

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 6ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 1980

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ε. ΜΥΛΩΝΑ

---

ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ.—'Ορυκτολογικά-γεωχημικά χαρακτηριστικά τῆς ἀντιμονιούχου μεταλλοφορίας Κεντρικῆς Μακεδονίας καὶ τὸ πρόβλημα τῆς γενέσεώς της, ὑπὸ *A. E. Κελεπερτζή* \*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λ. Μούσουλου.

Κατὰ τὴ μελέτη τῶν ἀντιμονιούχων ἐμφανίσεων περιοχῶν τῆς Κεντρικῆς Μακεδονίας (Ἑλλάδα) προέκυψαν διάφορα χρήσιμα στοιχεῖα ποὺ ἀφοροῦν τὴν ὀρυκτολογικὴ παραγένεση, τὴ γεωχημεία τοῦ ἀντιμονίτη καὶ τὴν προέλευσή του.

Χαρακτηριστικὸ γνῶρισμα τῶν Sb-ούχων μεταλλευμάτων εἶναι ἡ μονοορυκτολογικὴ σύσταση (ἀντιμονίτης), ἐκτὸς ἀπὸ μία ἐμφάνιση στὴν ὁποία συναντᾶται μικτὴ μεταλλοφορία ἀπὸ βολφραμίτη - ἀντιμονίτη (θέση Πιλάφ - Τεπέ).

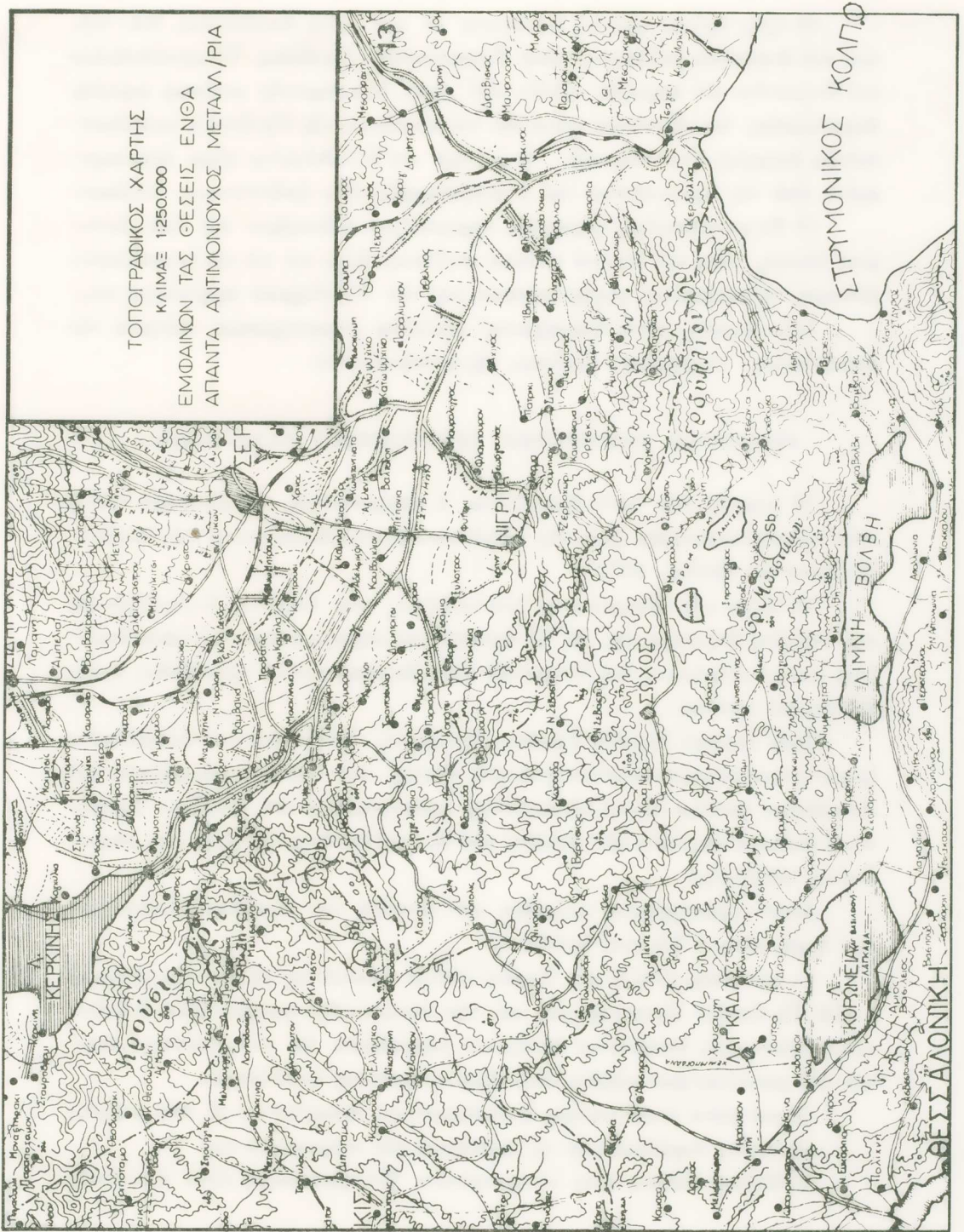
Τὰ μεταλλεύματα αὐτὰ τοῦ ἀντιμονίου γενετικὰ συνδέονται μὲ Τριτογενεῖς ὑποηφαιστειακὲς διεισδύσεις καὶ ἀνήκουν στὴν ἴδια μεταλλογενετικὴ ζώνη μὲ τὴ μεταλλοφορία μικτῶν θειούχων τῆς Ποντοκερασιᾶς. Ἡ παρουσία τῶν στοιχείων Pb, Zn, Cu σὰν ἕνη στὴ μεταλλοφορία ἀντιμονίτη καὶ ἡ ἀπουσία θειοαλάτων Pb - Sb ὀδηγεῖ στὸ συμπέρασμα, ὅτι ὁ ἀντιμονίτης ἀποτελεῖ τὸ τελευταῖο στάδιο (ἐπιθερμικὸ) τῆς ὑδροθερμικῆς δράσεως.

