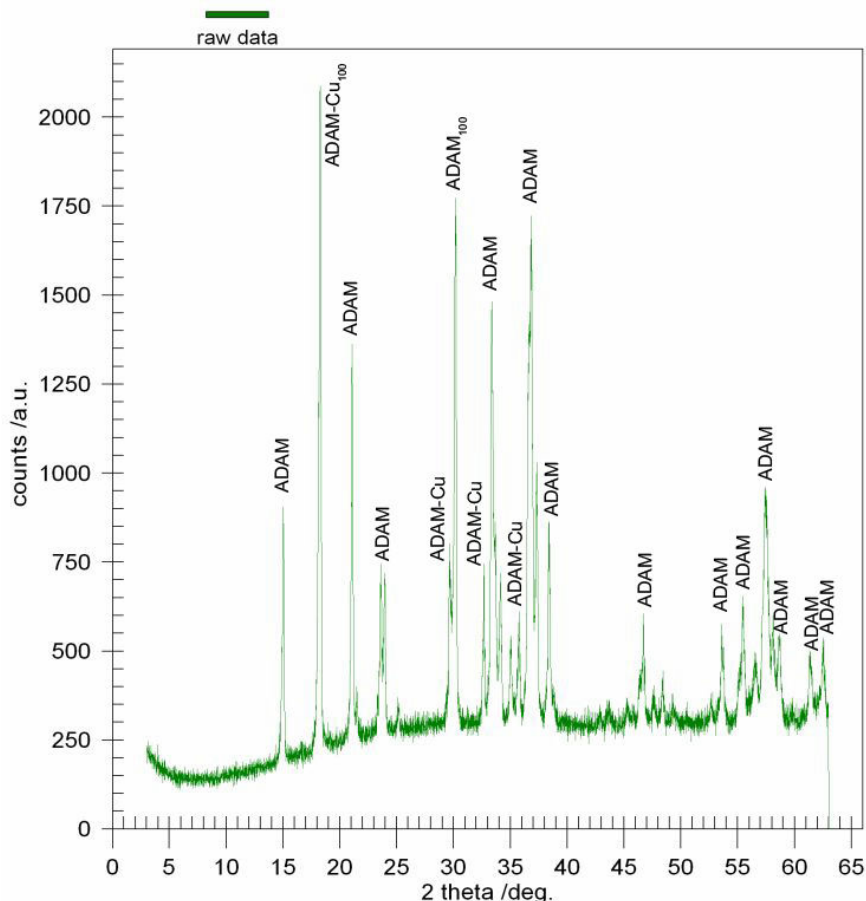
Ο αζουρίτης βρίσκεται κυρίως στην Καμάριζα σε κοιλάτη των μεταλλευμάτων και των πετρωμάτων, καθώς και στα μεταλλεία των περιοχών «Christiana» και «Αγία Βαρβάρα». Συμφύεται με μαλαχίτη, σμιθσονίτη, κυπρίτη, ασβεστίτη και γκαιτίτη.



Εικ. 5.1.1. Δείγματα αδαμίτη από το Λαύριο. **(α)** Αδαμίτης με γκαιτίτη, δείγμα Λ078, μήκος δείγματος 9 cm. **(β)** Αδαμίτης με γκαιτίτη, δείγμα Λ088, μήκος δείγματος 8 cm. **(γ)** Αδαμίτης με γκαιτίτη, δείγμα Λ039, μήκος φωτογραφίας 4 cm. **(δ)** Αδαμίτης με γκαιτίτη, δείγμα Λ078, μήκος φωτογραφίας 7,2 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(ε)** Αδαμίτης με γκαιτίτη, δείγμα Λ094, μήκος κρυστάλλου 4,54 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(στ)** Αδαμίτης με σμιθσονίτη, δείγμα Λ087, μήκος φωτογραφίας 4,8 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.

Ο αζουρίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό τη μορφή πρισματικών κρυστάλλων μεγέθους έως 4,4 mm, σπάνια ημιδιαφανών και χρώματος κυανού. Τις περισσότερες φορές απαντά σε μικροκρυσταλλικά πρισματικά συσσωματώματα σε σύμφυση με γκαιτίτη και μαλαχίτη (Εικ. 5.2.1). Επίσης βρίσκεται ως λεπτά φυλλάρια, μεγέθους έως 500 μm και χρώματος ανοιχτού κυανού σε σύμφυση με σμιθσονίτη (Εικ. 5.2.1 γ-δ, Εικ. 5.2.2).

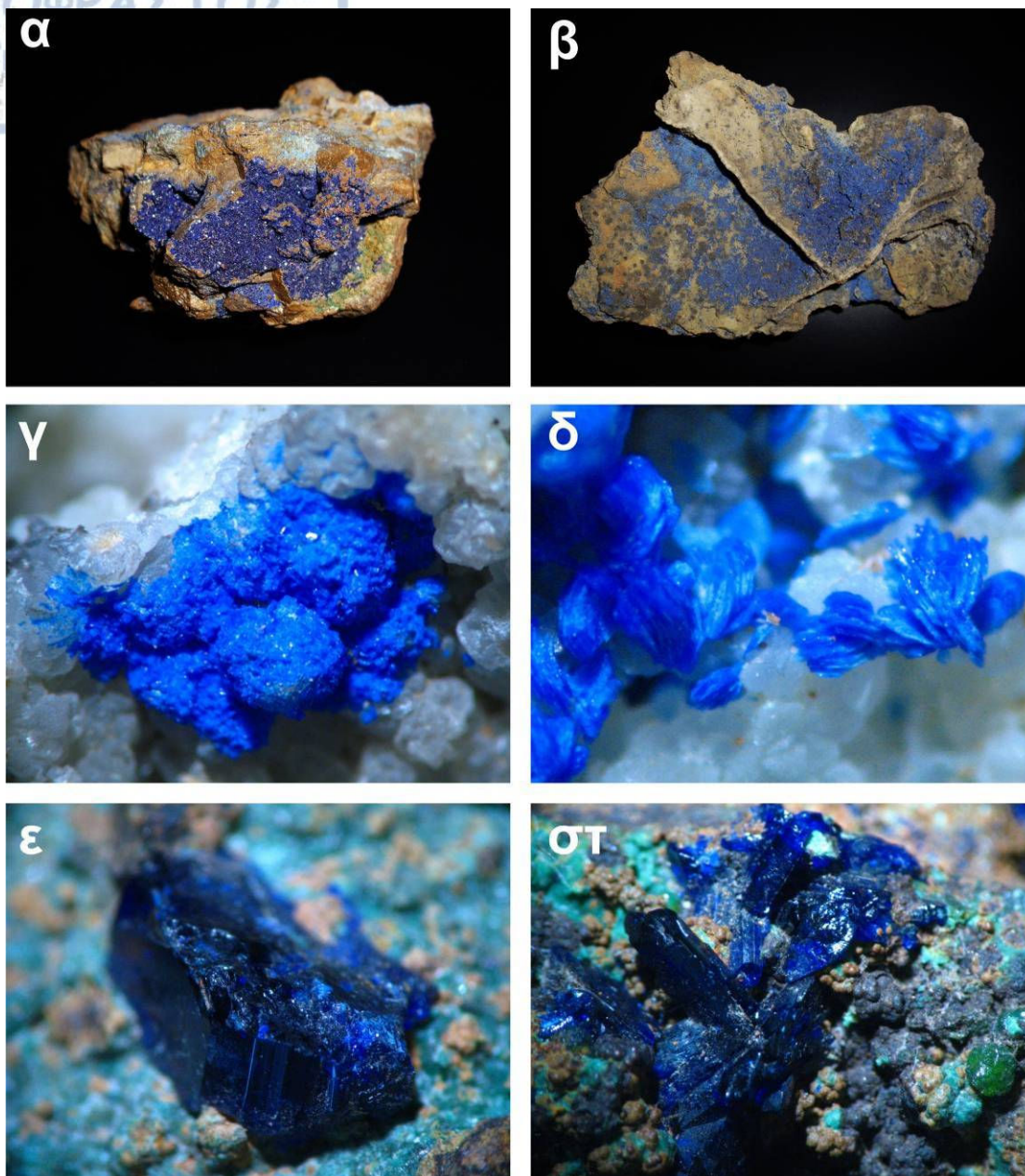
Δύο χημικές αναλύσεις σε κρυστάλλους αζουρίτη από το δείγμα Λ131 δείχνουν ότι το CuO κυμαίνεται από 59,35 έως 59,41 wt%, που αντιστοιχεί στην τυπική χημική σύσταση του ορυκτού (Πίνακας 5.2.1).



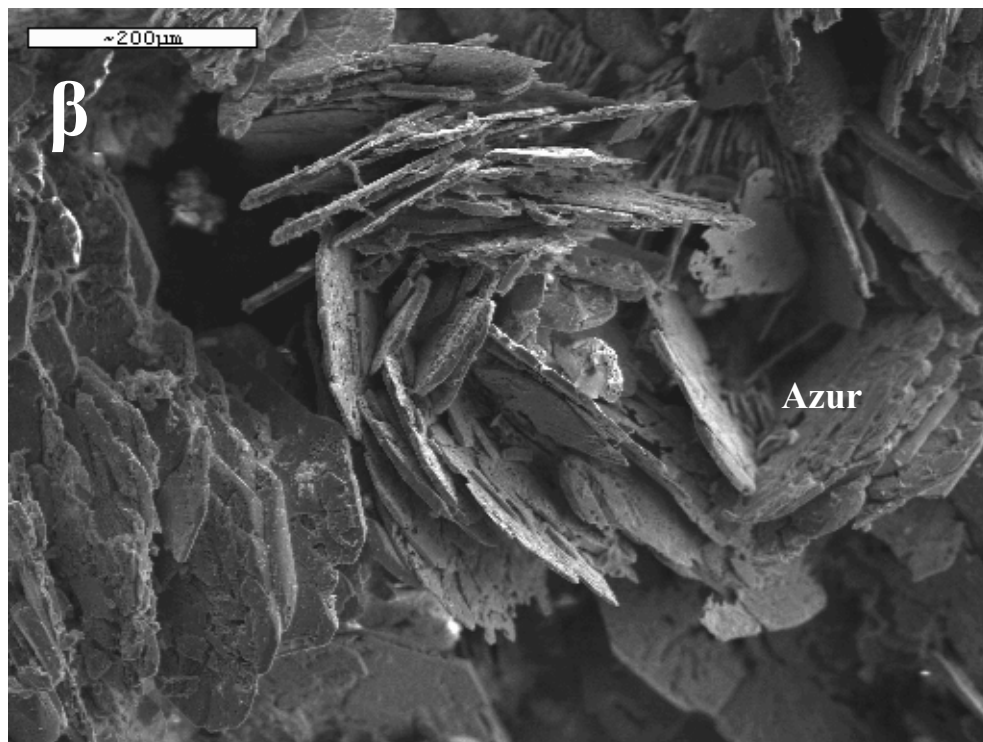
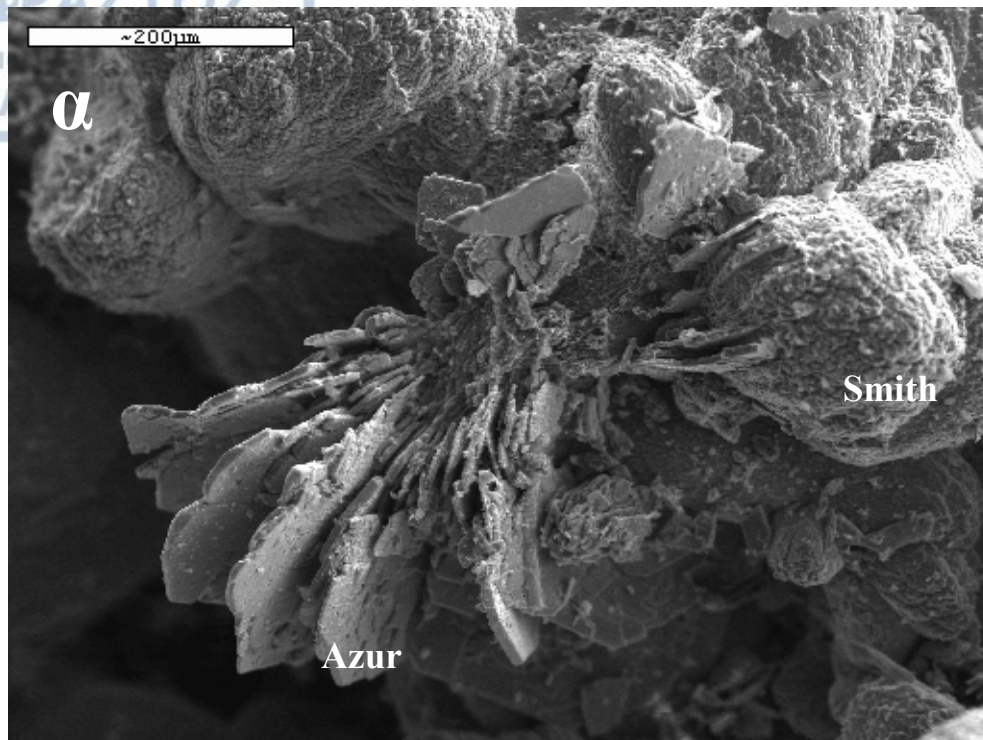
Σχ. 5.1.1. Ανάλυση XRD από το δείγμα Λ039 του Λαυρίου. Αδαμίτης (ADAM) και χαλκούχος αδαμίτης (ADAM-Cu).

Πίνακας 5.1.1. Κρυσταλλική δομή και διαστάσεις κυψελίδας του αδαμίτη από το δείγμα Λ039 του Λαυρίου και σύγκριση με τα δεδομένα του American Mineralogist.

Διαστάσεις Κυψελίδας		Σύγκριση με δεδομένα American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace 2003).	
a (Å)	08,29364	a (Å)	08,3060
b (Å)	08,49280	b (Å)	08,5240
c (Å)	06,04086	c (Å)	06,0430
V (Å ³)	425,4955	V (Å ³)	427,8465
Ομάδα συμμετρίας χώρου	Pnnm		



Εικ. 5.2.1. Δείγματα αζουρίτη από το Λαύριο. **(α)** Αζουρίτης με γκαιτίτη, δείγμα Λ128, μήκος δείγματος 4 cm. **(β)** Αζουρίτης με σμιθσονίτη, δείγμα Λ131, μήκος δείγματος 13 cm. **(γ)** Αζουρίτης με σμιθσονίτη, δείγμα Λ131, μήκος φωτογραφίας 3,3 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(δ)** Αζουρίτης με σμιθσονίτη, δείγμα Λ131, μήκος φωτογραφίας 3 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(ε)** Αζουρίτης, δείγμα Λ016, μήκος κρυστάλλου 4,42 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(στ)** Αζουρίτης με γκαιτίτη και μαλαχίτη, δείγμα Λ016, μήκος φωτογραφίας 7 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.



Εικ.5.2.2. Αζουρίτης από το Λαύριο. Εικόνες από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM). (α) Κρύσταλλοι αζουρίτη (Azur) σε σύμφυση με σμιθσονίτη (Smith), δείγμα Λ131. (β) Κρύσταλλοι αζουρίτη, δείγμα Λ131.

Πίνακας 5.2.1. Χημική σύσταση του αζουρίτη από το δείγμα Λ131 του Λαυρίου.

wt %	Λ131_1	Λ131_2	M.O.
CuO	59,35	59,41	59,38
CO ₂ - H ₂ O	40,61	40,53	40,57
Συν	99,96	99,94	99,95

5.3 Αιματίτης (Hematite) - Fe₂O₃

Ο αιματίτης οφείλει το όνομά του στην ελληνική λέξη «αίμα» λόγω του χρώματος της σκόνης του ορυκτού που είναι καστανέρυθρο σαν το αίμα. Κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα και η σκληρότητά του κυμαίνεται μεταξύ 5 και 6 της κλίμακας Mohs, ενώ το ειδικό του βάρος είναι μεταξύ 5,2 και 5,3. Ο αποχωρισμός γίνεται κατά (0001) και (1011) ενώ ο θραυσμός είναι από ανώμαλος έως υποκογχώδης. Το χρώμα του είναι φαιό έως μαύρο και είναι αδιαφανής. Εμφανίζεται συνήθως με τη μορφή λεπτοπλακωδών ρομβοεδρικών κρυστάλλων, καθώς επίσης και σε συσσωματώματα συμπαγή, κοκκώδη, βοτρυοειδή, γεώδη ή γεηρά.

Σαν πρωτογενές ορυκτό βρίσκεται ως επουσιώδες στα πυριγενή πετρώματα και σε μικρά ποσοστά σε υψηλής θερμοκρασίας υδροθερμικές φλέβες και κοιτάσματα μεταμόρφωσης από επαφή μαζί με μαγνητίτη. Επίσης βρίσκεται στις αποθέσεις ατμίδων ηφαιστειών. Τα σημαντικά όμως κοιτάσματα αιματίτη είναι κυρίως ιζηματογενούς προέλευσης. Βρίσκεται μαζί με μαγνητίτη, γκαιτίτη, ιλμενίτη, σιδηρίτη και χαλκηδόνιο. Αποτελεί μια από τις σημαντικότερες πηγές του σιδήρου.

Στο Λαύριο βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες μαζί με γκαιτίτη ή σε συμπαγή συσσωματώματα στην περιοχή της Πλάκας.

Ο αιματίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν παρουσιάζεται σε μαζώδη συσσωματώματα, μεγέθους έως 8 cm και χωρίς να παρατηρείται σχισμός. Βρίσκεται σε σύμφυση με γκαιτίτη (Εικ. 5.3.1). Το χρώμα του εσωτερικά είναι τεφρό με μεταλλική λάμψη ενώ εξωτερικά έχει χρώμα ερυθρό.

5.4 Αλλοφάνης (Allophane) – Al₂SiO₅.nH₂O

Το όνομα του αλλοφάνη προκύπτει από τις ελληνικές λέξεις «αλλού» και «φαίνομαι». Πρόκειται για ένα άμορφο ορυκτό. Η σκληρότητά του κυμαίνεται μεταξύ 2 και 3 της κλίμακας Mohs και το ειδικό του βάρος από 2,72 έως 2,78. Σχισμός δεν παρατηρείται ενώ ο θραυσμός είναι κογχώδης. Το χρώμα του ποικίλει από άχρωμο έως λευκό, πράσινο, ανοιχτό κυανό και κίτρινο, η δε γραμμή σκόνης είναι άχρωμη. Η λάμψη του είναι υαλώδης, κηρώδης έως ρητινώδης και η διαφάνειά του ποικίλει από διαφανές έως αδιαφανές. Όσον αφορά τη μορφή εμφανίζεται από κονιώδη συσσωματώματα έως συμπαγή επικαλύμματα, ενώ συχνά συγχέεται με γυψίτη.

Στη Λαυρεωτική απαντά κυρίως σε έγκοιλα μεταλλοφόρων φλεβών.

Το δείγμα αλλοφάνη που μελετήθηκε (Λ103) προέρχεται από την Καμάριζα και έχει μήκος 5,5 cm. Έχει χρώμα κυανό, είναι άμορφο και εμφανίζεται υπό τη μορφή ταινιοειδούς συμπαγούς επικαλύμματος πάνω σε γκαιτίτη (Εικ. 5.4.1). Εμφανής είναι η κατακλαστική υφή λόγω της εύθραυστης φύσης του.



Εικ. 5.3.1. Αιματίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ102. Μήκος δείγματος 8 cm.



Εικ. 5.4.1. Αλλοφάνης σε γκαιτίτη από την Καμάριζα Λαυρίου, δείγμα Λ103. Μήκος δείγματος 5,5 cm.

5.5 Ανναβεργίτης (Annabergite) - $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Ο ανναβεργίτης οφείλει το όνομά του στην τοποθεσία «Annaberg» της Γερμανίας. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα. Η σκληρότητά του κυμαίνεται από 1,5 έως 2,5 στη κλίμακα Mohs και το ειδικό του βάρος από 3 έως 3,1. Ο σχισμός είναι τέλειος κατά (010) και (102) και δυσδιάκριτος κατά (100). Το χρώμα του είναι κυρίως σμαραγδοπράσινο όπως και η γραμμή σκόνης και απαντάται υπό μορφή πετάλων σε αστεροειδή συσσωματώματα.

Στο Λαύριο εντοπίζεται στις περιοχές Καμάριζα και Βερζέκου σε σύμφυση με αδαμίτη και χαλαζία. Εξαιρετικοί κρύσταλλοι βρέθηκαν στο τρίτο χιλιόμετρο της οδού Λαυρίου Καμάριζας, με γκερσοδορφίτη φθορίτη και ασβεστίτη.

Ο ανναβεργίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό τη μορφή ιδιόμορφων πρισματικών - πεταλοειδών μικροκρυστάλλων, ημιδιαφανών, χρώματος πράσινου που φθάνουν τα 2,85 mm (Εικ. 5.5.1, Εικ. 5.5.2). Εντοπίζεται συνήθως μέσα σε γεώδη γκαιτίτη με τον οποίο βρίσκεται σε σύμφυση (Εικ. 5.5.1). Συμφύεται επίσης και με σκαληνοεδρικούς κρυστάλλους ασβεστίτη, χρώματος λευκού και υποκίτρινου (Εικ. 5.5.1 β, ε-στ).

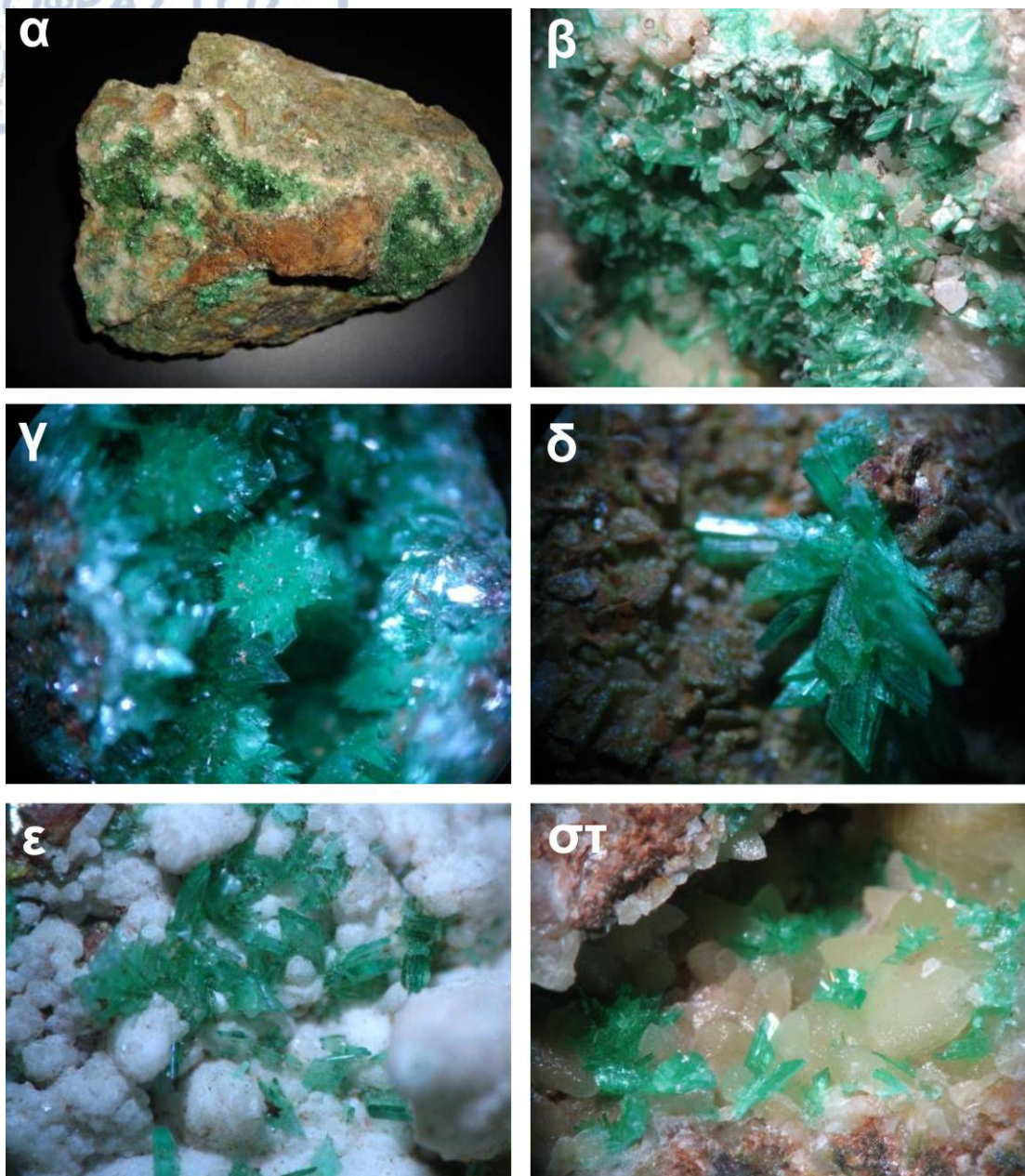
Η χημική σύσταση του ανναβεργίτη από το Λαύριο (Πίνακας 5.5.1) δείχνει ότι αυτός περιέχει NiO που κυμαίνεται από 39,77 έως 39,81 wt%, και As_2O_3 που κυμαίνεται μεταξύ 40,10 και 40,13 wt%.

