

Τσάιμου Γ. Κωνσταντίνα
Αρχαιολόγος, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Νέα στοιχεία για την εμπλουτιστική διαδικασία των αργυρούχων μεταλλευμάτων στο αρχαίο Λαύριο

Το έτος 2004, στα Σπάτα, στην Επιστημονική Συνάντηση ΝΑ. Αττικής, ανακοίνωνα την ανακάλυψη ενός νέου ελικοειδούς πλυντηρίου στην περιοχή Αρύ Κερατέας, το μνημείο του οποίου, όπως έδειχνε η επιφανειακή έρευνα, διατηρούνταν σε αρίστη κατάσταση (Τσάιμου, 2004, Τσάιμου, 2006). Πίστευα ότι θα εύρισκα το δοχείο τροφοδοσίας και ανακυκλοφορίας νερού του πλυντηρίου, το τμήμα δηλ. που δεν είχε εντοπιστεί στα προηγούμενα ανασκαφέντα ελικοειδή πλυντήρια (Κονοφάγος Κ., Mussche H., 1970, Τσάιμου, 1997, 1998, 2001).

Η συστηματική ανασκαφή του ευρήματος απεκάλυψε ότι η μαρμάρινη κατασκευή ήταν κλειστό επίπεδο ρεϊθρο κυκλικής μορφής σκαλισμένο πάνω σε μαρμάρινα κομμάτια (Τσάιμου, 2005). Ο πυθμένας του ρεϊθρου είναι λείος χωρίς τις χαρακτηριστικές ελλειψοειδείς κοιλότητες που απαντώνται σε ελικοειδή πλυντήρια (Κονοφάγος Κ., Mussche H., 1970). Το ρεϊθρο φέρει σημάδια μακρόχρονης χρήσης¹. Στο κέντρο της κατασκευής υπάρχει κυκλική κοιλότητα. Το ρεϊθρο εγκλείεται σε τετράγωνο δωμάτιο, οι τοίχοι του οποίου εφάπτονται στο εξωτερικό του ρεϊθρου. Κατ' αυτόν τον τρόπο στις γωνίες του δωματίου σχηματίζονται τέσσερα τρίγωνα (εικ. 1-2). Σε ένα τριγωνικό χώρο της κατασκευής βρέθηκε μεγάλη ποσότητα τριμμένου μεταλλεύματος, ενώ σε άλλο, στο ΝΔ, πλυνίτες, δηλ. απορρίμματα από το πλύσιμο του μεταλλεύματος. Σημαντικό εύρημα υπήρξε για τη μελέτη μας τα «τούβλα» που βρέθηκαν σε παρακείμενο χώρο έξω της κατασκευής (εικ. 3) και όπως δείχνουν οι αναλύσεις πρόκειται για συσσωματωμένο εμπλουτισμένο μέταλλευμα. Η κατασκευή στεγαζόταν.

Το κυκλικό ρεϊθρο αποτελεί μέρος ενός μεγάλου συγκροτήματος εμπλουτισμού μεταλλευμάτων, όπως μαρτυρείται από το επίπεδο πλυντήριο που βρίσκεται πλησίον αυτού, από τα ευρεθέντα αρχιτεκτονικά στοιχεία και από την πληθώρα

1. Το ρεϊθρο έχει μέγιστο βάθος 0, 20 μ. και πλάτος 0, 25 μ. και εσωτερική διάμετρο 6, 60 μ. και μήκος σε ανάπτυξη 20 μ. περίπου.

των κεραμικών και των υποπροϊόντων μεταλλουργίας (σκωρίες), που υπάρχουν διάσπαρτα στο γύρω χώρο.

Το σημαντικότερο στοιχείο για την έρευνά μας είναι η ύπαρξη εργαστηρίου τήξης πλησίον της κατασκευής, σε μια απόσταση περίπου 20 μέτρων.

Η κατασκευή χρονολογείται στο β' μισό του 4ου αιώνα και αρχές του 3ου π. Χ. αιώνα, με συνεχή χρήση μέχρι τη ρωμαϊκή εποχή.

Το ανακαλυφθέν νέο ρείθρο, το Αρύ ΙΙ, δεν παρουσιάζει υψομετρική διαφορά, στοιχείο απαραίτητο για τη λειτουργία των ελικοειδών πλυντηρίων. Επιπλέον στερείται του δοχείου ανακυκλοφορίας νερού, δηλ. δεν υπάρχει έξοδος νερού (Κονοφάγος Κ., Mussche Η., 1970). Η έλλειψη των στοιχείων αυτών που είναι σημαντικά για την καλή λειτουργία των ελικοειδών πλυντηρίων, ώστε να επιτευχθεί ο εμπλουτισμός των φτωχών μεταλλευμάτων, οδηγεί στη σκέψη ότι η λειτουργία του ρείθρου δεν είναι όμοια με αυτή των ελικοειδών πλυντηρίων (εικ. 4).

Ως εκ τούτου η νέα κατασκευή δεν εμπίπτει στην κατηγορία των ελικοειδών πλυντηρίων, όπως ερμηνεύτηκε σε παλαιότερη εργασία μας (Tsaimou, 2004).

Χωροταξικά η νέα κατασκευή βρίσκεται πλησίον επιπέδου πλυντηρίου και αποτελεί μέρος συγκροτήματος εμπλουτισμού μεταλλευμάτων. Τα αρχιτεκτονικά υπολείμματα τοίχων μαρτυρούν ότι πρόκειται για ένα μεγάλο συγκρότημα εμπλουτισμού μεταλλεύματος που περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα επίπεδο πλυντήριο, την νέα κυκλική κατασκευή και πολλούς χώρους.

Τίθεται το ερώτημα ποια είναι η χρηστικότητα της κυκλικής κατασκευής και ποιος ο ρόλος της μέσα στο συγκρότημα εμπλουτισμού μεταλλευμάτων σε σχέση με το επίπεδο πλυντήριο και με το εργαστήριο τήξης μεταλλεύματος.

Από τη γενική ανάλυση των ανασκαφικών δεδομένων γίνεται σαφές ότι η κυκλική κατασκευή Αρύ ΙΙ θα ήταν μια κατασκευή για άλλη κατεργασία. Για μια ενδιάμεση κατεργασία μεταξύ του εμπλουτισμού και της τήξεως.