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στὴν Κεντρικὴ Μακεδονία ἐμφανίσεις ἀντιμονιούχου μεταλλοφορίας παρουσιάζονται στὶς περιοχὲς τοῦ Λαχανᾶ, Ἰσώματος Ἑλληνικοῦ, Τριάδος, Φιλαδέλφειου, βορείως τῆς λίμνης Βόλβης (σχ. 1).

---

\* A. E. KELEPERTSIS, **The mineralogical - geochemical features of the antimony ore deposits in Central-Macedonia and their genesis problem.**





Οι τρεις πρώτες περιοχές βρίσκονται σε μιὰ ζώνη διευθύνσεως ΒΑ - ΝΔ, πού στα ανατολικά καλύπτεται από Τεταρογενείς αποθέσεις. Τα μεταλλεύματα του αντιμονίου των περιοχών αυτών, πού είναι υδροθερμικής γενέσεως χαμηλής θερμοκρασίας, τοποθετούνται νότια και νοτιανατολικά της Pb-Zn-Cu μεταλλογενετικής έπαρχίας Ποντοκερσιᾶς. Η περιοχή του Φιλαδελφείου είναι απομακρυσμένη από τις προηγούμενες και η μεταλλοφορία είναι ασθενέστερης έντάσεως.

Οι Sb-μεταλλοφόρες εμφανίσεις παρουσιάζουν ενδιαφέρον και από οικονομική άποψη, λόγω του σχετικά μεγάλου μεγέθους, αλλά και για την ορυκτολογική σύσταση, τα γεωχημικά χαρακτηριστικά και τον υδροθερμικό σχηματισμό τους.

Στην έργασία αυτή αναφέρονται ώρισμένα χαρακτηριστικά στοιχεία της ορυκτολογίας - γεωχημείας - γενέσεως της μεταλλοφορίας.

#### ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ - ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΑΡΑΓΕΝΕΣΗ

Η περιοχή στην όποια εμφανίζεται η αντιμονιοῦχος μεταλλοφορία ανήκει στην κρυσταλλοσχιστώδη ζώνη της «Σερβομακεδονικής Μάζας» κατά τους Kockel-Walther και Mollat, 1971.

Η Μάζα αυτή διαιρείται σε δύο υποζώνες, την υποζώνη Κερδυλλίων και την υποζώνη Βερτίσκου (σχ. 2). Η έρευνηθείσα περιοχή ανήκει στη ζώνη Βερτίσκου και τα πετρώματα πού επικρατούν είναι διμαρμαρυνγικοί σχιστόλιθοι, άμφιβολίτες και γενεύσιοι.

Στην περιοχή Λαχανᾶ, Τριάδος, Ίσώματος, Έλληνικού και Φιλαδελφείου εμφανίζονται ρήγματα μεγάλου ή μικροῦ μήκους, στα όποια έκυκλοφόρησαν και άπετέθηκαν θειοῦχα ορυκτά (άντιμονίτης, άρσеноπυρίτης) και χαλαζίας. Σημειώνεται άκόμη η παρουσία των όξειδίων του Sb, σεοβαντίτης ( $Sb_2O_4$ ) και στιμπικονίτης ( $H_2Sb_2O_5$ ).

