

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ^{14}C , ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΕΝΤΟΙΧΙΩΝ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ

Μελίνα Κορόζη

Συντηρήτρια Αρχαιοτήτων
Εργαστήριο Αρχαιομετρίας, Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "Δημόκριτος"

Με την υψηλή ποιότητα και την προσεκτική επιλογή των υλικών, την τεχνική και την αισθητική του μεγαλοπρέπεια, το εντοίχιο ψηφιδωτό αποτελεί την πιο φιλόδοξη έκφραση της μνημειώδους ζωγραφικής του Βυζαντίου και γίνεται ένα από τα στοιχεία με τα οποία η Βυζαντινή Αυτοκρατορία ασκεί τη γοητεία της στους γειτονικούς λαούς.

Οι γνώσεις μας όμως για τα υλικά και τις τεχνικές κατασκευής των βυζαντινών εντοίχιων ψηφιδωτών, καθώς δεν είναι δυνατόν να τεκμηριωθούν μέσα από γραπτές πηγές της εποχής — γιατί ελάχιστα μόνο χωρία έχουν σωθεί σχετικά με τον τρόπο κατασκευής των γυάλινων ψηφιδών —, βασίζονται στην άμεση μελέτη των μνημείων. Με αφορμή τις επεμβάσεις συντήρησης μνημείων, που συχνά είναι επείγουσες, πραγματοποιείται η μελέτη της κατασκευής, άλλες φορές εμπεριστατωμένη και πλήρης, τις περισσότερες όμως φορές ελλιπής.

Μέχρι σήμερα, δεν έχουν εφαρμοστεί φυσικοχημικές μέθοδοι για τη μελέτη των υλικών των εντοίχιων ψηφιδωτών, από τα υλικά της κατασκευής του υποστρώματος έως και τα υλικά για την κατασκευή ψηφιδών. Με αυτό το σκεπτικό, η παρούσα έρευνα στοχεύει στη διεξοδική διερεύνηση των υλικών, με την εφαρμογή φυσικοχημικών και ραδιοχημικών μεθόδων εξέτασης, ανάλυσης και απόλυτης χρονολόγησης εντοίχιων ψηφιδωτών.

Στην εργασία αυτή το ερευνητικό μέρος πραγματοποιήθηκε εξ ολοκλήρου στο Εργαστήριο Αρχαιομετρίας του Ινστιτούτου Επιστήμης Υλικών του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "Δημόκριτος". Μελετήθηκαν δύο δείγματα εντοίχιων ψηφιδωτών από τους ναούς της Ροτόντας και της Αχειροποιήτου της Θεσσαλονίκης, στην Παλαιοχριστιανική και την Πρωτοβυζαντινή περίοδο, και δύο δείγματα της Μεσοβυζαντινής περιόδου, από τα Καθολικά των Μονών του Οσίου Λουκά Βοιωτίας και του Δαφνίου Αττικής.

Φυσικοχημικές μέθοδοι διερεύνησης

Με την πρώτη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε, γίνεται λεπτομερής εξέταση της επιφάνειας και της εσωτερικής δομής των αντικειμένων, η οποία παρέχει πληροφορίες που αφορούν τις τεχνικές κατασκευής, τη φθορά και τις τυχόν μεταγενέστερες επεμβάσεις. Χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Scanning Electron Microscope, ή S.E.M.), το οποίο συνδυάζεται με ένα σύστημα μικρο-

νάλυσης EDAX (EDXA: Electron Dispersive X-Rays Analysis).

Με τη δεύτερη μέθοδο, που είναι αναλυτική, συλλέγονται πληροφορίες για τη φύση, τη δομή και τη χημική σύσταση των υλικών κατασκευής των αντικειμένων. Πρόκειται για την ευρείας χρήσεως μέθοδο της περιθλασιμετρίας των ακτίνων X (X-Ray Diffraction, X.R.D.). Και οι δύο μέθοδοι είναι καταστρεπτικές, με την έννοια ότι απαιτούν δείγματα/λήψια από το αντικείμενο.

Ωστόσο, το γεγονός ότι δεν υπάρχουν συνθήκες

γραπτές μαρτυρίες σχετικά με την ιστορία των μνημείων και τη διακόσμηση τους καθιστά δύσκολη την υποστήριξη μιας ακριβούς χρονολόγησης των εντοιχίων ψηφιδωτών. Η οποία, τελικά, στηρίζεται αποκλειστικά σε στιλιστικά κριτήρια. Έτσι, επειδή το πρόβλημα της χρονολόγησης είναι σημαντικό, γίνεται για πρώτη φορά στην Ελλάδα απόπειρα να χρονολογηθούν κονιάματα εντοιχίων ψηφιδωτών, με τη μέθοδο του ^{14}C , και με σκοπό να δοθεί απάντηση στα σχετικά ερωτήματα. Ο λόγος που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος είναι γιατί βασίζεται σε κάποια πλεονεκτήματα, τα οποία διευκολύνουν την εξαγωγή επακριβών αποτελεσμάτων.

