

Πρακτικά	του	Συνεδρίου	Μάιος	1992
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	XXVIII/2	σελ. 475-491	Αθήνα 1993
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.		pag.	Athens

Η ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕ ΤΙΣ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Γ.ΜΠΑΣΙΑΚΟΣ

ABSTRACT

The intensive mining /metallurgical activities in the Greek mainland, Aegean islands and Asia Minor, reported in the ancient Greek literature, has been so far verified in numerous previous papers. Eight new archaeometallurgically interesting sites are mentioned for the first time. Analytical results along with metallographic observations are given. In a new attempt to register the known archaeomining/metallurgical record a comprehensive card is presented where the new sites are comprised.

The paper deals also with some new prospects for utilization by the Geosciences. A huge amount of geo-data resulting from earlier studies, concerning mappings, datings, diagnostic trace-element and lead-isotope analyses, seismo-tectonic and eustatic observations in well-dated ancient mines, as well as new ore-genetical models can be reevaluated for a better understanding of the metalliferous provinces in the Aegean.

Certain cites are suggested for mineral exploration in deeper/submarine horizons, never reached by the ancients. However, since the ancient Greeks were very able in exploiting -for some millenia- the available resources known, the exploration should be driven to "new" resources, i.g. rare earths or raw material useful in the nuclear or the modern technologies. For those resources the existing information is yet insufficient.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Η Αρχαία Ελληνική Βιβλιογραφία από την αρχή της 1ης Χιλιετίας π.Χ. μέχρι και την Ελληνιστική Εποχή (Όμηρος, Ηρόδοτος, Θουκυδίδης, Αριστοτέλης, Ξενοφών, Στράβων κ.ά) είναι μεστή από αναφορές που παρουσιάζουν τα νησιά του Αιγαίου και τους γύρω ηπειρωτικούς χώρους σαν περιοχές έντονης μεταλλευτικής και μεταλλουργικής δραστηριότητας.

Το πλήθος των παραπάνω αναφορών αποτέλεσε - κατά τα τελευταία εκατό χρόνια, μέχρι και σήμερα - πρόκληση για την Αρχαιολογία και για τις Γεωεπιστήμες. Για το λόγο αυτό αναλήφθηκαν επανειλημμένες ερευνητικές αποστολές, με σκοπό να αναζητηθούν στο ύπαιθρο μαρτυρίες ή ευρήματα που να πιστοποιούν την αλήθεια των γραφομένων από τους Αρδαίλους. (Ardaillon, 1897, Davies, 1935, Wagner & Weis-

Ancient Greek mining and metallurgical activities and relationships to the geosciences.

Y. BASSIAKOS. Laboratory of Archaeometry, Mat. Sci. Inst., N.C.S.R. "Demokritos",
153 10 Ag. Paraskevi, Attiki, Greece.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

gerber, 1985, Pernicka 1987). Τα αποτελέσματα των ερευνητικών προσπαθειών υπήρξαν καρποφόρα και στις περισσότερες περιπτώσεις οι μαρτυρίες των Αρχαίων συγγραφέων επιβεβαιώθηκαν. Με τον τρόπο αυτό αποδείχθη ότι ο χρυσός, ο άργυρος, ο χαλκός, ο μόλυβδος και ο σίδηρος εκμεταλλεύθηκαν και μάλιστα εντατικά στον Αρχαίο Ελλαδικό Χώρο (Wagner & Weisgerber, 1979, Spitaels, 1984, Gale & Stos-Gale, 1982, Παπασταματάκη, 1986, Bassiakos et al., 1989).

Η παρουσία των μετάλλων μάλιστα, φαίνεται ότι έπαιξε καθοριστικό ρόλο στον πολιτισμό και την ισχύ σχεδόν όλων των γνωστών Ελληνικών Πόλεων-Κρατών ή Ηγεμονιών που ήκμαζαν σε διάφορες Εποχές, π.χ. Αθήνα, Λακωνία, Μακεδονία κλπ. (Κονοφάγος, 1980, Bassiakos, 1988).

Ωστόσο, πέρα από την πρόδηλη αρχαιομετρική σημασία των μελετών που προαναφέρθηκαν, προσφέρεται σήμερα στη Γεωλογική Επιστήμη μία σειρά από αδιαμφισβήτητης αξίας δυνατότητες εφαρμογών οι οποίες απορρέουν από τα αποτελέσματα των αρχαιομεταλλευτικών-μεταλλουργικών ερευνών:

- Ο επαναπροσανατολισμός της σύγχρονης μεταλλευτικής έρευνας, ιδίως στα πολυμεταλλικά κοιτάσματα της περιοχής του Αιγαίου.
- Η αποτελεσματικότερη μελέτη των μεταλλογενετικών επαρχιών με βάση γεωχημικά κριτήρια, γεωχρονολογήσεις και ισοτοπικούς λόγους (Pb-206, Pb-207 και Pb-208) που έχουν ήδη εφαρμοσθεί ευρέως στις έρευνες για την Αρχαία Μεταλλεία των παραπάνω περιοχών.
- Η αξιοποίηση γεωαρχαιολογικών δεδομένων, που σχετίζονται με τα αρχαία μεταλλεία στη νεοτεκτονική, στις μελέτες της σεισμικότητας, ευστατισμού και παλαιογεωγραφίας για την εξαιρετικά σημαντική περίοδο των τελευταίων 5.000 ετών.

Σκοποί της μελέτης αυτής είναι : α) η πληρέστερη καταγραφή των γνωστών περιοχών με αρχαιομεταλλευτικό-μεταλλουργικό ενδιαφέρον, με την ταυτόχρονη παρουσίαση μερικών για πρώτη φορά και β) η επισήμανση των δεδομένων από τις σχετικές αρχαιομετρικές μελέτες τα οποία μπορούν να υποβοηθήσουν ουσιαστικά στους τομείς των Γεωπελιστημών που προαναφέρθηκαν.

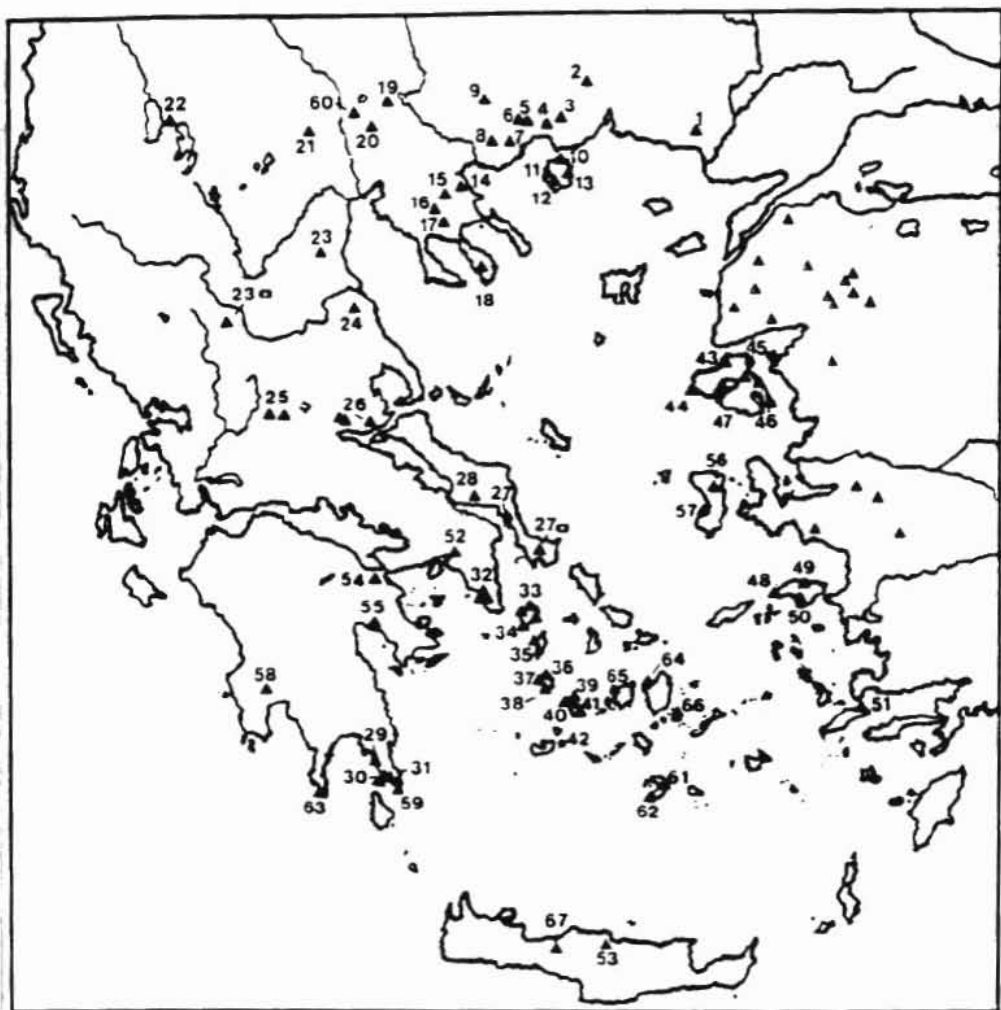
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΟΥ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ.

Η παρουσίαση σε συνοπτική μορφή των περιοχών ή θέσεων με ευρήματα αρχαιομεταλλευτικά - μεταλλουργικά δεν γίνεται για πρώτη φορά ούτε και είναι η τελική, δεδομένου ότι ο σχετικός χάρτης εμπλουτίζεται με νέα σημεία καθώς προχωρεί η έρευνα. Παρόμοιες προσπάθειες έχουν γίνει και στο παρελθόν (Παπασταματάκη, 1975, 1986, Σ.Μ.Ε., 1979, Genter et al., 1980, Stos-Gale & Gale, 1982, Bassiakos, 1988 κ.ά.) Στην παρούσα μελέτη όμως, επιχειρείται να τεκμηριωθούν οι επισημανόμενες περιοχές με βιβλιογραφικές αναφορές, ώστε να διευκολύνεται η παραπέρα μελέτη τους.

