

● **Αρχαία ελληνική τεχνολογία**

Του **Θ.Π. Τάσιου**

● **Μηχανολογικές κατασκευές**

Του **Θ.Π. Τάσιου**

● **Οργανωμένα δίκτυα τηλεπικοινωνίας**

Του **Στέλιου Πολυκράτη**

● **Τεχνολογία μετάλλου**

Της **Κ.Γ. Τσάιμου**

● **Αρχαία ναυπηγική**

Του **Χάρη Τζάλα**

● **Οι αρχαίοι νεώσοικοι**

Του **David Blackman**

● **Αρχαία ελληνικά αυτόματα.**

Του **Δημητρίου Καλλιγερόπουλου**

● **Εγκαταστάσεις υγιεινής.**

Της **Κλαίρης Παλύβου**

● **Εκπληκτικά συστήματα ύδρευσης.**

Του **Ελευθέριου Βαβλιάκη**

● **Ατομικός οπλισμός.**

Του **Παναγιώτη Β. Φάκλαρη**

● **Δρυτόμοι και ξυλουργοί.**

Της **Στέλλας Κοκκίνη**

● **«Είματα ευποίητα»**

Της **Ιριδας Τζαχίλη**

● **Τα αστρονομικά όργανα**

Της **Μάρως Κ. Παπαθανασίου**

● **Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων**

Του **Ν.Α. Οικονόμου**

● **Ιατρική τεχνολογία**

Του **Σπύρου Γ. Μαρκέτου**

● **Προηγμένη μεταλλοτεχνία**

Της **Ευαγγελίας Α. Βαρέλλα**

● **Ελεγχος ποιότητας προϊόντων**

Του **Γιώργου Βαρουφάκη**

● **Αμαξήλατη επικοινωνία**

Του **Γ.Α. Πίζουλα**

Εξώφυλλο: Η «Ελέπολις» ήταν ένας κυλιόμενος πολιορκητικός πύργος ύψους 20 μ. έως 60 μ., σιδερόφρακτος στο πρόσθιο μέρος του.

Υπεύθυνη «Επτά Ημερών»
ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΤΡΑΪΟΥ

ΑΦΙΕΡΩΜΑ

Αρχαία ελληνική τεχνολογία

Εκταση και σημασία των αρχαιοελληνικών τεχνολογικών επιτευγμάτων

ΣΤΟ αφιέρωμα των «Επτά Ημερών» για τον Παρθενώνα (13 Νοεμβρίου '94) ο αρχιτέκτονας Μανόλης Κορρές σημειώνει: «Με γνώμονα τη μοναδική λιθοτεχνική τελειότητα και τα διάφορα ποσοτικά μεγέθη του Παρθενώνα ως κτίριον, εύκολα αποδεικνύεται ότι σήμερα δεν θα ήταν δυνατή η τόσο τέλεια κατασκευή του στον εκπληκτικό χρόνο των οκτώ ετών, έστω και με απασχόληση ισάριθμων ή και περισσότερων τεχνιτών και παρά τη χρήση αυτοκινήτων αντί κάρρων ή ηλεκτρικών γερανών αντί χειροκινήτων». Το τεκμηριωμένο αυτό συμπέρασμα είναι ενδεικτικό των επιτευγμάτων της αρχαιοελληνικής τεχνολογίας, η οποία δημιούργησε έργα που επηρέασαν την εξέλιξη του τεχνικού πολιτισμού, μέχρι τις ημέρες μας. Ωστόσο, ενώ πολλές πλεονεξίες του αρχαίου ελληνικού πολιτισμού, όπως η πολιτική, η φιλοσοφία, η τέχνη κ.ά., έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης και θαυμασμού διεθνώς, ο τομέας της τεχνολογίας έχει υποτιμηθεί, παρά το γεγονός ότι η προσέγγιση ενός πολιτισμού δεν είναι δυνατή χωρίς την κατανόηση βασικών κοινωνικών φαινο-

μένων, όπως η οικονομία και η τεχνολογία που τη στηρίζει.

Αξιόλογη προσπάθεια μελέτης και προβολής της σημαντικής αυτής πτυχής του ελληνικού πολιτισμού αποτέλεσε το συνέδριο «Αρχαία ελληνική τεχνολογία», το πρώτο στον τομέα αυτό, που οργανώθηκε τον Σεπτέμβριο στη Θεσσαλονίκη από την «Εταιρεία Μελέτης της Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας» και το «Τεχνικό Μουσείο Θεσσαλονίκης» στο πλαίσιο της Πολιτιστικής Πρωτεύουσας της Ευρώπης «Θεσσαλονίκη 1997». Συμμετείχε μεγάλος αριθμός ερευνητών, εκ των οποίων πολλοί παρουσιάζουν τις εργασίες τους στο αφιέρωμά μας αυτό. Η έκταση του θέματος και ο περιορισμένος χώρος του αφιερώματος δεν επέτρεψαν την πλήρη κάλυψη των αρχαιοελληνικών τεχνολογικών επιτευγμάτων, τα οποία, ως ένα βαθμό, έχουν παρουσιασθεί σε παλιότερα τεύχη των «Επτά Ημερών» με θέμα την ελιά (16 Ιανουαρίου 1994), το κρασί (17 Οκτωβρίου 1993), την ελληνική ιατρική (12 Οκτωβρίου 1997), την παραδοσιακή ναυπηγική (19 Δεκεμβρίου 1993) κ.α.

Επιμέλεια αφιερώματος:
ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΤΡΑΪΟΥ

Του **Θ.Π. Τάσιου**

Καθηγητή ΕΜΠ, Προέδρου της Εταιρείας Μελέτης Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας (ΕΜΑΕΤ)

ΕΝΑ από τα παράδοξα της νεοελληνικής πραγματικότητας είναι κι η άποψη κατά την οποία οι «αρχαίοι Έλληνες δεν είχαν σπουδαία τεχνολογία – οι Ρωμαίοι ήσαν οι μεγάλοι τεχνικοί».

Ο αντικειμενικός μελετητής της ελληνικής ιστορίας, όμως, παρατηρεί ότι οι αρχαίοι Έλληνες ήταν λαός τόσο πολύ στραμμένος στην τεχνολογία, ώστε απ' τα βάθη των αιώνων την είχαν ήδη «προβάλλει» στο μυθοθησκευτικό επίπεδο. Ο Προμηθεϊκός μύθος είναι καταλυτικής σημασίας εν προκειμένω (Πλάτωνος «Πρωταγόρας», 321 c): Ο Προμηθεύς παρατηρεί ότι το νεοδημιούργητο ον «άνθρωπος» είναι γυμνό, ξυπόλητο, άοπλο και άστεγο, σπεύδει δε να επανορθώσει το σφάλμα αυτό της Δημιουργίας, προσφέροντας στους ανθρώπους «έντεχνον σοφίαν» (δηλαδή τεχνονγνωσία) και «πυρ» (δηλαδή ενέργειαν). Ετσι γεννήθηκε η τεχνολογία, την επόμενη κιόλας μέρα της Δημιουργίας! Τέτοια βασική περί τεχνολογίας αντίληψη είχε αυτός ο λαός. Γι' αυτό, άλλωστε, είχε και θεόν μηχανικό (τον Ηφαιστο) και μυθικά γιγάντια ρομπότ, όπως ο Τάλως, ο οποίος περιδιάβαζε ταχύτατα όλη την Κρήτη κι έριχνε βράχους θεόρατους πάνω στα πλοία των εχθρών. Ενας τέτοιος λαός ήταν λοιπόν ανοιγμένος προς τις μηχανικές κατασκευές από πολύ νωρίς – εις πείσμα της ανιστόρητης απόψεως που προτάξαμε.

Πλήθος απλών τεχνολογιών είχαν αυτοχθόνως αναπτυχθεί στις ελληνίδες χώρες ή είχαν σταδιακά εισαχθεί απ' την Εγγύς Ανατολή. Όμως, εκεί γύρω στον 6ο π.Χ. αιώνα, κάτι το πρωτόφαντο συμβαίνει στην Ελλάδα: Σταδιακά, μια καινούργια (κατε-



Αρχισιδηρουργός με το βοηθό του, μπροστά σε μεταλλουργικό κλίβανο. Παράσταση σε μελανόμορφη λήκυθο (Βρετανικό Μουσείο).

ξοχήν ελληνική) δραστηριότητα, η **Επιστήμη**, αρχίζει να διαποτίζει την εμπειρική τεχνολογία. Χάρis στον υμναιό αυτόν, η τεχνική καινοτομία θα γίνει ευχερέστερη, αλλά κι η τεχνολογία γίνεται παραγωγικότερη. Ο Θαλής ο Μιλήσιος, εφαρμόζει τα μαθηματικά του στο μεγάλο χωματουργικό έργο εκτροπής του Αλίου ποταμού (Ηρόδοτος Ι-70). Το ίδιο άλλωστε κάνει κι ο Πυθαγόρας όταν, χάρις στην αριθμητικοποίηση της μουσικής κλίμακας, διευκολύνει την κατασκευή μουσικών οργάνων. Αυτήν ακριβώς την επιστημονική στροφή της ελληνικής τεχνικής επισημαίνει κι ο Βιτρούβιος (1ος αι. μ.Χ.) όταν μας βεβαιώνει ότι «[οι Έλληνες] κληροδότησαν στις επόμενες γενεές πολλές μηχανές επινοημένες και κατασκευασμένες με βάση τους **αριθμούς** και τους **φυσικούς νόμους**» (Ι, 1.17).

Τώρα, χάρις στην τεχνολογία, κα-

τασκευάζονται και ακριβή μετρητικά όργανα: Διόπτρες, χωροβάτες, οδόμετρα, αστρολάβοι, υδραυλικά ωρολόγια, ζυγοί ακριβείας, θα είναι το «αντίδωρον» της τεχνολογίας προς τη ζωογόνα επιστήμη.

Αλλ' ας έρθουμε σε μια, συνοπτική έστω και υπαινικτική, παρουσίαση των επιμέρους κλάδων της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας.

Μεταλλευτική – Μεταλλουργία

Η νίκη των Αθηναίων στη Σαλαμίνα με 200 νεοναυπηγημένες τριήρεις δεν είναι άσχετη του γεγονότος ότι, επί τρία χρόνια πριν, η παραγωγή αργύρου στο Λαύριο είχε φθάσει στο απόγειο (750 τάλαντα κατ' έτος). Κι αν έχασαν τον Πελοποννησιακό Πόλεμο, είναι ίσως διότι τα μεταλλεία είχαν σχεδόν κλείσει (75 τάλαντα κατ' έτος). Βεβαίως, ούτε η μεταλλευτική

ούτε η μεταλλουργία των Αθηναίων ήσαν αρχικώς πρωτότυπες. Όμως, κατά τον 5ο αι. και τον 4ο αι. παρατηρείται μια άνθηση και μια συστηματοποίηση που ουδέποτε άλλοτε είχε παρατηρηθεί: άνετες στοές εξορύξεως, δίδυμα φρεάτια για τη μηχανοποίηση της ανυψώσεως φορτίων, οργανωμένη μαζική εκκαμίνευση και τήξη, νέες τεχνικές εξοπλισμού των μεταλλευμάτων, μηχανοποίηση της κοπής νομισμάτων.

Στρατιωτική τεχνική

Εδώ πρόκειται για ένα μόνιμο ιστορικό φαινόμενο κι όχι για «επανάληψη» της Ιστορίας: Οι περισσότερες ανακαλύψεις γίνονται (ή, έστω, εφαρμόζονται ευρέως) για να εξυπηρετήσουν στρατιωτικές σκοπιμότητες. Αποφεύγοντας μια ηθικολογική προσέγγιση στο θέμα, ας θυμήσουμε προχείρως μερικά επιτεύγματα στην αρχαία Ελλάδα: Φλογοβόλα (Θουκιδίδης, Δ.100), το χαλκότονον όπλο (Κτησίβιος, 3ος αι. π.Χ.), η Ελέπολις του Επιμάχου (θωρηκτό άρμα ύψους 40 μ., Διόδωρος χχ.91), το πολυβόλον (καταπέλτης του Διονύσου εκ Μαγνησίας). Το εντυπωσιακότερο ίσως όπλο, αμυντικό αυτή τη φορά, ήσαν οι φοβεροί γερανοί του Αρχιμήδη, καθώς πρόβαλαν ξαφνικά πάνω απ' τα θαλάσσια τείχη των Συρακουσών για ν' αρπάξουν τις πλωτές πολιορκητικές μηχανές των Ρωμαίων και να τις βροντοχτυπήσουν πάνω στα βράχια (Πλούταρχος, Μάρκελλος, XV).

Τεχνικά έργα

Αναφέρθηκε ήδη η περίπτωση του Θαλή (6ος αι.) να εκτρέπει τον Αλυν ποταμόν. Κοντά στην Ιωνία πάντοτε, ο κυματοθραύστης της Σάμου (βάθος 35 μ., μήκος 335 μ.) είναι από τα σημαντικότερα λιμενικά έργα της αρχαιότητας. Η σήραγγα όμως της Σάμου, έργο του Μεγαρέως Ευπαλίνου, παρουσιάζει ίσως το μεγαλύτερο ενδιαφέρον: Με ύψος γύρω στα 2,5 μ. και μήκος 835 μ. εντυπωσιάζει, ακόμα και για τα σημερινά δεδομένα.

Σειρά έχει τώρα ένα ευρύτερο υδραυλικό έργο, η αποξήρανση της λίμνης των Πτυχών (της λίμνης Δύστου, δηλαδή, στη νότια Εύβοια). Σώζεται η σύμβαση του δήμου Ερετριέων με τον Μηχανικό Χαιρεφάνη (330 π.Χ.). Περιγράφεται το έργο (κατασκευή αποχετευτικών αγωγών και δρυφράκτων, κατασκευή δεξαμενής, κ.ά.), δίνεται τετραετής προθεσμία, παρέχεται ατέλεια στα εισαγόμενα υλικά και ασυλία στον εργολάβο και στους εργαζόμενους κατά τη διάρκεια της τετραετίας. Προβλέπονται όμως και σαφείς ποινικές ρήτρες, υλικής και ηθικής φύσεως. Είναι το πρώτο έργο Β.Ο.Τ. (build, operate and transfer) στην Ιστορία.

Και για να μη διαιωνίζεται η ανακρίβεια πως μόνοι οι Ρωμαίοι εφεύραν τον θόλο, ιδέστε και τη γέφυρα της Βαλύρας (άνω Πάμισος) που χρησιμοποιείται ακόμα μέχρι σήμερα!

Μηχανολογία

Δίκαια χαρακτηρίζεται ως η βαρύτερη τεχνολογία. Ενδεικτικώς, θα

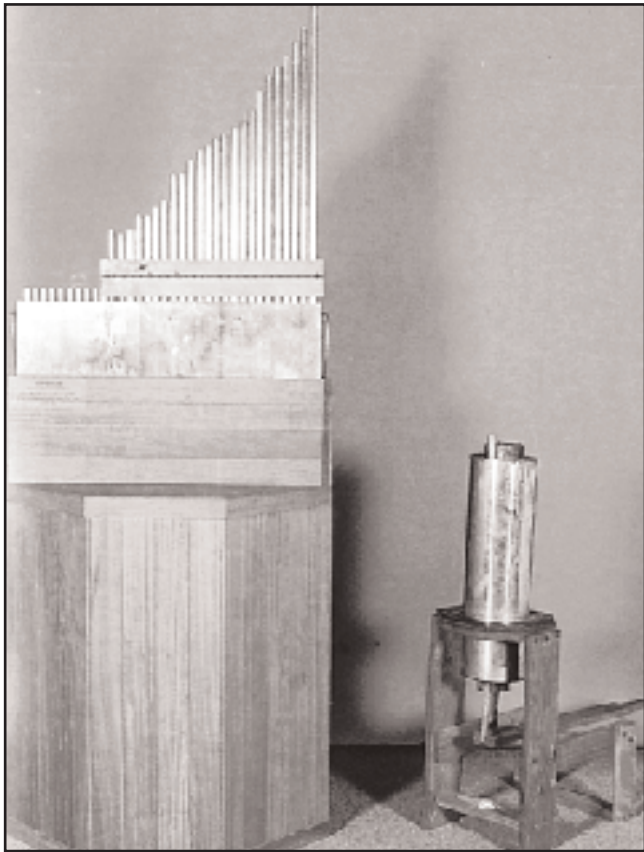
Συνέχεια στην 4η σελίδα



Οι αρχαίοι Έλληνες ήταν τόσο στραμμένοι στην τεχνολογία ώστε την είχαν προβάλει, από τα βάθη των αιώνων, στο μυθοθρησκευτικό επίπεδο. Αρκεί να θυμηθούμε τον Προμηθέα που πρόσφερε στους ανθρώπους «έντεχνον σοφία» και «πυρ», δηλαδή τεχνογνωσία και ενέργεια, όπως και το γεγονός ότι ένας από τους θεούς, ο Ηφαιστος, ήταν μηχανικός. Στη φωτογραφία, παράσταση σε ερυθρόμορφη κύλικα του 5ου αι. π.Χ., όπου εικονίζεται ο Ηφαιστος (αρχικά θεός της φωτιάς, των ηφαιστειών και ύστερα της μεταλλοτεχνίας), ενώ παραδίδει στη Θέτιδα την πανοπλία του Αχιλλέα (Αρχαιολογικό Μουσείο, Βερολίνο).



Αλλη μια απόδειξη του πόσο στραμμένος ήταν ο ελληνικός λαός στην τεχνολογία και τις μηχανικές κατασκευές, από τα βάθη των αιώνων, αποτελεί ο Τάλως, το μυθικό γιγάντιο ρομπότ που περιδιάβαζε ταχύτατα όλη την Κρήτη και έριχνε βράχους θεόρατους στα πλοία των εχθρών. Στην αγγειογραφία (5ου αι. π.Χ.) βλέπουμε το τέλος του ορειχάλκινου φρουρού της Κρήτης, ύστερα από τη σύγκρουσή του με του Αργοναύτες κατά την επιστροφή τους από την Κολχίδα. Εικονίζεται ο Τάλως ανάμεσα στους έφιππους Διόσκορους που τον συνέλαβαν και η Μήδεια η οποία βγήκε από την Αργώ, αφού συμπλήρωσε τις μαγικές πράξεις που έφεραν το θάνατο του ήρωα· το αίμα του, λέει ο μύθος, χύθηκε από τη μοναδική του φλέβα σαν λιωμένο μολύβι μετά τον τραυματισμό του στον αστράγαλο (Ρούβο, Συλλογή Jatta).



Ανακατασκευή υδραύλεως. Η ύδραυλις (το πρώτο «αρμόνιο») αποδίδεται στον Κτησίβιο (3ος αι. π.χ.). Προέκυψε από τον συνδυασμό ενός μουσικού οργάνου με σειρά αυλών (σύριγγε) με τη νέα τεχνική που εξασφάλιζε με υδραυλικό τρόπο σταθερή πίεση αέρα (μελετητής: Μ. Μαυροειδής, κατασκευαστής: Γ. Παράσχος).



Ενα από τα πολλά ανοίγματα της αρχαίας (3ου π.Χ. αι.) γέφυρας της Βαλύρας (άνω Πάμισος) όπως υπερυψώθηκε και χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα (φωτ.: Γ. Γ. Μακρή).



Το ευπαλίνειο όρυγμα της Σάμου, από τα σπουδαιότερα τεχνικά έργα της αρχαιότητας, με ύψος γύρω στα 2,5 μ. και μήκος 835 μ. Κατασκευάστηκε από τον Μεγαρέα μηχανικό Ευπαλίνο, με χρηματοδότηση του τυράννου των Μεγάρων Πολυκράτη, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες υδροδότησης της αρχαίας Σάμου (φωτ.: «Samos», XIX, εκδ. Γερμανικής Αρχαιολογικής Σχολής, 1995).

Συνέχεια από την 3η σελίδα

μνημονεύσουμε πρώτα τα εργαλεία. Πολύσπαστα (5ος αι. π.Χ.), συγκόλληση σιδήρου (6ος αι. π.Χ.), ατέρμων κοχλίας (3ος αι. π.Χ.) και, πιθανότατα, τόρνος μεταλλικών αντικειμένων. Χάρη σ' αυτά, καθώς και στις προόδους της μεταλλουργίας, έγινε δυνατή η εντατική χρήση των ακόλουθων μηχανημάτων:

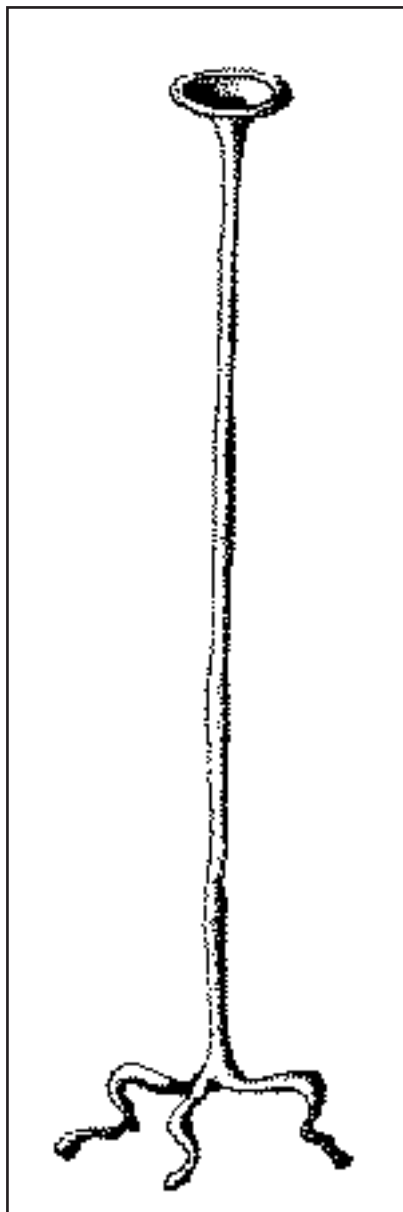
Μεταλλικά ελατήρια για ισχυρούς καταπέλτες, ισχυροί οδοντωτοί τροχοί για γερανούς, καλώς συναρμωσμένα έμβολα και χιτώνια για εμβολοφόρες αντλίες (3ος αι. π.Χ.), καθώς και αυτοματισμοί ποικίλοι – πριν κι από τον Ηρώνα της Αλεξάνδρειας (1ος αι. π.Χ.).

Χημική τεχνολογία

Η συστηματική συλλογή των χημικών «συνταγών» των Ελλήνων έγινε τον 1ο αι. μ.Χ., η χρονολόγησή τους όμως είναι πολύ παλαιότερη. Αλλωστε, τα σχετικά αποσπάσματα του Βώλου Δημοκριτείου ανάγονται στον 2ο π.Χ. αιώνα. Εντυπωσιάζει ο πλούτος των χημικών γνώσεων, αλλά και η ακρίβεια της ορολογίας που χρησιμοποιείται. Ο Διοκλητιανός θα καταστρέψει όσα αρχαία συγγράμματα μπόρεσε «περί χημείας χρυσού και αργύρου», για να εμποδίσει την Αίγυπτο ν' αποκτήσει πλούτη! Ας αναφερθεί, πάντως, ότι μέγα μέρος των σωζόμενων παπύρων περιγράφουν μεθόδους νοθεύσεως μετάλλων...

Ναυπηγική

Δίκαια έχει λεχθεί ότι ένα μεγάλο πλοίο είναι η συνάντηση πολλών τεχνολογιών. Δεν είναι τυχαίο ότι η αθηναϊκή τριήρης, αυτό το σαραντάμετρο πλοίο με διακόσιους άν-

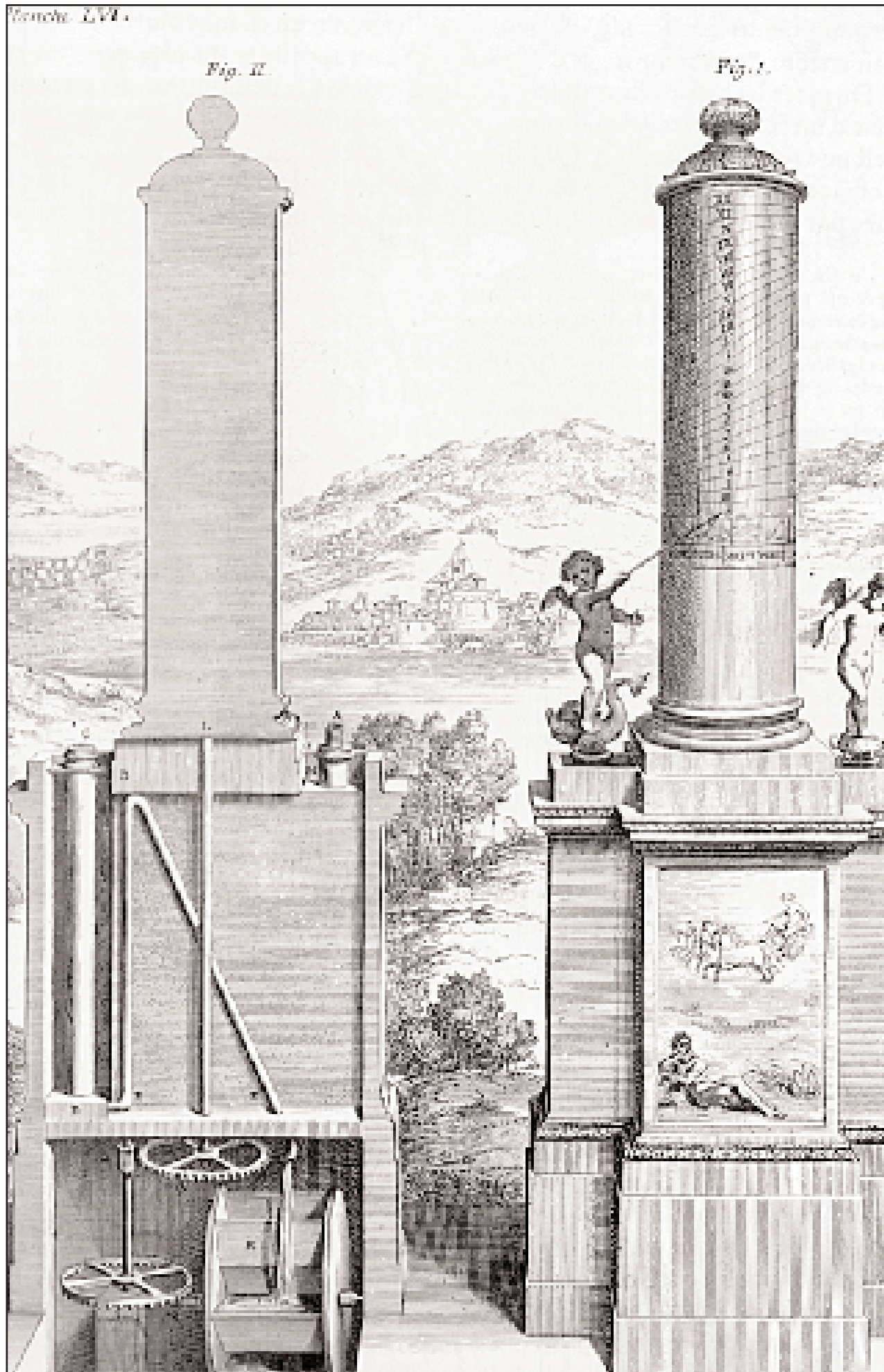


Σιδερένιο καντηλέρι ύψους 2 μ., από την αρχαία Πριήνη.

δρες πλήρωμα, ήταν ικανό να αναπτύσσει την (ζηλευτή και σήμερα) ταχύτητα των 20 χιλιομέτρων την ώρα. Στην Αλεξάνδρεια θα φθάσουν σε «υπερωκεάνεια» των 1.000 τόννων, μήκους 130 μέτρων και με μερικές χιλιάδες ανθρώπους φορτίο (Καλλίξενος ο Ρόδιος, 2ος αι. π.Χ.). Δεν φαίνεται όμως ότι πρόκοψαν πολύ με τέτοια δυσκίνητα σκάφη. Η προώθηση γινόταν ακόμη με κουπιά...

Αν δεν είχε ανακοπεϊ...

Η αναδρομή αυτή στην αρχαία ελληνική τεχνολογία είναι εμφανώς ατελέστοπη. Υποδηλώνει όμως την **έκταση**, την **εμμονή** και τη **σημασία** αυτού του θεμελιώδους πολιτισμικού φαινομένου. Αξίζει μάλιστα να παρατηρηθεί ότι οι Έλληνες μηχανικοί και τεχνικοί συγγραφείς της αρχαιότητας επλήθαιναν σταθερά, απ' τον 6ο π.Χ. προς τον 1ο π.Χ. αιώνα: Θαλής, Ευπαλίνος, Μανδροκλής, Ιππόδαμος, Χερσίφων, Φιλόλαος, Αρχύτας, Διονύσιος, Αινείας, Πολύειδος, Φίλων Αθ., Διάδης, Καρίας, Κινεύς, Πύρρος, Σώστρατος, Δημήτριος, Επίμαχος, Ηγήτωρ, Κτησίβιος, Ευκλείδης, Αρχιμήδης, Βίτων, Φίλων Βυζ., Απολλώνιος, Ιππαρχος, Αγησίστρατος, Ηρων, Ποσειδώνιος, Αθήναιος, Ασκληπιόδοτος. Αυτή η (ατελής άλλωστε) παράθεση ονομάτων οδηγεί κατ' ευθείαν στη **Μεγάλη Αλεξάνδρεια**,



Το υδραυλικό ρολόι του Κτησιβίου. Η σταθερή ροή του νερού μετατρέπεται σε χρονική μέτρηση (το σχέδιο είναι από το βιβλίο «Les dix livres d'architecture de Vitruve», εκδ. P. Mardaga, 1979).

το τεχνολογικό κέντρο του αρχαίου κόσμου. Εκεί όπου θα ολοκληρωθεί η στροφή της ελληνικής σκέψης. Αντί για την ερμηνεία του κόσμου από τα «έξω προς τα μέσα» (π.χ. αντί να ξεκινούν από τα τέσσερα στοιχεία της φύσεως ή τις γενικές αρχές), αναζητούν τώρα να συνδέσουν τα μικρογεγονότα της πραγματικότητας, για να τα κάνουν εν-

δεχομένως ν' αποκτήσουν νόημα. Έτσι, ψάχνουν τον κόσμο από «μέσα προς τα έξω», μ' έναν τρόπο που προαναγγέλει τον Γαλιλαίο.

Τώρα, πολύ περισσότεροι αρέσκονται στην παρατήρηση, στη μέτρηση, στην κατασκευή. Και κάτι ακόμα: Οι μεγάλοι συγγραφείς μηχανικοί δεν είναι πλέον κτηματίες ή στρατηγοί. Ο Κτησίβιος (ο ιδρυτής

της Αλεξανδρινής τεχνολογικής παράδοσης) ήταν γιος κουρέα, ενώ ο Ηρων (του οποίου το έργο θα επανεκδίδεται συνεχώς μέχρι τον 16ο αι. μ.Χ. στην Ευρώπη) εργαζόταν στην αρχή ως υποδηματοποιός.

Αν δεν είχε ανακοπεϊ η λαμπρή εκείνη τεχνολογική παράδοση, το κέντρο της οικονομίας τώρα θα βρισκόταν στην Ανατολική Μεσόγειο...

Μηχανολογικές κατασκευές

Εργαλεία, συστήματα τροχαλιών, αντλίες και άλλα τεχνολογικά επιτεύγματα των αρχαίων Ελλήνων

Του **Θ. Π. Τάσιου**

Καθηγητή ΕΜΠ, Προέδρου ΕΜΑΕΤ

ΒΑΣΗ για την ανάπτυξη των μηχανολογικών κατασκευών είναι η ανάπτυξη εργαλείων και **εργαλειομηχανών**. Ιδού, πρώτον, μερικά τέτοια παραδείγματα απ' την Αρχαία Ελλάδα:

Τροχαλίες και πολύσπαστα χρησιμοποιήθηκαν για το Ερεχθείον, στο τέλος του 5ου αι. Αλλά και απ' τον 6ο αι. έχουμε μεγάλους βάρους λίθινα στοιχεία με εντορμίες που δηλώνουν σφήνες για τη χρήση μηχανών αναρτήσεως. Πώς αλλιώς να εξηγηθεί η απότομη κατά τον 6ο αι. αντικατάσταση των ξύλινων δοκών των ναών με πέτρινα επιστύλια; Η ανάπτυξη των μέσων μεταφοράς και ανυψώσεως είχε προφανώς προηγηθεί.

Ο Βιτρούβιος εκφράζει τον θαυμασμό του προς τον Χερσίφρονα (αρχιτέκτονα του ναού της Αρτέμιδος στην Εφεσο), ο οποίος διέθετε σπουδαίες μηχανές μεταφοράς και ανυψώσεως υλικών.

Στον Γλαύκο το Χίον (6ος αι.) αποδίδουν την εφεύρεση της συγκολλησεως σιδήρου.

