



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Φιλοσοφική Σχολή
Τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογίας

Ιδιότητες και χρήση, φυσικοχημική ανάλυση
και μελέτη συντήρησης υλικών λίθινης δομής
στα κτήρια των μινωικών οικισμών κατά τη
Νεοανακτορική περίοδο.
Το δείγμα από την εγκατάσταση της Ζάκρου.

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ευαγγελία Καρδαρά

Αθήνα 2021



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Φιλοσοφική Σχολή
Τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογίας

Ιδιότητες και χρήση, φυσικοχημική ανάλυση
και μελέτη συντήρησης υλικών λιθικής δομής
στα κτήρια των μινωικών οικισμών κατά τη
Νεοανακτορική περίοδο.
Το δείγμα από την εγκατάσταση της Ζάκρου.

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ευαγγελία Καρδαρά

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Επιβλέπων: Ελευθέριος Πλάτων, Αναπλ. Καθηγητής

Μέλος: Ελένη Μαντζουράνη, Καθηγήτρια

Μέλος: Αθηνά-Γεωργία Αλεξοπούλου, Καθηγήτρια

Αθήνα 2021

Στο γιο μου

Θοδωρή

και στην κόρη μου

Βασιλένια

Αντί προλόγου...

Κατά τη διάρκεια της συγγραφής της διδακτορικής διατριβής μου με βοήθησαν με διαφορετικό τρόπο αρκετά άτομα. Έτσι θα ήθελα να ευχαριστήσω...

τον επιβλέποντά μου, Αναπλ. Καθηγητή Ελευθέριο Ν. Πλάτωνα, ο οποίος με καθοδήγησε κατά την εκπόνηση της ερευνητικής εργασίας με τις πολύτιμες συμβουλές του και μου παρείχε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το θέμα της διατριβής,

τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής Καθηγήτριες Ελένη Μαντζουράνη και Αθηνά-Γεωργία Αλεξοπούλου, για τη συμβολή τους και την προθυμία τους να αξιολογήσουν την παρούσα διατριβή,

την Εφορεία Αρχαιοτήτων Λασιθίου, για την παραχώρηση άδειας δειγματοληψίας και μελέτης υλικού από τον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου και των λατομείων της περιοχής,

τον αρχιτέκτονα Δρ. Άγγελο Νακάση, για την ευγενική παραχώρηση των σχεδίων και των αεροφωτογραφιών του αρχαιολογικού χώρου από το αρχείο του,

τον Δρ. Γεώργιο Οικονόμου†, προϊστάμενο της Διεύθυνσης Ορυκτολογίας-Πετρογραφίας του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. (πρώην Ι.Γ.Μ.Ε.), για την πολύτιμη συνεισφορά του στην εφαρμογή των ενόργανων μεθόδων ορυκτολογικής ανάλυσης των λίθινων δειγμάτων,

και το σύζυγό μου Τζανέτο, για την ισχυρή παρότρυνση, την έμπρακτη συμπαράσταση και την αστείρευτη υπομονή του...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
I.1. ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΚΑΤΩ ΖΑΚΡΟΥ.....	1
I.1.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ – ΔΙΑΠΛΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	2
I.1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	4
I.1.3. ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΑΝΑΣΚΑΦΩΝ.....	5
I.2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	7
I.3. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	8
II. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	11
II.1. ΝΕΟΑΝΑΚΤΟΡΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	12
II.2. ΝΕΟΑΝΑΚΤΟΡΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ – ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	15
II.2.1. ΤΟ ΑΝΑΚΤΟΡΟ	17
II.2.2. ΟΙΚΙΑ Β.....	22
II.2.3. ΚΤΗΡΙΟ Γ	26
II.2.4. ΛΟΞΟ ΚΤΗΡΙΟ – ΚΤΗΡΙΟ D–E.....	29
III. ΛΙΘΟΙ.....	33
III.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΘΩΝ	33
III.2. ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΛΙΘΩΝ	37
III.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΛΙΘΩΝ.....	38
III.4. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥΣ	42
III.4.1. ΦΥΣΙΚΟ–ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ.....	42
III.4.2. ΧΗΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ.....	45
III.4.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ.....	46
III.5. ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΜΟΡΦΩΝ ΦΘΟΡΑΣ	50

IV. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	55
IV.1. ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	56
IV.2. ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	61
V. ΛΙΘΙΝΗ ΔΟΜΗ ΝΕΟΑΝΑΚΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ	67
V.1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ.....	67
V.2. ΜΕΛΕΤΗ ΧΡΗΣΗΣ ΛΙΘΙΝΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	73
V.2.1. ΟΔΟΙ.....	73
V.2.2. ΑΝΑΚΤΟΡΟ	79
V.2.3. ΝΕΟΑΝΑΚΤΟΡΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ.....	91
V.3. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	102
VI. ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΛΙΚΟΥ	105
VI.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	105
VI.2. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	108
VI.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	118
VI.4. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ - ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	145
VI.5. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	154
VII. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΘΙΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΔΟΜΗΣ.....	157
VII.1. ΑΡΧΑΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ	157
VII.2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΑΤΟΜΕΙΩΝ.....	191
VII.2.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	191
VII.2.2. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ.....	193
VII.2.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	201
VII.2.4. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ - ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	224
VII.2.5. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	231
VIII. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΘΙΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΔΟΜΗΣ.....	235
VIII.1. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ ΛΙΘΙΝΩΝ	
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	235
VIII.1.1. ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	236

VIII.1.2. ΑΠΟΣΑΘΡΩΤΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	236
VIII.2. ΦΘΟΡΕΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΟΛΟΜΙΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	241
VIII.3. ΦΘΟΡΕΣ ΨΑΜΜΙΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΚΑΛΟΛΑΤΥΠΟΠΑΓΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ...	250
VIII.4. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΦΘΟΡΑΣ	254
VIII.5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΕΡΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	270
VIII.6. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ.....	277
VIII.6.1. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΟΛΟΜΙΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ..	279
VIII.6.2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΨΑΜΜΙΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	282
VIII.6.3. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΥΡΥΤΕΡΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	284
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	289
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	291

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία ασχολείται με το λίθινο υλικό δομής που απαντά στον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου, χώρο ιδιαίτερης αρχαιολογικής σημασίας, καθώς περιλαμβάνει, μαζί με ένα εκτεταμένο μινωικό οικισμό, ένα από τα μέχρι σήμερα γνωστά μινωικά ανάκτορα¹.

Συγκεκριμένα, πραγματεύεται την ταύτιση, την αναγνώριση και το χαρακτηρισμό των λίθινων δομικών στοιχείων των νεοανακτορικών κτιρίων του αρχαιολογικού χώρου, με ιδιαίτερη αναφορά στα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά τους, τις συνθήκες χρήσης τους, τη φυσικοχημική τους σύσταση και την πιθανή προέλευση τους, καταλήγοντας σε συγκεκριμένες προτάσεις για την προστασία και τη διατήρησή τους.

I.1. ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΚΑΤΩ ΖΑΚΡΟΥ

Η Κάτω Ζάκρος βρίσκεται στο ανατολικό μέρος της Κρήτης. Εκεί, από τις αρχές της δεκαετίας του 1960, ο Ν. Πλάτων ανακάλυψε και άρχισε να αποκαλύπτει ένα μινωικό ανάκτορο, καθώς και την πόλη που το περιβάλλει (Πλάτων, 1974).

Το τοπίο της Ζάκρου συνδυάζει τη θάλασσα, την κοιλάδα και το βουνό, στοιχεία με αντίθετη αλληλεπίδραση, αλλά και συμπληρωματικά για την ανάπτυξη της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Η σημερινή Κάτω Ζάκρος έχει λίγα σύγχρονα κτίσματα, ενώ η περιοχή τείνει να οικοδομηθεί με αργούς ρυθμούς.

¹Μινωικά ανάκτορα έχουν ταυτισθεί με ασφάλεια στην Κνωσό, τη Φαιστό, τα Μάλια, τη Ζάκρο, και τον Γαλατά Ηρακλείου. Μεγάλα οικοδομήματα με ανακτορικά χαρακτηριστικά έχουν βρεθεί και σε άλλες θέσεις της Κρήτης (ανάμεσά τους, ο Πετράς Σητείας, τα Γουρνιά, τα Χανιά, οι Αρχάνες, το Παλαίκαστρο, η Αγ. Τριάδα Ηρακλείου κ.ά.).



Εικόνα 1.1: Αποψη Κάτω Ζάκρου από τα νότια.

1.1.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ – ΔΙΑΠΛΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η κοιλάδα της Κάτω Ζάκρου, όπου έχει κτιστεί το μινωικό ανάκτορο, δεν είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη, ενώ το καλλιεργήσιμο κομμάτι της περιορίζεται από δύο βραχώδεις λόφους, ένα στα βορειοανατολικά και ένα στα νοτιοδυτικά από αυτό (Πλάτων, 1974: 33).

Η κοιλάδα, όπου αναπτύχθηκε η μινωική (Κάτω) Ζάκρος, συνδέεται με την ορεινή ζώνη δυτικά, όπου βρίσκεται ο σύγχρονος οικισμός της (Επάνω) Ζάκρου. Από την τελευταία, ξεκινά φαράγγι μήκους 8 περίπου χιλιομέτρων, που καταλήγει στην Κάτω Ζάκρο. Στις κατακόρυφες πλευρές του φαραγγιού υπάρχουν σπηλιές και βραχοσκεπές, που χρησιμοποιήθηκαν κατά την αρχαιότητα, κυρίως για ταφές (Πλάτων, 1974: 25). Σε μεγάλο μέρος του φαραγγιού, υπάρχει πυκνή βλάστηση, ενώ, σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης, δημιουργείται στο εσωτερικό του ορμητικός χείμαρρος. Τα νερά καταλήγουν στο νότιο άκρο του όρμου της Κάτω Ζάκρου και συσσωρεύονται σε σημείο με πυκνή βλάστηση από καλαμιές (Πλάτων, 1974: 31–32).

Εδαφολογικά, η περιοχή δεν έχει βλάστηση και αποτελείται από βουνά ασβεστολιθικής κυρίως σύστασης, με ένα ιδιαίτερο ιώδες χρώμα,

το οποίο ανά περιοχές μεταβάλλεται σε καστανό αλλά και υποπράσινο, κυρίως στις περιοχές που εμφανίζονται σχιστόλιθοι² (Πλάτων, 1974: 30).

Από τη Νεολιθική εποχή, στους πρόποδες της πλαγιάς κάτω από την οποία βρίσκεται η σύγχρονη (Επάνω) Ζάκρος, υπάρχει πηγή με πόσιμο νερό³. Από την πηγή αυτή υδρεύονταν τα μινωικά κτίσματα που έχουν βρεθεί στην Επάνω Ζάκρο, ενώ, πιθανώς, μέσω υδραγωγών, το νερό παροχετευόταν στην μινωική πόλη της Κάτω Ζάκρου (Platon, 1992: 166–167; Πλάτων, 1995: 774). Τμήμα υδραγωγού άγνωστης χρονολόγησης έχει εντοπισθεί στο αριστερό τμήμα του φαραγγιού, κοντά στην κοιλάδα της Κάτω Ζάκρου (Νακάσης & Ταγωνίδου, 1993: 19).

Ο όρμος της Ζάκρου είναι από τους πιο ασφαλείς και προστατευμένους στην ανατολική Κρήτη, καθώς όταν πνέουν οι ισχυροί βορειοδυτικοί άνεμοι στην περιοχή τα νερά στον όρμο παραμένουν ήρεμα (Πλάτων, 1974: 34; Πλάτων, 2009: 12). Ο όρμος είναι εκτεθειμένος μόνο σε ανατολικούς ανέμους. Η προστασία από τους ισχυρούς βορειοδυτικούς ανέμους ίσως να ήταν ένας από τους λόγους που, σε αντίθεση με τα ανάκτορα της Κνωσού και της Φαιστού, που είχαν οικοδομηθεί σε ισόπεδα σε κορυφές λόφων, το ανάκτορο της Ζάκρου οικοδομήθηκε σε κοιλάδα και τα γύρω κτίρια σε λόφο. Με αυτόν τον τρόπο το ανάκτορο ήταν προστατευμένο από τους ανέμους που πνέουν στην περιοχή για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Άλλος λόγος, ο οποίος ενδεχομένως συνέβαλε σε αυτή την ιδιαίτερη χωροθέτηση του

²Η αντίθεση ανάμεσα στην εύφορη λοφώδη ζώνη και τους γυμνούς όγκους που την περιβάλλουν δεν μοιάζει συμβατή με την πυκνή κατοίκηση των μινωικών χρόνων, δίνοντας την εντύπωση αλλαγών στη μορφή του περιβάλλοντος. Με δεδομένη την απουσία ειδικών μελετών, ο Λ. Βοκοτόπουλος ανέλυσε μία σειρά παραμέτρους, όπως τη γεωλογία της περιοχής, τη μορφολογία, το κλίμα, κ.ά., και κατέληξε στην υπόθεση ότι τη 2η χιλιετία π.Χ. η μορφή του περιβάλλοντος ήταν γενικά παρόμοια με τη σημερινή. Ωστόσο, για την περιοχή της Κ. Ζάκρου, υποθέτει πυκνότερη βλάστηση κατά το παρελθόν, με βάση την απεικόνιση από τον Μ. Boschini (1651) (Βοκοτόπουλος, 2007: 8). Η ακτογραμμή έχει ριζικά διαφοροποιηθεί, λόγω της βύθισης της περιοχής πάνω από 3 μ. μέχρι σήμερα (Νακάσης, 1987: 97).

³Όπως προκύπτει από νεολιθικό αγγείο που βρέθηκε στη θέση (Πλάτων, 2009: 12).

ανακτόρου, ήταν ο προϋπάρχων οικισμός στους δύο λόφους, με αποτέλεσμα το ανάκτορο να περιοριστεί σχεδόν υποχρεωτικά στην κοιλάδα που σχηματίζεται από τους δύο λόφους (Πλάτων, 2009: 12).

Η θέση θα μπορούσε να χαρακτηριστεί στρατηγικής σημασίας, καθώς αποτελούσε το κεντρικό λιμάνι των Μινωιτών προς την Ανατολή, ενώ παράλληλα έδινε τη δυνατότητα ελέγχου του στενού ανάμεσα στην Κρήτη και τα δυτικά Δωδεκάνησα, κάτι που αποδεικνύεται και από τα ευρήματα των ανασκαφών (με αντικείμενα από τη Συρία και την Αίγυπτο) (Πλάτων, 1974: 28; Πλάτων, 2009: 12).

1.1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στον όρμο της Κάτω Ζάκρου, έχουν ανασκαφεί λείψανα εκτεταμένου μινωικού οικισμού, τα πρωιμότερα των οποίων ανάγονται στα τέλη της 3ης π.Χ. χιλιετίας (Πλάτων, 2009: 10).

Η Νεοανακτορική περίοδος ξεκινά γύρω στα 1700 π.Χ., οπότε ιδρύεται το νέο ανάκτορο της Κνωσού. Την ίδια περίπου περίοδο, ίσως συγχρόνως με την Κνωσό και πάντως κατά τη MM III περίοδο, ιδρύθηκε το ανάκτορο στο Γαλατά (Ρεθεμιωτάκης & Χρηστάκης, 2011: 236).

Στη Ζάκρο, και γενικά σε όλη την ανατολική Κρήτη, δεν έχουν υπάρξει μέχρι στιγμής ευρήματα χρονολογημένα με βεβαιότητα στη MMIIIΑ περίοδο, η οποία αντιστοιχεί στην πρώτη Νεοανακτορική περίοδο, από το 1700 π.Χ. έως το 1600 π.Χ., την εποχή δηλαδή της ίδρυσης των νέων ανακτόρων, αν και βέβαια υπάρχουν σχετικές έρευνες σε εξέλιξη (Platon & Gerondakou, 2013: 197–211).

Σχετικά με τη χρονολόγηση της ίδρυσης του ανακτόρου της Ζάκρου, ο Ν. Πλάτων τη δεκαετία του '60 υποστήριξε ότι αυτή έλαβε χώρα με καθυστέρηση εκατό χρόνων μετά το 1700 π.Χ., δηλαδή περί το 1600 π.Χ.. Ο Λ. Πλάτων, πιο πρόσφατα, μετέθεσε την ίδρυσή του για άλλα εκατό χρόνια, δηλαδή περί το 1500 π.Χ. (Platon, 1999: 46; Platon, 2004: 389; Πλάτων, 2009: 38–39).

Το ανάκτορο καταστράφηκε οριστικά γύρω στα 1450 π.Χ.. Η καταστροφή ήταν ξαφνική και οι κάτοικοι δεν πρόλαβαν να μαζέψουν

όλα τα πολύτιμα αντικείμενά τους, κάτι το οποίο διαπιστώθηκε από τα ευρήματα στην ανασκαφή (Πλάτων, 2009: 9).

Η ανασκαφή του ανακτόρου προσέφερε πολύτιμες πληροφορίες για την καθημερινή ζωή των ενοίκων του. Σήμερα, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ο κύριος λόγος ύπαρξης του ανακτόρου ήταν η διεξαγωγή εμπορίου με την Ανατολή. Για την ακρίβεια, η Ζάκρος ήταν ένα από τα μεγαλύτερα διαμετακομιστικά κέντρα εμπορίου της Κρήτης και ένας σταθμός των πλοίων που ταξίδευαν για την Αφρική. Η Κρήτη έκανε εξαγωγές λαδιού, κρασιού και μεταφορές κέδρων (του Λιβάνου) στην Αίγυπτο, τη Συρία και σε άλλες χώρες. Από εκεί εισήγαν ελεφαντόδοντο, χρυσό, πολύτιμες και ημιπολύτιμες πέτρες, τα οποία επεξεργάζονταν οι Μινωίτες τεχνίτες. Η βιοτεχνία ήταν λοιπόν ιδιαίτερα αναπτυγμένη, καθώς η περιορισμένη πεδινή ζώνη του ανακτόρου δεν επέτρεπε την εκτεταμένη καλλιέργεια της γης (Πλάτων, 2009: 11).

Τέλος, στην ευρύτερη περιοχή που ο Ν. Πλάτων πραγματοποίησε μικρότερες έρευνες, και ειδικά στο φαράγγι της Ζάκρου, που ο ίδιος ονόμασε «Φαράγγι των Νεκρών», βρέθηκαν κυρίως ταφές, που χρονολογούνται από τους πρωτομινωικούς (3000–2000 π.Χ.) έως και τους γεωμετρικούς χρόνους (9^{ος}–8^{ος} αι. π.Χ.), καθώς και κάποιες ημιμόνιμες εγκαταστάσεις των νεολιθικών και των μινωικών χρόνων (Πλάτων, 1974: 25–26, 54; Πλάτων, 2009: 10).

1.1.3. ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΑΝΑΣΚΑΦΩΝ

Ο αρχαιολογικός χώρος της Κάτω Ζάκρου είχε επισημανθεί από το 19ο αιώνα, αρχικά από τον περιηγητή Thomas A. B. Spratt, ενώ στη συνέχεια ερευνήθηκε η περιοχή από τους L. Mariani, F. Halbherr και A. Evans (Spratt, 1865: 234; Πλάτων, 1974: 16; Brown, 1993: 48).

Ανασκαφή στην κοιλάδα της Κ. Ζάκρου πραγματοποίησε πρώτος ο Άγγλος αρχαιολόγος D. J. Hogarth, το 1901 (Hogarth, 1901; Πλάτων, 1974: 6).

Ο Hogarth άρχισε την ανασκαφή από τους λόφους που σχηματίζονται στην περιοχή και αποκάλυψε σποραδικά οικήματα του προϊστορικού οικισμού, με πολλά ευρήματα οικοσκευής και εργαλεία,

χωρίς ωστόσο να αποκαλύψει το ανάκτορο. Άλλωστε μέχρι τότε θεωρείτο ως απίθανο να βρεθεί μια παραθαλάσσια ανακτορική εγκατάσταση (Πλάτων, 1974: 69).

Τα οικήματα που αποκάλυψε τα ονόμασε με γράμματα του λατινικού αλφάβητου. Λόγω, όμως, μίας ξαφνικής θεομηνίας, ύστερα από μία μόνο ανασκαφική περίοδο, αναγκάστηκε να διακόψει την έρευνά του στη θέση (Hogarth, 1910: 79–86).

Η ευρύτερη περιοχή της Σητείας άρχισε ουσιαστικά να ερευνάται περισσότερο από τον αρχαιολόγο Νικόλαο Πλάτωνα, κυρίως από τη δεκαετία του 1950 (Πλάτων, 1974: 35–41). Από το 1961 και μετά, ο Ν. Πλάτων, οδηγούμενος από διάφορες ενδείξεις, ξεκίνησε ξανά τις ανασκαφές στη Ζάκρο και τη γύρω περιοχή (Πλάτων, 1974: 45), που είχαν ως αποτέλεσμα την εύρεση του μινωικού ανακτόρου, μεγάλου τμήματος της πόλης που το περιβάλλει, καθώς και διάφορων άλλων θέσεων της περιοχής, κυρίως ταφικών, αλλά και μιας αγροικίας στην Επάνω Ζάκρο (Πλάτων, 1974: 60, 62). Οι ανασκαφές της Κάτω Ζάκρου ξεκίνησαν σε τρεις τομείς, τους Α, Β και Γ (Πλάτων, 1974: 48) και κάλυψαν περίπου 30 ανασκαφικές περιόδους (έως και το 1990) (Πλάτων, 2009: 7).

Το μικρό ανάκτορο της Ζάκρου, σε αντίθεση με τα μεγαλύτερα ανάκτορα της Κνωσού, της Φαιστού και των Μαλίων, δεν είχε συληθεί, γεγονός το οποίο είχε ως αποτέλεσμα να έρθουν στο φως πολύ σημαντικά ευρήματα, αποδεικνύοντας πως πρόκειται για μία εγκατάσταση με οικονομία ξεκάθαρα προσανατολισμένη προς τη θάλασσα (Πλάτων, 1974: 70, 73, 239).

Ο Ν. Πλάτων, τα οικοδομήματα που ανέσκαψε πέραν του ανακτόρου τα ονόμασε «οικίες», ενώ σε μερικές περιπτώσεις πλησίον του ανακτόρου τα χαρακτήρισε «ανακτορικά παραρτήματα» (Πλάτων, 1974: 211–218; Πλάτων, 2009: 8–9).

Η ανασκαφική έρευνα από το 1990 έχει σταματήσει, αλλά συνεχίζεται, από τον Λ. Πλάτωνα και ευρεία ομάδα ειδικών, η μελέτη του αρχαιολογικού υλικού που έχει έρθει μέχρι σήμερα στο φως.

I.2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Ο γενικότερος στόχος της παρούσας διατριβής είναι να παρουσιασθούν, από αρχιτεκτονική, κατεξοχήν δομική, άποψη, τα κτήρια και το ανάκτορο της Νεοανακτορικής περιόδου, που αποτελούν τον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου. Οι επιβεβλημένες μεταξύ τους συγκρίσεις ελπίζεται ότι θα βοηθήσουν στην εξαγωγή ειδικότερων συμπερασμάτων σε σχέση με τη θέση τους στην αρχιτεκτονική της συγκεκριμένης περιόδου.

Βάσει μακροσκοπικής παρατήρησης *in situ*, θα επιχειρηθεί να εξαχθεί ένα στατιστικό μοντέλο για τη χρήση των διαφορετικών τύπων λίθων που βρίσκονται στο χώρο, με σκοπό να προκύψουν συμπεράσματα για την αρχιτεκτονική σύνθεση, την ποιότητα των υλικών δομής και την επιμέλεια της κατασκευής του χώρου κατά τη Νεοανακτορική περίοδο.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, θεωρήθηκε βασική η φυσική και χημική ανάλυση δειγμάτων από χαρακτηριστικούς δομικούς λίθους από τον αρχαιολογικό χώρο της Ζάκρου, με σκοπό να αναγνωριστούν, αλλά και να ταυτιστούν βάσει της ορυκτολογικής τους σύνθεσης, οι πιθανές προελεύσεις των λίθινων υλικών από τα αρχαία λατομεία της ευρύτερης περιοχής.

Ένας άλλος στόχος της παρούσας μελέτης είναι να προτείνει επεμβάσεις συντήρησης για τους δομικούς λίθους, βάσει των φυσικοχημικών αναλύσεων και των ιδιαίτερων περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών της περιοχής, λαμβάνοντας υπόψη τα αρχιτεκτονικά και οικοδομικά στοιχεία της περιοχής και της εποχής. Για να γίνει δυνατό αυτό, θα επιχειρηθεί αρχικά η ταυτοποίηση των βασικότερων μορφών διάβρωσης που εμφανίζονται στους δομικούς λίθους στη Ζάκρο, λαμβανομένων υπόψιν και των ιδιαίτερων περιβαλλοντικών συνθηκών της περιοχής.

Η παρούσα εργασία συμπληρώνει την ως τώρα έρευνα στον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου σε ζητήματα αρχιτεκτονικής και δομικής για τη χρήση του λίθινου υλικού δομής, αλλά και σε θέματα διατήρησής του βάσει των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τόσο των λίθινων στοιχείων όσο και της θέσης τους. Γι' αυτό το λόγο, ένα βασικό

και πρωτότυπο κομμάτι της παρούσας έρευνας στηρίχτηκε στην ανάλυση υλικού από τον αρχαιολογικό χώρο και από τις θέσεις λατόμησης στην εγγύς περιοχή, ώστε να γίνει μία προσέγγιση ταύτισης, και συνεπώς προέλευσης, του λίθινου δομικού υλικού με θέση ή και θέσεις λατόμησης.

Τέλος, οι αναλύσεις του υλικού, σε συνδυασμό με την *in situ* παρατήρησή του και την τεκμηρίωση της παθολογίας του, οδήγησαν σε συγκεκριμένες προτάσεις σχετικά με επεμβάσεις διατήρησής του, ενώ έγινε και μία κριτική αξιολόγηση των πρότερων επεμβάσεων αποκατάστασης στο χώρο. Οι προτεινόμενες προτάσεις είναι κυρίως σωστικού χαρακτήρα, λόγω της ιδιαιτερότητας του αρχαιολογικού χώρου και του λιθολογικού υλικού, ούτως ώστε το υλικό να διατηρηθεί και να αναδειχθούν οι αξίες του συνόλου, αλλά και να καταστεί δυνατή η μακροπρόθεσμη προστασία και διατήρηση των αρχιτεκτονικών καταλοίπων.

I.3. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, και εφόσον εμπλέκονται πολλοί διαφορετικοί επιστημονικοί κλάδοι (αρχαιολογία, αρχιτεκτονική, γεωλογία-ορυκτολογία και συντήρηση), κρίθηκε απαραίτητο η μελέτη να περιλαμβάνει ένα θεωρητικό και ένα ερευνητικό μέρος.

Έτσι, μετά το παρόν εισαγωγικό πρώτο κεφάλαιο, το δεύτερο αφορά στην αρχιτεκτονική περιγραφή του χώρου. Παρουσιάζονται, με τρόπο συνοπτικό, τα νεοανακτορικά κτήρια που επιλέχθηκε να εξετασθούν με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους και γίνεται αναφορά στην υπάρχουσα κατάσταση διατήρησής τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφονται τα συνηθέστερα υλικά που εμφανίζονται στη λίθινη δομή. Γίνεται αναφορά στις κατηγορίες λίθων που υπάρχουν και πως αυτοί σχηματίζονται, στις φθορές που εμφανίζουν, στους παράγοντες διάβρωσης και την προέλευσή τους.

Το τέταρτο κεφάλαιο, με το οποίο και ολοκληρώνεται το θεωρητικό μέρος, ασχολείται διεξοδικά με τις αναλυτικές μεθόδους ελέγχου που

χρησιμοποιούνται για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα σε σχέση με τα διαφορετικά είδη λίθινου υλικού στο χώρο.

Το ερευνητικό μέρος χωρίζεται και αυτό σε επιμέρους κεφάλαια, για να καλύψει τα πεδία των διαφορετικών επιστημονικών κλάδων.

Το πέμπτο κεφάλαιο αφορά στη χρήση των υλικών της λίθινης δομής. Αυτή προσδιορίστηκε με τη βοήθεια μακροσκοπικών παρατηρήσεων *in situ* στον αρχαιολογικό χώρο, σε συνδυασμό με τη μελέτη των υπαρχόντων αρχιτεκτονικών σχεδίων. Στο πλαίσιο αυτό, έγινε προσπάθεια να εξαχθεί ένα στατιστικό μοντέλο για τη χρήση των διαφορετικών τύπων λίθων που βρίσκονται στο χώρο. Με την εκ του σύνεγγυς μελέτη επιλεγμένων νεοανακτορικών κτηρίων, των βασικών οδών πρόσβασης και κυκλοφορίας, καθώς και του ίδιου του ανακτόρου, έγινε δυνατή η διατύπωση παρατηρήσεων για την αρχιτεκτονική σύνθεση, την ποιότητα των υλικών δομής και την επιμέλεια των νεοανακτορικών κατασκευών.

Το επόμενο, έκτο, κεφάλαιο περιλαμβάνει την περιγραφή της δειγματοληψίας λίθινων υλικών από τον αρχαιολογικό χώρο, τα δεδομένα της φυσικοχημικής ανάλυσής τους και, τέλος, τα συγκεκριμένα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους διάφορων μεθόδων ελέγχους.

Στο έβδομο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την προέλευση του λίθινου υλικού του αρχαιολογικού χώρου, σε σχέση με τα αρχαία λατομεία της ευρύτερης περιοχής. Παρουσιάζεται η διαδικασία της δειγματοληψίας από τα εν λόγω λατομεία, οι μέθοδοι ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν, αλλά και η ορυκτολογική ανάλυση δειγμάτων τους.

Στο όγδοο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η ερευνητική μελέτη διατήρησης που έχει γίνει για τα διαφορετικά είδη λίθου που βρίσκονται στον αρχαιολογικό χώρο, ενώ, επιπρόσθετα, προτείνονται συγκεκριμένες επεμβάσεις διάσωσης, βάσει των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των λίθων.

Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα της μελέτης και οι προοπτικές της έρευνας σχετικά με το υπό εξέταση ζήτημα.

II. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η μέγιστη ανάπτυξη του μινωικού ανακτορικού πολιτισμού έγινε κατά τους δύο αιώνες της Νεοανακτορικής περιόδου με τα μεγάλα ή μικρότερα νέα ανακτορικά κέντρα. Τα νέα ανάκτορα δεν οικοδομήθηκαν ταυτόχρονα και δεν εξυπηρετούσαν τον ίδιο σκοπό. Είχαν όλα περίπου την ίδια βασική διάταξη χώρων με το νέο κνωσιακό ανάκτορο, αλλά διέφεραν και σε πολλά άλλα στοιχεία, εκτός από την έκταση. Ορισμένα ανάκτορα δίνουν την εντύπωση πως δεν ολοκληρώθηκαν, όπως της Φαιστού και των Αρχανών, ενώ άλλα φαίνεται πως εντάχθηκαν σε ένα προϋπάρχον πολεοδομικό σχέδιο, όπως είναι η Ζάκρος (Βασιλάκης, 2001: 137).

Η συνολική έκταση του χώρου της Κάτω Ζάκρου ξεπερνά τα 8000τ.μ. Το γενικό του σχέδιο δεν παραλλάσσει στις βασικές του γραμμές εκείνου των άλλων ανακτόρων που αποδίδονται στη Νεοανακτορική περίοδο (Κνωσού, Φαιστού, Μαλίων και Γαλατά Πεδιάδος) (Βασιλάκης, 2001: 153).

Πρόσφατες μελέτες έχουν υποστηρίξει, ότι η ίδρυση του ανακτόρου στη Ζάκρο, σε μία σχετικά προχωρημένη φάση της Νεοανακτορικής περιόδου, επηρέασε την οικιστική αρχιτεκτονική και επέφερε ριζικές πολεοδομικές αλλαγές στον οικιστικό ιστό της εγκατάστασης (Chryssoulaki & Platon, 1987: 80–83; Πλάτων, 2004: 390; Πλάτων, υπό έκδοση: 261). Κατά τα φαινόμενα, η οικοδόμηση του ανακτόρου υπήρξε αποτέλεσμα μιας ριζοσπαστικής και απροσδόκητης μεταβολής στην πολιτικοκοινωνική δομή της θέσης, που συνδυάζεται με την έντονη παρουσία, κατά την επόμενη περίοδο, κνωσιακών χαρακτηριστικών, τόσο σε επίπεδο υλικού πολιτισμού, όσο και συμβόλων (Πλάτων, 2004: 381–390; Πλάτων, 2018).

II.1. ΝΕΟΑΝΑΚΤΟΡΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Όλα τα ανάκτορα ακολουθούν τις ίδιες βασικές οικοδομικές και αρχιτεκτονικές αρχές, ενώ, παράλληλα, κάποια ιδιαίτερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά απαντούν στα οικοδομήματα της ελίτ της Νεοανακτορικής περιόδου.

Κύριο στόχο των αρχιτεκτόνων που ανέλαβαν την επίβλεψη της οικοδόμησης των νέων ανακτόρων αποτελούσε η σύνθεση κάποιων χώρων με προκαθορισμένα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, έτσι ώστε οι δομές αυτές να εξυπηρετούν κατά τον καλύτερο τρόπο τις προκαθορισμένες ανάγκες λειτουργίας τους. Ως βάση για την ανάπτυξη των οικοδομικών συγκροτημάτων, χρησιμοποιήθηκε, και σε αυτή την περίοδο, όπως και στην Παλαιοανακτορική, η κεντρική αυλή (Βλαζάκη & Πλάτων, 2005: 392).

Ο άξονας προσανατολισμού της κεντρικής αυλής των ανακτόρων ήταν κατά κανόνα από Βορρά προς Νότο⁴ και οι οικοδομικές πτέρυγες που αναπτύσσονται περισσότερο είναι η δυτική (όπου κατά κανόνα αναπτύσσονται οι δραστηριότητες του ιερατείου), ενώ ως δευτέρας σημασίας πτέρυγες, σε δύο περιπτώσεις είναι οι ανατολικές και σε τρεις περιπτώσεις οι βόρειες (Πλάτων, 1974: 70).

Το ανάκτορο της Ζάκρου περιστοιχιζόταν από την πόλη. Το γενικό ρυμοτομικό σχέδιο αποτελούσαν μεγάλα οικοδομικά τετράγωνα, το καθένα από τα οποία περιλάμβανε 2-4 οικίες, με τις προσόψεις αυτών προς τις κύριες οδούς (Πλάτων, 1974: 236).

Γενικά, παραμένουν οι τεχνικές δόμησης που συνδυάζουν την πέτρα, την ωμή πλίθρα ή τον πηλό και το ξύλο, όμως κατά την περίοδο αυτή εμφανίζονται νέα χαρακτηριστικά και αρχιτεκτονικές μορφές. Παρουσιάζεται η χρήση επιμελώς λαξευμένων δόμων, ορισμένες φορές μεγάλων διαστάσεων, η οποία προϋποθέτει τη συστηματική εκμετάλλευση νέων λατομείων, που θα μπορούσαν να προμηθεύουν το

⁴Ο προσανατολισμός της κεντρικής αυλής καθώς και όλου του ανακτόρου της Ζάκρου αποκλίνει ελαφρώς από τον άξονα Βορράς - Νότος, προς τα βορειοανατολικά (Πλάτων, 1974: 71).

κατάλληλο υλικό. Συνεπώς, ήταν απαραίτητο να ακολουθηθεί μία νέα τεχνική οργάνωση, που συνδυάζεται με την εισαγωγή νέου οικοδομικού υλικού στο χώρο. Ειδικότερα, η χρήση του πωρόλιθου για τις καλύτερες κατασκευές αποτελεί χαρακτηριστικό της αρχιτεκτονικής των νεοανακτορικών χρόνων στη Ζάκρο (Πλάτων, 1974: 72; Shaw, 2009: 18).

Γενικά, η ανακτορική αρχιτεκτονική γίνεται πολύπλοκη, πιο μεγαλεπήβολη και “πολυτελής”, συνθήκες που επιβάλλονται, σε αντιπαράθεση με την πυκνή δόμηση στον ιστό του περιβάλλοντος οικισμού. Οι περισσότεροι μελετητές πιστεύουν πως η ιδέα των μεγάλων αυτών οικοδομημάτων όπου συγκεντρώνονται όλες οι πολιτικές, οικονομικές και, πιθανώς, θρησκευτικές εξουσίες, ήρθε από την Ανατολή (Βλαζάκη & Πλάτων, 2005: 392).

Βασικό γνώρισμα της αρχιτεκτονικής σύνθεσης των νέων ανακτόρων, γενικότερα, είναι η εναλλαγή του φωτός και της σκιάς, που δημιουργείται από τη διάσπαση των όγκων των επιφανειών των προσόψεων, σε συνδυασμό με τη χρωματική ποικιλία που προσφέρουν τα διάφορα χρώματα των δομικών υλικών. Τα επί μέρους διαμερίσματα των κτισμάτων έχουν διαφορετικό ύψος, με αποτέλεσμα να ενισχύεται η ποικιλία και η γραφικότητα, ενώ έχουμε και την εμφάνιση εξωστών. Για την ενίσχυση αυτής της εναλλαγής φωτός και σκιάς, αλλά και για τον καλύτερο αερισμό των εσωτερικών χώρων, κατασκευάστηκαν φωταγωγοί και πολύθυρα. Τη μορφολογική ποικιλία επιτείνει η χρήση πλακόστρωτων δαπέδων, πολλές φορές και με συγκεκριμένες διατάξεις ή σχέδια, και με τη χρησιμοποίηση διαφόρων ποιοτήτων υλικών (Βασιλάκης, 2001: 153).

Στη Ζάκρο, η αρχιτεκτονική αυτή των νέων ανακτόρων, με τη μεγαλιθική δομή, τη ξεστή τοιχοδομία, τα πλακόστρωτα δάπεδα, τους φωταγωγούς, τα θρανία⁵ και τα πολύθυρα, επηρέασε αποφασιστικά και την αρχιτεκτονική των λοιπών «ιδιωτικών» κτηρίων, των οποίων οι χρήστες θεωρούσαν τους εαυτούς τους, εφάμιλλους των αρχόντων

⁵ Θρανία απαντώνται σε όλους τους ανακτορικούς χώρους, στη Ζάκρο (Πλάτων, 1974), στην Κνωσό (Evans, 1921-1935), στη Φαιστό (Pernier, 1935), στο Γαλατά (Ρεθεμιωτάκης, 1999) κ.ά.

(Πλάτων 2000, 55). Ορισμένα από αυτά οικοδομήθηκαν εξ αρχής με ανακτορικά χαρακτηριστικά, ενώ κάποια από τα ήδη υπάρχοντα ενσωμάτωσαν μικρές μετασκευές, οι οποίες πολλές φορές αποβλήθηκαν ως μη λειτουργικές όταν η "ανακτορική μόδα" παρήλθε. Για τα κτήρια που έχουν ανακτορικά χαρακτηριστικά, αλλά είναι ενσωματωμένα σε οικιστικούς πυρήνες με ταπεινότερα γνωρίσματα, είναι λογικό να υποτεθεί ότι οι κάτοικοί τους διέκριναν τους εαυτούς τους από τους περιοίκους, πιθανόν για λόγους κοινωνικής ή πολιτικής προβολής⁶.

Δομικά υλικά

Για την οικοδόμηση του ανακτόρου χρησιμοποιήθηκαν διάφορα υλικά, όπως, λίθοι, ξύλα, και πλίνθοι ψημένοι στον ήλιο.

Οι εξωτερικοί τοίχοι κατασκευάστηκαν κυρίως από ντόπιο ασβεστόλιθο (γκρίζος ασβεστόλιθος), ένα υλικό αρκετά σκληρό που ποικίλλει από το ανοικτό γκριζο σε μπλε και σε μαύρο χρώμα και αφθονεί στην περιοχή (Shaw, 1973: 13; Rackham & Moody, 1996: 15, 29). Ο ασβεστόλιθος έχει χρησιμοποιηθεί τόσο αργός όσο και επεξεργασμένος⁷ (Shaw, 1970: 98, 114–115). Ανάλογα με τη σκληρότητα του πετρώματος έχει τοποθετηθεί σε κατώφλια, βάσεις κιόνων και σε πλακοστρώσεις (Shaw, 2009: 18–19).

Ως υλικό πολυτελείας λόγω της ευκολότερης και τελειότερης λάξευσής του χρησιμοποιήθηκε ο πωρόλιθος (Πλάτων, 1974: 72; Shaw, 2009: 18–19).

Τα εσωτερικά διαχωρίσματα, και κυρίως τα ανώτερα τμήματα των τοίχων, κατασκευάστηκαν από ωμές πλίνθους συχνά επιχρισμένες με κονίαμα (Πλάτων, 1974: 71; Πλάτων, 2009: 15).

⁶ Η πλειονότητα των μελετητών της προϊστορικής εποχής τείνει σήμερα να δεχθεί την ύπαρξη μίας υψηλής τάξης (élite) «ελίτ» (που διαφοροποιήθηκε από τις άλλες λόγω της συγκέντρωσης πλούτου) (Βλαζάκη & Πλάτων, 2005: 392).

⁷ Η λαξευτή λιθοδομία ξεκινά με την εισαγωγή του ορείχαλκου σε αντικατάσταση του χαλκού (Pendlebury, 1963: 283).

Αφθονη ήταν και η χρήση του ξύλου, σε αντισεισμικού χαρακτήρα πλέγματα στο εσωτερικό των τοίχων, αλλά και στην κατασκευή δαπέδων, κιόνων, πεσσών, παραστάδων και στεγών (Πλάτων, 1974: 71).

«Διακόσμητα» κονιάματα χρησιμοποιήθηκαν ως επιχρίσματα και συχνά χαλικάσβεστος (ένα μίγμα θαλασσινού βότσαλου και ασβέστη με λειασμένη επιφάνεια) για τα δάπεδα (Πλάτων, 1974: 72). Ακόμα, σε μερικές περιπτώσεις, χρησιμοποιήθηκαν για την επίστρωση δαπέδων συνδυασμοί ωμών και οπτών πλίνθων καθώς και διαφόρων ειδών και ποιοτήτων λίθινων στοιχείων (Πλάτων, 1974: 72).

II.2. ΝΕΟΑΝΑΚΤΟΡΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ – ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στον αρχαιολογικό χώρο της Ζάκρου, κατά καιρούς έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες εργασίες συντήρησης και στερέωσης για τη διατήρησή του στον χρόνο. Στην κεντρική αυλή του ανακτόρου, καθώς και στα οικοδομήματα που την περιβάλλουν, όπου εμφανίζεται και η χαρακτηριστική νεοανακτορική δόμηση με πωρόλιθους, η κατάσταση του χώρου είναι σχετικά καλή. Είναι ξεκάθαρος ο τρόπος δόμησης, διατηρείται ικανό τμήμα της ανωδομής πέραν των θεμελίων και διαχωρίζονται αρμονικά τα κτίσματα που αποτελούν τους κύριους χρηστικούς χώρους του ανακτόρου.

Όσον αφορά στα υπόλοιπα νεοανακτορικά κτήρια, αυτά ήταν ευρύχωρα, με αρκετά εύληπτη την εσωτερική αρχιτεκτονική τους διάρθρωση. Στις περισσότερες περιπτώσεις, διατηρούνται ικανά στοιχεία της ανωδομής πέραν των θεμελίων, αλλά και ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά, όπως κατώφλια, θρανία, στοιχεία από κλιμακοστάσια κτλ.

Γενικά, όμως, φαίνεται πως υπήρχαν κάποιοι «κανόνες» για την αρχιτεκτονική δομή των κτηρίων εκτός των ανακτόρων (Preziosi, 1983: 3–6). Σχεδόν όλα ήταν πολυόροφα, ενώ λόγω της διαφοράς πάχους των επιμέρους τοίχων, συμπεραίνεται πως οι προσόψεις είχαν βαθμιδωτή εμφάνιση (Kardara, 2010: 10–11). Οι εσωτερικοί χώροι τείνουν να είναι τετραγωνισμένοι, ως προς την κάτοψη, και πολύ συχνά η δυνατότητα

πρόσβασης σε ένα χώρο μπορούσε να γίνει από διαφορετικές εισόδους⁸. Αλλά χαρακτηριστικά στοιχεία μίας νεοανακτορικής οικίας είναι οι κλίμακες με sottoscala, οι εξώστες και οι φωταγωγοί.

Ως δείγμα αναλυτικής μελέτης των παραπάνω, επιλέχθηκαν κάποια από τα χαρακτηριστικότερα και σημαντικότερα οικοδομήματα του αρχαιολογικού χώρου της Κάτω Ζάκρου (Πλάτων, 1974: 211–218; 2009: 43–54). Αυτά ήταν, πέραν του ανακτορικού συγκροτήματος, η Οικία Β, το Κτήριο Γ και το «Λοξό» Κτήριο.

Βασικότεροι παράγοντες επιλογής του συγκεκριμένου δείγματος ήταν το μέγεθος, η ξεκάθαρη αναγνώριση των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών ως προς την οικοδομική των νεοανακτορικών χρόνων, και, κυρίως, η κατάσταση διατήρησής τους, καθώς οι ενδιάμεσοι χώροι τους διαχωρίζονται με σαφήνεια και διατηρούνται τόσο εξωτερικές όσο και εσωτερικές τοιχοποιίες τους, σε ικανοποιητικό ύψος πέραν των θεμελίων.

Συγκεκριμένα, στα «ιδιωτικά» κτήρια του δείγματος παρατηρούνται τα μεγαλύτερα σωζόμενα ύψη σε όλον τον αρχαιολογικό χώρο, με περίπου 4μ. στην Οικία Β, 4,5μ. στο Κτήριο Γ και 3μ. στο «Λοξό Κτήριο», ενώ, γενικά μιλώντας, στα κτήρια αυτά παρατηρείται και το μεγαλύτερο ποσοστό διατήρησης οικοδομικής ύλης από τα υπόλοιπα κτηριακά συγκροτήματα του χώρου.

Τέλος, στο ανακτορικό συγκρότημα παρατηρούνται μέγιστα υψόμετρα διατήρησης τοιχοποιίας περίπου 2,5μ. στην κεντρική αυλή και στη δυτική πτέρυγα, 1,7μ. στη βόρεια πτέρυγα (στο μαγειρείο), 1–1,5μ. στη νότια πτέρυγα, και 1,5μ. στην ανατολική πτέρυγα (περιοχή των, κατά τον ανασκαφέα, βασιλικών διαμερισμάτων), η οποία είναι και αυτή με τη μεγαλύτερη αλλοίωση⁹.

⁸Με αυτό τον τρόπο δημιουργούταν μία αίσθηση δαιδαλώδους κίνησης, η οποία ήταν σκόπιμη (Ραλγνου, 1987: 195–203).

⁹Τα υψόμετρα έχουν προκύψει κατά προσέγγιση από αεροφωτογράφιση και μέτρηση σημείων αναφοράς.

II.2.1. TO ΑΝΑΚΤΟΡΟ

Τα οικοδομήματα που αποτελούν το ανάκτορο απλώνονται, όπως συνήθως, γύρω από μία ορθογώνια κεντρική αυλή¹⁰. Η αυλή έχει διαστάσεις 30x12μ. και περιβαλλόταν από μεγαλοπρεπείς προσόψεις και στοές με κίονες και πεσσούς, που στήριζαν βεράντες. Στο βορειοδυτικό τεταρτημόριό της, υπήρχε κτιστή κατασκευή που ερμηνεύθηκε ως βωμός (Πλάτων, 1974: 84). Όπως φαίνεται και από το γεγονός αυτό, θα χρησίμευε και αυτή, όπως και οι άλλες αντίστοιχες αυλές των υπολοίπων ανακτόρων, ως τόπος συγκεντρώσεων και θρησκευτικών τελετουργιών. Η κύρια είσοδος βρίσκεται στη βορειοανατολική πλευρά, όπου κατέληγε πλακόστρωτος δρόμος, τον οποίο ο Ν. Πλάτων ονόμασε «Οδό Λιμένος» (Πλάτων, 1974: 76: Πλάτων, 2009: 17). Ένας κλιμακωτός διάδρομος κατηφορίζει στο εσωτερικό της βορειοανατολικής πύλης και οδηγεί σε μία πλακόστρωτη ΒΑ αυλή (LXIII) και από εκεί, με στεγασμένο διάδρομο, φτάνει κανείς στην κεντρική αυλή (Πλάτων, 1974: 76–80; Πλάτων, 2009: 17).

Η δυτική πτέρυγα περιλάμβανε τα θρησκευτικά διαμερίσματα και τις αποθήκες. Στους τοίχους εισαγωγικού χώρου προσιτού από την κεντρική αυλή, είχαν χαραχθεί διάφορα τεκτονικά σημεία με θρησκευτικό χαρακτήρα, που τονίζουν την ιερότητα του χώρου (Πλάτων, 1974: 88; Πλάτων, 2009: 22). Η κύρια είσοδος, με μεγάλο μονολιθικό κατώφλι, πλαισιωνόταν από δυο μικρότερες (Πλάτων, 1974: 90). Οδηγούσε σε προθάλαμο, από όπου ήταν προσιτή μεγάλη υπόστυλη αίθουσα με κεντρική κιονοστοιχία και τοιχογραφία στους τοίχους, που ο ανασκαφέας ονόμασε «αίθουσα τελετουργιών» (XXVIII) (Πλάτων, 1974: 141–146; Πλάτων, 2009: 26). Ήταν εφοδιασμένη με πλακόστρωτο φωταγωγό στη ΒΔ γωνία της, με μεγάλα παράθυρα στον δυτικό τοίχο για τον φωτισμό των εσωτερων δωματίων, και τρία πολύθυρα. Το δάπεδο της αίθουσας είχε ιδιόρρυθμη διακόσμηση με πλαίσια από κονίαμα, που προφανώς αποτελούσαν τους αρμούς κάποιου δαπέδου από φθαρτή ύλη. Το ένα από τα τρία πολύθυρα, αυτό που βρισκόταν στο Ν. άκρο της

¹⁰ Ο προσανατολισμός της καθώς και όλου του ανακτόρου αποκλίνει ελαφρώς από τον άξονα Βορρά – Νότου, προς τα βορειοανατολικά.

αίθουσας, οδηγούσε σε άλλη ευρύχωρη αίθουσα, που ο Ν. Πλάτων ονόμασε «αίθουσα συμποσίων» (XXIX), εξαιτίας των αμφορέων και οινοχοών που βρέθηκαν σε αυτήν (Πλάτων, 1974: 157–160; Πλάτων, 2009: 26–27). Οι τοίχοι και το δάπεδο και αυτής της αίθουσας είχαν πλούσια διακόσμηση. Το δυτικό τμήμα της πτέρυγας καταλαμβάνεται από το Ιερό, το οποίο αποτελείται από έντεκα (11) δωμάτια. Το κυρίως ιερό ήταν ένα μικρό δωμάτιο, με ψηλό πεζούλι για την απόθεση αντικειμένων και κόγχη για τα λατρευτικά ειδώλια (XXIII) (Πλάτων, 1974: 107–108; Πλάτων, 2009: 24). Δίπλα σ' αυτό, υπήρχε υπόγεια δεξαμενή καθαρμών με κλίμακα αποτελούμενη από οκτώ (8) σκαλοπάτια (XXIV) (Πλάτων, 1974: 111–114; Πλάτων, 2009: 24). Νότια υπάρχουν βοηθητικά δωμάτια: ένα εργαστήριο λιθοξόου, αποθήκες με πιθάρια, αγγεία και διάφορα σκεύη και ένα θησαυροφυλάκιο (XXV) ¹¹ με μεγάλες κιβωτιόσχημες θήκες (Πλάτων, 1974: 117–130; Πλάτων, 2009: 24–26). Πιο δυτικά υπάρχει το αρχαιοφυλάκιο (XVI), όπου πάνω σε πήλινα ράφια ήταν τοποθετημένα κιβωτίδια με ταξινομημένες πινακίδες της Γραμμικής Α' γραφής (Πλάτων, 1974: 131–139; Πλάτων, 2009: 24). Στη δυτική πτέρυγα συνδυάζεται η θρησκεία και η οικονομία με χαρακτηριστικό τρόπο, καθώς η πτέρυγα περιείχε ιερό, αποθήκες και εργαστήρια.

Στην ανατολική πτέρυγα βρίσκονται τα πολύθυρα μέγαρα και μία επίσημη αίθουσα (XXXVII και XXXVI), ίσως υποδοχής¹². Το μικρότερο μέγαρο ταυτίσθηκε από τον ανασκαφέα με το «διαμέρισμα της βασίλισσας» (XXXVI) και διαθέτει κιονωτή κλιμακωτή είσοδο, φωταγωγό και εσωτερικό πολύθυρο (Πλάτων, 1974: 164–167). Ένας πλατύς διάδρομος συνδέει το «διαμέρισμα της βασίλισσας» με μία τυπική «δεξαμενή καθαρμών» (LVIII), διακοσμημένη με κιονίσκους και

¹¹Αυτό το θησαυροφυλάκιο είναι το μοναδικό του μινωικού κόσμου, το οποίο βρέθηκε ασύλητο και έδωσε μια μεγάλη σειρά από αριστουργηματικά τελετουργικά σκεύη από διάφορους λίθους, όπως φλεβωτά μάρμαρα, ορεία κρύσταλλο, χλωρίτη, αιγυπτιακό αλάβαστρο, διορίτη, σπαρτιατικό βασάλτη, *antico rosso*, οφιανό, αλλά και άλλα σπάνια υλικά, όπως η φαγεντιανή (Πλάτων, 2009: 32).

¹² Η πτέρυγα όμως αυτή έχει καταστραφεί σε μεγάλο βαθμό από τις καλλιέργειες και τα δωμάτια αναγνωρίζονται με δυσκολία (Πλάτων, 2009: 29).

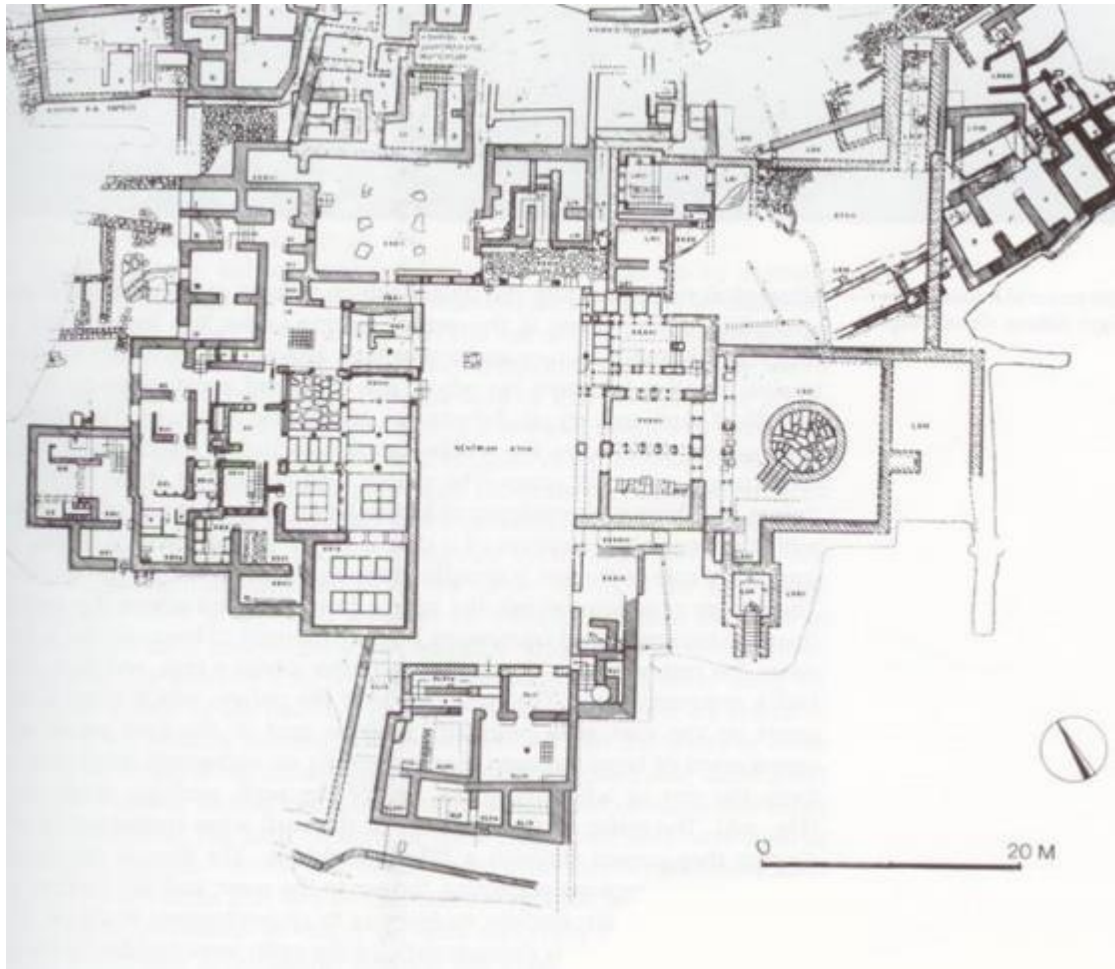
τοιχογραφίες (Πλάτων 1974: 168–170; Πλάτων, 2009: 17). Μια τοιχογραφία απεικονίζει πιθανότατα ιερά κέρατα πάνω σε βωμούς, γεγονός που μπορεί να χαρακτηρίσει τη δεξαμενή ως ιερή. Δίπλα από το «διαμέρισμα της βασίλισσας», βρίσκεται ένα μεγαλύτερο «μινωικό μέγαρο» που ταυτίσθηκε από τον ανασκαφέα ως το «διαμέρισμα του βασιλιά» (XXXVII), αποτελούμενο από δύο αίθουσες που συνδέονται με πολύθυρο και κιονωτό φωταγωγό (Πλάτων, 1974: 164, 167). Ανατολικά από τα «βασιλικά διαμερίσματα», υπάρχει μια ευρύχωρη τετράγωνη αίθουσα, η μεγαλύτερη αίθουσα του ανακτόρου, το συγκρότημα της «Αίθουσας της Δεξαμενής» (LXII), για την οποία ο Ν. Πλάτων υποστήριξε ότι πρόκειται για την αίθουσα του θρόνου (Πλάτων, 1974: 172–178; Πλάτων, 2009: 31). Στη μέση της αίθουσας υπάρχει κυκλική δεξαμενή διαμέτρου 7μ., με λείψανα αποχετευτικών αγωγών. Η δεξαμενή περιβαλλόταν από θωράκιο, το οποίο στήριζε μια σειρά από πέντε κίονες, και είχε μια σκάλα 8 βαθμίδων, με την οποία γινόταν η άντληση του νερού. Η δεξαμενή, κατά τον ανασκαφέα, δεν μάζευε βρόχινο νερό, αλλά υπόγειο που ανάβλυζε από την γη, φαινόμενο που μπορεί να παρατηρηθεί ακόμα και σήμερα (Πλάτων, 1974: 175). Η θέση της σε αυτή τη σημαντική αίθουσα, αλλά και το γεγονός ότι μάζευε υπόγειο νερό, προσδίδουν στη δεξαμενή μια ιδιαίτερη σημασία. Επιπρόσθετα, η πιθανότητα χρήσης της κλίμακας για την κάθοδο των ενοίκων του ανακτόρου μέχρι το επίπεδο του νερού, θα μπορούσε να οδηγήσει στην αναγνώριση του πρώτου παραδείγματος ιδιωτικής κολυμβητικής δεξαμενής των προϊστορικών χρόνων (Πλάτων, 1974: 175). Στο νότιο τμήμα της δεξαμενής, υπήρχε μια άλλη υπόγεια τετράπλευρη δεξαμενή με 15 σκαλοπάτια, η λεγόμενη από τον Ν. Πλάτωνα και «Τυκτή Κρήνη» (LXX) (Πλάτων, 1974: 179–182; Πλάτων, 2009: 31). Προσιτό από τη νοτιοανατολική γωνία της κεντρικής αυλής βρίσκεται ένα άλλο κτιστό πηγάδι (XLI) (Πλάτων, 1974: 183–185; Πλάτων, 2009: 31–32), μέσα στο οποίο βρέθηκαν προσφορές διαφόρων ειδών, απομεινάρια μίας τελετουργίας που πιθανότατα έλαβε χώρα λίγες μόλις ημέρες πριν από την τελική καταστροφή (Πλάτων, 2009: 31–32; Πλάτων, 2011: 284).

Στη νότια πτέρυγα υπήρχε μικρό συγκρότημα εργαστηρίων, πιθανώς αρωματοποιίας, λιθογλυφίας, ελεφαντουργίας και φαγεντιανής

(XLII–XLVIII). Η πτέρυγα αυτή μπορεί να θεωρηθεί ο «βιοτεχνικός τομέας» του ανακτόρου (Πλάτων, 1974: 195–197; Πλάτων, 2009: 29).

Στη βόρεια πτέρυγα, τέλος, υπάρχει ένα μεγάλο κλιμακοστάσιο (LI), το οποίο οδηγεί στον πάνω όροφο και ένα μεγάλο δωμάτιο, προσιτό από διάδρομο, που ερμηνεύεται ως μαγειρείο (XXXII) και το οποίο εξυπηρετούσε πιθανώς μια «αίθουσα συμποσίων» στον πάνω όροφο (Πλάτων, 1974: 189–192; Πλάτων, 2009: 29). Στην αίθουσα βρέθηκαν ευμεγέθη θεμέλια πεσσών, πράγμα που ενδεχομένως υποδεικνύει την ύπαρξη δυο ορόφων. Στο ανατολικό τμήμα της πτέρυγας βρίσκονται οι «αποθήκες των βασιλικών διαμερισμάτων¹³» (LVI–LVII) (Πλάτων, 1974: 89).

¹³ Οι αναφορές σε βασιλικά διαμερίσματα οφείλονται στην ερμηνεία που έδωσε ο ανασκαφέας για τους χώρους αυτούς και τη χρήση τους.



Εικόνα 2.1: Κάτοψη ανακτορικού συγκροτήματος.



Εικόνα 2.2: Αεροφωτογραφία ανακτορικού συγκροτήματος.



Εικόνα 2.3: Άποψη του ανακτορικού συγκροτήματος από τα νοτιοανατολικά.

II.2.2. ΟΙΚΙΑ Β

Η Οικία Β αποτελεί το σπουδαιότερο κτήριο της πόλης της Ζάκρου, μετά το ανάκτορο, αν ληφθεί υπόψη η έκτασή της, η αρχιτεκτονική της σύνθεση που έχει τύχει ιδιαίτερης προσοχής, όπως επίσης η ποιότητα των υλικών δομής και η επιμέλεια της κατασκευής της (Πλάτων, 2000: 61; Πλάτων, 2009: 53–54). Ήταν διώροφη, κτισμένη σε πλαγιά του νοτιοδυτικού λόφου. Περιβάλλεται από οδούς, αποτελώντας, κατά κάποιο τρόπο, ένα αυτοτελές οικοδομικό τετράγωνο. Οι μεγαλιθικοί ασβεστολιθικοί εξωτερικοί της τοίχοι, τμήματα των οποίων εδράζονται σε ελαφρώς προέχουσα κρηπίδα, έχουν επιμελώς εξομαλυνθεί με χρήση σμίλης (Πλάτων, 2009: 53).

Το βόρειο ισόγειο τμήμα της, σώθηκε σε καλή κατάσταση. Το νότιο ισόγειο τμήμα της, το οποίο θεμελιώθηκε ψηλότερα, είχε μικρές

επιχώσεις και η κατάσταση διατήρησής του είναι μέτρια (Πλάτων, 1963: 168).

Η οικία αποτελείται από 26 χώρους στο ισόγειο, συνολικού εμβαδού πλέον των 420μ². Αντίστοιχης έκτασης, πιθανότατα, ήταν και ο όροφος (Πλάτων, 2000: 61; Πλάτων, 2009: 53).

Η κύρια είσοδος (N), σύμφωνα με τον ανασκαφέα, βρισκόταν στη ΒΔ πλευρά της. Στη νοτιοανατολική πλευρά υπήρχε μία ακόμα δευτερεύουσα είσοδος, κατά την τελευταία οικοδομική φάση του κτηρίου (Πλάτων, 1962: 165).

Η ΒΔ είσοδος διαθέτει μεγάλο μονολιθικό κατώφλι¹⁴. Δεξιά της εισόδου υπάρχει πλακόστρωτος (κατά το μεγαλύτερο τμήμα του) χώρος (M), όπου βρέθηκε εγκατάσταση ληνού, με περιτοιχισμένο σκάμμα για την τοποθέτηση του συλλεκτήρα του γλεύκου (Πλάτων, 1962: 149).

Αριστερά της εισόδου, υπάρχει χώρος εν είδει προθαλάμου (E-H), και άλλος, όπου υπήρχε ξύλινο κλιμακοστάσιο ανόδου στον όροφο (Πλάτων, 1961: 221). Η κλίμακα ξεκινούσε από το βόρειο σκέλος της, ενώ κάτωθεν του νοτίου σκέλους διαμορφωνόταν «sottoscala»¹⁵.

Στο ισόγειο βρισκόταν επίσης ευμεγέθης χώρος (Z), δυτικά του οποίου υπάρχουν τέσσερις επιμέρους χώροι (A-B-Γ-Δ), που αποτελούσαν σκευοφυλάκιο (Πλάτων, 1961: 221). Το σκευοφυλάκιο διαμορφωνόταν με ελαφρά επιχρισμένα διατοιχίσματα από μεγάλες πλίνθους, που πιθανώς σχημάτιζαν κιβωτιόσχημα ερμάρια (κασέλες), αντίστοιχα των οποίων έχουν βρεθεί στο ανάκτορο. Επιχρισμένα ήταν και τα δάπεδά τους (Πλάτων, 1963: 168).

¹⁴ Η ξύλινη θύρα ήταν μονόφυλλη και άνοιγε αριστερά, όπως προκύπτει από κοιλότητα εντός της οποίας εισερχόταν ο στροφέας της. Όταν ήταν ανοικτή βρισκόταν σε παράλληλη θέση με τον προς βορρά παρακείμενο τοίχο. Το κατώφλι έχει επιτηδες χαμηλωθεί στο εσωτερο τμήμα του, όπου η θύρα, ώστε η τελευταία να κλείνει ερμητικά ανεμοφράκτης (Πλάτων, 1961: 219). Έτσι εμποδιζόταν, ακόμα, η είσοδος μικρών ζώων και ερπόντων πάνω στο ανώτερα ευρισκόμενο τμήμα του κατωφλιού, ως οργανισμών.

¹⁵ Κάτω από το δεύτερο σκέλος κάθε κλιμακοστασίου διαμορφωνόταν υπόγειος αποθηκευτικός χώρος, που έχει καθιερωθεί να αναφέρεται ως «sottoscala».

Ακόμη στο ισόγειο, υπήρχε στα ανατολικά προσπέλαση σε ευρύχωρο δωμάτιο (I), μέσω δίφυλλης θύρας. Σειρά πλακών υπήρχε στο δάπεδο κατά τη δίοδο. Το δάπεδό του δωματίου ήταν από χαλικάσβεστο και προς βορρά έφερε αρχικά πολύθυρο, το οποίο κλείστηκε σε επόμενη οικοδομική φάση (Πλάτων, 2000: 61). Με πολύθυρο αρχικά και θύρα στη συνέχεια, το δωμάτιο επικοινωνούσε με στενό και επιμήκη χώρο (K). Η οικία διέθετε αρχικά εξώστη (T), που αχρηστεύθηκε σε επόμενη οικοδομική φάση. Σύμφωνα με τον ανασκαφέα, η προσθήκη του εξώστη πρέπει να έγινε σε συνδυασμό με το κλείσιμο του προαναφερθέντος πολύθυρου (Πλάτων, 1962: 150; Πλάτων, 2000: 61-62).

Άλλος χώρος συνίσταται από μικρό διάδρομο και αποθήκη (Π-P-Σ). Ο διάδρομος και ο αποθήκης ¹⁶ ορίζονται σαφώς με ενδιάμεσο διαχώρισμα. Στο νοτιοανατολικό μέρος διαμορφώνεται δευτερεύουσα είσοδος, με μονόλιθο κατώφλι. Το δάπεδο ήταν επιχρισμένο μόνο στην περιοχή της εισόδου, ενώ μεγάλες ακανόνιστες πλάκες προστάτευαν τη δίοδο από τη φθορά (Πλάτων, 1962: 151).

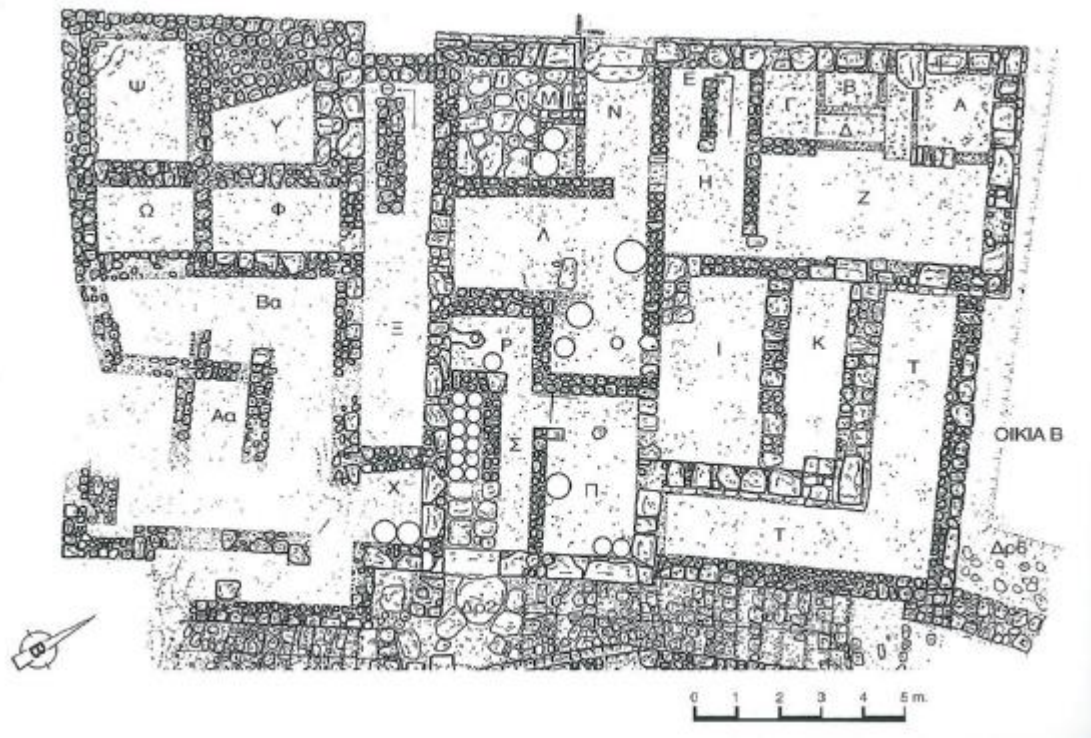
Στο κέντρο της οικίας υπάρχει χώρος σχήματος Γ (Λ-O) που, αν δεν ήταν ύπαιθρος, ή δεν φωτιζόταν με κάποιο είδος οπαιού, θα ήταν μάλλον σκοτεινός (Πλάτων, 1962: 152).

Νοτιοδυτικά, στο μέσον περίπου της οικίας, υπήρχε ισχυρός τοίχος, που αποτελούσε ταυτόχρονα και αντέρεισμα του νοτιοδυτικού και ψηλότερα ευρισκόμενου τμήματος του συγκροτήματος. Δίπλα υπήρχε ξύλινο κλιμακοστάσιο (Θ), του οποίου το νότιο σκέλος πιθανώς λειτούργησε ως “sottoscala” (Πλάτων, 1962: 152).

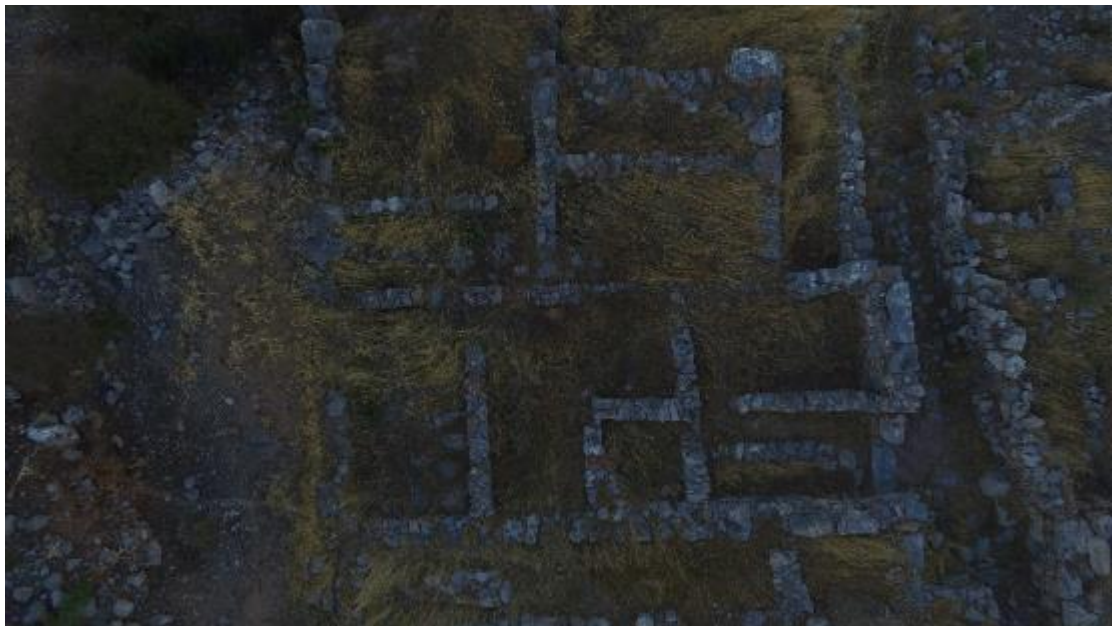
Στο νοτιοδυτικό άκρο της οικίας, υπήρχαν τέσσερα δωμάτια που δημιουργήθηκαν με εκβραχισμό (Ψ-Υ-Ω-Φ). Τα δάπεδά τους βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με τα λοιπά της Οικίας Β. Οι τοίχοι τους σώθηκαν σε μεγάλα ύψη, άνω των 2.50 μ. Η προσπέλαση στα τρία από αυτά γινόταν από πάνω με καταπακτές και ξύλινες κλίμακες (Πλάτων, 1963: 168).

¹⁶Ο αποθήκης περιείχε 12 στάμνους (για οίνο) σε δυο σειρές, σημαντικό αριθμό άλλων αγγείων, αλλά και λίθινα ευρήματα (Πλάτων, 1962: 151; Platon, 2011: 154).

Το υπόλοιπο, προς νότο, τμήμα της οικίας βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο. Η επίχωση ήταν μικρή και το τμήμα αυτό σώθηκε σε μέτρια κατάσταση διατηρήσεως. Το νότιο τμήμα ήταν προσπελάσιμο και από τη νοτιοανατολικά παρέρχόμενη κλιμακωτή οδό με ισόπεδο, που οδηγεί σε αποθηκευτικό χώρο (X) (Πλάτων, 1962: 152).



Εικόνα 2.4: Κάτοψη Οικίας Β.



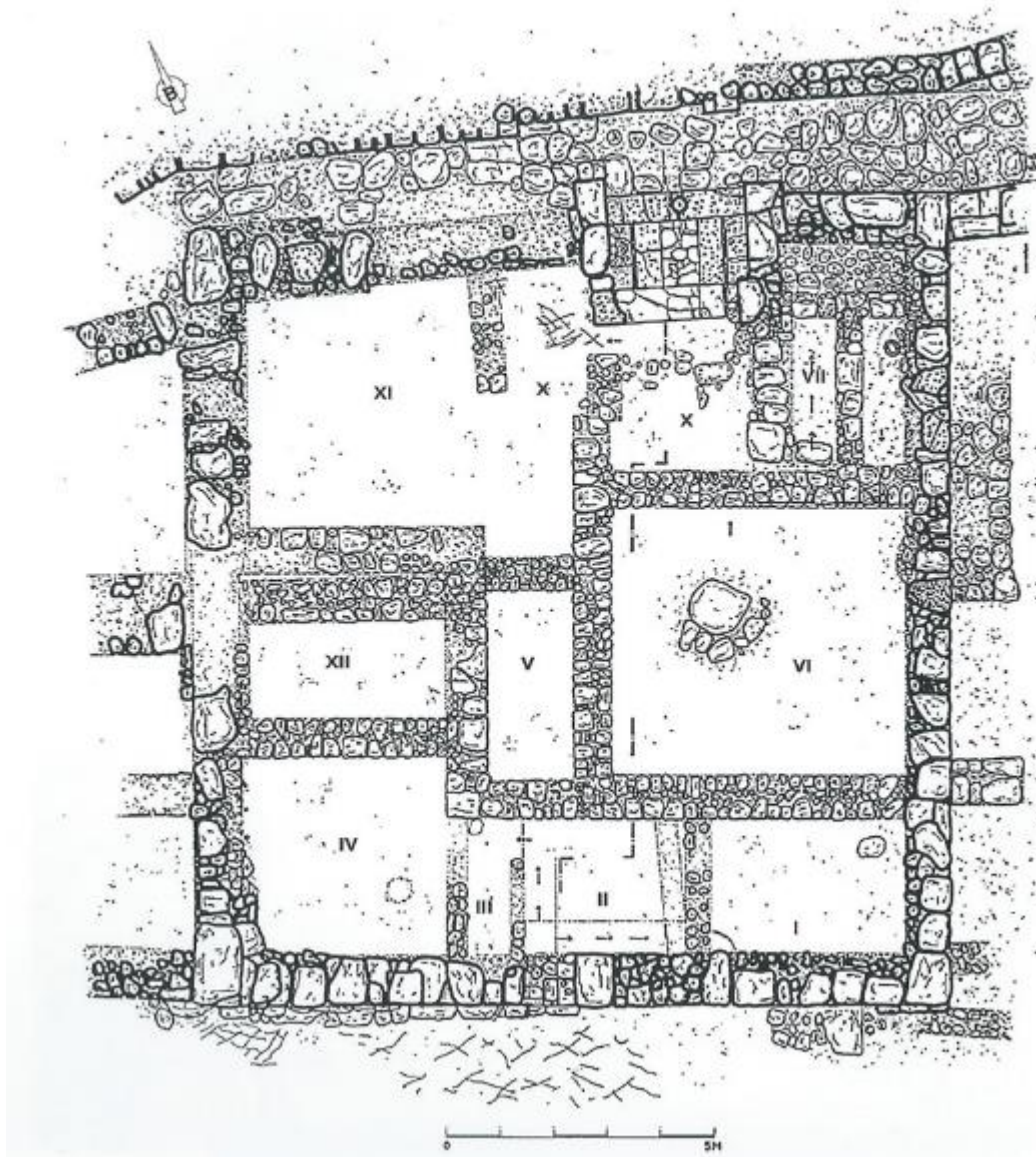
Εικόνα 2.5: Αεροφωτογραφία τμήματος της Οικίας Β.

II.2.3. ΚΤΗΡΙΟ G

Το Κτήριο G είναι μεγαλιθικό, σχεδόν τετράγωνο, κτισμένο κατά την ΥΜ Ι περίοδο. Σκάφτηκε το 1901 από τον Άγγλο αρχαιολόγο D. J. Hogarth (Hogarth, 1901: 137–139; Πλάτων, 1970: 227–233; Πλάτων, 1974: 18, 217; Πλάτων, 2000: 58–59; Πλάτων, 2009: 45–46). Ο εξωτερικός νότιος τοίχος του G διασώζεται σε ύψος περίπου 5μ.¹⁷, επειδή κτίστηκε με εξαιρετικά ογκώδεις λίθους και αποτέλεσε το κύριο αντέρεισμα αναχώματος, πάνω στο οποίο οικοδομήθηκε το κτήριο. Αντίθετα, οι εσωτερικοί τοίχοι του κτηρίου διατηρήθηκαν σε χαμηλό ύψος.

Το οικοδόμημα είναι τοποθετημένο στον χώρο με τέτοιο τρόπο, ώστε να έχει καλύτερη οπτική επαφή με το ανάκτορο, με το οποίο είναι σύγχρονο ή αμέσως μετά από αυτό κατασκευασμένο (Πλάτων, 1970: 230; Πλάτων, 2000: 58). Ο προσανατολισμός του έτσι ήταν σκόπιμος και για αυτό δεν έλαβε σοβαρά υπόψη τη γεωμορφολογία της περιοχής, αλλά ούτε και τον προϋπάρχοντα οικισμό (Πλάτων, 1970: 232; Πλάτων, 2000: 58).