Πίνακας 5.5.1. Χημική σύσταση του ανναβεργίτη από το δείγμα Λ033 του Λαυρίου.

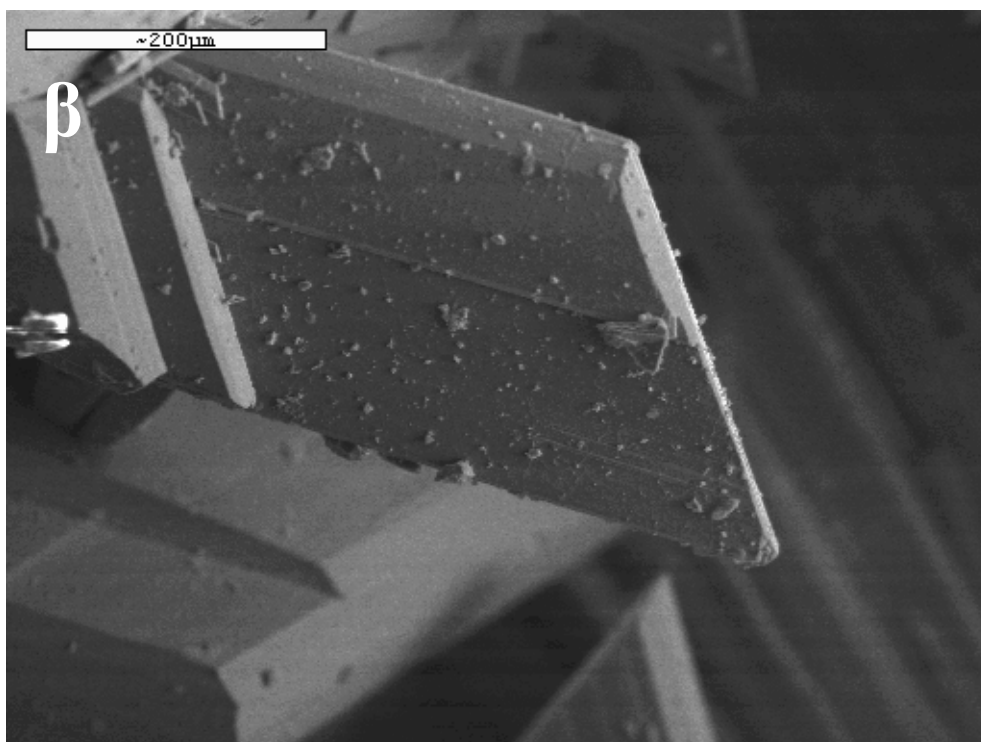
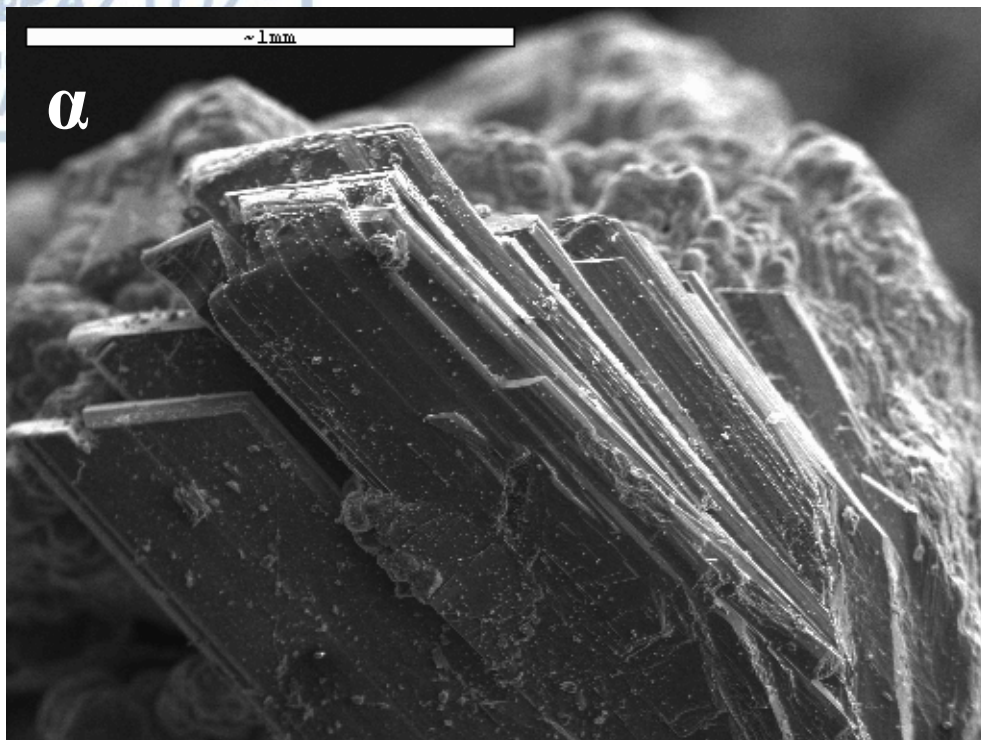
wt %	Λ033_1	Λ033_2	M.O.
H ₂ O	20,06	20,07	20,07
NiO	39,77	39,81	39,79
As ₂ O ₃	40,13	40,10	40,11
Συν	99,96	99,98	99,97

5.6 Αντιμονιούχο αρσενικό (Antimonial Arsenic) – (As, Sb)

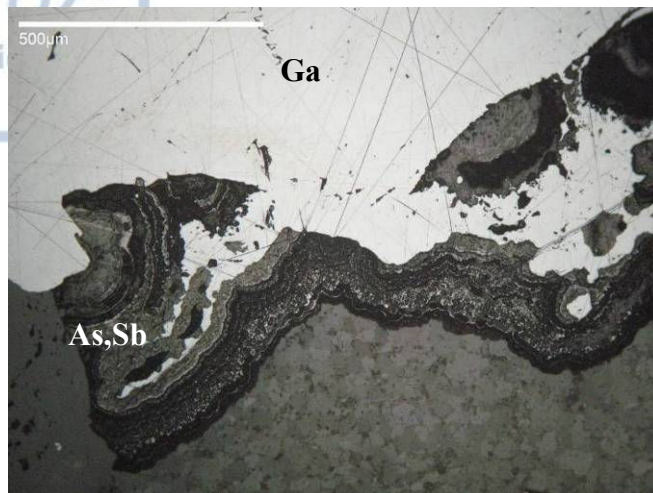
Το αντιμονιούχο αρσενικό αποτελεί μια σπάνια φάση στα κοιτάσματα του Λαυρίου. Εντοπίστηκε σε σύμφυση με τον γαληνίτη (Εικ. 5.6.1) με συγκεντρική φλοιώδη μορφή (Εικ. 5.6.1-2). Σπανίως εμφανίζει και μυρμηκιτικό ιστό (Εικ. 5.6.3). Από τις μικροαναλύσεις (Πίνακας 5.6) προέκυψε ότι οι περιεκτικότητες του ορυκτού σε As κυμαίνονται από 60,98 έως 95,53 wt% με μέσο όρο 83,23 wt% ενώ οι περιεκτικότητες σε Sb από 5,17 έως 38,83 wt% με μέσο όρο 16,69 wt%. Περιέχει ακόμα μικρές ποσότητες Fe (έως 1,25 wt%). Τα εγκλείσματα που εμφανίζονται με μυρμηκιτικό ιστό παρουσιάζουν χημική ζώνωση όπου το Sb κυμαίνεται από 5,17 έως 38,83 wt%. Ο χημικός τύπος με βάση το 1 άτομο προκύπτει κατά μέσο όρο $(\text{As,Fe})_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$.



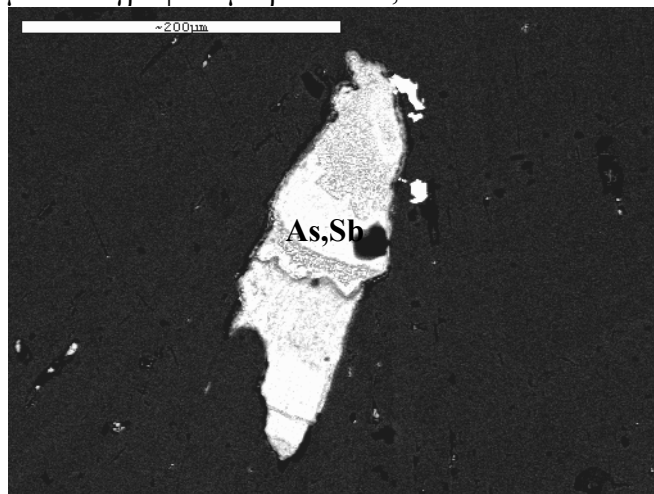
Εικ. 5.5.1. Δείγματα ανναβεργίτη από το Λαύριο. **(α)** Ανναβεργίτης με γκαϊτίτη. Δείγμα Λ021. Μήκος δείγματος 9,5 cm. **(β)** Κρύσταλλοι ανναβεργίτη σε σύμφυση με ασβεστίτη και γκαϊτίτη. Δείγμα Λ021. Μήκος φωτογραφίας 16 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(γ)** Κρύσταλλοι ανναβεργίτη. Δείγμα Λ033. Μήκος φωτογραφίας 3,09 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(δ)** Κρύσταλλοι ανναβεργίτη με γκαϊτίτη. Δείγμα Λ033. Μήκος φωτογραφίας 4,85 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(ε)** Κρύσταλλοι ανναβεργίτη (πράσινο) σε σύμφυση με ασβεστίτη (λευκό). Δείγμα Λ033. Μήκος φωτογραφίας 3,81 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(στ)** Ανναβεργίτης (πράσινο) σε σύμφυση με ασβεστίτη (υποκίτρινο). Δείγμα Λ033. Μήκος φωτογραφίας 11,4 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.



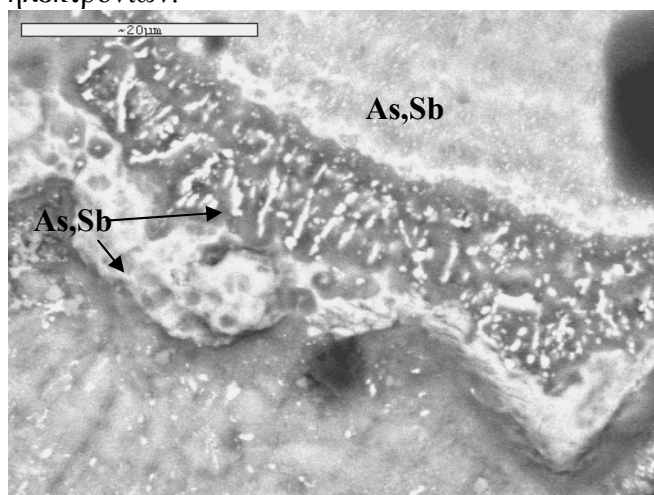
Εικ.5.5.2. Ανναβεργίτης από το Λαύριο. Εικόνες από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM). **(α)** Κρύσταλλοι ανναβεργίτη, δείγμα Λ033. **(β)** Κρύσταλλοι ανναβεργίτη, δείγμα Λ033.



Εικ. 5.6.1. Αντιμονιούχο αρσενικό (As,Sb) σε επαφή με γαληνίτη (Ga). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N.



Εικ. 5.6.2. Αντιμονιούχο αρσενικό (As,Sb). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.



Εικ. 5.6.3. Μυρμηκιτικός ιστός αντιμονιούχου αρσενικού (AsSb). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.

Πίνακας 5.6. Μικροανάλυσεις του αντιμονιούχου αρσενικού από το Λαύριο. Bdl: Below detected limit (=κάτω από το όριο ανίχνευσης).

wt%	B21.4 1	B21.4 2	B21.4 3	B21.4 4	B21.4 5	B21.4 6	M.O.
Sb	19,39	5,80	38,83	5,17	11,13	19,84	16,69
As	79,82	93,79	60,98	95,53	87,14	82,13	83,23
Fe	bdl	1,25	0,68	1,17	0,7	bdl	0,95
Σ	99,21	100,84	100,49	101,87	98,97	101,97	100,56
Αριθμός ιόντων με βάση το 1 άτομο							
As	0,87	0,95	0,71	0,95	0,92	0,87	0,88
Sb	0,13	0,04	0,28	0,03	0,07	0,13	0,11
Fe	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01

5.7 Αραγονίτης (Aragonite) - CaCO_3

Ο αραγονίτης έχει πάρει το όνομά του από στην τοποθεσία «Aragon» της Ισπανίας. Κρυσταλλώνεται στο ορθορομβικό σύστημα και έχει σκληρότητα που κυμαίνεται από 3,5 έως 4 στη κλίμακα Mohs. Το ειδικό βάρος του είναι 2,95. Ο σχισμός του εμφανίζεται σαφής κατά (010) και δυσδιάκριτος κατά (110) και (011) ενώ ο θραυσμός του είναι υποκογχώδης. Το χρώμα του ποικίλει από άχρωμο και λευκό, έως υποπράσινο, πράσινο, ανοιχτό κυανό, ανοιχτό κόκκινο ή κίτρινο. Η λάμψη του είναι υαλώδης έως ρητινώδης. Το χρώμα σκόνης είναι λευκό. Βρίσκεται υπό μορφή πρισματικών κρυστάλλων καθώς και σε συμπαγή μικροκρυσταλλικά έως αδροκρυσταλλικά, στυλοειδή, ινώδη, σταλακτιτικά και κοραλλιοειδή συσσωματώματα.

Είναι ένα ορυκτό που σχηματίζεται σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν κοντά στην επιφάνεια. Βρίσκεται σε κοιτάσματα θερμών πηγών, σε πρόσφατα θαλάσσια ιζήματα, σε στρώματα αργίλου και γύψου και σε ιζηματογενή κοιτάσματα γκαϊίτη. Μετατρέπεται σε ασβεστίτη.

Στη Λαυρεωτική απαντά μέσα σε κοιλότητες αρχαίων στοών και σε ποικιλόμορφους σταλακτίτες.

Ο αραγονίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό μορφή ταινιοειδών μαζωδών συσσωματωμάτων (Εικ. 5.7.1 α), σε βελονοειδείς πρισματικούς κρυστάλλους με μέγεθος έως 8,54 mm αλλά και ως σταλακτιτικά συσσωματώματα (Εικ. 5.7.1 β-γ). Το χρώμα του είναι από λευκό έως ανοιχτό κυανό και συχνά βρίσκεται σε σύμφυση με ασβεστίτη.

5.8 Αρσеноπυρίτης (Arsenopyrite) - FeAsS

Ο αρσеноπυρίτης οφείλει το όνομά του στη χημική του σύσταση λόγω του αρσενικού που περιέχει. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα. Έχει σκληρότητα 5,5 – 6 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος που κυμαίνεται από 5,9 έως 6,2. Ο σχισμός του είναι σαφής κατά (101) και ο θραυσμός του ανώμαλος. Το χρώμα του είναι αργυρόλευκο έως φαιό. Η λάμψη του είναι μεταλλική, μερικές φορές αλαμπής και είναι ένα αδιαφανές ορυκτό. Το χρώμα της σκόνης του είναι μαύρο. Ως προς τη μορφή εμφανίζεται συνήθως σε μικρούς ισοδιαμετρικούς κόκκους και κοκκώδη συσσωματώματα ενώ σπάνια αναπτύσσει πρισματικούς κρυστάλλους.

Ο αρσеноπυρίτης από την περιοχή του Λαυρίου εντοπίζεται κυρίως στις περιοχές Καμάριζα και Πλάκα. Συμφύεται κυρίως με σιδηροπυρίτη (Εικ. 5.8.1) αλλά και με σφαλερίτη ή γαληνίτη. Έχουν παρατηρηθεί ιδιόμορφοι κρύσταλλοι αρσеноπυρίτη που παρουσιάζουν ρομβική ψευδομόρφωση με μέγεθος έως 200 μm (Εικ. 5.8.1-3). Εγκλείει επίσης γαληνίτη ο οποίος μετατρέπεται σε κοβελίνη (Εικ. 5.8.3) και εγκλείεται από σιδηροπυρίτη (Εικ. 5.8.2).

Από τις μικροανάλυσεις σε τρία δείγματα από αρσеноπυρίτη του Λαυρίου (Πίνακας 5.8) προκύπτει ότι οι περιεκτικότητές του σε As κυμαίνονται από 48,34 έως 48,99 wt%, με μέσο όρο 48,66 wt%, οι περιεκτικότητες σε Fe από 28,23 έως 28,86 wt%, με μέσο όρο 28,47 wt% και οι περιεκτικότητες σε S από 22,01 έως 22,93 wt%, με μέσο όρο 22,3 wt%. Ο χημικός τύπος του αρσеноπυρίτη με βάση τα 3 άτομα προκύπτει κατά μέσο όρο $\text{Fe}_{0,82}\text{As}_{1,05}\text{S}_{1,12}$.

Πίνακας 5.8. Μικροανάλυσεις αρσеноπυρίτη από το Λαύριο.

wt%	Λ092_1	Λ092_2	Λ092_3	M.O.
As	48,99	48,34	48,66	48,66
Fe	28,23	28,33	28,86	28,47
S	21,96	22,01	22,93	22,3
Σ	99,18	98,68	100,45	99,44
Αριθμός ιόντων με βάση τα 3 άτομα				
As	1,06	1,05	1,04	1,05
Fe	0,82	0,83	0,82	0,82
S	1,11	1,12	1,14	1,12

5.9 Ασβεστίτης (Calcite) - CaCO_3

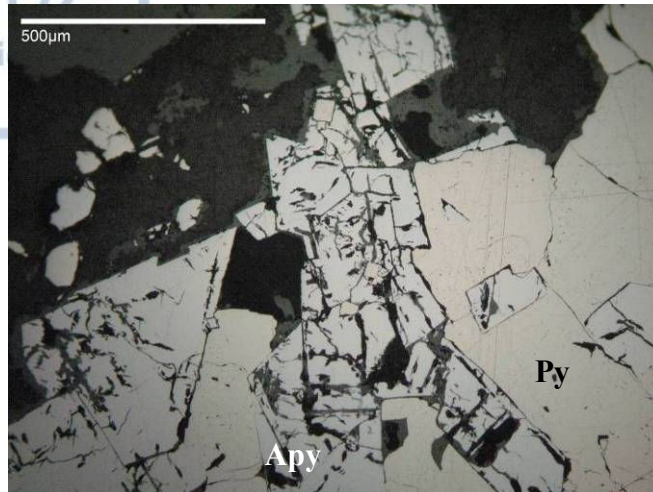
Το όνομα του ασβεστίτη προκύπτει από το στοιχείο ασβέστιο (Ca) που υπάρχει στη χημική του σύσταση. Κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα και έχει σκληρότητα 3 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 2,7. Ο σχισμός παρουσιάζεται τέλειος κατά (10-11) και έχει θραυσμό κογχώδη. Το χρώμα του κυμαίνεται από άχρωμο και λευκό έως τεφρό, κόκκινο, πράσινο, κυανό, κίτρινο, ρόδινο, καστανό και μαύρο ανάλογα με τα ιχνοστοιχεία που περιέχει. Η λάμψη του είναι υαλώδης έως θαμπή και πολλές φορές είναι ένα διαφανές ή ημιδιαφανές ορυκτό. Το χρώμα της σκόνης είναι λευκό. Παρουσιάζει συχνά διδυμία κατά (0001). Εμφανίζεται υπό τη μορφή ρομβοεδρικών σκαληνοεδρικών και πρισματικών κρυστάλλων. Επίσης απαντά σε συσσωματώματα συμπαγή, κοκκώδη, στιφρά, κοραλλιοειδή, σταλακτιτοειδή, ροδακοειδή, κρινοειδή κ.ά. ενώ αναβράζει με αραιό ψυχρό υδροχλωρικό οξύ και συχνά φθορίζει κάτω από υπεριώδες φως.

Είναι ορυκτό πολύ διαδεδομένο στα ιζηματογενή πετρώματα, όπου σε μερικά αποτελεί το μοναδικό συστατικό (ασβεστόλιθος, τραβερτίνη). Επίσης βρίσκεται ως βασικό συστατικό σε μεταμορφωμένα πετρώματα, όπως το μάρμαρο, ή ως επουσιώδες ορυκτό σε πυριγενή πετρώματα και σε υδροθερμικές φλέβες.

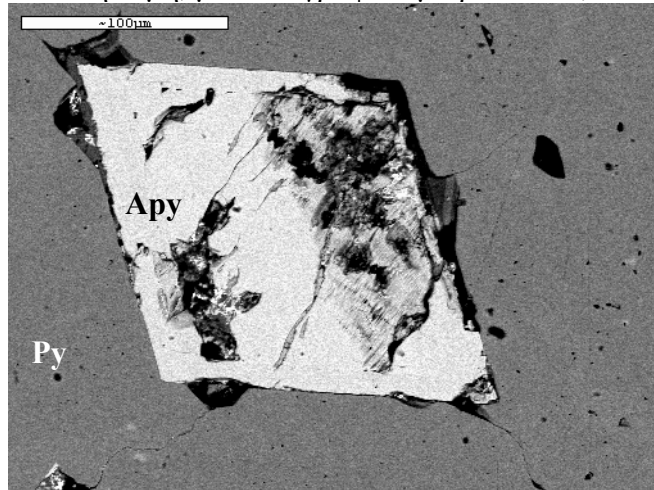
Στο Λαύριο εντοπίζεται σε πολύ μεγάλες ποσότητες αφού αποτελεί το κυριότερο σύνδρομο ορυκτό της μεταλλοφορίας. Στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό μορφή υπιδιόμορφων ρομβοεδρικών κρυστάλλων μήκους έως 5,5 cm, χρώματος λευκού και αδιαφανής (Εικ. 5.9.1), σε σκαληνοεδρικούς κρυστάλλους



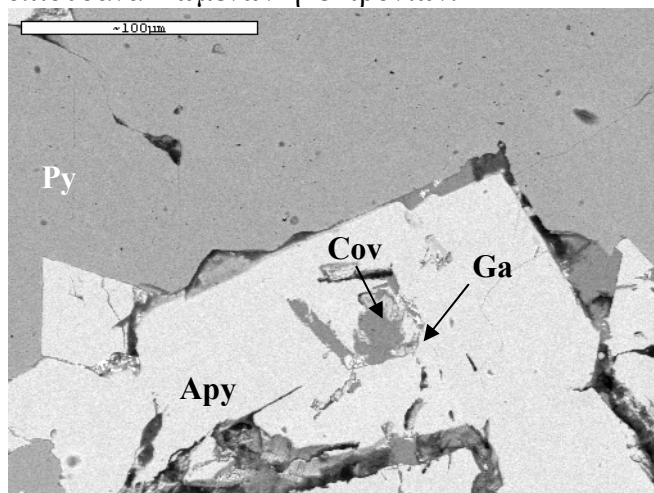
Εικ. 5.7.1. Δείγματα αραγονίτη από το Λαύριο. **(α)** Αραγονίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ024, μήκος δείγματος 5 cm. **(β)** Αραγονίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ081, μήκος δείγματος 5 cm. **(γ)** Αραγονίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ081, μήκος φωτογραφίας 1 cm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.



