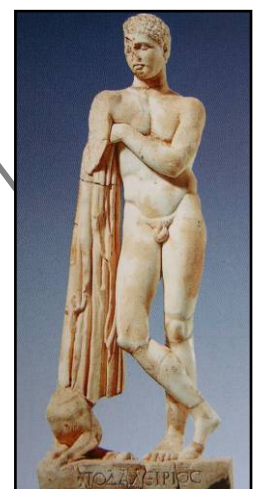
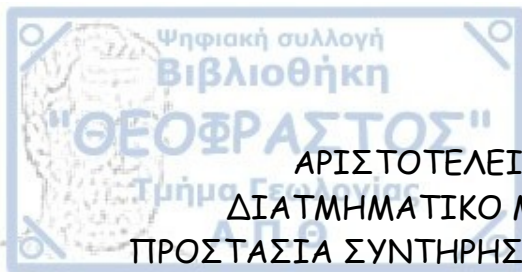


Ελένη Παπανικολάου  
Διπλωματική εργασία

## Αρχαιομετρική μελέτη λίθινων αρχαιολογικών μνημείων από το Δίον Πιερίας



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ  
2008



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

## Αρχαιομετρική μελέτη λίθινων αρχαιολογικών μνημείων από το Δίον Πιερίας

Εργασία που υποβλήθηκε  
από την Ελένη Παπανικολάου  
ως εκπλήρωση για την απόκτηση  
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

### Εισηγητική επιτροπή

---

Μ. Βαβελίδης, Καθηγητής, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ

---

Π. Σπαθής, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Χημείας Α.Π.Θ

---

Μ. Στεφανίδου, Λέκτορας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ

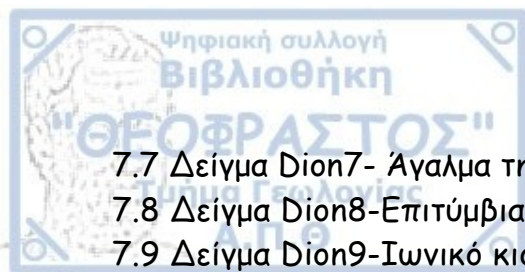


"Η πρόοδος της επιστήμης εξαρτάται από τις νέες τεχνικές, τις νέες ανακαλύψεις, τις νέες ιδέες και μάλλον με αυτή τη σειρά"

Sidney Brenner  
Βιολόγος  
Νόμπελ Ιατρικής 2002

## Περιεχόμενα

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Περίληψη .....                                                                                                                                                           | 6  |
| 2.Εισαγωγή .....                                                                                                                                                         | 10 |
| 3.Δίον, η ιερή πόλη των Μακεδόνων .....                                                                                                                                  | 13 |
| 3.1 Αρχαιολογικά στοιχεία για τα εξεταζόμενα μνημεία του Δίου .....                                                                                                      | 16 |
| 3.1.1 Άγαλμα Ποδαλείριου .....                                                                                                                                           | 16 |
| 3.1.2 Τραπεζοφόρο με σύμπλεγμα από το μύθο της Μήδειας .....                                                                                                             | 18 |
| 3.1.3 Επιγραφή συνθήκης Φιλίππου Ε΄ και κατοίκων της Λυσιμάχειας της Θράκης .....                                                                                        | 19 |
| 3.1.4 Σαρκοφάγος με παράσταση γρυπών .....                                                                                                                               | 20 |
| 3.1.5 Σαρκοφάγος με παράσταση αντωπών Κενταύρων εκατέρωθεν δένδρου .....                                                                                                 | 21 |
| 3.1.7 Άγαλμα Αφροδίτης με Έρωτα .....                                                                                                                                    | 22 |
| 3.1.8 Επιτύμβια στήλη .....                                                                                                                                              | 23 |
| 3.1.9 Ιωνικό κιονόκρανο .....                                                                                                                                            | 23 |
| 3.1.10 Αμφίγλυφο θωράκιο .....                                                                                                                                           | 25 |
| 3.1.11 Ιωνικό κιονόκρανο .....                                                                                                                                           | 26 |
| 3.1.12 Λιθόπλινθος .....                                                                                                                                                 | 27 |
| 3.1.13 Πλάκα πλακόστρωσης .....                                                                                                                                          | 28 |
| 4. Γενικά στοιχεία για το μάρμαρο και τη χρήση του ως δομικό υλικό κατά την<br>αρχαιότητα .....                                                                          | 29 |
| 4.1 Ορυκτολογική σύσταση μαρμάρου .....                                                                                                                                  | 31 |
| 4.1.1 Θεμελιώδη ορυκτά .....                                                                                                                                             | 31 |
| 4.1.1.1 Ασβεστίτης .....                                                                                                                                                 | 31 |
| 4.1.1.2 Δολομίτης .....                                                                                                                                                  | 32 |
| 4.1.2 Δευτερεύοντα ορυκτά .....                                                                                                                                          | 32 |
| 5.Συνοπτικά γεωλογικά και πετρογραφικά χαρακτηριστικά των λευκών μαρμάρων<br>από σημαντικά λατομικά κέντρα της αρχαιότητας που αναφέρονται στην παρούσα<br>εργασία ..... | 34 |
| 6.Μέθοδοι έρευνας .....                                                                                                                                                  | 44 |
| 6.1 Δειγματοληψία .....                                                                                                                                                  | 44 |
| 6.2 Εργαστηριακή έρευνα .....                                                                                                                                            | 45 |
| 6.2.1 Μικροσκοπική μελέτη .....                                                                                                                                          | 45 |
| 6.2.2. Ακτινογραφική εξέταση (XRD) .....                                                                                                                                 | 47 |
| 6.2.3 Ισοτοπική μελέτη .....                                                                                                                                             | 48 |
| 7.Αποτελέσματα-Συζήτηση .....                                                                                                                                            | 51 |
| 7.1 Δείγμα Dion1-Άγαλμα Ποδαλείριου (200 μ.Χ.) .....                                                                                                                     | 53 |
| 7.2 Δείγμα Dion2-Τραπεζοφόρο με σύμπλεγμα από το μύθο της Μήδειας (2ος αι.<br>μ.Χ.) .....                                                                                | 56 |
| 7.4 Δείγμα Dion4-Σαρκοφάγος (2ος αι. μ.Χ.) .....                                                                                                                         | 61 |
| 7.5. Δείγμα Dion5 - Σαρκοφάγος (2ος αι. μ.Χ.) .....                                                                                                                      | 64 |
| 7.6 Δείγμα Dion6-Άγαλμα Αρτέμιδος (1ος αι. μ.Χ.) .....                                                                                                                   | 67 |



|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.7 Δείγμα Dion7- Άγαλμα της Αφροδίτης (β' μισό 2ου π.Χ.) .....                                                | 70 |
| 7.8 Δείγμα Dion8-Επιτύμβια στήλη .....                                                                         | 73 |
| 7.9 Δείγμα Dion9-Ιωνικό κιονόκρανο (5ος αι. μ.Χ).....                                                          | 76 |
| 7.10 Δείγμα Dion10-Αμφίγλυφο θωράκιο (5ο αι. μ.Χ).....                                                         | 80 |
| 7.11 Δείγμα Dion11-Ιωνικό κιονόκρανο (5ο αι. μ.Χ).....                                                         | 83 |
| 7.12 Δείγμα Dion12-Λιθόπλινθος πρόναου νότιου ελληνιστικού ναού του ιερού της<br>Δήμητρας .....                | 87 |
| 7.13 Δείγμα Dion13-Πλάκα πλακόστρωσης της κεντρικής αίθουσας των θερμών<br>του κεντρικού δρόμου του Δίου ..... | 89 |
| Κατάλογος πινάκων .....                                                                                        | 93 |
| Κατάλογος σχημάτων .....                                                                                       | 93 |
| Κατάλογος εικόνων .....                                                                                        | 95 |
| Βιβλιογραφία .....                                                                                             | 97 |

Αρχαιομετρική μελέτη λίθινων αρχαιολογικών  
μνημείων από το Δίον Πιερίας

Ελένη Παπανικολάου  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
Προστασία Συντήρηση Αποκατάσταση Μνημείων Πολιτισμού

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό να προσδιοριστούν οι πετρολογικοί τύποι των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των λίθινων μνημείων καθώς και οι πηγές προέλευσης των πρώτων υλών μαρμάρινων μνημείων από τον αρχαιολογικό χώρο του Δίου Πιερίας. Το συγκεκριμένο ζήτημα είναι βασικό ερώτημα στην αρχαιολογική έρευνα και οι θετικές επιστήμες καλούνται να το απαντήσουν, δίνοντας μια νέα διάσταση στη μελέτη της ιστορίας των αρχαίων μνημείων.

Τα μνημεία, τα οποία μελετήθηκαν χρονολογούνται από τον 2ο αι. π.Χ. έως τον 5ο αι. μ.Χ. και είναι τα εξής: άγαλμα του Ποδαλείριου από το σύνταγμα των παιδιών του Ασκληπιού, τραπεζοφόρο με σύμπλεγμα από το μύθο της Μήδειας, επιγραφή συνθήκης συμμαχίας Φιλίππου Ε' και κατοίκων της Λυσιμάχειας της Θράκης, σαρκοφάγος με παράσταση γρυπών, σαρκοφάγος με παράσταση αντωπών Κενταύρων εκατέρωθεν δένδρου, άγαλμα Αρτέμιδος, άγαλμα Αφροδίτης με Έρωτα, επιτύμβια στήλη, ιωνικό κιονόκρανο από τις κιονοστοιχίες του κυρίως ναού της κοιμητηριακής βασιλικής, αμφίγλυφο θωράκιο βήματος κοιμητηριακής βασιλικής, ιωνικό κιονόκρανο βόρειας στοάς αιθρίου κοιμητηριακής βασιλικής, ΒΑ λιθόπλινθος πρόναου νότιου ελληνοιστικού ναού ιερού της Δήμητρας, πλάκα πλακόστρωσης της κεντρικής αίθουσας των θερμών του κεντρικού δρόμου του Δίου.

Τα έντεκα πρώτα δείγματα είναι μαρμάρινα και η μελέτη απέδειξε ότι επτά (7) δείγματα προέρχονται από τα αρχαία λατομεία της Θάσου. Συγκεκριμένα, ένα (1) από αυτά προέρχεται από τα λατομεία δολομιτικού μαρμάρου του όρμου του Αγίου Ιωάννη, στα ΒΑ της νήσου, ενώ για τα υπόλοιπα έξι (6) δείγματα, πηγή προέλευσης είναι τα λατομεία ασβεστιτικού μαρμάρου της Αλυκής, στη ΝΑ Θάσο. Τέσσερα (4) δείγματα προέρχονται από τα λατομεία της Πεντέλης. Δύο (2) δείγματα αποτελούνται από ψαμμίτη και είναι πιθανώς τοπικής προέλευσης.

Σύμφωνα με την παρούσα μελέτη προσδιορίστηκαν οι δρόμοι διακίνησης του μαρμάρου κατά την αρχαιότητα. Συνεπώς, η αρχαία πόλη του Δίου συνδεόταν με τα λατομεία της Πεντέλης και της Θάσου (Αλυκή, Άγιος Ιωάννης) από τους ελληνοιστικούς ως τους πρώιμους βυζαντινούς χρόνους, σύμφωνα με τη χρονολόγηση των μνημείων της παρούσας εργασίας. Η αξία των συγκεκριμένων μνημείων είναι μεγάλη. Το χρονολογικό πλαίσιο στο οποίο εντάσσονται είναι μια εποχή, όπου επικρατεί ευμάρεια, διότι οι κάτοικοι παραγγέλλουν υψηλής ποιότητας αντίγραφα από έργα διάσημων καλλιτεχνών της κλασικής εποχής.

## Archaeometrical study of the lithic archaeological monuments in Dion of Pieria, Greece

Eleni Papanikolaou

Aristotle University of Thessaloniki

Interdepartmental Programme of Postgraduate Studies in Conservation and Restoration of Cultural Monuments

### Abstract

The present study aims at the determination of the lithological types of the raw materials used in manufacturing of the lithic monuments in Dion archaeological site, Central Macedonia, Greece. Such an investigation is very important in archaeological research because science provides with results which promote the study of the history of the ancient culture.

The monuments studied here, thirteen in total, are dated between the 2<sup>nd</sup> B.C. and the 5<sup>th</sup> A.D. centuries. They contain the statue of Podaleirios, son of Asklepios, from the public baths, the table support with complex of the myth of Medeia, the inscription of the treaty of alliance between Philippos E' and the citizens of Lysimacheia of Thrace, a part of a sarcophagus representing a floral motif between two griffins, a part of a sarcophagus representing a tree between two Centaurs, the statue of Artemis, the statue of Aphrodite with Eros, a relief grave stele, an ionic capital of the colonnades from the cemetery basilica, a balustrade, curved by both sides, from the sanctuary of the cemetery basilica, an ionic capital of the north portico at the atrium of the cemetery basilica, a piece of the NE part of the pronaos of the southern naos at the sanctuary of Demeter and a piece of the paving of the main room of thermae at the central street of Dion.

The archaeometrical study includes the petrographical characterization, the mineralogical composition and the C, O isotopic determination of the samples from the monuments. The methods employed in this investigation are microscopy, X-Ray Diffraction (XRD) and Stable Isotopes of carbon (C) and oxygen (O).

The results of the present study revealed that eleven (11) of the thirteen (13) samples consist of white marble, whereas the two (2) additional samples were made of sandstone. The provenance of the raw materials used for the 11 white-marble monuments is restricted in three ancient quarrying sites. One (1) sample is from the quarries of dolomitic marble of Agios Ioannis bay at the NE of Thassos island, six (6) samples are from the quarries of calcitic marble of Aliko in Thassos and four (4) samples come from the quarries of Penteli mountain in Attiki. The two (2) samples made of sandstone are probably of local origin, since there are a lot of sources of such type of sedimentary rocks at the slopes of Olympos mountain.

It is very important to conclude that the raw materials used in manufacturing sculptures in Dion during late antiquity (2<sup>nd</sup> B.C. to 5<sup>th</sup> A.D. centuries) were collected from special sources such as Thassos and Penteli and they were of exceptional value. The economic situation of the citizens of ancient Dion is documented from their possibility to order high quality copies from the works of famous artists of the Classical period. On the other hand it is concluded that the roads of transportation of the sculptures, mainly as finished products, were mainly through the Aegean sea.

## 1. Πρόλογος - Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο "Αρχαιομετρική μελέτη λίθινων αρχαιολογικών μνημείων από το Δίον Πιερίας" υποβλήθηκε ως μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στο πλαίσιο της β' κατεύθυνσης με τίτλο "Προστασία, συντήρηση και αποκατάσταση έργων τέχνης και μηχανισμών" του διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος με τίτλο "Προστασία, συντήρηση και αποκατάσταση μνημείων πολιτισμού", του Τμήματος Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, της Πολυτεχνικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Οι αρχαιομετρικές αναλύσεις και η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Γεωλογικού Τμήματος, της Σχολής Θετικών Επιστημών, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλλαν στην έναρξη, την πορεία και την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής: κ. Μ. Βαβελίδη, Καθηγητή Γεωλογίας Α.Π.Θ, κ. Π. Σπαθή, αναπληρωτή καθηγητή Χημείας Α.Π.Θ και την κα. Μ. Στεφανίδου, Δρ Γεωλογίας, λέκτορα Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ,

Τον Δρ. Β. Μέλφο, γεωλόγο στο ΑΠΘ και διδάσκοντα στο ΔΠΜΣ, ευχαριστώ για την επίβλεψη, την καθοδήγηση και την αμέριστη βοήθεια σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

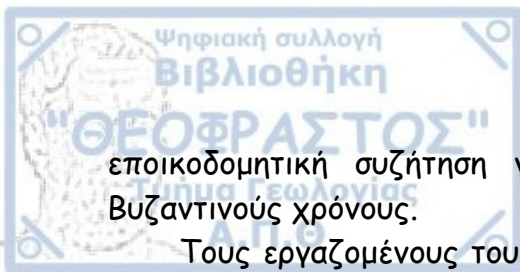
Την κα. Σ. Πινγιάτογλου, Καθηγήτρια Κλασικής Αρχαιολογίας στο Α.Π.Θ., οι ευχαριστίες αφορούν όχι μόνο για την πολύτιμη βοήθεια για την πραγμάτωση της παρούσας έρευνας και για την επιλογή των δειγμάτων που μελετήθηκαν, αλλά και για τη δυνατότητα που μου έδωσε να εργαστώ ως προπτυχιακή ασκούμενη φοιτήτρια αρχαιολογίας στην πανεπιστημιακή ανασκαφή του Δίου τα καλοκαίρια του 2003 και 2004.

Τον κ. Δ. Παντερμαλή, Καθηγητή Κλασικής Αρχαιολογίας στο Α.Π.Θ. και υπεύθυνο της πανεπιστημιακής ανασκαφής του Δίου, ευχαριστώ για τη σύμφωνη γνώμη, την έγκριση και τη σύσταση του καταλόγου των επιμέρους δειγμάτων.

Την κα. Ε. Παντερμαλή, προϊσταμένη της ΚΖ' Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, για την παραχώρηση της άδειας δειγματοληψίας από τον αρχαιολογικό χώρο του Δίου, καθώς και την κα. Αλβανού, αρχαιολόγο και την κα. Παπαθανασίου, συντηρήτρια της ΚΖ' Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων για τη βοήθεια κατά τη δειγματοληψία.

Το Υπουργείο Πολιτισμού και ιδιαίτερα τη Διεύθυνση Συντήρησης Αρχαίων και Νεότερων Μνημείων για την παραχώρηση άδειας δειγματοληψίας από το αρχαιολογικό μουσείο και τον αρχαιολογικό χώρο του Δίου.

Τον κ. Α. Μέντζο, καθηγητή Βυζαντινής αρχαιολογίας στο Α.Π.Θ., για την επιλογή των δειγμάτων από την κοιμητηριακή βασιλική του Δίου και για την



εποικοδομητική συζήτηση γύρω από τη διακίνηση του μαρμάρου κατά τους Βυζαντινούς χρόνους.

Τους εργαζομένους του αρχαιολογικού μουσείου του Δίου για τη βοήθειά τους κατά τη δειγματοληψία.

Τη φίλη μου, Κατερίνα Ιωαννίδου, εικαστικό για την επιμέλεια του εξωφύλλου.

Τέλος, την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## 2. Εισαγωγή

Το Δίον στην Πιερία της Μακεδονίας υπήρξε ένα από τα σημαντικότερα θρησκευτικά κέντρα των αρχαίων Ελλήνων. Κτισμένο στους πρόποδες του Ολύμπου ήταν άμεσα συνδεδεμένο με τη λατρεία των αρχαίων Θεών και δίκαια χαρακτηρίστηκε ως η θρησκευτική πρωτεύουσα της Μακεδονίας. Στη σκιά του επιβλητικού βουνού, του Ολύμπου, το Δίον γνώρισε μία εντυπωσιακή ανάπτυξη και η λατρεία των Θεών απέφερε πλούτο και ευμάρεια στους κατοίκους. Η ποιότητα της ζωής στην ιερή πόλη διακρίνεται στις οικίες, στα εργαστήρια, στην αγορά, στη ρυμοτομία της πόλης, στα λουτρά, στα τείχη και στα ιερά, που αποκάλυψε η αρχαιολογική έρευνα.

Η λάμψη και η φήμη του Δίου συνεχίστηκε και μετά την κατάκτηση από τους Ρωμαίους, οι οποίοι διατήρησαν τη λατρεία του Δία και των υπολοίπων Θεών των αρχαίων Ελλήνων, αλλά και στα πρώιμα χριστιανικά χρόνια. Η πλούσια και μοναδική αρχιτεκτονική δεσπόζει σε όλο το χώρο τόσο στα δημόσια όσο και στα ιδιωτικά οικοδομήματα με εξαιρετικά ψηφιδωτά δάπεδα, περίφημα γλυπτά, μαρμάρινες επενδύσεις, κίονες και κιονόκρανα, σαρκοφάγους, επιτύμβιες στήλες και θωράκια.

Κατά τη διάρκεια των πολυετών αρχαιολογικών ανασκαφών ανακαλύφθηκαν σημαντικά έργα τέχνης κατασκευασμένα από λευκό μάρμαρο που χρονολογούνται από την Ελληνιστική εποχή, τη Ρωμαϊκή περίοδο και την Παλαιοχριστιανική εποχή.

Ένα από τα βασικά ερωτήματα που απασχολούσε τους υπεύθυνους αρχαιολόγους της ανασκαφής, ήταν η πηγή προέλευσης του μαρμάρου που χρησιμοποιήθηκε για συγκεκριμένα λίθινα αρχαιολογικά ευρήματα διαφόρων περιόδων. Και αυτό γιατί ο προσδιορισμός προέλευσης των πρώτων υλών μπορεί να προσφέρει πολλά τόσο στη μελέτη τους, όσο και στο πεδίο της συντήρησης και της αποκατάστασής τους. Κατά τη διαδικασία συντήρησης μνημείων, η ταυτοποίηση της προέλευσης δίνει πληροφορίες για τις φυσικοχημικές ιδιότητες του μαρμάρου, που είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό των σταδίων συντήρησης. Κατά την αποκατάσταση των μνημείων η υπόδειξη του λατομείου προέλευσης θεωρείται απαραίτητη, ώστε τα τμήματα που λείπουν να συμπληρωθούν με κομμάτια από το ίδιο πέτρωμα. Ο προσδιορισμός προέλευσης αποδεικνύεται επίσης, σημαντικός κατά τη συγκόλληση θραυσμάτων αρχιτεκτονικών μελών ή αποσπασματικά σωζόμενων γλυπτών. Η προέλευση του υλικού του μνημείου μπορεί να δώσει πληροφορίες για τις σχέσεις μεταξύ των κοινωνιών, για το εμπόριο και τις θαλάσσιες ή χερσαίες οδούς μεταφοράς για τις ανταλλαγές πρώτων υλών και τεχνογνωσίας καθώς και για την ύπαρξη οργανωμένων εργαστηρίων μαρμαροτεχνίας και μαρμαρογλυπτικής.

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό να προσδιοριστούν οι πετρολογικοί τύποι των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των λίθινων μνημείων καθώς και οι πηγές προέλευσης των πρώτων υλών μαρμάρινων μνημείων από τον αρχαιολογικό χώρο του Δίου Πιερίας. Το συγκεκριμένο ζήτημα είναι βασικό

ερώτημα στην αρχαιολογική έρευνα και οι θετικές επιστήμες καλούνται να το απαντήσουν, δίνοντας μια νέα διάσταση στη μελέτη της ιστορίας των αρχαίων μνημείων.

Ο προσδιορισμός του τόπου προέλευσης ενός μαρμάρινου μνημείου είναι μια διαδικασία με αρκετά προσπατούμενα στάδια εργασίας και έρευνας. Βασική προϋπόθεση είναι η συλλογή μεγάλου αριθμού γεωλογικών, ορυκτολογικών πετρογραφικών και γεωχημικών δεδομένων από όλα τα γνωστά αρχαία λατομεία για τη δημιουργία της λεγόμενης «τράπεζας δεδομένων». Κατόπιν, τα αποτελέσματα των αναλύσεων του άγνωστου προελεύσεως αρχαιολογικού δείγματος συγκρίνονται με τα δεδομένα της τράπεζας και εντοπίζονται οι ομοιότητες και οι διαφορές και κατ' επέκταση η περιοχή προέλευσής του. Ως σήμερα, έχει αναπτυχθεί μια σειρά αναλυτικών τεχνικών με στόχο τον προσδιορισμό προέλευσης του μαρμάρου αρχαίων μνημείων<sup>1</sup>.

Οι τεχνικές είναι οι εξής:

- Πετρογραφική ανάλυση
- Προσδιορισμός σταθερών ισοτόπων άνθρακα (C) και οξυγόνου (O)
- Ανάλυση με Ενεργοποίηση Νετρονίων (Neutron Activation Analysis, NAA)
- Ανάλυση με Καθοδοφωταύγεια (Cathodoluminescence, CL)
- Ανάλυση με Φασματοσκοπία Ηλεκτρονικού Παραμαγνητικού Συντονισμού (Electron Paramagnetic Resonance Spectroscopy, EPR).

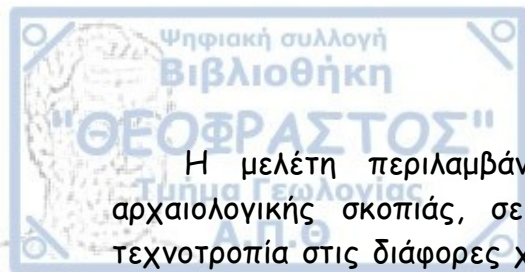
Προηγούμενες σχετικές έρευνες για τα αρχαιολογικά ευρήματα από την ανασκαφή του Δίου είναι ιδιαίτερα περιορισμένες. Συγκεκριμένα, οι Herrmann et al. (2000)<sup>2</sup> στην εκτεταμένη μελέτη τους για τον προσδιορισμό της πηγής προέλευσης της πρώτης ύλης από συνολικά 81 μαρμάρινα αντικείμενα της Μακεδονίας που χρονολογούνται από τα Ρωμαϊκά έως τα μέσα Βυζαντινά χρόνια, συμπεριέλαβαν και ένα δείγμα από το Δίον. Το δείγμα αυτό προερχόταν από ένα κορινθιακό κιονόκρανο Ρωμαϊκής εποχής (193-235 μ.Χ) από το ιερό της Θεάς Ίσιδος. Με βάση την ισοτοπική σύσταση και την ανάλυση με καθοδοφωταύγεια (CL) οι Herrmann et al. (2000) κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι το μάρμαρο προέρχεται από την Αλυκή της Θάσου.

Ο προσδιορισμός της πηγής προέλευσης των πρώτων υλών, από τις οποίες κατασκευάστηκαν τα μαρμάρινα μνημεία (έντεκα από τα συνολικά δεκατρία δείγματα), στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, θα βοηθήσει στην κατανόηση της διακίνησής τους κατά την αρχαιότητα, κάτι που αποτελεί βασικό ζήτημα στην αρχαιολογική έρευνα.

---

<sup>1</sup> Craig and Craig 1972, Lazzarini et al. 1980, Herz 1987, Moens et al. 1988, Tsirambides 1996, Herrmann et al. 2000, Polikreti and Maniatis 2001, Βαβελίδης κ.ά. 2003, Lazzarini 2004, Melfos 2004.

<sup>2</sup> Hermann, Barbin, Mentzos and Reed 2000.



Η μελέτη περιλαμβάνει καταρχήν την περιγραφή των μνημείων από αρχαιολογικής σκοπιάς, σε ό,τι αφορά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και την τεχνοτροπία στις διάφορες χρονολογικές περιόδους που αντιστοιχούν τα δείγματα. Ο προσδιορισμός προέλευσης των πρώτων υλών βασίζεται σε αρχαιομετρικές μεθόδους, που περιλαμβάνουν την ορυκτολογική, γεωχημική και ισοτοπική σύσταση των πετρωμάτων και είναι οι εξής:

- μικροσκοπική μελέτη σε πολωτικό μικροσκόπιο
- ακτίνες-X (XRD),
- σταθερά ισότοπα άνθρακα (C) και οξυγόνου (O).

### 3. Δίον, η ιερή πόλη των Μακεδόνων

Στις ανατολικές υπώρειες του Ολύμπου, εκεί όπου η Θεσσαλία ενώνεται με τη Μακεδονία, βρίσκεται το Δίον, η αρχαία πόλη, που ήταν αφιερωμένη στον Ολύμπιο Δία, τον πατέρα των θεών. Τραγουδώντας ο Ησίοδος γύρω στο 700 π.Χ. τον έρωτα του Δία για τη Θυία, την κόρη του προπάτορα των Ελλήνων, Δευκαλίωνα, αναφέρει ότι γέννησε δυο παιδιά, το Μάγνητα και το Μακεδόνα, που έζησαν στην Πιερία γύρω από τον Όλυμπο<sup>3</sup>.

Το Δίον υπήρξε η ιερή πόλη των Μακεδόνων. Αυτό μαρτυρά και το πλήθος των ιερών που ανακαλύφθηκαν στον αρχαιολογικό χώρο. Στα 1590 ο Βέλγος έμπορος και χαρτογράφος Α. Ortelius εξέδωσε μια χαλκογραφία με θέμα τα Τέμπη (Εικ. 3.1), όπου περιλαμβάνει και το ναό του Ολυμπίου Διός<sup>4</sup>.



Εικ. 3.1. Χαλκογραφία Α. Ortelius (1590), όπου απεικονίζονται τα Τέμπη και ο Όλυμπος

Αναλαμβάνοντας ο Αρχέλαος την εξουσία στη Μακεδονία (τέλη 5ου αι. π.Χ.) οργάνωσε στο Δίον, προς τιμή του Ολυμπίου Διός και των Μουσών, αθλητικούς και θεατρικούς αγώνες, τα «Ολύμπια τα εν Δίω», διάρκειας εννιά ημερών, σύμφωνα με

<sup>3</sup> Παντερμαλής 1999, 9.

<sup>4</sup> ό. π, 15-16.

το Διόδωρο Σικελιώτη<sup>5</sup>. Ένας ακόμη αρχαίος συγγραφέας, ο Δίων ο Χρυσόστομος<sup>6</sup>, αναφέρει ότι ο Φίλιππος και ο γιος του Αλέξανδρος πανηγύριζαν τις νίκες τους στο Δίον με μεγαλοπρεπείς θυσίες στο Δία και στις Μούσες. Κατά τη διάρκεια της βασιλείας του Φιλίππου Ε΄, οι Αιτωλείς εισέβαλαν στην ιερή πόλη των Μακεδόνων, γεγονός που περιγράφει ο Πολύβιος<sup>7</sup>, σύμφωνα με τον οποίο ο στρατηγός Σκόπας κατέστρεψε τα τείχη της πόλης, το γυμνάσιο και πολλές οικίες και έβαλε φωτιά στο τέμενος του Ολυμπίου Διός.

Η πόλη ανασυγκροτήθηκε, αλλά το 169 π.Χ. καταλήφθηκε από τους Ρωμαίους και τον ύπατο Μ. Φίλιππο. Ίσως, η πρώτη εγκατάσταση αποίκων (coloni) να συντελέστηκε το 43 π.Χ. και να οφείλεται σε ενέργειες του Βρούτου, είναι όμως βέβαιο ότι η μαζική μεταφορά Ρωμαίων στην πόλη και η ίδρυση της colonia είναι έργο του Αυγούστου, αμέσως μετά τη νίκη του στη ναυμαχία του Ακτίου (31 π.Χ.)<sup>8</sup>.

Κατά τα παλαιοχριστιανικά χρόνια η πόλη συρρικνώνεται και το κεντρικό της τμήμα καταλαμβάνει η παλαιοχριστιανική βασιλική του τέλους του 4ου αι. μ.Χ. Μετά την εισβολή των Οστρογότθων το Δίον δε θα μπορέσει να ανακάμψει. Οι πλημμύρες του ποταμού Βαφύρα και οι σεισμοί οδηγούν στην εγκατάλειψη της πόλης κατά τον 5ο αι. μ.Χ. Οι κάτοικοι της μετοίκησαν σε ασφαλέστερες περιοχές<sup>9</sup>.



Εικ. 3.2. Αναπαράσταση των ιερών και της πόλης του Δίου (Παντερμαλής 1997).

<sup>5</sup> Διόδωρος Σικελιώτης, 17,16.

<sup>6</sup> Δίων Χρυσόστομος 1,313.

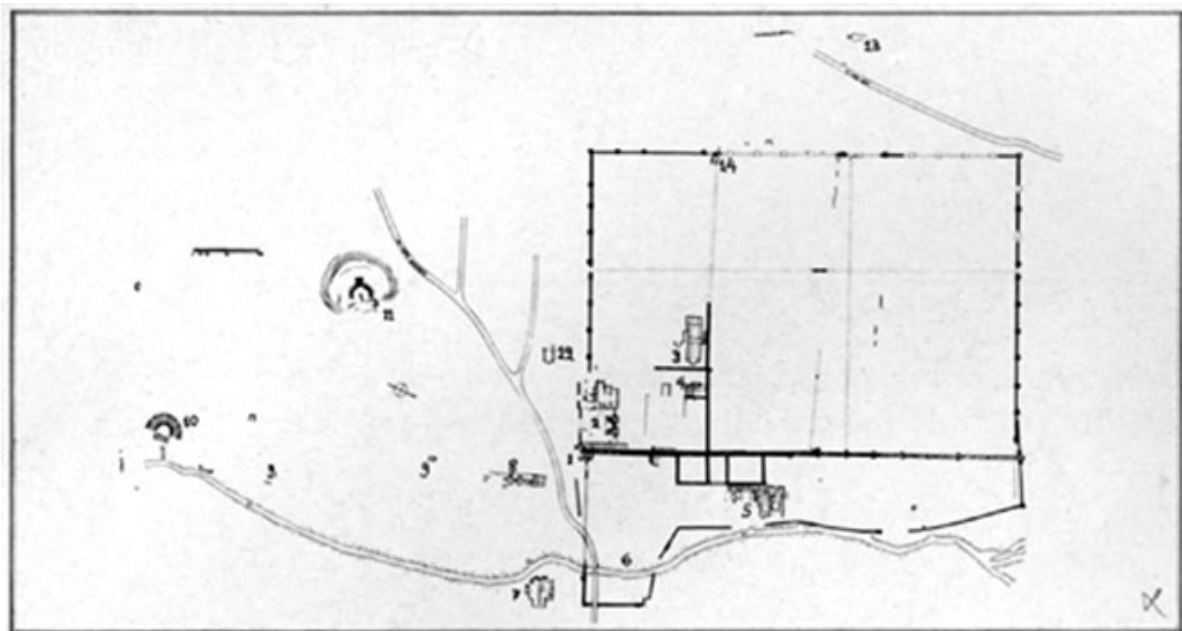
<sup>7</sup> Πολύβιος, 4,62.

<sup>8</sup> Πλίνιος, IV,10.

<sup>9</sup> Παντερμαλής 1999, 11.

Η ανασκαφική έρευνα στο Δίον (Εικ. 3.2) ξεκίνησε το 1928 από τον Πρύτανη του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Γ. Σωτηριάδη, και σταμάτησε το 1931. Έπειτα από διακοπή 30 χρόνων, η έρευνα στο χώρο συνεχίστηκε από τον καθηγητή αρχαιολογίας του Α.Π.Θ., Γ. Μπακαλάκη. Η τρίτη ανασκαφική περίοδος εγκαινιάζεται το 1973 από τον καθηγητή αρχαιολογίας Δ. Παντερμαλή και το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Οι ανασκαφές συνεχίζονται έως σήμερα<sup>10</sup>.

Τα έως σήμερα ανασκαφικά ευρήματα φυσικό είναι να ανάγονται στην πλειονότητα τους στους ρωμαϊκούς και στους μεταγενέστερους βυζαντινούς χρόνους. Η συνεχής κατοίκηση του χώρου εξαφάνισε τα κατάλοιπα αρχαιότερων περιόδων, εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις. Η σημερινή εικόνα του αρχαιολογικού χώρου ανταποκρίνεται κυρίως στη ρωμαϊκή περίοδο της πόλης (Εικ. 3.3).



Εικ. 3.3. Κάτοψη ιερών και πόλης του Δίου

<sup>10</sup>ό. π, 12-14.

### 3.1 Αρχαιολογικά στοιχεία για τα εξεταζόμενα μνημεία του Δίου

Για την παρούσα εργασία επελέγησαν συνολικά δεκατρία (13) δείγματα, τα οποία αποτελούν θραύσματα από αγάλματα, επιγραφές, τραπεζοφόρα, σαρκοφάγους, επιτύμβιες στήλες, κιονόκρανα, θωράκια και άλλα αρχιτεκτονικά μέλη από οικοδομήματα διαφορετικών ιστορικών φάσεων του χώρου, που χρονολογούνται από την ελληνιστική ως την παλαιοχριστιανική περίοδο.

#### 3.1.1 Άγαλμα Ποδαλείριου

Αριθ. Ευρ.:372

**Προέλευση:** Το άγαλμα (Εικ.3.1.1.1) εντοπίστηκε στην βόρεια πτέρυγα των μεγάλων θερμών του Δίου, που ήταν αφιερωμένη στον Ασκληπιό.

**Περιγραφή:** Η μορφή έχει στάσιμο το αριστερό σκέλος και άνετο το δεξιό, που φέρεται προς τα αριστερά σταυρωτά μπροστά από το δεξιό. Επίσης, φέρει το αριστερό χέρι λυγισμένο μπροστά στο στήθος, ενώ λείπει το δεξί. Ο κορμός είναι χαλαρός και γέρνει προς το ραβδί, που στηρίζει στη δεξιά του μασχάλη, πάνω στο οποίο έχει ρίξει το ιμάτιό του. Η κεφαλή γέρνει ελαφρά προς τα δεξιά, ενώ το πρόσωπο είναι στραμμένο 3/4, όπου και παρατηρείται απώλεια υλικού.



Εικ.3.1.1.1 Άγαλμα Ποδαλείριου

Στα πόδια της μορφής κάθεται ένας σκύλος, από τον οποίο σώζονται τα μπροστινά του πόδια και μέρος του στήθους. Το άγαλμα είναι συμφυές με τη βάση, η οποία φέρει επιγραφή με το όνομα "Ποδαλείριος" στην μπροστινή πλευρά.

