

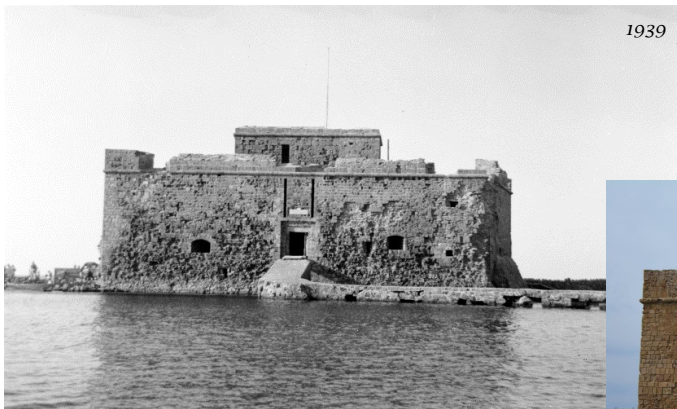


**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΜΑΝΩΛΗΣ**  
**Πτυχιούχος Γεωλόγος Α.Π.Θ.**

**ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ ΚΑΙ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΟ  
ΚΑΣΤΡΟ ΤΗΣ ΠΑΦΟΥ, ΚΥΠΡΟΣ: ΣΥΣΤΑΣΗ, ΔΙΑΒΡΩΣΗ  
ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

Θεσσαλονίκη, 2016



**ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΜΑΝΩΛΗΣ**  
**Πτυχιούχος Γεωλόγος Α.Π.Θ.**

**ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ ΚΑΙ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΟ  
ΚΑΣΤΡΟ ΤΗΣ ΠΑΦΟΥ, ΚΥΠΡΟΣ: ΣΥΣΤΑΣΗ, ΔΙΑΒΡΩΣΗ  
ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος  
Σπουδών 'Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον'  
Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας  
Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 31-3-2016

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

Καντηράνης Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής, Επιβλέπων  
Φιλιππίδης Ανέστης, Καθηγητής, Μέλος  
Παπαδοπούλου Λαμπρινή, Επίκουρη Καθηγήτρια, Μέλος

Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής επετηρίδας Τμήματος Γεωλογίας Ν°

© Μανώλης Ιωαννίδης, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ ΚΑΙ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΟ ΚΑΣΤΡΟ ΤΗΣ ΠΑΦΟΥ,  
ΚΥΠΡΟΣ: ΣΥΣΤΑΣΗ, ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



## Πίνακας Περιεχομένων

1. Ιστορικά στοιχεία .....	1
1.1. Σύντομη ιστορία της Κύπρου .....	1
1.2. Σύντομη ιστορία της Πάφου – από την Παλαίπαφο στο σήμερα.....	3
1.3. Ιστορία του μεσαιωνικού φρουρίου της Πάφου – από τον 13 <sup>ο</sup> αιώνα μέχρι σήμερα.....	5
1.4. Ιστορικό επεμβάσεων συντήρησης του μεσαιωνικού κάστρου της Πάφου – από το 1935 μέχρι σήμερα.....	7
2. Γεωλογικά Στοιχεία.....	15
2.1. Γεωλογικές ζώνες Κύπρου.....	15
2.1.1. Ζώνη του Τροόδους .....	16
2.1.2. Ζώνη των αυτόχθονων ιζηματογενών πετρωμάτων.....	18
2.1.3. Ζώνη Κερύνειας ή Πενταδακτύλου.....	18
2.1.4. Ζώνη Μαμωνίων .....	19
2.2. Γεωλογία Περιοχής Πάφου.....	20
3. Δομικοί Λίθοι και Μηχανισμοί Φθοράς.....	25
3.1. Χρήση πετρωμάτων ως δομικοί λίθοι.....	25
3.2. Μηχανισμοί φθοράς δομικών λίθων .....	26
3.2.1 Εικονογραφημένο γλωσσάρι των τύπων φθοράς της πέτρας της ISCS-ICOMOS (ICOMOS-ISCS, 2008) .....	27
4. Υλικά και Μέθοδοι Έρευνας .....	35
4.1. Δειγματοληψία .....	35
4.2. Μικροσκοπική παρατήρηση.....	64
4.3. Περιθλασιμετρία ακτίνων - X (XRD) .....	65
4.4. Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM).....	66
4.5. Χαρτογράφηση φθοράς μέσω οπτικής παρατήρησης και ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας .....	68
5. Αποτελέσματα και συζήτηση.....	69
5.1. Χαρτογράφηση φθοράς μέσω οπτικής παρατήρησης και ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας .....	144
6. Συμπεράσματα .....	155
Βιβλιογραφία.....	159
Περίληψη.....	161
Abstract.....	163



# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Η έκθεση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς στο φυσικό περιβάλλον αναπόφευκτα επιφέρει υποβάθμισή τους. Μεγάλων διαστάσεων μνημεία, όπως είναι τα κάστρα, εκ φύσεως τους είναι εκτεθειμένα στο φυσικό περιβάλλον και δεν μπορούν να αποκοπούν τελείως από αυτό. Στην επιφάνεια επαφής ατμόσφαιρας-μνημείου προκαλείται αλλοίωση ή/και καταστροφή κύριων δομικών στοιχείων των μνημείων, όπως είναι η τοιχοποιία. Τα προβλήματα φθοράς που παρουσιάζονται στους δομικούς λίθους των μνημείων μπορεί να έχουν φυσική, χημική ή βιολογική προέλευση.

Το μεσαιωνικό κάστρο της Πάφου ήδη από το 1935 ανακηρύχτηκε αρχαίο μνημείο και συντηρείται από το Τμήμα Αρχαιοτήτων Κύπρου, ενώ από το 1980 βρίσκεται, όπως και ολόκληρος ο αρχαιολογικός χώρος της Πάφου, υπό την προστασία της UNESCO. Στο συγκεκριμένο μνημείο ουσιαστική συμβολή στη φθορά των δομικών του στοιχείων, πέρα από τις φυσικές καταστροφές, όπως είναι οι σεισμοί, έχει η άμεση έκθεσή του στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η παραθαλάσσια θέση του κάστρου σε συνδυασμό με το αστικό περιβάλλον προκαλούν έντονες φθορές στους δομικούς του λίθους. Επίσης, το γεγονός ότι το μνημείο είναι κτισμένο πάνω σε ένα αρχαίο κυματοθραύστη και έχει σχεδόν σε όλη του την περίμετρο θαλασσινό νερό, ευνοεί ποικιλόμορφες αλλοιώσεις των δομικών του στοιχείων.

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης έχει σαν στόχο την πετρολογική και ορυκτολογική μελέτη των δομικών υλικών του μεσαιωνικού Κάστρου της Πάφου. Σκοπός είναι ο προσδιορισμός της προέλευσης των δομικών στοιχείων, καθώς και των κύριων μηχανισμών φθοράς που λειτουργούν σε αυτά. Η ορυκτολογική μελέτη των δομικών λίθων, κονιαμάτων δόμησης και επιχρισμάτων καταδεικνύει τις αλλοιώσεις που πραγματοποιούνται σε αυτά, οι οποίες είναι δείκτες των μηχανισμών φθοράς που δρουν. Τέλος, με την παρούσα διατριβή προτείνονται λύσεις αποκατάστασης των φθορών και συντήρησης του μνημείου με βάση τα επιστημονικά αποτελέσματά της.

Επιπλέον, εφαρμόζεται για πρώτη φορά στην Κύπρο η μέθοδος της ψηφιακής χαρτογράφησης του μνημείου και γίνεται προσπάθεια οπτικής απεικόνισης των φθορών στους δομικούς λίθους. Η απεικόνιση των φθορών γίνεται με χρωματικές διαβαθμίσεις ανάλογα με την ένταση της φθοράς και τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν δείκτες για θέσεις στις οποίες χρειάζεται συντήρηση.

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρονται τα ιστορικά στοιχεία της Κύπρου, με εκτενέστερη αναφορά να γίνεται στα ιστορικά στοιχεία της περιοχής της Πάφου. Επίσης, στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται το ιστορικό των επεμβάσεων συντήρησης, όπως αυτές προκύπτουν από τα αρχεία του Τμήματος Αρχαιοτήτων.

Το 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρεται στη γεωλογία της Κύπρου και γίνεται σύντομη περιγραφή των τεσσάρων γεωλογικών ζωνών από τις οποίες αποτελείται. Ακόμη, γίνεται αναφορά στους γεωλογικούς σχηματισμούς που συναντιούνται στην περιοχή της Πάφου και στον τύπο των πετρωμάτων που λήφθηκαν ως δείγματα για ταυτοποίηση των αρχαίων θέσεων λατόμευσης με τα πετρώματα του κάστρου. Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται θεωρητικά στοιχεία για τους δομικούς λίθους και για την εξέλιξη της χρήσης τους, καθώς επίσης αναφέρονται οι τύποι φθοράς που μπορεί να παρατηρηθούν σε δομικούς λίθους όπως αυτοί περιγράφονται μέσα από το εικονογραφημένο γλωσσάρι για την φθορά του λίθου της ICOMOS-ISCS.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή των υλικών και μεθόδων έρευνας που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής και στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα αποτελέσματα των μεθόδων έρευνας και γίνεται συζήτηση πάνω σε αυτά. Τέλος, στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο δίνονται τα συμπεράσματα της διατριβής.

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης εκπονήθηκε, κατά την περίοδο 2014 – 2015, στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, «Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον» και συγκεκριμένα στην κατεύθυνση «Ορυκτοί Πόροι – Περιβάλλον» του τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας.

Την επίβλεψη της διατριβής είχε ο Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. κ. Καντηράνης Νικόλαος, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για τη συνεχή στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μελέτης. Η συμβολή του στην ολοκλήρωση της διατριβής ήταν απαραίτητη. Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω προς τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, τον Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. κ. Φιλιππίδη Ανέστη και την Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. κ. Παπαδοπούλου Λαμπρινή.

Η εκπόνηση της διατριβής στηρίχθηκε στη συνεργασία του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. με το Τμήμα Αρχαιοτήτων Κύπρου και συγκεκριμένα με τον Δρ. Ελευθέριο Χαραλάμπους, Λειτουργό του Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, τον οποίο ευχαριστώ ιδιαίτερω για την άψογη συνεργασία και την πολύ μεγάλη βοήθεια που είχα από τον ίδιο κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της έρευνας.

Ακόμη, ευχαριστώ θερμά τους Δρ. Λυσάνδρου Βασιλική και Δρ. Αγαπίου Άθω του Τομέα Αρχαιολογίας και Πολιτιστικής Κληρονομιάς του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου (Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης και Γεωπεριβάλλοντος), για την συνεργασία στο θέμα της χαρτογράφησης της φθοράς μέσω οπτικής παρατήρησης και ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους βοήθησαν με οποιοδήποτε τρόπο την ολοκλήρωση της μελέτης.

## 1. Ιστορικά στοιχεία

Η στρατηγική θέση της Κύπρου διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην Ιστορία της με αποτέλεσμα να αποτελεί πόλο έλξης για πολλούς κατακτητές. Η σημαντική γεωγραφική θέση της Κύπρου, στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων (Ευρώπη, Αφρική, Ασία), σε συνδυασμό με τους πλούσιους φυσικούς και ορυκτούς πόρους, αποτελούσαν τα αίτια προσέλκυσής τους. Η οχύρωση με κάστρα, πύργους και περιμετρικά τείχη όλων των σημαντικών πόλεων ήταν τα κυριότερα αμυντικά μέτρα που λάμβαναν οι κάτοικοι του νησιού, αλλά και οι κατακτητές του. Τα οχυρωματικά έργα πρωτοεμφανίζονται κατά τη Μέση Εποχή του Χαλκού (1900 - 1550 π.Χ.) λόγω της εντατικοποίησης των εμπορικών συναλλαγών με γειτονικούς πολιτισμούς. Κατά το Μεσαίωνα τα κάστρα αποτελούσαν τα κύρια αμυντικά μέσα του νησιού, ενώ κατά τη Ενετοκρατία η οχύρωση του νησιού βασίζεται σε περιμετρικά τείχη γύρω από τις σημαντικές πόλεις (Λευκωσία, Αμμόχωστος). Οι συνεχείς επιδρομές και κατακτήσεις, καθώς και οι φυσικές καταστροφές (σεισμοί) είχαν σαν αποτέλεσμα την πρόκληση σημαντικών καταστροφών στα οχυρωματικά έργα, αλλά και την ανοικοδόμησή τους, αφού πάντα ήταν υπαρκτός ο κίνδυνος επιδρομής.

### 1.1. Σύντομη ιστορία της Κύπρου

Τα παλαιότερα δείγματα ανθρώπινης παρουσίας στο νησί προέρχονται από κατάλοιπα που έχουν βρεθεί στο Ακρωτήριο της Λεμεσού, τα οποία χρονολογούνται από την 10η χιλιετηρίδα π.Χ. Στην 7η χιλιετηρίδα π.Χ. χρονολογούνται οι πρώτοι οικισμοί της Νεολιθικής περιόδου, με σπουδαιότερο να είναι αυτός της Χοιροκοιτίας. Η Νεολιθική εποχή χρονολογείται από το 7000-3900 π.Χ., ενώ η ανακάλυψη του χαλκού και η συνδυασμένη χρήση του με τους λίθους αποτέλεσαν την Χαλκολιθική εποχή (3900-2500 π.Χ.), η οποία αποτελεί μεταβατικό στάδιο προς την εποχή της Χαλκοκρατίας (2500-1050 π.Χ.).

Η εποχή της Χαλκοκρατίας διαιρείται σε Πρώιμη, Μέση και Ύστερη Χαλκοκρατία. Κατά την περίοδο αυτή τα όπλα κατασκευάζονταν από ορείχαλκο, σημαντικό συστατικό του οποίου είναι ο χαλκός και η ζήτησή του από τα μεγαλύτερα βασίλεια της εποχής ήταν αναμενόμενη αφού με τη δύναμη των όπλων διευρύνθηκαν και επικράτησαν τα βασίλεια αυτά (Klok, 2005). Η εντατική εκμετάλλευση των πλούσιων κοιτασμάτων χαλκού της Κύπρου, καθώς και η χρήση και εξαγωγή χαλκού σε γειτονικές χώρες είχαν σαν αποτέλεσμα τη σημαντική ανάπτυξη του πολιτισμού, σε σχέση με τις προηγούμενες περιόδους, αλλά και τον επηρεασμό από γειτονικούς πολιτισμούς. Κατά την Ύστερη Χαλκοκρατική εποχή η Κύπρος αποικιήθηκε από τους Έλληνες, οι οποίοι οργάνωσαν τους οικισμούς τους σε πόλεις-κράτη (Klok, 2005). Το τέλος της Ύστερης Χαλκοκρατίας έρχεται πιθανώς από κάποια φυσική καταστροφή ή από κάποια εχθρική επιδρομή.

Ακολουθεί η μετάβαση στη Γεωμετρική εποχή (1050-725 π.Χ.) κατά την οποία ανοικοδομούνται μερικές πόλεις και ιδρύονται νέες. Κατά την τρίτη φάση της Γεωμετρικής εποχής (850-750 π.Χ.) εγκαθίστανται στη Κύπρο οι Φοίνικες οι οποίοι κυριάρχησαν κυρίως στη πόλη του Κιτίου, στην οποία δημιούργησαν εμπορική αποικία και σκοπός τους ήταν ο έλεγχος του πλούτου και του εμπορίου της Κύπρου.

Η περίοδος μεταξύ 725-475 π.Χ. ονομάζεται Αρχαϊκή εποχή και βρίσκει την Κύπρο υπό τη κατοχή των Ασσυρίων με τη μορφή φορολογίας (~709-612π.Χ.) η οποία λήγει με τη πτώση της αυτοκρατορίας των Ασσυρίων ύστερα από την εξέγερση των Βαβυλωνίων. Αυτή η μορφή κατοχής επέτρεπε στα Κυπριακά βασίλεια να είναι αυτόνομα και οι Κύπριοι βασιλείς ήταν ελεύθεροι να έχουν τη δική τους πολιτική και πολιτιστική δραστηριότητα. Όπως αποδεικνύεται από τις ανασκαφές βασιλικών τάφων της εποχής αυτής στη Σαλαμίνα, διαπιστώνεται ότι οι βασιλείς ζούσαν σε πολύ μεγάλο πλούτο (Klok, 2005). Το αποτέλεσμα ήταν μια σημαντική περίοδος ακμής για τις Κυπριακές πόλεις οι οποίες ευνοήθηκαν και από μια περίοδο ανεξαρτησίας, περίπου μιας εκατονταετίας, που πέρασε το νησί. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης της Αρχαϊκής εποχής (600-475 π.Χ.) την ανεξαρτησία της Κύπρου διακόπτουν οι Αιγύπτιοι τους οποίους διαδέχονται οι Πέρσες το 546 π.Χ. Η σύντομη κυριαρχία των Αιγυπτίων ήταν αρκετή για να αφήσει τα ίχνη της στη τέχνη του νησιού, ενώ η μετέπειτα κυριαρχία των Περσών διήρκεσε σχεδόν δύο αιώνες. Σε διάφορες περιόδους κατά τους δύο αυτούς αιώνες οι Κύπριοι σε συνεργασία άλλοτε με τους Ίωνες και άλλοτε με τους Αθηναίους προσπαθούν να επαναστατήσουν.

Η απελευθέρωση της Κύπρου θα έρθει κατά τη Κλασική εποχή (470-325 π.Χ.) από την εκστρατεία του Μέγα Αλέξανδρου κατά των Περσών, το μέρος του οποίου θα πάρουν οι Κύπριοι βασιλείς το 332 π.Χ., γεγονός που θα αποτελέσει το τέλος της Περσικής κυριαρχίας. Τα χρόνια 325-50 π.Χ. αποτελούν την Ελληνιστική περίοδο του νησιού η οποία χαρακτηρίζεται από τον πλήρη εξελληνισμό του, αφού αποχώρισαν και οι Φοίνικες οι οποίοι ζούσαν στο Κίτιο από το 850 π.Χ. (Hill, 2010). Με το θάνατο του Μεγάλου Αλεξάνδρου αρχίζει μια συνεχής μάχη μεταξύ των διαδόχων για κατάληψη της Κύπρου. Στις αρχές του 3<sup>ου</sup> π.Χ. αιώνα τα Κυπριακά βασίλεια καταργούνται και η Κύπρος γίνεται επαρχία του κράτους των Πτολεμαίων με έδρα την Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου.

Τα τελευταία χρόνια της διοίκησης από τους Πτολεμαίους η Κύπρος υπέφερε πολύ από αντιπαλότητες για την εξουσία μεταξύ τους. Οι Ρωμαίοι αφού κυριάρχησαν στο δυτικό τμήμα της Μεσογείου στρέφουν την προσοχή τους στην ανατολική Μεσόγειο. Αναπόφευκτα το 58 π.Χ. η διοίκηση της Κύπρου αλλάζει χέρια αφού καταλαμβάνεται από τους Ρωμαίους (Klok, 2005). Πρωτεύουσα της Κύπρου κατά την περίοδο αυτή είναι η Πάφος η οποία παρουσιάζει μεγάλη ακμή. Ως Ρωμαϊκή περίοδος θεωρείται η περίοδος μεταξύ 50 π.Χ.-330 μ.Χ. Κατά τη περίοδο αυτή οι Απόστολοι Παύλος και Βαρνάβας (45 μ.Χ.) διαδίδουν τον Χριστιανισμό. Το 330 μ.Χ. η διαίρεση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας σε δυτική και ανατολική έχει ως αποτέλεσμα η Κύπρος να αποτελεί επαρχία της Βυζαντινής αυτοκρατορίας υπό το Μέγα Κωνσταντίνο. Έτσι, από το 330-1191 μ.Χ. είναι τα χρόνια της Βυζαντινής εποχής κατά τα οποία η Κύπρος αποτελεί το σημείο επαφής δύο μεγάλων κόσμων της εποχής, του Βυζαντίου και του Αραβικού κόσμου. Οι συνεχείς Αραβικές επιδρομές για σχεδόν τρεις αιώνες (647 - 965 μ.Χ.) αποτέλεσαν σημαντικό πλήγμα, κυρίως για τις παράλιες πόλεις του νησιού και το έθεσαν υπό ένα καθεστώς συγκυριαρχίας Βυζαντινών και Αράβων. Η κατάσταση αυτή λαμβάνει τέλος κατά το 965 μ.Χ. από την εκστρατεία του Νικηφόρου Φωκά κατά των Αράβων και την οριστική απαλλαγή από αυτούς (Klok, 2005). Στα επόμενα χρόνια ακολουθούν διάφορα αποσχιστικά κινήματα και επιδρομές κατά της Κύπρου και τελικά το αποσχιστικό κίνημα του Ισαάκιου Κομνηνού το 1185 μ.Χ. καταλαμβάνει την εξουσία με τον ίδιο να αυτοανακηρύσσεται αυτοκράτορας.

Σύντομα, η αυτοκρατορία του Ισαάκιου Κομνηνού θα διακοπεί αφού το 1191 μ.Χ. οι δυνάμεις της Τρίτης Σταυροφορίας υπό το βασιλιά Ριχάρδο της Αγγλίας καταλαμβάνουν την Κύπρο θέτοντας τέλος στη Βυζαντινή εποχή (Hill, 2010). Την ίδια χρονιά, ο Ριχάρδος ο Λεοντόκαρδος, μεταβίβασε τη Κύπρο στο Τάγμα των Ναϊτών Ιπποτών, αλλά η εξέγερση των Κυπρίων τους αναγκάζει να την επιστρέψουν στο Ριχάρδο. Το 1192 μ.Χ. πωλείται το νησί στους

Λουζινιανούς και ταυτόχρονα αρχίζει η εποχή του Μεσαίωνα για την Κύπρο με την έναρξη την εποχής της Φραγκοκρατίας η οποία διήρκεσε μέχρι το 1474 μ.Χ.

Το 1474 μ.Χ. την κυριαρχία της Κύπρου αναλαμβάνει, μετά τον θάνατο του Ιάκωβου Β΄, η Βενετική Δημοκρατία. Επίσημα όμως η εκχώρηση της Κύπρου στη Βενετία γίνεται το 1489 μ.Χ. με την αναχώρηση της τελευταίας Λουζινιανής βασίλισσας, Αικατερίνης Κορνάρο (Κλοκ, 2005). Υπό το νέο αυτό καθεστώς γίνεται προσπάθεια εξάλειψης της ταυτότητας του νησιού και εγκαταλείπονται παλιά φρούρια, ενώ αρχίζει μια καινούργια εποχή οχύρωσης για την προστασία του από την επερχόμενη Οθωμανική απειλή.

Το 1570 μ.Χ. οι Οθωμανοί εισβάλλουν στο νησί και σχετικά εύκολα εκτοπίζουν τους Βενετούς θέτοντας τέλος στην εποχή της Βενετοκρατίας. Η σημαντικότερη αντίσταση που συνάντησαν οι Οθωμανοί, πέρα από αυτή της Λευκωσίας (40 ημέρες), ήταν στην άριστα οχυρωμένη Αμμόχωστο η οποία παραδόθηκε τον Αύγουστο του 1571 μ.Χ. (Παυλίδης & Γιασεμίδης, 1987). Η αρχή της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας θα σημάνει πολλές αλλαγές στη λειτουργία του κράτους και στις ζωές των κατοίκων. Εκδιώκουν άγρια τους Λατίνους, ενώ αποκαθιστούν την ορθόδοξη εκκλησία στην Κύπρο η οποία κατά την Φραγκοκρατία και τη Ενετοκρατία υπήρξε υποδουλωμένη στη Λατινική εκκλησία. Η Τούρκικη διοίκηση θέλοντας να λύσει το σημαντικό πληθυσμιακό πρόβλημα που προκλήθηκε στα πρώτα χρόνια της Τουρκοκρατίας, μεταφέρει στη Κύπρο Τούρκους από άλλες περιοχές, ενώ κατά το 16ο και 17ο αιώνα δια της βίας εξισλαμίζουν Κύπριους. Σημαντική υπήρξε επίσης κατά την εποχή αυτή η συμβολή του Κυπριακού Ελληνισμού στην Ελληνική επανάσταση το 1821 κατά της Τούρκικης κατοχής.

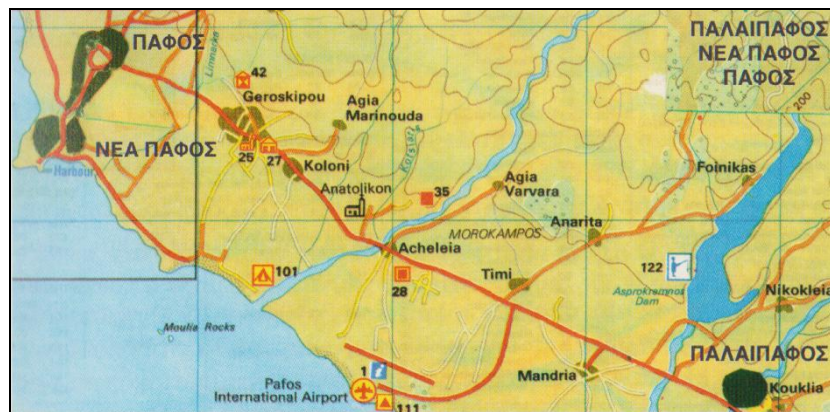
Το τέλος της Οθωμανικής αυτοκρατορίας προκύπτει με την έναρξη της Αγγλοκρατίας το 1878 δια μέσω μιας συμφωνίας των δύο αυτών πλευρών. Το 1925 η Κύπρος ανακηρύσσεται Βρετανική αποικία, ενώ η απελευθέρωση έρχεται μετά τον απελευθερωτικό αγώνα της Ε.Ο.Κ.Α. το 1955-1959 αποτέλεσμα του οποίου ήταν η ανακήρυξη της Κύπρου ως ανεξάρτητο κράτος το 1960. Η δυσκολία συνύπαρξης Ελληνοκυπρίων και Τουρκοκυπρίων έχει σαν αποτέλεσμα την εισβολή των Τούρκων στο νησί το 1974 και την παράνομη κατοχή από τότε του 37% του εδάφους της Κυριακής Δημοκρατίας.

## **1.2. Σύντομη ιστορία της Πάφου – από την Παλαιάπαφο στο σήμερα**

Η πόλη της Πάφου είναι μια από τις έξι πόλεις της Κύπρου και αποτελεί πρωτεύουσα της επαρχίας Πάφου. Βρίσκεται στα νοτιοδυτικά παράλια του νησιού και ως επαρχία συνορεύει με τις επαρχίες Λευκωσίας και Λεμεσού προς τα ανατολικά. Η Πάφος υπήρξε από τα αρχαία χρόνια σημαντικό βασίλειο της Κύπρου ενώ, ήταν ακόμη, πρωτεύουσα του νησιού για έξι σχεδόν αιώνες.

Αρχαιολογικά κατάλοιπα που έχουν βρεθεί σε διάφορες τοποθεσίες της επαρχίας Πάφου αποδεικνύουν την κατοίκηση της περιοχής τουλάχιστον από την Χαλκολιθική εποχή (3900-2500 π.Χ.) (Παυλίδης & Γιασεμίδης, 1987). Η παλαιότερη πόλη της Πάφου που κατοικήθηκε ονομάστηκε Παλαιάπαφος και ιδρύθηκε πριν την 2η χιλιετηρίδα π.Χ. (Αριστείδου, 1994). Υπήρξε έδρα του βασιλείου της Πάφου και το σπουδαιότερο κέντρο λατρείας της Αφροδίτης. Η περιοχή της Παλαιάπαφου καταλάμβανε μέρος της περιοχής που καταλαμβάνει το σημερινό χωριό Κούκλια. Η ονομασία Παλαιάπαφος υιοθετήθηκε κατά τα Ελληνιστικά και Ρωμαϊκά χρόνια για να ξεχωρίσει από τη Νέα Πάφο την οποία μετά τον 4<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα, ο βα-

σιλιάς της πόλης Νικοκλής, αποφάσισε να ιδρύσει μεταφέροντας την έδρα του βασιλείου του περίπου 16 km βορειοδυτικά της Παλαιάπαφου. Η απουσία λιμανιού στη περιοχή της Παλαιάπαφου ανάγκασε το βασιλιά Νικοκλή να ιδρύσει τη νέα πόλη έτσι ώστε να μπορέσει μέσω του εμπορίου να αναπτυχθεί το βασίλειό του. Κατά την περίοδο των Αραβικών επιδρομών οι κάτοικοι της Νέας Πάφου μεταφέρθηκαν για μεγαλύτερη ασφάλεια σε μια περιοχή στο εσωτερικό του νησιού η οποία αργότερα είχε ονομαστεί Κτήμα. Η ονομασία Κτήμα προκύπτει από την εποχή του Μεσαίωνα (1192-1489 μ.Χ.), κατά την οποία η περιοχή στην οποία βρίσκεται η σημερινή πόλη αποτελούσε Βασιλικό Κτήμα. Η σημερινή ονομασία της περιοχής που ονομαζόταν Νέα Πάφος είναι Κάτω Πάφος, ενώ της περιοχής που ονομαζόταν Κτήμα είναι η Πάνω Πάφος. Στην εικόνα 1.1 είναι εμφανής η θέση της περιοχής Παλαιάπαφου στα νοτιοανατολικά, της Νέας Πάφου στα βορειοδυτικά παράλια και της Πάφου (Πάνω Πάφος) στα βορειοδυτικά προς την ενδοχώρα.



Εικόνα 1.1: Τοπογραφικός χάρτης περιοχών Παλαιάπαφου – Νέας Πάφου – Πάφου (Αριστείδου, 1994)

Με την ίδρυση της Νέας Πάφου τον 4<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα από το βασιλιά Νικοκλή, γιό του βασιλιά Τιμάρχου και αρχιερέα της θεάς Αφροδίτης, η πόλη οχυρώθηκε με εκτεταμένα τείχη. Ο Νικοκλής υπήρξε ο τελευταίος βασιλιάς της Παλαιάπαφου αφού μετά το θάνατο του, όταν οι Πτολεμαίοι κατέλαβαν την Κύπρο, η Πάφος έγινε πρωτεύουσα όλου του νησιού, το οποίο τότε ήταν διαιρεμένο σε τέσσερις επαρχίες. Έτσι, από το πρώτο μισό του 2<sup>ου</sup> π.Χ. αιώνα κατέστη ναυτική και στρατιωτική βάση. Η Πάφος παρέμεινε πρωτεύουσα της Κύπρου μέχρι τα μέσα σχεδόν του 4<sup>ου</sup> μ.Χ. αιώνα και κατά την περίοδο αυτή η πόλη, πέρα από το γεγονός ότι ήταν το πολιτικό και διοικητικό κέντρο του νησιού, ήταν και η μόνη πόλη που είχε το προνόμιο να κόβει νόμισμα (Παυλίδης & Γιασεμίδης, 1987, Αριστείδου, 1994).

Κατά την Ελληνιστική περίοδο (325-50 π.Χ.) εφαρμόστηκε ένα νέο πολιτικοστρατιωτικό και διοικητικό σύστημα. Όλες οι Κυπριακές Πόλεις εντάχθηκαν, μετά την κατάργηση των βασιλείων, στο Κοινόν Κυπρίων, σχηματίζοντας ένα είδος ομόσπονδου Κυπριακού Κράτους το οποίο ήταν υποτελές στο βασίλειο των Πτολεμαίων της Αιγύπτου με έδρα την Αλεξάνδρεια. Αυτό το σύστημα εγκαθίδρυσε τους θεσμούς της Βουλής και του Δήμου με εκπροσώπησή τους από τους πολίτες της νησιού. Τα παραπάνω σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η Πάφος ήταν η πλησιέστερη πόλη προς την Αλεξάνδρεια και ότι βρισκόταν κοντά στα δάση του Τροόδους βοήθησαν στο να γνωρίσει η πόλη νέα περίοδο ακμής, η οποία συνεχίστηκε και κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο (50-330 π.Χ.), στην οποία επίσης η Πάφος παραμένει πρωτεύουσα της Κύπρου (Παυλίδης & Γιασεμίδης, 1987).

Μετά το χωρισμό της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας σε Δυτική και Ανατολική και την ένταξη της Κύπρου στη Βυζαντινή αυτοκρατορία, η Πάφος παύεται από πρωτεύουσα της Κύπρου. Ως νέα πρωτεύουσα ορίζεται η Κωνσταντία, αλλά την ίδια ώρα η Πάφος, συνεχίζει να διατηρεί την επισκοπική της έδρα και παραμένει μια σπουδαία πόλη της Κύπρου με δική της



Βουλή και δικό της Δήμο. Σημαντικό οχυρωματικό έργο για την πόλη της Πάφου, που κτίστηκε κατά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες του 7ου αιώνα μ.Χ., αποτελεί το φρούριο των "Σαράντα Κολώνων" (Αριστείδου, 1994). Σκοπός του φρουρίου αυτού ήταν να προστατεύει την πόλη της Νέας Πάφου και το λιμάνι από τις αραβικές επιδρομές. Η έντονη παρακμή της Πάφου θα αρχίσει από τον 7<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα με την αρχή των Αραβικών επιδρομών και θα διαρκέσει μέχρι το τέλος τους και την εκ νέου κυριαρχία της Βυζαντινής αυτοκρατορίας το 965 μ.Χ.

Σημαντική περίοδος ακμής για την πόλη θεωρείται και η εποχή της Φραγκοκρατίας (1192-1489 μ.Χ.), κατά την οποία ενισχύεται η άμυνα της πόλης. Έγιναν διάφορα οχυρωματικά έργα και γύρω στα τέλη του 12ου αιώνα ενισχύθηκαν το φρούριο των "Σαράντα Κολώνων", το οποίο καταστράφηκε οριστικά από το σεισμό του 1222 μ.Χ., καθώς και το φρούριο στο λιμάνι.

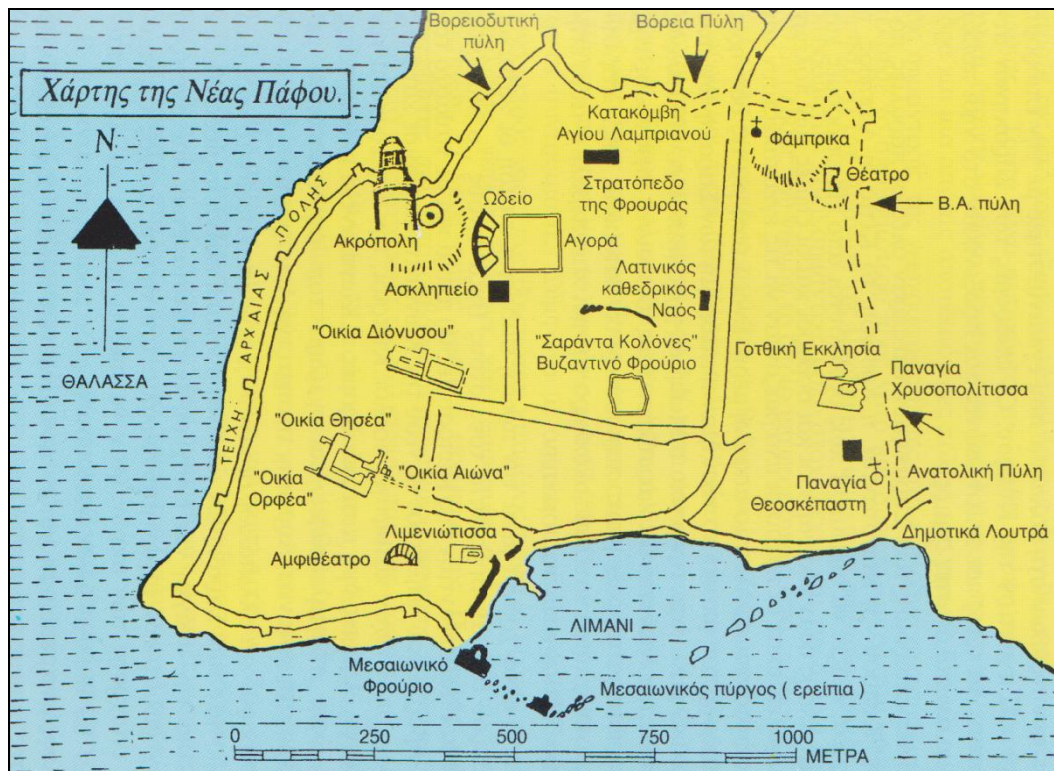
Παρόλα αυτά προς το τέλος της Φραγκοκρατίας, κατά την περίοδο της Βενετοκρατίας (1489-1571 μ.Χ.) και κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας (1571-1878 μ.Χ.) η πόλη της Πάφου παρακμάζει ξανά. Ολόκληρο το νησί φτάνει στα όρια της εξαθλίωσης, η περιοχή της Νέας Πάφου σταδιακά ερημώνεται και οι κάτοικοι μεταφέρονται προς την περιοχή Κτήμα το οποίο αναπτύσσεται όλο και περισσότερο. Στις αρχές της περιόδου της Αγγλοκρατίας το Κτήμα αναγνωρίζεται ως η έκτη πόλη της Κύπρου και πρωτεύουσα της επαρχίας Πάφου.

Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα, διάφορα έργα όπως είναι η ίδρυση ηλεκτρικής εταιρίας από το Δημαρχείο Πάφου και οι εργασίες εκβάθυνσης του λιμανιού ώστε να δέχεται μεγαλύτερα πλοία, βοήθησαν ώστε να ακμάσει ξανά η πόλη. Μετά την Τούρκικη εισβολή του 1974, μεγάλος αριθμός προσφύγων στην αναζήτηση μιας νέας ζωής, εγκαθίστανται στην πόλη και επαρχία Πάφου αυξάνοντας έτσι απότομα τον αριθμό των κατοίκων της.

### **1.3. Ιστορία του μεσαιωνικού φρουρίου της Πάφου – από τον 13<sup>ο</sup> αιώνα μέχρι σήμερα**

Κατά το μεσαίωνα η πόλη της Νέας Πάφου, σημερινή Κάτω Πάφος, περιβαλλόταν όπως φαίνεται στην εικόνα 1.2 από τείχη, σημαντικά τμήματα των οποίων σώζονται μέχρι και σήμερα. Τα τείχη ήταν κτισμένα ως επί το πλείστον πάνω στους φυσικούς βράχους ή αποτελούνταν εξ ολοκλήρου από αυτούς για αυτό και έχουν ακανόνιστο περιμετρικό σχήμα. Είχαν μεγάλο αριθμό προμαχόνων και τέσσερις μεγαλοπρεπείς πύλες που οδηγούσαν στην πόλη (Αριστείδου, 1994). Τα τείχη συνέχιζαν και μέσα στη θάλασσα με αποτέλεσμα να δημιουργούν ένα κλειστό λιμάνι αφού λειτουργούσαν ταυτόχρονα και ως κυματοθραύστες. Άλλα σημαντικά κτίσματα που υπήρχαν στη Νέα Πάφο την εποχή της Φραγκοκρατίας πέρα από τα τείχη, είναι το φρούριο των "Σαράντα Κολώνων" και οι δύο πύργοι στην είσοδο του λιμανιού, η Οικία του Διόνυσου, η Οικία του Θησέα, η οικία του Ορφέα, η Οικία του Αιώνα, η Αγορά και το Ωδείο. Σήμερα, όλα αυτά αποτελούν αρχαιολογικό χώρο, είναι μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς της Κύπρου και βρίσκονται υπό την αιγίδα της UNESCO από το 1980.

Το υπό εξέταση μνημείο είναι το μεσαιωνικό φρούριο, το οποίο βρίσκεται στη δυτική πλευρά του λιμανιού της Κάτω Πάφου. Αποτελεί τον ένα από τους δύο πύργους, οι οποίοι κτίστηκαν αρχικά στα μέσα του 13ου αιώνα, για να αντικαταστήσουν το κατεστραμμένο από το σεισμό του 1222 μ.Χ. φρούριο των Σαράντα Κολώνων που βρίσκεται περίπου 600 m μακριά προς τα ΒΑ. Οι δύο πύργοι ενώνονταν μεταξύ τους με τοίχος και έλεγχαν την είσοδο του λιμανιού, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.2, ενώ παράλληλα προστάτευαν την πόλη, η οποία τότε βρισκόταν υπό το καθεστώς των Λουζινιανών.



Εικόνα 1.2: Χάρτης της Νέας Πάφου (Αριστείδου, 1994)

Κατά τη διάρκεια της Φραγκοκρατίας η Πάφος, όπως και άλλες πόλεις της Κύπρου, υπέστησαν επανειλημμένες επιδρομές από τους Γενουάτες και τους Μαμελούκους (Αριστείδου, 1994). Σύμφωνα με τον χρονογράφο Λεόντιο Μαχαιρά οι Γενουάτες τον 14ο αιώνα κατάλαβαν τα φρούρια της Πάφου, τα ύψωσαν και άνοιξαν γύρω τους τάφρο που γέμισε με θαλασσινό νερό κάνοντας τα πολύ ισχυρά.

Κατά την εποχή της Βενετοκρατίας (1474-1571 μ.Χ.) οι Βενετοί επικέντρωσαν τις αμυντικές τους προσπάθειες στον άξονα Αμμοχώστου – Λευκωσίας – Κερύνειας και η πόλη της Πάφου δεν διέθετε σημαντικά οχυρωματικά έργα (Αριστείδου, 1994). Σύμφωνα με το Βενετό χρονογράφο Marino Sanuto και πολλούς περιηγητές της τότε εποχής, αναφέρονται δύο "καστέλλια" (φρούρια) που υπήρχαν στο στόμιο του λιμανιού της Πάφου τα οποία διατηρούνταν μόνο για σκοπούς φύλαξης της ακτής.

Σύμφωνα με το Γερμανό περιηγητή Dietrich von Schachtено ένας από τους δύο πύργους που βρίσκονταν κοντά στη θάλασσα καταστράφηκε από σεισμό δύο μήνες πριν την άφιξη του. Ο σεισμός αυτός έγινε το 1491 μ.Χ. και ήταν η αρχή της οριστικής εγκατάλειψης του ανατολικού πύργου του λιμανιού. Μια ακόμη πληροφορία από τον Τσέχο περιηγητή Oldrich Préfát, από το 1546 μ.Χ., αναφέρει μόνο ένα τετράπλευρο ψηλό πύργο στο λιμάνι της Πάφου. Έτσι, κατά πάσα πιθανότητα οι ζημιές που υπέστηκε ο ανατολικός πύργος σε συνδυασμό με την απουσία ενδιαφέροντος των Βενετών για τα φρούρια της Πάφου να οδήγησε σε περαιτέρω καταστροφή του. Γύρω στα μέσα του 16ου αιώνα, λίγα χρόνια πριν το τέλος της Βενετοκρατίας, οι Βενετοί φοβούμενοι μην πέσουν τα φρούρια αυτά στα χέρια εχθρών και χρησιμοποιηθούν από αυτούς ως οχυρωματικά έργα εναντίον τους τα καταστρέφουν.

Η Κύπρος το 1571 μ.Χ. πέφτει στα χέρια των Τούρκων και στην Πάφο ορίζεται ως διοικητής Τούρκος πασάς. Χαρακτηριστικό της περιόδου της Τουρκοκρατίας ήταν η αδιαφορία για οποιαδήποτε μορφή ανάπτυξης, γεγονός που οδήγησε σε μεγάλη παρακμή της Κύπρου και κυρίως της επαρχίας Πάφου που ήταν απομονωμένη από την υπόλοιπη Κύπρο.

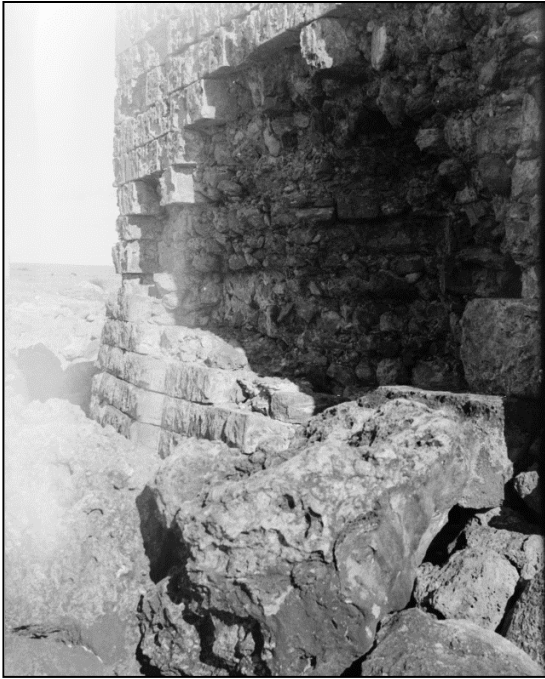
Είκοσι δύο χρόνια μετά την κατάληψη της Κύπρου από τους Τούρκους ο πύργος ανοικοδομείται πάνω σε αρχαίο κυματοθραύστη και πάνω στα ερείπια του Φράγκικου φρουρίου, που είχε ενισχύσει το 1391 μ.Χ. ο βασιλιάς Ιάκωβος Α΄. Λευκή μαρμάρινη πλάκα διαστάσεων 1,50Χ0,40 m πάνω από την είσοδο του κάστρου, αναφέρεται στην ανοικοδόμηση του που έγινε το 1592 μ.Χ. από τον τότε Τούρκο διοικητή της Κύπρου Αχμέτ Πασά (1589 – 1593 μ.Χ.). Οι διάφοροι χώροι του φρουρίου, στο ισόγειο και το υπόγειο, χρησιμοποιήθηκαν από τους Οθωμανούς ως φυλακές, ενώ ο κεντρικός χώρος στον όροφο χρησιμοποιείτο ως τζαμί και τα υπόλοιπα δωμάτια για τη διαμονή της φρουράς (Αριστείδου, 1994).

Με τη διαδοχή της εξουσίας του νησιού από τους Τούρκους στους Άγγλους το 1878 μ.Χ. το φρούριο της Πάφου παύει να χρησιμοποιείται για αμυντικούς σκοπούς και πλέον μετατρέπεται σε αποθήκη αλατιού της αποικιακής κυβέρνησης. Το 1935 το φρούριο αυτό ανακηρύχθηκε αρχαιολογικός χώρος και έκτοτε συντηρείται από το Τμήμα Αρχαιοτήτων και είναι προσβάσιμο στο κοινό.

## **1.4. Ιστορικό επεμβάσεων συντήρησης του μεσαιωνικού κάστρου της Πάφου – από το 1935 μέχρι σήμερα**

Με την ανακήρυξη του μεσαιωνικού κάστρου ως μνημείο πολιτιστικής κληρονομιάς ξεκινά από το Τμήμα Αρχαιοτήτων μια συνεχής προσπάθεια συντήρησης και αποκατάστασης των φθορών του. Δεδομένα για τις επεμβάσεις συντήρησης και αποκατάστασης που έγιναν στο συγκεκριμένο μνημείο βρίσκουμε από τις ετήσιες εκθέσεις του Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου (ARDAC), καθώς και από το φωτογραφικό του αρχείο. Οι φυσικές φθορές που δέχτηκε και συνεχίζει να δέχεται το μνημείο στο πέρασμα του χρόνου, σε συνδυασμό με τις φθορές από ανθρωπογενή παράγοντες καθιστούν απαραίτητη την συνεχείς προσπάθεια συντήρησής του, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση του οικοδομήματος, αλλά και η μείωση της αισθητικής υποβάθμισης. Σημαντικές φθορές από ανθρωπογενείς παράγοντες προκλήθηκαν στο κάστρο το 1974 όταν αυτό βομβαρδίστηκε από τους Τούρκους κατά τη διάρκεια της εισβολής τους στο νησί. Επίσης, μερικές αποτυχημένες προσπάθειες συντήρησης αποτελούν ανθρωπογενή παράγοντα φθοράς, αφού όχι μόνο δεν μείωσαν τα προβλήματα αισθητικής υποβάθμισης, αλλά έκαναν εντονότερα τα φαινόμενα. Ο διπλός σεισμός μεγέθους 6,0 και 6,1 της κλίμακας ρίχτερ που έγινε στις 10 Σεπτεμβρίου του 1953 στην περιοχή της Πάφου αποτέλεσε μια από τις μεγαλύτερες φυσικές φθορές που δέχθηκε το μνημείο τον τελευταίο αιώνα.

Η σύγκριση της εικόνας που έχουμε για την κατάσταση του μνημείου πριν από 70-80 χρόνια, από το φωτογραφικό αρχείο, με την σημερινή όψη του κάστρου δείχνουν την μεγάλη βελτίωση στην όψη, αλλά και στη στατικότητα του. Στις εικόνες 1.3-1.7 φαίνεται η κακή κατάσταση στην οποία βρισκόταν το μνημείο και οι προσπάθειες συντήρησής του, ενώ στις εικόνες 1.8-1.10 είναι εμφανής οι αλλαγές που έγιναν, καθώς επίσης και τα μέτρα προστασίας του μνημείου από την άμεση επαφή με τον κυματισμό ο οποίος κατέστρεφε τα δομικά υλικά του.



Εικ. 1.3. Εκτεταμένη καταστροφή της εξωτερικής τοιχοποιίας (Φωτογραφικό αρχείο Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, 1936).



Εικ. 1.4. Εργασίες επιδιόρθωσης στη νότια εξωτερική τοιχοποιία. Λήψη φωτογραφίας από τα ερείπια του ανατολικού πύργου. Το μνημείο περιμετρικά είναι απροστάτευτο από τον κυματισμό (Φωτογραφικό αρχείο Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, 1938).



Εικ. 1.5. Εργασίες επιδιόρθωσης της βόρειας εξωτερικής τοιχοποιίας, η κατάσταση του μνημείου είναι κάκιστη (Φωτογραφικό αρχείο Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, 1939).



Εικ. 1.6. Η απουσία κυματοθραύστη στη δυτική πλευρά του κάστρου το άφηγε απροστάτευτο στον έντονο κυματισμό (Φωτογραφικό αρχείο Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, 1939).





Εικ. 1.7. Πρόσωση του κάστρου με έντονη φθορά της εξωτερικής επιφάνειάς του (Φωτογραφικό αρχείο Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, 1939).



Εικ. 1.8. Πρόσωση του κάστρου, παρατηρείται αντικατάσταση μεγάλου μέρους της προηγούμενης εξωτερικής τοιχοποιίας καθώς επίσης η δημιουργία λιμανιού μπροστά από το κάστρο. Η όψη του κάστρου είναι αισθητά βελτιωμένη (Φωτογραφικό αρχείο Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, 1964).



Εικ. 1.9. Σημερινή πρόσοψη κάστρου.



Εικ. 1.10. Νοτιοδυτική πλευρά κάστρου. Η παρουσία κυματοθραύστη προστατεύει το μνημείο από τον κυματισμό, ωστόσο τα φαινόμενα φθοράς από τη δράση της θάλασσας είναι εμφανή.

Το Τμήμα Αρχαιοτήτων Κύπρου από την πρώτη στιγμή της ανακήρυξης του κάστρου ως αρχαιολογικός χώρος άρχισε τις εργασίες συντήρησης και αποκατάστασής του. Με βάση τις ετήσιες αναφορές παρακάτω παρατίθενται δεδομένα για τις εργασίες που έγιναν στο συγκεκριμένο μνημείο.

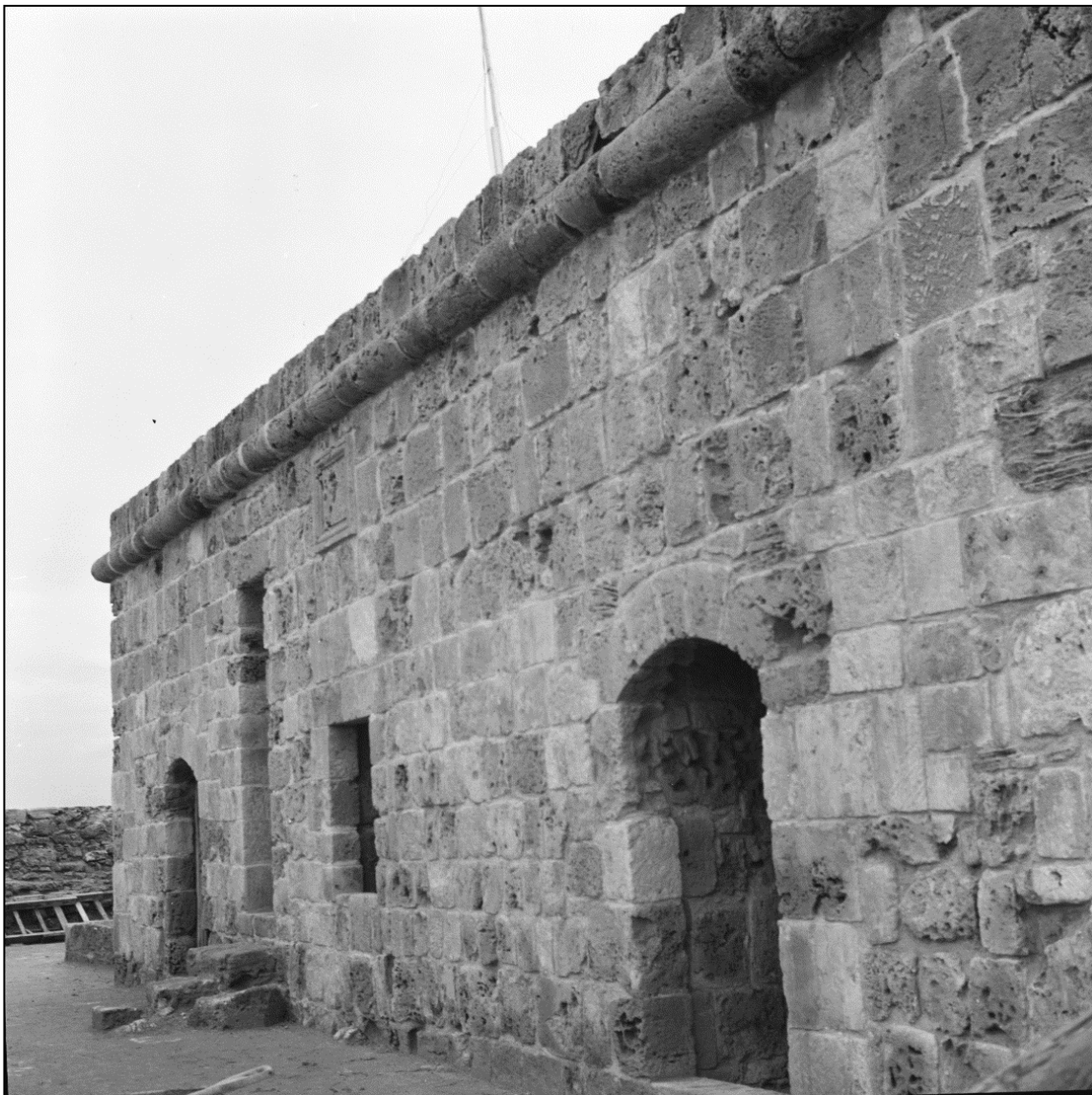
Κατά την περίοδο 1938-1939 ενισχύθηκαν τμήματα του αρχαίου κυματοθραύστη πάνω στον οποίο στηρίζεται το κάστρο, τα οποία χρειάστηκε να ενισχυθούν με σκυρόδεμα το 1949 αφού υποσκάφτηκαν ξανά από την θάλασσα (ARDAC, 1949). Από το σεισμό της 10ης Σεπτεμβρίου του 1953 ανοίχτηκαν σημαντικές ρωγμές κατά μήκος όλου του κάστρου, ως προσωρινό μέτρο προστασίας όλες οι ρωγμές που ήταν σε άμεση επαφή με το βρόχινο νερό γέμισαν, έτσι ώστε να αποφευχθεί επέκταση της φθοράς κατά τις χειμερινές βροχοπτώσεις (ARDAC, 1953). Μετέπειτα έργα αντιμετώπισης των ρωγματώσεων που προκάλεσε ο σεισμός του 1953 ήταν η τοποθέτηση κρυφού κολάρου ενισχυμένου σκυροδέματος γύρω από την εξωτερική τοιχοποιία στο επίπεδο του ανωφλιού της εισόδου, καθώς επίσης και ενίσχυση του κεντρικού πύργου στην ταράτσα του κάστρου η οποία κρύφτηκε κάτω από ένα νέο τραχύ πέτρινο δάπεδο. Τέλος, το 1955 αναφέρεται και η κατασκευή της σκάλας που οδηγεί από τη ταράτσα κάτω στο επίπεδο του Φράγκικου πύργου (ARDAC, 1955). Το 1956 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες επισκευής των ζημιών που προκάλεσε ο σεισμός του 1953. Ολοκληρώθηκε η λιθόστρωση της ταράτσας, καθώς και των τριών δωματίων του κεντρικού πύργου, ενεματώθηκαν και γέμισαν ρωγμές στην τοιχοποιία όπου ήταν απαραίτητο (ARDAC, 1956). Από τον Δεκέμβριο του 1960 μέχρι τον Φεβρουάριο του 1961 αναφέρεται προσθήκη ενέματος και γέμισμα ρωγμών (Εικ. 1.11) στην τοιχοποιία του ισογείου χώρου (ARDAC, 1960 και 1961). Εργασίες ενεμάτωσης και γεμίσματος ρωγμών γίνονται και κατά τους μήνες Νοέμβριο-Δεκέμβριο 1966 στην Βόρεια και Ανατολική τοιχοποιία του κάστρου, καθώς επίσης αντικαθίστανται έντονα διαβρωμένοι δομικοί λίθοι (ARDAC, 1966).



Εικ. 1.11. Εργασίες επισκευής στο εσωτερικό του κάστρου (Φωτογραφικό αρχείο Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, 1961).



Τον Φεβρουάριο του 1967 αναφέρεται ενεμάτωση και γέμισμα των ρωγμών της Δυτικής τοιχοποιίας (ARDAC, 1967). Στην ετήσια έκθεση του 1968 (ARDAC, 1968) γίνεται λόγος για τον κυματοθραύστη που κατασκευάστηκε νοτιοδυτικά του κάστρου για να προστατεύσει τα έντονα διαβρωμένα θεμέλιά του, η κατασκευή του οποίου ολοκληρώθηκε το 1969 (ARDAC, 1969). Το 1974 το κάστρο υφίσταται ζημιές από βομβαρδισμό κατά τη διάρκεια της Τούρκικης εισβολής και κατά τους μήνες Οκτώβριο-Δεκέμβριο του ίδιου έτους επισκευάζονται τα κατεστραμμένα τμήματα του κάστρου. Την ίδια περίοδο αντικαθίστανται έντονα διαβρωμένα τμήματα τοιχοποιίας στον πάνω όροφο (εικ. 1.12) και πραγματοποιείται ενεμάτωση και πλήρωση ρωγμών της τοιχοποιίας (ARDAC, 1974). Τον Ιανουάριο του 1975 πραγματοποιούνται μικρές επισκευές στο κάστρο οι οποίες συνεχίζονται κατά τους μήνες Οκτώβριο-Δεκέμβριο του 1976 (ARDAC, 1975 και 1976).



Εικ. 1.12. Βόρειο τοίχος του άνω ορόφου μετά την επισκευή (Φωτογραφικό αρχείο Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, 1975).

Κατά τον Ιούνιο και Ιούλιο του 1977 πραγματοποιείται ενεμάτωση και γέμισμα της τοιχοποιίας των δύο νοτιοδυτικών δωματίων του κάστρου, εργασίες οι οποίες συνεχίζονται και κατά τους μήνες Ιούλιο-Σεπτέμβριο του 1978 (ARDAC, 1977 και 1978). Το 1979 αναφέρεται επιδιόρθωση της νότιας και δυτικής τοιχοποιίας του κάστρου (ARDAC, 1979). Αντικα-



τάσταση έντονα διαβρωμένων πετρωμάτων από την εξωτερική νότια τοιχοποιία αναφέρεται στην ετήσια έκθεση του 1980, η οποία συνεχίζει κατά τους μήνες Ιούνιο-Αύγουστο του 1981, αλλά και τα επόμενα δύο χρονιά (ARDAC, 1980-83). Στην ετήσια έκθεση του 1984 (ARDAC, 1984) αναφέρεται αντικατάσταση διαβρωμένων πετρωμάτων στο εσωτερικό του κάστρου και ενεμάτωση και γέμισμα ρωγμών του προθαλάμου της εισόδου, εργασίες οι οποίες αναφέρονται και στην έκθεση του 1986 (ARDAC, 1986). Το 1987 έγινε αντικατάσταση έντονα διαβρωμένων πετρωμάτων στην είσοδο του μνημείου και ενεμάτωση του τοίχους πάνω από αυτήν. Επίσης, αναφέρεται προσθήκη ξύλινων σκεπαστρών με διαφανή πλαστικά φύλλα στους δύο ανοιχτούς χώρους μέσα στο κάστρο (ARDAC, 1987). Το 1991 και 1992 αναφέρεται γενικά αντικατάσταση έντονα διαβρωμένων πετρωμάτων, ενώ το 1993 και 1994 γίνεται λόγος για αντικατάσταση έντονα διαβρωμένων πετρωμάτων στο νότιο τοίχος, καθώς και ενεμάτωση και γέμισμα ρωγμών (ARDAC, 1991-94). Το 1995 γίνεται αναφορά για αντικατάσταση ορισμένων διαβρωμένων πετρωμάτων της τοιχοποιίας (ARDAC, 1995), ενώ το 1996 αναφέρεται ότι η αντικατάσταση πετρωμάτων έγινε στην βόρεια και τη δυτική τοιχοποιία (ARDAC, 1996). Τέλος, στις ετήσιες εκθέσεις του 1998 και του 1999 (ARDAC, 1998 και 1999) γίνεται αναφορά σε επισκευή της τοιχοποιίας του κάστρου με αντικατάσταση έντονα διαβρωμένων πετρωμάτων.



### 2. Γεωλογικά Στοιχεία

Γεωγραφικά η Κύπρος βρίσκεται στο Βορειοανατολικό άκρο της Ανατολικής Μεσογείου σε γεωγραφικό πλάτος από 34°33' έως 35°43' βόρεια του ισημερινού και σε γεωγραφικό μήκος 32°15' έως 34°37' ανατολικά του μεσημβρινού του Γκρήνουιτς. Η γεωμορφολογία της Κύπρου είναι άμεσα συνδεδεμένη με την πολύπλοκη γεωτεκτονική της εξέλιξη. Σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010) γεωλογικά αποτελεί μια αυτοτελή γεωτεκτονική μονάδα, η οποία σχετίζεται έμμεσα με την προέκταση του Δυναροταυρικού τόξου, ενώ εντάσσεται εν μέρει στο Αλπικό ορογενετικό σύστημα και εν μέρει στη νεότερη Μεσογειακή ορογένεση. Το αποτέλεσμα της δράσης αυτών των γεωτεκτονικών γεγονότων είναι ο σχηματισμός τριών κύριων γεωμορφολογικών σχηματισμών: α) της οροσειράς του Τροόδους, β) της οροσειράς του Πενταδακτύλου και γ) της πεδιάδας της Μεσαορίας. Η οροσειρά του Τροόδους είναι η κύρια γεωμορφολογική μονάδα της Κύπρου, η οποία δεσπόζει στο κεντρικό τμήμα του νησιού με μέγιστο υψόμετρο 1910 m και καταλαμβάνόμενη έκταση περίπου 3200 km<sup>2</sup>. Η οροσειρά του Πενταδακτύλου έχει μέγιστο υψόμετρο 1024 m, το σχήμα της είναι επίμηκες με συνολικό μήκος 160 km και πλάτος περίπου 13 km και καλύπτει τα βόρεια παράλια του νησιού. Μεταξύ των δύο αυτών οροσειρών βρίσκεται η πεδιάδα της Μεσαορίας, η οποία εκτείνεται από τον κόλπο της Μόρφου μέχρι τον κόλπο της Αμμοχώστου.

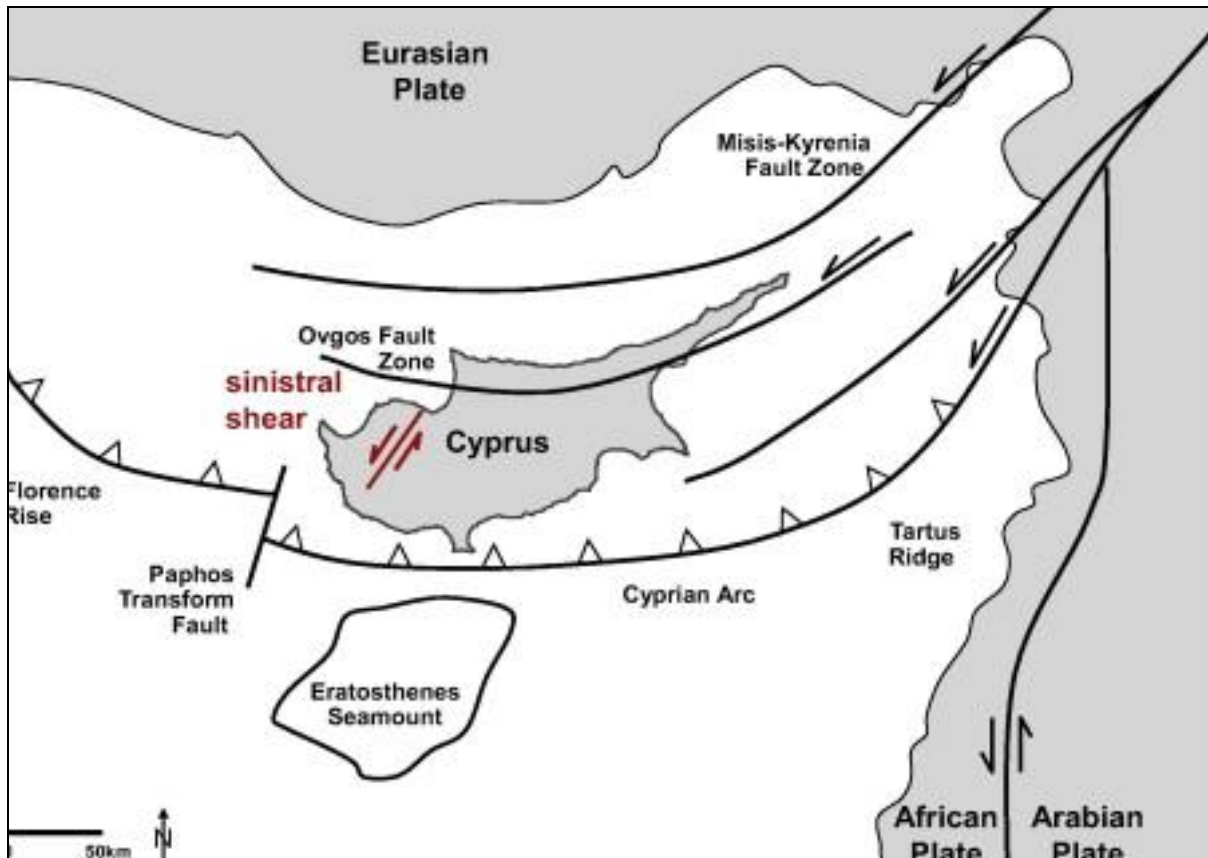
Η γεωτεκτονική εξέλιξη της Κύπρου ξεκινάει στο Τριαδικό με τη διάρρηξη του ηπειρωτικού περιθωρίου της Γκοντβάνας, η οποία σταδιακά εξελίσσεται σε ωκεανογένεση με ανάπτυξη τυπικής μεσοωκεάνιας ράχης, ωκεάνιου πυθμένα και φλοιού. Στη συνέχεια μια ενδοωκεάνια διάρρηξη προκαλεί υποβύθιση της Ανατολίας κάτω από το Ευρασιατικό περιθώριο που είχε σαν αποτέλεσμα την επώθηση των οφιολίθων του Τροόδους πάνω στην Αφρικανική πλάκα και τη δημιουργία του οφιολιθικού μίγματος της ζώνης Μαμωνίων, κατά το Άνω Κρητιδικό (Μουντράκης, 2010).

Με βάση κινηματικά μοντέλα για το σύνολο της Ανατολικής Μεσογείου (Spray and Roddick, 1981, Lundgren et al., 1998, Papazachos and Papaioannou, 1999, Harrison et al., 2004), οι μετά τον σχηματισμό τεκτονικές δυνάμεις που επηρέασαν το σύμπλεγμα του Τροόδους και εν συνεχεία την υπερκείμενη ζώνη αυτόχθονων ιζηματογενών ήταν συμπίεστικές δυνάμεις οριζόντιας μετατόπισης. Επίσης, σύμφωνα με παλαιομαγνητικά στοιχεία στο Άνω Κρητιδικό έγινε μια ταχεία περιστροφή της μικροπλάκας του Τροόδους έως και 45 αριστερόστροφα (Abrahamsen and Schonharting, 1987, Morris et al., 1990). Κατά το Άνω Πλειόκαινο έως το Κάτω Τεταρτογενές, επεκτατικές δυνάμεις στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου δημιούργησαν ρηξηγενής δομές στην περιοχή της Κύπρου (συμβάλλοντας ενδεχομένως στην έκθεση του υπερβασικού οφιολιθικού πυρήνα του Τροόδους). Στην εικόνα 2.1 παρουσιάζεται ένα απλοποιημένο τεκτονικό μοντέλο της Ανατολικής Μεσογείου.