¹⁷Βάσει της αεροφωτογράφισης που πραγματοποιήθηκε στο χώρο, αλλά και των αρχιτεκτονικών σχεδίων, προκύπτει πως το μέγιστο ύψος είναι 4,5μ.



Εικόνα 2.6: Κάτοψη Κτηρίου Γ.

Η είσοδος του Κτηρίου Γ διαμορφώνεται με πρόθυλο και βρίσκεται στην προς βορρά πλακόστρωτη οδό. Στο εσωτερικό του πρόθυλου οδηγεί μονολιθικό κατώφλι, στο μέσον του οποίου πατά κίονας (Πλάτων, 1970: 229; Πλάτων, 2000: 58-59; Πλάτων, 2009: 45).

Αμέσως μετά την είσοδο, υπάρχουν δυο πλακοστρωμένοι χώροι (X) με πωρολιθικές και ασβεστολιθικές πλάκες, που περιβάλλονται από κονίαμα, κατά τρόπο, ώστε να σχηματίζουν τάπητες, με γεωμετρικά

σχήματα και χρωματικούς συνδυασμούς, από διάφορα υλικά (Πλάτων, 1970: 230; Πλάτων, 2000: 58; Πλάτων, 2009: 45).

Μετά το προστώ, υπάρχει κλίμακα ανόδου προς όροφο και θάλαμος στο ίδιο επίπεδο με το προστώ (VII), που έφερε θύρα με μεγάλο κατώφλι αποτελούμενο από δύο λίθους (Πλάτων, 1970: 230).

Το Κτήριο G διέθετε και άλλη είσοδο, στα νότια, η οποία κλείστηκε σε δεύτερη φάση με διατοιχισμό (II). Ορισμένα υπόγεια δωμάτια, στο νοτιοδυτικό τμήμα του κτηρίου, ήταν ίσως προσιτά με καταπακτή (Πλάτων, 1970: 231). Εξωτερικά, το κτήριο έφερε ένα τουλάχιστον ζεύγος κεράτων καθοσιώσεως, κάτι που αποτελεί μάλλον ένα κνωσιακό χαρακτηριστικό¹⁸.



Εικόνα 2.7: Πρόσοψη Κτηρίου G.

¹⁸Η Ζάκρος είναι μία από τις ελάχιστες θέσεις που προσέφεραν περισσότερα από ένα δείγματα ευμεγεθών διπλών κεράτων, τα οποία προέρχονται τόσο από το ανάκτορο όσο και από το νεοανακτορικό οικισμό (Πλάτων, 1967: 188; 1971: 263; Πλάτων, 1999: 48 και σημ. 47; Πλάτων, 2011: 279; Πλάτων 2018: 278–279).

II.2.4. ΛΟΞΟ ΚΤΗΡΙΟ – ΚΤΗΡΙΟ D-E

Το Λοξό Κτήριο¹⁹ είναι μια ορθογωνική ισχυρή κατασκευή, με εμβαδόν 190μ² περίπου. Πρόκειται για κτήριο με πολλά δωμάτια και αποθηκευτικούς χώρους, το οποίο είναι κτισμένο σε δύο τεχνητά άνδηρα²⁰ (Πλάτων, 1974: 212–214; Πλάτων, 2000: 56–58; Πλάτων, 2009: 43–44).

Η χωροθέτησή του, σε συνδυασμό με την επιμελή κατασκευή του, συντείνουν στην υπόθεση ότι πρόκειται για κατοικία κάποιου ανακτορικού αξιωματούχου (Πλάτων, 1974: 214).

Το Λοξό Κτήριο είναι μερικώς θεμελιωμένο σε βράχο και είναι κτισμένο από μεγάλους ασβεστόλιθους και πωρόλιθους (Πλάτων, 1969: 226–227; 1974: 212). Το ανατολικό μισό της βόρειας πρόσοψής του είναι δομημένο με λαξευτούς πωρόλιθους²¹ (Πλάτων, 1969: 227–228; Πλάτων, 2009: 43).

Σε επαφή με τρεις από τις όψεις του κτηρίου υπάρχουν οδοί, ενώ ανατολικά συνόρευε με άλλο αυτοτελές οικοδόμημα. Διέθετε δυο εισόδους, μονολιθικά εξωτερικά και εσωτερικά κατώφλια, εξώστες, φωταγωγό, ευρύχωρα δωμάτια, σκευοφυλάκιο και αποθήκες (Πλάτων, 1967: 188; 1968: 174–180; 1969: 226–229; 1974: 213–214).

Το κτήριο διέθετε επίσης πιθανότατα όροφο αντίστοιχης με του ισογείου έκτασης, στον οποίο οδηγούσαν τέσσερα κλιμακοστάσια

¹⁹ Η ονομασία «Λοξό Κτήριο» δόθηκε από τον Ν. Πλάτωνα λόγω του προσανατολισμού του σε σχέση με τα λοιπά γειτονικά κτίσματα, και κυρίως το παρακείμενο ανάκτορο. Κατά την κατασκευή του, είναι ξεκάθαρο πως καταργήθηκαν και καταπατήθηκαν οι προϋπάρχουσες κατασκευές κατά τρόπο ώστε το κτήριο να φαίνεται λοξά τοποθετημένο προς τα υπόλοιπα, ενώ ήταν παράλληλο με το G και με θέα στο ανάκτορο (Kardara, 2010: 2). Στην ονομασία αυτή, ο Ν. Πλάτων κατέληξε αμέσως μετά τη μερική αποκάλυψη του το 1967, αν και τότε δεν είχε ακόμα μπορέσει να προσδιορίσει τη μορφή και τη φύση του (Πλάτων, 1967: 188; 1968: 149).

²⁰ Το κατώτερο άνδηρο ερευνήθηκε αρχικά από τον D. Hogarth, ο οποίος χαρακτήρισε τους χώρους του ως D-E (Hogarth, 1901: 134–136; Πλάτων, 1974: 212).

²¹ Να σημειωθεί πως είναι το μόνο πλινθίου του ανακτόρου της Ζάκρου που έχει ξεστή δόμηση (Πλάτων, 1974: 212).

(Πλάτων, 1974, 213–214; Πλάτων, 2000: 56–57; Πλάτων, 2009: 44). Η ανασκαφή του ολοκληρώθηκε από τον Ν. Πλάτωνα σε δυο ανασκαφικές περιόδους, το 1968 και το 1969, ο οποίος και αρίθμησε εκ νέου τους χώρους του²².

Το Λοξό Κτήριο διέθετε ξυλοδεσιές και πλίνθινους εσωτερικούς τοίχους, κυρίως στον όροφο και τις κλίμακες, και ακόμα διατοιχίσματα και πρόχειρα φράγματα (Πλάτων 1968: 175–176, 178; 1969: 228). Το ισόγειο διαχωριζόταν στα δύο (τμήματα D–E) με εγκάρσιο τοίχο και, κατά συνέπεια, η επικοινωνία των δυο τμημάτων του θα μπορούσε να γίνει δυνατή μόνο διαμέσου των διαμερισμάτων του ορόφου (Πλάτων 1968: 174; 1974: 213–214).

Στο βορειοδυτικό τμήμα του Λοξού Κτηρίου, βρέθηκαν τέσσερα θεμέλια δωμάτια (E VI–IX) που ανήκουν στην παλαιοανακτορική φάση, τα οποία δεν επικοινωνούσαν μεταξύ τους και προφανώς ήταν προσιτά με καταπακτές εκ των άνω (Πλάτων, 1968: 180; 1969: 227; 1974: 213). Άνωθέν τους, πιθανολογείται πως είχε κατασκευαστεί μία μόνο αίθουσα, η οποία χρησιμοποιήθηκε μόνο κατά την τελική φάση του κτηρίου, και πιθανότατα περιλάμβανε δυο κίονες στήριξης της οροφής (Πλάτων, 1969: 227).

Η κύρια είσοδος, στο άνω βορειοδυτικό ήμισυ, ήταν εφοδιασμένη με μονόλιθο κατώφλι από τιτανόλιθο και οδηγούσε σε δωμάτιο (E X) με παρατοιχίο θρανίο (Πλάτων 1969, 227–228; Πλάτων, 2000: 56–57; Πλάτων, 2009: 43–44). Ίσως αποτελούσε εισαγωγικό προθάλαμο για τις κύριες αίθουσες, τις εκτεινόμενες πάνω από τις ισόγειες αίθουσες E I–V, ίσως και πάνω από την D I (Πλάτων, 1969: 227). Το δάπεδο του προθαλάμου ήταν αρμολογημένο με κόκκινο κονίαμα, ώστε να διαμερίζεται σε εννέα κανονικά σχεδόν ισόμετρα διάχωρα (Πλάτων 1969,

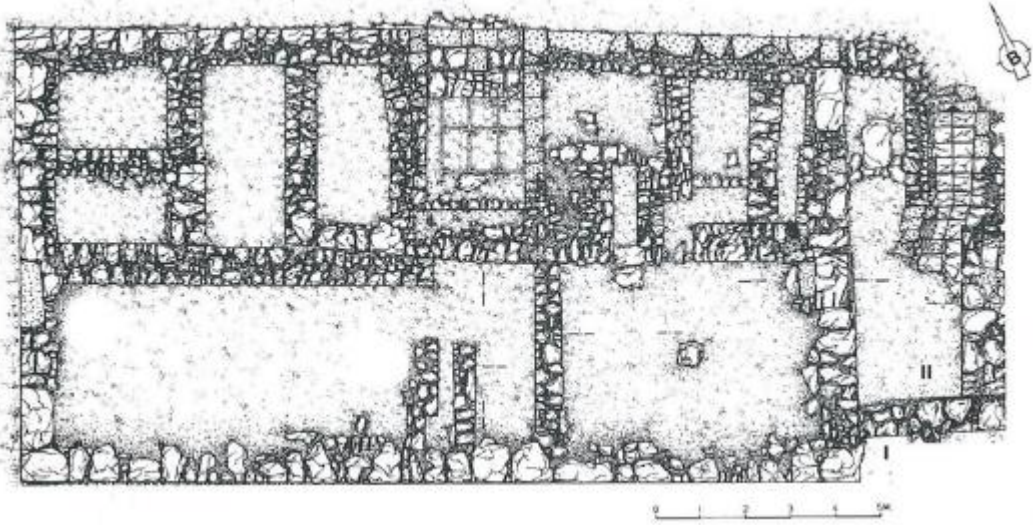
²² Ενώ, είχε προηγουμένως αποκαλύψει το νότιο τοίχο του Λοξού κτηρίου, άφησε την έρευνα της περιοχής έμπροσθεν και νοτίως του οικοδομήματος για εύθετο χρόνο, αφενός λόγω των μεγάλων λιθωσών που υπήρχαν στο σημείο αυτό και αφετέρου επειδή διακρίβωσε ότι η περιοχή είχε πρωτοοικοδομηθεί σε παλαιότερη περίοδο από το ανάκτορο, ήτοι κατά την MM III B – ΥΜ I A περίοδο (Πλάτων, 1965: 211–212; 1967: 180; 1974: 226–227).

228; Πλάτων, 2009: 43–44). Τα υπόλοιπα δάπεδα του ισογείου ήταν επιχρισμένα με χαλικάσβεστο ή πηλάσβεστο ή πατημένο πηλόχωμα (Πλάτων, 1968: 174–175, 177).

Στο μέσον του κύριου ισογείου δωματίου του ανατολικού τμήματος του κτηρίου (D I), υπήρχε πεσσός στηρίξεως που πατούσε σε κρηπίδα, το δε πάτωμα ήταν από πηλάσβεστο (Πλάτων, 1968: 177). Στον βόρειο τοίχο, υπήρχε στενή θύρα με κατώφλι ελαφρά κυανό και δίπλα της βρέθηκε δεύτερο ίσου πλάτους άνοιγμα, πιθανές απολήξεις κλιμάκων από το άνωθεν πάτωμα (D IV–V) (Πλάτων, 1969: 229).

Στα ανατολικά του, υπάρχει δωμάτιο, στο οποίο η άνοδος πραγματοποιείται με τρίβαθμη κλίμακα, συμπεριλαμβανομένου κατωφλιού. Το δωμάτιο αυτό (D II) θα μπορούσε να θεωρηθεί και προθάλαμος, αφού από το βόρειο μέρος του ξεκινά ανερχόμενη μεγάλη κλίμακα, της οποίας σώθηκε μόνο το ανατολικό λίθινο μέρος, που συνίσταται από εννέα βαθμίδες. Το δυτικό τμήμα της κλίμακας θα ήταν ξύλινο, κάτω από το οποίο θα διαμορφωνόταν “sottoscala” (Πλάτων, 1968: 177–178).

Το άνω βορειοανατολικό τμήμα του Λοξού Κτηρίου οικοδομήθηκε με ιδιαίτερη λαμπρότητα. Πάνω στα θεμέλια δωμάτια που επιχώθηκαν, κατασκευάστηκε, μάλλον, μία μόνον μεγάλη αίθουσα, στην οποία οδηγούσε και άλλη είσοδος με ωραίο μονόλιθο κατώφλι, ενώ ο βόρειος τοίχος της είχε κτιστεί με επιμέλεια, με μεγάλους ξεστούς πωρόλιθους (Πλάτων, 1969: 228–229).



Εικόνα 2.8: Κάτοψη Λοξού Κτηρίου (D-E).



Εικόνα 2.9: Αεροφωτογραφία Λοξού Κτηρίου (D-E).

III. ΛΙΘΟΙ

Τα φυσικά δομικά υλικά των αρχαίων μνημείων είναι κυρίως λίθοι, των οποίων το είδος συνήθως ποικίλλει αναλόγως του λιθογραφικού περιβάλλοντος της γειτονικής και ευρύτερης περιοχής των μνημείων. Η εξέταση της πετρολογικής δομής, σε συνδυασμό με την τοπογραφία και την τοπική γεωμορφολογία, συμβάλλουν ουσιαστικά στη μελέτη του πολιτιστικού υλικού, στην κατανόηση των αρχών της αρχαίας αρχιτεκτονικής, αλλά και της χρήσης των πρώτων υλών.

Το είδος του πετρώματος, η ορυκτολογική σύνθεση, ο ιστός και η υφή, η δομή της μάζας του πετρώματος, σε συνδυασμό με τον τρόπο λατόμησης, αλλά και την κατάσταση της επιφάνειας, μας δίνουν στοιχεία για το υλικό και το περιβάλλον του. Συνεπώς, μπορούμε στη συνέχεια να προτείνουμε λύσεις για την καλύτερη διαχείριση, αλλά και διατήρηση του στο χρόνο.

Η αναγνώριση της φθοράς, και κατά συνέπεια η σωστή ονομασία της, συνδέεται απόλυτα με τη διάγνωση των αιτιών φθοράς (των φθοροποιών παραγόντων δηλαδή που δρουν στο συγκεκριμένο περιβάλλον), με το είδος του λίθου, με την επεξεργασία του, με την ιστορία και τη διαδρομή του μνημείου.

III.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΘΩΝ

Ως πετρώματα χαρακτηρίζονται γενικά τα υλικά από τα οποία αποτελείται ο στερεός φλοιός της Γης, δηλαδή το ανώτερο στρώμα της λιθόσφαιρας. Τα πετρώματα σχηματίζονται από ένα ή περισσότερα ορυκτολογικά συστατικά και αυτά είναι που προσδιορίζουν τις ιδιότητές τους.

Με βάση τον τρόπο σχηματισμού τους, διακρίνονται σε τρεις μεγάλες γενετικές κατηγορίες (που αναλύονται ακολούθως). Σε βάθος γεωλογικών χρόνων, με τη δράση δυνάμεων δημιουργίας και

καταστροφής, εξωγενών (π.χ. αποσάθρωση, διάβρωση) και ενδογενών διεργασιών (π.χ. κίνηση λιθοσφαιρικών πλακών), παρατηρείται μία αέναη και δυναμικά μεταβαλλόμενη κατάσταση μετάπτωσης-μετασχηματισμού των πετρωμάτων από μία κατηγορία σε μία άλλη, κάτι το οποίο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως «κύκλος μετασχηματισμού»²³.

Τα πετρώματα, σε σχέση με τη διαδικασία που έλαβε χώρα για να δημιουργηθούν, χωρίζονται αναλόγως σε:

- Εκρηξιγενή ή πυριγενή πετρώματα. Γενικά, πρόκειται για πετρώματα που δημιουργούνται μετά από τη στερεοποίηση του μάγματος. Όταν η στερεοποίηση λαμβάνει χώρα αργά μέσα στο φλοιό και σε βάθος, τα πετρώματα που σχηματίζονται ονομάζονται πλουτωνίτες ή βαθυγενή, που είναι χονδροκρυσταλλικά (Σκουλικίδης, 2000: 21). Τέτοια είναι: ο γρανίτης, ο διορίτης, ο γάββρος, ο συηνίτης και ο περιδοτίτης ή πυροξενίτης. Όταν η στερεοποίηση γίνεται απότομα στην επιφάνεια του φλοιού της γης, τα πετρώματα που σχηματίζονται ονομάζονται ηφαιστειογενή ή ηφαιστίτες. Τέτοια είναι τα πετρώματα με ισχυρώς υαλώδη ιστό, όπως οψιανοί (ξεν. οψιδιανοί), οι πισσόλιθοι, οι κισσήρεις (ελαφρόπετρες) και οι περλίτες, οι ηφαιστειακοί τόφφοι, καθώς και οι βασάλτες κ.ά. (Μοροπούλου, 2005: 6). Ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε πυρίτια (SiO_2), χαρακτηρίζονται ως όξινα, για πάνω από 66% (SiO_2) και ως βασικά, για λιγότερο από 52% (Σκουλικίδης, 2000: 21). Υπάρχει μία ακόμα υποκατηγορία, όταν η στερεοποίηση γίνεται σε μικρά βάθη, κοντά στη γήινη επιφάνεια και σε ρήγματα, με ασυνέχειες. Τα πετρώματα που σχηματίζονται ονομάζονται υποηφαιστιακά ή φλεβικά (Λυριτζής, 2005: 80). Τα κύρια πετρογενετικά ορυκτά των πυριγενών πετρωμάτων είναι: ο χαλαζίας, άστριοι (ορθόκλαστα, πλαγιόκλαστα), μαρμαρυγίες,

²³ Κάθε ένας από τους μετασχηματισμούς μπορεί να διακοπεί σε κάποιο στάδιο, για αυτό και πολλές φορές τα όρια της μεταξύ τους διάκρισης ενδεχομένως να μην είναι ξεκάθαρα (Στεφανίδης, 2004: 62).

αμφίβολοι, πυρόξενοι, ολιβίνης, γρανάτες κ.ά. (Σκουλικίδης, 2000: 21).

- Ιζηματογενή πετρώματα, τα οποία, γενικώς, είναι πετρώματα που σχηματίστηκαν από υλικά αποσάθρωσης. Μεταφέρθηκαν μηχανικώς από τον τόπο δημιουργίας τους διά του νερού και του ανέμου, είτε αιωρούμενα είτε κυλιόμενα, και αποτέθηκαν σε έναν έγκοιλο ή γενικά σε μία χαμηλή περιοχή, όταν δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες συνθήκες (Παπαγεωργάκης, 1984: 98). Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η διαστρωμάτωση υλικών και τα απολιθώματα που βρίσκονται μέσα στα ιζήματα. Αναλόγως του τρόπου δημιουργίας τους, χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:
 - Κλαστικά ή μηχανικά ή θραυσματογενή πετρώματα, των οποίων τα περισσότερα ορυκτά υλικά προέρχονται από πρωτογενή μαγματικά πετρώματα ή από την αποσάθρωση με μηχανικές διεργασίες προϋπαρχόντων ιζηματογενών ή μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Αποτελούνται από συνδεδετικό υλικό που προέρχεται από τη διάλυση ορυκτών από το νερό και κόκκους. Το μέγεθος των μεταφερόμενων θραυσμάτων είναι ανάλογο της ταχύτητας του νερού ή του ανέμου, ενώ η ταχύτητα του νερού είναι ανάλογη της κλίσης του εδάφους. Κατά τη μεταφορά και απόθεση, γίνεται μία διαλογή των διάφορων θραυσμάτων. Η αντοχή και η ανθεκτικότητα του λίθου εξαρτάται από τη σύνθεση του συνδεδετικού υλικού και το ποσοστό του όγκου που καταλαμβάνει. Το συνδεδετικό υλικό μπορεί να είναι πυριτικό, ανθρακικό, σιδηροξείδια και υδροξείδια και αργιλικό. Γνωστά πετρώματα αυτής της κατηγορίας είναι: οι λατύπες ή λατυποπαγή, οι κροκάλες ή κροκαλοπαγή, οι άμμοι, οι ψαμμίτες, οι ιλυόλιθοι και οι άργιλοι (Μοροπούλου, 2005: 28).
 - Χημικά ιζήματα. Τα πετρώματα αυτά παράγονται από κλασματικές καθιζήσεις υλικών, που βρίσκονται σε διάλυση μέσα σε νερό (Σκουλικίδης, 2000: 21). Η διάλυση επήλθε κατά την κυκλοφορία των νερών της βροχής μέσα σε διάφορα

πετρώματα, εξαιτίας της διαλυτικής ικανότητάς τους, η οποία αυξάνεται με την παρουσία CO₂ (Μοροπούλου, 2005: 28). Η απόθεση αυτών των ιζημάτων γίνεται σε λίμνες ή κλειστές θαλάσσιες λεκάνες και ο σχηματισμός συμβαίνει λόγω φυσικοχημικών επιδράσεων. Πετρώματα τέτοιας προέλευσης είναι η γύψος, ο ανυδρίτης, το ορυκτό αλάτι, ο ωλιθικός ασβεστόλιθος και ο τραβερτίνης (Παπαγεωργάκης, 1984: 98).

- Βιογενή ή οργανογενή ιζήματα. Τα πετρώματα αυτά σχηματίζονται από τα ασβεστολιθικά ή πυριτικά κελύφη και τους σκελετούς διάφορων ζώων. Τα ζώα αυτά είτε ζουν προσκολλημένα στον πυθμένα είτε αιωρούνται μέσα στο νερό της θάλασσας και, εξαιτίας του μεγάλου τους πλήθους κατά καιρούς, έχουν δημιουργήσει εκτεταμένα πετρώματα. Πετρώματα τέτοιας προέλευσης είναι τα είδη των οργανογενών ασβεστόλιθων, όπως είναι ο κογχυλιογενής, ο κοραλλιογενής, ο λιθογραφικός και άλλοι, οι κερατόλιθοι και οι δολομίτες (Λαμπρόπουλος, 1993: 5).
- Μεταμορφωμένα ή μεταμορφωσιγενή πετρώματα, τα οποία προκύπτουν από άλλα προϋπάρχοντα (εκρηξιγενή ή ιζηματογενή), έπειτα από ιστολογικές, ορυκτολογικές και χημικές μεταβολές, χωρίς όμως να υποστούν τήξη (Μοροπούλου, 2005: 28). Πετρώματα τέτοιας προέλευσης είναι: τα είδη των μαρμάρων, όπως της Σκύρου, της Πάρου, το Πεντελικόν και άλλα (που προέρχονται από ασβεστόλιθο), οι γνεύσιοι, οι σχιστόλιθοι, οι χαλαζίτες, οι αμφιβολίτες, οι σερπεντίτες κ.ά. (Παπαγεωργάκης, 1984: 119-120).

III.2. ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΛΙΘΩΝ

Ο λίθος αποτελεί το πιο διαδεδομένο φυσικό υλικό δόμησης. Το φαινόμενο της φθοράς του λίθου στα ιστορικά μνημεία περιλαμβάνει όλες εκείνες τις διεργασίες που συμβάλλουν στην αλλοίωση του χημικού χαρακτήρα, της συνοχής, των διαστάσεων και της αισθητικής του, αλλά και στην υποβάθμιση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του.

Ο ρυθμός της φθοράς και οι λόγοι που την προκαλούν εξαρτώνται, κάθε φορά, τόσο από τον τύπο του λίθου, όσο κι από τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, όπου βρίσκεται (π.χ. όταν βρίσκεται σε αστικό περιβάλλον). Στην πράξη, όμως, έχει παρατηρηθεί ότι, όταν προκαλείται η φθορά, συντρέχουν συγχρόνως περισσότεροι του ενός λόγοι. Είναι δηλαδή αποτέλεσμα συνδυασμού διάφορων και ποικίλλων κάθε φορά αιτιών. Οι αιτίες αυτές χαρακτηρίζονται ως παράγοντες διάβρωσης και μπορούν να έχουν χαρακτήρα μηχανικό, φυσικό, χημικό και βιολογικό.

Η ορυκτολογική-πετρολογική μελέτη, η μικροφασική ανάλυση και η μελέτη των εξαλλοιώσεων που έχουν υποστεί οι λίθοι, αποτελούν βασικά βήματα για τον προσδιορισμό του είδους των δομικών λίθων και τον εντοπισμό των αιτιών φθοράς τους.

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του λίθου, όπως είναι η ορυκτολογική σύσταση, το χρώμα, η θραύση, το μέγεθος των κρυστάλλων, η ύπαρξη απολιθωμάτων, το πορώδες, η παρουσία φλεβιδίων και άλλα, τα οποία οφείλονται στον τρόπο γένεσής του και στην εξελικτική πορεία των δεκάδων ως εκατοντάδων εκατομμυρίων χρόνων από αυτήν, ελέγχουν τις φυσικομηχανικές ιδιότητες του, καθώς και τη φθορά του σε βάθος χρόνου. Οι φθορές που επέρχονται από τον χρόνο, λόγω των προαναφερθέντων, οφείλονται σε ενδογενείς παράγοντες. Η φθορά των δομικών λίθων των μνημείων οφείλεται σε συνδυασμό ενδογενών παραγόντων με εξωγενείς παράγοντες. Οι εξωγενείς παράγοντες είναι οι κλιματικές περιβαλλοντικές συνθήκες (ρύποι, υγρασία και βροχοπτώσεις, άνεμοι, ηλιοφάνεια και η απόσταση μέχρι τη θάλασσα), καθώς και τα μικροκλίματα που επικρατούν στη

στενή και ευρύτερη περιοχή των μνημείων (ιδιαίτερη θέση του μνημείου, γειτονικά υλικά, προσανατολισμός).

Συνεπώς, όταν διαγνωσθούν ενδογενείς παράγοντες (πορώδες, ανομοιογένεια ορυκτολογικής σύστασης και δομής, παρουσία διογκούμενων ορυκτολογικών ορυκτών), σε συνδυασμό με τη μελέτη των εξωγενών (κλιματικές συνθήκες, ρύπανση κλπ.), είναι δυνατό να εφαρμοστεί η κατάλληλη μεθοδολογία για την αποκατάσταση ή/και προστασία των μνημείων.

III.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΛΙΘΩΝ

Τα πετρώματα, όπως προαναφέρθηκε, διακρίνονται αναλόγως του τρόπου σχηματισμού τους σε τρεις κατηγορίες (εκρηξιγενή, ιζηματογενή και μεταμορφωμένα).

Η ορυκτολογική σύνθεση, ο ιστός, η υφή, η μακροδομή του σχηματισμού της γεωλογικής μάζας και το χρώμα είναι βασικά χαρακτηριστικά των λίθων.

Η ορυκτολογική σύνθεση προσδιορίζει τις ιδιότητες ενός πετρώματος, δεδομένου ότι αυτές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ορυκτών φάσεων που το συνθέτουν. Ως ιστός ορίζεται ο προσανατολισμός στο χώρο των διάφορων ορυκτών και συστατικών, αναλόγως του αν πρόκειται για κρυστάλλους ή κόκκους. Η υφή περιγράφει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διάφορων φάσεων, το μέγεθος, το σχήμα και τη μεταξύ τους σχέση (Θεουλάκης, 1994α: 2).

Μαγματικά ή εκρηξιγενή πετρώματα

Τα μαγματικά ή εκρηξιγενή πετρώματα έχουν γενικά συμπαγή δομή και μικρή υδροπερατότητα. Η διάβρωσή τους είναι πολύ περιορισμένη και οφείλεται στην αλλοίωση των αργιλοπυριτικών ορυκτών και στις εσωτερικές τάσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στους κρυστάλλους κατά τις ισχυρές θερμοκρασιακές μεταβολές. Η προσβολή εκδηλώνεται

στα εξωτερικά στρώματα του λίθου. Την αντοχή αυτών των λίθων την επηρεάζει η ορυκτολογική σύσταση με τρόπο χαρακτηριστικό. Λίθοι όπου οι άστριοι συμμετέχουν σε μεγάλο ποσοστό στη σύστασή τους, διαβρώνονται ταχύτερα από αυτούς χωρίς ορυκτά, από την ομάδα των αστρίων. Πέτρες που αποτελούνται από αστρίους, χαλαζία και μαρμαρυγίες αλλοιώνονται ευκολότερα, συγκριτικά με πέτρες της ίδιας ομάδας, χωρίς μαρμαρυγίες. Τέλος, στην περίπτωση που έχουμε μαρμαρυγίες και οι πέτρες περιέχουν βιοτίτη, τα υλικά διαβρώνονται ταχύτερα από εκείνα που περιέχουν μοσχοβίτη (Παπαγεωργάκης, 1984: 86–88).

Ιζηματογενή πετρώματα

Οι φυσικές ιδιότητες των ιζηματογενών λίθων εξαρτώνται κυρίως από την ορυκτολογική σύνθεση, τον ιστό και τη δομή του γεωλογικού στρώματος. Οι μορφές διάβρωσης που εκδηλώνονται είναι ποικίλες και εξαρτώνται από τις συνθήκες του μικροκλίματος. Όταν η πέτρα είναι εκτεθειμένη στη βροχή, που επιφέρει διάλυση του συνδετικού υλικού και μηχανική απόσπαση κόκκων, οι εξωτερικές επιφάνειες είναι τραχείες και ακανόνιστες. Η χαρακτηριστική μορφή της κυψέλωσης εμφανίζεται, όταν τα φαινόμενα σχετίζονται με τη δράση (κρυστάλλωση, ενυδάτωση) των διαλυτών αλάτων. Αντίθετα, σχηματίζεται επιφανειακή κρούστα ανθρακικών αλάτων και στρώμα επικαθήσεων, όταν η πέτρα προστατεύεται από την άμεση πρόσπτωση της βροχής και τα ισχυρά ρεύματα του αέρα, ενώ συγχρόνως δέχεται σημαντικές ποσότητες υγρασίας κυρίως από το εσωτερικό της τοιχοποιίας (ανερχόμενη υγρασία, συμπύκνωση) (Θεουλάκης, 1994α: 5).

Ιδιαίτερος χαρακτηριστικό πέτρωμα της κατηγορίας των κλαστικών ιζημάτων είναι ο ψαμμίτης. Οι ψαμμίτες αποτελούνται από κόκκους-θραύσματα ασβεστιτικής ή χαλαζιακής, ως επί το πλείστον, σύστασης, χωρίς να αποκλείονται, σε μικρότερο όμως ποσοστό, ορυκτά όπως οι άστριοι, οι πυρόξενοι, οι αμφίβολοι και άλλα. Η διάμετρος των κόκκων κυμαίνεται μεταξύ 0,2–2 mm. Συνδέονται μεταξύ τους με συγκολλητικό υλικό, που μπορεί να ποικίλλει σημαντικά ως προς το

είδος και την ποσότητα. Το συγκολλητικό αυτό υλικό είναι πολλές φορές μίγμα διάφορων ορυκτών κρυσταλλικών και άμορφων. Το γεγονός αυτό καθιστά τη διαδικασία της διάβρωσης περισσότερο πολύπλοκη και μάλιστα σε συνδυασμό με τα στοιχεία που συνθέτουν το περιβάλλον της πέτρας (Παπαγεωργάκης, 1984: 103).

Χαρακτηριστικό πέτρωμα της κατηγορίας των χημικών ιζημάτων είναι οι ασβεστόλιθοι, που σχηματίζονται με καθίζηση των συστατικών τους σε υδάτινες λεκάνες ή ρεύματα.

Τα βασικά αίτια φθοράς τους προέρχονται από χημική διάλυση, από όξινη προσβολή δηλαδή, και από τη μηχανική δράση του νερού. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του πετρώματος, τόσο από πλευράς δομής όσο και σύστασης, διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στην ένταση και στον ρυθμό που εξελίσσονται τα φαινόμενα της φθοράς του (Παπαγεωργάκης, 1984: 113). Ασβεστόλιθοι με ευδιάκριτα και πυκνά επίπεδα στρώσης (επίπεδα αδυναμίας στη δομή του λίθου, που παρουσιάζονται από την εμφάνιση αργίλων), με πυκνό δίκτυο διακλαδώσεων και στυλολίθους να διατρέχουν τη μάζα τους, αποδεικνύονται ιδιαίτερα ευάλωτοι σε φαινόμενα που σχετίζονται με τη δράση του νερού και των διαλυμάτων του, όπως η χημική διάλυση, ο παγετός, η κρυστάλλωση αλάτων, η ανάπτυξη οσμωτικών πιέσεων και η διόγκωση αργίλων. Οι στυλόλιθοι είναι χαρακτηριστικές φλέβες, «ραφές», που παρουσιάζονται από την εμφάνιση αργιλοπυριτικών ορυκτών και οξειδίων ή υδροξειδίων του σιδήρου. Η παρουσία τους είναι επιβλαβής, γιατί διακόπτουν τη συνέχεια του πετρώματος και διευκολύνουν την είσοδο και κυκλοφορία των διαλυμάτων. Αποτελούν από μόνοι τους σοβαρό αίτιο φθοράς, λόγω της εμφάνισης φαινόμενων, όπως η διόγκωση και η εξαλλοίωση των αργίλων) (Θεουλιάκης, 1994α: 6).

Μεταμορφωσιγενή πετρώματα

Στην τρίτη κατηγορία λίθων, στα μεταμορφωσιγενή, πολύ χαρακτηριστικό πέτρωμα είναι το μάρμαρο, που έχει προέλθει από τη μεταμόρφωση του ασβεστολίθου. Κυρίως, αποτελείται από ασβεστίτη (CaCO_3), ορυκτό του εξαγωνικού συστήματος με τέλειο ρομβοεδρικό

σχισμό, σκληρότητα 3 κατά MOHS και ειδικό βάρος $2,7 \text{ gr/cm}^3$. Εκτός από τον ασβεστίτη, το μάρμαρο μπορεί να περιέχει και δολομίτη, ορυκτό που κρυσταλλώνεται επίσης στο εξαγωνικό και είναι σκληρότερο 3,5–4 κατά MOHS και βαρύτερο $2,9 \text{ gr/cm}^3$. Η παρουσία του δολομίτη καθιστά την κατεργασία του μαρμάρου πιο δυσχερή και επιταχύνει τη φθορά του. Σημαντική επίσης μπορεί να είναι η παρουσία μη ανθρακικών ορυκτών, όπως ο χαλαζίας, ο χλωρίτης, ο μοσχοβίτης και άλλα. Τα φυλλοπυριτικά ορυκτά, όπως ο μοσχοβίτης, ο χλωρίτης και ο φλογοπίτης, διατάσσονται παραλλήλως προς τη διεύθυνση επιμήκυνσης των κρυστάλλων του ασβεστίτη και αυξάνουν τη σχιστότητα του μαρμάρου, ενώ συγχρόνως συνιστούν επιφάνειες ή περιοχές μειωμένης αντίστασης στους διαβρωτικούς παράγοντες, ιδιαίτερα μάλιστα στην περίπτωση του χλωρίτη.

Τα μάρμαρα διακρίνονται σε λεπτοκοκκώδη, μεσοκοκκώδη και χονδροκοκκώδη, ανάλογα αν οι κρύσταλλοι του ασβεστίτη (ή του δολομίτη) έχουν διαστάσεις, $d=0,01-0,05 \text{ mm}$, $d=0,6-2 \text{ mm}$ και $d=2-6 \text{ mm}$ αντιστοίχως. Τα λεπτοκοκκώδη μάρμαρα θεωρούνται ανώτερης ποιότητας και είναι ανθεκτικότερα (Λαμπρόπουλος, 1993: 9). Η αντοχή, όμως, των μαρμάρων εξαρτάται εξίσου και από τα ιστολογικά χαρακτηριστικά τους, αλλά και τις τυχόν υπάρχουσες προσμίξεις. Επειδή το μάρμαρο έχει πάρα πολύ χαμηλό πορώδες, της τάξεως του 0,3%, δεν επιτρέπει, ουσιαστικά, παρά μόνο διάβρωση με διάλυση ή απευθείας προσβολή από αέριους ρύπους (Λαμπρόπουλος, 1993: 11). Οι αξιόλογες περιοδικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις επιφέρουν χαλάρωση της συνοχής μεταξύ των κρυστάλλων κυρίως στα εξωτερικά στρώματα της πέτρας, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η όξινη κι η εν ξηρώ προσβολή, λόγω αυξήσεως της διεπιφάνειας. Τέλος, σε έντονο θαλάσσιο περιβάλλον εκδηλώνεται χαλάρωση και κατάρρευση των κόκκων στην επιφάνεια, που οφείλεται στη δράση των διαλυτών αλάτων (Παπαγεωργάκης, 1984: 123–125).

III.4. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥΣ

Τα φαινόμενα φθοράς μπορούν ανάλογα με τον τρόπο που λειτουργούν στον λίθο να χωριστούν σε φυσικό-μηχανικά, χημικά και βιολογικά. Τα φαινόμενα της φθοράς εκδηλώνονται στις διεπιφάνειες των υλικών και είναι συνάρτηση ενδογενών και εξωγενών παραγόντων.

III.4.1. ΦΥΣΙΚΟ-ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ

Φαινόμενα που προκαλούν φθορά με φυσικό-μηχανικό χαρακτήρα είναι η διόγκωση των αργίλων, τα διαλυτά άλατα και οι θερμοκρασιακές μεταβολές.

Η διόγκωση των αργίλων

Οι περισσότερες άργιλοι έχουν θιξοτροπικές ιδιότητες, που εκδηλώνονται με τη μετατροπή τους σε λεπτή σκόνη κατά την ξήρανση. Το φαινόμενο εκδηλώνεται όταν στις ανασκαφές, οι πέτρες των θεμελίων, συνήθως μαργαϊκές, έρχονται σε επαφή με τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες διάβρωσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία κατάρρευση του λίθου, που οφείλεται στους κύκλους ύγρανσης-ξήρανσης (Λαμπρόπουλος, 1993: 25).

Τα διαλυτά άλατα

Η φυσική πέτρα μπορεί να περιέχει στους πόρους της υδατοδιαλυτά άλατα, είτε ως φυσικά συστατικά της, είτε προερχόμενα από το έδαφος θεμελίωσης, από τη θάλασσα μέσω του αέρος ή του εδάφους, από την επιφάνεια της ίδιας της πέτρας, όπου προκύπτουν ως προϊόντα της αντίδρασης των αέριων ρυπαντών με τα ορυκτά της πέτρας, από επαφή με τσιμέντο (που είναι πηγή θεικών, ανθρακικών και διαλυτών πυριτικών αλάτων), από τους δρόμους, όπου ρίχνονται ως αντιπαγωτικά και, τέλος, από σωματίδια αλάτων της ατμοσφαιρας, κυρίως μέσω του φαινομένου της συμπύκνωσης (Λαμπρόπουλος, 1993: 28). Τα άλατα δρουν στην πέτρα με ποικίλους τρόπους, που εξαρτώνται από τον τρόπο της κυκλοφορίας τους, τη θερμοκρασία και τη

συγκέντρωσή τους. Η κίνηση των αλάτων μπορεί να γίνει, είτε με διάχυση ιόντων σε μία υδατοκορεσμένη πέτρα από περιοχές υψηλής ιοντικής συγκέντρωσης προς άλλες χαμηλότερες, είτε μέσω των τριχοειδών πόρων. Ειδικά στις πέτρες με κατάλληλο ανεπτυγμένο σύστημα τριχοειδών, η μετακίνηση των αλάτων γίνεται με την κυκλοφορία της υγρασίας στο σύστημα των τριχοειδών πόρων, παρά με τη διάχυση ιόντων. Τα πιο συνηθισμένα διαλυτά άλατα που κυκλοφορούν μέσα στους πόρους είναι: NaCl, KCl, KNO₃, NaNO₃, NH₄NO₃, KHCO₃, Na₂CO₃·H₂O, Na₂CO₃·10H₂O, Na₂SO₄, Na₂SO₄·10H₂O, K₂SO₄, MgCO₃, MgSO₄·H₂O, MgSO₄·7H₂O, MgSO₄·6H₂O, CaSO₄·2H₂O, CaCl₂·6H₂O, MgCl₂·6H₂O (Θεουλάκης, 1994α: 148).

Η φθορά που μπορεί να προκαλέσουν τα διαλυτά άλατα στην πέτρα μπορεί να προέλθει από τους παράγοντες που αναλύονται ακολούθως, αναλόγως και με τη δομή του πορώδους του λίθου:

- Από την πίεση που θα προκληθεί στο εσωτερικό ενός πορώδους στερεού από την κρυστάλλωση των αλάτων.
- Από την πίεση της ενυδάτωσης των αλάτων, διότι μερικά άλατα ενυδατώνονται και αφυδατώνονται εύκολα, αναλόγως των αλλαγών της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας της ατμοσφαιράς. Η προσαρμογή στο νέο περιβάλλον επιτυγχάνεται καθώς το άλας μεταπίπτει σε μία σταθερή ένυδρη μορφή. Η απορρόφηση νερού κατά την μετάπτωση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου του άλατος και την ανάπτυξη πιέσεων στα τοιχώματα των πόρων (Θεουλάκης, 1994α: 151).
- Από τη δράση των χλωριούχων αλάτων, των αλκαλίων και των αλκαλικών γαιών, διότι τα χλωριούχα άλατα είναι πολύ πιο ευκίνητα από τα θειικά και τα ανθρακικά, διεισδύουν παντού και χαλαρώνουν πολλές κρυσταλλικές δομές. Κάνουν μεγάλα συγκροτήματα μορίων να «πέπτονται». Αυξάνουν τη μη στοιχειομετρία των κρυστάλλων και, συνεπώς, συμβάλλουν στην καταστροφή του συνδετικού υλικού των κόκκων (συνήθως του ασβεστίτη). Θεωρούνται υπεύθυνα για τα φαινόμενα φθοράς, όπως η απολέπιση και η κυφέλωση (Λαμπρόπουλος, 1993: 31).

- Από την όσμωση και την οσμωτική πίεση, που είναι το φαινόμενο της μετακίνησης των μορίων του διαλυτικού μέσω ημιπερατής μεμβράνης, από τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις προς τις υψηλότερες (Θεουλάκης, 1994α: 149).
- Από τη διαφορική θερμική διαστολή των αλάτων που βρίσκονται παγιδευμένα στους πόρους της πέτρας και μπορούν να προκαλέσουν τη διάρρηξη της.
- Από τον σχηματισμό εξανθήσεων στην επιφάνεια της πέτρας. Οι τελευταίες εμφανίζονται κυρίως το χειμώνα και εξαφανίζονται το καλοκαίρι, διότι σε ψυχρό και υγρό καιρό γίνεται εμφανής η ένυδρη μορφή των αλάτων (όταν υπάρχει). Σε βροχερή περίοδο εμφανίζεται κάθε φορά καινούρια ποσότητα από άλατα, που απλώνουν πάνω στην επιφάνεια προς όλες τις κατευθύνσεις. Οι εξανθήσεις πάντα εμφανίζονται στα όρια υγρής και στεγνής περιοχής και εκεί που υπάρχουν ρωγμές. Όταν το νερό διεισδύει κάπου, εμφανίζονται εξανθήσεις στα σημεία που αυτό ξαναβγαίνει στην επιφάνεια (Μοροπούλου, 2006: 6).

Θερμοκρασιακές μεταβολές

Η επίδραση των θερμοκρασιακών μεταβολών είναι ανάλογη με το αν υπάρχει παρουσία ή όχι νερού στους πόρους και τις ρωγμές της πέτρας. Τα φαινόμενα που προκαλούνται από τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις (χωρίς την παρουσία υγρασίας) εξαρτώνται από παράγοντες, όπως ο συντελεστής θερμικής διαστολής, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, η ειδική θερμότητα και το εύρος/ρυθμός της θερμοκρασιακής μεταβολής (Θεουλάκης, 1994α: 72).

Οι πέτρες έχουν υπερδιπλάσια αγωγιμότητα σε σύγκριση με τα μέταλλα. Τα μέταλλα, τα ορυκτά και τα πετρώματα διαστέλλονται το ίδιο εύκολα και, λόγω της μικρής θερμικής αγωγιμότητας της πέτρας, δημιουργούνται σημαντικές τάσεις ανάμεσα στα εξωτερικά και τα εσωτερικά στρώματα, κατά τη διάρκεια των κύκλων θέρμανσης-ψύξης. Οι πέτρες αποτελούνται από περισσότερα του ενός ορυκτά, με

διαφορετικούς συντελεστές θερμικής διαστολής, θερμικής αγωγιμότητας και τιμές της ειδικής θερμότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διαστέλλονται και να συστέλλονται με διαφορετική ταχύτητα και όχι με τον ίδιο ρυθμό, πράγμα που οδηγεί στην ανάπτυξη μηχανικών τάσεων μέσα στη μάζα, κατά τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Γενικώς, ύστερα από εναλλασσόμενους κύκλους θέρμανσης-ψύξης παρατηρείται μείωση των μηχανικών αντοχών, ρηγματώση και ελάττωση της ταχύτητας διέλευσης των υπερήχων (Λαμπρόπουλος, 1993: 45).

Η δράση του παγετού στη διάβρωση της πέτρας θα μπορούσε να είναι υποενόητα των θερμοκρασιακών μεταβολών. Το φαινόμενο δημιουργείται διότι η πυκνότητα του νερού μεταβάλλεται απότομα κάτω από τους +4°C, κάτι το οποίο ισχύει και για τον πάγο, με αποτέλεσμα κατά την τήξη του να δημιουργούνται φθορές, σε αναλογία πάντα και με το πορώδες του λίθου (Θεουλιάκης, 1994α: 82).

III.4.2. ΧΗΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ

Η διάβρωση της πέτρας από χημικούς παράγοντες είναι αποτέλεσμα διεργασιών ανάμεσα στην επιφάνεια της πέτρας και της ρυπασμένης ατμοσφαιράς.

Φαινόμενα που προκαλούν τη φθορά με χημικό τρόπο είναι:

- Η εν ξηρώ απόθεση αέριων (SO_2 , SO_3) και σωματιδιακών ρύπων. Αυτό συμβαίνει όταν στην επιφάνεια της πέτρας συγκεντρώνονται ρυπαντές από την ατμόσφαιρα (αέριας ή σωματιδιακής φύσης), με τη βοήθεια μόνο των κινήσεων του αέρα (άνεμοι, τυρβώδης ροή κοντά στην επιφάνεια), της μοριακής διάχυσης, της κίνησης Brown²⁴ και άλλων φορτικών διεργασιών. Φαινόμενο φθοράς που παρουσιάζεται είναι η γυψοποίηση και η δημιουργία μαύρης κρούστας.
- Η υγρή απόθεση ατμοσφαιρικών ρύπων, όπου οι ρύποι μεταφέρονται στην πέτρα διαλυμένοι στο νερό, μέσω των

²⁴ Κίνηση Brown καλείται η τυχαία κίνηση στερεών σωματιδίων μέσα σε ένα υγρό ή αέριο.

μετεωρολογικών κατακρημνισμάτων και της συμπύκνωσης που συμβαίνει στην επιφάνεια των μνημείων. Φαινόμενο φθοράς που προκαλείται είναι η όξινη προσβολή και η δημιουργία μαύρης κρούστας.

- Η συμπύκνωση, αλλά και η εξάτμιση, υγρασίας από την επιφάνεια της πέτρας (Torraca, 1988: 39-44).

III.4.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ

Οι μικροοργανισμοί, τα φυτά και τα ζώα μπορούν επίσης να προκαλέσουν εκτεταμένες φθορές στην πέτρα, χημικής ή και μηχανικής φύσης.

Γενικά, στους λίθους ευνοείται η ανάπτυξη μικροοργανισμών, οι οποίοι, σε συνδυασμό με ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες, μπορούν να προκαλέσουν τη βιολογική φθορά τους. Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που ελέγχουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών είναι η πρωτογενής ενεργειακή τροφοδοσία (το φως), οι θρεπτικοί παράγοντες (τα στοιχεία ή και ενώσεις από το σύνολο των ορυκτών που συνθέτουν την πέτρα και οργανικές ουσίες που επικάθονται στο ανόργανο υπόστρωμα), το βιοκλίμα (είναι όλοι οι κλιματικοί παράγοντες, που επηρεάζουν τη βιολογική δραστηριότητα) και η ρύπανση της ατμοσφαιράς (οι αέριοι ρύποι, που μπορεί να έχουν θετική επίδραση, αν και πιο συχνά αναστέλλουν τη βιολογική δραστηριότητα).

Όπως προαναφέρθηκε, η βιολογική φθορά της πέτρας περιλαμβάνει τόσο φυσικές όσο και χημικές διεργασίες. Ως φυσικές εννοούμε τη μηχανική ρηγμάτωση και αποσάθρωση της πέτρας εξαιτίας των πιέσεων, που ασκεί κατά την ανάπτυξη του ο οργανισμός, ολόκληρος ή κάποια τμήματά του (π.χ. οι ρίζες). Ως χημικές εννοούμε τη δράση των προϊόντων του μεταβολισμού, όπως η παραγωγή οργανικών ή/και ανόργανων οξέων, η παραγωγή ουσιών που προκαλούν συμπλοκοποίηση των κατιόντων της πέτρας. Η βιοδιάβρωση είναι αποτέλεσμα πολλών μικροοργανισμών, που μπορεί να ανήκουν και σε διαφορετικές συστηματικές ομάδες (Λαμπρόπουλος, 1993: 47).

Βακτήρια ή βάκιλοι

Τα βακτήρια ή βάκιλοι διακρίνονται σε αυτότροφους και ετερότροφους μικροοργανισμούς:

Οι αυτότροφοι μικροοργανισμοί, παίρνουν ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία και τις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής και μπορούν να οξειδώσουν μερικά ανόργανα συστατικά.

Οι ετερότροφοι μικροοργανισμοί παίρνουν ενέργεια από το ήδη υπάρχον οργανικό υλικό (που συνήθως παράγουν οι λειχήνες στην επιφάνεια της πέτρας) και αναπτύσσονται σε αλκαλικό περιβάλλον (Ph=8-8,5). Οξειδώνουν θειούχες ενώσεις του εδάφους, οι οποίες στη συνέχεια σχηματίζουν θειικό οξύ που εισχωρεί στην πέτρα και μετατρέπει το ανθρακικό ασβέστιο σε θειικό ασβέστιο. Τα ετερότροφα βακτήρια παράγουν οργανικά οξέα, τα οποία προσβάλλουν τα ανθρακικά συστατικά των λίθων (Torraca, 1988: 49).

Άλγη

Τα άλγη διακρίνονται ως διαβρωτικά και διατρητικά. Συνήθως, στους λίθους σε ατμοσφαιρικές συνθήκες, συναντώνται:

- Τα κυανά άλγη ή κυανοφύκη, που διαθέτουν χλωροφύλλη και άλλες χρωστικές, μπλε και κόκκινες, που τους επιτρέπουν να αξιοποιούν και τις ελάχιστες ποσότητες φωτός ή τα προστατεύουν από τον πολύ έντονο ήλιο. Το υγροσκοπικό περιβλημά τους τα προστατεύει από τη ξηρασία, διότι τους επιτρέπει να αξιοποιούν πολύ μικρές ποσότητες νερού και να προσκολλώνται σε όλες τις επιφάνειες, από όπου απομακρύνονται μετά το θάνατό τους. Η παρουσία έντονα ροφητικών ορυκτών (μπεντονίτης, ατταπουλγίτης, σεπιόλιθος) καταπολεμά την ανάπτυξή τους.
- Τα πράσινα άλγη ή χλωροφύκη είναι πιο πολύπλοκοι οργανισμοί. Αναπτύσσονται σε θέσεις με σταθερή υγρασία και όχι πολύ έντονο ηλιακό φως, εκτός από κάποια είδη με πορτοκαλί χρωστική, που ευδοκούν σε πολύ έντονο φωτισμό. Τα χλωροφύκη σχηματίζουν

κρούστες με ανοικτό πράσινο χρώμα, ενώ πολλές φορές εμφανίζονται ανάμεσα σε αποικίες κυανοφυκών για καλύτερη προστασία. Υπό ευνοϊκές συνθήκες, η ανάπτυξή τους είναι πολύ γρήγορη, ώστε να καλύπτουν ολόκληρο τοίχο σε λίγες μόνο μέρες. Τέλος, το πλύσιμο ευνοεί την ανάπτυξη τους.

- Τα κόκκινα φύκη είναι κυρίως θαλάσσια και μόνο ένα είδος έχει επισημανθεί να ζει σε ατμοσφαιρικές συνθήκες πάνω στην πέτρα, σε χαμηλό πάντα φωτισμό (Λαμπρόπουλος, 1993: 47).

Μύκητες

Οι μύκητες και οι ακτινομύκητες προκαλούν φθορά στους λίθους, η οποία δεν μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα αν δεν υπάρχουν στην επιφάνεια οργανικά υπολείμματα. Οι μύκητες αναπτύσσονται σε όξινο περιβάλλον (Ph=5-5,5). Τρέφονται με λίγο οργανικό υλικό και μπορούν να εισχωρήσουν βαθιά μέσα στη μάζα της πέτρας. Οι στρεπτομύκητες – παρουσίαθεικών ενώσεων – παράγουνθειικό οξύ, το οποίο προσβάλλει και διαλυτοποιεί τους ασβεστιτικής σύστασης λίθους. Γενικώς, προκαλούν λεκέδες στην επιφάνεια του λίθου και στη συνέχεια μετατρέπουν σε υδατοδιαλυτές ενώσεις διάφορα αδιάλυτα συστατικά με αποτέλεσμα την απομάκρυνσή τους, την αύξηση του πορώδους και τελικά τη μείωση της συνοχής των κρυσταλλικών δεσμών. Συναντώνται κυρίως στο χώμα παρά πάνω σε τοίχους. Η εφαρμογή υδροφόρων τους αφήνει σχεδόν ανεπηρέαστους. Για την καταπολέμησή τους, χρειάζεται προηγουμένως να γίνει αντιβιογράφημα και να εντοπισθούν τα κατάλληλα κατά περίπτωση αντιβιοτικά. Τα πιο συνηθισμένα είναι η αμπικιλίνη, το χλωριούχο βενζαλκόνιο και η ιμιδαζολινυλουρία (Λαμπρόπουλος, 1993: 49).

Λειχήνες

Οι λειχήνες είναι συμβιωτικοί οργανισμοί δημιουργημένοι από τον σύνδεσμο μικροσκοπικών πράσινων φυκών ή κυανοβακτηρίων και νηματοειδών μυκήτων ή μανιταριών. Οι λειχήνες λαμβάνουν το

εξωτερικό σχήμα του μύκητα με τον οποίο συνεργάζονται και έτσι ονομάζονται με βάση τον μύκητα. Ο μύκητας, συνήθως, σχηματίζει το μεγαλύτερο μέρος του σώματος των λειχήνων, αν και αυτό μπορεί να μη συμβεί σε νηματοειδείς και ζελατινώδεις λειχήνες. Ο μύκητας της λειχήνας είναι μέλος των Ascomycota - σπανιότερα μέλος των Basidiomycota. Μερικοί μελετητές τοποθετούν τις λειχήνες σε δική τους κατηγορία, αυτή των Mycorrhycophyta, αλλά αυτή η πρακτική αγνοεί το γεγονός πως συστατικά ανήκουν σε διαφορετικές γενεαλογίες. Τα κύτταρα των φυκιών περιέχουν χλωροφύλλη, που τους επιτρέπει να ζουν σε καθαρά ανόργανο περιβάλλον, παράγοντας τα δικά τους οργανικά μείγματα. Ο μύκητας προστατεύει το φύκος από το να ξεραθεί και, σε μερικές περιπτώσεις, του παρέχει ανόργανη ύλη από το υπέδαφος (Λαμπρόπουλος, 1993: 48).

Οι λειχήνες ζουν σε διάφορα εδάφη: χώμα, δέντρα, βράχους και τοίχους. Είναι οργανισμοί εξαιρετικά ανθεκτικοί σε ακραίες συνθήκες, με αποτέλεσμα η καταπολέμησή τους να είναι εξαιρετικά δύσκολη. Συνήθως, είναι οι πρώτες που εγκαθίστανται σε μέρη με έλλειψη χώματος, αποτελώντας μερικές φορές τη μόνη βλάστηση σε ορισμένα ακραία περιβάλλοντα, όπως σε μεγάλα υψόμετρα βουνών και ψηλά γεωγραφικά πλάτη. Μερικές λειχήνες έχουν την μορφή φύλλων, άλλες καλύπτουν το υπέδαφος σαν κρούστα, άλλες υιοθετούν θαμνώδεις μορφές και άλλες έχουν ζελατινώδη εμφάνιση.

Οι λειχήνες εμφανίζονται σαν λεκέδες με χρώματα: πορτοκαλί, κίτρινο, καφετί, γκριζο, ώχρα κι άσπρο. Σε ρυπογόνο περιβάλλον, αναπτύσσονται μόνο πάνω σε υλικά που εξουδετερώνουν το SO₂, δηλαδή σε λίθους ανθρακικής σύστασης. Υπάρχουν στοιχεία που προτείνουν πως η συμβίωση των λειχήνων είναι μάλλον παρασιτική, παρά αμοιβαία. Ο φωτοσυνθετικός συνεργάτης μπορεί να υπάρξει στη φύση ανεξάρτητα από το μυκητώδη συνεργάτη του, αλλά το αντίστροφο δεν είναι δυνατό. Όταν αναπτύσσονται σε ορυκτά εδάφη, μερικές λειχήνες σταδιακά αλλοιώνουν το υπέδαφός τους, εκκρίνοντας οξέα που διαλύουν τα ορυκτά, συμβάλλοντας έτσι στη διαδικασία αποσάθρωσης, κατά την οποία οι βράχοι μετατρέπονται σταδιακά σε χώμα. Ενώ η συμβολή τους

αυτή στην αποσάθρωση είναι συνήθως καλή, δημιουργεί προβλήματα σε ανθρώπινες πέτρινες κατασκευές (ICOMOS–ISCS, 2008: 68).

Φυτά και ζώα

Τα φυτά δημιουργούν προβλήματα στα μνημεία με τις ρίζες τους. Η φθορά γίνεται με τις χημικές εκκρίσεις των ριζών που φθείρουν τους λίθους, αλλά και με τη δημιουργία μηχανικών τάσεων. Ασκούνται πιέσεις, είτε αξονικά, κατά την έννοια της ανάπτυξης, σε βάθος στη ρίζα, είτε ακτινικά, κάθετα προς τον άξονα της ρίζας. Για τον λόγο αυτόν, πριν από κάθε φύτευση στους αρχαιολογικούς χώρους απαιτείται ειδική μελέτη. Γενικώς, προτιμώνται φυτά με συμπαγές ριζικό σύστημα, ώστε να μη βλαφθούν τα μνημεία.

Τέλος, τα πουλιά. Τα περιπτώματά τους είναι σημαντικές πηγές φωσφορικού και νιτρικού οξέος, που αντιδρούν με τις ανθρακικής σύστασης πέτρες, για να δώσουν τα αντίστοιχα άλατα του ασβεστίου (Λαμπρόπουλος, 1993: 49).

III.5. ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΜΟΡΦΩΝ ΦΘΟΡΑΣ

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες προκαλούν, ανάλογα με το είδος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της πέτρας, διάφορους τύπους φθοράς.

Οι πιο συνηθισμένοι από αυτούς είναι:

- Μαύρη κρούστα. Συνήθως εμφανίζεται στις περιοχές που δεν ξεπλένονται από το νερό της βροχής. Αποτελείται από γύψο, δηλαδή ανακρυσταλλωμένο ανθρακικό ασβέστιο (αραγωνίτης, ασβεστίτης), και αιωρούμενα σωματίδια από την ατμόσφαιρα, που εγκλείονται, αλλά και επικάθονται, στα προαναφερθέντα ορυκτά. Εμφανίζεται είτε ως σκληρή μαύρη κρούστα, όταν συμμετέχει σημαντικά το φαινόμενο της επανακρυστάλλωσης CaCO_3 από διαλύματα που λιμνάζουν στις θέσεις εκείνες, είτε ως χαλαρές επικαθήσεις σωματιδίων σε γυψοποιημένες επιφάνειες που δεν προσβάλλονται από τη βροχή με άμεσο ή έμμεσο τρόπο.

- Στρώμα γύψου. Εμφανίζεται σε επιφάνειες ασβεστιτικών λίθων προστατευμένες από το νερό της βροχής, στο διάστημα μεταξύ δύο βροχών, και σε στεγασμένες και κλειστούς χώρους περιοχές, υπό την επίδραση διοξειδίου του θείου και υγρασίας. Η γυψοποίηση θα μπορούσε να θεωρηθεί υποπερίπτωση του σχηματισμού μαύρης κρούστας σε μολυσμένη ατμόσφαιρα.
- Απομειώσεις επιφανειών. Είναι η διαφορά που δημιουργείται στην επιφάνεια και εμφανίζεται ως ανάγλυφο. Τα αίτια που την προκαλούν οφείλονται είτε σε χημική διάλυση είτε σε αιολικό παράγοντα.
- Απόσπαση κρυστάλλων ή κόκκων. Εμφανίζεται ως σχετικά ομαλό ανάγλυφο και οφείλεται είτε στη δράση αλάτων είτε στην περικρυσταλλική χημική προσβολή.
- Ζαχαροειδής φθορά. Είναι το αποτέλεσμα της όξινης προσβολής στα περατωτικά όρια των κρυστάλλων του μαρμάρου, αλλά και της ανακρυστάλλωσης του CaCO_3 . Αποτελεί υποπερίπτωση της απόσπασης κρυστάλλων ή κόκκων.
- Απολέπιση. Πρόκειται για σχηματισμό λεπτών φλοιδών στην επιφάνεια του λίθου. Οι φλοίδες αυτές έχουν μειωμένη συνοχή με την υπόλοιπη επιφάνεια (εμφανίζονται ανασηκωμένες) και μικρή μηχανική αντοχή, έτσι θρύβονται εύκολα και καταρρέουν. Η απολέπιση εμφανίζεται είτε λόγω της δράσης των αλάτων, ή από όξινη προσβολή, ή από ταχείες και ρηχές θερμοκρασιακές μεταβολές, ή από εξαλλοίωση και σταδιακή αποσάθρωση των φυλλοπυριτικών, ή από διόγκωση των αργίλων, ή από συνδυασμό των προαναφερόμενων (Θεουλάκης, 1994β: 16).
- Αποφλοιώση. Πρόκειται για τμήμα της επιφάνειας που αποχωρίζεται από τον υπόλοιπο όγκο εξαιτίας ρωγμής ή ρωγμών. Η ρωγμή ή οι ρωγμές αυτές, στο εσωτερικό σχηματίζονται με κατεύθυνση παράλληλη προς την επιφάνεια. Το αποφλοιωμένο τμήμα παρουσιάζει ετοιμορροπία και εσωτερικό κενό σε ηχοβολιστικό έλεγχο (Παπασταματίου, 2007: 5). Εμφανίζεται ως απόσπαση ομόκεντρων φλοιών. Προκαλείται ή από ισχυρές

θερμοκρασιακές μεταβολές, ή από δράση παγετού, ή από αποκόλληση της εξωτερικής ετερογενούς κρούστας, ή από συνδυασμό αυτών.

- Αποκόλληση πλακών. Προκαλείται είτε από δράση παγετού, ή από διόγκωση αργιλοπυριτικών φλεβών, ή από διεύρυνση των επιφανειών ασυνέχειας της πέτρας (στρώση, σχισμός, διακλάσεις).
- Ανασήκωμα ή φούσκωμα με απόσπαση θραυσμάτων διαφόρων μεγεθών. Προκαλείται είτε από διόγκωση εγκλεισμάτων, είτε από διαφορική θερμική διαστολή (πρωτογενής θερμική θραύση).
- Ανάγλυφες μορφές φθοράς. Εμφανίζονται ως κυψέλωση, ως διαφορική φθορά, ως απόπλυση μαλακών ενθυλακώσεων και ως αποκόλληση σκληρότερων εγκλίσεων ή φάσεων. Η κυψέλωση εμφανίζεται συνήθως σε πορώδεις πέτρες, από τη δράση των διαλυτών αλάτων (όταν συμβαίνουν συχνοί κύκλοι ύγρανσης-ξήρανσης και επικρατούν έντονα, τυρβώδη ρεύματα αέρα). Εμφανίζεται και σε συμπαγείς πέτρες, ως αποτέλεσμα της όξινης προσβολής ή/και των βιολογικών δράσεων. Η διαφορική φθορά είναι φαινόμενο που οφείλει την ιδιαίτερη τυπολογία του στα χαρακτηριστικά της πέτρας, κυρίως στις διαφοροποιήσεις του πορώδους και της μικροδομής, της ορυκτολογικής σύνθεσης και της χημικής σύστασης, ανεξάρτητα από τα αίτια που την προκαλούν. Η απόπλυση μαλακών ενθυλακώσεων προκαλείται από αργίλους και οξειδία - υδροοξειδία του σιδήρου. Τέλος, η αποκόλληση σκληρότερων εγκλίσεων ή φάσεων εμφανίζεται στους χάλικες και στις λατύπες.
- Ανθρακική κρούστα. Εμφανίζεται συνήθως στις ασβεστολιθικές πέτρες, όπως ιζηματογενείς, ψαμμιτικοί, μαργαίκοι ασβεστόλιθοι και άλλοι, που διαβρώνονται σε φυσικό περιβάλλον. Πολύ συχνά, στη σκληρή ανθρακική κρούστα ενσωματώνονται διάφοροι απονεκρωμένοι οργανισμοί. Σχηματίζεται με την απόθεση των αλάτων που μεταφέρει το νερό, από το εσωτερικό της πέτρας στην επιφάνεια κατά τη φάση της ξήρανσης.

- Κρούστες διαλυτών αλάτων. Εμφανίζονται είτε από εξανθήσεις διαλυτών αλάτων είτε από βιολογικούς παράγοντες, από μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται ανάλογα με τις συνθήκες του μικροκλίματος.
- Χρωματικές αλλοιώσεις. Εμφανίζονται είτε από οξειδία μετάλλων, είτε από αλλοιώσεις διαφόρων φάσεων της ίδιας της πέτρας, είτε από βιολογική δράση.
- Ρηγματώσεις ή ρήγμα. Μπορεί να πρόκειται για επιφανειακή ρηγματώση, όπου εμφανίζεται με διακοπή της συνέχειας του ιστού του λίθου κάθετα ή οριζόντια. Στο εσωτερικό έχει κατεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του λίθου και συνήθως δεν εισχωρεί σε μεγάλο βάθος. Εμφανίζεται ως μεμονωμένη ρωγμή ή/και ως πλέγμα ρωγμών (Παπασταματίου, 2007: 7). Ρηγματώσεις δημιουργούνται είτε από θερμοκρασιακές μεταβολές, ή από δράση παγετού, ή από διογκώσεις αργίλων, ή, τέλος, από εξωτερικό μηχανικό παράγοντα (π.χ. βλάστηση).
- Θραύσεις από διάφορες αιτίες. Προκαλούνται είτε από διόγκωση μεταλλικών συνδέσμων, ή από αλληλοσυγκρούσεις λίθων κατά τη διάρκεια ισχυρών σεισμών, ή από ανισοκατανομή φορτίων λόγω μεταβολών της γεωμετρικής ισορροπίας, ή από προσκρούσεις βλημάτων, ή από σφυροκόπημα με βαριά εργαλεία, ή, τέλος, από βανδαλισμούς (Θεουλάκης, 1994β: 16).

IV. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Τα μνημεία κατά βάση είναι κατασκευασμένα από φυσικά δομικά υλικά, τα πετρώματα, και οποιαδήποτε μορφή επέμβασης σε αυτά προϋποθέτει την όσο πιο ακριβή γνώση των υλικών κατασκευής τους, αλλά και των αιτιών φθοράς τους. Η σωστή διάγνωση, δηλαδή ο προσδιορισμός του είδους των δομικών λίθων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των οικοδομημάτων, των αιτιών της φθοράς τους, καθώς και της προέλευσης των υλικών κατασκευής τους (λατομείων), αποτελεί το πρώτο και ίσως το βασικότερο βήμα για τον καθορισμό των υλικών και των τεχνικών που θα χρησιμοποιηθούν για τη σωστή συντήρηση και αποκατάσταση των μνημείων.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια περιγραφή των μεθόδων και των τεχνικών ελέγχου λίθινων δειγμάτων, με έμφαση σε αυτές που χρησιμοποιούνται ευρύτερα και ιδιαίτερα σε συνθήκες και περιπτώσεις που προσεγγίζουν το πεδίο εφαρμογής της παρούσας διατριβής.

Η μεθοδολογία μελέτης ενός δομικού λίθου σχεδόν ταυτίζεται με τον τρόπο εξέτασης των πετρωμάτων. Οι μέθοδοι εξέτασης είναι πολλές, άλλες απλές και άλλες πολύπλοκες, άλλες με χαμηλό κόστος και άλλες με υψηλό, άλλες απαιτούν δείγματα και άλλες όχι. Συνήθως, η επιλογή των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν κάθε φορά είναι συνάρτηση των προαναφερόμενων παραμέτρων. Πρέπει να τονιστεί, ότι όλες οι μέθοδοι παρουσιάζουν κενά και για την εξαγωγή όσο το δυνατόν πληρέστερων συμπερασμάτων δεν αρκεί μία μόνο. Τα αποτελέσματα είναι απαραίτητο να επαληθεύονται με την εφαρμογή και άλλων μεθόδων. Οι διάφορες τεχνικές λειτουργούν συμπληρωματικά η μία με την άλλη και δίνουν διαφορετικές πληροφορίες κάθε φορά. Μόνο μία τέτοια πολύπλευρη εξέταση μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά ασφαλή συμπεράσματα.

Οι βασικότερες και οι πιο αναγκαίες μέθοδοι εξέτασης για τη μελέτη δομικού λίθου είναι, αρχικά, οι μακροσκοπικές παρατηρήσεις και, στη συνέχεια, η οπτική μικροσκοπία σε λεπτή τομή των πετρωμάτων και η μελέτη διαγραμμάτων περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (X-Ray Diffraction). Επίσης, πολύ σημαντικές μέθοδοι μελέτης, αλλά και με μεγαλύτερο κόστος, είναι η χημική ανάλυση των κύριων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων, οι οποίες υπάρχουν περιπτώσεις που κρίνονται ιδιαίτερα αναγκαίες.

Οι μέθοδοι ελέγχου χωρίζονται, όπως προαναφέρθηκε, σε πολλές κατηγορίες. Από αυτές, οι δύο γενικότερες είναι οι *καταστρεπτικές* και οι *μη καταστρεπτικές*, που αναλύονται ακολούθως.

IV.1. ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Μη καταστρεπτικές μέθοδοι ελέγχου είναι εκείνες που για να εφαρμοστούν δεν είναι απαραίτητη η λήψη δείγματος²⁵ ή εκείνες που απαιτούν δείγμα²⁶, το οποίο όμως με τη δεδομένη μέθοδο ελέγχου δεν αλλοιώνεται. Οι επί τόπου μη καταστρεπτικές μετρήσεις σε μνημεία είναι εκείνες που προηγούνται των υπόλοιπων μεθόδων. Έχουν σκοπό την αποκόμιση της γενικής εικόνας της κατάστασης και διατήρησης του μνημείου. Γίνεται αντιληπτή η στρωματογραφία των υλικών και είναι δυνατόν να υπάρξει μία γενική αποτίμηση των επεμβάσεων συντήρησης κι αποκατάστασης.

Οπτική μικροσκοπία σε λεπτή τομή

Είναι η πιο βασική εξέταση μελέτης σε ένα δομικό λίθο. Για την εξέταση των μορφολογικών χαρακτηριστικών του χρησιμοποιείται μικροσκόπιο, που προσφέρει μία πρώτη εικόνα της μικροδομής του υλικού. Για την εξέταση σε δομικό υλικό, απαιτείται να αποσπαστεί δείγμα από το μνημείο προς μελέτη. Το δείγμα έπειτα, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί, υπόκειται στη διαδικασία της λεπτής τομής.

²⁵ Όπως το Γεωραντάρ (υπο-επιφανειακό ραντάρ), η Θερμογραφία υπέρυθρου και οι υπέρηχοι (Μοροπούλου, 2007a: 74; Μοροπούλου, 2007b: 38).

²⁶ Όπως η οπτική μικροσκοπία σε λεπτή τομή του πετρώματος.

Με την οπτική μικροσκοπία στο πολωτικό μικροσκόπιο, μας δίνεται η δυνατότητα να ελέγξουμε την ορυκτολογική σύσταση, αλλά και να αποκτήσουμε εικόνα για την πραγματική δομή ενός πετρώματος.

Με την πετρογραφική εξέταση, αναγνωρίζονται τα πετρώματα και τα ορυκτά. Η αναγνώριση γίνεται με την εξέταση λεπτής τομής πάχους λίγων μικρομέτρων. Από αυτήν τη λεπτή τομή, διέρχεται φωτεινή δέσμη πολωμένου φωτός από το πετρογραφικό μικροσκόπιο, ενώ παράλληλα γίνεται και ανάκλαση του φωτός από το δείγμα, κατά την οποία το φως διέρχεται από τους αντικειμενικούς φακούς μέχρι τη διόπτρα. Το αποτέλεσμα είναι η μεγέθυνση των χαρακτηριστικών της επιφάνειας²⁷ ανάλογα με το τι επιθυμούμε να μελετήσουμε από x40έως x400 φορές (Λυριτζής, 2005: 196). Ακόμα, με το πολωτικό μικροσκόπιο μπορεί να διαπιστωθεί ο βαθμός εξαλλοίωσης ενός δομικού λίθου, καθώς και η πιθανή τεκτονική του καταπόνηση. Η μικροσκοπική εξέταση, ανάλογα με τα στοιχεία που θα διαλευκάνει ως προς τη μελέτη των προς εξέταση πετρωμάτων, είναι αυτή που καθορίζει, κατά κάποιο τρόπο, ποιες άλλες μεθόδους εξέτασης θα επιλέξουμε για τον περαιτέρω έλεγχο του προς μελέτη υλικού (Κατσίκης κ.ά., 2002: 100).

Το πολωτικό-πετρογραφικό μικροσκόπιο διαφοροποιείται από το κοινό μικροσκόπιο εξαιτίας της ύπαρξης περιστρεφόμενης τράπεζας και των δύο πολωτικών φίλτρων, του πολωτή και του αναλυτή. Αναλυτικότερα, το πρώτο βασίζει τη λειτουργία του στα ακόλουθα στοιχεία (Λυριτζής, 2005: 194-199):

- Φωτιστική πηγή: Η φωτιστική πηγή βρίσκεται στη βάση του μικροσκοπίου και αποτελείται από μία λάμπα αλογόνου λευκού φωτός και ένα σύστημα φακών και κατόπτρων, που κατευθύνουν το φως προς τα άνω. Η ένταση του φωτός ρυθμίζεται με ένα ροοστάτη. Επάνω από τη φωτιστική πηγή υπάρχει θέση για κάποιο φίλτρο που βοηθά σε μία πιο ξεκούραστη παρατήρηση.
- Πολωτής: Ο πολωτής είναι τοποθετημένος αμέσως πάνω από τη φωτιστική πηγή. Αποτελείται από ένα πολωτικό φίλτρο, που

²⁷ Κοιλότητες, ορυκτά, σχισμές και πορώδες.

μετατρέπει το φυσικό φως σε ευθύγραμμο πολωμένο. Ο πολωτής έχει τη δυνατότητα περιστροφής, ώστε η διεύθυνση κράδανσης²⁸ του πολωμένου φωτός να λαμβάνει διάφορες θέσεις.

- **Διάφραγμα ίριδας:** Το διάφραγμα ίριδας ή απλώς διάφραγμα βρίσκεται πάνω από τον πολωτή και ρυθμίζει τη διάμετρο της φωτεινής δέσμης, που περνά από το μικροσκόπιο. Κλείνοντας το διάφραγμα, μειώνεται η διάμετρος της φωτεινής δέσμης και τα όρια των ορυκτών διαγράφονται εντονότερα. Η δέσμη αποτελείται από σχεδόν παράλληλες φωτεινές ακτίνες και η παρατήρηση που γίνεται με τέτοιο φωτισμό ονομάζεται «ορθοσκοπική παρατήρηση». Κατά την ορθοσκοπική παρατήρηση, το διάφραγμα πρέπει να είναι ελαφρώς κλειστό, ενώ αντίθετα κατά την κωνοσκοπική παρατήρηση, τελείως ανοικτό.
- **Συγκεντρωτικός φακός:** Ο συγκεντρωτικός ή συγκλίνων φακός είναι τοποθετημένος πάνω από το διάφραγμα και κάτω από την τράπεζα του μικροσκοπίου και περιστρέφεται γύρω από έναν οριζόντιο άξονα, έτσι ώστε να παρεμβάλλεται κατά βούληση στην πορεία του φωτός. Δημιουργεί μία ισχυρώς συγκλίνουσα δέσμη φωτός και χρησιμοποιείται για την κωνοσκοπική παρατήρηση, κατά την οποία σχηματίζονται κωνοσκοπικές εικόνες που εξετάζονται με το μεγάλης μεγέθυνσης αντικειμενικό φακό και το φακό Bertrand. Ο πολωτής, το διάφραγμα και ο συγκεντρωτικός φακός αποτελούν συνήθως ένα ενιαίο σύστημα, τοποθετημένο κάτω από την τράπεζα του μικροσκοπίου. Το σύστημα αυτό σε ορισμένα μικροσκόπια είναι εφοδιασμένο με έναν ανυψωτικό μηχανισμό που του επιτρέπει να ανεβοκατεβαίνει κατά βούληση.
- **Τράπεζα μικροσκοπίου:** Η στρεφόμενη τράπεζα ή απλώς τράπεζα του πολωτικού μικροσκοπίου είναι κυκλική και τοποθετημένη κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να περιστρέφεται περί κατακόρυφο άξονα.

²⁸ Όταν το φως πολώνεται επίπεδα, γιατί καθώς περνά μέσα από τον πολωτή, μία από τις ταλαντώσεις του φωτός απορροφάται και όταν αναδύεται από το πολωροειδές πάλλεται σε μία κατεύθυνση σε επίπεδο A-Δ (Λυριτζής, 2005: 195).

Στην εξωτερική της πλευρά, είναι βαθμολογημένη σε μοίρες και στο πλάι υπάρχει ένας βερνιέρος (παχύμετρο Vernier) για την ακριβή μέτρηση διαφόρων γωνιών. Η λεπτή τομή του πετρώματος τοποθετείται στο κέντρο της τράπεζας, όπου υπάρχει μία οπή για να επιτρέπει τη διέλευση του φωτός.

