



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Φυσικοχημική Μελέτη Κονιαμάτων και Επιχρισμάτων από την Μινωική Κυδωνία Χανίων

Διπλωματική Εργασία

Πολύζου Άννα

Εξεταστική επιτροπή:

Καλλίθρακας-Κόντος Νικόλαος, Καθηγητής (Επιβλέπων)
Σχολή Μηχ/ων Ορυκτών Πόρων

Μαραβελάκη Νόννη-Παγώνα, Αν. Καθηγήτρια
Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχ/ων

Πεντάρη Δέσποινα, Επίκουρη Καθηγήτρια
Σχολή Μηχ/ων Ορυκτών Πόρων

XANIA 2017

Στην Βασιλική και τα παιδιά...

Πρόλογος

Η διπλωματική αυτή εργασία με τίτλο «Φυσικοχημική Μελέτη Κονιαμάτων και Επιχρισμάτων της Μινωικής Κυδωνίας Χανίων» εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Το εργαστήριο που φιλοξένησε την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι το Εργαστήριο Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς & Σύγχρονης Δόμησης, υπο την επιστημονική εποπτεία και επιμέλεια της κ. Νόνης Μαραβελάκη, Αναπληρώτριας Καθηγήτριας της Σχολής Αρχ/ων Μηχανικών, την οποία και ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας, για τις συμβουλές της και την όρεξη να μου μάθει όσα εκείνη γνωρίζει, οδηγώντας με στον τελικό μου στόχο. Θα ήθελα να ευχαριστήσω για την συνεργασία μας τον Καθηγητή Καλλίθρακα-Κόντο Νικόλαο, ο οποίος είναι ο επιβλέπων μου και μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Πεντάρη Δέσποινα, Επίκουρη Καθηγήτρια της Σχολής Μηχ/ων Ορυκτών Πόρων για την συμμετοχή της στην εξεταστική επιτροπή καθώς και για τις επισημάνσεις της στην συγγραφή της διπλωματικής αυτής εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Εφορεία Αρχαιοτήτων Χανίων και ιδιαίτερα την Δρ. Μαρία Ανδρεαδάκη-Βλαζάκη, Γενική Γραμματέα του ΥΠΠΟΑ, υπεύθυνη της αρχαιολογικής ανασκαφής της οδού Κατρέ από όπου και πάρθηκαν τα δείγματα, για την δυνατότητα ανάλυσης των δειγμάτων και όλες τις χρήσιμες πληροφορίες για την χρονολόγηση τους. Ευχαριστίες επίσης απευθύνονται και στην αρχαιολόγο κα Ευτυχία Πρωτοπαπαδάκη για την συνεργασία της στην δειγματοληψία.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια Καπριδάκη Χρυσή και τον απόφοιτο πλέον της Σχολής Αρχ/ων Μηχανικών Αντώνη Θεολογίτη για την βοήθεια και συμβολή στην διεκπεραίωση των εργαστηριακών αναλύσεων.

Τελειώνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη, τους φίλους μου για τα τόσο όμορφα χρόνια στα Χανιά και φυσικά την Νατάσα και την Μελίνα μου που είναι πάντα εκεί για μένα.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην μελέτη και αξιολόγηση δειγμάτων της αρχαιολογικής ανασκαφής, της οδού Κατρέ, στο λόφο Καστελίου με σκοπό τη μελέτη, την ανάλυση και κατηγοριοποίηση των κονιαμάτων. Συγκεκριμένα τα δείγματα που συλλέχθηκαν από την δειγματοληψία στην αρχαιολογική ανασκαφή της Κατρέ μέσα στην πόλη των Χανίων (επιστημονική υπεύθυνη Δρ. Μαρία Ανδρεαδάκη-Βλαζάκη, Γενική Γραμματέας του ΥΠΠΟΑ), είναι συνολικά 20 και τα οποία κατηγοριοποιήθηκαν μακροσκοπικά σε δύο γενικές ομάδες, των ασβεστοκονιαμάτων (16 δείγματα) και των πηλοκονιαμάτων (4 δείγματα). Για περαιτέρω σύγκριση των κονιαμάτων προστέθηκαν και δύο ακόμα δείγματα μεταγενέστερης κατασκευαστικής φάσης τα οποία προέρχονται από τον Φάρο του Αγίου Ιωάννη, από τον Άγιο Νικόλαο Κρήτης. Τα δείγματα στη συνέχεια εξετάστηκαν μέσω οπτικού μικροσκοπίου, ώστε να καταγραφούν τα γενικά χαρακτηριστικά της μικροδομής τους, επίσης επιλέχθηκαν ορισμένα δείγματα τα οποία υποβλήθηκαν σε περαιτέρω αναλύσεις όπως η δημιουργία στιλπνών και λεπτών τομών, για μια καλύτερη μελέτη και διάκριση της κονίας και του μεγέθους των αδρανών του εκάστοτε δείγματος. Η μεγάλη ποσότητα ενός εκ των δειγμάτων επέτρεψε την κοκκομετρική διαβάθμιση με χρήση κοσκίνων όπου έδειξε ότι επικρατεί λεπτόκοκκη άμμος και κεραμάλευρο στα αδρανή. Η περιθλασημετρία ακτίνων -X (XRD) σε συνδυασμό με τη φασματοσκοπία υπερύθρου (FTIR) έδωσαν αποτελέσματα για την σύσταση των δειγμάτων τόσο σε ποσοτικό όσο και σε ποιοτικό επίπεδο. Επιπλέον η θερμική ανάλυση (TGA, DTA) εφαρμόστηκε με σκοπό να προσδιοριστούν τα χημικά ενωμένα υδροξύλια (OH) και νερά (H₂O), τα οποία αποτελούν τη βάση για την εκτίμηση των δεικτών υδραυλικότητας των κονιαμάτων. Για τον προσδιορισμό των στοιχείων και ιχνοστοιχείων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της φασματομετρίας (XRF). Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών καθώς και στο εργαστήριο Αναλυτικής και Περιβαλλοντικής Χημείας του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Τα αποτελέσματα της φυσικοχημικής και ορυκτολογικής ανάλυσης των κονιαμάτων συνετέλεσαν στην κατάταξη των κονιαμάτων σε ομοειδείς ομάδες που αποδίδονται σε ίδιες κατασκευαστικές φάσεις.

Περιεχόμενα

| | |
|--|------|
| Πρόλογος | iii |
| Περίληψη | iv |
| Κατάλογος Εικόνων..... | vi |
| Κατάλογος φωτογραφιών | viii |
| Κατάλογος Σχημάτων | viii |
| Κατάλογος Πινάκων | x |
| Κατάλογος Διαγραμμάτων..... | x |
| Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή..... | 11 |
| 1.1 Ιστορική Αναδρομή Χανιά, Λόφος Καστελίου | 11 |
| Κεφάλαιο 2 ^ο : Κονιάματα | 14 |
| 2.1 Ιστορική εξέλιξη κονιαμάτων | 14 |
| 2.2 Γενικά..... | 16 |
| 2.2.1 Κονιάματα | 16 |
| 2.2.2 Αδρανή Υλικά | 16 |
| 2.3 Αερικές κονίες..... | 17 |
| 2.3.1 Άργιλος, Πηλός | 17 |
| 2.3.2 Άσβεστος | 18 |
| 2.3.3 Άσβηστοι άσβεστοι | 18 |
| 2.3.4 Σβησμένες Άσβεστοι | 19 |
| 2.3.5 Μαγνησιακή Άσβεστος, Δολομιτική Άσβεστος..... | 20 |
| 2.3.6 Μαγνησιακή Κονία..... | 20 |
| 2.3.7 Γύψος..... | 20 |
| 2.4 Υδραυλικές κονίες..... | 20 |
| 2.4.1 Υδραυλική Άσβεστος | 21 |
| 2.4.2 Ποζολανικές Κονίες | 21 |
| 2.4.3 Ρωμαϊκή Κονία - Κουρασάνι..... | 22 |
| 2.5 Ιδιότητες Κονιαμάτων..... | 22 |
| Κεφάλαιο 3 ^ο : Εργαστηριακές Τεχνικές και Τεχνικές Ανάλυσης..... | 24 |
| 3.1 Εισαγωγή..... | 24 |
| 3.2 Χημικές Μέθοδοι Ανάλυσης..... | 25 |
| 3.2.1 Υπέρυθρη Φασματοσκοπία με Μετασχηματισμό Fourier (FT-IR)..... | 25 |
| 3.2.2 Φασματοσκοπία Φθορισμού Ανάλυσης Ακτίνων-X (X-Ray Fluorescence)-Φθορισμομετρία Ενεργειακής Διασποράς Ακτίνων X (ED-XRF)..... | 29 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.3 Θερμικές Μέθοδοι Ανάλυσης με Διαφορική Θερμική Ανάλυση DTA (Differential Thermal Analysis) / Θερμοστατική Ανάλυση TGA (Thermogravimetric Analysis)..... | 31 |
| 3.3 Ορυκτολογικές Μέθοδοι Ανάλυσης..... | 34 |
| 3.3.1 Περιθλασιμετρία Ακτίνων –X (XRD)..... | 34 |
| 3.4 Κοσκίνιση..... | 36 |
| Κεφάλαιο 4 ^ο : Ανάλυση και Χαρακτηρισμός Κονιαμάτων | 38 |
| 4.1 Μακροσκοπικός Χαρακτηρισμός Δειγμάτων | 38 |
| 4.2 Μικροσκοπική Ανάλυση Δειγμάτων | 51 |
| 4.3 Μελέτη Στιλπνών και Λεπτών Τομών καθώς και Κοκκομετρική Διαβάθμιση Κονιαμάτων..... | 63 |
| 4.4 Αποτελέσματα Χημικής και Ορυκτολογικής Ανάλυσης | 72 |
| 4.5 Αποτελέσματα Θερμικής Ανάλυσης..... | 97 |
| Κεφάλαιο 5 ^ο : Συμπεράσματα..... | 108 |
| Βιβλιογραφία | 110 |
| Παράρτημα-Καρτέλες Δειγμάτων | 112 |

Κατάλογος Εικόνων

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1: Η πολιορκία των Χανίων από τους Τούρκους το 1645 (Μιχάλης Ανδριανάκης-Η παλιά πόλη των Χανίων,εκδόσεις ΑΔΑΜ) [1]..... | 13 |
| Εικόνα 2: Επεξεργασία δορυφορικής εικόνας μέσω Google maps του κέντρου των Χανίων σήμερα με υπογράμμιση στου Ενετικού και Βυζαντινού τείχους. | 14 |
| Εικόνα 3:Φωτογραφία του τείχους της ανασκαφής της οδού Κατρέ 1 [21]..... | 38 |
| Εικόνα 4: Κάτοψη της περιοχής δειγματοληψίας της οδού Κατρέ. Δορυφορική εικόνα μέσω Google maps, με κόκκινο είναι υπογραμμισμένη η περιοχή δειγματοληψίας. | 38 |
| Εικόνα 5: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M1A..... | 39 |
| Εικόνα 6: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M1B..... | 39 |
| Εικόνα 7: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M2A1 | 40 |
| Εικόνα 8: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M2B1 και M2B2..... | 40 |
| Εικόνα 9: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M3..... | 41 |
| Εικόνα 10:Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος Δ16 και η θέση δειγματοληψίας του αριστερά..... | 41 |
| Εικόνα 11: Μακροσκοπική φωτογραφία του δείγματος KX1 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 42 |
| Εικόνα 12: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX2 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 42 |
| Εικόνα 13: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX3 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 43 |
| Εικόνα 14: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX4 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 43 |

| | |
|--|----|
| Εικόνα 15: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX5 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 44 |
| Εικόνα 16: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX6 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 44 |
| Εικόνα 17: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX7 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 45 |
| Εικόνα 18: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX8 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 45 |
| Εικόνα 19: Μακροσκοπικές φωτογραφίες των δειγμάτων KX9α, KX9β και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 46 |
| Εικόνα 20: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX10 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 46 |
| Εικόνα 21: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX11 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 47 |
| Εικόνα 22: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX14-M4 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 47 |
| Εικόνα 23: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX15-M5 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 48 |
| Εικόνα 24: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX13-M6 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας..... | 48 |
| Εικόνα 25: Κάτοψη του Φάρου του Αγίου Ιωάννη με τις θέσεις δειγματοληψίας των E1 και E2..... | 50 |
| Εικόνα 26: Μακροσκοπική φωτογραφία του δείγματος E1..... | 50 |
| Εικόνα 27: Μακροσκοπική φωτογραφία του δείγματος E2..... | 51 |
| Εικόνα 28: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος M1A..... | 52 |
| Εικόνα 29: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος M1B..... | 52 |
| Εικόνα 30: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος M2A..... | 53 |
| Εικόνα 31: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου των δειγμάτων από αριστερά προς τα δεξιά του M2B1 και M2B2..... | 53 |
| Εικόνα 32: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος M3..... | 54 |
| Εικόνα 33: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος Δ16..... | 54 |
| Εικόνα 34: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX1..... | 55 |
| Εικόνα 35: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX2..... | 55 |
| Εικόνα 36: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX3..... | 56 |
| Εικόνα 37: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX4..... | 56 |
| Εικόνα 38: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX5..... | 57 |
| Εικόνα 39: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX6..... | 57 |
| Εικόνα 40: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX7..... | 58 |
| Εικόνα 41: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX8..... | 58 |
| Εικόνα 42: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου των δειγμάτων KX9α (αριστερά) και KX9β (δεξιά)..... | 59 |
| Εικόνα 43: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX10..... | 59 |
| Εικόνα 44: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX11..... | 60 |
| Εικόνα 45: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX14-M4..... | 60 |
| Εικόνα 46: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX15-M5..... | 61 |
| Εικόνα 47: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX13-M6..... | 61 |

| | |
|--|----|
| Εικόνα 48: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος E1..... | 62 |
| Εικόνα 49: Φωτογραφία από οπτικό μικροσκόπιο του δείγματος E1 κάθετα στο στρώμα του επιχρίσματος | 62 |
| Εικόνα 50: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος E2..... | 63 |
| Εικόνα 51: Φωτογραφία των Στιλπνών και Λεπτών τομών των δειγμάτων | 64 |
| Εικόνα 52: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Λεπτής τομής του δείγματος M1A .. | 64 |
| Εικόνα 53: Φωτογραφίες Στιλπνής τομής από οπτικό μικροσκόπιο του δείγματος M1A | 65 |
| Εικόνα 54: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Στιλπνής τομής του δείγματος M2B1 | 66 |
| Εικόνα 55: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Λεπτής τομής του δείγματος KX14-M4 | 67 |
| Εικόνα 56: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Στιλπνής τομής του δείγματος KX14-M4 | 67 |
| Εικόνα 57: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Λεπτής τομής του δείγματος KX15-M5 | 68 |
| Εικόνα 58: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Στιλπνής τομής του δείγματος KX15-M5 | 68 |
| Εικόνα 59: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Λεπτής τομής του δείγματος KX13-M6 | 69 |
| Εικόνα 60: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Στιλπνής τομής του δείγματος KX13-M6 | 69 |
| Εικόνα 61: Φωτογραφίες Στιλπνής τομής του δείγματος Δ16 | 70 |

Κατάλογος φωτογραφιών

| | |
|---|----|
| Φωτογραφία 1: Πρέσα και εξαρτήματα για δημιουργία πελέτας στο εργαστήριο «Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης»..... | 29 |
| Φωτογραφία 2: Όργανο θερμικής ανάλυσης του εργαστηρίου «Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης»..... | 33 |
| Φωτογραφία 3: Φάρος του Αγίου Ιωάννη φωτογραφία μέσω Google | 49 |

Κατάλογος Σχημάτων

| | |
|---|----|
| Σχήμα 1: Μοριακές δονήσεις τάσεως και κάμψεως στο IR [16]..... | 27 |
| Σχήμα 2: Διάταξη υπέρυθρου φασματοφωτόμετρου με μετασχηματισμό Fourier (FT-IR) [17]..... | 28 |
| Σχήμα 3: Σχηματικό διάγραμμα διάταξης φασματοσκοπίας φθορισμού [18]..... | 30 |
| Σχήμα 4: Σχηματικό διάγραμμα διάταξης θερμικού αναλυτή [20]. | 33 |
| Σχήμα 5: Συνήθης γεωμετρία ακτίνων-X από επίπεδο δείγμα, εικόνα μέσω Google. | 35 |
| Σχήμα 6: Σχηματική απεικόνιση των ακτίνων πρόσπτωσης στο κρυσταλλικό πλέγμα του δείγματος.(πηγή Google) | 36 |
| Σχήμα 7: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M1A | 72 |
| Σχήμα 8: Ανάλυση του M1A με περιθλασιμετρία ακτίνων -X..... | 72 |

| | |
|--|----|
| Σχήμα 9: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M1B | 73 |
| Σχήμα 10: Ανάλυση του M1B με περιθλασιμετρία ακτίνων –X..... | 73 |
| Σχήμα 11: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M2A1 | 74 |
| Σχήμα 12: Ανάλυση του M2A1 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X..... | 74 |
| Σχήμα 13: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M2B1 | 75 |
| Σχήμα 14: Ανάλυση του M2B1 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X..... | 75 |
| Σχήμα 15: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M3 | 76 |
| Σχήμα 16: Ανάλυση του M3 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X..... | 76 |
| Σχήμα 17: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX14 ή M4 | 77 |
| Σχήμα 18: Ανάλυση του KX14 ή M4 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X..... | 77 |
| Σχήμα 19: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX15 ή M5 | 78 |
| Σχήμα 20: Ανάλυση του KX15 ή M5 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X..... | 78 |
| Σχήμα 21: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX13 ή M6 | 79 |
| Σχήμα 22: Ανάλυση του KX13 ή M6 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X..... | 79 |
| Σχήμα 23: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX1 | 80 |
| Σχήμα 24: Ανάλυση του KX1 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 80 |
| Σχήμα 25: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX2..... | 81 |
| Σχήμα 26: Ανάλυση του KX2 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 81 |
| Σχήμα 27: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX3 | 82 |
| Σχήμα 28: Ανάλυση του KX3 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 82 |
| Σχήμα 29: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX4..... | 83 |
| Σχήμα 30: Ανάλυση του KX4 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 83 |
| Σχήμα 31: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX5..... | 84 |
| Σχήμα 32: Ανάλυση του KX5 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 84 |
| Σχήμα 33: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX6..... | 85 |
| Σχήμα 34: Ανάλυση του KX6 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 85 |
| Σχήμα 35: Ανάλυση του KX7 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 86 |
| Σχήμα 36: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX8..... | 86 |
| Σχήμα 37: Ανάλυση του KX8 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 87 |
| Σχήμα 38: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX9α..... | 87 |
| Σχήμα 39: Ανάλυση του KX9α με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 88 |
| Σχήμα 40: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX9β..... | 89 |
| Σχήμα 41: Ανάλυση του KX9β με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 89 |
| Σχήμα 42: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX10..... | 90 |
| Σχήμα 43: Ανάλυση του KX10 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 90 |
| Σχήμα 44: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX11 | 91 |
| Σχήμα 45: Ανάλυση του KX11 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X | 91 |
| Σχήμα 46 :Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του Δ16 | 92 |
| Σχήμα 47: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του E1 | 92 |
| Σχήμα 48: Ανάλυση του E1 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X..... | 93 |
| Σχήμα 49: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του E2 | 93 |
| Σχήμα 50: Ανάλυση του E2 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X..... | 94 |

Κατάλογος Πινάκων

| | |
|--|-----|
| Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του M1A | 65 |
| Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του M2B1 | 66 |
| Πίνακας 3: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του KX14-M4 | 67 |
| Πίνακας 4: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του KX15-M5 | 68 |
| Πίνακας 5: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του KX13-M6 | 69 |
| Πίνακας 6: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του Δ16 | 70 |
| Πίνακας 7: Ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων | 95 |
| Πίνακας 8: Εκατοστιαία στοιχειακή σύσταση των δειγμάτων | 96 |
| Πίνακας 9: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης των κονιαμάτων | 107 |

Κατάλογος Διαγραμμάτων

| | |
|--|-----|
| Διάγραμμα 1: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης του δείγματος M3 σε σχέση με την πρότυπη άμμο. | 71 |
| Διάγραμμα 2: Διαβάθμιση κόκκων % σε κάθε κλάσμα για το δείγμα M3 | 71 |
| Διάγραμμα 3: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M1A | 98 |
| Διάγραμμα 4: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M1B | 98 |
| Διάγραμμα 5: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M2A1 | 99 |
| Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M2B1 | 99 |
| Διάγραμμα 7: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M2B2 | 100 |
| Διάγραμμα 8: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M3 | 100 |
| Διάγραμμα 9: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX1 | 101 |
| Διάγραμμα 10: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX2 | 101 |
| Διάγραμμα 11: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX3 | 102 |
| Διάγραμμα 12: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX5 | 102 |
| Διάγραμμα 13: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX6 | 103 |
| Διάγραμμα 14: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX7 | 103 |
| Διάγραμμα 15: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX8 | 104 |
| Διάγραμμα 16: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX14 ή M4 | 104 |
| Διάγραμμα 17: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX15 ή M5 | 105 |
| Διάγραμμα 18: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX13 ή M6 | 105 |
| Διάγραμμα 19: Υδραυλικότητα κονιαμάτων | 107 |

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1 Ιστορική Αναδρομή Χανιά, Λόφος Καστελίου

- Προϊστορικοί χρόνοι (3^η -2^η χιλιετίες π.Χ) μινωική εποχή
- Ιστορικοί χρόνοι 1^η χιλιετία π.Χ ύστερη εποχή του χαλκού (υστερομινωική)
- Βυζαντινή περίοδος 3^{ος} αι. μ.Χ – 823
- Αραβοκρατία 823-961
- Βυζαντινή περίοδος 961-1252
- Βενετοκρατία 1252-1645
- Τουρκοκρατία νεότεροι χρόνοι 1645 ως σήμερα

Η ιστορία των Χανίων ξεκινά από την νεολιθική εποχή, με τους πρώτους κατοίκους να δημιουργούν οικισμό στον χαμηλό λόφο Καστελίου ο οποίος υψώνεται πάνω από το ενετικό λιμάνι [2]. Ο λόφος Καστελίου επιλέχθηκε να κατοικηθεί για τα αμυντικά του πλεονεκτήματα, αφού κάθε ύψωμα προσφέρει έγκαιρο εντοπισμό του εχθρού που πλησιάζει. Το Καστέλι πέραν του ότι ο λόφος αποτελούσε φυσικό οχυρό, είχε ιδανική θέση διότι γειτόνευε με τη θάλασσα και περιβάλλονταν από τον χανιώτικο κάμπο. Έτσι λόγω της ευνοϊκής θέσης αναπτύχθηκε τόσο η γεωργία και η αλιεία, όσο και το θαλάσσιο εμπόριο.

Ο λόφος Καστελίου γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη την πρωτομινωική περίοδο (3200/3000-2000 π.Χ) και αναδεικνύεται ως ένας από τους σημαντικότερους στην δυτική Κρήτη. Κατά την μεσομινωϊκή περίοδο (πρώτο μισό της 2^{ης} χιλιετίας π.Χ), ο οικισμός των Χανίων αναπτύσσεται σε δυναμικό κέντρο με την άνθιση του εμπορίου και της ναυτιλίας. Οι μεσομινωϊκές οικοδομικές φάσεις του οικισμού είναι ελάχιστες λόγω της οικοδομικής δραστηριότητας τις αμέσως επόμενες περιόδους. Η ακμή του λόφου Καστελίου παρατηρείται κατά την υστερομινωϊκή περίοδο (δεύτερο μισό της 2^{ης} χιλιετίας π.Χ.) όπου ο λόφος έχει το χαρακτήρα ανακτορικής εγκατάστασης. Η πόλη των Χανίων παρουσιάζει οργανωμένο πολεοδομικό σχέδιο σε τετράγωνα, όμως καταστρέφεται από μια πυρκαγιά το 1450 π.Χ.. Κατά την υστερομινωϊκή ΙΙΙ περίοδο (1400-1100π.Χ.) ανάπτυξη γνωρίζουν οι εμπορικές σχέσεις με τους Ιταλούς, τους Αιγύπτιους, τους Μυκηναίους κ.α., ανταλλάσσοντας όχι μόνο προϊόντα αλλά υιοθετώντας τεχνοτροπίες και τεχνικές που εκδηλώνονταν στην αρχιτεκτονική, την κεραμική και τη μικροτεχνία των Μινωιτών [2].

Η Κυδωνία των ιστορικών χρόνων, ήταν ιδρυμένη στη θέση της σύγχρονης πόλης των Χανίων, στο λόφο Καστελίου λόγω της αλληπάλληλης οικοδόμησης τα ευρήματα του οικισμού είναι ελάχιστα. Η ίδρυση της Κυδωνίας αποδίδεται σε Σαμίους αποίκους, οι οποίοι εγκατέλειψαν το νησί τους όταν ο Πολυκράτης έγινε τύραννος εκεί το 524 π.Χ.

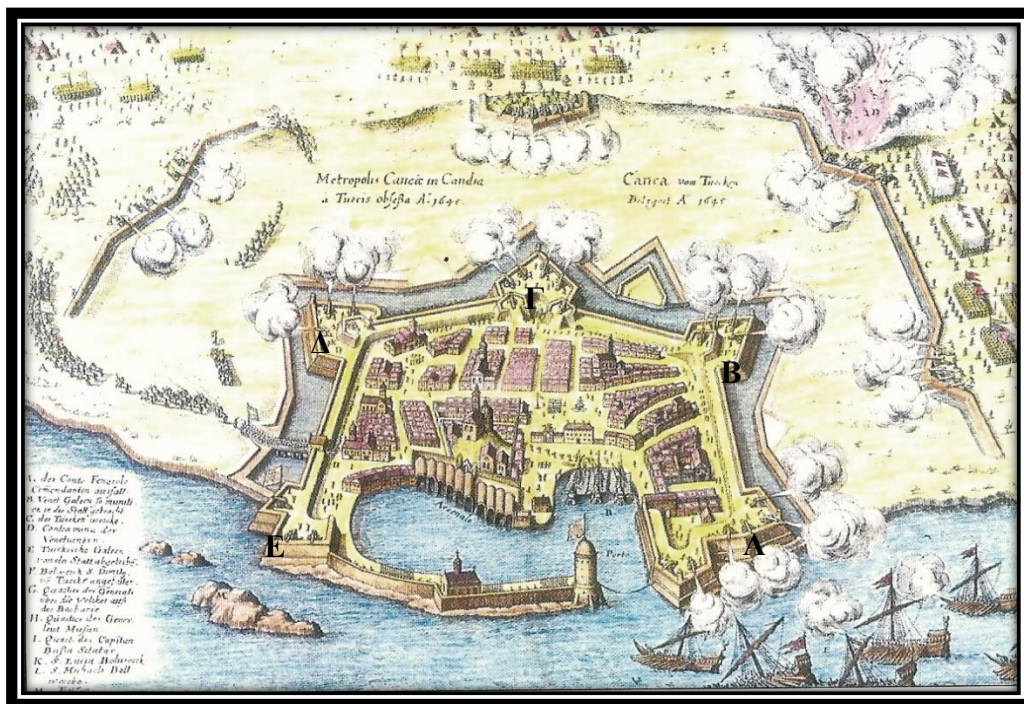
Την περίοδο της 1^{ης} χιλιετίας (ιστορικοί χρόνοι), η πόλη των Χανίων υπέστη αλληπάλληλες οικοδομήσεις, λεηλασίες από γειτονικά φύλα, πολιορκίες από τους Ρωμαίους και τελικά η πόλη υπέστη λαφυραγώγηση το 69 π.Χ από τον Κοίντο Καικίλιο Μέτελλο. Στη διάρκεια της Ρωμαϊκής εποχής αναπτύχθηκε ως ένα από τα σημαντικά κέντρα της Κρήτης, όπου ήκμασε μέχρι την ύστερη αρχαιότητα. Περιορισμένες είναι οι γνώσεις κατά την περίοδο των πρώτων Βυζαντινών χρόνων (3^{ος} αι. μ.Χ - 823) σχετικά με τις πηγές και τα αρχαιολογικά ευρήματα. Το κέντρο της παλαιοχριστιανικής πόλης εντοπίζεται με την αποκάλυψη των λειψάνων μιας παλαιοχριστιανικής βασιλικής κάτω από τα ερείπια του καθεδρικού ναού στην πλατεία της Αγίας Αικατερίνης στο κέντρο του λόφου Καστελίου. [2]

Ο λόφος Καστελίου λόγω της φυσικής του θέσης επιλέχθηκε από νωρίς για την προστασία του εκάστοτε οικισμού. Η οχύρωση του με το βυζαντινό τείχος, όπως φαίνεται με κόκκινη διαγράμμιση στην Εικόνα 2, έχει ακανόνιστο ωοειδές σχήμα και ακολουθεί το φυσικό ανάγλυφο του λόφου, με έκταση από Ανατολή προς Δύση όπου ήταν και οι δύο κύριες πύλες του. Η δυτική πύλη υπήρχε προς την πλατεία συντριβανιού και η ανατολική στη διασταύρωση των οδών Κανεβάρο και Δασκαλογιάννη. Άλλες δύο μικρότερες πύλες υπήρχαν στη νότια πλευρά στη συμβολή των **οδών Κατρέ** και **Καραολή-Δημητρίου** και στο ύψος των τουρκικών φυλακών προς την οδό Αφεντούλιεφ. Ένα μέρος από τη βόρεια και δυτική πλευρά συμπληρώνεται με κενά του φυσικού βράχου, ενώ στις υπόλοιπες πλευρές έχει χτιστεί ως ένα πλήρες οχυρωματικό έργο, με την εναλλαγή μικρών ορθογώνιων ή πολύγωνων πύργων και ευθύγραμμων τμημάτων. Το νότιο τμήμα προστατευόταν με τάφρο.

Η πόλη των Χανίων πολιορκήθηκε και κατακτήθηκε από τους Άραβες, την περίοδο 823-961, δεν έχουν εντοπιστεί αρχαιολογικά ευρήματα. Κατά την περίοδο 961-1252, Β' Βυζαντινή περίοδος, η βυζαντινή διοίκηση φροντίζει την εδραίωση της εξουσίας στην Κρήτη, ενίσχυση του πληθυσμού και την ανάπτυξη της εκκλησιαστικής δράσης.

Το 1211 η Κρήτη περιέρχεται στην Ενετική κυριαρχία και το Βυζαντινό τείχος επισκευάστηκε από τους Βενετούς διατηρώντας το περίγραμμά του. Με τα χρόνια η πόλη μεγάλωνε και επεκτάθηκε και εκτός των ορίων του βυζαντινού τείχους. Οι Βενετοί

ξεκίνησαν περί το 1538 την κατασκευή των νέων οχυρώσεων από τον Βερονέζο μηχανικό Michele Sammichele. Οι οχυρώσεις αυτές σχηματίζουν ένα ορθογώνιο, παράλληλο προς την παραλία, ενισχυμένο στις γωνίες από προμαχόνες σε σχήμα καρδιάς (Εικόνα 1: Α, Β, Γ, Δ, Ε) και ενδιάμεσα με επιπρομαχόνες, που καταλήγει στο λιμενοβραχίονα με το φάρο. Την πόλη περιβάλλει πλατεία τάφος όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Στο ευρύτερο αμυντικό σχεδιασμό της πόλης συγκαταλέγεται το Φρούριο του Φιρκά ενώ για τις ανάγκες του Ναυτικού κατασκευάστηκαν τα Νεώρια, η οικοδόμηση των οποίων ξεκίνησε το 1526 [2].



Εικόνα 1: Η πολιορκία των Χανίων από τους Τούρκους το 1645 (Μιχάλης Ανδριανάκης-Η παλιά πόλη των Χανίων,εκδόσεις ΑΔΑΜ) [1]

Η πόλη των Χανίων καταλήφθηκε από τους Οθωμανούς το 1645, τα εκκλησιαστικά και μοναστικά συγκροτήματα που είχαν εδραιώσει οι βυζαντινοί κατά την περίοδο 961-1252, μετατρέπονται σε τζαμιά και κατασκευάζονται δημόσιες κρήνες και χαμάμ (στη διασταύρωση του τείχους με την **οδό Κατρέ** σώζεται τούρκικο λουτρό (χαμάμ) μικρών διαστάσεων με τρουλοσκέπαστο τον κεντρικό χώρο και πολλές οικοδομικές φάσεις). Από το 1830-1840 η Κρήτη περιέρχεται στην κυριαρχία των Αιγυπτίων, με κατάλοιπο αυτής της σύντομης κυριαρχίας να είναι ο Φάρος στο λιμάνι της πόλης. Έπειτα από την περίοδο αυτή επανέρχεται και πάλι η οθωμανική κυριαρχία. Μετά από μια σειρά εξεγέρσεων το 1897 παραχωρείται μερική αυτονομία στο νησί και το 1897 η πλήρης αυτονομία του. Το 1913, ύστερα από μία σειρά πολιτικών και επαναστατικών ενεργειών, η Κρήτη ενώνεται με την Ελλάδα, με τα Χανιά να παραμένουν έδρα της διοίκησης μέχρι το 1927 [1].



Εικόνα 2: Επεξεργασία δορυφορικής εικόνας μέσω Google maps του κέντρου των Χανίων σήμερα με υπογράμμιση στου Ενετικού και Βυζαντινού τείχους.

● Ενετικό τείχος ● Βυζαντινό Τείχος

Κεφάλαιο 2^ο: Κονιάματα

2.1 Ιστορική εξέλιξη κονιαμάτων

Η ιστορική εξέλιξη των κονιαμάτων συνάδει με την τεχνολογική εξέλιξη των κατασκευών, η οποία επηρεάζεται άμεσα από την κοινωνική και οικονομική εξέλιξη του εκάστοτε πολιτισμού.

Το πηλόχωμα ήταν η πρώτη μορφή κονιάματος που εφαρμόστηκε σε κατασκευές από τον άνθρωπο και χρονολογείται από την παλαιολιθική εποχή. Χρησιμοποιούνταν ως μονωτικό υλικό, με την μορφή επιχρίσματος, στα σπήλαια-καταφύγια όπου κατοικούσε ο άνθρωπος [3]. Όσο εξελισσόταν οι κοινωνίες, παράλληλα υπήρχε και εξέλιξη των τεχνικών και των υλικών δόμησης. Τα κονιάματα πηλού με άλλες πρόσθετες ύλες (ξύλο, άχυρο, άμμος) ήταν τα βασικά κονιάματα που χρησιμοποιήθηκαν για χιλιετίες και χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα.

Στον ελλαδικό χώρο παρατηρούνται πηλοκονιάματα στην Μινωική Κρήτη και την Μυκηναϊκή Ελλάδα έως τη σύγχρονη εποχή. Κατά την 8^η χιλιετία π.Χ., εμφάνιση κάνουν σε

νεολιθικές κατασκευές, ίχνη ασβεστιτικών επιχρισμάτων και εξέλιξη αυτών σε Μινωικά, Μυκηναϊκά και Κυκλαδικά ερείπια, περί το 2000 π.Χ.. Η χρήση κονιαμάτων ασβέστη σε συνδετικά κονιάματα άρχισε αρκετά αργότερα γύρω στο 800 π.Χ.

Στην τεχνολογική εξέλιξη των κονιαμάτων σημαντικό ρόλο έπαιξε η χρήση ποζολανικών υλικών (ηφαιστειακή σκόνη). Με τις αυξημένες μηχανικές αντοχές και την ανθεκτικότητα στην υγρασία τα ασβεστο-ποζολανικά κονιάματα, αναβάθμισαν το επίπεδο των κατασκευαστικών κριτηρίων. Τα κονιάματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κατά την αρχαιότητα ως επιχρίσματα (είτε με προστατευτικό, είτε με διακοσμητικό χαρακτήρα), ως συνδετικό υλικό δομικών στοιχείων (κονιάματα αρμών σε τοιχοδομές) ή ως υλικό υποστρώματος (ψηφιδωτά, ζωγραφικές επιφάνειες). Δεν είναι γνωστή με ακρίβεια η έναρξη της χρήσης ποζολανών για την δημιουργία κονιαμάτων. Ωστόσο, είναι γνωστό ότι τόσο οι Έλληνες από την αρχαιότητα, όσο και οι Ρωμαίοι, γνώριζαν ότι η ανάμιξη ηφαιστειακής σκόνης, είτε λεπτόκοκκης είτε χονδρόκοκκης, με ασβέστη και άμμο οδηγεί σε κονίαμα με μεγάλες μηχανικές αντοχές και με ισχυρές υδατοστεγανωτικές ιδιότητες. Οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν την άσβεστο και την ποζολάνη ως κύριο συστατικό των κονιαμάτων δόμησης κατά το τέλος του 3ου αι. π.Χ., ενώ διέδωσαν τη χρήση αυτών των κονιαμάτων σε όλη την Ρωμαϊκή αυτοκρατορία. Κατά την Βυζαντινή περίοδο τα κονιάματα αποτελούνταν από άσβεστο με προσθήκη ποζολάνης (όταν ήταν διαθέσιμη), κεραμάλευρο, θραύσματα κεραμικών και φυσικών αδρανών.

Κατά τον 18^ο αιώνα αρχίζει μια πιο συστηματική αναζήτηση δομικών υλικών, που σχετίζεται άμεσα με την Βιομηχανική Επανάσταση. Η ανάγκη κατασκευής δομικών έργων μεγάλης κλίμακας (γέφυρες, δρόμοι, λιμάνια), με μεγαλύτερη συχνότητα, με υψηλές μηχανικές αντοχές και βελτιωμένες υδραυλικές ιδιότητες, οδήγησε στην ανακάλυψη του τσιμέντου Portland, το 1824, από τον Άγγλο κεραμοποιό Josephin Aspdin. Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα άρχισε η μαζική παραγωγή του τσιμέντου Portland και παράλληλα η έρευνα για βελτιστοποίηση των ιδιοτήτων του και αύξηση των μηχανικών του αντοχών. Ο ποιοτικός έλεγχος και η προτυποποίηση του τσιμέντου ξεκίνησε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα [4]. Το τσιμέντο έχει ευρεία χρήση μέχρι και σήμερα, έχοντας επιδείξει γενικά ικανοποιητικές αποδόσεις, όμως παρουσιάζει προβλήματα ανθεκτικότητας, για το λόγο αυτό η έρευνα γύρω από τη βελτίωση των ιδιοτήτων του βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη.

2.2 Γενικά

2.2.1 Κονιάματα

Τα κονιάματα είναι μίγματα αποτελούμενα από λεπτόκοκα αδρανή με μέγιστο μέγεθος κόκκων μικρότερο των 4 mm (άμμος), με συνδετικές ύλες (κονίες) και νερό. Με την προσθήκη νερού δημιουργείται ένας εύπλαστος πολτός με συγκολλητικές ιδιότητες. Ο πολτός αυτός μετά την πήξη και σκλήρυνση αποτελεί το συνδετικό υλικό των κονιαμάτων. Η σκλήρυνση του πολτού οφείλεται στην ξήρανση με φυσικούς, χημικούς ή φυσικοχημικούς τρόπους και έτσι αποκτά μηχανική αντοχή. Οι συνδετικές αυτές ύλες, κονίες, μπορούν να χωριστούν κατά διάφορους τρόπους όπως:

- Ανάλογα με τον τρόπο σκλήρυνσης και πήξης σε **αερικά** και **υδραυλικά**.
- Ανάλογα με το είδος των αδρανών ή της κονίας σε:
 1. Τσιμεντοκονιάματα (συνδετική ύλη τσιμέντο)
 2. Ασβεστοκονιάματα (συνδετική ύλη πολτός ασβέστου ή κονιοποιημένη υδράσβεστος)
 3. Ποζολανικά κονιάματα (συνδετική ύλη άσβεστος και ποζολάνη)
 4. Μαρμαροκονιάματα (συνδετική ύλη ασβέστης ή τσιμέντο)
 5. Γυψοκονιάματα (συνδετικό υλικό την γύψο)
- Ανάλογα με την χρήση τους σε:
 1. Κονιάματα δόμησης ή κονιάματα τοιχοποιίας (αρμολογήματα)
 2. Κονιάματα εξίσωσης δαπέδων ή ισοπεδωτικά
 3. Κονιάματα επιχρισμάτων (εξωτερικά ή εσωτερικά)
 4. Επισκευαστικά κονιάματα
 5. Συγκολλητικά

2.2.2 Αδρανή Υλικά

Τα αδρανή υλικά αποτελούνται από λίθινους κόκκους, είτε φυσικούς οπότε και ονομάζονται «φυσικά ή συλλεκτά» αδρανή, είτε από κόκκους που προκύπτουν από την θραύση φυσικών αδρανών οπότε και ονομάζονται «θραυστά αδρανή».

Τα αδρανή είναι κοκκώδη υλικά, φυσικά ή τεχνητά, τα οποία με την προσθήκη ενός ή περισσότερων συνδετικών υλών (ασβέστης, τσιμέντο κλπ) και νερού σχηματίζουν το κονίαμα. Τα υλικά αυτά δεν συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες πήξης και σκλήρυνσης. Αυτό βέβαια δεν ανταποκρίνεται εντελώς στην πραγματικότητα αφού η χημική αδράνεια των

υλικών αυτών εξαρτάται από την ορυκτολογική τους σύσταση και τα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή.

Τα πιο συνήθη πετρώματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αδρανών είναι τα ασβεστολιθικά διότι ικανοποιούν τις μηχανικές αντοχές των κατασκευών, συναντώνται στα περισσότερα μέρη του ελλαδικού χώρου και έχουν μικρό κόστος θραύσης. Επίσης ως αδρανή χρησιμοποιούνται ορισμένα τεχνητά προϊόντα ή ειδικά πετρώματα όπως οι σκουριές υψικαμίνων, κίσηρη (ελαφρόπετρα), περλίτης, μπετονίτης κ.α.

Τα αδρανή υλικά διακρίνονται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων:

- παιπάλη ή άλευρο (μέγεθος κόκκων $<0,1$ mm)
- άμμος (μέγεθος κόκκων μέχρι 7 mm.)
- χαλίκι (μέγεθος κόκκων από 7-70 mm.)

2.3 Αερικές κονίες

Αερικές κονίες καλούνται οι κονίες οι οποίες πήζουν και σκληραίνουν κατά την έκθεσή τους στον ατμοσφαιρικό αέρα και διαλύονται στο νερό ή και σε υγρό περιβάλλον. Στις αερικές κονίες περιλαμβάνονται η άργιλος, ο πηλός, η υδράσβεστος, η μαγνησιακή και δολομιτική άσβεστος και η γύψος.

2.3.1 Άργιλος, Πηλός

Η άργιλος είναι το κύριο συστατικό για την παρασκευή προϊόντων όπτησης και όλων των πυρίμαχων επιχρισμάτων. Είναι μίγμα διαφόρων ορυκτών με μέγιστη διάμετρο κόκκων 2 μ m. Εκτός από καθαρό λευκό καολίνη ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), περιέχει ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$), οξείδια σιδήρου (Fe_2O_x) και άλλες προσμίξεις που καθορίζουν το χρώμα τους. Χρησιμοποιείται για πυρίμαχα επιχρίσματα.

Το μίγμα της αργίλου και λεπτής άμμου ονομάζεται πηλός που αν αναμειχθεί με κατάλληλη ποσότητα νερού δημιουργεί έναν εύπλαστο πολτό με μεγάλη πλαστικότητα. Ο πηλός σκληραίνει με την εξάτμιση του νερού και συστέλλεται (σφίγγει) ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άργιλο. Το υλικό αυτό αποτελεί την πρώτη ύλη για την παρασκευή

πλίνθων και κεραμικών προϊόντων. Ο πηλός στην τελική του μορφή έχει καλές ηχομονωτικές και θερμομονωτικές ιδιότητες, αλλά παρουσιάζει ευαισθησία στο νερό και τον παγετό. Είναι από τις κονίες που χρησιμοποιήθηκαν από τους αρχαίους ακόμα χρόνους, είτε ως δομικό υλικό, είτε για κατασκευή χρηστικών σκευών κ.α.

2.3.2 Άσβεστος

Με τον όρο άσβεστος (ή καυστική άσβεστος ή ασβέστης) ορίζεται το οξείδιο του ασβεστίου, CaO , το οποίο προέρχεται από τη διάσπαση του ανθρακικού ασβεστίου ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) περίπου στους $900\text{ }^\circ\text{C}$. Το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) είναι το βασικό συστατικό των ασβεστολίθων, οι οποίοι εμφανίζονται και με ξένες προσμίξεις όπως MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Η όπτηση του ασβεστολίθου γίνεται στις ασβεστοκαμίνους. Η απώλεια του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην προαναφερθείσα αντίδραση έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός μεγάλου δικτύου τριχοειδών πόρων, πράγμα το οποίο καθιστά τη μάζα σπογγώδη [5].

Η άσβεστος λόγω του μεγάλου πορώδους μπορεί να προσλάβει νερό με έκλυση θερμότητας κατά την αντίδραση $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + Q$. Το αποτέλεσμα της αντίδρασης καλείται υδράσβεστος. Η ταχύτητα της σβέσης ορίζει και τη δραστηριότητα της ασβέστου. Καθοριστική για την τελική δομή της ασβέστου είναι η θερμοκρασία πύρωσης και κατά συνέπεια και η ταχύτητα σβέσης. Για τις θερμοκρασίες πύρωσης $800\text{-}900\text{ }^\circ\text{C}$, $900\text{-}1050\text{ }^\circ\text{C}$ και $>1050\text{ }^\circ\text{C}$ το πορώδες της ασβέστου είναι αντίστοιχα 45-55%, 35-45% και <35%, ενώ η παραγόμενη άσβεστος χαρακτηρίζεται ταχείας, ημιταχείας και βραδείας σβέσης [5].

Εν κατακλείδι ως αερικές άσβεστοι ορίζονται οι άσβεστοι που αποτελούνται κυρίως από οξείδια ή υδροξείδια ασβεστίου που σκληραίνουν στον ατμοσφαιρικό αέρα υπό την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα που περιέχεται στον αέρα. Δεν σκληραίνουν κάτω από το νερό αφού δεν έχουν υδραυλικές ιδιότητες. Είναι διαλυτές στο νερό.

2.3.3 Άσβηστοι άσβεστοι

Ανήκουν στις αερικές ασβέστους και παράγονται κατά την ασβεστοποίηση των ασβεστολίθων. Αποτελείται κυρίως από οξείδια του ασβεστίου καθώς επίσης μπορεί να

υπάρχουν και και προσμίξεις όπως οξείδια του πυριτίου, του μαγνησίου, του σιδήρου κλπ. [6].

Κατηγοριοποιούνται βάσει αυτών των προσμίξεων σε:

- Ασβέστιο ή ασβεστιτική άσβεστος όπου το ενεργό οξείδιο του ασβεστίου συναντάται σε ποσοστό μεγαλύτερο από 85%.
- Μαγνησιακός ασβέστης με το ποσοστό του οξειδίου του ασβεστίου και του μαγνησίου να αντιστοιχεί σε 80-90%, ενώ το ποσοστό του οξειδίου του μαγνησίου να μην ξεπερνά το 10-20%.
- Δολομιτικός ασβέστης με το ποσοστό του οξειδίου του μαγνησίου να είναι μεγαλύτερο από 20%.
- Υδραυλικός ασβέστης με περιεκτικότητα σε αργλικές προσμίξεις σε ποσοστό 10-20%. Έχει την ιδιότητα να στερεοποιείται και μέσα στο νερό.

Οι άσβηστοι άσβεστοι παρουσιάζουν εξώθερμη αντίδραση κατά την επαφή τους με το νερό. Μπορούν να χαρακτηριστούν ανάλογα με το μέγεθος τους ως λιθώδεις, κοκκώδεις, αλεσμένες και πολύ αλεσμένες. Οι αερικές άσβεστοι δεν πήζουν κάτω από το νερό καθώς δεν έχουν υδραυλικές ιδιότητες [7, 13].

