

Μεταπτυχιακή Εργασία

«Διερεύνηση των ορυκτολογικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των δομικών υλικών του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου»

Καραμπάτσου Γεωργία

Εξεταστική επιτροπή: Μαρκόπουλος Θεόδωρος, Καθηγητής (Επιβλέπων) Μανούτσογλου Εμμανουήλ, Καθηγητής Αλεβίζος Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής

Χανιά, 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ABSTRACT	iv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΙΣΤΟΡΙΚΑΣΤΟΙΧΕΙΑ	
1.1 ΤΟ ΦΡΟΥΡΙΟ ΚΟΥΛΕΣ ΠΡΟ ΕΝΕΤΟΚΡΑΤΙΑΣ	1
1.2 Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΤΟΚΡΑΤΙΑΣ	1
1.3 Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ ΤΟΥΡΚΙΚΗΣ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑΣ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΟΜΗΣΗΣ	
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	5
2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	9
2.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	
3.1 ΘΕΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	12
3.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	
4.1 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	16
4.1.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ – ΔΟΛΟΜΙΤΗ	16
4.1.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ	
ΑΔΙΑΛΥΤΟ ΣΕ ΗCΙ	18
4.1.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΠΥΡΩΣΗΣ	18
4.1.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ – ΞΗΡΑΝΣΗ	19
4.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΡΩΔΟΥΣ	19

4.3 ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	20
4.3.1 ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ	20
4.3.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΣΑΡΩΣΗΣ	21
4.3.3 ΠΟΛΩΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ	22
4.3.4 ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΟ	22
4.4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤGA	23
4.5 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	τΩΝ
5.1 ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ	25
5.1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	25
5.1.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΟΜΙΚΟΥΣ ΛΙΘΟΥΣ	28
5.1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ	45
5.1.4 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ	49
5.2 ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	55
5.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	55
5.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	57
5.2.3 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	85
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	138

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης, στα πλαίσια του ΠΜΣ «Γεωτεχνολογία και Περιβάλλον» υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Θεόδωρου Μαρκόπουλου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Θεόδωρο Μαρκόπουλο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το θέμα των δομικών υλικών των μνημείων καθώς και για την συνεργασία μας σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της μεταπτυχιακής εργασίας. Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής τον Καθηγητή κ. Εμμανουήλ Μανούτσογλου και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Αλεβίζο Γεώργιο, για τις ιδιαίτερα χρήσιμες παρατηρήσεις τους. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Δρ. κα Ευτυχία Ρεπούσκου για τη συνολική βοήθεια που μου προσέφερε, τόσο με τις χρήσιμες υποδείξεις της όσο και με την παρατήρηση των δειγμάτων στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. κ. Τριανταφύλλου Γεώργιο για την πολύτιμη συμβολή του στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων των αναλύσεων και την κα. Ροτόντο Πάολα για την βοήθεια που μου προσέφερε σε όλη την διάρκεια των πειραματικών δοκιμών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση των φυσικοχημικών και ορυκτολογικών ιδιοτήτων τόσο των δομικών λίθων όσο και των κονιαμάτων του φρουρίου Κούλε Ηρακλείου, ώστε να επιτευχθεί συμβατότητα μεταξύ των αρχικών υλικών του φρουρίου και των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε εργασίες μελλοντικών επεμβάσεων συντήρησης συμπλήρωσης κονιαμάτων. Το φρούριο Κούλε είναι ένα εντυπωσιακό φρούριο που δεσπόζει στην είσοδο του λιμένα του Ηρακλείου. Κατασκευάστηκε κατά την περίοδο της Ενετοκρατίας (1204-1669) στο βορειότερο σημείο της λωρίδας των βράχων και των υφάλων που όριζαν το μικρό όρμο όπου διαμορφώθηκε η λεκάνη του λιμένα, ενώ το οχυρό που σώζεται σήμερα είναι η τελευταία στη σειρά αμυντική κατασκευή που δομήθηκε στο ίδιο σημείο. Η κάτοψη του φρουρίου όπως διαμορφώθηκε στη τελική του μορφή, κάλυπτε επιφάνεια περίπου 3.600 μ² και παρουσίαζε ένα περίεργο για οχυρωματικό έργο σχήμα. Το κτίσμα αποτελείται από δύο επιμέρους τμήματα: το προς τα νοτιοδυτικά τμήμα έχει κάτοψη σε σχήμα παραλληλόγραμμου, ενώ εκείνο προς τα βορειοανατολικά έχει κάτοψη σε σχήμα μισής έλλειψης. Η 13^η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων μας παρέδωσε δεκαεπτά δείγματα πυρήνων διατρημάτων δομικών λίθων και πέντε δείγματα κονιαμάτων τα οποία έχουν εξαχθεί από διάφορα σημεία του ενετικού φρουρίου, με σκοπό να καθοριστούν τα φυσικοχημικά και ορυκτολογικά τους χαρακτηριστικά και ο βαθμός διάβρωσής τους. Στους δομικούς λίθους μετρήθηκε η περιεχόμενη υγρασία(%), το φαινόμενο πορώδες(%), ο περιεχόμενος ασβεστίτης(%) και δολομίτης(%), η απώλεια πύρωσης(%)στους 1050° C και το ολικό στερεό υπόλειμμα αδιάλυτο σε HCI(%). Προσδιορίστηκε επίσης η ορυκτολογική σύσταση τόσο των δομικών λίθων όσο και του αδιάλυτου υπολείμματος αυτών με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ και εξετάστηκαν οι λεπτές τομές των δομικών λίθων με πολωτικό μικροσκόπιο. Στα κονιάματα έγινε μέτρηση της απώλειας πύρωσης των δειγμάτων, θερμική ανάλυση υψηλών θερμοκρασιών με την θερμοσταθμική μέθοδο TGA, κοκκομετρική ανάλυση, προσδιορισμός της ορυκτολογικής τους σύστασης και τέλος παρατήρηση αυτών με το στερεοσκόπιο και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM). Οι δομικοί λίθοι του ενετικού φρουρίου είναι κυρίως βιοκλαστικοί και μικριτικοί λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι. Η κονία των κονιαμάτων χαρακτηρίζεται ως ασβεστιτική ενώ τα αδρανή είναι κυρίως χαλαζιακής και δευτερευόντως ασβεστιτικής σύστασης με αναλογία κονία/αδρανές από 1/0.96 έως 1/2.6 κατ'όγκο.

Σε κάθε εργασία μελλοντικών επεμβάσεων συντήρησης – συμπλήρωσης κονιαμάτων πρέπει να αξιολογούνται οι προς σύνδεση δομικοί λίθοι και τα κονιάματα να είναι συγγενούς κοκκομετρικής διαβάθμισης. Τα αδρανή πρέπει να είναι κυρίως χαλαζιακής σύστασης (~70%) και δευτερευόντως ασβεστιτικής σύστασης (~30%) και στη σύσταση των κονιών που πρόκειται να εφαρμοσθούν για εργασίες συμπλήρωσης, απαιτείται προσθήκη υδραυλικής ασβέστου NHL 3.5 σε αναλογίες αδρανών προς κονία 2.5/1, προκειμένου τα κονιάματα να είναι ανθεκτικά στη θαλάσσια διάβρωση.

ABSTRACT

This work is a study of the architectural elements and (corresponding) building materials of the Koule Castle in Heraklion, Crete (Greece). The aim of the present thesis is to determine the physical and technical characteristics of the building stones and mortars of the Koule Castle, in order to use compatible materials in future restoration work. The Koule Castle is an impressive fortress that surrounds the harbor of Heraklion, Crete. It was erected by the Venetians in the early 13th century, when they conquered the town. According to the floor plan, the Venetian castle has an extension of about 3.600 m² and an unusual shape compared with other fortification constructions. The Castle consists of two distinct parts: the southwest part featuring a rectangular shape and the southeast part an oval shape. Seventeen core samples of rocks and masonry mortars have been extracted by the 13th Municipality of Byzantine Antiquities from different parts of the monument, in order to determine the physical and technical characteristics, as well as their deterioration state. Porosity, humidity, content in calcite or dolomite, loss of ignition, as well as the hydrochloric acid insoluble residues were determined for all the rock samples. Additionally, the granulometry and the loss of ignition were determined for all mortar samples. In the old mortars a thermogravimetric analysis was carried out, while mortar samples have also been studied by scanning electron microscopy. Finally, both mortar and rock samples have been studied by optical microscopy and X-ray diffraction (XRD). The building stones of Koule Castle are sedimentary rocks. In their majority, they are biomicritic breccia limestones and bioclastic limestones. The binder of the studied mortars consists mainly of calcite, as a result of the lime carbonation. The inert material of the mortars consists mainly of calcite and secondarily of quartz. The inert material to binder material ratio was determined by volume from 1/0,96 to 2,6 /1. In conclusion, the (used) mortars to be used in future restoration work should consist of materials compatible with the old mortars. The inert materials of the mortars should mainly consist of calcite (70%) and secondarily of quartz (30%) and the binder should consist mainly of hydraulic lime NHL 3.5, in an inert material/ binder ratio of 2,5 /1, in order to protect the mortars against marine corrosion.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 ΤΟ ΦΡΟΥΡΙΟ ΚΟΥΛΕΣ ΠΡΟ ΕΝΕΤΟΚΡΑΤΙΑΣ

Η σημερινή ευρύτερη περιοχή στην οποία έχει αναπτυχθεί το Ηράκλειο, έχει αποδειχτεί ότι είναι μια από τις αρχαιότερες εστίες του πολιτισμού, ολόκληρης της ανθρωπότητας. Μεσολιθικά ευρήματα στις τοποθεσίες της Τρυπητής και του Κατσαμπά, σημερινών προαστίων της πόλης, δείχνουν ανάπτυξη αρχέγονων οικισμών προγενέστερων ακόμα κι απ' αυτή την νεολιθική Κνωσσό (A. Zois A.C.E. Research Project 1972).

Το μικρό φυσικό λιμάνι του Ηρακλείου έπαιξε αναμφισβήτητα πρωταρχικό ρόλο στην ανάπτυξη του πρώτου οικισμού. Στο βορειότερο σημείο της λωρίδας των βράχων και των υφάλων που όριζαν τον μικρό όρμο όπου διαμορφώθηκε η λεκάνη του λιμένα, κατασκευάστηκε κατά την περίοδο της Ενετοκρατίας (1204-1669) ένας πύργος με ενδεχομένως κυκλική κάτοψη (Τζομπανάκη,1996). Το οχυρό που σώζεται σήμερα είναι η τελευταία στη σειρά αμυντική κατασκευή που δομήθηκε στο ίδιο σημείο, στο βόρειο δηλαδή άκρο μιας σειράς βράχων και υφάλων, οι οποίοι σχημάτιζαν το προ δυσμάς όριο της λιμενικής λεκάνης. Πριν όμως οι Ενετοί κατασκευάσουν το Φρούριο αυτό είναι πολύ πιθανό μία ανάλογη κατασκευή να υπήρχε εκεί κατά το διάστημα της β' Βυζαντινής περιόδου (961- αρχές 13^{ου} αι.) ή ακόμα και κατά της Αραβοκρατίας (824-961), η ύπαρξη του οποίου όμως δεν έχει αποδειχθεί ακόμα. Ωστόσο αρκετοί ιστορικοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι ογκόλιθοι που αποτέλεσαν την υπόβαση για το ενετικό φρούριο που σώζεται σήμερα, δεν ανήκουν στην ενετική εποχή αλλά σε πολύ παλαιότερη.

1.2 Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΤΟΚΡΑΤΙΑΣ (1204-1669)

Οι Βενετοί που αποτελούσαν αναμφισβήτητα την κυρίαρχη εμπορική δύναμη της Μεσογείου κατά τους 12ο – 15ο αιώνες, κατακτούν την Κρήτη το 1204 μ.Χ. και διατηρούν την κτήση της μέχρι και το 1669 μ.Χ. Επί των χρόνων αυτών, η Κρήτη αναδεικνύεται ως μία από τις σημαντικότερες κτήσεις τους, και η πόλη του Ηρακλείου σε διαμετακομιστικό σταθμό του βενετικού εμπορίου ανατολικά.

Οι πρώτες γραπτές αναφορές για το φρούριο στη είσοδο του λιμένα, το οποίο αποκαλούν "Castellum Comunis", κάνουν την εμφάνισή τους από τις αρχές του 14ου αι., ωστόσο ο επόμενος αιώνας είναι εκείνος που μας δίνει τις περισσότερες πληροφορίες για το οχυρωματικό φρούριο. Συγκεκριμένα, το 1429 στο σχέδιο του φλωρεντίνου μοναχού Cristoforo Buondelmonti απεικονίζεται για πρώτη φορά ένας υψηλός τετράγωνος πύργος με διευρυμένη στέψη να δεσπόζει στην είσοδο του λιμένα, ενώ το 1486 ένα σχέδιο από τον Erardo Rewich παρουσιάζει στη δυτική πλευρά της εισόδου του λιμένα έναν υψηλό κυκλικό πύργο με επάλξεις, που έχει εδραστεί σε καμπύλο βαθμιδωτό κρηπίδωμα και ένα ακόμη μικρό πυργοειδές κτίσμα στην ανατολική πλευρά της εισόδου του λιμανιού. Παρόλα αυτά, η μορφή που κατείχε το "Castellum Comunis" κατά την πρώτη περίοδο της Ενετοκρατίας δεν είναι γνωστή με βεβαιότητα.

Στις αρχές του 16^{ου} αι. το φρούριο υπέστη σοβαρές βλάβες οι οποίες καθιστούν ετοιμόρροπα ορισμένα τμήματά του. Παράλληλα έχει ήδη ξεκινήσει η κατασκευή του νέου οχυρού περιβόλου του Χάνδακα. Το 1523 καταφθάνει στην Κρήτη νέος Ενετός μηχανικός, ο οποίος μαζί με τον αρχηγό του πεζικού διαπιστώνει ότι το φρούριο είναι ανεπαρκώς οχυρωμένο απέναντι στις νέες τεχνικές πολέμου (εμφάνιση της πυρίτιδας στα μέσα του 14^{ου} αι.) και αποφασίζει την κατεδάφισή του και κατασκευή στην ίδια θέση νέου φρουρίου. Τα σχέδια του νέου φρουρίου, των οποίων παραμένει άγνωστος ο σχεδιαστής, εκπονούνται σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα και οι εργασίες ξεκινούν αμέσως.

Η πρώτη φάση των εργασιών άρχισε το 1523 και τελείωσε το 1540 όπως πιστοποιείται και από ανάγλυφη μαρμάρινη επιγραφή που εντοιχίζεται το 1539 στο εσωτερικό του κτιρίου. Οι εργασίες της πρώτης φάσης ξεκινούν με την δημιουργία της υπόβασης του νέου φρουρίου. Επειδή η επάνω επιφάνεια της βραχώδους έξαρσης που εδράστηκε το αρχικό φρούριο ήταν αρκετά μικρότερη, οι Βενετοί συμπλήρωσαν την έκταση του φυσικού βράχου με αποθέσεις μεγάλων ποσοτήτων φερτών βράχων, χαλικιών και ογκολίθων. Το 1533 πρέπει να τελείωσε ένα μεγάλο τμήμα των έργων, αφού τότε εντοιχίζεται πάνω από την κεντρική είσοδο το έμβλημα από μάρμαρο της Γαληνοτάτης με τον Λέοντα του Αγίου Μάρκου.

Με την ολοκλήρωση όμως αυτής της φάσης των εργασιών δεν τελείωσαν και τα προβλήματα. Αντιθέτως, ήταν πλέον φανερό ότι οι πρώτοι μηχανικοί που σχεδίασαν το οχυρό είχαν υποτιμήσει τη δύναμη του πελάγους το οποίο άρχισε να δημιουργεί αλλεπάλληλες φθορές στην τοιχοποιία κυρίως της βορειοδυτικής πλευράς και να υποσκάπτει την θεμελίωσή της. Οι Ενετοί με σκοπό να προστατέψουν την νέα κατασκευή από το "άγριεμένο" κρητικό πέλαγος, γέμιζαν με πέτρες παλιά άχρηστα πλοία και τα βύθιζαν μαζί με το φορτίο τους στη βόρεια και τη δυτική πλευρά του βράχου ώστε να δημιουργηθεί ένας κυματοθραύστης που θα μείωνε την ορμή των κυμάτων. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε μία κατασκευή έξω από τη βόρεια πλευρά του κτιρίου με την μορφή ενός μικρού μόλου με ημικυκλική απόληξη (sperone). Το sperone όπως πίστευαν και οι κατασκευαστές του, εκτός από την ενίσχυση της βόρειας πλευράς, θα προστάτευε και το λιμάνι εμποδίζοντας την είσοδο των φερτών υλικών των ποταμών και των βροχών, στη λεκάνη του λιμένα. Η θεμελίωση του sperone στα ακραία βόρεια σημεία του έγινε σε βάθος 4,5 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας ενώ στην επάνω επιφάνειά του κατασκευάστηκαν δέστρες για να δένουν τα πλοία που έριχναν άγκυρα έξω από το λιμάνι. Οι Ενετοί κατασκεύασαν επίσης προστατευτικά κρηπιδώματα (porporella) εμποτίζοντας συνεχώς νέες ποσότητες ογκολίθων στη βάση της βορειοδυτικής πλευράς και επισκεύαζαν συνεχώς την τοιχοποιία με σκοπό την ενίσχυση του φρουρίου. Παρόλα αυτά, τα έργα των Ενετών καταστρέφονταν και οι ογκόλιθοι παρασύρονταν από τα κύματα. Τα επόμενα χρόνια γίνονται πολλές συζητήσεις, προτείνονται διάφορα σχέδια, εκτελούνται σποραδικές εργασίες αλλά το φρούριο παραμένει με τους τοίχους ραγισμένους, τα θεμέλια υποσκαμμένα και το sperone κατεστραμμένο, με αποτέλεσμα την τελευταία κρίσιμη περίοδο οι Τούρκοι τοποθετώντας στις κατάλληλες θέσεις το πυροβολικό, να καταφέρουν να εξουδετερώσουν την δύναμη πυρός του φρουρίου και να αποκτήσουν τον έλεγχο εισόδου του λιμανιού.

1.3 Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ ΤΟΥΡΚΙΚΗΣ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑΣ (1669-τέλη 19^{ου} αι.)