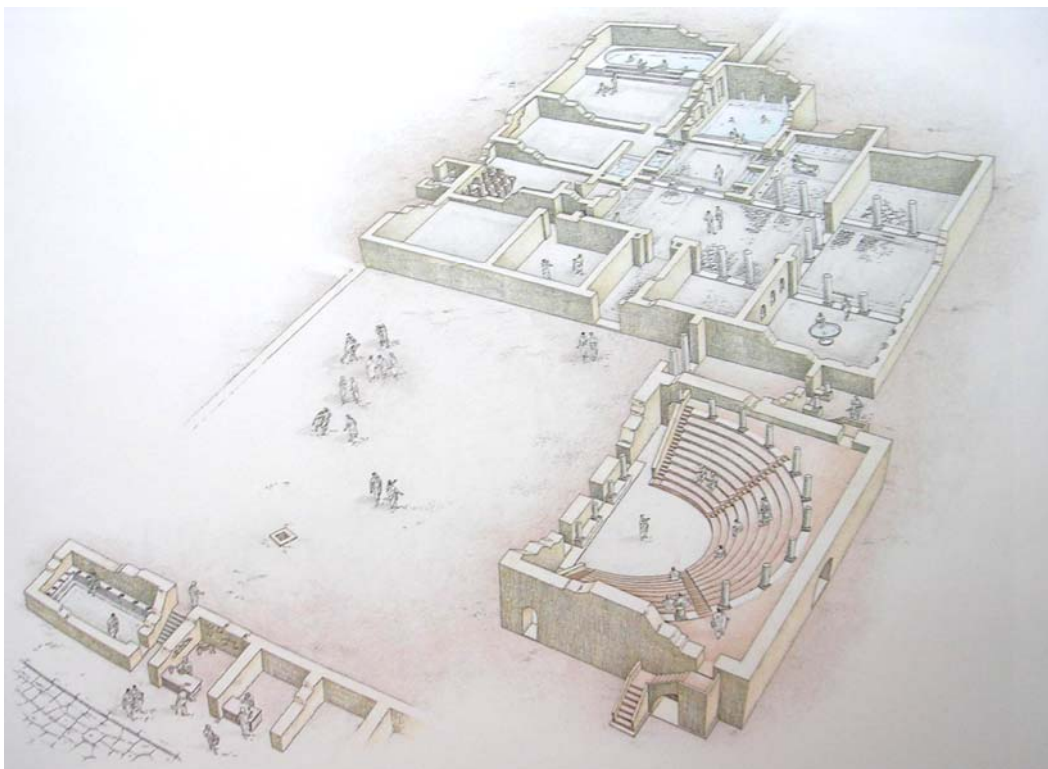
Ο Ποδαλείριος ήταν γιος του Ασκληπιού, γιατρός και αυτός, περίφημος για τις διαγνωστικές του ικανότητες. Μαζί με τον αδερφό του Μαχάονα είχαν διδαχτεί τα της ιατρικής τέχνης και μάλιστα έλαβαν μέρος στον Τρωικό πόλεμο με διττή ιδιότητα, ως γιατροί και πολεμιστές<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Κακριδής,213.

Το γλυπτό είναι προϊόν νεοαττικού εργαστηρίου και βασίζεται σε έργο του 4ου αι. π. Χ.<sup>12</sup>

**Δειγματοληψία:** Το δείγμα αποσπάστηκε από την κάτω πλευρά της βάσης, στο σημείο έδρασής της.

**Αρχαιολογικός χώρος:** Οι μεγάλες Θέρμες (Εικ.3.1.1.2) βρίσκονται δίπλα στη νότια είσοδο της πόλης απέναντι από τα ιερά και χρονολογούνται γύρω στο 200 μ.Χ. Στο συγκρότημα των μεγάλων Θερμών ανήκει και το παρακείμενο ωδείο, ένα μικρό στεγασμένο θέατρο, όπου γίνονταν απαγγελίες κειμένων και μουσικές παραστάσεις. Ιδιαίτερη σημασία είχε η βόρεια πτέρυγα, η οποία προσέφερε δυνατότητες αναψυχής και λατρείας του Θεού, που θεράπευε το ανθρώπινο σώμα, του Ασκληπιού. Στο ανατολικό δωμάτιο βρέθηκαν μέσα στα χαλάσματα πολλά κομμάτια από αγάλματα. Πρόκειται για δέκα τουλάχιστον αγάλματα σε μέγεθος 2/3 του φυσικού, που παριστάνουν τον Ασκληπιό και τη μεγάλη του οικογένεια: τη γυναίκα του Ηπιόνη, τους γιους του Ποδαλείριο και Μαχάονα και τις κόρες του Υγιεία, Πανάκεια, Αίγλη, Ακεσώ και Ιασώ. Στο κέντρο του δωματίου υπήρχε ένα μεγάλο μαρμάρινο λουτήριο, ενώ τα αγάλματα ήταν τοποθετημένα μέσα σε διακοσμητικές κόγχες, οι οποίες προσέδιδαν στους χώρους των Θερμών πολυτέλεια και μνημειακό χαρακτήρα<sup>13</sup>.



Εικ.3.1.1.2 Αναπαράσταση μεγάλων Θερμών (Παντερμαλής 1999)

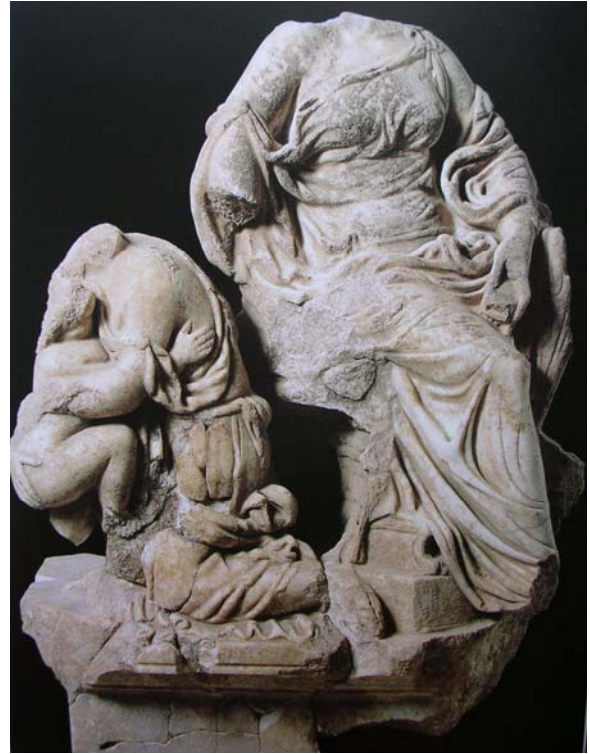
<sup>12</sup> Παντερμαλής 1999, 145.

<sup>13</sup> Παντερμαλής 1999, 140.

### 3.1.2 Τραπεζοφόρο με σύμπλεγμα από το μύθο της Μήδειας

**Προέλευση:** Η παράσταση (Εικ.3.1.2.1) κοσμούσε τη βάση μαρμάρινης τράπεζας, που ήταν τοποθετημένη στο αίθριο ενός σπιτιού.

**Περιγραφή:** Το σύμπλεγμα αποτελείται από τρεις μορφές. Η ψηλότερη μορφή κάθεται σε θρόνο κρατώντας στο αριστερό χέρι μια θήκη ξίφους. Φορά χιτώνα, που αφήνει ελεύθερο τον δεξιό ώμο. Επίσης, φορά και ιμάτιο τυλιγμένο στο αριστερό χέρι. Δεν σώζεται το κεφάλι της μορφής καθώς και το δεξιό χέρι κάτω από το ύψος του αγκώνα. Δεξιά είναι γονατισμένη μια μορφή και κρατά σφιχτά στην αγκαλιά ένα βρέφος. Φορά χιτώνα που αφήνει ελεύθερο τον αριστερό ώμο. Λείπουν επίσης, τα κεφάλια τόσο της μορφής όσο και του βρέφους.



Εικ.3.1.2.1 Τραπεζοφόρο με το μύθο της Μήδειας

Το θέμα του συμπλέγματος προέρχεται από το μύθο της Μήδειας. Ο μύθος είναι γνωστός, το θέμα επεξεργάστηκε και ο αρχαίος τραγικός ποιητής Ευριπίδης στην ομώνυμη τραγωδία του. Στις τρεις μορφές αναγνωρίζουμε τη Μήδεια, ένα από τα παιδιά της και την τροφό του.

Το γλυπτό αυτό είναι χαρακτηριστικό δείγμα της παραγωγής των νεοαττικών εργαστηρίων του 2ου αι. μ. Χ.<sup>14</sup>

**Δειγματοληψία:** Το δείγμα αποσπάστηκε από το πίσω μέρος της βάσης στο ύψος των ποδιών της τροφού.

<sup>14</sup> ό. π, 211., Στεφανίδου-Τιβερίου 1991,281.

### 3.1.3 Επιγραφή συνθήκης Φιλίππου Ε΄ και κατοίκων της Λυσιμάχειας της Θράκης

Αριθ. Ευρ.: 63α+3β

**Προέλευση:** Η στήλη (Εικ.3.1.3.1) ήταν τοποθετημένη στο ιερό του Διός Ολυμπίου.

**Περιγραφή:** Η επιγραφή αποτελείται από δύο τμήματα, τα οποία συγκολλούνται. Η ενεπίγραφη στήλη κάνει λόγο για τη συνθήκη συμμαχίας ανάμεσα στο Φίλιππο Ε΄ και τους κατοίκους της Λυσιμάχειας στη Θράκη. Στα τέλη του 3ου αι. π. Χ ο Φίλιππος Ε΄ της Μακεδονίας εγκατέστησε φρουρά στη Λυσιμάχεια με πρόφαση την προστασία της πόλης από την απειλή των Θρακικών φύλων. Κανείς από τους συμβαλλόμενους δεν επιτρεπόταν να προσχωρήσει σε μια συμμαχία με τρίτους, που θα ήταν εχθρική είτε προς τη Λυσιμάχεια είτε προς τον Φίλιππο.



Εικ.3.1.3.1 Ενεπίγραφη στήλη

Στην επιγραφή διασώζεται ένα μέρος των όρκων που έδωσαν οι πρεσβευτές των Λυσιμαχέων, πιθανότατα μπροστά στο βωμό του Διός του Ολυμπίου<sup>15</sup>.

**Δειγματοληψία:** Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε από την πίσω όψη του μεγαλύτερου τμήματος.

---

<sup>15</sup> ό. π,56.

### 3.1.4 Σαρκοφάγος με παράσταση γρυπών

Αριθ. Ευρ.:32

Προέλευση: Ανασκαφή Δίου

**Περιγραφή:** Από τη σαρκοφάγο (Εικ.3.1.4.1) σώζεται μια πλευρά της ορθογώνιας λάρνακας. Στην εξωτερική όψη εικονίζονται δύο γρύπες σε χαμηλό ανάγλυφο εκατέρωθεν ενός φυτικού μοτίβου.

Η σαρκοφάγος χρονολογείται στον 2ο αι. μ.Χ.



Εικ.3.1.4.1 Όψη της εξωτερικής πλευράς της λάρνακας με την παράσταση των γρυπών εκατέρωθεν φυτικού μοτίβου

Η λέξη σαρκοφάγος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει τη νεκρική θήκη είναι ελληνική. Ήταν σε χρήση ήδη από την ρωμαϊκή αυτοκρατορική περίοδο, αρχικά για να χαρακτηρίσει έναν συγκεκριμένο λίθο, τον *lapis sarcophagus*, ο οποίος εξάγεται στην Άσσο της Τρωάδας, στη Μικρά Ασία και είχε την ιδιότητα να "λιώνει" τα σώματα των νεκρών μέσα σε σαράντα μέρες. Το έθιμο της ταφής άρχισε να διαδίδεται στις αρχές του 2ου αι. μ.Χ. Έκτοτε, παρατηρείται συστηματική παραγωγή μαρμάρινων σαρκοφάγων με ανάγλυφες παραστάσεις.<sup>16</sup>

**Δειγματοληψία:** Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε από την πίσω όψη της σαρκοφάγου.

<sup>16</sup> Ramage & Ramage 2000, 229.

### 3.1.5 Σαρκοφάγος με παράσταση αντωπών Κενταύρων εκατέρωθεν δένδρου

Αριθ. Ευρ.:7754β

Προέλευση: Ανασκαφή Δίου

**Περιγραφή:** Από τη σαρκοφάγο σώζεται μια μακριά πλευρά της ορθογώνιας λάρνακας. Στην εξωτερική όψη εικονίζονται δύο Κένταυροι εκατέρωθεν ενός δένδρου. Περισσότερα στοιχεία δεν δίνονται, διότι η σαρκοφάγος είναι αδημοσίευτη. Η σαρκοφάγος χρονολογείται στον 2ο αι. μ.Χ.

**Δειγματοληψία:** Το δείγμα αποσπάστηκε από την κάτω αριστερή πλευρά, όπου υπήρχε ήδη απώλεια υλικού.

### 3.1.6 Άγαλμα Αρτέμιδος

Αριθ. Ευρ.:7817

**Προέλευση:** Το άγαλμα (Εικ.3.1.6.1) εντοπίστηκε στο ιερό της Θεάς Αρτέμιδος, σχεδόν στην αρχική θέση του και αποτελεί το λατρευτικό άγαλμα.

**Περιγραφή:** Η μορφή κινείται προς τα εμπρός προβάλλοντας το αριστερό πόδι ενώ τα χέρια ήταν προτεταμένα κρατώντας τόξο και βέλη. Τα χέρια σώζονται ως το ύψος του αγκώνα. Λείπει το κεφάλι της μορφής. Η μορφή φοράει ποδήρη χιτώνα πυκνά πτυχωμένο και ιμάτιο που δένεται στους ώμους, αφήνοντας ελεύθερα τα χέρια. Το ρούχο είναι φορεμένο χαλαρά, δίχως ζώσιμο στη μέση, παρασύρεται από την κίνηση και ανεμίζει.



Εικ.3.1.6.1 Άγαλμα Αρτέμιδος

Το άγαλμα παριστάνει τη Θεά Άρτεμη, η οποία λατρευόταν στο Δίον ως Θεά της βλάστησης και του νερού, συνεπώς καθιερώθηκε ως Θεά του τοπικού ποταμού Βαφύρα. Την λατρεία της Θεάς επιβεβαιώνει, εκτός του ιερού και η εύρεση

νομισμάτων που απεικονίζουν τη θεά και χρονολογούνται στους αυτοκρατορικούς χρόνους. Αυτός ο τύπος αγάλματος ήταν πολύ αγαπητός στην αρχαιότητα και γι' αυτό υπήρχαν πολλά αντίγραφα. Η Άρτεμις Βαφυρία είναι ποιοτικά ένα από τα καλύτερα. Το πρωτότυπο, που δεν σώθηκε ήταν δημιουργία αττικού εργαστηρίου της εποχής του Μεγάλου Αλεξάνδρου<sup>17</sup>.

Το άγαλμα χρονολογείται στον 1ο αι. μ.Χ και είναι αντίγραφο, το πρωτότυπό του χρονολογείται στα τέλη 4ου - αρχές 3ου π.Χ.

**Δειγματοληψία:** Το δείγμα προέρχεται από το πίσω μέρος της βάσης, η οποία είναι συμφυής με το άγαλμα.

### 3.1.7 Άγαλμα Αφροδίτης με Έρωτα

**Αριθ. Ευρ.:** 197

**Προέλευση:** Το άγαλμα (Εικ.3.1.7.1) βρέθηκε στο ιερό της Δήμητρας, σε ένα από τα ιερά κτήρια του τεμένους βρέθηκε ένας βωμός, που αναφέρει μια ιέρεια της Αφροδίτης<sup>18</sup>.

**Περιγραφή:** Μικρό άγαλμα που παριστάνει την Αφροδίτη. Στον ώμο της διακρίνονται ίχνη από τη μορφή του Έρωτα. Η θεά στέκεται σε χαλαρή στάση, ακουμπώντας στον κορμό δένδρου. Ο χιτώνας είναι ζωσμένος ψηλά τονίζοντας το στήθος. Το γλυπτό αυτό έργο χρονολογείται στο δεύτερο μισό του 2ου αι. π.Χ.<sup>19</sup>

**Δειγματοληψία:** Το δείγμα προέρχεται από το πίσω μέρος του αγάλματος, στην απόληξη του ποδήρη χιτώνα.



Εικ. 3.10. Άγαλμα Αφροδίτης

<sup>17</sup> Παντερμαλής 1999,273-279.

<sup>18</sup> ό.π ,62.

<sup>19</sup> ό.π ,70.

### 3.1.8 Επιτύμβια στήλη

Αριθ.Ευρ.:7751

Προέλευση: Ανασκαφή Δίου

**Περιγραφή:** Περισσότερα στοιχεία δεν επιτρέπεται να δοθούν, διότι η στήλη είναι αδημοσίευτη.

**Δειγματοληψία:** Το δείγμα αποσπάστηκε από το κάτω αριστερή γωνία, όπου ήδη υπήρχε απώλεια υλικού.

### 3.1.9 Ιωνικό κιονόκρανο

Αριθ. Ευρ.:7938

**Προέλευση:** Από τις κιονοστοιχίες του κυρίως ναού της κοιμητηριακής βασιλικής του Δίου.



Εικ.3.1.9.1 Όψη ιωνικού κιονοκράνου

**Περιγραφή:** Ο κυρίως ναός είναι μια τυπική ξυλόστεγη τρίκλιτη βασιλική, ανατολικά απολήγει σε ημικυκλική ασίδα ενισχυμένη με αντηρίδες. Οι δύο κιονοστοιχίες πατούν πάνω σε υπερυψωμένους στυλοβάτες. Οι κίονες, μονολιθικοί, διαφόρων διαστάσεων και από διάφορα είδη μαρμάρου, εδράζονταν σε λίθινα βάθρα ποικίλου ύψους εγκιβωτισμένα στην υποδομή του στυλοβάτη. Οι κίονες έφεραν ιωνικά κιονόκρανα (Εικ.3.1.9.1) με χωριστό επίθημα από λευκό μεσόκοκκο μάρμαρο. Παράλληλα βρέθηκαν μικρότερου μεγέθους κίονες, ιωνικά κιονόκρανα και επιθήματα, ένδειξη ότι ο ναός είχε υπερώα<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Μέντζος,1990,231.

Η βασιλική αυτή κτίστηκε στις πρώτες δεκαετίες του 5ο αι. μ. Χ και μετά την εγκατάλειψη της πόλης, που είχε σωριαστεί σε ερείπια από τους αλληπάλληλους σεισμούς, έγινε το κέντρο όσων είχαν απομείνει στο Δίον.<sup>21</sup>

**Αρχαιολογικός χώρος:** Κοντά στις μεγάλες Θέρμες και στο νότιο τείχος βρίσκεται μια βασιλική (Εικ.3.1.9.2), που κτίστηκε τον 5ο αι. μ. Χ. έξω από την πόλη, στην περιοχή ενός κοιμητηρίου της εποχής. Κάτω από το ιερό, αλλά και στο αίθριο της βασιλικής υπάρχουν χριστιανικοί τάφοι. Το ιερό βήμα της τρίκλιτης αυτής βασιλικής χωριζόταν με μαρμάρινα διακοσμημένα θωράκια, που ήταν στερεωμένα σε πεσσίσκους. Στην κόγχη του ιερού βήματος βρέθηκε ο λάκκος του εγκαινίου, τα ίχνη από τα πόδια της Αγίας Τράπεζας και η γυάλινη κανδήλα μαζί με το χάλκινο σταυρό, από τον οποίο ήταν κρεμασμένη. Το ψηφιδωτό δάπεδο του κεντρικού κλίτους ήταν διακοσμημένο με γεωμετρικά σχήματα και φυτικά θέματα<sup>22</sup>.

**Δειγματοληψία:** Το δείγμα αποσπάστηκε από το κάτω μέρος του κιονοκράνου.



Εικ.3.1.9.2 Κάτοψη της κοιμητηριακής βασιλικής

<sup>21</sup> Παντερμαλής 1999,254.

<sup>22</sup> Παντερμαλής 1997,44-45.

### 3.1.10 Αμφίγλυφο Θωράκιο

Αριθ.Ευρ.:8002

**Προέλευση:** Ιερό βήμα κοιμητηριακής βασιλικής του Δίου.

**Περιγραφή:** Το θωράκιο (Εικ.3.1.10.1) φέρει από τη μια πλευρά γεωμετρικό μοτίβο, ρόμβοι και ημικύκλια σε χαμηλό ανάγλυφο εναλλάσσονται μέσα σε κάνναβο. Από την άλλη πλευρά φέρει πλοχμούς σε χαμηλό ανάγλυφο, που εμπλέκονται και σχηματίζουν μοτίβο. Το θωράκιο σώζεται αποσπασματικά, αποτελείται από επτά τμήματα, τα οποία συγκολλούνται.



Εικ.3.1.10.1 Αμφίγλυφο Θωράκιο α' όψη, β' όψη

**Περιγραφή:** Στο ανατολικό άκρο του μέσου κλίτους σχηματίζεται ο χώρος του Ιερού Βήματος. Κλείνεται από ένα χαμηλό φράγμα θωρακίων σε σχήμα Π, με τη σολέα στο μέσο της δυτικής πλευράς. Το δάπεδο του Βήματος καλύπτεται με μαρμαροθέτημα. Στον ημικυκλικό τοίχο της αψίδας ακουμπά το κτιστό ημικυκλικό σύνθρονο, που αποτελείται από χαμηλή βαθμίδα και πάγκο. Το φράγμα του πρεσβυτερίου κλεινόταν με δύο ειδών θωράκια: αμφίγλυφα με πλούσιο γεωμετρικό διάκοσμο ή απλούστερα με ένα σταυρό μέσα στο πλαίσιο, σε επίπεδο ανάγλυφο<sup>23</sup>.

**Δειγματοληψία:** Το δείγμα αποσπάστηκε από σημείο ήδη κατεστραμμένο.

<sup>23</sup> Μέντζος 1990,232.

**Προέλευση:** Το ιωνικό κιονόκρανο (Εικ.3.1.11.1) προέρχεται από τη βόρεια στοά του αιθρίου της κοιμητηριακής βασιλικής του Δίου.



Εικ.3.1.11.1 Όψη ιωνικού κιονοκράνου

**Περιγραφή:** Το αίθριο είναι τρίστωο, τυπικό για τα κτήρια του ελληνικού χώρου. Τόσο τα υλικά όσο και η μέθοδος κατασκευής έχουν χαμηλότερη ποιότητα από τα αντίστοιχα του ναού. Οι στοές έχουν από πέντε κίονες, οι κιονοστοιχίες ξεκινούν από επιμήκεις παραστάδες στον ανατολικό τοίχο και καταλήγουν προς Δ σε μικρότερες γαμματοειδείς παραστάδες που πλαισιώνουν τη δυτική κιονοστοιχία, η οποία έχει δυο κίονες. Ο στυλοβάτης της νότιας κιονοστοιχίας είναι κτιστός και προεξέχει από το δάπεδο. Αντίθετα, ο κτιστός επίσης στυλοβάτης της βόρειας στοάς βρίσκεται στην ίδια περίπου στάθμη με το δάπεδο. Το δάπεδο της βόρειας στοάς ως την ανατολική παραστάδα του ανοίγματος είναι πλινθόστρωτο από πλίνθους και λιθόπλακες διαφόρων διαστάσεων σε δεύτερη χρήση<sup>24</sup>.

**Δειγματοληψία:** Το δείγμα αποσπάστηκε από το κάτω μέρος του κιονοκράνου.

---

<sup>24</sup> ό.π, 233.

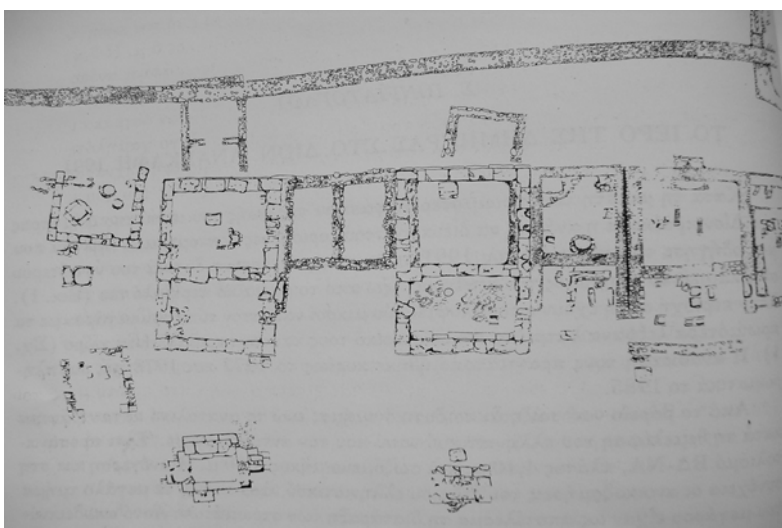
### 3.1.12 Λιθόπλινθος

**Προέλευση:** Ο λιθόπλινθος (Εικ.3.1.12.1) προέρχεται από τη ΒΑ γωνία του προνάου του νότιου ελληνιστικού ναού του ιερού της Δήμητρας στο Δίον



Εικ.3.1.12.1 Λιθόπλινθοι από το νότιο ελληνιστικό ναό του ιερού της Δήμητρας

**Αρχαιολογικός χώρος:** Το ιερό της Δήμητρας (Εικ.3.1.12.2) στο Δίον είναι το αρχαιότερο ιερό της Θεάς που έχει ανασκαφεί στο βορειοελλαδικό χώρο. Βρίσκεται στην περιοχή των ιερών, νότια της πόλης και εκτός των τειχών, στις ανατολικές υπώρειες του πολύπτυχου όγκου του Ολύμπου. Η ανασκαφή αποκάλυψε μια εντυπωσιακή σειρά ναών, βωμών, στοών και βοηθητικών κτισμάτων και έφερε στο φως χιλιάδες κινητών ευρημάτων, κυρίως αφιερωμάτων που καταγράφουν την ιστορία του ιερού από τις αρχές του 5ου αι. π.Χ ως τα τέλη του 4ου αι. μ.Χ.<sup>25</sup>



Εικ.3.1.12.2 Κάτοψη του ιερού της Δήμητρας (Πινγιάτογλου 1991).

<sup>25</sup> Πινγιάτογλου 2005, πρόλογος.

Έχουν αποκαλυφθεί δύο πρώιμοι κλασικοί ναοί στον τύπο του μεγάρου, με προθάλαμο και σηκό, οι δύο ελληνιστικοί διάδοχοί τους ναοί, άλλοι λατρευτικοί οίκοι και βοηθητικοί χώροι<sup>26</sup>. Στα τέλη του 4ου αι. π.Χ. προστέθηκαν στο ιερό δύο νέοι δωρικού ρυθμού ναοί με δύο κίονες ανάμεσα στις παραστάδες της εισόδου. Λίγο πιο νότια ανασκάφηκε μικρός περίβολος που περιείχε ένα τετράγωνο πηγάδι στο ίδιο επίπεδο με τους νεότερους ναούς και δύο άλλα με πήλινα τοιχώματα στο επίπεδο των μεγάρων. Ίσως πρόκειται για ανάμνηση από το <<καλλίχορον φρέαρ>> της Ελευσίνας, όπου οι γυναίκες της περιοχής χόρεψαν για τη Δήμητρα. Το ιερό έκλεινε προς νότο με μια μεγάλη στοά και προς δυσμάς με ένα μακρύ περίβολο. Ανατολικά βρέθηκαν οι βωμοί των δύο ναών. Στα αυτοκρατορικά χρόνια πλήθυναν τα λατρευτικά κτήρια, έτσι ώστε οι ναοί του ιερού να στοιχίζονται σε μια μακρά παράταξη. Μαζί με τη Δήμητρα λατρευόταν η Κουροτρόφος, μια θεά των παιδιών και της γονιμότητας και η Βαυβώ, που στο ανάκτορο της Ελευσίνας με την τολμηρή συμπεριφορά της έκανε τη Δήμητρα να ξεχάσει τη θλίψη της για την αρπαγή της Περσεφόνης από τον Άδη. Σε ένα από τα ιερά κτήρια του τεμένους βρέθηκε τέλος βωμός που αναφέρει μια ιέρεια της Αφροδίτης<sup>27</sup>.

**Δειγματοληψία:** Δεν χρειάστηκε να γίνει απόσπαση, διότι οι λιθόπλινθοι είναι αποκολλημένοι.

### 3.1.13 Πλάκα πλακόστρωσης

**Προέλευση:** Κεντρική αίθουσα των θερμών (Εικ.3.1.13.1) του κεντρικού δρόμου της αγοράς του Δίου.



Εικ.3.1.13.1 Πλάκες πλακόστρωσης

Οι θερμές χρονολογούνται στους αυτοκρατορικούς χρόνους.

**Δειγματοληψία:** Δεν χρειάστηκε να γίνει απόσπαση, διότι οι πλάκες της πλακόστρωσης είναι αποκολλημένες.

<sup>26</sup> ό.π, 205.

<sup>27</sup> Παντερμαλής 1999,61-73.

#### 4. Γενικά στοιχεία για το μάρμαρο και τη χρήση του ως δομικό υλικό κατά την αρχαιότητα

Η πλειονότητα των δειγμάτων (11 από τα 13) που αναλύθηκαν στην παρούσα μελέτη αποτελούνται από λευκό μάρμαρο, που χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα στην αρχιτεκτονική και στην κατασκευή έργων τέχνης στην αρχαία Ελλάδα. Ο Όμηρος με τη λέξη "μάρμαρος" εννοούσε τον σκληρό και λαμπερό λίθο που είχε μεγάλο όγκο<sup>28</sup>. Αργότερα, μετά το 400 π.Χ., οι αρχαίοι συγγραφείς έδωσαν στη λέξη "μάρμαρο" τη σημερινή έννοια, δηλαδή του λευκού πετρώματος που αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη και το ονόμαζαν απλώς "λίθο"<sup>29</sup>.

Το ελληνικό μάρμαρο ήταν γνωστό σε όλο τον αρχαίο κόσμο και είχε ταυτιστεί με τα μεγαλύτερα αρχιτεκτονικά αριστουργήματα. Κανένα άλλο υλικό δεν εντυπωσίασε και δεν ενθουσίασε τον άνθρωπο τόσο πολύ. Από το μάρμαρο εμπνεύστηκαν οι γλύπτες της αρχαίας Ελλάδας, όπως ο Φειδίας και ο Πραξιτέλης, και δημιούργησαν αριστουργήματα, από τον Παρθενώνα της Ακρόπολης έως τη Νίκη της Σαμοθράκης, δείγματα της υψηλής αισθητικής και του προηγμένου πολιτισμού των αρχαίων Ελλήνων. Οι ναοί, τα δημόσια κτήρια, τα θέατρα, τα ανάκτορα, τα μνημεία, όλα ήταν κατασκευασμένα από μάρμαρο. Το μάρμαρο ξεχωρίζει λόγω του χρώματός του, ιδιαίτερα του λευκού, της ομοιογένειας των συστατικών του κόκκων, της λάμψης του αλλά και της ευκολίας στη λάξευση.

Η λέξη μάρμαρο χρησιμοποιείται με άλλη έννοια από τους επιστήμονες και με άλλη από τους τεχνικούς ή τους απλούς ανθρώπους. Στην επιστημονική ορολογία είναι ένα μεταμορφωμένο πέτρωμα που αποτελείται κυρίως από λεπτό μέχρι χονδρόκοκκο ανακρυσταλλωμένο ασβεστίτη και/ή δολομίτη. Ο ιστός του μαρμάρου είναι γρανοβλαστικός ή σακχαροειδής που σημαίνει, ότι όλοι οι κόκκοι του έχουν σχεδόν ίσο μέγεθος (Εικ.4.1).

Στην τεχνική ορολογία ως "μάρμαρο" χαρακτηρίζεται κάθε πέτρωμα κοκκώδες και στιφρό που χρησιμοποιείται ως διακοσμητικό. Και στις δύο περιπτώσεις αυτά τα πετρώματα μπορούν να κοπούν, να λειανθούν, να στιλβωθούν και να δώσουν πλάκες για επίστρωση και επένδυση.

Πολλές φορές δείγματα μαρμάρου παρουσιάζουν "μαρμαρυγή" λάμψη, δηλαδή στίλβουν. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην ανάκλαση του φωτός πάνω στις σχισμογενείς έδρες των κρυστάλλων του ασβεστίτη και του δολομίτη, που όπως είναι γνωστό παρουσιάζουν τέλειο ρομβοεδρικό σχισμό. Η μαρμαρυγή αυτή λάμψη μεταβάλλεται σε ένταση, όταν μεταβάλλεται η θέση του παρατηρητή ως προς το δείγμα και εμφανίζεται κυρίως σε χονδρόκοκκα μάρμαρα.

Το χρώμα των γνήσιων μαρμάρων είναι συνήθως λευκό ή λευκότεφρο.

<sup>28</sup> Όμηρος, Μ(12),380, Π(16),735, ι (9),499.

<sup>29</sup> Θεόφραστος, 6, 7.



Εικ.4.1 Μακροσκοπική φωτογραφία από λευκό αδροκρυσταλλικό μάρμαρο από την Αλυκή της Θάσου (μήκος φωτογραφίας 8 cm).

Όταν το φως ανακλάται ολικά ή διαχέεται πάνω στην επιφάνεια του μαρμάρου, τότε αυτό παρουσιάζει λευκό χρώμα. Το γαλακτώδες χρώμα οφείλεται στην αδιαφάνεια του λευκού μαρμάρου, ενώ το χιονώδες στην ανάκλαση του φωτός που γίνεται σε επιφάνειες ασυνέχειας (π.χ έδρες κρυστάλλων), οι οποίες βρίσκονται σε βαθύτερα σημεία μέσα στη μάζα του μαρμάρου.

Το μάρμαρο χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πυκνότερα, βαρύτερα ( $2.700 \text{ kg/m}^3$ ) και ανθεκτικότερα πετρώματα<sup>30</sup>. Ορισμένες ποικιλίες του αντέχουν σε πιέσεις μέχρι  $1.500 \text{ kg/m}^3$  φορτίο θραύσης, ενώ η σκληρότητά του κυμαίνεται από 3 μέχρι 4 στην κλίμακα Mohs, λόγω του βασικότερου ορυκτού που είναι ο ασβεστόλιθος. Τα μάρμαρα είναι περιζήτητα στο εμπόριο και την τεχνική. Για τη γλυπτική καταλληλότερα είναι τα λευκά και λεπτοκοκκώδη, γιατί έχουν ασθενέστατη σχιστότητα και είναι πολύ ανθεκτικά. Γενικά, η αξία και η εμπορικότητα των μαρμάρων εξαρτάται από το χρωματισμό, την αντοχή και κυρίως από το βαθμό επιδεκτικότητας σε κοπή, λείανση και στίλβωση.

Η καθαρότητα του γνήσιου μαρμάρου εξαρτάται κυρίως από το είδος και τη φύση της μεταμόρφωσης, αλλά και από τα φαινόμενα της μετασωμάτωσης. Τα καθαρά και λεπτόκοκκα ασβεστοιτικά μάρμαρα, λευκά ή χιονόλευκα, είναι πολύ σπάνια<sup>31</sup>. Τέτοιου είδους μάρμαρα είναι της Θάσου, της Πεντέλης και της Πάρου στον ελληνικό χώρο και της Καράρα στην Ιταλία. Η θαυμάσια εμφάνιση των μαρμάρων αυτών οφείλεται στη διαφάνειά τους, καθώς και στην ιδιότητά τους να ανακλούν το φως. Το μάρμαρο της Πεντέλης επιτρέπει τη διέλευση του φωτός από πλακίδια πάχους 15 mm, το μάρμαρο της Καράρα από πλακίδια πάχους 25

<sup>30</sup>Τσιραμπίδης 1996, 59.

<sup>31</sup>ό.π., 59.

mm και το περίφημο μάρμαρο της Πάρου επιτρέπει τη διέλευση φωτός από πλάκες πάχους 35 mm. Οι αρχαίοι ονόμαζαν το μάρμαρο της Πάρου "λυχνίτη λίθον", γιατί το λατόμευαν υπόγεια με το φως των λύχνων. Το μάρμαρο της Πάρου θεωρείται το ωραιότερο λευκό μάρμαρο σε παγκόσμια κλίμακα, αν και δεν λατομεύεται πια για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος<sup>32</sup>.

## 4.1 Ορυκτολογική σύσταση μαρμάρου

---

### 4.1.1 Θεμελιώδη ορυκτά

#### 4.1.1.1 Ασβεστίτης

Σύνθεση: Ο ασβεστίτης είναι η μόνη σταθερή δομή του ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ) στη φύση, σε θερμοκρασία δωματίου και ατμοσφαιρική πίεση. Ο αραγωνίτης και ο βατερίτης είναι οι άλλες δύο μορφές του ανθρακικού ασβεστίου, που όμως είναι μετασταθείς. Ο αραγωνίτης σταθεροποιείται σε πιέσεις πάνω από 4 kb. Με θέρμανση στους  $400^\circ\text{C}$  ή με κονιοποίηση σε μηχανικό γουδί μετασχηματίζεται σε ασβεστίτη<sup>33</sup>.

Δομή: Ο ασβεστίτης κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα. Η στοιχειώδης κυψελίδα του είναι ρομβόεδρο πλευράς  $a=6.37\text{\AA}$  με γωνία  $\alpha=46^\circ05'$ , και αντιστοιχεί σε δύο μόρια ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ). Η επανάληψη της κυψελίδας στο χώρο δημιουργεί μια δομή που αποτελείται από αλληπάλληλες στοιβάδες ιόντων  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Μορφή: Ο ασβεστίτης εμφανίζεται σε πολλές μορφές ανάλογα με το περιβάλλον. Στα περισσότερα, όμως πετρώματα σχηματίζει αλλοτριόμορφους κόκκους ή συσσωματώματα κόκκων.

Φυσικές ιδιότητες: Ο σχισμός του κρυστάλλου του ασβεστίτη εμφανίζεται κατά μήκος της μικρότερης πλευράς του. Κατά το επίπεδο αυτό ο σχισμός είναι ευκολότερος, καθώς διασπάται ο ελάχιστος αριθμός δεσμών μεταξύ των ατόμων. Οι έδρες που σχηματίζονται με αυτόν τον τρόπο λέγονται σχισμοειδείς, είναι ρόμβοι γωνίας  $101^\circ55'$  και είναι χαρακτηριστικές κατά την παρατήρηση θραυσιγενούς επιφάνειας ασβεστίτη στο μικροσκόπιο.

Χημικές ιδιότητες: Η αντικατάσταση ιόντων ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) στο πλέγμα του ανθρακικού ασβεστίου με ιόντα άλλων στοιχείων είναι συνηθισμένη. Έτσι, συχνά τα ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  αντικαθίστανται από ιόντα παραπλήσιας ιοντικής ακτίνας, όπως το μαγγάνιο II ( $\text{Mn}^{2+}$ ), το δισθενές μαγνήσιο ( $\text{Mg}^{2+}$ ), ο τρισθενής σίδηρος

---

<sup>32</sup> Τσιραμπίδης 1996, 59., Herz 2000, 27-33, Ορλάνδος 1958, 427.

<sup>33</sup> Τσιραμπίδης 2002, 138, Βάκουλης 2000, 14-16.

( $\text{Fe}^{3+}$ ), ο σίδηρος II ( $\text{Fe}^{2+}$ ), το διοθενές στρόντιο ( $\text{Sr}^{2+}$ ), το διοθενές ευρώπιο ( $\text{Eu}^{2+}$ ), και το τριοθενές δημήτριο ( $\text{Ce}^{3+}$ )<sup>34</sup>.

#### 4.1.1.2 Δολομίτης

Σύνθεση: Ο δολομίτης ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) δεν έχει παρασκευαστεί μέχρι σήμερα στο εργαστήριο. Για το σχηματισμό του στη φύση δεν υπάρχει κάποια ευρέως αποδεκτή θεωρία. Η ιδεώδης κατά βάρος σύστασή του είναι:  $\text{MgO}=21,9\%$ ,  $\text{CaO}=30,4\%$ ,  $\text{CO}=47,7\%$ . Η σύστασή του κυμαίνεται από 57% mole Ca και 43% mole Mg μέχρι την ιδανική τιμή 50% mole για κάθε στοιχείο, εξαιτίας της αντικατάστασης του Ca από  $\text{Mg}^{35}$ .