Εικ. 5.8.1. Ψευδόμορφοι κρύσταλλοι αρσеноπυρίτη (Apy) με σιδηροπυρίτη (Py). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N.



Εικ. 5.8.2. Αρσеноπυρίτης (Apy) σε σιδηροπυρίτη (Py). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.



Εικ. 5.8.3. Αρσеноπυρίτης (Apy) σε σιδηροπυρίτη (Py) με εγκλείσματα κοβελίνη (Cov) και γαληνίτη (Ga). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.

χρώματος λευκού και υποκίτρινου που φθάνουν τα 1,75 cm αλλά και σε βοτρυοειδή συσσωματώματα χρώματος λευκού. Συμφύεται με ανναβεργίτη, με αραγονίτη υπό μορφή διαφανών συμπαγών συσσωματωμάτων πάχους έως 8,23 mm αλλά και με κονιχαλκίτη υπό τη μορφή διαφανών πρισματικών κρυστάλλων.

5.10 Αυτοφυής Μόλυβδος (Lead) - Pb

Ο μόλυβδος είναι λέξη ελληνική και για αιώνες παρέπεμπε σε κάθε μαλακή μαύρη ορυκτή ύλη που χρησιμοποιούνταν ως γραφική. Κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα. Είναι ένα ορυκτό με σκληρότητα 2 με 2,5 στη κλίμακα Mohs και μεγάλο ειδικό βάρος 11,3. Το χρώμα του είναι μολυβρότεφρο και η λάμψη του μεταλλική. Είναι ένα αδιαφανές ορυκτό και το χρώμα σκόνης είναι μολυβδότεφρο.

Ο αυτοφυής μόλυβδος που μελετήθηκε προέρχεται από τις ανασκαφές στη Σουρέζα Λαυρίου και εμφανίζει μια ινώδη μορφή (Εικ. 5.10.1). Έχει χρώμα μολυβδότεφρο και λάμψη μεταλλική. Το μήκος του είναι 7 cm, το πάχος του 1 cm ενώ περιμετρικά αναπτύσσονται επιφλοιώσεις γκαιτίτη.

5.11 Βαρύτης (Barite) – BaSO₄

Το όνομα του βαρύτη προέρχεται από την ελληνική λέξη «βαρύς» λόγω του μεγάλου ειδικού του βάρους. Κρυσταλλώνεται στο ορθορομβικό σύστημα, έχει σκληρότητα από 3 έως 3,5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 4,48. Ο σχισμός είναι τέλειος κατά (001), σαφής κατά (210) και ατελής κατά (010), ενώ ο θραυσμός ανώμαλος. Το χρώμα του ποικίλει από άχρωμο, λευκό έως τεφρό και από κίτρινο έως κόκκινο. Πολλές φορές είναι αρκετά διαφανές και πιο συχνά αδιαφανές. Το χρώμα σκόνης είναι λευκό. Εμφανίζεται υπό μορφή συσσωματωμάτων από μεγάλους πλακώδεις κρυστάλλους, συχνά ροδακοειδείς.

Είναι το πιο διαδεδομένο ορυκτό του βαρίου (Ba). Εμφανίζεται σε διάφορους τύπους κοιτασμάτων, ως σύνδρομο ορυκτό σε υδροθερμικές φλέβες σουλφιδίων χαμηλής έως μέσης θερμοκρασίας, σε φλέβες, κοιλότητες και κοιτάσματα αντικατάστασης ασβεστολίθων, σε αποθέσεις θερμών πηγών καθώς και σε κοιλότητες βασικών πυριγενών πετρωμάτων. Συνδέεται με μεταλλεύματα αργύρου, χαλκού, κοβαλτίου, μολύβδου, μαγγανίου, αντιμονίου, σιδήρου και με ασβεστίτη, δολομίτη, φθορίτη και χαλαζία.

Στη Λαυρεωτική απαντά στο Κερατοβούνι και στον Προφήτη Ηλία ως σύνδρομο ορυκτό της μεταλλοφορίας. Εντοπίζεται επίσης στην Πλάκα, σε μεγάλες εμφανίσεις, συνήθως μαζί με ανκερίτη, στην επαφή με την μεταλλοφορία.

Ο βαρύτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται σε συσσωματώματα από πλακώδεις αδιαφανείς κρυστάλλους, χρώματος λευκού (Εικ. 5.11.1). Το μήκος των δειγμάτων φθάνει τα 11,5 cm ενώ το πάχος των πλακωδών κρυστάλλων κυμαίνεται από 1,83 έως 7,33 mm. Σε πολλές περιπτώσεις χρωματίζεται ελαφρά ερυθρός λόγω προσμίξεων από οξειδία Fe.



Εικ. 5.9.1. Ασβεστίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ126, μήκος δείγματος 5,5 cm.



Εικ. 5.10.1. Μόλυβδος αυτοφυής από τη Σουρέζα Λαυρίου, δείγμα Λ023, μήκος φωτογραφίας 8 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.



Εικ.5.11.1. Βαρύτης από την Καμάριζα Λαυρίου, δείγμα Λ117, μήκος δείγματος 11 cm.

5.12 Γαληνίτης (Galena) - PbS

Το όνομα του γαληνίτη οφείλεται στον Πλίνιο, ο οποίος χρησιμοποιεί τον όρο «galena» για να περιγράψει το μέταλλευμα του μολύβδου. Κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα, έχει σκληρότητα 2,5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 7,2 και 7,6. Ο σχισμός παρουσιάζεται τέλειος κατά (001) ενώ ο θραυσμός είναι υποκογχώδης. Το χρώμα είναι πάντοτε μολυβδόφαιο, η λάμψη μεταλλική και είναι ένα αδιαφανές ορυκτό. Το χρώμα σκόνης είναι όπως και το χρώμα του, δηλαδή μολυβδόφαιο. Εμφανίζεται υπό τη μορφή συσσωματωμάτων κρυστάλλων που σε ορισμένες περιπτώσεις αναπτύσσονται ως ευμεγέθη εξάεδρα ή πενταγωνικά δωδεκάεδρα.

Αποτελεί το κυριότερο μέταλλευμα του μολύβδου. Βρίσκεται σε υδροθερμικές κυρίως φλέβες, με σφαλερίτη, χαλκοπυρίτη, σιδηροπυρίτη και άλλα σουλφίδια καθώς και με χαλαζία, ασβεσίτη, φθορίτη κ.ά. Σπανιότερα εντοπίζεται σε ιζηματογενή πετρώματα και σε πηγματίτες.

Στο Λαύριο αποτελεί το κύριο ορυκτό της θειούχου μεταλλοφορίας. Ο γαληνίτης, στα δείγματα που μελετήθηκαν, εντοπίζεται σε μαζώδη συσσωματώματα μαζί με σιδηροπυρίτη και σφαλερίτη, έχει χρώμα μολυβδότεφρο και μεταλλική λάμψη (Εικ. 5.12.1-2). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το δείγμα με κωδικό Λ018 (Εικ. 5.12.2) το οποίο φαίνεται πως εξωτερικά έχει υποστεί την επίδραση της θερμότητας είτε από ανθρωπογενή παράγοντα, είτε από μεταμόρφωση στο πυριγενές πέτρωμα ξενιστή, το οποίο ήταν ο επονομαζόμενος «ευρύτης».

Μελετώντας τον γαληνίτη μικροσκοπικά προκύπτουν τα εξής: Ο γαληνίτης (Εικ. 5.12.3) εμφανίζεται σε σύμφυση με τον σιδηροπυρίτη τον σφαλερίτη τον αρσеноπυρίτη (Εικ. 5.12.4), τον κοβελίνη, τον τεφαντίτη, τον λολινγκίτη και το αντιμονιούχο αρσενικό υπό τη μορφή ακανόνιστων κόκκων που ξεπερνούν τα 2 mm. Έχουν παρατηρηθεί ιδιόμορφοι κρύσταλλοι γαληνίτη με τετράγωνο σχήμα και μέγεθος από 10 – 200 μm. Οι κόκκοι σε ορισμένες περιπτώσεις παρουσιάζουν κατακλαστική υφή με τα διάκενα να πληρώνονται από νεότερα πυριτικά ορυκτά. Σπάνια εγκλείει αντιμονιούχο αρσενικό και τετραεδρίτη, ενώ εγκλείεται από σιδηροπυρίτη και αρσеноπυρίτη. Συχνά βρίσκεται σε φλέβες σφαλερίτη με μέγεθος κόκκων περίπου 20 μm.

Από τις μικροαναλύσεις (Πίνακας 5.12.1) προέκυψε ότι οι περιεκτικότητες του γαληνίτη σε Pb κυμαίνονται από 86,70 έως 87,00 wt% και με μέσο όρο 86,85 wt%. Ο χημικός τύπος με βάση τα 2 άτομα είναι κατά μέσο όρο $Pb_{0,99}S_{1,01}$.

Πίνακας 5.12.1. Μικροαναλύσεις γαληνίτη από το Λαύριο.

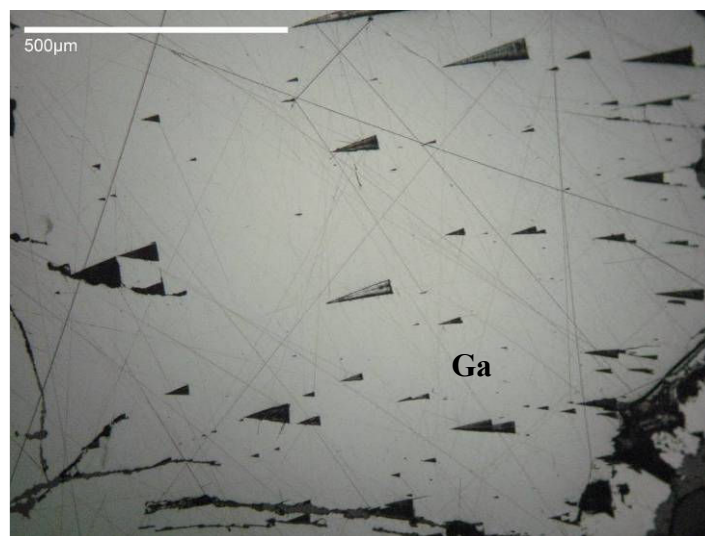
wt%	B21.4 1	B21.4 2	M.O.
Pb	87,00	86,70	86,85
S	13,63	14,03	13,83
Συν	100,63	100,73	100,68
Αριθμός ιόντων με βάση τα 2 άτομα			
Pb	0,99	0,98	0,99
S	1,01	1,02	1,01



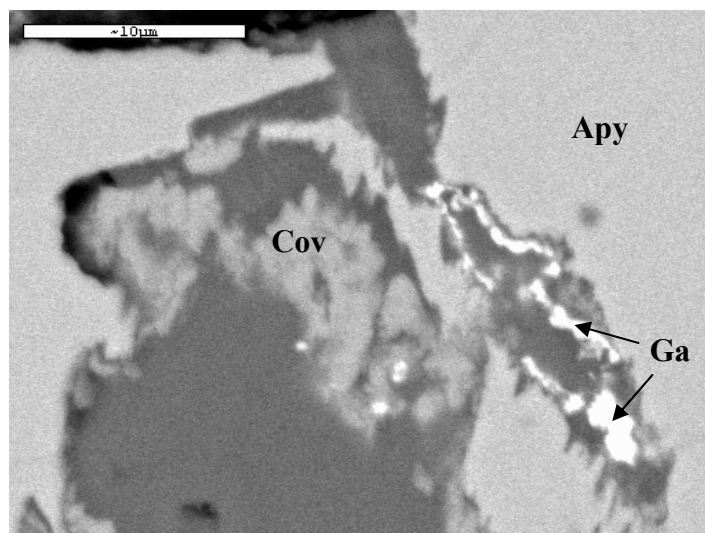
Εικ. 5.12.1. Γαληνίτης από την Πλάκα Λαυρίου, δείγμα Λ019, μήκος δείγματος 6 cm.



Εικ. 5.12.2. Γαληνίτης από την Πλάκα Λαυρίου, δείγμα Λ019, μήκος δείγματος 6 cm.



Εικ. 5.12.3. Γαληνίτης (Ga). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N.



Εικ. 5.12.4. Εγκλείσματα κοβελίνη (Cov) και γαληνίτη (Ga) μέσα στον αρσеноπυρίτη (Apy). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.

5.13 Γκαϊτίτης (Goethite) - α -FeO(OH)

Το όνομα δόθηκε στο ορυκτό προς τιμήν του Γερμανού ποιητή Johann Wolfgang von Goethe (1749 - 1832). Κρυσταλλώνεται στο ορθορομβικό σύστημα, έχει σκληρότητα από 5 έως 5,5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 4,3. Ο σχισμός είναι τέλειος κατά (010) και σαφής κατά (100), ενώ ο θραυσμός είναι ανώμαλος. Οι κρύσταλλοι είναι συνήθως καστανοί ενώ οι συμπαγείς και γεώδεις ποικιλίες είναι καστανοκόκκινες έως κιτρινοκάστανες. Η λάμψη είναι αδαμάντινη, μεταλλική έως αλαμπής, ενώ στην ινώδη του μορφή μεταξώδης. Είναι αδιαφανές ορυκτό και το χρώμα σκόνης του είναι πορτοκαλί έως καστανοκίτρινο. Συναντάται υπό μορφή κρυστάλλων βελονοειδών λεπτοπρισματικών ή λεπτοπλακωδών. Επίσης ως συσσωματώματα συμπαγή, βοτρυοειδή, ακτινωτά, θυσανοειδή, ελασματοειδή ή γεώδη, μικροκοκκώδη με ακτινωτή, ινώδη ή συγκεντρική δομή.

Σχηματίζεται κάτω από οξειδωτικές συνθήκες σαν προϊόν αποσάθρωσης σιδηρούχων ορυκτών, καθώς και σαν ανόργανο και βιογενές ίζημα. Αποτελεί το κύριο συστατικό στο σιδηρούν κάλυμμα των μεταλλοφόρων σωμάτων και των λατεριτικών υπολειμμάτων. Βρίσκεται με αιματίτη, σιδηροπυρίτη, μαγνητίτη, σιδηρίτη, πυρολουσίτη, ψιλομέλα, ασβεσίτη, χαλαζία κ.ά.

Συχνά ο γκαϊτίτης αποκαλείται λειμωνίτης, όνομα που προέρχεται από την ελληνική λέξη «λειμών» (= λιβάδι) λόγω της συχνής εμφάνισής του σε βάλτους και έλη. Παρουσιάζει μεγάλη ποικιλότητα στη μορφή του και είναι μίγμα ένυδρων σιδηροξειδίων με διάφορα ποσοστά νερού. Μπορεί να περιέχει SO_2 , Al, οξείδια Mn και διάφορα οργανικά υλικά.

Ο γκαϊτίτης απαντά σε όλη την έκταση της Λαυρεωτικής σαν προϊόν οξείδωσης των σιδηρούχων ορυκτών. Συνήθως βρίσκεται με αιματίτη και οξείδια του μαγγανίου.

Στα δείγματα που μελετήθηκαν ο γκαϊτίτης εμφανίζεται σε συμπαγή συσσωματώματα (Εικ. 5.13.1-2), σε βοτρυοειδείς σχηματισμούς (Εικ. 5.13.3) με μεταλλική λάμψη και μέγεθος έως 5,5 cm αλλά και στη μορφή που είναι γνωστή ως «λειμωνίτης» (Εικ. 5.13.2), με χρώμα κίτρινο έως καστανοκίτρινο και μέγεθος έως 9 cm. Σε σύμφυση με τον γκαϊτίτη βρίσκονται ορυκτά όπως ο αδαμίτης, ο αζουρίτης, ο αλλοφάνης, ο ανναβεργίτης και ο μαλαχίτης.

Η χημική σύσταση του γκαϊτίτη από το Λαύριο (Πίνακας 5.13.1) δείχνει ότι αυτός αποτελείται από Fe_2O_3 που κυμαίνεται από 83,28 έως 83,36 wt%.

Στον Πίνακα 5.13.2 παρουσιάζεται η κρυσταλλική του δομή όπως προέκυψε από την ακτινογραφική ανάλυση (XRD) του δείγματος Λ142 (Σχ. 5.13.2) που συμφωνεί με τα αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα κατά American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace, 2003). Ο όγκος της κυψελίδας υπολογίστηκε σε $137,9172 \text{ \AA}^3$.

Πίνακας 5.13.1. Χημική ανάλυση του γκαϊτίτη από το δείγμα Λ089 του Λαυρίου.

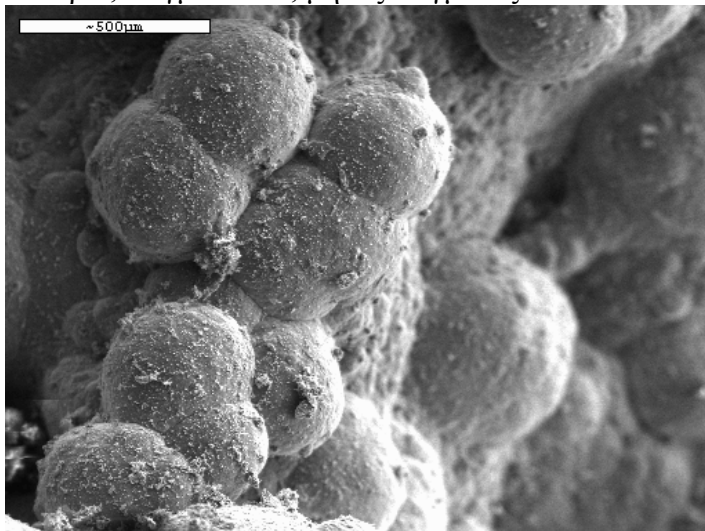
wt%	Λ089_1	Λ089_2	M.O.
HO ₂	16,63	16,69	16,66
Fe ₂ O ₃	83,36	83,28	83,32
Συν	99,99	99,97	99,98



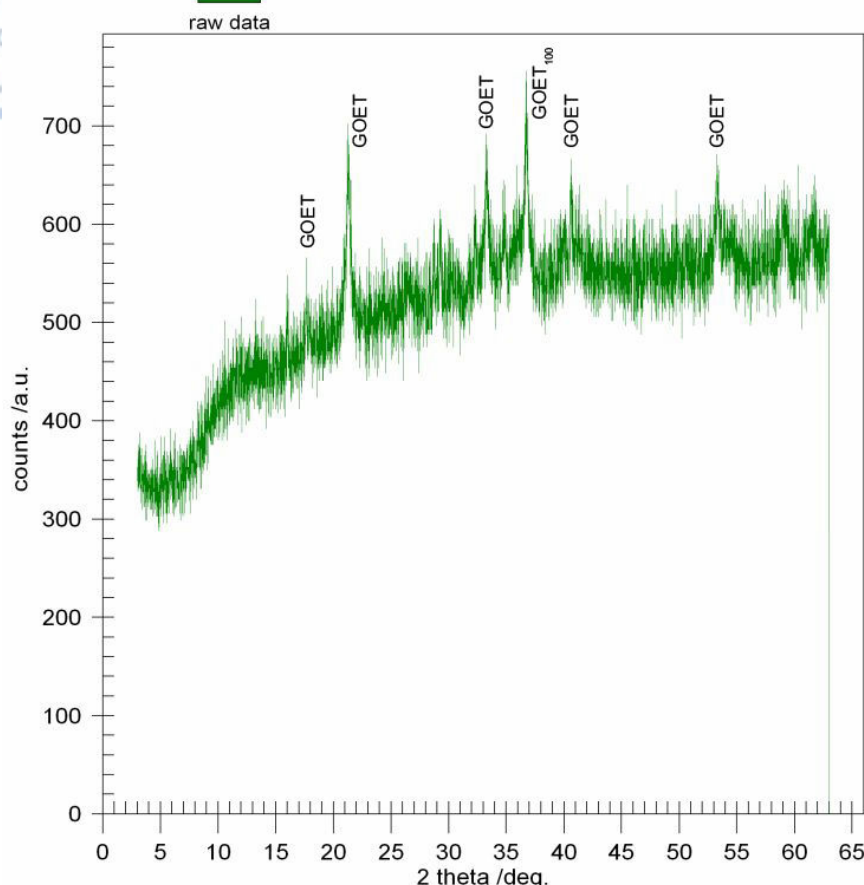
Εικ. 5.13.1. Γκαιτίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ142, μήκος δείγματος 5,5 cm.



Εικ. 5.13.2. Γκαιτίτης ή «λειμωνίτης» από το Λαύριο, δείγμα Λ125, μήκος δείγματος 9 cm.



Εικ. 5.13.3. Βοτρυοειδή συσσωματώματα γκαιτίτη, δείγμα Λ089. Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM).



Σχ. 5.13.2. Ανάλυση XRD από το δείγμα Λ142 του Λαυρίου. Γκαϊτίτης (GOET).

Πίνακας 5.13.2. Κρυσταλλική δομή και διαστάσεις κυψελίδας του γκαϊτίτη από το δείγμα Λ142 του Λαυρίου και σύγκριση με τα δεδομένα του American Mineralogist.

Διαστάσεις Κυψελίδας		Σύγκριση με δεδομένα American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace, 2003)	
a (Å)	04,57655	a (Å)	04,608
b (Å)	10,00579	b (Å)	09,956
c (Å)	03,01182	c (Å)	3,0215
V (Å ³)	137,9172	V (Å ³)	138,618
Ομάδα συμμετρίας χώρου	Pbnm		

5.14 Γλαυκοκερινίτης (Glaucocerinite) - $(\text{Zn,Cu})_{10}\text{Al}_6[(\text{OH})_{32}](\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Το όνομα γλαυκοκερινίτης προκύπτει από την ετυμολογία της λέξης, «γλαυκό» και «κέρινο» που παραπέμπουν στο χρώμα του ορυκτού. Κρυσταλλώνεται στο εξαγωνικό σύστημα, έχει σκληρότητα 1 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 2,4. Το χρώμα του είναι λευκό, ανοιχτό κυανό ή φαιό, καθώς επίσης πράσινο ή καστανό, ανάλογα με τις προσμίξεις του. Η λάμψη του είναι υαλώδης και είναι αδιαφανής. Το χρώμα σκόνης είναι λευκό. Ως προς τη μορφή εμφανίζεται σε βοτρυοειδή ή συμπαγή συσσωματώματα με ακτινωτή – ινώδη δομή και συγκεντρική ζώνωση.

Στο Λαύριο έχει βρεθεί στο φρεάτιο Serpieri μαζί με γύψο, αδαμίτη, σερπιερίτη, κτενασίτη και γκαιτίτη.

Ο γλαυκοκερινίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό τη μορφή βοτρυοειδών συσσωματωμάτων (Εικ. 5.14.1 α-γ). Τα βοτρυοειδή συσσωματώματα που φθάνουν σε μέγεθος τα 2,55 mm έχουν χρώμα από λευκό έως ανοιχτό κυανό και αποτελούνται από μικροκρυσταλλικά φυλλάρια, όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Εικ. 5.14.1 δ). Βρίσκεται σε σύμφυση με σερπιερίτη, κτενασίτη και γκαιτίτη ενώ αναπτύσσεται κυρίως μέσα σε γεώδη του γκαιτίτη (Εικ. 5.14.1 α-β).