#### 2.1. Γεωλογικές ζώνες Κύπρου

Η Κύπρος γεωλογικά χωρίζεται σε τέσσερις ζώνες: α) τη ζώνη του Τροόδους με το οφιολιθικό σύμπλεγμα η οποία καλύπτει την οροσειρά του Τροόδους, β) τη ζώνη των αυτό-

χθονων ιζηματογενών πετρωμάτων (ιζηματογενής ακολουθία Τροόδους), η οποία εκτείνεται στη λεκάνη της Μεσαορίας και νότια της οροσειράς του Τροόδους, γ) τη ζώνη Κερύνειας ή Πενταδακτύλου που καλύπτει την οροσειρά του Πενταδακτύλου και δ) τη ζώνη ή σύμπλεγμα Μαμωνίων που καλύπτει τις δυτικές και νοτιοδυτικές περιοχές της Κύπρου. Οι τέσσερις γεωλογικές ζώνες φαίνονται στον απλοποιημένο γεωλογικό χάρτη (Εικ. 2.2) της Κύπρου μαζί με τις κύριες ενότητες της κάθε ζώνης.



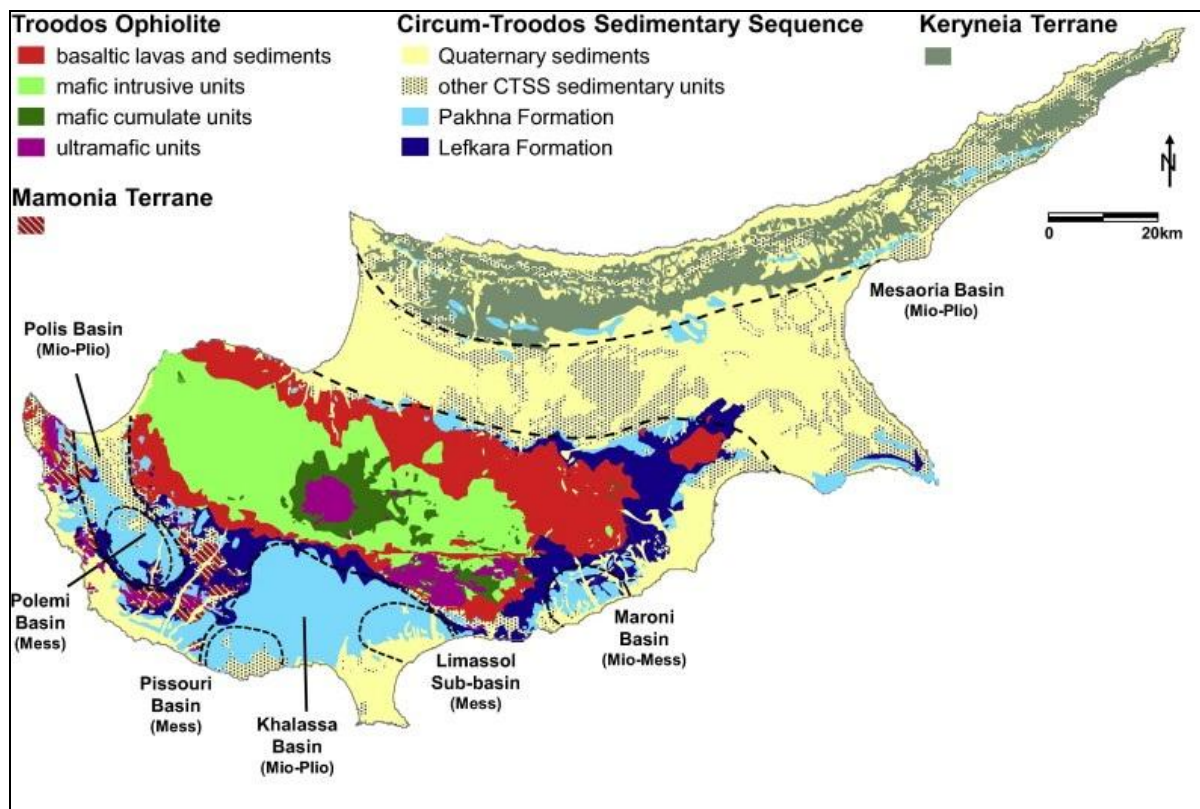
Εικ. 2.1. Απλοποιημένο τεκτονικό μοντέλο της Ανατολικής Μεσογείου (Ren et al., 2015 βασισμένο σε Robertson and Grasso, 1995, Glover and Robertson, 1998, Harrison et al., 2004, Ergün et al., 2005, Papadimitriou and Karakostas, 2006).

### 2.1.1. Ζώνη του Τροόδους

Η ζώνη Τροόδους αποτελεί μια από τις σημαντικότερες οφιολιθικές ακολουθίες παγκοσμίως με τυπικά πετρώματα ωκεάνιου φλοιού και ανώτερου μανδύα. Το γεγονός ότι είναι από τις πιο καλά διατηρημένες στρωματογραφικές διατάξεις ωκεάνιου φλοιού στη γη, έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον πολλών γεωεπιστημόνων από όλο τον κόσμο τα τελευταία 50 χρόνια.

Σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010) η στρωματογραφική ακολουθία του Τροόδους αποτελείται από κάτω προς τα πάνω από:

- Πλουτωνικά υπερβασικά πετρώματα (χαρσβουργίτες, δουνίτες, βερλίτες, πυροξενίτες), εν μέρει σερπεντινωμένα.
- Πλουτώνια βασικά και όξινα πετρώματα (γαββροι, πλαγιογρανίτες).



Εικ. 2.2. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της Κύπρου με τις κύριες λεκάνες απόθεσης (Ren et al., 2015 βασισμένο σε Geological Survey Department 2009 compilation και Eaton and Robertson, 1993).

- Σύμπλεγμα βασικών φλεβών διαβασικών - βασαλτικών, τυπικών της υποθαλάσσιας ηφαιστειότητας.
- Χαρακτηριστικές pillow lavas βασαλτικής - ανδευτικής σύστασης.

Πάνω από την οφιολιθική ακολουθία βρίσκονται ιζήματα του Άνω Κρητιδικού, τα οποία φανερώνουν την τοποθέτηση του οφιόλιθου στον ηπειρωτικό φλοιό.

Η ανύψωση της οφιολιθικής ακολουθίας σύμφωνα με τους Κωνσταντίνου & Παναγίδης (2013) οφείλεται αρχικά στην υποβύθιση τμημάτων ενός υποθαλάσσιου υβώματος νότια της Κύπρου προς τα βόρεια κάτω από αυτήν. Το ύψωμα αυτό είναι γνωστό ως υποθαλάσσιο Βουνό του Ερατοσθένη και τα πετρώματά του που βυθίζονται κάτω από τον οφιόλιθο του Τρόδους έχουν μικρότερη πυκνότητα από αυτά του οφιόλιθου, προκαλώντας έτσι ισοστατική άνοση στο Τρόδος και της Κύπρου. Επίσης, τα υποβυθιζόμενα πετρώματα είναι πλούσια σε νερό, το οποίο με την αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης ελευθερώνεται σχηματίζοντας θερμά διαλύματα τα οποία εξαλλοιώνουν την υποκείμενη μανδρακή σφήνα και μετατρέπουν τους χαρσβουργίτες σε σερπεντινίτες. Η μετατροπή αυτή έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του ειδικού βάρους των υποκείμενων στρωμάτων, την αύξηση του όγκου τους και τη δημιουργία διαπυρικών δομών σερπεντινίτη οι οποίες συντέλεσαν και συντελούν στην ανύψωση του Τρόδους από το τέλος του Πλειοκαίνου.

Το αποτέλεσμα αυτών των γεωλογικών διεργασιών είναι ο σχηματισμός ενός τεκτονικού παράθυρου, με τα κατώτερα στρωματογραφικά στρώματα να βρίσκονται στην κορυφή του Τρόδους και τα ανώτερα στρωματογραφικά τμήματα της ακολουθίας σε χαμηλότερα υψόμετρα περιφερειακά της κορυφής. Σήμερα λοιπόν, ωκεάνιος φλοιός πάχους 6 km καλύπτει σημαντική επιφανειακή έκταση της Κύπρου και αποτελεί θαυμάσιο βοήθημα των γεωε-

πιστημών για μελέτη των ωκεάνιων φλοιών και του τρόπου σχηματισμού τους, καθώς και των μεταλλευμάτων που σχετίζονται με αυτούς. Την οφιολιθική ακολουθία του Τροόδους συνοδεύει σημαντική μεταλλοφορία, κυρίως χαλκού και νικελίου. Συγκεκριμένα, στα υπερβασικά πετρώματα υπάρχει το μεγαλύτερο κοιτάσμα αμιάντου στην Ευρώπη, καθώς και κοιτάσμα χρωμίτη. Επίσης, στη σειρά pillow λαβών υπάρχουν πολλά κοιτάσματα χαλκούχων σιδηροπυριτών με πολύ υψηλές συγκεντρώσεις χαλκού. Τέλος, στην οφιολιθική ακολουθία συναντάμε και σημαντικά κοιτάσματα ορυκτών χρωμάτων.

### **2.1.2. Ζώνη των αυτόχθονων ιζηματογενών πετρωμάτων**

Η ζώνη αυτή είναι στρωματογραφικά ανώτερη της οφιολιθικής ακολουθίας του Τροόδους. Η ηλικία των πετρωμάτων αυτών είναι νεότερη του Άνω Κρητιδικού. Συγκεκριμένα αρχίζει από το Άνω Κρητιδικό και φτάνει μέχρι σήμερα. Η ζώνη αυτή γεωγραφικά καλύπτει την πεδιάδα της Μεσαορίας, την λεκάνη δηλαδή μεταξύ των δύο κύριων ορεινών όγκων της Κύπρου, καθώς επίσης περιβάλλει την οφιολιθική μάζα του Τροόδους από Νότια, Ανατολικά και Βόρεια.

Σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010) αποτελείται από κάτω προς τα πάνω από:

- Ραδιολαρίτες, ιλύολιθους, ηφαιστειοκλαστικά, μαγγανιούχους πηλίτες και μπετονιτικούς αργίλους ηλικίας Καμπανίου – Μέσου Μαιστριχτίου (Άνω Κρητιδικό).
- Πελαγικά ιζήματα ασβεστιτικά, μαργαϊκά, πυριτικά, ηλικίας Παλαιογενούς.
- Υφαλογενείς ασβεστόλιθους, μάργες, ασβεστόμαργες και κοραλλιογενείς ασβεστόλιθους ηλικίας Μειοκαίνου.
- Μάργες, κροκαλοπαγή, βιογενείς ασβεστόλιθους ηλικίας Πλειοκαίνου – Τεταρτογενούς.

### **2.1.3. Ζώνη Κερόνειας ή Πενταδακτύλου**

Η ζώνη αυτή καλύπτει το Βόρειο τμήμα του νησιού και εκτείνεται σε ολόκληρη την οροσειρά του Πενταδακτύλου. Αποτελείται κυρίως από ιζήματα ηλικίας από Πέρμιο μέχρι Μέσο Μειόκαινο. Περιλαμβάνει επίσης ηφαιστειακά πετρώματα ηλικίας Άνω Κρητιδικού τα οποία αντιπροσωπεύουν ένα ηφαιστειακό τόξο που σχηματίστηκε κατά την υποβύθιση του ωκεάνιου πυθμένα του Τροόδους προς τα Βόρεια.

Η στρωματογραφία της ζώνης αυτής όπως περιγράφεται από τον Μουντράκη (2010) αποτελείται από τα παλαιότερα προς τα νεότερα πετρώματα από:

- Μαζώδεις ασβεστόλιθους του Περμίου.
- Λεπτοστρωματώδεις ανακρυσταλλωμένους δολομιτικούς ασβεστόλιθους και λατυποπαγείς ασβεστόλιθους Τριαδικού – Ιουρασικού.
- Πελαγικούς ασβεστόλιθους Μαιστριχτίου (Άνω Κρητιδικού) με παρεμβολές βασικών pillow lavas και αλκαλικών ρυολίθων.
- Μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες και κερατόλιθους Παλαιοκαίνου.
- Φλύσχη Ηωκαίνου και πάνω από αυτόν με τεκτονική επαφή νεότερος φλύσχη Μέσου – Άνω Μειοκαίνου.

## 2.1.4. Ζώνη Μαμωνίων

Η ζώνη αυτή, που είναι γνωστή και με το όνομα σύμπλεγμα Μαμωνίων, καταλαμβάνει τις Νότιες και Νοτιοδυτικές περιοχές της Κύπρου. Το όνομα της ζώνης προέρχεται από το χωρίο Μαμώνια της επαρχίας Πάφου στο οποίο βρίσκονται τυπικά πετρώματα που την αντιπροσωπεύουν. Αποτελείται από αλλόχθονα, έντονα παραμορφωμένα πετρώματα Τριαδικής – Κρητιδικής ηλικίας. Πρόκειται για μια ζώνη οφιολιθικών μιγμάτων που αποτελείται από ωκεάνια ιζήματα τεκτονικά αναμιγμένα με οφιολιθικά πετρώματα, από την οφιολιθική μάζα του Τροόδου, καθώς και από μεταμορφωμένα πετρώματα, τα οποία πιθανώς αντιπροσωπεύουν πετρώματα του παλιού ηπειρωτικού περιθωρίου της Γκοντβάνας (Μουντράκης, 2010).

Σύμφωνα με τους Κωνσταντίνου & Παναγίδης (2013) παρά τον έντονο τεκτονισμό των πετρωμάτων αυτών παρατηρείται μια τυπική στρωματογραφία η οποία χωρίζει το σύμπλεγμα σε δύο κύριες ομάδες: την ομάδα του Αγίου Φωτίου με κυρίως ιζηματογενή χαρακτήρα και την ομάδα του Διαρίζου με πυριγενή κυρίως πετρώματα.

### Ομάδα Αγίου Φωτίου

Είναι η τεκτονικά ανώτερη ομάδα μεταξύ των δύο που αποτελούν την ζώνη Μαμωνίων. Η ηλικία των πετρωμάτων είναι άνω Τριαδική μέχρι μέση Κρητιδική και το συνολικό πάχος των ιζημάτων φτάνει τα 235 m. Η ομάδα Αγίου Φωτίου χωρίζεται σε τρεις σχηματισμούς οι οποίοι είναι από τη βάση προς τα πάνω ο *Σχηματισμός του Βλάμπουρου*, ο *Σχηματισμός της Μαρώνας* και ο *Σχηματισμός της Επισκοπής*.

Ο Σχηματισμός του Βλάμπουρου αποτελεί τη βάση της Ομάδας Αγίου Φωτίου και περιλαμβάνει τους παλαιότερους ιζηματογενείς σχηματισμούς οι οποίοι είναι Άνω Τριαδικής ηλικίας (210 εκ. χρόνια). Ο σχηματισμός αποτελείται κυρίως από γκριζοπράσινους, παχυστρωματώδεις, μεσαίου μεγέθους κόκκων ψαμμίτες στους οποίους σε ορισμένες θέσεις παρεμβάλλονται ιλύολιθοι και γκρι λεπτοστρωματώδεις πελαγικοί ασβεστόλιθοι. Στρωματογραφικά πάνω από το Σχηματισμό του Βλάμπουρου βρίσκεται ο Σχηματισμός της Μαρώνας ο οποίος αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους με κατά θέσεις παρεμβολές κόκκινων λεπτοστρωματώδεις κερατόλιθων. Τέλος, ακολουθεί ο ανώτερος στρωματογραφικός σχηματισμός της Ομάδας Αγίου Φωτίου που είναι ο Σχηματισμός της Επισκοπής ο οποίος αποτελείται από εναλλαγές κυρίως λεπτοστρωματώδων πηλιτών και ραδιολαριτικών κερατόλιθων με λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους και λεπτοστρωματώδεις χαλαζιακούς ψαμμίτες στα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού. Ο σχηματισμός αυτός παρουσιάζει ανάμειξη ιζημάτων βαθιάς και ρηχής θάλασσας η οποία προϋποθέτει σχηματισμό, αρχικά των ψαμμιτών σε ρηχή θάλασσα και γρήγορη μεταφορά τους στα βαθιά με ταυτόχρονο σχηματισμό των ιζημάτων βαθιάς θάλασσας. Η ηλικία των πετρωμάτων αυτών είναι Κατώτερη Ιουρασική έως Μέση Κρητιδική και το πάχος τους φτάνει τα 165 m.

### Ομάδα Διαρίζου

Η ομάδα αυτή αποτελείται κυρίως από πυριγενή πετρώματα τα οποία είναι pillow lavas και ηφαιστειακά λατυποπαγή, αλλά και από φακοειδής παρεμβολές ασβεστόλιθων και κερατόλιθων. Διαίρεται σε τρεις σχηματισμούς: της *Φασούλας*, της *Πέτρας του Ρωμιού* και του *Μαυροκόλυμπου*.

Ο Σχηματισμός της Φασούλας αποτελείται από βασαλτικής και ανδσειτικής σύστασης pillow lavas, καθώς και από κάποιες τραχειτικές ροές λαβών. Παρουσιάζουν ασβεστολιθικές παρεμβολές οι οποίες από την παρουσία μικροαπολιθωμάτων προσδιορίζουν την ηλικία τους από Τριαδική έως Ιουρασική. Ο Σχηματισμός της Πέτρας του Ρωμιού αποτελείται από μεγάλους όγκους ανακρυσταλλωμένου λευκού ασβεστόλιθου οι οποίοι βρίσκονται διάσπαρτοι στη ζώνη των Μαμωνίων. Η ηλικία του σχηματισμού προσδιορίστηκε από εναπομείναντα απολιθώματα σε περιοχές χαμηλής ανακρυστάλλωσης σε Άνω Τριαδική. Τέλος, ο Σχηματισμός του Μαυροκόλυμπου εμφανίζεται ασύμφωνα πάνω στο Σχηματισμό της Φασούλας και αποτελείται από ιλυόλιθους, ερυθρές αργίλους και πλούσια σε σίδηρο και μαγγάνιο ιζήματα. Στη βάση του σχηματισμού παρατηρείται ένα στρώμα γκρι ηφαιστειακών αργίλων με κομμάτια λαβών.

## 2.2. Γεωλογία Περιοχής Πάφου

Τα πετρώματα της περιοχής της Πάφου (Εικ. 2.3-2,4) μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες ακολουθίες: α) την αλλόχθονη ακολουθία, τα πετρώματα της οποίας σχηματίστηκαν αλλού και μεταφέρθηκαν εκεί με τεκτονικές κινήσεις και β) την αυτόχθονη ακολουθία τα πετρώματα της οποίας σχηματίστηκαν επιτόπου (Hadjistavrinou & Afrodisis, 1977).

Η αλλόχθονη ακολουθία περιλαμβάνει όλα τα πετρώματα του συμπλέγματος Μαμωνίων τα οποία έχουν ιζηματογενή, αλλά και πυριγενή προέλευση και χωρίζονται αντίστοιχα σε δύο υποομάδες: α) την ιζηματογενή υποομάδα και β) την πυριγενή υποομάδα.

Η ιζηματογενής υποομάδα χωρίζεται σε τέσσερα μέλη:

### 1. Ψαμμιτικό Μέλος

Περιλαμβάνει καλά στρωμένους γκρι ψαμμίτες με ενδιάμεσες στρώσεις οργανικών υπολειμμάτων. Κατά θέσεις υπάρχουν ενδιάμεσα στρώματα σχιστολιθικών και κερατολιθικών ζωνών. Το μέλος αυτό είναι Τριαδικής ηλικίας και το πάχος του ποικίλει από 3-15 m. Κυρίως παρουσιάζει διαβαθμισμένα στρώματα, καθώς και διασταυρούμενη στρώση.

### 2. Πελαγικοί Ασβεστόλιθοι

Πρόκειται για λεπτοστρωματώδεις γκρι ασβεστόλιθους, με ενδιάμεσα απολιθωματοφόρα στρώματα. Η ηλικία των στρωμάτων αυτών είναι Τριαδική και το πάχος τους ποικίλει από 0-6 m.

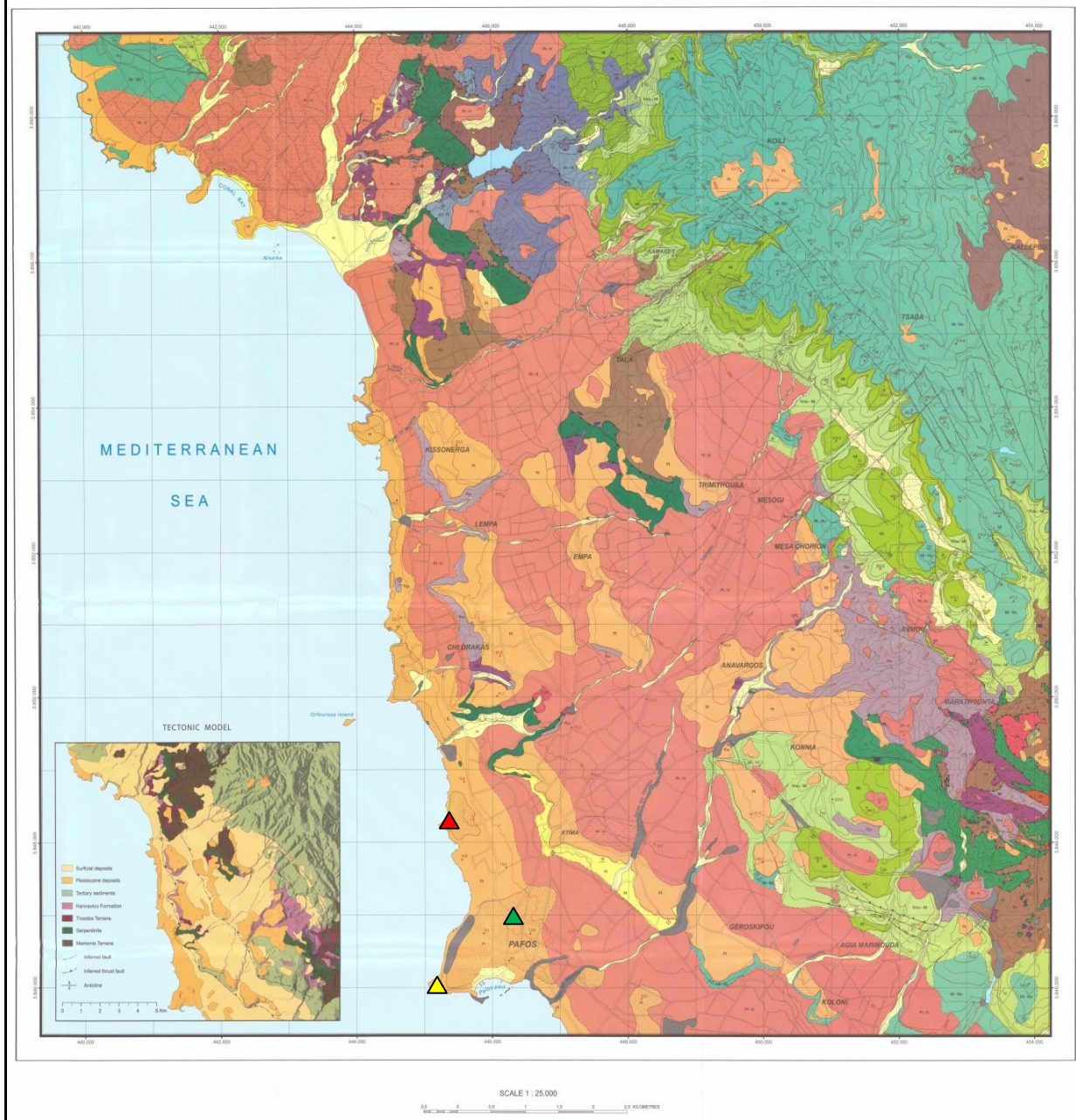
### 3. Ασβεστόλιθοι της Πέτρας του Ρωμιού

Το μέλος αυτό περιλαμβάνει μερικώς ανακρυσταλλωμένους, λευκούς ασβεστόλιθους.

### 4. Σχιστολιθικό-Κερατολιθικό Μέλος

Αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα καφέ και μαύρων μαγγανιούχων σχιστόλιθων, κόκκινων σχιστόλιθων, πρασινωπών και κοκκινωπών κερατόλιθων, χονδρόκοκκων κιτρινωπών ψαμμιτών με κατά θέσεις διαβαθμισμένη στρώση και βιτουμενούχους σχιστόλιθους. Η ηλικία των σχηματισμών αυτών είναι Τριαδική-Ιουρασική. Το σχιστολιθικό-κερατολιθικό μέλος είναι ευρέως διαδεδομένο στο σύμπλεγμα των Μαμωνίων.





Εικ. 2.3. Γεωλογικός χάρτης περιοχής Πάφου-Καλλέπεια (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου, 2008).

▲: Θέση δείγματος 29, ▲: Θέση δείγματος 30, ▲: Θέση δείγματος 31



EXPLANATORY NOTES

In the central part of the island, the Troodos Terrane presents a complete and well preserved ophiolite sequence. In the Pafos area, this sequence is juxtaposed with the Triassic-Cretaceous rocks of the Mamonia Terrane, forming a wide arcuate tectonic belt which can be traced along the southwestern part of Cyprus, from the Akamas peninsula in the west to the Diarizos river basin and Petra tou Romiou in the east.

The sequence of the Mamonia lithologies range in age from the Upper Triassic to the Lower Cretaceous and represents a melange that was accreted onto the hanging wall of a north-dipping subduction zone above which the Troodos ophiolite formed. Subsequent collision of this subduction zone with the neighbouring Arabian Plate in the Maastrichtian was accompanied by an anticlockwise rotation of the Troodos Terrane. This rotation led to the juxtaposition of Troodos rocks with the Mamonia which further complicated the geologic structure now generally accepted as being a suture zone between the African and Eurasian Plates.

The stratigraphic subdivision of the Mamonia Terrane poses problems. However, two main groups can be recognised. The Agios Fotios Group is a series of Upper Triassic - Lower Cretaceous sediments consisting of quartz sandstones, shelf and hemipelagic limestones and pelagic siliceous sediments. The Diarizos Group is an Upper Triassic - Lower Cretaceous volcano-sedimentary sequence of extensive (yellow lavas) and minor intrusive rocks with some sediments. The Agia Varvara rocks represent Diarizos Group lithologies metamorphosed to amphibolite facies in the Campanian.

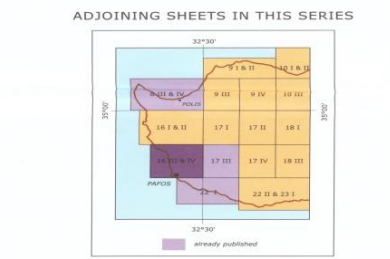
Upper Cretaceous bentonitic clays of the Kannaviou Formation, debris of the Kathikas Formation (not exposed in the present map area) and predominantly Paleogene deep marine calcareous sediments and cherts (Lefkara Formation) overlay the Troodos and Mamonia Terranes. Shallow water carbonates (Tera Member) mark the boundary between the Lefkara and Pachna Formations and present evidence for shallow seas in the Lower Miocene. Miocene Pachna Formation cherts and marls indicate a hemipelagic depositional environment. During the Messinian Salinity Crisis in the Mediterranean, gypsum and gypsumiferous marls (Kalavaso Formation) were deposited onto the Pachna Formation in a basin immediately to the north of the study area. An early Pliocene Mediterranean basin transgression initiated the deposition of the Nicosia Formation marls. Subsequent Pleistocene uplift and sea level fluctuations laced the landscape with remnants of uplifted marine terraces and alluvial fans.

The major tectonic contacts within the suture zone do not show signs of reactivation in the Quaternary, at least at the surface. Quaternary deformations are mainly located along the coastline. In a zone almost parallel to the suture zone. They correspond to a major double, blind thrust system extending from the Mavrokolympas fault in the northwest to Ezoouss river tributaries in the southeast. It is mostly sealed by Pleistocene deposits and ruptures the surface around the village of Agia Marinaudou in the form of an anticline.

Table with 2 columns: TOPOGRAPHIC AND OTHER FEATURES and GEOLOGICAL SYMBOLS. Lists symbols for highways, roads, rivers, faults, and geological boundaries.

Geology by E. Tsiolakis and Z. Zomeni
Head of General Geology, GIS and Cartography Section, I. Panayides
Director, Cyprus Geological Survey, Dr. P. Michaelides
Map compilation by Z. Zomeni, I. Iosif-Stylianou, M. Paschali, T. Aristidou and G. Erotocritou with the use of a Geographical Information System
Digital Cartography by I. Iosif-Stylianou and T. Aristidou
Geographical names have been standardised by the Cyprus Permanent Committee for the Standardisation of Geographical Names, 1991
Topography is based on the digitisation of the 1:5,000 Cyprus Maps, Series D.L.5. 17

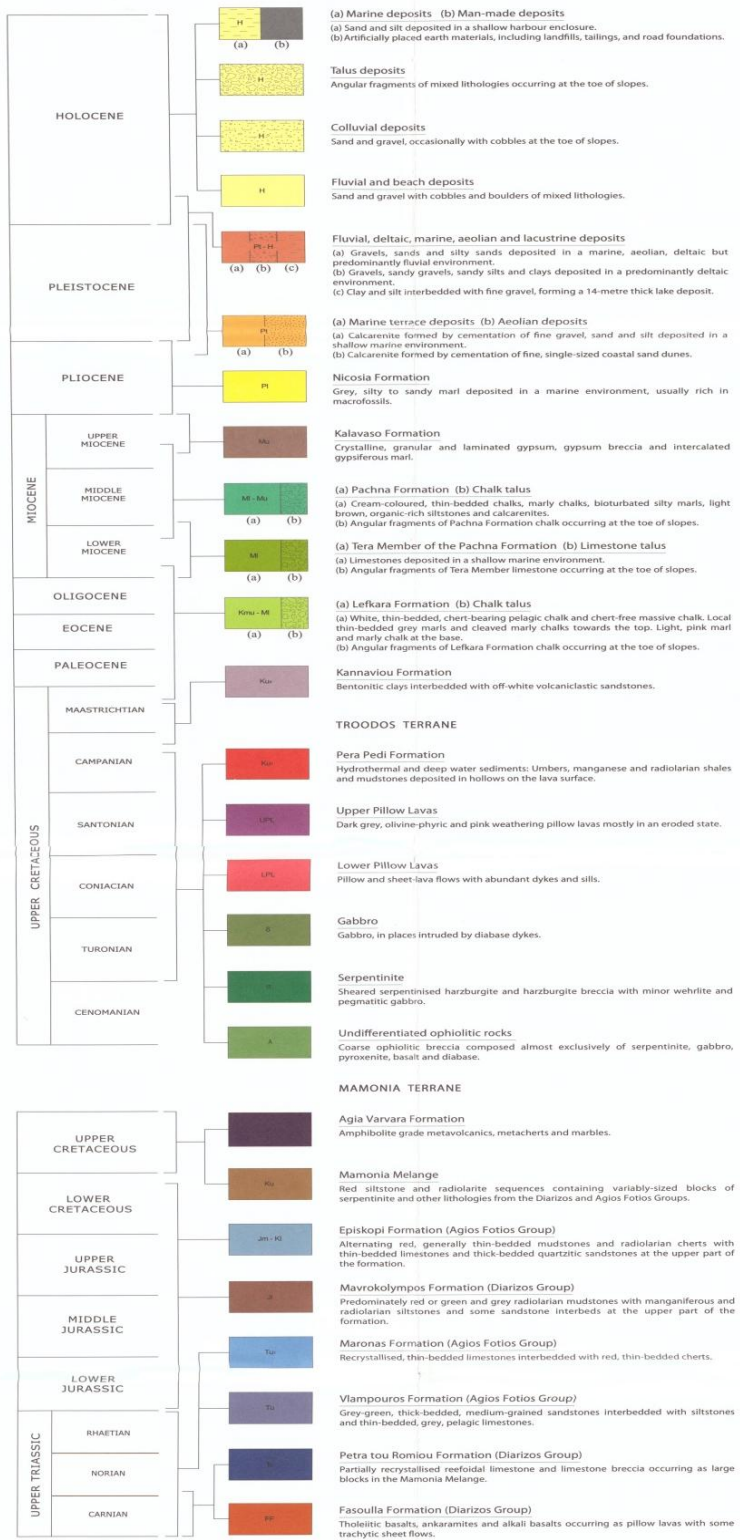
Table with 2 columns: Projection and Unit of measurement. Lists Universal Transverse Mercator, WGS 84, and Metre.



ISBN 978-9963-1-7512-3
© STATE COPYRIGHT RESERVED, 2008

LEGEND

SEDIMENTARY SEQUENCE



Εικ. 2.4. Υπόμνημα γεωλογικού χάρτη περιοχής Πάφου-Καλλέπεια (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου, 2008)

Η πυριγενής υποομάδα περιλαμβάνει τις pillow λάβες των Μαμωνίων και τους σερπεντινίτες:

#### 1. *Pillow* λάβες

Βρίσκονται σε εναλλαγές με τους ασβεστόλιθους και κατά θέσεις με τα ψαμμιτικά μέλη και είναι Τριαδικής ηλικίας.

#### 2. *Σερπεντινίτες*

Παρουσιάζονται αρκετά σχιστοποιημένοι. Είναι Κατώτερης Τριαδικής ηλικίας ή και μεγαλύτερης και υπερκαλύπτονται από τους ιζηματογενής σχηματισμούς των Μαμωνίων, ενώ με επώθηση βρίσκονται σήμερα πάνω σε νεότερα ιζηματογενή πετρώματα Καμπανίου ηλικίας.

Η αυτόχθονη ακολουθία της περιοχής της Πάφου περιλαμβάνει τα πυριγενή πετρώματα του Τροόδους και ιζηματογενή πετρώματα τα οποία χρονολογούνται από το ανώτερο Κρητιδικό μέχρι και σήμερα. Τα πυριγενή πετρώματα του Τροόδους καταλαμβάνουν μόνο ένα μικρό μέρος της έκτασης της περιοχής της Πάφου στα βορειοανατολικά. Αποτελούνται από τις ανώτερες και κατώτερες pillow λάβες, καθώς και από μέλη της βασαλτικής ομάδας. Τα πετρώματα αυτά καλύπτονται ασύμφωνα από τα ιζήματα των σχηματισμών Κανναβιού και Λευκάρων. Ο σχηματισμός των ανώτερων pillow λαβών είναι Καμπανίου ηλικίας, καθώς βρίσκονται σε εναλλαγή με τις ούμβρες του σχηματισμού Περαπεδίου οι οποίες περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά απολιθώματα αυτής της ηλικίας.

Τα ιζηματογενή πετρώματα της αυτόχθονης ακολουθίας διαιρούνται στους ακόλουθους σχηματισμούς:

#### 1. *Σχηματισμός Περαπεδίου*

Αποτελείται από ούμβρες, ουμβρώδης σχιστόλιθους, κερατόλιθους με ραδιόλάρια και σχιστόλιθους. Βρίσκεται παρεμβαλλόμενος στις ανώτερες pillow λάβες του Τροόδους και είναι Καμπανίου ηλικίας.

#### 2. *Σχηματισμός Κανναβιού*

Αποτελείται από γκριζοπράσινες μπετονιτικές αργίλους με ενστρώσεις υπόλευκων ηφαιστειοκλαστικών ψαμμιτών. Το πάχος του σχηματισμού ποικίλει από 100-600m και βρίσκεται ασύμφωνα πάνω από τις pillow λάβες του Τροόδους.

#### 3. *Σχηματισμός melange*

Ο σχηματισμός αυτός είναι το αποτέλεσμα της διάβρωσης των πετρωμάτων του συμπλέγματος Μαμωνίων κατά το Μαιστρίχτιο (Ανώτερο Κρητιδικό). Πρόκειται για λατύποπαγή και ογκόλιθους πυριγενούς ή ιζηματογενούς χαρακτήρα που επιπλέουν μέσα σε αργιλικό υλικό. Ο σχηματισμός αυτός υπερκαλύπτει το σύμπλεγμα Μαμωνίων και τον σχηματισμό Κανναβιού, ενώ καλύπτεται ασύμφωνα από το σχηματισμό Λευκάρων.

#### 4. *Σχηματισμός Λευκάρων*

Ο σχηματισμός Λευκάρων σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια του Παλαιογενούς και αποτελείται κυρίως από κρητίδες, μάργες, μαργαϊκές κρητίδες, κρητιδικές μάργες και κατά θέσεις κερατόλιθους με μορφή ταινιών ή κονδύλων, πάχους 0-300m. Επίσης, περιλαμβάνει στα ανώτερα του στρώματα τον σχηματισμό απολιθωματοφόρων υφαλογενών ασβεστόλιθων του κατώτερου Μειόκαινου, το πάχος του οποίου ποικίλει από 10-15m έως 150m.

Ο σχηματισμός Πάχγας καταλαμβάνει κυρίως το βόρειο τμήμα της περιοχής Πάφου και αποτελείται από εναλλαγές μάργων, κρητίδων, μαργαϊκών κρητίδων και κρητιδικών



μαργών. Επίσης, ο σχηματισμός αυτός περιλαμβάνει σε μικρότερη έκταση ασβεστολιθικούς ψαμμίτες. Έχει ηλικία μέσο Μειόκαινο και πάχος του κυμαίνεται από 0-200m.

5. *Σχηματισμός Καλαβασού*

Αποτελείται από τρεις κυρίως ποικιλίες γύψου: α) μεσόκοκκος έως χονδρόκοκκος, γκρι έως λευκός, β) σεληνιτικός γύψος με μεγάλους αδιαφανείς κρυστάλλους, γ) λεπτοστρωματώδης, λευκοκρατικός, σκληρός και συμπαγής. Η ηλικία του σχηματισμού αυτού είναι ανώτερο Μειόκαινο και το πάχος κυμαίνεται από 0-200m. Στρωματογραφικά βρίσκεται πάνω από τις μάργες του σχηματισμού Πάχνας.

6. *Σχηματισμός Λευκωσίας*

Η ηλικία του σχηματισμού αυτού είναι ανώτερο Μειόκαινο με Πλειόκαινο. Στην περιοχή Πάφου εμφανίζεται τόσο στα βόρεια, όσο και στα νότια σε ένα άξονα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Στις βόρειες περιοχές βρίσκεται ασύμφωνα πάνω από το σχηματισμό Πάχνας ή τον σχηματισμό Καλαβασού, ενώ στις νότιες περιοχές βρίσκεται κάτω από το σχηματισμό Αθαλάσσας. Ο σχηματισμός Λευκωσίας αποτελείται κυρίως από πρασινωπές αμμώδεις μάργες σε εναλλαγές με ασβεστολιθικά στρώματα ή κατά θέσεις με κροκαλοπαγή.

7. *Σχηματισμός Αθαλάσσας*

Εμφανίζεται στις νότιες παράκτιες περιοχές της ευρύτερης περιοχής της Πάφου και αποτελείται από καφέ βιοασβετιτικούς ψαμμίτες κατά θέσεις εναλλασόμενους με κίτρινες μάργες. Το μέσο πάχος του σχηματισμού αυτού είναι 10-15m και είναι ηλικίας ανώτερου Πλειόκαινου – κατώτερου Πλειστόκαινου.

8. *Πλειστοκαινικές-σύγχρονες αποθέσεις*

Ο σχηματισμός αυτός περιλαμβάνει τις Τεταρτογενής αποθέσεις. Αποτελείται από τις ποτάμιες αποθέσεις, το σύναγμα (κροκαλοπαγή) και από τα αλλούβια και κολλούβια.

### 3. Δομικοί Λίθοι και Μηχανισμοί Φθοράς

Από τους προϊστορικούς χρόνους τα πετρώματα, χρησιμοποιούνταν ως δομικοί λίθοι για την κατασκευή κατοικιών, τοιχοποιιών, υποστρωμάτων κ.α.. Τα φυσικά αυτά δομικά υλικά αφθονούν στην επιφάνεια της γης σε γεωλογικά περιβάλλοντα όπως της Ελλάδος και της Κύπρου. Η χρήση των πετρωμάτων ωστόσο ως δομικοί λίθοι περιορίστηκε σημαντικά στη σύγχρονη εποχή μετά την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών δόμησης και την χρήση νέων υλικών στις κατασκευές. Ωστόσο, παρά το γεγονός του περιορισμού χρήσης των πετρωμάτων, η καθολική παρουσία τους στα πλείστα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς σε συνδυασμό με την ανάγκη προστασίας και συντήρησής τους, καθιστά την χρήση των πετρωμάτων ως δομικά υλικά απαραίτητη μέχρι και σήμερα.

#### 3.1. Χρήση πετρωμάτων ως δομικοί λίθοι

Από αρχαιοτάτων χρόνων, όταν ο άνθρωπος άρχισε να οργανώνεται αρχικά σε οικισμούς και στη συνέχεια σε αστικά κέντρα, ξεκίνησε να χρησιμοποιεί τα υλικά που είχε διαθέσιμα στη φύση για την κατασκευή τους. Τα υλικά αυτά ήταν το χώμα (αργίλο-ιλυώδες) και το νερό, καθώς και οι «αργοί λίθοι», δηλαδή λίθοι ακανόνιστου σχήματος και μεγέθους οι οποίοι χρησιμοποιούνται χωρίς καμία επεξεργασία (Φιλοκύπρου, 2012). Η χρησιμοποίηση της πέτρας στη δόμηση ήταν ευρεία, καθώς η γεωλογική διαθεσιμότητα του φυσικού λίθου είναι ουσιαστικά ανεξάντλητη, ενώ είναι επίσης θεωρητικά ανθεκτικό υλικό ιδιαίτερα σε σχέση με την ανθρώπινη διάρκεια ζωής. Κατά την Ύστερη εποχή του Χαλκού ξεκινά να εμφανίζεται και η επεξεργασμένη (πελεκητή) πέτρα ως δομικός λίθος, δηλαδή ο άνθρωπος αρχίζει να νοιάζεται για την όψη και την αισθητική των οικοδομημάτων του. Στη σημερινή εποχή η κατασκευαστική τεχνολογία έχει προχωρήσει και πλέον χρησιμοποιούνται υλικά ευκολότερα στη χρήση όπως ο χάλυβας και το σκυρόδεμα, καθώς η ραγδαία ανάπτυξη και αστικοποίηση απαιτεί ταχύτερους ρυθμούς δόμησης οι οποίοι δεν προσφέρονται με την χρησιμοποίηση των πετρωμάτων σαν κύρια δομικά υλικά.

Μια σημαντική παράμετρος που επηρέαζε, κυρίως στην αρχαιότητα, τις κατασκευές ήταν η διαθεσιμότητα των δομικών λίθων και αυτό γιατί δεν αποτελούν όλα τα πετρώματα ίδιας ποιότητας δομικό λίθο. Επίσης, λόγω δυσκολίας μεταφοράς ήταν σημαντικό οι δομικοί λίθοι να είναι διαθέσιμοι σε κοντινή περιοχή.

Γύρω στο 314 π.Χ. ο Θεόφραστος αναφέρθηκε στα χαρακτηριστικά που έκαναν του δομικούς λίθους πολύτιμους (Dworakowska 1975):

- α) Να βρεθούν σε μεγάλες εκτάσεις και να αποτελούνται από πλήρη στρώματα
- β) Να μπορούν να εξαχθούν σε ολόκληρα κομμάτια
- γ) Να έχουν ευχάριστο χρώμα
- δ) Ομαλή επιφάνεια
- ε) Να είναι σχετικά σκληροί

Οι αισθητικές και φυσικές ιδιότητες των πετρωμάτων αποτελούν τα βασικά κριτήρια της επιλογής τους για χρήση ως δομικά υλικά. Οι ιδιότητες αυτές καθορίζονται κυρίως από τη χημεία, την ορυκτολογία και την υφή ενός πετρώματος.

Έτσι οι κύριοι δομικοί λίθοι είναι:

- Ασβεστόλιθοι
- Ψαμμίτες
- Τραβερίνες
- Γρανίτες
- Μάρμαρα
- Σχιστόλιθοι
- Άλλα (Χαλαζίτες, Βασάλτες, Οψιδιανός)

Η χρησιμοποίηση των πετρωμάτων ως δομικοί λίθοι μειώθηκε αισθητά τον τελευταίο αιώνα, ωστόσο ήταν κυρίαρχο υλικό κατασκευής για πολλούς αιώνες με αποτέλεσμα σημαντικό μέρος της πολιτιστικής και ιστορικής μας κληρονομιάς να αποτελείται εξολοκλήρου ή εν μέρει από λίθινα μνημεία. Τα δομικά υλικά των μνημείων και κτηρίων πολιτιστικής κληρονομιάς εκτίθενται για εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια στην ελεύθερη ατμόσφαιρα, στη βροχή, τον άνεμο, σε κύκλους ψύξης-απόψυξης, κ.α. με αποτέλεσμα να τείνουν να χάνουν την ακεραιότητά τους και κατά συνέπεια να αποδυναμώνονται τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά.

## 3.2. Μηχανισμοί φθοράς δομικών λίθων

Οι δομικοί λίθοι μπορούν να χάσουν τη συνοχή τους μέσω της αποσάθρωσης, από την έκθεση τους στην ατμόσφαιρα. Οι διεργασίες της αποσάθρωσης συνήθως προχωρούν αργά, στην περίπτωση όμως που θέλουμε οι δομές αυτές να διατηρηθούν για πολλές γενιές ακόμη (π.χ. πολιτιστική κληρονομιά) ακόμη και οι μικρές αλλαγές είναι πολύ σημαντικές. Συνήθως, προβλήματα φθορών παρατηρούνται σε τοιχοποιίες που αποτελούνται από πορώδη ιζηματογενή πετρώματα όπως ψαμμίτες και βιογενής ασβεστόλιθους. Γενικά, πιστεύεται ότι η διάβρωση προκύπτει από διάλυση του συγκολλητικού υλικού των κόκκων του πετρώματος ή από διαταραχή του ιστού τους από τάσεις οι οποίες αναπτύσσονται από την κρυστάλλωση αλάτων μέσα στους πόρους ή/και τη θερμική διαστολή των κόκκων των ορυκτών.

Η φθορά των πετρωμάτων σε κτήρια ή μνημεία είναι μια πολύπλοκη διαδικασία ή συνδυασμός διεργασιών με αρκετούς αλληλένδετους παράγοντες. Έτσι, πριν την εφαρμογή οποιασδήποτε μορφής συντήρησης είναι σημαντικό να κατανοηθούν πλήρως όλες οι μεταβλητές που προκαλούν την φθορά, ενώ τα υλικά συντήρησης θα πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά λαμβάνοντας υπόψη τη φυσική και χημική συμβατότητα με τα μητρικά πετρώματα.

Ο ρυθμός υποβάθμισης των δομικών υλικών εξαρτάται από το είδος του πετρώματος και από τη φύση του περιβάλλοντος. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι διάφοροι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τη διάρκεια ζωής των δομικών υλικών. Τέτοιοι οι παράγοντες μπορεί να είναι **κλιματικοί** (θερμοκρασία, νερό, φυσικοί και μη αέριοι ρυπαντές, άνεμος, κύκλοι ψύξης-απόψυξης), **βιολογικοί** (μύκητες, βακτήρια, μικροοργανισμοί), **δυναμικοί** (σεισμοί), και **παράγοντες ασυμβατότητας** (ασυμβατότητα υλικών). Στους παράγοντες που επηρεάζουν την καταστροφή των πετρωμάτων περιλαμβάνονται η σύσταση και η δομή τους.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι από τη στιγμή που διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την φθορά των πετρωμάτων, θα λειτουργούν αντίστοιχα και διάφοροι μηχανισμοί φθοράς. Κατά καιρούς αρκετοί μελετητές έκαναν προσπάθειες ομαδοποίησης αυτών των μηχανισμών φθοράς, έτσι ώστε να μπορούν οι μελέτες τους να αποτελούν εργαλεία στα χέρια των συντηρητών μνημείων. Ωστόσο μια τέτοια διάκριση είναι αρκετά δύσκολη αφού κάθε μνημείο αποτελείται από διαφορετικό τύπο πετρωμάτων και βρίσκεται σε διαφορετικό περιβάλλον, αποτελώντας ουσιαστικά μια μοναδική περίπτωση κάθε φορά.

### 3.2.1 Εικονογραφημένο γλωσσάρι των τύπων φθοράς της πέτρας της ISCS-ICOMOS (ICOMOS-ISCS, 2008)

Με βάση παλαιότερες μελέτες σχετικά με τους μηχανισμούς φθοράς των δομικών λίθων, η διεθνής Επιστημονική Επιτροπή Λίθου (International Scientific Committee for Stone) του ISCS-ICOMOS το 2001, μάζεψε και σύγκρινε διάφορους όρους και τύπους φθορών δημιουργώντας το εικονογραφημένο γλωσσάρι των τύπων φθοράς της πέτρας της ISCS-ICOMOS. Το γλωσσάρι αυτό οργανώνεται σε 6 κύριες ομάδες οι οποίες περιέχουν από 2 έως 11 όρους η καθεμιά. Πιο κάτω αναφέρονται αναλυτικά οι 6 αυτές ομάδες.

Η **πρώτη ομάδα** περιλαμβάνει και εξηγεί τους εξής γενικούς όρους:

- **Μεταβολή (Alteration):** *Τροποποίηση* του υλικού που δεν συνεπάγεται αναγκαστικά μια επιδείνωση των χαρακτηριστικών του από την άποψη της διατήρησης. Για παράδειγμα, μια αναστρέψιμη επικάλυψη που εφαρμόζεται σε μια πέτρα μπορεί να θεωρηθεί ως μια τροποποίηση.
- **Ζημιά/Φθορά (Damage):** Ο τρόπος που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος την απώλεια αξίας λόγω φθοράς.
- **Φθορά/διάβρωση (Decay):** Κάθε χημική ή φυσική τροποποίηση των εγγενών ιδιοτήτων του πετρώματος που οδηγεί σε απώλεια της αξίας ή απομείωση της χρήσης του.
- **Υποβάθμιση (Degradation):** Μείωση της ποιοτικής ή της λειτουργικής ικανότητας.
- **Αλλοίωση (Deterioration):** Διαδικασία επιδείνωσης της ποιότητας, της αξίας, του χαρακτήρα, κλπ.
- **Αποσάθρωση (Weathering):** Κάθε χημική ή μηχανική διαδικασία με την οποία τα πετρώματα που εκτίθενται στις καιρικές συνθήκες υπόκεινται μεταβολές στο χαρακτήρα και αλλοιώνονται.

Η **δεύτερη ομάδα** αφορά τους τύπους ρωγμών και παραμορφώσεων με δύο υποομάδες οι οποίες είναι αντίστοιχα:

- **Ρωγμές (Crack):** Περιλαμβάνει μεμονωμένες ρωγμές οι οποίες παρατηρούνται με γυμνό μάτι. Αναφέρεται ότι η ρωγμάτωση μπορεί να οφείλεται στις καιρικές συνθήκες, στις ατέλειες του λίθου, σε στατικά προβλήματα, σε σκουριασμένους μεταλλικούς πείρους, πολύ σκληρά κονιάματα αποκατάστασης, σεισμικές δονήσεις, πυρκαγιές και παγετό (Εικ. 3.2.1).
- **Παραμόρφωση (Deformation):** Περιγράφει μεταβολή στο σχήμα, χωρίς να χάνεται η ακεραιότητα, που οδηγεί σε κάμψη, κύρτωση ή στροφή ενός ογκόλιθου (Εικ. 3.2.1).



Εικόνα 3.2.1: Οριζόντια ρωγμή (αριστερά) λόγω σκουριασμένου μεταλλικού σφικτήρα και παραμόρφωση (δεξιά) σε λευκή μαρμάρινη πλάκα (ICOMOS-ISCS, 2008).

Η **τρίτη ομάδα** αφορά τους μηχανισμούς φθοράς που σχετίζονται με αποκόλληση υλικού, περιλαμβάνει επτά (7) υποομάδες οι οποίες είναι αντίστοιχα:

- Φουσκάλες (**Blistering**): Είναι μηχανισμός φθοράς ο οποίος προκαλείται από τη δράση διαλυτών αλάτων και παρατηρείται στην επιφάνεια των πετρωμάτων. Πρόκειται για διαχωρισμό πληρωμένων σε αέρα ημισφαιρικών ανυψώσεων στην επιφάνεια των πετρωμάτων, η αποκόλληση δεν σχετίζεται με τη δομή του πετρώματος.
- Σκάσιμο (**Bursting**): Οφείλεται στην αύξηση του όγκου των ορυκτών που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του πετρώματος. Πρόκειται για τοπική απώλεια του πετρώματος λόγω εσωτερικής πίεσης η οποία συνήθως εκδηλώνεται με τη μορφή ενός ακανόνιστου κρατήρα.
- Αποκόλληση (**Delamination**): Διαδικασία αποχωρισμού που επηρεάζει τα στρωσιγενή πετρώματα (ιζηματογενή και μεταμορφωμένα). Ο διαχωρισμός μπορεί να γίνεται σε ένα ή περισσότερα επίπεδα (Εικ. 3.2.2).
- Αποικοδόμηση (**Disintegration**): Πρόκειται για απομάκρυνση απλών κόκκων ή συσσωματωμάτων κόκκων (Εικ. 3.2.2). Μερική ή επιλεκτική κοκκώδης αποικοδόμηση συχνά οδηγεί σε χαρακτηριστικές επιφανειακές μορφές όπως είναι η κυνέλωση (alveolization) και η στρογγυλοποίηση (rounding).
- Κατακερματισμός (**Fragmentation**): Πλήρης ή μερική διάσπαση ενός πετρώματος σε τμήματα μεταβλητών διαστάσεων που έχουν ακανόνιστο σχήμα, πάχος και όγκο. Μπορεί να προκληθεί από υπερφόρτωση πετρωμάτων (π.χ. το πάνω και το κάτω μέρος μονολιθικών κιόνων).
- Απολέπιση (**Peeling**): Περικοπή ή μερική αποκόλληση του επιφανειακού στρώματος (της τάξης υποχιλιοστού έως χιλιοστού) που έχει όψη μεμβράνης ή επιχρίσματος.
- Κλιμάκωση (**Scaling**): Παρατηρείται απόσπαση τμήματος του πετρώματος σε κλιμακωτή μορφή (σκαλοπάτια) χωρίς να ακολουθείται κάποια δομή του πετρώματος. Η αποκόλληση γίνεται σε μορφή λεπιών ψαριού με πάχος μεταξύ mm και cm.



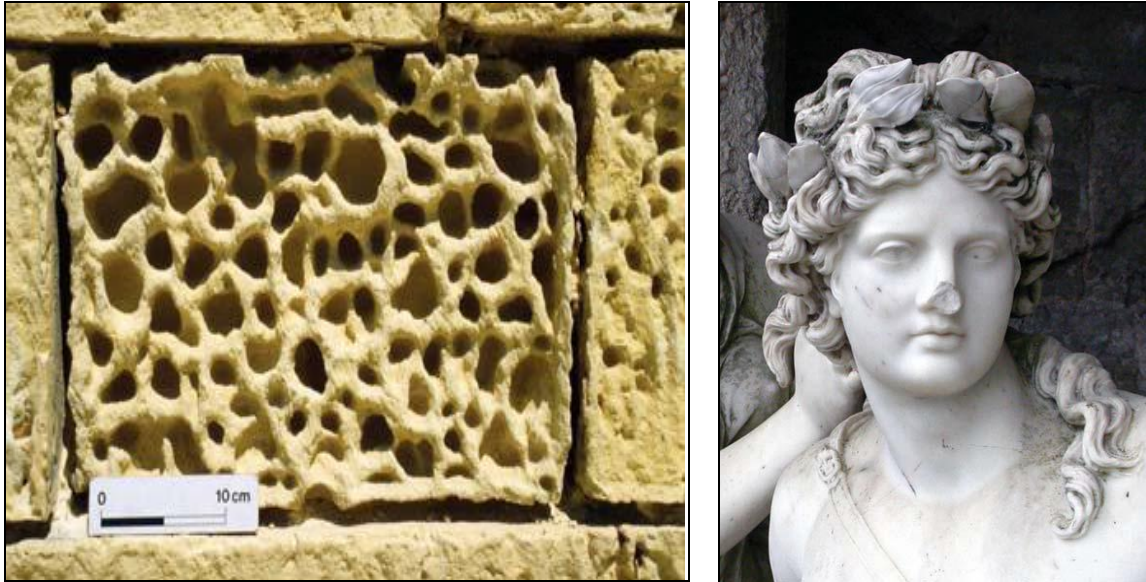


Εικ. 3.2.2: Αποφλοίωση ψαμμίτη, χαρακτηρίζεται από απόσπαση (αριστερά) πολλαπλών λεπτών στρωμάτων υποπαράλληλων προς την επιφάνεια του πετρώματος και αποικοδόμηση (δεξιά) χονδρόκοκκου γρανίτη (ICOMOS-ISCS, 2008).

Η **τέταρτη ομάδα** αφορά τους μηχανισμούς φθοράς που σχετίζονται με χαρακτηριστικά που προκαλούνται από απώλεια υλικού με επτά (7) υποομάδες οι οποίες είναι αντίστοιχα:

- **Κυψέλωση (Alveolization)**: Η κυψέλωση αποτελεί διάβρωση η οποία προκύπτει λόγω ανομοιογένειας σε φυσικές ή χημικές ιδιότητες του πετρώματος (Εικ. 3.2.3). Πρόκειται για σχηματισμό κοιλότητων (κυψέλων) στην επιφάνεια του πετρώματος, οι οποίες μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους με μεταβλητά σχήματα και μεγέθη (συνήθως είναι της τάξης cm και μερικές φορές m).
- **Διάβρωση (Erosion)**: Αυτός ο τύπος μηχανισμού φθοράς μπορεί να έχει φυσικά ή/και ανθρωπογενή αίτια και μπορεί να προκύψει μέσω χημικών, φυσικών ή/και βιολογικών διεργασιών. Ανάλογα με το αποτέλεσμα που παρατηρείται η υποομάδα αυτή μπορεί να διαχωριστεί σε *διαφορική διάβρωση (differential erosion)*, *στρογγυλοποίηση (rounding)* και *εκτράχυνση (roughening)*.
- **Μηχανική φθορά (Mechanical damage)**: Αυτός ο μηχανισμός φθοράς χαρακτηρίζει απώλεια υλικού του πετρώματος καθαρά λόγω μηχανικής δράσης. Συχνά είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενούς επίδρασης.
- **Μικροκοιλότητες (Microkarst)**: Πρόκειται για δίκτυο μικρών επικοινωνούντων κοιλότητων (της τάξης mm έως cm) οι οποίες μερικές φορές μοιάζουν με υδρογραφικό δίκτυο. Ο τύπος αυτός φθοράς οφείλεται σε μερική ή/και σε επιλεκτική διάλυση ασβεστολιθικών επιφανειών πετρωμάτων τα οποία εκτίθενται σε απορροή νερού.
- **Ελλιπών τμημάτων (Missing part)**: Ο τύπος αυτός χαρακτηρίζει περιπτώσεις απώλειας ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του πετρώματος (Εικ. 3.2.3), όπως πολύ συχνά συμβαίνει με προεξέχοντα και ιδιαίτερα εκτεθειμένα τμήματα γλυπτών (μύτη, δάκτυλα).
- **Διάτρηση (Perforation)**: Μια ή σειρά από επιφανειακές τρύπες, οπές ή κενά (της τάξης των mm έως cm) που προκαλούνται από αιχμηρό αντικείμενο ή από κάποιο ζώο (π.χ. σφήκες ή θαλάσσια μαλάκια). Οι τρύπες έχουν μεγαλύτερο βάθος παρά πλάτος και διεισδύουν μέσα στο πέτρωμα.
- **Σημειακά σκασίματα (Pitting)**: Ο τύπος αυτός οφείλεται σε μερική ή επιλεκτική αλλοίωση. Μπορεί να προκαλείται από χημικά ή βιογενή αίτια, ιδιαίτερα σε ανθρακικά πε-

τρώματα. Μπορεί επίσης να προκληθεί από τυχόν ακατάλληλη μέθοδο καθαρισμού και συντήρησης. Πρόκειται για σημειακές ρηχές κοιλότητες μεγέθους χιλιοστού έως υποχιλιοστού. Οι κοιλότητες αυτές έχουν γενικά κυκλικό ή κωνικό σχήμα και δεν αλληλοσυνδέονται.



Εικ. 3.2.3: Κυψέλωση (αριστερά) σε πορώδης ασβεστόλιθο και χαμένο τμήμα (μύτη) πετρώματος (δεξιά) σε γλυπτό (ICOMOS-ISCS, 2008).

Η **πέμπτη ομάδα** αφορά τους μηχανισμούς φθοράς που σχετίζονται με αποχρωματισμό των πετρωμάτων και απόθεση υλικού με έντεκα (11) υποομάδες οι οποίες είναι αντίστοιχα:

- **Κρούστα (Crust)**: Ο τύπος αυτός χαρακτηρίζει την γενικά συνεκτική συσσώρευση υλικού στην επιφάνεια του πετρώματος (Εικ. 3.2.4). Οι κρούστες μπορεί να περιλαμβάνουν εξωγενείς αποθέσεις σε συνδυασμό με άλλα υλικά που προέρχονται από το ίδιο το πέτρωμα. Συχνά οι κρούστες είναι σκουρόχρωμες (μαύρες κρούστες), αλλά μπορεί να υπάρξουν και πιο ανοικτόχρωμες (κρούστες διαλυτών αλάτων). Το πάχος τους μπορεί να είναι ομοιογενές με αποτέλεσμα να αντιγράφεται η επιφάνεια του πετρώματος ή να είναι ακανόνιστο με αποτέλεσμα να διαταράσσεται η αναγνώριση των λεπτομερειών της επιφάνειας.
- **Απόθεση (Deposit)**: Πρόκειται για συσσώρευση εξωγενούς υλικού ποικίλου πάχους. Μια απόθεση συνήθως δεν παρουσιάζει πρόσφυση με το υπόστρωμα. Ο τύπος αυτός μπορεί να περιγραφεί ως προς το χρώμα, τη μορφολογία, το μέγεθος και εάν είναι δυνατόν ως προς τη φύση ή/και την προέλευσή της. Μερικά παραδείγματα αποθέσεων είναι: οι πιτσιλιές χρώματος ή κονιάματος, τα θαλάσσια αερολύματα, τα ατμοσφαιρικά σωματίδια (αιθάλη ή σκόνη), υπολείμματα υλικών συντήρησης κ.α. Τα περιττώματα πουλιών και νυχτερίδων κατατάσσονται σε αυτό τον τύπο μηχανισμών φθοράς, ενώ οι φωλιές πουλιών και οι ιστοί αραχνών θεωρούνται βιολογικοί αποικισμοί.
- **Αποχρωματισμός (Discolouration)**: Ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται από αλλαγή του χρώματος του πετρώματος (Εικ. 3.2.4) ως προς μια από τις τρεις παραμέτρους: χροιά (απόχρωση), ένταση (σκοτεινότητα – φωτεινότητα) και χρωματισμός (υψηλός χρωματισμός – χαμηλός χρωματισμός). Η φθορά αυτού του τύπου παράγεται από άλατα, από τη διάβρωση μετάλλων (π.χ. Fe, Pb, Cu), από μικροοργανισμούς ή από έκθεση σε πυρκαγιά. Μερικοί χαρακτηριστικοί κίτρινοι, πορτοκαλί, καφέ και μαύροι τύποι αποχρωματισμού οφείλονται στην παρουσία καροτενοειδών (carotenoids) και μελανίνης (melanins)

που παράγονται από μύκητες (fungi) και κυανοβακτηρίδια (cyanobacteria). Οι σκουρόχρωμες περιοχές λόγω ύγρανσης μπορεί να έχουν διαφορετικά σχήματα και εκτάσεις ανάλογα με την προέλευση τους (π.χ. διαρροή σωληνώσεων, ανερχόμενη υγρασία).

- **Εξανθήματα (Efflorescence)**: Αυτός ο τύπος φθοράς χαρακτηρίζεται από την παρουσία εξανθημάτων γενικά υπόλευκου χρώματος, σε μορφή σκόνης ή κρυστάλλων στην επιφάνεια του πετρώματος. Τα εξανθήματα είναι γενικά φτωχά σε συνοχή και είναι ασθενώς συνδεδεμένα με το υπόστρωμα. Συνήθως είναι αποτέλεσμα εξάτμισης του αλατούχου νερού στο πορώδες του πετρώματος. Συχνά αποτελούνται από διαλυτά άλατα όπως χλωριούχο νάτριο (Αλίτης, NaCl), θειικό νάτριο (Θεναρδίτης, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), θειικό μαγνήσιο (Εψωμίτης, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), αλλά μπορούν επίσης να αποτελούνται από λιγότερο διαλυτά άλατα όπως ανθρακικό ασβέστιο (Ασβεστίτης, CaCO<sub>3</sub>), θειικό βάριο (Βαρύτης, BaSO<sub>4</sub>) και άμορφο πυρίτιο (Οπάλιος, SiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O)
- **Σχηματισμός παχιάς και συμπαγούς κρούστας (Encrustation)**: Πρόκειται για το σχηματισμό συμπαγούς, σκληρού εξωτερικού στρώματος ορυκτών τα οποία είναι προσκολλημένα στο πέτρωμα. Η επιφανειακή τους μορφολογία και το χρώμα είναι συνήθως διαφορετικά από ότι το πέτρωμα. Γενικά, προσκολλούνται σταθερά στην επιφάνεια του πετρώματος, έτσι όταν μια σχηματισμένη κρούστα αφαιρεθεί τα κολλημένα σε αυτήν υλικά της πέτρας μπορεί να αφαιρεθούν με αυτήν. Ο όρος *encrustation* χρησιμοποιείται όταν το χαρακτηριστικό οφείλεται καθαρά σε μια διαδικασία καταβύθισης, η οποία ακολουθεί κάθε είδος έκπλυσης. Εάν δεν υπάρχει απόδειξη της έκπλυσης και της καθίζησης χρησιμοποιείται ο όρος *crust*. Ο τύπος αυτός στα μνημεία συχνά προκύπτει από αποθέσεις υλικών τα οποία κινούνται με διήθηση του νερού και έτσι προέρχονται από το ίδιο το κτήριο (π.χ. ανθρακικά άλατα, θειικά άλατα, μεταλλικά οξείδια και διοξείδιο του πυριτίου).
- **Μεμβράνη (Film)**: Πρόκειται για λεπτό κάλυμμα ή στρώμα επικάλυψης οργανικής φύσεως (αδιαφανές ή ημιδιαφανές), γενικά ομογενές που ακολουθεί την επιφάνεια του πετρώματος. Χαρακτηριστικό αυτού του τύπου είναι ότι τα καλύμματα γενικά προσκολλώνται αλλά δεν διεισδύουν μέσα στο υπόστρωμα, ενδεχομένως αλλάζοντας τις επιφανειακές ιδιότητες (όψη, χρώμα, διαπερατότητα) της πέτρας. Τα στρώματα μπογιάς, ορισμένες κατηγορίες απωθητικών νερού ή προστατευτικών παραγόντων (*antigraffitis*) και στεγανωτικά θεωρούνται ως μεμβράνες.
- **Στιλπνή όψη (Glossy aspect)**: Χαρακτηρίζει μια πλευρά της επιφάνειας του πετρώματος η οποία αντανακλά εξολοκλήρου ή εν μέρει το φως και έχει εμφάνιση καθρέφτη. Μια στιλπνή όψη μπορεί να οφείλεται σε προηγούμενη στίλβωση (εκ προθέσεως ή όχι) ή από την παρουσία διαφανούς μεμβράνης η οποία αντανακλά στο φως.
- **Γκράφιτι (Graffiti)**: Αυτός ο τύπος φθοράς περιλαμβάνει εγχάραξη, ξύσιμο, κοπή ή εφαρμογή βαφής, μελανιού ή παρόμοιου υλικού στην επιφάνεια του πετρώματος και αποτελεί γενικά πράξη βανδαλισμού. Ωστόσο, κάποια graffiti μπορεί να έχουν ιστορική, αισθητική ή πολιτιστική αξία και πρέπει να διατηρηθούν.
- **Πατίνα (Patina)**: Πρόκειται για χρωματική τροποποίηση του υλικού που γενικά προκύπτει από φυσική ή τεχνητή γήρανση και δεν συνεπάγεται στις περισσότερες περιπτώσεις ορατή επιφανειακή φθορά. Υπάρχει η πλούσια σε σίδηρο πατίνα που αποτελεί ένα μαύρο έως καφέ στρώμα και η οξαλική πατίνα που αποτελεί ένα πορτοκαλί έως καφέ λεπτό στρώμα.
- **Ρύπανση (Soiling)**: Χαρακτηρίζει την απόθεση ενός πολύ λεπτού στρώματος εξωγενών σωματιδίων (π.χ. αιθάλη), το οποίο δίνει μια λεκιασμένη εμφάνιση στην επιφάνεια του πετρώματος και δεν επηρεάζει το υπόστρωμα.