- Αντικειμενικοί φακοί: Οι αντικειμενικοί φακοί είναι μεγεθυντικοί φακοί προσαρμοσμένοι σε ένα περιστρεφόμενο σύστημα. Ανάλογα με τις ανάγκες για διαφορετική μεγέθυνση στην εικόνα, μπορεί να αλλάξει ο φακός.
- Αντισταθμιστής: Ο αντισταθμιστής τοποθετείται σε μία σχισμή υπό γωνία 45° ως προς το σταυρόνημα, ακριβώς πάνω από το περιστρεφόμενο σύστημα των αντικειμενικών φακών και κάτω από τον αναλυτή. Οι αντισταθμιστές είναι πλακίδια διπλοθλαστικών ορυκτών τοποθετημένα σε μεταλλικό ή πλαστικό πλαίσιο, τα οποία παρέχουν ορισμένη διαφορά πορείας στο διερχόμενο φως. Στο πλαίσιο του αντισταθμιστή, είναι χαραγμένη η διεύθυνση κράδανσης της αργής ακτίνας (μεγάλος δείκτης διάθλασης) του ορυκτού, η οποία συνήθως γίνεται κάθετα ως προς τη μεγάλη διάσταση του αντισταθμιστή.
 - *Αντισταθμιστής γύψου ή λ* : Αποτελείται συνήθως από ένα πλακίδιο γύψου ή χαλαζία συγκεκριμένου πάχους, που επιφέρει σταθερή διαφορά πορείας ενός μήκους κύματος – περίπου 550 nm – παράγοντας έτσι το ερυθρό χρώμα πρώτης τάξης.
 - *Αντισταθμιστής μοσχοβίτη ή $\lambda/4$* : Αποτελείται συνήθως από ένα πλακίδιο μοσχοβίτη ή χαλαζία συγκεκριμένου πάχους, που επιφέρει σταθερή διαφορά πορείας ενός τετάρτου μήκους κύματος $\lambda/4$ – περίπου 140 nm – παράγοντας το γκρίζο χρώμα πρώτης τάξης.
 - *Αντισταθμιστής Berek*: Αποτελείται από ένα πλακίδιο ασβεστίτη που στρέφεται γύρω από ένα οριζόντιο άξονα, μεταβάλλοντας έτσι τη διπλοθλαστικότητά του και, κατ' επέκταση, τη διαφορά πορείας που επιφέρει. Με αυτόν τον

αντισταθμιστή μπορούμε να προσδιορίσουμε ακριβώς τη διπλοθλαστικότητα του εξεταζόμενου ορυκτού.

- *Σφήνα χαλαζία*: Αποτελείται από ένα σφηνοειδές πλακίδιο χαλαζία, που λόγω μεταβαλλόμενου πάχους επιφέρει μεταβαλλόμενη διαφορά πορείας από 0 έως 4λ, παράγοντας χρώματα πόλωσης μέχρι τέταρτης τάξης.
- Αναλυτής: Ο αναλυτής βρίσκεται πάνω από τους αντικειμενικούς φακούς και παρεμβάλλεται στην πορεία του φωτός κατά βούληση. Είναι όμοιος με τον πολωτή, έχει όμως διεύθυνση κράδανσης B-N, δηλαδή κάθετη σε αυτή του πολωτή. Ο πολωτής και ο αναλυτής αναφέρονται και ως Nicols, διότι στα πρώτα μικροσκόπια για την πόλωση του φωτός χρησιμοποιούνταν πρίσματα Nicol.
 - Διασταυρωμένα Nicols (Nicols X, N+): Όταν ο αναλυτής παρεμβάλλεται στην πορεία του φωτός, τότε ο πολωτής και ο αναλυτής είναι διασταυρωμένοι και η παρατήρηση γίνεται με πολωτή και αναλυτή, ή με διασταυρωμένα Nicols. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει τίποτε στην τράπεζα του μικροσκοπίου, το πεδίο παρατήρησης φαίνεται σκοτεινό, διότι το πολωμένο φως που φθάνει στον αναλυτή έχει διεύθυνση κράδανσης κάθετη και επομένως δεν περνά.
 - Παράλληλα Nicols (Nicols //, N-): Όταν ο αναλυτής απομακρυνθεί από την πορεία του φωτός, τότε το πεδίο είναι φωτεινό. Ο πολωτής και ο αναλυτής είναι παράλληλοι και η παρατήρηση γίνεται μόνο με πολωτή ή με παράλληλα Nicols.
- Φακός Bertrand: Ο φακός Bertrand είναι ένας μικρός φακός ακριβώς πάνω από τον αναλυτή και παρεμβάλλεται στην πορεία του φωτός κατά βούληση. Χρησιμεύει για την παρατήρηση των κωνοσκοπικών εικόνων.
- Προσοφθάλμιος φακός: Βρίσκεται στο πάνω μέρος του σωλήνα του μικροσκοπίου και μεγεθύνει το είδωλο που δημιουργείται από τους αντικειμενικούς φακούς. Η συνηθισμένη μεγέθυνση του προσοφθάλμιου είναι 10x. Η ολική μεγέθυνση του μικροσκοπίου

ισούνται με το γινόμενο της μεγέθυνσης του αντικειμενικού επί τη μεγέθυνση του προσοφθάλμιου φακού. Ο προσοφθάλμιος περιέχει το σταυρόνημα, που αποτελείται από δύο κάθετα νήματα και εστιάζεται με την περιστροφή του ανώτερου τμήματος του προσοφθάλμιου.

- Μηχανισμός εστίασης: Η εστίαση πραγματοποιείται ανεβάζοντας ή κατεβάζοντας την τράπεζα, με τη βοήθεια ενός ή δύο κοχλιών που βρίσκονται στον κορμό του μικροσκοπίου. Υπάρχει δυνατότητα για δύο εστιάσεις, μία κατά προσέγγιση με μεγάλες μετακινήσεις και μία λεπτομερή, με πάρα πολύ μικρές μετακινήσεις.

Τέλος, το μικροσκόπιο διαθέτει έξοδο τυποποιημένου βίντεο-σήματος, που παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης με βίντεο, μόνιτορ και συσκευή εγγραφής. Οι εικόνες καταγράφονται σε μαγνητικό μέσο και έτσι μπορούν να αναπαραχθούν οποιαδήποτε στιγμή με ευκολία στο βίντεο. Ακόμα, η τυποποιημένη έξοδος σήματος επιτρέπει την εισαγωγή της εικόνας και σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και, κατ' επέκταση, σε σύστημα ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας, παρέχοντας περαιτέρω δυνατότητες επεξεργασίας (Μοροπούλου, 2008: 425).

IV.2. ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Καταστρεπτικές μέθοδοι ελέγχου είναι εκείνες που για να εφαρμοστούν είναι απαραίτητη η λήψη δείγματος και, ανάλογα τη μέθοδο εξέτασης, το δείγμα μπορεί να πάρει τέτοια μορφή που να μη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλη μέθοδο (π.χ. για την εξέταση δείγματος με την περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ το προς εξέταση κομμάτι πρέπει να έχει τη μορφή λεπτόκοκκης σκόνης²⁹). Με τις καταστρεπτικές μεθόδους εξέτασης, έχουμε περισσότερες επιλογές σε τεχνικές και άρα τη δυνατότητα περισσότερων πληροφοριών.

²⁹ Με τη μέθοδο αυτή καθορίζεται με ακρίβεια η τιμή των παραμέτρων του κρυσταλλικού πλέγματος (Λυριτζής, 2005: 214).

Περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ

Είναι μία από τις σημαντικότερες μεθόδους προσδιορισμού της ορυκτολογικής σύστασης του πετρώματος, αφού μπορεί η ηλεκτρονική μικροσκοπία να έχει εξελιχθεί πολύ, όμως δεν είναι εύκολο να αποτυπώσει την εικόνα μιας κρυσταλλικής δομής. Για τα κρυσταλλικά υλικά, όπως κόνιες, μονοκρύσταλλοι και άλλα, η περίθλαση ακτινοβολίας αποτελεί μια από τις πλέον ικανές μεθόδους χαρακτηρισμού της κρυσταλλικής δομής των υλικών και μας δίνει πληροφορίες σχετικά με:

- Την κρυσταλλική δομή, δηλαδή το κρυσταλλικό σύστημα, τις διαστάσεις του βασικού κελιού, τις αποστάσεις και τις γωνίες των δεσμών στον κρύσταλλο, την ένταση των δεσμών στον κρύσταλλο και την κρυσταλλική πυκνότητα.
- Το μέγεθος των κρυστάλλων (5–200 nm).
- Τις μικροσκοπικές καταπονήσεις.
- Την ποσοτική ανάλυση φάσεων.

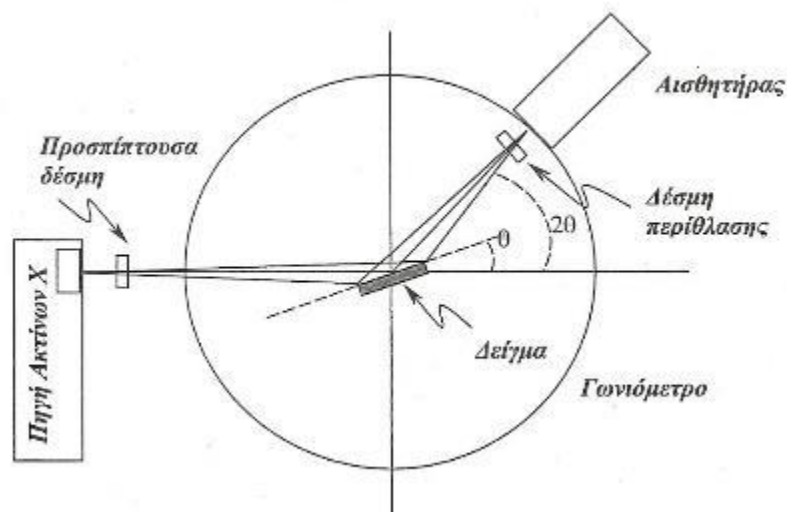
Η μέθοδος αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία (Μοροπούλου, 2008: 178):

- Την πηγή ακτινοβολίας, που αποτελείται από τον θάλαμο με νήμα (Cu, Mo, Co, Cr, Fe και άλλα), που παράγει ακτίνες -Χ (συνήθως σε όργανα εργαστηριακής κλίμακας), από την περιστρεφόμενη άνοδο, από το σύγχροτρο, που μας δίνει τη δυνατότητα επιλογής του μήκους κύματος της υψηλής έντασης αλλά απαιτεί εξειδικευμένες εγκαταστάσεις, από τον πυρηνικό αντιδραστήρα, για την περίθλαση των νετρονίων (που απαιτεί εξειδικευμένες εγκαταστάσεις με υψηλό κόστος) και από τη δέσμη ηλεκτρονίων, που χρησιμοποιείται στην περίθλαση ηλεκτρονίων.
- Το γωνιόμετρο, είναι δύο τύπων. Η τυπική του γεωμετρία είναι αυτή που η δέσμη ακτινοβολίας ανακλάται προς τον αισθητήρα,

παρέχει μεγαλύτερη ένταση σήματος, αλλά μπορεί να υπάρξει πρόβλημα με επιλεκτικό προσανατολισμό των μικροκρυστάλλων του δείγματος. Για δείγματα με μικρή απορρόφηση, που είναι ευαίσθητα στον αέρα, χρησιμοποιείται το γωνιόμετρο διαπερατότητας (Debye Scherrer, μονοκρύσταλλοι), και οι κόνιες συνήθως τοποθετούνται σε τριχοειδή. Διαφορετικά χρησιμοποιείται το γωνιόμετρο ανάκλασης (Bragg-Brentano).

- Τον αισθητήρα.

Η περίθλαση των ακτίνων-Χ είναι δυνατή, επειδή το μήκος κύματος των ακτίνων-Χ είναι συγκρίσιμο με τις διαστάσεις των βασικών κελιών των κρυστάλλων.



Εικόνα 4.1: Τυπική διάταξη περίθλασης ακτίνων-Χ.

Είναι μία από τις σημαντικότερες μεθόδους προσδιορισμού της ορυκτολογικής σύστασης του πετρώματος. Είναι μέθοδος οικονομική και γρήγορη, επειδή έχει πλέον αυτοματοποιηθεί και η αξιολόγηση των διαγραμμάτων γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο με διακριτική ικανότητα 2\AA καθιστά δυνατή τη διάκριση κρυσταλλογραφικών επιπέδων, γνωστών δομών,

όπως εκείνης του γραφίτη, αλλά δεν καθιστά δυνατή τη διάκριση και ανάλυση άγνωστων δομών. Για τη διερεύνηση κρυσταλλικών δομών, εφαρμόζεται κυρίως το φαινόμενο της περίθλασης ακτινοβολίας με μήκος κύματος σε ατομική κλίμακα (10^{-8}cm). Ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος δεν μπορεί να καταστήσει διακριτές δομές ατομικών διαστάσεων, ενώ ακτινοβολία με ακόμη μικρότερο μήκος κύματος περιθλάται σε πολύ μικρές και άνευ πρακτικής σημασίας γωνίες (Παπαδημητρίου και Πίσσης, 2002: 1-2).

Ένα από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός ορυκτών πολύ μικρού μεγέθους (μικρότερου από 2 μικρά), που δεν διακρίνονται στο οπτικό μικροσκόπιο, όπως είναι τα αργιλικά ορυκτά τα οποία αποτελούν καθοριστικό παράγοντα φθοράς των δομικών λίθων και είναι τα τελικά προϊόντα εξαλλοίωσης σχεδόν όλων των τύπων πετρωμάτων.

Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ορυκτολογικές φάσεις που περιέχονται σε ποσοστό μικρότερο από 2% κ.ό. συνήθως δεν ανιχνεύονται. Ορισμένες φορές, ωστόσο, το συγκεκριμένο μειονέκτημα παρακάμπτεται εμπλουτίζοντας κάποιες από τις ορυκτολογικές φάσεις, που μας ενδιαφέρουν άμεσα, με διάφορους τρόπους και μεθόδους. Οι κυριότερες εργαστηριακές επεξεργασίες του δείγματος για την ανάλυση με ακτίνες-Χ είναι:

- Απομάκρυνση των ανθρακικών ορυκτών του πετρώματος (διάλυση και απομάκρυνση των ανθρακικών ορυκτών με οξικό οξύ συγκέντρωσης 10%), και υποβολή του αδιάλυτου υπολοίπου σε περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ.
- Απομάκρυνση ευδιάλυτων αλάτων.
- Απομάκρυνση οργανικών ουσιών.
- Απομάκρυνση οξειδίων σιδήρου.
- Εξέταση κατά κλάσματα, κορεσμοί.
- Δοκιμή κυανού του μεθυλενίου.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι τόσο διεισδυτικότερη όσο υψηλότερη είναι η ενέργειά της. Με χρήση ακτινοβολίας στην περιοχή του υπεριώδους και των ακτίνων-Χ (1–100 keV ή 1–0.01 nm) είναι δυνατή η διερεύνηση εσωτερικών στοιβάδων μεμονωμένων ατόμων, αλλά και η διερεύνηση των ενεργειακών ζωνών των στερεών (Λυριτζής, 2005: 216–219).

Οι εφαρμογές περίθλασης ακτίνων-Χ και οι πληροφορίες που αποκαλύπτονται είναι οι ακόλουθες:

- Σε σχέση με τη θέση των κορυφών. Κρυσταλλικό σύστημα και μέγεθος βασικού κελιού.
- Σε σχέση με την ένταση των κορυφών. Περιεχόμενο βασικού κελιού δηλαδή, ατομικές θέσεις κ.λπ. και ποσοτική ανάλυση φάσεων.
- Σε σχέση με το σχήμα των κορυφών. Το μέγεθος του κρυσταλλίτη, στην ανομοιογενή καταπόνηση και στις ατέλειες του κρυστάλλου.
- Σχετικά με την αναγνώριση φάσεων. Γίνεται σύγκριση του παρατηρούμενου φάσματος, του διαγράμματος έντασης έναντι της γωνίας 2θ , με βάση δεδομένων (JCPDS) που περιέχει διαγράμματα περίθλασης γνωστών ενώσεων και κατηγοριοποίηση των κορυφών από γνωστές σταθερές πλέγματος.

Σε σχέση με τις πηγές διεύρυνσης των κορυφών, οι πληροφορίες που μπορούν να διεξαχθούν σχετίζονται με (Μοροπούλου, 2008: 182):

- Τη διεύρυνση λόγω σφαλμάτων του οργάνου, όπως ατελή οπτικά συστήματα, διασπορά του μήκους κύματος, διαφάνεια του δείγματος και μη ορθή τοποθέτηση.
- Το διακριτό μέγεθος κρυσταλλίτη.
- Την κρυσταλλική καταπόνηση, ομοιογενή (μετατόπιση κορυφών) ή ανομοιογενή (διεύρυνση κορυφών).

Τέλος, τα διαγράμματα περίθλασης καταγράφουν την ένταση της δέσμης περίθλασης των ακτίνων-Χ ως συνάρτηση της γωνίας 2θ . Να

σημειωθεί, ότι οι κορυφές του διαγράμματος μπορεί να συγκριθούν με τις προβλεπόμενες για CaCO_3 , όπως παρέχονται από κάρτα της βάσης δεδομένων JCPDS (Μοροπούλου, 2008: 183).

V. ΛΙΘΙΝΗ ΔΟΜΗ ΝΕΟΑΝΑΚΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη μελέτη της χρήσης των λιθινών υλικών δομής στα νεοανακτορικά οικοδομικά στοιχεία του αρχαιολογικού χώρου της Κάτω Ζάκρου, με βασικό στόχο να δημιουργηθεί μια βάση με τους διαφορετικούς λιθότυπους και να εξαχθούν συμπεράσματα για τη χρήση τους στην οικοδομική. Με βάση μία σχολαστική μακροσκοπική παρατήρηση στον αρχαιολογικό χώρο, εξάγονται κάποια γενικότερα συμπεράσματα σχετικά με τα χαρακτηριστικά των λίθων και τον τρόπο χρήσης τους.

Η μελέτη περιλαμβάνει μερικά από τα χαρακτηριστικότερα νεοανακτορικά κτήρια, τις βασικές οδούς που διασχίζουν τον οικισμό και το ίδιο το ανάκτορο.

V.1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ

Στη μινωική αρχιτεκτονική τα βασικά δομικά υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι κατά κύριο λόγο οι λίθοι, αργοί ή επεξεργασμένοι (πελεκητοί, λαξευτοί ή ημιλαξευτοί), το ξύλο, ο πηλός (αχυροπηλός/*pisé* & οπτή γη/*terracota*), πλίνθοι, ωμόπλινθοι και οπτόπλινθοι, και, τέλος, κονιάματα με κύρια συνδετική ύλη το χώμα και επιχρίσματα ή, για τα δάπεδα, πατημένο χώμα ή θαλασσινά βότσαλα με συνδετική ύλη τον ασβέστη (Shaw, 2009: 23, 93, 129–130, 149–150; Μαντζουράνη, 2002: 21).

Γενικά για την οικοδόμηση, κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται τα τοπικά αποθέματα υλικών που διαθέτει η κάθε περιοχή. Έτσι και στη Ζάκρο, ο ντόπιος συνεκτικός γκρι ασβεστόλιθος, ο οποίος και χαρακτηρίζει την περιοχή, είναι το βασικό υλικό δόμησης που χρησιμοποιήθηκε για την οικοδόμηση των διαφόρων κτηρίων αλλά και του ανακτόρου. Στα νεοανακτορικά χρόνια, εμφανίζεται ως υλικό δόμησης και ο πωρόλιθος ή ψαμμίτης. Ο ψαμμίτης χρησιμοποιήθηκε ως




υλικό πολυτελείας λόγω του ότι μπορούσε να λαξευτεί και να σχηματοποιηθεί τέλεια και για αυτό το λόγο εμφανίζεται κυρίως στις προσόψεις κτηρίων ή και στην κεντρική αυλή του ανακτόρου. Τέλος, κροκαλοπαγή πετρώματα, που έχουν χρησιμοποιηθεί περιορισμένα στη μινωική αρχιτεκτονική γενικά, εντοπίστηκαν ελάχιστα και στη Ζάκρο.

Ως υλικά θεμελίωσης, έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως σκληροί και συνεκτικοί λίθοι σε ακατέργαστη μορφή, ενώ σπανιότερα πελεκημένοι λίθοι από κατεστραμμένα παλαιότερα κτίσματα της περιοχής. Για τα εσωτερικά διαχωρίσματα, χρησιμοποιήθηκαν μικρότερες πέτρες διαφόρων ειδών, ξύλα και ψημένες στον ήλιο πλίνθοι. Για τα πλακόστρωτα, χρησιμοποιήθηκαν ασβεστολιθικές, σχιστολιθικές ή και πήλινες πλάκες, ενώ για την επιστρωση δαπέδων δωματίων ή αίθριων χώρων ένα μίγμα ασβέστη με θαλασσινά χαλίκια, σκέτος ασβέστης ή κοσκινισμένο χώμα (Shaw, 2009: 147-152; Μαντζουράνη, 2002: 34, 35).

Στα νεοανακτορικά χρόνια, σημαντικό ρόλο παίζει και ο τύπος της τοιχοποιίας με πελεκητούς κυβόλιθους, από ψαμμίτες ή άλλα πετρώματα που μπορούσαν εύκολα να λαξευτούν, τοποθετημένους σύμφωνα με ένα ψευδοϊσόδομο σύστημα δόμησης. Τέτοιες δομές αφορούν κυρίως στην εξωτερική όψη τοίχων σημαντικών κτηρίων, και δημιουργούσαν ένα όμορφο αισθητικό, αλλά και λειτουργικό, αποτέλεσμα (Shaw, 1970: 16, 114-115, 267; Μαντζουράνη, 2002: 36).


Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας που περιγράφονται μακροσκοπικά οι κύριοι λιθότυποι που παρατηρήθηκαν στον αρχαιολογικό χώρο, αλλά και αυτοί που βρέθηκαν σε λίγα τμήματα του χώρου, ως δευτερεύοντα υλικά δόμησης, συνοδευόμενος από φωτογραφίες του υλικού εντός του χώρου.

Πίνακας 5.1: Είδη λιθότυπων.

Είδος	Περιγραφή	Φωτογραφία
Πωρόλιθος (Κύριο υλικό δόμησης)	Πωρόλιθος, αρκετά συνεκτικός, με ομοιόμορφο σηματισμό, με χρωματισμούς ανοιχτόχρωμης ώχρας και ελαφρά ερυθρωπός.	  

<p>Ασβεστόλιθος τύπου I (Κύριο υλικό δόμησης)</p>	<p>Πολύ συνεκτικός και αρκετά σκληρός λίθος, με ομοιογενή σηματισμό και καθόλου κρυσταλλικός. Σκούρος γκρι.</p>	 
<p>Ασβεστόλιθος τύπου II (Κύριο υλικό δόμησης)</p>	<p>Πολύ συνεκτικός και αρκετά σκληρός λίθος, με ομοιογενή σηματισμό και καθόλου κρυσταλλικός. Ανοιχτόχρωμος γκρι.</p>	 

<p>Λατυποπαγής λίθος τύπου I (Δευτερεύον υλικό δόμησης)</p>	<p>Αρκετά συνεκτικός και σκληρός. Ο λίθος παρουσιάζει ομοιόμορφο σηματισμό από αδρανή ποικίλων μεγεθών και χρωμάτων (καφέ, γκρι, μωβ, πράσινο, λευκό και κίτρινο), ενωμένα με συνδετικό υλικό χωρίς κενά.</p>	
<p>Λατυποπαγής λίθος τύπου II (Δευτερεύον υλικό δόμησης)</p>	<p>Λίθος αρκετά συνεκτικός και σκληρός. Παρουσιάζει ομοιόμορφο σηματισμό κροκαλόσημων αδρανών ποικίλων μεγεθών, χωρίς κενά. Το συνδετικό υλικό είναι ομοιόμορφο, γκρι απόχρωσης. Δεν είναι κρυσταλλικός. Έχει γκρι απόχρωση.</p>	

<p>Πράσινος λίθος με φλεβώσεις λευκής απόχρωσης (Δευτερεύον υλικό δόμησης)</p>	<p>Σκληρός, συνεκτικός και ομοιογενής λίθος. Έχει έντονες κρυσταλλικές φλεβώσεις λευκού χρώματος. Γκρι- πράσινος-λευκός</p>	 
<p>Μωβ- κόκκινος λίθος με λευκά κρυσταλλικά νερά (Δευτερεύον υλικό δόμησης)</p>	<p>Σκληρός, συνεκτικός και με ομοιογένεια λίθος. Είναι όλος ελαφρά κρυσταλλικός.</p>	 

V.2. ΜΕΛΕΤΗ ΧΡΗΣΗΣ ΛΙΘΙΝΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Για να γίνει δυνατή η δημιουργία ενός στατιστικού μοντέλου για τη χρήση του λίθινου δομικού υλικού στην Κάτω Ζάκρο, χρησιμοποιήθηκαν τα αρχιτεκτονικά σχέδια του χώρου, σε συνδυασμό με in situ παρατήρηση και καταγραφή. Ο βασικός στόχος ήταν να γίνει μία κατά προσέγγιση καταμέτρηση της ποικιλίας του λίθινου δομικού υλικού που υπάρχει στον αρχαιολογικό χώρο και να εξαχθούν συμπεράσματα για την επιλογή του στα διαφορετικά αρχιτεκτονικά στοιχεία.

Για τον σκοπό αυτό, επιλέχθηκαν δειγματοληπτικά ενδεικτικές οδοί, χαρακτηριστικά δομικά σύνολα στον χώρο του ανακτορικού συγκροτήματος, καθώς και σε αντιπροσωπευτικά νεοανακτορικά κτήρια.

V.2.1. ΟΔΟΙ

Η λεγόμενη βορειοανατολική αυλή ήταν η σημαντικότερη πρόσβαση στο ανάκτορο, καθώς σε αυτήν οδηγούσε πλακόστρωτη ράμπα εισόδου στην απόληξη του βασικότερου δρόμου του οικισμού, την «Οδό Λιμένος» (Πλάτων, 1973: 237). Μεταξύ των νεοανακτορικών κτηρίων, υπάρχουν σε αρκετές περιπτώσεις μικρές οδοί, που είτε οδηγούν προς το ανάκτορο, είτε περιβάλλουν τα κτήρια του οικισμού. Σε πολλές περιπτώσεις, το υλικό κάλυψης³⁰ για την ομαλή προσπέλαση έχει χαθεί και υπάρχει βράχος ή έχει αλλοιωθεί με το πέρασμα του χρόνου και δεν είναι δυνατό να διακριθεί από τα πεσμένα αρχιτεκτονικά μέλη των κτηρίων.

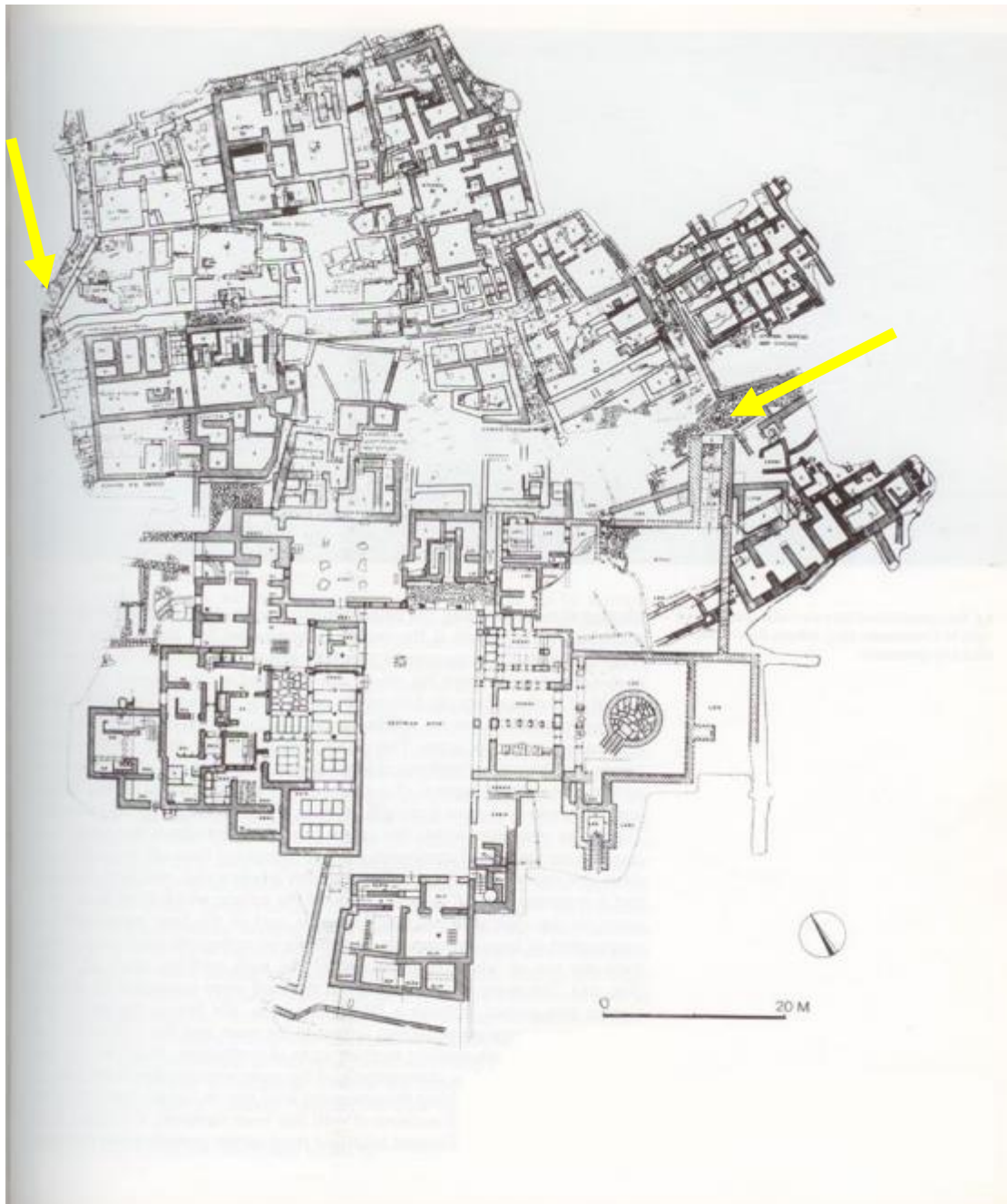
Το γενικό ρυμοτομικό σχέδιο της πόλης της Κάτω Ζάκρου αποτελείται από εκτεταμένα «τετράγωνα», που σχηματίζονται από δύο έως τέσσερις κατοικίες, με τις προσόψεις τους προς την κύρια οδό και με μικρά στενά ανάμεσα τους (Πλάτων, 1974: 236).

Η επιλογή των ενδεικτικών οδών έγινε με βάση την έκτασή τους και τη διατήρησή τους, έτσι ώστε εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα για τη χρήση του υλικού κατασκευής τους. Αυτές που επιλέχθηκαν

³⁰ Σημειώνεται πως ως υλικό κάλυψης, εκτός των λίθων, έχει χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις και χαλικάσβεστος.

αποτελούν δύο από τις κυριότερες οδικές αρτηρίες του χώρου (Πλάτων, 1974: 238).

Πρόκειται για την «Οδό Λιμένος», καθώς και την παρακείμενη του Λοξού κτηρίου οδό, που ξεκινά από το Κτήριο του ΒΔ. Τομέα, συμπεριλαμβανομένου του βαθμιδωτού τμήματός της (σημειώνονται με βέλη στο σχέδιο κάτοψης που ακολουθεί).



Εικόνα 5.1: Σχέδιο κάτοψης χώρου με επισήμανση του οδών που χρησιμοποιήθηκαν ως δείγματα.

Οδός Λιμένος

Στην Οδό Λιμένος έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως ασβεστόλιθος τύπου Ι, ασβεστόλιθος τύπου ΙΙ και πωρόλιθος. Σε πολύ μικρή έκταση συναντάται, επίσης, λατυποπαγής λίθος τύπου Ι, λατυποπαγής λίθος τύπου ΙΙ και πράσινος λίθος.



Εικόνα 5.2: Οδός Λιμένος.



Εικόνα 5.3: Οδός Λιμένος.

Ποσοστιαία, το δομικό υλικό ανά λιθότυπο είναι:

- ασβεστόλιθος τύπου I: 44%
- ασβεστόλιθος τύπου II: 18%
- πωρόλιθος: 27%
- πράσινος λίθος: 7%
- λατυποπαγής λίθος τύπου I: 2%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 2%

Συνεπώς, στην «Οδό Λιμένος» είναι φανερό ότι κυρίαρχο υλικό αποτέλεσε ο τοπικός ασβεστόλιθος και, δευτερευόντως, ο πωρόλιθος.

Β.Δ. Οδός

Το επόμενο δείγμα οδού είναι η βαθμιδωτή οδός που περνά δίπλα και δυτικά του «Λοξού Κτηρίου», η οποία αποτελεί και την κυριότερη αρτηρία της βορειοδυτικής συνοικίας της μινωικής πόλης.

Σε αυτήν, το υλικό που υπερέχει κατά πολύ των άλλων είναι ο ασβεστόλιθος τύπου Ι (με ελάχιστη παρουσία ασβεστόλιθου τύπου ΙΙ), ενώ απαντά σε αρκετά μικρότερη έκταση πωρόλιθος, πράσινος λίθος και λατυποπαγής λίθος τύπου ΙΙ.



Εικόνα 5.4: Β.Δ. Οδός.



Εικόνα 5.5: Β.Δ. Οδός.

Ποσοστιαία, το δομικό υλικό ανά λιθότυπο είναι:

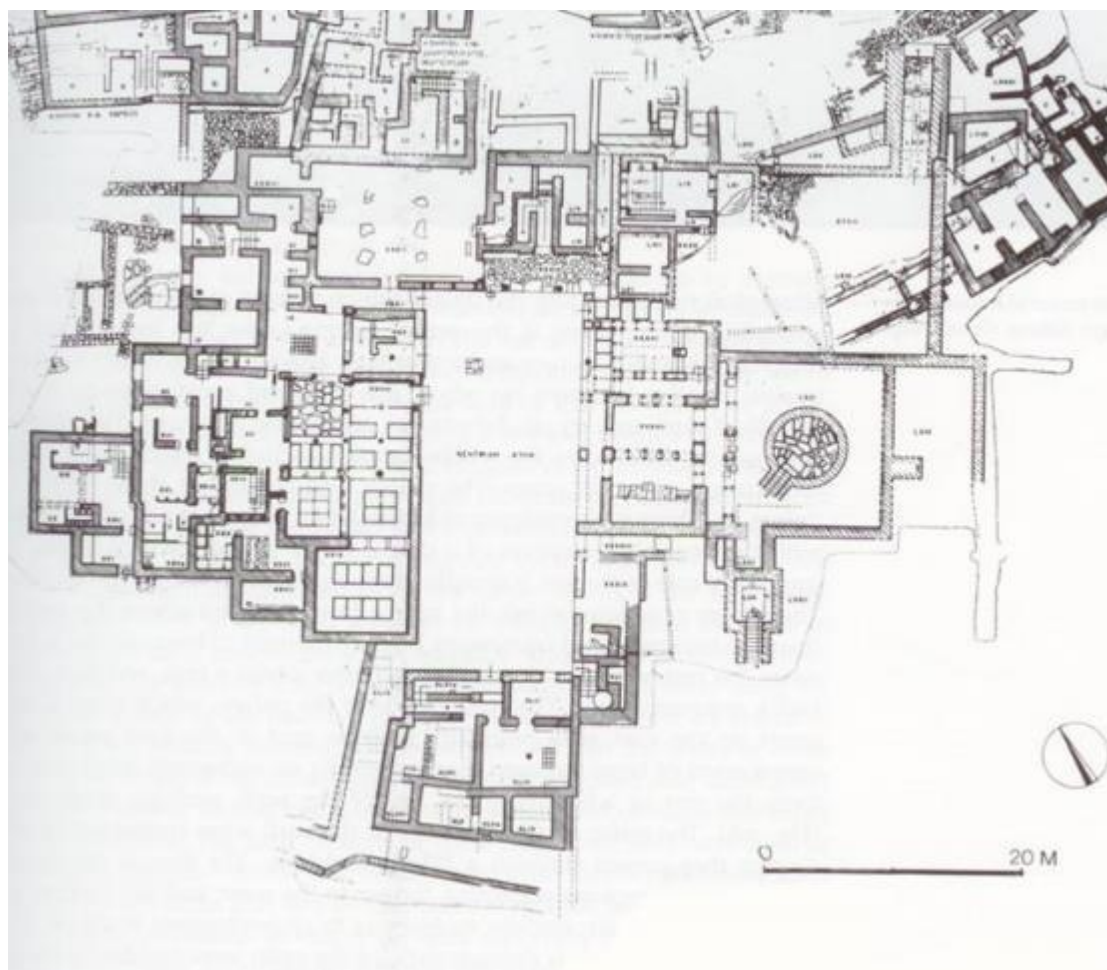
- ασβεστόλιθος τύπου I: 58%
- ασβεστόλιθος τύπου II: 10%
- πράσινος λίθος: 12%
- πωρόλιθος: 10%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 10%

Συνεπώς, και στη Β.Δ. Οδό ως κυρίαρχο υλικό δόμησης παρουσιάζεται ο τοπικός ασβεστόλιθος και, δευτερευόντως, ο πωρόλιθος.

V.2.2. ΑΝΑΚΤΟΡΟ

Το ανακτορικό συγκρότημα διαρθρώνεται σε τέσσερις πτέρυγες γύρω από την κεντρική αυλή, με πιο ανεπτυγμένες τη Δυτική και την Ανατολική πτέρυγα.

Για τη μελέτη της χρήσης του δομικού υλικού στο ανάκτορο, επιλέχθηκαν δειγματοληπτικά κατάλληλες τοιχοποιίες με βάση την καλύτερη διατήρησή τους, τη θέση τους, αλλά και τη δομική σύστασή τους. Αρχικά, επιλέχθηκε το υλικό που οριοθετεί την κεντρική αυλή. Δευτερευόντως, μελετήθηκαν εσωτερικοί τοίχοι του συγκροτήματος της Δυτικής πτέρυγας. Τέλος, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο δομικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε σε ειδικά αρχιτεκτονικά στοιχεία.



Εικόνα 5.6: Κάτοψη του ανακτορικού συγκροτήματος.

Κεντρική αυλή

Η ορθογωνικού σχήματος κεντρική αυλή αποτελεί το τυπικότερο χαρακτηριστικό των ανακτορικών συγκροτημάτων. Η κεντρική αυλή της Κάτω Ζάκρου έχει χωμάτινο δάπεδο και τα κτήρια που την οριοθετούν κατασκευάστηκαν κυρίως από πωρολιθικό λαξευμένο δομικό υλικό, αλλά και ασβεστόλιθο τύπου Ι και λατυπτοπαγή λίθο τύπου Ι.



Εικόνα 5.7: Βόρεια πλευρά κεντρικής αυλής.



Εικόνα 5.8: Δυτική πλευρά κεντρικής αυλής.



Εικόνα 5.9: Λεπτομέρεια της ανατολικής πρόσοψης της Δυτικής πτέρυγας.



Εικόνα 5.10: Ο τοίχος που οριοθετεί προς τα νότια την κεντρική αυλή.



Εικόνα 5.11: Ανατολική πλευρά της κεντρικής αυλής.

Ποσοστιαία, στις τοιχοποιίες αυτές, το δομικό υλικό ανά λιθότυπο είναι:

- ασβεστόλιθος τύπου I: 45%
- πωρόλιθος: 33%
- πράσινος λίθος: 12%
- λατυποπαγής λίθος τύπου I: 10%

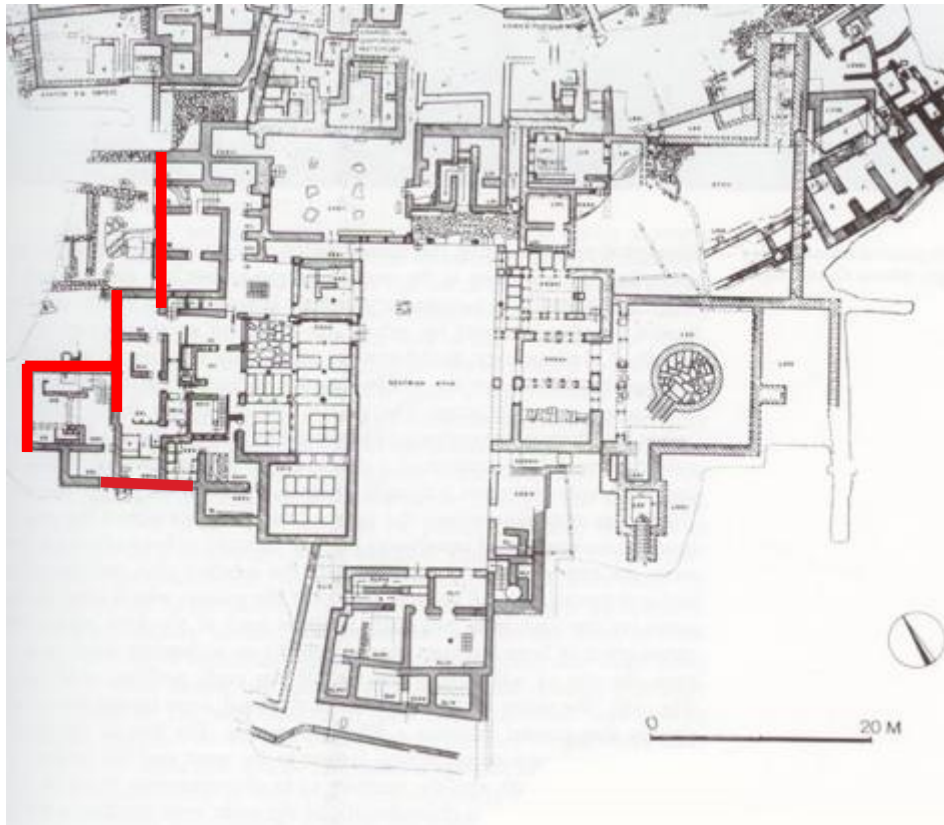
Συνεπώς, στην κεντρική αυλή, οι πλευρές των κτηρίων που την οριοθετούν είναι κυρίως από τοπικό ασβεστόλιθο και πωρολιθικό υλικό, ενώ, δευτερευόντως και σε μικρή ποσότητα, υπάρχει πράσινος λίθος. Λατυποπαγής λίθος τύπου I έχει χρησιμοποιηθεί μόνο στη βόρεια πλευρά, αλλά είναι εκτεταμένη η χρήση του σε αυτό το σημείο, παρά το μικρό συνολικά ποσοστό εμφάνισής του.

Τοιχοποιίες Δυτικής πτέρυγας

Ως χαρακτηριστικότερο και πιο αντιπροσωπευτικό δείγμα της τοιχοποιίας του ανακτορικού συγκροτήματος επιλέχθηκε η Δυτική πτέρυγα (τόσο οι εξωτερικές όσο και οι εσωτερικές τοιχοποιίες που την απαρτίζουν), λόγω της ιδιαίτερης ανάπτυξής της και της καλύτερης διατήρησής της³¹.

Στην κάτοψη που ακολουθεί, σημειώνεται το επιλεγμένο δείγμα εξωτερικής τοιχοποιίας, για τη μελέτη χρήσης του λίθινου δομικού υλικού.

³¹Έχουν ωστόσο στην πτέρυγα αυτή πραγματοποιηθεί εκτενείς στερεωτικές εργασίες.



Εικόνα 5.12: Η εξωτερική τοιχοποιία της Δυτικής πτέρυγας που χρησιμοποιήθηκε ως δείγμα μελέτης.



Εικόνα 5.13: Δυτική πτέρυγα, εξωτερική τοιχοποιία.



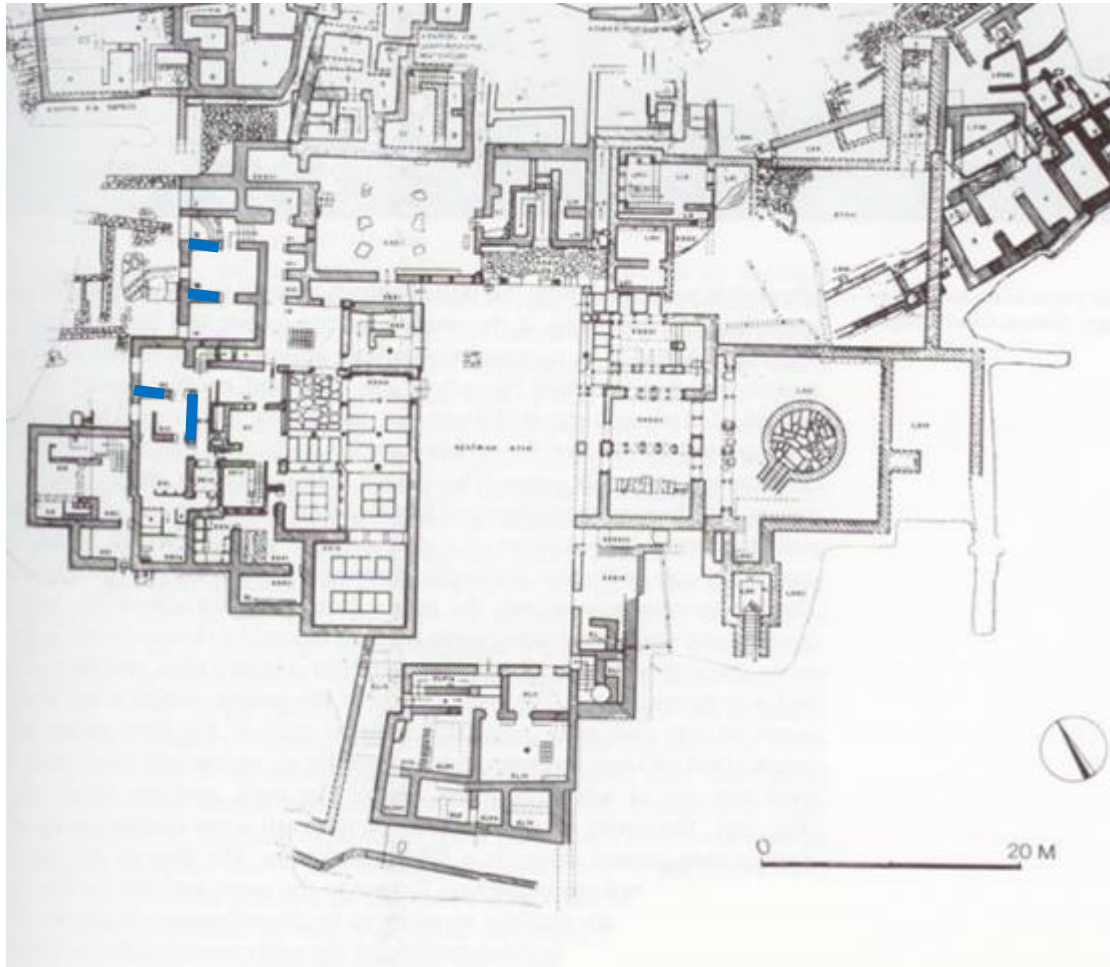
Εικόνα 5.14: Δυτική πτέρυγα, εξωτερική τοιχοποιία.

Ποσοστιαία, το δομικό υλικό ανά λιθότυπο απαντά ως εξής:

- ασβεστόλιθος τύπου I: 65%
- ασβεστόλιθος τύπου II: 11%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 9%
- πράσινος λίθος: 8%
- κόκκινος-μωβ λίθος: 6%
- πωρόλιθος: 1%

Συνεπώς, στις εξωτερικές τοιχοποιίες του ανακτορικού συγκροτήματος το βασικό υλικό δόμησης είναι ο τοπικός ασβεστόλιθος και, δευτερευόντως και σε πολύ μικρές ποσότητες, υπάρχουν πράσινος λίθος, κόκκινος-μωβ λίθος, λατυποπαγής λίθος τύπου II και πωρόλιθος. Όλα τα δευτερεύοντα υλικά υπάρχουν ενδιάμεσα των μεγάλων όγκων τοπικού ασβεστόλιθου, για το γέμισμα κενών.

Όσον αφορά στις εσωτερικές τοιχοποιίες, το δείγμα που επιλέχθηκε είναι, επίσης, από τη Δυτική πτέρυγα. Συγκεκριμένα, οι τοιχοποιίες που μελετήθηκαν σημειώνονται στην παρακάτω κάτοψη.



Εικόνα 5.15: Εσωτερικές τοιχοποιίες της Δυτικής πτέρυγας που χρησιμοποιήθηκαν ως δείγμα μελέτης.



Εικόνα 5.16: Δυτική πτέρυγα, εσωτερικές τοιχοποιίες.



Εικόνα 5.17: Δυτική πτέρυγα, εσωτερικές τοιχοποιίες.

Ποσοστιαία, το δομικό υλικό ανά λιθότυπο στις εσωτερικές τοιχοποιίες της Δυτικής πτέρυγας είναι ως εξής:

- ασβεστόλιθος τύπου I: 34%
- ασβεστόλιθος τύπου II: 16%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 3%
- πράσινος λίθος: 20%
- κόκκινος-μωβ λίθος: 14%
- λατυποπαγής λίθος τύπου I: 3%
- πωρόλιθος: 10%





Στις εσωτερικές τοιχοποιίες του ανακτορικού συγκροτήματος, το βασικό υλικό δόμησης είναι ο τοπικός ασβεστόλιθος τύπου I και II και, δευτερευόντως, πράσινος λίθος, κόκκινος-μωβ λίθος, πωρόλιθος αλλά και λατυποπαγείς λίθοι τύπου I και II.




Αρχιτεκτονικά στοιχεία – Κατώφλια

Προκειμένου να εξεταστεί η επιλογή λίθινου υλικού για ιδιαίτερες αρχιτεκτονικές χρήσεις, μελετήθηκαν λιθολογικά τα κατώφλια του ανακτορικού συγκροτήματος.

Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε ένας πίνακας με φωτογραφικό υλικό των σημαντικότερων και μεγαλύτερων κατωφλιών, καθώς και με το είδος λίθου που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τους.

Πίνακας 5.2: Κατώφλια ανακτόρου

Κατώφλι 1	Νότια πτέρυγα Τοπικός γκρι ασβεστόλιθος τύπου II	
Κατώφλι 2	Νότια πτέρυγα Τοπικός γκρι ασβεστόλιθος τύπου I	
Κατώφλι 3	Δυτική πτέρυγα Τοπικός γκρι ασβεστόλιθος τύπου I και πωρόλιθος	
Κατώφλι 4	Δυτική πτέρυγα Τοπικός γκρι ασβεστόλιθος τύπου I	

Κατώφλι 5	Δυτική πτέρυγα Τοπικός γκρι ασβεστόλιθος τύπου I	
Κατώφλι 6	Βόρεια πτέρυγα Λατυποπαγής τύπου I	
Κατώφλι 7	Βόρεια πτέρυγα Τοπικός γκρι ασβεστόλιθος τύπου II	

Από τα παραπάνω στοιχεία του πίνακα, είναι φανερό πως πρώτη επιλογή ως προς το λίθινο δομικό υλικό για κατώφλια στο ανακτορικό συγκρότημα χρησιμοποιήθηκαν οι τοπικοί ασβεστόλιθοι τύπου I και II, και, δευτερευόντως, ο πωρόλιθος, ενώ μόνο στη Βόρεια πτέρυγα χρησιμοποιήθηκε λατυποπαγής λίθος τύπου I.

V.2.3. ΝΕΟΑΝΑΚΤΟΡΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ

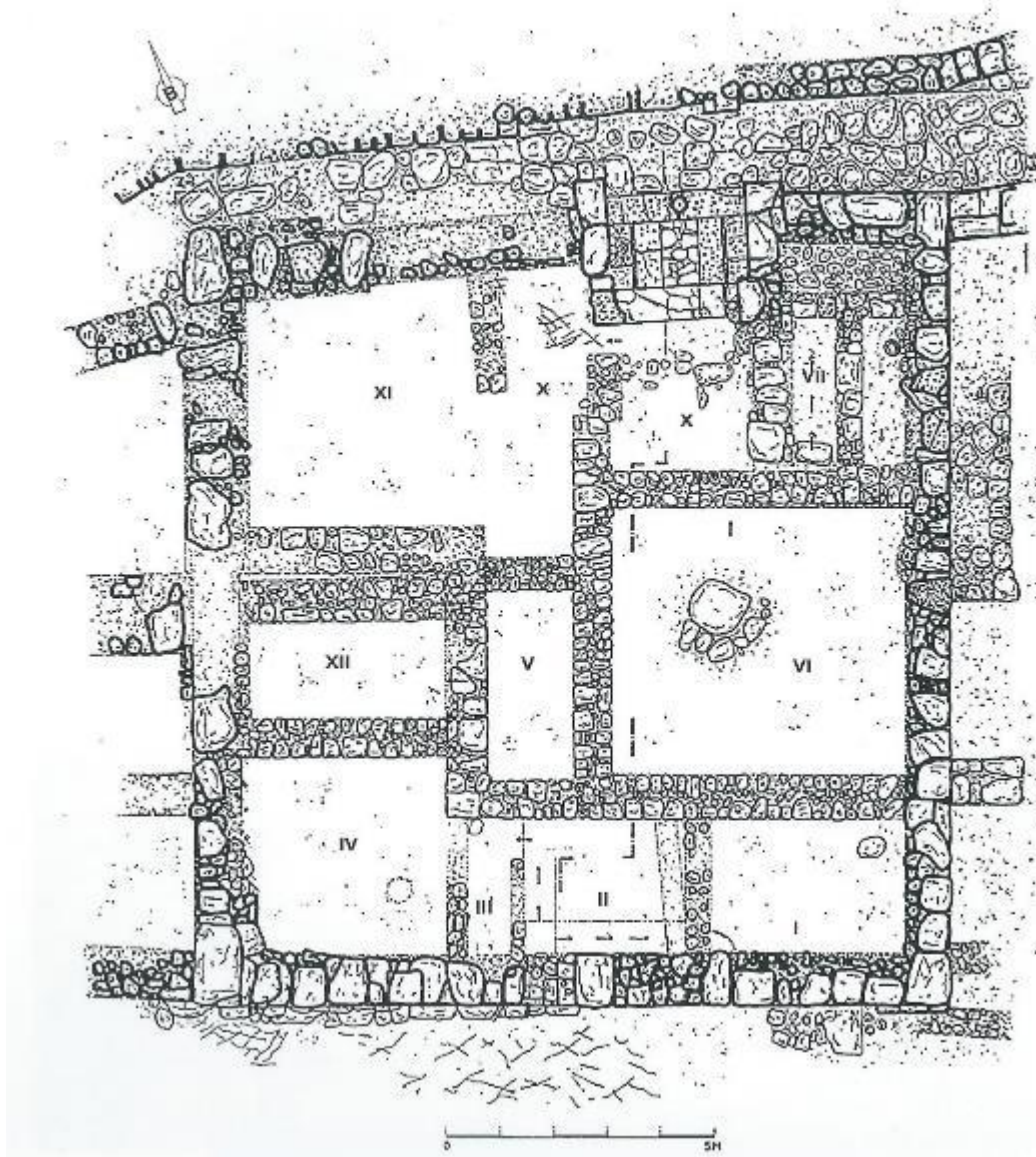
Για τη μελέτη της χρήσης του λίθινου δομικού υλικού επιλέχθηκαν τα βασικά κτηριακά συγκροτήματα που περιγράφηκαν αναλυτικά στο Κεφάλαιο II.

Η επιλογή των παραπάνω κτηρίων έγινε με βάση το εμβαδόν τους, τη σημασία τους και την κατάσταση διατήρησής τους, καθώς οι ενδιάμεσοι χώροι τους διαχωρίζονται ξεκάθαρα και διατηρούνται τόσο εξωτερικές όσο και εσωτερικές τοιχοποιίες τους, σε ικανοποιητικό ύψος πέραν των θεμελίων, ενώ γενικά στα κτήρια αυτά παρατηρείται και το μεγαλύτερο ποσοστό διατήρησης οικοδομικής ύλης από τα υπόλοιπα κτηριακά συγκροτήματα του χώρου.

Στα κτήρια αυτά, μελετήθηκαν κάποιες συγκεκριμένες τοιχοποιίες. Τα κριτήρια επιλογής για τη μελέτη τους ήταν η κατάσταση διατήρησης, καθώς και η χωροθέτησή τους. Αρχικά, μελετήθηκε υλικό από τις εξωτερικές τοιχοποιίες και, στη συνέχεια, μελετήθηκαν κάποιοι από τους εσωτερικούς τοίχους των κτηρίων. Τέλος, δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στο δομικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε σε ειδικά αρχιτεκτονικά στοιχεία. Η μελέτη έγινε με επιτόπια παρατήρηση και με τα σχέδια κάτοψης των ενδεικτικών αυτών κτηρίων, ενώ έγινε και λεπτομερής φωτογράφιση των διαφόρων εμφανιζόμενων λιθότυπων.

Κτήριο G

Το Κτήριο G είναι ένα μεγαλιθικό κτήριο, με σχεδόν τετράγωνη κάτοψη, το οποίο αποτελεί ένα από τα πιο χαρακτηριστικά δείγματα εφαρμογής ανακτορικών στοιχείων στη θεωρούμενη ως «οικιακή» αρχιτεκτονική (Πλάτων, 2009: 45).



Εικόνα 5.18: Κάτοψη Κτηρίου Γ.



Εικόνα 5.19: Κτήριο Γ.



Εικόνα 5.20: Κτήριο Γ.



Εικόνα 5.21: Κτήριο G.

Όσον αφορά στις εξωτερικές του τοιχοποιίες, το δομικό υλικό ανά λιθότυπο είναι:

- ασβεστόλιθος τύπου I: 44%
- ασβεστόλιθος τύπου II: 26%
- πράσινος λίθος: 12%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 8%
- πωρόλιθος: 4%
- κόκκινος-μωβ λίθος: 3%
- λατυποπαγής λίθος τύπου I: 3%

Επομένως, στις εξωτερικές τοιχοποιίες του Κτηρίου G το βασικό υλικό δόμησης είναι τοπικός ασβεστόλιθος τύπου I και II, ενώ δευτερευόντως εμφανίζεται πράσινος λίθος, λατυποπαγείς λίθοι τύπου II και, σε μικρότερα ποσοστά, πωρόλιθος, κόκκινος-μωβ λίθος, αλλά και λατυποπαγείς λίθοι τύπου I.

Στις εσωτερικές τοιχοποιίες του ίδιου κτηρίου, το δομικό υλικό ανά λιθότυπο απαντά στις ακόλουθες αναλογίες:

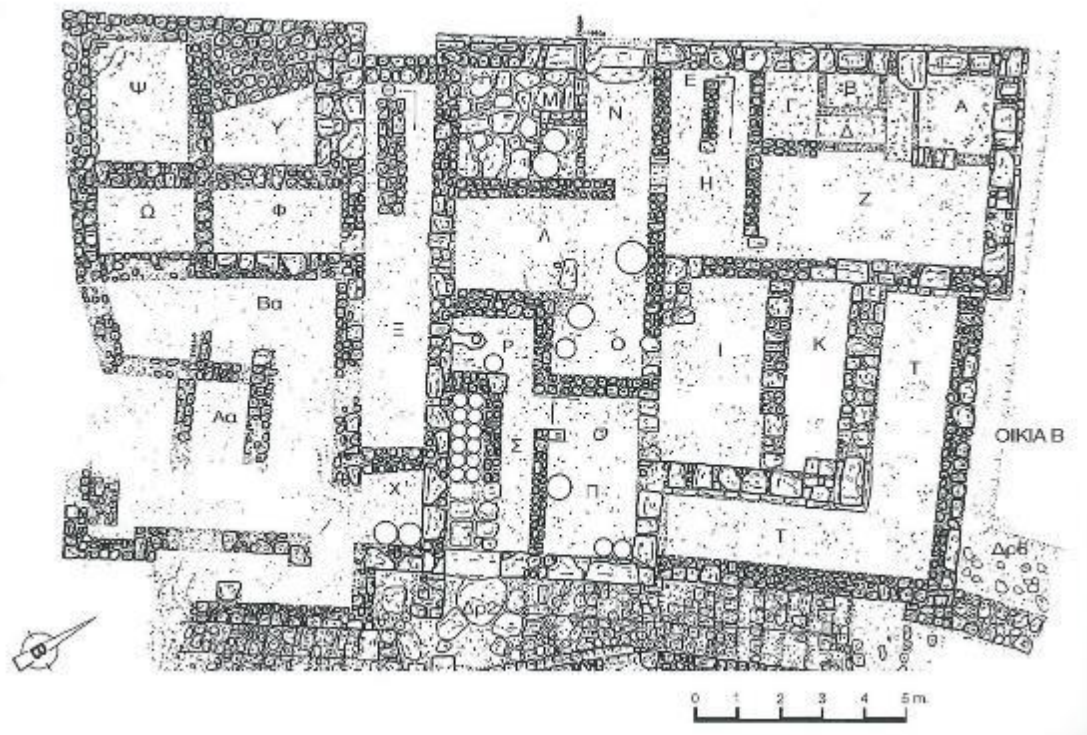
- ασβεστόλιθος τύπου I: 29%
- ασβεστόλιθος τύπου II: 32%
- πράσινος λίθος: 13%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 12%
- πωρόλιθος: 6%
- κόκκινος-μωβ λίθος: 7%
- λατυποπαγής λίθος τύπου I: 1%

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στις εσωτερικές τοιχοποιίες του Κτηρίου G βασικό υλικό δόμησης είναι ο τοπικός ασβεστόλιθος τύπου I και II, ενώ σε αρκετά μεγάλα ποσοστά εμφανίζονται ο πράσινος λίθος και λατυποπαγείς λίθοι τύπου II και, σε μικρότερα, ο πωρόλιθος, ο κόκκινος-μωβ λίθος, αλλά και λατυποπαγείς λίθοι τύπου I. Γενικά, όλοι οι λίθοι, πλην των ασβεστόλιθων και μεμονωμένα των πωρόλιθων (στο κατώφλι ή σε κλίμακες), εμφανίζονται ως δευτερογενή υλικά στη δόμηση, συνήθως σε μικρούς ή μέσους όγκους στις τοιχοποιίες, σε σχέση πάντα με τα μεγέθη των ασβεστόλιθων.

Τέλος, στο Κτήριο G έγινε καταγραφή χρήσης υλικού για τα κατώφλια του και για τη μία βάση κίονα. Το οικοδόμημα έχει δύο εισόδους, μία κύρια και μία βοηθητική. Η κύρια είσοδος του προκαλεί ιδιαίτερη εντύπωση, καθώς παρουσιάζει μία πολύ επιμελώς κατασκευαστική σύνθεση, με διαφορετικά δομικά υλικά (ασβεστόλιθο τύπου II και πωρόλιθο) και γεωμετρική δομή. Σε αυτήν, έχουν ενταχθεί δύο κατώφλια από τοπικό ασβεστόλιθο τύπου I και II και μία βάση κίονα από ασβεστόλιθο τύπου II.

Οικία Β

Η Οικία Β είναι από τα σημαντικότερα του οικισμού. Έχει ορθογωνισμένη κάτοψη και επιμελημένες προσόψεις από τοπικό ασβεστόλιθο (Πλάτων, 2009: 53).



Εικόνα 5.22: Κάτοψη Οικίας Β.



Εικόνα 5.23: Οικία Β.



Εικόνα 5.24: Οικία Β.

Ποσοστιαία, το δομικό υλικό που συναντάται ανά λιθότυπο στις εξωτερικές τοιχοποιίες εμφανίζεται στις ακόλουθες αναλογίες:

- ασβεστόλιθος τύπου I: 47%
- ασβεστόλιθος τύπου II: 23%
- πράσινος λίθος: 4%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 11%
- πωρόλιθος: 4%
- κόκκινος-μωβ λίθος: 11%

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στις εξωτερικές τοιχοποιίες της Οικίας Β βασικό υλικό δόμησης παρουσιάζεται να είναι ο τοπικός ασβεστόλιθος τύπου I και II, ενώ δευτερευόντως έχουν χρησιμοποιηθεί λατυποπαγείς λίθοι τύπου II και, σε μικρότερα ποσοστά, ο πράσινος λίθος, ο πωρόλιθος και ο κόκκινος-μωβ λίθος.

Στις εσωτερικές τοιχοποιίες του οικοδομήματος, το δομικό υλικό απαντά ανά λιθότυπο στις ακόλουθες αναλογίες:

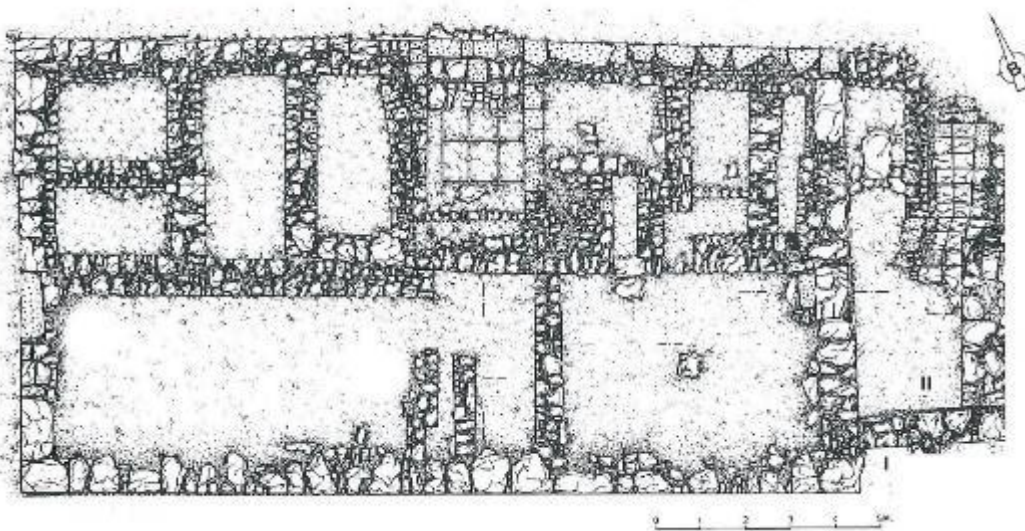
- ασβεστόλιθος τύπου I: 38%
- ασβεστόλιθος τύπου II: 20%
- πράσινος λίθος: 11%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 17%
- πωρόλιθος: 1%
- κόκκινος-μωβ λίθος: 13%

Επομένως, στις εσωτερικές τοιχοποιίες του Κτηρίου Β το βασικό υλικό δόμησης είναι ο τοπικός ασβεστόλιθος τύπου I και II, και, δευτερευόντως, εμφανίζονται ο πράσινος λίθος, λατυποπαγείς λίθοι τύπου II και, σε μικρότερα ποσοστά, ο κόκκινος-μωβ λίθος και ακόμα λιγότερο ο πωρόλιθος.

Τέλος, της Οικίας Β διαθέτει δύο μονολιθικά κατώφλια, κατασκευασμένα από ασβεστόλιθο τύπου I.

Κτήριο D-E ή «Λοξό Κτήριο»

Το Κτήριο D-E ή «Λοξό Κτήριο» είναι ένα ακόμα οικοδόμημα με ορθογωνισμένη κάτοψη ανακτορικά αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά ανάμεσα στα οποία και ξεστή δόμηση από πωρόλιθους σε μία από τις προσόψεις του. Για αυτό το λόγο, αποτέλεσε και το τελευταίο προς μελέτη κτήριο, αφού παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, κυρίως λόγω της μεγάλης ποικιλίας που εμφανίζει ως προς τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του.



Εικόνα 5.24: Κάτοψη Κτηρίου D-E ή «Λοξού Κτηρίου».



Εικόνα 5.25: Κτήριο D-E ή «Λοξό Κτήριο».



Εικόνα 5.26: Κτήριο D-E ή «Λοξό Κτήριο».



Εικόνα 5.27: Κτήριο D-E, κατώφλι.



Εικόνα 5.28: Κτήριο D-E, χώρος DI.

Ποσοστιαία, το δομικό υλικό στις εξωτερικές τοιχοποιίες απαντά ανά λιθότυπο στις ακόλουθες αναλογίες:

- ασβεστόλιθος τύπου II: 49%
- ασβεστόλιθος τύπου I: 23%
- πωρόλιθος: 22%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 5%
- πράσινος λίθος: 1%

Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, στις εξωτερικές τοιχοποιίες του Κτηρίου D-E βασικό υλικό δόμησης εμφανίζεται να είναι ο τοπικός ασβεστόλιθος τύπου I και II, και, δευτερευόντως, αλλά σε μεγάλο σχετικά ποσοστό, ο πωρόλιθος.

Στις εσωτερικές τοιχοποιίες του ίδιου οικοδομήματος, το δομικό υλικό απαντά ανά λιθότυπο στις ακόλουθες αναλογίες:

- ασβεστόλιθος τύπου I: 31%
- ασβεστόλιθος τύπου II: 28 %
- πράσινος λίθος: 15%
- λατυποπαγής λίθος τύπου II: 8,5%

- πωρόλιθος: 6%
- κόκκινος-μωβ λίθος: 11,5%

Συνεπώς, οι εσωτερικές τοιχοποιίες του Κτηρίου D-E έχουν για βασικό υλικό δόμησης τον τοπικό ασβεστόλιθο τύπου I και II, σε αρκετά μεγάλα ποσοστά εμφανίζεται πράσινος λίθος και σε μικρότερα ποσοστά πωρόλιθος, κόκκινος-μωβ λίθος, αλλά και λατυποπαγείς λίθοι τύπου II. Ο πράσινος λίθος εμφανίζεται αρκετά, αλλά πολύ συχνά σε μικρά τεμάχια, κυρίως μέσα στην τοιχοποιία.

Τέλος, για το Κτήριο D-E έγινε καταγραφή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των κατώφλιων του. Το οικοδόμημα διέθετε δύο κύριες εισόδους με μονολιθικά κατώφλια, με ποιο σημαντική αυτή της βόρειας πλευράς του, καθώς πρόκειται για μία πολύ επιμελή κατασκευαστική σύνθεση στην οποία χρησιμοποιήθηκαν διάφορα δομικά υλικά (ασβεστόλιθος τύπο I, πωρόλιθος, κονιάματα). Τα δύο κατώφλια είναι από τοπικό ασβεστόλιθο τύπου I και II. Τέλος, η μοναδική βάση κίονα που έχει διασωθεί είναι επίσης από τοπικό ασβεστόλιθο, τύπου II.

V.3. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην ανακτορική εγκατάσταση της Κάτω Ζάκρου χρησιμοποιήθηκε ως βασικό υλικό δομής ο ντόπιος συνεκτικός γκρι ασβεστόλιθος, ο οποίος και χαρακτηρίζει την περιοχή. Αυτός μορφολογικά εμφανίζεται σε δυο ποικιλίες, μία γκρι σκούρα και μία πιο ανοικτού χρώματος. Άλλωστε, το ασβεστολιθικό υλικό αποτελεί προσεγγιστικά το 60% περίπου του συνόλου των λίθων στον αρχαιολογικό χώρο, αντιπροσωπεύοντας κυρίως την σκοτεινόχρωμη ποικιλία του.

Το επόμενο είδος λίθου που εμφανίζεται στα νεοανακτορικά οικοδομήματα ως υλικό δόμησης είναι ο πωρόλιθος. Ο πωρόλιθος χρησιμοποιείται κυρίως σαν υλικό πολυτελείας, λόγω του ότι ήταν δυνατό να λαξευτεί και να σχηματοποιηθεί τέλεια. Για αυτό τον λόγο, εμφανίζεται κυρίως στην κεντρική αυλή του ανακτόρου και σε προσόψεις σημαντικών κτηρίων ή σε ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά στοιχεία γοήτρου

(είσοδοι Κτηρίων G και D-E). Το ποσοστό του πωρόλιθου στον χώρο προσεγγιστικά ανέρχεται στο 20% περίπου, με κυριότερη παρουσία του στην κεντρική αυλή του ανακτόρου και το Κτήριο D-E ή «Λοξό Κτήριο».

Ως δευτερεύοντα υλικά δόμησης, έχουν χρησιμοποιηθεί ο πράσινος λίθος και ο κόκκινος-μωβ, σε γενικά μικρούς όγκους, λίθοι που απαντούν διάσπαρτα σε όλο το χώρο και σε όλα τα προς μελέτη κτήρια. Ουσιαστικά, η χρήση τους είναι συμπληρωματική στις τοιχοποιίες και δεν έχουν χρησιμοποιηθεί σε διακοσμητικά στοιχεία, παρόλη την ιδιαίτερη χρωματική μορφή τους. Η παρουσία και των δύο στον χώρο είναι ουσιαστικά ισόποση, καταλαμβάνοντας προσεγγιστικά, το καθένα από αυτά, το 5% του συνόλου.

Επίσης ως δευτερεύοντα υλικά δόμησης έχουν χρησιμοποιηθεί δύο διαφορετικοί μεταξύ τους λατυποπαγείς λιθότυποι, ο ένας γκρι και ο άλλος κόκκινος. Γενικά, τέτοιου τύπου λίθοι είναι περιορισμένης χρήσης στις μινωικές κατασκευές, όμως στη Ζάκρο υπάρχουν τρεις κόκκινοι μεγάλοι όγκου λίθοι του είδους αυτού στην ανατολική πλευρά του ανακτόρου, αλλά και διάσπαρτοι μικρότεροι, ως συμπληρωματικά στοιχεία στις τοιχοποιίες. Ένας από τους ευμεγέθεις χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή κατωφλίου. Ο γκρι λατυποπαγής λίθος έχει πιο ευρεία χρήση στο σύνολο του χώρου, αλλά σίγουρα μόνο ως συμπληρωματικό στοιχείο στις τοιχοποιίες, σε ποσοστό 6% περίπου επί του συνόλου, έναντι 4% περίπου του κόκκινου λατυποπαγή.

Για την κατασκευή της πλακόστρωσης των οδών, η χρήση του τοπικού ασβεστόλιθου υπερισχύει σημαντικά, καταλαμβάνοντας το 65% περίπου του συνόλου. Ο πωρόλιθος έχει χρησιμοποιηθεί σε σημαντικό ποσοστό στην «Οδό Λιμένος», σε ένα ποσοστό της τάξης του 30% περίπου, όμως η τόσο εκτενής χρήση του περιορίζεται σε αυτήν την οδό και μόνο. Στις υπόλοιπες οδούς, η χρήση του πωρόλιθου είναι αρκετά πιο περιορισμένη, μην ξεπερνώντας σε ποσοστό το 15% του συνόλου, ενώ ακολουθούν ποσοστιαία ο πράσινος λίθος, με παρουσία της τάξης του 10%, και ο κόκκινος λίθος με τον γκρι λατυποπαγή (τύπος II) που καταλαμβάνουν περίπου το 5% έκαστος. Για την κατασκευή των

πλακοστρώσεων των οδών, δεν χρησιμοποιήθηκε καθόλου ο κόκκινος λατυποπαγής λίθος (τύπος Ι).

Για την κατασκευή μονολιθικών κατωφλίων, τόσο στο ανακτορικό συγκρότημα όσο και στα κτήρια, χρησιμοποιήθηκε κατεξοχήν ο τοπικός ασβεστόλιθος και των δύο τύπων, όπως συνέβη και με τις βάσεις κιόνων.

Τέλος, ο γυψόλιθος έχει τόσο περιορισμένη χρήση στον χώρο, καθώς έχουν βρεθεί μόλις επτά τέτοιοι λίθοι σε όλον τον αρχαιολογικό χώρο (Chlouveraki, 2006: 283–284; Πλάτων, 2009: 14), ώστε το δείγμα του να μην είναι ικανό για να αποτελέσει διακριτό αντικείμενο στην ποσοτική εκτίμηση των λιθότυπων.

VI. ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΛΙΚΟΥ

Τα αρχαιολογικά κατάλοιπα είναι ιδιαίτερης σημασίας και απαραίτητα για την κατανόηση των κοινωνικών και τεχνολογικών πρακτικών και χρήζουν άμεσης καταγραφής, τεκμηρίωσης και προστασίας για να μην καταστραφούν. Συνεπώς, για την προστασία τους είναι απαραίτητη τόσο η αρχαιολογική μελέτη και προσέγγιση όσο και η χρήση γεωλογικών, φυσικοχημικών και λοιπών αναλυτικών μελετών. Ένας συνδυασμός δηλαδή της επιστήμης της αρχαιολογίας και των θετικών επιστημών, που μπορεί να συνεισφέρει περαιτέρω και στην κατανόηση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων οι οποίες σχετίζονται με τα τεχνολογικά στοιχεία οργάνωσης.

Για το σκοπό αυτό, στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κύριοι λιθότυποι που απαντούν στον αρχαιολογικό χώρο, καθώς και κάποια δευτερεύοντα λίθινα υλικά δόμησης, που χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο ως κοσμητικά στοιχεία. Μακροσκοπικά παρατηρήθηκαν, κυρίως, τα γενικά χαρακτηριστικά των λίθων, ενώ μέσω της μικροσκοπικής ανάλυσης εντοπίστηκαν τα κύρια πετρογενετικά ορυκτά που περιέχονται σε αυτούς. Στόχος ήταν να δημιουργηθεί μία βάση με την πετρογραφική και ορυκτολογική ανάλυση των διαφόρων λίθων που έχουν χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό στο ανακτορικό συγκρότημα της Κάτω Ζάκρου.

VI.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία έγινε υπό την επίβλεψη υπεύθυνου προσωπικού, όπως ορίστηκε από την αρμόδια Εφορία Αρχαιοτήτων. Συνολικά συλλέχθηκαν 16 δείγματα λίθων. Τα δείγματα που πάρθηκαν ήταν ήδη αποκολλημένα θραύσματα πετρωμάτων και ανήκαν σε σημεία χαμηλότερης αισθητικής αξίας.

Όλα τα προς ανάλυση δείγματα που επιτράπη να συλλεχθούν ήταν στο έδαφος, σε λιθωρούς εντός του αρχαιολογικού χώρου. Για αυτό τον λόγο, δεν μπορεί να γίνει άμεση ταύτιση του υλικού με συγκεκριμένο κτήριο ή γενικότερα σημείο του χώρου, καθώς ήταν μετακινημένα από την αρχική τους θέση. Επίσης, δεν είναι δυνατό να συνδεθούν ως προς τη χρήση τους με συγκεκριμένη εποχή, αφού δεν είναι γνωστή η αρχική τους θέση, πλην των πωρολιθικών που φαίνεται να εμφανίζονται μόνο στη Νεοανακτορική περίοδο (Πλάτων, 1974: 72).

Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι το υλικό της δειγματοληψίας, αν και αποτελεί σίγουρα ένα αρκετά αντιπροσωπευτικό δείγμα, ενδεχομένως δεν περιλαμβάνει όλους τους διαφορετικούς τύπους λίθων που έχουν χρησιμοποιηθεί στη μινωική εγκατάσταση.

Στο φωτογραφικό υλικό που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα σημεία των λιθωρών από όπου ελήφθησαν τα δείγματα, καθώς και μία γενική άποψη του αρχαιολογικού χώρου.



Εικόνα 6.1: Άποψη αρχαιολογικού χώρου Κ. Ζάκρου.



Εικόνα 6.2: Λιθосωροί πωρόλιθου.



Εικόνα 6.3: Λιθосωρός δομικού υλικού.



Εικόνα 6.4: Λιθοσωρός δομικού υλικού.

VI.2. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η μακροσκοπική παρατήρηση του υλικού προηγείται οποιασδήποτε άλλης μεθόδου ελέγχου. Οι παρατηρήσεις που προκύπτουν για την εμφάνιση και τη δομή του πετρώματος είναι πολύ σημαντικές για την προστασία και τη σωστή αντιμετώπιση της αποκατάστασης ενός μνημείου.

Η σημασία των πληροφοριών αυτών είναι πολύ σημαντική για την προστασία και τη σωστή αντιμετώπιση της αποκατάστασης ενός μνημείου. Οι παρατηρήσεις αυτές γίνονται επί τόπου και συμπληρώνονται κατά την κοπή του πετρώματος, καθώς και κατά την κατασκευή της λεπτής τομής για τη μελέτη στο πετρογραφικό μικροσκόπιο.





Για την καλύτερη διαχείριση του υλικού που συλλέχθηκε από τον αρχαιολογικό χώρο, κρίθηκε απαραίτητο να δημιουργηθεί ένας πίνακας με τις παρατηρήσεις που προέκυψαν από τη μακροσκοπική μελέτη. Στον πίνακα, υπάρχει φωτογραφία του κάθε δείγματος, η περιγραφή του από τη μακροσκοπική παρατήρηση, σχολιασμός για το χρώμα του, καθώς και





η κατά προσέγγιση μέτρηση της σκληρότητάς του ³² . Τέλος, συμπεριλαμβάνεται και μία ενδεικτική φωτογραφία αντίστοιχου υλικού σε σημείο του ανακτόρου.

³² Η σκληρότητα είναι η αντίσταση που εμφανίζουν τα ορυκτά σε εγχάραξη. Για τον προσδιορισμό της σκληρότητας, χρησιμοποιούμε την εμπειρική κλίμακα Mohs. Για την κατά προσέγγιση εύρεση της σκληρότητας, χρησιμοποιούμε το νύχι (~2½), ένα χάλκινο νόμισμα (~3½), ένα σουγιά (~5½), ένα κομμάτι τζάμι (~5½) ή μια λίμα ατσάλινη (~6½-7).

Πίνακας 6.1: Μακροσκοπική παρατήρηση δειγμάτων.