Η χημική σύσταση του γλαυκοκερινίτη από το Λαύριο (Πίνακας 5.14.1) δείχνει ότι αυτός αποτελείται από ZnO (22,55 – 28,61 wt%), CuO (10,30 – 16,28 wt%), SO₃ (14,52 – 15,61 wt%) και Al₂O₃ (14,50 – 15,31 wt%).

Πίνακας 5.14.1. Χημική σύσταση του γλαυκοκερινίτη από το δείγμα Λ029 του Λαυρίου.

wt%	Λ155 1	Λ155 2	M.O.
Al ₂ O ₃	14,5	15,31	14,905
ZnO	22,55	28,61	25,58
CuO	16,28	10,30	13,29
SO ₃	15,61	14,52	15,065
H ₂ O	31,12	31,16	31,14
Συν	100,06	99,9	99,98

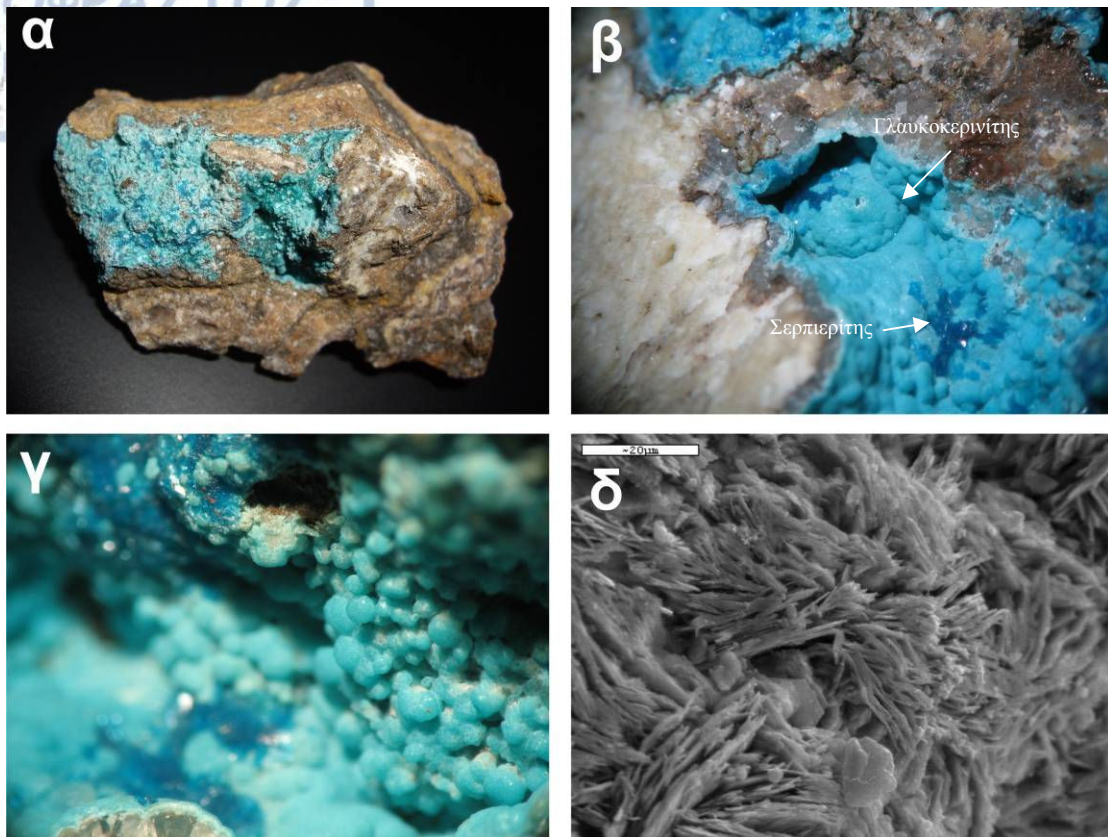
5.15 Γύψος (Gypsum) - CaSO₄•2(H₂O)

Η λέξη γύψος είναι αρχαία ελληνική και δήλωνε την ιδιότητα του ορυκτού αυτού ως κονίαμα. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα. Έχει σκληρότητα 2 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος μεταξύ 2,3 και 2,4. Ο σχισμός παρουσιάζεται τέλειος κατά (010), σαφής κατά (100) και (011), ενώ ως προς τον θραυσμό είναι εύσχιστο ορυκτό. Το χρώμα του ποικίλει, από άχρωμο έως λευκό, φαιό ή κιτρινωπό και ερυθρό έως καστανό λόγω προσμίξεων. Η λάμψη του είναι υαλώδης και μαργαριτώδης στις σχισμογενείς επιφάνειες και συχνά είναι διαφανής. Το χρώμα σκόνης είναι λευκό. Εντοπίζεται σε πλακώδεις, πρισματικούς και βελονοειδείς κρυστάλλους καθώς επίσης και σε κονιώδη έως συγκριματικά συσσωματώματα. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της γύψου είναι η διδυμία κατά (100), που ονομάζεται «ουρά του χελιδονιού».

Γενικά η γύψος βρίσκεται σε ιζηματογενή πετρώματα, συνήθως καταλαμβάνοντας παχιά στρώματα. Σχηματίζεται όπως και άλλοι εβαπορίτες (αλίτης, συλβίνης, ανυδρίτης κλπ.) κατά την εξάτμιση του νερού κλειστών θαλάσσιων λεκανών. Η γύψος είναι από τους πρώτους εβαπορίτες που καθιζάνουν, ενώ σχηματίζεται και από την ενυδάτωση του ανυδρίτη. Βρίσκεται με πολλά ορυκτά, συνήθως όμως με ανυδρίτη, αλίτη, δολομίτη, ασβεστίτη, θείο, σιδηροπυρίτη και χαλαζία.

Η γύψος στη Λαυρεωτική απαντάται ως πρωτογενές αλλά και ως δευτερογενές ορυκτό, κυρίως στο Σπιθαροπούσι και στην Καμάριζα.

Το δείγμα γύψου που μελετήθηκε έχει μήκος 6,5 cm. Πρόκειται για συσσωμάτωμα ημιδιαφανών έως αδιαφανών πλακωδών κρυστάλλων που έχουν μέγεθος 1 έως 8 mm (Εικ. 5.15.1-2).



Εικ. 5.14.1. Δείγματα γλαυκοκερινίτη από το Λαύριο. (α) Γλαυκοκερινίτης με σερπιερίτη και κτενασίτη σε γεώδες γκαιτίτη από την Καμάριζα, δείγμα Λ155, μήκος δείγματος 5 cm. (β) Γλαυκοκερινίτης με σερπιερίτη σε γεώδες γκαιτίτη από την Καμάριζα, δείγμα Λ155, μήκος φωτογραφίας 11,7 mm. (γ) Γλαυκοκερινίτης με σερπιερίτη από την Καμάριζα, δείγμα Λ155, μήκος φωτογραφίας 5,6 mm. (δ) Κρύσταλλοι γλαυκοκερινίτη, δείγμα Λ029. Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM).



Εικ. 5.15.1. Γύψος από το Λαύριο, δείγμα Λ043, μήκος δείγματος 6,5 cm.



Εικ. 5.15.2. Γύψος από το Λαύριο, δείγμα Λ043, μήκος φωτογραφίας 15,7 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.

5.16 Ημιμορφίτης (Hemimorphite) - $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})\cdot\text{H}_2\text{O}$

Το όνομα του ημιμορφίτη οφείλεται στη μορφή των κρυστάλλων του. Στην εμπορική ορολογία ονομάζεται και «καλαμίνα», μαζί με τον σμιθσονίτη. Κρυσταλλώνεται στο ορθορομβικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 4,5 με 5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 3,3 και 3,5. Ο σχισμός είναι τέλειος κατά (110) και ατελής κατά (101), ενώ ο θραυσμός είναι υποκογχώδης έως ανώμαλος. Το χρώμα του είναι συνήθως λευκό, ανοιχτό κυανό, φαιό, πρασινωπό, κιτρινωπό και καστανό. Έχει λάμψη υαλώδη, μεταξώδη έως αλαμπή και είναι συχνά διαφανές ορυκτό. Το χρώμα σκόνης είναι λευκό. Εμφανίζεται με τη μορφή επιφλοιώσεων και επικαλύψεων αλλά και σε συσσωματώματα πρισματικών κρυστάλλων.

Είναι δευτερογενές ορυκτό που σχηματίζεται από την αλλοίωση πρωτογενών ορυκτών του ψευδαργύρου. Συχνά εμφανίζεται μαζί με σμιθσονίτη στη ζώνη οξείδωσης των κοιτασμάτων μικτών θειούχων.

Στο Λαύριο ο ημιμορφίτης είναι ένα συνηθισμένο ορυκτό και εντοπίζεται σε συσσωματώματα με σμιθσονίτη και σε μικρούς κρυστάλλους πάνω σε γκαϊτίτη στην Καμάριζα. Συχνά συμφύεται με ροζασίτη, σουλενβεργίτη και ναμουβίτη. Απαντά επίσης στα μεταλλεία της Αγίας Βαρβάρας.

Ο ημιμορφίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται σε συσσωματώματα από επιμήκεις πρισματικούς κρυστάλλους μεγέθους έως 3,87 mm και χρώματος φαιού (Εικ. 5.16.1 α-γ), αλλά και υπό τη μορφή φλοιωδών επικαλυμμάτων χρώματος λευκού έως κυανού σε σύμφυση με χαλαζία (Εικ. 5.16.1 δ-στ).

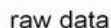
Στον Πίνακα 5.16.1 παρουσιάζεται η κρυσταλλική του δομή όπως προέκυψε από την ακτινογραφική ανάλυση (XRD) του δείγματος Λ014 (Σχ. 5.16.1) και συμφωνεί με τα αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα κατά Hanawalt (PDF search manual Hanawalt method inorganic, 1977). Ο όγκος της κυψελίδας υπολογίστηκε σε $458,0788 \text{ \AA}^3$.

5.17 Κερουσίτης (Cerussite) – PbCO_3

Ο κερουσίτης οφείλει το όνομά του στη λατινική λέξη «cerussa» που σημαίνει λευκός μολύβδος. Κρυσταλλώνεται στο ορθορομβικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 3 με 3,5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 6,4 με 6,6. Ο σχισμός είναι σαφής κατά (110) και (021), ενώ έχει θραυσμό κογχώδη. Το χρώμα του είναι συνήθως λευκό ή υποκίτρινο. Η λάμψη είναι αδαμάντινη, υαλώδης, ρητινώδης και μαργαριτώδης έως υπομεταλλική, ενώ σπάνια είναι διαφανής. Το χρώμα σκόνης είναι άχρωμο έως λευκό. Εμφανίζεται υπό μορφή κυψελωδών μικροκρυσταλλικών συσσωματωμάτων και πρισματικών κρυστάλλων.

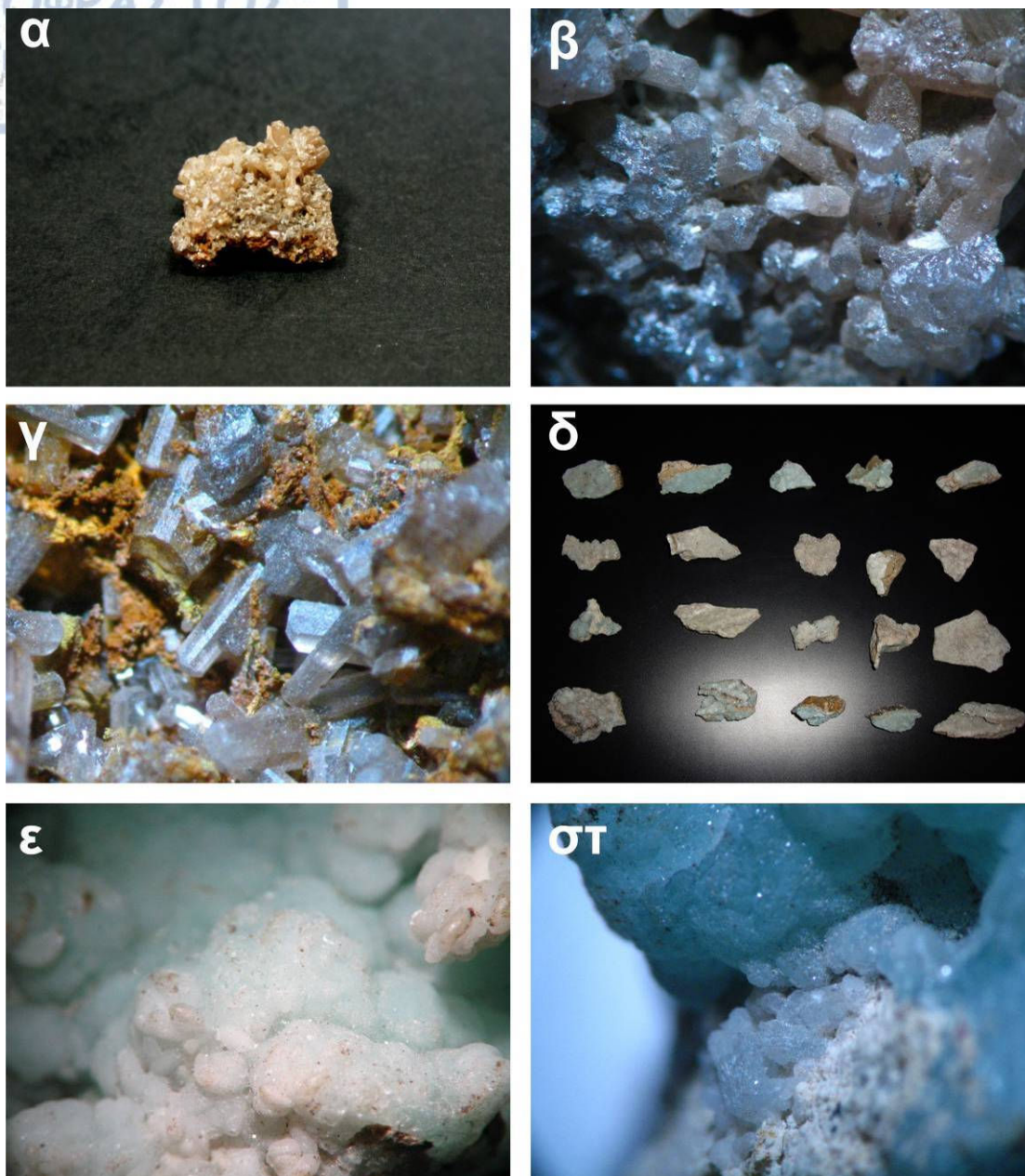
Αποτελεί συνήθως ορυκτό που βρίσκεται στο άνω μέρος της ζώνης οξείδωσης κοιτασμάτων που περιέχουν γαληνίτη. Σχηματίζεται από την αλλοίωση του γαληνίτη με τη δράση διαλυμάτων που περιέχουν ανθρακικά άλατα. Συνοδεύεται από γαληνίτη, σφαλερίτη και από πολλά δευτερογενή ορυκτά όπως σμιθσονίτη, γκαϊτίτη, μαλαχίτη, πυρομορφίτη και αγγλεσίτη. Πολλές φορές ο γαληνίτης μετατρέπεται σε αγγλεσίτη και αυτός σε κερουσίτη.

Στο Λαύριο εντοπίζεται ως προϊόν οξείδωσης των ορυκτών του μολύβδου, στη πρώτη ιδίως επαφή. Εμφανίζεται συχνά στις περιοχές Παλαιοκαμάριζας και Ελάφου κυρίως σε σύμφυση με γκαϊτίτη και γαληνίτη (Εικ. 5.17.1 α).



Πίνακας 5.16.1. Κρυσταλλική δομή και διαστάσεις κυψελίδας του ημιμορφίτη από το δείγμα Λ014 και σύγκριση με τα δεδομένα του Hanawalt.

Διαστάσεις Κυψελίδας		Σύγκριση με δεδομένα Hanawalt (PDF search manual Hanawalt method inorganic, 1977)	
a (Å)	08,35556	a (Å)	08,37
b (Å)	10,69297	b (Å)	10,719
c (Å)	05,12704	c (Å)	05,12
V (Å ³)	458,0788	V (Å ³)	459,356
Ομάδα συμμετρίας χώρου	Imm2		



Εικ. 5.16.1. Δείγματα ημιμορφίτη από το Λαύριο. **(α)** Ημιμορφίτης, δείγμα Λ015, μήκος δείγματος 2 cm. **(β)** Ημιμορφίτης, δείγμα Λ015, μήκος φωτογραφίας 3,6 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(γ)** Ημιμορφίτης, δείγμα Λ015, μήκος φωτογραφίας 3,2 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(δ)** Ημιμορφίτης, δείγμα Λ014, μήκος δειγμάτων κατά μέσο όρο 3 cm. **(ε)** Ημιμορφίτης, δείγμα Λ014, μήκος φωτογραφίας 5 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(στ)** Ημιμορφίτης, δείγμα Λ014, μήκος φωτογραφίας 5 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.

Ο κερουσίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται σε συσσωματώματα πρισματικών κρυστάλλων μεγέθους έως 9,1 mm (Εικ. 5.17.1 β-δ) και χρώματος λευκού έως τεφρού. Τα ερυθρά στίγματα που υπάρχουν στα δείγματα οφείλονται σε οξειδώσεις του Fe.

5.18 Κοβελίνης (Covellite) - CuS

Το όνομα του ορυκτού δόθηκε προς τιμήν του Ιταλού ορυκτολόγου N. Covelli (1790 – 1829). Κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 1,5 – 2 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος που φθάνει τα 4,68. Ο σχισμός του είναι τέλειος κατά (0001) και ο θραυσμός του ανώμαλος. Το χρώμα του είναι ανοιχτό έως πολύ σκούρο κυανό και συχνά εμφανίζει έντονους ιριδισμούς. Η λάμψη του είναι υπομεταλλική έως αλαμπής και είναι ένα αδιαφανές ορυκτό. Το χρώμα της σκόνης του είναι μελανόφαιο. Εμφανίζεται υπό τη μορφή λεπτοπλακωδών κρυστάλλων, σε συμπαγή, λεπιδοειδή έως κοκκώδη συσσωματώματα αλλά και ως επιφλοιώσεις.

Στην Λαυρεωτική απαντά στην Καμάριζα σε σύμφυση με χαλκοσίνη, γαληνίτη, σφαλερίτη, χαλκοπυρίτη και σιδηροπυρίτη.

Ο κοβελίνης συμφύεται με γαληνίτη, σιδηροπυρίτη και αρσеноπυρίτη (Εικ. 5.18.1) ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελεί προϊόν αλλοίωσης σουλφιδίων όπως ο γαληνίτης.

Από τις μικροανλύσεις (Πίνακας 5.18.1) προκύπτει ότι οι περιεκτικότητες του κοβελίνης σε Cu κυμαίνονται από 58,87 έως 61,59 wt% με μέσο όρο 58,73 wt%, ενώ οι περιεκτικότητες σε S από 35,29 έως 41,12 wt%, με μέσο όρο 38,21 wt%.

Ο χημικός τύπος με βάση τα 2 άτομα είναι κατά μέσο όρο $\text{Cu}_{0,87}\text{S}_{1,13}$.

Πίνακας 5.18.1. Χημική ανάλυση κοβελίνης.

wt%	Λ092	Λ019	M.O.
S	35,29	41,12	38,21
Cu	55,87	61,59	58,73
Σ	91,16	102,71	96,94
Αριθμός ιόντων με βάση τα 2 άτομα			
Cu	0,89	0,86	0,87
S	1,11	1,14	1,13

5.19 Κονιχαλκίτης (Conichalcite) - $\text{CaCu}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$

Το όνομά του προκύπτει από τις ελληνικές λέξεις «κόνις» και «χαλκός». Κρυσταλλώνεται στο ορθορομβικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 4,5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 4,33. Ο θραυσμός του είναι ανώμαλος και το χρώμα του είναι συνήθως σκούρο πράσινο έως σμαραγδοπράσινο. Έχει υαλώδη – λιπαρή λάμψη και είναι συχνά διαφανής. Το χρώμα σκόνης είναι υποπράσινο. Έχει μορφή ισοδιαμετρικών έως μικροπρισματικών κρυστάλλων σε βοτρυοειδή έως σκωληκοειδή συσσωματώματα, που αναπτύσσονται σε φλοιούς. Συχνά εντοπίζεται σε συμπαγή συσσωματώματα με ακτινωτή και ινώδη δομή.

Ο κονιχαλκίτης στο Λαύριο εντοπίζεται ως προϊόν οξείδωσης χαλκούχων ορυκτών στην Καμάριζα, σε σύμφυση με γκαιτίτη, ασβεστίτη και αδαμίτη.

Το δείγμα κονιχαλκίτη που μελετήθηκε βρίσκεται σε σύμφυση με γκαιτίτη, ασβεστίτη, μαλαχίτη και αζουρίτη (Εικ. 5.19.1). Εμφανίζεται υπό τη μορφή μικροκρυσταλλικών επικαλυμμάτων, χρώματος πράσινου σκούρου, πάνω στον ασβεστίτη ο οποίος συχνά είναι διαφανής.

5.20 Κτενασίτης (Ktenasite) – $\text{Zn}(\text{Cu},\text{Zn})_4[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Το όνομα του ορυκτού δόθηκε προς τιμήν του Έλληνα ορυκτολόγου Κ. Κτένα (1884 – 1935). Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα. Έχει σκληρότητα 2,8 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 2,94. Το χρώμα του είναι πράσινο έως κυανοπράσινο, η λάμψη του υαλώδης και είναι ένα διαφανές ορυκτό. Το χρώμα σκόνης του είναι λευκό έως υποκίανο. Ως προς τη μορφή εμφανίζεται συνήθως σε πλακώδεις κρυστάλλους.

Απαντά στην Καμάριζα Λαυρίου, σε χαρακτηριστική παραγένεση με τον σερπιερίτη, τον γλαυκοκερινίτη και τον πορώδη σμιθσονίτη.

Ο κτενασίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό μορφή συσσωματωμάτων πρισματικών κρυστάλλων χρώματος πράσινου που φθάνουν τα 3,8 mm (Εικ. 5.20.1-3). Συμφύεται με γλαυκοκερινίτη και σερπιερίτη και εμφανίζεται συνήθως μέσα σε γεώδη γκαιτίτη.

Η χημική σύσταση του κτενασίτη από το Λαύριο (Πίνακας 5.20.1) δείχνει ότι αυτός αποτελείται από ZnO (22,57 – 22,61 wt%), από CuO (27,18 – 27,38 wt%) και από SO_3 (23,62 – 23,86 wt%).

Πίνακας 5.20.1. Χημική σύσταση του κτενασίτη από το δείγμα Λ029 του Λαυρίου.

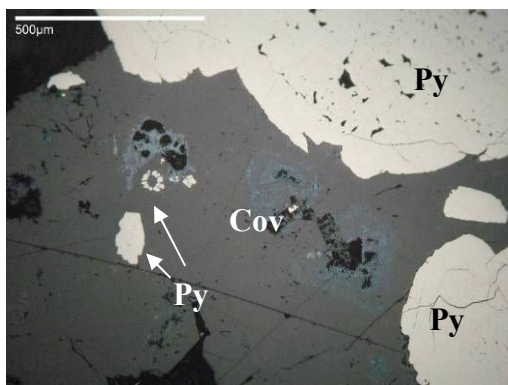
wt%	Λ029_1	Λ029_2	M.O.
ZnO	22,61	22,57	22,59
CuO	27,18	27,38	27,28
SO ₃	23,86	23,62	23,74
H ₂ O	26,29	26,32	26,30
Συν	99,94	99,89	99,915

5.21 Κυπρίτης (Cuprite) – Cu_2O

Το ορυκτό παίρνει το όνομά του από την λατινική λέξη «cuprum» που σημαίνει χαλκός και προέρχεται από την ονομασία της νήσου Κύπρου που φημίζεται για τα μεγάλα κοιτάσματα χαλκού. Κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 3,5 με 4 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 6,5. Ο σχισμός είναι ατελής κατά (111), ενώ έχει θραυσμό κογχώδη έως ανώμαλο. Το χρώμα του είναι συνήθως στις διάφορες αποχρώσεις του ερυθρού. Η λάμψη του είναι αδαμάντινη, υπομεταλλική έως αλαμπής και πολύ σπάνια είναι διαφανής. Έχει χρώμα σκόνης καστανέρυθρο. Εμφανίζεται υπό μορφή κυβικών, οκταεδρικών ή δωδεκαεδρικών κρυστάλλων. Πιο συχνά όμως εντοπίζεται σε συμπαγή συσσωματώματα, κοκκώδη ή γεώδη.