Κατωτέρω παρατίθενται τα αναλυτικά κλπ. δεδομένα που αφορούν σε περιοχές οι οποίες καταγράφονται για πρώτη φορά σ'ένα τέτοιο χάρτη (Σχ. 1).

Θέση 60. (Περιοχή Μάνδαλο, Νομ. Πέλλας):

Σε απόσταση 300m ΝΑ του λόφου που βρίσκεται ο Προϊστορικός Οικισμός του Μάνδαλου εντοπίζονται σε επίπεδη καλλιεργούμενη περιοχή, έκτασης =1,5x1 Km, διάσπαρτες μεταλλουργικές σκωρίες οι οποίες ευρίσκονται και μέσα στις κοίτες των παρακείμενων χειμάρρων. Πρόκειται για ροομορφες σκωρίες (tap-slugs, χαμηλού ιξώδους), μέσου μεγέθους (0,5-2 cm) που ανήκουν στην ομάδα των λεγόμενων αλμυρών



Σχ.1. Περιοχές αρχαιομεταλλευτικού - αρχαιομεταλλουργικού ενδιαφέροντος στην ηπειρωτική και νησιωτική Ελλάδα. Οι περιγραφές στις αριθμομενές θέσεις δίδονται στον Πιν.1.

Δ: Περιοχές ενδιαφέροντος στη Μ. Ασία που αναφέρονται από τους Gentner et al., 1980, Pernicka et al., 1984 και Pernicka, 1987.

επιφάνεια. Υπό το μικροσκόπιο παρατηρούνται: βουσίτης (FeO) σε αναλογία 20%, φαυαλίτης (Fe_2SiO_4) 35%, υαλώδης μάζα (Si, Fe, Al) 45%. Οι πόροι της σκωρίας είναι αρκετά περιορισμένοι (<5 ανά ο.π.) και η ανάλυση αντιπροσωπευτικού δείγματος (bulk analysis SEM/EDAX) δίδεται στη 2η στήλη του Πιν.2. Οι σκωρίες αυτού του τύπου είναι τυπικό μεταλλουργικό απόρριμα κατά την παραγωγή σπογγώδους σιδήρου (Bachman, 1982, Tholander & Blomgen, 1985). Η σχετική ιστολογική ομοιογένεια των μικροσκοπικών ευρημάτων όπως και η απουσία σταγόνων τηγμένου σιδήρου υποδηλώνουν ικανοποιητική γνώση των οξειδωτικών/αναγωγικών συνθηκών και καλό έλεγχο της εφαρμοζόμενης θερμοκρασίας στη μεταλλουργική κάμινο, κατάσταση που είχε επιτευχθεί και διαδοθεί κατά τη Ρωμαϊκή Εποχή (Tylecote, 1976). Οι παραπάνω παρατηρήσεις βρίσκονται σε συμφωνία με την αρχαιολογική εκτίμηση

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.

Περιοχές αρχαιομεταλλευτικού-μεταλλουργικού ενδιαφέροντος

Νο	Τοποθεσία-Περιοχή	Ευρήματα	Βιβλιογρ. Αναφορά
1	Κίρκη (Αλεξ/πολη).	Σύγχρονα μεταλλεία, Ιχνη αρχαίων* εργασιών.	Gentner et al., 1980, Stos-Gale & Gale, 1982
2	Εχίνος, Θέρμαι, Κιμμέρια (Ξάνθη).	Σωροί σκωριών*, εγκαταστάσεις καμινείας, κεραμικά ακροφύσια.	Παπασταματάκη, 1975, Σταυροπόδης, 1983
3-5	Μακρυχώρι, Παλ. Καβάλα, Ανω Λεύκη (Καβάλα).	Σωροί μεταλλουργ. σκωριών*.	Παπασταματάκη, 1975
6	Φύλιπποι (Καβάλα).	Αρχ. στοές*, σωροί σκωριών*.	Gentner et al., 1980
7-8	Δωμάτια, Αγ. Παρασκευή, Ελευθερούπολη, Σιδηρούπολη (Καβάλα).	Σωροί σκωριών*.	Παπασταματάκη, 1975 Σταυροπόδης, 1983
9	Βροντού, Κατάφυτο, Καταπότι (Δράμα).	Σωροί ραδιενεργών μεταλλουργικών σκωριών*.	Σταυροπόδης, 1983
10	Ακρόπολη (Β. Θάσος).	Αρχαίες στοές για εξόρυξη Cu και Au.	Vavelidis and Amstutz, 1983, b.
11-12	Βούβες, Σωτήρ, Σκορίδια, Μαρλού, Κουρλού (Θάσος).	Στοές για εξόρυξη Pb και Ag, Κλασσικής και Ρωμαϊκής Εποχής. Ρωμαϊκές σκωρίες.	Pernicka et al., 1980
13	Κοίνυρα (Α. Θάσος).	Στοές για εξόρυξη χρυσού, Κλασσικής Εποχής.	Wagner et al., 1980
14-18	Ολυμπιάς, Στρατώνι, Μεγ. Παναγιά, Μεταγωγίτσι (Χαλκιδική).	Αρχ. στοές (Au ή Ag). Σωροί μεταλλουργικών σκωριών*.	Wagner et al., 1986
19-20	Ποντοκερασιά, Βάθη, Μεταλλικόν (Κιλκίς).	Αρχ. στοές, σωροί μεταλλουργ. σκωριών*.	Gentner et al., 1980 Παπασταματάκη, 1975
21	Γιαννιτσά.	Σωροί Cu-ούχων σκωριών*.	Bassiakos, 1988
22	Αγ. Γερμανός, Μικρή Πρέσπα (Φλώρινα).	Διάσπαρτες μεταλλουργ. Fe-ούχες σκωρίες*.	Bassiakos, 1988
23	Ρητίνη (Κατερίνη).	Διάσπαρτες Fe-ούχες σκωρίες*.	Παπασταματάκη, 1975
23a	Περιβόλι (Γρεβενά).	Σωροί σκωριών*.	Παπασταματάκη, 1975
24	Μελίβοια (Λάρισα).	Σωροί σκωριών*.	Παπασταματάκη, 1975
25-26	Αρχάνι, Στύρφακας, Περιβόλι, Πελασγία (Φθιώτις).	Εκτεταμένες αποθέσεις Cu-ούχων σκωριών. Πιθανά Υστερη Εποχή του Χαλκού.	Papasamataki et al., 1986.
27	Αλμυροπόταμος, Καλιανοί (Ευβοία).	Αρχαίες στοές για εξόρυξη Au και Pb-Ag.	Gentner et al., 1980
28	Ερέτρια, Κύμη (Ευβοία).	Στοές για εξόρυξη Fe, Ελληνική Εποχή.	Καμπούρογλου, 1986

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 (συνέχεια)

29-31	Αγ. Ελισσαίος, Μεσσηνία, Σωροί Fe-ούχων σκωριών Κλασσ. Παλαιόκαστρο (Λακωνία). Εποχής, ακροφύσια, όστρακα.	Bassiakos et al., 1989
32	Καμάριζα, Θορικός, Προϊστ. και Κλασσ. Εποχής στοές για εξόρυξη Ag-Pb-Fe, λιθάργυρος, Μεγ. Πεύκα κ.ά. (Λαυρεωτική). αποθέσεις Pb, Fe-σκωριών, πλυντήρια, εργαλεία, Ρωμαϊκοί κλίβανοι κλπ.	Μαρίνος & Petrascheck, 1956 Κονοφάγος, 1980 Spitaels, 1984
33-34	Ορκός, Σπαθί, Αγ. Αρχ. στοές* για εξόρυξη Pb-Fe, Ειρήνη, Πετρούσα, Fe, Cu-ούχες σκωρίες*, Αγ. Συμεών (Κέα). Fe-ούχες σκωρίες*.	Pernicka, 1987 Bassiakos, 1988 Caskey et al., 1988
35	Αγ. Ιωάννης (Κύθνος). Αρχαίες Fe-ούχες σκωρίες*.	Stos-Gale & Gale, 1982
36-38	Μούτουλας (Σέριφος). Αρχαίες στοές*, διάσπαρτες σκωρίες*.	Gentner et al., 1980
39-41	Αγ. Σώτης, Αγ. Προϊστορικές, αρχαϊκές, κλασσικές στοές για εξόρυξη Ag, Σιλίβεστρος, Κάψαλος, Ραφαλία κ.ά. (Σίφνος). προϊστορικές, αρχαϊκές σκωρίες, εργαλεία εμπλουτισμού, λιθάργυρος.	Gentner et al 1980, Wagner & Weisgerber, 1985
42	Αγ. Ιωάννης, Ασπρος Αρχαϊκές(?) στοές για εξόρυξη Πύργος, Αποκοιτό (Σίφνος). Au, διάσπαρτες σκωρίες.	Pernicka et al., 1982
43-47	Αργενός, Μόλυβος, Πέτρα, Σίγρι, Σκαλα Ερεσού, Κάτω Τρίτος, Παπάδος, Θέρμη, Δοξάνη, Μεγάλα Θέρμα (Λέσβος). Αρχαίες στοές*, διάσπαρτες μεταλλουργικές σκωρίες*, Ρωμαϊκής Εποχής σκωρίες μεταλλουργική κάμινος.	Gentner et al., 1980. Bassiakos, 1988
48-50	Αμπελος, Δρακέοι (Σάμος). Αρχαίες στοές*.	Gentner et al., 1980
51	Περίβολος Κάστρου (Κως). Τριβείο μεταλλεύματος.	Bassiakos, 1988
52	Στήλες Ολυμπ. Διός, Αρχαία Αγορά (Αθήνα). Διάσπαρτες αρχαίες Pb-ούχες σκωρίες*.	Γιαλόγλου, (προσωπ. επ/νία) Παπαδημητρίου, (--- ---)
53	Κνωσσός (Κρήτη). Ελληνιστικές-Ρωμαϊκές σκωρίες, ερείπιο μεταλλουργ. καμίνου.	Photos et al., 1985
54	Ισθμια (Κορινθία). Αρχαίες σκωρίες.	Rostocker et al., 1981
55	Ασίνη (Αργολίδα). Fe-ούχες σκωρίες Γεωμ/κής Εποχής, ερείπιο καμίνου, ακροφύσια.	Backe-Forsberg & Riesberg, 1986
56-57	Σπαρτούντα, Λιμια, Fe- και Cu-ούχες διάσπαρτες Κέραμος, Μετόχι (Χίος). σκωρίες*, εγκαταστάσεις καμινείας.	Bassiakos, 1988
58	Μαυρομάτι, Ιθώμη (Μεσσηνία). Διάσπ. Fe-Mn-ούχες σκωρίες*.	Bassiakos, 1988
59	Ακρ. Μαλέας (Λακωνία). Αρχαίες στοές*.	Davies, 1935
60	Μάνδαλο (Πέλλης). Διάσπ. Fe-ούχες σκωρίες (Ρωμ. Εποχή).	Πρώτη αναφορά