2.3.4 Σβησμένες Άσβεστοι

Είναι αερικές άσβεστοι που κυρίως συνίσταται από υδροξείδιο του ασβεστίου το οποίο προέρχεται από ελεγχόμενο σβήσιμο (προσθήκη νερού) των άσβηστων ασβέστων. Προϊόν της διαδικασίας της σβέσης του ασβέστη είναι η υδράσβεστος είτε σε μορφή σκόνης, είτε σε μορφή πολτού. Η υδράσβεστος χρησιμοποιείται εν γένει στα κονιάματα λόγω της υψηλής πλασιμότητας και εργασίμου, έννοιες που θα αναλυθούν εν συνεχεία. Αυτές οι ιδιότητες οφείλονται στις ενώσεις των οξειδίων του αργιλίου, του πυριτίου και του σιδήρου με την άσβεστο, που δημιουργήθηκαν κατά την πύρωση και αποτελούν τους υδραυλικούς παράγοντες της κονιάς [13].

2.3.5 Μαγνησιακή Άσβεστος, Δολομιτική Άσβεστος

Παρασκευάζεται με πύρωση μαγνησιακών και δολομιτικών ασβεστόλιθων. Η ύπαρξη MgO στις ασβέστους αυτές έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της δραστηρότητας τους και αλλοίωση του χρώματος τους από λευκό σε γκρι. Τα αντίστοιχα κονιάματα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες, ενώ τα δολομιτικά κονιάματα είναι λιγότερο κατάλληλα για επιχρίσματα λόγω της αργής πήξης και σκλήρυνσής τους.

2.3.6 Μαγνησιακή Κονία

Καλείται και κονία *sorel*, και παρασκευάζεται με πύρωση του μαγνησίτη σε θερμοκρασίες 700-800 °C σύμφωνα με την αντίδραση: $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$. Τα κονιάματα με βάση τη μαγνησιακή κονία περιέχουν συνήθως οργανικές ή ανόργανες ύλες (πριονίδι, κισσηρόσκονη κ.α.) και παρουσιάζουν μεγάλη ογκοσταθερότητα.

2.3.7 Γύψος

Με τον όρο γύψος εννοούμε το θειικό ασβέστιο είτε με ανυδρίτη ($CaSO_4$), είτε στην διένυδρη μορφή του ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$, σεληνίτης), μορφή που βρίσκεται στην φύση. Η γύψος ή οπτή γύψος, είναι η κονία που παρασκευάζεται μετά από κατάλληλη όπτηση της φυσικής γύψου. Χρησιμοποιείται μόνο σαν αερική κονία γιατί δεν παρουσιάζει αντοχή στο νερό. Η φυσική γύψος, δηλαδή το ένυδρο θειικό ασβέστιο, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, περιέχει συχνά ξένες προσμίξεις, όπως ανθρακικό ασβέστιο $CaCO_3$, ανθρακικό μαγνήσιο $MgCO_3$, οξείδιο του πυριτίου SiO_2 , οξείδιο του αργιλίου Al_2O_3 , οξείδιο του σιδήρου Fe_2O_3 , κλπ. Η γύψος όπως και η άσβεστος ανήκουν στις παλαιότερες κονίες και έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα από την αρχαιότητα [8].

2.4 Υδραυλικές κονίες

Υδραυλικές καλούνται οι κονίες, οι οποίες πήζουν και σκληραίνουν τόσο στον αέρα, όσο και μέσα στο νερό ή σε υγρό περιβάλλον. Δεν διαλύονται στο νερό. Η ιδιότητα των υδραυλικών κονιών να πήζουν και να σκληραίνουν μέσα στο νερό, όταν είναι με τη μορφή λεπτών κόκκων και αναμιχθούν με νερό, ονομάζεται υδραυλικότητα. Η υδραυλικότητα οφείλεται στην ύπαρξη των οξειδίων SiO_2 , Fe_2O_3 και Al_2O_3 που ονομάζονται υδραυλικοί

συντελεστές, αφού ενώσεις αυτών των οξειδίων με οξείδια ασβέστιου (CaO), ενσωματώνουν νερό στην τελική δομική σύσταση των υδραυλικών κονιών. Η κατηγορία των υδραυλικών κόνεων απαρτίζεται από: υδραυλική άσβεστο, ρωμαϊκή κονία, ποζολανικές κονίες και τσιμέντα.

2.4.1 Υδραυλική Άσβεστος

Η παρασκευή της υδραυλικής ασβέστου γίνεται από την όπτηση αργιλούχων ασβεστολίθων σε καμίνια με θερμοκρασία 1000–1200 °C. Επειδή περιλαμβάνει μεγάλη ποσότητα από ελεύθερη άσβεστο, η υδραυλική άσβεστος για να δώσει ισχυρά υδραυλικά κονιάματα αναμιγνύεται συνήθως με ποζολάνες των οποίων το ελεύθερο διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) δεσμεύει την ελεύθερη άσβεστο. Η υδραυλική άσβεστος χρησιμοποιείται για την παραγωγή κονιαμάτων επισκευής κατασκευών μνημειακού χαρακτήρα (για επιστρώσεις, αρμολογήματα, επιχρίσματα). Τέλος, ανάλογα με το αν είναι μικρή ή μεγάλη η υδραυλική ικανότητά της, η υδραυλική άσβεστος διακρίνεται σε:

- α. Υδραυλική άσβεστο
- β. Πολύ δραστική υδραυλική άσβεστο
- γ. Υπερ-δραστική υδραυλική άσβεστο.

2.4.2 Ποζολανικές Κονίες

Είναι κονίες πυριτικής ή αργιλοπυριτικής σύστασης και ανήκουν στις υδραυλικές κονίες διότι όταν αντιδρούν με το Ca(OH)_2 δίνουν ενώσεις με καλές υδραυλικές ιδιότητες. Η ονομασία τους προήλθε από την περιοχή Pozzuoli της Ιταλίας (εξ' ου και ποζολάνες ή ποζολανικά κονιάματα) [9].

Οι ποζολάνες διακρίνονται σε φυσικές και τεχνητές. Οι φυσικές ποζολάνες είναι υλικά πλούσια σε αργιλοπυριτικές ενώσεις που έχουν προκύψει μετά από ηφαιστειακές κατεργασίες αποτέλεσμα γεωλογικών διεργασιών. Στις φυσικές ποζολάνες συγκαταλέγονται οι ηφαιστειακοί τόφοι, όπως η θηραϊκή γη, η ιταλική pozzolana κ.α.[9].

Η φυσική ποζολάνη είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ιστορικά κονιαμάτων μαζί με την άσβεστο και το κεραμάλευρο.

Οι τεχνητές ποζολάνες παρασκευάζονται από άργιλους και σχιστόλιθους με έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες μεταξύ 770 – 900 °C. Επίσης τεχνητές ποζολάνες είναι οι σκωρίες καμίνου, που είναι παραπροϊόν της βιομηχανίας πυριτικών μετάλλων και σιδηροπυριτικών κραμάτων και η ιπτάμενη τέφρα, η οποία προέρχεται από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με καύση λιγνίτη και λιθανθράκων.

Το πόσο ενεργή είναι μια ποζολάνη μπορεί να χαρακτηριστεί με τον όρο «ποζολανικότητα» βάσει δύο παραμέτρων. Πρώτον του μέγιστου ποσού ασβέστη που μπορεί να δεσμευτεί από την ποζολάνη και δεύτερον του ρυθμού με τον οποίο αυτή η αντίδραση λαμβάνει χώρα. Με την δέσμευση και μετέπειτα με την ενυδάτωση της ασβέστου από την ποζολάνη προκύπτουν χημικές ενώσεις που προσδίδουν μεγάλη αντοχή. Η ικανότητα δέσμευσης είναι μεγαλύτερη όσο πιο λεπτόκοκκη είναι η ποζολάνη.

2.4.3 Ρωμαϊκή Κονία - Κουρασάνι

Το κουρασάνι ήταν γνωστό από την αρχαιότητα, πήρε δε το όνομα του από τους Ρωμαίους οι οποίοι το χρησιμοποιούσαν σε δομικά έργα και χρησιμοποιούνταν κυρίως λόγω των εξαιρετικών του υδραυλικών και μηχανικών του ιδιοτήτων. Το κουρασάνι είναι μίγμα κυρίως από ασβέστη με φυσικά αδρανή και προσθήκη ποζολάνης και κεραμάλευρου, υλικά που αυξάνουν την αντοχή του κονιάματος στην υγρασία και τις καιρικές συνθήκες. Το κουρασάνι επίσης μπορεί να περιέχει ως κονία και υδραυλική άσβεστος υψηλής υδραυλικότητας που δημιουργείται από όπτηση αργιλούχων ασβεστόλιθων και περιεκτικότητα σε άργιλο περίπου 40%. Χαρακτηριστικό της είναι η ταχεία πήξη. Η ρωμαϊκή κονία χρησιμοποιείται στις αποκαταστάσεις παραδοσιακών κτιρίων, ως συνδετικό υλικό ή υλικό αρμολόγησης σε πλινθοδομές. Η χρήση της δεν περιορίζεται στην αποκατάσταση ιστορικών κτισμάτων αλλά επεκτείνεται και στις σύγχρονες οικοδομές ως επίχρισμα εξωτερικών και εσωτερικών τοιχοποιιών.

2.5 Ιδιότητες Κονιαμάτων

Τα κονιάματα που προορίζονται για τα διάφορα δομικά έργα, έχουν μεγάλο εύρος διαφόρων χρήσεων, ανάλογα με τις επιδιωκόμενες ιδιότητες, που εξαρτώνται από τη σύνθεση και την ποσοστιαία αναλογία των πρώτων υλών όπως επίσης και τον τρόπο παρασκευής τους. Τα σημεία αυτά είναι που διαφοροποιούν τα κονιάματα από τις υπόλοιπες

κατηγορίες δομικών υλικών. Στα κονιάματα και σε μικρότερο βαθμό στα σκυροδέματα, ο μηχανικός δεν καλείται να επιλέξει από μία κατηγορία παρεμφερών έτοιμων δομικών προϊόντων αυτό που καλύπτει τις ιδιότητες του έργου του, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις, συνεκτιμώντας πολλές παραμέτρους, σχεδιάζει ή επιλέγει το καταλληλότερο για την περίπτωση του.

Από όσα προαναφέρθηκαν είναι προφανές ότι ένα υλικό όπως είναι το κονίαμα, που προορίζεται για να συνδέσει μεταξύ τους τα διάφορα στοιχεία για τη δημιουργία μιας ενιαίας μονολιθικής μάζας που να αντέχει σε υψηλά φορτία, είναι απαραίτητο να αναπτύσσει ικανοποιητικές **μηχανικές αντοχές** με μεγάλο συντελεστή ασφαλείας. Επιπροσθέτως θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλες σημαντικές τους ιδιότητες οι οποίες καθορίζουν την ποιότητα του κονιάματος και τα πεδία εφαρμογής του, όπως είναι:

- **η πήξη και σκλήρυνση των κονιαμάτων**
- **η εργασιμότητα**
- **η στεγανότητα**
- **η πρόσφυση με τα στοιχεία που συνδέει**
- **η αντίσταση στις χημικές επιδράσεις του περιβάλλοντος και στις καιρικές συνθήκες**
- **η σταθερότητα όγκου του κονιάματος (ογκοσταθερότητα)**

Πιο αναλυτικά

Η πήξη και σκλήρυνση των κονιαμάτων αποτελούν δύο διαδοχικές φάσεις του ίδιου φαινομένου, και οφείλονται σε διαφορετικούς μηχανισμούς ανάλογα με το είδος της κονίας. Η πήξη είναι η φάση της στερεοποίησης, δηλαδή η περίοδος κατά την οποία το κονίαμα από εύπλαστη μάζα μετατρέπεται σε στερεή και χάνει την πλαστικότητα της. Η λήξη της πήξης είναι η περίοδος που ο πολτός έχει σταθεροποιηθεί. Μετά τη λήξη της πήξης αρχίζει η περίοδος της σκλήρυνσης η οποία διαρκεί επί μήνες ή και επί χρόνια ανάλογα με το είδος του κονιάματος και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες βρίσκεται.

Η εργασιμότητα είναι μια ιδιότητα που αφορά στα κονιάματα κατά τη στιγμή της εφαρμογής. Ορίζεται ως το σύνολο των ρεολογικών ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν ένα κονίαμα. Οι ρεολογικές αυτές ιδιότητες είναι:

- η ρευστότητα (η εσωτερική ευκινησία του μίγματος και η ευκολία με την οποία οι κόκκοι κινούνται για να γεμίσουν τα κενά)
- η πλαστιμότητα (η ευκολία που παρουσιάζει το μίγμα κατά τη ροή του και κατά το γέμισμα ενός καλουπιού, χωρίς κενά, σπηλιές κλπ)
- το αναπόμικτο (η ικανότητα του νωπού κονιάματος να διατηρεί την ομοιογένεια του και να μην διαχωρίζει τα υλικά).

Οι τρεις αυτές ιδιότητες που συνθέτουν την έννοια του εργασίμου δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και δεν επηρεάζονται παρόμοια από εξωτερικούς παράγοντες. Έτσι παράγοντες που μπορεί να δρουν ευνοϊκά για τη μια μπορεί να δρουν δυσμενώς για την άλλη [12].

Η **στεγανότητα** ενός κονιάματος αυξάνει όταν αυξάνεται η συμπύκνωση αυτού δηλαδή όταν ελαττωθεί το πορώδες (όγκος κενών προς το συνολικό όγκο εκφρασμένο σε ποσοστό).

Η **πρόσφυση** των κονιαμάτων αφορά στη συγκόλληση των κόκκων του αδρανούς με την κονία.

Η **ογκοσταθερότητα** είναι η ιδιότητα του κονιάματος να μη μεταβάλλει αισθητά τον όγκο του, ιδίως κατά την αρχική περίοδο της σκλήρυνσης του [12].

Κεφάλαιο 3^ο: Εργαστηριακές Τεχνικές και Τεχνικές Ανάλυσης

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι βασικές αρχές των εργαστηριακών τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν για τον χαρακτηρισμό των δειγμάτων της ανασκαφής στο λόφο Καστελίου, στην οδό Κατρέ. Στις τεχνικές αυτές περιλαμβάνονται η Υπέρυθρη φασματοσκοπία με μετασχηματισμό Fourier (FTIR), φασματομετρία (XRF), θερμική ανάλυση (TGA, DTA), περιθλασημετρία ακτίνων-X (XRD), καθώς και κοκκομετρική ανάλυση επιλεγμένου δείγματος.

3.2 Χημικές Μέθοδοι Ανάλυσης

3.2.1 Υπέρυθρη Φασματοσκοπία με Μετασχηματισμό Fourier (FT-IR)

Η αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη ενός δείγματος παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη σύστασή του. Η φασματοφωτομετρία υπέρυθρου (Infrared spectroscopy, IR) βασίζεται στην απορρόφηση ακτινοβολίας της ύλης στην υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και χαρακτηρίζεται ως μία από τις σημαντικότερες αναλυτικές τεχνικές χαρακτηρισμού της μοριακής σύνταξης και ταυτοποίησης οργανικών ενώσεων. Η φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι μια αναλυτική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση οργανικών ενώσεων [15]. Το υπέρυθρο (Infrared – IR) είναι εκείνο το τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, το οποίο εκτείνεται πέρα από το ορατό και φθάνει μέχρι την περιοχή των μικροκυμάτων.

Διακρίνεται σε τρεις περιοχές:

- Εγγύς υπέρυθρο: 0,8 – 2 μm
- Κυρίως υπέρυθρο: 2 – 15 μm
- Άπω υπέρυθρο: 15 – 400 μm .

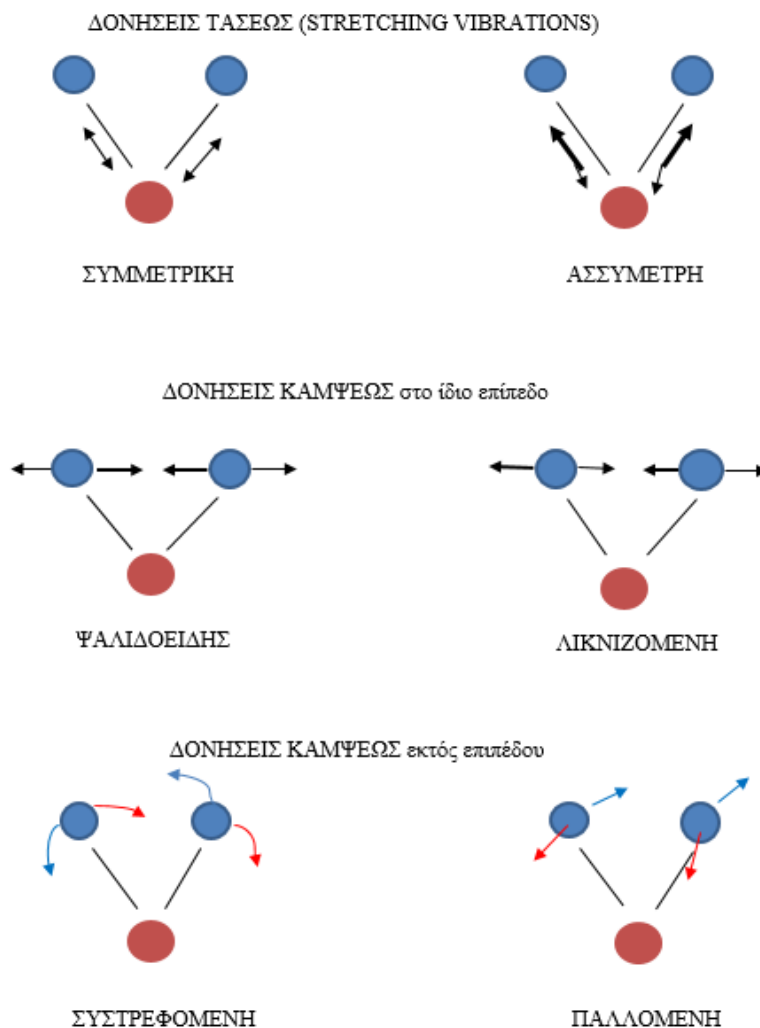
Η υπέρυθρη ακτινοβολία, λόγω της μικρής της ενέργειας, δεν προκαλεί ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις αλλά διεγέρσεις μεταξύ διαφόρων ενεργειακών σταθμών των μορίων, ενώ το μόριο παραμένει στη θεμελιώδη ενεργειακή του κατάσταση. Τα άτομα των μορίων ακόμη και στην βασική ενεργειακή τους κατάσταση δεν παραμένουν ποτέ ακίνητα, αλλά αντιθέτως εκτελούν κινήσεις δόνησης και περιστροφής. Όταν μια ποσότητα ύλης ακτινοβολείται με υπέρυθρη ακτινοβολία, ένα ποσοστό από τα μόρια που δέχονται την ακτινοβολία διεγείρονται, αυξάνοντας την ενέργεια δόνησης και περιστροφής τους. Για να λάβει χώρα απορρόφηση ενέργειας από τα μόρια, θα πρέπει η συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας να είναι συγκρίσιμη με την ιδιοσυχνότητα δόνησης των ατόμων του δεσμού. Οι συχνότητες με τις οποίες δονούνται τα άτομα στα μόρια εξαρτώνται μόνο από τις μάζες των ατόμων, τον τύπο του δεσμού και το σχήμα του μορίου. Αν ένα μόριο είναι συμμετρικό δεν παρατηρείται απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ένα μόριο θα απορροφήσει στο IR μόνο εφόσον μεταβάλλεται η διπολική ροπή του κατά την διάρκεια της δόνησης. Διαφορετικά, η δόνηση θεωρείται ανενεργή

στο IR. Όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβολή της διπολικής ροπής, τόσο ισχυρότερη είναι και η απορρόφηση. Οι δονήσεις που λαμβάνουν χώρα διακρίνονται σε 2 κατηγορίες:

- Δονήσεις τάσης: Τα άτομα του δεσμού διαδοχικά πλησιάζουν και απομακρύνονται μεταξύ τους κινούμενα κατά μήκος του δεσμού.
- Δονήσεις κάμψης: Τα άτομα των γειτονικών δεσμών κινούνται έτσι ώστε να αλλάζει η γωνία των δεσμών.

Οι δονήσεις τάσεων γίνονται κατά μήκος του χημικού δεσμού και είναι είτε συμμετρικές (symmetric), είτε ασύμμετρες (asymmetric). Στις δονήσεις κάμψεως πραγματοποιείται αλλαγή της γωνίας μεταξύ των δεσμών και μπορεί να είναι είτε ψαλιδοειδής (scissoring), λικνιζόμενη (rocking), παλλόμενη (wagging) ή συστρεφόμενη (twisting) όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.

Η πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη περιοχή του υπέρυθρου φάσματος είναι αυτή που καλύπτεται από το μέσο υπέρυθρο, από 400 έως και 4000 cm^{-1} . Το λαμβανόμενο φάσμα υπέρυθρου (από 4000 έως 400 cm^{-1}) διακρίνεται σε τέσσερις επιμέρους περιοχές, οι οποίες διαχωρίζονται με βάση τις δονήσεις συγκεκριμένων ατόμων ή ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές αυτές είναι οι: (α) τάσεως δεσμού υδρογόνου (από 4000 έως 2500 cm^{-1}), (β) τάσεως τριπλού δεσμού (από 2500 έως 2000 cm^{-1}), (γ) τάσεως διπλού δεσμού (από 2500 έως 1600 cm^{-1}) και (δ) τάσεως και κάμψεως απλού δεσμού ή η περιοχή αποτυπωμάτων (από 1500 έως 400 cm^{-1}) [14,15].

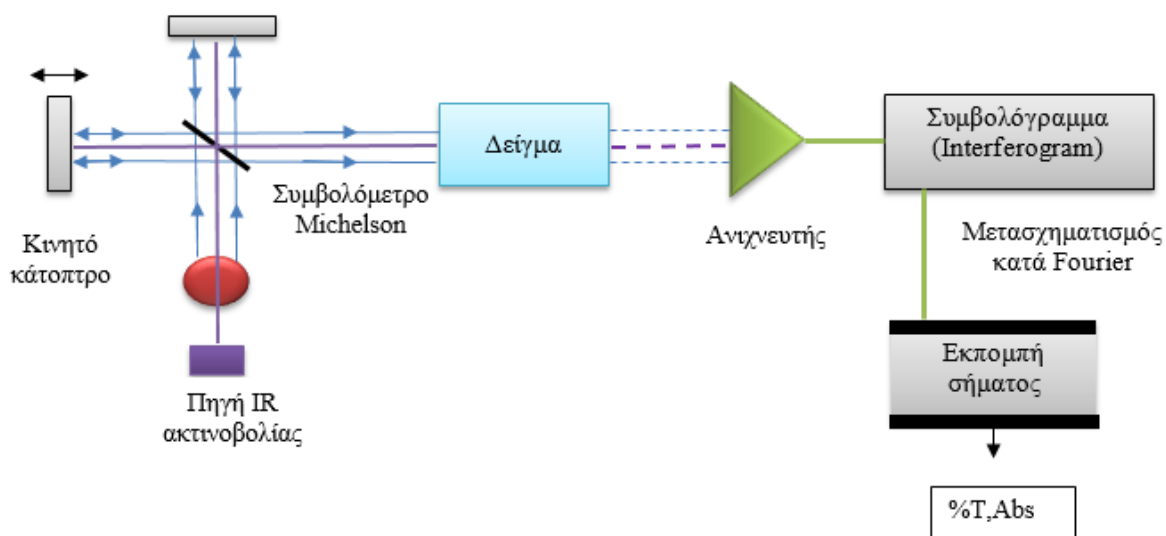


Σχήμα 1: Μοριακές δονήσεις τάσεως και κάμψεως στο IR [16].

Μέχρι τη δεκαετία του '80 τα περισσότερα όργανα μετρήσεων υπέρυθρου βασίζονταν σε φράγματα διασποράς της ακτινοβολίας. Αυτά τα όργανα σήμερα κατά ένα μεγάλο μέρος έχουν αντικατασταθεί από φασματοφωτόμετρα με μετασχηματισμό Fourier (Fourier Transform Infrared, FT-IR) λόγω της βελτιωμένης ταχύτητας, αξιοπιστίας και ευχρηστίας τους.

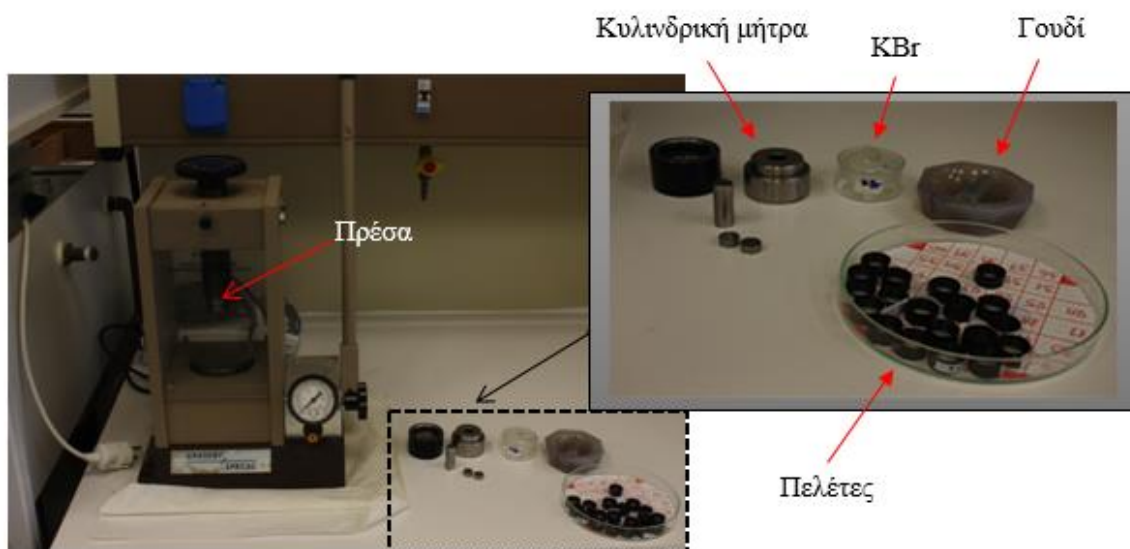
Τα φασματοφωτόμετρα υπέρυθρου αποτελούνται από: την πηγή της ακτινοβολίας, την κυψελίδα του δείγματος, τον μονοχρωμάτορα (ο οποίος έχει αντικατασταθεί από συμβολόμετρο Michelson) και τον ανιχνευτή σήματος. Επίσης στα όργανα αυτά η υπέρυθρη ακτινοβολία υφίσταται το φαινόμενο της συμβολής μέσω του συμβολόμετρου, το οποίο αποτελείται από έναν διαιρέτη ακτινοβολίας και δυο κάτοπτρα, κάθετα μεταξύ τους, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.

Η διερχόμενη από το δείγμα ακτίνα συλλέγεται από τον ανιχνευτή και τελικά το λαμβανόμενο σήμα (συμβολόγραμμα) μετασχηματίζεται κατά Fourier σε τυπικό φάσμα IR.



Σχήμα 2: Διάταξη υπέρυθρου φασματοφωτόμετρου με μετασχηματισμό Fourier (FT-IR) [17].

Για την ανάλυση με τη μέθοδο FT-IR χρειάζεται προετοιμασία των δειγμάτων σε μορφή συμπαγούς, δισκοειδούς πελέτας. Αρχικά μικρή ποσότητα δείγματος λειοτριβείται και αναμιγνύεται με βρωμιούχο κάλιο (KBr), σε γουδί από αχάτη, σε αναλογία 1:100 κ.β., ώστε να σχηματιστεί μια ομοιόμορφη λεπτομερής μάζα, η οποία στη συνέχεια τοποθετείται σε κυλινδρική μήτρα. Η μήτρα σφραγίζεται με κυλινδρικό έμβολο-καπάκι και τοποθετείται σε πρέσα, η οποία δέχεται πίεση 3000 Torr για 30 δευτερόλεπτα. Έτσι δημιουργείται μία παστίλια (pellet) η οποία έχει τη μορφή συμπαγούς δίσκου. Επίσης κατασκευάστηκε με τον ίδιο τρόπο, παστίλια καθαρού KBr, για τη λήψη φασμάτων υποβάθρου. Για την καταγραφή της απορρόφησης της ακτινοβολίας χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο υπέρυθρου Fourier Transform της Perkin-Elmer Model 1000 στο εργαστήριο «Χημείας και Τεχνολογίας Υδρογονανθράκων».



Φωτογραφία 1: Πρέσα και εξαρτήματα για δημιουργία πελέτας στο εργαστήριο «Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης».

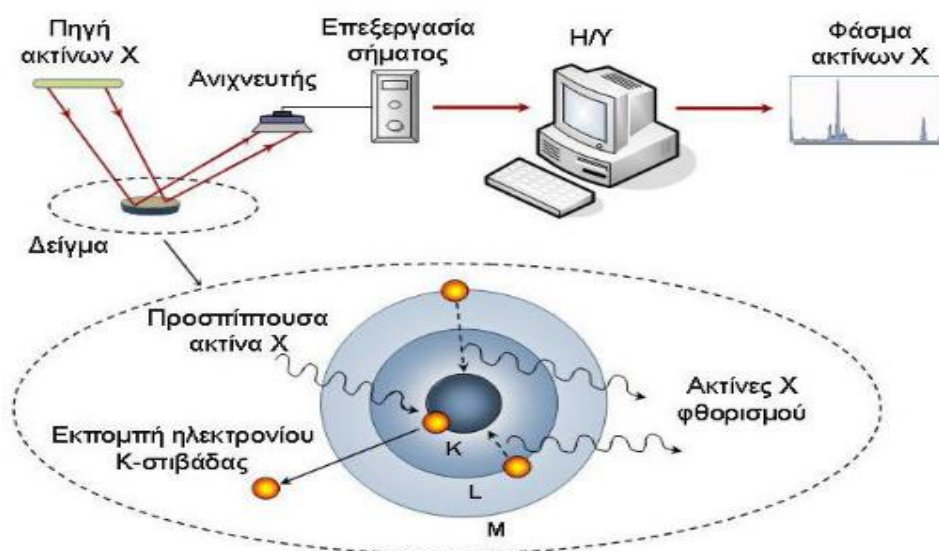
Τέλος, θα αναφερθούν μερικά από τα πλεονεκτήματα της τεχνικής FT-IR που είναι ο βελτιωμένος λόγος του σήματος προς τον θόρυβο, η μεγάλη ενεργειακή απόδοση και κατ' επέκταση η μεγαλύτερη ακρίβεια, επίσης η αυξημένη ταχύτητα σάρωσης και καταγραφής του σήματος. Συνεπώς η φασματοσκοπία υπερύθρου είναι μια αναλυτική τεχνική χαρακτηρισμού της μοριακής σύνταξης και ταυτοποίησης των οργανικών ενώσεων με ευρεία εφαρμογή σε ερευνητικά και αναλυτικά πεδία.

3.2.2 Φασματοσκοπία Φθορισμού Ανάλυσης Ακτίνων-X (X-Ray Fluorescence)-Φθορισμομετρία Ενεργειακής Διασποράς Ακτίνων X (ED-XRF)

Η φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων-X χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό των στοιχείων που περιέχονται στη μάζα ενός δείγματος (ποιοτική) καθώς και η ένταση των κορυφών που λαμβάνονται, προσδιορίζουν και την ποσότητα του εκάστοτε στοιχείου του δείγματος (ποσοτική).

Η διάταξη της φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων-X αποτελείται από μια πηγή πρωτογενούς ακτινοβολίας και ένα σύστημα ανίχνευσης της δευτερογενούς ακτινοβολίας του δείγματος. Το σύστημα ανίχνευσης περιλαμβάνει τον ανιχνευτή, τον ενισχυτή, έναν μετατροπέα του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και έναν Ηλεκτρονικό Υπολογιστή (Σχήμα 3).

Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται σε δύο φάσεις. Στη πρώτη φάση, η διεγείρουσα δέσμη ακτίνων-X προκαλεί μετατόπιση των ηλεκτρονίων από τα εσωτερικά επίπεδα του ατόμου (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο). Η μετατόπιση συμβαίνει μόνο όταν η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι ίση ή μεγαλύτερη από την ενέργεια που συνδέει το ηλεκτρόνιο με την στοιβάδα, για το λόγο αυτό η αρχική διέγερση γίνεται με ακτίνες X, η ενέργεια των οποίων είναι περίπου ίδιας τάξης μεγέθους με τις ενέργειες σύνδεσης των ηλεκτρονίων που βρίσκονται στα εσωτερικά ενεργειακά επίπεδα. Στη δεύτερη φάση, το κενό που έχει δημιουργηθεί από τη μετατόπιση ηλεκτρονίων συμπληρώνεται από ηλεκτρόνια εξωτερικών στοιβάδων. Η μετάπτωση των ηλεκτρονίων των εξωτερικών στοιβάδων στις εσωτερικές, συνοδεύεται από μια εκπομπή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας που καλείται «ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ». Η ενέργεια της ακτινοβολίας αυτής ισούται με τη διαφορά ενέργειας των επιπέδων που συμμετέχουν στην μετάπτωση [19].



Σχήμα 3: Σχηματικό διάγραμμα διάταξης φασματοσκοπίας φθορισμού [18].

Επιπροσθέτως κάθε στοιχείο του περιοδικού πίνακα έχει συγκεκριμένη ενεργειακή διαφορά κατά την μετάπτωση. Επομένως κάθε στοιχείο εκπέμπει ακτίνες X χαρακτηριστικών ενεργειακών κορυφών οι οποίες πιστοποιούν την ύπαρξη του στο δείγμα (ποιοτική ανάλυση). Επιπλέον η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται, ορίζεται από την ποσότητα ενός στοιχείου στο εκάστοτε δείγμα. Άρα η μέτρηση της ενέργειας αυτής δίνει πληροφορίες για το ποιά στοιχεία περιλαμβάνονται στο δείγμα και η ένταση της ακτινοβολίας παρέχει

πληροφορίες για την ποσότητα των στοιχείων αυτών τις χαρακτηριστικές ακτινοβολίες που δημιουργούνται τις αποκαλούμε με το όνομα της σειράς τους, π.χ. από τη σειρά K διακρίνουμε τις γραμμές Kα και Kβ ενώ από τη σειρά L τις Lα2,1, Lβ1,...Lγ1.

Συνοψίζοντας, το φάσμα των ακτίνων-X ενός δείγματος παρουσιάζει μια σειρά χαρακτηριστικών κορυφών η θέση των οποίων είναι χαρακτηριστική για τα εκάστοτε στοιχεία που απαρτίζουν το δείγμα και η ένταση των κορυφών δίνει πληροφορίες για τις συγκεντρώσεις των στοιχείων του δείγματος. Οι αναλύσεις φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων -X (XRF), έγιναν στο Εργαστήριο Αναλυτικής και Περιβαλλοντικής Χημείας της Σχολής Μηχ.Ο.Π. με Δ/ντή τον καθηγητή κ. Ν. Καλλίθρακα-Κόντο.

3.2.3 Θερμικές Μέθοδοι Ανάλυσης με Διαφορική Θερμική Ανάλυση DTA (Differential Thermal Analysis) / Θερμοστατική Ανάλυση TGA (Thermogravimetric Analysis)

Η θερμική ανάλυση είναι μια ομάδα τεχνικών μεθόδων που χρησιμοποιείται για τη μελέτη των φυσικών ιδιοτήτων των υλικών, συναρτήσει της μεταβολής της θερμοκρασίας . οι θερμικές μέθοδοι μελετούν τις ιδιότητες των υλικών, όταν αυτά θερμαίνονται σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασιακή κλίμακα με δεδομένο ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας.

Οι θερμικές μέθοδοι που εφαρμόστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι η **Διαφορική Θερμική Ανάλυση DTA (Differential Thermal Analysis)** και η **Θερμοστατική Ανάλυση TGA (Thermogravimetric Analysis)**. Η μέθοδος DTA εφαρμόστηκε για τον ποιοτικό προσδιορισμό των υδραυλικών φάσεων, ενώ η TGA εφαρμόστηκε για τον ποσοτικό προσδιορισμό των υδραυλικών φάσεων των κονιαμάτων. Οι μέθοδοι εφαρμόστηκαν ταυτόχρονα σε κάθε δείγμα.

Η **Διαφορική Θερμική Ανάλυση DTA** μελετά τις ενεργειακές μεταβολές που υφίστανται οι χημικές ενώσεις μίας ουσίας όταν αυτή εκτεθεί σε προγραμματισμένη μεταβολή θερμοκρασίας και συγκριθεί με τις μεταβολές που υφίσταται ένα υλικό αναφοράς, εκτεθειμένο και αυτό, στις ίδιες θερμοκρασιακές συνθήκες. Σαν υλικό αναφοράς χρησιμοποιείται μια αδρανής ουσία η οποία δεν υφίσταται θερμοκρασιακές μεταβολές. Η θέρμανση του δείγματος και του υλικού αναφοράς γίνεται ταυτόχρονα ώστε η θερμοκρασία του δείγματος T_s να αυξάνει γραμμικά με το χρόνο. Έπειτα καταγράφεται η διαφορά θερμοκρασίας ΔT μεταξύ της θερμοκρασίας του δείγματος και του υλικού αναφοράς T_r

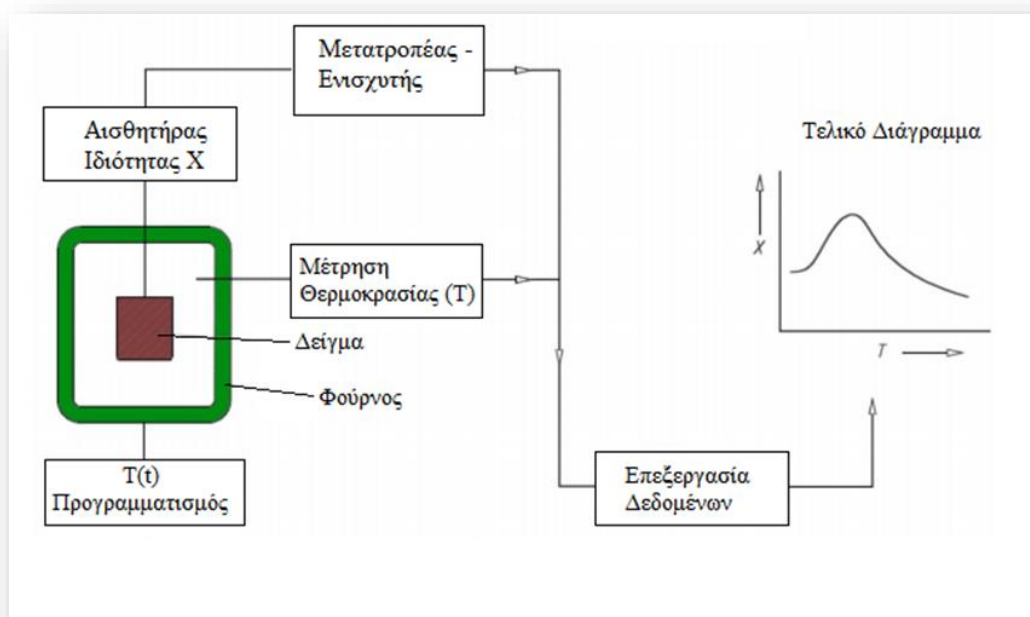
($\Delta T = T_r - T_s$) και σχεδιάζεται η γραφική παράσταση ως προς τη θερμοκρασία του δείγματος. Η διαφορική ανάλυση παρακολουθεί μόνο ενεργειακές μεταβολές που συνοδεύονται με μεταβολή των φυσικών διεργασιών ή χημικών μεταβολών. Τα συμπεράσματα είναι ποιοτικά διότι δεν αποκρίνεται σε μεταβολές μάζας.

Η **Θερμοστατική Ανάλυση TGA** εφαρμόζεται για τον ποσοτικό προσδιορισμό των μεταβολών του βάρους του δείγματος ενόσω αυτό θερμαίνεται. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να προσδιοριστούν τόσο η θερμοκρασία ή το θερμοκρασιακό εύρος, όσο και ο ρυθμός με τον οποίο λαμβάνουν χώρα οι μεταβολές στο δείγμα –οξειδώσεις, αναγωγές τήξεις, μετασχηματισμοί φάσεων- καθώς και το εξώθερμο και ενδόθερμο χαρακτήρα τους. Η TG λαμβάνει χώρα σε επιλεγμένο περιβάλλον με μέγιστη θερμοκρασία τους 1500 °C, παρουσία αέρα ή αδρανούς αερίου. Κατά την θερμοστατική ανάλυση δημιουργείται ένα διάγραμμα μάζας συναρτήσει της μεταβολής της θερμοκρασίας, που καλείται ως θερμογράφημα (thermograph) ή καμπύλη θερμικής διάσπασης (thermal decomposition curve) [11]

Μια διάταξη θερμοστατικής ανάλυσης απαρτίζεται από τα εξής μέρη:

- Ευαίσθητο αναλυτικό ζυγό
- Φούρνο
- Σύστημα καθαρισμού με διαβίβαση αερίου που εξασφαλίζει αδρανή ή δραστική ατμόσφαιρα
- Έναν μικροεπεξεργαστή /μικροϋπολογιστή

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται σχηματικά ο τρόπος λειτουργίας και χρήσης ενός θερμικού αναλυτή, καθώς επίσης και το όργανο της θερμικής ανάλυσης (Φωτογραφία 2) στο οποίο πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δειγμάτων.



Σχήμα 4: Σχηματικό διάγραμμα διάταξης θερμικού αναλυτή [20].



Φωτογραφία 2: Όργανο θερμικής ανάλυσης του εργαστηρίου «Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης».

3.3 Ορυκτολογικές Μέθοδοι Ανάλυσης

3.3.1 Περιθλασιμετρία Ακτίνων –X (XRD)

Με την μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων –X (X-Ray Diffraction analysis) έγινε η ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων στο Εργαστήριο Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης με τη χρήση περιθλασίμετρου ακτίνων –X (XRD) τύπου D8 – Advance της BrukerAXS. Με την μέθοδο αυτή είναι δυνατή η απευθείας μέτρηση των γωνιών όσο και των εντάσεων των ανακλάσεων των ακτίνων –X που προσπίπτουν πάνω σε ένα παρασκεύασμα κρυσταλλικής κόνεως. Τα αποτελέσματα της περίθλασης των ακτίνων-X μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της δομής των κρυσταλλικών ουσιών καθώς και την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση του εξεταζόμενου δείγματος.

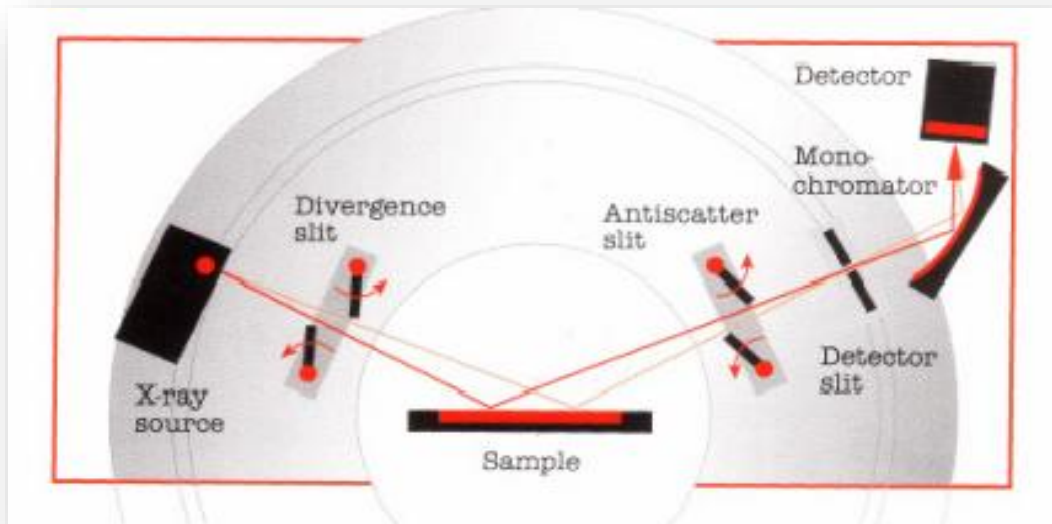
Ένα σύγχρονο περιθλασίμετρο ακτίνων –X αποτελείται από:

- μονάδα παραγωγής υψηλής τάσης
- λυχνία ακτίνων -X
- γωνιόμετρο
- απαριθμητής ακτίνων –X
- ηλεκτρική μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής κρούσεων
- μονάδα μικροϋπολογιστή καθοδήγησης του συστήματος και αξιολογήσεις δεδομένων.

Το δείγμα αρχικά λειοτριβείται, σε γουδί από αχάτι υπο μορφή κόνεως και τοποθετείται μέσα στην κοιλότητα ενός πλαστικού ή μεταλλικού πλακιδίου. Η κοιλότητα αυτή έχει βάθος περίπου 1mm και έκταση μερικών cm^2 , έτσι ώστε να χωράει στην κοιλότητα μάζα δείγματος της τάξης του 1g και κατανέμεται στην κοιλότητα του πλακιδίου ώστε να σχηματιστεί επίπεδη επιφάνεια [24].

Το πλακίδιο αυτό τοποθετείται στο δειγματοφορέα του γωνιομέτρου του περιθλασίμετρου, ο οποίος βρίσκεται σε τέτοια θέση, ώστε να παραμένει πάντα στο κέντρο ενός κύκλου, που διαγράφει ο απαριθμητής των ακτίνων –X, και το επίπεδο του δείγματος να είναι πάντα κάθετο προς το επίπεδο του κύκλου. Ταυτόχρονα περιστρέφεται ο απαριθμητής με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ($2\theta/\text{min}$) και το επίπεδο του δείγματος με τη μισή τιμή της γωνιακής ταχύτητας του απαριθμητή (θ/min). Η ταυτόχρονη μετατόπιση του απαριθμητή και η περιστροφή του δείγματος έχει σαν αποτέλεσμα ο πρώτος να σχηματίζει την ίδια γωνία ως προς το επίπεδο του δείγματος με το σημείο εξόδου των ακτίνων – X της λυχνίας. Με αυτόν

τον τρόπο είναι δυνατή η καταγραφή της ακτινοβολίας που περιθλάται στους κρυσταλλικούς κόκκους του δείγματος οι οποίοι βρίσκονται σε τέτοια γωνία ως προς την κατεύθυνση της δέσμης των ακτίνων –X, που προέρχονται από τη λυχνία (Σχήμα 5).



Σχήμα 5: Συνήθης γεωμετρία ακτίνων-X από επίπεδο δείγμα, εικόνα μέσω Google.

Το φαινόμενο της περίθλασης των ακτίνων –X διέπεται από το νόμο του Bragg:

$$n * \lambda = 2 * d * \sin\theta$$

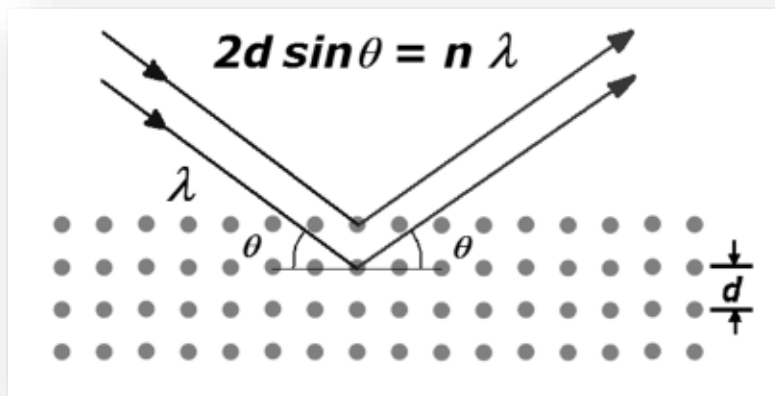
όπου:

n: τάξη ανάκλασης

λ: μήκος κύματος

θ: γωνία πρόσπτωσης

d: πλεγματική απόσταση των επιπέδων ανάκλασης του κρυστάλλου [24].