Δείγμα	Φωτογραφία	Φωτογραφία αντιστοιχου υλικού εντός του χώρου	Χρώμα- Σκληρότητα (Mohs)	Περιγραφή
ΠΖΑ1			Γκρι ανοιχτόχρωμος - 3	Πωρόλιθος, αρκετά συνεκτικός, με ομοιόμορφο σηματισμό.
ΠΖΑ2			Ανοιχτόχρωμος μπεζ - 5½	Πωρόλιθος, πολύ συνεκτικός, με πολλά κενά και εμφανή μεγάλα αδρανή.





<p>ΠΖΑ3</p>			<p>Ανοιχτόχρωμος ελαφρά ερυθρός</p> <p>- 3</p>	<p>Πωρόλιθος, αρκετά συνεκτικός. Παρότι ομοιόμορφος τα (μικρού μεγέθους) αδρανή του διακρίνονται ακόμα και μακροσκοπικά και είναι και λατυποειδή και κροκαλόσχημα.</p>
<p>ΠΖΑ4</p>			<p>Γκρι</p> <p>- 5½</p>	<p>Πωρόλιθος, πολύ συνεκτικός. Παρατηρούνται οπές στο σηματισμό του. Μακροσκοπικά τα αδρανή του διαχωρίζονται και είναι ποικίλων μεγεθών.</p>

ΠΖΑ5			<p>Ανοιχτόχρωμος μπεζ – 3</p>	<p>Πωρόλιθος, σχετικά συνεκτικός και ομοιογενής.</p>
ΠΖΑ6			<p>Ανοιχτόχρωμος μπεζ – 3</p>	<p>Πωρόλιθος, αρκετά συνεκτικός και ομοιογενής. Παρατηρούνται μικρές οπές στο σχηματισμό.</p>

<p>ΠΖΑ7</p>			<p>Καφέ, γκρι, μωβ, πράσινο, λευκό και κίτρινο. - 5½</p>	<p>Λατυποπαγής λίθος. Αρκετά συνεκτικός και σκληρός. Ο λίθος παρουσιάζει ομοιόμορφο σχηματισμό από αδρανή ποικίλων μεγεθών και χρωμάτων, ενωμένα με συνδετικό υλικό χωρίς κενά, οπές κτλ.</p>
<p>ΑΠΖ8</p>			<p>Ανοιχτόχρωμος γκρι - 2½</p>	<p>Πολύ συνεκτικός και αρκετά σκληρός λίθος, με ομοιογενή σχηματισμό και καθόλου κρυσταλλικός.</p>

<p>ΑΠΖ9</p>			<p>Σκούρος γκρι - 2½</p>	<p>Πολύ συνεκτικός και αρκετά σκληρός λίθος, με ομοιογενή σχηματισμό και καθόλου κρυσταλλικός.</p>
<p>ΑΠΖ10</p>			<p>Ανοιχτόχρωμος γκρι - 5½</p>	<p>Πολύ σκληρός και συνεκτικός λίθος. Στην εκτιθέμενή του επιφάνεια υπάρχουν έντονα οξείδια Fe.</p>

<p>ΑΠΖ11</p>			<p>Σκούρος γκρι - 2½</p>	<p>Σκληρός και σχετικά ομοιογενής λίθος. Σχηματίζει λιγα κενά και έχει λευκά νερά.</p>
<p>ΣΠΖ12</p>			<p>Γκρι-πράσινος- λευκός - 3</p>	<p>Σκληρός, συνεκτικός και ομοιογενής λίθος. Έχει έντονες κρυσταλλικές φλεβώσεις λευκού χρώματος.</p>

<p>ΑΠΖ13</p>			<p>Γκρι - 2½</p>	<p>Σκληρός, συνεκτικός και ομοιογενής λίθος, με λίγες φλεβώσεις λευκής απόχρωσης.</p>
<p>ΜΠΖ14</p>			<p>Γκρι - 5½</p>	<p>Λίθος αρκετά συνεκτικός και σκληρός. Παρουσιάζει ομοιόμορφο σχηματισμό κροκαλόσχημων αδρανών ποικίλων μεγεθών, χωρίς κενά. Το συνδετικό υλικό είναι ομοιόμορφο, γκρι απόχρωσης. Δεν είναι κρυσταλλικός.</p>

ΜΠΖ15			<p>Μωβ-κόκκινος με λευκά κρυσταλλικά νερά. - 5½</p>	<p>Σκληρός, συνεκτικός και με ομοιογένεια λίθος. Είναι όλος ελαφρά κρυσταλλικός.</p>
ΑΠΖ16			<p>Σκούρος γκρι - 5½</p>	<p>Σκληρός, συνεκτικός και ομοιογενής λίθος. Μη κρυσταλλικός.</p>

VI.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Οι μέθοδοι ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν είναι η μικροσκοπική μελέτη με πολωτικό μικροσκόπιο και η περιθλασιμετρία ακτίνων Χ³³.

Με την περιθλασιμετρία ακτίνων Χ προσδιορίστηκαν επακριβώς τα είδη των πετρωμάτων, ενώ με το πετρογραφικό μικροσκόπιο διερευνήθηκε η ορυκτολογική σύσταση, καθώς και τα κύρια διαγνωστικά χαρακτηριστικά, όπως η κρυσταλλική μορφή, ο σχισμός, αλλά και η υφή των πετρωμάτων. Συνεπώς, με την εξέταση του συνόλου των δειγμάτων με αυτές τις μεθόδους ανάλυσης, προέκυψαν επαρκείς πληροφορίες για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και για τη μελέτη του υλικού, τόσο για το κομμάτι της ταύτισης των λίθων, όσο και για τις προτάσεις διατήρησης του λίθινου δομικού υλικού βάσει των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του, με αποτέλεσμα να μην κρίνεται απαραίτητη η προσφυγή σε περαιτέρω μεθόδους εξέτασης.

Οι ενόργανες μέθοδοι ορυκτολογικής ανάλυσης δίνουν πληροφορίες τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές, για τη δομή, τη σύσταση, αλλά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ορυκτών υλών. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες προσδιορίζονται με απλές ή πολύπλοκες συσκευές και ηλεκτρονικά όργανα. Οι συσκευές και η λειτουργία των οργάνων που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των ιδιοτήτων των ορυκτών στηρίζονται σε βασικές αρχές της φυσικής ή της χημείας.

Μικροσκοπική εξέταση λεπτών τομών

Η ορυκτολογική σύσταση και ο ιστός ενός πετρώματος είναι πρακτικά αδύνατο να διαπιστωθούν χωρίς τη μικροσκοπική εξέταση λεπτών τομών. Η μικροσκοπική εξέταση βοηθά στο χαρακτηρισμό και προσδιορισμό των πετρωμάτων και των ορυκτών συστατικών που περιέχουν τα υλικά, τα οποία μπορούν να ταυτοποιηθούν μέσω των διαφόρων ιδιοτήτων τους. Τέτοιου είδους οπτικές ιδιότητες περιλαμβάνουν τη διαφάνεια σε σχέση με την αδιαφάνεια, το σχήμα της

³³ Οι μέθοδοι εφαρμόστηκαν στο Εργαστήριο Ορυκτολογίας-Πετρογραφίας της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. (πρώην Ι.Γ.Μ.Ε.) υπό την επίβλεψη του Διευθυντή Δ.Ο.Π. Δρ. Γ. Οικονόμου το 2016.

τομής, το χρώμα, το σχισμό, το δείκτη διάθλασης, τη μορφολογία, τις εξαλλοιώσεις κ.ά.. Αυτές μπορούν να εξεταστούν με παράλληλη δέση φωτός που πέφτει κάθετα προς την επιφάνεια της λεπτής τομής, χωρίς την παρεμβολή του αναλυτή στην πορεία των ακτίνων (ορθοσκοπική εξέταση μόνο με τον πολωτή). Περιλαμβάνουν, ακόμα, άλλες σημαντικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά, όπως η ισοτροπία έναντι της ανισοτροπίας, η διπλοθλαστικότητα, η διαίρεση σε ζώνες κ.ά., που μπορούν να γίνουν εμφανείς με τη χρήση διασταυρούμενων διατάξεων πόλωσης (ορθοσκοπική εξέταση με πολωτή και αναλυτή - διασταυρωμένα Nicols).

Η ανάλυση των πετρωμάτων με πολωτικό μικροσκόπιο προϋποθέτει την κατασκευή λεπτών τομών στο σύνολο των δειγμάτων. Η κατασκευή των λεπτών τομών περιλαμβάνει, σε γενικές γραμμές, τα εξής βήματα:

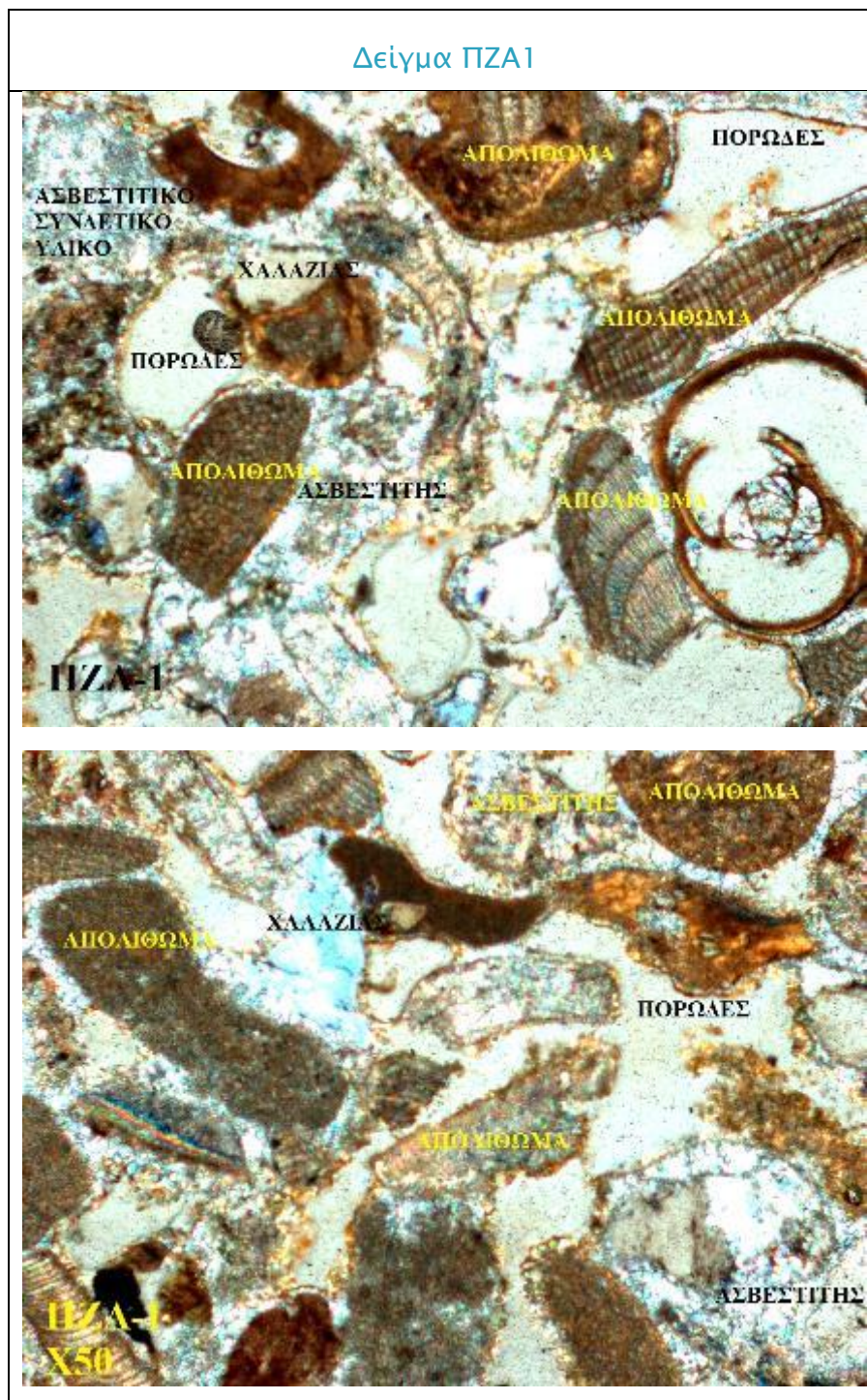
- Κοπή του δείγματος σε πλακίδιο ορθογωνίου σχήματος διαστάσεων 2Χ4 εκ.
- Στερεοποίηση του πλακιδίου σε γυάλινη πλάκα (αντικειμενοφόρος πλάκα) με ειδική εποξειδική ρητίνη (με δείκτη διάθλασης 1,540 έως 1,555)
- Λείανση του πλακιδίου μέχρις ότου αποκτήσει το επιθυμητό πάχος των 0.02 - 0.03 χιλιοστών
- Κάλυψη του παρασκευάσματος με λεπτό γυάλινο πλακίδιο (καλυπτρίδα) με τη βοήθεια ρητίνης.

Το Πολωτικό μικροσκόπιο που χρησιμοποιήθηκε ανήκει στη Διεύθυνση Ορυκτολογίας και Πετρογραφίας της Ε.Α.Γ.Μ.Ε.. Είναι του οίκου ZEISS, εξοπλισμένο με κάμερα του οίκου PROGRESS, με το αντίστοιχο πρόγραμμα για τον υπολογιστή. Το πολωτικό μικροσκόπιο είναι εξοπλισμένο και με διερχόμενο και με ανακλώμενο φως, ενώ παράλληλα φέρει φακούς με μέγιστη μεγέθυνση τα x50.

Ακόμα, στο μικροσκόπιο μετρήθηκε το πορώδες με τη μέθοδο image analysis.

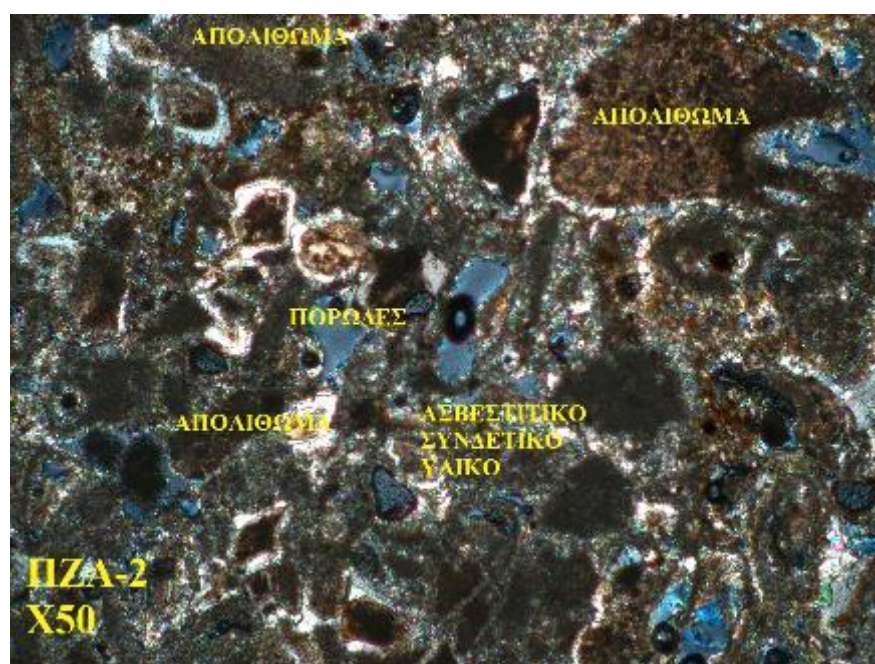
Παρακάτω γίνεται η μικροσκοπική περιγραφή των κύριων λιθότυπων του αρχαιολογικού χώρου, με τη βοήθεια πολωτικού

μικροσκοπίου. Τα αποτελέσματα τεκμηριώνονται από εικόνες του πολωτικού μικροσκοπίου και εικόνες οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων.



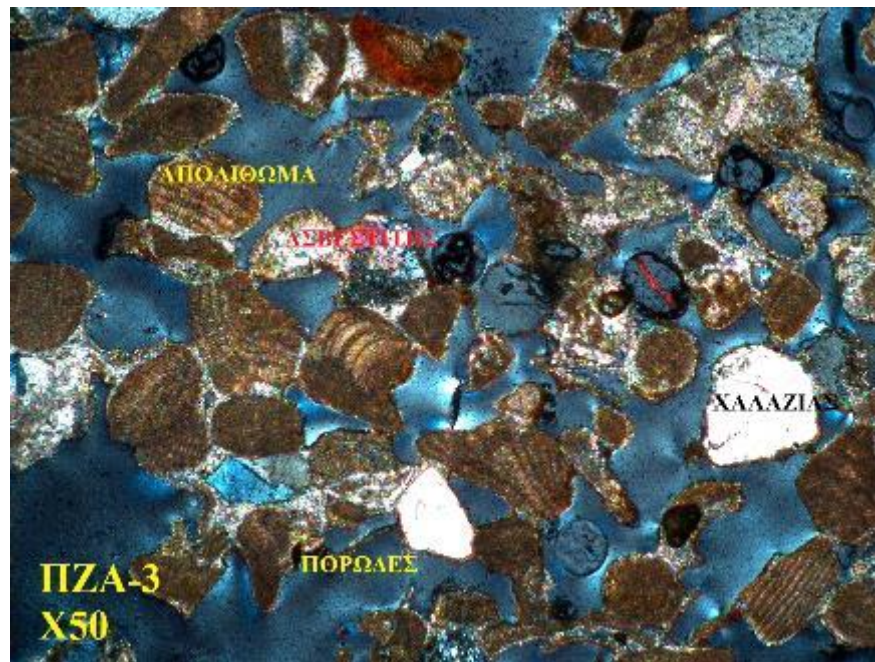
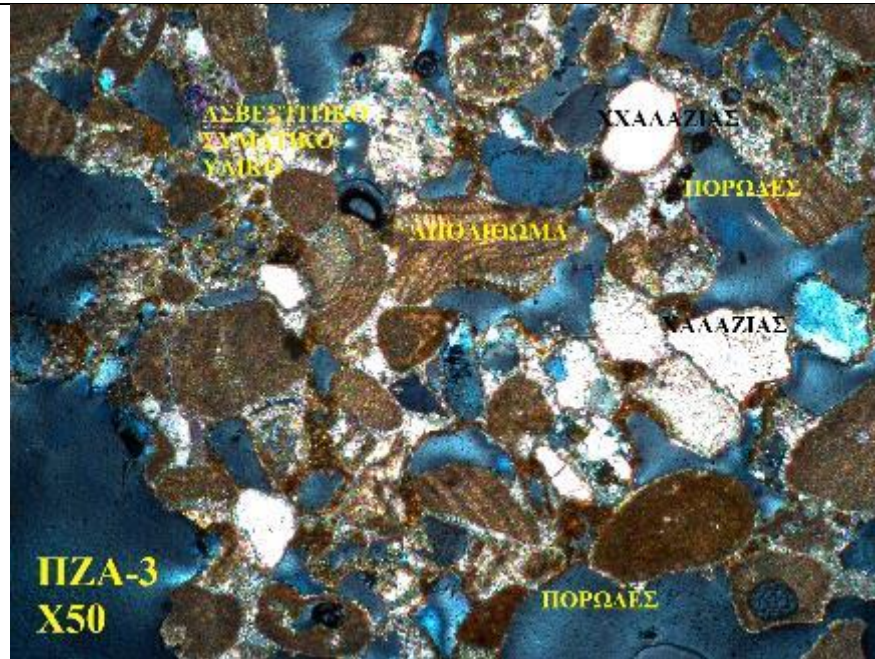
Εικόνα 6.5: Λεπτές τομές του δείγματος ΠΖΑ1 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστιτικό συνδετικό υλικό, το πορώδες, τα απολιθώματα και ο χαλαζίας.

Δείγμα ΠΖΑ2



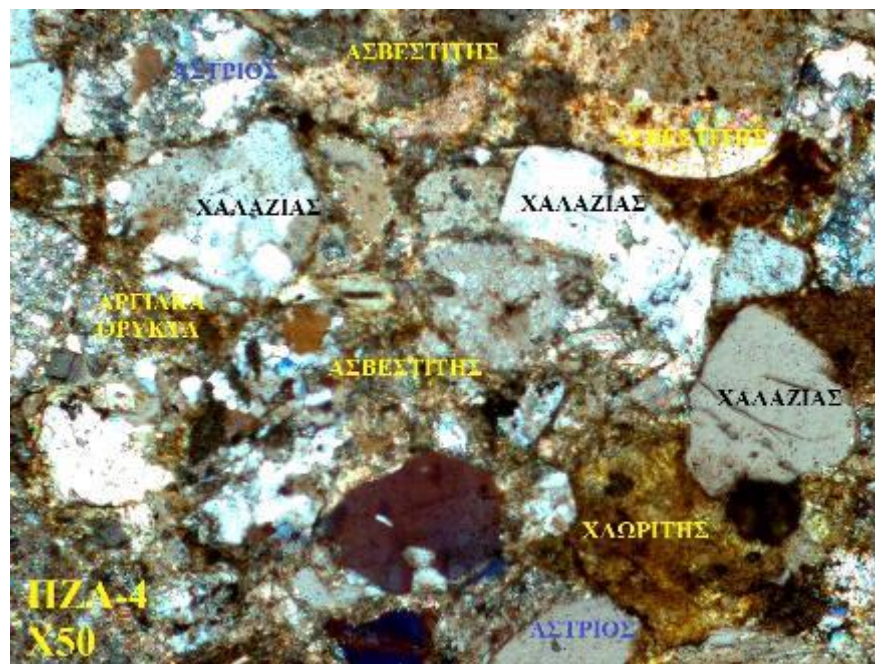
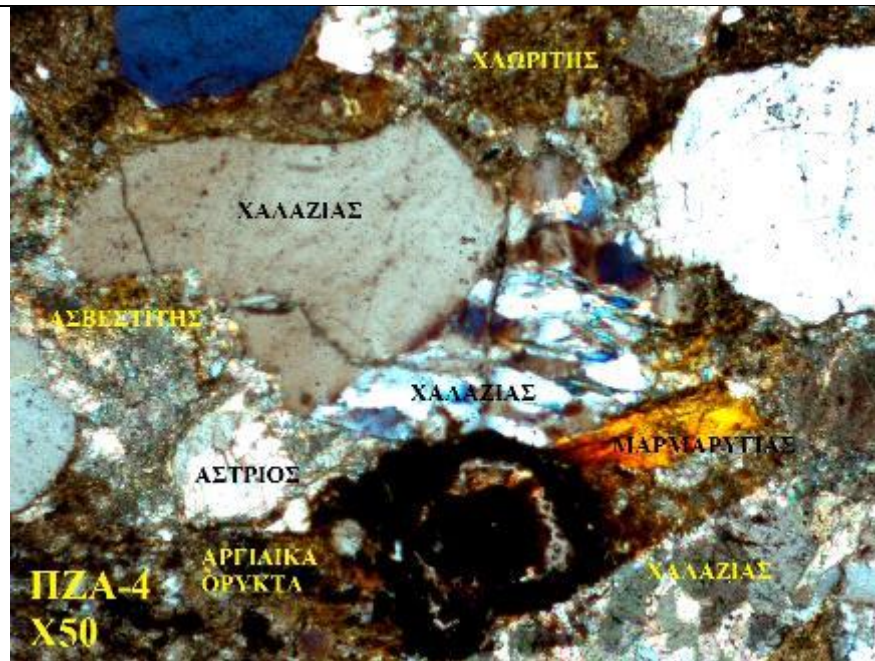
Εικόνα 6.6: Λεπτές τομές του δείγματος ΠΖΑ2 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστιτικό συνδετικό υλικό, τα απολιθώματα και ο δολομίτης.

Δείγμα ΠΖΑ3



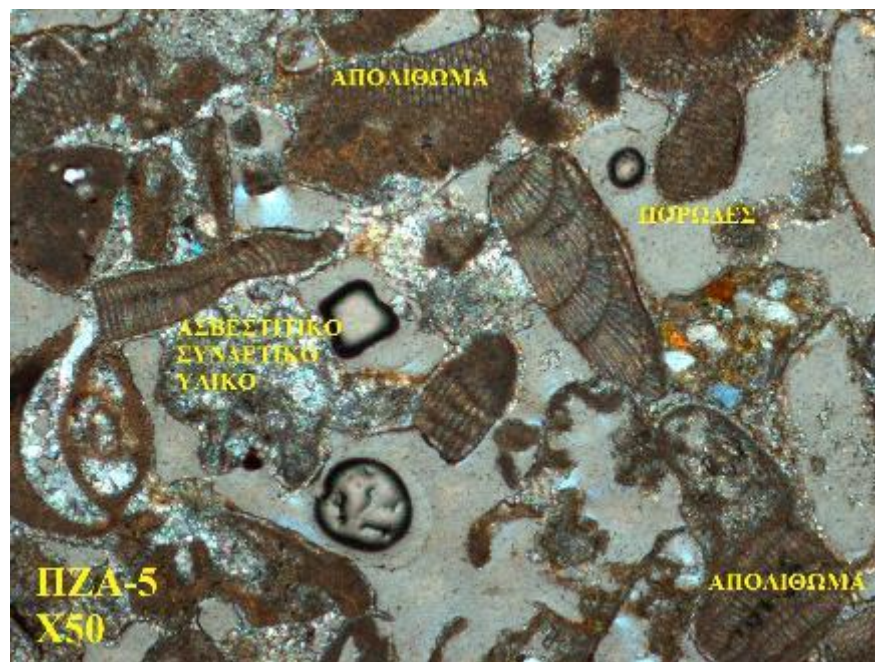
Εικόνα 6.7: Λεπτές τομές του δείγματος ΠΖΑ3 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστίτικο συνδετικό υλικό, το πορώδες, τα απολιθώματα και ο χαλαζίας.

Δείγμα ΠΖΑ4



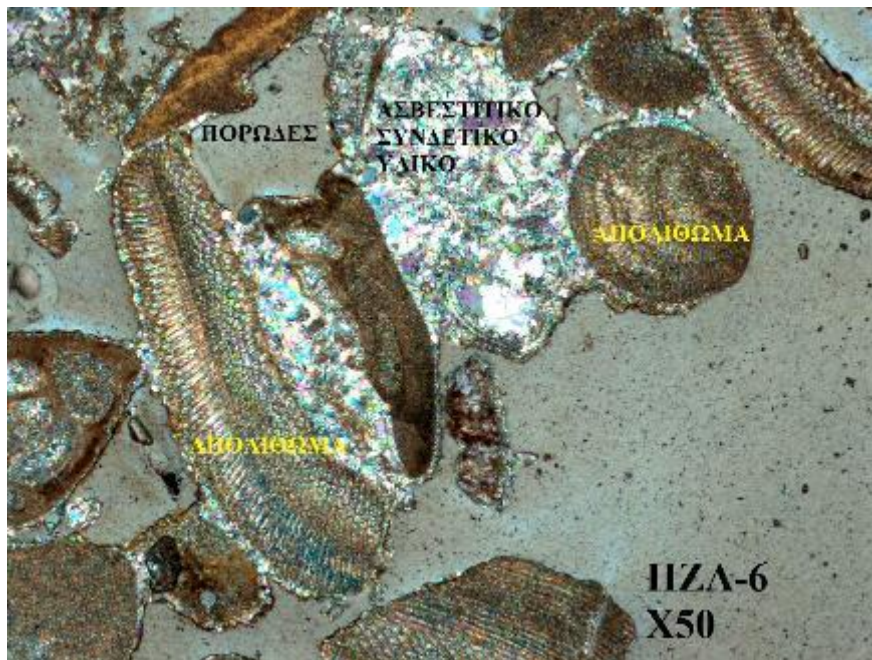
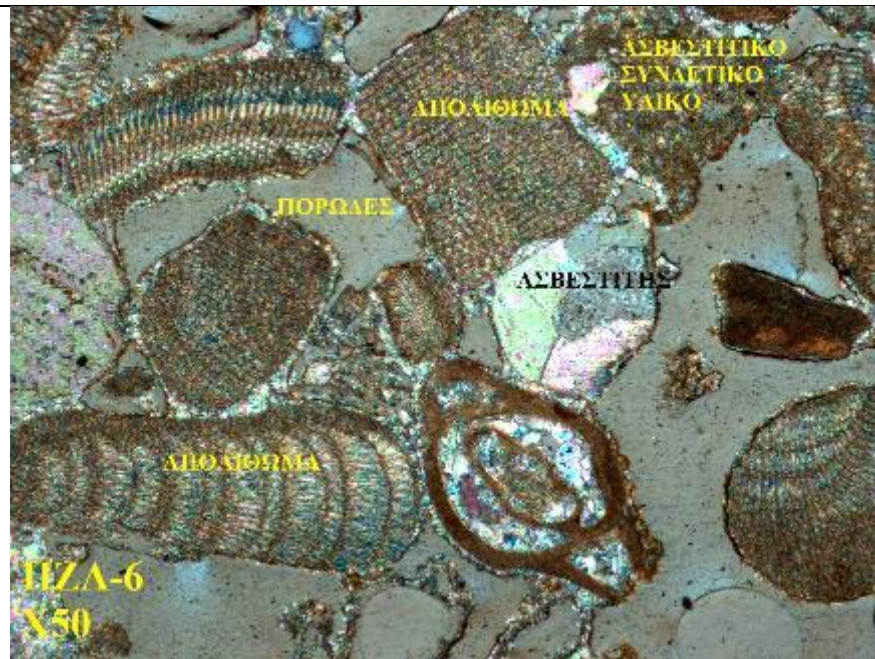
Εικόνα 6.8: Λεπτές τομές του δείγματος ΠΖΑ4 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται ο ασβεστίτης, αργιλικά ορυκτά, άστριοι και χαλαζίας.

Δείγμα ΠΖΑ5



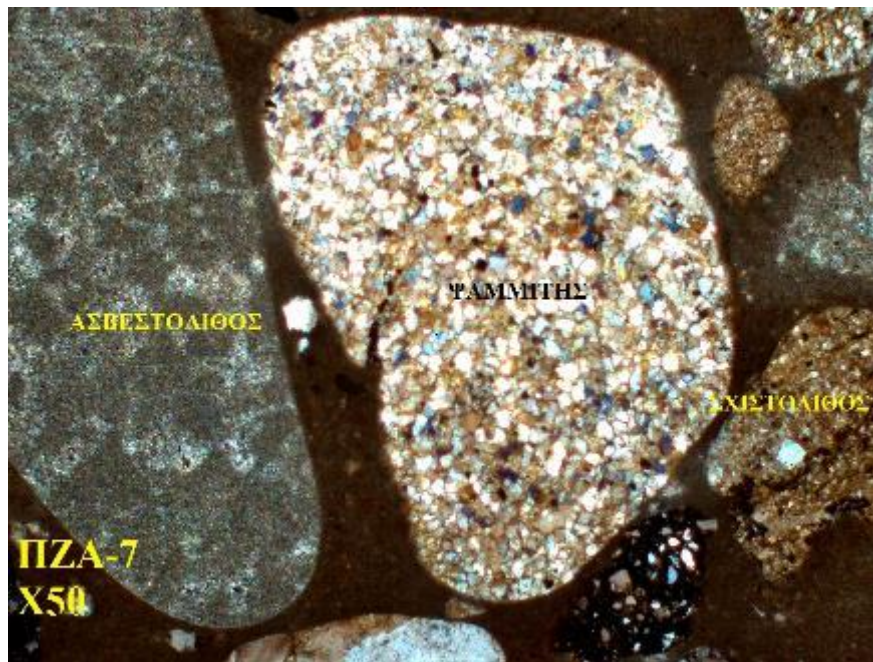
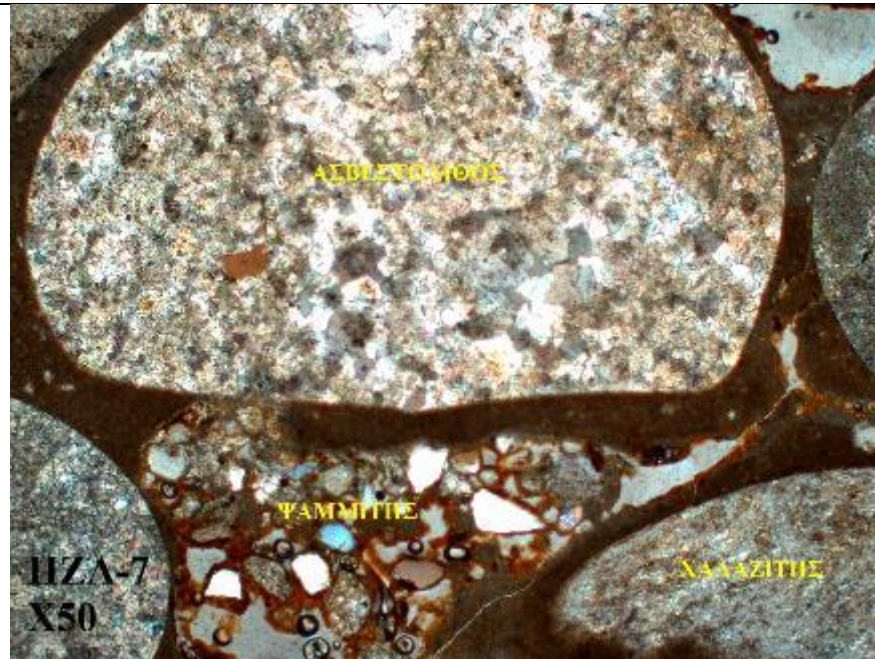
Εικόνα 6.9: Λεπτές τομές του δείγματος ΠΖΑ5 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστιτικό συνδετικό υλικό, το πορώδες και ποικιλία απολιθωμάτων.

Δείγμα ΠΖΑ6



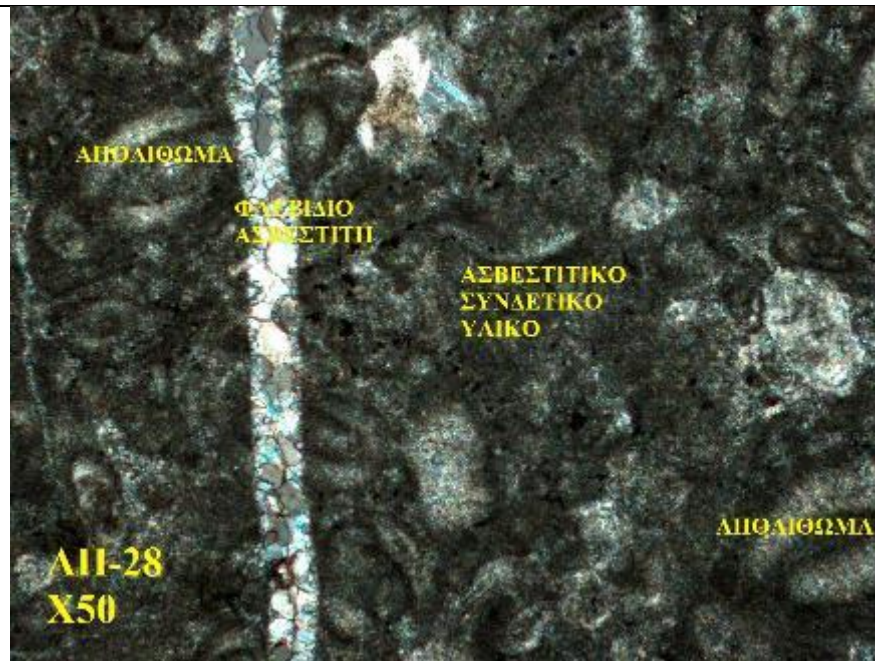
Εικόνα 6.10: Λεπτές τομές του δείγματος ΠΖΑ6 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστιτικό συνδετικό υλικό, το πορώδες και ποικιλία απολιθωμάτων.

Δείγμα ΠΖΑ7



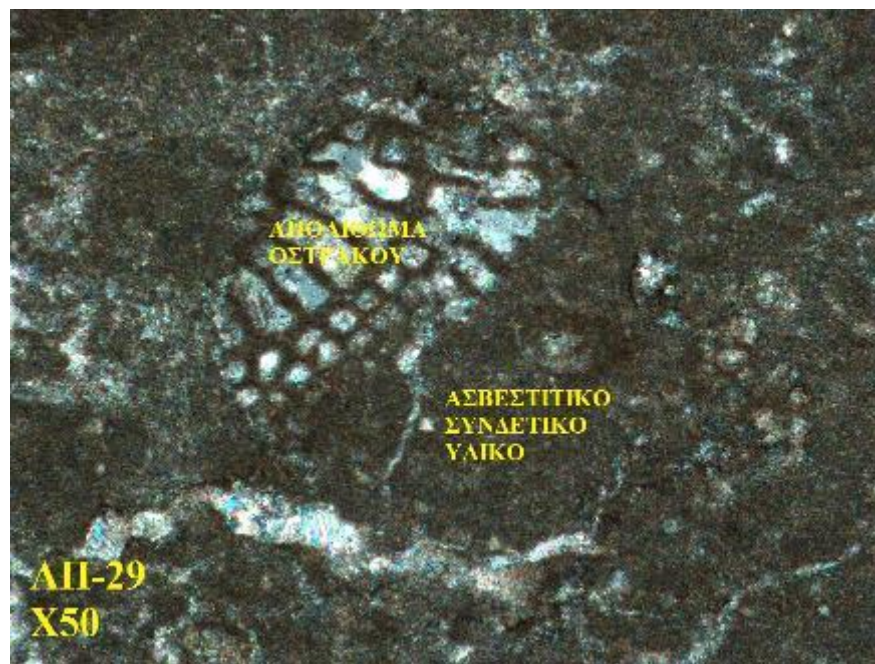
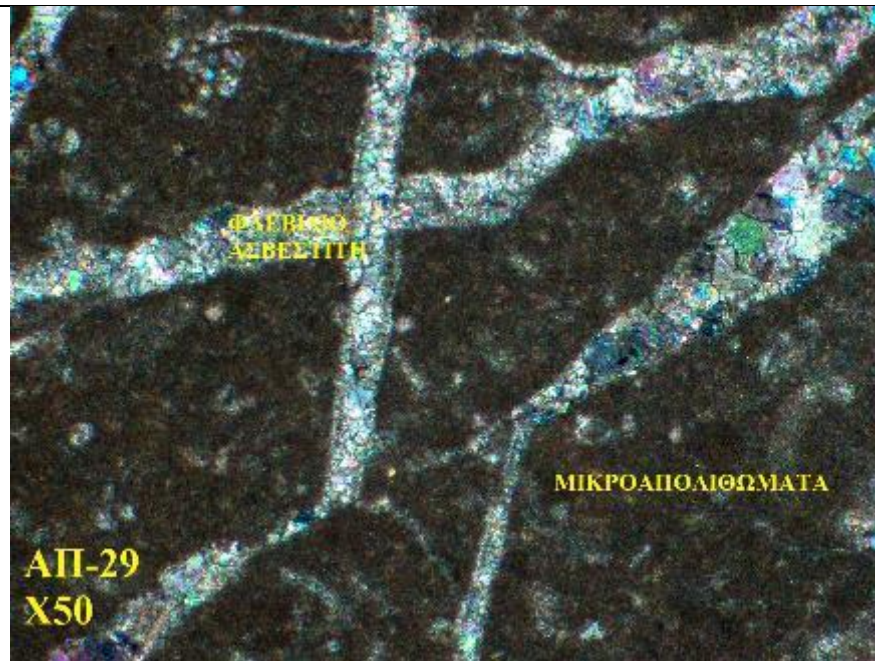
Εικόνα 6.11: Λεπτές τομές του δείγματος ΠΖΑ7 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται ασβεστόλιθος, ψαμμιτικό υλικό και σχιστόλιθος υπό μορφή κυρίως κροκάλων, με συνδετικό υλικό ασβεστιτικής φύσεως.

Δείγμα ΑΠΖ8



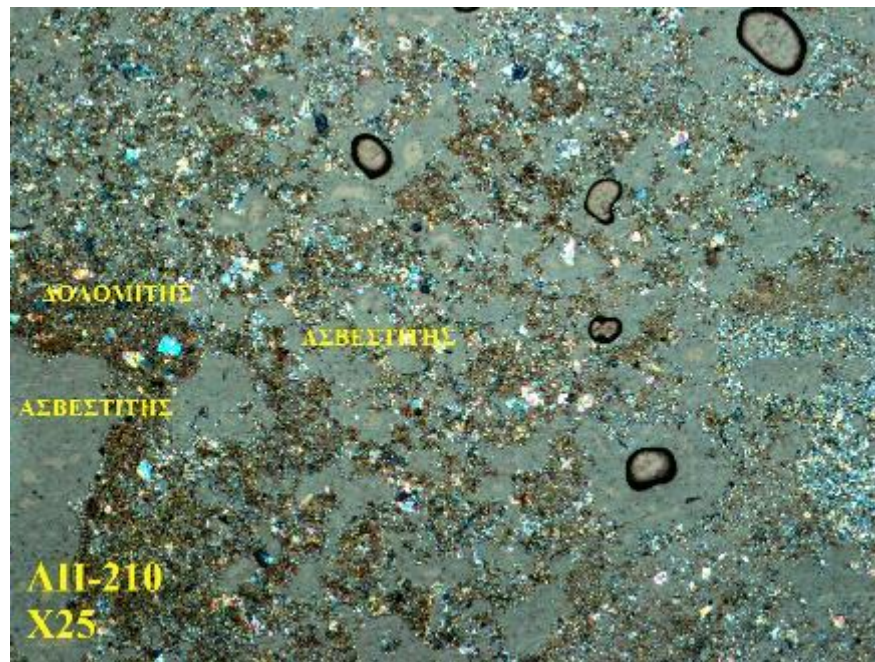
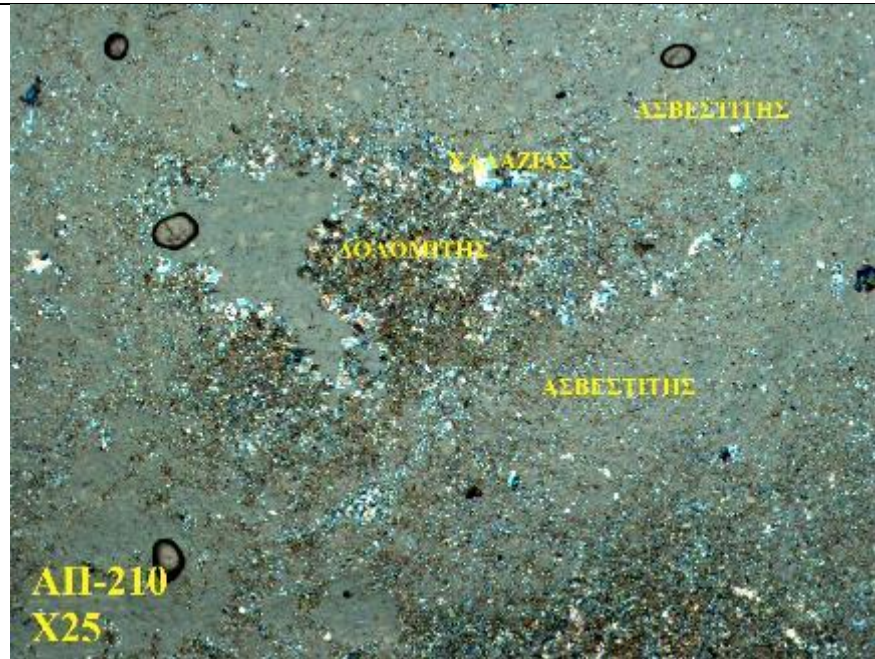
Εικόνα 6.12: Λεπτές τομές του δείγματος ΑΠΖ8 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστιτικό συνδετικό υλικό, ασβεστίτης και ποικίλα απολιθώματα.

Δείγμα ΑΠΖ9



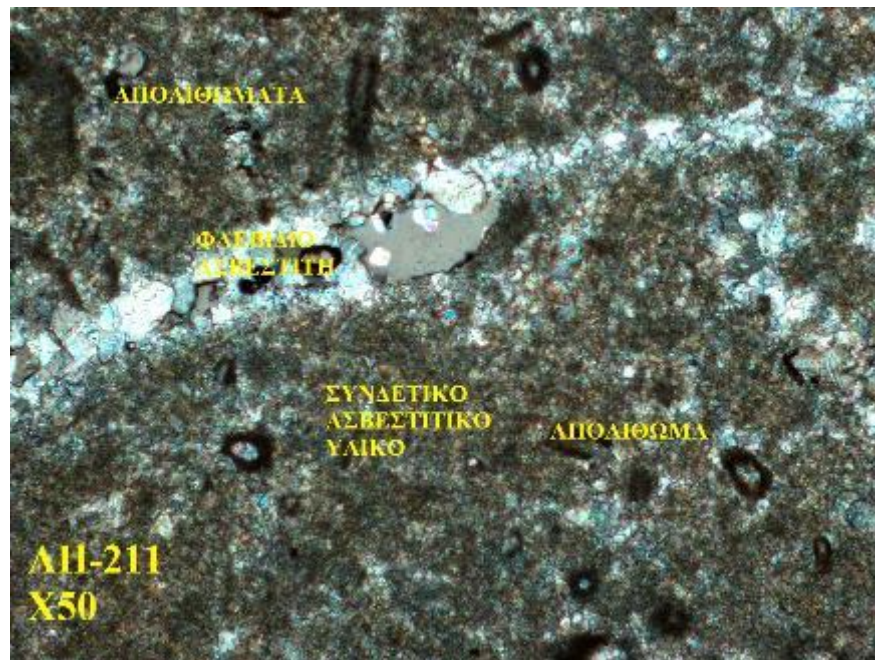
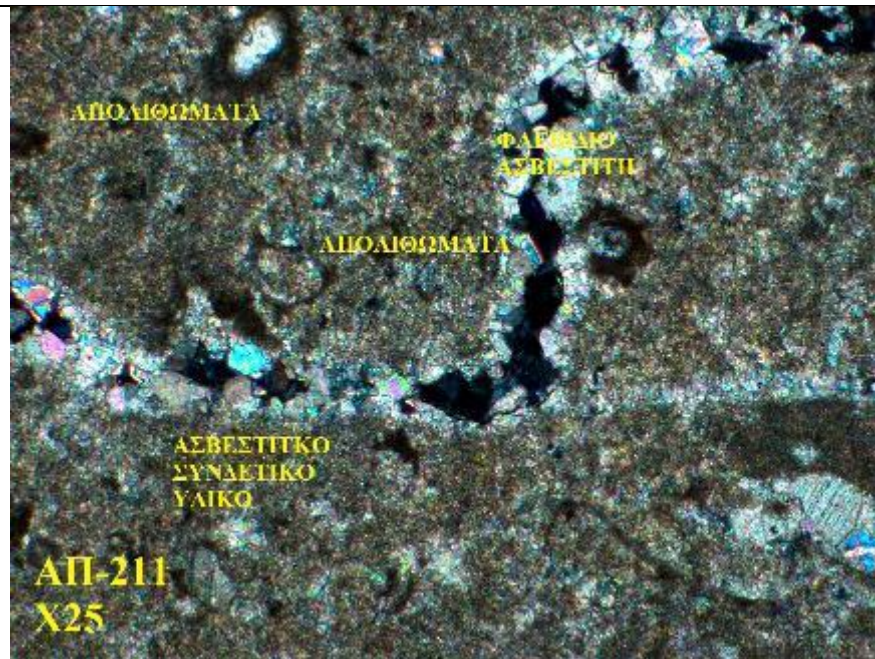
Εικόνα 6.13: Λεπτές τομές του δείγματος ΑΠΖ9 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστιτικό συνδετικό υλικό, ασβεστίτης υπό μορφή φλεβιδίων και απολιθώματα οστράκων.

Δείγμα ΑΠΖ10



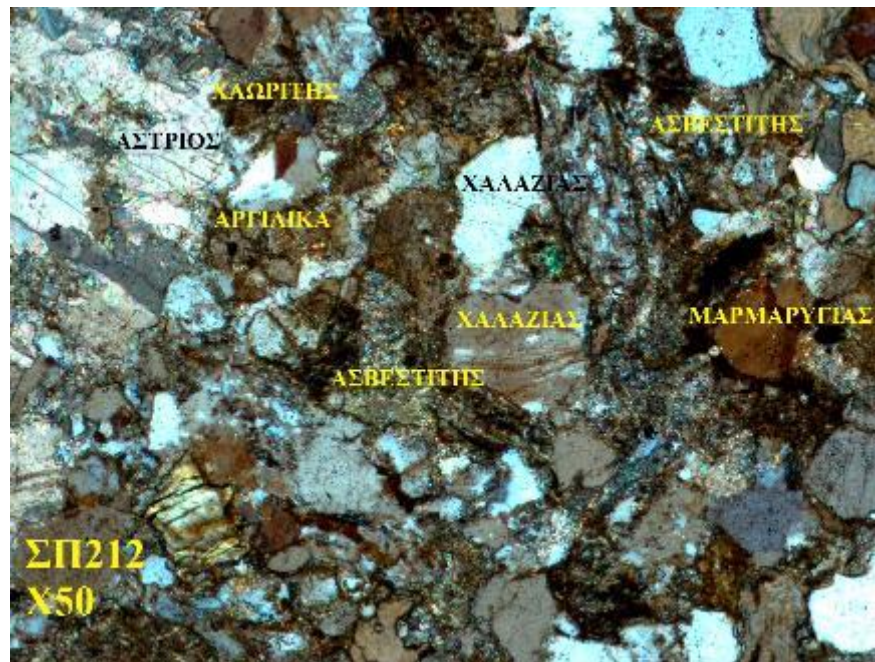
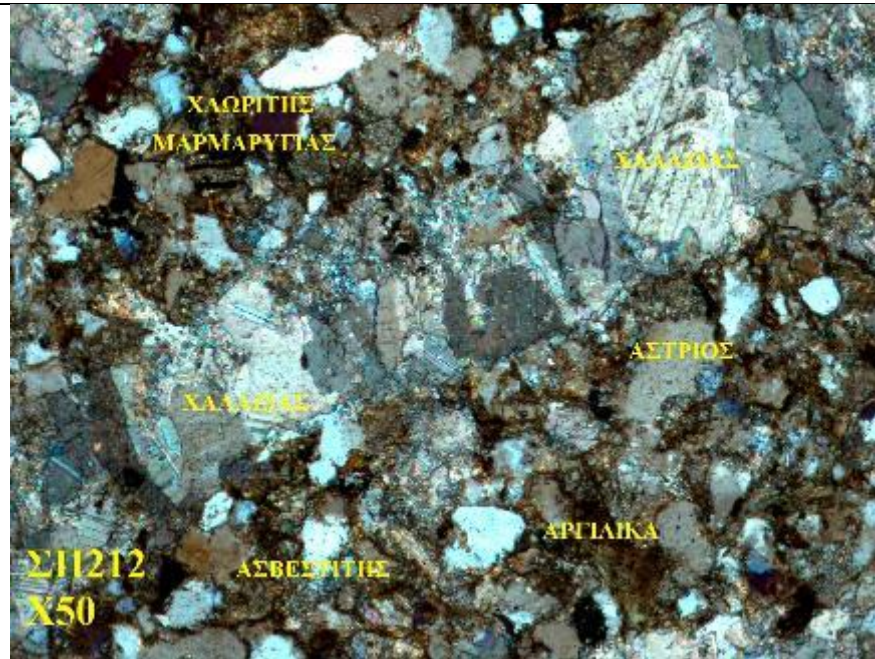
Εικόνα 6.14: Λεπτές τομές του δείγματος ΑΠΖ10 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x25 όπου διακρίνονται ο ασβεστίτης, ο δολομίτης, σημειακά χαλαζιάς και το πορώδες.

Δείγμα ΑΠΖ11



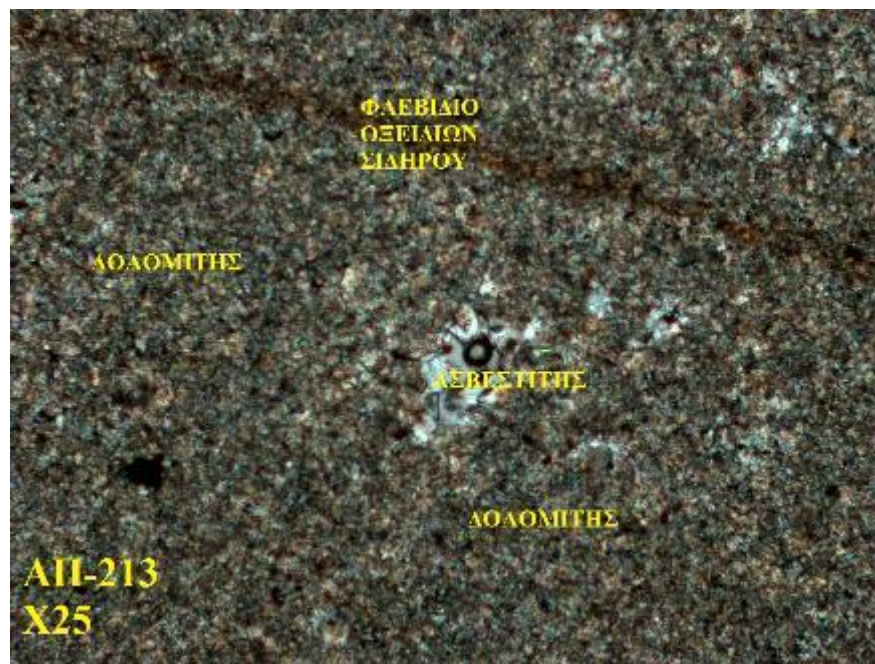
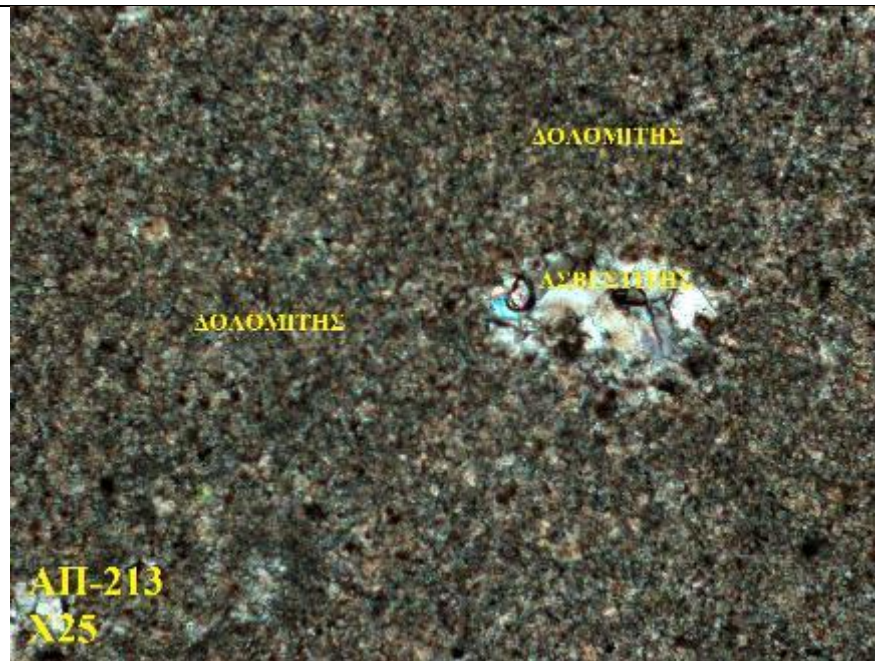
Εικόνα 6.15: Λεπτές τομές του δείγματος ΑΠΖ11 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστιτικό συνδετικό υλικό, ασβεστίτης υπό μορφή φλεβιδίων και απολιθώματα οστράκων.

Δείγμα ΣΠΖ12



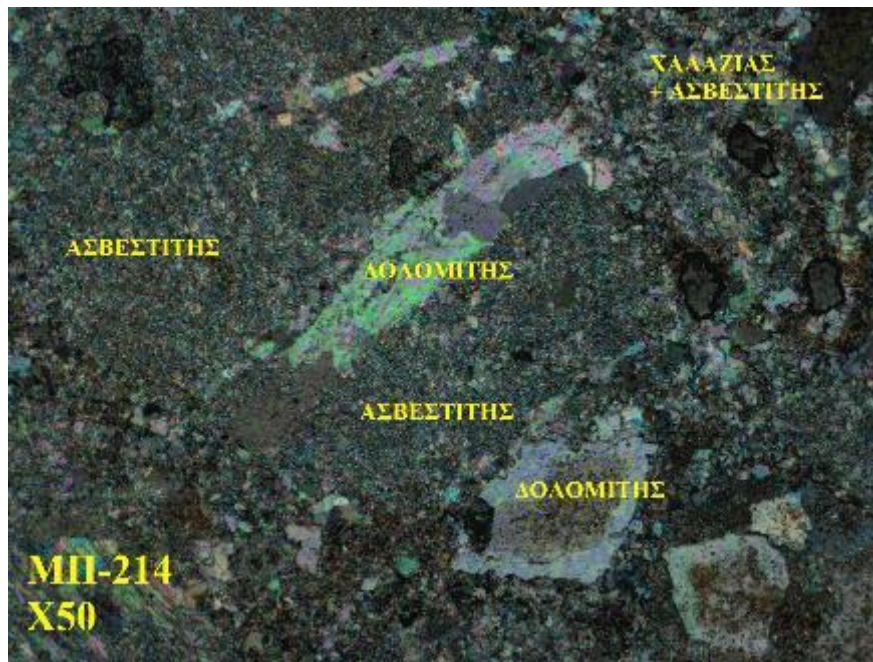
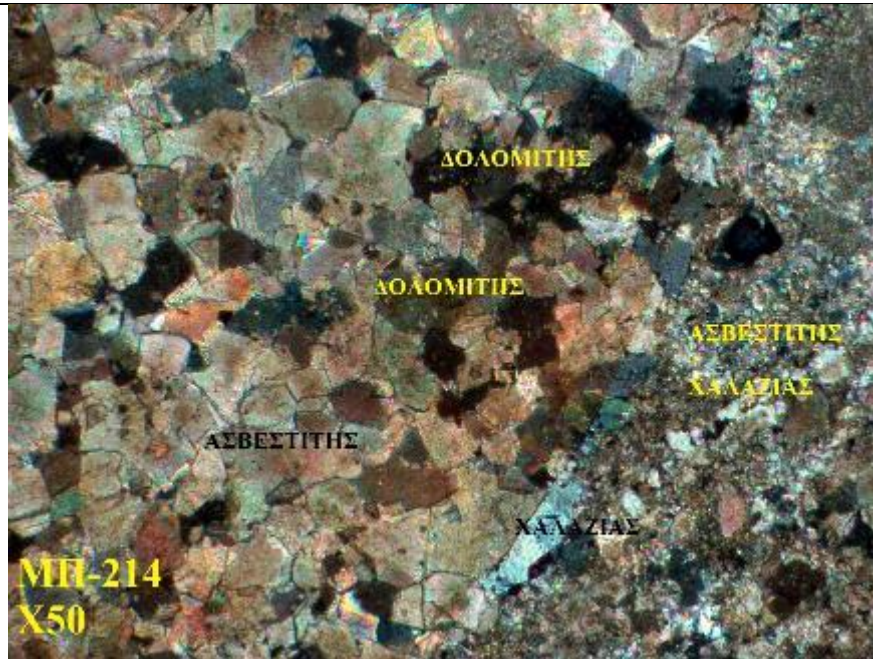
Εικόνα 6.16: Λεπτές τομές του δείγματος ΣΠΖ12 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται ασβεστίτης, αργιλικά ορυκτά, άστριοι, καθώς και μαρμαρυγίες.

Δείγμα ΑΠΖ13



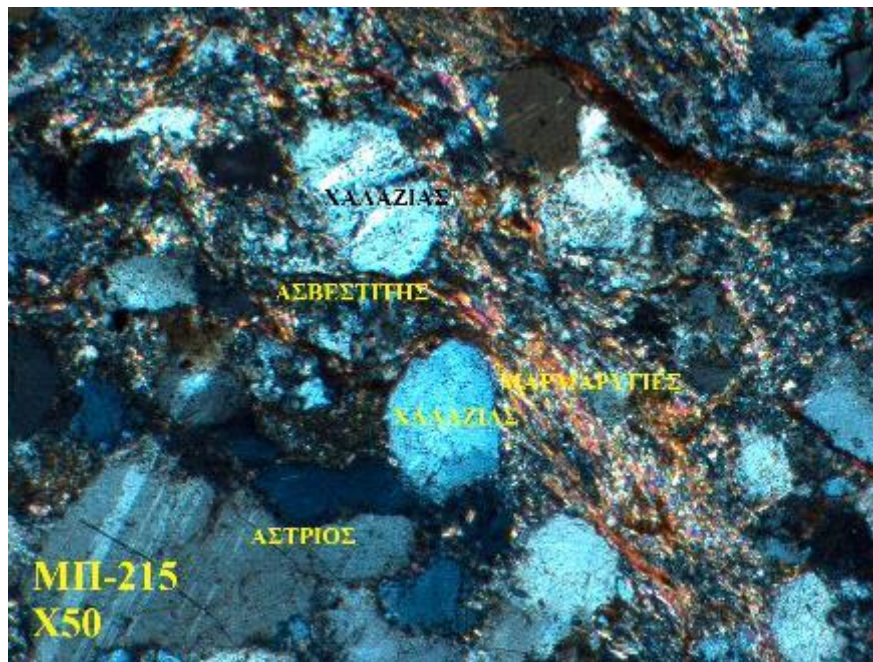
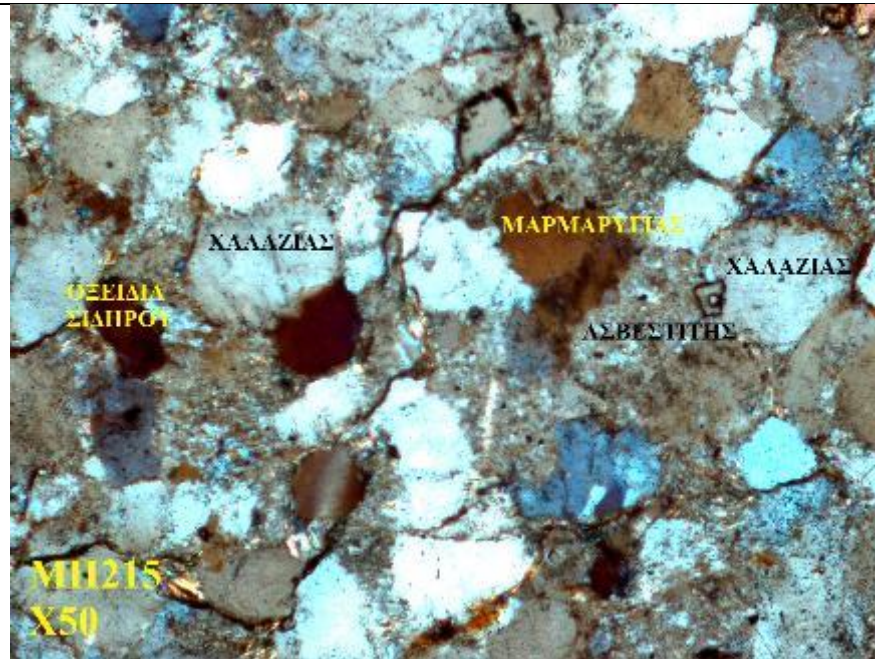
Εικόνα 6.17: Λεπτές τομές του δείγματος ΑΠΖ13 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x25 όπου διακρίνονται ο δολομίτης, ο ασβεστίτης, καθώς και φλεβίδια με οξείδια σιδήρου.

Δείγμα ΜΠΖ14



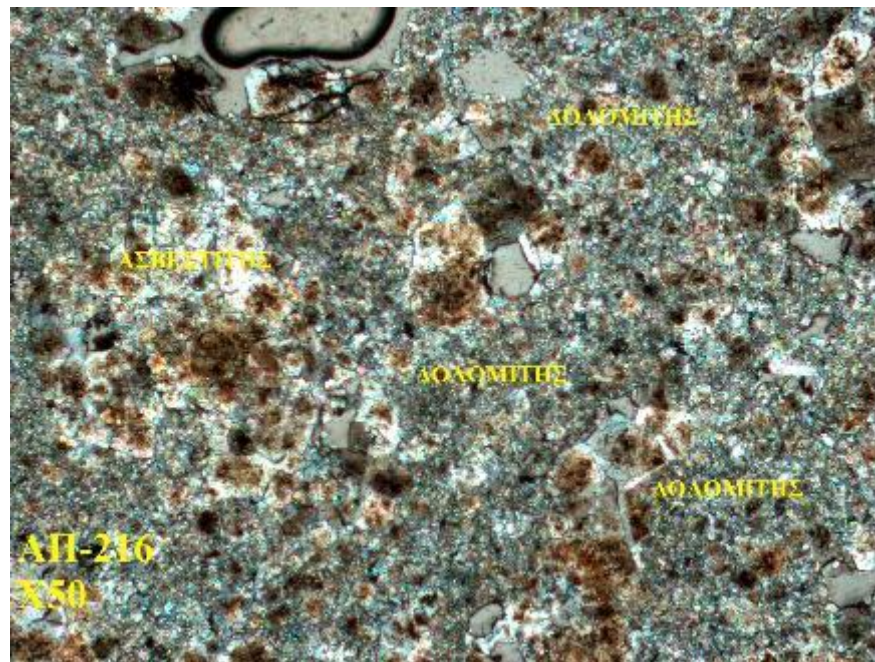
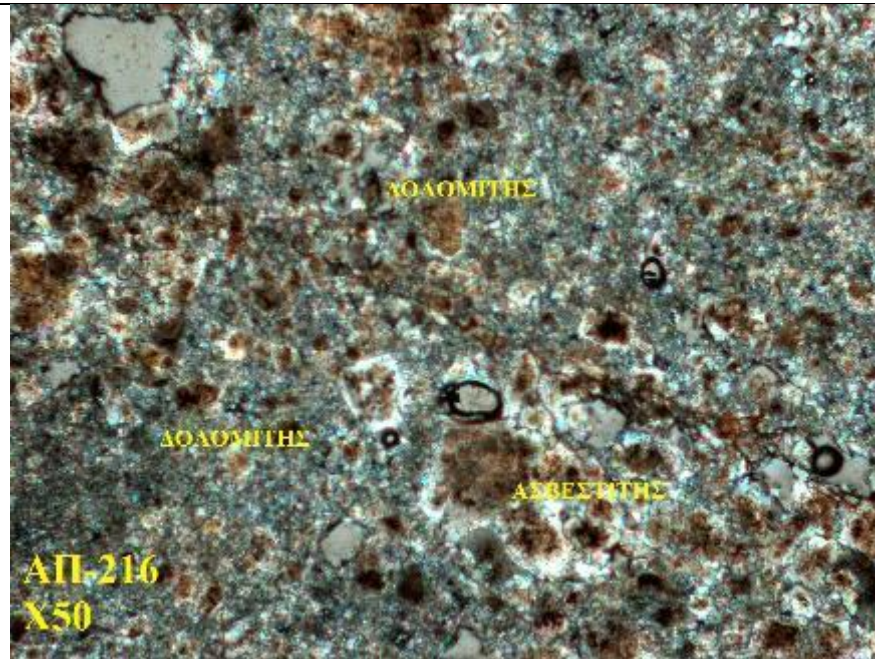
Εικόνα 6.18: Λεπτές τομές του δείγματος ΜΠΖ14 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται ο ασβεστίτης και ο δολομίτης υπό μορφή λατύπων, μικροκρυσταλλικός χαλαζίας και μικροαπολιθώματα.

Δείγμα ΜΠΖ15



Εικόνα 6.19: Λεπτές τομές του δείγματος ΜΠΖ15 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται ασβεστίτης, χαλαζίας (υπό τη μορφή γωνιωδών κρυστάλλων), άστριοι, μαρμαρυγίες (υπό τη μορφή λεπτών επιμηκών φυλλαρίων), καθώς και οξείδια σιδήρου. Το συνδετικό υλικό είναι λεπτοκρυσταλλικό, και κυρίως χαλαζιακής σύστασης, με προσμίξεις ασβεστίτικου υλικού.

Δείγμα ΑΠΖ16



Εικόνα 6.20: Λεπτές τομές του δείγματος ΑΠΖ16 από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται μικρόλεπτος κρυσταλλικός δολομίτης και διάσπαρτος ασβεσίτης, μικροαπολιθώματα θαλάσσιων μικροοργανισμών και οξείδια σιδήρου.

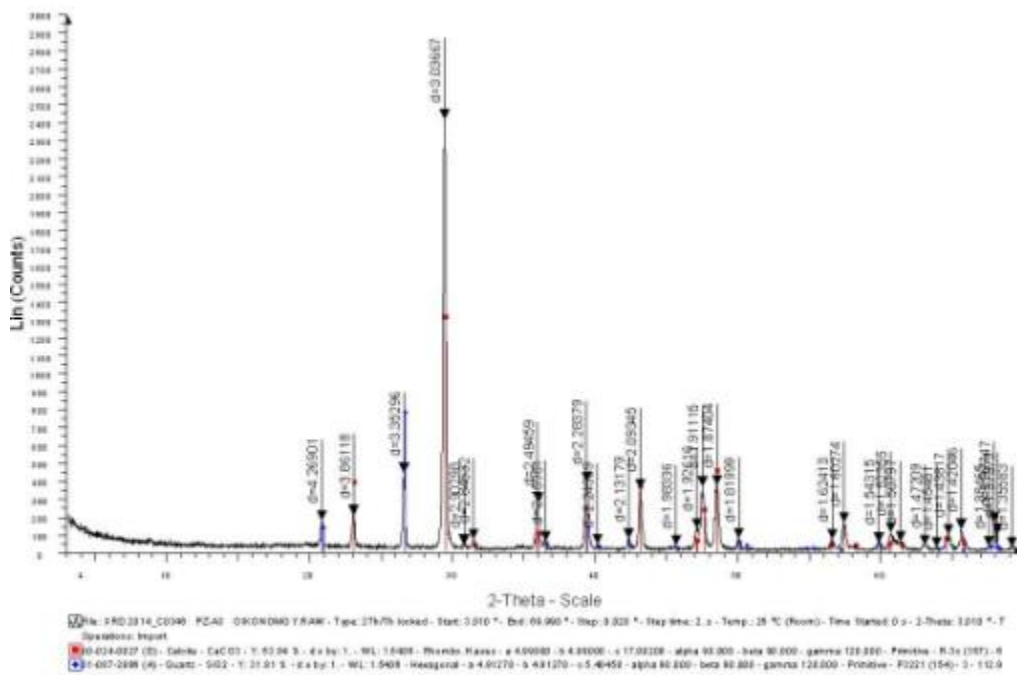
Η περιθλασιμετρία ακτίνων Χ είναι μέθοδος ανίχνευσης και ταυτοποίησης μιας δομής που παρουσιάζει περιοδικότητα (συνήθως κρυσταλλικής). Βασίζεται στο φαινόμενο της περίθλασης των ακτίνων Χ, μέσα από ένα δίκτυο επαναλαμβανόμενων δομικών μονάδων, χάρη στο οποίο μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για τη δομή ενός κρυστάλλου ορυκτού ή για ανάλυση ορυκτών φάσεων ενός πετρώματος. Το δείγμα εισάγεται στο περιθλασιόμετρο, κονιοποιημένο έτσι ώστε οι δομές να διατάσσονται με όλους τους δυνατούς προσανατολισμούς. Έτσι, θα υπάρχει πάντα τουλάχιστον μία δομή που θα είναι κατάλληλα προσανατολισμένη για να γίνει η περίθλαση των ακτίνων-Χ. Περίθλαση συμβαίνει μόνο όταν έχουμε μία σχεδόν μονοχρωματική δέσμη που κατευθύνεται και διέρχεται από ένα περιοδικά διατεταγμένο σύστημα. Η διακριτική ικανότητα του οργάνου είναι περίπου 3%.

Τελικά, το αποτέλεσμα είναι ένα διάγραμμα με οριζόντιο άξονα τη γωνία θ , ή καλύτερα τη γωνία 2θ , αφού είναι το άθροισμα της προσπίπτουσας και της ανακλώμενης ακτίνας και κάθετο την ένταση της ανακλώμενης ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σαν πολλαπλές κορυφές που αντιστοιχούν σε ανακλάσεις.

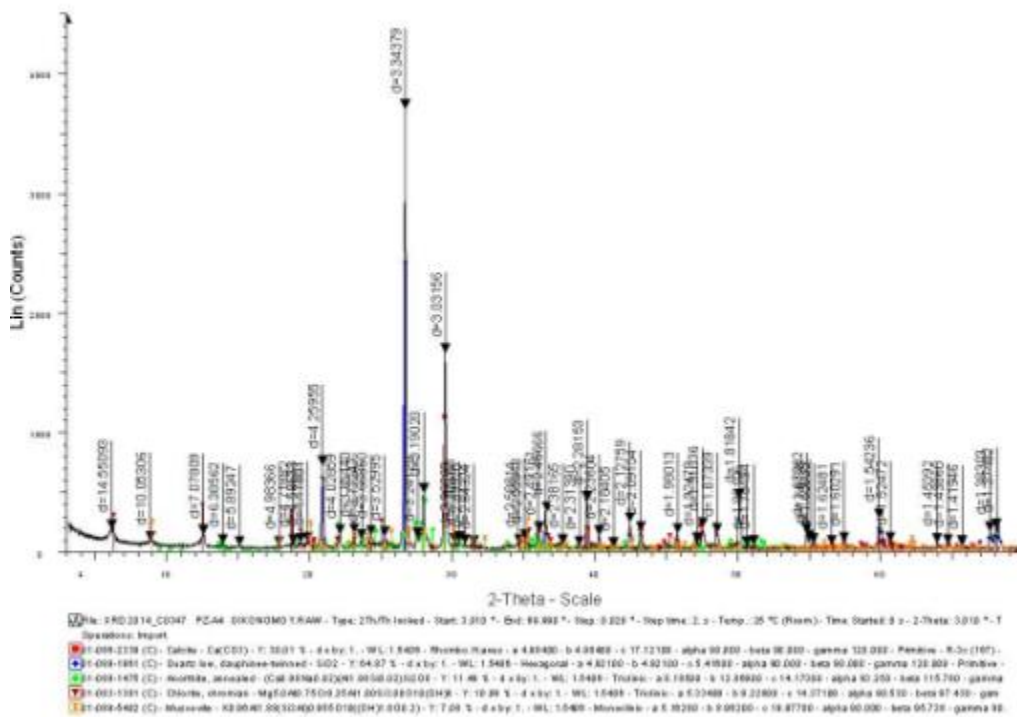
Η περιθλασιμετρία ακτίνων Χ εφαρμόστηκε και στα 16 δείγματα της μελέτης, με σκοπό την εξακρίβωση των ορυκτών των δειγμάτων, καθώς και των φάσεων που περιέχονται σε επιφανειακά σημεία των πετρωμάτων.

Η Περιθλασιμετρία ακτίνων Χ ανήκει στη Διεύθυνση Ορυκτολογίας και Πετρογραφίας της Ε.Α.Γ.Μ.Ε.. Είναι το μοντέλο XPert Pro του οίκου Panalytical. Οι συνθήκες λειτουργίας του οργάνου είναι: ρεύμα δέσμης 40 mA και τάση δέσμης 40 KV. Το βήμα ανάλυσης είναι ορισμένο στο 0.03, ενώ το θ αναλύεται από τις 2 μοίρες έως τις 72 μοίρες. Η επεξεργασία και η αποτίμηση των φασμάτων πραγματοποιείται με το EVA Software.

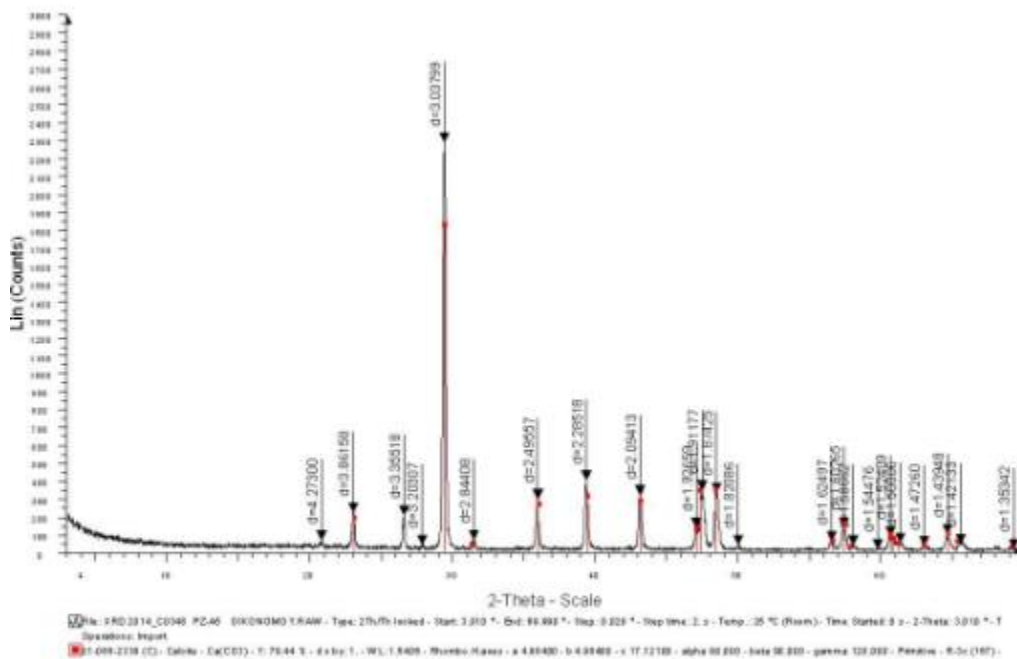
Ακολουθούν τα περιθλασιογραφήματα όπως προέκυψαν από την εξέταση των δειγμάτων.



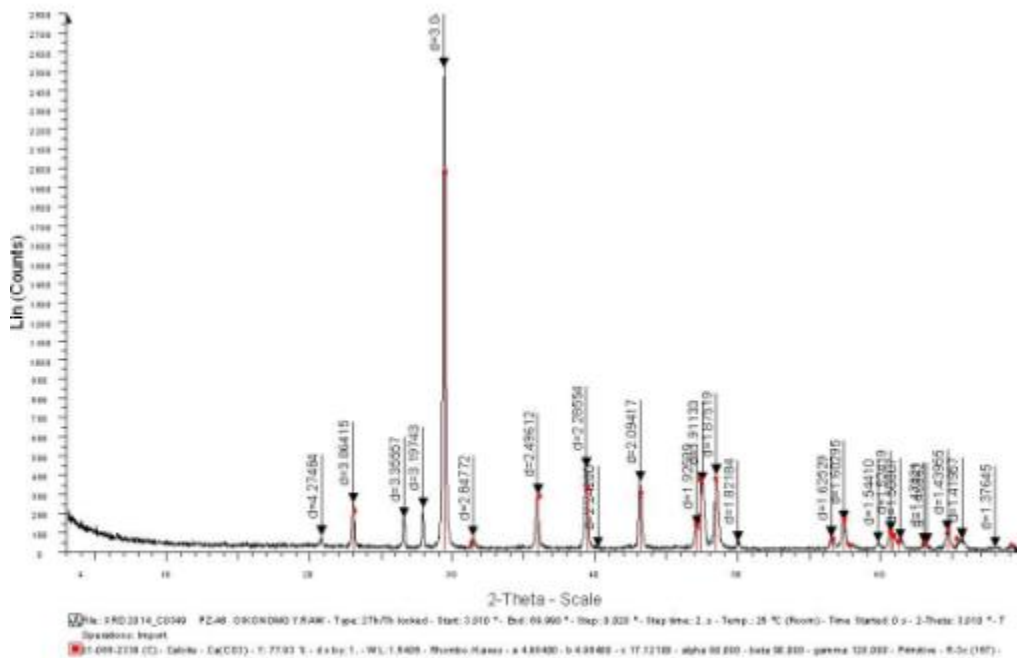
Εικόνα 6.23: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΠΖΑ3, με βασικές κορυφές του Ασβεστίτη (CaCO₃) και του Χαλαζία (SiO₂).



