



Μελέτη των χαρακτηριστικών παραμέτρων των κωνικών ωρολογίων του Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών

Ευαγγελία Πάνου

Τμήμα Φυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών, Τομέας Αστροφυσικής, Αστρονομίας και
Μηχανικής evipanou184@yahoo.gr

Περίληψη

Τα μαρμάρινα ηλιακά ωρολόγια που παρουσιάζονται στην εργασία είναι κωνικού τύπου και φυλάσσονται στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο στην Αθήνα. Ένα από αυτά φέρει γνώμονα ακόμη και σήμερα. Από τις γεωμετρικές διαστάσεις των ηλιακών ωρολογίων και από τον τρόπο που είναι χαραγμένο το δίκτυο γραμμών πάνω στην ωρολογόπλακα υπολογίστηκε το μήκος των αρχικών γνωμόνων των ηλιακών ωρολογίων και το γεωγραφικό πλάτος λειτουργίας τους. Τα ηλιακά ωρολόγια χρησιμοποιούνταν ευρέως στην αρχαία Ελλάδα ως αστρονομικά όργανα μέτρησης διαστημάτων χρόνου.

Abstract

The marble sundials described in this study are of conical type and are kept in the National Archaeological Museum, Athens. One of them has a gnomon. Taking into account the geometrical dimensions of the sundials and the shape of inscribed grid of lines lying on their dial surface, we calculated the length of the initial gnomons of the sundials and their geographic latitude of operation. We mention that sundials were widely used in ancient Greece as astronomical instruments for measuring time intervals.

Εισαγωγή

Τα ηλιακά ωρολόγια ήταν από τα πρώτα αστρονομικά όργανα που κατασκεύασαν και χρησιμοποίησαν οι αρχαίοι Έλληνες αστρονόμοι για να μετρήσουν τον χρόνο κατά τις ηλιόλουστες ημέρες του ημερολογιακού έτους.

Τα ηλιακά ωρολόγια μετρούν τον χρόνο σύμφωνα με την πορεία του Ήλιου στην ουράνια σφαίρα και συνεπώς η λειτουργία τους είναι άμεσα συνυφασμένη με τη θέση του Ήλιου στο ουράνιο στερέωμα. Είναι γνωστά και με τον όρο σκιαθηρικά καθώς μετρούν τον χρόνο θηρεύοντας (κυνηγώντας) τη σκιά του Ήλιου. Από τη θέση της σκιάς του γνώμονα πάνω στην ωρολογόπλακα του ηλιακού ωρολογίου προσδιοριζόταν ο αληθής ηλιακός χρόνος, χρόνος που εξαρτάται από τη μεσουράνηση του Ηλίου σε κάθε τόπο.



Τα ηλιακά ωρολόγια του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου

Αρχαία ελληνικά ηλιακά ωρολόγια διασώζονται μέχρι σήμερα και φυλάσσονται στα Αρχαιολογικά Μουσεία της χώρας. Στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο στην Αθήνα φυλάσσονται ηλιακά ωρολόγια που ανάγονται στη ρωμαϊκή εποχή (27 π.Χ. - 476) ή στην περίοδο της ύστερης αρχαιότητας (300-640). Τα έξι από αυτά φυλάσσονται στην Αποθήκη της Συλλογής Γλυπτών του μουσείου ενώ το έβδομο, αρκετά βαρύτερο, βρίσκεται στον εκθεσιακό χώρο του κήπου του μουσείου. Τα ηλιακά ωρολόγια που είναι καταχωρημένα με αριθμούς ευρετηρίου 3156, 3157, 3158, 3159 βρέθηκαν στα ερείπια του θεάτρου του Διονύσου στους πρόποδες της Ακρόπολης, ενώ για τα υπόλοιπα (αριθμοί ευρετηρίου 3220, 13365 και 13366) δεν είναι γνωστό το μέρος εύρεσής τους (βλ. και Gibbs 1976).

