

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 5^{ΗΣ} ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1987

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΜΠΟΝΗ

ΓΕΩΛΟΓΙΑ. — **Ἡ παραγωγή χαλκοῦ στήν Πελασγία κατά τήν ἀρχαιότητα,**
 ὑπό τῶν *A. Παπασταματάκη - Δ. Δημητρίου**, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Περ.
 Θεοχάρη.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ παρούσα ἀνακοίνωση ἀναφέρεται στήν παραγωγή χαλκοῦ στήν Πελασγία
 Φθιώτιδας κατά τήν ἀρχαιότητα.

Ἡ Πελασγία βρίσκεται σέ μιὰ περιοχή τῆς ἀνατολικῆς Φθιώτιδας ποῦ κατοική-
 θηκε στήν περίοδο τῆς ἀκμῆς τοῦ Μυκηναϊκοῦ Πολιτισμοῦ. Τήν ἐποχὴ τοῦ Τρωϊκοῦ
 πολέμου, μέ τὸ ὄνομα «Πελασγικὸ Ἄργος» συμμετέχει στήν εὐήμεροῦσα Τετρά-
 πολη τοῦ Ἀχιλλέα καὶ παίρνει μέρος στήν ἐκστρατεία κατά τῆς Τροίας¹. Ἱστορικά,

* A. PASTAMATAKI, D. DIMITRIU, **The Production of Copper in Pelasgia in Antiquity.**

1. Ἡ Πελασγία εἶναι μιὰ περιοχή τοῦ Φθιωτικοῦ χώρου, ποῦ κατοικήθηκε ἀπὸ τὶς Ἰνδοευρω-
 παϊκὲς φυλές, στήν περίοδο τῆς Ἑλληνικῆς Προϊστορίας, στήν ἀκμὴ τοῦ Μυκηναϊκοῦ Πολιτισμοῦ
 [1]. Στὸ βόρειο μέρος τῆς Πελασγίας βρίσκονται τὰ ἐρείπια τῆς ἀρχαίας πόλης, τῆς Κρεμαστῆς
 Λάρισας, ὅπου ὑπάρχουν ὑπόλοιπα τοῦ τείχους καὶ ναὸς τοῦ Ἑρμῆ. Στήν περιοχή ἀφθονοῦν τὰ
 κεραμεικὰ ὄστρακα. Μὲ τὸ ὄνομα Πελασγικὸ Ἄργος φέρεται ἡ Πελασγία σὰν μία ἀπὸ τὶς τέσσε-
 ρις πόλεις τῆς Τετράπολης τοῦ Ἀχιλλέα, ποῦ ἦταν: τὸ Πελασγικὸ Ἄργος, (γενέτετρα τοῦ Ἀχιλ-
 λέα), ἡ Ἄλω, ἡ Ἀλόπη καὶ ἡ Τραχίνα. Οἱ πόλεις αὐτὲς βρίσκονται στὴ Φθιώτιδα [2]. Ἡ Τρα-
 χίνα ἦταν ἡ πρωτεύουσα τῆς Ἑλλάδας τοῦ Ἀχιλλέα, ἀπὸ τὴν ὁποία ξεκίνησε ὁ στόλος του, μέ 50
 πλοῖα, κατά τῆς Τροίας [2]. Σχετικοὶ εἶναι οἱ παρακάτω στίχοι τῆς Ἰλιάδας (B 681-685):

«Νῦν αὖ τοὺς ὅσσοι τὸ Πελασγικὸν Ἄργος ἔναιον,
 οἳ τ' Ἄλον, οἳ τ' Ἀλόπην, οἳ τε Τρηχῖνα νέμοντο,
 οἳ τ' εἶχον Φθίην ἠδ' Ἑλλάδα καλλιγύναικα,

έμφανίζεται τὸν 5ο π.Χ. αἰ. [1, 2, 3]. Ἀπὸ τὰ μέσα τοῦ 3ου π.Χ. αἰ., βρίσκεται πάλι σὲ ἀκμῇ, τὴν ὁποία διατηρεῖ μέχρι τὰ Βυζαντινὰ χρόνια [1]. Εἶναι δύσκολο νὰ δεχτοῦμε ὅτι ἡ εὐημερία τῆς ποῦ κράτησε πάνω ἀπὸ δέκα αἰῶνες, βασίστηκε μόνο στοὺς φημισμένους ἀμπελῶνες καὶ τοὺς κήπους τῆς «ἐριβόλου Φθίης». Εἶναι γνωστό ὅτι ὁ ὀρυκτὸς πλοῦτος καὶ ἡ παραγωγή μετάλλων εἶναι βασικοὶ παράγοντες τῆς οἰκονομικῆς εὐρωστίας μιᾶς χώρας.

Ὅμως, σὲ κανένα σύγγραμμα δὲν ἀναφέρεται ἡ παραγωγή χαλκοῦ στὴν Ἑλλάδα. Ἀπὸ ὅσα ξέρουμε, στὴν ἀρχαία Ἑλλάδα ὑπῆρχε παραγωγή χρυσοῦ, ἀργύρου, σιδήρου καὶ χάλυβα. Ὁ Ὀμηρὸς² ἀναφέρει χρυσὰ λαγήνια καὶ χρυσὰ ποτήρια. Σὲ στίχους τῆς Ἰλιάδας³, ἀναφέρει συχνὰ τὸ σίδηρο ἀλλὰ καὶ τὸ χάλυβα. Ὁ Ἡρόδοτος ἀναφέρει τὴν παραγωγή χρυσοῦ καὶ ἀργύρου στὴ Μακεδονία καὶ χρυσοῦ στὴ Θάσο καὶ στὴ Σίφνο⁴. Τὴν παραγωγή ἀργύρου στὸ ἀρχαῖο Λαύριο περιγράφει ὁ καθηγητῆς Κ. Κονοφάγος, στὸ σύγγραμμά του «Τὸ Ἀρχαῖο Λαύριο» [4]. Τὴν παραγωγή σιδήρου στὸ Λαύριο τῆς κλασικῆς περιόδου, περιγράφουν ὁ Κ. Κονοφάγος καὶ ὁ Γ. Παπαδημητρίου [5]. Οἱ ἴδιοι συγγραφεῖς, περιγράφουν τὴν παραγωγή τοῦ χάλυβα στὴν ἀρχαιότητα [6].

Μυρμιδόνες δὲ καλεῦντο καὶ Ἕλληνες καὶ Ἀχαιοί,
τῶν αὐτῶν πεντήκοντα νεῶν ἦν ἀρχὸς Ἀχιλλεύς».

Ἐπομένως, ἡ Πελασγία βρίσκεται σὲ ἀκμῇ στὴν περίοδο τοῦ Τρωϊκοῦ πολέμου. Ἀργότερα, γιὰ πολλοὺς αἰῶνες παρακμάζει. Ἴσως ἡ περίοδος τῆς παρακμῆς νὰ συνδέεται μὲ τὴν κάθοδο τῶν Δωριέων. Ἱστορικά, ἡ Πελασγία ξαναεμφανίζεται τὸν 5ο π.Χ. αἰ., στὸν ὁποῖο ἀποδίδεται ἡ κατασκευὴ ὀχυρωματικοῦ τείχους τῆς Κρεμαστῆς Λάρισας. Τὸ 302 π.Χ., ἡ Κρεμαστὴ Λάρισα καταλήφθηκε ἀπὸ τὸ Δημήτριο Πολιορκητὴ [1, 2, 3, 13]. Ὅπως γράφει ὁ Διδώωρος (Κ' 110, 2), ὁ Δημήτριος ἀνακύρηξε ἐλεύθερη τὴν Κρεμαστὴ Λάρισα. Ἡ πόλις διατήρησε τὴν ἀκμῇ τῆς μέχρι τοὺς Βυζαντινοὺς χρόνους. Στὴν Τουρκοκρατία καταστράφηκε ὀλοκληρωματικά [13].

Γιὰ τὶς ὀνομασίες τῆς Πελασγίας, ὁ Βορτσέλας [2] γράφει: «Λάρισα ἢ Κρεμαστὴ, Λάρισα ἢ Πελασγία ἢ Πελασγικὸν Ἄργος». Ὁ δὲ Στράβωνας ἐξηγεῖ: Γεωγρ. Θ. C435, 13 καὶ C 440 «τῆς δ' ἐξῆς παραλίαις ἐν μεσογαίᾳ ἐστὶν ἡ Κρεμαστὴ Λάρισα, ἢ δ' αὐτὴ καὶ Πελασγία λέγεται». Πιὸ κάτω προσθέτει: «Λάρισα λεγομένη Πελασγία».

2. Ὀμηρὸς, γ 43, 53, 290, 321, δ 48-75, ε 198, ζ 81, 217, θ 409, ι 392, χ 90.

3. Ὀμηρὸς Β 716, Ψ 832.

4. Ἡρόδοτος VII 112, VI 46, 47, III 57 «χρυσέα τε καὶ ἀργύρεα ἐνι μέταλλα», γράφει γιὰ τὰ μέταλλα τοῦ Παγγαίου.

Ἡ ποσότητα τοῦ παραγόμενου Λαυρεωτικοῦ ἀργύρου ἦταν μεγάλη⁵. Ἡ νίκη τῆς Σαλαμίνας κατὰ τοῦ Περσικοῦ στόλου ὀφείλεται, ἐν μέρει, στήν ἀφθονία τοῦ Λαυρεωτικοῦ ἀργύρου. Ἡ οἰκονομική ὑπεροχή τοῦ Φιλίππου, σέ σύγκριση μέ τοὺς χρυσούς Δαρεικοὺς στατῆρες, στηρίχθηκε στὰ πολύτιμα μέταλλα τῆς Μακεδονίας.

Παρόμοιοι συλλογισμοὶ σχετικὰ μέ τὴν ἀκμὴ τῆς Πελασγίας, ὀδηγοῦν στὸ συμπέρασμα ὅτι στήν Πελασγία, ἐκτὸς ἀπὸ τὸν ἐδαφικό της πλοῦτο, ὑπῆρχε καὶ ὀρυκτὸς πλοῦτος, ποὺ εἶχε παραμείνει ἄγνωστος μέχρι σήμερα. Ἄλλωστε, ἄγνωστες εἶχαν παραμείνει καὶ οἱ μεταλλουργικὲς δραστηριότητες ποὺ ἔλαβαν χώρα ἐκεῖ, σέ παλαιὲς ἐποχές, ἀντίστοιχες μέ ἐκεῖνες τῆς ἐκμετάλλευσης τοῦ ὀρυκτοῦ πλούτου. Τὴν ὑπαρξὴ ὀρυκτοῦ πλούτου, συγκεκριμένα τοῦ χαλκοῦχου μεταλλεύματος, περιγράφουμε σέ μελέτη μας, ποὺ θὰ ἀνακοινωθεῖ σύντομα.

Τὴν ἐκτέλεση μεταλλουργικῶν ἐργασιῶν στήν Πελασγία, ἀποδεικνύουν οἱ διασωθεῖσες 100.000 κ.μ. χαλκοῦχες σκωρίες, ποὺ ἐντοπίστηκαν στὴ θέση «Κάστρο», κοντὰ στὴν Ἀκρόπολη τῆς ἀρχαίας πόλης.

Ὅπως προαναφέραμε, δὲν ὑπάρχουν μαρτυρίες γιὰ τὴν παραγωγή χαλκοῦ στὴν ἀρχαία Ἑλλάδα. Τὰ χάλκινα ἀντικείμενα ἢ χωνευτήρια ποὺ βρέθηκαν στὸ Σέσκλο τῆς Θεσσαλίας ἢ καὶ στοὺς Σιταγροὺς τῆς Μακεδονίας, μπορεῖ νὰ ὀφείλονται στὴ μεταλλοτεχνία.

Ἡ δική μας ἐργασία εἶναι μέρος τῆς ἔρευνας ποὺ ἄρχισε ἡ πρώτη ἀπὸ τοὺς συγγραφεῖς, τὸ 1975, μέ σκοπὸ τὴ μελέτη τῶν διαφόρων ἀρχαίων σκωριῶν⁶ στὴν Ἑλλάδα, κατὰ περιοχὲς [7].

Ἀργότερα, ἡ ἔρευνά μας στράφηκε στὸν τομέα τῆς τεχνολογίας, ὅσον ἀφορᾷ στὸ εἶδος καὶ τὴ μεταλλουργικὴ κατεργασία τοῦ μεταλλεύματος, ἀπὸ τὸ ὁποῖο ἔχουν προέλθει οἱ σκωρίες ποὺ περιέχουν χαλκό. Μία ἀπὸ τίς περιοχὲς ποὺ συγκεντρώνει πολλές χαλκοῦχες σκωρίες, εἶναι ἡ Φθιώτιδα μέ 150.000 μ³, περίπου, ὅπως ὑπολογίστηκαν τὸ 1977.

5. Ὁ Θεόφραστος, Περὶ Λίθων, γιὰ τὸ ἀργυροῦχο μέταλλευμα τοῦ Λαυρίου γράφει: «ἡ ἐκ τοῦ ἀργύρου λίθος, ἡ μεμιγμένη ἀργύρω».

6. Τὸ 1975, ὁ Ὑπουργὸς στὸ Ὑπουργεῖο Βιομηχανίας καὶ Ἐνέργειας, καθηγητῆς Κ. Κονοφάγος ἔδωσε ἐντολὴ στὸ ἐποπτευόμενο ἀπὸ τὸ Ὑπουργεῖο ΙΓΜΕ, νὰ ἐρευνήσῃ τίς χρυσοφόρες πηγές στὴν Ἑλλάδα. Εἶχα τὴν τιμὴ νὰ μοῦ ἀνατεθεῖ ἀπὸ τὸν τότε Πρόεδρο τοῦ Δ.Σ. τοῦ ΙΓΜΕ, καθηγητῆ, Γ. Μαρίνο, ἡ ἔρευνα τῶν σκωριῶν ἀπὸ τὴν πλευρὰ τῆς φημολογούμενης χρυσοφορίας τους.

Με τή σκέψη ότι όπου υπάρχει σκωριών υπάρχει και ή μεταλλουργική κάμιнос, [8], ανακαλύψαμε τὸ 1983, τὸ μεταλλουργικὸ κέντρο παραγωγῆς χαλκοῦ στὸ Ἀρχάνι Φθιώτιδας [9]. Τὸ κέντρο αὐτὸ εἶχε λειτουργήσει γύρω στὸν 3ο π.Χ. αἰ., ἢ καὶ λίγο ἀργότερα.