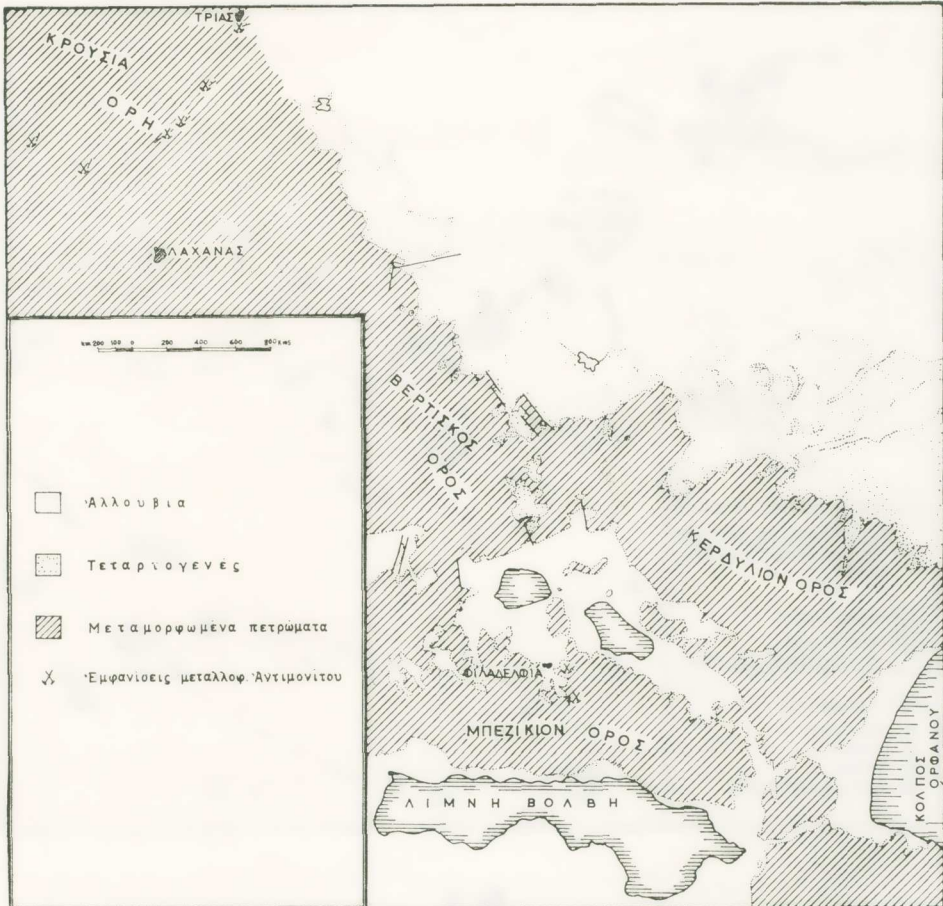
Κοινό χαρακτηριστικό γνώρισμα του συνόλου των ρηγμάτων - μεταλλοφόρων ή μή, είναι η ΒΑ τους διεύθυνση.

Οι μελιδώνης (1972) και Kockel (1964) μελετώντας τη θειοῦχο μεταλλοφορία Pb-Zn-Cu Ποντοκερσιᾶς και την αντιμονιοῦχο μεταλλοφορία Φιλαδελφείου αντιστοίχως καταλήγουν έπίσης στο συμπέρασμα, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των μεταλλοφόρων φλεβών είναι βορειοανατολικής διεύθυνσεως.

Οι πιό πάνω μεταλλοφόρες ή μή εμφανίσεις διακρίνονται σε δύο μορφές:

- α) Κοίτες παράλληλες με τη σχιστότητα των πετρωμάτων και
- β) Φλέβες κάθετες προς τη σχιστότητα. Έπικρατέστερος είναι ο α τύπος.

Τὸ «οῤῥημα» ἔχει πληρωθῆ ἀπὸ τεκτονικὸ λατυποπαγὲς μὲ συγκολλητικὴ ὕλη χαλαζία («Breccia»), ἡ μικροσκοπικὴ μελέτη τοῦ ὁποίου ἀπεκάλυψε τὴν παρουσίαν τῶν ἐξῆς ὀρυκτῶν: χαλαζίας, ἄστριοι, ἀργιλικὰ ὀρυκτὰ καὶ ἄφθονα

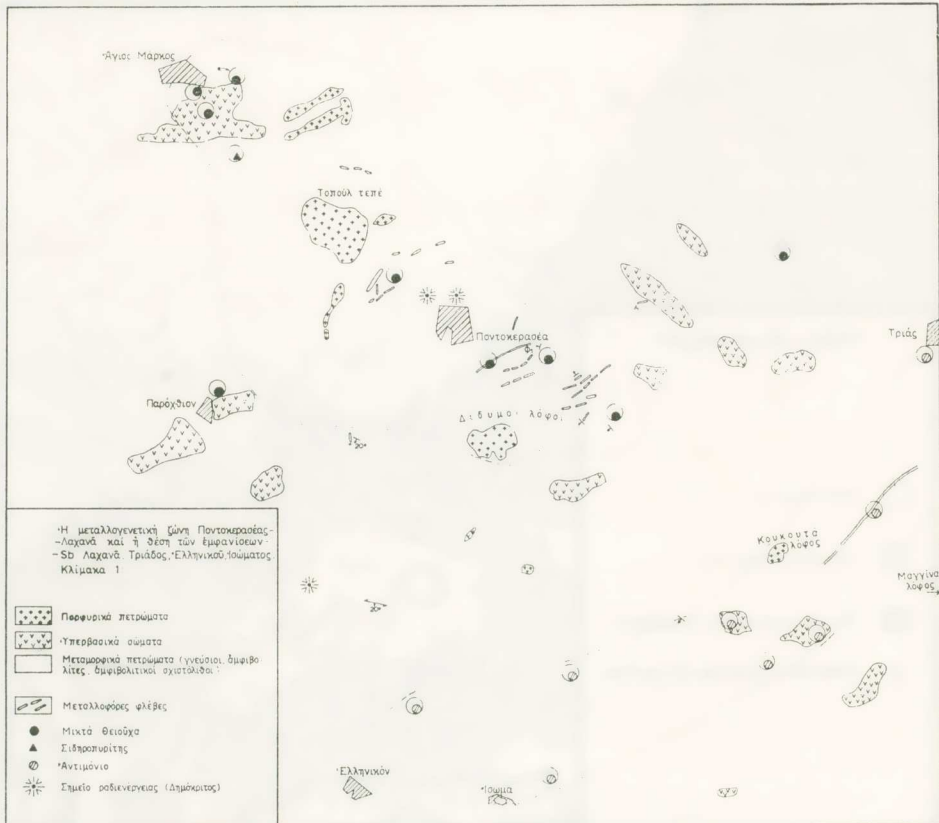


Σχ. 2.