- Υποανθήματα (**Subflorescence**): Πρόκειται για φτωχά συγκολλημένα διαλυτά άλατα, συνήθως λευκά, που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της πέτρας. Είναι συνήθως το αποτέλεσμα της εξάτμισης αλατούχου νερού που βρίσκεται στο πορώδες του πετρώματος.



Εικ. 3.2.4: Κρούστα αλάτων (αλίτης) σε πορώδη ασβεστόλιθο (αριστερά) και αποχρωματισμός τοιχοποιίας από παρουσίας υγρασίας (δεξιά) λόγω σπασμένης σωλήνας αποχέτευσης (ICOMOS-ISCS, 2008).

Η **έκτη ομάδα** αφορά τους μηχανισμούς φθοράς που σχετίζονται με βιολογική αποίκιση με έξι (6) υποομάδες οι οποίες είναι αντίστοιχα:

- Βιολογικός αποικισμός (**Biological colonization**): Αναφέρεται σε αποίκιση του πετρώματος από φυτά και μικροοργανισμούς όπως βακτήρια, κυανοβακτήρια, φύκια, μύκητες και λειχήνες (Εικ. 3.2.5). Ο βιολογικός αποικισμός περιλαμβάνει επίσης επιρροές από άλλους οργανισμούς όπως ζώα που φωλιάζουν πάνω και μέσα στα πετρώματα. Αυτός ο τύπος φθοράς αναπτύσσεται πάνω και μέσα στο πέτρωμα και σε κοιλότητες του πετρώματος.
- Φύκη (**Alga**): Τα φύκη είναι μικροσκοπικοί φυτικοί οργανισμοί χωρίς στέλεχος ούτε φύλλα, που μπορεί κανείς να τα δει σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους, σε μορφή σκόνης ή παχύρρευστων αποθέσεων (πάχους από δέκατα του χιλιοστού έως μερικά χιλιοστά). Σχηματίζουν πράσινες, κόκκινες, καφέ ή μαύρες ζώνες με τη μορφή πέπλου και βρίσκονται σε περιπτώσεις όπου το υπόστρωμα παραμένει βρεγμένο για μεγάλες χρονικές περιόδους. Ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τον τύπο του υποστρώματος, τα φύκη μπορούν να σχηματίσουν στερεά σώματα ή λείες μεμβράνες. Στα μνημεία τα φύκη αποτελούνται από μονοκύτταρες έως πολυκύτταρες συσπειρώσεις και ποτέ δεν σχηματίζουν μακροοργανισμούς. Συνήθως αναπτύσσονται στην επιφάνεια του πετρώματος, μπορούν επίσης να βρεθούν και βαθύτερα μέσα στο υπόστρωμα περνώντας μέσα από ρωγμές.
- Λειχήνες (**Lichen**): Οι λειχήνες είναι φυτικοί οργανισμοί που σχηματίζουν στρογγυλεμένες φλοιώδεις ή θαμνώδεις κηλίδες (μεγέθους mm έως cm), έχοντας συχνά δερματοειδή εμφάνιση και αναπτύσσονται κυρίως στο εξωτερικό ενός κτηρίου. Έχουν συνήθως γκρι, κίτρινο, πορτοκαλί, πράσινο ή μαύρο χρώμα και δεν παρουσιάζουν καμιά διαφοροποίηση στο στέλεχος, τη ρίζα και τα φύλλα. Τα καρποφόρα όργανα των λειχήνων γενικά αναπτύσσονται στην επιφάνεια των πετρωμάτων, ενώ οι ρίζες τους διεισδύουν βα-

θιά στο πέτρωμα (δεκάδες έως μερικά mm). Οι λειχήνες συχνά χωρίζονται σε crustose, foliious, epilithic και endolithic τύπους.

- Βρύα (**Moss**): Είναι φυτικοί οργανισμοί που σχηματίζουν μικρές, μαλακές, πράσινες επικαλύψεις της τάξης των cm (Εικ. 3.2.5). Τα βρύα μοιάζουν γενικά με πυκνά μικρόφυλλα (μεγέθους υποχιλιοστών έως χιλιοστών) σφικτά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Συχνά αναπτύσσονται σε ανοικτές κοιλότητες, ρωγμές του πετρώματος και σε οποιοδήποτε μέρος είναι μόνιμα ή συχνά υγρό (αρμοί τοιχοποιίας) και συνήθως σκιερό. Τα βρύα αναπτύσσουν καφέ χρώματος ρίζες και μπορούν να δημιουργήσουν μια ζώνη μικροεδάφους μεταξύ της επιφάνειας του πετρώματος και του πράσινου μέρους.



Εικ. 3.2.5: Βιολογικός αποικισμός (κυρίως φυτών και φυκιών) σε ασβεστολιθική τοιχοποιία (αριστερά) και ανάπτυξη βρύων (δεξιά) στους αρμούς γρανιτικών πετρωμάτων (ICOMOS-ISCS, 2008).

- Μούχλα (**Mould**): Πρόκειται για μικροσκοπικούς μύκητες που σχηματίζουν αποικίες με γυμνό μάτι. Μοιάζουν με μια χνοώδης μεμβράνη ή ένα δίκτυο ή αστεροειδής (τάξης mm) μπαλώματα ινών διαφόρων χρωμάτων (λευκό, γκρι, μαύρο). Μέσω των ινωδών ή/και αλυσιδόμορφων αναπτύξεων τους μπορεί να διεισδύσουν μερικά cm μέσα στο υπόστρωμα του πετρώματος. Συχνά αυτός ο τύπος φθοράς δημιουργεί σοβαρές ζημιές από τη χημική και μηχανική δράση και έντονο αποχρωματισμό. Καθώς ο μεταβολισμός της μούχλας απαιτεί οργανικά υποστρώματα η μούχλα αναπτύσσεται συχνά σε μεταβολικά προϊόντα αλγών που βρίσκονται πάνω στο πέτρωμα. Η οργανική ρύπανση της ατμόσφαιρας ευνοεί επίσης την ανάπτυξη της.
- Ανάπτυξη φυτών (**Plant**): Αυτός ο τύπος φθοράς αναφέρεται στους φυτικούς οργανισμούς που όταν ολοκληρωθούν έχουν ρίζα, βλαστούς και φύλλα. Όταν τα κτίρια δεν συντηρούνται τα φυτά θα αποικίσουν σημεία όπου το νερό είναι διαθέσιμο, επεκτείνοντας τις ρίζες τους σε ρωγμές και διακλάσεις. Καθώς οι ρίζες μεγαλώνουν μπορούν να διευρύνουν αυτές τις ρωγμές και να σπάσουν το πέτρωμα. Μπορούν επίσης να συμβάλουν στην διατήρηση περιοχών υγρασίας, όπου αυτό με τη σειρά του επιδεινώνει άλλες διαδικασίες όπως είναι η αλλοίωση από άλατα.



## 4. Υλικά και Μέθοδοι Έρευνας

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται αναλυτικά τα υλικά και οι μέθοδοι έρευνας που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής ειδίκευσης. Οι πλείστες μέθοδοι έρευνας που πραγματοποιήθηκαν έλαβαν χώρα στα εργαστήρια του Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας, του Τμήματος Γεωλογίας, του Αριστοτελείου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης.

### 4.1. Δειγματοληψία

Με τη μέθοδο της επιλεκτικής δειγματοληψίας λήφθηκαν συνολικά 31 δείγματα δομικών υλικών από την τοιχοποιία του υπό εξέταση μνημείου, καθώς και από θέσεις αρχαίας λατόμησης στην Κύπρο. Συγκεκριμένα λήφθηκαν εικοσιτέσσερα (24) δείγματα δομικών λίθων, τέσσερα (4) δείγματα επιχρισμάτων και τρία (3) δείγματα κονιαμάτων δόμησης. Οι στόχοι της δειγματοληψίας ήταν ο προσδιορισμός των τύπων των πετρωμάτων και κονιαμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ή ανακατασκευή και συντήρηση του Μεσαιωνικού κάστρου Πάφου, καθώς επίσης και ο προσδιορισμός των μηχανισμών φθοράς στους οποίους υπόκεινται. Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία δομικών υλικών τόσο στο εξωτερικό, όσο και στο εσωτερικό μέρος της τοιχοποιίας του κάστρου σε μια προσπάθεια εντοπισμού διαφορών μεταξύ των δύο αυτών περιβαλλόντων, καθώς επίσης και σε διαφορετικές πλευρές της τοιχοποιίας για να δοθεί σαφή εικόνα των αποτελεσμάτων της άμεσης έκθεσης στο θαλασσινό νερό. Επίσης, έγινε προσπάθεια ταύτισης πετρωμάτων με θέσεις αρχαίας λατόμησης, σε περιοχές πλησίον του συγκεκριμένου αρχαιολογικού χώρου, ώστε να προσδιοριστεί η προέλευση τους και με βάση τη γεωλογία να εντοπιστεί κατάλληλη θέση για λατόμηση παρόμοιων υλικών προκειμένου να γίνεται συμβατή συντήρηση και αποκατάσταση του μνημείου. Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη της περιοχής Πάφος – Καλλέπια (Εικ. 2.3-2.4), τα δείγματα που λήφθηκαν για ταυτοποίηση των δομικών λίθων με τα αρχαία λατομεία (δείγματα 29,30,31) είναι ασβεστόλιθοι που αποτέθηκαν σε ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον. Πιο κάτω δίνονται αναλυτικά στοιχεία για τα 31 δείγματα που εξετάστηκαν.

#### • Δείγμα 1

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 12/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 31°C, Υγρασία 75%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.1α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.1β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την εξωτερική Δυτική τοιχοποιία (μέτωπο στη θάλασσα) με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.





Εικ. 4.1.1α: Μακροσκοπική εικόνα τμήματος εξωτερικής δυτικής τοιχοποιίας. **Θέση δείγματος 1,** **Θέση δείγματος 2,** **Θέση δείγματος 3,** **Θέση δείγματος 9.**





Εικ. 4.1.1β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 1.

- **Δείγμα 2**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 12/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 31°C, Υγρασία 75%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.1α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.2α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την εξωτερική Δυτική τοιχοποιία (μέτωπο στη θάλασσα) με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.2α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 2

- **Δείγμα 3**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 12/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 31°C, Υγρασία 75%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.1α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.3α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την εξωτερική Δυτική τοιχοποιία (μέτωπο στη θάλασσα) με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.3α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 3.

- **Δείγμα 4**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Ανατολική εξωτερική τοιχοποιία – Οροφή κάστρου.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 12/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 31°C, Υγρασία 75%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.4α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.4β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την εξωτερική ανατολική τοιχοποιία στην οροφή του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.





Εικ. 4.1.4α: Μακροσκοπική εικόνα τμήματος εξωτερικής ανατολικής τοιχοποιίας. **Θέση δείγματος 4.**



Εικ. 4.1.4β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 4.

- **Δείγμα 5**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Βόρεια εξωτερική τοιχοποιία – Οροφή κάστρου.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 12/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 31°C, Υγρασία 75%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.5α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.5β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την εξωτερική βόρεια τοιχοποιία στην οροφή του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.5α: Μακροσκοπική εικόνα τμήματος εξωτερικής βόρειας τοιχοποιίας, **Θέση δείγματος 5.**



Εικ. 4.1.5β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 5.



- **Δείγμα 6**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 12/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 31°C, Υγρασία 75%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.6α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.6β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την εξωτερική Δυτική τοιχοποιία (μέτωπο στη θάλασσα) με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.6α: Μακροσκοπική εικόνα τμήματος εξωτερικής δυτικής τοιχοποιίας. **Θέση δείγματος 6**, **Θέση δείγματος 7**, **Θέση δείγματος 8**, **Θέση δείγματος 16**, **Θέση δείγματος 17**, **Θέση δείγματος 18**.



Εικ. 4.1.6β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 6.

- **Δείγμα 7**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.6α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.7α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την εξωτερική Δυτική τοιχοποιία (μέτωπο στη θάλασσα) με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.7α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 7.



- **Δείγμα 8**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 33°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.6α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.8α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την εξωτερική Δυτική τοιχοποιία (μέτωπο στη θάλασσα) με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.8α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 8.

- **Δείγμα 9**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.1α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.9α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την εξωτερική Δυτική τοιχοποιία (μέτωπο στη θάλασσα) με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.9α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 9.

- **Δείγμα 10**

**Πρόελευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Υπόγειος χώρος οροφής Κάστρου.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

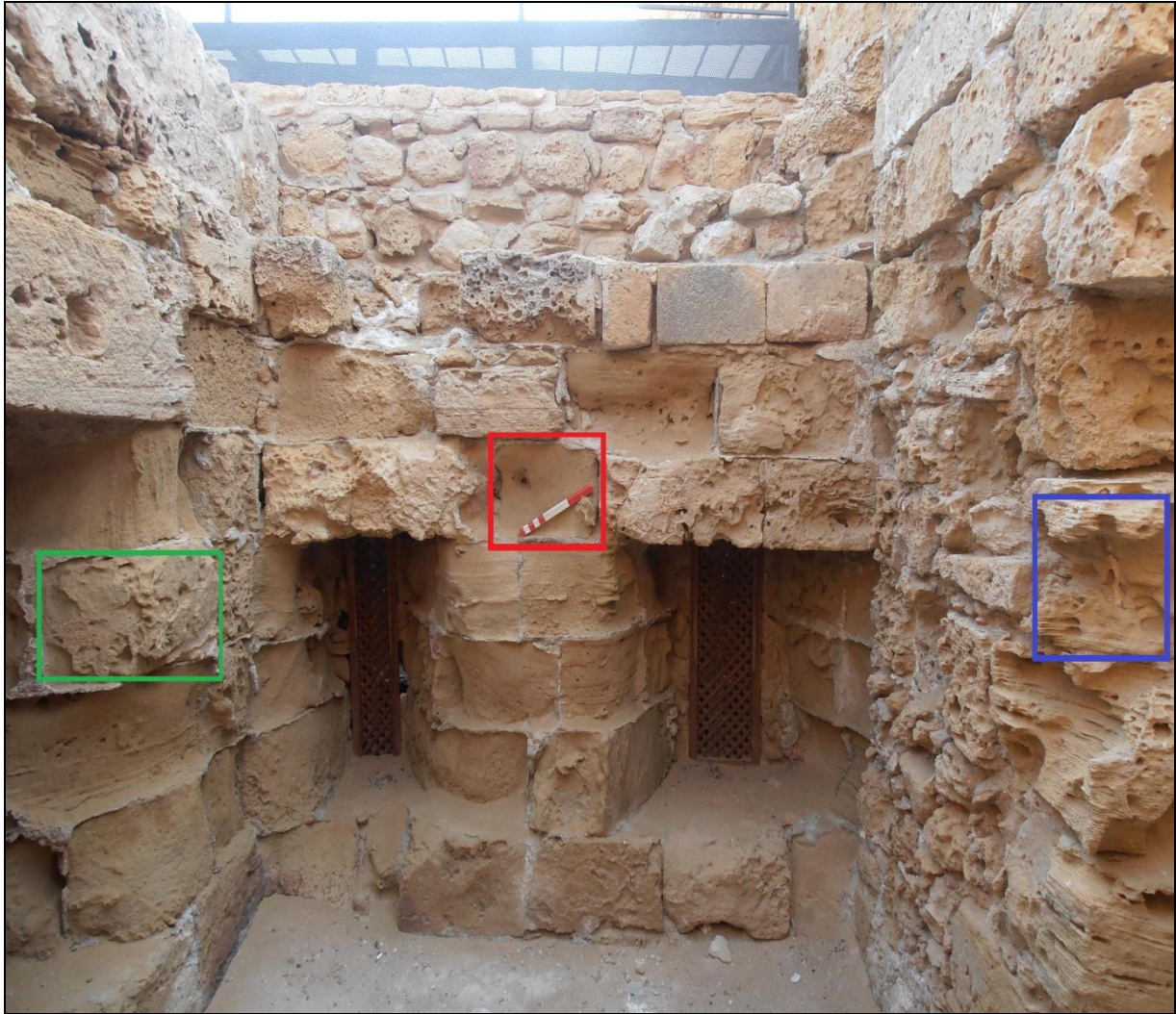
**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.10β), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.10α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την υπόγειο εξωτερικό χώρο της οροφής του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς. Θέση με ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά υγρασίας.



Εικόνα 4.1.10α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 10.





Εικ. 4.1.10β: Μακροσκοπική εικόνα τμήματος εξωτερικής δυτικής τοιχοποιίας. **Θέση δείγματος 10**, **Θέση δείγματος 11**, **Θέση δείγματος 12**.

### • Δείγμα 11

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Υπόγειος χώρος οροφής Κάστρου.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.10β), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.11α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την υπόγειο εξωτερικό χώρο της οροφής του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς. Θέση με ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά υγρασίας.



Εικ. 4.1.11α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 11.

- **Δείγμα 12**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Υπόγειος χώρος οροφής Κάστρου.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.10β), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.12α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από την υπόγειο εξωτερικό χώρο της οροφής του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς. Θέση με ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά υγρασίας.



Εικ. 4.1.12α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 12.



- **Δείγμα 13**

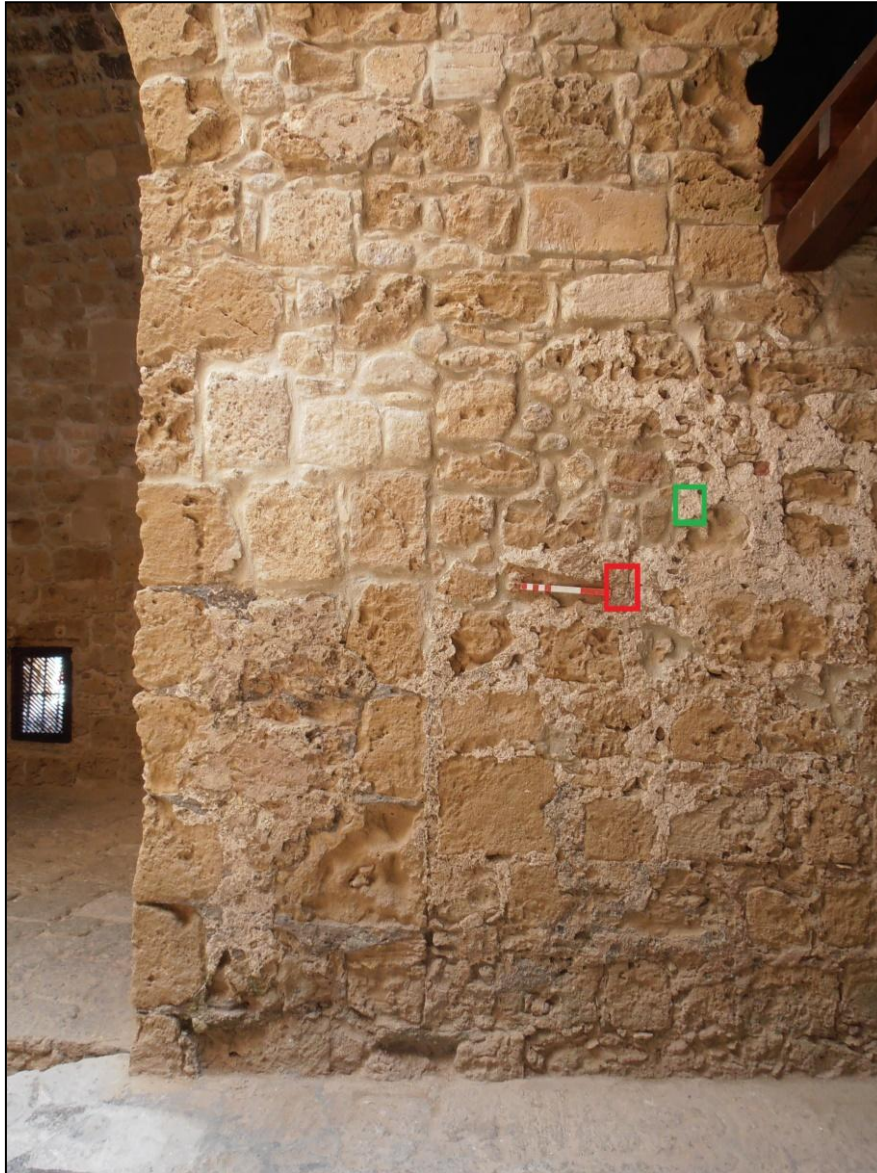
**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εσωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

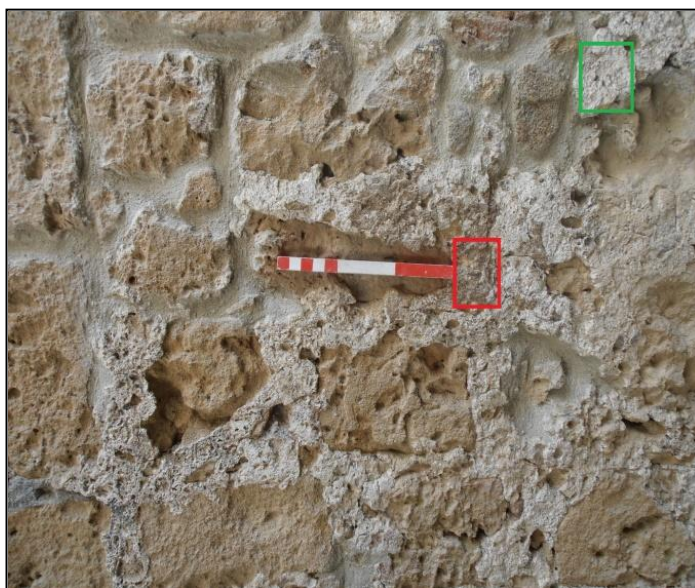
**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.13α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.13β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από τοιχοποιία στο εσωτερικό του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου επιχρίσματος.



Εικ. 4.1.13α: Μακροσκοπική εικόνα τμήματος εσωτερικού χώρου δίπλα στη δυτική τοιχοποιία. **Θέση δείγματος 13**, **Θέση δείγματος 14**.



Εικ. 4.1.13β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 13 και δείγματος 14.

- Δείγμα 14

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εσωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.13α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.13β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από τοιχοποιία στο εσωτερικό του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου επιχρίσματος.

- Δείγμα 15

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εσωτερική τοιχοποιία

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.15α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.15β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από δυτική εσωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του είδους του πετρώματος και του τύπου φθοράς.





Εικ. 4.1.15α: Μακροσκοπική εικόνα δυτικής εσωτερικής τοιχοποιίας, **Θέση δείγματος 15.**



Εικ. 4.1.15β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 15.

- **Δείγμα 16**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.6α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.16α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από δυτική εξωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου επιχρίσματος.



Εικ. 4.1.16α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 16.



- **Δείγμα 17**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.6α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.17α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από δυτική εξωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου κονιάματος δόμησης.



Εικόνα 4.1.17α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 17.

- **Δείγμα 18**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 13/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 80%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.6α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.18α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από δυτική εξωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου κονιάματος δόμησης.



Εικ. 4.1.18α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 18

- **Δείγμα 19**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εσωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 19/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 70%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.19α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.19β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από δυτική εσωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του είδους επιχρίσματος.



Εικ. 4.1.19α: Μακροσκοπική εικόνα δυτικής εσωτερικής τοιχοποιίας. **Θέση δείγματος 19.**



Εικ. 4.1.19β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 19.



- **Δείγμα 20**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Ανατολική εσωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 19/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 70%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.20α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.20β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από ανατολική εσωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του είδους του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.20α: Μακροσκοπική εικόνα ανατολικής εσωτερικής τοιχοποιίας, **Θέση δείγματος 20.**



Εικ. 4.1.20β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 20.

- **Δείγμα 21**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εσωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 19/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 70%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.21α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.21β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από δυτική εσωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του είδους του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.21α: Μακροσκοπική εικόνα δυτικής εσωτερικής τοιχοποιίας. **Θέση δείγματος 21.**



Εικ. 4.1.21β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 21.



- **Δείγμα 22**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εσωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 19/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 70%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.22α), Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.22β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από δυτική εσωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου κονιάματος.



Εικ. 4.1.22α: Μακροσκοπική εικόνα δυτικής εσωτερικής τοιχοποιίας, **Θέση δείγματος 22.**



Εικ. 4.1.22β: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 22.

- **Δείγμα 23**

**Πρόέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Ανατολική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 22/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 65%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.23α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από ανατολική εξωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.23α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 23.



- **Δείγμα 24**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Ανατολική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 22/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 65%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.24α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από ανατολική εξωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.24α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 24

- **Δείγμα 25**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Ανατολική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 22/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 65%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.25α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από ανατολική εξωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.25α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 25

- **Δείγμα 26**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Ανατολική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 22/8/14.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 32°C, Υγρασία 65%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Μακροσκοπική εικόνα δείγματος (Εικ. 4.1.26α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από ανατολική εξωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.



Εικ. 4.1.26α: Μακροσκοπική εικόνα της θέσης λήψεως δείγματος 26.

- **Δείγμα 27**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Δυτική εξωτερική τοιχοποιία.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 23/3/15.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 22°C, Υγρασία 65%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση στην τοιχοποιία (Εικ. 4.1.27α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από δυτική εξωτερική τοιχοποιία του κάστρου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και του μηχανισμού φθοράς.





Εικ. 4.1.27α: Μακροσκοπική εικόνα τμήματος δυτικής εξωτερικής τοιχοποιίας, **Θέση δείγματος 27.**

- **Δείγμα 28**

**Προέλευση:** Κύπρος/Κάστρο Πάφου/Ερείπια Ανατολικού πύργου.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 23/3/15.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 22°C, Υγρασία 65%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Ερείπια Ανατολικού πύργου και θέση δείγματος (Εικ. 4.1.28α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από ερείπια Ανατολικού πύργου με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και ταύτιση πετρώματος με δομικούς λίθους του Δυτικού πύργου (Κάστρο Πάφου).



Εικ. 4.1.28α: Μακροσκοπική εικόνα Ερειπίων Ανατολικού πύργου. **Θέση δείγματος 28.**

- **Δείγμα 29**

**Προέλευση:** Κύπρος/Πάφος/Λόφος Φάμπρικα.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 23/3/15.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 22°C, Υγρασία 65%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Λόφος Φάμπρικα (Εικ. 4.1.29α).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από λόφο Φάμπρικα με σκοπό τον προσδιορισμό του τύπου του πετρώματος και ταύτιση θέσεων αρχαίας λατόμησης.





Εικόνα 4.1.29α: Λόφος Φάμπρικας.

- **Δείγμα 30**

**Προέλευση:** Κύπρος/Πάφος/Δυτικό τοίχος Νέας Πάφου.

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 16/4/15.

**Καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 22°C, Υγρασία 65%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Δυτικό τοίχος Νέας Πάφου (Εικ. 4.1.30α), Θέση λήψης δείγματος 30 (Εικ. 4.1.30β).

**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από δυτικό αρχαίο τοίχος της Νέας Πάφου με σκοπό την ταυτοποίηση του πετρώματος με δείγματα από το κάστρο Πάφου.





Εικ. 4.1.30α: Τμήμα Δυτικού τοίχους Νέας Πάφου – Θέσεις με εμφανή σημάδια αρχαίας λατόμησης.



Εικ. 4.1.30β: Θέση λήψεως δείγματος 30.

### • Δείγμα 31

**Προέλευση:** Κύπρος/Πάφος/Αρχαιολογικός χώρος «Τάφοι των Βασιλέων».

**Ημερομηνία δειγματοληψίας:** 16/4/15.

**Καιρικές συνθήκες (Θερμοκρασία, υγρασία):** Θερμοκρασία 22°C, Υγρασία 65%.

**Φωτογραφική απεικόνιση:** Θέση αρχαίας λατόμησης στην περιοχή «Τάφοι των Βασιλέων» (Εικ. 4.1.31α), Θέση λήψης δείγματος 31 (Εικ. 4.1.31β).



**Περιγραφή δείγματος:** Δείγμα από θέσεις αρχαίας λατόμησης στην περιοχή «Τάφοι των Βασιλέων» με σκοπό την ταυτοποίηση του πετρώματος με δείγματα από το κάστρο Πάφου.



**Εικ. 4.1.31α:** Θέση αρχαίας λατόμησης στην περιοχή «Τάφοι των Βασιλέων» – Θέσεις με εμφανή σημάδια αρχαίας λατόμησης.



**Εικ. 4.1.31β:** Θέση λήψεως δείγματος 31.

## 4.2. Μικροσκοπική παρατήρηση

Από το σύνολο των 31 δειγμάτων που λήφθηκαν για την κάλυψη των αναγκών της παρούσας διατριβής τα 24 αποτελούν δείγματα δομικών λίθων, 15 εκ των οποίων επιλέγηκαν για μικροσκοπική μελέτη σε πολωτικό μικροσκόπιο. Η επιλογή των 15 δειγμάτων έγινε με βάση τη μακροσκοπική παρατήρηση των χαρακτηριστικών τους γνωρισμάτων (χρώμα, πορώδες, ορυκτά, συγκολλητικό υλικό, μέγεθος κόκκων).

Η μικροσκοπική παρατήρηση έγινε σε λεπτές-στιλπνές τομές έτσι ώστε να είναι εφικτή και η περαιτέρω παρατήρησή τους στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Σκοπός της μικροσκοπικής παρατήρησης είναι η ορυκτολογική και ιστολογική μελέτη και η τελική ταξινόμηση των πετρωμάτων κατά Folk (1959) και κατά Dunham (1962).

### Ταξινόμηση ανθρακικών πετρωμάτων κατά Folk (1959)

Σύμφωνα με τον Folk (1959) τα ανθρακικά πετρώματα αποτελούνται από τρία συστατικά:

- α. Ευδιάκριτα ανθρακικά αλλόχθονα υλικά που περιλαμβάνουν τεμάχια όπως σφαιρίδια, ωόλιθους, βιοκλάστες και ενδοκλάστες.
- β. Μικροκρυσταλλική ασβεστιτική ιλή ή μικριτική.
- γ. Κρυσταλλικό ασβεσίτη ή σπαρίτη που είναι συγκολλητικό υλικό το οποίο σχηματίστηκε χημικά και γεμίζει τα διάκενα μεταξύ των κόκκων των ανθρακικών πετρωμάτων.

Το πρώτο τμήμα της ονομασίας του πετρώματος δηλώνει το είδος του αλλόχθονου υλικού, ενώ το δεύτερο δηλώνει αν είναι μικρίτης ή σπαρίτης (Τσιραμπίδης 2008):

- Οι ενδοσπαρίτες και ενδομικρίτες περιέχουν >25% ενδοκλάστες και αποτελούνται από σπαριτική συγκολλητική ουσία και μικριτική μάζα, αντίστοιχα.
- Οι ωοσπαρίτες και ωομικρίτες περιέχουν <25% ενδοκλάστες, αλλά >25% ωόλιθους και αποτελούνται από σπαριτική συγκολλητική ουσία ή μικριτική μάζα, αντίστοιχα.
- Οι βιοσπαρίτες και βιομικρίτες περιέχουν <25% ενδοκλάστες, <25% ωόλιθους, η σχέση βιοκλάστες/σφαιρίδια είναι >3/1 και αποτελούνται από σπαριτική συγκολλητική ουσία ή μικριτική μάζα, αντίστοιχα.
- Οι σφαιριδιοσπαρίτες και σφαιριδιομικρίτες διαφέρουν από τους βιοσπαρίτες και βιομικρίτες αντίστοιχα μόνο στην αναλογία βιοκλάστες/σφαιρίδια που είναι <3/1.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται όλοι οι πετρογραφικοί τύποι των ανθρακικών πετρωμάτων κατά Folk (1959).

### Ταξινόμηση ανθρακικών πετρωμάτων κατά Dunham (1962)

Η ταξινόμηση κατά Dunham στηρίζεται στον προσδιορισμό του ιστού κάνοντας μια σημαντική διάκριση μεταξύ εκείνων των ανθρακικών πετρωμάτων, όπου τα τεμάχια ή οι κόκκοι τους εφάπτονται με αποτέλεσμα να στηρίζουν το πέτρωμα και εκείνων, όπου οι κόκκοι ή τα τεμάχια πλέουν μέσα σε ανθρακικό υλικό πλήρωσης. Ως τεμάχια ή κόκκοι θεωρούνται υλικά με μέγεθος μεγαλύτερο από 20 μm, ενώ το υλικό πλήρωσης αποτελείται από κρυστάλλους με μέγεθος μικρότερο από 20μm (Τσιραμπίδης 2008).

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι πετρογραφικοί τύποι των ανθρακικών πετρωμάτων κατά Dunham (1962).

**Πίνακας 1: Ταξινόμηση ανθρακικών πετρωμάτων κατά Folk (1959).**

Ογκομετρική σύσταση αλλόχθονων		>10% αλλόχθονα		<10% αλλόχθονα		αδιατάρακτα υφάλογενή πετρώματα
		σπαρίτης > μικρίτης	μικρίτης > σπαρίτης	1-10% αλλόχθονα	<1% αλλόχθονα	
>25% ενδοκλάστες		<b>Ενδοσπαρίτες</b>	<b>Ενδομικρίτες</b>	επικρατέστερα αλλόχθονα	<b>Ενδοκλαστοφόροι μικρίτες</b>	Μικρίτες ή Δισμικρίτες
>25% ωόλιθοι		<b>Ωοσπαρίτες</b>	<b>Ωομικρίτες</b>		<b>Ωολιθοφόροι μικρίτες</b>	
<25% ενδοκλάστες <25% ωόλιθοι	Ογκομετρική σχέση: βιοκλάστες/σφαιρίδια	>3:1	<b>Βιοσπαρίτες</b>		<b>Βιομικρίτες</b>	
		1:3-3:1	<b>Βιοσφαιριδιοσπαρίτες</b>	<b>Βιοσφαιριδιομικρίτες</b>	<b>Σφαιριδιοφόροι μικρίτες</b>	
		<3:1	<b>Σφαιριδιοσπαρίτες</b>	<b>Σφαιριδιομικρίτες</b>		
						<b>Βιολιθίτες</b>

**Πίνακας 2: Ταξινόμηση ανθρακικών πετρωμάτων κατά Dunham (1962).**

Ευδιάκριτος αποθετικός ιστός				Αδιάκριτος αποθετικός ιστός	
Αρχικά συστατικά μη συνδεδεμένα μεταξύ τους				Αρχικά συστατικά συνδεδεμένα μεταξύ τους	
Στηρίζονται με πηλό		Στηρίζονται με κόκκους		Υποδιαιρούνται ανάλογα με το φυσικό ιστό ή το βαθμό διαγένεσης  Ανθρακικά κρυσταλλικά πετρώματα	
<10% αλλόχθονα	>10% αλλόχθονα	<10% πηλός	πηλός=0		
<b>Πηλόλιθοι (Mudstones)</b>	<b>Βακόλιθοι (Wackestones)</b>	<b>Σωρόλιθοι (Packstones)</b>	<b>Κοκκόλιθοι (Grainstones)</b>		
				<b>Στερεόλιθοι (Boundstones)</b>	

### 4.3. Περιθλασιμετρία ακτίνων - X (XRD)

Αντιπροσωπευτική ποσότητα από τα 31 δείγματα κονιοποιήθηκε στο χέρι σε αχάτινο γουδί μέχρι να ομογενοποιηθεί. Η κονιοποίηση με το χέρι προτιμήθηκε συγκριτικά με τους μηχανικούς κονιοποιητές, για την αποφυγή φαινομένων διαστροφής ή και καταστροφής του πλέγματος ευαίσθητων ορυκτών στην κονιοποίηση, όπως είναι π.χ. τα αργιλικά ορυκτά και ο ασβεστίτης.

Η μελέτη της ορυκτολογικής σύστασης των εξεταζόμενων δειγμάτων έγινε με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X. Χρησιμοποιήθηκε περιθλασίμετρο τύπου PHILIPS



PW1820/00 (Εικ. 4.3.1) του Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας, εξοπλισμένο με μικροεπεξεργαστή PW1710/00, λυχνία Cu και φίλτρο Ni για τη λήψη CuKα ακτινοβολίας, ενώ η περιοχή σάρωσης γωνίας 2θ ήταν 3-63° και η ταχύτητα σάρωσης 1,2°/min. Πριν την ακτινογράφιση των δειγμάτων έγινε έλεγχος της ευαισθησίας και της ακρίβειας του περιθλασίμετρου με ειδικό πρότυπο καθαρού πυριτίου. Ο τρόπος προετοιμασίας των τυχαία προσανατολισμένων παρασκευασμάτων, οι δειγματολήπτες και οι συνθήκες σάρωσης όλων των δειγμάτων ήταν ακριβώς οι ίδιες.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ορυκτολογικών φάσεων έγινε με βάση τις απαριθμήσεις συγκεκριμένων ανακλάσεων, που δεν επηρεάζονται από καμία άλλη ανάκλαση και λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητα και το συντελεστή απορρόφησης μάζας των ορυκτολογικών φάσεων. Διορθώσεις των ποσοστών των ορυκτών που αναγνωρίστηκαν έγιναν με χρήση εξωτερικών πρότυπων μιγμάτων των περισσότερων ορυκτών που συμμετέχουν στα εξεταζόμενα δείγματα.



Εικ. 4.3.1: Περιθλασίμετρο τύπου PHILIPS PW1710.

## 4.4. Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM)

Το κύριο όργανο σχηματισμού εικόνας από τα δευτερογενή ηλεκτρόνια είναι το σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (scanning electron microscope, SEM). Το σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM) αποτελείται από τα εξής μέρη: α) το ηλεκτρονικό τηλεβόλο, β) τον έλεγχο ευθυγράμμισης, γ) την αεροστεγής βαλβίδα, δ) τους συμπυκνωτές φακούς, ε) το διάφραγμα, στ) τα πηνία σάρωσης, ζ) τον αντικειμενικό φακό, η) την τράπεζα και θ) τον θάλαμο δείγματος.

Το ηλεκτρονικό τηλεβόλο είναι η πηγή του φωτός για το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Είναι ο χώρος όπου παράγονται, επιταχύνονται και εστιάζονται τα ηλεκτρόνια της ηλεκτρονι-

κής δέσμης. Η ηλεκτρονική δέσμη παράγεται από ένα νήμα βολφραμίου που έχει σχήμα "V" και αποτελεί την κάθοδο (αρνητικό δυναμικό). Στο νήμα εφαρμόζεται ρεύμα με αποτέλεσμα αυτό να πυρακτώνεται και να εκπέμπει τη δέσμη ηλεκτρονίων. Η άνοδος (θετικό δυναμικό) έλκει τα ηλεκτρόνια ώστε αυτά να επιταχύνονται. Καθώς η δέσμη διέρχεται από τη στήλη του μικροσκοπίου περνάει από το σύστημα των συμπυκνωτών φακών. Αυτοί οι φακοί μειώνουν την διάμετρο της δέσμης και ελέγχουν την φωτεινότητα της ηλεκτρονικής δέσμης που πέφτει πάνω στο δείγμα. Ο βασικός φακός του μικροσκοπίου που σχηματίζει το είδωλο του δείγματος και συνδυάζεται με το διάφραγμα είναι ο αντικειμενικός φακός. Η διάμετρος του διαφράγματος καθορίζει το ποσοστό των ηλεκτρονίων που θα εισέλθουν από αυτό και θα συνεισφέρουν στο σχηματισμό της εικόνας του δείγματος. Τα πηνία σάρωσης δημιουργούν ένα μαγνητικό πεδίο που αναγκάζει τη δέσμη να κινείται μπρος πίσω σαρώνοντας έτσι την επιφάνεια του δείγματος.

Στην περίπτωση που οι παρατηρούμενες επιφάνειες δεν είναι αγωγίμες, κυρίως στα βιολογικά παρασκευάσματα, γίνεται εξάχνωση ενός λεπτού αγωγίμου υμενίου ώστε να αποφευχθούν προβλήματα από την τοπική φόρτιση του δείγματος. Η διακριτική ικανότητα της επιφάνειας στο σαρωτικό μικροσκόπιο δεν είναι πολύ μεγάλη επειδή το ίχνος της δέσμης πάνω σε αυτήν μεγαλώνει από πολλαπλή σκέδαση. Καλύπτει την περιοχή μεταξύ του οπτικού μικροσκοπίου και του ηλεκτρονικού διερχόμενης δέσμης και είναι της τάξης μεγέθους του 0,1  $\mu\text{m}$ . Το τελικό είδωλο είναι ιδιαίτερα φωτεινό και πλούσιο σε αντίθεση (contrast).

Οι ακτίνες-X που εκπέμπονται από το δείγμα δίνουν πληροφορίες για τη χημική σύσταση του δείγματος. Επομένως, μπορεί να γίνει στοιχειομετρική ανάλυση του δείγματος που ονομάζεται **μικροανάλυση**. Σε περίπτωση χρήσης διαγράμματος έντασης-ενέργειας γίνεται ανάλυση ενεργειακής διασποράς σε αντίστοιχο φασματόμετρο (Energy Dispersive Spectrometer, EDS). Η διαδικασία χρήσης μικροαναλυτή περιλαμβάνει τα εξής βήματα: α) την προετοιμασία δειγμάτων για ανάλυση, β) την προετοιμασία οργάνου, και γ) την ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.



Εικ. 4.4.1: Σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM).

Αντιπροσωπευτικές λεπτές στιλπνές τομές από τα εξεταζόμενα δείγματα μελετήθηκαν με την μέθοδο της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας με χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης τύπου Jeol JSM - 840 του εργαστηρίου ηλεκτρονικής μικροσκοπίας του Α.Π.Θ. (Εικ.

4.4.1), προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τα μορφολογικά και χημικά χαρακτηριστικά των συστατικών των δομικών λίθων και των προϊόντων φθοράς τους. Επιπλέον, έγινε προσπάθεια εύρεσης και αναγνώρισης δευτερογενών αλάτων που πιθανόν είναι κρυσταλλωμένα στους πόρους ή στις ασυνέχειες των εξεταζόμενων δειγμάτων. Οι συνθήκες λειτουργίας του οργάνου ήταν 15kV, ένταση ηλεκτρονικής δέσμης <math>3\text{nA}</math> και διαμέτρου 1 $\mu\text{m}$ .

## 4.5. Χαρτογράφηση φθοράς μέσω οπτικής παρατήρησης και ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας

Ο χαρακτηρισμός της φθοράς πραγματοποιήθηκε έχοντας ως βάση τα διεθνή πρότυπα διάβρωσης λίθου αρχιτεκτονικών μνημείων, όπως αυτά έχουν διατυπωθεί από τη διεθνή Επισημονική Επιτροπή Λίθου (International Scientific Committee for Stone, ISCS-ICOMOS). Στόχος ήταν ο εντοπισμός, η καταγραφή και η απόδοση των φθορών που παρατηρήθηκαν στις εξωτερικές επιφάνειες του μνημείου με αυτόματη ταύτιση μέσω λογισμικών επεξεργασίας εικόνων. Η χρήση γεωμετρικά διορθωμένων εικόνων, προσφέρει θεωρητικά την δυνατότητα ποσοτικοποίησης των διαφορών ειδών φθοράς και καταμέτρηση της έκτασής της.

Η χαρτογράφηση της φθοράς του μνημείων σε συνδυασμό με άλλες καταστρεπτικές ή μη καταστρεπτικές μεθόδους συμβάλει στην καλύτερη και πληρέστερη κατανόηση των παραγόντων φθοράς, αλλά και στο σχεδιασμό υλικών συντήρησης, στην έκταση της επέμβασης, καθώς και στη διαχείριση του περιβάλλοντος με σκοπό την προστασία των μνημείων.

Η **φωτογράφιση** των εξωτερικών επιφανειών του κάστρου έγινε με φωτογραφική μηχανή μεγάλης ευκρίνειας έτσι ώστε να ληφθούν όσο το δυνατό ποιοτικότερες φωτογραφίες. Στη συνέχεια έγινε **χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού** (Total Station) μεγάλης ακρίβειας (3'') χωρίς τη χρήση κατάφωτου (reflector-less) για λήψη σημείων αναφοράς (Ground Control Points, GCPs), με σκοπό τη γεωμετρική διόρθωση της εικόνας. Λήφθηκαν χαρακτηριστικά σημεία περιμετρικά και στο κέντρο κάθε εξωτερικής όψης του μνημείου. Τα σημεία που λήφθηκαν από κάθε πλευρά ήταν διάσπαρτα και κάλυπταν ολόκληρη την εξωτερική επιφάνεια, για αποδοτικότερα αποτελέσματα της διόρθωσης.

Στο πρόγραμμα ArcGIS v10, πραγματοποιήθηκε η **γεωμετρική διόρθωση** των φωτογραφιών που αποτυπώνουν τις εξωτερικές όψεις του μνημείου. Η γεωμετρική διόρθωση αφορούσε ορθοαναγωγή των διαφορών επιφανειών με χρήση των επίγειων σημείων ελέγχου που λήφθηκαν από τον Ολοκληρωμένο Γεωδαιτικό Σταθμό με τη χρήση αφινικού μετασχηματισμού. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η δημιουργία σειράς ορθοφωτογραφιών των εξωτερικών όψεων.

Στη συνέχεια, μέσω του προγράμματος ERDAS Imagine 2010 εφαρμόστηκε μια σειρά από τεχνικές επεξεργασίας εικόνας συμπεριλαμβανομένου της ταξινόμησης, χωρικών φίλτρων, ενίσχυσης ακμών, ανάλυση κυρίων συνιστωσών κ.α.. Η βασική αρχή της **ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων** (DIP, Digital Image Processing), συνοψίζεται στο ποσοστό ανάκλασης και απορρόφησης του ορατού φάσματος με σημείο αναφοράς την υπό εξέταση επιφάνεια, «αποτυπώνοντας» την κατάσταση διατήρησης της επιφάνειας την στιγμή της μέτρησης και την απόδοση της τοιχοποιίας με ψευδή χρώματα σε επιφάνεια, καθώς επίσης και στην ενίσχυση της ίδιας της εικόνας μέσα από την επεξεργασία του ιστογράμματος.

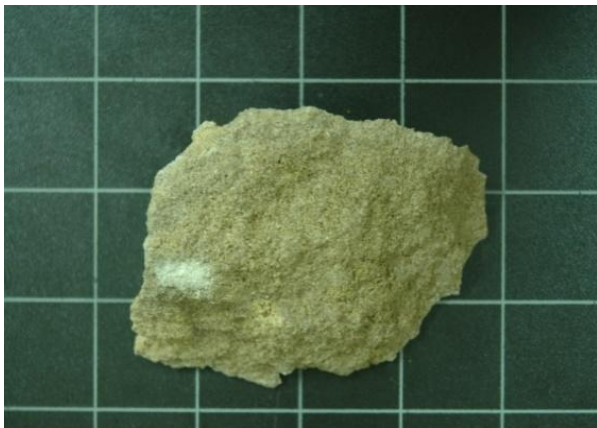
## 5. Αποτελέσματα και συζήτηση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μεθόδων έρευνας και γίνεται συζήτηση όσον αφορά αυτά. Αρχικά γίνεται αναφορά στα αποτελέσματα της έρευνας για τα 31 δείγματα που λήφθηκαν και στη συνέχεια αναφέρονται τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης της φθοράς.

### Δείγμα Δ1

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου το οποίο μακροσκοπικά (Εικ. 5.1.1α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικ. 5.1.1β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία απολιθωμάτων και λευκού συγκολλητικού υλικού γύρω από τους κόκκους του πετρώματος.



Εικ. 5.1.1α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 1 σε τράπεζα φωτογράφισης

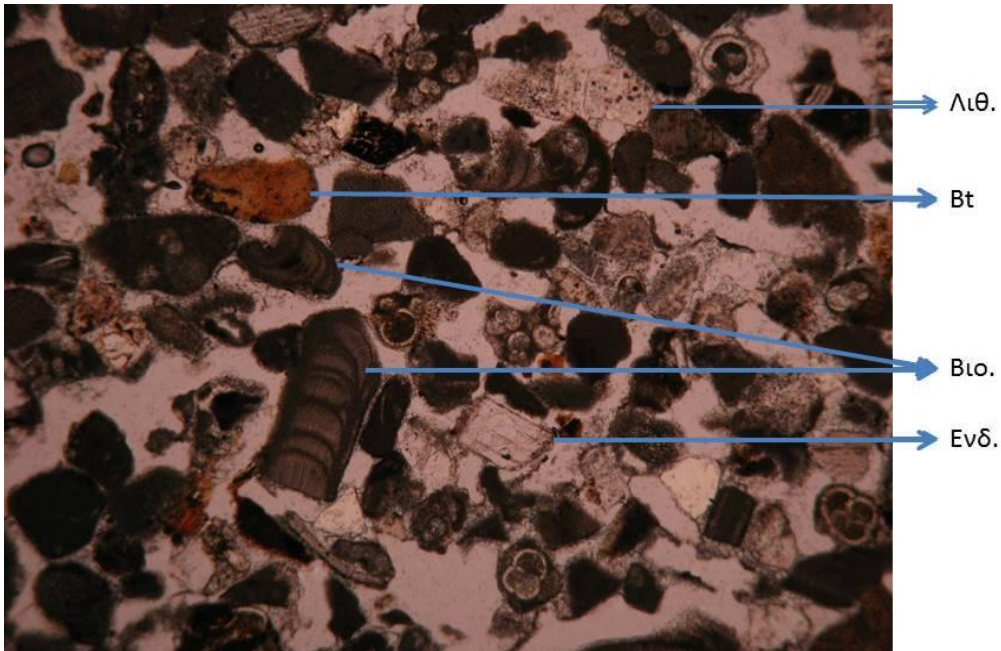


Εικ. 5.1.1β: Φωτογράφιση δείγματος 1 σε στερεοσκόπιο. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm.

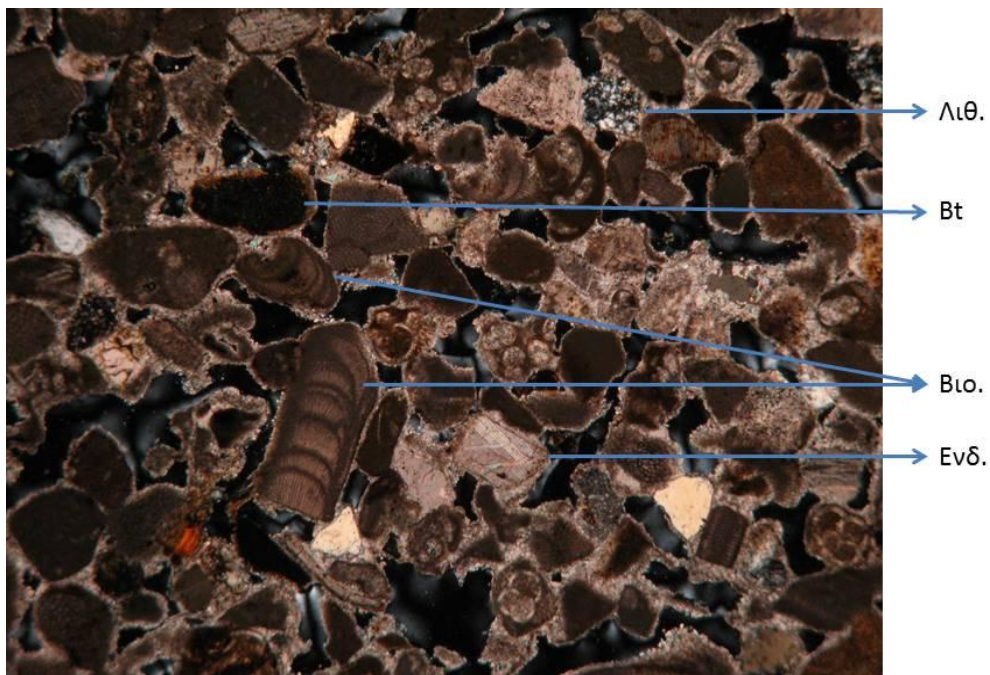
#### Μικροσκοπική Παρατήρηση

Το δείγμα αυτό χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως ανθρακικό πέτρωμα βιογενούς προέλευσης και συγκεκριμένα ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,3 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι *βιοκλάστες* σε ποσοστό >50%, ενώ το συγκολλητικό υλικό του είναι *σπαριτικό* με ποσοστό 8%. Περιέχει επίσης λίγους *ενδοκλάστες* (2%) και *λιθοκλάστες* (1%). Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι *χαλαζίας* (5%), *άστριοι* (1%), *μοσχοβίτης* (1%) και *βιοτίτης* (1%).





Εικ. 5.1.1γ: Μικροσκοπική παρατήρηση (II) δείγματος Δ1. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm.



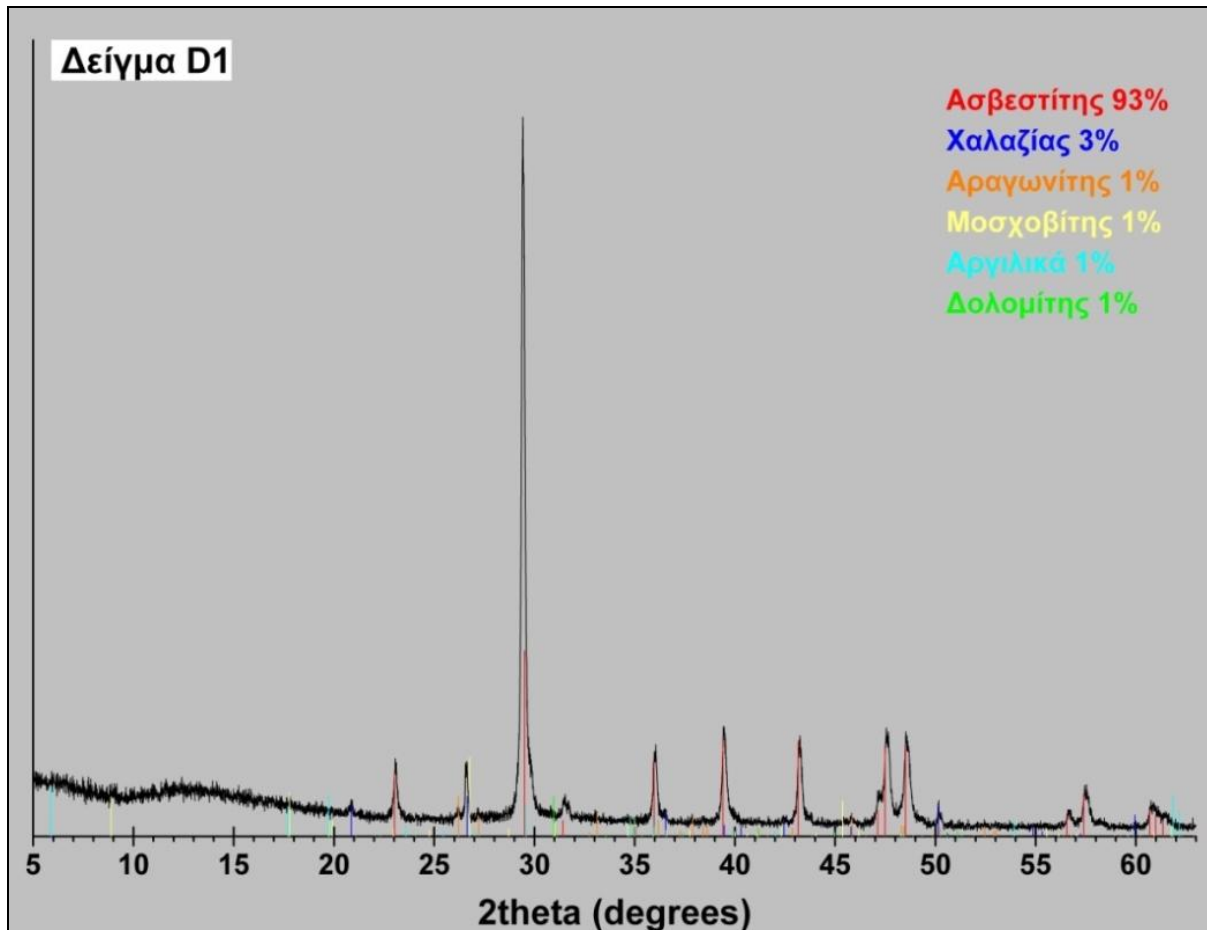
Εικ. 5.1.1δ: Μικροσκοπική παρατήρηση (L) δείγματος Δ1. Λιθ.: Λιθοκλάστες, Βιο.: Βιοκλάστες, Ενδ.: Ενδοκλάστες, Bt: Βιοτίτης. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm.

Στις εικόνες 5.1.1γ-δ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το μεγάλο πορώδες, η σημαντική παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συνδετικού υλικού. Επίσης, διακρίνεται ένας μεγάλος κόκκος βιοτίτη, ένας ενδοκλάστης και ένας λιθοκλάστης πλούσιος σε χαλαζία, καθώς και διάσπαρτοι κόκκοι χαλαζία.

Το εξεταζόμενο δείγμα κατά Folk (1959) ταξινομείται ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (Εικ. 5.1.1ε), το δείγμα Δ1 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (93% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν χαλαζίας (3% κ.β), αραγωνίτης (1% κ.β), δολομίτης (1% κ.β), μαρμαρυγίες (1% κ.β) και αργιλικά ορυκτά (1% κ.β).



Εικ. 5.1.1ε: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ1.

### **Δείγμα Δ2**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.2α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.2β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία λευκού συγκολλητικού υλικού, καθώς και αλάτων ινώδους και μαζώδους μορφής γύρω από τους κόκκους του πετρώματος.





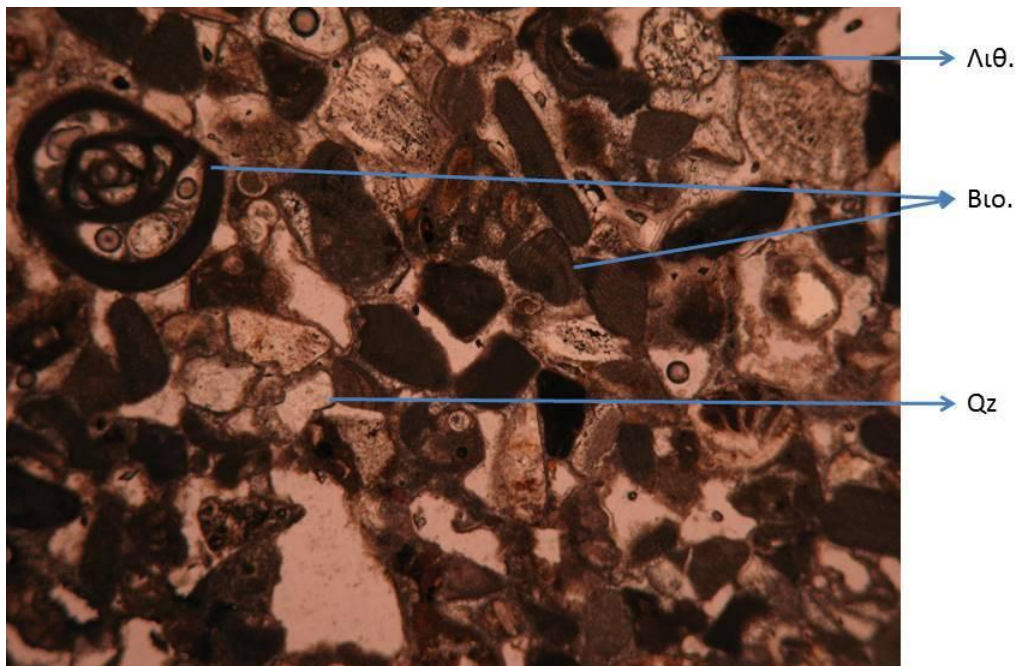
Εικ. 5.1.2α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 2 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικ. 5.1.2β: Φωτογράφιση εξωτερικής επιφάνειας δείγματος 2 σε στερεοσκόπιο. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 7mm.

### Μικροσκοπική Παρατήρηση

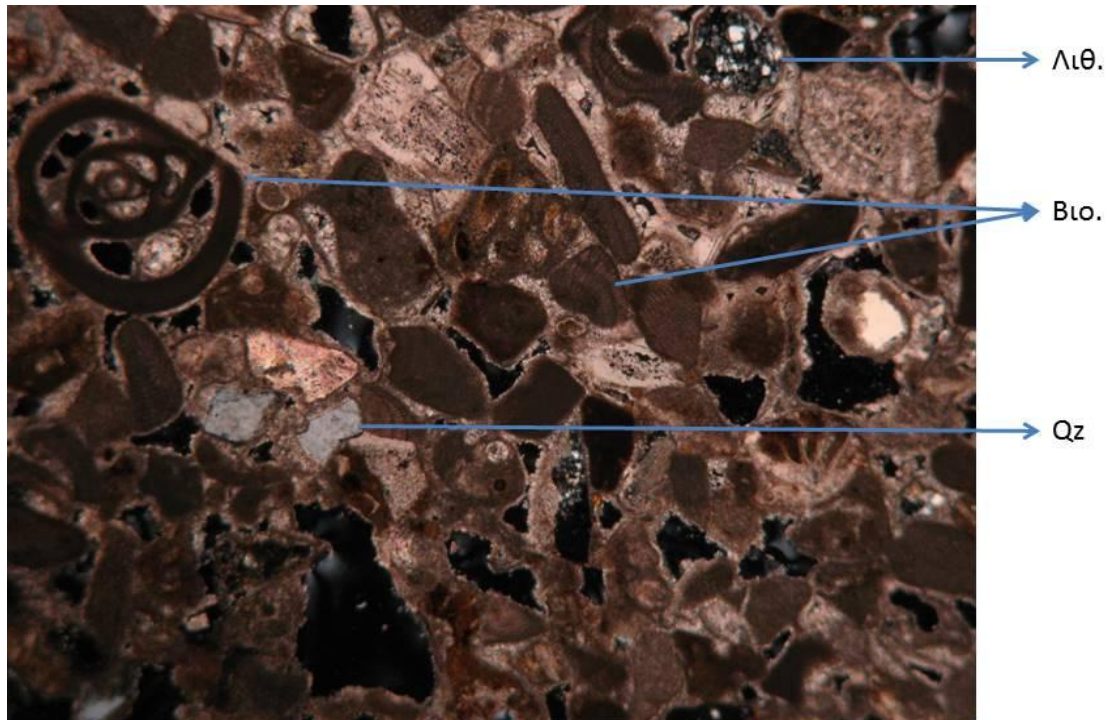
Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,4 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1,2 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι βιοκλάστες σε ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι σπαριτικό με ποσοστό 7%. Περιέχει επίσης ενδοκλάστες 5% και λιθοκλάστες 3%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας (3%), άστριοι (1%) και μοσχοβίτης (1%). Επίσης, κοντά στην περιφέρεια της τομής παρατηρήθηκε ανάπτυξη δευτερογενούς αραγωνίτη (2%) σε ακτινωτή μορφή, στους πόρους του πετρώματος.



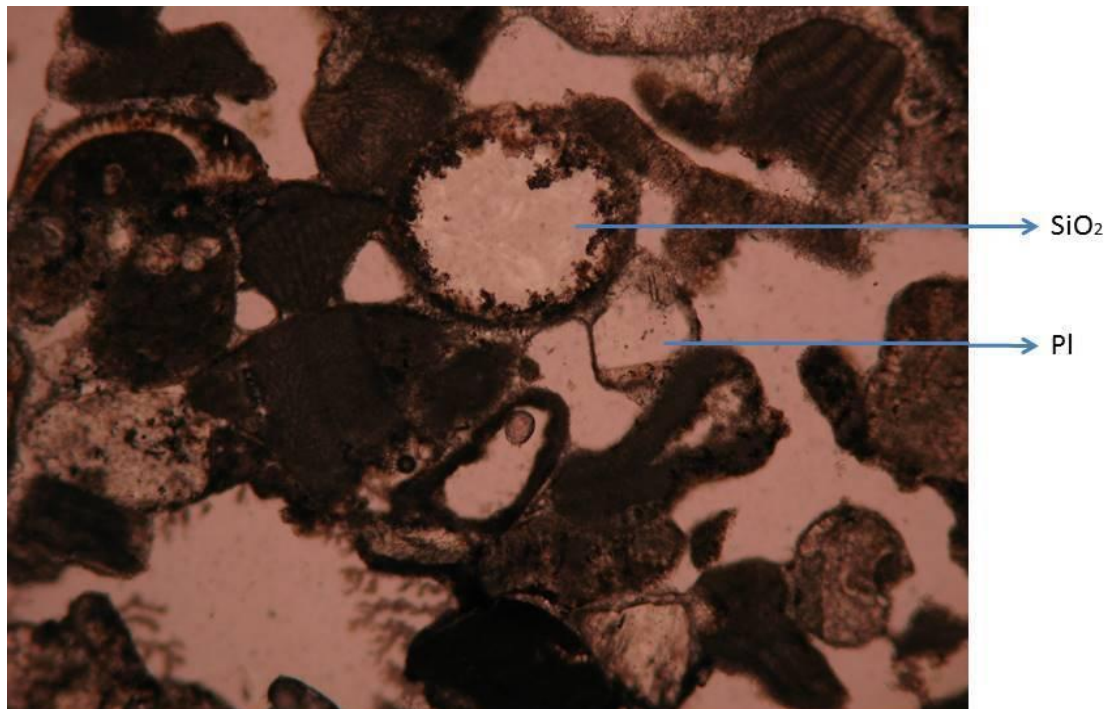
Εικ. 5.1.2γ: Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ2. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm.



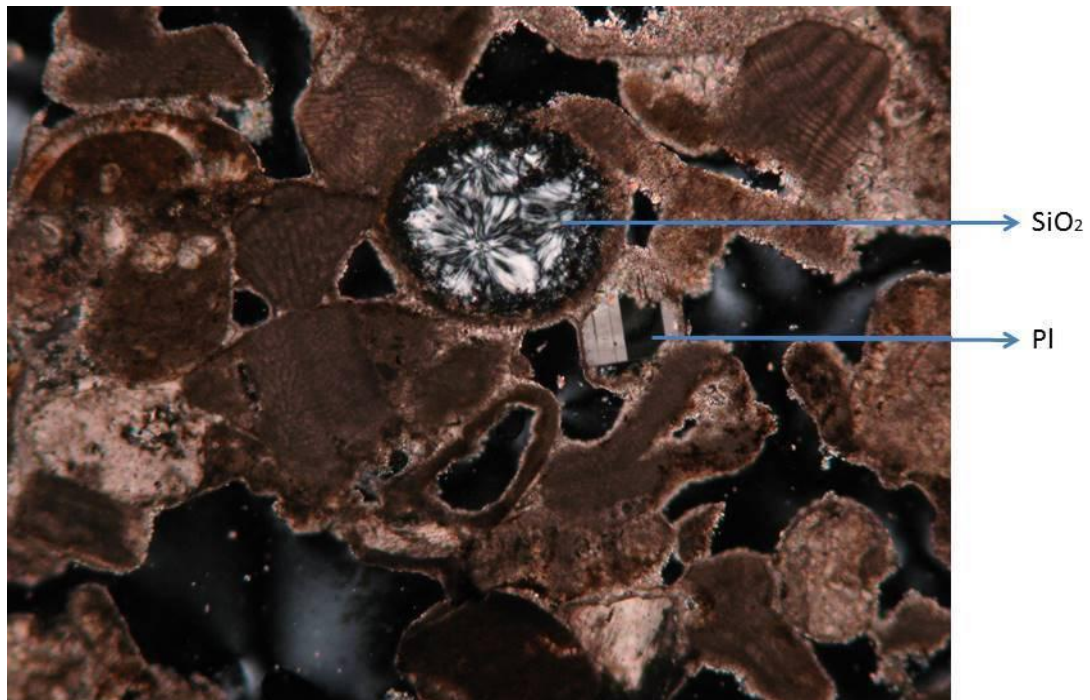
Στις εικόνες 5.1.2γ-η παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται χαλαζιάς, αραγωνίτης και άμορφο  $\text{SiO}_2$ , ενώ κατά θέσεις αναγνωρίστηκαν πληρώσεις των πόρων με δευτερογενή άλατα, κυρίως αραγωνίτη.