Η ενδιάμεση κατεργασία όπως ξέρουμε από τη σύγχρονη μεταλλουργία είναι το στάδιο της πλινθοποίησης του μεταλλεύματος (Νέου-Συγκούνα, 120).

Το ψιλό εμπλουτισμένο μέταλλευμα που έρχεται από τα πλυντήρια πρέπει πρώτα να συσσωματωθεί, να «πλινθοποιηθεί» και στη συνέχεια να τακεί σε καμίνοους τήξεως. Η πλινθοποίηση του συμπυκνώματος για την τροφοδοσία στην κάμινο τήξεως ήταν απολύτως απαραίτητη γιατί ένα ψιλό μέταλλευμα δεν μπορεί να τροφοδοτηθεί στην κάμινο, επειδή βουλώνει τα διάκενα και εμποδίζει τη διόδο του εμψυσώμενου αέρα. Κατά συνέπεια η λειτουργία της καμίνου θα σταματούσε λόγω ελλείψεως αέρα για την καύση του ξυλοκάρβουνου. Στην αρχαιότητα η πλινθοποίηση του συμπυκνώματος γινόταν με λίγο νερό και άργιλο ως συνδετική ύλη. Η ξήρανση των χειροποίητων τούβλων του συμπυκνώματος γινόταν στον αέρα (Κονοφάγος, 1980, 301).

Διερωτώμαστε λοιπόν μήπως η κυκλική κατασκευή Αρύ II λειτουργούσε ως ο χώρος που γινόταν η συσσωμάτωση του εμπλουτισμένου μεταλλεύματος.

Η μεγάλη ποσότητα τριμμένου μεταλλεύματος που βρέθηκε στον τριγωνικό χώρο της κατασκευής μαρτυρεί ότι το μέταλλευμα έχει άμεση σχέση με την κατασκευή, δηλ. ότι αυτό προοριζόταν για κάποια επεξεργασία εντός του ρείθρου. Επίσης η ύπαρξη πλυνιτών στον άλλο τριγωνικό χώρο της κατασκευής δεν μπορεί να είναι τυχαία. Σημειώνεται ότι οι αργιλώδεις ύλες που συνέλεξαν οι αρχαίοι από τις δεξαμενές καθιζήσεως των επιπέδων πλυντηρίων ήταν κατάλληλες ως συνδετική ύλη για τη συσσωμάτωση του εμπλουτισμένου μεταλλεύματος.

Η σύσταση του τριμμένου εμπλουτισμένου μεταλλεύματος και των τούβλων βάσει των αναλύσεων είναι η ίδια. Αποτελούνται από κόκκους λιθαργύρου 0, 5mm και ανθρακικού μολύβδου (κερουσίτης, $PbCO_3$) με λίγο χαλαζία και άργιλο. Κοντά στα πλυντήρια στη Σούρεζα (ανασκαφή Πολυτεχνείου, Παπαδημητρίου-Κορδάτος, 2001) και στην Αργιλέζα (ανασκαφή Jones, Φώτου, 2001) βρέθηκαν συσσωματώματα που και αυτά αποτελούνταν κυρίως από κόκκους λιθαργύρου. Ο Κονοφάγος γράφει ότι πιθανότατα να είναι συμπυκνώματα με τροφοδοσία παλαιών απορριμμάτων των αρχαίων που περιείχαν ψήγματα λιθαργύρου (Κονοφάγος 1980, 273).

Αξιολογώντας τις αναλύσεις των προϊόντων εμπλουτισμού, την αρχιτεκτονική της κατασκευής και τη χωροταξία του όλου συγκροτήματος μπορούμε να πούμε ότι, πιθανότατα, το ρείθρο θα χρησιμοποιε για τη συσσωμάτωση του συμπυκνώματος. Η εύρεση των «τούβλων», δηλαδή τουβλοποιημένου μεταλλεύματος πλησίον του ρείθρου, ενισχύει την άποψη αυτή.

Ο τρόπος λειτουργίας του κυκλικού ρείθρου Αρύ II

Η αρχιτεκτονική μορφή του νέου ευρήματος (κλειστό επίπεδο ρείθρο χωρίς υψομετρική διαφορά) και τα αρχαιολογικά ευρήματα μας οδηγούν στη σκέψη ότι η κίνηση του νερού και μεταλλεύματος εντός του ρείθρου πιθανόν να γινόταν με μηχανική υποστήριξη.

Στο κέντρο της κατασκευής θα υπήρχε ένας κατακόρυφος ξύλινος στύλος. Η κοιλότητα που βρέθηκε στο κέντρο της κατασκευής θα χρησιμοποιε για την υποδοχή θεμελιώσεως του στύλου. Πιθανόν η στήριξη του στύλου να γινόταν σε μαρμάρινη βάση τοποθετημένη εντός της κοιλότητας (εικ. 5).

Ο στύλος θα είχε ένα ύψος περίπου 0, 80 μ. και θα χρησιμοποιε για τη στήριξη ξύλινου ζυγού σχήματος Π. Στα δύο κάθετα άκρα του ζυγού, τα οποία θα έφθαναν μέχρι το ρείθρο, θα ήταν προσαρμοσμένο εξάρτημα, πιθανόν σιδερένιο, σε σχήμα κτένας. Για τη διατήρηση της σταθερότητας της ξύλινης κατασκευής και της σταθερής απόστασης του σιδερένιου κτενιού από τον πυθμένα του ρείθρου εικά-

ζουμε την προσθήκη αντηρίδων στην κατασκευή ή την ύπαρξη κάποιου βάρους στα κάθετα άκρα πάνω από το σιδερένιο εξάρτημα. Μέσα στο ρεϊθρο έριχναν σιγά σιγά εμπλουτισμένο μετάλλευμα, την άργιλο και το νερό, τόσο όσο χρειαζέται για να γίνει το υλικό ένας πολτός. Στη συνέχεια γινόταν ανάδευση των υλικών. Εργάτες θα περιέστρεφαν τον ζυγό και το «κτένι» αναμείγνυε τα υλικά έως ότου γίνουν ένας σφικτός πολτός. Με την περιστροφική κίνησή του θα επιτυγχανόταν η ανάδευση των υλικών εντός του ρεϊθρου με αποτέλεσμα τη συσσωμάτωσή τους. Τα δύο κάθετα άκρα του ζυγού θα ήταν ευλύγιστα για καλή και εύκολη ανάδευση.