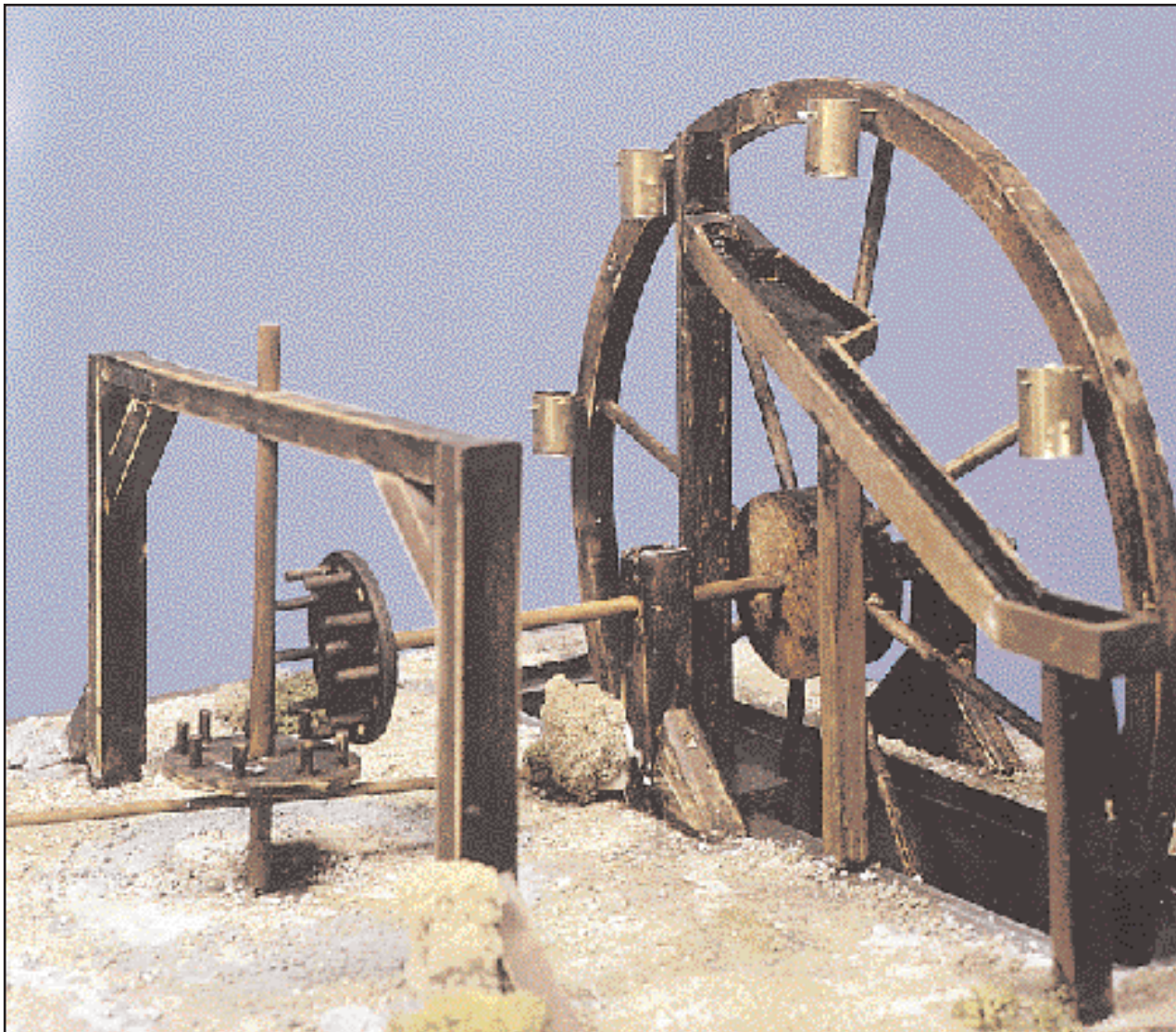
Ο Ηρόδοτος (IV,75) αναφέρει τη χρήση του τόρνου αγγειοπλαστικής. Αλλά και ο τόρνος μεταλλικών αντικειμένων φαίνεται πως χρησιμοποιόταν, όπως ο Γ. Βαρουφάκης απέδειξε μελετώντας τον κρατήρα του Δερβενίου.

Ο Ηρων ο Αλεξανδρεύς γράφει βιβλίο (τα «Μηχανικά») για να περιγράψει τα πέντε βασικά τεχνικά εργαλεία (μηχανικάς «δυνάμεις» τα καλεί): βαρούλκον, μοχλός, πολύσπαστον, σφήν, ατέρμων, κοχλίας. Επειδή δε ο ατέρμων κοχλίας θα γίνει βασικό συστατικό των αυτοματισμών τους οποίους θα εφεύρουν οι Αλεξανδρινοί, έχει σημασία να θυμίσουμε πως ο κοχλίας αυτός ήταν ήδη γνωστός και στον Απολλώνιο (3ος αι.) ο οποίος έγραψε και ειδικό σύγγραμμα «περί κοχλίου».

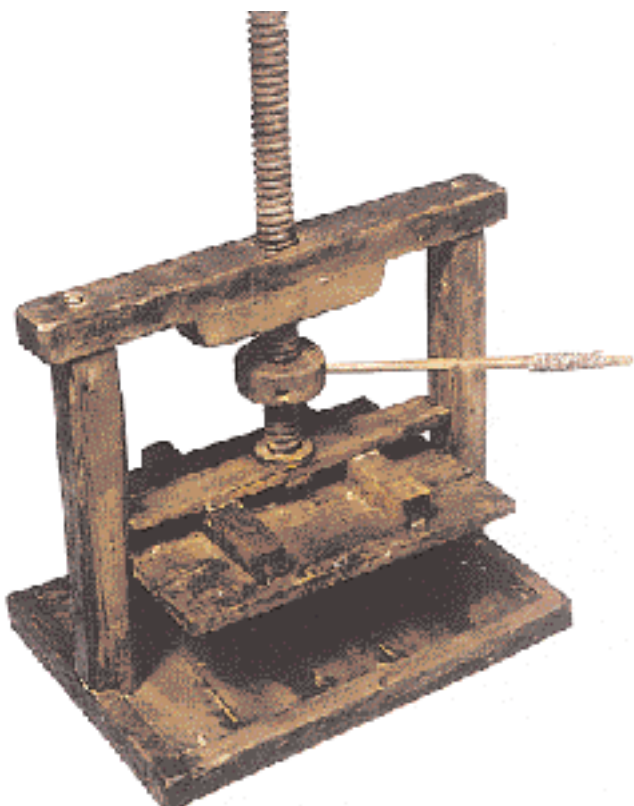
Φτάνουν ίσως τα πρώτα αυτά παραδείγματα μηχανικών εργαλείων, που συνιστούν τον «προθάλαμο» της Μηχανολογίας. Θ' αναφερθούμε τώρα συνοπτικότερα σε μερικές ειδικότερες εφαρμογές.

Σκληρά κράματα

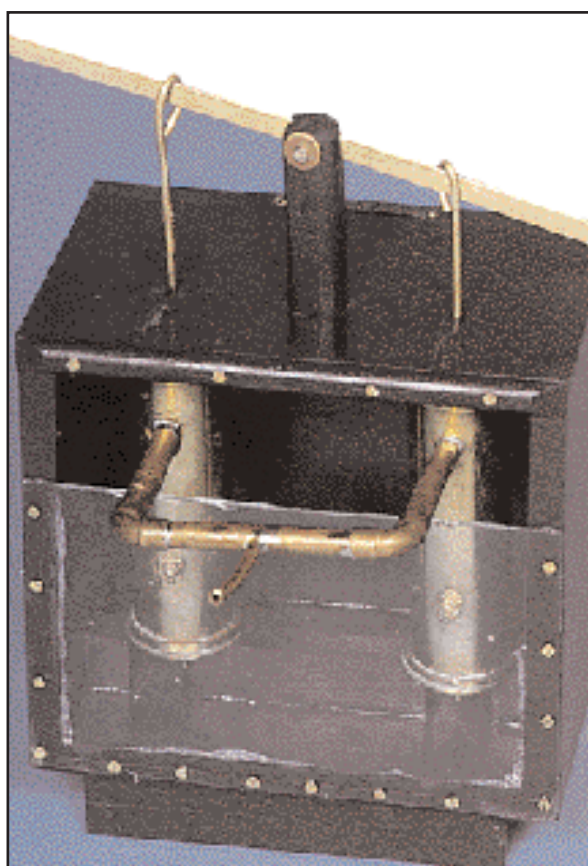
Ξύλινα μηχανήματα (μεταφορικά και ανυψωτικά κυρίως) υπήρχαν από πολύ παλιά. Εκείνο όμως που έδωσε τη μεγάλη ώθηση στην αρχαιοελληνική μηχανολογία φαίνεται πως ήταν η απόκτηση των σκληρών **κραμάτων**, όπως λ.χ. το «κρατέρωμα» (χαλκός και κασίτερος), και ο σίδηρος βεβαίως αργότερα (όλη η Ελλάδα «εσιδηρόφορη» μας λέει ο Θουκυδίδης). Ετσι έγιναν εφικτές ορισμένες σημαντικές εξελίξεις, χάρις στην κατασκευή ισχυρών οδοντωτών τροχών (για γερανούς λ.χ. με μειωτήρες 1 προς 200), μεταλλικών ελατηρίων παντός τύπου (σε καταπέλτες λ.χ., ι-



Ανυψωτική μηχανή νερού Περαχώρας. Αποτελείται από σταθερή ξύλινη βάση πάνω από δεξαμενή και περιστρεφόμενο τροχό που φέρει οκτώ δοχεία. Συνδέεται με σύστημα διαφορικών τροχών ώστε να παίρνει κίνηση από ζώα που κινούνται στο οριζόντιο επίπεδο (κατασκευαστής: Δ. Κριάρης).



Πάνω: πρέσα λαδιού Ηρωνος. Δεξιά: αναρροφητική – καταθληπτική αντλία Κτησιβίου (κατασκευαστής: Δ. Κριάρης).



Η ανέγερση του Παρθενώνα πλησιάζει στην ολοκλήρωσή της. Με τη βοήθεια ανυψωτικού μηχανήματος με συστήματα τροχαλιών, τα υψηλότερα μέλη του ναού τοποθετούνται στη θέση τους (σχέδιο Μανόλη Κορρέ από το βιβλίο του «Από την Πεντέλη στον Παρθενώνα», εκδ. «Μελίσσα», Αθήνα 1993). Κάτω, ανακατασκευή ανυψωτικής μηχανής (μελέτη – επίβλεψη: Μ. Κορρές, κατασκευαστής: Άρης Νομικός).



κανούς να εκτινάσσουν βάρη 80 kg σε απόσταση 200 m), και χιτωνίων και εμβόλων καλά συναρμοσμένων (για τις εμβολοφόρες αντλίες του Κτησιβίου, 3ος αι. π.Χ.).

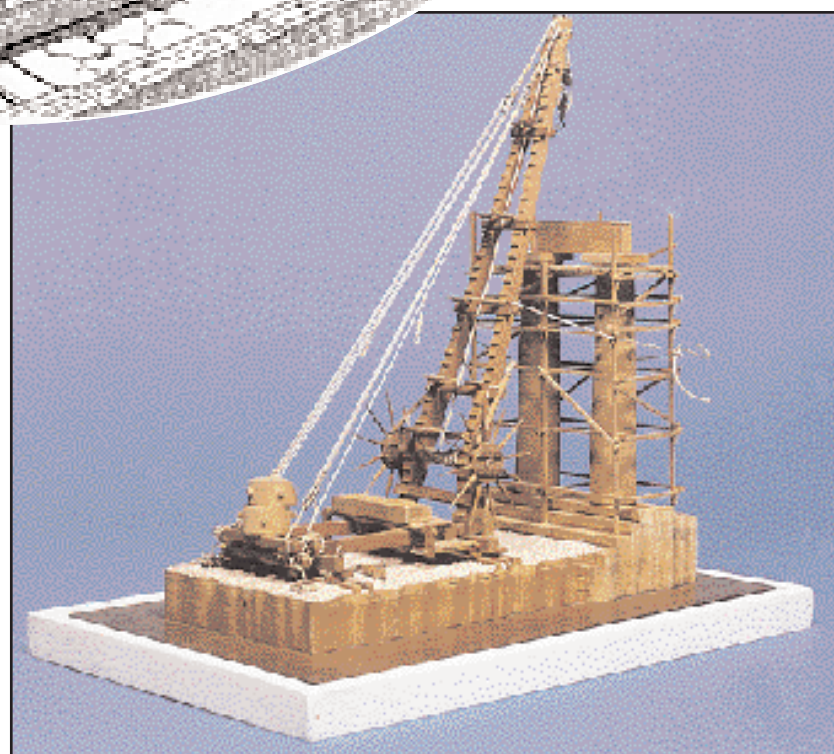
Αντλίες νερού

Αντλίες νερού χρησιμοποιούνταν ευρέως: Ελικοειδείς αντλίες («αρχιμήδειες») χρησιμοποιούνταν στην άρδευση και στα μεταλλεία (μέχρι τον περασμένο αιώνα). Το νερό ανεβαίνει «φυγοκεντρικά» μέσα σ' έναν περιστρεφόμενο φαρδύ σωλήνα, στο εσωτερικό του οποίου είναι στερεωμένη μια λάμα σε ελικοειδή γραμμή (παροχή νερού, γύρω στα 10 μ³ την ώρα). Άλλες μορφές αντλίας χρησιμοποιούνταν επίσης για την άρδευση: Τύμπανον (με στερεωμένες λάμες 30 μ³/ώρα), Πολυκάδια και Αλυσ-

σις (όπως τις ξέραμε μέχρι χθες στα περιβόλια). Η μεγάλη όμως κατάχτηση ήταν η εμβολοφόρος αντλία του Κτησιβίου (το «πνευματικόν ὄργανον») για αέρα ή για νερό, με παροχές 1 τ.μ. από βάθος 4 μέτρων. Αυτή ακριβώς η αντλία θα τροφοδοτήσει με αέρα και την ύδραυλιν (το πρώτο «αρμόνιον»), του Κτησιβίου εφεύρεση κι' αυτή.

Είναι χαρακτηριστική η τάση των αρχαίων Ελλήνων να υπηρετούν τεχνολογικά τις πολιτισμικές τους ανάγκες: ο Ηρων, τεχνικός συγγραφέας και δάσκαλος μέγιστος (Αλεξάνδρεια, 1ος αι. π.Χ.), στο βιβλίο του «Αυτοματοποιητική» περιγράφει πλήθος μηχανών για την εξυπηρέτηση λατρευτικών αναγκών ή και θεατρικών δρωμένων. Αλλά και ο Φίλων (3ος αι. π.Χ.), τιμά την αλεξανδρινή

Συνέχεια στην 8η σελίδα



Συνέχεια από την 7η σελίδα

τάση προς τους αυτοματισμούς.

Η σωζόμενη αραβική μετάφραση των πνευματικών του είναι θησαυρός τέτοιων παιγνίων: Ο αέρας, τα υγρά, η φωτιά, οι πλωτήρες, οι οδοντωτοί κανόνες προσφέρουν πλούσιο οπλοστάσιο για μια καινούργια τεχνολογία (τους αυτοματισμούς), που δυστυχώς δεν πρόλαβε τότε να ολοκληρωθεί όμως θα τροφοδοτούσε όλη την Ευρώπη για 1500 χρόνια.

Ανάλογες διατάξεις κρυμμένων γερανών, καταπακτών και ηχητικών αυτομάτων, επραγμάτωναν τον «από μηχανής θεόν» στο αρχαίο θέατρο των ύστερων χρόνων.

Μορφές ενέργειας

Σημαντική βέβαια ώθηση στην αρχαιοελληνική μηχανολογία θα δινόταν εάν είχε προλάβει να επεκταθεί η εφαρμογή άλλων μορφών ενέργειας, εκτός απ' τη μυική δύναμη (ανθρώπων και ζώων):

Η δύναμη του **ανέμου**: Ο Ηρων (1ος αι. π.Χ.) είχε περιγράψει μια «ανεμογεννήτρια» που κινούσε μια εμβολοφόρο αντλία η οποία λειτουργούσε μια υδραυλιν. Η σημαντικότερη λεπτομέρεια αυτής της εφευρέσεως ήταν ο μηχανισμός μετατροπής της κυκλικής κινήσεως της φτερωτής, σε παλινδρομική ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου της αντλίας.

Η δύναμη του **νερού**: Αν εξαιρέσουμε τον υδροτροχό της αθηναϊκής αγοράς, ο «Ελληνικός νερόμυλος» θα εμφανισθεί πολύ αργότερα (1ος αι. μ.Χ.), στην Μικρά Ασία.

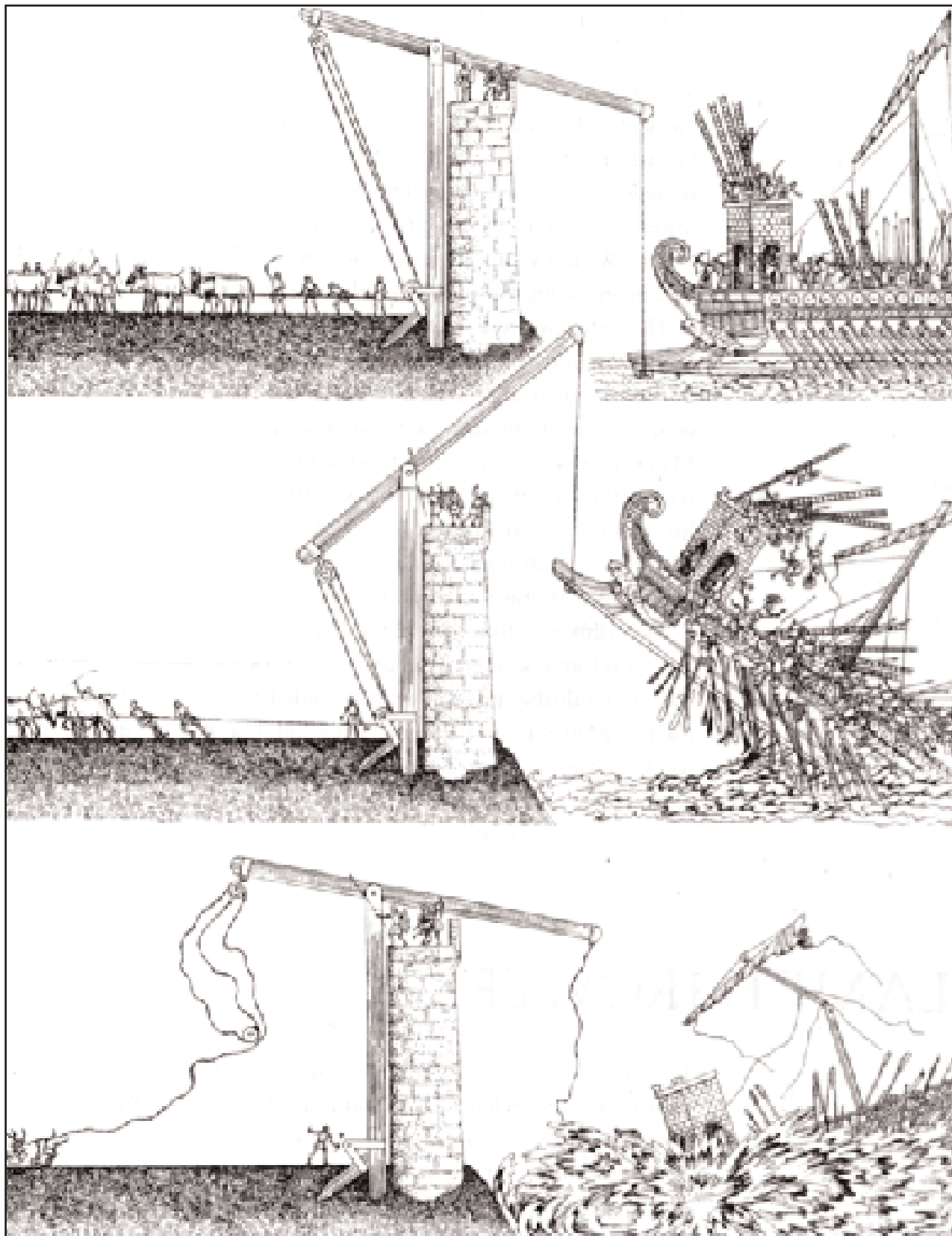
Η δύναμη της **φωτιάς**: Το πρώτο και σημαντικότερο βήμα είχε γίνει όταν ο Ηρων περιέγραψε την αιολόσφαιρά του, η οποία περιστρεφόταν με ατμό...

Η δύναμη του **ηλεκτρισμού**: Εδώ η γνώση είναι υποτυπώδης. Το «ήλεκτρον» (το κεχριμπάρι) που έλκει διάφορα υλικά «ακριβώς όπως ο μαγνήτης έλκει το σίδηρο», ήταν πολύ γνωστό – και προερχόταν απ' τη Βόρεια Θάλασσα, εκεί όπου ο Φαέθων χτυπήθηκε απ' τον κευρανό (άλλη μια ορθή διασύνδεση ηλεκτρικών φαινομένων!). Αυτά χωρίς καμιά εφαρμογή. Κι όμως, αυτά θα ξαναθυμηθεί ο W. Gilbert ύστερα από δυο χιλιάδες χρόνια (1646 μ.Χ.) και θα τα ονομάσει vis electrica...

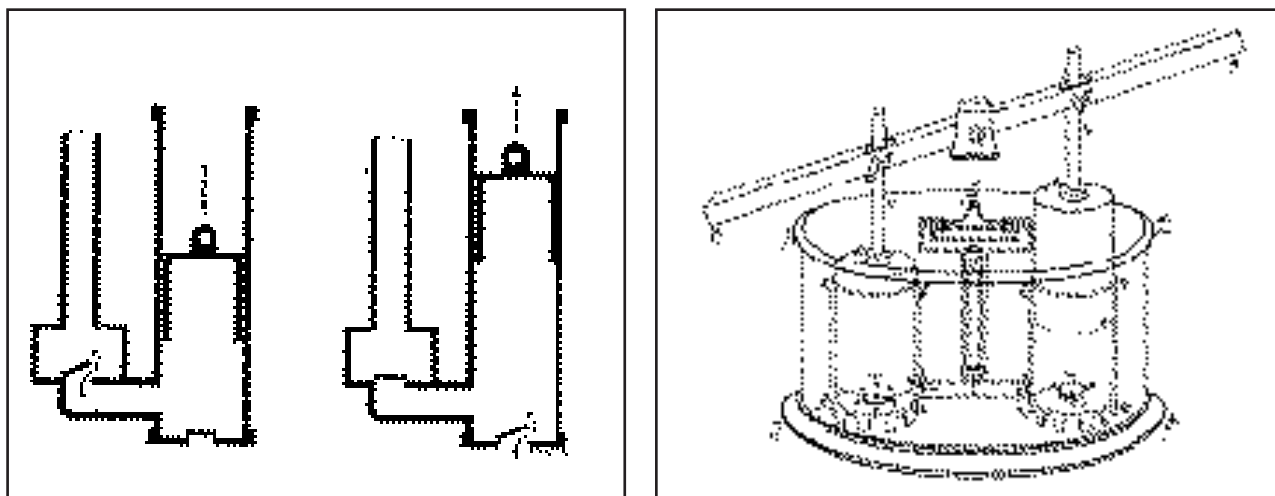
Στη βιβλιογραφία βεβαίως, μπορεί κανείς να βρει περισσότερες μηχανολογικές εφαρμογές:

- Στις ανυψωτικές μηχανές (βλ. λ.χ. Μ. Κορρέ: «Από την Πεντέλη στον Παρθενώνα», Μέλισσα, Αθήνα, 1992).
- Στις ποικίλες αντλίες (βλ. λ.χ. J.G. Landels, «Engineering in the ancient world», University of California Press, 1981).
- Στις στρατιωτικές μηχανές τα χαλκότονα, τα αερότονα και τα τεράστια άρματα μάχης (40 έως 60 μ. ύψος), τις «ελεπόλεις» (βλ. λ.χ. B. Gille «Les mecaniciens grecs», Seuil, Paris, 1980, καθώς και Θ. Κορρέ: «Το ν-γρόν πυρ», Βάνιας, Θεσ/νίκη, 1995).
- Στη ναυπηγική (βλ. λ.χ. Χ. Λάζος: «Ναυτική τεχνολογία στην αρχαία Ελλάδα», Αίολος, 1996).
- Στην Αυτοματοποιητική (βλ. λ.χ. Δ. Καλλιγερόπουλος: «Αυτοματοποιητική του Ηρωνος», Αθήνα, 1996).

- 1) Πρόεσσα λαδιού no 41 (Οδηγός).
- 2) Ανυψωτική μηχανή νερού no 45 (Οδηγός).
- 3) Ανυψωτική μηχανή νερού no 48 (Οδηγός).
- 4) Αεθρο Ράιτ σχήμα 1
- 5) Οδηγός no 43, αντλία Κτησιβίου.
- 6) Αεθρο Ολεσσον, σχ. 13.



Πώς οι γερανοί του Αρχιμήδη καταβύθιζαν τα ρωμαϊκά πολιορκητικά πλοία στις Συρακούσες κατά την περιγραφή του Πλούταρχου. (Σχέδιο P. James, N. Thorpe, «Ancient Inventions», M. O' Mara, London, 1995).



Η εμβολοφόρος αντλία του Κτησιβίου για αέρα ή για νερό, με παροχές 1 κ.μ. από βάθος 4 μέτρων (αριστερά). Υπήρξε η μεγάλη κατάκτηση στον τομέα των αντλιών νερού, παράλληλα, δε τροφοδότησε με αέρα και την Υδραυλιν (το πρώτο «αρμόνιο») του Κτησιβίου, εφεύρεση και αυτή. Η αντλία του Ηρωνος (δεξιά) είναι ουσιαστικά η αντλία του Κτησιβίου με διάφορες βελτιώσεις τις οποίες περιγράφει ο Ηρων στα σωζόμενα βιβλία του.

Οργανωμένα δίκτυα τηλεπικοινωνίας

Τα αρχαιοελληνικά συστήματα επικοινωνίας με κωδικοποιημένα σήματα

Του **Στέλιου Πολυκράτη**

Διευθυντή – Ιδρυτή του Τηλεπικοινωνιακού Μουσείου ΟΤΕ

ΑΠΟ τη στιγμή που ο πρωτόγονος άνθρωπος αισθάνθηκε την ανάγκη επικοινωνίας με τους συνανθρώπους του, δημιουργήθηκε ενστικτωδώς σ' αυτόν η έννοια της τηλεπικοινωνίας, δηλαδή η εκ του μακρόθεν επικοινωνία. Τα πρώτα μέσα της επικοινωνίας που χρησιμοποίησε ήταν η φωνή, τα συρίγματα, οι κινήσεις των χεριών, το κέρας, οι φωτιές, κ.ά. Όταν οι σχέσεις μεταξύ των διαφόρων κοινωνικών ομάδων αναπτύχθηκαν, δημιουργήθηκε η ανάγκη να εξευρεθούν αποτελεσματικότερα μέσα.

Στην πρώτη αυτή περίοδο οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν τας πυράς προς μετάδοση σημάτων. Στην Ιλιάδα ο Ομηρος ομιλεί περί Πυρσών σηματοδοτουσών τον ερχομό φιλικού στόλου προς βοήθεια των πολιορκημένων (Ιλιάς Σ 209–213).

«οι τε πανημέριοι στυγερώ κρίνονται Αρηι, / άστεος εκ σφετέρου, άμα δι' πελίω καταδύντι / πυρσοί τε φλεγέθουσιν επήτομοι, υψόσε / δ' αυγή γίνεται αίσσουσα, περικτιόνεσσι ιδέσθαι / αι κεν πως συν νηυσίν Αρεω αλκίηρες ίκωνται». (βγαίνουν όξω οι κάτοικοι και μάχονται ολημερίς / σ' ανατριχιάση πόλεμο, μα σα βουτήξει ο ήλιος / άναβουν σνδότες φωτιές – κι η λάμψη ως τα ουράνια / ψηλά πηδάει – για να τη δουν γειτόνοι κι ίσως / τρέξουν οχ το χαμό με καραβιών βοήθεια να τους σώσουν). (Μετάφρασις Α. Πάλλη).

Δίκτυα φρυκτωριών

Εκ των ανωτέρω συνάγεται ότι ήδη κατά την εποχήν εκείνην υπήρχαν υποτυπώδη «δίκτυα» φρυκτωριών με σταθμούς «αναμεταδόσεως» εις τον χώρον του Αιγαίου ως και εις την Μικράν Ασίαν. Την υπόθεση ενισχύει ο τραγικός ποιητής Αισχύλος εις το δράμα του «Αγαμέμνων». Το σχετικό μέρος, αν και κάπως μακροσκελές, αναφέρεται κατωτέρω ολόκληρο διότι παρουσιάζει ιδιαίτερον ενδιαφέρον (Αγαμέμνων 280 και εφεξής):

Χορός: και ποιος μαντατοφόρος ήρθε εδώ έτσι γρήγορα;

Κλυτ: Ο Ηφαιστος! Ξαπολιώντας από την ίδια λάμψη, / φωτιά τη φωτιά στέλνει προς τα εδώ μηνύτρα ταξιδεντή. / Και πρώτα / η Ιδα στο βραχόβοννο του Ερμή της Λήμνος / Κ' ύστερα του Αθω το ύψωμα / του Δία κορφή, απ' το νησί δέχτη το λάμπαδο / και άναψε Τροίτη, που κι αυτή ψήλωσε τόσο / που πέρασε πάνω στις θάλασσας τα πλάτη / χαρούμενη η ορμή της ταξιδευτράς φλόγας / κ' η δάδα της στο βοννό Μάκιστο, στους φύλακες, / στέλνει χρυσόφεγγη παραγγελία σαν ήλιος. / Και τούτο ανάργητο, δίχως από τον ύπνο / αστόχαστα να νικηθεί δε μένει ανάμελος με τη σειρά του μηνντής / κι έτσι οι φωτιές του στέλνουν τη λάμψη πιο μακριά / στο ρέμα του Εύριπου στους φύλακες να φέρον στον Μεσσάπιον μήνυμα. Κι αυτοί



Ο «ακουστικός τηλεγράφος» με εμβέλεια 2.500 μ., που χρησιμοποιήθηκε στις εκστρατείες του Μεγάλου Αλεξάνδρου. Η αναπαράσταση έχει φιλολογική μόνο τεκμηρίωση: αναφέρεται από τον Αρριανό. (Οι αναπαραστάσεις μεταφοράς των πληροφοριών που εικονίζονται στο κείμενο είναι του Τηλεπικοινωνιακού Μουσείου ΟΤΕ όπου και λειτουργούν σε πλήρη ανάπτυξη)



Το «άγγαρον πυρ», η φωτιά που δεν σβήνει. Η αναπαράσταση έχει φιλολογική μόνο τεκμηρίωση καθώς αναφέρεται από τον Αισχύλο στον Αγαμέμνονα: «φρυκτός δε φρυκτόν δευρ' απ' αγγάρα πυρός έπεμπεν». Η ονομασία προέρχεται από τους Αγγαρους, μεταφορείς μηνυμάτων.

με αντιλαμπάδιασμα στείλαν παράγγελμα / μακρύτερα, μια στοίβα ξερά ρείκια ανάβοντας. / Κ' η φλόγα φούντωσε, δίχως να πιέσει διόλον, / πηδώντας πάνω απ' τον Ασωπού τον κάμπο, / σα λαμπερή Σελήνη, στο βοννό φτασμένη του Κιθαιρώνα, της φωτιάς ξυπνάει καινούργιο ταξιδεντή. / Κι' ανάβοντας οι βίγλες μια αιθερόλαμνη φλόγα, / δεν άργησαν να τηνε κάνουν μακροτάξιδη. / Πέφτει η αντιφλογιά πάνω στη Γοργώπη λίμνη / και ως έφτασε στο βοννό Αιγίπλαγκτο, το σπρώχνει / της φωτιάς το παράγγελμα να μη χρονίσει / κι απολογούν, ως ανάβουν με αψόθυμο κόρωμα / μια γλώσσα φλόγας θεόρατη, που ο

λάμπαδός της / ξεπέρασε πέρ' απ' τον κάβο τον κατάστενον, / που αγνάντια στο Σαρωνικό σαν φρονός Στέκει. Νάτο που δρέμει, να που φτάνει στο Αραχναίο βοννό / και στα γειτονικά της πόλης ξάγναντα / και να στο δώμα αυτό που πέφτει το Ατρείδεικο / η λάμψη που είχε τη φωτιά της Ιδας πρόπαππο. / Τέτοια είχα δώσει διάτα στους λαμπαδηφόρους μου / που ακούσαν κι ο ένας τη φωτιά στον άλλο δίνοντας / νικήσαν απ' τον πρώτο ως τον στερόν στο δρόμο. / Αυτή τη μαρτυρία σου λέω και το σημάδι, / το μήνυμα που ο άντρας μου απ' την Τροία μου στέλνει. (Μετάφρασις Α. Μελαχρινού).

Ο ιστορικός Πολύβιος αναφέρει στην κριτική του επί της δια πυρσών μεταδόσεως ειδήσεων τα εξής: (1,43) «δια γαρ συνθημάτων ωρισμένων έδει την χρείαν συντελείν των δε πραγμάτων αορίστων υπάρχόντων τα πλείστα διέφυγε την των πυρσών χρείαν... περί ων γαρ ονκ ενεδέχετο προνοηθήναι, περί τούτων ουδέν σύνθημα ποιήσασθαι δυνατόν». (Διότι διωρισμένων συνθημάτων έπρεπε να εξυπηρετήται εκάστη περίπτωση· επειδή όμως τα πράγματα δεν είναι γνωστά εκ των προτέρων, δια τούτο αι πλείσται των περιπτώσεων δεν ήτο δυνατόν να εξυπηρετηθούν με τους πυρσούς... διότι τα πράγματα τα οποία δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν δι' αυτά δεν δύνανται να συμφωνηθούν εκ των προτέρων και αντίστοιχα συνθήματα).

Είναι δε τόσες πολλές οι μαρτυρίες και τα ιστορικά ντοκουμέντα ώστε μπορούμε να υποθέσουμε ότι όλος ο ελλαδικός χώρος από τη Μακεδονία μέχρι την Κρήτη ήταν κατάσπαρτος με φάρους και εστίες φωτιάς.

Κωδικοποιημένα σήματα

Από μία περίοδο και μετά οι διάφορες πληροφορίες δεν αποστέλονταν με απλό άναμα ή σβήσιμο της φωτιάς αλλά με κωδικοποιημένα σήματα και οι Έλληνες στην περίοδο αυτή που χρονολογείται από το 1195 π.Χ. ήταν πρωτοπόροι στις οργανωμένες τηλεπικοινωνίες στην Ευρώπη με τεράστια ως εκ τούτου συμβολή στην εξέλιξη του πολιτισμού κάθε χώρας.

Οι επινοήσεις των Παλαμήδη – Σίνωνα το 1195 π.Χ. των Κλεοξένη – Δημόκλειτου τον 4ο αιώνα π.Χ. και του Αινεία του Τακτικού το 362 π.Χ. ήσαν πρόδρομοι της μετέπειτα εξέλιξης της τηλεγραφίας.

Σύμφωνα δε με την ανακάλυψη του δρος Κ. Θεοφάνη Μανιά, Ταξίαρχου – Ερευνητή – συγγραφέα οι θέσεις των ιερών των Πόλεων και των Μνημείων (στα μνημεία εντάσσονται και οι τηλεπικοινωνιακοί φάροι) της Αρχαίας Ελλάδας δεν ήσαν τυχαίες αλλά είχαν καθοριστεί βάσει γεωμετρικών και αστρονομικών υπολογισμών και μετρήσεων.

Ωρισμένες βέβαια πόλεις είχαν φυσικές γεωγραφικές θέσεις για οικονομικούς και στρατηγικούς λόγους κι αυτές όμως μαζί με τα πολυπληθή ιερά μνημεία αποτελούσαν ένα αρμονικό σύνολο και ανά τρία, τα πλησιέστερα, συνδεόμενα με νοητές γραμμές σχημάτιζαν γιγάντια τρίγωνα κατά το πλείστον ισοσκελή, τα οποία ανήκαν εν συνεχεία σε τιτάνια ιδανικά κανονικά πολύγωνα.

