ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ
Β΄ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ : ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Χαρακτηρισμός ιστορικών υλικών του Συγκροτήματος Υποκαύστων της Υστερο-Ρωμαϊκής Περιόδου, από την Αρχαία Μεσσήνη.

ΣΤΑΪΚΟΥ ΣΥΛΒΙΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ (Αρχαιολόγος)

Επιτροπή Επίβλεψης και Υποστήριξης

Καθ. Α. Μοροπούλου, Σχ. ΧΜ ΕΜΠ (συνεπιβλέπουσα)

Αναπλ. Καθ. Ν. Ζαχαριάς, Παν/μίο Πελοποννήσου (συνεπιβλέπων)

Ομότ. Καθ. Π. Θέμελης, Παν/μίο Κρήτης

Α. Δελέγκου, Δρ., ΕΔΙΠ Σχ. ΧΜ ΕΜΠ

Π. Μούνδουλας, Δρ., ΕΔΙΠ Σχ. ΧΜ ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2016

ΣΤΑΪΚΟΥ ΣΥΛΒΙΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ (Αρχαιολόγος)

Χαρακτηρισμός ιστορικών υλικών του Συγκροτήματος Υποκαύστων της Υστερο-Ρωμαϊκής Περιόδου, από την Αρχαία Μεσσήνη

Επιτροπή Επίβλεψης και Υποστήριξης

Καθ. Α. Μοροπούλου, Σχ. ΧΜ ΕΜΠ (συνεπιβλέπουσα)

Αναπλ. Καθ. Ν. Ζαχαριάς, Παν/μίο Πελοποννήσου (συνεπιβλέπων)

Ομότ. Καθ. Π. Θέμελης, Παν/μίο Κρήτης

Α. Δελέγκου, Δρ., ΕΔΙΠ Σχ. ΧΜ ΕΜΠ

Π. Μούνδουλας, Δρ., ΕΔΙΠ Σχ. ΧΜ ΕΜΠ

Επιτροπή εξέτασης:

- Καθ. Ι. Λυριτζής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Καθ. Α. Μοροπούλου, Σχ. ΧΜ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Καθ. Στ. Τσίμας, Σχ. ΧΜ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Αν. Καθ. Ν. Ζαχαριάς, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
- Επίκ. Καθ. Α. Μπακόλας, Σχ. ΧΜ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

(Υπογραφή)

.....

ΣΥΛΒΙΑ ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΣΤΑΪΚΟΥ

Αρχαιολόγος

© 2016 – All rights reserved

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ 8
ABSTRACT 8
ΓΕΝΙΚΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ 10
Χαρακτηρισμός δομικών υλικών 10
Μελέτη κονιαμάτων και πλίνθων 10
Κονιαματα 10
Πλίνθοι 13
Φθορά και παθολογία των δομικών υλικών 14
Μεθοδολογία διαγνωστικής μελέτης 16
Ειδικό θεωρητικό 19
Ιστορική τεκμηρίωση 19
Η Αρχαία Μεσσήνη 19
Το ιστορικό των ανασκαφών 23
Συνοπτική παρουσίαση των σημαντικότερων μνημείων 24
Τα λουτρά 33
Θέρμες και βαλανεία 35
Το λουτρό ύστερων ρωμαϊκών χρόνων στην Αρχαία Μεσσήνη 42
Σχεδιασμός πειραματικού μέρους 43
Φορητό οπτικό LED μικροσκόπιο 43
Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης με στοιχειακή μικροανάλυση (SEM-EDX) 45
Ανάλυση Φθορισμού Ακτινών Χ (XRF) 49
Προσδιορισμός ολικών διαλυτών αλάτων (SST%) & δοκίμων ποιοτικής χημικής ανίχνευσης (SPOT TESTS) 49
Περίθλαση ακτινών Χ (XRD) 51
Χαρακτηρισμός των ιστορικών κονιαμάτων με κοκκομετρική ανάλυση ή κοκκοδιαβάθμιση. 54
Η διαδικασία της δειγματοληψίας 56
Φωτογραφική τεκμηρίωση των δειγμάτων στο εργαστήριο 60
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 68
Αποτελέσματα Φορητής Οπτικής LED μικροσκοπίας 68
Αποτελέσματα Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Σάρωσης με στοιχειακή μικροανάλυση (SEM-EDX) . 82
Αποτελέσματα Ανάλυσης Φθορισμού Ακτινών Χ (XRF) 113
Αποτελέσματα από τις αναλύσεις περίθλασης ακτινών Χ 114

Αποτελέσματα προσδιορισμού ολικών διαλυτών αλάτων (SST%) & δοκίμων ποιοτικής χημικής ανίχνευσης (SPOT TESTS) 120
Αποτελέσματα κοκκοδιαβάθμισης/ κοκκομετρικής ανάλυσης. 123
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ 146
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 151
Ευρετήριο εικόνων 154
Ευρετήριο πινάκων 159

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο χαρακτηρισμός των ιστορικών υλικών, κονιαμάτων και πλίνθων, από το υστερο-ρωμαϊκό λουτρό στην Αρχαία Μεσσήνη. Ο χαρακτηρισμός γίνεται σε σχέση με το είδος, την τεχνολογία κατασκευής τους και τους εμφανιζόμενους τύπους φθοράς. Η φύση και η ποιότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών δίνει μια πιο ξεκάθαρη ματιά στην τεχνογνωσία της εποχής, καθώς και στην οικονομική κατάσταση της περιόδου και των ανθρώπων που κατασκεύασαν το λουτρό. Επίσης, η σύγκριση αυτών των δεδομένων με πληροφορίες από ανάλογες θέσεις στην Ελλάδα και το εξωτερικό δίνει μια εικόνα της θέσης της Αρχαίας Μεσσήνης την υστερο-ρωμαϊκή και πρωτοβυζαντινή περίοδο. Άλλωστε, είναι γνωστό πως τα έργα κοινής ωφελείας μπορούν να είναι ο πυλώνας για να κρίνει κανείς μια κοινωνία.

Όσων αφορά τους εμφανιζόμενους τύπους φθοράς, στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να εξαχθούν συμπεράσματα και για τους μηχανισμούς φθοράς, με σκοπό οι μελλοντικές επεμβάσεις που θα λάβουν χώρα στο μνημείο να αναιρούν τις ευμενείς συνθήκες που προκαλούν επιδείνωση των προβλημάτων.

Φθορά είναι η απομείωση στο χρόνο των ιδιοτήτων (φυσικών, χημικών, μηχανικών κ.α.) και των χαρακτηριστικών (ορυκτολογικών, υφής κ.α.), της συνοχής, των διαστάσεων και της αισθητικής των υλικών. Τα φαινόμενα φθοράς εκδηλώνονται στις διεπιφάνειες υλικών / περιβάλλοντος ή υλικών/ υλικών και είναι συνάρτηση ενδογενών και εξωγενών παραγόντων. Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να ληφθούν υπόψη και οι δυο κατηγορίες παραγόντων για ασφαλή συμπεράσματα. Πράγματι, ο τρόπος θεώρησης της συμπεριφοράς των υλικών στο περιβάλλον δεν είναι γενικευμένος. Κάθε συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να μελετάται στην κατεύθυνση της αποκάλυψης του συγκεκριμένου μηχανισμού που επιδρά κάθε φορά.[1]

Σήμερα επιβάλλεται, πριν επιχειρηθεί οποιαδήποτε επέμβαση σε ένα μνημείο, να ακολουθείται ρητά η πορεία εργασίας που υποδεικνύεται από τις αρχές του Χάρτη της Βενετίας και που στόχο έχει να αποτρέψει ή να ελαχιστοποιήσει τις πιθανότητες μιας άστοχης και ίσως – μακροπρόθεσμα – βλαπτικής εφαρμογής. Η εφαρμογή ακατάλληλων

[1] Αντωνία Μοροπούλου, Υλικά και επεμβάσεις συντήρησης: κριτήρια, μεθοδολογία και τεχνικές αποτίμησης και σχεδιασμού. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΗΜΕΡΙΔΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ: Προβλήματα φθοράς και παθολογίας μνημείων: Υλικά και επεμβάσεις συντήρησης και αποκατάστασης Ι, ΤΕΕ, Αθήνα

επεμβάσεων συντήρησης ή/και η χρήση ασύμβατων υλικών προκάλεσε σημαντικές αστοχίες και ενέτεινε την φθορά σε ιστορικά κτίρια και σύνολα.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη παρούσα εργασία ορίσθηκε από την συγγραφέα σε συνεργασία με τους επιβλέποντες καθηγητές και λαμβάνοντας υπόψη τους επιθυμητούς στόχους, αλλά και τα διαθέσιμα μέσα. Οι αναλυτικές τεχνικές έλαβαν χώρα στο εργαστήριο Αρχαιομετρίας του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και στο Εργαστήριο Επιστήμης των Υλικών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Η φωτογραφική τεκμηρίωση πραγματοποιήθηκε από την γράφουσα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως ορισμένους ανθρώπους που στήριξαν την προσπάθεια μου για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω του δυο επιβλέποντες, την Καθ. Α. Μοροπούλου και τον Αναπλ. Καθ. Ν. Ζαχαριά, οι οποίοι με στηρίζουν και με καθοδηγούν από τα προπτυχιακά μου χρόνια και οι συμβολή τους είναι ανεκτίμητη. Εν συνεχεία, θέλω να ευχαριστήσω τον Ομότ. Καθ. Π. Θέμελη, ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία να εργαστώ στην μοναδική τοποθεσία της Αρχαίας Μεσσήνης, στην οποία έχει διατελέσει ένα αξιοθαύμαστο έργο όλα αυτά τα χρόνια, αναδεικνύοντας τον αρχαιολογικό χώρο αλλά και ολόκληρη την Μεσσηνία. Ακόμη θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς την Δρ. Α. Δελέγκου, η οποία με καθοδήγησε και με παρότρυνε σε όλες τις δυσκολίες που αντιμετώπισα. Ευχαριστώ επίσης τον Δρ. Π. Μούνδουλα, ο οποίος υπήρξε ένας εξαιρετικός δάσκαλος και του οποίου η πρόσφατη απώλεια είναι μεγάλη. Θα ήταν παράληψη να μην ευχαριστήσω την Υποψήφια Δρ. Ελένη Παλαμάρα και την Σίλια Βαλάντου, οι οποίες ήταν δίπλα μου σε ότι χρειάστηκα κατά την παραμονή μου στο Εργαστήριο Αρχαιομετρίας του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου. Θέλω ακόμη να ευχαριστήσω την Υποψήφια Δρ. Μαρία Αποστολοπούλου, η οποία με καθοδήγησε με τις γνώσεις της και βοήθησε στην ολοκλήρωση αυτής της μελέτης. Τέλος, η εκπόνηση της εργασίας βοηθήθηκε από την συνεργασία της Εταιρίας Μεσσηνιακών Αρχαιολογικών Σπουδών και επίσης του συντηρητή Κλεάνθη Σιδηρόπουλου, οι οποίοι παρείχαν ιδιαίτερα σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τον αρχαιολογικό χώρο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο χαρακτηρισμός των ιστορικών υλικών που προέρχονται από το υπόκαυστο του υστερο-ρωμαϊκού λουτρού στην Αρχαία Μεσσήνη, και κατ' επέκταση η διάγνωση της φθοράς τους. Τα δείγματα, κονιάματα και πλίνθοι, έπειτα από την λήψη και την επιτόπια φωτογράφησή τους, μελετήθηκαν αναλυτικά στο εργαστήριο. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι: φωτογραφική τεκμηρίωση των δειγμάτων στο εργαστήριο, φορητό οπτικό LED μικροσκόπιο, Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης με μικροανάλυση δέσμης ηλεκτρονίων (SEM-EDX), Ανάλυση φθορισμού ακτίνων Χ (XRF), Περίθλαση ακτίνων Χ (XRD), προσδιορισμός ολικών διαλυτών αλάτων με δοκιμές ποιοτικής χημικής ανίχνευσης, κοκκομετρία. Ακόμη, η εργασία περιλαμβάνει μια κατά το δυνατόν πλήρη τεκμηρίωση του μνημείου, καθώς και πληροφορίες για σύγχρονά του λουτρά και βαλανεία. Συμπερασματικά, τα δομικά κονιάματα του οικοδομήματος είναι ασβεστοπηλοκονιάματα με χαμηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο ενώ τα επιχρίσματα είναι ασβεστιτικά. Στην περίπτωση των οπτοπλίνθων επιβεβαιώνεται η αργιλοπυριτική σύσταση, πτωχή σε ασβέστιο. Ακόμη, προτείνονται δράσεις για την συνολική διαχείριση του μνημείου, καθώς και προτάσεις για εκτενέστερη μελέτη του νέου αυτού ευρήματος, με στόχο την ουσιαστικότερη γνώση του και την αειφορία της κατασκευής.

ABSTRACT

The purpose of this postgraduate thesis is the characterization of the historical materials from the hypocaust of the Late Roman bath in Ancient Messene, and thus the diagnosis of their deterioration. Samples, mortar and bricks, after the sampling and the field photography, were studied in the laboratory. The methods used are: photographic documentation of samples in the laboratory, graduation/ sieve analysis, portable LED optical microscope, Scan Electron Microscopy, XRF, XRD and determination of total soluble salts with qualitative chemical detection tests. Furthermore, the work includes, as far as possible, a complete documentation of the monument, as well as information on the contemporary baths and valaneia. In conclusion, actions are proposed for the overall management of the monument, and proposals for more extensive study of this new finding, aiming at substantial knowledge and sustainability of the structure.

ΓΕΝΙΚΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ

Χαρακτηρισμός δομικών υλικών

Μελέτη κονιαμάτων και πλίνθων

Η παρούσα εργασία ασχολείται με δύο είδη ιστορικών υλικών, τα κονιάματα και τα κεραμικά, ως δομικά στοιχεία.

Κονιαματα

Τα κονιάματα είναι σύνθετα υλικά. Οι χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες και η τεχνολογία παραγωγής ποικίλουν ανάλογα με την περιοχή, την ιστορική περίοδο και την εφαρμογή και χρήση του κονιάματος. Τα κονιάματα αποτελούνται από μια συνδετική κονία, αερική ή υδραυλική, από αδρανή, από πρόσθετα οργανικής ή ανόργανης φύσης και νερό. Ανάλογα με την χρήση τους τα κονιάματα κατατάσσονται σε κονιάματα αρμών, κονιάματα υποστρωμάτων και επιχρίσματα.[2]

Όσων αφορά στις κονίες, οι αερικές κονίες πήζουν και σκληρύνονται μόνο όταν έρχονται σε επαφή με τον αέρα (γύψος, αερική άσβεστος), ενώ οι υδραυλικές πήζουν και σκληρύνονται με το νερό, με ή χωρίς αέρα και παραμένουν σκληρές ακόμη και κάτω από το νερό.

Τα αδρανή είναι κοκκώδους μορφής και χρησιμοποιούνται ως γέμισμα στα κονιάματα. Τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα αδρανή είναι η άμμος (θαλάσσης, ποταμίσια, λατομείου), θραύσματα από ασβεστολιθικά πετρώματα και θραύσματα κεραμικού για την δημιουργία ενυδατωμένων αργιλοπυριτικών προϊόντων του ασβεστίου που προσδίδουν καλύτερη πρόσφυση και μηχανικές αντοχές.[3]

Τα πρόσθετα εισάγονται στο κονίαμα για την βελτίωση ορισμένων χαρακτηριστικών του. Τα ανόργανα πρόσθετα είναι κυρίως ποζολάνες δηλαδή, «πυριτικό ή αργιλοπυριτικό υλικό το οποίο από μόνο του δεν παρουσιάζει υδραυλικές ιδιότητες αλλά σε λεπτοαλεσμένη μορφή και με την παρουσία υγρασίας αντιδρά με το $Ca(OH)_2$ σε συνήθεις θερμοκρασίες και

[2] Moropoulou A., Bakolas A., "Range of Acceptability limits of Physical, Chemical and Mechanical Characteristics deriving from the Evaluation of Historic Mortars", Compatible Materials for the Restoration of European Cultural Heritage, Pact, 56(1998), p. 165-178.

[3] Moropoulou A., Bakolas A., Bisbikou K., Ivestigation o the technology of historic mortars, Journal of Cultural Heritage, Vol.1, Issue 1, January 2000, p.45-58.

δημιουργεί ενώσεις που έχουν συνδετικές ιδιότητες», σύμφωνα με το πρότυπο ASTM C618. Η δράση της ποζολάνας στον ασβέστη δίνεται από τη σχέση:

$Ca(OH)_2$+$Al_2\,O_3$+SiO_2+H_2O → CaO.SiO_2.nH_2O+ CaO.$Al_2O_3.nH_2O$

Οι ποζολάνες χωρίζονται στις φυσικές και στις τεχνητές. Οι φυσικές ποζολάνες είναι από πυροκλαστικά πετρώματα (ηφαιστειακής προέλευσης), υαλώδους μορφής με περιεχόμενο ποσοστό ενεργού πυριτίου 45-60% όπως η Θηραϊκή γη, η Μηλαϊκή γη κ.α. Οι τεχνητές ποζολάνες χρησιμοποιούνταν από την αρχαιότητα σε έλλειψη των φυσικών, και ήταν κυρίως θραύσματα από κεραμικό, πλίνθους, αγγεία κτλ. Η δραστικότητά τους εξαρτάται από την θερμοκρασία έψησης και την αρχική σύνθεση της αργίλου. Μοντέρνες τεχνητές ποζολάνες είναι ιπτάμενες τέφρες, σκωρίες υψικαμίνων, silica fume και ο μετακαολινίτης.

Τα οργανικά πρόσθετα είναι μια σειρά οργανικών ενώσεων που προστίθενται στο κονίαμα για τη βελτίωσης των ιδιοτήτων τους, όπως η εργασιμότητα, η αύξηση των μηχανικών αντοχών κ.α. Χρησιμοποιούνταν κυρίως στην αρχαιότητα και τα πιο συνηθισμένα το ασπράδι και ο κρόκος αυγού, οι φυτικές και ζωικές κόλλες, το κερί μέλισσας, ζάχαρη, γάλα, μπύρα, τυρί, κολλαγόνο κ.α.

Οι κυριότερες κατηγορίες ιστορικών κονιαμάτων είναι τα τυπικά ασβεστιτικά κονιάματα, τα κονιάματα υδραυλικής ασβέστου, τα κονιάματα με θραυσμένο κεραμικό και τα κονιάματα ασβέστη- ποζολάνας. Αυτές οι κατηγορίες διαφοροποιούνται ως προς τα ορυκτολογικά, χημικά, μηχανικά και χαρακτηριστικά μικροδομής, ώστε να εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες.

Πιο συγκεκριμένα, τα τυπικά ασβεστιτικά κονιάματα, έχουν ως συνδετική ύλη (κονία) την υδράσβεστο και αδρανή ασβεστιτικής ή αργιλοπυριτικής φύσης ή μίξη αυτών. Η αναλογία κονίας- αδρανών ποικίλει από 1:1-1:4. Τα όρια αποδοχής στη μικροδομή είναι: ολικός ειδικός όγκος 170-320 mm^3/g , φαινόμενη πυκνότητα 1,5-1,8 g/cm^3, μέση ακτίνα πόρων 0,8-3,3 μm, ειδική επιφάνεια 1,3-3,3 m^2/g, ολικό πορώδες 30-35%. Σχετικά με τις μέσες μηχανικές αντοχές, η αντοχή σε εφελκυσμό <0,35 MPa.[4]

[4] Πέτρος Μούνδουλας, Αντωνία Μοροπούλου, «Ιστορικά κονιάματα. Παραδείγματα εφαρμογών. Κονίες και κονιάματα. Συντήρηση, αποκατάσταση. Αντικατάσταση κονιαμάτων και επιχρισμάτων.» ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων, ΕΜΠ

Τα κονιάματα με θραυσμένο κεραμικό έχουν ως συνδετική ύλη (κονία) την υδράσβεστο και αδρανή συμβατικά ή κεραμικά. Η αναλογία κονίας- αδρανών ποικίλει από 1:2-1:4.Τα όρια αποδοχής στη μικροδομή είναι: ολικός ειδικός όγκος 170-290 mm^3/g , φαινόμενη πυκνότητα 1,5-1,9 g/cm^3, μέση ακτίνα πόρων 0,1-0,8 μm, ειδική επιφάνεια 3,5-15m^2/g, ολικό πορώδες 32-43 %. Σχετικά με τις μέσες μηχανικές αντοχές, η αντοχή σε εφελκυσμό 0,5-1,2 MPa.

Τα κονιάματα της υδραυλικής ασβέστου έχουν κονία την υδραυλική άσβεστο και αδρανή ασβεστιτικής ή αργιλοπυριτικής φύσης ή μίξη αυτών. Η αναλογία κονίας- αδρανών ποικίλει από 1:1,5-1:4. Τα όρια αποδοχής στη μικροδομή είναι: ολικός ειδικός όγκος 90-230 mm^3/g , φαινόμενη πυκνότητα 1,7-2,1 g/cm^3, μέση ακτίνα πόρων 0,1-3,5 μm, ειδική 2,5-13,5 m^2/g, ολικό πορώδες 18-40 %.

Τα κονιάματα ασβέστη- ποζολάνας έχουν συνδετική ύλη την υδράσβεστο και αδρανή ασβεστιτικής ή αργιλοπυριτικής φύσης ή μίξη αυτών. Έχουν όμως, ως πρόσθετο την ποζολάνα. Η αναλογία κονία- αδρανών ποικίλει από 1:2-1:4. Τα όρια αποδοχής στη μικροδομή είναι: ολικός ειδικός όγκος 160-265 mm^3/g , φαινόμενη πυκνότητα 1,6- 1,9 g/cm^3, μέση ακτίνα πόρων 0,1-1,5 μm, ειδική επιφάνεια 3-14 m^2/g, ολικό πορώδες 30-42 %.

Η μελέτη των ιστορικών κονιαμάτων έχει μεγάλη σημασία, καθώς προσφέρει ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών σχετικά με την τεχνολογία παρασκευής τους, τις πρώτες ύλες και τις αναλογίες ανάμιξής τους, τις φυσικοχημικές και μηχανικές ιδιότητές τους, την κατάσταση διατήρησης καθώς και την κατανόηση των μηχανισμών φθοράς τους. Ως εκ τούτου, η ανάλυση των αρχαιολογικών και ιστορικών κονιαμάτων θεωρείται ως μια βασική πηγή άντλησης τεχνικών, αρχαιολογικών, ιστορικών και αρχιτεκτονικών πληροφοριών για τα μνημεία. Η σύγχρονη προσέγγιση των κονιαμάτων που απευθύνονται στη διατήρηση των αρχιτεκτονικών μνημείων υποστηρίζει την διατήρηση των παραδοσιακών υλικών και τεχνικών, ταυτόχρονα με την έρευνα για την ανάπτυξη νέων προτύπων και υλικών αποκατάστασης.[5]

[5] Ι. Καρατάσιος, Β. Κυλίκογλου , Π. Θεουλάκης, Σχεδιασμός κονιαμάτων αποκατάστασης αρχιτεκτονικών μνημείων, ΠΡΑΚΤΙΚΑ 5ου ΣΥΜΠΟΣΙΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

Πλίνθοι

Τα κεραμικά είναι μη μεταλλικά ανόργανα στερεά με κρυσταλλική ή άμορφη δομή που παράγονται με θερμική κατεργασία και προκύπτουν από διάφορους συνδυασμούς μετάλλων, και αμετάλλων ή μη-μεταλλικών στερεών.

Τα κεραμικά σε γενικές γραμμές είναι:[6]

- Ψαθυρά (δεν μπορούν να υποστούν πλαστική παραμόρφωση)
- Πυρίμαχα (Υψηλά σημεία τήξης)
- Σκληρά
- Αντέχουν σε τριβή (τα προηγμένα κεραμικά)
- Θερμομονωτικά (μικρή θερμική αγωγιμότητα)
- Ηλεκτρικοί μονωτές (μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα)
- Μη-μαγνητικά
- Χημικά σταθερά
- Δεν αντέχουν σε απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας

Τα κεραμικά υλικά που χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά κατατάσσονται, ανάλογα με την χρήση τους σε τεχνητούς δομικούς λίθους και σε κεραμικά προϊόντα για εγκαταστάσεις και μονώσεις. Οι τεχνητοί λίθοι είναι δομικά προϊόντα από κεραμικά υλικά, με πρισματικό ή πλακοειδές σχήμα και χρησιμοποιούνται όπου παλαιότερα χρησιμοποιούνταν οι ακατέργαστοι ή κατεργασμένοι φυσικοί λίθοι (π.χ. τοιχοποιίες).[7]

Ως τεχνητοί λίθοι μπορούν να θεωρηθούν για παράδειγμα οι ωμόπλινθοι και οπτόπλινθοι, τα κεραμίδια, οι κεραμικές πλάκες και τα πλακίδια, οι τσιμεντόλιθοι και κισσηρόλιθοι, τα πυρίμαχα λιθοσώματα και υαλότουβλα, κ.α.

Επιπρόσθετα και πολύ σημαντικά στην αρχαιολογική και αρχαιομετρική έρευνα, οι αναλύσεις κεραμικών και πλίνθων οδηγούν στον χαρακτηρισμό της τεχνολογίας κατασκευής[8] τους και σε πληροφορίες που σχετίζονται με την προέλευσή τους[9].

---

[6] Α.Μοροπούλου, Κ.Λαμπρόπουλος, Κεραμικά Υλικά, Σημειώσεις Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία Μνημείων», Ακαδ. Έτος 2013-2014

[7] Α.Μοροπούλου, Κ.Λαμπρόπουλος, Κεραμικά Υλικά, Σημειώσεις Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία Μνημείων», Ακαδ. Έτος 2013-2014

[8] A. Schwedt, V. Aravantinos, A. Harami, V. Kilikoglou, M. Kylafi, H. Mommsen, N. Zacharias, Neutron Activation Analysis of Hellenistic Pottery from Boeotia, Greece, Journal of Archaeological Science 33, 1065-1074, 2006

Φθορά και παθολογία των δομικών υλικών

Ως φθορά ορίζεται η απομείωση στο χρόνο των ιδιοτήτων (φυσικών, χημικών, μηχανικών κ.α.), των χαρακτηριστικών (ορυκτολογικών, υφής κ.α.) της συνοχής, των διαστάσεων και της αισθητικής των υλικών.[10] Τα φαινόμενα φθοράς συντελούνται στη διεπιφάνεια υλικό-περιβάλλον ή στη επιφάνεια επαφής δύο διαφορετικών υλικών. Οι παράγοντες που προκαλούν φθορά είναι είτε ενδογενείς- τα χαρακτηριστικά δηλαδή του ίδιου του υλικού που το κάνουν ευπαθές, όπως η μικροδομή του ή η συμβατότητά του με άλλα υλικά- είτε εξωγενείς, παράγοντες δηλαδή που αφορούν στο περιβάλλον όπως το είδος, η ένταση, η διάρκεια και η συχνότητα των περιβαλλοντικών παραγόντων και φορτίσεων, το είδος των μηχανικών φορτίσεων, η κατανομή, ο προσανατολισμός και η ένταση των φορτίσεων ανάλογα με τη θέση του υλικού στο μνημείο, καθώς επίσης το μικροκλίμα, το νερό και οι βιολογικοί παράγοντες.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί αύξηση της ρύπανσης τις ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα να επιταχύνονται οι μηχανισμοί φθοράς. Αυτό το γεγονός έχει φυσικά επηρεάσει και τα μνημεία πολιτισμού τα οποία πλήττονται ολοένα και περισσότερο. Παρακάτω αναφέρονται οι συνηθέστερες διαβρωτικές διαδικασίες που παρατηρούνται στα μνημεία.

Η συνηθέστερη περίπτωση φθοράς της επιφάνειας των μνημείων είναι οι επιφανειακές κρούστες και μπορούν να χαρακτηριστούν ως λευκές, μαύρες και γκρίζες περιοχές-κρούστες. Η γυψοποίηση των επιφανειών αναφέρεται στη προσβολή του ανθρακικού ασβεστίου των λίθων από την όξινη βροχή. Ο επιφανειακός γύψος είναι ευδιάλυτος και με την έκπλυση από το νερό της βροχής απομακρύνεται και αποκαλύπτει το υγιές υπόβαθρο, με αποτέλεσμα την εξέλιξη του φαινομένου σε βάθος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την απαλοιφή των λεπτομερειών της επιφάνειας. Σε περίπτωση που η επιφάνεια είναι προστατευμένη από έκπλυση, το στρώμα γύψου παραμένει σαν κρούστα. Η πιο διαδεδομένη μορφή στις επιφάνειες των μνημείων είναι η μαύρες κρούστες. Οφείλουν το χρώμα τους στα σωματίδια της αιθάλης που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Η μαύρη κρούστα δεν αποτελεί προστατευτικό συνεκτικό επίστρωμα παρότι μπορεί να διατηρήσει τις αρχικές λεπτομέρειες της επιφάνειας, γιατί πρόκειται για μία χαλαρή απόθεση που αποσπάται εξαιτίας της διείσδυσης του νερού και της πίεσης των ανακρυσταλλώσεων. Επίσης, έχει διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες από εκείνες του λίθου με αποτέλεσμα να επιταχύνεται η διάβρωση. Ένας άλλος τύπος

---

[9] T. Marketou, E. Karanzali, H. Mommsen N. Zacharias, A. Schwedt, V. Kilikoglou, Pottery wares from the prehistoric settlement at Ialysos (Trianda) in Rhodes, Annual of the British School at Athens, Volume no 101, 1-56, plate 1, 2006

[10] Αντωνία Μοροπούλου, Κυριάκος Λαμπρόπουλος, Χαρακτηρισμός δομικών λίθων και διάγνωση της φθοράς τους στα μνημεία του πολιτισμού, Αρχαιουλικά, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα 2010

φθοράς ο οποίος είναι ιδιαίτερα επικίνδυνος είναι η όξινη ανθρακική κρούστα. Πλήττει κυρίως τους ασβεστόλιθους, τα μάρμαρα, τα ασβετοκονιάματα και τα επιχρίσματα με ασβέστη, καθώς το ασθενές όξινο διάλυμα που παράγεται από τη διάλυση του CO_2 στο βρόχινο νερό διαλύει το ανθρακικό ασβέστιο και το ανθρακικό μαγνήσιο, αφού παράγονται ευδιάλυτες ανθρακικές ενώσεις. Στη συνέχεια, μετά την εξάτμιση του διοξειδίου του άνθρακα συμβαίνει ανακρυστάλλωση του όξινου ανθρακικού ασβεστίου. Το στρώμα του όξινου ανθρακικού ασβεστίου, το οποίο δεν έχει καλή συνοχή με το υπόστρωμα, οδηγεί στη χαλάρωση της κρούστας, που σε συνεργία με βιολογική δραστηριότητα και χαλάρωση των αρμών μπορεί να προκαλέσει τοπικές καταρρεύσεις στις τοιχοποιίες.

Ένα άλλο σημαντικό κεφάλαιο της φθοράς των δομικών υλικών είναι η επίδραση του νερού και των αλάτων. Η επίδρασή τους είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των υλικών, τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες και τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας που κυριαρχούν. Οι πηγές υγρασίας είναι ποικίλες, όπως το νερό της βροχής, η συμπύκνωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας, η απ' ευθείας μεταφορά σταγονιδίων από τη θάλασσα (αλατονέφωση), οι διαρροές των δικτύων αποχέτευσης και παροχέτευσης, οι διάφορες επεμβάσεις συντήρησης των κτηρίων που απαιτούν χρήση νερού και η τριχοειδής αναρρίχηση του εδαφικού νερού. Η μεταφορά του νερού στο εσωτερικό του υλικού εξαρτάται από το πορώδες του. Η πίεση ρόφησης αυξάνεται όσο μειώνεται η διάμετρος των πόρων και είναι ιδιαίτερα σημαντική για διαμέτρους κάτω του 1 μm. Άλλοι μηχανισμοί μεταφοράς νερού στους πόρους είναι η διάχυση, η διαφορά θερμότητας, η όσμωση και η ηλεκτροκίνηση. Η αναρρίχηση εξαρτάται από τις επιφανειακές τάσεις που αναπτύσσονται στο σύστημα υγρό-πορώδες και από τη διάμετρο των τριχοειδών πόρων.

Τα άλατα είναι διαλυτά στο νερό και αφού αυτό μεταφέρεται στο εσωτερικό του πορώδους υλικού, κατά τη διάρκεια των κύκλων ύγρανσης-ξήρανσης σχηματίζονται κρύσταλλοι αλάτων. Η κρυστάλλωση αλάτων στο εσωτερικό ή το εξωτερικό μια τοιχοποιίας εξαρτάται από τις επικρατούσες συνθήκες, τη μικροδομή της τοιχοποιίας και τη διαλυτότητα των αλάτων. Η διαλυτότητα επηρεάζει την κατανομή των αλάτων καθ' ύψος, με τα θειικά που έχουν χαμηλή διαλυτότητα να τείνουν να κρυσταλλώνονται κοντά στο επίπεδο του εδάφους, ενώ αυτά με υψηλή διαλυτότητα όπως τα χλωρίδια να ανέρχονται σε μεγάλα ύψη. Η κρυστάλλωση σε πορώδη μέσα συντελείται αρχικά στους μεγάλους πόρους και συνεχίζεται στους μικρότερους, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη έντονων πιέσεων.

Η παροχή του διαλύματος και ο ρυθμός εξάτμισής του ορίζουν τη θέση ανάπτυξης του κρυστάλλου. Όταν ο ρυθμός μεταφοράς του διαλύματος από το εσωτερικό στο εξωτερικό του υλικού είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό εξάτμισης, η ανάπτυξη των κρυστάλλων

λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια. Έτσι δημιουργούνται επιφανειακές εξανθίσεις αλάτων. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή ο ρυθμός μεταφοράς είναι μικρότερος από το ρυθμό εξάτμισης, δημιουργούνται κρυπτο-εξανθίσεις, δηλαδή ανάπτυξη κρυστάλλων στο εσωτερικό του υλικού με απόθεση κρυστάλλων στους πόρους. Συνήθως συμβαίνει πίσω από την επιφανειακή κρούστα. Η περαιτέρω ανάπτυξη κρυστάλλων οδηγεί στην απώλεια συνοχής και στην αποκόλληση της κρούστας. Έτσι αποκαλύπτεται το υγιές υλικό και αρχίζει νέος κύκλος φθοράς. Ο τύπος αυτός της φθοράς εμφανίζεται μακροσκοπικά με τη μορφή κυψέλωσης, δηλαδή την αποκόλληση τμήματος του διερρηγμένου υλικού. Η κυψέλωση μπορεί να οδηγήσει στην κατάρρευση των τοιχοποιιών λόγω της συνεχούς μείωσης του υλικού και της ελάττωσης των μηχανικών αντοχών.

Υπάρχουν και άλλα επιμέρους φαινόμενα φθοράς, όπως αυτά που προέρχονται από μηχανικές δράσεις. Οι εξωτερικές αυτές φορτίσεις μπορεί να προέρχονται από φυσικές καταστροφές (σεισμούς, πυρκαγιές, πλημμύρες, βομβαρδισμού κ.α.), φορτίσεις ως μέρη του δομικού συνόλου, ημερήσιες ή εποχικές συστολές και διαστολές, ανάπτυξη τάσεων λόγω διαφορετικών συντελεστών θερμικής διαστολής και διαστολή λόγω προσρόφησης υγρασίας. Στις εσωτερικής προέλευσης μηχανικές δράσεις περιλαμβάνονται η κρυστάλλωση αλάτων που προαναφέρθηκε και η ανάπτυξη πάγου.

Δυστυχώς, μια ακόμη κατηγορία φθορών που έχει παρατηρηθεί τα προηγούμενα χρόνια προέρχεται από τη λανθασμένη επιλογή μεθόδων και υλικών συντήρησης. Η ασυμβατότητα στη χημική σύσταση και τη μικροδομή, καθώς και η μηχανική ασυμβατότητα έχουν προκαλέσει σειρά προβλημάτων.

Άλλοι τύποι φθοράς είναι η ζαχαροειδής φθορά στην επιφάνεια των μαρμάρων, οι χρυσές πάτινες που οφείλονται σε διάχυση ιόντων σιδήρου, οι επικαθίσεις σκόνης δηλαδή αργιλοπυριτικής σύστασης μη συνεκτικές αποθέσεις και η βιολογική φθορά. Στην βιολογική φθορά εντάσσονται φθορές χημικής και μηχανικής φύσης που προκαλούνται από μικροοργανισμούς, φυτά και ζώα.

Μεθοδολογία διαγνωστικής μελέτης

Η παρακολούθηση του κύκλου ζωής των υλικών (ιδιοτήτων, χαρακτηριστικών και κόστους) στα μνημεία, πρέπει να είναι συνεχής και ολοκληρωμένη. Η διάγνωση της φθοράς

(απομείωση των ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών) των υλικών πρέπει να ακολουθεί ολοκληρωμένη μεθοδολογία, την διαγνωστική μελέτη.

Το πρώτο στάδιο της διαγνωστικής μελέτης είναι η τεκμηρίωση, η οποία περιλαμβάνει την Ιστορική τεκμηρίωση και αναλυτικότερα:

- Ιστορία της κατασκευής και των επεμβάσεων των δομικών υλικών, απαραίτητα στοιχεία για την κατανόηση της συμπεριφοράς του μνημείου

- Ιστορία του μνημείου / συνόλου. Μελέτη ιστορικών αρχείων και σύγκριση παλαιότερων φωτογραφιών, Τοπογραφική αποτύπωση, Αρχιτεκτονική αποτύπωση, Καταγραφή και αποτύπωση των υλικών.

Οι επί τόπου μακροσκοπικές παρατηρήσεις για την κατάσταση των υλικών είναι το δεύτερο στάδιο της διαγνωστικής μελέτης στο πλαίσιο της τεκμηρίωσης. Περιλαμβάνουν την κατάσταση των υλικών, την τυπολογία των φαινομένων της φθοράς, την καταγραφή τυχόν επεμβάσεων.

Εν συνεχεία, πρέπει να λαμβάνουν χώρα η τεκμηρίωση, η παρακολούθηση και η μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων, δηλαδή:

- Το Μικροκλίμα (θερμοκρασία, υγρασία, βροχοπτώσεις, ταχύτητα / συχνότητα ανέμων κ.ά)
- Οι Ρύποι (στερεολύματα, υδρολύματα, αερολύματα)
- Η Χημική ανάλυση εδάφους και παρακολούθηση ανερχόμενης υγρασίας
- Τα Άλατα σε υγρή ή στερεή φάση

Ακολουθούν, οι επί τόπου μη καταστρεπτικές μετρήσεις – χαρτογράφηση της φθοράς, με χαρτογράφηση των υλικών, χαρτογράφηση της φθοράς και αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στη συνέχεια, ο μελετητής θα πρέπει στο πλαίσιο της διαγνωστικής μελέτης να κάνει ταυτοποίηση των δομικών υλικών και έρευνα προέλευσής τους (Πετρογραφική, Ορυκτολογική, Φυσική, Χημική, Φυσικοχημική, Μηχανική, Νετρονική ενεργοποίηση (ανάλυση διάκρισης). Επιπροσθέτως, μπορεί να γίνει μελέτη δειγμάτων από το μνημείο και δειγμάτων λατομείων της περιοχής, βάσει γεωλογικού χάρτη, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την προέλευση των δομικών υλικών από γειτονικά λατομεία.

Έπειτα, ακολουθεί η μελέτη της φθοράς στο εργαστήριο, αφού έχει προηγηθεί συστηματική αντιπροσωπευτική δειγματοληψία όλων των μορφών φθοράς από

χαρακτηριστικά σημεία του μνημείου. Η μελέτη των ιδιοτήτων των φθαρμένων υλικών (ορυκτολογική, φυσική, φυσικοχημική, χημική, μηχανική), η μελέτη των προϊόντων της φθοράς (ορυκτολογική, χημική) και η σύγκριση αποτελεσμάτων υγιών και φθαρμένων υλικών οδηγούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων για το είδος και το βαθμό διάβρωσης, την κατάσταση των προϊόντων διάβρωσης, τη φυσική κατάσταση της διαβρωμένης πέτρας και τα αίτια της φθοράς.

Τέλος, σε μια ολοκληρωμένη διαγνωστική μελέτη γίνεται εκτίμηση των αιτίων και των μηχανισμών των φαινομένων της φθοράς, με αξιολόγηση εργαστηριακών δεδομένων και αξιολόγηση δεδομένων από τα αποτελέσματα των επί τόπου μη καταστρεπτικών μετρήσεων, ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Επιπροσθέτως, μπορεί να περιληφθεί στη μελέτη παραμετρική ανάλυση και προσομοίωση των φαινομένων στο εργαστήριο σε συνθήκες επιταχυνόμενης γήρανσης. Η προσομοίωση των φθοροποιών συνθηκών στο εργαστήριο με δοκιμές όπως θάλαμος αλατονέφωσης, θάλαμος προσομοίωσης περιβαλλοντικών συνθηκών, κύκλους εμβάπτισης – ξήρανσης κ.ά. μπορεί να επιβεβαιώσει τις εκτιμήσεις για τα αίτια και τους μηχανισμούς της φθοράς.[11]

[11] Αντωνία Μοροπούλου, Μεθοδολογία διαγνωστικής μελέτης, Δ.Π.Μ.Σ. Προστασία Μνημείων, Ακαδ. Έτος 2013-2014

Ειδικό θεωρητικό

Ιστορική τεκμηρίωση

Η Αρχαία Μεσσήνη

Όπως και άλλες περιοχές της Πελοποννήσου, η Μεσσηνία κατοικήθηκε από την ανώτερη παλαιολιθική περίοδο (26000-9000 π.Χ.) και άνθισε ιδιαίτερα καθ' όλη τη διάρκεια της εποχής του Χαλκού, δεχόμενη επιρροές από τον Νότο (Μινωική Κρήτη), την Ανατολή και την Δύση (περιοχή της Αδριατικής), λόγω της γεωγραφικής της θέσης και των θαλάσσιων δρόμων της εποχής. Σύμφωνα με τις παραδόσεις, που αναφέρονται αναλυτικά στα Μεσσηνιακά του Παυσανία, και με τη γενεαλογία των βασιλικών οίκων του Σάμιου Άσιου, σε συνδυασμό με τα αρχαιολογικά δεδομένα, φαίνεται η πρώτη οργανωμένη κατοίκηση και βασιλεία στη Μεσσηνία να ανάγονται στη πρώιμη εποχή του Χαλκού.

Η πρώτη εγκατάσταση στο χώρο της περιτειχισμένης πόλης της αρχαίας Μεσσήνης χρονολογείται πολύ πριν τα ΠΓ/γεωμετρικά χρόνια και ανάγεται στην ύστερη Νεολιθική περίοδο ή την πρώιμη εποχή του Χαλκού. Λίθινοι πελέκεις και σφύρες, αρκετά σφονδύλια για αδράχτι από στεατίτη αποτελούν τις μοναδικές προς το παρόν επιφανειακές μαρτυρίες της προϊστορικής εγκατάστασης. Επίσης, άφθονη πρωτογεωμετρική και γεωμετρική κεραμική τοπικού εργαστηρίου βρέθηκε στις αργιλώδεις επιχώσεις στην αυλή του Ασκληπιείου.

Στα ιστορικά χρόνια ο λαός της Μεσσηνίας υπήρξε πολυπαθής χωρίς όμως να χάνει την εθνική του συνείδηση. Τέσσερις κύριοι πόλεμοι (ο πρώτος τον 8^{ο} αιώνα π.Χ., ο δεύτερος το 605/0 π.Χ., ο τρίτος το 510-490 π.Χ., ο τέταρτος 465-456 π.Χ), μικρότερες εξεγέρσεις και συνεχείς εκτοπισμοί οδήγησαν τελικά στην επιστροφή και ανεξαρτησία του λαού της Μεσσηνίας με την ίδρυση της Μεσσήνης στους πρόποδες της Ιθώμης το 369 π.Χ. από τον Θηβαίο στρατηγό Επαμεινώνδα και τους Αργείους συμμάχους. Η Μεσσήνη ιδρύεται σχεδόν ταυτόχρονα με την Μεγαλόπολη (370/369 π.Χ), περιορίζοντας οριστικά το έδαφος της ηττημένης Σπάρτης. Στη θέση που ιδρύθηκε η αυτόνομη πρωτεύουσα Μεσσήνη, υπήρχε πανάρχαιος οικισμός με την ονομασία Ιθώμη, η οποία επέζησε και χρησιμοποιούνταν ακόμη και μετά την ίδρυση της νέα πόλης. Ακόμη παρέπεμπε και στο ιερό του Δία Ιθωμάτα στη κορυφή της Ιθώμης που βρίσκονταν σε πλήρη λειτουργία από το 800 π.Χ. Η Ιθώμη επιλέχθηκε ως κατάλληλη θέση για τη νέα πόλη λόγω του ότι ήταν το ισχυρότερο φυσικό οχυρό της χώρας αλλά και λόγω της ιστορικής και συναισθηματικής σχέσης με τον

Μεσσηνιακό πόλεμο. Η ανέγερση των τειχών άρχισε μετά τις θυσίες στους τοπικούς θεούς και ήρωες των Μεσσηνίων και των συμμάχων Αργείων και Θηβαίων, υπό τους ήχους αυλών.

Η Μεσσήνη έγινε μια αναγνωρισμένη ανεξάρτητη πόλη από όλες τις μεγάλες δυνάμεις τις εποχής, εκτός από τους Σπαρτιάτες.

Εικόνα 1:Χάρτης Μεσσηνίας. Η περιοχή της Αρχαίας Μεσσήνης επισημαίνεται στον κύκλο.

Η Αρχαία Μεσσήνη είναι μια από τις σημαντικές σε μέγεθος, μορφή και διατήρηση πόλεις της αρχαιότητας, που έχει ακόμη πολλά να προσφέρει. Δεν διαθέτει μόνον ιερά και δημόσια οικοδομήματα, αλλά και οχυρώσεις επιβλητικές και κατοικίες και ταφικά μνημεία. Διαθέτει, εκτός των άλλων, το σπάνιο προνόμιο να μην έχει καταστραφεί ή καλυφθεί από

νεότερους οικισμούς και να βρίσκεται σε ένα κατ΄ εξοχήν μεσογειακό αλώβητο φυσικό περιβάλλον. Το φυσικό αυτό περιβάλλον συνδυάζει την ορεινή μεγαλοπρέπεια των Δελφών και τη χαμηλή παραποτάμια γαλήνη της Ολυμπίας, με τον δεσπόζοντα γυμνό ασβεστολιθικό όγκο της Ιθώμης, όπου δεσπόζει η ακρόπολη, και η χαμηλή εύφορη κοιλάδα γύρω από την αρχαία πόλη. Φτάνει κανείς εκεί οδικώς από Αθήνα ακολουθώντας την οδική αρτηρία Κορίνθου - Τριπόλεως - Μεγαλοπόλεως - Καλαμάτας (στο ύψος των τσουκαλείκων, δεξιά προς Βαλύρα) ή την οδική αρτηρία Κορίνθου - Πάτρας - Πύργου - Κυπαρισσίας - Μελιγαλά. Από την Ολυμπία απαιτεί διαδρομή με αυτοκίνητο μιας περίπου ώρας.

Την προστάτευε, από τα βορειοανατολικά, σαν φυσικό τείχος το όρος Ιθώμη. Την υπόλοιπη πόλη περιτριγύριζαν πανίσχυρα τείχη μήκους περίπου 9,5 χλμ, που μπορεί κανείς να τα θαυμάσει ακόμα και σήμερα.

Κατηφορίζοντας από το χωριό της Αρχαίας Μεσσήνης συναντούμε το Μουσείο. Περνώντας μέσα από αμπέλια και ελαιώνες, βλέπουμε δεξιά το χώρο του θεάτρου της αρχαίας Μεσσήνης με τους επιβλητικούς αναλημματικούς τοίχους και, αριστερά, την Κρήνη Αρσινόη. Συνεχίζοντας σε ένα στενό μονοπάτι, αντικρίζουμε αριστερά την Αγορά και, αμέσως μετά, τον ιερό χώρο του Ασκληπιείου.

Όλα τα οικοδομήματα της Μεσσήνης έχουν τον ίδιο προσανατολισμό και εντάσσονται μέσα στον κάνναβο που δημιουργείται από οριζόντιους (με κατεύθυνση Ανατολή-Δύση) και κάθετους (με κατεύθυνση Βορρά-Νότου) δρόμους. Το πολεοδομικό αυτό σύστημα είναι γνωστό ως ιπποδάμειο, από τον αρχικό εμπνευστή και δημιουργό του αρχιτέκτονα, πολεοδόμο, γεωμέτρη και αστρονόμο του 5ου αιώνα π.Χ., τον Ιππόδαμο από τη Μίλητο. Αξιοσημείωτο είναι ότι το προκαθορισμένο αυτό σχήμα που στηρίζεται στις αρχές της ισονομίας, της ισοπολιτείας και της ισομοιρίας, στις αρετές δηλαδή του δημοκρατικού πολιτεύματος, και χαρακτηρίζεται από ακραίο γεωμετρισμό, προσαρμοζόταν κάθε φορά στις ειδικές γεωμορφολογικές και κλιματολογικές συνθήκες του τόπου, ενταγμένο αρμονικά στο φυσικό περιβάλλον.

Η βασική ιδέα του ιπποδάμειου πολεοδομικού συστήματος που πηγάζει από το ιδεώδες της δημοκρατίας είναι: όλοι οι πολίτες να έχουν ισομεγέθη και εξίσου κατάλληλα οικόπεδα και να έχουν πρόσβαση στα δημόσια και ιερά οικοδομήματα, στους κοινόχρηστους δηλαδή χώρους, που επιβάλλονται με τις μνημειακές τους διαστάσεις και τον πλούσιο διάκοσμο.

Πάνω σε αυτές ακριβώς τις αρχές οικοδομήθηκε το 369 π.Χ. από τον Θηβαίο Επαμεινώνδα και τους Αργείους συμμάχους του η νέα πρωτεύουσα της αυτόνομης Μεσσηνίας, που οφείλει το όνομα της στην πρώτη μυθική προδωρική βασίλισσα της χώρας, τη Μεσσήνη, κόρη του Αργείου βασιλιά Τρίοπα και σύζυγο του Λάκωνα Πολυκάονος.