Σχήμα 6: Σχηματική απεικόνιση των ακτίνων πρόσπτωσης στο κρυσταλλικό πλέγμα του δείγματος. (πηγή Google)

Στην περιθλασιμετρία ακτίνων-X το ζητούμενο μέγεθος είναι το d , γνωστό είναι το λ και το μετρούμενο μέγεθος είναι το 2θ .

Από την καταγραφή της έντασης των περιθλώμενων ακτινοβολιών και των γωνιών περίθλασης λαμβάνεται το φάσμα περίθλασης του δείγματος το οποίο συγκρίνεται με κρυσταλλογραφικά δεδομένα αναφοράς επιτρέποντας την ταυτοποίησή του.

Κατά την περιθλασιμετρία XRD η ακτινοσκόπηση πραγματοποιήθηκε με χρήση λυχνίας Cu, φίλτρο νικελίου, τάση λυχνίας $U=35\text{KV}$ και ένταση ρεύματος $I=35\text{mA}$. Η ακτινοσκόπηση των δειγμάτων έγινε σε γωνίες μεταξύ $4-70^\circ 2\theta$ και πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο «Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας» του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων.

3.4 Κοσκίνιση

Κατά την ξηρή κοσκίνιση χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα με άνοιγμα βρόγχων 8, 4.5, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063 mm τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο με σειρά από το κόσκινο με το μεγαλύτερο άνοιγμα βρόγχων, στην κορυφή, προς το μικρότερο. Αρχικά ζυγίζεται όλη η ποσότητα του δείγματος, έπειτα κοσκινίζεται με το χέρι και τέλος το παραμένον υλικό κάθε κλάσματος, δηλαδή αυτό που έχει μέγεθος κόκκων μεγαλύτερο από το άνοιγμα των βρόγχων του κοσκίνου, ζυγίζεται σε ζυγαριά ακριβείας. Τέλος το συνολικό άθροισμα των βαρών όλων των κλασμάτων που παρέμειναν στα κόσκινα δεν θα πρέπει να διαφέρει κατά πολύ από την

αρχική τροφοδοσία της κοσκίνισης. Σκοπός είναι η περιγραφή της κοκκομετρικής κατανομής του αθροιστικώς διερχόμενου βάρους (%) συναρτήσει του μεγέθους των κόκκων.

Κεφάλαιο 4^ο: Ανάλυση και Χαρακτηρισμός Κονιαμάτων

4.1 Μακροσκοπικός Χαρακτηρισμός Δειγμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρατεθούν οι μακροσκοπικές φωτογραφίες των δειγμάτων που συλλέχθηκαν, με σκοπό μια πρώτη εκτίμηση των γενικών εξωτερικών χαρακτηριστικών τους. Τα δείγματα από την ανασκαφή της οδού Κατρέ 1 (Εικόνα 3) έχουν χωριστεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες αυτές των πηλοκονιαμάτων (5 δείγματα με ονομασία Μ) και των ασβεστοκονιαμάτων (16 δείγματα με ονομασία ΚΧ). Για σύγκριση με τα εν λόγω μινωικά, ελληνιστικά και ρωμαϊκά κονιάματα αναλύθηκαν και δύο νεότερα δείγματα με ονομασίες Ε1 και Ε2 τα οποία προέρχονται από τον Φάρο του Αγίου Ιωάννη του Αφορεσμένου, στον Άγιο Νικόλαο Κρήτης (Εικόνα 25).



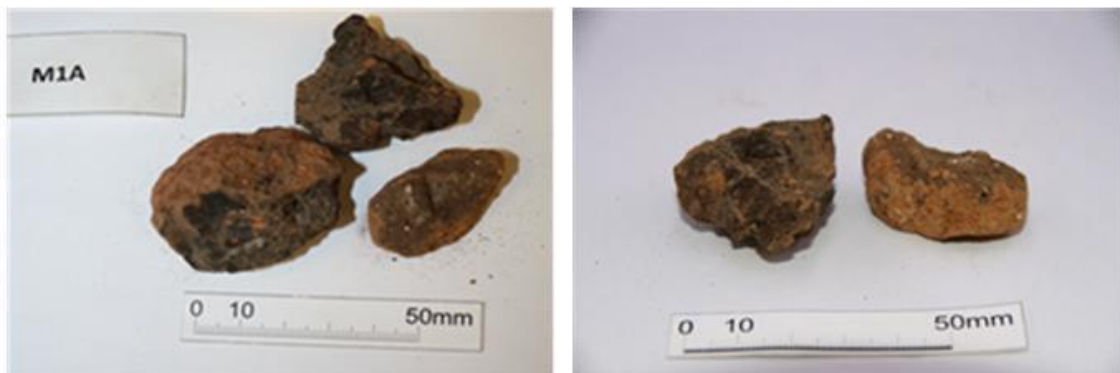
Εικόνα 3: Φωτογραφία του τείχους της ανασκαφής της οδού Κατρέ 1 [21]



Εικόνα 4: Κάτοψη της περιοχής δειματοληψίας της οδού Κατρέ. Δορυφορική εικόνα μέσω Google maps, με κόκκινο είναι υπογραμμισμένη η περιοχή δειματοληψίας.

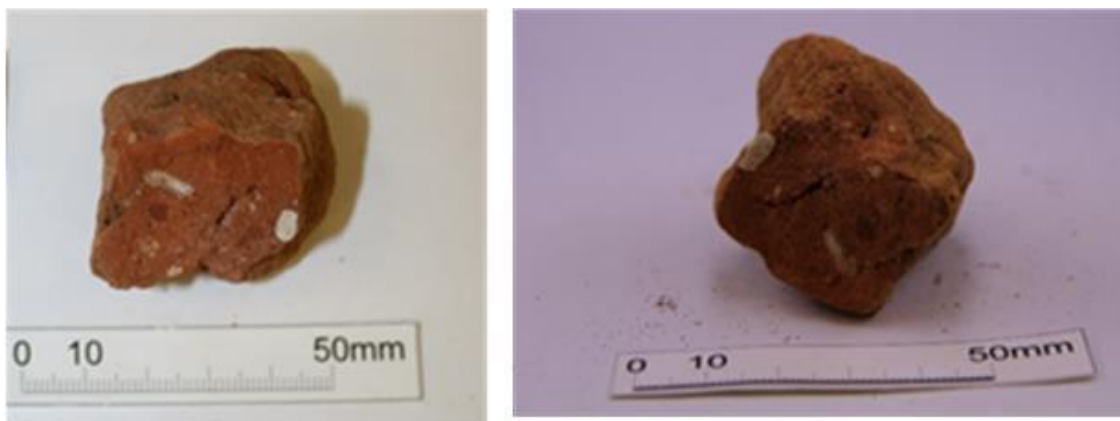
1) ΠΗΛΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

1. Το δείγμα **M1A** συλλέχθηκε από την Τάφρο Θ-ΙΕ. Κατηγοριοποιείται στην ομάδα των πηλοκονιαμάτων, το χρώμα του είναι καστανό εξωτερικά και σχεδόν μαύρο στο εσωτερικό, διακρίνονται και με γυμνό μάτι τα τμήματα θραυσμένου κεραμικού στο κονίαμα. Το μαύρο χρώμα του δείγματος οφείλεται πιθανότατα στην έκθεση του πηλού σε υψηλή θερμοκρασία.



Εικόνα 5: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M1A

2. Το δείγμα **M1B** με θέση δειγματοληψίας την Τάφρο Θ-ΙΕ και προεκτάσεις, στην οδό Κατρέ 1. Συγκαταλέγεται και αυτό στα πηλοκονιάματα, το χρώμα του είναι καστανό και διακρίνονται στην μάζα του τμήματα ασβεστολίθου καθώς και κελύφη οστράκων.



Εικόνα 6: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M1B

3. Το δείγμα **M2A** με θέση δειγματοληψίας την Τάφρο Θ-ΙΕ και προεκτάσεις, πρόκειται για συμπαγή λίθο ο οποίος είναι επικαλυμμένος με πηλοκονίαμα, το οποίο και μελετάται, με την ονομασία **M2A1**. Το χρώμα της κονίας είναι καστανό και φαίνεται να έχει καλή συγκόλληση με ασβεστόλιθο.



Εικόνα 7: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M2A1

4. Το δείγμα **M2B** με θέση δειγματοληψίας την Τάφρο Θ-ΙΕ και προεκτάσεις χωρίστηκε σε δύο δείγματα με ονομασίες **M2B1** και **M2B2**. Πρόκειται για πηλοκονιάματα με καστανό ως πορφυρό χρώμα και στα δύο δείγματα διακρίνονται διάσπαρτοι λευκοί κόκκοι ασβεστόλιθου.



Εικόνα 8: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M2B1 και M2B2

5. Το δείγμα **M3** συλλέχθηκε από την Τάφρο Θ-ΙΕ. Είναι και αυτό πηλοκονίαμα με χρώμα καστανό παρατηρείται το αποτύπωμα της επαφής καθώς και η λεία επιφάνεια που έχει δημιουργηθεί από την πιθανή σύνδεση με κάποιον δομικό λίθο. Σποραδικά παρατηρούνται λευκοί κόκκοι ασβεστολίθου.



Εικόνα 9: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος M3

6. Το **δείγμα 16** ή **KX16** συλλέχθηκε από την Τάφρο ΙΔ στρώμα καταστροφής θραύσμα από δ.17. Πρόκειται για κονίαμα καστανού χρώματος το οποίο είναι προσκολλημένο σε λίθο. Το μέγεθος των αδρανών είναι μεγαλύτερο από τα παραπάνω κονιάματα, διακρίνονται τμήματα ασβεστολίθου.



Εικόνα 10: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος Δ16 και η θέση δειγματοληψίας του αριστερά

2) ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

7. Το δείγμα KX1 είναι ένα συνδετικό κονίαμα του τείχους της Τάφρου Α, χρώματος λευκού, έχει καλή επαφή με λίθο, μακροσκοπικά παρατηρείται η ύπαρξη φυκών και κελύφων. Μικροσκοπικά παρατηρείται μεγάλο ποσοστό αδρανών με μέγιστο μέγεθος κόκκων έως 1,5 mm. Τα αδρανή που διακρίνονται προέρχονται από θραύσματα ασβεστολίθου και κροκαλοπαγούς.



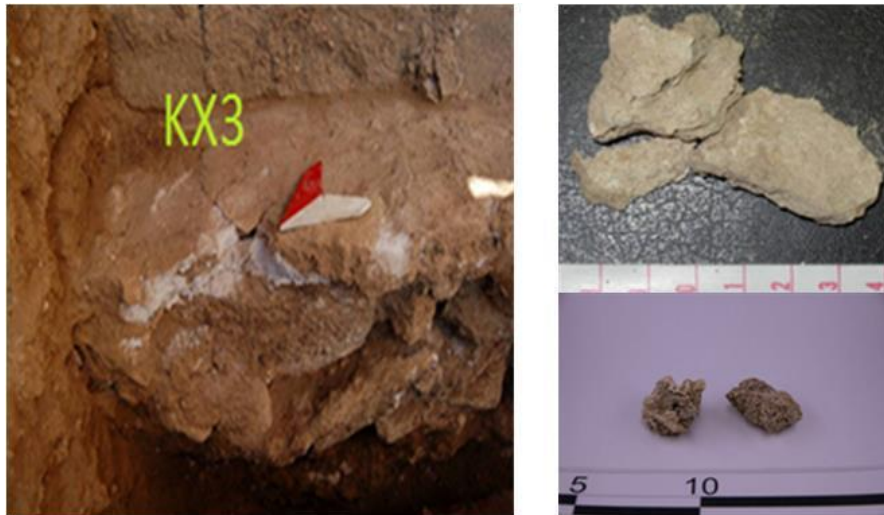
Εικόνα 11: Μακροσκοπική φωτογραφία του δείγματος KX1 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

8. Το δείγμα KX2 προέρχεται από την Τάφρο Α-ΣΤ Σεβάχ, είναι ένα κονίαμα αρμών από τον τοίχο 2. Το χρώμα του κονιάματος είναι καστανό, όπως φαίνεται και στη δεξιά φωτογραφία, με καλή σύνδεση της κονιάς με τα αδρανή. Στο εξωτερικό λευκό επίχρισμα, παρατηρείται η αρκετά καλή συγκολλητική ικανότητα με το εσωτερικό κονίαμα.



Εικόνα 12: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX2 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας.

Το δείγμα **KX3** έχει θέση δειγματοληψίας την Τάφρο –Α και είναι συνδετικό υλικό από την κρηπίδα του τείχους. Το χρώμα του ασβεστοκονιάματος είναι υπόλευκο ως γκρι, πρόκειται για ασβεστοκονίαμα με συμπαγή δομή.



Εικόνα 13: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX3 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

9. Το δείγμα **KX4** συλλέχθηκε από την Τάφρο-Z, Τοίχος 8, στρώμα 2. Πρόκειται για ασβεστοκονίαμα λευκού χρώματος, ιδιαίτερα συνεκτικό, με ομοιόμορφη κατανομή των κόκκων, παρατηρούνται επίσης σποραδικά θραύσματα ασβεστολίθου.



Εικόνα 14: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX4 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

10. Το δείγμα **KX5** προέρχεται από την Τάφρο-Z, Τοίχος 8, Στρώμα 2, έχει χρώμα λευκό πολύ κοντά στο KX4, τα δύο κονιάματα πιθανών να είναι της ίδιας κατασκευαστικής φάσης, αφού βρίσκονται και πολύ κοντά οι θέσεις δειγματοληψίας τους, διακρίνονται και εδώ σποραδικά θραύσματα ασβεστολίθου.



Εικόνα 15: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX5 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

11. Το δείγμα **KX6** προέρχεται από την Τάφρος-I, τοίχος 6, στρώμα 1. Το χρώμα του κονιάματος είναι λευκό και παρατηρούνται θραύσματα ασβεστόλιθου, είναι ένα συνεκτικό ασβεστοκονίαμα με ομοιόμορφη κατανομή αδρανών.



Εικόνα 16: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX6 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

12. Το δείγμα **KX7** με θέση δειγματοληψίας την Τάφρο-I, τοίχος 6, στρώμα 2, δάπεδο 14. Πρόκειται και αυτό το δείγμα για ασβεστοκονίαμα, το χρώμα του είναι καστανόλευκο λόγω της επαφής με χώμα, βρίσκεται στο δεύτερο στρώμα της ίδιας τάφρου με το δείγμα KX6. Στο δείγμα παρατηρούνται κεραμικά καθώς και τμήματα θραυσμένου ασβεστόλιθου.



Εικόνα 17: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX7 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

13. Το δείγμα **KX8** με θέση δειγματοληψίας την Τάφρο-B είναι ένα επίχρισμα αρμολογήματος, λευκού χρώματος επίσης διακρίνονται σποραδικά θραύσματα ασβεστόλιθου, είναι αρκετά συμπαγές κονίαμα



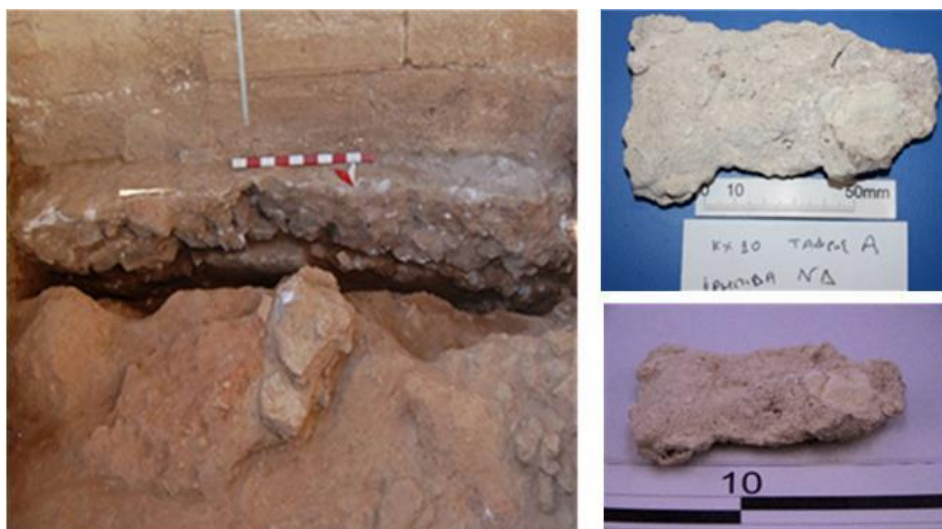
Εικόνα 18: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX8 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

14. Το δείγμα **KX9** προέρχεται από την Τάφρο - Β και έχει χωριστεί σε δύο δείγματα το **KX9a** και το **KX9b**. Το KX9a προέρχεται από πέτρα και είναι επίχρισμα με λίγο αρμολόγημα ομοιάζει με το KX8, περιέχει τμήματα κεραμικών, ασβεστολίθων, κελύφων και φυκών. Το KX9b είναι βαθύ αρμολόγημα από την ίδια Τάφρο είναι ίδιο με το KX9a και το KX8.



Εικόνα 19: Μακροσκοπικές φωτογραφίες των δειγμάτων KX9a, KX9b και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

15. Το δείγμα **KX10** προέρχεται από την Τάφρο Α και την κρηπίδα στα Νοτιοδυτικά πρόκειται για ασβεστοκονίαμα χρώματος λευκού, παρατηρούνται τμήματα θραυσμένων κεραμικών και κομμάτια ασβεστολίθων.



Εικόνα 20: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX10 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

16. Το δείγμα **KX11** προέρχεται από την Τάφρο Α και το τείχος στα Νοτιοδυτικά, πρόκειται για ασβεστοκονίαμα χρώματος γκρι παρατηρούνται και σε αυτό το κονίαμα τμήματα ασβεστολίθων και θραυσμένου κεραμικού.



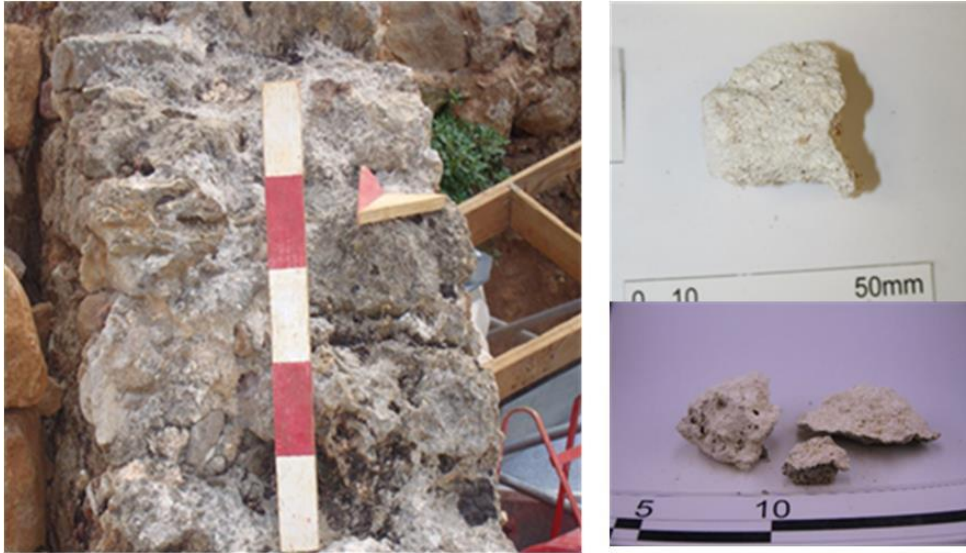
Εικόνα 21: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX11 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

17. Το δείγμα **KX14** ή αλλιώς **M4** είναι ένα σύγχρονο αρμολόγημα του τείχους λευκού χρώματος, είναι και αυτό ασβεστοκονίαμα πιο συμπαγές από τα προηγούμενα δείγματα, στη μάζα του παρατηρούνται τμήματα ασβεστολίθων και μεγάλος αριθμός φυκών και κελύφων.



Εικόνα 22: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX14-M4 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

18. Το δείγμα **KX15** ή **M5** πρόκειται για αρμολόγημα νεότερου τοίχου λευκού χρώματος, στη μάζα του παρατηρούνται τμήματα ασβεστολίθου, θραυσμένου κεραμικού καθώς φύκη και κελύφη.



Εικόνα 23: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX15-M5 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

19. Το δείγμα **KX13** ή **M6** προέρχεται από την Τάφρο Α και πρόκειται για υλικό αρμολογήματος από το Νοτιοανατολικό άκρο του τείχους ομοιάζει με το KX11, παρατηρείται μεγάλος αριθμός φυκών και κελύφων καθώς και τμήματα ασβεστολίθου και θραυσμένου κεραμικού.



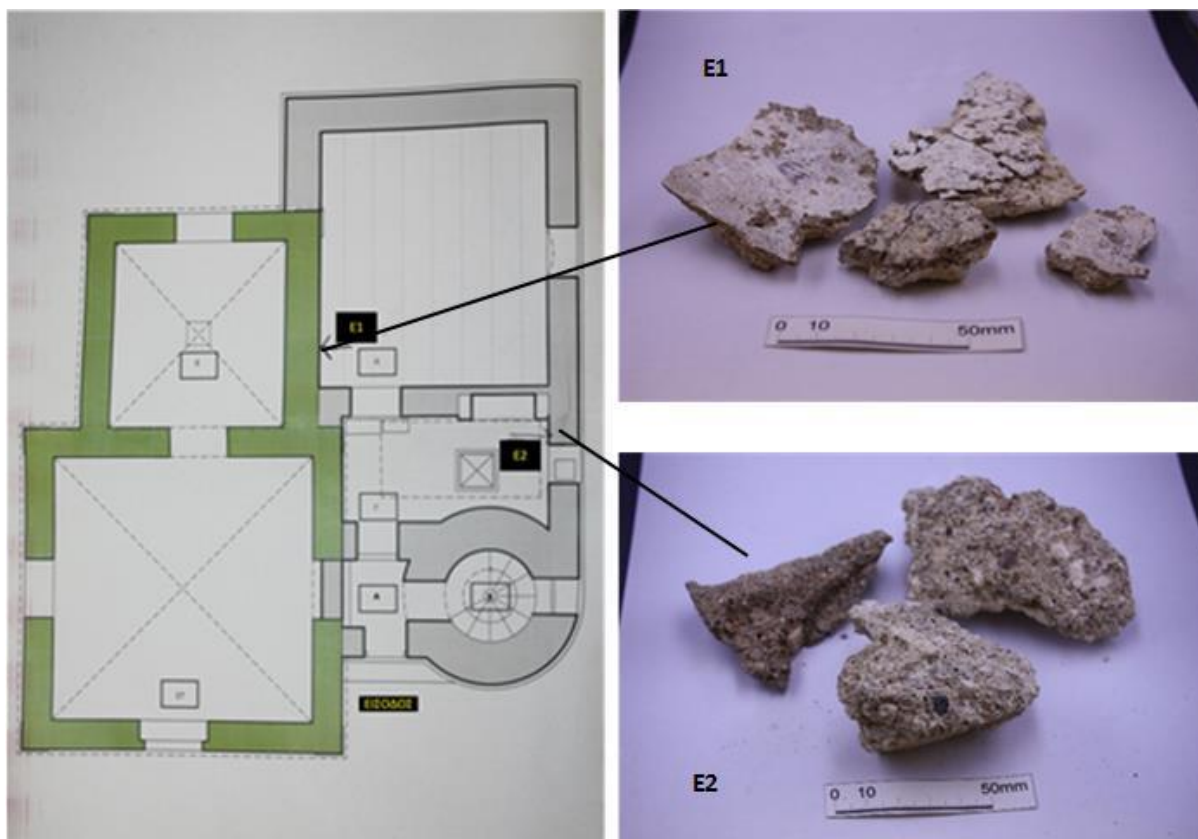
Εικόνα 24: Μακροσκοπικές φωτογραφίες του δείγματος KX13-M6 και αριστερά η θέση δειγματοληψίας

Δείγματα από τον φάρο του Αγίου Ιωάννη του Αφορεσμένου, στην περιοχή του Αγίου Νικολάου στην Κρήτη.

Για επιπλέον σύγκριση των δειγμάτων, προστέθηκαν και άλλα δύο δείγματα μεταγενέστερης κατασκευαστικής περιόδου, από τον Φάρο του Αγίου Ιωάννη (Φωτογραφία 3) ο οποίος βρίσκεται 27 km βόρεια του Αγίου Νικολάου, κοντά στο χωριό Βρούχας. Ο φάρος του Αγίου Ιωάννη ή αλλιώς ο φάρος του “Αφορεσμένου” χτίστηκε το 1864 από την Γαλλική εταιρία Φάρων και εντάχθηκε στο Ελληνικό Φαρικό Δίκτυο το Μάιο του 1915. Το ύψος του είναι 9 μέτρα και σήμερα λειτουργεί ως αυτόματος φάρος με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος και πρόσφατα γίνονται προσπάθειες για την αναστήλωση του. Στο σημείο που χτίστηκε ο φάρος προϋπήρχε πύργος και στην κορυφή του λόφου του ακρωτηρίου υπήρχε βίγλα (σκοπιά), το ακρωτήριο και η βίγλα αποτυπώνονται σε ενετικούς χάρτες [22]. Στην Εικόνα 25 φαίνονται οι θέσεις δειγματοληψίας των δειγμάτων E1 και E2 στο σχέδιο της κάτοψης του Φάρου του Αγίου Ιωάννη.



Φωτογραφία 3: Φάρος του Αγίου Ιωάννη φωτογραφία μέσω Google



Εικόνα 25: Κάτοψη του Φάρου του Αγίου Ιωάννη με τις θέσεις δειγματοληψίας των E1 και E2

20. Το δείγμα **E1** είναι εξωτερικό επίχρισμα, ασβεστοκονίαμα με ρηγματώσεις και πάχος που φτάνει τα 5 mm, είναι διαβρωμένο από τις περιβαλλοντικές και καιρικές συνθήκες.



Εικόνα 26: Μακροσκοπική φωτογραφία του δείγματος E1

21. Το δείγμα **E2** πρόκειται για συνδετικό κονίαμα με μεγαλύτερο μέγεθος αδρανών από τα προηγούμενα δείγματα, πρόκειται για ένα αρκετά συμπαγές κονίαμα και είναι εμφανή τα τμήματα θραυσμένου κεραμικού και ασβεστολίθου καθώς και ο μεγάλος αριθμός κελύφων.

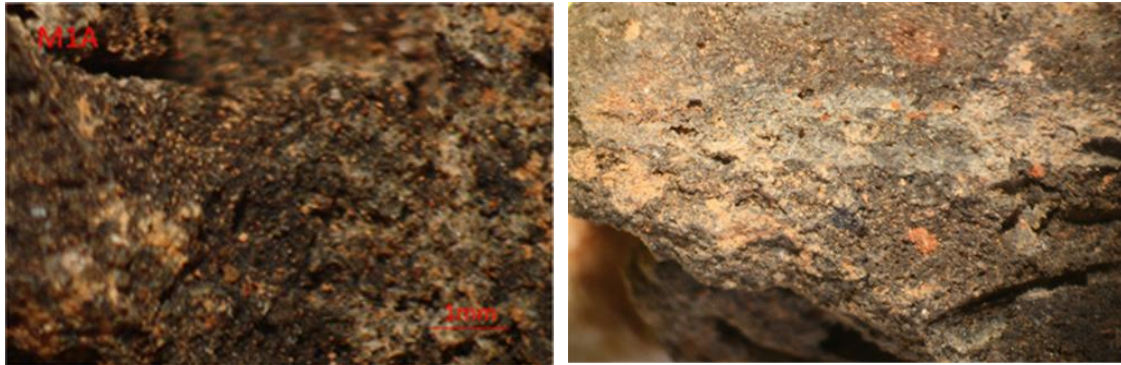


Εικόνα 27: Μακροσκοπική φωτογραφία του δείγματος E2

4.2 Μικροσκοπική Ανάλυση Δειγμάτων

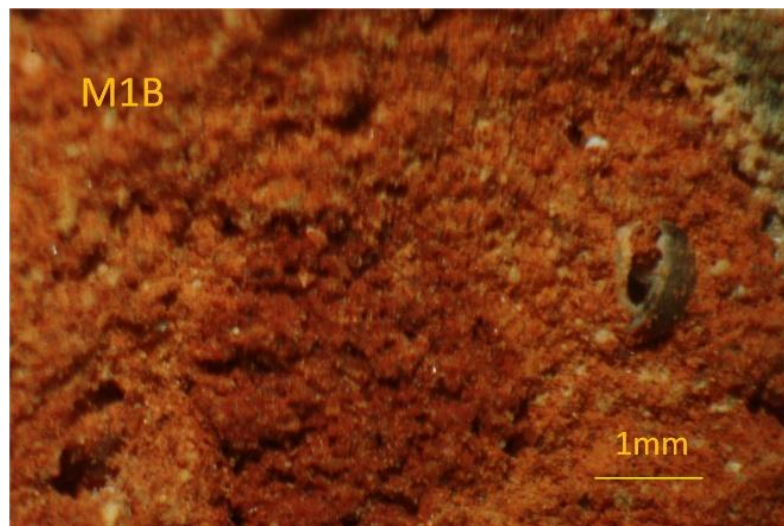
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι φωτογραφίες των δειγμάτων που ελήφθησαν μέσω του οπτικού μικροσκοπίου του εργαστηρίου «Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης» και σχολιάζονται τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων από τις δειγματοληψίες, τόσο της αρχαιολογικής ανασκαφής της οδού Κατρέ, όσο και των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από τον Φάρο του Αγίου Ιωάννη του Αφορεσμένου.

- i. Στην Εικόνα 28 παρουσιάζονται οι φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος M1A, το οποίο είναι πηλοκονίαμα και παρατηρούνται η καλή συνοχή του δείγματος, τα τμήματα ψημένου κεραμικού καθώς και η συμπαγής δομή του. Το κονίαμα έχει υποστεί θερμική κατεργασία από φωτιά. Είναι μινωϊκό κονίαμα.



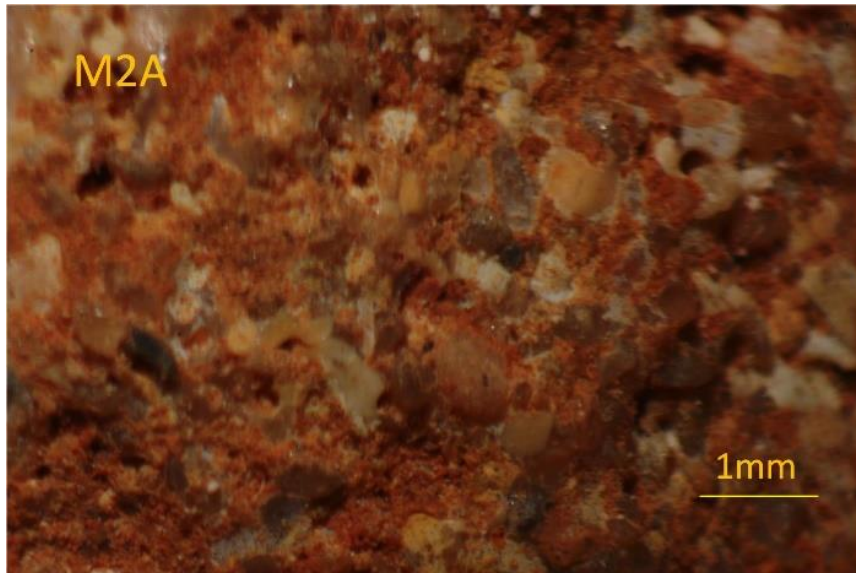
Εικόνα 28: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος M1A

- ii. Στην Εικόνα 29 παρουσιάζεται το δείγμα M1B το οποίο είναι ένα πηλοκονίαμα με εμφανή την ύπαρξη κελύφων άρα και εκτεταμένη χρήση θαλάσσιας άμμου, καθώς και υπολείμματα ασβεστολίθων με μικρή κοκκομετρική διαβάθμιση της τάξης των 0,1 mm καθώς και διάσπαρτοι μεγάλοι κόκκοι ασβεστολίθων της τάξης των 5 mm. Είναι μινωϊκό κονίαμα.



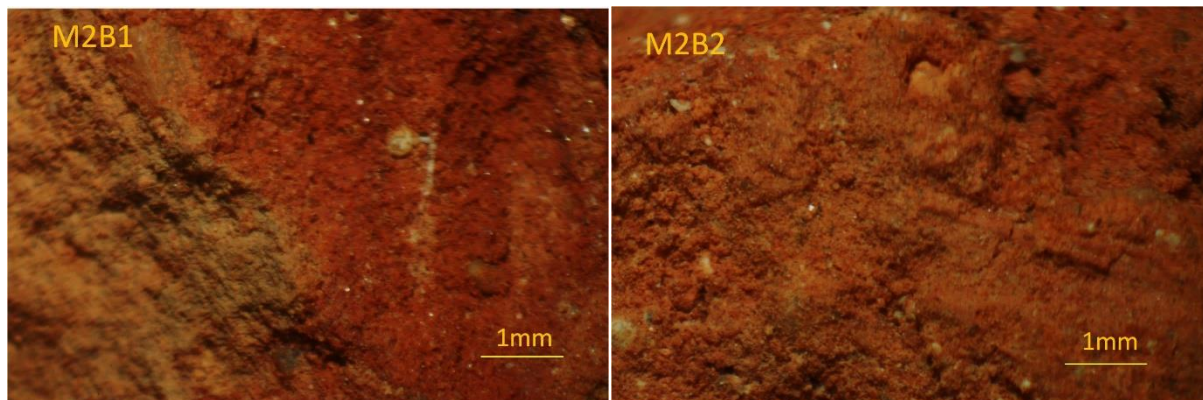
Εικόνα 29: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος M1B

- iii. Στην Εικόνα 30 παρουσιάζεται το δείγμα M2A στο οποίο φαίνεται η καλή επαφή της κονίας και των αδρανών τα οποία προέρχονται από την χρήση θαλάσσιας άμμου με μέγιστο μέγεθος αδρανών το 1 mm.



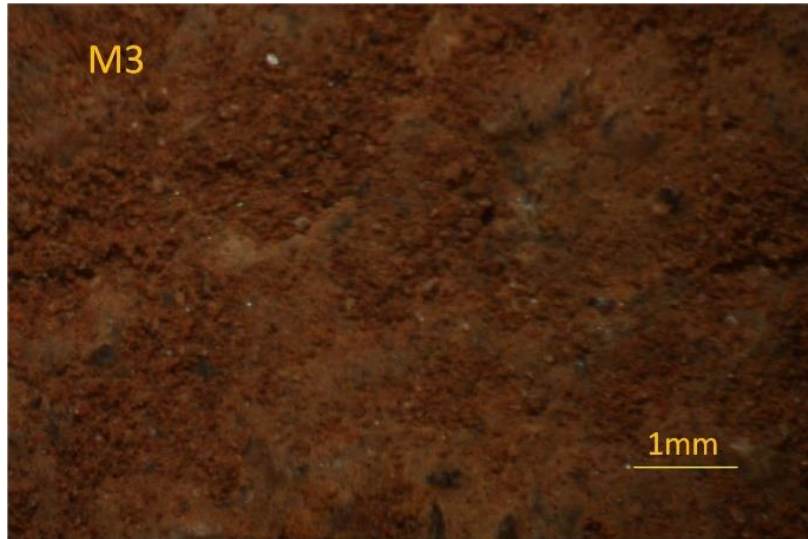
Εικόνα 30: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος M2A

- iv. Στην επόμενη Εικόνα 31 παρουσιάζονται τα δείγματα M2B1 (αριστερά) και M2B2 (δεξιά) στα οποία παρατηρείται η χρήση λεπτόκοκκης άμμου, είναι αρκετά συμπαγή πηλοκονίαματα και διακρίνονται σποραδικά κόκκοι ασβεστολίθου.



Εικόνα 31: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου των δειγμάτων από αριστερά προς τα δεξιά του M2B1 και M2B2

- v. Στην Εικόνα 32, παρουσιάζεται το δείγμα M3 η χρήση λεπτόκοκκης άμμου υπάρχει και εδώ, είναι αρκετά συνεκτικό πηλοκονίαμα στη μάζα του φαίνονται τμηματικά θραύσματα ασβεστολίθου.



Εικόνα 32: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος M3

- vi. Στη Εικόνα 33 παρουσιάζεται το Δ.16 στο οποίο παρατηρούνται τμήματα θραυσμένου ασβεστολίθου, καλή σύνδεση κονίας αδρανών, μεγαλύτερο μέγεθος αδρανών από τα προηγούμενα κονιάματα καθώς και καλή συγκόλληση με λίθο.



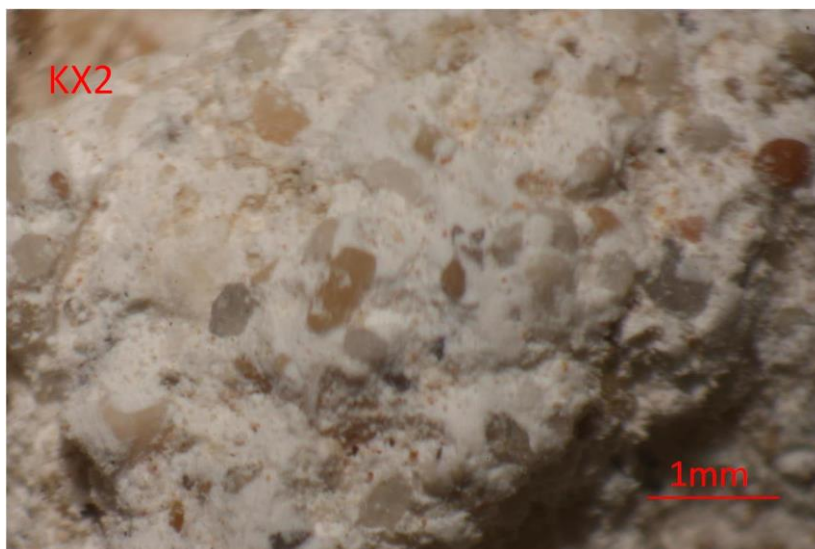
Εικόνα 33: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος Δ16

- vii. Στην Εικόνα 34, παρουσιάζεται το ασβεστοκονίαμα KX1, η σύνδεση μεταξύ κονιάς και αδρανών είναι ιδιαίτερα καλή, πιο συμπαγές από τα προηγούμενα πηλοκονιάματα, η χρήση θαλάσσιας άμμου είναι εκτεταμένη και εδώ λόγω των κελυφών που βρίσκονται σποραδικά στη μάζα του κονιάματος. Η τεχνοτροπία και η κατασκευαστική φάση είναι αρκετά μεταγενέστερη και παραπέμπει σε ρωμαϊκή περίοδο.



Εικόνα 34: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX1

- viii. Στη Εικόνα 35 παρουσιάζεται το δείγμα KX2, το οποίο ομοιάζει με το KX1 και ως προς την σύνδεση της κονιάς με τα αδρανή αλλά και ως προς το μέγεθος των αδρανών και τη χρήση της θαλάσσιας άμμου.



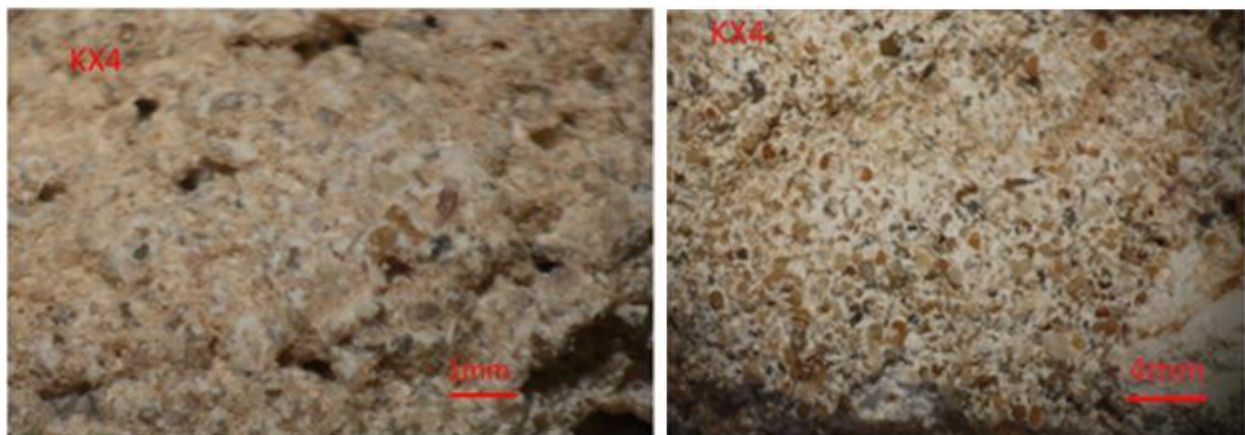
Εικόνα 35: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX2

- ix. Στην Εικόνα 36 παρουσιάζεται η φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX3, ιδιαίτερα συμπαγές και αυτό το κονίαμα ομοιάζει με τα KX1 και KX2 μόνο που σε αυτό το κονίαμα παρατηρείται μεγαλύτερο ποσοστό αδρανών σε σχέση με την κονία, καθώς και πιο σκούρο χρώμα στην κονία.



Εικόνα 36: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX3

- x. Στην Εικόνα 37 παρουσιάζεται το δείγμα KX4 ομοιάζει με τα προηγούμενα ασβεστοκονιάματα παρατηρούνται όμως και θραύσματα κεραμικού υλικού.



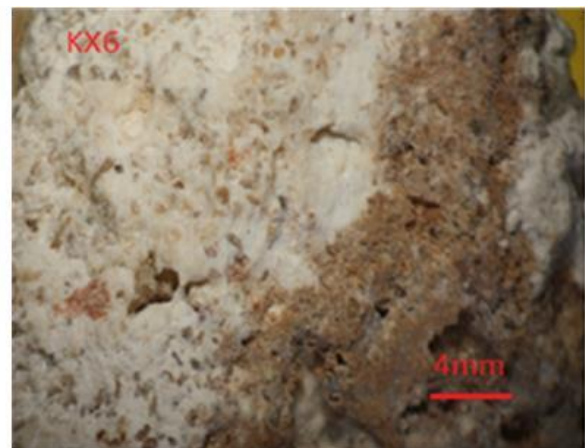
Εικόνα 37: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX4

- xi. Στην Εικόνα 38 παρουσιάζεται το δείγμα KX5 ομοιάζει με τα προηγούμενα.



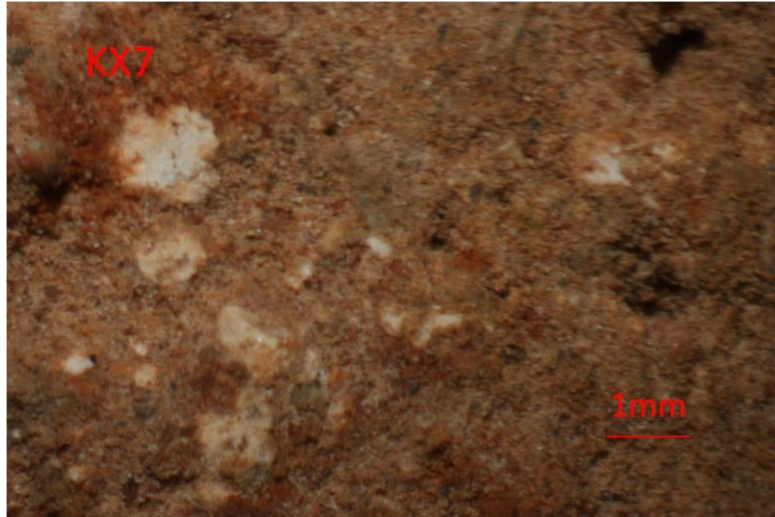
Εικόνα 38: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX5

- xii. Στην Εικόνα 39 παρουσιάζεται το δείγμα KX6 ομοιάζει με τα προηγούμενα κονιάματα επίσης στη μάζα του διακρίνονται θραύσματα κεραμικών, αρκετά έγκοιλα και πόροι.



Εικόνα 39: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX6

- xiii. Στην Εικόνα 40 παρουσιάζεται το δείγμα KX7 στο οποίο λόγω της επαφής με χώμα έχει αλλοιωθεί το υπόλευκο χρώμα, παρατηρούνται όμως τα τμήματα ασβεστολίθου και θραυσμένου κεραμικού. Η θαλάσσια άμμος κυριαρχεί και σε αυτό το κονίαμα.



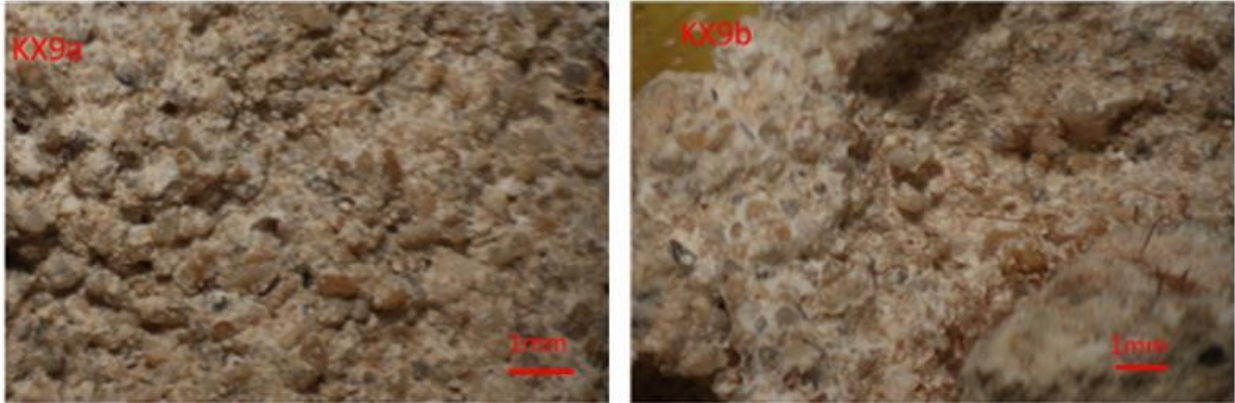
Εικόνα 40: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX7

- xiv. Στην Εικόνα 41 παρουσιάζεται το δείγμα KX8 το οποίο ομοιάζει με τα δείγματα KX1, KX2 και KX5 μόνο που εδώ παρατηρούνται και θραύσματα κεραμικού υλικού.



Εικόνα 41: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX8

- χv. Στην Εικόνα 42 παρουσιάζονται τα δείγματα KX9α (αριστερά) και KX9β (δεξιά), τα δείγματα είναι παρόμοια με τα προηγούμενα κονιάματα εδώ παρατηρείται πιο έντονα η ύπαρξη φυκών που οφείλονται στη θαλάσσια άμμο.



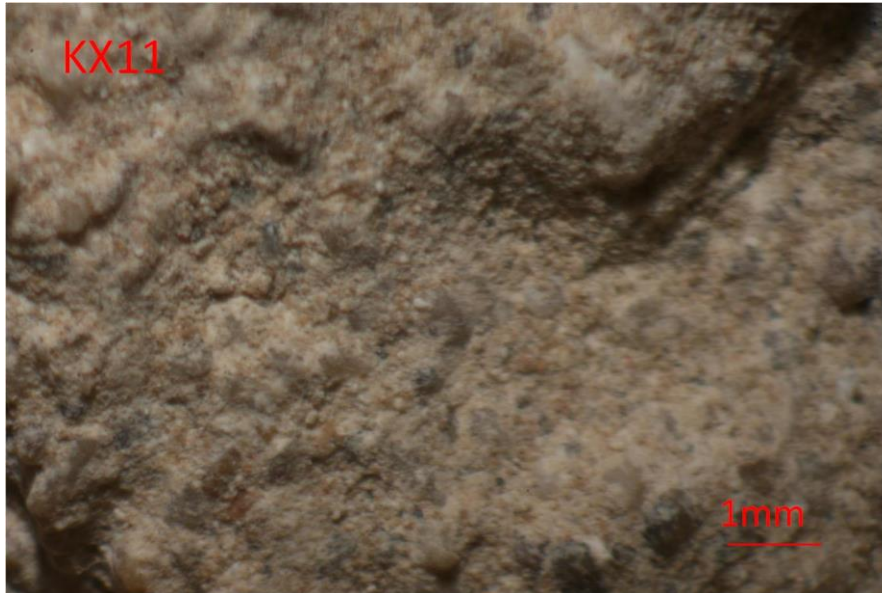
Εικόνα 42: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου των δειγμάτων KX9α (αριστερά) και KX9β (δεξιά)

- χvi. Στην Εικόνα 43 παρουσιάζεται το δείγμα KX10 πρόκειται για κονίαμα που ομοιάζει και αυτό με τα KX1, KX2, KX4, KX5, KX8.