Δομή: Ο δολομίτης κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα, όπως και ο ασβεστίτης. Η μόνη διαφορά της στοιχειώδους κυψελίδας του δολομίτη από αυτή του ασβεστίτη, είναι η αντικατάσταση ιόντων ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) με ιόντα μαγνησίου ( $\text{Mg}^{2+}$ ), τα οποία έχουν μικρότερη ιοντική ακτίνα. Για το λόγο αυτό το ρομβόεδρο του δολομίτη έχει διαφορετικές διαστάσεις ( $a=6.015\text{\AA}$ ,  $\alpha=47^\circ 07'$ )

Φυσικές ιδιότητες: Οι σχισμογενείς έδρες στο δολομίτη είναι ρόμβοι γωνίας  $104^\circ$ , γι' αυτό και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χαρακτηριστικό διάκρισης με τον ασβεστίτη.

Χημικές ιδιότητες: Τα ιόντα του διοθενούς μαγνησίου ( $\text{Mg}^{2+}$ ) στο δολομίτη αντικαθίστανται κυρίως από ιόντα σιδήρου II ( $\text{Fe}^{2+}$ ), τριοθενούς σιδήρου ( $\text{Fe}^{3+}$ ), μαγγανίου II ( $\text{Mn}^{2+}$ ), διοθενούς ψευδαργύρου ( $\text{Zn}^{2+}$ ), και διοθενούς κοβαλτίου ( $\text{Co}^{2+}$ ). Τα ιόντα ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) αντικαθίστανται από ιόντα μαγγανίου II ( $\text{Mn}^{2+}$ ), τριοθενούς σιδήρου ( $\text{Fe}^{3+}$ ), διοθενούς βαρίου ( $\text{Ba}^{2+}$ ) και διοθενούς μολύβδου ( $\text{Pb}^{2+}$ ).

Η πλειονότητα των δολομιτών έχει σχηματιστεί με τη δολομιτίωση των ασβεστολίθων. Δολομιτίωση είναι, η διεργασία κατά την οποία ο ασβεστόλιθος μετατρέπεται μερικώς ή ολικώς σε δολομίτη με την αντικατάσταση του αρχικού  $\text{CaCO}_3$  από  $\text{MgCO}_3$ . Η αντικατάσταση γίνεται με την επίδραση του νερού που περιέχει μαγνήσιο. Μπορεί να συμβεί συγχρόνως ή αμέσως μετά την απόθεση του ασβεστόλιθου ή κατά τη διάρκεια της λιθοποίησής του. Συνήθως, συνοδεύεται από ανακρυστάλλωση, καταστροφή των τυχόν απολιθωμάτων και σμίκρυνση του όγκου μέχρι 11% του αρχικού, με παράλληλο σχηματισμό πόρων, κοιλοτήτων και σχισμών.

#### 4.1.2 Δευτερεύοντα ορυκτά

Μέσα στα μάρμαρα μπορεί να υπάρχουν και άλλα ορυκτά συστατικά σε διάφορες ποσότητες, όπως είναι δολομίτης, χαλαζίας, μοσχοβίτης, σερικήτης,

<sup>34</sup> Χριστοφίδης και Σολδάτος 1998, 181-184, Τσιραμπίδης 1996, 59, Βάκουλης 2000, 14-16.

<sup>35</sup> Τσιραμπίδης 2002, 138, Βάκουλης 2000, 14-16.

χλωρίτης, αλβίτης, επίδοτο, σερπεντίνης, γραφίτης, αιματίτης, λειμωνίτης, αργιλικά ορυκτά, σουλφίδια κ.λ.π. Η παρουσία των ορυκτών αυτών συστατικών, όταν βρίσκονται σε ικανή ποσότητα, επηρεάζει τόσο τις τεχνικές ιδιότητες όσο και το χρώμα του μαρμάρου. Έτσι, τα φυλλώδη ορυκτολογικά συστατικά, όπως είναι ο μοσχοβίτης, ο χλωρίτης κ.ά., αυξάνουν τη σχιστότητά του, ενώ τα έγχρωμα ορυκτά δίνουν στο μάρμαρο διάφορες χαρακτηριστικές αποχρώσεις. Ο χαλαζίας που οι τεχνικοί τον ονομάζουν "γυαλί" εξαιτίας της μεγάλης σκληρότητάς του, ακόμη και όταν βρίσκεται σε μικρές ποσότητες και με μικρό μέγεθος κόκκων, αυξάνει τη σκληρότητα και την αντοχή του μαρμάρου, αλλά μειώνει σημαντικά τη δυνατότητα για καλή στίλβωση.

Ο σιπολίνης είναι μάρμαρο που περιέχει ενστρώσεις φυλλωδών ορυκτών, κυρίως σερικήτη και χλωρίτη.

## 5. Συνοπτικά γεωλογικά και πετρογραφικά χαρακτηριστικά των λευκών μαρμάρων από σημαντικά λατομικά κέντρα της αρχαιότητας που αναφέρονται στην παρούσα εργασία

Το μάρμαρο άρχισε να χρησιμοποιείται στις κατασκευές και στα οικοδομήματα στην αρχαία Ελλάδα από την αρχαϊκή εποχή (μέσα του 7ου αι. π.Χ.) σε περιορισμένο κάπως βαθμό. Η εξόρυξη και εκμετάλλευση του μαρμάρου έγινε περισσότερο εντατική τον 6ο και 5ο αι. π.Χ. και η χρήση του διαδόθηκε ακόμη περισσότερο. Τα λατομεία σε ολόκληρο τον τότε γνωστό ελληνικό κόσμο δούλευαν εντατικά για να προμηθεύσουν με άφθονη πρώτη ύλη (Πίνακας 5.1). Τους πρώτους αιώνες χρησιμοποιήθηκε κυρίως το λευκό μάρμαρο. Αργότερα όμως, κατά τους ελληνιστικούς χρόνους, διαδόθηκαν και τα μάρμαρα με διάφορους χρωματισμούς. Όλα τα είδη μαρμάρων χρησιμοποιήθηκαν επίσης και κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο και την παλαιοχριστιανική εποχή<sup>36</sup>.

Εξαιρετικό και φημισμένο λευκό μάρμαρο εξορύσσονταν στην Πάρο γνωστό ως "παρία λίθος". Λατομεία μαρμάρου είχε και η Αττική που λειτουργούσαν εντατικά μετά τους Περσικούς Πολέμους (τον 5ο αι. π.Χ.). Το καλύτερο μάρμαρο ήταν το λευκό της Πεντέλης<sup>37</sup>. Πολύ καλής ποιότητας και ονομαστό στον τότε γνωστό κόσμο ήταν το λευκό μάρμαρο της Θάσου.

**Πίνακας 5.1.** Τα κυριότερα αρχαία λατομεία και η χρονική διάρκεια εξόρυξης<sup>38</sup>

| Περιοχή     | Έναρξη-Διάρκεια εκμετάλλευσης/εξόρυξης                    |
|-------------|-----------------------------------------------------------|
| Νάξος       | Αρχαϊκή εποχή (6ος αι. π.Χ.)-ρωμαϊκή εποχή                |
| Πάρος       | Αρχαϊκή εποχή (6ος αι. π.Χ.)- βυζαντινή εποχή             |
| Πεντέλη     | Κλασική εποχή (5ος αι. π.Χ.)-σήμερα                       |
| Υμηττός     | Αρχαϊκή εποχή (7ος-6ος αι. π.Χ.)-υστερορωμαϊκή εποχή      |
| Θάσος       | Αρχαϊκή εποχή (7ος αι. π.Χ.)-βυζαντινή εποχή              |
| Μαρμαράς    | Αρχαϊκή εποχή (6ος αι. π.Χ.)-βυζαντινή εποχή(6ος αι. μ.Χ) |
| Αφροδισιάδα | Ελληνιστική εποχή-υστερορωμαϊκή εποχή                     |
| Δοκίμειον   | Ρωμαϊκή εποχή (1ος αι. μ.Χ.)-βυζαντινή εποχή(6ος αι. μ.Χ) |
| Carrara     | Ρωμαϊκή εποχή (1ος-3ος αι. μ.Χ)                           |

Παρακάτω δίνονται συνοπτικά τα γεωλογικά και πετρογραφικά χαρακτηριστικά από τα μάρμαρα των αρχαίων λατομείων που αναφέρονται στην

<sup>36</sup> Ορλάνδος 1958,427.

<sup>37</sup> Παισανίας, 1, 14, 7.

<sup>38</sup> Βάκουλης 2000, 7 κατά Ward-Perkins J.,1992, 153-159.

παρούσα εργασία και συγκεκριμένα των λατομείων της Αλυκής και του Αγ. Ιωάννη Θάσου, της Πεντέλης, της Πάρου και της Νάξου<sup>39</sup>. Επιπλέον, δίνονται στοιχεία για την ορυκτολογική σύσταση και την πετρογραφία του μαρμάρου από τα αρχαία λατομεία στα Σεντούκια Πιερίων,<sup>40</sup> που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από το Δίον καθώς και στοιχεία για τα λατομεία του Μαρμαρά και της Τήνου.

Η νήσος **Θάσος** βρίσκεται στο βόρειο Αιγαίο και γεωλογικά ανήκει στη μάζα της Ροδόπης. Αποτελείται κυρίως από μεταμορφωμένα πετρώματα (σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, μάρμαρα, αμφιβολίτες) πάχους 2000-2500 μ., τα οποία καλύπτονται από δилουβιακές και αλλουβιακές αποθέσεις<sup>41</sup>. Το μεταμορφωμένο σύστημα της Θάσου υποδιαιρείται σε τέσσερις σειρές: 1) Σειρά Κοινύρων-Ποταμιάς (σχιστόλιθοι, μάρμαρα, δολομιτικά μάρμαρα, αμφιβολίτες, γνεύσιοι) 2) Μάρμαρα Προφήτη Ηλία 3) Σχιστόλιθοι Μαριών και 4) Μάρμαρα Αη Μάτη-Κάστρου. Τα παραπάνω πετρώματα έχουν υποστεί μία χαμηλού και μία μέσου έως υψηλού βαθμού μεταμόρφωση. Το κατώτερο τμήμα της σειράς Κοινύρων-Ποταμιάς διακόπτεται από μία σειρά ανδεσιτικών φλεβών.

Οι κυριότερες επιφανειακές λατομικές δραστηριότητες εξόρυξης μαρμάρου εντοπίζονται στα βορειοδυτικά του νησιού (Εικ.5.1) και συγκεκριμένα στις θέσεις Ακρόπολη, ακρωτήριο Φανάρι και όρμος Αγίου Ιωάννη, καθώς και στο νοτιοανατολικό του τμήμα (Εικ.5.1) στις θέσεις Αλυκή και ακρωτήριο Μάρμαρα. Στη Θάσο υπάρχουν δύο τύποι λευκού μαρμάρου: το ασβεστίτικο και το δολομιτικό. Στις προαναφερθείσες θέσεις αρχαίας λατομικής δραστηριότητας, το δολομιτικό μάρμαρο εντοπίζεται μόνο στον όρμο Αγ. Ιωάννη, ενώ σε όλες τις υπόλοιπες (Ακρόπολη, Ακ. Φανάρι, Αλυκή, Ακ. Μάρμαρα) το μάρμαρο είναι ασβεστίτικο με μικρή συμμετοχή δολομίτη<sup>42</sup>.

Το μάρμαρο στην περιοχή του όρμου του Αγ. Ιωάννη και του ακρωτηρίου Βαθύ αποτελείται κυρίως από δολομίτη. Σε μικρές ποσότητες συμμετέχει ο ασβεστίτης, ενώ σε ίχνη εντοπίζονται ο απατίτης, ο χλωρίτης, ο γραφίτης και ο λευκός μαρμαρυγίας<sup>43</sup>. Ο ιστός είναι ολοβλαστικός (δηλαδή όλοι οι κόκκοι δολομίτη έχουν ίδιο μέγεθος) ή ετεροβλαστικός (δηλαδή οι κόκκοι δολομίτη έχουν διαφορετικό μέγεθος). Τα όρια των κόκκων έχουν τη μορφή συρραφής (sutured) και είναι οδοντωτά (dentate). Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων δολομίτη κυμαίνονται από 2-2,6 mm.

Το μάρμαρο στην Αλυκή Θάσου (Εικ.5.2-3) αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη και λίγο δολομίτη. Ο απατίτης, ο γραφίτης, ο λευκός μαρμαρυγίας και τα σουλφίδια Fe και Zn βρίσκονται σε ίχνη<sup>44</sup>. Ο ιστός είναι ετεροβλαστικός και

<sup>39</sup> Capedri et al., 2004.

<sup>40</sup> Βάκουλης 2000, παρούσα εργασία.

<sup>41</sup> Vavelidis, 1984.

<sup>42</sup> Ζάχος, 1982.

<sup>43</sup> Capedri et al. 2004, Herz 1987,35-43, Herz 1988,35-43

<sup>44</sup> Capedri et al. 2004, Herz 1988,35-43



Εικ.5.1 Χάρτης της Θάσου με τις θέσεις των αρχαίων λατομείων (Herz 1988)



Εικ.5.2 Το λατομείο Αλυκής Θάσου



Εικ.5.3 Μέτωπα εξόρυξης από το λατομείο Αλυκής Θάσου

τα όρια των κόκκων έχουν τη μορφή συρραφής (sutured) και είναι κυρτά (curved) ή σπάνια ευθεία (straight). Το μέγεθος των κόκκων είναι κατά μέσο όρο 0,9 mm που φθάνει σπανιότερα έως και 5 mm.

Η Πεντέλη και ο Υμηττός ανήκουν γεωτεκτονικά στην ενότητα της Αττικής, της Αττικοκυκλαδικής ζώνης. Χαρακτηρίζονται από ένα κατώτερο ορίζοντα μαρμάρων και δολομιτών ηλικίας Άνω Τριαδικού-Κάτω Ιουρασικού, ένα ενδιάμεσο ορίζοντα από μαρμαρυγιακούς και αμφιβολιτικούς σχιστολίθους και ενστρώσεις μαρμάρων και τέλος από έναν ανώτερο ορίζοντα με μάρμαρα του Άνω Κρητιδικού<sup>45</sup>.

Τα λατομεία στην Πεντέλη (Εικ.5.4), σύμφωνα με τον Ορλάνδο (1958)<sup>46</sup> και τον Κορρέ (1994)<sup>47</sup>, άρχισαν να λειτουργούν εντατικά μετά του Περσικούς Πολέμους (5ος αι. π.Χ.). Το λευκό μάρμαρο διακρινόταν για την πολύ καλή ποιότητα, ήταν λεπτόκοκκο και είχε μεγάλη πυκνότητα και εξαιρετική διαύγεια. Στην Αθήνα χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό στην κατασκευή μνημείων κατά την εποχή του Περικλή, αλλά και αργότερα στην Ελληνιστική και Ρωμαϊκή περίοδο, ιδιαίτερα στα χρόνια του Ηρώδη του Αττικού που ήταν και ο ίδιος ιδιοκτήτης λατομείων. Πεντελικό μάρμαρο χρησιμοποιήθηκε επίσης, στην Ελευσίνα, στους Δελφούς, στην Ολυμπία, ακόμη και στη Ρώμη.



Εικ.5.4 Μέτωπο εξόρυξης στην Πεντέλη

---

<sup>45</sup> Μουντράκης 1985.

<sup>46</sup> Ορλάνδος 1958, 427.

<sup>47</sup> Κορρές 1994, 127.

Ορυκτολογικά το μάρμαρο Πεντέλης αποτελείται κυρίως από ασβεσίτη με δευτερεύοντα το δολομίτη. Σε ίχνη βρίσκονται χαλαζίας, απατίτης, σουλφίδια Fe, χλωρίτης, μαρμαρυγίας (φλογοπίτης), γραφίτης και οξειδία Fe. Ο ιστός είναι ομοβλαστικός ή σχετικά ετεροβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν σχεδόν το ίδιο μέγεθος. Έχει ανισότροπη υφή με μικρή ή έντονη φολίδωση<sup>48</sup> παρουσιάζουν δηλαδή σχιστότητα, ιδιότητα που διευκολύνει την εξόρυξη των ογκόλιθων και γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτή κατά τη μηχανική επεξεργασία του πετρώματος.

Έχουν λεπτό υποσακχαροειδή ιστό και μεγάλη συνεκτικότητα, φυσιολογική αντοχή στη θραύση και στιλβώνονται εύκολα. Τα όρια των κόκκων είναι κυρτά (curved) έως οδοντωτά (dentate) ή ευθεία (straight) έως κυρτά (curved). Το μέγεθος των κόκκων του ασβεσίτη κυμαίνεται από 0,4 έως 0,7 mm, ενώ το μέγιστο μέγεθος των κόκκων φθάνει έως 1-1,3 mm<sup>49</sup>.

Τα νησιά **Πάρος**, **Νάξος** και **Τήνος** ανήκουν γεωτεκτονικά στην Αττικοκυκλαδική ζώνη. Διακρίνεται ένα κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο με γνεύσιους, αμφιβολίτες και σχιστολίθους ηλικίας Παλαιοζωικού, ένας ενδιάμεσος ορίζοντας σχιστολίθων ηλικίας Περμοτριάδικής και ένας ανώτερος ορίζοντας ανθρακικών πετρωμάτων (κυρίως μαρμάρων και δολομιτών) ηλικίας Άνω Τριαδικού-Άνω Κρητιδικού με συχνές σχιστολιθικές ενστρώσεις<sup>50</sup>.

Σύμφωνα με τον Ορλάνδο<sup>51</sup>, αλλά και από τις αναφορές των αρχαίων συγγραφέων<sup>52</sup>, εξαιρετικό μάρμαρο, λευκό με ιδιαίτερη λάμψη και με ομογενείς κόκκους εξορύσσονταν στην Πάρο. (Εικ.5.5).

Η "παρία λίθος"<sup>53</sup> ή "πάριος λίθος"<sup>54</sup> ήταν ευλάξευτη και χρησιμοποιήθηκε στη γλυπτική και στην αρχιτεκτονική, ιδιαίτερα κατά την αρχαϊκή περίοδο. Ήταν επίσης, γνωστή και με την ονομασία "λυχνίας" ή "λυχνίτης λίθος"<sup>55</sup>, γιατί η εξόρυξη του γινόταν σε υπόγεια λατομεία, όπου για το φωτισμό χρησιμοποιούσαν λύχνους (Εικ. 5.6). Από το μάρμαρο αυτό κατασκευάστηκαν αριστουργήματα της γλυπτικής, όπως ο Ερμής του Πραξιτέλη και η Αφροδίτη της Μήλου, καθώς και σπουδαία αρχιτεκτονικά οικοδομήματα, όπως ο ναός του Απόλλωνα στους Δελφούς, τμήματα του Παρθενώνα και του Θησείου κ.ά.

<sup>48</sup> Herz 1987, 35-43, Capedri et al. 2004.

<sup>49</sup> Κορρές 1994, 127.

<sup>50</sup> Jansen J.B.H., 1973.

<sup>51</sup> Ορλάνδος 1958,427.

<sup>52</sup> Πausanίας, 1,33,2.

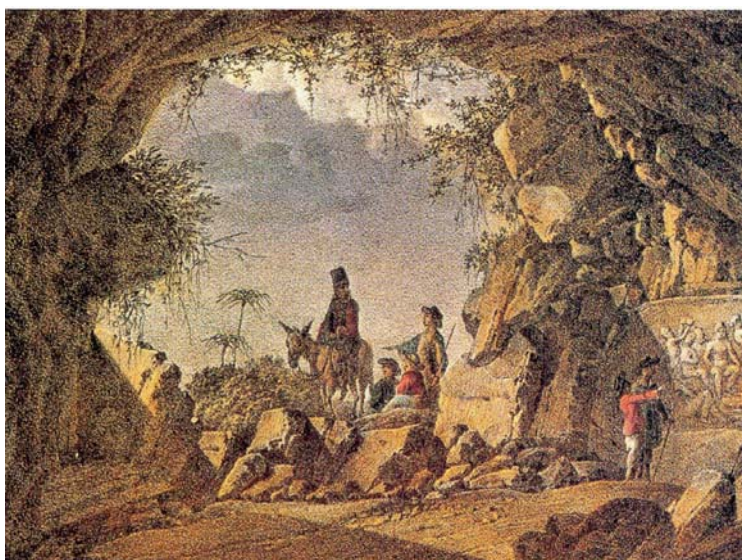
<sup>53</sup> Στράβων, 10,5,7.

<sup>54</sup> Ηρόδοτος, V, 62 Πausanίας,1,43,5.

<sup>55</sup> Πλίνιος,XXXVI,14



Εικ.5.5 Χάρτης Πάρου με τα αρχαία λατομεία



Εικ.5.6 Είσοδος λατομείου στην Πάρο, έγχρωμη λιθογραφία, σχέδιο J.B. Hilaire

Επίσης, στη Νάξο (Εικ.5.7) εξορυσσόταν κατά την αρχαιότητα λευκό χοντρόκοκκο μάρμαρο από τα λατομεία του Απόλλωνα, που όμως ήταν ποιοτικά κάπως κατώτερο από εκείνο της Πάρου. Ακόμη και σήμερα διατηρούνται τα ίχνη των αρχαίων εργαλείων στα μέτωπα εξόρυξης, όπως και ημίεργα αρχαϊκών κούρων (Εικ.5.8-9). Το μάρμαρο της Νάξου χρησιμοποιήθηκε από το πρώτο μισό του 5ου αι. π.Χ., τόσο στη γλυπτική όσο και στην αρχιτεκτονική και διαδόθηκε σε ολόκληρο το ελληνικό κόσμο, όπως στην Ολυμπία.

Η Τήνος ήταν γνωστή κατά την αρχαιότητα για το καλής ποιότητας κρυσταλλικό λευκό και κυανότεφρο μάρμαρο. Μάρμαρο της Τήνου

χρησιμοποιήθηκε στο ναό του Απόλλωνα και στο θέατρο της Δήλου<sup>56</sup>. Αν και οι σύγχρονες εξορύξεις έχουν καταστρέψει το μεγαλύτερο τμήμα των αρχαίων λατομείων, εντούτοις ίχνη από τα αρχαία εργαλεία εξόρυξης εντοπίζονται σε πολλά σημεία στο νησί<sup>57</sup>.



Εικ.5.7 Χάρτης της Νάξου με τα αρχαία λατομεία.



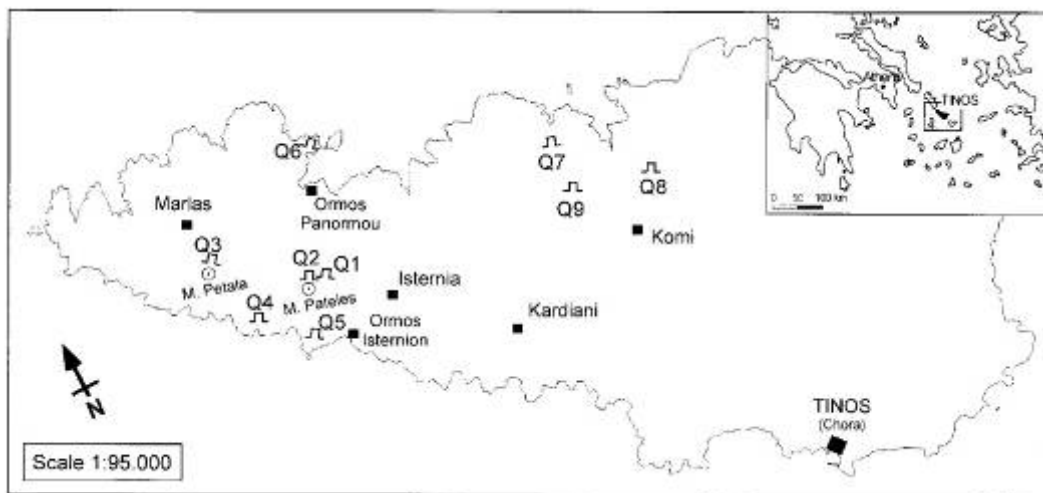
Εικ.5.8-9 Ημίεργα κούρων αρχαϊκής εποχής από τη Νάξο.

Το μάρμαρο της Πάρου αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη, με ίχνη απατίτη, λευκού μαρμαρυγία και γραφίτη. Ο ιστός είναι ομοβλαστικός ή γρανοβλαστικός ή σχετικά ετεροβλαστικός με μικρή φολίδωση<sup>58</sup>. Τα όρια των κόκκων είναι ευθεία (straight) έως κυρτά (curved) ή κυρτά (curved) έως οδοντωτά (dentate).

<sup>56</sup> Ορλάνδος 1958,427.

<sup>57</sup> Lazzarini and Antonelli 2003, 541-552

<sup>58</sup> Herz 1987, 35-43, Capedri et al. 2004.



Εικ.5.10 Χάρτης της Τήνου με τα αρχαία λατομεία (από Lazzarini and Antonelli 2003).



Εικ.5.11 Βαθμιδωτά μέτωπα εξόρυξης σε σύγχρονο λατομείο μαρμάρου στην Τήνο, σε θέση αρχαίας εκμετάλλευσης η οποία έχει καταστραφεί

Το μέγεθος των κόκκων του ασβεστίτη φθάνει έως 1 mm, ενώ το μέγιστο μέγεθός τους κυμαίνεται από 1,4 έως 3,2 mm.

Το μάρμαρο της Νάξου έχει ως κύρια ορυκτολογικά συστατικά είτε μόνο ασβεστίτη είτε κυρίως δολομίτη με λίγο ασβεστίτη. Σε ίχνη συμμετέχουν απατίτης, σουλφίδια Fe, τιτανίτης, ζοϊσίτης, χλωρίτης, καολίνης και γραφίτης. Ο ιστός ποικίλει και είναι ετεροβλαστικός, γρανοβλαστικός ή ομοβλαστικός με μικρή φολίδωση<sup>59</sup>. Το σχήμα των ορίων των κόκκων είναι κυρτό (curved) έως

<sup>59</sup> Herz 1987, 35-43, Capedri et al. 2004.

ευθύ (straight) ή κυρτό (curved) έως οδοντωτό (dentate). Το μέγεθος των κόκκων ανέρχεται στα 2,0 mm, ενώ το μέγιστο κυμαίνεται από 1 έως 12 mm σπανιότερα.

Το μάρμαρο της Τήνου αποτελείται κυρίως από δολομίτη. Σε μικρές ποσότητες συμμετέχει ο ασβεστίτης, ενώ σε ίχνη εντοπίζονται ο απατίτης, ο γραφίτης και οξειδία-Fe<sup>60</sup>. Ο ιστός είναι ολοβλαστικός και τα όρια των κόκκων έχουν τη μορφή συρραφής (sutured) και είναι οδοντωτά (dentate). Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων δολομίτη φθάνει 0,4 mm.

Η **Προκόννησος** ή Προικόννησος ή **νήσος του Μαρμαρά** είναι ένα νησί στην Προποντίδα, το οποίο ανήκει στο σύμπλεγμα των Προκοννήσων ή νήσων του Μαρμαρά. Απέχει 70 ναυτικά μίλια από την Κωνσταντινούπολη και είναι γνωστή για τα περίφημα λευκά της μάρμαρα, τα οποία εξορύσσονταν κυρίως κοντά στον οικισμό Παλάτια, και με τα οποία κατασκευάστηκαν πολλά μνημεία στην Κωνσταντινούπολη, στη Θεσσαλονίκη και αλλού. Από το μάρμαρο του νησιού ονομάστηκε η Προκόννησος και «νήσος του Μαρμαρά», καθώς και η ολόκληρη η Προποντίδα «θάλασσα του Μαρμαρά».

Το μάρμαρο της Προκοννήσου έχει ως κύρια ορυκτολογικά συστατικά είτε μόνο ασβεστίτη, είτε κυρίως δολομίτη με λίγο ασβεστίτη, είτε κυρίως ασβεστίτη με λίγο δολομίτη. Σε ίχνη συμμετέχουν απατίτης, επίδοτο, σουλφίδια Fe, φθορίτης και γραφίτης<sup>61</sup>. Ο ιστός είναι ετεροβλαστικός και το σχήμα των ορίων των κόκκων είναι κυρτό (curved) έως οδοντωτό (dentate). Το μέγεθος των κόκκων κυμαίνεται από 0,9 έως 1,6 mm, ενώ το μέγιστο ποικίλει από 2,2 έως 4,0 mm σπανιότερα<sup>62</sup>.

Στα **Σεντούκια** των Πιερίων ήταν περιορισμένη η αρχαία λατομική δραστηριότητα, λόγω των μικρών εμφανίσεων μαρμάρου και της μεγάλης κλίμακας δασοκάλυψης, που δημιουργεί μεγάλες επιχώσεις καλύπτοντας τις λίγες εμφανίσεις εκμεταλλεύσιμου μαρμάρου. Το ενδιαφέρον εστιάστηκε κυρίως στο γνωστό λατομείο, τα "Σεντούκια", που αποτελεί κηρυγμένο αρχαιολογικό χώρο από την ΊΣΤ ΕΠΚΑ. Τα μάρμαρα είναι χρώματος λευκού, υπόλευκου έως τεφρόλευκου, παχυστρωματώδη. Κατά τόπους παρατηρούνται φακοειδείς ή ακανόνιστες συγκεντρώσεις αδροκρυσταλλικού ασβεστίτη διαστάσεων μερικών εκατοστών, καθώς και δολομίτες. Μέσα στα όρια του λατομείου αναγνωρίζονται έξι επιμέρους εστίες λατόμησης, οι οποίες εκτείνονται σε όλη την έκταση του λατομείου<sup>63</sup>.

<sup>60</sup> Capedri et al. 2004, Lazzarini and Antonelli 2003, 541-552.

<sup>61</sup> Herz 1987,35-43,35-48, Capedri et al. 2004.

<sup>62</sup> Herz 1987,35-43,35-48, Moens et al. 1988,333-348, Capedri et al. 2004.

<sup>63</sup> Βάκουλης 2000,74-110.



Εικ.5.12 Κλιμακωτά μέτωπα Εικ.5.13 Ημίεργα αρχιτεκτονικά  
εξόρυξης στα Σεντούκια μέλη στα Σεντούκια

Είναι ένα λεπτόκοκκο μάρμαρο που αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη με ανώμαλο σχήμα και αλλοτριόμορφο ιστό. Εκτός από ασβεστίτη και δολομίτη, στην ορυκτολογική σύσταση του μαρμάρου από τα Σεντούκια συμμετέχουν σε ίχνη χαλαζίας, μαρμαρυγίας (φλογοπίτης), σουλφίδια, Fe-οξειδία. Ο ιστός είναι ετεροβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν διαφορετικά μεγέθη. Τα όρια των κόκκων έχουν σχήμα «συρραφής» (sutured) και είναι οδοντωτά (dentate) και συχνά έχουν εγκολπώσεις (embayed). Επίσης οι ασβεστίτες εμφανίζονται και με ευθεία όρια (straight). Παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι ασβεστίτη με μεγαλύτερο μέγεθος (300-500  $\mu\text{m}$  και σπανιότερα έως 4 mm), που συμφύονται με ασβεστίτες μικρότερου μεγέθους (50  $\mu\text{m}$  - 300  $\mu\text{m}$ ). Οι περισσότεροι ασβεστίτες έχουν μέγεθος <300  $\mu\text{m}$  και παρουσιάζουν πολυδυμίες. Στα ενδιάμεσα κενά των κρυστάλλων ασβεστίτη αναπτύσσονται πολύ σπάνια κόκκοι χαλαζία, φυλλάρια φλογοπίτη και κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (σουλφίδια), το μέγεθος των οποίων δεν ξεπερνά τα 30  $\mu\text{m}$ .

## 6. Μέθοδοι έρευνας

---

Στο πλαίσιο της ορυκτολογικής, πετρογραφικής, γεωχημικής μελέτης των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των αρχιτεκτονικών μελών και των μαρμάρινων αγαλμάτων στην αρχαιολογική ανασκαφή του Δίου, έγινε επιτόπια δειγματοληψία και φωτογράφιση. Μετά την έγκριση των αιτήσεων, που κατατέθηκαν τόσο στην ΚΖ΄ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων με αριθμό πρωτοκόλλου 3479, όσο και στο Υπουργείο Πολιτισμού, με αριθμό πρωτοκόλλου ΥΠΠΟ/ΣΥΝΤ/Φ44/4435/105107, η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 26 Νοεμβρίου 2007.

Για τις εργαστηριακές μεθόδους που έχουν επιλεγεί για τη μελέτη των δειγμάτων απαιτείται ποσότητα υλικού περίπου 10 gr διαστάσεων 2 cm x 2 cm x 1 cm. Τα δείγματα αποσπάστηκαν με τη χρήση μικρού σφυριού και βελονιού (κοινώς καλέμι) πολύ προσεκτικά και μόνον σε επιφάνειες ήδη κατεστραμμένες, όπου δεν διακρίνονταν ίχνη επεξεργασίας.

### 6.1 Δειγματοληψία

---

Η δειγματοληψία έγινε με υπόδειξη και υπό την επίβλεψη της αρχαιολόγου κας. Σεμέλης Πινγιάτογλου. Παρόντες στην δειγματοληψία ήταν: η κα. Σεμέλη Πινγιάτογλου, καθηγήτρια κλασικής αρχαιολογίας Α.Π.Θ. και αρχαιολόγος στην πανεπιστημιακή ανασκαφή του Δίου, ο κ. Βασίλης Μέλφος, διδάκτορας Γεωλογίας στον Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Α.Π.Θ. και επιβλέπων της παρούσας μελέτης, η κα. Μαρία Παπαθανασίου, συντηρήτρια αρχαιοτήτων της ΚΖ΄ Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, η υπογεγραμμένη Ελένη Παπανικολάου, απόφοιτη του Τμήματος Ιστορίας-Αρχαιολογίας του Α.Π.Θ. και μεταπτυχιακή φοιτήτρια του Τμήματος Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, της Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ. καθώς και οι εργαζόμενοι του αρχαιολογικού μουσείου του Δίου. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε από τα ευρήματα με τη σύμφωνη γνώμη του κ. Δ. Παντερμαλή, διευθυντή της πανεπιστημιακής ανασκαφής του Δίου και Καθηγητή Κλασικής Αρχαιολογίας του Α.Π.Θ. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο Τμήμα Γεωλογίας του Α.Π.Θ., όπου και πραγματοποιήθηκε η ορυκτολογική, πετρογραφική και γεωχημική ανάλυση και στα Εργαστήρια σταθερών ισοτόπων του Γεωλογικού Τμήματος του Royal Holloway Πανεπιστημίου του Λονδίνου.

## 6.2 Εργαστηριακή έρευνα

---

Η εργαστηριακή έρευνα περιλαμβάνει τη μικροσκοπική, ακτινογραφική και ισοτοπική μελέτη των δειγμάτων.

-Η **μικροσκοπική μελέτη** των λεπτών τομών από τα δείγματα έγινε με τη χρήση μικροσκοπίου διερχόμενου φωτός τύπου Leitz Laborlux 11 POL S στον Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.

-Η **ακτινογραφική εξέταση** κόνεως από τα δείγματα έγινε με τη βοήθεια περιθλασίμετρου ακτίνων Χ (XRD). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε περιθλασίμετρο τύπου Philips του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. Η ακτινοβολία που χρησιμοποιήθηκε για τις ακτίνες Χ ήταν  $\text{CuK}\alpha$  με φίλτρο Ni, η ταχύτητα ανίχνευσης (scanning speed)  $1^\circ$  και  $0,25^\circ/2\theta/\text{min}$  και ο ρυθμός των μετρήσεων (count rate)  $10^3/\text{sec}$ . Η μελέτη με τις ακτίνες Χ έγινε για το εύρος μεταξύ  $3^\circ$  και  $63^\circ$ .

-Η **ισοτοπική μελέτη C και O** πραγματοποιήθηκε σε δείγματα από μάρμαρο στα Εργαστήρια σταθερών ισοτόπων του Γεωλογικού Τμήματος του Royal Holloway Πανεπιστημίου του Λονδίνου.

### 6.2.1 Μικροσκοπική μελέτη

Σημαντική πηγή πληροφοριών για τον ιστό και τη σύσταση ενός πετρώματος είναι η εξέταση λεπτών τομών του με τη χρήση του πολωτικού μικροσκοπίου. Επομένως, είναι πολύ σημαντική η εξάσκηση στην παρατήρηση όλων των διαγνωστικών χαρακτηριστικών των ορυκτών συστατικών του πετρώματος που μελετούμε σε λεπτή τομή του. Μερικές φορές είναι χρήσιμο να παρατηρούμε το παρασκεύασμα με γυμνό μάτι για να δούμε που βρίσκονται τα διάφορα ορυκτά συστατικά. Μια τέτοια προκαταρκτική εξέταση μπορεί να αποκαλύψει τον ιστό και τη στρώση ή σχιστότητα του πετρώματος. Συνεπώς, γίνεται προσπάθεια για μακροσκοπική αναγνώριση του πετρογραφικού τύπου του δείγματος, το οποίο στη συνέχεια κόβεται και κατασκευάζεται μια λεπτή τομή για εξέταση στο πολωτικό μικροσκόπιο αντίστοιχα<sup>64</sup>.

Η λεπτή τομή για τη μικροσκοπική εξέταση προετοιμάζεται ως εξής: Με διαμαντοτροχό κόβεται τομή του δείγματος πάχους 3-4 mm και επιφάνειας περίπου  $8 \text{ cm}^2$ . Το τμήμα του δείγματος από το οποίο θα κοπεί αυτή η τομή έχει ιδιαίτερη σημασία, όταν μακροσκοπικά παρατηρούνται προσανατολισμός των ορυκτών συστατικών του, πιθανές εξαλλοιώσεις, εγκλείσματα κ. ά. Στη συνέχεια

---

<sup>64</sup>Τσιραμπίδης 1989,59.

με ειδικό κόφτη χεριού δίνεται ορθογώνιο σχήμα στην τομή με διαστάσεις περίπου 4x2 cm. Μετά η μια επιφάνειά της λειαίνεται με σκόνη λείανσης Νο 180-220 και επικολλάται με ειδική συγκολλητική ουσία (π.χ. βάλαμο του Καναδά με δ.δ 1,54) σε αντικειμενοφόρο πλάκα. Ακολουθεί η διαδικασία της λείανσης της ελεύθερης επιφάνειας, που συνήθως γίνεται στην αρχή μηχανικά και στο τέλος με το χέρι. Το ιδανικό πάχος του παρασκευάσματος για μικροσκοπική εξέταση είναι περίπου 0,02-0,03 mm. Αφού επιτευχθεί το απαιτούμενο πάχος, η επιφάνεια του παρασκευάσματος καλύπτεται με γυάλινη καλυπτρίδα που επικολλάται επίσης, με βάλαμο του Καναδά.