Η τουβλοποίηση του συσσωματωμένου μεταλλεύματος γινόταν με τα χέρια. Τα τούβλα τα ξήραινταν στον αέρα και στη συνέχεια τα πήγαιναν για τήξη στα «καμίνια».

Στην Ελληνική Εταιρεία τον 19ον αιώνα, στο Λαύριο, η τουβλοποίηση του ψιλομερούς συμπυκνώματος που έπαιρναν από τον εμπλουτισμό των αρχαίων πλυνιτών και εκβολάδων γινόταν χρησιμοποιώντας ως συνδετική ύλη την άργιλο και μάλιστα τις αργιλώδεις ύλες που συνέλεγαν από τις δεξαμενές καθιζήσεως των πλυντηρίων (Κονοφάγος, 1980, 301). Δηλαδή οι εμπλουτιστές της σύγχρονης εποχής προκειμένου να φθάσουν στο ίδιο αποτέλεσμα ακολουθούσαν την ίδια διαδικασία με τα ίδια υλικά όπως και οι αρχαίοι.

Το Αρύ II βρίσκεται κοντά σε εργαστήριο τήξεως με 8 περίπου καμίνους. Τα εργαστήρια τήξεως δεν λειτουργούσαν όλο το χρόνο με όλες τις δυνατότητές τους. Ορισμένες κάμινοι θα ήταν υπό επισκευή. Υπολογίζεται ότι στο εργαστήριο τήξεως στο Αρύ από τις οκτώ καμίνους καθημερινά θα λειτουργούσαν τουλάχιστον οι μισές.

Μια κάμιнос με εσωτερική διάμετρο 1 μ. και με ύψος που δεν θα υπερέβαινε τα 4 μ. περνούσε την ημέρα σε κανονική λειτουργία 8 τόνους τροφοδοσίας (Κονοφάγος 1980, 345). Αν στο εργαστήριο τήξεως στο Αρύ λειτουργούσαν 4 καμίνια ημερησίως, θα χρειαζόνταν 32 τόνους συμπύκνωμα ($4 \times 8 = 32$). Αν λειτουργούσαν περισσότερες από τις μισές, οι ανάγκες σε συμπύκνωμα θα αυξάνονταν.

Η ημερησία παραγωγή «τούβλων» στο συγκρότημα εμπλουτισμού πρέπει να ήταν μεγάλη.

Η συσσωμάτωση του εμπλουτίσματος θα έπρεπε να γινόταν σε χώρο κατάλληλα διαμορφωμένο για γρήγορη και μεγάλη παραγωγή. Το επίπεδο κυκλικό ρεϊθρο με την ατέρμονη κίνηση, με περίπου 20 μέτρα ανάδευση, κάθε φορά που συμπλήρωνε κύκλο, εξυπηρετούσε από άποψη κατασκευής σε σχέση με ανάλογο επίμηκες ή άλλου σχήματος ρεϊθρο όπου θα ήταν πολύπλοκη και δύσκολη στο χειρισμό η ξύλινη κατασκευή ανάλογου μηχανισμού ανάδευσης. Επιπλέον, έχουμε οικονομία χώρου σε σχέση με ανάλογο επίμηκες ρεϊθρο και οικονομία ενέργειας, λόγω συνεχούς ανάδευσης άνευ διακοπών, όπως θα συνέβαινε με το επίμηκες.

Δίνεται σχηματική αναπαράσταση της οργάνωσης των εργασιών κατεργασίας του μεταλλεύματος στο συγκρότημα Αρύ II.

Το εμπλουτισμένο μέταλλευμα από το επίπεδο πλυντήριο πήγαινε για τουβλοποίηση στο κυκλικό επίπεδο μαρμάρινο ρεϊθρο.

Στη συνέχεια, τα «τούβλα», αφού πρώτα τα ξήραιναν, τα πήγαιναν για τήξη στα καμίνια τήξεως που βρίσκονταν πλησίον του συγκροτήματος (εικ. 6).

Οι περισσότεροι πλούσιοι Αθηναίοι, όπως ο Σίμος ο Παιανιεύς, ήταν μεταλλευτές, ιδιοκτήτες πλυντηρίων και ιδιοκτήτες καμίνων (Τσάιμου, 1988). Δεν θα ήταν παράλογο να εικάσουμε ότι ο ιδιοκτήτης του εργαστηρίου εμπλουτισμού ήταν και ο ιδιοκτήτης των «καμίνων».

Ο Κονοφάγος υποστήριξε ότι στα συγκροτήματα επιπέδων πλυντηρίων η πλινθοποίηση του συμπυκνώματος και η ξήρανση των τούβλων γινόταν στο χώρο στεγνώματος του επιπέδου πλυντηρίου (Κονοφάγος, 1997, 128). Την άποψη αυτή την υιοθετούμε για τα συγκροτήματα εμπλουτισμού που δεν περιλαμβάνουν παρόμοια κατασκευή. Σε ένα εργαστήριο εμπλουτισμού μεταλλεύματος που δεν διαθέτει ειδικό χώρο για την τουβλοποίηση του συμπυκνώματος, ο κατάλληλος χώρος για την κατεργασία αυτή είναι ο χώρος στεγνώματος του επιπέδου πλυντηρίου, ο οποίος δεν είναι στεγασμένος. Έτσι ο ήλιος μπορούσε να ξηραίνει γρήγορα τα τούβλα του συμπυκνώματος.

Για να ισχυροποιηθεί η άποψή μας για τη χρησιμότητα και τη λειτουργία του κυκλικού ρεϊθρου και για να γίνει και αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα, απαιτούνται περισσότερα παράλληλα συγκριτικά στοιχεία ή αρχαίες αναφορές.

Οι αρχαίοι Έλληνες, ενώ έγραψαν τόσα έργα πάνω στη φιλοσοφία, στην ιστορία, στα μαθηματικά, στην ιατρική, έγραψαν ελάχιστα για τη μεταλλευτική και μεταλλουργική τεχνική. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μεταλλεία, η μεταλλουργία ήταν μια «βάνανυση τέχνη» που την εκτελούσαν δούλοι υπό την επίβλεψη ολίγων ελευθέρων πολιτών. Όπως είναι γνωστό, οι αρχαίοι ιστορικοί και φιλόσοφοι δεν ασχολήθηκαν με αυτά τα υλιστικά «βάνανυσα» έργα, όπως τα θεωρούσαν. Ασχολούνταν μόνο με τα έργα των ελευθέρων πολιτών, που ήταν ουσιαστικά η πολιτική και οι πόλεμοι. Και επιπλέον η φιλοσοφία σε όλες της τις προεκτάσεις της. Άλλωστε το Λαύριο ήταν τότε γεωγραφικά «πολύ μακριά» και σπάνια ελεύθερος πολίτης το επισκεπτόταν αν δεν είχε κάποιο προσωπικό συμφέρον. Και όμως στο Λαύριο, όπως αποδείχθηκε, γινόταν ένα θαύμα τεχνικής σε μια εποχή με ανυπαρξία μηχανικών μέσων.