Στη περίοδο της Τούρκικης κυριαρχίας το Φρούριο στη Θάλασσα που σήμερα διατηρεί την τούρκικη ονομασία του, Κούλες από το Su Kulesi (θαλασσινό φρούριο), δεν δέχτηκε ιδιαίτερες παρεμβάσεις εκτός από την προσθήκη κτιστών επάλξεων με θέσεις τουφεκιοφόρων και κανονιών. Οι Τούρκοι έκτισαν ένα μικρότερο φρούριο απέναντι από τον Κούλε από την πλευρά της στεριάς, τον μικρό Κούλε. Δυστυχώς το μνημείο αυτό μαζί με τμήματα των ενετικών νεωρίων κατεδαφίστηκε το 1936 για χάρη της ανάπτυξης της πόλης (Εικ. 1.1).



Εικόνα 1.1 : Ο μικρός Κούλες λίγο πριν την κατεδάφισή του, τον Ιούλιο του 1936 (Τζομπανάκη, 2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΟΜΗΣΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το 1558 υπάρχει η μόνη γραπτή αναφορά στις διαστάσεις του Ενετικού φρουρίου. Σύμφωνα με τα ιστορικά έγγραφα οι διαστάσεις του φρουρίου είναι οι εξής: Το ανάπτυγμα της περιφέρειας 194,88 μ.

- Το ύψος, στο ψηλότερο σημείο 19,14 μ. και στο χαμηλότερο 15,66 μ.
- Το πάχος της τοιχοποιίας κυμαίνεται από 5,22έως 8,70 μ.
- Από το sperone έχει απομείνει ένα τμήμα μήκους 17,40 μ. αφού το υπόλοιπο έχει καταστραφεί
- Σε απόσταση 15,66 μ. από τη νοτιοδυτική όψη του φρουρίου ξεκινά ένα ευθύγραμμο τμήμα τείχους το οποίο με κατεύθυνση νοτιοδυτική φτάνει ως την Πύλη του Μόλου. Το μήκος του είναι 227,94 μ., το πλάτος του περίπου 1,74 μ. και το ύψος του 4,35 έως 5,22 μ.

Η κάτοψη του φρουρίου όπως διαμορφώθηκε στη τελική του μορφή, κάλυπτε επιφάνεια περίπου 3.600 μ² και παρουσίαζε ένα περίεργο για οχυρωματικό έργο σχήμα. Το κτίσμα αποτελείται από δύο επιμέρους τμήματα: το προς τα νοτιοδυτικά τμήμα έχει κάτοψη σε σχήμα παραλληλόγραμμου, ενώ εκείνο προς τα βορειοανατολικά έχει κάτοψη σε σχήμα μισής έλλειψης (Εικ. 2.1 και Εικ. 2.2).



Εικόνα 2.1: Η βόρεια και η βορειοανατολική πλευρά του Κούλε. Στο δώμα η βάση και τμήμα του κορμού του φάρου (Τζομπανάκη, 2000).



Εικόνα 2.2: Η ανατολική, σε σχήμα μισής έλλειψης πλευράς του οχυρού (Τζομπανάκη, 2000).

Ο διαμήκης άξονας του ελλειψοειδούς βορειοανατολικού τμήματος στρέφει προς ανατολάς σχηματίζοντας γωνία με τον διαμήκη άξονα του παραλληλόγραμμου τμήματος, ο οποίος αναπτύσσεται από τα νοτιοδυτικά προς τα βορειοανατολικά. Η διαφοροποίηση των δύο τμημάτων γίνεται και στο ύψος τους: υψηλότερο είναι το νοτιοδυτικό παραλληλόγραμμο τμήμα, ενώ το ελλειψοειδές βορειοανατολικό είναι χαμηλότερο. Η τοιχοποιία της ανατολικής και νοτιοανατολικής πλευράς του φρουρίου, καθώς και εκείνη του ελλειψοειδούς του τμήματος ενισχύθηκε ιδιαίτερα και το πάχος της έφτασε τα 11,14 μέτρα, ενώ σαφώς ασθενέστερες κατασκευάζονται η βόρεια, η βορειοδυτική και η δυτική πλευρά, δίχως μάλιστα να ληφθεί σοβαρή μέριμνα, τουλάχιστον κατά την πρώτη περίοδο, για την ενίσχυση της θεμελίωσης αυτών των εκτεθειμένων στην δύναμη του ανοικτού πελάγους πλευρών (Εικ.2.3).



Εικόνα 2.3 : Η βορειοδυτική πλευρά του οχυρού (Τζομπανάκη, 2000).

Για την είσοδο στο φρούριο υπήρχαν τρεις πύλες εισόδου: Δυτικά, Βόρεια και Νοτιοδυτικά, με κύρια πύλη την Δυτική. Στο οικοδόμημα περιμετρικά είχαν εντοιχιστεί διάφορες ανάγλυφες πλάκες, επιγραφές και οικόσημα. Κορυφαία έργα γλυπτικής είναι τα τρία μαρμάρινα ανάγλυφα που απεικονίζουν τον φτερωτό λέοντα, σύμβολο της Γαληνοτάτης Δημοκρατίας της Βενετίας, που επιστέφουν κάθε μία από τις τρεις εισόδους και δύο από αυτά διατηρούνται μέχρι σήμερα με φανερή τη διάβρωση από τον θαλασσινό αέρα. Το φρούριο είναι διώροφο με 26 διαμερίσματα. Στο δώμα του φρουρίου οδηγούσαν δύο διαβάσεις που ξεκινούσαν από τον κεντρικό διάδρομο: ένα κεκλιμένο επίπεδο απ'όπου οι Ενετοί ανέβαζαν σύροντας τα κανόνια και τα άλλα εφόδια και ένα κλιμακοστάσιο. Στο ισόγειο αρχικά υπήρχαν πέντε χώροι για κανόνια. Σύντομα φάνηκε ότι η χρήση κανονιών σε εσωτερικούς χώρους δημιουργούσε προβλήματα γιατί και το οπτικό πεδίο εκ των πραγμάτων μέσα από τα μικρά ανοίγματα στους τοίχους ήταν περιορισμένο, αλλά και ο καπνός που δημιουργούνταν μετά την ρίψη κάθε βλήματος έκανε την ατμόσφαιρα αποπνικτική και έτσι εγκαταλείφθηκε η χρήση τους. Εκτός από τις casamatte, τους διαδρόμους δηλαδή των κανονιών, στο ισόγειο είχαν διαμορφωθεί και επιμέρους χώροι, ένας λειτουργούσε σαν φυλακή και οι υπόλοιποι για αποθήκευση τροφίμων και πολεμοφοδίων. Στον επάνω όροφο, που είχε διαμορφωθεί σε ευρύχωρη πλατεία, ήταν στη Βόρεια πλευρά ο πύργος του φάρου. Εκεί υπήρχαν επίσης οι στρατώνες των στρατιωτών και οι κατοικίες των αξιωματούχων και του διοικητή. Παράλληλα στο φρούριο λειτουργούσε μύλος, φούρνος και εκκλησία, παρέχοντας αυτονομία στη φρουρά του.

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Η γεωλογία της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. (Φύλλο χάρτου Ηράκλειο, 1972), περιγράφεται παρακάτω.

Οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι (Plattenkalk), ηλικίας Μ. Ιουρασικό – Ηώκαινο και μεγίστου πάχους 200 μ. περίπου που ανήκουν στην Ιόνιο ζώνη, αποτελούν το υπόβαθρο της περιοχής. Επωθημένοι στην αυτόχθονη σειρά των ασβεστολίθων βρίσκονται σχιστόλιθοι, πρασινίτες, πρασινοσχιστόλιθοι και μεταβασίτες μέγιστου πάχους 400 μ. περίπου, σε εναλλαγή με τα μάρμαρα Βασιλικού μεγίστου πάχους 200 μ. περίπου. Όλες αυτές οι σειρές πετρωμάτων ανήκουν στο τεκτονικό κάλυμμα φυλλιτικής – χαλαζιτικής σειράς ηλικίας Πέρμιο – Α. Τριαδικό. Επωθημένα στο τεκτονικό κάλυμα φυλλιτικής – χαλαζιτικής Τριπόλεως:

- ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες μεγίστου πάχους 300
 μ., ηλικίας Α. Τριαδικό Α. Ιουρασικό.
- ασβεστόλιθοι μεγίστου πάχους 100 μ., ηλικίας Κρητιδικό Μ. Ηώκαινο
- φλύσχης με πάχος που δεν υπερβαίνει τα 40 μ., ηλικίας Α. Ηώκαινο –
 Ολιγόκαινο

Η στρωματογραφική στήλη των αλπικών σχηματισμών κλείνει με το οφιολιθικό σύμπλεγμα του τεκτονικού καλύμματος των εσωτερικών ζωνών πάχους περίπου 80 μ., επωθημένο πάνω σε όλες τις προαναφερθέντες ενότητες.

Το ανώτερο τμήμα των στρωμάτων καλύπτεται από μετααλπικά ιζήματα που αποτέθηκαν κατά την Νεογενή – Τεταρτογενή περίοδο. Οι νεογενείς αποθέσεις της περιοχής Ηρακλείου συνιστούν ένα περίπλοκο λιθοστρωματογραφικό σύστημα με χαρακτηριστικές πλευρικές μεταβάσεις. Στο κατώτερο τμήμα συναντάμε το σχηματισμό Βιάννου που αποτελείται από ιλυώδεις αργίλους και καλά διαβαθμισμένες άμμους πάχους τουλάχιστον 400 μ., ηλικίας Μ. Μειοκαίνου με πλευρική μετάβαση στο σχηματισμό του Προφ. Ηλία ηλικίας Μέσο – Α. Μειόκαινο πάχους άνω 100 μ., που περιλαμβάνει λατυποπαγή και των και λατυποκροκαλοπαγή με λατύπες προνεογενών ασβεστολίθων. Ακολουθεί ο σχηματισμός Αμπελούζου, ηλικίας Τορτονίου και μεγίστου πάχους 300 μ. που περιλαμβάνει κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, αργίλους, μάργες και λιγνίτες.

Έπειτα βρίσκουμε τον σχηματισμό της Αγ. Βαρβάρας με βιοκλαστικούς υφαλώδεις ασβεστόλιθους που πλευρικά μεταβαίνει σε εναλλαγές φυλλωδών και ομοιογενών συχνά ασβεστιτικών μαργών ή μαργαικών ασβεστόλιθων. Μέσα στις φυλλώδεις μάργες συχνά παρεμβάλλονται ενστρώσεις γύψου ή κροκαλοπαγών γύψου. Ο σχηματισμός αυτός έχει ηλικία Α.Τορτόνιο – Μεσσήνιο και μέγιστο πάχος 280 μ. Ο ανώτερος σχηματισμός των νεογενών ιζημάτων είναι η ενότητα της Φοινικιάς με μάργες, μαργαικούς ασβεστόλιθους, τεφρωπές αργίλους και βιοκλαστικούς ασβεστόλιθους, ηλικίας Κατώτερο – Μ. Πλειόκαινο και πάχος που υπερβαίνει τα 150 μ. Ασύμφωνα στην ενότητα της Φοινικιάς υπέρκειται ο σχηματισμός Ηρακλείου που αποτελείται από οργανογενείς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή ιλύες και μάργες, με πάχος που δεν υπερβαίνει τα 25 μ. και ηλικία Πλειστόκαινο. Πρόκειται προφανώς για μία αναβαθμίδα της θάλασσας της εποχής εκείνης που είχε περίπου την ίδια θέση με τη σημερινή.

2.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ενδεικτικά παραθέτω τα αποτελέσματα της γεωφυσικής έρευνας (διασκόπηση με τη μέθοδο του γεωραντάρ), η οποία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια μελέτης, για την αναστήλωση του ιστορικού μνημείου Κούλε, στην πόλη του Ηρακλείου. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε υπό τον Βασιλάκη Κωνσταντίνο και με την επιστημονική υποστήριξη του εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η γεωφυσική έρευνα είχε ως στόχο την ανίχνευση φθορών, διαβρώσεων και ρωγμών στους τοίχους και τα πατώματα του μνημείου.

Από τη μελέτη των τομών του γεωραντάρ που έγιναν στο μνημείο προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Στις τομές του γεωραντάρ που πραγματοποιήθηκαν στο δάπεδο του μνημείου καταγράφονται ανακλάσεις από θολωτές δομές. Στα ΝΑ του μνημείου αυτές οι δομές καταγράφονται σε βάθος περίπου 2.5m ενώ στα ΒΔ στα 2m βάθος.
- Στις τομές του γεωραντάρ που πραγματοποιήθηκαν στους εσωτερικούς και εξωτερικούς τοίχους του μνημείου παρατηρούνται εξασθενισμένες καταγραφές οι οποίες αποδίδονται στην αυξημένη υγρασία καθώς και πολλαπλές ανακλάσεις οι οποίες αποδίδονται στη λιθοδομή.

Βάσει των παραπάνω προτείνεται μία λεπτομερής μελέτη τόσο στο δάπεδο του μνημείου ώστε να εντοπιστούν τυχούσες αστοχίες στη θεμελίωση όσο και στους εξωτερικούς και εσωτερικούς τοίχους ώστε να μελετηθούν καλύτερα οι περιοχές με αυξημένη υγρασία καθώς και οι περιοχές που προκαλούν πολλαπλές ανακλάσεις των Η/Μ κυμάτων.

Είναι πολύ πιθανό, λαμβάνοντας υπόψη και τα αποτελέσματα της γεωφυσικής μελέτης, οι Ενετοί να είχαν κατασκευάσει ένα σύστημα θολωτών δομών με σκοπό να ελαχιστοποιήσουν την διαβρωτική ικανότητα της θάλασσας στο δάπεδο του φρουρίου. Οι θολωτές δομές που «μπαζώθηκαν» από μεταγενέστερες επεμβάσεις συντήρησης δεν εξυπηρετούν πλέον τον αρχικό τους ρόλο με αποτέλεσμα η αυξημένη υγρασία να καταπονεί τους τοίχους και η θάλασσα να υποσκάπτει τη θεμελίωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

3.1 ΘΕΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Η πυρηνοληψία των λιθοσωμάτων πραγματοποιήθηκε από την 13^η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων. Τα δεκαοχτώ δείγματα που παραλάβαμε από την Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων είναι σε μορφή πύρηνων διατρημάτων μήκους 8 έως 20 εκ. και διαμέτρου 5 έως 10 εκ. Οι ακριβείς θέσεις της πυρηνοληψίας στο ισόγειο και στο δώμα του ενετικού φρουρίου, παρουσιάζονται αντίστοιχα στις κατόψεις των σχημάτων 3.1 και 3.2 που ακολουθούν.



Σχήμα 3.1: Θέσεις πυρηνοληψίας στο ισόγειο του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 3.2: Θέσεις πυρηνοληψίας στο δώμα του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.

3.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Τα περισσότερα δείγματα παρουσιάζουν στις εξωτερικές τους επιφάνειες αρκετά ίχνη αλάτων, κυρίως χλωριούχου νατρίου, που σημαίνει ότι από την οροφή και τη βόρεια τοιχοποιία του Κούλε εισχωρεί θαλασσινό νερό (Εικ.3.3).

Η πλήρωση των οπών διατρημμάτων λιθοσωμάτων που εξετάστηκε έγινε με χρήση μη συμβατού κονιάματος (κόλλα πλακιδίων) με αποτέλεσμα μετά την εφαρμογή να δημιουργούνται ρωγμές(Εικ. 3.4 και 3.5).



Εικ. 3.3: Επικαθήσεις αλάτων, κυρίως χλωριούχου νατρίου, στη βόρεια εσωτερική τοιχοποιία του Κούλε.



Εικ 3.4:. Θέσεις πυρηνοληψίας οργανογενούς ασβεστολίθου και πλήρωση με μη συμβατό κονίαμα



Εικ.3.5: Θέση πυρηνοληψίας οργανογενούς ασβεστολίθου και πλήρωση με μη συμβατό κονίαμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στην παρούσα εργασία διερευνώνται οι ορυκτολογικές και φυσικοχημικές ιδιότητες τόσο των δομικών λίθων όσο και των κονιαμάτων του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου. Ειδικότερα, μετά την μακροσκοπική παρατήρηση των δομικών λίθων ακολούθησε ο προσδιορισμός του ποσοστού του ασβεστίτη που εμπεριέχουν, του ποσοστού του ολικού στερεού υπολείμματος αδιάλυτο σε υδροχλώριο, της απώλειας πύρωσης και του φαινόμενου πορώδους. Μελετήθηκε ακόμα η ορυκτολογική τους σύσταση με την μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ και εξετάστηκαν οι λεπτές τομές αυτών με το πολωτικό μικροσκόπιο. Όσον αφορά τα κονιάματα, έγινε μέτρηση της απώλειας πύρωσης των δειγμάτων, θερμική ανάλυση υψηλών θερμοκρασιών με την θερμοσταθμική μέθοδο tga, κοκκομετρική ανάλυση και τέλος παρατήρηση αυτών με το στερεοσκόπιο και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM). Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε σε όλες τις εργαστηριακές δοκιμές και αναλύσεις που έλαβαν χώρα στην παρούσα μελέτη.