Σε αυτά τα ηλιακά ωρολόγια λάβαμε επιτόπιες μετρήσεις από τις οποίες υπολογίστηκε το αρχικό μήκος του γνώμονα που έφεραν (εφόσον ήταν εφικτό από τη σημερινή γεωμετρία των ωρολογίων) και το γεωγραφικό πλάτος λειτουργίας που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση του αληθούς ηλιακού χρόνου με ικανοποιητική ακρίβεια (Πάνου 2014, 2015, 2016, Ραπου et al. 2013, 2014a, 2014b, 2014c). Τα ηλιακά ωρολόγια που μελετώνται στην παρούσα εργασία είναι τα με αριθμό ευρετηρίου 3158, 3156, 3157 καθώς είναι κωνικού τύπου.

1. Το κωνικό ηλιακό ωρολόγιο με αριθμό ευρετηρίου 3158

Το αρχαίο ελληνικό ηλιακό ωρολόγιο με γνώμονα που φυλάσσεται στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο με αύξοντα αριθμό ευρετηρίου 3158 είναι κωνικού τύπου (Πάνου 2014, Ραπου et al. 2013). Βρέθηκε στα ερείπια του αρχαίου θεάτρου του Διονύσου στην Αθήνα και ανάγεται στη ρωμαϊκή εποχή (Schaldach 2006: 96). Είναι κατασκευασμένο από πεντελικό μάρμαρο, ενσωματωμένο σε μαρμάρινη βάση και είναι το μοναδικό του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου που διαθέτει γνώμονα.



Εικόνα 1: Κωνικό ηλιακό ωρολόγιο του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου με αριθμό ευρετηρίου 3158

Πηγή: Πάνου 2016: 204

Η ύπαρξη του γνώμονα μήκους 5,9 cm δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της τιμής της λόξωσης της εκλειπτικής για την οποία κατασκευάστηκε το ηλιακό ωρολόγιο. Οι τιμές όμως που προκύπτουν δεν είναι κοντά στη θεωρητική τιμή $23^{\circ}51'26'' = 23,86^{\circ}$



όπως υπολογίστηκε τον 3ο αιώνα π.Χ. από τον Ερατοσθένη (Πάππος, Συναγωγή, vi, 546, 3- 550, 3, βλ. και Jones 2002). Για τον λόγο αυτό και σε συνδυασμό με την απουσία τμήματος από την κορυφή του γνώμονα πραγματοποιήθηκε λεπτομερέστερη ανάλυση τόσο για τον υπολογισμό του αρχικού μήκους του γνώμονα όσο και για το γεωγραφικό πλάτος λειτουργίας του ωρολογίου λαμβάνοντας υπόψη τη θεωρητική τιμή της εκλειπτικής.

Από τις πειραματικές τιμές της εκλειπτικής προκύπτει ότι το ηλιακό ωρολόιο λειτουργούσε σε περιοχές της βόρειας Ελλάδας και πολύ πιθανόν να χρησιμοποιούνταν στο Δίον ($\varphi = 40,50^\circ$) ακόμη και για τη μέτρηση διαστημάτων χρόνου κατά τις θρησκευτικές λατρευτικές τελετές.

2. Το κωνικό ηλιακό ωρολόιο με αριθμό ευρετηρίου 3156

Το αρχαίο ηλιακό ωρολόιο, χωρίς γνώμονα, που βρίσκεται στον κήπο του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου με αύξοντα αριθμό ευρετηρίου 3156 είναι κωνικού τύπου (Ρανου et al 2014b). Βρέθηκε στο αρχαίο θέατρο του Διονύσου στην Αθήνα και ανάγεται στην ελληνιστική ή ρωμαϊκή περίοδο (Schaldach 2006: 94). Είναι κατασκευασμένο από λευκό μάρμαρο, ενσωματωμένο σε μαρμάρινη βάση με πόδια λέοντος. Ο γνώμονάς του δεν έχει σωθεί.



