



The contribution of absolute dating methods

**Simona Todaro, Anna Maria Gueli
University of Catania, DISUM - DFA**

The ^{14}C datings

The radiocarbon method is a well-known technique for dating organic materials in the fields of cultural heritage, archaeology, art history, but also geomorphology and earth sciences. Developed in the 1950s, the most modern method today is Accelerated Mass Spectrometry (AMS) whereby no longer the beta particles are counted, but rather the number of carbon atoms in the sample and the proportion of isotopes. In this way, much smaller quantities can be measured much more precisely. The technologies required to perform radiocarbon dating via the Accelerator Mass Spectrometry technique are very specialised and in Italy there are only three centres that perform it (one in Caserta, one in Florence and one at the Cedad of the University of Salento).

Chronology of the organic finds from Festòs

The first systematic ^{14}C dating programme at Festòs was undertaken in 2019 by Simona Todaro in collaboration with Yannis Maniatis and Giorgos Polimeris of the Archaeometry Laboratory of the Institute of Nanoscience and Nanotechnology (NCSR) 'DEMOKRITOS' in Athens, and with CEZA in Mannheim. The main objective was to date each of the 10 phases of occupation identified at Festos through the comparison of more than 180 stratigraphies identified in the 6 main terraces created on the hill by arranging the natural slopes; the aim was not only to date the phases of activity, but also to verify whether the large reconstructions were indeed the result of unified building programmes or the result of progressive additions.

For each phase, an attempt was made to date long-term samples (wood, charcoal), and short-term samples such as animal bones, in order to avoid problems related to the 'old wood' effect. The most interesting results at present concern the Neolithic and the end of the Early Bronze Age (Fig. 1, ^{14}C datings from Festos: note that phase II marks the beginning of the Final Neolithic (around 4350 BC), while phase VII opens the beginning of AM III (around 2200 BC). In the first case, dating confirmed that the Neolithic material culture of Festòs, dated to

the last quarter of the 4th millennium BC, did not find precise comparisons in Crete or elsewhere because it actually belonged to the previous millennium. In the second case, dating has shown that around 2200 BC, while the Mediterranean was afflicted by the climatic crisis known as the 4.2 ky aridification event, Festos was being monumentalised through a joint action of the regional population (Fig. 2, ^{14}C datings of two monumental buildings constructed in AM III).

The ThermoLuminescence at Haghia Triada and Festòs

The technique of ThermoLuminescence (TL) has been applied for the realisation of a dating project of several kilns found in Crete used for the production of ceramics, with important implications for both applications and methodology.

From an application point of view, the importance of the project relates to the fact that by dating the last high-temperature heating of pottery and terracotta with TL (Fig. 3, Basic physical principles of thermoluminescence dating) it is possible to date the manufacturing phase of the artefacts or the last use of the kilns. From a methodological point of view, the project has made it possible to develop a procedure for dating structures that have already been 'brought to light', such as the kilns under investigation. For the latter, in fact, some of the conditions required by the method have not been verified, and it is, therefore, necessary to first make a careful analysis of the methodology's applicability.

The focus of the study was the Festòs kiln (Fig. 4, Photo and schematic plan of the Festos kiln - drawing by F. Tomasello) located to the west of Piazzale I, attributed to the Middle Minoan IIB, referred to as Festòs I, and the Haghia Triada kiln (Fig. 5, Photo and schematic plan of the Haghia Triada kiln - drawing by F. Tomasello) located to the east of the philakion, attributed to the Late Minoan IB. The Festòs kiln consists of two adjoining chambers without any separation, the first of which was used as a combustion chamber and the second, adjacent to it but at a slightly higher level, as a firing chamber. The more recent kiln at Haghia Triada, on the other hand, has a different structure consisting of two distinctly separate chambers with the floor of the combustion chamber at a lower level than that of the firing chamber.

The main goal of the TL application to the samples taken from the kiln linings, which were certainly exposed to high temperatures, is the absolute chronological collocation of technological evolution in pottery manufacture. The different typology of the kilns studied, in fact, testifies to an evolution in the firing process: the pottery in the kiln of Phaistos I was in direct or close contact with the flames, while in the kiln of Haghia Triada the firing was the result of reverberation and the hot gases of the combustion chamber.

Although the results obtained represent a preliminary assessment of the date of the last use of the two kilns, 1800 B.C. and 1500 B.C. for Festos and Haghia Triada respectively, they highlighted the potential of TL for dating 'already excavated' structures.



Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΛΥΤΗΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗΣ

Simona Todaro, Anna Maria Gueli
Πανεπιστήμιο της Κατάνια, DISUM - DFA

Οι χρονολογήσεις με ^{14}C

Η μέθοδος του ραδιενεργού άνθρακα είναι μια γνωστή τεχνική για την χρονολόγηση οργανικών υλικών στους τομείς της πολιτιστικής κληρονομιάς, της αρχαιολογίας, της ιστορίας της τέχνης, αλλά και της γεωμορφολογίας και των επιστημών της γης. Αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1950, η πιο σύγχρονη μέθοδος σήμερα είναι η επιταχυνόμενη φασματομετρία μάζας (AMS), η πιο σύγχρονη μεθοδολογία σήμερα είναι η λεγόμενη Accelerated Mass Spectrometry (AMP), με την οποία δεν μετρούνται πλέον τα σωματίδια βήτα, αλλά μάλλον ο αριθμός των ατόμων άνθρακα στο δείγμα και η αναλογία των ισοτόπων. Με αυτόν τον τρόπο, πολύ μικρότερες ποσότητες μπορούν να μετρηθούν πολύ ακριβέστερα. Οι τεχνολογίες που απαιτούνται για την εκτέλεση της χρονολόγησης ραδιενεργού άνθρακα μέσω της τεχνικής Accelerator Mass Spectrometry είναι πολύ εξειδικευμένες και στην Ιταλία υπάρχουν μόνο τρία κέντρα που το εκτελούν (ένα στην Caserta, ένα στην Φλωρεντία and ένα στην Cedad του Πανεπιστημίου του Salento).

Χρονολόγηση των οργανικών καταλοίπων από τη Φαιστό

Το πρώτο συστηματικό πρόγραμμα χρονολόγησης C^{14} στη Φαιστό πραγματοποιήθηκε το 2019 από την Simona Todaro σε συνεργασία με τους Γιάννη Μανιάτη και Γιώργο Πολυμέρη του Εργαστηρίου Αρχαιομετρίας του Ινστιτούτου Νανοεπιστημών και Νανοτεχνολογίας (NCSR) «DEMOKRITOS» στην Αθήνα και με την CEZA στο Μανχάιμ. Ο κύριος στόχος ήταν να χρονολογηθεί κάθε μία από τις 10 φάσεις κατοίκησης που εντοπίστηκαν στη Φαιστό μέσω της σύγκρισης περισσότερων από 180 στρατιγραφιών που αναγνωρίστηκαν στις 6 κύριες

αναβαθμίδες-άνδρα που δημιουργήθηκαν στο λόφο με τη διαρρύθμιση των φυσικών πλαγιών. Ο στόχος δεν ήταν μόνο να χρονολογηθούν οι φάσεις δραστηριότητας, αλλά και να επαληθευτεί αν οι μεγάλες ανακατασκευές ήταν πράγματι αποτέλεσμα ενοποιημένων οικοδομικών προγραμμάτων ή αποτέλεσμα προοδευτικών προσθηκών.

Για κάθε φάση, έγινε προσπάθεια να χρονολογηθούν μακροπρόθεσμα δείγματα (δέντρο, άνθρακας) και βραχυπρόθεσμα δείγματα όπως τα οστά των ζώων, προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα που σχετίζονται με το «παλιό ξύλο». Τα πιο ενδιαφέροντα αποτελέσματα έως τώρα αφορούν τη Νεολιθική και το τέλος της Παλαιάς Εποχής του Χαλκού (Σχ. 1, 14C χρονολογήσεις από τη Φαιστό: σημειώστε ότι η φάση II σηματοδοτεί την έναρξη της Τελικής Νεολιθικής (περίπου 4350 π.Χ.), ενώ η φάση VII ξεκινά στις αρχές της AM III (around 2200 BC). Στην πρώτη περίπτωση, η χρονολόγηση επιβεβαίωσε ότι ο νεολιθικός υλικός πολιτισμός της Φαιστού, που χρονολογήθηκε στο τελευταίο τέταρτο της 4ης χιλιετίας π.Χ., δεν βρήκε ακριβή παράλληλα στην Κρήτη ή αλλού, επειδή στην πραγματικότητα ανήκε στην προηγούμενη χιλιετία. Στη δεύτερη περίπτωση, η χρονολόγηση έδειξε ότι γύρω στο 2200 π.Χ., ενώ η Μεσόγειος πλήττεται από την κλιματική κρίση γνωστή ως η περίοδος ξηρασίας 4,2 ky, η Φαιστός μνημειοποιείται μέσω μιας κοινής δράσης του τοπικού πληθυσμού (Σχήμα 4). 2, 14C χρονολόγηση δύο μνημειωδών κτιρίων που χτίστηκαν στο AM III).