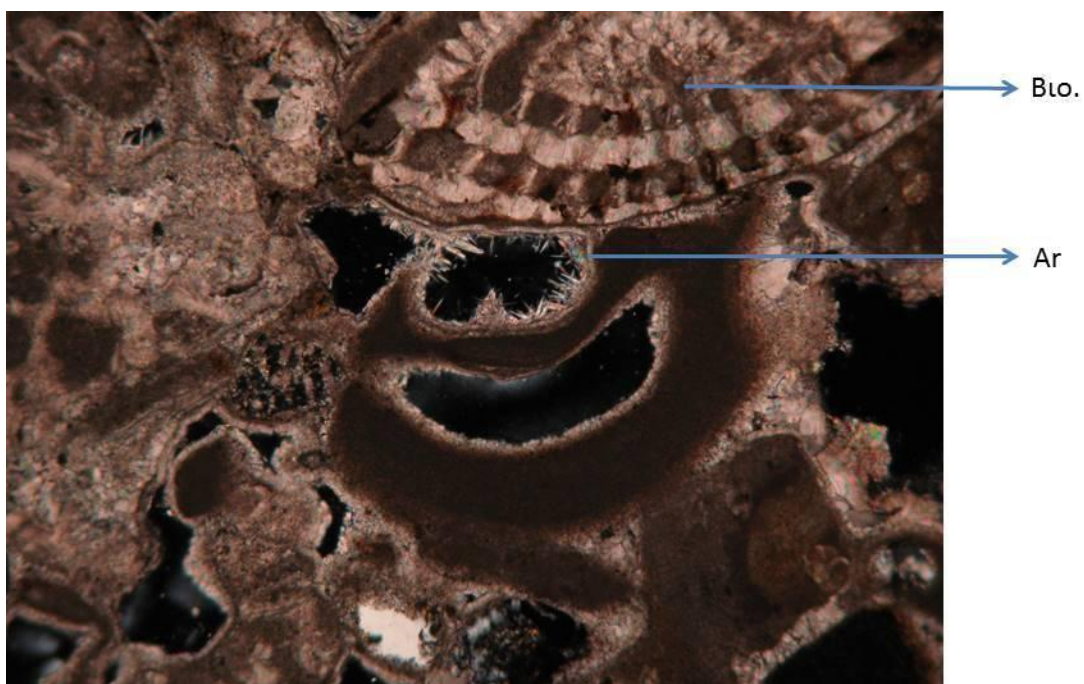
Εικ. 5.1.2δ: Μικροσκοπική παρατήρηση (1) δείγματος Δ2. Λιθ.: Λιθοκλάστες, Βιο.: Βιοκλάστες, Qz: Χαλαζιάς. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm.



Εικ. 5.1.2ε: Μικροσκοπική παρατήρηση (II) δείγματος Δ2.  $\text{SiO}_2$ : Άμορφο  $\text{SiO}_2$ , Pl: Πλαγιόκλαστο. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1,5mm.



Εικ. 5.1.2ζ: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ2. SiO<sub>2</sub>: Άμορφο SiO<sub>2</sub> γεμίζει κενό χώρο σε βιοκλάστη, Pl: Πλαγιόκλαστο. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1,5mm.



Εικ. 5.1.2η: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ2. Ar: ακτινωτή μορφή αραγωνίτη, Bιο.: Βιοκλάστες. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1,5 mm.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.

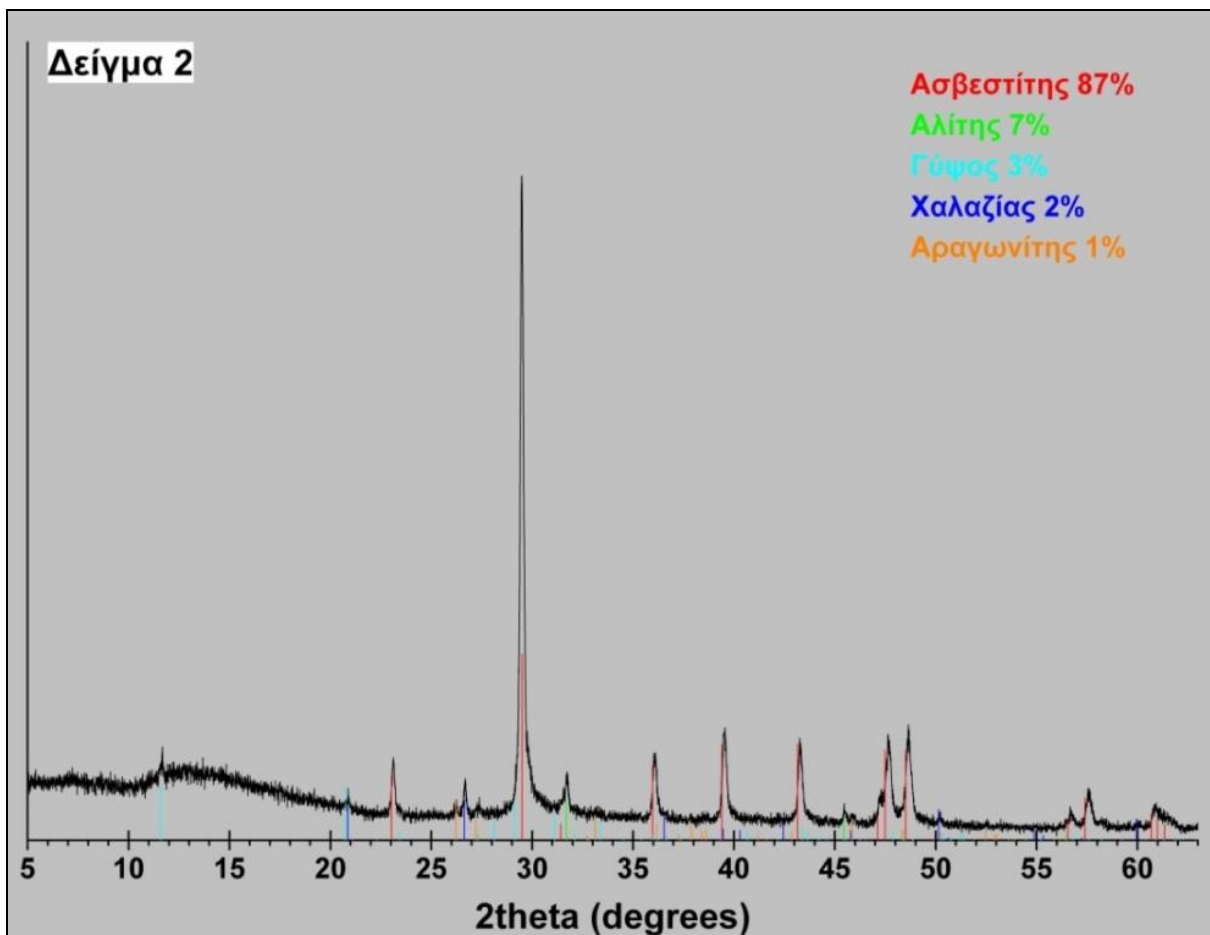
#### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων X (Εικ. 5.1.2θ), το δείγμα Δ2 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (87% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά



φθίνουσα σειρά αλίτης (NaCl) (7% κ.β), γύψος (3% κ.β), χαλαζίας (2% κ.β) και αραγωνίτης (1% κ.β).

Σύμφωνα με τους Steiger et al. (2014) σε παραθαλάσσια περιβάλλοντα, τα άλατα που προέρχονται από τη θάλασσα έχουν μεγάλη παρουσία στην τοπική ατμόσφαιρα. Στο εξεταζόμενο δείγμα η παρουσία αλάτων όπως ο αλίτης, η γύψος και ο αραγωνίτης στους πόρους του δομικού λίθου, προέρχεται από την επίδραση της θάλασσας στο μνημείο. Επιπλέον, ο αραγωνίτης μπορεί να προέλθει από την απόθεση  $\text{CaCO}_3$  το οποίο διαλύεται από ανώτερα σημεία του μνημείου και κατερχόμενο αποτίθεται σε κοιλοτητες σε χαμηλότερα σημεία. Όπως δείχνουν τα παραδείγματα από πολλά μνημεία που είναι κτισμένα σε παραθαλάσσια περιβάλλοντα, η απόθεση και ο εμπλουτισμός θαλάσσιων αλάτων, είναι ένα σημαντικό αίτιο της αποσάθρωσης τους (Theoulakis & Mογορουλου, 1988, Zezza & Marci, 1995). Επίσης, στο συγκεκριμένο μνημείο η έντονη παρουσία αλίτη μπορεί να οφείλεται στη παλιά χρήση του ως αποθήκη αλατιού για περίπου 57 χρόνια.



Εικ. 5.1.20: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ2.

Κατά την εξάτμιση του νερού από τους πόρους των πετρωμάτων, τα διαλυτά άλατα που υπάρχουν μέσα σε αυτό, όταν φτάσουν σε σημείο κορεσμού ξεκινούν να σχηματίζουν στερεές φάσεις. Αυτές οι στερεές φάσεις είναι άλατα όπως η γύψος και ο αλίτης. Ο σχηματισμός κρυστάλλων αλάτων στο πορώδες του πετρώματος ξεκινά να έχει καταστροφικές επιδράσεις

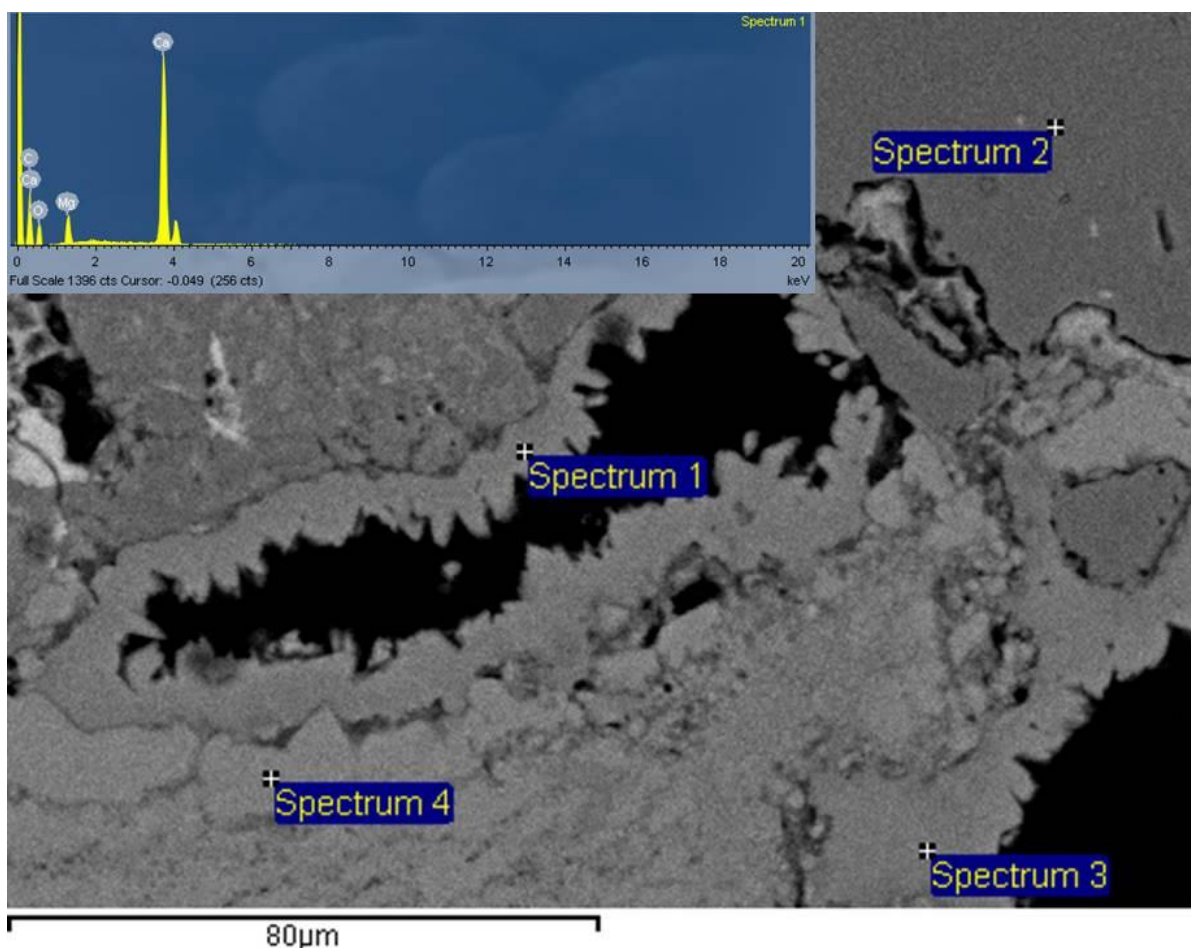


για το πέτρωμα από τη στιγμή που περιορίζεται ο χώρος για ανάπτυξη του κρυστάλλου (Steiger et al., 2014). Η παρουσία κρυστάλλων γύψου στο πορώδες των πετρωμάτων που εξετάζονται οδηγεί σε μηχανική φθορά των λίθων μέσω των κύκλων κρυστάλλωσης (Charola et al., 2007). Έτσι, οι συνεχόμενοι κύκλοι ύγρανσης-ξηράνσης που δέχονται τα πετρώματα του κάστρου σε συνδυασμό με τη διαρκή τροφοδοσία αλάτων αποτελούν τον κύριο μηχανισμό φθοράς των πετρωμάτων που εξετάζονται.

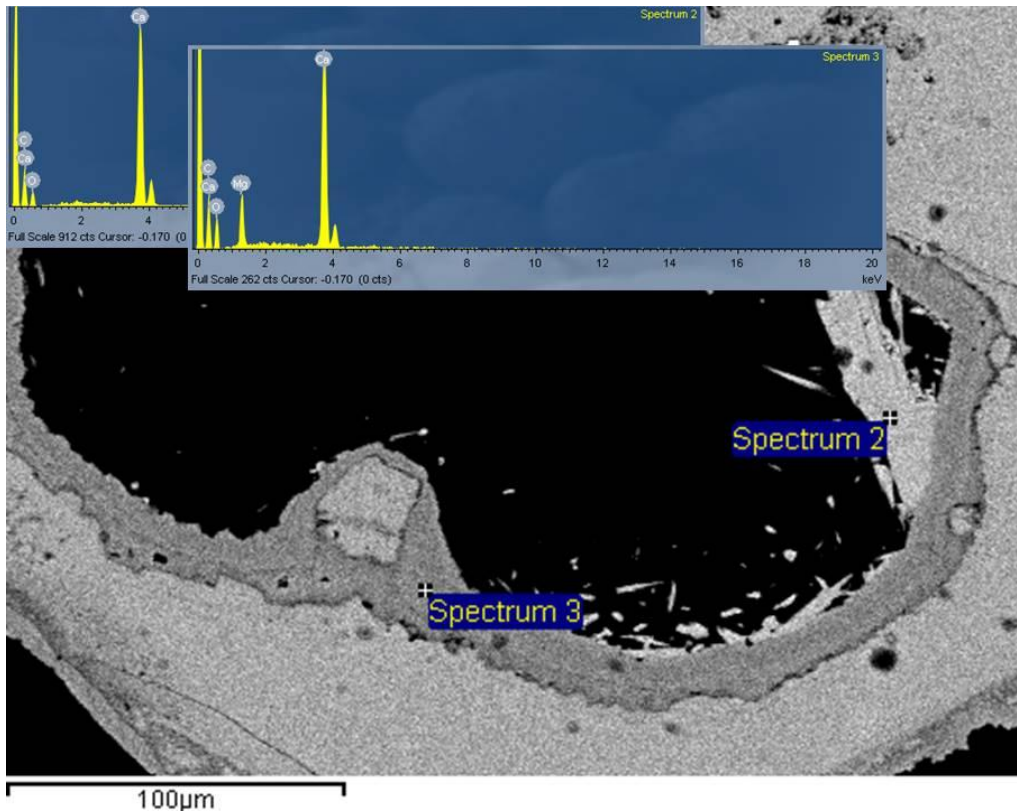
### Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM)

Τα αποτελέσματα της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης για το δείγμα 2 έδειξαν ότι το σπαριτικό συνδετικό υλικό του δείγματος εμφανίζει δολομιτίωση (Εικ. 5.1.2ι), γεγονός που υποδεικνύεται από την παρουσία Mg, πέρα από το Ca και το O.

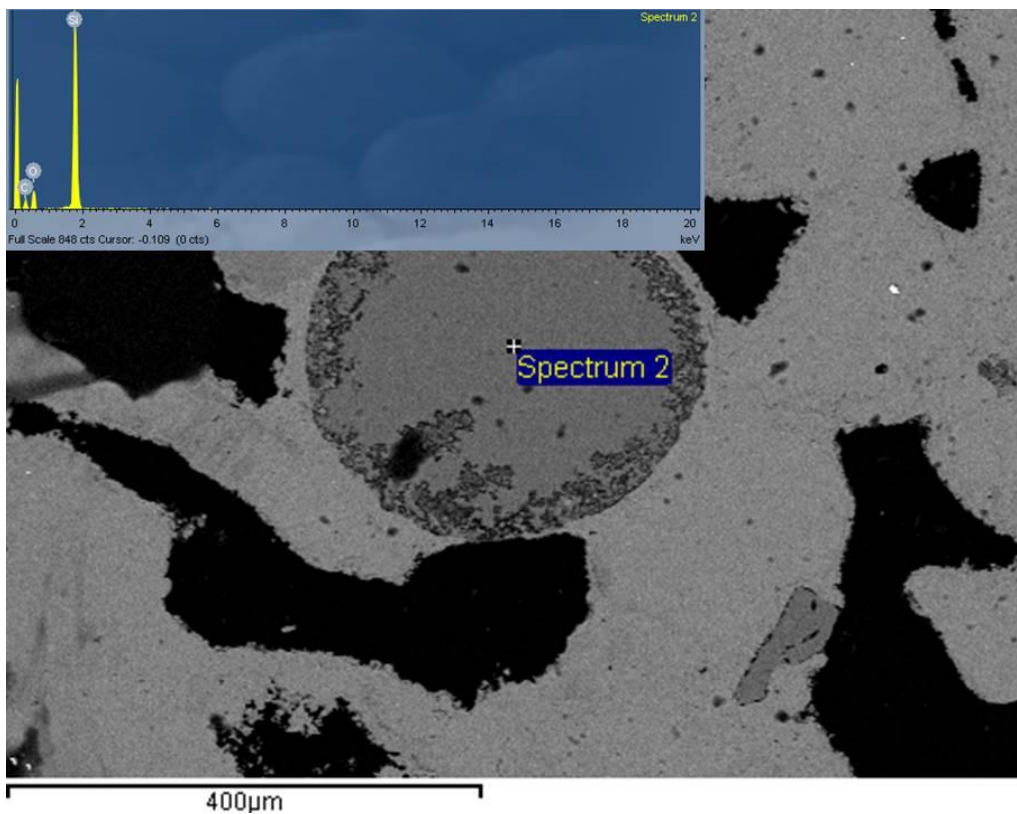
Η παρουσία ινώδους μορφής αραγωνίτη στο πορώδες του δείγματος Δ2 επιβεβαιώνεται με την ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (Εικ. 5.1.2κ), ενώ στην εικ. 5.1.2λ φαίνεται η παρουσία ενδοκλάστη στον οποίο ο κενός χώρος πληρώθηκε με SiO<sub>2</sub>.



Εικ. 5.1.2ι: Οπισθοσκεδαζόμενη εικόνα SEM του δείγματος Δ2. Διακρίνεται η ζώνη δολομιτίωσης με το συγκολλητικό υλικό (θέση ανάλυσης 1 και 3). Επίσης στη θέση ανάλυσης 2 διακρίνεται λιθοκλάστης πλούσιος σε SiO<sub>2</sub>.



Εικ. 5.1.2κ: Οπισθοσκεδαζόμενη εικόνα SEM, δείγματος Δ2. Διακρίνεται η ζώνη δολομίτη με το συγκολλητικό υλικό (θέση ανάλυσης 3). Επίσης στη θέση ανάλυσης 2 διακρίνεται ο δευτερογενής αραγωνίτης.



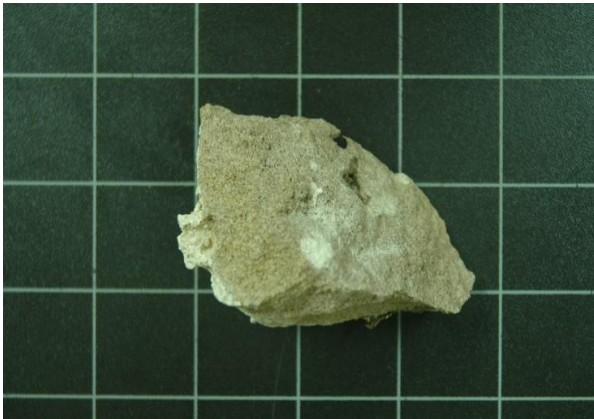
Εικόνα 5.1.2λ: Οπισθοσκεδαζόμενη εικόνα SEM, δείγματος Δ2. Διακρίνεται ενδοκλάστης όπου ο κενός του χώρος πληρώθηκε με  $\text{SiO}_2$  (θέση ανάλυσης 2).



## Δείγμα Δ3

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.3α) έχει ελαφρύ κόκκινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.3β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία απολιθωμάτων και λευκού συγκολλητικού υλικού γύρω από τους κόκκους του πετρώματος.



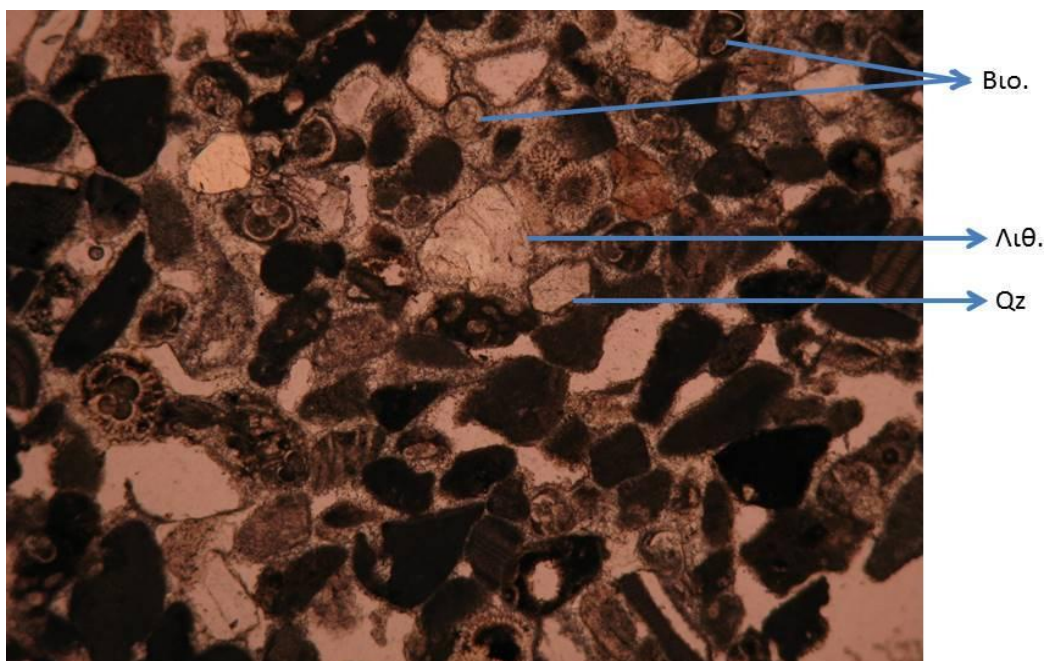
Εικ. 5.1.3α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 3 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικ. 5.1.3β: Φωτογράφιση δείγματος 3 σε στερεοσκόπιο. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Μικροσκοπική Παρατήρηση

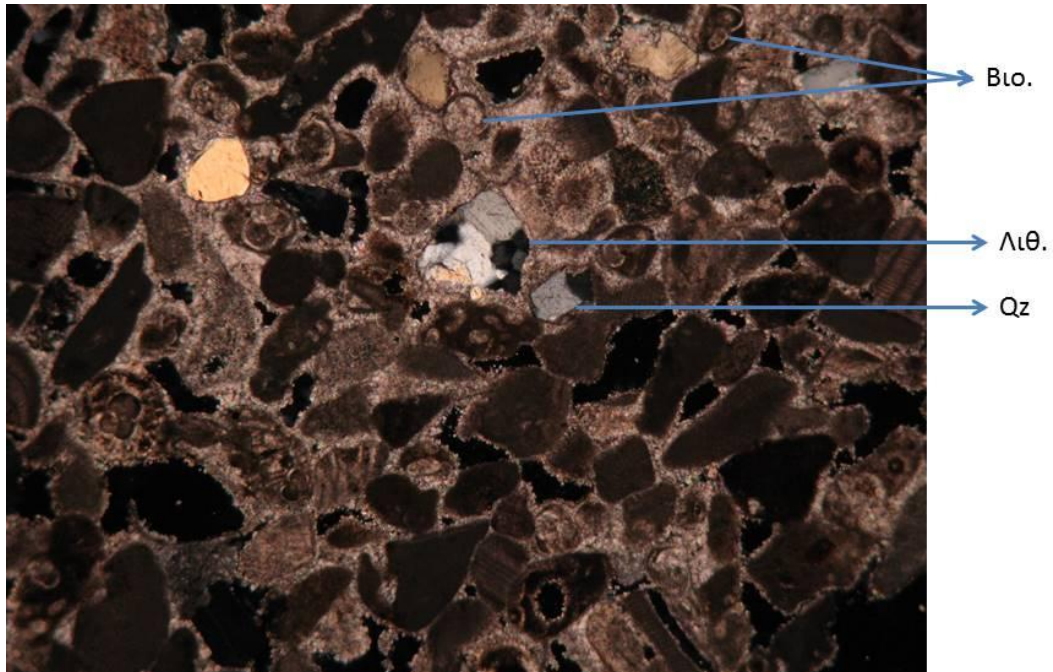
Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,2mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι βιοκλάστες σε ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι σπαριτικό με ποσοστό 8%. Περιέχει επίσης ενδοκλάστες 2% και λιθοκλάστες 1%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας (3%), άστριοι (1%), μοσχοβίτης (1%) και βιοτίτης (1%).



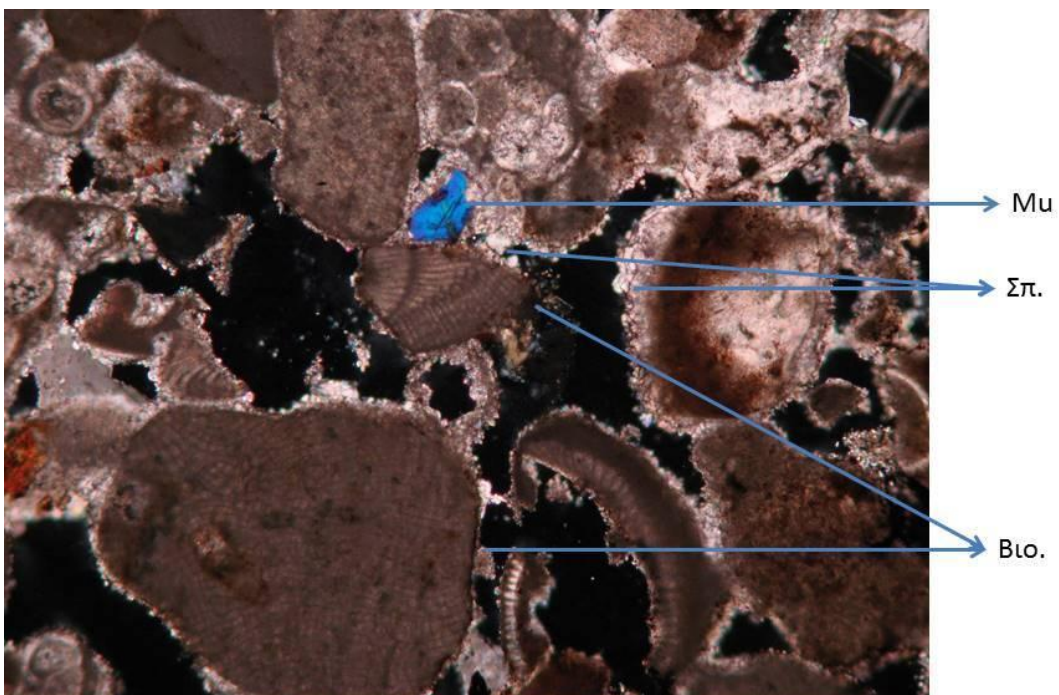
Εικ. 5.1.3γ: Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ3. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm



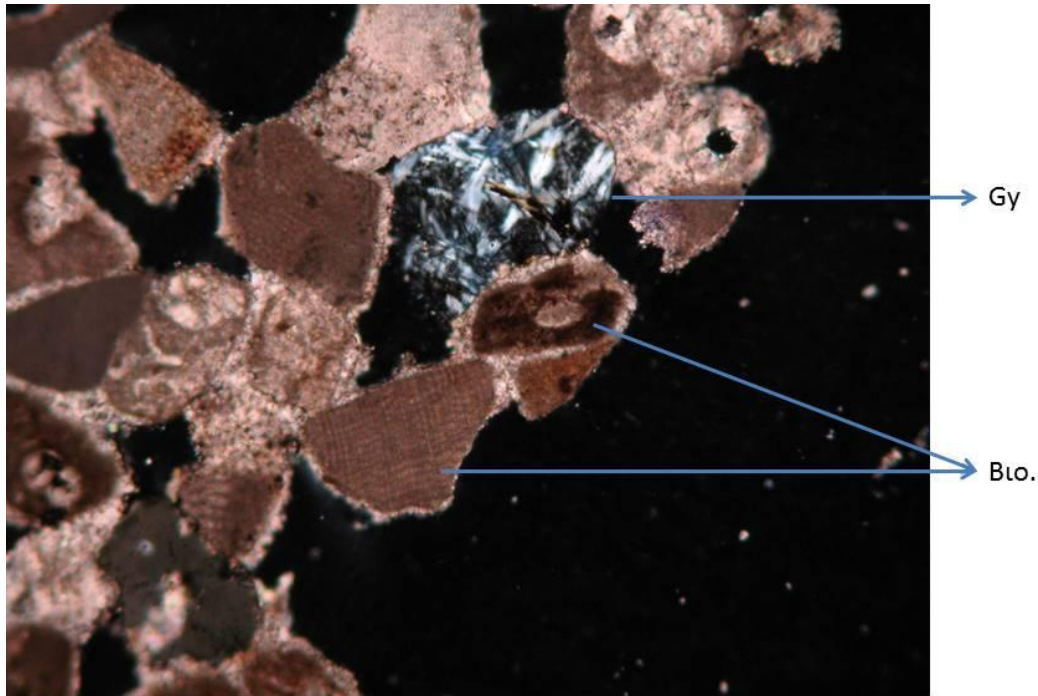
Στις εικόνες 5.1.3γ-ζ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται χαλαζίας, μοσχοβίτης και γύψος.



Εικ. 5.1.3δ: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ3. Qz: Χαλαζίας, Βιο.: Βιοκλάστες, Λιθ.: Λιθοκλάστες. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm.



Εικ. 5.1.3ε: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ3. Μυ: Μοσχοβίτης, Βιο.: Βιοκλάστες, Σπ.: Σπαριτικό συγκολλητικό υλικό. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

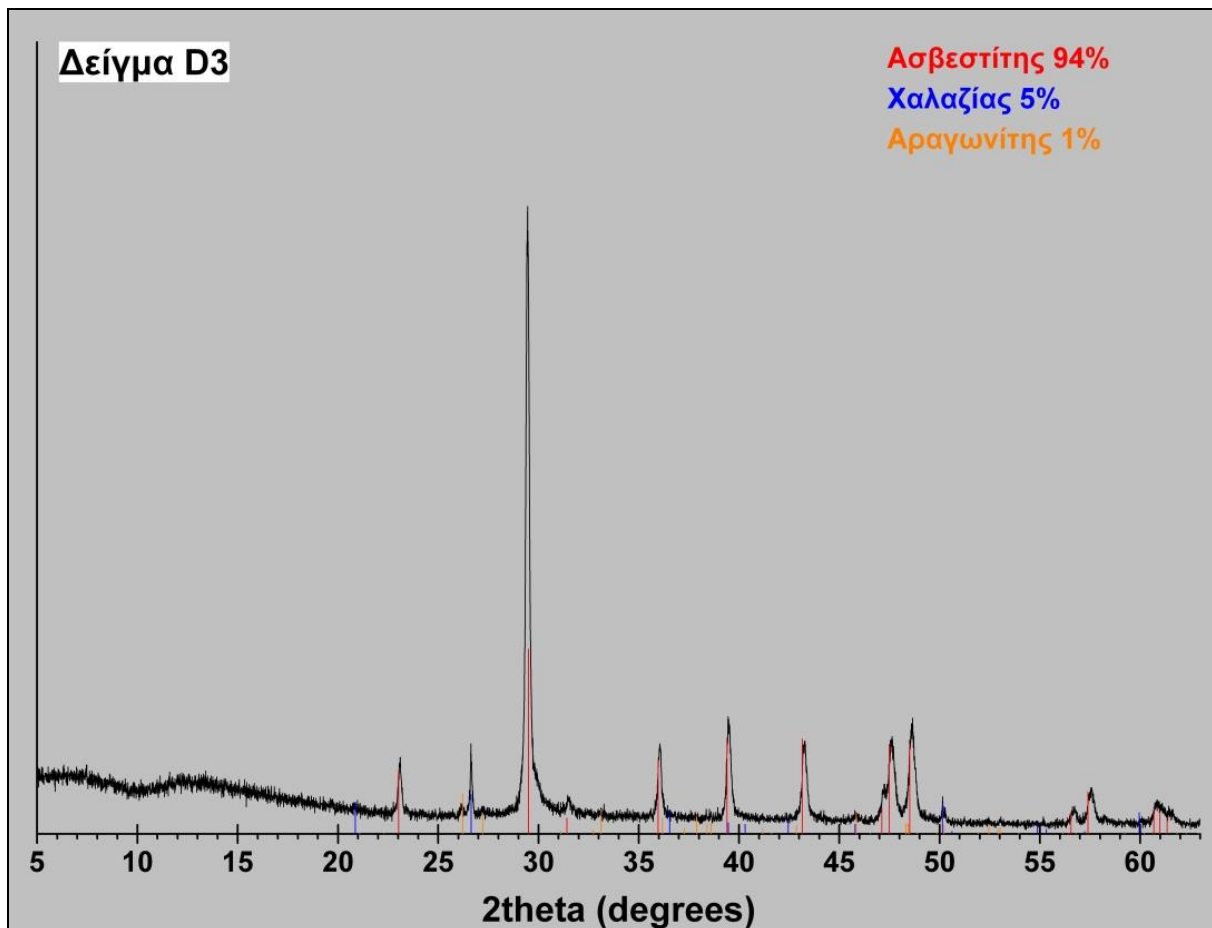


Εικ. 5.1.3ζ: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ3. Gy: Γύψος, Βιο.: Βιοκλάστες.  
Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.

#### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (Εικ. 5.1.3η), το δείγμα Δ3 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (94% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά χαλαζίας (5% κ.β) και αραγωνίτης (1% κ.β).

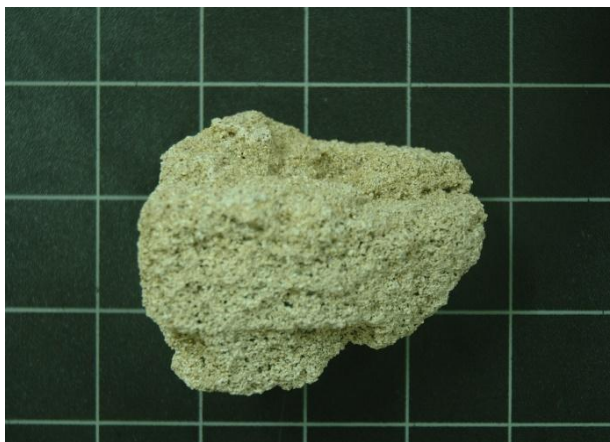


Εικ. 5.1.3η: Περιθλασιόγραμμα δείγματος Δ3

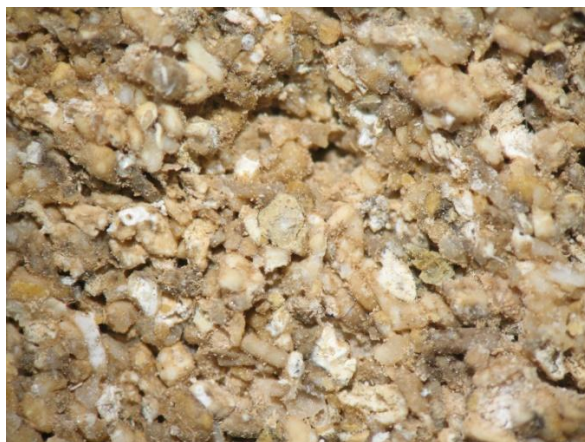
## Δείγμα Δ4

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου το οποίο μακροσκοπικά (Εικ. 5.1.4α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικ. 5.1.4β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία απολιθωμάτων και λευκού συγκολλητικού υλικού γύρω από τους κόκκους του πετρώματος.



Εικόνα 5.1.4α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 4 σε τράπεζα φωτογράφισης.

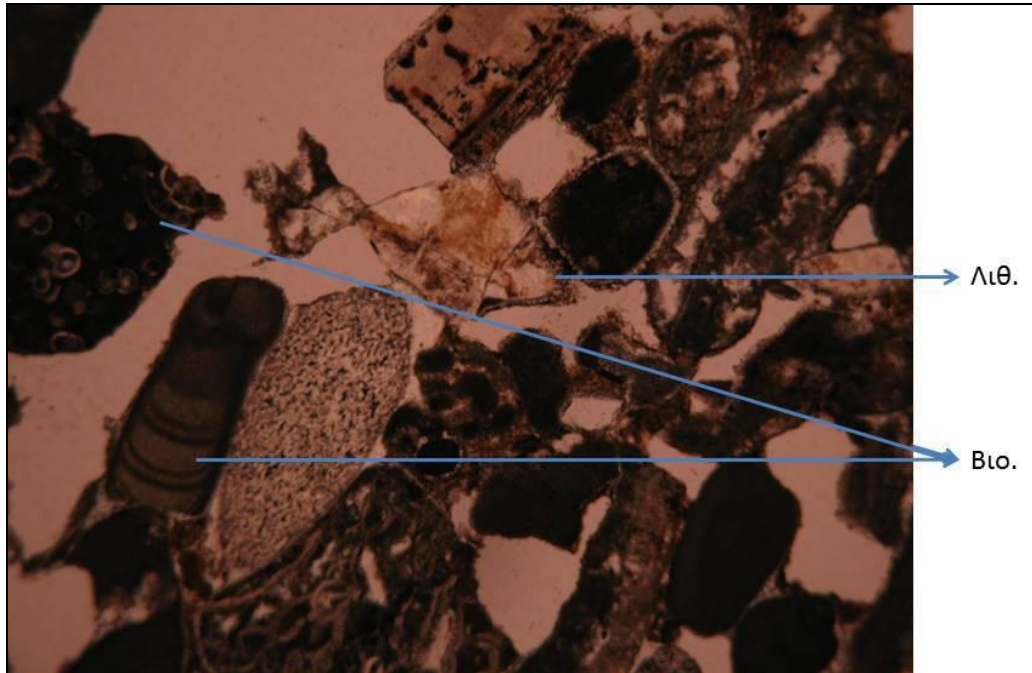


Εικόνα 5.1.4β: Φωτογράφιση δείγματος 4 σε στερεοσκόπιο. Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

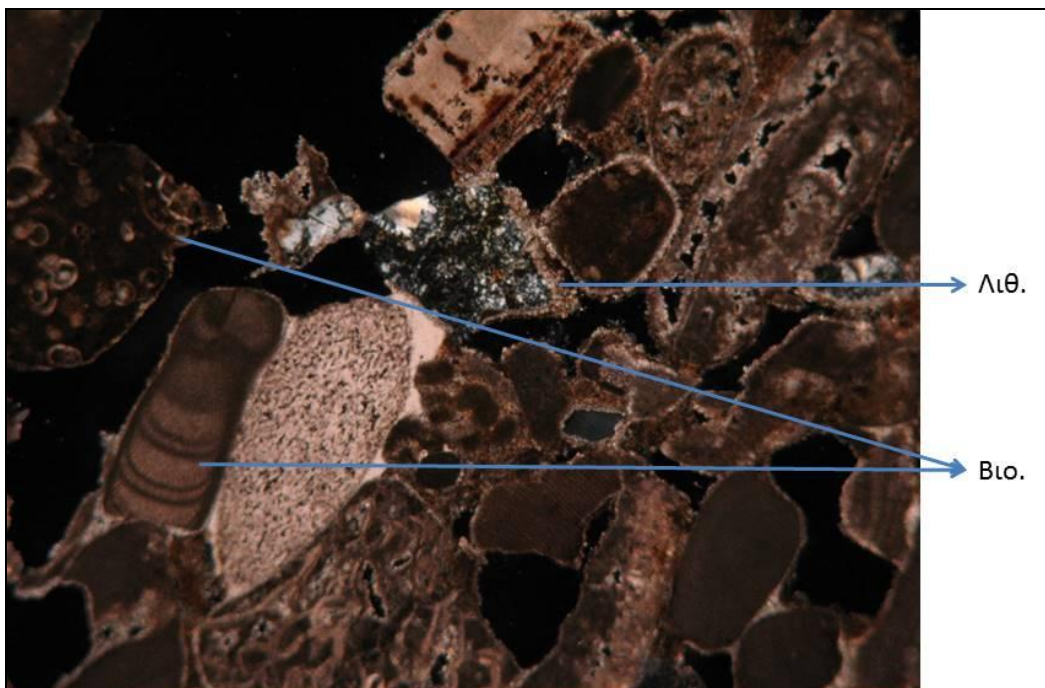


### Μικροσκοπική Παρατήρηση

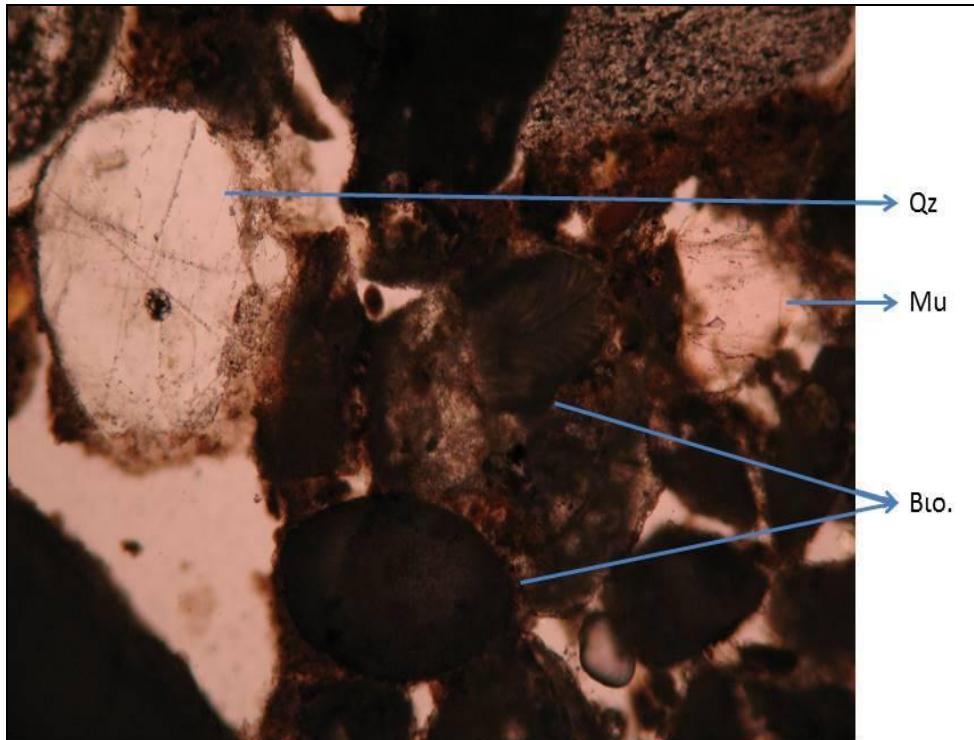
Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,6mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1,8mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι βιοκλάστες με ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι σπαριτικό με ποσοστό 8%. Περιέχει επίσης λιθοκλάστες 1%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 1% και μοσχοβίτης 1 %.



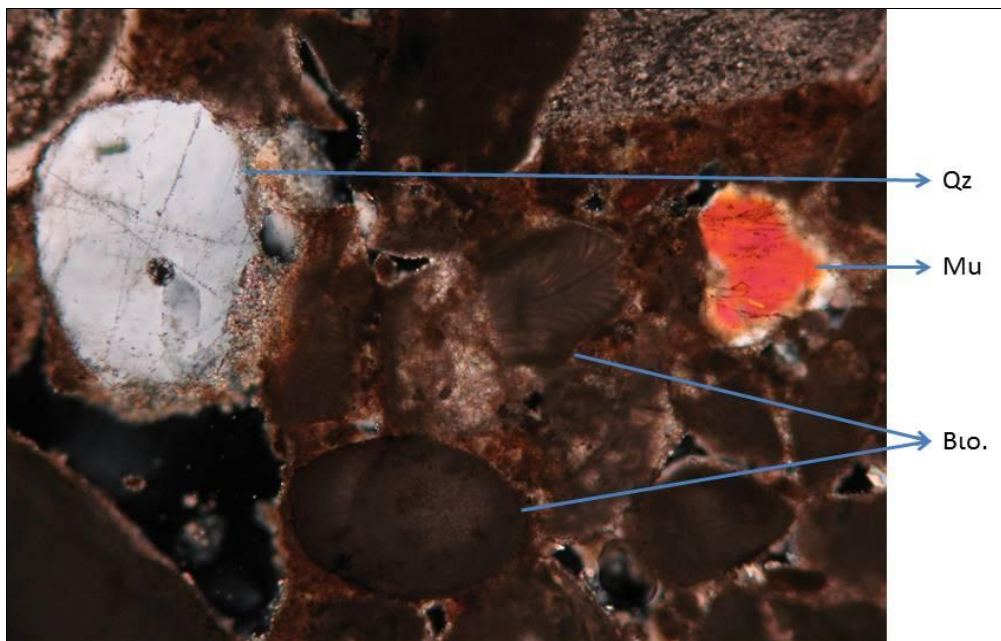
**Εικόνα 5.1.4γ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ4. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm



**Εικόνα 5.1.4δ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ4. Βιο.: Βιοκλάστες, Λιθ.: Λιθοκλάστες. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm



**Εικόνα 5.1.4ε:** Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ4. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm.



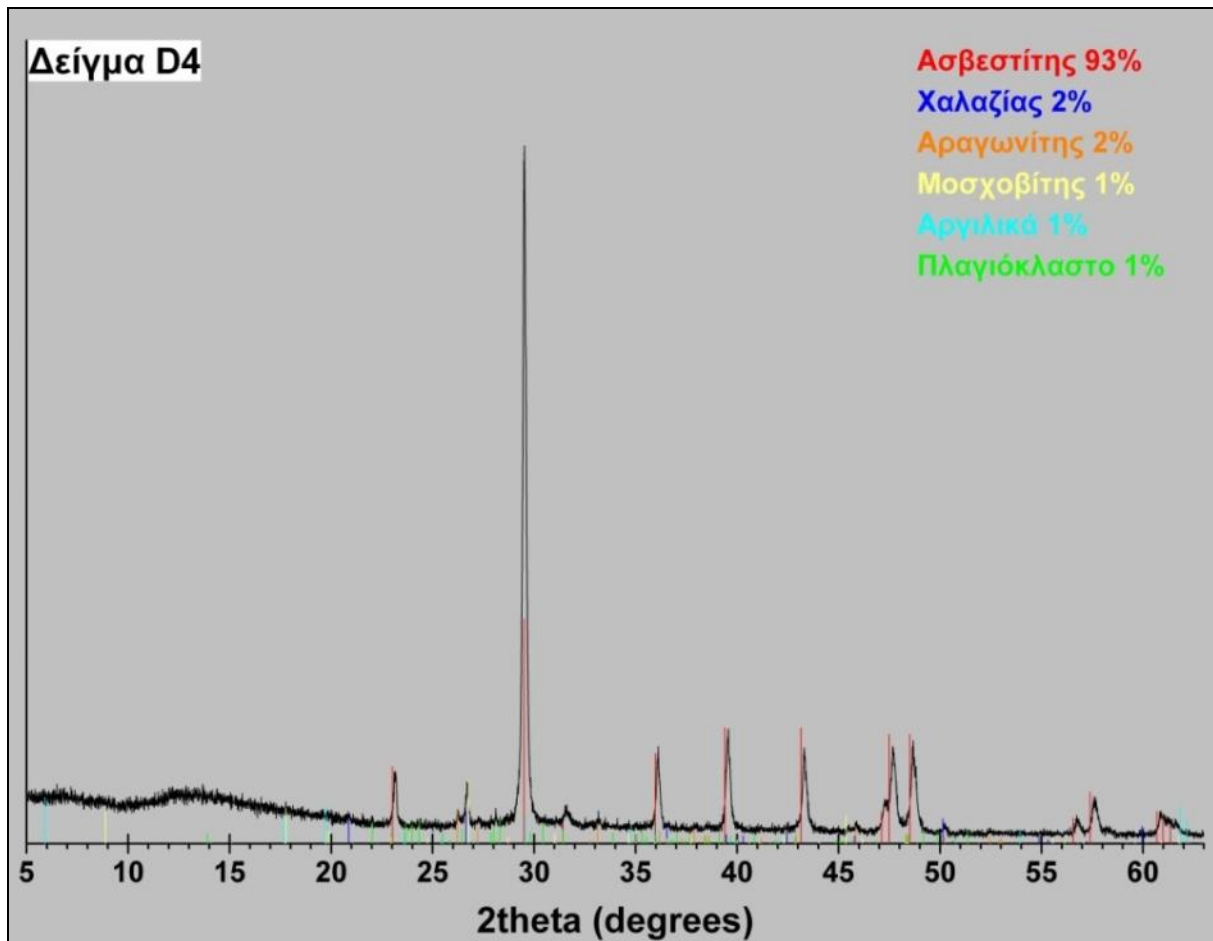
**Εικόνα 5.1.4ζ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ4. Βιο.: Βιοκλάστες, Qz.: Χαλαζιάς, Mu: Μοσχοβίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm.

Στις φωτογραφίες 5.1.4γ-ζ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται χαλαζιάς, μοσχοβίτης και λιθοκλάστες.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.4η), το δείγμα Δ4 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (93% κ.β) ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά χαλαζίας (2% κ.β), αραγωνίτης (2% κ.β), πλαγιόκλαστο (1% κ.β), μαρμαρυγίες (1% κ.β) και αργιλικά ορυκτά (1% κ.β).



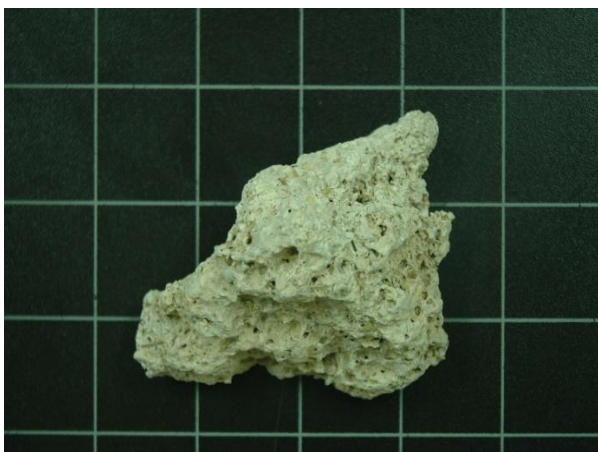
Εικόνα 5.1.4η: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ4

### **Δείγμα Δ5**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα μαζώδους δομικού λίθου το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.5α) έχει λευκό χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.5β) γίνεται αντιληπτό το μεγάλο μέγεθος των συστατικών του, καθώς επίσης η παρουσία απολιθωμάτων.





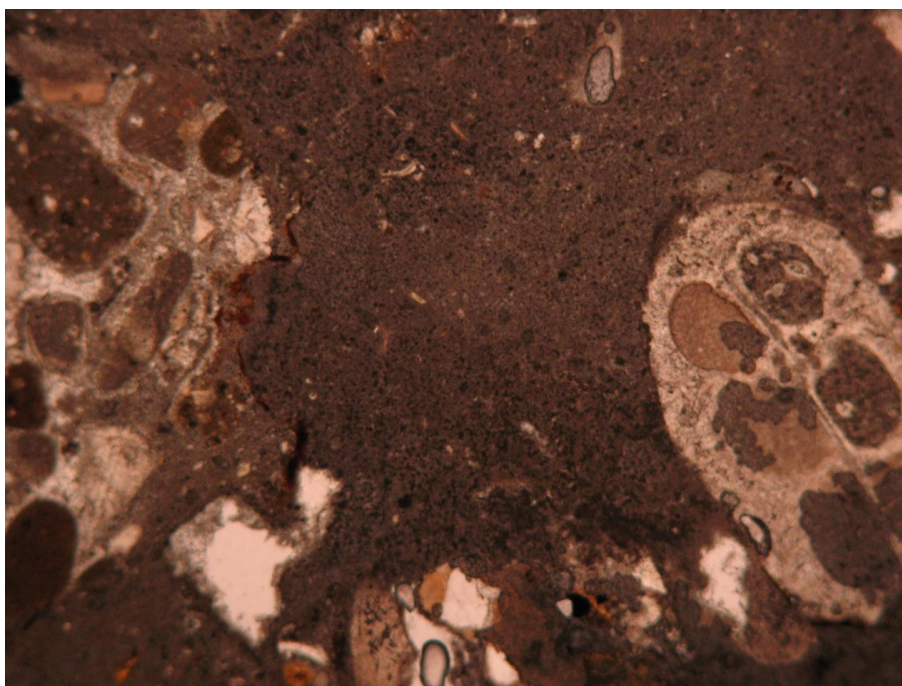
Εικόνα 5.1.5α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 5 σε τράπεζα φωτογράφισης.



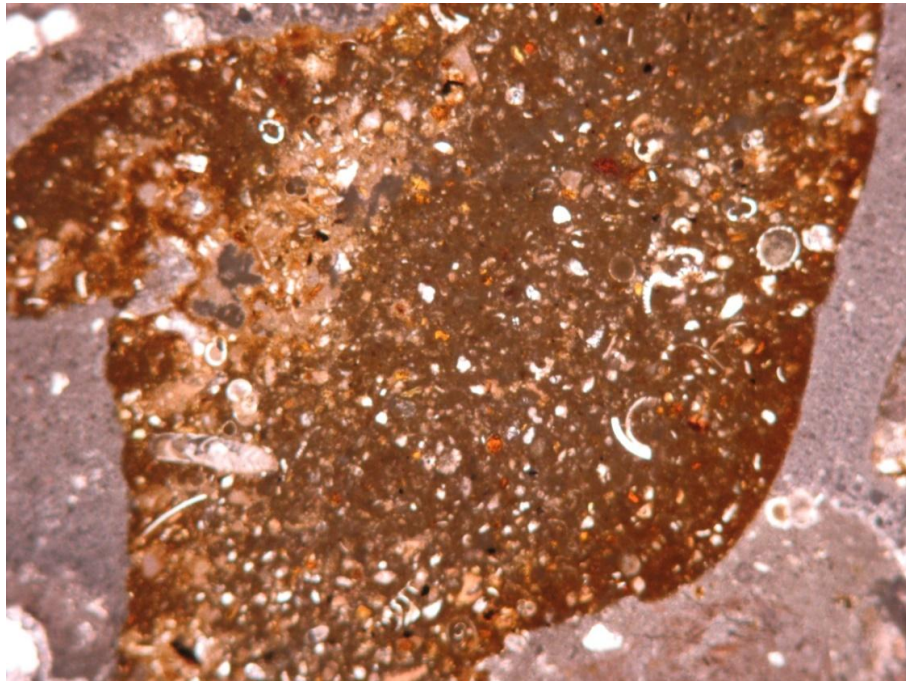
Εικόνα 5.1.5β: Φωτογράφιση δείγματος 5 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Μικροσκοπική Παρατήρηση

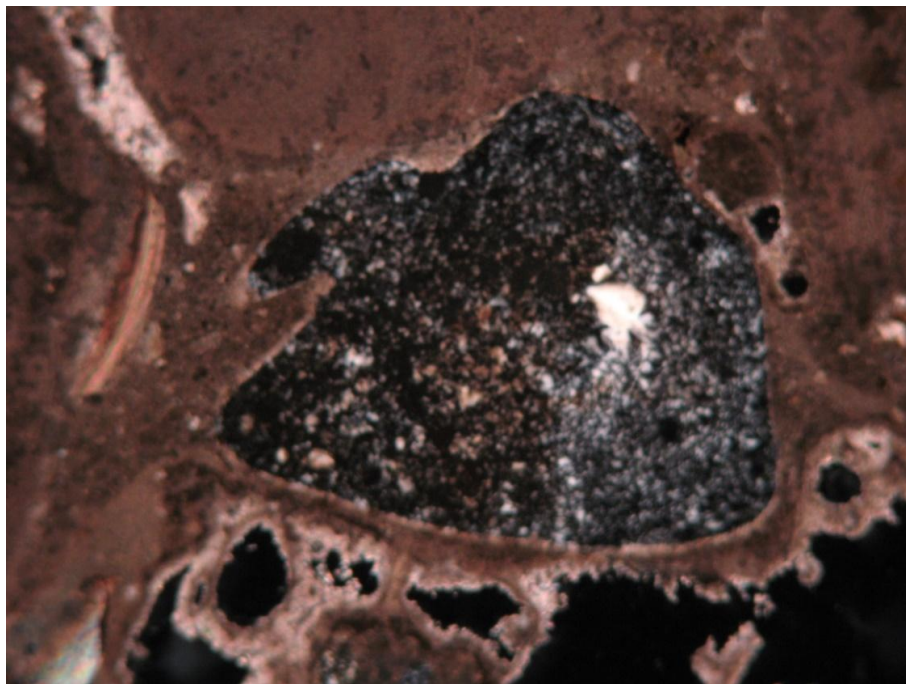
Το δείγμα αυτό έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 1 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 3,2 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι βιοκλάστες σε ποσοστό >50% και μικριτικό υλικό πλήρωσης (14%). Περιέχει επίσης πλούσιους σε μικριτικό υλικό ενδοκλάστες 7% και πλούσιους σε χαλαζία λιθοκλάστες 2%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 3% και μοσχοβίτης 1 %.



Εικόνα 5.1.5γ: Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ5. Μικριτικό υλικό πλήρωσης γύρω από βιοκλάστες. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm.



Εικόνα 5.1.5δ: Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ5. Ενδοκλάστης πλούσιος σε μικριτικό βιογενή ασβεστόλιθο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm



Εικόνα 5.1.5ε: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ5. Λιθοκλάστης μέσα σε μικριτικό υλικό. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

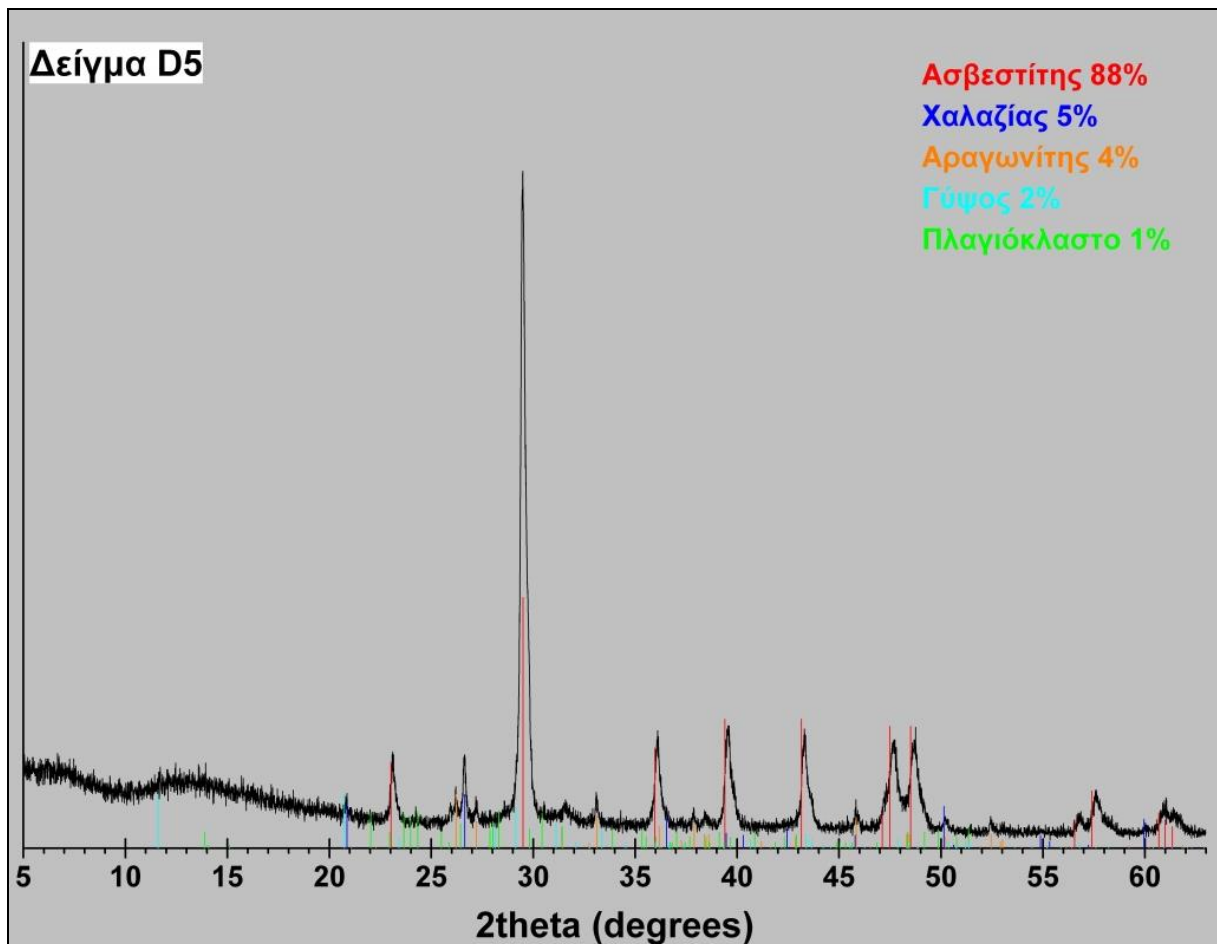
Στις φωτογραφίες 5.1.5γ-ε παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πολύ μεγάλο μέγεθος των συστατικών του και η ύπαρξη μικριτικού υλικού πλήρωσης, ενώ στα περιθώρια του δείγματος υπάρχει και λίγο σπαρτιτικό συγκολλητικό υλικό. Επίσης, διακρίνονται οι βιοκλάστες που κυριαρχούν και ένας λιθοκλάστης.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιομικρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Βακόλιθος**.



### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.5ζ), το δείγμα Δ5 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (88% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά χαλαζίας (5% κ.β), αραγωνίτης (4% κ.β), γύψος (2% κ.β) και πλαγιόκλαστο (1% κ.β).



Εικόνα 5.1.5ζ: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ5

### **Δείγμα Δ6**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.6α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα και παρουσιάζει στρωμάτωση. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 6.1.6β) γίνεται αντιληπτή η έντονη παρουσία απολιθωμάτων και αλάτων γύρω από τους κόκκους του πετρώματος.





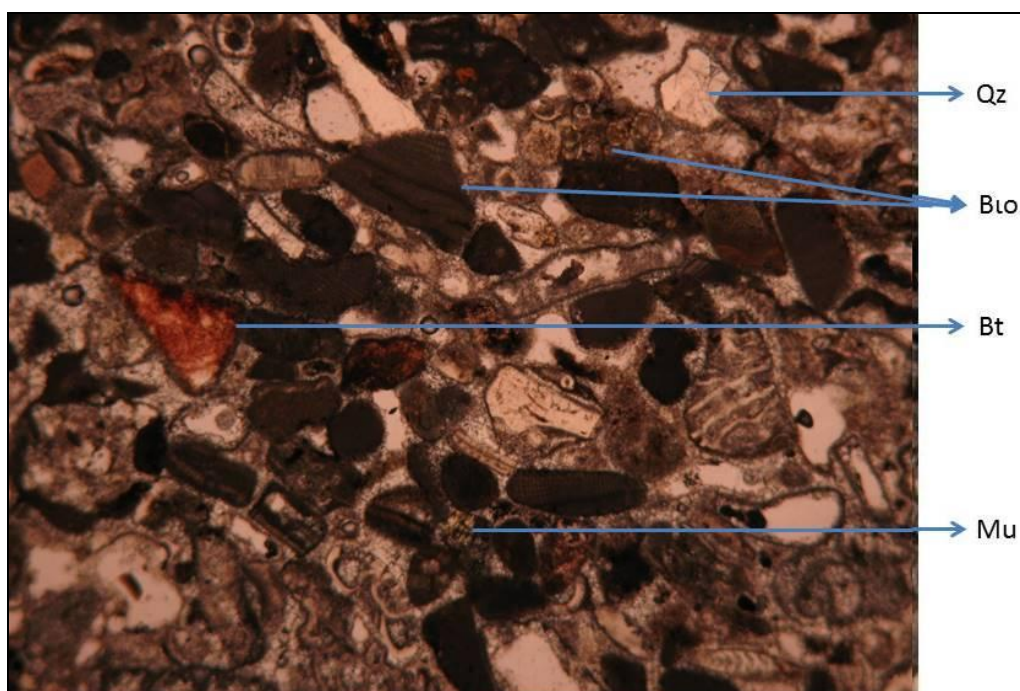
Εικόνα 5.1.6α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 6 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.6β: Φωτογράφιση δείγματος 6 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

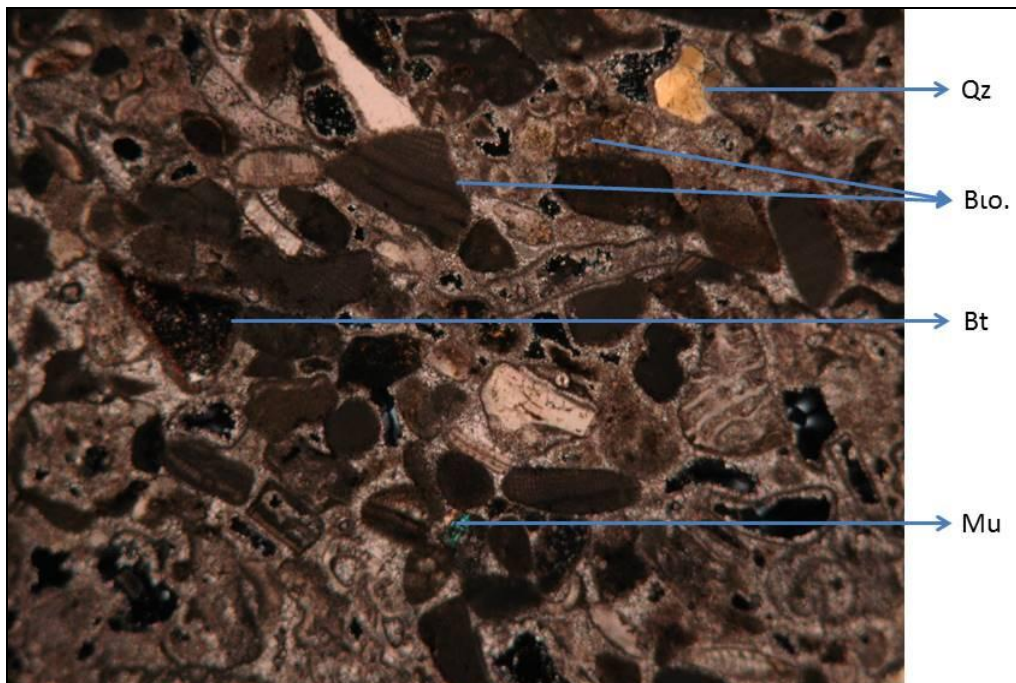
### Μικροσκοπική Παρατήρηση

Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,3 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι *βιοκλάστες* με ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι *σπαρικό* με ποσοστό 10%. Περιέχει επίσης *ενδοκλάστες* 2% και *λιθοκλάστες* 1%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 5%, γύψος 2%, αστρίοι 1% και μοσχοβίτης 1 %.

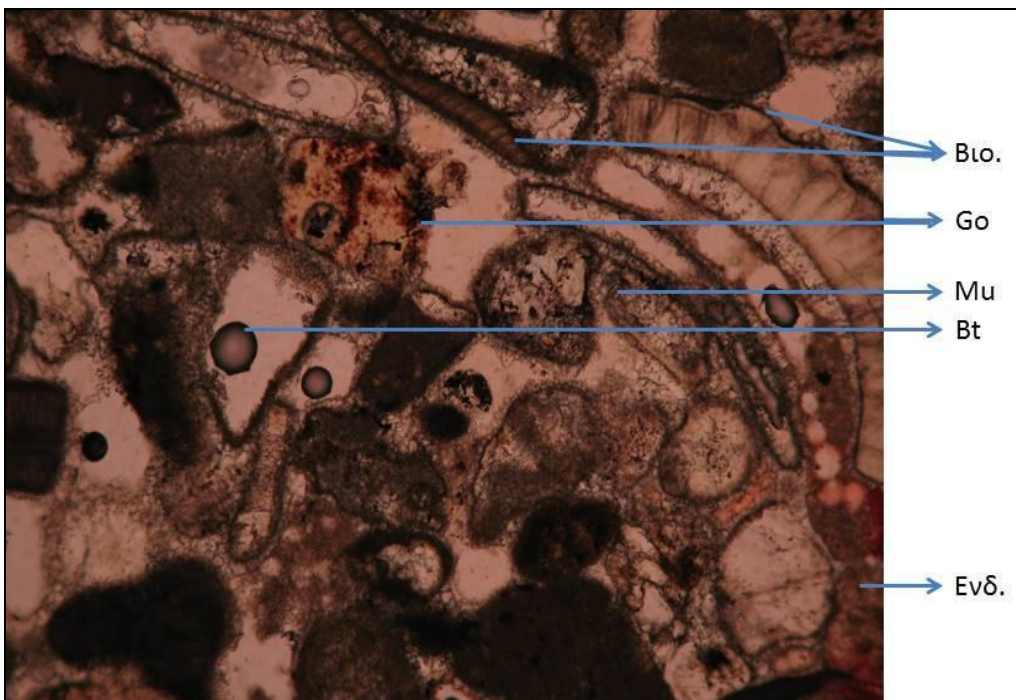


Εικόνα 5.1.6γ: Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ6. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

Στις φωτογραφίες 5.1.6γ-ζ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται ενδοκλάστες, βιοτίτης, μοσχοβίτης και εμποτισμοί καστανόχρωμοι οξειδίων/υδροξειδίων του Fe (πιθανόν γκαιτίτης).