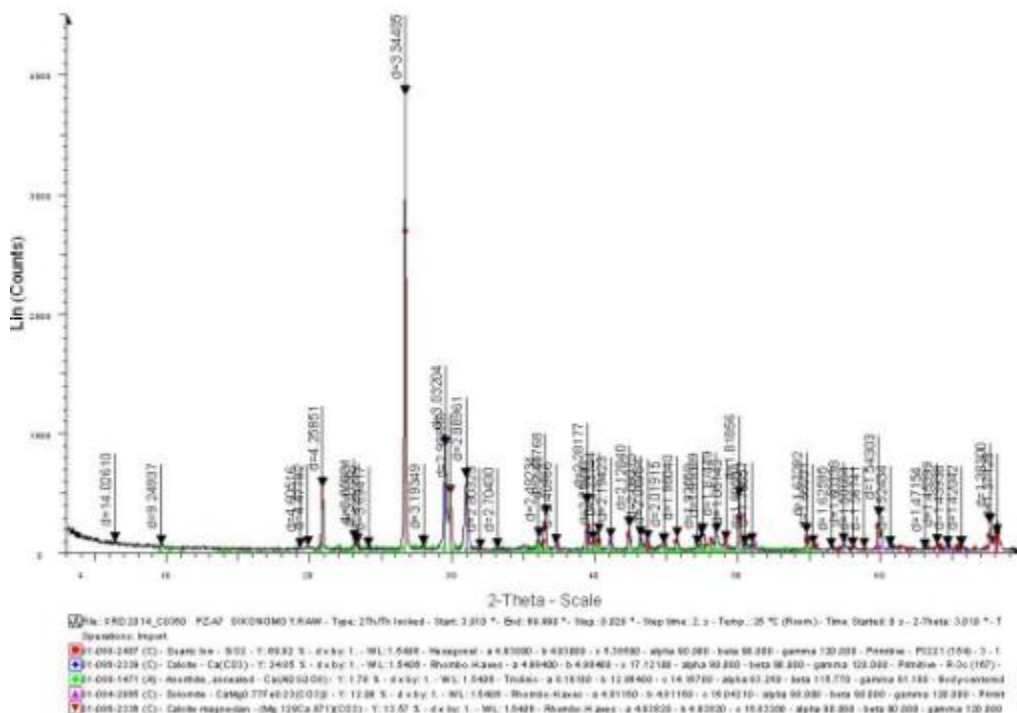
Εικόνα 6.24: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΠΖΑ4, με βασικές κορυφές του Ασβεστίτη (CaCO₃), του Χαλαζία (SiO₂), του Ανορθίτη (CaAl₂Si₂O₈), του Χλωρίτη ((Fe, Mg)₃Fe₃AlSi₃O₁₀(OH)₈) και του Μοσχοβίτη (KAl₂(AlSi₃)O₁₀(OH)₂).



Εικόνα 6.25: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΠΖΑ5, με βασική κορυφή του Ασβεστίτη (CaCO₃).

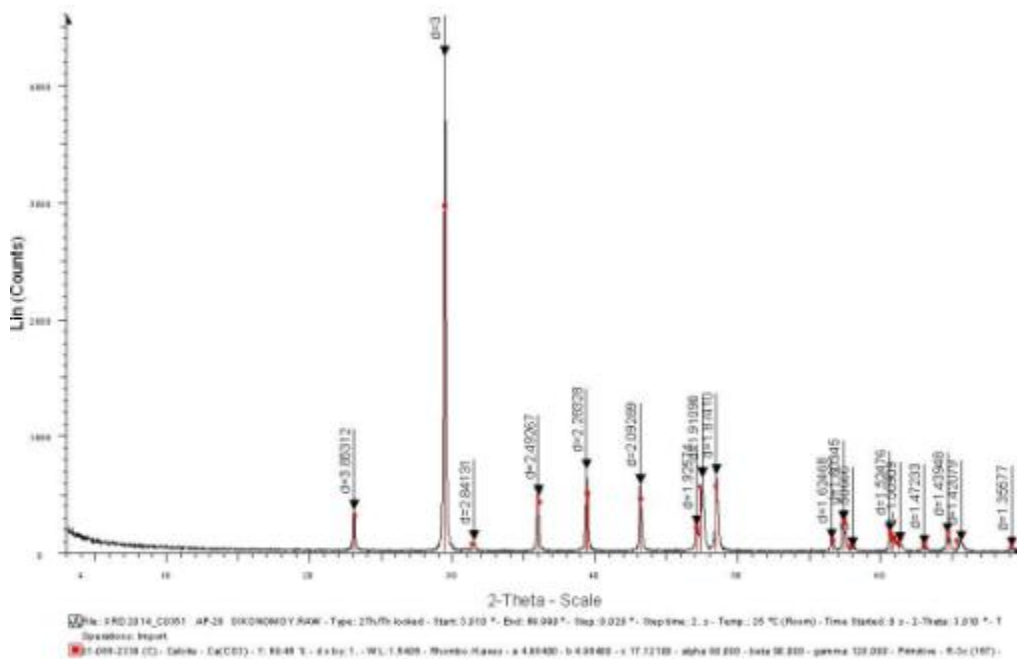


Εικόνα 6.26: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΠΖΑ6, με βασική κορυφή του Ασβεστίτη (CaCO₃).

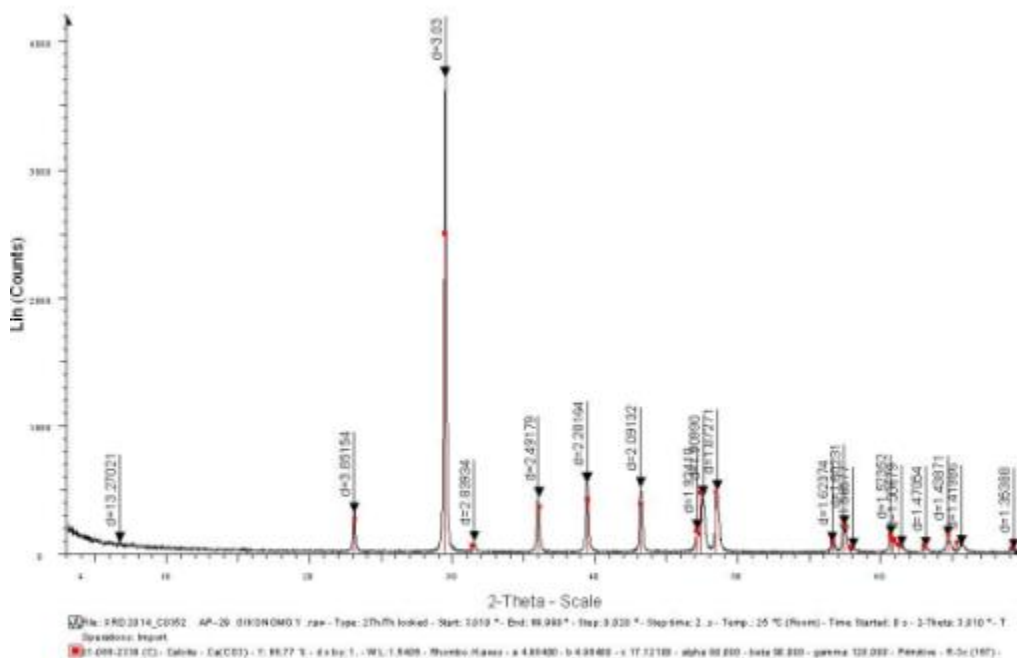


Εικόνα 6.27: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΠΖΑ7, με βασικές κορυφές του Χαλαζία (SiO₂), του Ασβεστίτη (CaCO₃), του Ανορθίτη (CaAl₂Si₂O₈), του Δολομίτη (CaMg(CO₃)₂) και του Ανθρακικού Μαγνησίου ((Ca,Mg)CO₃)³⁴.

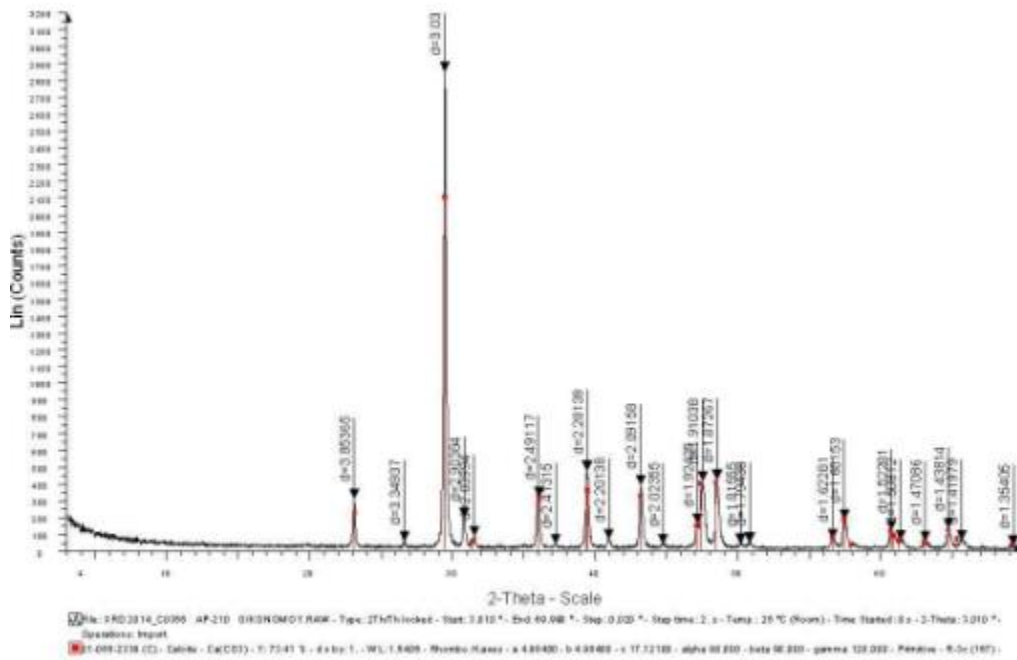
³⁴ Πρόκειται για Μαγνησίτη ή Λευκόλιθο. Η μορφή των κρυστάλλων του μοιάζει με του ασβεστίτη, συνήθως σε συμπαγείς μάζες, ενώ έχει πολύ καλό σχισμό, σε κρυστάλλους. Στην καθαρή μορφή του είναι λευκός, ενώ όταν περιέχει σίδηρο αποκτά καστανή απόχρωση (Στεφανίδης, 2004: 60).



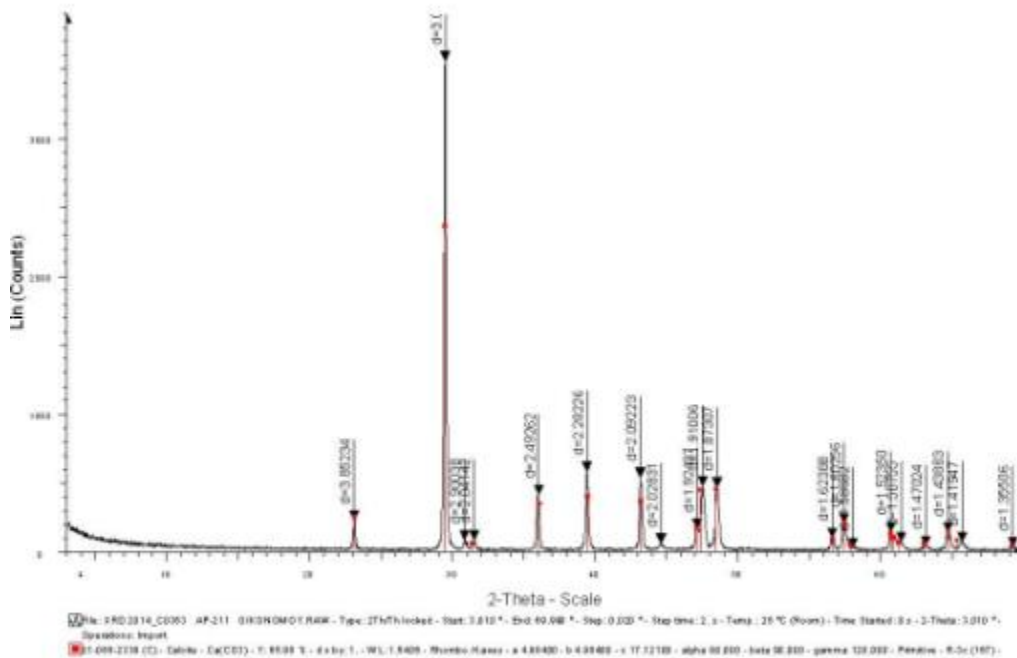
Εικόνα 6.28: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΠΖΑ8, με βασική κορυφή του Ασβεστίτη (CaCO₃).



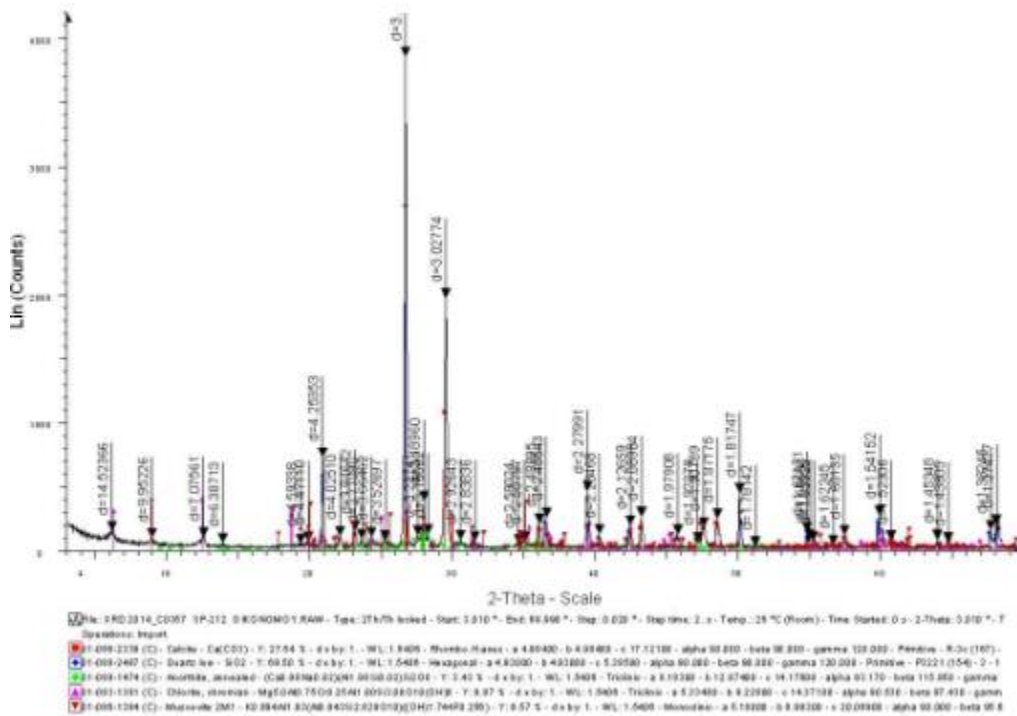
Εικόνα 6.29: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΑΠΖ9, με βασική κορυφή του Ασβεστίτη (CaCO₃).



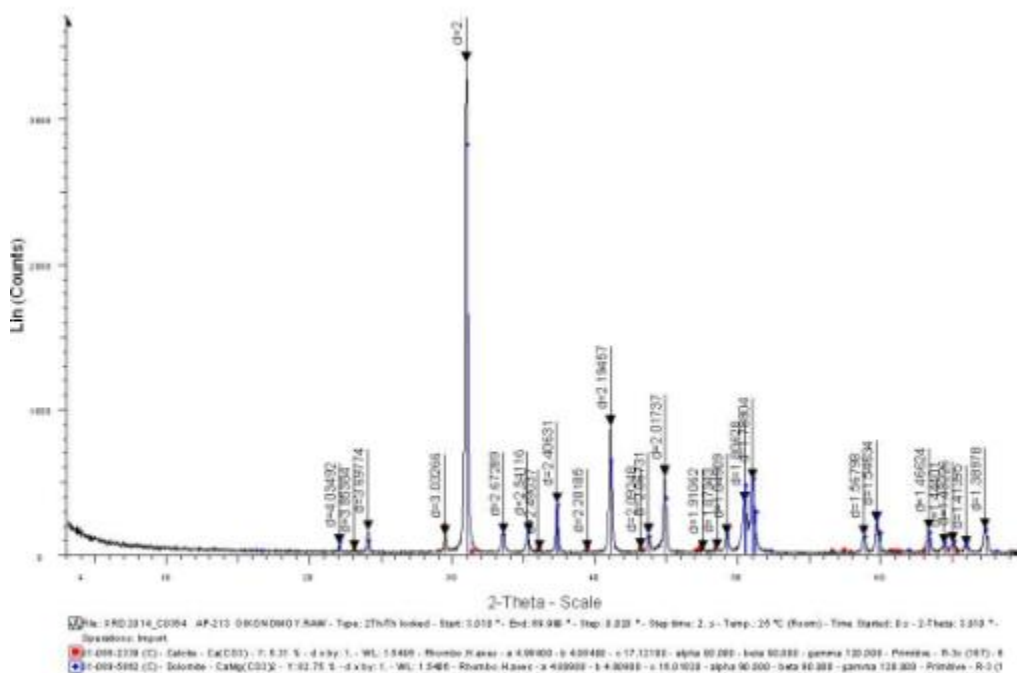
Εικόνα 6.30: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος APZ10, με βασική κορυφή του Ασβεστίτη (CaCO₃).



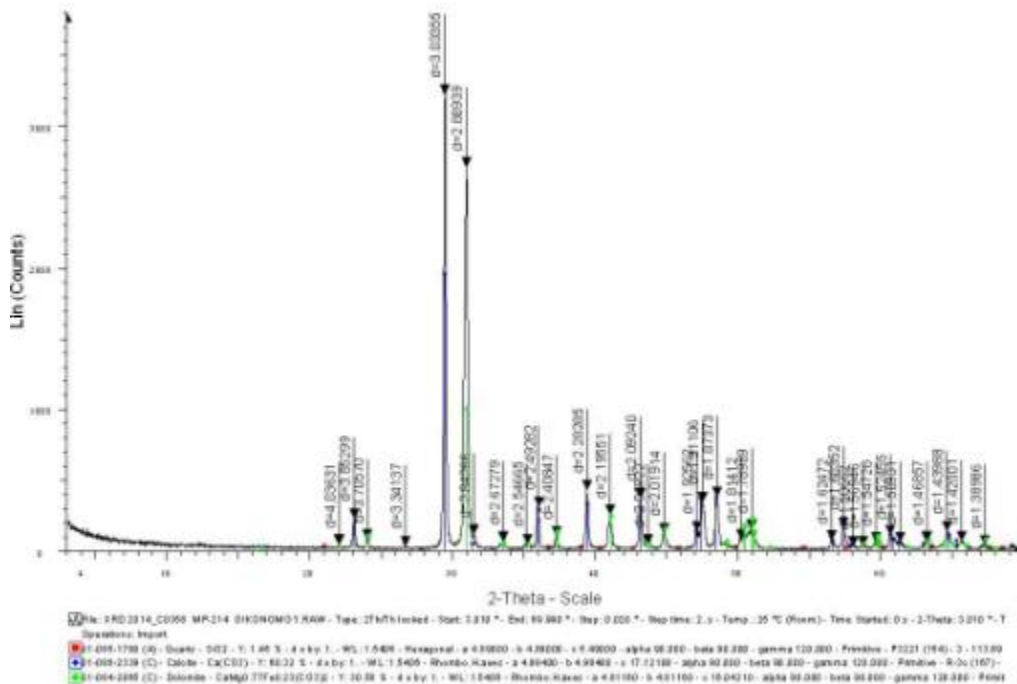
Εικόνα 6.31: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος APZ11, με βασική κορυφή του Ασβεστίτη (CaCO₃).



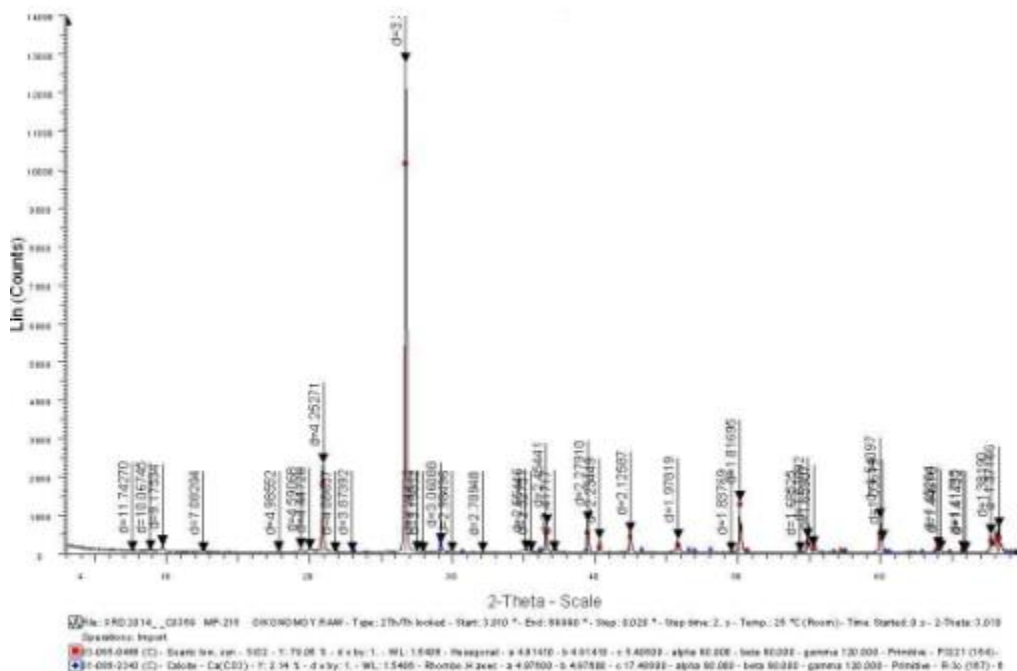
Εικόνα 6.32: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΣΠΖ12, με βασικές κορυφές του Ασβεστίτη (CaCO_3), του Χαλαζία (SiO_2), του Ανορθίτη ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), του Χλωρίτη ($(\text{Fe, Mg})_3\text{Fe}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) και του Μοσχοβίτη ($\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$).



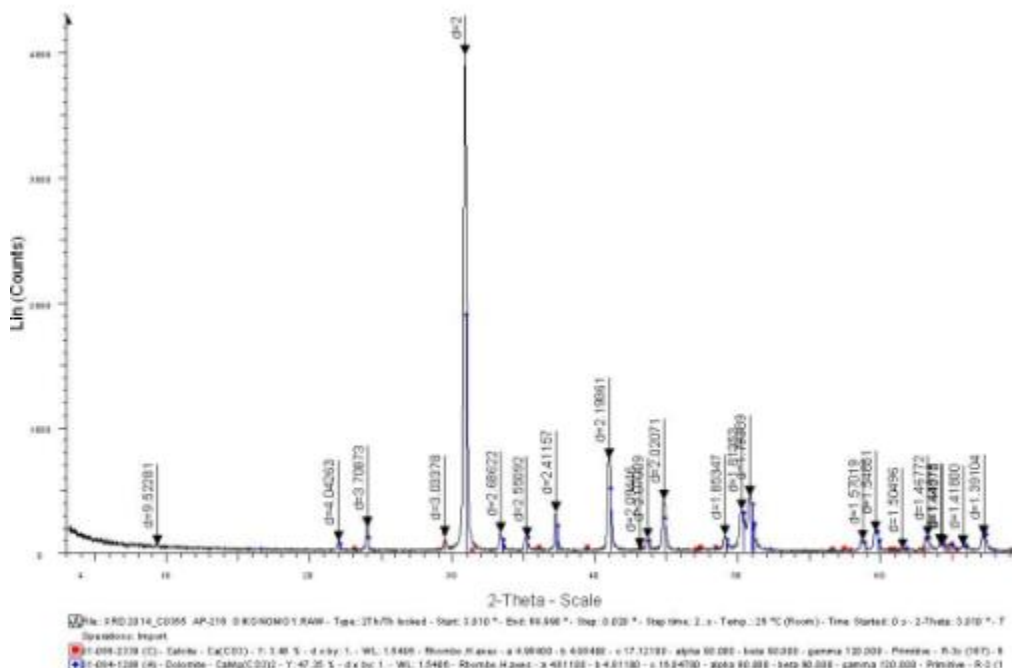
Εικόνα 6.33: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΑΠΖ13, με βασικές κορυφές του Ασβεστίτη (CaCO_3) και του Δολομίτη ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).



Εικόνα 6.34: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΜΠΖ14, με βασικές κορυφές του Χαλαζία (SiO₂), του Ασβεστίτη (CaCO₃) και του Δολομίτη (CaMg(CO₃)₂).



Εικόνα 6.35: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος ΜΠΖ15, με βασικές κορυφές του Χαλαζία (SiO₂) και του Ασβεστίτη (CaCO₃).



Εικόνα 6.36: Περιθλασιόγραμμα του δείγματος APZ16, με βασικές κορυφές του Ασβεστίτη (CaCO_3) και του Δολομίτη ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

VI.4. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ – ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Από το σύνολο των μεθόδων ελέγχου, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα για κάθε ένα δείγμα χωριστά.

Δείγμα ΠΖΑ1

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα συμπαγές, υπόλευκου χρώματος (το οποίο κατά θέσεις γίνεται υποκάστανο, πιθανότατα λόγω επιφανειακής διάβρωσης) που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: Ασβεστίτης (CaCO_3) 83%, Χαλαζίας (SiO_2) ~15%, Δολομίτης ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) 2%.
- Άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.) ασβεστιτικής σύστασης, που αποτελούν

περίπου το 70% του δείγματος μέσα ένα λεπτοκρυσταλλικό συνδετικό ασβεστιτικό υλικό (15% του δείγματος).

- Χαλαζίας σε μικρούς γωνιώδεις κρυστάλλους, διάσπαρτους μέσα στο δείγμα.
- Το πορώδες είναι περίπου 15%. Οι πόροι παρουσιάζονται σε δύο διαφορετικές κοκκομετρίες: α) μεγέθους $< 0,5\mu\text{m}$, που αποτελούν την πλειονότητα στο δείγμα, ομοιόμορφα κατανεμημένοι και β) μεγέθους $1,5-2\mu\text{m}$. διάσπαρτοι, που αποτελούν πιθανότατα προϊόν δευτερογενούς διάβρωσης (μετεωρικής).

Δείγμα ΠΖΑ2

- Απολιθωματοφόρος Δολομίτης ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Πρόκειται για σχετικά εύθρυπτο δείγμα, κοκκώδους υφής, του οποίου το χρώμα από θέση σε θέση μεταβάλλεται από ανοιχτό γκρι σε σκούρο γκρι και σε ορισμένα σημεία υποκάστανο, ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής αργιλικών ορυκτών ή οξειδίων σιδήρου (FeO).
- Αποτελείται από απολιθώματα θαλάσσιων μικροοργανισμών και φυκών, σε ποσοστό περίπου 80%, τα οποία συνδέονται με μικροκρυσταλλικό υλικό ασβεστιτικής φύσεως.
- Άφθονοι πόροι ποικίλων μεγεθών, σε ποσοστό περίπου 15% του δείγματος.

Δείγμα ΠΖΑ3

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα συμπαγές, σχετικά εύθρυπτο, υποκάστανου χρώματος που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: Ασβεσίτης (CaCO_3) 80%, Χαλαζίας (SiO_2) ~15%, Δολομίτης ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) <2%.
- Άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.) ασβεστιτικής σύστασης, που αποτελούν

περίπου το 65% του δείγματος μέσα ένα λεπτοκρυσταλλικό συνδετικό ασβεστιτικό υλικό (15% του δείγματος).

- Χαλαζίας σε μικρούς γωνιώδεις κρυστάλλους, διάσπαρτους μέσα στο δείγμα.
- Το πορώδες είναι περίπου 15%. Οι πόροι είναι μεγέθους $< 0,5\mu\text{m}$, ομοιόμορφα κατανεμημένοι διάσπαρτοι, που αποτελούν πιθανότατα προϊόν δευτερογενούς διάβρωσης (μετεωρικής).

Δείγμα ΠΖΑ4

- Ψαμμίτης.
- Πρόκειται για κλαστικό πέτρωμα, γκρι χρώματος, ελαφρώς εύθρυπτο, που εμφανίζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: Ασβεστίτης (CaCO_3) ~30%, Χαλαζίας (SiO_2) ~50%, Άστριοι (Ανορθίτης ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) και Αλβίτης ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)) ~7%, Οξειδία σιδήρου (FeO), αργιλικά ορυκτά και μαρμαρυγίες $< 12\%$.
- Ο ασβεστίτης παρουσιάζεται με τη μορφή υπιδιόμορφων κρυστάλλων³⁵, που συνδέονται με μικροκρυσταλλικό ασβεστίτη.
- Ο χαλαζίας είναι με τη μορφή μικρών γωνιωδών (κλαστικών) κρυστάλλων.
- Οι άστριοι (νατριούχου σύστασης) είναι σε μικρούς υπιδιόμορφους κρυστάλλους.
- Διακρίνονται τεμάχια απολιθωμάτων (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.).
- Συνυπάρχουν σε ποσοστό $< 4\%$ οξειδία- υδροξειδία σιδήρου και αργιλικά ορυκτά (σύστασης ιλλίτη ($(\text{K,H}_3\text{O})(\text{Al,Mg,Fe})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2,\text{H}_2\text{O}]$) και καολινίτη ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)), μαρμαρυγίες σε επιμήκεις φυλλώδεις μορφές (σύστασης μοσχοβίτη ($\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)) και χλωρίτης (σύστασης κλινόχλωρου ($(\text{Fe, Mg})_3\text{Fe}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)).
- Το πορώδες είναι $< 10\%$.

³⁵ Τα πλαγιόκλαστα εμφανίζονται ως επιμήκεις πρισματικοί μικροκρυστάλλοι, ενώ δεν παρουσιάζουν κάποια διδυμία.

Δείγμα ΠΖΑ5

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα συμπαγές, σχετικά εύθρυπτο, γκριζόλευκου χρώματος, όπου παρατηρούνται άφθονοι πόροι και παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: Ασβεσίτης (CaCO_3) 98%, Χαλαζίας (SiO_2) <2%.
- Άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φυκών, κ.ά.) ασβεστιτικής σύστασης, που αποτελούν περίπου το 80% του δείγματος, μέσα ένα λεπτοκρυσταλλικό συνδετικό ασβεστιτικό υλικό.
Χαλαζίας σε μικρούς γωνιώδεις κρυστάλλους, διάσπαρτους μέσα στο δείγμα.
- Το πορώδες είναι υψηλό, περίπου 30%.

Δείγμα ΠΖΑ6

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Δείγμα που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: Ασβεσίτης (CaCO_3) 96%, Δολομίτης ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) <2%, Χαλαζίας (SiO_2) < 2%.
- Διακρίνονται άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.) μέσα ένα λεπτοκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό, καθώς και ελάχιστοι μικροί γωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία και δολομίτη.
- Το πορώδες είναι σχετικά μεγάλο ~ 20%.

Δείγμα ΠΖΑ7

- Κροκαλο-λατυποπαγές.
- Κλαστικό πέτρωμα, αποτελούμενο κυρίως από κροκάλες με διάμετρο 1-3 χιλιοστά, συγκολλημένες με περιορισμένο συνδετικό υλικό. Υπάρχει μικρό ποσοστό από μικρολατύπες (< 15%).

- Οι κροκάλες και οι μικρολατύπες συνδέονται με υλικό ασβεστιτικής κυρίως φύσεως (του οποίου το ποσοστό είναι < 20%) και αποτελούνται από τους ακόλουθους τύπους πετρωμάτων:
 - Μικριτικός-μικροσπαριτικός απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος (CaCO_3) και λίγος δολομίτης ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) (~30%).
 - Ψαμμίτης, όπου επικρατούν οι χαλαζο-αστριούχοι κλαστικοί κόκκοι (~40%).
 - Σχιστόλιθοι ερυθρωπού χρώματος (χαλαζιακοί-μαρμαρυγιακοί)
 - Χαλαζίτες (~5%).

Δείγμα ΑΠΖ8

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα συμπαγές, γκριζόλευκου χρώματος, που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: Ασβεσίτης (CaCO_3) 98%, Χαλαζίας (SiO_2) <2%.
- Άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φυκών, κ.ά.) ασβεστιτικής σύστασης, που αποτελούν περίπου το 70% του δείγματος, συνδεόμενα από ένα λεπτοκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό.
- Χαλαζίας σε μικρούς γωνιώδεις κρυστάλλους, διάσπαρτους μέσα στο δείγμα.
- Λίγα λεπτά μικρο-φλεβίδια μικροκρυσταλλικού ασβεσίτη, διασχίζουν το δείγμα.
- Ελάχιστα οξείδια σιδήρου < 1%, διάσπαρτα στο δείγμα.
- Το πορώδες είναι υψηλό, περίπου 20%.

Δείγμα ΑΠΖ9

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.

- Δείγμα συμπαγές, γκριζόμαυρου χρώματος, που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: Ασβεστίτης (CaCO_3) 98%, Χαλαζίας (SiO_2) <2%.
- Άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φυκών, κ.ά.) ασβεστιτικής σύστασης, που αποτελούν περίπου το 60% του δείγματος, συνδεδεμένα από ένα λεπτοκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό.
- Χαλαζίας σε μικρούς γωνιώδεις κρυστάλλους, διάσπαρτους μέσα στο δείγμα.
- Άφθονα λεπτά μικρο-φλεβίδια μικροκρυσταλλικού ασβεστίτη, διασχίζουν το δείγμα.
- Ελάχιστα οξειδία σιδήρου < 1%, διάσπαρτα στο δείγμα.
- Το πορώδες είναι υψηλό, περίπου 15%.

Δείγμα ΑΠΖ10

- Ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Πρόκειται για σχετικά εύθρυπτο δείγμα, κοκκώδους υφής, χρώματος κρεμ.
- Αποτελείται από μικρο-λεπτό κρυσταλλικό ασβεστίτη (CaCO_3), σε ποσοστό περίπου 96%, με τον οποίο συνυπάρχει ελάχιστος κοκκώδης δολομίτης ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) < 2%.
- Απολιθώματα θαλάσσιων μικροοργανισμών και φυκών, σε ποσοστό περίπου 3%, τα οποία συνδέονται με μικροκρυσταλλικό υλικό ασβεστιτικής φύσεως.
- Χαλαζίας (SiO_2), σε μικροκοκκώδη μορφή, σε ποσοστό < 2%.
- Το πορώδες είναι < 10%.

Δείγμα ΑΠΖ11

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.

- Δείγμα συμπαγές, γκριζόμαυρου χρώματος, που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: Ασβεστίτης (CaCO_3) 98%, Χαλαζίας (SiO_2) < 2%.
- Άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φυκών, κ.ά.) ασβεστιτικής σύστασης, που αποτελούν περίπου το 70% του δείγματος, συνδεδεμένα από ένα λεπτοκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό.
- Χαλαζίας σε μικρούς γωνιώδεις κρυστάλλους, διάσπαρτους μέσα στο δείγμα.
- Άφθονα αλληλοτεμνόμενα λεπτά φλεβίδια μικροκρυσταλλικού ασβεστίτη διασχίζουν το δείγμα.
- Ελάχιστα οξειδία σιδήρου < 1%, διάσπαρτα στο δείγμα.
- Το πορώδες είναι υψηλό, περίπου 15%.

Δείγμα ΣΠΖ12

- Ψαμμίτης.
- Πρόκειται για κλαστικό πέτρωμα, γκρι χρώματος, που μακροσκοπικά διασχίζεται από μικροφλεβίδια ασβεστίτη, εμφανίζει δε την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: Χαλαζίας (SiO_2) ~50%, Ασβεστίτης (CaCO_3) ~30%, Άστριοι (Ανορθίτη ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) και Αλβίτη ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)) ~7%, Οξειδία σιδήρου, αργιλικά ορυκτά και μαρμαρυγίες < 12%.
- Ο ασβεστίτης παρουσιάζεται με τη μορφή υπιδιόμορφων κρυστάλλων, που συνδέονται με μικροκρυσταλλικό υλικό ασβεστιτικής σύστασης.
- Ο χαλαζίας είναι με τη μορφή μικρών γωνιωδών (κλαστικών) κρυστάλλων).
- Οι άστριοι (νατριούχου σύστασης, αλβίτες ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)) είναι σε μικρούς υπιδιόμορφους κρυστάλλους.
- Συνυπάρχουν σε ποσοστό < 8% αργιλικά ορυκτά (σύστασης ιλλίτη ($(\text{K},\text{H}_3\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2,\text{H}_2\text{O}]$) και καολινίτη ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)), μαρμαρυγίες σε επιμήκεις φυλλώδεις μορφές

(σύστασης μοσχοβίτη ($\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) και χλωρίτης (σύστασης κλινόχλωρου ($(\text{Fe}, \text{Mg})_3\text{Fe}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)).

- Το πορώδες είναι $< 8\%$.

Δείγμα ΑΠΖ13

- Δολομίτης.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Πρόκειται για συμπαγές δείγμα, κοκκώδους υφής, χρώματος γκρι.
- Αποτελείται από μικρο-λεπτό κρυσταλλικό δολομίτη ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), σε ποσοστό περίπου 94%.
- Ο ασβεστίτης (CaCO_3) εμφανίζεται σε συσσωματώματα, διάσπαρτος μέσα στο πέτρωμα σε ποσοστό $< 5\%$.
- Απολιθώματα θαλάσσιων μικροοργανισμών και φυκών, σε ποσοστό $< 2\%$.
- Ελάχιστα σιδηροοξειδία (FeO) διασχίζουν το δείγμα.
- Το πορώδες είναι $< 5\%$.

Δείγμα ΜΠΖ14

- Λατυποπαγές (Δολομιτικός ασβεστόλιθος).
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Πρόκειται για κλαστικό συμπαγές πέτρωμα, σκούρου γκρι και γκριζόλευκου χρώματος, σύστασης δολομιτικού ασβεστολίθου ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), που αποτελείται από:
 - Λατύπες λεπτοκρυσταλλικού και μικροσπαριτικού ασβεστολίθου, αποστρογγυλεμένες ή ελαφρά γωνιώδεις.
 - Μικρολατύπες δολομίτη, είτε μεμονωμένες, είτε μέσα σε ασβεστολιθικά τεμάχια (μεγέθους 0,1-0,3 χιλ).
- Το συνδετικό υλικό των λατυπών αποτελείται από μικροκρυσταλλικό ασβεστίτη, μέσα στο οποίο υπάρχουν μικρο-απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών), καθώς και ελάχιστος μικροκρυσταλλικός χαλαζίας.

Δείγμα ΜΠΖ15

- Χαλαζίτης + Ψαμμίτης.
- Πρόκειται για συμπαγές δείγμα, χρώματος καφεκόκκινου, με αλληλοτεμνόμενες υπόλευκες φλέβες πάχους από 0,5 έως 5 χιλιοστά, χαλαζιακής κυρίως σύστασης.
- Παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση:
 - Χαλαζίας (SiO_2), με τη μορφή γωνιωδών κρυστάλλων, σε ποσοστό περίπου 75%.
 - Άστριοι, νατριούχου σύστασης (αλβίτες ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)), σε ποσοστό <5%.
 - Μαρμαρυγίες, με τη μορφή λεπτών επιμηκών φυλλαρίων σερικίτη (σύστασης μωσχοβίτη ($\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)), σε ποσοστό < 5%.
 - Λεπτοκρυσταλλικό συνδετικό υλικό κύρια χαλαζιακής σύστασης, με προσμίξεις αβεσσιτικού μικροκρυσταλλικού υλικού, μαρμαρυγιών και λίγων οξειδίων σιδήρου.

Δείγμα ΑΠΖ16

- Δολομίτης.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Πρόκειται για συμπαγές δείγμα, κοκκώδους υφής, σκούρου γκρι χρώματος.
- Αποτελείται από μικρολεπτό κρυσταλλικό δολομίτη ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), σε ποσοστό περίπου 95%.
- Ο αβεσσίτης (CaCO_3) εμφανίζεται διάσπαρτος μέσα στο πέτρωμα σε ποσοστό <4%.
- Απολιθώματα θαλάσσιων μικρο-οργανισμών και φυκών, σε ποσοστό <1%.
- Ελάχιστα σιδηρο-οξείδια (FeO) (σε ποσοστό < 1%) διασχιίζουν το δείγμα.
- Το πορώδες είναι περίπου 15%.

VI.5. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα δείγματα λίθων που εξετάστηκαν ήταν στο σύνολο 16 και όλα προέρχονται από τον αρχαιολογικό χώρο. Τα δείγματα περισυλλέχθηκαν από τις δύο λιθοσωρούς που έχουν δημιουργηθεί στο χώρο. Έγινε προσπάθεια να επιλεχθούν ποικίλα δείγματα, τα οποία χρωματικά και μορφολογικά ήταν όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά σε σχέση με αυτά που υπάρχουν στα νεοανακτορικά κτήρια του χώρου.

Στους λίθους παρατηρείται γενικά απώλεια υλικού και ακόμα και υλικά ίδιας προέλευσης παρουσιάζονται υπό διαφορετική μορφή, καθώς έχουν παραμορφωθεί με διαφορετικό τρόπο στο πέρασμα του χρόνου, λόγω της έκθεσής τους σε διαφορετικά είδη καταπόνησης (αέρας, υγρασία κ.ά.). Τα δείγματα των πωρόλιθων, στην πλειοψηφία τους, παρουσιάζουν συνοχή, ενώ άλλα είναι πολύ εύθρυπτα. Σε αυτό, έπαιξε καθοριστικό ρόλο η θέση από την οποία περισυλλέχθηκαν. Ακόμα, οι λίθοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, εμφανίζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, όπως π.χ. χρωματική απόκλιση.

Από την ορυκτολογική μελέτη των δειγμάτων προέκυψαν έξι δείγματα με απολιθωματοφόρο ασβεστόλιθο, ένα με απολιθωματοφόρο δολομίτη, ένα με δολομιτικό ασβεστόλιθο, δύο με δολομίτη, ένα κροκαλολατυποπαγές, τρία με ψαμμιτικό υλικό³⁶ και ένα με ασβεστόλιθο.

Γενικά, όλα τα δείγματα προς εξέταση ήταν πλούσια σε ασβεστίτη, ενώ από την ορυκτολογική μελέτη προέκυψαν και δείγματα με δολομίτη³⁷.

³⁶ Οι ψαμμίτες διαχωρίζονται ανάλογα με την ορυκτολογική σύσταση των κόκκων της άμμου που τους συνθέτουν ή ανάλογα με τη σύσταση του υλικού που υπάρχει μεταξύ των κόκκων και τους συνδέει μεταξύ τους (Στεφανίδης, 2004: 76).

³⁷ Ο δολομίτης είναι πέτρωμα που αποτελείται από το ομώνυμο ορυκτό δολομίτη ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) και σχηματίζεται από τους ασβεστόλιθους με την απομάκρυνση μέρους του ασβεστίου από το πλέγμα του ασβεστίτη και την αντικατάστασή του με μαγνήσιο. Ο δολομίτης μπορεί να έχει και βιογενή προέλευση, δηλαδή μπορεί να σχηματιστεί από το σκελετό και το κέλυφος

Τα περισσότερα από τα δείγματα παρουσιάζουν στη σύστασή τους μεγάλα ποσοστά απολιθωμάτων θαλάσσιων μικροοργανισμών και φυκών (ΠΖΑ1, ΠΖΑ3, ΠΖΑ2, ΠΖΑ5, ΠΖΑ6, ΑΠΖ8, ΑΠΖ9, ΑΠΖ11, ΑΠΖ13, ΑΠΖ16). Τα δείγματα ΑΠΖ8, ΑΠΖ9 και ΑΠΖ11 παρουσιάζουν παρόμοια ορυκτολογική σύσταση, αλλά με διαφορές στο χρώμα και στο πορώδες.

Τα δείγματα με απολιθωματοφόρο ασβεστόλιθο (ΠΖΑ2, ΠΖΑ3, ΠΖΑ, ΑΠΖ8, ΑΠΖ9, ΑΠΖ11 και ΠΖΑ6) παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά υψηλού πορώδους, από 15% μέχρι και 30%. Αντίθετα, τα δείγματα με ψαμμιτικό υλικό (ΣΠΖ12, ΠΖΑ4) και το δείγμα με τον ασβεστόλιθο (ΑΠΖ10) παρουσιάζουν μικρά ποσοστά πορώδους, μέχρι 10% μέγιστο. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα δολομιτικά δείγματα ΑΠΖ13 και ΑΠΖ16, που έχουν παρόμοιο ιστό και χρώμα και ίδια ορυκτολογική σύσταση, αλλά μεγάλη διαφορά στο πορώδες. Για την ακρίβεια, το ΑΠΖ13 παρουσιάζει πολύ χαμηλό πορώδες <5%, ενώ το ΑΠΖ16 μέτριο προς υψηλό πορώδες, που κυμαίνεται γύρω στο 15%.

Τέλος, όσον αφορά στη σκληρότητα των λίθων αυτών, από την κατά προσέγγιση εξέτασή τους, οι περισσότεροι λίθοι κυμαίνονται στο 3 με 5½ (σκληρότητα Mohs), αλλά υπάρχουν και κάποια δείγματα με χαμηλότερη, γύρω στο 2½, που ως επί το πλείστον είναι από απολιθωματοφόρο ασβεστόλιθο. Αυτά τα τελευταία είναι και τα πιο ευπαθή.

οργανισμών που εκτός από τον ασβεστίτη (CaCO_3) περιέχουν και το ανθρακικό μαγνήσιο (MgCO_3) σε ποσοστό περίπου 20% (Στεφανίδης, 2004: 83).

VII. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΘΙΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΔΟΜΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αρχαία λατομεία της περιοχής της Κάτω Ζάκρου με τις ακριβείς τους θέσεις, καθώς και οι παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα από την ανάλυση των δειγμάτων που λήφθηκαν από τις περιοχές αυτών. Ο σκοπός ήταν να γίνει μία χαρτογράφηση των αρχαίων λατομείων της ευρύτερης περιοχής και να δημιουργηθεί μία βάση με την πετρογραφική και ορυκτολογική ανάλυση δειγμάτων από τα κοιτάσματά τους, προκειμένου να μπορέσει να γίνει ταύτιση προέλευσης του δομικού υλικού της Κάτω Ζάκρου και με φυσικοχημικές μεθόδους ανάλυσης, πέραν των μακροσκοπικών παρατηρήσεων και της αρχιτεκτονικής μελέτης.

VII.1. ΑΡΧΑΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ

Τα λατομεία τα διακρίνουμε σε διάφορες κατηγορίες (Ορλάνδος, 1959-60: 84).

- Επιφανειακά κλιμακωτά με κατακόρυφες βαθμίδες (σκαλοπάτια) εξόρυξης.
- Υπόγεια με στοές, οι οποίες ήταν οριζόντιες ή με κλίση που ακολουθούσε το κατάλληλο πέτρωμα.

Επίσης, τα λατομεία διακρίνονται με βάση το υλικό το οποίο εξορυσσόταν.

Τέλος, αρκετά λατομεία οργανώθηκαν για να εξυπηρετήσουν συγκεκριμένο έργο, με προσωρινή διάρκεια, όπως είναι τα περισσότερα στην Κρήτη, ενώ άλλα είχαν διαχρονική και ευρύτερη χρήση, όπως το υπόγειο λατομείο της Πάρου (Μανωλιούδης, 2013: 28).

Στην περίπτωση της Ζάκρου, έχουμε λατομεία με εκτεταμένες εξορύξεις μαργαϊκών ασβεστόλιθων και ψαμιτών.

Γενικά για την οικοδόμηση, κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται τα τοπικά αποθέματα υλικών που διαθέτει η κάθε περιοχή. Έτσι και στη Ζάκρο, ο τοπικός ασβεστόλιθος είναι το βασικό υλικό δόμησης που χρησιμοποιήθηκε για την οικοδόμηση του ανακτόρου, και ως συμπληρωματικό υλικό ο πωρόλιθος, ενώ ελάχιστα εμφανίζεται γυψόλιθος.

Λατομεία των μεγάλων αυτών λίθων έχουν εντοπισθεί σε κοντινούς λόφους και στην ευρύτερη περιοχή της Κάτω Ζάκρου (Νακάσης, 1987: 85–98; Νακάσης & Ταγωνίδου, 1993: 24–26). Συνήθως, αποκολλούνται από την επιφάνεια του πετρώματος με φυσικό τρόπο μικροί λίθοι, ακανόνιστου σχήματος και αποδυναμωμένοι από τη διάβρωση. Αντίθετα, για την κατασκευή των μεγαλιθικών τοίχων, έπρεπε να λατομηθούν μεγάλοι δόμοι, από σημεία στα οποία οι στρώσεις του βράχου είχαν το κατάλληλο πάχος και περιορισμένο βαθμό διάβρωσης (Shaw, 1973: 14; Βοκοτόπουλος, 2007: 207).

Μία δεύτερη ποικιλία αυτού του σκληρού ασβεστόλιθου, που οι ντόπιοι ονομάζουν «σιδερόπετρα», εμφανίζεται σε στρώσεις με οριζόντιες και κάθετες ρηγματώσεις και αποδίδει μεγάλες, σχετικά λεπτές, πλάκες.

Η δόμηση με πωρόλιθους αποτελεί νεοανακτορικό χαρακτηριστικό της Ζάκρου (Πλάτων 1974). Ο πωρόλιθος χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε λαξευτές λιθοδομές για τοίχους προσόψεων, αλλά και για εσωτερικούς. Πρόκειται για ένα υλικό ιδιαίτερα ευάλωτο στις καιρικές συνθήκες που η ποιότητά του κυμαίνεται καθώς και οι αποχρώσεις του από καφέ, σε άσπρο και ανοιχτό γκρι (Shaw, 2009: 18).

Τα λατομεία της περιοχής που εξετάστηκαν και αναλύονται ακολούθως είναι όλα λατομεία υπαίθρια, ως επί το πλείστον σε παράλιες θέσεις και τα περισσότερα εξ αυτών με βαθμιδωτές εξορύξεις. Οι μεταφορές των λίθων συνήθως γινόταν διά της θαλάσσιας οδού, πάνω στο κατάστρωμα πλωτών μέσων (Shaw, 2009: 28, 29).

Στα λατομεία αυτά έγινε αυτοψία και συλλέχθηκε υλικό από σημεία που δεν αλλοίωναν την αισθητική της περιοχής. Η επιλογή των προς αυτοψία λατομείων έγινε με βάση τις υπάρχουσες αναφορές σε αυτά, την τοποθεσία τους, το μέγεθός τους και το διαθέσιμο υλικό προς εξόρυξη. Από τα λατομεία αυτά συλλέχθηκε υλικό που στη συνέχεια αναλύθηκε, προκειμένου να ελεγχθεί η ταύτισή του με το δομικό υλικό του ανακτόρου της Κάτω Ζάκρου.



Εικόνα 7.1: Χάρτης λατομείων.

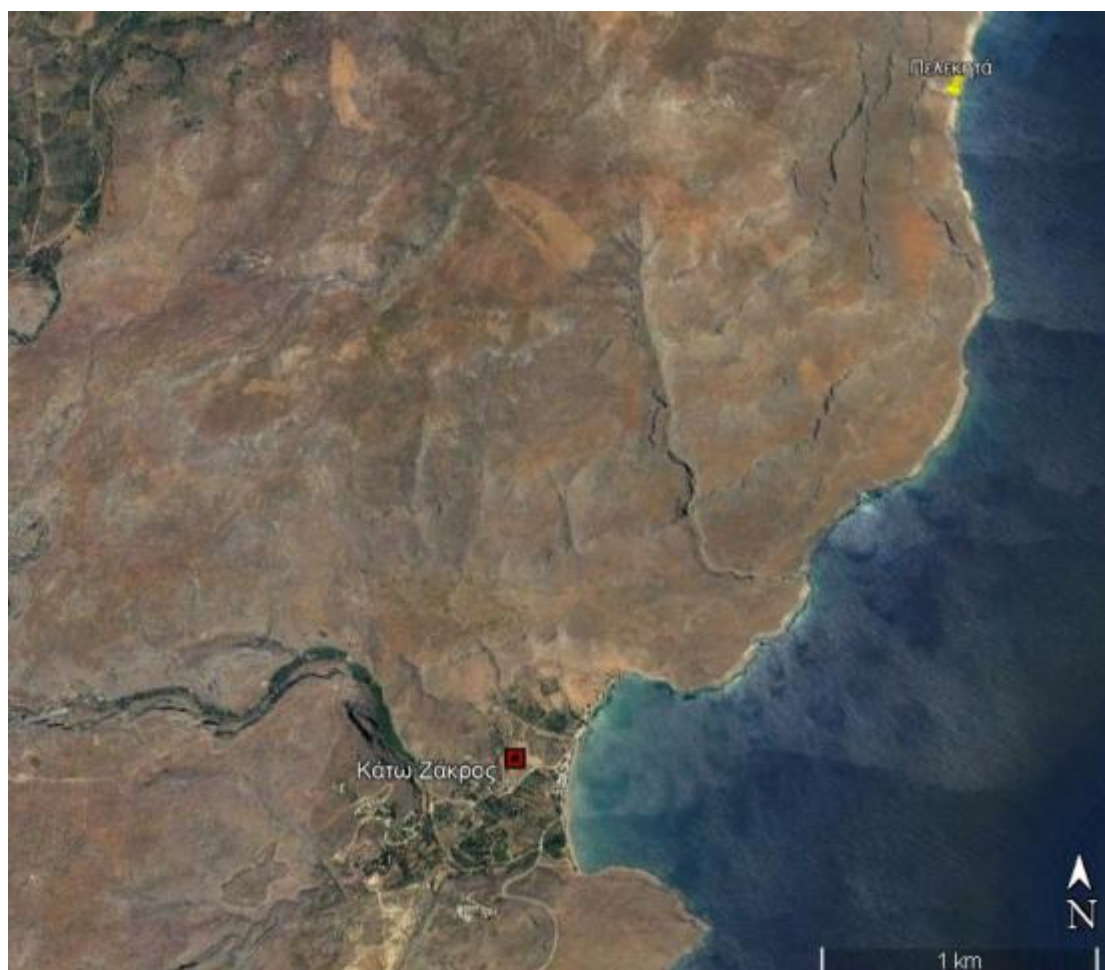


Εικόνα 7.2: Χάρτης λατομείων.

Πελεκητά

Το μεγαλύτερο νεοανακτορικό λατομείο πωρόλιθου έχει βρεθεί 5χλμ. βορείως της Κάτω Ζάκρου, σε παράλια θέση, η οποία φέρει τη χαρακτηριστική ονομασία «Πελεκητά». Το λατομείο είναι υπαίθριο με βαθμιδωτή εξόρυξη, περιμετρικές αύλακες 7 έως 11 εκ. και ίχνη τύκου (Shaw, 1973: 31–32; Waelkens, 1992: 10; Κοκκορού–Αλευρά κ.ά., 2014: 105).

Το υλικό που εξορύχθηκε από την περιοχή είναι πωρόλιθος ερυθρωπός (Shaw, 1973: 31). Σύμφωνα με τις πηγές, το υλικό χρησιμοποιήθηκε για το ανάκτορο και τα άλλα κτήρια της Κάτω Ζάκρου (Κοκκορού–Αλευρά κ.ά., 2014: 105).



Εικόνα 7.3: Θέση λατομείου Πελεκητά.



Εικόνα 7.4: Εναέρια άποψη λατομείου Πελεκητά.



Εικόνα 7.5: Λατομείο Πελεκητά.



Εικόνα 7.6: Λατομείο Πελεκητά.

Φαράγγι των Νεκρών

Ακόμα μια πιθανή «θέση» λατόμησης εκτιμάται πως είναι η ζώνη του Φαραγγιού των Νεκρών. Δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο σημείο που να υπάρχουν ίχνη λατόμησης, αλλά υπάρχουν αρχιτεκτονικά κατάλοιπα και άφθονο φερτό υλικό σε πολύ κοντινή απόσταση από το ανάκτορο. Σύμφωνα με τις πηγές, χρησιμοποιήθηκε υλικό στη Γεωμετρική εποχή και σε νεότερους χρόνους (Κοκκορού-Αλευρά κ.ά., 2014: 104). Σε κάθε περίπτωση, η εγγύτητα είναι ιδιαίτερα ισχυρό δεδομένο για να εξεταστεί η περιοχή ως πρωτογενής πηγή δομικού υλικού, πόσο μάλλον όταν το σημείο παρουσιάζεται πρόσφορο και γεωλογικά.



Εικόνα 7.7: Θέση Φαραγγιού των Νεκρών.



Εικόνα 7.8: Εναέρια άποψη Φαραγγιού των Νεκρών.



Εικόνα 7.9: Φαράγγι των Νεκρών.

Πελέκι

Μικρό λατομείο πωρόλιθου υπάρχει και στο βόρειο τμήμα του κόλπου της Κάτω Ζάκρου, λίγα μέτρα κάτω από το μονοπάτι που οδηγεί στα Πελεκητά, στη θέση Πελέκι. Είναι λατομείο υπαίθριο με ίχνη επιφανειακής εξόρυξης και κατακόρυφες αύλακες. Το διαθέσιμο υλικό στο σημείο αυτό είναι ψαμμίτης (Νακάσης & Ταγωνίδου, 1993: 25; Κοκκορού-Αλευρά κ.ά., 2014: 106).



Εικόνα 7.10: Θέση λατομείου Πελέκι.



Εικόνα 7.11: Εναέρια άποψη λατομείου Πελέκι.



Εικόνα 7.12: Λατομείο Πελέκι.



Εικόνα 7.13: Λατομείο Πελέκι.

Κατά την αυτοψία στη θέση «Πελέκι» για την απόσπαση δείγματος του πωρολιθικού υλικού, και πλησίον του γνωστού λατομείου, παρατηρήθηκαν εμφανή ίχνη λατόμησης και ασβεστολιθικού υλικού.



Εικόνα 7.14: Λατομείο Πελέκι (Ασβεστόλιθος).



Εικόνα 7.15: Λατομείο Πελέκι (Ασβεστόλιθος).



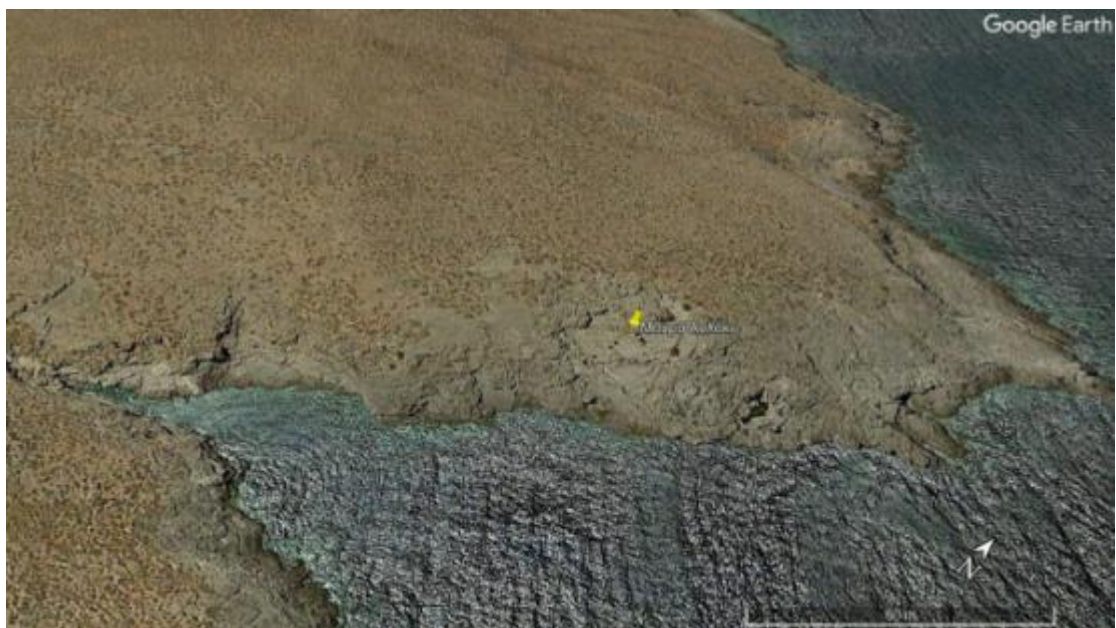
Εικόνα 7.16: Λατομείο Πελέκι (Ασβεστόλιθος).

Μαύρο Αυλάκι

Τρία ακόμα λατομεία ασβεστόλιθου έχουν βρεθεί στον μυχό «Μαύρο Αυλάκι», ο οποίος βρίσκεται αμέσως μετά τον κόλπο της Ζάκρου προς τα νότια. Πρόκειται για υπαίθρια λατομεία ασβεστόλιθου. Τα ίχνη λατόμησης μαρτυρούν οριζόντια και επιφανειακή εξόρυξη (Νακάσης, 1987: 86; Κοκκορού-Αλευρά κ.ά., 2014: 104).



Εικόνα 7.17: Θέση λατομείου Μαύρο Αυλάκι.



Εικόνα 7.18: Εναέρια άποψη λατομείου Μαύρο Αυλάκι.



Εικόνα 7.19: Λατομείο Μαύρο Αυλάκι.



Εικόνα 7.20: Λατομείο Μαύρο Αυλάκι.



Εικόνα 7.21: Λατομείο Μαύρο Αυλάκι.



Εικόνα 7.22: Λατομείο Μαύρο Αυλάκι.

Μαλαμούρες

Στη θέση Μαλαμούρες, 2 χλμ. νοτίως του κόλπου της Ζάκρου, βρίσκεται υπαίθριο λατομείο ασβεστόλιθου με βαθμιδωτή εξόρυξη και ίχνη λατόμησης (περιμετρικές αύλακες). Σύμφωνα με τις πηγές, υλικό από αυτή τη θέση έχει χρησιμοποιηθεί στο ανάκτορο της Ζάκρου (Κοκκορού-Αλευρά κ.ά., 2014: 104).



Εικόνα 7.23: Θέση λατομείου Μαλαμούρες.



Εικόνα 7.24: Εναέρια άποψη λατομείου Μαλαμούρες.



Εικόνα 7.25: Λατομείο Μαλαμούρες.



Εικόνα 7.26: Λατομείο Μαλαμούρες.



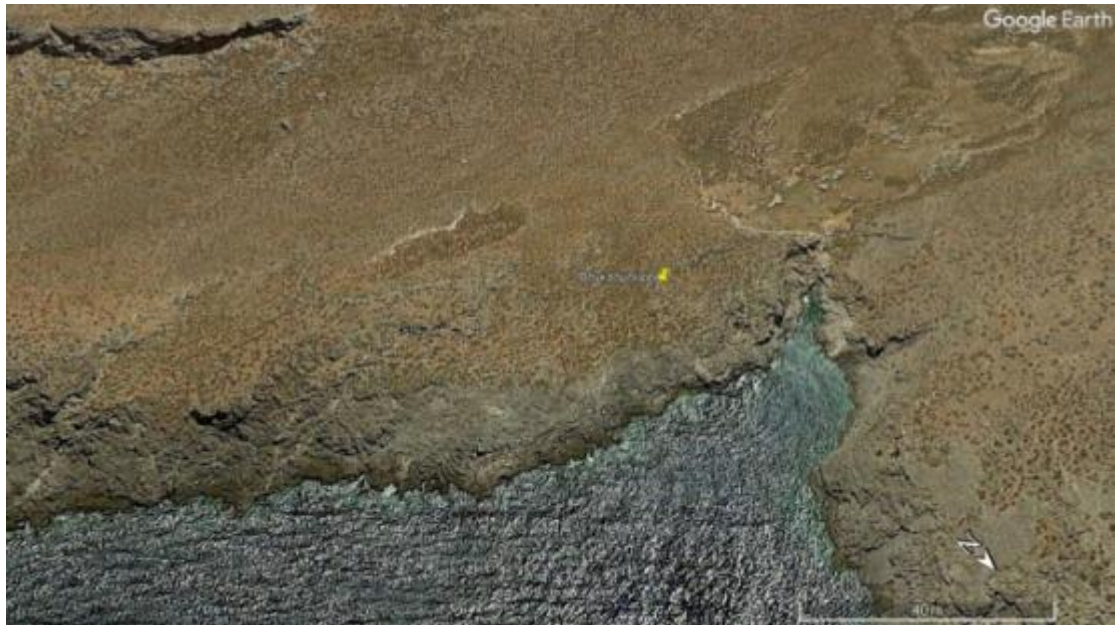
Εικόνα 7.27: Λατομείο Μαλαμούρες.

Φαγκρόμουρο

Στη θέση Φαγκρόμουρο στη Ζάκρο, πλησίον της θέσης «Μαύρο Αυλάκι», υπάρχει ακόμα ένα λατομείο ασβεστόλιθου (Νακάσης, 1987: 87; Κοκκορού-Αλευρά κ.ά., 2014: 106).



Εικόνα 7.28: Θέση λατομείου Φαγκρόμουρο.



Εικόνα 7.29: Εναέρια άποψη λατομείου Φαγκρόμουρο.



Εικόνα 7.30: Λατομείο Φαγκρόμουρο.



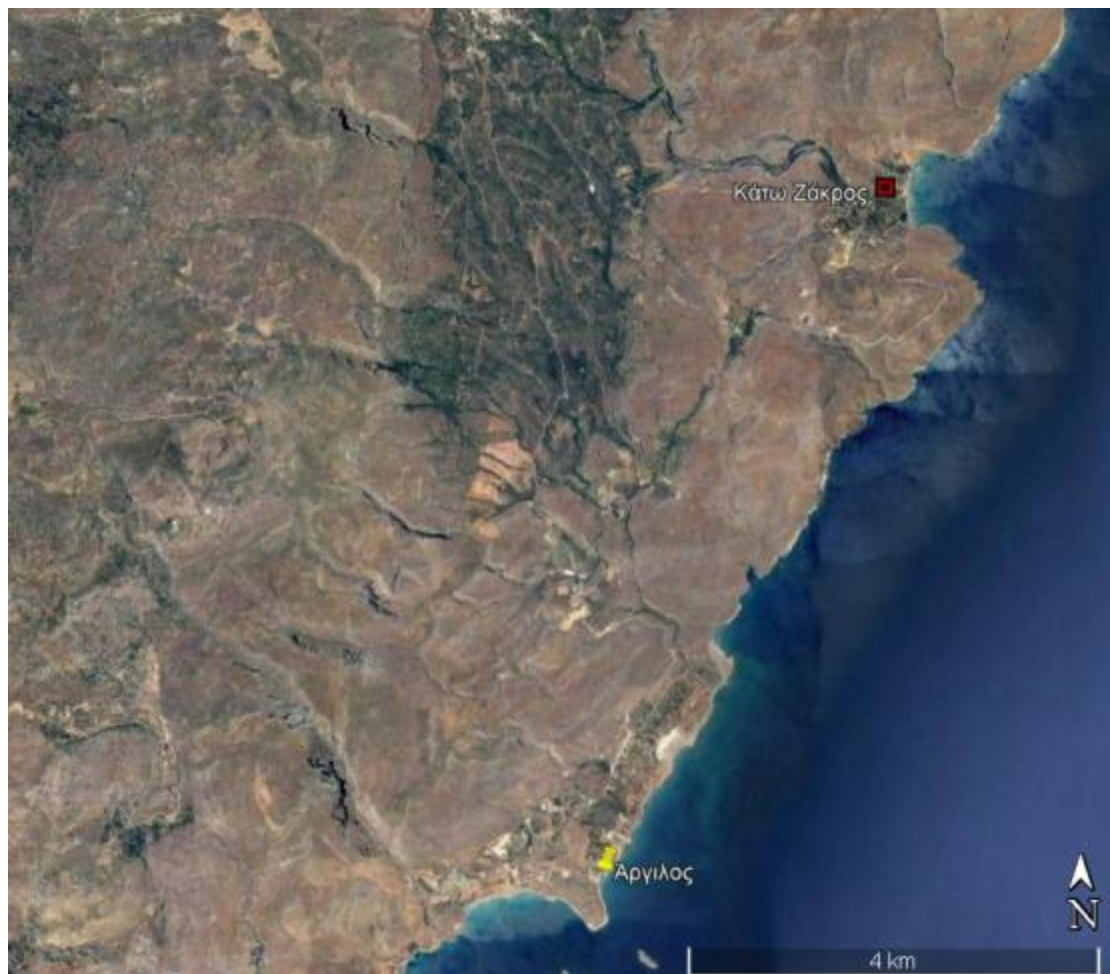
Εικόνα 7.31: Λατομείο Φαγκρόμουρο.



Εικόνα 7.32: Λατομείο Φαγκρόμουρο.

Άργιλος

Στην περιοχή του Ξερόκαμπου, και συγκεκριμένα σε παράλια θέση κοντά στην παραλία Άργιλος (απέναντι από τα νησάκια Καβάλλους), βρίσκεται υπαίθριο λατομείο με ψαμμίτη, το οποίο παρουσιάζει ίχνη λατόμησης και αρχιτεκτονικά κατάλοιπα (μία μεγάλη οπή διαμέτρου μεγαλύτερης του 1 μ., καθώς και τρεις μικρές οπές) (Νακάσης, 1987: 87; Κοκκορού-Αλευρά κ.ά., 2014: 109).



Εικόνα 7.33: Θέση λατομείου Άργιλος.



Εικόνα 7.34: Εναέρια άποψη λατομείου Άργιλος.



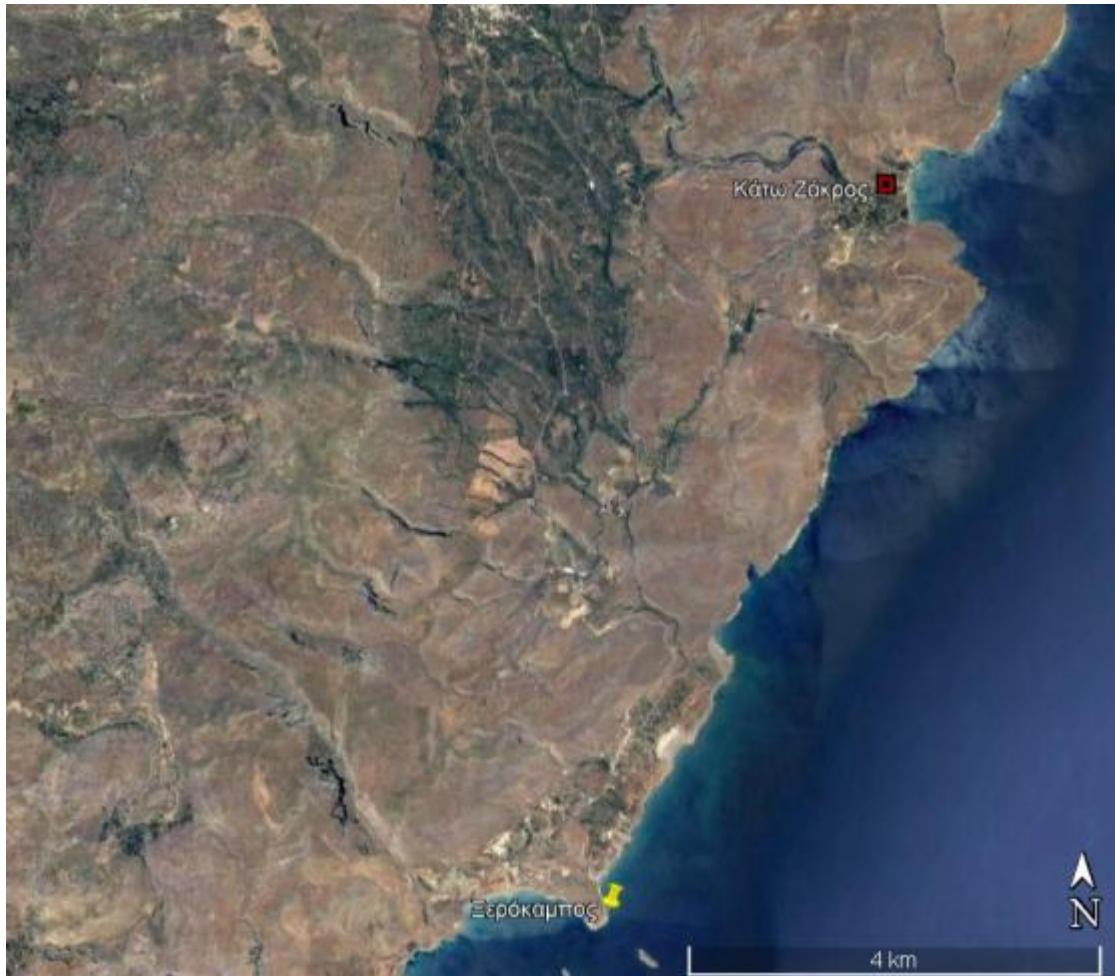
Εικόνα 7.35: Λατομείο Άργιλος.



Εικόνα 7.36: Λατομείο Άργιλος.

Ξερόκαμπος

Επίσης στην περιοχή του Ξερόκαμπου, ανάμεσα στην παραλία Άργιλο και στη Μεγάλη παραλία ή Ψιλή Άμμος ή Μάζδα Άμμος υπάρχει και άλλη μία θέση με ξεκάθαρα ίχνη λατόμησης ψαμμίτη, πολύ μεγάλης έκτασης (Νακάσης, 1987: 87).



Εικόνα 7.37: Θέση λατομείου Ξερόκαμπος.



Εικόνα 7.38: Εναέρια άποψη λατομείου Ξερόκαμπος.



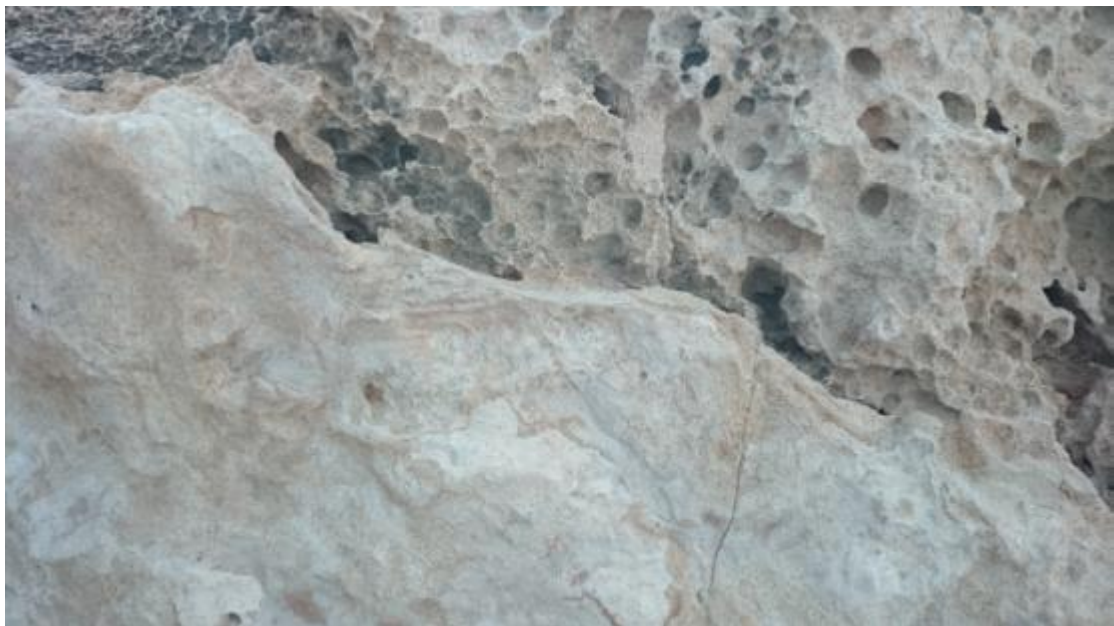
Εικόνα 7.39: Λατομείο Ξερόκαμπος.



Εικόνα 7.40: Λατομείο Ξερόκαμπος.



Εικόνα 7.41: Λατομείο Ξερόκαμπος.



Εικόνα 7.42: Λατομείο Ξερόκαμπος.

Κατσουνάκι

Κοντά στην παραλία Αλώννα, όπου καταλήγει το Φαράγγι Κατσουνάκι, επίσης στην περιοχή του Ξερόκαμπου, υπάρχει μία ακόμα υπαίθρια θέση με ίχνη λατόμησης. Το υλικό που έχει εξορυχθεί από τη θέση είναι ασβεστολιθικό (Κοκκορού-Αλευρά κ.ά., 2014: 101).



Εικόνα 7.43: Θέση λατομείου Κατσουνάκι.



Εικόνα 7.44: Εναέρια άποψη λατομείου Κατσουνάκι.



Εικόνα 7.45: Λατομείο Κατσουνάκι.



Εικόνα 7.46: Λατομείο Κατσουνάκι.

Μολυβοκάμινο

Τέλος, μεταξύ της περιοχής του Ξερόκαμπου και του όρμου της Κάτω Ζάκρου, υπάρχει θέση λατόμησης με τοπωνύμιο Μολυβοκάμινο. Πρόκειται για μία θέση με υλικό εξόρυξης πωρόλιθο, με ίχνη λατόμησης και αρχιτεκτονικά κατάλοιπα (Νακάσης, 1993: 24).



Εικόνα 7.47: Θέση λατομείου Μολυβοκάμινο.



Εικόνα 7.48: Εναέρια άποψη λατομείου Μολυβοκάμινο.



Εικόνα 7.49: Λατομείο Μολυβοκάμινο.



Εικόνα 7.50: Λατομείο Μολυβοκάμινο.



Εικόνα 7.51: Λατομείο Μολυβοκάμινο.



Εικόνα 7.52: Λατομείο Μολυβοκάμινο.

VII.2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΑΤΟΜΕΙΩΝ

Για την πετρογραφική ανάλυση των δειγμάτων που πάρθηκαν από τα αρχαία λατομεία, πραγματοποιήθηκε μακροσκοπική και μικροσκοπική περιγραφή. Μακροσκοπικά παρατηρήθηκαν κυρίως τα γενικά χαρακτηριστικά, ενώ μέσω της μικροσκοπικής ανάλυσης εντοπίστηκαν τα κύρια πετρογενετικά ορυκτά που συνιστούν τα πετρώματα της περιοχής. Τέλος, η μελέτη των πετρωμάτων ολοκληρώθηκε με τη μελέτη διαγραμμάτων περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ.

VII.2.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία έγινε μετά από σχετική άδεια της αρμόδιας Εφορείας Αρχαιοτήτων.

Έγινε προσπάθεια τα δείγματα να αποσπαστούν από θέσεις όπου το φυσικό πέτρωμα ήταν υγιές, αλλά ήδη αποκολλημένο, χωρίς ίχνη επεξεργασίας, και χωρίς να διαταραχτούν ή να καταστραφούν τμήματα από τα λατομεία. Τα περισσότερα δείγματα βρέθηκαν στο έδαφος σε λαξευμένες κοιλότητες.

Συνολικά, συλλέχθηκαν 13 δείγματα λίθων.



Εικόνα 7.53: Απόσπαση ασβεστόλιθου - Πελέκι.



Εικόνα 7.54: Απόσπαση Ψαμμίτης - Πελεκητά.



Εικόνα 7.55: Απόσπαση Ψαμμίτη - Πελεκητά.

VII.2.2. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Η μακροσκοπική παρατήρηση του υλικού προηγείται οποιασδήποτε μεθόδου ελέγχου. Η λεπτομερής μακροσκοπική παρατήρηση δίνει αναντικατάστατες πληροφορίες για την εμφάνιση, τη δομή, τον τύπο, καθώς και για τις πιθανές εξαλλοιώσεις του πετρώματος.

Οι παρατηρήσεις αυτές γίνονται επί τόπου και ολοκληρώνονται με τη μελέτη στο πετρογραφικό μικροσκόπιο.



Για να συλλεχθούν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες για τα δείγματα που αποσπάστηκαν από τα λατομεία της περιοχής έγινε φωτογράφησή τους και κατά προσέγγιση μέτρηση της σκληρότητάς τους³⁸.


Για την καλύτερη διαχείριση και σύγκριση των πληροφοριών που συλλέχθηκαν από τη μακροσκοπική παρατήρηση έγινε κωδικοποιημένη καταγραφή τους σε κατάλληλο πίνακα. Στον ακόλουθο πίνακα, περιλαμβάνονται η φωτογραφία του δείγματος, η θέση του λατομείου από όπου αποσπάστηκε, σχολιασμός για το χρώμα και τη σκληρότητα του δείγματος και, τέλος, η περιγραφή του με βάση τη μακροσκοπική παρατήρηση.

³⁸ Η σκληρότητα είναι η αντίσταση που εμφανίζουν τα ορυκτά σε εγχάραξη. Για τον προσδιορισμό της σκληρότητας, χρησιμοποιούμε την εμπειρική κλίμακα Mohs. Για την κατά προσέγγιση εύρεση της σκληρότητας, χρησιμοποιούμε το νύχι (~2½), ένα χάλκινο νόμισμα (~3½), ένα σουγιά (~5½), ένα κομμάτι τζάμι (~5½) ή μια λίμα ατσάλινη (~6½-7).

Πίνακας 7.1: Μακροσκοπική παρατήρηση δειγμάτων.