Πρώτος όμως οργανωτής των Επικοινωνιών ήταν ο Παλαμήδης γιος του Βασιλιά Ναύπλιου, ο οποίος κατά την περίοδο του Τρωικού Πολέμου 1195–1184 π.Χ. ανέπτυξε τον πρώτο οργανωμένο τηλεγράφο με «πυρρεί-

Συνέχεια στην 10η σελίδα



Χάρτης της Ελλάδας στον οποίο σημειώνονται τα πιο γνωστά δίκτυα τηλεπικοινωνιών με φρυκτωρίες (πύργοι αναμετάδοσης οπτικών σημάτων). Ο επισκέπτης του Τηλεπικοινωνιακού Μουσείου ΟΤΕ, χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρικό πίνακα, πατά συγκεκριμένα διαδρομή και τη βλέπει να διαγράφεται στο χάρτη με το άναμμα μικρών λυχνιών για κάθε φρυκτωρία.

Συνέχεια από την 9η σελίδα

ες – φρυκτωρίες– με αριθμητικούς κώδικες και «παραλλαγές».

Η δε πληροφορία κατάληψης της Τροίας εστάλη το 1184 στις Μυκήνες από τον Σίνωνα βοηθό του Παλαμήδη μέσω του δικτύου Φρυκτωριών Τροίας (Ιδη), Ερμαίου της Λήμνου, Ακράθω, του Μάκιστου (Καντήλι) της Ευβοίας, Μεσσάπιου του Ευρίπου, Κιθαιρώνα (Ελατιά) της Βοιωτίας, Αιγίπλακτου της Μεγαρίδος, Αραχναίο (Αϊ-Λια) και φρυκτηρό του παλατιού των Μυκηνών. Σπουδαιότερη όμως τηλεπικοινωνιακή ανακάλυψη, προδρομική και του οπτικού μορσικού τηλεγράφου θεωρείται η επινοήση των Ελλήνων Κλεοξένη – Δημοκλείτου τον 4ο αι. π.Χ.

Αναλυτικά το σύστημα λειτουργούσε ως εξής:

	1	2	3	4	5	
1	Α	Β	Γ	Δ	Ε	1η Πύλη
2	Ζ	Η	Θ	Ι	Κ	2η Πύλη
3	Λ	Μ	Ν	Ξ	Ο	3η Πύλη
4	Π	Ρ	Σ	Τ	Υ	4η Πύλη
5	Φ	Χ	Ψ	Ω		5η Πύλη

Επαιρναν το αλφάβητο και το χώριζαν σε 5 κατηγορίες που κάθε μία περιείχε 5 γράμματα, για την ακρίβεια η τελευταία κατηγορία περιείχε μόνον 4 γράμματα. Αυτοί που είχαν αναλάβει να φτιάξουν το προς μετάδοση σήμα έπρεπε να ετοιμάσουν 5 πλάκες και να γράψουν πάνω σ' αυτές ένα μέρος των γραμμάτων. Αυτός που θα μεταδώσει το σήμα σηκώνει αρχικά δύο φανούς για να ειδοποιήσει τον άλλο και περιμένει την ανταπόκρισή του. Αυτό το πρώτο βήμα ήταν απαραίτητο για να καταλάβει ο επόμενος σηματοδότης ότι ο πρώτος ήταν έτοιμος. Απαξ και κατέ-

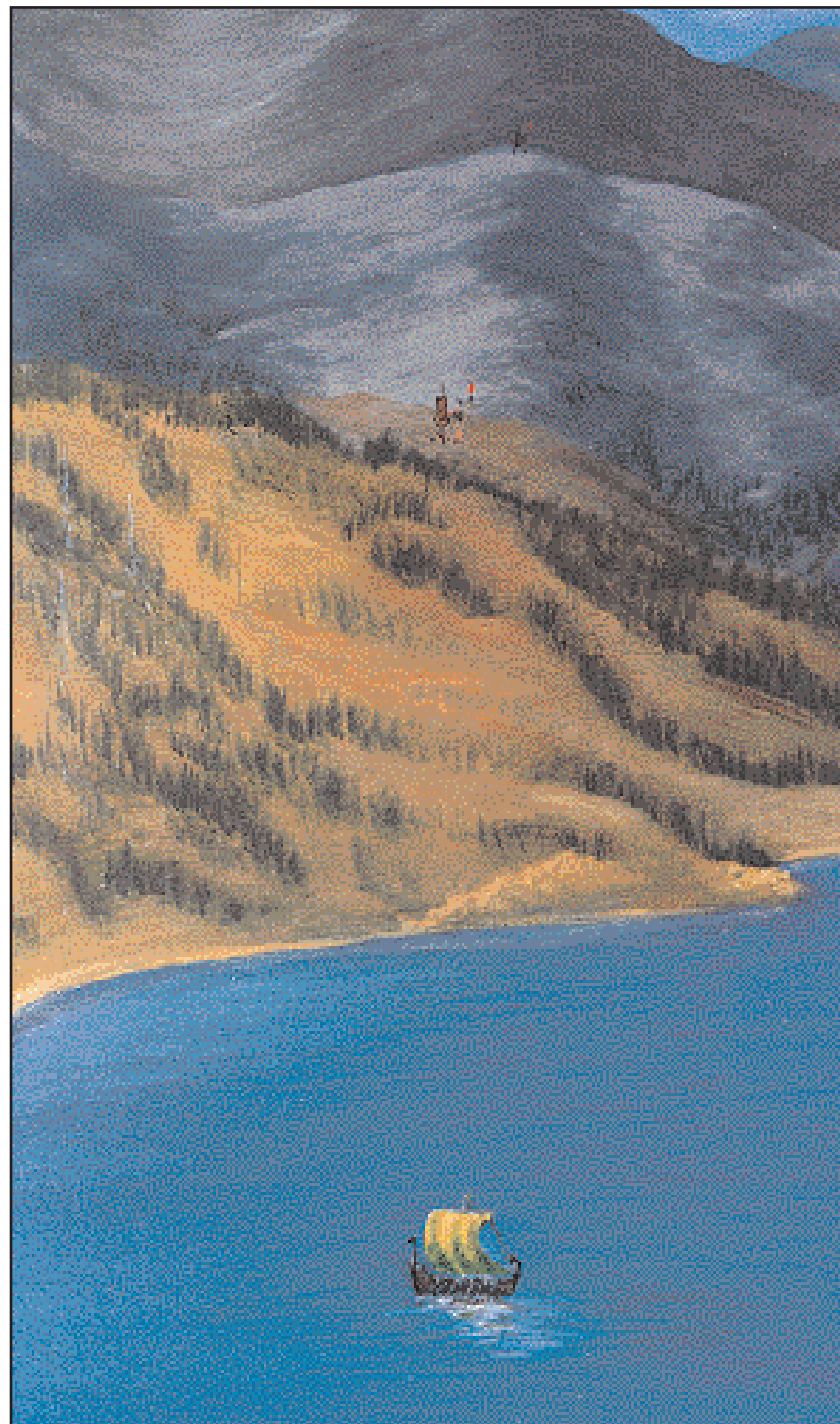
βαιναν αυτοί οι φανοί υψώνονταν στα αριστερά άλλοι για να δείξουν ποια πλάκα θα 'πρεπε να παρατηρηθεί, αν ήταν η πρώτη ύψωναν 1 φανό, αν ήταν η 2η δύο κ.λπ.

Μετά ύψωναν από τη δεξιά πλευρά και με την ίδια σειρά φανούς για να υποδείξουν το γράμμα της πλάκας που έπρεπε να καταγραφεί. Κάθε παρατηρήτης έμπαινε στο πόστο του και είχε κοντά του μια διόπτρα πλαισιωμένη με σωλήνες και τοποθετημένη έτσι ώστε να ξεχώριζε τέλεια τη δεξιά από την αριστερή πλευρά του ανταποκριτή.

Υδραυλικός τηλεγράφος Αινεία

Άλλη σημαντική ανακάλυψη συνδυασμένη με υδραυλικό σύστημα ήταν η επινοήση του Αινεία του Τακτικού το 362 π.Χ., ο οποίος έδωσε εντολή και ζήτησε από αυτούς που ήθελαν να ανταλλάξουν νέα, να προετοιμάσουν μόνοι τους τα πήλινα ή μεταλλικά δοχεία απολύτως ίσα κατά ύψος και πλάτος, έχοντας ύψος το πολύ 3 πήχεις και πλάτους 1 πήχυ.

Μετά θα έπρεπε να έχουν κομμάτια φελλό πλάτους κατά τι μικρότερου του στομίου των δοχείων και να μπήξουν στο κέντρο των φελλών μικρές ράβδους χωρισμένες ίσα, σε διαστήματα τριών δαχτύλων και πάνω εκεί ναβάλουν ένα ευδιάκριτο κάλυμμα στο οποίο θα κατέγραφαν τα πλέον συνηθισμένα γεγονότα του πολέμου, αυτά που μπορούν να προβλεφθούν πιο εύκολα. Στο πρώτο τμήμα θα έγραφαν στρατιώτες πεζοί με βαρύ οπλισμό, στο δεύτερο τμήμα στρατιώτες με ελαφρύ οπλισμό, στο τρίτο ιππικό και πεζικό, στο τέταρτο στόλος κ.λπ. καλύπτοντας όλα τα πιθανά σε πόλεμο γεγονότα. Επιπλέον τα δοχεία αυτά θα είχαν μια οπή απολύτως όμοια μεταξύ τους



Αναπαράσταση του συστήματος μεταφοράς πληροφοριών με τον υδραυλικό τηλεγράφο του Αινεία του Τακτικού. Διακρίνονται δυο οπλίτες (σε οπτική επαφή και απόσταση 1.000-1.200 μ.), που υψώνουν αναμμένες δάδες καθώς ετοιμάζονται για αποστολή και λήψη μηνύματος μέσω της συσκευής του Αινεία.

απ' όπου θα μπορούσε να τρέξει η ίδια ποσότητα νερού. Τα δοχεία αυτά ήταν γεμάτα με νερό στην επιφάνεια του οποίου ήταν τοποθετημένοι οι φελλοί με τα ραβδάκια. Ανοίγοντας συγχρόνως τα στόμια και με την υποχώρηση της στάθμης του νερού οι φελλοί θα υποχωρούσαν και τα ραβδάκια θα χάνονταν με τη σειρά τους στο εσωτερικό των δοχείων.

Εξασφαλίζοντας την ίδια ταχύτητα στη φάση των δοκιμών, τα δοχεία μεταφέρονταν στους τόπους όπου υπήρχαν τα συστήματα με τους φανούς. Εκεί, όταν συνέβαινε κάποιο γεγονός από αυτά που είχαν προβλεφθεί θα δίνονταν σήματα με τους φανούς από μία πλευρά στην άλλη και αμέσως οι δύο πλευρές θα άνοιγαν τους κρουνοί. Μόλις τα δοχεία έδειχναν το σωστό γεγονός για τη μετάδοση οι φανοί θα υψώνονταν πάλι και οι κρουνοί θα έκλειναν. Ο παρατηρητής θα μάθαινε, παρατηρώντας τα ραβδάκια, ποιο ήταν το γεγονός.

Κατά τους Βυζαντινούς χρόνους ο φιλόσοφος Λέων Επίσκοπος Θεσσα-

λονίκης τα έτη 829-842 π.Χ. βελτίωσε το σύστημα αποστολής πληροφοριών των φρυκτωριών με το «ΩΡΟΝΟΜΙΟ» δηλαδή σύστημα συγχρονιζόμενο με μηχανικά ωρολόγια, υποδιαιρούμενα σε αντίστοιχες ώρες και συνδυασμένα με αριθμογραφικό κώδικα των σπουδαιότερων ειδήσεων.

Το σύστημα αυτό διατηρήθηκε για πολλά χρόνια και το έτος 1204 οι Σταυροφόροι δημιουργήσαν το μεγάλο δίκτυο «Καμινοβιγλατοριών» από τις βίγλες (παρατηρητήρια) και τα καμίνια τα οποία διατηρούσαν άσβηστο το «άγγαρον πυρ» από την Κωνσταντινούπολη μέχρι τον Τάραντα της Ιταλίας με ενδιαμέσους σταθμούς στην Θράκη – Θεσσαλονίκη – Δυτική Μακεδονία – Ηπειρο – Κέρκυρα – Οθωνούς.

Μέχρι δε το τέλος του 16ου αιώνα μ.Χ. περίοδο κατά την οποία βελτιώθηκε το τηλεσκόπιο οι επινοήσεις των Αρχαίων Ελλήνων αποτελούσαν τη βάση για τη μεταβίβαση κάθε πληροφορίας, συμβάλλοντας τα μέγιστα στην εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών.



Πάνω: Αποψη του τμήματος «Τηλεπικοινωνίες» στην Κρυπτοστοά της Αρχαίας Αγοράς Θεσσαλονίκης, όπου η «Εταιρία Μελέτης της Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας» και το «Τεχνικό Μουσείο Θεσσαλονίκης» οργάνωσαν πρόσφατα την έκθεση «Αρχαία ελληνική τεχνολογία» στο πλαίσιο της Πολιτιστικής Πρωτεύουσας της Ευρώπης «Θεσσαλονίκη 1997». Κάτω αριστερά: Αναπαράσταση του υδραυλικού τηλεγράφου του Αινεία του Τακτικού. Η απεικόνιση στηρίζεται σε γκραβούρα του 18ου αι. Κάτω δεξιά: Αναπαράσταση του συστήματος οπτικής αναμετάδοσης κωδικοποιημένων σημάτων με φλόγες, των Κλεοξένη και Δημοκλείτου (4ος αι. π.Χ.). Η επινόηση αυτή στηριζόταν σε ένα διαχωρισμό των γραμμάτων του ελληνικού αλφαβήτου σε ομάδες πέντε γραμμάτων και θεωρείται προδρομική όχι μόνο του μορσικού τηλεγράφου αλλά και της σημερινής κωδικοποιημένης ψηφιακής αποστολής μηνυμάτων μέσω οπτικών ινών. (Φωτογραφίες κειμένου: Ιωάννης Μπαρδόπουλος)



Τεχνολογία μετάλλου

Η μεταλλευτική και μεταλλουργική δραστηριότητα στο αρχαίο Λαύριο

Της Κ. Γ. Τσάιμου

Αρχαιολόγος, Επιστ. Καθηγήτριας της Ιστορίας της Μεταλλευτικής και Μεταλλουργίας του ΕΜΠ

ΟΙ ΑΡΧΑΙΟΙ Αθηναίοι στο Λαύριο, για την παραγωγή αργύρου ανέπτυξαν μία μοναδική για την εποχή τεχνική στη μεταλλευτική και μεταλλουργία του αργύρου, που προκαλεί θαυμασμό και συγκίνηση για το εφευρετικό πνεύμα τους. Τα μεταλλεύματα που εκμεταλλεύθηκαν εντατικά ήταν εκείνα του αργυρούχου μολύβδου και συγκεκριμένα δύο είδη: τα οξειδωμένα μεταλλεύματα μολύβδου (κερουσίτης) και τα θειούχα μεταλλεύματα μολύβδου (γαληνίτης). Τα μεταλλεύματα αυτά τα ονόμαζαν «αργυρίτις γη» επειδή περιείχαν άργυρο. Μέσα στον μολύβδο του μεταλλεύματος υπήρχε ένα ποσοστό αργύρου 1 μέχρι 3 κιλά ανά τόννο περιεχομένου μολύβδου.

Οι αρχαίοι για να πάρουν τον πολύτιμο άργυρο από τα αργυρούχα μεταλλεύματα ακολουθούσαν μια σειρά εργασιών, οι οποίες γίνονταν με την εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών που δεν έχουν ουσιαστικά αλλάξει. Οι διάφορες φάσεις αφορούν την εξόρυξη και εμπλουτισμό του μεταλλεύματος, την τήξη προς παραγωγή αργυρούχου μολύβδου, την κυπέλλωση για τον διαχωρισμό του αργύρου από τον αργυρούχο μολύβδο και τέλος την ανάτηξη του λιθαργύρου προς παραγωγή του «εμπορεύσιμου» μολύβδου.

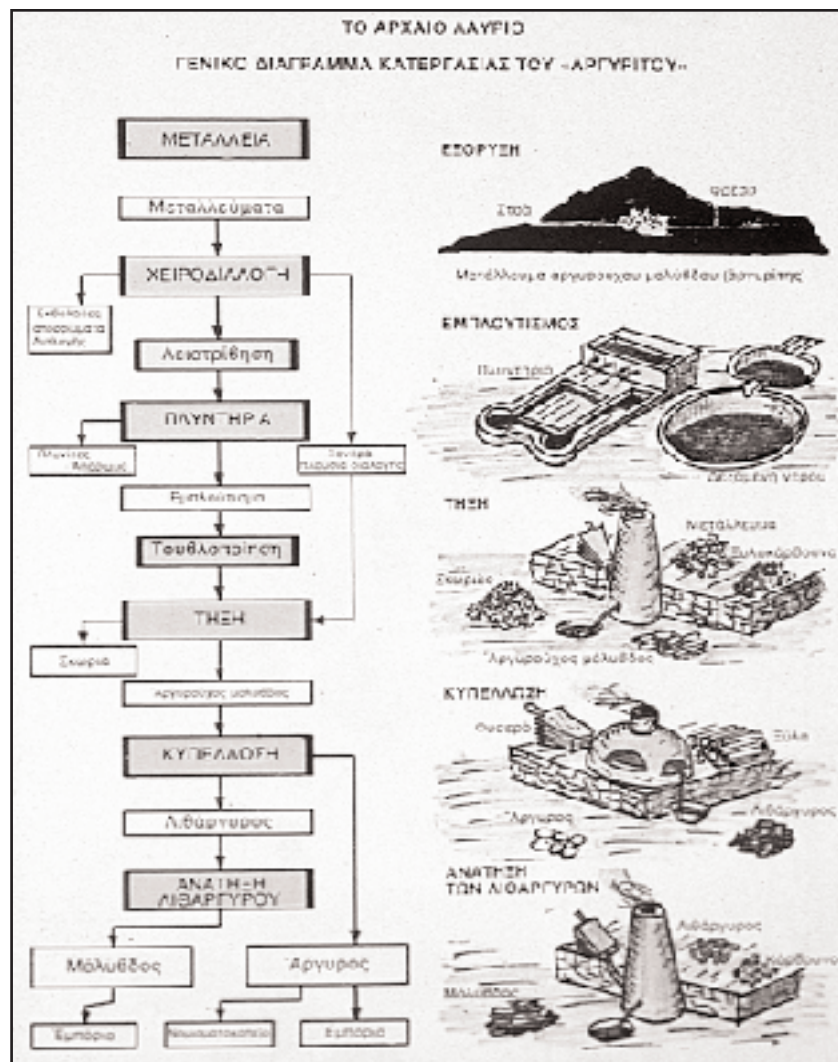
Εξόρυξη

Τα μεταλλεύματα της Λαυρεωτικής αναπτύσσονται σε τρεις ζώνες ή επαφές μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται πετρώματα σχιστολίθων και μαρμάρων.

Οι αρχαίοι για να ανιχνεύσουν αν υπήρχε μέταλλευμα στην περιοχή που τους ενδιέφερε άνοιγαν στοές μικρής διατομής (0,70x0,90 μ.).

Ο εργάτης εργαζόταν στη στοά μισοξαπλωμένος ή γονατιστός και χρησιμοποιούσε σφυρί και καλέμι. Όσο το μήκος των στοών μεγάλωνε οι ανάγκες εξαερισμού γίνονταν επιτακτικές, πράγμα που τους ανάγκαζε να ανοίξουν φρέατα που χρησίμευαν επίσης για ερευνητικούς σκοπούς καθώς και για τη μεταφορά του μεταλλεύματος στο ύπαιθρο. Περισσότερα από 1.000 φρέατα σημειώνονται στους χάρτες, η κατασκευή των οποίων από πλευράς καταστάσεως των τοιχωμάτων προκαλούν τον θαυμασμό.

Όταν με μια ερευνητική στοά έφταναν στο μέταλλευμα με απλά εργαλεία, σφυριά, φτυάρια, καλέμια, διαμόρφωναν τα μέτωπα εκμεταλλεύσεως αποσπώντας το πλούσιο μέταλλευμα και αφήνοντας στύλους από το ίδιο το μέταλλευμα για



Διάγραμμα της κατεργασίας του αργυρούχου μεταλλεύματος. Το μέταλλευμα μετά την εξόρυξη ακολουθούσε μια πολύπλοκη μεταλλουργική κατεργασία (σχέδιο Κ. Κονοφάγου).



Στο Λαύριο υπάρχουν φρέατα που έχουν ορυχθεί κατά μοναδικό τρόπο. Υπάρχουν φρέατα με παρειές λείες, με εκτεταμένες δουλεμένες επιφάνειες (αρχείο Κ. Τσάιμου).

την υποστήριξη της οροφής του μεταλλείου.

Ακολουθούσαν την ίδια μέθοδο που και σήμερα εφαρμόζεται ευρύτατα, τη μέθοδο των θαλαμίων και των στυλών.

Όταν όμως η φλέβα του κοιτάσματος ήταν κατακόρυφη, αδιάφορο αν ήταν μικρού ή μεγάλου

πάχους, τότε για την εξόρυξη του μεταλλεύματος ακολουθούσαν τη μέθοδο των βαθμίδων. Το μέταλλευμα κόβεται σε σκαλοπάτια. Το μέταλλευμα έπειτα από μια πρόχειρη επί τόπου διαλογή τοποθετούσαν σε κοφίνια και το μετέφεραν στην επιφάνεια μέσω των στοών και των φρεάτων, όπου πιθανόν

χρησιμοποιούσαν και βαρούλκα.

Τον φωτισμό στο πυκνό σκοτάδι των στοών τον εξασφάλιζαν χρησιμοποιώντας πήλινα λυχνάρια που έκαιγαν λάδι. Όσον αφορά το σοβαρό πρόβλημα του αερισμού, το αντιμετώπιζαν είτε εκμεταλλευόμενοι το ρεύμα του φυσικού ελκυσμού που δημιουργείται όταν δύο φρέατα ή στοές που επικοινωνούσαν βρίσκονταν σε διαφορετικά υψόμετρα, είτε χρησιμοποιώντας μεγάλα φυσερά.

Το πλούσιο μέταλλευμα πήγαινε κατ' ευθείαν για τήξη. Το φτωχό έπρεπε να εμπλουτιστεί, δηλαδή ν' απαλλαγεί από τα στείρα πετρώματα που το συνόδευαν.

Εμπλουτισμός

Ο εμπλουτισμός άρχιζε με τη θραύση και τη λειοτρίβηση του μεταλλεύματος. Η θραύση γινόταν με σιδερένιους κοπάνους επάνω σε μαρμαρίνους όγκους. Για τη λειοτρίβηση χρησιμοποιούσαν τα επίπεδα τριβεία. Το λεπτοτριβημένο μέταλλευμα το έπλεναν με νερό σε ειδικές εγκαταστάσεις στα πλυντήρια πάνω σε ξύλινα ρείθρα. Οι βαρύτεροι κόκκοι του μεταλλεύματος διαχωρίζονταν από τους ελαφρότερους του στείρου και συλλέγονταν κατάλληλα. Πρόκειται για ένα βαρυμετρικό διαχωρισμό, μέθοδος που εφαρμόζεται σήμερα ευρύτατα στον εμπλουτισμό των μεταλλευμάτων.

Για να εμπλουτιστεί το μέταλλευμα χρειάζεται πολύ νερό. Η εξασφάλιση του απαραίτητου νερού υπήρξε μεγάλο πρόβλημα, αφού η Λαυρεωτική είναι μία από τις περισσότερο άνυδρες περιοχές της χώρας. Ετσι, αναγκάζονταν να συγκεντρώνουν το νερό της βροχής σε μεγάλες δεξαμενές στεγανοποιημένες με ειδικό κονίαμα, αλλά, κυρίως, κατά τη λειτουργία των πλυντηρίων, επιτύγχαναν επανακυκλοφορία του νερού μέσα από ένα κλειστό σύστημα δεξαμενών και καναλιών.

Τα πλυντήρια αρχικά ήταν επίπεδα. Στα τέλη του 4ου αιώνα κατασκευάστηκαν τα ελικοειδή μαρμάρινα πλυντήρια αυξάνοντας το μήκος ροής. Πρόκειται για καταπληκτική επιινόηση, η οποία δεν διαφέρει από πλευράς αρχής από τον σπειροειδή συγκεντρωτή του Humphrey που κατασκευάστηκε στα μέσα του 20ου αιώνα δηλαδή 2.500 χρόνια αργότερα.

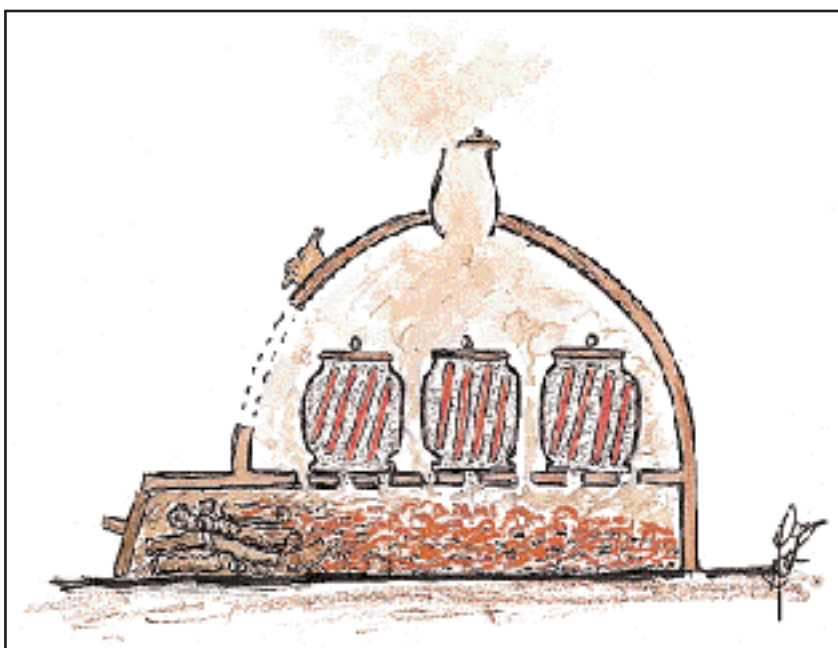
Το εμπλουτισμένο μέταλλευμα ύστερα από πλινθοποίηση το στέλνανε να τακεί σε καμίνους τήξεως μορφής μικρών υψικαμίνων. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούσαν ξυλοκάρβουνο. Τον αέρα εμφυσούσαν στην κάμινο με φυσερά. Από την τήξη του μεταλλεύματος παράγονταν ο αργυρούχος μολύβδος και η σκουριά.



Αρχαία στοά στην περιοχή Λαυρίου (αρχείο Κ. Τσάιμου).



Τρόπος εξόρυξης μεταλλεύματος με τη μέθοδο των βαθμίδων (σχέδιο Κ. Κονοφάγου).



Αναπαράσταση της διαδικασίας ενανθράκωσης σιδήρου υπό μορφή λεπτών φύλλων (το σχέδιο είναι από το βιβλίο «Αρχαιογνωσία των μετάλλων. Αρχαία μεταλλευτική και μεταλλουργική τεχνική», της Κ.Γ. Τσάιμου, Αθήνα 1997).

Ο αργυρούχος μόλυβδος περιέχει όλο τον άργυρο που περιείχε το μετάλλευμα, εκτός βέβαια από τις απώλειές του στο απόρριμμα κατά τον εμπλουτισμό, στη σκουριά κατά την τήξη και στους καπνούς της καμίνου.

Ο αποχωρισμός του αργύρου από τον αργυρούχο μόλυβδο επιτυγχανόταν με μια μεταλλουργική πράξη γνωστή ως κυπέλλωση και βασίζεται στην οξειδωση του μολύβδου με αέρα. Η κυπέλλωση γινόταν σε ειδική κάμινο κυπέλλωσης, όπου σε θερμοκρασία 950°C ο αργυρούχος μόλυβδος οξειδωνόταν με αέρα μέσα σε ένα πυρίμαχο κύπελλο από άργιλο. Ο μόλυβδος έρρεε εκτός της καμίνου λιωμένος ως οξειδίο (PbO) και ο άργυρος που ως γνωστό δεν οξειδώνεται έμενε στο «κύπελλο» της καμίνου. Η όλη διαδικασία της κυπέλλωσης χαρακτηρίζεται από πλήθος λεπτομερειών και επινοήσεων.

Η μεταλλουργική επεξεργασία συμπληρωνόταν με την αναγωγική ανάτληση του οξειδίου του μολύβδου (λιθάργυρο το έλεγαν οι αρχαίοι) προς απόληψη πλέον του μολύβδου. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούσαν καμίνους τήξεως όμοιες με εκείνες της αρχικής τήξεως του μεταλλεύματος.

Αυτός ο μόλυβδος ήταν ο «εμπο-

ρεύσιμος» μόλυβδος και περιείχε πολύ λίγο άργυρο (20–300 gr ανά τόννο).

Εχει υπολογιστεί ότι στο Λαύριο παρήχθησαν 3.500 τ. αργύρου και 1.400.000 τ. μολύβδου. Το μέγιστο ποσοστό του παραγόμενου αργύρου διοχετεύθηκε στα νομισματοκοπεία των Αθηνών, ενώ ο μόλυβδος χρησιμοποιήθηκε στην αρχιτεκτονική αλλά και σε άλλες εφαρμογές.

Μεταλλουργία σιδήρου και χάλυβα

Στο Λαύριο αναπτύχθηκε επίσης η μεταλλουργία του σιδήρου και χάλυβα, απαραίτητα για την κατασκευή εργαλείων για την εξόρυξη των μεταλλείων αλλά και γενικότερα για τη βιομηχανία όπλων και εργαλείων στην Αθήνα. Η μεταλλουργία του σιδήρου για τον αρχαίο μεταλλουργό ήταν μια διαδικασία αρκετά δύσκολη. Οι αρχαίοι δεν μπόρεσαν να πετύχουν μέσα στην κάμινο υψηλές θερμοκρασίες (ο σίδηρος έχει σημείο τήξεως 1.540°).

Κατά την τήξη σιδηρούχων μεταλλευμάτων ο αρχαίος μεταλλουργός αντί ρευστού μετάλλου στη φρεατώδη κάμινο έπαιρνε μία σπογγώδη μάζα (το σύντηγμα) στην οποία υπήρχε εγκλωβισμένος ο σί-



Επίπεδο πλυντήριο με τη μεγάλη δεξαμενή νερού του συγκροτήματος του Σίμου του Παιανιεύς στη Σούρεζα, 4ος αι. π.Χ. (ανασκαφή ΕΜΠ Κ. Κονοφάγου-Κ. Τσάιμου).

δηρος σε μορφή σφαιριδίων και η σκουριά σε πολτώδη κατάσταση.

Η απομάκρυνση της σκουριάς από το σίδηρο γινόταν με σφυρηλασία σε υψηλή θερμοκρασία της τάξεως των 1.200 – 1.300° C σε φρεατώδη κάμινο. Το σύντηγμα με τη σφυρηλασία διαμορφώνεται σε συνεχή μάζα σιδήρου.

Ο χάλυβας παραγόταν υπό μορφή φύλλων με εναθράκωση. Τα λεπτά φύλλα σιδήρου τα τοποθετούσαν σε πήλινα σφραγισμένα αγγεία με αρκετή σκόνη ξυλάνθρακα. Η διαδικασία της εναθράκωσης απαιτούσε θερμοκρασία 800 - 900 ° C, η

οποία επιτυγχανόταν και σε καμίνους που χρησιμοποιούσαν για το ψήσιμο των αγγείων.

Η κατασκευή μεγάλων χαλύβδινων αντικειμένων γινόταν με συγκόλληση πολλών λεπτών φύλλων χάλυβα με την τεχνική της αυτογενούς σφυρηλασίας.

Η αρχαία ελληνική τεχνική στη μεταλλουργία αποτελεί ένα μεγάλο επίτευγμα που λαμπρύνει, μαζί με τα άλλα πολύ πιο γνωστά, τη φιλοσοφία, το θέατρο, τη γλυπτική και γενικά τον πολιτισμό και την πολιτική, τον «Χρυσό Αιώνα» του 5ου αι. π.Χ. της αρχαίας Αθήνας.

Αρχαία ναυπηγική

Υψηλή τεχνολογία στη ναυπήγηση πλοίων

Του **Χάρη Τζάλα**

Προέδρου του Ελληνικού Ινστιτούτου Προστασίας Ναυτικής Παράδοσης, Διευθυντή του Προγράμματος «Κυρήνεια II»

«Εάν αποσυνδέσεις την Ελλάδα, στο τέλος θα δεις να σου απομένουν μια ελιά, ένα αμπέλι κι ένα καράβι. Που σημαίνει: με άλλα τόσα την ξαναφτιάχνεις».

Οδυσσέας Ελύτης
«Ο μικρός Ναυτίλος»

ΟΤΑΝ αναφερόμαστε στην αρχαία ναυπηγική των Ελλήνων, πρέπει να διευκρινίσουμε ότι οι Έλληνες, ένας κατεξοχήν ναυτικός λαός, δώσανε πολλά αλλά και πολλά πήραν από άλλους λαούς της Μεσογείου.

Αρχαίες απεικονίσεις δείχνουν εμπορικά ή πολεμικά πλοία και μας δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για το σχήμα τους και την εξάρτηση. Πληροφορίες αντλούμε και από αρχαία κείμενα. Όμως, οι παραστάσεις και τα κείμενα δεν μας δίνουν τον τρόπο που ήταν κατασκευασμένα αυτά τα πλοία: δηλαδή πώς γινόταν η συναρμολόγηση της καρίνας¹ με ποδοστήματα, πώς συνδέονταν τα μαδέρια του πετσώματος και οι νομείς².

Μέχρι τις αρχές αυτού του αιώνα³ πιστευόταν ότι ο τρόπος που συναρμολογούντο τα αρχαία πλοία ήταν ίδιος με εκείνον που χρησιμοποιείται στα παραδοσιακά. Δηλαδή, ότι εστήνετο η καρίνα, δημιουργείτο ένας σκελετός αποτελούμενος από νομείς και πάνω στις προκαθορισμένες γραμμές ο караβομαραγκός λυγίζει τα μαδέρια του πετσώματος για να τα καρφώσει πάνω στους νομείς, σχηματίζοντας έτσι το σκαρί.