ὕδροξειδία καὶ ὀξειδία τοῦ σιδήρου καὶ τοῦ μαγγανίου. Σὰν δευτερεύοντα ὀρυκτὰ ὑπάρχουν ἄσβεστίτης, σερικίτης, χλωρίτης, ἐπίδοτο, τιτανίτης καὶ ρουτίλιο.

Ἡ παρουσία χαλαζία, ὕδροξειδίων τοῦ σιδήρου, σερικίτη, χλωρίτη κ.λ.π. φανερώνουν τὴν ὑπαρξὴν ὕδροθερμικῆς δράσεως. Ὁ σερικίτης προέρχεται ἀπὸ τὴν ὕδροθερμικὴ ἐξαλλοίωση τῶν πλαγιοκλάστων τῶν σχιστογενέσεων, ἐνῶ ὁ χλωρίτης προέρχεται ἀπὸ τὴν ἐξαλλοίωση φεμικῶν ὀρυκτῶν, πιθανὸν τῶν ἀμφιβολιτῶν.

Ἡ ἀπόθεση τοῦ ἀντιμονίτη μέσα στὶς λατύπες, πού γεμίζουν τὸ ρήγμα ἦταν πολὺ δύσκολη, λόγῳ τῶν πυριτικῶν ὀρυκτῶν, πού ἀποτελοῦν τὰ μεταμορφωμένα πετρώματα. Ἐτσι κάθε λατύπη ἀποτελεῖται ἀπὸ μία ἐξωτερικὴ ζώνη, μὲ ἔντονα



Σχ. 3.

τὰ φαινόμενα τῆς ἐξαλλοιώσεως καὶ ὀξειδώσεως μὲ ἐρυθροκίτρινο καὶ καφέ χροῶμα καὶ μία ἐσωτερικὴ ζώνη (πυρήνα) ἀπὸ ὑγιᾶς πέτρωμα.

Ὅπως ἀναφέρθηκε ἤδη ἡ μεταλλοφορία εἶναι ἀντιμονίτης ὑδροθερμικῆς προελεύσεως μὲ παραγενετικὰ ὀρυκτὰ χαλαζία, σιδηροπυρίτη, ἄρσενοπυρίτη, ἄσβεστίτη, δολομίτη, σερικίτη καὶ χλωρίτη. Στὴν περιοχὴ τοῦ ρήγματος Πιλὰφ - Τεπέ (σχ. 3) ὑπάρχουν μικρὲς αὐτοτελεῖς ἐμφανίσεις βολφραμίτη, καθὼς ἐπίσης καὶ ἀντιμονίτη, ἀλλὰ ὑπάρχουν ἐπίσης καὶ ἐμφανίσεις μικτοῦ μεταλλεύματος (ἀντιμο- νίτης - βολφραμίτης).



## Η ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ

Χημικές αναλύσεις μεταλλεύματος φαίνονται στὸν πίνακα 1. Στὸν πίνακα 2 παρουσιάζονται αναλύσεις ἰχνοστοιχείων τῶν ἴδιων δειγμάτων.

Ἀπὸ τὶς χημικὲς αναλύσεις φαίνεται ἐπίσης ἡ μονοορυκτολογικὴ σύσταση τοῦ μεταλλεύματος (ἀντιμονίτης), καὶ τὰ στοιχεῖα Pb, Cu, Zn, Bi, Co, Au, Ni, Sn, Mo, Ge, V, W συναντῶνται σὲ ἴχνη, χωρὶς νὰ μποροῦν νὰ συνυπάρχουν σὰν αὐτοτελῆ μεταλλικὰ ὄρυκτά.

Τὸ ἀρσενικὸ παρουσιάζει μία σημαντικὴ διακύμανση τῆς περιεκτικότητας ἀπὸ 100 μέχρι 1800 p.p.m.

Ὅπως ἀναφέρθηκε ἤδη στὴν περιοχὴ Πιλὰφ - Τεπέ συναντᾶται βολφραμιοῦχος μεταλλοφορία μαζί μὲ ἀντιμονιοῦχο.

Χημικὴ ἀνάλυση καθαροῦ δείγματος (Παρασκευόπουλος 1958) ἔδωσε τὰ ἑξῆς ἀποτελέσματα :

WO <sub>3</sub>	75,19 %
FeO	22,19 %
MnO	1,12 %
CaO	0,17 %
MgO	0,08 %
SnO <sub>2</sub>	0,33 %
ZnO	0,02 %

Ἀπὸ τὸν πίνακα τῆς χημικῆς ἀναλύσεως φαίνεται ὅτι τὸ μόριο τοῦ βολφραμίτη (Fe, Mn) WO<sub>3</sub> ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ φερμπερίτη, FeWO<sub>3</sub>, ἐνῶ ὁ ὑμπνερίτης, MnWO<sub>3</sub>, συμμετέχει σὲ μικρὴ ποσότητα.

## ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑΣ

Ὅπως ἤδη ἀναφέρθηκε ὁ φλεβικὸς τύπος τῆς μεταλλοφορίας ἐπικρατεῖ στὶς περιοχὲς ποὺ ἐξετάζονται καὶ ἀπαντᾶται σὲ φλέβες μὲ διάφορα μεγέθη. Εἶναι ἐπίσης γνωστό, ὅτι στὶς περιοχὲς τῶν φλεβῶν αὐτῶν παρατηροῦνται διάφορα φαινόμενα ἀλλοιώσεως τῶν πετρωμάτων, ὅπως χλωριτίωση, καολινιτίωση, σερικιτίωση, ἐπιδοτίωση.

## Π Ι Ν Α Κ Η 1

Αναλύσεις άντιμονίου και άντιμονιούχου σχιστολίθου Φιλαδελφείου - Λαχανά (%).  
(Kockel and Walther 1964).

Δείγμα	1	2	3*	4*	5	6	7	8	9
Πυριτικά άλατα - χαλαζίτας	67,4	8,0	34,6	19,4	70,2	70,0	76,4	85,4	86,3
Sb	21,3	65,0	44,0	53,4	2,39	3,93	1,42	0,74	1,64
As	0,11	0,05	0,15	0,08	0,02	0,02	0,08	0,02	0,01
S	7,28	21,9	17,9	15,7	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Fe	0,37	0,03	0,94	0,24	3,98	3,58	4,78	2,63	1,33
W	—	—	0,01	—	—	0,01	0,01	0,01	—

\* Τα δείγματα 3 και 4 είναι από την περιοχή Λαχανά.

## Π Ι Ν Α Κ 2

Φασματοσκοπικά αναλύσεις ίχνοστοιχείων άνθιμονίου και Sb - σχιστολίθου περιοχής Φιλαδέλφειας - Λαχανᾶ.  
(Kockel and Walther 1964).

Δείγμα	1	2	3 *	4 *	5	6	7	8	9
Pb	0,002	0,013	0,004	0,019	0,0075	0,002	0,004	0,011	0,002
Cu	0,0025	0,012	0,003	0,020	0,004	0,004	0,004	0,006	0,0025
Zn	0,004	0,0045	0,0045	0,0015	0,027	0,009	0,012	0,027	0,030
Hg	~0,001	~0,001	0,001	~0,001	~0,001	~0,001	~0,001	~0,001	~0,001
Bi	—	—	—	~0,001	—	—	—	—	—
Ag	0,0001	0,0001	0,0001	—	0,0001	0,0001	~0,0001	0,0001	0,0001
Au	0,001	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	~0,001	—	0,001	~0,001	~0,01	-0,01	0,001	0,001	0,001
Ni	0,001	—	~0,01	~0,01	0,01	0,01	0,001	~0,01	~0,01
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ge	0,001	~0,001	0,001	~0,001	—	~0,001	—	~0,001	0,001
V	~0,01	~0,01	0,01	~0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	~0,01
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* Τα δείγματα 3 και 4 είναι από τις εμφανίσεις Λαχανᾶ, τα υπόλοιπα από την περιοχή Φιλαδέλφειας.



Τὰ φαινόμενα αὐτὰ σὲ σχέσηη πρὸς τὴν παραγένεση ὀδηγοῦν στὸ συμπέρασμα, ὅτι ἡ μεταλλογένεση ὀφείλεται στὴ δράση ὑδροθερμικῶν διαλυμάτων.

Μένει τώρα τὸ ἐρώτημα ποῖα εἶναι ἡ ἔστια τῶν διαλυμάτων αὐτῶν, ποὺ θεωρητικὰ εἶναι δυνατὸ νὰ εἶναι ἕνας πλουτωνίτης ἢ ἕνας ὑποφαισιτίτης. Ἀποκλείεται βέβαια ὁ γρανίτης Ξουλουπόλεως ποὺ ἀπέχει περὶ τὰ 10 km καὶ δὲν παρουσιάζει ἄλλω μεταμορφώσεως. Εἵμεθα τῆς γνώμης, ὅτι ἡ ἔστια τῶν ὑδροθερμικῶν διαλυμάτων μπορεῖ νὰ ἀποδοθῆ στοὺς ὑποφαισιτίτες «Κουκούτα Λόφου» καὶ «Μαγγίνας» ποὺ βρίσκονται στὴν ΝΔ προέκταση καὶ ΒΑ προέκταση τῆς Sb-οὐχοῦ ζώνης ἀντιστοίχως. Οἱ δύο αὐτοὶ ὑποφαισιτίτες εἶναι ἐπίσης προέκταση πρὸς τὰ ΝΑ τῶν ὑποφαισιτιτῶν «Δίδυμοι Λόφοι», «Τοποῦλ - Τεπέ» τῆς περιοχῆς Ποντοκερασιᾶς (Μελιδώνης, 1972α) καὶ μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι ἀποτελοῦν ἐνότητα. Τότε καὶ τὰ μεταλλογενετικὰ φαινόμενα, ποὺ συνδέονται μαζί τους πρέπει νὰ ἀποτελοῦν ἐνότητα καὶ νὰ εἶναι τῆς ἴδιας προέλευσης.