Τα δείγματα που χρονολογήθηκαν προέρχονται από τη Ροτόντα της Θεσσαλονίκης και η επιλογή τους έγινε με καθαρά τεχνικά κριτήρια. Τα ψηφιδωτά της Ροτόντας είναι χρονολογημένα χάρη σε γραπτές μαρτυρίες, και επιπλέον ήταν τα μόνα διαθέσιμα σε ποσότητα ικανοποιητική για την εφαρμογή της μεθόδου.

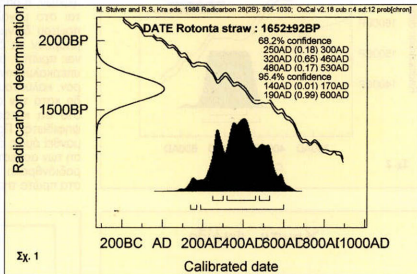
Έτσι, με την παρούσα μελέτη γνωστοποιείται ευρύτερα η δυνατότητα εφαρμογής της χρονολόγησης, με την τεχνική του ^{14}C , κονιαμάτων εντοιχίων ψηφιδωτών.

Τα υλικά που χρονολογήθηκαν ήταν δύο ειδών: Τα άγυρα του 3ου στρώματος κονιάματος και το ασβεστοκονίαμα του 2ου στρώματος. Πρέπει να σημειωθεί πως τα υπό μελέτη δείγματα υπέστησαν ειδική χημική προεπεξεργασία, διαφορετική από εκείνη των συντηρησμένων αρχαιολογικών δειγμάτων, ειδικά όσον αφορά το ασβεστοκονίαμα, ένα υλικό του οποίου η χρονολόγηση με ραδιάνθρακα βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο, επειδή πρόκειται για ανόργανο υλικό και όχι οργανικό, όπως απαιτεί συνήθως η μέθοδος αυτή. Ο συλλογισμός βάσει του οποίου έγινε η χρονολόγηση των ασβεστοκονιαμάτων σχετίζεται με τον τρόπο που στερεοποιούνται οι «αερικές κόνιες», δηλαδή κόνιες που πήζουν και σκληραίνουν με τη φυσικοχημική συμμετοχή του αέρα. Όταν οι κόνιες απορροφούν ατμοσφαιρικό αέρα εγκλωβίζουν ταυτόχρονα και διοξείδιο του άνθρακα, με αποτέλεσμα να εγκλωβίζεται και ραδιενεργός άνθρακας. Η χρονολόγηση βασίζεται ακριβώς στη μέτρηση αυτού του εγκλωβισμένου ραδιενεργού άνθρακα, ο οποίος συμμετέχει στη σύσταση του CO_2 , από τον αέρα που είχε δεσμευθεί στο κονίαμα.

Αποτελέσματα και συμπεράσματα: Ροτόντα Θεσσαλονίκης

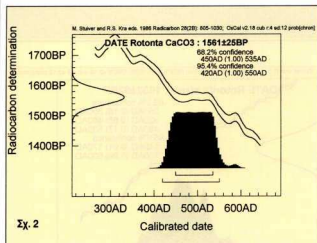
Κατ'αρχήν έγινε χρονολόγηση του άγυρου του 3ου στρώματος του κονιάματος με τη μέθοδο του ^{14}C . Το δείγμα ήταν μικρό σε ποσότητα, με αποτέλεσμα να προκύπτει σχετικά μεγάλο σφάλμα. Η ηλικία του δείγματος σε «έτη άνθρακα» είναι 1652 ± 92 χρόνια BP (Before Present). Μετά από βαθμολόγηση της ηλικίας αυτής, προκύπτει η ηλικία του δείγματος σε ημερολογιακά έτη. Στο σχήμα 1 φαίνεται ο πίνακας κατανομής πιθανότητας για το δείγμα του άγυρου. Διακρίνεται η περιοχή της ηλικίας του δείγματος σε έτη BP μαζί με το σφάλμα της (κόκκινη περιοχή στον άξονα των ηλικιών BC), καθώς και οι καμπύλες δειχτροχρονολόγησης που αντιστοιχούν στην εποχή εκείνη. Από το ίδιο σχήμα φαίνεται ότι το υπό μελέτη δείγμα έχει περίπου 68% πιθανότητες να βρίσκεται στην περιοχή των ηλικιών μεταξύ 250-530, και κυρίως μεταξύ του 320 και του 460. Ίσως το εύρος της περιοχής των ηλικιών φανεί λίγο μεγάλο ή και παράξενο. Ωστόσο, εδώ μπορούν να γίνουν δύο παρατηρήσεις. Πρώτον ότι, σύμφωνα με τις γνώσεις μας, η περιοχή των ηλικιών που δίνει το δείγμα καλύπτει την περίοδο κατασκευής των συγκεκριμένων ψηφιδωτών. Δεύτερον, το δείγμα ήταν πολύ μικρό, που σημαίνει ότι έχει πολύ μεγάλο σφάλμα και πρέπει να μετρηθεί πολλές φορές, χωρίς όμως το σφάλμα να μπορεί να μειωθεί πολύ. Π.χ., στις έξι φορές που μετρήθηκε το συγκεκριμένο δείγμα, κατά την πρώτη μέτρηση το σφάλμα ήταν ± 246 χρόνια, ενώ στην έκτη μέτρηση είχε μειωθεί στα ± 92 χρόνια.