Η ανακάλυψη παρόμοιων κατασκευών θα μας έδινε περισσότερα στοιχεία και θα αποτελούσε ένα σημαντικό αποδεικτικό στοιχείο για επιβεβαίωση της άποψής μας.

Αρύ III

Ένα έτος μετά την ανακάλυψη του ρείθρου Αρύ II, τον Απρίλιο του 2005, σε μια απόσταση περίπου 200 μ. από αυτό εντοπίζεται μεταξύ άλλων αρχαίων ερειπίων ένα νέο μαρμάρινο ρείθρο. Το μεγαλύτερο μέρος του ρείθρου ήταν καλυμμένο².

Το νέο ανακαλυφθέν ρείθρο, που το ονομάσαμε Αρύ III, είναι και αυτό ένα κλειστό επίπεδο ρείθρο (Τσάιμου, 2005α), που εγκλείεται σε τετράγωνο χώρο (εικ. 7-8). Το ρείθρο είναι σκαλισμένο πάνω σε 20 μαρμάρινα κομμάτια³. Ο πυθμένας του των 18 κομματιών φέρει ανεπαίσθητες κοιλότητες. Στο εσωτερικό χώρο του ρείθρου βρέθηκε κυκλική κοιλότητα. Η μαρμάρινη κατασκευή αποτελεί μέρος μεγάλου συγκροτήματος εμπλουτισμού μεταλλευμάτων, όπως μαρτυρούν τα πολύαριθμα εμφανή αρχιτεκτονικά υπολείμματα που υπάρχουν στη γύρω περιοχή. Το επίπεδο πλυντήριο του συγκροτήματος (Τσάιμου, 2006α) εντοπίστηκε σε μια απόσταση 4 μ. από το ρείθρο (εικ. 9). Ο χώρος όπου θραύανε και λειοτρίβανε το μετάλλευμα βρίσκεται ακριβώς δίπλα στο επίπεδο ρείθρο. Μέσα στο δωμάτιο σώζονται δύο μεγάλες ασβεστολιθές πλάκες πάνω στις οποίες θραύανε το μετάλλευμα (εικ. 10).

Αρύ IV

Στην ίδια περιοχή, τον Νοέμβριο του ίδιου έτους, μία τρίτη μαρμάρινη κυκλική κατασκευή εντοπίζεται.

Η ανασκαφική έρευνα⁴ έφερε στο φως ένα επίπεδο κυκλικό ρείθρο σε άριστη κατάσταση το οποίο ονομάσαμε Αρύ IV (εικ. 11-12).

Το ρείθρο είναι σκαλισμένο πάνω σε 30 μαρμάρινα κομμάτια. Συγκριτικά με τα άλλα δύο επίπεδα ρείθρα, τα περισσότερα μαρμάρινα κομμάτια του Αρύ IV είναι μικρών διαστάσεων. Το ρείθρο έχει μέγιστο βάθος 0, 25 μ. και ελάχιστο 0, 08 μ. Ο πυθμένας του ρείθρου φέρνει αβαθείς κοιλότητες. Το ρείθρο δεν πρέπει να έχει δουλευτεί αρκετά, γιατί δεν φέρνει σημάδια μακρόχρονης χρήσης, όπως παρατηρείται στα δύο προηγούμενα ρείθρα.

2. Οι πληροφορίες για το Αρύ III μου δόθηκαν από τον κ. Χ. Σολωμό, γεωλόγο, και τον ευχαριστώ.

3. Το ρείθρο έχει βάθος 0, 14 μ., πλάτος 0, 65 μ., διάμετρο 6,15 μ. και μήκος σε ανάπτυξη 19 μ. περίπου.

4. Η ανασκαφή διεξήχθη από την Εφορεία Αρχαιοτήτων με αρχαιολόγο την αείμνηστη Μαίρη Οικονομάκου σε συνεργασία με το Ε.Μ. Πολυτεχνείο με υπεύθυνη αρχαιολόγο τη γράφουσα το άρθρο. Θα ήθελα να ευχαριστήσω την έφορο αρχαιοτήτων κ. Πηνελόπη Αγαλλοπούλου για την παραχώρηση της άδειας δημοσίευσης του μνημείου.

Και αυτό το ρείθρο εγκλείεται σε τετράγωνο δωμάτιο, οι τοίχοι του οποίου σώζονται όλοι σε πολύ καλή κατάσταση και είναι κατασκευασμένοι με αδρά επεξεργασμένες πέτρες και κατά διαστήματα στα κενά υπάρχουν γεμίσματα από μικρές πέτρες. Στον ανατολικό τοίχο του δωματίου πρέπει να υπήρχε άνοιγμα όπου γινόταν η επικοινωνία της κατασκευής με τους υπόλοιπους χώρους του συγκροτήματος. Το εσωτερικό δάπεδο της κατασκευής από κτυπητή γη σώζεται ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα του.

Η ανασκαφή αυτή είναι σημαντική γιατί μας έδωσε πρόσθετα στοιχεία ώστε να γίνουν ορθότεροι συλλογισμοί για τη σύνθεση «αναστήλωσης» της περιστρεφόμενης ξύλινης κατασκευής.

Στο κέντρο του κυκλικού ρείθρου βρέθηκε πεσμένος λίθινος κίονας. Πρόκειται για μονόλιθο κίονα συμφυή με κυκλική βάση (εικ. 13). Η βάση του κίονα είναι αδούλευτη γιατί τοποθετούνταν εντός του εδάφους⁵. Ο κίονας στο επάνω μέρος φέρει οπή για την υποδοχή της ξύλινης δοκού.

Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει την άποψή μας ότι η κοιλότητα που απαντάται στο κέντρο των μαρμάρινων επιπέδων κυκλικών ρείθρων χρησίμευε ως υποδοχή μαρμάρινης βάσεως για τη στήριξη της ξύλινης περιστρεφόμενης κατασκευής ανάμειξης.