Στη βασίλισσα Μεσσήνη αποδίδεται κατά την παράδοση και η ίδρυση του ιερού του Διός Ιθωμάτα στην κορυφή της Ιθώμης (Παυσανίας 4.26-33). Ο Παυσανίας μας πληροφορεί επίσης ότι ήδη επί της βασιλείας του Γλαύκου (10ος αι. π.Χ.) η Μεσσήνη θεοποιείται και λατρεύεται. Αναδείχθηκε σε μια από τις κύριες θεότητες της πόλης μαζί με τον Δία Ιθωμάτα στα ελληνιστικά χρόνια (3ος-2ος αι. π.Χ.), όταν κατασκευάστηκε το Ασκληπιείο, όπου συλλατρεύτηκε με τον Ασκληπιό, χθόνια επίσης θεότητα και συνδεόμενη ιστορικά με το προδωρικό παρελθόν της χώρας.

Το ιστορικό των ανασκαφών

Οι συστηματικές ανασκαφικές έρευνες άρχισαν στην αρχαία Μεσσήνη το 1895 από την Αρχαιολογική Εταιρία με τον Σάμιο αρχαιολόγο και μετέπειτα πολιτικό Θεμιστοκλή Σοφούλη. Οι ανασκαφές συνεχίστηκαν το 1909 και το 1925 από τον Γεώργιο Οικονόμο. Στη συνέχεια, ακολούθησαν πολυετείς έρευνες και ανασκαφές από τον Σουηδό αρχαιολόγο N. Valmin στη Μεσσηνία, καρπός των οποίων υπήρξαν δύο βασικά συγγράμματά του, ένα για τις επιγραφές της Μεσσηνίας (*Inscriptions de la Messenie ancienne,* Lund, 1929) και ένα δεύτερο για τις τοπογραφικές του έρευνες στην Μεσσηνία (*Etudes topographiques sur la MessenieAncienne,*Lund,1930).[12]

Το 1957 ανέλαβε τις ανασκαφές στην αρχαία Μεσσήνη, ο τότε γραμματέας της Αρχαιολογικής Εταιρείας, ακαδημαϊκός Αναστάσιος Ορλάνδος, που εργάστηκε ως το 1974.[13] Με τις ανασκαφές του ίδιου και των προκατόχων του ήλθε στο φώς το μεγαλύτερο μέρος του οικοδομικού συγκροτήματος του Ασκληπιείου.

Το 1986 το Συμβούλιο της Αρχαιολογικής Εταιρείας ανέθεσε στον καθηγητή Πέτρο Θέμελη τη διεύθυνση των ανασκαφών της αρχαίας Μεσσήνης.[14] Οι ανασκαφικές έρευνες, με παράλληλες εργασίες στερέωσης και αναστήλωσης των μνημείων, και σημαντικές χρηματοδοτήσεις από την Ευρωπαϊκή Ένωση και ιδιωτικούς φορείς, συνεχίζονται από το 1987 ως σήμερα, με ταχύτερους προοδευτικά ρυθμούς. Έχουν φέρει στο φως όλα τα δημόσια και ιερά οικοδομήματα της πόλης που είδε και περιέγραψε ο Παυσανίας στη Μεσσήνη, όταν την επισκέφθηκε στα χρόνια του αυτοκράτορα Αντωνίνου του Ευσεβούς (155-160 μ.Χ).

[12] Πέτρος Θέμελης, 2010
[13] www.visitgreece.gr
[14] http://www.ancientmessene.gr/

Συνοπτική παρουσίαση των σημαντικότερων μνημείων

Το Θέατρο

Το πρώτο μνημείο που συναντά κανείς κατηφορίζοντας από το Μουσείο προς τον αρχαιολογικό χώρο είναι το Θέατρο. Χρησιμοποιούνταν και για μαζικές συγκεντρώσεις πολιτικού χαρακτήρα. Μέσα στο θέατρο έλαβε χώρα η συνάντηση του βασιλιά της Μακεδονίας Φιλίππου Ε΄ και του Αράτου του Σικυώνιουτο 214 π.Χ. Σύμφωνα επίσης με μαρτυρία του Λιβίου (39.49.6-12), πολλοί κάτοικοι της Μεσσήνης συγκεντρώθηκαν στο θέατρο της πόλης, απαιτώντας να μεταφερθεί εκεί σε κοινή θέα ο περίφημος στρατηγός της Αχαϊκής Συμπολιτείας Φιλοποίμην ο Μεγαλοπολίτης, που είχε αιχμαλωτιστεί από τους Μεσσήνιους το 183 π.Χ. Το κοίλο εδράζεται σε τεχνητή επίχωση συγκροτούμενη από ισχυρό ημικυκλικό ανάλημμα.

Την εντύπωση της φρουριακής δόμησης ενισχύουν οι υψηλές οξυκόρυφες πυλίδες με τα κλιμακοστάσια ανόδου. Αυτά τα στοιχεία, καθώς και το γεγονός ότι το ανάλημμα του κοίλου ήταν στο σύνολο του ορατό και προσιτό από έξω, καθιστούν το θέατρο της Μεσσήνης ιδιάζουσα περίπτωση που προοιωνίζει τα κολοσσιαία θέατρα και αμφιθέατρα της ρωμαϊκής περιόδου. Σώζεται μεγάλο μέρος του δυτικού αναλήμματος του κοίλου, το οποίο φέρει οξυκόρυφες πυλίδες σε κανονικές μεταξύ τους αποστάσεις (ανά 20 μ. περίπου), οι οποίες οδηγούσαν με κλιμακοστάσια προς το άνω διάζωμα. Από εκεί ξεκινούσαν κλιμακοστάσια καθόδου που κατέληγαν στην ορχήστρα και όριζαν ταυτόχρονα και τις κερκίδες. Η εξωτερική όψη του αναλήμματος είναι κτισμένη όπως ακριβώς οι πύργοι και ο οχυρωματικός περίβολος της πόλης.

Το Στάδιο, το Γυμνάσιο και το Μαυσωλείο των Σαιθιδών

Το Στάδιο και το Γυμνάσιο ανήκουν στα πλέον εντυπωσιακά από άποψη διατήρησης οικοδομικά συγκροτήματα. Το βόρειο πεταλόσχημο τμήμα του Σταδίου περιλαμβάνει 18 κερκίδες με 18 σειρές εδωλίων, που διαχωρίζονται από κλιμακοστάσια. Περιβάλλεται από δωρικές στοές, των οποίων οι κίονες στέκονται κατά το πλείστον στη θέση τους. Η βόρεια στοά είναι διπλή, η ανατολική και η δυτική είναι απλές. Οι στοές ανήκουν στο Γυμνάσιο, που αποτελούσε ενιαίο αρχιτεκτονικό σύνολο με το Στάδιο. Η δυτική στοά δεν φαίνεται να συνεχίζεται ως το πέρας του στίβου, και διακόπτεται σε μήκος 110 μ. περίπου από το βόρειο άκρο της. Συνδέεται με περίστυλο αίθριο δωρικού ρυθμού, πλευράς 30 μέτρων περίπου, το

οποίο μπορεί να αναγνωριστεί ως παλαίστρα. Ενεπίγραφα βάθρα, στημένα μεταξύ των κιόνων της δυτικής στοάς έφεραν ανδριάντες Γυμνασιαρχών, ενώ πολλοί κατάλογοι εφήβων βρέθηκαν γύρω.

Στην ελληνιστική εποχή τα γυμνάσια γίνονται πολυσύχναστα κέντρα της δημόσιας ζωής της πόλης και χώροι έκθεσης σημαντικών έργων τέχνης όπως μαρτυρούν τα πρόσφατα ευρήματα του Γυμνασίου.

Σε επαφή με το νότιο τμήμα του σταδίου και το νότιο περιτείχισμα της πόλης είχε ανεγερθεί επιβλητικό ηρώο, το οποίο αποτελούσε μαυσωλείο της επιφανούς μεσσηνιακής οικογένειας των Σαιθιδών.

Η Κρήνη Αρσινόη

Ανάμεσα στο Θέατρο και την Αγορά, αποκαλύφθηκε μεγάλη Κρήνη. Ο περιηγητής Παυσανίας (4. 31.6) μας πληροφορεί ότι η Κρήνη της αγοράς είχε το όνομα της Αρσινόης, κόρης του μυθικού βασιλιά της Μεσσηνίας Λεύκιππου και μητέρας του Ασκληπιού, και ότι δεχόταν νερό από την πηγή Κλεψύδρα. Η Κρήνη περιλαμβάνει μακρόστενη δεξαμενή μήκους 40μ. περίπου, η οποία βρίσκεται σε μικρή απόσταση μπροστά από αναλημματικό τοίχο. Μεταξύ δεξαμενής και αναλήμματος υπήρχε αβαθής στοά από ιωνικούς ημικίονες. Ημικυκλικό βάθρο (εξέδρα) στο μέσον ακριβώς της δεξαμενής έφερε σύνταγμα χάλκινων ανδριάντων. Δύο ακόμη δεξαμενές βρίσκονται σε χαμηλότερο ελαφρώς επίπεδο από την πρώτη, συμμετρικά τοποθετημένες εκατέρωθεν πλακόστρωτου αίθριου. Η πρόσοψη της πρώτης οικοδομικής φάσης της κρήνης (τέλη 3ου αι. π.Χ.) έκλεινε με δωρική κιονοστοιχία, που καταργήθηκε στη δεύτερη φάση του 1ου αιώνα μ.Χ.

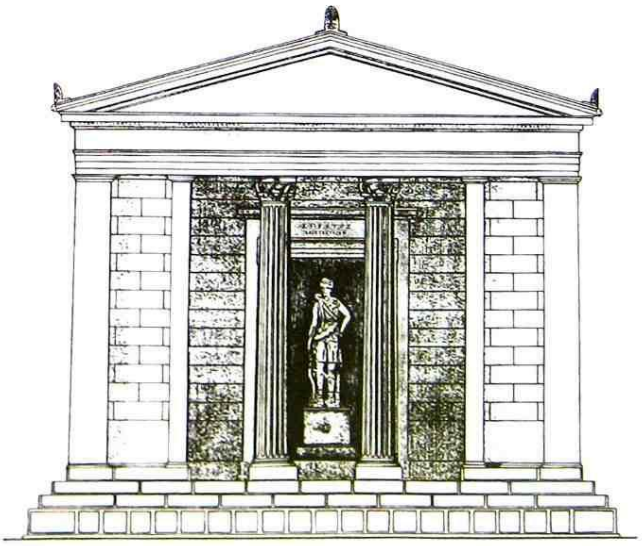
Στην τρίτη και τελευταία φάση επισκευών και μετατροπών της Κρήνης, εντάσσεται η προσθήκη τετράγωνων προβόλων (ποδιών), που προεξέχουν συμμετρικά στα άκρα της πρόσθιας πλευράς, στα χρόνια του αυτοκράτορα Διοκλητιανού (284-305 μ,Χ.). Η Κρήνη ακολούθησε την τύχη των υπόλοιπων δημόσιων και ιερών οικοδομημάτων της πόλης, τα οποία εγκαταλείφτηκαν περί το 360-370 μ.Χ. Το ανατολικό τμήμα της Κρήνης παρέμεινε όρθιο και χρησιμοποιήθηκε κατά την πρωτοχριστιανική περίοδο, όπως δείχνουν οι κατασκευές στην άνω δεξαμενή και το οικοδόμημα (πιθανώς υδρόμυλος) που κτίσθηκε μπροστά από την Κρήνη στο πρώτο μισό του 6ου αιώνα μ.Χ.

Ιερό της Αρτέμιδος Λιμνάτιδος

Εικόνα 2: Ο Ναός της Λιμνάτιδος από τα Β.Α.

Τον 19ο αιώνα ερευνήθηκαν από τον Ph. Le Bas θεμέλια ιωνικού ναΐσκου με δύο κίονες εν παραστάσι, βωμό και περίβολο τεμένους στην τοποθεσία "Σπέλουζα", ΒΑ του χωριού Μαυρομάτι, πάνω σε πλάτωμα, στο μέσον περίπου της απόστασης προς την κορυφή της Ιθώμης. Στην ταύτιση του ιερού οδήγησε η ανεύρεση επιγραφών. Από την εποχή του εντοπισμού του (1843) το ιερό εξαφανίστηκε εντελώς από τον χρόνο και τη βλάστηση. Στο πλαίσιο του εκτεταμένου και συστηματικού ανασκαφικού έργου στην Αρχαία Μεσσήνη υπό την διεύθυνση του καθηγητή Πέτρου Γ. Θέμελη αποκαλύφθηκαν και αποτυπώθηκαν τα θεμέλια του ιερού (16.70 Χ 10.60μ.). Η θέση του τοπογραφήθηκε και εντάχθηκε στο τοπογραφικό της αρχαίας πόλης.

Στο μέσον του ιωνικού εν παραστάσι ναού σώζεται στη θέση του το ασβεστολιθικό βάθρο του λατρευτικού αγάλματος. Επίσης, αποκαλύφθηκε ο βωμός, τμήμα του περιβόλου και προσκτίσματα νότια και ΝΔ του τεμένους. Σύμφωνα με την πρόταση του Le Bas,η Άρτεμις Λιμνάτις πρέπει, ως φαίνεται, να ταυτιστεί με την Λαφρία, πανάρχαια προελληνική θεότητα της φύσης, της ζωής και του θανάτου.



Εικόνα 3: Αναπαράσταση της πρόσοψης του Ναού της Λιμνάτιδος. Στο βάθρο το λατρευτικό άγαλμα της θεάς.

Το γεγονός ότι ο Παυσανίας δεν μνημονεύει το σημαντικό σε ποιότητα και μέγεθος ιερό της Αρτέμιδος Λιμνάτιδος, μπορεί να ερμηνευθεί από την ταύτιση της Λαφρίας με την Λιμνάτιδα και την αναφορά του περιηγητή στην Λαφρία Αρτέμιδα, της οποίας αναφέρει άγαλμα, έργο του Μεσσήνιου γλύπτη Δαμοφώντος, και λατρευτικά δρώμενα προς τιμήν της, ανάλογα των οποίων τελούνταν στην Πάτρα. Οι Μεσσήνιοι δέχτηκαν και υιοθέτησαν τη λατρεία της Αρτέμιδος Λαφρίας από τους κατοίκους της Καλυδώνος όταν αυτοί είχαν εγκατασταθεί στη Ναύπακτο ως εξόριστοι-φυγάδες από τον τόπο τους.

Η Αγορά

Με την Αγορά και συγκεκριμένα με τον ναό του Διός Σωτήρος, το άγαλμα του οποίου μνημονεύει ο Παυσανίας (4.31. 6), πρέπει να σχετίζονται θραύσματα θωρακίου από ντόπιο ψαμμιτικό επιχρισμένο πωρόλιθο, που φέρουν μέσα σε ρομβοειδές πλαίσιο τον φτερωτό κεραυνό του Διός. Από τον ναό του Ποσειδώνος, που επίσης μνημονεύει ο Παυσανίας, προέρχονται διάσπαρτα πώρινα δωρικά μέλη και ανάγλυφες μετόπες, μια από τις οποίες, του 3ου αιώνα π.Χ., εικονίζει τη δεμένη σε βράχο Ανδρομέδα και τον δράκοντα φύλακα της. Μια άλλη παριστάνει σε ανάγλυφο, επίσης του 3ου αιώνα π.Χ., θαλάσσιο ίππο με κολοσσιαία στριφογυριστή ψαροουρά, που φέρει στη ράχη του Τρίτωνα ή Νηρηίδα. Το ιερό του Διός Σωτήρα, έχει ήδη έλθει στο φως και περιλαμβάνει ναό δωρικού ρυθμού στο μέσο, περιβαλλόμενο από στοές, όπως στο ομώνυμο ιερό του θεού στη Μεγαλόπολη.

Το Ασκληπιείο

Ο Παυσανίας παρουσιάζει το Ασκληπιείο ως μουσείο έργων τέχνης, κυρίως αγαλμάτων και όχι ως συνηθισμένο τέμενος θεραπείας ασθενών. Ήταν ο επιφανέστερος χώρος της Μεσσήνης, κέντρο της δημόσιας ζωής της πόλης, που λειτουργούσε παράλληλα με την παρακείμενη αγορά. Περισσότερα από 140 βάθρα για χάλκινους ανδριάντες πολιτικών κυρίως προσώπων και πέντε εξέδρες περιβάλλουν το δωρικό ναό και το βωμό, ενώ πολλά είναι τοποθετημένα και κατά μήκος των στοών. Ένας σχεδόν τετράγωνος υπαίθριος χώρος (71,91Χ66,67μ.) πλαισιώνεται εσωτερικά από τέσσερις στοές, ανοιχτές προς τον κεντρικό υπαίθριο χώρο. Κάθε στοά της βόρειας και νότιας πλευράς είχε στην πρόσοψη 23 κίονες κορινθιακούς που στήριζαν θριγκό, αποτελούμενο από ιωνικό επιστύλιο και από ζωφόρο με ανάγλυφα βουκράνια στολισμένα εναλλάξ με ανθοπλοκάμους και ρόδακες. Όμοιες ήταν και οι στοές της ανατολικής και δυτικής πλευράς, αλλά με 21 κίονες η καθεμία. Σε κάθε στοά υπήρχε δεύτερη εσωτερική κιονοστοιχία με 14 κίονες στην βόρεια και τη νότια πλευρές και 13 στην ανατολική και δυτική. Στην ανατολική πτέρυγα της περίστυλης αυλής βρίσκεται συγκρότημα τριών οικοδομημάτων: το μικρό στεγασμένο θεατροειδές Εκκλησιαστήριο, το Πρόπυλο, το Συνέδριον ή Βουλευτήριο και η αίθουσα Αρχείου του Γραμματέως των Συνέδρων. Κατά μήκος της δυτικής πτέρυγας βρίσκεται σειρά δωματίων-Οίκων που σύμφωνα με την περιγραφή του Παυσανία περιείχαν αγάλματα των εξής θεοτήτων κατά σειρά από Νότο προς Βορρά: Απόλλωνος και Μουσών , Ηρακλή-Θήβας-Επαμεινώνδα (Οίκος Ν), Τύχης (Οίκος Μ), Αρτέμιδος Φωσφόρου (Οίκος Κ).

Τη βόρεια πτέρυγα του Ασκληπιείου κλείνει μεγάλο διμερές οικοδόμημα κτισμένο πάνω σε υψηλό πόδιο, προσιτό από κεντρικό μνημειώδες κλιμακοστάσιο που στο βόρειο πέρας του καταλήγει σε πρόπυλο με αετωματική επίστεψη. Οι δύο αίθουσες του οικοδομήματος, δεξιά και αριστερά από το βόρειο κλιμακοστάσιο, που διαιρούνται πανομοιότυπα σε πέντε δωμάτια, έχουν ταυτισθεί με το Σεβάστειον ή Καισαρείον των επιγραφών. Ήταν αφιερωμένες στη λατρεία της θεάς Ρώμης και των αυτοκρατόρων. Στο ανατολικό άκρο της βόρειας πτέρυγας, στο επίπεδο της στοάς βρίσκεται ο επιμελούς κατασκευής Οίκος Η με βάθρο αγαλμάτων. Η ανέγερση του συγκροτήματος του Ασκληπιείου, που πρέπει να συντελέστηκε αμέσως μετά τα γεγονότα του 215/14 π.Χ., φαίνεται ότι εντάσσεται σε ένα μεγαλόπνοο οικοδομικό πρόγραμμα, κατά το πρότυπο της αθηναϊκής Ακροπόλεως, με στόχο την προβολή των Μεσσηνίων ως ιδιαίτερου έθνους στην Πελοπόννησο και με βαθιές ρίζες στο προδωρικό και το δωρικό παρελθόν της χώρας. Όλα σχεδόν τα γλυπτά του οικοδομικού

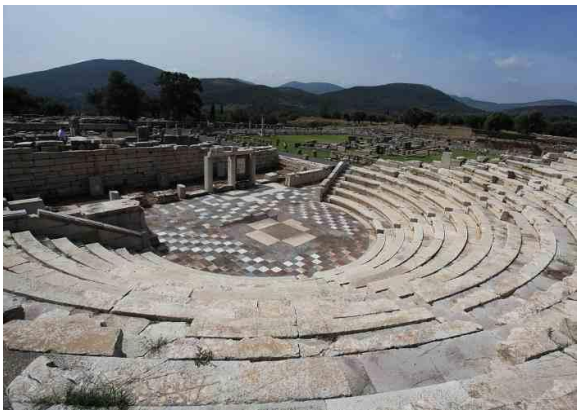
συγκροτήματος του Ασκληπιείου ήταν έργα του γλύπτη Δαμοφώντα, με εξαίρεση το χρυσόλιθο άγαλμα της Μεσσήνης και το σιδερένιο του Επαμεινώνδα (Παυσ. 4.31.10).

Ο Μεγάλος Δωρικός Ναός

Το μεγαλύτερο μέρος του κεντρικού υπαίθριου χώρου του Ασκληπιείου καταλαμβάνεται από τον επιβλητικό δωρικό περίπτερο ναό και το μεγάλο βωμό του. Ο ναός ήταν περίπτερος δωρικός (6Χ12 κίονες) με πρόναο και οπισθόδομο, που ο καθένας τους έφερε δύο κίονες μεταξύ παραστάδων. Οι εξωτερικές διαστάσεις του μνημείου είναι 13,67Χ27,94 μ., ενώ το συνολικό του ύψος ήταν 9 μ. περίπου. Εδράζεται σε τρίβαθμη κρηπίδα. Στην ανατολική του πλευρά όπου η είσοδος υπάρχει ράμπα. Ο σηκός, ο πρόναος και ο οπισθόδομος είναι κτισμένοι από τοπικό ασβεστόλιθο, ενώ το πτερό από επιχρισμένο ψαμμιτικό λίθο. Το άδυτο χωριζόταν από το υπόλοιπο τμήμα του ναού με θωράκιο και στο βάθος του υπήρχε γλυπτική λατρευτική σύνθεση, το χρυσόλιθο άγαλμα της θεάς Μεσσήνης. Αφιερώματα που προσιδιάζουν στη λατρεία του θεραπευτή θεού Ασκληπιού δεν βρέθηκαν. Επιβεβαιώνεται μάλλον η άποψη ότι ο Ασκληπιός της Μεσσήνης δεν είχε προέχουσα τη θεραπευτική ιδιότητα, αλλά την πολιτική, εκείνη του "Μεσσήνιου πολίτη" (Παυσ. 4. 26, 7). Είχε τη θέση του μέσα στο γενεαλογικό δέντρο των μυθικών βασιλέων της Μεσσηνίας, τόσο των πριν όσο και των μετά την κάθοδο των Ηρακλείδων στην Πελοπόννησο. Μητέρα του ήταν η Αρσινόη, κόρη του Λευκίππου, που έδωσε το όνομα της και στην Κρήνη Αρσινόη της αγοράς.

Το Εκκλησιαστήριο

Είναι μικρή θεατρική κατασκευή με κοίλο εγγεγραμμένο σε ορθογώνιο κέλυφος και κυκλική ορχήστρα, διαμέτρου 9,70 μ. σκηνή, πλάτους 21 μ., είχε προσκήνιο με τρί ανοίγματα μπροστά και κλιμακοστάσιο εξόδου στο ανατολικό άκρο του. Το κοίλο σχήματος μεγαλύτερου του ημικυκλίου, χωρίζεται με διάζωμα σε άνω και κάτω. Το καλύτερα σωζόμενο κάτω κοίλο απαρτίζεται από έντεκα σειρές λίθινων εδωλίων και χωρίζεται σε τρεις κερκίδες με δύο κλιμακοστάσια. Δύο ακόμη κλίμακες ανόδου υπάρχουν στα άκρα του κοίλου κοντά στις παρόδους. Δύο είσοδοι από την πλευρά της ανηφορικής οδού στα ανατολικά οδηγούν η μία στην ορχήστρα με κλιμακοστάσιο καθόδου και η άλλη απευθείας στο διάζωμα μεταξύ κάτω και άνω κοίλου. Το κοίλο περιβάλλεται από ισχυρό αναλημματικό τοίχο, ο οποίος κατά την ανατολική και βόρεια πλευρά είναι κτισμένος στο κάτω μέρος του με λείους ορθοστάτες, ενώ στο άνω με το ψευδοϊσόδομο κυφωτό σύστημα, που απαντά και στην Πριήνη της Μικράς Ασίας.



Εικόνα 4: Το θέατρο.

Σκεπαστό κλιμακοστάσιο στη ΒΔ γωνία του αναλήμματος οδηγούσε στο ανώτατο διάζωμα του κοίλου από τη βόρεια πλευρά. Στο ανατολικό άκρο της ορχήστρας, μπροστά στο κλιμακοστάσιο που οδηγεί στην ανατολική είσοδο του οικοδομήματος, τοποθετήθηκε τον 2ο αιώνα μ.Χ. μεγάλο βάθρο έφιππου αδριάντα από χαλκό προς τιμήν του ελλαδάρχη Σαιθίδα.

Το Πρόπυλο οδηγεί από την ανηφορική ανατολική οδό στο χαμηλότερα εκτεινόμενο Ασκληπιείο. Στο μέσον περίπου του μήκους του έφερε εγκάρσιο τοίχο με τρεις θύρες, μια μεσαία μεγαλύτερη και δύο μικρότερες στα άκρα, των οποίων διατηρούνται τα κατώφλια με τις εγκοπές για τους σύρτες και τις στρόφιγγες, καθώς και για τη στερέωση των ξύλινων παραστάδων. Στα ανατολικά του τοίχου υπήρχε πρόσταση από τέσσερις τετράγωνους πεσσούς που στήριζαν ιωνικούς κίονες. Μεταξύ της εξωτερικής πεσσοστοιχίας και του εγκάρσιου τοίχου με το τρίθυρο διασώθηκε το δάπεδο αποτελούμενο από μεγάλες τετράγωνες λίθινες. Η πρόσταση που έβλεπε προς το Ασκληπιείο έφερε δύο κίονες κορινθιακού ρυθμού. Στην ύστερη αρχαιότητα (3ος/4ος αι. μ.Χ.) η δυτική αυτή πρόσταση είχε επισκευασθεί πρόχειρα. Οι δύο ανόμοιες βάσεις κορινθιακών κιόνων που διατηρούνται στη θέση τους προέρχονται από την μεταγενέστερη αυτή επισκευή.

Οι Οχυρώσεις - Οι δύο Πύλες

Η Ιθώμη ήταν το ισχυρότερο φυσικό και τεχνητό οχυρό της Μεσσηνίας, που ήλεγχε τις κοιλάδες της Στενυκλάρου προς Βορράν και της Μακαρίας προς Νότον. Από τα σωζόμενα ίχνη του προσδιορίζεται με ακρίβεια η πορεία που ακολουθεί σε μήκος 9,5 χλμ.

Χρησιμοποιήθηκαν μεγάλοι ορθογώνιοι ασβεστόλιθοι λατομημένοι επί τόπου πάνω στον βραχώδη όγκο της Ιθώμης, όπου σώζονται πολλές θέσεις με ίχνη εξόρυξης. Οχυρωμένη ήταν και η κορυφή της Ιθώμης, όπου βρισκόταν η ακρόπολη και το ιερό του Διός Ιθωμάτα. Οι πύργοι είναι κατά κανόνα τετράγωνοι με εξαίρεση έναν πεταλόσχημο και έναν κυκλικό πύργο.

Η Αρκαδική Πύλη

Σώζεται αρκετά καλά και αποτελεί το σήμα κατατεθέν της πόλης από την εποχή των πρώτων περιηγητών που την απεικόνισαν επανειλημμένα στις χαλκογραφίες τους. Αποτελεί κατασκευή μνημειακών διαστάσεων, χτισμένη με ασβεστολιθικές ορθογώνιες πέτρες τεραστίων διαστάσεων, που προκαλούν δέος στον επισκέπτη. Είναι κυκλική και φέρει δύο εισόδους, μια διπλή εσωτερική και μια εξωτερική. Δύο τετράγωνοι πύργοι προστάτευαν από δεξιά και αριστερά την εξωτερική είσοδο. Στον εσωτερικό κυκλικό χώρο υπάρχει ανά μία κόγχη δεξιά και αριστερά της εισόδου, όπου ήταν στημένες ερμαϊκές στήλες. Ο θεός Ερμής εκτός των άλλων είχε και την ιδιότητα του Προπυλαίου, του προστάτη δηλαδή των πυλών. Πάνω από την βόρεια κόγχη του Ερμή η επιγραφή: Κόϊντος Πλώτιος Ευφημίων επεσκεύασεν.

Η Λακωνική Πύλη

Η ανατολική Λακωνική Πύλη δεν σώζεται. Καταστράφηκε κατά τη διάνοιξη προς τη νέα μονή Βουλκάνο ήδη τον 18ο αιώνα. Στην εσωτερική ΝΑ γωνία του περιβόλου της νέας μονής βρίσκονται εντοιχισμένα ένα ανάγλυφο Αρτέμιδος και τα άκρα πόδια μαρμάρινου ανδρικού αγάλματος.

Κλεψύδρα - Η Αρχαία Κρήνη

Στην ίδια θέση με τη σημερινή κρήνη του χωριού, δίπλα στο υστεροβυζαντινό ναΰδριο του Αη-Γιάννη του Ριγανά, υπήρχε αρχαία κρήνη μνημειακών διαστάσεων, της οποίας τα αρχιτεκτονικά λείψανα έχουν ενσωματωθεί στις νεότερες κατασκευές. Περιελάμβανε ευμεγέθες προστώο, διαστάσεων 6x12 μ. περίπου, από το οποίο σώζεται τμήμα του στυλοβάτη και μεγάλο μέρος του υποστρώματος της πλακόστρωσης από επιμελημένα αρμολογημένες πωροπλίνθους. Το σύγχρονο ανάλλημα της συλλεκτήριας δεξαμενής εδράζεται επί του αρχαίου ισόδομου, ενώ στη θέση της αρχαίας δεξαμενής έχει κατασκευαστεί νεότερη από σκυρόδεμα στη δεκαετία του 1950. Το νερό διοχετεύεται στη δεξαμενή μέσω αρχαίας λιθόκτιστης σήραγγας (πλ. 0.30 μ., ύψ. 1,70 μ.), η οποία φέρει στο

δάπεδό της λαξευμένη αύλακα. Σώζεται σε μήκος 30 μ. περίπου με βορειοανατολική κατεύθυνση κατά μήκος του υδροφόρου ορίζοντα, ενώ από το μήκος των 20 μ. ξεκινάει δεύτερος κλάδος της σήραγγας με βόρεια κατεύθυνση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ: Όλες οι πληροφορίες για τα μνημεία προέρχονται από το βιβλίο του Πέτρου Θέμελη «Αρχαία Μεσσήνη»

Τα λουτρά

Τα λουτρά σε ανάκτορα ήταν γνωστά ήδη από την προϊστορική περίοδο, όπως στην Κνωσό και την Τίρυνθα. Στην κλασική Ελλάδα αναφέρονται ιδιωτικά λουτρά σε κατοικίες, αλλά και δημόσια για τους κατοίκους των πόλεων. Εγκαταστάσεις λουτρών- συχνά με πήλινες ή λίθινες μπανιέρες (πύελοι)- σε μικρούς απομονωμένους χώρους δεν έλειπαν από ιδιωτικές κατοικίες της κλασικής και ελληνιστικής εποχής (π.χ. Όλυνθος, Σμύρνη, Αθήνα και Πρίηνη) κυρίως όμως ήταν διαδεδομένες στις κατοικίες της πτολεμαϊκής Αιγύπτου. Εκτός από τα λουτρά των ιδιωτικών κατοικιών λουτρά υπήρχαν και στο χώρο των γυμνασίων και αργότερα, σποραδικά απαντούν και πισίνες σε σύνδεση με αθλητικές εγκαταστάσεις. Από τον 5^{ο} αιώνα μας είναι γνωστά και δημόσια λουτρά.[15] Το πρώτο παράδειγμα ελληνικού πλήρους κτίσματος βρίσκεται στους Οινιάδες της Ακαρνανίας και ανάγεται στον 2^{ο} αι. π.Χ. Στο δημόσιας χρήσης αυτό κτίσμα, η όλη διάταξη είναι κάπως ανοργάνωτη άλλα απαντούν τα τρία εκείνα της βασικής σημασίας στοιχεία που αργότερα θα εξελιχθούν στις μεγάλες λουτρικές εγκαταστάσεις της ρωμαϊκής εποχής: ένας μικρός ορθογώνιος χώρος με τετράγωνη δεξαμενή νερού, ήταν για τα ψυχρά λουτρά. Ένας δεύτερος, κυκλικού σχήματος με οχτώ λεκάνες σε κύκλο και πιθανώς με χάλκινο λέβητα στη μέση, χρησίμευε για χλιαρά λουτρά, ενώ σε ένα τρίτο δωμάτιο, επίσης κυκλικό με δεκαεπτά θέσεις λουομένων ήταν το Θέρμον. Οι κυκλικοί χώροι είναι χαρακτηριστικοί για τα λουτρά. Είχαν στέγη κωνική με οπή στην μέση που είχε την δυνατότητα να κλείνει.[16]

Πολλές φορές συνυπήρχαν επίσης μικροί χώροι δευτερεύουσας σημασίας, προθάλαμοι κλπ. Οι χώροι του λουτρού, που ήταν μάλλον χωριστοί για τα δύο φύλα, θερμαίνονταν μάλλον με ανοιχτή φωτιά. Σε μερικά λουτρά υπήρχαν επίσης ειδικοί χώροι για ατμόλουτρο (laconicum), όπως π.χ. στην Ολυμπία, ενώ στη Γόρτυνα βρέθηκε ένας κυκλικός χώρος , μάλλον του 2^{ου} αι. π.Χ. με ένα είδος θέρμανσης με υπόκαυστα.[17]

Η τυπική οργάνωση των λουτρών είναι:[18]

Apodyterium: Το δωμάτιο όπου κάποιος αλλάζει και ετοιμάζεται για να προχωρήσει στα ενδότερα του λουτρού.

---

[15] Wolfgang Muller-Wiener, Η Αρχιτεκτονική της Αρχαία Ελλάδα, University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1995, σελ.182-183

[16] Χαράλαμπος Θ. Μπούρας, Μαθήματα Ιστορίας της Αρχιτεκτονικής, Πρώτος τόμος, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1991

[17] Ό.π. Wolfgang Muller-Wiener, 1995

[18] Νικολακοπούλου Μαρία, Ρωμαϊκές θέρμες Αγίου Θωμά Μεσολογγίου, ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων / Κατεύθυνση Α' Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2005

Tepidarium: Το ζεστό δωμάτιο, όπου κάποιος μπορούσε να πλυθεί και να απολαύσει μια ευχάριστη θερμοκρασία.

Caldarium: Το κυρίαρχο δωμάτιο όπου υπήρχε τουλάχιστον μια μεγάλη κοινόχρηστη βαθειά πισίνα (alvei) ενώ μπορεί να υπάρχει και μία λεκάνη με κρύο νερό (labrum).

Frigitarium: Αυτός είναι ένας κρύος χώρος με μία ή περισσότερες κοινόχρηστες πισίνες με κρύο νερό (piscine). Στο χώρο αυτό συναντάμε πολλές φορές (κυρίως στις θέρμες) και ανοιχτή πισίνα κολύμβησης (natatio).

Η διαβάθμιση της θερμότητας και οι εναλλαγές κρύο, ζεστό, πολύ ζεστό, ζεστό, κρύο είναι χαρακτηριστικά των ρωμαϊκών μπάνιων. Κάποιες φορές υπήρχαν και άλλα θερμά δωμάτια, όπως το **laconicum** και το **sadatorium**, που συνήθως υπήρχαν ανάμεσα στο tepidarium και το caldarium. Ακόμη, υπήρχαν χώροι για μασάζ, ξεκούραση και αθλήματα.

Καθώς τα λουτρά άρχισαν να εξελίσσονται στους αιώνες, δημιουργήθηκε και το πολύπλοκο σύστημα των υποκαύστων. Μικροί στύλοι στηρίζουν μια επιφάνεια που θερμαίνεται από κάμινο. Η κάμινος βρίσκεται στο **praefurnium** από την οποία οδηγείται η θερμότητα στο υπόκαυστο. Ορισμένες φορές υπήρχαν τοίχοι και θόλοι που θερμαίνονταν με ειδικές σωληνώσεις που ξεκινούσαν από το υπόκαυστο, καθώς και βραστήρες νερού. Το νερό προερχόταν αρχικά από κοντινές πηγές, πρόβλημα που αργότερα λύθηκε με τους σωλήνες μεταφοράς του. Στα ύστερα ρωμαϊκά και βυζαντινά χρόνια τα λουτρά τροφοδοτούνταν με νερό από πηγές και κινστέρνες ξανά, λόγω του ότι πολλές σωληνώσεις καταστρέφονταν από βαρβαρικές εισβολές.

Στην κάμινο η καύσιμη ύλη εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα στην τοποθεσία του λουτρού αλλά η κυριότερη ήταν το ξύλο, καθώς άλλες προκαλούσαν προβλήματα, όπως η σίκαλη που μας έχει σωθεί χαρακτηριστικά από τον Πλούταρχο που προκαλούσε πονοκεφάλους στους λουόμενους. Πριν την δημιουργία του συστήματος των υποκαύστων, τα λουτρά θερμαίνονταν από ένα μαγκάλι κάρβουνου και αερίζονταν από ένα μικρό παράθυρο. Ωστόσο, και το κάρβουνο αποφεύγονταν σύμφωνα με τον Lucretius που προειδοποιεί για τους κινδύνους, λόγω της έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα.

Τα λουτρά είχαν ιδιαίτερη σημασία στη ζωή των Ρωμαίων καθώς ήταν ένας χώρος που συνδύαζε την καθημερινή υγιεινή των πολιτών και την κοινωνική και πνευματική ζωή. Ορισμένα λουτρά εξελίχθησαν σε πραγματικά πολιτιστικά κέντρα. Η εικόνα πολιτισμένου Ρωμαίου κατοίκου της πόλης περιλάμβανε, μεταξύ άλλων, ορισμένα χαρακτηριστικά σχετικά

με την εμφάνιση: κοντά μαλλιά με προσεγμένη κόμμωση και έμφαση στην καθαριότητα. Έτσι, η συνήθεια επίσκεψης στα λουτρά πήρε καθοριστική σημασία για την έννοια του Ρωμαίου πολίτη ως διακριτικού σημείου από τη βαρβαρότητα.[19] Οι γυναίκες είχαν πρόσβαση στα λουτρά αλλά διαφορετικές ώρες από τους άνδρες. Αργότερα, με την επικράτηση του χριστιανισμού η συνήθεια αυτή δεν άλλαξε. Η εκκλησία δεν απαγόρευσε ποτέ επίσημα την είσοδο στα λουτρά, καθώς ήταν συνήθεια βαθιά ριζωμένη στην καθημερινή ζωή των πολιτών, αλλά κράτησε αμφιταλαντευόμενη στάση. Από τη μία πλευρά ο χριστιανισμός υιοθέτησε τα ιαματικά λουτρά ως θεραπεία για τις διαφορετικές νόσους, από την άλλη όμως καταδίκαζε την ατμόσφαιρα τρυφηλότητας και αμαρτίας που κάποιες φορές χαρακτήριζε αυτό τον τρόπο ζωής. Όπως γράφει ο Garzya, ιατρικά κείμενα της Ύστερης Αρχαιότητας συνιστούσαν υδατόλουτρα για τη θεραπεία ασθενειών που πρόσβαλλαν διαφορετικά μέλη του σώματος.[20] Η παρακμή τους προήλθε από οικονομικούς λόγους, διότι είχαν τεράστιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Θέρμες και βαλανεία

Οι τεχνικές τελειοποιήσεις των λουτρών είχαν την αρχή τους στη ελληνιστική εποχή και γενικεύονται κατά τα ρωμαϊκά χρόνια. Στη ρωμαϊκή αρχιτεκτονική τα κτήρια των λουτρών έλαβαν πολύ μεγάλη ανάπτυξη (θέρμες και βαλανεία). Πολλά κτήρια του είδους αυτού έχουν σωθεί στην Ελλάδα.

Δεν υπάρχει ξεκάθαρος διαχωρισμός των δύο όρων, αλλά γενικά θέρμες ήταν σχετικά μεγάλα συγκροτήματα. Η θέρμη προσδιορίζει ένα δημόσιο θεσμό ο οποίος έχει μια παλαίστρα και καταλαμβάνει ένα σύμπλοκο λουτρών και εγκαταστάσεων. Ο όρος βαλανείο balnea προσδιορίζει ένα δημόσιο συνήθως λουτρό χωρίς αθλητική εγκατάσταση. Αυτό το λουτρό μπορεί να είναι μεγάλο ή μικρό, αλλά συχνά είναι μικρότερο από θέρμη και όχι τόσο μνημειακό. Στον ενικό ο όρος balneum μπορεί να αναφέρεται σε ιδιωτικό μπάνιο.[21]

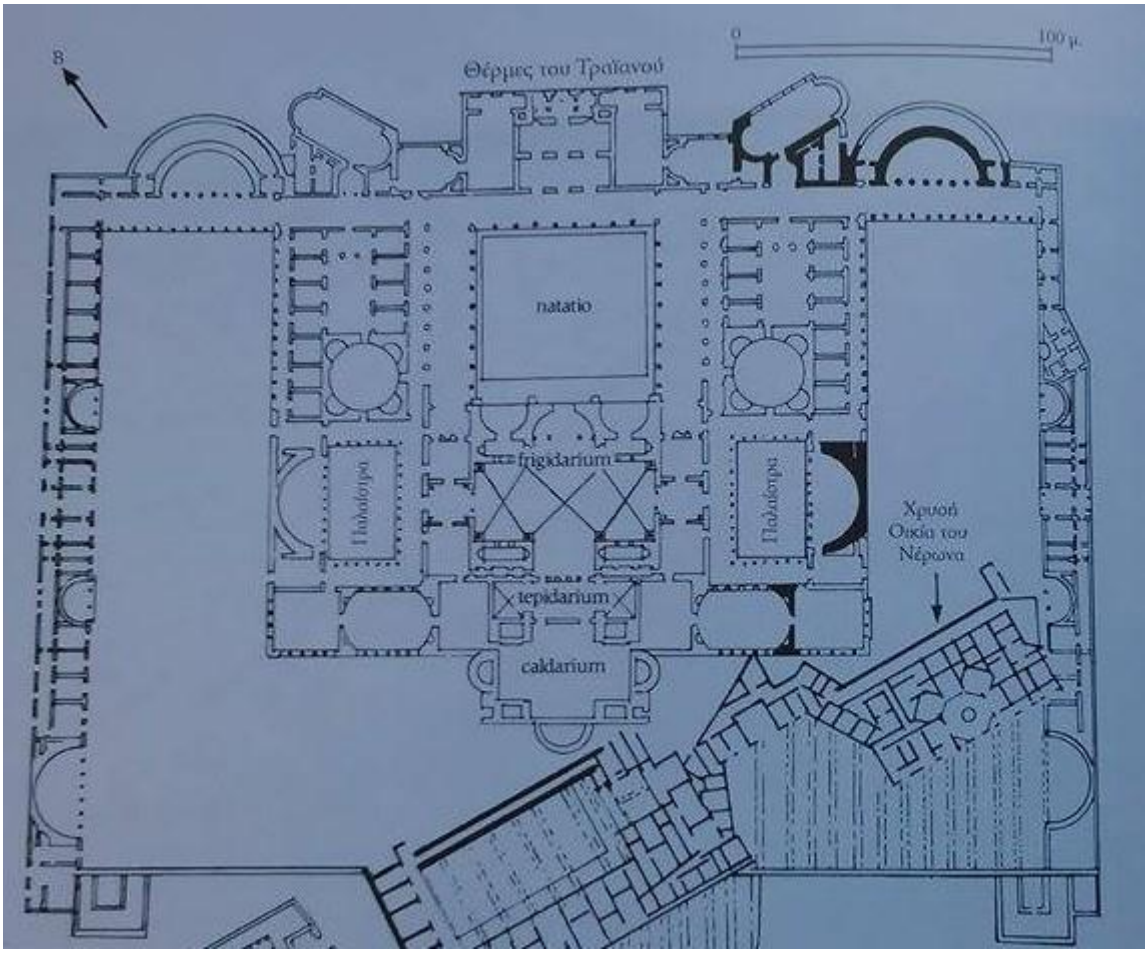
Τα τεράστια συγκροτήματα λουτρών της εποχής της αυτοκρατορίας, τα γνωστά με το ελληνικό όνομα θέρμες, παρουσιάζουν γενικότερο ενδιαφέρον από πλευράς λειτουργίας (ανταπόκριση σε μια κοινωνική ανάγκη), κατασκευής (θολοδομίας μεγάλης κλίμακας) και μορφής. Οι παλιότερες κτίσθηκαν από τον Αγρίππα μεταξύ 25 και 12 π.Χ. Τα βασικά χαρακτηριστικά των θερμών δεν είναι από εκείνα των ρωμαϊκών λουτρών, με τρείς κυρίως

[19] De Laine, J., "Bathing and society", στο De Laine, J. – Johnson, D.E. (επιμ.), Roman Baths and Bathing (Journal of Roman Archaeology Supplement 37.1, London 1999), σελ. 7-16
[20] Garzya, A., "L'eau dans la Littérature médicale de l'Antiquité Tardive", BCH Supplément 28, σελ. 109-119
[21] Νικολακοπούλου Μαρία, Ρωμαϊκές θέρμες Αγίου Θωμά Μεσολογγίου, ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων / Κατεύθυνση Α' Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2005

χώρους λούσεως (frigidarium, tepidarium, caldarium), αλλά υπάρχει και ένα πλήθος από άλλους χώρους με πολλές και ποικίλες χρήσεις. Οι θέρμες είχαν γίνει τόπος συγκεντρώσεως και είναι τυπικά κτίρια του ρωμαϊκού τρόπου ζωής. Οι πρώτες χτίσθηκαν στη Ρώμη αλλά ακολούθησαν και σε άλλες πόλεις. Τα τυπικά τους χαρακτηριστικά είναι η συμμετρία της κάτοψης και η κολοσσιαία κλίμακα.

Ένα από τα πιο μεγαλεπήβολα οικοδομικά προγράμματα του Τραϊανού για την πόλη της Ρώμης ήταν ένα τεράστιο συγκρότημα θερμών που χτίστηκε στον Εσκουιλίνο λόφο, γνωστό ως **οι Θέρμες του Τραϊανού**. Είναι οι πρώτες αυτοκρατορικές θέρμες μεγάλων διαστάσεων που γνώρισε ο ρωμαϊκός κόσμος. Χρονολογούνται το 109 μ.Χ. Αποτελούνταν από ένα κεντρικό συγκρότημα με χώρους που εξυπηρετούσαν ποικίλες λειτουργίες, το οποίο περιέβαλλε στις τρεις πλευρές ένας μεγάλος υπαίθριος χώρος που χρησίμευε για τη διεξαγωγή των γυμναστικών ασκήσεων. Τα βασικά στοιχεία του κεντρικού οικοδομήματος ήταν μια ανοιχτή πισίνα, η natation, την οποία περιέβαλλε μια κιονοστοιχία. Το κέντρο ολόκληρου του συγκροτήματος ήταν ένας μεγάλος θολωτός χώρος με μια δεξαμενή με κρύο νερό, το frigitarium, ένας μικρότερος χώρος με χλιαρό νερό το tepidarium και ένας αρκετά μεγαλύτερος με αψίδες στις τρεις πλευρές του και ζεστό νερό το caldarium. Τέτοιες ανοιχτές δεξαμενές ήταν γνωστές και από παλιότερες θέρμες, όμως η natation δεν αποτελούσε ως τώρα σταθερό χαρακτηριστικό των θερμών.[22]

[22] Nancy H.Ramage, Andrew Ramage, Ρωμαϊκή Τέχνη, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2000, σελ.189



Εικόνα 5: Κάτοψη των θερμών του Τραϊανού όπου διακρίνεται και πτέρυγα της Χρυσής οικίας του Νέρωνα, Εσκουιλίνος λόφος, Ρώμη

Οι βόρειες θέρμες της ρωμαϊκής Νικόπολης αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα δημόσια κτηριακά συγκροτήματα της πόλης του Αυγούστου. Βρίσκονται στο νότιο τμήμα του Προαστίου, της περιοχής περίπου 400 μ. βόρεια της τειχισμένης αρχαίας πόλης, η οποία λειτουργούσε ως ιερό άλσος λόγω της γειτνίασής της με το ιερό του Απόλλωνα. Πρόκειται για εντυπωσιακό μνημείο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο από τους αθλητές, που λάμβαναν μέρος στα Νέα Άκτια, τους αγώνες προς τιμή του Απόλλωνα. Οι θέρμες κατασκευάσθηκαν αμέσως μετά την ίδρυση της πόλης, στα τέλη του 1ου αι. π.Χ. και λειτούργησαν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σήμερα το μνημείο διατηρείται σε σχετικά καλή κατάσταση, και είναι γνωστό στους κατοίκους της περιοχής ως «Μπεντένια».