Τὸ σημαντικότερο ὅμως κέντρο παραγωγῆς χαλκοῦ στὴ Φθιώτιδα εἶναι τὸ κέντρο τῆς Πελασγίας. Οἱ σκωρίες τῆς Πελασγίας, σὲ ἓνα μεγάλο ποσοστὸ, περιέχουν μεταλλικὸ χαλκό, σὲ σταγόνες ἢ μικρὰ τεμάχια, μέσα στὴ μάζα τους.

Ἡ ὑπαρξὴ μεταλλικοῦ χαλκοῦ μέσα στὶς σκωρίες ἀποτελεῖ ἀναμφισβήτητη ἀπόδειξη ὅτι οἱ σκωρίες τῆς Πελασγίας ἔχουν προέλθει ἀπὸ πυρομεταλλουργικὴ κατεργασία χαλκούχου μεταλλεύματος γιὰ τὴν ἐξαγωγή χαλκοῦ.

Τὸ χαλκοῦχο μετάλλευμα, στὸ μέγιστο μέρος του, ἦταν ὀξειδωμένο. Τὰ κύρια ὄρυκτὰ τοῦ χαλκοῦ ἦταν ὁ μαλαχίτης ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) καὶ ὁ ἀζουρίτης ($2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$), λιγότερο.

Στὴ μελέτη, τὴν ὁποία θὰ καταθέσουμε γιὰ ἀνοικοίνωση, περιγράφουμε τὰ ἀρχαῖα μεταλλεῖα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἔχει προέλθει τὸ χαλκοῦχο μετάλλευμα, πὺ τροφοδότησε τὶς καμίνοὺς στὸ «Κάστρο» τῆς Πελασγίας.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ - ΟΙ ΣΚΩΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΛΑΣΓΙΑΣ

Στὴν ἐργασία αὐτὴ παρουσιάζονται τὰ ἀποτελέσματα τῆς μελέτης τῶν σκωριῶν τῆς Πελασγίας.

Στὴν Πελασγία, ἡ μεταλλευτικὴ καὶ μεταλλουργικὴ δραστηριότητα ὑπῆρξε μακρόχρονη. Ἦταν τὸ σημαντικότερο ἀπὸ ὅλα τὰ ἄλλα μεταλλουργικὰ κέντρα, πὺ ἐντοπίσαμε στὴ Φθιώτιδα, με βάση τὴν τεράστια ποσότητα τῶν σκωριῶν πὺ διασώθηκε στὸ «Κάστρο» τῆς Πελασγίας.

Ὅρισμένοι συγγραφεῖς [2, 10, 11] ἔχουν ἀναφέρει τὴν ὑπαρξὴ σκωριῶν σὲ ὀρισμένες περιοχὲς τῆς Φθιώτιδας, ὅπως στὸ Ἀρχάνι, στὰ Στύρφακα, τὴ Μελιταία, τὸν Ἀχινό, Λιμογάρδι ἢ Ναρθάκιο, στὸ Γαρδίκι⁷ καὶ στοὺς Ἀγίους Θεοδώρους⁸. Πάντως, δὲν βρήκαμε καμὶ ἱστορικὴ ἀναφορὰ στὶς μεταλλουργικὲς ἐργασίες καὶ τὸν ὄγκο τῶν σκωριῶν στὸ «Κάστρο» τῆς Πελασγίας.

7. Ἡ λέξη Γαρδίκι εἶναι σλαβικὴ καὶ σημαίνει πολίχνη [3].

8. Οἱ Ἅγιοι Θεόδωροι δὲν ὑπάγονται στὸ Νομὸ Φθιώτιδας, ἀλλὰ βρίσκονται στὴν περιοχὴ τῆς Ὀθρης, πὺ μελετοῦμε.

Ἡ παρατήρηση ὑπάρξεως τῶν σκωριῶν στὴ Φθιώτιδα ἔγινε γύρω στὸ 1975, ἀπὸ γεωλόγους τοῦ ΙΓΜΕ. Ἡ μελέτη τῶν σκωριῶν αὐτῶν ἄρχισε τὸ 1977. Στὴ διάρκεια τῆς ἔρευνας ἐντοπίσαμε ὀρισμένες περιοχές, στὶς ὁποῖες εἶχε λάβει χώρα παραγωγή χαλκοῦ, σὲ διάφορες χρονικὲς περιόδους. Οἱ περιοχὲς αὐτές, οἱ ὁποῖες μπορεῖ νὰ χαρακτηρισθοῦν μεταλλουργικὰ κέντρα γιὰ τὶς περιόδους δραστηριότη-
τας, εἶναι ἡ Πελασγία, τὸ Ἀρχάνι, τὸ Περιβόλι, τὰ Στύρφακα, τὸ Λιμογάρδι, τὸ Καλαμάκι, ἡ Ἀνάβρα, ἡ Σπαρτιά, ἀλλὰ καὶ οἱ Ἅγιοι Θεόδωροι, ποὺ βρίσκονται στὴ Β.Α./κὴ Ὁθρη [11].

Ἡ ὀλικὴ ποσότητα τῶν σκωριῶν στὴ Φθιώτιδα ὑπολογίστηκε σὲ 150.000 κ.μ. Ἀπὸ τὴν ποσότητα αὐτή, 100.000 κ.μ. βρέθηκαν στὴν Πελασγία, τὸ 1977. Ἀπὸ τότε, ἡ ποσότητα τῶν σκωριῶν λιγόστεψε.

Στὴν ἀρχὴ μελετήσαμε τὸ κέντρο τοῦ Ἀρχανίου [9]. Ἀργότερα, τὸ 1985, παρουσιάσαμε μιὰ πρόδρομὴ ἀνακοίνωση γιὰ τὸ κέντρο τῆς Πελασγίας καὶ ὄλων τῶν ἄλλων περιοχῶν ποὺ προαναφέρθηκαν [12].

Στὴν παρούσα ἐργασία παρουσιάζουμε τὰ τελικὰ μας συμπεράσματα, μὲ βάση τὴ μελέτη τῶν σκωριῶν τῆς Πελασγίας, οἱ ὁποῖες περιέχουν χαλκό.

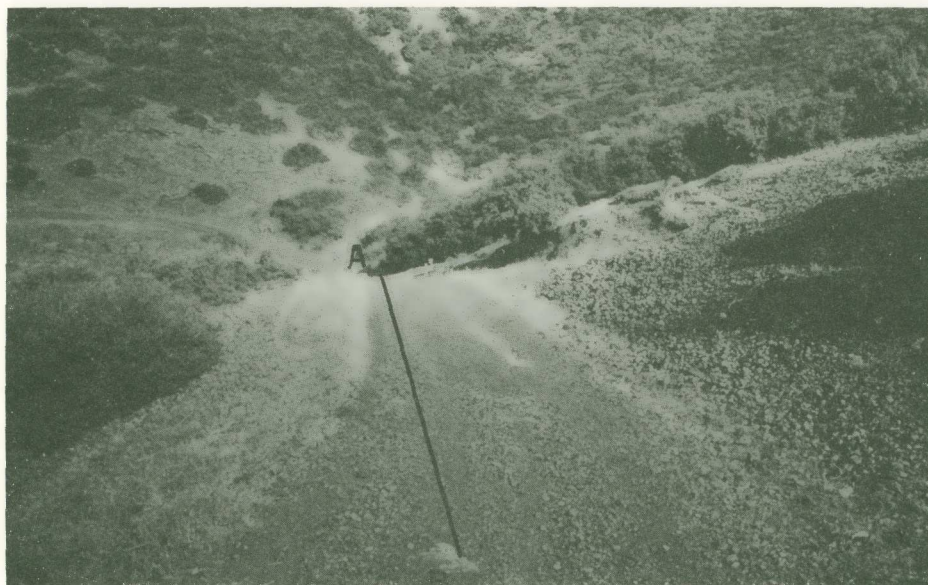
Οἱ σκωρίες τῆς Πελασγίας σκεπάζουν τὴν πλαγιὰ τοῦ λόφου, στὴ θέση «Κάστρο» (εἰκ. 1 καὶ 2), ποὺ ἔχει ὑψόμετρο 460 μέτρα. Ἡ θέση αὐτὴ ἔχει ἐπιλεγεῖ ἀπὸ τοὺς ἀρχαίους γιὰ τὶς μεταλλουργικὲς ἐργασίες, γιὰτὶ συγκεντρώνει τὰ πλεονεκτήματα, ποὺ συνήθως ἔχουν τὰ μεταλλουργικὰ κέντρα στὸν Ἑλλαδικὸ χῶρο, δηλ. πηγαῖο νερὸ καὶ ἄφθονη καύσιμη ὕλη. Καὶ κυρίως διότι εἶναι κοντὰ στὰ μεταλλεῖα.

Σὲ μιὰ θέση, ἀνατολικά τοῦ «Κάστρου», ὑπάρχει μιὰ μικρὴ ποσότητα ἀπὸ κομμάτια σκωριῶν μικροῦ μεγέθους, ὄγκου μέχρι 10 κ. ἐκατ., περίπου, ἀνακατωμένες μὲ προσχώσεις. Τὸ μικρὸ μέγεθος, ἡ μορφή τῶν σκωριῶν, ἡ μεγάλη ἀνάμιξη, πάνω ἀπὸ 50% μὲ προσχώσεις καὶ ἡ μορφολογία τοῦ ἐδάφους, ὀδηγοῦν στὸ συμπέρασμα ὅτι οἱ σκωρίες αὐτὲς εἶναι φερτές.

Ἡ μετακίνηση μικρῶν τεμαχίων σκωριῶν εἶναι εὐκόλη μὲ τὶς βροχὲς καὶ τοὺς ἀνέμους. Ἔτσι, οἱ μικρὲς αὐτὲς σκωρίες μετατοπίστηκαν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ τους θέση στὸ «Κάστρο» καὶ ἀποτέθηκαν μαζὶ μὲ προσχώσεις, σὲ μιὰ ἐπίπεδη ἐπιφάνεια, 40 × 70 μ., στὴ θέση ποὺ περιγράψαμε. Ἐκεῖ, σχημάτισαν ἓνα συμπαγὲς ὄγκο, σὲ σχῆμα ἐπίπεδης στρωμάτωσης, πάχους 1-1.5 μ. Ἡ μεγάλη ὅμως ποσότητα τῶν σκωριῶν εἶναι στὸ «Κάστρο». Οἱ σκωρίες στὸ «Κάστρο» μαζὶ μὲ τὶς σκωρίες τῶν προσχώσεων ὑπολογίστηκαν σὲ 100.000 κ.μ. Ἀκόμη, ὑπάρχουν διάσπαρτες σκωρίες



Είχ. 1. Μια στενή περιοχή τής πλαγιᾶς με σκωρίες στο «Κάστρο». Τὸ φρεάτιο ἔχει μῆκος 0,8 μ. καὶ βρίσκεται στὴ βορεινὴ πλευρὰ τοῦ δρόμου ποὺ χαρακτηθε τὸ 1972. Οἱ μεγάλες σκωρίες, στὸ κάτω μέρος τῆς εἰκόνας, βρίσκονται νότια τοῦ δρόμου.



Είχ. 2. Δυτικὲς ἀπολήξεις τοῦ σωροῦ τῶν σκωριῶν. Διακρίνεται ὁ ἀγροτικὸς δρόμος ποὺ ἔκοψε τὸ σωρὸ. Ἀπόσταση AB=60 μ.

σὲ ἀπόσταση 500-1000 μ. ἀπὸ τὸ «Κάστρο», ὅπως καὶ μέσα στὸ ρέμα τοῦ Ἁγίου Δημητρίου, κοντὰ στὴ χαράδρα. Οἱ σκωρίες ποὺ βρίσκονται μέσα στὸ ρέμα, κάτω ἀπὸ τὴ μακροχρόνια ἐπίδραση τοῦ νεροῦ τοῦ ρέματος, ἔχουν λεία καὶ στρογγυλεμένη ἐπιφάνεια, σὲ ἀντίθεση μὲ τὶς σκωρίες τοῦ σωροῦ στὸ λόφο ποὺ ἔχουν αἰχμηρὲς ἐξοχὲς στὶς ἐπιφανείες τους.

Οἱ σκωρίες στὸ «Κάστρο» εἶχαν σχηματίσει ἕνα σωρὸ, μὲ ὕψος 150 μ., περίπου. Ἡ βάση τοῦ σωροῦ χανότανε μέσα στὴ γειτονικὴ χαράδρα καὶ ὁ ὑπολογισμὸς τοῦ κυβισμοῦ τῶν σκωριῶν ἦταν πολὺ δύσκολος. Τὸ 1972, χαράχθηκε ἕνας ἀγροτικὸς δρόμος ποὺ ἔκοψε τὸ σωρὸ σὲ δύο μέρη. Ἡ χάραξη αὐτὴ ἀποκάλυψε τὸ πάχος τοῦ σωροῦ μέχρι 1,5 μ., πάνω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ δρόμου. Οἱ σκωρίες ὅμως συνεχίζονται καὶ κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ δρόμου σὲ βάθος 1,5 μ. περίπου, ὅπου ἔχουν τοποθετηθεῖ ἀγωγοὶ γιὰ ὕδρευση τῆς Κοινότητος τῆς Πελασγίας. Τὸ μῆκος τοῦ σωροῦ τῶν σκωριῶν πάνω στὸ δρόμο εἶναι 210 μ.

Μὲ τὴ χάραξη τοῦ δρόμου ἀποκαλύφθηκαν στρώσεις σκωριῶν ποὺ δὲν ἦταν πρὶν ὁρατές. Σὲ πολλὰ σημεῖα, κατὰ μῆκος τοῦ δρόμου, οἱ στρώσεις ἔχουν καταστραφεῖ ἀπὸ τὶς δυνατὲς βροχὲς καὶ τοὺς ἰσχυροὺς ἀνέμους ποὺ χαρακτηρίζουν τὴν περιοχὴ. Οἱ στρώσεις ποὺ διασώθηκαν φαίνονται στὴν εἰκόνα 3. Τρεῖς στρώσεις



Εἰκ. 3. Διακρίνονται οἱ στρώσεις σκωριῶν μὲ τὶς ἐνδιάμεσες προσχώσεις, σ' ἕνα τμήμα μῆκους 16,0 μ.