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 (συνέχεια)

61	Προφ. Ηλίας (θήρα).	Σκαφοειδές τριβείο μεταλλεύματος, Γεωμετρικής Εποχής.	Πρώτη αναφορ
62	Ακρωτήρι, ανασκαφή Υστ. Εποχής Χαλκού (θήρα).	Τεμάχια μεταλλεύματος δευτερογενών ορυκτών Pb.	Bassiakos et al., 1990
63	Ακρ. Ταΐναρο (Λακωνία).	Διάσπαρτες σκωρίες*, ασθενής μεταλλοφορία Fe.	Πρώτη αναφορ
64	Πορτάρα (Νάξος).	Διάσπαρτες αρχαίες Fe-ούχες σκωρίες	Πρώτη αναφορ
65	Παροικιά (Πάρος).	Λεκανοειδείς ογκώδεις Fe-ούχες σκωρίες Ελληνιστικής(;) Εποχής.	Πρώτη αναφορ
66	Κονάκιο (Κέρος).	Διάσπ. Cu-ούχες σκωρίες Πρ. Εποχής Χαλκού. Ασθενής μεταλλ/ρία Fe-Cu.	Πρώτη αναφορ
67	Καβούσι, Αχλαδέ (Νομ. Ρεθύμνης).	Διάσπαρτες Fe-ούχες σκωρίες*.	Πρώτη αναφορά, Σιμιτζής, προσωπ. επ/νία

*: Ευρήματα άγνωστης ηλικίας ή όχι καλά προσδιορισμένης.

ότι αυτά τα μεταλλουργικά ευρήματα ανήκουν στη Ρωμαϊκή Εποχή (Κ.Παπαστερίου, προσωπ. επ/νία).

Οι μεταλλουργικές σκωρίες που περιγράφονται σε όλες τις αναφερόμενες θέσεις διαφοροποιούνται από τις σκωρίες σφυρηλασίας (δεδομένου ότι μελετήθηκαν υπό το μεταλλογραφικό μικροσκόπιο), οι οποίες, παρότι βρίσκονται σε διάφορες περιοχές δεν σχετίζονται με τοπική παραγωγή σιδήρου.

Θέση 61. (θήρα, Προφ. Ηλίας):

Στον περίβολο του Οικισμού της Αρχ. θήρας, Γεωμετρικής Εποχής (8ου π.Χ. Αιώνα) διαπιστώθηκε η ύπαρξη ενός σκαφοειδούς αρχαίου τριβείου, συνιστάμενου από τραχείτη. Η κατασκευή και οι διαστάσεις αυτού του ευρήματος είναι απολύτως όμοια με τα αντίστοιχα της Λαυρεωτικής, για τα οποία ο Κονοφάγος (1980) απέδειξε ότι χρησιμοποιήθηκαν εκεί ως τριβεία μεταλλεύματος. Η αναγνώριση, για πρώτη φορά, ενός τέτοιου τριβείου στην περιοχή αυτή υποβάλλει τη σκέψη μήπως οι κάτοικοι του Οικισμού καταγίνονταν και με μεταλλουργικές εργασίες, είναι δε γνωστή η μεταλλοφορία μικτών θειούχων και σκάρη του υπόβαθρου της θήρας (Pichler & Kussmaul, 1972, Murad & Hubberten, 1975, Skarpelis & Liati, 1990). Ωστόσο, δεν έχουν βρεθεί και άλλα σχετικά ευρήματα που να υποστηρίζουν περισσότερο την παραπάνω άποψη.

Ένα ακριβώς ανάλογο εύρημα (τριβείο από τραχείτη) εντοπίστηκε στον περίβολο του Ενετικού Καστρού της Κώ και επισημαίνεται στον πλν. 1. Η επ/νία είναι 61.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Χημικές αναλύσεις (%) αντιπροσωπευτικών δειγμάτων

	μεταλλουργικών σκωριών					
	Μάνδαλο θέση 60	Ταΐναρο θέση63	Νάξος θέση64	Πάρος θέση65	Κέρος θέση66	Ρεθύμνης θέση67
Fe ₂ O ₃	64.2	70.7	71.2	65.7	72.8	67.6
SiO ₂	22.5	19.5	17.2	18.8	16.7	23.2
CaO	5.8	4.0	2.8	6.2	4.9	4.2
Al ₂ O ₃	4.6	4.6	5.6	7.4	3.5	2.1
MgO	μ.π.	μ.π.	.2	μ.π.	μ.π.	μ.π.
MnO	1.6	.1	.8	μ.π.	.7	2.0
TiO ₂	.2	.3	1.4	.9	.9	.1
K ₂ O	1.1	.6	.8	1.8	μ.π.	1.0
CuO	μ.π.	μ.π.	μ.π.	μ.π.	.5	μ.π.

μ.π.: μη προσδιορισίμο, κάτω από τα όρια της τεχνικής.
 Αναλυτικό σφάλμα: ±10% για τα κύρια στοιχεία.
 Ολική ανάλυση με SEM/EDAX.

Θέση 62. (θήρα, Ανασκαφή Ακρωτήρι):

Στο χώρο της ανασκαφής του Προϊστορικού Οικισμού Ακρωτήρι (Υστερη Εποχή Χαλκού, =1500 π.Χ.) εντοπίστηκαν για πρώτη φορά το 1989 τεμάχια μεταλλεύματος μολύβδου (κερουσίτης, υδροκερουσίτης), ένα μάλιστα από τα οποία ήταν ογκώδες (> 150 Kg). Τα ανωτέρω ευρήματα σε συσχέτισμο με το γεγονός ότι στο Ακρωτήρι έχουν βρεθεί μολύβδινα αντικείμενα περισσότερα από οποιοδήποτε αρχαιολογικό χώρο των νησιών του Αιγαίου, ενέβαλε το ερώτημα μήπως τα μεταλλεύματα της ανασκαφής προέρχονταν από την εντόπια μεταλλοφορία Pb-Fe η οποία σήμερα αποκαλύπτεται στην περιοχή Αθηνιού.

Επειδή είχε διατυπωθεί η άποψη ότι τα μολύβδινα αντικείμενα της ανασκαφής προέρχονταν από τη Λαυρεωτική (Gale & Stos-Gale, 1981) με βάση τους λόγους των ισοτόπων Pb-206, Pb-207 και Pb-208, ανελήφθη γεωχημική μελέτη με προσδιορισμό σειράς διαγνωστικών ιχνοστοιχείων, αλλά και κύριων στοιχείων για την περαιτέρω διερεύνηση της προέλευσης των ανωτέρω ευρημάτων καθώς και μιάς συλλογής μολύβδινων αρχαίων αντικειμένων από τον ίδιο χώρο. Οι γνωστές πηγές μολύβδου κατά την Προϊστορική Εποχή στο Αιγαίο ήταν το μεταλλείο Θορικού στο Λαύριο (Spitaels, 1984) και η ομάδα μεταλλείων της Κ-ΒΑ Σίφνου (Wagner & Weisgerber, 1985). Για το λόγο αυτό αντιπροσωπευτικά δείγματα από τις παραπάνω περιοχές και από το αργούν μεταλλείο του Αθηνιού αναλύθηκαν (μαζί με τα πρώτα) με νετρονική ενεργοποίηση και με μικροαναλυτική EDAX/SEM. Τα αποτελέσματα των έως τώρα γεωλογικών και κοιτασματολογικών ερευνών υποδηλώνουν γενετική ομοιότητα και παρόμοια ηλικία των μεταλλοφόρων παραγενέσεων Λαυρεωτικής και Αθηνιού (Bassiakos et al., 1990). Προς αυτή την άποψη κατατείνει και η σύγκλιση των ισοτοπικών σχέσεων Pb για τις δύο περιοχές. Για το λόγο αυτό εκφράσθηκε στο παρελθόν η άποψη ότι τα μολύβδινα αντικείμενα που βρέθηκαν στο Ακρωτήρι προέρχονταν από το Λαύριο (Gale & Stos-Gale, 1981). Η εισαγωγή όμως, της γεωχημικής παραμέτρου στο ανωτέρω ερώτημα αύξησε το βαθμό πληροφίας για τη σύγκριση των δύο περιοχών, έτσι ώστε να υπάρχουν σήμερα σαφείς ενδείξεις ότι τα τεμάχια μεταλλεύματος της ανασκαφής προέρχονται από τη θήρα και όχι από το Λαύριο. Με την ίδια μελέτη αποκλείσθηκε η Σίφνος ως πιθανός τροφοδότης μολύβδου στη θήρα. Νεώτερες γεωχημικές έρευνες που αναλήφθηκαν στο ΕΚΕΦΕ "Δημόκριτος" για τις δύο περιοχές (Λαύριο-θήρα) με μεγαλύτερο αριθμό καλά χαρακτηρισμένων δειγμάτων και στατιστική επεξεργασία (multivariant

statistical analysis) λαχυροποιούν ήδη την άποψη της εγχώριας παραγωγής Pb στη Θήρα και όχι της εισαγωγής (Kilikoglou et al., 1992).