Όμως η οπή του κίονα, δηλ. η βάση της κινητής ξύλινης κατασκευής στην οποία στηρίζονταν ο άξονας (το κουζινέτο), έχει πολύ μικρό βάθος, 0,04 μ. Το βάθος αυτό μάλλον δεν θα εξασφάλιζε τη σταθερότητα και στερεότητα της κατασκευής. Ως εκ τούτου ο κάθετος άξονας θα έγερνε.

Εικάζουμε λοιπόν ότι το πρόβλημα λυνόταν είτε με προέκταση προς τα άνω του άξονα με στηριγμένη την άνω κατάληξη σε ένα δεύτερο κουζινέτο ψηλά, είτε με την προσθήκη δεύτερης οριζόντιας δοκού κάθετης προς την προηγούμενη με την οποία θα σχημάτιζε σταυρό, ώστε ολόκληρη η περιστρεφόμενη ξύλινη κατασκευή θα κατέληγε σε τέσσερα άκρα «πόδια» με κτένια πάνω από το ρείθρο αντί των αρχικών δύο, πράγμα που θα εξασφάλιζε τη σταθερότητα (εικ. 14 α-β)

Πιστεύω ότι η Λαυρεωτική γη κρύβει και άλλες παρόμοιες κατασκευές και ελπίζω η έρευνά μας να φέρει στο φως και άλλα στοιχεία, ώστε να συμπληρώσουμε τη σύνθεση της «αναστήλωσης» των κυκλικών επιπέδων ρείθρων.

Τα μαρμάρινα ρείθρα της Λαυρεωτικής, ελικοειδή ή επίπεδα, είναι μοναδικά στον κόσμο. Άλλα παρόμοια μνημεία, από ό,τι γνωρίζω, δεν έχουν εντοπιστεί στον Ελλαδικό χώρο, αλλά ούτε και στις περιοχές της Μεσογείου, όπου κατά την αρχαιότητα είχε αναπτυχθεί μεταλλευτική και μεταλλουργική δραστηριότητα.

5. Διαστάσεις του κίονα: Ύψ. βάσεως: 0,20 μ., ύψος κίονος: 0,34 μ., διάμετρος: 0,30 μ..

Ο Γερμανός μεταλλειολόγος-γιατρός, ο Agricola, ο οποίος μας δίνει σημαντικές πληροφορίες για τη μεταλλευτική και μεταλλουργική τεχνική στο μεσαίωνα με πολλές αναφορές στην αρχαιότητα, δεν αναφέρεται σε παρόμοιες κατασκευές.

Ίσως να υπάρξουν και άλλες θεωρίες που να βελτιώσουν ή να αντικαταστήσουν την υπάρχουσα για τα επίπεδα κυκλικά ρείθρα. Πιστεύω ότι η έρευνα δεν θα σταματήσει μέχρις ότου υπάρξει από τους ασχολούμενους με τη μεταλλουργική τεχνική μια κοινά αποδεκτή θεωρία.

Ανεξάρτητα από ποια θεωρία είναι περισσότερη ή λιγότερη σωστή, οι αρχαίες κατασκευές δείχνουν ότι οι αρχαίοι είχαν αναπτύξει μια πολύ καλή τεχνική στον εμπλουτισμό και στην τήξη των μεταλλευμάτων. Εκείνο όμως που υπήρξε χαρακτηριστικό της δραστηριότητας στο Λαύριο είναι το οξύτατο δημιουργικό πνεύμα των Ελλήνων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κ. Κονοφάγος, *Το αρχαίο Λαύριο και η ελληνική τεχνική παραγωγής του αργύρου*, Αθήνα, 1980.
- Κ. Κονοφάγος, 1997, «Η δημοκρατία της Αθήνας και οι παραχωρήσεις στους πολίτες της των μεταλλείων της Λαυρεωτικής κατά τον 4ο αιώνα π.Χ.», 1997.
- Κ. Κονοφάγος, Η. Mussche, 1970, «Τα ελικοειδή πλυντήρια των αρχαίων Ελλήνων εις το Λαύριον. Μια απολεσθείσα αρχαία ελληνική εφεύρεσις», *Πραγματεία της Ακαδημίας Αθηνών*, 29, 1970.
- Π. Νέου-Συγκούνα, *Εξαγωγική Μεταλλουργία. Πυρομεταλλουργικές και υδρομεταλλουργικές διεργασίες*, Αθήνα.
- Γ. Παπαδημητρίου, Ι. Κορδάτος, 2001, «Μεταλλουργική μελέτη αρχαίων λιθαργύρων από την περιοχή του Λαυρίου», *Πρακτικά Γ' Συμποσίου Αρχαιομετρίας*, σελ. 679-697.
- Κ. Τσάιμου, 1988, *Εργασία και ζωή στο Αρχαίο Λαύριο σε εγκατάσταση εμπλουτισμού μεταλλευμάτων τον 4ον αιώνα π.Χ.*, Διδ. Διατρ., Αθήνα.
- Κ. Τσάιμου, 1997, *ΑΔ*.
- Κ. Τσάιμου 1998, *ΑΔ*.
- Κ. Τσάιμου, 2001, «Το ελικοειδές πλυντήριο στη θέση Μπερτσέκο Λαυρεωτικής» (ανασκαφή 1996), *Η' Επιστ. Συνάντ. ΝΑ. Αττικής*, Κερατέα 1997, Κερατέα, 2001, σελ. 399-410.
- С. Tsaimou 2004, "The sixth helicoidal washery. A first presentation", *Mineral Wealth*, 131, 2004, σελ. 37-42.
- Κ. Τσάιμου, 2005, «Το επίπεδο ρείθρο κατεργασίας μεταλλευμάτων στο Αρύ Λαυρεωτικής», *Ορυκτός Πλούτος*, 137, 2005, σελ. 19-28.
- Κ. Τσάιμου, 2005α, *ΑΔ*.
- Κ. Τσάιμου, 2006, «Νέα αρχαιολογικά ευρήματα στη Λαυρεωτική σχετικά με τον εμπλουτι-