Είχ. 4. Άνω: Δείγμα σκωρίας με έντονα χαρακτηριστικά σταδιακής ψύξης.
Κάτω: Δείγμα διπλής σκωρίας.

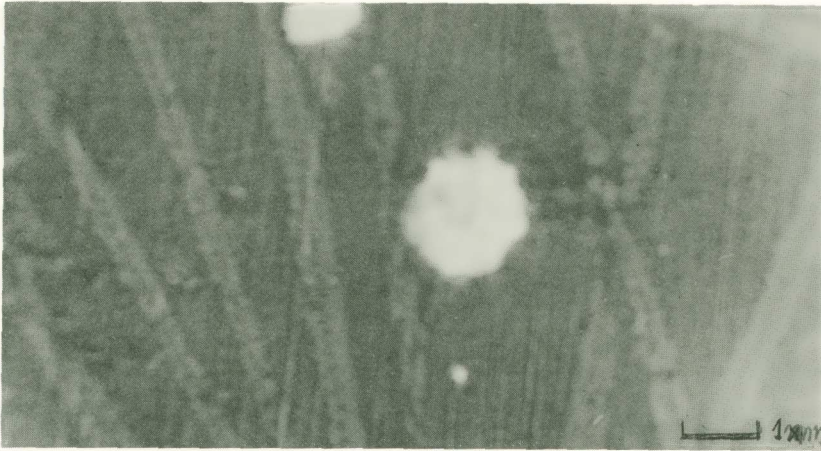
σκωριών διακρίνονται ψηλότερα από τὸ δρόμο. Ἡ πιὸ πάνω στρώση εἶναι σκεπασμένη με πυκνὴ βλάστηση. Ἀνάμεσα στὶς στρώσεις ἔχουν ἀποτεθεῖ προσχώσεις μαζί με κομμάτια σκωρίας, πάχους 20-30 ἐκ. Ὁ τρόπος ἀπόθεσης τῶν σκωριῶν κάτω ἀπὸ τὸ δρόμο πρέπει νὰ ἐρευνηθεῖ με βαθιὰς τομὰς (τρανσέρες) καὶ νὰ ληφθοῦν δείγματα ἀπὸ τὶς πιθανὲς στρώσεις, γιὰ χρονολόγηση. Ἔτσι, μπορεῖ νὰ προκύψουν στοιχεῖα χρονολόγησης τῆς ἀρχῆς καὶ τοῦ τέλους τῶν ἐργασιῶν.

Οἱ προσχώσεις ἀνάμεσα στὶς στρώσεις τῶν σκωριῶν ἀποτέθηκαν, προφανῶς, σὲ χρόνον διακοπῶν τῶν μεταλλουργικῶν ἐργασιῶν. Ἀπὸ τὸ πάχος τῶν προσχώσεων προκύπτει ὅτι ἡ διάρκεια τῶν διακοπῶν καλύπτει ἕνα μακρόχρονο διάστημα, πού εἶναι δύσκολο νὰ ὑπολογιστεῖ πρὶν ἀπὸ τὴ χρονολόγηση τῶν στρώσεων.

Οἱ σκωρίες τῆς Πελασγίας εἶναι παρόμοιες με τὶς σκωρίες ἄλλων περιοχῶν τῆς Φθιώτιδας, ἀπὸ μακροσκοπικὴ ἄποψη. Ἐχουν χρῶμα γκριζοκαστανόφαιο ὡς μαῦρο, μέγεθος μικρὸ καὶ μεγάλο καὶ μάζα πορώδη ἢ συμπαγὴ, με μεταλλικὴ χροιά ἢ ὑαλώδη, με πόρους ἢ χωρὶς πόρους. Ἐχουμε δηλ. σκωρίες πυριτικές (ὑαλώδεις) καὶ σκωρίες κρυσταλλικὲς (σιδηροῦχες), πλούσιες σὲ ὀξειδία τοῦ σιδήρου. Οἱ ὑαλώδεις εἶναι ἄμορφες καὶ συμπαγεῖς. Οἱ κρυσταλλικὲς φέρουν σημεῖα σταδιακῆς ψύξης στὴν ἐπιφάνειά τους, (εἰκ. 4), ἐνῶ ἄλλες φέρουν ὀξειδώσεις χαλκοῦ καὶ σιδήρου. Ἄλλα κομμάτια σκωρίας φέρουν τεμάχια ξυλοκάρβουνο, τὰ ὅποια με μικρὴ μετακίνηση θρυμματίζονται. Πολλὰ δείγματα σκωριῶν ἐγκλείουν στὴ μάζα τους μικρὰ λευκὰ ἄτηκτα τεμάχια ἀπὸ δύστηκτες πυριτικές ἐνώσεις, ὅπως π.χ. κρυστοβαλίτη (διάγραμμα περίθλασης ἀκτίνων X, 1). Ἀρκετὰ κομμάτια σκωρίας κρατοῦν στὴ μάζα τους σφαιρία μεταλλικοῦ χαλκοῦ, με διάμετρο μέχρι 4 χιλιοστά. Τέτοια σφαιρία ἀπαντοῦν σὲ ἀρκετὲς ὑαλώδεις σκωρίες πάνω στὸ σωρὸ (εἰκ. 5). Μεγαλύτερα τεμάχια μεταλλικοῦ χαλκοῦ, 5-10 χιλ., ἀλλὰ καὶ μικρότερα, ἀπαντοῦν μέσα σὲ σκωρίες πλούσιες σὲ ὀξειδία σιδήρου. Ὅπως προαναφέρθηκε, ἡ ὑπαρξὴ μεταλλικοῦ χαλκοῦ μέσα στὶς σκωρίες ἀποτελεῖ ἀναμφισβήτητη ἀπόδειξη ὅτι οἱ σκωρίες τῆς Πελασγίας ἔχουν προέλθει ἀπὸ πυρομεταλλουργικὴ κατεργασία χαλκούχου μεταλλεύματος γιὰ τὴν ἐξαγωγή τοῦ χαλκοῦ.

3. Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΣΚΩΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΛΑΣΓΙΑΣ

Ἡ μελέτη τῶν σκωριῶν στηρίχθηκε σὲ ἐπιλεγμένα δείγματα, με κριτήριον τὸ φαινόμενο εἰδικὸ βάρους καὶ τὰ μακροσκοπικὰ τους γνωρίσματα. Ἡ τιμὴ τοῦ εἰδικοῦ βάρους (πρόκειται πάντα γιὰ τὸ φαινόμενο εἰδικὸ βάρους), κυμαίνεται γενικῶς, μεταξὺ 2,33 καὶ 3,5 γρ./κ.ἐκ. Ὅρισμένα κομμάτια πού περιέχουν ἀρκετὸ χαλκὸ, ἔχουν



Εικ. 5. Υαλώδης σκωρία με σφαιρίδια μεταλλικού χαλκού από το «Κάστρο». Η διάμετρος του μεγάλου σφαιρίου είναι 1,5 χιλ. (Μικροφωτογραφία).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Η μεταβολή της τιμής του ειδ. βάρους των σκωριών Πελασγίας, σε συνάρτηση με τα όξειδια του σιδήρου, κυρίως. Τα όξειδια του χαλκού και του ψευδαργύρου είναι ποσοτικά άμελητά σε σύγκριση με τα όξειδια του σιδήρου.

%	4A	61	64	65	67	68	69	70	644
Σύνολο οξ. Fe, Cu, Zn	30,8	29,6	47,1	28,1	38,4	34,1	30,8	41,4	42,8
SiO ₂	42,0	42,5	32,0	43,0	38,0	41,5	42,5	36,0	39,0
Ειδ. Β. γ/κ.έκ.	2,33	3,00	4,06	3,49	3,24	3,53	2,80	3,78	2,60

ειδικό βάρος μεγαλύτερο. Ένα τέτοιο δείγμα, με ειδικό βάρος 4,7 γρ./κ.έκ., φαίνεται στην εικόνα 6. Οι πυριτικές σκωρίες έχουν ειδικό βάρος χαμηλότερο συνήθως από 3 γρ./κ.έκ. Στόν πίνακα 1 δίνονται όρισμένα όξειδια που ελέγχουν την τιμή του ειδικού βάρους της σκωρίας. Παρατηρείται, όμως, ότι όρισμένα δείγματα με μεγάλο ποσοστό οξειδίων μετάλλων, έχουν χαμηλότερο ειδ. βάρος από το αναμενόμενο. Αυτό οφείλεται στα ένυδρα όξειδια του σιδήρου που έχουν σχετικά χαμηλό ειδικό βάρος.

Για παράδειγμα αναφέρουμε στὸν πίνακα 2, τὰ εἰδικὰ βάρη μερικῶν ὀξειδίων τοῦ σιδήρου [14]. Ἡ τιμὴ τοῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ ὀξειδίου τοῦ σιδήρου εἶναι μικρότερη ὅταν τὸ ὀξείδιο τοῦ σιδήρου εἶναι ἔνυδρο ἢ εἶναι ἐνωμένο μὲ διοξείδιο τοῦ πυριτίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ σιδήρου καὶ ὀρισμένων ὀξειδίων τοῦ σιδήρου, μὲ διαφορετικὸ βαθμὸ ὀξειδωσις.

	Fe	FeO	αἰματίτης Fe ₂ O ₃	μαγνητίτης FeO·Fe ₂ O ₃	γκετίτης Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O	φαυαλίτης 2FeO·SiO ₂
Εἰδ. Β. γ/κ.έκ.	7,55	5,7	5,1	5,17	4,28	4,2

Ἡ ὀρυκτολογικὴ ἀνάλυση τῶν σκωριῶν μὲ ἀκτίνες X ἔδειξε ὅτι οἱ μὲν πυριτικές εἶναι ἄμορφες, ἐνῶ οἱ σιδηροῦχες κρυσταλλικὲς ἀποτελοῦνται κυρίως ἀπὸ φαυαλίτη μὲ μικρὴ ποσότητα ὀξειδίων τοῦ σιδήρου, συνήθως Fe₂O₃ (διάγραμμα περιήλασης 2).

Ἡ χημικὴ σύσταση τῶν σκωριῶν τῆς Πελασγίας δίνεται στὸν πίνακα 3. Παρατηροῦμε ὅτι τὰ κύρια συστατικὰ εἶναι τὰ ὀξείδια τοῦ σιδήρου, τοῦ πυριτίου, τοῦ ἀργιλίου καὶ τοῦ ἄσβεστίου, τὰ ὁποῖα δίνουν ἄθροισμα πάνω ἀπὸ 90%. Τὸ διοξείδιο τοῦ πυριτίου κυμαίνεται μεταξὺ 32 καὶ 47%. Τὰ διάφορα ὀξείδια τοῦ σιδήρου ὑπολογισμένα ὡς FeO, κυμαίνονται μεταξὺ 23 καὶ 45,9%. Τὸ ὀξείδιο τοῦ ἀργιλίου βρίσκεται μεταξὺ 12, 2 καὶ 18,9%, ἐνῶ τὸ ὀξείδιο τοῦ ἄσβεστίου βρίσκεται στὰ χαμηλὰ ὄρια τοῦ 3 ὠς 7%. Οἱ σκωρίες αὐτὲς περιέχουν ἐπίσης ψευδάργυρο ἀπὸ 0,2 μέχρι 0,9% σὲ ZnO, ἐνῶ ὁ μόλυβδος εἶναι 0,1%. Σὲ περιεκτικότητες χαμηλότερες ἀπὸ τὴ μονάδα βρίσκονται τὰ ὀξείδια τιτανίου, χρωμίου, μαγγανίου καὶ βαρίου. Τὸ ὀξείδιο τοῦ μαγνησίου κυμαίνεται μεταξὺ 1,6 καὶ 3,5%.

Ἡ χαμηλὴ περιεκτικότητά τῶν σκωριῶν σὲ θεῖο (0,1%), ἀποτελεῖ ἔνδειξη ὅτι τὸ μετάλλευμα ἦταν ὀξειδωμένο στὸ μέγιστο ποσοστὸν του.

Ἡ περιεκτικότητά τῶν σκωριῶν σὲ χαλκὸ εἶναι συνήθως μικρότερη ἀπὸ 1%. Σπανιότερα, μέχρι 2,5%. Αὐτὸ ὀφείλεται σὲ σφαιρία ἢ τεμαχίδια μεταλλικοῦ χαλκοῦ ποὺ κρατήθηκαν στὴ μάζα τῆς σκωρίας, λόγω τοῦ μεγάλου ἰξώδους ποὺ ἔχει.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Σ	ΣΥΣΤΗΜΟ														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
CaO	5,2	3,0	3,9	6,2	6,80	6,85	5,40	6,75	4,50	3,50	3,33	7,00	3,50	5,00	1,20
FeO	2,2	30,9	22,3	28,6	28,0	31,2	37,8	45,9	25,7	34,2	34,4	32,8	28,8	39,5	0,8
SiO ₂	43	43	42,5	42	42,5	43,0	43,0	32,0	43,0	39,0	38,0	41,5	42,5	36,0	78,5
Al ₂ O ₃	15,1	14,2	14,6	13	12,8	12,2	8,5	5,7	15,0	13,0	13,2	8,7	14,7	7,9	2,4
MgO	0,27	0,20	0,5	0,4	0,34	0,34	0,28	0,21	0,28	0,15	0,15	0,34	0,22	0,30	0,01
MnO	3,5	2,2	2,25	2,4	2,6	2,7	2,2	1,7	2,4	1,7	1,6	2,5	1,75	2,1	0,19
P ₂ O ₅	0,11	-	0,45	-	0,03	0,07	0,14	0,07	0,15	0,06	0,07	0,14	0,10	0,14	0,08
K ₂ O	0,20	-	0,17	-	0,10	0,08	0,11	0,14	1,65	0,11	0,13	0,14	1,70	1,05	5,5
Na ₂ O	1,6	-	1,3	-	1,50	1,40	1,20	0,85	2,10	1,00	0,95	1,35	1,90	1,80	1,70
Σ	0,6	0,23	0,50	0,5	0,47	0,42	0,50	0,53	0,78	0,80	0,90	0,60	0,5	0,93	0,06
Ca ₂ O ₃	0,10	0,06	0,04	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0
Fe	0,04	0,04	0,02	0,03	0	0	0,02	0,01	0	0,01	0,01	0,21	0,04	0,04	0
Ca	1,20	1,77	0,70	1,35	0,03	0,82	0,53	0,52	1,35	2,0	2,5	0,52	1,20	0,70	0,33
S	0,10	0,03	0,1	0,03	0,05	0,09	0,16	0,15	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,13	1,56
As	0,01	0,01	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	1,50	-	-	-	2,05	1,92	2,10	1,53	1,90	2,02	2,05	1,98	1,85	2,14	2,35
Ca	0,011	-	-	-	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Mn	0,01	-	-	-	0,08	0,07	0,08	0,10	0,10	0,07	0,08	0,10	0,08	0,08	0,08
Ca	0,04	-	-	-	0,25	0,25	0,25	0,20	0,15	0,34	0,20	0,18	0,25	0,28	0,18
Al ₂ O ₃	2,0	2	2,2	2,7	1,9	1,9	5,4	3,0	1,6	1,6	1,7	1,6	1,9	2,0	14,5
Na	0	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	3,12	2,74	2,74	2,33	3	2,72	2,90	4,06	3,49	3,13	3,24	3,53	2,8	3,78	-
S	0,72	0,68	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	0,7	0,67	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Χημική σύσταση δείγματος και δειγμάτων σφαιρών από την Πελασγία.