Έγινε επίσης χρονολόγηση και στο ασβεστοκονίαμα του 2ου στρώματος. Η ηλικία του δείγματος σε έτη άνθρακα είναι 1561 ± 25 χρόνια BP. Μετά από βαθμολόγηση της ηλικίας αυτής προκύπτει η ηλικία του δείγματος σε ημερολογιακά έτη. Στο σχήμα 2 φαίνεται ο πίνακας κατανομής πιθανότητας για το δείγμα του άγυρου. Από το ίδιο σχήμα 2 φαίνεται η περιοχή της ηλικίας του δείγματος σε έτη BP μαζί με το σφάλμα της (κόκκινη περιοχή στον άξονα των ηλικιών BC, Radiocarbon Determinations), η περιοχή των βαθμολογημένων ηλικιών του δείγματος (μαύρη περιοχή στον άξονα των ηλικιών BC), καθώς και οι καμπύλες δειχτροχρονολόγησης που αντιστοιχούν στην εποχή εκείνη. Αυτό το δείγμα έχει περίπου 95% πιθανότητες να βρίσκεται στην περιοχή των ηλικιών μεταξύ 420 και 550 μ.Χ.

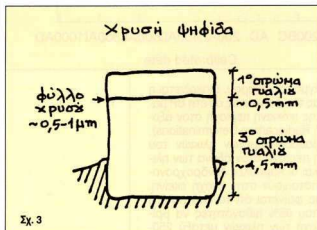


νοτήτων για το δείγμα του άγυρου. Διακρίνεται η περιοχή της ηλικίας του δείγματος σε έτη BP μαζί με το σφάλμα της (κόκκινη περιοχή στον άξονα των ηλικιών BC, Radiocarbon Determinations), η περιοχή των βαθμολογημένων ηλικιών του δείγματος (μαύρη περιοχή στον άξονα των ηλικιών BC), καθώς και οι καμπύλες δειχτροχρονολόγησης που αντιστοιχούν στην εποχή εκείνη. Από το ίδιο σχήμα φαίνεται ότι το υπό μελέτη δείγμα έχει περίπου 68% πιθανότητες να βρίσκεται στην περιοχή των ηλικιών μεταξύ 250-530, και κυρίως μεταξύ του 320 και του 460. Ίσως το εύρος της περιοχής των ηλικιών φανεί λίγο μεγάλο ή και παράξενο. Ωστόσο, εδώ μπορούν να γίνουν δύο παρατηρήσεις. Πρώτον ότι, σύμφωνα με τις γνώσεις μας, η περιοχή των ηλικιών που δίνει το δείγμα καλύπτει την περίοδο κατασκευής των συγκεκριμένων ψηφιδωτών. Δεύτερον, το δείγμα ήταν πολύ μικρό, που σημαίνει ότι έχει πολύ μεγάλο σφάλμα και πρέπει να μετρηθεί πολλές φορές, χωρίς όμως το σφάλμα να μπορεί να μειωθεί πολύ. Π.χ., στις έξι φορές που μετρήθηκε το συγκεκριμένο δείγμα, κατά την πρώτη μέτρηση το σφάλμα ήταν ± 246 χρόνια, ενώ στην έκτη μέτρηση είχε μειωθεί στα ± 92 χρόνια.

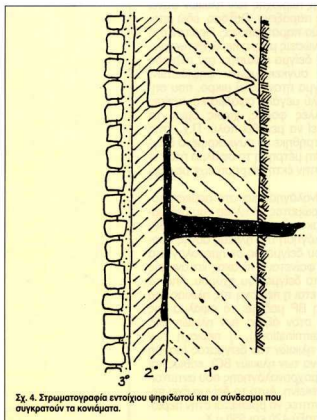
Έγινε επίσης χρονολόγηση και στο ασβεστοκονίαμα του 2ου στρώματος. Η ηλικία του δείγματος σε έτη άνθρακα είναι 1561 ± 25 χρόνια BP. Μετά από βαθμολόγηση της ηλικίας αυτής προκύπτει η ηλικία του δείγματος σε ημερολογιακά έτη. Στο σχήμα 2 φαίνεται ο πίνακας κατανομής πιθανότητας για το δείγμα του άγυρου. Από το ίδιο σχήμα 2 φαίνεται η περιοχή της ηλικίας του δείγματος σε έτη BP μαζί με το σφάλμα της (κόκκινη περιοχή στον άξονα των ηλικιών BC, Radiocarbon Determinations), η περιοχή των βαθμολογημένων ηλικιών του δείγματος (μαύρη περιοχή στον άξονα των ηλικιών BC), καθώς και οι καμπύλες δειχτροχρονολόγησης που αντιστοιχούν στην εποχή εκείνη. Αυτό το δείγμα έχει περίπου 95% πιθανότητες να βρίσκεται στην περιοχή των ηλικιών μεταξύ 420 και 550 μ.Χ.