Εικ. 5.17.1. Δείγματα κερουσίτη από το Λαύριο. (α) Κερουσίτης με γαληνίτη, δείγμα Λ093, μήκος δείγματος 4 cm. (β) Κερουσίτης, δείγμα Λ093, μήκος φωτογραφίας 6 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. (γ) Κρύσταλλος κερουσίτη, δείγμα Λ093, μήκος κρυστάλλου 9,21 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. (δ) Κρύσταλλοι κερουσίτη, δείγμα Λ097, μήκος φωτογραφίας 7,8 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.



Εικ. 5.18.1. Κοβελίνης (Cov) με σιδηροπυρίτη (Py) υπό μορφή ατόλης και αλλοτριόμορφων κόκκων. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N.



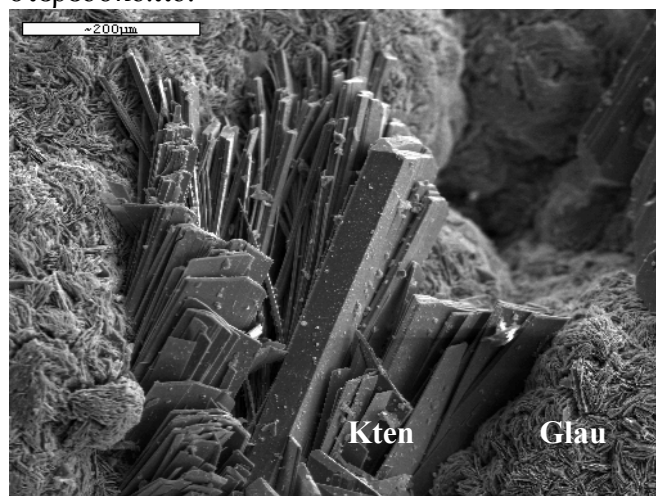
Εικ. 5.19.1. Κονιχαλκίτης από το Λαύριο σε σύμφυση με ασβεστίτη και αζουρίτη, δείγμα Λ100, μήκος φωτογραφίας 10,3 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.



Εικ. 5.20.1. Κτενασίτης με γκαιίτη από το Λαύριο, δείγμα 029, μήκος φωτογραφίας 4 mm.



Εικ. 5.20.2. Κτενασίτης από το Λαύριο σε σύμφυση με γλαυκοκερινίτη και γκαιίτη, δείγμα 155, μήκος φωτογραφίας 8,8 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.



Εικ.5.20.3: Κρύσταλλοι κτενασίτη (Kten) σε σύμφυση με γλαυκοκερινίτη (Glau) από το Λαύριο, δείγμα Λ029. Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM).

Είναι δευτερογενές ορυκτό του χαλκού και βρίσκεται στα ανώτερα οξειδωμένα τμήματα των χαλκούχων κοιτασμάτων με γκαϊτίτη και δευτερογενή χαλκούχα ορυκτά, όπως αυτοφυή χαλκό, μαλαχίτη, αζουρίτη, χρυσόκολλα, χαλκοσίνη, τενορίτη καθώς επίσης και με άργιλο. Μεγάλες ποσότητες του ορυκτού σχηματίζονται κατά το δευτερογενή εμπλουτισμό βάθους και ιδιαίτερα όταν υπάρχουν άφθονες ανθρακικές ενώσεις.

Στο Λαύριο εντοπίζεται στην Καμάριζα και στο Σούνιο, με αζουρίτη, μαλαχίτη, ασβεστίτη και αυτοφυή χαλκό.

Ο κυπρίτης σε δείγμα που μελετήθηκε εμφανίζεται υπό τη μορφή ιδιόμορφων οκταεδρικών αλλά και άμορφων κρυστάλλων σε σύμφυση με γκαϊτίτη (Εικ. 5.21.1 α).

Έχουν χρώμα ερυθρό και φθάνουν σε μέγεθος τα 0,83 mm (Εικ. 5.21.1 β-δ).

5.22 Λολινγκίτης (Lollingite) – FeAs_2

Ο λολινγκίτης έχει πάρει το όνομά του από την τοποθεσία «Lölling» της Αυστρίας. Κρυσταλλώνεται στο ορθορομβικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος που κυμαίνεται από 7,1 έως 7,7. Έχει σχισμό κατά (001) και είναι ένα αδιαφανές ορυκτό. Έχει χρώμα λευκό έως τεφρό, γραμμή σκόνης μολυβδότεφρη και εμφανίζεται υπό τη μορφή πρισματικών κρυστάλλων συνήθως σε διδυμίες.

Όπως προκύπτει από τη μικροσκοπική μελέτη των δειγμάτων ο λολινγκίτης στο Λαύριο εντοπίζεται σπάνια, με τη μορφή εγκλεισμάτων μέσα στον γαληνίτη (Εικ. 5.22.1-2) και εμφανίζεται ως υπιδιόμορφος κρύσταλλος σε μέγεθος που φθάνει τα 10 μm .

Από τις μικροανλύσεις (Πίνακας 5.22.1) προέκυψε ότι οι περιεκτικότητες του λολινγκίτη σε As κυμαίνονται από 74,51 έως 78,23 wt%, με μέσο όρο 76,37 wt% και σε Fe από 22,59 έως 24,05 wt%, με μέσο όρο 23,32 wt%. Περιέχει επίσης μικρές ποσότητες σε Co (έως 1,07 wt%) και Ag (έως 1,00 wt%).

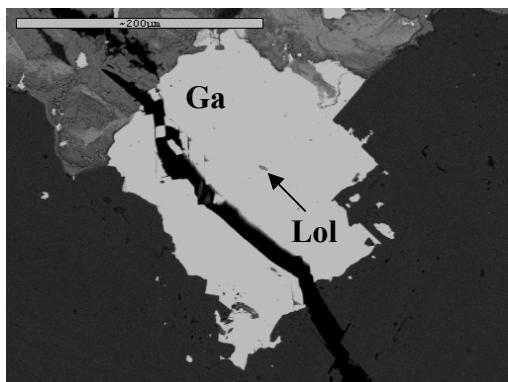
Ο χημικός τύπος με βάση τα 3 άτομα είναι κατά μέσο όρο $(\text{Fe,Co,Ag})_{0,89}\text{As}_{2,11}$.

Πίνακας 5.22.1. Μικροανλύσεις σε λολινγκίτη από το Λαύριο. Bdl: Below detected limit (=κάτω από το όριο ανίχνευσης).

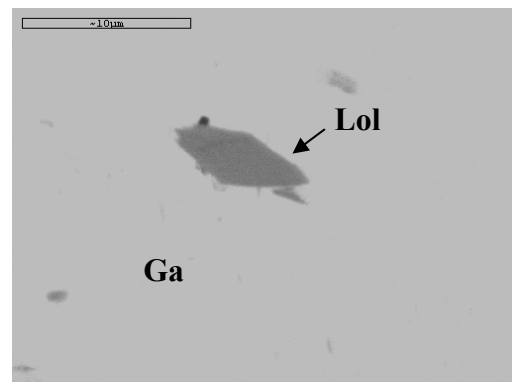
wt%	B21.4 1	B21.4 2	M.O.
As	74,51	78,23	76,37
Co	1,07	bdl	0,54
Ag	bdl	1,00	0,50
Fe	24,05	22,59	23,32
Σ	99,63	101,82	100,73
Αριθμός ιόντων με βάση τα 3 άτομα			
As	2,07	2,15	2,11
Co	0,04	bdl	0,02
Fe	0,90	0,83	0,86
Ag	bdl	0,02	0,01



Εικ. 5.21.1. Δείγμα κυπρίτης από το Λαύριο. (α) Κυπρίτης με γκαιτίτη από την Πλάκα, δείγμα 106, μήκος δείγματος 2,5 cm. (β) Κυπρίτης με γκαιτίτη από την Πλάκα, δείγμα A106, μήκος φωτογραφίας 5 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. (γ) Κυπρίτης με γκαιτίτη από την Πλάκα, δείγμα A106, μήκος φωτογραφίας 4 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. (δ) Κυπρίτης με γκαιτίτη από την Πλάκα, δείγμα A106, μήκος φωτογραφίας 4 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.



Εικ. 5.22.1. Γαληνίτης (Ga) με έγκλεισμα λολινγκίτη (Lol). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.



Εικ. 5.22.2. Γαληνίτης (Ga) με έγκλεισμα λολινγκίτη (Lol). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.

5.23 Μαλαχίτης (Malachite) - $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

Το όνομα του ορυκτού προέρχεται από την ελληνική λέξη «μαλάχη ή μολόχη» που οφείλεται στο πράσινο χρώμα του. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα. Έχει σκληρότητα 3,5 με 4 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 4. Ο σχισμός παρουσιάζεται τέλειος κατά (201) και σαφής κατά (010), ενώ ο θραυσμός είναι υποκογχώδης και ανώμαλος όταν βρίσκεται σε συμπαγή μορφή. Συναντάται σε όλες τις αποχρώσεις του πράσινου, από ανοιχτό έως σκούρο και πρασινότερο. Η λάμψη του χαρακτηρίζεται υαλώδης έως αδαμάντινη και σε ινώδη συσσωματώματα είναι μεταξώδης, ενώ ως προς τη διαφάνεια είναι αδιαφανής. Το χρώμα σκόνης είναι ανοιχτό πράσινο. Εμφανίζεται υπό μορφή μικρών βελονοειδών πρισματικών κρυστάλλων καθώς και σε συμπαγείς επιφλοιώσεις.

Είναι συνηθισμένο δευτερογενές ορυκτό του χαλκού, που βρίσκεται στο οξειδωμένο τμήμα χαλκούχων μεταλλευμάτων, όπου σχηματίστηκε από πρωτογενή χαλκούχα ορυκτά με τη δράση διαλυμάτων πλούσιων σε ανθρακικά άλατα.

Στο Λαύριο εντοπίζεται σχεδόν σε όλες τις μεταλλοφορίες σε μεγάλη έκταση. Απαντά σε οξειδωμένα μεταλλεύματα πλούσια σε χαλκό και σε ρωγμές γειτονικών πετρωμάτων στην Καμάριζα και στην Αγία Βαρβάρα με κυπρίτη, αζουρίτη, ασβεστίτη, αδαμίτη και γκαιτίτη.

Ο μαλαχίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό τη μορφή μικρών βελονοειδών - πρισματικών κρυστάλλων μεγέθους έως 4 mm και πάχους 150 μm , (Εικ. 5.23.1 α-δ, 5.23.2 δ) αλλά και σε συσσωματώματα πρισματικών κρυστάλλων μεγέθους έως 40 μm (Εικ. 5.23.2 α-γ). Το χρώμα του είναι από ανοιχτό έως σκούρο πράσινο. Βρίσκεται σε σύμφυση με γκαιτίτη αλλά και με ασβεστίτη (Εικ. 5.23.1 ε), αδαμίτη, κονιχαλκίτη καθώς και με αζουρίτη (Εικ. 5.23.1 στ).

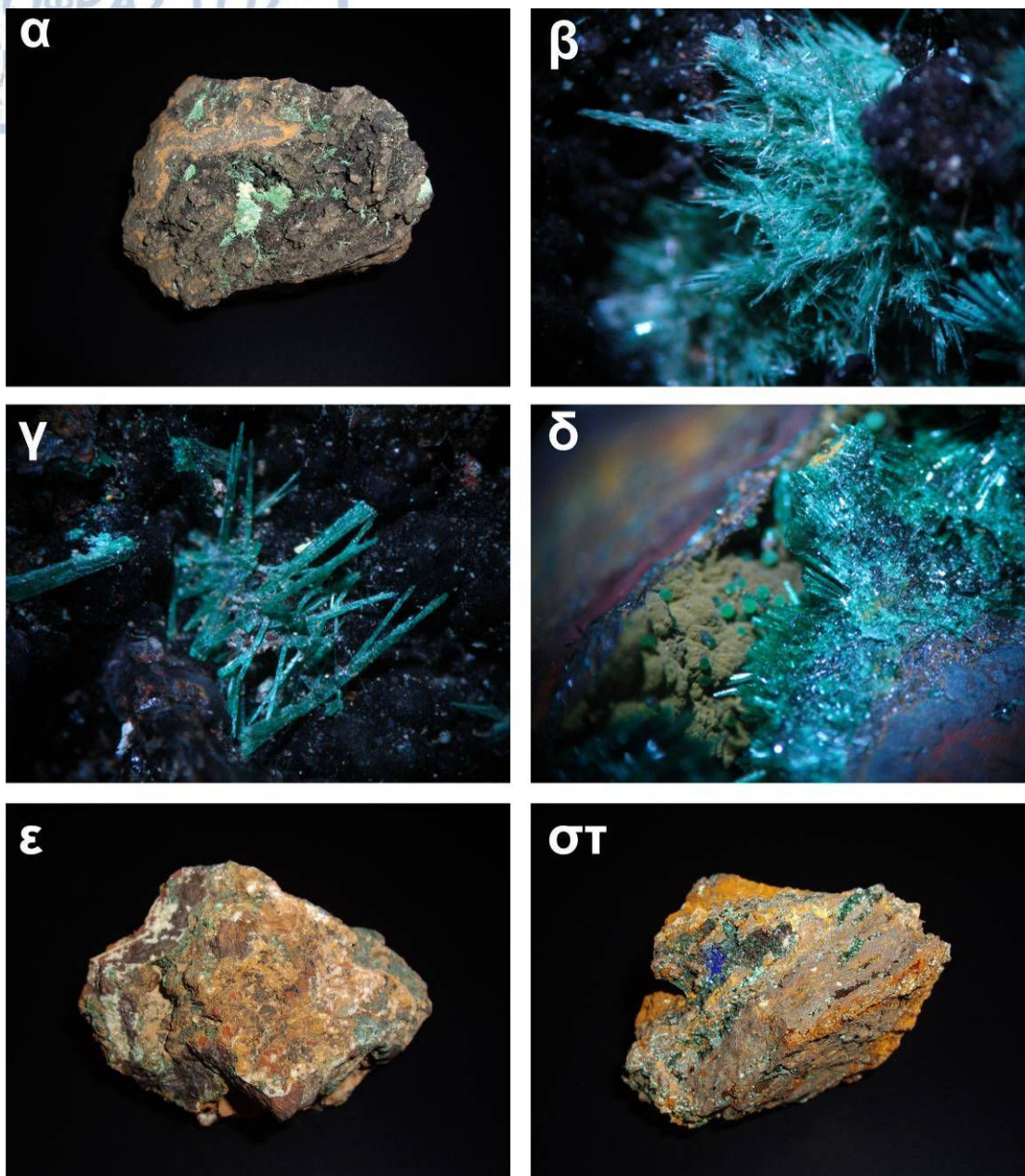
Οι μικροανλύσεις στον μαλαχίτη (Πίνακας 5.23.1) δείχνουν ότι αυτός αποτελείται από CuO που κυμαίνεται μεταξύ 55,85 έως 65,31 wt%, ενώ περιέχει και μικρές ποσότητες Fe_2O_3 (1,52 έως 1,72 wt%) και CaO (0,32 – 0,53 wt%).

Πίνακας 5.23.1. Χημική σύσταση του μαλαχίτη από τα δείγματα Λ060 και Λ089 του Λαυρίου. Bdl: Below detected limit (=κάτω από το όριο ανίχνευσης).

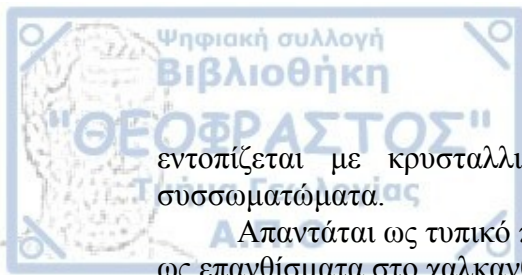
wt%	Λ060_1	Λ060_2	Λ089_1	Λ089_2	M.O.
$\text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$	35,27	34,66	41,86	42,03	38,46
CuO	64,71	65,31	55,85	56,12	60,50
Fe_2O_3	bdl	bdl	1,72	1,52	1,62
CaO	bdl	bdl	0,53	0,32	0,43
Συν	99,98	99,97	99,96	99,99	99,98

5.24 Μελαντερίτης (Melanterite) - $\text{Fe}^{++}\text{SO}_4 \cdot 7(\text{H}_2\text{O})$

Το όνομα δόθηκε το 1850 από την ελληνική λέξη «μελαντήρια» που δήλωνε τα σιδηρούχα σουλφίδια. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα. Έχει σκληρότητα 2 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 1,9. Ο σχισμός είναι τέλειος κατά (001) και σαφής κατά (110), ενώ έχει θραυσμό κογχώδη. Έχει χρώμα συνήθως σε όλες τις αποχρώσεις του πράσινου, καθώς επίσης κυανοπράσινο, κυανό και λευκό. Η λάμψη του είναι μεταξώδης και είναι ένα διαφανές ορυκτό. Ως προς τη μορφή του σπάνια



Εικ. 5.23.1. Δείγματα μαλαχίτη από το Λαύριο. **(α)** Μαλαχίτης με γκαιτίτη, δείγμα Λ089, μήκος δείγματος 6 cm. **(β)** Μαλαχίτης με γκαιτίτη, δείγμα Λ089, μήκος φωτογραφίας 8,34 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(γ)** Μαλαχίτης με γκαιτίτη, δείγμα Λ089, μήκος φωτογραφίας 5,5 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(δ)** Μαλαχίτης με γκαιτίτη και κονιχαλκίτη, δείγμα Λ060, μήκος φωτογραφίας 6,8 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(ε)** Μαλαχίτης (πράσινο) με γκαιτίτη και ασβεστίτη (λευκό), δείγμα Λ066, μήκος δείγματος 5 cm. **(στ)** Μαλαχίτης με γκαιτίτη, αζουρίτη και αδαμίτη, δείγμα Λ069, μήκος δείγματος 5,5 cm.



εντοπίζεται με κρυσταλλική μορφή, ενώ συνήθως εντοπίζεται σε κοκκώδη συσσωματώματα.

Απαντάται ως τυπικό προϊόν εξαλλοίωσης του σιδηροπυρίτη και μαρκασίτη και ως επανθίσματα στο χαλκανθίτη.

Ο μελαντερίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό τη μορφή κοκκωδών συσσωματωμάτων χρώματος λευκού έως πράσινου (Εικ. 5.24.1) αλλά και σε ινώδη συσσωματώματα χρώματος λευκού έως υποκίτρινου (Εικ. 5.24.2). Τα δείγματα φθάνουν σε μέγεθος τα 7 cm.

5.25 Μολυβδοϊαροσίτης (Plumbojarosite) - $\text{PbFe}_6(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12}$

Ο μολυβδοϊαροσίτης είναι η πλούσια σε μόλυβδο ποικιλία του ιαροσίτη ο οποίος ονομάστηκε έτσι το 1852 από τα ορυχεία «Barranco Jaroso» στη Νότια Ισπανία. Κρυσταλλώνεται στο εξαγωνικό – ρομβοεδρικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 1,5 με 2 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 3,6 και 3,7. Ο σχισμός παρουσιάζεται σαφής κατά (10-14) και είναι ένα εύθρυπτο ορυκτό. Το χρώμα του είναι συνήθως χρυσοπράσινο έως σκούρο καστανό. Η λάμψη του χαρακτηρίζεται ως κηρώδης και σε ορισμένες περιπτώσεις το ορυκτό μπορεί να είναι διαφανές. Το χρώμα σκόνης είναι ωχροκίτρινο και ως προς τη μορφή εντοπίζεται συνήθως σε κοκκώδη συσσωματώματα.

Ο μολυβδοϊαροσίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό τη μορφή κοκκωδών συσσωματωμάτων σε βοτρυοειδή μορφή και σε σύμφυση με ιαροσίτη και λαουρελίτη. Το χρώμα του είναι σκούρο καστανό και οι βοτρυοειδείς σχηματισμοί φθάνουν σε μέγεθος τα 3 mm (Εικ. 5.25.1). Ο λαουρελίτης φθάνει σε μέγεθος τα 16 mm, έχει μορφή πρισματικών συσσωματωμάτων, το χρώμα του είναι λευκό και είναι ημιδιαφανής (Εικ. 5.25.2).

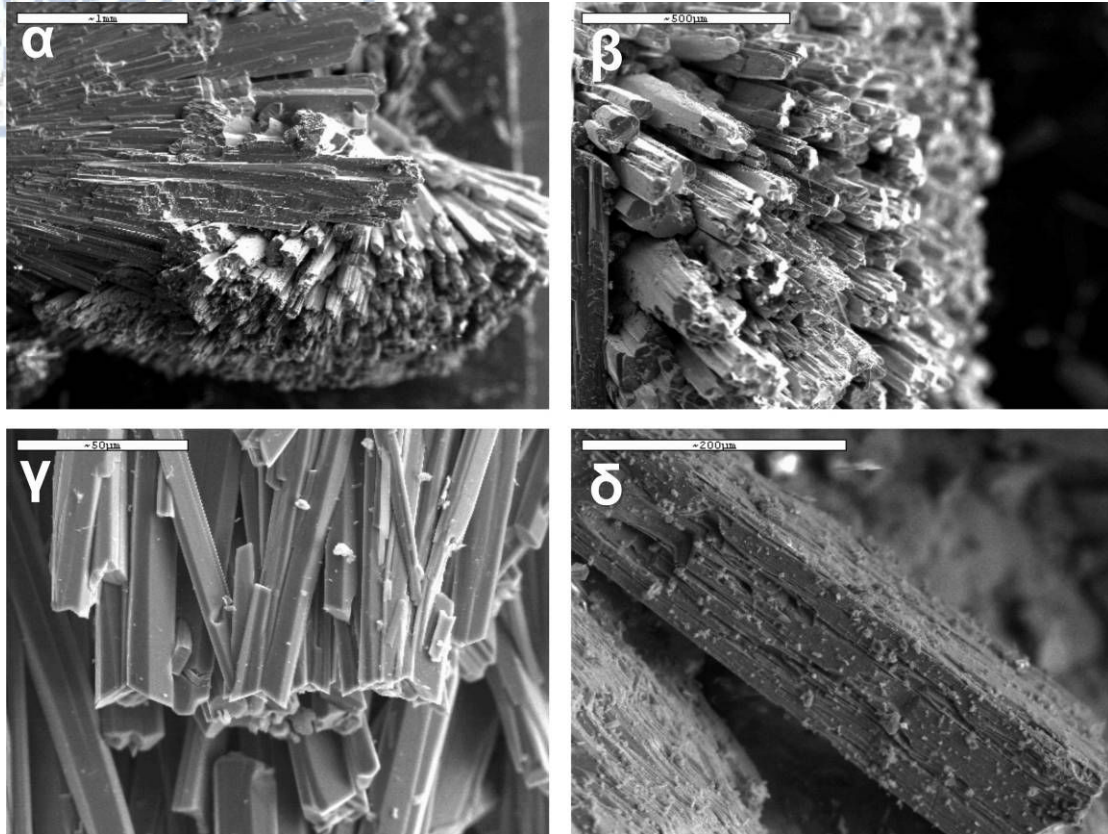
Στον Πίνακα 5.25.1 παρουσιάζεται η κρυσταλλική του δομή όπως προέκυψε από την ακτινογραφική ανάλυση (XRD) του δείγματος Α147 (Σχ. 5.25.1) και συμφωνεί με τα αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα κατά American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace, 2003). Ο όγκος της κυψελίδας υπολογίστηκε σε $1562,5782 \text{ \AA}^3$.