Κατά τη μελέτη ενός πετρώματος με τη χρήση του πολωτικού μικροσκοπίου πρέπει να καθοριστούν και περιγραφούν τρία στοιχεία:

- Τα ιστολογικά χαρακτηριστικά του πετρώματος
- Το είδος των διαφόρων ορυκτών συστατικών
- Η ποσοτική συμμετοχή των διαφόρων ορυκτών συστατικών.

Στον προσδιορισμό της ποσοτικής συμμετοχής, εκτός από ειδικές περιπτώσεις, όπου απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, γίνεται χρήση και ειδικών εικόνων. Σε ό,τι αφορά τα ορυκτά κατά την εξέταση στο μικροσκόπιο μπορούν να προσδιοριστούν τα παρακάτω χαρακτηριστικά γνωρίσματα<sup>65</sup>:

- α. Χρώμα: Το χρώμα της τομής των κρυστάλλων των ορυκτών.
- β. Πλεοχροϊσμός: Η ένταση και η ποικιλία των χρωμάτων.
- γ. Δείκτης διάθλασης (δ): Γίνεται εκτίμησή του χρησιμοποιώντας το ανάγλυφο των κρυστάλλων ενός ορυκτού σε σχέση με άλλα γειτονικά ορυκτά ή το βάλαμο του Καναδά (δ=1,54).
- δ. Κρυσταλλογραφικά χαρακτηριστικά: Το περίγραμμα και η συμμετρία των ιδιόμορφων ή υπιδιόμορφων κρυστάλλων των ορυκτών. Τα χωρίς σχήμα ορυκτά χαρακτηρίζονται ως αλλοτριόμορφα.
- ε. Σχισμός: Προσδιορίζονται το είδος του σχισμού, ο βαθμός τελειότητας και ο προσανατολισμός σε σχέση με κρυσταλλογραφικά στοιχεία.
- στ. Αλλοιώσεις και εγκλείσματα: Προσδιορίζονται το είδος, η έκταση και ο τυχόν κρυσταλλογραφικός προσανατολισμός των αλλοιώσεων καθώς και η φύση, το μέγεθος, η διάταξη και η πυκνότητα των εγκλεισμάτων.
- ζ. Διπλοθλαστικότητα: Η έντασή της προσδιορίζεται με βάση τα χρώματα πόλωσης και τη χρήση της κλίμακας Michel-Levy.
- η. Κατάσβεση: Ομοιογενής ή κυματοειδής. Κατασβεστική γωνία (μέγιστη γωνία μεταξύ μιας οπτικής κατεύθυνσης και μιας κρυσταλλογραφικής κατεύθυνσης).
- θ. Ζωνώδης δομή: Η τυχόν ζώνωση που παρουσιάζουν μερικά ορυκτά.
- ι. Διδυμία απλή ή πολλαπλή ή πολλαπλή πολυσύνθετη.
- ια. Χρώματα πόλωσης κανονικά ή ανώμαλα.

<sup>65</sup> Τσιραμπίδης 1996, 63.

ιβ. Επιμήκυνση: Διέλευση φωτός με το μεγαλύτερο ή μικρότερο δείκτη διάθλασης.

### 6.2.2. Ακτινογραφική εξέταση (XRD)

Με χρήση ακτίνων Χ (περιθλασιμετρία) γίνεται ποιοτικός και ημιποσοτικός προσδιορισμός των ορυκτών συστατικών ενός πετρώματος. Ιστορικά η ακτινογραφική ανάλυση έδωσε τα πρώτα στοιχεία και συνεχίζει να είναι η βασικότερη και ακριβέστερη μέθοδος για την αναγνώριση και το χαρακτηρισμό των ορυκτών συστατικών ενός πετρώματος. Ο διαχωρισμός των ορυκτών γίνεται με βάση τις ανακλάσεις σε κάθε διάγραμμα περίθλασης, διευκολύνοντας έτσι την ποιοτική και ημιποσοτική ανάλυση.

Για τον ημιποσοτικό προσδιορισμό ενός ορυκτού μετρίεται η ένταση μιας χαρακτηριστικής του ανάκλασης σε γωνία  $2\theta$ , όπου αντιστοιχεί. Η ένταση της χαρακτηριστικής ανάκλασης είναι ανάλογη της αφθονίας του ορυκτού στο πέτρωμα. Ακόμη, είναι ανάλογη του μεγέθους των κόκκων και του βαθμού της κρυσταλλικής τελειότητάς τους. Λεπτομερείς κόκκοι δίνουν ασθενέστερες ανακλάσεις, που δεν μπορούν να εκτιμηθούν ακριβώς, όταν υπάρχουν ισχυρότερες ανακλάσεις από πιο αδρομερείς κόκκους του ίδιου ορυκτού<sup>66</sup>.

Για την ακτινογραφική εξέταση το παρασκεύασμα πρέπει να έχει τη μορφή επίπεδου στρώματος σκόνης μικρού πάχους. Χρησιμοποιούνται ειδικά πλακίδια αλουμινίου ή πλαστικού (plexiglass), στην υποδοχή των οποίων τοποθετείται ποσότητα σκόνης του πετρώματος που αναλύεται (Εικ. 6.1). Η μορφή των παρασκευασμάτων που χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές για την ακτινογραφική εξέταση των πετρωμάτων είναι τυχαία προσανατολισμένο (randomly oriented) δείγμα. Σε ειδική θήκη αλουμινίου ρίχνουμε ορισμένη ποσότητα του καλά κονιοποιημένου και ομογενοποιημένου υλικού. Στη συνέχεια το πιέζουμε ελαφρά με αντικειμενοφόρο πλάκα. Έτσι, έχουμε τυχαία προσανατολισμένο παρασκεύασμα συνολικού δείγματος, έτοιμο για σάρωση στο περιθλασίμετρο. Καλύτερος τυχαίος προσανατολισμός πετυχαίνεται με τη μέθοδο του Bystrom-Asklund (1966).<sup>67</sup>

Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τις πλεγματικές διαστάσεις ενός ορυκτού είναι η σταθερότητα της χημικής του σύστασης. Γι' αυτό απαιτείται ιδανική κονιοποίηση (περιορισμός στο ελάχιστο της καταστροφής ή διαστροφής των κρυσταλλικών πλεγμάτων) και καλή ομογενοποίηση για να είναι ολοκληρωτική η αφαίρεση των ανεπιθύμητων υλικών με τις χημικές κατεργασίες που εκτελούνται. Έτσι, τόσο ο διαμερισμός των κόκκων όσο και κάθε αναλυτική τεχνική που εφαρμόζεται στη συνέχεια θα δίνει περισσότερα αξιόπιστα αποτελέσματα. Η κονιοποίηση γίνεται συνήθως σε γουδί από αχάτη που είναι

<sup>66</sup> Τσιραμπίδης 1989, 35.

<sup>67</sup> Bystrom-Asklund 1966.

μικροκρυσταλλικός χαλαζίας ( $\text{SiO}_2$ ) (Εικ.6.2.2.2).

Για να πάρουμε αξιόπιστο διάγραμμα περίθλασης ενός δείγματος αυτό πρέπει να ικανοποιεί ορισμένους όρους όπως:

- α. Να είναι αντιπροσωπευτικό του όλου πετρώματος.
- β. Ο χρόνος κονιοποίησης του δείγματος είναι ανάλογος της σκληρότητάς του. Η έντονη και μακροχρόνια κονιοποίηση πρέπει να αποφεύγεται, γιατί καταστρέφει και/ή διαστρέφει το κρυσταλλικό πλέγμα, οπότε αλλοιώνεται η ποιότητα των κορυφών περίθλασης. Είναι απαραίτητο, όμως να πετύχουμε καλή ομογενοποίηση του δείγματος.
- γ. Όσο μικρότεροι είναι οι κόκκοι τόσο πιο λείες και ομαλές είναι οι κορυφές περίθλασης.

Συνήθως, παίρνουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα με μέγεθος κόκκων < 45  $\mu\text{m}$  για ορυκτά χαμηλής συμμετρίας. Για ορυκτά υψηλής συμμετρίας το μέγεθος των κόκκων μπορεί να είναι μεγαλύτερο. Η ακρίβεια των ακτινογραφικών προσδιορισμών εξαρτάται από την επιτυχία παρασκευής του παρασκευάσματος, από την ευαισθησία του περιθλασίμετρου, αλλά και από υποκειμενικά κριτήρια<sup>68</sup>.



Εικ.6.1 Πλαστικό πλακίδιο με σκόνη του πετρώματος από το δείγμα Dion 1



Εικ.6.2 Γουδί από αχάτη για κονιοποίηση

### 6.2.3 Ισοτοπική μελέτη

Μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια με αρκετή ασφάλεια, όσον αφορά στα αποτελέσματα και τα εξαγόμενα συμπεράσματα σχετικά με τον προσδιορισμό της πηγής προέλευσης της πρώτης ύλης αντικειμένων από μάρμαρο, είναι οι αναλύσεις σταθερών ισοτόπων άνθρακα ( $\text{C}$ ) και οξυγόνου ( $\text{O}$ ). Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται ο λόγος του  $\text{C}_{13}$  σε σχέση με τον  $\text{C}_{12}$  που αποτελεί το πιο συνηθισμένο ισότοπο του στοιχείου αυτού. Αντίστοιχα, και για το οξυγόνο προσδιορίζεται ο λόγος του  $\text{O}_{18}$  σε σχέση με το

<sup>68</sup> Τσιραμπίδης 1996, 71.

πιο συνηθισμένο ισότοπο  $O_{16}$ . Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι δυο αυτοί λόγοι παραμένουν σταθεροί για μια περιοχή και δε διαφοροποιούνται σημαντικά σε μια εμφάνιση μαρμάρου. Επιπλέον, από συστηματικές μελέτες που έχουν γίνει από διάφορους ερευνητές τα τελευταία τριάντα χρόνια<sup>69</sup>, προκύπτει ότι η σχέση των δυο παραπάνω λόγων μπορεί να αποτελέσει ένα διαγνωστικό στοιχείο για τα συγκεκριμένα αρχαία λατομεία μαρμάρου. Τα πλεονεκτήματα της γεωχημικής αυτής μεθόδου είναι: α) η πολύ μεγάλη ακρίβεια και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, β) οι σημαντικές διαφορές που προκύπτουν από τη σχέση των λόγων των ισωτόπων του  $C$  και του  $O$  από μάρμαρα διαφορετικών περιοχών και γ) η μικρή ποσότητα που απαιτείται (έως 20 mg), ώστε να μην προκαλούνται καταστροφές στο αρχαιολογικό εύρημα. Στην παρούσα μελέτη έγιναν συνολικά 11 αναλύσεις ισωτόπων  $C$  και  $O$  στο εργαστήριο ισωτοπικών αναλύσεων του Γεωλογικού τμήματος του Royal Holloway Πανεπιστημίου του Λονδίνου.

Οι ισωτοπικές τιμές οξυγόνου και άνθρακα των περισσότερων λατομείων των κλασικών χρόνων είναι σχετικά ομογενείς και μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως γεωχημικοί δείκτες προέλευσης. Σημαντικό πλεονέκτημα της ισωτοπικής ανάλυσης αποτελεί η χρήση πολύ μικρής ποσότητας υλικού για ανάλυση (περίπου 20 mg) που εύκολα λαμβάνεται κατά τις μελέτες προσδιορισμού της προέλευσης μαρμάρινων καλλιτεχνημάτων χωρίς να προκαλείται ορατή καταστροφή τους. Η ισωτοπική σύσταση οξυγόνου και άνθρακα των πιο γνωστών ελληνικών λευκών μαρμάρων χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της προέλευσης τους. Εκτός του μαρμάρου της Θάσου που είναι δολομιτικό, τα υπόλοιπα είναι ασβεστιτικά και χαρακτηρίζονται ως χαμηλού μέχρι υψηλού βαθμού μεταμόρφωσης ανθρακικά πετρώματα. Το μάρμαρο της Πάρου έχει ανόργανη προέλευση, του Υμηττού βιογενή και τα υπόλοιπα μεικτή. Το μάρμαρο της Πεντέλης είναι υψηλότερου βαθμού μεταμόρφωσης του αντίστοιχου της Νάξου και αυτό υψηλότερου βαθμού μεταμόρφωσης των μαρμάρων της Πάρου και του Υμηττού. Οι τιμές ισωτόπων οξυγόνου και άνθρακα βρίσκονται μέσα στις περιοχές τιμών, που ο Herz έχει καθιερώσει με την τράπεζα δεδομένων του<sup>70</sup>. Τιμές ισωτόπων οξυγόνου και άνθρακα έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα για τον προσδιορισμό της προέλευσης μαρμάρινων αγαλμάτων συσχετίζοντας αυτές με τις ισωτοπικές συστάσεις μαρμάρων αρχαίων και σύγχρονων λατομείων<sup>71</sup>.

Η ισωτοπική ανάλυση περιλαμβάνει τη μέτρηση των σχέσεων  $^{18}O/^{16}O$  και  $^{13}C/^{12}C$  μετά από χημική κατεργασία του κονιοποιημένου ανθρακικού υλικού που έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση οξυγόνου και άνθρακα ως  $CO_2$  από κάθε δείγμα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ισωτοπική σύσταση του οξυγόνου και

<sup>69</sup> Craig and Craig 1972, Manfra et al. 1975, Germann et al. 1980, Herz 1987, Herz 1988, Herz and Doumas 1990, Τσιραμπίδης 1996, Melfos et al. 2002.

<sup>70</sup> Herz 1987, 386.

<sup>71</sup> Herz and Wenner 1981, 14-21.

του άνθρακα σ' ένα πέτρωμα είναι κυρίως η θερμοκρασία, η χημική του σύσταση και η ισοτοπική σύσταση του νερού. Διαφορές τιμών  $\delta^{18}\text{O}$  μεγαλύτερες από -6 ‰ έχουν προσδιοριστεί σε ανθρακικά πετρώματα που σχηματίζονται σε θερμοκρασία περίπου  $0^\circ\text{C}$  στον πυθμένα των ωκεανών ή σε θερμοκρασία περίπου  $30^\circ\text{C}$  κοντά στη θαλάσσια επιφάνεια. Μεγάλες ισοτοπικές διαφορές τιμών σε ανθρακικά πετρώματα οφείλονται κυρίως: α) Στην ανταλλαγή ισοτόπων μεταξύ των ανθρακικών και πυριτικών ορυκτών μέσα σ' αυτά τα πετρώματα ή στην επαφή με τα γειτονικά τους, β) σε απότομη μεταμορφική βαθμίδα και γ) σε αποσάθρωση. Με αύξηση του βαθμού μεταμόρφωσης του ασβεστόλιθου σε μάρμαρο, οι τιμές  $\delta^{18}\text{O}$  μειώνονται και η μείωση εξαρτάται από το ύψος της θερμοκρασίας.

Όπως είναι γνωστό, το μάρμαρο διαβρώνεται με την πάροδο του χρόνου. Οι παράγοντες διάβρωσης ποικίλουν και έχουν ως αποτέλεσμα την επιφανειακή αποσάθρωση. Λαμβάνοντας δείγματα από την αποσαθρωμένη επιφάνεια προς το αναλλοίωτο εσωτερικό τμήμα ενός αρχαίου μαρμάρινου αντικειμένου μπορούμε να προσδιορίσουμε την ισοτοπική του ιστορία, που επηρεάστηκε από φυσικές ή τεχνικές προσβολές. Ισοτοπικά αποτελέσματα σε δείγματα αρχαίων λατομείων και αγαλμάτων δείχνουν βαθμιαία μείωση της ισοτοπικής τους σύστασης από το εσωτερικό προς την εξωτερική τους επιφάνεια<sup>72</sup>. Αυτό σημαίνει ανακρυστάλλωση και μικριτοποίηση του ανθρακικού πετρώματος σε επιφανειακά ή εδαφικά περιβάλλοντα αποσάθρωσης. Τα δολομιτικά μάρμαρα είναι πιο ανθεκτικά στην αποσάθρωση. Τις περισσότερες φορές ως αποτέλεσμα της αποδολομιτίωσης σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα ασβεστίτη. Αυτό το λεπτό στρώμα έχει εντοπιστεί σε εμφανίσεις δολομιτικών μαρμάρων αρχαίων και σύγχρονων λατομείων της ΒΑ Ελλάδας<sup>73</sup>. Αναλύσεις ιχνοστοιχείων αυτών των ασβεστιτικών φλοιών δείχνουν απώλεια Mg και προσθήκη Fe, Mn και αργιλικών ορυκτών από το εσωτερικό προς το εξωτερικό. Η χημική επίδραση, από την έκθεση στο μετεωρικό νερό (νερό εδάφους), είναι η κύρια αιτία εξαλλοίωσης και φθοράς των μαρμάρων και ασβεστολίθων. Επίσης, η βιολογική ενέργεια, όπως είναι η ενέργεια ενδολιθικών φυκών, μυκήτων και λειχήνων, παίζει σημαντικό ρόλο στην αποσάθρωση των μαρμάρων.

<sup>72</sup> Margolis and Showers 1988, 233-242.

<sup>73</sup> Herz 1988, 305-314

## 7. Αποτελέσματα-Συζήτηση

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας μελετήθηκαν διεξοδικά 11 δείγματα από λευκό μάρμαρο (Dion 1-11), για να προσδιοριστεί με ακρίβεια η πηγή προέλευσης της πρώτης ύλης τους. Τα ευρήματα χρονολογούνται από την Ελληνιστική έως την Παλαιοχριστιανική εποχή. Στα δείγματα αυτά προσδιορίστηκε η ορυκτολογική σύσταση με μικροσκοπική και ακτινογραφική εξέταση και η ισοτοπική σύσταση με αναλύσεις ισοτόπων C και O. Στο δείγμα Dion 2 ο προσδιορισμός της ορυκτολογικής σύστασης βασίστηκε αποκλειστικά στην ακτινογραφική εξέταση, αφού η κατασκευή λεπτής τομής ήταν αδύνατη, λόγω των εξαιρετικά μικρών διαστάσεων του δείγματος.

Για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε μία μεγάλη βάση δεδομένων με τα ορυκτολογικά, πετρογραφικά και ισοτοπικά στοιχεία από διάφορα αρχαία λατομεία στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, που έχουν δημοσιευθεί στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία<sup>74</sup>. Ειδικά για τα ισότοπα C-O χρησιμοποιήθηκαν 55 διαφορετικά λατομικά κέντρα από την Ελλάδα, τη Μ. Ασία στην Τουρκία, την Ιταλία, με συνολικά περισσότερες από 650 ισοτοπικές αναλύσεις. Για περιοχές, όπου τα στοιχεία ήταν περιορισμένα, όπως στα Σεντούκια, έγιναν 4 επιπρόσθετες αναλύσεις ισοτόπων C και O σε δείγματα που προέρχονται από τα αρχαία λατομεία.

Δύο επιπλέον δείγματα (Dion 12-13) μελετήθηκαν ορυκτολογικά και πετρογραφικά για να προσδιοριστεί ο πετρολογικός τύπος της πρώτης ύλης, από την οποία κατασκευάστηκαν.

Τα 13 συνολικά δείγματα που μελετήθηκαν και οι μέθοδοι έρευνας που χρησιμοποιήθηκαν για το κάθε ένα ξεχωριστά, δίνονται στον πίνακα (Πιν. 7.1).

**Πίνακας 7.1.** Οι μέθοδοι έρευνας που εφαρμόστηκαν σε κάθε δείγμα

| Dion         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| Λεπτές τομές | + | - | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  | +  |
| ακτίνες X    | + | + | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  | +  |
| ισότοπα C-O  | + | + | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | -  | -  |

Με βάση τη λεπτομερή ορυκτολογική, πετρογραφική και κυρίως την ισοτοπική μελέτη των δειγμάτων, προσδιορίστηκαν οι πηγές προέλευσής τους (Πίνακας 7.2). Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα και γίνεται συζήτηση για κάθε ένα δείγμα ξεχωριστά.

<sup>74</sup> Craig and Craig 1972, Manfra et al. 1975, Germann et al. 1980, Herz 1987, Herz 1988, Herz and Doumas 1990, Tsirambides 1996, Βαβελίδης κ.ά. 2003, Lazzarini 2004, Melfos 2004, Capedri et al. 2004,

**Πίνακας 7.2.** Αναλυτικός πίνακας των μνημείων από το Δίον με τα αποτελέσματα της μελέτης

| Δείγμα | Αντικείμενο                                                                 | Χρονολόγηση                   | $\delta^{18}O\text{‰}$ | $\delta^{13}C\text{‰}$ | Ορυκτά                                                                                                           | Προέλευση μαρμάρου |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Dion1  | Άγαλμα<br>Ποδαλείριου                                                       | 200 μ.Χ.                      | -6,66                  | 2,58                   | Ασβεστίτης+(μαρμαρυγίας,<br>δολομίτης, σουλφίδια, Fe-<br>οξειδία)                                                | Πεντέλη            |
| Dion2  | Τραπεζοφόρο με<br>σύμπλεγμα από το<br>μύθο της Μήδειας                      | 2ος αι. μ.Χ.                  | -2,01                  | 2,78                   | Ασβεστίτης+( χαλαζίας +<br>δολομίτης)                                                                            | Θάσος Αλυκή        |
| Dion3  | Επιγραφή<br>συνθήκης συμμαχίας<br>Φιλίππου Ε΄                               | Τέλη<br>3ος αι. π.Χ.          | -5,76                  | 2,18                   | Ασβεστίτης+(χαλαζίας)                                                                                            | Πεντέλη            |
| Dion4  | Σαρκοφάγος με<br>παράσταση γρυπών                                           | Πιθανόν<br>2ος αι. μ.Χ.       | -6,92                  | 2,64                   | Ασβεστίτης+( δολομίτης,<br>χαλαζίας, φλογοπίτης,<br>σουλφίδια, Fe-οξειδία)                                       | Πεντέλη            |
| Dion5  | Σαρκοφάγος με<br>παράσταση<br>αντωπών κενταύρων                             | Πιθανόν<br>2ος αι. μ.Χ.       | -8,37                  | 3,40                   | Ασβεστίτης+δολομίτης+<br>(χαλαζίας, φλογοπίτης,<br>σουλφίδια, Fe-οξειδία)                                        | Πεντέλη            |
| Dion6  | Άγαλμα Αρτέμιδος                                                            | 1ος αι μ.Χ.                   | -3,72                  | 3,75                   | Δολομίτης+( ασβεστίτης,<br>απατίτης, γραφίτης, Fe-<br>οξειδία)                                                   | Θάσος Αγ. Ιωάννου  |
| Dion7  | Άγαλμα Αφροδίτης<br>με Έρωτα                                                | β΄ μισό<br>2ου π.Χ.           | -1,46                  | 3,17                   | ασβεστίτης (+ Χαλαζίας,<br>δολομίτης, μαρμαρυγίας<br>(φλογοπίτης), ορθόκλαστο,<br>σουλφίδια)                     | Θάσος Αλυκή        |
| Dion8  | Επιτύμβια στήλη                                                             | 3ος αι. π.Χ.<br>-1ος αι. μ.Χ. | -1,42                  | 2,70                   | Ασβεστίτης+(χαλαζίας,<br>φλογοπίτης, σουλφίδια, Fe-<br>οξειδία )                                                 | Θάσος Αλυκή        |
| Dion9  | Ιωνικό κιονόκρανο<br>του κυρίως ναού της<br>κοιμητηριακής<br>βασιλικής      | 5ος αι. μ.Χ.                  | -0,48                  | 3,16                   | Ασβεστίτης+(χαλαζίας,<br>φλογοπίτης, σουλφίδια, Fe-<br>οξειδία )                                                 | Θάσος Αλυκή        |
| Dion10 | Αμφίγλυφο θωράκιο<br>βήματος<br>κοιμητηριακής<br>βασιλικής                  | 5ος αι. μ.Χ.                  | -1,97                  | 3,27                   | Ασβεστίτης+(χαλαζίας,<br>δολομίτης, φλογοπίτης,<br>ορθόκλαστο, απατίτης,<br>ζιρκόνιο, σουλφίδια, Fe-<br>οξειδία) | Θάσος Αλυκή        |
| Dion11 | Ιωνικό κιονόκρανο<br>βόρειας στοάς<br>αιθρίου<br>κοιμητηριακής<br>βασιλικής | 5ος αι. μ.Χ.                  | -0,79                  | 2,45                   | Ασβεστίτης+(χαλαζίας,<br>φλογοπίτης, σουλφίδια, Fe-<br>οξειδία )                                                 | Θάσος Αλυκή        |

## 7.1 Δείγμα Dion 1-Άγαλμα Ποδαλείριου (200 μ.Χ)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε ο Ποδαλείριος είναι αδρόκοκκο και έχει λευκό χρώμα (Εικ.7.1.1). Η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη, ενώ σε ίχνη συμμετέχουν δολομίτης, μαρμαρυγίας, σουλφίδια και Fe-οξειδία (Σχ.7.1.1).



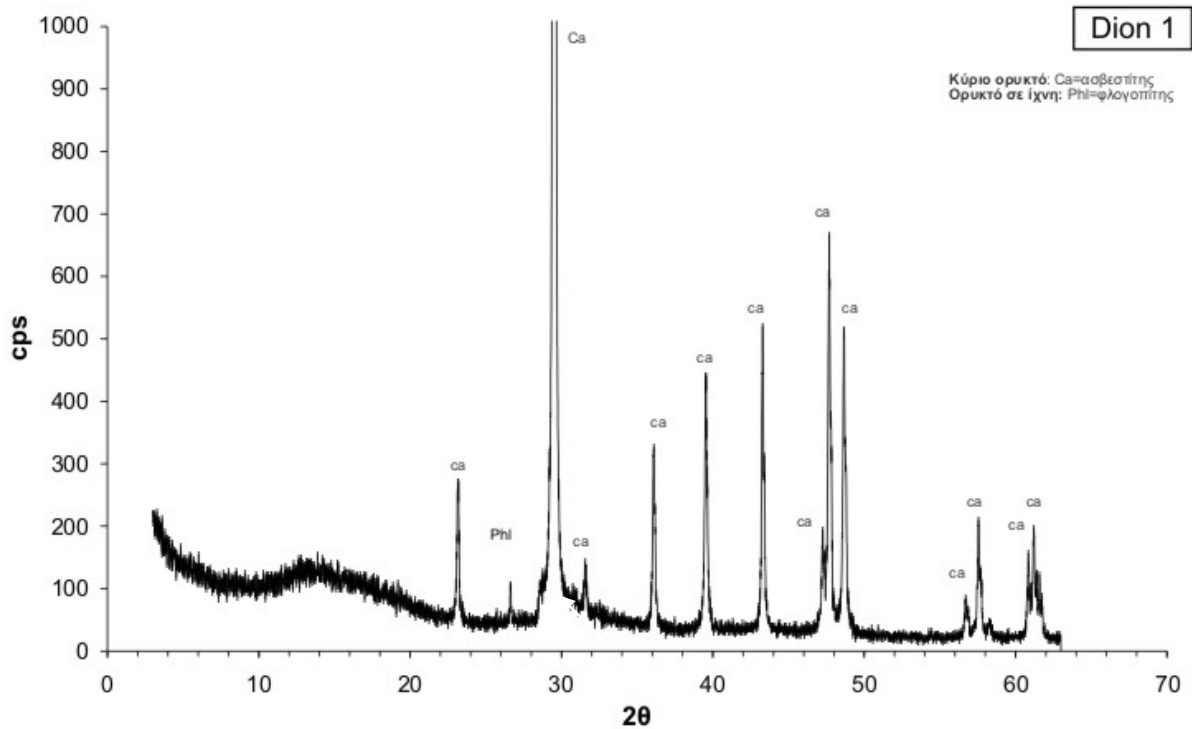
Εικ.7.1.1 Δείγμα Dion 1. Θραύσμα από το άγαλμα του Ποδαλείριου

Ο ιστός του πετρώματος είναι κυρίως ετεροβλαστικός έως ελάχιστα ομοβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν δύο ή περισσότερα διαφορετικά μεγέθη, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να έχουν και περίπου παρόμοιο μέγεθος (Εικ.7.1.2). Το σχήμα των ορίων των κόκκων είναι ευθύ (straight) ή κυρτό (curved).

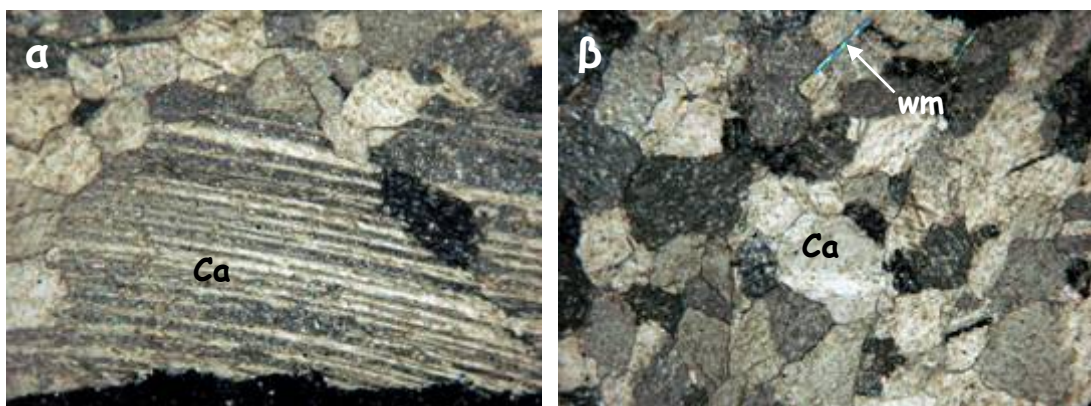
Το μάρμαρο αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη με ανώμαλο σχήμα και αλλοτριόμορφο ιστό και παρουσιάζουν μία ασθενή επιμήκυνση. Παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι ασβεστίτη με μεγάλο μέγεθος (0,5-1,0 mm), που συμφύονται με ασβεστίτες μικρότερου μεγέθους (50-500 μm). Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχουν διάσπαρτοι κρύσταλλοι ασβεστίτη, των οποίων το μέγεθος ξεπερνάει το 1.5 mm. Συχνά, οι αδρόκοκκοι ασβεστίτες (> 0.5 mm) παρουσιάζουν πολυδυμίες σε αντίθεση με τους μικρότερους κόκκους στους οποίους δεν εντοπίζεται διδυμία. Στα ενδιάμεσα κενά των κρυστάλλων ασβεστίτη αναπτύσσονται πολύ σπάνια κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (σουλφίδια και οξειδία-Fe), το μέγεθος των οποίων δεν ξεπερνά τα 200 μm, καθώς και φυλλάρια λευκού μαρμαρυγία (Εικ.7.1.2) που διατάσσονται παράλληλα με την επιμήκυνση των κόκκων ασβεστίτη.

Η ανάλυση των ισοτόπων C (2,58‰) και O (-6,66‰) του δείγματος (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από την Πεντέλη, τη Νάξο και την Τήνο (Σχ.7.1.2-3).

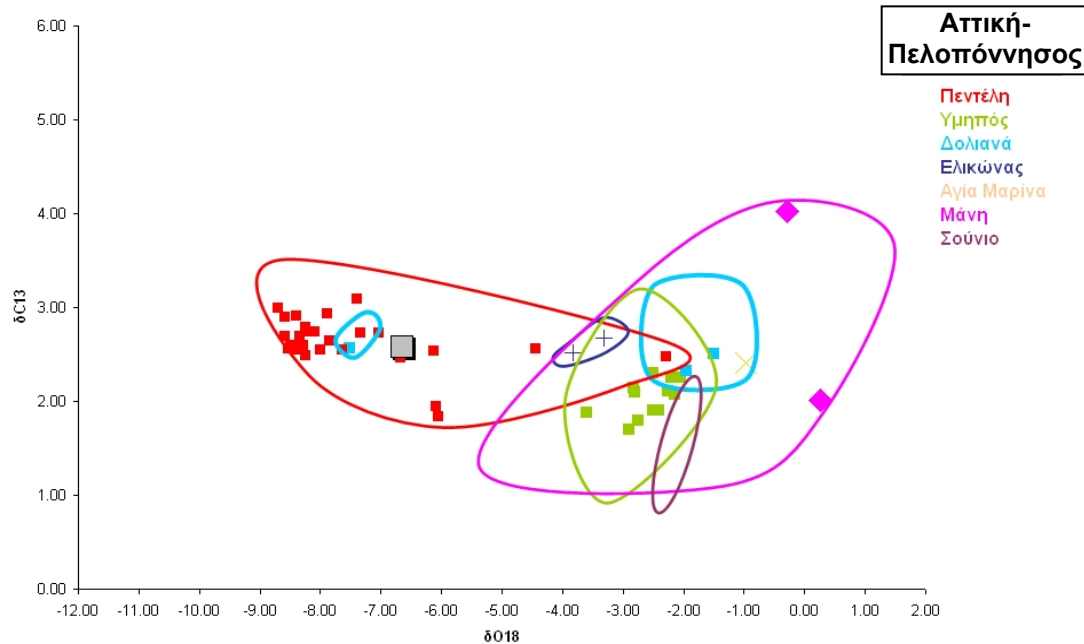
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 1 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από την Πεντέλη, τη Νάξο και την Τήνο προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή του Ποδαλείριου κατά τον 2ο αι. μ.Χ. προέρχεται από τα λατομεία της Πεντέλης. Η Τήνος αποκλείεται διότι το μάρμαρο εκεί είναι δολομιτικό, ενώ η Νάξος αποκλείεται διότι το μέγεθος των κρυστάλλων είναι ιδιαίτερα μεγάλο.



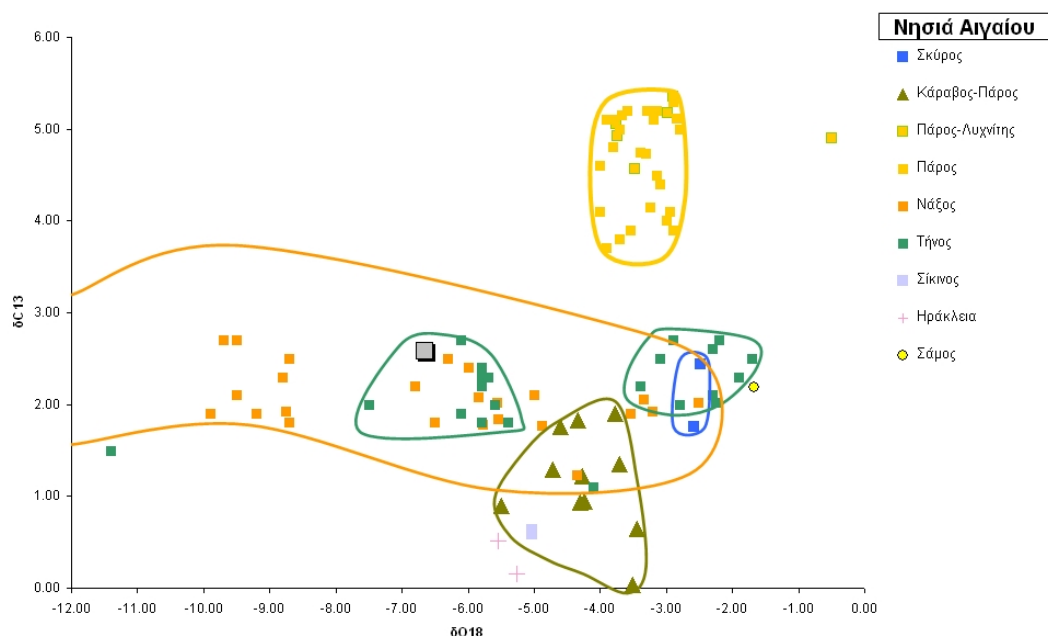
Σχ.7.1.1 Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion1 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Εικ.7.1.2 Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 1) σε πολωτικό μικροσκόπιο. α. Κόκκοι ασβεστίτη (ca) με πολυδυμίες και διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός. β, Κόκκοι ασβεστίτη (ca) και φυλλάρια φλογοπίτη (wm). +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.



Σχ.7.1.2 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την Αττική και την Πελοπόννησο και του δείγματος Dion1 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πεντέλης.



Σχ.7.1.3 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Dion1 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου και της Τήνου.

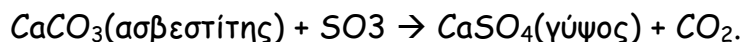
## 7.2 Δείγμα Dion2-Τραπεζοφόρο με σύμπλεγμα από το μύθο της Μήδειας (2ος αι. μ.Χ.)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε το τραπεζοφόρο είναι αδρόκοκκο και έχει λευκό χρώμα (Εικ.7.2.1). Μακροσκοπικά διακρίνονται μεγάλοι κρύσταλλοι ασβεστίτη με μέγεθος που ξεπερνάει το 1 mm. Η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη, ενώ σε ίχνη συμμετέχουν χαλαζίας, δολομίτης και φλογοπίτης (λευκός μαρμαρυγίας) (Σχ.7.2.1).



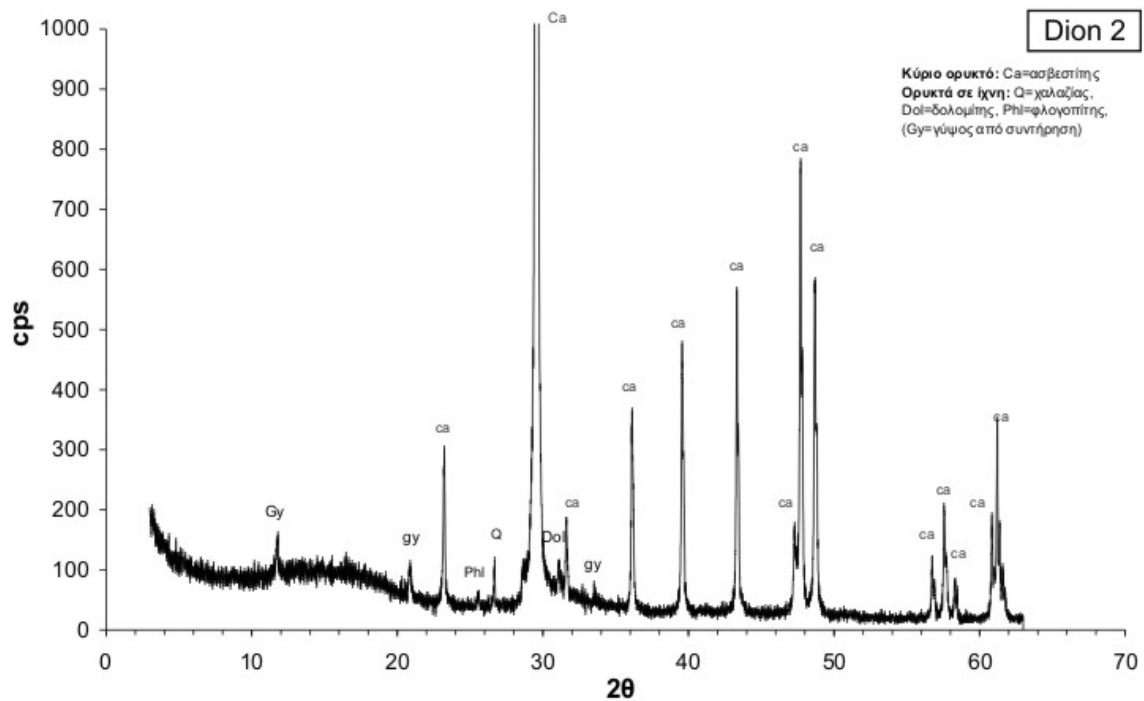
Εικ.7.2.1 Δείγμα Dion 2. Θραύσμα από το τραπεζοφόρο.