Το κτηριακό συγκρότημα αποτελείται από καμπύλους και ορθογώνιους χώρους, που συνδέονται μεταξύ τους με πολλά ανοίγματα και φέρουν ημικυκλικές κόγχες και πεσσοστοιχίες. Σε καλύτερη κατάσταση διατηρείται η δυτική πτέρυγα με τρεις αψιδωτούς χώρους. Όμοια ήταν κατασκευασμένη και η ανατολική πτέρυγα, από την οποία σώζονται μόνο τα θεμέλια. Οι αίθουσες του συγκροτήματος επικοινωνούν μεταξύ τους και στεγάζονται

με τόξα, αψίδες, καμάρες και θόλους, χαρακτηριστικό αυτών των ρωμαϊκών οικοδομημάτων. Τα δάπεδα των αιθουσών ήταν διακοσμημένα με μάρμαρο και ψηφιδωτά. Αντίστοιχα επενδυμένοι ήταν και οι τοίχοι με πολύχρωμα μαρμαροθετήματα. Το συγκρότημα της Νικόπολης διέθετε ένα μεγάλο χώρο με πισίνα κολύμβησης (natatio), αίθουσα ψυχρού λουτρού (frigidarium) και αίθουσες με κλιμακωτά θερμαινόμενες πισίνες (tepidarium, caldarium). Η θέρμανση των χώρων γινόταν με φωτιά, που έκαιγε ακατάπαυστα και ζέσταινε τα υπόκαυστα και τον αέρα που κυκλοφορούσε μέσα από εντοιχισμένους πήλινους σωλήνες.[23]

Η αρχαία λουτρική εγκατάσταση, που αποκαλύφθηκε στο χώρο του Ατμοηλεκτρικού Εργοστασίου στον Κάραβο Αλιβερίου, αποτελεί ενδιαφέρον μνημείο των ύστερων ρωμαϊκών χρόνων. Όπως προκύπτει από την αρχιτεκτονική του μορφή και τα ευρήματα, που αποκαλύφθηκαν στο εσωτερικό του, κατασκευάσθηκε τον 4ο αι. μ.Χ. και συνέχισε να λειτουργεί μέχρι τον 7ο αι. μ.Χ. Με δεδομένο το γεγονός ότι στην Εύβοια έχουν εντοπισθεί μέχρι σήμερα εγκαταστάσεις λουτρών των ρωμαϊκών χρόνων στις σημαντικότερες πόλεις, όπως στη Χαλκίδα, στην Ερέτρια, στην Αιδηψό και πιθανόν στην Κάρυστο, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι και η λουτρική εγκατάσταση του Αλιβερίου εντάσσεται στο πλέγμα των λειτουργιών και δραστηριοτήτων ενός οικισμού, ανάλογης, ίσως, οικιστικής ανάπτυξης.

Οι θέρμες του Αλιβερίου ανήκουν στον εν σειρά τύπο και οι χώροι τους εκτείνονται παρατακτικά σε έναν άξονα, μήκους 30 μ., με προσανατολισμό Α-Δ. Περιλαμβάνουν τους βασικούς χώρους ενός λουτρού, δηλαδή το αποδυτήριο (vestibulum) και τους χώρους του ψυχρού (frigidarium), του χλιαρού (tepidarium) και του θερμού λουτρού (caldarium). Τα δάπεδά τους ήταν καλυμμένα με μεγάλες σχιστολιθικές πλάκες, ενώ μερικές φορές διακοσμούνταν και με ψηφιδωτά. Η είσοδος του συγκροτήματος βρισκόταν στη νοτιοανατολική γωνία. Ο επισκέπτης εισερχόταν στο αποδυτήριο, άφηνε τα ρούχα και τα προσωπικά του είδη και προχωρούσε στους χώρους του ψυχρού λουτρού, οι οποίοι εκτείνονταν κατά μήκος της βόρειας πλευράς. Από εκεί συνέχιζε την περιήγησή του στους χώρους του χλιαρού και θερμού λουτρού, οι οποίοι αποτελούνταν από αψιδωτές αίθουσες, πλαισιωμένες από μικρότερα δωμάτια με λουτήρες. Το βαλανείο του Αλιβερίου κατατάσσεται, σύμφωνα με την έκταση των οικοδομικών λειψάνων, που έχουν αποκαλυφθεί, στα μετρίου μεγέθους και μη μνημειώδη, δημόσια κτηριακά σύνολα. Τα τυπολογικά στοιχεία

[23] Χρυσοστόμου Π., Κεφαλλωνίτου Φρ., Νικόπολις, Αθήνα 2003

του λουτρού, όπως η ύπαρξη μικρών λουτήρων και η απουσία μεγάλης πισίνας, σε συνδυασμό με το σύνολο των ευρημάτων και ορισμένες ενδείξεις της τοιχοποιίας, επιβεβαιώνουν τη χρονολόγηση της πρώτης οικοδομικής του φάσης στον 4ο αι. μ.Χ. και τη διακοπή λειτουργίας του στον 7ο αι. μ.Χ.[24]

Στα ελληνικά βαλανεία, οι κύριοι χώροι λούσεως ήταν συνήθως ορθογώνιοι και κατέληγαν ενίοτε σε κόγχες. Η θέρμανση των χώρων γινόταν με υπόκαυστα κάτω από τα δάπεδα, τα οποία διαμορφώνονταν με πήλινους στυλίσκους απλής μορφής.[25]

Η τριπλή διαίρεση των κύριων χώρων λούσεως διαπιστώνεται και στα μικρότερα ρωμαϊκά λουτρά τα οποία ήταν δημόσια ή ιδιωτικά σε σπίτια ή σε επαύλεις. Με το ελληνικό όνομα βαλανεία είναι γνωστά τα πλείστα παραδείγματα σε όλες τις χώρες της αυτοκρατορίας, μικρά ή μεγαλύτερα δημόσια λουτρά, ενίοτε με βοηθητικούς χώρους και νυμφαία, όπως **το βαλανείο Ολυμπιείου Αθηνών**.

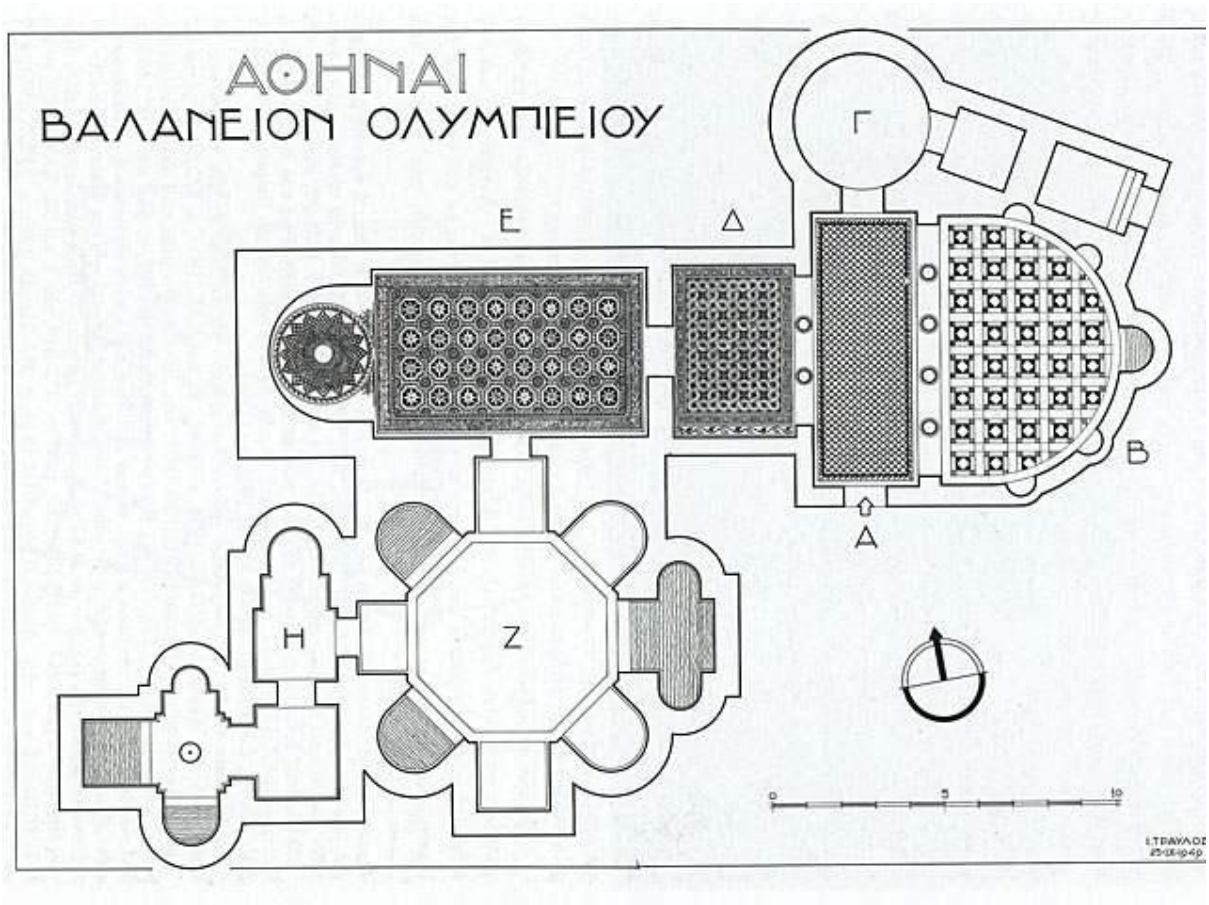
Το βαλανείο (λουτρό) των ρωμαϊκών χρόνων (3ος αι. μ.Χ. - 6ος αι. μ.Χ.), που βρίσκεται στην περιοχή του Ζαππείου αναπτύσσεται σε ειδικά ισοπεδωμένο χώρο πλάτους 21 μέτρων, μεταξύ δύο μεγάλων σε μήκος και ύψος τοίχων, επιμελημένης κατασκευής, που έχουν ενσωματώσει στην τοιχοδομία τους παλαιότερα αρχιτεκτονικά μέλη. Συνεχίζεται τόσο προς τα ανατολικά, μέσα στον Εθνικό Κήπο, όσο και προς τα δυτικά, στο κατάστρωμα της λεωφόρου Αμαλίας και περιλαμβάνει δύο αίθουσες με υπόκαυστα, δύο εστίες πυροδότησης (praefurnia) και εννέα δεξαμενές.[26]

Η μεγαλύτερη αίθουσα φέρει 15 στυλίσκους υποκαύστων, άλλοτε κυλινδρικών, άλλοτε ορθογωνίων και διαχωριστικά τοιχία. Πρόκειται για την αίθουσα των καυτών λουτρών (caldarium). Αμέσως βόρεια ανοίγεται άλλος επιμήκης υπόκαυστος χώρος, που το δάπεδό του στηριζόταν σε 17 μαρμάρινους επιτύμβιους κιονίσκους σε δεύτερη χρήση αντί υποκαύστων. Πρόκειται για την αίθουσα των χλιαρών λουτρών (tepidarium). Οι δύο εστίες πυροδότησης συνδέονται με την αίθουσα των καυτών λουτρών με υπόγειες αψιδωτές διόδους. Η κυκλοφορία του θερμού αέρα γινόταν μέσω τριών μικρών δεξαμενών. Στους τοίχους των δεξαμενών κατακόρυφα ανοίγματα εξασφάλιζαν εξαερισμό, αλλά και θέρμανση των ίδιων των τοίχων. Σ' αυτή τη φάση ανήκει μεγάλη ορθογώνια δεξαμενή επιμελημένης κατασκευής με παχύ υδραυλικό κονίαμα εσωτερικά και μαρμάρινες πλάκες εξωτερικά, η

[24] Χατζηδημητρίου Α., Αλιβέρι. Συμβολή στην αρχαιολογική έρευνα της περιοχής, Αθήνα 2000, 15-29
[25] Ό.π. Χ.Μπούρας, 1991
[26] Όλγα Ζαχαριάδου, Ρωμαϊκά λουτρά Ζαππείου, http://odysseus.culture.gr , Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2012

οποία μέσω δύο οπών, διοχέτευε νερό σε δύο μαρμάρινες λεκάνες που βρέθηκαν στη θέση τους.[27]

Στη δεύτερη φάση του 5ου / 6ου αιώνα μ.Χ. οι υπόκαυστες αίθουσες των αρχών του 4ου αι. μ.Χ. επισκευάζονται και ξαναχρησιμοποιούνται. Οικοδομούνται 4 νέες δεξαμενές με πλακοστρωμένα δάπεδα. Μία απ' αυτές διαμορφώνεται υπόγεια με θολωτή οροφή, στην οποία ανοίγεται φρεάτιο για την άντληση του νερού. Εσωτερικά έχει επιμελημένη κατασκευή με πλακοστρωμένο δάπεδο και φέρει στο βόρειο τοίχο της ιχνογραφήματα αμελούς απόδοσης με ανθρώπινες μορφές, ψάρια, πτηνά και σταυρούς. Πιθανότατα αυτές οι πρόχειρες τοιχογραφίες παραπέμπουν σε μεταγενέστερη χρήση της δεξαμενής ως καταφυγίου ή μαρτυρίου στα πρώιμα χριστιανικά χρόνια. Στους βυζαντινούς χρόνους πήλινοι πίθοι για αποθήκευση σιτηρών σφηνώνονται στα δάπεδα των δωματίων του λουτρού, ορισμένοι από τους οποίους έχουν τοποθετηθεί στο νότιο τμήμα του αρχαιολογικού χώρου.[28]



Εικόνα 6: Αναπαράσταση της κάτοψης του ρωμαϊκού βαλανείου πλάι στο Ολυμπιείον. Α. προθάλαμος, Β. νυμφαίον (κρήνη), Γ. βοηθητικός χώρος, Δ. αίθουσα αναμονής Ε. αποδυτήριον, Ζ. frigidarium, Η. tepidarium, Θ. Caldarium.

[27] Με το Μετρό στην Αρχαία Αθήνα, Αθήνα 2002, 34-39
[28] Ό.π. Όλ.Ζαχαριάδου, 2012

Το μικρό βαλανείο Ελεύθερνας, το μικρό αυτό ρωμαϊκό λουτρό βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του αρχαιολογικού χώρου του τομέα Ι της Αρχαίας Ελεύθερνας (θέση Κατσίβελος). Περιλαμβάνει τουλάχιστον τρεις οικοδομικές φάσεις από το 2ο έως τον 6ο/7ο αι. μ.Χ.[29]

Η κατασκευή του πρέπει να άρχισε μετά τα μέσα του 2ου αιώνα μ.Χ., μετά δηλαδή την καταστροφή και εγκατάλειψη του παρακείμενου δημοσίου οικοδομήματος των ελληνιστικών-ρωμαϊκών χρόνων. Στη δυτική πλευρά του αποκαλύφθηκαν 2 όμοιες αίθουσες που λειτουργούσαν ως υπόκαυστα. Τα δάπεδά τους δε σώζονται. Επικοινωνούν μεταξύ τους με αεραγωγό. Και οι δύο ανήκουν στην πρώτη φάση του κτίσματος. Εγκαταλείφθηκαν στα τέλη του 4ου αιώνα μ.Χ. και χρησιμοποιήθηκαν ως χώροι απόθεσης απορριμμάτων κατά την πρωτοβυζαντινή περίοδο, κυρίως κατά τον 6ο και 7ο αι. μ.Χ.[30]

Σε επαφή με τη δυτική αψιδωτή πλευρά των δύο υπόκαυστων αιθουσών βρίσκονται τρία άγνωστης χρήσης δωμάτια που κατασκευαστικά ανήκουν σε φάση νεότερη. Σε επαφή με τη βόρεια πλευρά του βαλανείου αποκαλύφθηκε συγκρότημα έξι χώρων. Τρεις από τους χώρους ανήκουν σε κατοικία, ενώ οι άλλοι τρεις αποτελούν προεκτάσεις του βαλανείου. Η δεύτερη χρήση του βαλανείου διακόπτεται στα χρόνια του Κώνσταντος Β'.[31]

[29] Βάννα Νινιού – Κινδελή, Ελένη Μαθιουδάκη, Μικρό βαλανείο, http://odysseus.culture.gr , Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2012
[30] Θέμελης Π., Αρχαία Ελεύθερνα - ανατολικός τομέας, Αθήνα 2002, 49-56
[31] Σταμπολίδης Ν., Ελεύθερνα Πόλη-Ακρόπολη-Νεκρόπολη, Αθήνα 2004, 67-69

Το λουτρό ύστερων ρωμαϊκών χρόνων στην Αρχαία Μεσσήνη

Στην Αρχαία Μεσσήνη υπάρχει οικοδομικό συγκρότημα μικρού δημόσιου λουτρού (βαλανείου) με υπόκαυστα, τα πατώματα των οποίων εδράζονταν σε πεσσίσκους και κιονίσκους από οπτόπλινθους. Κατασκευάστηκε τον 5^{ο} αι. μ.Χ. πάνω στα ερείπια την βόρειας ελληνιστικής στοάς της αγοράς και λειτούργησε έως τον 7^{ο} αιώνα μ.Χ. Περιλαμβάνει τους εξής βασικούς χώρους: α) προπνίγειον ή praefurnium (χώρο όπου άναβε η φωτιά) β) caldarium (αίθουσα εφίδρωσης με θερμαινόμενους τοίχους και πάτωμα) γ) frigidarium (αίθουσα με μπανιέρες) και δ) tepidarium (αίθουσα χλιαρού λουτρού).

Σύμφωνα με το Έργον της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας (Ergon) του έτους 2013 αποκαλύφθηκε σχεδόν πλήρως το- μεταγενέστερο της βόρειας στοάς- βαλανείο (5^{ος} – 7^{ος} αι. μ.Χ.) που είχε κατασκευαστεί στο μέσον περίπου της στοάς και οι χώροι του διακρίνονται με σαφήνεια, ενώ σύμφωνα με το «Έργον» του έτους 2014 το βαλανείο κατασκευάστηκε στα ύστερα ρωμαϊκά χρόνια και για την οικοδόμησή του χρησιμοποιήθηκαν λίθοι και μέλη της στοάς.

Η πρωτοτυπία του λουτρού της Αρχαίας Μεσσήνης έγκειται στη θέση του (χτισμένο πάνω στο δυτικό κομμάτι της ελληνιστικής βόρειας στοάς της Αγοράς της πόλης), στην εκτεταμένη χρήση spoliae από τα αρχιτεκτονικά μέλη της εγκαταλειμμένης και εν μέρει κατεστραμμένης στοάς (σπόνδυλοι κορινθιακών κιόνων από ψαμμίτη, ετερόκλητης προέλευσης πλάκες μαρμάρου κ.α.) και η έντονα δρομική, παρατακτική διάταξη των χώρων.

Σχεδιασμός πειραματικού μέρους

Φορητό οπτικό LED μικροσκόπιο

Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι ανάλυσης των υλικών αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο μελέτης των μνημείων, λόγω του μη επεμβατικού τους χαρακτήρα. Σε εφαρμογές υψηλού ενδιαφέροντος, όπως αυτές της αποτίμησης της φθοράς και της παθολογίας των ιστορικών κτηρίων, είναι ασφαλέστερο τα αποτελέσματα των μη καταστρεπτικών τεχνικών να συνεκτιμούνται με τα αποτελέσματα των αναλυτικών μεθόδων για περισσότερο ασφαλή συμπεράσματα και εκτιμήσεις.[32]

Η φορητή οπτική LED μικροσκοπία είναι μια μη καταστρεπτική μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως στο χαρακτηρισμό των υλικών και στη διάγνωση της φθοράς στα μνημεία. Η φωτογράφιση εικόνων γρήγορης ψηφιακής λήψης και υψηλής ανάλυσης αποτελεί μια σύγχρονη απαίτηση στην αρχαιολογική έρευνα. Το μικροσκόπιο είναι φορητό και εύκολο στη χρήση, ενώ οι εικόνες που λαμβάνονται αποθηκεύονται απευθείας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, κάνοντας εύκολη την μελέτη και την σύγκρισή τους. Συνδέεται απλά σε μία θύρα USB και έχει μικρό βάρος για εύκολο χειρισμό.

Εικόνα 7:***Το I-Scope της Moritex συνδεδεμένο σε φορητό υπολογιστή.***

Στη παρούσα εργασία, η λήψη εικόνων έγινε στο εργαστήριο μετά τη λήψη των δειγμάτων, με τη χρήση του φορητού μικροσκοπίου I-Scope της Moritex. Τα δείγματα μελετήθηκαν σε τρείς μεγεθύνσεις x10, x50, x200, ενώ ο φακός x50 έχει τη δυνατότητα χρήσης πολωμένου φωτός για να αναιρεί τις διαθλάσεις του φυσικού φωτός. Το μικροσκόπιο αποτελείται από μια διάταξη Διόδων Εκπομπής Φωτός, οι οποίοι αποτελούνται από έναν

[32] Α.Μοροπούλου, Μ.Καρόγλου, Κ.Λαμπρόπουλος, Ν.Αβδελίδης, Ε.Αγγελακοπούλου, Α.Δελέγκου, Α.Μπακόλας, Αποτίμηση αειφορίας κατασκευών-υποδομών με μη καταστρεπτικές μεθόδους, 1^{ο} Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008

ημιαγωγό που εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος, όταν του παρέχεται μια τάση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη φορά ορθής πόλωσης. Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από τη χημική σύσταση του ημιαγώγιμου υλικού που χρησιμοποιείται, και στο συγκεκριμένο μικροσκόπιο είναι ορατό φώς.[33]

[33] Ν.Ζαχαριάς, Εργαστηριακές σημειώσεις προπτυχιακού μαθήματος «Αρχαιομετρία», Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Καλαμάτα, 2012

Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης με στοιχειακή μικροανάλυση (SEM-EDX)

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) αποτελεί ένα από τα πιο ευέλικτα όργανα ανάλυσης της μικροδομής μεγάλης ποικιλίας στερεών υλικών. Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ μιας προσπίπτουσας δέσμης ηλεκτρονίων και του προς εξέταση δείγματος. Η αλληλεπίδραση αυτή αποκαλύπτει πλήθος πληροφοριών σχετικά με το σημείο πρόσπτωσης στο δείγμα, οι οποίες και ανιχνεύονται από μια σειρά αισθητήρων. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του SEM σε σχέση με άλλες μεθόδους ανάλυσης της μικροδομής είναι η εξαιρετική ανάλυση που παρέχει και φτάνει συχνά μέχρι και 1-5nm. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η αίσθηση τρισδιάστατης παρουσίασης της εικόνας που είναι αποτέλεσμα του μεγάλου βάθους πεδίου που παρέχει η μέθοδος όπως επίσης και του φαινομένου σκίασης που παρέχουν τα δευτερεύοντα ηλεκτρόνια και τα ηλεκτρόνια ανάκλασης.

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης αποτελείται από τα ακόλουθα υποσυστήματα: σύστημα παραγωγής δέσμης ηλεκτρονίων, σύστημα κατεύθυνσης της δέσμης που επιτρέπει την δημιουργία συνεκτικής δέσμης και σάρωσής της πάνω στο δείγμα, σύστημα πληροφοριών το οποίο περιλαμβάνει τους αισθητήρες που δέχονται τα διάφορα σήματα που εκλύονται σαν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της δέσμης ηλεκτρονίων με το δείγμα, καθώς και το σύστημα παρουσίασης (μεγέθυνση, παρουσίαση/ καταγραφή αποτελεσμάτων), σύστημα κενού που διατηρεί τα διάφορα υποσυστήματα της στήλης στο αντίστοιχο κενό. Το σύστημα παραγωγής δέσμης ηλεκτρονίων αποτελείται από την πηγή ηλεκτρονίων, τον συμπιεστή Wenholt και την άνοδο. Οι πηγές ηλεκτρονίων είναι τριών τύπων: νήμα πυρακτώσεως από βολφράμιο, μονοκρύσταλλος LαB6 ή πηγή ηλεκτρονίων εκπομπής πεδίου. Το σύστημα κατεύθυνσης της δέσμης ηλεκτρονίων αποτελείται από φακούς ηλεκτρονίων που χρησιμοποιούνται για την απομεγέθυνση του ειδώλου της πηγής στο τελικό μέγεθος σημείου στο δείγμα (1nm- 1μm). Συνήθως χρησιμοποιούνται δύο σειρές φακών, φακοί συμπύκνωσης και αντικειμενικοί φακοί. Η αλληλεπίδραση των ηλεκτρονίων της δέσμης με το υλικό μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως εξής: α) ελαστικές συγκρούσεις που αλλοιώνουν την τροχιά των ηλεκτρονίων της δέσμης χωρίς να μεταβάλλουν την ενέργειά τους. Τα ηλεκτρόνια αυτά ονομάζονται ηλεκτρόνια ανάκλασης (backscattered electrons) και παρέχουν σημαντικές τοπογραφικές πληροφορίες και δεδομένα σύνθεσης του δείγματος. β) ανελαστικές συγκρούσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα την μεταφορά ενέργειας από τα ηλεκτρόνια δέσμης στα άτομα του δείγματος, οδηγώντας στην παραγωγή δευτερευόντων

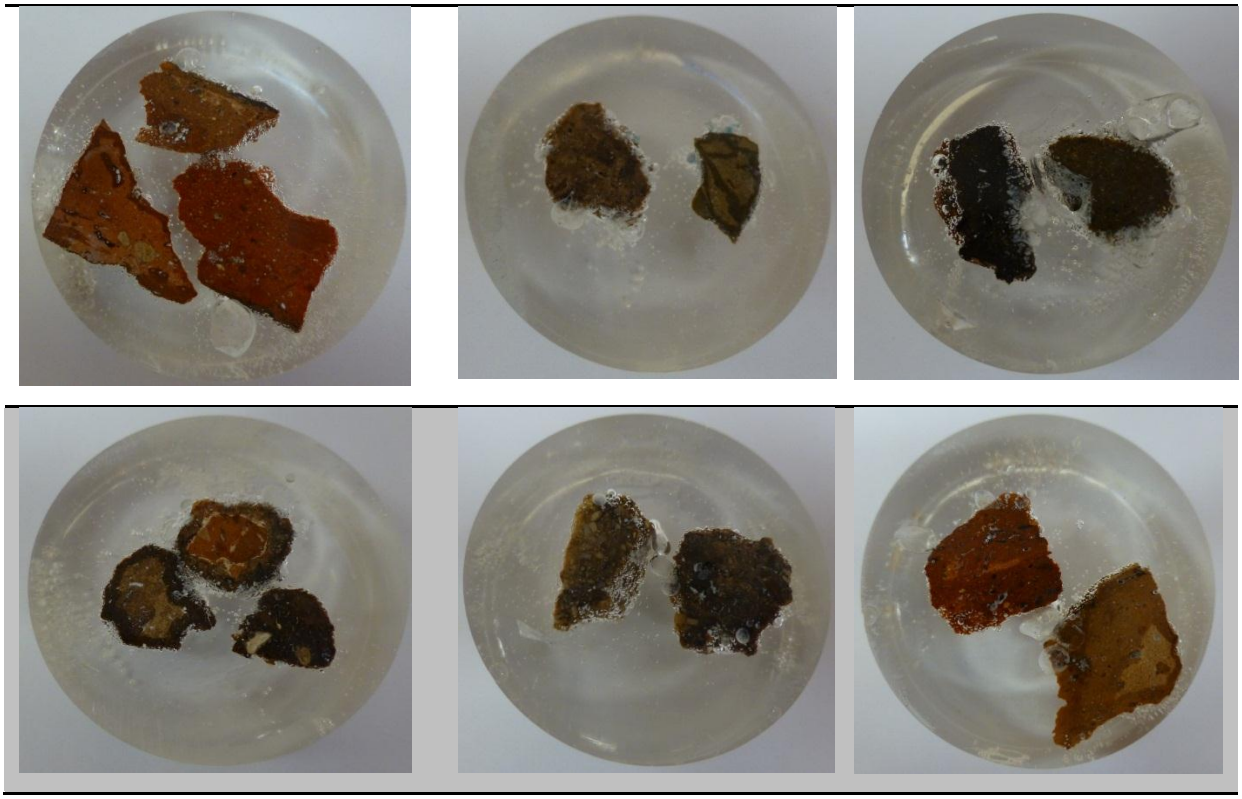
ηλεκτρονίων (secondary electrons), ηλεκτρονίων Auger, χαρακτηριστικών και συνεχών ακτινών Χ, ηλεκτρομαγνητικά ζεύγη (σε ημιαγωγούς και μονωτές) και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος στο ορατό, υπεριώδες και υπέρυθρο. Οι διαδικασίες ελαστικής και ανελαστικής σκέδασης λειτουργούν παράλληλα. Η συνδυαστική δράση τους περιορίζει την διείσδυση της δέσμης ηλεκτρονίων στο δείγμα. Η παραγωγή εικόνας γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο: η δέσμη ηλεκτρονίων εισέρχεται στο θάλαμο του δείγματος και προσκρούει το δείγμα στο σημείο του οπτικού άξονα της στήλης. Τα ηλεκτρόνια αλληλεπιδρούν με το δείγμα (ελαστικά ή ανελαστικά) δημιουργώντας ένα όγκο αλληλεπίδρασης απ' όπου και εκλύονται διάφορες ακτινοβολίες. Η ένταση των σημάτων αυτών καταγράφεται μέσω κατάλληλων ανιχνευτών και αποκαλύπτονται οι ιδιότητες του δείγματος όσων αφορά στη τοπογραφία, τη σύνθεση κ.α. προκειμένου να μελετηθούν οι ιδιότητες του δείγματος σε άλλη τοποθεσία (σημείο) και τελικά να διαμορφωθεί μια εικόνα, η δέσμη πρέπει να μετακινείται από σημείο σε σημείο με τη βοήθεια συστήματος σάρωσης.

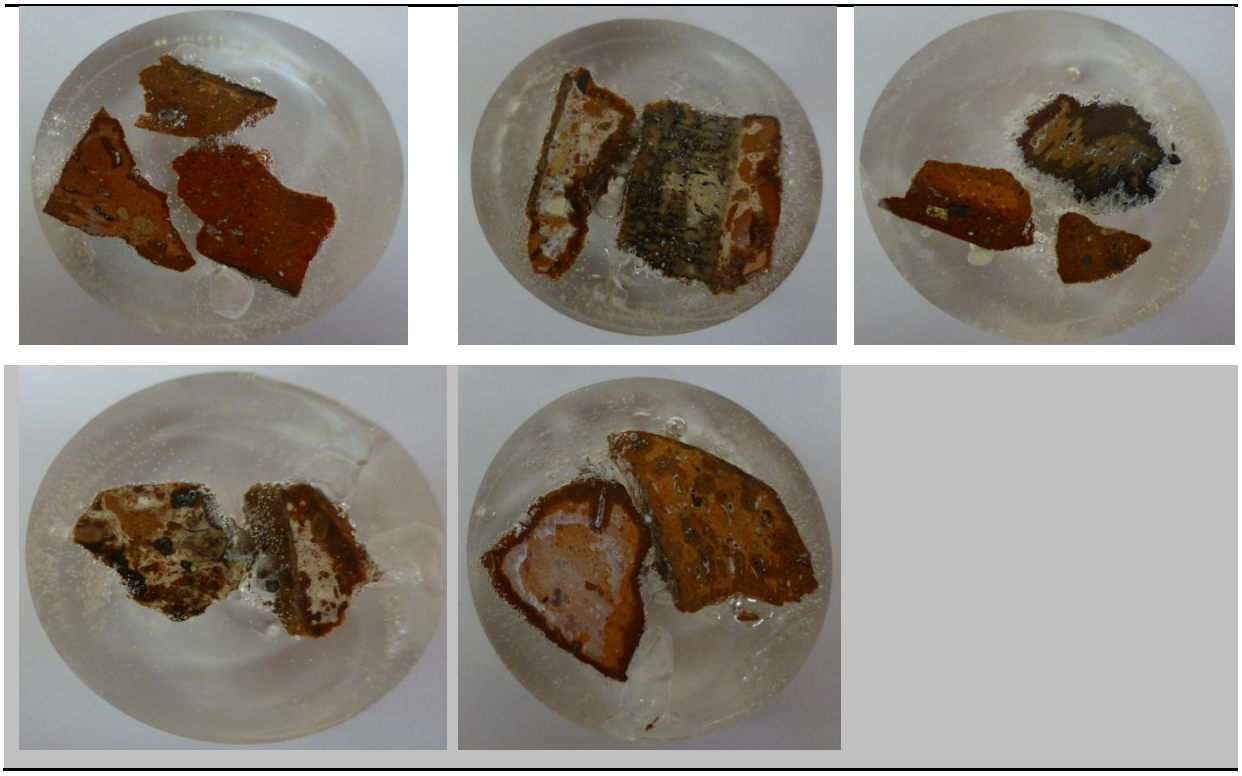
Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν στο SEM τμήματα όλων των δειγμάτων, κονιαμάτων και πλίνθων. Ύστερα από την προσεκτική αποκοπή αντιπροσωπευτικών τμημάτων των δειγμάτων, ακολούθησε εγκιβωτισμός τους σε πολυεστερική ρητίνη. Ο εγκιβωτισμός απαιτεί μια διαδικασία, ώστε καταστεί το δείγμα κατάλληλο για τη μελέτη και παρατήρησή του στο SEM, όπως η τριβή της προς μελέτη επιφανείας με σειρά από ειδικά γυαλόχαρτα και πάστα διαμαντιού.

Εικόνα 8: ***Στιγμιότυπο από την προετοιμασία των δειγμάτων μετά των εγκιβωτισμό τους σε ρητίνη.***

Όλες οι μετρήσεις, καθώς και η προετοιμασία των δειγμάτων, έλαβαν χώρα στο εργαστήριο Αρχαιομετρίας του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου στην Καλαμάτα το καλοκαίρι του 2015, υπό την επίβλεψη του Αν.Καθ. Ν.Ζαχαριά.

Εικόνα 9: ***Η διάταξη του SEM σε συνδυασμό με τη στοιχειακή μικροανάλυση EDX. Εργαστήριο Αρχαιομετρίας Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.***





Ανάλυση Φθορισμού Ακτινών Χ (XRF)

Η μέθοδος φθορισμού ακτινών Χ είναι μία μη καταστροφική μέθοδος ανάλυσης στερεών και υγρών σωμάτων. Το δείγμα ακτινοβολείται με μία δέσμη ακτινών Χ που προκαλεί την εκπομπή «δευτερογενών» ακτινών Χ που χαρακτηρίζονται φθορίζουσες (fluorescent). Οι εκπεμπόμενες ακτίνες Χ μπορούν να ανιχνευτούν με ανιχνευτές ενεργειακής διασποράς (EDS) ή διασποράς μήκους κύματος (WDS). Η ενέργεια ή τα μήκη κύματος των εκπεμπόμενων ακτινών Χ χρησιμοποιούνται για να αναγνωριστούν τα χημικά στοιχεία που υπάρχουν στο υπό ανάλυση δείγμα ενώ οι συγκεντρώσεις των στοιχείων καθορίζονται από την ένταση των ακτινών Χ.

Η μέθοδος φθορισμού ακτινών Χ είναι μια τεχνική ανάλυσης ολικού δείγματος (bulk analysis). Το βάθος του δείγματος που αναλύεται κυμαίνεται από λιγότερο από 1 mm έως 1 cm ανάλογα με την ενέργεια των εκπεμπόμενων ακτινών Χ και τη σύσταση του δείγματος. Τα στοιχεία που συνήθως αναλύονται είναι από το Na μέχρι το U. Ελαφρύτερα στοιχεία από το B έως το F μπορούν επίσης ν' ανιχνευτούν.

Στη παρούσα εργασία αναλύθηκαν με την μέθοδο αυτή τα επτά δείγματα των πλίνθων. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Bryker Tracer III SD με ρυθμίσεις:

1) Light Elements
   Settings 15 KV-24 μ A
   Vacuum
   120 δευτερόλεπτα (συλλογή φάσματος)
2) Trace Elements
   Settings 40 KV-12 μ A
   Yellow filter
   120 δευτερόλεπτα (συλλογή φάσματος)

Προσδιορισμός ολικών διαλυτών αλάτων (SST%) & δοκίμων ποιοτικής χημικής ανίχνευσης (SPOT TESTS)

Το νερό απορροφάται από τις τοιχοποιίες και προκαλεί μια σειρά προβλημάτων, όπως η φθορά από τις έντονες πιέσεις που ασκούνται κατά την πήξη του νερού όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από 0, η δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη βιοδιάβρωσης, τα αποτελέσματα των κύκλων ύγρανσης ξήρανσης κ.α. Η σημαντικότερη, ίσως, φθορά που προκύπτει όμως είναι η μεταφορά διαλυτών αλάτων στο εσωτερικό. Όταν το νερό εξατμιστεί τα άλατα θα ανακρυσταλλωθούν έχοντας μια σειρά δυσμενών αποτελεσμάτων για τα δομικά υλικά.

Η φθορά από την ανάπτυξη των πιέσεων αυτών εκδηλώνεται με την απολέπιση, την αποφλοίωση, την αποσάθρωση και τη ρηγμάτωση των υλικών. Σε μεγαλύτερη αναλογία συναντώνται θειικά, χλωριούχα και νιτρικά άλατα.

Η μέτρηση των διαλυτών αλάτων γίνεται λοιπόν για τον εντοπισμό του είδους και που ποσού των αλάτων στο δείγμα, έτσι ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τη φύση του υλικού και τους μηχανισμούς φθοράς στους οποίους υπόκειται.

Για τον προσδιορισμό των ολικών διαλυτών αλάτων εφαρμόστηκε το ιταλικό πρότυπο ‘’Dosaggio dei sall solubele, Normal 13/83’’, κατά το οποίο λαμβάνει χώρα ζύγιση 100 ± 5 mg ξηρού δείγματος σε σκόνη, το οποίο διαλύεται σε 100 ml απιονισμένου νερού. Εικοσιτέσσερις ώρες μετά την παρασκευή των διαλυμάτων μετρείται η αγωγιμότητά τους, η οποία εκφράζεται σε μSiemens. Ο προσδιορισμός της επί τοις εκατό περιεκτικότητας του κάθε δείγματος σε διαλυτά άλατα δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$SST\% = (C \times 6,88) / m$$

όπου:

C: η αγωγιμότητα του προς εξέταση δείγματος σε μS

m: το βάρος του προς εξέταση δείγματος σε mg

Η θερμοκρασία όλων των διαλυμάτων και του τυφλού ήταν 19,5 -20 ^{o}C κατά τη μέτρηση της αγωγιμότητάς τους.

Συμπληρωματικά του προσδιορισμού των ολικών διαλυτών αλάτων πραγματοποιήθηκαν δοκιμές ποιοτικής χημικής ανίχνευσης χλωριούχων (Cl^-) και θειικών αλάτων (SO_4^{-2}), δεδομένης της καθοριστικής συμβολής τους στη φθορά των υλικών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα υδατικά διαλύματα βάσει των οποίων έγινε ο προσδιορισμός της αγωγιμότητας. Γενικά, για την παρασκευή των διαλυμάτων απαιτείται η χρήση απιονισμένου νερού υψηλής καθαρότητας.

Για τον προσδιορισμό των χλωριούχων αλάτων κάθε δείγματος τοποθετήθηκε μέρος του υδατικού του διαλύματος εντός δοκιμαστικού σωλήνα και προστέθηκε μικρή ποσότητα (λίγες σταγόνες) νιτρικού αργύρου ($AgNO_3$) 0,1 N. Παρουσία χλωριόντων σχηματίζεται χλωριούχος άργυρος (AgCl) που δημιουργεί χαρακτηριστικό λευκό θόλωμα. Η ποσότητα των περιεχομένων χλωριόντων καθορίζει την ένταση του παρατηρούμενου θολώματος.

Για τον προσδιορισμό των θειικών ιόντων προστέθηκε, βάσει της ίδιας διαδικασίας, μικρή ποσότητα χλωριούχου βαρίου ($BaCI_2$) 0,1 M. Παρουσία θειικών ιόντων παράγεται θειικό βάριο ($BaSO_4$), που και αυτό προκαλεί λευκό θόλωμα. Η ποσοτική παρουσία των θειικών ιόντων καθορίζει την ένταση του θολώματος.

Ποιοτικά, η παρουσία των χλωριόντων και των θειικών ιόντων μπορεί να χαρακτηριστεί ως πολύ υψηλή, υψηλή, μέτρια, μικρή, πολύ μικρή ή ίχνη. Επισημαίνεται ότι μέτρο σύγκρισης για την πολύ μεγάλη παρουσία χλωριόντων είναι το πόσιμο νερό.

Μετρώ την αγωγιμότητα του απιονισμένου και την αφαιρώ από αυτή του διαλύματος. Στη προκειμένη περίπτωση η αγωγιμότητα του απιονισμένου νερού που χρησιμοποιήθηκε ήταν 6,45 μS.

Περίθλαση ακτινών Χ (XRD)

Για τα κρυσταλλικά υλικά, η περίθλαση ακτινοβολίας αποτελεί μία από τις πλέον ικανές μεθόδους, αφενός ως προς τον χαρακτηρισμό της κρυσταλλικής δομής και αφετέρου, ως προς τη ταυτοποίηση των ενώσεων που παρουσιάζονται στα υπό εξέταση δείγματα. Η μέθοδος χρησιμοποιεί τις ακτίνες Χ επιτυγχάνοντας με ακρίβεια τον προσδιορισμό των ορυκτών. Οι αποστάσεις μεταξύ των δικτυωτών επιπέδων των κρυστάλλων ενός ορυκτού, το είδος των ατόμων και η κατανομή τους στα δικτυωτά επίπεδα είναι χαρακτηριστικά για κάθε ορυκτό. Η περίθλαση ακτινών Χ είναι δυνατή επειδή το μήκος κύματος των ακτινών Χ είναι συγκρίσιμο με τις διαστάσεις των βασικών κελιών των κρυστάλλων. Όταν δέσμη ακτινών Χ προσπίπτει πάνω σε ένα κρύσταλλο παρατηρείται το φαινόμενο περίθλασης τους, η οποία εξαρτάται από το μήκος κύματος των ακτινών Χ, τον προσανατολισμό και τη δομή των κρυστάλλων. Η δέσμη των ακτινών Χ αλληλεπιδρά με την ηλεκτρονιακή πυκνότητα των ατόμων ή των ιόντων του κρυσταλλικού πλέγματος, δημιουργώντας έναν ηλεκτρονιακό χάρτη του εξεταζόμενου κρυστάλλου. Η χρήση της μεθόδου σε δομικά υλικά αποκαλύπτει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την κρυσταλλική δομή, το μέγεθος των κρυστάλλων, μικροσκοπικές καταπονήσεις και αποδίδει ποσοτική ανάλυση των ορυκτολογικών φάσεων.

Η μέθοδος αποτελείτε από τρία βασικά στοιχεία: την πηγή ακτινοβολίας, το γωνιόμετρο και τον αισθητήρα. Η μέθοδος βασίζεται στην συνθήκη του Bragg που διατυπώθηκε από τους Βρετανούς φυσικούς W.H.Bragg και τον υιό του W.L.Bragg το 1913 και εξηγεί γιατί οι κρύσταλλοι φαίνεται να ανακλούν δέσμη ακτινών Χ σε ορισμένες γωνίες πρόσπτωσης (θ):

$$N\lambda = 2d \sin\theta$$

Όπου η παράμετρος d είναι η απόσταση μεταξύ των ατομικών επιπέδων στον κρύσταλλο, λ είναι το μήκος κύματος της προσπίπτουσας δέσμης ακτινών X και n είναι ακέραιος αριθμός.[34]

Στη παρούσα εργασία εξετάστηκαν έξι δείγματα με την μέθοδο την περίθλασης ακτινών Χ. Η επιλογή τους έγινε με βάσει τα αποτελέσματα των μεθόδων που προηγήθηκαν, ξεχωρίζοντας έτσι τα δείγματα που θα είχαν περισσότερο ενδιαφέρον από ορυκτολογικής άποψης. Πρόκειται για το δείγμα 3Κ το οποίο είναι δομικό κονίαμα και τα δείγματα 4Κα και 10Κ που είναι επιχρίσματα τοιχοποιίας. Το δείγμα 4Κα χωρίστηκε σε 4 διαφορετικά δείγματα, αφού μπορούσαν να ξεχωρίσουν οι τέσσερις διαφορετικές στρώσεις του επιχρίσματος.

[34] Αντωνία Μοροπούλου, *Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων και μη καταστρεπτικών τεχνικών.* Επιστήμη και τεχνική υλικών. 7ου εξαμήνου Χ-Μ ΕΜΠ, 2012

Εικόνα 10: **Τα στρώματα του επιχρίσματος αποκολλήθηκαν και προέκυψαν τα δείγματα 4Κα εξωτερικό, 4Κα μεσαίο, 4Κα εσωτερικό και 4Κα εσωτερικό προετοιμασίας, τα οποία εδώ μελετώνται σαν ξεχωριστά κονιάματα και ας ανήκουν στο ίδιο επίχρισμα.**

Όλες οι αναλύσεις έγιναν στο εργαστήριο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείο του τμήματος Χημικών Μηχανικών, με χρήση του οργάνου Bruker D8 Advance και υπό την επίβλεψη της Δρ. Αικ.Δελέγκου.

Εικόνα 11:*Το D8 Advance της Bruker.*

Χαρακτηρισμός των ιστορικών κονιαμάτων με κοκκομετρική ανάλυση ή κοκκοδιαβάθμιση.

Η κοκκομετρική ανάλυση των κονιαμάτων είναι μια καταστροφική μέθοδος ανάλυσης, η οποία είναι όμως εύκολη, οικονομική και παρέχει πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος των αδρανών του κονιάματος, καθώς και της αναλογίας κονίας-αδρανών. Κατατάσσεται ανάμεσα στις απαραίτητες μεθόδους για το χαρακτηρισμό των ιστορικών κονιαμάτων.

Η κοκκοδιαβάθμιση αναφέρεται στην αποκάλυψη του μεγέθους των σωματιδίων (κόκκων) ενός υλικού και της κατανομής τους. Το μέγεθος και η κατανομή μεγέθους των

κόκκων έχουν σημαντική επίδραση στην πυκνότητα και στις μηχανικές, ηλεκτρικές και θερμικές ιδιότητες των υλικών.[35]

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την κοκκοδιαβάθμιση των κονιαμάτων. Στην παρούσα εργασία έγινε κοκκοδιαβάθμιση με την μέθοδο του ξηρού κοσκινίσματος. Το κοσκίνισμα είναι μια από τις παλαιότερες μεθόδους ταξινόμησης κονίας με βάση το μέγεθος των κόκκων.

Η σωστή δειγματοληψία είναι ένα πολύ σημαντικό στάδιο ώστε το δείγμα που θα ληφθεί να είναι αντιπροσωπευτικό του συνόλου του υλικού. Από το υπόκαυστο του λουτρού στην Αρχαία Μεσσήνη ελήφθησαν 14 δείγματα κονιαμάτων από διαφορετικά σημεία. Τμήματα των δειγμάτων αυτών κονιορτοποιήθηκαν με τη χρήση γουδιού, ζυγίστηκαν και στη συνέχεια αναδεύτηκαν σε σειρά κοσκίνων με φθίνων άνοιγμα πλέξης. Έπειτα, ζυγίστηκαν τα κλάσματα της μάζας που παρέμειναν σε κάθε κόσκινο.

[35] Αντωνία Μοροπούλου, *Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων και μη καταστρεπτικών τεχνικών.* Επιστήμη και τεχνική υλικών. 7^{ου} εξαμήνου Χ-Μ ΕΜΠ, 2012

Η διαδικασία της δειγματοληψίας

Η λήψη τον δειγμάτων από το ύστερο- ρωμαϊκό λουτρό στην Αρχαία Μεσσήνη πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 2015, σε συνεργασία με τον Αναπλ. Καθ. Ν. Ζαχαριά. Οι θέσεις της δειγματοληψίας ορίστηκαν με βάση την κάτοψη του οικοδομήματος, καθώς και τις επιτόπιες μακροσκοπικές παρατηρήσεις των δομικών υλικών. Έγινε προσπάθεια λήψης αντιπροσωπευτικών δειγμάτων από όλους τους χώρους του αρχαίου λουτρού και σε ποσότητα ικανή, ώστε να εφαρμοστούν στην συνέχεια όλες οι εργαστηριακές μέθοδοι ανάλυσης που επιλέχθηκαν.

Εικόνα 12: Εικόνες από την διαδικασία της λήψης των δειγμάτων

5K

6K

7K

8K

9K

10 K

3П

4П

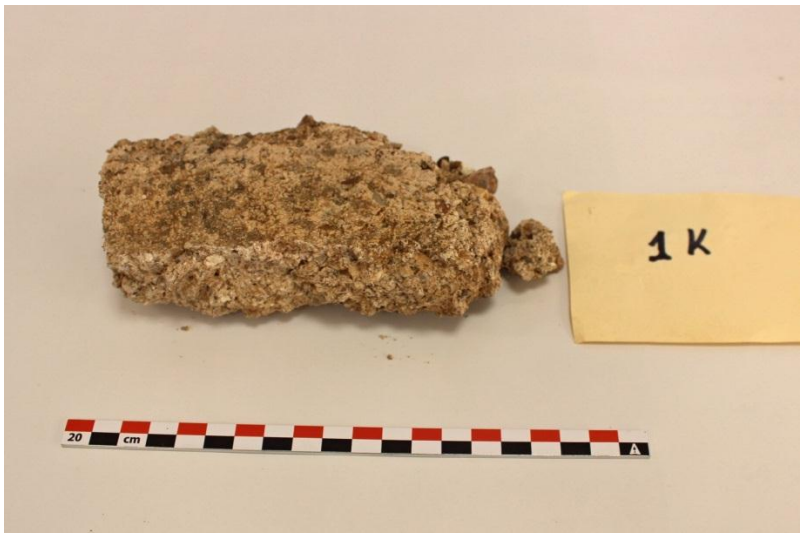
11K

5П

12K-6П

Φωτογραφική τεκμηρίωση των δειγμάτων στο εργαστήριο

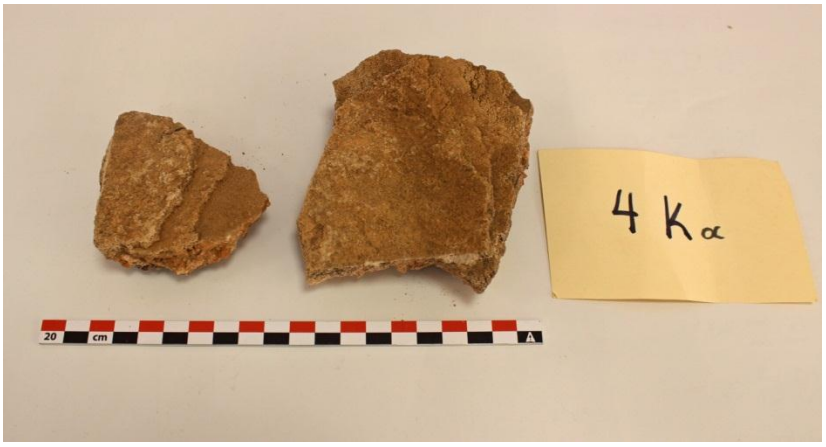
Μετά την δειγματοληψία από τον αρχαιολογικό χώρο, ακολούθησε φωτογράφηση των δειγμάτων στο εργαστήριο. Αυτό το στάδιο κρίθηκε απαραίτητο να είναι αρκετά εκτενές, λόγω του ότι οι αναλυτικές μέθοδοι που ακολουθούν είναι καταστροφικές και δεν θα υπήρχε μετέπειτα δυνατότητα να επαναληφθεί.