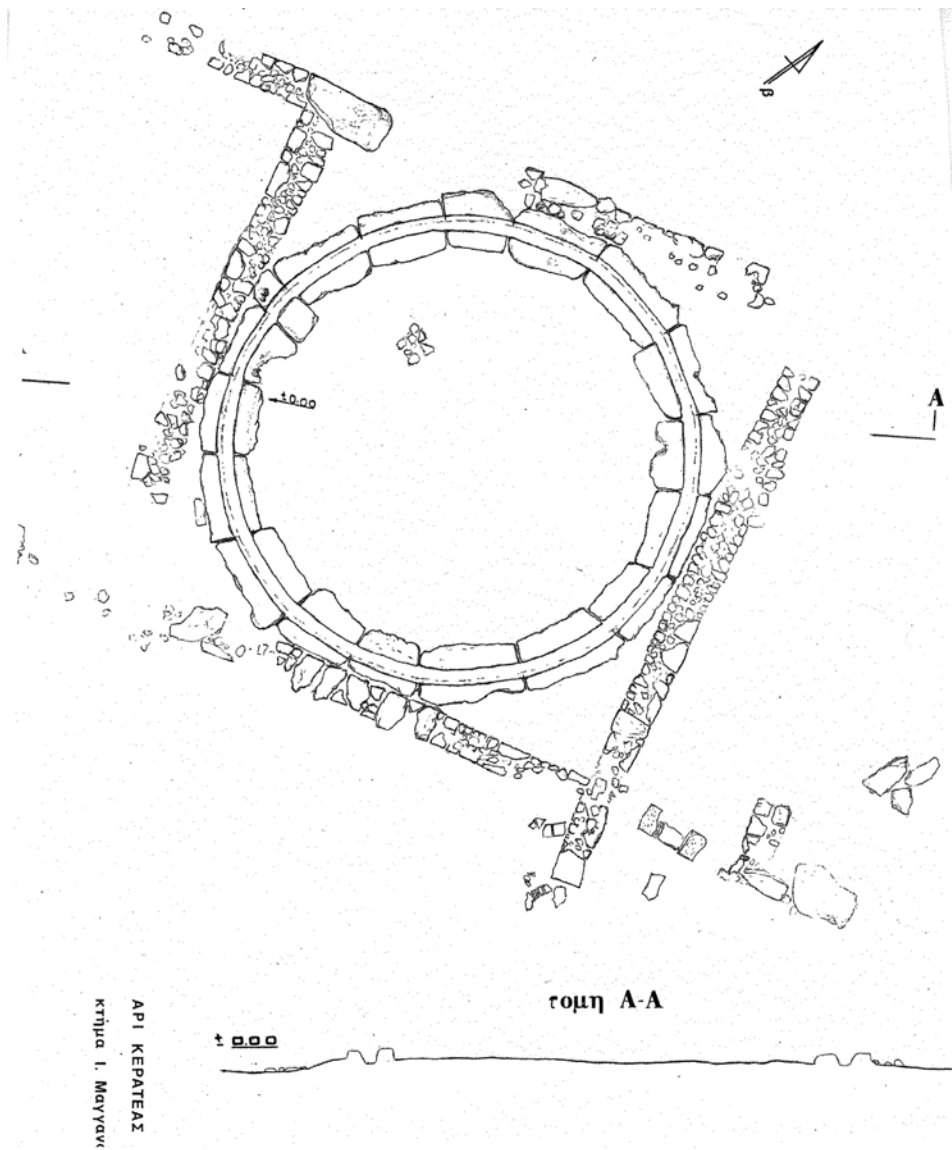
σμό των μεταλλευμάτων», *ΙΑ' Επιστ. Συνάντηση ΝΑ. Αττικής Σπάτα*, Σπάτα, 2006, σελ. 467-478.

Κ. Τσάμου, 2006α, *ΑΔ*.

Ε. Φώτου, 1992, «Αναλύσεις εργαστηριακών υπολειμμάτων από την περιοχή Αγραυλίζα της Λαυρεωτικής, 4ος αι. π.Χ.», *Πρακτικά Α' Συμποσίου Αρχαιομετρίας και Αρχαιολογίας «Σύνδεση Αρχαιομετρίας και Αρχαιολογίας»*, σελ. 55.



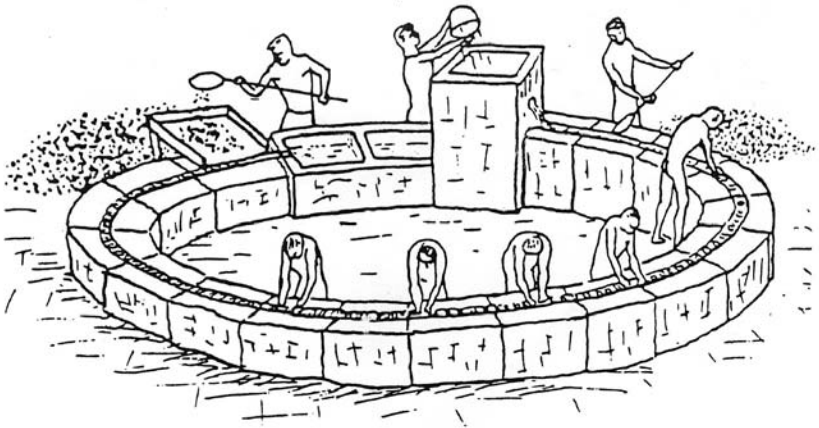
Εικ. 1. Το επίπεδο κυκλικό ρείθρο Αρύ ΙΙ.



Εικ. 2. Κάτοψη του κυκλικού επίπεδου ρείθρου Ασύ ΙΙ.



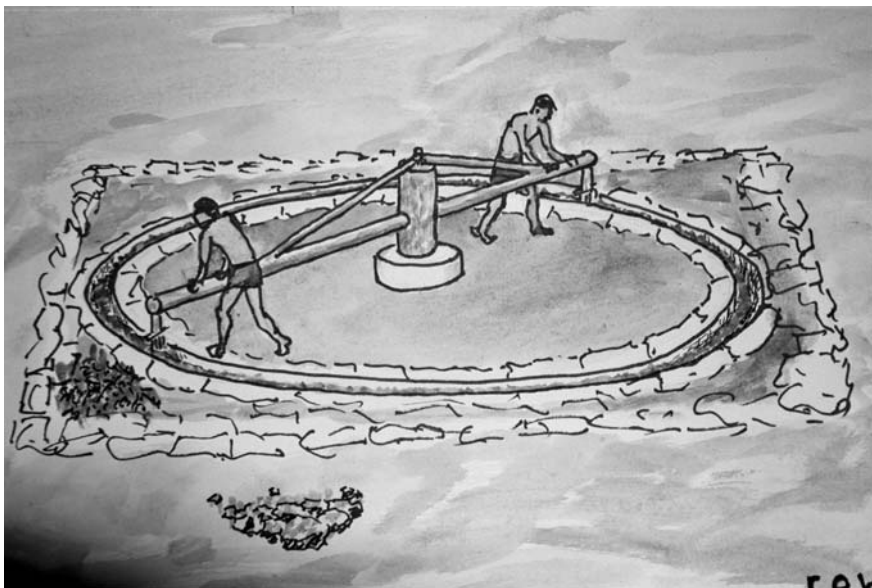
Εικ. 3. Τα «τούβλα», δηλ. συσσωματωμένο εμπλουτισμένο μετάλλευμα, βρέθηκαν σε χώρο δίπλα στο κυκλικό ρείθρο Αρϋ II.