Σχ. 2



Σχ. 3



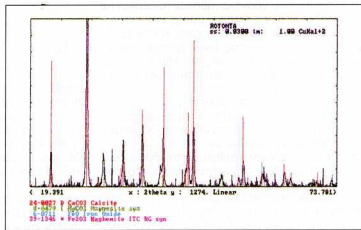
Σχ. 4. Στραματογραφία εντοίχου ψηφιδωτού και οι σύνδεσμοι που συγκρατούν τα κονιάματα.

Συγκρίνοντας τις βαθμολογημένες ηλικίες των δύο δειγμάτων, φαίνεται ότι υπάρχει μια μικρή διαφορά στο εύρος των ηλικιών, η οποία όμως οφείλεται στο μεγάλο σφάλμα του πρώτου δείγματος. Αυτά που μπορούν να διαπιστωθούν είναι: πρώτον, ότι οι δύο ηλικίες υπερκαλύπτονται, και δεύτερον, καλύπτονται και την περίοδο κατά την οποία είναι γνωστό ότι κατασκευάστηκαν τα ψηφιδωτά. Πρέπει να επισημανθεί όμως ότι η χρονολόγηση των ασβεστοκονιμάτων με ραδιάνθρακα βρίσκεται ακόμα στα πρώτα της βήματα.

Η κορυφή του πυριτίου μπορεί εύκολα να εξηγηθεί αν ληφθεί υπόψη ότι στην κατασκευή της υαλοψιφίδας το ρευστό γυαλί απλώνονταν σε στρώμα αμμου και κεραμικού, για να κρυσώσει.

Αχειροποίητος Θεσσαλονίκης

Στο 1ο στρώμα κονιάματος εφαρμόστηκε Χ.Ρ.Δ. Οι ενώσεις που αναγνωρίστηκαν, εκτός από το ανθρακικό ασβέστιο, περιέχουν και στοιχεία όπως το Mg και ο Fe. Εδώ,



Σχ. 5. Το φάσμα της περιθλασιμετρίας ακτίνων X από το δείγμα ασβεστοκονιάματος του ναού της Ροτόνας.

Κατόπιν εφαρμόστηκε και Χ.Ρ.Δ. στο κονίαμα του 2ου στρώματος. Οι ενώσεις (ή "φάσεις") που βρέθηκαν, εκτός από το ανθρακικό ασβέστιο, περιέχουν και στοιχεία όπως το Mg και ο Fe. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αντίγνευση των κορυφών στο Χ.Ρ.Δ. είναι κυρίως ποιοτική και όχι ποσοτική. Το εύρος, το ύψος και ο αριθμός των κορυφών δεν είναι ενδεικτικά της ποσότητας του αντίστοιχου υλικού στο δείγμα, με βάση το υπολογιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε. Ωστόσο συνάγεται εμμέσως ότι η ποσότητα του ανθρακικού ασβεστίου στο δείγμα υπερτερεί έναντι των άλλων ενώσεων, γεγονός βέβαια που αναμενόταν.

Τέλος, έγινε εξέταση με το S.E.M. και στο αποτύπωμα της ψηφίδας του πρώτου στρώματος. Στο φάσμα του EDAX που καταγράφηκε εμφανίστηκαν οι χαρακτηριστικές κορυφές του Ca, του Si, του Fe και του Mg.

όπως και προηγουμένως, μπορεί να συναχθεί ότι η ποσότητα του ανθρακικού ασβεστίου στο δείγμα υπερτερεί έναντι των άλλων, γεγονός που βέβαια είναι αναμενόμενο.

Επίσης, στο 1ο στρώμα έγινε και ανάλυση με το S.E.M., και στο φάσμα του EDAX εμφανίστηκαν οι χαρακτηριστικές κορυφές του Ca, του Si και του Mg. Τέλος, έγινε εξέταση με το S.E.M. και στο αποτύπωμα της ψηφίδας του πρώτου στρώματος. Στο φάσμα του EDAX εμφανίστηκαν οι χαρακτηριστικές κορυφές του Ca, του Si και του Mg. Η κορυφή του πυριτίου μπορεί εύκολα να εξηγηθεί, αν ληφθεί υπόψη ο τρόπος κατασκευής της υαλοψιφίδας.