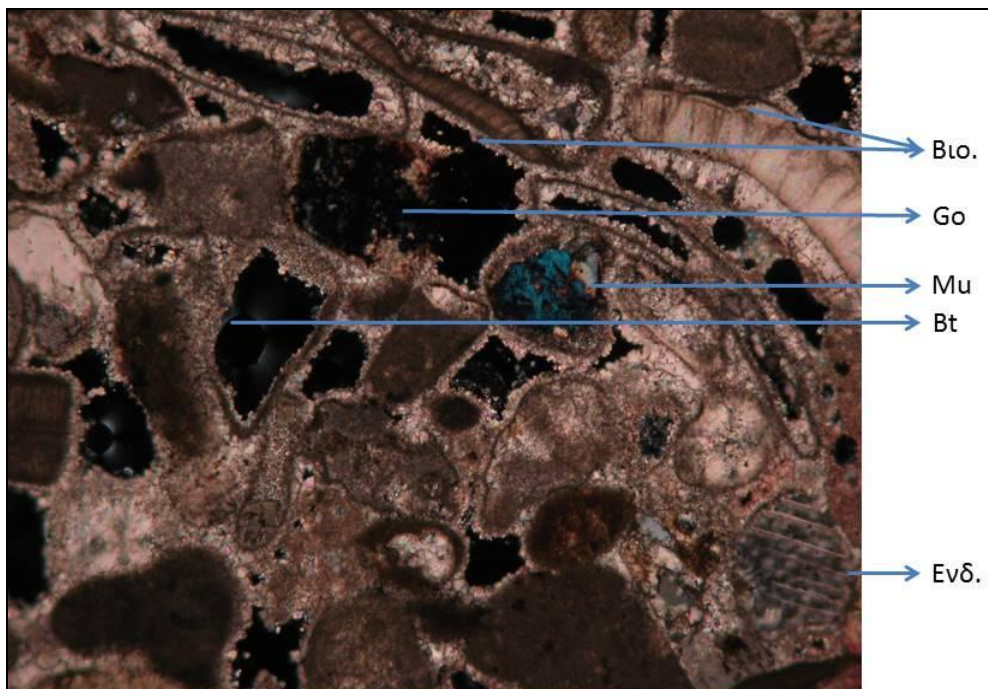


Εικόνα 5.1.6δ: Μικροσκοπική παρατήρηση (1x) δείγματος Δ6. Bio.: Βιοκλάστες, Qz: Χαλαζίας, Mu: Μοσχοβίτης, Bt: Βιοτίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm



Εικόνα 5.1.6ε: Μικροσκοπική παρατήρηση (10x) δείγματος Δ6 όπου παρατηρείται, υποπαράλληλος προσανατολισμός επιμηκών βιοκλαστών. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm





Εικόνα 5.1.6ζ: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ6 όπου παρατηρείται, παρουσία σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Βιο.: Βιοκλάστες, Ενδ.: Ενδοκλάστες, Μυ: Μοσχοβίτης, Βτ: Βιοτίτης, Go: Οξειδία/υδροξειδία Fe. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.

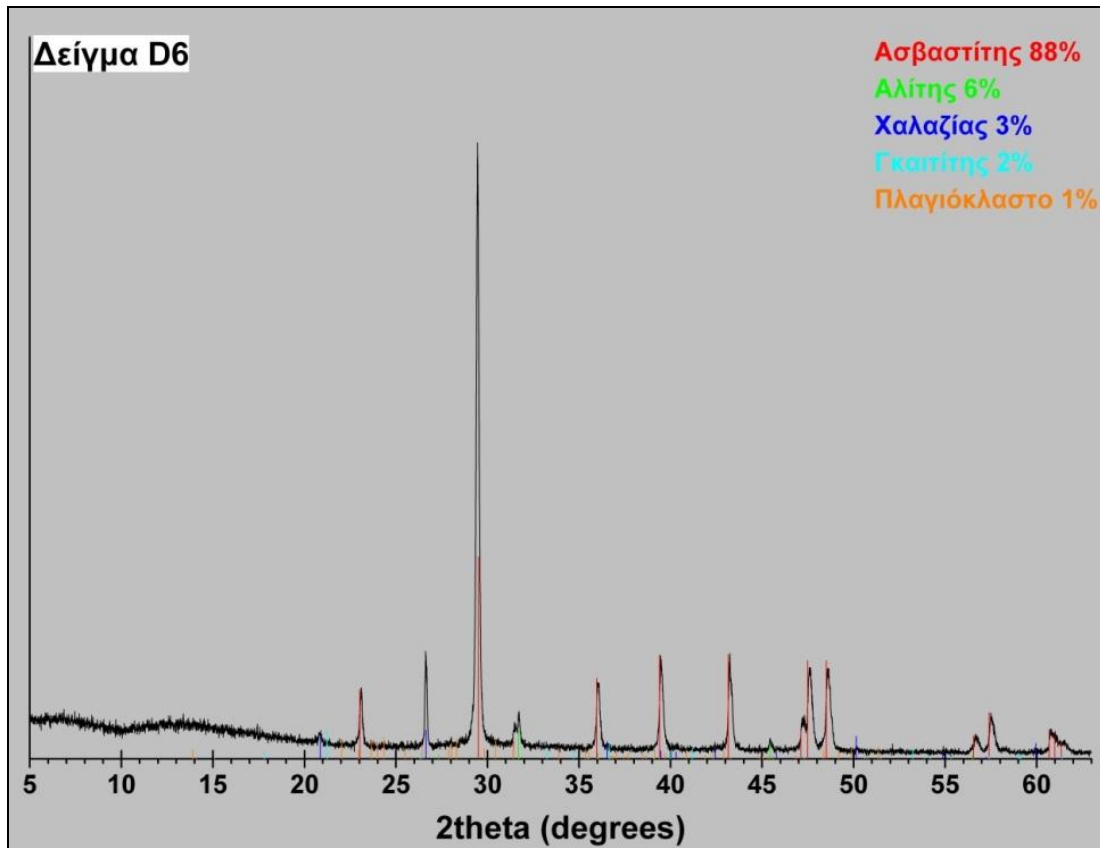
#### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.6η), το δείγμα Δ6 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (88% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά αλίτης (6% κ.β), χαλαζίας (3% κ.β), γκαιτίτης (2% κ.β) και πλαγιόκλαστο (1% κ.β). Η σημαντική παρουσία αλίτη (6% κ.β) στο εξεταζόμενο δείγμα δείχνει όπως προαναφέρθηκε την κύρια αιτία φθοράς του πετρώματος.

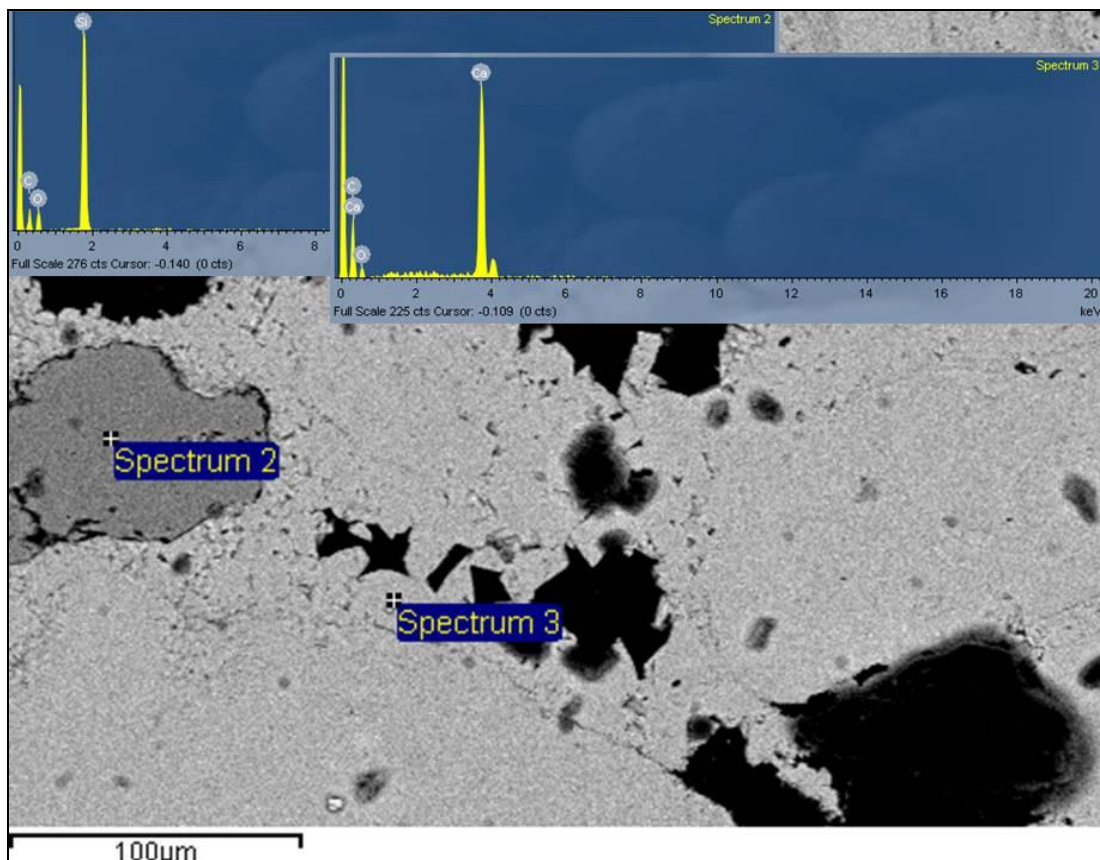
#### Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM)

Τα αποτελέσματα της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης για το δείγμα 6 έδειξαν την παρουσία σπαριτικής ζώνης (Εικόνα 5.1.6θ) ως συγκολλητικό υλικό γύρω από τους ασβεστιτικούς κόκκους.





Εικόνα 5.1.6η: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ6

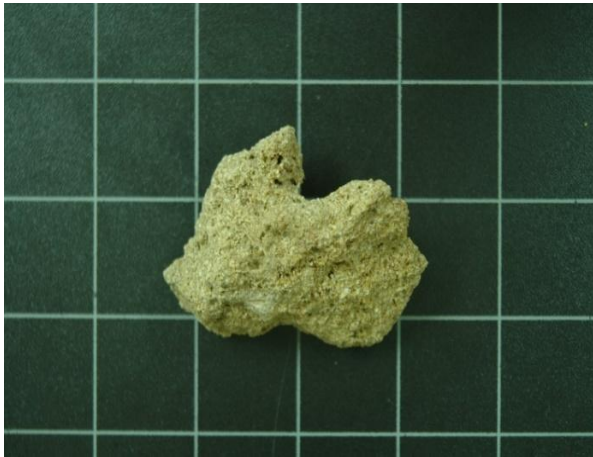


Εικόνα 5.1.6θ: Οπισθοσκεδαζόμενη εικόνα SEM, δείγματος Δ6. Διακρίνεται η ζώνη σπαρτικού συγκολλητικού υλικού (θέση ανάλυσης 3). Επίσης στη θέση ανάλυσης 2 διακρίνεται χαλαζίας. Οι κόκκοι είναι πλούσιοι σε ασβέστιο, ενώ με μαύρο χρώμα παρουσιάζονται τα κενά.

## Δείγμα Δ7

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.7α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.7β) γίνεται αντιληπτή η έντονη παρουσία απολιθωμάτων, λευκού συγκολλητικού υλικού και αλάτων γύρω από τους κόκκους του πετρώματος.



Εικόνα 5.1.7α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 7 σε τράπεζα φωτογράφισης



Εικόνα 5.1.7β: Φωτογράφιση δείγματος 7 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 7mm

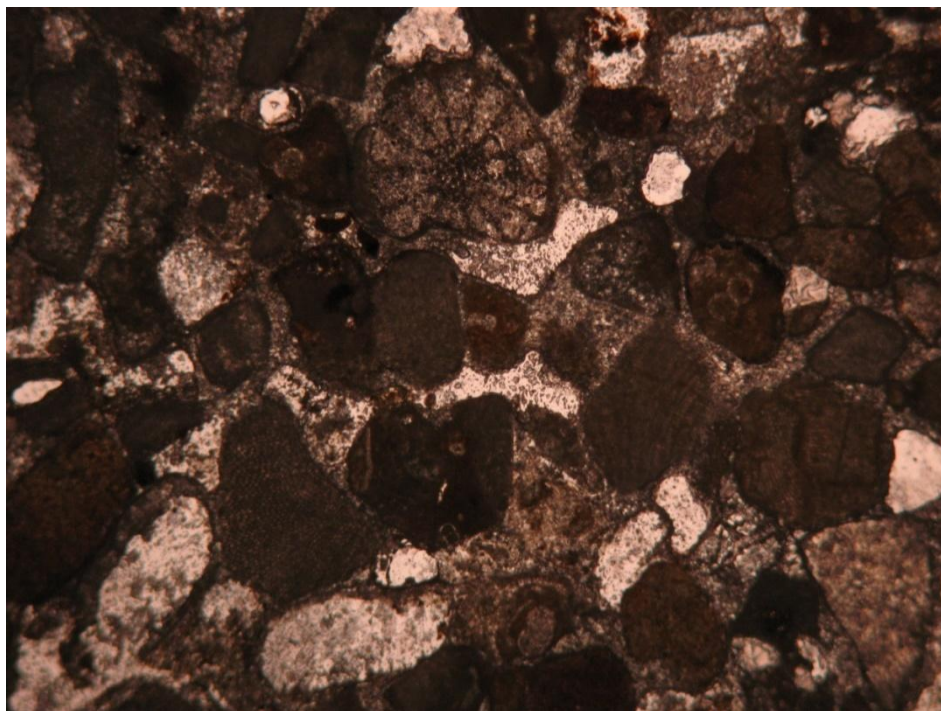
### Μικροσκοπική Παρατήρηση

Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,8 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1,8 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι *βιοκλάστες* σε ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι *σπαριτικό* με ποσοστό 9%. Περιέχει επίσης *ενδοκλάστες* 2% και *λιθοκλάστες* 1%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι *χαλαζίας* σε ποσοστό 2%.

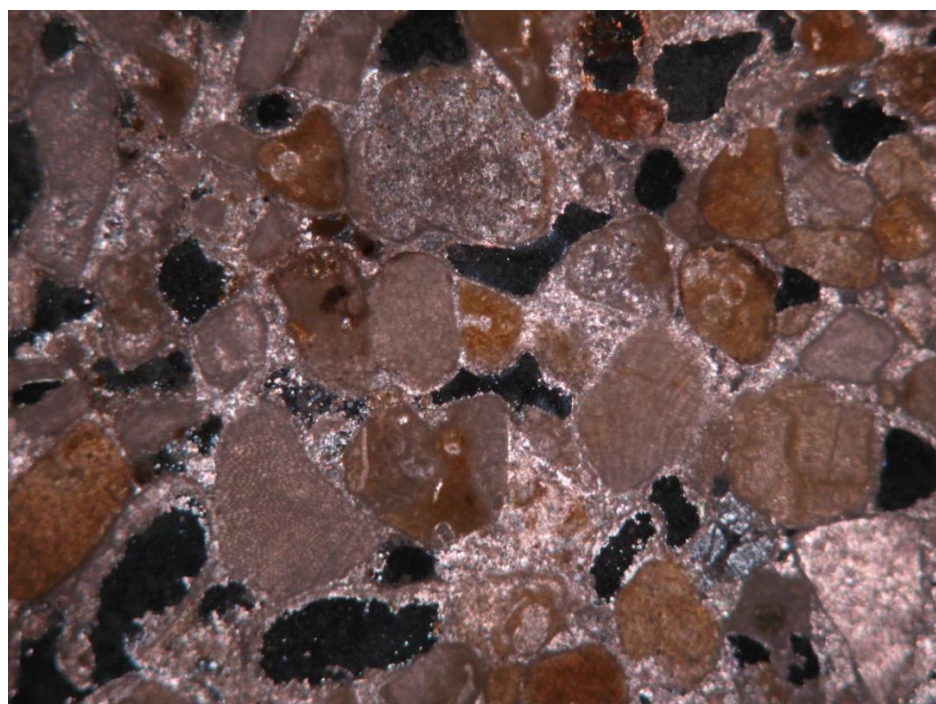
Στις φωτογραφίες 5.1.7γ-δ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συνδετικού υλικού.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.





Εικόνα 5.1.7γ: Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ7. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

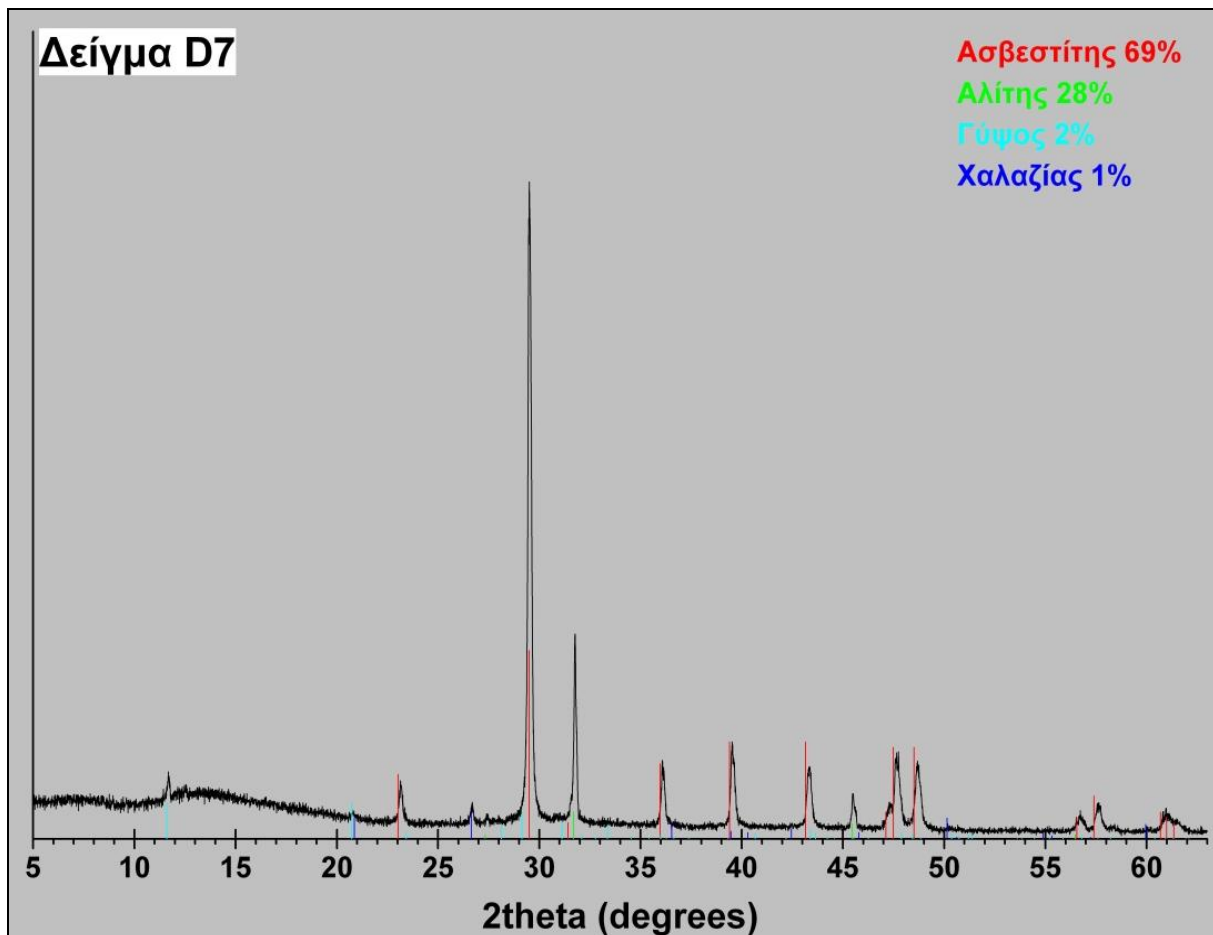


Εικόνα 5.1.7δ: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ7. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.7ε), το δείγμα Δ7 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (69% κ.β) και αλίτη (28% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά γύψος (2% κ.β) και χαλαζίας (1% κ.β).



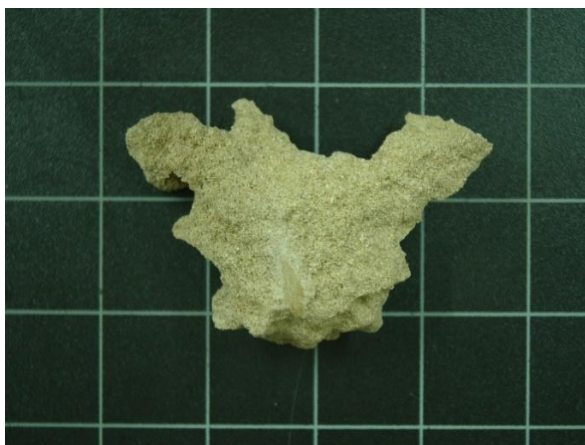


Εικόνα 5.1.7ε: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ7.

## Δείγμα Δ8

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.8α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.8β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία λευκού συγκολλητικού υλικού γύρω από τους κόκκους του πετρώματος.



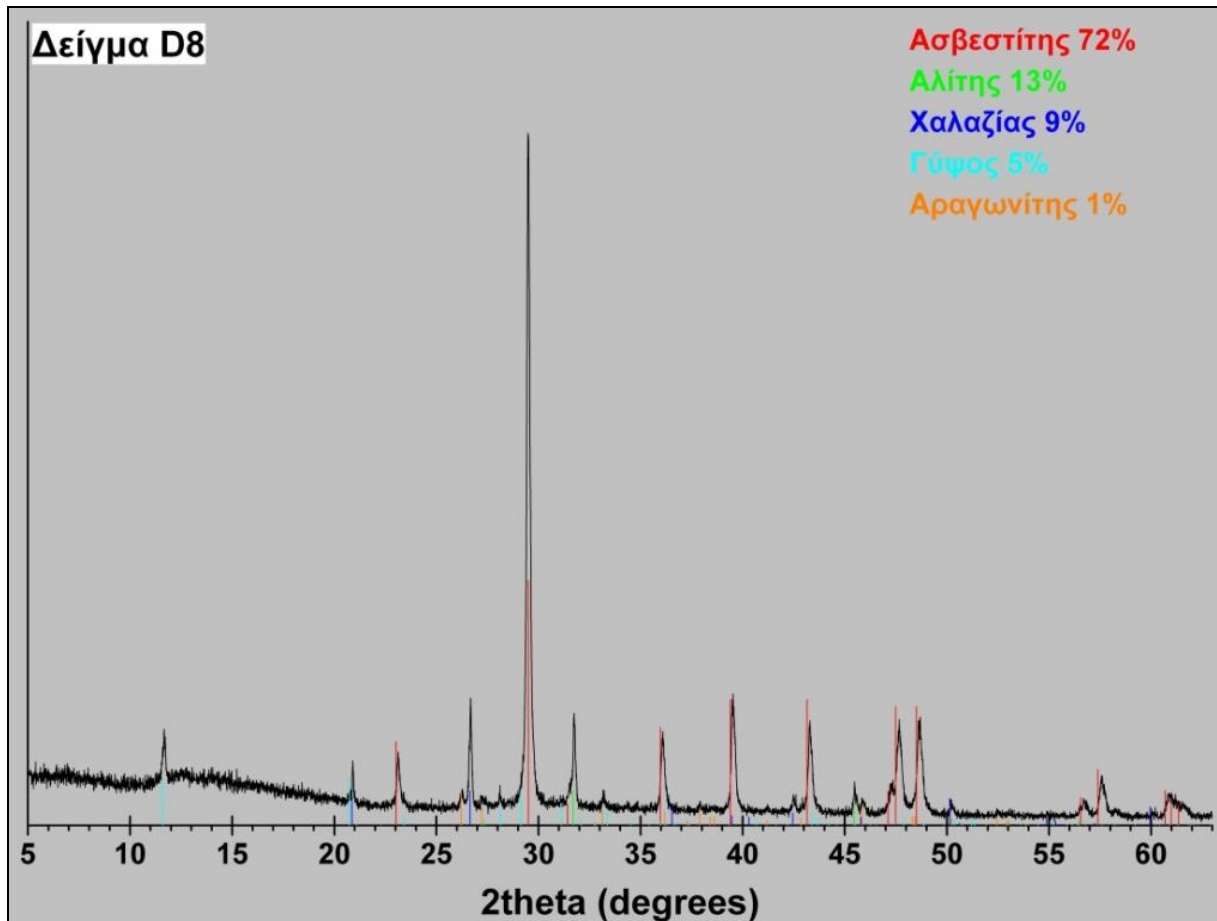
Εικόνα 5.1.8α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 8 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.8β: Φωτογράφιση δείγματος 8 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.8γ), το δείγμα Δ8 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (72% κ.β), αλίτη (13% κ.β) και χαλαζία (9% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά η γύψος (5% κ.β) και αραγωνίτης (1% κ.β).

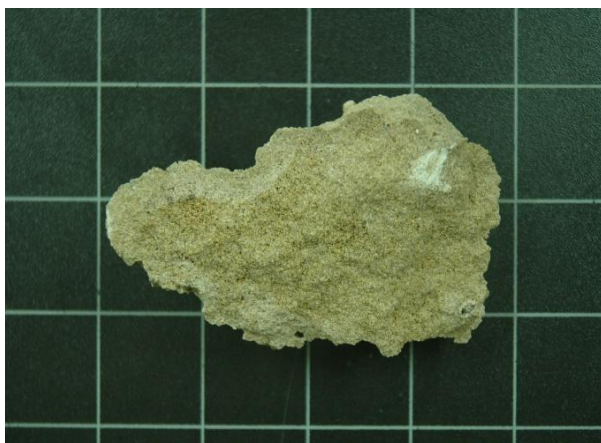


Εικόνα 5.1.8γ: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ8.

### **Δείγμα Δ9**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.9α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.9β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία μεγάλου ποσοστού χαλαζιακών κόκκων του πετρώματος.



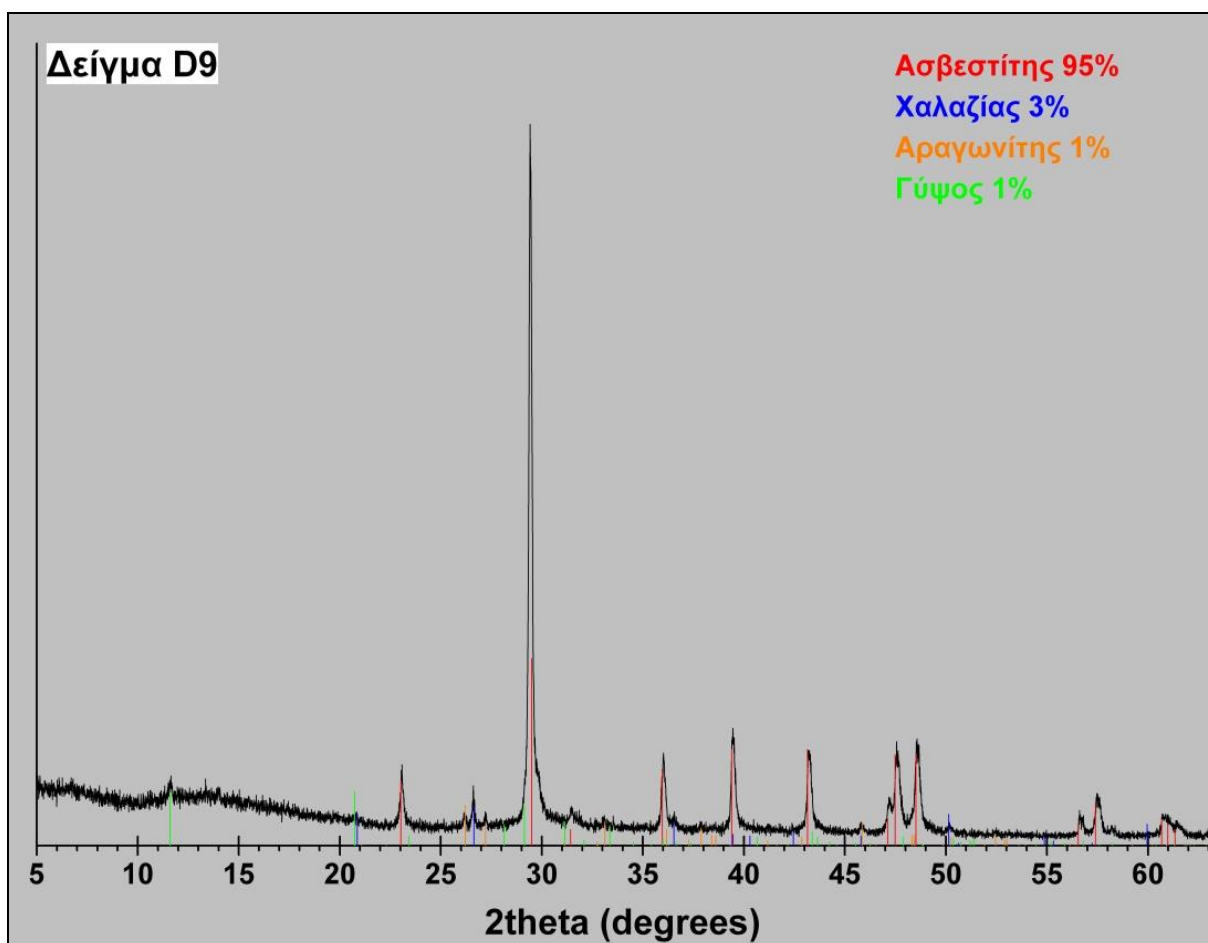
Εικόνα 5.1.9α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 9 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.9β: Φωτογράφιση δείγματος 9 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.9γ), το δείγμα Δ9 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (95% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά ο χαλαζίας (3% κ.β), γύψος (1% κ.β) και αραγωνίτης (1% κ.β).



Εικόνα 5.1.9γ. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ9.



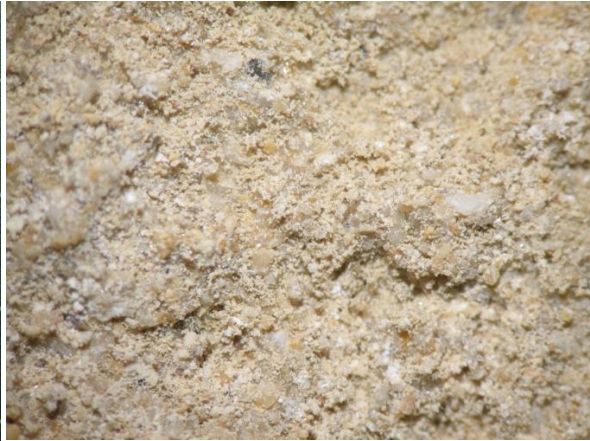
## Δείγμα Δ10

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα εύθρυπτου, πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.10α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.10β) γίνεται αντιληπτή η μεγάλη παρουσία ινώδη μορφής αλάτων σε όλη την επιφάνεια του πετρώματος.



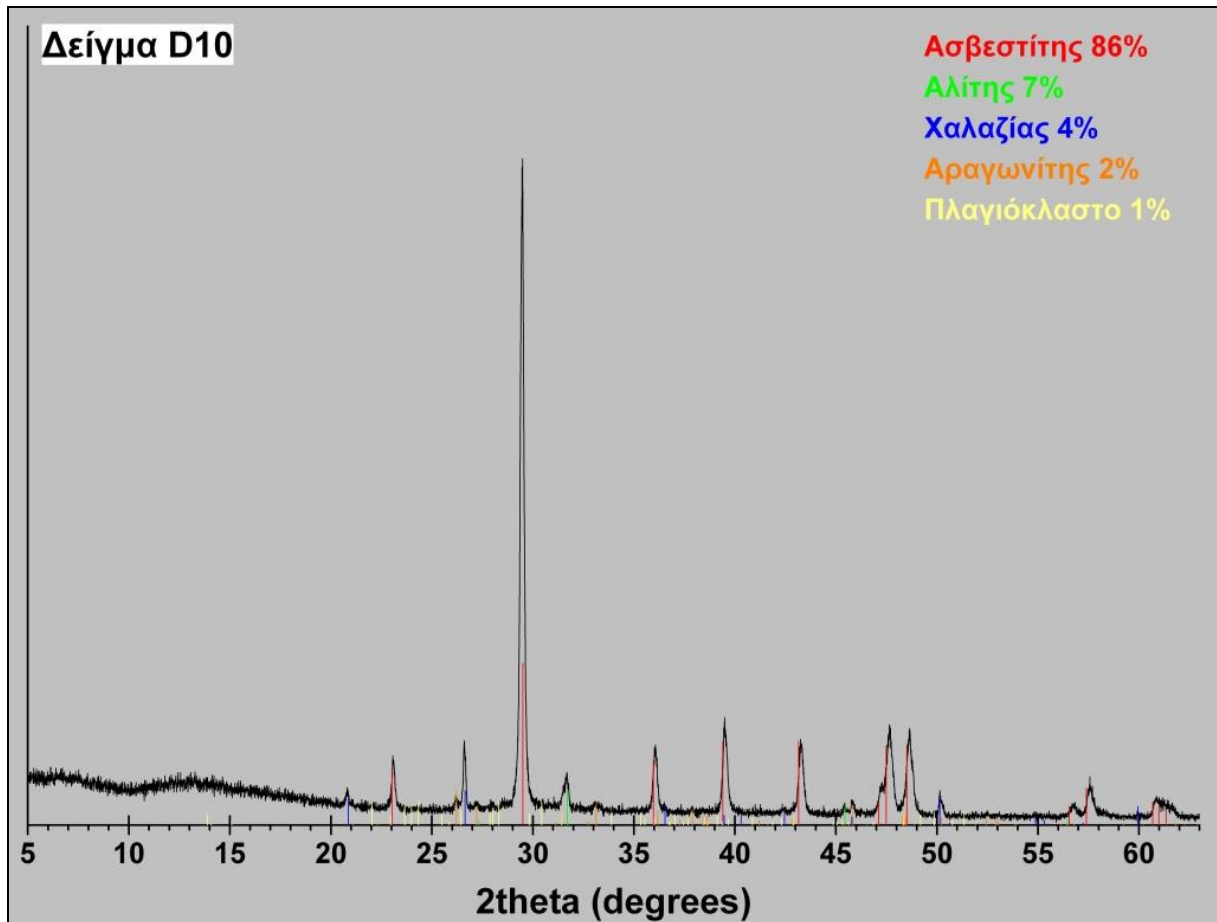
Εικόνα 5.1.10α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 10 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.10β: Φωτογράφιση δείγματος 10 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.10γ), το δείγμα Δ10 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (86% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά ο αλίτης (7% κ.β), χαλαζίας (4% κ.β), αραγωνίτης (2% κ.β) και πλαγιόκλαστο (1% κ.β).

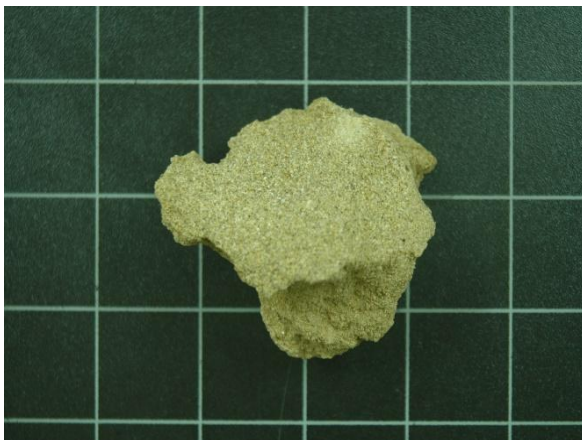


Εικόνα 5.1.10γ. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ10

## Δείγμα Δ11

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα εύθρυπτου, πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.11α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.11β) γίνεται αντιληπτή η μεγάλη παρουσία ινώδη μορφής αλάτων σε όλη την επιφάνεια του πετρώματος.



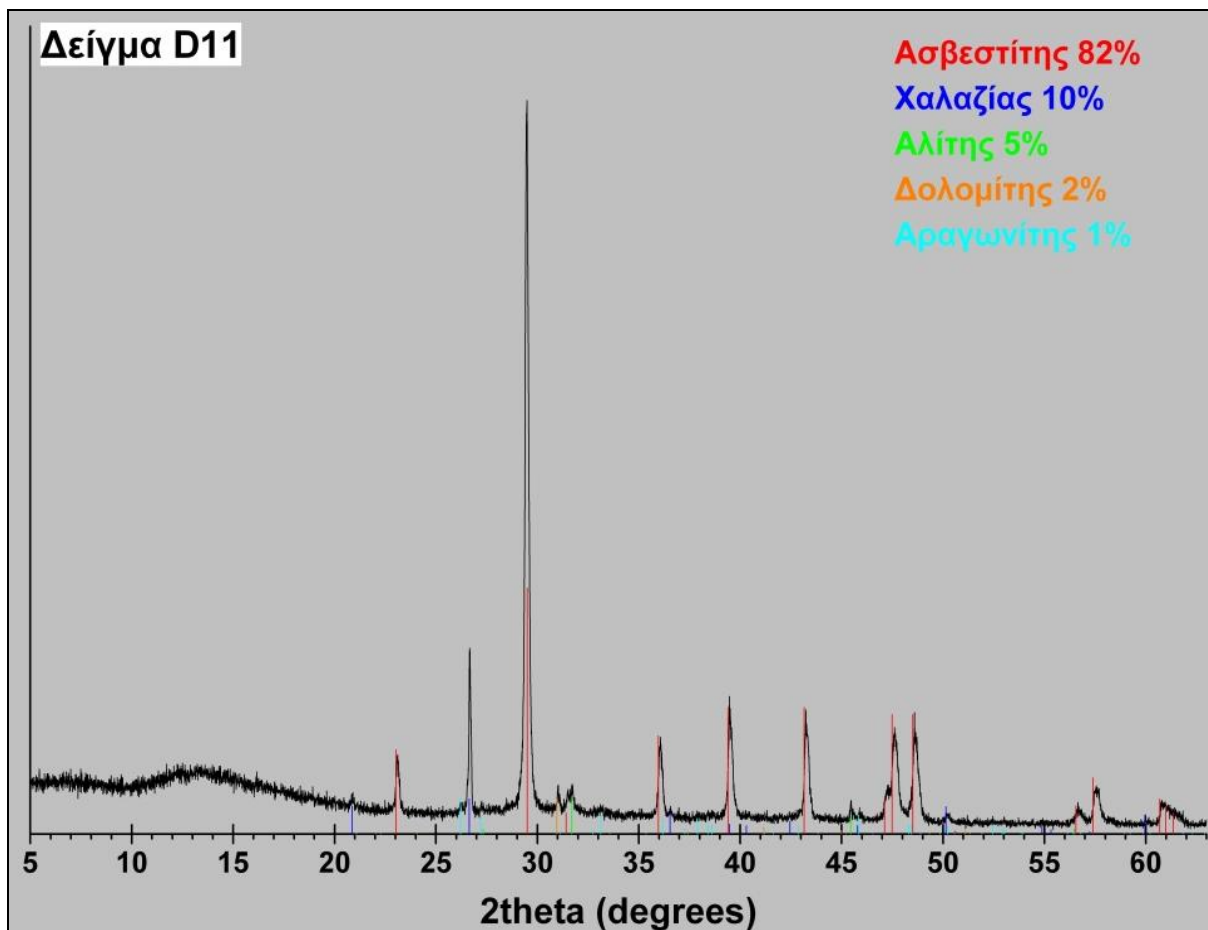
Εικόνα 5.1.11α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 11 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.11β: Φωτογράφιση εξωτερικής επιφάνειας του δείγματος 11 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.11γ), το δείγμα Δ11 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (82% κ.β) και χαλαζία (10% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά ο αλίτης (5% κ.β), δολομίτης (2% κ.β) και αραγωνίτης (1% κ.β).



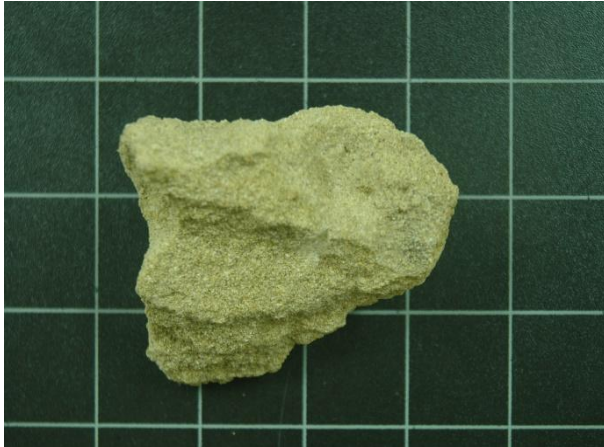
Εικόνα 5.1.11γ: Περιθλασιόγραμμα δείγματος Δ11

### **Δείγμα Δ12**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα εύθρυπτον, στρωματώδους, μικροπορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.12α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.12β) γίνεται αντιληπτή η μεγάλη παρουσία λευκού συγκολλητικού υλικού γύρω από τους κόκκους του πετρώματος.





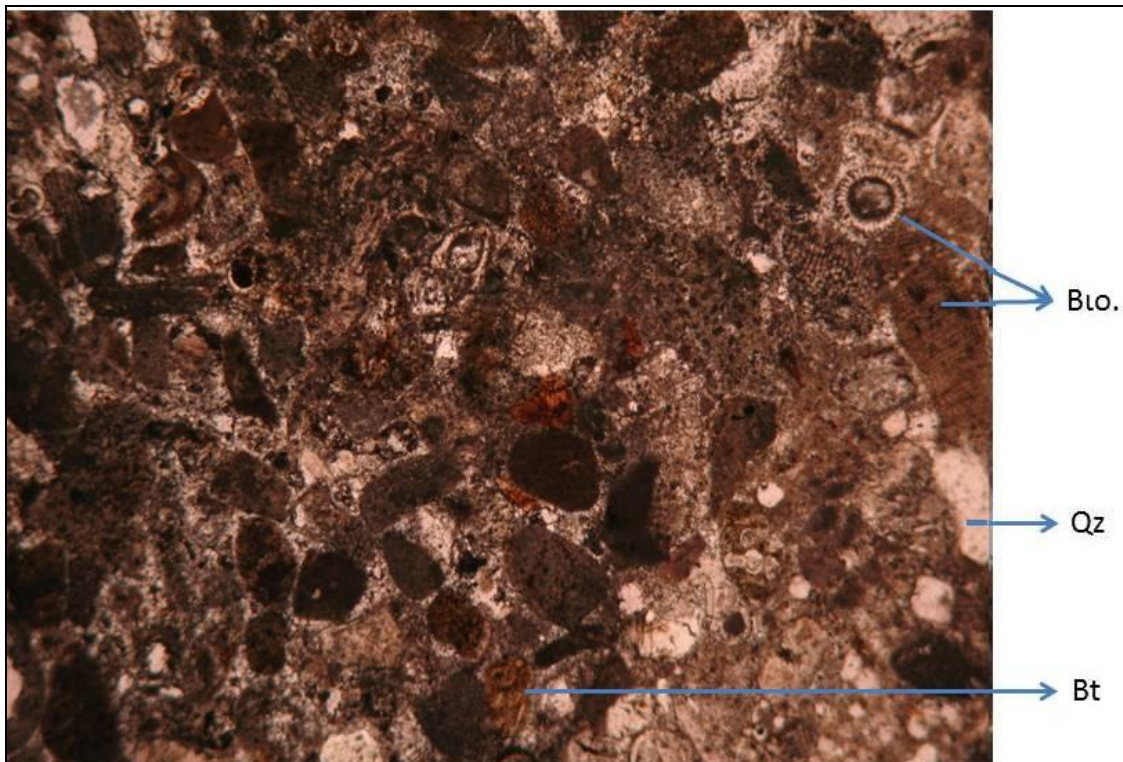
Εικόνα 5.1.12α. Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 12 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.12β. Φωτογράφιση εξωτερικής επιφάνειας του δείγματος 12 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

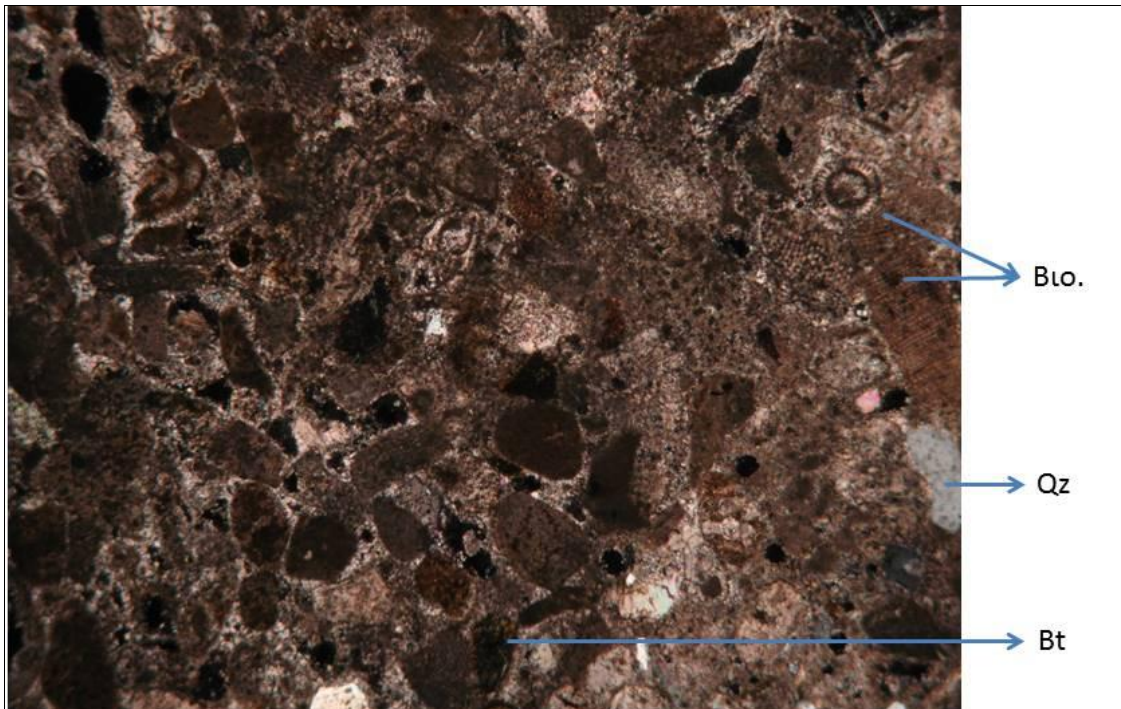
### Μικροσκοπική Παρατήρηση

Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,3mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1,2mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι *βιοκλάστες* με ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι *σπαριτικό* με ποσοστό 12%. Περιέχει επίσης *ενδοκλάστες* 5% και *λιθοκλάστες* 2%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 3%, βιοτίτης 1%, γύψος 1% και σε ίχνη αιματίτης.

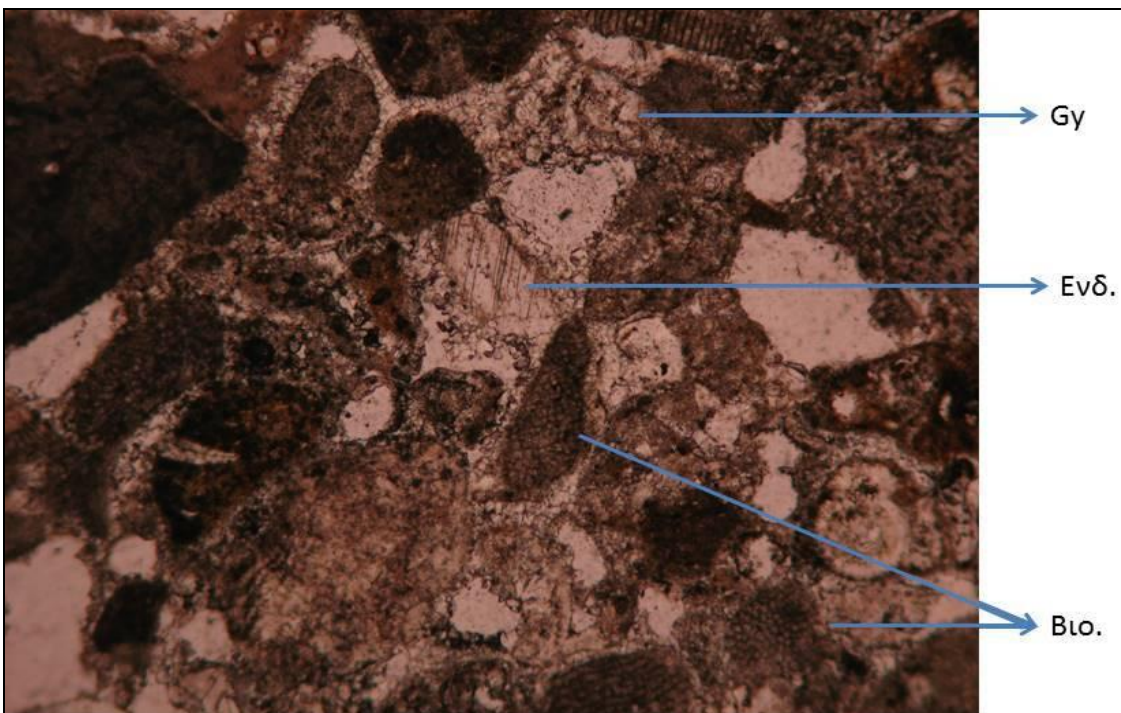


Εικόνα 5.1.12γ. Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ12. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm.



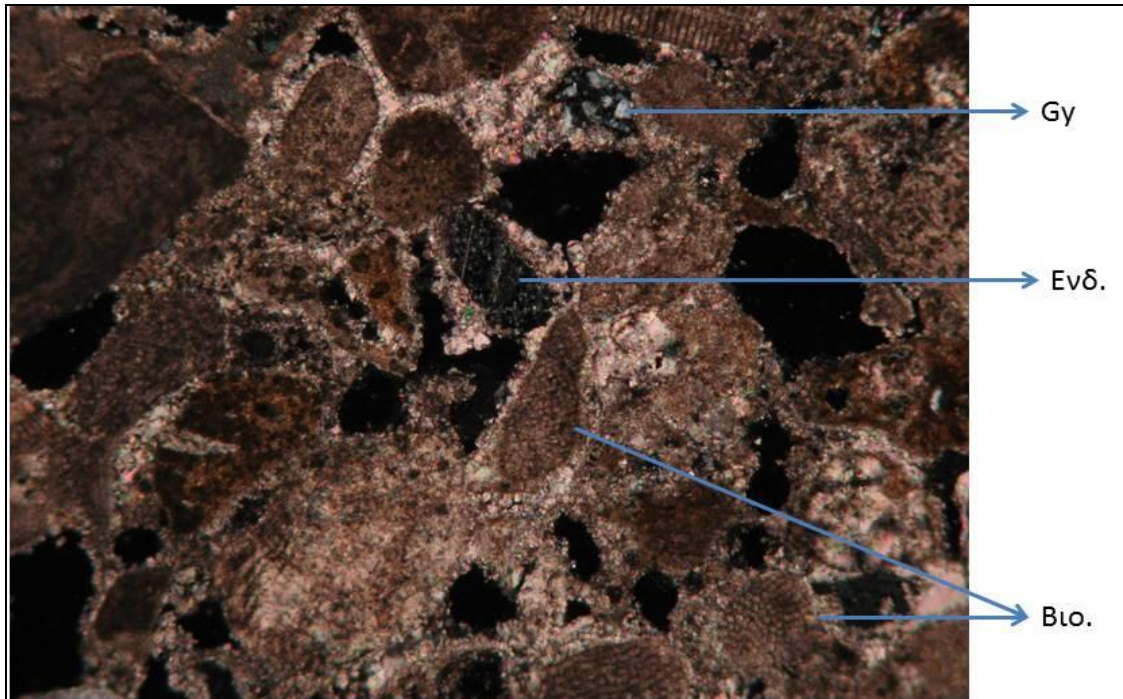


**Εικόνα 5.1.12δ:** Μικροσκοπική παρατήρηση ( $\perp$ ) δείγματος Δ12. Bto.: Βιοκλάστες, Qz: Χαλαζίας, Bt: Βιοτίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

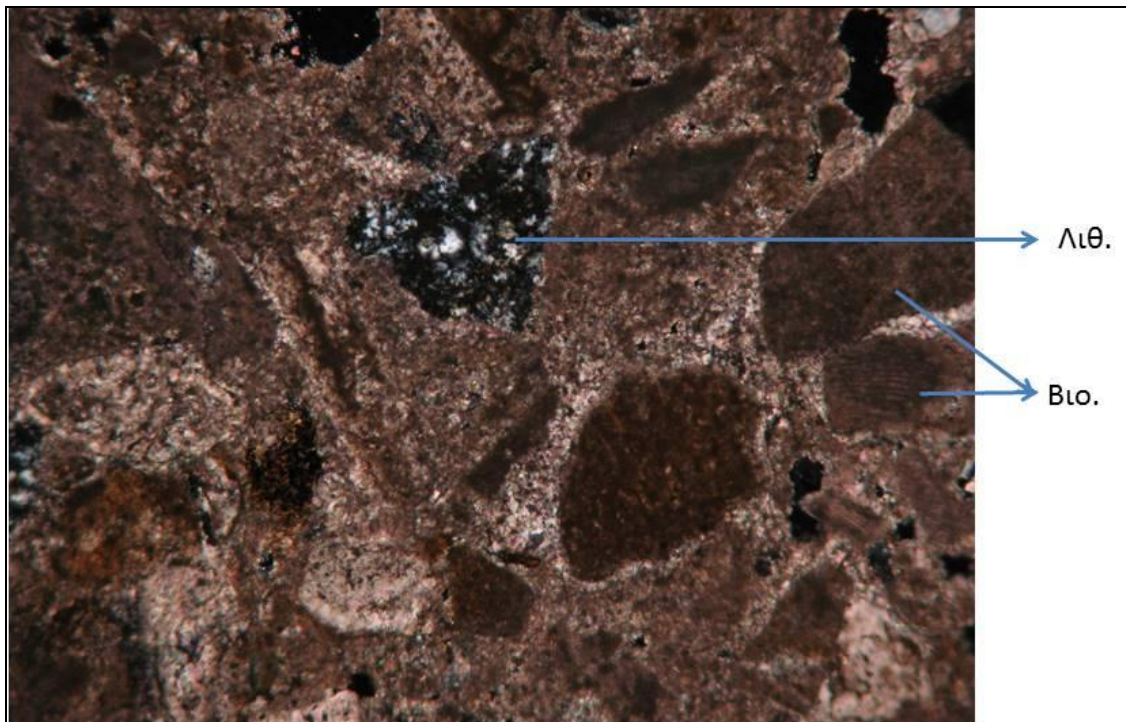


**Εικόνα 5.1.12ε:** Μικροσκοπική παρατήρηση ( $\parallel$ ) δείγματος Δ12. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm



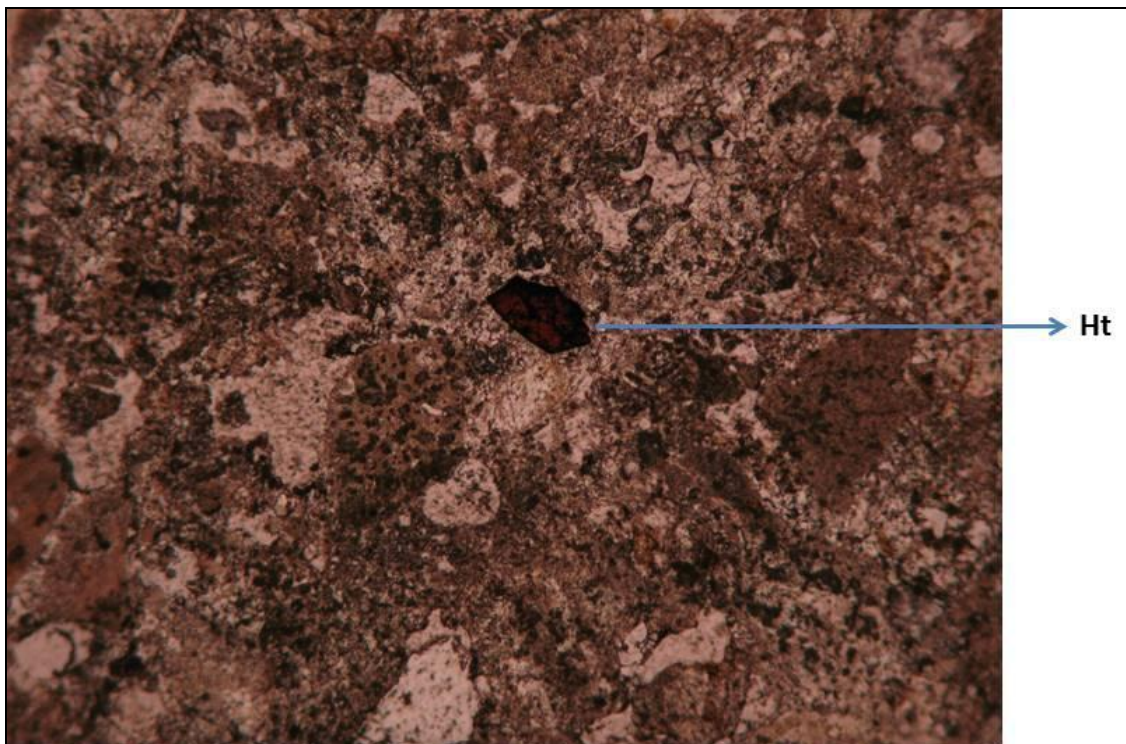


**Εικόνα 5.1.12ζ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (Λ) δείγματος Δ12. Βιο.: Βιοκλάστες, Ενδ.: Ενδοκλάστες, Gy: Γύψος. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm



**Εικόνα 5.1.12η.** Μικροσκοπική παρατήρηση (Λ) δείγματος Δ12. Βιο.: Βιοκλάστες, Λιθ.: Λιθοκλάστες. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm





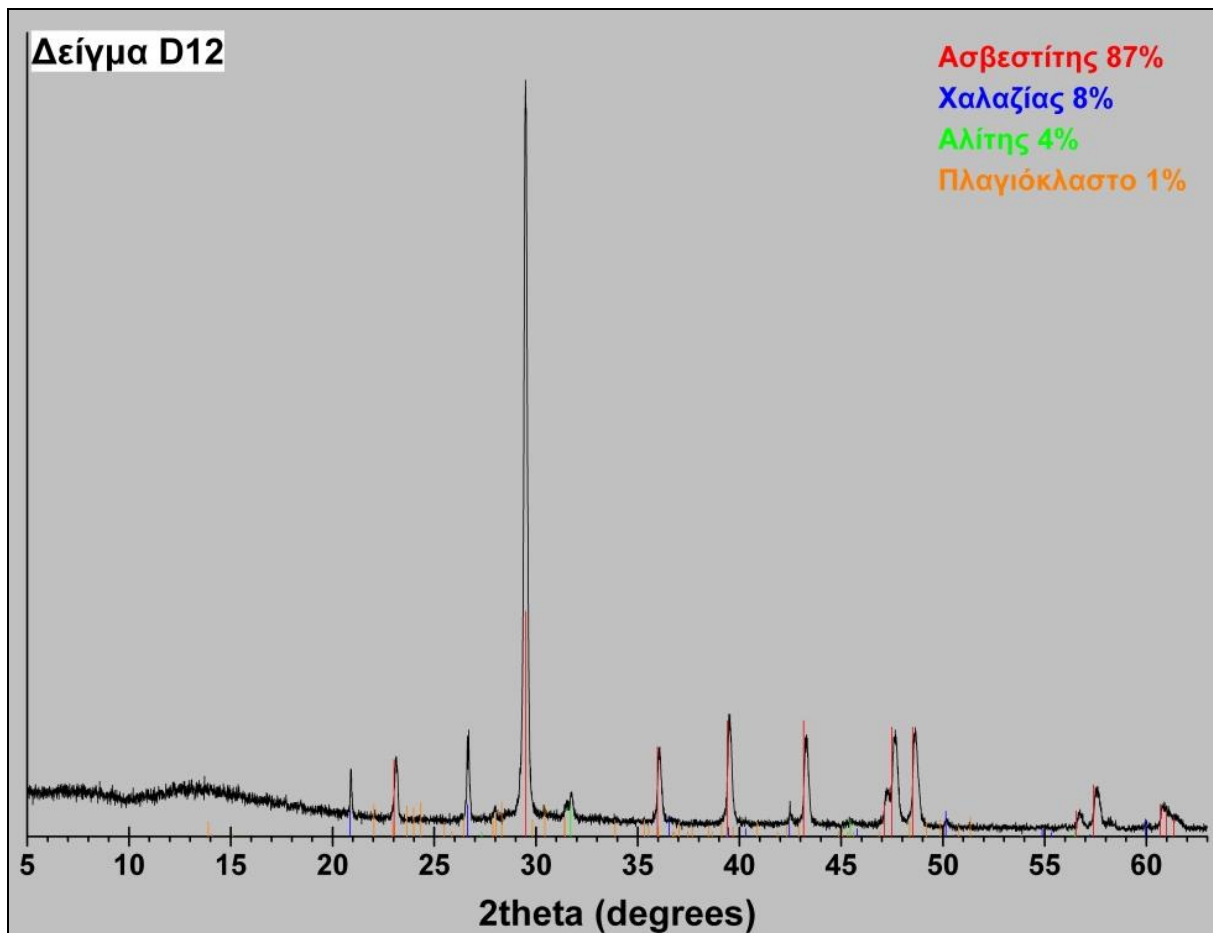
**Εικόνα 5.1.120.** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ12. Ht: Αιματίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

Στις φωτογραφίες 5.1.12γ-θ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται ενδοκλάστες, λιθοκλάστες, χαλαζία, βιοτίτης, γύψος και αιματίτης.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.

#### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.12ι), το δείγμα Δ12 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (87% κ.β) και χαλαζία (8% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά ο αλίτης (4% κ.β) και πλαγιόκλαστο (1% κ.β).

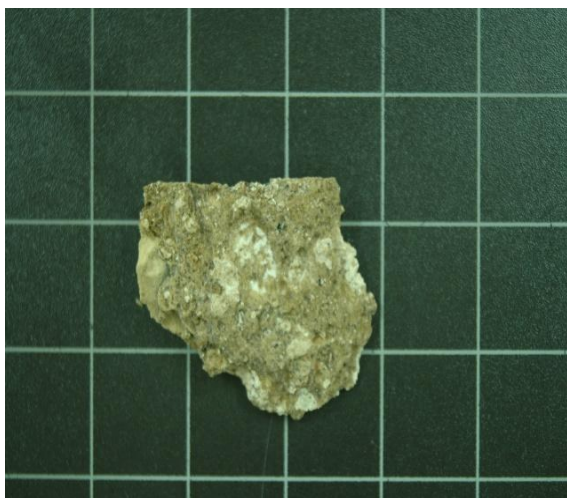


Εικόνα 5.1.12ι. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ12.

## Δείγμα Δ13

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα επιχρίσματος το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.13α) έχει καφέκοκκινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.13β) γίνεται αντιληπτή η μεγάλη παρουσία ινώδη μορφής αλάτων σε όλη την επιφάνεια του επιχρίσματος.



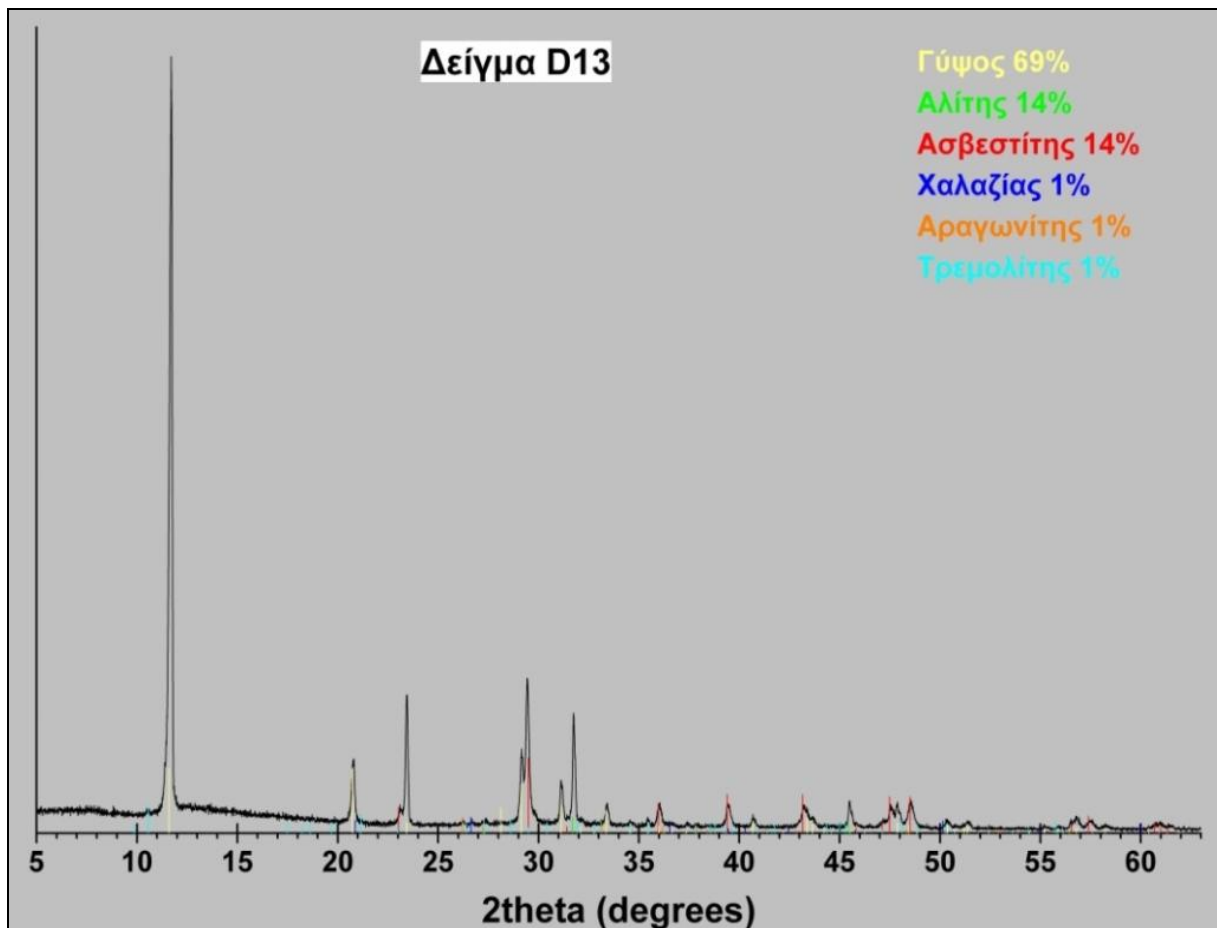
Εικόνα 5.1.13α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 13 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.13β: Φωτογράφιση εξωτερικής επιφάνειας του δείγματος 13 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.13γ), το δείγμα Δ13 αποτελείται κυρίως από γύψο (69% κ.β), ασβεστίτη (14% κ.β) και αλίτη (14% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά ο χαλαζίας (1% κ.β), αραγωνίτης (1% κ.β) και τρεμολίτης (1% κ.β).



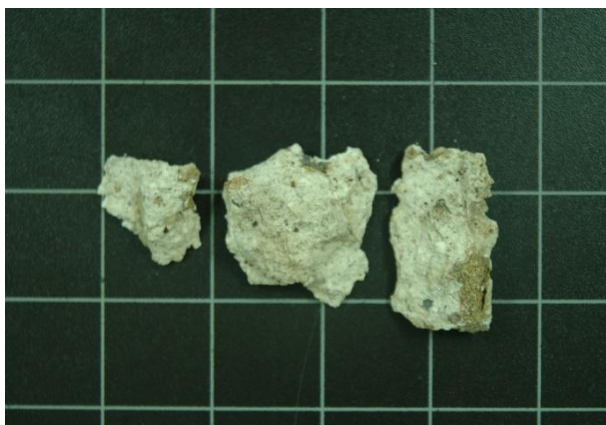
Εικόνα 5.1.13γ: Περιθλασιγράμμα του δείγματος Δ13

### **Δείγμα Δ14**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα επιχρίσματος το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.14α) έχει λευκό χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.14β) γίνεται αντιληπτή η μεγάλη παρουσία ινώδη μορφής αλάτων σε όλη την επιφάνεια του επιχρίσματος.