Ἀπὸ τὰ πιὸ πάνω συνάγεται, ὅτι ἡ μικτὴ θειοῦχος μεταλλοφορία Ποντοκερασιᾶς καὶ ἡ ἀντιμονιοῦχος μεταλλοφορία ποὺ ἐξελίσσεται πρὸς νότον καὶ νοτιοανατολικά, ἀνήκουν σὲ μιὰ μεταλλογενετικὴ ἐπαρχία (σχ. 3). Στὴν περιοχὴ Ποντοκερασιᾶς ἔχομε τὴν ὑδροθερμικὴ μεταλλοφορία Pb-Zn-Cu, διάσπαρτη καὶ φλεβικὴ, ὑψηλῆς ἕως καὶ μέτριας θερμοκρασίας σχηματισμοῦ (Μελιδώνης, 1972α). Τοῦτο ἐπιβεβαιοῦται ἀπὸ τὰ ἐντονώτερα φαινόμενα ἐξαλλοιώσεως τῶν πετρωμάτων καὶ τὴν παρουσία τῶν δύο τύπων μεταλλοφορίας, διάσπαρτης καὶ φλεβικῆς.

Ἡ παρουσία τῶν ὀρυκτῶν βουρνοτίτου - βουλανζερίτη - τζεϊμσονίτη (Μελιδώνης, 1972α), ποὺ ἔχουν Sb στὸ πλέγμα τους, ἐνισχύει τὴν ἄποψη ὅτι τὰ θερμὰ διαλύματα ἦταν πλούσια σὲ Sb ποὺ ἀποτέθηκε κατόπιν σὰν κύριο ὀρυκτὸ χαμηλῆς θερμοκρασίας.

Ἐτσι ἡ σειρὰ κρυσταλλώσεως στὴν περίπτωσι αὐτὴ ἦταν: γαληνίτης - θειοάλατα τοῦ Pb, Sb (βουρνοτίτης  $CuSbPbS_3$ , τζεϊμσονίτης  $Pb_4FeSb_3S_{14}$ , βουλανζερίτης  $Pb_3Sb_4S_{11}$ ) ἀντιμονίτης. Αὐτὴ ἡ σειρὰ κρυσταλλώσεως συνδέει γενετικὰ τὰ κοιτάσματα ἀντιμονίτη τῆς περιοχῆς Λαχανᾶ, Τριάδας, Ἑλληνικοῦ μὲ τὰ μικτὰ θειοῦχα Ποντοκερασιᾶς καὶ εἶναι ἀντίστροφη πρὸς τὴν σειρὰ κρυσταλλώσεως τῶν πολύπλοκων κοιτασμάτων Sb - Pb - Zn στὸ Rujevac Γιουγκοσλαβίας (Janovic, 1977). Ἐδῶ ἀναφέρεται ἡ ἀκόλουθη σειρὰ κρυσταλλώσεως: ἀντιμονίτης - θειοάλατα Pb, Sb - γαληνίτης. Οἱ Mckinisty καὶ Kennedy (1957) ἐρμήνευσαν τὴν ἀκολουθία γαληνίτη - θειοάλατα Sb, Pb - ἀντιμονίτης καὶ τὴν ἀπέδωσαν στὴν αὔξησι τοῦ χημικοῦ δυναμικοῦ τοῦ πολὺ πτητικοῦ  $Sb_2S_3$  καὶ τὸν προοδευτικὸ ἐμπλουτισμὸ του κατὰ τὰ τελευταῖα στάδια τῆς μεταλλογενέσεως.

Ἀντίθετα ἡ χαμηλῆς θερμοκρασίας σχηματισμοῦ μεταλλοφορία Sb, ποὺ βρίσκεται στὰ περιθώρια τῆς θειούχου μεταλλοφορίας, Pb - Zn - Cu διακρίνεται μόνο ἀπὸ τὴν ὑπαρξὴ φλεβικοῦ τύπου καὶ τὴν ἀπουσία διάσπαρτης μεταλλοφορίας. Αὐτὸ ἐνισχύεται καὶ ἀπὸ τὰ φαινόμενα ἀσθενέστερης ἔντασης ἐξαλλοιώσεων τῶν ὑποφαιστειακῶν δόμων «Κουκούτα» καὶ «Μαγγίνας». Χημικὲς ἀναλύσεις δειγμάτων ἀπὸ τοὺς ρυόλιθους αὐτοὺς ἔδωσαν χαμηλὲς περιεκτικότητες σὲ Cu καὶ Zn (Cu 40 - 60 p.p.m., Zn 100 p.p.m., Kockel et al. 1975), οἱ ὁποῖες βρίσκονται σὲ συμφωνία μὲ τὶς ἐπίσημες χαμηλὲς περιεκτικότητες σὲ Cu, Pb, Zn τῶν Sb - πετρωμάτων.

Ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἡλικία τῶν ὑποφαιστειακῶν πετρωμάτων, ποὺ ἐμφανίζονται μέσα στὴν Σερβομακεδονικὴ Μᾶζα (Μελιδώνης, 1972 β), αὐτὴ ὑπολογίστηκε μὲ τὴν μέθοδο K/AR βιοτιτῶν ἴση μὲ 29,6 ἑκατομμύρια χρόνια γιὰ τὸ γρανοδιορίτη Στρατωνίου (Παπαδάκης, 1971). Ἀκόμη οἱ Kockel καὶ Walther, 1967, βρῆκαν ὅτι ἡ ἡλικία τοῦ ρυόλιθου Μαγγίνας εἶναι Πλειο-πλειστοκαινική.