σε Ρ.Ρ.Π.

Σε όρισμένα δείγματα σκωριῶν, ὁ μεταλλικός χαλκός ἔχει ὀξειδωθεῖ σὲ μαλαχίτη, ποῦ δίνει τὸ πράσινο χρῶμα τοῦ στὴν ἐπιφάνεια τῆς σκωρίας.

Σφαιρία μεταλλικοῦ χαλκοῦ ἀποχωρίστηκαν ἀπὸ τὴ σκωρία καὶ ὑποβλήθηκαν σὲ χημικὴ ἀνάλυση, μὲ τὴ μέθοδο τῆς ἀτομικῆς ἀπορρόφησης. Πρὶν ἀπὸ τὴ χημικὴ ἀνάλυση ἔγινε προσπάθεια καθαρισμοῦ τοῦ δείγματος, ἀπομακρύνοντας τὴ σκωρία ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειά του. Τὰ ἀποτελέσματα τῆς χημικῆς ἀνάλυσης ἀναγράφονται στὸν πῖνακα 4. Τὸ δείγμα Δ 1 εἶναι τεμάχιο σιδηρούχου σκωρίας ποῦ εἶχε στὴ μάζα της τὰ σφαιρία χαλκοῦ Δ 2 καὶ Δ 3. Τὸ δείγμα Δ 4 εἶναι τεμάχιο ὑαλώδους σκωρίας ποῦ εἶχε στὴ μάζα της τὸ σφαιρίο χαλκοῦ Δ 5. Τὸ δείγμα Δ 6 εἶναι σφαιρίο χαλκοῦ ἀπὸ ἄλλο τεμάχιο ὑαλώδους σκωρίας (Πίν. 5).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Ἡ χημικὴ σύσταση δειγμάτων σκωριῶν καὶ τεμαχίων μεταλλικοῦ χαλκοῦ, ποῦ βρέθηκαν μέσα στὴ μάζα τῶν σκωριῶν αὐτῶν.

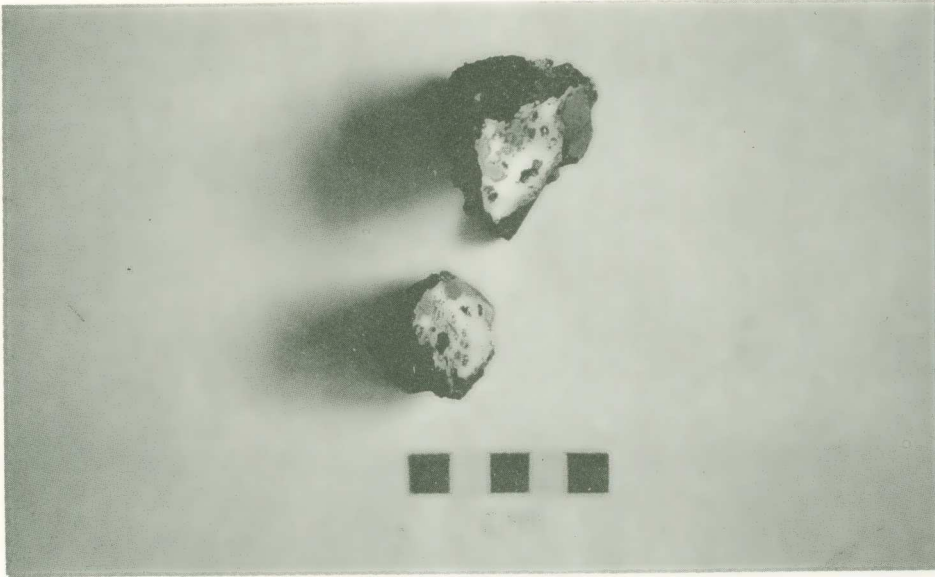
%	Cu	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
Σκωρία Δ 1	0,7	24,0	44,4	14,7	3,8
Χαλκός Δ 2	51,0	47,2	0,8	<0,1	1,0
Χαλκός Δ 3	50,0	49,6	<0,1	<0,1	<0,1
Σκωρία Δ 4	1,3	20,4	47,0	15,8	4,3

Τὰ δείγματα Δ 5 καὶ Δ 6 ἐξετάστηκαν σὲ μικροαναλυτῆ. Τὰ ἀποτελέσματα τῆς μικροανάλυσης δίνονται στὸν παρακάτω πῖνακα 5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Τὰ σφαιρία τοῦ χαλκοῦ προέρχονται ἀπὸ δύο διαφορετικὰ δείγματα σκωρίας. Τὸ σφαιρίο Δ 5 προέρχεται ἀπὸ τὸ δείγμα σκωρίας Δ 4 (πίν. 4), ποῦ περιέχει 1,3% χαλκό.

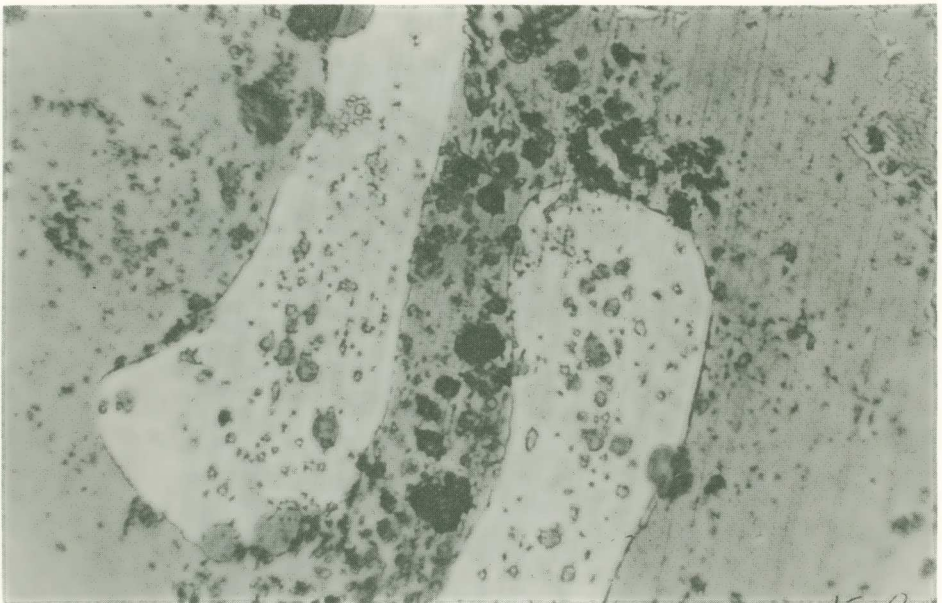
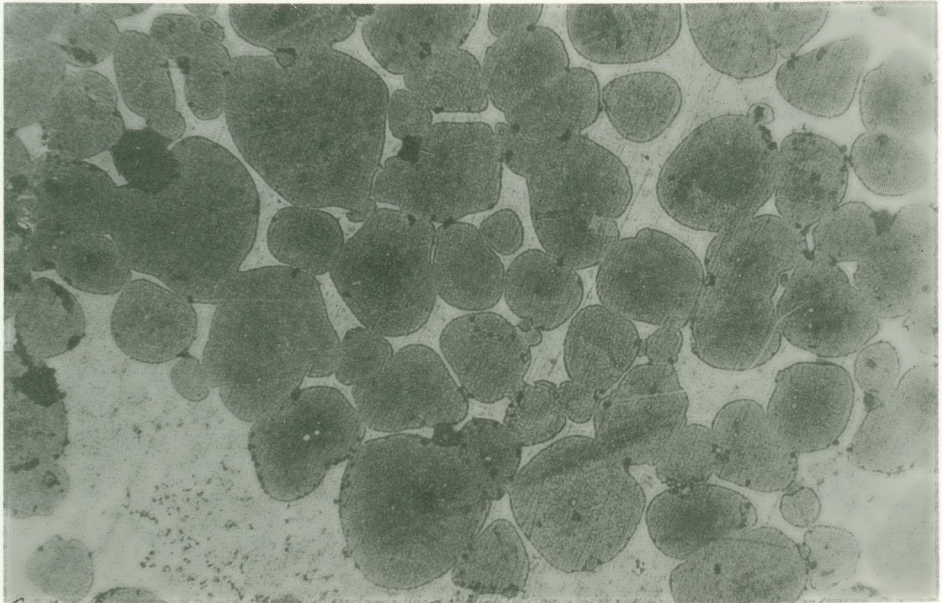
%	Cu	Fe	Zn	As
Σφαιρίο Cu Δ 5	93,4	6,1	0,1	—
Σφαιρίο Cu Δ 6	99,2	0,6	—	0,3



Εικ. 6. Μεταλλικό δείγμα κράματος χαλκού-σιδήρου, βάρους 131 γραμμ. Έπιφανειακά είναι τέλεια όξειδωμένο. Μετά την κοπή του δείγματος φάνηκαν οι μεταλλικές του επιφάνειες.



Εικ. 7. Μικροφωτογραφία τεμαχίου χαλκού από το Δ 5, του πίνακα 4.



Είκ. 8. Άνω: χαλκός με έγκλείσματα σιδήρου σέ στρογγυλούς κόκκους.
(Μικροφωτογραφία X 200).

Κάτω: Δύο έπιμήκη τεμάχια χαλκού με κατακρηνίσματα σιδήρου.
(Μικροφωτογραφία X 500).



Εικ. 9. Χαρακτηριστικά κεραμικά ὄστρακα πού βρέθηκαν ἀνάμεσα στίς σκωρίες τῆς πλαγιᾶς στό «Κάστρο». (Ἑλληνιστική περίοδος).

Στόν πίν. 5 φαίνεται ὅτι τὸ δείγμα χαλκοῦ Δ 5 περιέχει ἐγκλείσματα σιδήρου 6,1%. Τὰ ἐγκλείσματα σιδήρου περιέχουν, σύμφωνα μὲ μετρήσεις στό μικροανάλυτή, σίδηρο= 92,2% χαλκό= 6,1% καὶ κοβάλτιο= 0,85%.

Στὴν εἰκόνα 7 δίνεται τὸ μεταλλογραφικὸ διάγραμμα τοῦ χαλκοῦ, ὅπου διακρίνονται τὰ ἐγκλείσματα τοῦ σιδήρου (μικροφωτογραφία).

Στὴν εἰκόνα 8 φαίνονται τεμάχια μεταλλικοῦ χαλκοῦ μὲ κατακρημνίσματα σιδήρου (μικροφωτογραφία).

Ἡ εἰκόνα 9 δείχνει δείγμα φαυλιτικῆς σκωρίας πού φέρει στὴ μία πλευρὰ τῆς τεμάχιο μεταλλικοῦ χαλκοῦ, σὲ σχῆμα ἀγγίστρου μὲ περιεκτικότητα σὲ χαλκὸ= 60,52% καὶ σίδηρο= 35,16%.

Τὰ ἀποτελέσματα τῆς μικροανάλυσης δείχνουν καθαρότητα τῆς φάσης τοῦ χαλκοῦ ἀπὸ 93,9 μέχρι 99,2%. (Τὸ στοιχεῖο τῆς καθαρότητας μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθεῖ σὰν ἀνιχνευτικὸς παράγοντας τῆς προέλευσης χάλκινων ἀντικειμένων, σὲ συνδυασμὸ μὲ ἄλλα χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα).

Στήν εικόνα 7 φαίνεται ή μικρογραφική δομή τοῦ δείγματος Δ 5. Ἐπί τήν ἀναλογία τῶν φάσεων χαλκοῦ καί σιδήρου, ὅπως προκύπτει μέ ἐμβαδομέτρηση τῆς εἰκόνας, τὸ ποσοστὸ χαλκοῦ εἶναι 65% (σχετικὲς πληροφορίες ἀπὸ Κ. Κονοφάγο καί Γ. Παπαδημητρίου).

Ἐνάμεσα στὰ δείγματα τῶν σκωριῶν ξεχώρισε ἕνα μεταλλικὸ κομμάτι, ποῦ εἶχε βάρους 131 γραμμάρια. Ἡ χημικὴ ἀνάλυση σὲ γρέζια, ἀπὸ δύο διαφορετικὰ σημεῖα τοῦ δείγματος, ἔδειξε ὅτι εἶναι κράμα χαλκοῦ-σιδήρου. Ἡ χημικὴ τους σύσταση δίνεται στὸν πίνακα 6

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Ἡ χημικὴ σύσταση δειγμάτων ἀπὸ δύο θέσεις τοῦ χαλκούχου κράματος ποῦ βρέθηκε ἀνάμεσα στὶς σκωρίες τῆς πλαγιᾶς στὸ «Κάστρο».