Πρώτα το πέτσωμα

Οι αρχαίοι όμως έχτιζαν τα καράβια τους με έναν τρόπο τελείως διαφορετικό. Ξεκινούσαν από την τοποθέτηση μιας κυρτής καρίνας και τη συνδέανε με τα δύο ποδοστήματα. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας μαδέρια πελεκημένα με σκεπάρνι, αρχίζοντας από την καρίνα τοποθετούσαν διαδοχικά δεξιά αριστερά τις σειρές μαδεριών που στηρίζονταν το ένα πάνω από το άλλο με ένα πολύπλοκο σύστημα σύνδεσης με μόρσα και καβίλιες. Εκτιζαν πρώτο το κέλυφος του σκαριού και αργότερα μόνο το ενίσχυαν εσωτερικά με νομείς που δεν στηρίζονταν στην καρίνα, αλλά απλώς καρφώνονταν από έξω προς τα μέσα. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή ως *shell-first* δηλαδή «πρώτα το πέτσωμα» και διαφοροποιείται από τη γνωστή παραδοσιακή

skeleton first «πρώτα οι νομείς».

Το ότι είναι εφικτή η κατασκευή ενός σκάφους στήνοντας πρώτα το πέτσωμα και τοποθετώντας μετά τους νομείς, επιβεβαιώθηκε κατά την προσπάθεια πειραματικής αρχαιολογίας της ναυπήγησης του «ΚΥΡΗΝΕΙΑ II»⁴.

Εάν για όλη τη Μεσόγειο έχουμε τη βεβαιότητα ότι τα πλοία εναυπηγούντο με αυτή τη μέθοδο, δεν συμβαίνει το ίδιο για σύνδεση των μαδεριών του πετσώματος, δηλαδή με τα μόρσα και καβίλιες. Αυτό δεν ισχύει πάντα για όλη τη Μεσόγειο. Στην Ανατολική Μεσόγειο το αρχαιότερο σκαρί που έχει βρεθεί, εκείνο του *Ulu Burum*⁵, χρονολογείται στον 14ο αιώνα π.Χ. Εκεί τα μαδέρια του πετσώματος είναι συνδεδεμένα με μόρσα και με καβίλιες. Με τον ίδιο τρόπο είναι συνδεδεμένα με τα μαδέρια του πετσώματος όλων των άλλων πλοίων που βρέθηκαν στην ανατολική Μεσόγειο μέχρι τον 7ο μ.Χ. αιώνα.

Τα πράγματα διαφέρουν στη δυτική Μεσόγειο. Εκεί έχουν βρεθεί τμήματα πλοίων των προκλασικών χρόνων όπου βλέπουμε μια διαφορετική τεχνική για τη σύνδεση των μαδεριών, που είναι γνωστή ως η μέθοδος των «ραμμένων πλοίων» ή *bateaux cousus*, γιατί κυριολεκτικά τα μαδέρια είναι συρραμμένα ανάμεσά τους με λεπτές φυτικές ίνες περασμένες από τριγωνικές οπές που ακολουθούν το άνω και το κάτω μήκος του κάθε μαδεριού. Το 1993 σε μια ανασκαφή στο αρχαίο λιμάνι της Μασσαλίας, ήρθαν στο φως δύο σπουδαία ελληνικά πλοία του δεύτερου ημίσεως του 6ου π.Χ. αιώνα. Το ένα ήταν 9 μέτρα μήκος και ήταν εξ ολοκλήρου ραμμένο, ενώ το δεύτερο που ήταν 15 μέτρα μήκος, ήταν ραμμένο μόνο στα δύσκολα σημεία όπου τα μαδέρια του πετσώματος συναντούσαν τα ποδοστήματα. Όλα τα υπόλοιπα τμήματα είναι συνδεδεμένα με μόρσα και καβίλιες.

Υψηλή τεχνολογία

Εάν δεν υπήρχε το πλοίο του *Ulu Burum*, του 14ου αιώνα π.Χ., στο οποίο εφαρμόστηκε η μέθοδος σύνδεσης με μόρσα και καβίλιες, θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι τα πλοία τα ελληνικά πριν τα κλασικά χρόνια ήταν ραμμένα και ότι από τα τέλη του 6ου π.Χ. αιώνα εγκαταλείφθηκε σιγά σιγά η μέθοδος των ραμμένων μαδεριών και εξελίχθηκε η ναυπήγηση με μόρσα και καβίλιες. Δεν πιστεύουμε όμως ότι είναι έτσι. Τα πλοία των Ελλήνων, τουλάχιστον από τη 2η χιλιετία π.Χ. ήταν καράβια



Το «Κυρήνεια», πιστό αντίγραφο του αρχαίου (4ος π.Χ. αιώνας) πλοίου της Κυρήνειας, έτοιμο για καθέλκυση.

κατασκευασμένα με την υψηλή τεχνολογία που απαιτεί το σύστημα με μόρσα και καβίλιες. Οι Έλληνες στα ταξίδια τους προς τη Δύση ήρθαν σε επαφή με άλλους λαούς που κατασκεύαζαν τα σκάφη τους με τη μέθοδο των «ραμμένων πλοίων». Για ένα ή για δύο αιώνες μπορεί αυτοί οι δύο τρόποι να συνυπήρξαν στις δυτικές αποικίες των Ελλήνων. Τρανό παράδειγμα είναι τα δύο «αρχαία» πλοία της Μασσαλίας, όπου το ένα, είναι εξ ολοκλήρου «ραμμένο», ενώ στο άλλο συνυπάρχει το ράψιμο στα δύσκολα σημεία και τα μόρσα και τις καβίλιες στο μεγαλύτερο τμήμα.

Μετά τον 5ο π.Χ. αιώνα επεκράτησε και τελειοποιήθηκε η μέθοδος συναρμολόγησης των μαδεριών με μόρσα και καβίλιες. Κατά τα υστερορωμαϊκά και τα πρώτα βυζαντινά χρόνια, από τον 4ο μέχρι τον 11ο μ.Χ. αιώνα συντελείται μία άλλη αλλαγή, η οποία πιθανολογείται ότι κι αυτή προήλθε από την ανατολική Μεσόγειο. Οι ανάγκες για εξοικονόμηση ξυλείας και εργατωρών ώθησε τη ναυπηγική να ακολουθήσει τη μέθοδο που εφαρμόζεται ακόμα και σήμερα, στα παραδοσιακά ναυπηγήματα γνωστή ως *skeleton first*.

Τα πρώιμα πλοία και μέχρι τα Ελληνιστικά και τα Ρωμαϊκά χρόνια έχουν ως εξέχον στοιχείο το ρωμαλέο πέτσωμα, ενώ όσο περνούν οι αιώνες όλο και σημαντικότερο ρόλο

θα έχουν οι νομείς. Τα μαδέρια του πετσώματος θα είναι όλο και λεπτότερα, ενώ όλο και περισσότερο οι νομείς θα ενισχύονται μέχρι που από τον 11ο αιώνα και μετά να σχηματίζουν με την καρίνα τον σκελετό των πλοίων. Κατά τη διάρκεια της παραπάνω εξέλιξης τα δύο πλευρικά κουπιά-πηδάλια μετατρέπονται σε ένα κεντρικό πρυμναίο πηδάλιο και πέρα από το πανί με το παραδοσιακό τετράγωνο σχήμα εμφανίζεται το τριγωνικό, το αποκαλούμενο «λατίνικο».

Ως προς το σχήμα, δηλαδή τις γραμμές, το ελληνικό σκαρί της Μασσαλίας μοιάζει με το πλοίο της Κυρήνειας, ενώ οι γραμμές του «ΚΥΡΗΝΕΙΑ II» είναι κοντά σ' εκείνες των αιγαιοπελαγίτικων τρεχαντηριών, συνεχίζοντας την άρρηκτη αλυσίδα караβομαραγκών και ναυτικών που από τα βάθη των αιώνων φέρνουν πρωτοπόρα την ελληνική ναυτοσύνη.

Σημειώσεις:

1. Καρίνα ή καρένα = αρχαία τροπιά.
2. Νομέας = στραβόξυλο.
3. Το 1901 μετά την ανακάλυψη του ναυαγίου των Αντικυθήρων δημιουργήθηκε η υποψία ότι οι αρχαίοι έκτιζαν τα πλοία τους με διαφορετικό τρόπο.
4. Το «ΚΥΡΗΝΕΙΑ II» ναυπηγήθηκε στο ναυπηγείο του κ. Μανώλη Ψαρού στο Πέραμα και καθελκύστηκε το 1985.
5. Αρχαίο «ακρωτήριο» της Αντιφέλλου.

Οι αρχαίοι νεώσοικοι

Κτίσματα και εγκαταστάσεις προστασίας των πολεμικών πλοίων

Του **David Blackman**

Διευθυντή της Αγγλικής Αρχαιολογικής
Σχολής Αθηνών

ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ τα πολεμικά πλοία δεν παρέμεναν στη θάλασσα για μεγάλα διαστήματα. Για να προστατευτούν τα ύφαλα από τους θαλάσσιους μικροοργανισμούς που κατέστρεφαν το ξύλο ανελκύνοντο και εφυλάσσοντο σε στεγασμένους χώρους, που ονομάστηκαν νεώσοικοι¹. Με επικλινείς «γλύστρες» για την ευχερή ανέλκυση και καθέλκυση οι νεώσοικοι εξελίχθηκαν από τον 6ο και τον 5ο π.Χ. αιώνα και παρέμειναν σε χρήση μέχρι τους Ρωμαϊκούς χρόνους. Ο Ηρόδοτος μαρτυρεί την ύπαρξη τέτοιων νεωσοίκων στη Σάμο την εποχή του Πολυκράτη (γύρω στο 530 π.Χ.). Πρόκειται ενδεχομένως για τους πρώτους νεώσοικους των Ελλήνων.

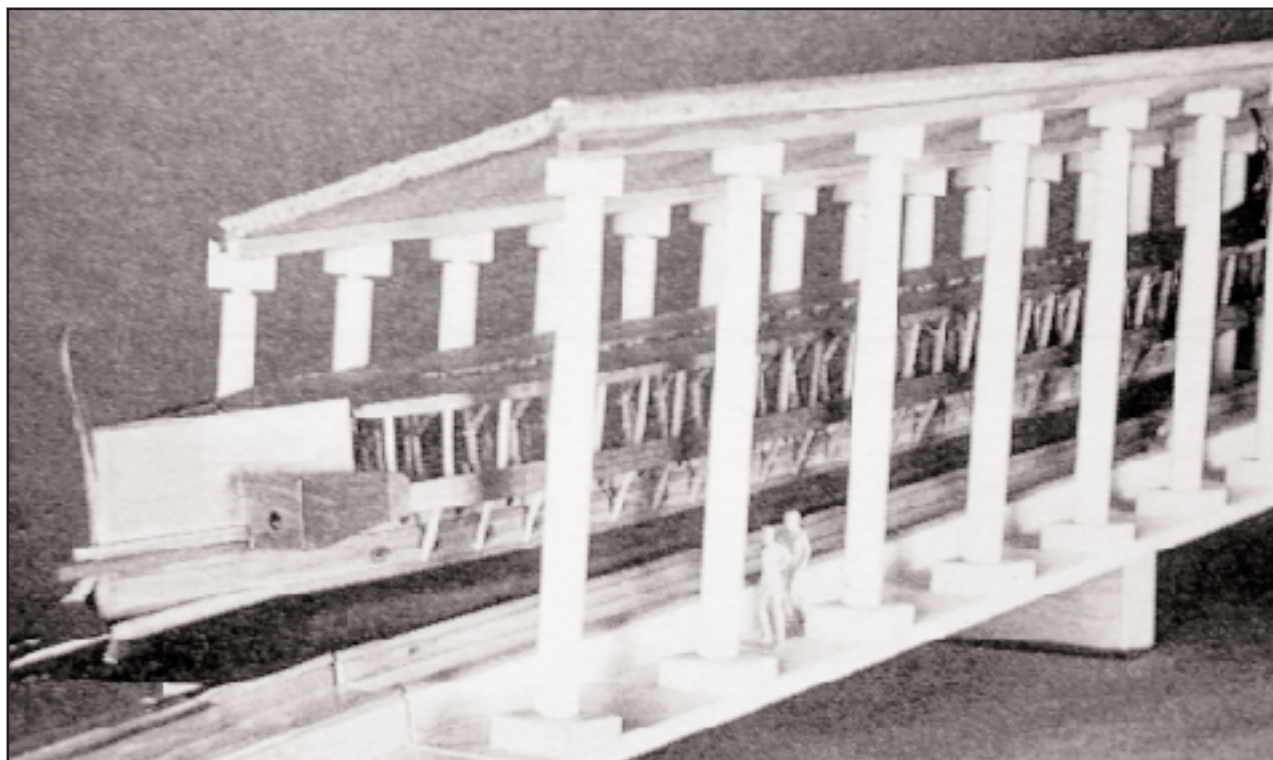
Στις αρχές του 5ου αιώνα π.Χ. οι Αθηναίοι έκτισαν στον Πειραιά νεώσοικους για τον νεότευκτο πολεμικό τους στόλο. Κατά τα κλασσικά χρόνια τα σημαντικότερα ελληνικά λιμάνια είχαν νεώσοικους.

Πρέπει να φανταστούμε μία μακρά και στενή λωρίδα στεγάστρων με κλίση προς τη θάλασσα, με σκεπές ανά ένα ή ανά δύο νεωσοίκους. Κατά το δεύτερο ήμισυ του 4ου αιώνα π.Χ. ο Πειραιάς, δηλαδή ο Κάνθαρος, η Ζέα και η Μουνιχία (κύριο λιμάνι του Πειραιά, Πασαλιμάνι και Μακρολίμανο) αριθμούσαν συνολικά 372 νεώσοικους.

Οι καλύτερα διατηρημένοι νεώσοικοι της Ζέας ερευνήθηκαν το 1885 στην βορειοανατολική πλευρά του λιμανιού και μερικά ερείπια διασώζονται στο υπόγειο πολυκατοικίας της ακτής Μουτσοπούλου.

Περιγραφή

Οι νεώσοικοι αποτελούνταν από ένα οπίσθιο τοίχο ενώ σειρές από κίονες ξεκινούσαν από αυτό τον τοίχο και έφθαναν μέχρι το άκρο της επικλινούς γλύστρας που κατέληγε στη θάλασσα. Οι κίονες αυτοί στήριζαν τη στέγη. Οι νεώσοικοι της Ζέας έχουν συνολικό μήκος 37 μέτρων και μία κλίση 1 προς 10. Το πλάτος ανάμεσα στους κίονες είναι ελαφρώς κατώτερο των 6 μέτρων. Ετσι καθορίζεται και το ανώτατο πλάτος των αρχαίων Αθηναϊκών τριήρων. Στις ίδιες διαστάσεις, δηλαδή περίπου 6 μέτρα πλάτος, μήκος 40 μέτρα και σχέση 1 προς 14 για την κλίση είναι και οι 10 νεώσοικοι λαξευμένοι στο βράχο της Απολλωνίας της Κυρηναϊκής. Οι έρευνες που έγιναν στις Οινιάδες της Ακαρνανίας στις αρχές του αιώνα και συνεχίστηκαν πρόσφατα από τον αρχαιολόγο κ. Λάζαρο Κολώνα έφεραν στο φως 5 νεώσοικους του 3ου π.Χ. αιώνα λαξευμένους στο βράχο. Και εκεί το πλάτος είναι γύρω στα 6 μέτρα ενώ το μή-



Αναπαράσταση εγκάρσιας τομής νεώσοικου της Ζέας.



Ερείπια των νεώσοικων του Σούνιου.

κος είναι ασυνήθιστα μεγάλο (47 μέτρα)· έχουν μία κλίση 1 προς 6.

Σημαντικά ευρήματα είναι εκείνα της Γαλλίδας καθηγήτριας Marguerite Yon στο Κτίριο της Κύπρου. Ομοιάζουν πολύ με τους νεώσοικους του Πειραιά.

Πρόσφατες ανασκαφές της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων στο στρατιωτικό λιμμένα της Θάσου έφεραν στο φως μία σειρά νεώσοικων. Φαίνεται ότι πρόκειται για κατασκευές των μέσων του 5ου π.Χ. αιώνα με ίχνη παλαιότερων φάσεων από τα τέλη του 6ου αιώνα π.Χ. Αυτοί είναι και οι πρωιμότεροι νεώσοικοι που η έρευνα έφερε στο φως παρόλο ότι μπορεί οι ανασκαφές που βρίσκονται εν εξελίξει στη Σάμο να οδηγήσουν στην ανακάλυψη των διάσημων νεώσοικων του 6ου αιώνα π.Χ.

Ενδείξεις νεώσοικων βρέθηκαν κατά την ανασκαφή της Εφορείας

Εναλίων Αρχαιοτήτων στα Αβδηρα της Θράκης όπου ένα κτίσμα 30 μέτρων μήκος και 9 μέτρων πλάτος φαίνεται να ανήκει σε νεώσοικο. Πρόκειται για κτίριο του τέλους του 6ου αιώνα π.Χ. που καταστράφηκε στις αρχές του 5ου. Και εκεί έχουμε ένδειξη για στέγη καλυμμένη με κεραμίδια στηριζόμενη σε πέτρινους κίονες και ξύλινες γλύστρες. Η κλίση είναι 1 προς 12. Νεώσοικοι των ελληνιστικών χρόνων και πρωιμότεροι της ελληνικής αποικίας της Μασσαλίας βρέθηκαν σε πρόσφατες ανασκαφές που συνεχίζονται. Βρέθηκαν επίσης υπολείμματα νεώσοικων στην αποικία της Νάξου στη Σικελία που καταστράφηκαν κατά το 403 π.Χ.

Μικρότεροι σε αριθμό και στενότεροι νεώσοικοι έχουν βρεθεί λαξευμένοι στο Σούνιο και κοντά στο λιμάνι της Σητείας, στα Μάταλα και στο Ρέθυμνο της Κρήτης. Στενότε-

ροι κτισμένοι νεώσοικοι βρέθηκαν στη νότια πλευρά του αρχαίου πολεμικού λιμένος της Ρόδου του σημερινού Μαντρακίου. Ήταν για μικρότερα πλοία όπως τριημιόλες.

Μικρό εκτόπισμα

Πρόσφατες μελέτες συγκεντρώθηκαν στη χρήση των νεώσοικων και στη μέθοδο της ανέλκυσης. Μελετητής επιμένει ότι δεν χρησιμοποιούνταν ξύλινα «βάζα»² στους νεώσοικους λόγω του πολύ μικρού εκτοπίσματος των αρχαίων τριήρων που μπορούσαν ευχερώς να ανελκυσθούν συρόμενες στο γυμνό βράχο. Οι ενδείξεις όμως για ξύλινες γλύστρες ή «βάζα» είναι πολύ πιθανότερες (Ρόδος, Κως, Καρχηδών). Όπως υπάρχουν επίσης και κάποιες ενδείξεις για μηχανισμούς ανέλκυσης.

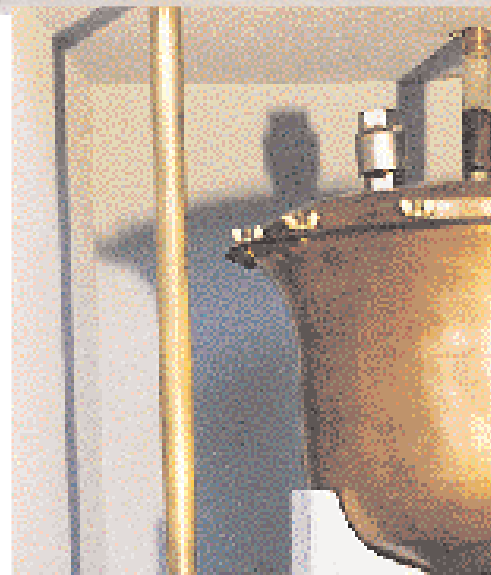
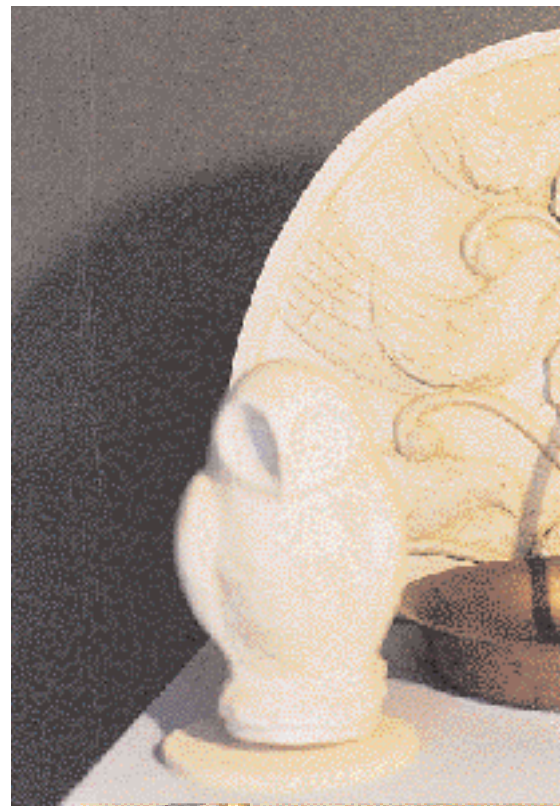
Ενα βασικό ερώτημα που συνεχίζει να παραμένει αναπάντητο είναι πού κτίζανε οι αρχαίοι τα πολεμικά αλλά και τα εμπορικά τους πλοία και πού τα επισκεύαζαν. Ο Μεσαιωνικός χώρος του «ταρσανά» φαίνεται ότι δεν υπάρχει στην αρχαιότητα. Οι αρχαίοι μάλλον έκτιζαν και επισκεύαζαν τα πλοία τους σε διάφορα παραλιακά σημεία. Πιθανολογείται ότι οι ναυπηγικές εγκαταστάσεις ήταν λιγότερο μόνιμες από άλλα λιμενικά κτίσματα και έμοιαζαν με τις πρόχειρες, σκαλωσιές που βλέπουμε σήμερα σε διάφορες παραλίες όταν κτίζονται εκεί καΐκια. Φορητές όπως είναι, χάνονται με το χρόνο και δεν αφήνουν ίχνη.

Σημειώσεις:

1. Από τις λέξεις νεός και οίκος.
2. Η λέξη «βάζα» είναι σύγχρονη και αναφέρεται στον παραδοσιακό τρόπο ανέλκυσης / καθέλκυσης.



Το κινητό αυτόματο θέατρο του Ηρώνα (ομοίωμα και σχέδιο, αριστερά και πάνω). Στο κινητό αυτό είναι δυνατόν να κινούνται όλες οι μορφές, να ανάβουν διαδοχικά φωτιές σε δύο βωμούς και να ακούγονται ταυτόχρονα ήχοι τυμπάνων και κυμβάλων.



Αρχαία ελληνικά αυτόματα

Ο συνδυασμός τεχνολογίας αιχμής και τέχνης στις αυτοκίνητες μηχανές

Του **Δημητρίου Καλλιγερόπουλου**

Δρος Τεχνικών Επιστημών, Καθηγητή
Τμήματος Αυτοματισμού ΤΕΙ Πειραιά, γλύπτη

ΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ των αυτομάτων χάνεται μέσα στον αρχαίο ελληνικό μύθο. Η ποιητική φαντασία όχι μόνο πλάθει αλλά και οραματίζεται, προβλέπει, επινοεί μηχανές αυτοκίνητες, όπως τους αυτόματους τρίποδες του Ηφαίστου στην Ομηρική Ιλιάδα ή τα αυτόματα πλοία των Φαιάκων στην Οδύσσεια. Ο μυθικός ανθρωπομορφισμός, η ποιητική δηλαδή πρόθεση να αποκτήσει η φύση ανθρώπινη μορφή και ψυχή, επηρεάζει και την ελληνική σκέψη.

Πανάρχαιο τεχνικό όραμα, που σταδιακά εξελίσσεται σε έμπρακτη τεχνική επιδίωξη, είναι η κατασκευή μηχανών αυτοκινούμενων, όμοιων με ζωντανά όντα, σαν τις χρυσές θεραπαινίδες του Ηφαίστου ή σαν τον μπρούντζινο γίγαντα Τάλω.

Στην ιστορική της εξέλιξη πραγματοποιεί η τεχνική σκέψη τρία μεγάλα άλματα. Το πρώτο αφορά την εφεύρεση των **εργαλείων**, που επεκτείνουν τη δύναμη, τις ικανότητες, την εμβέλεια του ανθρώ-

που, όπως το ρόπαλο, το ακόντιο και το δρεπάνι.

Το δεύτερο άλμα αφορά την επινόηση των **μηχανών** που λειτουργούν με **εξωτερική ενέργεια**, όπως το τόξο, η άμαξα, το πλοίο, οι σύνθετες πολεμικές μηχανές. Το τρίτο άλμα αφορά τις αυτοκίνητες μηχανές, τα **αυτόματα** που κινούνται «μόνα τους» με εσωτερική ενέργεια, «**ψυχή**» κατά τους προσωκρατικούς φιλοσόφους, όπως το περιστέρι του Αρχύτα τον 5ο π.Χ. αιώνα, οι αυτόματοι καθρέπτες του Φίλωνα τον 3ο π.Χ. αιώνα και τα αυτόματα θέατρα του Ηρώνα τον 1ο π.Χ. αιώνα.

Τα αυτόματα βρίσκονται λοιπόν στο τελευταίο σκαλοπάτι της τεχνολογικής πυραμίδας, αποτελούν την τεχνολογία αιχμής κάθε εποχής και μελετώνται, συστηματοποιούνται, κατατάσσονται, βελτιώνονται, υλοποιούνται και ανανεώνονται στα ελληνιστικά χρόνια, από μία σχολή Ελλήνων μηχανικών, τον Φίλωνα τον Βυζάντιο, τον Κτησίβιο και τον Ηρώνα, που διέθεταν τον βιβλιογραφικό πλούτο της αλεξανδρινής βιβλιοθήκης, την όρεξη να αξιοποιήσουν, να βάλουν σε τάξη και να εφαρμόσουν σε ειρηνικές

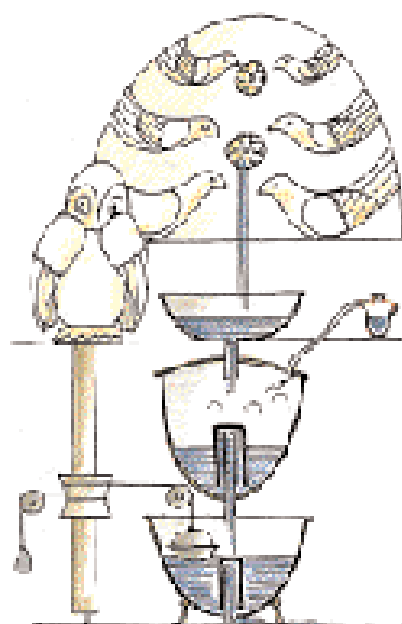
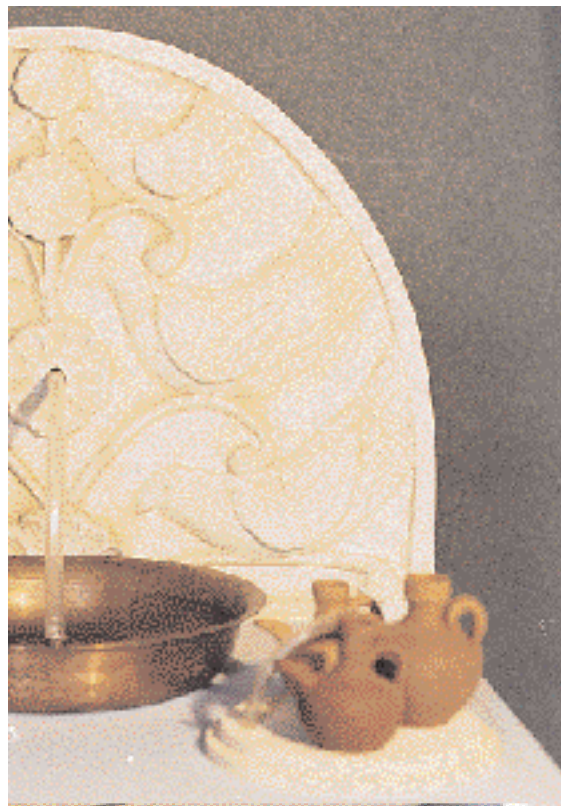
περιόδους τις εμπειρίες των πλούσιων μεσογειακών πολιτισμών και την πρόθεση να δημιουργήσουν τεχνολογίες.

«Αι μὲν αναγκαιοτάτας τῷ βίῳ τούτων χρειᾶς παρέχουσαι, αἱ δὲ εκπληκτικοῦ τινὸς θαυμασμοῦ ἐπιδεικνύμεναι, πού ἄλλες μὲν τις χρειαζόμεσθε γὰρ νὰ ἀντιμετωπίσουμε τις ἀνάγκες τῆς ζωῆς μας, ἄλλες δὲ μας προκαλοῦν ἐκπλήξη καὶ θαυμασμό». (Ηρών, Πνευματικά).

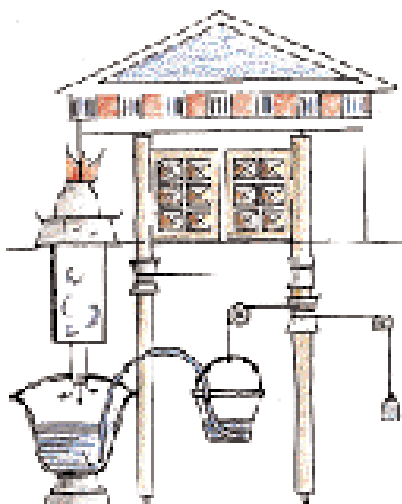
Τα αυτόματα του Ηρώνα

Αυτό τον διπλό χαρακτήρα της χρησιμότητας και της αισθητικής απόλαυσης, αυτή τη σύνδεση της τεχνολογίας και της τέχνης, βρίσκουμε στα αυτόματα του Ηρώνα.

Στα έργα του «Περί Πνευματικών» Α και Β ο Ηρώνα συνέλεξε, ταξινόμησε και περιέγραψε εξήντα μέχρι τότε γνωστούς υδραυλικούς και πνευματικούς αυτόματους μηχανισμούς που χρησιμοποιούσαν σαν κινητήρια δύναμη την πίεση του ατμού, του διαστελλόμενου από τη θερμότητα αέρα ή του νερού, για να προκαλέσουν αυτοκίνηση και ήχους, να πετύχουν αυτό-



Αυτόματη κρήνη (ομοίωμα και σχέδιο, αριστερά και πάνω) και αυτόματες πύλες ναού (ομοίωμα και σχέδιο, δεξιά και κάτω). Στα αυτόματα του Ηρώνα η τεχνολογία συναντά την τέχνη.



ματη λειτουργία μηχανών, θυρών, μουσικών οργάνων, γλυπτών ομοιωμάτων κ.λπ.

Αυτόματες πύλες ναού

«Ναός κατασκευάζεται, έτσι ώστε, μόλις ανάβει φωτιά σε βωμό που βρίσκεται στην είσοδό του και γίνει θυσία, οι πόρτες του ναού να ανοίγουν αυτόματα και μόλις σβήσει η φωτιά πάλι να κλείνουν» (Ηρων, Πνευματικά Α, 38).

Ο Ηρων αξιοποιεί στον μηχανισμό αυτό τη διαστολή του θερμαινόμενου αέρα κάτω από το βωμό. Με την πίεση του αέρα μεταφέρει υγρό από ένα σταθερό σε ένα κινητό δοχείο και στη συνέχεια χρησιμοποιεί σύστημα τροχαλιών και αντιβάρων για την περιστροφή των πυλών του ναού.

Αυτόματη κρήνη

«Σε μία κρήνη, σε μία πηγή ή γενικά όπου υπάρχει τρεχούμενο νερό, κατασκευάζονται πουλιά που τραγουδούν. Δίπλα τους τοποθετείται μία κονκονβάγια, που μπορεί να περιστρέφεται αυτόματα προς τα πουλιά, οπότε αυτά αποστρέφεται, οπότε αυτά συνεχίζουν το τραγούδι τους. Και αυτό γίνεται ακατάπανστα» (Ηρων, Πνευματικά Α, 16).



Στα δοχεία που βρίσκονται κάτω από την κρήνη ελέγχεται η στάθμη του νερού με δύο αξονικά υδραυλικά σιφώνια. Με μηχανικό τρόπο συγχρονίζεται η περιστροφή της κουκουβάγιας με τη ροή που προκαλεί τις φωνές των πουλιών.

Η σφαίρα του Αιόλου

«Πάνω από θερμαινόμενο λέβητα περιστρέφεται σφαίρα σταθερά προσαρμοσμένη σε περιστρεφόμενο άξονα» (Ηρων, Πνευματικά Β, 11).

Η αιολόσφαιρα του Ηρώνα, που αξιοποιεί την πίεση του ατμού και τη μετατρέπει σε κινητήρια περιστροφική δύναμη, αποτελεί αναμφίβολα πρόδρομο της ατμομηχανής. Το νερό μέσα στο λέβητα θερμαίνεται μέχρι βρασμού. Ο ατμός διοχετεύεται μέσα από το σωλήνα παροχής στη σφαίρα, εκτοξεύεται μέσα από τα ακροφύσια με πίεση και προκαλεί την κινητήρια ροπή.

Το κινητό αυτόματο

Στο δεύτερο μεγάλο έργο του Αλεξανδρινού μηχανικού, την Αυτοματοποιητική, περιγράφονται δύο είδη αυτόματων θεάτρων.

Στα σταθερά αυτόματα θέατρα, ανοίγουν από μόνες τους οι πύλες

μιας σκηνής και παρουσιάζονται σε οθόνη μορφές κινούμενες σύμφωνα με κάποιο μύθο.

Στα κινητά αυτόματα θέατρα συμβαίνουν τα εξής: «Κατασκευάζονται ναοί ή βωμοί μετρίου μεγέθους, ικανοί να μετακινούνται αυτόματα και να στέκονται μετά σε καθορισμένες θέσεις. Και τα είδωλα πάνω σε αυτούς κινούνται όλα από μόνα τους, με μια λογική ακολουθία που ταιριάζει στο σχετικό μύθο και, τέλος, επιστρέφουν στην αρχική τους θέση». (Ηρων, Αυτοματοποιητική, 1.2).