Συγκριτική μελέτη των δειγμάτων από τους ναούς της Ροτόνας

και της Αχειροποίητου της Παλαιοχριστιανικής και της Πρωτοβυζαντινής περιόδου

Καθώς φαίνεται στον πίνακα 1, σε γενικές γραμμές η τεχνολογία της κατασκευής των δύο κονιαμάτων είναι περίπου η ίδια, υπάρχουν όμως και μερικές σημαντικές διαφορές. Εν πρώτοις, το πιο σημαντικό είναι ότι τα δύο κονιάματα διαφέρουν ως προς τον αριθμό των στρώματων. Στη Ρωτόντα παρατηρούνται τρία στρώματα

νιάματος την εποχή εκείνη—, αλλά και διαφορά στην ποσότητα του στα δύο δείγματα. Στη Ρωτόντα έχει χρησιμοποιηθεί μεγάλη ποσότητα άχυρου, αλλά με κομμάτια μικρών διαστάσεων και πολύ λεπτά. Στην Αχειροποίητο όμως έχει χρησιμοποιηθεί λιγότερο άχυρο, αλλά τα κομμάτια είναι χοντροκομμένα και παχιά. Γείονια που σημαίνει πως ο κάθε ψηφοβέτης ή το εργαστήριό του έχει τα δικά του κριτήρια, όσον αφορά την ποσότητα των υλικών που θα χρησιμοποιήσει, και ίσως να μην υπήρχε μια συγκεκριμένη συνταγή, αλλά η

πως η κατασκευή των κονιαμάτων γινόταν χωρίς την προσθήκη χαλαζιακής άμμου ή άλλου πυριτικού ορυκτού, ως αδρανούς υλικού. Το γεγονός αυτό εξηγεί και τη μεγάλη ποσότητα άχυρου που υπάρχει στο κονίαμα, το οποίο, εκτός του ότι δίνει όγκο στο κονίαμα, παίζει και το ρόλο του αδρανούς υλικού. Η τεχνολογία αυτή των συγκεκριμένων ψηφιδωτών της εποχής αυτής είναι σημαντικά διαφορετική από εκείνη των ψηφιδωτών της Μεσοβυζαντινής περιόδου, όπως εξηγείται και παρακάτω.

Πίνακας 1. Συγκριτική μελέτη δειγμάτων από τη Ρωτόντα και την Αχειροποίητο, της Παλαιοχριστιανικής και Πρωτοβυζαντινής περιόδου.

Πίνακας 1	ΡΩΤΟΝΤΑ	ΑΧΕΙΡΟΠΗΙΟΤΟΣ
3ο στρώμα	<ul style="list-style-type: none"> πάχος: 1,5 - 1,9 cm σύνταξη: ασβέστης μεγάλη ποσότητα άχυρου μήκους 0,5 - 7 mm, πετρολίτες λευκόφαιου, λευκού και γκρι χρώματος, διαμέτρου 1 - 3 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> πάχος: 2 - 2,5 cm σύνταξη: ασβέστης λίγο αλλά με μεγάλα κομμάτια άχυρου μήκους 0,5 - 2 cm και πάχους μέχρι 0,4 cm.
XRD	-	-
SEM/EDAX	-	-
¹⁴ C	Χρονολόγηση άχυρου 1962 ± 92 BP	-
2ο στρώμα	<ul style="list-style-type: none"> πάχος: 1 - 1,5 cm σύνταξη: ασβέστης πετρολίτες γκρι και άσπρου χρώματος διαμέτρου κάτω από 1 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> στρώμα που αποτελεί ταυτόχρονα και στρώμα ψηφοβέτησης. πάχος: 1,5 - 1,8 cm σύνταξη: ασβέστης πετρολίτες γκρι χρώματος, διαμέτρου 0,1 - 0,5 cm μακροκρυστάλλιο διακρίνεται κομμάτια κεραμικού.
XRD	D-calcite CaCO ₃ Magnesite syn. MgCO ₃ Iron oxide FeO Magnetite ITC RG syn. Fe ₃ O ₄	D-calcite CaCO ₃ Magnesite syn. MgCO ₃ Iron oxide FeO Magnetite ITC RG syn. Fe ₃ O ₄
SEM/EDAX	CaK _α (3,70 KeV) MgK _α (1,58 KeV)	CaK _α (3,70 KeV) MgK _α (1,58 KeV)
¹⁴ C	Χρονολόγηση ασβεστοκονιάματος 1561 ± 29 BP	-
1ο στρώμα	<ul style="list-style-type: none"> πάχος: δεν ξεπέρασε το 1 mm σύνταξη: ασβέστης 	-
XRD	-	-
SEM/EDAX	-	-
¹⁴ C	-	-
Αποτίμηση ψηφιδώσεως	<ul style="list-style-type: none"> χρώματος ελαφρό κόκκινο/κόκκινο, διαστάσεις: περίπου τετράγωνες 	<ul style="list-style-type: none"> δύο αποτιμήματα ψηφιδώσεως: το ένα είναι χρώματος σκούρου γκρι, με διαστάσεις περίπου τετράγωνες και τριγώνες. Το δεύτερο είναι φαστότερο προς ύψος, με διαστάσεις ορθογώνιες
XRD	-	-
SEM/EDAX	CaK _α (3,70 KeV) MgK _α (1,58 KeV) SiK _α (1,74 KeV) FeK _α (9,39 KeV)	CaK _α (3,70 KeV) MgK _α (1,58 KeV) SiK _α (1,74 KeV)
¹⁴ C	-	-