Θέση 63. (Ακρωτήριο Ταΐναρο, Λακωνία):

Σε απόσταση 2 Km ΒΔ από το ακρωτήριο Ταΐναρο και 200 m από την απόκρημνη ακτή εντοπίσθηκαν μεταλλουργικές σκωρίες μικρού μεγέθους (250-500 gr, ακέραια αποστρογγυλεμένα τεμάχια) σε αραιά διασπορά, τόσο στην επιφάνεια μιάς επίπεδης περιοχής 0,5x0,5 Km, όσο και μέσα στους τοπογραφικά χαμηλότερους παρακείμενους κώνους πλευρικών κορημάτων. Το υλικό αυτό είναι υπό μελέτη και μία πρώτη ανάλυση του δίδεται στην 3η στήλη του Πιν. 2. Τα δεδομένα της χημικής σύστασης του υποδηλώνουν ότι πρόκειται για μεταλλουργικό απόρριμα για παραγωγή σιδήρου. Προς αυτή την άποψη συνηγορεί και το γεγονός ότι σε αρκετές περιοχές το φυλλιτικό υπόβαθρο αυτής της Λακωνικής χερσονήσου φιλοξενεί και ασθενή μεταλλοφορία μαλακού σιδηρομεταλλεύματος (με επικρατέστερο ορυκτό τον αιματίτη), αναπτυσσόμενη σε φακούς ή ακανόνιστες φωλεές. (π.χ δύο περιοχές κοντά στο χωριό Πύρριχος Μάνης και αλλού). Δεν υπάρχει προς το παρόν πληροφορία για την αρχαιολογική ηλικία των ευρημάτων αυτών.

Θέση 64. (Νάξος):

Στις Βόρειες παρυφές της Χώσας, πρωτεύουσας της Νάξου, μέσα στον αρχαιολογικό χώρο Πορτάρα εντοπίζονται πολυάριθμες διάσπαρτες σκωρίες μέσου μεγέθους και ακανονιστού σχήματος (0.5-1 Kg ακέραια αλλά και θραυσμένα τεμάχια). Παρόμοια ευρήματα περιεχόνταν και στα γεώδη υλικά που αφαιρέθηκαν στο παρελθόν κατά τις ανασκαφές του εκεί Οικισμού (Ο. Χατζηναστασιου, προσωπ. επικ/νία) Ο τρόπος με τον οποίο βρέθηκαν οι σκωρίες αυτές κατά τις ανασκαφές δεν επιτρέπει την αρχαιολογική χρονολόγησή τους. Η εξωτερική επιφάνεια των σκωριών είναι πορώδης και τραχεία και ήδη από τη μακροσκοπική εξέταση θραυσιγενών επιφανειών παρατηρούνται νησίδες με υδροξείδια σιδήρου (λειμωνίτες) που έχουν δημιουργηθεί λόγω της διάβρωσης του σιδηρούχου μεταλλεύματος (υπολειμματος) που έχει χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη κατά την πυρομεταλλουργική αναγωγική διαδικασία.

Υπό το μικροσκόπιο εμφανίζονται εκτεταμένες νησίδες μερικής κινητοποιημένου από την θερμοκρασία γκαϊτίτη (βελονοειδούς σιδηρομεταλλεύματος), λειμωνίτης, ελάχιστες περιοχές υαλώδους μάζας και σημαντική συμμετοχή μαγνητίτη που έχει προέλθει από την αναγωγική διαδικασία στον κλίβανο. Ελάχιστα ακανόνιστα πρίσματα φαυαλίτη και αραιές "σταγόνες" μεταλλικού σιδήρου φιλοξενούνται στα όρια των κόκκων μαγνητίτη-γκαϊτίτη. Μικρές νησίδες με πυριτικά ορυκτά κατά θέσεις.

Οι μικροσκοπικές παρατηρήσεις υποδηλώνουν μία μερικώς επιτυχή τήξη του Fe-ούχου μεταλλεύματος στον κλίβανο και κακό έλεγχο της θερμοκρασίας (Bachman, 1982). Τέτοια ευρήματα είναι συνήθη σε ανάλογα ευρήματα από ανασκαφές της Γεωμετρικής Εποχής (Backe-Forsberg & Rísberg, 1986) και λίγο νεωτέρων Εποχών. Μία ανάλυση του υλικού που μελετήθηκε δίδεται στην 4η στήλη του Πιν. 2.

Θέση 65, Πάρος:

Σε ανασκαφή αρχαιολογικού χώρου Ελληνιστικής εποχής (Παροικιά Πάρου) εντοπίσθηκαν 3-4 λεκανοειδείς ή χοανοειδείς ογκώδεις σκωρίες (3-7 Kg), χαρακτηριστικές της στελούς αναγωγικής διαδικασίας που είχε ακολουθηθεί για την απόληξη σιδήρου από το αρχικό μέταλλευμα (Tylecote, 1986). Η ανάλυση του υλικού που μελετήθηκε δίδεται στην 5η στήλη του Πιν. 2.

μικροσκοπικά ευρήματα προς αυτές που βρέθηκαν στη Λαυρεωτική (Con-
orhagos & Paradiimitriou, 1982), οι οποίες έχουν παραχθεί με
μεταλλουργική διαδικασία που έχει χαρακτηριστεί πρωτογενή. Μία
αντιπροσωπευτική ανάλυση του υλικού δίδεται στην 5η στήλη του Πιν.
2. Μαγνητίτης, φαυαλίτης, διάσπαρτες νησίδες σιδήρου και περιοχές
Fe-μεταλλεύματος άτηκτου, είναι τα μικροσκοπικά ευρήματα στα
ανωτέρω υλικά.

Θέση 66. (Κέρος):

Η Κέρος βρίσκεται ΝΑ της Ναξου, στο μέσο περίπου της απόστασης
μέχρι Αμοργό και αποτελεί μία περιοχή εντόνου ενδιαφέροντος για
τους προϊστορικούς Αρχαιολόγους, λόγω του εξαιρετικά μεγάλου
αριθμού Πρωτοκυκλαδικών ειδωλίων (μερικές χιλιάδες) που έχουν
εντοπισθεί εκεί. Στις Ν.Δ. υπώρειες του υψώματος Παππός και σε
υψόμετρο 60m εντοπίστηκε μία ασθενής μεταλλοφορία Fe-Cu,
φιλοξενούμενη στη φυλλιτική ενότητα που παρεμβάλλεται μεταξύ
"κατωτέρων" και "ανωτέρων" ημιμεταμορφωμένων ασβεστολίθων. Σε
απόσταση 250 m Β. από τη μεταλλοφόρα εμφάνιση, θέση Κονάκια (ύψος
35 m), εντοπίστηκαν σε ένα μικρό "πλατώ" συμπαγείς σκωρίες μικρού
μεγέθους (30-200 gr, ακέραια τεμάχια) απολελυμένες και σε αραιά
διασπορά, άγνωστης μέχρι σήμερα ηλικίας. Η εξωτερική επιφάνεια των
σκωριών είναι υαλώδης, τα δε μικροσκοπικά χαρακτηριστικά τους
υποδηλώνουν σκωρία φαυλιτικού τύπου. Συγκεκριμένα, μέσα σε μία
ημιδιαφανή υαλώδη μάζα αναπτύσσονται ιδιόμορφοι κρύσταλλοι
φαυαλίτη, περιβάλλοντες σε ωρισμένες περιπτώσεις δενδρίτες
βουσίτη. Επικρατεί μία ανομοιομορφία ως προς το μέγεθος των
κρυστάλλων βουσίτη. Σε ωρισμένες καλά καθοριζόμενες νησίδες οι
βουσίτες επικρατούν και έχουν διάμετρο ≈20 μm και σε άλλες
περιοχές όπου εμφανίζεται ομοιογενέστερη κατανομή των συστατικών
της σκωρίας οι βουσίτες είναι σχετικά ολιγώτεροι αλλά έχουν και
μαγαλύτερο μέγεθος. Παρατηρήθηκαν περιωρισμένοι πόροι, ελάχιστοι
κρύσταλλοι μαγνητίτη και πυριτικών συσσωματωμάτων και καθόλου
γκαιτίτης ή αιματίτης.

Τα παραπάνω μικροσκοπικά χαρακτηριστικά υποδηλώνουν έναν μέτριο
έλεγχο στη λειτουργία της καμίνου. Μία αντιπροσωπευτική ανάλυση
δίδεται στην 6η στήλη του Πιν.2, από την οποία προκύπτει ότι τα
μεταλλουργικά αυτά ευρήματα περιέχουν και χαλκό σε ποσοστό 0.5-1 %.
Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον εντοπισμό μικρής εμφάνισης
μεταλλοφορίας Fe-Cu που προαναφέρθηκε, υποβάλλουν τη σκέψη μήπως
στην Κέρο γινόταν και επιτόπια παραγωγή χαλκού, δεδομένου άλλωστε
ότι και τα λοιπά ευρήματα (ειδώλια κλπ.) ανήκουν σε Περίοδο
Χαλκοκρατίας. Η μικρή περιεκτικότητα σε χαλκό των μεταλλουργικών
σκωριών δεν αντιβαίνει προς την παραπάνω πιθανότητα, δεδομένου ότι
σκωρίες που σχετίζονται με παραγωγή χαλκού σε άλλες περιοχές της
Προϊστορικής Εποχής (π.χ. Timma Tal), έχουν συγκρίσιμες
περιεκτικότητες ως προς το στοιχείο αυτό αλλά και ως προς τα άλλα
στοιχεία που προσδιορίστηκαν (Bachman, 1982). Ωστόσο, δεν είναι
προς το παρόν δυνατό να διατυπωθεί καμία οριστική άποψη επί του
θέματος και το όλο πρόβλημα βρίσκεται υπό μελέτη με ένα
γεωαρχειολογικό ερευνητικό πρόγραμμα (Doumas & Bassiakos, 1992).