Ειδικά στο κινητό αυτόματο που περιγράφει ο Ηρων και που αναπαριστά περίοπτο κυκλικό ναό με ομοίωμα του Διονύσου, μια Νίκη στην κορυφή και βακχίδες περιμετρικά του ναού, όλες οι μορφές είναι δυνατόν να κινούνται, φωτιές να ανάβουν διαδοχικά σε δυο βωμούς μπροστά και πίσω από το ναό, λουλούδια να στεφανώνουν το επιστύλιο και να ακούγονται ταυτόχρονα ήχοι τυμπάνων και κυμβάλων.

Η κινητήρια δύναμη των αυτομάτων αυτών παράγεται είτε με ένα σύστημα νεύρων, ένα είδος ελατηρίου σαν αυτό που λειτουργούσε στους καταπέλτες, είτε με την

Συνέχεια στην 18η σελίδα



Συνέχεια από την 17η σελίδα

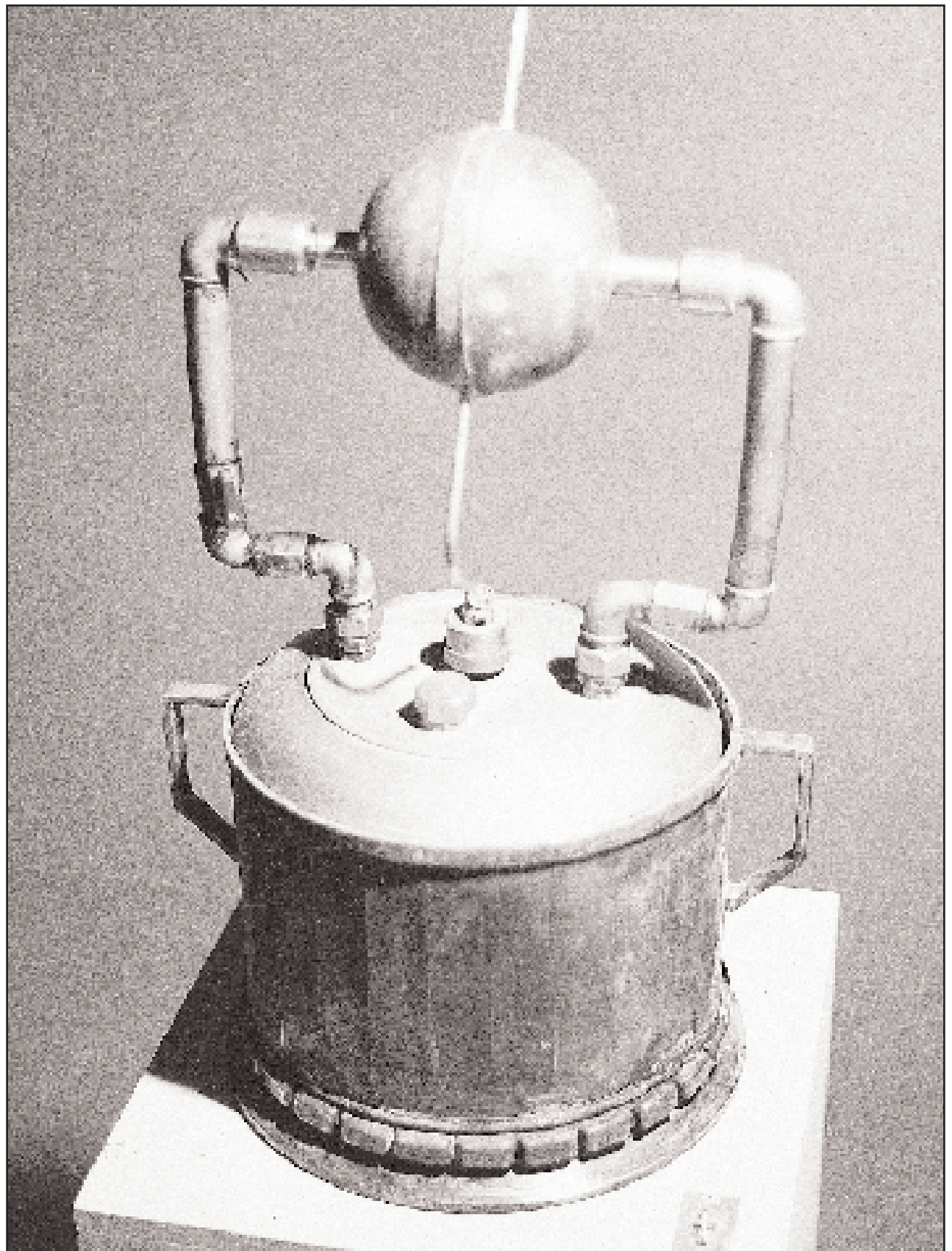
πτώσει μολύβδινου βάρους. Η πτώση του μολύβδινου βάρους μέσα σε κλεψύδρα προκαλούσε την κίνηση σε έναν κινητήριο τροχό, συνδεδεμένο με το βάρος μέσω ενός τεντωμένου νήματος.

Ιδιοφυή όμως εφεύρεση της εποχής αποτελούσε η μέθοδος προγραμματισμού των κινήσεων του τροχού και κατά συνέπεια του αυτομάτου και όλων των κινούμενων μελών του. Ο προγραμματισμός των κινήσεων γινόταν με ένα σύστημα δεξιόστροφων, αριστερόστροφων και ελεύθερων περιελίξεων, που προκαλούσαν αντίστοιχα κίνηση προς τα μπρος, προς τα πίσω ή ακινησία.

Τα αυτόματα αυτά άνοιξαν το δρόμο για μια νέα εποχή όχι μόνο στην τεχνολογία αλλά και στην τέχνη, μελετήθηκαν και ανακατασκευάστηκαν από Ρωμαίους, Άραβες και Βυζαντινούς μηχανικούς, και αποτέλεσαν τον κρίκο που ενώνει, από τεχνολογική σκοπιά, την αρχαία ελληνική τεχνική σκέψη με την ευρωπαϊκή αναγέννηση.

Σημείωση: Τα σχέδια είναι του κ. Δ. Καλλιγερόπουλου. Οι φωτογραφίες αφορούν ομοιώματα που κατασκεύασε ο ίδιος και παρουσιάστηκαν στην έκθεση «Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία», Θεσσαλονίκη 1997, που διοργάνωσαν η Εταιρεία Μελέτης Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας και το Τεχνικό Μουσείο Θεσσαλονίκης.

Πηγές: Δημήτριος Καλλιγερόπουλος, «Αυτοματοποιητική Ηρώνα του Αλεξανδρινού, η τέχνη της κατασκευής των αυτομάτων», Αθήνα 1996.



Ομοίωμα και σχέδιο της σφαίρας του Αιόλου. Η αιολόσφαιρα του Ηρώνα, που αξιοποιεί την πίεση του ατμού και τη μετατρέπει σε κινητήρια περιστροφική δύναμη, αποτελεί αναμφίβολα πρόδρομο της ατμομηχανής.

Ο Αριστοτέλης για τη σχέση ανθρώπου και μηχανής

ΣΕ ένα απόσπασμα από τα Πολιτικά του, ο Αριστοτέλης αναφέρεται στη σχέση ανθρώπου και μηχανής, προβλέπει την εφαρμογή αυτόματων μηχανών στην παραγωγή ή στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου και θεωρεί ότι μια τέτοια τεχνολογική επανάσταση θα σημάνει ταυτόχρονα και μια κοινωνική επανάσταση, που θα οδηγήσει στην κατάργηση της δουλείας και της εξαρτημένης χειρωνακτικής εργασίας.

«...Σε ορισμένες τέχνες, τεχνικές ή επαγγέλματα (τέχναι) είναι αναγκαίο να υπάρχουν τα κατάλληλα

εργαλεία, μηχανήματα ή συσκευές (όργανα), για να μπορέσει να ολοκληρωθεί το τεχνικό έργο... Από τα εργαλεία αυτά άλλα μεν είναι άψυχα και άλλα έμψυχα. Όπως και για τον κυβερνήτη του πλοίου το πηδάλιο είναι εργαλείο άψυχο, ενώ ο πρωρέας, ο ναύτης δηλαδή που φυλάει στην πλώρη, παρατηρεί τη θάλασσα και ενημερώνει τον καπετάνιο, είναι έμψυχο. Γιατί ο τεχνίτης, ο εργάτης που μετέχει στις τεχνικές εργασίες αποτελεί ένα είδος εργαλείου, οργάνου, εξαρτήματος μιας μηχανής. Ετσι, κάθε απόκτημα

του ανθρώπου είναι εργαλείο για τη ζωή του και η περιουσία του όλη είναι ένα πλήθος τέτοιων εργαλείων. Ο δούλος είναι έμψυχο απόκτημα, γι' αυτό και κάθε εργάτης είναι ένα είδος εργαλείου ανώτερο από τα άλλα εργαλεία.

Γιατί αν κάθε εργαλείο μπορούσε να ολοκληρώσει το έργο του είτε κατόπιν εξωτερικής εντολής, κατευθυνόμενο εξωτερικά (κελευσθέν) είτε διαθέτοντας εσωτερικό προγραμματισμό, έχοντας προκαθορισμένη εσωτερική λειτουργία (προαισθανόμενον) και λειτουργού-

σε αυτόματα, σαν τα γλυπτά του Δαίδαλου, που λέγαν πώς κινούνταν ή σαν τους τρίποδες του Ηφαίστου, που ο ποιητής αυτόματους τους ονόμασε, γιατί από μόνοι τους μέσ' των θεών τη σύναξη πηγαίνουν, έτσι αν αυτόματα ύφαινε η साίτα του αργαλείου κι αν από μόνα τους παίζαν μουσική τα πλήκτρα της κιθάρας, τότε δεν θα 'χαν ανάγκη ούτε οι αρχιτέκτονες, οι αρχιμάστορες από κανέναν εργάτη, ούτε οι αφέντες, οι άρχοντες από κανένα δούλο».

Αριστοτέλης, Πολιτικά, Α,2,4

Εγκαταστάσεις υγιεινής

Αποκαλύπτουν ιδιαίτερη μέριμνα σε θέματα υγείας ήδη από την εποχή του Χαλκού

Της **Κλαίρης Παλυβού**

Δρ Αρχιτεκτονικής, μέλους του Δ.Σ. της Ε.Μ.Α.Ε.Τ.

Η ΥΣΤΕΡΗ εποχή του Χαλκού (το μέσον της 2ης χιλιετίας π.Χ.) είναι περίοδος μεγάλης ακμής για το νότιο Αιγαίο και ιδιαίτερα την Κρήτη: οι πόλεις έχουν οργανωμένη, πυκνή δόμηση σε οικοδομικά τετράγωνα, με δρόμους και πλατείες, και σπίτια διώροφα και τριώροφα με επίπεδες στέγες. Σ' ένα αστικό περιβάλλον σαν αυτό, το πρόβλημα της απορροής των ομβρίων και των λυμάτων είναι ιδιαίτερα οξύ. Όπως είναι φυσικό, όμως, μια περίοδος ευμάρειας δεν μπορεί παρά να ήταν εξίσου γόνιμη και στον τομέα των τεχνολογικών επιτευξέων.

Αποχετευτικά δίκτυα διαπιστώνονται σε όλους τους οικισμούς της εποχής του Χαλκού και είναι μικτής λειτουργίας: εξυπηρετούν κυρίως τα νερά της βροχής, αλλά και τα λύματα από τις ποικίλες οικοτεχνίες. Εκεί όμως που τα πράγματα συγχέονται, είναι κατά πόσον τα δίκτυα αυτά εξυπηρετούσαν και τις λειτουργίες υγιεινής. Και δεν αναφερόμαστε τόσο στο λουτρό του σώματος (οι πήλινες «μπανιέρες», εξάλλου, βρίσκονται συνήθως σε χώρους που δεν διαθέτουν αποχέτευση), αλλά στις... άλλες, τις πιο καθημερινές και πιο παραγωγικές σε λύματα.

Υποθέσεις για εγκαταστάσεις υγιεινής έχουν γίνει σε αρκετές περιπτώσεις, δύο από αυτές όμως – μια στην Κρήτη και η άλλη στη Θήρα – είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες, διότι σώζονται σε καλή κατάσταση και δείχνουν με κάθε λεπτομέρεια τον τρόπο που οι Μινωίτες αντιμετώπιζαν τον σημαντικό αυτό τομέα της καθημερινής ζωής.

Κνωσός

Κάτω από το ανάκτορο της Κνωσού, σε έκταση 25 στρεμμάτων περίπου, υπάρχει ένας άλλος «λαβύρινθος», από αγωγούς ύψους περί το 1 μ., κτισμένους με μεγάλες λαξευτές πέτρες που φτάνουν το 1,70 μ. σε μήκος. Στο δίκτυο αυτό καταλήγουν κατακόρυφοι κτιστοί συλλέκτες που συγκεντρώνουν τα νερά των άνω ορόφων, των δωματίων και της μεγάλης Κεντρικής Αυλής.

Στην ανατολική πτέρυγα του ανακτόρου, εκεί όπου βρίσκονται τα λεγόμενα «Διαμερίσματα Κατοικίας», αποκαλύφθηκε εγκατάσταση υγιεινής, γνωστή ως «η τουαλέτα της βασιλίσσης». Βρίσκεται σε αρκετά απομονωμένη και διακριτική θέση, δίπλα σε φωταγωγό, και πρόκειται για μικρό χώρο που απομονώνεται από το υπόλοιπο δωμάτιο με όρθιες γυψόπλακες. Έχει διαστάσεις 1,10 μ. x 2,20 μ. – όσο ακριβώς ορίζουν και οι σημερινές προδιαγραφές για αντίστοιχους χώ-



Η Δυτική Οικία στο Ακρωτήρι της Θήρας: κτίστηκε πριν από 3.500 χρόνια και διατηρήθηκε σε άριστη κατάσταση ως τις μέρες μας χάρη στις ηφαιστειακές στάχτες που κάλυψαν τον οικισμό.



Δυτική Οικία: η εγκατάσταση υγιεινής του άνω ορόφου. Ανάμεσα στα δύο κτιστά πεζούλια υπάρχει οπή στο δάπεδο η οποία αντιστοιχεί σε εντοιχισμένο πήλινο αγωγό.

ρους – και έκλεινε με δίφυλλη πόρτα. Ένα ξύλινο κάθισμα, με κατάλληλη οπή κάλυπτε στενό άνοιγμα του δαπέδου το οποίο οδηγεί σε κτιστό φρεάτιο και από εκεί στο κεντρικό δίκτυο. Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες και οι περίτεχνες διατομές των σημείων σύνδεσης αγωγού και φρεατίου δείχνουν μεγάλη γνώση των υδραυλικών θεμάτων.

Θήρα

Στην αντικρινή Θήρα, στην εντυ-

πωσιακά διατηρημένη πόλη του Ακρωτηρίου (χάρη στις στάχτες του ηφαιστείου που κάλυψαν τα ερείπιά της), οι μελετές του προϊστορικού κόσμου μπορούν, επιτέλους, να εργαστούν με σχεδόν πλήρη στοιχεία και όχι απελπιστικά αποσπασματικά, όπως συνήθως συμβαίνει.

Το αποχετευτικό δίκτυο της πόλης κατηφορίζει προς τη θάλασσα και αποτελείται από έναν κύριο κορμό στον οποίο καταλήγουν διακλαδώσεις που έρχονται από τις

παρόδους. Έχουν εντοπιστεί αρκετές συνδέσεις του δικτύου με τα κτίρια. Μια από αυτές βρέθηκε άθικτη και εξυπηρετεί εγκατάσταση υγιεινής που βρίσκεται στον άνω όροφο.

Πρόκειται για εσοχή του τοίχου, μέσα στην οποία είναι κτισμένα δυο πεζούλια ύψους 0,43 μ. Ανάμεσά τους υπάρχει κενό πλάτους 8-10 εκ. που αντιστοιχεί σε οπή στο πάτωμα, η οποία αποτελεί το στόμιο αγωγού. Ο αγωγός απαρτίζεται από κατακόρυφους πήλινους σωλήνες, εντοιχισμένους στη λιθοδομή του ισογείου και καταλήγει σ' ένα άνοιγμα του τοίχου προς την εξωτερική πλευρά του κτιρίου. Από το άνοιγμα αυτό τα απόβλητα χύνονταν σε φρεάτιο, το οποίο συνδέεται με το κεντρικό δίκτυο του οικισμού και βρέθηκε καλά σφραγισμένο με μεγάλη πλάκα. Πρόκειται για «φρεάτιο επισκέψεως» για τον καθαρισμό και τη συντήρηση των εγκαταστάσεων.

Μέσα στο φρεάτιο βρέθηκαν ορισμένες πλάκες τοποθετημένες έτσι ώστε η ροή των αποβλήτων όχι μόνο να μην ανακόπτεται αλλά και να επιταχύνεται, διατηρώντας το δίκτυο καθαρό. Επιπλέον, οι πλάκες αυτές απομονώνουν σε μεγάλο βαθμό το φρεάτιο από τον αγωγό του σπιτιού – σχηματίζουν δηλαδή ένα είδος «οσμοπαγίδας». Είναι φανερό, επομένως, ότι οι κατασκευαστές της εποχής εκείνης κατέβαλαν μεγάλες προσπάθειες να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της καθαριότητας του δικτύου και του ελέγχου των οσμών και των αναθυμιάσεων.

Αν και η λειτουργία της εγκατάστασης αυτής ήταν σαφής, την οριστική απόδειξη για τη χρήση της την έδωσε η σχετικά νεοσύστατη επιστήμη της παλαιοβοτανολογίας: οι εργαστηριακές αναλύσεις της Δρ Ανάγίας Σαρπάκη σε δείγμα χώματος από τους κατακόρυφους πήλινους σωλήνες του αγωγού, δεν αφήνουν καμία αμφιβολία για την προέλευση των οργανικών καταλοίπων που περιέχουν.

Οι εσωτερικές εγκαταστάσεις υγιεινής που έχουν εντοπιστεί έως τώρα με βεβαιότητα είναι αναλογικά λίγες – γι' αυτό και δεν θα δημιουργούσαν σημαντικά προβλήματα στη γενική λειτουργία του δικτύου. Η παρουσία τους, όμως, τόσο σε ανάκτορα όσο και σε σπίτια της Κρήτης και της Θήρας (και μάλιστα στον άνω όροφο), δείχνει ότι η σχετική τεχνολογία ήταν στη διάθεση μεγάλου μέρους των πολιτών.

Μια ακόμη απόδειξη επομένως – κοντά σ' αυτές που δίνουν τη τέχνη, η οικονομία και οι άλλοι τομείς του βίου – ότι οι πολίτες της ύστερης εποχής του Χαλκού απολάμβαναν ένα αξιοζήλευτα υψηλό επίπεδο ζωής.

Εκπληκτικά συστήματα ύδρευσης

Υδροδότηση πόλεων και άρδευση αγρών στην αρχαία Ελλάδα

Του **Ελευθερίου Βαβλιάκη**

Αν. Καθηγητή Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ.,
Επιτ. Καθηγητή Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου
Salzburg Αυστρίας

Ο ΟΡΟΣ Κανάτ (τούνελ με κατακόρυφα πηγάδια) σηματοδοτεί συστήματα υπόγειων αγωγών με τη βοήθεια των οποίων υδρομαστεύεται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, και το νερό, με τη βοήθεια της φυσικής κλίσης, εξέρχεται στην επιφάνεια με ελεύθερη ροή.

Αν υποθέσουμε ότι θέλουμε να αρδεύσουμε κάποιες εκτάσεις, να ιδρύσουμε ή να υδροδοτήσουμε μία πόλη σε μία περιοχή όπου δεν υπάρχουν φυσικές πηγές ή ποτάμια, τότε υποχρεωτικά πρέπει να κατασκευάσουμε ένα σύστημα κανάτ.

Στο ψηλότερο τμήμα μιας κλιτύς (πλαγιάς) κατασκευάζουμε το καλούμενο μητρικό ή ερευνητικό πηγάδι προκειμένου να διαπιστωθεί η ύπαρξη ή όχι υπόγειου νερού. Εφ' όσον η ποσότητα του νερού είναι η επιθυμητή τότε προς τα κατάντι του μητρικού πηγαδιού κατασκευάζεται τούνελ ύψους 1,20 μ. μέχρι 2 μ. και πλάτους 0,8 μ. μέχρι 1,5 μ. Ανά 10 μ. μέχρι 30 μ. κατασκευάζονται κατακόρυφα πηγάδια προκειμένου να γίνεται η εκχωμάτωση και ο εξαερισμός του τούνελ. Το νερό κινείται υπόγεια στη βάση του τούνελ. Εφ' όσον το βάθος του τούνελ μειωθεί πολύ τότε το νερό από το τούνελ οδηγείται σε κλειστούς πέτρινους ή κυλινδρικούς πήλινους αγωγούς και από αυτούς σε φυσικές ή τεχνητές τάφρους, σε βρύσες ή σιντριβάνια.

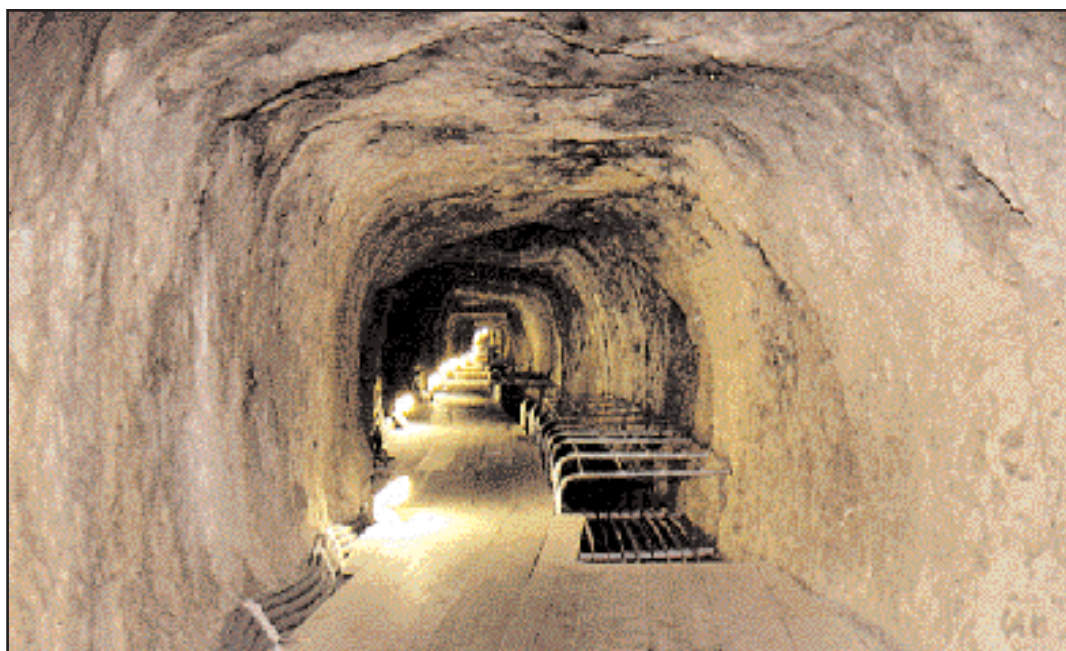
Αν η ποσότητα του νερού είναι μικρότερη από την επιθυμητή, τότε ή το μητρικό πηγάδι γίνεται βαθύτερο ή προς τα ανάντι του μητρικού πηγαδιού κατασκευάζονται περισσότερα του ενός τούνελ μέχρις ότου εξασφαλιστεί η επιθυμητή ποσότητα νερού.

Στο βάθος των κανάτ κυμαίνεται από 5 μέχρι 300 μ., το δε μήκος από λίγα μέτρα μέχρι 50 χλμ. (π.χ. στην Περσία). Στην Ελλάδα το μεγαλύτερο μέχρι σήμερα γνωστό σε μήκος τούνελ (περίπου 3 χλμ.) είναι αυτό του Ευπαλινείου ορύγματος της Σάμου. Το μεγαλύτερο όμως σε συνολικό μήκος (τούνελ + αγωγοί) είναι αυτό του Χορτιάτη Θεσσαλονίκης (περίπου 20 χλμ.) Η παροχή νερού κυμαίνεται από λίγα μέχρι 80 κ.μ. την ώρα.

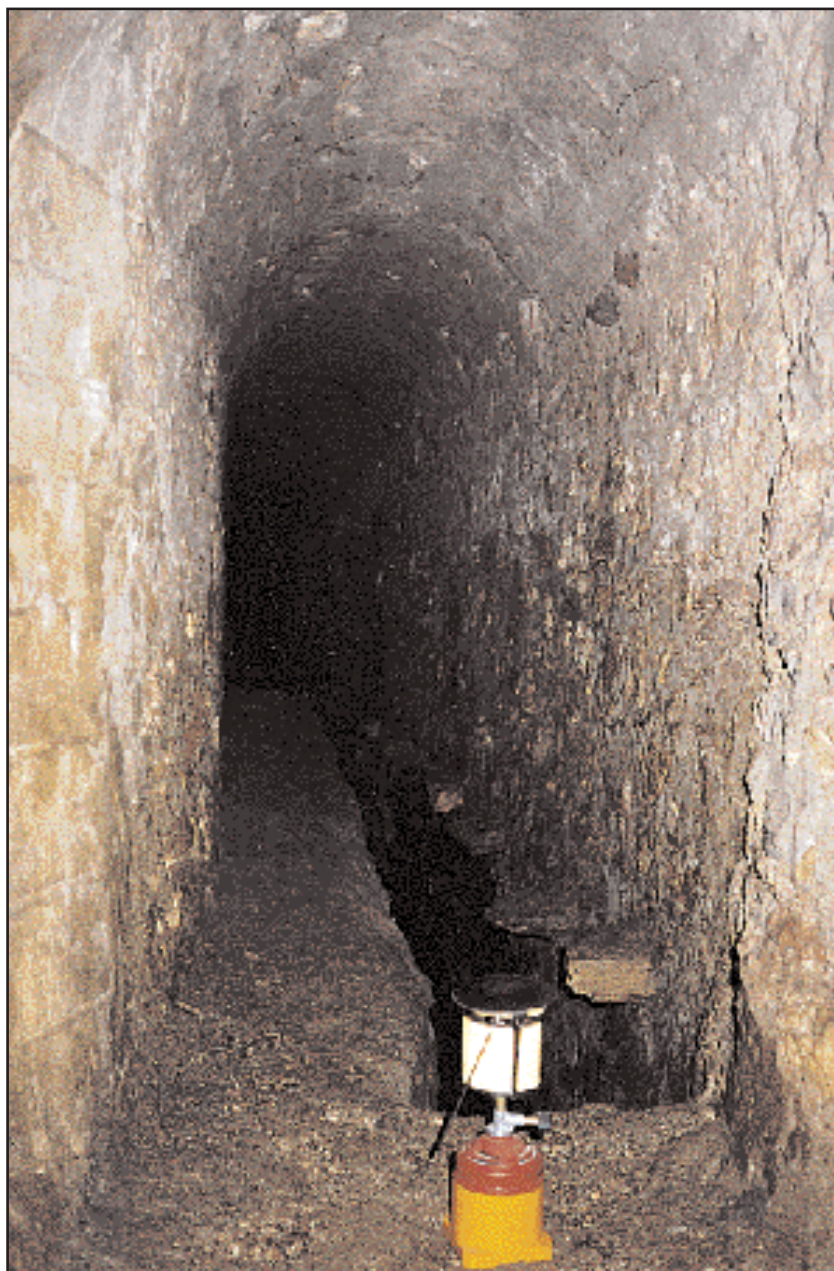
Προϊστορικοί χρόνοι

Σύμφωνα με τη μυθολογία όταν λέμε λαβύρινθο εννοούμε δαιδαλώδεις υπόγειες στοές. Αλλά και τα συστήματα κανάτ, όπως αναφέραμε ήδη, στη ζώνη υδρομάστευσης (δηλαδή στο ψηλότερο τμήμα του συστήματος) είναι δαιδαλώδη, δεδομένου ότι σ' αυτή τα τούνελ είναι περισσότερα από ένα.

Η εννοιολογική ομοιότητα του λαβύρινθου με τα κανάτ και η ιδιότητα



Εσωτερικό τμήμα του Ευπαλινείου ορύγματος (τούνελ). Αριστερά (το φωτιζόμενο) διακρίνεται ο διάδρομος διέλευσης επισκεπτών και δεξιά (το προστατευόμενο με μεταλλικό πλέγμα) το κανάλι μεταφοράς νερού (φωτ.: Βασ. Βαλής).



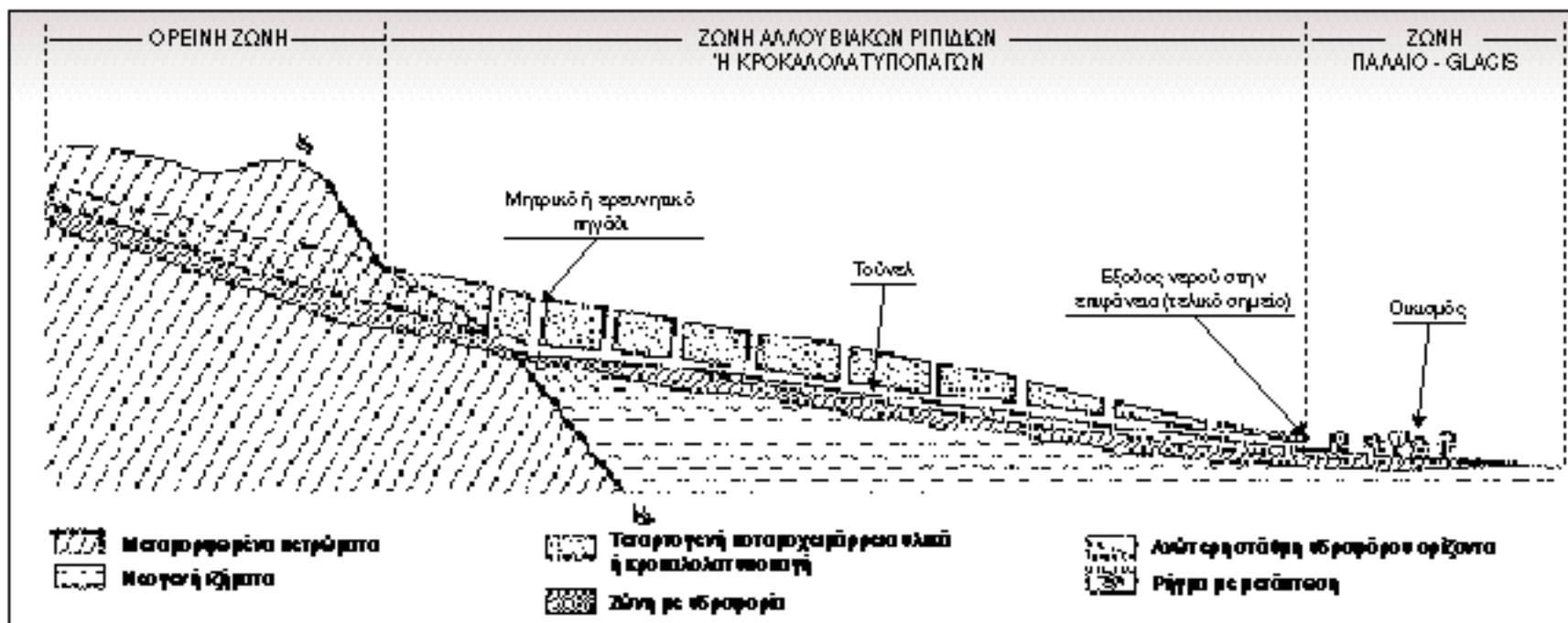
Τούνελ του κανάτ του Χορτιάτη (πηγές Χορτιάτη). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μοιάζουν με αυτά του Ευπαλινείου ορύγματος. Κατασκευάστηκε στις αρχές του 18ου αιώνα. Σήμερα ακόμα, με παροχή 25 m³ την ώρα, υδροδοτεί το Νοσοκομείο Παπανικολάου, ένα στρατόπεδο και ένα Μοναστήρι. Αν δεν ληφθούν, όμως, μέτρα προστασίας, υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης ή ρύπανσης του νερού.

του Δαίδαλου (σύμφωνα με τη μυθολογία και υδραυλικού μηχανικού) μας επιτρέπει να κάνουμε τη βάσιμη υπόθεση ότι ο λαβύρινθος που κατασκευάστηκε κατά τη Μινωική περίοδο πρέπει να ήταν κανάτ. Η άποψη όμως αυτή για να αποδειχθεί χρειάζεται συνδυασμένη έρευνα από επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων.

Είναι βέβαιο ότι η τεχνική των τούνελ με κατακόρυφα πηγάδια χρησιμοποιήθηκε κατά την προϊστορική περίοδο. Από τους Knauss et al. (1984) στην περιοχή της Κωπαίδας ανακαλύφθηκε μεταξύ άλλων, τεχνητή καταβόθρα (τούνελ) μήκους 2.200 μ., ύψους 1,80 μ. και πλάτους 1,5 μ. με 16 πηγάδια, τα οποία διανοίχθηκαν κατά το χρόνο κατασκευής του τούνελ. Το έργο αυτό κατασκευάστηκε από τους Μινύες το 1450 π.Χ. περίπου, στην προσπάθειά τους να αποχετεύσουν μέρος των νερών της Κωπαίδας προς τη θάλασσα. Η ομοιότητά του με τα συστήματα κανάτ είναι απόλυτη. Η μόνη διαφορά εντοπίζεται στον στόχο κατασκευής. Τα δεύτερα έχουν ως στόχο την υπόγεια υδρομάστευση, ενώ το έργο των Μινύων την υπόγεια αποστράγγιση.

Ιστορικοί χρόνοι – Υδρευση πόλεων

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η μέθοδος των τούνελ με κατακόρυφα πηγάδια είναι ανακάλυψη των αρχαίων Περσών κατά το τέλος του 7ου π.Χ. αιώνα. Αναμφίβολα οι αρχαίοι Πέρσες χρησιμοποίησαν ευρύτατα τη μέθοδο αυτή για την ύδρευση πόλεων. Για παράδειγμα η αρχαία πόλη Echbatana, το σημερινό Hamadan, υποχρεώθηκε σε παράδοση περί τα τέλη του 7ου π.Χ. αιώνα, όταν οι επιδρομείς κατέστρεψαν τα κανάτ που υδροδοτούσαν την πόλη. Η πρωτεύουσα των Αχαιμενιδών Περσέπολις, που ιδρύθηκε από τον Δαρείο τον Ι' (522-485 π.Χ.) υδροδοτούνταν από



Σχηματική τομή ενός συστήματος κανάτ της επαρχίας Φυλλίδας Σερρών, με γεωλογικά και μορφολογικά δεδομένα.