Εικόνα 13: ***Δείγμα 1Κ. Κονίαμα.***

Εικόνα 14: ***Δείγμα 2Κ. Κονίαμα.***

Εικόνα 15: ***Δείγμα 3Κ. Κονίαμα.***

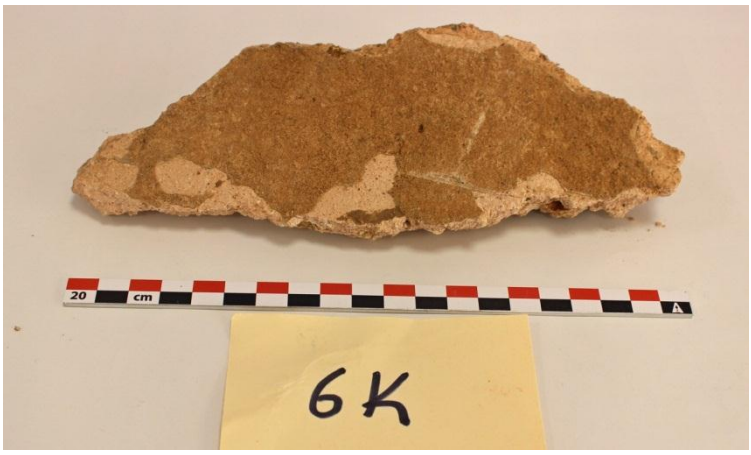


Εικόνα 16: ***Δείγμα 4Κα. Κονίαμα.***

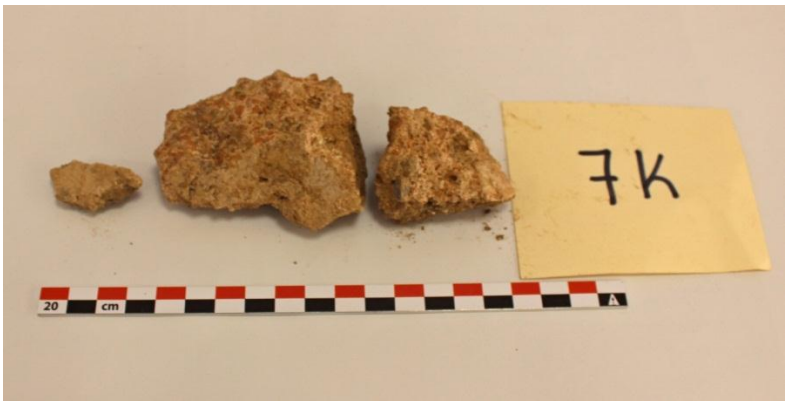
Εικόνα 17: ***Λεπτομέρεια από την τομή του δείγματος κονιάματος με εμφανή στρωματογραφία. Δείγμα 4Κα.***

Εικόνα 18:*Δείγμα 4Κβ. Κονίαμα.*

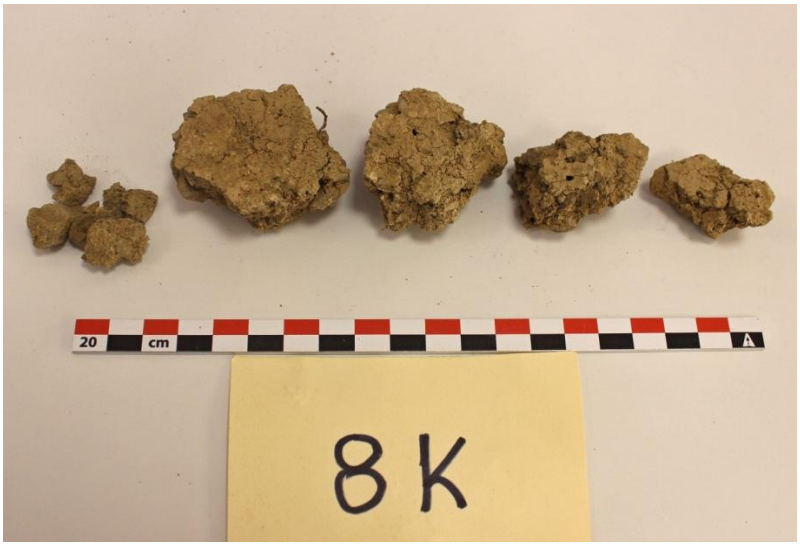
Εικόνα 19: ***Δείγμα 5Κ. Κονίαμα.***



Εικόνα 20: ***Δείγμα 6Κ. Κονίαμα.***



Εικόνα 21: ***Δείγμα 7Κ. Κονίαμα.***



Εικόνα 22: ***Δείγμα 8Κ. Κονίαμα.***

Εικόνα 23: ***Δείγμα 9Κ. Κονίαμα.***

Εικόνα 24: ***Δείγμα 10Κ. Κονίαμα.***

Εικόνα 25: ***Δείγμα 11Κ. Κονίαμα.***

Εικόνα 26: ***Δείγματα 12Κ και 6Π. Κονίαμα και οπτόπλινθος.***

Εικόνα 27: ***Δείγμα 13Κ. Κονίαμα.***

Εικόνα 28: ***Δείγμα 1Π. Οπτόπλινθος.***

Εικόνα 29: ***Δείγμα 2Π. Οπτόπλινθος.***

Εικόνα 30: ***Δείγμα 3Π. Οπτόπλινθος.***

Εικόνα 31: ***Δείγμα 4Π. Οπτόπλινθος.***

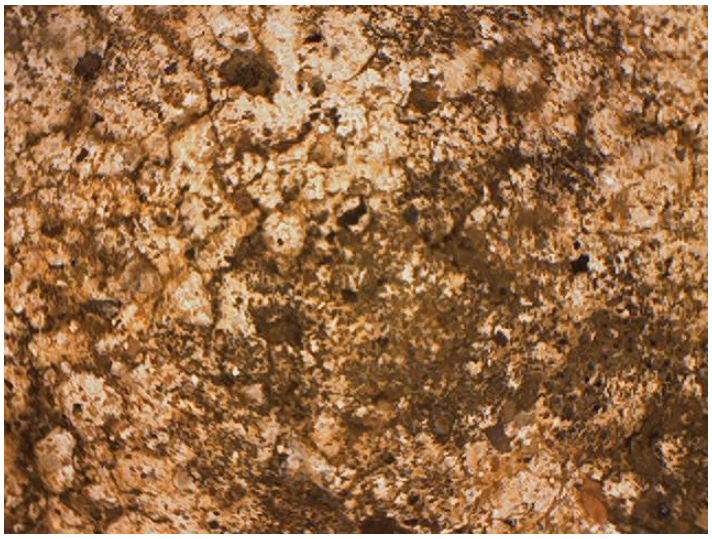
Εικόνα 32: ***Δείγμα 5Π. Οπτόπλινθος.***

Εικόνα 33: ***Δείγμα 7Π. Οπτόπλινθος.***

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αποτελέσματα Φορητής Οπτικής LED μικροσκοπίας

Κονιάματα x10. Παρουσίαση όλων των δειγμάτων.

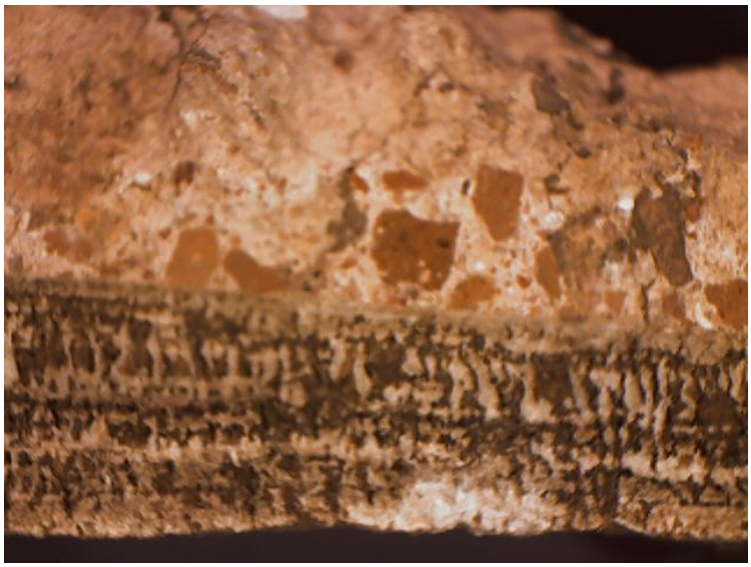


Εικόνα 34: ***Δείγμα 1Κ. Συνδετικό δομικό κονίαμα των πεσσίσκων έδρασης του πατώματος. Εξωτερική επιφάνεια του κονιάματος (περιοχή διεπαφής με το περιβάλλον) με εμφανή βιοδιάβρωση. Βελονισμός και ρηγματώσεις.***

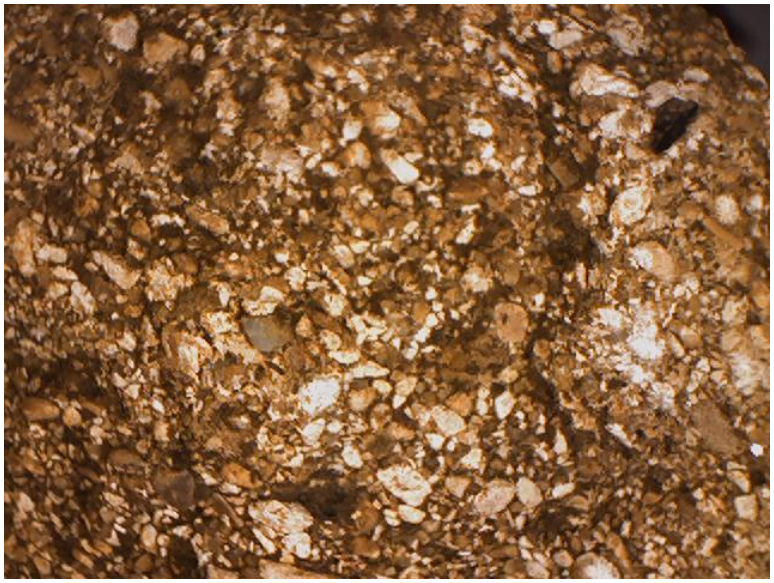
Εικόνα 35: ***Δείγμα 1Κ. Εσωτερικό του δείγματος- τομή. Εξαιρετικά χονδρόκοκκο κονίαμα. Τα αδρανή είναι χαλίκια σε μεγάλο ποσοστό.***

Εικόνα 36:*Δείγμα 2Κ. Συνδετικό δομικό κονίαμα των πεσσίσκων έδρασης του πατώματος. Κονίαμα ιδιαίτερα εύθρυπτο, με έντονες ρηγματώσεις. Επίσης όπως και στο προηγούμενο κονίαμα τα αδρανή είναι πολύ χονδρά. Πάνω δεξιά περιοχή βιοδιάβρωσης με βελονισμό.*

Εικόνα 37: *Δείγμα 3Κ. Έντονα διαβρωμένο κονίαμα. Αποσπάσεις τμημάτων και απώλεια αυθεντικού υλικού. Εύθρυπτο με χωμάτινη υφή.*



Εικόνα 38: ***Δείγμα 4Κα. Στρώματα επιχρίσματος τοιχοποιίας. Το υπόστρωμα διαφαίνεται χονδρόκοκκο και ακολουθούν λεπτόκοκκες στρώσεις.***



Εικόνα 39: ***Δείγμα 4Κβ. Κονίαμα αρμών (δομικό) της τοιχοποιίας. Σε αναλογία κονίας-αδρανών, υπερτερούν τα αδρανή, μάλλον ένα είδος χονδόκοκκης άμμου. Σημειακές αποκολλήσεις και δημιουργία οπών.***

Εικόνα 40: ***Δείγμα 5Κ. Επίχρισμα τοιχοποιίας από την περιοχή της μπανιέρας. Αισθητά πιο λεπτόκοκκο κονίαμα συγκριτικά με τα προηγούμενα. Και εδώ βελονοειδής διάβρωση και μικρορηγματώσεις και σημειακές απώλειες αυθεντικού υλικού.***

Εικόνα 41: ***Δείγμα 6Κ. Επίχρισμα τοιχοποιίας από την περιοχή της πισίνας. Η εικόνα είναι τραβηγμένη σε τομή, οπότε και είναι εμφανές το λεπτότερο επιφανειακό κονίαμα. Το υπόβαθρο είναι εμφανώς αδρό και χονδρόκοκκο. Αποκολλάτε εύκολα από την τοιχοποιία λόγω της αυξημένης διάβρωσης που παρουσιάζει.***

Εικόνα 42: ***Δείγμα 7Κ. Επίχρισμα τοιχοποιίας. Στο κονίαμα είναι εμφανές το σπασμένο κεραμικό και τα σημειακά συσσωματώματα του ασβέστη. Παρουσιάζει βελονοειδή βιοδιάβρωση.***

Εικόνα 43: ***Δείγμα 8Κ. Συνδετικό κονίαμα των πλίνθων σε κιονίσκο του υποκαύστου. Εικόνα σε τομή. Το κονίαμα είναι εξαιρετικό εύθρυπτο με χωμάτινη υφή. Τα αδρανή είναι χονδρόκοκκα, ενώ σε σημεία ξεχωρίζουν ολόκληρα χαλίκια. Παρουσιάζει έντονη διάβρωση με αποκόλληση των αδρανών και συνεχείς ρηγματώσεις.***

Εικόνα 44: ***Δείγμα 9Κ. Όπως και στο δείγμα 8Κ, το κονίαμα είναι ιδιαίτερα εύθρυπτο, σε βαθμό που δυσκολεύει ο χειρισμός του στη λήψη εικόνων. Πρόκειται ξανά για συνδετικό κονίαμα των κιονίσκων του υποκαύστου. Ξεχωρίζουν τα σκουρόχρωμα χαλίκια που περιέχει.***

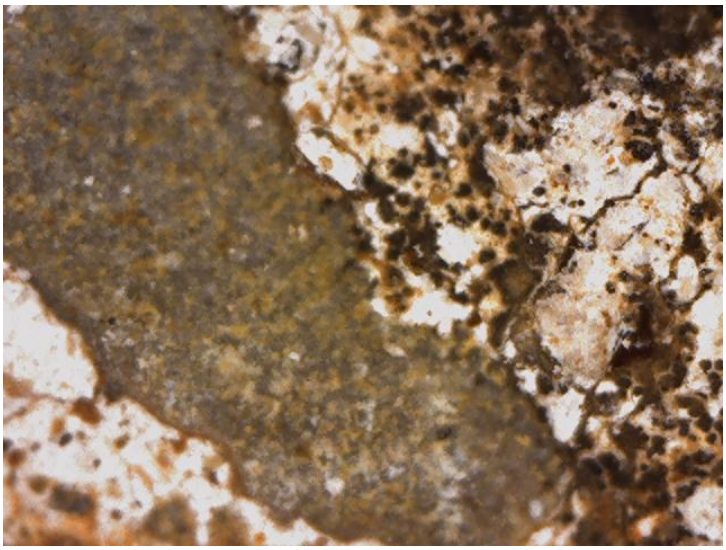
Εικόνα 45: ***Δείγμα 10Κ. Επίχρισμα τοιχοποιίας δίπλα στο χώρο της πισίνας. Το κονίαμα είναι συμπαγές και σχετικά λεπτόκοκκο με σημειακά μεγαλύτερα αδρανή μεγαλύτερου σχήματος.***

Εικόνα 46: ***Δείγμα 11Κ. Συνδετικό κονίαμα ανάμεσα στους οπτόπλινθους σε κιονίσκο του υποκαύστου. Το δείγμα παρουσιάζεται στην εικόνα σε τομή. Είναι πολύ χονδρόκοκκο και εύθρυπτο.***

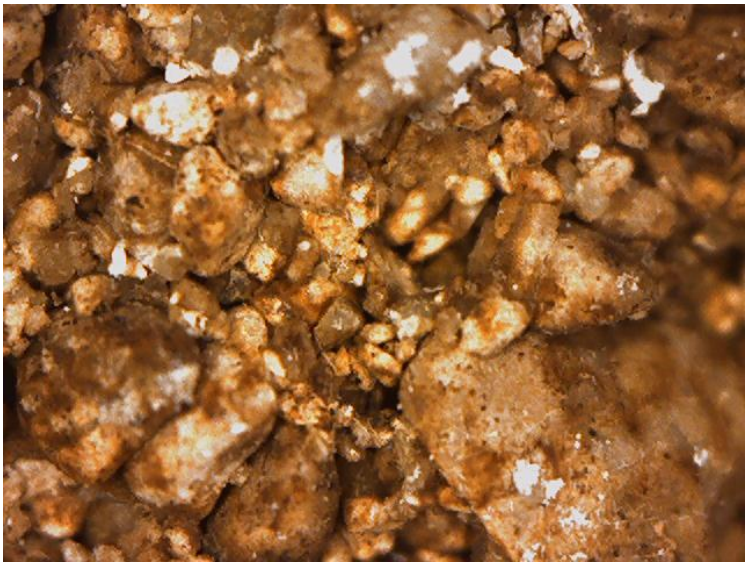
Εικόνα 47: ***Δείγμα 12Κ. Κονίαμα αρμών σε πλίνθους τοιχοποιίας της βορειότερη πλευρά του οικοδομήματος. Παρουσιάζει αυξημένη βιοδιάβρωση, πολλαπλές ρηγματώσεις και είναι χονδρόκοκκο.***

Εικόνα 48: ***Δείγμα 13Κ. Κονίαμα από της εξωτερική δυτική πλευρά του οικοδομήματος. Πρόκειται για κονίαμα αρμών ανάμεσα στους λίθων της τοιχοδομής. Ευμεγέθη αδρανή. Αποδυναμωμένη συνδετική κονία με αποτέλεσμα το κονίαμα να είναι εύθρυπτο.***

<u>Κονιάματα x50. Επιλεγμένη παρουσίαση δειγμάτων.</u>



Εικόνα 49: ***Δείγμα 1Κ. Μεγέθυνση x50. Έγκλεισμα και βιοδιάβρωση στη συνδετική κονία.***



Εικόνα 50: ***Δείγμα 4βΚ. Μεγέθυνση x50. Η συνδετική κονία έχει χαθεί.***

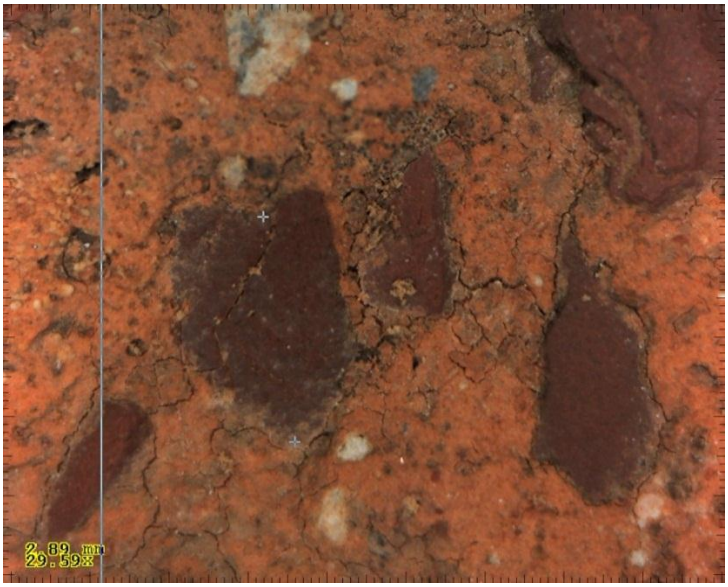
Εικόνα 51: ***Δείγμα 7Κ. Επιφανειακές ρωγμές και βιοδιάβρωση.***

ΠΛΙΝΘΟΙ

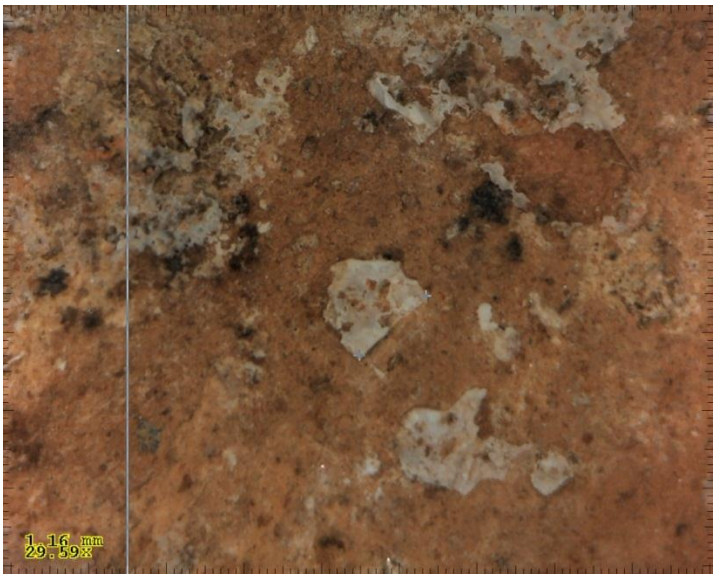
Η πλειονότητα των δειγμάτων των πλίνθων είναι οπτόπλινθοι από τους πεσσίσκους και τους κιονίσκους του υποκαύστου, με εξαίρεση δύο πλίνθους που προέρχονται από την τοιχοδομία. Παρακάτω παρουσιάζονται σε μεγεθύνσεις x10 και επιλεκτικά x200.

Εικόνα 52: ***Δείγμα 1Π. x10. Τομή του κεραμικού οπτόπλινθου όπου παρουσιάζεται αυξημένη διάβρωση, εξανθίσεις αλάτων και μικροχλωρίδα.***

Εικόνα 53: ***Δείγμα 2Π. x10. Τομή. Σχετικά λεπτόκοκκος πυλός με μεγάλα όμως εγκλείσματα. Εδώ λευκό ορυκτό έγκλεισμα.***



Εικόνα 54: ***Δείγμα 3Π. x10. Η άνω επιφάνεια του πλίνθου όπου παρατηρείται η αδρότητα της επιφάνειας καθώς και το μεγάλο πλήθος και μέγεθος των εγκλεισμάτων. Ακόμη παρατηρείται διάβρωση της επιφάνειας με ρηγματώσεις, απώλεια συνοχής και ευθρυπτότητα.***

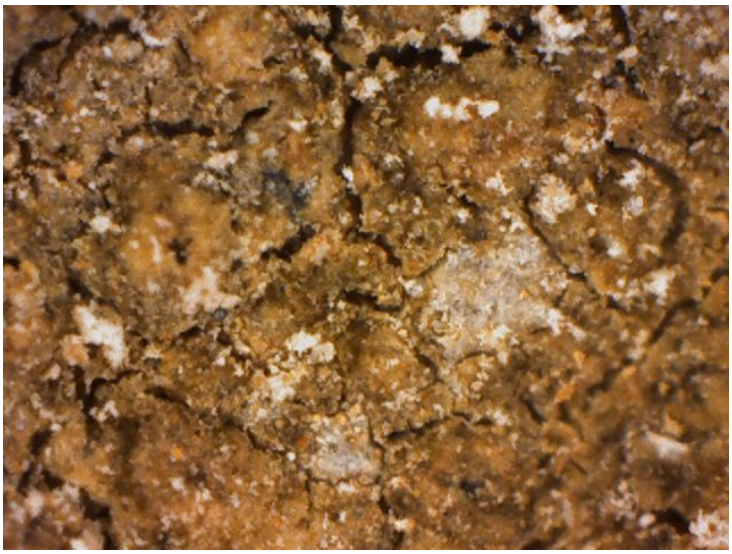


Εικόνα 55: ***Δείγμα 4Π. x10. Κάτω επιφάνεια του πλίνθου. Παρατηρείται έντονη επιφανειακή διάβρωση που περιλαμβάνει εξανθίσεις και ανάπτυξη βιολογικών παραγόντων.***

Εικόνα 56: ***Δείγμα 5Π. x10. Τομή. Ο πυλός περιέχει πολλά εγκλείσματα. Επίσης, παρατηρούνται πολλές οπές, πιθανώς λόγω πρόσμιξης άχυρου ή άλλων βιολογικών προσμίξεων οι οποίες χάθηκαν κατά των έψηψη. Ακόμη, κρυστάλλωση αλάτων, ιδιαίτερα στις οπές.***

Εικόνα 57: ***Δείγμα 6Π. x10. Τομή. Παρόμοια εικόνα με το δείγμα 5Π. Χαρακτηριστικές πάλι οι πολύ έντονες οπές στο κεραμικό.***

Εικόνα 58: ***Δείγμα 7Π. x10. Τομή. Οι ποιότητα του κεραμικού παραμένει χαμηλή όπως και παραπάνω. Τα εγκλείσματα είναι πολύ έντονα, όπως αυτό στο κέντρο της εικόνας.***



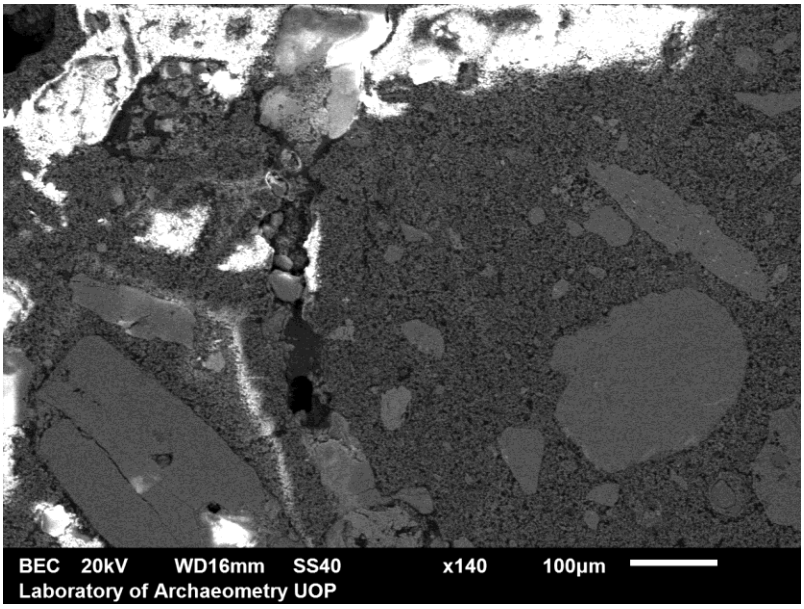
Εικόνα 59: ***Εικόνες σε μεγέθυνση x200. Επάνω δείγμα 5Π και κάτω δείγμα 6Π. Σε αυτή τη μεγέθυνση παρατηρείται καλύτερα η επιφανειακή διάβρωση των οπτόπλινθων. Συμπεραίνουμε βελονοειδή διάβρωση, μικρορηγματώσεις και έντονη κρυστάλλωση αλάτων.***

Αποτελέσματα Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Σάρωσης με στοιχειακή μικροανάλυση (SEM-EDX)

ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

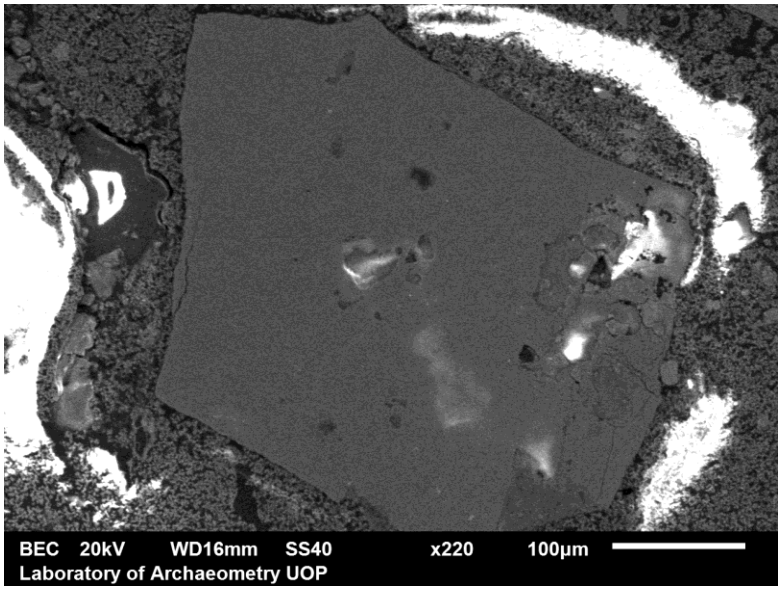
ΔΕΙΓΜΑ 1Κ

Το κονίαμα είναι σχετικά συμπαγές. Παρουσιάζει ωστόσο ορισμένες μικρορηγματώσεις και οπές στο εσωτερικού του. Η σύστασή του σύμφωνα με τον αναλυτή EDX είναι σε μεγαλύτερο ποσοστό Ca και δευτερευόντως Si, ενώ σε μικρότερα ποσοστά ανιχνεύονται Na, Mg, Al, K και Fe. Παρατηρούνται επίσης ποικιλόσχημα αδρανή, τα οποία είναι κατά κύριο λόγο κόκκοι χαλαζία, όπως το έγκλεισμα της δεύτερης εικόνας, που αποτελείται αποκλειστικά από Si.



Εικόνα 60

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
0,27	**1,05**	**2,200**	**25,99**	**0,20**	**70,04**	**0,26**	**100**

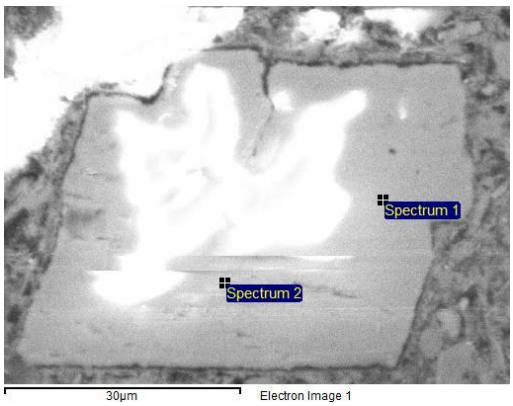


Εικόνα 61

Si	Total
100	**100**

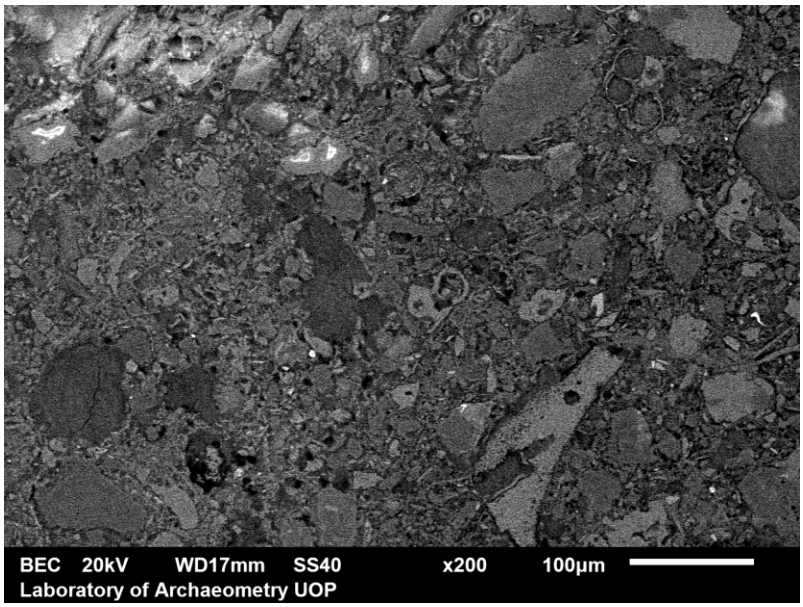
ΔΕΙΓΜΑ 2Κ

Το κονίαμα παρουσιάζει έλλειψη κονίας, αποτελούμενο κατά κύριο λόγο από Si και Al. Πρόκειται μάλλον για πηλοκονίαμα. Τα εγκλείσματα είναι ασβεστιτικής και χαλαζιακής σύστασης. Σύμφωνα με τον αναλυτή EDX ανιχνεύονται επίσης Mg, K, Ca, Fe σε μικρά ποσοστά.



Εικόνα 62

Spectrum	Ca	Total
1	100	100
2	100	100

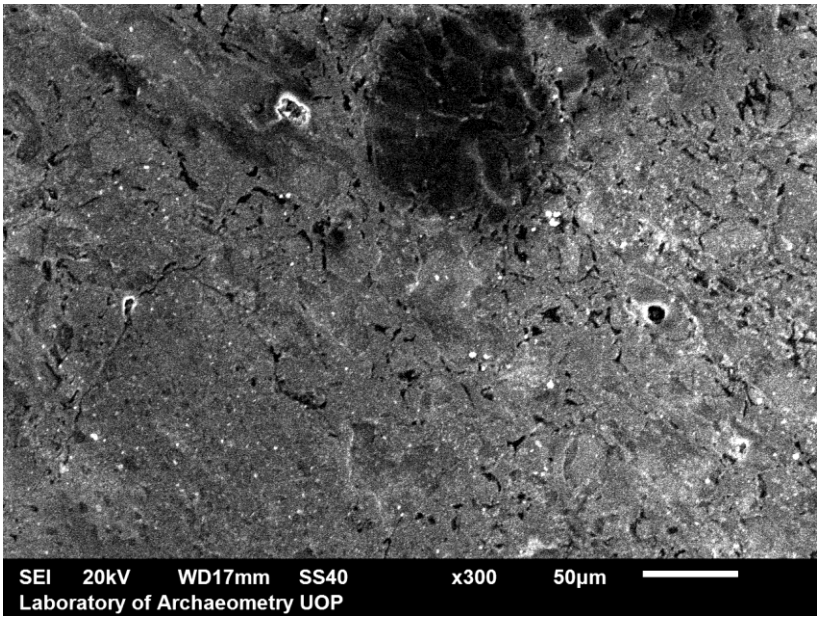


Εικόνα 63

Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
1,92	28,40	53,52	6,37	7,96	1,80	100

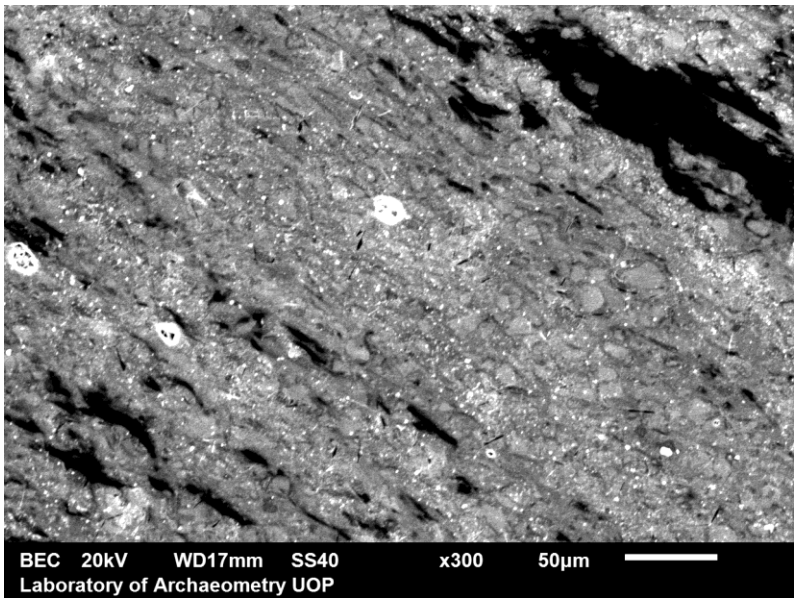
ΔΕΙΓΜΑ 3Κ

Το κονίαμα 3Κ ομοιάζει με το 2Κ. Μικροσκοπικά φαίνεται να είναι πολύ συμπαγές και η κύρια σύστασής του σε ποσοστό άνω του 70% είναι Si ενώ ακολουθεί το Al. Συνεπώς μάλλον πρόκειται για πηλοκονίαμα. Τα υπόλοιπα στοιχεία που ανιχνεύονται είναι K, Ca, Fe, Mg, Na, Ti. Η ύπαρξη του Na ίσως συνδέεται με μην φθορά του κονιάματος, γεγονός που θα ταχτοποιηθεί κατά την δοκιμή ανίχνευσης των διαλυτών αλάτων.



Εικόνα 64

Al	Si	K	Ca	Fe	Mg	Na	Ti	Total
12,29	77,35	4,33	0,85	1,60	2,37	0,93	0,29	100

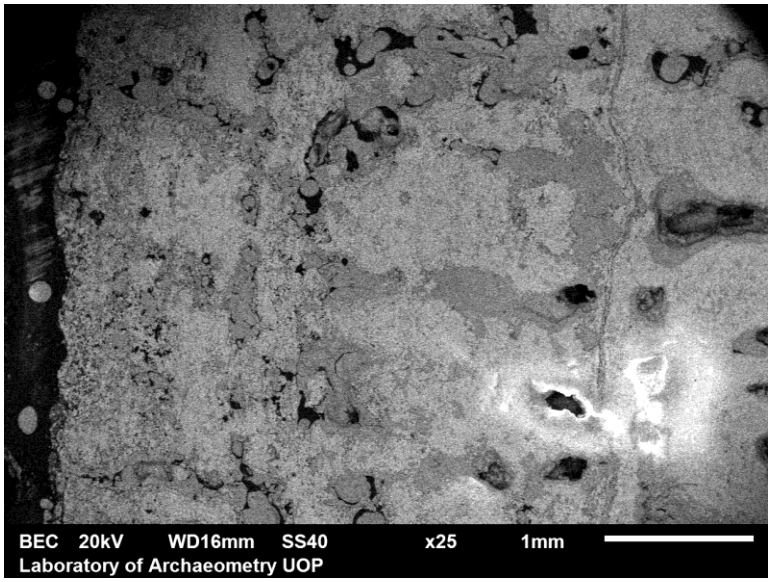


Εικόνα 65

Al	Si	K	Ca	Fe	Mg	Na	Ti	Total
13,21	76,23	4,36	1,36	1,51	2,23	0,82	0,27	100

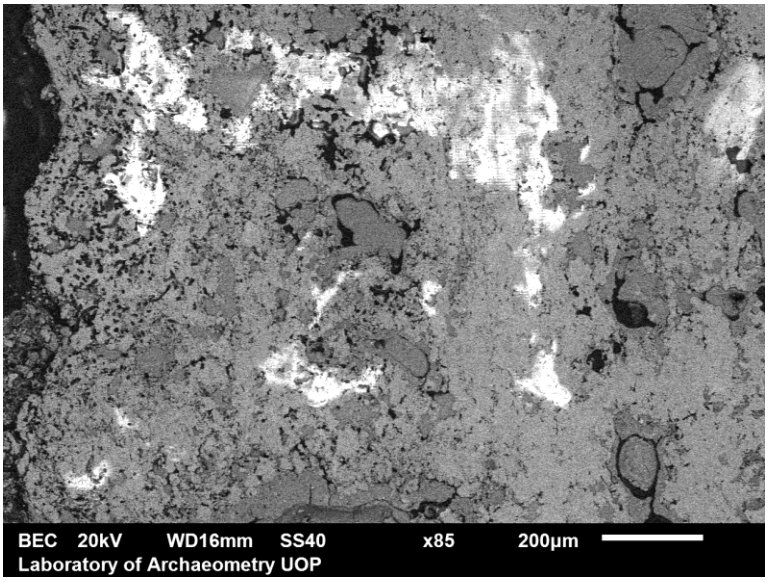
ΔΕΙΓΜΑ 4Κα

Στο κονίαμα οι συγκεντρώσεις Si και Ca ποικίλουν ανάλογα την περιοχή. Αυτό συμβαίνει διότι το συγκεκριμένο επίχρισμα αποτελείται από στρώματα διαφορετικής σύστασης και μικροδομής. Το γεγονός αυτό είναι ορατό και μακροσκοπικά αλλά επιβεβαιώνεται στη συνέχεια και με τη χρήση του XRD. Τα λεπτότερα επιφανειακά στρώματα αποτελούνται κυρίως από Ca, ενώ στο εσωτερικό η κύρια σύσταση είναι το Si. Επίσης αυξάνεται το ποσοστό του Al λόγω του θραυσμάτων κεραμικού που περιέχονται ως εγκλείσματα.



Εικόνα 66

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Total
0,62	**1,37**	**7,23**	**56,99**	**1,25**	**29,26**	**0,26**	**0,18**	**2,84**	**100**

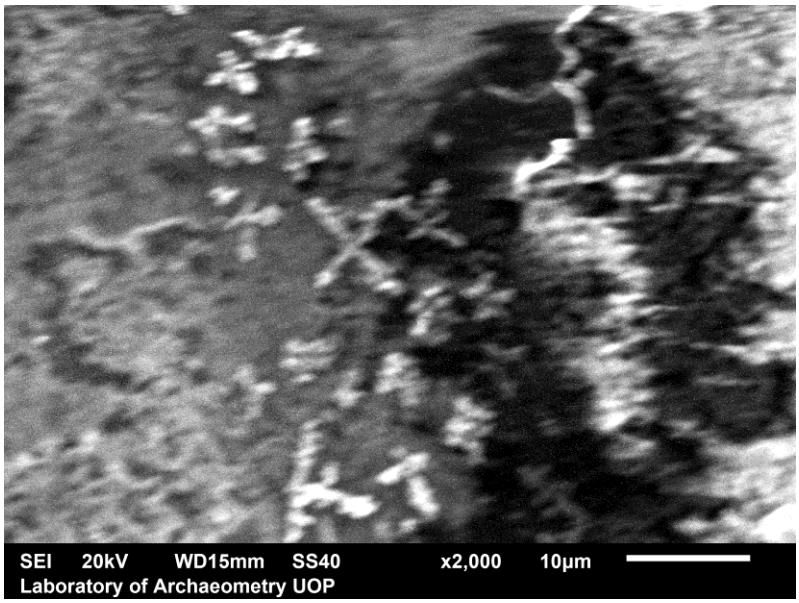


Εικόνα 67

Al	Si	K	Ca	Total
4,26	**38,74**	**0,86**	**56,14**	**100**

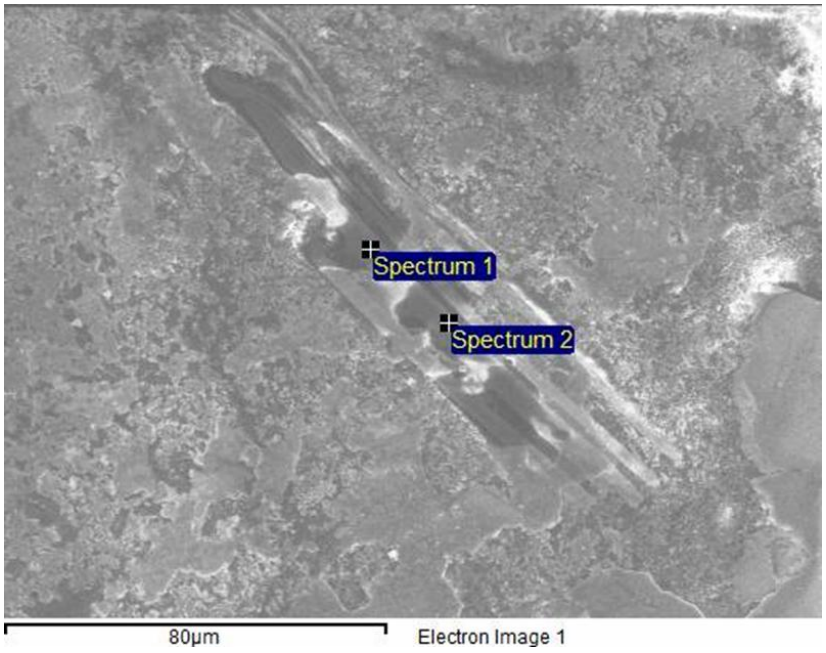
ΔΕΙΓΜΑ 4Κβ

Στη σύσταση του κονιάματος κυριαρχούν τα Ca και Si, ενώ σε μικρότερα ποσοστά ανιχνεύονται Al, K, Mg, Na. Πρόκειται για ένα συμπαγές κονίαμα με μεγάλα εγκλείσματα διαφόρων σχημάτων, αργιλοπυριτικής φύσης. Σε υψηλή μεγέθυνση μπόρεσαν να εντοπιστούν κρύσταλλοι αλάτων οι οποίοι εξηγούν και τα ποσοστά Na.



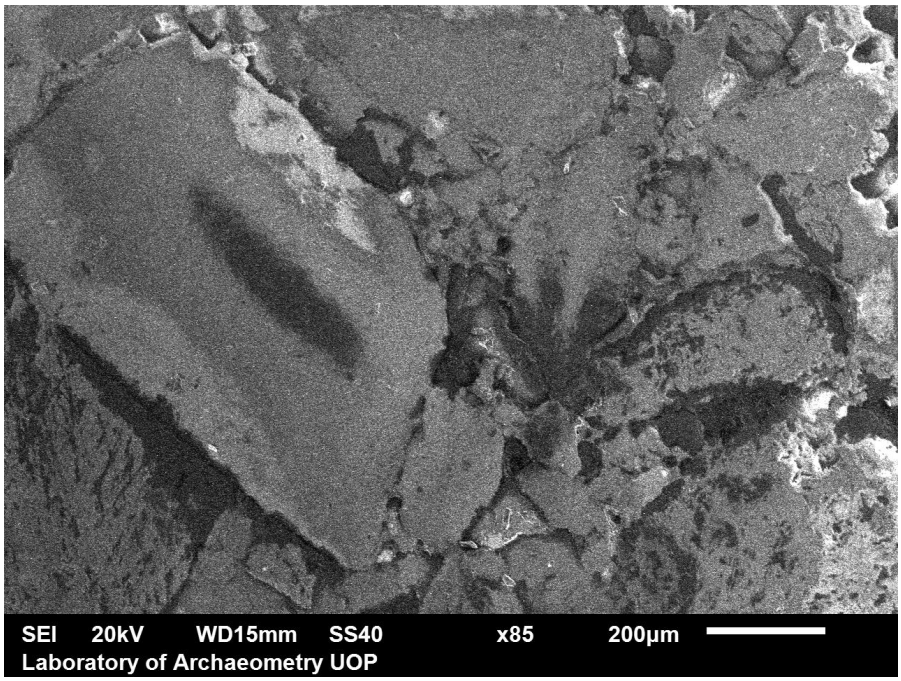
Εικόνα 68

Al	Si	K	Ca	Mg	Na	Ti	Total
1,66	84,12	0,21	12,95	0,74	0,08	0,25	100



Εικόνα 69

Spectrum	Al	Si	K	Ca	Na	Total
1	14,40	22,50	1,63	60,47	1	100
2	29,55	66,88	3,57	-	-	100



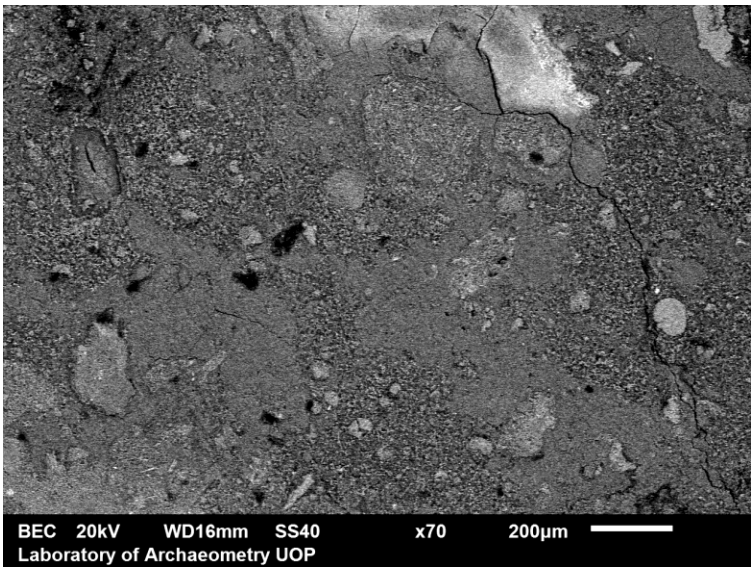
Εικόνα 70

Al	Si	K	Ca	Mg	Na	Total
4,5	44,76	0,26	45,82	3,04	1,62	100

ΔΕΙΓΜΑ 5Κ

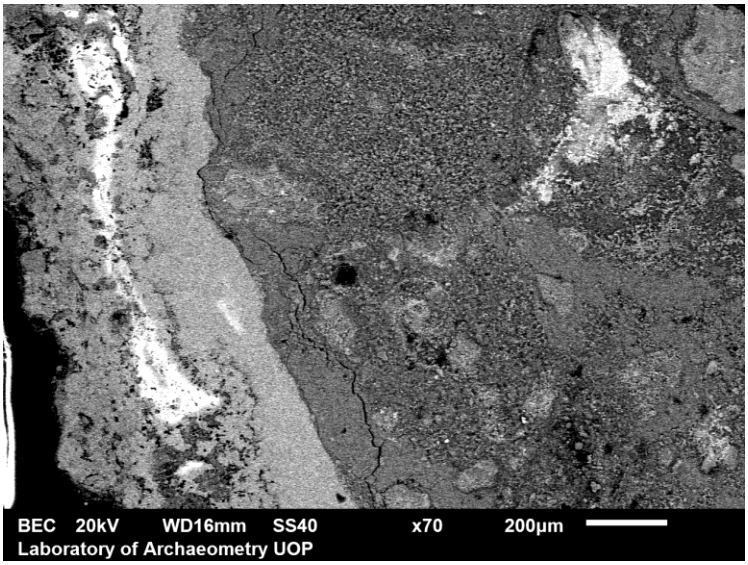
Πρόκειται για επίχρισμα τοιχοδομής. Το κονίαμα παρουσιάζει ιδιαίτερη ανομοιομορφία στο εσωτερικό του. Διαπιστώθηκε ότι αποτελείται κυρίως από Si, Ca και Al ενώ περιέχει μικρές ποσότητες Mg, K, Fe, Ti, Mn. Ωστόσο τα ποσοστά των παραπάνω στοιχείων ποικίλουν ιδιαίτερα, δημιουργώντας αυτοτελείς περιοχές διαφορετικής σύστασης, οι οποίες απέχουν λίγα μm και δημιουργούν στρώσεις

επιχρίσματος μη ορατές μακροσκοπικά. Η επιφανειακή στρώση του επιχρίσματος είναι ασβεστιτικής φύσης με ποσοστό Ca περί το 75%.