Εικόνα 43: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX10

- xvii. Στην Εικόνα 44 παρουσιάζεται το KX11 με πιο σκούρο χρώμα από τα υπόλοιπα κονιάματα όμως σε γενικές γραμμές δεν διαφέρει ιδιαίτερα ως προς τα αδρανή τα οποία προέρχονται από θαλάσσια άμμο και επίσης παρουσιάζονται διάσπαρτα και τμήματα ασβεστολίθου.



Εικόνα 44: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX11

- xviii. Στην Εικόνα 45 παρουσιάζεται το δείγμα KX14 ή M4 πολύ μεγάλος αριθμός φυκών και κελύφων λόγω της θαλάσσιας άμμου, συνεκτικό ασβεστοκονίαμα, παρατηρείται επίσης η καλή σύνδεση της κονιάς με τα αδρανή.



Εικόνα 45: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX14-M4

- xix. Στη φωτογραφία παρουσιάζεται το δείγμα KX15 ή M5 όμοια χαρακτηριστικά με τα KX2, KX5, KX6 και KX8.



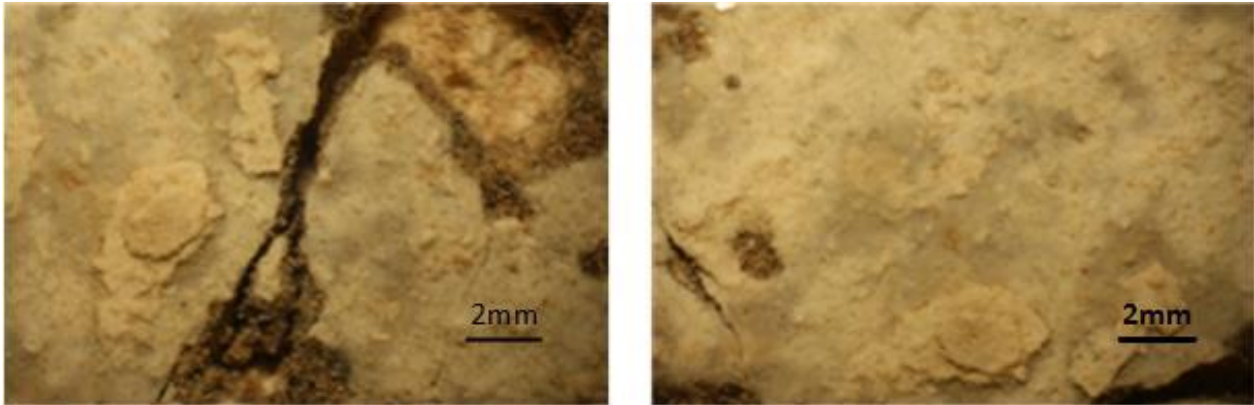
Εικόνα 46: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX15-M5

- xx. Στην Εικόνα 47 παρουσιάζεται το δείγμα KX13-M6 ομοιάζει με το KX4.

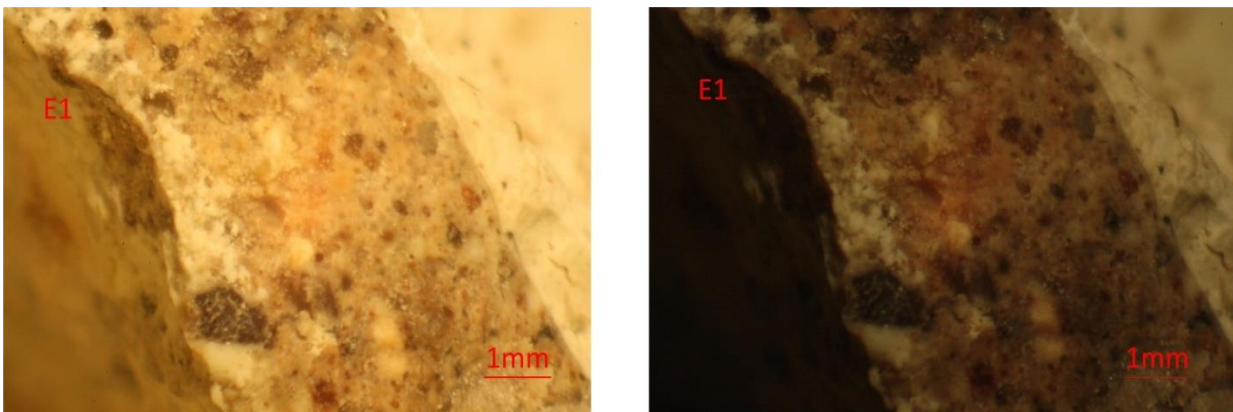


Εικόνα 47: Φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος KX13-M6

xxi. Στην Εικόνα 48 παρουσιάζεται το επίχρισμα E1 το οποίο είναι αρκετά μεταγενέστερο χρονολογικά των υπόλοιπων δειγμάτων. Παρατηρούνται έντονες ρηγματώσεις οι οποίες οφείλονται στη διάβρωση από τις καιρικές συνθήκες. Στην Εικόνα 49 παρουσιάζεται το πάχος του επιχρίσματος το οποίο φτάνει τα 4-5 mm σε ορισμένα σημεία. Επίσης είναι εμφανής η ύπαρξη εξωτερικού ασβεστιτικού λεπτού επιχρίσματος.

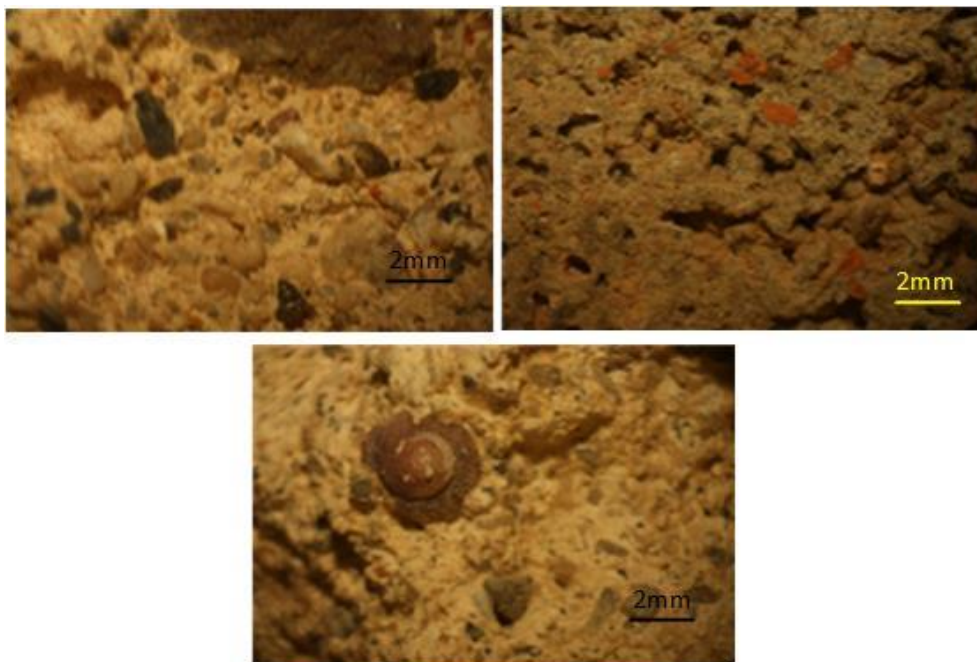


Εικόνα 48: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος E1



Εικόνα 49: Φωτογραφία από οπτικό μικροσκόπιο του δείγματος E1 κάθετα στο στρώμα του επιχρίσματος

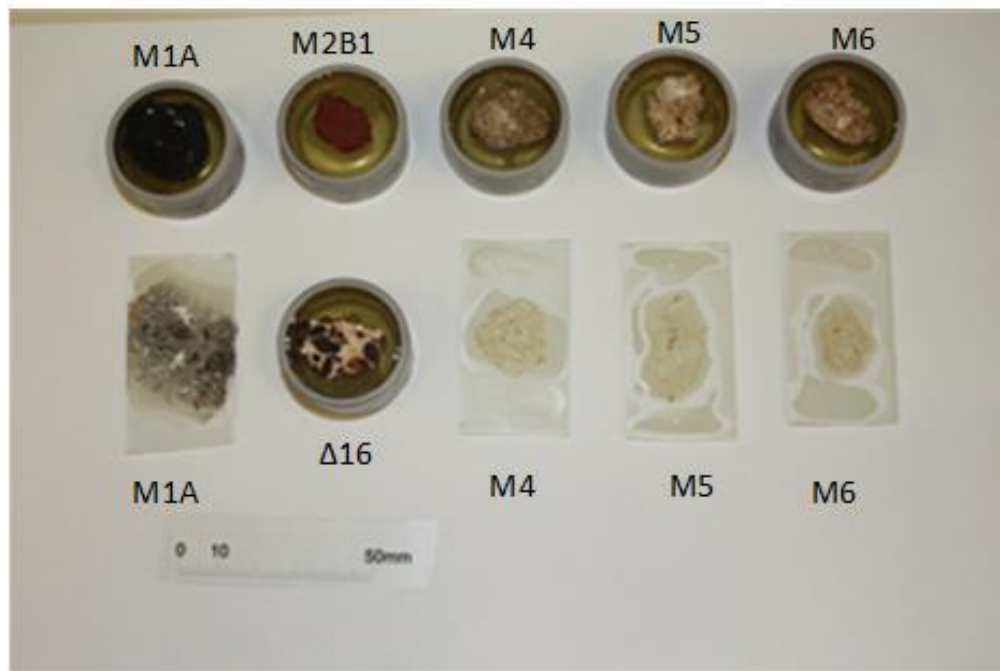
xxii. Στη φωτογραφία παρουσιάζεται το συνδετικό κονίαμα E2, φαίνεται η καλή σύνδεση κονιάς αδρανών, είναι αρκετά συνεκτικό, στη μάζα του παρατηρούνται κελύφη οστράκων, καθώς και τμήματα θραυσμένου κεραμικού.



Εικόνα 50: Φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος E2

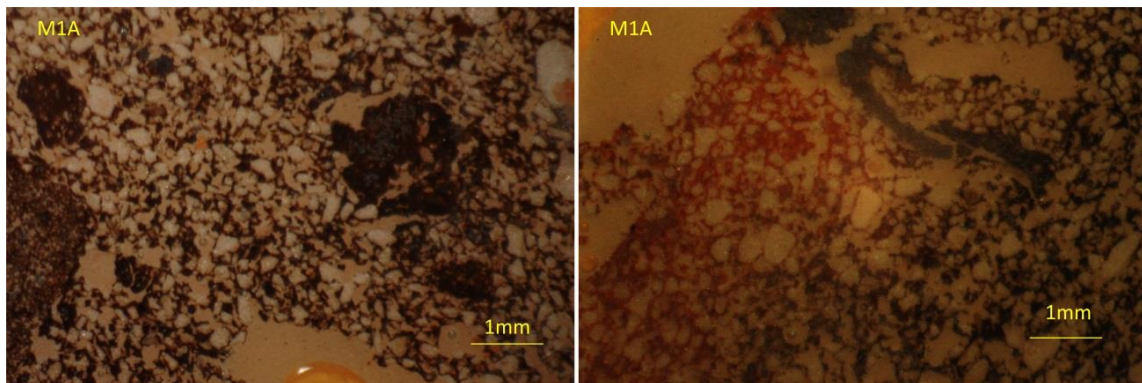
4.3 Μελέτη Στιλπνών και Λεπτών Τομών καθώς και Κοκκομετρική Διαβάθμιση Κονιαμάτων.

Στις Εικόνες 52 έως 61 παρουσιάζονται οι φωτογραφίες που ελήφθησαν από οπτικό μικροσκόπιο των στιλπνών και λεπτών τομών των δειγμάτων M1A, M2B1, KX14-M4, KX15-M5 και KX13-M6 και στιλπνή τομή του δείγματος Δ16. Στην Εικόνα 51 φαίνονται συνολικά οι στιλπνές και λεπτές τομές των δειγμάτων μακροσκοπικά. Επίσης δημιουργήθηκε και ένας πίνακας με όλες τις πληροφορίες του εκάστοτε δείγματος, όπως το χρώμα του κονιάματος, το είδος της κονιάς και των αδρανών, την κοκκομετρία των αδρανών και κάποιες παρατηρήσεις. Τέλος στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η κοκκομετρική καμπύλη που προέκυψε από την κοσκίνιση σε σειρά κοσκίνων του δείγματος M3, σε σύγκριση με την καμπύλη της πρότυπης άμμου.

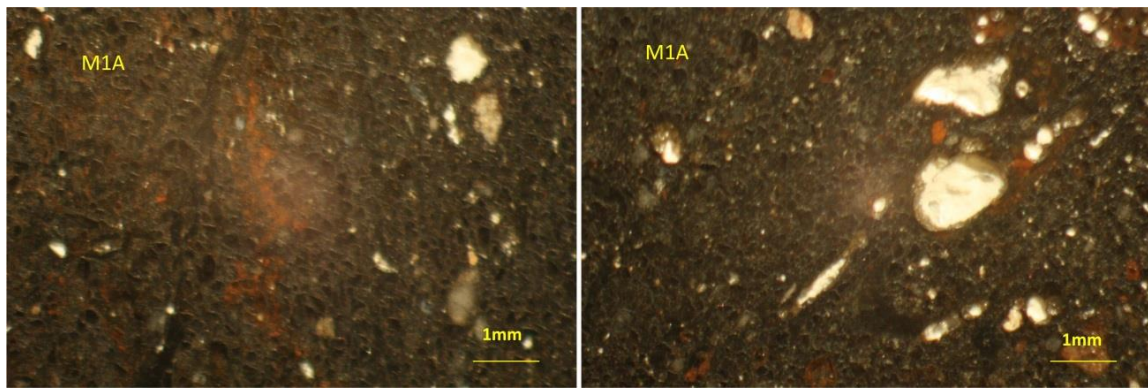


Εικόνα 51: Φωτογραφία των Στιλπνών και Λεπτών τομών των δειγμάτων

1. Στις Εικόνες 52 και 53 παρουσιάζονται οι φωτογραφίες των Λεπτών και Στιλπνών τομών αντίστοιχα, του δείγματος M1A. Επίσης παρατίθενται και ο συγκεντρωτικός Πίνακας 1 με τα στοιχεία του M1A.



Εικόνα 52: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Λεπτής τομής του δείγματος M1A

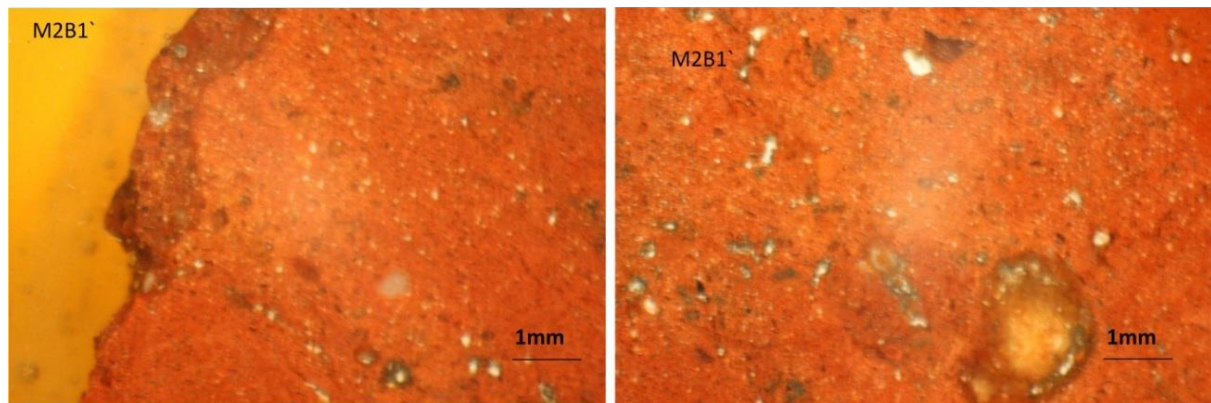


Εικόνα 53: Φωτογραφίες Στιλπνής τομής από οπτικό μικροσκόπιο του δείγματος M1A

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του M1A

| Κονίαμα | M1A |
|---------------------|--|
| Χρώμα | Μαύρο |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος, θραυσμένο κεραμικό. |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,7 mm Καστανέρυθρα αδρανή κεραμικού, έως 0,2 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι |
| Παρατηρήσεις | Πηλοκονίαμα που έχει εκτεθεί σε υψηλή θερμοκρασία και έχει πάρει μαύρο χρώμα. Στη μάζα του έχει διατηρηθεί κατά τόπους το καστανό ως ερυθρό χρώμα του πηλού. |

2. Στην Εικόνα 54 παρουσιάζεται η στιλπνή τομή του δείγματος M2B1 μέσω οπτικού μικροσκοπίου καθώς και ο συγκεντρωτικός Πίνακας 2 με τις πληροφορίες του δείγματος.

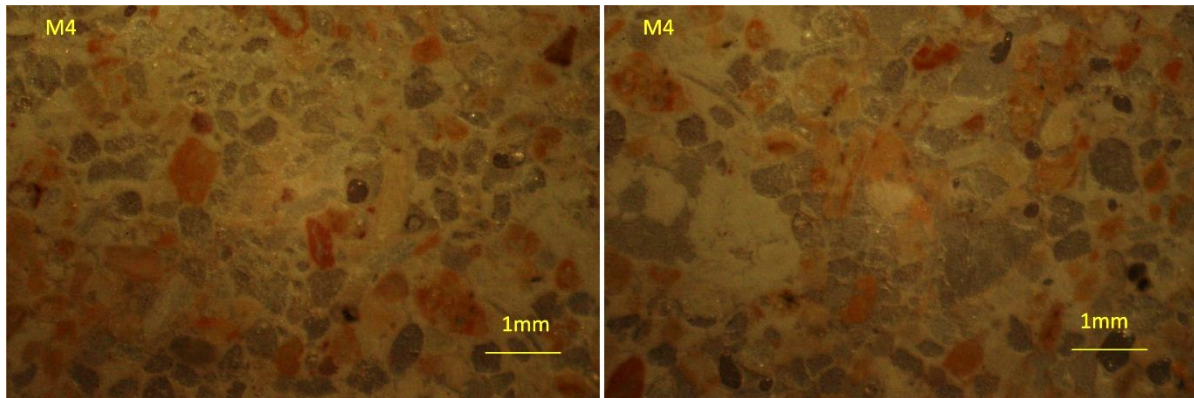


Εικόνα 54: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Στιλπνής τομής του δείγματος M2B1

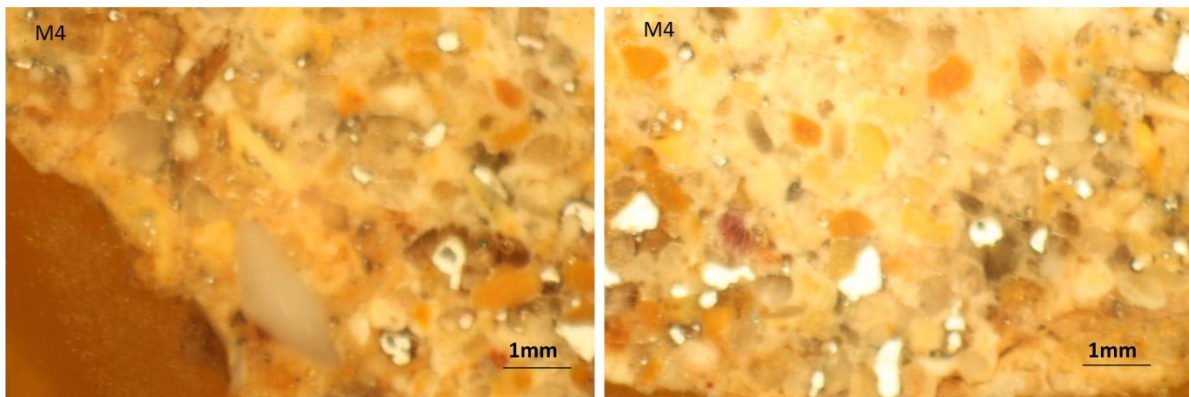
Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του M2B1

| Κονίαμα | M2B1 |
|---------------------|--|
| Χρώμα | Καστανό έως ερυθρό |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος, κόκκοι ασβεστολίθου. |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή έως 0,2 mm Ασβεστιτικά, έως 0,4 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι. |
| Παρατηρήσεις | Πηλοκονίαμα πιθανής Μινωικής προέλευσης. |

3. Στην Εικόνα 55 παρουσιάζονται οι φωτογραφίες της λεπτής τομής του δείγματος KX14-M4 και στην Εικόνα 56 οι φωτογραφίες της στιλνής τομής του. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα στοιχεία του δείγματος.



Εικόνα 55: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Λεπτής τομής του δείγματος KX14-M4

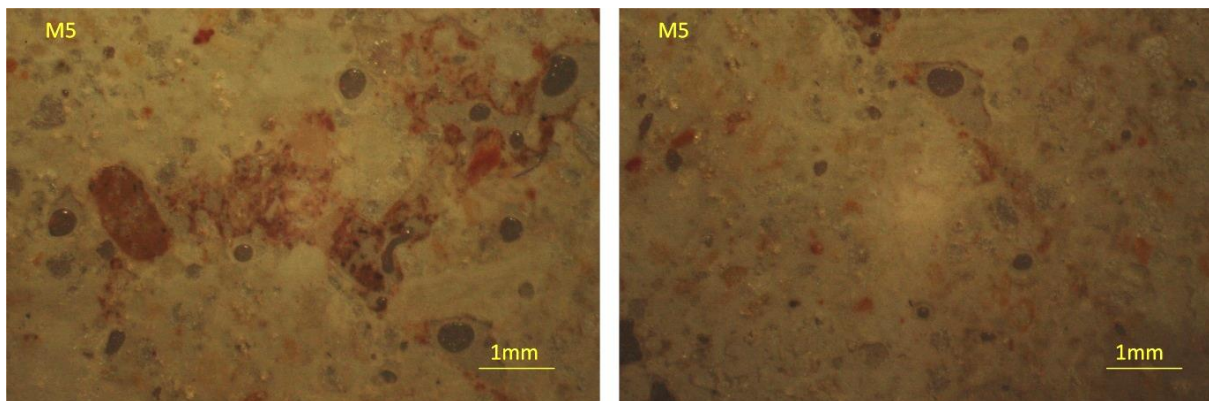


Εικόνα 56: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Στιλνής τομής του δείγματος KX14-M4

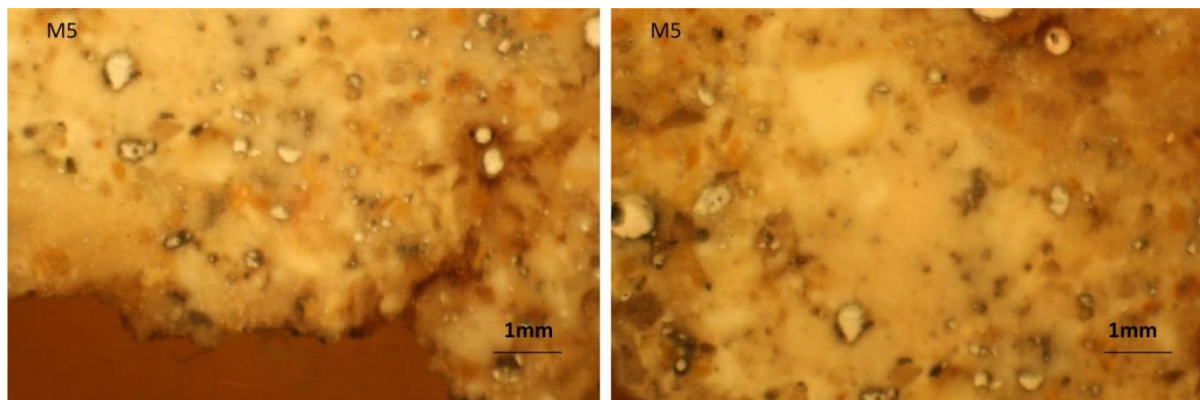
Πίνακας 3: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του KX14-M4

| Κονίαμα | KX14-M4 |
|---------------------|---|
| Χρώμα | Υπόλευκο έως κίτρινο |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος με ύπαρξη κελυφών, κόκκοι ασβεστίτη. |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,7 mm Πορτοκαλί αδρανή άμμου, έως 1 mm Γκρι έως 1,5 mm Ασβεστιτικά έως 0,8 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι |
| Εγκλωβισμένα υλικά | Κελύφη θαλάσσιων οστράκων έως 0,5 mm. |
| Παρατηρήσεις | Πιθανότατα κονίαμα νεότερης επέμβασης. |

4. Στις Εικόνες 57 και 58 φαίνονται οι φωτογραφίες μέσω οπτικού μικροσκοπίου της λεπτής και στιλπνής τομής αντίστοιχα καθώς και ο Πίνακας 4 με τα στοιχεία του δείγματος KX15-M5.



Εικόνα 57: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Λεπτής τομής του δείγματος KX15-M5

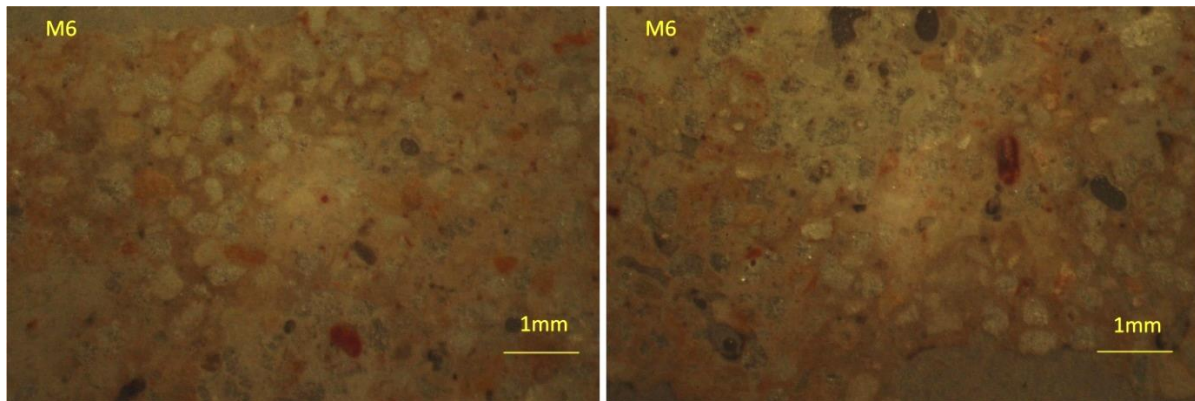


Εικόνα 58: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Στιλπνής τομής του δείγματος KX15-M5

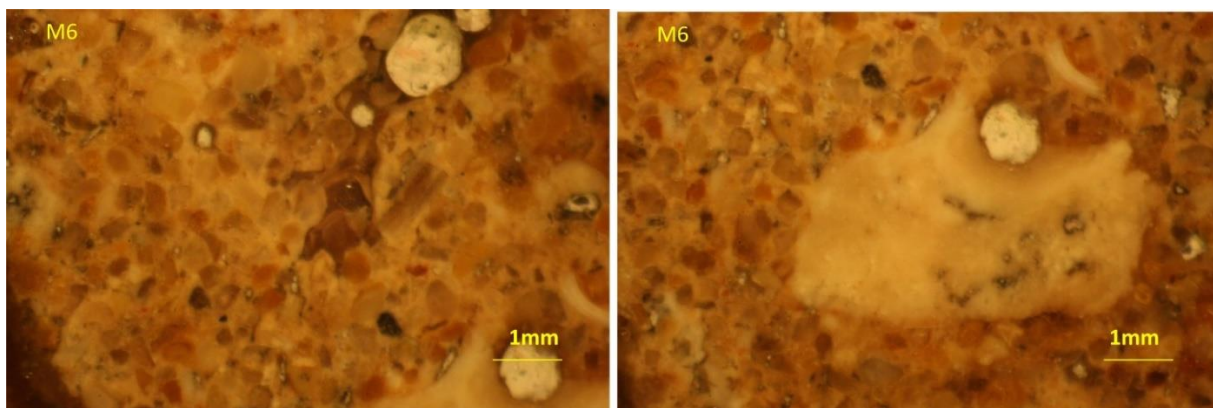
Πίνακας 4: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του KX15-M5

| Κονίαμα | KX15-M5 |
|---------------------|---|
| Χρώμα | Υπόλευκο έως κίτρινο |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος με ύπαρξη κελυφών, κόκκοι ασβεστίτη |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,3 mm Λευκά ασβεστιτικά αδρανή έως 1,3 mm Ερυθρά αδρανή έως 1,2 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι |
| Παρατηρήσεις | Πιθανότατα κονίαμα νεότερης επέμβασης. |

5. Στην Εικόνα 59 φαίνεται η λεπτή τομή του δείγματος KX13-M6 και στην Εικόνα 60 η στιλπνή τομή του, ομοίως ακολουθεί και εδώ ο Πίνακας 5 με τα στοιχεία του δείγματος.



Εικόνα 59: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Λεπτής τομής του δείγματος KX13-M6

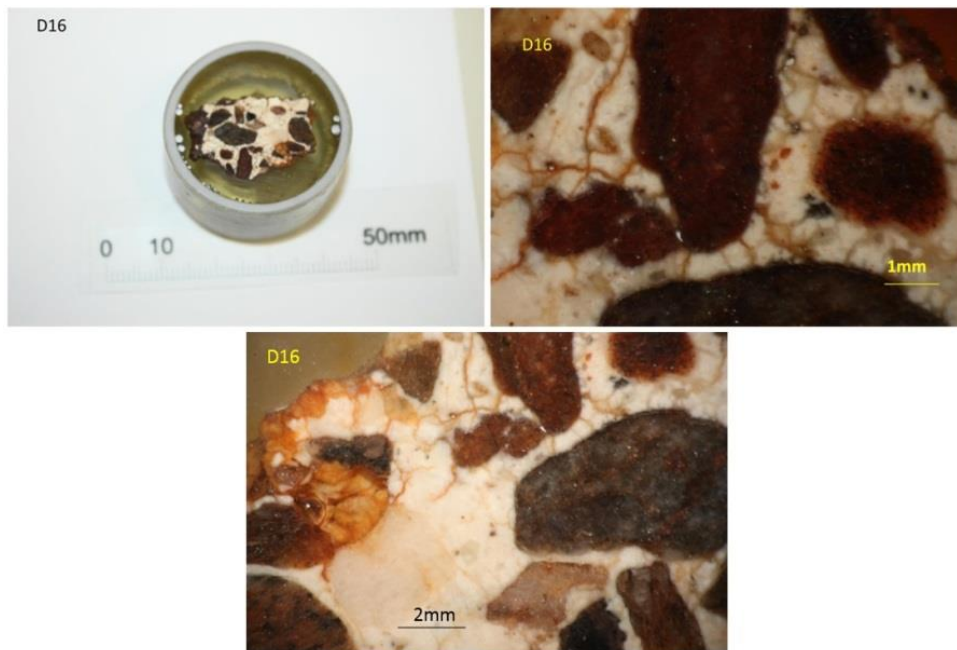


Εικόνα 60: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της Στιλπνής τομής του δείγματος KX13-M6

Πίνακας 5: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του KX13-M6

| Κονίαμα | KX13-M6 |
|---------------------|---|
| Χρώμα | Υπόλευκο έως κίτρινο |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος με ύπαρξη κελυφών, κόκκοι ασβεστίτη |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,4 mm Πορτοκαλί αδρανή άμμου, έως 0,3 mm Γκρι έως 0,4 mm Ασβεστιτικά συσσωματώματα έως 5 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι |
| Παρατηρήσεις | Πιθανότατα κονίαμα νεότερης επέμβασης. |

6. Στην Εικόνα 61 φαίνεται τόσο η μακροσκοπική φωτογραφία της στιλπνής τομής όσο και η φωτογραφία μέσω οπτικού μικροσκοπίου του δείγματος Δ16 και ακολουθεί ο Πίνακας 6 με τα στοιχεία του.

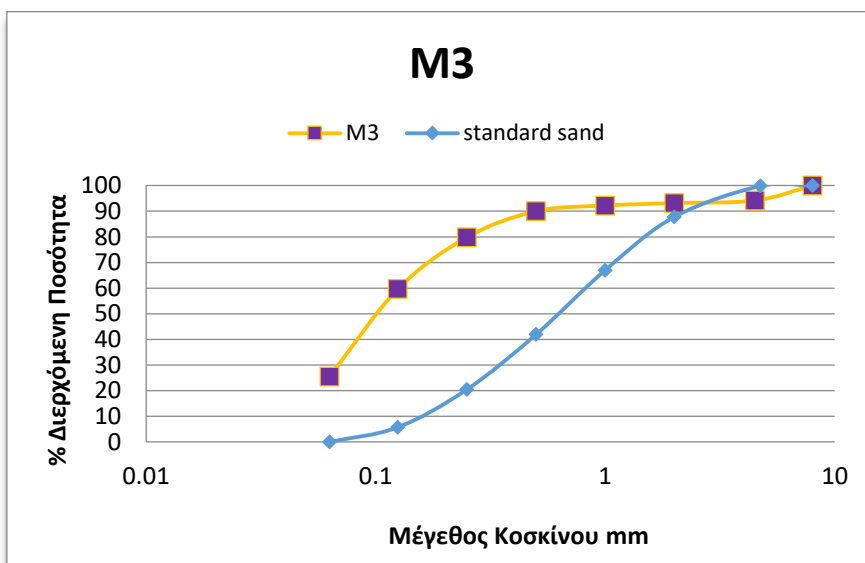


Εικόνα 61: Φωτογραφίες Στιλπνής τομής του δείγματος Δ16

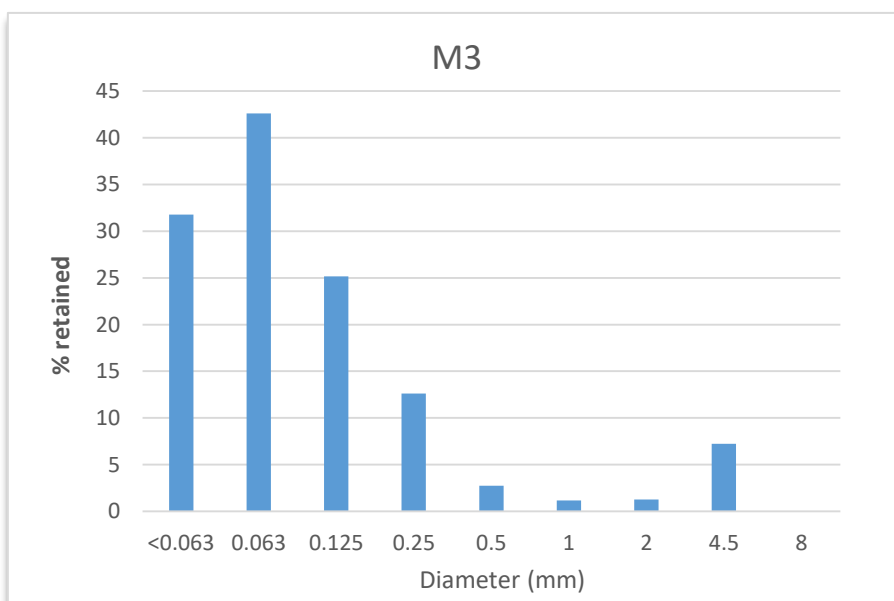
Πίνακας 6: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα στοιχεία του Δ16

| Κονίαμα | Δ16 |
|---------------------|--|
| Χρώμα | Λευκό εσωτερικά (εξωτερικά καστανό) |
| Αδρανή | Θραύσματα λίθων και άμμος |
| Κοκκομετρία αδρανών | Καστανά έως 6 mm Γκρι σκούρο έως 7 mm Λευκά 3 mm Μαύρα έως 2 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετές τριχοειδής ρηγματώσεις. |
| Παρατηρήσεις | Μεγαλύτερο μέγεθος αδρανών από τα άλλα κονιάματα. Η στιλπνή τομή μαρτυρά πως είναι ασβεστοκονίαμα το οποίο εξωτερικά είναι καλυμένο με χρώμα πράγμα που ανατρέπει την αρχική εκτίμηση πως πρόκειται για πηλοκονίαμα. |

Το κονίαμα M3 λόγω της μεγάλης ποσότητας δείγματος που συλλέχθηκε, επέτρεψε την κοσκίνιση του, δίνοντας μια γενική εικόνα για την κατανομή των κόκκων στα πηλοκονιάματα. Το M3 παρουσιάζει μια ανωμαλία στην κατανομή των κόκκων σε σχέση με την πρότυπη άμμο. Πιο συγκεκριμένα στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης συγκριτικά με την πρότυπη άμμο και παρατηρείται να έχει μεγάλη περιεκτικότητα στα λεπτόκοκκα κλάσματα, να μην περιέχει αρκετά μεσόκοκκα και τέλος τα χονδρόκοκκα αδρανή είναι λίγα και της τάξης των 4,5 mm. Αυτή η κατανομή που παρουσιάζει το κονίαμα M3 οφείλεται στο γεγονός ότι πρόκειται για ένα πηλοκονίαμα στο οποίο είναι εκτεταμένη η χρήση κεραμάλευρου κοκκομετρίας 0,063 mm και κάτω. Στο Διάγραμμα 2 φαίνεται η επί τοις εκατό διαβάθμιση των κόκκων σε κάθε κλάσμα.



Διάγραμμα 1: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης του δείγματος M3 σε σχέση με την πρότυπη άμμο.

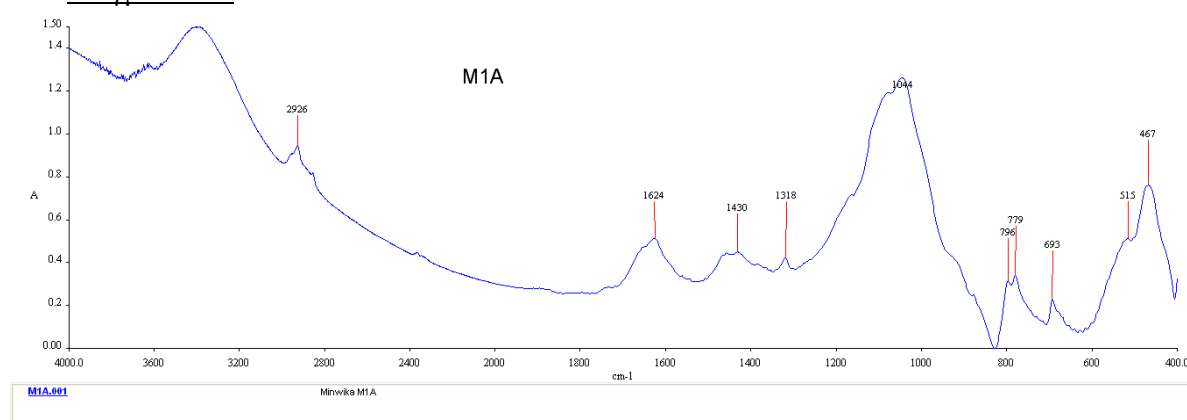


Διάγραμμα 2: Διαβάθμιση κόκκων % σε κάθε κλάσμα για το δείγμα M3

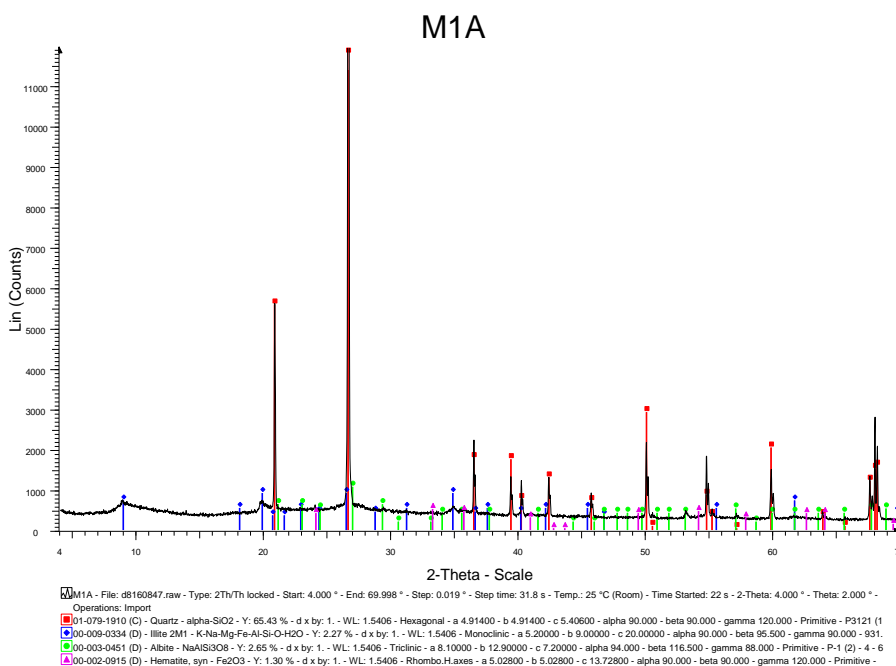
4.4 Αποτελέσματα Χημικής και Ορυκτολογικής Ανάλυσης

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δειγμάτων με τις μεθόδους FTIR και ED-XRF, όπως επίσης και της ορυκτολογικής ανάλυσης XRD των κονιαμάτων. Κατά τη μελέτη FTIR τα κονιάματα με ονομασίες M1A, M1B, M2A, M2B1, M2B2 και M3 είναι πυριτικής-αργίλοπυριτικής και ασβεστοπυριτικής φύσεως με χαρακτηριστικές κορυφές για τις πυριτικές ενώσεις τα 1080, 797-778, 692, 509 και 460 cm^{-1} . Τα δείγματα με ονομασίες KX1, KX2, KX3, KX4, KX5, KX6, KX8, KX9α, KX9β, KX10, KX11, KX14-M4, KX15-M5, KX13-M6, Δ16 καθώς και το επίχρισμα E1 και το κονίαμα E2 είναι κατά κύριο λόγο ασβεστιτικής φύσεως με κορυφές του ασβεστίτη στα 2514, 1798 cm^{-1} καθώς και οι φασματικές περιοχές από 1420 έως 1490 και κορυφές στα 877 και 714 cm^{-1} .