κονιάματος, κλασική περίπτωση κατασκευής υποστρώματων εντοιχίων ψηφιδωτών. Ενώ στην Αχειροποίητο τα στρώματα κονιαμάτων είναι δύο, γεγονός που δεν είναι μεν άγνωστο στην κατασκευή υποστρώματων, συναντάται όμως σπάνια. Διαπιστώνεται ακόμη και ύπαρξη άχυρου— κύριου συστατικού για την κατασκευή του κο-

ποσότητα να ήταν κάθε φορά συνάρτηση της μεθόδου του εκάστοτε ψηφοβέτη και της ποιότητας του έργου. Η σύνταξη του κονιαματος όμως διαπιστώνεται (από το Χ.Ρ.Δ.) πως είναι ακριβώς η ίδια. Αλλά εκείνο που κάνει εντύπωση είναι η έλλειψη του στοιχείου του πυριτίου στα αδρανή υλικά, που σημαίνει

Όσιος Λουκάς Βοιωτίας

Το δείγμα που πάρθηκε από τον Όσιο Λουκά ήταν ένας πυρήνας ("καρότο") εντοιχίου ψηφιδωτού με τρία στρώματα κονιαμάτων. Στο δείγμα υπήρχαν επίσης και υαλοψιφίδες χρωστές και μία μαούρη. Στο 2ο στρώμα κονιαμάτων εφαιρόστηκε Χ.Ρ.Δ. Οι ενώσεις που

Πίνακας 2. Συγκριτική μελέτη δειγμάτων από τη Μονή Όσιου Λουκά και τη Μονή Δοφήν, της Μεσοβυζαντινής περιόδου.

Πίνακας 2	ΟΣΙΟΣ ΛΟΥΚΑΣ	ΔΟΦΗΝ	
		Αρχικό δείγμα του 1 του α.	Μεταγενέστερο δείγμα
3ο στρώμα	<ul style="list-style-type: none"> χρώμα: σκούρο υποκίτρινο πάχος: 1,8 - 2 cm σύνταξη: ασβέστης μεγάλη ποσότητα άχυρου μήκους 1-8 mm, αναδραμμένα σπέρμα και γκρι χρώματος, διαμέτρου 1-5 mm μακροκρυστάλλιο κομμάτια κεραμικού 	<ul style="list-style-type: none"> χρώμα: ανοιχτό υποκίτρινο πάχος: 1 σύνταξη: ασβέστης μεγάλη ποσότητα άχυρου μήκους 0,5 - 8mm πετρολίτες λευκόφαιου, λευκού και γκρι χρώματος, διαμέτρου 1 - 5 mm. μακροκρυστάλλιο κομμάτια κεραμικού 	
XRD	-	-	
SEM/EDAX	-	-	
¹⁴ C	-	-	
2ο στρώμα	<ul style="list-style-type: none"> χρώμα: σκούρο πάχος: 1,1 - 1,5 cm σύνταξη: ασβέστης πετρολίτες γκρι χρώματος διαμέτρου κάτω από 1 mm. μακροκρυστάλλιο 	<ul style="list-style-type: none"> χρώμα: κοκκινωπό πάχος: 0,8 - 1 cm σύνταξη: ασβέστης κομμάτια κεραμικού και κεραμιδιόκοι 	
XRD	D-calcite CaCO ₃ Quartz syn. SiO ₂ Iron oxide FeO Magnetite ITC RG syn. Fe ₃ O ₄	D-calcite CaCO ₃ Quartz syn. SiO ₂ Dolomite CaMg(CO ₃) ₂ I-Ironoxide fluorinated heated (Na, K) AlSi ₃ O ₈ I-Calcium Aluminium Iron Silicate CaSSi ₂ (F ₂) ₁₀ Si ₆	
SEM/EDAX	CaK _α (3,70 KeV) MgK _α (1,58 KeV)	-	
¹⁴ C	-	-	
1ο στρώμα	<ul style="list-style-type: none"> πάχος: δεν ξεπέρασε το 1 mm σύνταξη: ασβέστης 	-	
XRD	-	-	
SEM/EDAX	CaK _α (3,70 KeV)	-	
¹⁴ C	-	-	

βρέθηκαν, εκτός από το ανθρακικό ασβέστιο, περιέχουν και στοιχεία όπως το Si και ο Fe. Επίσης στο 2ο στρώμα έγινε και ανάλυση με το S.E.M. Στο φάσμα του EDAX εμφανίστηκαν οι χαρακτηριστικές κορυφές του Ca, του Si και του Mg.