5.26 Μπεουδαντίτης (Beudantite) - $\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$

Το όνομα του ορυκτού μπεουδαντίτη δόθηκε τιμήν του Francois Sulpice Beudant (1787 - 1850). Κρυσταλλώνεται στο εξαγωνικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 3,5 με 4,5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 4,3. Ο σχισμός παρουσιάζεται τέλειος κατά (001), ενώ θραυσμός δεν έχει διαπιστωθεί. Το χρώμα του είναι σκούρο πράσινο, καστανό, μαύρο, πορτοκαλί ή ερυθρό. Η λάμψη του είναι υαλώδης έως κηρώδης, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις είναι διαφανής. Το χρώμα σκόνης είναι πράσινο έως φαιοκίτρινο. Εμφανίζεται υπό τη μορφή ρομβοεδρικών κρυστάλλων, συχνά ψευδοκυβικών.

Απαντά στην Καμάριζα, ως δευτερογενές ορυκτό στη ζώνη οξειδωσης, συνήθως με σκοροδίτη, χαλαζία και φαρμακοσιδηρίτη.

Ο μπεουδαντίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται σε κοκκώδη βοτρυοειδή συσσωματώματα (Εικ. 5.26.1) που φθάνουν σε μέγεθος τα 3 mm και σε σύμφυση με λαναρκίτη και γύψο. Το χρώμα του είναι τεφρό έως μαύρο ενώ τα ερυθροκαστανά στίγματα στην επιφάνεια του δείγματος οφείλονται σε οξείδια.



Εικ. 5.23.2. Μαλαχίτης από το Λαύριο. Εικόνες από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM). (α) Κρύσταλλοι μαλαχίτη, δείγμα Λ06. (β) Κρύσταλλοι μαλαχίτη, δείγμα Λ060. (γ) Κρύσταλλοι μαλαχίτη, δείγμα Λ060. (δ) Κρύσταλλος μαλαχίτη, δείγμα Λ089.



Εικ. 5.24.1. Μελαντερίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ030, μήκος δείγματος 5,5 cm.



Εικ. 5.24.2. Μελαντερίτης από την Καμάριζα Λαυρίου, δείγμα Λ027, μήκος δείγματος 7 cm.

Στον Πίνακα 5.26.1 παρουσιάζεται η κρυσταλλική του δομή όπως προέκυψε από την ακτινογραφική ανάλυση (XRD) του δείγματος Λ042 (Σχ. 5.26.1) και συμφωνεί με τα αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα κατά American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace, 2003). Ο όγκος της κυψελίδας υπολογίστηκε σε $792,3674 \text{ \AA}^3$.

5.27 Σερπιερίτης (Serpierite) - $\text{Ca}(\text{Cu,Zn})_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Το όνομα του ορυκτού δόθηκε προς τιμήν του J. B. Serpieri (1832 – 1897), ιδιοκτήτη των μεταλλείων του Λαυρίου στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα. Έχει σκληρότητα 3,4 με 4 της κλίμακας Mohs και ειδικό βάρος 3,7. Ο σχισμός είναι τέλειος κατά (001) και ο θραυσμός του είναι ανώμαλος. Το χρώμα του είναι κυανό και η λάμψη του υαλώδης και μαργαριτώδης. Σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζεται ως διαφανές ορυκτό. Έχει χρώμα σκόνης υποκύανο. Εμφανίζεται υπό μορφή μικροσκοπικών κρυστάλλων, λεπιδοειδών ή επιμηκυσμένων κατά (001).

Απαντά στην Καμάριζα με γλαυκοκερινίτη, κτενασίτη, γύψο, ναμουβίτη, σουλενβεργίτη, ασβεσίτη και γκαιτίτη.

Ο σερπιερίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται υπό τη μορφή μικροπρισματικών κρυστάλλων χρώματος κυανού, μεγέθους έως 1 mm και πάχος περίπου 50 μm (Εικ. 5.27.1). Βρίσκεται σε σύμφυση κυρίως με γλαυκοκερινίτη αλλά και με κτενασίτη μέσα σε γεώδη γκαιτίτη.

Η χημική σύσταση του σερπιερίτη από το Λαύριο (Πίνακας 5.27.1) δείχνει ότι αυτός αποτελείται από ZnO (13,65 έως 14,32 wt%), CuO (27, 74 έως 29,51 wt%) και SO₃ (31,27 έως 33,12 wt%).

Πίνακας 5.27.1. Χημική σύσταση του σερπιερίτη από το δείγμα Λ029 του Λαυρίου.

wt%	Λ029_1	Λ029_2	M.O.
CaO	8,09	8,68	8,38
ZnO	14,32	13,65	13,98
CuO	29,51	27,74	28,62
SO ₃	31,27	33,12	32,19
H ₂ O	16,78	16,79	16,78
Συν	99,97	99,98	99,97

5.28 Σιδηροπυρίτης (Pyrite) – FeS₂

Ο σιδηροπυρίτης οφείλει το όνομά του στη χημική του σύσταση λόγω του σιδήρου που περιέχει. Κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 6 με 6,5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος από 5 έως 5,2. Ο σχισμός του είναι ασαφής κατά (100) και έχει θραυσμό κογχώδη έως ανώμαλο. Το χρώμα του είναι ανοιχτό μπρουτζοκίτρινο, η λάμψη του χαρακτηρίζεται ως μεταλλική αν και συχνά είναι αλαμπής και πρόκειται για ένα αδιαφανές ορυκτό. Το χρώμα σκόνης είναι μαυροπράσινο. Ο σιδηροπυρίτης αναπτύσσεται συχνά σε ιδιόμορφους κρυστάλλους, κυρίως εξάεδρα ή πενταγωνικά δωδεκάεδρα. Συχνά εντοπίζεται και σε συμπαγή συσσωματώματα ή διάσπαρτους κόκκους. Όταν σχηματίζεται από χαμηλής



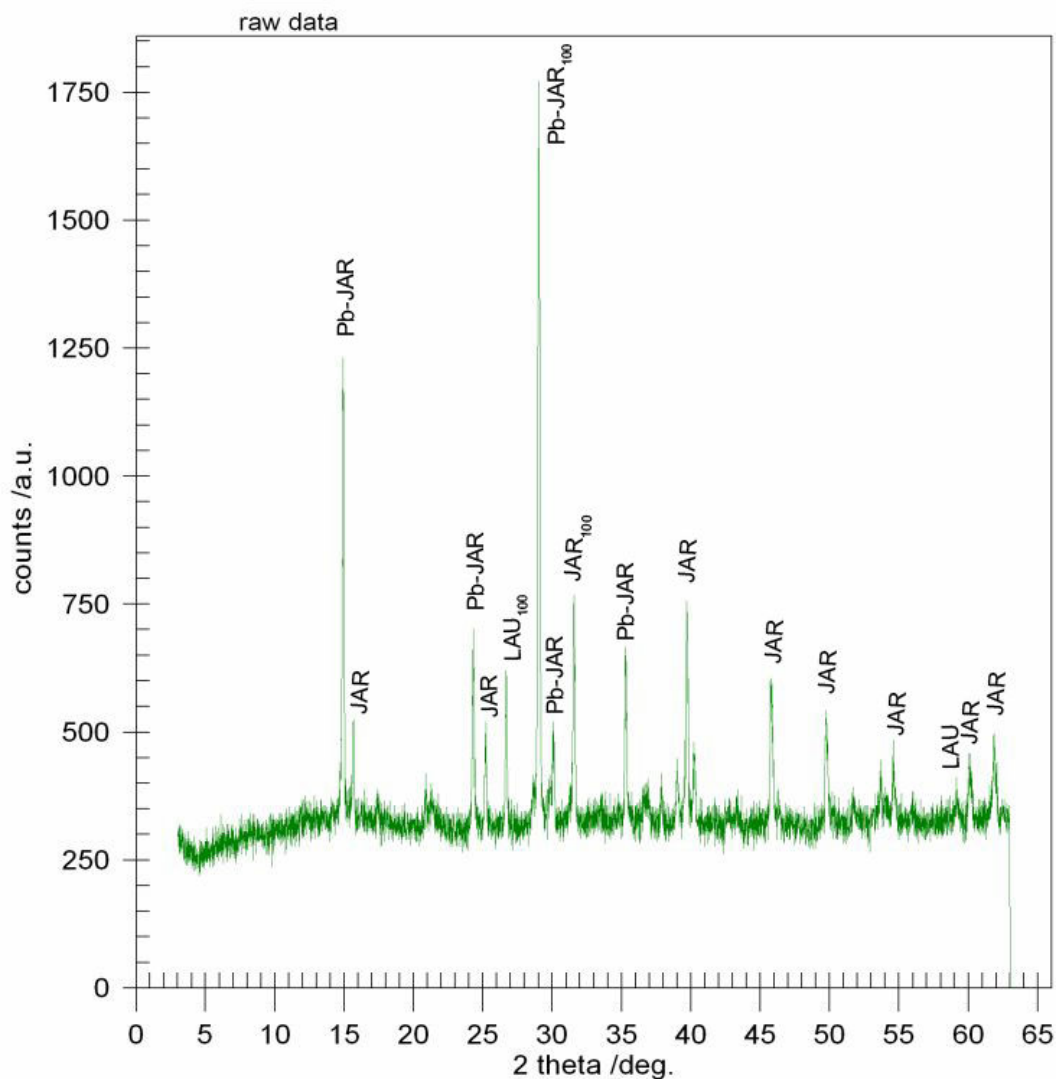
Εικ. 5.25.1. Μολυβδοϊαροσίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ147, μήκος δείγματος 10 cm.



Εικ. 5.25.2. Λαουρελίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ147, λεπτομέρεια της Εικ. 5.24.1, μήκος κρυστάλλου 16 mm.



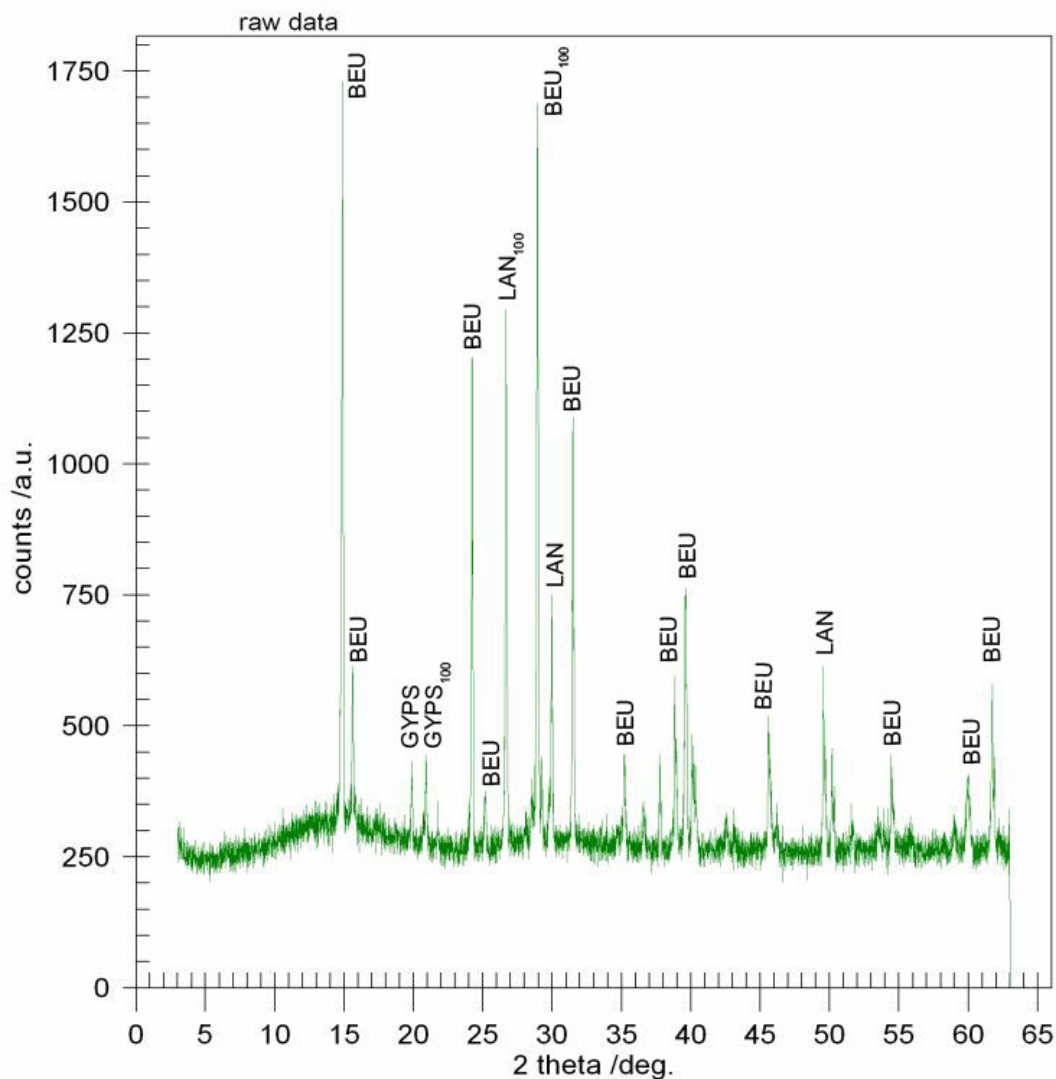
Εικ. 5.26.1. Μπεουδαντίτης από το Λαύριο, δείγμα Λ042, μήκος δείγματος 10 cm.



Σχ. 5.25.1. Ανάλυση XRD από το δείγμα Λ147 του Λαυρίου. Μολυβδοϊαροσίτης (Pb-JAR), ιαροσίτης (JAR), λαουρελίτης (LAU).

Πίνακας 5.25.1. Κρυσταλλική δομή και διαστάσεις κυψελίδας του μολυβδοϊαροσίτη από το δείγμα Λ147 του Λαυρίου και σύγκριση με τα δεδομένα του American Mineralogist.

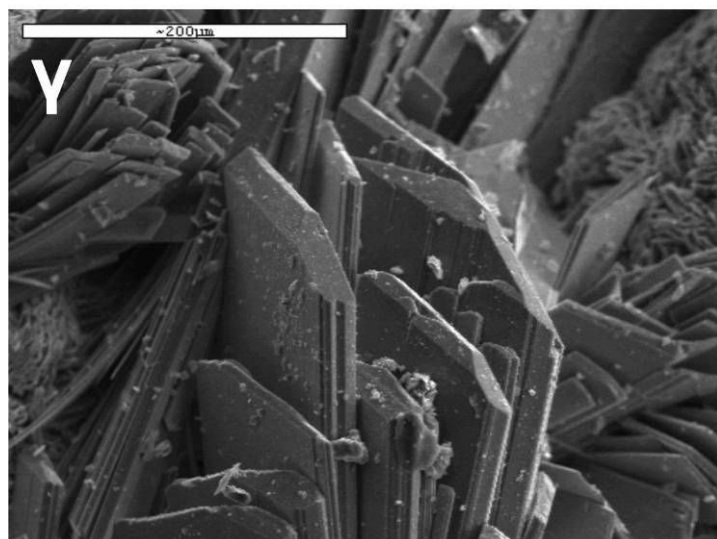
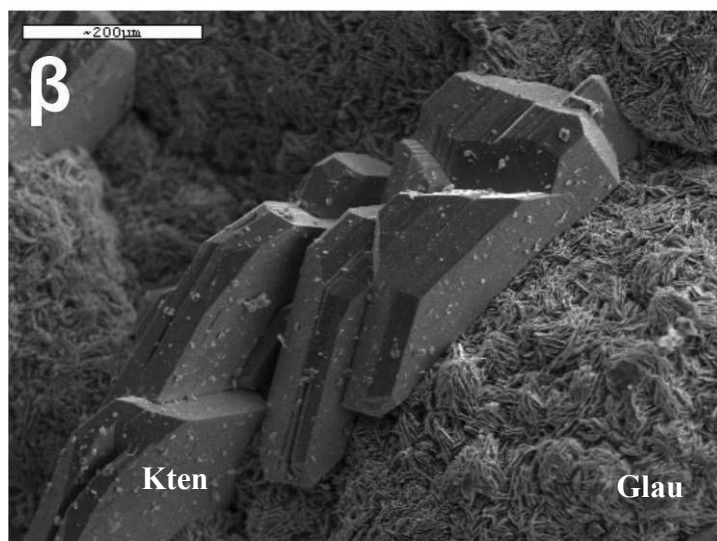
Διαστάσεις Κυψελίδας		Σύγκριση με δεδομένα American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace, 2003)	
a (Å)	7,26751	a (Å)	07,305
b (Å)	-	b (Å)	-
c (Å)	34,16174	c (Å)	33,675
V (Å ³)	1562,5782	V (Å ³)	1556,25
Ομάδα συμμετρίας χώρου	R $\bar{3}m$		



Σχ. 5.26.1. Ανάλυση XRD από το δείγμα Λ042 του Λαυρίου. Μπεουδαντίτης (BEU), λαναρκίτης (LAN), γύψος (GYPS).

Πίνακας 5.26.1. Κρυσταλλική δομή και διαστάσεις κυψελίδας του μπεουδαντίτη από το δείγμα Λ042 του Λαυρίου και σύγκριση με τα δεδομένα του American Mineralogist.

Διαστάσεις Κυψελίδας		Σύγκριση με δεδομένα American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace, 2003)	
a (Å)	07,32498	a (Å)	07,32
b (Å)	-	b (Å)	07,32
c (Å)	17,05232	c (Å)	17,02
V (Å ³)	792,3674	V (Å ³)	789,79
Ομάδα συμμετρίας χώρου	R $\bar{3}m$		



Εικ. 5.27.1. Σερπιερίτης από το Λαύριο. **(α)** Σερπιερίτης, δείγμα Λ029, μήκος φωτογραφίας 2,17 mm. **(β)** Κρύσταλλοι σερπιερίτη (Serp) σε σύμφυση με γλαυκοκερινίτη (Glau), δείγμα Λ029. **(γ)** Κρύσταλλοι σερπιερίτη, δείγμα Λ029.

θερμοκρασίας κολλοειδή διαλύματα δημιουργεί χαρακτηριστικές στηλοειδείς, γελοειδείς ή συγκεντρικές υφές καθώς και σε σφαιροειδείς σχηματισμούς (framboidal pyrite).

Αποτελεί το πιο διαδεδομένο ορυκτό μεταξύ των σουλφιδίων και σχηματίζεται σχεδόν σε όλα τα γεωλογικά περιβάλλοντα, κυρίως όμως σε πυριγενή πετρώματα, σε κοιτάσματα μεταμόρφωσης εξ επαφής, στις υδροθερμικές φλέβες και κοιτάσματα και σε ιζηματογενή και μεταμορφωμένα πετρώματα. Συμφύεται με γαληνίτη, σφαλερίτη, μαγνητοπυρίτη, μαρκασίτη και αρσеноπυρίτη. Κάτω από επιφανειακές συνθήκες ο σιδηροπυρίτης οξειδώνεται σε γκαιτίτη.

Στα δείγματα που μελετήθηκαν ο σιδηροπυρίτης εμφανίζεται σε κοκκώδη συσσωματώματα (Εικ. 5.28.1 α) με ελάχιστους ιδιόμορφους κρυστάλλους της τάξεως του 1 mm και σε σύμφυση με γαληνίτη και σφαλερίτη.

Μελετώντας τον σιδηροπυρίτη μικροσκοπικά προκύπτει ότι βρίσκεται σε σύμφυση με το γαληνίτη (Εικ. 5.28.1 β) που συνήθως τον εγκλείει, ενώ εγκλείεται και απ' αυτόν, τον σφαλερίτη και τον αρσеноπυρίτη (Εικ. 5.8.1-3), υπό τη μορφή αλλοτριόμορφων ή ιδιόμορφων κόκκων τους οποίους εγκλείει. Έχουν παρατηρηθεί συμφύσεις ιδιόμορφων και υπιδιόμορφων κρυστάλλων μεγέθους 150 μm (Εικ. 5.28.1 γ-δ, στ). Γενικά το μέγεθος των κόκκων του σιδηροπυρίτη κυμαίνεται από 20 μm έως 1,3 mm και τις περισσότερες φορές εμφανίζουν έντονη κατακλαστική υφή (Εικ. 5.28.1 ε-στ) με τα διάκενα να πληρώνονται από νεότερα πυριτικά ορυκτά. Εμφανίζεται επίσης υπό μορφή ατόλης.

Από τις μικροανλύσεις (Πίνακας 5.28.1) προέκυψε ότι οι περιεκτικότητες του σιδηροπυρίτη σε Fe κυμαίνεται από 41,47 έως 44,64 wt%, με μέσο όρο 42,89 wt%. Περιέχει ακόμα μικρές ποσότητες σε As (έως 2,46 wt%).

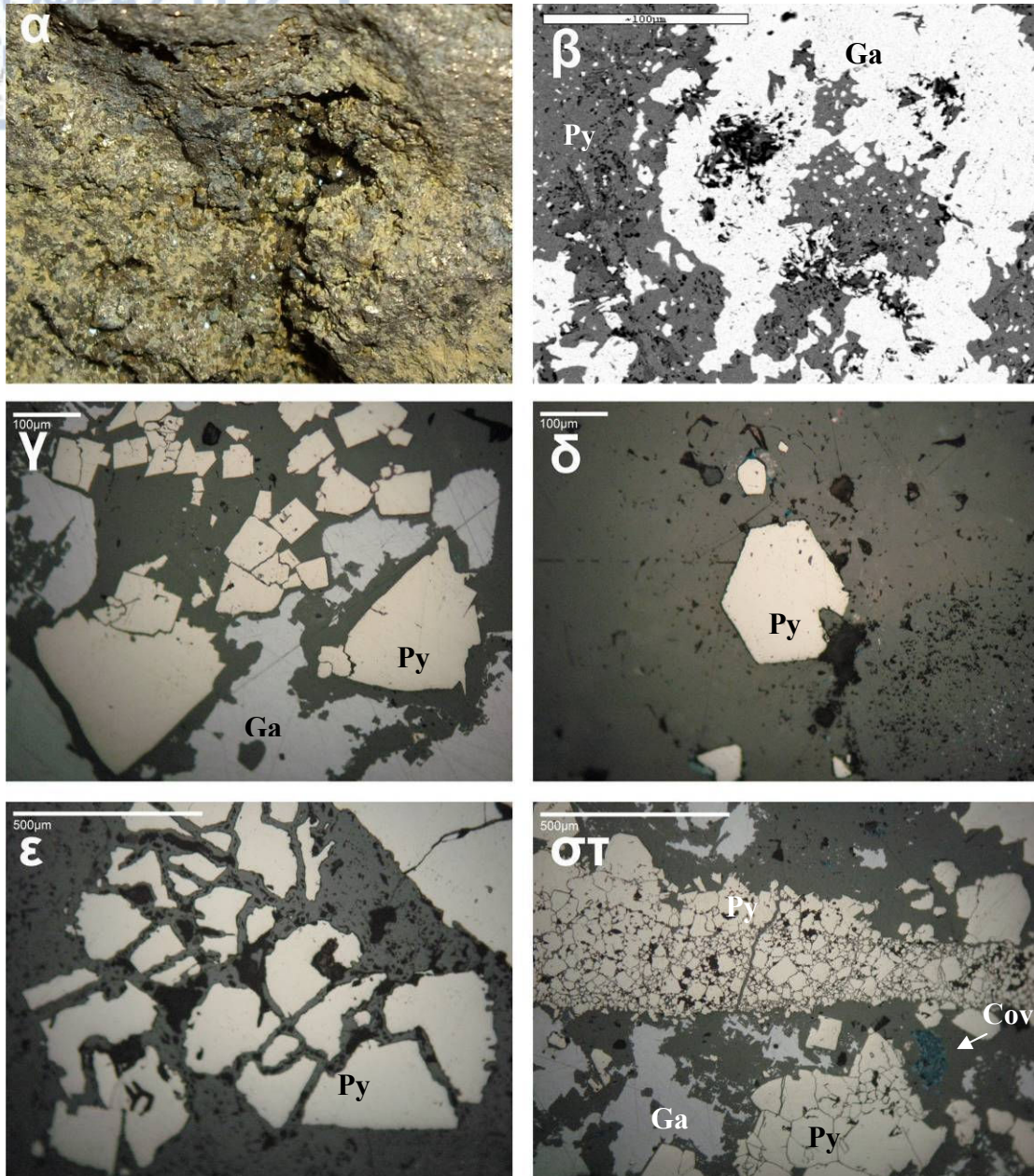
Ο χημικός τύπος προκύπτει με βάση τα 3 άτομα κατά μέσο όρο $(\text{Fe,As})_{0,90}\text{S}_{2,10}$.