Δείγμα M1A

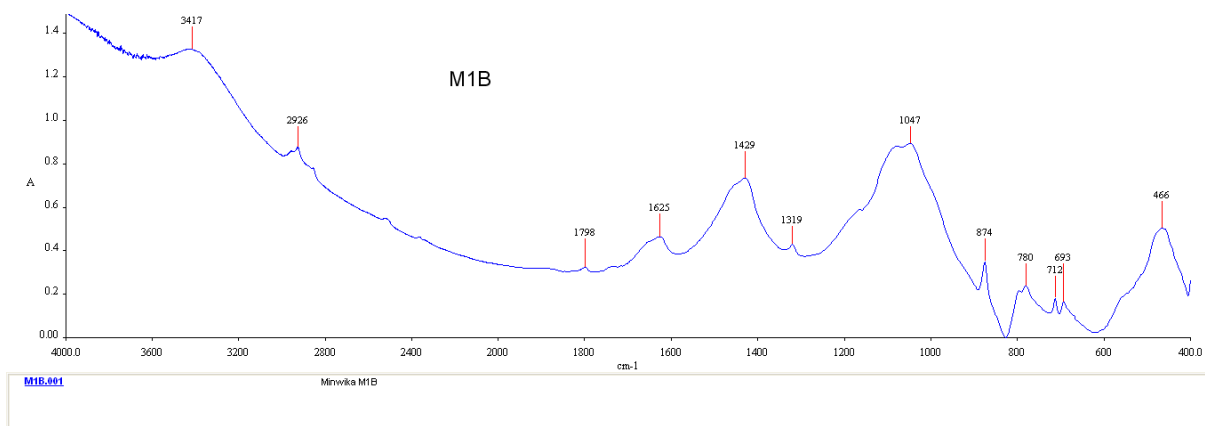


Σχήμα 7: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M1A

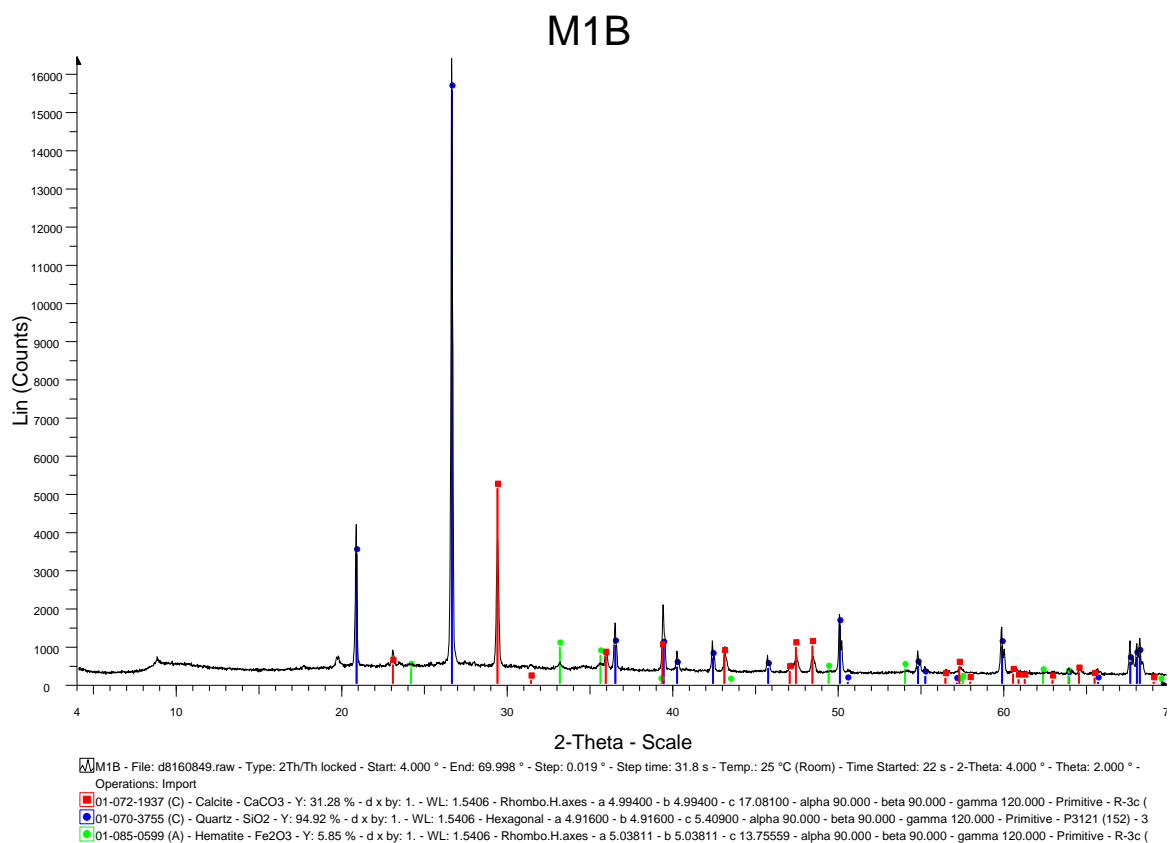


Σχήμα 8: Ανάλυση του M1A με περιθλασιμετρία ακτίνων -X

Δείγμα M1B

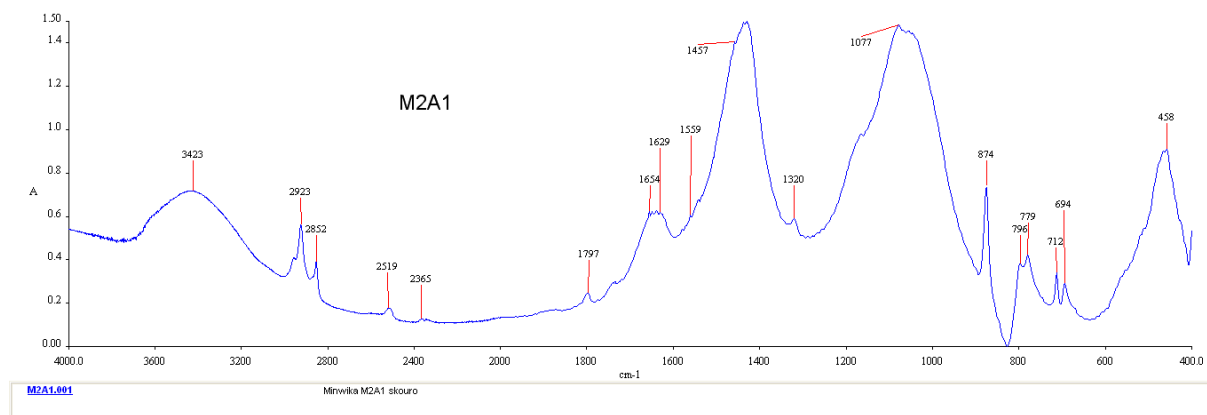


Σχήμα 9: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M1B

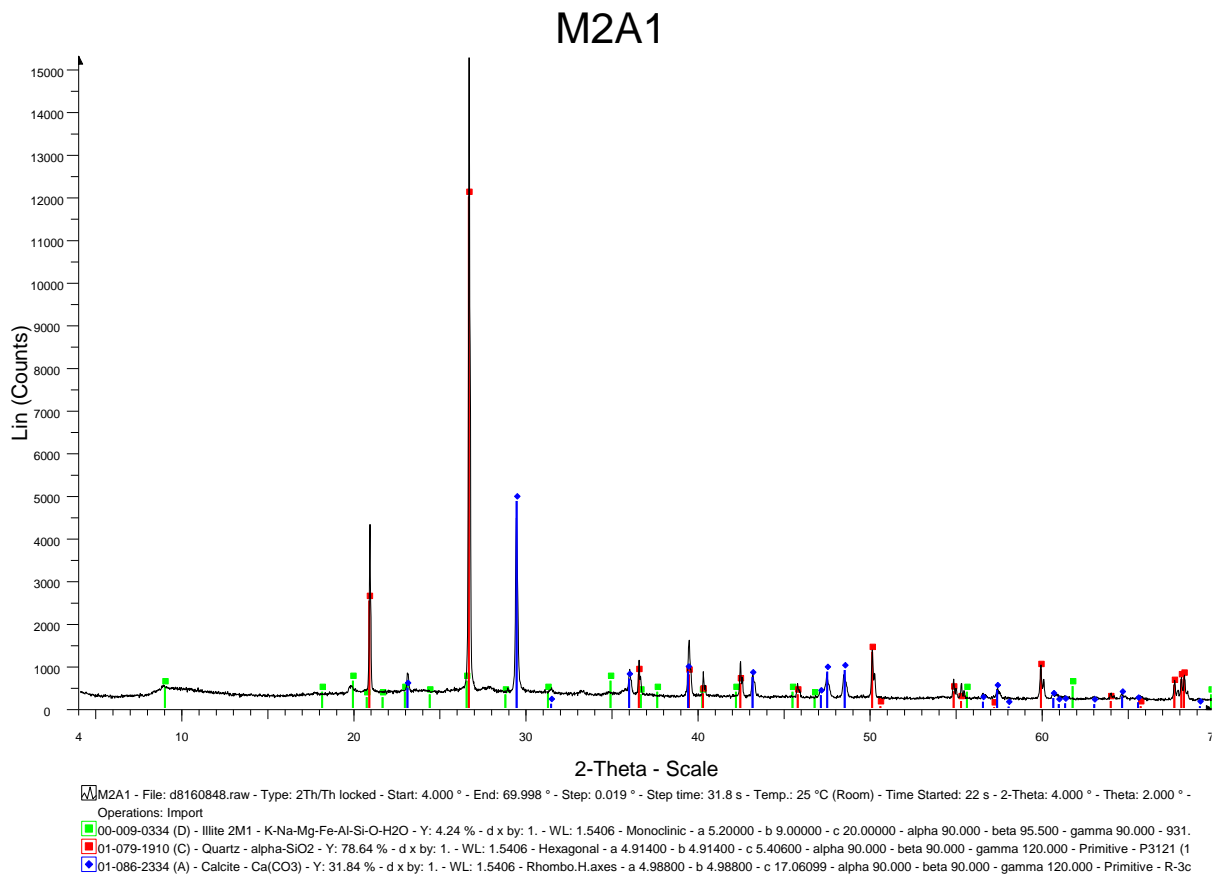


Σχήμα 10: Ανάλυση του M1B με περιθλασιμετρία ακτίνων -X

Δείγμα M2A1

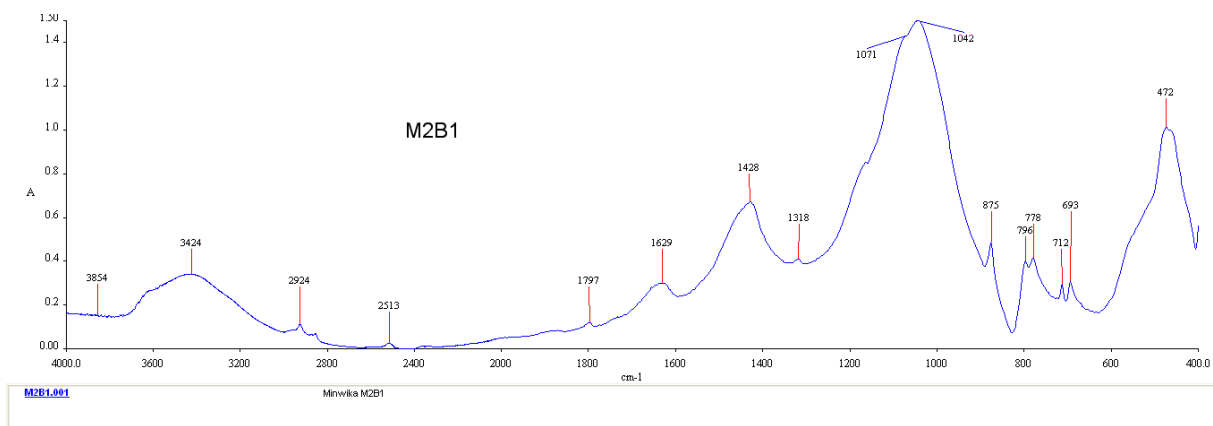


Σχήμα 11: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M2A1

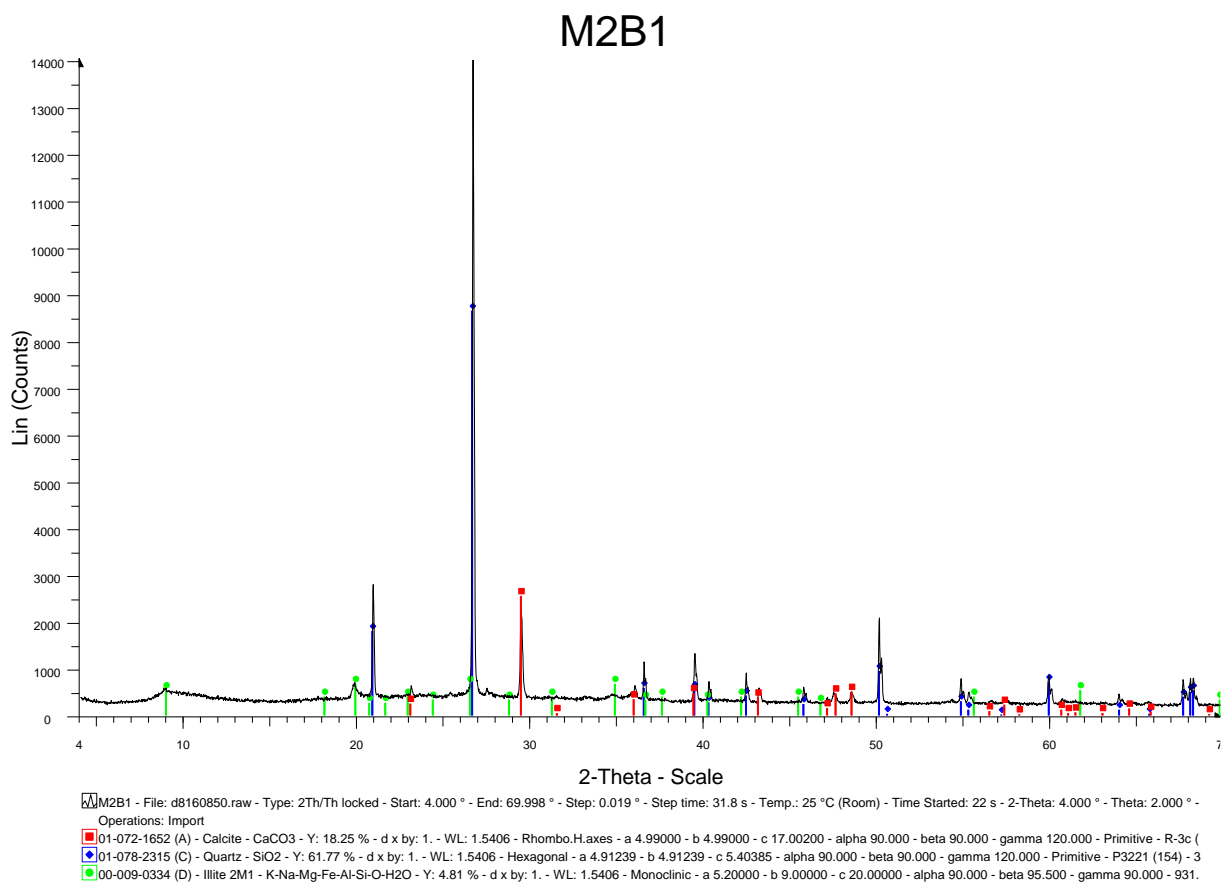


Σχήμα 12: Ανάλυση του M2A1 με περιθλασιμετρία ακτίνων -X

Δείγμα M2B1

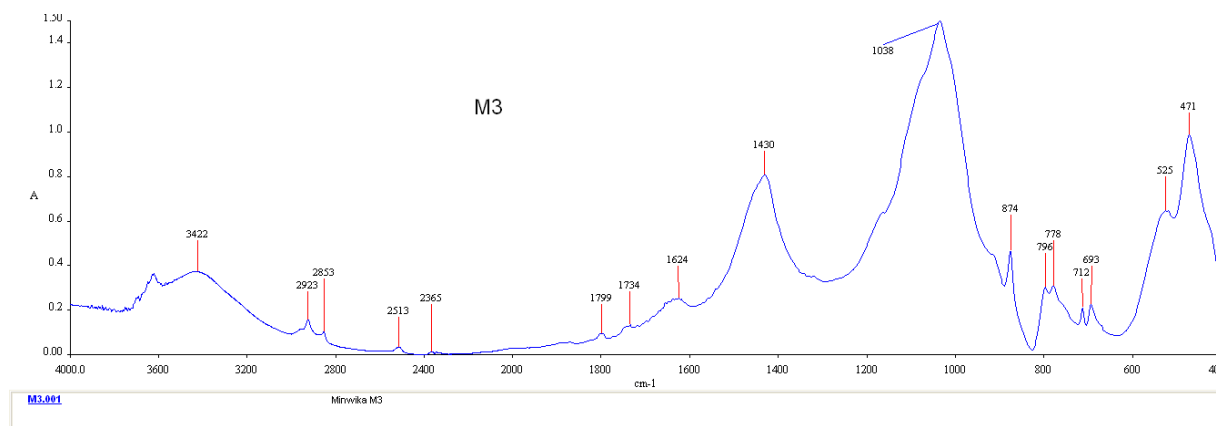


Σχήμα 13: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M2B1

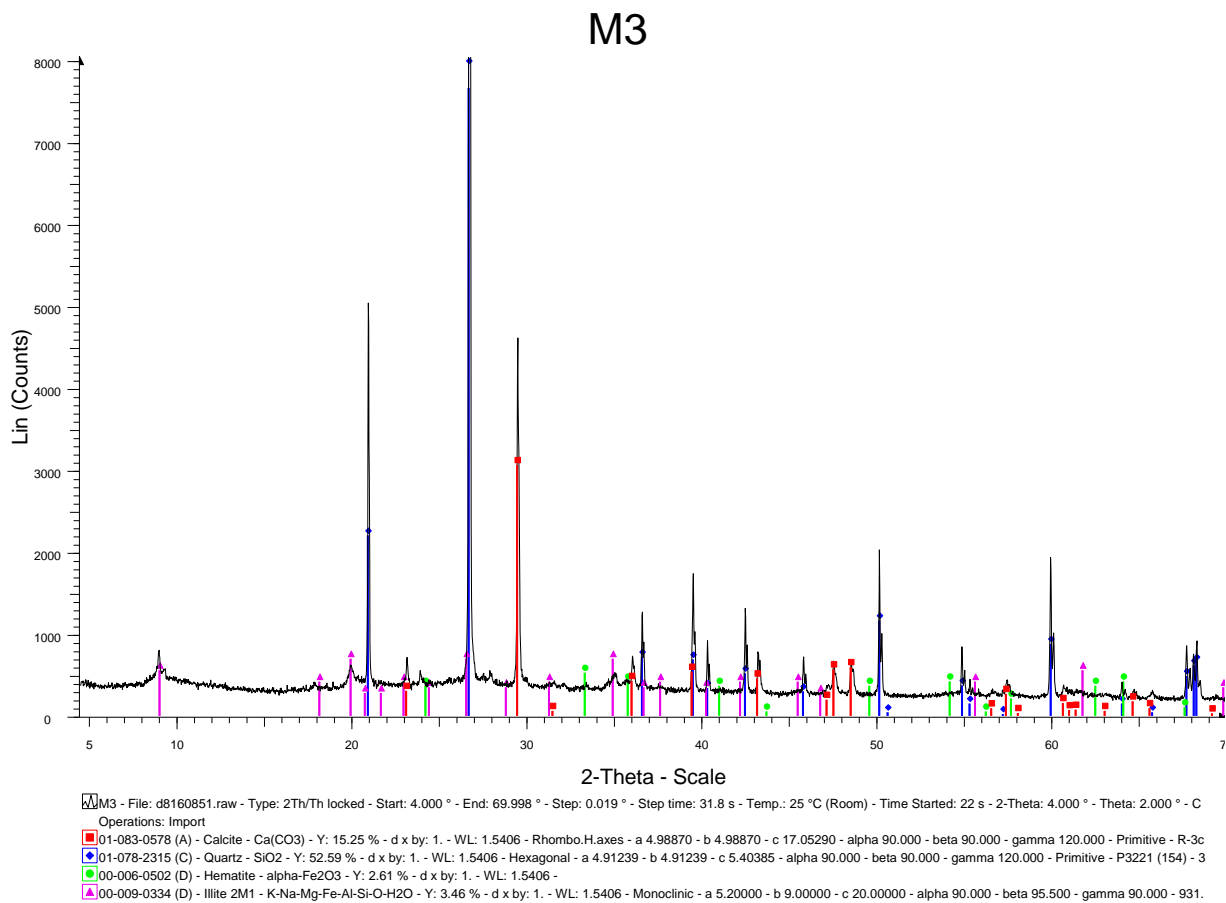


Σχήμα 14: Ανάλυση του M2B1 με περιθλασιμετρία ακτίνων -X

Δείγμα M3

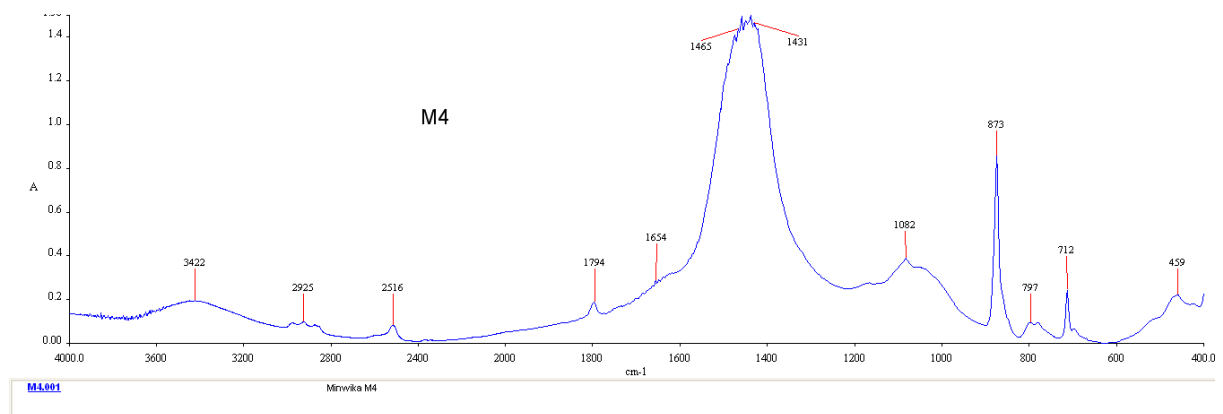


Σχήμα 15: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του M3

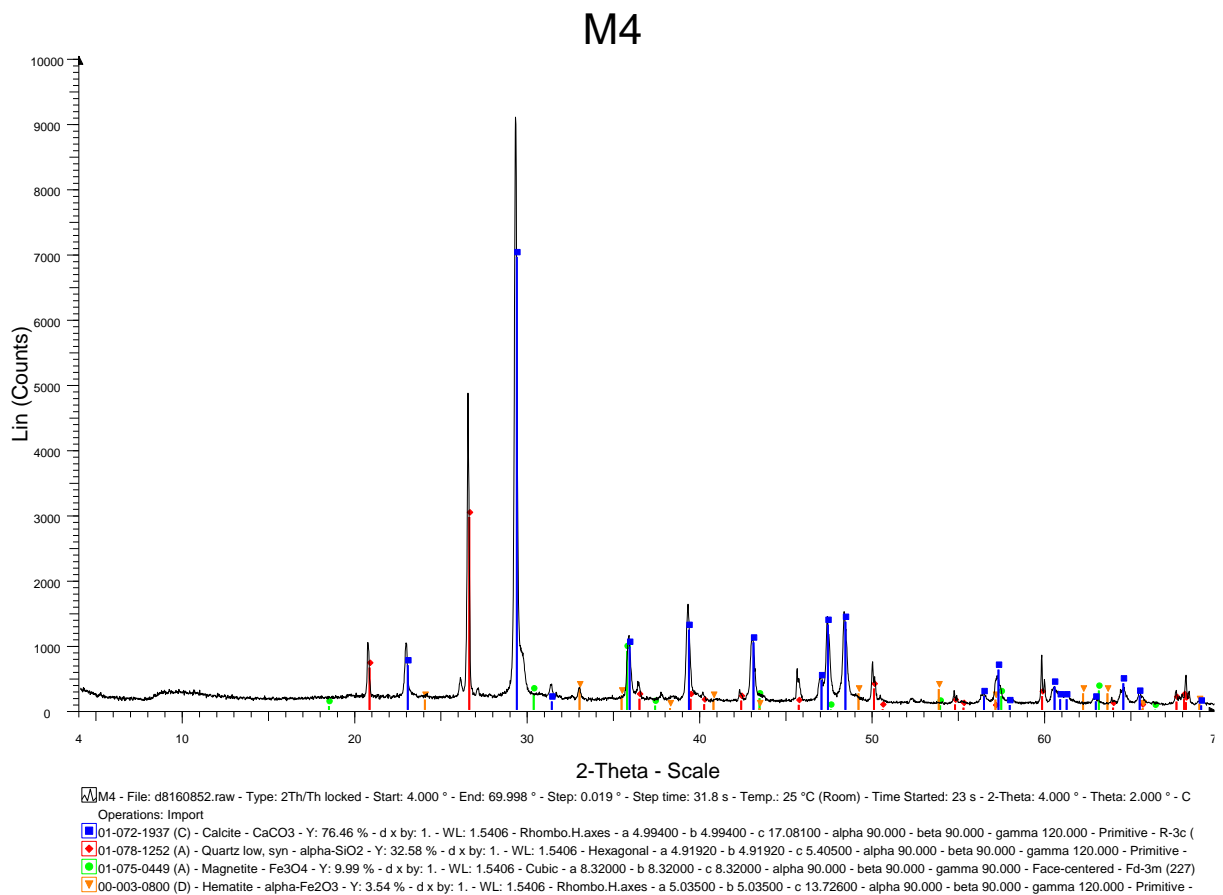


Σχήμα 16: Ανάλυση του M3 με περιθλασιμετρία ακτίνων X

Δείγμα KX14-M4

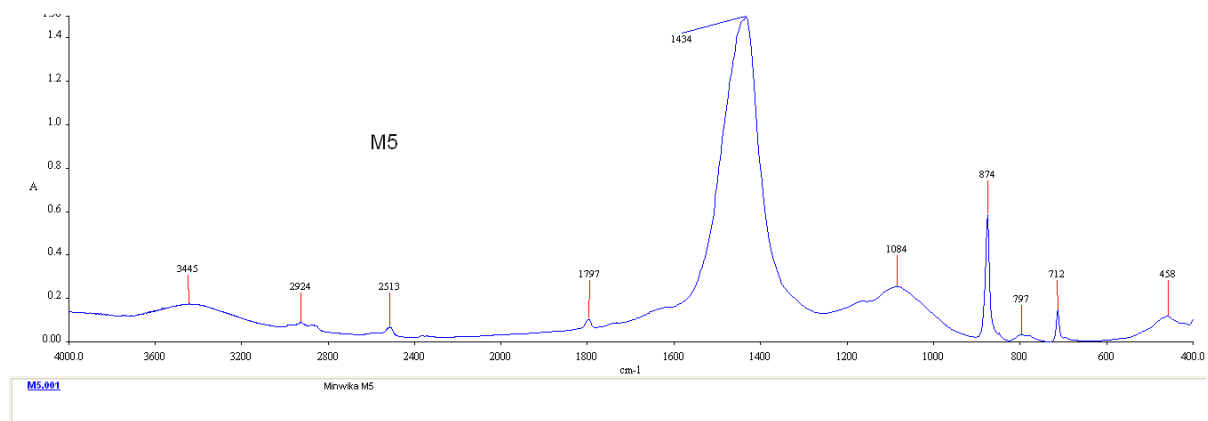


Σχήμα 17: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX14 ή M4

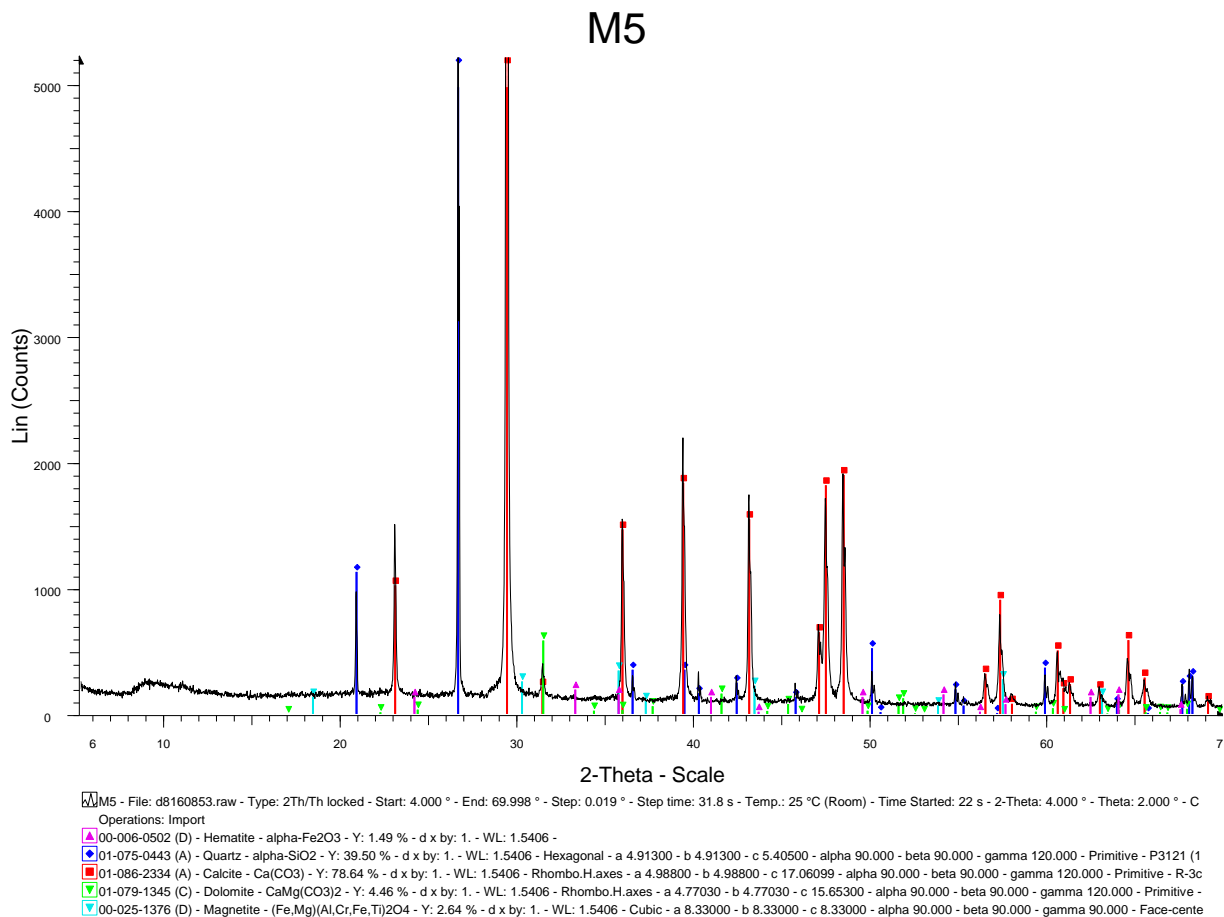


Σχήμα 18: Ανάλυση του KX14 ή M4 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα M5- KX15

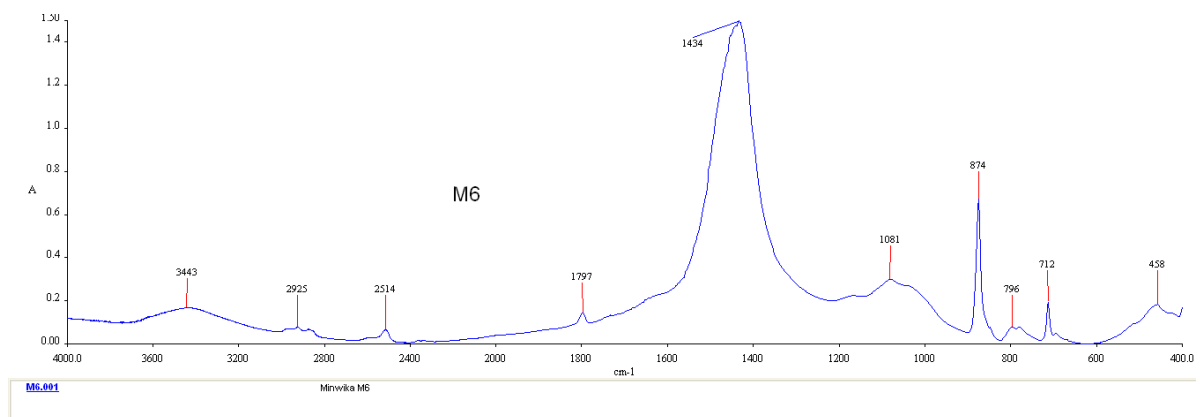


Σχήμα 19: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX15 ή M5

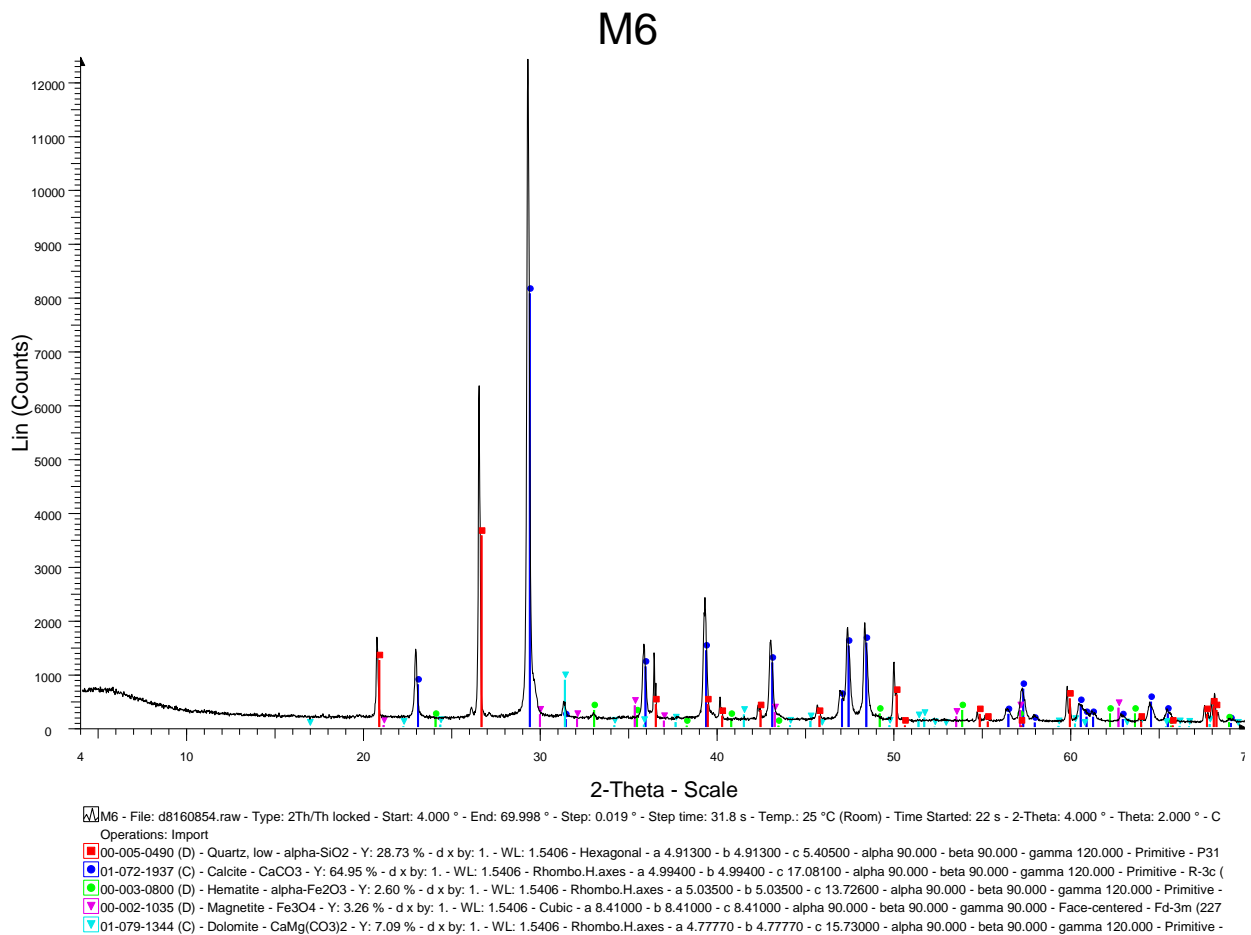


Σχήμα 20: Ανάλυση του KX15 ή M5 με περιθλασιμετρία ακτίνων -X

Δείγμα M6-KX13

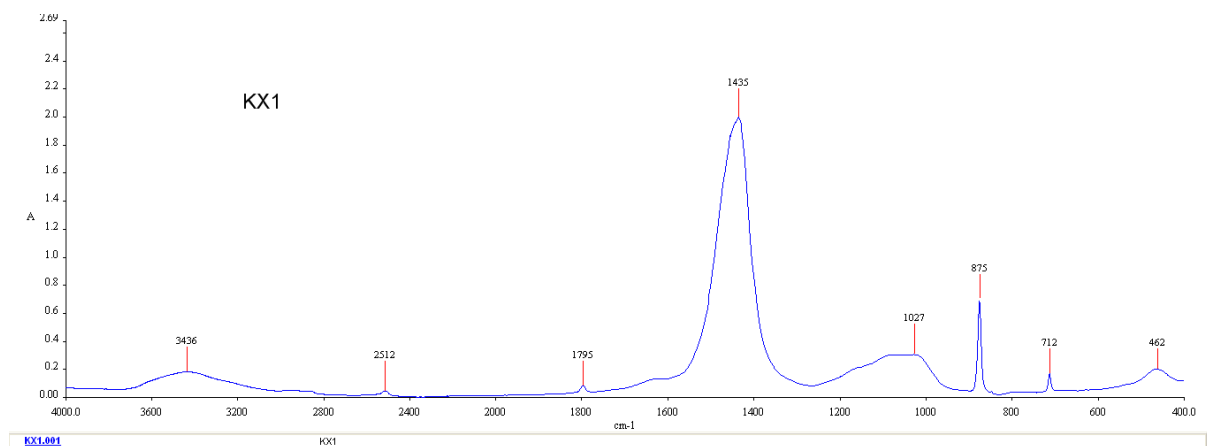


Σχήμα 21: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX13 ή M6



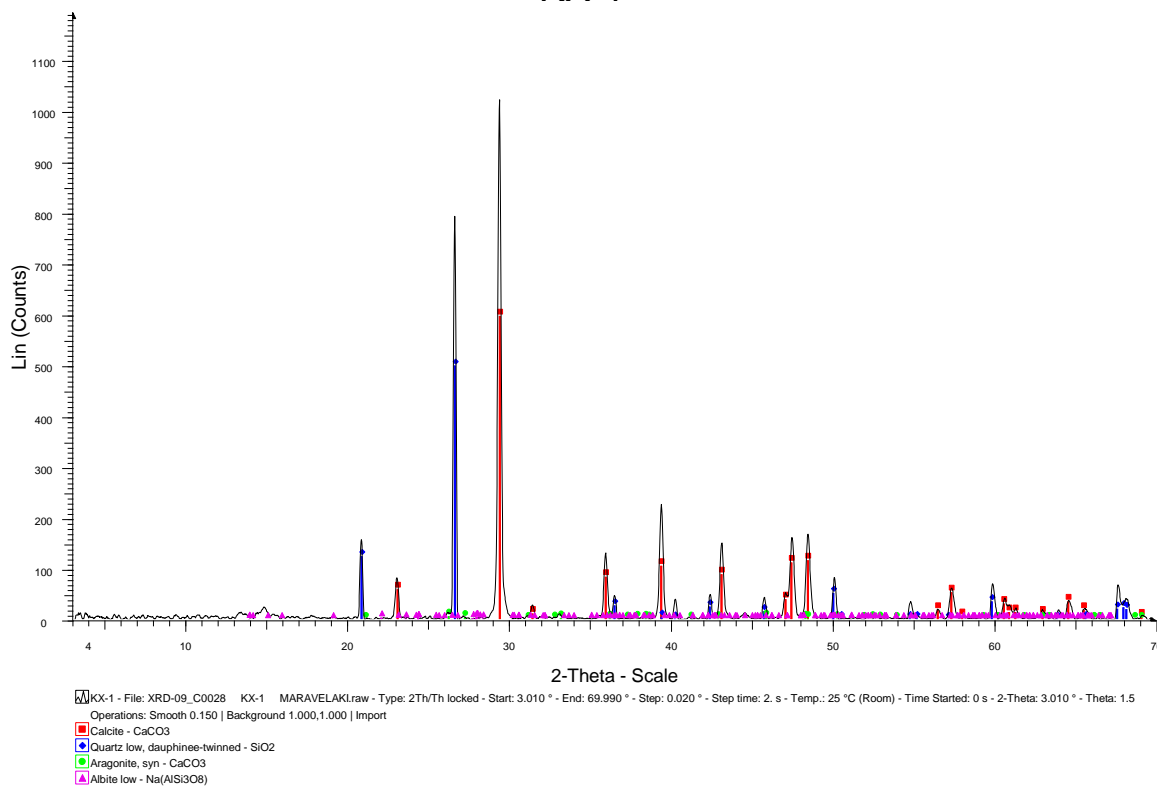
Σχήμα 22: Ανάλυση του KX13 ή M6 με περιθλασιμετρία ακτίνων -X

Δείγμα KX1



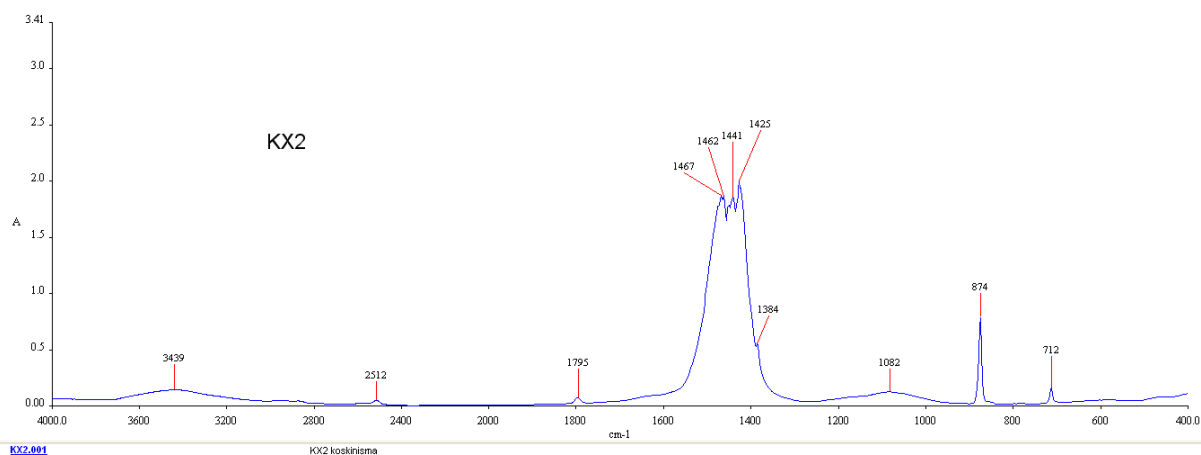
Σχήμα 23: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX1

KX-1

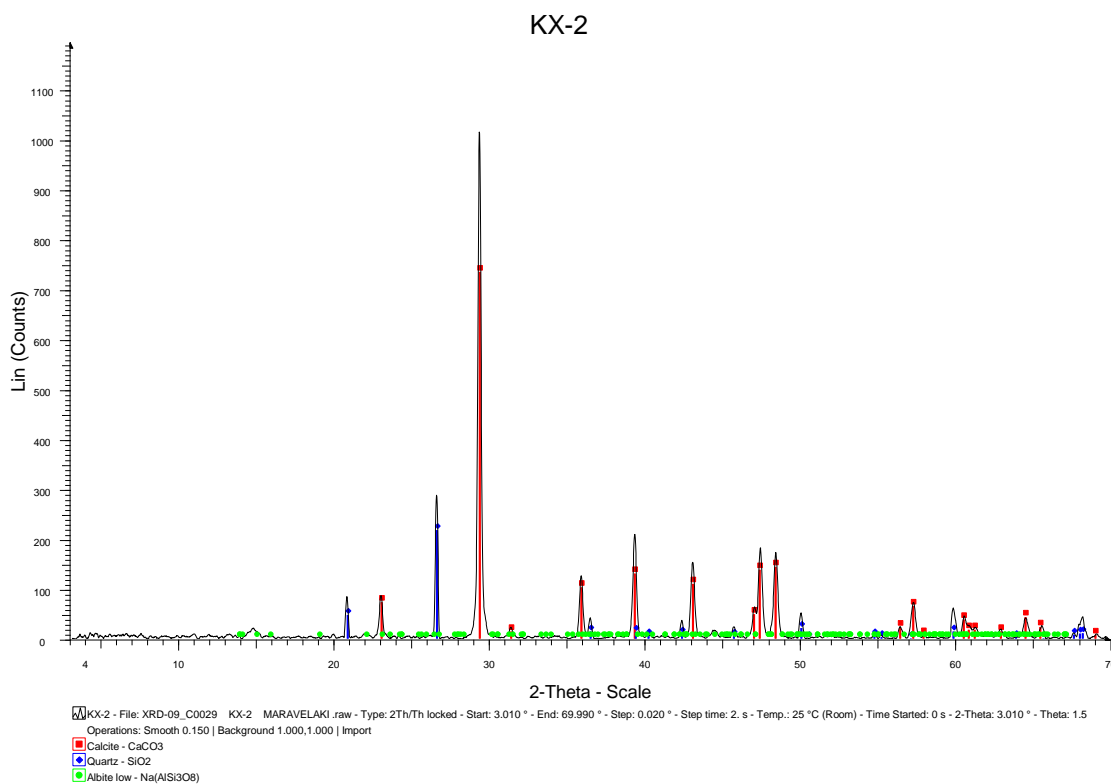


Σχήμα 24: Ανάλυση του KX1 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX2

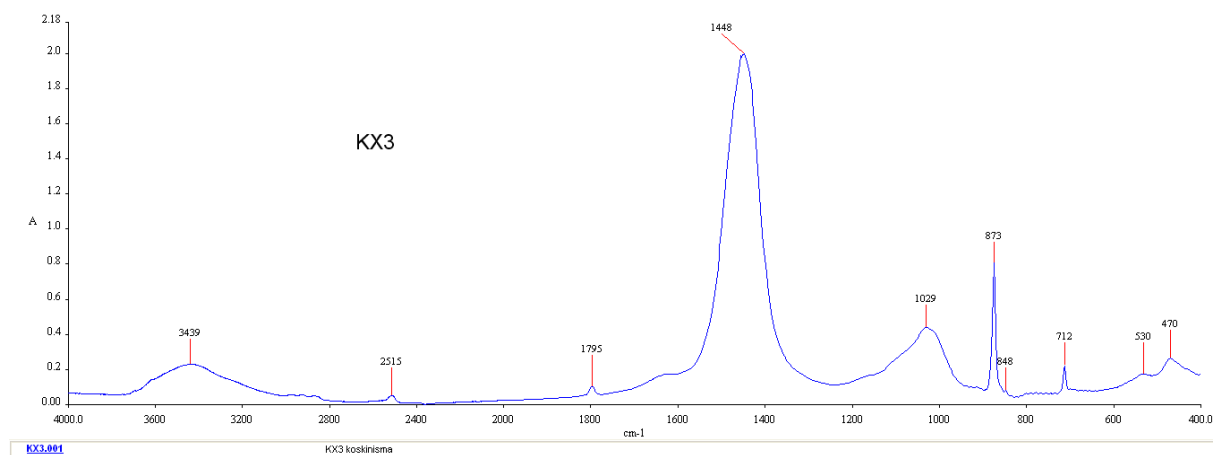


Σχήμα 25: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX2

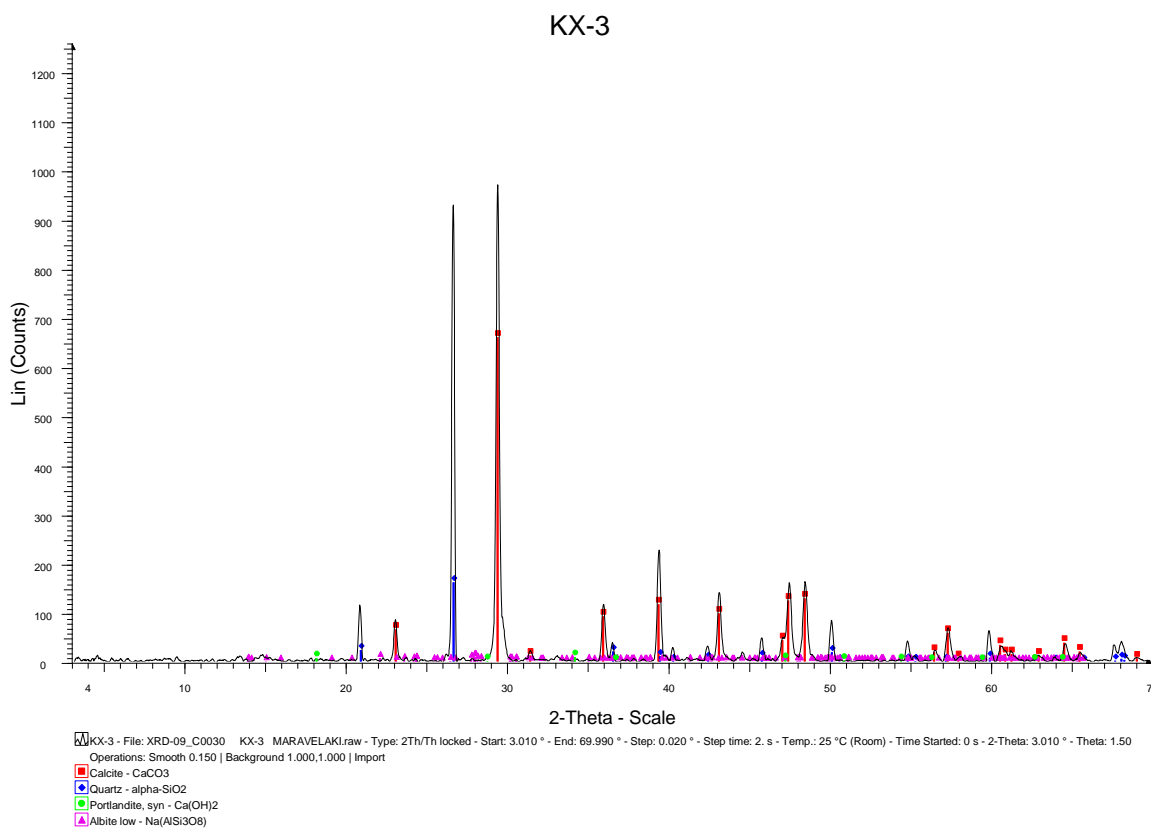


Σχήμα 26: Ανάλυση του KX2 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX3