4.1 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

4.1.1 Προσδιορισμός ασβεστίτη - δολομίτη(%)

Ο προσδιορισμός του ασβεστίτη έγινε με ασβεστίμετρο τύπου Dietrich – Fruhling το οποίο προσδιορίζει το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα κατά την αντίδραση του μελετώμενου δείγματος με διάλυμα αραιού HCl (1:3). Το ποσοστό του μετρούμενου CO₂ ανάγεται στη συνέχεια σε CaCO₃. Η διαδικασία έχει ως εξής: Αρχικά ζυγίζεται δείγμα βάρους m= 0.6-0.7 gr και τοποθετείται σε κωνική φιάλη μαζί με δοκιμαστικό σωλήνα που περιέχει HCl 1:3 κατά τα 2/3. Έπειτα η φιάλη σφραγίζεται με το πώμα του οργάνου, κλείνει η στρόφιγγα ώστε να παρεμποδιστεί η διαφυγή του εκλυόμενου αερίου στην ατμόσφαιρα και τέλος ανακινείται μέχρι να σταματήσει η αντίδραση του οξέος με το δείγμα. Το εκλυόμενο αέριο κατεβάζει τη στάθμη του χρωματισμένου υγρού στο βαθμονομημένο σωλήνα. Αφού εξισορροπηθεί η υδροστατική πίεση, σημειώνεται η ένδειξη σε ml του υγρού στο σωλήνα, η πίεση P (mmHg) και η θερμοκρασία T (°C) του χώρου όπου γίνεται η μέτρηση. Από πίνακα λαμβάνεται η τάση των ατμών του νερού Ρ_{H2O} για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία. Αρχικά γίνονται μετρήσεις σε δύο πρότυπα ασβεστίτη και έπειτα οι μετρήσεις των δειγμάτων. Κάθε δέκα περίπου δείγματα η διαδικασία επαναλαμβάνεται με ένα πρότυπο δείγμα γνωστής περιεκτικότητας σε CO₂ (43.56% στην προκειμένη περίπτωση), ώστε να υπολογίσουμε τον συντελεστή διόρθωσης ΣΔ. Αν θεωρήσουμε ότι όλο το ποσοστό του εκλυόμενου CO₂ προέρχεται από ασβεστίτη, προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα. Ο όγκος V_{CO2} σε κανονικές συνθήκες δίνεται από τον τύπο

 $V_{CO2} = \epsilon v \delta \epsilon i \xi \eta^* (P - P_{H2O}) * 273/760 * (273+T).$

Η περιεκτικότητα Π% των προτύπων σε ασβεστίτη δίνεται από τον τύπο

Π% = (ένδειξη * 0,196)/*m*, όπου 0,196 = MB_{CO2}/22400*1000

Υπολογίζεται η μέση τιμή της πρότυπης περιεκτικότητας των δύο προτύπων ασβεστίτη και βάσει αυτής γίνονται οι διορθώσεις για τα υπόλοιπα δείγματα.

Ο συντελεστής διόρθωσης ισούται με

*Σ*Δ= 43.56/Π%.

Τελικά το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα είναι

 $CO_2\% = V_{CO2} * 0,196 * \Sigma\Delta / m$

Δεδομένου ότι σε 1 gr CO₂ αντιστοιχούν 2,273 gr CaCO₃ το ποσοστό του ασβεστίτη CaCO₃% ισούται με

 $CaCO_3\% = CO_2\% / 2,273$

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού του δολομίτη CaMg(CO₃)₂χρησιμοποιήθηκε η ίδια μέθοδος δηλαδή η μέθοδος Dietrich-Fruhling προσδιορισμού αέριου διοξειδίου του άνθρακα CO₂ με ασβεστίμετρο. Αρχικά έγιναν μετρήσεις με πρότυπα ασβεστίτη και δολομίτη. Συγκεκριμένα υπολογίζεται ο χρόνος έκλυσης του CO₂ του ασβεστίτη (περίπου 15–25 sec) έτσι ώστε να βρεθεί το ποσοστό του αερίου που προέρχεται από τον ασβεστίτη (ο ασβεστίτης αντιδρά πιο γρήγορα από το δολομίτη). Στη συνέχεια υπολογίζοντας το ολικό αέριο που εκλύθηκε, με αφαίρεση υπολογίζεται το αέριο που εκλύεται από τη διάσπαση του δολομίτη. Τέλος με αναγωγή υπολογίζονται οι περιεκτικότητες των δειγμάτων σε ασβεστίτη και δολομίτη. Η μέθοδος αυτή, δεν είναι απόλυτα ακριβής, ωστόσο δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα και δεν είναι χρονοβόρα.

4.1.2 Προσδιορισμός ολικού στερεού υπολείμματος (%) αδιάλυτο σε HCl

Κατά την μέτρηση αυτή υπολογίζονται ουσιαστικά τα παραμένοντα στο δείγμα πυριτικά συστατικά μετά από διαλυτοποίηση με HCl. Η διαδικασία έχει ως εξής:

Σε 10 gr δείγματος προσθέτουμε 100ml HCl 1:4 και το αφήνουμε για όσο χρονικό διάστημα χρειαστεί –αναδεύοντας συχνά ώστε να βοηθηθεί την αντίδραση-έως ότου το υπόλειμμα παρουσιάσει μορφή κόκκων άμμου. Διηθούμε και ξεπλένουμε το φίλτρο με ζεστό απιονισμένο νερό το οποίο καίγεται στους 900 °C για μία ώρα και το υπόλειμμα ανάγεται σε ποσοστό του αρχικού βάρους.

Μετά την καύση το υπόλειμμα αυτό αντιπροσωπεύει τα αδιάλυτα και τα ευδιάλυτα πυριτικά συστατικά τα οποία χάνουν απλώς τα κρυσταλλικά τους νερά και τα υδροξύλιά τους. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας, το αδιάλυτο υπόλειμμα υποβλήθηκε σε περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ για τον προσδιορισμό των ορυκτολογικών φάσεων που υπάρχουν στο αρχικό υλικό σε μικρό ποσοστό και δεν μπορούν να αναγνωριστούν εξαιτίας της παρουσίας σε πολύ μεγάλο ποσοστό των ανθρακικών ορυκτών.

4.1.3 Προσδιορισμός απώλειας πύρωσης (%)

Κατά την απώλεια πύρωσης διαφεύγουν το διοξείδιο του άνθρακα, τα κρυσταλλικά νερά και τα υδροξύλια των ενώσεων και τέλος οι οργανικές ουσίες. Η διαδικασία έχει ως εξής: Ζυγίζονται περίπου 5 gr κονιοποιημένης ουσίας σε πορσελάνινο δοχείο και καίγεται στους 1050°C για τρεις ώρες. Το δοχείο ξαναζυγίζεται και η απώλεια βάρους ανάγεται σε ποσοστό του αρχικού βάρους.

4.1.4 . Προσδιορισμός υγρασίας - ξήρανση

Ο προσδιορισμός της υγρασίας του υλικού πραγματοποιείται με την ξήρανση του δείγματος και τον προσδιορισμό της διαφοράς βάρους του αρχικού υλικού από το τελικό (που έχει ξηρανθεί). Η μέτρηση της υγρασίας είναι προτιμότερο να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία και σε μεγάλο κομμάτι δείγματος προκειμένου να έχει μεγαλύτερη αντιπροσωπευτικότητα. Ζυγίζονται σε ζυγό ακριβείας τουλάχιστον 3-5 gr δείγματος τοποθετημένα σε ύαλο ωρολογίου και θερμαίνονται στους 50 -55 °C για 48h. Το δείγμα αφήνεται να κρυώσει σε αφυγραντήρα για 30 λεπτά και ζυγίζεται ξανά. Το επί τις εκατό ποσοστό της υγρασίας βρίσκεται διαιρώντας τη διαφορά βάρους δια το αρχικό βάρος του δείγματος και πολλαπλασιάζοντας επί εκατό.

4.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΡΩΔΟΥΣ

Το πορώδες των δομικών λίθων προσδιορίστηκε με τη μέθοδο DIN EN 993-1. Η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

Αρχικά προσδιορίζεται η μάζα m₁ με ακρίβεια 0,01g του ξηρού δοκιμίου και τοποθετείται μέσα στο δοχείο το οποίο σφραγίζεται ερμητικά. Αφού δημιουργηθεί κενό για δεκαπέντε λεπτά, πληρώνεται το δοχείο με νερό ως το 50% του ύψους του δοκιμίου και αναμένουμε τριάντα λεπτά. Αναμένουμε επιπλέον τριάντα λεπτά με το καπάκι του δοχείου να παραμένει κλειστό ώστε να βεβαιωθούμε ότι το νερό έχει εισχωρήσει σε όλους τους πόρους. Εν συνεχεία προσδιορίζουμε τη φαινόμενη μάζα του εμβαπτισμένου δοκιμίου m₂ με ζύγιση (ακρίβεια 0,01g) του δίσκου του ζυγού με το δοκίμιο εντός του δοχείου με το νερό και μετράμε τη θερμοκρασία του νερού. Τέλος, προσδιορίζουμε την εμβαπτισμένη μάζα m₃ (ακρίβεια 0,01g). Τα δοκίμια απομακρύνονται από το νερό σκουπίζονται με υγρό μαλακό ύφασμα ώστε να απομακρυνθούν σταγόνες από την επιφάνεια και ζυγίζονται στο ζυγό ο δίσκος του οποίου βρίσκεται εκτός νερού. Το φαινόμενο πορώδες (πα) υπολογίζεται:

πα(%) = [(m₃-m₁)/(m₃-m₂)] * 100, όπου

• m1: η μάζα ξηρών δοκιμίων (ακρίβεια 0,01g),

 m2: η μάζα των εμβαπτισμένων δοκιμίων σε ζυγό εντός δοχείου με νερό (ακρίβεια0,01g),

• m3: η εμβαπτισμένη μάζα σε ζυγό εκτός νερού (ακρίβεια 0,01g),

4.3 ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

4.3.1 Περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ (XRD)

Η ορυκτολογική μελέτη των δειγμάτων με περιθλασιμετρία ακτίνων X (XRD) έγινε σε περιθλασίμετρο τύπου D8-Advance της BrukerAXS (Εικ. 5.1) του Εργαστηρίου Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης που λειτουργεί στα 35KV και 35 mA χρησιμοποιώντας ακτινοβολία Cu, με φίλτρο Ni.

Με την μέθοδο του περιθλασιμέτρου ακτίνων-Χ μετρώνται απευθείας τόσο οι γωνίες, όσο και οι εντάσεις των ανακλάσεων των ακτίνων -Χ που προσπίπτουν πάνω σε ένα παρασκεύασμα κρυσταλλικής κόνεως. Το περιθλασίμετρο ακτίνων Χ αποτελείται από: τη μονάδα παραγωγής της υψηλής τάσεως, τη λυχνία ακτίνων Χ, το γωνιόμετρο, τον απαριθμητή των ακτίνων Χ με την ηλεκτρονική μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής των κρούσεων και τέλος τη μονάδα μικροϋπολογιστή μέσω του οποίου γίνεται η διαχείριση ολόκληρου του συστήματος και η αξιολόγηση των δεδομένων που προκύπτουν από εξέταση του δείγματος. Το προς μελέτη παρασκεύασμα τοποθετείται στο δειγματοφορέα του γωνιομέτρου του περιθλασιμέτρου ο οποίος βρίσκεται σε τέτοια θέση ώστε να παραμένει πάντα στο κέντρο ενός κύκλου που διαγράφει ο απαριθμητής των ακτίνων Χ και το επίπεδο του δείγματος να είναι πάντα κάθετο προς το επίπεδο του κύκλου. Την ίδια στιγμή, ως προς τον ίδιο άξονα περιστρέφεται ο απαριθμητής με σταθερή γωνιακή ταχύτητα (2θ/min) και το επίπεδο του δείγματος με γωνιακή ταχύτητα (θ/min), την μισή τιμή της γωνιακής ταχύτητας του απαριθμητή, με τέτοιο τρόπο ώστε με ταυτόχρονη μετατόπιση του απαριθμητή και περιστροφή του δείγματος ο απαριθμητής να σχηματίζει την ίδια γωνία ως προς το επίπεδο του δείγματος με το σημείο εξόδου των ακτίνων Χ της λυχνίας.

Τοιουτοτρόπως, είναι δυνατή η καταγραφή της ακτινοβολίας που περιθλάται στους κρυσταλλικούς κόκκους του δείγματος που βρίσκονται σε τέτοια γωνία ως προς την κατεύθυνση της δέσμης των ακτίνων Χ, που προέρχονται από τη λυχνία, ώστε για κάποια ομάδα πλεγματικών επιπέδων να επαληθεύεται η εξίσωση του Bragg: **λ** = **2*d*sinθ/n** (όπου n: τάξη ανάκλασης, λ: μήκος κύματος, θ: γωνία πρόσπτωσης και d: η πλεγματική απόσταση των επιπέδων ανάκλασης του κρυστάλλου (Κωστάκης, 1988). Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει και κάποιους περιορισμούς. Συγκεκριμένα, δε γίνεται ταυτοποίηση υλικών στις περιπτώσεις όπου πρόκειται για άμορφα ή κρυσταλλικές φάσεις που βρίσκονται μέσα σε ένα μείγμα σε πολύ μικρή περιεκτικότητα. Επίσης, ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά την ταυτοποίηση όταν πρόκειται για πολυφασικά μείγματα, λόγω της αλληλοεπικάλυψης των ανακλάσεων, φάσεις που παρουσιάζουν εκλεκτικό προσανατολισμό, ατέλειες δομής ή έχουν πολύ μικρές γωνίες ανάκλασης. Η αξιολόγηση και ο ημιποσοτικός προσδιορισμός των ανιχνευθέντων κρυσταλλικών φάσεων στα δείγματα πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια των λογισμικών πακέτων EVA Diffract και Siroquant 2002 που διαθέτει το Εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας Τα δείγματα τα οποία εξετάστηκαν με τη μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων -- Χ στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αφού λειοτριβήθηκαν έτσι ώστε να έχουν μέγεθος κόκκων<45μm, τοποθετήθηκαν με τον ίδιο τρόπο και σε περίπου ίδιες ποσότητες σε δειγματοφορείς.

4.3.2 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM)

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Scanning Electron Microscope), επιτρέπει την παρατήρηση επιφάνειας στερεών με υψηλή ευκρίνεια και σε συγκεκριμένα σημεία εστίασης. Εφόσον το SEM είναι συνδεδεμένο με μικροαναλυτή, μπορεί να δώσει στοιχειακή μικροανάλυση των συστατικών στο σημείο εστίασης. Για τη δημιουργία της εικόνας, δέσμη ηλεκτρονίων υψηλής ενέργειας (1-50 Kev) εστιάζεται στο δείγμα με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών φακών. Ειδικά συστήματα επιτρέπουν την κίνηση της δέσμης αλλά και του δείγματος. Ο βομβαρδισμός με ηλεκτρόνια προκαλεί τη διέγερση των ατόμων στη περιοχή εστίασης και την επακόλουθη εκπομπή δευτερογενών ηλεκτρονίων χαμηλής ενέργειας και ακτίνων Χ χαρακτηριστικών για κάθε στοιχείο. Ένα φασματοφωτόμετρο αναλύει την ένταση και το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, επιτρέποντας τη στοιχειακή ανάλυση στην εξεταζόμενη ζώνη. Τα δευτερογενή ηλεκτρόνια ενισχύονται και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία της εικόνας. Η παρατήρηση της μορφής των κρυστάλλων μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες για την ταυτοποίηση των ορυκτών, ιδιαίτερα των δευτερογενών και αυτών με μικρή περιεκτικότητα στο δείγμα.

4.3.3 Πολωτικό μικροσκόπιο

Η εξέταση των λεπτών τομών των δομικών λίθων έγινε με τη βοήθεια του πολωτικού μικροσκοπίου. Οι περισσότερες από τις τομές αυτές γίνανε κάθετα στην εξωτερική επιφάνεια των λίθων με σκοπό να μελετηθεί η μορφή της εξωτερικής διάβρωσης και οι μορφολογικές και ορυκτολογικές μεταβολές από την επιφάνεια προς το βάθος.

4.3.4 Στερεοσκόπιο

Σε στερεοσκόπιο μελετήθηκαν τα κονιάματα και κυρίως τα αδρανή συστατικά αυτών.

4.4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤGA

Το λεπτομερές κλάσμα των κονιαμάτων διερευνήθηκε με τη μέθοδο TGA κατά την οποία παρακολουθείται η μεταβολή βάρους που υφίσταται μια ουσία όταν αυτή θερμαίνεται γραμμικά για μια χρονική περίοδο με συγκεκριμένο ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας της. Η αρχή που διέπει τη μέθοδο αυτή είναι η εξής: Κατά τη θέρμανση από τους 20 °C εως τους 900 °C ενός εδάφους, μίγματος ορυκτών ή κονιάματος καταγράφονται όλες εκείνες οι αντιδράσεις, ενδόθερμες ή εξώθερμες που συντελούνται λόγω απελευθέρωσης προσροφημένων ή χημικά δεσμευμένων νερού, υδροξυλίων και αερίων (π.χ. CO₂, SO₂) που εκλύονται κατά τη διάσπαση της εσωτερικής δομής μιας ορυκτής φάσης ή τη μετατροπή τους σε μία άλλη κρυσταλλική μορφή ή ανακρυστάλλωσή τους. Με τον τρόπο αυτό και πάντοτε σε συνδυασμό με ακτινοσκοπικές μεθόδους περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ είναι δυνατόν να προσδιοριστούν ορυκτές φάσεις όπως ασβεστίτης, δολομίτης, σιδηρίτης, αργιλικά ορυκτά, φυλλοπυριτικά ορυκτά, χαλαζίας και γαιάνθρακες.

4.5 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η κοκκομετρική ανάλυση των κονιαμάτων είναι ουσιαστικής σημασίας, ειδικά όταν μία μελέτη στοχεύει στη συντήρηση και την επανάχρηση ενός μνημείου.

Τα κονιάματα που μελετήθηκαν διαχωρίστηκαν με τη χρήση αμερικάνικων πρότυπων κοσκίνων στα κλάσματα 2mm, 1mm, 0.5mm, 0.25mm, 0.125mm, 0.063mm και < 0.063mm (base). Αρχικά αφήνω το δείγμα μου μέσα σε απιονισμένο νερό για εικοσιτέσσερις ώρες και έπειτα προσπαθώ να διαχωρίσω τα συστατικά του με διαδοχικές απαλές λειοτριβίσεις στον αχάτη ή ακόμα και με τη βοήθεια του στερεοσκοπίου. Ο τελικός διαχωρισμός σε κλάσματα γίνεται με κοσκινίσεις. Το κλάσμα από 2mm -0.125mm χαρακτηρίζεται ως <u>αδρανή συστατικά</u>, ενώ το κλάσμα

Πρέπει να αναφερθεί ότι η κοκκομετρική ανάλυση δεν αποτελεί μέθοδο εξαιρετικής ακριβείας, καθώς μικροποσότητες κονίας επικάθονται στους κόκκους των αδρανών συστατικών, ενώ παράλληλα τυγχάνει κόκκοι αδρανών συστατικών να λειοτριβηθούν και να περάσουν στο κλάσμα της κονίας. Παρόλα αυτά είναι μία μέθοδος απαραίτητη όσον αφορά την μελέτη των κονιαμάτων από την οποία λαμβάνουμε πολύ χρήσιμες πληροφορίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα όλων των πειραματικών μετρήσεων και των αναλύσεων που έλαβαν χώρα στην παρούσα μελέτη. Τα δείγματα χωρίζονται αρχικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τους δομικούς λίθους και τα κονιάματα. Η παρουσίαση γίνεται μέσω καρτελών όπου καταγράφονται για κάθε δείγμα ξεχωριστά τα αποτελέσματα των αναλύσεων και ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες των αποτελεσμάτων ανά υποκατηγορία δειγμάτων. Τέλος, γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων για κάθε δείγμα ή υποκατηγορία δειγμάτων.