Επιπλέον, με την ακτινογραφική εξέταση διαπιστώθηκε η ύπαρξη γύψου, η παρουσία της οποίας οφείλεται στις εργασίες συντήρησης στο σημείο, από όπου έγινε η δειγματοληψία. Σε αυτό συναινεί και το γεγονός ότι η γύψος σε ένα μαρμάρينو αντικείμενο οφείλεται μόνο στην περίπτωση της χημικής διάβρωσης σε συνθήκες ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η χημική αντίδραση σύμφωνα με την οποία ο ασβεστίτης ενός μαρμάρινου αντικειμένου μετατρέπεται σε γύψο είναι η εξής:

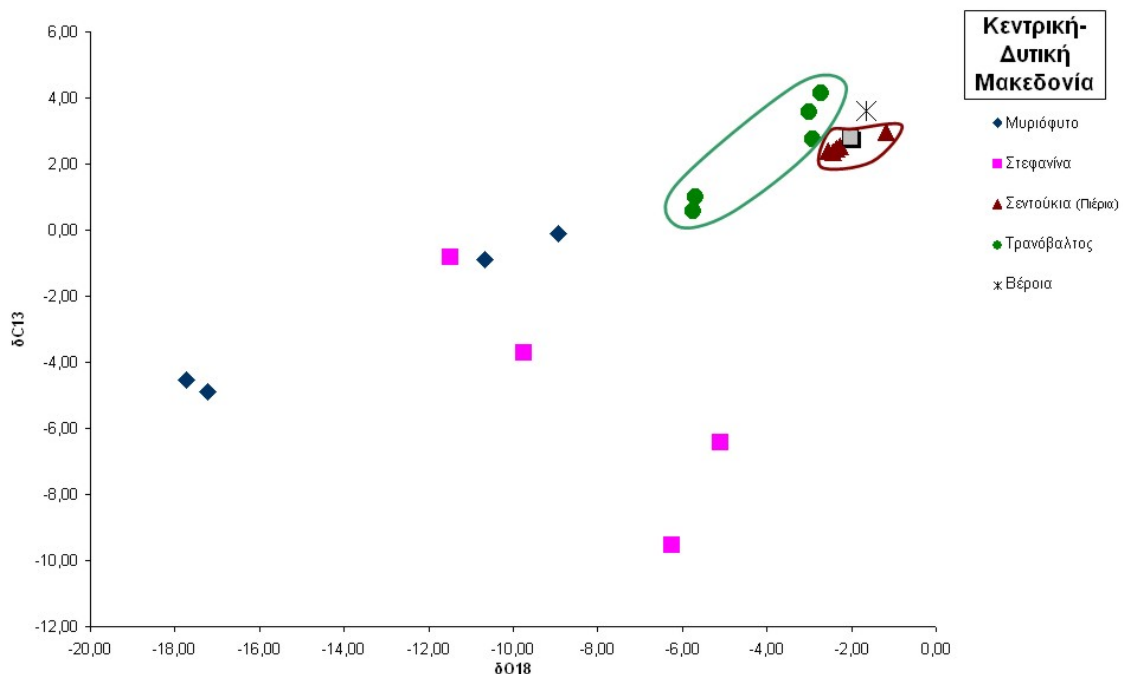


Κάτι τέτοιο όμως δεν ισχύει για την περίπτωση του τραπεζοφόρου, αφού ήταν θαμμένο στις επιχώσεις του αρχαιολογικού χώρου και επιπλέον δεν υφίσταται στην περιοχή έντονη ατμοσφαιρική ρύπανση.

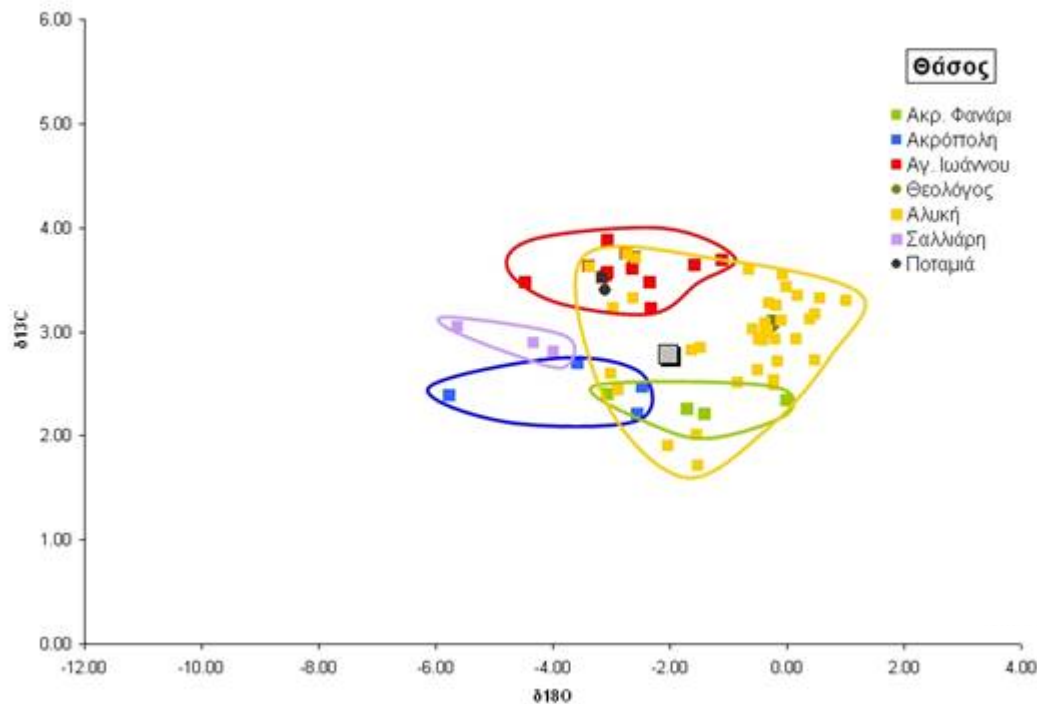
Λόγω της μικρής ποσότητας του δείγματος που αποσπάστηκε από το τραπεζοφόρο δεν έγινε λεπτή τομή, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η μελέτη των ιστολογικών χαρακτηριστικών του πετρώματος. Εντούτοις, η ανάλυση ισοτόπων C (2,78‰) και O (-2,01‰) του δείγματος Dion2 (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από τη Θάσο (Αλυκή) και τα Σεντούκια (Τιέρια όρη)(Σχ. 7.2.2-3).



Σχ.7.2.1 Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion2 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Σχ.7.2.2 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion2 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.



Σχ.7.2.3 Διαγραμμα  $\delta^{13}\text{C}$  και  $\delta^{18}\text{O}$  των μαρμαρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion2 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής Θάσου.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 2 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από τη Θάσο και τα Σεντούκια, προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή του τραπεζοφόρου με σύμπλεγμα από το μύθο της Μήδειας κατά τον 2ο αι. μ.Χ. προέρχεται από τα λατομεία της Αλυκής στη Θάσο. Το λατομείο των Σεντουκιών αποκλείεται, διότι το μάρμαρο εκεί είναι λεπτόκοκκο και το μεγαλύτερο μέγεθος των κρυστάλλων ασβεστίτη κυμαίνεται από 300-500  $\mu\text{m}$ .

### 7.3 Δείγμα Dion3-Επιγραφή συνθήκης (τέλη 3ου αι. π.Χ.)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε η επιγραφή συνθήκης είναι αδρόκοκκο και έχει λευκό χρώμα (Εικ.7.3.1). Η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη, ενώ σε ίχνη συμμετέχει χαλαζίας (Σχ.7.3.1).

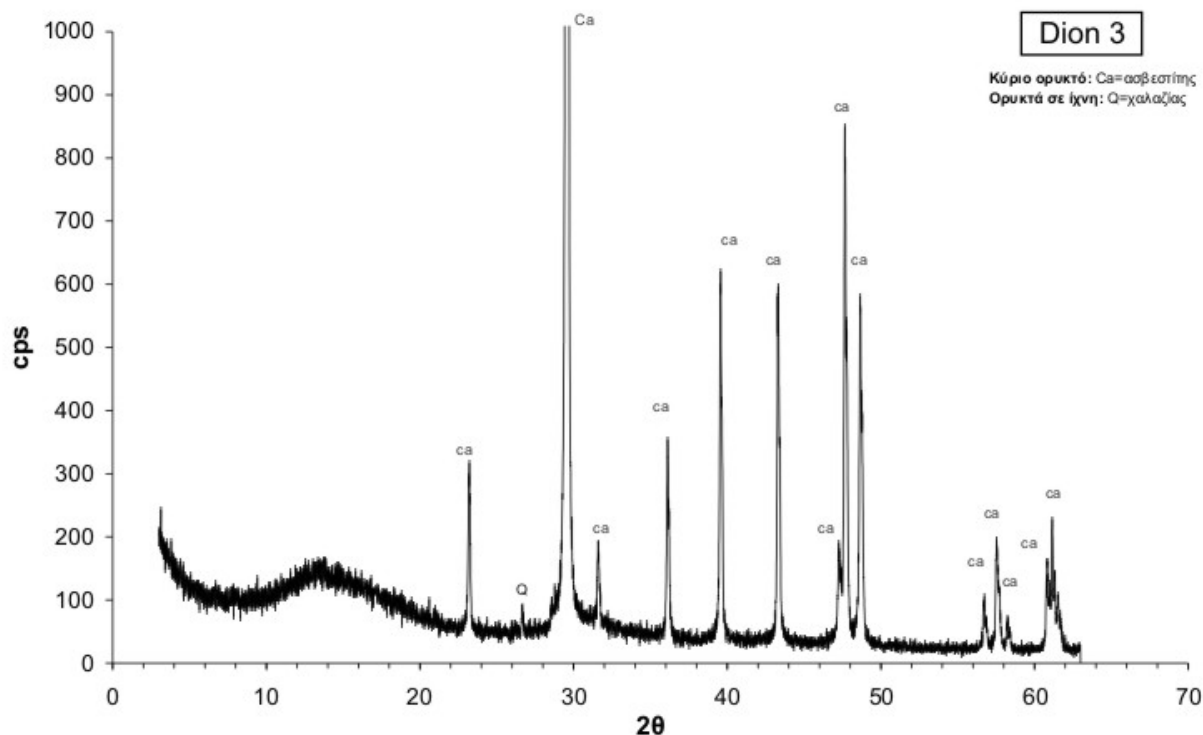
Η ανάλυση ισοτόπων C (2,18‰) και O (-5,76‰) του δείγματος Dion3 (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από την Πεντέλη, τη Νάξο και την Τήνο (Σχ.7.3.2-3).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 3 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από την Πεντέλη, τη Νάξο και την Τήνο, προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή της επιγραφής συνθήκης συμμαχίας του Φιλίππου Ε' και των κατοίκων της Λυσιμάχειας της

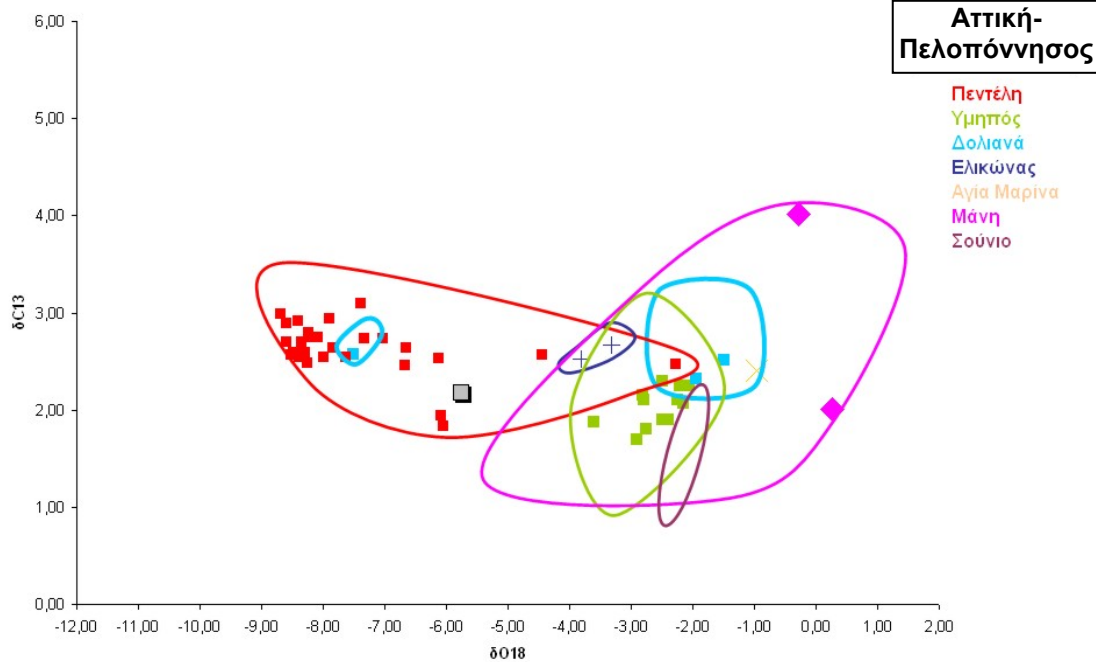
Θράκης κατά τα τέλη 3ου αι. π.Χ. προέρχεται από τα λατομεία της Πεντέλης. Τα λατομεία των Κυκλάδων αποκλείονται διότι διαφέρουν τόσο ως προς την ορυκτολογική σύσταση όσο και ως προς τα ιστολογικά τους χαρακτηριστικά, αφού δεν παρουσιάζουν επιμήκυνση των κρυστάλλων ασβεστίτη παράλληλα με τη σχιστότητα.



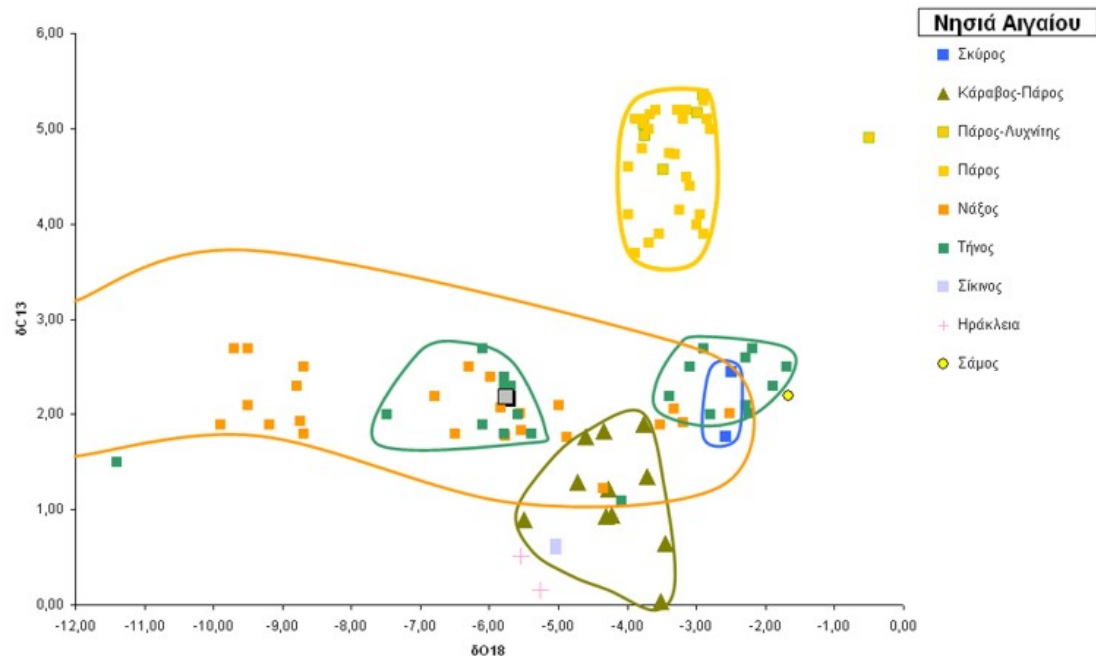
Εικ.7.3.1 Δείγμα Dion 3. Θραύσμα της επιγραφής.



Σχ.7.3.1 Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion3, όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Σχ.7.3.2 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την Αττική και την Πελοπόννησο και του δείγματος Dion 3 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πεντέλης.



Σχ.7.3.3 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τα νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Dion 3 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου και της Τήνου.

#### 7.4 Δείγμα Dion4-Σαρκοφάγος (2ος αι. μ.Χ.)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε η σαρκοφάγος είναι αδρόκοκκο και έχει λευκό χρώμα (Εικ.7.4.1). Η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη και σε ίχνη εμφανίζονται δολομίτης, χαλαζίας, μαρμαρυγίας (φλογοπίτης), σουλφίδια και Fe-οξείδια (Σχ.7.4.1).



Εικ.7.4.1. Δείγμα Dion 4. Θραύσμα της σαρκοφάγου

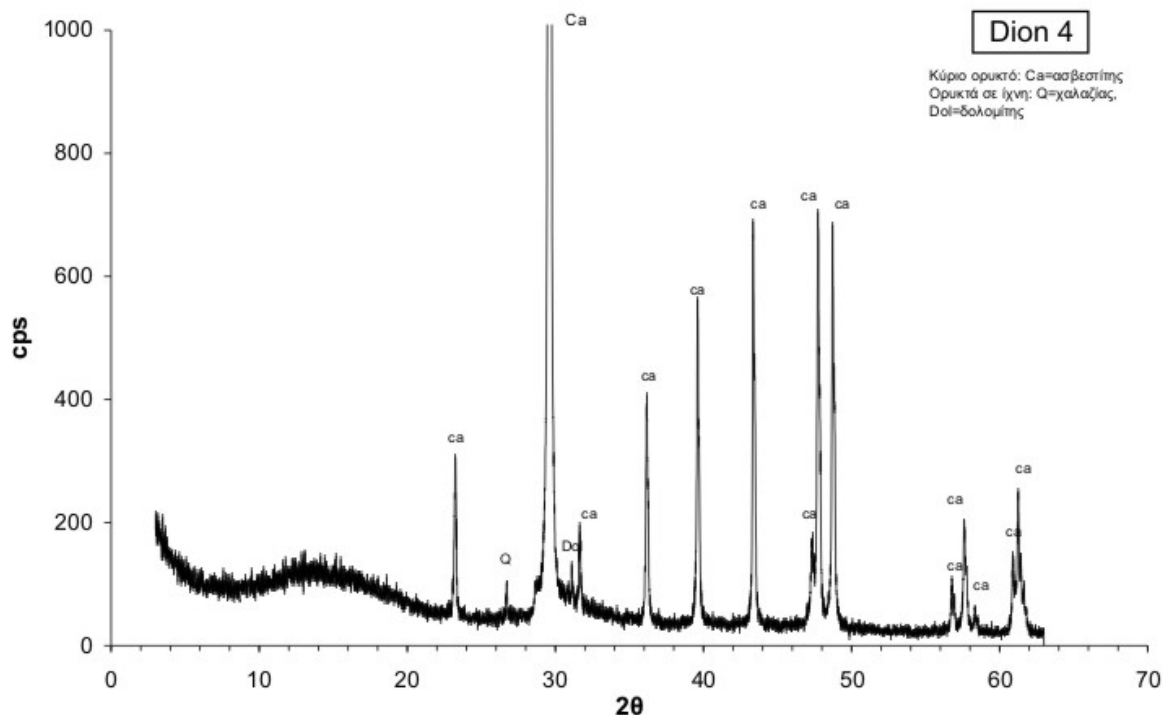
Ο ιστός του πετρώματος είναι ετεροβλαστικός σε μικρό βαθμό, δηλαδή τα περισσότερα ορυκτά έχουν το ίδιο μέγεθος εκτός από μερικά που παρουσιάζουν μικρότερα μεγέθη. Το σχήμα ορίων των κόκκων είναι κυρτό (curved) έως όρια «συρραφής» (sutured), συχνά με εγκολπώσεις (embayed), σπάνια, όμως τα όρια είναι ευθεία (straight). Το μέγεθος των κόκκων του ασβεστίτη κυμαίνεται από 40  $\mu\text{m}$  - 1.5 mm και του χαλαζία ~ 50  $\mu\text{m}$ . Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων εντοπίζεται στο 1.5 mm.

Το μάρμαρο αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη με ανώμαλο σχήμα και αλλοτριόμορφο ιστό. Παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι ασβεστίτη με μεγάλο μέγεθος (0.6-1.5 mm) που συμφύονται με ασβεστίτες μικρότερου μεγέθους (40-600  $\mu\text{m}$ ). Συχνά, οι αδρόκοκκοι ασβεστίτες (> 0.6 mm) παρουσιάζουν πολυδυμίες σε αντίθεση με τους μικρότερους κόκκους, στους οποίους δεν εντοπίζεται διδυμία. Στα ενδιάμεσα κενά των κρυστάλλων ασβεστίτη αναπτύσσονται πολύ σπάνια κόκκοι χαλαζία, φυλλάρια φλογοπίτη και κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (σουλφίδια και οξείδια-Fe), το μέγεθος των οποίων δεν ξεπερνά τα 50  $\mu\text{m}$ . Οι κρύσταλλοι ασβεστίτη παρουσιάζουν σε λίγες περιπτώσεις μία επιμήκυνση παράλληλη με τη σχιστότητα.

Η ανάλυση ισοτόπων C (2,64 ‰) και O (-6,92‰) του δείγματος Dion4 (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από την Πεντέλη, τη Νάξο και την Τήνο (Σχ.7.4.2-3).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 4 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από την Πεντέλη,

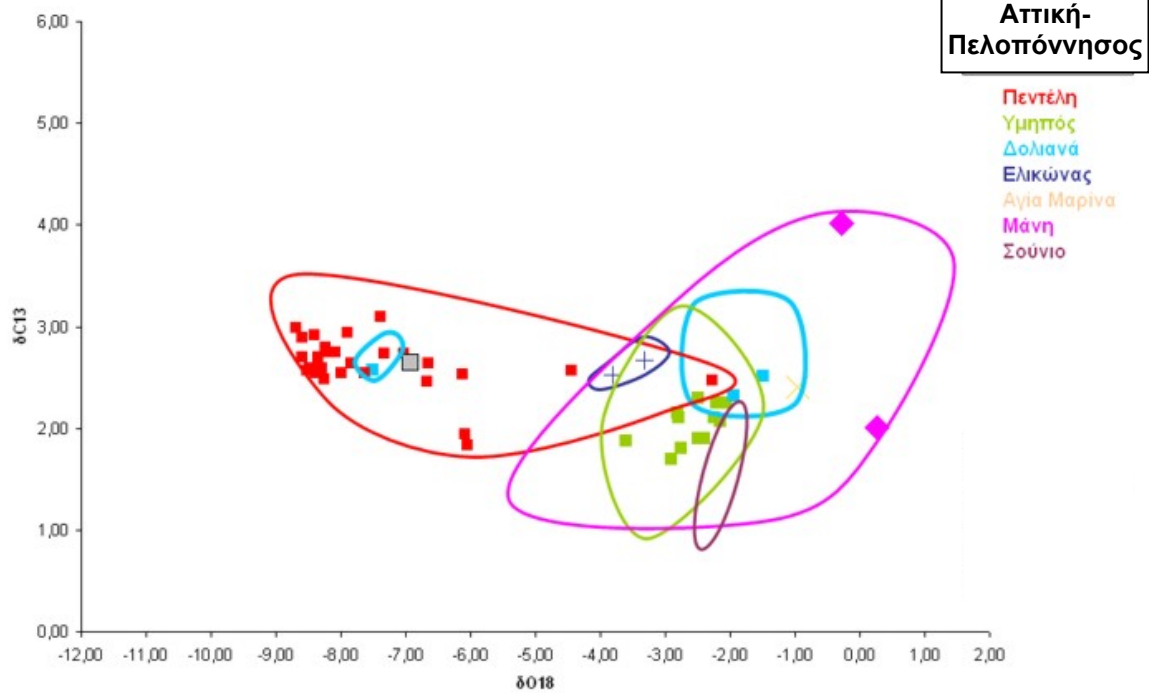
τη Νάξο και την Τήνο, προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή της σαρκοφάγου κατά τον 2ο αι. μ.Χ. προέρχεται από τα λατομεία της Πεντέλης. Τα λατομεία των Κυκλάδων αποκλείονται διότι διαφέρουν τόσο ως προς τα ιστολογικά τους χαρακτηριστικά, αφού δεν παρουσιάζουν επιμήκυνση των κρυστάλλων ασβεστίτη παράλληλα με τη σχιστότητα.



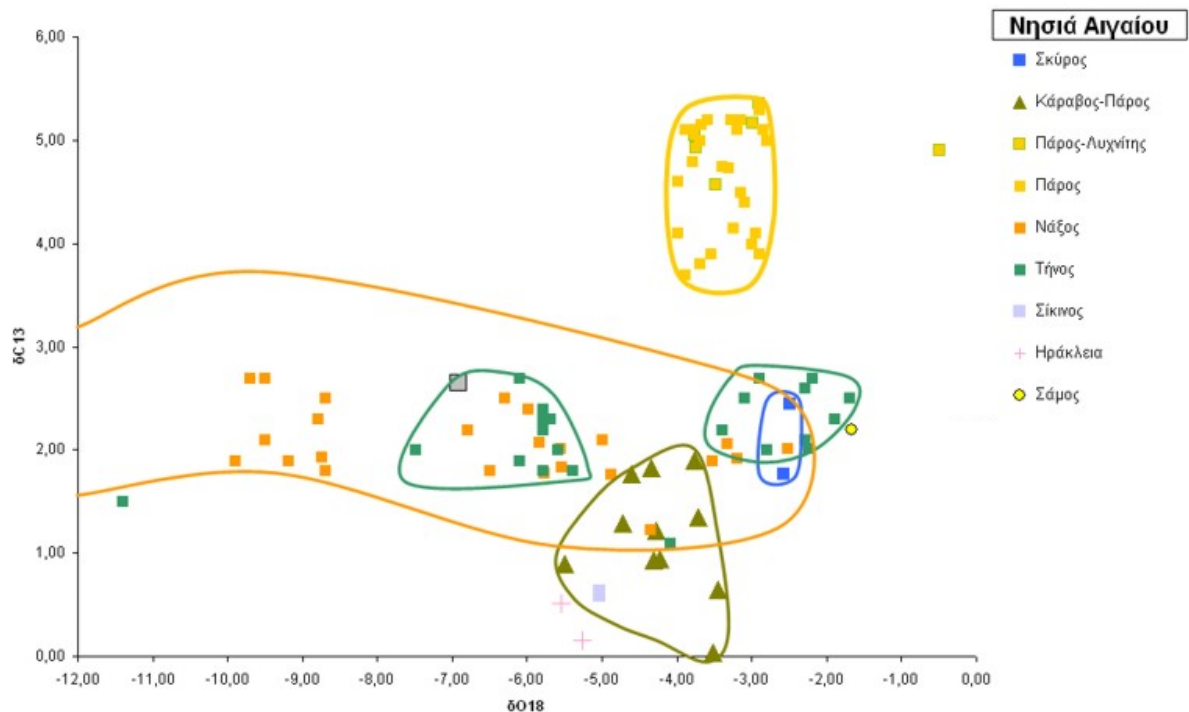
Σχ.7.4.1 Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion4 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Εικ.7.4.2 Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 4) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκοι ασβεστίτη με πολυδυμίες και διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.



Σχ.7.4.2 Διάγραμμα δ<sup>18</sup>O και δ<sup>13</sup>C των μαρμάρων από την Αττική και την Πελοπόννησο και του δείγματος Dion4 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πεντέλης.



Σχ.7.4.3 Διάγραμμα δ<sup>18</sup>O και δ<sup>13</sup>C των μαρμάρων από τα νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Dion4 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου και της Τήνου.

## 7.5. Δείγμα Dion 5 - Σαρκοφάγος (2ος αι. μ.Χ.)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε η σαρκοφάγος είναι αδρόκοκκο (Εικ.7.5.1). Η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη και δευτερευόντως από δολομίτη, ενώ σε ίχνη εμφανίζονται χαλαζίας, μαρμαρυγίας (φλογοπίτης), σουλφίδια και Fe-οξείδια (Σχ.7.5.1).



Εικ.7.5.1 Δείγμα Dion 5. Θραύσμα της σαρκοφάγου.

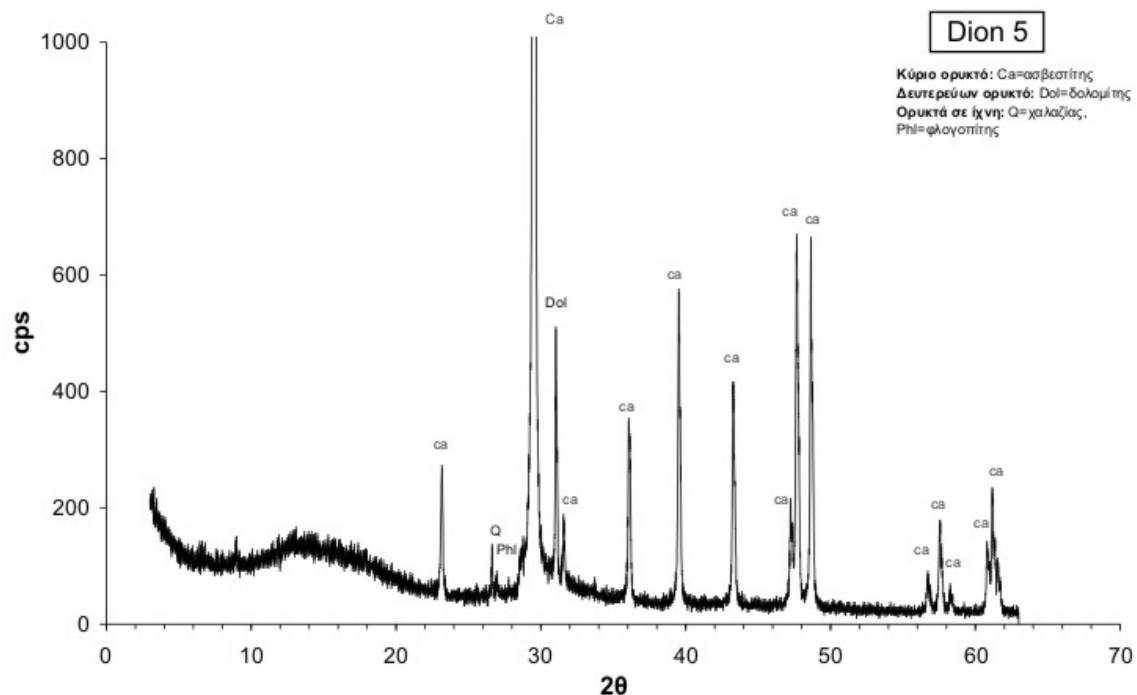
Ο ιστός του πετρώματος είναι ετεροβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν δύο διαφορετικά μεγέθη. Το σχήμα ορίων των κόκκων είναι ευθύ (straight) έως κυρτό (curved) έως όρια «συρραφής» (sutured), συχνά με εγκολπώσεις (embayed). Το μέγεθος των κόκκων του ασβεστίτη κυμαίνεται από 20  $\mu\text{m}$  - 1 mm και του χαλαζία ~ 200-400  $\mu\text{m}$ . Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων εντοπίζεται στο 1 mm.

Το μάρμαρο αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη και λίγο δολομίτη με ανώμαλο σχήμα και αλλοτριόμορφο ιστό. Παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι ασβεστίτη με μεγάλο μέγεθος (0.5-1 mm) που συμφύονται με ασβεστίτες μικρότερου μεγέθους (20-500  $\mu\text{m}$ ). Οι ασβεστίτες παρουσιάζουν συχνά πολυδυμίες. Στα ενδιάμεσα κενά των κρυστάλλων ασβεστίτη αναπτύσσονται πολύ σπάνια κόκκοι χαλαζία με μέγεθος περίπου 200-400  $\mu\text{m}$ , φυλλάρια φλογοπίτη και κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (σουλφίδια), το μέγεθος των οποίων δεν ξεπερνά τα 20  $\mu\text{m}$ . Συχνό είναι το φαινόμενο των τριπλών σημείων επαφής των κρυστάλλων ασβεστίτη σε γωνίες 120°, που δείχνει έντονη ανακρυστάλλωση. Οι κρύσταλλοι ασβεστίτη παρουσιάζουν σε λίγες περιπτώσεις μία επιμήκυνση παράλληλη με τη σχιστότητα.

Η ανάλυση ισοτόπων C (3,40‰) και O (-8,37‰) του δείγματος Dion5 (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από την Πεντέλη και τη Νάξο (Σχ.7.5.2-3).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 5 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από την Πεντέλη,

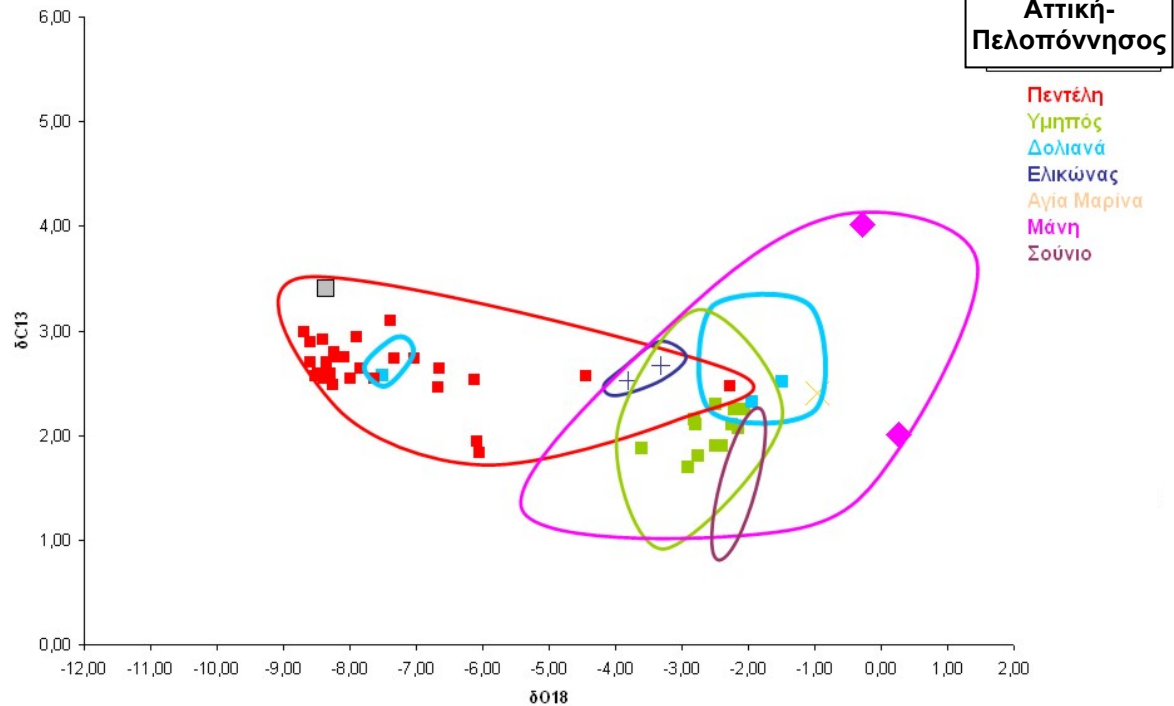
τη Νάξο προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή της σαρκοφάγου κατά τον 2ο αι. μ.Χ. προέρχεται από τα λατομεία της Πεντέλης. Το λατομείο της Νάξου αποκλείεται διότι διαφέρει ως προς την ορυκτολογική σύσταση και ως προς τα ιστολογικά χαρακτηριστικά.



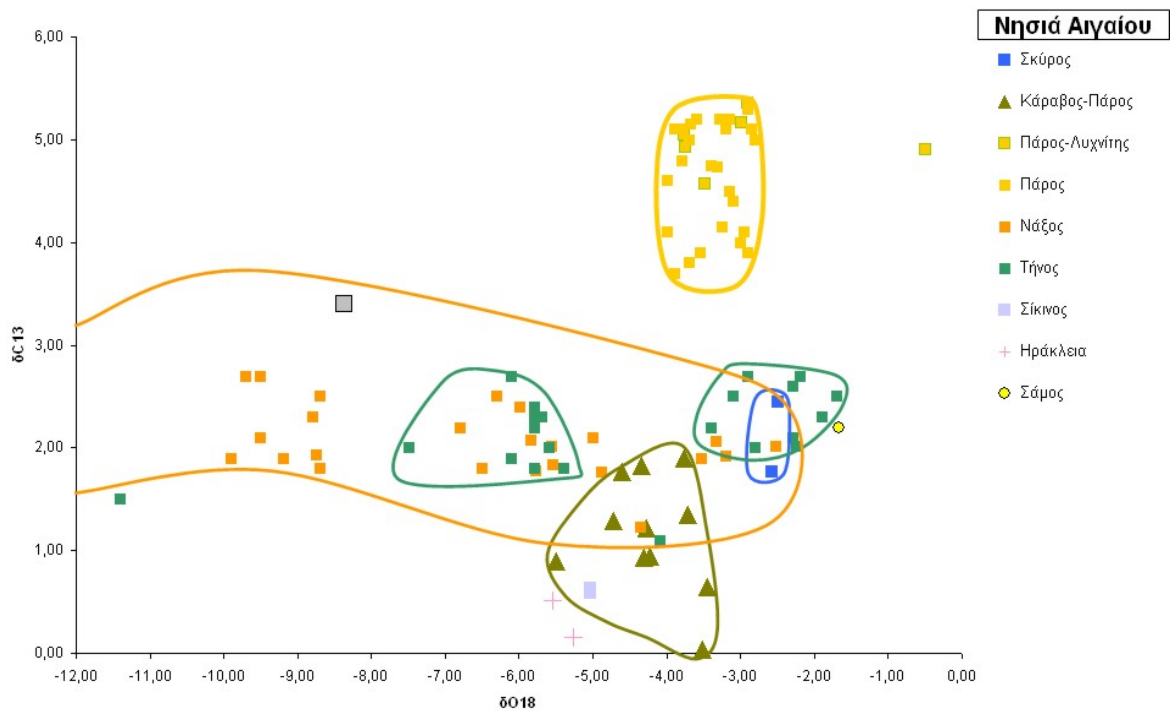
Σχ.7.5.1 Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion5 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Εικ.7.5.2 Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 5) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Χαλαζίας (λευκό) και κόκκοι ασβεστίτη με πολυδυμίες και διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.