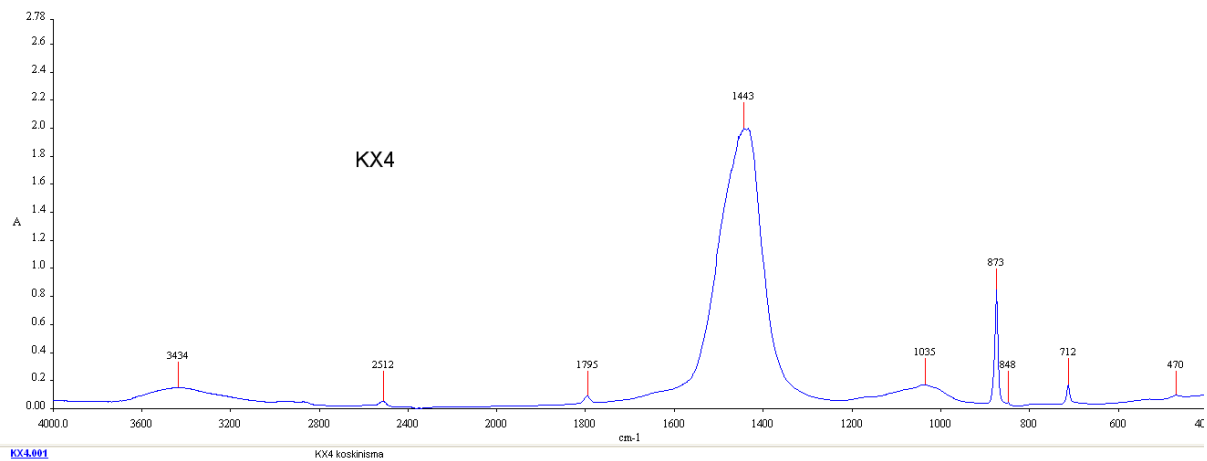


Σχήμα 27: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX3

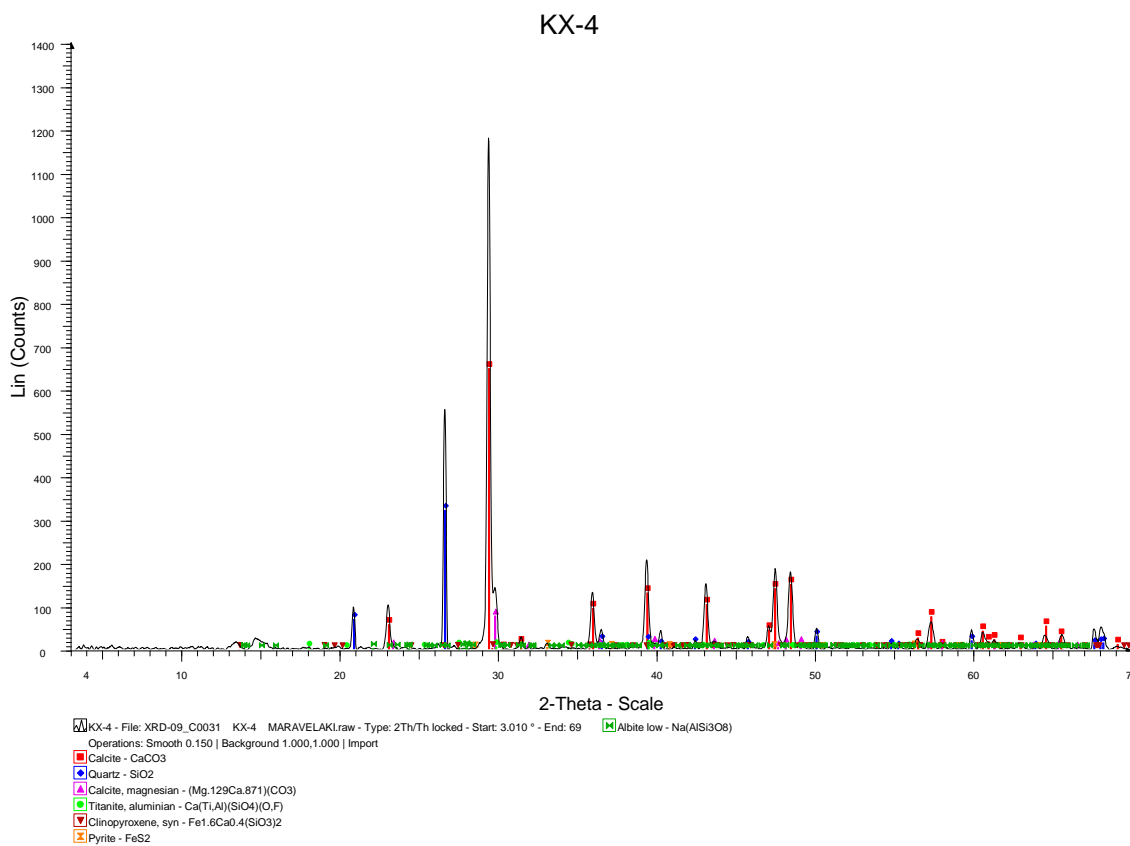


Σχήμα 28: Ανάλυση του KX3 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX4

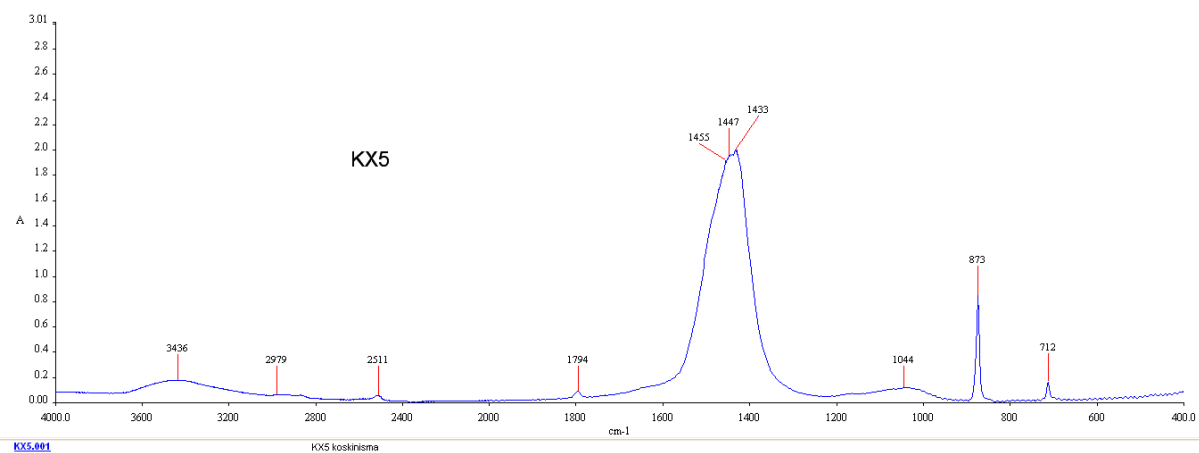


Σχήμα 29: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX4

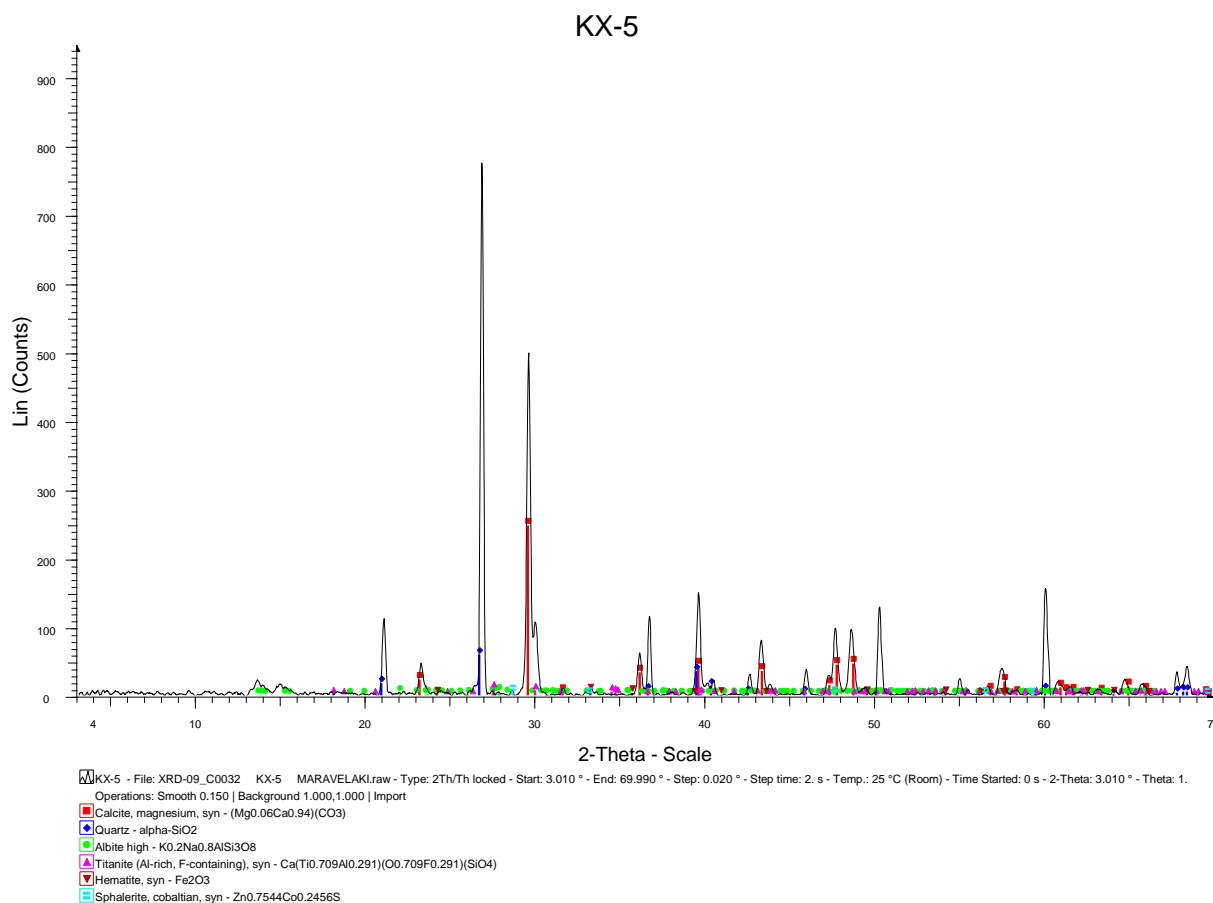


Σχήμα 30: Ανάλυση του KX4 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX5

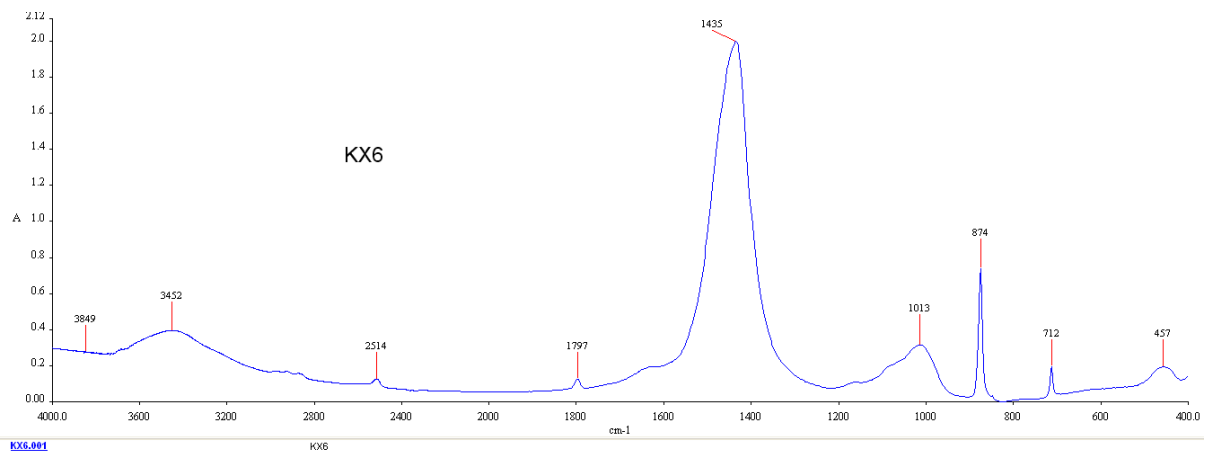


Σχήμα 31: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX5

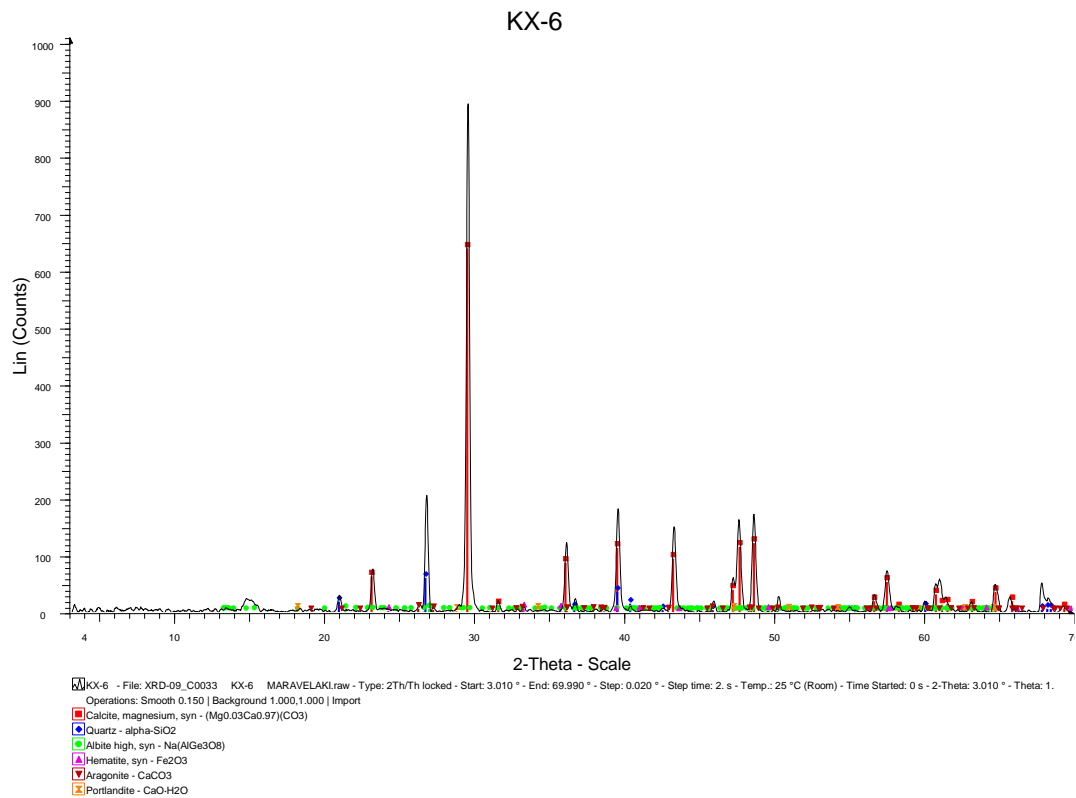


Σχήμα 32: Ανάλυση του KX5 με περιθλασιμετρία ακτίνων -X

Δείγμα KX6

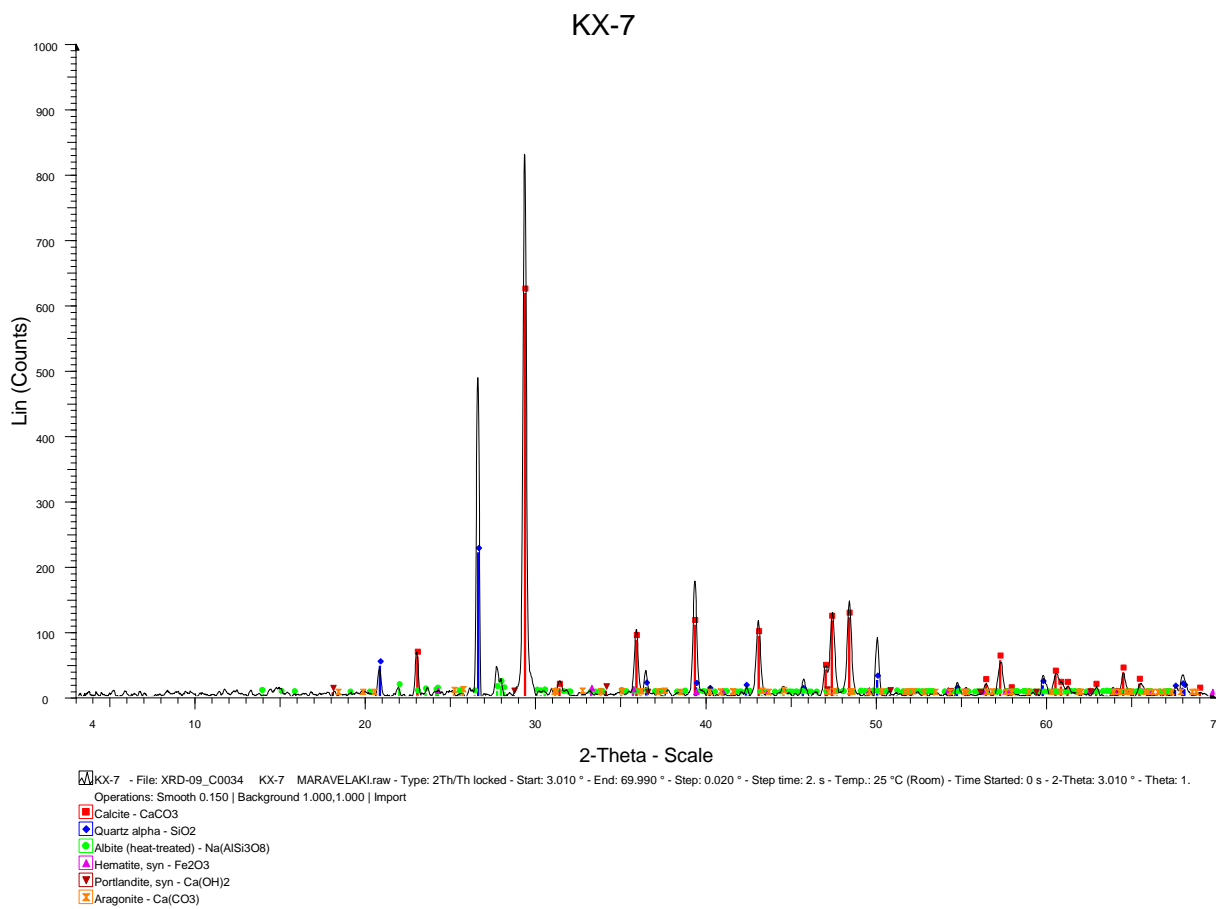


Σχήμα 33: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX6



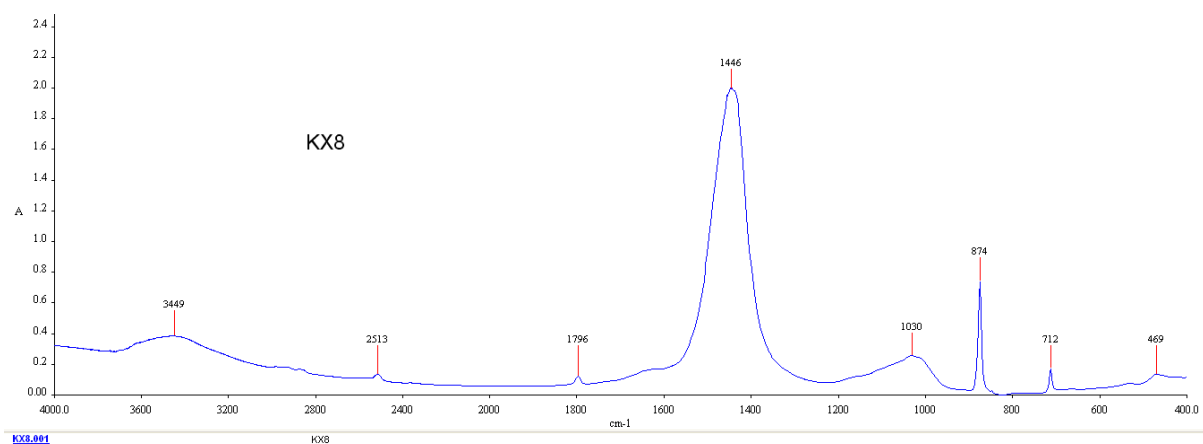
Σχήμα 34: Ανάλυση του KX6 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX7

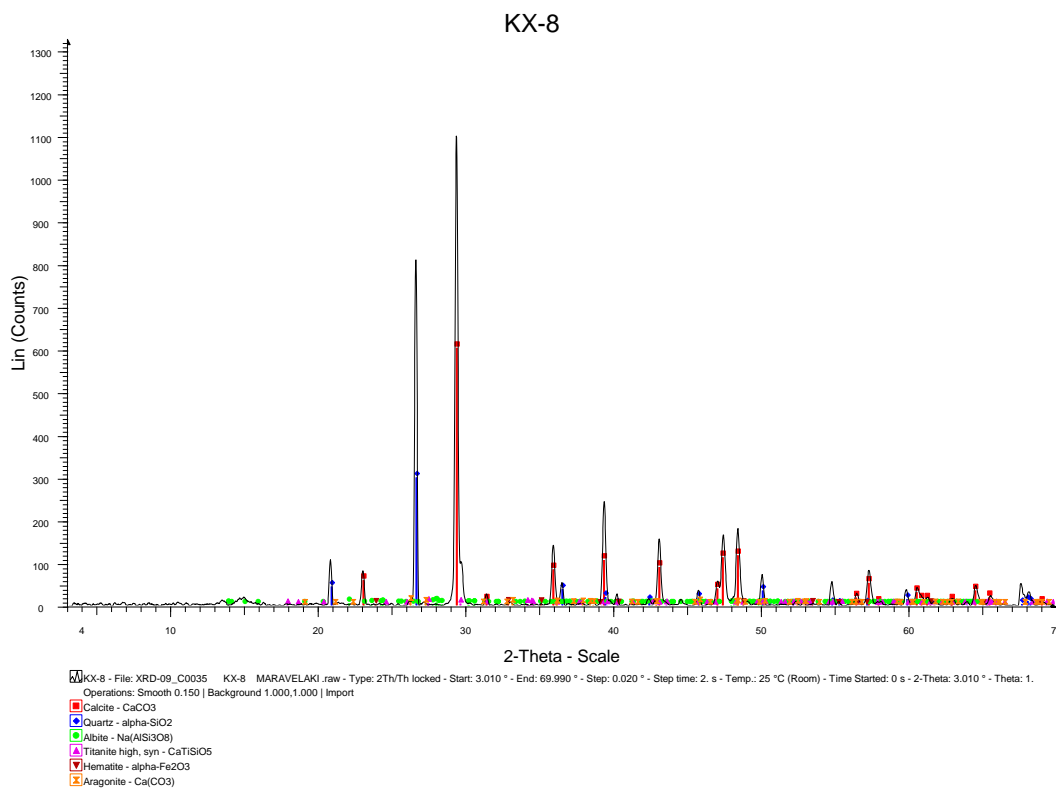


Σχήμα 35: Ανάλυση του KX7 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX8

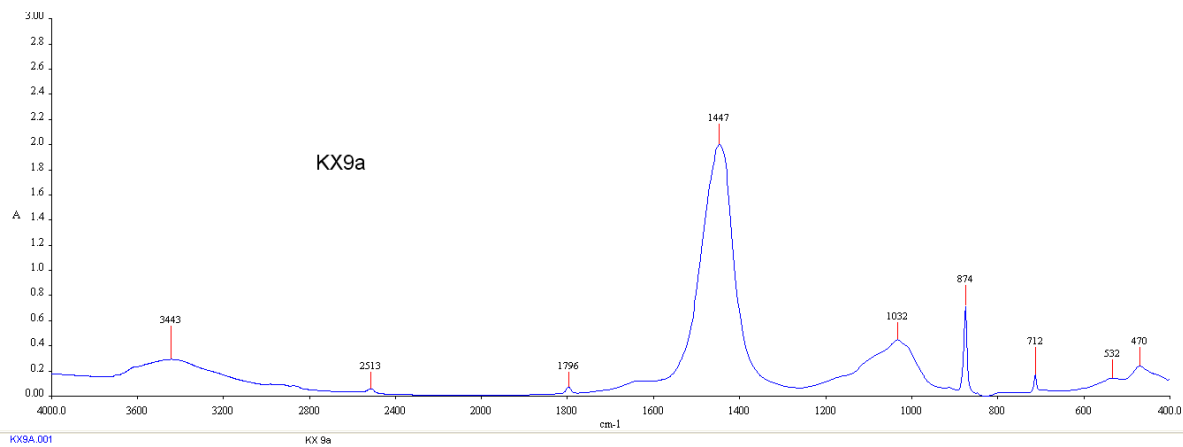


Σχήμα 36: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX8

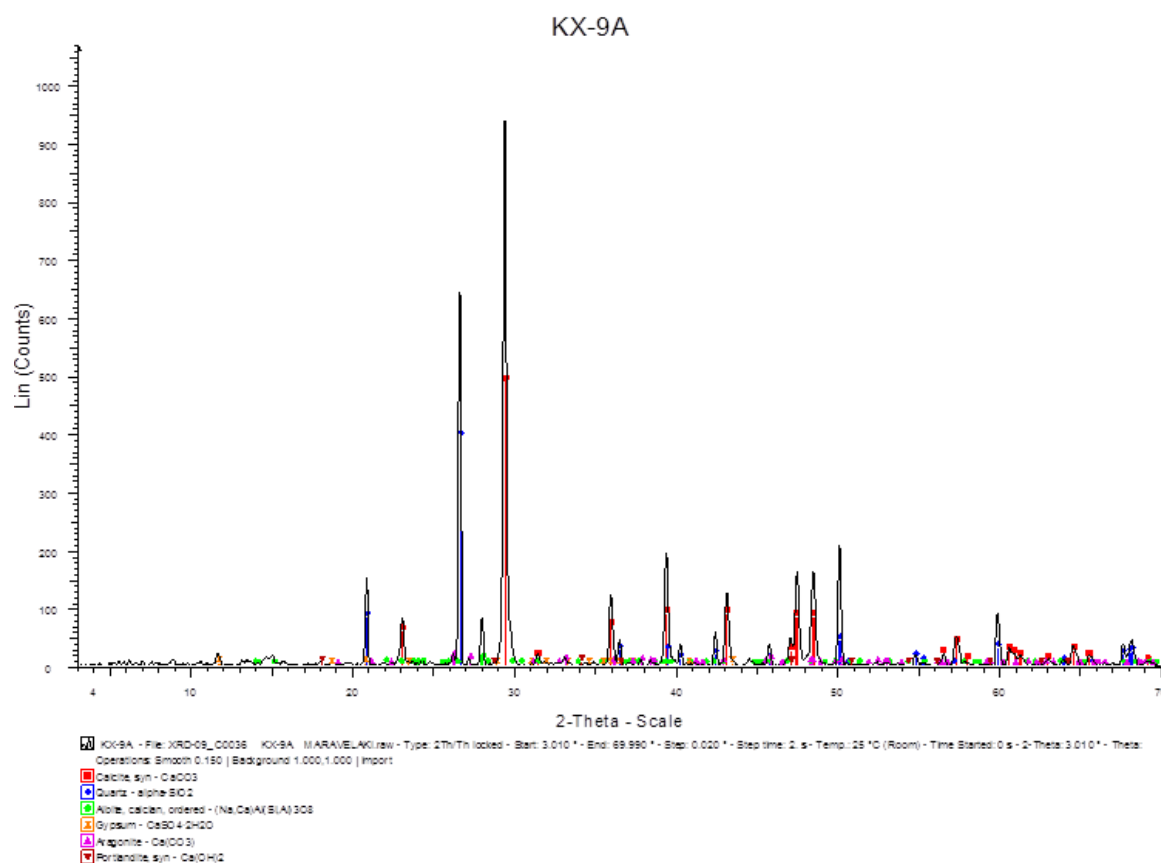


Σχήμα 37: Ανάλυση του KX8 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX9a

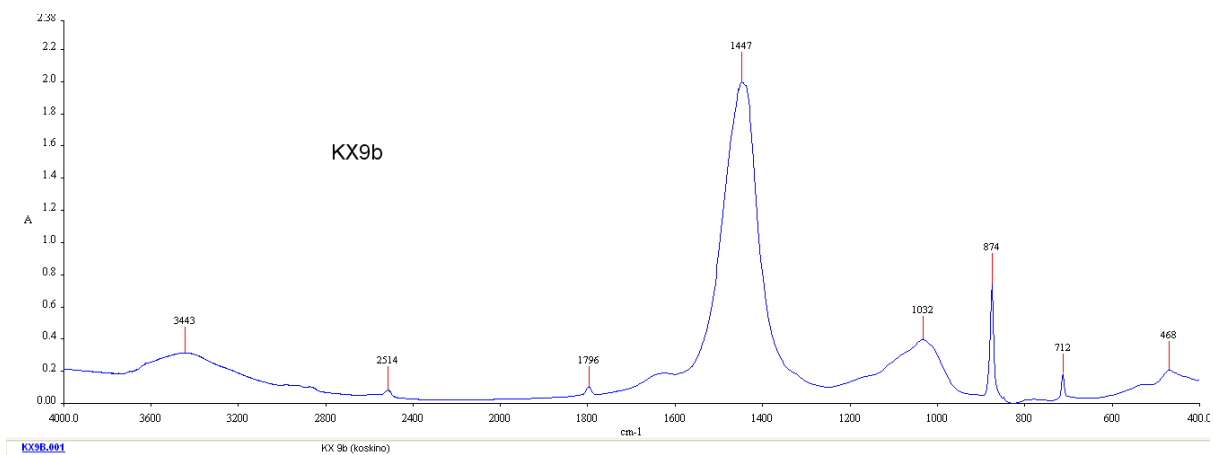


Σχήμα 38: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX9a

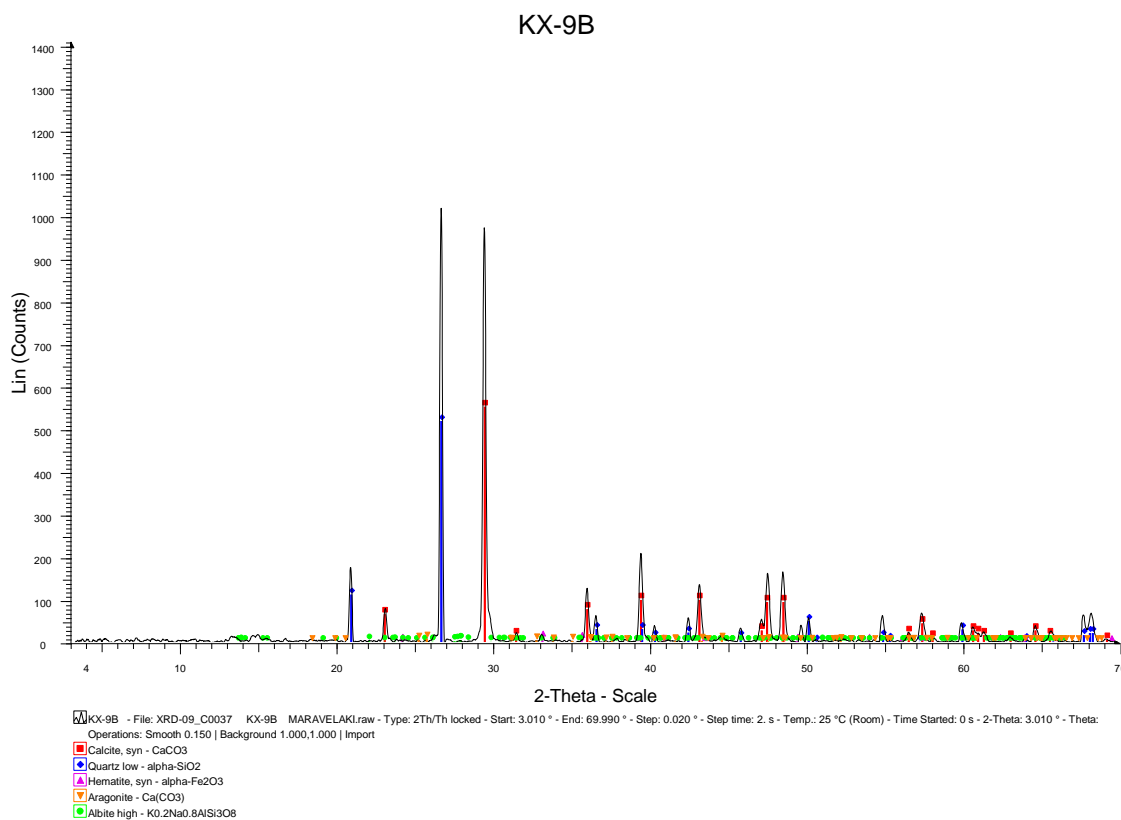


Σχήμα 39: Ανάλυση του KX9α με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX9β

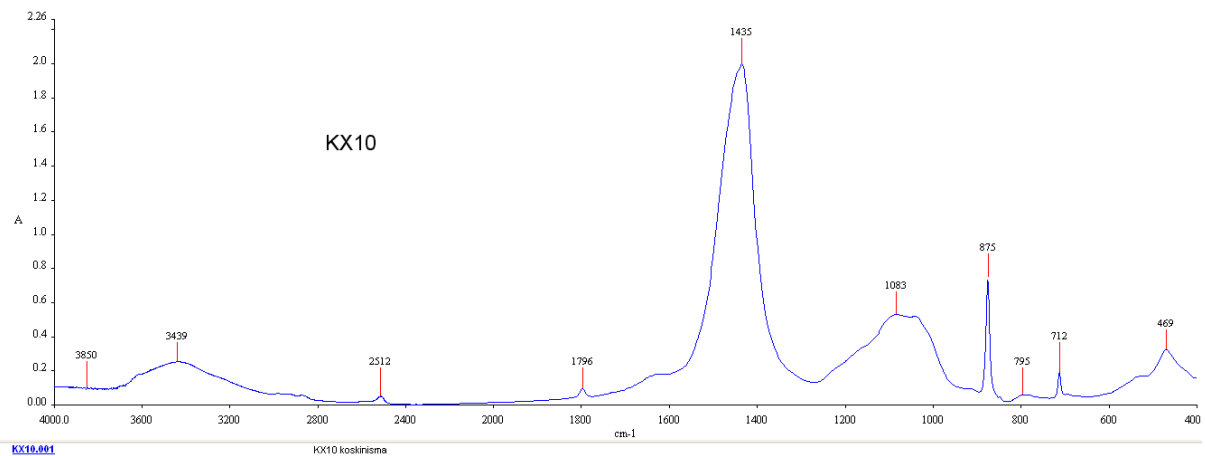


Σχήμα 40: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX9β

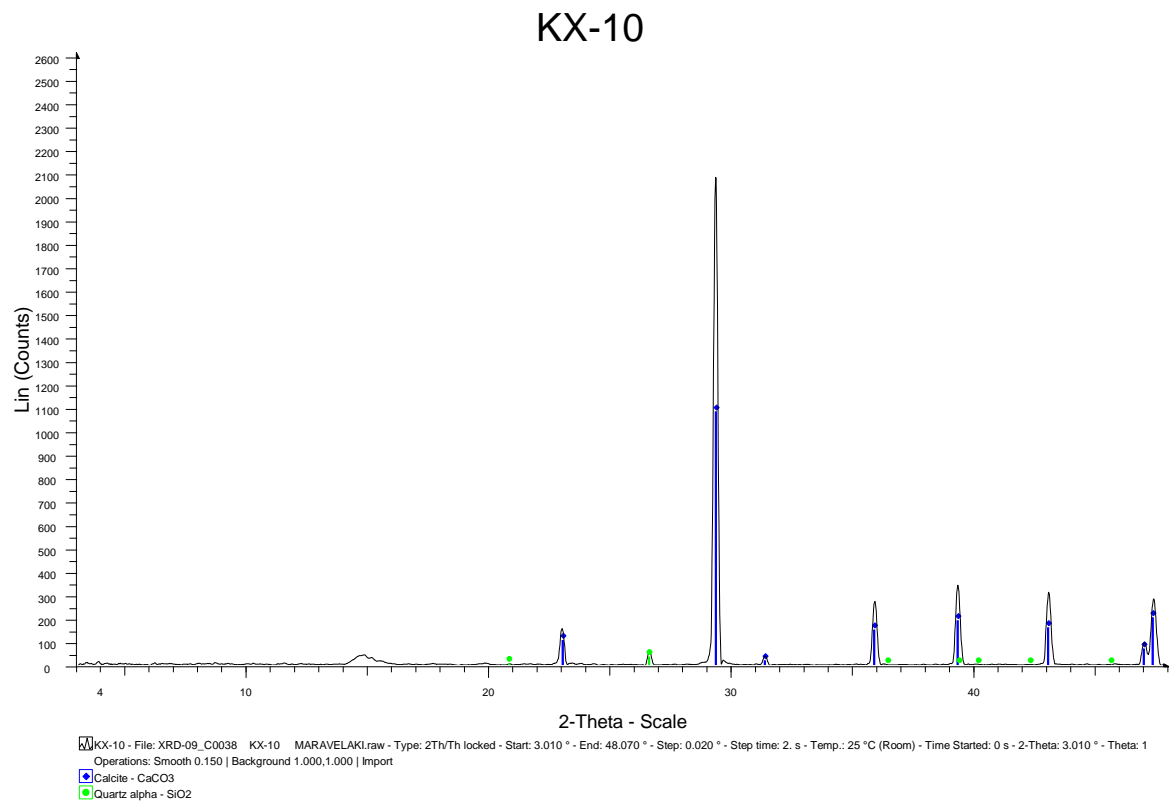


Σχήμα 41: Ανάλυση του KX9β με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX10

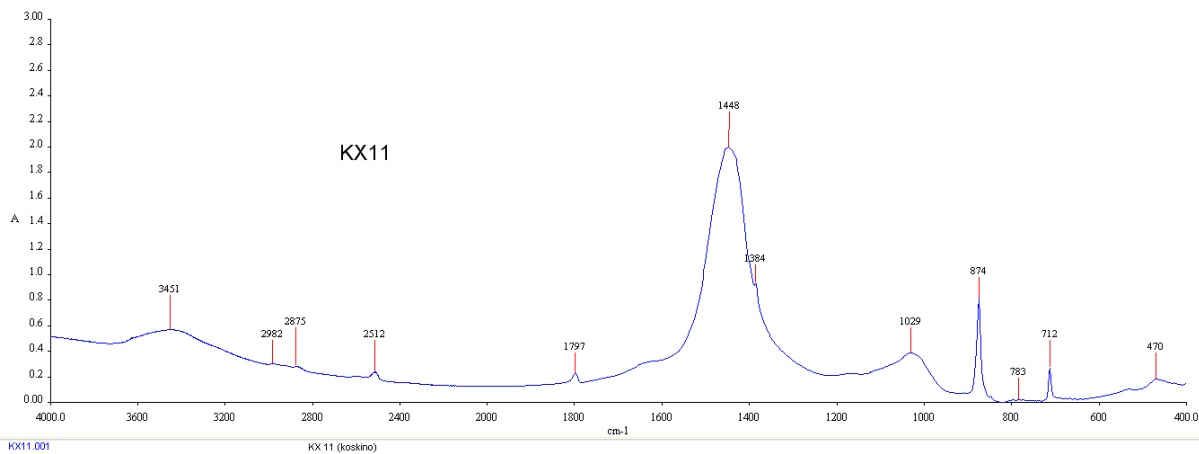


Σχήμα 42: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX10

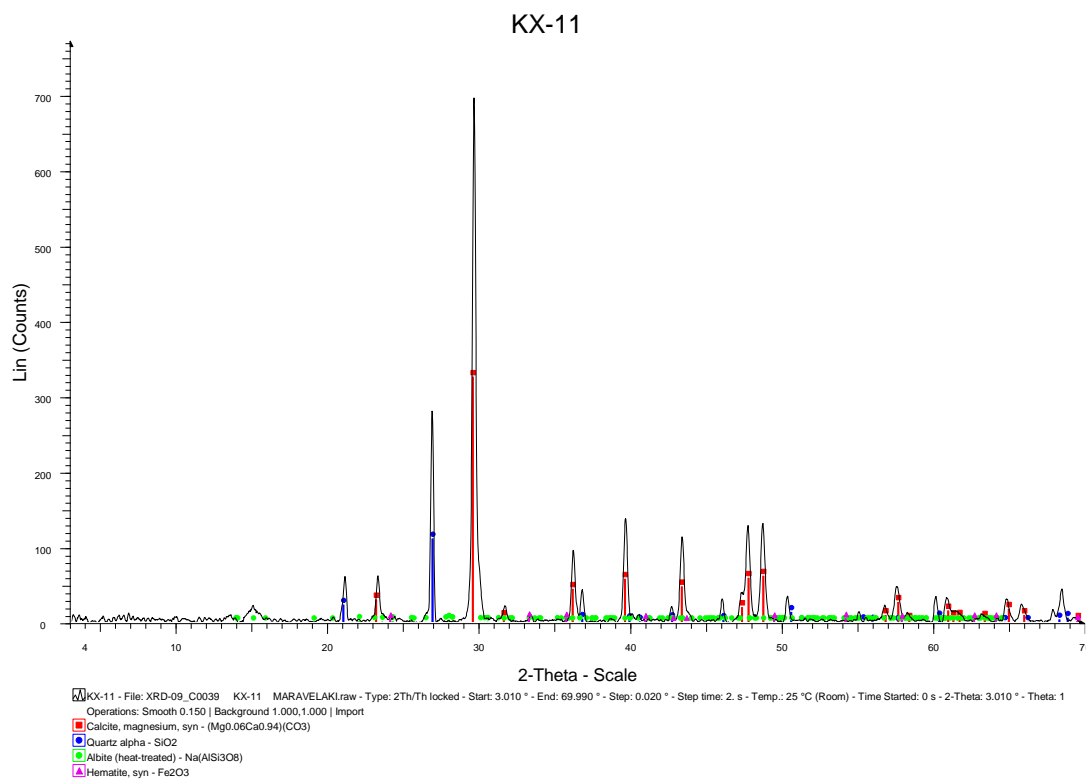


Σχήμα 43: Ανάλυση του KX10 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα KX11

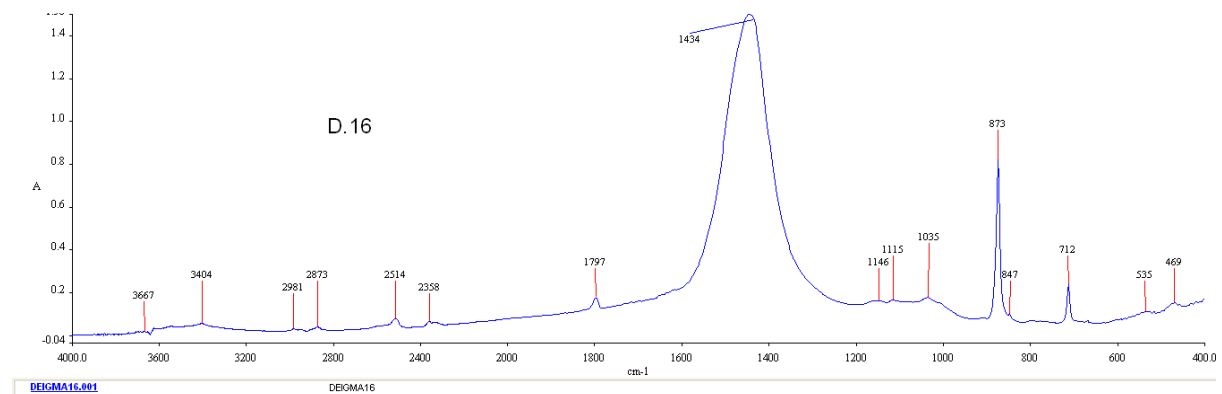


Σχήμα 44: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του KX11



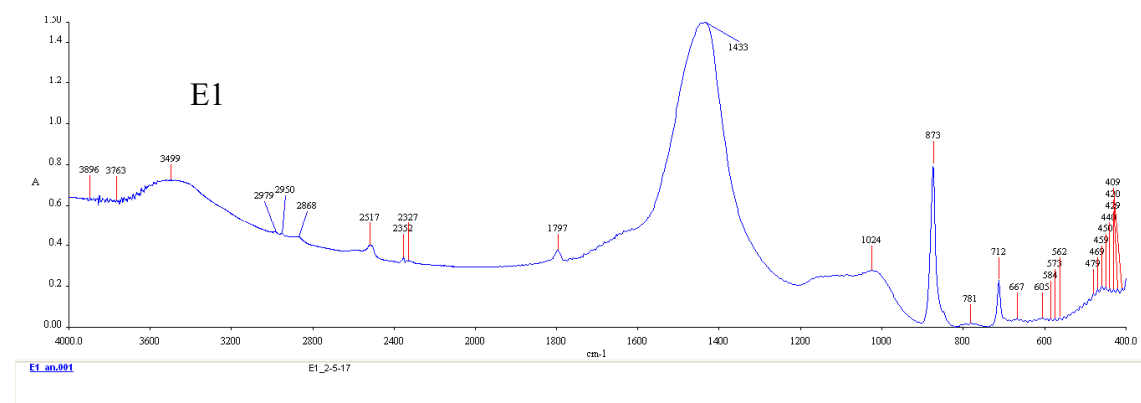
Σχήμα 45: Ανάλυση του KX11 με περιθλασιμετρία ακτίνων –X

Δείγμα Δ16

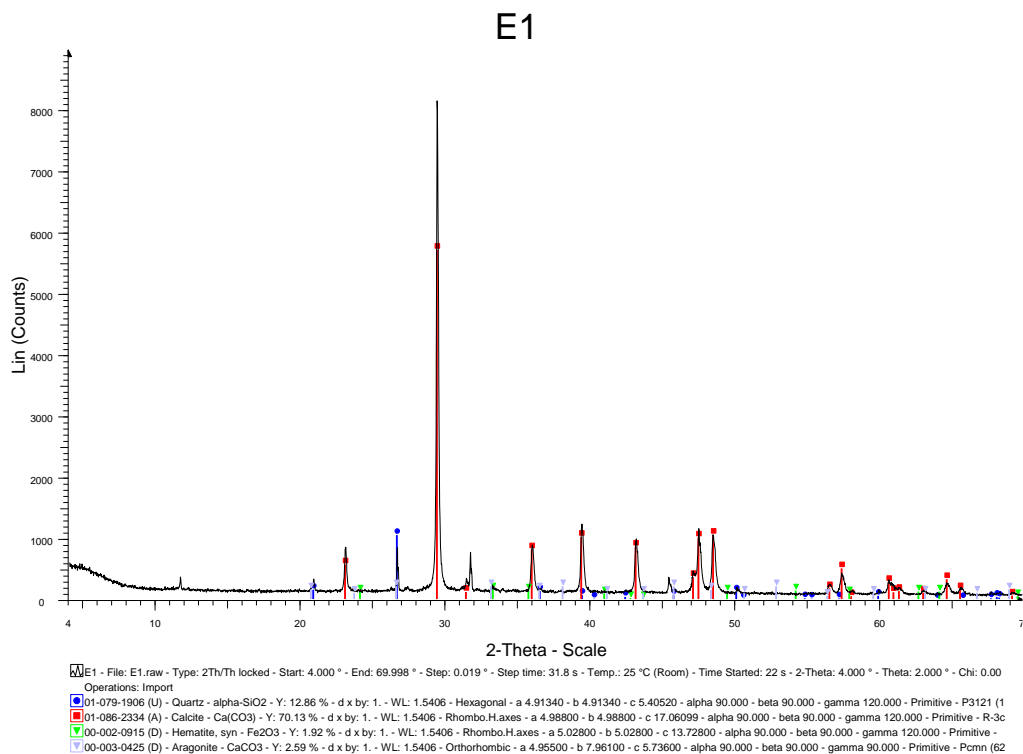


Σχήμα 46 :Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του Δ16

Δείγμα E1

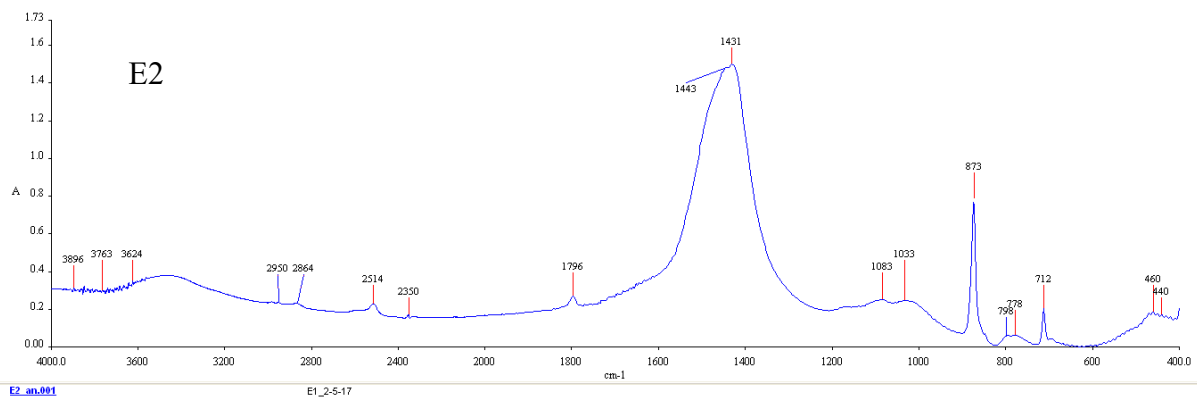


Σχήμα 47: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του E1

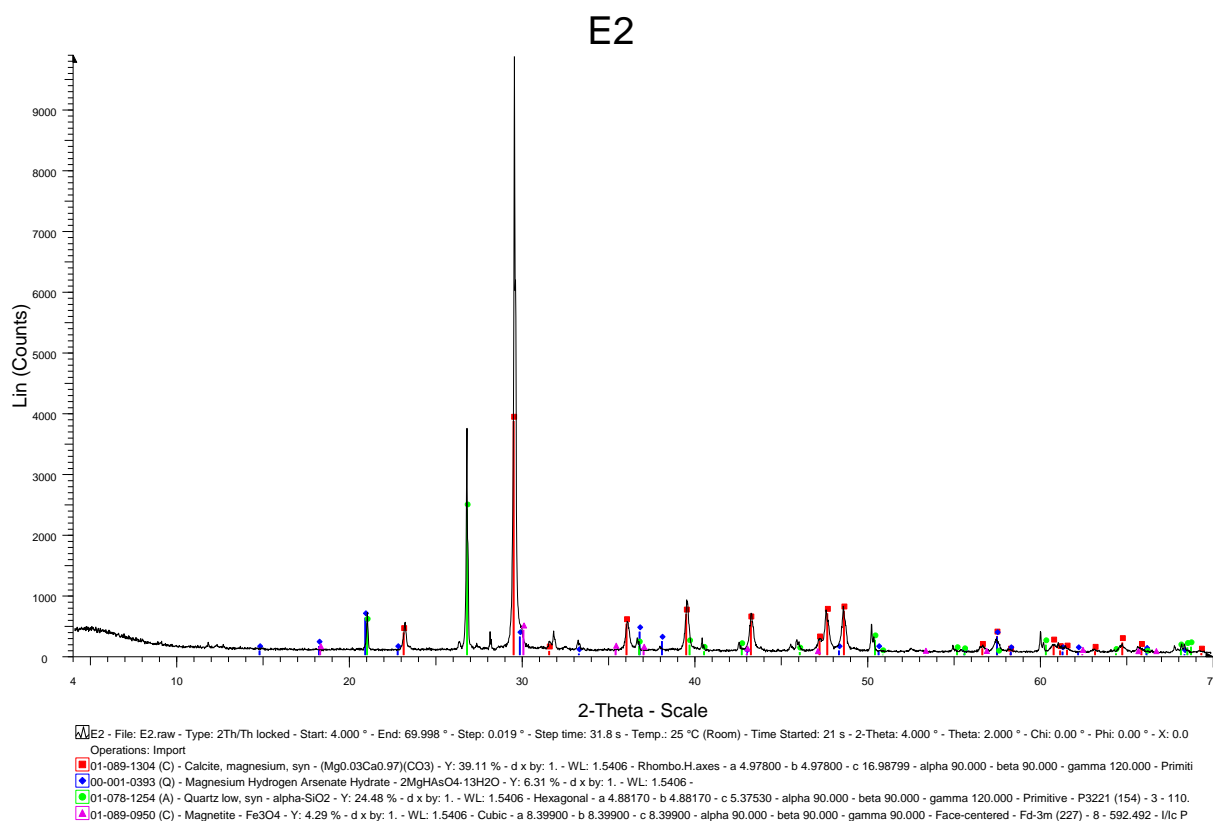


Σχήμα 48: Ανάλυση του E1 με περιθλασιμετρία ακτίνων X

Δείγμα E2



Σχήμα 49: Υπέρυθη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του E2



Σχήμα 50: Ανάλυση του E2 με περιθλασιμετρία ακτίνων X

Μέσω της μελέτης της υπέρυθρης φασματοσκοπίας (FT-IR) και των αναλύσεων της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (XRD) προέκυψε η ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων και παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων

| Δείγματα | Ορυκτολογική σύσταση |
|----------|--|
| M1A | Χαλαζίας, Ιλλίτης, Αλβίτης, Αιματίτης |
| M1B | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Αιματίτης |
| M2A1 | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Ιλλίτης |
| M2B1 | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Ιλλίτης |
| M3 | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Αιματίτης, Ιλλίτης |
| KX1 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αραγωνίτης, Αλβίτης |
| KX2 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αλβίτης |
| KX3 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Πορτλανδίτης, Αλβίτης |
| KX4 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Τιτανίτης, Κλινοπυρόξενο, Πυριτικά |
| KX5 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αλβίτης, Τιτανίτης, Αιματίτης, Σφαλερίτης |
| KX6 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αλβίτης, Αιματίτης, Αραγωνίτης, Πορτλανδίτης |
| KX7 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αλβίτης, Αιματίτης, Πορτλανδίτης, Αραγωνίτης |
| KX8 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αλβίτης, Αιματίτης, Αραγωνίτης, Τιτανίτης |
| KX9α | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Γύψος, Αραγωνίτης, Πορτλανδίτης, Αλβίτης |
| KX9β | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αιματίτης, Αραγωνίτης, Αλβίτης |
| KX10 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας |
| KX11 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αλβίτης, Αιματίτης |
| KX14-M4 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Μαγνητίτης, Αιματίτης |
| KX15-M5 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Μαγνητίτης, Δολομίτης, Αιματίτης |
| KX13-M6 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αιματίτης, Μαγνητίτης, Δολομίτης |
| E1 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Αιματίτης, Αραγωνίτης |
| E2 | Ασβεστίτης, Χαλαζίας, Μαγνητίτης, Μαγνησία. |