Σιντριβάνι της Μονής Εικοσιφοινίσσης Παγγαίου. Αντιστοιχεί στο τελικό σημείο ενός από τα τρία κανάτ (τούνελ με κατακόρυφα πηγάδια) που την υδροδοτούν μέχρι σήμερα.

την ίδρυσή της με παρόμοια συστήματα.

Σχεδόν ταυτόχρονα όμως με τους αρχαίους Πέρσες τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν και από τους Ελληνες.

Σύμφωνα με τον Sauerwein (1988) ο τύρρανος των Αθηνών Πεισίστρατος το 528 π.Χ. κατασκεύασε υπόγειο αγωγό νερού που ξεκινούσε από την κοίτη του Κηφισού στο Χαλάνδρι μέχρι την περιοχή του νέου βασιλικού κήπου. Ο ίδιος ερευνητής, βασισμένος στην περιγραφή του Curtius (1894a), θεωρεί το υδραγωγείο του Πεισίστρατου κανάτ.

Το Ευπαλίνειο όρυγμα της Σάμου (520 π.Χ.) που κατασκεύασε ο Μεγαρέας μηχανικός Ευπαλίνος προκειμένου να προμηθεύσει με νερό την αρχαία Σάμο και που χρηματοδότησε ο τύρρανος των Μεγάρων Πολυκράτης, λειτουργούσε και ως σύστημα κανάτ.

Σχεδόν ταυτόχρονα με το Ευπαλίνειο όρυγμα της Σάμου κατασκευάστηκε σύστημα κανάτ στην όαση Kharga της Αιγύπτου από τον Δαρείο τον Ι'. Σύμφωνα με τον Troll (1963), ο Δαρείος ανέθεσε την κατασκευή του έργου στον Έλληνα γεωγράφο, ιστο-

ρικό και εξερευνητή Σκύλακα.

Την άποψη ότι οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν ταυτόχρονα με τους Πέρσες συστήματα κανάτ για την ύδρευση πόλεων ενισχύει το γεγονός ότι παρόμοια συστήματα διέθεταν πολλές ελληνικές πόλεις. Ανάμεσά τους η αρχαία Στρώμη της Θράκης (πριν από τον 4ο π.Χ. αιώνα), η αρχαία Ολυνθος (420-400 π.Χ.), η Περαχώρα Κορίνθου (300 π.Χ.), η Αίγινα, η Σκύρος, τα Αβδηρα της Θράκης κ.α.

Από τα μέχρι σήμερα δεδομένα, κανάτ που να κατασκευάστηκαν κατά τη ρωμαϊκή και βυζαντινή περίοδο, δεν είναι με βεβαιότητα γνωστά στο χώρο της Ελλάδας. Αντίθετα, τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνταν ευρύτατα κατά την οθωμανική περίοδο για την ύδρευση πόλεων και την άρδευση σημαντικών εκτάσεων. Τα πλέον αντιπροσωπευτικά αυτής της περιόδου είναι εκείνο της επαρχίας Φυλλίδας και κυρίως εκείνο του Χορτιάτη της Θεσσαλονίκης, σε χρήση μέχρι σήμερα, που κατασκευάστηκε από τον Μουράτ τον Β' στις αρχές του 18ου αι. και κάλυπτε μέχρι το 1984 μεγάλο μέρος των αναγκών ύδρευσης της Θεσσαλονίκης.



Το τούνελ του κανάτ Νέας Ζίχνης με μήκος μεγαλύτερο από 1.000 μ. Το νερό από το τούνελ οδηγείτο μέχρι το 1980 στους κυλινδρικού σχήματος πήλινους αγωγούς και από αυτούς σε βρύσες που ύδρευαν την κωμόπολη Νέας Ζίχνης. Μετά το 1980, οι αγωγοί αντικαταστάθηκαν με σύγχρονους πλαστικούς.



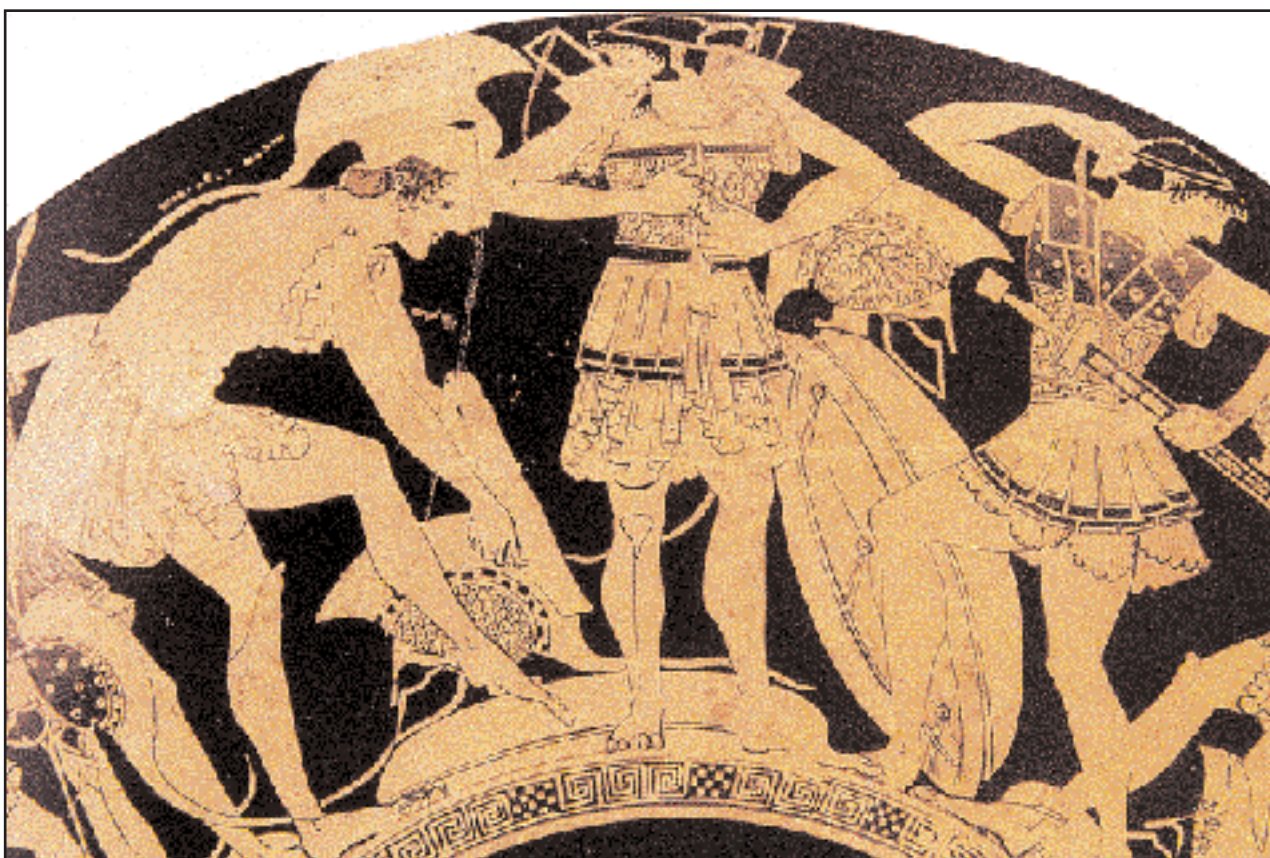
Το πηγάδι της φωτογραφίας ανήκει σ' ένα από τα κανάτ του Σιδ. Σταθμού Αγγίστας Σερρών, που κάλυπτε τις ανάγκες σε νερό των ατμομηχανών μέχρι το 1935. Σήμερα, το πηγάδι καλύπτει τις ανάγκες ύδρευσης του ομώνυμου χωριού.



Ο Μ. Αλέξανδρος με λινό θώρακα και χρυσοποίκιλτο ξίφος. Ψηφιδωτό Πομπηίας. Τελευταίο τέταρτο 4ου αι. π.Χ.

Ατομικός οπλισμός

Η υπεροχή των αμυντικών και επιθετικών όπλων των αρχαίων Ελλήνων



Προετοιμασία Ελλήνων πολεμιστών. Ερυθρόμορφη αγγειογραφία. Γύρω στο 500 π.Χ., (Βιέννη).

Του Παναγιώτη Β. Φάκλαρη

Αν. καθηγητή Κλασικής Αρχαιολογίας του ΑΠΘ

Ο ΠΟΛΕΜΟΣ αποτελούσε σημαντικό μέρος της ζωής των αρχαίων Ελλήνων. Επομένως, τα όπλα ήταν μέσα στη ζωή τους, καθώς στις ειρηνικές περιόδους ασκούσαν στη χρήση τους και στις εμπόλεμες αποτελούσαν το κύριο μέσον διατήρησης της ελευθερίας και της υπεροχής τους. Για πολλούς Έλληνες που εργάζονταν ως μισθοφόροι, τα όπλα αποτελούσαν απαραίτητο εφόδιο.

Η οπλοποιία ήταν ανεπτυγμένη στην Ελλάδα. Η τεχνολογία των όπλων ήταν εντυπωσιακά προηγμένη σε κάθε λεπτομέρεια που αφορούσε την αποτελεσματικότητα και στερεότητα του όπλου. Μαρτυρείται η ύπαρξη εξειδικευμένων εργαστηρίων στην Αθήνα, την Κόρινθο, το Αργος, τη Θήβα, τη Σπάρτη, τη Χαλκίδα κ.α. Φημισμένα ήταν τα κορινθιακά κράνη, οι αργολικές ασπίδες, τα χαλκιδικά ξίφη, οι βοιωτικές ασπίδες και τα βοιωτικά κράνη. Στόχος ήταν η στέρεη και αποτελεσματική κατασκευή των όπλων, όμως τους ενδιέφερε ιδιαίτερα η καλαίσθητη εμφάνιση και η διακόσμησή τους με πολύτιμα υλικά, ώστε να ξεχωρίζουν από τα όπλα



Χάλκινα κορινθιακά κράνη. (Αρχαιολογικό Μουσείο Ολυμπίας).

των άλλων. Αυτό είχε ως συνέπεια τα πολυτελή όπλα να προξενούν δέος στον αντίπαλο και να προσθέτουν κύρος σ' αυτόν που τα φορούσε.

Επίσης, επικρατούσε η αντίληψη ότι η νίκη ή ο θάνατος έπρεπε να τους βρει με τα λαμπρότερα όπλα τους (Ξενοφ. Ανάβ. 3. 27).

Πολυτελή

Στις αρχαίες πηγές υπάρχουν πληροφορίες για πολυτελή όπλα. Οι αξιωματικοί και οι βασιλείς ξεχώριζαν στη μάχη από τη λαμπρότητα των όπλων τους. Αναφέρουμε την περίφημη πανοπλία του Αχιλλέα, την ασπίδα του Αλκιβιάδη «εκ χρυσού και ελέφαντος...», τη χρυσοπόρφυρη ασπίδα του Νικία και τα λαμπρά όπλα του Μεγάλου Αλεξάνδρου, ο οποίος στη μάχη των Γαυγαμήλων φορούσε περιτραχήλιο στολισμένο με πολύτιμους λίθους.

Η χρυσελεφάντινη ασπίδα, το χρυσοποίκιλτο ξίφος και η επίχρυση επένδυση της φαρέτρας, τα οποία βρέθηκαν στον μακεδονικό τάφο II της Βεργίνας, που αποδόθηκε στον

βασιλιά Φίλιππο Β' ή στον Φίλιππο Γ' τον Αρριδαίο, είναι από τα καλύτερα παραδείγματα καταστόλιστων όπλων που σώθηκαν. Πρέπει να τονιστεί ότι όλα τα όπλα, είτε απλά είτε με πολυτελή διακόσμηση, ήταν κατασκευασμένα αποκλειστικά για πολεμική χρήση. Δεν υπήρχαν τελετουργικά όπλα. Τα όπλα της Βεργίνας, τα οποία αναφέρθηκαν, είναι κατασκευασμένα με τις προδιαγραφές αποτελεσματικότητας που προβλέπονταν για όλα τα όπλα. Οι ανάγλυφες μορφές στο έμβλημα της ασπίδας δεν αποτελούσαν εμπόδιο για τη χρήση της στον πόλεμο, καθώς η κατασκευή τους ήταν πολύ στέρεη.

Αποτελεσματικά

Ουσιαστικό στοιχείο της κατασκευής των όπλων δεν ήταν ασφαλώς η διακόσμηση, αλλά η αποτελεσματικότητα και η ανθεκτικότητά τους. Τα ελληνικής κατασκευής όπλα υπερείχαν μεταξύ των όπλων του τότε γνωστού κόσμου. Ο Ηρόδοτος τονίζει ότι οι νίκες των Ελλήνων εναντίον των Περσών οφείλονταν ό-

χι μόνο στην ανδρεία των Ελλήνων, αλλά και στην υπεροχή των όπλων τους. Από τα όπλα που διασώθηκαν μπορούμε να παρακολουθήσουμε την εφαρμογή και την εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία ήταν εντυπωσιακή στον τομέα αυτό. Η κατασκευή ενός όπλου δεν ήταν απλώς έργο ενός χειροτέχνη σιδηρουργού, αλλά αποτέλεσμα συνδυασμού επιστημονικών στοιχείων και τεχνικής εφαρμογής τους.

Η κατασκευή ξιφών, λογχών και βελών προφανώς είχε μελετηθεί ιατρικώς ώστε να έχουν θανατηφόρο αποτέλεσμα (εμβάπτιση τους σε δηλητήριο, κατασκευή λεπίδων τέτοια ώστε να εισέρχεται αέρας στην πληγή). Είναι εμφανής η εφαρμογή γνώσεων φυσικής στην κατασκευή βελών και ακοντίων ώστε να έχουν αεροδυναμικό σχήμα, μεγάλο βεληνεκές και ευστοχία. Επίσης, εξειδικευμένες γνώσεις φυτολογίας ήταν απαραίτητες για την επιλογή του κατάλληλου ξύλου για κάθε όπλο. Ευθύγραμμο, επίμηκες, σκληρό, ελαστικό και ελαφρύ έπρεπε να είναι το ξύλο για δόρατα και ακόντια· εύκα-

μπτο, ελαφρύ και ανθεκτικό για την κατασκευή ασπίδων και τόξων.

Ανθεκτικότητα – προσαρμογή

Εφαρμογή γνώσεων χημείας διαπιστώνεται από την επιλογή των κραμάτων που επελέγησαν σε κάθε περίπτωση, ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη ανθεκτικότητα και το ελάχιστο βάρος του μετάλλου, καθώς και από την ειδική επεξεργασία τους, όπως είναι η βαφή (ατσάλωμα). Επίσης, είναι προφανής η χρήση γεωμετρίας και μαθηματικών στην επιλογή του σχήματος κάθε όπλου, στον υπολογισμό των αναλογιών των επιμέρους στοιχείων του, τον προσδιορισμό του κέντρου βάρους και στην εν γένει εκτέλεση του σχεδίου. Επιπλέον, μεριμνούσαν ώστε ο σχεδιασμός του οπλισμού να ανταποκρίνεται στην ανατομία του σώματος, να παρέχει ελευθερία κινήσεων και να είναι εύχρηστος.

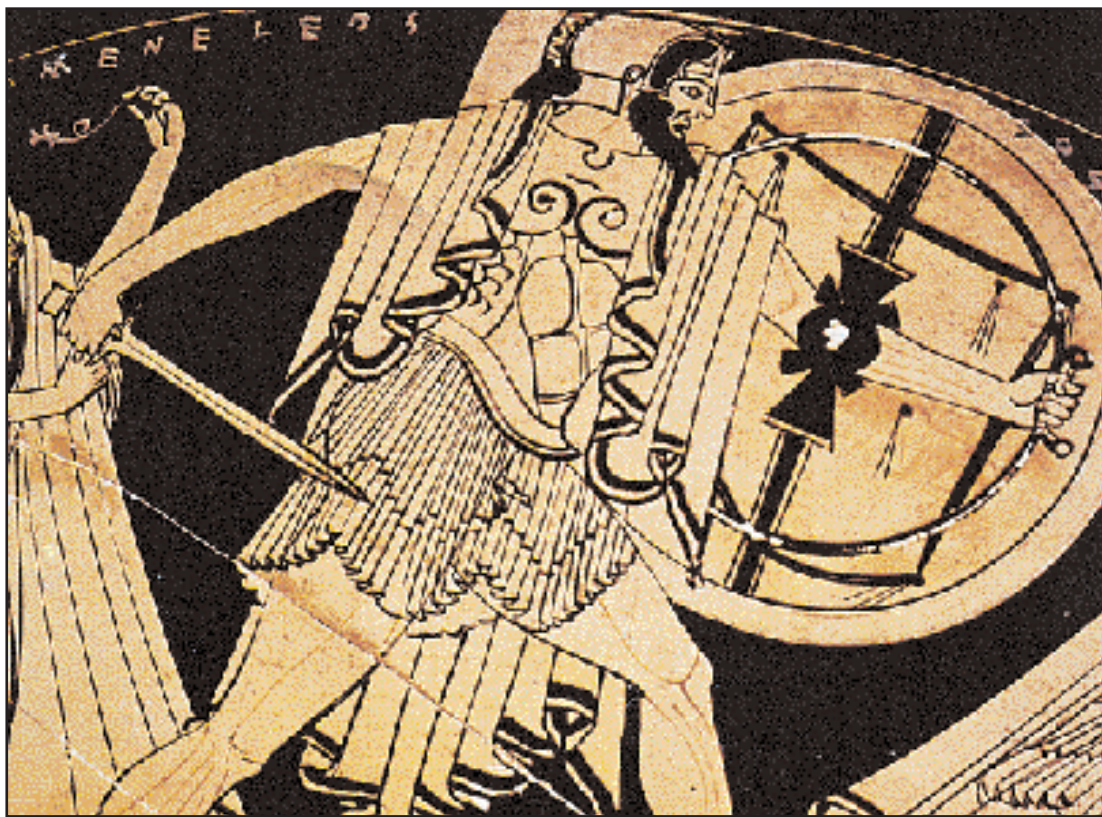
Για την καλύτερη προσαρμογή των όπλων στο σώμα και για την άμβλυση των εχθρικών πληγμάτων χρησιμοποιούσαν επενδύσεις από δέρμα, ύφασμα ή σπόγγο, σε κράνη, περιτραχήλια, θώρακες και κνημίδες. Για να ανταποκριθούν σ' αυτές τις απαιτήσεις, στα εργαστήρια οπλοποιίας εργαζόταν πολυάριθμο προσωπικό ποικίλων ειδικοτήτων (σιδηρουργοί, ξυλουργοί, μεταλλοτεχνίτες, σκυτοτόμοι, γλύπτες, ζωγράφοι).

Ενδεικτική της αποτελεσματικότητας της βαφής του σιδήρου είναι η πληροφορία σχετικά με το ξίφος του Πύρρου, ο οποίος κατάφερε μόνο με ένα δυνατό χτύπημα του ξίφους του να εξουδετερώσει έναν μεγαλόσωμο Μαμερτίνο στη μάχη κοντά στο Ρήγιο της Μεγάλης Ελλάδας, ανοίγοντας στα δύο το κρανίο του και σχίζοντας το κορμί του έως κάτω, ώστε το ένα τμήμα να πέσει δεξιά και το άλλο αριστερά.

Η μελέτη της οπλοποιίας μας δίνει στοιχεία για τα τεχνολογικά επιτεύγματα των αρχαίων Ελλήνων που αφορούν την κατασκευή των όπλων, τα οποία διασφάλισαν την άνθηση του ελληνικού πολιτισμού και δημιούργησαν τις προϋποθέσεις για τη διάδοση και την επικράτησή του.



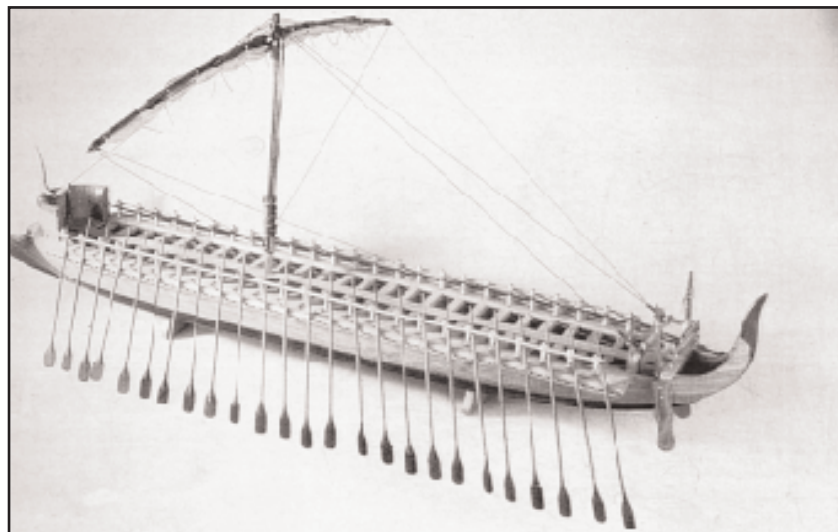
Επίχρυσωμένο περιτραχήλιο από τη Βεργίνα. Μακεδονικός τάφος II. Τρίτο τέταρτο του 4ου αι. π.Χ.



Ο Μενέλαος οπλισμένος με κράνος, θώρακα, ξίφος και αργολική ασπίδα. Ερυθρό μορφή κύλικα του 5ου αι. π.Χ. (Μουσείο Λούβρου).



Η ανάπαυση των πολεμιστών: ο Αχιλλέας και ο Αϊάντας παίζουν πεσσούς, κρατώντας πάντα τα φράξινα δώρατά τους.



Η πενήντάκωπος, το πλοίο της Ομηρικής Εποχής (Ναυτικό Μουσείο Μυκόνου).

Δρυτόμοι και ξυλουργοί

Οι χρήσεις του ξύλου στην αρχαία Ελλάδα

Της **Στέλλας Κοκκίνη**

Αναπλ. Καθηγήτριας στο Εργαστήριο Συστηματικής Βοτανικής και Φυτογεωγραφίας, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Η ΧΛΩΡΙΣ, σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία, ήταν η θεά που προστάτευε την ανάπτυξη και την ευημερία των φυτών. Πληροφορία που μαρτυρά ότι οι αρχαίοι Έλληνες δεν ήταν ανυποψίαστοι του φυτικού πλούτου που τους περιέβαλλε. Γραπτές μαρτυρίες και καλλιτεχνικές απεικονίσεις της αρχαιότητας φανερώνουν βαθιά γνώση των γνωρισμάτων των διαφορετικών φυτικών ειδών και του ιδιαίτερου βιότοπου όπου αυτά συναντώνται «...σα λεύκα, που σε φαρδύ, βαθύ, βαλτότοπο φυτρώνει, κι ίσια πάνω τραβάει, και μοναχά κατάκορφα φυτρώνουν τα κλαριά της, αμαξομάστορας την έκοψε μ' αστραφτερό τσεκούρι, να τη λυγίσει και τροχόγυρος να γίνει σε ώριο αμάξι...». (Ιλ. Δ 482-486).

Οι πολυάριθμες άμεσες ή έμμεσες αναφορές υλοτόμησης δένδρων στα ομηρικά κείμενα, τεχνική που απαιτεί ειδικές γνώσεις «...ο νους τον κάνει, κι όχι η δύναμη, τον άξιο λotoμό...» (Ιλ. Ψ 315) και κατάλληλα εργαλεία, υποδεικνύουν μια συστηματική εκμετάλλευση των δασικών διαπλάσεων του ελλαδικού χώρου από την εποχή εκείνη. Ο υλοτόμος λέγεται «δρυτόμος», μια και το συχνότερα υλοτομούμενο δένδρο ήταν η φυλοβόλλος δρυς ή βελανιδιά, δένδρο αφιερωμένο στον παντοδύναμο Δία. Εκτός από τις βελανιδιές, άλλα 20 αυτοφυή δένδρα υλοτομούνται συστηματικά και το ξύλο τους χρησιμοποιείται επιλεκτικά στην κατασκευή οικοδομών, γεωργικών εργαλείων, αμαξιών, όπλων και πλοίων.

Μια χαρακτηριστική περίπτωση εξειδικευμένης χρήσης ξύλου στις οικοδομές είναι η κατασκευή των θαλάμων – ειδικών δωματίων στα οποία φυλάγονταν τα μάλλινα ρούχα – από το αρωματικό ξύλο του κέδρου που έχει εντομοκτόνο δράση.



Οι λεύκες (*Populus spp.*) έχουν ελαφρύ, ελαστικό και εύκολα επεξεργαζόμενο ξύλο.

Το εξαιρετικά σκληρό αλλά και ελαστικό ξύλο του φράξου ή μελιάς, δέντρο άγνωστο ίσως στους νεοέλληνες, έχαιρε ιδιαίτερης εκτίμησης και σύμφωνα με τον Ησίοδο από αυτό είμαστε πλασμένοι «...Κι ο Δίας πατέρα έπειτα τρίτο θνητών ανθρώπων γένος έπλασε,...ήταν πλασμένο από κονταρόξυλα (εκ μελιάν) πολεμικό και φοβερό περίσσια» (Εργα και Ημέρες 143-145). Από ξύλο φράξου κατασκευάζονται τα δώρα που με το χάλκινο αιχμηρό τους άκρο αποτελούν τον ατομικό εξοπλισμό κάθε πολεμιστή.

Ναυπηγική

Τα ευθυτενή ξύλα του κυπαρισσιού και του έλατου δίνουν τα δοκάρια των οικιών, τα κουπιά και τα κατάρτια των πλοίων. Οι ξυλουργοί (και ιδιαίτερα οι κατασκευαστές

των πλοίων) εργάζονται κάτω από την έμπνευση της Αθηνάς, «Όπως μαδέρει ισιώνει σε άρμενο μιαν άκρη ως άλλη η στάφνη σε άξιον μαστόρον χέρια, η φώτιση της Αθηνάς που κάνει τα μυστικά που κρύβει η τέχνη του καλά να τα κατέχει» (Ιλ. Ο 410-412) και συγκαταλέγονται στους «χρήσιμους για το κοινό τεχνίτες» που καλεί κανείς ακόμη «κι απ' της γης τα πέρατα» (Οδ. ρ 386-390).

Τα δέντρα που κατεχοχίν χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πλοίων είναι η δρυς, το πεύκο, η λεύκα, και το έλατο. Αξίζει να σχολιαστεί η επιλογή του είδους πεύκου στην κατασκευή της καρίνας των πλοίων. Όπως μας λέει ο Όμηρος, «...για δρυς, για λεύκα χάρω για πεύκο τρισμέγαλο, που κόψαν πα στα βουνά οι μάστοροι με τα νιόχτιστα τσεκούρια τους, καρένα να το κάνουν...» (Ιλ. Ν 389-391), το πεύκο αυτό, «η πίτυς»,

κοβόταν πάνω στα βουνά, εκεί που σήμερα συναντάμε τα ψηλά ευθυτενή μαύρα πεύκα. Τα παραθαλάσσια είδη πεύκου, «η πεύκη», δεν προτιμώνται γιατί έχουν χαμηλότερους και συχνά στρεβλούς κορμούς. Λιγότερο γνώστες του ελληνικού φυσικού περιβάλλοντος, οι σύγχρονοι ναυπηγοί που ανακατασκεύασαν την τριήρη Ολυμπιάδα πιστεύουν ότι εξαφανίστηκε από την Ελλάδα το είδος πεύκου που χρησιμοποιούσαν οι αρχαίοι στην κατασκευή πλοίων και επιλέγουν ένα αμερικάνικο είδος, το oregon pine.

Τα ευθυτενή έλατα δίνουν τα κουπιά και τα κατάρτια του πλοίου. «...στα τορνευτά καθίσαν ελάτινα κονπιά και γέμισαν αφρούς το κύμα γύρα...» (Οδ. μ 171-172). Πενήντα έλατα κόβονταν για τα κουπιά (ένα για κάθε κουπί) και ένα για το κατάρτι μιας πενήντάκοπου, του πλοίου της Ομηρικής εποχής. Στην εκστρατεία κατά της Τροίας που περιγράφει ο Όμηρος, πήραν μέρος 934 πενήντάκοποι που (Χ 51 έλατα) αντιστοιχούν σε 47.634 υλοτομημένα έλατα. Η πίεση που δέχτηκαν τα ελατοδάση από την ανάπτυξη της ναυτικής ισχύος των Ελλήνων γίνεται ακόμη εντονότερη όταν στην ακμή του αθηναϊκού στόλου η κάθε τριήρης είχε 170 ελάτινα κουπιά. Ωστόσο, ενώ οι φυσικές διαπλάσεις των χαμηλών υψομέτρων, που κύρια τροφοδοτούσαν με καύσιμη ύλη τις ανθρώπινες δραστηριότητες, υποβαθμίστηκαν έντονα μετά τη μακροχρόνια αποψίλωσή τους, τα ελατοδάση αντέδρασαν γεννώντας ένα νέο παιδί, που σήμερα κυριαρχεί στην οροσειρά της Πίνδου, την *Abies borisii-regis*, υβρίδιο της ελληνικής και ευρωπαϊκής ελάτης. Γεγονός που υποδηλώνει πως η ελληνική χλωρίδα δεν έπαιξε μόνο το ρόλο του παθητικού θύματος της τεχνολογικής ανάπτυξης των αρχαίων Ελλήνων αλλά αντέδρασε και συνεξελίχθηκε με την ανθρώπινη νόηση.

«Εἶματα ευποιήτα»

Υφαντικές τεχνικές και υφάντρες στους αρχαίους χρόνους

Της **Ιριδας Τζαχίλη**

Αρχαιολόγος, μέλος της Εταιρίας Μελέτης
Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας

Η ΤΕΧΝΗ της ύφανσης είναι μια από τις βασικές, τις σταθερές τεχνικές που αναπτύσσονται ή μεταβάλλονται με ρυθμούς σταθερούς, διαπερνούν κοινωνικές ανακατατάξεις και ελάχιστα επηρεάζονται από ιστορικές τύχες. Οι αλλαγές και οι καινοτομίες υιοθετούνται ή διαδίδονται με μεγαλύτερη βραδύτητα από ότι στις τεχνολογίες αιχμής (π.χ. μέταλλα, ναυπηγική, κ.ά.), δείχνουν όμως μια μακροβιότητα που λείπει από αυτές. Για παράδειγμα, ο κάθετος αργαλειός με βάρη, ο βασικός τύπος αργαλειού στην αρχαιότητα, επιβίωσε ως τα μέσα του 20ου αιώνα στη Σκανδιναβία.

Η ύφανση είναι τεχνική της μεγάλης διάρκειας. Με τα προϊόντα της όμως, τα υφάσματα, τα ενδύματα, τις στολές, συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Η όψη τους είναι ευμετάβολη, επιδιώκεται το νέο και η αλλαγή. Οι ιστορικές τύχες, η παρουσία ξένων, οι κοινωνικοί συσχετισμοί τα καθορίζουν απολύτως. Οι ενδυματολογικοί συρμοί ήταν και είναι ένας από τους τρόπους με τους οποίους εκφράστηκαν η κοινωνική διαφοροποίηση ή οι κάθε είδους εθνικισμοί, καθώς και η δικαίωσή τους ή η αντίστασή τους.

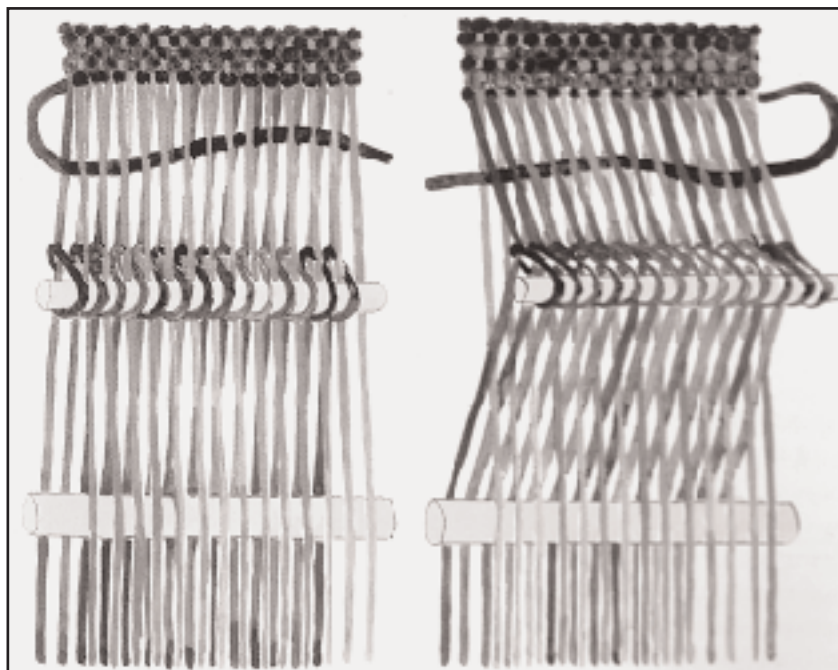
Η διαδικασία της κατασκευής των υφασμάτων περιλαμβάνει έναν ποικίλο και μεγάλο αριθμό επιμέρους εργασιών και άρα εμπλέκεται σε πολύ διαφορετικές τεχνικές. Για παράδειγμα το μαλλί, προϊόν μετάλλαξης, σχετίζεται με τις τεχνικές της κτηνοτροφίας και απαιτήθηκε μακρά διαδικασία σταθεροποίησης της απόκτησής του.

Το λινάρι, το αρχαιότερο «βιομηχανικό» προϊόν, απαιτεί μακρότατη κατεργασία για την αφαίρεση της υφαντικής ίνας από το στέλεχος. Γινόταν με την τεχνική της διάβρεξης σε λιμνάζοντα νερά. Το ξυλώδες μέρος σάπιζε και απομακρυνόταν με τη σύνθλιψη του στελέχους και το χτένισμα των ινών για την αφαίρεση των υπολειμμάτων. Η τεχνική ήταν γνωστή από τα μυκηναϊκά χρόνια.