Θέση 67. (Περιοχή Ρεθύμνης):

Στις περιοχές Καβουσι και Αχλαδέ (Νομ. Ρεθύμνης) εντοπίστηκαν
διάσπαρτα τεμάχια μέσου μεγέθους και ακανονίστου σχήματος ροόμορφων
σκωριών, (tap-slugs) με εξωτερική υαλώδη επιφάνεια. Δεν υπάρχει
προς το παρόν πληροφορία για την αρχαιολογική ηλικία τους, ούτε
έχουν γίνει χρονολογήσεις με άλλες μεθόδους.

Υπο το μικροσκόπιο εμφανίζεται βουστιτής (επικρατούν ορυκτο), φαυαλίτης και υαλώδης μάζα σε ίση κατανομή. Παρατηρείται σχετική, μόνο, ιστολογική ομοιογένεια στις φάσεις που αναγνωρίστηκαν, απουσία σταγόνων σιδήρου και περιωρισμένοι πόροι. Οι μικροσκοπικές παρατηρήσεις υποδηλώνουν σκωρία Ρωμαϊκής Εποχής (και εντεύθεν). Από τα μικροσκοπικά και χημικά δεδομένα (7η στήλη του Πιν. 2) προκύπτει ότι οι σκωρίες σχετίζονται με παραγωγή σπογγώδους σιδήρου. Το υλικό εντοπίσθηκε από το συνάδελφο κ. Β. Σιμιτζή (προσωπική επικοινωνία) και βρίσκεται υπό μελέτη.

ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΓΕΩΠΕΡΙΣΤΗΜΕΣ.

Η εντατικοποίηση των συνδυασμένων αρχαιομεταλλευτικών-μεταλλουργικών ερευνών κατά την τελευταία 15ετία (Gentner et al. 1980, Stos-Gale & Gale, 1982, Wagner & Weisgerber, 1988 κ.ά.), με κέντρο τα νησιά του Αιγαίου αλλά και τους περιβάλλοντες ηπειρωτικούς χώρους, είχε πολλαπλές ευνοϊκές επιπτώσεις στην γεωλογική μελέτη των Ελληνικών Χωρών. Ειδικότερα :

- έγιναν συστηματικές αναγνωρίσεις, καταγραφές και δειγματοληψίες περιοχών που παρουσιάζουν αρχαιομεταλλευτικό ενδιαφέρον και πιστοποιήθηκαν νέες εμφανίσεις μεταλλευμάτων,
- εφαρμόστηκαν οι περισσότερο προηγμένες μέθοδοι μελέτης των ευρημάτων (φασματογραφία μάζας, νετρονική ενεργοποίηση, σύγχρονες χρονολογικές μέθοδοι κλπ.),
- μελετήθηκαν σε καλύτερο βαθμό οι παραγενέσεις, ο χημισμός, η σχετιζόμενη ηφαιστειότητα και η ηλικία πολλών μεταλλοφόρων εμφανίσεων που σχετίζονται με τη Μεταλλεία κατά την Αρχαιότητα,
- έγινε καλύτερα κατανοητός ο μηχανισμός γένεσης κοιτασμάτων σε αρκετές περιοχές με βάση νέες απόψεις και αποτελέσματα μελετών από μεθόδους της Πυρηνικής Φυσικής (Vavelidis & Amstutz, 1983a),
- έγιναν νέες λεπτομερείς χαρτογραφήσεις σε αρκετές αρχαιομεταλλευτικώς ενδιαφέρουσες περιοχές σε νησιά του Αιγαίου. (Vavelidis & Amstutz, 1983a, Bassiakos & Patriarcheas, 1985 κ.ά.),
- προέκυψαν σημαντικά δεδομένα ή αποτελέσματα, άμεσα αξιοποιήσιμα σε μελέτες Τετοκτονικής, Σεισμικότητας, Ευστατισμού-Παλαιογεωγραφίας, Παλαιοκλιματολογίας (Bassiakos, 1988 κ.ά.).

Ο αναγνώστης παραπεμπεται στη βιβλιογραφία για περαιτέρω επί μέρους πληροφόρηση. Κατωτέρω, παρατίθενται ενδεικτικά μερικά από τα δεδομένα που προαναφέρθηκαν.

Μελέτες Ισοτόπων Pb-206, Pb-207, Pb-208.

Κατά το τέλος της δεκαετίας του '70 δημοσιεύθηκαν τα πρώτα διαγράμματα ισοτόπων μολύβδου που βασίστηκαν σε μια σειρά αναλύσεων με φασματοσκοπία μάζας σε αρχαία αργυρά νομίσματα, μολύβδινα αντικείμενα και σε μολύβδουχα γεωλογικά δείγματα που συλλέχθηκαν από αρχαία μεταλλεία, κατά τη διάρκεια ενός πολυετούς προγράμματος διεθνούς συνεργασίας (Oxford, Max-Planck Institut, Κέντρο "Δημόκριτος"). (Gale et al., 1980). Τα διαγράμματα εκείνα φαίνονταν τότε πολλά υποσχόμενα, επειδή έδειχναν να περιχαράκωνου και να διαφοροποιούν με αρκετή σαφήνεια διάφορες "περιοχές" π.χ. Σίφνος, Θάσος, Τροία κλπ. χωρίς καθόλου ή με ελάχιστη επικάλυψη. Με τον τρόπο αυτό φαίνονταν ότι δινόταν μία ικανοποιητική απάντηση στο δύσκολο ερώτημα της προέλευσης πολλών μεταλλικών αντικειμένων. Ατυχώς, η φηφική Βιβλιοθήκη Θεόφραστός Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. αναλύσεων περιεπλέξε το πρόβλημα, επειδή οι "περιοχές"

"διογκώθηκαν" και αλληλεπικαλύφθηκαν σε τρόπο ώστε τα διαγράμματα να οδηγούν σε λανθασμένες απόψεις.

Κατά τα μέσα της δεκαετίας του '80 οι Wagner et al., (1986) παρουσίασαν παρόμοιο διάγραμμα στο οποίο μολυβδούχα μεταλλεύματα από το εσωτερικό της Μ. Ασίας ετοποθετούντο με βάση τις ισοτοπικές αναλύσεις Pb στο κέντρο της "περιοχής" που αντιστοιχούσε με το "Λαύριο". Η εισαγωγή της γεωλογικής αξιολόγησης στον τεράστιο αριθμό των αποτελεσμάτων απέφερε και την εξήγηση αυτού του κατ' αρχήν παράδοξου φαινομένου. Εγινε, δηλαδή, στους επιστήμονες άλλων ειδικοτήτων κατανοητό ότι χαρακτηρισμοί "περιοχών" του τύπου "Λαύριο" ή "Σίφνος" είναι ασαφείς αν δεν έχει προκαταβολικά ληφθεί υπόψη ότι πολλές περιοχές όπως οι ανωτέρω είναι δυνατό να οφείλουν το μεταλλοφόρο δυναμικό τους σε περισσότερα του ενός μεταλλογενετικά συμβάντα, διαφορετικών γεωλογικών εποχών. Οτι, επίσης, αποφασιστική σημασία για τέτοιες μελέτες έχει πρωταρχικά η ηλικία της κάθε παραγένεσης και όχι η περιοχή στην οποία εντοπίζεται. Για τους λόγους αυτούς θεωρήθηκε σωστό, οι μελέτες προέλευσης αρχαίων μετάλλων να βασίζονται σε συνδυασμένες αναλύσεις διαγνωστικών ιχνοστοιχείων με νετρονική ενεργοποίηση και σε λόγους ισοτόπων Pb, υπό την προϋπόθεση όμως ότι οι αξιολογήσεις των δεδομένων θα γίνονται με γεωλογικά κριτήρια (Bassiakos et al., 1990, Knapp & Cherry, 1991). Ανεξάρτητα όμως από τις αρχαιομετρικές ερμηνείες, έχει σημασία το γεγονός ότι για τις μεταλλοφόρες εμφανίσεις στο χώρο του Αιγαίου έχουν έως σήμερα δημοσιευθεί εκατοντάδες αναλύσεων με ισότοπα Pb, η αξιολόγηση των οποίων από καθαρά κοιτασματολογική άποψη είναι αναμφισβήτητης αξίας για την καλύτερη κατανόηση της μεταλλογένεσης στη Χώρα μας.