Τα αποτελέσματα της εκατοστιαίας στοιχειακής χημικής ανάλυσης της μεθόδου XRF παρατίθενται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Εκατοστιαία στοιχειακή σύσταση των δειγμάτων

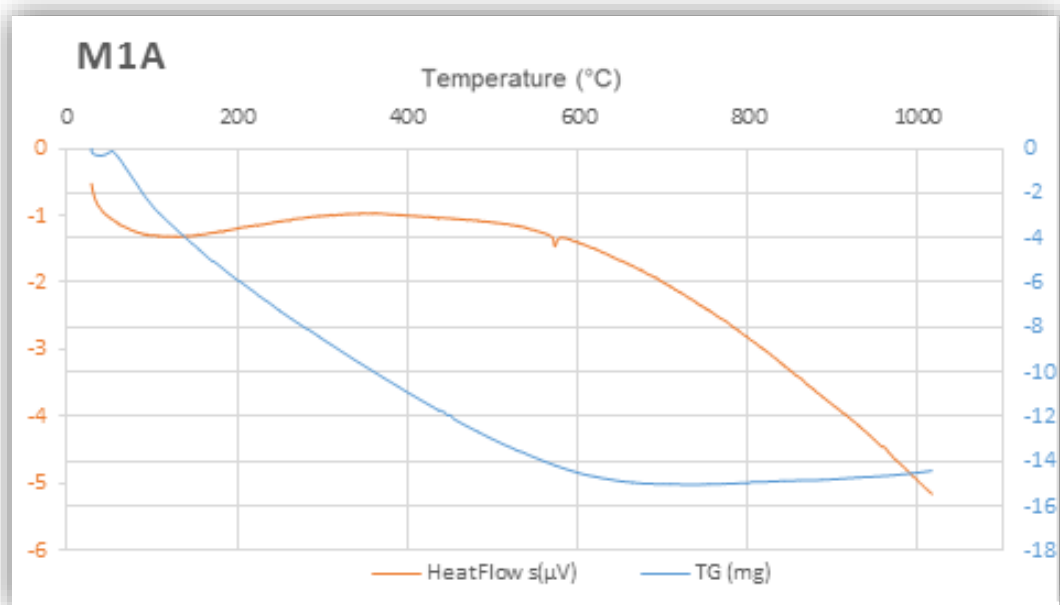
| Δείγματα | Σύσταση % | | | | | | |
|----------|-----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|------------------|
| | CaO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | K ₂ O | TiO ₂ |
| M1A | 1,12 | 58,81 | 15,33 | 4,15 | 0,94 | 1,42 | 0,68 |
| M2B1 | 11,05 | 47,31 | 13,44 | 5,02 | 1,17 | 1,68 | 0,81 |
| M3 | 13,97 | 45,71 | 12,73 | 4,72 | 1,28 | 1,59 | 0,82 |
| KX14 M4 | 45,47 | 11,09 | 1,4 | 0,7 | 1,37 | 0,19 | 0,1 |
| KX15 M5 | 51,2 | 14,4 | 0,79 | 0,46 | 0,96 | <0.0012 | 0,06 |
| KX13 M6 | 42,07 | 14,28 | 1,48 | 0,63 | 1,3 | 0,13 | 0,14 |
| KX1 | 34,59 | 15,66 | 1,1 | 1,2 | 0,41 | 0,11 | 0,1 |
| KX2 | 47,04 | 6,71 | 0,66 | 0,99 | 0,65 | 0 | 0,06 |
| KX3 | 43,12 | 10,33 | 1,58 | 1,46 | 0,29 | 0,23 | 0,1 |
| KX4 | 39,42 | 12,11 | 1,95 | 1,77 | 0,11 | 0,39 | 0,14 |
| KX5 | 41,62 | 10,31 | 0,63 | 0,93 | 0,16 | 0,08 | 0,06 |
| KX6 | 46,54 | 8,37 | 0,84 | 1,06 | 2,07 | 0 | 0,07 |
| KX7 | 28,34 | 19,28 | 8,06 | 6,56 | 0,12 | 2,56 | 0,47 |
| KX8 | 42,5 | 7,47 | 2,62 | 2,44 | 0,77 | 0,75 | 0,18 |
| KX9α | 35,64 | 14,32 | 5,77 | 4,05 | 0,58 | 1,59 | 0,36 |
| KX9β | 38,29 | 10,15 | 3,44 | 2,7 | 0,46 | 1,17 | 0,23 |

Η χημική ανάλυση με την μέθοδο XRF επιβεβαιώνει την ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων. Πιο αναλυτικά τα δείγματα M1A, M2B1, M3 έχουν μεγαλύτερα ποσοστά οξειδίων του πυριτίου, αργιλίου και σιδήρου συγκριτικά με τα άλλα κονιάματα, αυτό οφείλεται στην χρήση κεραμικού, είναι δηλαδή κατεξοχήν πηλοκονιάματα. Επιπλέον το δείγμα M1A παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλό ποσοστό οξειδίου του ασβεστίου (1,123%) αυτό οφείλεται στο ότι το δείγμα περιέχει μικρή ποσότητα ασβεστίτη και έχει εκτεθεί σε υψηλή θερμοκρασία, οπότε παραπέμπει σε κεραμικό. Τα δείγματα KX2, KX3, KX4, KX5, KX6, KX8, KX9α και KX9β έχουν ποσοστά ασβεστίου γύρω στο 30% και πυρίτιο περί το 4% ενώ τα KX1 και KX7 παρουσιάζουν ποσοστά ασβεστίου της τάξης του 24% και 21%, αντίστοιχα, και σχεδόν διπλάσιο ποσοστό πυριτίου, περί το 7.9%, σε σχέση με τα υπόλοιπα ασβεστοκονιάματα, αυτό πιθανότατα οφείλεται στην εκτεταμένη χρήση χαλαζιακής άμμου στη μάζα των αδρανών. Τέλος τα δείγματα KX14-M4, KX15-M5, KX13-M6 παρατηρείται ότι έχουν υψηλά ποσοστά οξειδίων του ασβεστίου και οξειδίων του πυριτίου (ίσως πρόκειται για σύγχρονα αρμολογήματα), αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν σχεδόν αντίστροφη αναλογία,

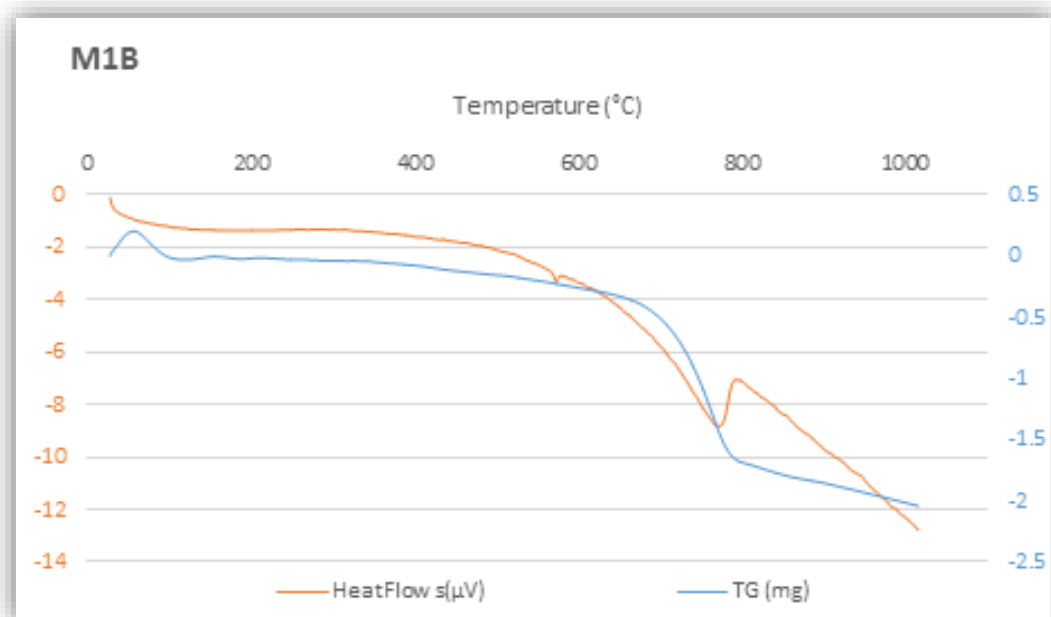
οξειδίων ασβεστίου-πυριτίου, με αυτή των πηλοκονιαμάτων M1A, M2B1 και M3 (Μινωικά κονιάματα).

4.5 Αποτελέσματα Θερμικής Ανάλυσης

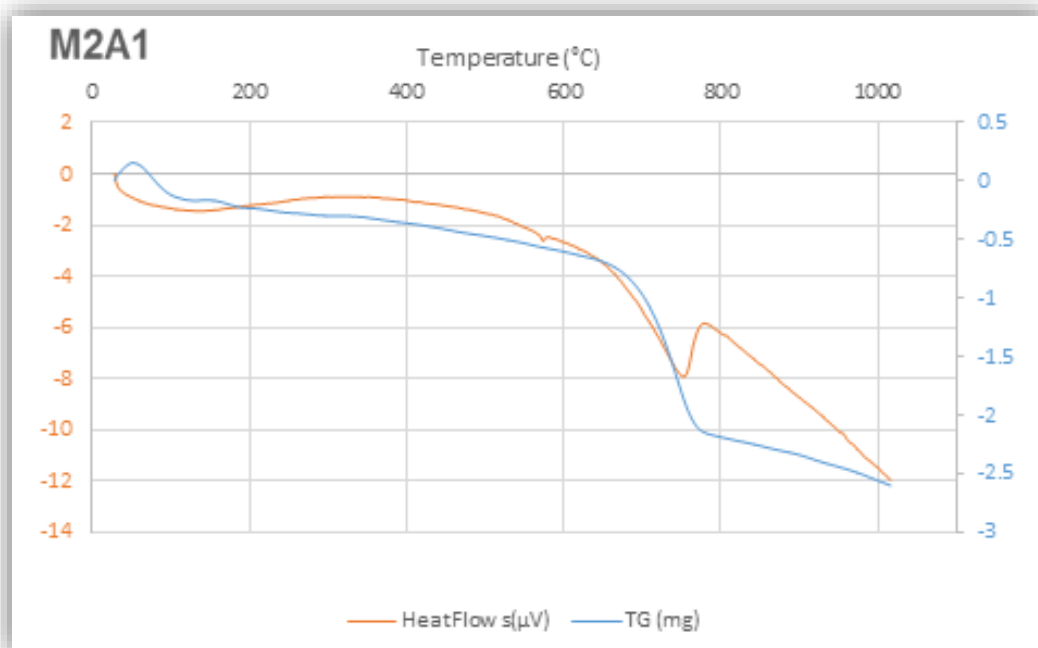
Τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης παρουσιάζονται παρακάτω στα Διαγράμματα 3 έως 19 με στόχο να προσδιοριστεί η υδραυλικότητα των κονιαμάτων μέσω των ανθρακικών με τα χημικά ενωμένα υδροξείδια (HO^-) και νερά (H_2O), τα οποία αποτελούν μέρος της δομής των υδραυλικών συστατικών. Η DTA παρέχει ποιοτικά συμπεράσματα μέσω των ενεργειακών μεταβολών που υφίστανται οι χημικές ενώσεις στη θερμοκρασιακή περιοχή 0-1000°C. Η TG παρέχει τις αντίστοιχες μεταβολές βάρους από τις οποίες μπορούν να καθοριστούν ποσοτικά τα διάφορα συστατικά. Τα δείγματα πριν τη θερμική ανάλυση ξηράνθηκαν για 24 h σε φούρνο, στους 100 °C για να απομακρυνθεί η υγρασία. Οι ενδόθερμες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή 550-580 °C και δεν συνοδεύονται από απώλεια μάζας, οφείλεται στη μεταβολή από την α- στη β- φάση του χαλαζία. Επιπλέον οι ενδόθερμες αντιδράσεις στην περιοχή 550-650 °C δηλώνουν την ύπαρξη πλαγιοκλάστων και αυτές στην περιοχή 40-100 °C υποδηλώνουν τα φυσικά ενωμένα νερά. Αν παρατηρούνται θερμικές μεταβολές στην ευρύτερη περιοχή των 50-180 °C, τότε είναι πολύ πιθανόν να συμμετέχουν και κρυσταλλικές φάσεις χημικά ενωμένου νερού αλλά και νερό των φυλλοπυριτικών ορυκτών στην μετρούμενη απώλεια μάζας.[23]



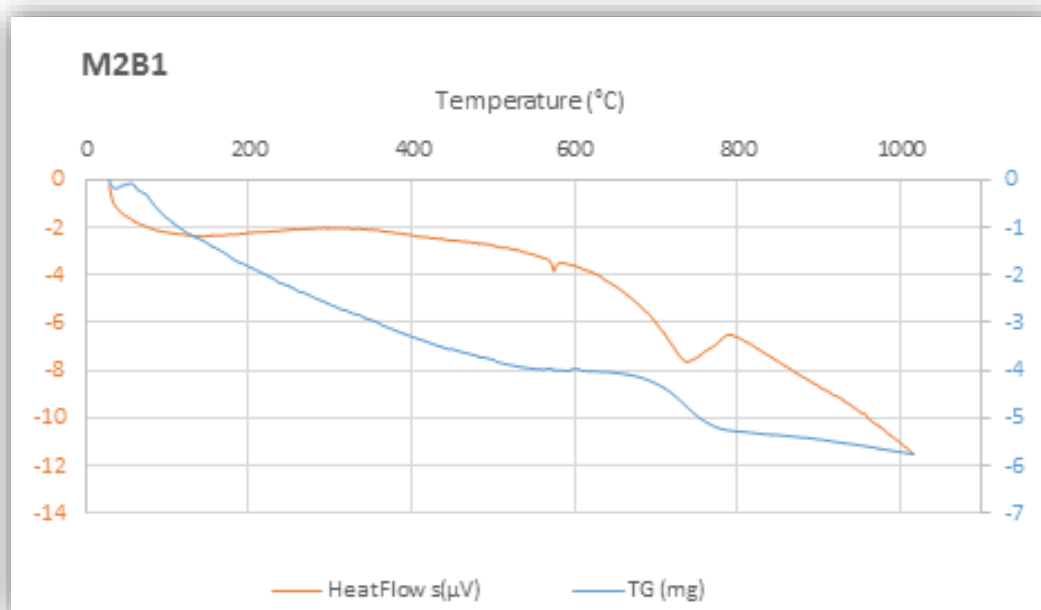
Διάγραμμα 3: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M1A



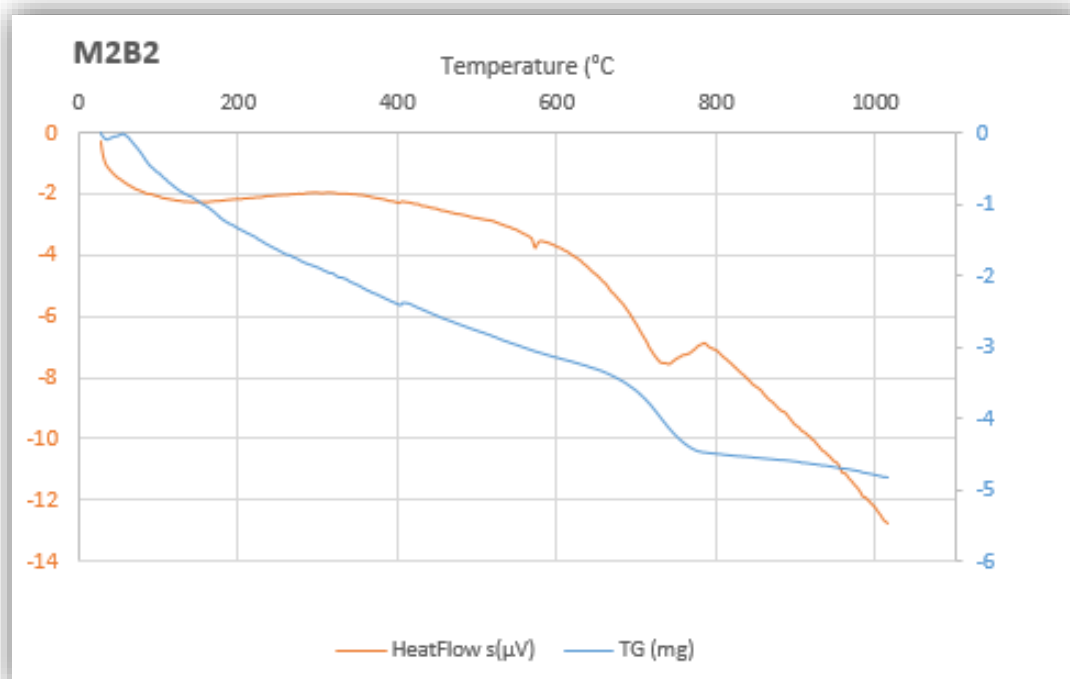
Διάγραμμα 4: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M1B



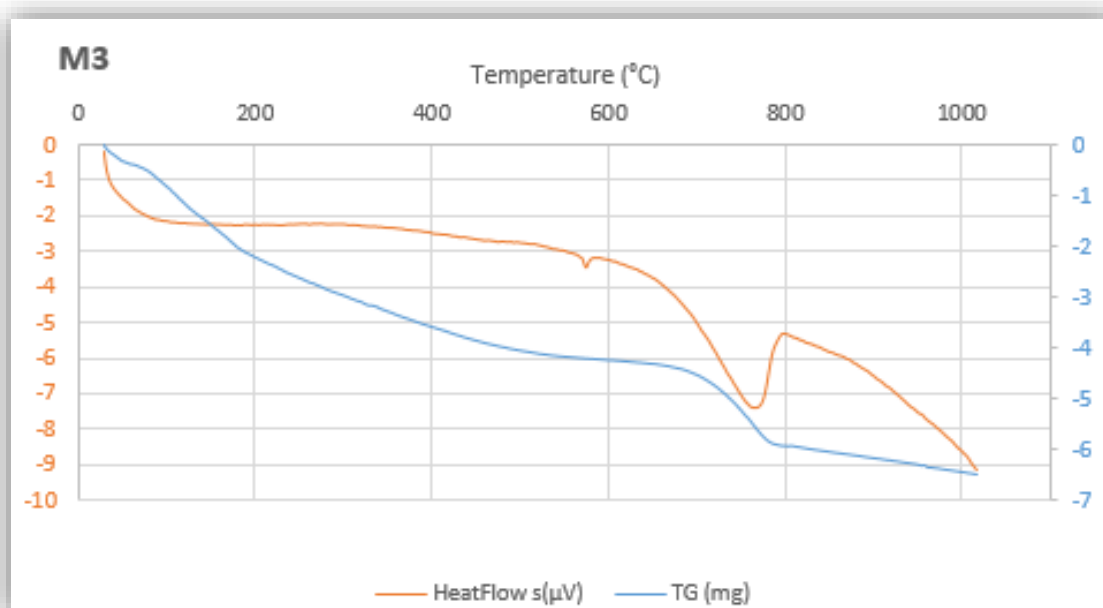
Διάγραμμα 5: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M2A1



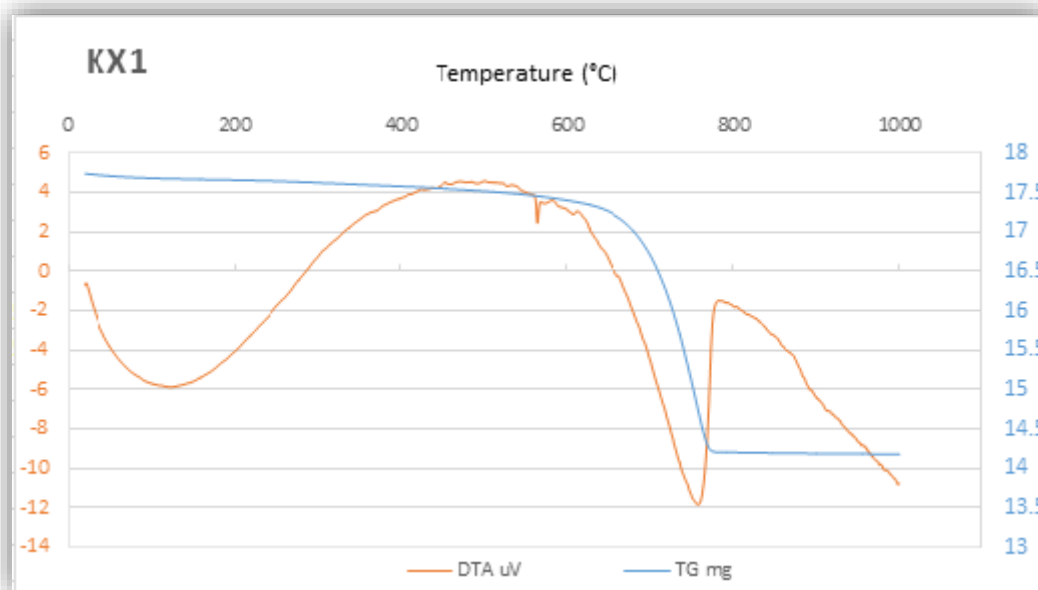
Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M2B1



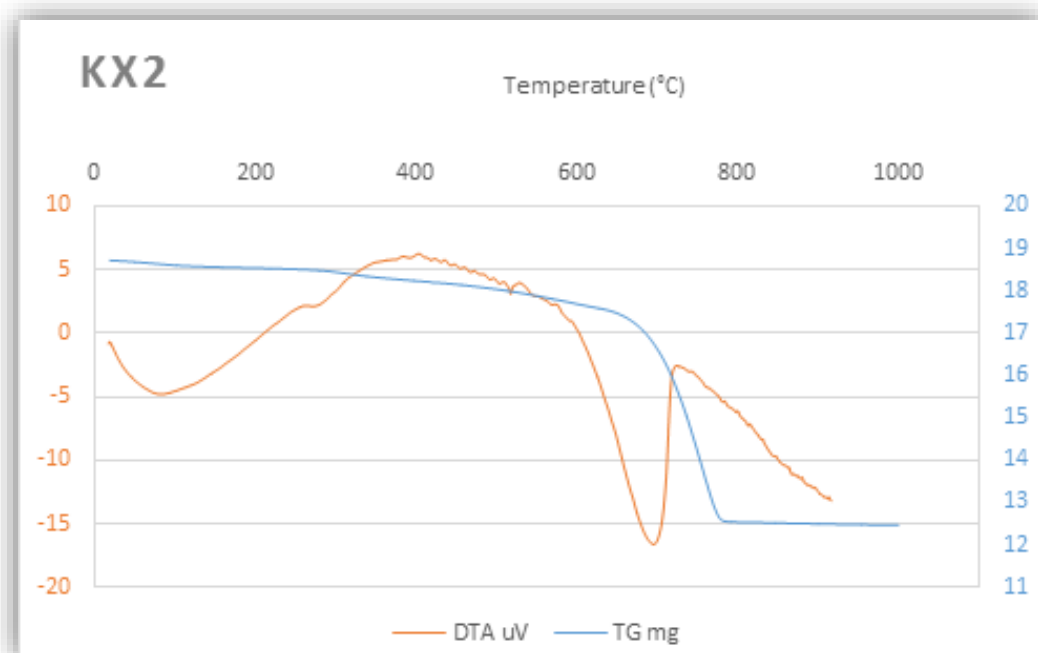
Διάγραμμα 7: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M2B2



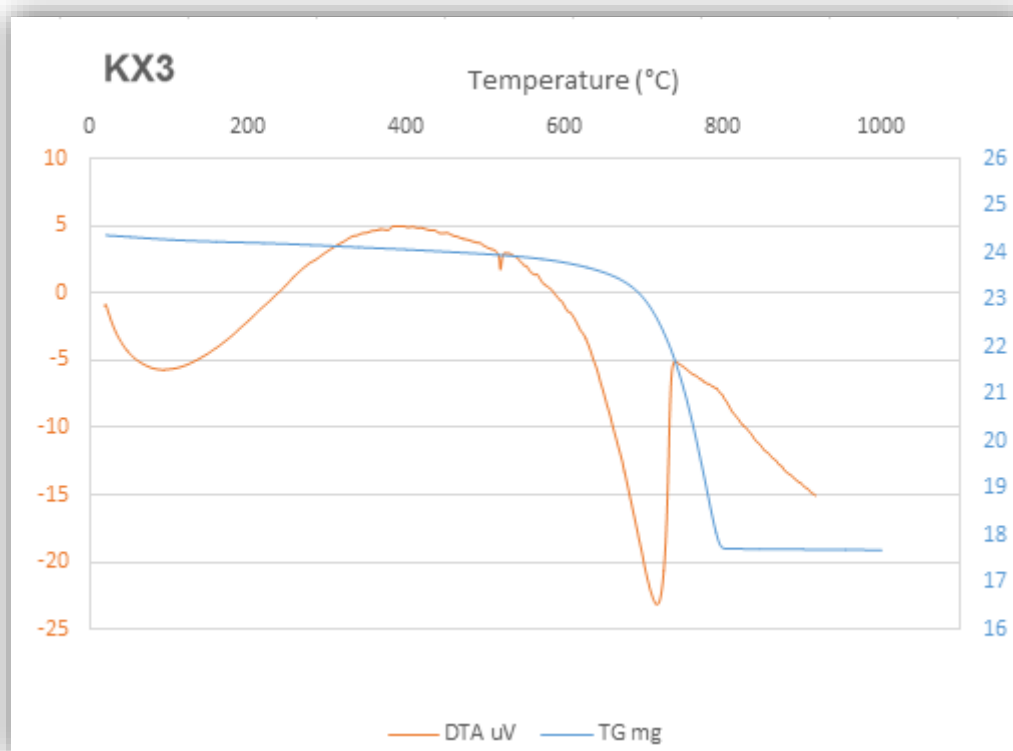
Διάγραμμα 8: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του M3



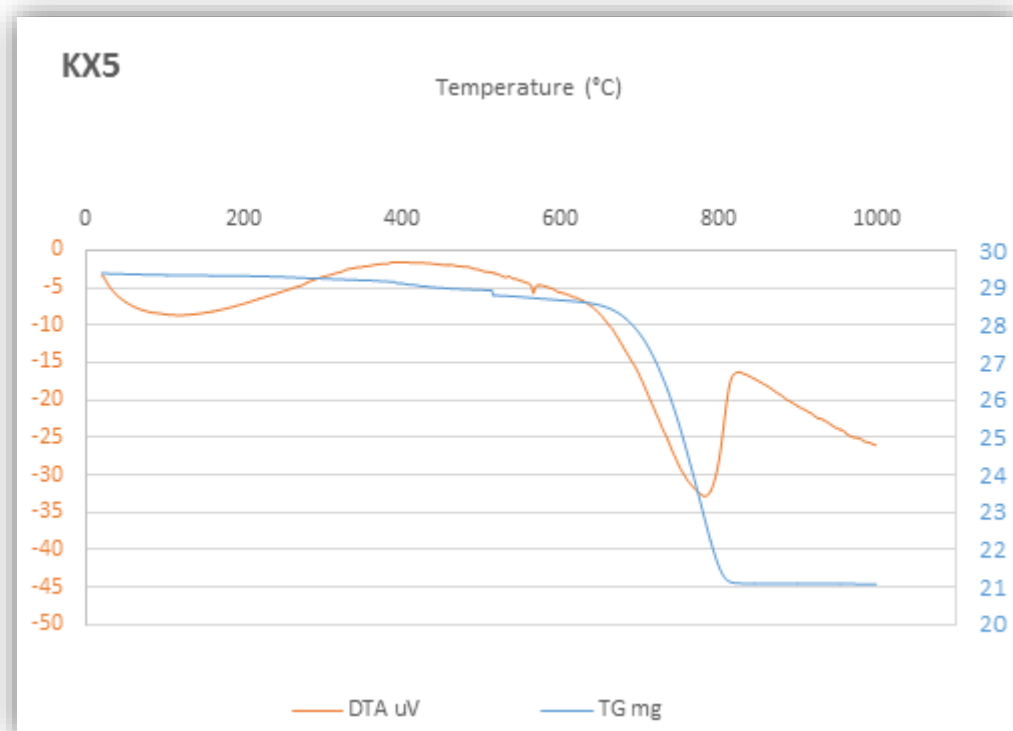
Διάγραμμα 9: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX1



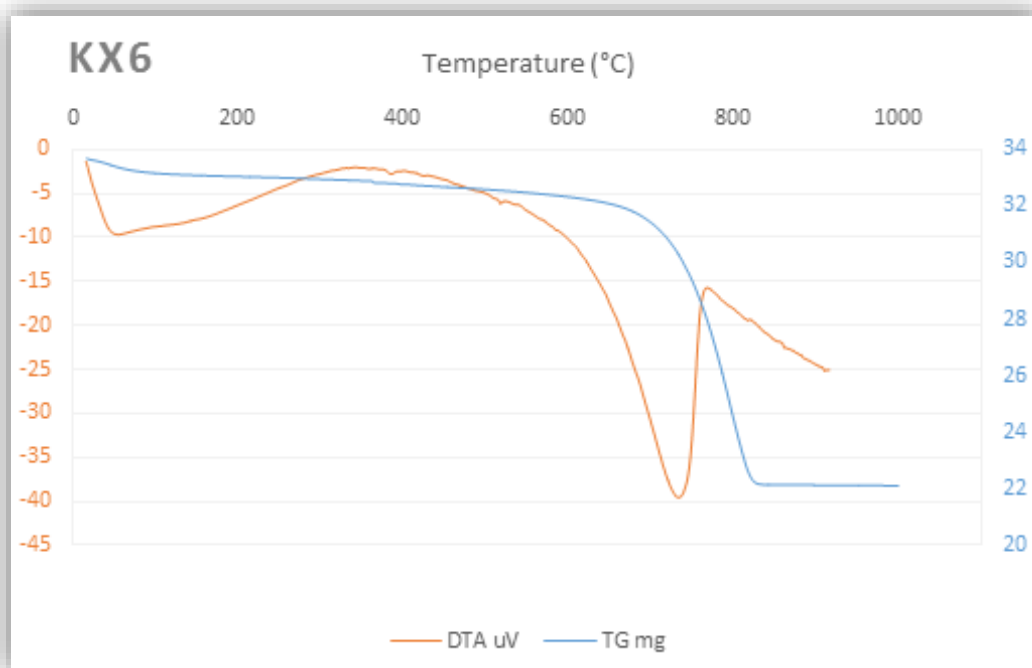
Διάγραμμα 10: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX2



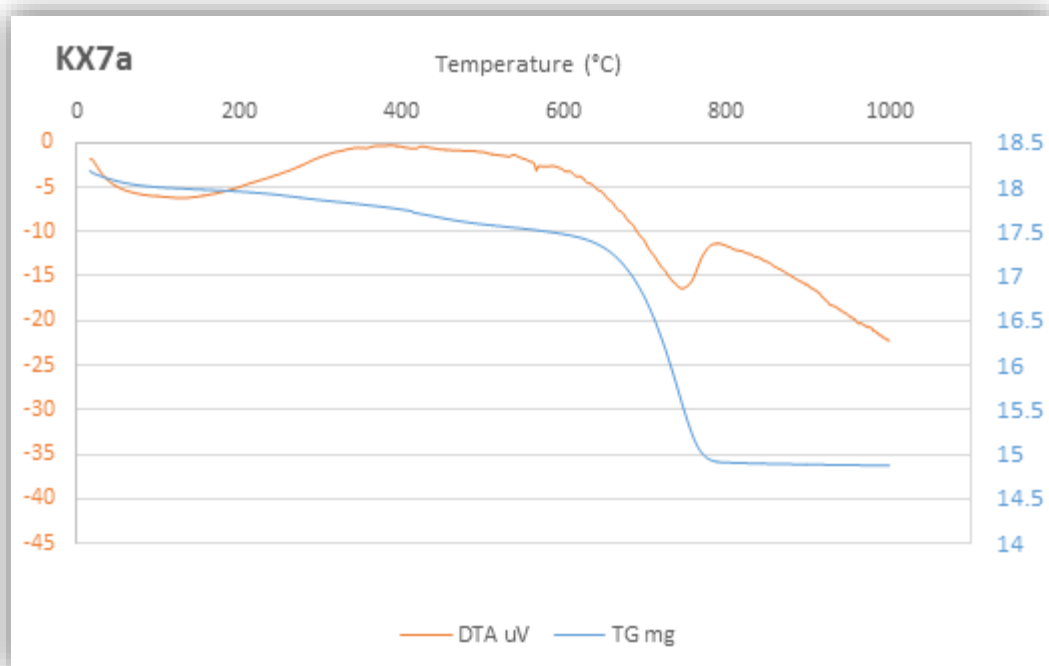
Διάγραμμα 11: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX3



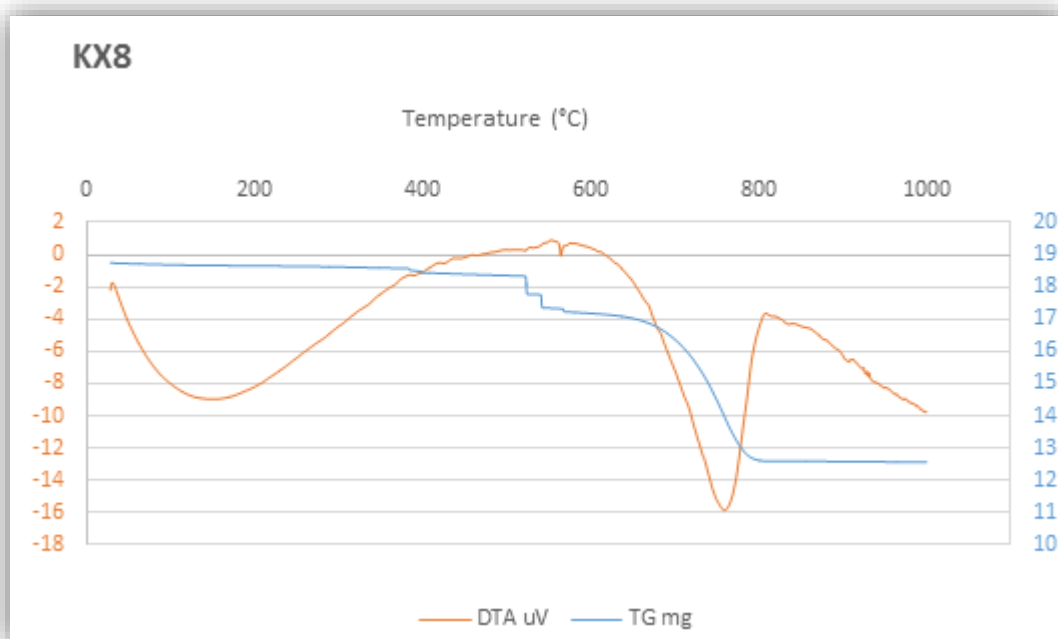
Διάγραμμα 12: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX5



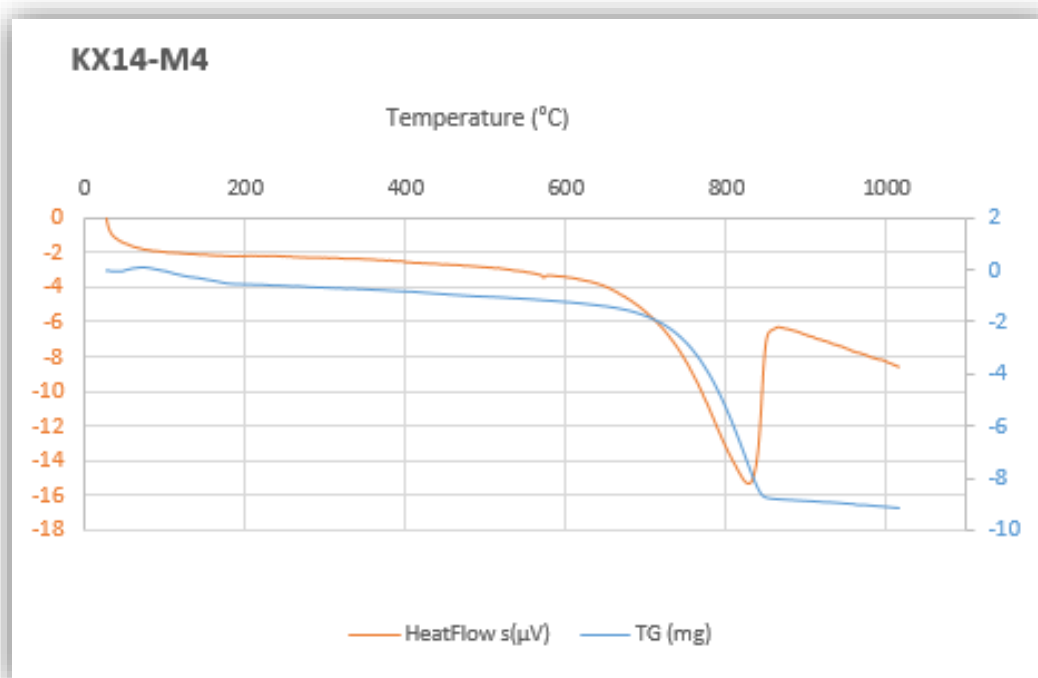
Διάγραμμα 13: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX6



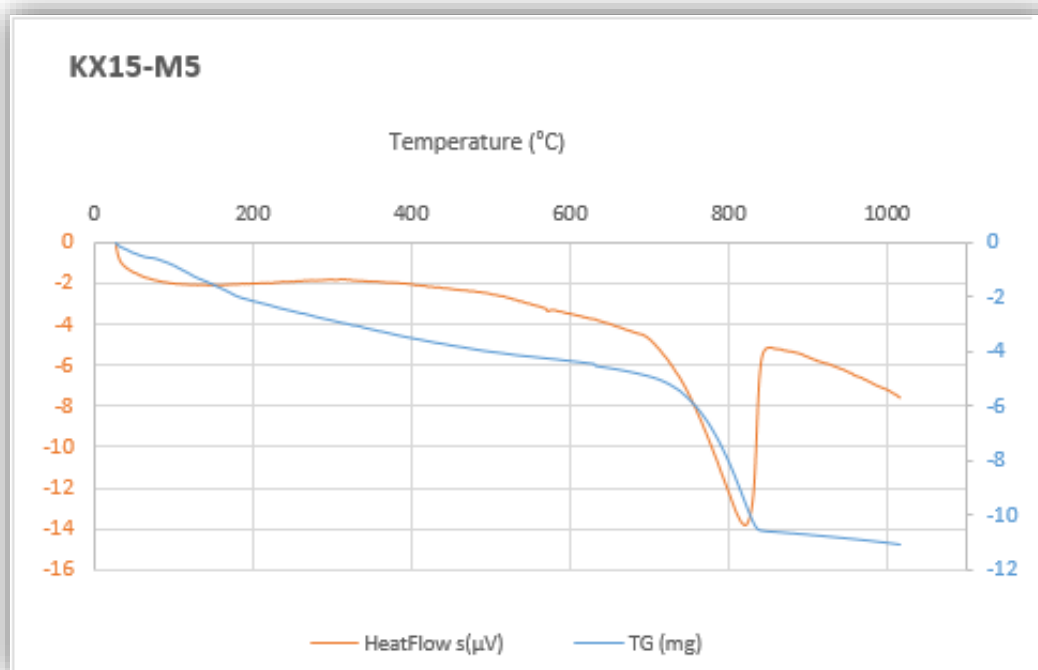
Διάγραμμα 14: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX7



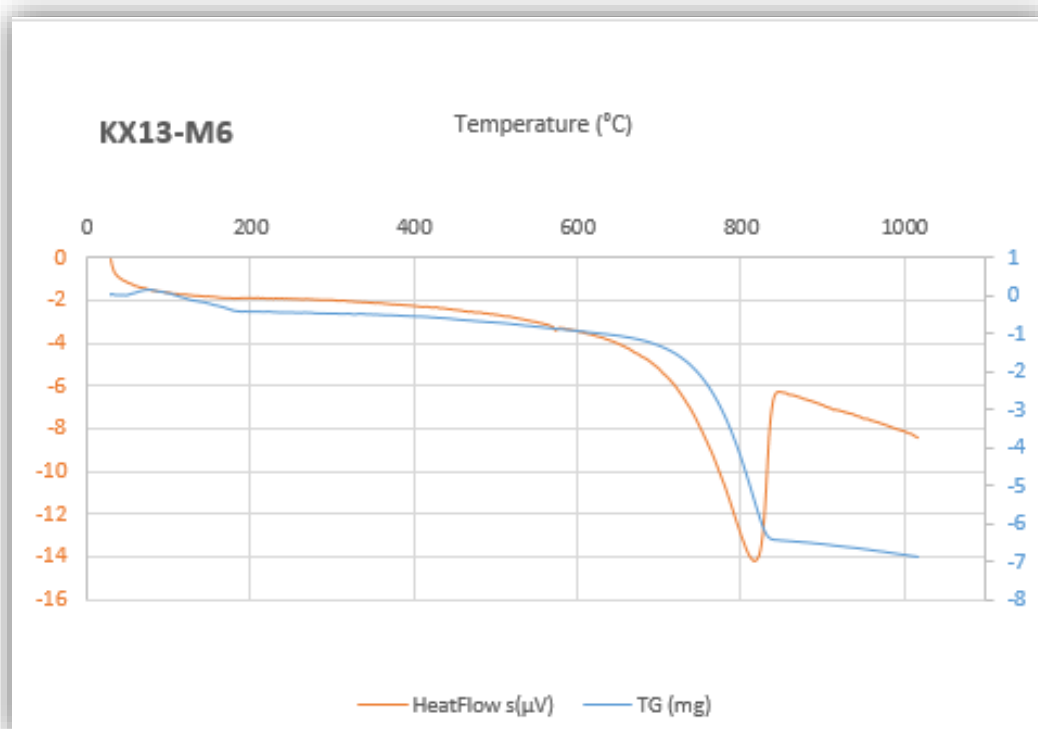
Διάγραμμα 15: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX8



Διάγραμμα 16: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX14 ή M4



Διάγραμμα 17: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX15 ή M5



Διάγραμμα 18: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης του KX13 ή M6

Όλα τα προηγούμενα διαγράμματα φανερώνουν μια απώλεια μάζας από τους 200 έως τους 600 °C η οποία οφείλεται στα υδροξύλια (OH^-) και ακόμα μία απώλεια βάρους από τους 600-1000 °C που οφείλεται στην μετατροπή του ανθρακικού ασβεστίου CaCO_3 σε οξείδιο του ασβεστίου CaO και έκλυση διοξειδίου του άνθρακα CO_2 κατά την αντίδραση $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$, από τα αποτελέσματα της θερμικής επιβεβαιώνεται η ύπαρξη ασβεστίτη. Μικρή απώλεια μάζας παρατηρείται και στην περιοχή 200-600 °C λόγω της ύπαρξης αργιλοπυριτικών ενώσεων.