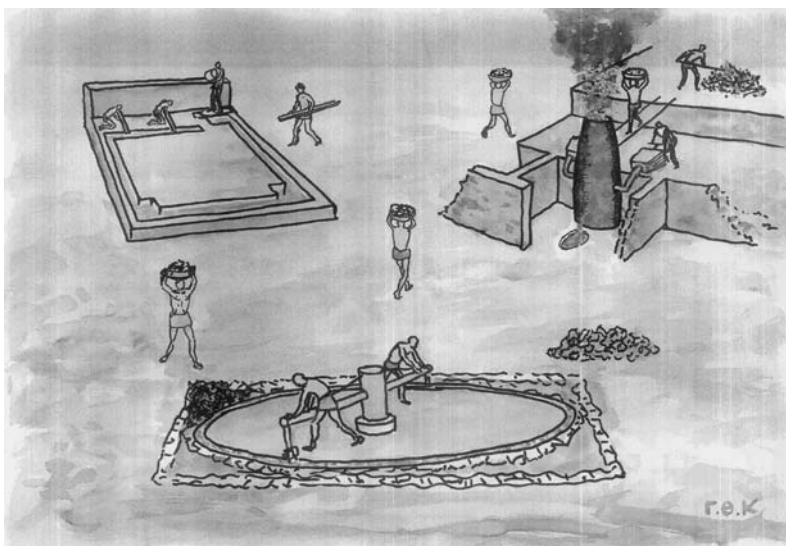
Εικ. 4. Αναπαράσταση της λειτουργίας του ελικοειδούς πλυντηρίου (κατά Κονοφάγο).

Η τροφοδοσία μεταλλεύματος και νερού γινόταν στο ανώτερο σημείο της σπείρας. Κατά τη ροή του πολφού τα βαριά τεμαχίδια βυθίζονται ενώ τα ελαφριά παρασύρονται από το νερό. Κατά μήκος του ρείθρου γινόταν η ταξινόμηση του μεταλλεύματος.

Το νερό που ξαναγύριζε στην αφετηρία, το ανακυκλοφορούσαν αμέσως.



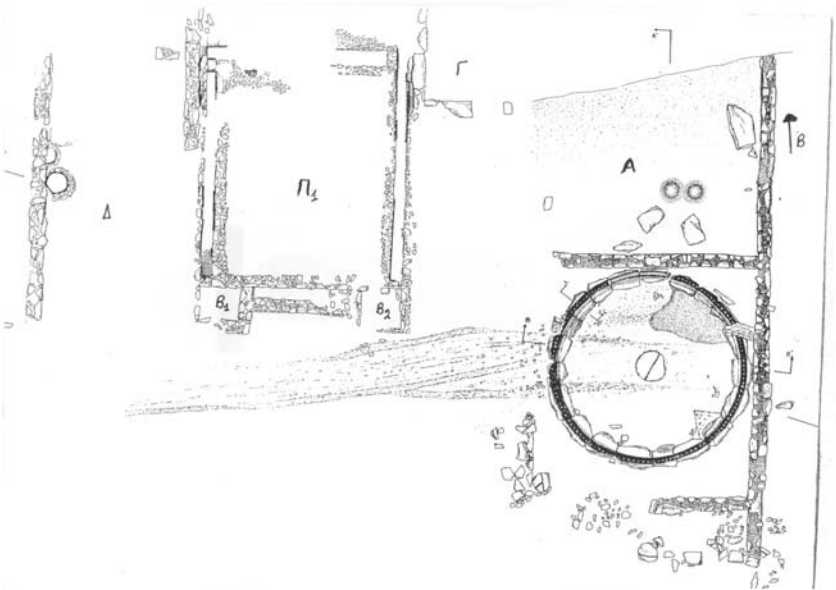
Εικ. 5. Σχηματική αναπαράσταση της πιθανής λειτουργίας της κυκλικής κατασκευής Αρύ ΙΙ (κατά Κ. Τσάιμου).



Εικ. 6. Σχηματική αναπαράσταση της οργανώσεως των εργασιών καταργασίας του μεταλλεύματος στο συγκρότημα Αρύ ΙΙ. Το εμπλουτισμένο μέταλλευμα από το επίπεδο πλυντήριο πήγαινε για τουβλοποίηση στο κυκλικό επίπεδο μαρμάρινο ρείθρο. Στη συνέχεια τα «τούβλα» πήγαιναν για τήξη στα καμίνια τήξεως που βρίσκονταν πλησίον του συγκροτήματος.



Εικ. 7. Το κυκλικό επίπεδο ρείθρου Αργύ ΙΙΙ.



Εικ. 8. Κάτοψη του κυκλικού ρείθρου και του επιπέδου πλυντηρίου Π₁ του συγκροτήματος εμπλουτισμού Αργύ ΙΙΙ.



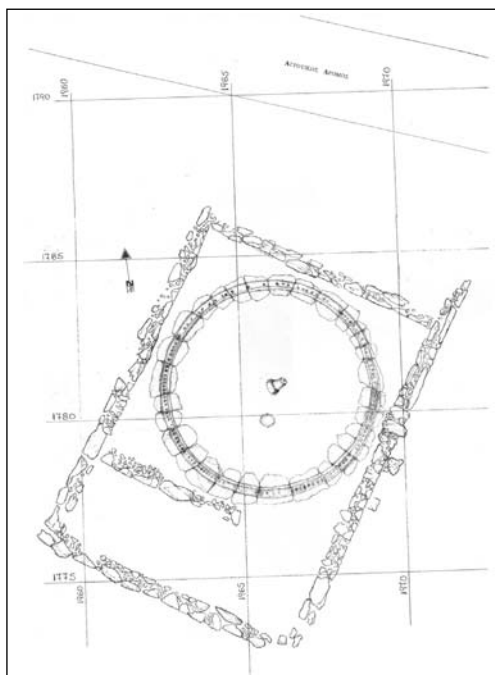
Εικ. 9. Το επίπεδο πλυντήριο Π₁ του συγκροτήματος Αρύ III.