Γεωχρονολογική ταξινόμηση μεταλλοφόρων εμφανίσεων

Μία πολύ επιτυχής αξιολόγηση ισοτοπικών αναλύσεων Pb έγινε από τους Chalkias et al., (1988) με βάση την διαφορετική προέλευση των μεταλλοφόρων διαλυμάτων από διαφοροποιημένες στοιβάδες του φλοιού, όπως αυτή προκύπτει από τους λόγους U/Pb και Th/U. Οι παραπάνω ερευνητές έλαβαν υπόψη και τον τύπο της μεταλλοφορίας που εμφανίζεται σε κάθε περιοχή προτού επεξεργασθούν τα ισοτοπικά δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό ταξινομήθηκαν κατά τη γεωλογική τους ηλικία περίπου 130 δείγματα μεταλλευμάτων από διάφορες περιοχές και κατατάχθηκαν σε 27 ομάδες, οι οποίες με τη σειρά τους ομαδοποιήθηκαν σε 7 "κλάσεις" ηλικιών, που εκτείνονται από το Παλαιοζωϊκό (=600Ma) και εντεύθεν. Είναι χαρακτηριστικό ότι εμφανίσεις που ανήκουν σε γεωγραφικώς "ενιαίες" περιοχές, π.χ. "Κρήτη", "θάσος", "Σίφνος" κατατάσσονται σε περισσότερες της μίας "κλάσεις" ηλικιών, ανάλογα με τη γεωλογική ηλικία των μεταλλοφόρων εμφανίσεών τους, πράγμα άλλωστε που δεν προξενεί εντύπωση όταν τα κριτήρια ταξινόμησης είναι γεωλογικά και όχι γεωγραφικά, όπως γίνετο μέχρι τότε. Η αξία τέτοιων μελετών για τις Γεωεπιστήμες είναι προφανής.

Μελέτες νεοτεκτονικής και ευστατισμού.

Η παραγένεση Fe-Pb-Ag, που εμφανίζεται σε πολλές θέσεις στην κεντρική και ΒΑκή Σίφνο, έχει εντατικά εκμεταλλευθεί για το δυναμικό της σε άργυρο (μέχρι 1% σε ωρισμένα σημεία) κατά την Αρχαιότητα, μέσω ενός εκτεταμένου δικτύου στοών. Μετά από συστηματικές αρχαιομεταλλευτικές-μεταλλουργικές κλπ. μελέτες, διάρκειας άνω των 10 ετών τεκμηριώθηκε η άποψη ότι το αρχαίο μεταλλείο του Αγ. Σώστη είναι το αρχαιότερο αργυρωρυχείο στον κόσμο. Η ηλικία του τοποθετείται στο πρώτο ήμισυ της 3ης χιλιετίας
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

π.Χ. δηλ. στη φάση I της Πρώιμης Εποχής του Χαλκού και προσδιορίστηκε με Ραδιοάνθρακα (σε εξανθρακωμένα υπολείμματα φωτιάς μέσα από τις στοές), με θερμοφωταύγεια (στη φαύλιτική φάση των παρακείμενων μεταλλουργικών σκωριών), όσο και με αρχαιολογική (τυπολογική) χρονολόγηση των αρχαίων οστράκων που σχετίζονται με τις μεταλλουργικές δραστηριότητες (Wagner & Weisgerber, 1985, Groenigsiesser, 1986).

Επιπροσθέτως όμως, παρατηρείται ότι στο παραθαλάσσιο αυτό μεταλλείο ένα μέρος των στοών του, βάθους μέχρι 3 m αναπτύσσεται κάτω από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας. Η παρατήρηση αυτή σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι Αρχαίοι δεν είχαν τη δυνατότητα να κάνουν υποθαλάσσια εκμετάλλευση τεκμηριώνει την πεποίθηση ότι μέσα σε 4.500 ± 100 έτη, το επίπεδο της θάλασσας ανήλθε κατά 3 m λόγω ευστατισμού ή λόγω τεκτονικών αιτιών (είτε λόγω συνδυασμού κινήσεων). Βεβαίως, οι περιπτώσεις μεταβολής της στάθμης της θάλασσας που πιστοποιούνται από αρχαία ευρήματα (λιμενοβραχίονες, ερείπια Οικισμών, λιχθυοπαγίδες κλπ.) είναι συνήθεις, ιδιαίτερα στο χώρο του Αιγαίου με τον πλούσιο φυσικογεωγραφικό του διαμελισμό. Ωστόσο, οι αρχαιολογικές πληροφορίες που συνοδεύουν με χρονολόγηση τα βυθισμένα ή ανορθωμένα ευρήματα αφορούν κυρίως σε Περιόδους από την Αρχαϊκή (7ος π.Χ. αιώνας) και εντεύθεν. Ιδιαίτερα για την Κλασσική Εποχή η αρχαιολογική μελέτη μπορεί να κάνει μεγάλη ακρίβεια προσέγγιση στις παρεχόμενες χρονολογήσεις (20-25 ή λιγώτερα έτη). Ατυχώς, δεν συμβαίνει το ίδιο για τα ευρήματα της Προϊστορικής Εποχής (δηλ. ηλικίες πρό του 11ου π.Χ. αιώνα), για τα οποία η αρχαιολογική προσέγγιση μπορεί να έχει χρονική απόκλιση 500-1000 ή και περισσότερων ετών. Οι παρατηρήσεις που προαναφέρθηκαν για τον Αγ. Σώστη αφορούν σε Εποχή Προϊστορική και οι χρονολογήσεις παρουσιάζουν αξιοσημείωτη σύμπτωση (Wagner & Weisgerber, 1985), δεδομένα που δεν είναι συχνά από μελέτες αναλόγων περιπτώσεων.

Οι προοπτικές για τη σύγχρονη γεωμεταλλευτική έρευνα.

Στην Ελλάδα, ηπειρωτική και νησιωτική, δεν υπάρχει σχεδόν κανένα αξιόλογο κοιτάσμα μαλακού σιδηρομεταλλεύματος, χαλκού και μικτών θειούχων το οποίο να μην έχει υποστεί εκμετάλλευση από τους Αρχαίους Έλληνες. Υπάρχουν δεκάδες μικρά κοιτάσματα των παραπάνω κατηγοριών (μη εκμεταλλεύσιμα σήμερα) στα οποία ανευρίσκονται αψευδείς μαρτυρίες εκμετάλλευσης από την Αρχαιότητα. Για ωρισμένες μάλιστα περιοχές υπάρχουν σήμερα τεκμηριωμένες αποδείξεις ότι γινόταν και εκμετάλλευση για ευγενή μέταλλα (χρυσό-άργυρο). (Κονοφάγος, 1980, Pernicka et al., 1982, Wagner et al., 1986, Wagner & Weisberger, 1988).

Εντελώς αναλογες δραστηριότητες έχουν διαπιστωθεί και στη Μικρά Ασία (Gentner et al., 1980, Pernicka et al., 1984, Pernicka, 1987, βλέπε Σχ. 1.)

Ωστόσο, τα αντίστοιχα μεταλλεύματα είχαν μικρή, σχετικά, γεωγραφική ανάπτυξη και επιπλέον δεν ήταν πλούσια. Οι διαπιστώσεις αυτές προκύπτουν τόσο από σύγχρονα γεωμεταλλευτικά κριτήρια όσο και από δεδομένα μελετών σε αρχαίες μεταλλευτικές και μεταλλουργικές εργασίες. Ειδικότερα στην Ιστορική Εποχή η ένδεια σε μεταλλεύματα ήταν μεγαλύτερη επειδή :

- Αρκετά μεταλλεία λειτουργούσαν ήδη από τους Προϊστορικούς Χρόνους και σημαντικές ποσότητες των διαθεσίμων μεταλλευμάτων είχαν ήδη χρησιμοποιηθεί.

- Σε παραθαλάσσια αρχαία μεταλλεία στα οποία γινόταν εκμετάλλευση (π.χ. ορυχεία Σωστής), η αδυναμία να επεκταθεί η εκμετάλλευση σε υποθαλάσσιους ορίζοντες

επετείνετο από το γεγονός ότι η στάθμη της θάλασσας ανερχόταν λόγω ευστατισμού (=im/1000a).

Για να αντιμετωπίσουν αυτή την κατάσταση οι Έλληνες από την Ιστορική Εποχή και εντεύθεν επιδόθηκαν με επιτυχία στην αναζήτηση νέων κοιτασμάτων και παράλληλα οργάνωσαν την εκμετάλλευση των διαθέσιμων ορυκτών πρώτων υλών με αξιοθαύμαστη τεχνική και ορθολογικά. Δεν ευσταθεί η άποψη που διατυπώθηκε στο παρελθόν ότι η εκμετάλλευση κατά την Αρχαιότητα στην Ελλάδα ήταν ληστρική. Αρκεί μία μόνο επίσκεψη στο εσωτερικό οποιουδήποτε αρχαίου Ελληνικού μεταλλείου (π.χ. Ασημοτρύπες Παγγαίου, θάσος, Σίφνος κ.ά) για να διαπιστωθεί η τάξη, η μεθοδικότητα και η αξιοθαύμαστη τεχνική υπόγεια εκμετάλλευσης και υποστήλωσης, γνωρίσματα που δυστυχώς δεν έχουν μεγάλη διαδοχή σε σύγχρονα μεταλλεία.

Αποτέλεσμα της συστηματικής εκμετάλλευσης των μεταλλων από τους Αρχαίους και της αξιοζήλευτης επιτυχίας τους στη μεταλλευτική έρευνα είναι ότι σήμερα πρέπει να θεωρούνται εξαιρετικά περιορισμένες οι πιθανότητες να εντοπισθεί, ακόμη και με τα σύγχρονα μέσα, κάποιο νέο αξιόλογο κοιτάσμα των κατηγοριών που αναφέρθηκαν στην αρχή του εδαφίου. Είναι αυτό, άλλωστε, μία συνέπεια που υφίσταται σε μία χώρα όπου η εκμετάλλευση άρχισε πριν 5, σχεδόν, χιλιετίες. Ωστόσο, η βαθύτερη κατανόηση και η μελέτη της Αρχαίας Μεταλλείας μπορεί να αποφέρει μερικά αξιοποιήσιμα ωφέλη για τη σύγχρονη γεωμεταλλευτική έρευνα :

Οι Αρχαίοι μεταλλευτές δεν είχαν τεχνολογικές δυνατότητες να προχωρήσουν σε εκμετάλλευση υποθαλάσσιων οριζόντων, όπως προαναφέρθηκε. "Υπέδειξαν" όμως στους νεώτερους τις περιοχές όπου υπήρξαν ευγενή μέταλλα. Επισημαίνεται από τη θέση αυτή ότι έως σήμερα δεν ανελήφθη καμία σοβαρή μεταλλευτική έρευνα βάθους για τον εντοπισμό οικονομικά αξιοποιήσιμων συγκεντρώσεων μετάλλων (κοινών ή και ευγενών) σε παραθαλάσσιες περιοχές που εκμεταλλεύονταν στην Αρχαιότητα, πέραν της Λαυρεωτικής, της Ολυμπιάδας Χαλκιδικής και της θάσου. Αναφέρονται μερικές τέτοιες περιοχές που συγκεντρώνουν σοβαρές προοπτικές για μελλοντική έρευνα:

- Η ΝΑκή Σίφνος, στην οποία εντοπίζεται μία ασθενής χρυσοφόρα μεταλλοφορία μέσα σε χαλαζιακές φλέβες που διελαύνουν την κατώτερη σχιστολιθική ενότητα και φιλοξενούν σουλφίδα σιδήρου και χαλκού. (Αγ. Ιωάννης, Αποκοφτό, Άσπρος Πύργος) (Vavelidis et al., 1985).