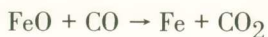
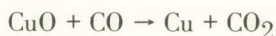
%	Cu	Fe	SiO ₂	CaO	S	Ag σὲ p.p.m
No 1	35	62,5	1,0	0,5	0,5	11
No 2	60	39,5	0,1	0,5	—	15

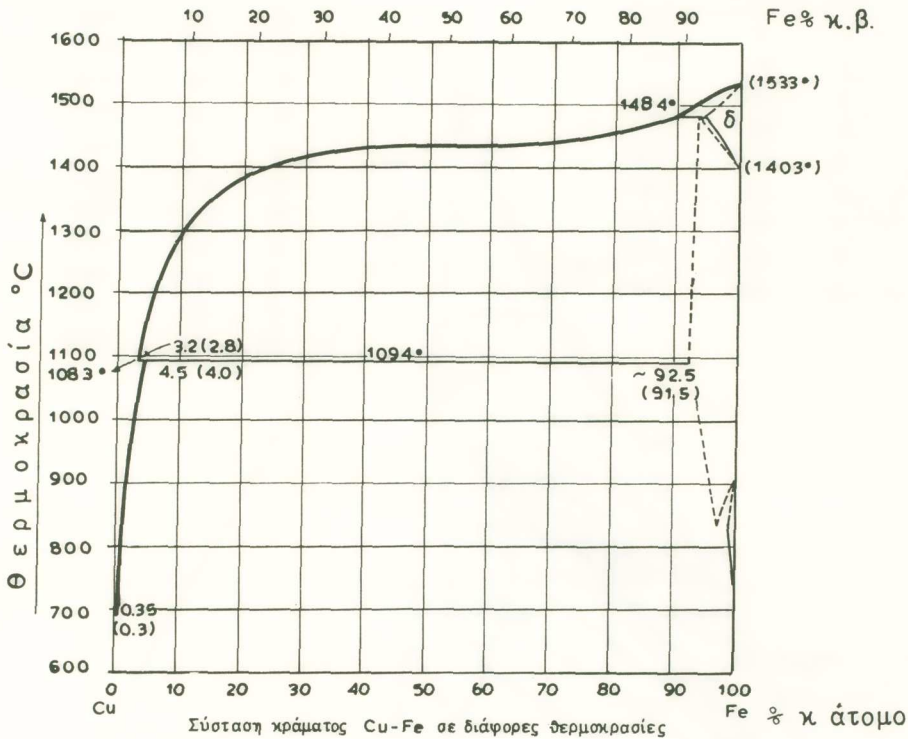
Τὸ δείγμα αὐτὸ (δὲν ἔχουμε βρεῖ ἄλλο ὅμοιο δείγμα), μᾶς προβληματίζει σχετικὰ μέ τις συνθήκες καί τὴ σκοπιμότητα τῆς παραγωγῆς του.

Ἡ ἄποψη ὅτι τὸ δείγμα τοῦ κράματος αὐτοῦ μπορεῖ νὰ ἔχει παραχθεῖ μετὰ ἀπὸ προγραμματισμό, ὅπως θὰ λέγαμε σήμερα, τῶν συνθηκῶν τῆς καμινείας, γιὰ ἕνα ὀρισμένο σκοπὸ, θεωρεῖται μάλλον ἀπίθανη.

Μιὰ πιθανότερη ἄποψη εἶναι ὅτι τὸ κράμα χαλκοῦ-σιδήρου, ποῦ ἐξετάζεται, ἔχει σχηματισθεῖ τυχαῖα, κατὰ τὴν πυρομεταλλουργικὴ κατεργασία τοῦ μεταλλεύματος. Αὐτὸ μπορεῖ νὰ συμβεῖ στὶς ψηλὲς θερμοκρασίες ποῦ λειτούργησε ἡ κάμιнос.

Οἱ ἀντιδράσεις ἀναγωγῆς τοῦ χαλκοῦ καί τοῦ σιδήρου ἀκολουθοῦν τὴν παρακάτω σειρά:



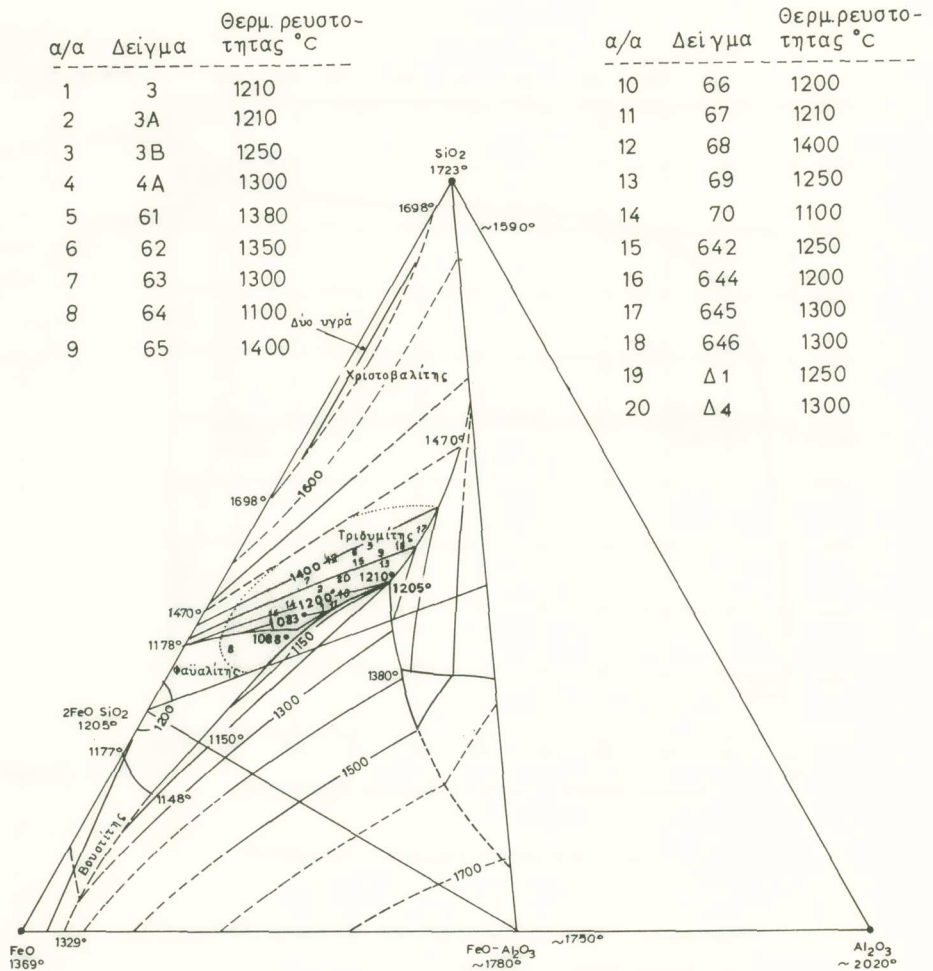


Σχ. 1. Διάγραμμα ισορροπίας τών φάσεων.

(Hansen, "Constitution of Binary Alloys",
Mc Graw Hill, 1958)

Ο χαλκός ανάγεται πριν από το σίδηρο επειδή έχει μικρότερη συγγένεια με το όξυγόνο από όση έχει ο σίδηρος [15].

Στο διάγραμμα ισορροπίας τών φάσεων (Σχ. 1), παρατηρούμε ότι τα δείγματα Νο 1 και Νο 2 του πίνακα 5 με χαλκό 35 και 60% αντίστοιχα, έχουν παραχθεί σε θερμοκρασίες 1440 και 1434°C, περίπου. Από την παρατήρηση αυτή προκύπτει ότι η μεταλλουργική κάμιнос πρέπει να έχει λειτουργήσει τουλάχιστον μέχρι 1440°C.



Σχ. 2. Τριγωνικό διάγραμμα φάσεων στο σύστημα $\text{FeO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ για τις σκωρίες της Πελασγίας που τοποθετούνται στην περιοχή που όρίζει η σκιασμένη επιφάνεια. Οι θερμοκρασίες ρευστότητας αναφέρονται πύ πάνω, χωριστά για κάθε δείγμα σκωρίας.

Ἡ θερμοκρασία αὐτὴ εἶναι σχετικὴ μὲ τὶς θερμοκρασίες τῶν περιοχῶν στὶς ὁποῖες τοποθετοῦνται οἱ σκωρίες τῆς Πελασγίας, στὸ τριγωνικὸ διάγραμμα φάσεων $\text{FeO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Σχ. 2). Πολλὰ δείγματα σκωριῶν ἔχουν καλὴ ρευστότητα στοὺς 1100° μέχρι 1250°C . (Φαῦαλιτικές σκωρίες).

Ἀπὸ τὴ χημικὴ σύσταση τῶν σκωριῶν δὲν προκύπτουν στοιχεῖα ἄν στὸ «Κάστρο» γινόταν καὶ τὸ δεῦτερο στάδιο τῆς πυρομεταλλουργικῆς κατεργασίας, γιὰ τὸν καθαρισμὸ τοῦ χαλκοῦ. Ἴσως ὅμως, τὸ μεταλλικὸ προϊόν, μὲ τὴ μεγάλη περιεκτικότητά σὲ σίδηρο, μεταφερόταν ἀπὸ τὸ «Κάστρο», ἢ γιὰ καθαρισμὸ ἢ γιὰ νὰ πουληθεῖ σὰν κράμα στὰ ἐμπορικὰ κυκλώματα τῆς ἐποχῆς ἐκείνης. Πάντως, μέχρι σήμερα, δὲν ἔχει βρεθεῖ στὸ «Κάστρο» κανένα δείγμα χαλκοῦ μὲ ψηλὴ καθαρότητα, ποὺ νὰ βεβαιώνει τὶς ὑποθέσεις γιὰ τὸν καθαρισμὸ τοῦ χαλκοῦ.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ δείγματα τοῦ κράματος χαλκοῦ-σιδήρου, μᾶς ἀπασχόλησαν τὰ δείγματα τῶν σκωριῶν Δ 1 καὶ Δ 4 ποὺ ἀναγράφονται στὸν πίνακα 4. Τὸ ἐρώτημα εἶναι γιὰτὶ ὁ μεταλλικὸς χαλκός, σὲ μικρὰ σφαιρία ἢ καὶ μεγαλύτερα κομμάτια, κρατήθηκε μέσα στὴ μάζα τῶν σκωριῶν, προκαλώντας ἔτσι ἀπώλειες στὴν παραγωγή τοῦ χαλκοῦ.

Ἀπὸ τὴν καμπύλη τοῦ σχήματος 1 φαίνεται ὅτι ἡ κάμιнос μπορεῖ νὰ λειτουργήσει μέχρι 1440°C , περίπου. Στὴ θερμοκρασία αὐτὴ οἱ πιὸ πολλές σκωρίες εἶναι ρευστές, ὅπως φαίνεται στὸ διάγραμμα φάσεων $\text{FeO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Σχ. 2). Στὴν κατάσταση ρευστότητας, τὸ ἰξῶδες τῶν σκωριῶν εἶναι χαμηλὸ καὶ ἔτσι γίνεται δυνατὴ ἡ διάβαση τοῦ τηγμένου χαλκοῦ. Ἐὰν τώρα, κατὰ τὸ τέλος τῆς καμινείας, ἡ θερμοκρασία μειωθεῖ σὲ κάποιες θέσεις τῆς καμίνου, τὸ ἰξῶδες αὐξάνεται γρήγορα, ἰδίως τῆς πυριτικῆς σκωρίας, καὶ οἱ σταγόνες τοῦ τηγμένου χαλκοῦ ἐμποδίζονται νὰ προχωρήσουν στὴ μεταλλικὴ φάση. Οἱ φαῦαλιτικὲς σκωρίες θὰ ἀρχίσουν νὰ στερεοποιοῦνται ἀργότερα, ἐπειδὴ ἔχουν θερμοκρασία ρευστότητας χαμηλότερη ἀπὸ τὴ θερμοκρασία ρευστότητας τῶν πυριτικῶν σκωριῶν.

Πάντως, σφαιρία ἢ καὶ τεμαχίδια μεταλλικοῦ χαλκοῦ βρίσκονται μέσα στὴ μάζα καὶ τῶν πυριτικῶν καὶ τῶν φαῦαλιτικῶν σκωριῶν, ὅπως προαναφέραμε.

Οἱ παραπάνω σκέψεις ὀδηγοῦν στὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ παγίδευση τοῦ μεταλλικοῦ χαλκοῦ στὴ φάση τῶν σκωριῶν, ὀφείλεται στὸ ἰξῶδες τῶν σκωριῶν, ποὺ γίνεται μεγαλύτερο μὲ τὴν πτώση τῆς θερμοκρασίας.

Στὸ τριγωνικὸ διάγραμμα φάσεων $\text{FeO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Σχ. 2), οἱ σκωρίες τοποθετοῦνται στὴν περιοχὴ τῶν $1100\text{-}1400^\circ\text{C}$. Τὰ περισσότερα δείγματα τοποθετοῦνται στὴν περιοχὴ τῶν 1300°C . Αὐτὴ ἡ θερμοκρασία κρίνεται περισσότερο ἀπο-

δεκτή για τις σκωρίες τής Πελασγίας, από τη θερμοκρασία των 1200-1500°C. Πού παρέχεται από το τριγωνικό διάγραμμα φάσεων FeO-SiO₂-CaO. Έδω, ανήκουν βασικά, οι σκωρίες τήξης για matte [16].

Έπειδή ὁ προσδιορισμὸς τοῦ σημείου τήξεως τῶν σκωριῶν ἀπαιτεῖ ἐργαστηριακὸ ἐξοπλισμὸ, πού δὲν προσφέρεται αὐτὴ τὴ στιγμή, δοκιμάσαμε τὴ θερμοκρασία τήξης τῶν σκωριῶν, θέτοντας σὲ χωνευτήριο LECO ἓνα γραμμάριο λειοτριβημένης σκωρίας ἀπὸ ἑνέα δείγματα. Τὰ χωνευτήρια τοποθετήθηκαν σὲ μουφλοκάμινο, στὴν ὁποία ἡ θερμοκρασία αὐξήθηκε σταδιακά, κάθε 100°C μέχρι 1000°C. Πάνω ἀπὸ 1000°C, ἡ θερμοκρασία καὶ τὰ δείγματα ἐλέγχονται κάθε 50°. Στὰ δείγματα 642, 644, 645 καὶ 646 ἡ τήξη ὀλοκληρώθηκε στοὺς 1250°C. Στὰ δείγματα 61, 64, 66, 67 καὶ 70 (Πίν. 1) ἡ τήξη ἄρχισε στοὺς 1300°C καὶ ὀλοκληρώθηκε στοὺς 1400°C.