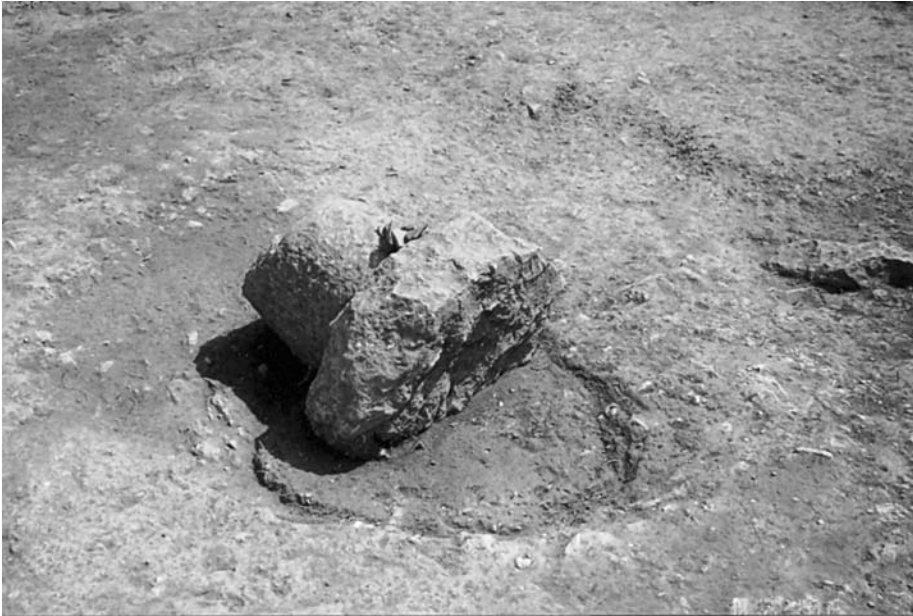
Εικ. 10. Αρύ III. Το δωμάτιο θραύσεως και λειοτριβήσης του μεταλλεύματος του συγκροτήματος Αρύ III είναι βόρεια και εφραπτόμενο του ρεϊθρου. Διακρίνονται οι ασβεστολιθικές πλάκες πάνω στις οποίες θραύανε το μέταλλευμα.



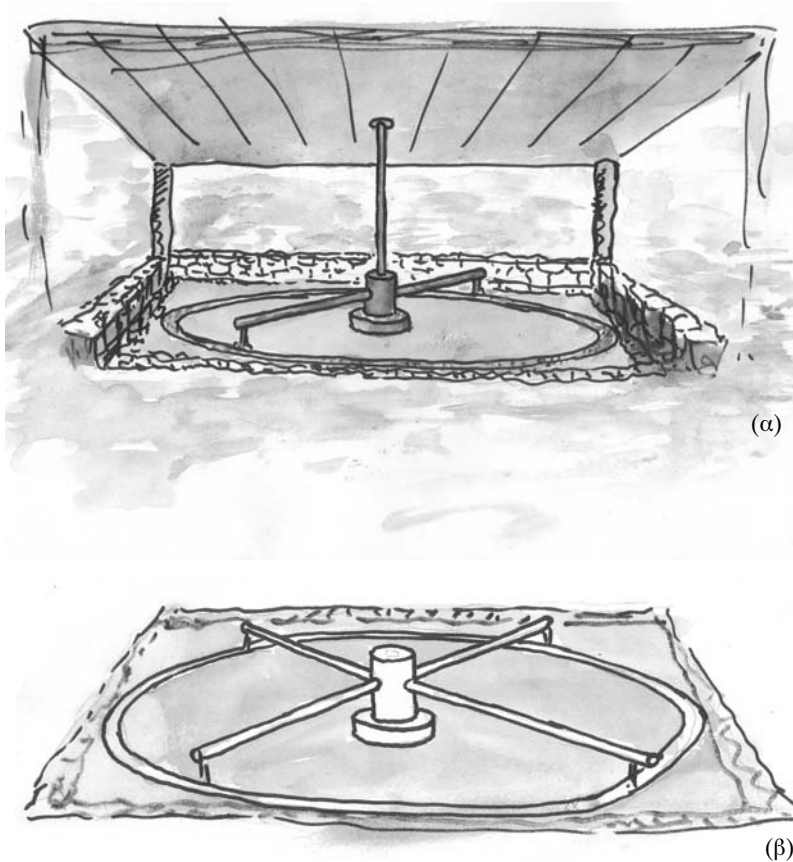
Εικ. 11. Το επίπεδο κυκλικό ρεΐθρο Αργύ IV.



Εικ. 12. Κάτοψη του Αργύ IV.



Εικ. 13. Αφύ IV. Στο κέντρο του κυκλικού ρεΐθρου βρέθηκε πεσμένος λίθινος κίονας.



Εικ. 14. Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου στήριξης της δοκού πάνω στον κίονα (κατά Κ. Τσάιμου).

Η οπή του κίονα που βρέθηκε στο κέντρο του ρεϊθρου Αρύ III, στην οποία στηριζόταν ο άξονας της κινητής ξύλινης κατασκευής, έχει μικρό βάθος.

Αυτό μάλλον δεν θα εξασφάλιζε τη σταθερότητα και στερεότητά της.

Εικάζουμε ότι το πρόβλημα λυνόταν είτε με προέκταση προς τα άνω του άξονα με στηριγμένη την άνω κατάληξη σε ένα δεύτερο κουζινέτο ψηλά (14α), είτε με την προσθήκη δεύτερης οριζόντιας δοκού κάθετης προς την προηγούμενη με την οποία θα σχημάτιζε σταυρό, ώστε ολόκληρη η περιστρεφόμενη ξύλινη κατασκευή θα κατέλιγε σε τέσσερα άκρα «πόδια» με κτένια πάνω από το ρεϊθρο αντί των αρχικών δύο, πράγμα που θα εξασφάλιζε την σταθερότητα (14β).