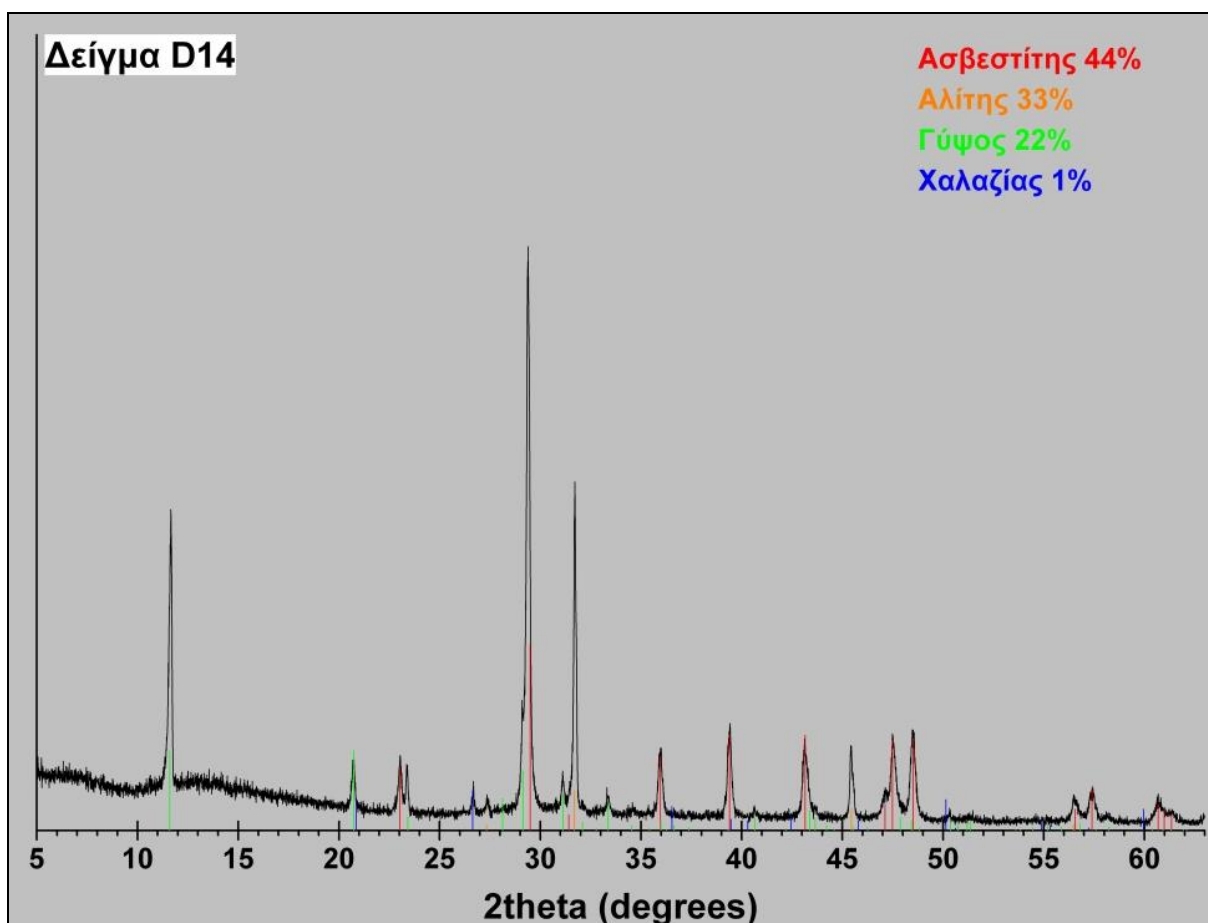
Εικόνα 5.1.14α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 14 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.14β: Φωτογράφιση δείγματος 14 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.14γ), το δείγμα Δ14 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (44% κ.β), αλίτη (33% κ.β) και γύψο (22% κ.β), ενώ σε μικρότερο ποσοστό συμμετέχει ο χαλαζίας (1% κ.β).

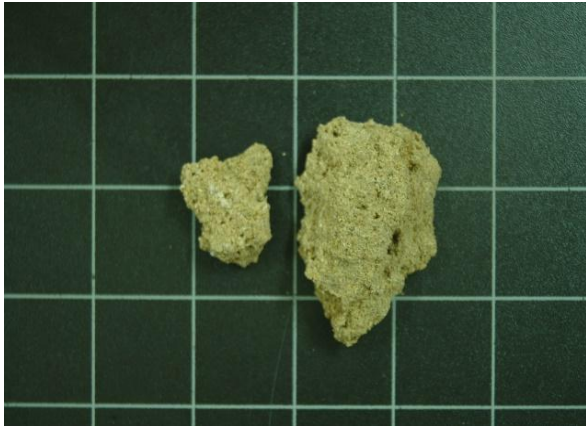


Εικόνα 5.1.14γ. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ14.

## Δείγμα Δ15

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα ιδιαίτερα εύθρυπτο, πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.15α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.15β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία απολιθωμάτων και κόκκων χαλαζία στο πέτρωμα.



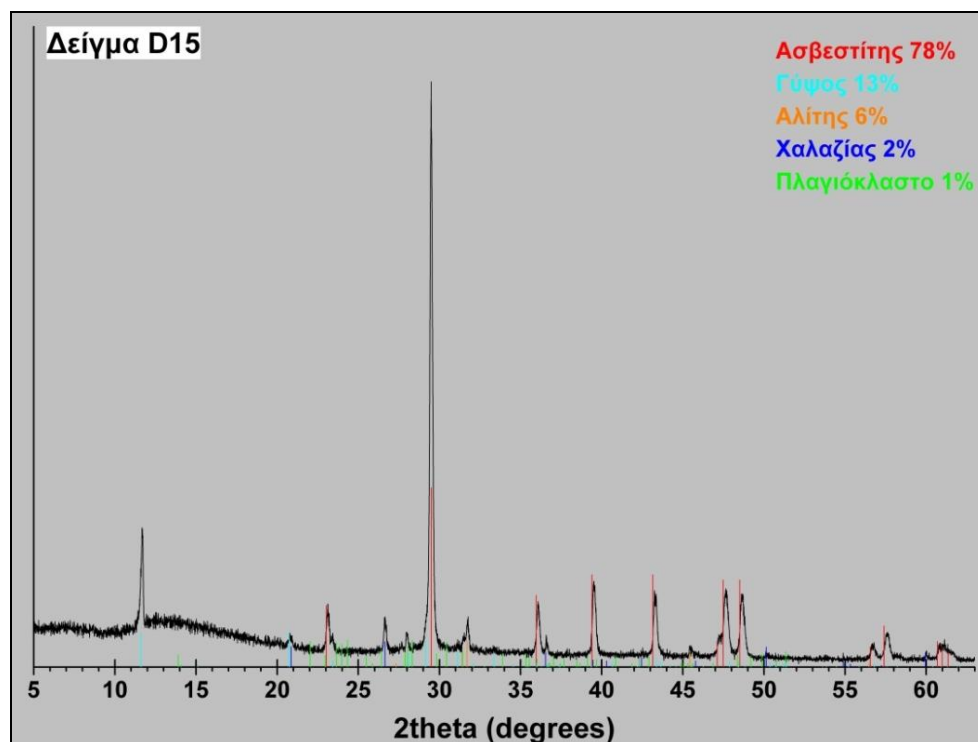
Εικόνα 5.1.15α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 15 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.15β: Φωτογράφιση του δείγματος 15 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm.

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.15γ), το δείγμα Δ15 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (78% κ.β) και γύψο (13% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά αλίτης (6% κ.β), χαλαζίας (2% κ.β) και πλαγιόκλαστο (1% κ.β).

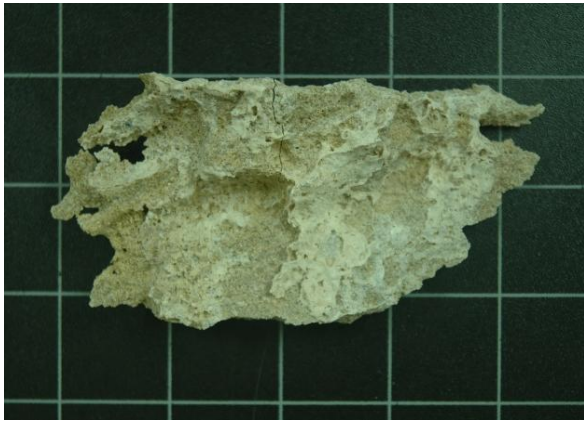


Εικόνα 5.1.15γ. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ15.

## Δείγμα Δ16

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα επιχρίσματος εξωτερικής τοιχοποιίας το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.16α) έχει λευκό χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.16β) γίνεται αντιληπτή η μεγάλη παρουσία αλάτων σε όλη την επιφάνεια.



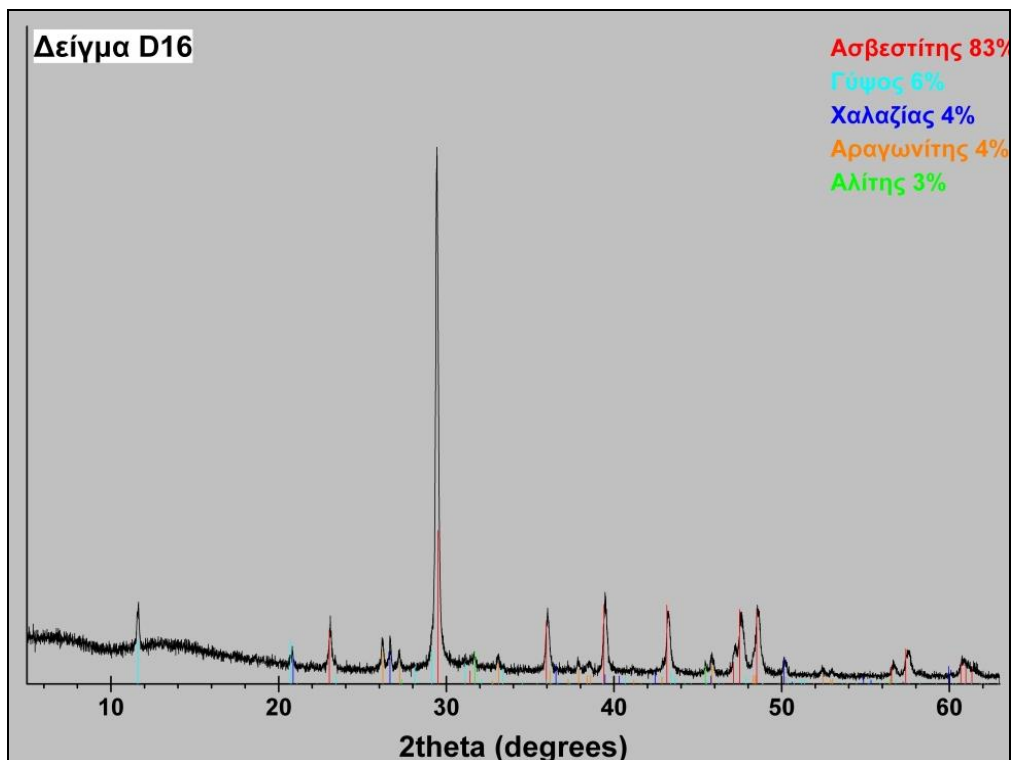
Εικόνα 5.1.16α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 16 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.16β: Φωτογράφιση εξωτερικής επιφάνειας του δείγματος 16 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.16γ), το δείγμα Δ16 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (83% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά γύψος (6% κ.β), χαλαζίας (4% κ.β), αραγωνίτης (4% κ.β) και αλίτης (3% κ.β).



Εικόνα 5.1.16γ. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ16.



## Δείγμα Δ17

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα κονιάματος δόμησης το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.17α) έχει γκριζοκόκκινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.17β) γίνεται αντιληπτή η μεγάλη παρουσία ινώδη μορφής αλάτων στο κονίαμα.



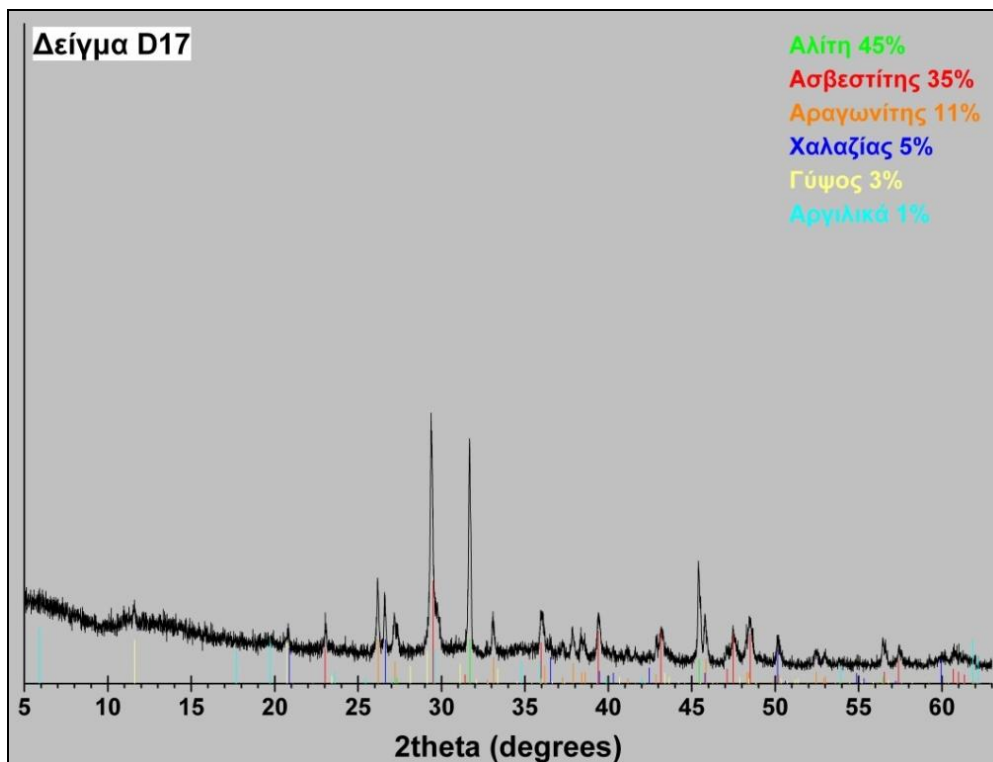
Εικόνα 5.1.17α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 17 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.17β: Φωτογράφιση του δείγματος 17 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων–X (Εικόνα 5.1.17γ), το δείγμα Δ17 αποτελείται κυρίως από αλίτης (45% κ.β), ασβεστίτη (35% κ.β) και αραγωνίτη (11% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά χαλαζίας (5% κ.β), γύψος (3% κ.β) και αργιλικά ορυκτά (1% κ.β).

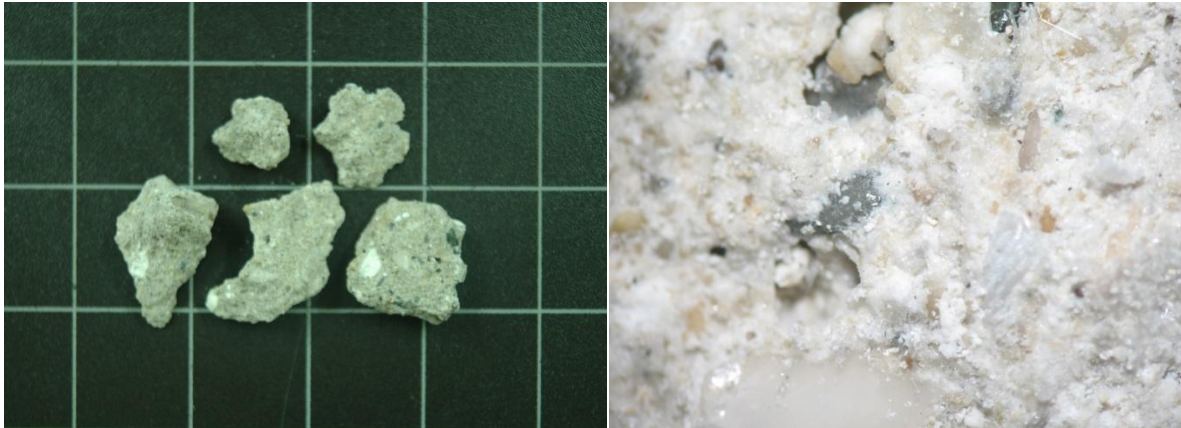


Εικόνα 5.1.17γ. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ17.

## Δείγμα Δ18

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα κονιάματος δόμησης το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.18α) έχει γκριζο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.18β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία ινώδη μορφής αλάτων στην επιφάνεια του κονιάματος.

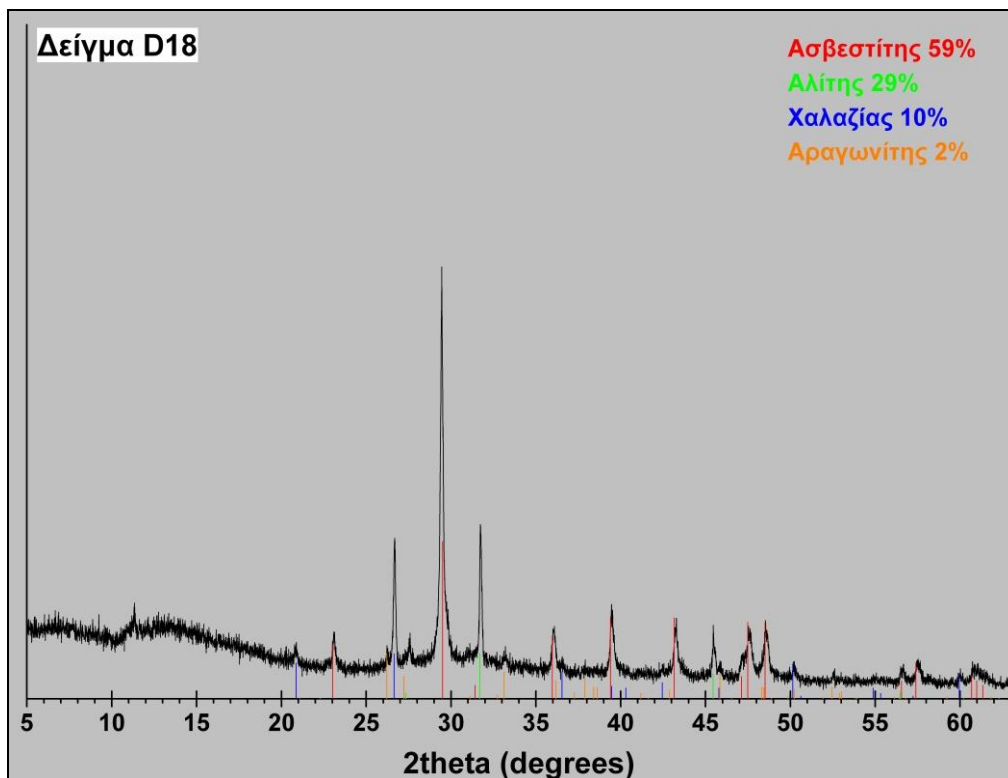


Εικόνα 5.1.18α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 18 σε τράπεζα φωτογράφισης.

Εικόνα 5.1.18β: Φωτογράφιση του δείγματος 18 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm.

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (Εικόνα 5.1.18γ), το δείγμα Δ18 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (59% κ.β), αλίτη (29% κ.β) και χαλαζία (10% κ.β), ενώ σε μικρότερο ποσοστό συμμετέχει ο αραγωνίτης (2% κ.β).

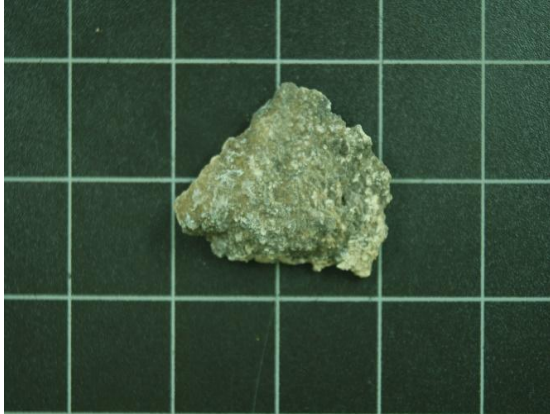


Εικόνα 5.1.18γ: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ18

## Δείγμα Δ19

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα επιχρίσματος το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.19α) έχει μαύρο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.19β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία ινώδους μορφής αλάτων σε όλη την επιφάνεια του επιχρίσματος.



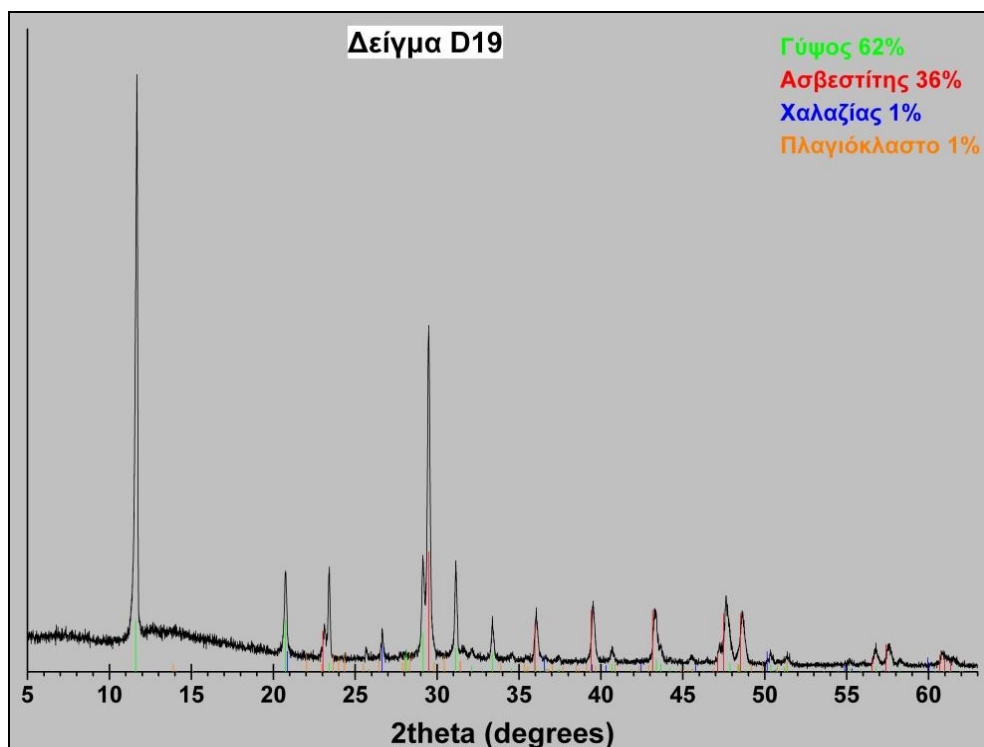
Εικόνα 5.1.19α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 19 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.19β: Φωτογράφιση του δείγματος 19 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (Εικόνα 5.1.19γ), το δείγμα Δ19 αποτελείται κυρίως από γύψο (62% κ.β) και ασβεστίτη (36% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν χαλαζίας (1% κ.β) και πλαγιόκλαστο (1% κ.β).



Εικόνα 5.1.19γ. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ19.



## Δείγμα Δ20

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα ιδιαίτερα εύθρυπτο, πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.20α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.20β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία απολιθωμάτων στο πέτρωμα.



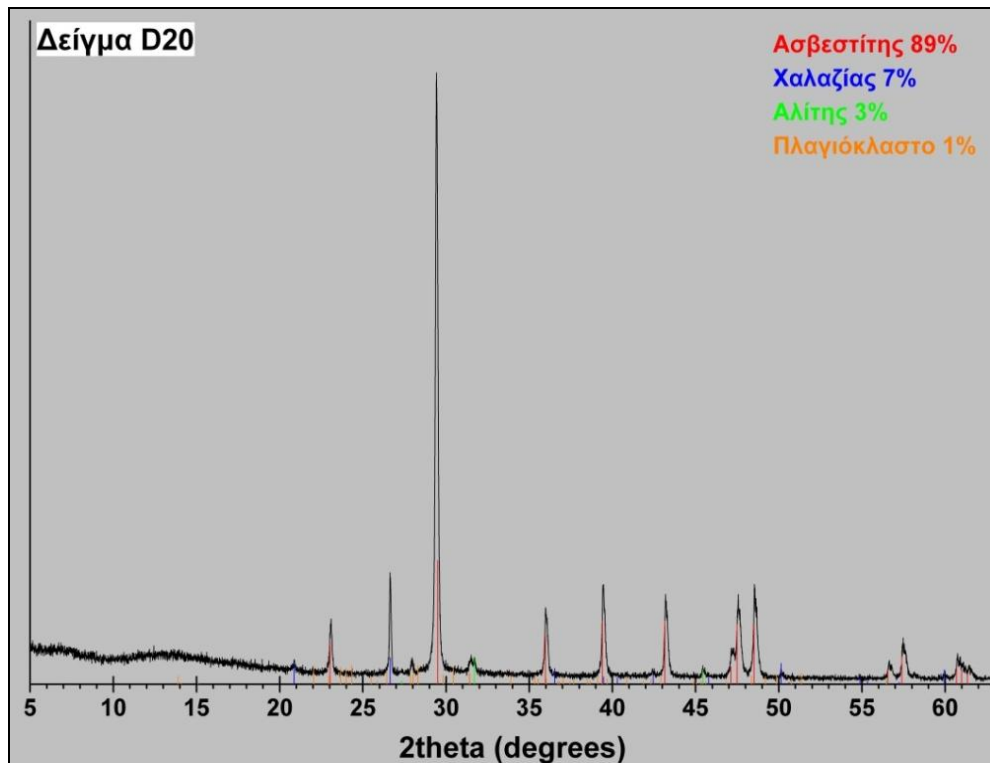
Εικόνα 5.1.20α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 20 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.20β: Φωτογράφιση του δείγματος 20 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (Εικόνα 5.1.20γ), το δείγμα Δ20 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (89% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά χαλαζίας (7% κ.β), αλίτης (3% κ.β) και πλαγιόκλαστο (1% κ.β).

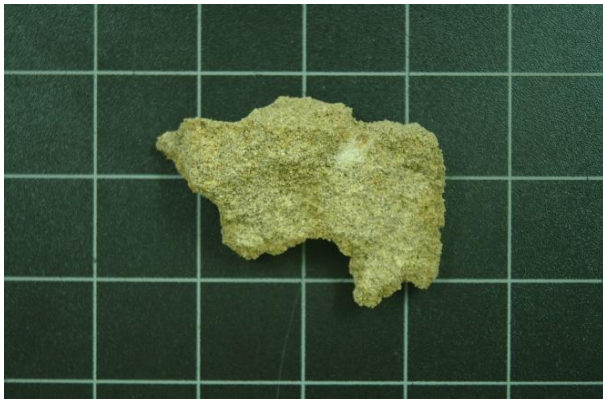


Εικόνα 5.1.20γ. Περιθλασιγράμμα του δείγματος Δ20.

## Δείγμα Δ21

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα ιδιαίτερα εύθρυπτον, πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.21α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.21β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία λευκού συνδετικού υλικού στο πέτρωμα καθώς επίσης και απολιθωμάτων.



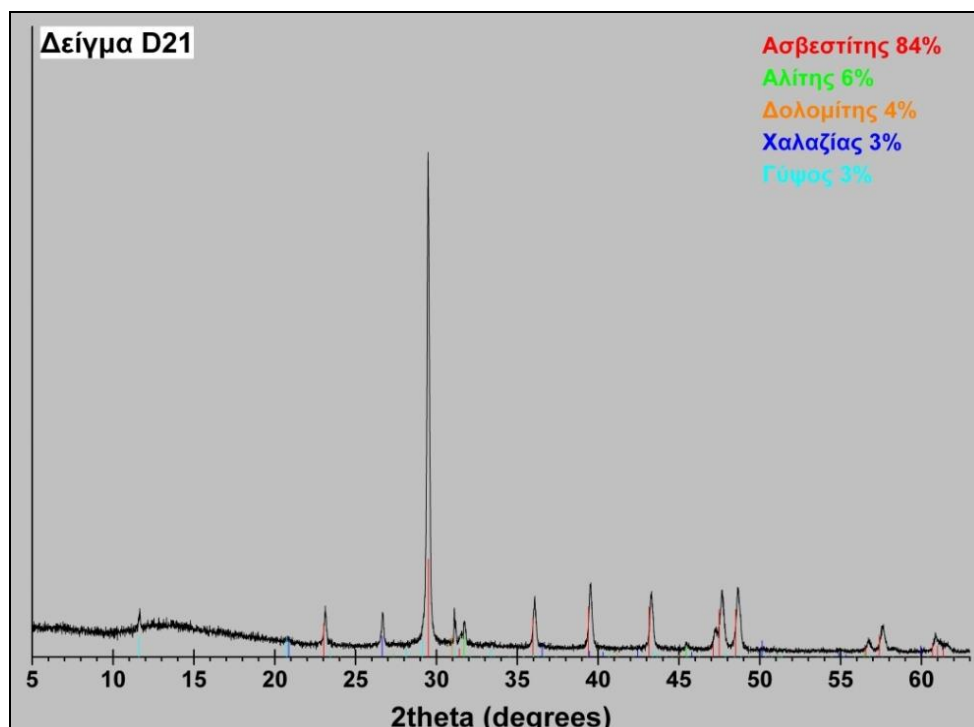
Εικόνα 5.1.21α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 21 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.21β: Φωτογράφιση του δείγματος 21 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων–X (Εικόνα 5.1.21γ), το δείγμα Δ21 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (84% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά αλίτης (6% κ.β), δολομίτης (4% κ.β), χαλαζίας (3% κ.β) και γύψος (3% κ.β).



Εικόνα 5.1.21γ. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ21.

## Δείγμα Δ22

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα κονιάματος δόμησης το οποίο μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.22α) έχει κόκκινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.22β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία ορυκτών όπως ο χαλαζίας και οι αστρίοι.



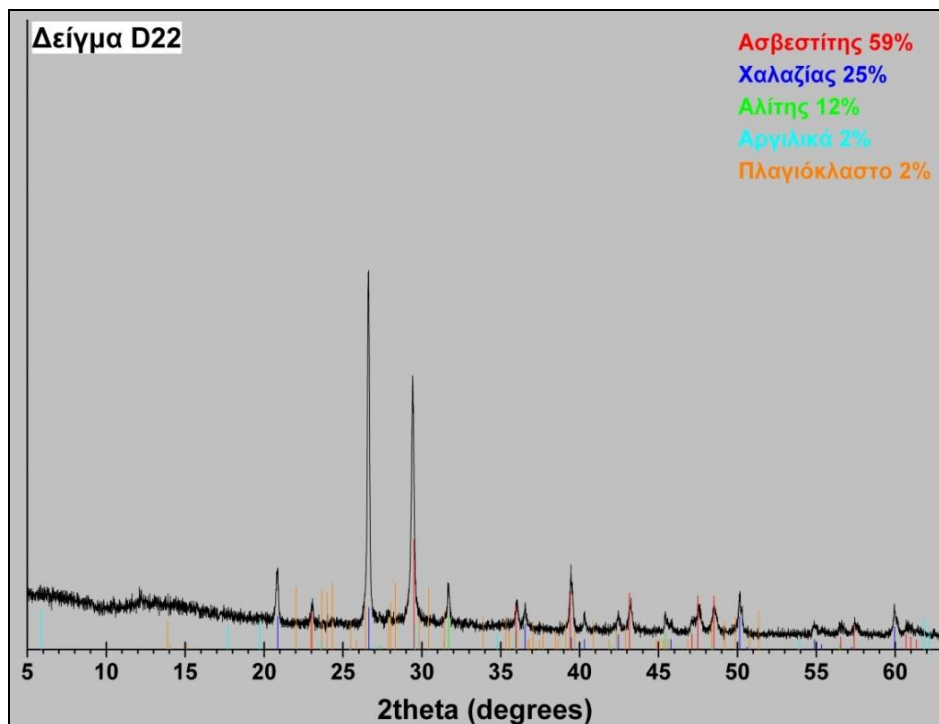
Εικόνα 5.1.22α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 22 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.22β: Φωτογράφιση του δείγματος 22 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων–X (Εικόνα 5.1.22γ), το δείγμα Δ22 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (59% κ.β), χαλαζία (25% κ.β) και αλίτη (12% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν πλαγιόκλαστο (2% κ.β) και αργιλικά ορυκτά (2% κ.β).



Εικόνα 5.1.22γ. Περιθλασιγράμμα του δείγματος Δ22.



## Δείγμα Δ23

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα ιδιαίτερα εύθρυπτο, πορώδες δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.23α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.23β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία απολιθωμάτων στη δομή του πετρώματος.



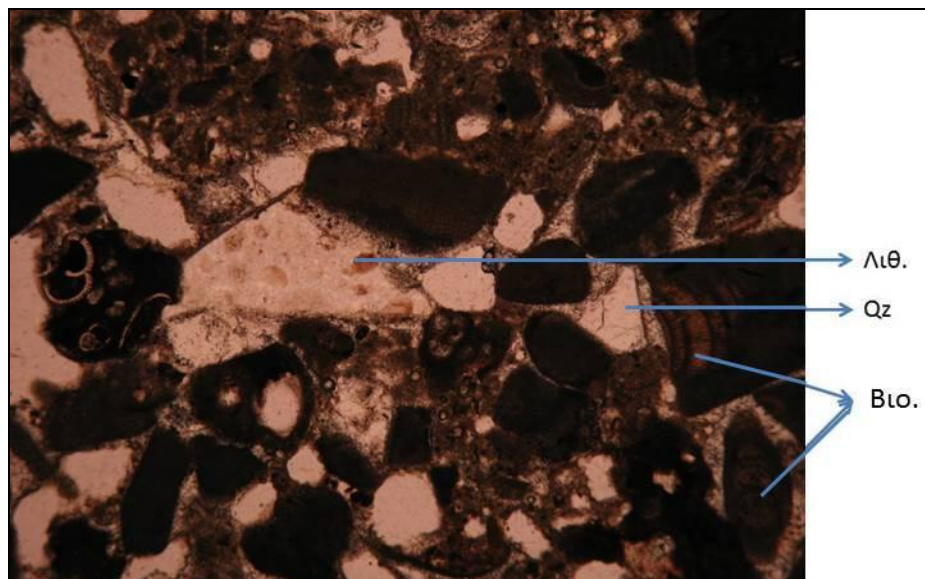
Εικόνα 5.1.23α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 23 σε τράπεζα φωτογράφισης.



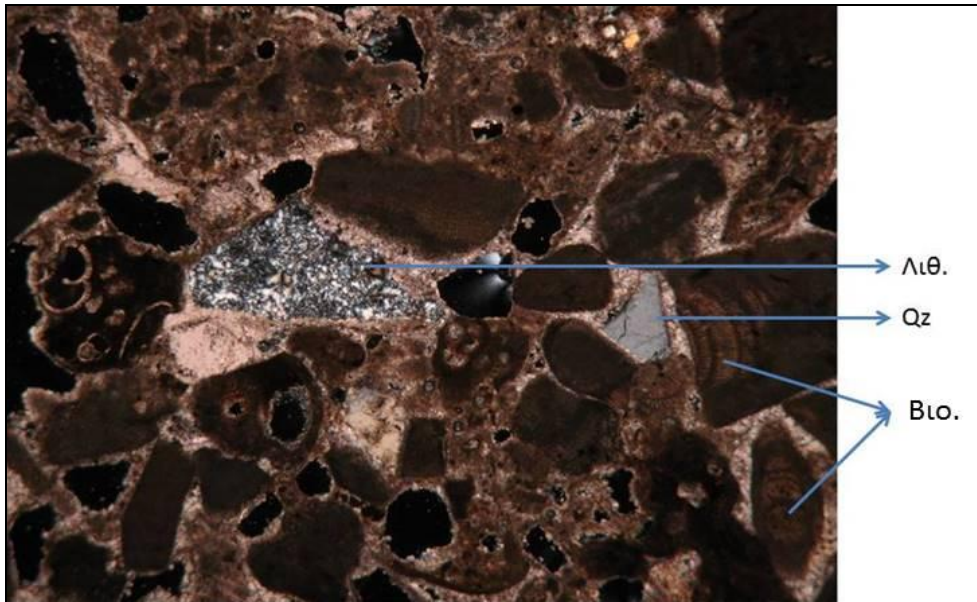
Εικόνα 5.1.23β: Φωτογράφιση του δείγματος 23 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm.

### Μικροσκοπική Παρατήρηση

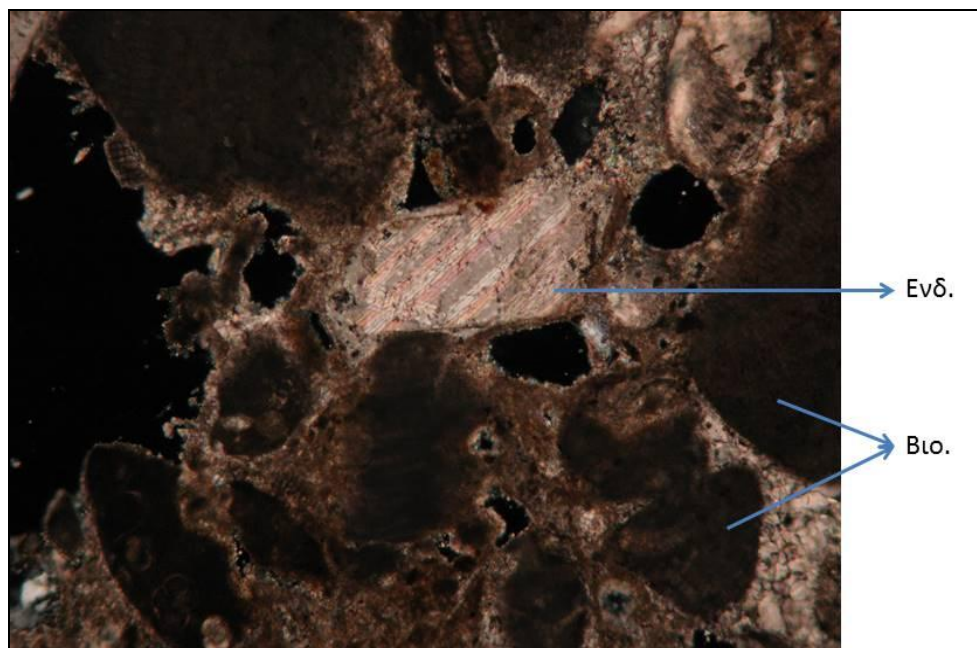
Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,4 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1,8 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι βιοκλάστες με ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι σπαριτικό με ποσοστό 10%. Περιέχει επίσης ενδοκλάστες 3% και ψαμμιτικούς λιθοκλάστες 2%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 3% μοσχοβίτης 1% και άστριοι 1%.



Εικόνα 5.1.23γ. Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ23. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm.



**Εικόνα 5.1.23δ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ23. Βιο.: Βιοκλάστες, Λιθ.: Λιθοκλάστες, Qz:Χαλαζίας. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm.



**Εικόνα 5.1.23ε:** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ23. Βιο.: Βιοκλάστες, Ενδ.: Ενδοκλάστες. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

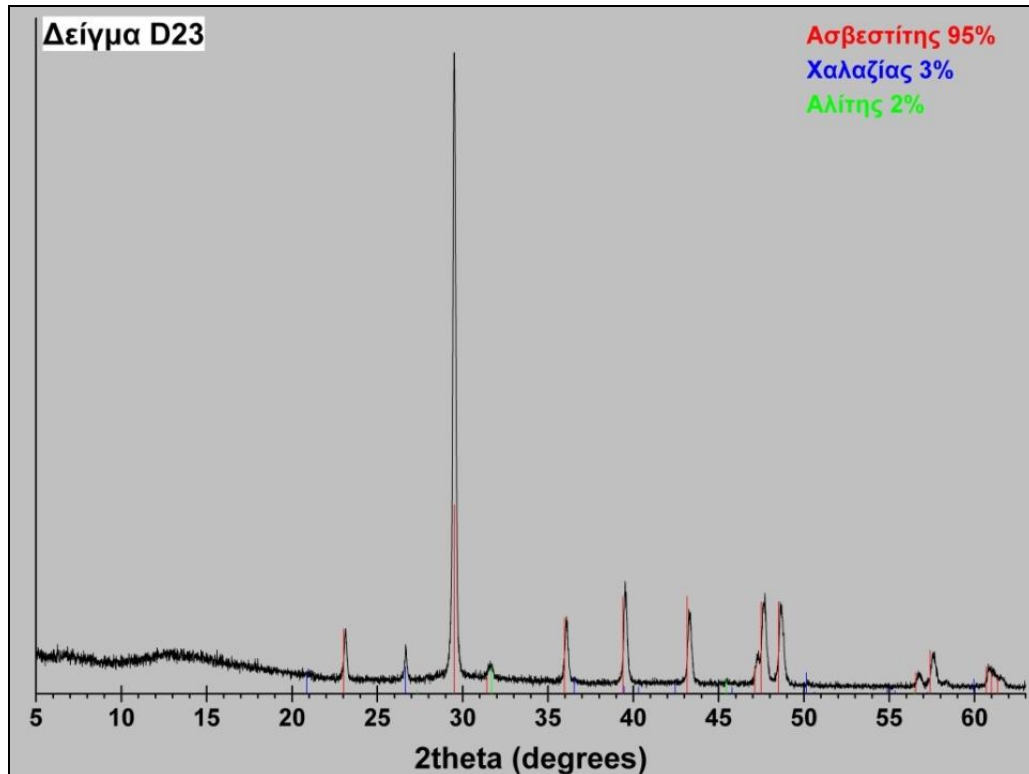
Στις φωτογραφίες 5.1.23γ-ε παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πολύ μεγάλο πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται ενδοκλάστες, λιθοκλάστες και χαλαζίας.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.



### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων–X (Εικόνα 5.1.23ζ), το δείγμα Δ23 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (95% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά χαλαζία (3% κ.β) και αλίτης (2% κ.β).



Εικόνα 5.1.23ζ. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ23.

### **Δείγμα Δ24**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα ιδιαίτερα εύθρυπτο, πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.24α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.24β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία λευκού συγκολλητικού υλικού στο πέτρωμα.



Εικόνα 5.1.24α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 24 σε τράπεζα φωτογράφισης.

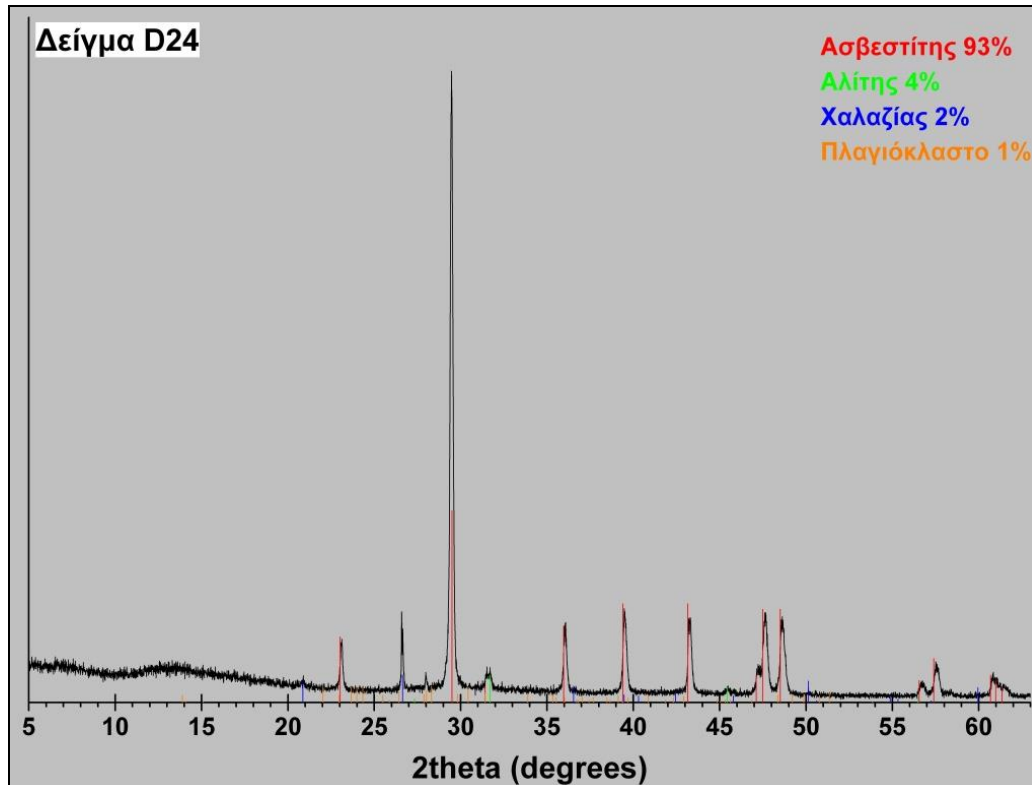


Εικόνα 5.1.24β: Φωτογράφιση του δείγματος 24 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm



### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.24γ), το δείγμα Δ24 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (93% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά αλίτης (4% κ.β), χαλαζίας (2% κ.β) και πλαγιόκλαστο (1% κ.β).

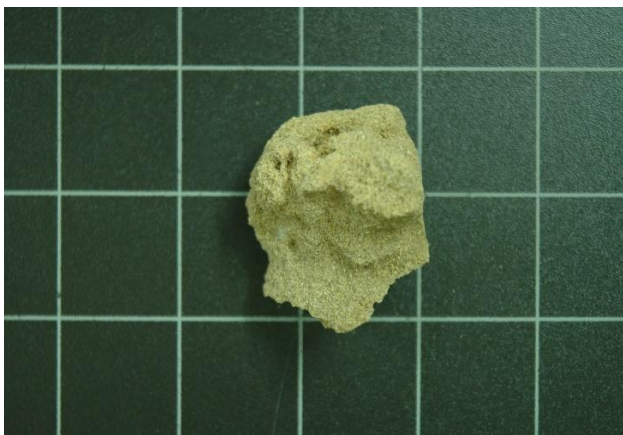


Εικόνα 5.1.24γ. Περιθλασιγράμμα του δείγματος Δ24.

### **Δείγμα Δ25**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα στρωματομόρφου, εύθρυπτου, πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.25α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.25β) γίνεται αντιληπτή η μεγάλη παρουσία απολιθωμάτων και κόκκων χαλαζία.



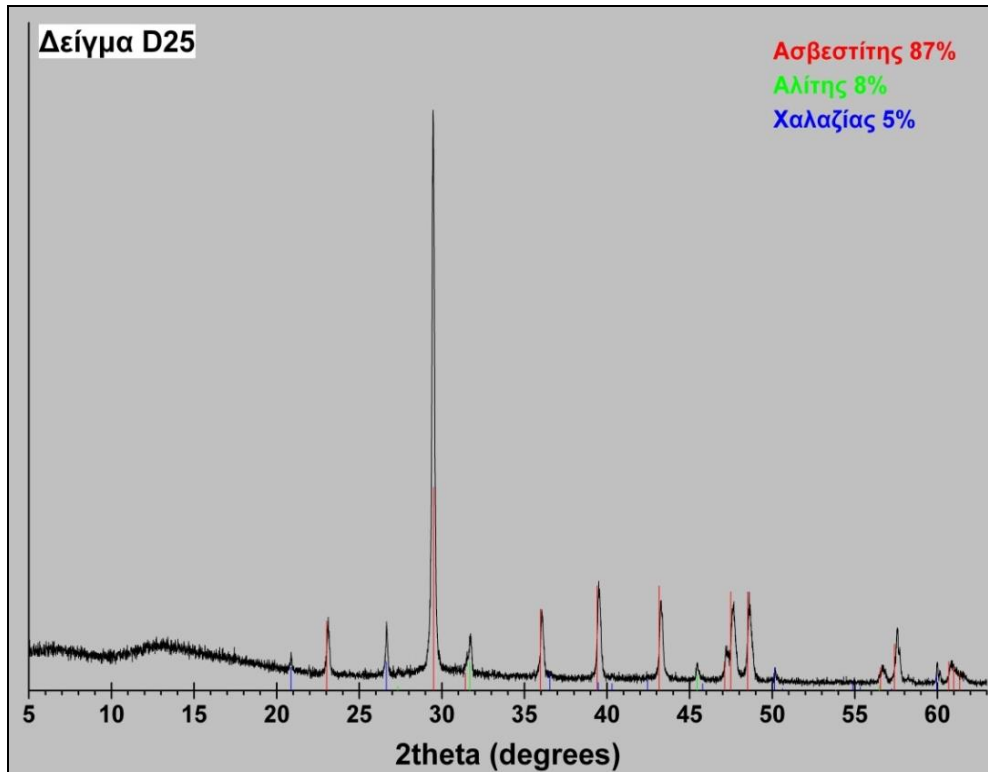
Εικόνα 5.1.25α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 25 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.25β: Φωτογράφιση του δείγματος 25 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.25γ), το δείγμα Δ25 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (87% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά αλίτης (8% κ.β) και χαλαζίας (5% κ.β).

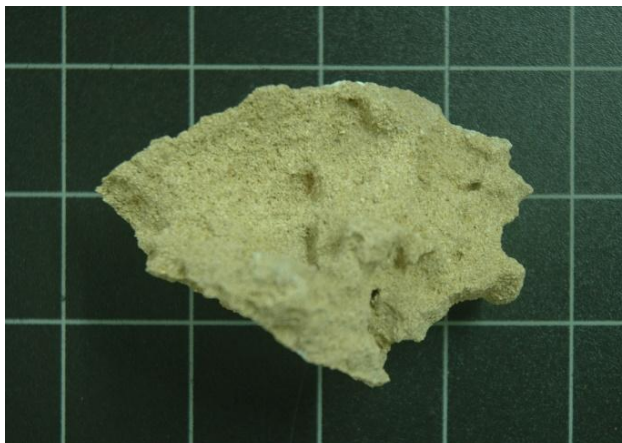


Εικόνα 5.1.25γ: Περιθλασιγράμμα του δείγματος Δ25

### **Δείγμα Δ26**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα εύθρυπτου, πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.26α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.26β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία κόκκων χαλαζία και απολιθωμάτων.



Εικόνα 5.1.26α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 26 σε τράπεζα φωτογράφισης.

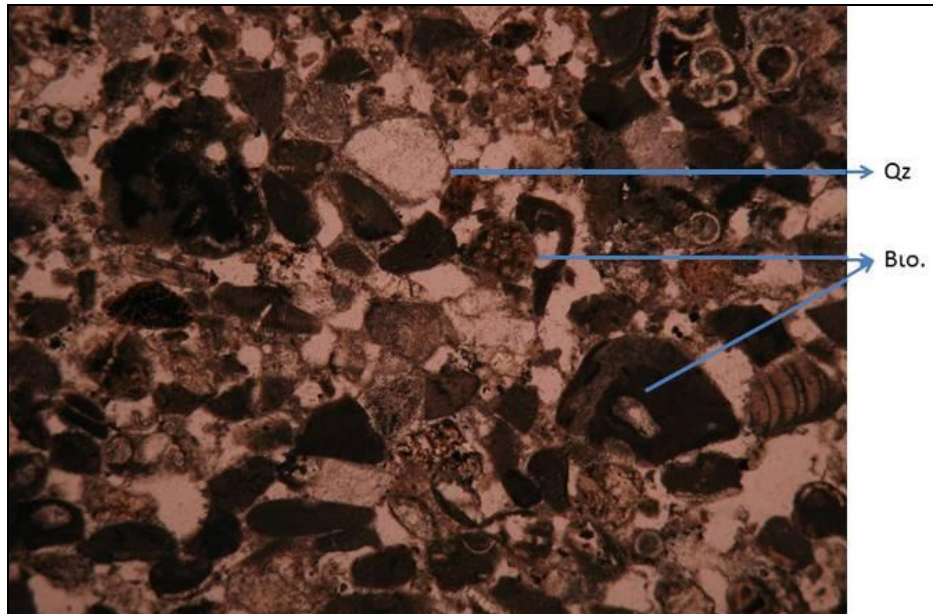


Εικόνα 5.1.26β: Φωτογράφιση του δείγματος 26 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

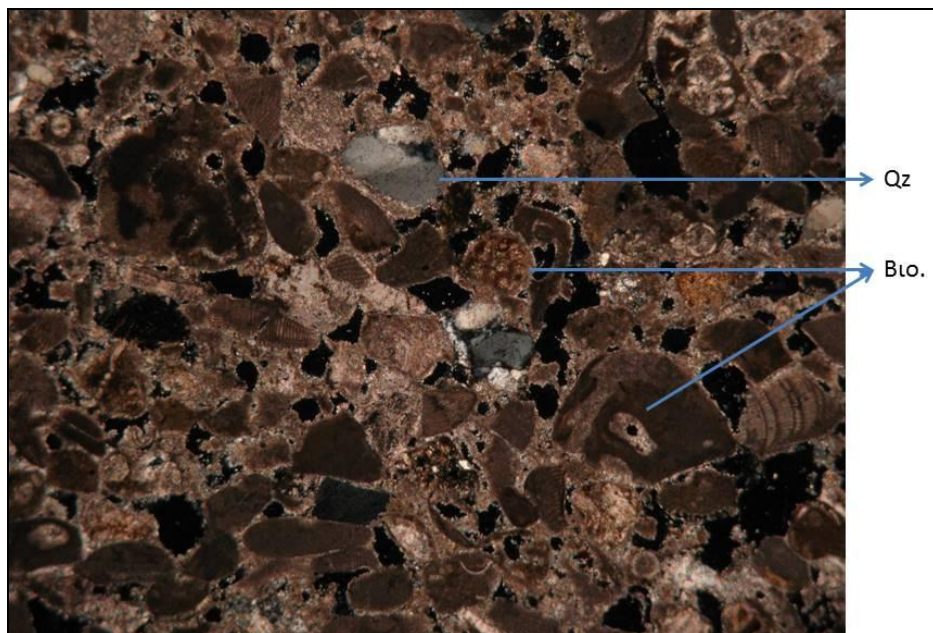


### Μικροσκοπική Παρατήρηση

Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,3 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 0,8 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι βιοκλάστες με ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι σπαριτικό με ποσοστό 8%. Περιέχει επίσης ενδοκλάστες 15%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 5%, βιοτίτης 2% και πράσινη κεροσίλβη 2%.



**Εικόνα 5.1.26γ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ26. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

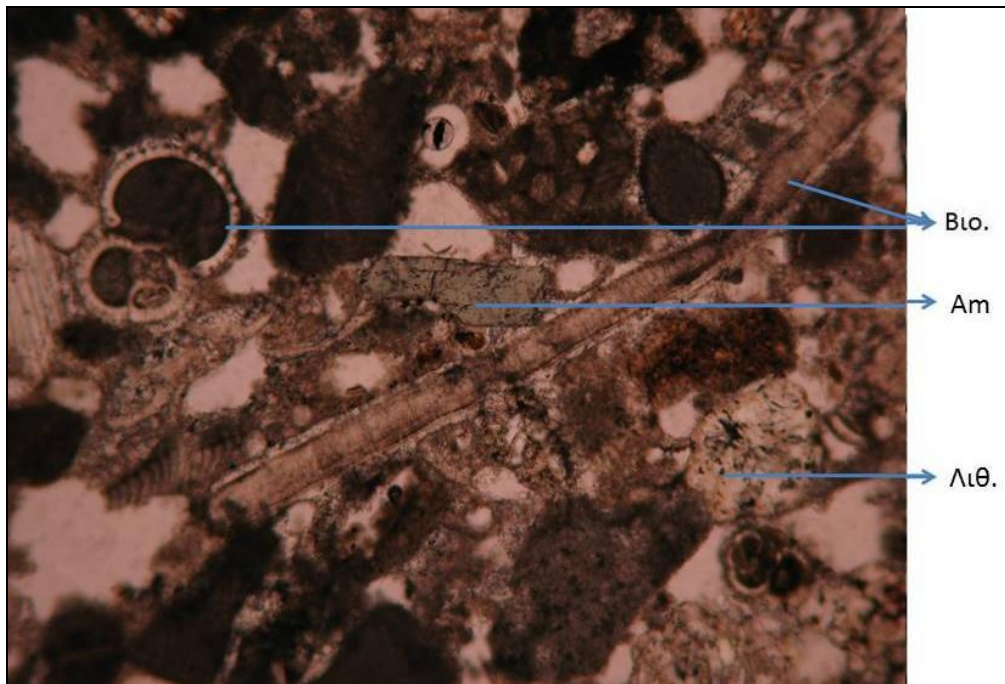


**Εικόνα 5.1.26δ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ26. Bιο.: Βιοκλάστες, Qz.: Χαλαζίας. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

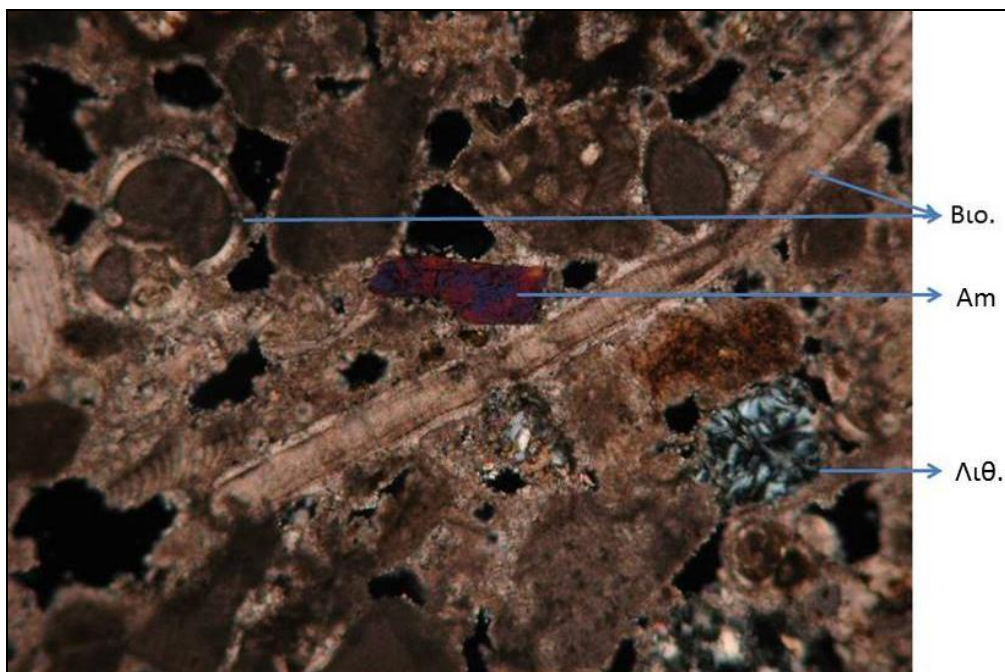


Στις φωτογραφίες 5.1.26γ-η παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται ενδοκλάστες, χαλαζίας και πράσινη κεροστίλβη.

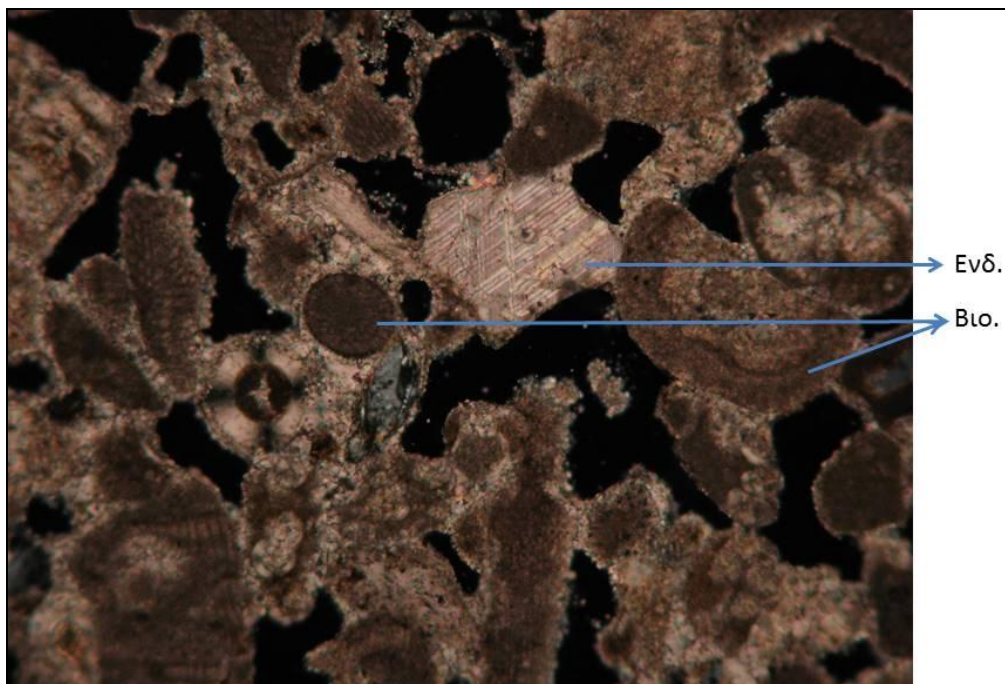
Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **ενδοκλαστοφόρος Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.



Εικόνα 5.1.26ε: Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ26. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm



Εικόνα 5.1.26ζ: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ26. Bιο.: Βιοκλάστες, Am: Πράσινη κεροστίλβη, Λιθ.: Λιθοκλάστης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm



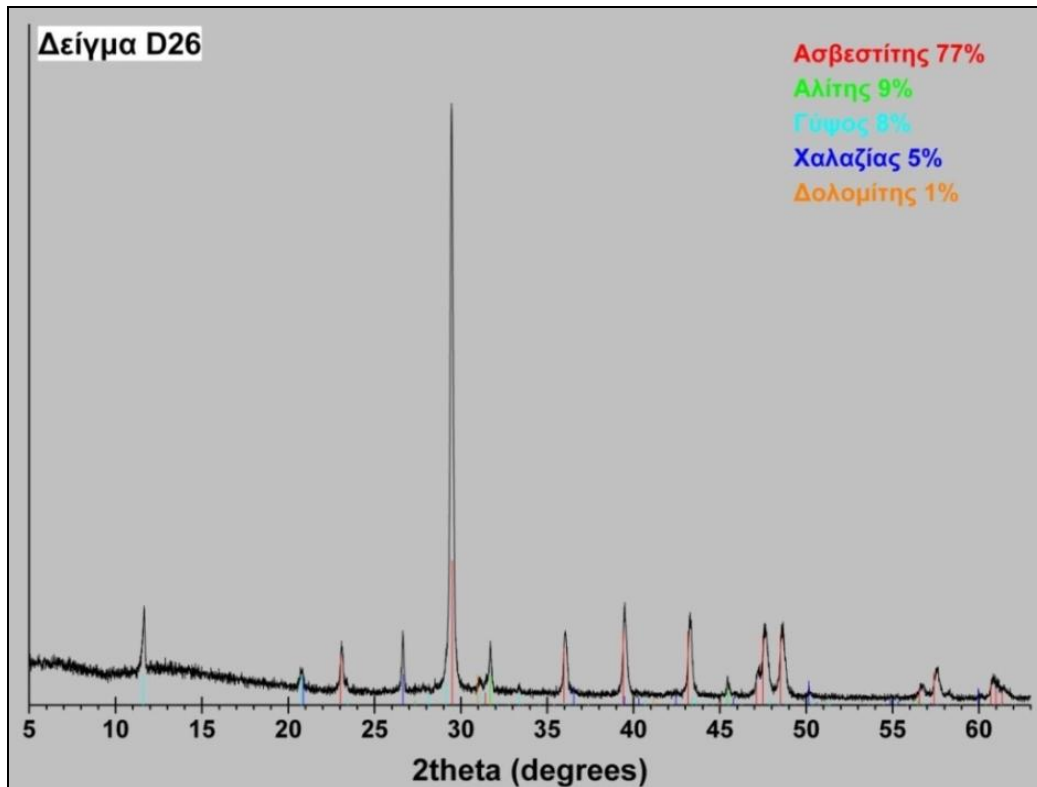
**Εικόνα 5.1.26η. Μικροσκοπική παρατήρηση (Δ) δείγματος Δ26.** Βιο.: Βιοκλάστες, Ενδ.: Ενδοκλάστες. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

#### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

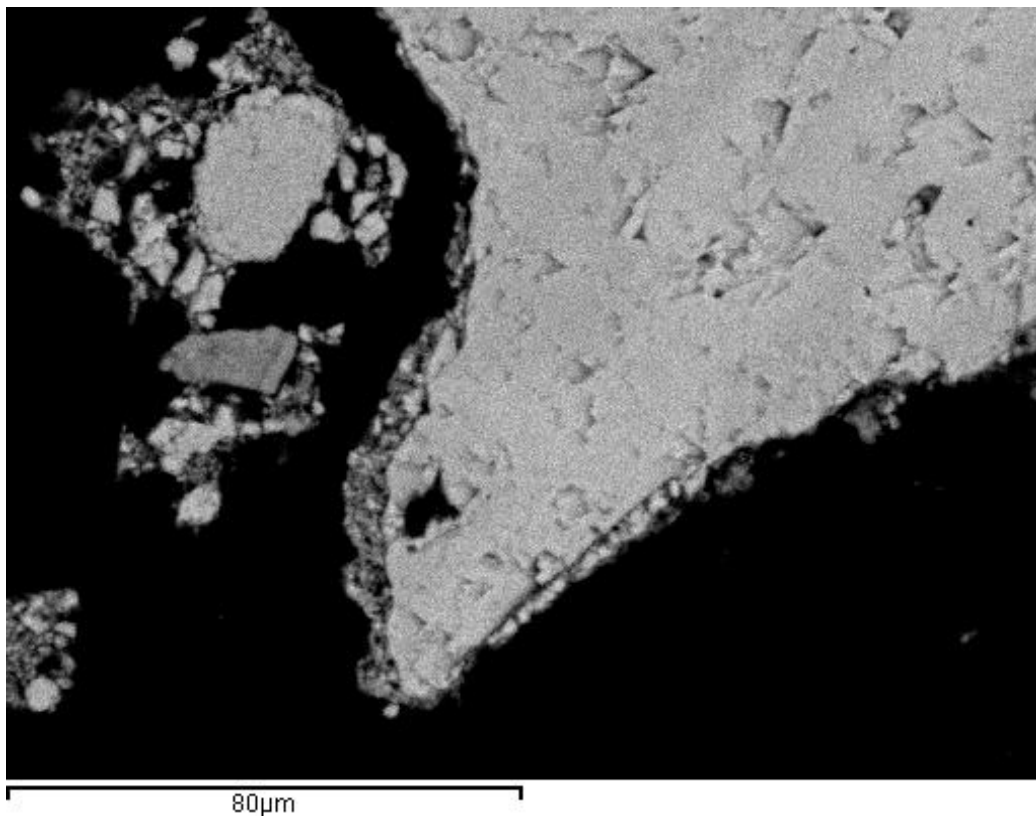
Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων–X (Εικόνα 5.1.26θ), το δείγμα Δ26 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (77% κ.β), ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά αλίτης (9% κ.β), γύψος (8% κ.β), χαλαζίας (5% κ.β) και δολομίτης (1% κ.β).

#### Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM)

Τα αποτελέσματα της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης για το δείγμα 26 έδειξαν την παρουσία σπαριτικής ζώνης (Εικόνα 5.1.26ι) ως συγκολλητικό υλικό γύρω από ασβεστιτικούς κόκκους. Επίσης επιβεβαιώθηκε η παρουσία πράσινης κεροστίλβης, χαλαζία και εξαλειωμένου βιοτίτη.