5.1 ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ

5.1.2 Εισαγωγή

Οι δομικοί λίθοι του ενετικού φρουρίου Κούλες στο Ηράκλειο, όπως και της πλειονότητας των ενετικών μνημείων στη Κρήτη, είναι ιζηματογενή πετρώματα και συγκεκριμένα διάφοροι τύποι ανθρακικών πετρωμάτων.

Τα ανθρακικά πετρώματα είναι σχηματισμοί ενδογενετικοί ή αυτόχθονοι χημικής ή/και βιολογικής καθίζησης και αποτελούν το 1/5 με 1/4 των ιζηματογενών σχηματισμών. Κατά ποσοστό μεγαλύτερο του 50% περιέχουν ανθρακικά ορυκτά. Αυτά κυρίως είναι αραγωνίτης, ασβεστίτης και δολομίτης σαν πρωτεύοντα , ενώ σαν δευτερεύοντα σιδηρίτης, ανκερίτης, μαγνησίτης. Ο αραγωνίτης συναντάται σε πρόσφατα ιζήματα ενώ στα παλαιότερα έχει αντικατασταθεί από άλλα ορυκτά, συνήθως από ασβεστίτη. Μη ανθρακικά ορυκτά που συναντώνται στα ανθρακικά πετρώματα, είναι κυρίως χαλαζία, αργιλικά, πυρίτης, αιματίτης, πυριτικά και φωσφορικά ορυκτά, άστριοι, βαρέα ορυκτά, ζεόλιθοι, ανυδρίτης, γύψος κ.α.

Τα συστατικά των ανθρακικών σχηματισμών είναι :

 Κόκκοι διαμέτρου < 0,004 mm ασβεστιτικοί ή αραγωνιτικοί που καλούνται μικρίτης ή ανθρακικός λουτίτης ή ανθρακική ιλύς. Η προέλευση του μικρίτη μπορεί να είναι μέσω διαδικασίας απόξεσης μηχανικής ή βιολογικής προϋπαρχόντων ανθρακικών υλικών, ή λόγω χημικής / βιολογικής καθίζησης. Κόκκοι ανθρακικοί (κυρίως ασβεστίτης) διαμέτρου > 0,06 mm που καλούνται μακροσπαρίτης και κόκκοι διαμέτρου 0,06 mm – 0.004 mm που καλούνται μικροσπαρίτης. Ο σπαρίτης είναι κυρίως δευτερογενής.

Ο μικρίτης σχηματίζεται σε πολλά σύγχρονα περιβάλλοντα από λιμνοθάλασσες και παλιρροϊκές ζώνες μέχρι την βαθιά θάλασσα, κυρίως στην ρηχή υποπαλιρροϊκή ζώνη ως εξής:

Η αντίδραση H_2O + CO_2 + $CaCO_3 \leftrightarrow Ca^{2+}$ + $2HCO_3^-$ δηλώνει ανθρακική ισορροπία, σε περίπτωση υπερκορεσμού όμως ακολουθεί καθίζηση $CaCO_3$.

Ο σπαρίτης σχηματίζεται σε αναταρασσόμενα νερά και κυρίως από ανακρυστάλλωση μικρίτη.

Τα αλλοχημικά συστατικά των ανθρακικών σχηματισμών είναι :

• Βιοκλάστες – σκελετικοί κόκκοι

Πρόκειται για σκελετούς ή τεμάχη σκελετών, ασπόνδυλων οργανισμών, φυκών ή τμημάτων αυτών. Το είδος των οργανισμών εξαρτάται από τις ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες της λεκάνης απόθεσης.

Ενδοκλάστες

Είναι τεμάχη ανθρακικών σχηματισμών ασθενώς λιθοποιημένων, που προέρχονται από την ίδια λεκάνη απόθεσης μέσω της δράσης των κυμάτων, των καταιγίδων και των ρευμάτων.

Λιθοκλάστες

Είναι τεμάχη ανθρακικών παλαιότερων ασθενώς λιθοποιημένων σχηματισμών, γειτονικών της λεκάνης απόθεσης, μεγέθους > 2 mm.

Εξωκλάστες

Είναι λιθοκλάστες παλαιότερων αποθέσεων προερχόμενοι από περιοχές κοντά μεν, αλλά έξω από τη λεκάνη απόθεσης.

• Επιφλοιωμένοι – επικαλυμμένοι κόκκοι, ωοειδή, ογκοειδή.

Πρόκειται για σφαιροειδή ή ελλειψοειδή ανθρακικά συσσωματώματα μεγέθους συνήθως 0,5 – 1 mm, από μικριτικό ασβεστίτη που σχηματίζει

ομόκεντρους δακτυλίους γύρω από έναν πυρήνα(τμήμα βιοκλάστη, σφαιρίδιο φύκους ή κλαστικό κόκκο).

Οι τύποι των αλλοχημικών ασβεστολίθων που αναγνωρίστηκαν ως δομικά υλικά του ενετικού φρουρίου Κούλε και μελετώνται στην παρούσα εργασία είναι :

Ασβεστόλιθοι με ενδοκλάστες, τεμαχίδια δηλαδή ενδογενετικής προέλευσης μέσα σε μικριτική μάζα. Οι ενδοκλάστες προέρχονται από την ίδια λεκάνη, είναι ξαναδουλεμένα τεμαχίδια ανθρακικής σύστασης με ποικίλη στρογγυλότητα. Συναντούμε πολύ γωνιώδη τεμάχη σε λιμναίες και υπερπαλιρροϊκές αποθέσεις ενώ σε ρηχά νερά καλά στρογγυλεμένα τεμάχη. Ανάμεσα στα δείγματά μας αναγνωρίστηκαν λοιπόν τόσο <u>μικριτικοί</u> <u>λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι</u> όσο και μικριτικοί κροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι.

- <u>Βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι</u> οι οποίοι συνίστανται από βιοκλάστες μέσα σε μακροσπαριτική μάζα.
- <u>Βιοσπαρίτες</u> που είναι οι πιο συνηθισμένοι ανάμεσα στους ασβεστόλιθους
 θαλάσσιας προέλευσης και περιέχουν ασβεστιτικά απολιθώματα ή τεμάχη
 αυτών μέσα σε μικροσπαριτική μάζα.

Τέλος, εκτός από τους αλλοχημικούς ασβεστολίθους, αναγνωρίστηκε και μελετήθηκε ως δομικό υλικό του ενετικού φρουρίου ένας

Ασβεστολιθικός δολομίτης με περιεκτικότητα 73.45% δολομίτη και 9.73%
 ασβεστίτη.

Σύμφωνα με την ταξινόμηση του Folk (σχ. 5.1) η πλειοψηφία των δομικών λίθων του ενετικού φρουρίου χαρακτηρίζονται από ενδοσπαρίτες έως ενδομικρίτες, κατά Dunham (σχ. 5.2) οι δομικοί λίθοι χαρακτηρίζονται ως βακόλιθοι, ενώ σύμφωνα με την ταξινόμηση των Corr & Rooney (σχ. 5.3) χαρακτηρίζονται ως πυριτιούχοι ασβεστόλιθοι.

ογκομετρική σύσταση αλλοχθόνων		μετρική >10% αλλόχθονα		< 10% αλλόχθονα			LO	
		σπαρίτης > μικρίτης	μιχρίτης > σπαρίτης		1-10% αλλόχθονα	<1% αλλόχθονα	τρώμα	
> 25% ενδόκλαστες		ενδοσπαρίτες	ενδομιχρίτες	No.	ενδοχλαστοφόροι μιχρίτες	kepyints	το γενή π	
< 25% ενδοκλάστες	> 25% ωόλιθοι		ωοσπαρίτες	ωομιχρίτες	λόχθονα	ωολιθοφόροι μιχρίτες	LXQUTES	хита про
	< 25% ωόλιθοι ογχομετρική σχέση: βιοκλάστες / σφαιρίδια	>3:1	βιοσπαρίτες	βιομικρίτες	στερα αλ	βιοχλαστοφόροι μιχρίτες	ຣ ກຸ່ ອີເອເມ	αδιατάρο
		1:3- 3:1	βιοσφαιριδιο- σπαρίτες	βιοσφαιφιδιο- μιχρίτες	επικρατέα	σφαιριδιοφόροι	μιχρίτε	íreg (
		>1:3	σφαιριδιο- σπαρίτες	σφαιριδιο- μιχρίτες		μιχρίτες	ouorabor	βιολιθ

Σχήμα 5.1: Η ταξινόμηση των ανθρακικών πετρωμάτων (Folk, 1959)

Ευδιάκριτο	Αδιάκριτος απο- θετικός ιστός				
Αρχικά συα	στατικά μη συν	αρχικά συ- στατικά συν- δεδεμένα με- ταξύ τους	υποδιαιρούνται ανάλογα με το φυσικό ιστό ή το βαθμό διαγένεσης		
Στηρίζο	νται με πηλό	Στηρίζοντοα με κόκκους		. 96	
<10% αλλόχθονα	>10% αλλόχθονα	<10% πηλός	$πηλός \approx 0$		
Πηλόλιθοι (Mudstones)	Βακόλιθοι (Wackestones)	Σωρόλιθοι (Pack - stones)	Κοκκόλιθοι (Grain- stones)	Στερεόλιθοι (Boundstones)	Ανθρακικά Κρυσταλλικά Πετρώματα

Σχήμα 5.2: Η ταξινόμηση των ανθρακικών πετρωμάτων (Dunham, 1962)


Σχήμα 5.3: Πετρογραφικοί τύποι ασβεστολιθικών και δολομιτικών πετρωμάτων (Corr & Rooney, 1992)

5.1.3 Αποτελέσματα για τους δομικούς λίθους

Δομικοί λίθοι ισογείου

ΚΑΡΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΔΟΚΙΜΙΑ ΕΝΕΤΙΚΟΥ ΦΡΟΥΡΙΟΥ ΚΟΥΛΕ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 1

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εσωτερικός τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος - Ίχνη κονιάματος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 10.15.cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: βιοκλαστικός ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος κόκκων έως 2 mm

ΧΡΩΜΑ: καστανότεφρο

ΔΙΑΒΡΩΣΗ: καλή κατάσταση-συμπαγής υφή. Ίχνη κονιάματος στην κάτω επιφάνεια

του λίθου

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	17.89
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	1.13

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	77.91
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	22
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	34.54

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1.Χαλαζίας SiO₂
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi ₃ O ₈
3. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂	4. Τάλκης Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂
5. Τάλκης Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂	



ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 2

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εσωτερικός τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος - Ίχνη κονιάματος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 15 cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: βιοκλαστικός ασβεστόλιθος σε επαφή

με μικριτικό λατυποπαγή ασβεστόλιθο



έως 4 cm

ΧΡΩΜΑ: καστανότεφρο έως τεφρό ανοικτό

ΔΙΑΒΡΩΣΗ: καλή κατάσταση-συμπαγής υφή. Κονίαμα στην επαφή των δύο

ασβεστολίθων

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	15.02
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	1.07

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%) 74.46		
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	24	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	35.09	

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO₂
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈
3. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈	3.Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4.Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂	4.Χλωρίτης (Fe, Mg)₃Fe₃AlSi₃O₁₀(OH) ₈
5.Χλωρίτης (Fe, Mg)₃Fe₃AlSi₃O₁₀(OH) ₈	

Σημειώνεται ότι παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων μόνο για τον βιοκλαστικό ασβεστόλιθο διότι ο μικριτικός λατυποπαγής ασβεστόλιθος θεωρείται ο ίδιος δομικός λίθος με το δείγμα 3 που ακολουθεί.



ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 3

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εσωτερικός τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 10.34 cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: μικριτικός λατυποπαγής ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος λατύπων ασβεστολίθου έως 6 cm

ΧΡΩΜΑ: τεφρό ανοικτό

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	2.47
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	1.24

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	65.47
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗCΙ (%)	33
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	30.46

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO2
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈
3. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂	4. Χλωρίτης (Fe, Mg) ₃ Fe ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₈
5. Χλωρίτης (Fe, Mg)₃Fe₃AlSi₃O₁₀(OH) ₈	

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 4

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εξωτερικός

τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 20 cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: βιοκλαστικός ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος κόκκων έως 2 mm

ΧΡΩΜΑ: καστανό ανοικτό

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	3.34	
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	3.33	

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%) 85.89	
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	13
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	38.51

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO ₂
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈
3. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈	3. Μαρμαρυγίεςς ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂
4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂	4. Χλωρίτης(Fe, Mg) ₃ Fe ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₈
5. Τάλκης Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂	5. Τάλκης Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 5

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εξωτερικός τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 10 cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: μικριτικός λατυποπαγής

ασβεστόλιθος με έγκοιλα ασβεστιτικού

συγκολλητικού υλικού

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος λατύπων έως 6 cm

ΧΡΩΜΑ: καστανό ανοικτό έως τεφρό

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	9.69
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	2.45

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	75.89
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	22.5
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	34.75

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO₂
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈
3. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂	4. Τάλκης Mg₃Si₄O ₁₀ (OH)₂
5. Τάλκης Mg₃Si₄O ₁₀ (OH)₂	

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 6

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εσωτερικός τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 11.03 cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: βιοκλαστικός ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος κόκκων έως 2mm

ΧΡΩΜΑ: καστανό ανοικτό έως καστανό σκούρο

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	13.93
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	1.23

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	73.82
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗCΙ (%)	24
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	33.48

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO ₂
2. Χαλαζίας SiO2	2. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi ₃ O ₈
3. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂	4. Τάλκης Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂
5. Τάλκης Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂	

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 7

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εσωτερικός τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος - κονίαμα

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 13 cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: βιοκλαστικός ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος κόκκων έως 3mm

ΧΡΩΜΑ: καστανό ανοικτό έως τεφρό

ΔΙΑΒΡΩΣΗ: καλή κατάσταση-συμπαγής υφή. Κονίαμα κατά μήκος του λίθου

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	17.64
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	0.72

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	71.79
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	28
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	32.33

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO ₂
2. Χαλαζίας SiO2	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈
3. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂	5. Χλωρίτης (Fe, Mg) ₃ Fe ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₈
5. Χλωρίτης(Fe, Mg) ₃ Fe ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₈	

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 8

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εσωτερικός

τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 12 cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: μικριτικός λατυποπαγής

ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος λατύπων έως 6cm

ΧΡΩΜΑ: καστανότεφρο

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	3.22
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	0.86

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	96.73
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	3
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	45.13

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO₂
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi₃O ₈
3. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈	 Μαρμαρυγίες ΚΑΙ₂(AlSi₃)Ο₁₀(OH)₂
4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ₂(AlSi₃)Ο ₁₀ (OH)₂	4. Χλωρίτης(Fe, Mg)₃Fe₃AlSi₃O₁₀(OH) ₈
5. Χλωρίτης(Fe, Mg)₃Fe₃AlSi₃O₁₀(OH) ₈	

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 9

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εξωτερικός

τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος – ίχνη κονιάματος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 18 cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: βιοκλαστικός ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος κόκκων έως 1mm

ΧΡΩΜΑ: καστανό τεφρο ανοικτό

ΔΙΑΒΡΩΣΗ: καλή κατάσταση-συμπαγής υφή. Κονίαμα στην κάτω επιφάνεια του

λίθου

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	16.92
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	1.17

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	74.66
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	24
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	34.47

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO₂
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi₃O ₈
3. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈	3. Μαρμαρυγίες KAl ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂
4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂	4. Κ-ούχος άστριος(Κ, Na) AlSi ₃ O ₈
5. Κ-ούχος άστριος(Κ, Να) AlSi ₃ O ₈	

Δομικοί λίθοι δώματος

ΚΑΡΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΔΟΚΙΜΙΑ ΕΝΕΤΙΚΟΥ ΦΡΟΥΡΙΟΥ ΚΟΥΛΕ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 10

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Δώμα-εσωτερικός

τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος - κονίαμα

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 18.cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: βιοκλαστικός ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος κόκκων έως 2 mm

ΧΡΩΜΑ: τεφρό έως καστανότεφρο

ΔΙΑΒΡΩΣΗ: καλή κατάσταση-συμπαγής υφή. Κονίαμα σε όλη την επιφάνεια του

λίθου

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	13.29
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	0.52

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	82.99
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	15
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	42.13

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO2
2. Χαλαζίας SiO2	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈
3. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi ₃ O ₈	3. Τάλκης Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂
4. Τάλκης Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂	4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂
5. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂	

<u>ΚΑΡΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΔΟΚΙΜΙΑ ΕΝΕΤΙΚΟΥ</u> <u>ΦΡΟΥΡΙΟΥ ΚΟΥΛΕ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ</u>

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 11

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Δώμα-εσωτερικός τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος - κονίαμα

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 13.cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: μικριτικός κροκαλοπαγής ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : διάμετρος κροκάλων έως 4 cm

ΧΡΩΜΑ: καστανότεφρο

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	2.08
	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	0.65

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	92.45	
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	7	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	39.77	

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO2
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈
3. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4. Τάλκης Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂	
5. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂	

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 12

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Δώμα-εσωτερικός

τοίχος (μεταγενέστερος τοίχος)

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 10.02cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: νεογενής ασβεστόλιθος-βιοσπαρίτης

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : μέγεθος κρυστάλλων ασβεστίτη > 4μm

ΧΡΩΜΑ: υπόλευκο

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	17.29
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	0.61

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	87.55	
ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ (%)	8.34	
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	3.8	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	44.14	

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO3	1. Χαλαζίας SiO2
2. Δολομίτης CaMg(CO ₃)2	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi₃O ₈
3. Χαλαζίας SiO ₂	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 13