Εικόνα 2: Κωνικό ηλιακό ωρολόιο του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου με αριθμό ευρετηρίου 3156

Πηγή: Πάνου 2016: 232

Η απουσία του αρχικού γνώμονα δεν επιτρέπει τον υπολογισμό της τιμής της λόξωσης της εκλειπτικής για την οποία κατασκευάστηκε το ηλιακό ωρολόιο μέσω πειραματικών μετρήσεων. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η θεωρητική τιμή για τη λόξωση της εκλειπτικής $23^\circ 51' 26'' = 23,86^\circ$, τιμή που υπολογίστηκε τον 3ο αιώνα π.Χ. από τον Ερατοσθένη (Πάππος, Συναγωγή, vi, 546, 3- 550, 3, βλ. και Jones 2002).

Λαμβάνοντας υπόψη τις μετρήσεις που λάβαμε επί της ωρολογόπλακας προέκυψε ότι κατά τους χειμερινούς μήνες το ωρολόιο λειτουργούσε για γεωγραφικό πλάτος 33° και είχε μήκος γνώμονα 14 cm, ενώ κατά τους θερινούς μήνες λειτουργούσε για γεωγραφικό πλάτος $44,5^\circ$ και είχε μήκος γνώμονα 11 cm (βλ. αναλυτικά Πάνου 2016: 231-236).



Οι τιμές που προέκυψαν για το γεωγραφικό πλάτος απέχουν αρκετά μεταξύ τους κάτι που δεν μπορεί να αιτιολογηθεί αποκλειστικά από την καμπυλότητα της επιφάνειας της ωρολογόπλακας του κωνικού ωρολογίου και έτσι οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι το ηλιακό ωρολόγιο έχει σημαντικό κατασκευαστικό σφάλμα. Παρόλα αυτά είναι πολύ πιθανόν να χρησιμοποιούταν σε γεωγραφικά πλάτη του ελλαδικού χώρου (π.χ. σε ένα μέσο γεωγραφικό πλάτος των 39° που αντιστοιχεί στις περιοχές της κεντρικής Ελλάδας) χωρίς όμως οι μετρήσεις χρόνου να χαρακτηρίζονταν από την απαιτούμενη ακρίβεια. Γενικότερα, η χρήση του ηλιακού ωρολογίου θα μπορούσε να ήταν απλώς και μόνο διακοσμητική.

3. Το κωνικό ηλιακό ωρολόγιο με αριθμό ευρετηρίου 3157

Το αρχαίο ελληνικό ηλιακό ωρολόγιο χωρίς γνώμονα που φυλάσσεται στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο με αύξοντα αριθμό ευρετηρίου 3157, είναι κωνικού τύπου (Panou et al. 2014b). Βρέθηκε στο θέατρο του Διονύσου στην Αθήνα και ανάγεται στην ελληνιστική ή ρωμαϊκή περίοδο (Schaldach 2006: 95). Είναι κατασκευασμένο από μάρμαρο, ενσωματωμένο σε μαρμαρίνη βάση. Η όλη κατασκευή είναι μορφής ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου βάρους 48,20 kg. Ο γνώμονάς του δεν έχει σωθεί.



Εικόνα 3: Κωνικό ηλιακό ωρολόγιο του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου με αριθμό ευρετηρίου 3157

Πηγή: Πάνου 2016: 238

Η απουσία του αρχικού γνώμονα δεν επιτρέπει τον υπολογισμό της τιμής της λόξωσης της εκλειπτικής για την οποία κατασκευάστηκε το ηλιακό ωρολόγιο μέσω πειραματικών μετρήσεων. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η θεωρητική τιμή για τη λόξωση της εκλειπτικής $23^\circ 51' 26'' = 23,86^\circ$, τιμή που υπολογίστηκε τον 3ο αιώνα π.Χ. από τον Ερατοσθένη (Πάππος, Συναγωγή, νι, 546, 3- 550, 3, βλ. και Jones 2002), όπως και στο κωνικό ηλιακό ωρολόγιο με αριθμό ευρετηρίου 3156.