Σχ.7.5.2 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την Αττική και την Πελοπόννησο και του δείγματος Dion5 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πεντέλης.



Σχ.7.5.3 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τα νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Dion5 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου.

## 7.6 Δείγμα Dion6-Άγαλμα Αρτέμιδος (1ος αι. μ.Χ.)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε το άγαλμα της Αρτέμιδος είναι αδρόκοκκο (Εικ.7.6.1). Η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από δολομίτη, ενώ σε ίχνη εμφανίζονται ασβεστίτης, απατίτης, γραφίτης και Fe-οξειδία (Σχ.7.6.1).



Εικ.7.6.1. Δείγμα Dion 6. Θραύσμα του αγάλματος.

Ο ιστός του πετρώματος είναι ετεροβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν δύο διαφορετικά μεγέθη. Το σχήμα ορίων των κόκκων είναι κυρτό (curved) έως όρια «συρραφής» (sutured). Συχνά με εγκολπώσεις (embayed).

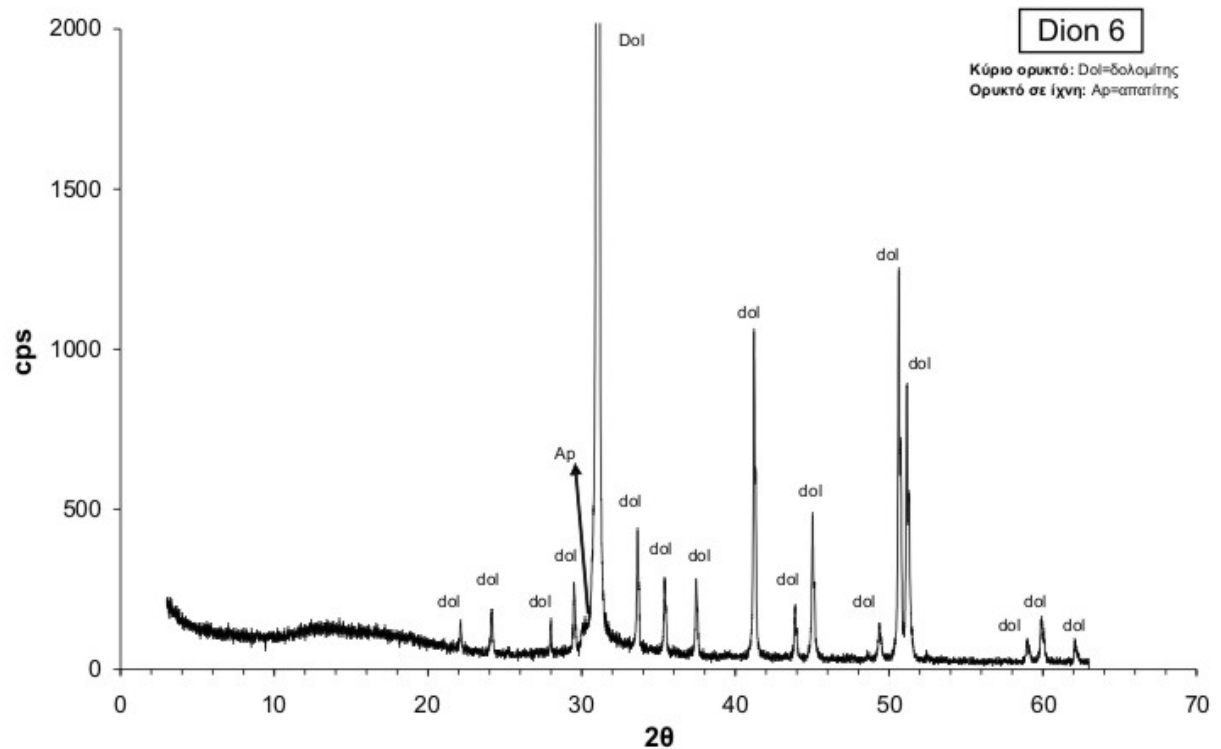
Το μέγεθος των κόκκων του δολομίτη κυμαίνεται από 200  $\mu\text{m}$  - 1.5 mm. Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων εντοπίζεται στο 1.5 mm.

Το μάρμαρο αποτελείται από κρυστάλλους δολομίτη και λίγο ασβεστίτη με ανώμαλο σχήμα και αλλοτριόμορφο ιστό. Παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι δολομίτη με μεγάλο μέγεθος (1.0-1.5 mm) που συμφύονται με δολομίτες μικρότερου μεγέθους (200  $\mu\text{m}$  - 1 mm). Οι δολομίτες παρουσιάζουν συχνά πολυδυμίες. Σχεδόν σε όλους τους δολομίτες του δείγματος υπάρχει γραφίτης και διάσπαρτη κόκκοι οξειδίων Fe.

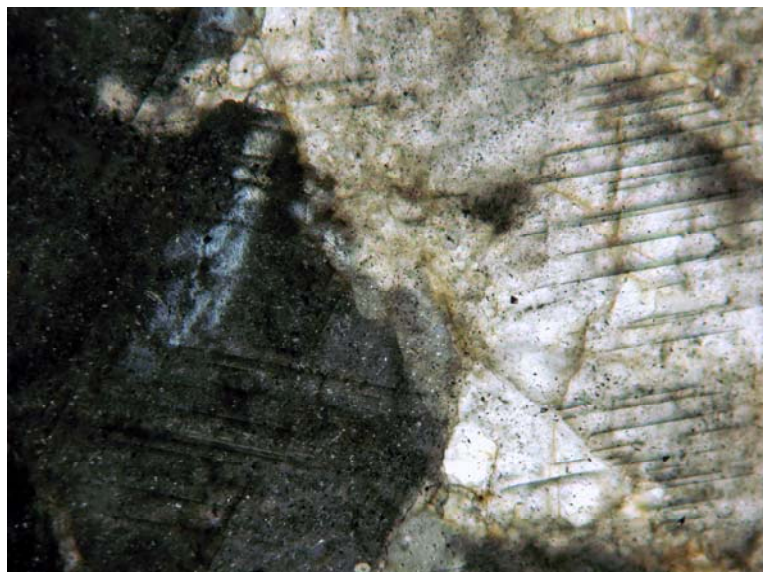
Η ανάλυση ισοτόπων C (3,75‰) και O (-3,72‰) του δείγματος Dion6 (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από την Πάρο και τη Θάσο, όρμο Αγ. Ιωάννη (Σχ.7.6.2-3).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion5 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από την Πάρο και τη Θάσο (όρμο Αγ. Ιωάννη) προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή του

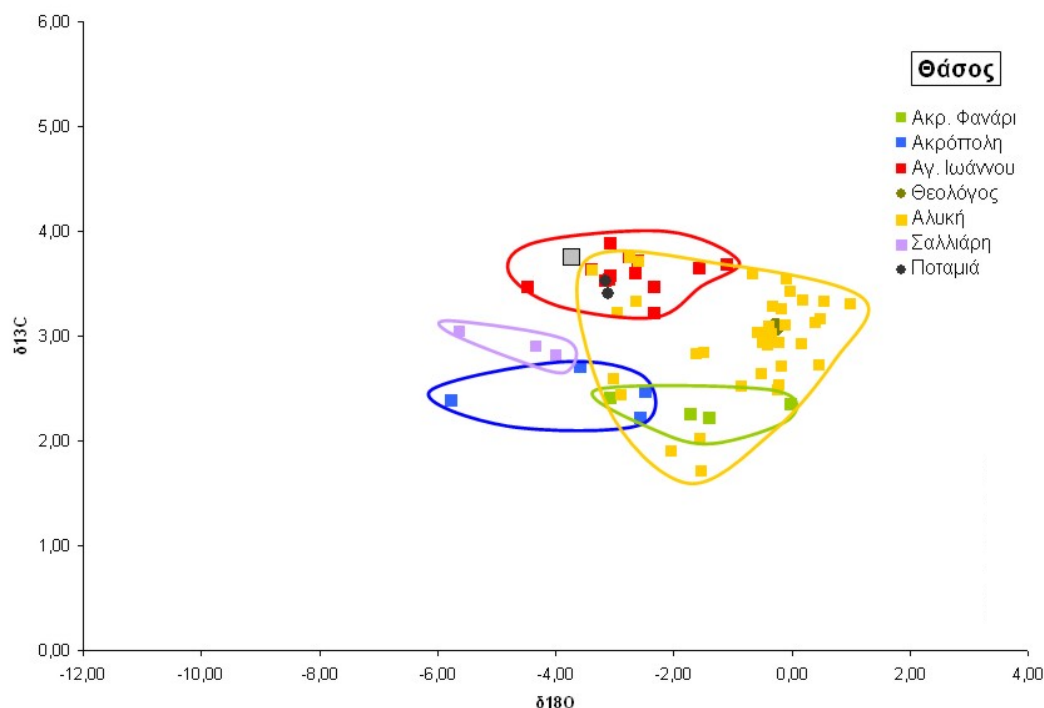
αγάλματος της Αρτέμιδος κατά τον 1ο αι. μ.Χ. προέρχεται από τα λατομεία της Θάσου, όρμος Αγ. Ιωάννη (Εικ.5.1). Το λατομείο της Πάρου αποκλείεται, διότι το μάρμαρο αυτό δεν περιέχει καθόλου δολομίτη.



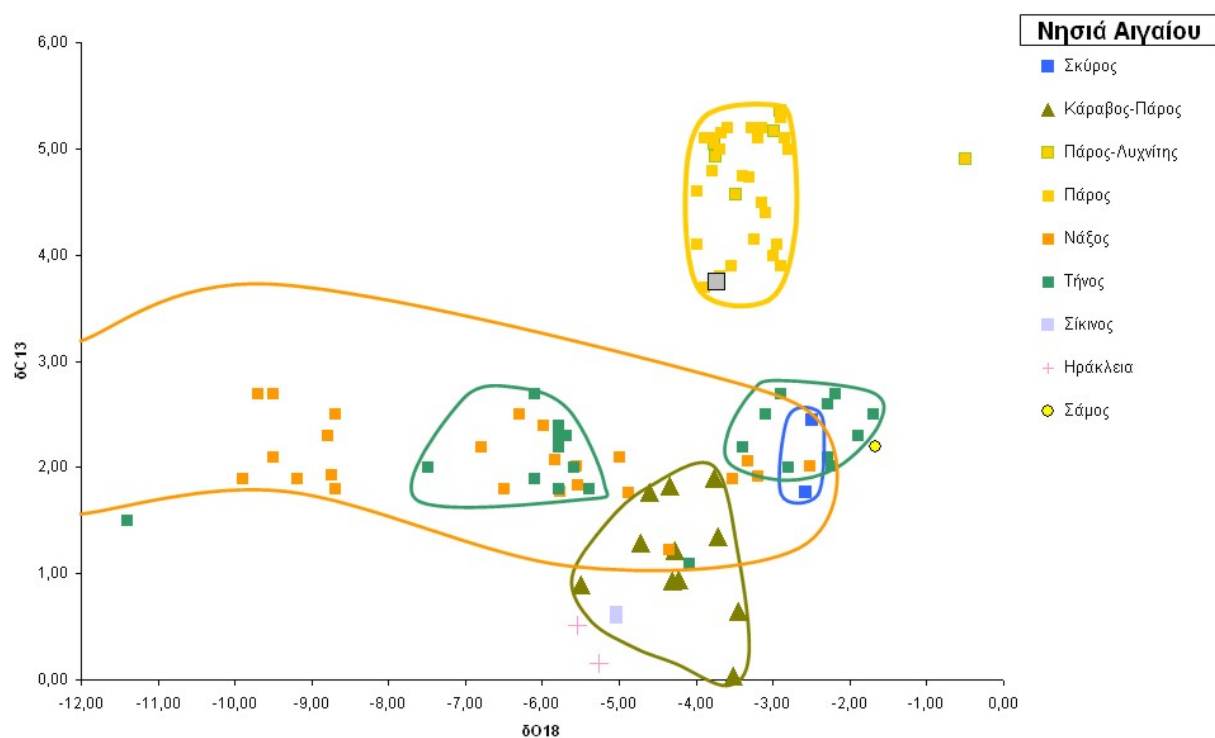
Σχ.7.6.1 Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion6 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Εικ.7.6.2 Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 6) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκοι δολομίτη. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.



Σχ.7.6.2 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Διονό (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο του Αγ. Ιωάννη Θάσου.



Σχ.7.6.3 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τα νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Διονό (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου.

### 7.7 Δείγμα Dion7- Άγαλμα της Αφροδίτης (β' μισό 2ου π.Χ.)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε το άγαλμα της Αφροδίτης (Εικ.7.7.1) είναι αδρόκοκκο, λίγο σχιστοποιημένο. Η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη, ενώ σε ίχνη εμφανίζονται χαλαζίας, δολομίτης, μαρμαρυγίας (φλογοπίτης), ορθόκλαστο και σουλφίδια (Σχ.7.7.1).



Εικ.7.7.1 Δείγμα Dion 7.Θραύσμα του αγάλματος.

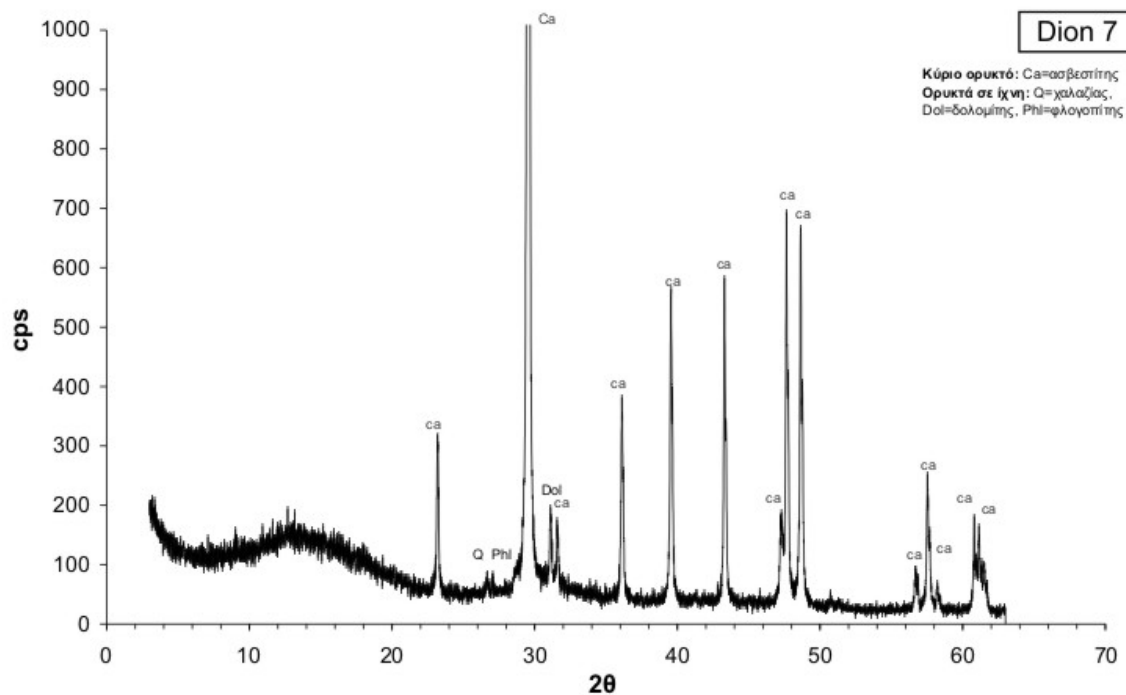
Ο ιστός του πετρώματος είναι ετεροβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν δύο διαφορετικά μεγέθη. Το σχήμα ορίων των κόκκων είναι «συρραφής» (sutured) έως οδοντωτό (dentate) και συχνά με εγκολπώσεις (embayed). Σπανίως, τα όρια είναι ευθεία (straight).

Το μέγεθος των κόκκων του ασβεστίτη κυμαίνεται από 100  $\mu\text{m}$  - 3 mm, του χαλαζία ~ 100 $\mu\text{m}$ , του ορθόκλαστου ~ 200  $\mu\text{m}$  σπανίως έως 1 mm και του φλογοπίτη ~ 100  $\mu\text{m}$ . Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων εντοπίζεται στα 3 mm.

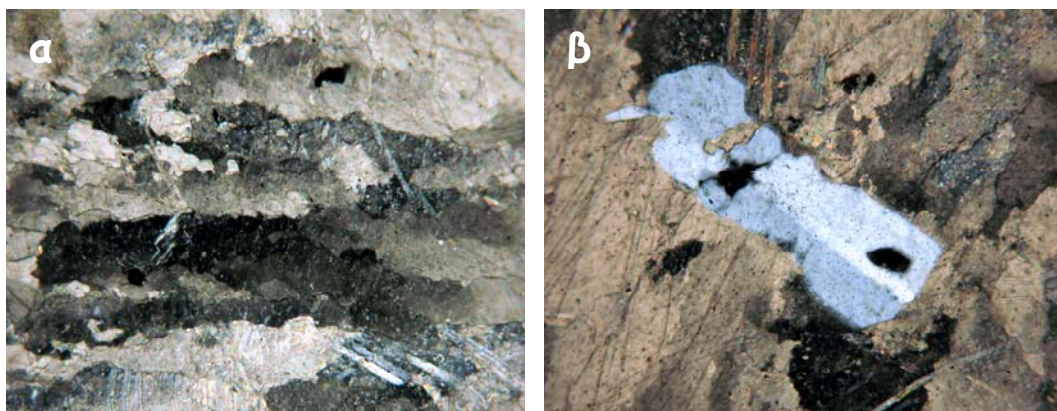
Το μάρμαρο αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη με ανώμαλο σχήμα και αλλοτριόμορφο ιστό. Οι περισσότεροι κρύσταλλοι ασβεστίτη έχουν μεγάλο μέγεθος (1-3 mm) που συμφύονται με ασβεστίτες μικρότερου μεγέθους (100  $\mu\text{m}$  - 1 mm). Οι ασβεστίτες παρουσιάζουν συχνά πολυδυμίες. Στα ενδιάμεσα κενά των κρυστάλλων ασβεστίτη αναπτύσσονται πολύ σπάνια κόκκοι χαλαζία με μέγεθος περίπου 100  $\mu\text{m}$ , ορθόκλαστου με μέγεθος που σπανίως φθάνει έως 1 mm, φυλλάρια φλογοπίτη και κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (σουλφίδια) το μέγεθος των οποίων δεν ξεπερνά τα 20  $\mu\text{m}$ . Οι κρύσταλλοι ασβεστίτη παρουσιάζουν σε αρκετές περιπτώσεις μία επιμήκυνση, παράλληλη με τη σχιστότητα.

Η ανάλυση ισοτόπων C (3,17‰) και O (-1,46‰) του δείγματος Dion 7 (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από τη Θάσο (Αλυκή) και τα Σεντούκια (Πιέρια όρη) (Σχ.7.7.2-3).

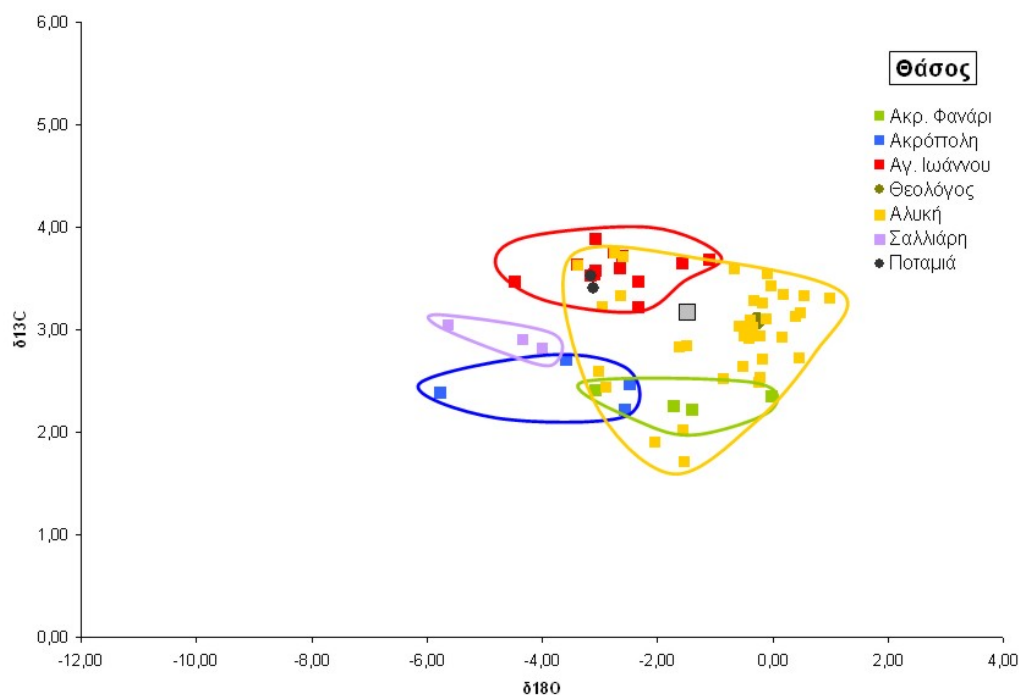
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 7 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από τη Θάσο (Αλυκή) και τα Σεντούκια (Πιέρια όρη), προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή του αγάλματος της Αφροδίτης κατά το β' μισό 2 ου π.Χ. προέρχεται από τα λατομεία της Θάσου (Αλυκή). Το λατομείο στα Σεντούκια αποκλείεται διότι διαφέρει ως προς τα ιστολογικά χαρακτηριστικά.



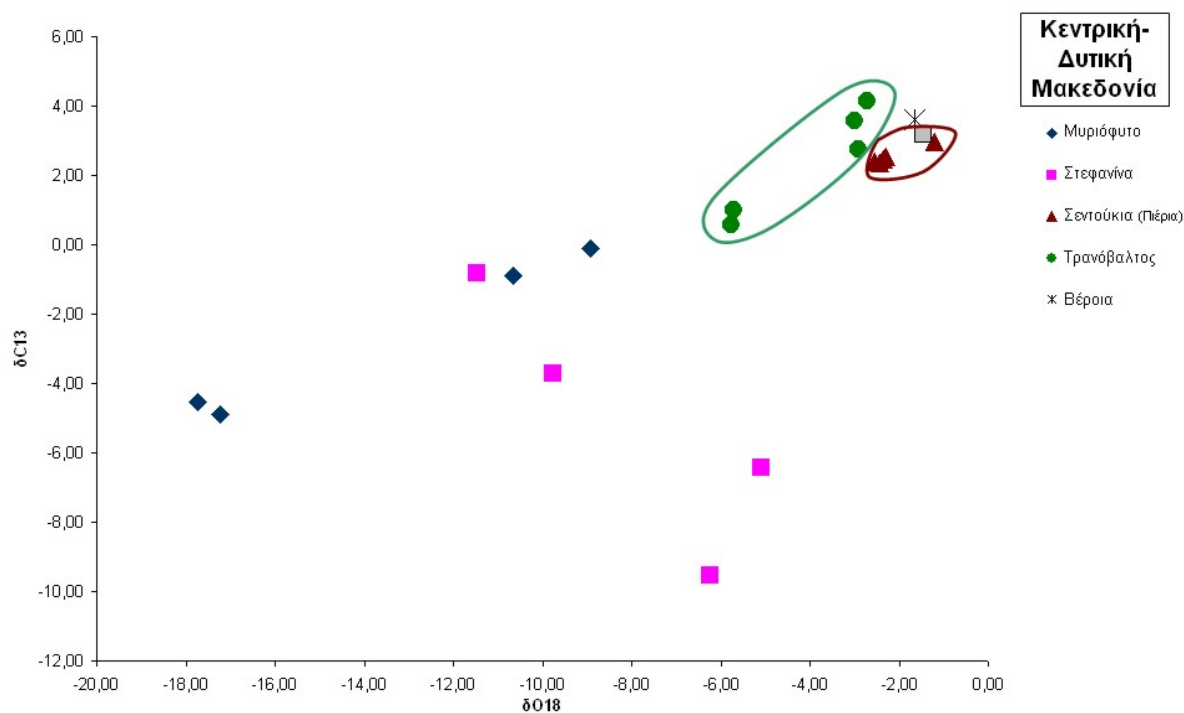
Σχ. 7.7.1 Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion7 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Εικ.7.7.2 Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 7) σε πολωτικό μικροσκόπιο. α. Κόκκοι ασβεστίτη που διατάσσονται παράλληλα με τη σχιστότητα. β, Μικροκλινής (τεφρόλευκο) σε ασβεστίτη. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.



Σχ.7.7.2 Διάγραμμα  $\delta^{18}O$  και  $\delta^{13}C$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion7 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλικής Θάσου.



Σχ.7.7.3 Διάγραμμα  $\delta^{18}O$  και  $\delta^{13}C$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion7 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.

## 7.8 Δείγμα Dion8-Επιτύμβια στήλη

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε η επιτύμβια στήλη (Εικ.7.8.1) είναι αδρόκοκκο, η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεσίτη, ενώ σε ίχνη εμφανίζονται χαλαζίας, μαρμαρυγίας (φλογοπίτης), σουλφίδια και Fe-οξείδια (Σχ.7.8.1).



Εικ.7.8.1. Δείγμα Dion 8. Θραύσμα της επιτύμβιας στήλης.

Ο ιστός του πετρώματος είναι ετεροβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν δύο διαφορετικά μεγέθη. Το σχήμα ορίων των κόκκων είναι «συρραφής» (sutured) έως οδοντωτό (dentate) και συχνά με εγκολπώσεις (embayed). Σπανίως, τα όρια είναι κυρτά (curved).

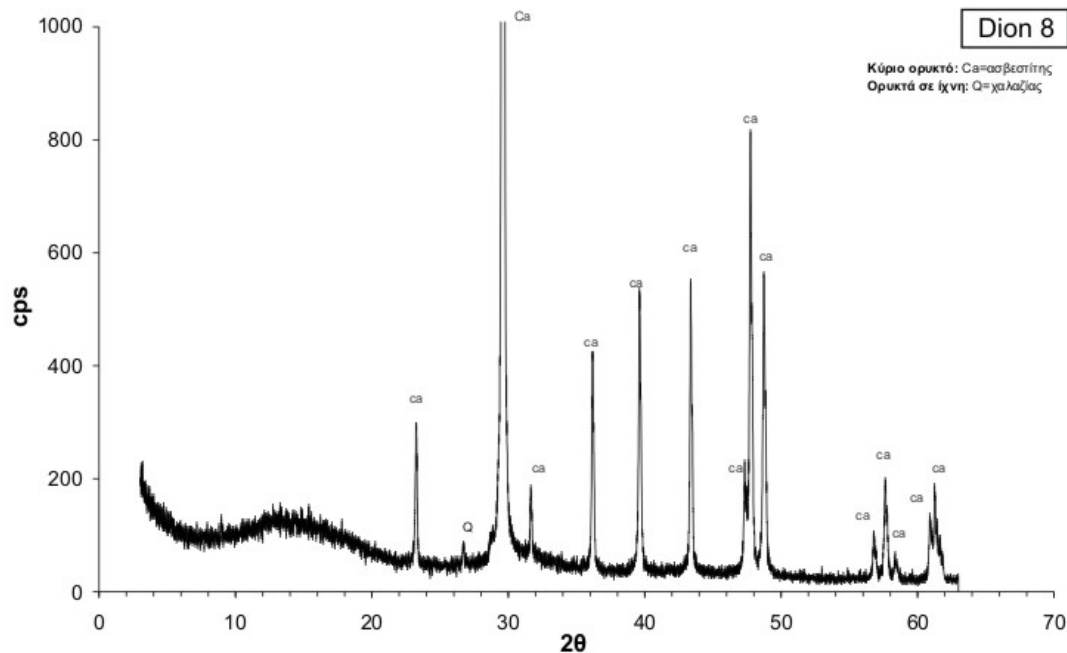
Το μέγεθος των κόκκων του ασβεσίτη κυμαίνεται από 500  $\mu\text{m}$  -1,5 mm, του χαλαζία ~ 200  $\mu\text{m}$ . Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων εντοπίζεται στα 1,5 mm.

Το μάρμαρο αποτελείται από κρυστάλλους ασβεσίτη με ανώμαλο σχήμα και αλλοτριόμορφο ιστό. Παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι ασβεσίτη με μεγάλο μέγεθος (0.5-1.5 mm) που συμφύονται με ασβεσίτες μικρότερου μεγέθους (50-500  $\mu\text{m}$ ). Οι περισσότεροι ασβεσίτες έχουν μέγεθος >1 mm και συχνά παρουσιάζουν πολυδυμίες. Στα ενδιάμεσα κενά των κρυστάλλων ασβεσίτη αναπτύσσονται πολύ σπάνια κόκκοι χαλαζία με μέγεθος περίπου 200  $\mu\text{m}$ , φυλλάρια φλογοπίτη και κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (σουλφίδια) το μέγεθος των οποίων δεν ξεπερνά τα 50  $\mu\text{m}$ . Συχνό είναι το φαινόμενο των τριπλών σημείων επαφής των κρυστάλλων ασβεσίτη σε γωνίες 120°, που δείχνει έντονη ανακρυστάλλωση. Οι κρύσταλλοι ασβεσίτη παρουσιάζουν σε λίγες περιπτώσεις μία έντονη παραμόρφωση, όπως φαίνεται από την πτύχωσή τους και το σχηματισμό δίδυμων κρυστάλλων.

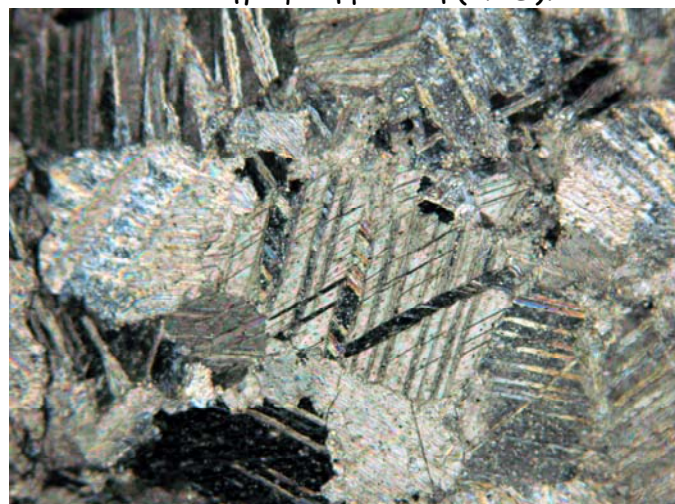
Η ανάλυση ισοτόπων C (2,70‰) και O (-1,42‰) του δείγματος Dion 8

(Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από τη Θάσο (Αλυκή) και τα Σεντούκια (Πιέρια όρη) (Σχ.7.8.2-3).

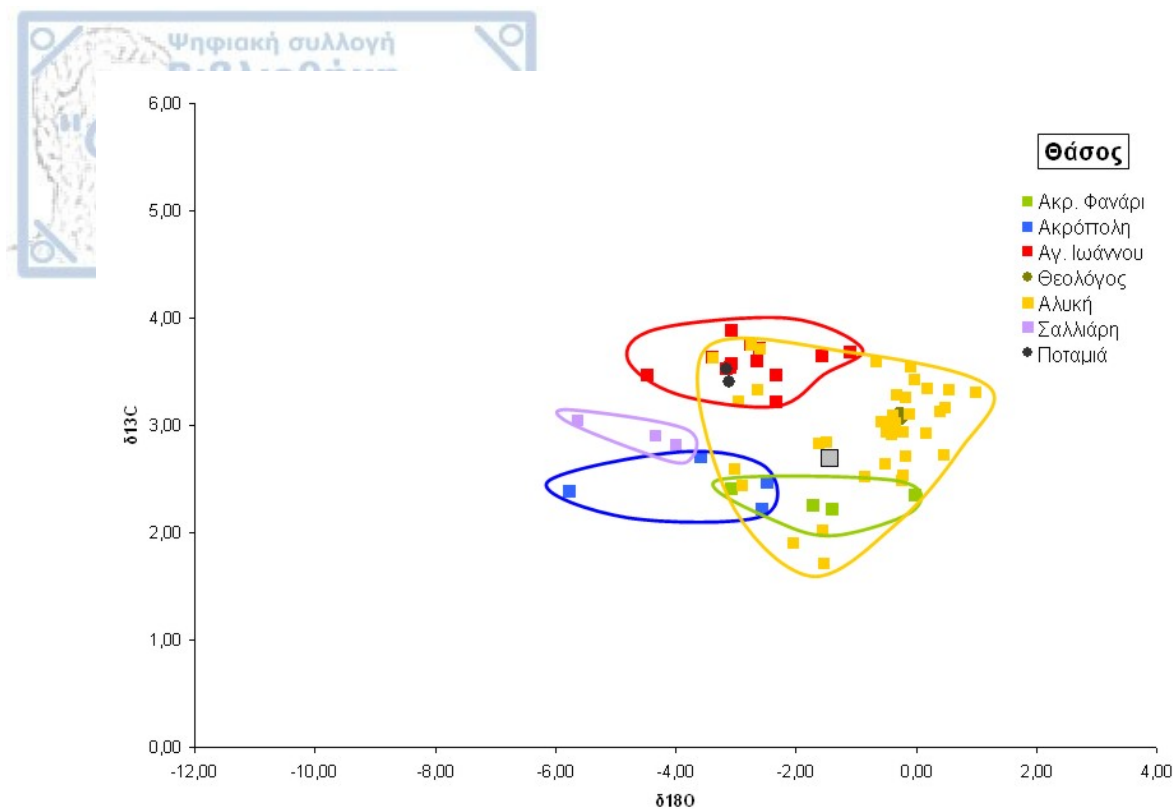
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 8 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από την Αλυκή Θάσου και τα Σεντούκια (Πιέρια όρη), προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή της επιτύμβιας στήλης κατά τον 3ο αι. π.Χ- 1ο αι. μ.Χ προέρχεται από τα λατομεία της Αλυκής Θάσου. Το λατομείο στα Σεντούκια αποκλείεται διότι διαφέρει ως προς τα ιστολογικά χαρακτηριστικά.



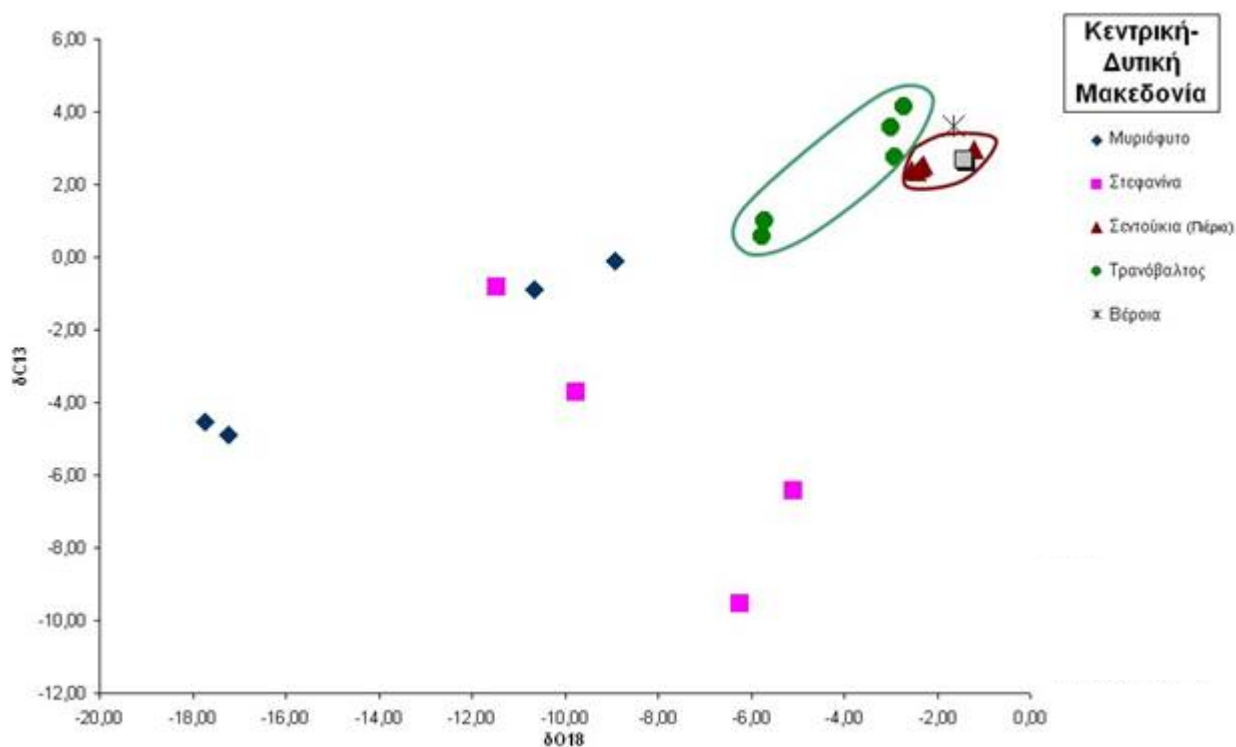
Σχ.7.8.1. Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 8 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Εικ.7.8.2. Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 8) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκοι ασβεστίτη με πολυδυμίες και διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.



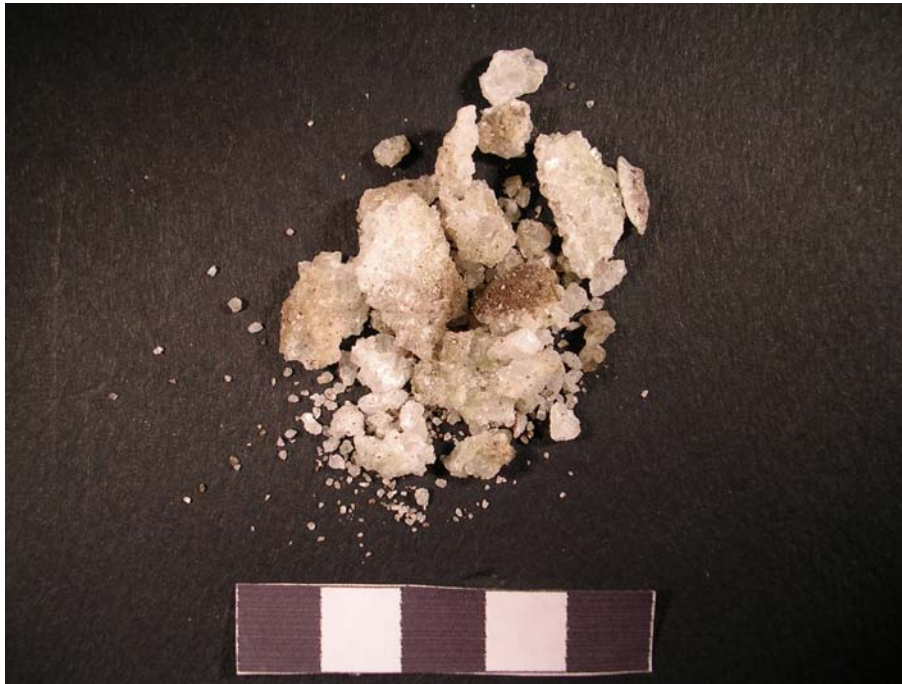
Σχ.7.8.2. Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion8 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής Θάσου.