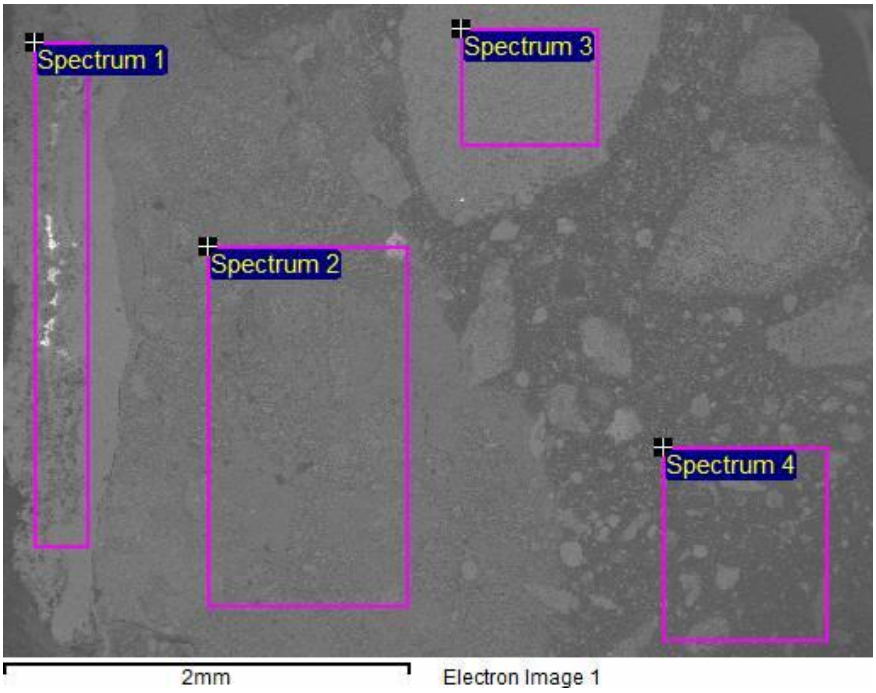
Εικόνα 71

Na	Mg	Al	Si	Ca	Total
0,45	**0,09**	**0,27**	**98,53**	**0,67**	**100**



Εικόνα 72

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Total
0,16	0,86	3,15	23,01	0,44	70,33	0,35	0,22	1,48	100

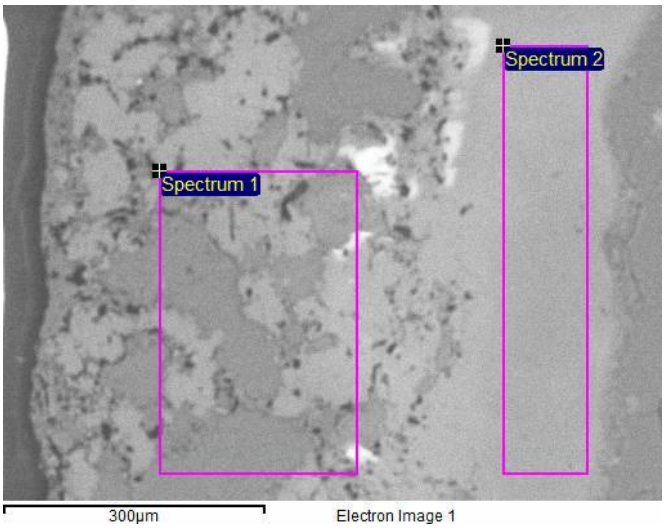


Εικόνα 73

Spectrum	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
1	-	2,37	22,14	-	75,49	-	100
2	1,36	4,79	76,36	-	15,13	2,36	100
3	1,35	4,43	38,38	1,08	52,76	2	100
4	-	10,82	54,11	-	31,48	3,48	100

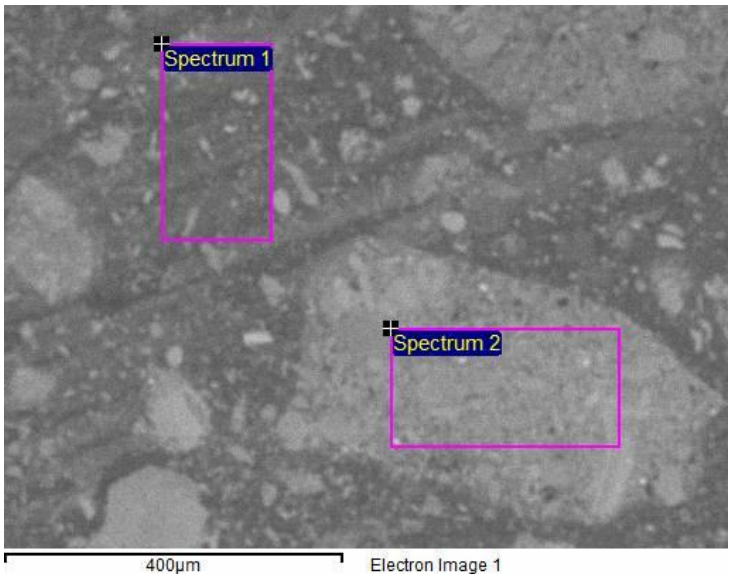
ΔΕΙΓΜΑ 6Κ

Και αυτό το κονίαμα είναι ένα επίχρισμα τοιχοδομής. Στο δείγμα εντοπίζονται δύο στρώσεις εκ των οποίων η μια αποτελείται εξ ολοκλήρου από ασβέστιο σύμφωνα με τον αναλυτή EDX. Η δεύτερη στρώση αποτελείται κατά κύριο λόγο από Si ενώ ανιχνεύονται επίσης Ca και Al. Στοχευμένες αναλύσεις σε points εντός των αδρανών έδειξαν την αργιλοπυριτική φύση τους.



Εικόνα 74

Spectrum	Al	Si	Ca	Total
1	2,41	68,61	28,98	100
2	-	-	100	100

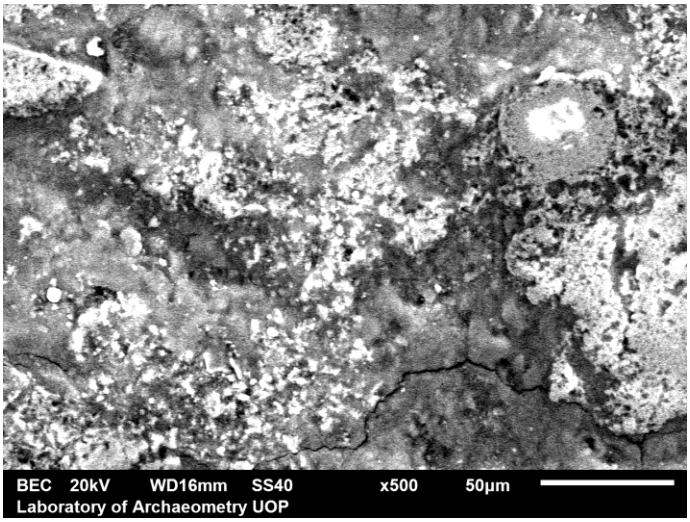


Εικόνα 75

Spectrum	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
1	-	7,52	69,01	-	23,47	-	100
2	2,22	9,56	63,79	2,02	19,17	3,25	100

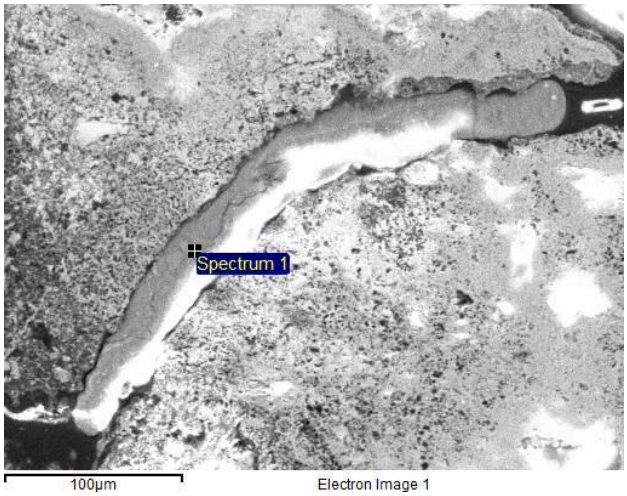
ΔΕΙΓΜΑ 7Κ

Το επίχρισμα



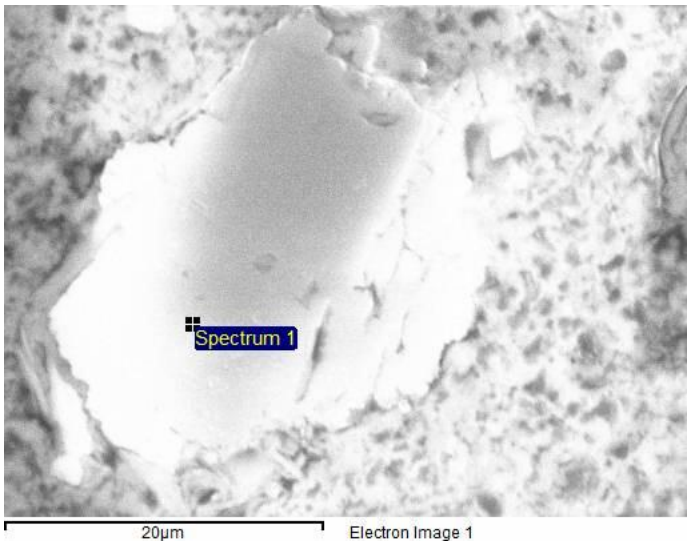
Εικόνα 76

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Total
0,42	0,40	2,89	63,28	0,45	31,77	0,09	0,05	0,65	100



Εικόνα 77

Spectrum	Si	Total
1	100	100

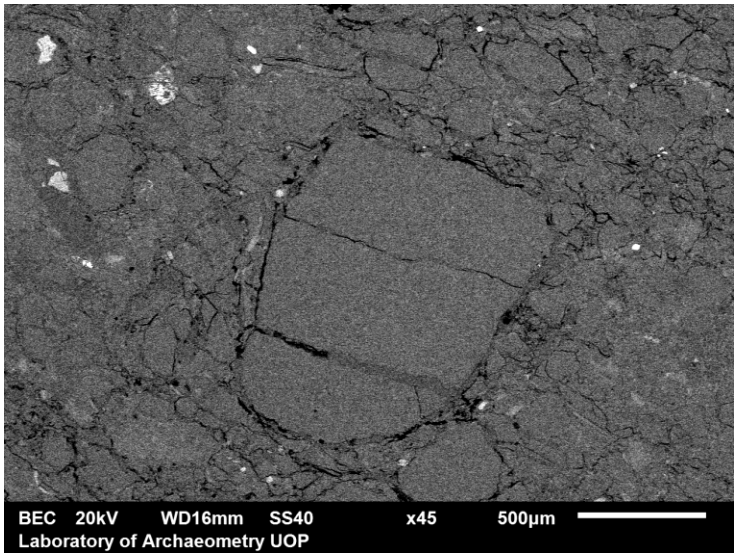


Εικόνα 78

Spectrum	Na	Al	Si	Total
1	11,91	18,54	69,56	100

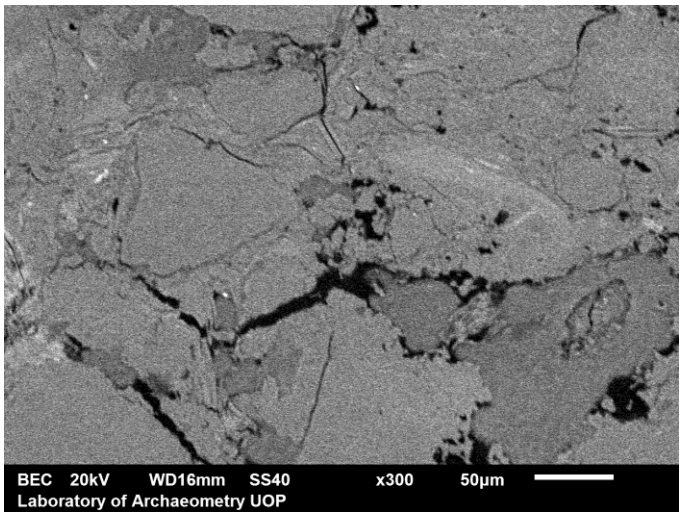
ΔΕΙΓΜΑ 8Κ

Το κονίαμα παρουσιάζει προβλήματα στη συνοχή μεταξύ των κόκκων. Σύμφωνα με τον αναλυτή EDX αποτελείται κατά κύριο λόγο από Si και περιέχει μικρά ποσοστά Al, Na, Fe, K, Ca, Ti, Mg. Το γεγονός ότι το Ca σχεδόν απουσιάζει, σε συνδυασμό με τα υψηλά ποσοστά Si και Al, μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως πρόκειται για πηλοκονίαμα. Επίσης, ως εγκλείσματα περιέχονται ορυκτά με υψηλό ποσοστό Fe.



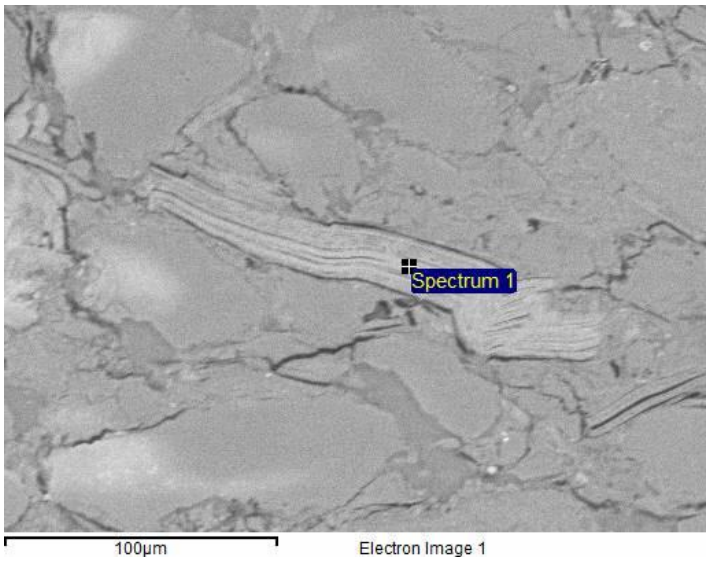
Εικόνα 79

Na	Mg	Si	K	Ca	Ti	Fe	Al	Total
0,84	0,58	89,37	0,86	0,51	0,36	2,85	4,63	100



Εικόνα 80

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
0.80	0,77	5,92	87,27	1,19	0,40	0,18	3,47	100

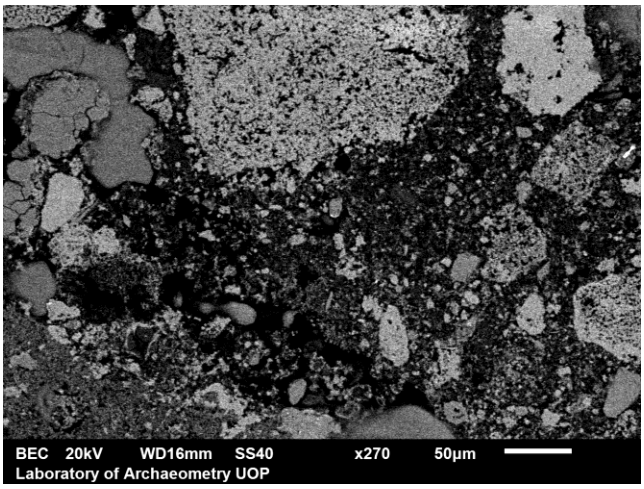


Εικόνα 81

Spectrum	Mg	Al	Si	Fe	Total
1	16,36	24,05	29,77	29,82	100

ΔΕΙΓΜΑ 9Κ

Το κονίαμα δεν είναι συμπαγές, έχει υποστεί ιδιαίτερη διάβρωση, γεγονός που το καθιστά εξαιρετικά εύθρυπτο. Η εικόνα αυτή επιβεβαιώνεται και μικροσκοπικά αφού παρουσιάζονται αρκετά κενά μεταξύ των κόκκων. Η κύρια σύσταση είναι το Ca ενώ σε μικρότερο αλλά σημαντικό ποσοστό εντοπίζεται Si. Ακόμη σύμφωνα με τον αναλυτή EDX περιέχονται σε μικρά ποσοστά Na, Mg, Al, K, Fe, Ti, Mn.

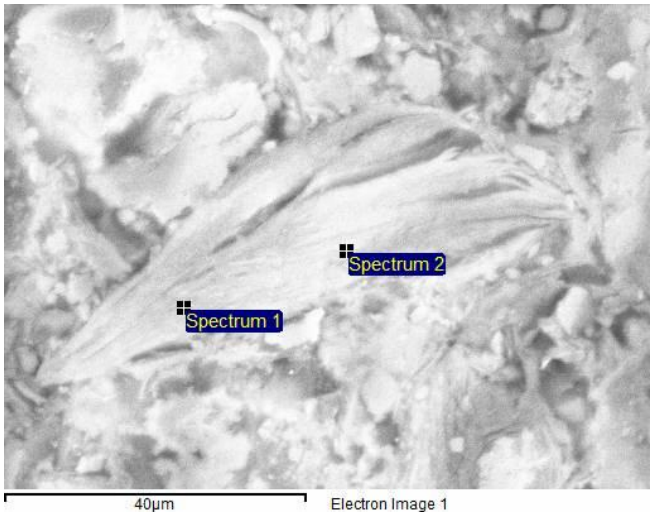


Εικόνα 82

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
0,16	**0,29**	**1,76**	**44,94**	**0,37**	**51,72**	**0,76**	**100**

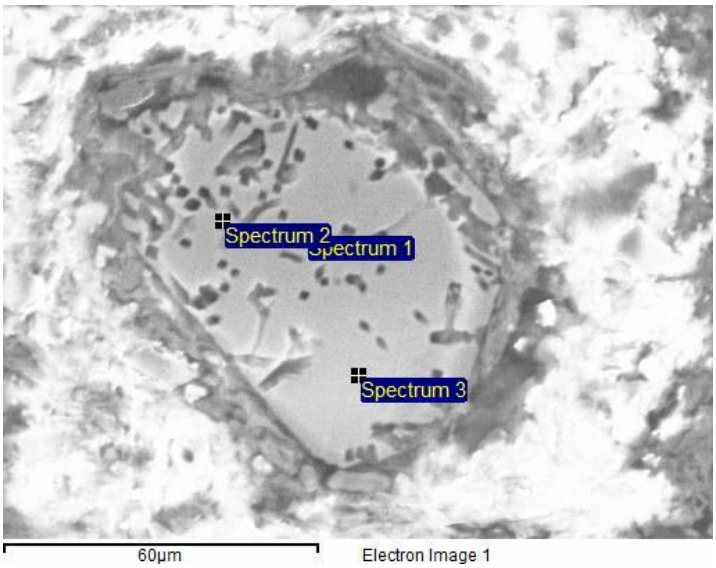
ΔΕΙΓΜΑ 10Κ

Το κονίαμα αποτελείται κυρίως από Si (του 60%) και περιέχει σημαντικά ποσοστά Ca και Al (περί 15% έκαστο). Ακόμη περιέχει Na, Mg, K, Ti, Mn, Fe. Πρόκειται για ένα συμπαγές κονίαμα. Αναλύσεις σε συγκεκριμένα αδρανή δείχνουν ότι περιέχονται σιδηρούχα ορυκτά.



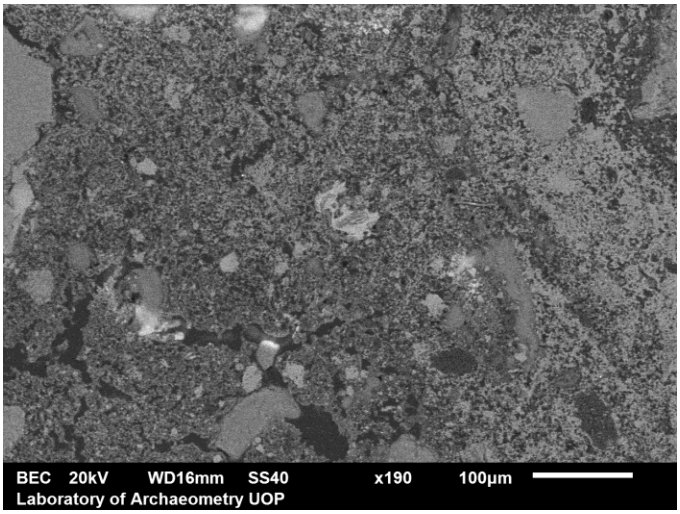
Εικόνα 83 Είναι πιθανόν να πρόκειται για φυσικό αμίαντο, λόγω του σχήματος και του υψηλού ποσοστου σε Fe.

Spectrum	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
1	8,87	16,53	38,91	4,92	2,12	28,65	100
2	8,49	15,49	35,35	3,96	2,31	34,41	100



Εικόνα 84

Spectrum	Mg	Al	Si	K	Ca	Mn	Fe	Total
1	3,26	21,56	40,67	-	2,51	7,78	24,23	100
2	1,83	17,27	44,61	0,93	3,55	7,14	24,66	100
3	3,27	20,81	40,81	-	2,89	8,24	23,98	100

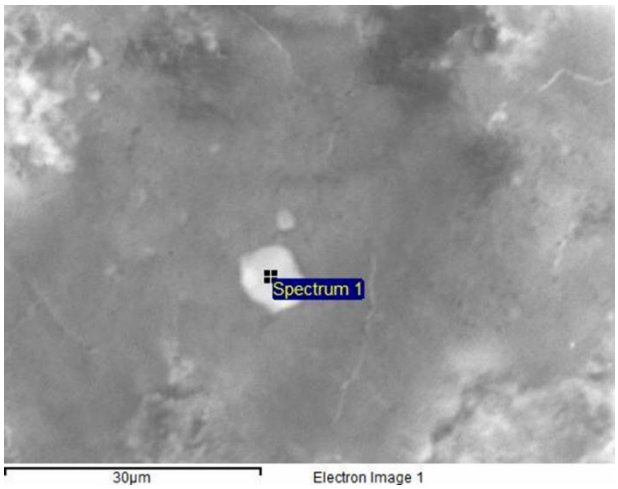


Εικόνα 85

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Total
0,57	1,10	5,78	63,19	0,88	26,81	0,03	0,29	1,35	100

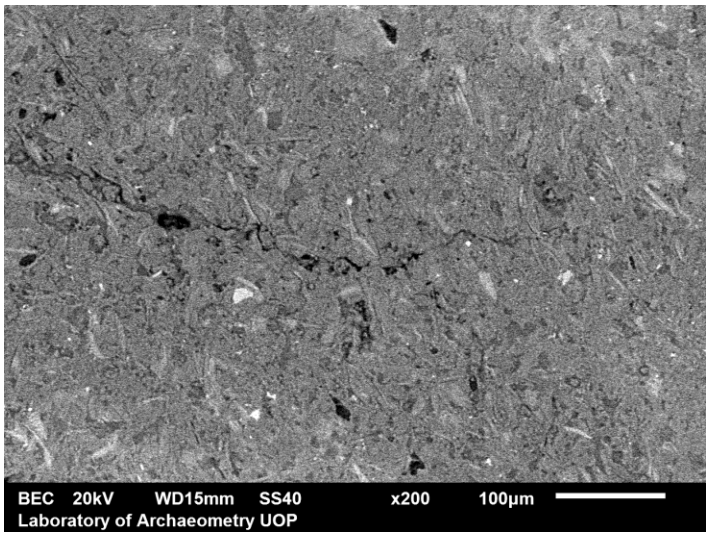
ΔΕΙΓΜΑ 11Κ

Το κονίαμα αποτελείται κατά κύριο λόγο από Si και δευτερευόντως Al. Πρόκειται μάλλον για πηλοκονίαμα. Τα εγκλείσματα είναι πρωτίστως χαλαζιακής σύστασης. Σύμφωνα με τον αναλυτή EDX ανιχνεύονται επίσης Mg, K, Ca, Ti, Fe σε μικρά ποσοστά.



Εικόνα 86

Al	Si	K	Total
4,66	94,18	1,16	100

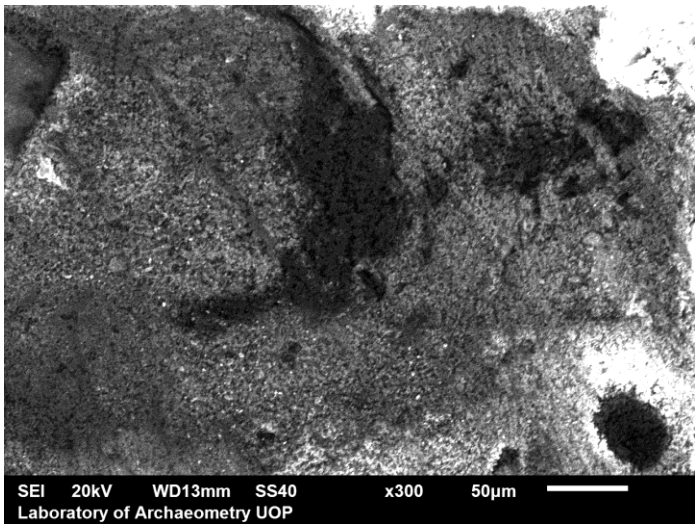


Εικόνα 87

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
1,25	**1,81**	**11,82**	**76,05**	**2,49**	**0,66**	**0,89**	**5,02**	**100**

ΔΕΙΓΜΑ 12Κ

Πρόκειται για ένα ασβεστιτικό δομικό κονίαμα. Η κύρια σύσταση είναι το Ca ενώ ανιχνεύονται Si, Al, Na, Mg, Ti, Fe σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Το κονίαμα είναι συμπαγές και συνεκτικό.

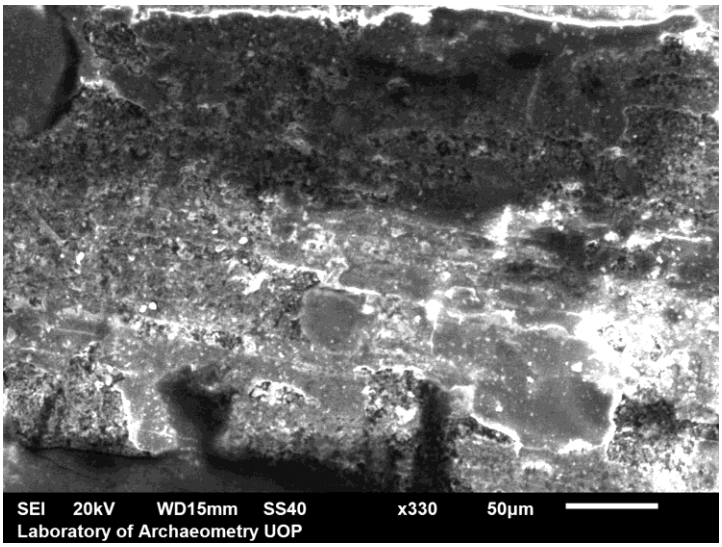


Εικόνα 88

Na	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Fe	Total
0,56	**1,71**	**2,08**	**36,14**	**58,22**	**0,65**	**0,63**	**100**

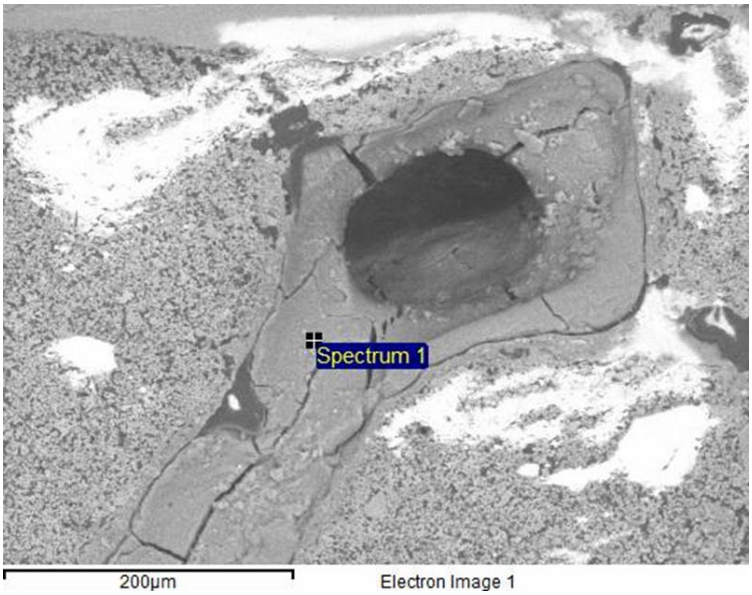
ΔΕΙΓΜΑ 13Κ

Το κονίαμα περιέχει ευμεγέθη πυριτικά εγκλείσματα τα οποία επηρεάζουν την συνολικά εικόνα της στοιχειακής μικροανάλυσης, δίνοντας πολύ υψηλές τιμές Si σε ορισμένες περιοχές, αλλά σε μεγάλη μεγέθυνση στη περιοχή της κονίας διαπιστώθηκε η υψηλή περιεκτικότητα σε Ca (75%). Στη σύστασή του ακόμη περιέχονται Mg, Al, K, Ti.



Εικόνα 89

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Total
0,69	**0,44**	**1,47**	**57,35**	**0,12**	**39,87**	**0,07**	**100**



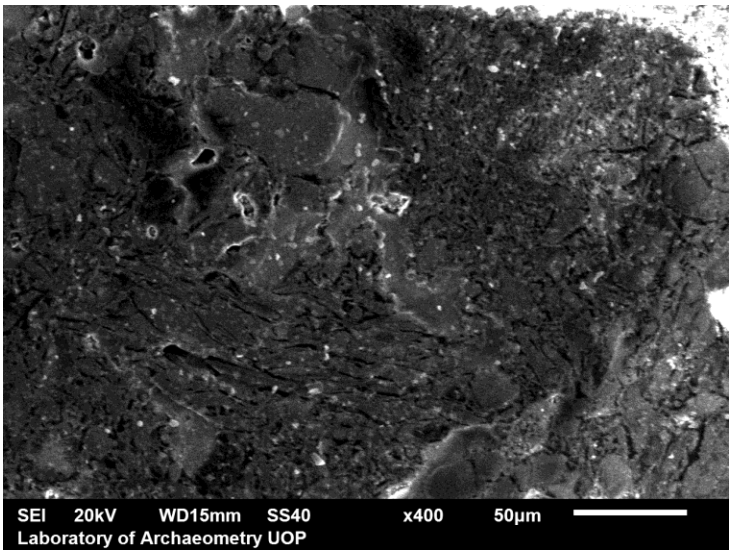
Εικόνα 90

Spectrum	Si	Na	Total
1	**99,13**	**0,87**	**100**

ΠΛΙΝΘΟΙ

ΔΕΙΓΜΑ 1Π

Ο πλίνθος περιέχει σε ποσοστό άνω του 70% Si και η δευτερεύουσα σύστασή του είναι το Al περί το 13-19%. Μακροσκοπικά και μικροσκοπικά παρουσιάζεται συμπαγής, με ορισμένες μικρορηγματώσεις και οπές. Σύμφωνα με τον αναλυτή EDX ανιχνεύονται επίσης Na, Mg, K, Ca, Fe σε μικρά ποσοστά. Η ύπαρξη Na συνδέεται με την εμφανιζόμενη φθορά.

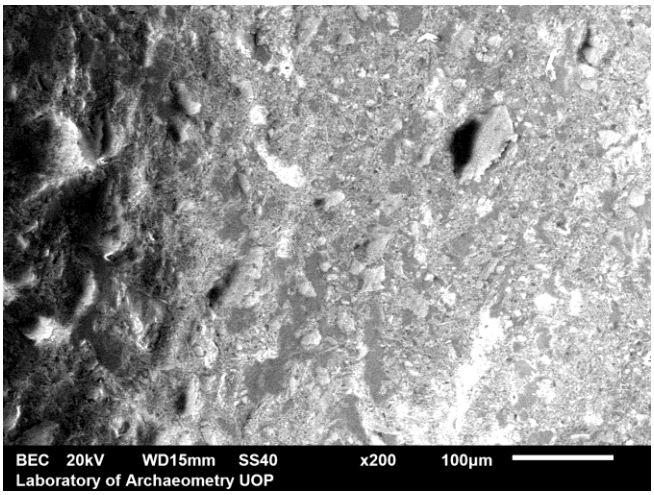


Εικόνα 91

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
1,23	**2,16**	**17,05**	**72,07**	**2,60**	**1,93**	**2,95**	**100**

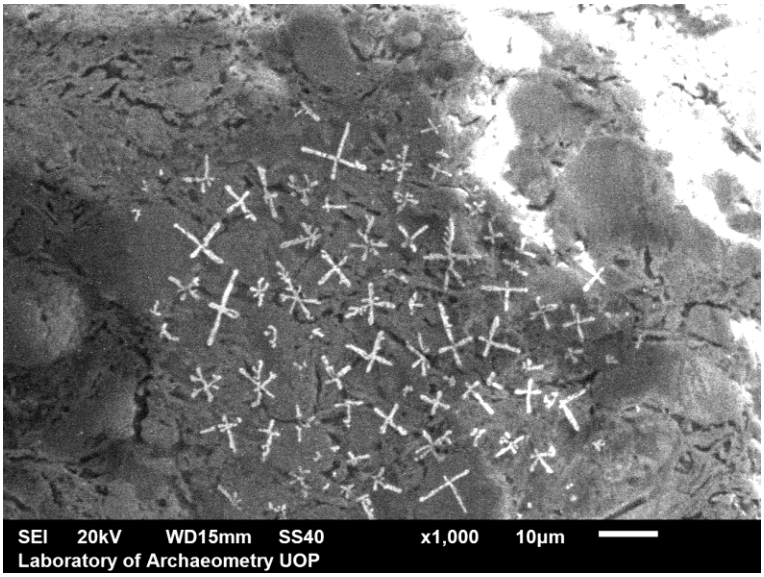
ΔΕΙΓΜΑ 2Π

Και σε αυτόν τον πλίνθο παραμένουν τα υψηλά ποσοστά Si και Al. Μικροσκοπικά ξεχωρίζουν ευμεγέθη εγκλείσματα αργιλοπυριτικής σύστασης. Επίσης κατέστη δυνατό να εντοπιστούν περιοχές με κρυστάλλωση αλάτων. Σύμφωνα με τον αναλυτή EDX ανιχνεύονται επίσης Na (σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στην περιοχή που εμφανίζει τα άλατα), Mg, K, Ca, Ti, Mn, Fe σε μικρά ποσοστά.



Εικόνα 92

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Total
1,13	1,65	13,45	75,36	2,66	1,93	0,45	0,16	3,22	100

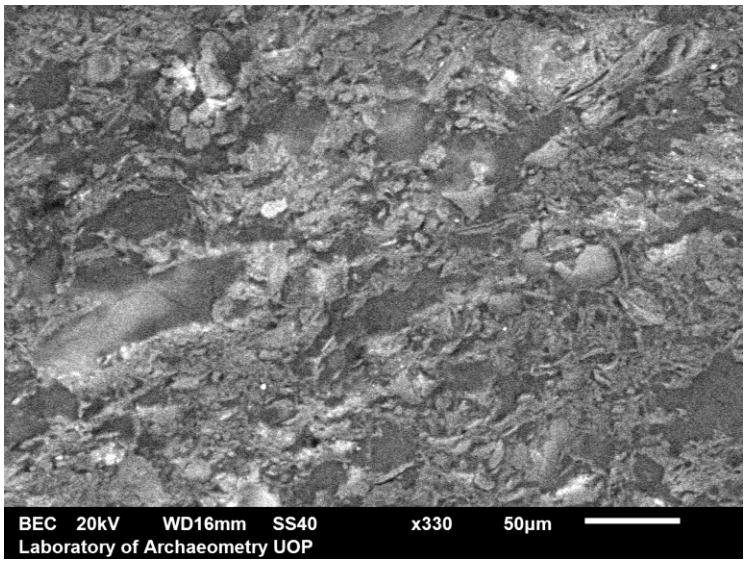


Εικόνα 93 Δενδριτικής διάταξης κρύσταλλοι αλάτων.

Spectrum	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
1	3,99	2,53	14,71	68,29	5,48	-	2,17	97,16
2	2,95	2,89	27,14	59,74	4,51	1,32	1,45	100

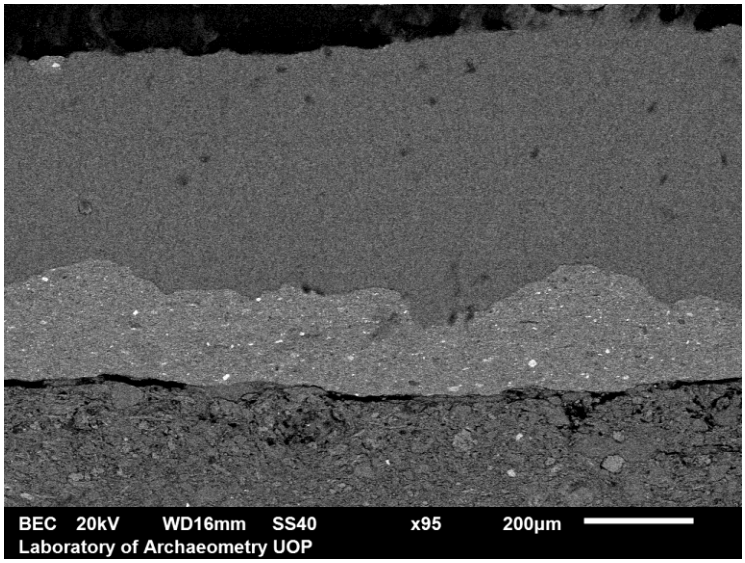
ΔΕΙΓΜΑ 3Π

Στον πλίνθο αυτόν μπόρεσαν να εντοπιστούν τρεις περιοχές διαφορετικής σύστασης και μικροδομής. Η εσωτερική περιοχή ομοιάζει στην σύσταση των προηγούμενων πλίνθων με το Si άνω του 70%. Στη δεύτερη ζώνη, ακριβώς επάνω, αυξάνονται τα ποσοστά Si, Mg, Fe ενώ φαίνεται συμπαγέστερη. Η τρίτη επιφανειακή ζώνη αποτελείται αποκλειστικά από Si, ενώ φαίνεται να είναι η συμπαγέστερη και η πιο λεπτόκοκκη από τις τρεις. Σύμφωνα με τον αναλυτή EDX ανιχνεύονται επίσης K και Ca σε μικρά ποσοστά.



Εικόνα 94

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
0,62	**1,44**	**12,80**	**73,21**	**2,14**	**4,53**	**0,63**	**4,64**	**100**

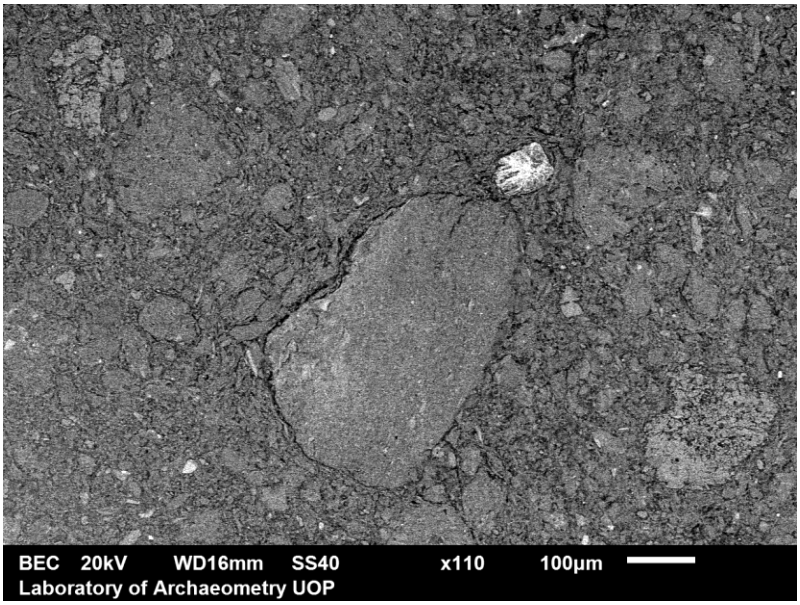


Εικόνα 95

Spectrum	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
1	-	-	100	-	-	-	100
2	4,77	9,87	72,91	2,41	0,70	9,37	100
3	1,69	14,13	69,89	2,18	6,74	5,37	100

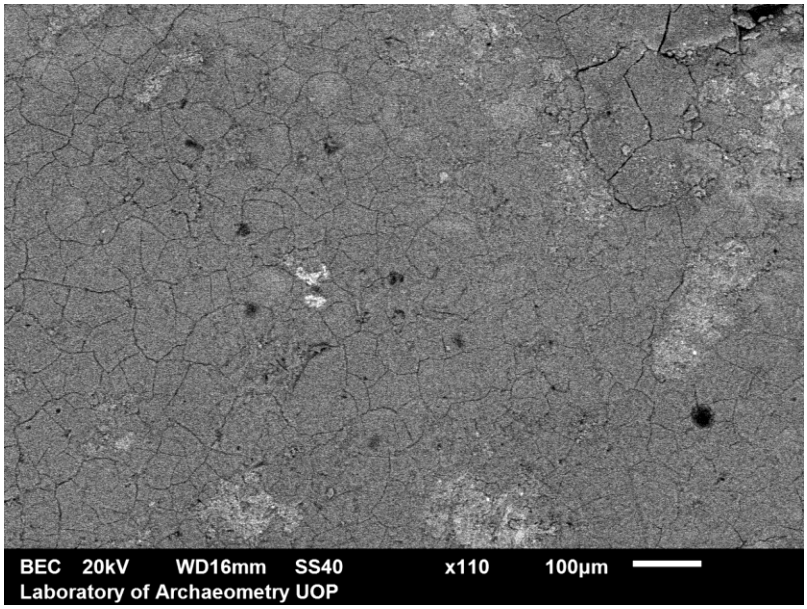
ΔΕΙΓΜΑ 4Π

Ο πλίνθος έχει παρόμοιες αναλογίες με τους προηγούμενος με κύρια σύσταση το Si περί το 70% και Al περί 16-17%. Ξεχωρίζουν επιμέρους εγκλείσματα, που όπως φαίνεται και στην εικόνα, πρόκειται για κόκκους πυριτίου. Σύμφωνα με τον αναλυτή EDX ανιχνεύονται επίσης Na, Mg, K, Ca, Ti, Fe σε μικρά ποσοστά.



Εικόνα 96

Spectrum	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
1	0,75	1,87	16,62	68,94	2,47	3,61	0,54	5,20	100

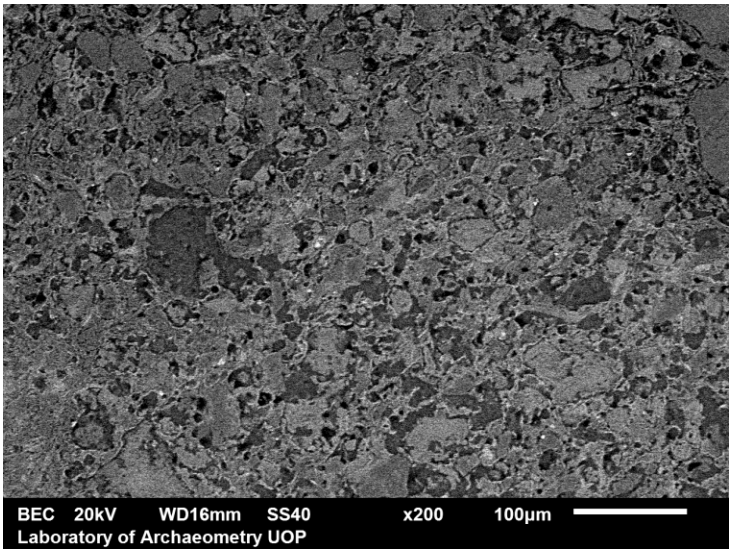


Εικόνα 97

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
0,94	1,67	17,89	67,31	2,71	2,89	0,87	5,71	100

ΔΕΙΓΜΑ 5Π

Στον πλίνθο αυτόν συνεχίζει η υψηλή περιεκτικότητα σε Si, όπως και στους προαναφερθέντες, σε ελαφρώς χαμηλότερα όμως ποσοστά, ενώ αυξάνεται το Ca έως 19%. Επίσης, σε ορισμένες περιοχές και σε μεγαλύτερη μεγέθυνση διαπιστώνονται περιοχές με υψηλή περιεκτικότητα σε Fe (περί το 70%), γεγονός που μάλλον οφείλεται στην φύση των ορυκτών εγκλεισμάτων. Ακόμη ανιχνεύονται Na, Mg, K και Ti σε μικρά ποσοστά.

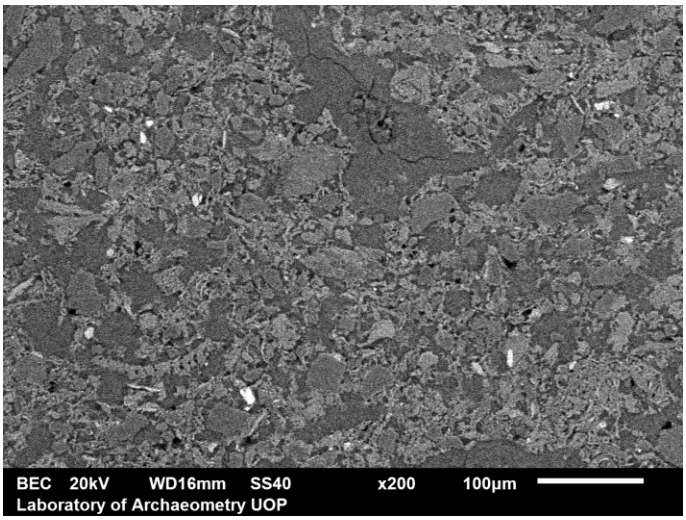


Εικόνα 98

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
0,57	**1,62**	**9,52**	**61,36**	**2,34**	**19,84**	**0,71**	**4,02**	**100**

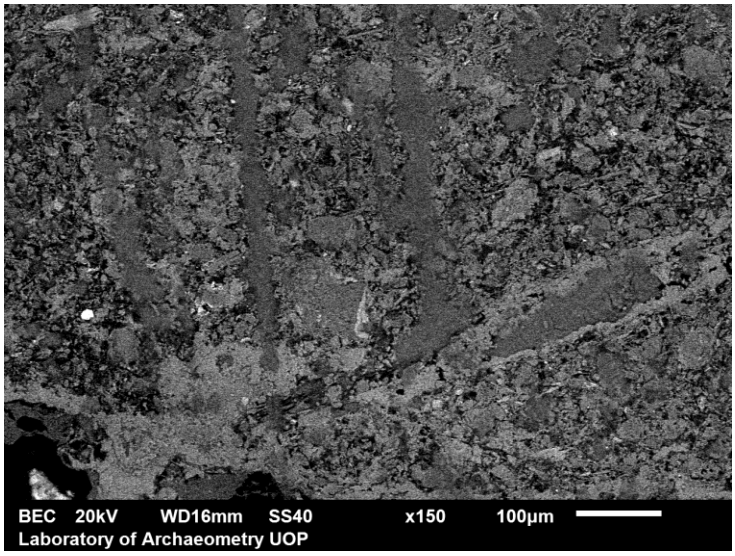
ΔΕΙΓΜΑ 6Π

Η σύστασή του πλίνθου σύμφωνα με τον αναλυτή EDX είναι σε μεγαλύτερο ποσοστό Si και δευτερευόντως Ca, ενώ σε μικρότερα ποσοστά ανιχνεύονται Na, Mg, Al, K, Ti και Fe. Σε ορισμένες περιοχές τα ποσοστά του Ca αυξάνονται και γίνεται η κύρια σύσταση (άνω του 50%). Παρατηρούνται εγκλείσματα διαφόρων μεγεθών και αρκετά λευκά τα οποία μάλλον είναι συσσωματώματα ασβέστη.



