



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΤΑ ΜΑΡΜΑΡΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ



Σιώλιου Αγγελική
ΑΕΜ: 4056

Επιβλέπων: Χρηστάρας Βασίλειος
Καθηγητής Α.Π.Θ.

Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2011



Τα Μάρμαρα του Ν. Καβάλας
Της Αγγελικής Σιώλιου

Υποβλήθηκε στη Σχολή Θετικών Επιστημών ,
Στις Σεπτεμβρίου 2011 για την απόκτηση του πτυχίου στο τμήμα
Γεωλογίας.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζονται τα μάρμαρα του Ν. Καβάλας και κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Αρχικά δίνονται διάφορα στοιχεία για τον Νομό Καβάλας (γεωλογικά, λιθολογικά κλπ.), έπειτα κάποια γενικά χαρακτηριστικά των μαρμάρων ενώ στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στα είδη των μαρμάρων του Ν. Καβάλας. Δείγματα μαρμάρων ελήφθησαν από διάφορα λατομεία του Νομού και υποβλήθηκαν σε εργαστηριακές δοκιμές (υπερήχους, point load test κ.α.), οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στον τομέα Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας.

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία δίνονται στοιχεία για τα λατομεία του Ν. Καβάλας, καθώς και αναλυτική περιγραφή για την διαδικασία εξόρυξης των μαρμάρων.

Υπεύθυνος Καθηγητής: Χρηστάρας Βασίλειος
Τίτλος: Καθηγητής Τεχνικής Γεωλογίας



Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη Διπλωματική μου Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο τμήμα Γεωλογίας του ΑΠΘ υπό την επίβλεψη του καθηγητή του τομέα Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Χρηστάρα Βασίλειο, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες τόσο για την ανάθεση της εργασίας όσο και για τη γενικότερη συμβολή του στη μελλοντική μου επαγγελματική σταδιοδρομία. Με την ευκαιρία αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους φίλους μου, τους γονείς μου, τη γιαγιά μου και τα αδέρφια μου που με στήριζαν και με συμβούλευαν σε κάθε βήμα της φοιτητικής μου ζωής.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ

1.1 Γεωγραφικά στοιχεία - Μορφολογία νομού Καβάλας.....	1
1.2 Γεωλογία της Δυτικής Ροδόπης.....	1
1.3 Γεωλογία του Ν.Καβάλας.....	2
1.4 Λιθολογική ανάλυση της ενότητας μαρμάρων.....	4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά των μαρμάρων.....	6
2.2 Προσδιορισμός των ιδιοτήτων των μαρμάρων.....	8
2.3 Παράγοντες που χαρακτηρίζουν την εμπορικότητα των μαρμάρων... ..	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΑ ΜΑΡΜΑΡΑ ΤΟΥ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ

3.1 Ποιοτικοί εμπορικοί τύποι μαρμάρων.....	15
3.1.1 Δολομιτικά μάρμαρα	15
3.1.2 Ασβεστίτικα μάρμαρα	22
3.1.3 Σιπολινικά μάρμαρα	24
3.2 Εμπορικά χαρακτηριστικά των διακοσμητικών πετρωμάτων.....	24
3.3 Τεχνητό μάρμαρο.....	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

4.1 Ταχύτητα υπερήχων.....	30
4.2 Αντοχή σε σημειακή φόρτιση (point load test).....	33
4.3 Προσδιορισμός πορώδους και πυκνότητας.....	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΣΤΟΝ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ

5.1 Λατομείο-Ίδρυση λατομείου.....	42
5.2 Λατομεία στο Ν. Καβάλας.....	42
5.3 Κατανομή λατομείων στον Ν. Καβάλας	44



- 6.1 Διαδικασία.....
- 6.2 Επεξεργασία-Δευτερογενής παραγωγή μαρμάρων.....
- 6.3 Εξόρυξη μαρμάρων κατά την αρχαιότητα.....
- 6.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΦΘΟΡΑ, ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

- 7.1 Τύποι φθοράς του μαρμάρου.....
 - 7.1.1 Γυψοποίηση
- 7.2 Προοπτικές ανάπτυξης του μαρμάρου
- 7.3 Σήμανση CE σε προϊόντα από φυσικούς λίθους.....

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....

Σχ.1.1. Γεωλογικός χάρτης του Νομού Καβάλας.

Σχ. 2.1. Λοβοειδής γρανοβλαστικός ιστός και πολυγωνικός γρανοβλαστικός ιστός.

Σχ. 4.1. Δοκίμια μαρμάρων του Ν. Καβάλας για εργαστηριακή έρευνα.

Σχ. 4.2. Πομπός και δέκτης εκατέρωθεν του δείγματος.

Σχ. 4.3. Ultrasonic Test Equipment - Pundit Lab της proceq.

Σχ. 4.4. Ultrasonic Test Equipment - Pundit Lab της proceq.

Σχ. 4.5. Απεικονίζονται διάφοροι τρόποι φόρτισης ανάλογα με το σχήμα του δοκιμίου.

Σχ. 4.6. Σχηματικά κάποιοι αποδεκτοί ή όχι τρόποι αστοχίας.

Σχ. 4.7. Μηχάνημα για την μέτρηση της αντοχής σε σημειακή φόρτιση.