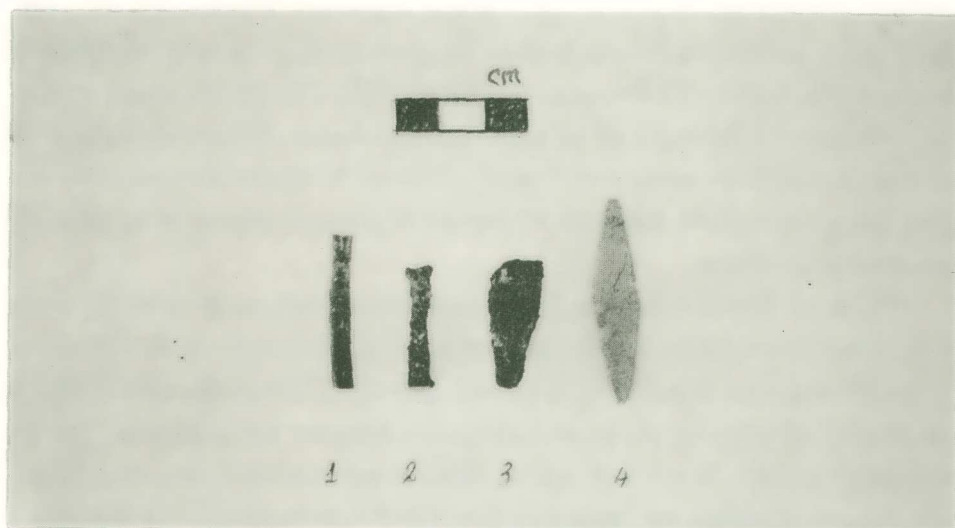
Ἡ προσθήκη συλλιπάσματος γιὰ τὴ βελτίωση τῆς ρευστότητας τῶν σκωριῶν καὶ γενικὰ τῶν συνθηκῶν τῆς καμινείας, στὸ πρῶτο στάδιο τοῦ διαχωρισμοῦ τοῦ χαλκοῦ ἀπὸ τὸ μέταλλευμα, δὲν ἀποδεικνύεται. Εἶναι πιθανὸν νὰ μὴν ἀπαιτεῖται συλλίπασμα, ἀλλὰ μὲ ἀνάμιξη τῶν μεταλλευμάτων πού προέρχονται ἀπὸ τὶς στοές πού περιγράφουμε σὲ προσεχῆ ἀνακοίνωσή μας, νὰ ἐπιτυγχάνεται ἓνα μίγμα τροφδοσίας τῶν καμίνων, πού νὰ εἶχε θεωρηθεῖ κατάλληλο γιὰ καλὴ ρευστότητα τῶν σκωριῶν.

Ἡ περιεκτικότητα τοῦ μεταλλεύματος σὲ χαλκὸ ἴσως ἔπρεπε νὰ ἦταν πάνω ἀπὸ 10% γιὰ νὰ εἶναι συμφέρουσα ἡ ἐκμετάλλευση. Ἡ ποσότητα πάντως τῶν ἀποθεμάτων πού ὑποβλήθηκαν σὲ πυρομεταλλουργικὴ κατεργασία πρέπει νὰ ἦταν πολὺ μεγάλη κρίνοντας ἀπὸ τὴν ποσότητα τῶν σκωριῶν.

4. ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ

Μέχρι τώρα, ἡ μόνη δυνατότητα χρονολόγησης τῶν μεταλλουργικῶν ἐργασιῶν στὴν Πελασγία εἶναι ἡ συσχέτισή τους μὲ τὴν ἀρχαιολογικὴ ἐκτίμηση τῶν κεραμεικῶν ὀστράκων καὶ τὰ λίγα ἱστορικὰ στοιχεῖα.

Στὴ διάρκεια τῆς ἔρευνας στὴν Πελασγία, βρήκαμε ἀρκετὰ κεραμεικὰ ὄστρακα, τὰ ὁποῖα φαίνεται ὅτι ἀποτελοῦν τεμάχια ἀπὸ ἀγγεῖα, ἀμφορεῖς, λυχνάρια καὶ ἄλλα εἶδη καθημερινῆς χρήσης. Πέρα ἀπὸ τὰ κεραμεικὰ βρήκαμε τεμάχια ὀψιδιανοῦ σὲ σχῆμα βελόνας, ἓνα τεμάχιο ἀπὸ λίθινο κόσμημα σὲ σχῆμα ρόμβου, μήκους 5 ἐκατ., οἰκιακὸ σκεῦος ἀπὸ κόκκαλο, χάλκινο σφυρήλατο τεμάχιο, 4 ἐκατ., σὰν κοπίδι, καὶ ἄλλα πού φαίνονται στὶς εἰκόνες 9, 10.



Εικ. 10. Τὰ ἀντικείμενα τῆς εἰκόνας βρέθηκαν ἀνάμεσα στὶς σκωρίες μὲ τὶς προσχώσεις:

1. Τεμάχιο ὀψιδιανοῦ. 2. Χάλκινο κοπίδι. 3. Καρφάκι ἀπὸ σίδηρο. 4. Ρομβοειδὲς λίθινο τεμάχιο ἀπὸ κόσμημα ἢ ἄλλο διακοσμητικὸ ἀντικείμενο.

Ἡ ἀρχαιολόγος Στ. Ροζάκη⁹ καὶ ἄλλοι ἀρχαιολόγοι (Παπαδόπουλος Ἀθ., Σπαθάρη Μ., Μενδῶνη Α. μὲ τοὺς ὁποίους εἶχα προσωπικὴ ἐπικοινωνία) ἐξέτασαν πολλὰ ἀπὸ τὰ εὐρήματά μας, τὰ ὁποῖα ἀποδόθηκαν στὸν 4ο καὶ 3ο π.Χ. αἰῶνα. Λίγα ὄστρακα ἀποδόθηκαν, μὲ ἐπιφύλαξη, στὸν 5ο π.Χ. αἰῶνα. Τὰ τεμάχια τοῦ ὀψιδιανοῦ καὶ τὸ σκεῦος ἀπὸ κόκκαλο (εἰκ. 12, 13), μπορεῖ νὰ ἀνήκουν σὲ παλαιότερη ἐποχὴ, ἀφοῦ, ὅπως γνωρίζουμε, ἡ χρῆση τους ἦταν γνωστὴ ἀπὸ τὴ νεολιθικὴ ἐποχὴ. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ δὲν μπορεῖ νὰ στηρίξουν ἀπόψεις χρονολόγησης μεταλλουργικῶν ἐργασιῶν. Συμβάλλουν ὅμως στὴν ἄποψη ὅτι ἡ σημερινὴ Πελασγία βρίσκεται σὲ μιὰ ἀρχαιότατη περιοχὴ, πὺ κατοικήθηκε στὴν περίοδο τῶν Μεσοελλαδικῶν χρόνων [1]. Δύο ραμφόστομοι πρόχοι τοῦ 1900 π.Χ., πὺ βρέθηκαν στὴν Πελασγία [1] ἀποτελοῦν σοβαρὴ ἔνδειξη γι' αὐτό. Οἱ πρόχοι φέρουν γραπτὲς παρα-

9. Ἡ Στ. Ροζάκη, ἀρχαιολόγος στὴν Ἐφορεία Λαμίας, ὅπου ὑπάγεται ἡ περιοχὴ τῆς Πελασγίας, κλήθηκε ἐπὶ τόπου γιὰ νὰ τῆς ἐπιδειχθοῦν οἱ σκωρίες στὸ «Κάστρο». Ἡ Ἐφορεία δὲν ἐγνώριζε τὶς σκωρίες, ἐπειδὴ, σὰν ἀντικείμενο εἶναι ἔξω ἀπὸ τὴν εἰδικότητά τους. Γιὰ τὶς σκωρίες καὶ τὴ σημασία τους ἐνημερώθηκαν στὸ Σεμινάριο Ἀρχαιομετρίας πὺ ὀργανώσαμε γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ στὸ ΙΓΜΕ τὸ 1985. Ἡ Ροζάκη ἀπέδωσε τὰ κεραμεικὰ, πὺ εἶχαμε βρεῖ, στὰ ἑλληνιστικὰ χρόνια.

στάσεις γεωμετρικῶν σχημάτων. Δύο νεότερα κεραμεικὰ ὄστρακα (ΥΕ ΙΙΙ 1400-1100 π.Χ.) βρέθηκαν ἀπὸ τοὺς R. Hope Simpson καὶ J. E. Lazenby, τὸ 1958 καὶ ἀνήκουν στὴν περίοδο τοῦ Μυκηναϊκοῦ πολιτισμοῦ [1]. Γιὰ τὴν ἴδια ἐποχὴ, ὁ Ὀμηρος ἀναφέρει τὴν Πελασγία μὲ τὸ χαρακτηριστικὸ ὄνομα «Πελασγικὸ Ἄργος» ἰδὲ ὑποσημ. 1, ποὺ ἔλαβε μέρος στὸν Τρωϊκὸ πόλεμο μὲ 50 πλοῖα. Μία τέτοια οἰκονομικὴ ἀνεση καὶ ἀκμὴ θὰ πρέπει νὰ στηρίχθηκε σὲ ἰσχυροὺς πόρους, ὅπως αὐτοὶ τῆς παραγωγῆς μετάλλων.

Μετὰ τὸν Τρωϊκὸ πόλεμο, ἡ Πελασγία πρωτοεμφανίζεται ἱστορικὰ [1] τὸν 5ο π.Χ. αἰώνα. Μία περίοδος ἀκμῆς ἀρχίζει πάλι γιὰ τὴν Πελασγία τὸν 3ο π.Χ. αἰώνα, ἡ ὁποία διατηρεῖται μέχρι καὶ τὰ Βυζαντινὰ χρόνια [1]. Ἡ περίοδος αὐτὴ συνδέεται μὲ μεγάλη πιθανότητα, μὲ τὶς μεταλλουργικὲς ἐργασίες ποὺ μελετοῦμε, γιὰ τὴν παραγωγὴ χαλκοῦ. Τὸν 3ο π.Χ. αἰώνα, κόβονται χάλκινα νομίσματα στὴν Κρεμαστὴ Λάρισα μὲ κεφαλὴ τοῦ Ἀχιλλέα καὶ τὴ Θέτιδα μὲ τὴν ἀσπίδα τοῦ Ἀχιλλέα, ἢ κεφαλὴ νύμφης μὲ κεφαλὴ γοργόνας ἢ μὲ ἄρπα σὲ στεφάνι [13]. Ἐνα αἰώνα ἀργότερα κόβεται χάλκινο νόμισμα μὲ τὸ κεφάλι τοῦ Δία. Μερικὰ ἀπὸ τὰ νομίσματα αὐτὰ βρίσκονται στὸ Νομισματικὸ Μουσεῖο Ἀθηνῶν. Πολλὰ ἄλλα βρίσκονται στὰ χέρια τῶν κατοίκων τῆς περιοχῆς, οἱ ὁποῖοι, πρὶν εἴκοσι χρόνια ἀκόμη, μάζευαν χάλκινα νομίσματα, ἰδίως μετὰ τὴ βροχὴ, ποὺ ἡ παρουσία τους ἀνάμεσα στὶς σκωρίες, γινόταν ἔντονη ἀπὸ τὸ ὑγρὸ πράσινο χρῶμα τοῦ μαλαχίτη, στὴν ὀξειδωμένη ἐπιφάνεια τοῦ νομίσματος¹⁰.

Συνεχίζοντας τὶς σκέψεις μας γιὰ τὴν εὐήμεροῦσα γενέτειρα τοῦ Ἀχιλλέα καὶ σύμφωνα μὲ ὀρισμένα ἐνδεικτικὰ στοιχεῖα, ὑποθέτουμε ὅτι ἡ οἰκονομικὴ εὐεξία τοῦ Πελασγικοῦ Ἄργους, τὴν ἐποχὴ τοῦ Τρωϊκοῦ πολέμου, μπορεῖ νὰ ὀφείλεται στὴ δυνατότητα παραγωγῆς χαλκοῦ.

10. Κάτοικοι, ἰδίως βοσκοί, τῆς Πελασγίας. Βόσκοντας ἐκεῖ τὰ κοπάδια τους, ἔψαχναν καὶ ἔβρισκαν χάλκινα νομίσματα ἀνάμεσα στὶς σκωρίες, στὸ «Κάστρο». Οἱ πληροφορίες αὐτὲς εἶναι ἀπὸ προσωπικὴ μας ἐπικοινωνία μαζί τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Δίνεται η χημική σύσταση του δείγματος Δ1 (κοπίδι), σε σύγκριση με τη χημική σύσταση της μεταλλικής φάσης δείγματος σφαιρίου χαλκού από σκωρίες στο «Κάστρο» της Πελασγίας.

%	Cu	Fe	Zn	Sn
Κοπίδι Δ1	96,4	2,6	0,2	—
Μεταλλ. Cu Δ2	96,4	3,3	0,1	—

Γνωρίζουμε ότι τότε τα όπλα και άλλα αντικείμενα κατασκευάζονται από χαλκό ή μπρούντζο (κρατέρωμα). Μήπως άραγε και το χάλκινο σφυρήλατο κοπίδι (εικ. 10) έχει κατασκευαστεί από χαλκό της Πελασγίας; Οι μικροαναλυτικές μετρήσεις σε δείγμα (Δ1) από το χάλκινο κοπίδι, σε σύγκριση με εκείνες σε δείγμα μεταλλικού χαλκού (Δ2) από το «Κάστρο» ενισχύουν αυτή τη σκέψη. Πότε όμως, κατασκευάστηκε το κοπίδι αυτό; Στα Έλληνιστικά χρόνια είναι γνωστό ότι τα μπρούντζινα και τα σιδερένια αντικείμενα είναι σκληρά και άνθεκτικά. Η χρήση του χαλκού για κατασκευές περιορίστηκε όταν έγιναν γνωστές οι πλεονεκτικές ιδιότητες των κραμάτων του χαλκού. Εάν επομένως το αντικείμενο αυτό κατασκευάστηκε από χαλκό της Πελασγίας, θα πρέπει να έχει κατασκευαστεί πολύ πριν από τον 3ο π.Χ. αιώνα. Τώρα, το συμπέρασμα έρχεται μόνο του: Η παραγωγή χαλκού στην Πελασγία πρέπει να έχει αρχίσει πολύ πριν από τον 3ο π.Χ. αιώνα και μάλιστα πριν από την περίοδο της παρακμής, δηλαδή πριν από τον 11ο π.Χ. αιώνα. Οι επιφυλάξεις όμως παραμένουν. Και θα παραμείνουν μέχρι να υπάρξουν σαφή τεκμήρια, από την χρονολόγηση των σκωριών της Πελασγίας με θερμοφωταύγεια [17], όπως έχει προγραμματισθεί.