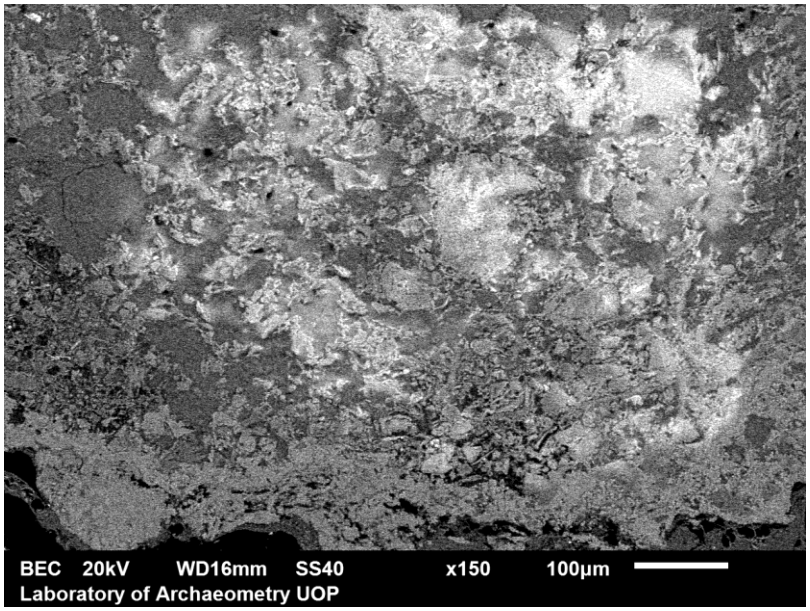
Εικόνα 99

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
0,52	1,22	7,24	76,44	1,81	8,69	0,25	3,82	100



Εικόνα 100

Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
1,81	9,40	61,71	2,50	21,07	3,52	100

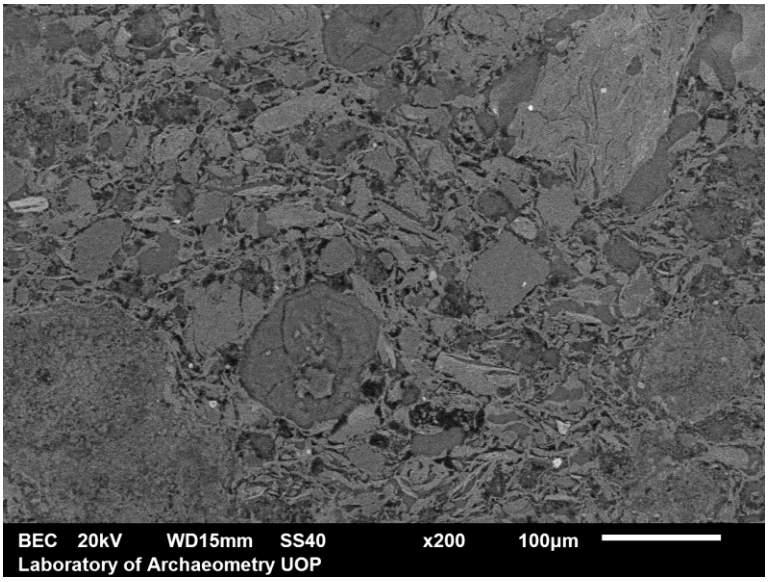


Εικόνα 101

Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
1,35	**2,91**	**35,66**	**0,59**	**57**	**2,49**	**100**

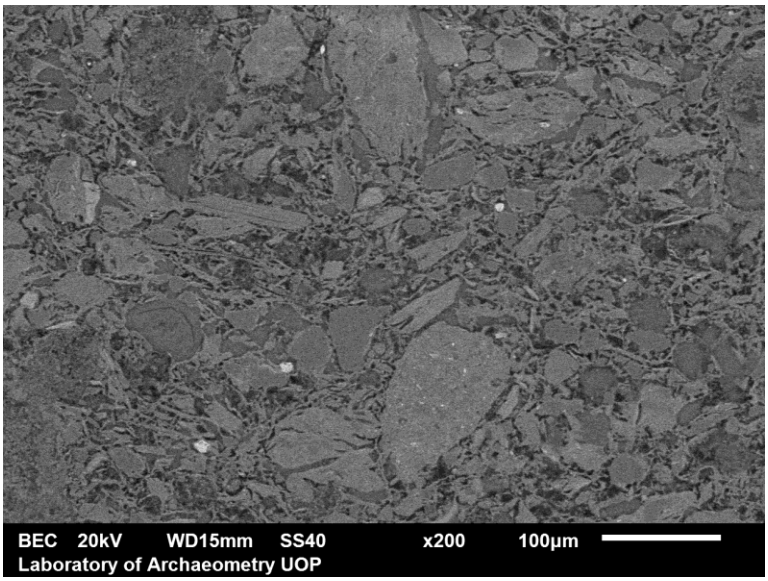
ΔΕΙΓΜΑ 7Π

Ο πλίνθος ομοιάζει με τους περισσότερους, περιέχοντας κατά κύριο λόγο Si και εν συνεχεία Al και Ca, ενώ σε μικρότερα ποσοστά ανιχνεύονται Na, Mg, K, Ti και Fe. Ο πλίνθος φαίνεται να είναι συμπαγής με εγκλείσματα διαφορετικό μεγεθών, σχημάτων και σύστασης, η οποία φαίνεται από την αποτύπωσής τους με διαφορετική απόχρωση.



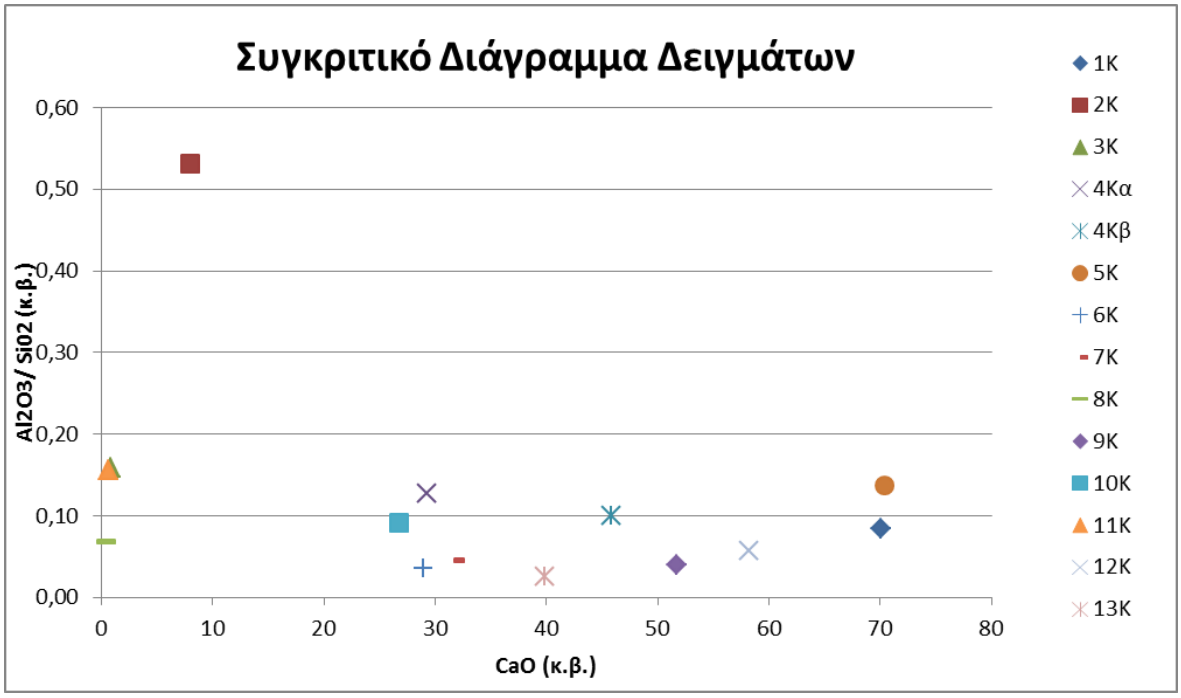
Εικόνα 102

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
0,55	1,76	13,81	63,64	2,12	13,74	0,46	3,93	100

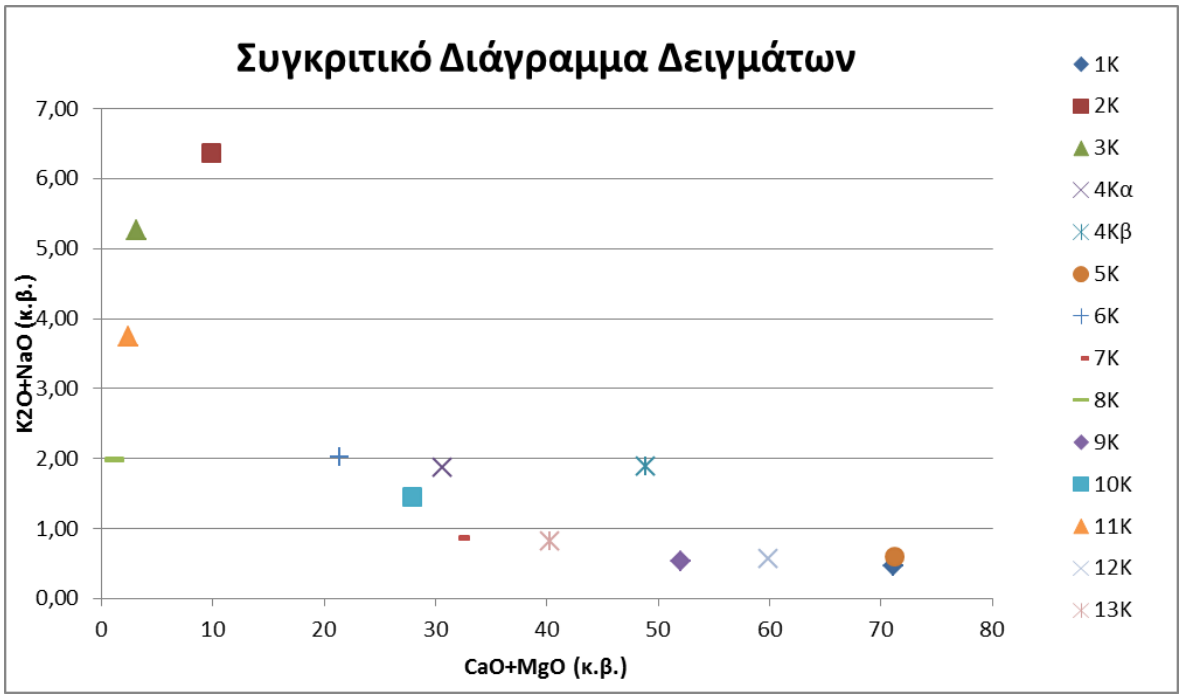


Εικόνα 103

Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Total
0,72	2,32	14,07	63,23	2,55	11,43	0,59	5,10	100



Εικόνα 104 Συγκριτικό διάγραμμα όλων των δειγμάτων. Στον άξονα Χ παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε CaO και στο άξονα Ψ ο λόγος Al2O3/ SiO2.



Εικόνα 105 Συγκριτικό διάγραμμα όλων των δειγμάτων. Στον άξονα Χ παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των δειγμάτων στο άθροισμα των CaO και MgO και στον άξονα Ψ ο λόγος K2O/ NaO.

Αποτελέσματα Ανάλυσης Φθορισμού Ακτινών Χ (XRF)

Τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων είναι τα εξής:

Πίνακας 1 **Light (LIGHT ELEMENTS: OXIDES, wt%, normalised to 100%)**

	Na		Mg		Al		Si		S		K		Ca		Ti		Mn		Fe	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
1p	1,26	0,023	1,06	0,090	10,57	0,099	53,07	0,603	0,24	0,030	1,97	0,066	26,22	0,280	0,56	0,045	0,06	0,000	4,98	0,228
2p	1,28	0,047	3,81	2,885	12,51	2,146	60,56	1,398	0,43	0,203	3,34	0,254	7,72	3,992	0,86	0,095	0,10	0,010	9,39	1,438
3p	1,39	0,001	7,19	2,584	10,83	1,470	53,50	1,718	0,78	0,049	3,69	0,004	8,42	1,894	0,91	0,002	0,18	0,007	13,10	2,459
4p	0,89	0,107	0,93	0,231	20,73	0,647	59,86	1,192	0,28	0,028	3,46	0,172	6,44	1,078	0,89	0,035	0,06	0,020	6,45	0,402
5p	1,34	0,437	2,20	1,884	9,39	3,227	42,81	1,496	0,35	0,156	2,30	0,159	34,36	0,363	0,53	0,019	0,10	0,016	6,63	1,688
6p	1,26	0,019	1,48	0,475	10,58	0,349	54,16	0,232	0,38	0,041	2,72	0,236	22,02	0,127	0,69	0,009	0,08	0,002	6,64	0,416
7p	1,29	0,097	1,02	0,335	14,13	0,997	51,89	1,010	0,31	0,036	2,76	0,049	19,70	0,732	0,84	0,013	0,07	0,010	7,99	0,761

Πίνακας 2 **Trace (TRACE ELEMENTS: Elements, ppm)**

	P		V		Cr		Co		Ni		Cu		Zn		As		Rb	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
1p					86		23	0,00021	121	0,00049	41	0,00078	93	0,00382	6	0,00021	77	0,00021
2p	838	0,14515	3	0,00025	68	0,00064	33	0,00012	73	0,00038	67	0,00045	113	0,00058	25	0,00017	106	0,00042
3p	107	0,01506			78	0,00113	33	0,00021	145	0,00085	103	0,00064	137	0,00007	13	0,00000	83	0,00000
4p	305	0,01138	17	0,00163	98	0,00127	37	0,00029	58	0,00087	92	0,00179	122	0,00220	10	0,00038	113	0,00029
5p	73	0,01259			44	0,00100	25	0,00032	109	0,00076	68	0,00093	75	0,00061	7	0,00029	77	0,00087
6p					91	0,00085	24	0,00007	152	0,00085	55	0,00028	66	0,00021	5	0,00000	81	0,00049
7p	143	0,02015			121	0,00078	32	0,00014	228	0,00368	77	0,00007	95	0,00071	7	0,00007	111	0,00028

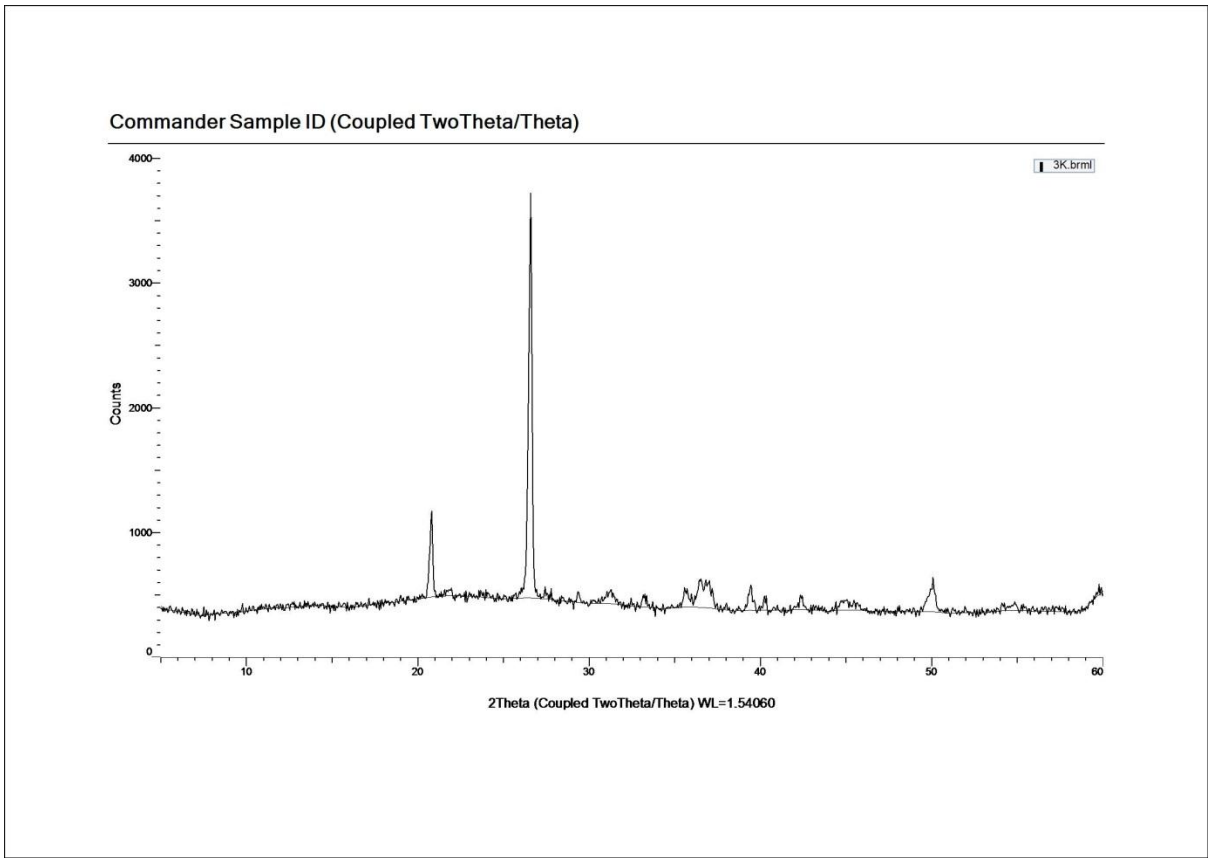
Sr		Y		Zr		Nb		Mo		Sn		Sb		Ba		Pb		Th	
m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
269	0,00099	29	0,00007	130	0,00120	7	0,00000	15	0,00042	3	0,00007	11	0,00007	2015	0,01824	13	0,00007	7	0,00000
133	0,00047	37	0,00023	162	0,00070	10	0,00006	18	0,00015	3	0,00006	9	0,00031	2590	0,07339	20	0,00000	10	0,00006
83	0,00092	35	0,00021	127	0,00021	8	0,00000	23	0,00007	2	0,00000	9	0,00014	2067	0,04702	16	0,00007	8	0,00000
127	0,00087	39	0,00031	148	0,00090	10	0,00006	13	0,00015	2	0,00000	5	0,00026	3068	0,03796	14	0,00026	10	0,00000
193	0,00070	32	0,00030	90	0,00078	7	0,00012	11	0,00035	3	0,00000	14	0,00026	1623	0,07073	12	0,00023	7	0,00010
238	0,00057	31	0,00007	122	0,00021	8	0,00007	15	0,00007	3	0,00007	10	0,00007	1912	0,02065	13	0,00007	7	0,00000
133	0,00042	36	0,00021	135	0,00014	9	0,00000	13	0,00028	2	0,00000	7	0,00007	2125	0,03932	13	0,00007	10	0,00007

Ο Πίνακας 1 περιλαμβάνει τα βασικά στοιχεία σε οξείδια, κατά βάρος % και κανονικοποιημένη σύσταση στο 100% (δηλαδή έχει γίνει επεξεργασία ώστε το συνολικό άθροισμα να φτάνει το 100%).

Ο Πίνακας 2 περιλαμβάνει τα ιχνοστοιχεία σε στοιχειακή ανάλυση, μετρημένα σε ppm (μέρη στο εκατομμυριοστό). Σε κάθε περίπτωση δίνεται η μέση τιμή και η τυπικά απόκλιση των μετρήσεων.

Αποτελέσματα από τις αναλύσεις περίθλασης ακτινών Χ

ΔΕΙΓΜΑ 3Κ



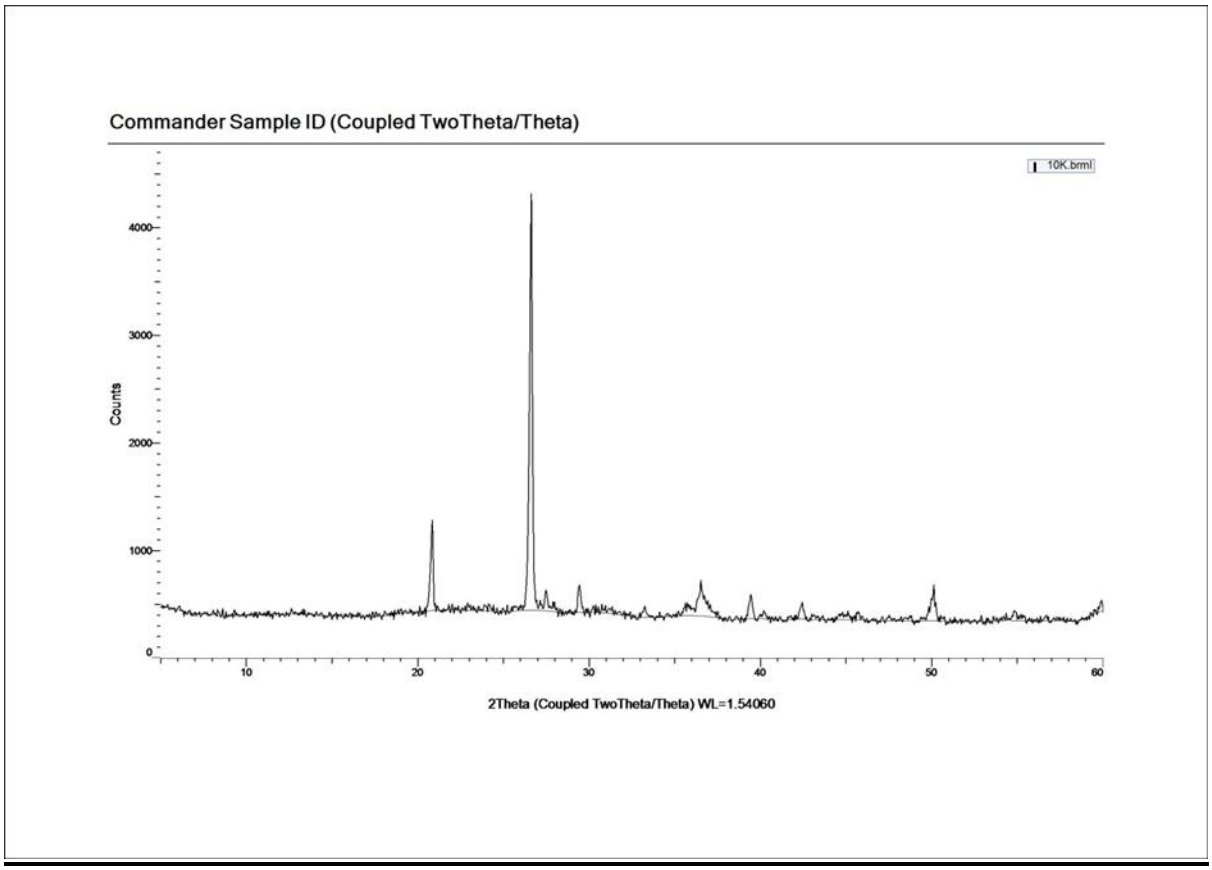
Εικόνα 106

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Χαλαζίας SiO_2, Ασβεστίτης $CaCO_3$, Αυγίτης, Ανορθίτης $CaAl_2(SiO_4)_2$, Αλβίτης $NaAlSi_3O_8$, Ορθοπυριτικά $Ca_3Mg(SiO_4)_2$, Μελιλίτης $Ca_4Al_2MgSi_3O_{14}$, Ακερμανίτης $Ca_2MgSi_2O_7$

Η κύρια ορυκτολογική σύσταση είναι ο Χαλαζίας, ενώ οι δευτερεύουσες ορυκτολογικές συστάσεις είναι ο ασβεστίτης και τα ανωτέρω ορυκτά αργιλοπυριτικής φύσης. Ξεχωρίζουν επίσης οι άστριοι, Αλβίτης και Ανορθίτης.

ΔΕΙΓΜΑ 10Κ



Εικόνα 107

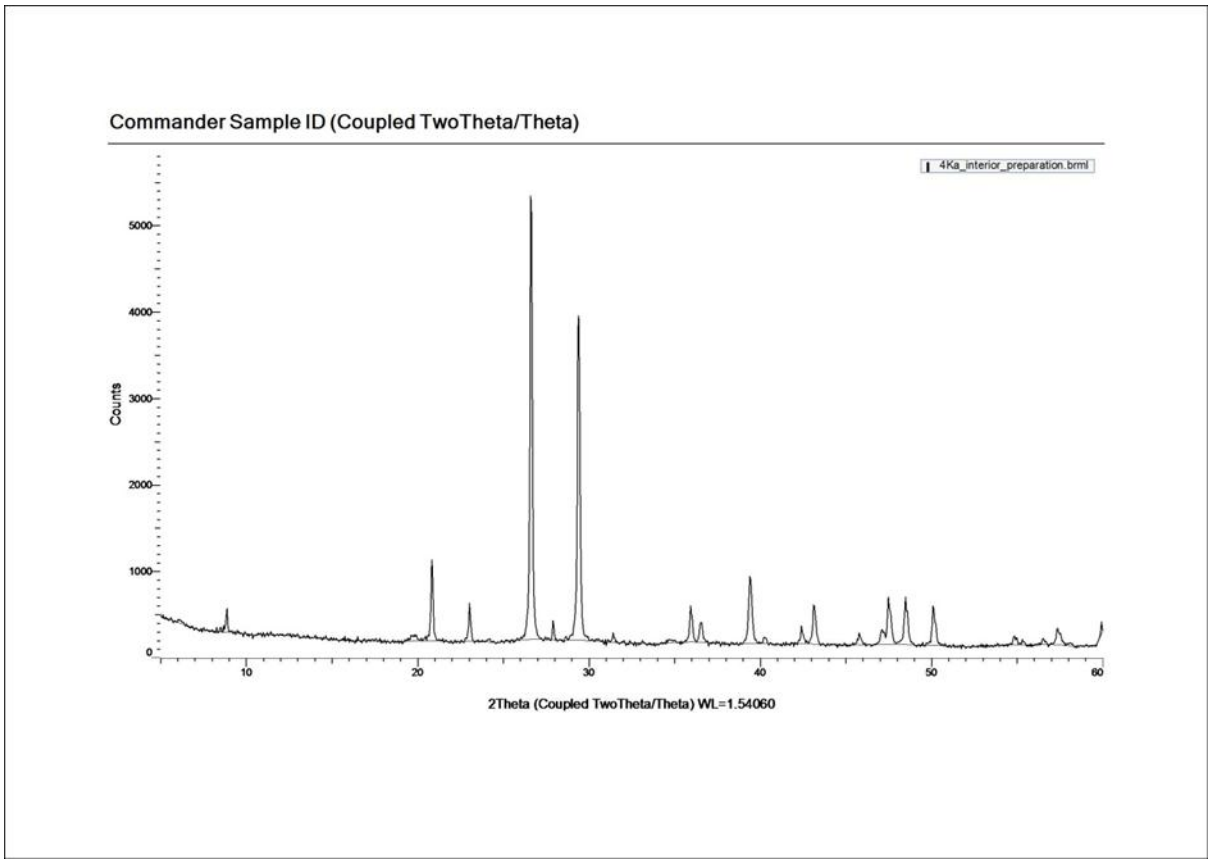
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Χαλαζίας SiO_2, Αλβίτης $NaAlSi_3O_8$, , Ασβεστίτης $CaCO_3$, Ανορθίτης $CaAl_2(SiO_4)_2$, , Σανιδίνης $K_{0,65}Na_{0,35}AlSi_3O_8$

Η κύρια ορυκτολογική σύσταση αυτού του επιχρίσματος είναι ο Χαλαζίας, όπως και στο προηγούμενο δείγματα. Οι δευτερεύουσες ορυκτολογικές συστάσεις είναι οι άστριοι, το Πυριτικό Βάριο, ο Ασβεστίτης, το Χλωριούχο νάτριο και Σανιδίνης. Η ύπαρξη του Χλωριούχου Νατρίου, υποδεικνύει την διάβρωση του κονιάματος και ο παράγοντας αυτός θα μελετηθεί εκτενέστερα στην Δοκιμή μέτρησης των διαλυτών αλάτων που ακολουθεί.

ΔΕΙΓΜΑ 4Κα

ΔΕΙΓΜΑ 4Κα ΕΣΩΤΕΡΙΚΌ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ



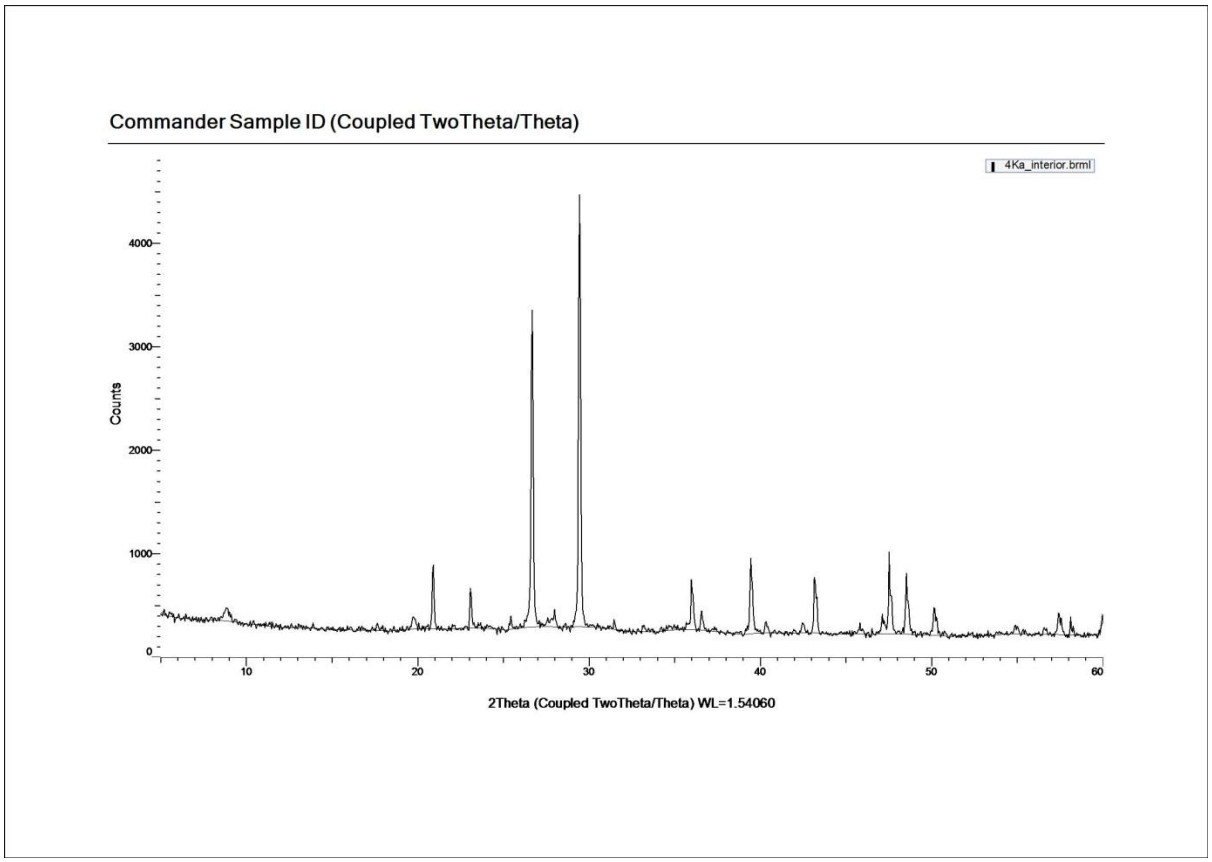
Εικόνα 108

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Χαλαζίας SiO_2, Ασβεστίτης $CaCO_3$, Μοσχοβίτης $H_2KAl_3(SiO_4)_3$

Το πιο εσωτερικό από τα στρώματα του επιχρίσματος, το στρώμα δηλαδή προετοιμασίας για την εφαρμογή των υπολοίπων, παρουσιάζει δύο πρωτεύουσες κορυφές. Οι κύριες ορυκτολογικές συστάσεις, λοιπόν, είναι ο Χαλαζίας και ο Ασβεστίτης. Η δευτερεύουσα ορυκτολογική σύσταση είναι ο Μοσχοβίτης.

ΔΕΙΓΜΑ 4Κα ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ



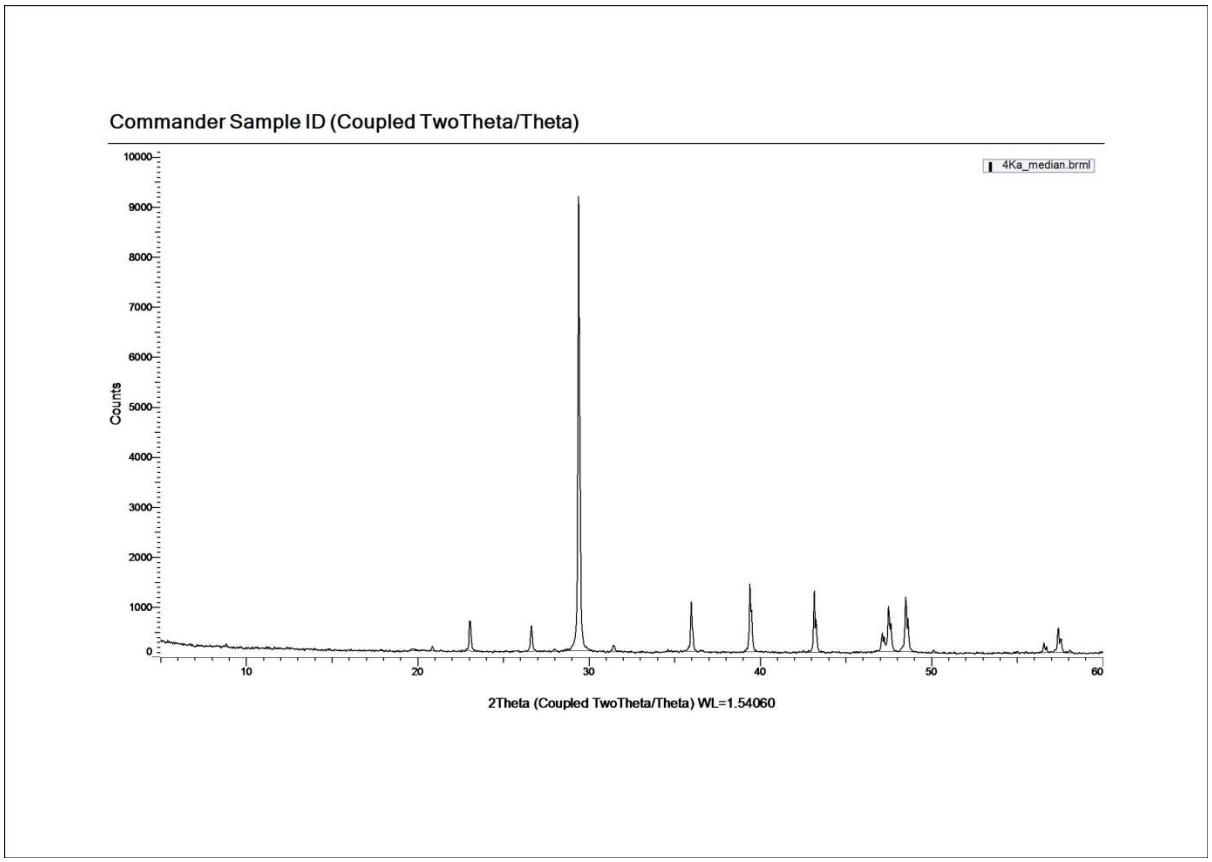
Εικόνα 109

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ασβεστίτης $CaCO_3$, Χαλαζίας SiO_2, Μοσχοβίτης $H_2KAl_3(SiO_4)_3$, Αλβίτης $NaAlSi_3O_8$, Ανορθίτης $CaAl_2(SiO_4)_2$

Το εσωτερικό στρώμα του επιχρίσματος, εκείνο δηλαδή που ακολουθεί το στρώμα προετοιμασίας, έχει ως κύρια ορυκτολογική σύσταση τον ασβεστίτη, πρόκειται δηλαδή για ένα ασβεστιτικό κονίαμα. Οι δευτερεύουσες ορυκτολογικές φάσεις είναι ο Χαλαζίας, ο Μοσχοβίτης και οι άστριοι. Αυτό το κονίαμα, είναι το πρώτο ασβεστιτικό που παρουσιάζεται μέχρι στιγμής, ενώ τα προηγούμενα εμφανίζουν έλλειψη κονίας.

ΔΕΙΓΜΑ 4Κα ΜΕΣΑΙΟ



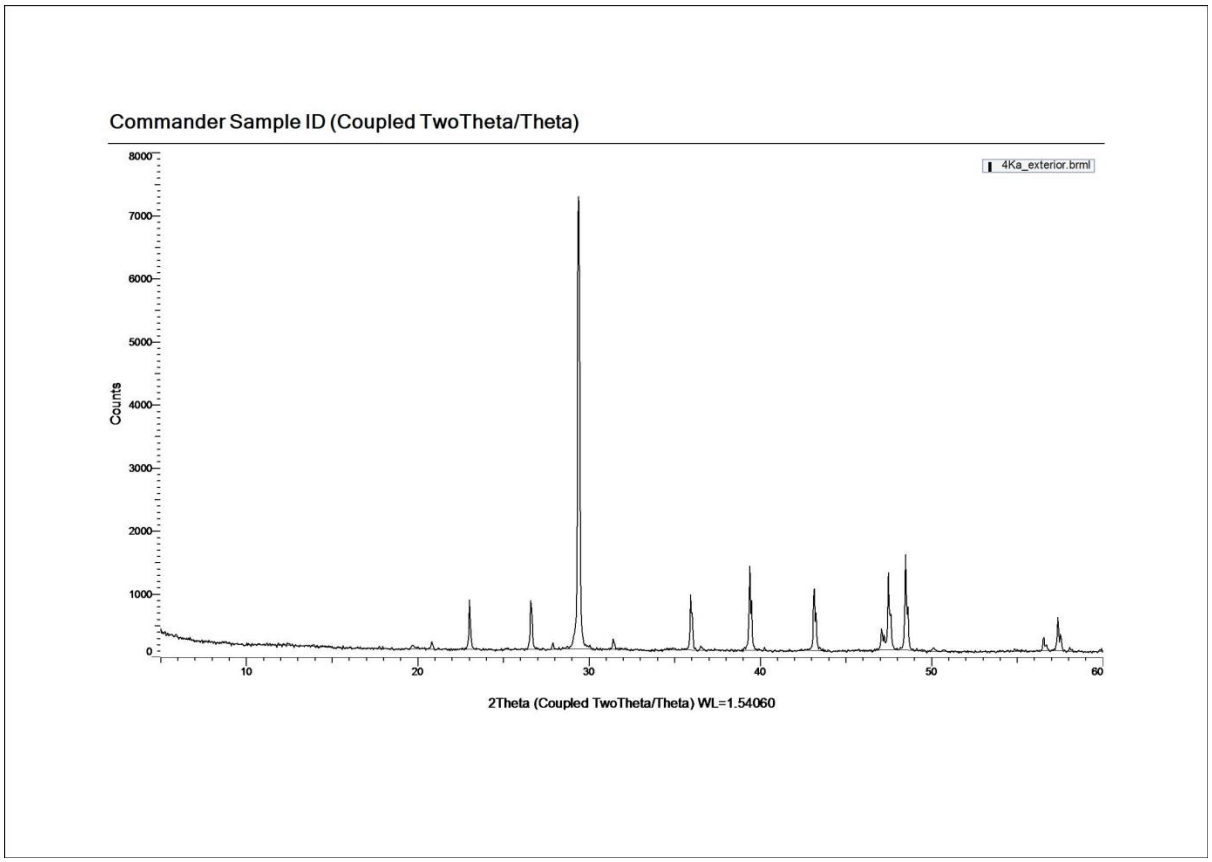
Εικόνα 110

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ασβεστίτης $CaCO_3$, Χαλαζίας SiO_2, Μοσχοβίτης $H_2KAl_3(SiO_4)_3$

Στο μεσαίο στρώμα του επιχρίσματος η κύρια ορυκτολογική σύσταση είναι ο Ασβεστίτης, είναι δηλαδή και αυτό ένα ασβεστιτικό κονίαμα. Εν συνεχεία, οι δευτερεύουσες ορυκτολογικές φάσεις είναι ο Χαλαζίας και ο Μοσχοβίτης, τα δύο ορυκτά που συναντήσαμε και στο εσωτερικό στρώμα προετοιμασίας, με διαφορετικές όμως αναλογίες.

ΔΕΙΓΜΑ 4Κα ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ



Εικόνα 111

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ασβεστίτης $CaCO_3$, Χαλαζίας SiO_2, Ανορθίτης $CaAl_2(SiO_4)_2$

Το εξωτερικό, τελευταίο, στρώμα επιχρίσματος, είναι και αυτό ασβεστιτικό. Η κύρια ορυκτολογική σύσταση είναι ξεκάθαρη από την έντονη κορυφή του ασβεστίτη στο διάγραμμα. Ως δευτερεύουσες ορυκτολογικές συστάσεις φαίνονται ο Χαλαζίας και Ο Ανορθίτης.

Αποτελέσματα προσδιορισμού ολικών διαλυτών αλάτων (SST%) & δοκίμων ποιοτικής χημικής ανίχνευσης (SPOT TESTS)

10Κ

Θερμοκρασία μέτρησης: 19,8 ^{o}C

Η αγωγιμότητα του διαλύματος είναι 31,1 άρα 31,1- 6,46=24,64 μS

Άρα: SST% = (C x 6,88) / m = (24,64 x 6,88) /100 = 1,70

Στο προσδιορισμό των χλωριούχων αλάτων με νιτρικό άργυρο ($AgNO_3$) δεν παρατηρήθηκε το αναμενόμενο λευκό θόλωμα, άρα δεν περιέχονται στο διάλυμα. Στο προσδιορισμό των θειικών ιόντων με χλωριούχο βάριο ($BaCI_2$) επίσης δεν παρατηρήθηκε λευκό θόλωμα. Οπότε συμπεραίνεται πως δεν περιέχονται ούτε θειικά ούτε χλωριούχα άλατα.

3Κ

Θερμοκρασία μέτρησης: 19,7 ^{o}C

Η αγωγιμότητα του διαλύματος είναι 14,2 άρα 14,2- 6,46=7,32 μS

Άρα: SST% = (C x 6,88) / m = (7,32 x 6,88) /100 = 0,50

Στο προσδιορισμό των χλωριούχων αλάτων με νιτρικό άργυρο ($AgNO_3$) δεν παρατηρήθηκε το αναμενόμενο λευκό θόλωμα, άρα δεν περιέχονται στο διάλυμα. Στο προσδιορισμό των θειικών ιόντων με χλωριούχο βάριο ($BaCI_2$) επίσης δεν παρατηρήθηκε λευκό θόλωμα. Οπότε συμπεραίνεται πως δεν περιέχονται ούτε θειικά ούτε χλωριούχα άλατα.

4Κα προετοιμασίας

Θερμοκρασία μέτρησης: 19,8 ^{o}C

Η αγωγιμότητα του διαλύματος είναι 41,1 άρα 41,1- 6,46=34,64 μS

Άρα: SST% = (C x 6,88) / m = (34,64 x 6,88) /100 = 2,38

Στο προσδιορισμό των χλωριούχων αλάτων με νιτρικό άργυρο ($AgNO_3$) παρατηρήθηκε το αναμενόμενο λευκό θόλωμα σε πού μικρό βαθμό, άρα περιέχονται στο διάλυμα ίχνη χλωριούχων αλάτων. Στο προσδιορισμό των θειικών ιόντων με χλωριούχο βάριο ($BaCI_2$) επίσης παρατηρήθηκε λευκό θόλωμα, επίσης ίχνη.

4Κα εσωτερικό

Θερμοκρασία μέτρησης: 19,8 ^{o}C

Η αγωγιμότητα του διαλύματος είναι 30,4 άρα 30,4- 6,46=23,94 μS

Άρα: SST% = (C x 6,88) / m = (23,94 x 6,88) /100 = 1,65

Στο προσδιορισμό των χλωριούχων αλάτων με νιτρικό άργυρο ($AgNO_3$) παρατηρήθηκε το αναμενόμενο λευκό θόλωμα σε πού μικρό βαθμό, άρα περιέχονται στο διάλυμα ίχνη χλωριούχων αλάτων. Στο προσδιορισμό των θειικών ιόντων με χλωριούχο βάριο ($BaCI_2$) επίσης παρατηρήθηκε λευκό θόλωμα, επίσης ίχνη.

4Κα μεσαίο

Θερμοκρασία μέτρησης: 19,8 ^{o}C

Η αγωγιμότητα του διαλύματος είναι 37,2 άρα 37,2- 6,46=30,74 μS

Άρα: SST% = (C x 6,88) / m = (30,74 x 6,88) /100 = 2,12

Στο προσδιορισμό των χλωριούχων αλάτων με νιτρικό άργυρο ($AgNO_3$) παρατηρήθηκε το αναμενόμενο λευκό θόλωμα σε πού μικρό βαθμό, άρα περιέχονται στο διάλυμα ίχνη χλωριούχων αλάτων. Στο προσδιορισμό των θειικών ιόντων με χλωριούχο βάριο ($BaCI_2$) επίσης δεν παρατηρήθηκε λευκό θόλωμα, άρα δεν περιέχονται στο διάλυμα.

4Κα εξωτερικό

Θερμοκρασία μέτρησης: 19,9 ^{o}C

Η αγωγιμότητα του διαλύματος είναι 37,7 άρα 37,7- 6,46=31,24 μS

Άρα: SST% = (C x 6,88) / m = (31,24 x 6,88) /100 = 2,15

Στο προσδιορισμό των χλωριούχων αλάτων με νιτρικό άργυρο ($AgNO_3$) παρατηρήθηκε το αναμενόμενο λευκό θόλωμα σε πού μικρό βαθμό, άρα περιέχονται στο διάλυμα ίχνη χλωριούχων αλάτων. Στο προσδιορισμό των θειικών ιόντων με χλωριούχο βάριο ($BaCI_2$) επίσης παρατηρήθηκε λευκό θόλωμα, επίσης ίχνη.

Συνοψίζοντας, η τιμή των ολικών διαλυτών αλάτων σε όλα τα προς εξέταση δείγματα είναι μέσα στο επιτρεπτό όριο, που είναι το 3%, και γι' αυτό το λόγο κρίνετε πως δεν υπάρχει έντονη φθορά, προκαλούμενη από τη δράση των αλάτων. Τα αποτελέσματα συνδυάζονται με εκείνα των άλλων μεθόδων για ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης διατήρησης των κονιαμάτων.

ΔΕΙΓΜΑ	SST%	Cl^-	$S0_4$
10Κ	1,70	-	-
3Κ	0,50	-	-
4Κα προετοιμασίας	2,38	ΙΧΝΗ	ΙΧΝΗ
4Κα εσωτερικό	1,65	ΙΧΝΗ	ΙΧΝΗ
4Κα μεσαίο	2,12	-	ΙΧΝΗ
4Κα εξωτερικό	2,15	ΙΧΝΗ	ΙΧΝΗ

Αποτελέσματα κοκκοδιαβάθμισης/ κοκκομετρικής ανάλυσης.

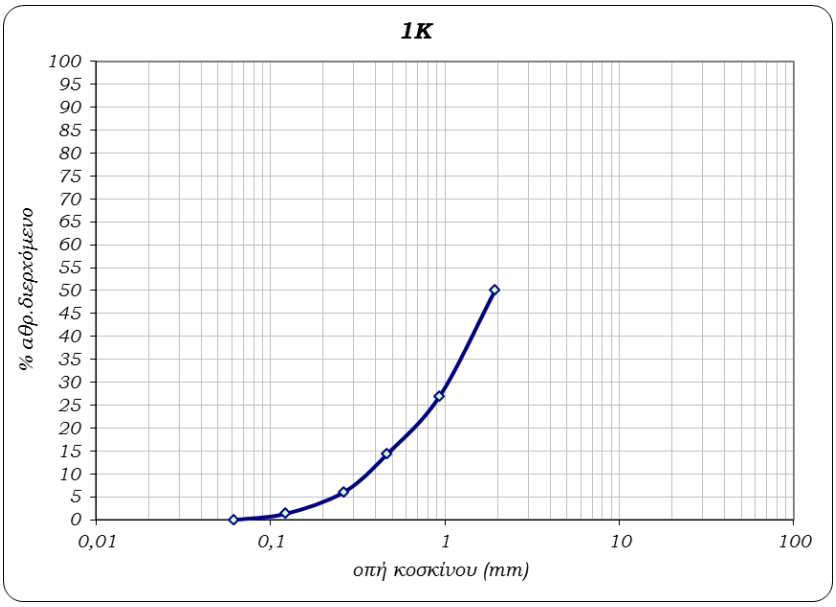
Πίνακας 3 Τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα. Στη τελευταία στήλη έχει συνυπολογιστεί η μάζα που παραμένει στο πάτο της σειράς των κοσκίνων και οι απώλειες κατά το κοσκίνισμα.

ΔΕΙΓΜΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (σε g)	ΚΟΣΚΙΝΟ 1,940 mm (βάρος σε g)	ΚΟΣΚΙΝΟ 0,930 mm (βάρος σε g)	ΚΟΣΚΙΝΟ 0,466 mm (βάρος σε g)	ΚΟΣΚΙΝΟ 0,263 mm (βάρος σε g)	ΚΟΣΚΙΝΟ 0,122 mm (βάρος σε g)	ΚΟΣΚΙΝΟ 0,062 mm (βάρος σε g)	<0,062 mm (βάρος σε g)
1Κ	46,24	23,23	10,80	5,87	3,87	2,19	0,62	0,02
2Κ	78,29	37,60	17,44	11,06	8,75	2,98	0,20	0,26
3Κ	14	7,95	2,41	1,28	0,84	1,15	0,35	0,02
4Κα	41,25	13,38	6,71	6,86	6,05	6,59	0,08	1,58
4Κβ	30,44	2,79	5,83	8,73	7,92	4,95	0,21	0,01
5Κ	13,50	1,18	3,51	2,50	3,12	2,46	0,07	0,66
6Κ	14	2,15	3,34	2,70	2,32	2,96	0,22	0,31
7Κ	13,61	2,85	3,09	2,22	1,75	2,53	1,06	0,11
8Κ	28,14	9,16	5,61	4,16	3,61	0,65	0,04	4,91
9Κ	26,53	10,67	5,41	3,85	4,85	1,60	0,13	0,02
10Κ	37,25	13,15	7,04	6,55	8,12	2,11	0,13	0,15
11Κ	63,03	25,16	11,01	10,11	9,14	6,84	0,76	0,01
12Κ	39,85	16,02	8,53	7,95	6,15	1,06	0,06	0,08
13Κ	58,83	26,70	12,88	10,14	8,03	0,84	0,20	0,04

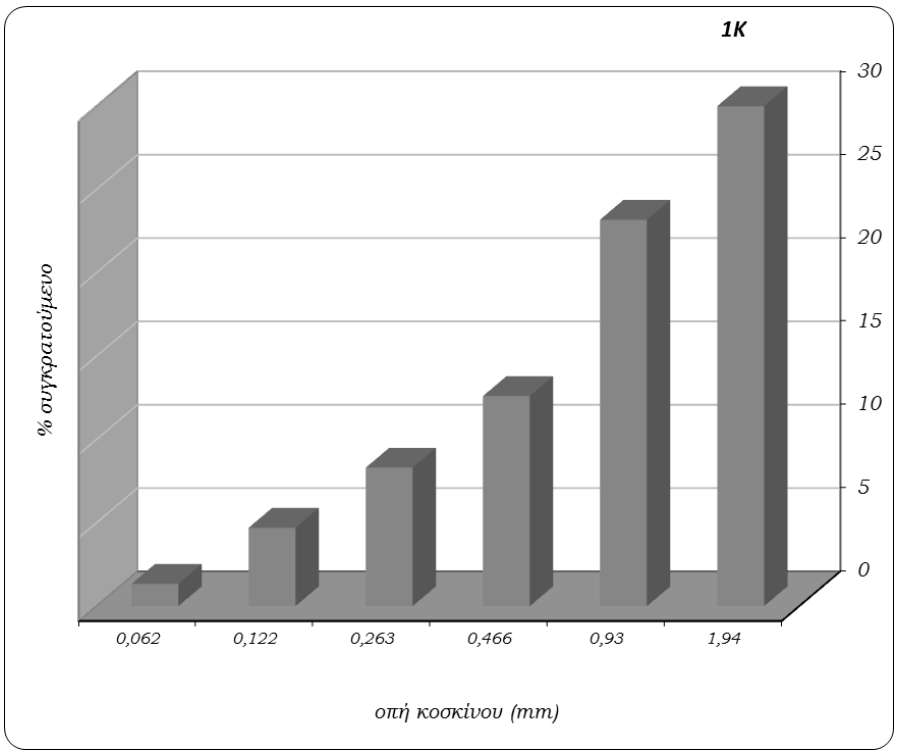
ΔΕΙΓΜΑ 1Κ

Πίνακας 4

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	23,23	49,87	49,87	50,13
930	10,8	23,19	73,06	26,94
466	5,87	12,60	85,66	14,34
263	3,87	8,31	93,97	6,03
122	2,19	4,70	98,67	1,33
62	0,62	1,33	100,00	0,00
<62	0,02	0,04		



Εικόνα 112: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.