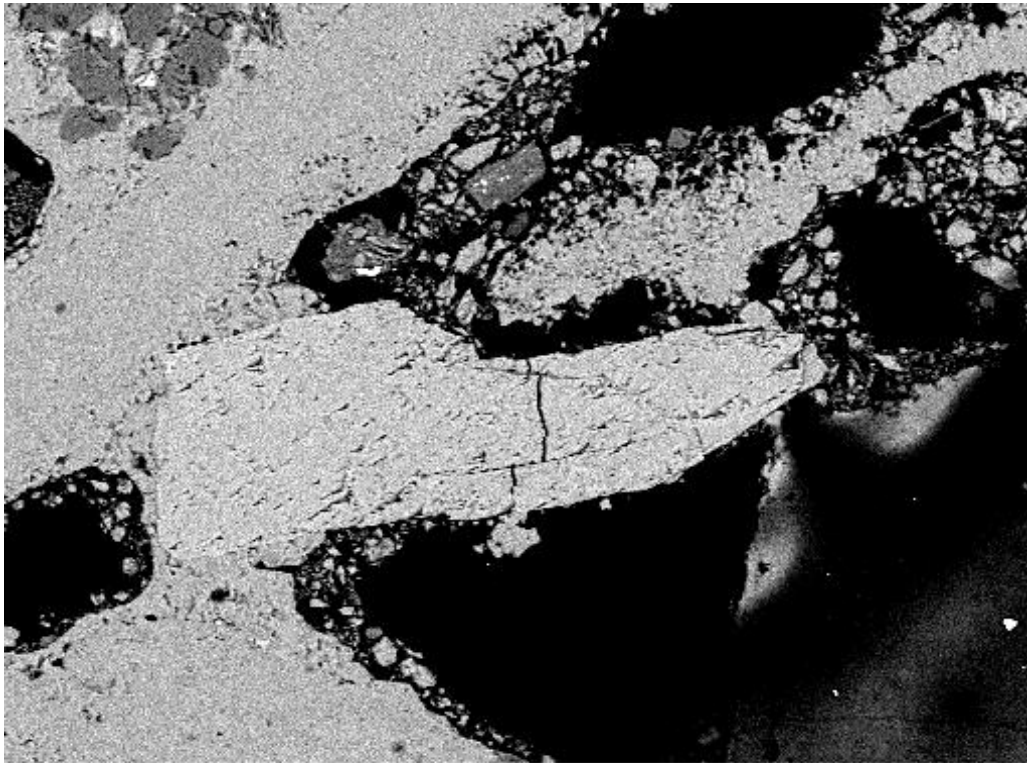


Εικόνα 5.1.26θ: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ26



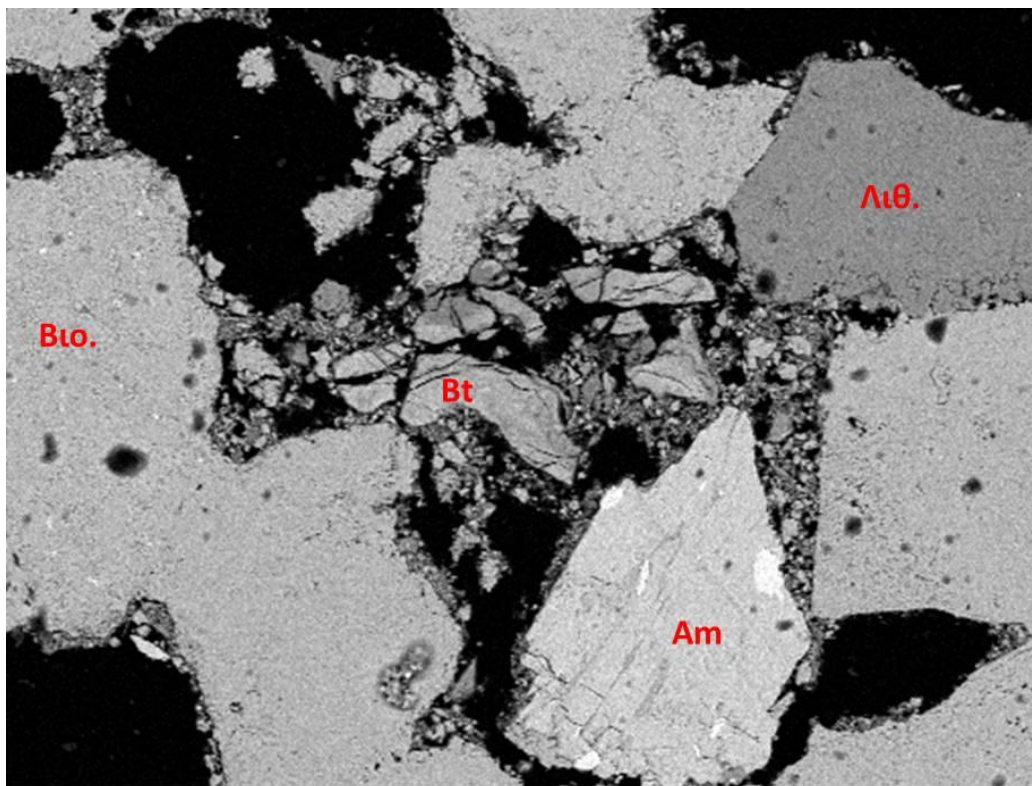
Εικόνα 5.1.26ι: Οπισθοσκεδαζόμενη εικόνα SEM, δείγματος Δ26. Διακρίνεται βιοκλάστης και γύρω του λεπτή ζώνη συγκολλητικού υλικού (σπαρίτης).





200μm

Εικόνα 5.1.26κ: Οπισθοσκεδαζόμενη εικόνα SEM, δείγματος Δ26. Διακρίνεται στο κέντρο κρύσταλλος πράσινης κεροστίλβης, ενώ είναι ευδιάκριτο και το μεγάλο πορώδες του πετρώματος.



300μm

Εικόνα 5.1.26λ: Οπισθοσκεδαζόμενη εικόνα SEM, δείγματος Δ26. Βιο.: Βιοκλάστες, Λιθ.: Λιθοκλάστες, Am: Πράσινη κεροστίλβη, Bt: Βιοτίτης.

## Δείγμα Δ27

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.27α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.27β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία ινώδη μορφής αλάτων σε όλη την επιφάνεια του πετρώματος.



Εικόνα 5.1.27α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 27 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.27β: Φωτογράφιση του δείγματος 27 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm.

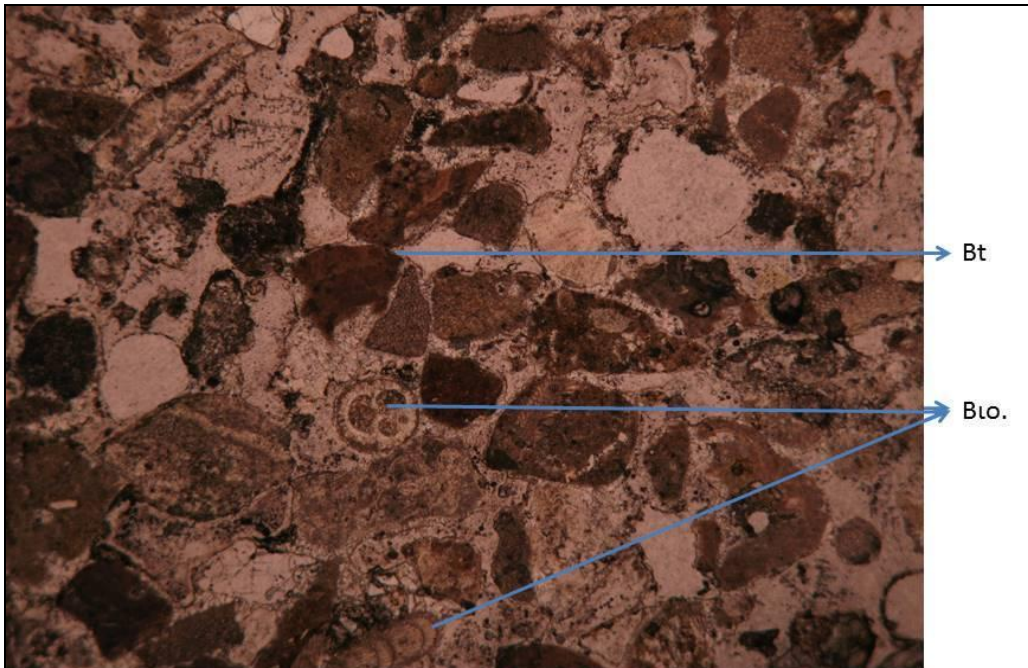
### Μικροσκοπική Παρατήρηση

Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,4 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1,2 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι ιδιόμορφος έως υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι *βιοκλάστες* με ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι *σπαριτικό* με ποσοστό 9%. Περιέχει επίσης ενδοκλάστες 4% και *λιθοκλάστες* 2%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι *χαλαζίας* σε ποσοστό 3%, *βιοτίτης* 2%, *πλαγιόκλαστο* 1% και *χλωρίτης* 1%.

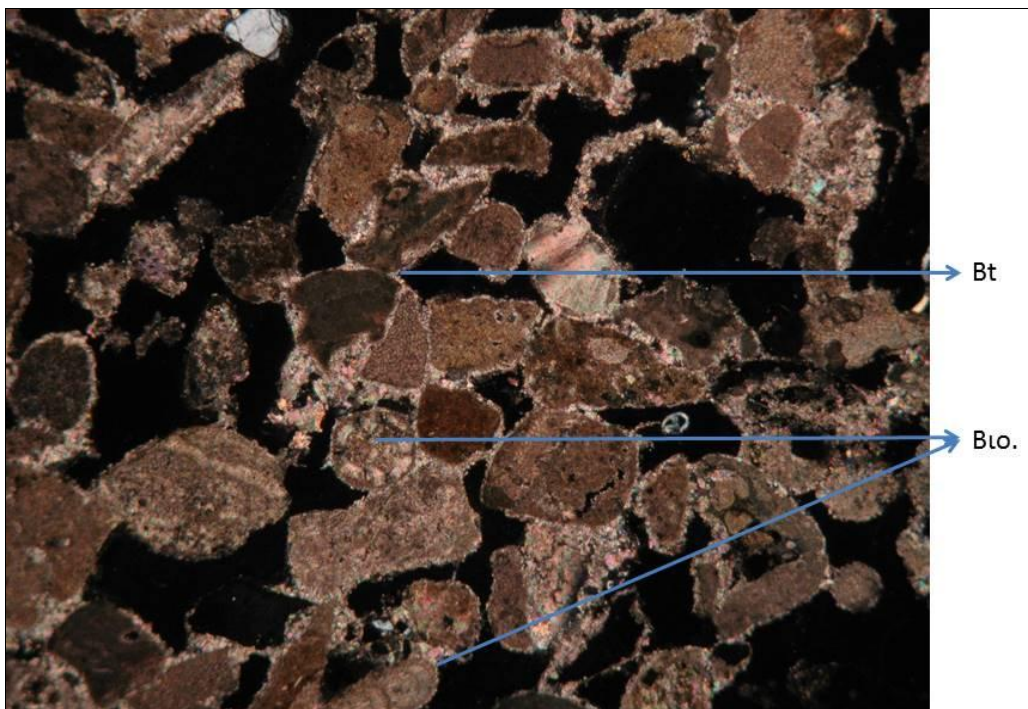
Στις φωτογραφίες 5.1.27γ-θ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται λιθοκλάστες, χαλαζίας, βιοτίτης, πλαγιόκλαστο και χλωρίτης.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.



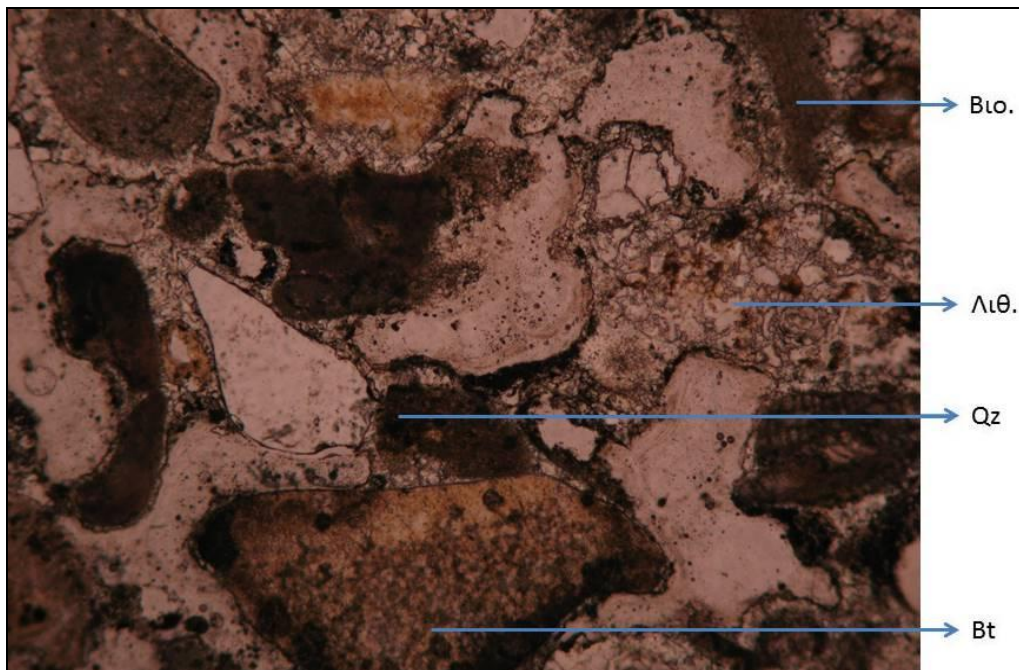


**Εικόνα 5.1.27γ.** Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ27. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

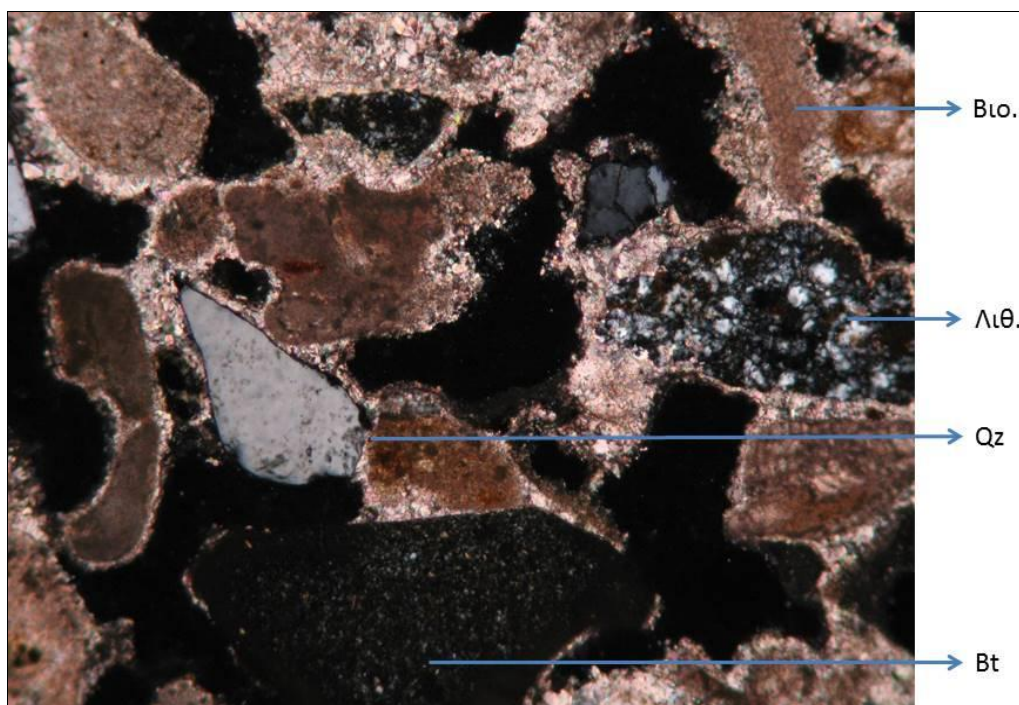


**Εικόνα 5.1.27δ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ27. Bιο.: Βιοκλάστες, Bt: Βιοτίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

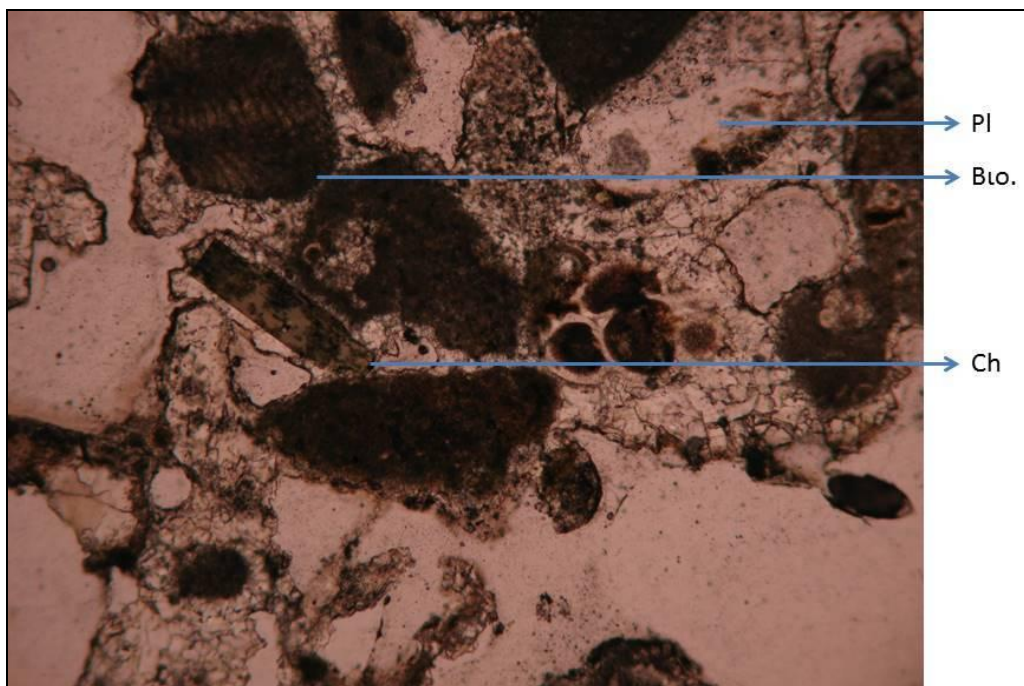




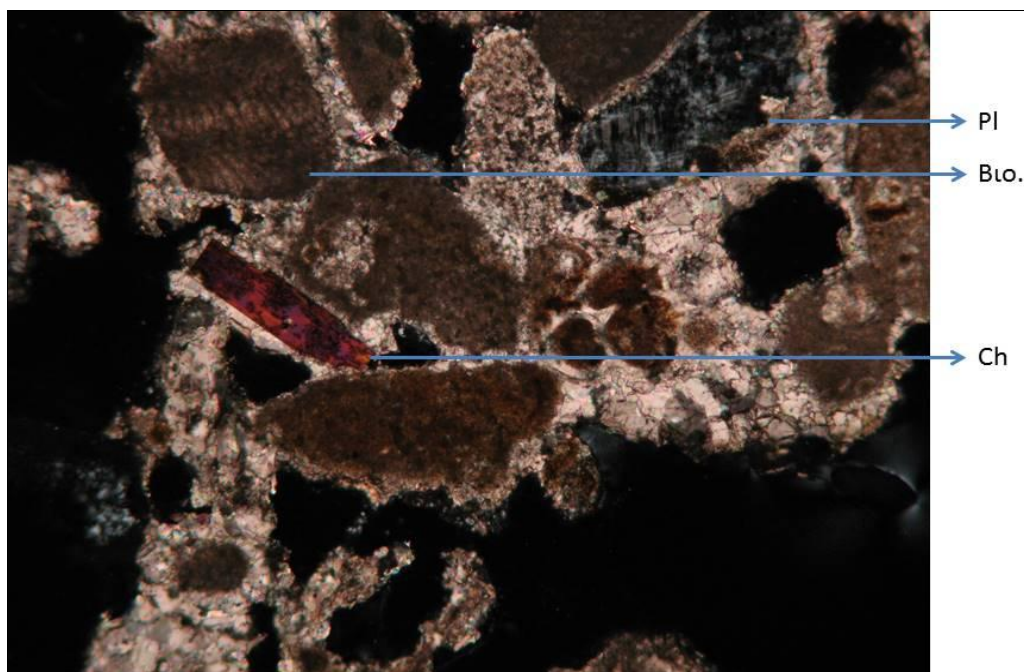
**Εικόνα 5.1.27ε:** Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ27. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm.



**Εικόνα 5.1.27ς:** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ27. Βιο.: Βιοκλάστες, Λιθ.: Λιθοκλάστες, Qz: Χαλαζιάς, Βt: Βιοτίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm



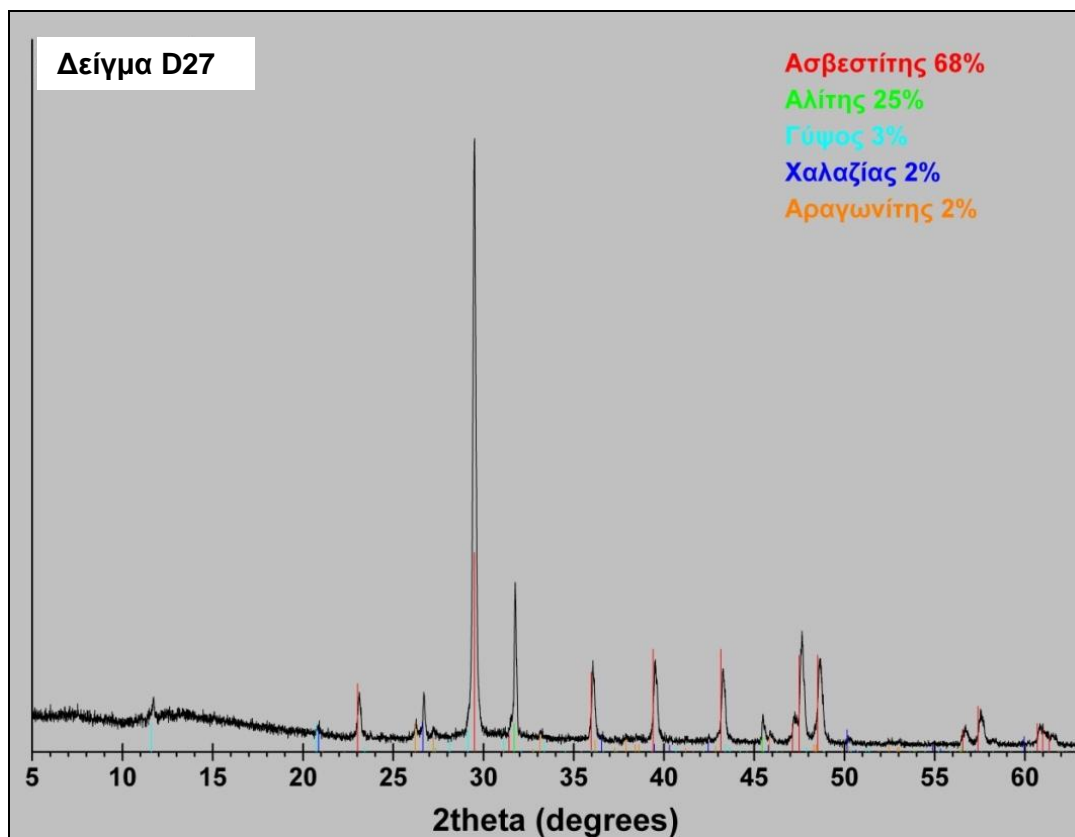
**Εικόνα 5.1.27η:** Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ27. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm.



**Εικόνα 5.1.27θ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ27. Βιο.: Βιοκλάστες, PI: Πλαγιόκλαστο, Ch: Χλωρίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.27ι), το δείγμα Δ27 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (68% κ.β) και αλίτη (25% κ.β) ενώ, σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά γύψος (3% κ.β), χαλαζίας (2% κ.β) και αραγωνίτης (2% κ.β).



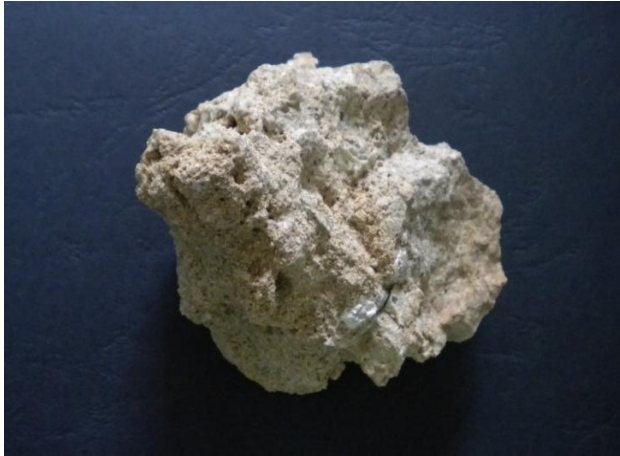
Εικόνα 5.1.27ι: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ27

### **Δείγμα Δ28**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα μαζώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.28α) έχει γκριζόλευκο χρώμα και ιδιαίτερα μεγάλο μέγεθος συστατικών. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.28β) γίνεται αντιληπτή παρουσία απολιθωμάτων.





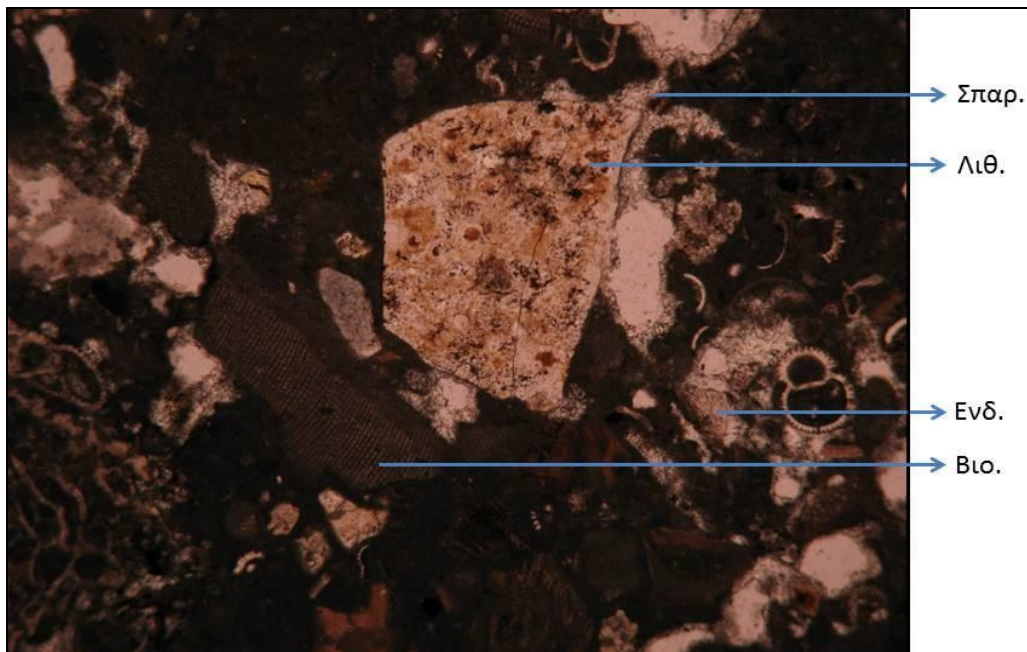
Εικόνα 5.1.28α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 28.



Εικόνα 5.1.28β: Φωτογράφιση του δείγματος 28 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Μικροσκοπική Παρατήρηση

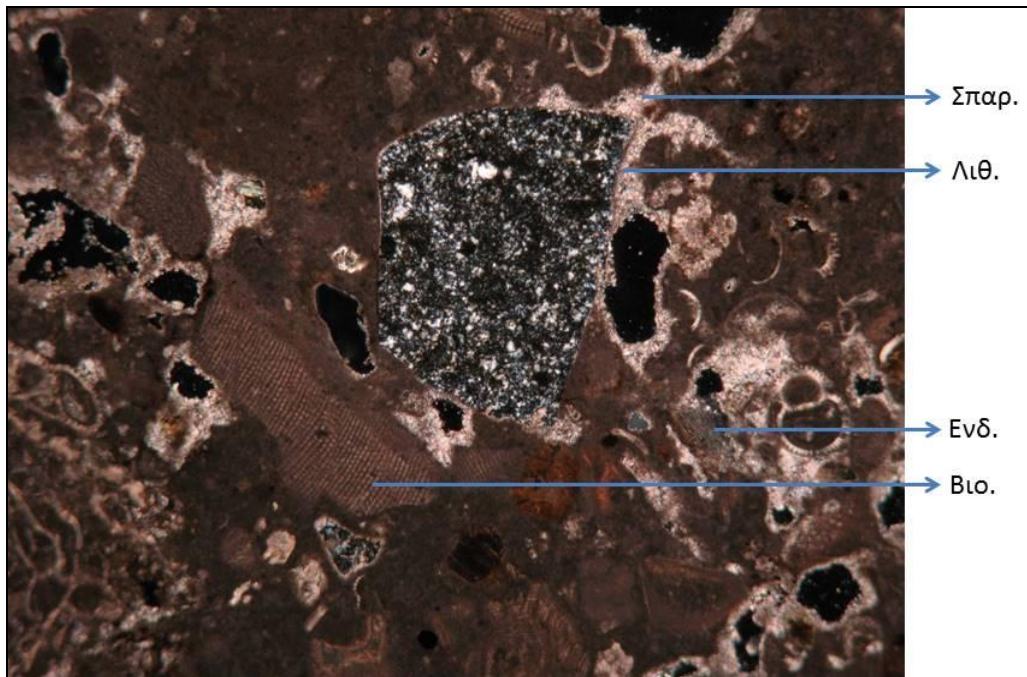
Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,5 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 2,5 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι ιδιόμορφος έως υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι βιοκλάστες με ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι σπαριτικό με ποσοστό 8%. Περιέχει επίσης χαλαζιακούς λιθοκλάστες 4% και ενδοκλάστες 1%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 3% και αιματίτης 1%.



Εικόνα 5.1.28γ: Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ28. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

Στις φωτογραφίες 5.1.28γ-ζ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος που είναι βιοκλάστες ανάμεσα σε παλιό μικριτικό υλικό συγκολλημένα με σπαρίτη. Επίσης, διακρίνονται χαλαζιακοί λιθοκλάστες, ενδοκλάστες και οξειδωμένοι βιοτίτες.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.

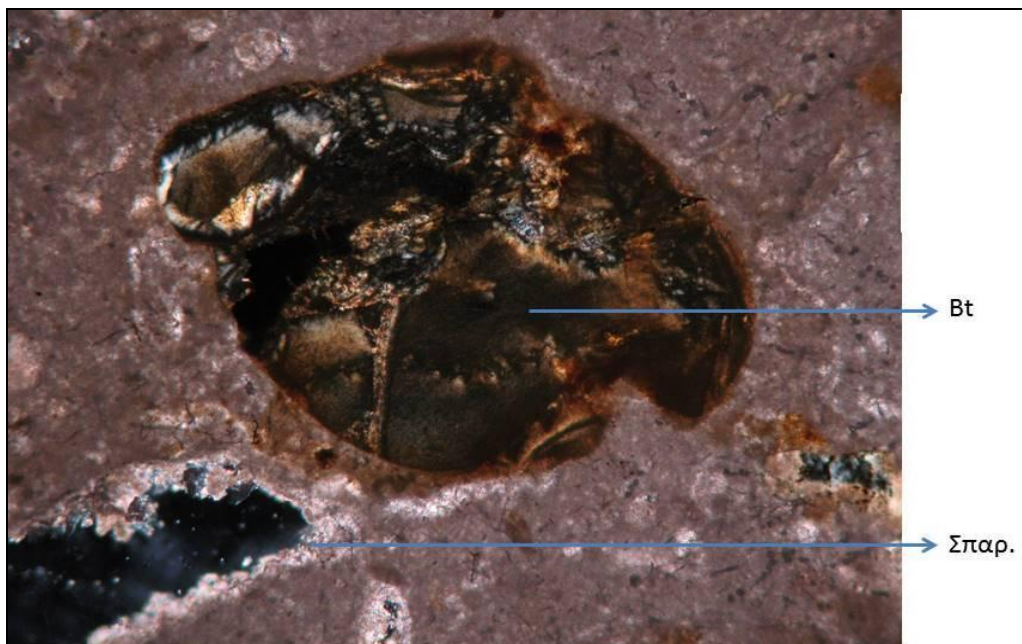


**Εικόνα 5.1.28δ:** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ28. Βιο.: Βιοκλάστες, Ενδ.: Ενδοκλάστες, Λιθ.: Λιθοκλάστες, Σπαρ.: Σπαριτικό συνδετικό υλικό. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας



**Εικόνα 5.1.28ε:** Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ28. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

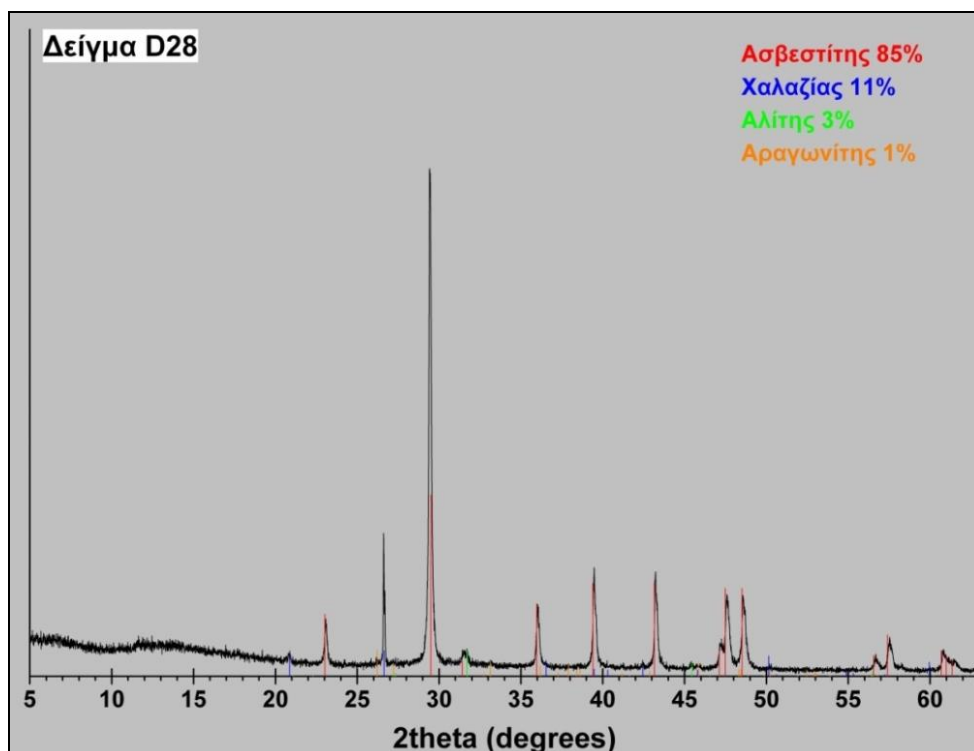




Εικόνα 5.1.28ζ. Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ28. Κόκκος βιοτίτη εξαλλοιωμένος σε υδροξειδία του σιδήρου. Bt.: Βιοτίτης εξαλλοιωμένος, Σπαρ.: Σπαριτικό συνδετικό υλικό. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm.

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων–X (Εικόνα 5.1.28η), το δείγμα Δ28 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (85% κ.β) και χαλαζία (11% κ.β) ενώ, σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά αλίτης (3% κ.β) και δολομίτης (1% κ.β).



Εικόνα 5.1.28η: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ28



## Δείγμα Δ29

### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.29α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.29β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία απολιθωμάτων.



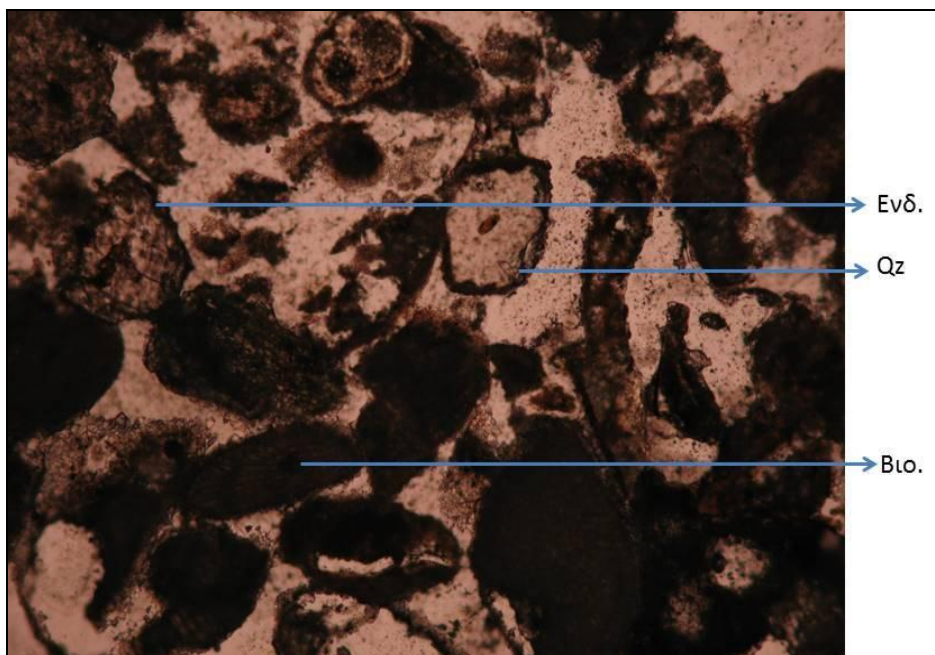
Εικόνα 5.1.29α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 29 σε τράπεζα φωτογράφισης.



Εικόνα 5.1.29β: Φωτογράφιση του δείγματος 29 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm

### Μικροσκοπική Παρατήρηση

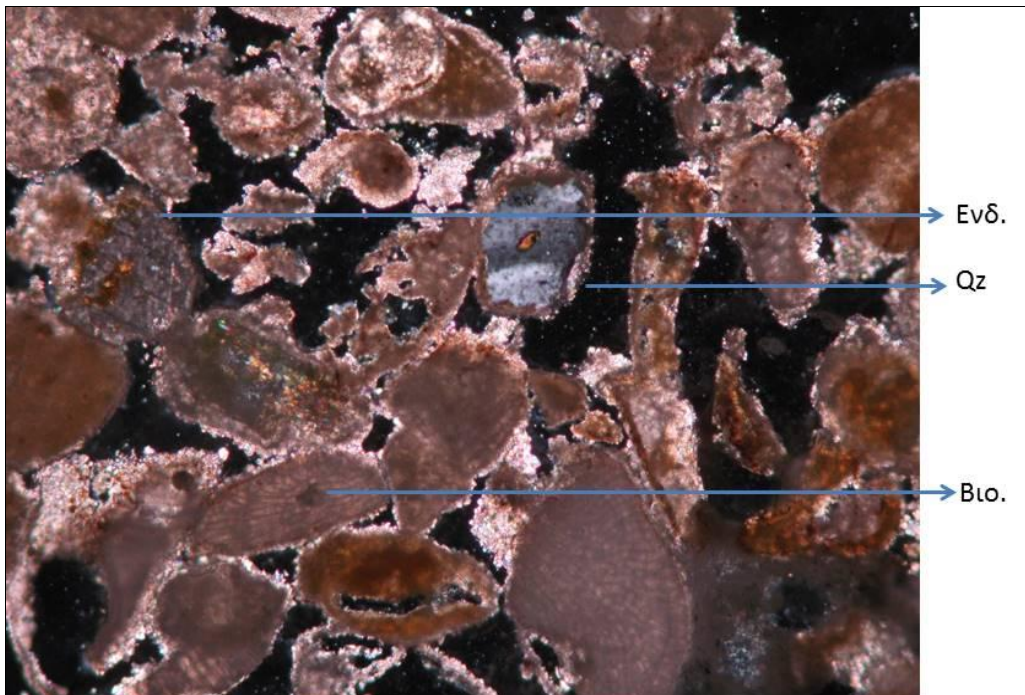
Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,3 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1,3 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι βιοκλάστες σε ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι σπαριτικό με ποσοστό 6%. Περιέχει επίσης ενδοκλάστες 2% και ψαμμιτικούς λιθοκλάστες 1%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 2%, άστριοι 1 % και βιοτίτης 1%.



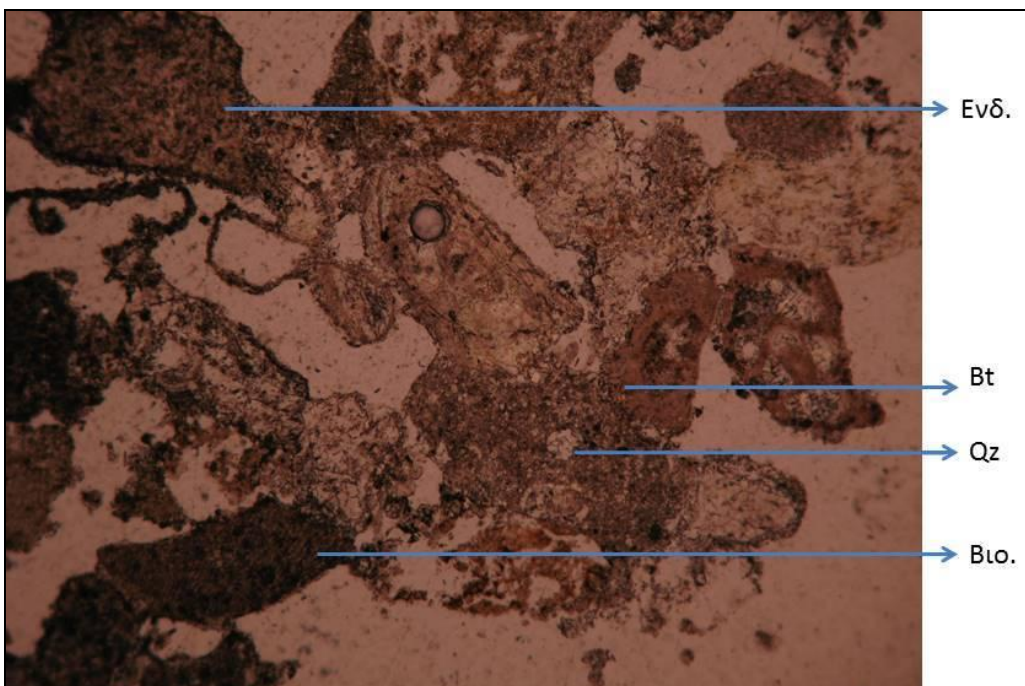
Εικόνα 5.1.29γ: Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ29. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

Στις φωτογραφίες 5.1.29γ-ζ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται ενδοκλάστες χαλαζίας και βιοτίτης.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.

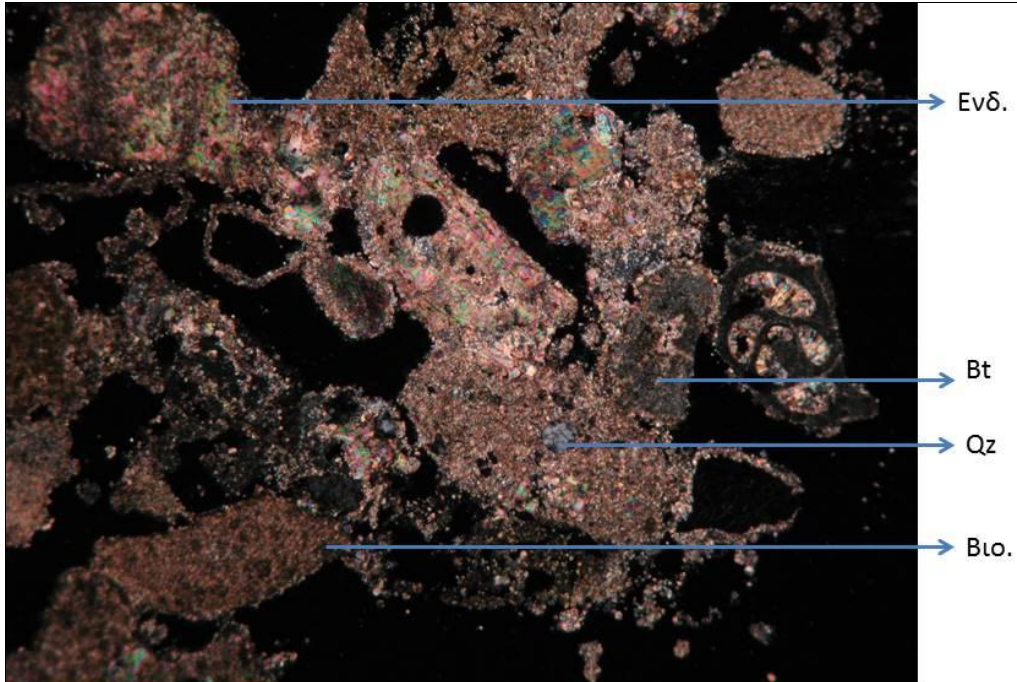


Εικόνα 5.1.29δ: Μικροσκοπική παρατήρηση (L) δείγματος Δ29. Βιο.: Βιοκλάστες, Ενδ.: Ενδοκλάστης, Qz: Χαλαζίας. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm



Εικόνα 5.1.29ε: Μικροσκοπική παρατήρηση (II) δείγματος Δ29. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm





Εικόνα 5.1.29ζ. Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ29. Βιο.: Βιοκλάστες, Ενδ.: Ενδοκλάστης, Qz: Χαλαζίας, Bt: Βιοτίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

#### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

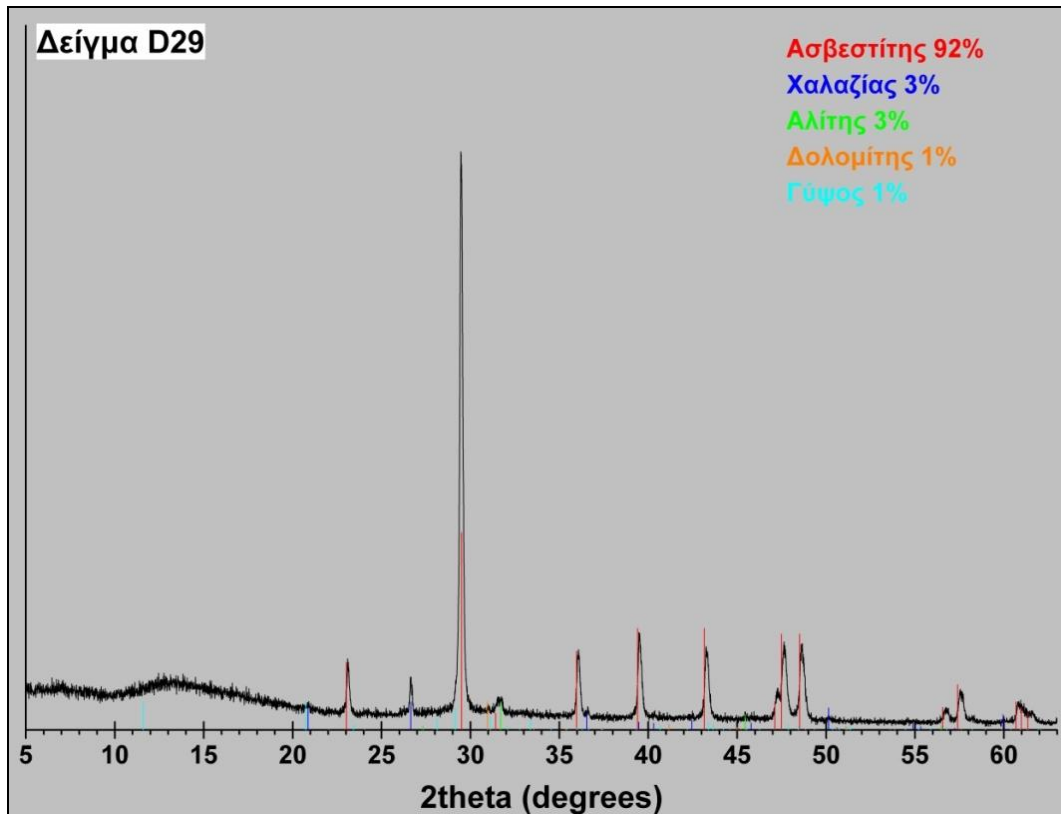
Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων–X (Εικόνα 5.1.29η), το δείγμα Δ29 αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη (92% κ.β) ενώ, σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν κατά φθίνουσα σειρά αλίτης (3% κ.β), χαλαζίας (3% κ.β), γύψος (1% κ.β) και δολομίτης (1% κ.β).

### **Δείγμα Δ30**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.30α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.30β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία απολιθωμάτων.





Εικόνα 5.1.29η: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ29



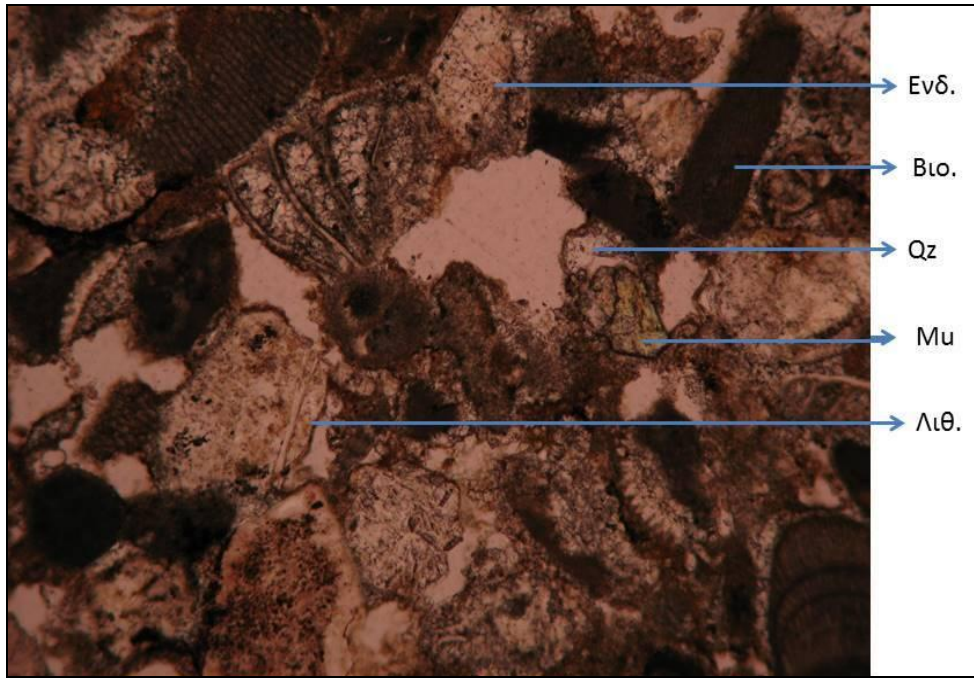
Εικόνα 5.1.30α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 30 σε τράπεζα φωτογράφισης.



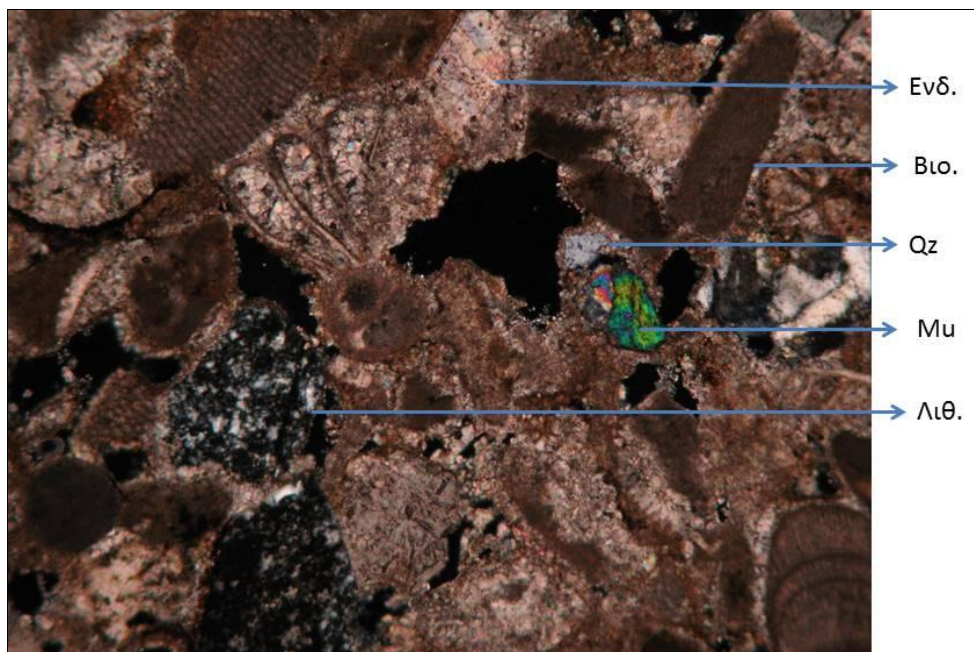
Εικόνα 5.1.30β: Φωτογράφιση του δείγματος 30 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm.

### Μικροσκοπική Παρατήρηση

Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,3 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι βιοκλάστες με ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι σπαριτικό με ποσοστό 8%. Περιέχει επίσης ενδοκλάστες 5% και λιθοκλάστες 1%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 4%, μοσχοβίτης 1% και πλαγιόκλαστο 1%.



**Εικόνα 5.1.30γ.** Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ30. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm



**Εικόνα 5.1.30δ.** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ30. Βιο.: Βιοκλάστες, Ενδ.: Ενδοκλάστες, Λιθ.: Λιθοκλάστες Qz: Χαλαζίας, Μυ: Μοσχοβίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

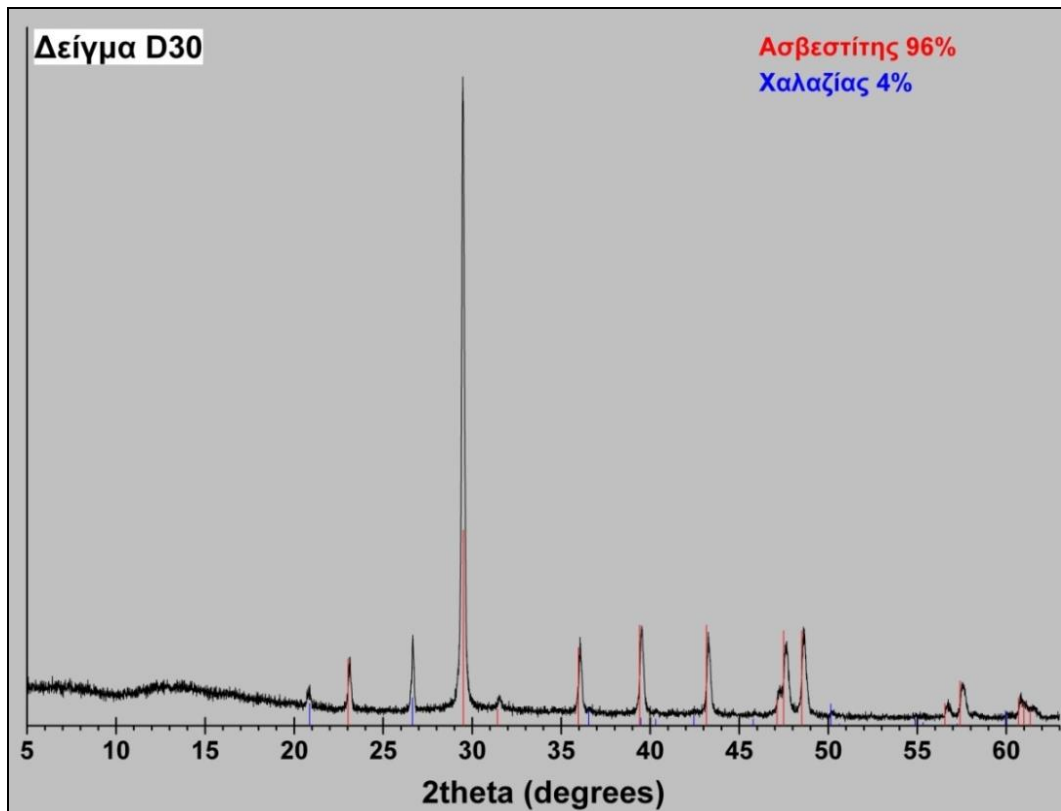
Στις φωτογραφίες 5.1.30γ-δ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται ενδοκλάστες, λιθοκλάστες, χαλαζίας και μοσχοβίτης.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.



### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων – X (Εικόνα 5.1.30ε), το δείγμα Δ30 αποτελείται από ασβεστίτη (96% κ.β) και χαλαζία (4% κ.β).

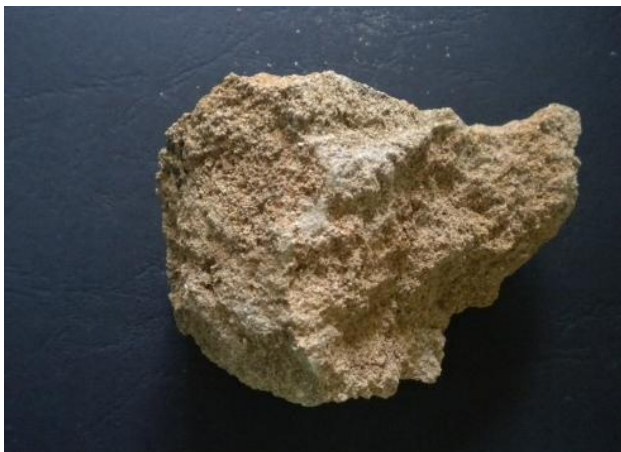


Εικόνα 5.1.30ε: Περιθλασιγράμμα του δείγματος Δ30

### **Δείγμα Δ31**

#### Μακροσκοπική – Στερεοσκοπική Παρατήρηση

Αποτελεί δείγμα πορώδους δομικού λίθου ο οποίος μακροσκοπικά (Εικόνα 5.1.31α) έχει γκριζοκίτρινο χρώμα. Από τη στερεοσκοπική παρατήρηση (Εικόνα 5.1.31β) γίνεται αντιληπτή η παρουσία απολιθωμάτων.



Εικόνα 5.1.31α: Μακροσκοπική φωτογράφιση δείγματος 31 σε τράπεζα φωτογράφισης.

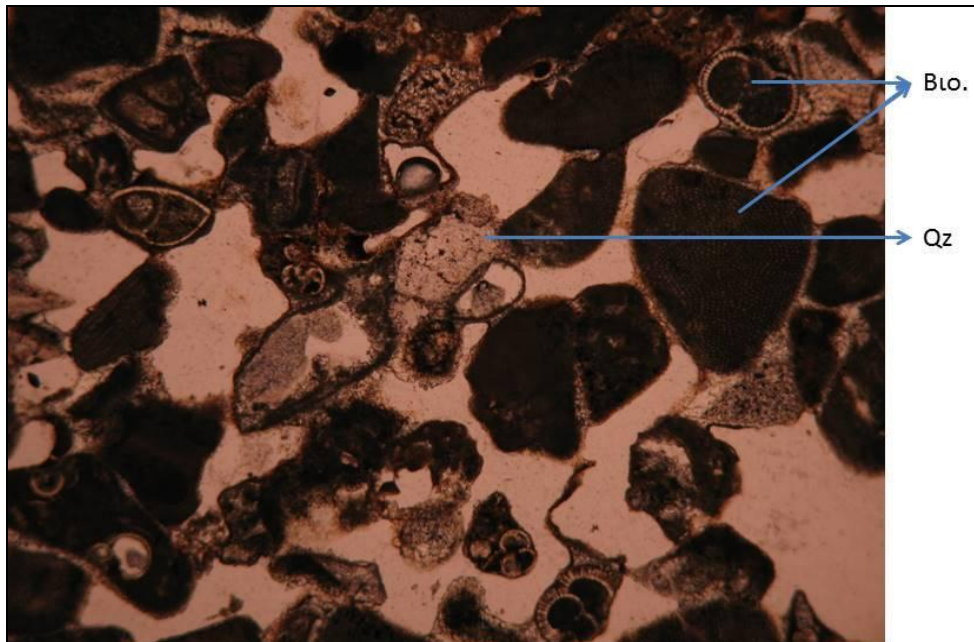


Εικόνα 5.1.31β: Φωτογράφιση του δείγματος 31 σε στερεοσκόπιο. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 11mm.

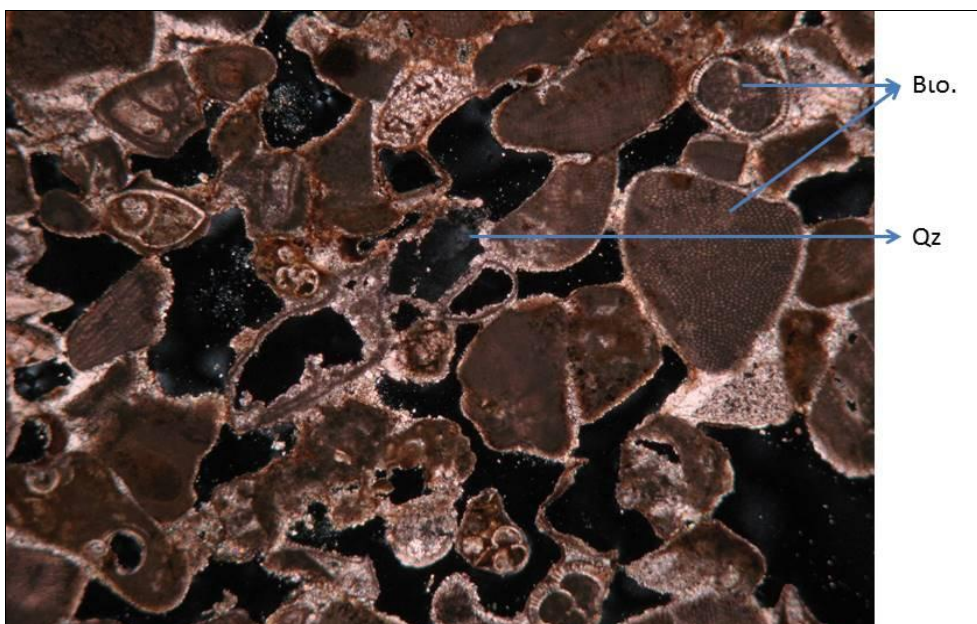


### Μικροσκοπική Παρατήρηση

Το δείγμα χαρακτηρίζεται μικροσκοπικά ως βιογενής ασβεστόλιθος. Έχει μέσο όρο μεγέθους κόκκων 0,4 mm και μέγιστο μέγεθος κόκκων 1,3 mm, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικής τελειότητας του είναι υπιδιόμορφος. Το κύριο του συστατικό είναι οι βιοκλάστες με ποσοστό >50% και το συγκολλητικό υλικό είναι σπαριτικό με ποσοστό 8%. Περιέχει επίσης ενδοκλάστες 3% και λιθοκλάστες 1%. Τα μη ασβεστιτικά συστατικά του πετρώματος αυτού είναι χαλαζίας σε ποσοστό 4%, βιοτίτης 1%, μοσχοβίτης 1%, γύψος 1% και πλαγιόκλαστο 1%.



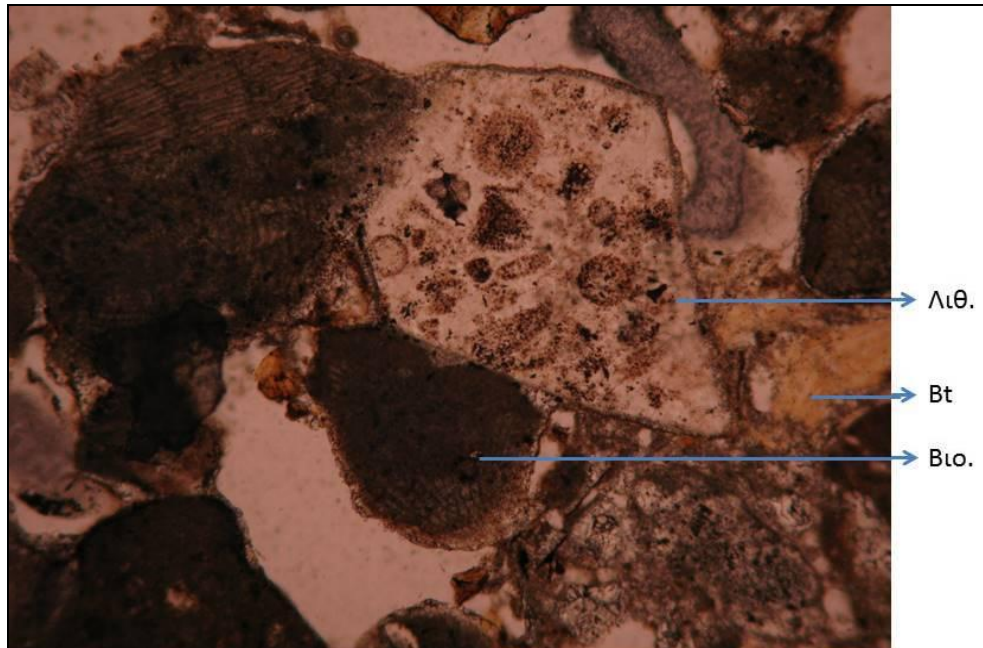
Εικόνα 5.1.31γ. Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ31. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm



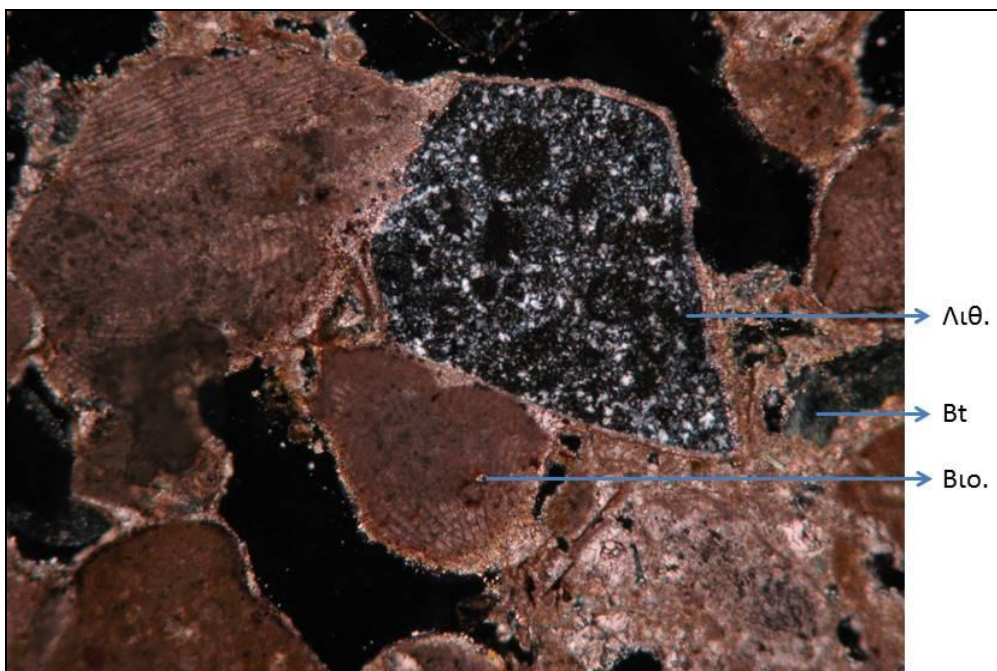
Εικόνα 5.1.31δ: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ31. Bιο.: Βιοκλάστες, Qz: Χαλαζίας. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 3mm

Στις φωτογραφίες 5.1.31γ-θ παρατηρείται ο ιστός του πετρώματος, το πορώδες, η μεγάλη παρουσία βιοκλαστών και η ύπαρξη σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Επίσης, διακρίνονται λιθοκλάστες, χαλαζίας, βιοτίτης και μοσχοβίτης.

Το εξεταζόμενο δείγμα ταξινομείται κατά Folk (1959) ως **Βιοσπαρίτης**, ενώ κατά Dunham (1962) ως **Κοκκόλιθος**.