5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια αρχή για περαιτέρω ολοκλήρωση της μελέτης των σκωριών και της μεταλλουργίας του χαλκού για όλη τη Φθιώτιδα.

Για την έντοπιση των καμίνων έχουμε χρησιμοποιήσει τη μέθοδο της μαγνητικής διασκόπησης, σε μια στενή μόνο περιοχή της πλαγιᾶς στο «Κάστρο». Σύμφωνα με παρατηρήσεις μας, μπορούμε να πούμε ότι εκεί υπήρχαν πάνω από δύο ομάδες καμίνων, σε γειτονικές θέσεις, που θα λειτουργούσαν συγχρόνως, στην κάθε περίοδο μεταλλουργικής δραστηριότητας. Οι σκέψεις αυτές θα μπορούν να αναπτυχθούν και τεκμηριωθούν μετά την ολοκλήρωση της γεωμαγνητικής έρευνας, όποτε και θα ανακοινωθούν. Ένα χρήσιμο στοιχείο για τις συνθήκες της καμινείας, ίσως είναι και η

ταξινόμηση τῶν σκωριῶν κατὰ εἶδος. Νὰ ὑπολογισθεῖ δηλ. τὸ ποσοστὸ τῶν πυριτικῶν καὶ τῶν σιδηρούχων σκωριῶν ἀνὰ κυβικὸ μέτρο σκωριῶν.

Ἡ χρονολόγησις τῶν σκωριῶν στὴν Πελασγία, μὲ τὰ μέσα τῆς σύγχρονης τεχνολογίας, εἶναι ἀναγκαία γιὰ μιὰ ὀλοκληρωμένη εἰκόνα τοῦ ἔργου στὴν ἐν λόγω περιοχῇ. Γιὰ τὴ χρονολόγησις εἶναι ἀπαραίτητο νὰ παρθοῦν πολλὰ δείγματα ἀπὸ τὶς βαθύτερες μέχρι τὶς ἀνώτερες στρώσεις τῶν σκωριῶν.

Ἐλπίζουμε, οἱ νεότεροι ἐρευνητὲς νὰ συμφωνήσουν ὅτι ἡ μελέτη τῶν σκωριῶν γενικά, ἀποτελεῖ ἕνα σπουδαῖο μέσο γιὰ τὴν ἀποκάλυψιν τῆς παλαιότερης τεχνολογίας στὴ μεταλλουργία. Εἰδικότερα, ἡ μελέτη τῶν σκωριῶν τῆς Πελασγίας, σὲ συνδυασμὸ μὲ ἀνασκαφικὴ ἔρευνα, θὰ συμβάλει καὶ στὴν ἀποκάλυψιν ἀρχαιολογικῶν στοιχείων ποὺ θὰ τεκμηριώσουν ἀπόψεις γιὰ τὸν πολιτισμὸ ποὺ ἀναπτύχθηκε στὴν περιοχῇ τῆς Πελασγίας.

Τέλος, πρέπει νὰ ἀναφέρουμε τὴ συμβολὴν στὴν ὀλοκλήρωσις τῆς μελέτης, πολλῶν ἀφανῶν συνεργατῶν στὸ ΙΓΜΕ. Αὐτοὶ οἱ συνεργάτες δὲν εἶναι πτυχιούχοι Ἀνωτάτων Σχολῶν. Ἀνήκουν στὰ Ἐργαστήρια Χημείας, στὰ Ἐργαστήρια Ὄρυκτολογικῶν Ἐξετάσεων, στὰ Σχεδιαστήρια, στὰ Ἐργαστήρια Φωτοτυπίας, στὰ Γραφεῖα τῶν δακτυλογράφων κ.α. Στούς ἀφανεῖς αὐτοὺς συνεργάτες ἐκφράζουμε θερμὲς εὐχαριστίες.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

I. Ἡ μεγάλη ποσότης τῶν 100.000 κ.μ. σκωρίας, ποὺ διασώθηκε στὸ «Κάστρο», ἀποδεικνύει ὅτι ἡ Πελασγία ἦταν τὸ σημαντικότερο μεταλλουργικὸ κέντρο μεταξὺ ὄλων τῶν συγχρόνων μὲ αὐτὸ κέντρων, στὴ Φθιώτιδα.

II. Ἡ μεταλλουργικὴ ἐργασία στὴν Πελασγία εἶχε σκοπὸ τὴν παραγωγὴ χαλκοῦ, ὅπως ἀποδείχθηκε ἀπὸ τὰ τεμάχια τοῦ μεταλλικοῦ χαλκοῦ ποὺ βρέθηκαν ἐγκλειστα στὴ μάζα τῶν σκωριῶν.

III. Τὸ χαλκοῦχο μετάλλευμα ἦταν στὸ μέγιστο ποσοστὸ τοῦ ὀξειδωμένου στὰ ἀνθρακικά ὄρυκτα τοῦ μαλαχίτη καὶ ἄζουρίτη. Γι' αὐτὸ, θεωροῦμε ὅτι ἐφαρμόστηκε ἡ πυρομεταλλουργικὴ μέθοδος τῆς ἀναγωγικῆς τήξης τοῦ χαλκούχου μεταλλεύματος γιὰ τὴν ἐξαγωγή τοῦ χαλκοῦ.

IV. Ὅπως δείχνουν τὰ δείγματα τοῦ κράματος, ποὺ βρέθηκαν μαζὶ μὲ τὶς σκωρίες, τὸ προϊὸν τῆς ἀναγωγικῆς τήξης στὸ πρῶτο στάδιο, εἶναι πιθανὸν νὰ ἦταν ἕνα κράμα χαλκοῦ-σιδήρου, μὲ ποικίλη περιεκτικότητα σὲ χαλκόν.

Ἐποθέτουμε ὅτι στὸ «Κάστρο» ἔγινε ἐνδεχομένως καὶ ἕνα δεύτερο στάδιο με-

ταλλουργικής κατεργασίας για τὸν καθαρισμὸ τοῦ χαλκοῦ, διαχωρίζοντάς τον ἀπὸ τὸ σίδηρο. Πάντως, κανένα δείγμα καθαροῦ μεταλλικοῦ χαλκοῦ, δὲν ἔχει βρεθεῖ μέχρι σήμερα, στὸ «Κάστρο».

Ἡ καθαρότητα τῆς φάσης τοῦ χαλκοῦ βρέθηκε, μὲ μικροανάλυση, ἀπὸ 93,4 μέχρι 99,2%.

V. Οἱ σκωρίες τῆς Πελασγίας μπορεῖ νὰ θεωρηθοῦν μᾶλλον δύστηκτες καὶ μὲ μεγάλο ἰξῶδες. Για τὶς πιὸ δύστηκτες, ἡ θερμοκρασία ρευστότητας βρέθηκε στὴν περιοχὴ τῶν 1400°C, στὸ τριγωνικὸ διάγραμμα φάσεων FeO-SiO₂-Al₂O₃. Για τὶς φαυλιτικές σκωρίες ἡ θερμοκρασία ρευστότητας βρέθηκε στὴν περιοχὴ τῶν 1100-1200°C. Ἀπὸ τὴν καμπύλη ἰσορροπίας τῶν φάσεων προκύπτει ὅτι ἡ κάμινος λειτούργησε μέχρι καὶ 1440°C.

VI. Ἀπὸ τὴν ἐκτίμηση τῶν ἀρχαιολογικῶν εὐρημάτων (ὄστρακα), οἱ ἐργασίες στὴν Πελασγία μπορεῖ νὰ ἀποδοθοῦν στὸν 3ο π.Χ. αἰῶνα. Φαίνεται ὅμως ὅτι συνεχίστηκαν καὶ μέχρι τὰ Βυζαντινὰ χρόνια, σύμφωνα μὲ τὶς ἱστορικές ἀπόψεις γιὰ τὴ συνεχιζόμενη μέχρι τότε ἄνθηση τῆς Πελασγίας. Εἶναι πιθανὸν νὰ ὑπῆρχαν μεταλλουργικές δραστηριότητες στὴν Πελασγία καὶ στὴ Χάλκινη ἐποχὴ. Οἱ ἐνδείξεις ποὺ ὑπάρχουν γιὰ τὴ στήριξη τῆς ἄποψης αὐτῆς, δὲν εἶναι ἱκανοποιητικές. Μόνο ἡ χρονολόγηση τῶν στρώσεων τῶν σκωριῶν μὲ μιὰ κατάλληλη μέθοδο, ὅπως εἶναι ἡ μέθοδος τῆς θερμοφωταύγειας, θὰ συμβάλει στὴ σωστὴ χρονολογικὴ ἐκτίμηση τῶν ἐργασιῶν στὴν Πελασγία.

Εὐχαριστίες

Ἀπὸ τὴ θέση αὐτὴ θέλουμε νὰ εὐχαριστήσουμε θερμὰ τὸν ὁμότιμο καθηγητὴ τοῦ Ε.Μ.Π. κ. Κ. Κονοφάγο, τὸν ἀναπληρωτὴ καθηγητὴ τοῦ Ε.Μ.Π. κ. Γ. Παπαδημητρίου, τὴ δίδα Ρ. Μαρίνη, τὸ χημικὸ κ. Κ. Λεώνη καὶ τὸν κ. Β. Ὀρφανὸ γιὰ τὴ βοήθεια καὶ συμπαράστασή τους κατὰ τὴν ἐκπόνηση τῆς ἐργασίας αὐτῆς.

7. SUMMARY

The Production of Copper in Pelasgia in Antiquity

As far as it is known, only gold, silver, iron and steel production took place in ancient Greece.

The production of copper in Pelasgia Phthiotis (Central Greece) has been proved in this study, for first time.

The results of this work are based on the study of the slags, saved on the hill «Castro», north of Pelasgia village.

The slags of Pelasgia contain metallic copper.

The existence of metallic copper into the mass of the slags constitutes an indisputable proof that these slags have come from copper ore smelting to extract copper.

The copper ore was oxidised to malachite and azurite.

The metallurgical process of direct reduction was probably followed.

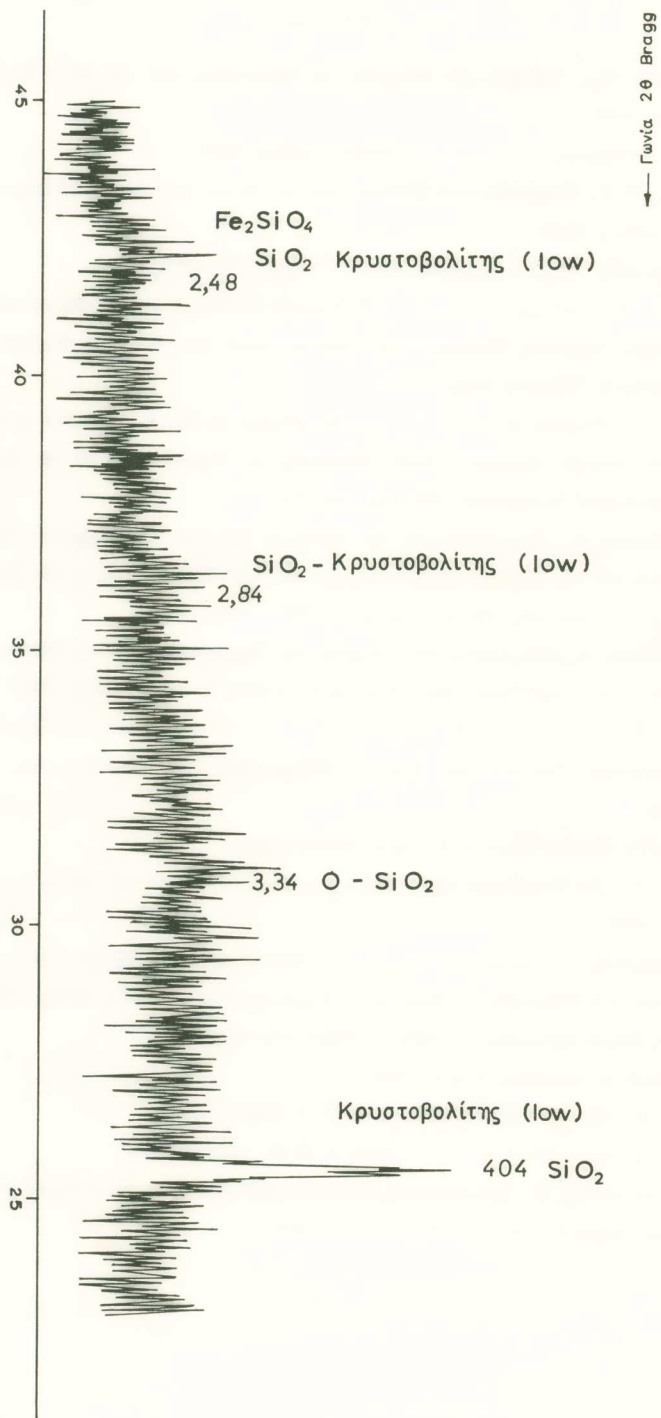
The metallic copper trapped into the slags was found to contain iron in variable proportions. The purity of the copper metallic phase was examined by means of microprobe analysis. Their mineralogical composition was studied by means of microscope and X-ray diffraction spectroscopy. The slags liquidus temperature was examined as well.

The method of thermoluminescence was used to date the slags.