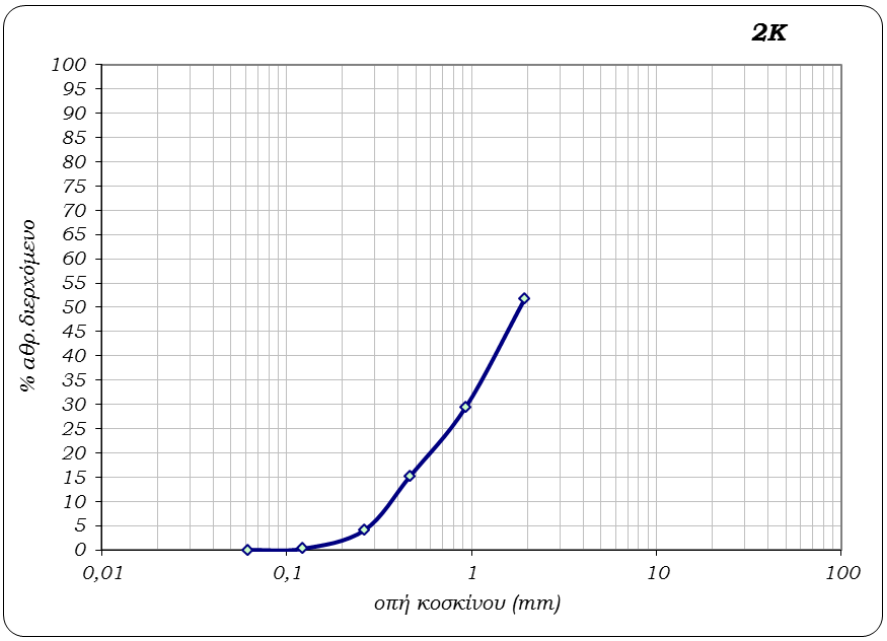
Εικόνα 113: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

ΔΕΙΓΜΑ 2Κ

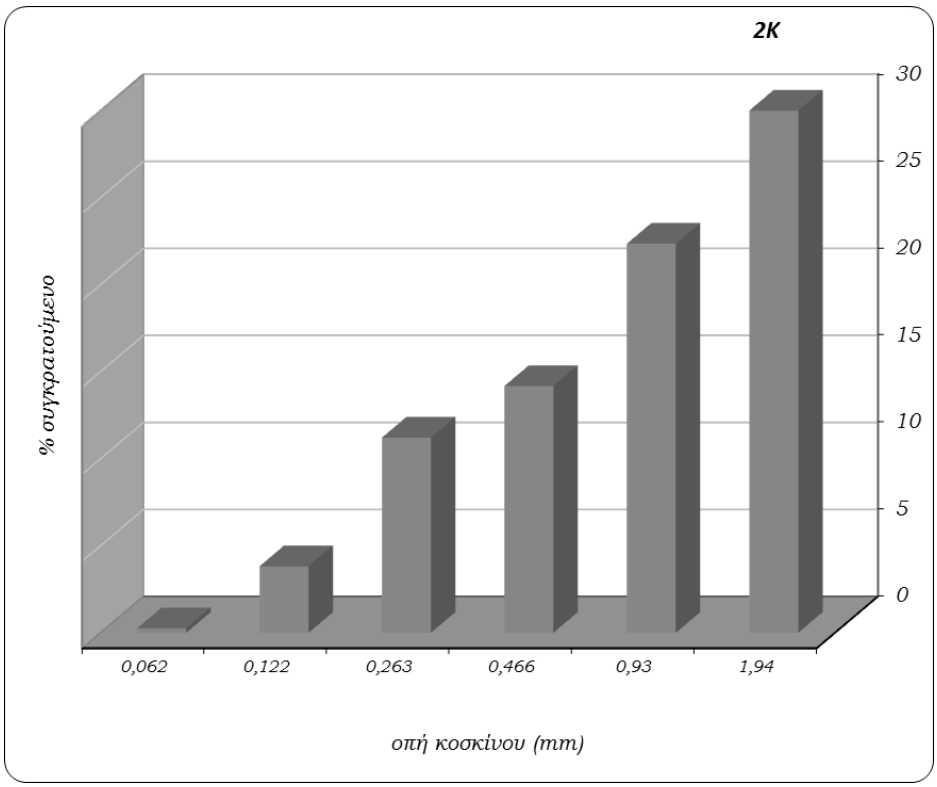
Πίνακας 5

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	37,6	48,19	48,19	51,81
930	17,44	22,35	70,54	29,46
466	11,06	14,17	84,71	15,29
263	8,75	11,21	95,92	4,08
122	2,98	3,82	99,74	0,26
62	0,2	0,26	100,00	0,00
<62	0,26	0,33		

Πίνακας 6



Εικόνα 114: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

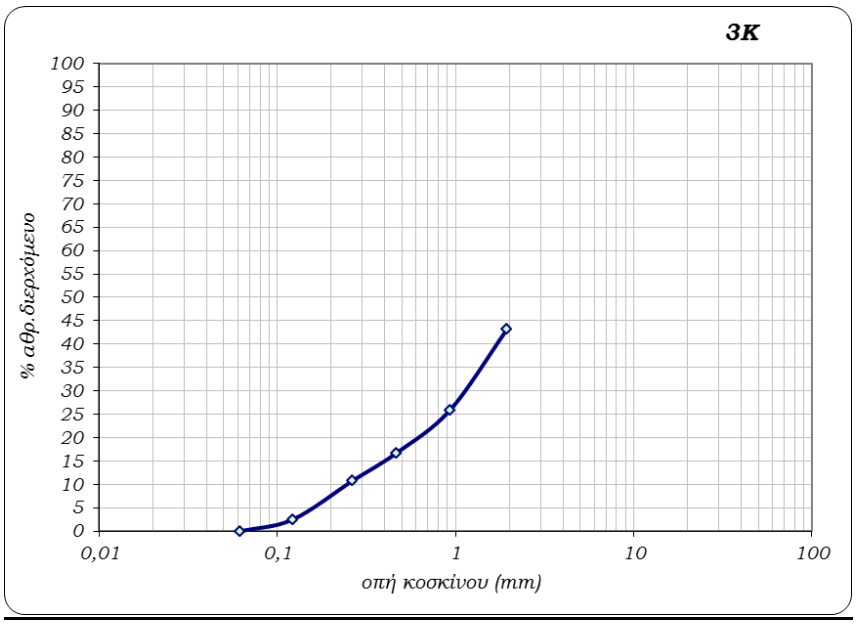


Εικόνα 115: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

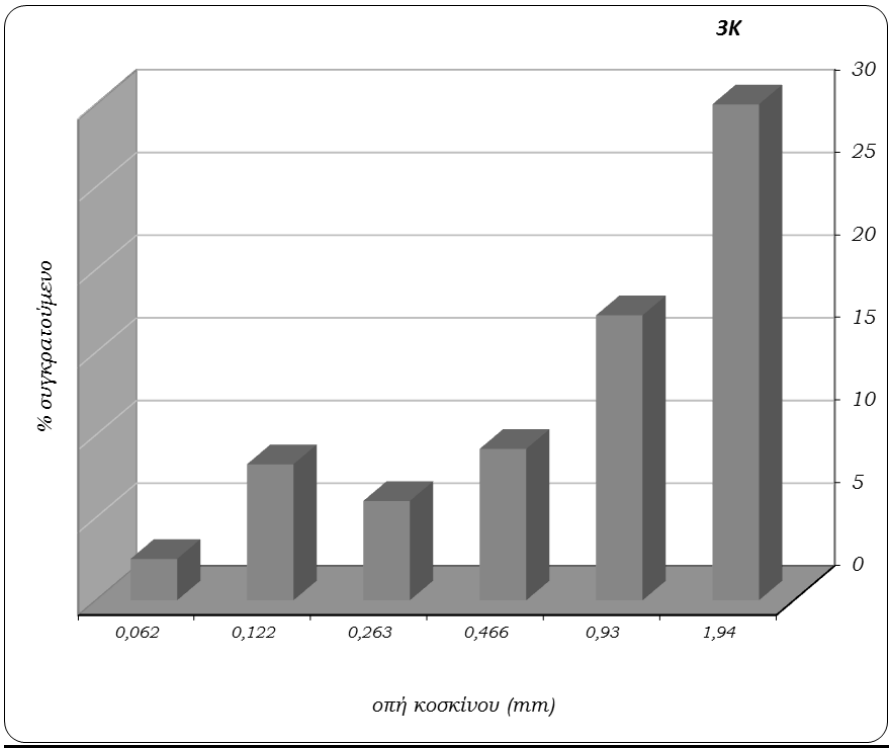
ΔΕΙΓΜΑ 3Κ

Πίνακας 7

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	7,95	56,87	56,87	43,13
930	2,41	17,24	74,11	25,89
466	1,28	9,16	83,26	16,74
263	0,84	6,01	89,27	10,73
122	1,15	8,23	97,50	2,50
62	0,35	2,50	100,00	0,00
<62	0,02	0,14		



Εικόνα 116: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.



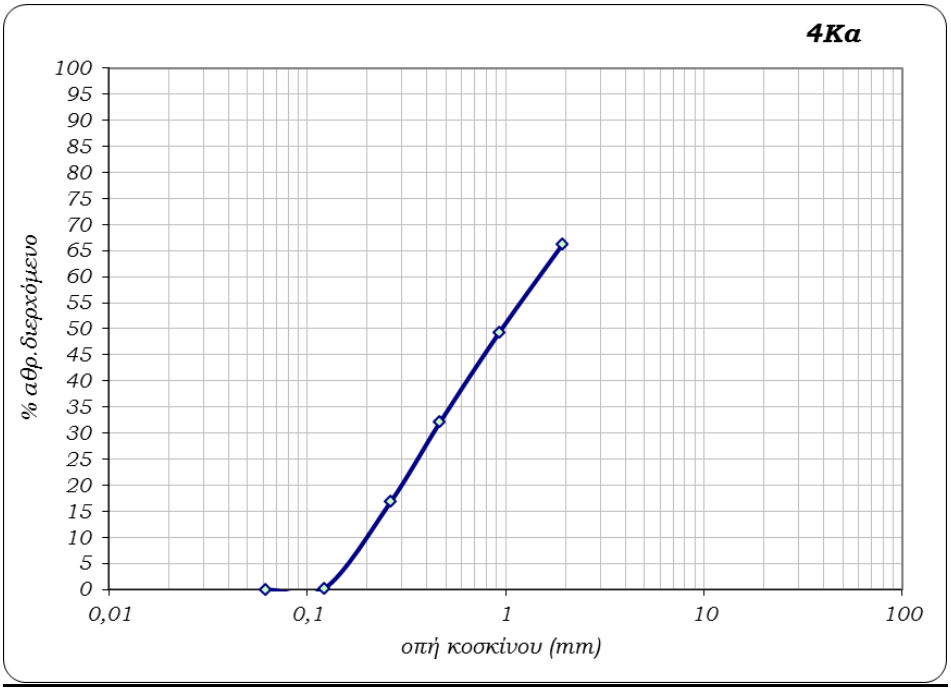
Εικόνα 117: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

ΔΕΙΓΜΑ 4Κα

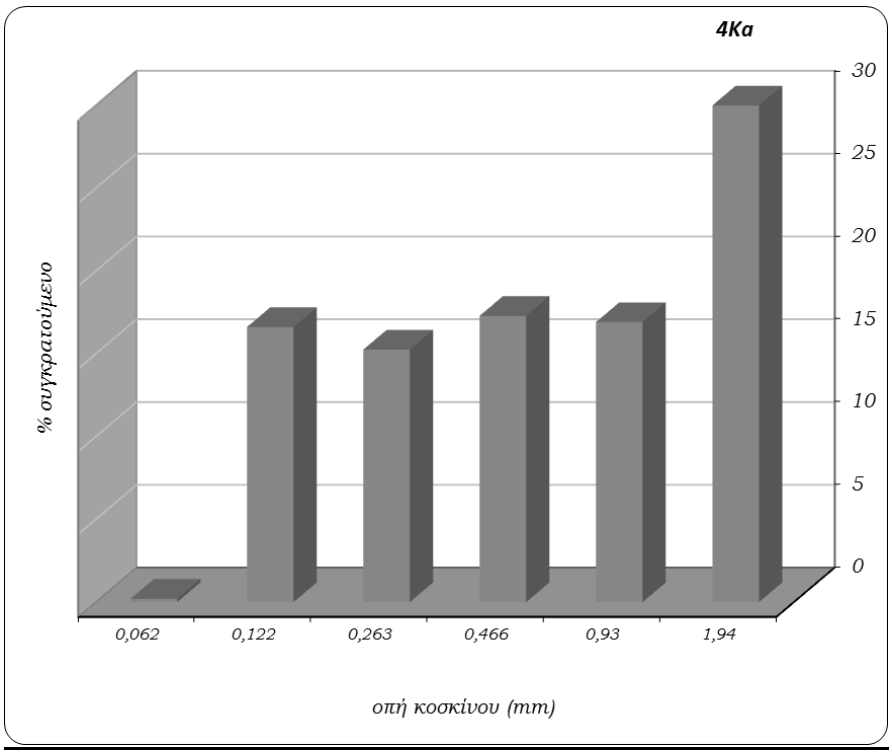
Πίνακας 8

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	13,38	33,73	33,73	66,27
930	6,71	16,91	50,64	49,36
466	6,86	17,29	67,94	32,06
263	6,05	15,25	83,19	16,81
122	6,59	16,61	99,80	0,20
62	0,08	0,20	100,00	0,00
<62	1,58	3,83		

Πίνακας 9



Εικόνα 118: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

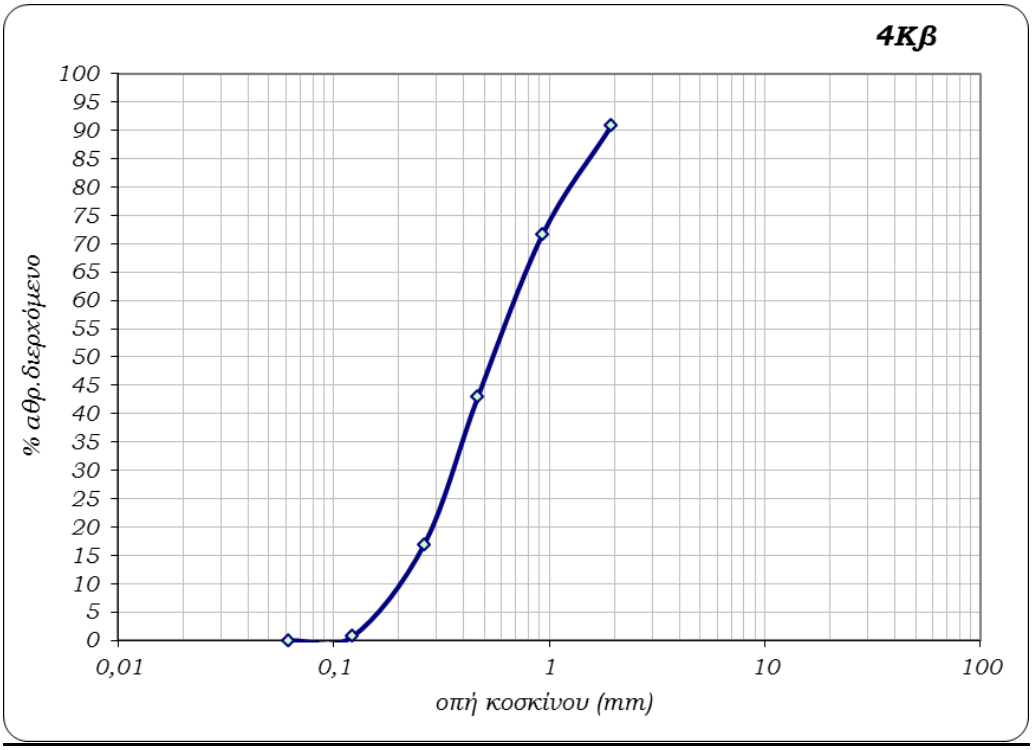


Εικόνα 119: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

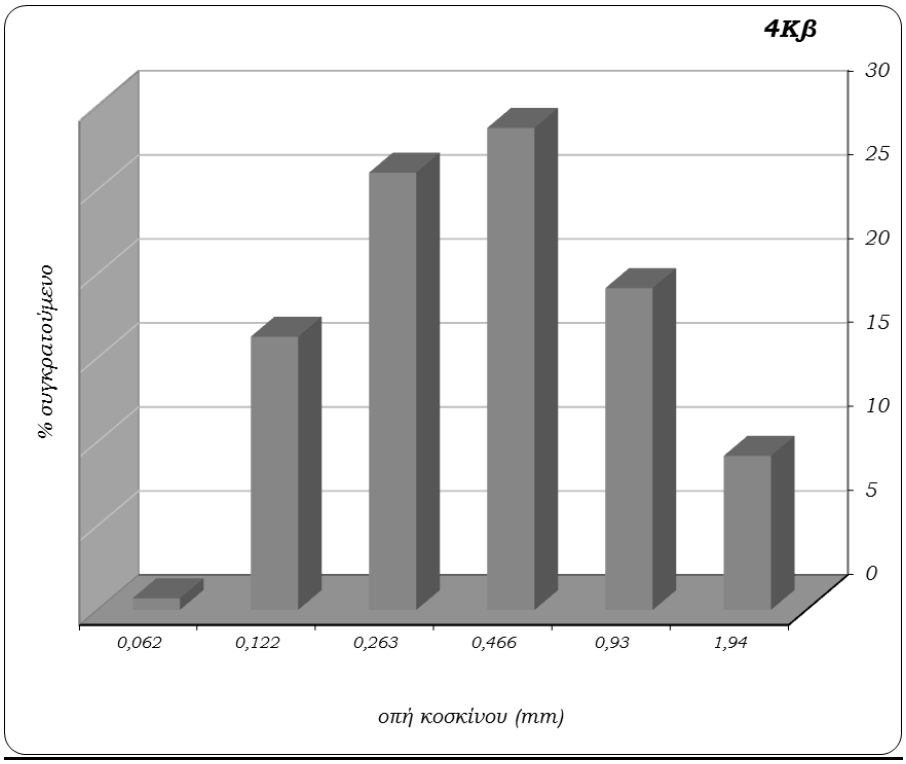
ΔΕΙΓΜΑ 4Κβ

Πίνακας 10

Οπές κόσκινου (μm)	**Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)**	**Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)**	**Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)**	**Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)**
1940	2,79	9,17	9,17	90,83
930	5,83	19,16	28,33	71,67
466	8,73	28,69	57,02	42,98
263	7,92	26,03	83,04	16,96
122	4,95	16,27	99,31	0,69
62	0,21	0,69	100,00	0,00
<62	0,01	0,03		



Εικόνα 120: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

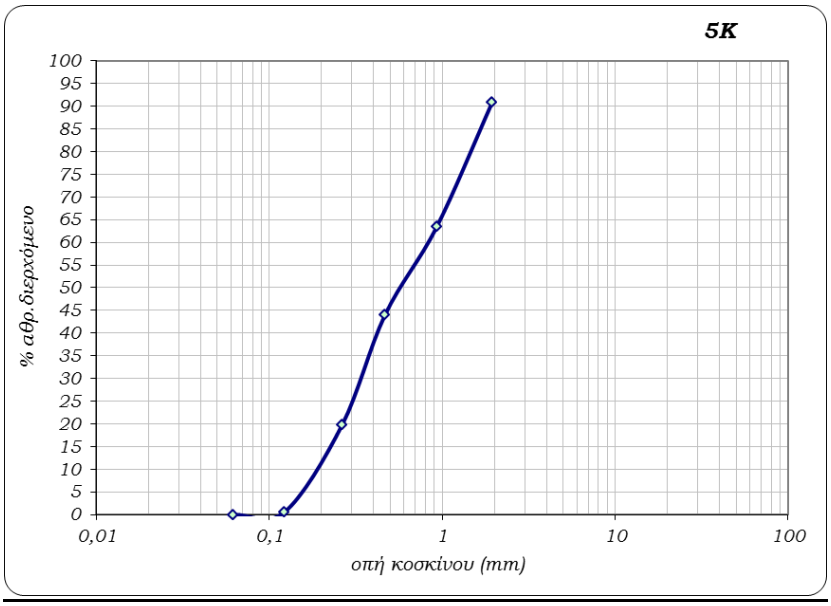


Εικόνα 121: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

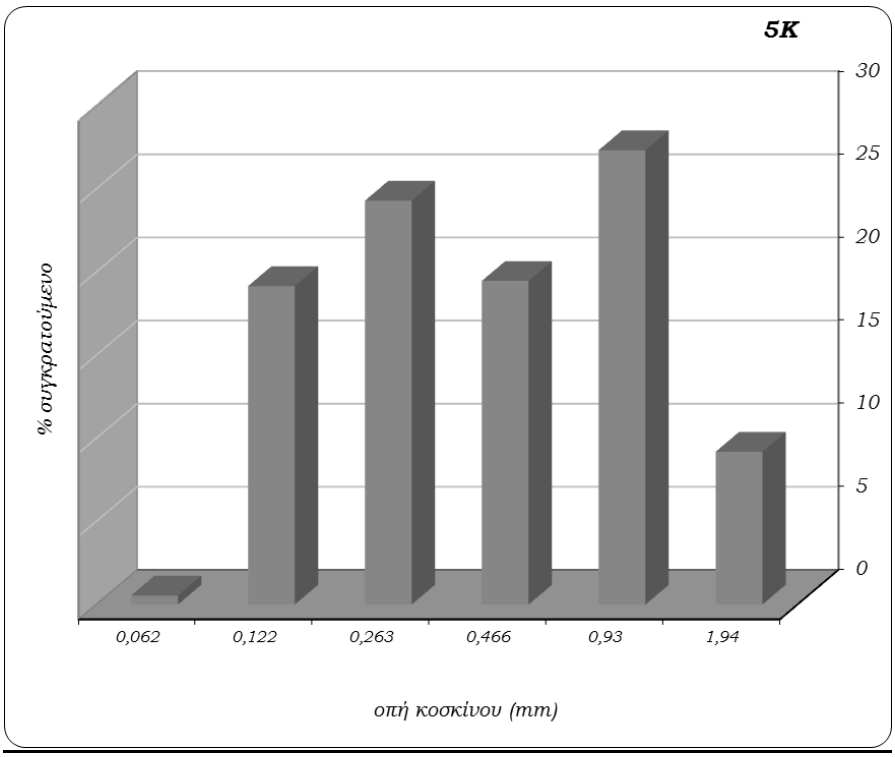
ΔΕΙΓΜΑ 5Κ

Πίνακας 11

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	1,18	9,19	9,19	90,81
930	3,51	27,34	36,53	63,47
466	2,5	19,47	56,00	44,00
263	3,12	24,30	80,30	19,70
122	2,46	19,16	99,45	0,55
62	0,07	0,55	100,00	0,00
<62	0,66	4,89		



Εικόνα 122: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

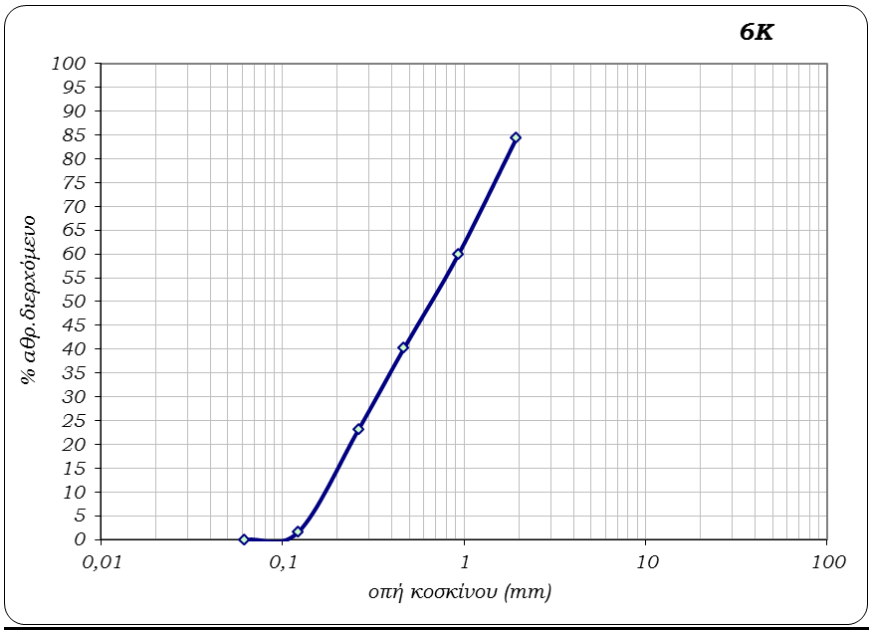


Εικόνα 123: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

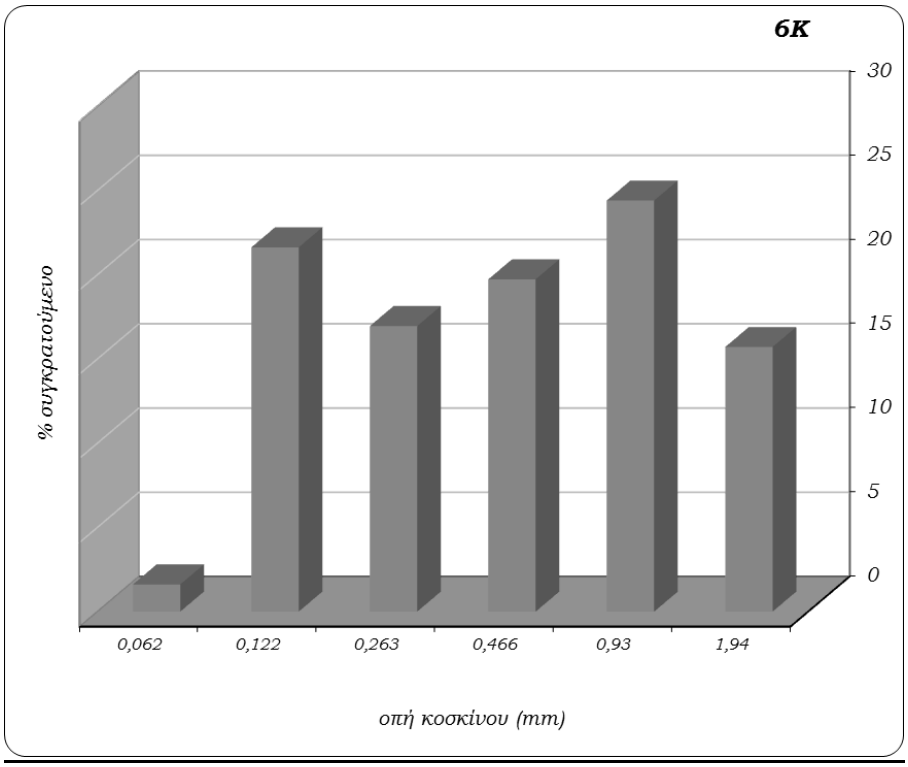
ΔΕΙΓΜΑ 6Κ

Πίνακας 12

Οπές κόσκινου (μm)	**Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)**	**Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)**	**Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)**	**Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)**
1940	2,15	15,70	15,70	84,30
930	3,34	24,40	40,10	59,90
466	2,7	19,72	59,82	40,18
263	2,32	16,95	76,77	23,23
122	2,96	21,62	98,39	1,61
62	0,22	1,61	100,00	0,00
<62	0,31	2,21		



Εικόνα 124: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

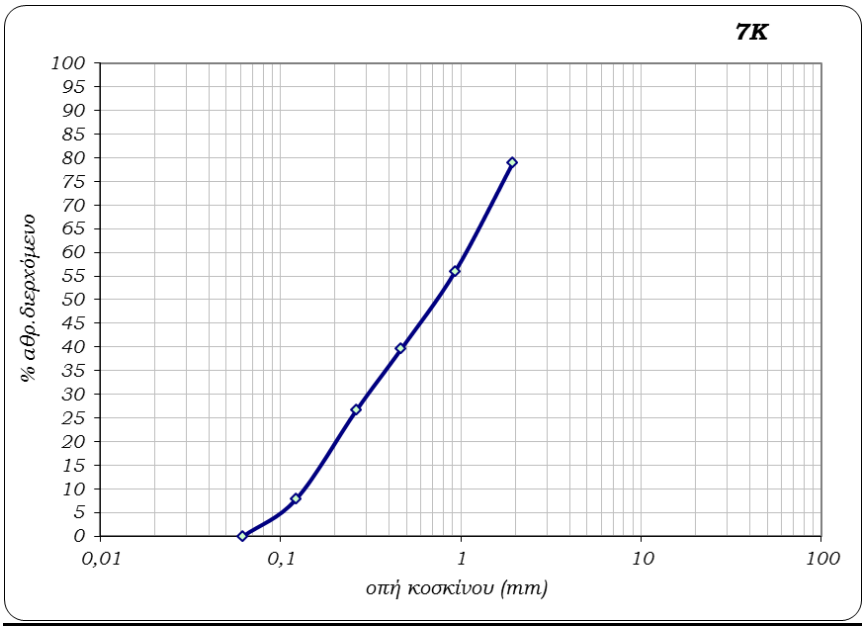


Εικόνα 125: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

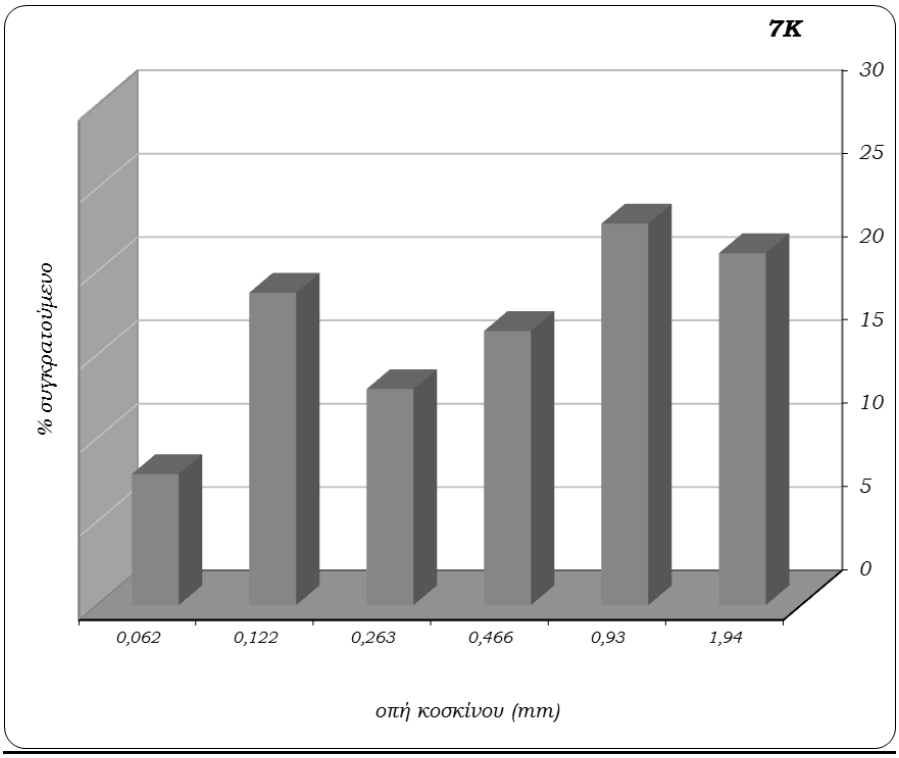
ΔΕΙΓΜΑ 7Κ

Πίνακας 13

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	2,85	21,11	21,11	78,89
930	3,09	22,89	44,00	56,00
466	2,22	16,44	60,44	39,56
263	1,75	12,96	73,41	26,59
122	2,53	18,74	92,15	7,85
62	1,06	7,85	100,00	0,00
<62	0,11	0,81		



Εικόνα 126: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

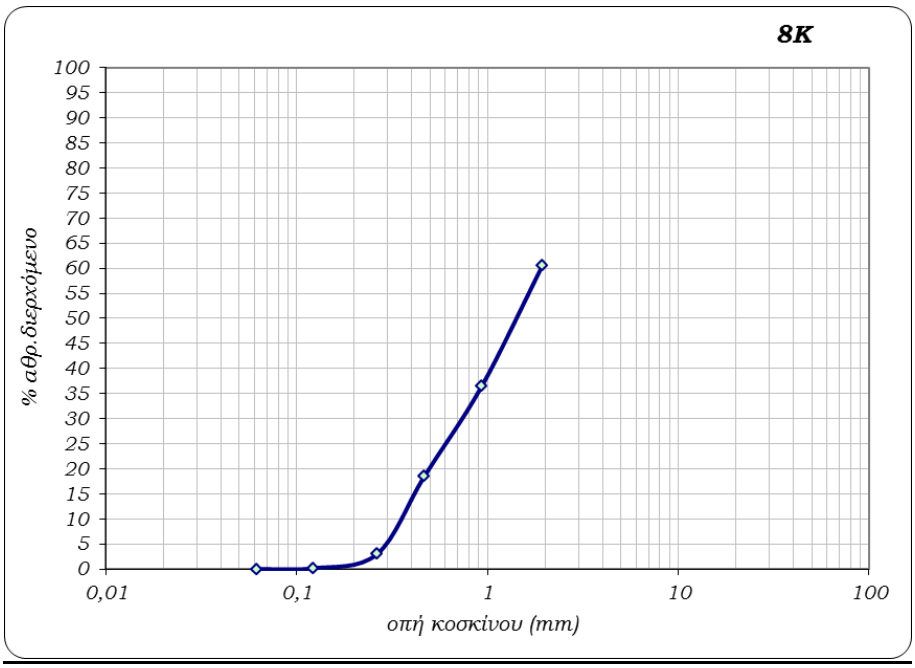


Εικόνα 127: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

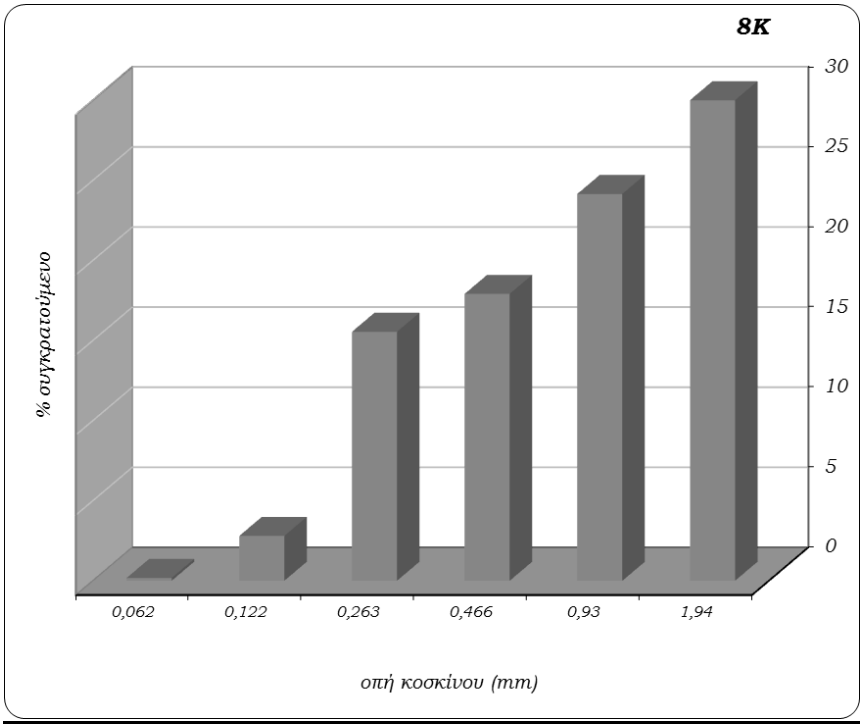
ΔΕΙΓΜΑ 8Κ

Πίνακας 14

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	9,16	39,43	39,43	60,57
930	5,61	24,15	63,58	36,42
466	4,16	17,91	81,49	18,51
263	3,61	15,54	97,03	2,97
122	0,65	2,80	99,83	0,17
62	0,04	0,17	100,00	0,00
<62	4,91	17,45		



Εικόνα 128: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

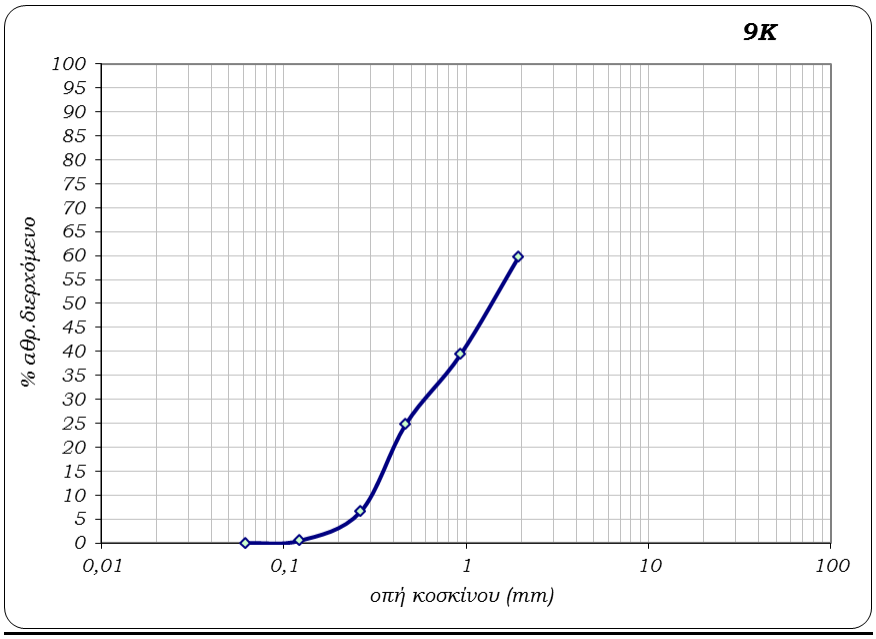


Εικόνα 129: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

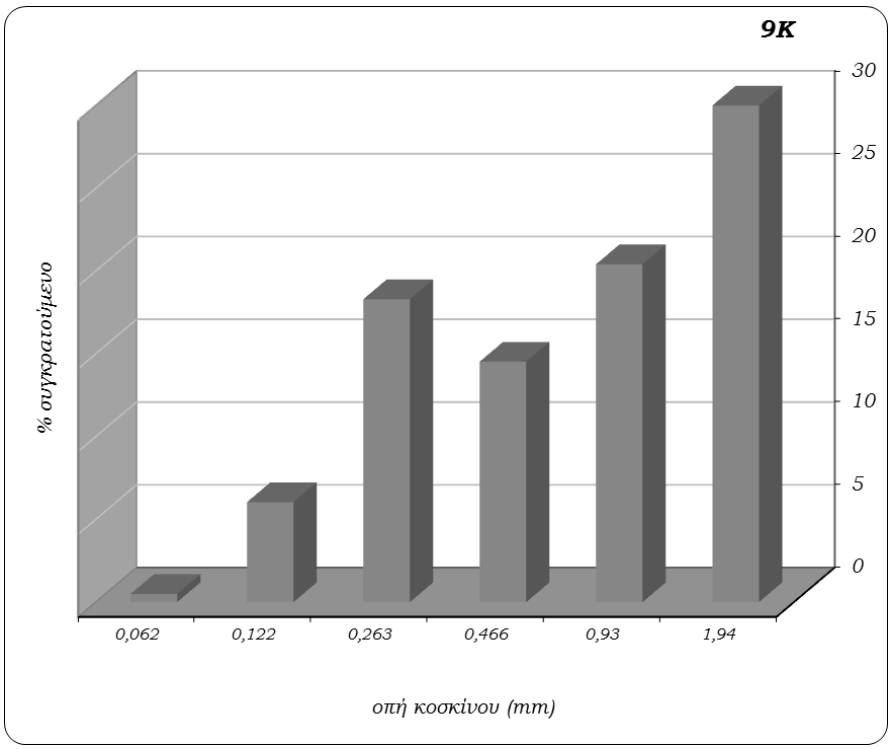
ΔΕΙΓΜΑ 9Κ

Πίνακας 15

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	10,67	40,25	40,25	59,75
930	5,41	20,41	60,66	39,34
466	3,85	14,52	75,18	24,82
263	4,85	18,29	93,47	6,53
122	1,6	6,04	99,51	0,49
62	0,13	0,49	100,00	0,00
<62	0,02	0,08		



Εικόνα 130: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

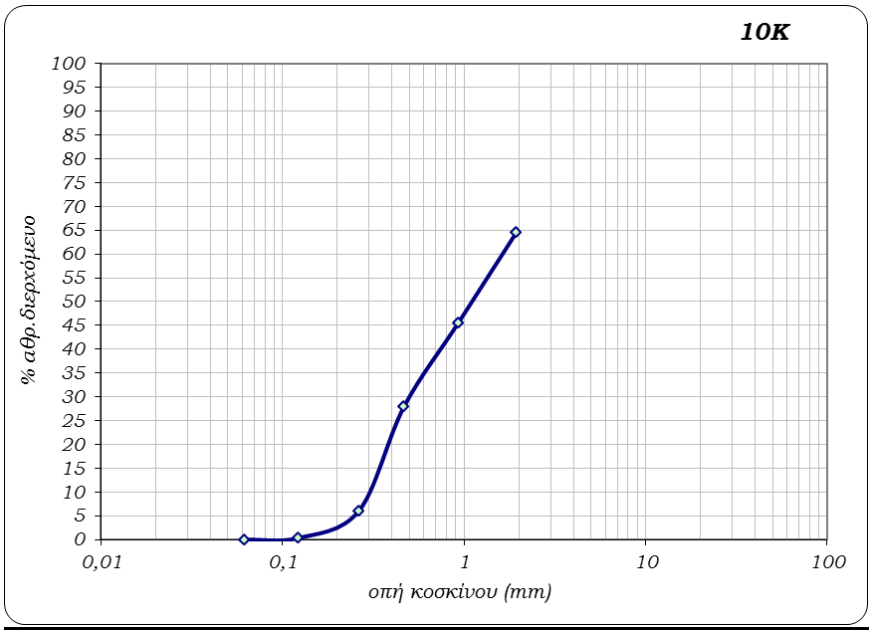


Εικόνα 131: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

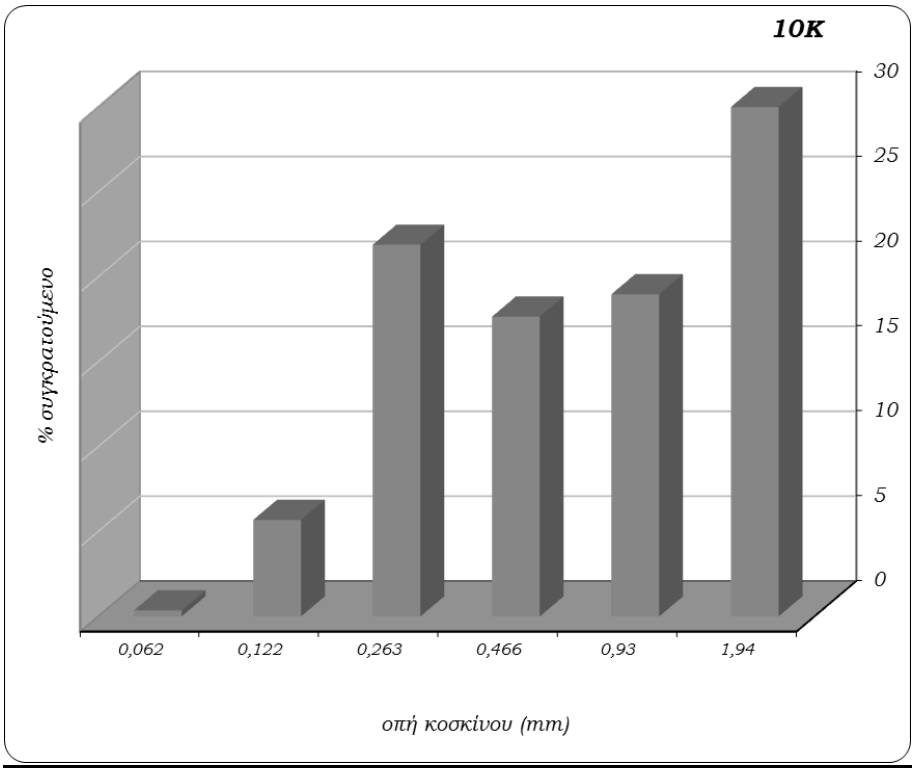
ΔΕΙΓΜΑ 10Κ

Πίνακας 16

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	13,15	35,44	35,44	64,56
930	7,04	18,98	54,42	45,58
466	6,55	17,65	72,08	27,92
263	8,12	21,89	93,96	6,04
122	2,11	5,69	99,65	0,35
62	0,13	0,35	100,00	0,00
<62	0,15	0,40		



Εικόνα 132: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

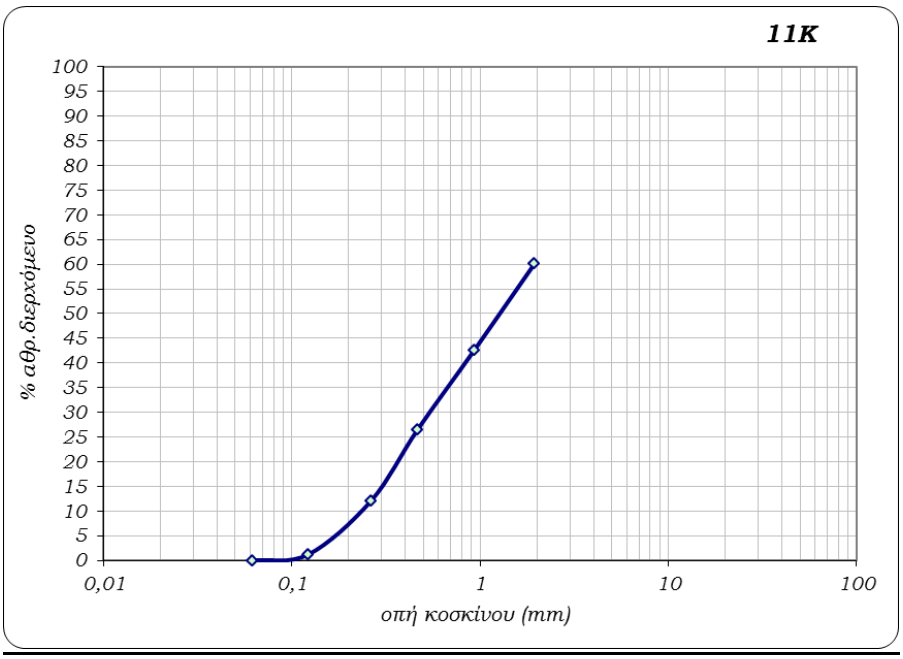


Εικόνα 133: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

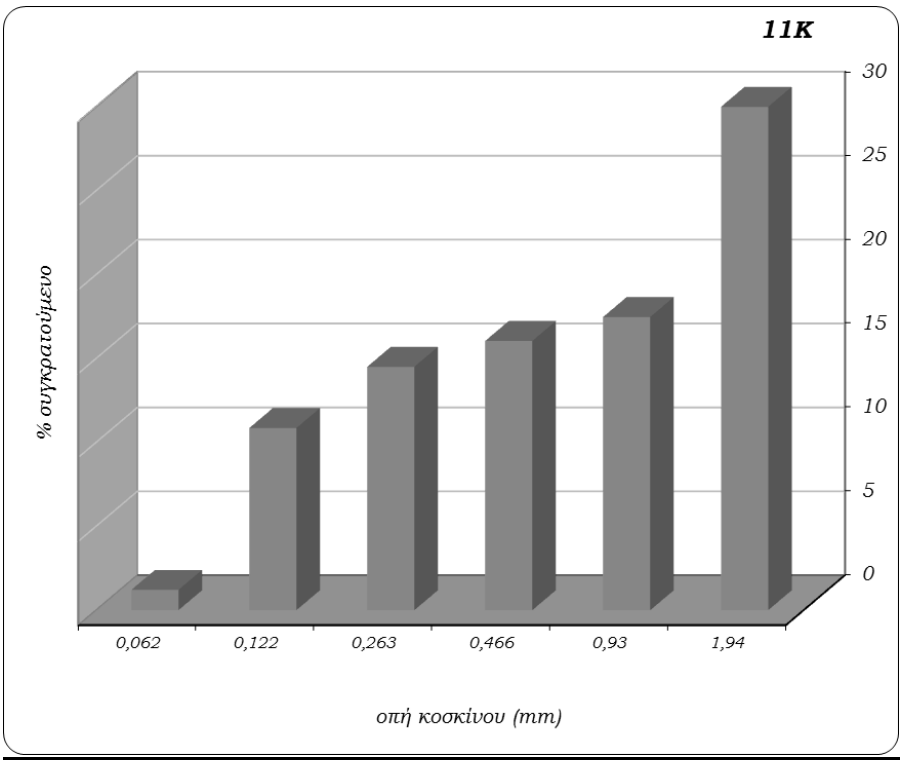
ΔΕΙΓΜΑ 11Κ

Πίνακας 17

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	25,16	39,92	39,92	60,08
930	11,01	17,47	57,39	42,61
466	10,11	16,04	73,44	26,56
263	9,14	14,50	87,94	12,06
122	6,84	10,85	98,79	1,21
62	0,76	1,21	100,00	0,00
<62	0,01	0,02		



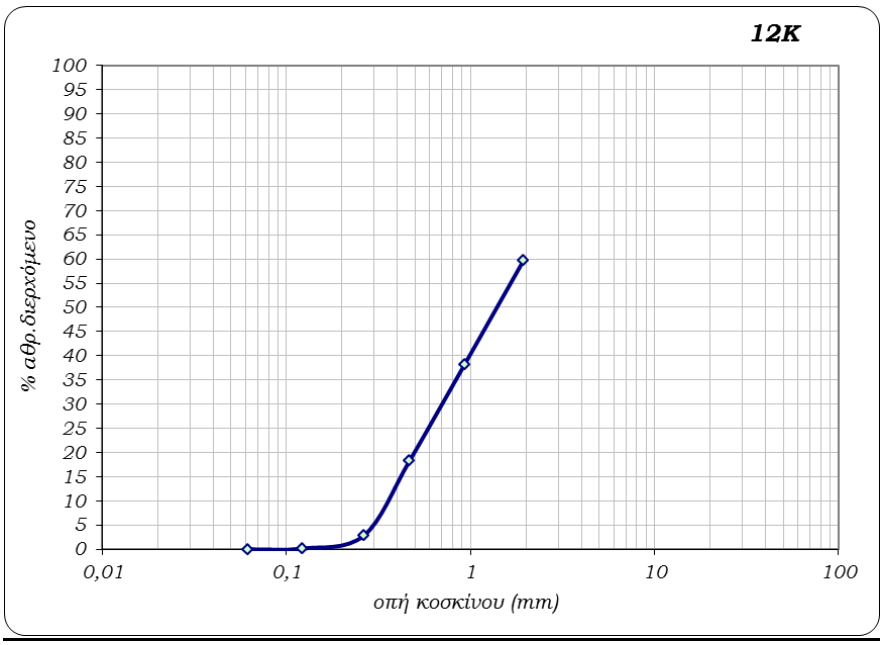
Εικόνα 134: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.