Έχουν όμως ενδιαφέρον και οι λεπτομέρειες που παρατηρήθηκαν στις υαλοψηφίδες. Τα πάχη των στρωμάτων του γυαλιού κυμαίνονται μεταξύ 4,5 nm και 0,5 nm περίπου για το 3ο και το 1ο στρώμα γυαλιού αντίστοιχα, ενώ το πάχος του φύλλου του χρυσού δεν ξεπερνά το 1 μm. (Ο τρίτος κατασκευή των χρυσών ψηφιδωτών φαίνεται στο σχήμα 3.)

Ενδιαφέρον επίσης είναι το γεγονός ότι στα σημεία επαφής της υαλοψηφίδας με το κωνίαμα παρατηρούνται ίχνη διάβρωσης του γυαλιού, όπου εμφανίζεται και το φαινόμενο του ιριδισμού.

Δαφνί Αττικής

Τα δείγματα που πάρθηκαν από το Δαφνί ήταν δύο. Το πρώτο δείγμα προέρχεται από το υπόστρωμα του 11ου αι. Το δεύτερο δείγμα προέρχεται από μεταγενέστερη επέμβαση, με δύο στρώματα.

Στο μεταγενέστερο δείγμα εφαρμόστηκε X.R.D. Οι φάσεις που βρέθηκαν, εκτός από το ανθρακικό ασβέστιο, περιέχουν και στοιχεία όπως το Si, το Mg, το Na, το Al και ο Fe, τα οποία βεβαίως οφείλονται στα πρόσμικτα αδρανή του κωνιάματος.

Συγκριτική μελέτη των δειγμάτων από τα Καθολικά των μονών του Όσιου Λουκά και του Δαφνίου της Μεσοβυζαντινής περιόδου

Καθώς φαίνεται στον πίνακα 2, σε γενικές γραμμές η τεχνολογία της κατασκευής των στρωμάτων των δύο κωνιάμων είναι περίπου η ίδια, αλλά υπάρχουν και μερικές σημαντικές διαφορές. Αιτιώς, από τη Μονή Δαφνίου δεν ήταν διαθέσιμα πλήρη δείγματα, με όλα τα στρώματα κωνιάματος, και γι' αυτό η συγκριτική μελέτη έγινε μόνο για τα στρώματα που υπήρχαν στα δείγματα που μελετήθηκαν.

Όσον αφορά το κωνίαμα του 3ου στρώματος από τα εντοίχια ψηφιδωτά της Μονής του Όσιου Λουκά και της Μονής Δαφνίου, φαίνεται εκ πρώτης όψεως όμοια ως προς τα συστατικά τους. Καταρχήν, μπορεί να ειπωθεί η παρουσία του άχρυσου ως κύριου συστατικού της κατασκευής του κωνιάματος για την εποχή στην οποία αναφέρεται η μελέτη, με τη χαρακτηριστική διαφορά ότι η ποσότητα του στα κωνιάματα είναι σαφώς μικρότερη από εκείνη των δειγμάτων της Θεσσαλονίκης, τα οποία ανήκουν σε περίοδο πριν από την Εικονομαχία. Το γεγονός αυτό σημαίνει πως εδώ το άχρυσό δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο στο κωνίαμα, δηλαδή δίνει όγκο στο κωνίαμα, αλλά δεν αντικαθίσταται τα αδρανή υλικά. Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε και παρακάτω, από την ύπαρξη πυριτι-

κών στοιχείων στο X.R.D., τα οποία υποδηλώνουν ότι έχει χρησιμοποιηθεί γαλαζιβάκη άμμος ή άλλες πυριτικές ενώσεις, ως αδρανή υλικά του κωνιάματος.

Γενικά συμπεράσματα και συγκριτική μελέτη των δειγμάτων των δύο βυζαντινών περιόδων

Σχετικά με τα κωνιάματα των δύο αυτών περιόδων, πριν και μετά την Εικονομαχία, παρατηρείται μια εμφανής διαφορά στην τεχνολογία.

Στην πριν από την Εικονομαχία περίοδο, είναι φανερό ότι η τεχνολογία κατασκευής των κωνιάμων των εντοίχια ψηφιδωτών περνά μεταβατικό ή και περαματικό στάδιο, που αποσκοπεί κυρίως στην κρίση του ψηφιδωτή ή του εργασιολογίου που τα κατασκευάζει.