Δείγμα	Φωτογραφία	Θέση	Χρώμα-Σκληρότητα (Mohs)	Περιγραφή
No.1		Μαλαμούρες	Γκρι σκούρο – 5½	Σκληρός λίθος με έντονες βαθιές χαραξίες, ίσως από το σχηματισμό του.
No.2		Ξερόκαμπος	Ανοιχτόχρωμος μπεζ-γκρι-λευκό – 5½	Πωρόλιθος, αρκετά συνεκτικός, με έντονες φλεβώσεις.


No.3		Πελέκι	Γκρι σκούρο – 5½	Σκληρός λίθος, ομοιογενής, αποσαθρώνεται με έντονο σχισμό και βαθιές χαραξίες.
No.4		Άργιλος	Μπεζ – 5½	Ψαμμίτης, αρκετά συνεκτικός, με έντονο ανάγλυφο στην εξωτερική του πλευρά.

No.5		Φαγκρόμουρο	Γκρι ανοιχτό – 3	Σκληρός, μη ομοιογενής λίθος, με φλεβώσεις σκούρες γκρι και αποσάθρωση σε λεπτές φέτες
No.6		Μολυβοκάμινο	Κοκκινωπός – 3	Ψαμμίτης, αρκετά συνεκτικός.

No.7		Πελέκι	Μπεζ - 3	Ψαμμίτης ανοιχτόχρωμος, πολύ συνεκτικός με σαθρή πολύ επιφάνεια.
No.8		Πελεκητά	Κοκκινωπός - 5½	Ψαμμίτης, πολύ συνεκτικός και αρκετά σκληρός.

No.9		Πελεκητά	Μπεζ - 3	Ψαμμίτης ανοιχτόχρωμος(με έντονη στρωματογραφία).
No.10		Μαύρο Αυλάκι	Γκρι - 5½	Πολύ σκληρός και συνεκτικός λίθος. Στην εκτιθέμενη του επιφάνεια υπάρχουν έντονα οξειδία Fe.

No.11		Ξερόκαμπος	<p>Ανοιχτόχρωμος, με ελαφρά κόκκινη απόχρωση</p> <p>- 3</p>	Ψαμμίτης πολύ αποσαθρωμένος, με κρυστάλλους και καθόλου συνεκτικός.
No.12		Κατσουνάκι	<p>Γκρι ανοικτό</p> <p>- 2½</p>	Αρκετά σκληρός λίθος, με έντονες προσμείξεις και με μικρά κενά που διακρίνονται και με μακροσκοπική παρατήρηση.

No.13		Φαράγγι των Νεκρών	Μωβ, με κατά διαστήματα φλεβώσεις λευκής απόχρωσης - 3	Σκληρό πέτρωμα με έντονη σχάση, πολύ ομοιογενές και συνεκτικό.
-------	---	-----------------------	--	--

VII.2.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Οι μέθοδοι ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν είχαν ως στόχο τη δημιουργία μίας βάσης με την ορυκτολογική και πετρογραφική ανάλυση των πετρωμάτων των αρχαίων λατομείων της περιοχής της Κάτω Ζάκρου. Αρχικώς, χρησιμοποιήθηκε η οπτική μικροσκοπία σε πολωτικό μικροσκόπιο και στη συνέχεια η περιθλασιμετρία ακτίνων Χ. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων δεν κρίθηκε απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί κάποια περαιτέρω μέθοδος εξέτασης για το υλικό των λατομείων, καθώς η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν επαρκής και κάλυπτε τις ανάγκες της έρευνας.

Μικροσκοπική εξέταση λεπτών τομών

Τα ορυκτά μελετώνται με πολωτικό μικροσκόπιο, είτε σε λεπτές τομές είτε σε στιλπνές τομές³⁹. Σε λεπτές τομές, πάχους 0.02–0.03mm, εξετάζονται με διερχόμενο φως τα διαφανή ορυκτά, στα οποία περιλαμβάνονται τα περισσότερα βιομηχανικά και πετρογενετικά υλικά. Η εξέταση των λεπτών τομών γίνεται με παράλληλη δέσμη φωτός (ορθοσκοπική εξέταση) και με κωνική δέσμη (κωνοσκοπική εξέταση). Στην συγκεκριμένη εργασία, έγινε ορθοσκοπική εξέταση των τομών, η οποία διακρίνεται σε:

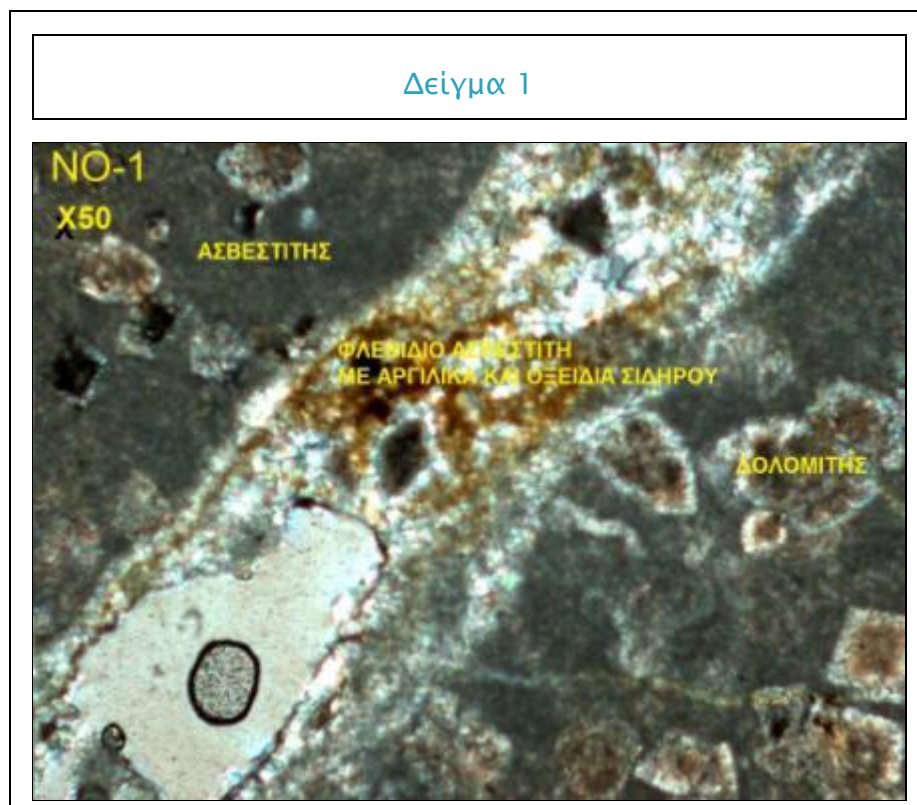
- Εξέταση μόνο με τον πολωτή.
- Εξέταση με διασταυρωμένα Nicols (πολωτής και αναλυτής να παρεμβάλλονται στην πορεία του φωτός).

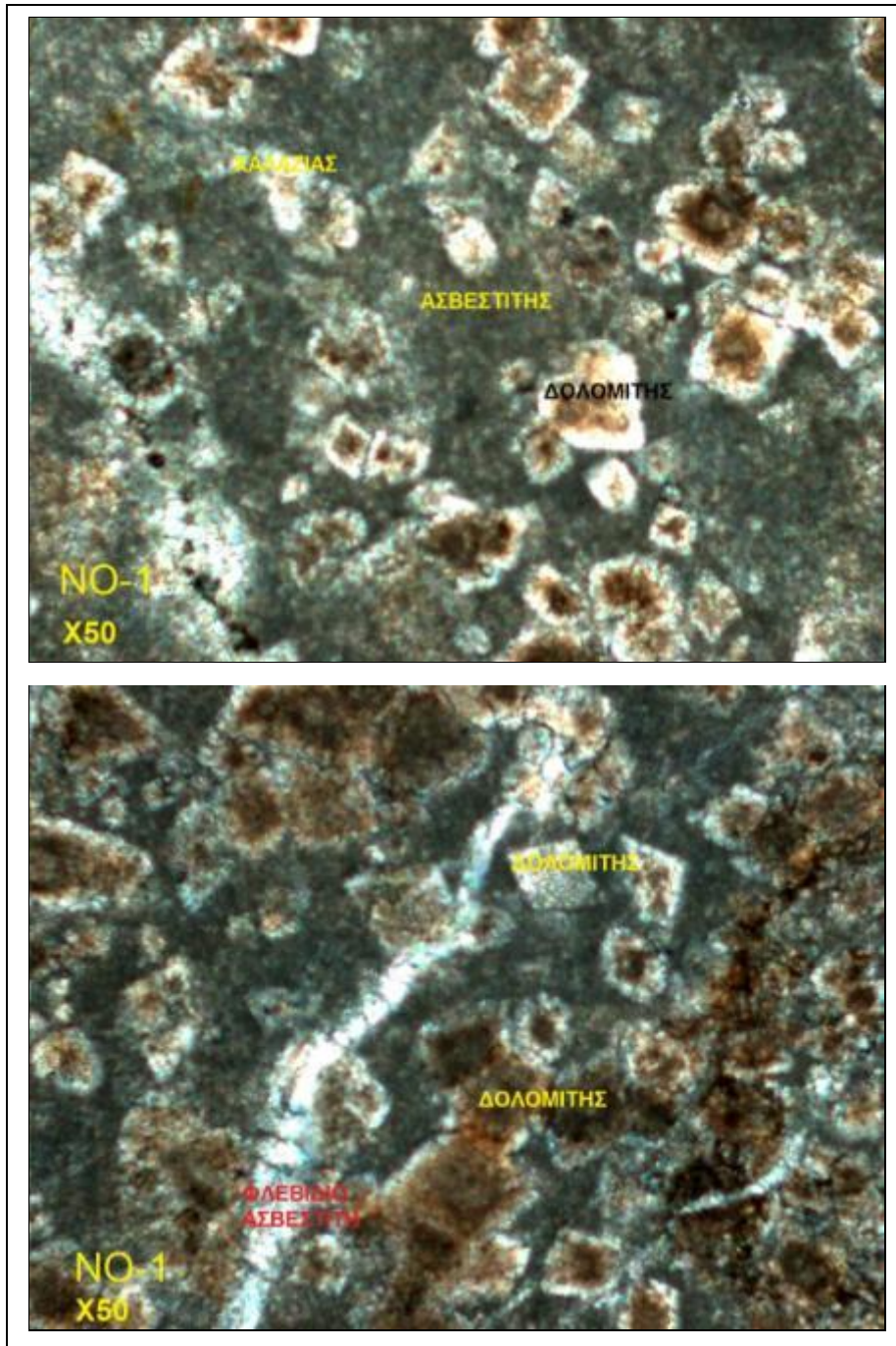
Στην ορθοσκοπική εξέταση, χωρίς την παρεμβολή του αναλυτή στην πορεία των ακτίνων, παρατηρούμε ιδιότητες, όπως η διαφάνεια, το

³⁹Τα μεταλλικά ορυκτά, τα οποία για το προαναφερόμενο πάχος δεν επιτρέπουν το φως να περάσει από αυτά, εξετάζονται σε στιλπνές τομές με ανακλώμενο φως.

σχήμα της τομής, τον σχισμό, το χρώμα, τον πλεοχρωισμό, γίνεται εκτίμηση του δείκτη διάθλασης και διακρίνονται οι εξαλλοιώσεις.

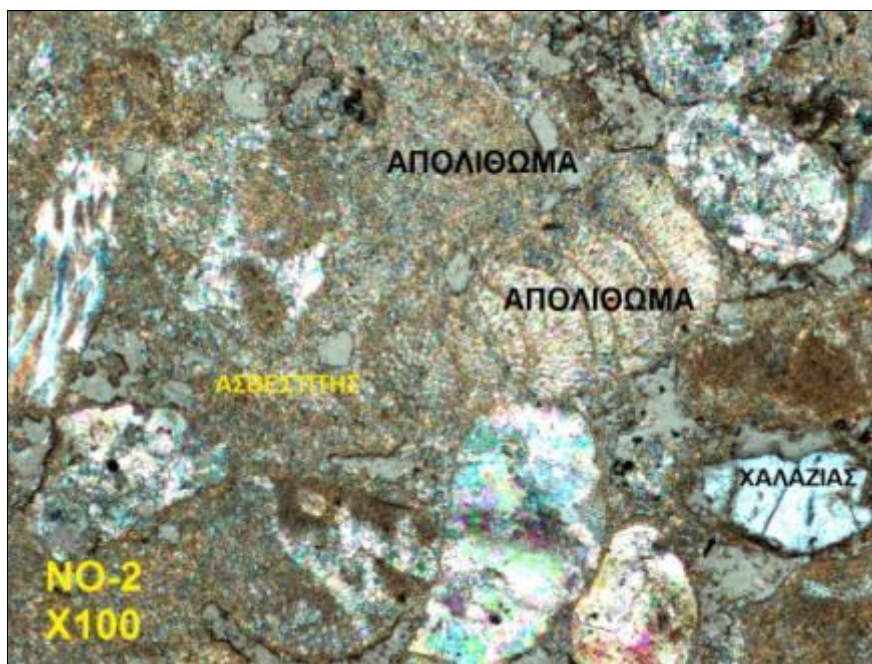
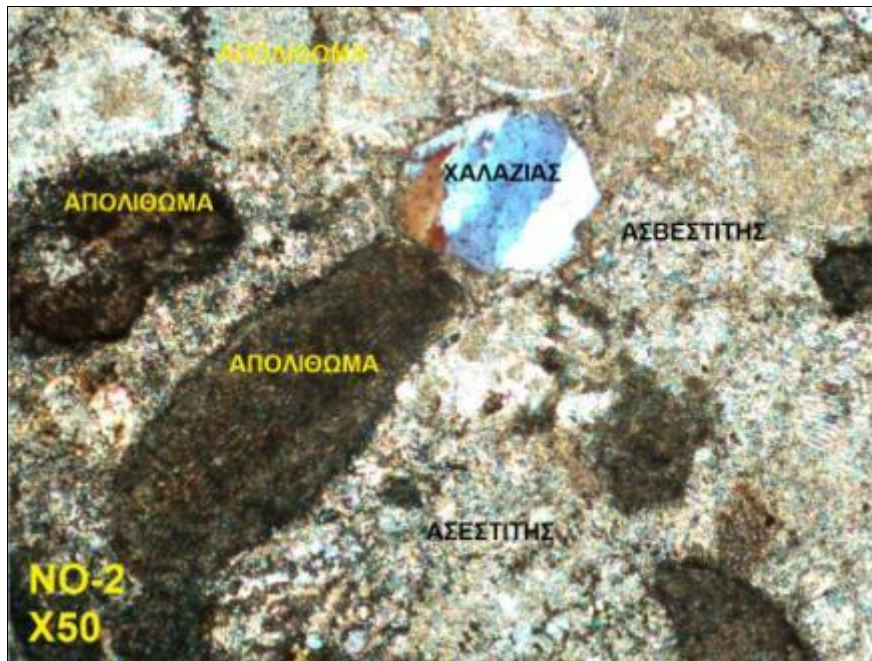
Στη συνέχεια, παρατίθεται το φωτογραφικό υλικό με παρατηρήσεις, όπως αυτό προέκυψε από την πετρογραφική εξέταση των δειγμάτων των λατομείων.





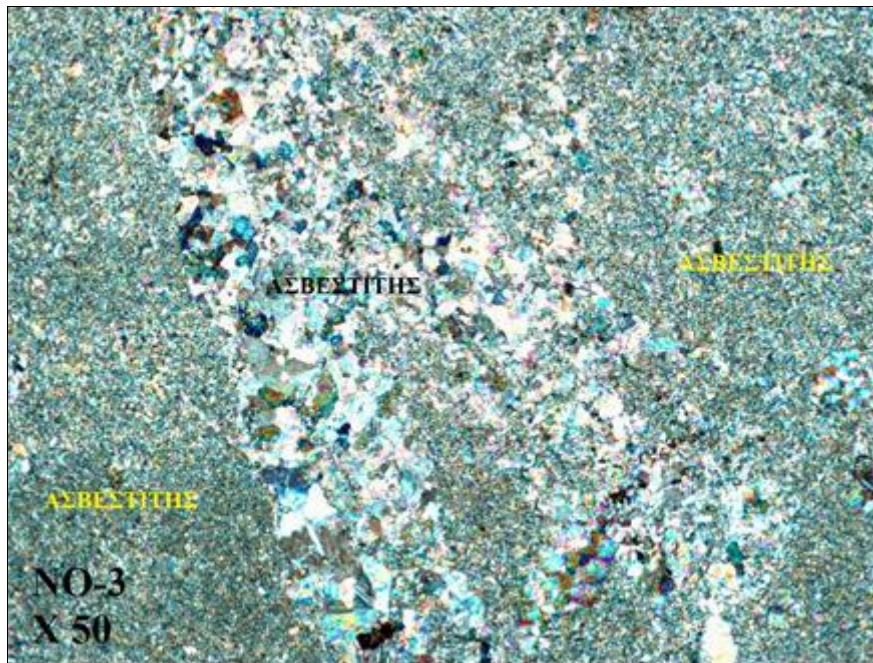
Εικόνα 7.56: Λεπτές τομές του Δείγματος Νο.1 (λατομείο Μαλαμούρες) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται μικροκρύσταλλοι ασβεστίτη, μικροί γωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία, κρύσταλλοι δολομίτη σε ρομβοειδείς μορφές, φλεβίδια ασβεστίτη, οξειδία σιδήρου καθώς και αργιλικά ορυκτά. Η συνένωση όλων των προαναφερόμενων ορυκτών πραγματοποιείται με μικροκρυσταλλικό ασβεστιτικό συνδετικό υλικό.

Δείγμα 2



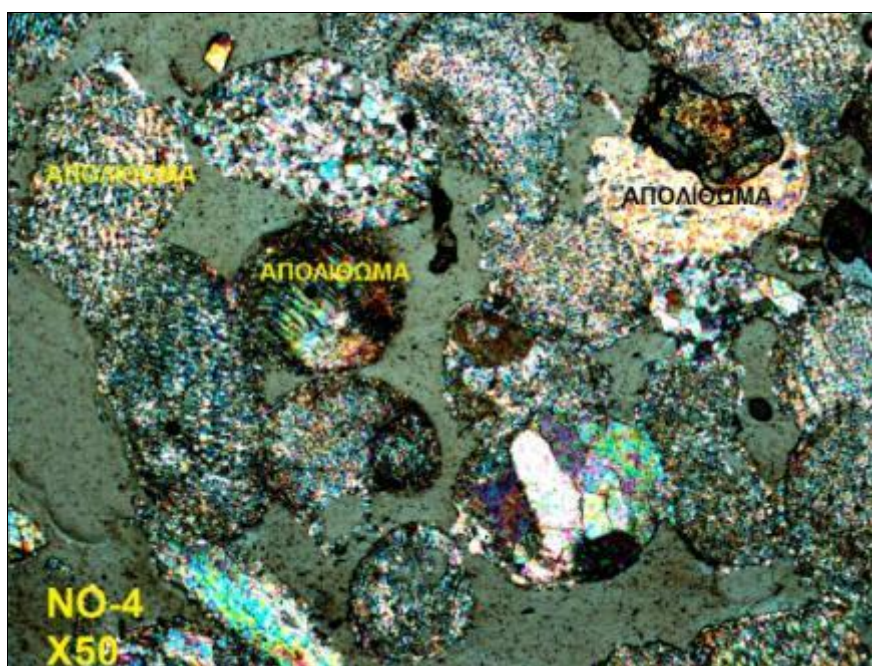
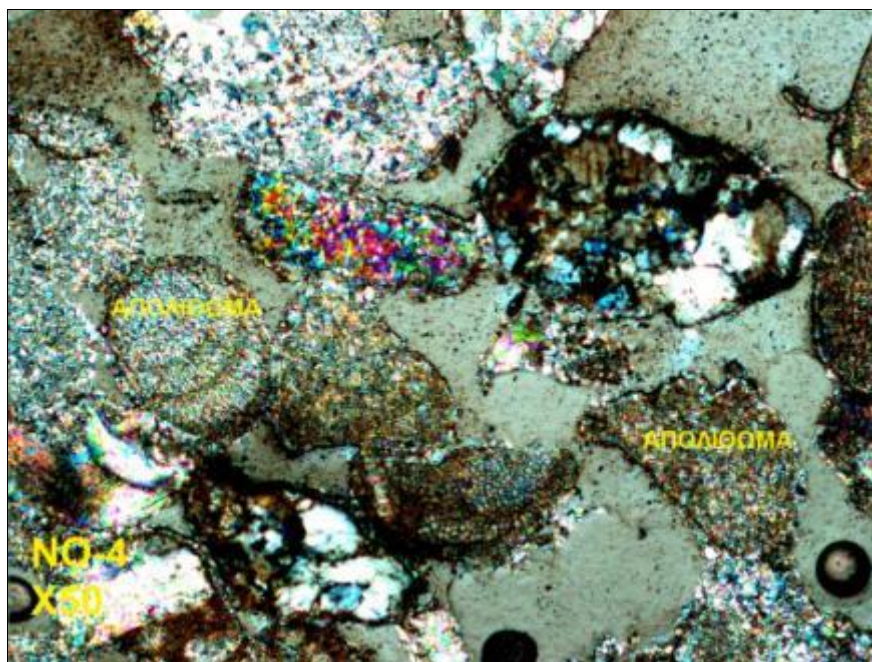
Εικόνα 7.57: Λεπτές τομές του Δείγματος Νο.2 (λατομείο Ξερόκαμπου) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστιτικό συνδετικό υλικό, κρύσταλλοι ασβεστίτη, κρύσταλλοι γωνιώδεις χαλαζία και ποικιλία απολιθωμάτων.

Δείγμα 3



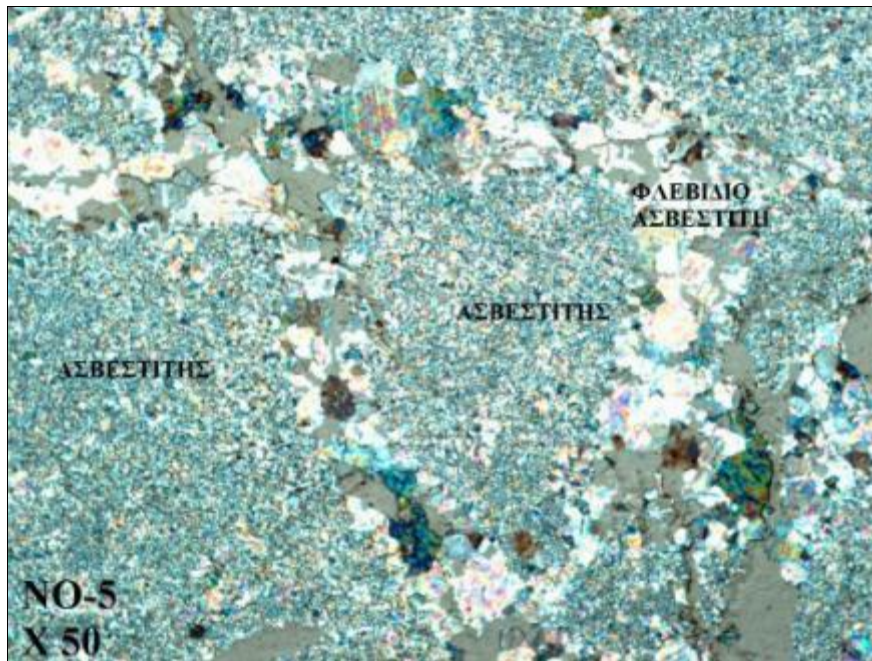
Εικόνα 7.58: Λεπτές τομές του Δείγματος No.3 (λατομείο Πελέκι) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνεται ο ασβεστίτης με ιστό μικρο-λεπτοκρυσταλλικό, καθώς και το ότι το δείγμα διασχίζεται από άφθονα αλληλοτεμνόμενα μικροφλεβίδια μικροσπαρτικού ασβεστίτη.

Δείγμα 4



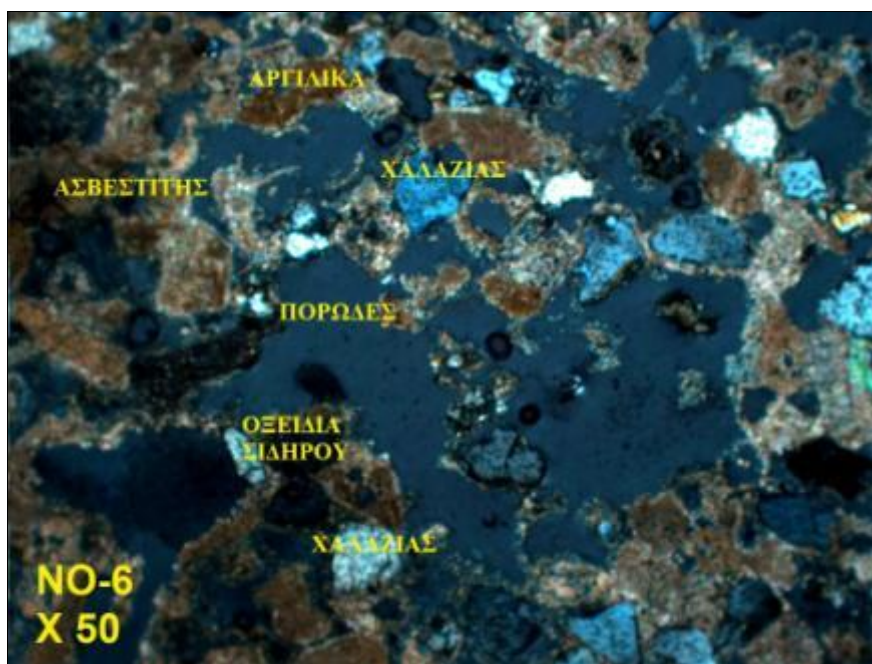
Εικόνα 7.59: Λεπτές τομές του Δείγματος Νο.4 (λατομείο Άργιλος) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται ο ασβεστίτης, ο δολομίτης, κρύσταλλοι χαλαζία, το πορώδες και ποικιλία απολιθωμάτων.

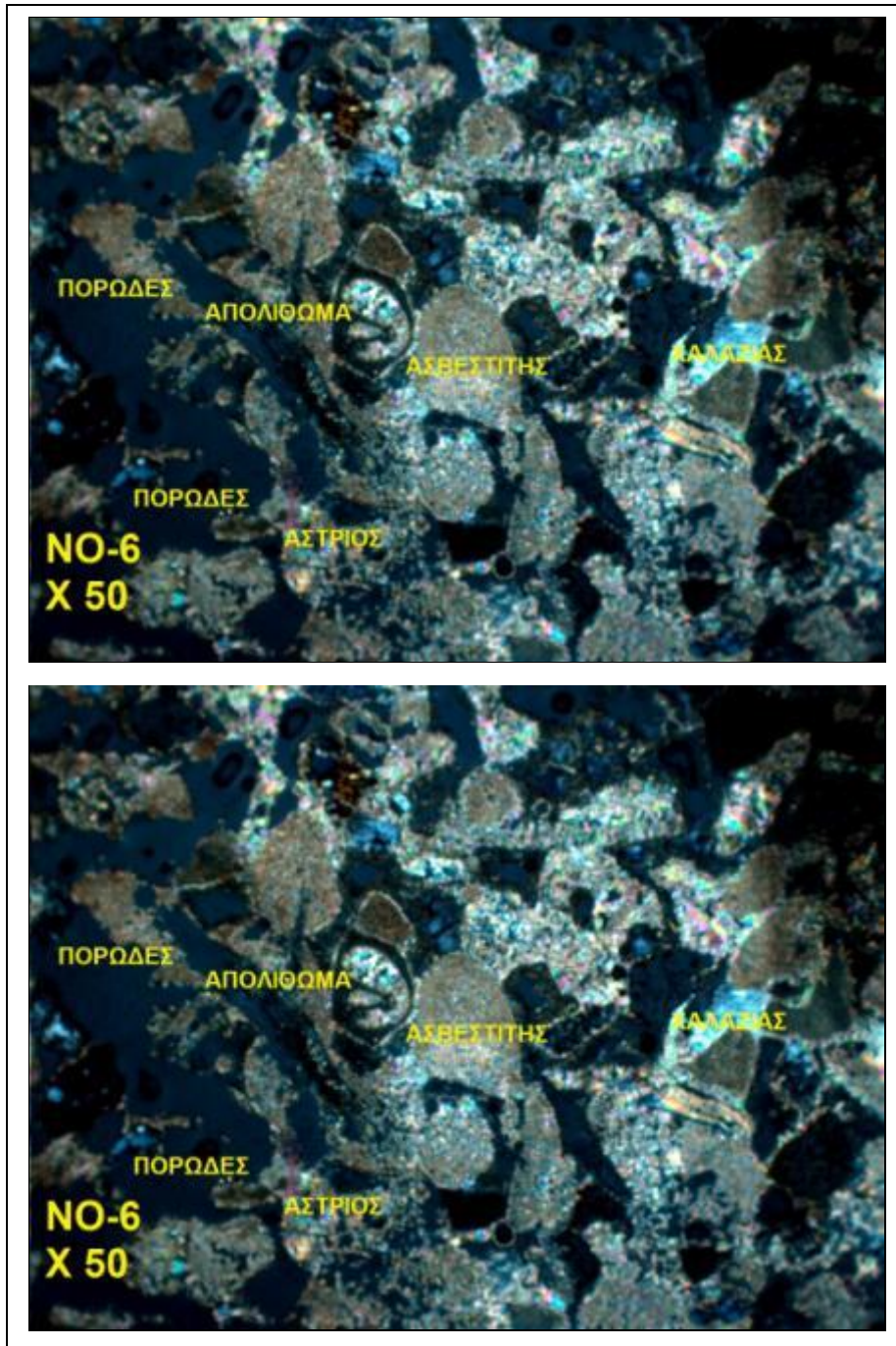
Δείγμα 5



Εικόνα 7.60: Λεπτές τομές του Δείγματος No.5 (λατομείο Φαγκρόμουρο) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνεται ο ασβεστίτης με ιστό μικρο-λεπτοκρυσταλλικό, καθώς και το ότι το δείγμα διασχίζεται από άφθονα αλληλοτεμνόμενα μικροφλεβίδια μικροσπαρτικού ασβεστίτη.

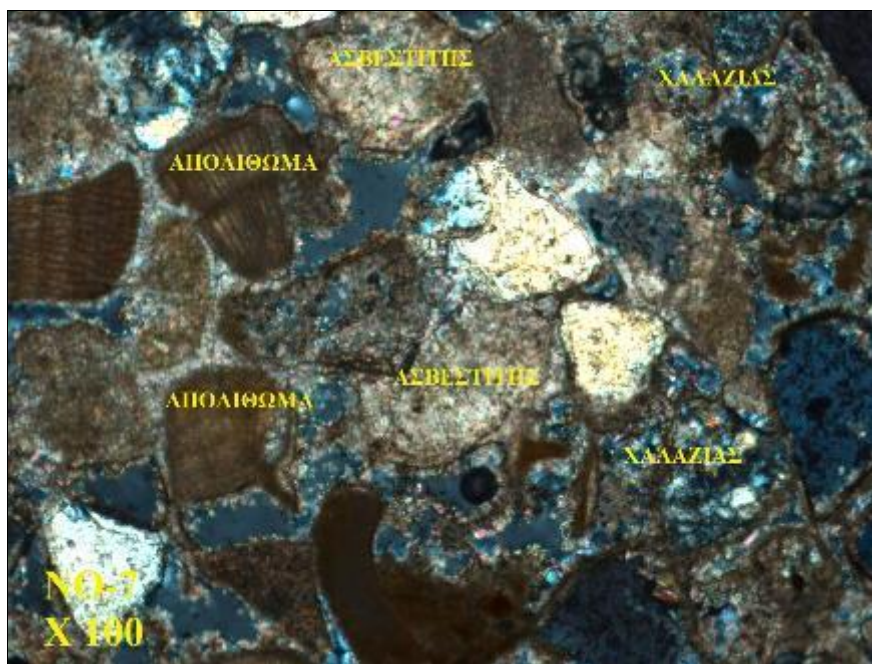
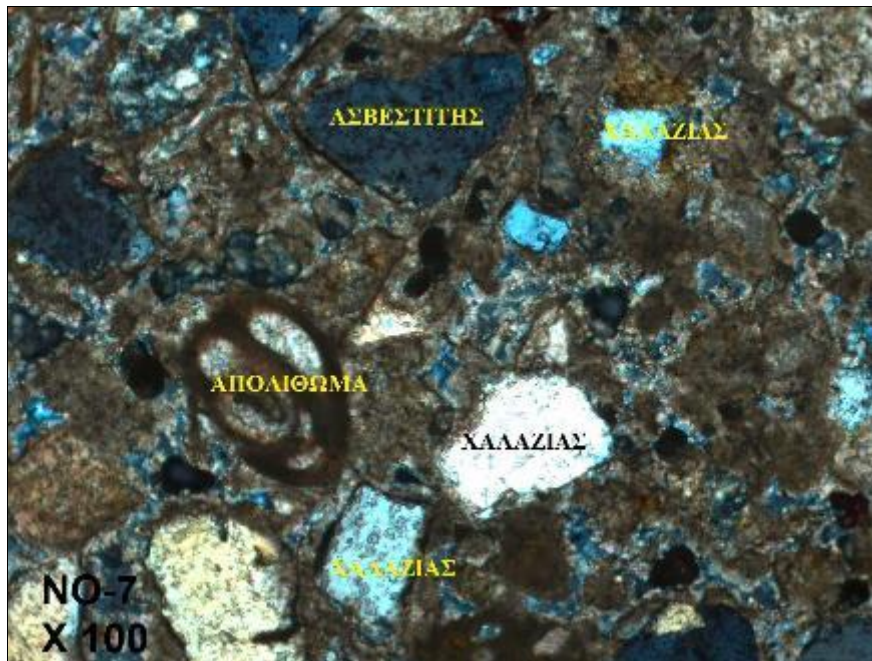
Δείγμα 6





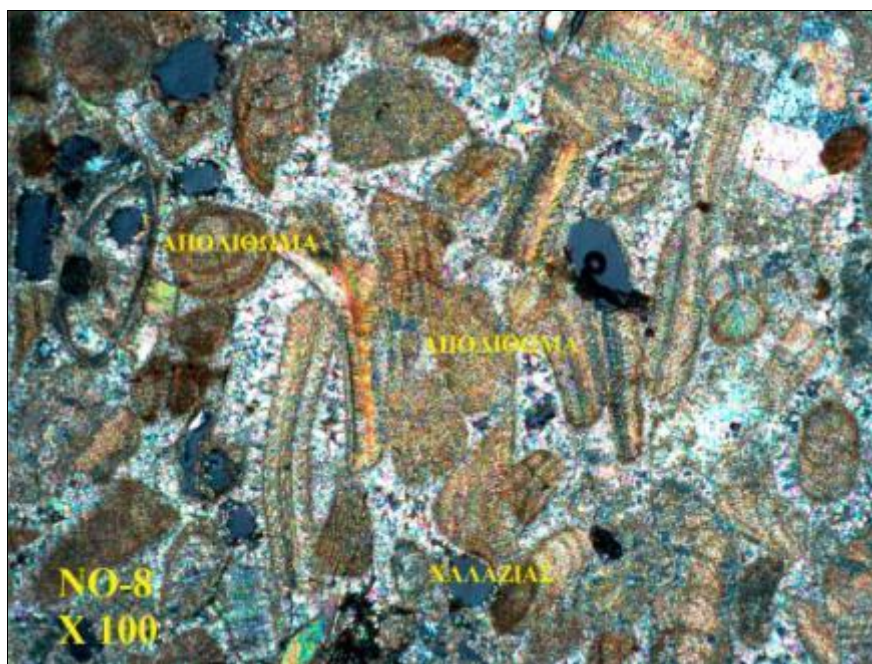
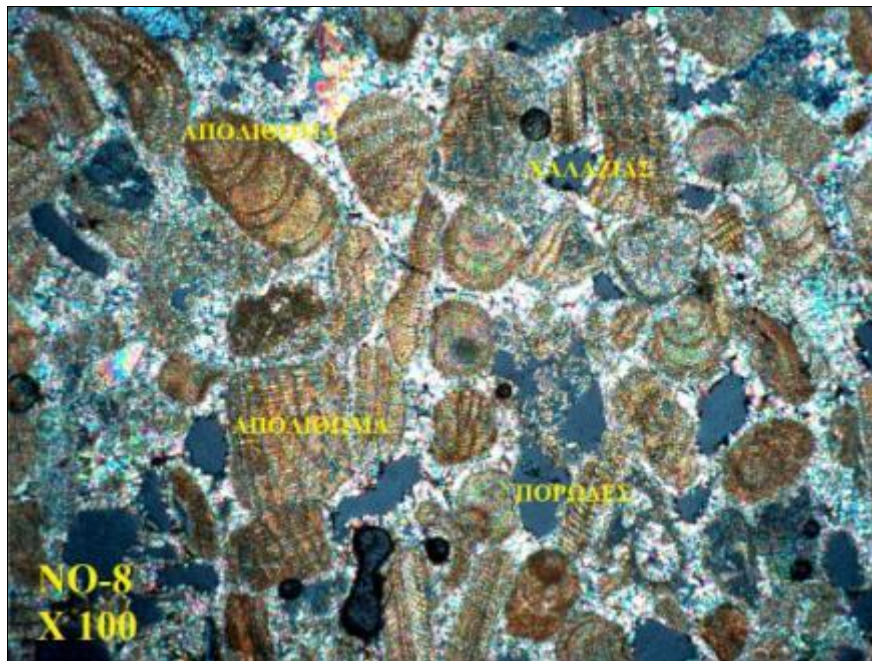
Εικόνα 7.61: Λεπτές τομές του Δείγματος Νο.6 (λατομείο Μολυβοκάμινο) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται κρύσταλλοι ασβεστίτη, χαλαζίας (υπό τη μορφή γωνιωδών κρυστάλλων), άστριοι, άφθονα απολιθώματα θαλάσσιων μικροοργανισμών, αργιλικά ορυκτά, το πορώδες, καθώς και οξειδία σιδήρου. Το συνδετικό υλικό είναι λεπτοκρυσταλλικό και κυρίως ασβεστιτικής σύστασης.

Δείγμα 7



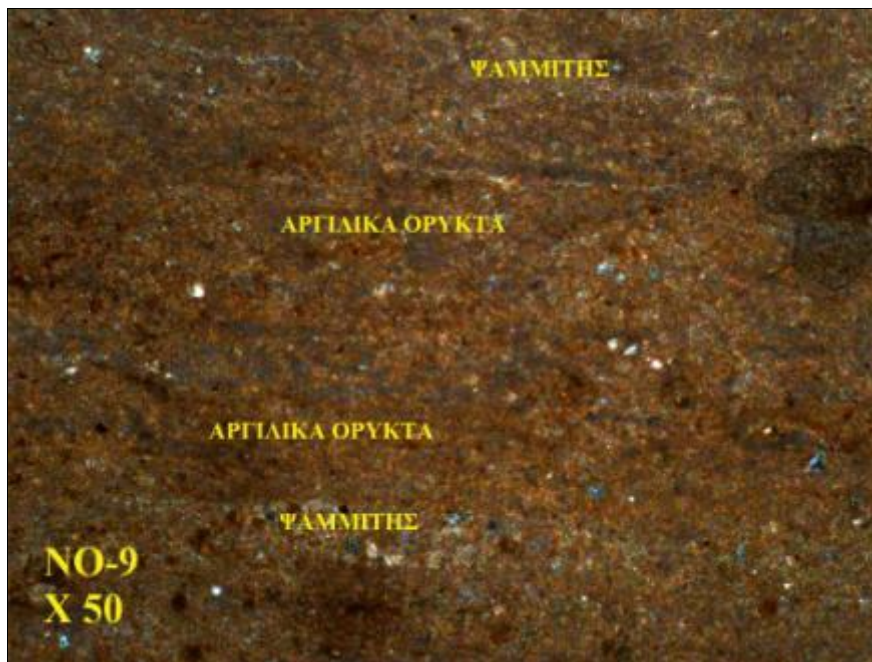
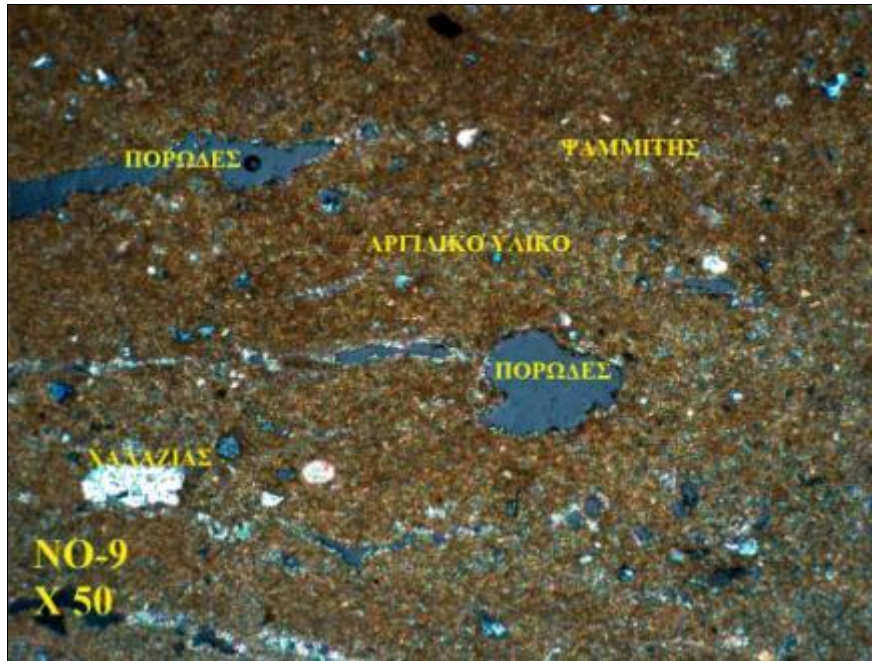
Εικόνα 7.62: Λεπτές τομές του Δείγματος No.7 (λατομείο Πελέκι) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x100 όπου διακρίνονται ο ασβεστίτης, ο χαλαζίας, το πορώδες και ποικιλία απολιθωμάτων.

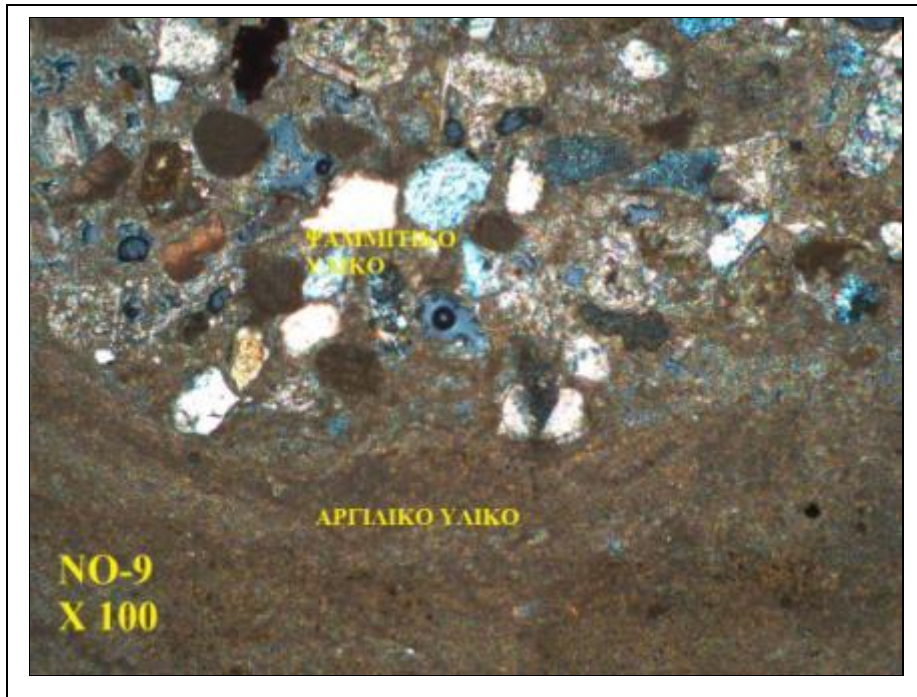
Δείγμα 8



Εικόνα 7.63: Λεπτές τομές του Δείγματος Νο.8 (λατομείο Πελεκητά) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x100 όπου διακρίνονται το ασβεστιτικό συνδετικό υλικό, κρύσταλλοι ασβεστίτη, κρύσταλλοι χαλαζία, το πορώδες και άφθονα απολιθώματα θαλάσσιων μικροοργανισμών.

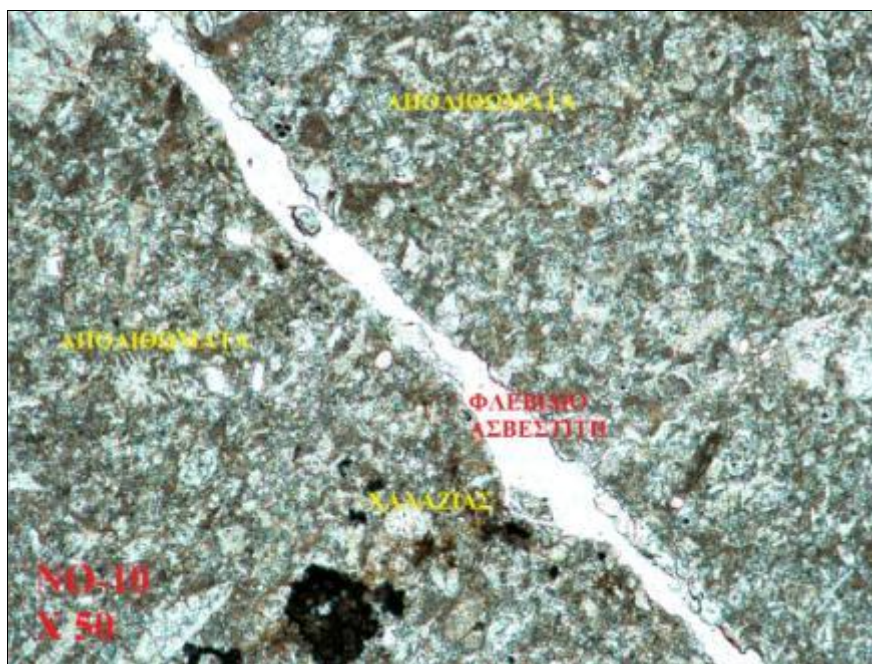
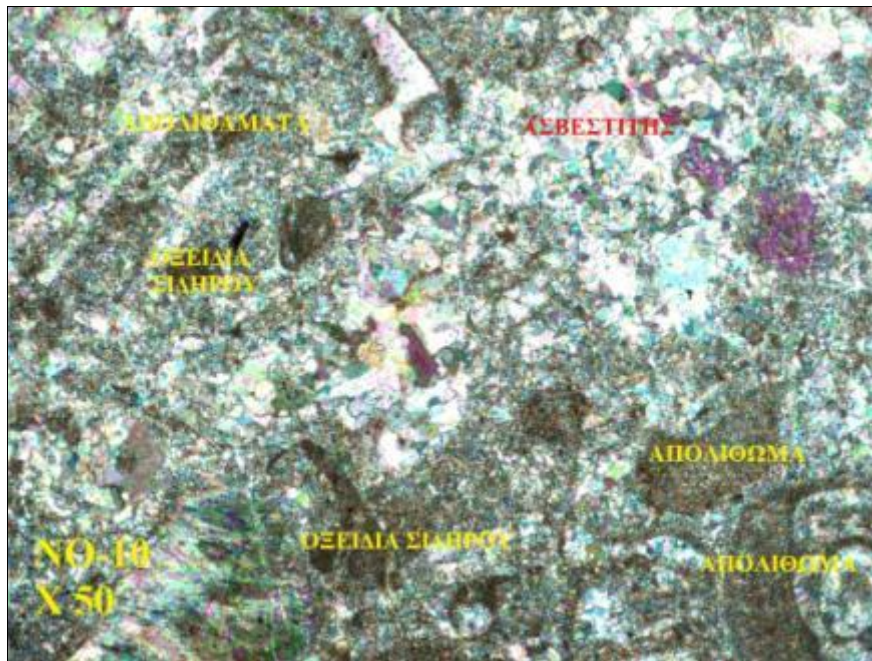
Δείγμα 9





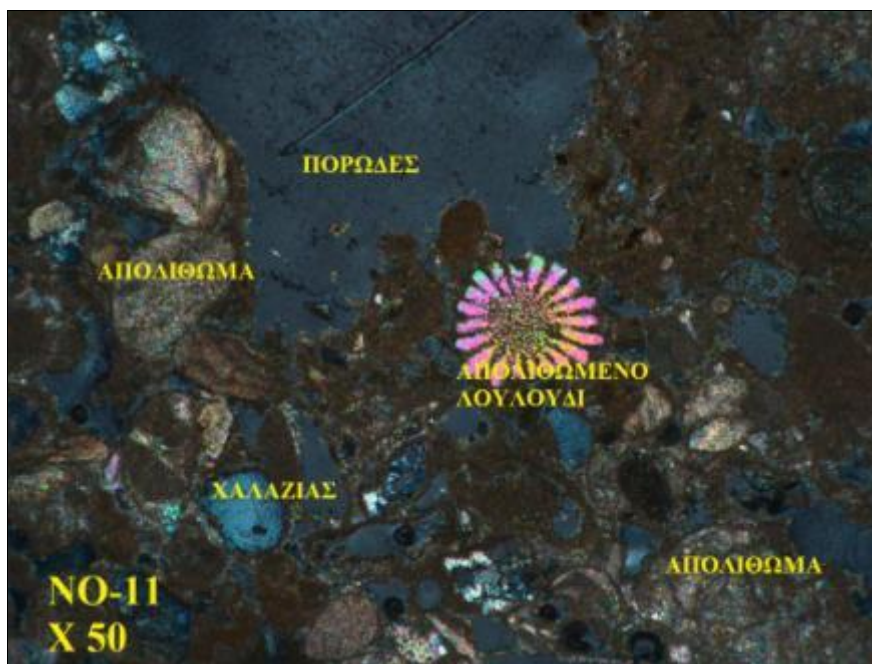
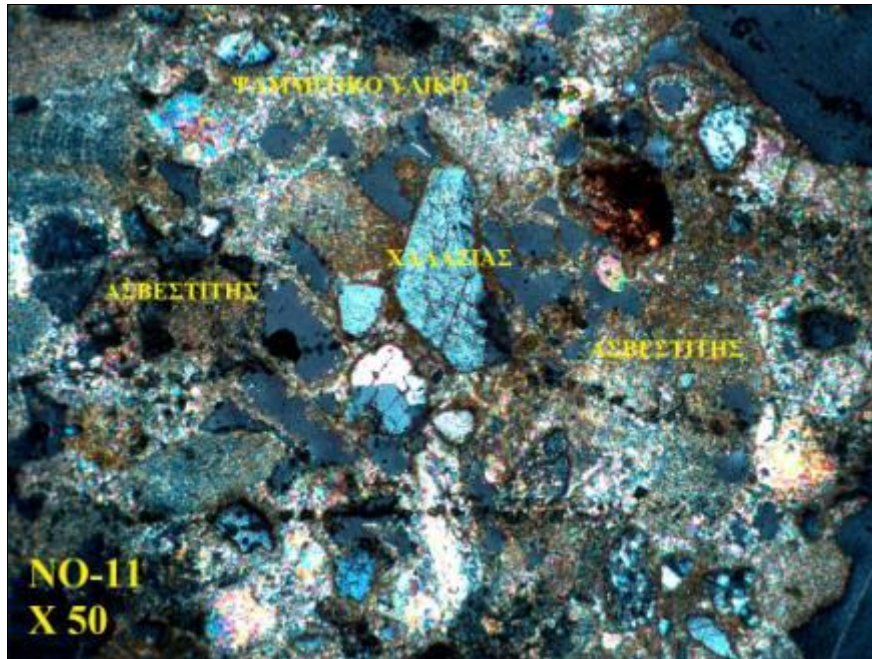
Εικόνα 7.64: Λεπτές τομές του Δείγματος Νο.9 (λατομείο Πελεκητά) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 και x100 όπου διακρίνονται αργιλικά ορυκτά, μικροκρυσταλλικό χαλαζιακό υλικό, το πορώδες, καθώς και ψαμμιτικό υλικό.

Δείγμα 10



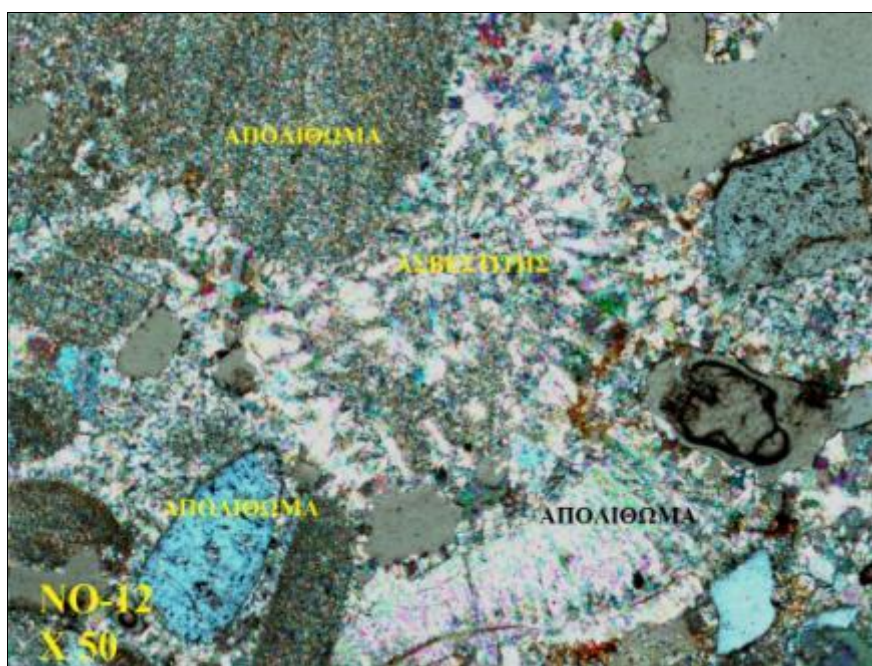
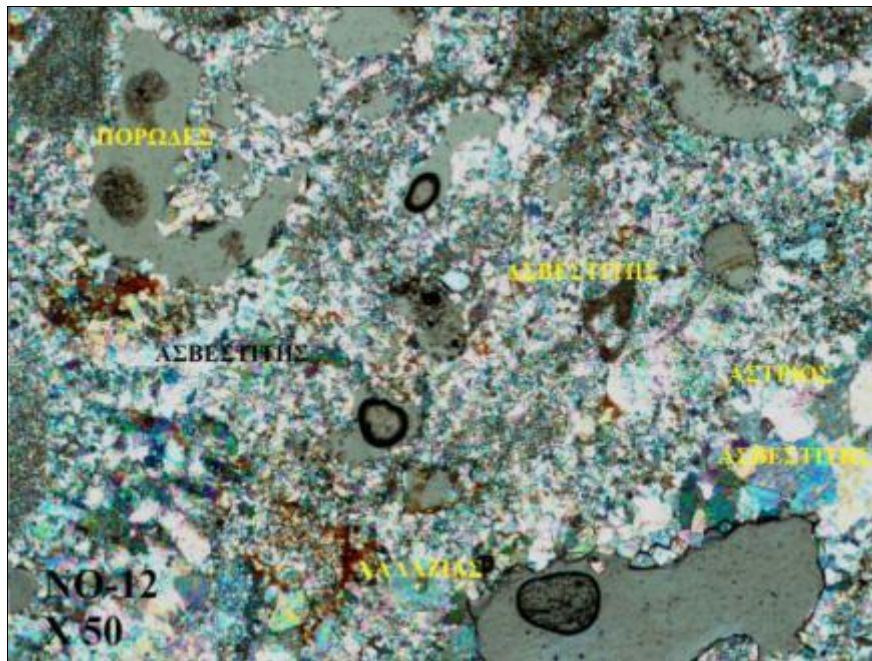
Εικόνα 7.65: Λεπτές τομές του Δείγματος No.10 (λατομείο Μαύρο Αυλάκι) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το λεπτοκρυσταλλικό ασβεστιτικό συνδετικό υλικό (το οποίο διασχίζεται και από δίκτυο φλεβιδίων μικροκρυσταλλικού και μικροσπαριτικού ασβεστίτη), χαλαζίας (υπό τη μορφή γωνιωδών κρυστάλλων), άφθονα απολιθώματα θαλάσσιων μικροοργανισμών και ελάχιστα οξείδια σιδήρου.

Δείγμα 11



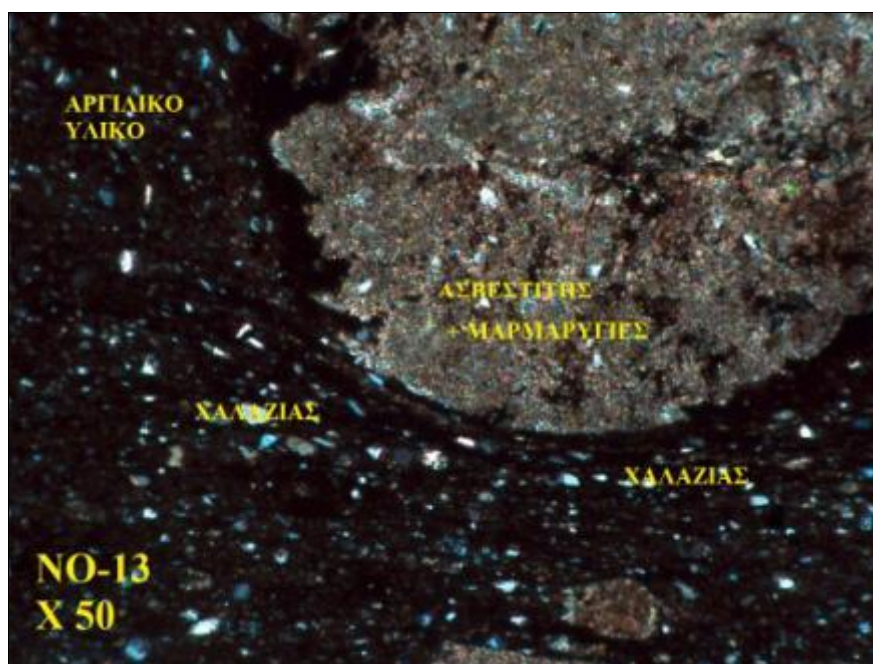
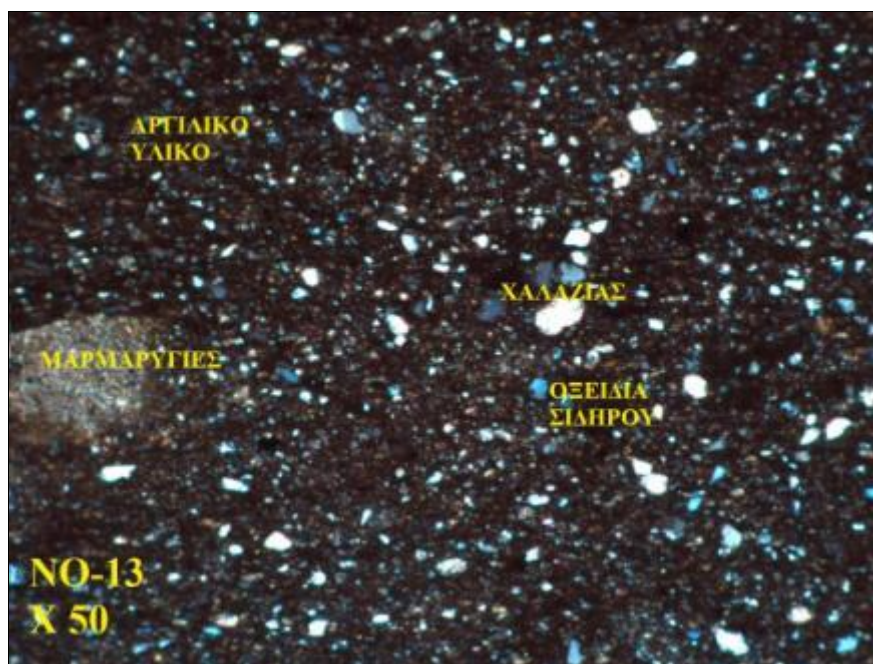
Εικόνα 7.66: Λεπτές τομές του Δείγματος No.11 (λατομείο Ξερόκαμπος) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται κρύσταλλοι ασβεστίτη, χαλαζίας (υπό τη μορφή γωνιωδών κρυστάλλων), άφθονα και ποικίλα απολιθώματα, το πορώδες, καθώς και ελάχιστα οξειδία σιδήρου. Το συνδετικό υλικό είναι λεπτοκρυσταλλικό και κυρίως ασβεστιτικής σύστασης.

Δείγμα 12



Εικόνα 7.67: Λεπτές τομές του Δείγματος Νο.12 (λατομείο Κατσουνάκι) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται το ασβεστίτικο συνδετικό υλικό, ο ασβεστίτης (σε μορφή μικρολεπτοκρυσταλλική), ο χαλαζίας (υπό τη μορφή γωνιωδών και αποστρογγυλεμένων κρυστάλλων), το πορώδες, ποικίλα απολιθώματα και αργιλικά ορυκτά. Το δείγμα διασχιζεται από άφθονα αλληλοτεμνόμενα μικροφλεβίδια μικροκρυσταλλικού ασβεστίτη.

Δείγμα 13

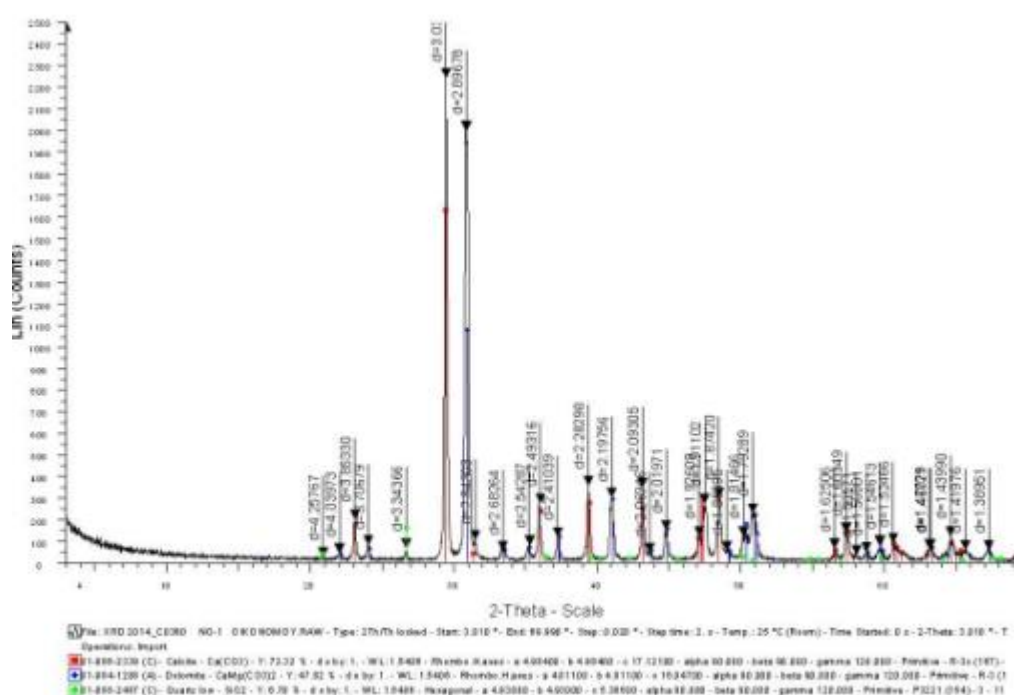


Εικόνα 7.68: Λεπτές τομές του Δείγματος No.13 (λατομείο Φαράγγι των Νεκρών) από πολωτικό μικροσκόπιο. Απεικόνιση σε μεγέθυνση x50 όπου διακρίνονται κρύσταλλοι ασβεστίτη, ο χαλαζίας (κυρίως μικροκρυσταλλικός, αλλά και υπό τη μορφή γωνιωδών κρυστάλλων), αργιλικά ορυκτά και διάσπαρτα οξείδια σιδήρου.

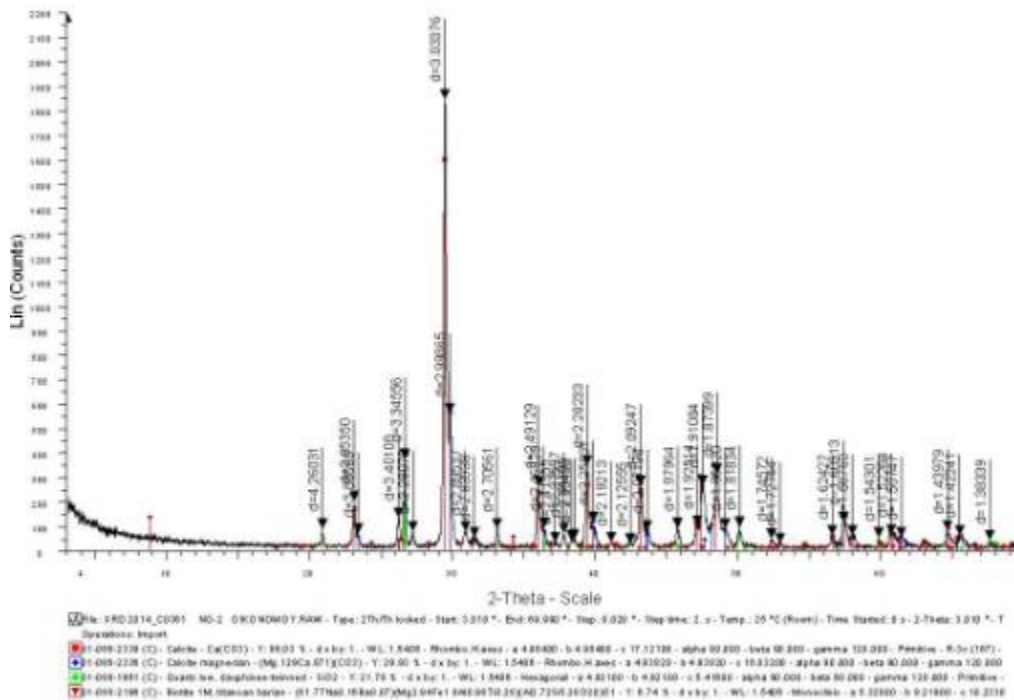
ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ – XRD

Η περιθλασιμετρία ακτίνων Χ εφαρμόστηκε σε όλα τα δείγματα που προέκυψαν από τα λατομεία, με σκοπό την εξακρίβωση των ορυκτών των δειγμάτων, καθώς και των φάσεων που περιέχονται σε επιφανειακά σημεία των πετρωμάτων.

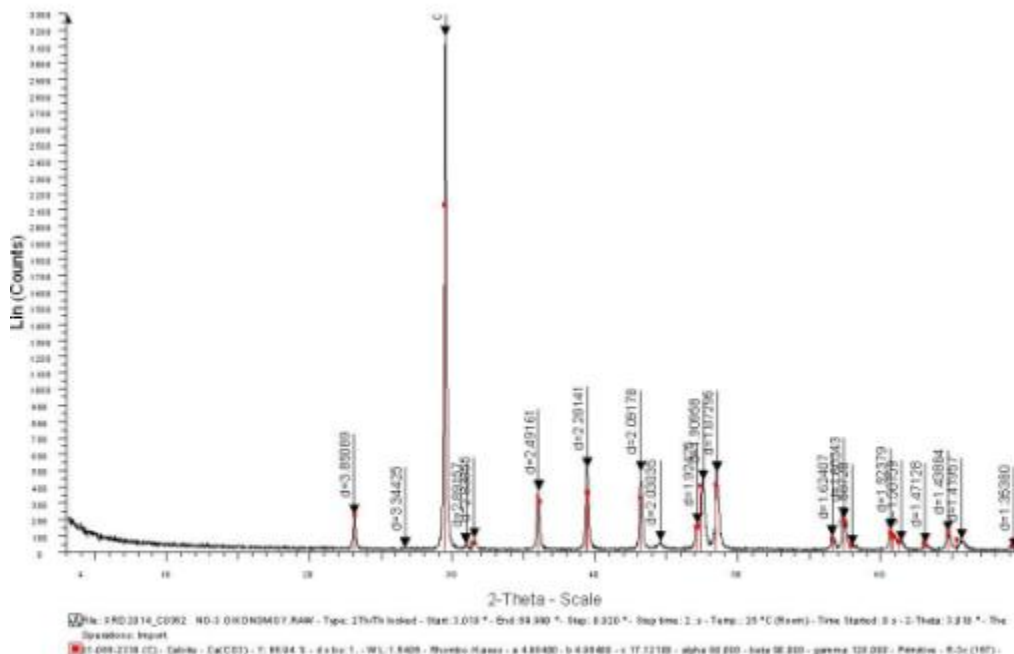
Ακολουθούν τα περιθλασιογραφήματα που προέκυψαν από τα δείγματα που αναλύθηκαν.



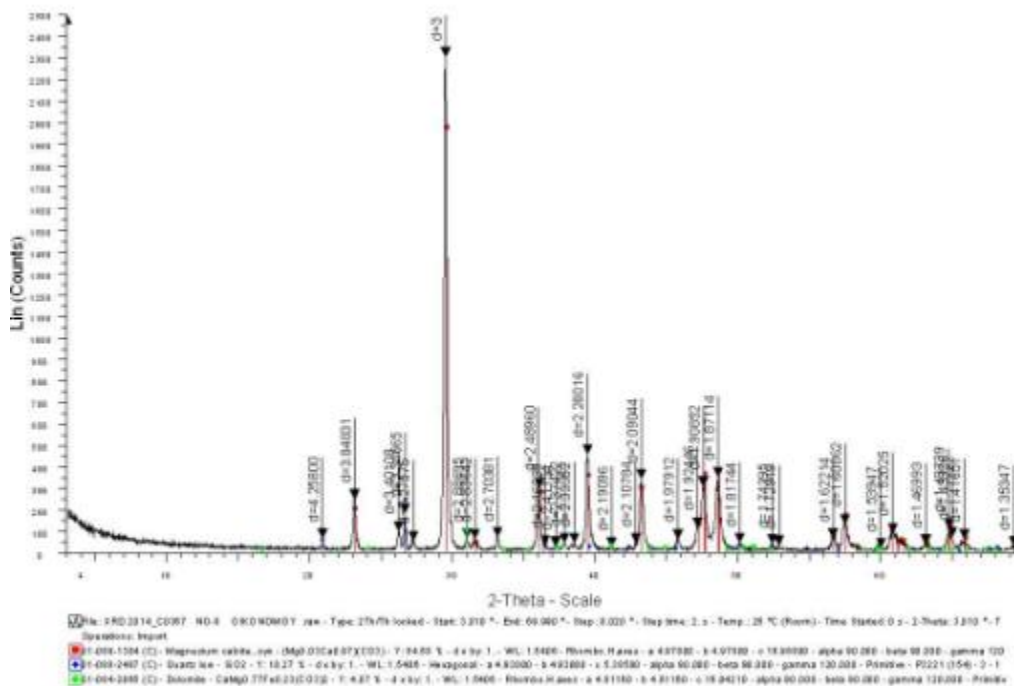
Εικόνα 7.69: Περιθλασιόγραμμα του Δείγματος Νο.1 (λατομείο Μαλαμούρες), με βασικές κορυφές του Ασβεστίτη (CaCO₃), του Δολομίτη (CaMg(CO₃)₂) και του Χαλαζία (SiO₂).



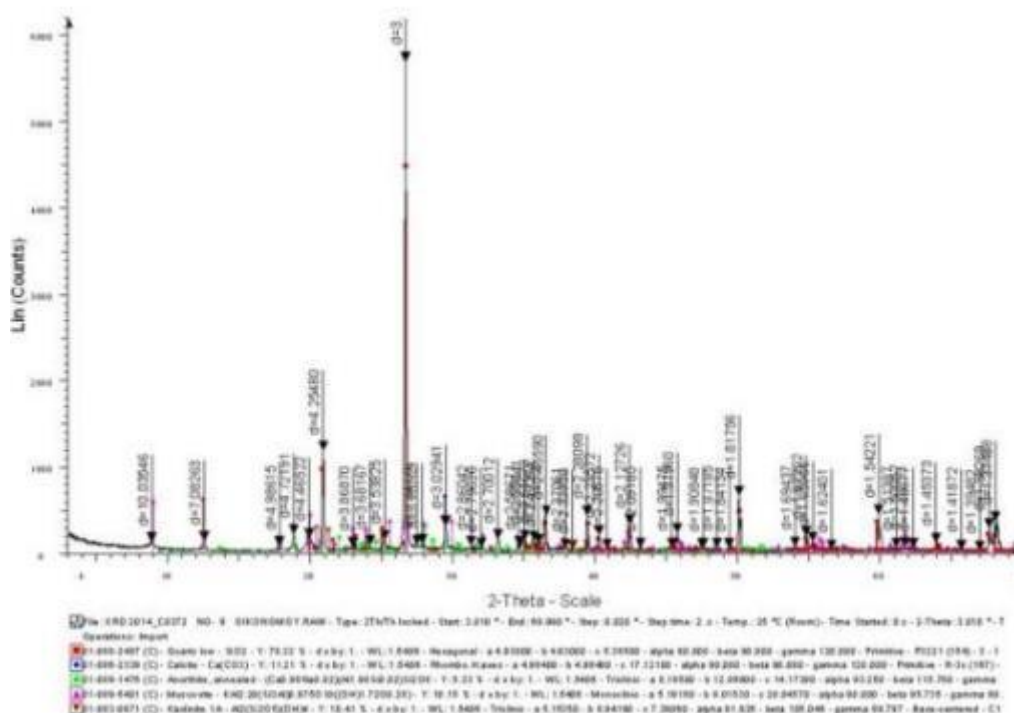
Εικόνα 7.70: Περιθλασιόγραμμα του Δείγματος Νο.2 (λατομείο Ξερόκαμπου), με βασικές κορυφές του Ασβεστίτη (CaCO_3), του Ανθρακικού Μαγνησίου ($(\text{Ca,Mg})\text{CO}_3$), του Χαλαζία (SiO_2) και του Βιοτίτη ($(\text{K,Mg,Fe})_3(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$).



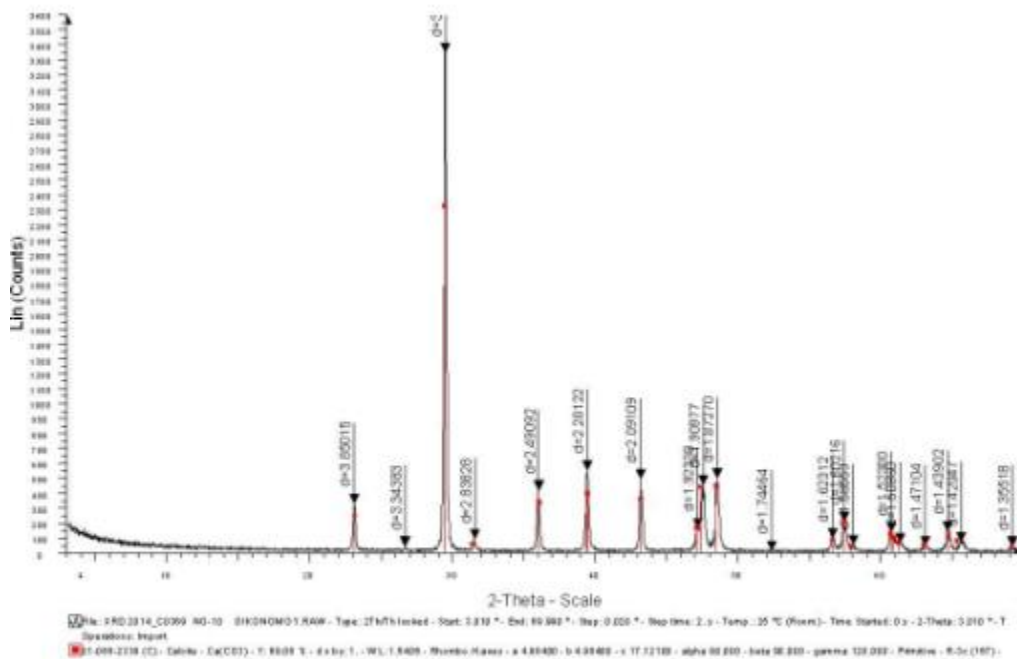
Εικόνα 7.71: Περιθλασιόγραμμα του Δείγματος Νο.3 (λατομείο Πελέκι), με βασική κορυφή του Ασβεστίτη (CaCO_3).



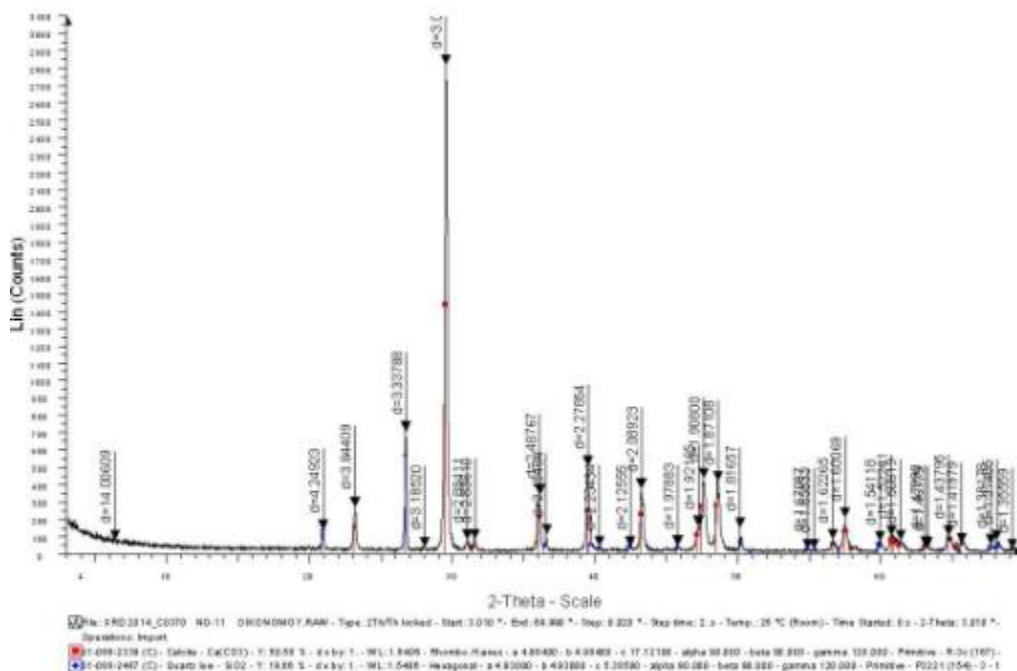
Εικόνα 7.76: Περιθλασιόγραμμα του Δείγματος Νο.8 (λατομείο Πελεκητά), με βασικές κορυφές του Ανθρακικού Μαγνησίου ((Ca,Mg)CO₃), του Χαλαζία (SiO₂) και του Δολομίτη (CaMg(CO₃)₂).



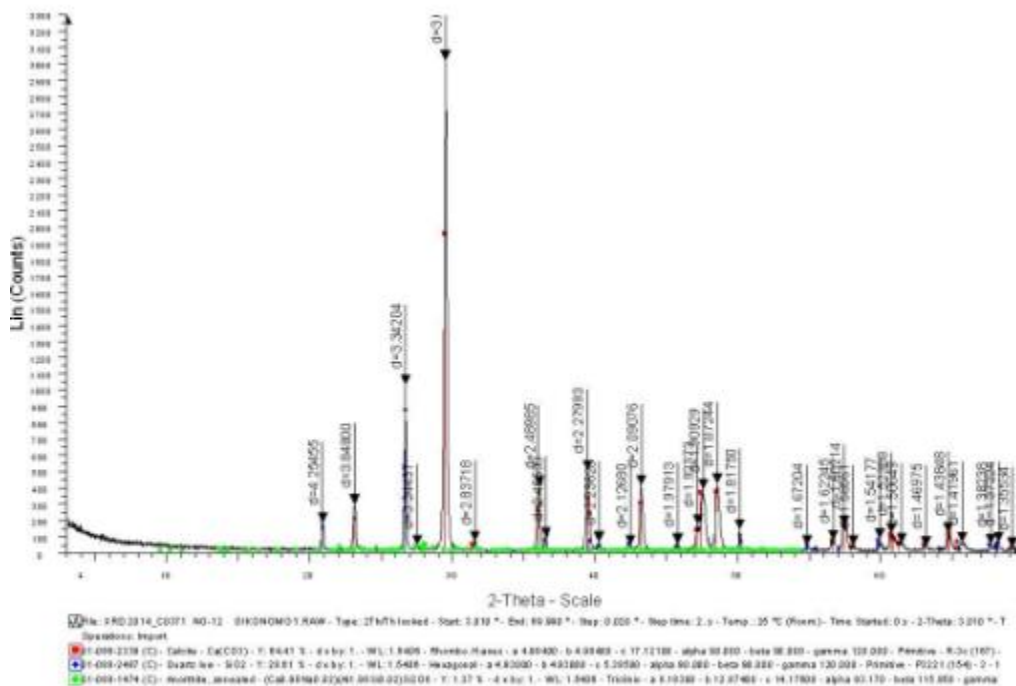
Εικόνα 7.77: Περιθλασιόγραμμα του Δείγματος Νο.9 (λατομείο Πελεκητά), με βασικές κορυφές του Χαλαζία (SiO₂), Ασβεστίτη (CaCO₃), Ανθρακικού Μαγνησίου (Ca,Mg)CO₃, Μοντμοριλλονίτη ((Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)₂Si₄O₁₀(OH)₂ · nH₂O) και του Ιλλίτη ((K,H₃O)(Al,Mg,Fe)₂(Si,Al)₄O₁₀[(OH)₂,H₂O]).