Ο παρακάτω Πίνακας 9 περιέχει την απώλεια βάρους στις περιοχές 0-200, 200-640 και 640-1000 °C ειδικότερα για αυτές τις θερμοκρασιακές περιοχές παρατηρούνται οι εξής μεταβολές:

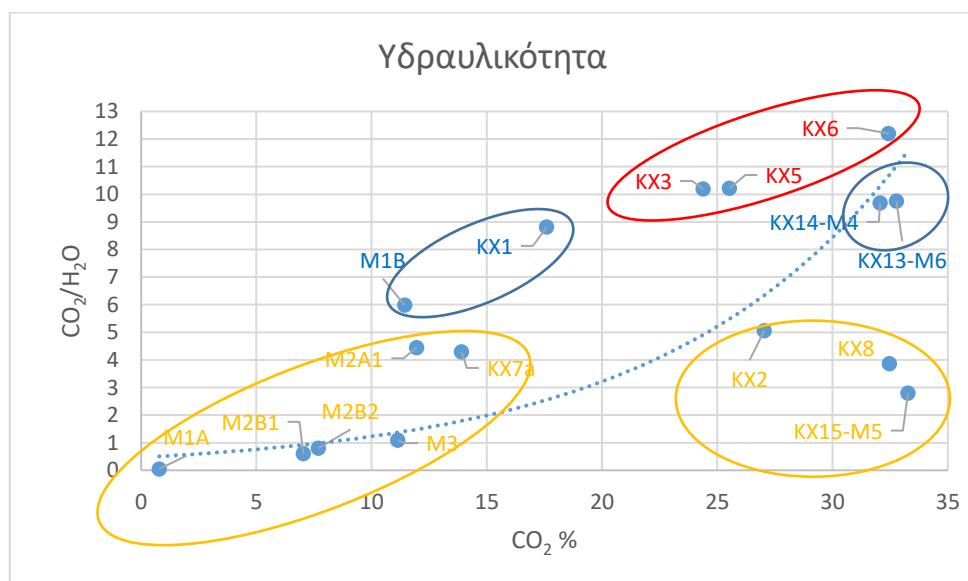
- ✓ 25-120°C, εξατμίζεται η υγρασία
- ✓ 120-200°C, αποβάλλεται το νερό των ένυδρων αλάτων (π.χ. γύψος)
- ✓ 200-600°C, αποβάλλεται το χημικά δεσμευμένο νερό των ένυδρων αργιλοπυριτικών φάσεων εφόσον απουσιάζουν οι οργανικές προσμίξεις
- ✓ 600-1000°C, αποσυντίθεται οι ανθρακικές ενώσεις απελευθερώνοντας CO_2

Επιπλέον στον Πίνακα 9 υπολογίζεται και ο λόγος $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, ο οποίος εκφράζει την υδραυλικότητα των δειγμάτων. Όσο μικρότερος ο λόγος του $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ τόσο περισσότερο υδραυλικά συστατικά περιέχονται στο δείγμα. Υδραυλικά θεωρούνται τα υλικά με τιμή κάτω από 5, μετρίως υδραυλικά κάτω από 10 και μεγαλύτερα του 10 δεν θεωρούνται υδραυλικά. Τα υδραυλικά συστατικά έχουν την ιδιότητα να σκληραίνουν και να πήζουν τόσο στον αέρα όσο και σε υγρό περιβάλλον ή ακόμα και μέσα στο νερό. Αυτή η ιδιότητα προσδίδει αυξημένες μηχανικές αντοχές στα κονιάματα καθώς και αντοχή σε διάβρωση λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων.

Τα δείγματα που παρουσίασαν τη μεγαλύτερη υδραυλικότητα είναι τα M1A, M2A1, M2B1, M2B2, M3 KX15-M5, KX2, KX7a, KX8, ενώ μετρίως υδραυλικά τα M1B, KX14-M4, KX13-M6 και KX1. Όλα τα υπόλοιπα δεν είναι υδραυλικά κονιάματα. Να σημειωθεί ότι το δείγμα M1A παρουσιάζει την μικρότερη απώλεια μάζας από τους 640-1000 °C αυτό οφείλεται στο ότι το συγκεκριμένο δείγμα έχει εκτεθεί σε υψηλή θερμοκρασία ήδη, με αποτέλεσμα το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) να είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Συγκεντρωτικά η υδραυλικότητα των δειγμάτων παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 19, με κίτρινο χρώμα τα υδραυλικά, με μπλε τα μετρίως υδραυλικά και με κόκκινο τα μη υδραυλικά δείγματα.

Πίνακας 9: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης των κονιαμάτων

| Δείγμα | Mass(mg) | Απώλεια Μάζας Δm (mg) | | | CO ₂ /H ₂ O | CO ₂ % |
|----------------|----------|-----------------------|------------|-------------|-----------------------------------|-------------------|
| | | 0-200 °C | 200-640 °C | 640-1000 °C | | |
| M1A | 17.09 | 1.963 | 2.979 | 0.133 | 0.044 | 0.783 |
| M1B | 15.15 | 0.020 | 0.289 | 1.732 | 5.979 | 11.433 |
| M2A1 | 16.18 | 0.231 | 0.435 | 1.933 | 4.443 | 11.951 |
| M2B1 | 20.85 | 1.822 | 2.463 | 1.467 | 0.595 | 7.037 |
| M2B2 | 20.21 | 1.336 | 1.939 | 1.554 | 0.801 | 7.690 |
| M3 | 20.23 | 2.225 | 2.080 | 2.252 | 1.082 | 11.136 |
| KX14-M4 | 24.33 | 0.518 | 0.806 | 7.8 | 9.677 | 32.060 |
| KX15-M5 | 19.63 | 2.218 | 2.339 | 6.53 | 2.791 | 33.269 |
| KX13-M6 | 18.02 | 0.443 | 0.605 | 5.904 | 9.752 | 32.768 |
| KX1 | 17.756 | 0.082 | 0.354 | 3.124 | 8.806 | 17.59 |
| KX2 | 18.749 | 0.183 | 1.002 | 5.069 | 5.055 | 27.039 |
| KX3 | 24.408 | 0.160 | 0.584 | 5.952 | 10.190 | 24.388 |
| KX5 | 29.409 | 0.074 | 0.734 | 7.505 | 10.215 | 25.522 |
| KX6 | 33.726 | 0.639 | 0.896 | 10.934 | 12.202 | 32.420 |
| KX7a | 18.212 | 0.234 | 0.590 | 2.531 | 4.288 | 13.899 |
| KX8 | 18.763 | 0.098 | 1.579 | 6.091 | 3.855 | 32.465 |



Διάγραμμα 19: Υδραυλικότητα κονιαμάτων

Κεφάλαιο 5^ο: Συμπεράσματα

Εξετάστηκαν με φυσικοχημικές αναλύσεις δείγματα κονιαμάτων από την Μινωική ανασκαφή της οδού Κατρέ με επιστημονική υπεύθυνο την Δρ. Μαρία Ανδρεαδάκη-Βλαζάκη, Γενική Γραμματέα του ΥΠΠΟΑ [24]. Αρχικά, από την μακροσκοπική μελέτη των κονιαμάτων επιχρισμάτων τα δείγματα κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο γενικές κατηγορίες αυτές των πηλοκονιαμάτων και ασβεστοκονιαμάτων. Στην πρώτη κατηγορία, τα δείγματα με ονομασίες M1A, M1B, M2A1, M2B1, M2B2 και M3 πρόκειται για πηλοκονιάματα Μινωικής προέλευσης. Το Δείγμα 16 ενώ εξωτερικά έμοιαζε με τα προαναφερθέντα δείγματα και αρχικά κατηγοριοποιήθηκε στα Πηλοκονιάματα, η στιλπνή τομή του έδειξε ότι πρόκειται για ασβεστοκονίαμα με μεγάλα μεγέθους αδρανή. Τα δείγματα KX1, KX2, KX3, KX4, KX5, KX6, KX7, KX8, KX9α, KX9β, KX10, KX11 πρόκειται για ασβεστοκονιάματα που αποδίδονται σε κονιάματα ρωμαϊκής περιόδου. Τα δείγματα KX4 έως KX7 προέρχονται από τοίχους οικιών της ανασκαφής που έχουν χρονολογηθεί ως ρωμαϊκά. Επομένως, η ομοιότητα των υπόλοιπων κονιαμάτων KX1 έως KX11 τα κατατάσσει σε αυτήν την ιστορική περίοδο.

Τα δείγματα KX14-M4, KX15-M5 και KX13-M6 ίσως να πρόκειται για σύγχρονα κονιάματα αφού και η θέση τους επέτρεπε την πιο πρόσφατη επέμβαση. Τα δείγματα E1 και E2 που προέρχονται από τον Φάρο του Αγίου Ιωάννη, αν πρόκειται για τα αυθεντικά κονιάματα της αρχικής οικοδόμησης του φάρου και όχι μεταγενέστερης επέμβασης, τότε χρονολογικά ταξινομούνται περί το 1864 όπου και χτίστηκε ο φάρος. Η κοκκομετρική διαβάθμιση του M3 μας δίνει μια γενική εικόνα για την κατανομή των κόκκων στα μινωικά κονιάματα. Η χρήση κεραμάλευρου και λεπτόκοκκης άμμου κυριαρχεί στο κονίαμα αφού παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κόκκων βρίσκεται κάτω από τα 0.25 mm.

Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα της χημικής και ορυκτολογικής ανάλυσης επιβεβαίωσαν την αρχική εκτίμηση και κατηγοριοποίηση των κονιαμάτων. Αναλυτικότερα κατα τη μελέτη FTIR παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα M1A, M1B, M2A1, M2B1, M2B2 και M3 είναι πυριτικής-αργιλοπυριτικής και ασβεστοπυριτικής φύσεως γεγονός που επιβεβαιώθηκε και με την μέθοδο XRD. Τα δείγματα με ονομασίες KX καθώς και το επίχρισμα E1 και το κονίαμα E2 κατα τη μέθοδο FTIR έδειξαν πως πρόκειται για κονιάματα ασβεστοτικής φύσεως με αργιλοπυριτικές ενώσεις, γεγονός που επιβεβαίωσε και η XRD. Αρκετά από τα δείγματα υποβλήθηκαν σε ανάλυση μέσω της ποσοτικής και ποιοτικής μεθόδου XRF με την εκατοστιαία στοιχειακή σύσταση των δειγμάτων, να επιβεβαιώνει τις δύο προηγούμενες τεχνικές, την FTIR και την XRD. Τα δείγματα με ονομασίες M έχουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά οξειδίων του πυριτίου, αργιλίου και σιδήρου συγκριτικά με τα άλλα κονιάματα, αυτό οφείλεται στην χρήση κεραμάλευρου και άμμου, ενώ αντίθετα τα δείγματα με ονομασίες KX παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά ασβεστίου. Τα δείγματα KX14-M4, KX15-M5 και KX13-M6 έχουν τα υψηλότερα ποσοστά οξειδίων του ασβεστίου και πυριτίου πράγμα που πιθανόν να τα κατατάσσει στα σύγχρονα αρμολογήματα.

Τα υπόλοιπα πηλοκονιάματα με ονομασίες M2A1, M2B1, M2B2, M3 καθώς και τα ασβεστοκονιάματα KX2, KX7, KX8 και KX15-M5 παρουσιάζουν τον λόγο CO₂/H₂O να είναι κάτω από 5, επειδή έχουν αργιλοπυριτικά συστατικά σε περίσσεια και ελάχιστο ασβεστίτη, λόγω του ότι έχουν πηλό ή θραυσμένο κεραμικό. Τα δείγματα που είναι μετρίως

υδραυλικά είναι τα KX1, KX13-M6, KX14-M4 και οριακά το M1B. Τα δείγματα KX3, KX5 και KX6 είναι αερικά κονιάματα που προήλθαν από αναθρακοποίηση ασβέστη.

Οι φυσικοχημικές και ορυκτολογικές αναλύσεις συμβάλλουν στην εξαγωγή πολύτιμων και ασφαλών συμπερασμάτων για τις κατασκευαστικές φάσεις και την τεχνολογία παρασκευής των κονιαμάτων.

Βιβλιογραφία

1. Ανδριανάκης, Μ. (n.d.). *Η παλιά πόλη των Χανίων*. ΑΔΑΜ.
2. Β.Νινιού-Κινδελή, αρχαιολόγος/Α.Τσίγκου, αρχαιολόγος, Υπουργείο Πόλιτισμού. Ανάκτηση από Οδυσσεύς, Πόλη των Χανίων.
http://odysseus.culture.gr/h/3/gh351.jsp?obj_id=2623
3. Μπούρας Χ., (1991), Μαθήματα Ιστορίας της Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α΄, εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
4. Πάχτα Β.Α., (2011), Μελέτη εξέλιξης Τεχνολογίας Κονιαμάτων, Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ., Πολυτεχνειακή Σχολή τμήματος Πολιτικών Μηχανικών.
5. Σιδέρης, Κ. Κ. (1984). Τεχνολογία Δομικών Υλικών, τόμ. Α΄, Δημοκρ. Πανεπ. Θράκης, Ξάνθη.
6. Γερογιάννης Γιώργος, (2003), «Μελέτη και αξιολόγηση πρώτων υλών και κονιαμάτων ως προς την καταλληλότητά τους για επεμβάσεις συντήρησης και αναστήλωσης», Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων (Δεκέμβριος 2003-Χανιά)
7. Τριανταφύλλου Γεώργιος, (2011), «Αξιολόγηση νεογενών ασβεστολιθικών πετρωμάτων Κρήτης για τη διερεύνηση δυνατότητας παραγωγής φυσικών υδραυλικών κονιών», Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης (2011, Χανιά)
8. Θεοφράστου «ΠΕΡΙ ΛΙΘΩΝ» Σύλλογος Διπλ. Μηχ/ών Μεταλλείων και Μεταλλουργών Μηχ/ών, Αθήνα 1975.
9. Μαραβελάκη Νόννη, «Φθορά και συντήρηση δομικών υλικών μνημείων & αρχιτεκτονικών επιφανειών», Φεβρουάριος 2012, Χανιά.
10. Τζιότζιου Μ, «Μελέτη του Μηχανισμού Πήξης Κονιαμάτων τύπου Ασβέστη –Φυσικής Ποζολάνης», Διδακτορική Διατριβή, σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχ/ών, Π.Κ. (Χανιά 2013)
11. Μπακόλας-Καραγιάννης Α. «Κριτήρια και Μέθοδοι Χαρακτηρισμού Ιστορικών Κονιαμάτων», Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 2002(σελ. 5-7)
12. Λεωνιδάκη Κ., «Ανάλυση κονιαμάτων του Ι.Ν. Γενεσίου Θεοτόκου Κορωνησίας Ν.Άρτας με ορυκτολογικές και πετρογραφικές μεθόδους», Διπλωματική εργασία, τμήμα ΜΗΧ.Ο.Π., Π.Κ., Χανιά 2012(σελ 11)
13. Καπριδάκη Χρυσή, «Έλεγχος χημικής συμβατότητας και βελτίωση στερεωτικών λίθων με νανοτεχνολογία», Διδακτορική διατριβή, Χανιά 2015, (σελ.60-64)
14. Θ. Χατζιωάννου και Μ. Κουμπάρης, «Ενόργανη Ανάλυση» Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 1990.
15. <http://www.ptli.com/testlopedia/tests/FTIR-E168andE1252-more.asp> (Accessed:23-6-17)
16. <http://online.sfsu.edu/trautman/chem452/ftir2.gif> (Accessed:23-6-17)
17. <http://docplayer.gr/2398237-Analytikes-methodoi-fasmatoskopia-fthorismoy-aktinon-h-x-ray-fluorescence-spectroscopy-xrf.html> (Accessed:23-6-17)

18. Μιχαήλ Ι. Κονσολάκης «Γενική Χημεία, Θεωρία και Εφαρμογές», εκδόσεις Αέναος.
19. Περικλής Ακρίβος, “Φυσικές Μέθοδοι στην Ανόργανη Χημεία-Θερμική Ανάλυση”. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
20. <http://www.archaiologia.gr/blog/2015/05/18/οχυρώσεις-της-κρήτης/>
21. http://www.faroi.com/gr/agios_iwanis_gr.htm
22. A. Moropoulou, A. Bakolas, K. Bisbikou (1995). *Thermal analysis as a method of characterizing ancient mortars*. Thermochimica Acta ,(σελ. 743-753)
23. Κωστάκης Γ., (1998), «Φυσικές ιδιότητες των ορυκτών», Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, (Χανιά,1998)
24. Π. Μαραβελάκη, Μ. Ανδρεαδάκη-Βλαζάκη, 11^ο Διεθνές Κρητολογικό Συνέδριο, 21-27/10/2011

Παράρτημα-Καρτέλες Δειγμάτων

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΧ1

Κωδικός αριθμός: **ΚΧ1**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός ΚΑΤΡΕ 1, Τάφος Α**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **10-8-2006**



| | |
|---|--|
| Ιστορική περίοδος: - | Στοιχείο κατασκευής: <input checked="" type="checkbox"/> τοιχοποιία <input type="checkbox"/> καμάρα <input type="checkbox"/> παραστάδα <input type="checkbox"/> πεσσός <input type="checkbox"/> οροφή <input type="checkbox"/> τόξο <input type="checkbox"/> άλλο: |
| Είδος δείγματος: <input checked="" type="checkbox"/> δόμηση <input type="checkbox"/> επίχρισμα <input type="checkbox"/> επίστρωση <input type="checkbox"/> πλήρωση <input type="checkbox"/> άλλο: | Τρόπος δειγματοληψίας: <input type="checkbox"/> καλέμι <input checked="" type="checkbox"/> χέρι <input type="checkbox"/> καροτιέρα <input type="checkbox"/> άλλο: |
| Θέση δειγματοληψίας: ΤΑΦΡΟΣ -Α | Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας: - |
| Επαφή με: <input type="checkbox"/> πλίνθο <input type="checkbox"/> λίθο <input type="checkbox"/> μέταλλο <input checked="" type="checkbox"/> άλλο: κονίαμα δόμησης | |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Κονίαμα | ΚΧ1 |
| Χρώμα | Γκρί |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 40% |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Πλαγιόκλαστα με σύσταση Αλβίτη, Θραύσματα ιζηματογενών όπως ασβεστόλιθος και κροκαλοπαγές. |
| Κονία | Σε ποσοστό 60%: Ασβεστίτης και πορτλανδίτης |
| Παρατηρήσεις | Στο δείγμα ανιχνεύονται απολιθώματα φυκών, γαστερόποδων και εχινόδερμων. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ KX2

Κωδικός αριθμός: **KX2**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, Σεβάχ, Μάρτυρας ΤΑΦΡΩΝ Α-ΣΤ**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **09-08-2006**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
☐ επίχρισμα
☐ επίστρωση
☐ πλήρωση
☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Α-ΣΤ

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
☐ λίθο
☐ μέταλλο
☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
☐ καμάρα
☐ παραστάδα
☐ πεσσός
☐ οροφή
☐ τόξο
☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
☒ χέρι
☐ καροτιέρα
☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής δειγματοληψίας:

Δείγμα συνδετικού
ασβεστοκονιάματος από
τον τοίχο 2.

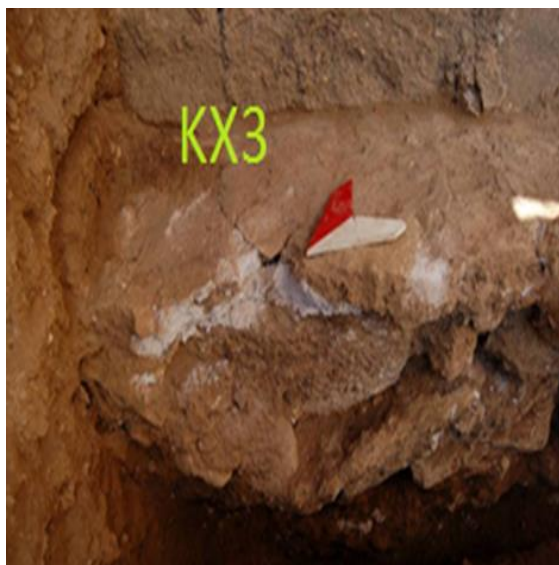
| | |
|---------------------------------|---|
| Κονίαμα | KX2 |
| Χρώμα | Λευκό-γκρί |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 30%. |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Πλαγιόκλαστα με σύσταση Αλβίτη, Θραύσματα πετρωμάτων όπως Ασβεστόλιθος και απολιθωματοφόρου ασβεστόλιθου. |
| Κονία | Σε ποσοστό 70%: Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Κατά θέσεις παρατηρούνται απολιθώματα φυκών, κελύφων θαλάσσιων οργανισμών και εχινόδερμων. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ KX3

Κωδικός αριθμός: **KX3**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός Κατρέ 1, Τάφος-Α**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **10-08-2006**



Ιστορική περίοδος:

Είδος δείγματος:

☒ δόμηση

☐ επίχρισμα

☐ επίστρωση

☐ πλήρωση

☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ -Α

Επαφή με:

☐ πλίνθο

☐ λίθο

☐ μέταλλο

☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

☒ τοιχοποιία

☐ καμάρα

☐ παραστάδα

☐ πεσσός

☐ οροφή

☐ τόξο

☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

☐ καλέμι

☒ χέρι

☐ καροτιέρα

☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Συνδετικό υλικό από την κρηπίδα του τείχους.

| | |
|-------------------------------------|--|
| Κονίαμα | KX3 |
| Χρώμα | Γκρί |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 40% . |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας σε αλλοτροιόμορφους κρυστάλλους, Ασβεστίτης σε μικριτική μορφή, Πλαγιόκλαστα με σύσταση Αλβίτη, Θραύσματα πετρωμάτων όπως Ασβεστόλιθος και απολιθωματοφόρου ασβεστόλιθου. |
| Κονία | Σε ποσοστό 60% : Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Κατά θέσεις παρατηρούνται απολιθώματα φυκών, κελύφων θαλάσσιων οργανισμών. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ KX4

Κωδικός αριθμός: **KX4**

Προέλευση: **Κατρέ 1, Τάφος Z, Τοίχος 8, στρώμα 2**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **17-12-2007**



Ιστορική περίοδος:

Υστεροσωμαϊκή

Είδος δείγματος:

☒ δόμηση

☐ επίχρισμα

☐ επίστρωση

☐ πλήρωση

☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Z, τοίχος 8, στρώμα 2

Επαφή με:

☐ πλίνθο

☐ λίθο

☐ μέταλλο

☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

☒ τοιχοποιία

☐ καμάρα

☐ παραστάδα

☐ πεσσός

☐ οροφή

☐ τόξο

☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

☐ καλέμι

☒ χέρι

☐ καροτιέρα

☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Κονιάματα από άλλα κτίρια της Κατρέ και Σεβάχ

| | |
|---------------------------------|---|
| Κονίαμα | KX4 |
| Χρώμα | Γκρί |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 60% . |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας σε λεπτοκοκκώδη και αδροκοκκώδη μορφή, Ασβεστίτης σε μικροσπαριτική και σπαριτική μορφή, Πλαγιόκλαστα με σύσταση Αλβίτη, Κλινόχλωρο σε φυλλωδη συσσωματώματα, Κλινοπυρόξενο με επιμήκεις κρυστάλλους, Οξειδία σιδήρου με σύσταση αιματίτη και μαγνητίτη, Οξειδία τιτανίου με σύσταση ρουτιλίου, Σουλφίδια με σύσταση σιδηροπυρίτη, Θραύσματα ανθρακικών πετρωμάτων (ασβεστόλιθος,απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος και κροκαλοπαγή), Θραύσματα κεραμικού υλικού. |
| Κονία | Σε ποσοστό 40%: Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Στο δείγμα ανιχνεύονται απολιθώματα από κοράλλια, φύκη και ελασματοβράγχια. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ KX5

Κωδικός αριθμός: **KX5**

Προέλευση: **Κατρέ 1, Τάφος Z, Τοίχος 8, στρώμα 2**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **17-12-2007**



Ιστορική περίοδος:

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Z, Τοίχος 8, στρώμα 2

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Δυτική παρειά, τάφος Z, τοίχος 8.

| | |
|------------------------------|--|
| Κονίαμα | KX5 |
| Χρώμα | Γκρί |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 65%. |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας σε λεπτοκρυσταλλική μορφή, Ασβεστίτης σε μικροσπαρτική μορφή, Πλαγιόκλαστα με σύσταση Αλβίτη, Οξειδία σιδήρου με σύσταση αιματίτη, Οξειδία τιτανίου με σύσταση τιτανίτη , Σουλφίδια με σύσταση σφαλερίτη (ZnS) Θραύσματα πετρωμάτων ασβεστολίθου και απολιθωματοφόρου ασβεστόλιθου. |
| Κονία | Σε ποσοστό 35%: Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Στο δείγμα παρατηρείται μεγάλος αριθμός απολιθώματων από φύκη, ελασματοβράγχια και εχινόδερμα. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΧ6

Κωδικός αριθμός: **ΚΧ6**

Προέλευση: **Κατρέ 1, Τάφος Ι, Τοίχος 6, στρώμα 1**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **17-12-2007**



Ιστορική περίοδος:

υστερότερα από υστερο-ρωμαϊκά

Είδος δείγματος:

☒ δόμηση

☐ επίχρισμα

☐ επίστρωση

☐ πλήρωση

☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Ι

Επαφή με:

☐ πλίνθο

☐ λίθο

☐ μέταλλο

☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

☒ τοιχοποιία

☐ καμάρα

☐ παραστάδα

☐ πεσσός

☐ οροφή

☐ τόξο

☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

☐ καλέμι

☒ χέρι

☐ καροτιέρα

☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Τοίχος 6, στρώμα 1

| Κονίαμα | ΚΧ6 |
|------------------------------|---|
| Χρώμα | Λευκό |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 35% . |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Αλβίτη, Οξείδια σιδήρου με σύσταση αιματίτη και μαγνητίτη, Θραύσματα πετρωμάτων ασβεστολίθου απολιθωματοφόρου ασβεστόλιθου και χαλαζίτη. Κομμάτια από κεραμικό υλικό |

| | |
|--------------|--|
| Κονία | Σε ποσοστό 65% : Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Στο δείγμα παρατηρείται μεγάλος αριθμός απολιθωμάτων από φύκη και όστρακα. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΧ7

Κωδικός αριθμός: **ΚΧ7**

Προέλευση: **Κατρέ 1, Τάφος Ι, Τοίχος 6, Στρώμα 2, ομάδα 2, Δάπεδο 14**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **17-12-07**



Ιστορική περίοδος:

κονιάματα υστερο-ρωμαϊκά

Είδος δείγματος:

☒ δόμηση

☐ επίχρισμα

☐ επίστρωση

☐ πλήρωση

☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Ι

Επαφή με:

☐ πλίνθο

☐ λίθο

☐ μέταλλο

☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

☒ τοιχοποιία

☐ καμάρα

☐ παραστάδα

☐ πεσσός

☐ οροφή

☐ τόξο

☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

☐ καλέμι

☒ χέρι

☐ καροτιέρα

☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία

περιοχής της

δειγματοληψίας:

Τάφος Ι, Τοίχος 6,

Στρώμα 2, ομάδα 2,

Δάπεδο 14

| | |
|---------------------------------|---|
| Κονίαμα | KX7 |
| Χρώμα | Γκρί |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 45%. |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Πλαγιόκλαστα με σύσταση Αλβίτη, Χλωρίτης Οξειδία σιδήρου με σύσταση αιματίτη και μαγνητίτη, Οξειδία τιτανίου με σύσταση ιλμενίτη , Θραύσματα πετρωμάτων ασβεστολίθου απολιθωματοφόρου ασβεστόλιθου και κροκαλοπαγούς. Κομμάτια από κεραμικό υλικό |
| Κονία | Σε ποσοστό 55%: Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Στο δείγμα παρατηρείται μικρός αριθμός απολιθωμάτων από φύκη και ελασματοβράγχια. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ KX8

Κωδικός αριθμός: **KX8**

Προέλευση: **Κατρέ 1, Τάφος Β**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **21-12-2007**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Β

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

-

| | |
|---------------------------------|--|
| Κονίαμα | KX8 |
| Χρώμα | Λευκό |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 40% . |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Αλβίτη, Επίδοτο, Οξειδία σιδήρου με σύσταση αιματίτη, Οξειδία τιτανίου με σύσταση τιτανίτη, Θραύσματα ιζηματογενών πετρωμάτων όπως ασβεστολίθου απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος. Κομμάτια από παλαιότερο κονίαμα |
| Κονία | Σε ποσοστό 60%: Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Στο δείγμα παρατηρείται μεγάλος αριθμός απολιθωμάτων από φύκη και όστρακα. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΧ9α

Κωδικός αριθμός: **ΚΧ9α**

Προέλευση: **Κατρέ 1, Τάφος Β**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **21-12-2007**



Ιστορική περίοδος:

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Β

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία:

εξωτερικό επίχρισμα με λίγο αρμολόγημα

| | |
|------------------------------|--|
| Επίχρισμα-αρμολόγημα | KX9a |
| Χρώμα | Γκρί |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 60% . |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Πλαγιόκλαστα με σύσταση Αλβίτη, Οξείδια σιδήρου με σύσταση αιματίτη και μαγνητίτη, Ένυδρα θειϊκά άλατα του ασβεστίου σύστασης γύψου. |
| Κονία | Σε ποσοστό 40%: Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Στο δείγμα παρατηρείται μεγάλος αριθμός απολιθωμάτων από φύκη και ελασματοβράγχια. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΧ9β

Κωδικός αριθμός: **ΚΧ9β**

Προέλευση: **Κατρέ 1, Τάφος Β**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **21-12-2007**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ -Β

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία :

Εσωτερικό αρμολόγημα από τάφρο-Β

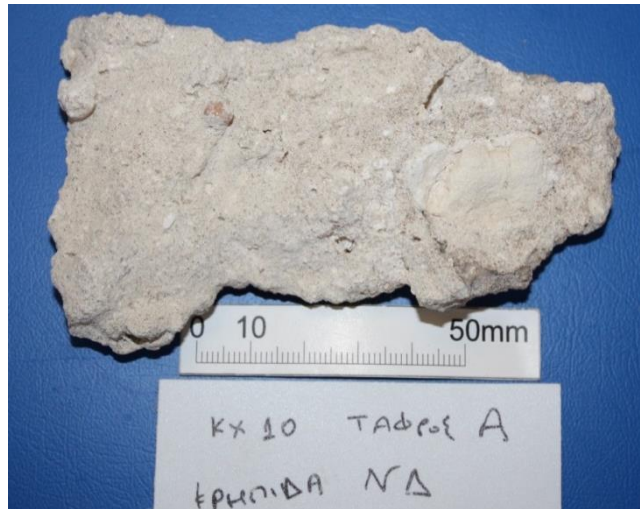
| | |
|---------------------------------|--|
| Κονίαμα | KX9β |
| Χρώμα | Γκρί |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 65% . |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Πλαγιόκλαστα με σύσταση Αλβίτη, Οξείδια σιδήρου με σύσταση αιματίτη, Θραύσματα πετρωμάτων ασβεστολίθου και απολιθωματοφόρου ασβεστολίθου. |
| Κονία | Σε ποσοστό 35%: Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Στο δείγμα παρατηρείται μεγάλος αριθμός απολιθωμάτων από φύκη, ελασματοβράγχια, εχινόδερμα και κοράλλια. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΧ10

Κωδικός αριθμός: **ΚΧ10**

Προέλευση: **Κατρέ 1, Τάφος Α, κρηπίδα ΝΔ**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: -



Ιστορική περίοδος:

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Α, κρηπίδα ΝΔ

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Κρηπίδα Νοτιοδυτικά

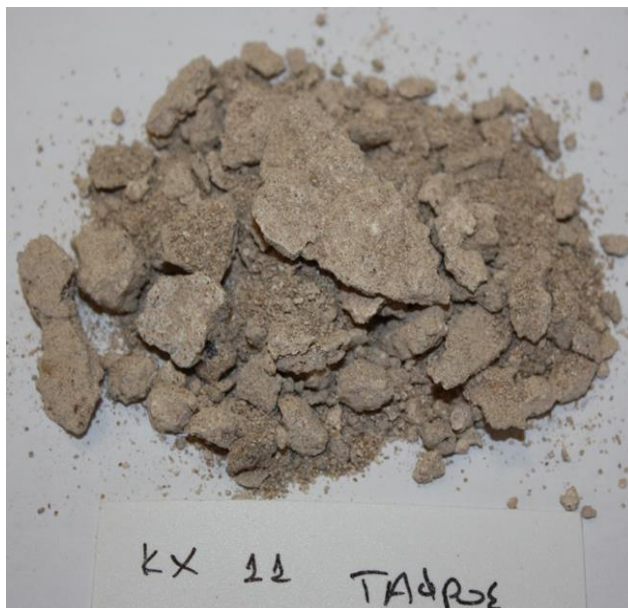
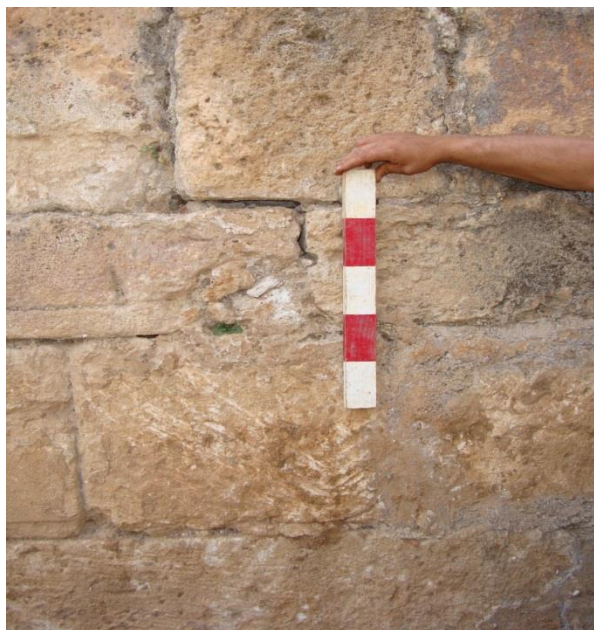
| | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Κονίαμα | KX10 |
| Χρώμα | Γκρί |
| Αδρανή | Πρόκειται για συμπαγές πέτρωμα |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας, Ασβεστίτης. |
| Παρατηρήσεις | Είδος πετρώματος: Ασβεστόλιθος |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΧ11

Κωδικός αριθμός: **ΚΧ11**

Προέλευση: **Κατρέ 1, Τάφος Α**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας:-



Ιστορική περίοδος:

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Α

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Τείχος στα Νοτιοδυτικά.

| | |
|------------------------------|--|
| Κονίαμα | KX11 |
| Χρώμα | Γκρι |
| Αδρανή | Σε ποσοστό 65% . |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας σε λεπτοκρυσταλλική και αδρανοκρυσταλλική μορφή, Ασβεστίτης, Πλαγιόκλαστα με σύσταση Αλβίτη, Οξείδια σιδήρου με σύσταση αιματίτη, Θραύσματα πετρωμάτων όπως ασβεστολίθου και απολιθωματοφόρου ασβεστόλιθου. |
| Κονία | Σε ποσοστό 35%: Ασβεστίτης και πορτλανδίτης. |
| Παρατηρήσεις | Στο δείγμα παρατηρείται μεγάλος αριθμός απολιθωμάτων από φύκη ελασματοβράγχια, εχινόδερμα και κοράλλια. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ KX14

Κωδικός αριθμός: **M4 (KX14-δείγμα 14ο)**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός ΚΑΤΡΕ 1**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **27-9-2011**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Σύγχρονο αρμολόγημα του τείχους

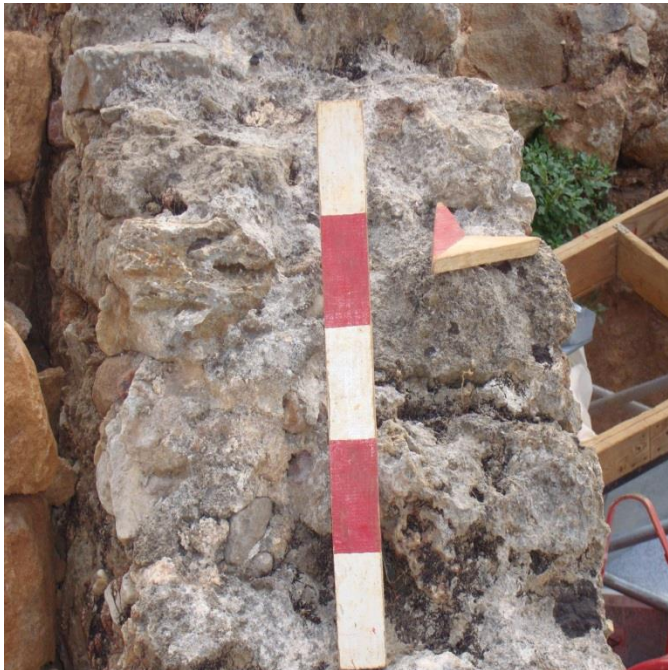
| | |
|---------------------|---|
| Κονίαμα | KX14-M4 |
| Χρώμα | Υπόλευκο έως κίτρινο |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος με ύπαρξη κελυφών, κόκκοι ασβεστίτη. |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,7 mm Πορτοκαλί αδρανή άμμου, έως 1 mm Γκρι έως 1,5 mm Ασβεστιτικά έως 0,8 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι |
| Εγκλωβισμένα υλικά | Κελύφη θαλάσσιων οστράκων έως 0,5 mm. |
| Παρατηρήσεις | Πιθανότατα κονίαμα νεότερης επέμβασης. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ KX15

Κωδικός αριθμός: **M5 (KX15-δείγμα 15ο)**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός ΚΑΤΡΕ 1**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **27-9-2011**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
☐ επίχρισμα
☐ επίστρωση
☐ πλήρωση
☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
☐ λίθο
☐ μέταλλο
☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
☐ καμάρα
☐ παραστάδα
☐ πεσσός
☐ οροφή
☐ τόξο
☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
☒ χέρι
☐ καροτιέρα
☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Αρμολόγημα νεότερου τοίχου

| | |
|----------------------------|---|
| Κονίαμα | KX15-M5 |
| Χρώμα | Υπόλευκο έως κίτρινο |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος με ύπαρξη κελυφών, κόκκοι ασβεστίτη |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,3 mm Λευκά ασβεστίτικα αδρανή έως 1,3 mm Ερυθρά αδρανή έως 1,2 mm |

| | |
|--------------|---|
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι |
| Παρατηρήσεις | Πιθανότατα κονίαμα νεότερης επέμβασης. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ KX13

Κωδικός αριθμός: **M6 (δείγμα 13°, KX13)**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός ΚΑΤΡΕ 1, Τάφος Α**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **27-9-2011**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
☐ επίχρισμα
☐ επίστρωση
☐ πλήρωση
☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

Τάφος -Α

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
☐ λίθο
☐ μέταλλο
☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
☐ καμάρα
☐ παραστάδα
☐ πεσσός
☐ οροφή
☐ τόξο
☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
☒ χέρι
☐ καροτιέρα
☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Υλικό αρμολογήματος του τείχους πάνω από το νοτιοανατολικό άκρο της τάφρου.

| | |
|------------------------|---|
| Κονίαμα | KX13-M6 |
| Χρώμα | Υπόλευκο έως κίτρινο |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος με ύπαρξη κελυφών, κόκκοι ασβεστίτη |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,4 mm Πορτοκαλί αδρανή άμμου, έως 0,3 mm Γκρι έως 0,4 mm Ασβεστιτικά συσσωματώματα έως 5 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ Δ.16

Κωδικός αριθμός: **KX16 -Δείγμα 16**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός Κατρέ 1, Τάφος ΙΔ**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **27-9-2011**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

Τάφος ΙΔ

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Τάφος ΙΔ στρώμα καταστροφής
θραύσμα από δ.17

| | |
|---------------------|---|
| Κονίαμα | Δ16 |
| Χρώμα | Λευκό εσωτερικά (εξωτερικά καστανό) |
| Αδρανή | Θραύσματα λίθων και άμμος |
| Κοκκομετρία αδρανών | Καστανά έως 6 mm Γκρι σκούρο έως 7 mm Λευκά 3 mm Μαύρα έως 2 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονιάς-αδρανών, αρκετές τριχοειδής ρηγματώσεις. |
| Παρατηρήσεις | Μεγαλύτερο μέγεθος αδρανών από τα άλλα κονιάματα. Η στιλπνή τομή μαρτυρά πως είναι ασβεστοκονίαμα το οποίο εξωτερικά είναι καλυμένο με χώμα πράγμα που ανατρέπει την αρχική εκτίμηση πως πρόκειται για πηλοκονίαμα. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ M1A

Κωδικός αριθμός: **M1A**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός Κατρέ 1.**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **1-9-2011**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

☒ δόμηση

☐ επίχρισμα

☐ επίστρωση

☐ πλήρωση

☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΣ –Θ-ΙΕ

Επαφή με:

☐ πλίνθο

☐ λίθο

☐ μέταλλο

☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

☒ τοιχοποιία

☐ καμάρα

☐ παραστάδα

☐ πεσσός

☐ οροφή

☐ τόξο

☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

☐ καλέμι

☒ χέρι

☐ καροτιέρα

☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Τάφροι Θ-ΙΕ και προεκτάσεις .

| | |
|------------------------------|--|
| Κονίαμα | M1A |
| Χρώμα | Μαύρο |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος, θραυσμένο κεραμικό, κόκκοι ασβεστολίθου |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,7 mm Καστανέρυθρα αδρανή κεραμικού, έως 0,2 mm Ασβεστιτικά έως 1,5 mm |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας Αλβίτης Ιλλίτης Αιματίτης |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι |
| Παρατηρήσεις | Πηλοκονίαμα που έχει εκτεθεί σε υψηλή θερμοκρασία και έχει πάρει μαύρο χρώμα. Στη μάζα του έχει διατηρηθεί κατά τόπους το καστανό ως ερυθρό χρώμα του πηλού. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ M1B

Κωδικός αριθμός: **M1B**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός ΚΑΤΡΕ 1**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας:-



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

Τάφροι Θ-ΙΕ και προεκτάσεις

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

-

| | |
|------------------------------|--|
| Κονίαμα | M1B |
| Χρώμα | Καστανό |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος, κόκκοι ασβεστολίθου. |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας Ασβεστίτης 0.1 έως 5 mm Αιματίτης |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονιάς-αδρανών |
| Παρατηρήσεις | Στη μάζα του παρατηρούνται κελύφη οστράκων. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ M2A1

Κωδικός αριθμός: **M2A1**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός Κατρέ 1.**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **31-8-2011**



| | |
|---|---|
| <p>Ιστορική περίοδος: -</p> <p>Είδος δείγματος: <input checked="" type="checkbox"/>δόμηση <input type="checkbox"/>επίχρισμα <input type="checkbox"/>επίστρωση <input type="checkbox"/>πλήρωση <input type="checkbox"/>άλλο:</p> <p>Θέση δειγματοληψίας: ΤΑΦΡΟΣ –Θ-ΙΕ</p> <p>Επαφή με: <input type="checkbox"/>πλίνθο <input type="checkbox"/>λίθο <input type="checkbox"/>μέταλλο <input checked="" type="checkbox"/>άλλο: κονίαμα δόμησης</p> | <p>Στοιχείο κατασκευής: <input checked="" type="checkbox"/>τοιχοποιία <input type="checkbox"/>καμάρα <input type="checkbox"/>παραστάδα <input type="checkbox"/>πεσσός <input type="checkbox"/>οροφή <input type="checkbox"/>τόξο <input type="checkbox"/>άλλο:</p> <p>Τρόπος δειγματοληψίας: <input type="checkbox"/>καλέμι <input checked="" type="checkbox"/>χέρι <input type="checkbox"/>καροτιέρα <input type="checkbox"/>άλλο:</p> <p>Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας: Τάφροι Θ-ΙΕ και προεκτάσεις .</p> |
|---|---|

| | |
|-----------------------------|---|
| Κονίαμα | M2A1 |
| Χρώμα | Καστανό |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος, κόκκοι ασβεστολίθου. |
| Κοκκομετρία αδρανών | Κίτρινα αδρανή έως 1 mm. Λευκά έως 0.6 mm. Γκρι έως 0,8 mm Μαύρα έως 0,5 mm |
| Ορυκτολογική σύσταση | Χαλαζίας Ασβεστίτης Ιλλίτης |
| Παρατηρήσεις | Το M2A1 είναι το σκούρο τμήμα του δείγματος M2A το οποίο και αναλύθηκε, η λευκή μάζα πρόκειται για συμπαγή ασβεστόλιθο. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ M2B

Κωδικός αριθμός: **M2B**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός ΚΑΤΡΕ 1**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας:-



M2B1



M2B2

Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

Τάφος Θ-ΙΕ και προεκτάσεις

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

-

| | |
|---------------------|--|
| Κονίαμα | M2B |
| Χρώμα | Καστανό έως ερυθρό |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος, κόκκοι ασβεστολίθου. |
| Κοκκομετρία αδρανών | Φαιόλευκα αδρανή έως 0,2 mm Ασβεστιτικά, έως 0,4 mm |
| Κονία | Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι. |
| Παρατηρήσεις | Πηλοκονίαμα Μινωικής προέλευσης. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ M3

Κωδικός αριθμός: **M3**

Προέλευση: **Καστέλλι Χανίων, οδός ΚΑΤΡΕ 1**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας:-



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

☒δόμηση

☐επίχρισμα

☐επίστρωση

☐πλήρωση

☐άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ΤΑΦΡΟΙ Θ-ΙΕ

Επαφή με:

☐πλίνθο

☐λίθο

☐μέταλλο

☒άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

☒τοιχοποιία

☐καμάρα

☐παραστάδα

☐πεσσός

☐οροφή

☐τόξο

☐άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

☐καλέμι

☒χέρι

☐καροτιέρα

☐άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

-

| | |
|-------------------------------------|--|
| Κονίαμα | M3 |
| Χρώμα | Καστανό |
| Αδρανή | Θαλάσσια άμμος μικρής κοκκομετρίας, μέγιστο μέγεθος αδρανών 4,5 mm, θραυσμένοι κόκκοι ασβεστολίθων |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Χαλαζίας Ασβεστίτης Αιματίτης Ιλλίτης |
| Κονία | Συνεκτική δομή της κονίας με τα αδρανή |
| Παρατηρήσεις | Παρατηρείται το αποτύπωμα της επαφής καθώς και η λεία επιφάνεια που έχει δημιουργηθεί από την πιθανή σύνδεση με κάποιον δομικό λίθο. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ Ε1

Κωδικός αριθμός: **Ε1**

Προέλευση: **Φάρος του Αγίου Ιωάννη, Άγιος Νικόλαος Κρήτης**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας:-



Ιστορική περίοδος:

1864 κασκευή του φάρου

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
☒ επίχρισμα
☐ επίστρωση
☐ πλήρωση
☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
☐ λίθο
☐ μέταλλο
☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
☐ καμάρα
☐ παραστάδα
☐ πεσσός
☐ οροφή
☐ τόξο
☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
☒ χέρι
☐ καροτιέρα
☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

-

| | |
|-------------------------------------|---|
| Επίχρισμα | Ε1 |
| Χρώμα | Λευκό-Γκρί |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Ασβεστίτης Χαλαζίας Αιματίτης Αραγωνίτης |
| Κονία | Ασβεστίτικης φύσεως με συνεκτική δομή, καλή σύνδεση με αδρανή |
| Παρατηρήσεις | Είναι εξωτερικό επίχρισμα, ασβεστοκονίαμα με ρηγματώσεις και πάχος που φτάνει τα 5 mm, είναι διαβρωμένο από τις περιβαλλοντικές και καιρικές συνθήκες, επίσης είναι εμφανής η ύπαρξη εξωτερικού ασβεστιτικού λεπτού επιχρίσματος. |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ E2

Κωδικός αριθμός: **E2**

Προέλευση: **Φάρος του Αγίου Ιωάννη, Άγιος Νικόλαος Κρήτης**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας:-



Ιστορική περίοδος:

1864 κατασκευή του φάρου

Είδος δείγματος:

☒ δόμηση

☐ επίχρισμα

☐ επίστρωση

☐ πλήρωση

☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

Επαφή με:

☐ πλίνθο

☐ λίθο

☐ μέταλλο

☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

☒ τοιχοποιία

☐ καμάρα

☐ παραστάδα

☐ πεσσός

☐ οροφή

☐ τόξο

☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

☐ καλέμι

☒ χέρι

☐ καροτιέρα

☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

-

| | |
|-------------------------------------|--|
| Κονίαμα | E2 |
| Χρώμα | Λευκό-Γκρί |
| Ορυκτολογική σύσταση αδρανών | Ασβεστίτης Χαλαζίας Μαγνητίτης Μαγνησία |
| Κονία | Ασβεστιτικής φύσεως, αρκετά συμπαγής, καλή συνδεση με αδρανή |
| Παρατηρήσεις | Παρατηρούνται στη μάζα του κελύφη οστράκων και τμήματα θραυσμένου κεραμικού. |