Συνεπῶς πρέπει νὰ δεχθοῦμε ἀνάλογο ἡλικία γιὰ τὶς μεταλλοφόρες παραγενέσεις, ποὺ συνδέονται μὲ τὰ πιὸ πάνω ὑποφαιστειακὰ πετρώματα.

#### Η ΓΕΝΕΣΗ ΤΟΥ ΒΟΛΦΡΑΜΙΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΙΛΑΦ - ΤΕΠΕ

Γιὰ τὴν προέλευση τοῦ βολφραμίτη καὶ τὴ συνύπαρξή βολφραμίτη - ἀντιμονίτη στὴ θέση Πιλὰφ - Τεπέ ἔχουμε νὰ παρατηρήσουμε, ὅτι δὲν ἀνευρέθησαν ὀρυκτὰ πνευματολυτικῆς φάσεως. Εἶναι γνωστὸ, ὅτι ὁ βολφραμίτης εἶναι ὀρυκτὸ ὑψηλῆς θερμοκρασίας πνευματολυτικῆς γενέσεως. Τὰ παραγενετικὰ ὀρυκτὰ τῆς μεταλλοφορίας βολφραμίτη - ἀντιμονίτη εἶναι τὰ ἴδια μὲ τὰ παραγενετικὰ ὀρυκτὰ τῆς ἀντιμονιούχου μεταλλοφορίας.

Συνεπῶς, πρέπει νὰ δεχθοῦμε ὅτι ἡ γένεση τοῦ βολφραμίτη εἶναι ὑδροθερμική.

Ἡ σειρά κρυσταλλώσεως τῶν μεταλλικῶν ὀρυκτῶν στὴν περιοχὴ Πιλὰφ - Τεπέ ἦταν βολφραμίτης - ἀντιμονίτης.

Ἐχουμε ἔτσι μικρὲς αὐτοτελεῖς συγκεντρώσεις βολφραμίτη καθὼς καὶ ἀντιμονίτη, ἀλλὰ ταυτόχρονα ὑπάρχει καὶ μικτὸ μετάλλευμα βολφραμίτη - ἀντιμονίτη, ποὺ ἐπιβεβαιώνονται ἀπὸ μικροσκοπικὲς παρατηρήσεις. Παρατηροῦνται κολποειδεῖς (σκελετόμορφα σχήματα) διαβρώσεις τοῦ βολφραμίτη, οἱ ὁποῖες προκλήθηκαν ἀπὸ τὸν ἀντιμονίτη, πρᾶγμα ποὺ ἀποδεικνύει ὅτι ὁ βολφραμίτης σχηματίστηκε νωρίτερα ἀπὸ τὸν ἀντιμονίτη.

Σχετικά με τη σημασία του λόγου Mn-Fe σάν γεωθερμομέτρου υπάρχουν δύο άποψεις. Η πρώτη, άποψη των Ευρωπαίων γεωλόγων, αναφέρει ότι αύξηση του λόγου Mn/Fe αντιστοιχεί σέ άνοδο τής θερμοκρασίας σχηματισμού. Η δεύτερη, σκέψη των Ρώσων γεωλόγων, αναφέρει ότι τò έσωτερικό των κρυστάλλων βολφραμίτη είναι πλουσιώτερο σέ Fe από τò έξωτερικό. Σύγχρονες μελέτες (Moore και Howie, 1978) έδειξαν, ότι σέ ένα απομονωμένο κρύσταλλο βολφραμίτη υπάρχει μεταβολή τής περιεκτικότητας του Fe και Mn κατά μήκος τής τομής του κρυστάλλου και έτσι δέν είναι δυνατό νά υπάρχει σχέση μεταξύ του λόγου Mn/Fe και τής θερμοκρασίας σχηματισμού. Η άκανόνιστη κατανομή του Fe και Mn, δέν εξαρτάται μόνο από τις περιεκτικότητες των στοιχείων στα θερμά διαλύματα, αλλά και από τους έξής παράγοντες :

1. Τήν ικανότητα του Fe, Mn νά σχηματίζει και άλλες φάσεις (π.χ. θειούχα).
2. Τήν αντικατάσταση των στοιχείων από νεώτερα θερμά διαλύματα.
3. Τή γρήγορη μεταβολή τής σύστασης των υδροθερμικών διαλυμάτων, που όφείλεται σέ αντιδράσεις μεταξύ των διαλυμάτων και των περιβαλλόντων πετρωμάτων.

Η άλληλοεπικάλυψη βολφραμίτη - αντιμονίτη δηλώνει, ότι ό αντιμονίτης άποτέθηκε περίπου στήν ίδια θερμοκρασία με τόν βολφραμίτη.

Έτσι ή μεταλλοφορία δέν είναι καθαρά Telescoping (Normal telescoped xenothermal, Park and Macdiarmid, 1964), αλλά έκτός από τή θερμοκρασία έχει επίδρασει και κάποιος άλλος παράγοντας.