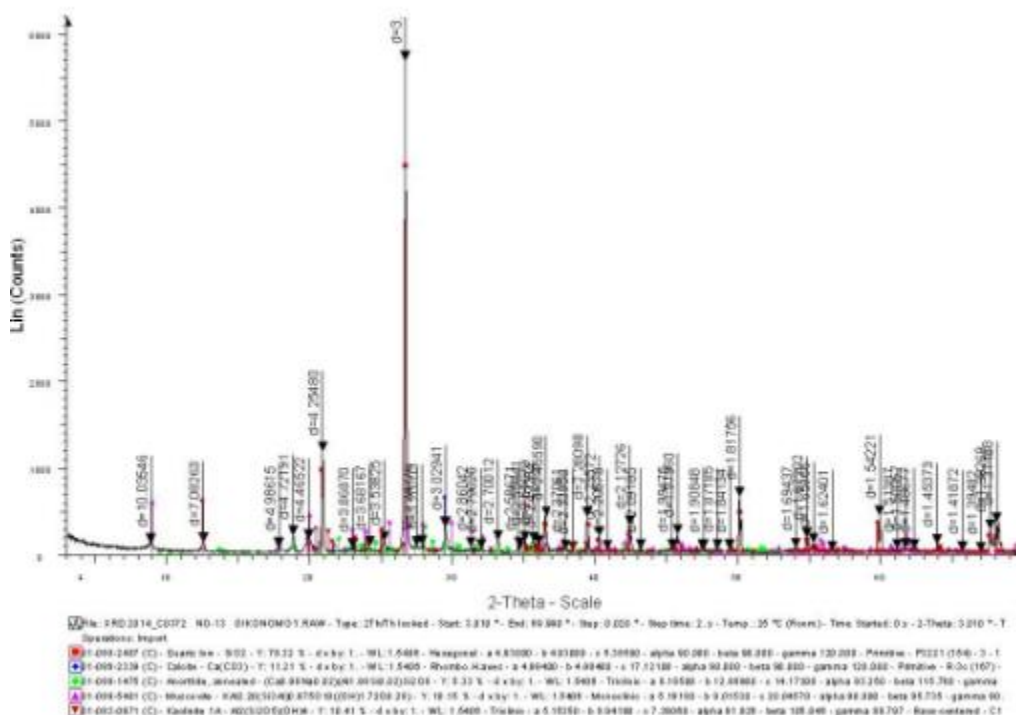
Εικόνα 7.78: Περιθλασιόγραμμα του Δείγματος Νο.10 (λατομείο Μαύρο Αυλάκι), με βασική κορυφή του Ασβεστίτη (CaCO_3).



Εικόνα 7.79: Περιθλασιόγραμμα του Δείγματος Νο.11 (λατομείο Ξερόκαμπος), με βασικές κορυφές του Ασβεστίτη (CaCO_3) και του Χαλαζία (SiO_2).



Εικόνα 7.80: Περιθλασιόγραμμα του Δείγματος Νο.12 (λατομείο Κατσουνάκι), με βασικές κορυφές του Ασβεστίτη (CaCO_3), του Χαλαζία (SiO_2) και του Ανορθίτη ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$).



Εικόνα 7.81: Περιθλασιόγραμμα του Δείγματος Νο.13 (λατομείο Φαράγγι των Νεκρών), με βασικές κορυφές του Χαλαζία (SiO_2), του Ασβεστίτη (CaCO_3), του Ανορθίτη ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), του Μοσχοβίτη ($\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) και του Καολινίτη ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$).

VII.2.4. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ – ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Από το σύνολο των μεθόδων ελέγχου, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα, για κάθε ένα δείγμα χωριστά.

Δείγμα 1

- Δολομιτικός ασβεστόλιθος.
- Ιστός: μικροκρυσταλλικός.
- Δείγμα συμπαγές, σκούρου γκρι χρώματος που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεσίτης (CaCO_3) 55%, δολομίτης ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) 40%, χαλαζίας (SiO_2) 2%, οξειδία σιδήρου (FeO) και αργιλικά 3%.
- Διακρίνονται, μέσα σε ένα μικροκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό, διάσπαρτοι υπιδιόμορφοι κρύσταλλοι ασβεσίτη, άφθονοι κρύσταλλοι δολομίτη (σε ρομβοειδείς μορφές), καθώς και μικροί γωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία.
- Συνυπάρχουν, κατά θέσεις, σε ποσοστό < 3%, οξειδία- υδροξειδία σιδήρου και αργιλικά ορυκτά (σύστασης ιλλίτη ($(\text{K},\text{H}_3\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2,\text{H}_2\text{O}]$), καολινίτη ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)).
- Το δείγμα διασχίζεται από αλληλοτεμνόμενα μικροφλεβίδια μικροσπαριτικού ασβεσίτη.
- Το πορώδες είναι σχετικά μικρό < 5%.

Δείγμα 2

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα συμπαγές, κρεμ χρώματος, που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεσίτης (CaCO_3) 92%, δολομίτης ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) 4%, χαλαζίας (SiO_2) 2%, οξειδία σιδήρου (FeO) <2%.
- Διακρίνονται άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.) μέσα σε ένα λεπτοκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό, καθώς και μικροί γωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία.

- Συνυπάρχουν, κατά θέσεις, σε ποσοστό < 2%, οξείδια- υδροξείδια σιδήρου και φυλλάρια μαρμαρυγία (σύστασης μοσχοβίτη ($KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$) – βιοτίτη ($K(Mg,Fe)_3(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$)).
- Το πορώδες είναι σχετικά μικρό < 6%.

Δείγμα 3

- Ασβεστόλιθος.
- Ιστός: μικρο-λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα σχετικά συμπαγές, γκριζου χρώματος, κατά θέσεις ελαφρά λατυποποιημένο, που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεστίτης ($CaCO_3$) 97%, οξείδια σιδήρου (FeO) και αργιλικά <3%.
- Ο ασβεστίτης εμφανίζεται σε μικροκρυσταλλική μορφή.
- Συνυπάρχουν, κατά θέσεις σε ποσοστό < 3%, οξείδια- υδροξείδια σιδήρου και αργιλικά ορυκτά (σύστασης ιλλίτη ($(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,H_2O]$), καολινίτη ($Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$)).
- Το δείγμα διασχίζεται από άφθονα αλληλοτεμνόμενα μικροφλεβίδια μικροσπαρτικού ασβεστίτη.
- Το πορώδες είναι σχετικά μικρό < 5%.

Δείγμα 4

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος
- Δείγμα που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεστίτης ($CaCO_3$) 93%, δολομίτης ($CaMg(CO_3)_2$) 3%, χαλαζίας (SiO_2) 2%, άστριοι ($CaAl_2Si_2O_8$) <2%.
- Διακρίνονται άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.) μέσα σε ένα λεπτοκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό, καθώς και μικροί γωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία και δολομίτη.
- Το πορώδες είναι σχετικά μεγάλο < 20%.

Δείγμα 5

- Ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα συμπαγές, γκρίζου χρώματος, ελαφρώς λατυποποιημένος, που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεστίτης (CaCO_3) 96%, οξειδία σιδήρου (FeO) και αργιλικά ορυκτά <4%.
- Διακρίνονται άφθονα τεμάχια καλά κρυσταλλωμένου ασβεστόλιθου (μαρμάρου) και μικροκρυσταλλικού ασβεστόλιθου, ενώ υπάρχουν και απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.) μέσα σε ένα λεπτοκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό.
- Συνυπάρχουν, κατά θέσεις και σε ποσοστό < 4%, οξειδία-υδροξειδία σιδήρου και αργιλικά ορυκτά (σύστασης ιλλίτη ($(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, \text{H}_2\text{O}]$), καολινίτη ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)).
- Το πορώδες είναι σχετικά μικρό < 6%.

Δείγμα 6

- Ψαμμίτης.
- Πρόκειται για κλαστικό πέτρωμα, κρεμ χρώματος, ελαφρώς εύθρυπτο, με άφθονους πόρους (μακροσκοπικά) ποικίλων μεγεθών και σχημάτων, που καταλαμβάνουν το 25–30% του δείγματος.
- Εμφανίζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεστίτης (CaCO_3) ~50%, χαλαζίας (SiO_2) ~35%, άστριοι ~8%, οξειδία σιδήρου (FeO) και αργιλικά ορυκτά <4%.
- Ο ασβεστίτης παρουσιάζεται με τη μορφή υπιδιόμορφων κρυστάλλων, που συνδέονται με μικροκρυσταλλικό ασβεστίτη.
- Ο χαλαζίας είναι με τη μορφή μικρών γωνιωδών (κλαστικών) κρυστάλλων.
- Οι άστριοι (νατριούχου σύστασης) είναι σε μικρούς υπιδιόμορφους κρυστάλλους.
- Διακρίνονται άφθονα τεμάχια απολιθωμάτων (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.).

- Συνυπάρχουν, σε ποσοστό < 4%, οξειδία- υδροξείδια σιδήρου και αργιλικά ορυκτά (σύστασης ιλλίτη $((K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,H_2O])$, καολινίτη $(Al_4Si_4O_{10}(OH)_8)$).
- Το πορώδες είναι υψηλό ~20%.

Δείγμα 7

- Κλαστικός ιζηματογενής σχηματισμός.
- Στο δείγμα παρατηρούνται διακριτές, σχετικά παράλληλες, ζώνες, αποτελούμενες από ψαμμίτη, άργιλο και κλαστικό ασβεστόλιθο.
- Ψαμμιτική ζώνη:
 - Ενδιάμεση ζώνη: βαθμιαία η ψαμμιτική ζώνη εμπλουτίζεται με αργιλικά ορυκτά (σύστασης κυρίως ιλλίτη $((K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,H_2O])$ και λιγότερο μοντμοριλλονίτη $((Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O)$), καταλήγοντας σε ζώνη αμιγώς αργιλική.
 - Ασβεστιτική ζώνη: το συνδετικό υλικό μεταπίπτει απότομα σε ανθρακικό και η ζώνη μετατρέπεται σε κλαστικό ασβεστόλιθο τελικά, με άφθονους πόρους και λίγους κρυστάλλους χαλαζία.

Δείγμα 8

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα συμπαγές, υπόλευκου χρώματος, που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεσίτης $(CaCO_3)$ 96%, χαλαζίας (SiO_2) 4%.
- Άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.) ασβεστιτικής σύστασης, που αποτελούν περίπου το 80% του δείγματος μέσα ένα λεπτοκρυσταλλικό συνδετικό ασβεστιτικό υλικό.
- Χαλαζίας σε μικρούς γωνιώδεις κρυστάλλους, διάσπαρτους μέσα στο δείγμα.
- Το πορώδες είναι περίπου 15%.

Δείγμα 9

- Κλαστικός ιζηματογενής σχηματισμός.
- Στο δείγμα παρατηρούνται διακριτές, σχετικά παράλληλες, ζώνες αποτελούμενες από ψαμμίτη και αργιλικό υλικό.
- Ψαμμιτική ζώνη:
 - Πρόκειται για ασβεστιτικό ψαμμίτη.
 - Αργιλικές ζώνες: πρόκειται για δύο διαφορετικού χρωματισμού υλικά (ανοικτότερου και σκουρότερου καστανού χρώματος), αργιλικής κυρίως σύστασης. Πρόκειται, κυρίως, για ιλλίτη $((K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,H_2O])$ και λιγότερο μοντμοριλλονίτη $((Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O)$, ενώ συνυπάρχει και μικροκρυσταλλικό χαλαζιακό υλικό (σε ποσοστό περίπου 30% των αργιλικών ζωνών).
- Το δείγμα είναι εύθρυπτο και ευάλωτο σε μετεωρολογικές συνθήκες, δεδομένου ότι υπάρχουν δύο διαφορετικής σκληρότητας υλικά.

Δείγμα 10

- Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
- Ιστός: λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα συμπαγές, γκριζο-λεύκου χρώματος, που παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεσίτης ($CaCO_3$) 98%, χαλαζίας (SiO_2) και οξειδία σιδήρου (FeO) 2%.
- Άφθονα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φυκών, κ.ά.) ασβεστιτικής σύστασης, που αποτελούν περίπου το 85% του δείγματος, μέσα σε ένα λεπτοκρυσταλλικό συνδετικό ασβεστιτικό υλικό, που διασχίζεται και από δίκτυο φλεβιδίων μικροκρυσταλλικού και μικροσπαρτικού ασβεσίτη.
- Χαλαζίας σε μικρούς γωνιώδεις κρυστάλλους, διάσπαρτους μέσα στο δείγμα.
- Τα ελάχιστα οξειδία σιδήρου εμφανίζονται διάσπαρτα στο δείγμα.
- Το πορώδες είναι περίπου 20%.

Δείγμα 11

- Ψαμμίτης.
- Πρόκειται για κλαστικό πέτρωμα, υπο-καστανού χρώματος, ελαφρώς εύθρυπτο, με άφθονους πόρους (μακροσκοπικά), που καταλαμβάνουν περίπου το 20% του δείγματος.
- Εμφανίζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεστίτης (CaCO_3) ~65%, χαλαζίας (SiO_2) ~30%, οξειδία σιδήρου (FeO) και αργιλικά ορυκτά <5%.
- Ο ασβεστίτης είναι με τη μορφή υπιδιόμορφων κρυστάλλων, που συνδέονται με μικροκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό.
- Ο χαλαζίας είναι με τη μορφή μικρών γωνιωδών (κλαστικών) κρυστάλλων.
- Τα απολιθώματα (θαλάσσιων μικροοργανισμών, οστρακοειδών, φύκη, κ.ά.) αποτελούν περίπου το 15% του δείγματος.
- Συνυπάρχουν, σε ποσοστό < 5%, οξειδία- υδροξειδία σιδήρου και αργιλικά ορυκτά (σύστασης κυρίως ιλλίτη ($(\text{K,H}_3\text{O})(\text{Al,Mg,Fe})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2,\text{H}_2\text{O}]$) και καολινίτη ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)).
- Το πορώδες είναι υψηλό ~ 15%.

Δείγμα 12

- Ασβεστόλιθος.
- Ιστός: μικρο-λεπτοκρυσταλλικός.
- Δείγμα σχετικά συμπαγές, κοκκώδους υφής, γκριζόλευκου χρώματος, κατά θέσεις ελαφρά λατυποποιημένο, το οποίο παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: ασβεστίτης (CaCO_3) 72%, χαλαζίας (SiO_2) ~ 20%, άστριοι ~4%, οξειδία σιδήρου (FeO) και αργιλικά <3%.
- Ο ασβεστίτης εμφανίζεται σε μικρο και λεπτο-κρυσταλλική μορφή.
- Χαλαζίας σε μικρούς γωνιώδεις και ενίοτε αποστρογγελεμένους κρυστάλλους.

- Συνυπάρχουν διάσπαρτα οξειδία - υδροξείδια σιδήρου και αργιλικά ορυκτά (σύντασης κυρίως ιλλίτη $((K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,H_2O])$).
- Το δείγμα διασχίζεται από άφθονα αλληλοτεμνόμενα μικροφλεβίδια μικροκρυσταλλικού ασβεστίτη.
- Το πορώδες είναι σχετικά μικρό < 8%.

Δείγμα 13

- Κλαστικός ιζηματογενής σχηματισμός.
- Το δείγμα είναι καφε-κόκκινου χρώματος προερχόμενο από την αποσάθρωση χαλαζιτικών και σχιστολιθικών πετρωμάτων. Ενυπάρχουν άφθονες προσμίξεις αργιλικού - μαρμαρυγιακού υλικού και αρκετών οξειδίων σιδήρου (που προσδίδουν και ένα ερυθρωπό χρώμα στο δείγμα).
- Βρίσκεται σε παράκτιες συνήθως αποθέσεις, σε περιοχές της Ανατολικής Κρήτης.
- Παρουσιάζει την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση: χαλαζίας (SiO_2) ~72%, άστριοι ~ 4%, μαρμαρυγίες ~3%, ασβεστίτης ($CaCO_3$) ~10%, αργιλικά ~10%, οξειδία σιδήρου (FeO) < 4%.
- Ο χαλαζίας είναι κυρίως σε μικροκρυσταλλική μορφή, αλλά και σε μικρούς γωνιώδεις κρυστάλλους.
- Τα αργιλικά ορυκτά σύντασης μοντμοριλλονίτη $((Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O)$ και ιλλίτη $((K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,H_2O])$, αναμιγνύονται με λεπτά φυλλάρια σερικήτη (σύντασης μοσχοβίτη $(KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH)_2)$).
- Τα οξειδία σιδήρου (σύντασης μαγνητίτη) βρίσκονται κατά θέσεις, διάσπαρτα μέσα στο πέτρωμα.
- Το δείγμα είναι εύθρυπτο και ευάλωτο σε μετεωρολογικές συνθήκες, δεδομένου ότι υπάρχουν δύο διαφορετικής σκληρότητας υλικά.

VII.2.5. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα δείγματα που εξετάστηκαν ήταν στο σύνολο 13. Τα 9 εξ αυτών προέρχονται την ευρύτερη περιοχή του όρμου της Κάτω Ζάκρου και τα 4 από την περιοχή του γειτονικού Ξερόκαμπου. Τα λατομεία βρίσκονται σε παράκτιες θέσεις, είναι τα κοντινότερα στην ανακτορική εγκατάσταση, αλλά είναι και αυτά που, σύμφωνα με τις αρχαιολογικές πηγές, χρησιμοποιήθηκαν πιθανότατα στο ανάκτορο της Κάτω Ζάκρου.

Όπως έχει ήδη επισημανθεί, ο πωρόλιθος χρησιμοποιείται μόνο στην περίοδο του ανακτόρου, συνεπώς και τα αντίστοιχα λατομεία αξιοποιήθηκαν από εκείνη την περίοδο και ύστερα, ή μόνο τότε.

Για τα υπόλοιπα λατομεία, στα οποία το υλικό προς εξόρυξη είναι άλλο από τον ψαμμίτη, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία να υποστηρίξουν τη χρονολόγηση της χρήσης τους.

Η γεωμορφολογία της περιοχής χαρακτηρίζεται κυρίως από ασβεστόλιθους, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται μεταμορφωσιγενή πετρώματα αποτελούμενα κυρίως από φυλλίτες και χαλαζίτες σχιστολιθικής σύστασης. Στην εναλλαγή των ασβεστόλιθων με σχιστόλιθους οφείλεται και η δημιουργία σπηλαίων, χασμάτων και, γενικά, καρστικών βυθισμάτων. Χαρακτηριστικό της περιοχής πέτρωμα με πολύ εντυπωσιακό σκούρο ερυθρό έως μωβ χρώμα είναι οι ερυθροί μεταπηλίτες (φυλλίτες: Μωβ Μεταπηλίτες), που ανήκουν στην ενότητα των φυλλιτών - χαλαζιτών.

Από την ορυκτολογική μελέτη των δειγμάτων, προέκυψαν δύο λατομεία με ψαμμιτικό υλικό, τέσσερα με απολιθωματοφόρο ασβεστόλιθο, ένα με δολομιτικό ασβεστόλιθο, τρία με κλαστικό ιζηματογενή σχηματισμό και τρία με ασβεστόλιθο.

Πιο συγκεκριμένα, τα λατομεία στη θέση Ξερόκαμπος (δείγμα 11) και στη θέση Μολυβοκάμινο (δείγμα 6) με ψαμμιτικό υλικό μοιάζουν μεταξύ τους ορυκτολογικά.

Λατομεία με ψαμμιτικά ασβεστιτικά υλικά που μοιάζουν μεταξύ τους και έχουν παρόμοια ορυκτολογική σύσταση είναι εκείνα στη θέση Πελέκι (δείγμα 7) και στη θέση Πελεκητά (δείγμα 9), στα οποία

παρατηρούνται διακριτές σχετικά παράλληλες ζώνες αποτελούμενες από ψαμμίτη και αργιλικό υλικό. Ομοιότητες ως προς την ορυκτολογική σύσταση παρουσιάζονται και μεταξύ των δειγμάτων από τη θέση Μολυβοκάμινο (δείγμα 6) και τη θέση Πελεκητά (δείγμα 9).

Ομοιότητα ορυκτολογική μεταξύ τους παρουσιάζουν και τα δείγματα από τη θέση Πελέκι (δείγμα 3) και από τη θέση Κατσουνάκι (δείγμα 12), που είναι ασβεστολιθικά. Παρουσιάζουν μόνο μικρές διαφορές, λίγο στο χρώμα και στην υφή (κοκκώδες ή μη), και ελάχιστη διαφορά στο πορώδες.

Τέλος, ομοιότητα παρουσιάζουν και τα δείγματα 2 και 4 από απολιθωματοφόρο ασβεστόλιθο, τα οποία προέρχονται από την περιοχή του Ξερόκαμπου, από λατομεία που βρίσκονται σε πολύ κοντινή απόσταση μεταξύ τους.

Γενικά, όλα τα δείγματα προς εξέταση ήταν πλούσια σε ασβεσίτη.

Ως προς τη σκληρότητα των λίθων αυτών, από την κατά προσέγγιση εξέταση τους, οι περισσότεροι λίθοι κυμαίνονται στο 3 με 5½ (σκληρότητα Mohs). Πιο ευπαθή υλικά είναι τα ψαμμιτικά, ενώ λιγότερο ευπαθή τα ασβεστολιθικά. Τέλος, όσον αφορά στο πορώδες τους, ιδιαίτερα υψηλό πορώδες παρουσιάζουν τα δείγματα από ψαμμιτικό υλικό, με μέσο όρο περίπου στο 20%, υψηλό. Λίγο μικρότερο, στο 15%, παρουσιάζουν τα απολιθωματοφόρα ασβεστολιθικά υλικά και σχετικά χαμηλό, με μέσο όρο περίπου το 5%, τα ασβεστολιθικά δείγματα.

Σύμφωνα με την εξέταση των δειγμάτων που λήφθηκαν από τον αρχαιολογικό χώρο, όπως αναλύονται στο Κεφάλαιο VI, και βάση της εξέτασης των δειγμάτων των λατομείων της περιοχής, μπορούμε να συμπεράνουμε με ασφάλεια πως τα λατομεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι ξεκάθαρα από την περιοχή της Κάτω Ζάκρου και του Ξερόκαμπου. Ακολουθεί πίνακας με αντιστοίχιση των δειγμάτων λίθινου δομικού υλικού του αρχαιολογικού χώρου με τα λατομεία της περιοχής.

Πίνακας 7.2: Αντιστοίχιση δειγμάτων λίθινου υλικού δομής αρχαιολογικού χώρου με τα λατομεία της περιοχής.

Δείγμα χώρου	Λατομείο	Παρατηρήσεις
ΠΖΑ-1 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος	Πελεκητά	
ΠΖΑ-2 Απολιθωματοφόρος Δολομίτης	Άργιλος	
ΠΖΑ-3 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος	Ξερόκαμπος	
ΠΖΑ-4 Ψαμμίτης	Μολυβοκάμινο	
ΠΖΑ-5 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος	Πελεκητά	
ΠΖΑ-6 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος	Άργιλος / Ξερόκαμπος	
ΠΖΑ-7 Κροκαλο - λατυποπαγές		Δεν ταυτίζονται με λατομεία, όμως είναι από την στενή περιοχή γύρω από τη Ζάκρο ⁴⁰ .
ΑΠΖ-8 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος	Φαγκρόμουρο	
ΑΠΖ-9 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.	Μαύρο Αυλάκι	
ΑΠΖ-10 Ασβεστόλιθος	Κατσουνάκι	

⁴⁰ Η περιοχή της Ανατολικής Κρήτης καλύπτεται κυρίως από ασβεστόλιθους, που διαμορφώνουν και το βασικό πυρήνα των ορεινών όγκων. Στα νότια παράλια όμως και στις κοιλάδες γύρω και νότια από την Σητεία, μέχρι και το Βάι στα ανατολικά, εκτείνονται λιμναία και ποτάμια ιζήματα και μάργες. Εκτεταμένη όμως και αινιγματική συνάμα, είναι η παρουσία ανάμεσα στους ασβεστόλιθους, χαλαζιτών και φυλλιτών μεγάλης ηλικίας (Βάση γνωμάτευσης του εργαστηρίου Ορυκτολογίας-Πετρογραφίας του Ε.Α.Γ.Μ.Ε., από τους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής).

ΑΠΖ-11 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος	Μαύρο Αυλάκι	
ΣΠΖ-12 Ψαμμίτης	Μολυβοκάμινο	
ΑΠΖ-13 Δολομίτης		Δολομίτες υπάρχουν εν αφθονία στην ευρύτερη περιοχή της Ζάκρου. Δεν ταυτίστηκαν με τα προσκομισθέντα δείγματα των αρχαίων λατομείων.
ΜΠΖ-14 Λατυποπαγές, Δολομιτικός ασβεστόλιθος		Ομοιότητες με τη θέση Μαλαμούρες.
ΜΠΖ-15 Χαλαζίτης & Ψαμμίτης	Φαράγγι των Νεκρών	
ΑΠΖ-16 Δολομίτης		Δολομίτες υπάρχουν εν αφθονία στην ευρύτερη περιοχή της Ζάκρου. Δεν ταυτίστηκαν με τα προσκομισθέντα δείγματα των αρχαίων λατομείων.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε πως οι απολιθωματοφόροι ασβεστόλιθοι, κοινώς οι πωρόλιθοι, προέρχονται πιθανότατα από τα Πελεκητά και από τις θέσεις Άργιλος και Ξερόκαμπος. Ο ασβεστόλιθος από το Κατσουνάκι στην περιοχή του Ξερόκαμπου, οι ψαμμίτες από τη θέση Μολυβοκάμινο (αν και παρουσιάζουν ορυκτολογικά κοινά με τη θέση του Ξερόκαμπου), οι πιο σκληροί γκρι απόχρωσης απολιθωματοφόροι ασβεστόλιθοι από το Μαύρο Αυλάκι και τη θέση πλησίον Φαγκρόμουρου. Η περιοχή στο Φαράγγι των Νεκρών αποτέλεσε θέση λήψης μικρών κυρίως λιθινων τεμαχίων. Τέλος, για τους πολύ σκληρούς γκρι απόχρωσης λίθους που ορυκτολογικώς συγκαταλέγονται στους δολομίτες δε μπόρεσε να ταυτιστεί με ακρίβεια η θέση λατόμευσης.

VIII. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΘΙΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΔΟΜΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά παρατίθεται μία επισταμένη μελέτη των φαινομένων και των μηχανισμών φθοράς του λίθινου υλικού δομής του αρχαιολογικού χώρου της Κάτω Ζάκρου, ώστε να γίνει η καλύτερη δυνατή εκτίμηση των προβλημάτων που εντοπίζονται και, στη συνέχεια, διατυπώνονται προτάσεις για τη σωστότερη και αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση τους.

Προτείνονται συγκεκριμένες επεμβάσεις συντήρησης, όπως και οι μέθοδοι και τα υλικά που ενδείκνυται να χρησιμοποιηθούν κατά περίπτωση, με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και την παθολογία του των υλικών.

VIII.1. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ ΛΙΘΙΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα λίθινα στοιχεία στον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου, λόγω φυσικών διεργασιών, όπως η διάβρωση και η αποσάθρωση, έχουν υποστεί ποικίλες φθορές στο πέρασμα του χρόνου.

Γενικά, η διάβρωση και η αποσάθρωση είναι γεωλογικές διεργασίες που έχουν ως αποτέλεσμα την ιστολογική και ορυκτολογική καταστροφή του πετρώματος. Με την πάροδο του χρόνου, όπως όλα τα πετρώματα, έτσι και οι δομικοί λίθοι των μνημείων, υπόκεινται σε τέτοιες καταπονήσεις, με αποτέλεσμα τη διαταραχή της συνοχής τους.

Εκτός όμως από τις διεργασίες διάβρωσης και αποσάθρωσης, που είναι φυσικές και δεν είναι εφικτό να ανακοπεί πλήρως η εξέλιξή τους, τα δομικά υλικά των μνημείων υποφέρουν και από ανθρωπογενείς παράγοντες.

VIII.1.1. ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

«Διάβρωση» ονομάζεται το σύνολο των φυσικών και χημικών παραγόντων που καταστρέφουν τα πετρώματα και μεταφέρουν τα κατάλοιπά τους. Η διάβρωση προηγείται της αποσάθρωσης και, στα δομικά υλικά, επηρεάζει μόνο την εξωτερική τους επιφάνεια και τις περιοχές όπου υπάρχουν ρωγμές και διακλάσεις στο πέτρωμα. Δηλαδή τη διεπιφάνεια του πετρώματος, με το διαβρωσιγενές υλικό.

Τέλος, υπάρχουν άλλα δύο είδη διάβρωσης, η εκβιασμένη και η αυθόρμητη. Η εκβιασμένη διάβρωση οφείλεται στον ανθρώπινο παράγοντα. Ενδεικτικά, σε αυτή περιλαμβάνονται οι απότομες αλλαγές στις συνθήκες του περιβάλλοντος, η λανθασμένη χρήση υλικών για τον καθαρισμό ενός μνημείου, αλλά και η μη ορθή πολιτική διαχείρισής του. Στην αυθόρμητη διάβρωση, το πέτρωμα, ως ένα χημικό σύστημα στη φύση, τείνει να έχει την ελάχιστη ελεύθερη ενέργεια Gibbs⁴¹ και τη μέγιστη εντροπία, δηλαδή να είναι θερμοδυναμικά σταθερότερο (Σκουλικίδης, 2000: 52).

VIII.1.2. ΑΠΟΣΑΘΡΩΤΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

«Αποσάθρωση» καλείται η καταστροφή ή η αλλοίωση των ορυκτών και των πετρωμάτων που γίνεται στην επιφάνεια της Γης, με τη βοήθεια εξωγενετικών παραγόντων (όπως η ηλιακή ακτινοβολία, το νερό, τα αέρια της ατμόσφαιρας, οι ζωντανοί οργανισμοί κ.ά.) (Σκουλικίδης, 2000: 48; Τσικούρας, 2010).

Η αποσάθρωση, ανάλογα με το αίτιο που την προκαλεί, διακρίνεται σε:

- Μηχανική ή φυσική αποσάθρωση.

⁴¹ Στη θερμοδυναμική, η ελεύθερη ενέργεια Γκιμπς (Gibbs) είναι ένα θερμοδυναμικό δυναμικό που μετρά τη «χρησιμότητα» ή την αρχικοποίηση της διεργασίας του έργου που λαμβάνεται από ένα θερμοδυναμικό σύστημα σε μια σταθερή θερμοκρασία και πίεση (ισόθερμη και ισοβαρής διεργασία). Είναι μέτρο της σχετικής σταθερότητας του συστήματος και της ικανότητάς του να παράγει έργο.

- Χημική αποσάθρωση.
- Βιολογική αποσάθρωση.

Κατά τη **μηχανική ή φυσική αποσάθρωση**, τα πετρώματα υπόκεινται σε μηχανική καταστροφή, δηλαδή καταστρέφεται μόνο η συνοχή των ορυκτολογικών τους συστατικών, με το πέτρωμα να τεμαχίζεται σε μικρότερα κομμάτια, αυξάνοντας έτσι το εμβαδόν της επιφάνειας που θα προσβληθεί αργότερα από τη χημική αποσάθρωση. Οι αποσαθρωτικές διαδικασίες προσβάλλουν τις ακμές του ανάγλυφου των λίθων, με αποτέλεσμα τα γωνιώδη κομμάτια να γίνονται γρήγορα αποστρωγγυλεμένα. Παρόλα αυτά, η ορυκτολογική τους δομή ή η χημική τους σύσταση μένει ανεπηρέαστη.

Διαδικασίες φυσικής αποσάθρωσης είναι οι εξής:

- Αποσάθρωση με μορφή παγετικής σφήνας.
- Θερμική ηλίαιση.
- Υγρή ηλίαιση.
- Σχηματισμός αλάτων.
- Εκφόρτωση.

Η αποσάθρωση με τη μορφή παγετικής σφήνας συμβαίνει στην περίπτωση που το νερό εισχωρεί στις ρωγμές και στις διαρρήξεις των πετρωμάτων, παγώνει με τη μείωση της θερμοκρασίας και διαστέλλεται, με αποτέλεσμα οι ρωγμές να μεγαλώνουν σιγά σιγά και το πέτρωμα τελικά να σπάει.

Ένα χαρακτηριστικό των πετρωμάτων είναι η ανομοιομορφία. Κάθε πέτρωμα αποτελείται από έναν αριθμό διαφορετικών ορυκτών. Διαφορετικά ορυκτά έχουν διαφορετικούς συντελεστές θερμικής διαστολής και συστολής. Συνήθως, τα μελανοκρατικά (φεμικά) ορυκτά έχουν συντελεστές θερμικής διαστολής και συστολής μεγαλύτερους από τους αντίστοιχους στα λευκοκρατικά ορυκτά. Είναι γνωστό, επίσης, ότι τα πετρώματα είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας. Όλα τα παραπάνω, με συνδυασμό τις απότομες θερμοκρασιακές διαφορές σε τακτά χρονικά

διαστήματα, επηρεάζουν την επιφάνεια του πετρώματος, με αποτέλεσμα να προκαλείται απολέπιση.

Το νερό που κινείται μέσα στους πόρους και στις ρωγμές του πετρώματος περιέχει και διαλυμένες ουσίες. Οι ουσίες αυτές μπορεί να απομακρυνθούν από το διάλυμα και να σχηματιστούν άλατα. Στη συνέχεια, συμβαίνει θερμική διαστολή των αλατούχων κρυστάλλων που αναπτύχθηκαν και διόγκωση των άνυδρων αλάτων με την απορρόφηση νερού, στους πόρους και στις ρωγμές του πετρώματος. Τέλος, μέσα στους τριχοειδείς σωλήνες σχηματίζονται αλατούχοι κρύσταλλοι, λόγω της πίεσης που αναπτύχθηκε.

Η **χημική αποσάθρωση** περιλαμβάνει τις διαδικασίες για την παραγωγή νέων ορυκτών με μικρότερη πυκνότητα, σε βάρος προϋπαρχόντων ορυκτών, την αλλαγή στην ορυκτολογική σύσταση του πετρώματος και την αύξηση του πορώδους.

Οι διαδικασίες αυτές είναι οι εξής:

- **Ενυδάτωση.** Επιτυγχάνεται με τη βροχή και τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας.
- **Υδρόλυση.** Είναι η αντίδραση που οδηγεί στην αποσύνθεση μίας ένωσης, με τη συμμετοχή νερού. Θετικά ιόντα του πλέγματος ορισμένων ορυκτών αντικαθίστανται από ελεύθερα ιόντα υδρογόνου του νερού (ιοντοανταλλαγή), με αποτέλεσμα την αποσύνθεσή τους. Τα πιο επιρρεπή ορυκτά για αυτή τη διαδικασία είναι οι άστριοι, οι οποίοι μετατρέπονται σε καολινίτη.
- **Οξειδωση.** Είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα ιόν χάνει ένα ηλεκτρόνιο.
- **Διάλυση.** Είναι η διαδικασία κατά την οποία χημικές ουσίες των πετρωμάτων διαλύονται σε νερό. Η παρουσία, έστω και μικρής ποσότητας, οξέος μέσα στο νερό αυξάνει κατά πολύ τη διαλυτική του ικανότητα⁴².

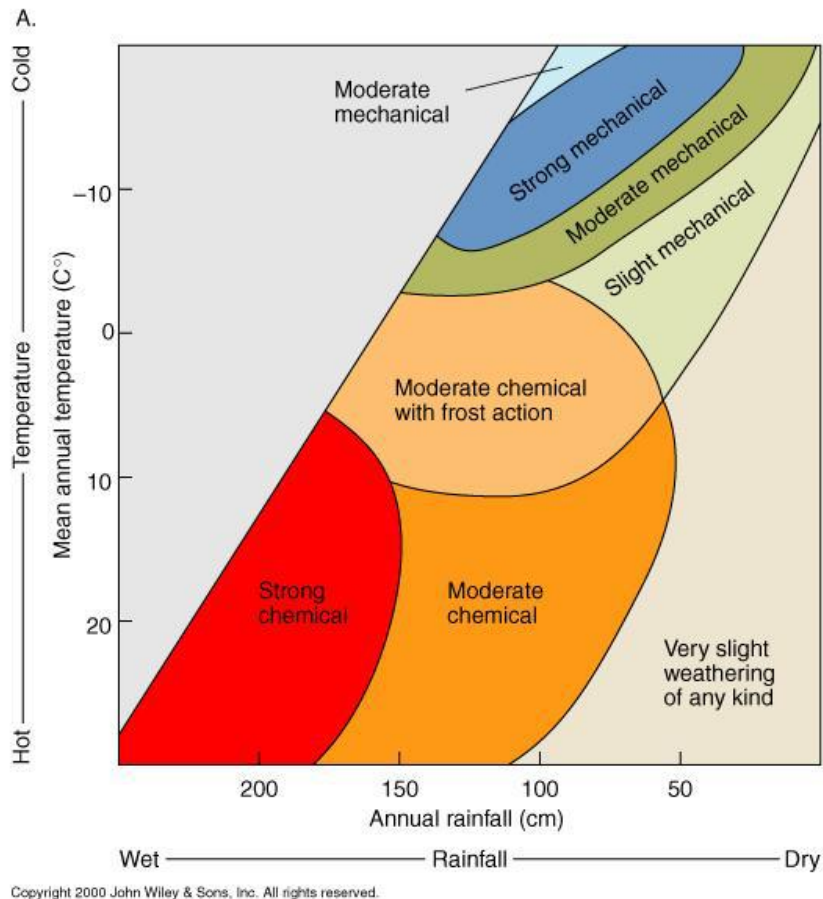
⁴² Παράδειγμα: το ανθρακικό οξύ παράγεται με τη διάλυση του ατμοσφαιρικού CO₂ στη βροχή.

Στην περίπτωση της χημικής αποσάθρωσης, συνήθως περιλαμβάνονται περισσότεροι από ένα τύποι αποσάθρωσης. Η διάλυση παίζει ρόλο σχεδόν σε όλες τις διαδικασίες αποσάθρωσης και συνήθως συνοδεύεται από απόπλυση και υδρόλυση. Η χημική αποσάθρωση στον ασβεστόλιθο, που είναι το πιο κοινό ιζηματογενές πέτρωμα, περιλαμβάνει τη διάλυση και την υδρόλυση. Ο ασβεστίτης διαλύεται σχεδόν ολοκληρωτικά, αφήνοντας μόνο τις αδιάλυτες προσμίξεις (κυρίως άργιλο και χαλαζία), που βρίσκονται πάντα σε μικρές ποσότητες μέσα στο πέτρωμα.

Μία άλλη μορφή αποσάθρωσης είναι η **σφαιροειδής**. Η σφαιροειδής αποσάθρωση είναι η αποσυμπέτρωση του πετρώματος στις κορυφές και τις ακμές των μπλοκ που παράγονται από ρωγμές του πετρώματος, λόγω διαφορετικών τάσεων, με τη δράση της χημικής αποσάθρωσης.

Η **διαφορική** αποσάθρωση είναι μία ακόμα αιτία καταστροφής του πετρώματος. Επιφάνειες που εμφανίζουν διαφορετικούς από έναν πετρολογικούς κύκλους παρατηρείται ότι αποσθρώνονται με διαφορετικούς ρυθμούς.

Παρακάτω δίνεται ένα διάγραμμα θερμοκρασίας (°C) - βροχόπτωσης (cm), που δείχνει σε ποια κλίματα επικρατεί η χημική και σε ποια η μηχανική αποσάθρωση.



Εικόνα 8.1: Διάγραμμα συνθηκών αποσάθρωσης.

Γενικά, η χημική αποσάθρωση επικρατεί κυρίως σε ζεστά και υγρά κλίματα, ενώ αντίθετα η μηχανική σε ψυχρά και ξηρά. Συνεπώς, στην περίπτωση της Κάτω Ζάκρου, που έχουμε ζεστό και ξηρό κλίμα, μιλάμε για ήπιες μορφές χημικής και μηχανικής αποσάθρωσης.

Τέλος υπάρχει ένα ακόμα είδος αποσάθρωσης, η **βιολογική**, που περιλαμβάνει διεργασίες, όπως:

- Απλή θραύση.
- Κίνηση και ανάδευση.
- Σχηματισμό ανθρακικού οξέος, από το CO₂ που παράγεται από τις ρίζες με τη διαδικασία της αναπνοής.
- Δράση οργανισμών, που επηρεάζουν την υγρασία του εδάφους.

Οι ζωικοί και, κυρίως, οι φυτικοί οργανισμοί προκαλούν αποσάθρωση στα πετρώματα. Η αποσάθρωση μπορεί να είναι μηχανική, με την ανάπτυξη των ριζών των φυτών, αλλά και χημική, με τα

υπολείμματά τους. Τα τελευταία σχηματίζουν με το νερό οργανικά οξέα, που επιδρούν καταστροφικά στα ορυκτά συστατικά των πετρωμάτων.

VIII.2. ΦΘΟΡΕΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΟΛΟΜΙΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Ο αρχαιολογικός χώρος της Κάτω Ζάκρου, όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο V, περιλαμβάνει κυρίως λίθους ασβεστολιθικής σύστασης. Από τις αναλυτικές όμως μεθόδους εξέτασης δειγμάτων από το χώρο (βλ. Κεφάλαιο VI), διαπιστώθηκε πως οι διαφορετικοί αυτοί τύποι των ασβεστολίθων διακρίνονται, με βάση την ορυκτολογική τους σύσταση, σε ασβεστόλιθους, σε απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους, σε δολομίτες, σε ασβεστολιθικούς δολομίτες και σε απολιθωματοφόρους δολομίτες.

Οι ασβεστόλιθοι ανήκουν στα ιζηματογενή πετρώματα και αποτελούνται κυρίως από ασβεστίτη ή/και δολομίτη. Λόγω έλλειψης μεγάλων σχισμογενών επιφανειών, παρουσιάζουν πολύ χαμηλή ανάκλαση του φωτός και, επακόλουθα, έχουν περιορισμένη λάμψη. Ακόμα, παρουσιάζουν συχνά ποικίλες αποχρώσεις, σκληρότητα, πυκνότητα και πορώδες, λόγω της παρουσίας διαφόρων και ποικίλλων προσμίξεων.

Οι απολιθωματοφόροι ασβεστόλιθοι έχουν βασικό συστατικό τον ασβεστίτη (CaCO_3) και περιέχουν απολιθώματα (λείψανα/υπολείμματα φυτικών ή ζωικών οργανισμών που έζησαν πριν τη σημερινή γεωλογική εποχή και κλείστηκαν σε στρώματα γης ως ιζήματα), από τα οποία μπορεί να εκτιμηθεί η ηλικία και η προέλευσή τους.

Ο δολομίτης είναι πέτρωμα μονόμεικτο. Σχηματίζεται, όταν ένα μέρος του ασβεστίου του CaCO_3 του ασβεστόλιθου αντικατασταθεί από μαγνήσιο (δολομιτίωση). Μπορεί να υπάρχουν όλα τα ενδιάμεσα σε σύσταση πετρώματα, μεταξύ ασβεστόλιθου και δολομίτη. Όταν ο ασβεστόλιθος περιέχει MgO πάνω από 15% ονομάζεται δολομιτικός ασβεστόλιθος. Ακόμα, παρουσιάζουν συχνά διαφορές, που εξαρτώνται από τα ορυκτολογικά συστατικά, τον τρόπο σύνδεσης των κόκκων, τις αστοχίες, το πορώδες και την περιεκτικότητα σε νερό.

Οι απολιθωματοφόροι δολομίτες, όπως αντίστοιχα και οι ασβεστόλιθοι, περιέχουν απολιθώματα στη σύστασή τους.






Οι ασβεστολιθικοί και δολομιτικοί λίθοι είναι, ως επί το πλείστον, λεπτοκρυσταλλικοί, συμπαγείς, σε αποχρώσεις του γκρι και του μπλε, με τους περισσότερους εξ αυτών να περιέχουν στη σύστασή τους απολιθώματα θαλάσσιων μικροοργανισμών και φυκιών.







Η αναγνώριση της φθοράς των λίθων και, κατά συνέπεια, η σωστή κατάταξή τους συνδέονται απόλυτα με τη διάγνωση των αιτιών φθοράς, με το είδος του λίθου, με την επεξεργασία του και, τέλος, με την ιστορία και τη διαδρομή του μνημείου. Οι φθορές που παρατηρούνται σε τέτοια υλικά οφείλονται στη μεμονωμένη ή συνδυασμένη επίδραση περιβαλλοντικών συνθηκών, μηχανικών, φυσικοχημικών και βιολογικών παραγόντων, σε συνδυασμό με την εσωτερική δομή των υλικών, και διαχωρίζονται με βάση τη μορφολογία τους. Η αναγνώριση των φθορών έχει γίνει για το σύνολο του χώρου και βασίζεται στην επιτόπια μακροσκοπική παρατήρηση.

Ακολουθεί πίνακας των λίθων αυτών, με φωτογραφίες τους και περιγραφή των φθορών που παρουσιάζουν.

Πίνακας 8.1: Παθογένεια Ασβεστολιθικών και Δολομιτικών λίθων.

Δείγμα	Στοιχεία παθογένειας	Φωτογραφία Δείγματος	Λεπτομέρεια - Παθογενής περιοχή
<p>ΑΠΖ10 Ασβεστόλιθος</p>	<p>Σχετικά εύθρυπτο δείγμα και κοκκώδους υφής. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Θραύσεις. Αποσάθρωση. Κυψελοειδής διάβρωση. Βιολογική φθορά.</p>		
<p>ΑΠΖ13 Δολομίτης</p>	<p>Συμπαγές δείγμα, κοκκώδους υφής. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Θραύσεις, επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση και απολεπίσεις. Βιολογική φθορά.</p>		

<p>ΜΠΖ14 Δολομιτικός ασβεστόλιθος</p>	<p>Λατυποπαγές, συμπαγές πέτρωμα. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Θραύσεις. Αποσάθρωση. Βιολογική φθορά.</p>		
<p>ΑΠΖ16 Δολομίτης</p>	<p>Συμπαγές δείγμα, κοκκώδους υφής. Θραύσεις, επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση. Κυψελοειδής διάβρωση. Ανακρυστάλλωση. Βιολογική φθορά.</p>		
<p>ΠΖΑ-2 Απολιθωματοφόρος Δολομίτης</p>	<p>Σχετικά εύθρυπτο δείγμα κοκκώδους υφής. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση. Κυψελοειδής διάβρωση. Βιολογική φθορά.</p>		

<p>ΠΖΑ-3 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.</p>	<p>Συμπαγής, σχετικά εύθρυπτος λίθος. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Θραύσεις, επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση. Κυψελοειδής διάβρωση. Βιολογική φθορά.</p>		
<p>ΠΖΑ -5 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.</p>	<p>Συμπαγής, σχετικά εύθρυπτος λίθος. Θραύσεις, επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση. Κυψελοειδής διάβρωση. Βιολογική φθορά.</p>		
<p>ΠΖΑ -6 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος</p>	<p>Συμπαγής, σχετικά εύθρυπτος λίθος. Θραύσεις, επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση. Κυψελοειδής διάβρωση. Βιολογική φθορά.</p>		

<p>ΑΠΖ-8 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.</p>	<p>Συμπαγής. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Θραύσεις, επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση και απολεπίσεις. Κυψελοειδής διάβρωση. Ανακρυστάλλωση. Βιολογική φθορά.</p>		
<p>ΑΠΖ-9 Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.</p>	<p>Συμπαγής. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Θραύσεις, επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη, απολεπίσεις. Αποσάθρωση και απολεπίσεις. Κυψελοειδής διάβρωση. Βιολογική φθορά.</p>		

Στο σύνολο σχεδόν των δειγμάτων ασβεστόλιθων και δολομιτών λίθων, παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Συναντώνται σε τμήματα που δε βρίσκονται σε άμεση έκθεση στη βροχή και πρόκειται για επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων της ατμόσφαιρας, όπως αιθάλη, οξείδια μετάλλων κ.ά. Σε αυτές τις επικαθίσεις οφείλονται οι χρωματικές αλλοιώσεις στην επιφάνεια των λίθων.

Επιπρόσθετα, σε όλους σχεδόν τους λίθους, εμφανίζονται ρηγματώσεις, επιφανειακές ή μη, και θραύσεις. Πρόκειται για μηχανικές φθορές, που παρουσιάζονται σε πολλά σημεία ενός πετρώματος ως σπασίματα και έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της μορφολογίας του, αλλά και της γεωμετρίας του. Η διάδοση και ο προσανατολισμός των θραύσεων εμφανίζεται είτε με τη μορφή ρηγματώσεων ή με τη μορφή αποφλοιώσεων, που είναι η απόσχιση-απόσπαση μεγάλων τεμαχίων από την επιφάνεια του πετρώματος. Ρωγμές δημιουργούνται σε περιοχές οрукτολογικής ετερογένειας του πετρώματος (με αργιλοπυριτικές προσμίξεις), όπως επίσης και από μηχανικά ή θερμικά αίτια (σεισμούς, πυρκαγιές κτλ.).

Στους λίθους του χώρου, παρατηρούνται επίσης επιφανειακές ρηγματώσεις και διαρρήξεις. Πρόκειται για διακοπή της συνέχειας των ιστών των λίθων (Δογάνη κ.ά., 1994: 52), κάθετα ή οριζόντια, και τον διαχωρισμό-κατάτμηση σε μεγάλα ή μικρότερα θραύσματα. Πολλές φορές, η κατάτμηση εισχωρεί σε βάθος και δημιουργεί εσωτερικά θραύσματα, ενώ οι ρηγματώσεις, συνήθως στο εσωτερικό, έχουν κατεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του λίθου και δεν εισχωρούν σε μεγάλο βάθος (Κορρές & Μπούρας, 1983: 250-251). Ένα ακόμα είδος φθοράς που παρατηρείται σε κάποιους από αυτούς τους λίθους έχει τη μορφή πλέγματος, με μικρορωγμές, που εμφανίζονται μαζικά σε ένα λίθο, και έχει ως αποτέλεσμα τον κατακερματισμό του.



Εικόνα 8.2: Κατώφλι στη νότια πλευρά του ανακτορικού συγκροτήματος, με φαινόμενο κατακερματισμού.

Σε συνδυασμό και συμπληρωματικά με τις προαναφερόμενες μηχανικές φθορές, στους λίθους εμφανίζονται πολύ συχνά απώλειες, κενά και αποκολλήσεις.

Όλοι αυτοί οι τύποι μηχανικών φθορών μπορεί να οφείλονται σε μία πληθώρα από αίτια (φυσικά, χημικά, ηλεκτροχημικά) ή και τον συνδυασμό τους. Στην περίπτωση της Κάτω Ζάκρου, όλα τα φαινόμενα αυτής της κατηγορίας είναι έντονα και αφορούν στο σύνολο των λίθων που αποτελούν τα δομικά στοιχεία του χώρου.

Αποσάθρωση εμφανίζεται στο σύνολο των προς εξέταση λίθων και, σε κάποιους από αυτούς, σε συνδυασμό με απολεπίσεις. Η αποσάθρωση και η απολέπιση παρατηρούνται σε περιοχές του πετρώματος με μειωμένη συνοχή, με αποτέλεσμα τη διείσδυση και τη συγκράτηση μεγαλύτερης ποσότητας νερού. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται σε συνδυασμό πολλών παραγόντων, όπως στη μικροδομή του

πετρώματος, στη θερμική καταπόνηση, στην κυκλοφορία διαλυτών αλάτων κ.τ.λ.

Στους λίθους του χώρου, παρατηρείται και το φαινόμενο της απομείωσης της επιφάνειας, το οποίο οφείλεται στην προοδευτική ελάττωση υλικού (Κορρές & Μπούρας, 1983: 250), με αποτέλεσμα να χάνεται ακόμα και ολοκληρωτικά η αρχική επιφάνεια. Οι απομειώσεις μπορεί να προχωρούν σε αρκετά μεγάλο βάθος και διαφοροποιούνται από την απώλεια ως προς το ότι δεν έχουν σαφή και ευδιάκριτα όρια και δημιουργούνται σταδιακά. Τα αίτια των απομειώσεων συνδέονται με τους περισσότερους μηχανισμούς διάβρωσης. Χαρακτηριστικός, ωστόσο, είναι ο ρόλος του νερού (μηχανική καταπόνηση που ασκεί το νερό της βροχής), όπως και αυτός του ανθρώπινου παράγοντα. Τέτοιου τύπου φθορά συναντάται σε λίθους που είχαν χρησιμοποιηθεί σε κατώφλια, κλίμακες, ή και δάπεδα.

Σε κάποια είδη λίθων, εμφανίζεται το φαινόμενο της κυψελοειδούς διάβρωσης. Η κυψελοειδής διάβρωση εμφανίζεται στις επιφάνειες του πετρώματος, με τη μορφή οπών διατεταγμένων σποραδικά ή σε συστάδες. Είναι συνήθως αποτέλεσμα βιολογικής δράσης που δεν είναι πλέον ενεργή. Παρατηρείται κυρίως στις βόρειες όψεις και στις δυτικές όψεις των κτηρίων, και είναι εντονότερη στις ζώνες αργιλοπυριτικών φλεβών. Επίσης, ως κυψέλωση ονομάζεται η ιδιόμορφη διάβρωση που παρουσιάζει ο λίθος λόγω δυνατών ανέμων, αιωρούμενων σωματιδίων και αλάτων. Στην περίπτωση αυτή, δημιουργούνται στην επιφάνεια του λίθου ασύμμετρες οπές και κοιλότητες, που πολλές φορές οδηγούν σε σπηλαιώδεις καταστάσεις (Παπασταματίου, 2007: 13).

Η ανακρυστάλλωση, που εμφανίζεται σε κάποιους λίθους, είναι μια φυσικοχημική μετατροπή. Παρουσιάζεται συνήθως σαν μία σκληρή κρούστα δενδριτικής μορφής, που δεν αφαιρείται. Μπορεί, ακόμα, να πρόκειται και για ανακρυστάλλωση αλάτων (κρούστα αλάτων), περίπτωση κατά την οποία το φαινόμενο δεν συνδυάζεται με φυσικοχημική μετατροπή του λίθου. Όμως, ούτε σε αυτή την περίπτωση η κρούστα που σχηματίζεται είναι εφικτό να αφαιρεθεί (Παπασταματίου, 2007: 17).

Τέλος, στις επιφάνειες των πετρωμάτων διαπιστώνεται η παρουσία ποικίλων μικροβιακών πληθυσμών. Η συμβολή του βιολογικού παράγοντα είναι σημαντική στη φυσικοχημική φθορά του πετρώματος. Η επιλιθική και ενδολιθική μικροχλωρίδα αλλοιώνει χρωματικά την επιφάνεια των μνημείων, ενώ επίσης ένα κομμάτι της μικροχλωρίδας ασκεί μικροπιέσεις, με αποτέλεσμα τη φθορά της επιφάνειας και της δομής του λίθου.

VIII.3. ΦΘΟΡΕΣ ΨΑΜΜΙΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΚΑΛΟΛΑΤΥΠΟΠΑΓΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ

Μία ακόμα μεγάλη κατηγορία πετρωμάτων που συνιστούν δομικό υλικό στον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου είναι τα ψαμμιτικά.





Ο ψαμμίτης είναι κλαστικό ιζηματογενές πέτρωμα, το οποίο αποτελείται από κόκκους άμμου, που συγκρατούνται μαζί με τη βοήθεια ορυκτών συγκολλητικών ουσιών, και κόκκους πετρωμάτων. Οι κόκκοι έχουν μέγεθος από 2 μέχρι 0,06 χιλιοστά (συνήθως οι κόκκοι είναι από χαλαζία ή άστριους, επειδή είναι άφθονοι στο φλοιό της Γης). Το συνδετικό υλικό ποικίλλει και μπορεί να είναι άργιλος ή ανθρακικό ορυκτό, όπως ο ασβεστίτης. Ο ψαμμίτης, όπως και η άμμος, έχει πολλά χρώματα, αλλά συνήθως είναι καφέ, κόκκινος, κίτρινος, γκρι, ροζ ή μαύρος.

Άλλο ένα προς εξέταση είδος λίθου του χώρου (αν και βρίσκεται σε σχετικά μικρό ποσοστό σε αυτόν, βλ. Κεφάλαιο V), είναι ο κροκαλολατυποπαγής λίθος, που συναντάται κυρίως στο βόρειο τμήμα του ανακτορικού συγκροτήματος. Πρόκειται για πέτρωμα αποτελούμενο κυρίως από κροκάλες, διαμέτρου 1 έως 3 χιλιοστών, συγκολλημένες με περιορισμένο συνδετικό υλικό, ασβεστιτικής κυρίως φύσεως.

Ακολουθεί πίνακας των λίθων αυτών, με φωτογραφίες τους και περιγραφή των φθορών που παρουσιάζουν.

Πίνακας 8.2: Παθογένεια Ψαμμιτών και Κροκαλολατυποπαγών πετρωμάτων.

Δείγμα	Στοιχεία παθογένειας	Φωτογραφία Δείγματος	Λεπτομέρεια - Παθογενής περιοχή
ΠΖΑ-4 Ψαμμίτης	<p>Ελαφρώς εύθρυπτος λίθος. Θραύσεις, επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση. Κυψελοειδής διάβρωση. Αποσάθρωση. Βιολογική φθορά.</p>		
ΣΠΖ-12 Ψαμμίτης	<p>Συμπαγές υλικό. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Θραύσεις, επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση. Εξαλλοίωση φλέβας. Βιολογική φθορά.</p>		

<p>ΜΠΖ-15 Χαλαζίτης + Ψαμμίτης</p>	<p>Συμπαγές υλικό. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων Θραύσεις. Αποσάθρωση. Ανακρυστάλλωση. Εξαλλοίωση φλέβας. Βιολογική φθορά.</p>		
<p>ΠΖΑ-7 Κροκαλο - λατυποπαγές</p>	<p>Εύθρυπτος λίθος. Παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Επιφανειακή ρηγμάτωση, διάρρηξη. Αποσάθρωση. Βιολογική φθορά.</p>		

Στο σύνολο τους, οι ψαμμίτες του χώρου είναι αρκετά εύθρυπτοι και ευαίσθητοι στις καιρικές συνθήκες. Σχεδόν σε όλους τους προς εξέταση λίθους αυτών των υλικών, παρατηρήθηκαν επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων.

Σε όλους του λίθους, παρουσιάζονται μηχανικές φθορές όπως θραύσεις, διαρρήξεις, επιφανειακές ρηγματώσεις και ετοιμορροπία. Παρουσιάζονται δηλαδή μεγαλύτερες ή μικρότερες διακοπές της συνέχειας του ιστού του λίθου, επιφανειακές ή μη. Στους ψαμμιτικούς κυρίως λίθους, παρατηρείται έντονη αποσάθρωση, που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και σαν απομείωση ή άμβλυση των επιφανειών.

Ανακρυστάλλωση ήπιας μορφής παρουσιάζεται σε κάποιους λίθους από χαλαζίτη και ψαμμίτη (όπως το δείγμα ΜΡΖ-15) και ενδεχομένως να πρόκειται για ανακρυστάλλωση αλάτων (κρούστα αλάτων). Στην περίπτωση αυτή, η κρούστα που σχηματίζεται δεν είναι δυνατό να αφαιρεθεί.

Ένα ακόμα είδος φθοράς που εμφανίζεται σε ψαμμίτες στον αρχαιολογικό χώρο της Ζάκρου είναι αυτό που είναι γνωστό ως «εξαλλοίωση φλέβας». Με αυτό τον όρο, ονομάζεται η απομάκρυνση (συνήθως απόπλυση από το νερό) των συστατικών που συνιστούν τις φλέβες του λίθου, ο οποίος παρουσιάζει ετερογένεια. Στις περιοχές της εξαλλοίωσης, δημιουργούνται ασυνέχειες, με τη μορφή είτε κοιλοτήτων, είτε ρωγμών, είτε αποσάθρωσης.

Τέλος, παρατηρούνται φθορές διαφόρων ειδών (κυψέλωση, χρωματική αλλοίωση, θραύσεις κτλ.), λόγω της έντονης παρουσίας βιολογικών παραγόντων σε αυτούς τους τύπους των λίθων. Οι φθορές αυτές αποδίδονται στους διάφορους μικροοργανισμούς, που επιδρούν φυσικοχημικά και μηχανικά συντελώντας στην καταπόνηση των λίθων.

VIII.4. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΦΘΟΡΑΣ

Η δράση των παραγόντων διάβρωσης, καθώς και η ενεργοποίηση των αντίστοιχων μηχανισμών φθοράς, οδηγούν στην εμφάνιση των φαινομένων φθοράς των λίθων, που ήδη περιγράφηκαν. Στη δράση κάθε παράγοντα και μηχανισμού φθοράς μπορεί να αποδίδονται ένα ή και περισσότερα φαινόμενα φθοράς, ενώ κάθε φαινόμενο είναι δυνατό να αποδίδεται σε ένα ή και περισσότερα αίτια.

Από την μακροσκοπική παρατήρηση του συνόλου των λίθων στο χώρο της Κάτω Ζάκρου, διαπιστώνεται πολύ εύκολα πως τα είδη των φθορών δεν είναι αποτέλεσμα ενός παράγοντα, αλλά έχουν προκύψει από μια σειρά αιτιών που αναλύονται ακολούθως.

Περιβάλλον και κλιματολογικά στοιχεία

Πολύ σημαντικός παράγοντας για την κατάσταση ενός χώρου είναι το περιβάλλον και οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν. Το περιβάλλον διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για την πορεία κάθε μνημείου μέσα στο χρόνο και για τους μηχανισμούς φθοράς που αναπτύσσονται. Ο προσδιορισμός των ιδιαίτερων περιβαλλοντικών και κλιματολογικών συνθηκών της Κάτω Ζάκρου όχι μόνο θα βοηθήσει στην ερμηνεία των μηχανισμών φθοράς, αλλά θα έχει, ενδεχομένως, και καθοριστικό ρόλο στην επιλογή ή απόρριψη πιθανών μεθόδων προστασίας.

Το περιβάλλον στον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου καθορίζεται από:

- τις κλιματολογικές συνθήκες
- το έδαφος του χώρου
- τη χλωρίδα της περιοχής

Όσον αφορά στην ατμόσφαιρα, καθώς ο αρχαιολογικός χώρος βρίσκεται σε σημείο απομακρυσμένο από αστικό κέντρο, δεν παρουσιάζονται στους λίθους μηχανισμοί φθοράς που να αποδίδονται σε ατμοσφαιρικούς ρύπους.

Οι κλιματολογικές συνθήκες θα γίνει προσπάθεια να προσδιοριστούν με τη βοήθεια στοιχείων από τους κοντινότερους μετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής και κλιματολογικών χαρτών.

Ο καιρός στην ανατολική Κρήτη χαρακτηρίζεται από τους ήπιους, βροχερούς χειμώνες και τα καυτά, ξηρά καλοκαίρια. Το κλίμα είναι ένα συγκρατημένο μεσογειακό κλίμα. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της παράκτιας ζώνης και των ορεινών περιοχών. Στην παράκτια ζώνη, παρατηρείται ξηρό καλοκαίρι με ήπιο χειμώνα, ενώ οι χιονοπτώσεις είναι εξαιρετικά σπάνιες.

Το ακραίο ανατολικό τμήμα της Κρήτης (περιοχή Σητείας) είναι ξηρότερο και θερμότερο από το δυτικό αντίστοιχο (περιοχή Χανίων). Αυτό είναι προφανές στο βαθμό ανάπτυξης της βλάστησης. Η ίδια διαφορά παρατηρείται μεταξύ της βόρειας και της νότιας ακτής της Κρήτης, με τη νότια ακτή να είναι ξηρότερη και θερμότερη.

Η ανατολική Κρήτη είναι από τις περισσότερο άνυδρες, θερμές και ηλιόλουστες περιοχές της Ευρώπης. Οι βροχές στα νότια και ανατολικά δεν ξεπερνούν τα 400 χιλιοστά το χρόνο, η μέση θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τους 20°C και η ηλιοφάνεια είναι η μεγαλύτερη της Ευρώπης. Οι βροχές, όταν εκδηλώνονται, είναι έντονες και περιορίζονται στο διάστημα Οκτωβρίου – Μαρτίου. Τα μελτέμια, που κυριαρχούν τους καλοκαιρινούς μήνες, μετριάζουν τη θερμοκρασία, ενώ το χειμώνα οι νότιοι άνεμοι είναι εξίσου συχνοί με τους βοριάδες.

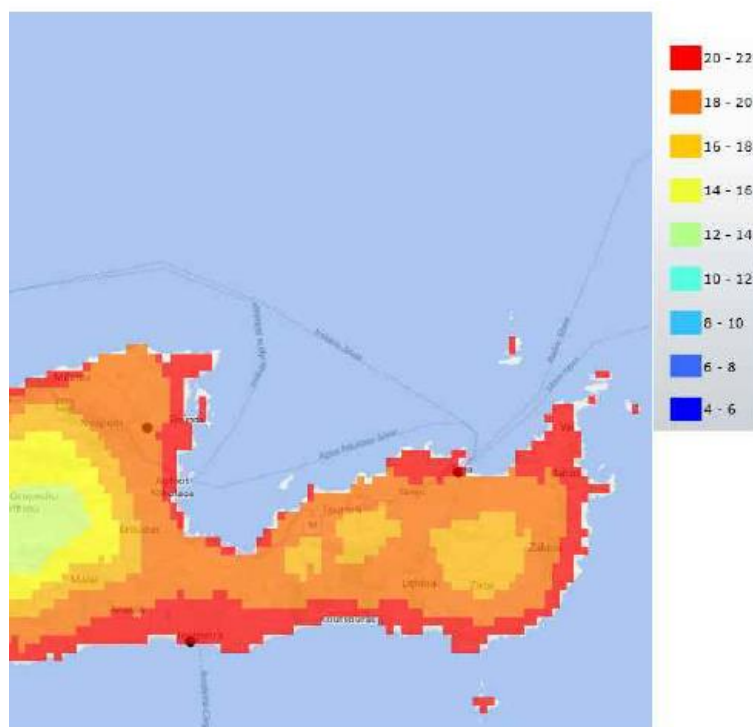
Η επίδραση της θερμοκρασίας

Οι συνθήκες περιβάλλοντος επηρεάζουν τη διάβρωση των λίθων, η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τις χημικές αντιδράσεις, καθώς και τις φυσικές και βιολογικές διεργασίες φθοράς, ενώ η υγρασία και οι βροχοπτώσεις επιταχύνουν όλες τις διαβρωτικές διεργασίες. Επιπρόσθετα, όλες οι διαβρωτικές διεργασίες επιταχύνονται από τις απότομες περιβαλλοντικές διακυμάνσεις και η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε πιο αδρόκοκκα υλικά (επιτάχυνση της γήρανσης).

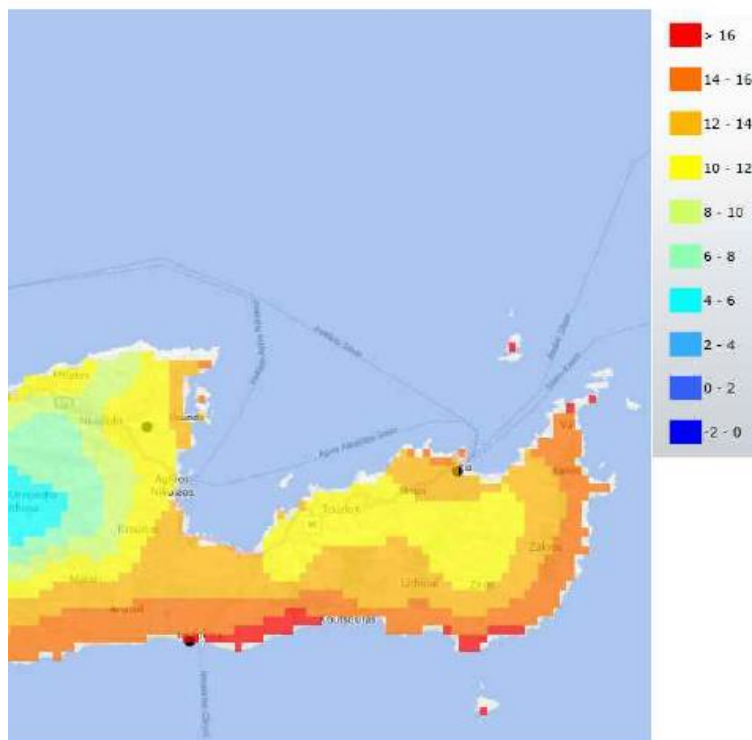
Πίνακας 8.3: Θερμοκρασιακά δεδομένα ανά μήνα, από τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό στην Κάτω Ζάκρο (χρονική περίοδος αναφοράς 1955 - 1997).

Σητεία												
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	9,4	9,3	10,2	12,4	15,5	19,5	22,3	22,3	20	16,8	13,7	11,1
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	12,2	12,3	13,6	16,6	20,3	24,3	25,9	25,7	23,5	20,2	16,7	13,8
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	15,3	15,5	16,9	20,1	23,7	27,4	28,6	28,5	26,6	23,6	20,2	17

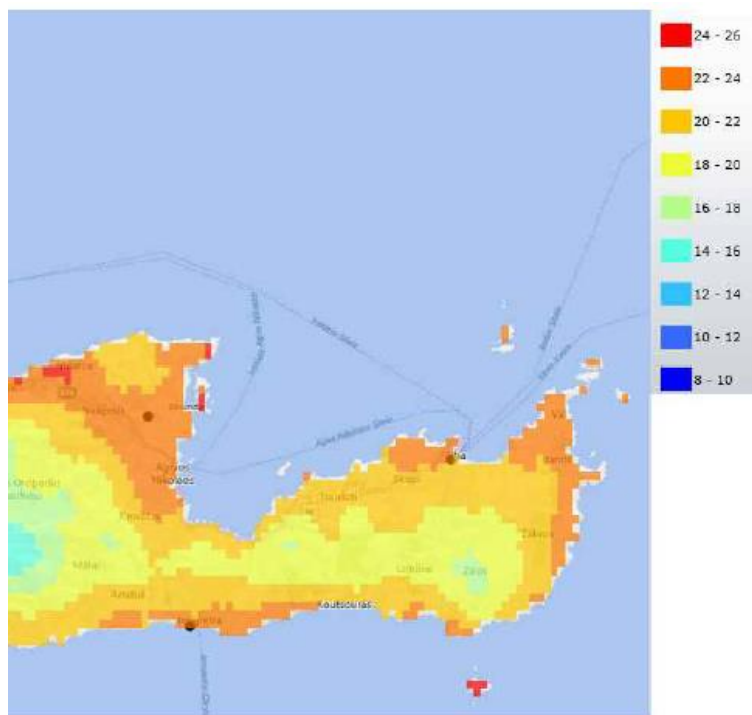
Ακολουθούν χάρτες με τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή της Κάτω Ζάκρου.



Εικόνα 8.3: Μέση ετήσια επιφανειακή θερμοκρασία.



Εικόνα 8.4: Μέση ελάχιστη ετήσια επιφανειακή θερμοκρασία.



Εικόνα 8.5: Μέση μέγιστη ετήσια επιφανειακή θερμοκρασία.

Η αιολική διάβρωση

Ο άνεμος μπορεί να προκαλέσει, επίσης, φαινόμενα φθοράς. Στην αιολική διάβρωση⁴³ αποδίδεται πολλές φορές και το φαινόμενο φθοράς που χαρακτηρίζεται κυψέλωση. Ο αρχαιολογικός χώρος της Κάτω Ζάκρου πλήττεται για μεγάλα διαστήματα από ισχυρούς, κυρίως βορειοδυτικούς, ανέμους, και μάλιστα καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Το φαινόμενο αυτό προκαλεί διαφόρων ειδών μηχανικές φθορές, καθώς χαλίκια, χώματα και άμμος βρίσκονται στη δίνη του αέρα με πολύ μεγάλη ταχύτητα, επηρεάζοντας άμεσα και τους λίθους του αρχαιολογικού χώρου.

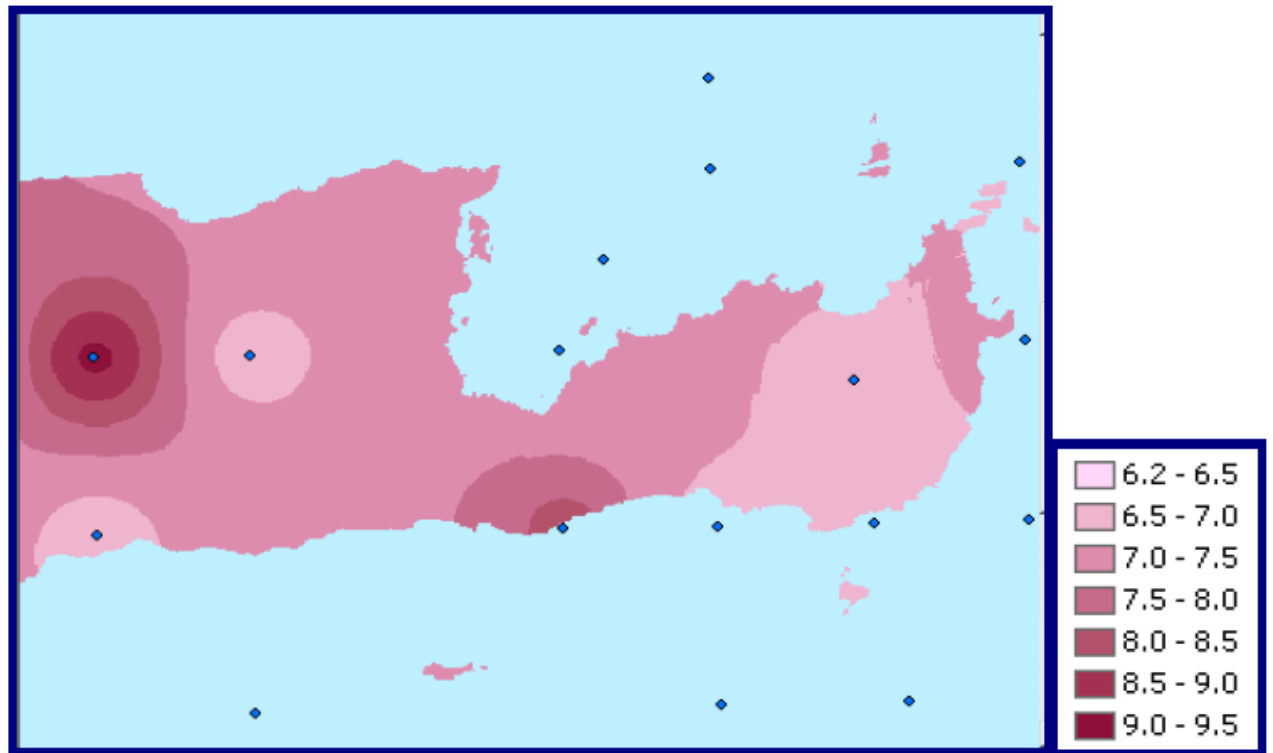
Η επίδραση των σεισμικών φαινομένων

Στην επίδραση σεισμών δεν είναι δυνατόν να αποδοθούν συγκεκριμένες φθορές στον αρχαιολογικό χώρο. Ωστόσο, οι μετακινήσεις και ο τρόπος πτώσης κάποιων τοίχων επιβεβαιώνουν ότι σεισμικά φαινόμενα, και ιδιαίτερα αυτό που συνδέεται με την τελική καταστροφή της θέσης, έχουν προξενήσει σοβαρές μηχανικές φθορές, στα μνημεία του χώρου.

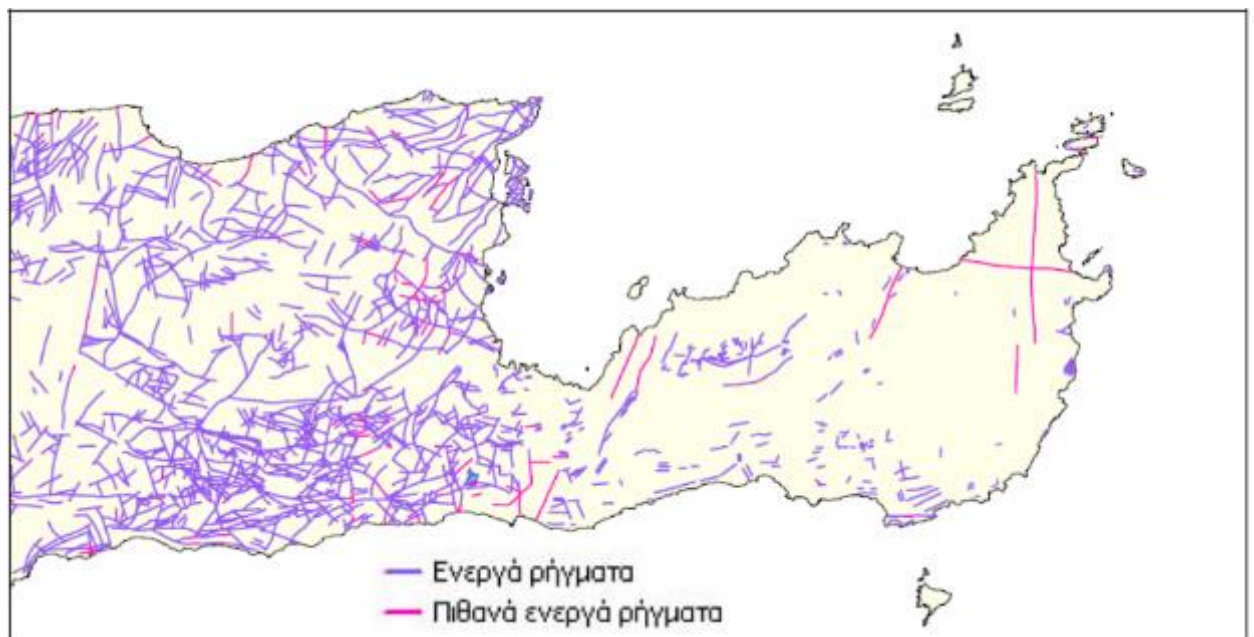
Ακολουθούν χάρτες, που δείχνουν την ένταση του φαινομένου των σεισμών από το 1908 έως και το 2001, καθώς και τα πιθανά και τα ενεργά ρήγματα στην περιοχή.

Τέλος, παρατίθεται χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας, που, έπειτα από μελέτη (Χατζηιορδάνου, 2004: 156), κατατάσσει την περιοχή σε ζώνη χαμηλής επικινδυνότητας, κάτι που προφανώς είναι καλό για τη διατήρηση του χώρου, παρόλο που η σεισμική δραστηριότητα υπήρξε πρόσφατα αρκετά έντονη στην ευρύτερη περιοχή της Ζάκρου.