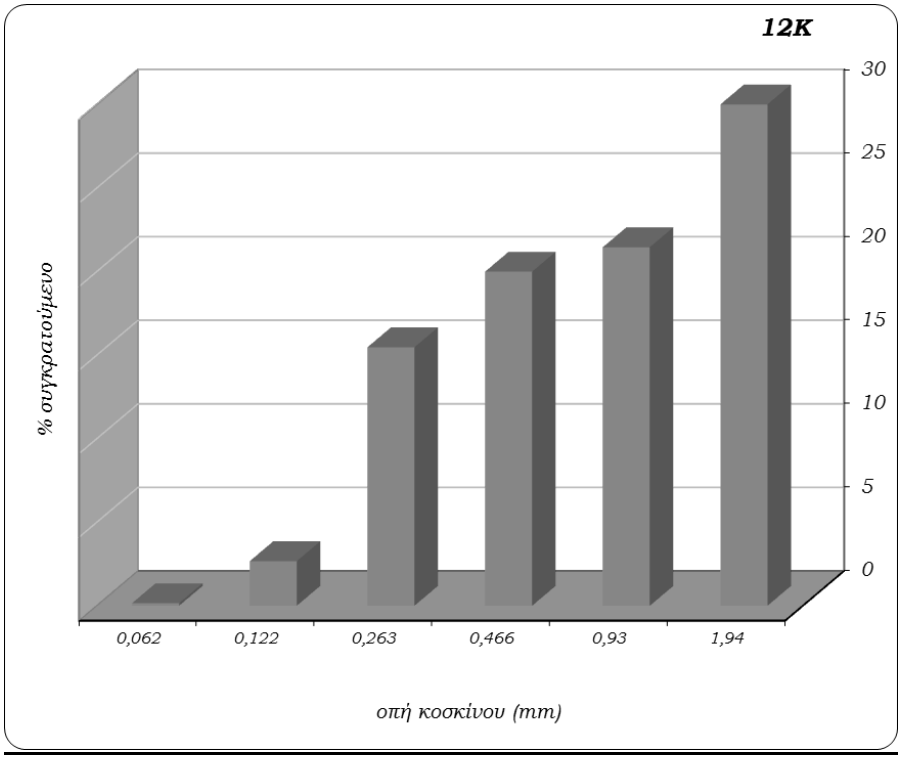
Εικόνα 135: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

ΔΕΙΓΜΑ 12Κ

Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	16,02	40,28	40,28	59,72
930	8,53	21,45	61,73	38,27
466	7,95	19,99	81,72	18,28
263	6,15	15,46	97,18	2,82
122	1,06	2,67	99,85	0,15
62	0,06	0,15	100,00	0,00
<62	0,08	0,20		



Εικόνα 136: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.

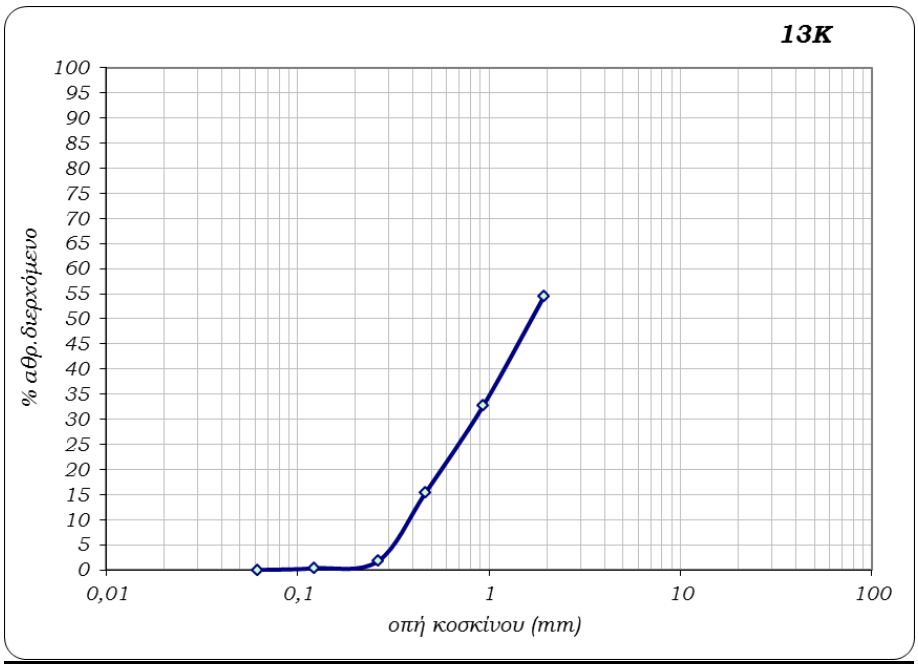


Εικόνα 137: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.

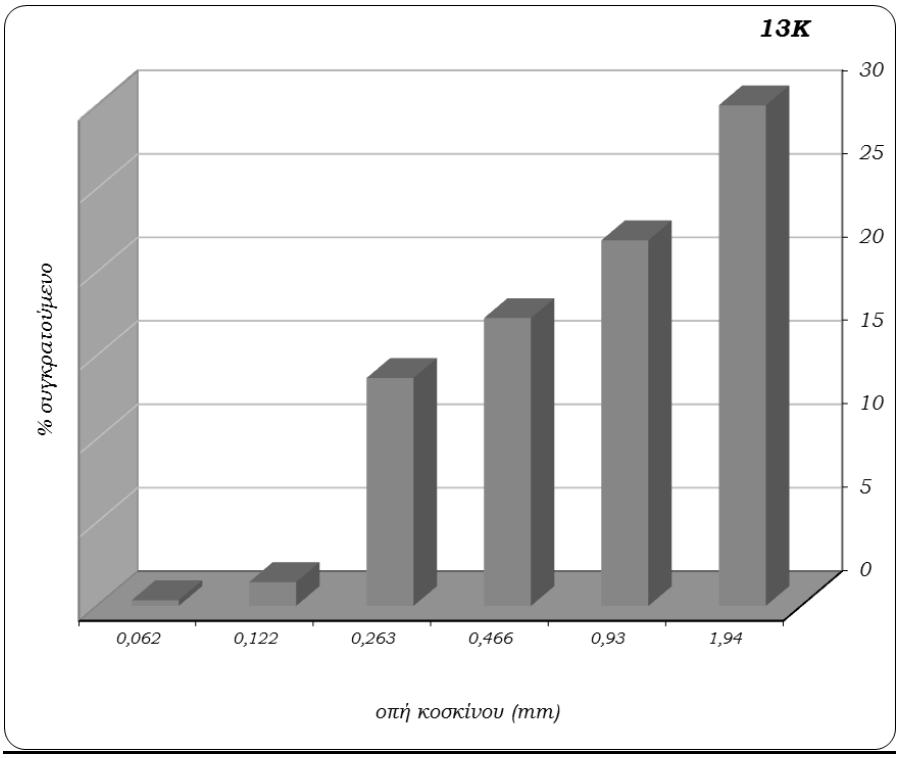
ΔΕΙΓΜΑ 13Κ

Πίνακας 18

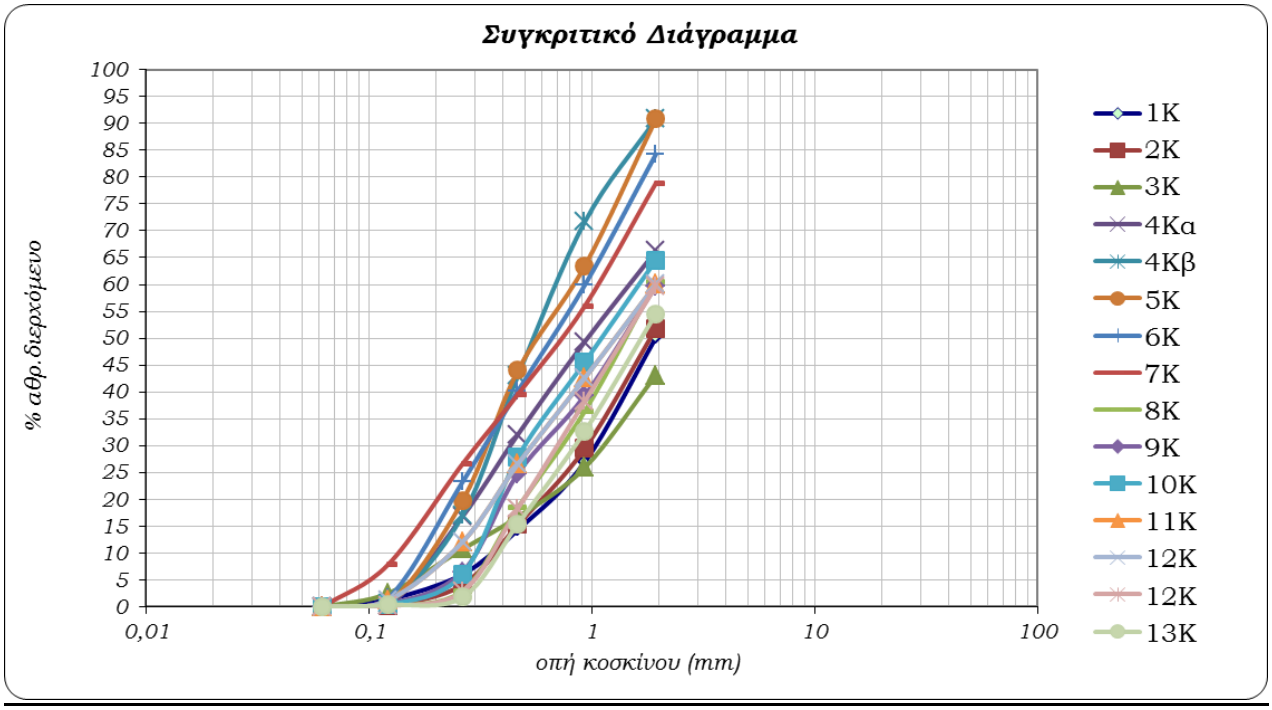
Οπές κόσκινου (μm)	Συγκρατούμενη ποσότητα σε κάθε κόσκινο (g)	Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο (%)	Συγκρατούμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)	Διερχόμενο ποσοστό αθροιστικά σε κάθε κόσκινο (%)
1940	26,7	45,42	45,42	54,58
930	12,88	21,91	67,32	32,68
466	10,14	17,25	84,57	15,43
263	8,03	13,66	98,23	1,77
122	0,84	1,43	99,66	0,34
62	0,2	0,34	100,00	0,00
<62	0,04	0,07		



Εικόνα 138: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm.



Εικόνα 139: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο.



Εικόνα 140: Συγκριτικό διάγραμμα όλων των δειγμάτων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα λουτρά τείνουν να επιβιώνουν από τις καταστροφές, λόγω της φύσης της κατασκευής τους και του γεγονότος ότι το μεγαλύτερο μέρος τους βρισκόταν κάτω από το σύγχρονο επίπεδο του εδάφους. Είναι πιθανό χρησιμοποιώντας σύγχρονες περιγραφές, αναλογία, φυσικούς νόμους και μαθηματικούς υπολογισμούς να αποδώσουμε λειτουργίες στα δωμάτια, τις συνθήκες χρήσης τους και να υπολογίσουμε κατά προσέγγιση την κατανάλωση καυσίμων. Η εξέταση μια συγκεκριμένης εγκατάστασης ίσως να υποδηλώνει τον αριθμό και την κοινωνική θέση των χρηστών με μεγάλη όμως πιθανότητα λάθους, αφού οι υποθέσεις αυτές βασίζονται σε κοινωνικές συνήθειες.[36]

Η μελέτη των υλικών με επιτόπιες αλλά και αναλυτικές μεθόδους στο εργαστήριο, μπορεί να προσφέρει ιδιαίτερα στις γνώσεις μας σχετικά με τα λουτρά, καθώς μελετάται σε βάθος η φύση των υλικών και ερμηνεύεται η επιλογή τους, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του κατασκευαστή τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα υδραυλικά κονιάματα των δεξαμενών λόγω της εξαιρετικής τεχνολογίας τους και της ποιότητας και αντοχής των υλικών από τα οποία κατασκευάζονταν. Ακόμη, τυχόν βρεθέντα υπολείμματα, ίσως αποκαλύψουν νέες χρήσεις ή πτυχές των ήδη γνωστών, που δεν είχαμε αντιληφθεί μέχρι πρότινος.

Πέραν όμως των χρήσεων των λουτρών και της τεχνογνωσίας των κατασκευαστών, γεγονότα που συνδέονται άμεσα με τον πλούτο και τον πολιτισμό του μέρους που βρίσκεται το λουτρό, η μελέτη και ο χαρακτηρισμός των δομικών υλικών μας οδηγεί σε συμπεράσματα σε σχέση με τις αντοχές τους. Δεδομένου ότι είναι γνωστές οι τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, καθώς και το μικροκλίμα που επικρατεί στα διάφορα μέρη του οικοδομήματος, εάν οι πληροφορίες αυτές συνδυαστούν με τις φθορές που παρουσιάζουν επιφανειακά αλλά και σε βάθος τα δομικά υλικά, μπορούν να αποδώσουν ιδιαίτερα χρήσιμες γνώσεις για τους μηχανισμούς φθοράς. Άλλωστε, μια μελέτη χαρακτηρισμού των υλικών αποσκοπεί και στο να εντοπίσει τις αδυναμίες των υλικών.

[36] Tony Rook, the development and operation of roman hypocausted baths, Journal of Archaeological Science, 5, 269-282, Academic Press Inc., London 1978

Γνωρίζοντας λοιπόν τη σύσταση, την αντοχή των υλικών, τους παρουσιαζόμενους τύπους φθοράς και τους μηχανισμούς που τους προκαλούν, μπορούν, σε ένα δεύτερο επίπεδο, να προταθούν με ασφάλεια κάποιες επεμβάσεις συντήρησης- μέθοδοι καθαρισμού, στερέωσης ή όποιες άλλες κρίνονται κατάλληλες με βάση τη δεοντολογία των επεμβάσεων. Σε κάθε περίπτωση στόχος είναι η μακροπρόθεσμη διατήρηση των αρχαιολογικών λειψάνων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου πρέπει να υπάρχει σεβασμός στις αισθητικές αξίες αλλά και η συμβατότητα των υλικών συντήρησης με τα αυθεντικά. Δεδομένου ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι κλιματικές αλλαγές έχουν επιφέρει μεταβολές στα χαρακτηριστικά και στη διαβρωτική δράση του περιβάλλοντος, τα σύγχρονα υλικά αποκατάστασης θα πρέπει να είναι ικανά να αντεπεξέλθουν επιτυχώς σε ένα νέο περιβάλλον, διαφορετικό από αυτό για το οποίο αρχικά σχεδιάστηκαν. Είναι λοιπόν προφανές, ότι θα πρέπει να παρέχουν συμβατότητα ως προς τα χαρακτηριστικά της υφής, του χρώματος, της μικροδομής και της μηχανικής συμπεριφοράς και ταυτόχρονα, να εκμεταλλεύονται τις ιδιότητες μιας τροποποιημένης χημικής σύνθεσης, ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στις νέες απαιτήσεις του περιβάλλοντος των μνημείων.[37]

Η λέξη υπόκαυστο (δηλαδή φωτιά από κάτω) αναφέρεται στο σύστημα θέρμανσης στο οποίο το δάπεδο του δωματίου εδράζει σε πεσσίσκους και κιονίσκους και ο διαθέσιμος χώρος είναι γεμάτος θερμές αέριες μάζες από φούρνο, ο οποίος σε μικρές εγκαταστάσεις τροφοδοτούνταν από έξω.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν αποκλειστικά δείγματα κονιαμάτων και πλίνθων από υπόκαυστο του Υστερο-ρωμαϊκού λουτρού στην Αρχαία Μεσσήνη. Η αρχαιομετρική και τεχνολογική μελέτη των αρχαιολογικών και ιστορικών κονιαμάτων παρέχει έναν σημαντικό όγκο δεδομένων που μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανασύσταση των αυθεντικών συνθέσεων και συνεπώς να χρησιμοποιηθούν για την αποκατάσταση των εν λόγω μνημείων.[38]

Τα δείγματα των κονιαμάτων αφορούν και σε επιχρίσματα και σε δομικά κονιάματα και αρμολογήματα. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η συνολική κατά το δυνατό εικόνα των

[37] Ι. Καρατάσιος, Β. Κυλίκογλου , Π. Θεουλάκης, Σχεδιασμός κονιαμάτων αποκατάστασης αρχιτεκτονικών μνημείων, ΠΡΑΚΤΙΚΑ 5ου ΣΥΜΠΟΣΙΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ, Αθήνα, Οκτώβριος 2008
[38] Ό.π.Ι. Καρατάσιος

χρησιμοποιούμενων κονιαμάτων. Επιπροσθέτως, η γνώση αυτή των κονιαμάτων μπορεί να βοηθήσει τους μελλοντικούς μελετητές στο να τα συγκρίνουν με τα χρησιμοποιούμενα σε γειτονικά οικοδομήματα ώστε να ταυτοποιηθεί η προέλευση των δομικών υλικών, αλλά ακόμη να τα συγκρίνουν και με σύγχρονα σε λουτρά άλλων περιοχών για να εξαχθούν συμπεράσματα για τις οικονομικές και τεχνολογικές διαφορές των περιοχών.

Η περίοδος που χτίζεται το λουτρό δεν είναι ιδιαίτερα ακμάζουσα για την Αρχαία Μεσσήνη. Αυτό φαίνεται στην προκειμένη περίπτωση, από την ποιότητα των δομικών υλικών, αλλά και από την έντονη χρήση υλικών σε δεύτερη χρήση. Οι πλίνθοι της δειγματοληψίας είναι στη πλειονότητα τους στρογγυλά και τετράγωνα συμπαγή κεραμικά που χρησιμοποιήθηκαν στους πεσσίσκους και τους κιονίσκους του υποκαύστου. Μόνο δύο οπτόπλινθοι προέρχονται από την τοιχοδομία και είναι εξίσου χαμηλής ποιότητος. Το γεγονός ότι αυτά τα υλικά έμεναν αθέατα επηρέασε λογικά την επιλογή τους.

Τα δείγματα των πλίνθων, όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα των αναλυτικών μεθόδων, είναι κατά κύριο λόγο πτωχά σε ασβέστιο (κάτω του 5%), με εξαίρεση τρία δείγματα που είναι πλουσιότερα σε ασβέστιο. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν και την τεχνολογία παραγωγής τους, τη θερμοκρασία και το περιβάλλον όπτησης. Συνολικά επιβεβαιώνεται η κυρίαρχη αργιλοπυριτική σύσταση των οπτόπλινθων. Επίσης, εντοπίζεται η ύπαρξη φωσφόρου, αποτέλεσμα βιοδιάβρωσης, αφού τα δοκίμια είναι εκτεθειμένα στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Οι οπτόπλινθοι, όπως παρατηρήθηκε μακροσκοπικά αλλά και με τη χρήση του οπτικού LED μικροσκοπίου πλήττονται από επιφανειακή διάβρωση, όπως οπές, μικρορηγματώσεις και ανάπτυξη βιοδιάβρωσης.

Τα δείγματα των κονιαμάτων είναι δύο κατηγοριών. Τα επιχρίσματα είναι ασβεστιτικά και λεπτόκοκκα, ενώ το δομικά κονιάματα είναι κατά κύριο λόγο πηλοκονιάματα με χαμηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο. Δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός του ποσοστού της κονίας για αυτή την κατηγορία κονιαμάτων, τα οποία φαίνεται να κατασκευάστηκαν πρόχειρα, χωρίς δηλαδή να ακολουθείται κάποια συνταγή, και εκμεταλλευόμενοι τις τοπικές εύκαιρες πρώτες ύλες. Αντιθέτως, τα επιχρίσματα ήταν πολύ πιο μελετημένα κατά την παρασκευή τους.

Το δείγμα 4Κα, το οποίο μελετήθηκε με το σύνολο των μεθόδων που επιλέχθηκαν στην εργασία αυτή, μας δίνει μια εικόνα. Το εσωτερικό στρώμα προετοιμασίας είναι ένα χονδρόκοκκο ασβεστοπηλοκονίαμα. Εν συνεχεία, το επόμενο στρώμα είναι ένα επίχρισμα με ασβεστιτική κονία και αδρανή και χαλαζιακές προσμίξεις, σπασμένο κεραμικό ως πρόσθετο, το οποίο επικαλύπτεται από επίχρισμα ασβεστιτικό με ασβεστιτικά αδρανή. Τέλος, το εξωτερικό επίχρισμα είναι πολύ λεπτό σε πάχος και ιδιαίτερα λεπτόκοκκο. Αποτελείται από ασβεστιτική κονία και αδρανή, και από αργιλοπυριτικές προσμίξεις, χαλαζία και ανορθίτη.

Η κατάσταση διατήρησης των κονιαμάτων δεν είναι καλή. Ιδιαίτερα τα κονιάματα που λήφθηκαν από τους αρμούς των πεσσίσκων και των κιονίσκων είναι ιδιαιτέρως χονδρόκοκκα, δηλαδή περιέχουν ως και χαλίκια. Εφόσον τα φυσικά αδρανή που χρησιμοποιήθηκαν είναι μεγαλύτερα των 5 mm μπορούν να χαρακτηρισθούν ως σκυροδέματα.[39] Η κατάσταση διατήρησής τους δεν είναι καλή. Είναι εύθρυπτα γεγονός που οφείλεται κυρίως στην ποιότητα των υλικών και της διαδικασίας παρασκευής τους, και όχι τόσο στους παράγοντες φθοράς.

Παρατηρείται επίσης η ύπαρξη μαγγανίου και σιδήρου στα περισσότερα δείγματα στην ανάλυση SEM-EDX, γεγονός που μπορεί να σχετίζεται με πυρολουσίτη ή άλλο πιθανό ορυκτό που χρησιμοποιήθηκε ως αδρανές.

Σε όλα τα δείγματα των κονιαμάτων και των επιχρισμάτων παρατηρείται βιοδιάβρωση, ρηγματώσεις, αποκόλληση αυθεντικού υλικού, θρυπτικότητα και έκπλυση κονίας. Ωστόσο, παρότι μικροσκοπικά εντοπίστηκαν δενδριτικής διάταξης κρύσταλλοι αλάτων, κατά τον προσδιορισμό των ολικών διαλυτών αλάτων στο εργαστήριο, παρατηρήθηκε πως οι τιμές είναι εντυπωσιακά χαμηλές. Η τιμή των ολικών διαλυτών αλάτων σε όλα τα προς εξέταση δείγματα είναι μέσα στο επιτρεπτό όριο, που είναι το 3%, και γι' αυτό το λόγο κρίνετε πως δεν υπάρχει έντονη φθορά, προκαλούμενη από τη δράση των αλάτων.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση των υλικών αυτών. Δημιουργείται η ανάγκη περαιτέρω μελέτης του υλικού. Περισσότερα δείγματα και τεχνικές είναι αναγκαίες για την ολοκλήρωση του χαρακτηρισμού τους.

---

[39] Σ. Τσίμας, Κονιάματα αποκατάστασης, Σημειώσεις μαθήματος 2.2, ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2001

Προτάσεις

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει ένα μεγάλο μέρος του χαρακτηρισμού των υλικών και της διάγνωσης της φθοράς για το λουτρό της αρχαίας Μεσσήνης, αφού περιέχει την ιστορική τεκμηρίωση, το χαρακτηρισμό των κονιαμάτων και των πλίνθων και την κατά το δυνατό αποτίμηση των περιβαλλοντικών παραγόντων με βάση του εμφανιζόμενους τύπους φθοράς. Ωστόσο, λόγω του ότι πρόκειται για ένα πρόσφατο εύρημα στο οποίο δεν έχουν διεξαχθεί άλλες μελέτες χαρακτηρισμού των δομικών υλικών προτείνεται η περαιτέρω μελέτη όλων των ειδών των υλικών που υπάρχουν στο κτίσμα, σχετικά με τις φυσικοχημικές αλλά και τις μηχανικές τους ιδιότητες. Ακόμη προτείνεται η περαιτέρω μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως η μελέτη του μικροκλίματος, η καταγραφή των ρύπων και η χαρτογράφηση της ανερχόμενης υγρασίας ώστε να εκτιμηθεί η κατάσταση των δομικών υλικών και να καταταχθούν και χαρτογραφηθούν τα παρατηρούμενα φαινόμενα φθοράς. Σε ένα δεύτερο επίπεδο, σχετικά με την συντήρηση και αποκατάσταση του μνημείου, προτείνεται να πραγματοποιηθεί έλεγχος ποιότητας των προς επιλογή υλικών αποκατάστασης και, όσων αφορά την συμβατότητά τους με τα υπάρχοντα δομικά υλικά και την επιτελεστικότητά τους. Θα πρέπει να ακολουθήσει σειρά πιλοτικών επεμβάσεων ώστε να αποτιμηθεί η καταλληλότητα των υλικών συντήρησης. Το έργο της διατήρησης του μνημείου δεν σταματά μετά την εφαρμογή των τελικώς επιλεγέντων υλικών και μεθόδων. Η συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης διατήρησής του είναι εξίσου μείζονος σημασίας, με σκοπό την αειφορία της κατασκευής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αντωνία Μοροπούλου, Υλικά και επεμβάσεις συντήρησης: κριτήρια, μεθοδολογία και τεχνικές αποτίμησης και σχεδιασμού. επιστημονικές ημερίδες για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομίας: Προβλήματα φθοράς και παθολογίας μνημείων: Υλικά και επεμβάσεις συντήρησης και αποκατάστασης Ι, ΤΕΕ, Αθήνα
2. Αντωνία Μοροπούλου, Μεθοδολογία διαγνωστικής μελέτης, Δ.Π.Μ.Σ. Προστασία Μνημείων, Ακαδ. Έτος 2013-2014
3. Moropoulou A., Bakolas A., "Range of Acceptability limits of Physical, Chemical and Mechanical"
4. Ν.Ζαχαριάς, Εργαστηριακές σημειώσεις προπτυχιακού μαθήματος «Αρχαιομετρία», Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Καλαμάτα, 2012
5. Α.Μοροπούλου, Κ.Λαμπρόπουλος, «Χαρακτηρισμός δομικών λίθων και διάγνωση φθοράς τους στα μνημεία του πολιτισμού», .Ι. Λυριτζής, Ν. Ζαχαριάς (επιμ.), ΑρχαιοΥλικά, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα 2010
6. Moropoulou A., Bakolas A., Bisbikou K., Investigation of the technology of historic mortars, Journal of Cultural Heritage, Vol.1, Issue 1, January 2000, p.45-58.
7. Πέτρος Μούνδουλας, Αντωνία Μοροπούλου, «Ιστορικά κονιάματα. Παραδείγματα εφαρμογών. Κονίες και κονιάματα. Συντήρηση, αποκατάσταση. Αντικατάσταση κονιαμάτων και επιχρισμάτων.» ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων, ΕΜΠ
8. Πέτρος Θέμελης, Αρχαία Μεσσήνη Ιστορία-Μνημεία-Άνθρωποι, εκδ. Μίλητος, Αθήνα 2010
9. Ι. Λυριτζής, Φυσικές Επιστήμες στην Αρχαιολογία, Δεύτερη έκδοση βελτιωμένη, Τυπωθήτω, Αθήνα, 2007
10. Ι. Καρατάσιος, Β. Κυλίκογλου , Π. Θεουλάκης, Σχεδιασμός κονιαμάτων αποκατάστασης αρχιτεκτονικών μνημείων, Πρακτικά του 5ου Συμποσίου της Ελληνικής Αρχαιομετρικής Εταιρείας (ΕΑΕ), Ν. Ζαχαριάς, Μ.

Γεωργακοπούλου, Κ. Πολυκρέτη, Γ. Φακορέλλης, Θ. Βάκουλης (επιμελητές), Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πελοποννήσου – Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα, 2012.

11. Α.Μοροπούλου, Κ.Λαμπρόπουλος, Κεραμικά Υλικά, Σημειώσεις Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία Μνημείων», Ακαδ. Έτος 2013-2014
12. A. Schwedt, V. Aravantinos, A. Harami, V. Kilikoglou, M. Kylafi, H. Mommsen, N. Zacharias, Neutron Activation Analysis of Hellenistic Pottery from Boeotia, Greece, Journal of Archaeological Science 33, 1065-1074, 2006
13. T. Marketou, E. Karanzali, H. Mommsen N. Zacharias, A. Schwedt, V. Kilikoglou, Pottery wares from the prehistoric settlement at Ialysos (Trianda) in Rhodes, Annual of the British School at Athens, Volume no 101, 1-56, plate 1, 2006
14. Wolfgang Muller-Wiener, Η Αρχιτεκτονική της Αρχαία Ελλάδα, University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1995, σελ.182-183
15. Χαράλαμπος Θ. Μπούρας, Μαθήματα Ιστορίας της Αρχιτεκτονικής, Πρώτος τόμος, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1991
16. Το Έργον της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας (Ergon) του έτους 2013, Η εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία, Αθήνα
17. Το Έργον της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας (Ergon) του έτους 2014, Η εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία, Αθήνα
18. Σ. Τσίμας, Κονιάματα αποκατάστασης, Σημειώσεις μαθήματος 2.2, ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2001
19. Α.Μοροπούλου, Π.Μούνδουλας, Κονίες- Ιστορικά Κονιάματα, ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ακαδ. Έτος 2013-2014
20. Νικολακοπούλου Μαρία, Ρωμαϊκές θέρμες Αγίου Θωμά Μεσολογγίου, ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων / Κατεύθυνση Α’ Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2005
21. De Laine, J., “Bathing and society”, στο De Laine, J. – Johnson, D.E. (επιμ.), Roman Baths and Bathing (Journal of Roman Archaeology Supplement 37.1, London 1999), σελ. 7-16

22. Characteristics deriving from the Evaluation of Historic Mortars, Compatible Materials for the Restoration of European Cultural Heritage, Pact, 56(1998), p. 165-178.

23. Garzya, A., “L’eau dans la Littérature médicale de l’Antiquité Tardive”, BCH Supplément 28, σελ. 109-119
24. Nancy H.Ramage, Andrew Ramage, Ρωμαϊκή Τέχνη, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2000, σελ.189
25. Χρυσοστόμου Π., Κεφαλλωνίτου Φρ., Νικόπολις, Αθήνα 2003
26. Με το Μετρό στην Αρχαία Αθήνα, Αθήνα 2002, 34-39
27. Χατζηδημητρίου Α., Αλιβέρι. Συμβολή στην αρχαιολογική έρευνα της περιοχής, Αθήνα 2000, 15-29
28. Όλγα Ζαχαριάδου, Ρωμαϊκά λουτρά Ζαππείου, http://odysseus.culture.gr , Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2012
29. Ιερό και ναός του Ολυμπίου Διός, Αρχαιολογία της Πόλης των Αθηνών, www.eie.gr, http://www.eie.gr/archaeologia/gr/02_DELTIA/Sanctuary_of_Olympian_Zeus.aspx
30. Βάννα Νινιού – Κινδελή, Ελένη Μαθιουδάκη, Μικρό βαλανείο, http://odysseus.culture.gr , Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2012
31. Θέμελης Π., Αρχαία Ελεύθερνα - ανατολικός τομέας, Αθήνα 2002, 49-56
32. Σταμπολίδης Ν., Ελεύθερνα Πόλη-Ακρόπολη-Νεκρόπολη, Αθήνα 2004, 67-69
33. Αντωνία Μοροπούλου, Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων και μη καταστρεπτικών τεχνικών. Επιστήμη και τεχνική υλικών. 7ου εξαμήνου Χ-Μ ΕΜΠ, 2012
34. Α.Μοροπούλου, Μ.Καρόγλου, Κ.Λαμπρόπουλος, Ν.Αβδελίδης, Ε.Αγγελακοπούλου, Α.Δελέγκου, Α.Μπακόλας, Αποτίμηση αειφορίας κατασκευών-υποδομών με μη καταστρεπτικές μεθόδους, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008
35. Tony Rook, the development and operation of roman hypocausted baths, Journal of Archaeological Science, 5, 269-282, Academic Press Inc., London 1978

36. Guy D.R.Sanders, A late Roman Bath at Corinth, Excavations in the Panayia Field 1995-1996, Hesperia 68.4, American School of Classical Studies at Athens, 1999
37. www.visitgreece.gr
38. http://www.ancientmessene.gr/

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1:Χάρτης Μεσσηνίας. Η περιοχή της Αρχαίας Μεσσήνης επισημαίνεται στον κύκλο..... 20
Εικόνα 2: Ο Ναός της Λιμνάτιδος από τα Β.Α. 26
Εικόνα 3: Αναπαράσταση της πρόσοψης του Ναού της Λιμνάτιδος. Στο βάθρο το λατρευτικό άγαλμα της θεάς. 27
Εικόνα 4: Το θέατρο. 30
Εικόνα 5: Κάτοψη των θερμών του Τραϊανού όπου διακρίνεται και πτέρυγα της Χρυσής οικίας του Νέρωνα, Εσκουιλίνος λόφος, Ρώμη 37
Εικόνα 6: Αναπαράσταση της κάτοψης του ρωμαϊκού βαλανείου πλάι στο Ολυμπιείον. Α. προθάλαμος, Β. νυμφαίον (κρήνη), Γ. βοηθητικός χώρος, Δ. αίθουσα αναμονής Ε. αποδυτήριον, Z. frigidarium, H. tepidarium, Θ. Caldarium. 40
Εικόνα 7:*Το I-Scope της Moritex συνδεδεμένο σε φορητό υπολογιστή.* 43
Εικόνα 8: *Στιγμιότυπο από την προετοιμασία των δειγμάτων μετά των εγκιβωτισμό τους σε ρητίνη.* 46
Εικόνα 9: *Η διάταξη του SEM σε συνδυασμό με τη στοιχειακή μικροανάλυση EDX. Εργαστήριο Αρχαιομετρίας Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.* 47
Εικόνα 10: Τα στρώματα του επιχρίσματος αποκολλήθηκαν και προέκυψαν τα δείγματα 4Κα εξωτερικό, 4Κα μεσαίο, 4Κα εσωτερικό και 4Κα εσωτερικό προετοιμασίας, τα οποία εδώ μελετώνται σαν ξεχωριστά κονιάματα και ας ανήκουν στο ίδιο επίχρισμα. 53
Εικόνα 11:*Το D8 Advance της Bruker.* 54
Εικόνα 12: Εικόνες από την διαδικασία της λήψης των δειγμάτων 57
Εικόνα 13: *Δείγμα 1Κ. Κονίαμα.* 60
Εικόνα 14: *Δείγμα 2Κ. Κονίαμα.* 60
Εικόνα 15: *Δείγμα 3Κ. Κονίαμα.* 61
Εικόνα 16: *Δείγμα 4Κα. Κονίαμα.* 61
Εικόνα 17: *Λεπτομέρεια από την τομή του δείγματος κονιάματος με εμφανή στρωματογραφία. Δείγμα 4Κα.* 61
Εικόνα 18:*Δείγμα 4Κβ. Κονίαμα.* 62
Εικόνα 19: *Δείγμα 5Κ. Κονίαμα.* 62
Εικόνα 20: *Δείγμα 6Κ. Κονίαμα.* 62
Εικόνα 21: *Δείγμα 7Κ. Κονίαμα.* 63

Εικόνα 22: *Δείγμα 8Κ. Κονίαμα.* 63
Εικόνα 23: *Δείγμα 9Κ. Κονίαμα.* 63
Εικόνα 24: *Δείγμα 10Κ. Κονίαμα.* 64
Εικόνα 25: *Δείγμα 11Κ. Κονίαμα.* 64
Εικόνα 26: *Δείγματα 12Κ και 6Π. Κονίαμα και οπτόπλινθος.* 64
Εικόνα 27: *Δείγμα 13Κ. Κονίαμα.* 65
Εικόνα 28: *Δείγμα 1Π. Οπτόπλινθος.* 65
Εικόνα 29: *Δείγμα 2Π. Οπτόπλινθος.* 65
Εικόνα 30: *Δείγμα 3Π. Οπτόπλινθος.* 66
Εικόνα 31: *Δείγμα 4Π. Οπτόπλινθος.* 66
Εικόνα 32: *Δείγμα 5Π. Οπτόπλινθος.* 67
Εικόνα 33: *Δείγμα 7Π. Οπτόπλινθος.* 67
Εικόνα 34: *Δείγμα 1Κ. Συνδετικό δομικό κονίαμα των πεσσίσκων έδρασης του πατώματος. Εξωτερική επιφάνεια του κονιάματος (περιοχή διεπαφής με το περιβάλλον) με εμφανή βιοδιάβρωση. Βελονισμός και ρηγματώσεις.* 68
Εικόνα 35: *Δείγμα 1Κ. Εσωτερικό του δείγματος- τομή. Εξαιρετικά χονδρόκοκκο κονίαμα. Τα αδρανή είναι χαλίκια σε μεγάλο ποσοστό.* 68
Εικόνα 36:*Δείγμα 2Κ. Συνδετικό δομικό κονίαμα των πεσσίσκων έδρασης του πατώματος. Κονίαμα ιδιαίτερα εύθρυπτο, με έντονες ρηγματώσεις. Επίσης όπως και στο προηγούμενο κονίαμα τα αδρανή είναι πολύ χονδρά. Πάνω δεξιά περιοχή βιοδιάβρωσης με βελονισμό.* 69
Εικόνα 37: *Δείγμα 3Κ. Έντονα διαβρωμένο κονίαμα. Αποσπάσεις τμημάτων και απώλεια αυθεντικού υλικού. Εύθρυπτο με χωμάτινη υφή.* 69
Εικόνα 38: *Δείγμα 4Κα. Στρώματα επιχρίσματος τοιχοποιίας. Το υπόστρωμα διαφαίνεται χονδρόκοκκο και ακολουθούν λεπτόκοκκες στρώσεις.* 70
Εικόνα 39: *Δείγμα 4Κβ. Κονίαμα αρμών (δομικό) της τοιχοποιίας. Σε αναλογία κονίας-αδρανών, υπερτερούν τα αδρανή, μάλλον ένα είδος χονδόκοκκης άμμου. Σημειακές αποκολλήσεις και δημιουργία οπών.* 70
Εικόνα 40: *Δείγμα 5Κ. Επίχρισμα τοιχοποιίας από την περιοχή της μπανιέρας. Αισθητά πιο λεπτόκοκκο κονίαμα συγκριτικά με τα προηγούμενα. Και εδώ βελονοειδής διάβρωση και μικρορηγματώσεις και σημειακές απώλειες αυθεντικού υλικού.* 71
Εικόνα 41: *Δείγμα 6Κ. Επίχρισμα τοιχοποιίας από την περιοχή της πισίνας. Η εικόνα είναι τραβηγμένη σε τομή, οπότε και είναι εμφανές το λεπτότερο επιφανειακό κονίαμα. Το υπόβαθρο είναι εμφανώς αδρό και χονδρόκοκκο. Αποκολλάτε εύκολα από την τοιχοποιία λόγω της αυξημένης διάβρωσης που παρουσιάζει.* 71
Εικόνα 42: *Δείγμα 7Κ. Επίχρισμα τοιχοποιίας. Στο κονίαμα είναι εμφανές το σπασμένο κεραμικό και τα σημειακά συσσωματώματα του ασβέστη. Παρουσιάζει βελονοειδή βιοδιάβρωση.* 72
Εικόνα 43: *Δείγμα 8Κ. Συνδετικό κονίαμα των πλίνθων σε κιονίσκο του υποκαύστου. Εικόνα σε τομή. Το κονίαμα είναι εξαιρετικό εύθρυπτο με χωμάτινη υφή. Τα αδρανή είναι χονδρόκοκκα, ενώ σε σημεία ξεχωρίζουν ολόκληρα χαλίκια. Παρουσιάζει έντονη διάβρωση με αποκόλληση των αδρανών και συνεχείς ρηγματώσεις.* 72

Εικόνα 44: *Δείγμα 9Κ. Όπως και στο δείγμα 8Κ, το κονίαμα είναι ιδιαίτερα εύθρυπτο, σε βαθμό που δυσκολεύει ο χειρισμός του στη λήψη εικόνων. Πρόκειται ξανά για συνδετικό κονίαμα των κιονίσκων του υποκαύστου. Ξεχωρίζουν τα σκουρόχρωμα χαλίκια που περιέχει.* 73
Εικόνα 45: *Δείγμα 10Κ. Επίχρισμα τοιχοποιίας δίπλα στο χώρο της πισίνας. Το κονίαμα είναι συμπαγές και σχετικά λεπτόκοκκο με σημειακά μεγαλύτερα αδρανή μεγαλύτερου σχήματος.* 73
Εικόνα 46: *Δείγμα 11Κ. Συνδετικό κονίαμα ανάμεσα στους οπτόπλινθους σε κιονίσκο του υποκαύστου. Το δείγμα παρουσιάζεται στην εικόνα σε τομή. Είναι πολύ χονδρόκοκκο και εύθρυπτο.* 74
Εικόνα 47: *Δείγμα 12Κ. Κονίαμα αρμών σε πλίνθους τοιχοποιίας της βορειότερη πλευρά του οικοδομήματος. Παρουσιάζει αυξημένη βιοδιάβρωση, πολλαπλές ρηγματώσεις και είναι χονδρόκοκκο.* 74
Εικόνα 48: *Δείγμα 13Κ. Κονίαμα από της εξωτερική δυτική πλευρά του οικοδομήματος. Πρόκειται για κονίαμα αρμών ανάμεσα στους λίθων της τοιχοδομής. Ευμεγέθη αδρανή. Αποδυναμωμένη συνδετική κονία με αποτέλεσμα το κονίαμα να είναι εύθρυπτο.* 75
Εικόνα 49: *Δείγμα 1Κ. Μεγέθυνση x50. Έγκλεισμα και βιοδιάβρωση στη συνδετική κονία.* 75
Εικόνα 50: *Δείγμα 4βΚ. Μεγέθυνση x50. Η συνδετική κονία έχει χαθεί.* 76
Εικόνα 51: *Δείγμα 7Κ. Επιφανειακές ρωγμές και βιοδιάβρωση.* 76
Εικόνα 52: *Δείγμα 1Π. x10. Τομή του κεραμικού οπτόπλινθου όπου παρουσιάζεται αυξημένη διάβρωση, εξανθίσεις αλάτων και μικροχλωρίδα.* 77
Εικόνα 53: *Δείγμα 2Π. x10. Τομή. Σχετικά λεπτόκοκκος πυλός με μεγάλα όμως εγκλείσματα. Εδώ λευκό ορυκτό έγκλεισμα.* 77
Εικόνα 54: *Δείγμα 3Π. x10. Η άνω επιφάνεια του πλίνθου όπου παρατηρείται η αδρότητα της επιφάνειας καθώς και το μεγάλο πλήθος και μέγεθος των εγκλεισμάτων. Ακόμη παρατηρείται διάβρωση της επιφάνειας με ρηγματώσεις, απώλεια συνοχής και ευθρυπτότητα.* 78
Εικόνα 55: *Δείγμα 4Π. x10. Κάτω επιφάνεια του πλίνθου. Παρατηρείται έντονη επιφανειακή διάβρωση που περιλαμβάνει εξανθίσεις και ανάπτυξη βιολογικών παραγόντων.* 78
Εικόνα 56: *Δείγμα 5Π. x10. Τομή. Ο πυλός περιέχει πολλά εγκλείσματα. Επίσης, παρατηρούνται πολλές οπές, πιθανώς λόγω πρόσμιξης άχυρου ή άλλων βιολογικών προσμίξεων οι οποίες χάθηκαν κατά των έψηψη. Ακόμη, κρυστάλλωση αλάτων, ιδιαίτερα στις οπές.* 79
Εικόνα 57: *Δείγμα 6Π. x10. Τομή. Παρόμοια εικόνα με το δείγμα 5Π. Χαρακτηριστικές πάλι οι πολύ έντονες οπές στο κεραμικό.* 79
Εικόνα 58: *Δείγμα 7Π. x10. Τομή. Οι ποιότητα του κεραμικού παραμένει χαμηλή όπως και παραπάνω. Τα εγκλείσματα είναι πολύ έντονα, όπως αυτό στο κέντρο της εικόνας.* 80
Εικόνα 59: *Εικόνες σε μεγέθυνση x200. Επάνω δείγμα 5Π και κάτω δείγμα 6Π. Σε αυτή τη μεγέθυνση παρατηρείται καλύτερα η επιφανειακή διάβρωση των οπτόπλινθων. Συμπεραίνουμε βελονοειδή διάβρωση, μικρορηγματώσεις και έντονη κρυστάλλωση αλάτων.* 81
Εικόνα 60 82
Εικόνα 61 83
Εικόνα 62 83
Εικόνα 63 84
Εικόνα 64 85
Εικόνα 65 85

Εικόνα 66 86
Εικόνα 67 87
Εικόνα 68 88
Εικόνα 69 88
Εικόνα 70 89
Εικόνα 71 90
Εικόνα 72 90
Εικόνα 73 91
Εικόνα 74 92
Εικόνα 75 92
Εικόνα 76 93
Εικόνα 77 94
Εικόνα 78 94
Εικόνα 79 95
Εικόνα 80 95
Εικόνα 81 96
Εικόνα 82 97
Εικόνα 83 Είναι πιθανόν να πρόκειται για φυσικό αμίαντο, λόγω του σχήματος και του υψηλού ποσοστου σε Fe.. 97
Εικόνα 84 98
Εικόνα 85 99
Εικόνα 86 99
Εικόνα 87 100
Εικόνα 88 100
Εικόνα 89 101
Εικόνα 90 102
Εικόνα 91 103
Εικόνα 92 104
Εικόνα 93 Δενδριτικής διάταξης κρύσταλλοι αλάτων. 104
Εικόνα 94 105
Εικόνα 95 106
Εικόνα 96 107
Εικόνα 97 107
Εικόνα 98 108
Εικόνα 99 109
Εικόνα 100 109
Εικόνα 101 110
Εικόνα 102 111
Εικόνα 103 111
Εικόνα 104 Συγκριτικόδιάγραμμα όλων των δειγμάτων. Στον άξονα Χ παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε CaO και στο άξονα Ψ ο λόγος Al2O3/ SiO2. 112

Εικόνα 105 Συγκριτικό διάγραμμα όλων των δειγμάτων. Στον άξονα Χ παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των δειγμάτων στο άθροισμα των CaO και MgO και στον άξονα Ψ ο λόγος K2O/NaO. 112
Εικόνα 106 114
Εικόνα 107 115
Εικόνα 108 116
Εικόνα 109 117
Εικόνα 110 118
Εικόνα 111 119
Εικόνα 112: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 124
Εικόνα 113: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 125
Εικόνα 114: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 126
Εικόνα 115: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 127
Εικόνα 116: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 128
Εικόνα 117: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 128
Εικόνα 118: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 129
Εικόνα 119: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 130
Εικόνα 120: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 131
Εικόνα 121: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 131
Εικόνα 122: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 132
Εικόνα 123: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 133
Εικόνα 124: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 134
Εικόνα 125: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 134
Εικόνα 126: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 135
Εικόνα 127: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 136

Εικόνα 128: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 137
Εικόνα 129: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 137
Εικόνα 130: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 138
Εικόνα 131: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 139
Εικόνα 132: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 140
Εικόνα 133: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 140
Εικόνα 134: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 141
Εικόνα 135: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 142
Εικόνα 136: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 143
Εικόνα 137: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 143
Εικόνα 138: Γραφική αναπαράσταση κατανομής αθροιστικών διερχόμενων αδρανών (%) σε ημιλογαριθμική κλίμακα με τα κόσκινα εκφραζόμενα σε mm. 144
Εικόνα 139: Ιστόγραμμα κατανομής της % συγκρατούμενης μάζας των αδρανών σε κάθε κόσκινο. 145
Εικόνα 140: Συγκριτικό διάγραμμα όλων των δειγμάτων 145

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1 Light (LIGHT ELEMENTS: OXIDES, wt%, normalised to 100%)..... 113
Πίνακας 2 Trace (TRACE ELEMENTS: Elements, ppm) 113
Πίνακας 3 Τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα. Στη τελευταία στήλη έχει συνυπολογιστεί η μάζα που παραμένει στο πάτο της σειράς των κοσκίνων και οι απώλειες κατά το κοσκίνισμα..... 123
Πίνακας 4..... 124
Πίνακας 5..... 126
Πίνακας 6..... 126
Πίνακας 7..... 127
Πίνακας 9..... 129
Πίνακας 10..... 129
Πίνακας 11..... 130
Πίνακας 13..... 132
Πίνακας 14..... 133

Πίνακας 15 135
Πίνακας 16 136
Πίνακας 17 138
Πίνακας 18 139
Πίνακας 19 141
Πίνακας 20 144