Είναι γνωστό ότι ό αντιμονίτης και ό βολφραμίτης σχηματίζονται από άλκαλικά θειούχα διαλύματα (κυρίως νατρίου).

Τò αντιμόνιο βρίσκεται διαλυμένο με τή μορφή σύνθετου θειούχου ίόντος και τò βολφράμιο σάν βολφραμικό κάλιο ή νάτριο.

Και τὰ δύο βρίσκονται σέ διάλυση σέ υδροθερμικές συνθήκες. Πειραματικές έρευνες του συστήματος  $Sb_2S_3-Na_2S-H_2O$  (Tunell, 1964, Arnston et al., 1966) έδειξαν, ότι έλάττωση τής πίεσεως, τής θερμοκρασίας ή του περιεχομένου  $Na_2S$  ή και άραίωση από υπόγεια νερά μπορούν νά προκαλέσουν άπόθεση του αντιμονίτη.

#### S U M M A R Y

The most important conclusions from the exploration research regarding the antimony ore deposits in North-Greece are the following :

1. The major metallic mineral component, in the ore is antimonite in all showings with the only exception in one location where we find



both wolframite and antimonite. Coexisting minerals (Gangue) are found Quartz, Pyrite, Sericite, Calcite, Chlorite.

2. The elements Cu, Pb, Bi, Au, Ni, Sn, Mo, Ge, V are found as trace-elements, without forming metallic minerals.

3. Antimony mineralization is related with the Tertiary subvolcanic intrusions of «Koukouta Hill» and «Maggina» which are located SE of «Dimini Hills» and «Topoul Tepe» subvolcanics with which Pontokerasia mixed sulfide ore-deposits are connected.

4. The abundance of the minerals bournonite and boulangerite - Jamesonite with Sb in the crystal structure in sulfide mineralization of Pontokerasia enforces the hypothesis that Hydrothermal solutions were rich in Sb minerals which have been formed at a later stage as the main minerals of a low temperature facies in the area of Isoma-Lachana-Triada.

Therefore the concluded crystallization sequence galena-Pb-Sb Sulfides-antimonite in Lachanas-Triada-Helleniko relates genetically the antimony mineralization of Lachanas-Triada-Helleniko with the mixed sulfide mineralization of Pontokerasia.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R. Ha. Arnston - F. W. Dickson and G. Tunnell, Stibnite ( $Sb_2S_3$ ) Solubility in sodium sulfide solutions. Science 153, 1673 - 1674, 1966.
2. S. Jankovic - N. N. Mozgova - Y. S. Borodaev, The complex antimony-lead/zinc deposit at Ruzevac/Yugoslavia; its specific geochemical and mineralogical features. Mineral. deposita (Berl.) 12, 381 - 392, 1977.
3. F. Kockel - H. W. Walther, Antimonit-Bericht Philadelphia, Griechenland. Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, 1964.
4. ———, Der Rhyolith von Strimonikon, sein tektonischer Rahmen und die jüngere Lagerstättenbildung in seiner Umgebung (zentral Mazedonien, Griechenland). Bull. geol. Soc. Greece, 7, 1 - 16, 1967.
5. F. Kockel - F. H. Mollat and H. W. Walther, Geologie des Serbomacedonischen Massifs und seines mesozoischen Rahmens (Nordgriechenland) geol. Jb. 89, pp. 529 - 551, Hannover, 1971.
6. F. Kockel - H. Mollat and H. Gundlach, Hydrothermally altered and (copper) mineralized porphyritic intrusions in the Serbomacedonian Massif (Greece). Mineral. deposita (Berl.) 10, 195 - 204, 1975.

7. Ν. Μελιδώνης, Γεωλογική κατασκευή και μεταλλοφορία τής περιοχής Ποντοκερρασιάς (Ν. Κιλκίς). *Annales Geol. des Pays Hell.* 24, p. 323-393, 1972α.
8. ———, Τò τόξον τῶν νεοηφαιστειακῶν πετρωμάτων Στρυμονικοῦ - Μεταμορφώσεως. ΙΓΕΥ, Γεωλογ. Ἀναγνώσεις, No 52, σελ. 1-51, Ἀθήναι, 1972β.
9. H. E. McKinstry - G. E. Kennedy, Some suggestions concerning the sequence of certain ore minerals *Econ. Geol.*, 52, 372-390, 1957.
10. F. Moore and R. A. Howie, On the application of the hubnerite: Ferberite ratio as a geothermometer. *Mineral deposita (Berl.)* 13, 391-397, 1978.
11. C. Park and R. Macdiarmid, Ore deposits W. H. Freeman and company San Francisco and London, 1964.
12. A. Papadakis, On the age of granitic intrusions near Stratonion (Chalkidiki, Greece). *Ann. Geol. Pays Helléniques*, 23, 297-300, 1971.
13. Γ. Παρασκευόπουλος, Ἡ γένεση τῶν βολφραμιούχων καὶ ἀντιμονιούχων κοιτασμάτων τῆς περιοχῆς Λαχανᾶ ἐν τῇ Κεντρικῇ Μακεδονίᾳ. *Ann. Géol. des Pays Hell.*, t. IX, p. 227-241, 1958.
14. G. Tunell, Chemical processes in the formation of mercury ores and ores of mercury and antimony *Geochim. et Cosmochim. acta*, 28, 1034-1035, 1964.