Πίνακας 5.28.1. Μικροανλύσεις σιδηροπυρίτη από το Λαύριο. Bdl: Below detected limit (=κάτω από το όριο ανίχνευσης).

wt%	Λ092_1	Λ092_2	Λ019_1	Λ019_2	M.O.
As	2,46	bdl	bdl	bdl	0,62
Fe	42,64	42,8	41,47	44,64	42,89
S	57,38	56,25	57,96	56,94	57,13
Σ	102,48	99,05	99,43	101,58	100,64
Αριθμός ιόντων με βάση τα 3 άτομα					
S	2,1	2,09	2,13	2,07	2,1
Fe	0,9	0,91	0,87	0,93	0,9

5.29 Σμιθσονίτης (Smithsonite) – ZnCO_3

Το όνομα του ορυκτού δόθηκε προς τιμήν του J. Smithson (1754 - 1829), βρετανού χημικού και ορυκτολόγου. Κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 4 με 4,5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 4,3 έως 4,5. Ο σχισμός είναι τέλειος κατά (10-11), ενώ έχει θραυσμό υποκογχώδη έως ανώμαλο. Το χρώμα του είναι λευκό, φαιό, κίτρινο έως καστανό, ανοιχτό έως βαθύ πράσινο, κυανό, κυανοπράσινο, ανοιχτό έως βαθύ κόκκινο ενώ σπάνια εμφανίζεται άχρωμο. Η λάμψη



Εικ. 5.28.1. Σιδηροπυρίτης από το Λαύριο. **(α)** Σιδηροπυρίτης, δείγμα Λ092, μήκος φωτογραφίας 1 cm. **(β)** Σιδηροπυρίτης (Py) και γαληνίτης (Ga). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων. **(γ)** Ιδιόμορφοι κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη (Py) με γαληνίτη (Ga). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N. **(δ)** Εξαεδρικός κρύσταλλος σιδηροπυρίτη (Py). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N. **(ε)** Σιδηροπυρίτης (Py) με κατακλαστική υφή. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N. **(στ)** Σιδηροπυρίτης (Py) ιδιόμορφος και υπό κατακλαστική υφή με γαληνίτη (Ga) και κοβελίνη (Cov). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N.

του χαρακτηρίζεται υαλώδης έως μαργαριτώδης, ενώ σε γεώδεις μορφές είναι αλαμπής. Είναι ένα ημιδιαφανές ορυκτό και το χρώμα σκόνης του είναι λευκό. Εμφανίζεται κυρίως υπό μορφή ρομβοεδρικών κρυστάλλων, σταλακτιτικών και βοτρυοειδών φλοιών αλλά και ως συμπαγή γεώδη ή κυψελώδη συσσωματώματα.

Είναι δευτερογενές ορυκτό που εντοπίζεται στη ζώνη οξείδωσης κοιτασμάτων μικτών θειούχων και σχηματίζεται από την αλλοίωση πρωτογενών ορυκτών του ψευδαργύρου. Αντικαθιστά πολλές φορές ασβεστιτικά και δολομιτικά πετρώματα. Συνοδεύεται από σφαλερίτη, γαληνίτη, ημιμορφίτη, κερουσίτη, ασβεσίτη, γκαιτίτη, αγγλεσίτη κ.ά.

Στο Λαύριο εντοπίζεται σε μεγάλες ποσότητες στις ζώνες οξείδωσης και μέσα στις στοές στην Καμάριζα ιδιαίτερα ωραία ευμεγέθη δείγματα. Στην Πλάκα έχει μαζώδη μορφή και στην Καμάριζα εντοπίζεται σε πλακώδη ή σε συμπαγή μορφή σε κοιλάτη από γκαιτίτη. Οι αλλαγές στο χρώμα του σμιθσονίτη του Λαυρίου οφείλονται σε προσμίξεις των στοιχείων Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Cd και Pb (Πίνακας 5.29.1) (Katerinopoulos et al., 2005)

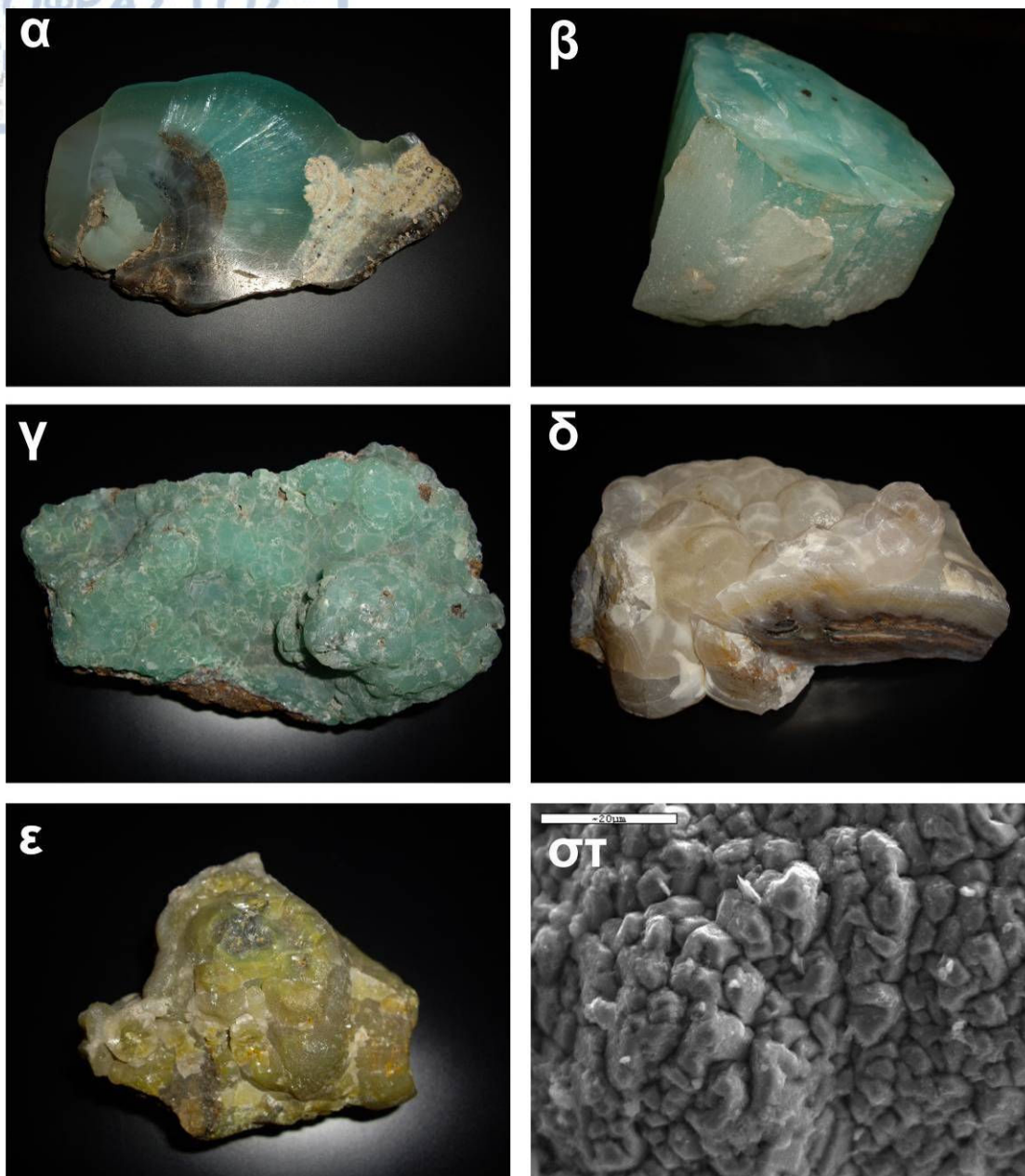
Ο σμιθσονίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εμφανίζεται κυρίως σε βοτρυοειδή μαζώδη συσσωματώματα (Εικ. 5.29.1). Συμφύεται κυρίως με γκαιτίτη, πάνω στον οποίο αναπτύσσεται ως επικάλυμμα αλλά και με άλλα ορυκτά, όπως ο αδαμίτης. Συναντάται σε διάφορα χρώματα, όπως πράσινο, κίτρινο, κυανό και λευκό και σε μεγέθη έως 14 cm. Το χρώμα του σμιθσονίτη διαφοροποιείται ανάλογα με τις προσμίξεις στοιχείων όπως προαναφέρθηκε. Το ανοιχτό κυανό έως λευκό χρώμα του δείγματος Λ131 οφείλεται στην περιεκτικότητά του σε Cu όπως προέκυψε από τη χημική του ανάλυση (Πίνακας 5.29.2) και την σύγκριση με τα βιβλιογραφικά δεδομένα από Katerinopoulos et al. (2005) (Πίνακας 2.29.1). Το δείγμα Λ004 (Εικ. 5.29.1 α) παρουσιάζει σε ζώνωση αποχρώσεις του κυανού και του πράσινου οι οποίες οφείλονται στις διακυμάνσεις της περιεκτικότητάς του σε Cd (A. Jahn, Plauen i. V. Oberer Graben 9).

Η χημική σύσταση του σμιθσονίτη (δείγμα Λ131) από το Λαύριο (Πίνακας 5.29.2) δείχνει ότι αυτός αποτελείται από ZnO (53,71 έως 54,04 wt%) ενώ περιέχει και CuO (έως 4,71 wt%).

Στον Πίνακα 5.29.3 παρουσιάζεται η κρυσταλλική δομή του δείγματος Λ018 (Σχ. 5.29.1) όπως προέκυψε από την ακτινογραφική ανάλυση (XRD) και συμφωνεί με τα αντίστοιχα βιβλιογραφικά κατά American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace, 2003). Ο όγκος της κυψελίδας υπολογίστηκε σε 282.1198 Å³.

Πίνακας 5.29.1. Διακύμανση της περιεκτικότητας των ιχνοστοιχείων (wt %) από επιλεγμένα δείγματα σμιθσονίτη Λαυρίου ανάλογα με το χρωματισμό τους (Katerinopoulos et al., 2005).

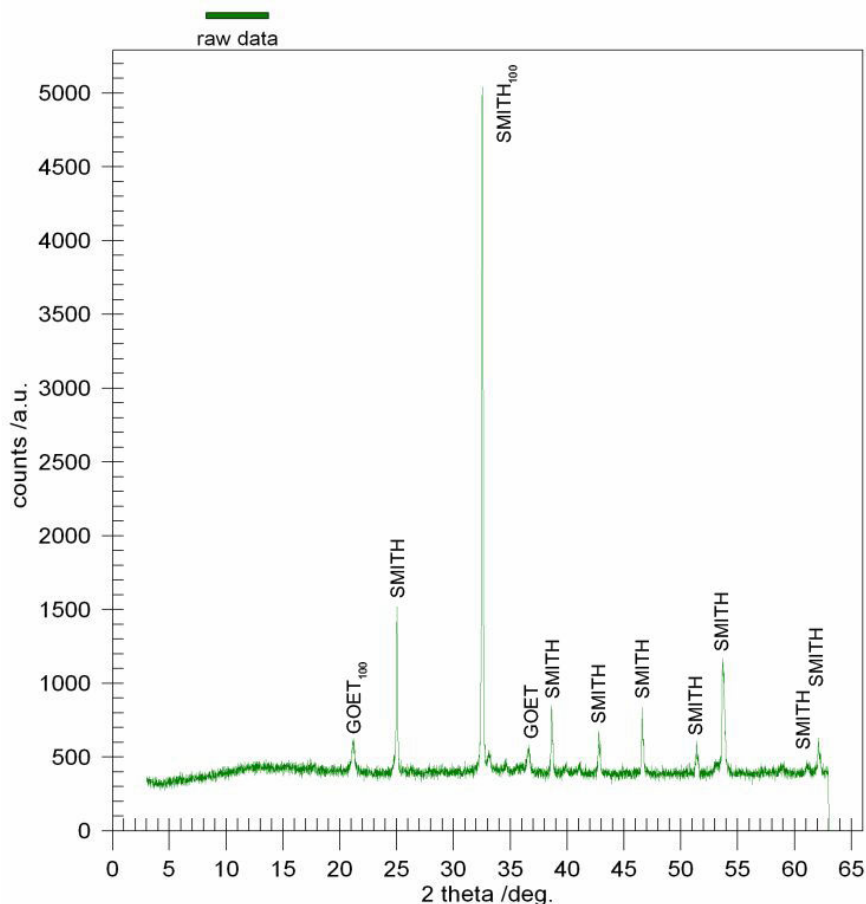
Χρώμα	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Cd	Pb
Άχρωμο	-	-	-	-	-	-	-
Λευκό	0,3	0,4	-	-	-	-	-
Κιτρινόλευκο	0,1 - 0,2	-	0,2 - 0,5	-	-	-	0,6 - 1,6
Κιτρινότεφρο	1,1 - 1,8	-	0,4 - 0,9	0 - 0,2	-	-	-
Κίτρινο ανοιχτό	0,3 - 1,5	-	0,8 - 1,9	-	0,2	-	-
Κιτρινόφαιο	0,2 - 1	-	0,3	0,3	-	-	-
Φαιό	0 - 1,2	-	0,2 - 0,7	0 - 0,3	-	-	-
Κιτρινοπράσινο	0,8 - 1,4	-	0,4	0,3 - 0,5	-	0,2	0 - 0,7
Πράσινο σκούρο	1,1	-	-	0,2	-	0,3	0,3
Κυανό ανοιχτό	0,3 - 1,2	-	-	-	0,3 - 2,6	0,3 - 0,7	-
Κίτρινο κυανωπό	0,6 - 0,9	-	-	-	1,1 - 2,8	-	-
Πράσινο ανοιχτό	0,5 - 0,7	-	-	0,3	0,9 - 3	-	-
Πράσινο	0,2 - 0,5	-	-	0,2 - 0,3	1,3 - 2,4	-	-



Εικ. 5.29.1. Δείγματα σμιθσονίτη από το Λαύριο. **(α)** Κυανοπράσινος καδμιούχος σμιθσονίτης, δείγμα Λ004, μήκος δείγματος 10,3 cm. **(β)** Κυανόλευκος σμιθσονίτης, δείγμα Λ003, μήκος δείγματος 8 cm. **(γ)** Πράσινος σμιθσονίτης, δείγμα Λ002, μήκος δείγματος 14 cm. **(δ)** Λευκός σμιθσονίτης, δείγμα Λ006, μήκος δείγματος 10 cm. **(ε)** Κίτρινος σμιθσονίτης, δείγμα Λ007, μήκος δείγματος 6,5 cm. **(στ)** Βοτρυοειδή συσσωματώματα λευκού χαλκούχου σμιθσονίτη, δείγμα Λ131. Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM).

Πίνακας 5.29.2. Χημική σύσταση του χαλκούχου σμιθσονίτη από το δείγμα Λ131 του Λαυρίου.

wt%	Λ131 1	Λ131 2	M.O.
CO ₂	41,23	41,41	41,32
CuO	4,71	4,62	4,665
ZnO	54,05	53,71	53,88
Συν	99,99	99,74	99,865



Σχ. 5.29.1. Ανάλυση XRD από το δείγμα Λ018 του Λαυρίου. Σμιθσονίτης (SMITH), γκαϊτίτης (GOET).

Πίνακας 5.29.3. Κρυσταλλική δομή και διαστάσεις κυψελίδας του σμιθσονίτη από το δείγμα Λ018 του Λαυρίου και σύγκριση με τα δεδομένα του American Mineralogist.

Διαστάσεις Κυψελίδας		Σύγκριση με δεδομένα American Mineralogist (Downs and Hall - Wallace, 2003)	
a (Å)	4.65445	a (Å)	4,6528
b (Å)	4.65445	b (Å)	4,6528
c (Å)	15.03715	c (Å)	15.025
V (Å ³)	282.1198	V (Å ³)	281.77
Ομάδα συμμετρίας χώρου	R $\bar{3}$ c		

5.30 Σφαλερίτης (Sphalerite) - ZnS

Το ορυκτό σφαλερίτης παίρνει το όνομά του από την ελληνική λέξη «σφαλερός», διότι το ορυκτό συχνά συγχέονταν με τον γαληνίτη. Κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 3,5 με 4 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 3,9 και 4,2. Ο σχισμός είναι τέλειος κατά (011), ενώ έχει θραυσμό κογχώδη. Το χρώμα του είναι καστανό, κιτρινοπράσινο, μαύρο, ερυθρωπό, φαιο ή σπανιότερα υπόλευκο. Η λάμψη του χαρακτηρίζεται υπομεταλλική, ρητινώδης έως αδαμάντινη, ενώ είναι ορυκτό αδιαφανές έως ημιδιαφανές. Το χρώμα σκόνης είναι συνήθως ανοιχτό καστανό. Εμφανίζεται συχνά υπό μορφή τετραεδρικών, οκταεδρικών ή δωδεκαεδρικών κρυστάλλων και ως συμπαγή, κοκκώδη συσσωματώματα.

Αποτελεί κύριο ορυκτό σε υδροθερμικά κοιτάσματα μολύβδου ψευδαργύρου. Συνήθως περιέχει σίδηρο και μαγγάνιο στη σύστασή του. Συμφύεται με γαληνίτη, σιδηροπυρίτη, χαλκοπυρίτη, μαρκασίτη, γρηνοκίτη, ασβεσίτη, χαλαζία, σμιθσονίτη, ροδοχρωσίτη, σιδηρίτη κ.ά. Αποσαθρώνεται εύκολα, γι' αυτό απουσιάζει από τα προσχωματικά ιζηματογενή κοιτάσματα και σπάνια συνδέεται με μαγματικά κοιτάσματα.

Στα δείγματα που μελετήθηκαν ο σφαλερίτης εμφανίζεται σε μαζώδη συσσωματώματα. Στο δείγμα Λ101 ο σφαλερίτης αναπτύσσεται ως ιδιόμορφος οκταεδρικός κρύσταλλος σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη και έχει μέγεθος 8 mm (Εικ. 5.30.1).

Ο σφαλερίτης βρίσκεται κυρίως σε σύμφυση με τον γαληνίτη (Εικ. 5.30.2-3) τον οποίο εγκλείει, αλλά και με τον σιδηροπυρίτη. Ιδιόμορφοι κρύσταλλοι δεν έχουν παρατηρηθεί. Εντοπίζεται συχνά υπό μορφή φλεβιδίων με πάχος που κυμαίνεται από 75 – 20 μm (Εικ. 5.30.2-3).

Από τις μικροαναλύσεις (Πίνακας 5.30.1) προέκυψε ότι οι περιεκτικότητες του σφαλερίτη σε Zn κυμαίνονται από 61,92 έως 64,63 wt%, με μέσο όρο 63,32 wt%. Περιέχει ακόμα Fe σε μικρές σχετικά περιεκτικότητες, έως 2.16 wt%.

Ο χημικός τύπος με βάση τα 2 άτομα είναι κατά μέσο όρο $(\text{Zn,Fe})_{0,94}\text{S}_{1,06}$.

Πίνακας 5.30.1. Μικροαναλύσεις σφαλερίτη από το Λαύριο. Bdl: Below detected limit (=κάτω από το όριο ανίχνευσης).

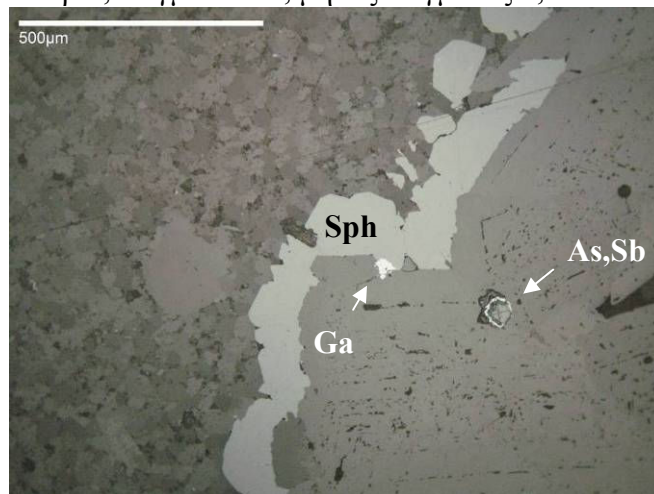
wt%	B21.4_1	B21.4_2	B21.4_3	M.O.
Zn	61,92	63,42	64,63	63,32
Fe	2,16	2,01	bdl	1,39
S	36,80	34,53	35,59	35,64
Σ	100,88	99,96	100,22	100,35
Αριθμός ιόντων με βάση τα 2 άτομα				
Zn	0,89	0,93	0,94	0,92
S	1,08	1,03	1,06	1,06

5.31 Τεναντίτης (Tennantite) – $(\text{Cu,Fe})_{12}(\text{As,Sb})_4\text{S}_{13}$

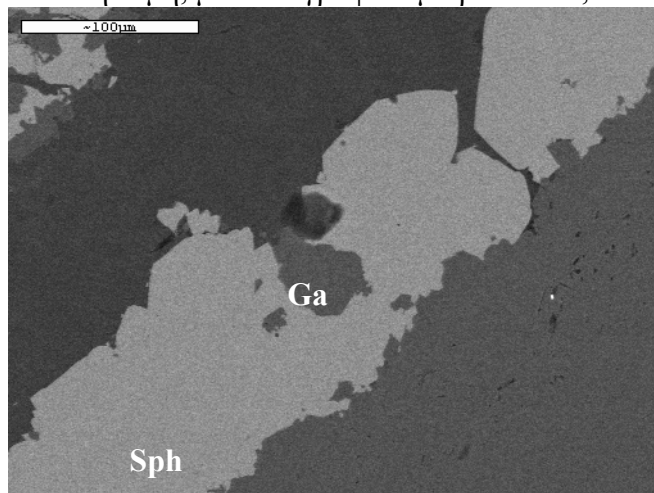
Το όνομα του ορυκτού δόθηκε προς τιμήν του Άγγλου χημικού Smithson Tennant (1761 - 1815). Κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα. Έχει σκληρότητα



Εικ. 5.30.1. Σφαλερίτης με σιδηροπυρίτη από το Λαύριο, δείγμα Λ101, μήκος δείγματος 1,5 cm.



Εικ. 5.30.2. Φλέβα σφαλερίτη (Sph) με έγκλεισμα γαληνίτη (Ga), αντιμονιούχο αρσενικό (As,Sb). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N.



Εικ. 5.30.3. Έγκλεισμα γαληνίτη (Ga) σε φλεβίδιο σφαλερίτη (Sph). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.

3 – 4,5 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος από 4,62. Έχει θραυσμό υποκογχώδη. Το χρώμα του είναι μολυβδότεφρο έως τεφρό και η λάμψη του είναι μεταλλική ενώ είναι ένα αδιαφανές ορυκτό. Έχει χρώμα σκόνης ερυθρωπό τεφρό, τεφρό ή ερυθρόφαιο. Εμφανίζεται υπό τη μορφή τετραεδρικών κρυστάλλων αλλά και σε αδροκοκκώδη συσσωματώματα.