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Δώμα-εσωτερικός τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος - κονίαμα

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 8cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: μικριτικός λατυποπαγής

ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : μέγεθος λατύπων έως 1cm

ΧΡΩΜΑ: καστανότεφρο ανοικτό

ΔΙΑΒΡΩΣΗ: καλή κατάσταση-συμπαγής υφή. Κονίαμα κατά μήκος του λίθου

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	0.44	
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	2.75	

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%) 94.31		
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	5	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	38.62	

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO₂
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈
3. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 14

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Δώμα-εσωτερικός τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 10.6cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: μικριτικός λατυποπαγής ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : μέγεθος λατύπων έως 50mm

ΧΡΩΜΑ: καστανότεφρο ανοικτό

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	1.74
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	0.36

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	89.41	
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	9	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	40.47	

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ
	ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO ₂
2. Χαλαζίας SiO2	2. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈
3. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈	3. Μαρμαρυγίεςς ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂	4. Χλωρίτης (Fe, Mg)₃Fe₃AlSi₃O₁₀(OH) ₈
5. Χλωρίτης (Fe, Mg)₃Fe₃AlSi₃O₁₀(OH) ₈	5. Κ-ούχος άστριος(Κ, Na) AlSi ₃ O ₈
6. Κ-ούχος άστριος(Κ, Na) AlSi ₃ O ₈	

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 18

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Δώμα-εσωτερικός

τοίχος

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 17cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: μικριτικός λατυποπαγής

ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : μέγεθος λατύπων έως 3cm

ΧΡΩΜΑ: λευκό με υποκάστανη χροιά

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	8.82	
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	0.81	

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
<i>ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)</i> 98.87		
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	1.1	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	47.85	

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO3	1. Χαλαζίας SiO ₂
2. Αλίτης NaCl	2. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈
	3. Μαρμαρυγίες KAl ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂
	4. Χλωρίτης (Fe, Mg) ₃ Fe ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₈

Δομικοί λίθοι δαπέδου

ΚΑΡΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΔΟΚΙΜΙΑ ΕΝΕΤΙΚΟΥ ΦΡΟΥΡΙΟΥ ΚΟΥΛΕ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 16

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Δάπεδο

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 16.5.cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: μικριτικός λατυποπαγής

ασβεστόλιθος

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ : μέγεθος λατύπων έως 4cm

ΧΡΩΜΑ: καστανότεφρο

N. N. M. M.	

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	2.62
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	1.7

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	73.16	
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗCΙ (%)	26	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	35.39	

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO2
2. Χαλαζίας SiO₂	2. Πλαγιόκλαστα NaAlSi ₃ O ₈
3. Πλαγιόκλαστα ΝαΑΙSi₃O ₈	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4. Τάλκης Mg₃Si₄O ₁₀ (OH)₂	5. Τάλκης Mg₃Si₄O ₁₀ (OH)₂

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 17

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Δάπεδο

ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Λίθος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: καρότο μήκους 17.cm

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΛΙΘΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ: δολομιτικός ασβεστόλιθος

ΧΡΩΜΑ: τεφρομέλανας

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ					
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (%) 0.12					
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	1.55				

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ				
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	9.73			
ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ (%)	73.45			
ΣΤΕΡΕΟ ΑΔ/ΤΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΣΕ ΗΟΙ (%)	14			
ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ (%)	38.02			

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΘΟΥ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΑΔ/ΤΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗCl
1. Ασβεστίτης CaCO₃	1. Χαλαζίας SiO₂
2. Δολομίτης CaMg(CO₃)₂	2. Αλβίτης NaAlSi₃O ₈ .
3. Χαλαζίας SiO₂	3. Μαρμαρυγίες ΚΑΙ ₂ (AlSi ₃)Ο ₁₀ (OH) ₂
4. Τάλκης Mg₃Si₄O ₁₀ (OH)₂	4. Τάλκης Mg₃Si₄O ₁₀ (OH)₂

5.1.4 Χαρακτηρισμός των δομικών λίθων

Ο πίνακας 5.1 παρουσιάζει συγκεντρωμένα όλα τα δείγματα του ενετικού Φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου, τη θέση δειγματοληψίας τους, τον τύπο ιζηματογενούς πετρώματος στον οποίο ανήκουν και το δείγμα κονιάματος που αντιστοιχεί σε αυτά.

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ	KONIAMA
		ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		ΛΙΘΟΔΟΜΗΣ
ΙΣΟΓΕΙΟ		1,2,6,7,9	Βιοκλαστικός	2,7,9
	Εσωτερικός		ασβεστόλιθος	
	τοίχος	3,8	Μικριτικός	
			λατυποπαγής	
			ασβεστόλιθος	
		4	Βιοκλαστικός	
	Εξωτερικός		ασβεστόλιθος	
	τοίχος	5	Μικριτικός	
			λατυποπαγής	
			ασβεστόλιθος	
ΔΩΜΑ		10 Βιοκλαστικός		10
			ασβεστόλιθος	
		11	Μικριτικός	
	Εσωτερικός		κροκαλοπαγής	
τοίχος			ασβεστόλιθος	
		12	Βιοσπαρίτης	
		13,14,18	Μικριτικός	13
			λατυποπαγής	
			ασβεστόλιθος	
ΔΑΠΕΔΟ		16	Μικριτικός	
			λατυποπαγής	
			ασβεστόλιθος	
		17	Ασβεστολιθικός	
			δολομίτης	

Πίνακας 5.1 :Δείγματα από τα δομικά υλικά του φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου

Τα πετρώματα με τα οποία έχει κατασκευαστεί το φρούριο Κούλες είναι στην ολότητά τους ιζηματογενή, και προέρχονται από τη βραχονησίδα που υπήρχε στην περιοχή κατασκευής του. Τα πετρώματα της περιοχής κατασκευής του ενετικού φρουρίου ανήκουν στο σχηματισμό της Φοινικιάς, που αποτελεί τον ανώτερο σχηματισμό των νεογενών ιζημάτων του Ηρακλείου. Η ενότητα της Φοινικιάς, όπως έχει ήδη περιγραφεί στο υποκεφάλαιο 2.2, περιλαμβάνει μάργες, μαργαικούς ασβεστόλιθους, τεφρωπές αργίλους και βιοκλαστικούς ασβεστόλιθους, ηλικίας

Εικόνα 5.1 : Γεωλογικός χάρτης Ηρακλείου εστιασμένος στην περιοχή κατασκευής του ενετικού φρουρίου Κούλε (Ι.Γ.Μ.Ε., Φύλλο χάρτου Ηράκλειο, 1972).

Εικόνα 5.2: Περιγραφή του σχηματισμού Φοινικιάς όπως παρουσιάζεται στο υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε.(Φύλλο χάρτου Ηράκλειο, 1972).

Μετά από μακροσκοπική παρατήρηση των λιθοσωμάτων και μικροσκοπική παρατήρηση των λεπτών τομών αυτών σε πολωτικό μικροσκόπιο συμπεραίνουμε ότι όλοι οι δομικοί λίθοι του ενετικού φρουρίου Κούλε είναι ασβεστόλιθοι. Συγκεκριμένα, επτά δείγματα χαρακτηρίζονται βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι (Εικ. 5.3) με διάμετρο κόκκων 1-3mm , άλλα επτά δείγματα χαρακτηρίζονται μικριτικοί λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι (Εικ.5.4) με διάμετρο λατύπων από 50 mm έως 6 cm και έχουμε από ένα δείγμα μικριτικού κροκαλοπαγούς ασβεστόλιθου με διάμετρο κροκάλων 4 cm, ένα δείγμα βιοσπαρίτη με μέγεθος κρυστάλλων > 4μm και τέλος ένα δείγμα δολομιτικού ασβεστόλιθου (Πίνακας 5.1).

Εικ.5.3 : Φωτογραφία λεπτής τομής βιοκλαστικού ασβεστόλιθου – δομικού λίθου ενετικού φρουρίου Κούλε (διασταυρωμένα Nicols).

Εικ.5.4 : Φωτογραφία λεπτής τομής μικριτικού λατυποπαγούς ασβεστόλιθου– δομικού λίθου ενετικού φρουρίου Κούλε (διασταυρωμένα Nicols).

Τέσσερεις βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι και ένας μικριτικός λατυποπαγής ασβεστόλιθος περιείχαν ποσότητα κονιάματος κατά μήκος, στο κάτω μέρος ή και σε όλη την επιφάνειά τους (Πίνακας 5.1). Όλοι οι τύποι των πετρωμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί εξίσου τόσο στους εσωτερικούς όσο και στους εξωτερικούς τοίχους του ισογείου και του δώματος, ενώ η χρήση του δολομιτικού ασβεστόλιθου στο δάπεδο, εξυπηρετεί τη διακόσμηση του φρουρίου λόγω του τεφρού χρώματός του. Όλα τα δείγματα που μελετήθηκαν είναι στην πλειοψηφία τους σε πολύ καλή κατάσταση και με συμπαγή υφή. Η διάβρωση που έχει προκληθεί στο ενετικό φρούριο εξαιτίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος έχει επηρεάσει μόνο τις εξωτερικές επιφάνειες της λιθοδομής χωρίς να έχει εισχωρήσει στο βάθος όπου και πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία.

5.1.5 Ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων των ορυκτολογικών και φυσικοχημικών αναλύσεων για τους δομικούς λίθους

Στον πίνακα 5.2 και στον πίνακα 5.3 παρουσιάζονται η ορυκτολογική σύσταση των δομικών λίθων και η ορυκτολογική σύσταση του ολικού στερεού υπολείμματος αδιάλυτου σε HCl των δομικών λίθων αντίστοιχα, όπως προέκυψε από την ανάλυση των ακτινοδιαγραμμάτων (XRD) με το λογισμικό πακέτο EVA Diffract.

ΑΡΙΘΜΟΣ																	
ΔΕΠΜΑΤΟΣ					_	_	_	_	_								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18
ΟΡΥΚΙΗ ΦΑΣΗ	_		_		_		-										
Ασβεστίτης	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Δολομίτης												۷				۷	
Χαλαζίας	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	٧	٧	٧	٧	٧	
Πλαγιόκλ.	٧	V	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	٧	٧		٧	٧	٧		
Μαρμαρυγ.	V	۷	۷	۷	۷	٧	۷	۷	۷	٧	٧			٧			
Κλινόχλωρο		۷	v				٧	٧						٧			
Τάλκης	V			۷	۷	٧				٧	٧				٧	٧	
Κ-ούχος									۷					٧			
άστριος																	
Αλίτης																	V
<i>Πίνακας 5.2 :</i> Ορυκτολογική σύσταση δομικών λίθων.																	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΘΣ																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18
ΘΡΥΚΤΗ ΦΑΣΗ																	
Χαλαζίας	•	•	•	•	٠	•	٠	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Πλαγιόκλ.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Πίνακας 5.3 :Ορυκτολογική σύσταση στερεού υπολείμματος δομικών λίθων.

•

• • •

• •

٠

• •

٠

•

•

•

•

•

•

•

•

•

•

٠

•

•

•

•

٠

Μαρμαρυγ.

Κλινόχλωρο

Τάλκης

Κ-ούχος

άστριος

• • •

٠

• • •

Όπως φαίνεται στους πίνακες 5.2 και 5.3 τόσο η ορυκτολογική σύσταση των δομικών λίθων όσο και η ορυκτολογική σύσταση των αδιάλυτων υπολειμμάτων αυτών, δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Κύρια ορυκτά των δομικών λίθων είναι ο ασβεστίτης και ο χαλαζίας. Η πλειοψηφία των δειγμάτων περιέχει πλαγιόκλαστα και μαρμαρυγίες, ορισμένα δείγματα περιέχουν τάλκη και κλινόχλωρο, ενώ σε δύο δείγματα (δείγμα 8 και δείγμα 16) εντοπίστηκε καλιούχος άστριος. Εξαίρεση αποτελούν το δείγμα 12 (βιοσπαρίτης) που εκτός από ασβεστίτη περιέχει και ένα ποσοστό δολομίτη, και το δείγμα 17, ο δολομιτικός ασβεστόλιθος ο οποίος περιέχει αρκετό δολομίτη. Σημειώνεται ότι το δείγμα 18 φαίνεται να είναι ένας αρκετά καθαρός ασβεστόλιθος, εφόσον η ορυκτολογική ανάλυση έδωσε αποκλειστικά ασβεστίτη και μερικά ίχνη αλάτων.

Όσον αφορά την ορυκτολογική σύσταση του ολικού στερεού υπολείμματος των δομικών λίθων, που είναι ουσιαστικά το περιεχόμενο αυτών πλην των ανθρακικών τους συστατικών, οι ορυκτολογικές αναλύσεις έδωσαν αναμενόμενα αποτελέσματα. Το ολικό στερεό υπόλειμμα των δειγμάτων αποτελείται κατά κύριο λόγο από τα ορυκτά που περιέχει κάθε δείγμα εκτός από τον ασβεστίτη και το δολομίτη. Συνεπώς, το ολικό στερεό υπόλειμμα όλων των δομικών λίθων περιέχει χαλαζία, πλαγιόκλαστα και μαρμαρυγίες. Αρκετά δείγματα περιέχουν στο στερεό υπόλειμμά τους τάλκη και κλινόχλωρο ενώ τα δείγματα 8 και 16 που περιείχαν στη σύστασή τους καλιούχο άστριο, εντοπίστηκε και στο αδιάλυτο υπόλειμμα το ίδιο ορυκτό.

Πίνακας 5.4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων των δομικών λίθων.

<u>Υπόμνημα</u>

Α.Π.= Απώλεια πύρωσης

Σ.Υ.= Ολικό στερεό υπόλειμμα αδιάλυτο σε HCl

ΔΕΙΓΜΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (%)	δολομιτής	А.П.	Σ.Υ. (%)	(ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ+ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ +Σ.Υ.) (%)
	(%)	ΠΟΡΩΔΕΣ(%)		(%)	(%)		
1	1.13	17.89	77.91		34.54	22	99.91
2	1.07	15.02	74.46		35.09	24	98.46
3	1.24	2.47	65.47		30.46	33	98.47
4	3.33	3.34	85.89		38.51	13	98.89
5	2.45	9.69	75.89		34.75	22.5	98.39
6	1.23	13.93	73.82		33.48	24	97.82
7	0.72	17.64	71.79		32.33	28	99.79
8	0.86	3.22	96.73		45.13	3	99.73
9	1.17	16.92	74.66		34.47	24	98.66
10	0.52	13.29	82.99		42.13	15	97.99
11	0.65	2.08	92.45		39.77	7	99.45
12	0.61	17.29	87.55	8.34	44.14	3.8	99.69
13	0.44	2.75	94.31		38.62	5	99.31
14	0.36	1.74	89.41		40.47	9	98.41
16	1.7	2.62	73.16		35.39	26	99.16
17	1.55	0.12	9.73	73.45	38.02	14	97.18
18	0.81	8.82	98.87		47.85	1.1	99.97

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων συγκεντρωτικά για όλους τους δομικούς λίθους του ενετικού φρουρίου Κούλε. Σύμφωνα με τον πίνακα 5.4 η περιεχόμενη υγρασία των δειγμάτων των δομικών λίθων είναι αρκετά αυξημένη, γεγονός που δικαιολογείται από τη θέση δόμησης του μνημείου. Το μεγαλύτερο ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας μετρήθηκε στο δείγμα 4 και στο δείγμα 5 διότι είναι τα μόνα δείγματα που ελήφθησαν από εξωτερικό τοίχο. Παρατηρούμε ακόμη ότι τα δείγματα 1,2 και 3 τα οποία βρίσκονταν στον ίδιο τοίχο περιέχουν παρόμοιο ποσοστό υγρασίας, ενώ τα δείγματα 16 και 17 που βρίσκονταν στο δάπεδο του ισογείου παρουσιάζουν αυξημένο ποσοστό υγρασίας, σε σχέση με τα δείγματα που ελήφθησαν από τους τοίχους του ισογείου και του δώματος, λόγω του φαινομένου της τριχοειδούς αναρρίχησης.

Όσον αφορά το φαινόμενο πορώδες (πίνακας 5.3), η μεγαλύτερη τιμή μετρήθηκε στο δείγμα 1(βιοκλαστικός ασβεστόλιθος) και η μικρότερη τιμή στο δείγμα 17 (δολομιτικός ασβεστόλιθος). Γενικά παρατηρούμε ότι τα δείγματα των βιοκλαστικών ασβεστολίθων εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές φαινόμενου πορώδους και με διαφορά περίπου 10% ακολουθούν οι μικριτικοί λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με μικρότερο πορώδες ώσπου καταλήγουμε στο δολομιτικό ασβεστόλιθο που εμφανίζει την μικρότερη τιμή πορώδους. Οι βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν αυξημένες τιμές πορώδους εξαιτίας της εσωτερικής τους δομής (βιοκλάστες μέσα σε μακροσπαριτική μάζα), σε αντίθεση με τα δείγματα των μικριτικών λατυποπαγών ασβεστόλιθων των οποίων η κύρια μάζα είναι πιο λεπτόκοκκη με συνέπεια να εμφανίζουν αρκετά μικρότερες τιμές πορώδους. Τέλος, το δείγμα 17 που είναι ένας δολομιτικός ασβεστολιθικών δειγμάτων.

Ο προσδιορισμός του ποσοστού του ασβεστίτη έγινε με ασβεστίμετρο τύπου Dietrich – Fruhling και είναι αρκετά υψηλό σε όλους τους δομικούς λίθους. Οι τιμές του ασβεστίτη στα δείγματα που περιέχουν μόνο ασβεστίτη κυμαίνονται από 65.47% έως 98.87%. Συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό μετρήθηκε στο δείγμα 18 το οποίο όπως έδειξε και η ορυκτολογική ανάλυση (πίνακας 5.2) είναι ένας αρκετά καθαρός ασβεστόλιθος και το μικρότερο ποσοστό ασβεστίτη μετρήθηκε στο δείγμα 3. Εκτός από το ποσοστό του ασβεστίτη, σε δύο δείγματα εντοπίστηκε και μετρήθηκε το ποσοστό δολομίτη που περιέχουν. Το δείγμα 17 ο δολομιτικός ασβεστόλιθος, περιέχει 9.73% ασβεστίτη και 73.45% δολομίτη και το δείγμα 12 ο βιοσπαρίτης, περιέχει 87.55% ασβεστίτη και 8.34% δολομίτη.