- Η ΒΑκή Σίφνος στον Αγ. Σώστη που προαναφέρθηκε (Vavelidis et al., 1985).

- Η Νότ. Κέα στη θέση Σπάσματα (Pernicka, 1987) και η ΒΔ Κέα στην θέση Αγ. Ειρήνη (Bassiakos, 1988).

- Η Βόρ. Λέσβος στην παραλιακή θέση Μεγάλα Θέρμα (Bassiakos, 1988).

- Το Ακρωτ. Μαλέας (Davies, 1935).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Τα νησιά του Αιγαίου και οι γύρω ηπειρωτικές περιοχές είναι κυριολεκτικά κατάσπαρτα από εκατοντάδες αφευδείς μαρτυρίες μεταλλευτικής δραστηριότητας και βιομηχανικής καθετοποίησης της παραγωγής κατά την Ελληνική Αρχαιότητα, με ευρήματα όπως μεταλλουργικές σκωρίες, αρχαίες μεταλλευτικές στοές και φρέατα, υπολείμματα μεταλλουργικών κλιβάνων, ακροφύσια, εγκαταστάσεις εμπλουτισμού, μεταλλουργικά και μεταλλευτικά εργαλεία, ίχνη εργαλείων, λιθάργυρο κ.ά.). Ο πλούτος των ευρημάτων είναι ασυγκρίτως μεγαλύτερος από τα αντίστοιχα που έχουν διαπιστωθεί σε οποιαδήποτε άλλη χώρα και σχετίζεται άμεσα με την ισχύ και την πολιτιστική πρωτοπορία της Αρχαίας Ελλάδας στον τότε γνωστό Κόσμο.

Ο αριθμός των περιοχών με αρχαιομεταλλευτικά-μεταλλουργικά ευρήματα αυξάνει με μιá σειρά νέα δεδομένα που παρουσιάζονται για πρώτη φορά με την εργασία αυτή.

Στις αρχαιομεταλλευτικές-μεταλλουργικές μελέτες και ιδιαίτερα στις μελέτες προέλευσης αρχαίων μετάλλων, τα εργαστηριακά δεδομένα και τα αποτελέσματα των αναλυτικών ή χρονολογικών τεχνικών είναι απολύτως αναγκαίο να ερμηνεύονται με βάση κριτήρια που καθορίζονται από τις Γεωεπιστήμες. Σε αντίθετη περίπτωση είναι δυνατό να εξαχθούν εσφαλμένα συμπεράσματα.

Απο τις συστηματικές μελέτες που έχουν γίνει για την Αρχαία Μεταλλεία στην Ελλάδα κατά την τελευταία εικοσαετία, έχει προκύψει ένας εντυπωσιακός όγκος γεωδομημένων που αφορούν σε χαρτογραφήσεις, αναλύσεις διαγνωστικών ιχνοστοιχείων, φασματοσκοπικές μελέτες ισοτόπων Pb, χρονολογήσεις και εντοπισμούς νέων μεταλλοφόρων εμφανίσεων. Ιδιαίτερη σημασία έχουν τα στοιχεία που αναφέρονται σε περιοχές έξω των ορίων της Χώρας μας για συγκριτικούς λόγους (π.χ. Δειναρίδες, οροσειρά Ταύρου.) Ανεξάρτητα από το αδιαμφισβήτητο αρχαιομετρικό ενδιαφέρον, τα δεδομένα αυτά προσφέρονται επί πλέον και για πολύ χρήσιμες αξιολογήσεις με γεωλογικά κριτήρια, όπως περιγράφεται στο προηγούμενο Κεφάλαιο, όπου δίδονται και ωριμαμένα παραδείγματα.

Τα μέχρι τώρα δημοσιευμένα χρονολογικά δεδομένα που προέρχονται τόσο από αρχαιολογικές μελέτες όσο και από χρονολογικές τεχνικές (θερμοφωταύγεια, Ραδιοάνθρακας και-εμμέσως-τροχιές σχάσεων) οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η εκμετάλλευση του Ορυκτού Πλούτου στον Ελληνικό Χώρο άρχισε κατά την διάρκεια της 3ης Χιλιετίας π.Χ. και εντατικοποιήθηκε σε περιόδους ακμής της αντίστοιχης Πόλης-Κράτους ή Ηγεμονίας (π.χ. Αθηνών, Μακεδονίας κλπ.). Αυτή η επί χιλιετίες συστηματική εκμετάλλευση της Ελληνικής γης για χρυσό, άργυρο, χαλκό, μόλυβδο και σίδηρο έγινε με αξιοθαύμαστη τεχνική από τους Αρχαίους Έλληνες. Απόρροια της τεχνικής αρτιότητας κατά την υπόγεια εκμετάλλευση είναι το γεγονός ότι μέχρι σήμερα διατηρούνται ανέπαφες μεταλλευτικές στοές (και φρέατα) μήκους αρκετών δεκάδων χιλιομέτρων που έχουν ανοιχθεί και "εξωφληθεί" πριν μερικές χιλιάδες χρόνια. Είναι γνωστό, σύμφωνα με την σύγχρονη μεταλλευτική πρακτική ότι αποτελεί ασύνηθες φαινόμενο ή διατήρηση εξωφλημένης στοάς μετά από μερικές δεκαετίες. Το γεγονός αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία αν ληφθεί υπόψη η έντονη σεισμική δραστηριότητα και η ενεργότητα των ρηγμάτων στον Ελληνικό Χώρο.

Η συνέπεια της εντατικής εκμετάλλευσης, κατά το παρελθόν, των μετάλλων που προαναφέρθηκαν είναι ότι οι Ορυκτοί Πόροι, στους οποίους είχαν τεχνολογική πρόσβαση οι Αρχαίοι Έλληνες, πρέπει να θεωρούνται σήμερα ως εξαντλημένοι. Για το λόγο αυτό η σύγχρονη γεωμεταλλευτική έρευνα πρέπει να κατευθυνθεί είτε προς εντοπισμό πρώτων υλών τις οποίες δεν αναζήτησαν οι ικανώτατοι αρχαίοι συνάδελφοί μας (π.χ. σπάνιες γαίες σε βωξίτες ή κοιτάσματα Fe-Ni, βανάδιο σε τέφρες λιγνιτών, φυσικοί ζεόλιθοι, ραδιενεργά κλπ. μεταλλεύματα χρήσιμα στην πυρηνική τεχνολογία ή στα "νέα" υλικά), είτε προς βαθύτερους, υποθαλάσσιους ορίζοντες σε περιοχές που "υπέδειξαν" οι Αρχαίοι.

Μερικά από τα περισσότερα ενδιαφέροντα Κεφάλαια του βιβλίου της Τεχνολογικής Ιστορίας του Ανθρώπου, γραφτηκαν πριν 2 έως 5 χιλιετίες στην Ελλάδα, στις ίδιες περιόδους που γράφτηκε και το βιβλίο της Πολιτιστικής Ιστορίας, πάλι στην ίδια Χώρα. Φαίνεται, ότι το πρώτο βιβλίο είναι λιγώτερο γνωστό από το δεύτερο, το οποίο, ωστόσο παραμένει μέχρι τώρα καλά φυλαγμένο στην Ελληνική γη. Καθήκον, συνεπώς των Ελλήνων αλλά και των ξένων γεωεπιστημόνων είναι όχι μόνο να ερευνήσουν για τη διατήρηση μιας τέτοιας τεχνολογικής κληρονομιάς - και να διασφαλίσουν από αυτήν - αλλά και να την διαδόσουν ευρύτερα, σε μια εποχή που επιχειρούνται παραχαράξεις