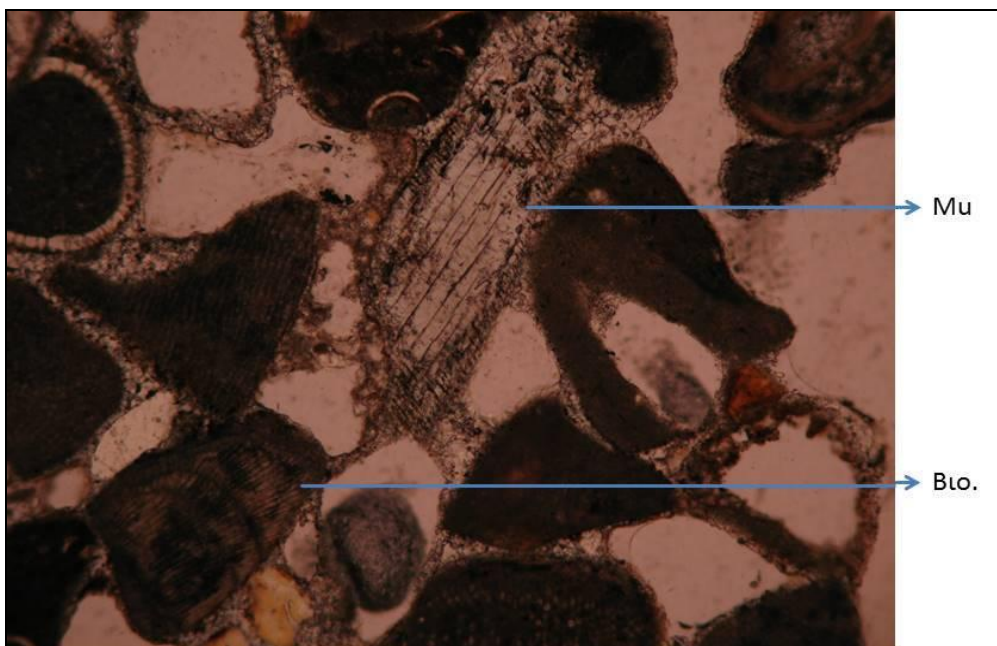


Εικόνα 5.1.31ε. Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ31. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

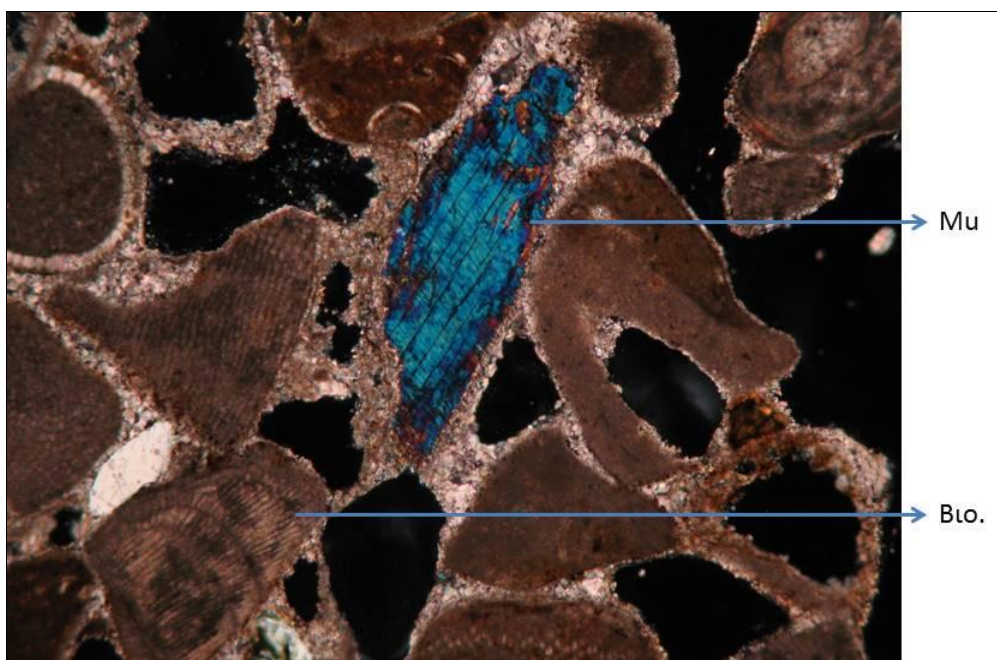


Εικόνα 5.1.31ζ: Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ31. Βιο.: Βιοκλάστες, Λιθ.: Λιθοκλάστες, Bt: Βιοτίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm





**Εικόνα 5.1.31η.** Μικροσκοπική παρατήρηση (//) δείγματος Δ31. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm

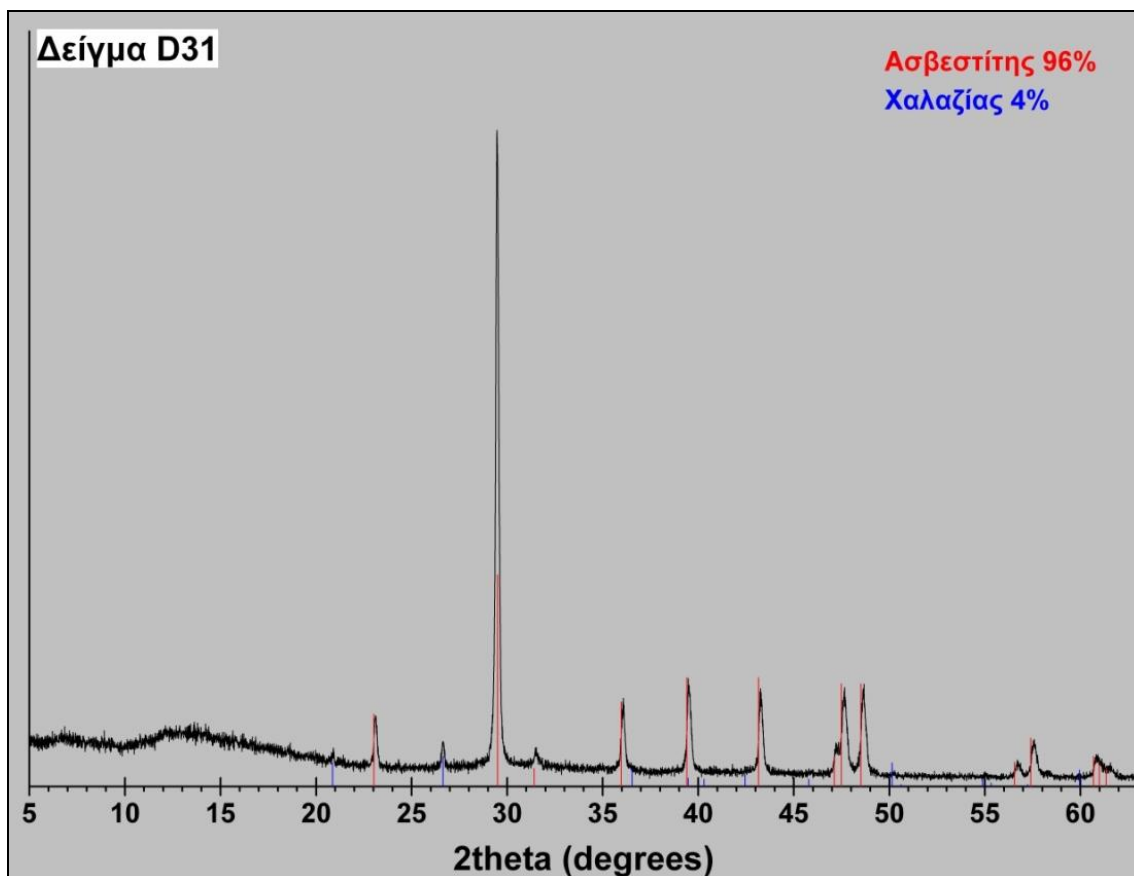


**Εικόνα 5.1.31θ.** Μικροσκοπική παρατήρηση (⊥) δείγματος Δ31. Βιο.: Βιοκλάστες, Μυ: Μοσχοβίτης. Κλίμακα: Η μεγάλη διάσταση της εικόνας είναι 1.5mm.

### Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD)

Με βάση τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων–X (Εικόνα 5.1.31ι), το δείγμα Δ31 αποτελείται από ασβεστίτη (96% κ.β) και χαλαζία (4% κ.β).





Εικόνα 5.1.31ι. Περιθλασιόγραμμα του δείγματος Δ31.

### Συγκεντρωτικά αποτελέσματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η ορυκτολογική σύσταση (% κ.β.) των εξεταζόμενων δειγμάτων όπως αυτή υπολογίστηκε με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X.

Όπως προκύπτει από την πίνακα 3, ο ασβεστίτης και ο χαλαζίας αποτελούν τις κύριες ορυκτολογικές φάσεις όλων των δομικών λίθων που εξετάστηκαν, με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 68% (δείγμα MI\_D27) και 96% κ.β. (δείγματα MI\_D30, MI\_D31) για τον ασβεστίτη και 1% (δείγμα MI\_D7) και 11% κ.β. (δείγμα MI\_D28) για το χαλαζία. Σε ορισμένα δείγματα δομικών λίθων αναγνωρίστηκαν γύψος και αλίτης, με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 1% (δείγματα MI\_D9 και MI\_D29) και 13% κ.β. (δείγμα MI\_D15) για τη γύψο και 2% (δείγμα MI\_D23) και 18% κ.β. (δείγμα MI\_D7) για τον αλίτη. Επίσης, σε μικρότερα ποσοστά και σε ορισμένα δείγματα δομικών λίθων αναγνωρίστηκαν αραγωνίτης, δολομίτης, πλαγιόκλαστο, αργιλικά ορυκτά, μαρμαρυγίες και γκαιτίτης. Όσο αφορά τα τέσσερα επιχρίσματα που εξετάστηκαν ο ασβεστίτης και η γύψος αποτελούν τις κύριες ορυκτολογικές φάσεις, με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 14% (δείγμα MI\_D13) και 83% κ.β. (δείγμα MI\_D16) για τον ασβεστίτη και 6% (δείγμα MI\_D16) και 69% κ.β. (δείγμα MI\_D13) για τη γύψο. Σε δύο δείγματα επιχρισμάτων αναγνωρίστηκαν σημαντικά ποσοστά αλίτη 14% (δείγμα MI\_D13) και 33% κ.β. (δείγμα MI\_D14). Επίσης, σε μικρότερα ποσοστά αναγνωρίστηκε και στα τέσσερα δείγματα ο χαλαζίας, ενώ σε ορισμένα μόνο δείγματα αραγωνίτης, πλαγιόκλαστο και τρεμολίτης.

Τέλος, στα τρία δείγματα κονιάματος δόμησης που εξετάστηκαν, προκύπτει με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3 ότι, οι κύριες ορυκτολογικές φάσεις είναι ο ασβεστίτης, ο χαλαζίας και ο αλίτης, με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 35% (δείγμα MI\_D17) και 59% κ.β. (δείγματα MI\_D18 και MI\_D22) για τον ασβεστίτη, 5% (δείγμα MI\_D17) και 25% κ.β. (δείγμα MI\_D22) για το χαλαζία και 12% (δείγμα MI\_D22) και 45% κ.β. (δείγμα MI\_D17) για τον αλίτη. Επίσης, σε σημαντικό ποσοστό 11% κ.β. συμμετέχει στο δείγμα MI\_D17 ο αραγωνίτης. Τέλος, σε μικρότερα ποσοστά σε ορισμένα δείγματα κονιάματος συμμετέχουν η γύψος, ο αραγωνίτης, αργιλικά ορυκτά και πλαγιόκλαστο.

**Πίνακας 3: Ορυκτολογική σύσταση (% κ.β.) των εξεταζόμενων δειγμάτων .**

Δείγμα	C	Q	Gy	Ha	Ar	Do	Pl	Cl	M	Go	Tr	Παρατηρήσεις
MI_D1	93	3			1	1		1	1			Δομικός λίθος
MI_D2	87	2	3	7	1							Δομικός λίθος
MI_D3	94	5			1							Δομικός λίθος
MI_D4	93	2			2		1	1	1			Δομικός λίθος
MI_D5	88	5	2		4		1					Δομικός λίθος
MI_D6	88	3		6			1			2		Δομικός λίθος
MI_D7	69	1	2	28								Δομικός λίθος
MI_D8	72	9	5	13	1							Δομικός λίθος
MI_D9	95	3	1		1							Δομικός λίθος
MI_D10	86	4		7	2		1					Δομικός λίθος
MI_D11	82	10		5	1	2						Δομικός λίθος
MI_D12	87	8		4			1					Δομικός λίθος
MI_D13	14	1	69	14	1						1	Επίχρισμα
MI_D14	44	1	22	33								Επίχρισμα
MI_D15	78	2	13	6			1					Δομικός λίθος
MI_D16	83	4	6	3	4							Επίχρισμα
MI_D17	35	5	3	45	11			1				Κονίαμα δόμησης
MI_D18	59	10		29	2							Κονίαμα δόμησης
MI_D19	36	1	62				1					Επίχρισμα
MI_D20	89	7		3			1					Δομικός λίθος
MI_D21	84	3	3	6		4						Δομικός λίθος
MI_D22	59	25		12			2	2				Κονίαμα δόμησης
MI_D23	95	3		2								Δομικός λίθος
MI_D24	93	2		4			1					Δομικός λίθος
MI_D25	87	5		8								Δομικός λίθος
MI_D26	77	5	8	9		1						Δομικός λίθος
MI_D27	68	2	3	25	2							Δομικός λίθος
MI_D28	85	11		3	1							Δομικός λίθος
MI_D29	92	3	1	3		1						Δομικός λίθος
MI_D30	96	4										Δομικός λίθος
MI_D31	96	4										Δομικός λίθος

C: Ασβεστίτης, Q: Χαλαζίας, Gy: Γύψος, Ha: Αλίτης Ar: Αραγωνίτης, Do: Δολομίτης, Pl: Πλαγιόκλαστο, Cl: Αργιλικά, M: Μαρμαρυγίας, Go: Γκαιτίτης, Tr: Τρεμολίτης.

Η σημαντική παρουσία γύψου και αλίτη στους πλείστους δομικούς λίθος που εξετάστηκαν δείχνει τα αίτια των μηχανισμών φθοράς που εκδηλώνονται στα πετρώματα του κάστρου. Ο σχηματισμός κρυστάλλων γύψου και αλίτη στο πορώδες των δομικών λίθων καταστρέφει τη δομή των πετρωμάτων λόγω ανάπτυξης εσωτερικών τάσεων, όταν ο διαθέσιμος χώρος στο πορώδες περιοριστεί (Steiger et al., 2014). Ο αλίτης υπάρχει σε μεγαλύτερο αριθμό δειγμάτων σε σχέση με τη γύψο αφού είναι πιο εύκολος ο σχηματισμός του NaCl σε παρθαλάσσιο περιβάλλον. Επίσης, στο συγκεκριμένο μνημείο η έντονη παρουσία αλίτη μπορεί να οφείλεται στη παλιά χρήση του ως αποθήκη αλατιού για περίπου 57 χρόνια.

Ο αραγωνίτης είναι μετασταθής σε ιζηματογενή συνθήκες και έτσι υπάρχει μόνο σε νεότερα ανθρακικά ιζήματα (Adams & MacKenzie 1998, Adams et al 1984). Η παρουσία του αραγωνίτη σε αρκετά από τα δομικά υλικά που εξετάστηκαν οφείλεται σε μεταγενέστερες της ιζηματογένεσης διεργασίες, όπως είναι η αποίκιση των πετρωμάτων μετά την χρήση τους ως δομικοί λίθοι από θαλάσσιους οργανισμούς, τα κελύφια των οποίων είναι πλούσια σε αραγωνίτη. Αυτή η άποψη μπορεί να στηριχτεί τόσο από την οπτική παρατήρηση που δείχνει εμφανή σημάδια διάτρησης πετρωμάτων από θαλάσσιους οργανισμούς, αλλά και από την απουσία αραγωνίτη στα τρία δείγματα που λήφθηκαν από τις θέσεις αρχαίας λατόμησης.

Τέλος, από τη μορφολογική αξιολόγηση των περιθλασιογραμμάτων των εξεταζόμενων δομικών υλικών προέκυψε η παρουσία άμορφων φάσεων που αναγνωρίστηκαν με τη μορφή πλατύκυρτης ανάκλασης μεταξύ γωνίας  $2\theta$   $10-23^\circ$  σε ποσοστά που κυμάνθηκαν μεταξύ 5-10% κ.β. σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνουν οι Καντηράνης κ.α. (2004). Οι άμορφες φάσεις αποδίδονται στην καταστροφή του πλέγματος του ασβεστίτη κατά την κονιοποίηση των δειγμάτων, στην διαλυτοποίηση του πετρώματος (κυρίως του ασβεστίτη) κατά τη διάρκεια της εξαλλοίωσής του, στην κυκλοφορία των δευτερογενών διαλυμάτων εντός των δομικών υλικών, καθώς και στο άμορφο  $SiO_2$  που αναγνωρίστηκε με τις δύο μεθόδους μικροσκοπίας που εφαρμόστηκαν. Δεδομένου ότι είναι αδύνατη η διάκριση με ακτίνες-X της προέλευσης των άμορφων φάσεων και στη συγκεκριμένη εργασία δόθηκε βάση στο χαρακτηρισμό των κρυσταλλικών φάσεων για την αναγνώριση των αλάτων που επηρεάζουν το μνημείο, η παρουσία των άμορφων φάσεων δεν συμπεριλήφθηκε στα δεδομένα του Πίν. 3.

## **5.1. Χαρτογράφηση φθοράς μέσω οπτικής παρατήρησης και ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας**

Σύμφωνα με τους Galan et al. (1996), η υποβάθμιση ιστορικών μνημείων που είναι κτισμένα στις ακτές της λεκάνης της Μεσογείου κατά κύριο λόγο οφείλεται στη δράση θαλάσσιων αερολυμάτων, καθώς επίσης και σε τοπικό επίπεδο στην βιομηχανική και στην αστική ρύπανση. Ενώ, περιστασιακά και η ανερχόμενη "αλατούχα" υγρασία και τα διηθούμενα νερά θα μπορούσαν να είναι παράγοντες αποικοδόμησης. Το κάστρο της Πάφου αποτελεί ακόμα ένα από τα πολλά μνημεία που είναι κτισμένα στις ακτές της Μεσογείου θάλασσας και τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής συμπίπτουν με την πιο πάνω παρατήρηση, αφού οι μηχανισμοί φθοράς που περιγράφονται παρακάτω οφείλονται κυρίως στη δράση των αλάτων.



Τα αποτελέσματα της οπτικής παρατήρησης έδειξαν μηχανισμούς φθοράς από τέσσερις ομάδες φθορών από τις έξι που υπάρχουν στο εικονογραφημένο γλωσσάρι της ICOMOS-ISCS (2008).

Συγκεκριμένα από την 2<sup>η</sup> ομάδα που σχετίζεται με ρωγμές και παραμορφώσεις παρατηρήθηκε *ρωγή/σπάσιμο* (Εικ. 5.2.1). Πρόκειται για μεμονωμένη ρωγή ορατή με γυμνό μάτι, αποτέλεσμα διαχωρισμού του ενός τμήματος του λίθου από το άλλο. Το σπάσιμο αναπτύσσεται εγκάρσια στη στρώση του λίθου και ενδεχομένως οφείλεται σε μεγάλο φορτίο.



Εικόνα 5.2.1: Μηχανισμός φθοράς τύπου "ρωγή".

Από την τρίτη ομάδα που αφορά μηχανισμούς φθοράς που σχετίζονται με αποκόλληση υλικού παρατηρήθηκαν η *απολέπιση* (Εικ. 5.2.2-3) και η *διάσπαση/ρήξη* (Εικ. 5.2.4). Πάνω από την πόρτα εισόδου του κάστρου παρατηρείται η απολέπιση σε μαρμάρινο δομικό λίθο, με τη μορφή κοκκώδους αποσάθρωσης και αποφλοιώσης του λίθου λόγω κρυστάλλωσης αλάτων. Επίσης, σε άλλα σημεία του κάστρου παρατηρήθηκε περιμετρική απολέπιση που οδηγεί σε θρυμματισμό τμήματος της επιφάνειας του λίθου και αποκόλληση λίθινων θραυσμάτων. Ο τύπος φθοράς διάσπαση/ρήξη προκύπτει από σπάσιμο και κατ' επέκταση απώλεια υλικού από τις πλευρές του δομικού λίθου, υπό μορφή μικρών κομματιών ακανόνιστου σχήματος



Εικόνα 5.2.2: Μηχανισμός φθοράς τύπου "απολέπιση".



Εικόνα 5.2.3. Μηχανισμός φθοράς τύπου "περιμετρική απολέπιση".



Εικόνα 5.2.4. Μηχανισμός φθοράς τύπου "διάσπαση/ρήξη".

Το μεγαλύτερο μέρος των φθορών που παρατηρούνται στο κάστρο Πάφου σχετίζεται με την 4<sup>η</sup> ομάδα που αφορά μορφολογικούς σχηματισμούς που προκλήθηκαν από απώλεια υλικού. Συγκεκριμένα από την ομάδα αυτή παρατηρούνται οι τύποι φθοράς *κυψέλωση* (Εικ. 5.2.5-9), *διάτρηση* (Εικ. 5.2.10-12) και *ελλιπών τμήμα* (Εικ. 5.2.13-14).

Η κυψελοειδής διάβρωση παρατηρήθηκε τόσο σε αρχικό όσο και σε προχωρημένο στάδιο όπου οι κυψελίδες ενώθηκαν μεταξύ τους και δημιούργησαν μεγάλες κοιλότητες. Η διάβρωση αυτή είναι αποτέλεσμα της κρυστάλλωσης αλάτων στο εσωτερικό των λίθων, όπως αυτά φαίνονται και σε όλες τις αναλύσεις που έγιναν, τα οποία αυξάνουν τις τάσεις εσωτερικά στο πέτρωμα με αποτέλεσμα να χάνεται η συνοχή του. Η διάβρωση αυτή διευκολύνεται από το μεγάλο πορώδες που έχουν οι συγκεκριμένοι δομικοί λίθοι, όπως αυτό παρατηρείται στη μακροσκοπική και στη μικροσκοπική παρατήρηση. Το μεγάλο πορώδες ευνοεί την είσοδο νερού, εμπλουτισμένου σε άλατα από τη θάλασσα, μέσα στο πέτρωμα και τον σχηματισμό κρυστάλλων αλάτων. Επίσης, η έλλειψη συμπαγούς δομής στο πέτρωμα το καθιστά πιο ευάλωτο στο να αντέξει τις τάσεις που δημιουργεί η κρυστάλλωση αλάτων. Ακόμη, παρατηρείται και περίπτωση κυψελοειδούς διάβρωσης η οποία αναπτύσσεται σε επιφάνειες που ακολουθούν τη φυσική διαστρωμάτωση του λίθου (Εικ. 5.2.8).

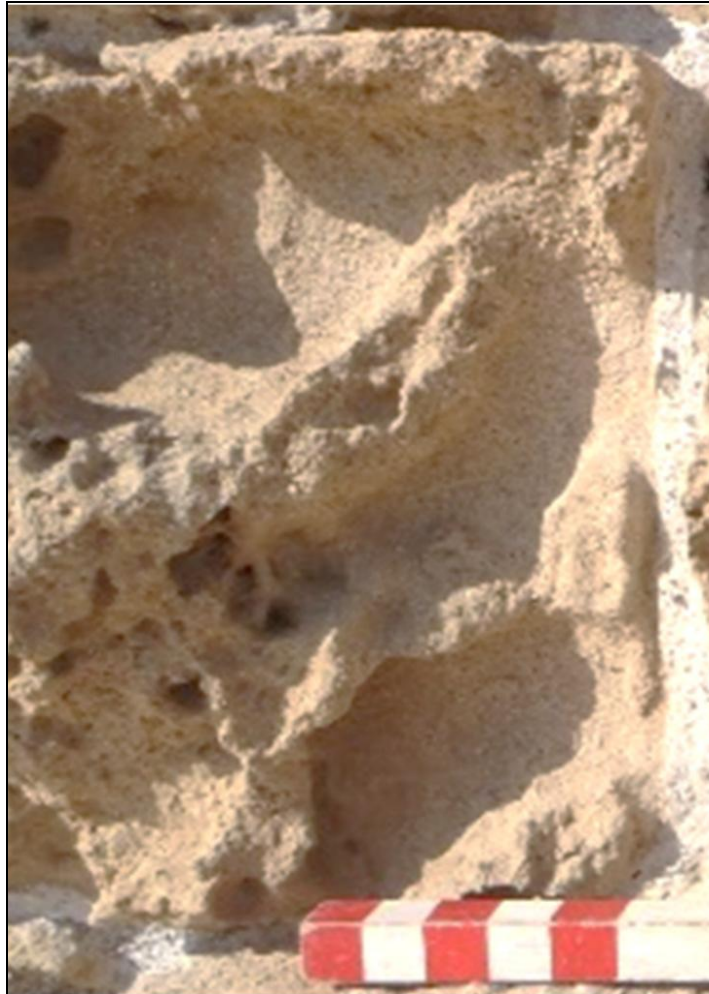


Εικόνα 5.2.5: Μηχανισμός φθοράς τύπου κυψελοειδής διάβρωση.



Εικόνα 5.2.6: Μηχανισμός φθοράς τύπου "κυψελοειδής διάβρωση".





**Εικόνα 5.2.7. Μηχανισμός φθοράς τύπου βαθιά κυψελοειδής διάβρωση.**

Η διάτρηση παρατηρείται σε αρκετά σημεία και προκαλείται από ζωικούς οργανισμούς, όπως λιθοφάγοι οργανισμοί ή σφήκες. Οι οργανισμοί αυτοί αποικούν στα πετρώματα με αποτέλεσμα να αλλοιώνουν την ισορροπία της δομής τους και να δημιουργούν «αδύνατα σημεία» σε αυτά.



**Εικόνα 5.2.8: Μηχανισμός φθοράς τύπου κυψελοειδής διάβρωση.**





Εικόνα 5.2.9: Μηχανισμός φθοράς τύπου κυψελοειδής και διαφορική διάβρωση.



Εικόνα 5.2.10: Μηχανισμός φθοράς τύπου διάτρηση.



Εικόνα 5.2.11: Μηχανισμός φθοράς τύπου διάτρηση.



Εικόνα 5.2.12: Μηχανισμός φθοράς τύπου διάτρηση.



Εικόνα 5.2.13: Μηχανισμός φθοράς τύπου ελλιπών τμήμα.



Εικόνα 5.2.14: Μηχανισμός φθοράς τύπου ελλιπών τμήμα.

Τέλος, παρατηρήθηκαν και τύποι φθοράς από την έκτη ομάδα φθορών, την ομάδα που σχετίζεται με βιολογική αποίκηση. Συγκεκριμένα παρατηρείται η *ανάπτυξη φυτών* στην εξωτερική τοιχοποιία (Εικόνα 5.2.15) στην δυτική πλευρά όπου είναι η θάλασσα. Πέρα από την αισθητική υποβάθμιση, το ριζώμα των φυτών μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα τάσεων στους λίθους που αναπτύσσονται, αλλά και γύρω από αυτούς. Επίσης, τα ριζώματα των φυτών είναι θέσεις με αυξημένη παρουσία υγρασίας.



**Εικόνα 5.2.15:** Μηχανισμός φθοράς τύπου "ανάπτυξη φυτών".

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνων έγινε σε ορθο-φωτογραφίες της πρόσοψης του κάστρου και έδωσε ενδιαφέρουσες οπτικές παρατηρήσεις. Με διαφορετικά είδη επεξεργασίας έγινε προσπάθεια να φανούν οι φθορές και οι ανωμαλίες της τοιχοποιίας. Η μέθοδος αυτή μας δίνει την δυνατότητα να εντοπίζουμε ανωμαλίες της τοιχοποιίας αλλά και να αντιλαμβανόμαστε το μέγεθος της φθοράς μέσω χρωματικής διαβάθμισης.

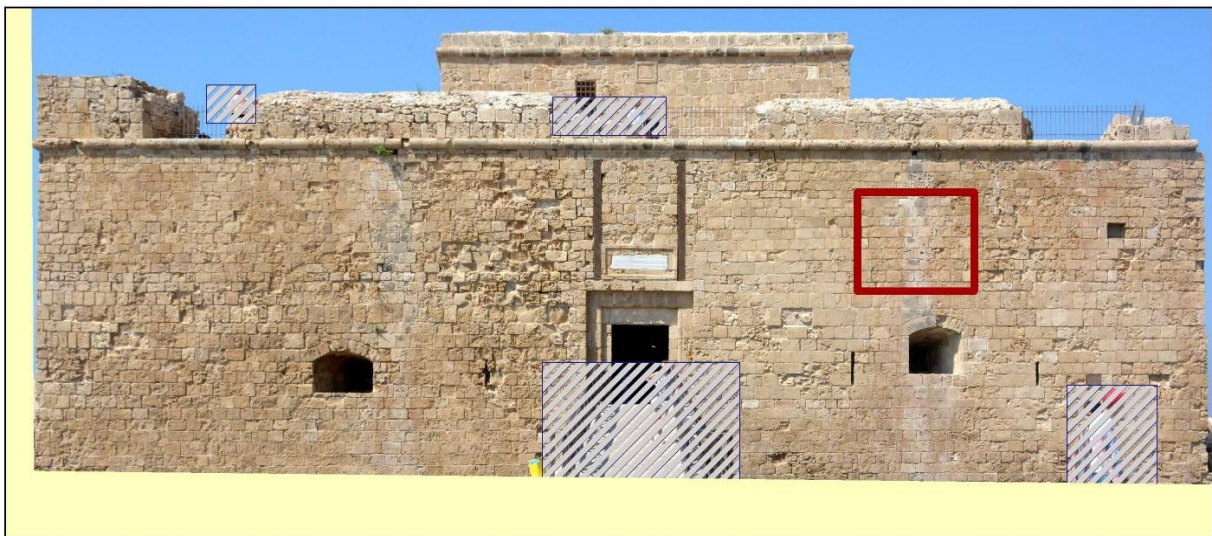
Όπως γίνεται αντιληπτό από τις 2 ορθοφωτογραφίες της εικόνας 5.2.16, η διάβρωση εκτείνεται σε ολόκληρη την τοιχοποιία της πρόσοψης του κάστρου. Ιδιαίτερα έντονη είναι η φθορά της τοιχοποιίας στην περιοχή, μεταξύ της κύριας εισόδου του κάστρου και του αριστερά παράθυρου. Η θέση αυτή, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.2.18, είναι από τα σημεία του κάστρου που χρήζουν άμεσης συντήρησης καθώς η φθορά είναι σε προχωρημένο στάδιο.





**Εικόνα 5.2.16: Πρόσοψη κάστρου. Οι διαφορετικοί χρωματισμοί που προέκυψαν από την επεξεργασία και ταξινόμηση της ορθο-φωτογραφίας, αντικατοπτρίζουν τη διαφορετική κατάσταση της τοιχοποιίας στα συγκεκριμένα σημεία. Στην πάνω ορθοφωτογραφία οι περιοχές με έντονη φθορά αποτυπώνονται με κόκκινο χρώμα ενώ στην κάτω με μαύρο.**

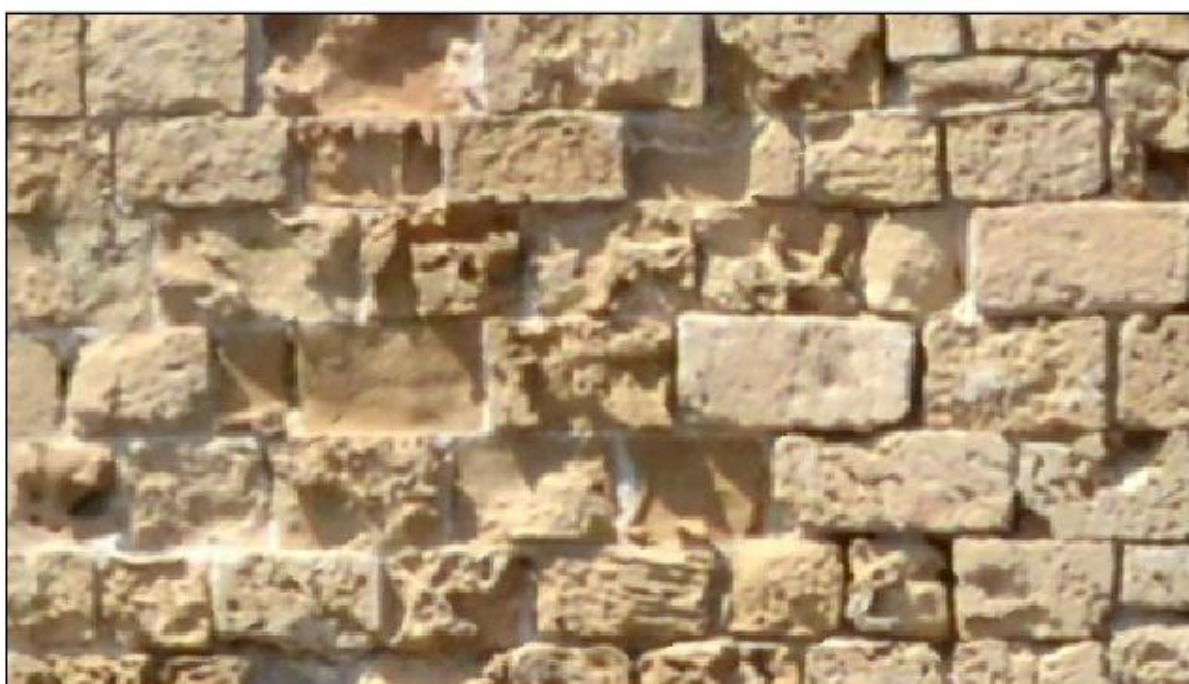
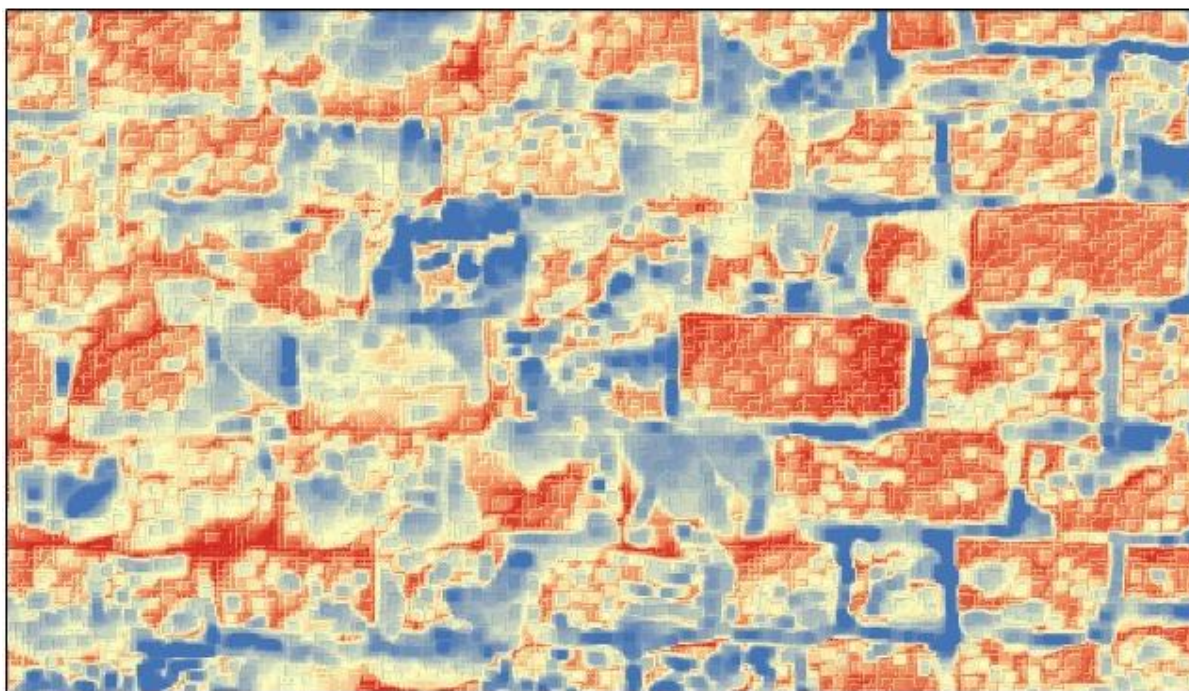




**Εικόνα 5.2.17: Πρόσωση κάστρου. Διαφορετικά είδη επεξεργασίας (πρώτη και δεύτερη σειρά φωτογραφιών) αποτυπώνουν την κατάσταση διατήρησης της περιοχής της τοιχοποιίας που σημειώνεται με κόκκινο στην κάτω ορθοφωτογραφία.**

Στην εικόνα 5.2.17 παρατηρείται η αποτύπωση της κατάστασης της τοιχοποιίας στη θέση που σημειώνεται με κόκκινο στην ορθοφωτογραφία, με διαφορετικά είδη επεξεργασίας. Η ανομοιομορφία της τοιχοποιίας στη θέση αυτή είναι φανερή από όλα σχεδόν τα είδη επεξεργασίας. Η θέση αυτή παρουσιάζει διαφορές στο ανάγλυφο των πετρωμάτων, λόγω διαφορετικής έντασης της φθοράς στο κάθε πέτρωμα. Επίσης, παρατηρείται διαφορετικός χρωματισμός των πετρωμάτων στο κέντρο αυτής της θέσης, λόγω παρουσίας υδρορροής στο πάνω μέρος. Ο διαφορετικός χρωματισμός των πετρωμάτων λόγω της παρουσίας νερού από την υδρορροή της οροφής του κάστρου φαίνεται και στην εικόνα 5.2.19.





**Εικόνα 5.2.18:** Πρόσοψη κάστρου (αριστερά της εισόδου για τον παρατηρητή). Αποτύπωση φθοράς. Οι χρωματικές διαβαθμίσεις ανταποκρίνονται στο εύρος της φθοράς, με σκούρο μπλε να αποκαλύπτει τις περιοχές με την μεγαλύτερη απώλεια υλικού.





**Εικόνα 5.2.19.** Πρόσωση κάστρον (δεξιά της εισόδου για τον παρατηρητή). Αποτύπωση φθοράς μέσω απόδοσης αναγλύφου. Οι χρωματικές διαβαθμίσεις ανταποκρίνονται στο εύρος της φθοράς, με σκούρο μπλε να αποκαλύπτει τις περιοχές με την μεγαλύτερη απώλεια υλικού.





### 6. Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη των δομικών υλικών του Μεσαιωνικού κάστρου στην Πάφο της Κύπρου. Σκοπός της μελέτης ήταν η πετρολογική και ορυκτολογική μελέτη των δομικών υλικών του κάστρου, καθώς επίσης και ο προσδιορισμός της προέλευσης των δομικών στοιχείων. Επιπλέον, έγινε προσδιορισμός των μηχανισμών φθοράς των δομικών υλικών του μνημείου και από τη σύνθεση όλων των παραπάνω έγιναν προτάσεις για την αποκατάσταση και συντήρηση των φθορών του κάστρου.

Για τη μελέτη των δομικών υλικών χρησιμοποιήθηκαν διάφορες εργαστηριακές μέθοδοι, αλλά και η επί τόπου παρατήρηση που συνοδεύεται από φωτογραφική αποτύπωση των φθορών. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία 31 δομικών υλικών, 27 από τα οποία προέρχονται από την τοιχοποιία του κάστρου και αποτελούνται από 20 δομικούς λίθους, 3 κονιάματα δόμησης και 4 επιχρίσματα. Από τα υπόλοιπα δείγματα το ένα αποτελεί δείγμα δομικού λίθου από τα ερείπια του ανατολικού πύργου για ταυτοποίηση του αρχικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των δύο πύργων. Τέλος, τα άλλα 3 δείγματα αποτελούν δείγματα δομικών λίθων, τα οποία λήφθηκαν από θέσεις αρχαίας λατόμευσης για να γίνει ταυτοποίηση της προέλευσης των πετρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του κάστρου.

Τα 31 δείγματα δομικών υλικών που λήφθηκαν εξετάστηκαν με στερεοσκόπιο και σε αντιπροσωπευτικό δείγμα από αυτά πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ με στόχο την ποιοτική και ποσοτική αξιολογήση της ορυκτολογικής τους σύστασης. Ακόμη, σε 15 από τα συνολικά 24 δείγματα δομικών λίθων κατασκευάστηκαν λεπτές στιλπνές τομές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για μικροσκοπική παρατήρηση, ενώ τρεις από αυτές εξετάστηκαν και με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM).

Τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ έδειξαν ότι:

- Ο ασβεστίτης αποτελεί την κύρια ορυκτολογική φάση όλων των δομικών λίθων που εξετάστηκαν, με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 68% (δείγμα MI\_D27) και 96% κ.β. (δείγματα MI\_D30, MI\_D31).
- Σε όλα τα δείγματα, αλλά σε μικρές ποσότητες αναγνωρίστηκε και χαλαζίας. Το ποσοστό του κυμαίνεται μεταξύ 1% (δείγμα MI\_D7) και 11% κ.β. (δείγμα MI\_D28).
- Σε ορισμένα δείγματα δομικών λίθων αναγνωρίστηκαν γύψος και αλίτης, με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 1% (δείγματα MI\_D9 και MI\_D29) και 13% κ.β. (δείγμα MI\_D15) για τη γύψο και 2% (δείγμα MI\_D23) και 18% κ.β. (δείγμα MI\_D7) για τον αλίτη.

- Επίσης, σε μικρότερα ποσοστά και σε ορισμένα δείγματα δομικών λίθων αναγνωρίστηκαν αραγωνίτης, δολομίτης, πλαγιόκλαστο, αργιλικά ορυκτά, μαρμαρυγίες και γκαϊτίτης.
- Στα τέσσερα επιχρίσματα που εξετάστηκαν ο ασβεστίτης και η γύψος αποτελούν τις κύριες ορυκτολογικές φάσεις, με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 14% (δείγμα MI\_D13) και 83% κ.β. (δείγμα MI\_D16) για τον ασβεστίτη και 6% (δείγμα MI\_D16) και 69% κ.β. (δείγμα MI\_D13) για τη γύψο.
- Σε δύο δείγματα επιχρισμάτων αναγνωρίστηκαν σημαντικά ποσοστά αλίτη 14% (δείγμα MI\_D13) και 33% κ.β. (δείγμα MI\_D14). Επίσης, σε μικρότερα ποσοστά αναγνωρίστηκε και στα τέσσερα δείγματα επιχρισμάτων ο χαλαζίας, ενώ σε ορισμένα μόνο δείγματα αραγωνίτης, πλαγιόκλαστο και τρεμολίτης.
- Στα τρία δείγματα κονιάματος δόμησης που εξετάστηκαν προκύπτει ότι οι κύριες ορυκτολογικές φάσεις είναι ο ασβεστίτης, ο χαλαζίας και ο αλίτης, με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 35% (δείγμα MI\_D17) και 59% κ.β. (δείγματα MI\_D18 και MI\_D22) για τον ασβεστίτη, 5% (δείγμα MI\_D17) και 25% κ.β. (δείγμα MI\_D22) για το χαλαζία και 12% (δείγμα MI\_D22) και 45% κ.β. (δείγμα MI\_D17) για τον αλίτη.
- Επίσης, σε σημαντικό ποσοστό 11% κ.β. συμμετέχει στο δείγμα MI\_D17 ο αραγωνίτης, ενώ σε μικρότερα ποσοστά σε ορισμένα δείγματα κονιάματος συμμετέχουν η γύψος, ο αραγωνίτης, αργιλικά ορυκτά και πλαγιόκλαστο.

Η σημαντική παρουσία γύψου και αλίτη στους περισσότερους δομικούς λίθους που εξετάστηκαν δείχνει τα αίτια των μηχανισμών φθοράς που εκδηλώνονται στα πετρώματα του κάστρου. Ο σχηματισμός κρυστάλλων γύψου και αλίτη στο πορώδες των δομικών λίθων καταστρέφει τη δομή των πετρωμάτων λόγω ανάπτυξης εσωτερικών τάσεων, όταν ο διαθέσιμος χώρος στο πορώδες περιοριστεί. Ο αλίτης υπάρχει σε μεγαλύτερο αριθμό δειγμάτων σε σχέση με τη γύψο αφού είναι πιο εύκολος ο σχηματισμός του NaCl σε παραθαλάσσιο περιβάλλον. Τα υψηλά ποσοστά αλίτη στα κονιάματα δόμησης μπορεί να είναι δείκτης χρήσης θαλασσινού νερού για την παρασκευή των κονιαμάτων, γεγονός που ενισχύει την ανάπτυξη μηχανισμών φθοράς στην τοιχοποιία, ενώ ακόμη, δείχνουν ότι διαμέσω των κονιαμάτων γίνεται η κυκλοφορία θαλασσιών αλάτων στο εσωτερικό του μνημείου. Επίσης, στο συγκεκριμένο μνημείο η έντονη παρουσία αλίτη μπορεί να οφείλεται στη παλιά χρήση του ως αποθήκη αλατιού για περίπου 57 χρόνια.

Η παρουσία του αραγωνίτη σε αρκετά από τα δομικά υλικά που εξετάστηκαν οφείλεται σε μεταγενέστερες της ιζηματογένεσης διεργασίες, όπως είναι η αποίκιση των πετρωμάτων μετά την χρήση τους ως δομικοί λίθοι από θαλάσσιους οργανισμούς, τα κελύφια των οποίων είναι πλούσια σε αραγωνίτη. Αυτή η άποψη μπορεί να στηριχτεί τόσο από την οπτική παρατήρηση που δείχνει εμφανή σημάδια διάτρησης πετρωμάτων από θαλάσσιους οργανισμούς, αλλά και από την απουσία αραγωνίτη στα τρία δείγματα που λήφθηκαν από τις θέσεις αρχαίας λατόμευσης. Επιπλέον, ο αραγωνίτης μπορεί να προέλθει από την απόθεση σύγχρονου CaCO<sub>3</sub> το οποίο διαλύεται από ανώτερα σημεία του μνημείου και κατερχόμενο αποτίθεται σε κοιλότητες σε χαμηλότερα σημεία του μνημείου.

Από τη μικροσκοπική παρατήρηση προέκυψε ότι όλοι οι δομικοί λίθοι που εξετάστηκαν είναι βιογενής ασβεστόλιθοι με ποσοστό βιοκλαστών >50%. Σε όλα τα δείγματα που εξε-



τάστηκαν μικροσκοπικά το συγκολλητικό υλικό ήταν σπαριτικό, ενώ το Δ5 είχε μικριτικό υλικό πλήρωσης. Συγκεκριμένα:

- Τα δείγματα Δ1, Δ2, Δ3, Δ4, Δ6, Δ7, Δ12, Δ23, Δ27, Δ28, Δ29, Δ30 και Δ31 ταξινομούνται κατά Folk (1959) ως βιοσπαρίτες και κατά Dunham (1962) ως κοκκόλιθοι.
- Το δείγμα Δ26 ταξινομείται κατά Folk (1959) ως ενδοκλαστοφόρος βιοσπαρίτης και κατά Dunham (1962) ως κοκκόλιθος.
- Τέλος, το δείγμα Δ5 ταξινομείται κατά Folk (1959) ως βιομικρίτης και κατά Dunham (1962) ως βακόλιθος.

Η μικροσκοπική παρατήρηση έδειξε ότι το πορώδες όλων των δειγμάτων που εξετάστηκαν ήταν αρκετά μεγάλο, γεγονός που σε συνδυασμό με την έντονη παρουσία αλάτων στην ατμόσφαιρα ευνοεί την έντονη κυκλοφορία διαλυμάτων και συνεπώς την απόθεση και κρυστάλλωση αλάτων που οδηγούν στην ανάπτυξη μηχανισμών φθοράς σε αυτούς τους δομικούς λίθους. Ακόμη, με την μικροσκοπική εξέταση επιβεβαιώθηκε η ανάπτυξη κρυστάλλων αλάτων (γύψου και αραγωνίτη) στους πόρους των πετρωμάτων και σε κενούς χώρους μέσα στους βιοκλάστες. Η παρουσία κρυστάλλων αλάτων στο πορώδες των πετρωμάτων οδηγεί σε μηχανική φθορά των λίθων μέσω των κύκλων κρυστάλλωσης. Η παραθαλάσσια θέση του μνημείου ευνοεί την συνεχή τροφοδοσία των υλικών της τοιχοποιίας με νερό πλούσιο σε διαλυτά άλατα. Αυτό σε συνδυασμό με τις έντονες καιρικές συνθήκες της Κύπρου (χαμηλές θερμοκρασίες / υψηλή υγρασία κατά τη χειμερινή περίοδο και πολύ υψηλές θερμοκρασίες/υψηλή υγρασία κατά την καλοκαιρινή) ευνοεί τους συνεχείς κύκλους κρυστάλλωσης/διαλυτοποίησης των αλάτων.

Τα αποτελέσματα της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης που πραγματοποιήθηκε στα δείγματα Δ2, Δ6 και Δ26 επιβεβαίωσαν την παρουσία σπαριτικού συγκολλητικού υλικού, ενώ ακόμη έδειξαν την παρουσία κρυστάλλων αραγωνίτη στους πόρους του δείγματος Δ2.

Τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ και της μικροσκοπικής παρατήρησης έδειξαν ότι τα τρία δείγματα δομικών λίθων (Δ29, Δ30, Δ31) που λήφθηκαν κατά την αναζήτηση των αρχαίων θέσεων λατόμησης ταυτίζονται με τους δομικούς λίθους που χρησιμοποιήθηκαν στο κάστρο της Πάφου. Οι θέσεις αυτές αποτελούν τις θέσεις των μητρικών πετρωμάτων, τα οποία λήφθηκαν σε διαφορετικές φάσεις αποκαταστάσεων και αποτελούνται σχεδόν εξολοκλήρου από ασβεστίτη, η παρουσία του οποίου δικαιολογείται με την ύπαρξη μεγάλου ποσοστού βιοκλαστών και σπαριτικού συγκολλητικού υλικού. Η μακροσκοπική εικόνα και η ανάπτυξη μικροστρώσης του δείγματος Δ29, το οποίο λήφθηκε από την θέση "λόφος Φάμπρικα", ευνοούν την έντονη φθορά του υλικού και φαίνεται να αστοχεί περισσότερο σε σχέση με τους υπόλοιπους δομικούς λίθους. Πιθανόν οι περισσότεροι λίθοι που αστοχούν να προέρχονται από αυτό τη θέση αυτή. Τα πετρώματα αυτά (Δ30, Δ31) με βάση τον γεωλογικό χάρτη της περιοχής Πάφος – Καλλέπια είναι ασβεστόλιθοι που αποτέθηκαν σε ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον. Ο σχηματισμός αυτός εκτείνεται σε όλη τη Νοτιοδυτική πλευρά της Κύπρου και υπό προϋποθέσεις είναι κατάλληλος για ανεύρεση νέων δομικών λίθων, έτσι ώστε να αντικατασταθούν εκεί όπου κρίνεται απαραίτητο οι παλιοί δομικοί λίθοι του κάστρου.

Επιπλέον, εφαρμόστηκε η μέθοδος της ψηφιακής χαρτογράφησης και έγινε προσπάθεια οπτικής απεικόνισης των φθορών στους δομικούς λίθους της πρόσοψης του κάστρου. Η απει-

κόνιση των φθορών έγινε με χρωματικές διαβαθμίσεις ανάλογα με την ένταση της φθοράς και τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν δείκτες για θέσεις στις οποίες χρειάζεται συντήρηση. Τα αποτελέσματα της ψηφιακής χαρτογράφησης της πρόσοψης του κάστρου έδειξαν τουλάχιστον μια θέση, αριστερά της κύριας εισόδου, η οποία χρίζει άμεσης αντικατάστασης των δομικών λίθων. Η θέση αυτή πέρα από την αισθητική υποβάθμιση του μνημείου, αποτελεί και πιθανή περιοχή αστοχίας της τοιχοποιίας λόγω αλλοίωσης των μηχανικών αντοχών αυτών των λίθων.

Έτσι με την παρούσα μελέτη προτείνονται:

- Επέκταση του ήδη υφιστάμενου κυματοθραύστη στην πλευρά της θάλασσας για αποφυγή άμεσης επαφής του θαλασσινού νερού με την τοιχοποιία η οποία είναι εμφανής κυρίως τους χειμερινούς μήνες.
- Αντικατάσταση των δομικών λίθων στους οποίους παρουσιάζονται σημαντικές φθορές, με ιδιαίτερη έμφαση εκεί όπου η φθορά επηρεάζει μεγάλες εκτάσεις της τοιχοποιίας.
- Αντικατάσταση ελλειπόν τμημάτων με δομικούς λίθους.
- Αντικατάσταση δομικών λίθων που παρουσιάζουν ρωγμές.
- Η αντικατάσταση να γίνει με δομικούς λίθους οι οποίοι θα ληφθούν από τον ίδιο γεωλογικό σχηματισμό με τα δείγματα Δ30, Δ31.
- Δεν προτείνεται η χρήση υλικού παρόμοιο με τους λίθους του "λόφο Φάμπρικα" στις εργασίες αποκατάστασης
- Για την αρμολόγηση κατά την αντικατάσταση των δομικών λίθων προτείνεται να χρησιμοποιηθεί κατάλληλο κονίαμα δόμησης με υλικά τα οποία δεν περιέχουν άλατα ή γύψο. Η χρήση παραδοσιακού ασβεστοκονιάματος είναι η ενδεδειγμένη.
- Καθαρισμός και αποψίλωση των φυτών που αναπτύσσονται στην τοιχοποιία.

# Βιβλιογραφία

- Abrahamsen, N., & Schonharting, G. (1987). Palaeomagnetic timing of the rotation and translation of Cyprus. *Earth Planet. Sci. Lett.* 81, 409–418.
- Adams, A. E., & MacKenzie, W. S. (1998). *A Colour Atlas of Carbonate Sediments and Rocks Under the Microscope*. London: Manson Publishing.
- Adams, A. E., MacKenzie, W. S., & Guilford, C. (1984). *Atlas of sedimentary rocks under the microscope*. Harlow: Longmans.
- Charola, A. E., Pühringer, J., & Steiger, M. (2007). Gypsum: a review of its role in the deterioration of building materials. *Environmental geology*, 52(2), 339-352.
- Dunham, R. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. No1*.
- Dworakowska, A. (1975). *Quarries in Ancient Greece*. Wroclaw: Polish Academy of Sciences, Bibliotheca Antiqua, 14.
- Eaton, S., & Robertson, A.H.F. (1993). The Miocene Pakhna Formation, southern Cyprus and its relationship to the Neogene tectonic evolution of the Eastern Mediterranean. *Sediment. Geol.* 86, 273–296.
- Ergün, M., Okay, S., Sari, C., Oral, E.Z., Ash, M., Hall, J., & Miller, H. (2005). Gravity anomalies of the Cyprus Arc and their tectonic implications. *Marine Geol.* 221, 349–358.
- Folk, R. L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 43, 1-38.
- Galan, E., Aires Barros, L., Christaras, B., Kassoli-Fournaraki, A., Fitzner, B., & Zezza, F. (1996). Representative stones from the sanctuary of Demeter in Eleusis (Greece), Sta. Marija ta Cwerra of Siggiewi (Malta) and Bari (Italy) and Cadiz (Spain) cathedrals. Petrographic characteristics, physical properties and alteration products. *Preprints of the E.C. Research Workshop on the. "Origin, mechanisms and effects of salts on degradation of monuments in marine and continental environments"*, (σεσ. 77-85). Bari Italy.
- Geological Survey Department of Cyprus (2009). Digital Geology of Cyprus. Geological Survey Department of Cyprus, Lefkosia.
- Glover, C., & Robertson, A. (1998). Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: Extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, southwest Turkey. *Tectonophysics* 298, 103–132.
- Hadjistavrinou, Y., & Afrodisis, S. (1977). Geology and Hydrogeology of the Paphos Region. *Bulletin of the Geological Survey Department of Cyprus*, 7, 1-44.
- Harrison, R.W., Newell, W.L., Batihanlı, H., Panayides, I., McGeehin, J.P., Mahan, S.A., Ozhur, A., Tsiolakis, E., & Necdet, M. (2004). Tectonic framework and Late Cenozoic tectonic history of the northern part of Cyprus: implications for earthquake hazards and regional tectonics. *J. Asian Earth Sci.* 23, 191–210.
- Hill, G. (2010). *A history of Cyprus* (Vol. 3). Cambridge University Press.
- ICOMOS-ISCS, V. B. V. (2008). Illustrated glossary on stone deterioration patterns. *Monuments and Sites: XV*.



- Klok, C. A. (2005). *Αφροδίτη και Ευρώπη: Συνοπτική ιστορία της Κύπρου από την προϊστορική εποχή μέχρι σήμερα*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Lundgren, P., Giardini, D., & Russo, R.M. (1998). A geodynamic framework for eastern Mediterranean kinematics. *J. Geophys. Res.* 25, 4007–4010.
- Morris, A., Creer, K.M., & Robertson, A.H.F. (1990). Palaeomagnetic evidence for clockwise rotations related to dextral shear along the Southern Troodos Transform Fault, Cyprus. *Earth Planet Sci. Lett.* 99, 250–262.
- Papadimitriou, E.E., & Karakostas, V.G. (2006). Earthquake generation in Cyprus revealed by the evolving stress field. *Tectonophysics* 423, 61–72.
- Papazachos, B.C., & Papaioannou, Ch.A, (1999). Lithospheric boundaries and plate motions in the Cyprus area. *Tectonophysics* 308, 193–204.
- Ren, L., Cohen, D. R., Rutherford, N. F., Zissimos, A. M., & Morisseau, E. G. (2015). Reflections of the geological characteristics of Cyprus in soil rare earth element patterns. *Applied Geochemistry*, 56, 80-93.
- Robertson, A.H.F., & Grasso, M. (1995). Overview of the Late Tertiary-Recent tectonic and paleo-environmental development of the Mediterranean region. *Terra Nova* 7, 114–127.
- Spray, J.G., & Roddick, J.C. (1981). Evidence for upper cretaceous transform fault metamorphism in West Cyprus. *Earth Planet Sci. Lett.* 55, 273–291.
- Steiger, M., Charola, E.A., & Sterflinger, K. (2014). "Weathering and Deterioration." *Stone in Architecture*. Springer Berlin Heidelberg, 225-316
- Theoulakis, P., & Moropoulou, T. (1988). Mechanisms of deterioration of the sandstone of the medieval city of Rhodes. In: Ciabach J (ed) *Proceedings of the 6th international congress on deterioration and conservation OF Stone*. Nicholas Copernicus University, Torun, pp 86–96
- Zeza, F., & Macrì, F. (1995). Marine aerosol and stone decay. *Sci Total Environ* 167:123–143
- Αριστείδου, Α. Χ. (1994). *Το φρούριο της Πάφου. Με σύντομη ιστορία της πόλης και των οχυρώσεων της*. Λευκωσία.
- Καντηράνης Ν., Στεργίου Χ.Α., Φιλιππίδης Α. και Δρακούλης Α. (2004). Υπολογισμός του ποσοστού του άμορφου υλικού με τη χρήση περιθλασιογραμμάτων ακτίνων-Χ. 10ο Διεθνές Συνέδριο Ε.Γ.Ε., Θεσσαλονίκη, Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ε-ταιρ., 36/1: 446-453.
- Κωνσταντίνου, Γ., & Παναγίδης, Ι. (2013). *Κύπρος και Γεωλογία: Επιστήμη - Περιβάλλον - Πολιτισμός*. Λευκωσία: Πολιτιστικό Ίδρυμα Τραπεζίς Κύπρου.
- Μουντράκης, Δ. Μ. (2010). Η γεωλογία της Κύπρου. Στο Δ. Μ. Μουντράκης, *Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας* (σσ. 255-262). Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Παυλίδης, Α., & Γιασεμίδης, Σ. (1987). *Πάφος: πόλη και επαρχία*. Λευκωσία: Φιλόκυπρος.
- Τσιραμπίδης, Α. (2008). *Ιζηματογενή Πετρώματα*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γιαχούδη.
- Φιλοκύπρου, Μ. (2012). *Δομικά υλικά και κατασκευές στην κυπριακή αρχιτεκτονική: από τη νεολιθική περίοδο μέχρι την ύστερη χαλκοκρατία*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογίας, Πανεπιστήμιο Κύπρου 366σ.

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης εκπονήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον» κατά τα έτη 2014 - 2016. Στόχο της διατριβής είναι η πετρολογική και ορυκτολογική μελέτη των δομικών υλικών του μεσαιωνικού Κάστρου της Πάφου. Σκοπός είναι ο προσδιορισμός της προέλευσης των δομικών στοιχείων, καθώς και των κύριων μηχανισμών φθοράς που λειτουργούν σε αυτά. Επιπλέον, με την παρούσα διατριβή προτείνονται λύσεις αποκατάστασης των φθορών και συντήρησης του μνημείου με βάση τα επιστημονικά αποτελέσματα της. Τέλος, εφαρμόζεται η μέθοδος της ψηφιακής χαρτογράφησης και γίνεται προσπάθεια οπτικής απεικόνισης των φθορών στους δομικούς λίθους.

Για τις ανάγκες της διατριβής λήφθηκαν συνολικά 31 δείγματα δομικών υλικών τα οποία εξετάστηκαν με στερεοσκόπιο και σε αντιπροσωπευτικό δείγμα από αυτά πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιθλασιμετρίας ακτίνων-X με στόχο την ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση της ορυκτολογικής τους σύστασης. Ακόμη, σε 15 δείγματα δομικών λίθων κατασκευάστηκαν λεπτές στιλπνές τομές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για μικροσκοπική παρατήρηση, ενώ τρεις από αυτές εξετάστηκαν και με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM).

Τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X έδειξαν ότι:

- Ο ασβεστίτης αποτελεί την κύρια ορυκτολογική φάση όλων των δομικών λίθων που εξετάστηκαν. Επίσης ο χαλαζίας βρέθηκε σε όλα τα δείγματα δομικών λίθων σε ποσοστά μέχρι 11%. Σε ορισμένα δείγματα δομικών λίθων αναγνωρίστηκαν γύψος και αλίτης σε σημαντικά ποσοστά. Ενώ, σε μικρότερα ποσοστά και σε ορισμένα δείγματα δομικών λίθων αναγνωρίστηκαν αραγωνίτης, δολομίτης, πλαγιόκλαστο, αργιλικά ορυκτά, μαρμαρυγίες και γκαιτίτης.
- Στα τέσσερα επιχρίσματα που εξετάστηκαν ο ασβεστίτης και η γύψος αποτελούν τις κύριες ορυκτολογικές φάσεις. Σε δύο δείγματα επιχρισμάτων αναγνωρίστηκαν σημαντικά ποσοστά αλίτη. Επίσης, σε μικρότερα ποσοστά αναγνωρίστηκε και στα τέσσερα επιχρισμάτων ο χαλαζίας, ενώ σε ορισμένα μόνο δείγματα αραγωνίτης, πλαγιόκλαστο και τρεμολίτης.

• Στα τρία δείγματα κονιάματος δόμησης που εξετάστηκαν προκύπτει ότι, οι κύριες ορυκτολογικές φάσεις είναι ο ασβεστίτης, ο χαλαζίας και ο αλίτης. Επίσης, σε σημαντικό ποσοστό συμμετέχει στο δείγμα MI\_D17 ο αραγωνίτης ενώ, σε μικρότερα ποσοστά σε ορισμένα δείγματα κονιάματος συμμετέχουν η γύψος, ο αραγωνίτης, αργιλικά ορυκτά και πλαγιόκλαστο.

Από τη μικροσκοπική παρατήρηση προέκυψε ότι:

- Τα δείγματα Δ1, Δ2, Δ3, Δ4, Δ6, Δ7, Δ12, Δ23, Δ27, Δ28, Δ29, Δ30 και Δ31 ταξινομούνται κατά Folk (1959) ως Βιοσπαρίτες και κατά Dunham (1962) ως Κοκκόλιθοι.

- Το δείγμα Δ26 ταξινομείται κατά Folk (1959) ως ενδοκλαστοφόρος Βιοσπαρίτης και κατά Dunham (1962) ως Κοκκόλιθος.
- Τέλος, το δείγμα Δ5 ταξινομείται κατά Folk (1959) ως Βιομικρίτης και κατά Dunham (1962) ως Βακόλιθος.

Τα αποτελέσματα της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης που πραγματοποιήθηκε στα δείγματα Δ2, Δ6 και Δ26 επιβεβαίωσαν την παρουσία σπαριτικού συγκολλητικού υλικού ενώ ακόμη, έδειξαν την παρουσία κρυστάλλων αραγωνίτη στους πόρους του δείγματος Δ2.

Τα τρία δείγματα δομικών λίθων (Δ29, Δ30, Δ31) που λήφθηκαν κατά την αναζήτηση των αρχαίων θέσεων λατόμησης ταυτίζονται με τους δομικούς λίθους που χρησιμοποιήθηκαν στο κάστρο της Πάφου. Οι θέσεις αυτές αποτελούν τις θέσεις των μητρικών πετρωμάτων, τα οποία λήφθηκαν σε διαφορετικές φάσεις αποκαταστάσεων. Τα πετρώματα αυτά (Δ30, Δ31) με βάση τον γεωλογικό χάρτη της περιοχής Πάφος – Καλλέπια είναι ασβεστόλιθοι που αποτέθηκαν σε ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον. Ο σχηματισμός αυτός εκτείνεται σε όλη τη Νοτιοδυτική πλευρά της Κύπρου και υπό προϋποθέσεις είναι κατάλληλος για ανεύρεση νέων δομικών λίθων, έτσι ώστε να αντικατασταθούν εκεί όπου κρίνεται απαραίτητο οι παλιοί δομικοί λίθοι του κάστρου.

Τέλος τα αποτελέσματα της ψηφιακής χαρτογράφησης της πρόσοψης του κάστρου έδειξαν τουλάχιστον μια θέση, αριστερά της κύριας εισόδου, η οποία χρίζει άμεσης αντικατάστασης των δομικών λίθων. Η θέση αυτή πέρα από την αισθητική υποβάθμιση του μνημείου, αποτελεί και πιθανή περιοχή αστοχίας της τοιχοποιίας λόγω αλλοίωσης των μηχανικών αντοχών αυτών των λίθων.

Έτσι με την παρούσα μελέτη προτείνονται:

- Επέκταση του ήδη υφιστάμενου κυματοθραύστη στην πλευρά της θάλασσας για αποφυγή άμεσης επαφής του θαλασσινού νερού με την τοιχοποιία η οποία είναι εμφανής κυρίως τους χειμερινούς μήνες.
- Αντικατάσταση των δομικών λίθων στους οποίους παρουσιάζονται σημαντικές φθορές, με ιδιαίτερη έμφαση εκεί όπου η φθορά επηρεάζει μεγάλες εκτάσεις της τοιχοποιίας.
- Αντικατάσταση ελλειπών τμημάτων με δομικούς λίθους.
- Αντικατάσταση δομικών λίθων που παρουσιάζουν ρωγμές.
- Η αντικατάσταση να γίνει με δομικούς λίθους οι οποίοι θα ληφθούν από τον ίδιο γεωλογικό σχηματισμό με τα δείγματα Δ30, Δ31.
- Δεν προτείνεται η χρήση υλικού παρόμοιο με τους λίθους του "λόφο Φάμπρικα" στις εργασίες αποκατάστασης.
- Για την αρμολόγηση κατά την αντικατάσταση των δομικών λίθων προτείνεται να χρησιμοποιηθεί κατάλληλο κονίαμα δόμησης με υλικά τα οποία δεν περιέχουν άλατα ή γύψο. Η χρήση παραδοσιακού ασβεστοκονιάματος είναι η ενδεδειγμένη.
- Καθαρισμός και αποψίλωση των φυτών που αναπτύσσονται στην τοιχοποιία.



# ABSTRACT

---

## CONSTRUCTION MATERIALS OF THE MEDIEVAL CASTLE OF PAPHOS: ORIGIN, ALTERATIONS, DETERIORATION MECHANISM AND SUGGESTIONS FOR CONSERVATION

Ioannides M., Geologist

The present specialization thesis conducted at the Department of Geology of the Aristotle University of Thessaloniki in the framework of the postgraduate program "Geology and Geoenvironment" in the years 2014 - 2016. The aim of the thesis is the petrological and mineralogical study of building materials of Paphos medieval castle. The purpose is to determine the origin of structural components, and the main damage mechanisms working on them. Moreover, this thesis proposed recovery solutions of deteriorations and maintenance of the monument based on scientific results. Finally, the process of digital mapping is applied and effort the optical depiction of damage to building stones.

For the current thesis were obtained 31 samples of construction materials and all of them were examined with stereoscope and representative sample of them was analyzed with X-ray diffractometry. With the method of X-ray diffractometry determined the qualitative and quantitative mineralogical composition of 31 building materials. Moreover, in 15 samples of building stones thin glossy sections constructed which was used for microscopic observation and three of them were examined with scanning electron microscopy (SEM).

The results of X-ray diffractometry showed that:

- Calcite is the main mineralogical phase of all the building stones tested. Also quartz was identified in all building stones samples up to 11%. In some samples of building stones identified gypsum and alite in significant numbers. While, in smaller percentages and in some samples of building stones identified aragonite, dolomite, plagioclase, clay minerals, mica and goethite.
- The four examined coatings showed that calcite and gypsum are the main mineralogical phases. In two coating samples identified significant alite percentages. Also, smaller percentages of quartz identified in all samples of coatings, while in some only samples identified aragonite, plagioclase and tremolite.
- The three samples of building mortars examined shows that the main mineralogical phases are calcite, quartz and alite. Also, significant amount of aragonite participate in sample MI\_D17 and, in smaller percentages in some mortar samples participating gypsum, aragonite, clay minerals and plagioclase.

The microscopic observation shows that:

- Samples D1, D2, D3, D4, D6, D7, D12, D 23, D27, D28, D29, D30 and D31 classified by Folk (1959) as Biosparite and by Dunham (1962) as Grainstones.
- The sample D26 is classified by Folk (1959) as intraclastiferous Biosparite and by Dunham (1962) as Grainstone.
- Finally, the sample D5 classified by Folk (1959) as Biomicrite and by Dunham (1962) as Wackestone.

The results of scanning electron microscopy performed on the samples D2, D6 and D26 confirmed the presence of sparry calcite cement while also showed the presence of crystals of aragonite in the pore system of D2 sample.

The three samples of building stones (D29, D30, D31) obtained for identification of ancient quarry sites are identical with the building stones used in Paphos castle. These locations are the positions of the parent rock. These rocks (D30, D31) based on the geological map of the region Paphos - Kallepia (Figures 2.3-2.4), are limestones which deposited in shallow marine environment. This formation extends throughout the South-West coast of Cyprus and is suitable under conditions for finding new building stones in order to replace where necessary the old building blocks of the castle.

Finally the results of the digital mapping of the castle's facade showed at least one position on the left of the main entrance, which anoints immediate replacement of building stones. This position beyond the aesthetic degradation of the monument also constitutes possible failure area of the wall due to deterioration of the mechanical strength of these stones.

Thus the present study suggested:

- Expansion of the already existing breakwater on the sea side to avoid direct contact of the sea water with the masonry which is evident mainly in the winter months.
- Replacement of building stones which are significant damage, with particular emphasis where damage affects large areas of masonry.
- Replace missing parts with building stones.
- Replacement building stones exhibiting cracks.
- The replacement should be done with building blocks which will be taken from the same geological formation of samples D30, D31.
- The use of material similar to the stones of "Fabrika hill" is not recommended on restoration work.
- For grounding during replacement of building stones it has to be used suitable building mortar with materials which do not contain salts or gypsum. The use of traditional lime mortar is appropriate.
- Cleaning and dismantling of the plants that grows in the masonry.