Η απώλεια πύρωσης (%) που μετρήθηκε στα δείγματα κυμαίνεται από 47.85% έως 30.46%. Όπως είναι αναμενόμενο, το μεγαλύτερο ποσοστό απώλειας πύρωσης μετρήθηκε στο δείγμα 18 το οποίο περιέχει και το μεγαλύτερο ποσοστό ασβεστίτη(98.87%) και το μικρότερο ποσοστό απώλειας πύρωσης μετρήθηκε στο δείγμα 3 το οποίο σύμφωνα με την ασβεστιμετρία περιέχει το μικρότερο ποσοστό ασβεστίτη(65.47%). Τα υπόλοιπα δείγματα με ποσοστό ασβεστίτη από 72% έως 78% παρουσιάζουν απώλεια πύρωσης από 33% έως 35% , ποσοστό που αυξομειώνεται κυρίως ανάλογα με τον εμπεριεχόμενο ασβεστίτη, δολομίτη και μαρμαρυγίες σε κάθε δείγμα. Τα υψηλότερα ποσοστά απώλειας πύρωσης(> 38%) μετρήθηκαν σε δείγματα που περιέχουν ασβεστίτη ή αθροιστικά ασβεστίτη και δολομίτη σε ποσοστό μεγαλύτερο από 84%.

Το ολικό στερεό υπόλειμμα αδιάλυτο σε HCl(%) ,ουσιαστικά εκφράζει το ποσοστό των συστατικών των δομικών λίθων πλην του ποσοστού του ασβεστίτη και του δολομίτη που έχουν ήδη μετρηθεί. Η επιβεβαίωση λοιπόν της σωστής μέτρησης τόσο των ανθρακικών συστατικών όσο και του στερεού υπολείμματος των δειγμάτων προκύπτει από την πρόσθεση των δύο τελευταίων, της οποίας το αποτέλεσμα πρέπει να είναι 100. Η τελευταία στήλη του πίνακα 5.4 η οποία παρουσιάζει το άθροισμα του ποσοστού των ανθρακικών και του ποσοστού του στερεού υπολείμματος για κάθε δείγμα επιβεβαιώνει ότι οι μετρήσεις είναι αρκετά αξιόπιστες εφόσον το άθροισμα σε όλα τα δείγματα υπερβαίνει το 97%. Το μεγαλύτερο ποσοστό στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl(33%) μετρήθηκε στο δείγμα 3 που περιέχει το μικρότερο ποσοστό ασβεστίτη με συνέπεια να περιέχει και τα περισσότερα συστατικά αδιάλυτα σε HCl. Αντιθέτως, το μικρότερο ποσοστό αδιάλυτου υπολείμματος του μετρηθέχεται το υψηλότερο ποσοστό του μετρηθέντος ασβεστίτη.

Όσον αφορά στις ορυκτές φάσεις που αναγνωρίστηκαν από την ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων των αδιάλυτων υπολοίπων, είναι κυρίως χαλαζίας, πλαγιόκλαστα και μαρμαρυγίες όπως αυτές περιγράφονται αναλυτικά στον πίνακα 5.2.

5.2 ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

5.2.1 Εισαγωγή

Κατά τη δειγματοληψία λάβαμε πέντε δείγματα κονιαμάτων από πέντε δείγματα διαφορετικών δομικών λίθων (δείγμα 2, δείγμα 7, δείγμα 9, δείγμα 10 και δείγμα 13). Από τα πέντε δείγματα τα τέσσερα περιείχαν αρκετή ποσότητα κονιάματος ώστε να μελετηθούν. Τα κονιάματα που μελετήθηκαν και παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία είναι:

- Το κονίαμα 2 έχει συλλεχθεί από τον δομικό λίθο-δείγμα 2 του ενετικού φρουρίου, χαρακτηρισμένος ως βιοκλαστικός ασβεστόλιθος σε επαφή με μικριτικό λατυποπαγή ασβεστόλιθο και τοποθετείται στην επαφή των δύο ασβεστόλιθων (εικ. 5.5).
- Το κονίαμα 7 έχει συλλεχθεί από τον δομικό λίθο-δείγμα 7 του ενετικού φρουρίου, χαρακτηρισμένος ως βιοκλαστικός ασβεστόλιθος και τοποθετείται κατά μήκος του λίθου (εικ. 5.6).
- 3. Το κονίαμα 10 έχει συλλεχθεί από τον δομικό λίθο-δείγμα 10 του ενετικού φρουρίου, χαρακτηρισμένος ως βιοκλαστικός ασβεστόλιθος και τοποθετείται σε όλη την επιφάνεια του λίθου (εικ. 5.7).
- 4. Το κονίαμα 13 έχει συλλεχθεί από τον δομικό λίθο-δείγμα 13 του ενετικού φρουρίου, χαρακτηρισμένος ως μικριτικός λατυποπαγής ασβεστόλιθος και τοποθετείται κατά μήκος του λίθου (εικ. 5.8).

Όλα τα κονιάματα βρίσκονταν σε εσωτερικούς τοίχους. Το κονίαμα 2 και το κονίαμα 7 έχουν ληφθεί από το ισόγειο, ενώ το κονίαμα 10 και το κονίαμα 13 έχουν ληφθεί από το δώμα του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.

5.2.2 Αποτελέσματα για τα συνδετικά κονιάματα

Κονιάματα ισογείου

ΚΑΡΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΦΡΟΥΡΙΟΥ ΚΟΥΛΕ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: ΚΟΝΙΑΜΑ 2

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο-εσωτερικός τοίχος **ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**: Κονίαμα σε επαφή δύο ασβεστολίθων

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ

ΧΡΩΜΑ: λευκό

ΑΔΡΑΝΗ: χαλαζιακά και ασβεστιτικά θαλάσσιας προέλευσης καθώς και θραύσματα ασβεστόλιθου. Μέγεθος αδρανών έως 5 mm.

ΚΟΝΙΑ: ασβεστιτική

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣ	ΤΑΣΗ ΚΟΝΙΑΣ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ			
1.Ασβεστίτης	5. Κεροστίλβη	1.Ασβεστίτης	5. Μαρμαρυγίες		
2.Χαλαζίας		2.Δολομίτης	6. Χλωρίτης		
3. Μαρμαρυγίες		3.Χαλαζίας	7.Σερπεντίνης		
4.Χλωρίτης		4.Πλαγιόκλαστο			

KOKKOMETPIKH KATANOMH						
Κλάσμα (mm)	к.в. (%)					
>4.75	0					
4.75	5.48					
2	3.51					
1	1.32					
0.5	16.45					
0.25	9.87					
0.125	15.35					
Αδρανή	51.98					
0.063	23.68					
<0.063 (βάση)	24.34					
Κονία	48.02					
Άθροισμα	100					

Αδρανή/Κονία : 1.2/1

ΚΑΡΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΦΡΟΥΡΙΟΥ ΚΟΥΛΕ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: ΚΟΝΙΑΜΑ 7

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Ισόγειο – εσωτερικός τοίχος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Κονίαμα κατά μήκος του λίθου

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ

ΧΡΩΜΑ: λευκό

ΑΔΡΑΝΗ: χαλαζιακά και ασβεστιτικά θαλάσσιας προέλευσης καθώς και θραύσματα ασβεστόλιθου. Μέγεθος αδρανών έως 7 mm.

ΚΟΝΙΑ: ασβεστιτική

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ	ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΟΝΙΑΣ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ			
1.Ασβεστίτης	6. Πλαγιόκλαστα	1.Ασβεστίτης	6.Μαρμαρυγίες		
2.Χαλαζίας	7. Αλίτης	2.Χαλαζίας	7. Πλαγιόκλαστα		
3.Γύψος	8. Κεροστίλβη	3.Δολομίτης	8. Αλίτης		
4.Χλωρίτης		4.Γύψος	9.Σερπεντίνης		
5.Μαρμαρυγίες		5.Χλωρίτης			

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ					
Κλάσμα (mm)	к.в. (%)				
>4.75	0				
4.75	11.95				
2	22.3				
1	20				
0.5	10.8				
0.25	2.99				
0.125	4.37				
Αδρανή	72.41				
0.063	8.97				
<0.063 (βάση)	18.62				
Κονία	27.59				
Άθροισμα	100				

Αδρανή/Κονία : 2.6/1

Κονιάματα δώματος

ΚΑΡΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΦΡΟΥΡΙΟΥ ΚΟΥΛΕ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: ΚΟΝΙΑΜΑ 10

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:Δώμα – εσωτερικός τοίχος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Κονίαμα σε όλη την επιφάνεια λίθου

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ

ΧΡΩΜΑ: λευκό

ΑΔΡΑΝΗ: χαλαζιακά και ασβεστιτικά θαλάσσιας προέλευσης καθώς και θραύσματα ασβεστόλιθου. . Μέγεθος αδρανών έως 5 mm.

ΚΟΝΙΑ: ασβεστιτική

-					
ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥ	(ΣΤΑΣΗ ΚΟΝΙΑΣ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ			
1.Ασβεστίτης	5.Μαρμαρυγίες(ίχνη)	1.Ασβεστίτης	5.Μαρμαρυγίες(ίχνη)		
2.Χαλαζίας		2.Χαλαζίας	6. Χλωρίτης(ίχνη)		
3.Βρουσίτης		3.Βρουσίτης	7. Hydrocalumite		
4.Χλωρίτης(ίχνη)		4.Πλαγιόκλασ			
		τα			

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ		
Κλάσμα (mm)	к.в. (%)	
>4.75	0	
4.75	10.53	
2	1.97	
1	2.63	
0.5	15.79	
0.25	15.13	
0.125	12.50	
Αδρανή	58.55	
0.063	17.43	
<0.063 (βάση)	24.01	
Κονία	41.45	
Άθροισμα	100.00	

Αδρανή/Κονία : 1.4/1

ΚΑΡΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΦΡΟΥΡΙΟΥ ΚΟΥΛΕ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: ΚΟΝΙΑΜΑ 13

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: Δώμα – εσωτερικός τοίχος ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ

ΧΡΩΜΑ: λευκό

ΑΔΡΑΝΗ: χαλαζιακά και ασβεστιτικά θαλάσσιας προέλευσης καθώς και θραύσματα ασβεστόλιθου. Μέγεθος αδρανών έως 5 mm.

ΚΟΝΙΑ: ασβεστιτική

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΟΝΙΑΣ		ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ	
1.Ασβεστίτης	5.Πλαγιόκλαστα(ίχνη)	1.Ασβεστίτης	5.Χλωρίτης
2.Χαλαζίας		2.Χαλαζίας	6.Μαρμαρυγίες
3.Χλωρίτης		3.Δολομίτης	7.Σερπεντίνης
4.Μαρμαρυγίες		4.Πλαγιόκλαστα	

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ		
Κλάσμα (mm)	к.в. (%)	
>4.75	0	
4.75	5.06	
2	9.7	
1	11.39	
0.5	7.17	
0.25	6.33	
0.125	9.28	
Αδρανή	48.95	
0.063	13.08	
<0.063 (βάση)	37.97	
Κονία	51.05	
Άθροισμα	100	

Αδρανή/Κονία : 0.96/1

5.2.3 Ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων των ορυκτολογικών και φυσικοχημικών αναλύσεων για τα συνδετικά κονιάματα

1. Κοκκομετρική ανάλυση

Σχήμα 5.4: Ιστόγραμμα που παρουσιάζει το βάρος(%) του υλικού που παραμένει σε κάθε κοκκομετρικό κλάσμα ανά δείγμα κονιάματος.

Δείγμα	Αδρανή /Κονία
Κονίαμα 2	1.2/1
Κονίαμα 7	2.6/1
Κονίαμα 10	1.4/1
Κονίαμα 13	0.96/1

Πίνακας 5.5: Η αναλογία των αδρανών προς την κονία σε κάθε δείγμα κονιάματος.

Όπως φαίνεται στο ιστόγραμμα του σχήματος 5.4, η κοκκομετρική διαβάθμιση των κονιαμάτων παρουσιάζει αρκετές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Το κονίαμα 2 περιέχει ποσοστό μικρότερο από 5% σε χονδρόκοκκο υλικό ενώ παρατηρείται μία απότομη αύξηση της τάξης του 10% του υλικού που συγκρατείται από το κλάσμα 0,5 mm.

Ακολουθεί μία γραμμική σχεδόν άνοδος του υλικού που συγκρατείται από τα λεπτομερέστερα κλάσματα, ξεκινώντας από το κοκκομετρικό κλάσμα 0.25 mm να συγκρατεί το 15 % του υλικού και καταλήγοντας στο κλάσμα < 0.0063 mm να συγκρατεί περίπου το 25% του υλικού του κονιάματος. Αντιθέτως το κονίαμα 7 είναι εμφανώς το πιο χονδρόκοκκο από τα υπόλοιπα κονιάματα, με ποσοστό μεγαλύτερο από 60% του υλικού του να συγκεντρώνεται στα κοκκομετρικά κλάσματα από 0.5 mm έως 4.75 mm, και το υπόλοιπο 40% να διαμοιράζεται στα υπόλοιπα κλάσματα με το 30% του υλικού να περιέχεται στην κονία (κοκκομετρικά κλάσματα 0.0063 mm και <0.0063 mm). Στο κονίαμα 10 παρατηρείται μία σχεδόν ομοιόμορφη κατανομή του υλικού με ποσοστό από 10% έως 20% να συγκρατείται σε κάθε κλάσμα εκτός από τα κοκκομετρικά κλάσματα 1mm και 2mm στα οποία περιέχεται συνολικά το 5% του υλικού και το λεπτομερέστερο κοκκομετρικό κλάσμα .< 0.0063mm το οποίο συγκεντρώνει σχεδόν το 25% του υλικού του κονιάματος. Τέλος, το κονίαμα 13 χαρακτηρίζεται ως το πιο λεπτόκοκκο κονίαμα από τα υπόλοιπα τρία δείγματα κονιαμάτων που μελετήθηκαν, με ποσοστό μεγαλύτερο από 50% του υλικού του να συγκεντρώνεται στην κονία και το υπόλοιπο να διαμοιράζεται στα πιο αδρομερή κλάσματα στα οποία η μεγαλύτερη ποσότητα υλικού(10%) συγκρατείται από το κλάσμα 1mm και η μικρότερη ποσότητα υλικού(<5%) συγκρατείται από το κλάσμα 4.75 mm. Συμπερασματικά , το κονίαμα 7 είναι το πιο χονδρόκοκκο κονίαμα που μελετήθηκε στην παρούσα εργασία, με αναλογία των αδρανών προς την κονία 2.6/1 και ποσοστό μεγαλύτερο από 50% του υλικού του να συγκεντρώνεται στα τρία πρώτα πιο αδρομερή κοκκομετρικά κλάσματα, ενώ το κονίαμα 13 είναι το πιο λεπτόκοκκο κονίαμα με αναλογία των αδρανών προς την κονία 0.96/1 και ποσοστό μεγαλύτερο από 50% του υλικού του να συγκεντρώνεται στην κονία. Το κονίαμα 2 και το κονίαμα 10 παρουσιάζουν μία πιο ομαλή κοκκομετρική κατανομή του υλικού τους με αναλογία των αδρανών προς την κονία να είναι 1.2/1 και 1.4/1 αντίστοιχα (πίνακας 5.5).
2. Ορυκτολογική ανάλυση

Στα σχήματα 5.2, 5.3, 5.4 και 5.5 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα ακτινογραφήματα που προέκυψαν από την ορυκτολογική ανάλυση με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ των κοκκομετρικών κλασμάτων των κονιαμάτων.

Με σκοπό να επιτευχθεί ο εύκολος συσχετισμός των ακτινογραφημάτων με το σχολιασμό που ακολουθεί, οι κρυσταλλικές φάσεις που αναγνωρίστηκαν σε κάθε ακτινογράφημα αναγράφονται πάνω από ορισμένες χαρακτηριστικές ανακλάσεις αυτών, υπό μορφή συντομογραφίας. Όλα τα ακτινογραφήματα των κονιαμάτων έτσι όπως προέκυψαν μετά από επεξεργασία με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου EVA Diffract που διαθέτει το Εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας βρίσκονται στο Παράρτημα Ι.

Οι συντομογραφίες είναι οι εξής:

۱۲

- Q → Χαλαζίας
- Pl → Πλαγιόκλαστα
- Mica -> Μαρμαρυγίες
- Dol -> Δολομίτης
- Chl → Χλωρίτης
- Hb -> Κεροστίλβη
- G → Γύψος
- Br → Βρουσίτης
- Ser -> Σερπεντίνης
- HI → Αλίτης



Σχήμα 5.5: Ακτινογράφημα των κοκκομετρικών κλασμάτων (+2mm),(-2,+1mm),(-63μm) του κονιάματος 2. ΚΟΝΙΑΜΑ ΚΟΥΛΕ 2



Σχήμα 5.6: Ακτινογράφημα των κοκκομετρικών κλασμάτων (+4.75mm),(-2,+1mm),(-63μm) του κονιάματος 7. ΚΟΝΙΑΜΑ ΚΟΥΛΕ 7



Σχήμα 5.7: Ακτινογράφημα των κοκκομετρικών κλασμάτων (+2mm),(-2,+1mm),(-0.5,+0.125mm),(-125,+63 μm)(-63μm) του κονιάματος 10. KONIAMA KOYΛΕ 10



Σχήμα 5.8: Ακτινογράφημα των κοκκομετρικών κλασμάτων (+4.75mm)(-4.75,+2mm),(-2,+1mm),(-63μm) του κονιάματος 13. ΚΟΝΙΑΜΑ ΚΟΥΛΕ 13

Οι κύριες ορυκτές φάσεις που αναγνωρίστηκαν στα ακτινογραφήματα του κονιάματος 2 (σχήμα 5.5) είναι ο ασβεστίτης και ο χαλαζίας. Οι ανακλάσεις του ασβεστίτη είναι αρκετά εντονότερες-που σημαίνει ότι οι κορυφές των ανακλάσεων και τα σχετικά τρίγωνά τους έχουν μεγαλύτερο εμβαδόν- στο κλάσμα της κονίας (-63μm), ενώ οι ανακλάσεις του χαλαζία είναι αρκετά εντονότερες στα κλάσματα των αδρανών[(-2,+1mm),(+2mm)]. Πλαγιόκλαστα ανιχνεύτηκαν κυρίως στα αδρανή, ενώ ίχνη πλαγιοκλάστων ανιχνεύτηκαν στην κονία. Οι ορυκτές φάσεις του χλωρίτη και των μαρμαρυγιών αναγνωρίστηκαν σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα του κονιάματος, ενώ ίχνη κεροστίλβης αναγνωρίστηκαν στο κοκκομετρικό κλάσμα της κονίας κονίας. Αποκλειστικά στο κοκκομετρικό κλάσμα του αδρανούς(-2,+1mm)

Ομοίως στο κονίαμα 7 (σχήμα 5.6) οι κύριες ορυκτές φάσεις που αναγνωρίστηκαν είναι ο ασβεστίτης και ο χαλαζίας, με τις ανακλάσεις του ασβεστίτη να είναι αρκετά εντονότερες στο κλάσμα της κονίας (-63μm) και τις ανακλάσεις του χαλαζία να είναι αρκετά εντονότερες στα κλάσματα των αδρανών[(-2,+1mm),(+4.75mm)]. Πλαγιόκλαστα, μαρμαρυγίες, χλωρίτης και κεροστίλβη ανιχνεύονται σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα, ενώ σερπεντίνης και δολομίτης ανιχνεύτηκαν μόνο στο κλάσμα του αδρανούς (-2 +1mm), ομοίως με το κονίαμα 2. Επίσης, σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα εντοπίστηκαν άλατα με την ορυκτή φάση του αλίτη και αποκλειστικά στο κοκκομετρικό κλάσμα της κονίας κονίας ανιχνεύτηκε γύψος.