των υπαρκτών ιστορικών δεδομένων απο αντιστόρητους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ardillon, E., 1897. "Les mines du Laurion dans l' Antiquite". Paris.
Αριστοτέλης, "Αθηναίων Πολιτεία". 22, 71.
Bachman, H., G., 1982. "The identification of slags from archaeological sites". Inst. of Archaeology, Occ. Pap. No 6, 38pp, London.
Backe-Forsberg, Y. and Risberg, C., 1986. "Metal working at Asine: 'New' finds from the 1926 season". Opuscula Atheniensi XVI, 10, 123-125
Bassiakos, Y., 1988. "Decay and protection of the ancient Greek mining heritage", in: P. Marinos and G. Koukis (eds) "The Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites", Vol 3, 1747-1757, Balkema, Rotterdam.
Bassiakos, Y. and Patriarcheas, K., 1985. Geologische Karte von Sifnos, in: G.A. Wagner and G. Weisgerber (eds) "Silber, Blei und Gold auf Sifnos." Der Anschnitt, Beiheft 3.
Bassiakos, Y., Michael, C. and Chaikalas, D., 1989. "Ancient metallurgical and mining studies on S.E. Peloponnese, Greece", in: Y. Maniatis (ed) "Archaeometry", 253-259, Elsevier, Amsterdam.
Bassiakos, Y., Kilikoglou, V., Vassilaki-Grimani, M. and Grimanis, A., P., 1990. "Provenance studies of Thera lead", in: P.A. Hardy et al., (eds) "Thera and the Aegean World III", Vol. 2, 337-345. The Thera Foundation, London.
Caskey, M., Meddoni, L., Papastamataki, A. and Beloyannis, N., 1988. "Metals in Keos: A first approach", in: P. Marinos and G. Koukis (eds) "The Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites", Vol 3, 1739-1745, Balkema, Rotterdam.
Chalkias, S., Vavelidis, M., Schmitt-Strecker, S. and Begeman, F., 1988. "Geologische Interpretation der Blei-Isotopen-Verhältnisse von Erzen der Insel Thassos, der Agais und Nordgriechenlands.", in: G. A. Wagner und G. Weisgerber (eds) "Antike Edel- und Buntmetallgewinnung auf Thassos." Der Anschnitt, Beiheft 6, 59-74.
Conophagos, C. et Papadimitriou, G., 1982. "La metallurgie du fer et de l' acier en Grece, pendant la periode classique", in: "Early Metallurgy in Cyprus", Acta of the International Archaeological Symposium, 363-372.
Davies, O., 1935. "Roman mines in Europe", Clarendon Press, Oxford.
Doumas, C. and Bassiakos, Y., 1992. "The island of Keros and its role in the Aegean Early Bronze Age: A Geoarchaeological approach." Presentation held at the 28th Intern. Symp. on Archaeometry, (Abstracts, p. 161), 23-27 March, Los Angeles, USA.
Ηρόδοτος, III, 57 & VI, 47.
Gale, N. H., Gentner, W. and Wagner, G. A., 1980. " The mineralogical and geographical silver sources for Archaic Greek coinage". Royal Numism. Soc., Spec. Publ. No 13, 3-50.
Gale, N. H. and Stos-Gale, Z. A., 1981. "Cycladic laed and silver metallurgy." BSA 76, 169-224.
Gentner, W., Gropengiesser, H., Wagner, G. A., 1980. "Blei und Silver im ägäischen Raum". Manheimer Forum 79/80, 144-217.
Gropengiesser, H., 1986. "Siphnos, Kap Agios Sostis." Mit. d. Deutsch. Archäol. Inst., Athen. Abt. Band 101, 1-39, Gebr. Man Verlag, Berlin, 1-39.
Θουκυδίδης, I, 100.
Καμπούρογλου, Ε., 1986. "Ελληνιστικό κτίριο και εμφανίσεις σιδηρομεταλλεύματος στο Ασπροχώμα Ερέτριας". Ανθρωπ. & Αρχαιολ. Χρονικά (Ευβοϊκή Αρχαιόφ. Εταιρεία) 1, 85-92. Χαλκίδα.
Kilikoglou, V., Bassiakos, Y., Vassilaki-Grmani, M. and Grimanis, A.P., 1992. "Chemical and mineralogical characterization of the Late Bronze Age lead from Thera: Local production or import ? ".
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

- Presentation held at the 28th Intern. Symp. on Archaeometry, (Abstracts, p.69), 23-27 March, Los Angeles, USA.
- Knapp, A.B. and Cherry, J.F., 1991. "Archaeological Science, statistics and cultural solutions: Trade patterns in the Bronze Age Eastern Mediterranean." in: E.Pernicka and G. A. Wagner (eds) "Archaeometry '90" 183-198, Birkhauser, Basel.
- Κονοφάγος, Κ., 1980. "Το αρχαίο Λαύριο." Εκδοτική Ελλάδος. Αθήνα.
- Μαρίνος και Petscheck, W., 1956. "Λαύριον." Γεωλ. & Γεωφ. Μελ., ΙΓΕΥ, Τομ. IV, 1, 1-247.
- Murad, E. and Hubberten, H., W., 1975. "Sulphide mineralization in phylites from the island of Thera, Santorini Archipelago, Greece." N.J.B. Min. Mh., H. 7., 300-308.
- Ξενοφών, "Πόροι." 4, 2.
- Ομηρος, "Ιλιάς." Β, 856.
- Παπασταμάκη, Α., 1975. "Η εκμετάλλευσις του Ορυκτού Πλούτου της Αρχαίας Ελλάδος." ΕΘΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Papastamataki, A., Leonis, G., Dimitriou, D. and Papanophytoy, P., 1986. "Slags and smelting furnaces in Archani, Phthiotis." Proc. 1st South Europ. Conf. in Archaeometry. PACT 15, 41-56.
- Παπασταμάκη, Α., 1986. "Η μελέτη των αρχαίων σκωριών και η συμβολή τους στην αποκάλυψη της παλαιότεχνολογίας στη μεταλλουργία." Γεωλ. & Γεωφ. Μελ., ΙΓΜΕ, (Τομ. εκτός σειράς), 329-339.
- Pernicka, E., 1987. "Erzlagerstätten in der Ägäis und ihre Ausbeutung im Altertum." Jahrb. Röm.-Germ. Zentrums., Mainz, 34, 607-714.
- Pernicka, E., Gentner, W., Wagner, G.A., Vavelidis, M. and Gale, N.H., 1980. "Ancient lead and silver production on Thassos, Greece." Max Planck Inst. f. Kernph., Heidelberg, V5.
- Pernicka, E., Bassiakos, Y. and Wagner, G.A., 1982. "Golgvorkommen und antiker Bergbau auf Sifnos." Naturwissenschaften, 69, 39-40.
- Pernicka, E., Seeliger, T.C., Wagner, G.A., Begeman, F., Schmitt-Strecker, S., Einber, C., Öztunali, Ö. und Baranyi, I., 1984. "Archäometallurgische Untersuchungen in Nordestanatolien." Jahrb. Röm.-Germ. Zentrums., Mainz, 31, 533-599.
- Photos, E., Filippakis, S.J. and Salter, C.J., 1985. "Preliminary investigation of some metallurgical remains at Knossos: Hellenistic to 3rd century A.D." in: "Furnaces and smelting technology in Antiquity." British Mus. Occ. Pap., 48, 189-197.
- Pichler, H. and Kussmaul, S., 1972. "The calc-alkaline volcanic rocks of Santorini group, (Aegean Sea, Greece)." N.J.B. Min. Abh., 116, 268-307.
- Rostocker, W. and Gebhard, E.R., 1981. "Iron smelting at Isthmia." J. Hist. Met. Soc., 15(1), 41-43.
- Skarpelis, N. and Liati, A., 1990. "The prevolcanic basement of Thera at Athinios: Metamorphism, plutonism and mineralization." in: D. A. Hardy et al., (eds) "Thera and the Aegean World III", Vol 2, 172-182, The Thera Foundation, London.
- Spitaels, P., 1984. "The Early Helladic Period in mine No 3 (Theatre Sector)" in: H. F. Mussche et al., (eds) "Thorikos VIII, (1972-76)", Com. des Fouilles Belges en Grece, 151-174.
- Σταυροπόδης, Ι. Δ., 1983. "Σωροί ραδιενεργών σκωριών στη Μακεδονία και Θράκη." Ορυκτός Πλούτος, 24, 41-46.
- Stos-Gale, Z. A. and Gale, N. H., 1982. "The sources of Mycenaean silver and lead." J. Field Archaeology, 9, 467-485.
- Στράβων, VII, 331.
- Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων, Σ.Μ.Ε., 1979. "Ο Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος." Αθήνα.
- Tholander, E. and Blomgren, S., 1985. "On the classification of ancient Theraic slag." *Αρχαιολογική Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης* Τμήμα Γεωλογίας, ΑΙΠΘΣ, 5, 415-425.

- Tylecote, R. F., 1976. "A History of Metallurgy." The Metals Society, London.
- Vavelidis, M. and Amstutz, G. C., 1983a. "New genetic investigations on the Pb-Zn deposits on Thassos (Greece)" in: "Mineral deposits of the Alps and the alpine epoch in Europe." Soc. Geol., Spec. Publ. 3. Heidelberg, Springer.
- Vavelidis, M. and Amstutz, G. C., 1983b. "Investigations in the gold occurrences in the Kinyra and Thassos (Sity) area of Thassos island (Greece)." in: Mineral deposits.. (see above).
- Vavelidis, M., Bassiakos, Y., Begeman, F., Patriarcheas, K., Pernicka, E., Schmitt-Sstrecke, S. and Wagner, G. A., 1985. "Geologie und Erzvorkommen (auf Sifnos)." Der Anschnitt, Beiheft 3, 59-80.
- Wagner, G. A. and Weisgerber, G., 1979. "The ancient silver mine at Ayios Sostis on Siphnos (Greece)." Arcaeophysika, 10, 209-222.
- Wagner, G. A. and Weisgerber, G., 1985. "Silber, Blei und Gold auf Sifnos." Der Anschnitt, Beiheft 3, 1-242.
- Wagner, G. A., Pernicka, E., Vavelidis, M., Baranyi, I. and Bassiakos, Y., 1986. "Archäometallurgische Untersuchungen auf Chalkidiki." Der Anschnitt, 38, H.5-6, 166-186.
- Wagner, G. A., Pernicka, E., Seeliger, T., Lorenz, I., Begeman, F., Schmitt-Strecke, S., Einber, C. and Öztunali, Ö., 1986. "Geochemische und isotopische Charakteristika früher Rohstoffquellen für Kupfer, Blei, Silber und Gold in der Türkei." Jahrb. Röm.-Germ. Zentralmus., 33, 723-752.
- Wagner, G. A. and Weisgerber, G., 1988. "Antike Edel- und Buntmetallgewinnung auf Thassos." Der Anschnitt, Beiheft 6, 1-279.