Στη Λαυρεωτική απαντά στην Πλάκα και την Καμάριζα σε σύμφυση με χαλαζία, ασβεστίτη και σιδηροπυρίτη.

Ο τεναντίτης στα δείγματα που μελετήθηκαν εντοπίζεται σπάνια και υπό τη μορφή εγκλεισμάτων μέσα στον γαληνίτη, σε σύμφυση με τον λολινγκίτη. Το μέγεθός του φθάνει τα 0,95 μm (Εικ. 5.31.1).

Από τις μικροαναλύσεις (Πίνακας 5.31.1) προέκυψε ότι η περιεκτικότητα του τεναντίτη σε Cu κυμαίνεται από 2,92 έως 3,17 wt%, με μέσο όρο 3,05 wt%, σε Fe από 7,87 έως 8,36 wt%, με μέσο όρο 8,12 wt%, σε As από 29,89 έως 30,12 wt%, με μέσο όρο 30,01 και σε Sb από 14,54 έως 14,96 wt%, με μέσο όρο 14,75 wt%.

Ο χημικός τύπος με βάση τα 29 άτομα είναι κατά μέσο όρο $(\text{Cu,Fe})_{3,17}(\text{As,Sb})_{11,6}\text{S}_{14,23}$.

Πίνακας 5.31.1. Μικροαναλύσεις τεναντίτη από το Λαύριο.

wt%	B21.4 1	B21.4 2	M.O.
As	38,72	38,59	38,66
Sb	23,79	23,01	23,40
Fe	8,36	7,87	8,12
Cu	3,17	2,92	3,05
S	27,87	27,82	27,85
Σ	101,91	100,21	101,06
Αριθμός ιόντων με βάση τα 29 άτομα			
As	8,42	8,49	8,45
Sb	3,18	3,12	3,15
Fe	2,44	2,32	2,38
Cu	0,81	0,76	0,79
S	14,15	14,31	14,23

5.32 Φθορίτης (Fluorite) – CaF_2

Ο φθορίτης οφείλει το όνομά του στο λατινικό απαρέμφοτο «fluere» που μεταφράζεται «ρέειν». Χρησιμοποιούνταν ως προσθετικό στη μεταλλουργία για τη μείωση του σημείου τήξης των μετάλλων με αποτέλεσμα να δημιουργείται μία ρευστή σκωρία.

Κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 4 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 3,18. Ο σχισμός είναι τέλειος κατά (111) και ο θραυσμός του είναι υποκογχώδης. Έχει χρώμα κυανό, πράσινο, κίτρινο, λευκό, ροζ, καστανό έως ιώδες ή είναι άχρωμο. Συχνά παρουσιάζει ζώνωση. Η λάμψη του χαρακτηρίζεται ως υαλώδης και είναι ορυκτό ημιδιαφανές. Το χρώμα σκόνης είναι λευκό. Εμφανίζεται υπό μορφή εξαεδρικών και σπανιότερα οκταεδρικών ή δωδεκάεδρων κρυστάλλων. Επίσης εντοπίζεται σε συμπαγή συσσωματώματα.

Πρόκειται για ένα ορυκτό που σχηματίζεται σε χαμηλές θερμοκρασίες σε υδροθερμικές φλέβες. Συμφύεται κυρίως με ορυκτά του αργύρου και του μολύβδου καθώς και με χαλαζία, ασβεστίτη, δολομίτη, βαρύτη κ.ά. Σπανιότερα εντοπίζεται σε



υψηλής θερμοκρασίας φλέβες με βολφραμίτη, κασσιτερίτη, τοπάζιο, τουρμαλίνη, απατίτη και χαλαζία.

Εντοπίζεται στη νότια και δυτική Λαυρεωτική (Ιλάριο, Αγριλέζα, Σπιθαροπούσι, Σούνιο, Κιάφα Μαρίζα) σε εκτεταμένες εμφανίσεις.

Στα δείγματα που μελετήθηκαν ο φθορίτης είναι κυρίως άμορφος ή με ανεπτυγμένες ελάχιστες από τις έδρες του, μεγέθους έως 9 cm και χρώματος υποκίανου (Εικ.5.32.1 α), ιώδους (Εικ. 5.32.1 β) και λευκού έως άχρωμου (Εικ. 5.32.1 γ-δ). Οι χρωματικές αλλαγές οφείλονται σε προσμίξεις διαφόρων ιχνοστοιχείων.

5.33 Χαλαζίας (Quartz) – SiO₂

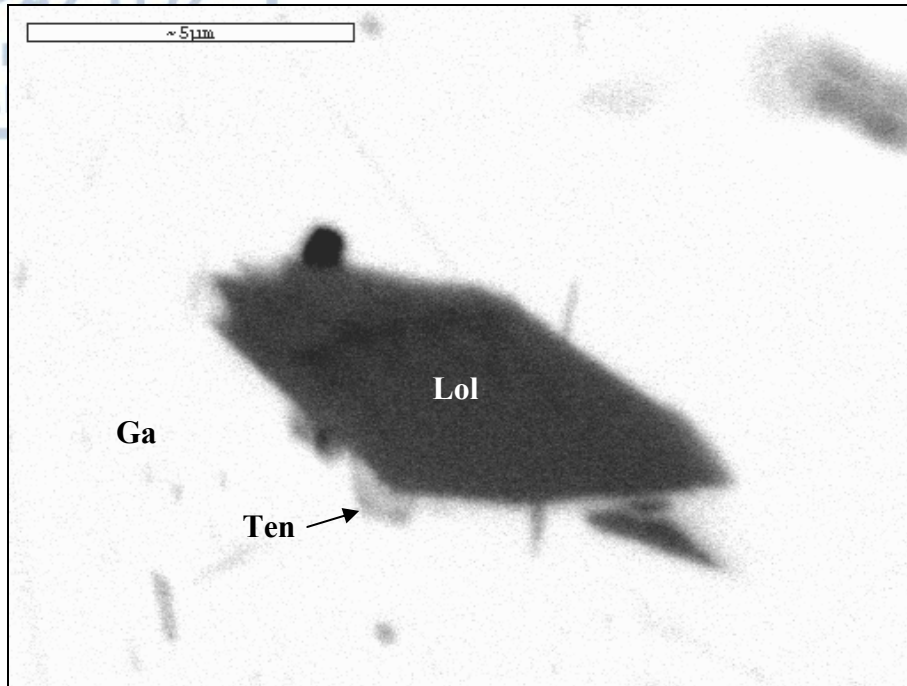
Από την αρχαιότητα και ως τα μέσα του 17^{ου} αιώνα ο διαυγής άχρωμος χαλαζίας ονομάζονταν «κρύσταλλος» (Θεόφραστος), από τις ελληνικές λέξεις κρύος και στέλλω. Από εδώ προέρχεται και ο όρος της ποικιλίας του διαφανούς χαλαζία «ορεία κρύσταλλος», που σημαίνει, ο πάγος των ορέων.

Κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 7 στη κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος 2,65. Σχισμό δεν έχει, ενώ ο θραυσμός του είναι κογχώδης ή υποκογχώδης έως ανώμαλος. Το χρώμα του ποικίλει από λευκό έως μαύρο με μεγάλη ποικιλία αποχρώσεων. Ανάλογα με το χρώμα και την ποικιλία ο χαλαζίας έχει διαφορετικό όνομα, όπως αμέθυστος (ιώδης), ροζ χαλαζίας (ρόδινος), πράσινο (πράσινος), καπνίας (τεφρός) κλπ. Η λάμψη του χαρακτηρίζεται ως υαλώδης και είναι συνήθως διαφανής έως ημιδιαφανής. Το χρώμα σκόνης είναι λευκό. Εμφανίζεται συχνά υπό μορφή ιδιόμορφων κρυστάλλων, καθώς επίσης και σε συμπαγή συσσωματώματα.

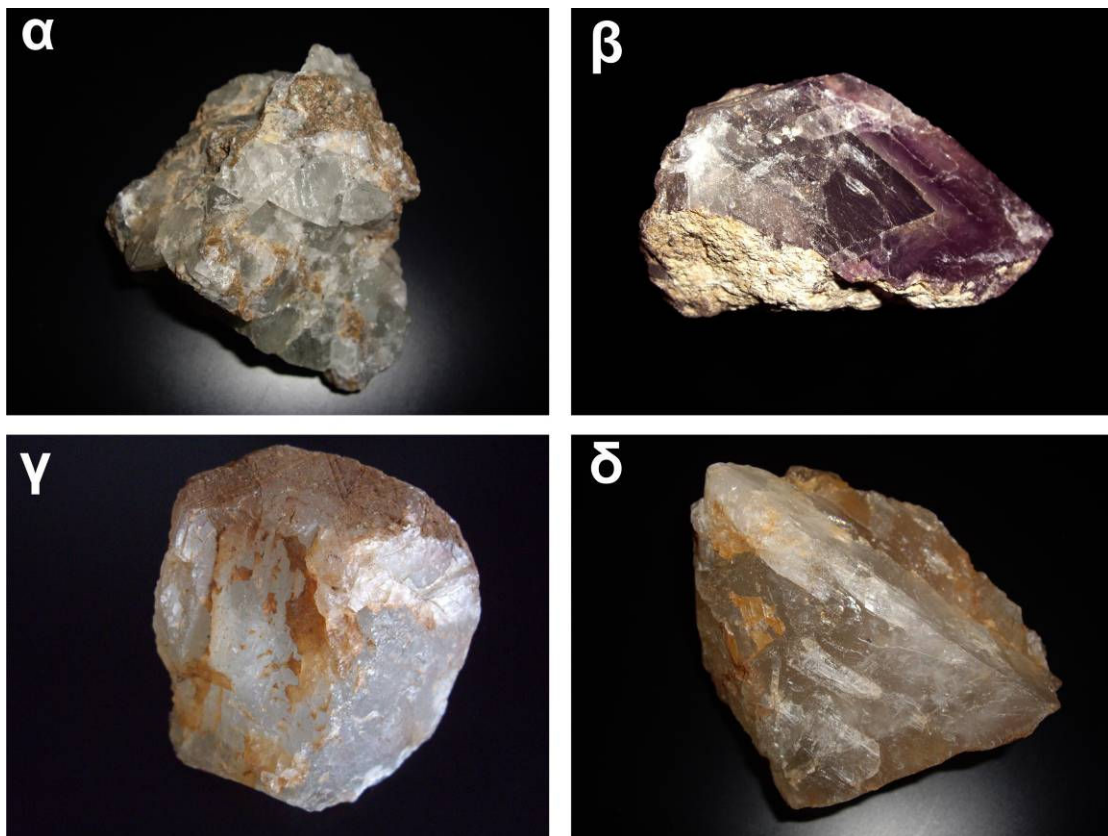
Ο χαλαζίας αποτελεί το κυριότερο σύνδρομο ορυκτό στα υδροθερμικά κοιτάσματα αλλά και κύριο ή επουσιώδες ορυκτό στα περισσότερα πετρώματα του στερεού φλοιού της Γης.

Αποτελεί συνηθισμένο ορυκτό σε όλη τη Λαυρεωτική. Μεγάλοι ιδιόμορφοι κρύσταλλοι εντοπίζονται στα μεταλλεία της «Christiana», ενώ μικροί καλοσχηματισμένοι κρύσταλλοι που συμφύονται με σφαλερίτη και γαληνίτη υπάρχουν στη περιοχή της Πλάκας.

Από τα δείγματα χαλαζία που μελετήθηκαν, αυτά της ποικιλίας «ορεία κρύσταλλος» (Εικ. 5.33.1) παρουσιάζουν ιδιόμορφους κυρίως κρυστάλλους και χαρακτηριστική διαφάνεια, ενώ ο «γαλακτόχρωμος» χαλαζίας (δείγμα Λ146) είναι άμορφος, αδιαφανής και το λευκό του χρώμα οφείλεται σε μικροσκοπικά ρευστά εγκλείσματα. Οι ιδιόμορφοι κρύσταλλοι που εντοπίζονται φθάνουν σε μέγεθος τα 12,74 mm και βρίσκονται σε σύμφυση με γκαϊτίτη.



Εικ. 5.31.1. Γαληνίτης (Ga) με έγκλεισμα λολινγκίτη (Lol) και τεναντίτης (Ten). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.



Εικ. 5.32.1. Δείγματα φθορίτη από το Λαύριο. (α) Υποκύανος φθορίτης, δείγμα Λ052, μήκος δείγματος 7,5 cm. (β) Ιώδης φθορίτης, δείγμα Λ127, μήκος δείγματος 5,5 cm. (γ) Αχρωμος φθορίτης, δείγμα Λ047, μήκος δείγματος 6 cm. (δ) Λευκός φθορίτης, δείγμα Λ051, μήκος δείγματος 6 cm.



Εικ. 5.33.1. Δείγματα χαλαζία από το Λαύριο. **(α)** Χαλαζίας με γκαιτίτη, δείγμα Λ152, μήκος δείγματος 8 cm. **(β)** Χαλαζίας, δείγμα Λ152, μήκος φωτογραφίας 16,52 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(γ)** Χαλαζίας, δείγμα Λ152, μήκος φωτογραφίας 11,23 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο. **(δ)** Χαλαζίας, δείγμα Λ152, μήκος φωτογραφίας 16,42 mm. Φωτογραφία σε στερεοσκόπιο.

7. Βιβλιογραφία

- Altherr R, Kreuzer H, Wendt I, Lenz H, Wagner G, Keller J, Harre W, Hohndorf A (1982) A late Oligocene/Early Miocene high temperature belt in the Attic - Cycladic crystalline complex (SE Pelagonian, Greece). *Geol Jb* 23: 97–164
- Altherr R, Siebel W (2002) I – type plutonism in a continental back – arc setting: Miocene granitoids and monzonites from the central Aegean Sea, Greece. *Contrib Mineral Petrol* 143: 397–415
- Arikas K, Pape M, Serelis K, Tsagalidis A (2001) Petrological-mineralogical study of the metabasites (prasinities) of the Lavreotiki and the geotectonic environment of their formation. *Bull Geol Soc Greece* 34: 901–910
- Baltatzis E (1981) Contact metamorphism of the calc - silicate hornfels from Plaka area, Laurium, Greece. *N Jb Mineral Mh* 11: 481–488
- Baltatzis E (1996) Blueschist to greenschist transition and the P–T path of prasinities from Lavrion area, Greece. *Mineral Mag* 60: 551–561
- Baumgärtl U, Burow J (2002) Laurion: Die Mineralien von A bis Z. *Aufschluss*, 53, 278–362
- Bonsall TA, Spry PG, Voudouris P, Seymour KSt, Tombros S, Melfos V (2007) Fluid inclusion and stable isotope characteristics of carbonate replacement Pb-Zn-Ag deposit in the Lavrion district, Greece. In: Andrews CJ et al (eds) *Mineral exploration and research: digging deeper*. Millpress, Rotterdam, pp 283–286
- Bröcker M, Bieling D, Hacker B, Gans P (2004) High-Si phengite records the time of greenschist facies overprinting: implications for models suggesting mega-detachments in the Aegean Sea. *J Metam Geol* 22: 427–442
- Dimitriadis S (1977) Cuproan fraipontite from Laurion, Greece, *N. Jb. Miner. Mh.*, 155–162
- Downs RT, Hall – Wallace M (2003) The American Mineralogist Crystal Structure Database, *American Mineralogist* 88:247–250
- Economou M, Skounakis S, Papathanassiou K (1981) Magnetite deposits of skarn type from the Plaka area of Laurium, Greece. *Chem Erde* 40: 241–252
- Forster MA, Lister GS (2005) Severeal-distinct tectono-metamorphic slices in the Cycladic eclogite-blueschist belt, Greece. *Contrib Mineral Petrol* 150: 523–545

- Gaines RV, Skinner HCW, Ford EE, Mason B, Rosenzweig A (1997) Dana's New Mineralogy. New York: John Wiley and Sons p. 1810
- Katerinopoulos A, Solomos C, Voudouris P (2005) Lavrion smithsonites: A mineralogical and mineral chemical study of their coloration, Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge, Beijing, China, Chapter 9 – 30
- Katzir Y, Avigad D, Matthews A, Garfunkel Z, Evans BW (2000) Origin, HP/LT metamorphism and cooling of ophiolitic melanges in southern Evia (NW Cyclades), Greece. J Metam Geol 18: 699–718
- Leleu M, Morikis A, Picot P (1973) Sur des mineralisations de type skarn au Laurium (Greece). Mineral Deposita 8: 259–263
- Marinos G, Makris J (1975) Geological and geophysical considerations of new mining possibilities in Laurium, Greece. Ann Geol Pays Hellen 27: 1–10
- Marinos G, Petrascheck WE (1956) Lavrion. Institute for geology and subsurface research. Geol Geophys Res 4: 1–247
- Neubauer F (2005) Structural control of mineralization in metamorphic core complexes. In: Mao J, Bierlein FP (eds) Mineral deposit research: meeting the global challenge, Springer, Berlin-Heidelberg, pp 561–564
- Papanikolaou DJ (1987) Tectonic evolution of the Cycladic blueschist belt (Aegean Sea, Greece). In: Helgeson HC (ed) Chemical transport in metasomatic processes, NATO ASI series, 218: 429–450
- Papanikolaou DJ, Syskakis D (1991) Geometry of acid intrusives in Plaka, Laurium and relation between magmatism and deformation. Bull Geol Soc Greece 25: 355–368
- Petrascheck and Marinos 1959
- Photiades A, Carras N (2001) Stratigraphy and geological structure of the Lavrion area (Attica, Greece). Bull Geol Soc Greece 34: 103–109
- Powder diffraction file search manual Hanawalt method inorganic (1977) [Εκδ. JCPDS], 1007 σελ.
- Servais J (1973) Athenes et Le Laurium. Esquisse historique. Notice.
- Skarpelis N (2002) Geodynamics and evolution of the Miocene mineralization in the Cycladic-Pelagonian belt, Hellenides. Bull Geol Soc Greece 34: 2191–2206
- Skarpelis N (2007) The Lavrion deposit (SE Attika, Greece): geology, mineralogy and minor elements chemistry. N Jb Mineral Abh 183: 227–249

- Skarpelis N, Tsikouras B, Pe-Piper G (2007) The Miocene igneous rocks in the Basal unit of Lavrion (SE Attica, Greece): petrology and geodynamic implications. Geol Mag doi: 1017/S0016756807003949
- Tombros S, Seymour K, Spry PG (2004) Description and conditions of formation of new unnamed Ag-Cu and Ag-Cu-Au sulfotellurides in epithermal polymetallic Ag-Au-Te mineralization, Tinos Island, Hellas. N Jb Mineral Abh 179: 295–310
- Tombros SF, St Seymour K, Zouzias D, Mastrakas N, Spry PG, Williams-Jones AE (2007) The evolution of a W, Au-Ag-Te and Au-Ag hydrothermal system, Tinos Island, Cyclades, Greece. In: Andrews CJ et al (eds) Mineral exploration and research: digging deeper. Millpress, Rotterdam, pp 641–644
- Tsikouras V, Pe-Piper G, Skarpelis N (2006) Petrology of the Miocene igneous rocks of Lavrion area (SE Attica, Greece). Abstract Volume of the Conference “International magmatism of the Central Aegean and adjacent areas: petrology, tectonics, geodynamics, mineral resources and environment”, Milos
- Tsokas GN, Stampolidis A, Angelopoulos AD, Kiliass S (1998) Analysis of potential field anomalies in Lavrion mining area, Greece. Geophysics 63: 1965–1970
- Vavelidis M (1997) Au-bearing quartz veins and placer gold on Sifnos island, Aegean sea, Greece. In: Papunen H (ed) Mineral deposits: research and exploration where do they meet? Blakema, Rotterdam, pp 335–338
- Voudouris P (2005) Gold and silver mineralogy of the Lavrion deposit Attika=Greece. In: Mao J, Bierlein FP (eds) Mineral deposit research: meeting the global challenge, vol. 2. Springer Verlag, pp 1089–1092
- Voudouris P, Economou - Eliopoulos M (2003) Mineralogy and chemistry of Cu-rich ores from the Kamariza carbonate-hosted deposit (Lavrion), Greece. In: Eliopoulos D et al (eds) Mineral exploration and sustainable development. Millpress, Rotterdam, pp 499–502
- Voudouris P, Melfos V, Spry PG, Bonsall T, Tarkian M, Economou - Eliopoulos M (2007) Mineralogical and fluid inclusion constraints on the evolution of the Plaka intrusion-related ore system, Lavrion, Greece, Mineralogy and Petrology, 93:79 – 110
- Voudouris P, Melfos V, Spry PG, Bonsall TA, Tarkian M, Solomos Ch (2008) Carbonate-replacement Pb–Zn–Ag±Au mineralization in the Kamariza area, Lavrion, Greece: Mineralogy and thermochemical conditions of formation, Mineralogy and Petrology, 94:85 - 106.

Wendel W, Holzen K, Rieck B (1999), Lavrion: Die Komplette Mineralliste, Wien, LAPIS Mineralien Magazin, Jg.24-Nr. 7/8-Juli/Aug.99

Δήμου Ε. Χ. (2008). Τα μεταλλικά ορυκτά της Ελλάδος κάτω από το μικροσκόπιο, Leader Books Α.Ε., Αθήνα, 191 σελ.

Κατάνος Α, Οι θησαυροί της Λαυρεωτικής - Ο Εθνικός Δρυμός και τα Αρχαία Μεταλλεία, Ελληνικό Πανόραμα Τεύχος 13^ο, 13 σελ.

Κατερινόπουλος Α, Ζησιμοπούλου Ε (1994) Τα ορυκτά των Μεταλλείων του Λαυρίου. Σύλλογος Ελλήνων Συλλεκτών Ορυκτών και Απολιθωμάτων, Αθήνα, 304 σελ.

Κονοφάγος Κ (1980) Το Αρχαίο Λαύριο και η Ελληνική Τεχνική Παραγωγής Αργύρου. Εκδοτική Ελλάδος Α.Ε., Αθήνα, 459 σελ.

Κοπαλάς Γ (2003). Ορυκτά και πολύτιμοι λίθοι, Σύγχρονοι Ορίζοντες, Αθήνα, 367 σελ.

Μιχαηλίδης Κ (2004) Σημειώσεις Εργαστηριακών Ασκήσεων Μεταλλογραφικού Μικροσκοπίου, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 179 σελ.

Μιχαηλίδης Κ, Βαβελίδης Μ, Φιλιππίδης Α (2003) Σημειώσεις Κοιτασματολογίας Ι, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 197 σελ.

Μουντράκης Δ (1985) Γεωλογία της Ελλάδας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 207 σελ.

Πρωτόπαπας Σ (2000) Λαύριο, ένα αρχαιομεταλλουργικό οδοιπορικό, CORPUS, 9 σελ.

Σαπουντζής Η, Χριστοφίδης Γ (1985) Ορυκτοδιαγνωστική, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 239 σελ.

Σολωμός Χ, Βουδούρης Π, Κατερινόπουλος Α (2004) Ορυκτολογική μελέτη μεταλλοφορίας Βισμούθιου – Χρυσού – Αντιμονίου στην περιοχή Καμάριζας Λαυρίου, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας τομ. XXXVI, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2004

Τσάιμου Κ (1991) Εμπλουτισμός μεταλλευμάτων στο αρχαίο Λαύριο, Ορυκτός Πλούτος/Mineral Wealth 70/1991, 7 σελ.

Φιλιππίδης Α, Μιχαηλίδης Κ, Βαβελίδης Μ (2006) Σημειώσεις Κοιτασματολογίας Μεταλλευμάτων, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 93 σελ.

Εγκυκλοπαίδεια «Δομή» (2002-2005), [Εκδότες: Ηλίας Μανιτέας, Ιωάννης Τεγόπουλος. Διευθυντής σύνταξης: Βασίλης Δουβίτσας]