Σχ.7.8.3 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion 8 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.

### 7.9 Δείγμα Dion9-Ιωνικό κιονόκρανο (5ος αι. μ.Χ)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε το ιωνικό κιονόκρανο (Εικ.7.9.1) είναι αδρόκοκκο, η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη, ενώ σε ίχνη εμφανίζονται χαλαζίας, μαρμαρυγίας (φλογοπίτης), σουλφίδια και Fe-οξειδία (Σχ.7.9.1).



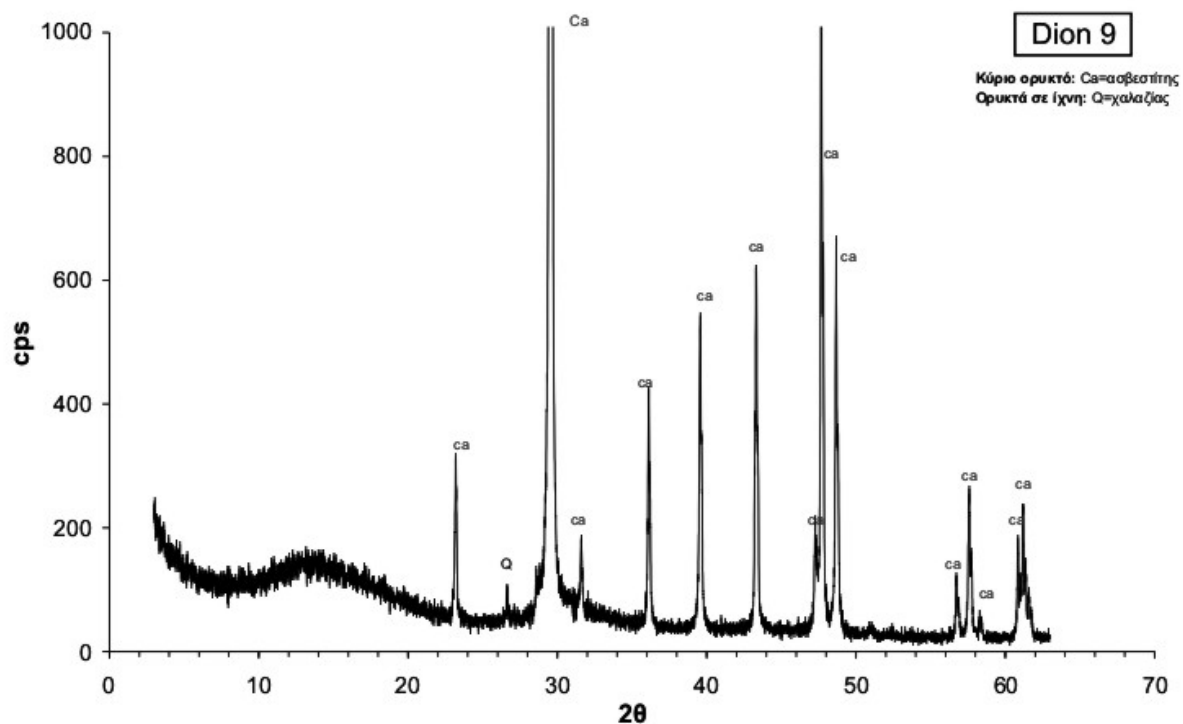
Εικ.7.9.1 Δείγμα Dion 9. Θραύσμα του κιονοκράνου.

Ο ιστός του πετρώματος είναι ετεροβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν δύο διαφορετικά μεγέθη. Το σχήμα ορίων των κόκκων είναι ευθύ (straight), ή έχει σχήμα κυρτό (curved). Το μέγεθος των κόκκων του ασβεστίτη κυμαίνεται από 1 mm - 4 mm και του χαλαζία 50-150 μm. Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων εντοπίζεται στα 4 mm.

Το μάρμαρο αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη με ιδιόμορφο έως αλλοτριόμορφο ιστό. Παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι ασβεστίτη με ιδιαίτερα μεγάλο μέγεθος (έως 4 mm) που συμφύονται με ασβεστίτες μικρότερου μεγέθους (1 mm). Οι περισσότεροι ασβεστίτες έχουν μέγεθος >2 mm και συχνά παρουσιάζουν πολυδυμίες. Εντός των κρυστάλλων ασβεστίτη υπάρχουν κόκκοι χαλαζία με μέγεθος έως 150 μm, με αποστρογγυλωμένο έως γωνιώδες σχήμα καθώς και κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (σουλφίδια), το μέγεθος των οποίων δεν ξεπερνά τα 50 μm. Συχνό, είναι το φαινόμενο των τριπλών σημείων επαφής των κρυστάλλων ασβεστίτη σε γωνίες 120°, που δείχνει έντονη ανακρυστάλλωση.

Η ανάλυση ισοτόπων C (3,16‰) και O (-0,48‰) του δείγματος Dion9 (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από τη Θάσο (Αλυκή), τα Σεντούκια (Πιέρια όρη) και τον Μαρμαρά (Σχ.7.9.2-4).

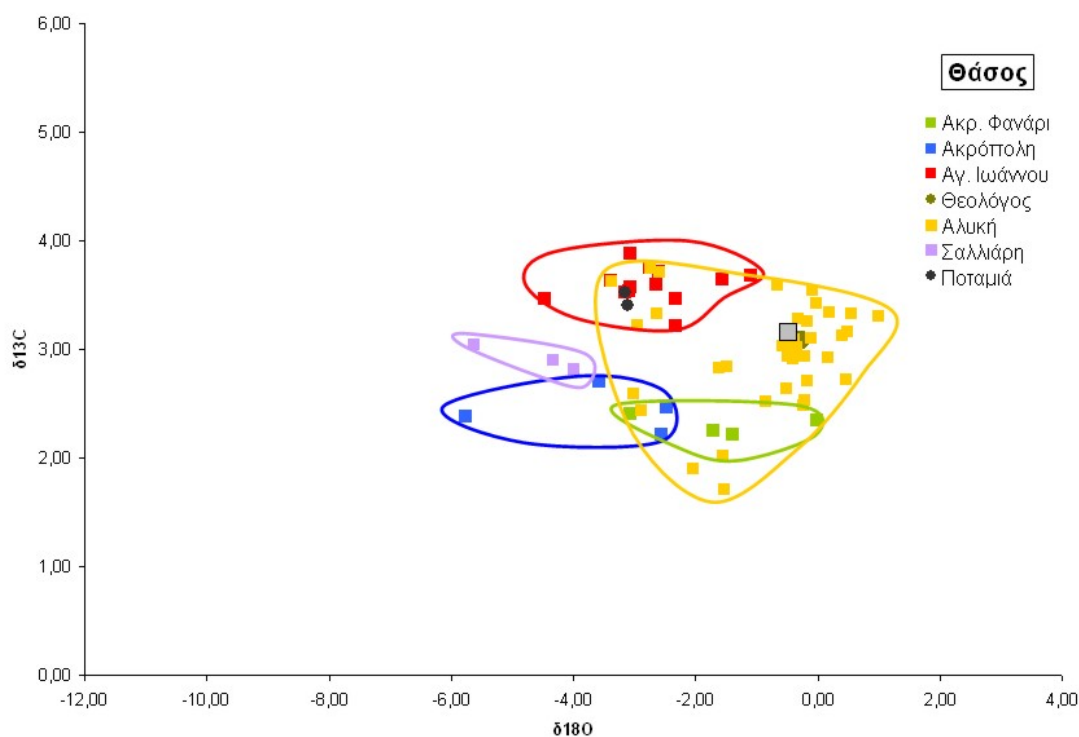
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 9 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από τη Θάσο (Αλυκή), τα Σεντούκια (Πιέρια όρη) και τον Μαρμαρά, προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή του ιωνικού κιονόκρανου κατά τον 5ο αι. μ.Χ προέρχεται από τα λατομεία της Θάσου (Αλυκή). Τα λατομεία από τα Σεντούκια και τον Μαρμαρά αποκλείονται διότι διαφέρουν ως προς την ορυκτολογική σύσταση και ως προς τα ιστολογικά χαρακτηριστικά.



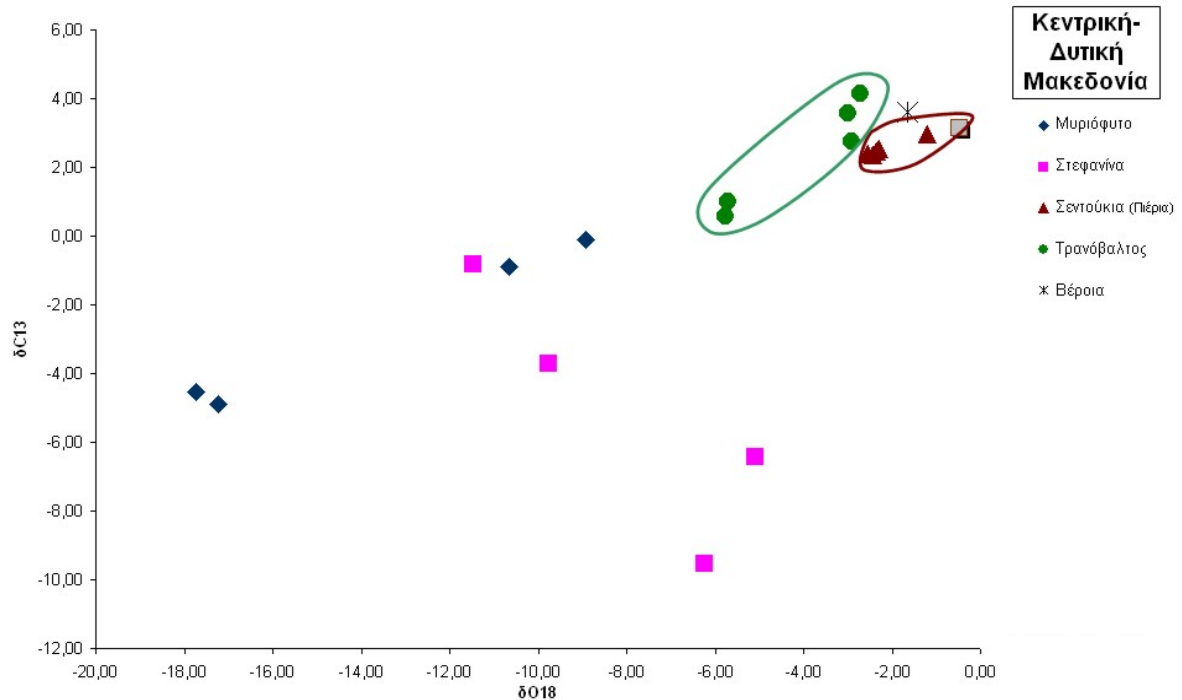
Σχ.7.9.1. Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion9 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



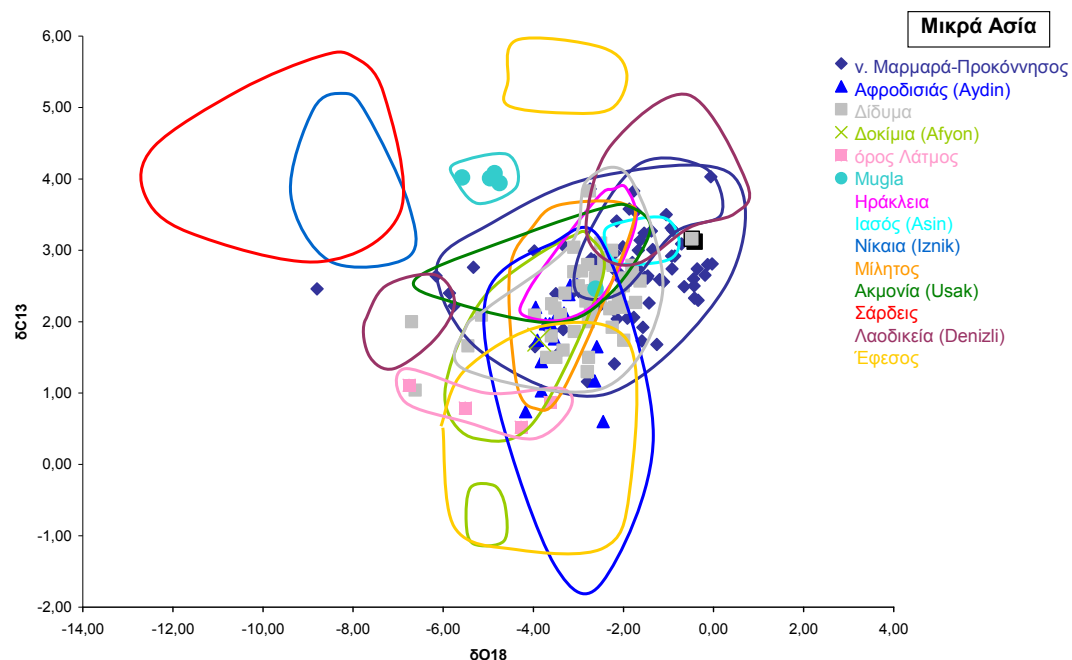
Εικ.7.9.2 Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 9) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκος χαλαζία (μαύρο στο κέντρο) και κόκκοι ασβεστίτη με πολυδυμίες και διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.



Σχ.7.9.2 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion9 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλικής Θάσου.



Σχ.7.9.3 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion9 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.



Σχ.7.9.4 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Μ. Ασία και του δείγματος Dion9 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο του Μαρμαρά.

### 7.10 Δείγμα Dion10-Αμφίγλυφο θωράκιο (5ο αι. μ.Χ)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε το αμφίγλυφο θωράκιο (Εικ.7.10.1) είναι αδρόκοκκο, η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη, ενώ σε ίχνη εμφανίζονται χαλαζίας, δολομίτης, μαρμαρυγίας (φλογοπίτης), ορθόκλαστο, απατίτης, ζirkόνιο, σουλφίδια και Fe-οξειδία (Σχ.7.10.1).



Εικ.7.10.1. Δείγμα Dion 10. Θραύσμα του θωρακίου.

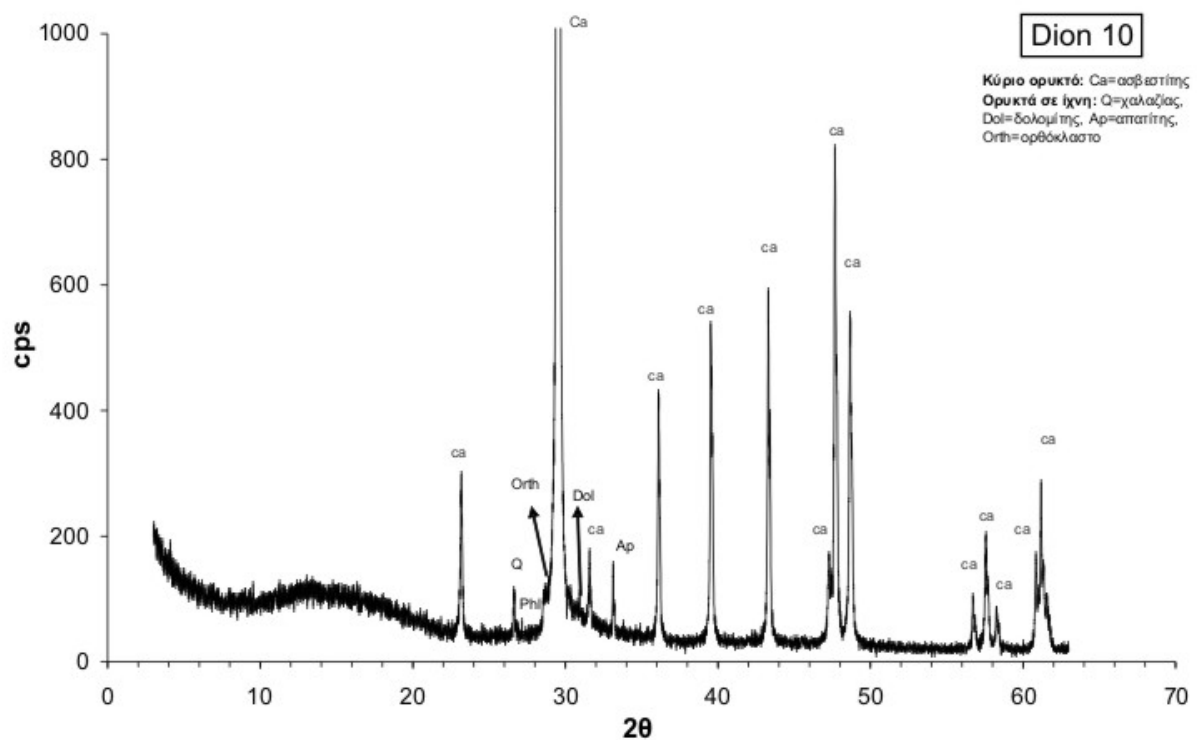
Ο ιστός του πετρώματος είναι ετεροβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικά μεγέθη. Το σχήμα ορίων των κόκκων είναι ευθύ (straight), ή έχει σχήμα κυρτό (curved). Το μέγεθος των κόκκων του ασβεστίτη κυμαίνεται από 1 mm - 4 mm και του χαλαζία 50-150 μm. Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων εντοπίζεται στα 4 mm.

Το μάρμαρο αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη με ιδιόμορφο έως αλλοτριόμορφο ιστό. Παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι ασβεστίτη με ιδιαίτερα μεγάλο μέγεθος (έως 4 mm) που συμφύονται με ασβεστίτες μικρότερου μεγέθους (1 mm). Οι περισσότεροι ασβεστίτες έχουν μέγεθος >2 mm και συχνά παρουσιάζουν πολυδυμίες. Εντός των κρυστάλλων ασβεστίτη υπάρχουν κόκκοι χαλαζία και ορθόκλαστου με μέγεθος έως 250 μm, με αποστρογγυλωμένο σχήμα καθώς κόκκοι απατίτη, ζirkονίου και μεταλλικών ορυκτών (σουλφίδια) το μέγεθος των οποίων δεν ξεπερνά τα 100 μm. Στα όρια των κόκκων ασβεστίτη παρατηρούνται και φυλλάρια

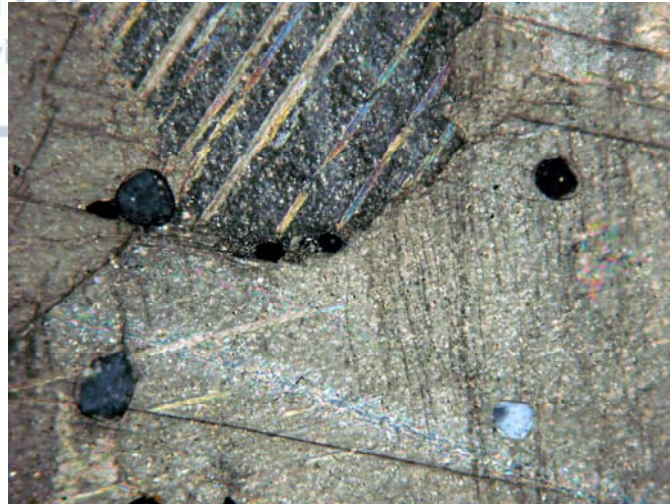
φλογοπύτη. Συχνό είναι το φαινόμενο των τριπλών σημείων επαφής των κρυστάλλων ασβεστίτη σε γωνίες 120° που δείχνει έντονη ανακρυστάλλωση.

Η ανάλυση ισοτόπων C (3,27‰) και O (-1,97‰) του δείγματος Dion 10 (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από τη Θάσο (Αλυκή), τη Θάσο (όρμος Αγ. Ιωάννη) και τα Σεντούκια (Πιέρια όρη) (Σχ.7.10.2-3).

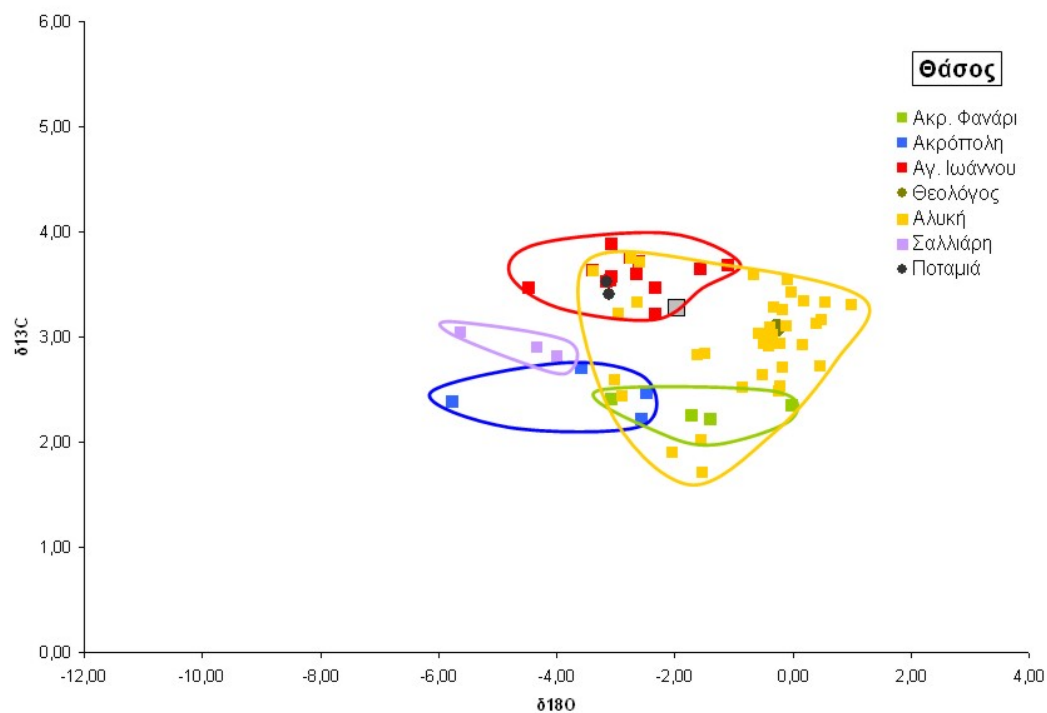
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 10 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από την Αλυκή Θάσου, τον όρμο Αγ. Ιωάννη Θάσου και τα Σεντούκια (Πιέρια όρη) προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή του ιωνικού κιονόκρανου κατά τον 5ο αι. μ.Χ προέρχεται από τα λατομεία της Αλυκής Θάσου. Το λατομείο του Αγ. Ιωάννη αποκλείεται διότι δίνει δολομιτικό μάρμαρο και τα Σεντούκια διότι διαφέρει το μέγεθος των κόκκων και τα υπόλοιπα ιστολογικά χαρακτηριστικά.



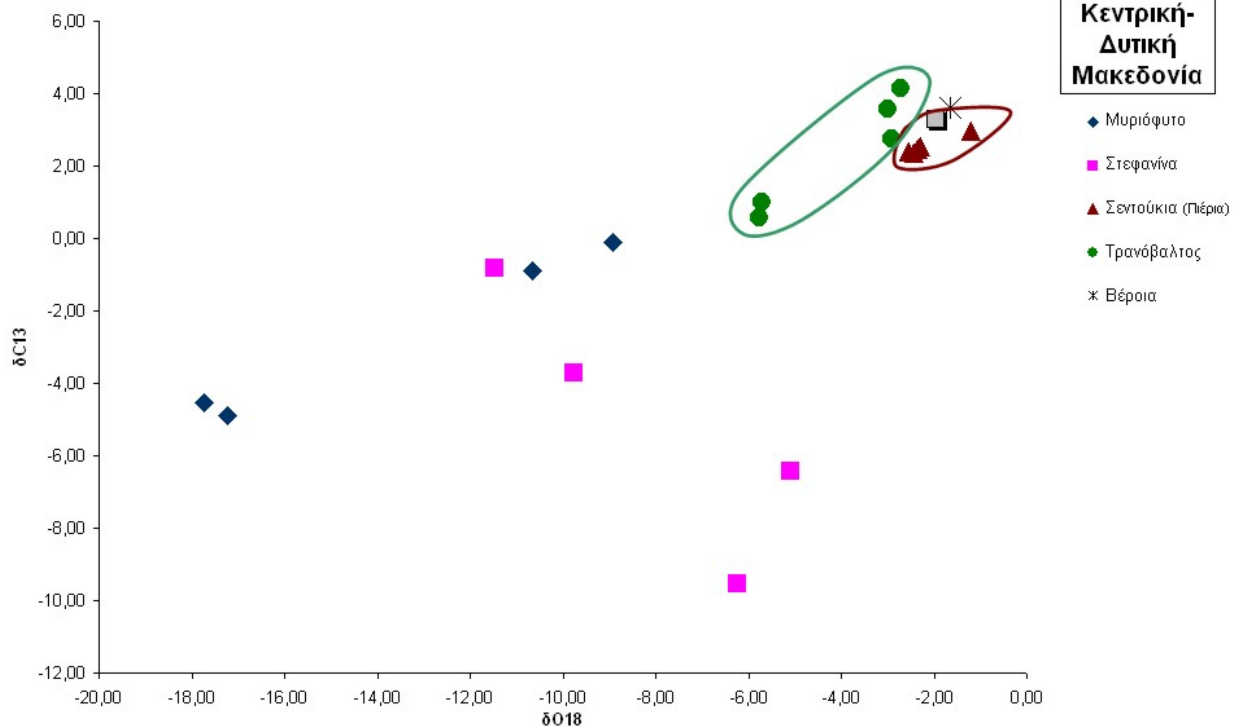
Σχ.7.10.1. Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 10 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Εικ.7.10.2 Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 10) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Τέσσερις κόκκοι χαλαζία (τεφρόμαυρο-λευκότεφρο) σε ασβεστίτη με πολυδυμίες. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.



Σχ.7.10.2 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion10 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής και του όρμου Αγ. Ιωάννου Θάσου.



Σχ.7.10.3 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion10 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.

## 7.11 Δείγμα Dion11-Ιωνικό κιονόκρανο (5ο αι. μ.Χ)

Το μάρμαρο από το οποίο κατασκευάστηκε το ιωνικό κιονόκρανο (Εικ.7.11.1) είναι αδρόκοκκο, η ορυκτολογική του σύσταση αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη, ενώ σε ίχνη εμφανίζονται χαλαζίας, μαρμαρυγίας (φλογοπίτης), σουλφίδια και Fe-οξείδια (Σχ.7.11.1).

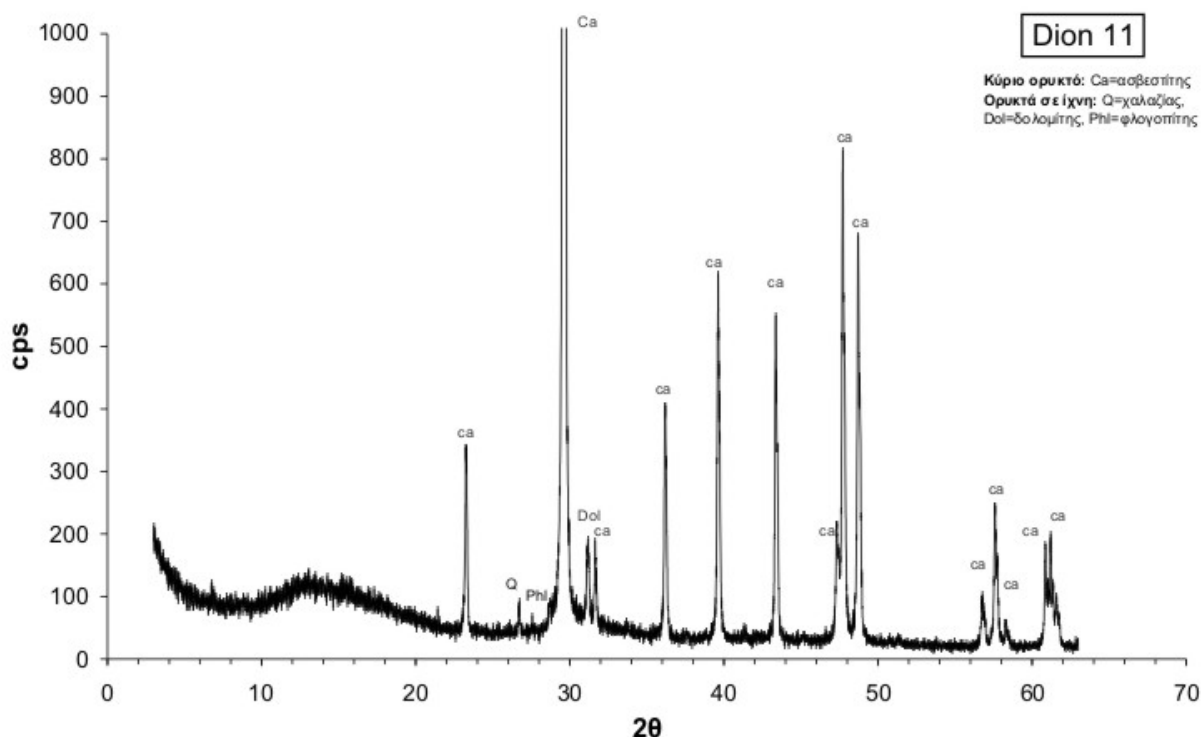


Εικ.7.11.1. Δείγμα Dion 11. Θραύσμα του κιονοκράνου.

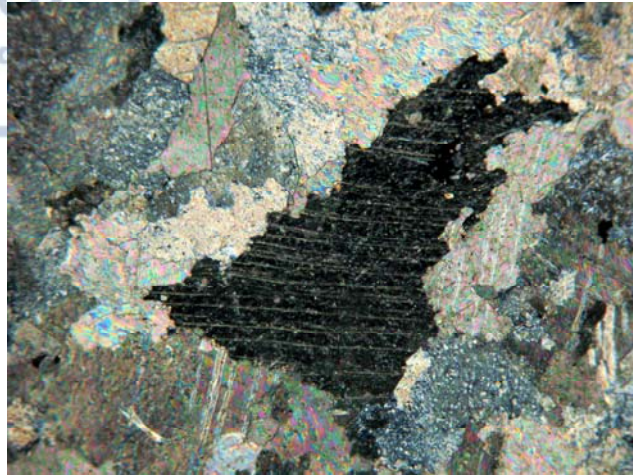
Ο ιστός του πετρώματος είναι ετεροβλαστικός, δηλαδή τα ορυκτά έχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικά μεγέθη. Το σχήμα ορίων των κόκκων είναι «συρραφής» (sutured) έως οδοντωτό (dentate) και συχνά με εγκολπώσεις (embayed). Σπανίως, τα όρια είναι κυρτά (curved). Το μέγεθος των κόκκων του ασβεστίτη κυμαίνεται από ασβεστίτης 100  $\mu\text{m}$  - 2 mm. Το μέγιστο μέγεθος των κόκκων εντοπίζεται στα 2 mm.

Το μάρμαρο αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη με ανώμαλο σχήμα και αλλοτριόμορφο ιστό. Παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι ασβεστίτη με μεγάλο μέγεθος (1-2 mm), που συμφύονται με ασβεστίτες μικρότερου μεγέθους (100  $\mu\text{m}$  - 1 mm). Οι περισσότεροι ασβεστίτες έχουν μέγεθος <1 mm και συχνά παρουσιάζουν πολυδυμίες. Στα ενδιάμεσα κενά των κρυστάλλων ασβεστίτη αναπτύσσονται πολύ σπάνια κόκκοι χαλαζία, φυλλάρια φλογοπίτη και κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (σουλφίδια) το μέγεθος των οποίων δεν ξεπερνά τα 30  $\mu\text{m}$ . Συχνό είναι το φαινόμενο των τριπλών σημείων επαφής των κρυστάλλων ασβεστίτη σε γωνίες 120°, που δείχνει έντονη ανακρυστάλλωση.

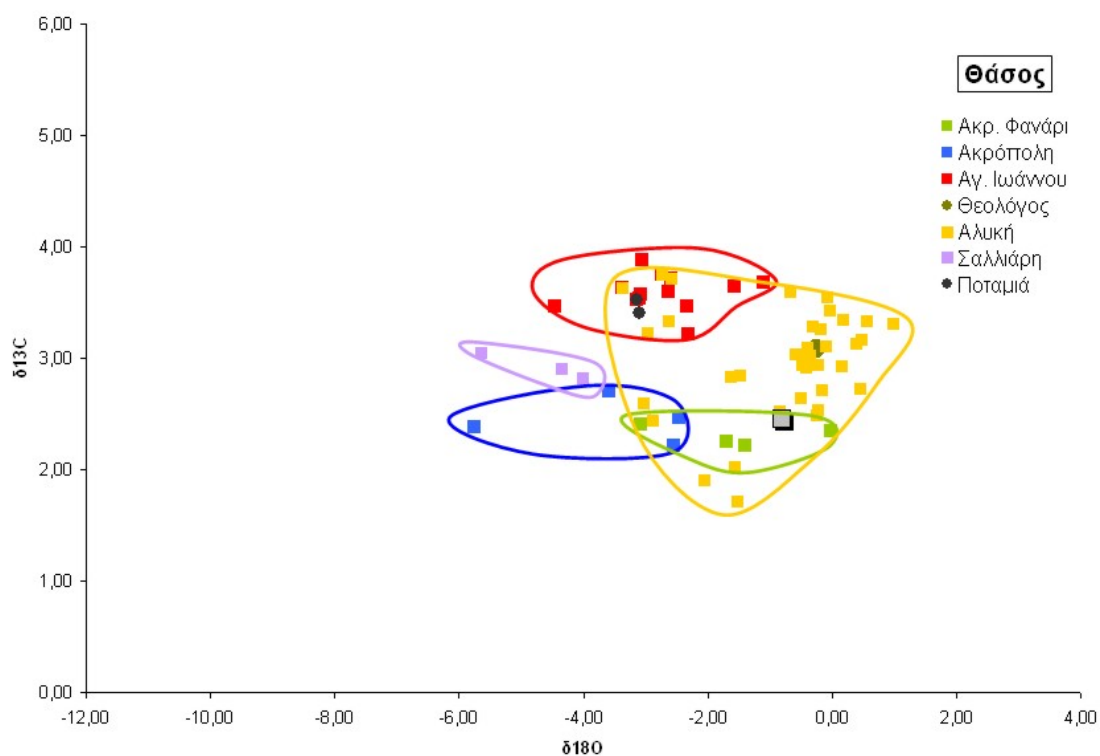
Η ανάλυση ισοτόπων C (2,45‰) και O (-0,79‰) του δείγματος Dion11 (Πίνακας 7.2) προβάλλονται μέσα στο πεδίο των μαρμάρων από τη Θάσο (Αλυκή), τη Θάσο (ακρωτήριο Φανάρι), τα Σεντούκια (Πιέρια όρη) και τον Μαρμαρά (Σχ.7.11.2-4).



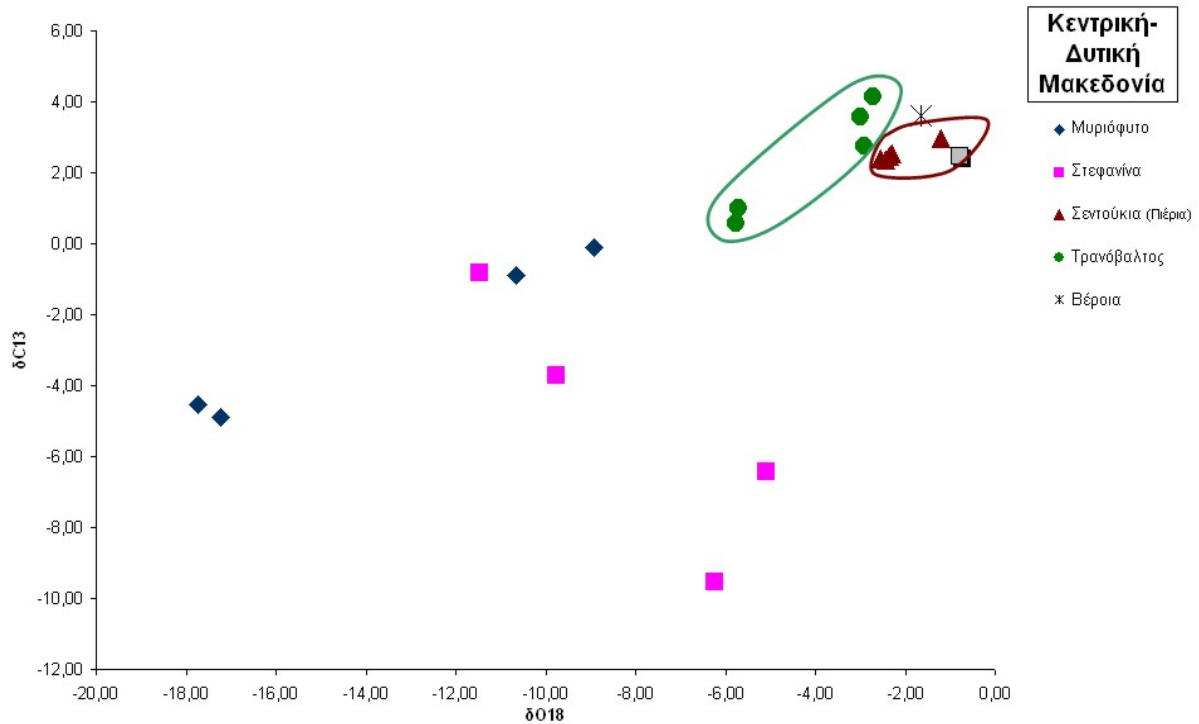
Σχ.7.11.1 Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion11 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



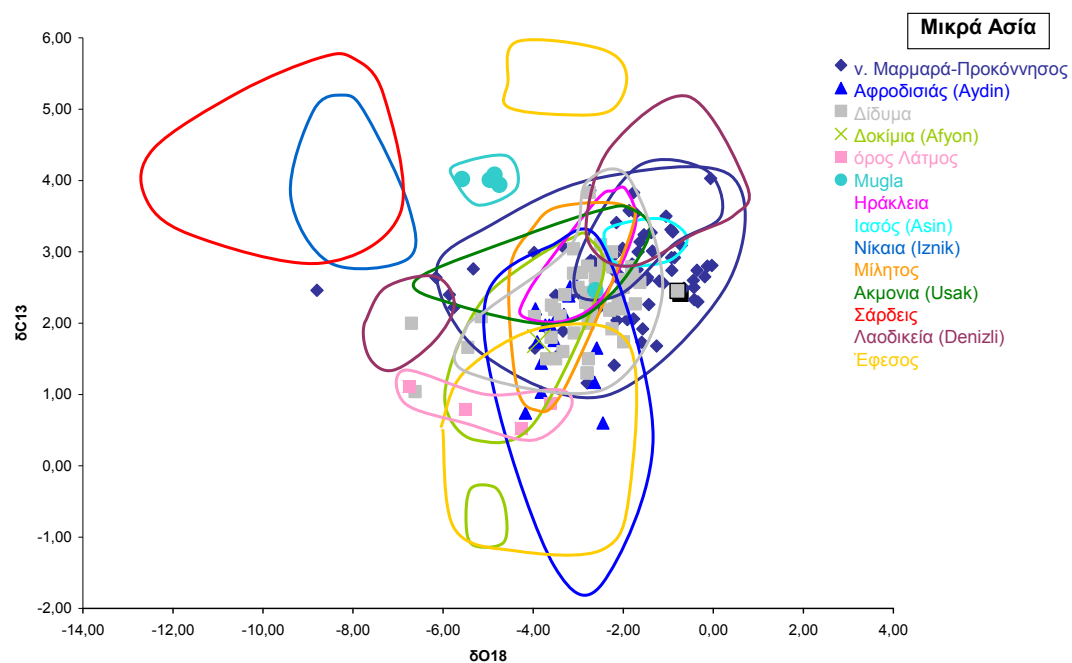
Εικ.7.11.2 Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 11) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκοι ασβεστίτη με διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός και οδοντωτά όρια κρυστάλλων. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.