Οι κύριες ορυκτές φάσεις που αναγνωρίστηκαν στο κονίαμα 10 (σχήμα 5.7) είναι ο ασβεστίτης και ο χαλαζίας, με τις ανακλάσεις του ασβεστίτη να είναι αρκετά εντονότερες στα κλάσματα της κονίας [(-125,+63 μm) (-63μm)] και τις ανακλάσεις του χαλαζία να είναι αρκετά εντονότερες στα κλάσματα των αδρανών [(+2mm),(-2,+1mm),(-0.5,+0.125mm)]. Πλαγιόκλαστα και ίχνη μαρμαρυγιών και χλωρίτη ανιχνεύτηκαν σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα κονιάματα, στο κονίαμα 10 ανιχνεύτηκε τόσο στην κονία όσο και στα αδρανή συστατικά, η ορυκτή φάση βρουσίτης και μία φάση που περιέχει ασβέστιο, αργίλιο, χλώριο, νερό και καλείται hydrocalumite. Η φάση αυτή, όπως φαίνεται στο ακτινογράφημα δεν είναι καλά κρυσταλλωμένη είναι προφανώς δευτερογενής και η αναγνώρισή της γίνεται με κάθε επιφύλαξη.

Το κονίαμα 13 παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες στην ορυκτολογική του σύσταση με το κονίαμα 2. Στο κονίαμα 13 (σχήμα 5.8)ανιχνεύτηκε ασβεστίτης και χαλαζίας τόσο στην κονία(-63μm) όσο και στα αδρανή[(+4.75mm),(-4.75 +2mm),(-2 +1mm)] με εντονότερες τις ανακλάσεις του χαλαζία στα αδρανή κλάσματα και εντονότερες τις ανακλάσεις του ασβεστίτη στην κονία, όπως και σε όλα τα εξετασθέντα δείγματα των κονιαμάτων. Πλαγιόκλαστα, χλωρίτης, μαρμαρυγίες και κεροστίλβη ανιχνεύονται σε αδρανή και κονία ενώ δολομίτης ανιχνεύτηκε σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα του αδρανούς και σερπεντίνης μόνο στο κλάσμα (-4.75 +2mm).

Βάσει της ημιποσοτικής ορυκτολογικής ανάλυσης των κονιαμάτων, προκύπτει ότι η κονία όλων των κονιαμάτων είναι κυρίως ασβεστιτικής σύστασης και τα αδρανή τους συστατικά είναι κυρίως χαλαζιακής και δευτερευόντως ασβεστιτικής σύστασης. Πλαγιόκλαστα περιέχονται τόσο στα αδρανή όσος και στην κονία όλων των εξετασθέντων κονιαμάτων ενώ σε μικρότερες ποσότητες περιέχονται χλωρίτης, μαρμαρυγίες και κεροστίλβη.

Χαρακτηριστική είναι η ταυτόχρονη παρουσία δολομίτη και σερπεντίνη σε αδρανή κλάσματα όλων των κονιαμάτων εκτός του κονιάματος 10 στο οποίο ανιχνεύθηκε σε κονία και αδρανή βρουσίτης. Ο σερπεντίνης πιθανώς να προέρχεται από υπερβασικά πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος που δομεί την τεκτονοστρωματογραφική κολώνα της Κρήτης, όμως η περαιτέρω μελέτη της προέλευσής του δεν είναι στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Η παρουσία του βρουσίτη στο κονίαμα 10 και η παρουσία του δολομίτη στα υπόλοιπα κονιάματα, υποδηλώνουν ότι όλα τα κονιάματα περιείχαν βρουσίτη (Mg(OH)₂) ο οποίος στο κονίαμα 10 λόγω απουσίας διοξειδίου του άνθρακα δεν μετατράπηκε σε ανθρακικό μαγνήσιο όπως στα κονιάματα 2, 7 και 13 που εμπεριέχουν δολομίτη. Στο κονίαμα 7 ανιχνεύτηκαν αρκετά άλατα, κυρίως χλωριούχο νάτριο, η παρουσία του οποίου δικαιολογείται από το θαλάσσιο περιβάλλον που περιβάλει το ενετικό φρούριο. Σε μικρότερη ποσότητα και μόνο στην κονία ανιχνεύτηκε γύψος η οποία πιθανώς σχηματίστηκε από την επίδραση του θαλασσινού νερού με το υλικό του κονιάματος. Ακολουθούν φωτογραφίες των κονιαμάτων από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM).



Εικόνα 5.9: Οπισθοσκεδαζόμενη φωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Γενική άποψη του κονιάματος 2.



Σχήμα 5.9:Στοιχειακή ανάλυση (EDS) κόκκων ασβεστόλιθου στο κονίαμα 2.



Σχήμα 5.10: Στοιχειακή ανάλυση (EDS) των αλάτων στο κονίαμα 2



Εικόνα 5.10: Οπισθοσκεδαζόμενη φωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου διακρίνονται κόκκοι αδρανούς δολομίτη και πλαγιοκλάστου στο κονίαμα 2.



Σχήμα 5.11: Στοιχειακή ανάλυση (EDS) του δολομίτη στο κονίαμα 2.



Εικόνα 5.11: Μικροφωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου διακρίνονται άλατα στο κονίαμα 7.



Σχήμα 5.12: Στοιχειακή ανάλυση (EDS) των αλάτων στο κονίαμα 7.



Εικόνα 5.12: Οπισθοσκεδαζόμενη φωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου διακρίνονται κόκκοι αδρανούς ασβεστίτη και χαλαζία στο κονίαμα 7.



Σχήμα 5.13: Στοιχειακή ανάλυση (EDS) των κόκκων χαλαζία στο κονίαμα 7.



Εικόνα 5.13: Οπισθοσκεδαζόμενη φωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου διακρίνονται κόκκοι αδρανούς ασβεστίτη και χαλαζία και μία φάση με Ca,Si,Al,Cl στο κονίαμα 7.



Σχήμα 5.14: Στοιχειακή ανάλυση (EDS) της φάσης με Ca,Si,Al,Cl στο κονίαμα 7.



Εικόνα 5.14: Οπισθοσκεδαζόμενη φωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Γενική άποψη του κονιάματος 10 όπου διακρίνονται κόκκοι αδρανούς ασβεστίτη και χαλαζία.



Εικόνα 5.15: Μικροφωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου διακρίνεται ένας κόκκος χαλαζία στο κονίαμα 10.



10µm [|]

Εικόνα 5.16: Μικροφωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου διακρίνεται η φάση Mg,Ca,Si,Al στην κονία του κονιάματος 10.



Σχήμα 5.15: Στοιχειακή ανάλυση (EDS) της φάσης με Mg,Si,Ca,Al στην κονία του κονιάματος 10.



Εικόνα 5.17: Οπισθοσκεδαζόμενη φωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Γενική άποψη του κονιάματος 13 όπου διακρίνονται κόκκοι αδρανούς ασβεστίτη και χαλαζία μέσα σε μία φάση με Ca,Si,Al,Cl.



Σχήμα 5.16: Στοιχειακή ανάλυση (EDS) της φάσης με Ca,Si,Al,Cl στην κονία του κονιάματος 10.

Μετά την αξιολόγηση των ακτινογραφημάτων των κονιαμάτων και των δομικών λίθων και την παρατήρηση των κονιαμάτων στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι δεν χρησιμοποιήθηκαν οι ασβεστόλιθοι που δομούν το ενετικό φρούριο ως πρώτη ύλη για την παρασκευή της κονίας του κονιάματος 10.

Τόσο ο δολομίτης που ανιχνεύτηκε στα αδρανή κλάσματα των κονιαμάτων 2, 7 και 13, όσο και ο βρουσίτης που ανιχνεύθηκε στην κονία και στα αδρανή του κονιάματος 10, υποδηλώνουν τη χρήση δολομιτών ή δολομιτικών ασβεστόλιθων για τη λήψη των αδρανών όλων των κονιαμάτων και την παρασκευή της κονίας του κονιάματος 10.

Ενδέχεται η ύπαρξη της φάσης με Mg,Ca,Si,Al στην κονία του κονιάματος 10 που σε αρκετές στοιχειακές αναλύσεις εμφανίζεται μαζί με Fe, να οφείλεται εν μέρει σε θραύσματα των αδρανών συστατικών που βρέθηκαν σε αξιόλογη ποσότητα στο μίγμα της κονίας κατά την παρασκευή της (π.χ. χλωρίτες).

Η σύσταση του κονιάματος 10, προδίδει ότι το εξετασθέν δείγμα δεν είναι αυθεντικό κονιάμα του ενετικού φρουρίου αλλά αποτελεί προϊόν μεταγενέστερων επεμβάσεων συντήρησης. Όσον αφορά στα αδρανή συστατικά των κονιαμάτων, η μελέτη τους στο στερεοσκόπιο (Εικ. 5.18) επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα των ορυκτολογικών αναλύσεων. Παρατηρήθηκαν αποστρογγυλεμένοι κόκκοι αδρανών κυρίως χαλαζιακής και δευτερευόντως ασβεστιτικής σύστασης, ενώ η παρουσία θραυσμάτων κελυφών μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα αδρανή είναι θαλάσσιας προέλευσης.



*Εικόνα 5.18:*Φωτογραφία από το στερεοσκόπιο του κοκκομετρικού κλάσματος (-2,+1mm) του κονιάματος 7.

3. Θερμοβαρική ανάλυση (TGA) – Απώλεια πύρωσης στους 1050°C

Το λεπτομερές κλάσμα των κονιαμάτων διερευνήθηκε με τη μέθοδο TGA κατά την οποία καταγράφηκε η μεταβολή βάρους που προκλήθηκε στα κονιάματα όταν αυτά θερμάνθηκαν γραμμικά από 40°C έως 910°C για μια χρονική περίοδο με συγκεκριμένο ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας τους. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν.



Σχήμα 5.17: Γραφική παράσταση Βάρους(%)-Θερμοκρασίας([°] C) του λεπτομερούς κλάσματος του κονιάματος 2.

Κατά τη θερμική ανάλυση με τη μέθοδο TGA του κονιάματος 2, παρατηρείται αρχικά μία απότομη απώλεια βάρους του δείγματος που οφείλεται στην απώλεια της υγρασίας. Ακολουθεί μία μικρή απώλεια βάρους της τάξης του 5% μέχρι τους 500 °C που αποδίδεται σε καύση οργανικών ενώσεων, ενώ από 500 °C έως 600 °C η απώλεια βάρους του δείγματος οφείλεται στην καύση των χλωριτών και των μοσχοβιτών. Από τους 600 °C ξεκινάει η θερμική διάσπαση του ασβεστίτη, η οποία εντείνεται από τους 736 °C και ολοκληρώνεται στους 873 °C.



Σχήμα 5.18: Γραφική παράσταση Βάρους(%)-Θερμοκρασίας(° C) του λεπτομερούς κλάσματος του κονιάματος 7.

Στη γραφική παράσταση Βάρους(%)-Θερμοκρασίας(° C) που προέκυψε από τη Θερμική ανάλυση της κονίας του κονιάματος 7, παρατηρείται μία πολύ απότομη απώλεια βάρους της τάξης του 10% έως τους 200 ° C, η οποία αποδίδεται στην απώλεια της περιεχόμενης υγρασίας και στην καύση της περιεχόμενης γύψου στο δείγμα. Ακολουθεί μία μικρή απώλεια βάρους μικρότερη από 5% μέχρι τους 500 ° C που αποδίδεται σε καύση οργανικών ενώσεων. Από τους 500 ° C ξεκινάει η καύση των χλωριτών και των μοσχοβιτών μέχρι τους 600 ° C, κατά την οποία δεν παρατηρείται μεγάλη απώλεια βάρους διότι η περιεκτικότητά τους στο δείγμα είναι μικρή. Έπεται η καύση του ασβεστίτη η οποία ολοκληρώνεται στους 900 °C.



Σχήμα 5.19: Γραφική παράσταση Βάρους(%)-Θερμοκρασίας(° C) του λεπτομερούς κλάσματος του κονιάματος 10.

Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση του σχήματος 5.15, προκύπτει ότι το κονίαμα 10 παρουσιάζει αρχικά μία μικρή απώλεια βάρους μέχρι τους 200 ° C που αποδίδεται στην απώλεια της υγρασίας και την καύση των οργανικών ενώσεων οι οποίες αποδομούνται μέχρι και τους 500 ° C. Έπεται μία απότομη απώλεια βάρους από τους 300 ° C μέχρι τους 468 ° C, κατά την οποία συντελείται η καύση του βρουσίτη, την οποία ακολουθεί η καύση του ασβεστίτη που εντείνεται στους 770 ° C και ολοκληρώνεται στους 890 ° C.



Σχήμα 5.20: Γραφική παράσταση Βάρους(%)-Θερμοκρασίας(° C) του λεπτομερούς κλάσματος του κονιάματος 13.

Τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης του κονιάματος 13 είναι παρόμοια με τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης του κονιάματος 2 που έχει ήδη περιγραφεί. Κατά τη θερμική ανάλυση με τη μέθοδο TGA του κονιάματος 13, παρατηρείται αρχικά μία απότομη απώλεια βάρους του δείγματος που οφείλεται στην απώλεια της υγρασίας. Παρατηρείται μία μικρή απώλεια βάρους της τάξης του 5% μέχρι τους 410 ° C που αποδίδεται σε καύση οργανικών ενώσεων την οποία ακολουθεί μία απώλεια βάρους από 500 ° C έως 600 ° C που οφείλεται στην καύση των χλωριτών και των μοσχοβιτών. Έπεται η θερμική διάσπαση του ασβεστίτη, η οποία ολοκληρώνεται στους 877 ° C.

Υπογραμμίζεται ότι τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης των κονιαμάτων με τη μέθοδο TGA, συνάδουν απόλυτα με την ορυκτολογική σύσταση των κονιαμάτων που έχει προκύψει από τις ορυκτολογικές αναλύσεις, βάσει της οποίας έγινε η αξιολόγηση των γραφικών παραστάσεων Βάρους(%)-Θερμοκρασίας(^ο C) του λεπτομερούς κλάσματος των κονιαμάτων.

Το λεπτομερές κλάσμα των κονιαμάτων κάηκε στους 1050 °C για τρεις ώρες . Η απώλεια βάρους των κονιαμάτων μετά την αναγωγή της σε ποσοστό του αρχικού βάρους καθώς και η απώλεια πύρωσης που έχει προκύψει μέσω της θερμοβαρικής ανάλυσης TGA των κονιαμάτων παρουσιάζονται στον πίνακα 5.6.

ΔΕΙΓΜΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ(%)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ(%)- TGA
KONIAMA 2	32.9	33.3
KONIAMA 7	28.9	27.8
KONIAMA 10	37.9	38.12
KONIAMA 13	31.8	31.7

Πίνακας 5.6: Το ποσοστό της απώλειας πύρωσης των κονιαμάτων μετά την καύση τους στους 1050 ° C και το ποσοστό της απώλειας πύρωσης των κονιαμάτων μέσω της θερμοβαρικής ανάλυσης TGA.

Στον πίνακα 5.6 παρατηρούμε ότι τα μετρηθέντα ποσοστά της απώλειας πύρωσης των κονιαμάτων τόσο με την μέθοδο της καύσης στους 1050 °C όσο και με την μέθοδο TGA συγκλίνουν, γεγονός που επιβεβαιώνει την ορθότητα των αναλύσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται επιγραμματικά τα συμπεράσματα που έχουν προκύψει μετά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των αναλύσεων των εξετασθέντων δομικών λίθων και κονιαμάτων του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.

ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ

- Οι δομικοί λίθοι του ενετικού φρουρίου Κούλε, είναι βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι, μικριτικοί λατυποπαγείς-κροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι, βιοσπαρίτες, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και προέρχονται από τη βραχονησίδα που υπήρχε στην περιοχή κατασκευής του.
- Η ορυκτολογική σύσταση των δομικών λίθων περιλαμβάνει κυρίως ασβεστίτη, χαλαζία, πλαγιόκλαστα, μαρμαρυγίες, δευτερευόντως τάλκη, κλινόχλωρο, καλιούχο άστριο και δολομίτη σε βιοσπαρίτη και δολομιτικό ασβεστόλιθο.
- Η περιεχόμενη υγρασία στους λίθους είναι ιδιαίτερα αυξημένη με τις υψηλότερες τιμές να καταγράφονται στα δείγματα από εξωτερικούς τοίχους και από το δάπεδο.
- Οι βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν κατά 10% μεγαλύτερο πορώδες από τους μικριτικούς ασβεστόλιθους ενώ ο δολομιτικός ασβεστόλιθος παρουσιάζει φαινόμενο πορώδες<1%.
- Ο περιεχόμενος ασβεστίτης των δειγμάτων κυμαίνεται από 65% έως 99% και η απώλεια πύρωσης συνάδει με τις μετρήσεις, αυξανόμενη στα δείγματα των λίθων όσο αυξάνεται και ο περιεχόμενος ασβεστίτης (ή και ο δολομίτης) σε αυτά.
- Το δείγμα 18 (μικριτικός λατυποπαγής ασβεστόλιθος) είναι ένας αρκετά καθαρός ασβεστόλιθος με περιεχόμενο ασβεστίτη να αγγίζει το 99%.
- Το δείγμα 12 (βιοσπαρίτης) και το δείγμα 17 (δολομιτικός ασβεστόλιθος) αποτελούν τα μοναδικά δείγματα δομικών λίθων που περιέχουν δολομίτη, σε ποσοστό 8.34% ο πρώτος και 73.45% ο δεύτερος.
- Το στερεό υπόλειμμα των δομικών λίθων κυμαίνεται από 1% έως 33% και η ορυκτολογική του σύσταση δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά μεταξύ των

δειγμάτων, αποτελούμενη κυρίως από χαλαζία, πλαγιόκλαστα, μαρμαρυγίες και δευτερευόντως από κλινόχλωρο, τάλκη και καλιούχο άστριο.

<u>ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΛΙΘΟΔΟΜΗΣ</u>

- Η κοκκομετρική κατανομή των κονιαμάτων αποδίδει την αναλογία κονία/αδρανές από 1/0.96 έως 1/2.6 κατ'όγκο.
- Τα αδρανή είναι κυρίως χαλαζιακής και δευτερευόντως ασβεστιτικής σύστασης. Οι κόκκοι τους παρουσιάζονται αποστρογγυλεμένοι και είναι θαλάσσιας προέλευσης.
- Η παρουσία των φάσεων του βρουσίτη (Mg(OH)₂) στα αδρανή του κονιάματος 10 και του δολομίτη(CaMg(CO₃)₂) στα αδρανή των υπόλοιπων κονιαμάτων υποδηλώνει ότι τα αδρανή έχουν ληφθεί από δολομίτες ή δολομιτικούς ασβεστόλιθους. Λόγω απουσίας διοξειδίου του άνθρακα η φάση βρουσίτης δεν μετατράπηκε σε ανθρακικό μαγνήσιο.
- Η κονία των εξετασθέντων κονιαμάτων μπορεί να χαρακτηρισθεί ως ασβεστιτική. Η άσβεστος που είχε χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή των κονιών των κονιαμάτων 2, 7, 13, ήταν προϊόν έψησης βιοκλαστικών ασβεστόλιθων ενώ η παρουσία του βρουσίτη και μίας δευτερογενούς φάσης με Mg,Ca,Si,Al στο λεπτομερέστερο κλάσμα του κονιάματος 10 υποδηλώνει ότι η άσβεστος που είχε χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή της κονίας του κονιάματος 10 ήταν προϊόν έψησης δολομιτών ή δολομιτικών ασβεστόλιθων.
- Από τη σύγκριση της ορυκτολογικής σύστασης των δομικών λίθων και των κονιαμάτων του ενετικού φρουρίου, προκύπτει ότι το κονίαμα 10 δεν είναι αυθεντικό κονίαμα του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου και πιθανόν αποτελεί προϊόν επεμβάσεων συντήρησης.

Για εργασίες μελλοντικών επεμβάσεων συντήρησης – συμπλήρωσης κονιαμάτων πρέπει να αξιολογούνται οι προς σύνδεση δομικοί λίθοι, δηλαδή τα ορυκτολογικά και φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά (κοκκομετρία, πορώδες), και τα κονιάματα να είναι συγγενούς κοκκομετρικής διαβάθμισης. Τα αδρανή πρέπει να είναι κυρίως χαλαζιακής σύστασης (~70%) και δευτερευόντως ασβεστιτικής σύστασης (~30%) και στη σύσταση των κονιών που πρόκειται να εφαρμοσθούν για εργασίες συμπλήρωσης, απαιτείται προσθήκη υδραυλικής ασβέστου NHL 3.5 σε αναλογίες αδρανών προς κονία 2.5/1, προκειμένου τα κονιάματα να είναι ανθεκτικά στη θαλάσσια διάβρωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνικές πηγές

Ε. Αγγελακοπούλου, Π.Μούνδουλας (2004), "Κονιάματα αποκατάστασης ιστορικών τοιχοποιιών".

Αμπαριώτη Μ. και Ροτόντο Π., (1995), «Μελέτη της ορυκτολογικής σύστασης και των φυσικοχημικών και τεχνικών χαρακτηριστικων σκυροδέματος και κονιάματος που χρησιμοποιήθηκαν σε επεμβάσεις συντήρησης οικίας του ανακτόρου της Κνωσού και του λιμενοβραχίονα Χανίων», Διπλωματική εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Βασιλάκης, Κ. (2008). «Γεωτεχνική έρευνα με τη χρήση σύγχρονων γεωφυσικών μεθόδων στο ιστορικό μνημείο Κούλε Ηρακλείου» Βιαζής Γ., (2003), «Τεχνολογία Δομικών Υλικών»

Γαλετάκης Μ., (1991), «Βασικές αρχές φασματοσκοπίας ακτίνων-Χ, φθορισμού και

πρακτική των μετρήσεων».

Μ. Δερμιτζάκης, Σ. Λέκκας (1990), Εισαγωγή στη Γεωλογία

Ε. Δικαιούλια, Μ. Δερμιτζάκης (1985), Εισαγωγή στη Θαλάσσια Μικροπαλαιοντολογία, Τόμος Α

Σ. Θεοδωρίκας (1996), Ορυκτολογία Πετρολογία

Χ. Τζομπανάκη (2000), Θαλασσινή Τριλογία του Χάνδακα

Μ. Τσιπούρα – Βλάχου (2005), Σημειώσεις Πετρολογίας Ιζηματογενών Πετρωμάτων Β. Καρακίτσιος (2001), Στρωματογραφία

Κατσαντώνης-Αντωνιάδης Γ. (1994), «Μελέτη της ορυκτολογικής, χημικής και κοκκομετρικής σύστασης λίθων και κονιαμάτων του μεγάλου Αρσεναλίου της πόλης των Χανίων», Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

Κωστάκης Γ., (1988), «Φυσικές ιδιότητες των ορυκτών», Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα

Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

Κωστάκης Γ., (1995), «Κεφάλαια ακτινοσκοπίας των κρυστάλλων», Πολυτεχνείο

Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων

Λεγάκις Α. Αντωνίου, (1954), «Δομικά Υλικά», Ίδρυμα Ευγενίδου

Λιόκαλος, Γ. (2003). «Τεχνική έκθεση για την αποκατάσταση υφάλων σπηλαιώσεων επιθαλάσσιου Φρουρίου Κούλε λιμένος Ηρακλείου»

Θ. Μαρκόπουλος, Π.Μαραβελάκη. Ε. Ρεπούσκου, Γ. Στεφανογιάννη (1993)"Ορυκτολογική και πετρογραφική μελέτη δομικών λίθων και κονιαμάτων των

ενετικών οχυρώσεων Χανίων", Δελτίο Ελλ. Γεωλογικής Εταιρείας Τόμος ΧΧΙΧ,

σελ.47-60

Ν. Δ Μουρτζά (1990), Τεκτονικές Κινήσεις κατά το Τεταρτογενές στις Ακτές της Ανατολικής Κρήτης, Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π.

Μωχάμεντ Μ., (1996), «Παρασκευή νέων κονιαμάτων με παραδοσιακά υλικά για

εφαρμογές συντήρησης ενετικών μνημείων-Μελέτη της συμβατότητας των δομικών

λίθων, της αντοχής και της θαλάσσιας διάβρωσής τους», Μεταπτυχιακή Εργασία.

Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Μωχαμεντ Μ., (1994), «Μελέτη των φυσικοχημικών ιδιοτήτων μεσαιωνικών και παραδοσιακών κονιαμάτων και των πρώτων υλών παρασκευής τους», Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά Πάππας Δ. (1996), «Μελέτη φυσικών και χημικών ιδιοτήτων δομικών λίθων των Νεωρίων Χανίων και αναζήτηση των χώρων εκλατόμευσής των», Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά Φ. Πομόνη-Παπαϊωάννου (2005), Σημειώσεις ανθρακικής ιζηματογένεσης Θ. Ν. Σκουλικίδης, (2000), «Διάβρωση και Συντήρηση των Δομικών Υλικών των

Μνημείων», Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης

Θ. Ν. Σκουλικίδης, (2000), «Βλαβερές και αβλαβείς μέθοδοι και υλικά δομικής

συντήρησης της επιφάνειας μνημείων και κτιρίων», πρακτικά 1^{ου} Εθν. Συνεδρίου

Ήπιες επεμβάσεις και προστασία ιστορικών κατασκευών', Θεσσαλονίκη

Γ. Τσιαμπάος (1988), Τεχνικογεωλογικοί Χαρακτήρες των Μαργών Ηρακλείου Κρήτης, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών Μ. Τσιπούρα – Βλάχου (2005), Σημειώσεις Πετρολογίας Ιζηματογενών Πετρωμάτων

Διεθνείς πηγές

Akman M.S. (1997), "Building materials in early aging of mankind". Baronio G.,Binda L., Dedeschi C. "Thisk mortar joints in Byzantine building: Study of their composition and mechanical behaviour" Proceedings of the international

Conference Studies in Ancient Strustures, Istanbul 14-18 July 1997 pp.235-244.

Bascoul, Turatsinze A.,(1999) "Microstructural characterization of mode I crack opening mortar" Materials and Structures Vol.32

Bentz D.P. (1999), "Modelling cement microstructure : Pixels, particles and property prediction" Materials and Structures Vol.32

Biscotin G., Bakolas A., Maravelaki P., "Microstructural and composition

characteristics of historic mortars in Venice" Conservation of stone and other materials RILEM Edited by M.J. Thiel p.p. 178-185

Boynton R.S. "Chemistry and Technology of Lime and Limestone" 2nd edition A. Wiley-Interscience publication John Wiley & Sons, p.p. 22, 200.

Collepardi M. (1990) "Degradation and restoration of masonry walls of historical buildings"

Daniel Q. et al (1998), "Microstructure and transport properties of porous buildings materials"

Eurin N.P. (1988), "Action of time and environment durability of construction materials"

Henriques F. (1998), "Evaluation of repair mortars"

H. Blatt (1982), Sedimentary Petrology

Carr, D.D., and Rooney, L.F., (1983),Limestone and dolomite in Lefond, S.C., editor Industrial minerals and rocks 5th edition.

Hecker R. Amy (1977), «Mortars and Renderings», Institute of Advanced Architectural Studies, York England.

Von Konow T. "The secret of old mortars – can we solve it?" Nordic EUROLIME D. W. Lewis, D. McConchie (1994), Practical Sedimentology

S.F. Marques, V.M. Ferreira (2006), Study of old and rehabilitation mortars by common analytical techniques.

Th. Markopoulos, V. Perdikatsis & E. Repouskou (2006), Mortar analysis of samples from the Royal Botanic Gardens, Sydney.

Mιλτιάδου A. (1990), «Contribution `a l' `Etude des Coulis Hydraylikes pour la

Reparation et le Renforcement des Structures et des Monuments Historiques en

Maconnerie», Doctorat de l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussees, Paris.

Mindess S., Diamond S.(1982) "The cracking and fracture of mortar"

Moropoulou A. et al "Study of mortars in the Medieval city of Rhodes" 1993 RILEM edited by M.J.Thiel p.p. 394-401

Papayianni I., Stefanidou M. "Repair mortars suitable for interventions of ottoman monuments" Proceedings of the International Conference Studies in Ancient Structures, Istanbul 1997 p.p 255-264

Papayianni I. "A holistic way of studying mortars and bricks of ancient masonries for manufacturing compatible repair materials" Proceedings of 4th International Symposium on the conservation of Monuments in the Mediterranean. Rhodes 1997

p.p. 265-274

Papayianni I. "Durability lessons from the study of old mortars and concretes" P.K. Mebta Symposium on Durability of Concrete ,1994, Nice, France

Pratt P.L. (1988), "Physical methods for the identification of microstructures" Materials and structures p.p. 106-117

Tsimas S., Raikos K. (1995), "Lime, an irreplaceable mortar constituent" ZKG International Nr6 / 1995 p.p. 350 356

Neville A.M. (1996) "Properties of concrete", edited by Longman

Neville A.M.(1997) "Aggregate bonds and modulus of elasticity of concrete"

Materials journal Vol. 94, p.p. 71-74

H. G. Reading (1996), Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy R Siever (1994), Understanding Earth

Wendehorst R., (1975-Hannover), «Δομικά Υλικά», μετάφραση από τα γερμανικά, εκδόσεις Μ. Γκιούρδας (1981-Αθήνα).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι Αποτελέσματα περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ



Σχήμα 1: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 1 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 2: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 2 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 3: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 3 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 4: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 4 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 5: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 5 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου


Taic - beta-Mg3Si4O10(OH)2

Σχήμα 6: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 6 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 7: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 7 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



rock sample 8

Σχήμα 8: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 8 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 9: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 9 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 10: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 10 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 11: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 11 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 12: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 12 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 13: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 13 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 14: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 14 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.







Σχήμα 16: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 17 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 17: Ακτινογράφημα του δομικού λίθου – δείγμα 18 του ενετικού φρουρίου Κούλε του Ηρακλείου.



Σχήμα 18: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 1.



Σχήμα 19: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 2.

ins. residue sample 3



Σχήμα 20: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 3.



Σχήμα 21: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 4.



Σχήμα 22: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 5.



Σχήμα 23: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 6.



Σχήμα 24: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 7.



Σχήμα 25: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 8.



Σχήμα 26: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 9.







Σχήμα 28: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 11.



Σχήμα 29: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 12.

ins. residue sample 13



Σχήμα 30: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 13.



Σχήμα 31: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 14.



Σχήμα 32: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 16.



Σχήμα 33: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 17.



Σχήμα 33: Ακτινογράφημα του στερεού αδιάλυτου υπολείμματος σε HCl του δομικού λίθου – δείγμα 17.



Σχήμα 34: Ακτινογράφημα του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.063mm) του κονιάματος 2.



Σχήμα 35: Ακτινογράφημα του κοκκομετρικού κλάσματος (-2,+1mm) του κονιάματος 2.



Σχήμα 36: Ακτινογράφημα του κοκκομετρικού κλάσματος (+2 mm) του κονιάματος 2.



Σχήμα 37: Ακτινογράφημα του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.063 mm) του κονιάματος 7.



Σχήμα 38: Ακτινογράφημα του κοκκομετρικού κλάσματος (-2, +1 mm) του κονιάματος 7.

mortar sample 7 (+4.75 mm)



Σχήμα 39: Ακτινογράφημα του κοκκομετρικού κλάσματος (+4.75mm) του κονιάματος 7.



Σχήμα 40: Ακτινογράφημα του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.063mm) του κονιάματος 10.


Σχήμα 41: Ακτινογράφημα του κοκκομετρικού κλάσματος (-2, +1mm) του κονιάματος 10.







Σχήμα 43: Ακτινογράφημα του κοκκομετρικού κλάσματος (-2, +1mm) του κονιάματος 13.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Κοκκομετρικό κλάσμα (mm)	Αθροιστικό ποσοστό % συγκρατούμενου υλικού	Αθροιστικό ποσοστό % διερχόμενου υλικού
>4.75	0	100
4.75	5.48	94.52
2	8.99	91.01
1	10.31	89.69
0.5	26.75	73.25
0.25	36.62	63.38
0.125	51.97	48.03
0.063	75.66	24.34
< 63		
	1	

Πίνακας12: Κοκκομετρική ανάλυση αθροιστικού διερχόμενου και συγκρατούμενου υλικού του κονιάματος 2.



Σχήμα 44: Κοκκομετρική κατανομή αθροιστικού διερχόμενου και συγκρατούμενου υλικού του κονιάματος 2.

Κοκκομετρικό κλάσμα (mm)	Αθροιστικό ποσοστό % συγκρατούμενου υλικού	Αθροιστικό ποσοστό % διερχόμενου υλικού
>4.75	0	100
4.75	11.95	88.05
2	34.25	65.75
1	54.25	45.75
0.5	65.06	34.94
0.25	68.05	31.95
0.125	72.41	27.59
0.063	81.38	18.62
< 63		

Πίνακας 2: Κοκκομετρική ανάλυση αθροιστικού διερχόμενου και συγκρατούμενου υλικού του κονιάματος 7.



Σχήμα 45: Κοκκομετρική κατανομή αθροιστικού διερχόμενου και συγκρατούμενου υλικού του κονιάματος 7.

Κοκκομετρικό κλάσμα (mm)	Αθροιστικό ποσοστό % συγκρατούμενου υλικού	Αθροιστικό ποσοστό % διερχόμενου υλικού
>4.75	0.00	100.00
4.75	10.53	89.47
2	12.50	87.50
1	15.13	84.87
0.5	30.92	69.08
0.25	46.05	53.95
0.125	58.55	41.45
0.063	75.99	24.01
< 63		

Πίνακας 3: Κοκκομετρική ανάλυση αθροιστικού διερχόμενου και συγκρατούμενου υλικού του κονιάματος 10.



Σχήμα 46: Κοκκομετρική κατανομή αθροιστικού διερχόμενου και συγκρατούμενου υλικού του κονιάματος 10.

Κοκκομετρικό κλάσμα (mm)	Αθροιστικό ποσοστό % συγκρατούμενου υλικού	Αθροιστικό ποσοστό % διερχόμενου υλικού
>4.75	0.00	100.00
4.75	5.06	94.94
2	14.77	85.23
1	26.16	73.84
0.5	33.33	66.67
0.25	39.66	60.34
0.125	48.95	51.05
63	62.03	37.97
0.0< 63	-	

Πίνακας 4: Κοκκομετρική ανάλυση αθροιστικού διερχόμενου και συγκρατούμενου υλικού του κονιάματος 13.



Σχήμα 47: Κοκκομετρική κατανομή αθροιστικού διερχόμενου και συγκρατούμενου υλικού του κονιάματος 13.