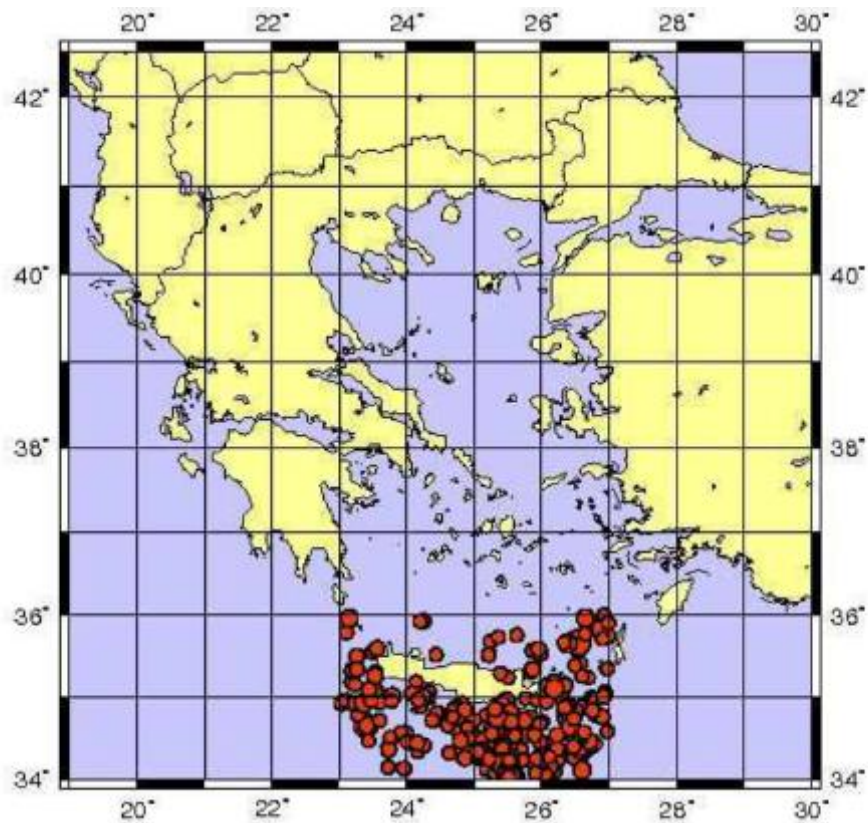
⁴³ Το φαινόμενο συνδέεται άμεσα με τον προσανατολισμό των μνημείων (Feilden, 1982: 107-108).



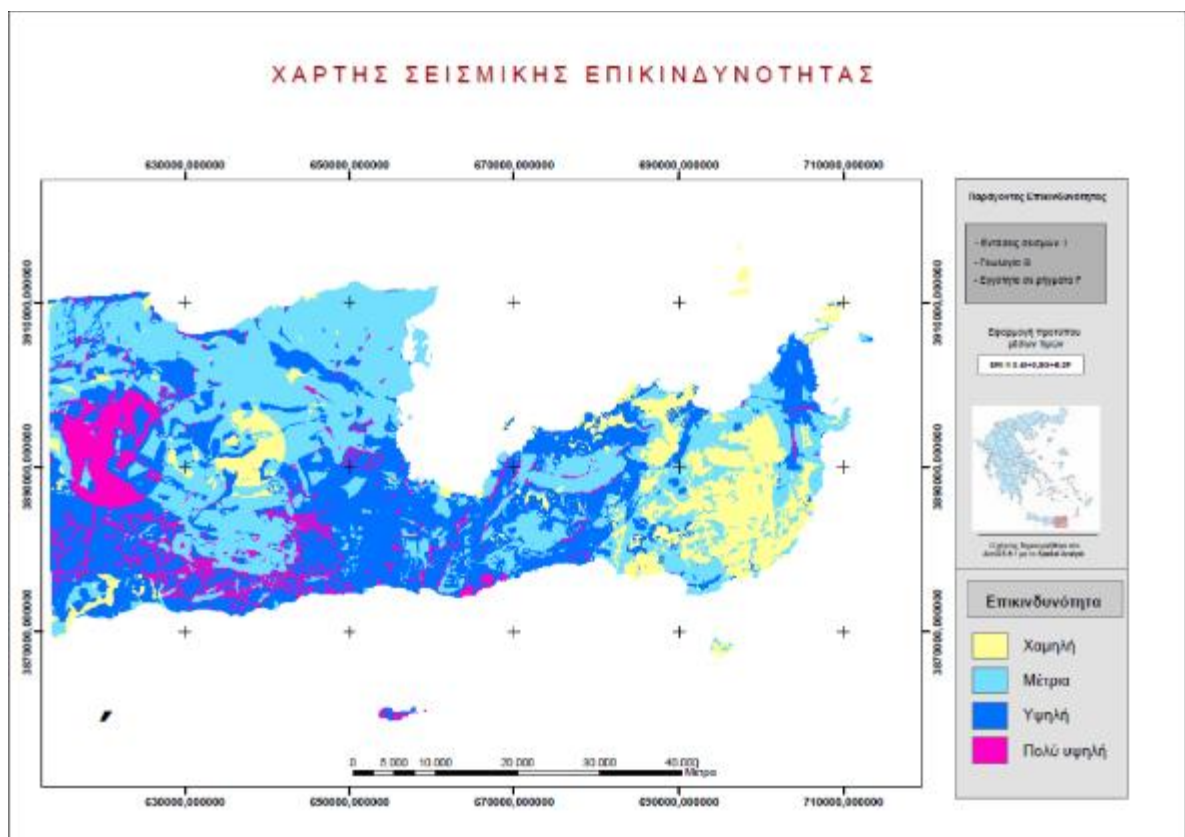
Εικόνα 8.6: Χάρτης των εντάσεων των επιφανειακών σεισμών του Ν. Λασιθίου (1908-2001).



Εικόνα 8.7: Χάρτης πιθανών και ενεργών ρηγμάτων του Ν. Λασιθίου.



Εικόνα 8.8: Χάρτης σεισμικότητας περιοχής Κρήτης - χρονική περίοδος 2000-2011 - μέγεθος σεισμικής ροπής 4,5-9,0 - εστιακό βάθος 0-250km.



Εικόνα 8.9: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας Ν. Λασιθίου.

Η δράση των αλάτων

Ο μηχανισμός δράσης των αλάτων στο σύνολο των λίθων του χώρου της Κάτω Ζάκρου αποτελεί σημαντικό παράγοντα φθοράς. Πηγή προέλευσης των αλάτων στους λίθους της Κάτω Ζάκρου αποτελούν:

- Το έδαφος. Τα άλατα φτάνουν στους λίθους με την υγρασία και το φαινόμενο της τριχοειδούς αναρρίχησης (Mamillan & Bouineau, 1976: 429).
- Τα ίδια τα πετρώματα που χρησιμοποιήθηκαν. Πρόκειται για λίθους κυρίως ιζηματογενείς, που σχηματίστηκαν με την πάροδο του χρόνου από προσχώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον, έχουν συνεπώς στη δομή τους άλατα (Βαρτή-Ματαράγκα, 2001: 80).
- Η ιδιαίτερη τοποθεσία όλου του αρχαιολογικού χώρου, που απέχει λίγα μέτρα από την ακτή (Arnold, 1981: 13).
- Τα κονιάματα και γενικά τα υλικά συντήρησης και στερέωσης που έχουν χρησιμοποιηθεί στον χώρο κατά καιρούς (Arnold, 1984: 129).

Η κίνηση των διαλυτών αλάτων γίνεται μέσω των τριχοειδών αγγείων και με διάχυση των ιόντων σε μία υδατοκορεσμένη πέτρα από περιοχές υψηλής ιοντικής συγκέντρωσης, σε άλλες χαμηλότερης (Θεουλάκης, 1993: 148). Τα άλατα, με διαφορετικό αριθμό μορίων νερού, ανάλογα με τις συνθήκες υγρασίας, κρυσταλλώνονται μέσα στους πόρους και στα τριχοειδή αγγεία των λίθων, διαστέλλονται και ασκούν ισχυρές μηχανικές τάσεις, οι οποίες, στην περίπτωση των ασβεστόλιθων (ιδιαίτερα των πιο μαλακών όπως οι απολιθωματοφόροι), είναι ικανές να προκαλέσουν σημαντικές φθορές στο πλέγμα τους. Διαστολές και συστολές παρατηρούνται και κατά την ενυδάτωση των αλάτων. Τα τελευταία ενυδατώνονται και αφυδατώνονται εύκολα, ανάλογα με τις θερμοκρασιακές μεταβολές (Θεουλάκης, 1993: 151).

Η διάβρωση που προκαλούν τα διαλυτά άλατα εκφράζεται μέσα από διάφορους τύπους φθοράς, όπως η αποσάθρωση, οι μικρορωγμές, οι απολεπίσεις, η κυψέλωση, η διάθρυψη και άλλες μηχανικού τύπου φθορές.

Η δράση των αργιλοπυριτικών υλικών

Τα αργιλοπυριτικά ορυκτά σε αρκετές περιπτώσεις αποτελούν συστατικό των λίθων, είτε ως συνδετικό υλικό σε διάφορες αναλογίες με τον ασβεστίτη CaCO_3 , είτε ως προσμίξεις.

Η διαβρωτική δράση των αργιλοπυριτικών ορυκτών οφείλεται στην παρουσία του νερού και την απορρόφησή του από αυτά, και εκφράζεται μέσα από τους μηχανισμούς της θιξοτροπίας, της διάθρυψης, της διόγκωσης και της χημικής εξαλλοίωσης των ορυκτών.

Στην περίπτωση των λίθων της Κάτω Ζάκρου, από την ορυκτολογική μελέτη προκύπτει πως περιέχονται δευτερογενή αργιλοπυριτικά υλικά στους ψαμμιτικούς (δείγματα ΣΠΖ-12, ΠΖΑ-4) λίθους (Σκουλικίδης, 2000: 150).

Η δράση της παρασιτικής βλάστησης

Η δράση της βλάστησης των ανώτερων φυτών στα μνημεία είναι φαινόμενο γνωστό για τις σοβαρές φθορές που επιφέρει. Τα παρασιτικά φυτά δημιουργούν αισθητική υποβάθμιση των κτηρίων, αλλά σημαντικότερη είναι η χημική τους δράση και οι μηχανικές καταπονήσεις που προκαλούν. Οι ρίζες τους φτάνουν σε μεγάλο βάθος και φθείρουν τους λίθους, τόσο με τις όξινες εκκρίσεις τους (χημική δράση), όσο, κυρίως, με τις πιέσεις που ασκούν λόγω του μεγέθους τους (μηχανική δράση) (Οικονόμου, 1998: 65). Πιο ευάλωτοι είναι συνήθως οι λίθοι πιο χαλαρής σύστασης, με μεγάλο πορώδες, και οι όχι ιδιαίτερα σκληροί.

Τα αποτελέσματα που προκαλούνται είναι παραμορφώσεις, μετακινήσεις και θραύσεις λίθων.



Εικόνα 8.10: Παρασιτική βλάστηση στον αρχαιολογικό χώρο.



Εικόνα 8.11: Παρασιτική βλάστηση στην κεντρική είσοδο του Κτηρίου D-E.



Εικόνα 8.12: Παρασιτική βλάστηση στην Οικία «B» του ΒΔ λόφου (εκτός περιφράξης αρχαιολογικού χώρου).

Η δράση των μικροοργανισμών

Οι μικροοργανισμοί μπορεί να είναι: βάκιλοι-βακτηρίδια, άλγη, μύκητες και λειχήνες (Andrew, 1994: 19–21, Λαμπρόπουλος, 1993: 47–49). Ανάλογα με το σε ποιο σημείο του λίθου αναπτύσσονται, διακρίνονται σε επιλιθικούς, ενδολιθικούς και χασμολιθικούς οργανισμούς (Doehne & Price, 2010: 22).

Οι μικροοργανισμοί αυτοί, πέραν της αισθητικής υποβάθμισης που προκαλούν στους λίθους και κατ' επέκταση στα μνημεία (ακόμα και σε κονιάματα), επιφέρουν σε αυτά χημικές και μηχανικές φθορές (Σκουλικίδης, 2000: 51). Στους λίθους της Κάτω Ζάκρου, μακροσκοπικά το πρόβλημα δε φαίνεται ιδιαίτερα έντονο και εμφανίζεται σποραδικά. Όταν όμως έγινε μικροσκοπική παρατήρηση για την καλύτερη εκτίμηση της εικόνας διατήρησης των λίθων, εντοπίστηκαν μικροοργανισμοί διαφόρων ειδών σε όλα τα προς εξέταση δείγματα, με πιο έντονη ίσως την παρουσία τους στους απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους.



Εικόνα 8.13: Μικροοργανισμοί στο δείγμα ΠΖΑ-3.



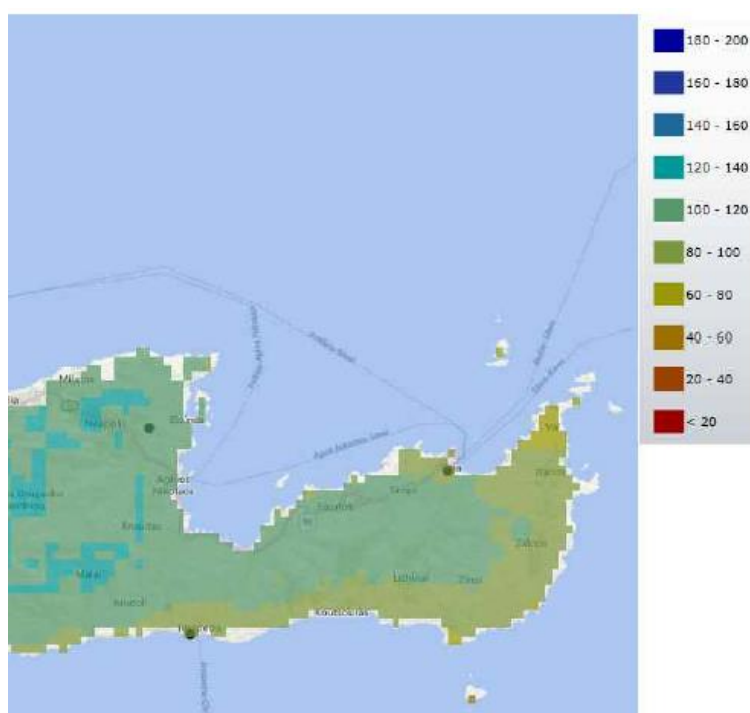
Εικόνα 8.14: Μικροοργανισμοί στο δείγμα ΑΠΖ-8.

Η δράση του νερού

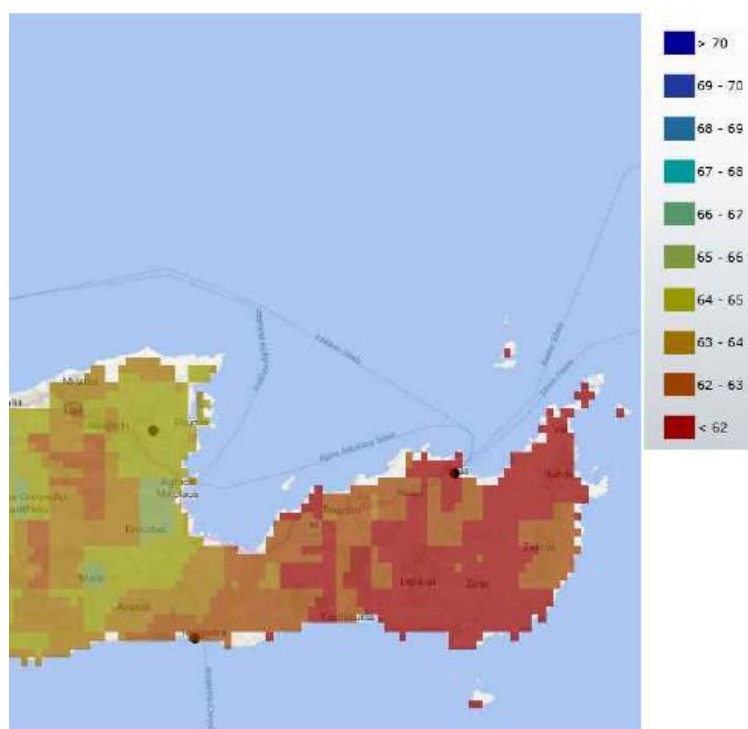
Το νερό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη δράση των αλάτων και στην εξαλλοίωση των αργιλοπυριτικών υλικών, καθώς και στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών και της παρασιτικής βλάστησης. Με όλους τους προαναφερθέντες τρόπους, η δράση του νερού είναι έμμεση, αλλά το νερό εμπλέκεται και με άμεσους τρόπους στους μηχανισμούς φθοράς.

Το φαινόμενο του παγετού, λόγω κλιματολογικών συνθηκών δεν υφίσταται στους λίθους της Κάτω Ζάκρου. Το νερό εισέρχεται στο χώρο είτε υπό τη μορφή της συμπύκνωσης της υγρασίας στις επιφάνειες των λίθων, είτε από βροχοπτώσεις.

Ακολουθως, παρατίθενται χάρτες για τη μέση ετήσια βροχόπτωση και τη μέση ετήσια σχετική υγρασία της περιοχής.



Εικόνα 8.15: Μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση (mm).



Εικόνα 8.16: Μέση ετήσια επιφανειακή σχετική υγρασία (%).

Συνοπτολογίζοντας το ειδικό περιβάλλον του χώρου, αλλά και των δομικών λίθων που τον αποτελούν, είναι εύκολα κατανοητό πόσο καίρια είναι η δράση του νερού.

Τα όμβρια ύδατα είναι πολύ σημαντικά για τη φθορά των λίθων, και συνολικά του χώρου, διότι:

- τροφοδοτούν τους λίθους με ποσότητες νερού
- επιδρούν με μηχανικό τρόπο
- απορροφώνται από το έδαφος
- εισχωρούν στο υπόστρωμα του δαπέδου

Όλα αυτά, με την πάροδο του χρόνου, συμβάλλουν σε μηχανικές καταπονήσεις, καθώς και σε αλληπάλληλους κύκλους διάβρωσης και αποσάθρωσης του υλικού.

Οι έντονες βροχοπτώσεις μπορούν ακόμα να επιταχύνουν τα φαινόμενα φθορών, μέσω της απόσπασης ετοιμόρροπων ή ήδη αποκολλημένων θραυσμάτων από τους λίθους, αλλά και με τη συγκέντρωση αποσπασμένων λίθων και θραυσμάτων σε κοιλότητες των

λιθοδομών του χώρου (Pender, 2004: 49–62; Charola & Wendler, 2015: 55–64).

Τέλος, έχει παρατηρηθεί, πως σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων αυξάνονται και οι πιθανότητες κατολισθήσεων.

Ζωικός παράγοντας

Η παρουσία των ζώων στα μνημεία έχει αποδειχθεί πως μπορεί να επιφέρει φθορές, κυρίως μηχανικές. Μπορούμε να αποκλείσουμε τη δράση των ζώων στο περιφραγμένο κομμάτι του αρχαιολογικού χώρου, αλλά σίγουρα σαν παράγοντας μηχανικών φθορών υπάρχει για τα κτήρια εκτός της περίφραξης του επισκέψιμου χώρου.

Φυσική γήρανση υλικών

Ένας ακόμα παράγοντας που έχει συντελέσει στην εικόνα και στις φθορές των λίθων του χώρου είναι η ίδια η φύση των υλικών αυτών, η οποία δείχνει πόσο ευάλωτα ή μη είναι, και πόσο εύκολα ή όχι επηρεάζονται από εξωγενείς (κυρίως περιβαλλοντικούς), αλλά και από ενδογενείς, παράγοντες φθοράς.

Μορφές διάβρωσης, οι οποίες σχετίζονται με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λίθων, μπορεί να οφείλονται σε ορυκτολογική ετερογένεια, οπότε προκαλείται ανομοιομορφία της επιφάνειάς τους, με τη δημιουργία κοιλοτήτων. Το φαινόμενο, αν συμβαίνει τοπικά, ονομάζεται «εκλεκτική διάβρωση», και έχει παρατηρηθεί σε λίθους κυρίως ψαμμιτικής σύστασης, αλλά και σε απολιθοματοφόρους ασβεστόλιθους.

Σε κάποιους από τους λίθους της Κάτω Ζάκρου, παρατηρήθηκαν οξειδωμένες σιδηρούχες φάσεις, τοπικά ή και σε στρώσεις, ενώ πολλά από τα δείγματα εμφάνισαν υψηλά ποσοστά οξειδίων Fe. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να παρουσιάζουν εμφανή μέτωπα εμποτισμού ή στρώσεις, ασχέτως με τα οξείδια που βρίσκονται σε όλη τους τη μάζα.

Μορφές διάβρωσης μπορεί να οφείλονται και στην ιδιαίτερη σύσταση ή στη γεωλογική ετερογένεια ⁴⁴ του λίθου, όπως στην περίπτωση των ψαμμιτών του χώρου, που έχουν στη σύστασή τους αργιλοπυριτικά υλικά, τα οποία διογκώνονται με την απορρόφηση νερού και θρυμματίζονται με την εξάτμισή του. Ακόμα, η παρουσία φλεβιδίων στους λίθους επηρεάζει σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες των δομικών λίθων (Δείγματα: ΣΠΖ-12, ΜΠΖ-15).



Εικόνα 8.17: Αργιλικές προσμείξεις και σιδηρούχες φάσεις τοπικά στο δείγμα ΠΖΑ-2 (απολιθωματοφόρος δολομίτης).

Ανθρώπινος παράγοντας

Η δράση του ανθρώπου έχει αποδειχθεί πως παίζει σημαντικό ρόλο στην κατάσταση των μνημείων. Οι φθορές που αυτός επιφέρει μπορούν να διακριθούν σε εκούσιες (π.χ. φθορές που μπορεί να προκληθούν σε διαφορετικές ιστορικές φάσεις των μνημείων, ή σε περιόδους πολέμου) και ακούσιες (φθορές που προκαλούνται από τον άνθρωπο ως «χρήστη» στο παρελθόν και ως επισκέπτη στις μέρες μας) (Honeyborne, 1990: 231-236).

Στην περίπτωση της Κάτω Ζάκρου, οι φθορές που προκλήθηκαν από τον ανθρώπινο παράγοντα δεν είναι δυνατό να προσδιορισθούν με

⁴⁴ Η φθορά που προκαλείται από τη γεωλογική ετερογένεια των λίθων χαρακτηρίζεται ως «διαφορική φθορά» ή «ανομοιογενής φθορά» (Lewin & Charola, 1981: 205).

ακρίβεια. Κάποιες μηχανικές φθορές όμως ασφαλώς θα μπορούσαν να αποδοθούν στην παρουσία του ανθρώπου ως επισκέπτη και ως εργαζόμενο, στο σύνολο των μνημείων που αποτελούν τον αρχαιολογικό χώρο, εντός και εκτός περιφράξης.

Η δράση του ανθρώπου σε ότι αφορά προηγούμενες επεμβάσεις στερέωσης/συντήρησης αναλύεται εκτενώς στη συνέχεια.

VIII.5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΕΡΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Στον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου, έχουν πραγματοποιηθεί κατά διαστήματα διάφορες στερεωτικές εργασίες. Η αξιολόγηση τέτοιων πρότερων επεμβάσεων συντήρησης είναι ιδιαιτέρως χρήσιμη για τη μελέτη, τόσο των υλικών συντήρησης/αποκατάστασης που χρησιμοποιήθηκαν, όσο και για τον τρόπο εφαρμογής τους. Για τις περιπτώσεις που κάποια μέθοδος ή κάποιο υλικό έχουν δοκιμαστεί *in situ* σε βάθος χρόνου, η εξαγωγή πληρέστερων συμπερασμάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους ή την πρόκληση περαιτέρω προβλημάτων είναι ασφαλέστερη. Γενικά, η αποτίμηση παλαιότερων επεμβάσεων έχει αποδειχθεί πως βοηθά τον επιστημονικό κλάδο της συντήρησης, για την επιλογή πιο ορθών μεθόδων και υλικών στο μέλλον.

Τις εργασίες στερέωσης και συντήρησης που πραγματοποιήθηκαν στη θέση προ τουλάχιστον 30 ετών (δεκαετίες 70-80) μπορούμε να τις χαρακτηρίσουμε «γερασμένες». Οι επεμβάσεις αυτές παρουσιάζουν έντονα σημάδια φθοράς του υλικού στερέωσης (θραύσεις, αποκολλήσεις και ρηγματώσεις), με αποτέλεσμα να μην εξυπηρετούν πια σε μεγάλο βαθμό τον αρχικό τους σκοπό. Ακόμη, σε αρκετά σημεία γίνεται αντιληπτή η αστοχία στις συγκολλήσεις, καθώς παρατηρούνται φαινόμενα αποκολλήσεων και απολεπίσεων. Να σημειωθεί βέβαια, πως τα φαινόμενα αυτά δεν απαντούν σε όλη την έκταση των παλαιότερων επεμβάσεων, αλλά είναι φανερό πως, σε πολλές περιπτώσεις, οι επεμβάσεις έχουν χάσει τις αρχικές τους ιδιότητες.

Επιπρόσθετα, είναι γνωστό πως μία σειρά από υλικά και μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν, δεν χρησιμοποιούνται πλέον σε αντίστοιχες εργασίες συντήρησης, επειδή θεωρούνται μάλλον άστοχες ή

επιζήμιες. Βέβαια, πρέπει να αναγνωριστεί, πως σε έναν τόσο ιδιαίτερο χώρο, ο οποίος, κατά κύριο λόγο, αποτελείται από ποικίλους λίθους διαφορετικών χαρακτηριστικών, και μάλιστα ποικίλης παθολογίας, οι όποιες προσπάθειες αποκατάστασης και συντήρησης, ακόμα και με υλικά που σήμερα απορρίπτονται ως αδόκιμα για τέτοιου είδους επεμβάσεις, διαδραμάτισαν εντέλει θετικό ρόλο, καθώς συνέβαλαν, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, στην επιβράδυνση του ρυθμού φθοράς του. Τέλος, σημειώνεται, πως οι επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν τότε χαρακτηρίζονται έντονα από τον σωστικό τους χαρακτήρα και κρίνοντάς τις υπό αυτή την οπτική θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως αρκετά επιτυχείς και, παράλληλα, διακριτικές, χαρακτηριστικό που συντελεί στην «αυθεντικότητα» των αρχαιολογικών καταλοίπων του χώρου.



Εικόνα 8.18: Θραύσεις και ρηγματώσεις παλαιών κονιαμάτων.



Εικόνα 8.19: Θραύσεις και ρηγματώσεις παλαιών κονιαμάτων.



Εικόνα 8.20: Θραύσεις και ρηγματώσεις παλαιών κονιαμάτων.



Εικόνα 8.21: Θραύσεις και ρηγματώσεις παλαιών κονιαμάτων.

Αποτιμώντας τις προσπάθειες αποκατάστασης της τελευταίας, πιο πρόσφατης, φάσης επεμβάσεων, θα μπορούσε να παρατηρηθεί πως, σε αρκετά σημεία, αυτές περιέλαβαν εργασίες στερέωσης, οι οποίες, ως προς τον τρόπο εφαρμογής τους, δεν είναι απολύτως συμβατές με τον χαρακτήρα του χώρου και, εν γένει, της μινωικής αρχιτεκτονικής. Η σύσταση των κονιαμάτων, καθώς έχουν γίνει υπό την επίβλεψη και την πρόταση των αρμοδίων υπηρεσιών του Υπουργείου Πολιτισμού, μπορεί να θεωρηθεί ως επιτυχής και συνάδουσα με τον χώρο. Ωστόσο, πολλά προβλήματα μπορεί να παρατηρηθούν ως προς τον τρόπο εφαρμογής τους.

Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να παρατηρηθούν συγκολλήσεις θραυσμάτων, οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί με κονίαμα που αλλοιώνει την εικόνα του προς συγκόλληση λίθινου στοιχείου (βλ. εικόνα 8.23). Άλλο πρόβλημα που παρατηρήθηκε είναι η πραγματοποίηση συμπληρώσεων λίθινων στοιχείων με αδόκιμους τρόπους (βλ. εικόνα

8.24). Ακόμα, επισημαίνεται ότι έχει χρησιμοποιηθεί παντού κονίαμα μίας και μόνο απόχρωσης, γνώρισμα που υποβαθμίζει την ποικιλία της αρχιτεκτονικής σύνθεσης, την οποία χαρακτήριζε, μεταξύ άλλων, και η διαφορετικότητα των χρησιμοποιούμενων λίθων.

Κάτι που επίσης χαρακτηρίζει τις πρόσφατες επεμβάσεις συντήρησης είναι η μάλλον πρόχειρη διεκπεραίωσή τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αποκατάσταση βαθμίδων εισόδου και κατωφλιού στη Δυτική Πτέρυγα του ανακτορικού συγκροτήματος (βλ. εικόνα 8.25). Στην περίπτωση αυτή, αρχικά γεφυρώθηκαν επιφανειακά με κονίαμα, και χωρίς ουσιαστικά να συγκολληθούν, δύο διακριτοί λίθοι. Επιπρόσθετα, ο πωρόλιθος που χρησιμοποιήθηκε στις βαθμίδες έχει κονιάματα συγκόλλησης και σφράγισης στην άνω επιφάνειά του, ενώ η πλευρά που ακουμπά στο έδαφος δεν έχει υποστεί καμία επεξεργασία με κονίαμα, συνεπώς οι ρωγμές και οι θραύσεις παραμένουν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο λίθος να έχει επιβαρυνθεί με υλικό στερέωσης, αλλά καθώς αυτό έχει μερική, επιφανειακή και μονοδιάστατη, εφαρμογή, δεν του παρέχει απολύτως καμία προστασία από μελλοντικές καταπονήσεις. Αντίστοιχα παραδείγματα παρατηρούνται παντού, καθώς όλες ουσιαστικά οι εργασίες στερέωσης σε λίθους δεν έγιναν στο απαιτούμενο βάθος.

Τέλος, στις τοιχοποιίες παρατηρείται μορφολογική αλλοίωση μετά τις στερεωτικές εργασίες, καθώς η εικόνα τους δεν παραπέμπει πια σε μινωική αργολιθοδομή (βλ. εικόνα 8.22). Άλλωστε, στη μινωική αρχιτεκτονική το κονίαμα δεν αποτελούσε συνδετικό υλικό εντός των τοιχοποιιών, αλλά χρησιμοποιήθηκε μόνο ως επιχρίσμα. Είναι ξεκάθαρο πως, και στην περίπτωση των τοιχοποιιών, οι εργασίες έγιναν μάλλον επιφανειακά. Ιδανικά, θα έπρεπε να πραγματοποιηθούν στερεώσεις με εσωτερικά ενέματα, χωρίς τα κονιάματα να είναι εμφανή.

Γενικότερα, οι πρόσφατες επεμβάσεις επέφεραν αλλοιώσεις στον χώρο, ενώ σημειακά επηρεάστηκε και η μορφολογία των αρχαίων κτηρίων.



Εικόνα 8.22: Αλλοίωση αργολιθοδομής.



Εικόνα 8.23: Συγκόλληση λίθινου στοιχείου με άστοχο χρωματικά κονίαμα



Εικόνα 8.24: Συμπλήρωση λίθινου στοιχείου με αδόκιμο τρόπο.



Εικόνα 8.25: Οικοδομική αλλοίωση και αστοχίες συγκόλλησης.



Εικόνα 8.26: Αλλοίωση αργολιθοδομής και μορφολογίας κτηρίου.

VIII.6. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Οι επεμβάσεις συντήρησης και αποκατάστασης των λίθων αποβλέπουν στη στερέωση των διαβρωμένων τμημάτων τους και στην προστασία τους, υπό την έννοια της επιβράδυνσης ή της αναστολής των φαινομένων φθοράς. Τα κριτήρια επιλογής των υλικών και των μεθόδων συντήρησης προκύπτουν από τη γενική δεοντολογία αντιμετώπισης, τη συμβατότητα των νέων και υπαρχόντων υλικών και τη δυνατότητα αναστρεψιμότητας της επέμβασης, και αποσκοπούν στην αποκατάσταση της συνοχής των λίθων, τη βελτίωση της μηχανικής αντοχής τους και την ενίσχυσή τους ενάντια στους παράγοντες φθοράς.

Μόνο η προσεκτική και τακτική φροντίδα των μνημείων μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια ζωής τους, κρατώντας τους ρυθμούς φθοράς τους σε χαμηλούς δείκτες (Feilden, 1982: 217-231). Επιπρόσθετα, οι συντηρητές, που σήμερα αντιλαμβάνονται όλο κι περισσότερο την έννοια της προληπτικής συντήρησης, μιλούν όχι απλά για αναστρεψιμότητα

των υλικών, αλλά πλέον και για δυνατότητα επανεφαρμογής τους (Tabasso, 2001: 315, Price, 1996: 30).

Οι εργασίες συντήρησης στον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου προτείνεται να είναι τόσο επεμβατικές όσο και προληπτικής φύσεως. Θα μπορούσαν να διακριθούν σε εργασίες συντήρησης των επιμέρους λίθινων στοιχείων, σε εργασίες συντήρησης των λιθοδομών (τοιχοποιίες) και σε εργασίες που αφορούν στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου.

Πριν από την εφαρμογή των επεμβάσεων, είναι απαραίτητη η συμπλήρωση δελτίων συντήρησης, καθώς και η πλήρης φωτογραφική τεκμηρίωση και χαρτογράφηση των φθορών, τόσο στο σύνολο των μνημείων όσο και στα επιμέρους λίθινα στοιχεία. Οι παραπάνω εργασίες θα πρέπει να λαμβάνουν χώρα πριν, κατά τη διάρκεια, αλλά και μετά την ολοκλήρωση των επεμβάσεων, προς αξιολόγηση των στοιχείων.

Συμπερασματικά, με δεδομένη την κατάσταση διατήρησης του αρχαιολογικού χώρου, και για την καλύτερη συντήρηση του λίθινου υλικού δομής, αλλά και του συνόλου του χώρου, προτείνεται η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου προγράμματος επιτόπιας συντήρησης.

Η κατάσταση διατήρησης των επιμέρους λίθινων στοιχείων υπαγορεύει εφαρμογή προγράμματος συντήρησης της επιφάνειας (καθαρισμούς, συγκολλήσεις, ενέματα και σφραγίσεις), αλλά και τη στερέωση της μάζας τους αντίστοιχα.

Τόσο οι μέθοδοι όσο και τα υλικά που θα επιλεγούν οφείλουν να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις, από τις οποίες οι σημαντικότερες είναι:

1. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν να είναι δυνατό να αφαιρεθούν με τον κατά το δυνατό ευκολότερο και λιγότερο επιβλαβή για τα αρχαία υλικά τρόπο.
2. Τα υλικά αυτά να μην επιφέρουν μορφολογικές αλλοιώσεις, μειώνοντας την αρχαιολογική αξία του έργου.
3. Να είναι όσο το δυνατό πιο ανθεκτικά στους πολλαπλούς παράγοντες φθοράς.

4. Να υπάρχει αποδεδειγμένη πειραματικά συμβατότητα μεταξύ υλικών συντήρησης και αρχαίων δομικών υλικών.
5. Τα υλικά συντήρησης να διαθέτουν ουδέτερο pH (κοντά στο 7), προς αποφυγή περαιτέρω φθορών του μνημείου.
6. Να μην είναι υλικά που να διογκώνονται.
7. Να διαθέτουν παραπλήσιο συντελεστή θερμικής διαστολής με αυτόν των δομικών υλικών με τα οποία έρχονται σε επαφή.
8. Να μην είναι ευπρόσβλητα στην υπεριώδη ακτινοβολία.
9. Να μην ελκύουν αιωρούμενα σωματίδια.
10. Να μην προσβάλλονται εύκολα από ποικίλων ειδών μικροοργανισμούς.
11. Να διαθέτουν ιδιότητες, όπως μηχανική αντοχή, πορώδες και σκληρότητα, πάντα σε συνάρτηση με αυτές των δομικών υλικών του μνημείου.
12. Να μην προσβάλλονται σύντομα από τους διαφόρους ρυπαντές.
13. Να μην επιβαρύνουν την υγεία των συντηρητών και να είναι κατά το δυνατό φιλικά προς το περιβάλλον.

VIII.6.1. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΟΛΟΜΙΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Πιο συγκεκριμένα, για τους λίθους από ασβεστόλιθο, απολιθωματοφόρο ασβεστόλιθο, δολομίτες, ασβεστολιθικούς δολομίτες και σε απολιθωματοφόρους δολομίτες, οι εργασίες συντήρησης που προτείνονται, με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λίθων αυτών και την παθολογία που παρουσιάζουν στο σύνολο τους, είναι:

- Ήπιοι επιφανειακοί καθαρισμοί (με μηχανικά μέσα και υγροί, ή σε συνδυασμό).
- Για την απομάκρυνση των εξανθίσεων αλάτων, προτείνονται μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν επιτόπου στο χώρο. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οπότε παρατηρείται και η εξάνθιση, να πραγματοποιηθεί είτε απομάκρυνση των κρυστάλλων των αλάτων με βούρτσισμα, είτε αυτή να επιτευχθεί με τη χρήση επιθεμάτων (χαρτοβάμβακα ή κάποιας προσροφητικής αργίλου).

- Για την καταπολέμηση της παρασιτικής βλάστησης, που αποτελεί και ένα βασικό παράγοντα και στην αισθητική υποβάθμιση του χώρου, προτείνεται να υπάρχει σχολαστικός και τακτικός καθαρισμός του χώρου. Στις περιπτώσεις της παρασιτικής βλάστησης ενδιάμεσως των λίθων, και γενικότερα των τοιχοποιιών, πέραν του τακτικού και σχολαστικού καθαρισμού, προτείνεται να ακολουθήσει σφράγιση του σημείου με κατάλληλο υλικό-κονίαμα, ώστε να αποτραπεί στο μέγιστο βαθμό η επανεμφάνιση βλάστησης. Σε ρωγμές και σε κοιλότητες που έχουν αναπτυχθεί ρίζες φυτών, προτείνεται σχολαστικός καθαρισμός των ρωγμών και απομάκρυνση των ριζών με μηχανικά μέσα, ακολουθούμενη από εφαρμογή ενεμάτων και κονιαμάτων στα σημεία αυτά για να αποτραπεί η επανεμφάνιση του φαινομένου. Στο σημείο αυτό σημειώνεται ότι, γενικά, για την αντιμετώπιση του προβλήματος σε μνημεία, έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα, κατά κόρον, προϊόντα της κατηγορίας των ζιζανιοκτόνων. Ωστόσο, επικρατεί πλέον σκεπτικισμός για τη χρήση αυτής της κατηγορίας υλικών, τόσο εξαιτίας της μακροπρόθεσμα βλαπτικής επίδρασής τους στα μνημεία, όσο και εξαιτίας των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον. Στην περίπτωση του χώρου της Κάτω Ζάκρου, η εφαρμογή τέτοιων υλικών θα μπορούσε να φανεί αρχικά ωφέλιμη, όμως ο κίνδυνος της μόλυνσης των υδάτων λόγω της θέσης του μνημείου αποκλείει την εφαρμογή τους, καθώς θα μπορούσαν να δημιουργηθούν σημαντικές βλάβες στο οικοσύστημα της περιοχής.
- Στην περίπτωση των μικροοργανισμών, προτείνεται ήπιος καθαρισμός τους και χρήση βιοκτόνων, πάντα μετά από δοκιμές σε κάθε είδος λίθου χωριστά. Σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να έχει καλύτερο αποτέλεσμα ο συνδυασμός του χημικού καθαρισμού (χρήση βιοκτόνου) με μηχανικό καθαρισμό.
- Για τις παλαιότερες επεμβάσεις, προτείνεται πλήρης αφαίρεση των κονιαμάτων στερέωσης, σφράγισης και συγκολλήσεων, εκτός εάν κριθεί πως η αφαίρεση κάποιων εξ αυτών θα προκαλέσει περαιτέρω φθορά στις επιφάνειες. Η αφαίρεση πρότερης

επέμβασης απαιτεί να τεκμηριωθεί πλήρως πριν την απομάκρυνσή της και να διατηρηθεί φωτογραφικό αρχείο.

- Για την πλήρωση των ρωγμών, προτείνεται να γίνει εφαρμογή ενεμάτων. Σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία για τον σχεδιασμό των ενεμάτων σε ασβεστόλιθους, προτείνεται συχνά η αναλογία Ca(OH)_2 και ποζολάνης να είναι της τάξης 2:1 ή 3:1 (Παπασταματίου, 2004: 47-48; 2007: 43-50).
- Στην περίπτωση που θα προκύψουν θραύσματα προς συγκόλληση, οι συγκολλήσεις προτείνεται να πραγματοποιηθούν με κονίαμα που θα έχει ως βάση το λευκό τσιμέντο Δανίας και ασβέστη (Ca(OH)_2), σε αναλογία 1:1. Για τις συγκολλήσεις θραυσμάτων, ενδεχομένως, και μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, μπορεί να κριθεί αναγκαία η χρήση οπλισμού με ράβδους τιτανίου, που αποτελεί μία ασφαλή για τους λίθους διαδικασία.⁴⁵
- Σε σχέση με τις σφραγίσεις των ρωγμών, τονίζεται πως πρόκειται για μία ενέργεια που είναι αναγκαία για την επιτυχή εφαρμογή των ενεμάτων και των συγκολλήσεων. Με τη σφράγιση των ρωγμών και των κενών των λίθων, εξομαλύνονται οι επιφάνειες και μειώνονται σημαντικά τα ενεργά κέντρα διάβρωσης. Οι ερευνητικές εργασίες για τα κονιάματα σφράγισης διαχρονικά στρέφονται προς τη χρήση των ανόργανων υλικών (πολύ λίγες προτείνουν συνδυασμό ανόργανων και οργανικών ουσιών). Στην περίπτωση των λίθων του αρχαιολογικού χώρου, προτείνεται ως κονίαμα σφράγισης ένα κονίαμα με λευκό τσιμέντο Δανίας, ασβέστη (Ca(OH)_2), θηραϊκή γη, χαλαζιακή άμμο και κάπιοια, ενδεχομένως υδατοδιαλυτή, χρωστική, σε αναλογία 1:2:2:7, ώστε να επιτευχθεί ένα αισθητικά άρτιο αποτέλεσμα (Παπασταματίου, 2004: 47-48; 2007: 43-50).
- Όλα τα παραπάνω προτείνονται ως επεμβάσεις σε μεμονωμένους λίθους κυρίως, που είναι κατεργασμένοι, είναι ξεκάθαρη η αρχική τους θέση και αποτελούν οικοδομικά στοιχεία που η άρτια

⁴⁵ Σε περιπτώσεις συγκόλλησης μεγάλων τμημάτων, ο υπολογισμός του οπλισμού προτείνεται να γίνει από πολιτικό μηχανικό.

διατήρησή τους στον χρόνο είναι σημαντική για την εικόνα του συνόλου του μνημείου. Ακόμα, για την επιτυχή συντήρηση αυτών των λίθων, θα πρέπει να εξεταστεί ανά περίπτωση η ανασήκωσή τους από την αρχική τους θέση και η μετά τις εργασίες συντήρησης επανατοποθέτησή τους, έτσι ώστε οι επεμβάσεις να μπορούν να ολοκληρωθούν και να μην παρουσιάσουν αστοχίες.

- Τέλος, οι συστάσεις των κονιαμάτων που προτείνονται ενδείκνυνται περισσότερο σε λίθους που ταυτίζονται με τα δοκίμια ΑΠΖ-8 (Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος), ΑΠΖ-9 (Απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος) και ΑΠΖ13 (Δολομίτης). Ιδανικά θα πρέπει να γίνουν δοκίμια *in situ*, αλλά και εργαστηριακές δοκιμές.

VIII.6.2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΨΑΜΜΙΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Για τους ψαμμιτικούς λίθους, οι εργασίες συντήρησης που προτείνονται είναι οι ακόλουθες:

- Ήπιος επιφανειακός καθαρισμός (μηχανικός και υγρός ή συνδυασμός αυτών).
- Για την παρασιτική βλάστηση, προτείνεται και εδώ σχολαστικός και τακτικός καθαρισμός, ενδιάμεσως των λίθων και των τοιχοποιιών με απομάκρυνση των ριζών με μηχανικά μέσα. Όπως και με τους ασβεστόλιθους, να ακολουθήσει σφράγιση του σημείου με κατάλληλο υλικό-κονίαμα, ώστε να αποτραπεί στο μέγιστο βαθμό η επανεμφάνιση βλάστησης. Σε ρωγμές και σε κοιλότητες που έχουν αναπτυχθεί ρίζες φυτών, προτείνεται σχολαστικός καθαρισμός των ρωγμών και απομάκρυνση των ριζών με μηχανικά μέσα, ακολουθούμενη από εφαρμογή ενεμάτων και κονιαμάτων στα ίδια σημεία.
- Στην περίπτωση των μικροοργανισμών, προτείνεται ήπιος καθαρισμός τους και χρήση βιοκτόνων, πάντα μετά από δοκιμές σε κάθε λίθο χωριστά. Σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να έχει καλύτερο αποτέλεσμα ο συνδυασμός του χημικού καθαρισμού (χρήση βιοκτόνου) με μηχανικό καθαρισμό.

- Για την απομάκρυνση των εξανθίσεων αλάτων προτείνονται μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν επιτόπου στο μνημείο. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οπότε παρατηρείται και η εξάνθιση, να πραγματοποιηθεί είτε απομάκρυνση των κρυστάλλων των αλάτων με βούρτσισμα, είτε αυτή να επιτευχθεί με τη χρήση επιθεμάτων (χαρτοβάμβακα ή κάποιας προσροφητικής αργίλου).
- Για τις παλαιότερες επεμβάσεις, προτείνεται πλήρης αφαίρεση των κονιαμάτων σφράγισης και των συγκολλήσεων, εκτός εάν κριθεί πως η αφαίρεση κάποιων εξ αυτών θα προκαλέσει περαιτέρω φθορά στις επιφάνειες.
- Για την πλήρωση των ρωγμών προτείνεται να γίνει εφαρμογή ενεμάτων. Για τον σχεδιασμό των ενεμάτων στους ψαμμίτες, προτείνεται συχνά η αναλογία $\text{Ca}(\text{OH})_2$ και αδρανούς (τύπου χαλαζιακής άμμου) να είναι της τάξης 1:2 ή 1:4.
- Στην περίπτωση που θα προκύψουν θραύσματα προς συγκόλληση, οι συγκολλήσεις προτείνεται να πραγματοποιηθούν με κονίαμα που θα έχει ως βάση την υδράσβεστο και ποζολάνη ή αδρανές (εναλλακτικά και ποζολάνη και αδρανές), σε αναλογία 1:2(εναλλακτικά 1:1:1) ή 1:4 (εναλλακτικά 1:3:1 ή 1:2:2).
- Σε σχέση με τις σφραγίσεις των ρωγμών, σημειώνεται και εδώ ότι πρόκειται για μία ενέργεια που κρίνεται αναγκαία για την επιτυχή εφαρμογή των ενεμάτων και των συγκολλήσεων. Με τη σφράγιση των ρωγμών και των κενών των λίθων, εξομαλύνονται οι επιφάνειες και μειώνονται σημαντικά τα ενεργά κέντρα διάβρωσης. Στην περίπτωση των ψαμμιτικών στοιχείων, προτείνεται για κονίαμα σφράγισης ένα κονίαμα με ασβέστη ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), ποζολάνη, χαλαζιακή άμμο και, ενδεχομένως, κάποια υδατοδιαλυτή χρωστική ή χρώμα ή πηλός, σε αναλογία 1:2:7, ώστε να επιτευχθεί ένα αισθητικά άρτιο αποτέλεσμα.
- Όλα τα παραπάνω προτείνονται ως επεμβάσεις σε μεμονωμένους λίθους κυρίως, που είναι κατεργασμένοι, είναι ξεκάθαρη η αρχική τους θέση και αποτελούν οικοδομικά στοιχεία που η άρτια διατήρησή τους στο χρόνο είναι σημαντική για την εικόνα του

συνόλου του μνημείου. Ακόμα, για την επιτυχή συντήρηση αυτών των λίθων θα πρέπει να εξεταστεί ανά περίπτωση η αναστήκωσή τους από την αρχική τους θέση και η επανατοποθέτησή τους, έτσι ώστε οι επεμβάσεις να μπορούν να ολοκληρωθούν και να μην παρουσιάσουν αστοχίες.

- Τέλος, οι συστάσεις των κονιαμάτων που προτείνονται ενδείκνυνται περισσότερο στους ψαμμιτικούς λίθους, αλλά και στους πωρόλιθους, που αναγνωρίζονται ως απολιθωματοφόροι ασβεστόλιθοι.

VIII.6.3. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΥΡΥΤΕΡΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Η κατάσταση διατήρησης των λίθων στον αρχαιολογικό χώρο της Κάτω Ζάκρου επιβάλλει την εφαρμογή μιας σειράς εργασιών αποκατάστασης, που να στοχεύουν στην αντιμετώπιση κι επιβράδυνση των φαινομένων φθοράς, έτσι ώστε το μνημείο να διατηρηθεί στην κατά το δυνατό καλύτερη κατάσταση στο πέρασμα των χρόνων.

Ο αρχαιολογικός χώρος της Κάτω Ζάκρου, λόγω της αρκετά μεγάλης του έκτασης και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του, χρειάζεται ένα βραχυπρόθεσμο έργο στερεωτικών εργασιών, ανασκαφικού έργου και συντήρησης. Η έκταση του χώρου είναι πολύ μεγάλη, τόσο εντός αλλά και εκτός περίφραξης, και απαιτούνται εργασίες σε όλη του την έκταση.

Για να μπορεί ένας τόσο μεγάλος και απαιτητικός χώρος να βρίσκεται σε όσο το δυνατόν καλύτερη κατάσταση, θα πρέπει να υπάρχει πρόγραμμα τακτικών και συνεχών εργασιών, ιδιαίτερα για την καταπολέμηση του ριζικού συστήματος της βλάστησης στις τοιχοποιίες και στον περιβάλλοντα χώρο. Η παρασιτική βλάστηση θα πρέπει, αν όχι να εξαφανιστεί τελείως, τουλάχιστον να περιοριστεί στο ελάχιστο, καθώς οι ζημιές που προκαλεί στον χώρο είναι μη αναστρέψιμες και επιφέρουν έναν πολύ γρήγορο ρυθμό φθοράς. Αν υπάρχει τακτική και συνεχής φροντίδα του χώρου, μακροπρόθεσμα θα μειωθεί το κόστος του επιφανειακού καθαρισμού του, ενώ παράλληλα αυτός θα απαιτεί πολύ

λιγότερο μόχθο. Σε αυτό το πρόγραμμα, πρέπει να συμπεριληφθεί όλη η ανασκαμμένη έκταση με μινωικά κατάλοιπα, για τον προφανή λόγο της καλύτερης διατήρησης του συνόλου τους στο χρόνο.

Αν και η Κάτω Ζάκρος χαρακτηρίζεται από κλίμα ζεστό και ξηρό κατά τη χειμερινή περίοδο, οι βροχοπτώσεις δεν είναι αμελητέες. Συνεπώς, θα πρέπει να προβλεφθούν και να προγραμματιστούν αποστραγγιστικά έργα με βάση τα φυσικά-γεωλογικά χαρακτηριστικά της θέσης μετά από πλήρη και σε βάθος μελέτη τους. Τα έργα αυτά θα απομακρύνουν στο μέγιστο βαθμό τα όμβρια ύδατα με φυσικό τρόπο, ενώ, παράλληλα, θα πρέπει να στοχεύουν στο να αποτρέπουν τη διοχέτευση νερού εντός του ανακτορικού συγκροτήματος. Σημειώνεται, βέβαια, πως τα μνημεία του χώρου υπόκεινται στην επιζήμια για αυτά δράση του νερού λόγω της τόσο κοντινής απόστασης από την ακτή, κάτι το οποίο προφανώς δε μπορεί να αποφευχθεί. Το να συσσωρεύονται και να λιμνάζουν νερά όμως εντός του χώρου και να επιβαρύνουν με αυτόν τον τρόπο το μνημείο, ακόμα και αν αυτό συμβαίνει για κάποιες μόνο μέρες του χρόνου, αποτελεί καίριο πρόβλημα, το οποίο θα πρέπει να αντιμετωπισθεί δραστικά.

Επιπλέον, θα ήταν χρήσιμο ο χώρος να χωρισθεί σε ζώνες ανάλογα με τις στερεωτικές ανάγκες που έχει, και στη συνέχεια να γίνει βραχυπρόθεσμος προγραμματισμός για τη συντήρησή του. Αποσπασματικές και σημειακές εργασίες θα πρέπει να αποφεύγονται, πλην άμεσων σωστικών μέτρων που ενδεχομένως θα πρέπει κατά περίπτωση να ληφθούν, γιατί ενδέχεται να επιφέρουν αισθητικές αλλοιώσεις ή και να αποβούν επιζήμιες, καθώς, μοιραία, δεν θα έχουν μελετηθεί σε βάθος.

Προτείνεται, συνεπώς, να γίνει μία πλήρως τεκμηριωμένη μελέτη σχετικά με το ποια κτήρια έχουν την πιο άμεση ανάγκη επεμβάσεων και, στη συνέχεια, αυτά να ταξινομηθούν βάση των αναγκών φθοράς που εμφανίζουν, με στόχο να υπάρξουν προτεραιότητες στο συνολικό πρόγραμμα συντήρησης του αρχαιολογικού χώρου. Τέλος, επιβάλλεται να υπάρξει μέριμνα και για τα αρχιτεκτονικά κατάλοιπα που βρίσκονται

εκτός του περιφραγμένου αρχαιολογικού χώρου, τα οποία, παρά τη σημαντικότητά τους, παρουσιάζουν μία εικόνα εγκατάλειψης.

Οι όποιες εργασίες στερέωσης και συντήρησης θα πρέπει να εφαρμόζονται, αφού προηγουμένως μελετηθούν ενδελεχώς αρχιτεκτονικά σχέδια, αρχαιολογικές αναφορές και φωτογραφικό υλικό. Πρέπει να αρχίσει να γίνεται λεπτομερής σχεδιαστική αποτύπωση των επιμέρους λίθων (κατώφλια, βάσεις κιόνων) και αποτύπωση των φθορών που παρουσιάζουν, ώστε να μη χαθούν τεμάχιά τους και να μπορούν να αποκατασταθούν. Μετά από σωστή τεκμηρίωση, θα πρέπει να απομακρυνθούν οι παλαιότερες επεμβάσεις, όπου αυτό είναι εφικτό και δεν προκαλείται περαιτέρω φθορά, και στη συνέχεια τα κατάλοιπα να συντηρηθούν με βάση το συνολικό πρόγραμμα.

Οι επιμέρους κατηγορίες λίθων θα πρέπει να διαχωριστούν ως προς τις επεμβάσεις και να αντιμετωπιστούν η καθεμία ανάλογα με την παθολογία που παρουσιάζει. Σε κάποιες περιπτώσεις, και όταν αυτό είναι εφικτό, θα πρέπει να αναστηλώνονται από την αρχική του θέση και να συντηρούνται μεμονωμένα, σύμφωνα με τα παραπάνω.

Όσον αφορά τις τοιχοποιίες, τα προς χρήση υλικά και κονιάματα θα πρέπει να προταθούν από μηχανικό εξειδικευμένο σε αναστηλωτικά έργα αρχαίων μνημείων, ο οποίος θα υποδείξει και θα εποπτεύσει και τους τρόπους εφαρμογής τους. Αυτό που θα πρέπει να επιτευχθεί είναι εφαρμογή κονιαμάτων στερέωσης σε τοιχοποιίες, υπό τη μορφή ενεμάτων όσο το δυνατόν λιγότερο εμφανών, καθώς στη μινωική αρχιτεκτονική δεν συμπεριλαμβανόταν κονίαμα ως συνδετικό υλικό εντός της τοιχοποιίας και ενδιάμεσα των λίθων.

Όλα τα παραπάνω οδηγούν στην πρόταση για τη δημιουργία ενός μακροπρόθεσμου και ενιαίου προγράμματος συντήρησης του αρχαιολογικού χώρου της Ζάκρου, με τη συνεργασία επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων, αρχαιολόγων, αρχιτεκτόνων, γεωλόγων, χημικών μηχανικών, πολιτικών μηχανικών και συντηρητών αρχαιοτήτων. Μετά την πλήρη εφαρμογή ενός τέτοιου προγράμματος, η συστηματική και συνεχόμενη συντήρηση του χώρου, και κατ' επέκταση η πρόληψη και επίλυση των επικείμενων προβλημάτων, ελπίζεται ότι θα ελαττώσει

κατά πολύ το κόστος και τον μόχθο διατήρησής του σε καλή κατάσταση, έτσι ώστε αυτός να διασωθεί υπέρ της Επιστήμης, αλλά ταυτόχρονα και να αποτελέσει πόλο έλξης του διεθνούς τουρισμού, καταλαμβάνοντας τον χώρο που πραγματικά αξίζει.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η ενδεδειγμένη μελέτη του λίθινου υλικού δομής σε έναν αρχαιολογικό χώρο είναι μια αρκετά απαιτητική διαδικασία, που περιλαμβάνει μια σειρά από αναζητήσεις σχετικά με το είδος και τις ιδιότητες του εν λόγω υλικού, αλλά και την απόκτηση μιας πλήρους εικόνας για την κατάσταση διατήρησης του χώρου. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατό να οδηγηθεί κάποιος σε κατά το δυνατόν ασφαλή συμπεράσματα, σχετικά με τους ενδεδειγμένους τρόπους προστασίας και διαχείρισης των αρχιτεκτονικών καταλοίπων, συνολικότερα.

Στην παρούσα εργασία για τα λίθινα υλικά δομής που απαντούν στη μινωική εγκατάσταση της Κάτω Ζάκρου, πραγματοποιήθηκε διερεύνηση ταύτισης, αναγνώριση και χαρακτηρισμός των λίθινων δομικών στοιχείων των νεοανακτορικών κτηρίων του αρχαιολογικού χώρου, με ιδιαίτερη αναφορά στα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά τους, τις συνθήκες χρήσης τους, τη φυσικοχημική τους σύσταση και την πιθανή προέλευση τους, καταλήγοντας σε συγκεκριμένες προτάσεις για την προστασία και τη διατήρησή τους.

Στη διαδικασία αυτή, εκτός από την αναγνώριση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των λίθων, οδηγηθήκαμε και σε αντιστοίχιση των λιθοτύπων που απαντούν στον αρχαιολογικό χώρο με τους χώρους προέλευσής τους (αρχαία λατομεία), με αποτέλεσμα να υπάρχει πλέον ασφαλής τρόπος προμήθειας αντίστοιχου πρωτογενούς υλικού, είτε για την πραγματοποίηση απαιτητικών πειραματικών δοκιμών, είτε για τη χρήση του ως σχετικού υλικού πλήρωσης σε αναστηλωτικές εργασίες εντός του χώρου.

Σαν κατάληξη, μετά από ενδελεχή ανάλυση της παθολογίας του λίθινου υλικού δομής, καθώς και των ειδικών περιβαλλοντικών παραγόντων της περιοχής της Κάτω Ζάκρου, προέκυψαν συγκεκριμένες εμπειριστατωμένες προτάσεις για τον τρόπο προστασίας και

συντήρησης των ίδιων των λίθινων στοιχείων, αλλά και για τις ενδεδειγμένες τεχνικές διαχείρισης της λιθοδομής.

Σε ότι αφορά στη μελλοντική διερεύνηση του θέματος και την επέκταση της παρούσας μελέτης, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί περαιτέρω δειγματοληψία και ανάλυση δειγμάτων λίθινου υλικού από τις υπάρχουσες *in situ* μινωικές κατασκευές. Σε αυτή την περίπτωση πέραν των μεθόδων που έχουν χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία θα μπορούσε να εφαρμοστεί και ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (S.E.M.), η οποία θα λειτουργούσε συμπληρωματικά στη μικροσκοπική παρατήρηση και θα έδινε μια πιο ασφαλή και συγκεκριμένη εικόνα για τη παθολογία του υλικού σε συγκεκριμένες θέσεις στο χώρο.

Γενικά, η δειγματοληψία από τα αρχιτεκτονικά κατάλοιπα θα βοηθούσε στην εξαγωγή ακόμα πιο ασφαλών συμπερασμάτων, καθώς, λόγω περιορισμών στη σχετική αδειοδότηση, η αντιστοίχιση των λιθοτύπων των λιθοδομών με εκτός της αρχικής τους θέσης λίθους, οι οποίοι επιλέχθηκαν από λιθοσωρούς στο χώρο, έγινε μόνο μακροσκοπικά.

Τέλος, προτείνεται να διερευνηθεί η δυνατότητα πραγματοποίησης, σε εργαστήριο αλλά και *in situ*, πειραματικής μελέτης χρήσης σύγχρονων υλικών συντήρησης (νανοϋλικών), προκειμένου να εξεταστεί η επίδρασή τους στους εν λόγω λίθους και η ασφάλεια χρήσης τους στα συγκεκριμένα αρχαιολογικά κατάλοιπα. Έτσι, θα είναι στο μέλλον δυνατό να προταθεί εμπεριστατωμένα η κατά συνθήκη χρήση τους ως υλικών συντήρησης και στερέωσης σε λίθους του χώρου (Sierra-Fernandez κ.ά., 2017: 1-13; Ιον κ.ά., 2018: 173-181), με στόχο την αποτελεσματικότερη και σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου προστασία τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Andrew, C. 1994. *Stone Cleaning, A Guide for Practitioners*, Historic Scotland, 1994.
- Arnold, A. 1981. «Nature and Reaction of Saline Minerals in Walls», *The Conservation of Stone II*, Centro per la conservation del les culture all' aperto, Bologna, 1981.
- Arnold, A. 1984. «Determination of mineral salts from monuments», *Studies in Conservation*, 29:3, 129-138.
- Βαρτή-Ματαράγκα Μ., 2001. Η Μελέτη του του Δομικού Υλικού: «Διάγνωση-Φθορά -Προέλευση», *Ο Δομικός Λίθος στα Μνημεία*, Πρακτικά Διεπιστημονικής Ημερίδας, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών- Ελληνικό Τμήμα ICOMOS, 2001, 77-97
- Βασιλάκης, Α. 2001. *Μινωική Κρήτη από τον Μύθο στην Ιστορία*, εκδόσεις ΑΔΑΜ. Αθήνα.
- Βλαζάκη, Μ. & Λ. Πλάτων, 2005. «Κρήτη. Προϊστορικοί χρόνοι», στο Α. Βλαχόπουλος (επιμ.) *Αρχαιολογία. Νησιά του Αιγαίου*, Εκδόσεις «Μέλισσα», Αθήνα 2005.
- Βοκοτόπουλος, Λ. 2007. *Το Κτηριακό Συγκρότημα του Φυλακίου της Θάλασσας στον Όρμο Καρούμες και η περιοχή του. Ο χαρακτήρας της κατοίκησης στην ύπαιθρο της Ανατολικής Κρήτης κατά τη Νεοανακτορική Εποχή*, Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Brown, A. 1993. *Before Knossos... Arthur Evans's travels in the Balkans and Crete*. Oxford.
- Charola, A. E., & E. Wendler, 2015. An Overview of the Water-Porous Building Materials Interactions. *Restoration of Buildings and Monuments 2015*, 55-65.

- Chlouveraki, S. 2006. *Gypsum in Minoan Architecture: Exploitation, Utilisation and Weathering of a Prestige Stone*, PhD Thesis, Institute of Archaeology, University College London.
- Chrysoulaki, S. & L. Platon, 1987. Relations between the Town and Palace of Zakros, στο R. Hägg & N. Marinatos (επιμ.), *The Function of the Minoan Palaces*, Stockholm, 77–83.
- Δογάνη, Ι., Α. Μωραΐτου, & Α. Γαλανού, 1994. «Το Έργο της Συντήρησης», *Συντήρηση της Επιφάνειας των Μνημείων της Ακρόπολης*, Επιτροπή Συντηρήσεως των Μνημείων της Ακροπόλεως, Αθήνα, 51–69.
- Doehne, E. & P. A. Price, 2010. *Stone Conservation: An Overview of Current Research*, Second Edition, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- Evans, A. J. 1921–1936. *The Palace of Minos at Knossos*, Vols. I, II, III, IV, with Index Volume, London (Reprinted 1964).
- Feilden, B. 1982. *Conservation of Historic Buildings*, Butterworth Scientific.
- Honeyborne, D. 1990. «Effects of Large Numbers of Visitors on Historic Buildings», *Conservation of building and decorative stone*. Ashurst, John; Dimes, Francis G., Editors. Butterworth–Heinemann, Boston. 231–236.
- Hogarth, D. J. 1901. «Excavations at Zakro, Crete», *The Annual of the British School at Athens* 7, 121–149.
- Hogarth, D. J. 1910. *Accidents of an Antiquary's Life*, London.
- Θεουλάκης, Π. 1993. *Μελέτη των Αιτιών και των Μηχανισμών Διάβρωσης του Ψαμμίτη του Κάστρου και της Μεσαιωνικής Πόλης της Ρόδου*, Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Αθήνα.
- Θεουλάκης, Π. 1994α. *Συντήρηση Πέτρας Ι*, ΑΤΕΙ–Αθήνας, Αθήνα.
- Θεουλάκης, Π. 1994β. *Συντήρηση Πέτρας ΙΙ*, ΑΤΕΙ–Αθήνας, Αθήνα.
- ICOMOS–International Scientific Committee for Stone (ISCS), 2008. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns, Monuments and Sites XV*, ICOMOS, France.

- Ion, R. M., S. M. Doncea, & D. Ţurcanu-Caruţiu, 2018. Nanotechnologies in Cultural Heritage – Materials and Instruments for Diagnosis and Treatment. *Novel Nanomaterials – Synthesis and Applications*, Chapter 10, 173–190.
- Kardara, E. 2010. The “Loxo” (Oblique) building at Zakros, *In proc. of Monument Damage Hazards and Rehabilitation Technologies, 8th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin*, Patras, Greece.
- Κατσικής, Ι., Ε. Κωνσταντινίδου, & Μ. Δημητρούλα, 2002. Αναλυτικές Τεχνικές στη Μελέτη των Δομικών Λίθων. *Ο Δομικός Λίθος στα Μνημεία*, Πρακτικά Διεπιστημονικής Ημερίδας, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών–Ελληνικό Τμήμα ICOMOS, 2001, 99–103.
- Κοκκορού–Αλευρά, Γ., Ε. Πουπάκη, Α. Ευσταθόπουλος, & Α. Χατζηκωνσταντίνου, 2014. *Corpus Αρχαίων Λατομείων. Λατομεία του ελλαδικού χώρου από τους προϊστορικούς έως τους μεσαιωνικούς χρόνους*, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Κορρές, Μ., & Χ. Μπούρας, 1983. *Μελέτη Αποκατάστασης του Παρθενώνος*, Επιτροπή Συντηρήσεως Μνημείων Ακροπόλεως, ΥΠ.ΠΟ., Αθήνα.
- Λαμπρόπουλος, Β. Ν. 1993. *Διάβρωση και συντήρηση της πέτρας*, Αθήνα.
- Lewin, S., & A. Charola, 1982. «Stone decay due to Foreign Inclusions», *The Conservation of Stones, Proceedings Of the International Congress*, Bologna, 205
- Λυριτζής, Ι. 2005, *Φυσικές Επιστήμες στην Αρχαιολογία*, Αθήνα.
- Mamillan, M., & A. Bouineau, 1976. «Etude de l’ Assechement des murssoumis a des remontees capillaires», *The Conservation of Stones*, Centro per la conservation del les culture all’ aperto, Bologna.
- Μαντζουράνη, Ε. 2002. *Προϊστορική Κρήτη, Τοπογραφία και Αρχιτεκτονική. Από τη Νεολιθική εποχή έως και τους νεοανακτορικούς χρόνους*, Ινστιτούτο του Βιβλίου–Α. Καρδαμίτσα, Αθήνα.

- Μανωλιούδης, Σ. 2013. *Από τα Αρχαία Λατομεία στα Μνημεία του Πολιτισμού*, Ηράκλειο Κρήτης.
- Μοροπούλου, Α. 2005. *Δομικά Υλικά Ιστορικών Μνημείων (Λίθοι, Μάρμαρα)*, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ, Αθήνα.
- Μοροπούλου, Α. 2006. *Κριτήρια Αξιολόγησης της Επιδεκτικότητας των Δομικών Υλικών στη Φθορά, βάσει των ιδιοτήτων τους*, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ, Αθήνα.
- Μοροπούλου, Α. 2007α. *Υψηλή Μετρική Τεχνολογία - Μη καταστρεπτικές και Ενόργανες Μέθοδοι Διάγνωσης της Φθοράς και Ελέγχου Υλικών και Επεμβάσεων Συντήρησης*, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ, Αθήνα.
- Μοροπούλου, Α. 2007β. *Μέθοδοι Ελέγχου της Αποτελεσματικότητας των διαφόρων Επεμβάσεων*, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ, Αθήνα.
- Μοροπούλου, Α. 2008. *Χαρακτηρισμός, Έλεγχος Ποιότητας, Διάγνωση Φθοράς και Συντήρηση Δομικών Υλικών - Μεθοδολογία ενόργανων και μη Καταστρεπτικών Τεχνικών*, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ, Αθήνα.
- Νακάσης, Α. 1987. Λατομείο και ιχθυοπαγίδα στον όρμο της Κάτω Ζάκρου, *Αναστήλωση - Συντήρηση - Προστασία Μνημείων και Συνόλων*, Β, 85-98.
- Νακάσης Α., & Α. Ταγωνίδου, 1993. Εντοπισμός αρχαίων θέσεων στην ευρύτερη περιοχή της Ζάκρου, *Αναστήλωση - Συντήρηση - Προστασία Μνημείων και Συνόλων*, Γ, 7-39.
- Οικονόμου, Γ. 1998. «Προβλήματα που Προκύπτουν από την Παρουσία της Αυτοφυούς Βλάστησης στους Αρχαιολογικούς Χώρους», *Αυτοφυής Βλάστηση στους Αρχαιολογικούς Χώρους, Διημερίδα: 22-23 Μαΐου 1998*, Αθήνα, Έκδοση της Ενώσεως Φίλων Ακροπόλεως, 65-70.
- Ορλάνδος, Α. Κ. 1955-60. *Τα υλικά δομής των αρχαίων Ελλήνων και οι τρόποι εφαρμογής αυτών κατά τους συγγραφείς, τας επιγραφάς και τα μνημεία*, Αθήναι, Βιβλιοθήκη της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας.
- Παλνίου, C. 1987. «Circulatory patterns in Minoan architecture», στο R. Hägg & N. Marinatos (επιμ.), *The Function of the Minoan Palaces*, Stockholm, 195-203.

- Παπαγεωργιάκης, Ι. & Ι. Κουμαντάκης, 1984. *Τεχνική Πετρογραφία*, Αθήνα.
- Παπαδημητρίου, Δ. & Π. Πίσσης, 2002. *Μέθοδοι Χαρακτηρισμού Υλικών*, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Παπασταματίου, Κ. 2004. «*Αρχαίο Θέατρο Μεγαλόπολης, Μελέτη Συντήρησης*», Τεχνική Έκθεση, ΥΠ.ΠΟ., Διεύθυνση Συντήρησης Αρχαίων και Νεοτέρων Μνημείων, Αθήνα.
- Παπασταματίου, Κ. 2007. «*Συντήρηση λίθου / Ορολογία φθορών - αντιστοίχιση επέμβασης-μέθοδοι επαρκούς τεκμηρίωσης*», Εργασία στα πλαίσια εκπαιδευτικής άδειας 2006-2007, Πανελλήνια Ένωση Συντηρητών Αρχαιοτήτων. Αθήνα.
- Pender, R. J. 2004. «The behavior of Water in Porous Building Materials and Structures», *Reviews in Conservation, Number 5-2004*, The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 49-62.
- Pendlebury, J. D. S. 1963. *The Archaeology of Crete. An Introduction*, New York.
- Pernier, L. 1935. *Il palazzo minoico di Festòs*, I, Roma.
- Platon, L. 1992. «Ο μινωίτης "κρηνοφύλαξ"», *Cretan Studies* III, 149-171.
- Πλάτων, Λ. 1995. «Πλαστικής μορφής μινωικοί κρουνοί», *Πεπραγμένα του Ζ' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου*, Ρέθυμνο, 767-775.
- Platon, L. 1997. «The Minoan "Villa" in Eastern Crete. Riza, Achladia, and Prophetes Elias, Praissos: Two Different Specimens of One Category?», στο R. Hägg (επιμ.), *The Function of the "Minoan Villa"*. Stockholm, 187-202.
- Πλάτων, Λ. 1999. «Ανυπόγραφα "έργα τέχνης" στα χέρια ιδιωτών κατά τη νεοανακτορική περίοδο στην Κρήτη», στο I. Killian (επιμ.), *Eliten in der Bronzezeit*, Mainz, 37-50.
- Platon, L. 1999. «New Evidence for the Occupation at Zakros before the LM I Palace», στο P.P. Betancourt, V. Karageorgis, R. Laffineur & W.-D. Niemeier (επιμ.), *Meletemata. Studies in Aegean Archaeology presented to Malcolm H. Wiener* (Aegaeum 20), Liège, 671-683.

- Πλάτων, Λ. 2000. «Ανακτορικά χαρακτηριστικά στη μινωική οικιακή αρχιτεκτονική», *Πεπραγμένα Η' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου*. Ηράκλειο, 51–77.
- Platon, L. 2002. «The Political and Cultural Influence of the Zakros Palace on Nearby Sites and in a Wider Context». Στο J. Driessen, I. Schoep & R. Laffineur (επιμ.), *Monuments of Minos. Rethinking the Minoan Palaces* (Aegaeum 23), Liège, 145–155.
- Πλάτων, Λ. 2004. «Το Υστερομινωικό Ι ανάκτορο της Ζάκρου: μία "Κνωσός" έξω από την Κνωσό;», στο G. Cadogan, E. Hatzaki & A. Vasilakis (επιμ.), *Knossos: Palace, City, State* (BSA Studies 12), London, 381–392.
- Πλάτων, Λ. 2009. *Ζάκρος Σητείας. Το Ανάκτορο και ο Μινωικός Οικισμός*, Υπουργείο Πολιτισμού, Ταμείο Αρχαιολογικών Πόρων και Απαλλοτριώσεων, Αθήνα.
- Platon, L. 2010. «On the dating and character of the 'Zakros pits deposit'», στο O. Krzyszkowska (επιμ.), *Cretan offerings: studies in honour of Peter Warren* (BSA studies, 18), London, 244–257.
- Platon, L. 2011. «Zakros: One or two destructions around the end of the LM IB period?», στο T. Brogan & E. Hallager (επιμ.), *LM IB Pottery. Relative Chronology and Regional Differences* (Monographs of the Danish Institute at Athens 9), Athens, 223–44.
- Πλάτων, Λ. 2011. «Το ανάκτορο και ο μινωικός οικισμός της Ζάκρου, λίγες μόνο ώρες πριν από τη μεγάλη καταστροφή», *Πεπραγμένα του Ι' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου* (Χανιά, 1–8 Οκτωβρίου 2006), τ. Α2, Χανιά, 439–60.
- Πλάτων, Λ. 2018. «Καινούργιες ενδείξεις για τον κνωσιακό χαρακτήρα του ΥΜΙ ανακτόρου της Ζάκρου», *Πεπραγμένα του ΙΑ' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου*, Α1.1, Ρέθυμνο, 275–292.
- Platon L. & E. Gerontakou, 2013. «Middle Minoan III: a 'gap' or a 'missing link' in the history of the Minoan site of Zakros?», στο C. F. Macdonald & C. Knappett (επιμ.), *Intermezzo. Intermediacy and Regeneration in Middle Minoan III Palatial Crete* (British School at Athens Studies 21), London 2013, 197–212.

- Πλάτων, Ν. 1956. «Ανασκαφή μινωικής αγροικίας εις Ζου Σητείας». *ΠΑΕ*, 232–240.
- Πλάτων, Ν. 1961. «Chronologie de la Crete et des Cyclades a l' Age du Bronze». Στο G. Bersu & W. Dehn (επιμ.), *Berichte Uber den V. Intern. KongressfurVor- UndFruhgeschichte*, Hamburg, Berlin, 671–676.
- Πλάτων, Ν. 1962. «Ανασκαφάι Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 142–168.
- Πλάτων, Ν. 1963. «Ανασκαφάι Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 137–166.
- Πλάτων, Ν. 1964. «Ανασκαφάι Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 142–168.
- Πλάτων, Ν. 1965. «Ανασκαφάι Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 187–224.
- Πλάτων, Ν. 1966. «Ανασκαφάι Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 139–173.
- Πλάτων, Ν. 1967. «Ανασκαφάι Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 162–194.
- Πλάτων, Ν. 1968. «Ανασκαφή Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 149–183
- Πλάτων, Ν. 1969. «Ανασκαφή Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 197–237
- Πλάτων, Ν. 1970. «Ανασκαφή Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 208–251.
- Πλάτων, Ν. 1971. «Ανασκαφή Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 231–275.
- Πλάτων, Ν. 1972. «Ανασκαφή Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 159–192.
- Πλάτων, Ν. 1973. «Ανασκαφή Ζάκρου», *ΠΑΕ*, 137–166.
- Πλάτων, Ν. 1974. *Το νέον μινωικόν ανάκτορον*, Αθήναι.
- Preziosi, D. 1983. *Minoan architectural design: Formation and Signification*, Mouton Publishers, Berlin, New York, Amsterdam.
- Price, C. 1996. *Stone Conservation, An Overview of Current Research*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- Rackham, O. & J. Moody, 1996. *The Making of the Cretan Landscape*, Manchester University Press. Manchester and New York.
- Ρεθεμιωτάκης, Γ. 1999. Το νέο μινωικό ανάκτορο στον Γαλατά Πεδιάδος και το Ιερό Σπήλαιο Αρκαλοχωρίου, στο *Κρήτες Θαλασσοπόροι*, ΥΠ.ΠΟ., Ηράκλειο Κρήτης, 91–112.
- Ρεθεμιωτάκης, Γ. & Κ. Σ. Χρηστάκης, 2011. «Το ανάκτορο και η πόλις στον Γαλατά Πεδιάδος. Άξονες και τακτικές επικοινωνίας, *Πεπραγμένα του 1' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου*, τ. Α2, 233–249.
- Sierra-Fernandez, A., L.S. Gomez-Villalba, M.E. Rabanal, & R. Fort, 2017. «*New nanomaterials for applications in conservation and*

*restoration of stony materials: A review». *Materiales de Construcción*. Vol. 67, Issue 325, January–March 2017. e107.*

- Shaw, J. W. 1970. *Minoan Building Materials and Their Uses*, PhD Thesis, University of Pennsylvania.
- Shaw, J. W. 1973. Minoan architecture: Materials and Techniques, *Annuario del la scuola archeologica di Atene XLIX*, (NS 33, 1971), Roma.
- Shaw, J. W. 2009. *Minoan Architecture: Materials and Techniques*. Centro di Archeologia Cretese–Univerita di Catania.
- Σκουλικίδης, Θ. Ν. 2000. *Διάβρωση και συντήρηση των δομικών υλικών των μνημείων*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Spratt, T. A. B. 1865. *Travels and Researches in Crete*, London.
- Στεφανίδης, Π., 2004. *Γενική και Τεχνική Γεωλογία*, εκδόσεις Χριστοδουλίδη. Θεσσαλονίκη.
- Tabasso, L. M. 2001. «Stone Conservation in the Last Few Decades: Conceptual and Technical Developments», *Ο Δομικός Λίθος στα Μνημεία*, Πρακτικά Διεπιστημονικής Ημερίδας 9 Νοεμβρίου 2001, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών–Ελληνικό Τμήμα ICOMOS, Αθήνα, 317–309.
- Torraca, G. 1988. *Porous Building Materials: Materials Science for Architectural Conservation*, 3rd ed. Rome: ICCROM.
- Τσικούρας, Β. 2010. «*Επιπτώσεις του Περιβάλλοντος στους Δομικούς Λίθους των Σύγχρονων Κατασκευών και Αρχαίων Μνημείων*», Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Πανεπιστήμιο Πάτρας, Τμήμα Γεωλογίας. ΜΔΕ Γεωεπιστήμες και Περιβάλλον.
- Waelkens, M., P. Paeppe & L. Moens (επιμ.), 1992. Ancient stones. Quarrying, trade and provenance. *Interdisciplinary studies on stones and stone Technology in Europe and Near East from the Prehistoric to the Early Christian period*, Leuven.
- Χατζηιορδάνου, Ε. 2004. *Ανάλυση επικινδυνότητας αρχαιολογικών θέσεων του νομού Λασιθίου ανατολικής Κρήτης από γεωλογικά φαινόμενα με χρήση των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και της τηλεπισκόπησης*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων.