Η Θερμοφωταύγεια στην Αγία Τριάδα και την Φαιστό

Η τεχνική της ThermoLuminescence (TL) έχει εφαρμοστεί για την υλοποίηση ενός προγράμματος χρονολόγησης αρκετών κλιβάνων που βρέθηκαν στην Κρήτη και χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή κεραμικών, με σημαντικές επιπτώσεις τόσο στις εφαρμογές όσο και στη μεθοδολογία.

Από την άποψη της εφαρμογής, η σημασία του έργου έχει να κάνει με το γεγονός ότι χρονολογώντας την τελευταία υψηλή θερμοκρασία την οποία δέχθηκε το κεραμικό ή ο πηλός με TL (Εικόνα 4). 3, Βασικές φυσικές αρχές της χρονολόγησης με τη μέθοδο της θερμοφωταύγειας), είναι δυνατόν να χρονολογηθεί η φάση κατασκευής των αντικειμένων ή η τελευταία χρήση των κλιβάνων. Από μεθοδολογική άποψη, το έργο έχει καταστήσει δυνατή την ανάπτυξη μιας διαδικασίας για τη χρονολόγηση κατασκευών που έχουν ήδη «ανακαλυφθεί», όπως οι κλίβανοι που ερευνώνται. Για το τελευταίο, για την ακρίβεια, ορισμένες από τις προϋποθέσεις που απαιτούνται από τη μέθοδο δεν έχουν επαληθευτεί και επομένως είναι απαραίτητο πρώτα να γίνει προσεκτική ανάλυση του κατά πόσο μπορεί να εφαρμοστεί η μεθοδολογία αυτή.

Το επίκεντρο της μελέτης ήταν ο κλίβανος της Φαιστού (Εικ. 4, Φωτογραφία και σχέδιο του κλιβάνου της Φαιστού- σχέδιο από τον F. Tomasello) που βρίσκεται δυτικά της Πλατείας Ι, που αποδίδεται στο Μέση Μινωική ΙΙΒ, που αναφέρεται ως Φαιστός Ι, και τον κλίβανο της Αγίας Τριάδας (Σχήμα. 5, Φωτογραφικό και σχηματικό σχέδιο του κλιβάνου της Αγίας Τριάδας - σχέδιο από τον F. Tomasello) που βρίσκεται ανατολικά του Φιλακίου, που αποδίδεται στην Υστερομινωική ΙΒ. Ο κλίβανος της Φαιστού αποτελείται από δύο γειτονικούς θαλάμους χωρίς κανέναν διαχωρισμό, ο πρώτος από τους οποίους χρησιμοποιήθηκε ως θάλαμος καύσιμης ύλης και ο δεύτερος, δίπλα του, αλλά σε ελαφρώς υψηλότερο επίπεδο, ως θάλαμος όπτησης. Ο πιο πρόσφατος κλίβανος στην Αγία Τριάδα, από την άλλη πλευρά, έχει μια διαφορετική δομή που αποτελείται από δύο ξεχωριστούς θαλάμους με το πάτωμα του θαλάμου καύσης σε χαμηλότερο επίπεδο από αυτό του θαλάμου όπτησης.

Ο κύριος στόχος της εφαρμογής της TL στα δείγματα που ελήφθησαν από τους κλιβάνους, οι οποίοι ήταν ιδιαίτερα εκτεθειμένοι σε υψηλές θερμοκρασίες, είναι η απόλυτη χρονολογική παράθεση της τεχνολογικής εξέλιξης στην κεραμική παραγωγή. Η διαφορετική τυπολογία των φούρνων που μελετήθηκαν, στην πραγματικότητα, μαρτυρεί μια εξέλιξη στη διαδικασία όπτησης: η κεραμική στον κλίβανο της Φαιστού Ι ήταν σε άμεση ή στενή επαφή με τις φλόγες, ενώ στον κλίβανο της Αγίας Τριάδας η πυρκαγιά ήταν το αποτέλεσμα της θερμότητας και των καυτών αερίων του θαλάμου όπτησης.

Αν και τα αποτελέσματα που αποκτήθηκαν αντιπροσωπεύουν μια προκαταρκτική εκτίμηση της ημερομηνίας της τελευταίας χρήσης των δύο κλιβάνων, του 1800 π.Χ. και του 1500 π.Χ. για τη Φαιστό και της Αγίας Τριάδας αντίστοιχα, επεσήμαναν το ενδεχόμενο της χρονολόγησης με TL ήδη ανεσκαμμένων κατασκευών.