Το γνέσιμο, βασικό στάδιο του μετασχηματισμού της ίνας σε νήμα, στηρίζεται στον έλεγχο της κυκλικής κίνησης που απαιτείται για το στρίψιμο της κλωστής. Τα εργαλεία είναι το αδράχτι που περιστρέφεται και η ακίνητη ρόκα, όπου είναι τυλιγμένο το άγνωστο ακόμη μαλλί. Το γνέσιμο απαιτεί από τη γνέστρα ισορροπία, ρυθμό, συντονισμό των κινήσεων, εγρήγορη των μελών της, μία σωματική αίσθηση του χρόνου, της ταχύτητας, των διαστάσεων. Συνήθως γίνεται συμπληρωματικά με άλλες δουλειές. Ο Δαρειός θαύμασε μία γυναίκα που οδηγεί τα άλογα στο ποτάμι γνέθοντας και



Λεπτομέρεια λευκής οinoχόης, όπου φαίνονται πολύ καθαρά οι κινήσεις του γνέσιματος. Η γνέστρα σύρει σιγά σιγά το μαλλί από την κλακάτη, όπου είναι στερεωμένες οι ίνες, και με το άλλο χέρι τροφοδοτεί την κλωστή, που σχηματίζεται από την περιστροφική κίνηση του αδραχτιού. Ζωγράφος του Βρύγου, γύρω στο 490 π.Χ., (Βρετανικό Μουσείο).



Γραμμική απόδοση του βασικού τρόπου ύφανσης. Τα στημόνια χωρίζονται σε δύο σειρές εναλλάξ τα περιττά (1,3,5,7...) και τα άρτια (2,4,6,8...). Η μία σειρά δένεται σε ένα ραβδί, τον κανόνα, που κινείται μπρος και πίσω από την άλλη σειρά, δημιουργώντας έτσι ένα άνοιγμα απ' όπου περνά το υφάδι (σχέδιο: A. Castresana).



Η σειρά των υφαντικών εργασιών, όπως σώζεται από μελανόμορφη λήκυθο των μέσων του 6ου αιώνα π.Χ. (εδώ σε ανάπτυγμα). Από αριστερά: Η κατασκευή της πρώτης άστριφης κλωστής, στη συνέχεια δύο γυναίκες διπλώνουν το έτοιμο ύφασμα, κατόπιν μία άλλη γνέθει ενώ η άλλη κατασκευάζει πάλι την πρώτη άστριφτη κλωστή. Ακολουθεί ο αργαλειός και τέλος το ζύγισμα του μαλλιού. Νέα Υόρκη, Metropolitan Museum. (Οι φωτογραφίες είναι από το βιβλίο «Υφαντική και υφάντρες στο προϊστορικό Αιγαίο, 2000 - 1000 π.Χ.», της Ιριδας Τζαχίλη, εκδ. «Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης», Ηράκλειο 1997).

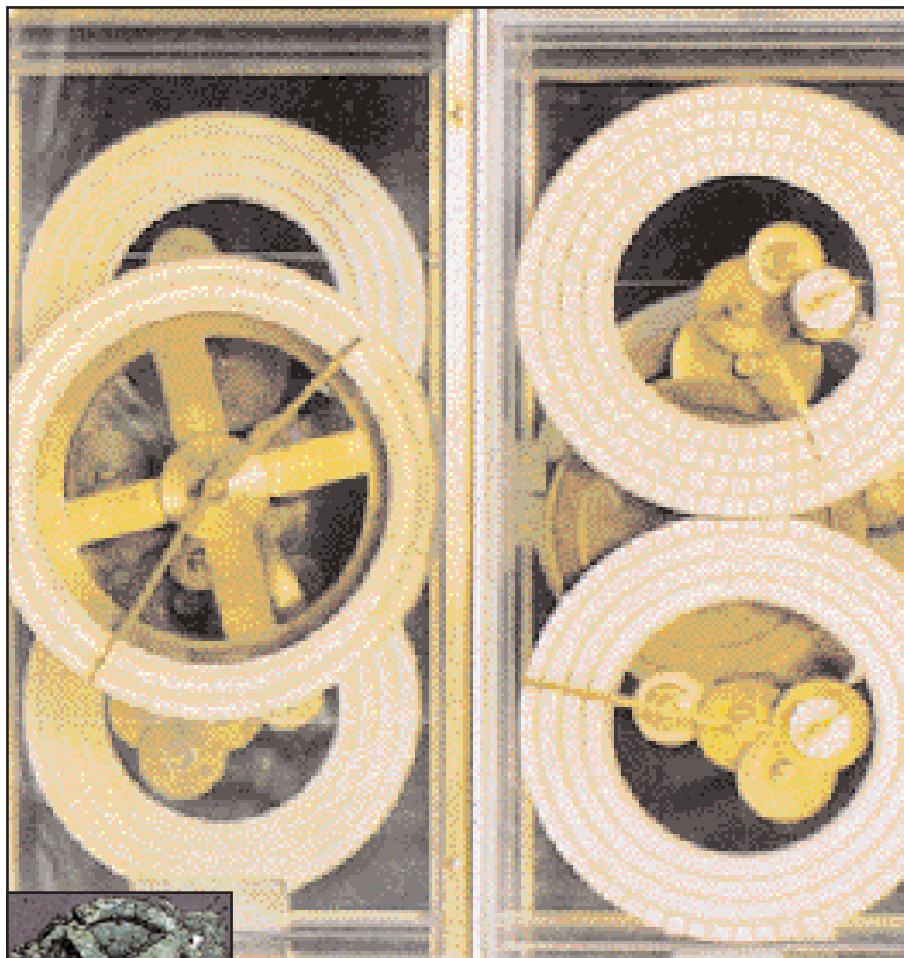
κρατώντας μια στάμνα στο κεφάλι της (Ηρόδοτος 5, 12).

Αργαλειός

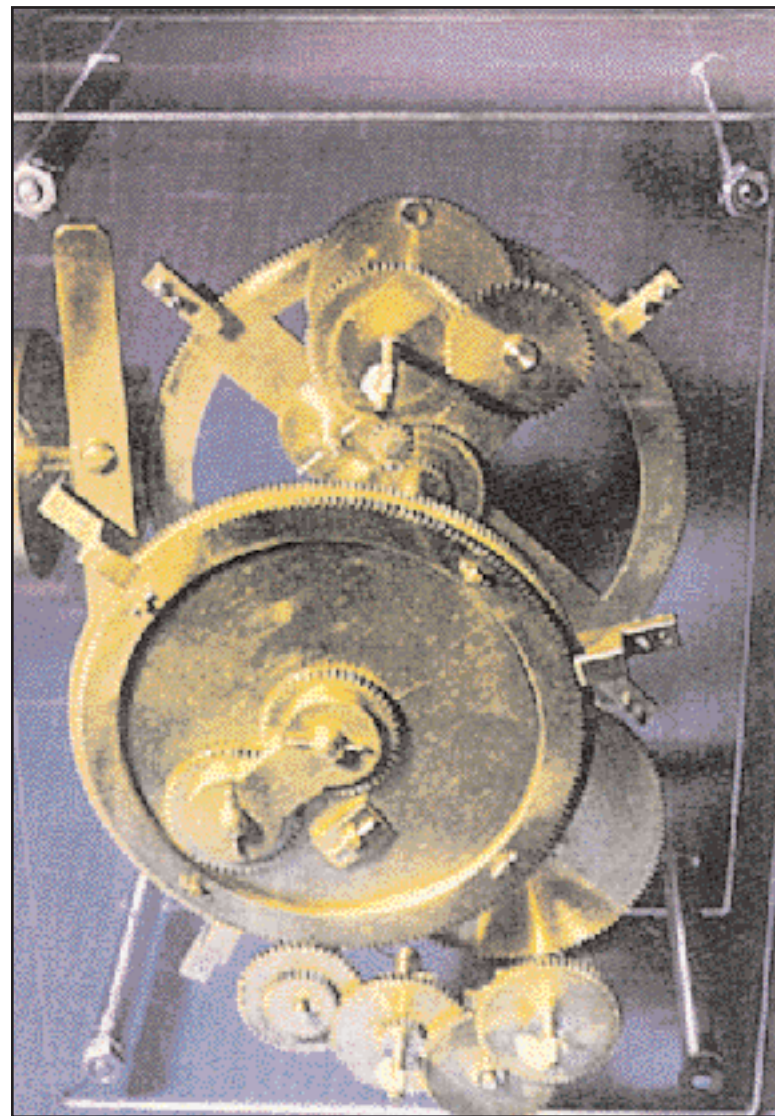
Ας έρθουμε τέλος στην ύφανση αυτή καθαυτή. Το βασικό της μέσο είναι ο αργαλειός. Αργαλειός μπορεί να είναι ένας οποιοσδήποτε μηχανισμός με τον οποίο τεντώνεται ένας αριθμός νημάτων, τα στημόνια, για να περάσουν ανάμεσά τους τα υφάδια που τέμνονται με τα πρώτα σε ορθή γωνία. Τα στημόνια χωρίζονται εναλλάξ σε δύο σειρές τα περιττά και τα άρτια. Η βασική κίνηση της ύφανσης είναι η μετακίνησή τους όλων μαζί των στημονιών, κάθε σειράς, μπρος και πίσω ώστε να σχηματίζεται ένα άνοιγμα από όπου περνά με μιας το υφάδι τυλιγμένο στη σάϊτα.

Αυτή είναι η βασική μηχανοποίηση που έχει ήδη επιτευχθεί από τους πρωιμότερους γνωστούς αργαλειούς στον αιγαιακό χώρο, τους κάθετους αργαλειούς με βάρη. Στον αργαλειό αυτόν τα στημόνια τεντώνονται μεταξύ δύο κάθετων δοκών. Η μία τους άκρη δένεται στο οριζόντιο ραβδί που συνδέει τις δυο κάθετες δοκούς, ενώ στην άλλη άκρη δένονται μια σειρά βαρίδια πήλινα, λίθινα ή μεταλλίνα, οι αγνύθες και με το βάρος τους τεντώνονται τα νήματα. Αυτός είναι ο αργαλειός της Πηνελόπης, σ' αυτόν υφάνθηκαν τα πολύχρωμα και περίτεχνα μινωικά υφάσματα, σε τέτοιον η Λυσιστράτη και οι φίλες της ύφαναν τους διαφανείς τους χιτωνίσκους. Είναι αργαλειός ποικίλων δυνατοτήτων, όπου μπορούν να υφανθούν πολύπλοκα ή απλά υφάσματα και έτσι ίσως εξηγείται η διάδοση και η τεράστια του μακροβιότητα, παρά το γεγονός ότι ήταν ένας βαρύς και κουραστικός μηχανισμός για τις υφάντρες που ύφαναν όρθιες.

Ο χρόνος και η τέχνη που απαιτούσαν οι παραπάνω εργασίες προσέδιδε στα υφαντά αξία και τα καθιστούσε ιδιαίτερα πολύτιμα. Όταν οι Φαίακες ξεπροβοδίζουν τον Οδυσσέα στον γυρισμό του στην Ιθάκη, φορτώνουν το πλοίο του με πολύτιμα μέταλλα, αλλά και με **είματα ευποιήτα**, με καλοκαμωμένα υφαντά.



Ανακατασκευή (δεξιά) του Μηχανισμού των Αντικυθήρων από τον Derek de Solla Price. Πάνω, ανακατασκευή του μηχανισμού, με διαφορετική θεώρηση των σειρμών των οδοντωτών τροχών από τον Allan Bromley. Αριστερά, ένα από τα τέσσερα θραύσματα του αρχαίου ευρήματος.



Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων

Μοναδικό αστρονομικό όργανο μεγάλης ακρίβειας με τεράστια επιστημονική και ιστορική αξία

Του **N. Α. Οικονόμου**

Ομότιμος καθηγητής Α.Π.Θ.

ΤΟ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΟ όργανο που χρησιμοποιούσε μαθηματικούς συρμούς οδοντωτών τροχών και κατά συνέπεια ο αρχαιότερος υπολογιστής είναι το γνωστό εύρημα Μηχανισμός των Αντικυθήρων, που αδιαμφισβήτητα χρονολογήθηκε ότι ανήκει στην προ του 80 π.Χ. εποχή. Τέσσερα κύρια θραύσματα του μηχανισμού αυτού βρέθηκαν το Πάσχα του 1900 από ομάδα σφουγγαράδων, που εξώκειλαν στο νησί των Αντικυθήρων στη διάρκεια του ταξιδιού της επιστροφής τους από τα νερά της Λιβύης, όπου αλίευαν σφουγγάρια, στην πατρίδα τους τη Σύμη. Σε καταδύσεις διερευνητικές οι σφουγγαράδες βρέθηκαν μπροστά σε ένα ναυάγιο της ρωμαϊκής εποχής, που έκρυβε θησαυρούς αρχαιολογικούς, μεταξύ των οποίων τα θραύσματα αυτά.

Τα θραύσματα αρχικά δεν προκάλεσαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς τα άλλα ευρήματα ήταν πιο εντυπωσιακά. Ομως ήταν τα μόνα που έφεραν επιγραφές και επομένως τα μόνα που επέτρεπαν σε πρώτη προσέγγιση τον προσδιορισμό της χρονολογίας του ναυαγίου. Από τις επιγραφές αυτές, και ιδιαίτερα από την

επιγραφή του παραπήγματος, προκύπτει πως ο μηχανισμός συνδεόταν με αστρονομικές μετρήσεις.

Η αποτίμηση των θραυσμάτων έγινε σχεδόν αμέσως από τον καθηγητή Β. Σπάη, τον νομισματολόγο Ι. Σβορώνο και τον ανθυποπλοίαρχο Π. Ρεδιάδη. Οι δύο τελευταίοι συμφωνούν ότι ο μηχανισμός είναι αστρολάβος ως εκ της αντιπαράθεσης των επιγραφών με την αντίστοιχη περιγραφή του Φιλόπονου. Ο Κ. Ράδος θεώρησε ότι το όργανο ήταν πλέον πολύπλοκο απλού αστρολάβου.

Η πλέον σύγχρονη μελέτη του μηχανισμού έγινε από τον καθηγητή Price που βασίστηκε σε ραδιογραφικές έρευνες του κ. Χ. Καράκαλου. Από τις ραδιογραφίες προέκυψε ότι ο μηχανισμός περιείχε 32 οδοντωτούς τροχούς. Επιχειρήθηκε ανασύνθεση των εμπλεκόμενων τροχών και ανακατασκευή του μηχανισμού ώστε να αποκαλυφθεί η λειτουργία του. Με βάση τις μελέτες αυτές ο Price ανακατασκεύασε το μηχανισμό. Ήταν ένα ορθογώνιο κουτί ύψους 33 εκ., πλάτους 17 εκ. και πάχους 10 εκ. και σχηματιζόταν από μπρούντζινους δίσκους 2 χιλ. πάχους με πλαίσιο ξύλινο. Οι δίσκοι έφεραν τις επιγραφές.

Στην εμπρόσθια όψη έφερε δύο

ομόκεντρους δίσκους ενδείξεων, όπου ένας δείκτης δείχνει τη θέση του Ηλίου σε σχέση με τους απλανείς (το αστρικό έτος) και την ημερομηνία. Ενς δεύτερος δείκτης δείχνει τη θέση της σελήνης ως προς τους απλανείς (αστρικός μήνας).

Στην οπίσθια όψη υπάρχουν δύο δίσκοι ενδείξεων, που καθένας αποτελείται από έναν αριθμό ομόκεντρων δακτυλίων. Ο χαμηλότερος δίσκος φέρει 59 διαιρέσεις, που αντιστοιχούν στις 29,5 μέρες του συνοδικού (σεληνιακού) μήνα. Ενας μικρός συμπληρωματικός δείκτης μετρά τους δώδεκα συνοδικούς μήνες. Το πλέον σημαντικό ήταν να συνδυάζει το Μετωνικό κύκλο με τους μήνες. Ενα επιπλέον στοιχείο είναι ο δρακονικός ή κομβικός μήνας, που είναι η γραμμή της τομής του επιπέδου της τροχιάς της σελήνης γύρω από τη γη με την εκλειπτική, γιατί αυτός καθορίζει τις εκλείψεις. Με το συνδυασμό αυτόν οδηγούμαστε στο κύκλο Σάρου, δηλαδή τον κύκλο των εκλείψεων, που αποδεικνύεται από την ανάγνωση των επιγραφών της οπίσθιας πλάκας (γραμμή 42, όπου ο αριθμός 223 προφανώς υποδηλώνει τους συνοδικούς μήνες όπου συμβαίνουν 19 εκλείψεις).

Οι αριθμοί των δοντιών των τρο-

χών και ο συνδυασμός σε συρμούς, όπως δόθηκε από τον Price και μετά από τον Bromley επιτρέπει να αποδώσουμε στον μηχανισμό λειτουργίες που συνδέονται με την κίνηση της σελήνης, του ήλιου και των μεταξύ τους σχέσεων (εκλείψεις), που όμως απαιτούν υπολογισμούς που πρέπει να εκτιμούν μέχρι και έξι δεκαδικά ψηφία. Π.χ. ο συνδυασμός 19 ετών (Μετωνικός κύκλος) με τους 223 συνοδικούς μήνες και τους 242 δρακόντειους μήνες, όπου ο δρακόντειος μήνας ισούται με 27,212220 μέρες και 0,921493 συνοδικούς μήνες, δείχνει την απαιτούμενη ακρίβεια που έπρεπε να εκφράζει ο μηχανικός αυτός υπολογιστής.

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί η ύπαρξη του διαφορικού συστήματος που χρησιμοποιεί μια είσοδο που τη μεταφέρει σε δύο εξόδους. Στα συστήματα αυτά η ταχύτητα περιστροφής της εισόδου είναι ίση με τη διαφορά ταχυτήτων των δύο εξόδων. Τέτοια διαφορικά συναντάμε σε σημερινές κατασκευές, όπως σε μηχανές έλξης και οπωσδήποτε τίποτε ανάλογο δεν υπάρχει πριν από τα μέσα του 19ου αιώνα. Στον Μηχανισμό των Αντικυθήρων το διαφορικό σύστημα επιτρέπει το συσχετισμό των συνοδικών δεδομένων με τα αστρικά.

Τα αστρονομικά όργανα

Γνώμονες, ηλιακά ωρολόγια, αστρολάβοι και άλλα όργανα παρατηρήσεως των ουρανίων φαινομένων

Της **Μάρως Κ. Παπαθανασίου**

Δρος Μαθηματικών, δρος Βυζαντινολογίας,
επικ. καθηγήτριας της Ιστορίας
των Θετικών Επιστημών στο Τμήμα
Μαθηματικών του Πανεπιστημίου Αθηνών

Η ΜΑΓΕΥΤΙΚΗ ομορφιά του νυκτερινού ουρανού με τις χιλιάδες των αστερών του ώθησε από αρχαιοτάτων χρόνων τον άνθρωπο στην παρατήρηση των ουρανίων φαινομένων. Η σπουδαιότητά τους για την επισημάνση των εποχών και την έναρξη γεωργικών εργασιών και ναυτιλιακών δραστηριοτήτων φαίνονται στο έργο του Ησιόδου *Εργα και Ημέραι*.

Κάθε ημέρα ο Ήλιος στέλνει τις ακτίνες του στη γη καθώς διαγράφει την τροχιά του στον ουρανό και από το εκάστοτε ύψος του επάνω από τον τοπικόν ορίζοντα εξαρτάται το μήκος της σκιάς, την οποία ρίχνουν τα αντικείμενα. Βάσει αυτής της απλής παρατήρησης κατασκευάσθη το αρχαιότερο αστρονομικό όργανο, ο γνώμων ή *σκιαθήρας*, ένας κατακόρυφος στύλος, του οποίου το μήκος της σκιάς μεταβάλλεται τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσον και κατά τη διάρκεια του έτους. Την ημέρα το ελάχιστο μήκος της σκιάς σημειώνεται την αληθή μεσημβρία, δηλαδή τη στιγμή της διαβάσεως του ηλίου από τον μεσημβρινό του τόπου. Κατά τη διάρκεια του έτους η μεγαλύτερη μεσημβρινή σκιά του γνώμονος σημειώνεται την ημέρα του χειμερινού ηλιοστασίου (ή τροπής) και η μικρότερη μεσημβρινή σκιά την ημέρα του θερινού ηλιοστασίου. Κατόπιν προσδιορίζεται γεωμετρικώς το μήκος της σκιάς κατά τις ισημερίες, επομένως και οι ημερομηνίες τους. Ο υπολογισμός της ακριβούς διάρκειας του έτους και κάθε μίας από τις τέσσερις εποχές απετέλεσε βασική επιδίωξη των αρχαίων αστρονόμων.

Η σπουδαιότητα της χρήσεως του γνώμονος για τη μέτρηση του ημερησίου χρόνου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, οδήγησε στην ανάπτυξη ιδιαίτερου επιστημονικού κλάδου, της *Γνωμονικής*, της οποίας εφαρμογή αποτελεί η τεχνική της κατασκευής των *ηλιακών ωρολογίων*.

Τα ηλιακά ωρολόγια διακρίνονται σε δυο τύπους, τον *ελληνικό* και τον *ρωμαϊκό*. Στον ελληνικό τύπο η σκιά του γνώμονος πέφτει σε ημισφαιρική επιφάνεια, τον *πόλο*· στον ρωμαϊκό τύπο η σκιά πέφτει σε επιφάνεια καλουμένη *σκάφη*. Συνήθως ο γνώμων στηρίζεται πλαγίως ώστε να έχει την κατεύθυνση του άξονος του κόσμου, δηλαδή του άξονος περιστροφής της γης, και να σκοπεύει τον βόρειο πόλο του ουρανού· στην επιφάνεια όπου πέφτει η σκιά του υπάρχουν υποδιαίρεσεις για τις 12 ώρες της ημέρας, οι οποίες έχουν διαφορετική διάρκεια κατά τις διάφορες εποχές, γι' αυτό και ονομάζονται *καιρικές ώρες*· είναι επίσης διαφορετικής διάρκειας και από τις ώρες της



Ηλιακό ρολόι ιδιαίτερου τύπου από τους Φιλίππους της Μακεδονίας, χρονολογούμενο βάσει επιγραφών στο 250-350 μ.Χ. Ανακατασκευή από τον Δ. Κρίαρη.



Βυζαντινός επίπεδος αστρολάβος διαμέτρου 14 εκ. από ορείχαλκο, του 1026 μ.Χ., ο οποίος συνεχίζει την αρχαία παράδοση.

νύκτας, εφ' όσον μόνον κατά τις δύο ημερομηνίες των ισημεριών οι ώρες της ημέρας και της νύκτας είναι ίσες μεταξύ τους και καλούνται *ισημερινές ώρες*.

Για τη μέτρηση του χρόνου τη νύκτα χρησιμοποιούνται *κλεψύδρες*. Όμως, κατά το μεγάλο αστρονόμο Κλαύδιο Πτολεμαίο (2ος αι. μ.Χ.) από τα διάφορα είδη *ωροσκοπίων*, δηλα-

δή ωρολογίων, ούτε τα ηλιακά ωρολόγια ούτε οι κλεψύδρες πρέπει να θεωρούνται απολύτως ακριβή· τα μεν πρώτα λόγω πιθανής μετατοπίσεως του γνώμονός των, τα δε δεύτερα λόγω ανωμάλου ροής του υγρού υπό την επενέργεια διαφόρων παραγόντων· ακριβείς μετρήσεις του χρόνου, έως και του πρώτου λεπτού της ώρας, μπορούν να γίνουν

μόνον δι' *αστρολάβων ωροσκοπίων*.

Εξ αρχής ήσαν γνωστοί δυο τύποι αστρολάβου, ο σφαιρικός και ο επίπεδος. Ο *σφαιρικός αστρολάβος*, τον τρόπον κατασκευής του οποίου εκθέτει ο Πτολεμαίος, ήταν μια αρθρωτή σφαίρα· χρησίμευε για τον προσδιορισμό της θέσεως των αστερών ως προς την εκλειπτική (ζωδιακό κύκλο) και ιδιαίτερως για τη μέληση της κινήσεως της σελήνης. Ο *επίπεδος αστρολάβος* απετέλεσε το σπουδαιότερο αστρονομικό όργανο από την ελληνιστική εποχή έως και τον 17ο αιώνα στον δυτικό κόσμο, ενώ στον μουσουλμανικό η χρήση του διετηρήθη έως και τον 19ον αιώνα. Η θεωρητική βάση κατασκευής του ανάγεται στον μεγάλο αστρονόμο Ιππάρχο (2ος αι. π.Χ.), όπως μαρτυρεί ο Συνέσιος Κυρήνης. Πρόκειται περί της *στερεογραφικής προβολής*, δηλαδή απεικονίσεως σφαίρας επάνω σε επίπεδο κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να διατηρούνται η ισότης των γωνιών και οι αναλογίες των μηκών, απαραίτητες προϋποθέσεις ομοιότητας για την αναγνώριση των σχηματισμών των αστερών σε επίπεδο χάρτη. Η αρχαιότερα σωζόμενη περιγραφή του οργάνου ευρίσκεται στο έργο του Ιωάννου του Φιλοπόνου (6ος αι. μ.Χ.) *Περί της του αστρολάβου χρήσεως και κατασκευής*.

Η σπουδαιότητα του αστρολάβου έγκειται στη δυνατότητα μετρήσεως και αμέσου υπολογισμού διαφόρων αστρονομικών και τοπογραφικών στοιχείων: π.χ. της ακριβούς ώρας οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας ή της νύκτας· του *ωροσκόπου* και του *μεσουρανήματος*, δηλαδή της μοίρας (και πρώτου λεπτού) του ζωδιακού η οποία ανατέλλει κάθε στιγμή και εκείνης η οποία μεσουρανάει αντιστοίχως· της ακριβούς ώρας ανατολής, μεσουρανήσεως και δύσεως των διαφόρων αστερών· της θέσεώς τους κατά τα διάφορα συστήματα συντεταγμένων· του προσδιορισμού του *κλίματος*, δηλαδή του γεωγραφικού πλάτους ενός τόπου κ.ά.

Αλλα αστρονομικά όργανα ήσαν τα εξής: Η *στερεά σφαίρα*, της οποίας την κατασκευή αναφέρει ο Πτολεμαίος αλλ' η αρχή της χρονολογείται πολύ ενωρίτερα· έφερε επάνω της ζωγραφισμένους τους αστερισμούς και τους βασικούς κύκλους της ουρανίου σφαίρας, βάσει των οποίων ετορνεύοντο και τοποθετούντο εξωτερικώς αντίστοιχοι ξύλινοι κύκλοι με τις υποδιαίρεσεις των μοιρών. Ο *παραλλακτικός κανών* για τον προσδιορισμό της θέσεως των αστερών ως προς τον ορίζοντα. Ο *τετράντας* και ο *μεσημβρινός κύκλος* για τον προσδιορισμό του ύψους του ηλίου κατά τη μεσουράνηση (αληθής μεσημβρίας). Ο *ισημερινός κύκλος* για τον προσδιορισμό του χρόνου των ισημεριών· και ο *κανών του Ιππάρχου* για τη μέτρηση του γωνιακού εύρους του ηλιακού δίσκου.

Ιατρική τεχνολογία

Εργαλεία και μηχανήματα της αρχαιοελληνικής ιατρικής από τον Ιπποκράτη έως τον Γαληνό

Του Σπύρου Γ. Μαρκέτου

Προέδρον της Ευρωπαϊκής Εταιρείας
Φιλοσοφίας της Ιατρικής, Αντιπροέδρον
της Διεθνούς Εταιρείας Ιστορίας της Ιατρικής

Η ΓΕΝΙΚΗ εντύπωση που επικρατεί στον ιατρικό κόσμο ότι η Δυτική Ιατρική Τεχνολογία άρχισε να εξαπλώνεται από τις αρχές του 19ου αιώνα, δηλαδή απ' ότου η κλινική ιατρική εμπλουτίστηκε με τις ανακαλύψεις του στηθοσκοπίου, του θερμομέτρου και του σφυγμομανομέτρου, δεν είναι ακριβής. Οσοι υποστηρίζουν την άποψη αυτή δεν γνωρίζουν τη ρήση «**ερευνάτε τας γραφές**». Ο σοφός Ιπποκράτης στην «**Περί Ευσχημοσύνης**» πραγματεία του συνιστά στους συναδέλφους του, όχι μόνο να εξετάζουν εξονυχιστικά και με προσοχή τον άρρωστο και το περιβάλλον του, αλλά να έχουν προετοιμασμένα τα ιατρικά όργανα, τα μηχανήματα και τα σιδερένια χειρουργικά εργαλεία, χωρίς τα οποία μπορεί να περιέλθουν σε αμηχανία και να προκαλέσουν βλάβη! Αλλά και πέραν όλων αυτών συνιστά ακόμη ότι πρέπει να είναι εφοδιασμένοι και με μια πρόσθετη, απλούστερη, φορητή εργαλειοθήκη για τους εξωτερικούς αρρώστους.

«*Μελετάν δε χρη εν ιητρική ταῦτα μετά πάσης καταστολής... ὡ' η σοι προκατηρτισμένα ὄργανά τε και μηχαναί και σίδηρος και τα εξής· η γαρ εν τουτέοισιν απορίη αμηχανίη και βλάβη εστίν. Εστω δε σοι ετέρη παρεξοδος η λιτοτέρη προς τας αποδημίας η δια χειρέων*».

Τα πρώτα σπέρματα της Ιατρικής Τεχνολογίας ανευρίσκονται μέσα στην ελληνική αρχαιότητα, στο μινωϊκό και μυκηναϊκό πολιτισμό και στη γεωγραφική περιοχή του Αιγαίου, όπως μαρτυρούν αναρίθμητα αρχαιολογικά ευρήματα που κοσμούν αρκετά φημισμένα μουσεία. Οι ακλόνητες όμως ρίζες της, όπως προκύπτει από την αναδρομική ιστοριογραφική έρευνα της Ιατρικής Τεχνολογίας, εντοπίζονται κυρίως μέσα στα ιπποκρατικά κείμενα και σε άλλα ευρήματα εκείνης της εποχής· και δεν είναι τυχαίο, ούτε συμπτωματικό, ότι πρόκειται για την περίοδο του Χρυσού Αιώνα. Ήταν η περίοδος εκείνη κατά την οποία η ελληνική ιατρική εναγκαλιόστηκε για πρώτη φορά τον φιλοσοφικό στοχασμό και ενστερνίσθηκε το τεχνολογικό πνεύμα που είχε ήδη αρχίσει να διαμορφώνεται στην Ιωνία και την Κάτω Ιταλία. Η ιπποκρατική τέχνη άρχισε να γίνεται επιστήμη, χωρίς όμως να απομακρύνεται από το βαθύτατο ανθρωπιστικό χαρακτήρα της...

Η ιπποκρατική εργαλειοθήκη

Κάθε μορφή δραστηριότητας του ανθρώπινου πνεύματος έχει τα δικά της εργαλεία. Το ίδιο ακριβώς δεν θα μπορούσε να μη συμβαίνει



Εργαστήριο παραγωγής (αριστερά) και πωλήσεως (κάτω) χειρουργικών εργαλείων (χάλυψ, σίδηρος, ορείχαλκος) της Ελληνο-ρωμαϊκής περιόδου (Μουσείο Βατικανό, Ρώμη).



και με την ιατρική, η οποία «*πάντα πάλαι υπάρχει*». Με κύριο και χαρακτηριστικό παράδειγμα τη χειρουργική (χειρουργία=έργον χειρός).

Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινιστεί ότι στην αρχαιότητα τα περισσότερα εργαλεία (εκτός φυσικά από τα ιατρικά εργαλεία της λιθίνης εποχής) ήταν κατασκευασμένα κυρίως από χαλκό (ή από διάφορα κράματα του χαλκού με άλλα μέταλλα) και από σίδηρο. «*Χαλκώματι δε πλην των οργάνων μηδενί χρη-*

σθω» επισημαίνει επιγραμματικά ο Ιπποκράτης και προσυπογράφει ο Βυζαντινός Ορειβάσιος εννέα αιώνες αργότερα, συνιστώντας ότι τα εργαλεία «*οφείλει γίνεσθαι χαλκά ή σιδηρά*» (πρέπει να κατασκευάζονται από χαλκό ή από σίδηρο).

Η ιπποκρατική εργαλειοθήκη είναι πλούσια σε χειρουργικά εργαλεία. Οι μελετητές της κυριολεκτικά εντυπωσιάζονται! Ενδεικτικά, σκόρπια και στην τύχη, σημειώνονται ονομαστικά τα μαχαίρια (νυ-

στέρια), οι μήλες (στειλειοί), τα άγκιστρα, οι βελόνες (ακίδες), τα ράμματα, οι διαστολές, οι σμίλες, οι λαβίδες, οι αυλοί, οι καυτήρες (σιδήρια), οι καθετήρες, οι κατοπτήρες, οι οστάγρες (οστεοκόποι), οι οδοντάγρες (ριζάγρες), οι σταφυλάγρες, οι νάρθηκες και οι σκύες (βεντούζες), που αποτελούν μερικά από τα πάμπολλα διαγνωστικά και θεραπευτικά της εξαρτήματα.

Η προσεκτική αποτίμηση του πλήθους και της ποικιλίας των εργαλείων της ιπποκρατικής ιατρικής έρχεται να επικυρώσει στην κλινική πράξη τη γνησιότητα και τη σημασία δύο αποκαλυπτικών αφορισμών του Ιπποκράτη, οι οποίοι συναποτελούν τη θεωρητική βάση και προοιωνίζουν την ακμή και την τελειότητα της σύγχρονης Δυτικής Ιατρικής Τεχνολογίας.

Το πλήθος της ιπποκρατικής εργαλειοθήκης φέρνει συνειρμικά στη μνήμη έναν από τους πολύ γνωστούς αφορισμούς του Ιπποκράτη που επισημαίνει ότι όσα νοσήματα δεν θεραπεύονται με τα φάρμακα, θεραπεύονται με το χειρουργικό νυστέρι, όπως ακριβώς αναγνωρίζεται από τη Δυτική Τεχνολογία των ημερών μας!

«*Οκόσα φάρμακα ον ἤται σίδηρος ἤται...*»

Η ποικιλία της ιπποκρατικής εργαλειοθήκης υπενθυμίζει έναν άλλο, ίσως λιγότερο γνωστό, αφορισμό του Ιπποκράτη που «κρούει τον κώδωνα» του κινδύνου, ότι τα σοβαρά νοσήματα χρειάζονται επιθετική θεραπεία, με λεπτότερα εξειδικευμένα εργαλεία, όπως επίσης αναγνωρίζεται από τη Δυτική Τεχνολογία των ημερών μας! «*Ες δε τα έσχατα νοσήματα αι έσχαται θεραπείαι ες ακριβείην κράτιστα*».