Σχ.7.11.2 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion11 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής και του Ακρ. Φαναρίου Θάσου.



Σχ.7.11.3 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion11 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.



Σχ.

7.11.4 Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Μ. Ασία και του δείγματος Dion11 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο του Μαρμαρά.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και συγκρίνοντας την ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 11 με την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων από τη Θάσο (Αλυκή), τη Θάσο (ακρωτήριο Φανάρι), τα Σεντούκια (Τιέρια όρη) και τον Μαρμαρά προκύπτει ότι το μάρμαρο για την κατασκευή του ιωνικού κιονόκρανου κατά τον 5ο αι. μ.Χ. προέρχεται από τα λατομεία της Θάσου (Αλυκή). Τα λατομεία από το Ακρ. Φανάρι, τα Σεντούκια και τον Μαρμαρά αποκλείονται διότι διαφέρουν ως προς την ορυκτολογική σύσταση και ως προς τα ιστολογικά χαρακτηριστικά.

### 7.12 Δείγμα Dion12-Λιθόπλινθος πρόναου νότιου ελληνιστικού ναού του ιερού της Δήμητρας

Το πέτρωμα του Dion 12 είναι δολομιτικός-ασβεστιτικός ψαμμίτης (Εικ.7.12.1). Η ορυκτολογική σύσταση αποτελείται κυρίως από δολομίτη και ασβεστίτη και δευτερευόντως από λευκό μαρμαρυγία, ζirkόνια και οξείδια Fe (Σχ.7.12.1.).

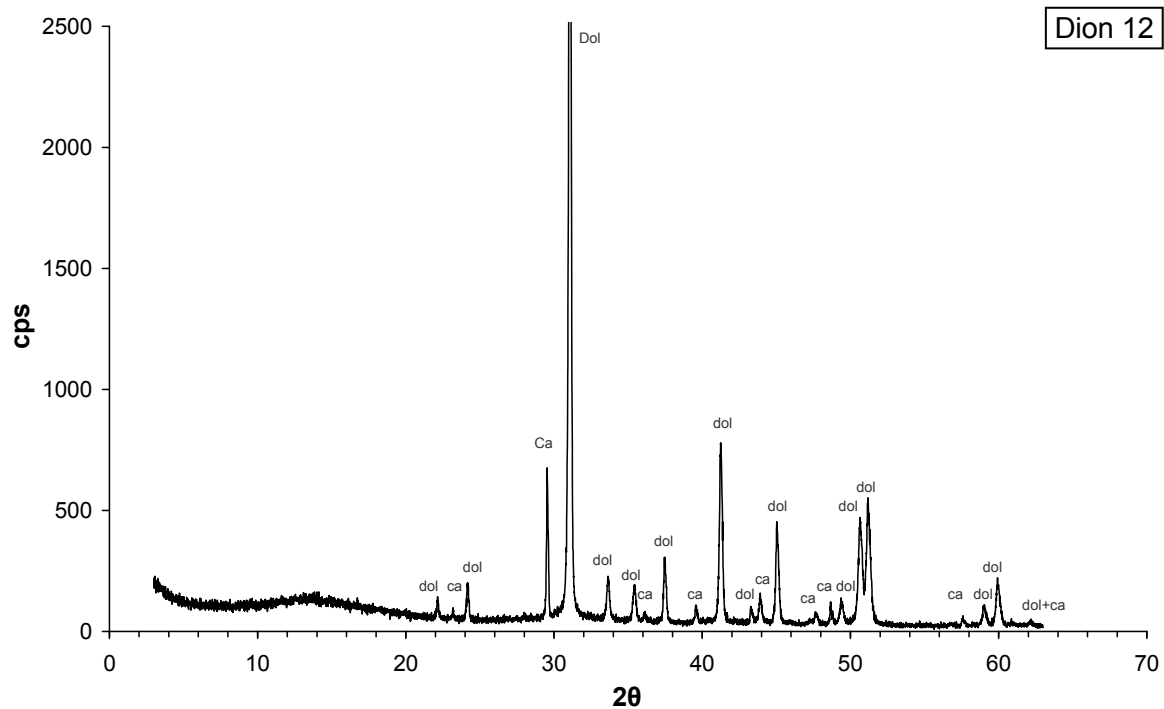


Εικ.7.12.1. Δείγμα Dion 12.Λιθόπλινθος.

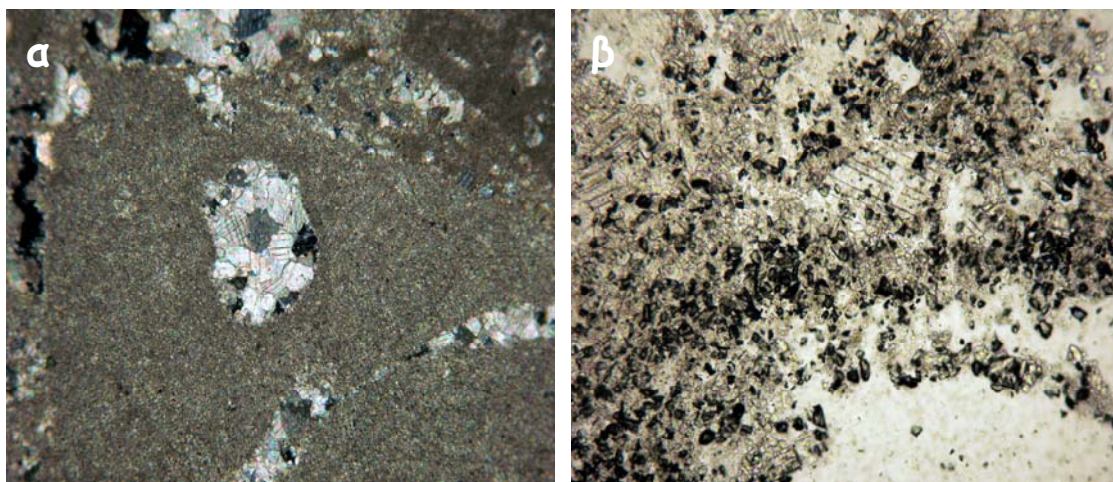
Γενικότερα, πρόκειται για ένα τεφρό πέτρωμα, που αποτελείται από ψηφίδες ασβεστίτη χωρίς να παρατηρείται κάποια διαβάθμιση ή στρωμάτωση.

Σύσταση κόκκων - Ιστός: Οι κλαστικοί κόκκοι στον ψαμμίτη έχουν σχήμα από ελάχιστα γωνιώδες έως αρκετά αποστρογγυλωμένο με το δεύτερο να είναι επικρατέστερο. Είναι κυρίως ασβεστίτης και σε ελάχιστες περιπτώσεις παρατηρήθηκε λευκός μαρμαρυγίας που πιθανώς είναι αποτέλεσμα εξαλλοίωσης πλαγιοκλάστων. Οι κλαστικοί κόκκοι έχουν μέγεθος που φθάνει το 1,5 mm και

αποτελούνται από λεπτόκοκκο έως αδρόκοκκο ασβεστίτη. Κατά θέσεις εντοπίζονται συγκεντρωμένοι μικροί κόκκοι ζirkονίων με μέγεθος περίπου 10-20  $\mu\text{m}$ . Το υλικό πλήρωσης αποτελείται από λεπτόκοκκο ασβεστίτη.



Σχ.7.12.1 Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion12 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



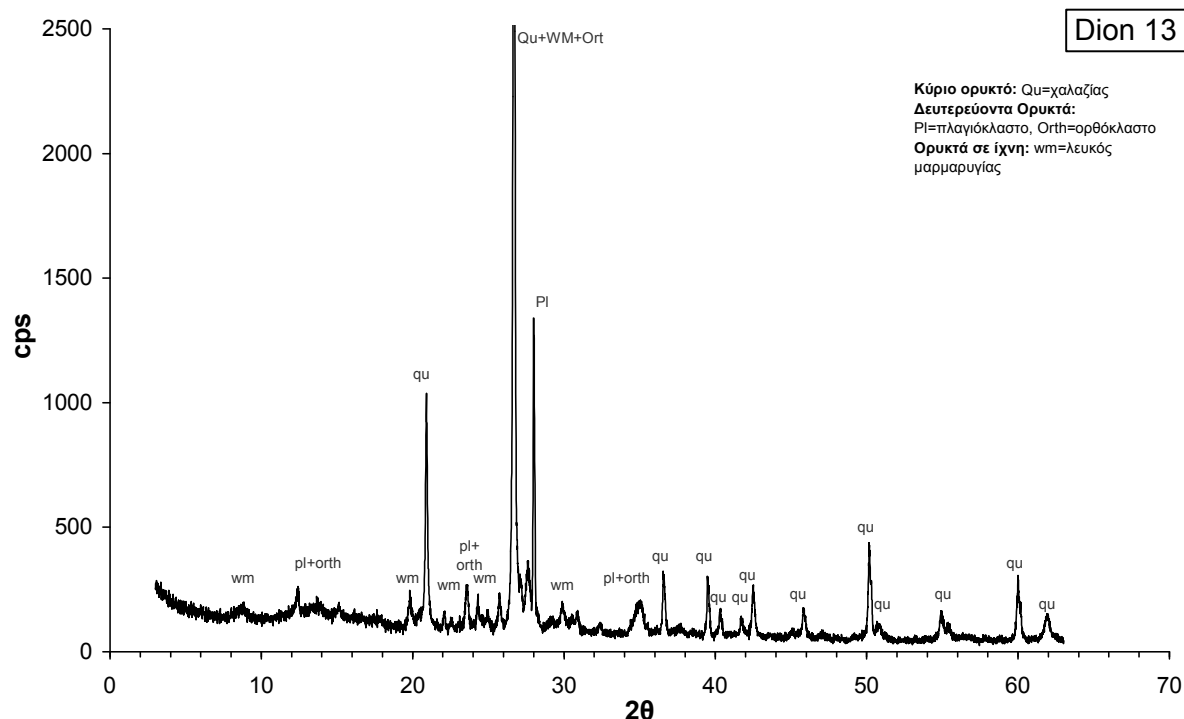
Εικ.7.12.2 Φωτογραφία ψαμμίτη (Dion 12) σε πολωτικό μικροσκόπιο. α. Αποστρογγυλεμένος κόκκος ασβεστίτη-δολομίτη σε λεπτόκοκκο ασβεστίτικο-δολομιτικό υλικό. β. Κόκκοι ζirkονίων σε λεπτόκοκκο ασβεστίτη. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.

### 7.13 Δείγμα Dion13-Πλάκα πλακόστρωσης της κεντρικής αίθουσας των θερμών του κεντρικού δρόμου του Δίου

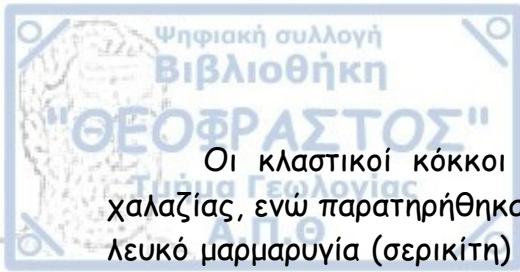
Το πέτρωμα του δείγματος Dion 13 (Εικ.7.13.1) είναι ψαμμίτης. Η ορυκτολογική σύσταση αποτελείται κυρίως από χαλαζία και δευτερευόντως από πλαγιόκλαστο, ορθόκλαστο, λευκό μαρμαρυγία και καολινίτη (Σχ.7.13.1). Γενικότερα, πρόκειται για ένα καστανότεφρο πέτρωμα, που αποτελείται από κόκκους χαλαζία χωρίς να παρατηρείται κάποια διαβάθμιση ή στρωμάτωση.



Εικ.7.13.1 Δείγμα Dion 13. Θραύσμα πλάκας.



Σχ.7.13.1. Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 13 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).



Οι κλαστικοί κόκκοι στον ψαμμίτη έχουν σχήμα γωνιώδες. Είναι κυρίως χαλαζίας, ενώ παρατηρήθηκαν και πλαγιόκλαστα που αλλοιώνονται λίγο έως πολύ σε λευκό μαρμαρυγία (σερικήτη) καθώς και ορθόκλαστα που αλλοιώνονται σε καολινίτη. Οι κλαστικοί κόκκοι έχουν μέγεθος που φθάνει έως 1,5 mm. Το υλικό πλήρωσης αποτελείται από λεπτόκοκκο χαλαζία.

Τα δείγματα Dion 12 και Dion 13 αποτελούνται από ψαμμίτη και είναι πιθανόν τοπικής προέλευσης από τις υπώρειες του Ολύμπου. Στην ευρύτερη περιοχή του Δίου εντοπίζεται πλήθος ιζηματογενών πετρωμάτων που έχουν σχηματιστεί ως πλευρικά κορήματα από τις τεκτονικές κινήσεις των πετρωμάτων του Ολύμπου και τη συνεχή αποσάθρωση και διάβρωσή τους.

## 8. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της παραπάνω μελέτης αφορούν τόσο στην εφαρμογή των μεθόδων των Θετικών Επιστημών στην υπηρεσία της αρχαιολογίας, όσο και στην ίδια την αρχαιολογική έρευνα. Οι διάφορες μέθοδοι προσφέρουν τη δυνατότητα εξέτασης, ανάλυσης, διάγνωσης της δομής και της φύσης των υλικών. Κάθε μέθοδος παρουσιάζει πλεονεκτήματα, περιορισμούς και μειονεκτήματα. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητος ο συνδυασμός των μεθόδων με στόχο τα εγκυρότερα αποτελέσματα. Πάνω σε αυτό ακριβώς βασίστηκε και η παρούσα μελέτη.

Από αρχαιολογικής σκοπιάς, τα αποτελέσματα κρίνονται άκρως ενδιαφέροντα, διότι αποτελούν την απαρχή για περαιτέρω συμπεράσματα. Ανακαλύπτουμε στοιχεία σχετικά με τους δρόμους διακίνησης, υδάτινους και χερσαίους, των πρώτων υλών και ιδιαίτερα του μαρμάρου στην περιοχή του Αιγαίου κατά την αρχαιότητα. Η αρχαία πόλη του Δίου συνδεόταν με τα λατομεία της Πεντέλης και της Θάσου (Αλυκή, Άγιος Ιωάννης) τουλάχιστον από τους ελληνιστικούς ως τους πρώιμους βυζαντινούς χρόνους, σύμφωνα πάντα με τη χρονολόγηση των μνημείων. Ειδικότερα, συμπεραίνουμε, ότι επτά (7) δείγματα σε σύνολο έντεκα (11) προέρχονται από τα αρχαία λατομεία της Θάσου. Συγκεκριμένα, ένα (1) από αυτά προέρχεται από τα λατομεία δολομιτικού μαρμάρου του όρμου Αγίου Ιωάννη στα ΒΑ της νήσου, ενώ για τα υπόλοιπα έξι (6) δείγματα πιθανή πηγή προέλευσης είναι τα λατομεία ασβεστιτικού μαρμάρου της Αλυκής στη ΝΑ Θάσο. Επίσης, τέσσερα (4) δείγματα προέρχονται από τα λατομεία της Πεντέλης.

Από την πρώιμη εποχή ο άνθρωπος στήριξε την οικοδομική του δραστηριότητα σε υλικά διαθέσιμα στο φυσικό του περιβάλλον. Ένα από τα υλικά που διαδραμάτισε σπουδαίο ρόλο ήταν και το μάρμαρο<sup>75</sup>. Αρχικά γνωρίζουμε ότι λειτουργούσαν μικρά τοπικά λατομεία. Ο αριθμός αυτών των λατομείων αυξήθηκε σημαντικά κατά την ελληνιστική εποχή, οπότε εκτός από τα τοπικά μάρμαρα χρησιμοποιούσαν για σημαντικές παραγγελίες και μάρμαρα εισαγωγής. Οι μεταφορές των πρώτων υλών δεν γίνονταν μόνο μεταξύ των λατομείων και των εργοταξίων, εάν πρόκειται για οικοδομήματα, ή των εργαστηρίων, εάν πρόκειται για καλλιτεχνήματα, που ήταν εγκατεστημένα μέσα στις πόλεις. Πολλές φορές γίνονταν και σε μεγάλες αποστάσεις. Εξαγωγές από λατομεία που βρίσκονταν σε ευνοϊκή παραθαλάσσια θέση και διέθεταν καλό υλικό, ήταν συνηθισμένες σε πρώιμες κιόλας εποχές, εφόσον γίνονταν με πλοία. Εξάλλου μας είναι γνωστές οι διάφορες τεχνικές λιθοτομίας και λιθαγωγίας<sup>76</sup>. Οι αρχαίοι είχαν αναπτύξει ένα έξοχο σύστημα μεταφοράς των ογκολίθων.

Τα στοιχεία της μελέτης φωτίζουν τις σχέσεις των αρχαίων κατοίκων του Δίου, οι οποίοι επιλέγουν τα συγκεκριμένα λατομεία με βάση τόσο εμπορικούς, όσο

<sup>75</sup> Ορλάνδος, 1958

<sup>76</sup> ό.π.

και οικονομικούς λόγους. Το μάρμαρο αποτελεί είδος βασικής χρήσης στην αρχιτεκτονική της εποχής εκείνης και η επιλογή του αποτελεί θέμα της οικονομίας της πόλης. Η ισχυρή οικονομία καθόριζε και την επιλογή. Συνεπώς, η ευρωστία τους επιτρέπει να επιλέξουν καλής ποιότητας μάρμαρα από γνωστά λατομεία της εποχής. Η απόσταση και το κόστος φαίνεται ότι δεν αποτελούν εμπόδιο. Τα συγκεκριμένα λατομεία προσφέρουν υψηλής ποιότητας πρώτες ύλες, αντάξιες των απαιτήσεων. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημάνουμε και τους δρόμους διακίνησης. Ο πλωτός ποταμός Βαφύρας φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην μετακίνηση των πρώτων υλών σε ό,τι αφορά τη μεταφορά των μνημείων από τη θάλασσα έως το Δίον, μία απόσταση που υπολογίζεται ότι ήταν περίπου 1,5 χλμ. την εποχή, στην οποία αναφέρεται η μελέτη. Μπορεί ο ποταμός να δημιουργούσε προβλήματα στη ζωή της πόλης με τις πλημμύρες του, αλλά αποτελούσε και ένα σπουδαίο υδάτινο δρόμο (Μέντζος, προφορική επικοινωνία).

Μέσα από την επιλογή των μνημείων που μελετήθηκαν διαφαίνεται η μακροχρόνια χρήση του μαρμάρου της Θάσου στην πόλη του Δίου. Επίσης, και το πεντελικό μάρμαρο εντοπίστηκε σε τέσσερα δείγματα, αλλά σε μικρότερο χρονικό εύρος. Τα μάρμαρα που χρησιμοποιήθηκαν για γλυπτά και άλλα αντικείμενα είναι συνήθως αδροκρυσταλλικά. Αυτό προφανώς συνεπάγεται δυσκολία κατά τη λάξευση αλλά το αισθητικό αποτέλεσμα ήταν τέλειο λόγω του λευκού χρώματος και της ημιδιαφάνειας των μαρμάρων από τα παραπάνω λατομεία. Οι αισθητικές προτιμήσεις καθόριζαν την επιλογή των πρώτων υλών και κατ' επέκταση την εμβέλεια του εμπορίου και το δίκτυο των εμπορικών δρόμων (Εικ.8.1).



Εικ. 8.1. Χάρτης Ελλάδος με το Δίον και τις διασυνδέσεις με τα αρχαία λατομεία

## Κατάλογος πινάκων

**Πίνακας 5.1** Τα κυριότερα αρχαία λατομεία και η χρονική διάρκεια εξόρυξης

**Πίνακας 7.1** Οι μέθοδοι έρευνας που εφαρμόστηκαν σε κάθε δείγμα

**Πίνακας 7.2** Αναλυτικός πίνακας των μνημείων από το Δίον με τα αποτελέσματα της μελέτης

## Κατάλογος σχημάτων

---

**Σχ.7.1.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion1 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.1.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την Αττική και την Πελοπόννησο και του δείγματος Dion1 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πεντέλης.

**Σχ.7.1.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Dion1 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου και της Τήνου.

**Σχ.7.2.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion2 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.2.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion2 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.

**Σχ.7.2.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion2 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής Θάσου.

**Σχ.7.3.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion3 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.3.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την Αττική και την Πελοπόννησο και του δείγματος Dion 3 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πεντέλης.

**Σχ.7.3.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τα νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Dion 3 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου και της Τήνου.

**Σχ.7.4.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion4 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.4.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την Αττική και την Πελοπόννησο και του δείγματος Dion4 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πεντέλης.

**Σχ.7.4.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τα νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Dion4 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου και της Τήνου.

**Σχ.7.5.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion5 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.5.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την Αττική και την Πελοπόννησο και του δείγματος Dion5 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πεντέλης.

**Σχ.7.5.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τα νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Dion5 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου.

**Σχ.7.6.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion6 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.6.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion6 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο του Αγ. Ιωάννη Θάσου.

**Σχ.7.6.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τα νησιά του Αιγαίου και του δείγματος Dion6 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Πάρου.

**Σχ.7.7.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion7 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.7.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion7 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής Θάσου.

**Σχ.7.7.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion7 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.

**Σχ.7.8.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion8 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.8.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion8 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής Θάσου.

**Σχ.7.8.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion 8 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.

**Σχ.7.9.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion9 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.9.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion9 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής Θάσου.

**Σχ.7.9.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion9 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.

**Σχ.7.9.4** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Μ. Ασία και του δείγματος Dion9 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο του Μαρμαρά.

**Σχ.7.10.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion10 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.10.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion10 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής και του όρμου Αγ. Ιωάννου Θάσου.

**Σχ.7.10.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion10 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.

**Σχ.7.11.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion11 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.11.2** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Θάσο και του δείγματος Dion11 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο της Αλυκής και του Ακρ. Φαναρίου Θάσου.

**Σχ.7.11.3** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία και του δείγματος Dion11 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο από τα Σεντούκια.

**Σχ.7.11.4** Διάγραμμα  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta^{13}\text{C}$  των μαρμάρων από τη Μ. Ασία και του δείγματος Dion11 (τεφρό τετράγωνο) από το Δίον Πιερίας που προβάλλεται στο πεδίο του Μαρμαρά.

**Σχ.7.12.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 13 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

**Σχ.7.13.1** Ορυκτολογική σύσταση του δείγματος Dion 13 όπως προκύπτει από την ακτινογραφική μελέτη (XRD).

## Κατάλογος εικόνων

### Κεφάλαιο 3

Εικ.3.1. Χαλκογραφία Α. Ortelius (1590), όπου απεικονίζονται τα Τέμπε και ο Όλυμπος.

Εικ.3.2 Αναπαράσταση ιερών και πόλης του Δίου (Παντερμαλής 1997).

Εικ.3.3 Κάτοψη ιερών και πόλης του Δίου.

Εικ.3.1.1.1 Άγαλμα Ποδαλείριου.

Εικ.3.1.1.2 Αναπαράσταση μεγάλων θερμών.

Εικ.3.1.2.1 Τραπεζοφόρο με το μύθο της Μήδειας.

Εικ.3.1.3.1 Ενεπίγραφη στήλη.

Εικ.3.1.4.1 Όψη της εξωτερικής πλευράς της λάρνακας με την παράσταση των γρυπών εκατέρωθεν φυτικού μοτίβου.

Εικ.3.1.6.1 Άγαλμα Αρτέμιδος.

Εικ.3.1.7.1 Άγαλμα Αφροδίτης.

Εικ.3.1.9.1 Όψη ιωνικού κιονοκράνου.

Εικ.3.1.9.2 Κάτοψη της κοιμητηριακής βασιλικής.

Εικ.3.1.10.1 Αμφίγλυφο θωράκιο α' όψη, β' όψη.

Εικ.3.1.11.1 Όψη ιωνικού κιονοκράνου.

Εικ.3.1.12.1 Λιθόπλινθοι από το νότιο ελληνιστικό ναό του ιερού της Δήμητρας.

Εικ.3.1.12.2 Κάτοψη ιερού Δήμητρας (Πινγκιάτογλου 1991).

Εικ.3.1.13.1 Πλάκες πλακόστρωσης.

### Κεφάλαιο 4

Εικ.4.1 Μακροσκοπική φωτογραφία από λευκό αδροκρυσταλλικό μάρμαρο από την Αλυκή της Θάσου (μήκος φωτογραφίας 8 cm).

### Κεφάλαιο 5

Εικ.5.1 Χάρτης της Θάσου με τις θέσεις των αρχαίων λατομείων (Herz 1988).

Εικ.5.2 Το λατομείο Αλυκής Θάσου.

Εικ.5.3 Μέτωπα εξόρυξης από το λατομείο Αλυκής Θάσου.

Εικ.5.4 Μέτωπο εξόρυξης στην Πεντέλη.

Εικ.5.5 Χάρτης Πάρου με τα αρχαία λατομεία.

Εικ.5.6 Είσοδος λατομείου στην Πάρο, έγχρωμη λιθογραφία, αρχικό σχέδιο J. B. Hilaire.

Εικ.5.7 Χάρτης της Νάξου με τα αρχαία λατομεία.

Εικ.5.8-9 Ημίεργα κούρων αρχαϊκής εποχής από τη Νάξο.

Εικ.5.10 Χάρτης της Τήνου με τα αρχαία λατομεία (από Lazzarini and Antonelli 2003).

Εικ.5.11 Βαθμιδωτά μέτωπα εξόρυξης σε σύγχρονο λατομείο μαρμάρου στην Τήνο, σε θέση αρχαίας εκμετάλλευσης η οποία έχει καταστραφεί.

Εικ.5.12 Κλιμακωτά μέτωπα εξόρυξης στα Σεντούκια.

Εικ.5.13 Ημίεργα αρχιτεκτονικά μέλη στα Σεντούκια.

### Κεφάλαιο 6

Εικ.6.2.2.1 Πλαστικό πλακίδιο με σκόνη του πετρώματος από το δείγμα Dion 1.

Εικ.6.2.2.2 Γουδί από αχάτη για κονιοποίηση.

### Κεφάλαιο 7

Εικ.7.1.1 Δείγμα Dion 1. Θραύσμα από το άγαλμα του Ποδαλείριου.

**Εικ.7.1.2** Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 1) σε πολωτικό μικροσκόπιο. α. Κόκκοι ασβεστίτη με πολυδυμίες και διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός  
β, Κόκκοι ασβεστίτη και φυλλάρια λευκού μαρμαρυγία. +N, μήκος φωτ. 1,3 mm.

**Εικ.7.2.1** Δείγμα Dion 2. Θραύσμα από το τραπεζοφόρο.

**Εικ.7.3.1** Δείγμα Dion 3. Θραύσμα της επιγραφής.

**Εικ.7.4.1** Δείγμα Dion 4. Θραύσμα της σαρκοφάγου.

**Εικ.7.4.2** Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 4) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκοι ασβεστίτη με πολυδυμίες, διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός. +N, μήκος φωτ. 1,3 mm.

**Εικ.7.5.1** Δείγμα Dion 5. Θραύσμα της σαρκοφάγου

**Εικ.7.5.2** Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 5) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Χαλαζίας (λευκό) και κόκκοι ασβεστίτη με πολυδυμίες και διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός. +N, μήκος φωτ. 1,3 mm.

**Εικ.7.6.1** Δείγμα Dion 6. Θραύσμα του αγάλματος.

**Εικ.7.6.2** Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 6) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκοι δολομίτη. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.

**Εικ.7.7.1** Δείγμα Dion 7. Θραύσμα του αγάλματος.

**Εικ.7.7.2** Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 7) σε πολωτικό μικροσκόπιο. α. Κόκκοι ασβεστίτη που διατάσσονται παράλληλα με τη σχιστότητα. β, Μικροκλινής (τεφρόλευκο) σε ασβεστίτη. +N, μήκος φωτ. 1,3 mm.

**Εικ.7.8.1** Δείγμα Dion 8. Θραύσμα της επιτύμβιας στήλης.

**Εικ.7.8.2** Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 8) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκοι ασβεστίτη με πολυδυμίες και διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός. +N, μήκος φωτ. 1,3 mm.

**Εικ.7.9.1** Δείγμα Dion 9. Θραύσμα του κιονοκράνου.

**Εικ.7.9.2** Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 9) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκος χαλαζία (μαύρο στο κέντρο) και κόκκοι ασβεστίτη με πολυδυμίες και διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός. +N, μήκος φωτ. 1,3 mm.

**Εικ.7.10.1** Δείγμα Dion 10. Θραύσμα του θωρακίου.

**Εικ.7.10.2** Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 10) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Τέσσερεις κόκκοι χαλαζία (τεφρόμαυρο-λευκότεφρο) σε ασβεστίτη με πολυδυμίες. +N, μήκος φωτ. 1,3 mm.

**Εικ.7.11.1** Δείγμα Dion 11. Θραύσμα του κιονοκράνου.

**Εικ.7.11.2** Φωτογραφία μαρμάρου (Dion 11) σε πολωτικό μικροσκόπιο. Κόκκοι ασβεστίτη με διαφορετικό μέγεθος, ετεροβλαστικός ιστός και οδοντωτά όρια κρυστάλλων. +N, μήκος φωτ. 1,3 mm.

**Εικ.7.12.1** Δείγμα Dion 12. Λιθόπλινθος.

**Εικ.7.12.2** Φωτογραφία ψαμμίτη (Dion 12) σε πολωτικό μικροσκόπιο.

α. Αποστρογγυλεμένος κόκκος ασβεστίτη-δολομίτη σε λεπτόκοκκο ασβεστιτικό-δολομιτικό υλικό. β. Κόκκοι ζιρκονίων σε λεπτόκοκκο ασβεστίτη. +N, μήκος φωτογραφίας 1,3 mm.

**Εικ.7.13.1** Δείγμα Dion 13. Θραύσμα πλάκας.

## Κεφάλαιο 8

**Εικ.8.1** Χάρτης Ελλάδος με το Δίον και τις διασυνδέσεις με τα αρχαία λατομεία.

## Βιβλιογραφία

- Βαβελίδης Μ., Μέλφος Β., Κιουρτζόγλου Ε., Τσατσοπούλου Π. 2003, Λατομική δραστηριότητα στην περιοχή Μεσημβρίας-Ζώνης Έβρου κατά την αρχαιότητα. Το Αρχαιολογικό Έργο στη Μακεδονία και Θράκη, 15, 33-45.
- Byström-Asklund A.M. 1966, Sample cups and technique for sideward packing of X-ray diffractometer specimens. Am. Miner. 51, 1234-1237.
- Caredri S., Giampiero V., Photiades A. 2004, Accessory minerals and  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  marbles from Mediterranean area, Journal of Cultural Heritage 5(2004),27-47.
- Craig H., and Craig V. 1972, Greek marbles: Determination of provenance by isotopic analyses, Science 176, 401-403.
- Ζάχος Σ. 1982, Φύλλο «Θάσος», Κλίμακα 1:50.000, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα.
- Ηρόδοτος, Ιστορία, V, 62
- Hermann, J.J., Barbin, V., Mentzos, A. and Reed, R. 2000. Architectural decoration and marble from Thasos: Macedonia, central Greece, Campania, and Provenance. In L. Lazzarini (ed.), Interdisciplinary studies on ancient stone. Bottega D'Erasmus, 329-350.
- Herz N. 2000, The classical marble quarries of Paros. In Paria Lithos (ed. Schilardi D. & Katsonopoulou D.), Athens, 27-33
- Here N. 1987. Carbon and oxygen isotopic ratios: A data base for classical Greek and Roman marble, Archaeometry 29, 35-43.
- Jansen J.B.H. 1973, Φύλλο «Νάξος», Κλίμακα 1:50.000, Εθνικό Ίδρυμα Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα.
- Θεόφραστος, Περί λίθων, 6, 7
- Κακριδής Ι. Θ., Ελληνική μυθολογία, τόμος 2, Οι θεοί, Εκδοτική Αθηνών, 213
- Κορρές Μ. 1994, Από την Πεντέλη στον Παρθενώνα. Μέλισσα. Αθήνα. 127
- Lazzarini L. 2004, Archaeometric aspects of white and coloured marbles used in antiquity: the state of art. Reriodico de Mineralogia, 73, 113-125.
- Lazzarini L. and Antonelli F. 2003, Petrographic and isotopic characterization of the marble of the island of Tinos (Greece). Archaeometry, 45, 541-552
- Lazzarini L., G. Moschini and B. M. Stievano 1980, "A contribution to the identification of Italian, Greek and Anatolian marbles through a petrological study and the evaluation of Ca/Sr ratio," Archaeometry 22,173-183.
- Margolis, S. and Showers, W. 1988, Weathering characteristics, age and provenance determinations on ancient Greek and Roman marble artifacts. In: N. Herz and M. Waelkens (eds), Classical marble: Geochemistry, Technology, Trade, Kluwer Academic Publ. Dordrecht, 233-242
- Melfos V. 2004, "Mineralogical and stable isotopic study of ancient white marble quarries in Larissa, Thessaly, Greece," Bull Geol Soc Greece XXXVI/3, 1164-1172.
- Μέντζος Α, 1990, Η κοιμητηριακή βασιλική ή έξω των τειχών βασιλική του Δίου ΑΕΜΘ 4
- Moens L., P. Roos, J. De Rudder, J. Hoste, P. De Paepe, J. Van Hende, R. Marechal and M. Waelkens 1988, White marble from Italy and Turkey: An

- archaeometric study based on minor-and trace-element analysis and petrography. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 123, 333-348.
- Μουντράκης, Δ. 1985**, Γεωλογία Ελλάδος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Όμηρος**, Ιλιάδα Μ(12),380
- Όμηρος**, Ιλιάδα Π(16),735
- Όμηρος**, Οδύσσεια Ι (9),493
- Ορλάνδος, Α. 1958**, Τα υλικά δομής των αρχαίων Ελλήνων. Τευχ. 2. Τα μέταλλα, το ελεφαντοστόν, τα κονιάματα και οι λίθοι. Βιβλιοθήκη της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας, 37, 427
- Παντερμαλής Δ., 1997**, Δίον: αρχαιολογικός χώρος και μουσείο, Αθήνα, εκδόσεις Αδάμ
- Παντερμαλής Δ., 1999**, Δίον: η ανακάλυψη, Αθήνα, εκδόσεις Αδάμ
- Παυσανίας**, Περιηγήσεις, 1, 14, 7
- Παυσανίας**, Περιηγήσεις, 1, 43, 5
- Παυσανίας**, Περιηγήσεις, 133, 2, 9
- Πινγιάτογλου Σ, 2005**, Δίον, το ιερό της Δήμητρας, Οι λύχνοι, Θεσσαλονίκη
- Πινγιάτογλου Σ, 1990**, το ιερό της Δήμητρας στο Δίον, Ανασκαφή 1990, Το Αρχαιολογικό Έργο στη Μακεδονία και Θράκη 4
- Πινγιάτογλου Σ, 1991**, το ιερό της Δήμητρας στο Δίον, Ανασκαφή 1991, Το Αρχαιολογικό Έργο στη Μακεδονία και Θράκη 5
- Πλίνιος**, Naturalis Historia, XXXVI, 14
- Polikreti K. and Y. Maniatis. 2001**, "A new methodology for marble provenance investigation based on EPR spectroscopy," Archaeometry 43, 1-21.
- Πολύβιος** 4,62
- Ramage H. N. & Ramage A., 2000**, Ρωμαϊκή τέχνη, University Studio Press
- Stefanidou-Tiveriou Thea**, Der Medea-Mythos in einer Klassizistischen Komposition, (Tafeln 79-88), Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Institute Athenische, Abteilung, Band 106-1991, 281-308
- Στράβων**, Γεωγραφία, 10, 5, 7
- Τσιραμπίδης Α, 2002**, Πετρολογία ιζηματογενών πετρωμάτων, Θεσσαλονίκη
- Τσιραμπίδης Α, 1996**, Τα ελληνικά μάρμαρα και άλλα διακοσμητικά πετρώματα, Θεσσαλονίκη
- Τσιραμπίδης Α., 1989**, Εργαστηριακές ασκήσεις πετρολογίας ιζηματογενών πετρωμάτων Α.Π.Θ. έκδοση: υπηρεσία δημοσιευμάτων Θεσσαλονίκη
- Tsirambides A. 1996b**. Provenance determination of Greek white marbles by isotopic analysis of oxygen and carbon. Proceedings of the 2nd Symposium of the Hellenic Archaeometrical Society. Thessaloniki, 385-394.
- Vavelidis M. 1984**. Neue Beobachtungen zur Genese der schichtgebundenen Pb-Zn-(Fe-Ba-As-Ag-Cu) und der Au-Vorkommen auf Thasos (Nordgriechenland) mit einem Beitrag zur Geologie, Petrographie und zum Metamorphosegrad des Gesteinskomplexes der Insel. - Diss. Univ. Heidelberg., 355.
- Ward-Perkins J. B., 1992**, Marble in Antiquity. Archaeological Monographs of the British School at Rome 6, London, 153-159.
- Χριστοφίδης Γ. και Σολδάτος Τ. 1998**, Πετρογενετικά ορυκτά. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.