Λαμβάνοντας υπόψη τις μετρήσεις που λάβαμε από το σύνολο της ωρολογόπλακας προέκυψε ότι το γεωγραφικό πλάτος λειτουργίας του ηλιακού ωρολογίου ήταν 35° και το μήκος του γνώμονα 15 cm (βλ. αναλυτικά Πάνου 2016: 237-242). Το ηλιακό ωρολόγιο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση του



χρόνου στις περιοχές της νότιας Ρόδου, στην Κάρπαθο, στην Κάσο αλλά ακόμη και σε περιοχές της βόρειας Κρήτης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Επίλογος

Τα κωνικά ηλιακά ωρολόγια του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου συμπεραίνουμε ότι είχαν κατασκευαστεί για γεωγραφικά πλάτη εντός της σημερινής ελληνικής επικράτειας και ότι χρησιμοποιούνταν ως όργανα μέτρησης του χρόνου στην αρχαιότητα. Ακόμη, η δημιουργία μαρμάρινων κατασκευών για τη λήψη μετρήσεων χρόνου με ακρίβεια, τόσο για τον προσδιορισμό της ημερήσιας ώρας όσο και των εποχών, αναδεικνύει την αρμονική ανάπτυξη και αλληλοσυμπλήρωση της Φιλοσοφίας, της Αστρονομίας και της Τέχνης κατά την αρχαιότητα.

Βιβλιογραφία

- Gibbs, S. (1976). "Greek and Roman Sundials". New Haven and London: Yale University Press.
- Jones A. (2002). "Eratosthenes, Hipparchus, and the obliquity of the ecliptic". *Journal for the History of Astronomy*. Vol. 33: 1, No. 110: 15-19.
- Panou, E., Theodossiou, E., Manimanis, N.V. and Mantarakis, Z.P. (2013). "The conical sundial of the Archaeological Museum of Athens with a gnomon". *The Compendium- North American Sundial Society (NASS) bulletin*. Vol. 20(4): 30-37.
- Panou, E., Theodossiou, E., Manimanis, N.V. and Kalachanis, K. (2014a). "The astronomical monuments of Athens". *Global Journal of Multidisciplinary and Applied Sciences*: 47-52.
- Panou, E., Theodossiou, E., Manimanis, N. V. and Kalachanis, K. (2014b). "Two conical sundials with missing gnomons in the Archaeological Museum of Athens". *British Sundial Society Bulletin*. Vol. 26(i): 2-7.
- Panou, E., Kalachanis, K. and Manimanis, N. V. (2014c). The ancient Greek Sundials of Athens. *Applied Science Reports (ASR)*. Vol. 5 (2): 47-48.
- Schaldach, K. (2006). Die antiken Sonnenuhren Griechenlands: Festland und Peloponnes. Germany: Verlag Harri Deutsch.
- Πάνου, Ε. (2016). "Μετρήσεις Χρόνου και σχετικά Αστρονομικά Όργανα στην Ελληνική Αρχαιότητα: Το ρολόι του Ανδρόνικου Κυρρήστου (Πύργος των Ανέμων) και άλλα αρχαία ηλιακά ωρολόγια. Προτάσεις και Εφαρμογές εκπαιδευτικών δράσεων για τη διδασκαλία σχετικών εννοιών στην εκπαίδευση". *Διδακτορική Διατριβή*. Τμήμα Φυσικής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Πάνου, Ε. (2015). "Μετρήσεις γλυπτών ηλιακών ωρολογίων του Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών". *Physics News*. τεύχος 10: 24-26.



- Πάνου, Ε. (2014). “Μελέτη του μοναδικού κωνικού ηλιακού ωρολογίου του Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών που φέρει γνώμονα”. *Πρακτικά 15ου Συνεδρίου Φυσικής: Σύγχρονη Φυσική και Κοινωνία-Επιτεύγματα/Τεχνολογία/Ερευνα*, Ναύπλιο. Πρακτικά Συνεδρίου: 48-61.
- Πάππος (1876). Συναγωγή. ed. Hultsch. Berlin: Weidmann.