Αντίθετα, κατά τη Μεσοβυζαντινή περίοδο, στη διάρκεια της οποίας η διακόσμηση των ναών με εντοίχια ψηφιδωτά φθάνει στο απόγειό της, η τεχνολογία είναι λεπτή και επιμελημένη στο έπακρο, διαπιστώνεται δε μια λεπτομερής συνταγή κατασκευής, η οποία ακολουθεί από τους περισσότερους ψηφοθέτες σε ολόκληρη την Ελλάδα.

Ευχαριστίες

Οι θέματα να ευχαριστήσω θερμά: τον κ. Δημήτρη Χριστοφίδη, Συντηρητή ψηφιδωτών και Επικουρό Κωνσταντή του Τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. των Τ.Ε.Ι. Αθηνών, τον Δρ Γιάννη Μακρή, Προϊστάμενο Εργαστηρίου Αρχαιομετρίας στο Ινστιτούτο Επιστήμης Υλικών του Ε.Κ.Μ.Ε.Φ.Ε. 'Δημόκριτος', τον Δρ Βασίλη Κωνσταντίνου, Εργαστήρι Τεχνολογίας Αρχαιομετρίας, τον Δρ Γεώργιο Φακορέλλη, Συντηρητή του Ίδρυ Εργαστηρίου, τις κυρίες: Κική Πολυκρέτη, Αλεξάνδρα Παπαδάκη και κ. Κωνσταντίνου Ζουσιτάς, με ταπαινωτικές υποστάσεις του Εργ. Αρχαιομετρίας, για τη βοήθεια και τη συμβολή τους στη συγκράτηση της εργασίας αυτής.

The Lime Mortar of Wall Mosaics: Study and Dating Through the ¹⁴C Method

Melina Korozī

This article presents a thorough study and investigation of the lime mortar, which serves as bed for the wall mosaics, through the application of physico-chemical methods.

The methods employed are three: a. the XRD, which examines the mortar surface, b. the SEM, which analyses the chemical components of the materials and c. the ¹⁴C, a method of absolute dating.

The samples for this study come on the one hand from two churches in Thessaloniki, dating in the Early Christian and Early Byzantine period; and on the other from the katholikon of Hosios Loukas Monastery in Boeotia and that of Daphni Monastery in Attica, both of the Middle Byzantine period.

The conclusions of the study are the following: First, the striking difference in craftsmanship and technique of the mosaic bed between the earlier and later period is more than obvious.

Second, the application of the ¹⁴C method leads to a precise dating of the lime mortar and thus the dating problems concerning Byzantine monuments, which have been decorated with wall mosaics in more than one phase, can be definitely solved.

Βιβλιογραφία

- Aiken M.J. (1960). "Radiocarbon 1 and 17", κεφ. 3, 4, in *Science-based dating in Archaeology*. Longman, London and New York, σσ. 56-119.
- Bassler M.S. and Walton A. (1979). "Radiocarbon dating of mortars". *Nature*, vol. 225, σσ. 937-938.
- De Vries H. L. and Darenson G. W. (1953). "Radiocarbon dating by a proportional counter filled with carbon dioxide". *Physica XIX*, σσ. 987-1003.
- Goodfellow P. J. and Humphreys F. J. (1968). *Electron Microscopy and Analysis*. Taylor and Francis, London, N.Y., Philadelphia (1st ed., 1975).
- Ζουριδάκης Ν. (1962). "Το πρόβλημα της χρονολόγησης αρχαίων υαλοψηφιδωτικών κωνιάμων με την τεχνική του ραδιόβρωκου. Συμπεράσματα και προοπτικές". *Πρακτικά Α' Συνεδρίου Αρχαιομετρίας "Ενδοξοί Αρχαιομετρίας και Αρχαιολογίας"*, 26-28 Ιανουαρίου 1960, Αθήνα, Μοναχία Γ. (1961). "Μέθοδοι χρονολόγησης αρχαίων υλικών". *Ανθρακικό* 2, σσ. 75-81.
- Mook W.G. and Steunman H. J. (1976). "Physical and chemical aspects of radiocarbon dating". *FACT* 8-11, σσ. 31-35.
- Van Strydomk M., Dupas M., and Dauchof-Dehon M. "Radiocarbon dating of old mortars". *FACT* 8-1 V, σσ. 337-343.
- Willard H. W., Merritt L. Jr., Dean J., and Settle F. Jr. (1961). *Instrument methods of analysis* (6th edn), Wadsworth Publishing Company, Belmont California.
- Φικαρέλλης Γ. (1999). *Χρονολόγηση οργανικών υλικών με ραδιόβρωκο*. Σημειώσεις για το μάθημα Φ.Ρ.Τ. III του Τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. των Τ.Ε.Ι. Αθηνών.