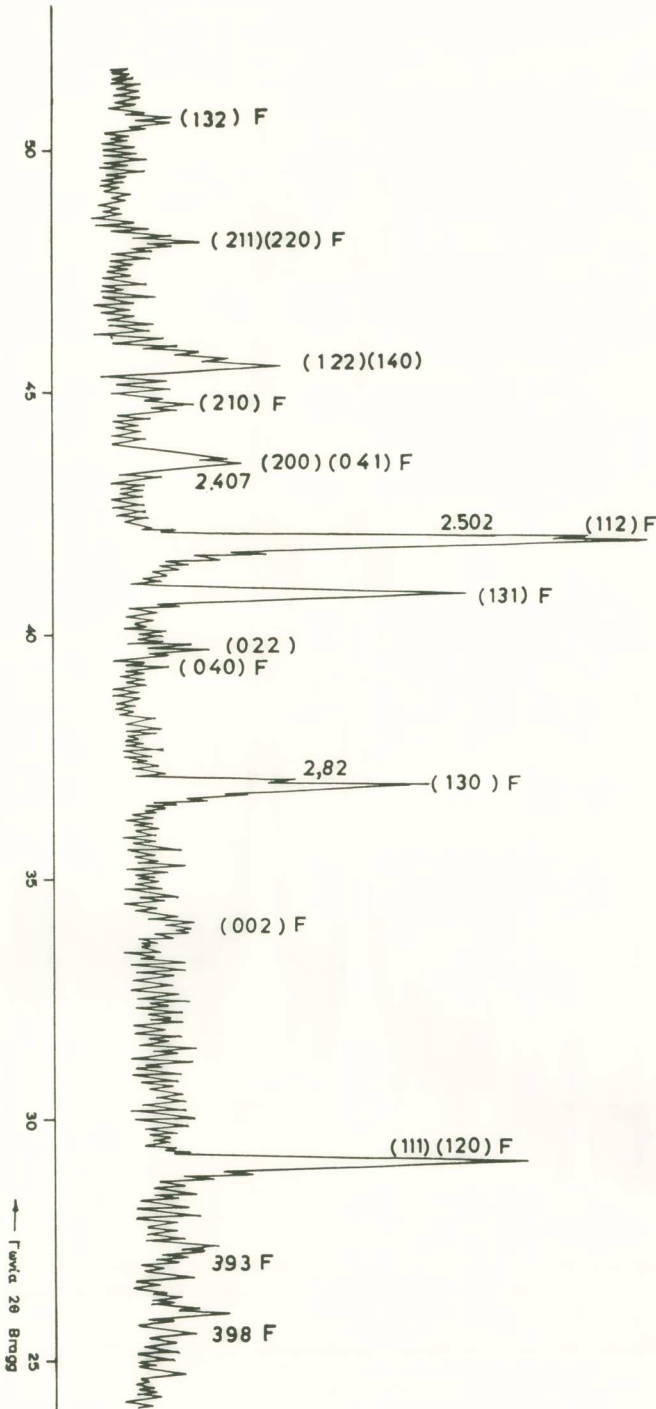
However, the copper production in Pelasgia is, probably, connected with its flourishing period, between the 4th and the 3rd century B.C.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Παπαναγιώτου Τρ., 'Ιστορία και Μνημεία τῆς Φθιώτιδας, σελ. 61, 65, 170, 171, 172, 'Αθήνα 1971.
2. Βορτσέλα Ι., 'Η Φθιώτις, σ. 11, 35, 47, 53-81, 'Αθήνα 1907.
3. Γιαννόπουλου Ν. Ι., 'Η Μεσαιωνική Φθιώτις, Δελτίο 'Ιστορ. καὶ 'Εθνολ. 'Εταιρ. τῆς 'Ελλάδας, 'Αθήνα 1922.
4. Κονοφάγου Κ., «Τὸ 'Αρχαῖο Λαύριο», 'Αθήνα ('Εκδοτ. 'Ελλάδος) 1980.
5. Κονοφάγου Κ., Παπαδημητρίου Γ., «'Η Τεχνική τῆς Παραγωγῆς Σιδήρου καὶ Χάλυβος ἀπὸ τοὺς 'Αρχαίους "Ἕλληνες στὴν 'Αττική, κατὰ τὴν Κλασσική Περίοδο», 'Αθήνα ('Ακαδημία 'Αθηνῶν) 1981.
6. Conophagos C. et Papadimitriou G., «La Metallurgie du Fer et de l'Acier en Grèce, pendant la periode classique». Early Metallurgy in Cyprus. Acta of the International Archaeological Symposium 1982, p.p. 363-372.
7. Παπασταματάκη Α., 'Εκμετάλλευση τοῦ 'Ορυκτοῦ Πλούτου τῆς 'Αρχαίας 'Ελλάδος — 'Ερευνα ἐπὶ τῆς Περιεκτικότητος εἰς Χρυσὸν καὶ ἄλλα Μέταλλα τῶν Σκωριῶν τῆς 'Αρχαίας 'Ελληνικῆς Μεταλλουργίας, ΙΓΜΕ, 'Αθήνα 1975.
8. Παπασταματάκη Α., «'Η μελέτη τῶν Σκωριῶν τῆς 'Αρχαίας 'Ελληνικῆς Μεταλλουργίας», ΙΓΜΕ, Γεωλ. καὶ Γεωφ. Μελ. Τόμ. ἑκτὸς σειρᾶς, σ. 329, 'Αθήνα 1986.
9. Παπασταματάκη Α., Λεώνη Κ., Δημητρίου Δ., Παπανεοφύτου Π., 'Αρχαιομεταλλουργικὲς Σκωρίες καὶ Κάμινοι Τήξεως στὸ 'Αρχαῖο Φθιώτιδας, ΡΑΧΤ, V. 15/86.
10. Davies OI., «The Roman Mines in Europe», Oxford 1935.
11. Μούσουλου Α., «Τὸ Πρόβλημα τῆς 'Εκμεταλλεύσεως τοῦ 'Υπόγειου Πλούτου τῆς 'Ελλάδος», 1960.
12. Παπασταματάκη Α., Δημητρίου Δ., Τὰ Μεταλλουργικὰ Κέντρα καὶ ἡ Παραγωγή Χαλκοῦ στὴ Φθιώτιδα, Α' Σεμινάριο 'Αρχαιομετρίας, ΙΓΜΕ, 'Αθήνα 1985.
13. Τσιώνη Π., «'Ο Νομὸς Φθιώτιδας», 'Αθήνα (1985) σελ. 108.
14. Lange, Handbook of chemistry, U.S.A. 1944.
15. Μούσουλου Α., 'Εξαγωγική Μεταλλουργία, Τ. Ι 'Αθήνα 1975.
16. Μούσουλου Α., Μεταλλουργία τοῦ Χαλκοῦ, Ε.Μ.Π., 'Αθήνα 1976.
17. Λυριτζῆ Ι., Λυριτζῆ Β., Χρονολόγηση Σκωριῶν μὲ Θερμοφωταύγεια. Πρακτικὰ Α' Σεμιναρίου 'Αρχαιομετρίας, ΙΓΜΕ, 'Αθήνα 1985.

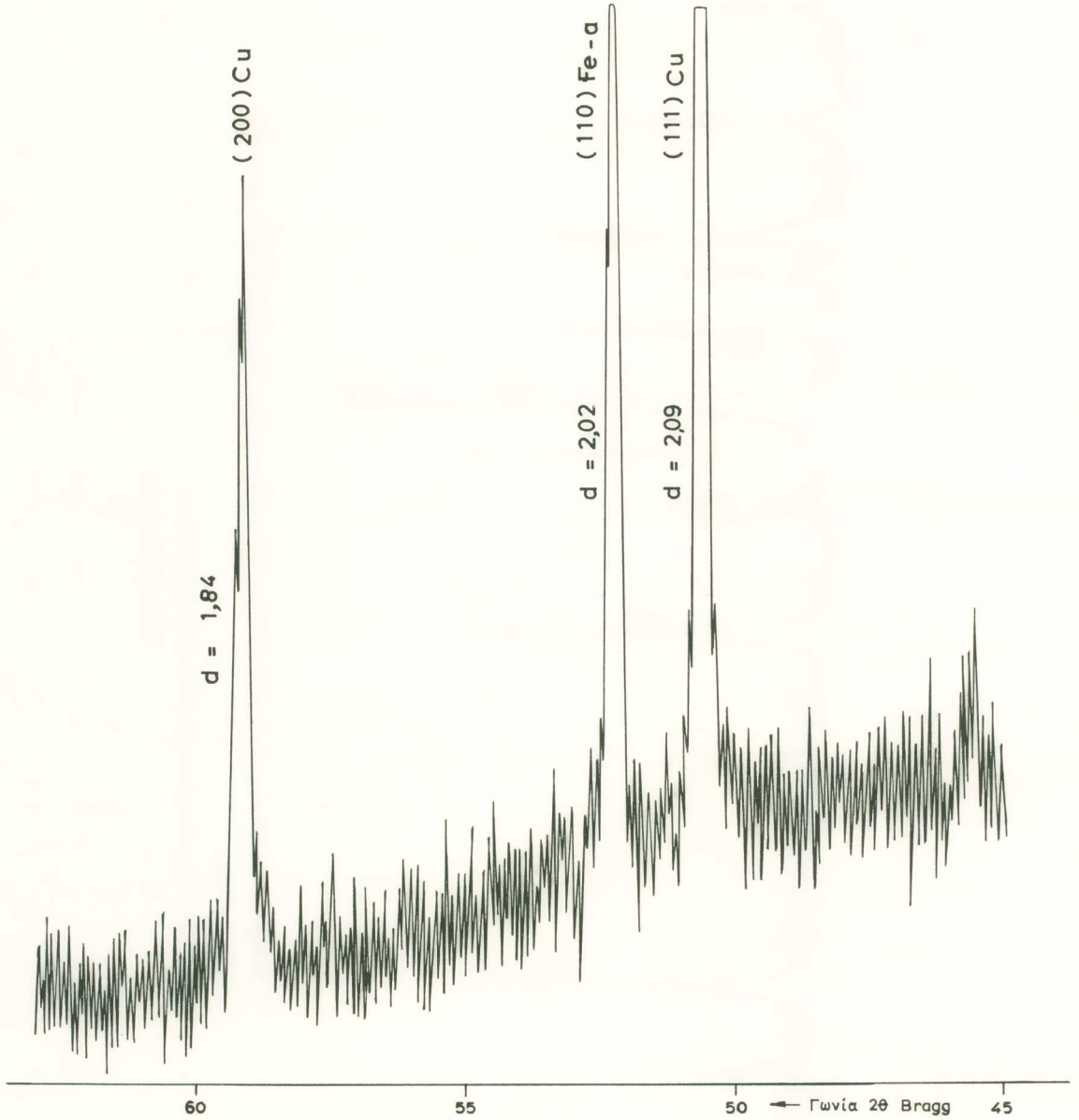


1. Διάγραμμα περίθλασης ακτίνων X σε δείγμα υαλώδους σκωρίας Ακτινοβολία $\text{K}\alpha$ Co.



2. Διάγραμμα περίθλασης ακτίνων X σε δείγμα σιδηρούχου σκωρίας από την Πελασγία, με σημεία σταδιακής ψύξης.

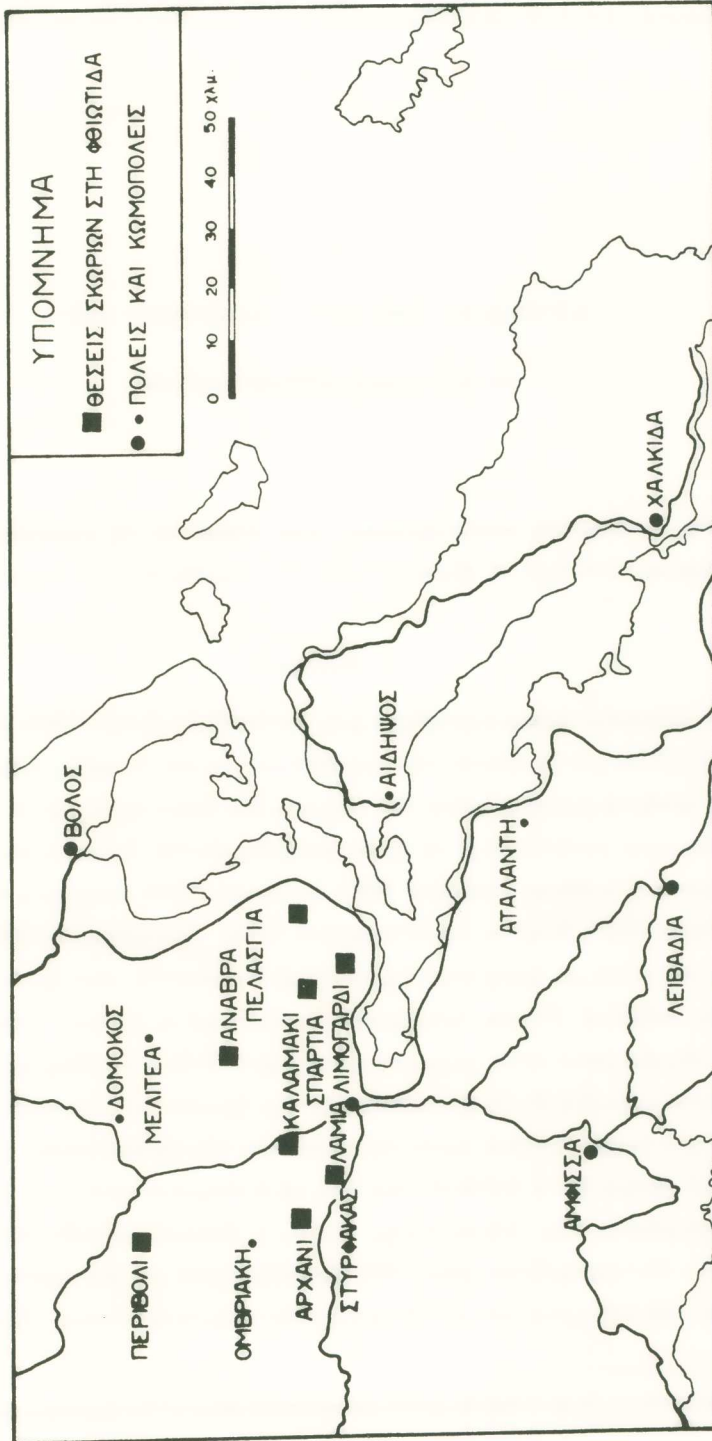
Τò μοναδικό όρυκτολογικό συστατικό είναι ó Φαυλίτης.
 Άκτινοβολία Kα Co.



3. Διάγραμμα περίθλασης ακτίνων X σε δείγμα κράματος Cu - Fe από την Πελασγία.

Ἀκτινοβολία $K\alpha$ Co.

ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ



ΧΑΡΤΗΣ ΝΕ1