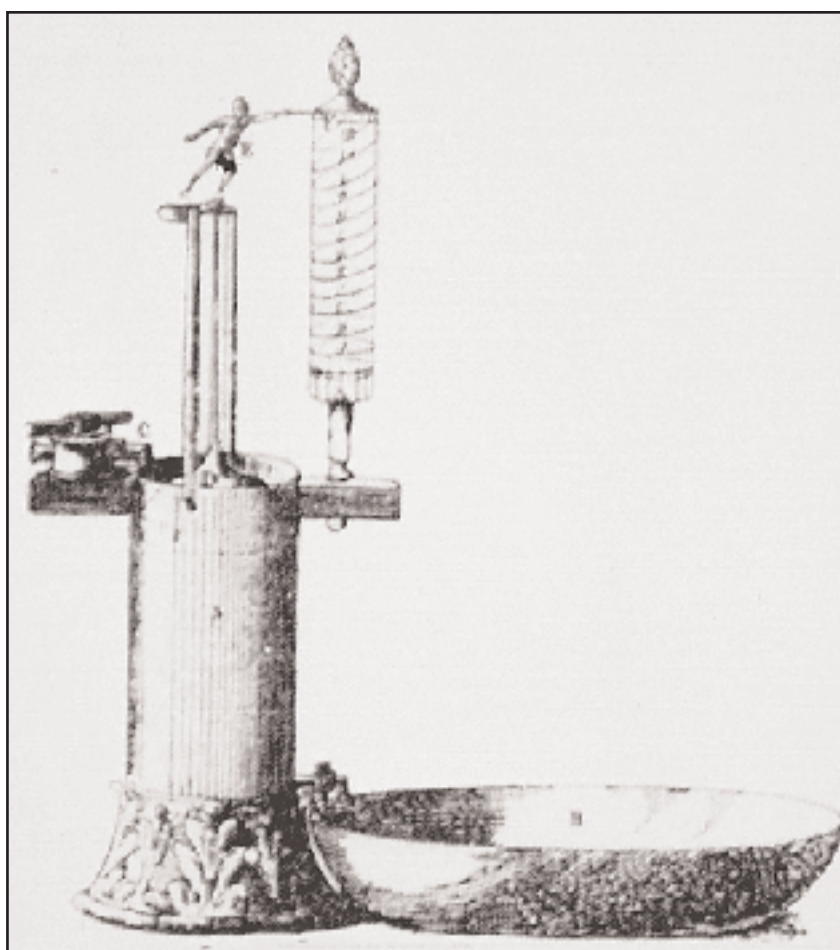
Η τεχνολογική εξάπλωση

Οι εφευρέσεις εργαλείων και οργάνων, οι επινοήσεις μεθόδων και οι ανακαλύψεις μηχανημάτων –που είχαν τις καταβολές τους στην ιπποκρατική ιατρική– συνεχίστηκαν, εμπλουτίστηκαν και πολλαπλασιάστηκαν στους Αλεξανδρινούς και τους Ρωμαϊκούς χρόνους, με πρωταγωνιστές Ελληνες ιατρούς και κορυφαίο ηγέτη τον επονομασθέντα «*δεύτερο Ιπποκράτη*», τον ενδοξότατο Γαληνό.

Αξίζει να παρατηρηθεί ότι η προβολή του τεχνολογικού εξοπλισμού της ανθρωποκεντρικής ιατρικής δεν ανήκε στις άμεσες προτεραιότητες της εποχής εκείνης. Ετσι, θα μπορούσε να εξηγηθεί το γεγονός γιατί δεν είχε προσελκύσει ιδιαίτερη προσοχή στους παλαιότερους ιστορικούς, οι οποίοι είχαν επικεντρώσει το ενδιαφέρον τους περισσότερο στα φυσικά φαινόμενα, στην κλινική



Η Ιπποκράτειος κλίμακα (αριστερά) και το Ιπποκράτειο βάθρο αποτελούν τις δύο πρώτες βασικές τεχνολογικές επινοήσεις της Ορθοπαιδικής Θεραπευτικής. Από βυζαντινό κώδικα του 11ου αι. (Λαυρεντιανή Βιβλιοθήκη, Φλωρεντία).



Η κλεψύδρα του Ηροφίλου (300 π.Χ.) είναι το πρώτο όργανο με το οποίο μελετήθηκε ο σφυγμός σε συνδυασμό με τις αναπνευστικές κινήσεις (εισπνοή - εκπνοή).

ιατρική και στις ηθικοδεοντολογικές αρχές που πρέπει να την διέπουν, παρά στην περιγραφή των τεχνολογικών της κατακτήσεων. Εξάλλου, το γεγονός ότι οι Έλληνες ποτέ δεν υπήρξαν άγρυπνοι φρουροί των επιτευγμάτων τους ερμηνεύει γιατί αρκετοί ξένοι ερευνητές προσπάθησαν αργότερα να τα αντιγράψουν και να διεκδικήσουν την πατρότητά τους, ισχυριζόμενοι –τις περισσότερες φορές «αντιστάσεως μη ούσης»– ότι τάχα ήταν δικά τους! Δύο από τα αναρίθμητα ιστορικά παραδείγματα αρκούν για να αποδείξουν του λόγου το αληθές.

● Ο Ιπποκράτης (5ος αι. π.Χ.) επινόησε ένα ξύλινο θεραπευτικό όργανο, το λεγόμενο *ιπποκράτειο βάθρο*, το οποίο χρησιμοποίησε πρώτος για την ανάταξη των εξαρθη-

μάτων και τη θεραπεία των καταγμάτων. Η πατρότητα του ιπποκρατείου οργάνου διεκδικήθηκε αργότερα από πολλούς, όπως από το διάσημο Αραβό ιατρό Αβικένα κατά τον 10ο αιώνα και από δύο Γάλλους ορθοπαιδικούς, ακριβώς πριν από έναν αιώνα (1897), δηλαδή 15 και 25 ολόκληρους αιώνες αντιστοίχως μετά την αρχική περιγραφή του από τον Ιπποκράτη!

● Ο Αλεξανδρινός Ηρόφιλος (από τη Χαλκηδόνα της Βιθυνίας) επινόησε (4ος αι. π.Χ.) μια μικρή *κλεψύδρα*, με τη βοήθεια της οποίας μελέτησε το σφυγμό και την αναπνοή σε συσχετισμό με τις μεταβολές που επέρχονται στα αγγεία κατά τη φάση της εισπνοής και της εκπνοής. Έτσι, σύμφωνα με τα ευρήματα της πραγματείας του «*Περί Σφυγμών*»,



Τα μεταφορικά μέσα των τραυματιών και των ασθενών στους αρχαίους ελληνικούς χρόνους ήταν τα φορεία (ράντζα) και τα ασθενοφόρα (άμαξες). (Αρχαιολογικό Μουσείο Φλωρεντίας).

όταν ο άρρωστος έχει πυρετό ο σφυγμός του γίνεται «πυκνότερος, μεγαλύτερος και δυνατότερος». Είκοσι αιώνες αργότερα (16ος) ο διάσημος Ιταλός φυσιολόγος Santorio, στηριζόμενος στα ευρήματα του Έλληνα Ηρόφιλου, κατόρθωσε να περιγράψει μια βελτιωμένη συσκευή για τη μελέτη του σφυγμού...

Οι καταβολές και οι ρίζες της Δυτικής Ιατρικής Τεχνολογίας ανευ-

ρίσκονται μέσα στα επιτεύγματα της αρχαίας ελληνικής ιατρικής, της οποίας η καθοριστική συμβολή θα μπορούσε να παραβληθεί και να αποδειχθεί ότι, ίσως, είναι εξίσου σημαντική με εκείνες της φιλοσοφίας, της λογοτεχνίας, της πολιτικής τέχνης, των καλών τεχνών και των φυσικών επιστημών που άνθησαν κατά την περίοδο του Χρυσού Αιώνα.

ΚΟΣΜΗΜΑΤΑ και αναθήματα, επιτραπέζια σκεύη και αγροτικά εργαλεία, σωληνώσεις αστικών δικτύων και συνδέσεις κιόνων, όπλα και νομίσματα –τα προϊόντα της επεξεργασίας των μετάλλων– σηματοδοτούν τις φάσεις του πολιτισμού και διασώζουν τις τεχνικές και αισθητικές του επιλογές. Τεκμηριωμένη από ποικίλης υφής κατάλοιπα, η μεταλλοτεχνική μεθοδολογία του αρχαιοελληνικού κόσμου είχε συνάμα την τύχη να αποτυπωθεί σε ειδικά εγχειρίδια, μάρτυρες μεγαλόπνοων επιδιώξεων και νεωτεριστικών διεργασιών. Τα άνισα και ενίοτε ελλειπτικά τούτα κείμενα ανάγονται κατά το πλείστον στην πτολεμαϊκή και αυτοκρατορική Αλεξάνδρεια, απηχούν ωστόσο παλαιότερες εμπειρικές γνώσεις, εκπεφρασμένες με ενσυνείδητη συνέπεια όρων και συμβόλων.

Πρώτιστο μέλημα της μεταλλοτεχνίας υπήρξε φυσικώ τω λόγω η χειραγωγή ενός κατ' εξοχήν ανυπότακτου υλικού, χειραγώγηση φανερή στην επιμελή σμίλευση, αλλά και τη λαμπρή εμφάνιση των αντικειμένων. Η εισαγωγή ευφών μεθόδων και πρωτοτύπων οργάνων –από τις περίτεχνες καμίνους και τα ιδιόρρυθμα δοχεία ρυθμιζόμενης παροχής στις εξεζητημένες συσκευές συνεχούς λειτουργίας και τους αποστακτήρες πολλαπλών βραχιόνων– επέτρεψε να παραχθούν κράματα σταθερής συστάσεως και ενώσεις δεδομένων ιδιοτήτων, επέτρεψε εν τέλει την ουσιαστική βελτίωση του προϊόντος με ταυτόχρονη μείωση του κόστους, την γένεση μιας δυναμικής και εντυπωσιακής κατά την εξέλιξη τεχνολογίας.

Στα πλαίσια, άλλωστε, ανταποκρίσεως, στις ανάγκες ενός κοινωνικώς ανερχομένου αστικού κοινού, μάλλον χαμηλών αγοραστικών δυνατοτήτων, συνήθης αποβαίνει η απομίμηση των ευγενών μετάλλων. Πρόκειται για σαφείς και συχνά αναπαράξιμες συνταγές, αφορώσες επικάλυψη με στρώμα χρυσίζοντος ή αργυροχρόου υλικού, το οποίο παρασκευάζεται σε *ad hoc* χημική αντίδραση: *λαβών τουτίαν πτενὴν γ° α', ὁμοίως κόπρον γ° α', σὺκα ξηρά και μαύρα γ° α', τρίπον εις*



Σιδηρουργείο. Αμφορέας 5ου π.Χ. αιώνα (Αρχαιολογικό Μουσείο Βερολίνου).

Προηγμένη μεταλλοτεχνία

Πρωτοποριακές αναζητήσεις και εφαρμογές μιας δυναμικής τεχνολογίας

ὄλμον και ανάμιξον, και ἔπαρον κασσίτερον γ° α', και σφυρίσας κατάκοψον, μίξον μετά τον είδους εκείνου, και θες εν τη χώνη, και κλείσον ἄνωθεν μετά πηλού, και φύσα και ας βράσῃ, ὅταν νοήσης ὅτι ἐχύθη, ἀπόκλεισον και χύσον, και πάλιν ανάμιξον τα είδη και ποίησον ως το πρότερον, ὥστε να θέσης ὅλον εκείνο το είδος, και γίνεται ως χρυσός.

Αλχημεία

Τα αντικείμενα τοιαύτης φύσεως θα διολισθήσουν ενίοτε στον δόλιο χώρο του κιβδηλού, συγχρόνως όμως θα αποτελέσουν την εμπειρική βάση της υψιπετούς χρυσοποιίας – της καθ' ημάς αλχημείας. Πράγματι.

Η αρχαιοελληνική προσέγγιση του κόσμου διακρίνει στην ποικιλία των μετάλλων την επίπονο ανοδική

πορεία που συνιστά στόχο και λόγο υπάρξεως των πάντων: ατελείς κατά την φύσιν, ο χαλκός, ο κασσίτερος, ο μόλυβδος ή ο σίδηρος ανέβλεψαν πριν ακόμη αναπτυχθούν επαρκώς στην γήινη μήτρα, είναι εκτρώματα μιας αργής κυοφορίας χρυσοῦ. Ο τεχνίτης αναλαμβάνει να επανορθώσει την διατάραξη της αρχηγόνου οδεύσεως υποκαθιστών την διακοπείσα υποχθόνιο ωρίμανση διά των εργαστηριακών του παρεμβάσεων και της παραλλήλου προσωπικής του καθάρσεως, οδηγών το αγενές μέταλλο στην αρίστη εκδοχή του, τον χρυσό: *γραφὴν διέλθε την σοφωτάτην, και πλούτον εύροις γνώσεως υπερτέρας, ζητών, ερευνών την τρισολβίαν φύσιν, μόνην φύσεις νικώσαν ενθέω τρόπω και χρυσόν αιγλήεντα τίκτουσαν μόνην.*

Στο πειραματικό και συνάμα φι-

λοσοφικό τούτο πλαίσιο, περίφημοι χρυσοποιοί – Δημόκριτος και Βώλος, Μαρία και Κλεοπάτρα, Ολυμπιόδωρος και Ζώσιμος, Συνέσιος επίσκοπος Πτολεμαῖδος– θα ομιλήσουν περί της συγγενείας ή απωθήσεως των σωματικών φύσεων, θα στοχεύσουν στην επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων, θα αναπτύξουν τρόπους ελέγχου της θερμοκρασίας, θα αποκαθάρουν πρώτες ύλες, θα χειρισθούν οξέα και αλκάλια, τέλος δε θα εισαγάγουν την κηροτακίδα, συσκευή εκθήσεως του μετάλλου σε ανακυκλούμενο ρεύμα διαβρωτικών ατμών και τον άμβυκα, χρησιμοποιούμενο αρχικώς για την εξαχνωση και επανασυμπύκνωση του υδραργύρου: *και αντών προ πάντων χρεία. βίκος νέλινος, σωλήν οστράκινος πήχεως, ἄγγος στενόστομον, εν ω ἔστω ο σωλήν εις το πάχος τον βικοστόμον αντού, ἔχειν δε δε επί όλων κρατήρα ὕδατος και περιψάν σπόγγω το ἄγγος.*

Τέκνα του χειρῶνακτος Ηφαίστου, σύντροφοι του εφευρετικού Ερμού και διάκονοι του υπερτάτου Ενός, οι μεταλλοτέχνες της καθ' ημάς αρχαιότητος εσθήριξαν την ανέλιξη του ανθρώπου με την εγκαθίδρυση μιας πρώτης ελλόγου ερμηνείας των χημικών φαινομένων, αλλά και με πρακτικά επιτεύγματα καταξιωμένα στο χρόνο: μόνοι οι πρόσφατοι καιροί θα προβούν σε ριζικές επαναπροσεγγίσεις των διεργασιών, ενώ η θεωρητική τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων θα παραμείνει εσαεί οφειλέτης των χρυσοποιών όσον αφορά την επισημονική της έκφραση και μεθοδολογία.



Χρυσοχοείο. Τοιχογραφία στον οίκο Vettii, Πομπηία.

Ελεγχος ποιότητας προϊόντων

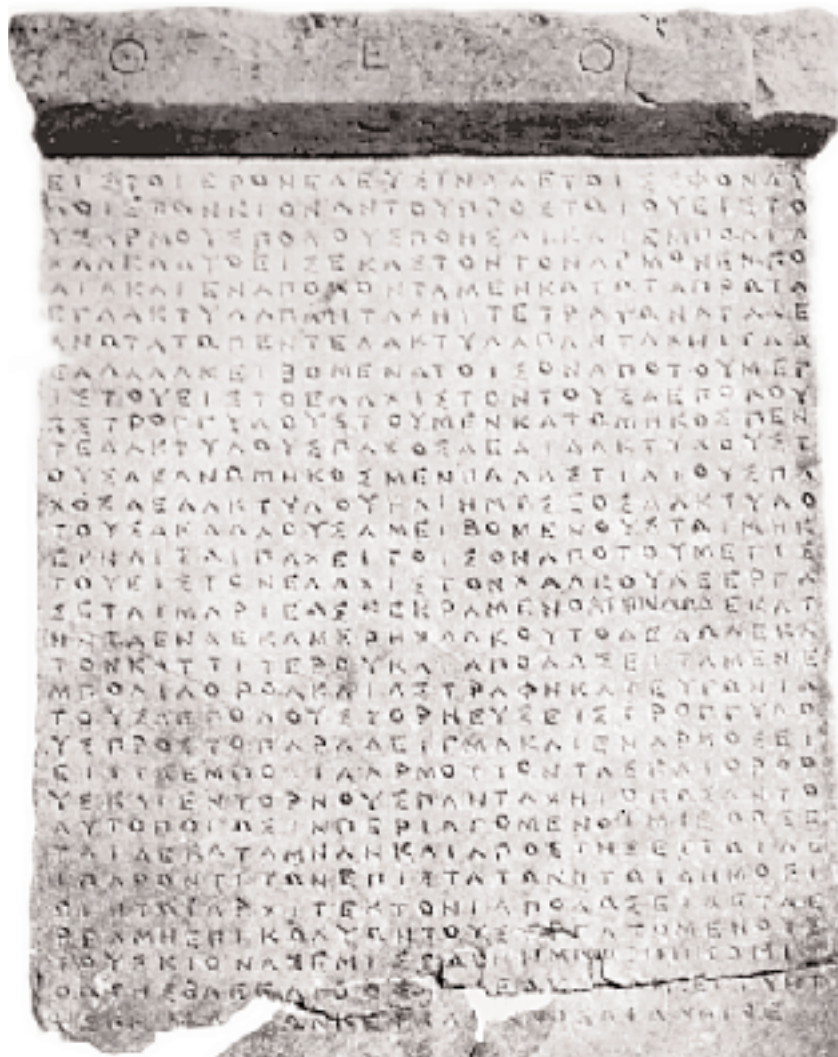
Μηχανισμοί προστασίας του καταναλωτή και της πολιτείας στην αρχαία Ελλάδα

Του Γιώργου Βαρουφάκη

Επ. Καθηγητή Πανεπιστημίου Αθηνών, προέδρου του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ)

ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ γίνεται πολύς λόγος για θέματα γύρω από την ποιότητα και πολλοί ίσως να νομίζουν ότι αποτελεί μια σύγχρονη υπόθεση, στενά συνυφασμένη με τη σημερινή αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας. Κι όμως οι ρίζες της φθάνουν βαθιά στη μακρινή αρχαιότητα και αυτό αποδεικνύεται από τα κείμενα της αρχαίας ελληνικής γραμματείας, από τις υπάρχουσες ενεπίγραφες στήλες και τέλος από την έρευνα γύρω από αρχαιολογικά ευρήματα.

Η μελέτη της ενεπίγραφης στήλης της Ελευσίνας του 4ου αιώνα π.Χ. αποτέλεσε για μένα μια μεγάλη αποκάλυψη. Το κείμενο αναφέρεται σε μία παραγγελία για την κατασκευή των μπρούντζινων συνδέσμων (εμπολίων και πόλων) που θα έμπαιναν ανάμεσα στους σπονδύλους των κιόνων της Φιλώνειας Στοάς. Ενα πανέμορφο κτίσμα που θα ανεγειρόταν μπροστά σε ένα παλαιότερο, το Τελεστήριο της πόλης αυτής. Ιδιαίτερη εντύπωση μου προξένησε η αναφορά στη σύνθεση που θα έπρεπε να έχουν οι μπρούντζινοι σύνδεσμοι: «... Χαλκού δε εργάσεται Μαριέως, κεκρομένον την δωδεκάτην τα ένδεκα μέρη χαλκού το δε δωδέκατον καττιτέρον». Θα έπρεπε με άλλα λόγια ο μπρούντζος να παραχθεί στο Μάριον της Κύπρου και το κράμα να περιέχει στα 12, τα 11 χαλκό και το 1/12, δηλαδή τα 8,33% κασίτερο. Ως άνθρωπος του ελέγχου ποιότητας σκέφθηκα τότε ότι οπωσδήποτε θα εφήρμοζαν έναν εμπειρικό τρόπο ελέγχου της ποιότητας των μπρούντζινων αυτών συνδέσμων. Γιατί αν δεν έκαναν τον έλεγχο, θα υπήρχε αναμφίβολα ο κίνδυνος νοθείας. Αυτό ενισχύεται και από την ύπαρξη μιας άλλης επιγραφής, η οποία αναφέρει ότι η τιμή του χαλκού ήταν 35 δρχ. το τάλαντο, ενώ του κασιτέρου 230 δρχ., δηλαδή



Η επιγραφή της Ελευσίνας του 4ου αιώνα π.Χ. Ενα από τα αρχαιότερα ευρωπαϊκά πρότυπα, με πολύ αυστηρές τεχνικές προδιαγραφές, για την κατασκευή των μπρούντζινων συνδέσμων (πόλων και εμπολίων) που θα έμπαιναν ανάμεσα στους σπονδύλους των κιόνων της Φιλώνειας Στοάς.

δη ήταν πάνω 6,5 φορές ακριβότερος.

Μία άλλη ενεπίγραφη στήλη του 375 π.Χ. αναφέρεται στον έλεγχο ποιότητας των αττικών αργυρών νομισμάτων. Ενα από τα κυριότερα σημεία του αθηναϊκού νόμου είναι τα ακόλουθα: «... Ο δε δημόσιος Δοκιμαστής (αρχαία λέξη), που κάθεται ανάμε-

σα στις τράπεζες οφείλει να δοκιμάζει προσκομιζόμενο νόμισμα... Αν αποδειχθεί γνήσιο, τότε ο Δοκιμαστής να το επιστρέψει στον κομιστή, εάν όμως είναι υπόχαλκο ή υπομόλυβδο ή κίβδηλο να το χαράξει πέρα για πέρα αμέσως και να το αφιερώσει στο ιερό της μητέρας των θεών...».

Αυτό σημαίνει ότι γινόταν ένας αυστηρός έλεγχος της ποιότητας των αργυρών αττικών νομισμάτων και μάλιστα σε μια πολύ κακή εποχή για την αθηναϊκή οικονομία. Επρέπε, λοιπόν, η πολιτεία να λάβει τα μέτρα της για να προστατέψει το νόμισμά της και να αυξήσει ταυτόχρονα την αξιοπιστία του κόσμου απέναντι στο τελευταίο.

Ελεγχος ποιότητας κρασιού

Δύο ενδιαφέρουσες ενεπίγραφες στήλες στο μουσείο της Θάσου αναφέρονται σε τρεις νόμους-οδηγίες γύρω από την εμπορία, τη διακίνηση, τη σήμανση και τον έλεγχο ποιότητας του κρασιού. Η πιο σημαντική όμως πληροφορία που μας δίνει ένας από τους νόμους αυτούς είναι η ύπαρξη μιας γεωγραφικής περιοχής που οριζόταν από τη Θάσο, το ακρωτήριο της Παχείης και τη χερσόνησο του Αθω, όπου ίσχυαν οι ίδιοι νόμοι, οι ίδιες οδηγίες, τα ίδια πρότυπα και τα ίδια πρόστιμα για τους παραβάτες. Θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε την περιοχή αυτή ως την αρχαιότερη ευρωπαϊκή οικονομική κοινότητα.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα πληροφορία είναι και η ακόλουθη: Αν ένας κυβερνήτης πλοίου, παραβαίνοντας τις οδηγίες της οικονομικής αυτής κοινότητας, προέβαινε στην εισαγωγή ξένου κρασιού, τότε και αυτός και ο πλοιοκτήτης του πλοίου θα πλήρωναν το ίδιο πρόστιμο που θα πλήρωνε εκείνος που θα τολμούσε να νοθεύσει το κρασί με νερό, «ο παρά τον οίνον ύδωρ παραχέων». Αυτό σημαίνει ότι υπήρχε ένας άλλος νόμος-οδηγία που καθόριζε το ύψος του τιμήματος και πιθανόν και τον τρόπο δειγματοληψίας ή ακόμη και εκείνον του ελέγχου ποιότητας. Πάντως η αναφορά στο πρόστιμο σε περίπτωση νοθείας δείχνει ότι χωρίς αμφιβολία θα εφαρμόζοταν ένας εμπειρικός έλεγχος ποιότητας, όπως για παράδειγμα εκείνος της γευσισγνωσίας.

Γενικά, όλες οι εργασίες μου αυτές οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι αρχαίοι Έλληνες μεγαλούργησαν όχι μόνο στη φιλοσοφία, τη φιολογία, τις τέχνες, τα γράμματα και τον πολιτισμό αλλά και στον τομέα της τεχνολογίας και φυσικά και σε εκείνον του ελέγχου της ποιότητας των προϊόντων. Ενας αξιοθαύμαστος και καλά οργανωμένος μηχανισμός λειτουργούσε για την προστασία του καταναλωτή, αλλά και της ίδιας της πολιτείας.

Στο αφιέρωμα αυτό καθοριστική ήταν η συμβολή της κ. **Ευαγγελίας Βαρέλλα** και του κ. **Θ. Π. Τάσιου**. Οι φωτογραφίες που απεικονίζουν ανακατασκευές αρχαίων οργάνων, μηχανών κ.ά., προέρχονται από τον κατάλογο της έκθεσης «Αρχαία ελληνική τεχνολογία», εκδ. Πολιτιστική Πρωτεύουσα της Ευρώπης «Θεσσαλονίκη 1997».



Η Φιλώνεια Στοά, ένα όμορφο κτίσμα μπροστά στο αρχαιότερο, το Τελεστήριο της Ελευσίνας (μακέτα Ιωάννη Τραυλού, Μικρό Μουσείο της Ελευσίνας).

Αμαξήλατη επικοινωνία

Πυκνότετο δίκτυο εξυπηρετούσε ολόκληρο τον αρχαίο ελλαδικό χώρο

Του **Γ. Α. Πίκουλα**

Εκδότη περιοδικού *Ηόρος*, *Επίκ. Ερευνητή*
Ινστιτούτου Ελληνικής και Ρωμαϊκής
Αρχαιότητας του Ε.Ι.Ε.

ΟΙ ΑΡΧΑΙΟΙ Έλληνες, γνωστοί ήδη από τα τόσα τους επιτεύγματα στο χώρο της τεχνολογίας, δεν θα μπορούσαν να υστερούν στον τομέα της χερσαίας επικοινωνίας και των μεταφορών. Οι πρόσφατες συναφείς έρευνες αποδεικνύουν την πρόδοό τους στην οδοποιία και αναδεικνύουν τα άξια θαυμασμού έργα τους. Ανέπτυξαν και δημιούργησαν πυκνότετο οδικό δίκτυο, τελείως ιδιότυπο και ρηξικέλευθο, εξασφαλίζοντας έτσι την απρόσκοπτη αμαξήλατη επικοινωνία σε όλο σχεδόν τον ελλαδικό χώρο.

Οι δρόμοι που διέσχιζαν την ελληνική ύπαιθρο –αλλά και αυτήν των αποικιών– ήταν δύο ειδών: αυτός που προοριζόταν μόνο για πεζοπόρους και υποζύγια, ένα δηλαδή στενό πολυπατημένο μονοπάτι, και αυτός που είχε κατασκευασθεί για άμαξες.

Επειδή η πρώτη κατηγορία έχει μια διαχρονική συνεχή παρουσία και επομένως υπάρχει αδυναμία ακριβούς χρονολογήσεως [το μονοπάτι δηλαδή είναι η ίδια κατασκευή σε όλες τις εποχές], η έρευνά μου ασχολείται πρωτίστως με τη δεύτερη, δηλαδή τις *αμαξηλάτους* ή *αμαξιτούς* οδούς, επειδή αυτές μπορούν να χρονολογηθούν με ασφάλεια.

Αμαξήλατη επικοινωνία

Οι αρχαίοι Έλληνες, λοιπόν, είχαν δημιουργήσει ένα εντελώς δικό τους σύστημα αμαξηλάτης επικοινωνίας: Χάραζαν στα βραχώδη μέρη αυλάκια παντού και πάντοτε με σταθερό μετατόχιο 1.40 μ., μέσα στα οποία κινιόταν η δίτροχη ή τετράτροχη άμαξα. Οι αρχαίοι ονόμαζαν αυτά τα αυλάκια *αρματροχιές* ή *αμαξοτροχιές*. Η άμαξα είχε προκαθορισμένη διαδρομή και κινιόταν με τους τροχούς μέσα στις αρματροχιές, χωρίς να μπορεί να λοξοδρομήσει. Αυτό ήταν και το μείζον επίτευγμα των Ελλήνων οδοποιών.

Στην πραγματικότητα, παραλλήλίζοντας το σύστημά τους με τα σημερινά δεδομένα, θα λέγαμε ότι επρόκειτο για ένα είδος σιδηροδρόμου· όπως ο σιδηρόδρομος έχει τους τροχούς επάνω στις ράγες, αντίστοιχως οι αρχαίοι Έλληνες είχαν την άμαξα να κινείται σταθερά μέσα στις αρματροχιές. Προφανώς η δυνατότητα να διασταυρωθούν δύο άμαξες σε τόπο δύσκολο ήταν αδύνατη και γινόταν μόνο σε επιλεγμένα σημεία. Αν θυμηθούμε μάλιστα τη γνωστή ιστορία της οδικής διαμάχης Οιδίποδος και Λαΐου [Σοφ. ΟΤ 800–812], γίνεται κατα-



Αρματροχιές αρχαίας αμαξιτού οδού κοντά στα Χρύσαφα Λακωνίας. Η οδός συνέδεε τη Σπάρτη με τις κώμες του Πάρνωνα (φωτ.: Γ. Α. Πίκουλας).



Οδός Αργούς - Μαντινείας: θέση Πορτίτσα, επάνω από τη σήραγγα Αρτεμισίου στη σημερινή λεωφόρο Κορίνθου - Τριπόλεως, η τεχνητή δίοδος (φωτ.: Γ. Α. Πίκουλας).

νοητό ότι εφάμιλλες με τις σημερινές θα ήταν οι διαμάχες των αμαξηλατών, όταν ξαφνικά ευρίσκονταν αντιμέτωποι. Οι διακλαδώσεις, *εκτροπές* κατά τους αρχαίους, μάλιστα είναι ίδιες με τα «ψαλίδια» του σιδηροδρόμου, ώστε να καθίσταται εφικτή η αλλαγή πορείας της άμαξας.

Οι αρματροχιές σώζονται μόνο στα βραχώδη μέρη, αφού προφα-

νώς στα πεδινά εδάφη δεν ήταν εφικτή η διατήρησή τους· προφανώς όμως έχουν βρεθεί και αρματροχιές σε χώμα, κατά την ανασκαφή οδών. Σήμερα, αναζητώντας σε κάθε τόπο τις αρματροχιές, μπορούμε να σχεδιάσουμε στον χάρτη επακριβώς τη διαδρομή μιας αρχαίας οδού.

Σημειώνω ότι οι αρχαίοι Έλληνες για λόγους οικονομίας κατασκεύα-

ζαν μόνον τα απολύτως απαραίτητα τεχνικά έργα· έτσι είναι λίγες, για παράδειγμα, οι σωζόμενες λίθινες γέφυρες, ενώ περισσότερες θα ήταν οι ξύλινες.

Οι αστικοί δρόμοι είχαν συνήθως για οδόστρωμα πατημένο χώμα μαζί με χαλίκι ή σπασμένα κεραμίδια. Τα λιθόστρωτα σπάνιζαν και καθιερώθηκαν μόνο κατά τα ρωμαϊκά χρόνια. Οι δρόμοι ήταν κατά κανόνα στενοί, εάν εξαιρέσουμε τις κεντρικές αρτηρίες, με πλάτος που κυμαινόταν από τα 2 έως τα 5 μέτρα.

Οι Ρωμαίοι εφάρμοσαν ένα διαφορετικό σύστημα για την αμαξήλατη επικοινωνία τους: λιθόστρωσαν πάντοτε το δρόμο επάνω σε ισχυρή θεμελίωση, πλάτους ± 4 μ. και δεν χάραζαν αρματροχιές· επιπλέον συνήθιζαν τα πολλά και μεγάλης κλίμακος τεχνικά έργα. Η Εγνατία Οδός αποτελεί τυπικό δείγμα ρωμαϊκού δρόμου.

Από τους προϊστορικούς χρόνους

Το οδικό σύστημα των αρχαίων Ελλήνων χρονολογείται τουλάχιστον από τον 7ο και 6ο αιώνα π.Χ. Το πιο πυκνό δίκτυο βρίσκεται στην Πελοπόννησο [Λακωνία, Αρκαδία, Αργολιδοκορινθία] και είναι έργο της Σπάρτης. Υπάρχουν ενδείξεις ότι και στα προϊστορικά χρόνια, τουλάχιστον οι Μυκηναίοι, διέθεταν ένα παρόμοιο αμαξηλάτο δίκτυο, από το οποίο πιθανόν να κληρονόμησαν τεχνογνωσία οι επερχόμενοι. Το δίκτυο εγκαταλείπεται στο μεταίχμιο 4ου και 5ου μ.Χ. αιώνα. Κατά τα μεσαιωνικά χρόνια και την τουρκοκρατία οι μεταφορές γίνονταν με υποζύγια, σχηματίζοντας πολυπληθή καραβάνια, από τα γνωστά καλντερίμια.

Επειδή η έρευνα για τους αρχαίους ελληνικούς δρόμους διετάγεται συστηματικώς μόλις την τελευταία δεκαετία, η διεθνής βιβλιογραφία αγνοεί τα εδώ πεπραγμένα και συνεχίζει να θεωρεί τους Ρωμαίους πρώτους και άριστους οδοποιούς. Χωρίς να υποβαθμίζω την προσφορά της Ρώμης στην εξέλιξη –όχι όμως και στη δημιουργία– της οδοποιίας, πιστεύω ότι πρέπει να αναθεωρήσουμε τάχιστα τις υπάρχουσες απόψεις για το ποιος έθεσε της βάσεις της.

Η Ελλάδα είχε να επιδείξει πλήρεις οδικό δίκτυο μερικούς αιώνες πριν από τη Ρώμη. Καταλήγω λοιπόν ότι πιθανότερα η ρωμαϊκή οδοποιία οφείλει περισσότερα από ό,τι φανταζόμαστε στους Έλληνες· δανείστηκε τεχνογνωσία την οποία προήγαγε και παγίωσε.

Βιβλιογραφία

Γ. Α. Πίκουλας, «Οδικό δίκτυο και άμυνα», *περ. Ηόρος: Η Μεγάλη Βιβλιοθήκη* αρ. 2, Αθήνα 1995.