Σχ. 4.8. (α) Πορώδες πέτρωμα όγκου V_b με τους όγκους των στερεών και των κενών, V_m και V_p αντίστοιχα. (b) Εξωτερική πίεση P_c και πίεση πόρων P_p .

Σχ. 4.9. Τα δείγματα μέσα μπολ ανάμιξης με νερό για να κορεστούν.

Σχ. 4.10. Ζυγαριά ακριβείας, για την μέτρηση του βάρους ξηρού και κορεσμένου δείγματος.

Σχ. 5.1. Λατομείο ΙΚΤΙΝΟΣ στον Πλατανότοπο Καβάλας.

Σχ. 5.2. Λατομείο Ελευθεριάδη στον Αγ.Κοσμά Καβάλας.

Σχ. 5.3. Λατομείο Παυλίδη στο Στενωπό Καβάλας.

Σχ. 5.4. Λατομείο Παυλίδη στο Στενωπό Καβάλας.

Σχ. 5.5. Λατομείο Παυλίδη στο Στενωπό Καβάλας.

Σχ. 5.6. Λατομείο Παυλίδη στο Στενωπό Καβάλας.

Σχ. 5.7. Εγκαταλελειμμένα μάρμαρα στο Στενωπό Καβάλας.

Σχ. 5.8. Εγκαταλελειμμένο λατομείο στο Χαλκερό Καβάλας.

Σχ. 6.1. Wagon Drill

Σχ. 6.2. Ένα αεροδυναμικό τρυπάνι στο πάνω μέρος του μαρμάρου που θα κοπεί.

Σχ. 6.3. Η τρύπα μετά την διαδικασία με το τρυπάνι.

Σχ. 6.4. Κάνοντας μια οριζόντια τρύπα.

Σχ. 6.5. Το διαμαντένιο καλώδιο - "τριόνι".

Σχ. 6.6. Ένα διαμαντένιο καλώδιο, το οποίο χρησιμοποιείτε για να κόψει το μάρμαρο.

Σχ. 6.7. Εδώ το διαμαντένιο καλώδιο κόβει το μάρμαρο.

Σχ. 6.8. Όπως μπορείτε να δείτε έχει γίνει ένα κόψιμο ξεκινώντας από την τρύπα.

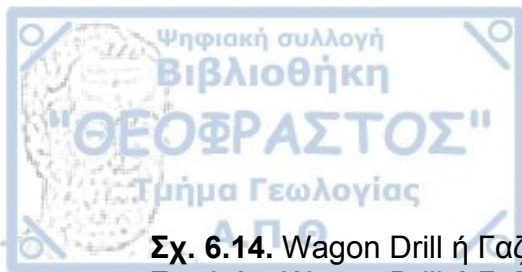
Σχ. 6.9. Ο αερόσακος ανάμεσα στο κομμάτι και στο βουνό.

Σχ. 6.10. Χρησιμοποιώντας μεγάλα κομμάτια μαρμάρου για να κρατήσουν το άνοιγμα.

Σχ. 6.11. Οι πεσμένοι όγκοι, έτοιμοι να μεταφερθούν πιο μακριά για κοπή.

Σχ. 6.12. Το κόψιμο του όγκου γίνεται με τον ίδιο τρόπο που γίνεται και η κοπή από το βουνό, με τη διαφορά ότι εδώ δε θα χρειαστούν τρύπες.

Σχ. 6.13. Βαρύς εξοπλισμός χρησιμοποιείτε για να μετακινήσει τα κομμάτια. Από το λατομείο του Ελευθεριάδη στον Αγ. Κοσμά



Σχ. 6.14. Wagon Drill ή Γαζιέρα όπως την αποκαλούν οι τεχνικοί.

Σχ. 6.15. Wagon Drill ή Γαζιέρα όπως την αποκαλούν οι τεχνικοί.

Σχ. 6.16. Γερανογέφυρα.

Σχ. 6.17. Οριζόντιο Κάθετο.

Σχ. 6.18. Οριζόντιο Κάθετο.

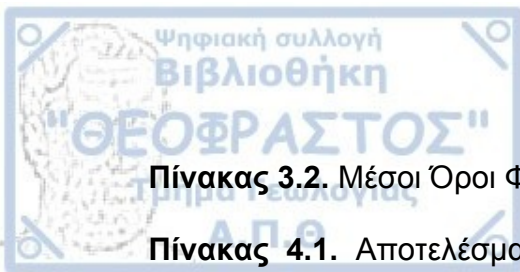
Σχ. 6.19. Κοπή μαρμάρων.

Σχ. 6.20. Τελάρο. Κόβει το μάρμαρο σε πλάκες καθώς κατεβαίνουν προς τα κάτω τα πριόνια με τα διαμάντια.



Πινάκας 1.1. Νομός Καβάλας.

Πίνακας 3.1. Κύρια ορυκτά και χρώματα που δίνουν



Πίνακας 3.2. Μέσοι Όροι Φυσικοχημικών Ιδιοτήτων των τεχνητών μαρμάρων.

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα που προέκυψαν εργαστηριακά από την μέθοδο υπερήχων.

Πίνακας 4.2. Αντοχή του πετρώματος με βάση την τιμή του δείκτη σημειακής φόρτισης $Is(50)$ σε MPa (Bieniawski, 1975).

Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα που προέκυψαν εργαστηριακά από την μέτρηση της αντοχής σε σημειακή φόρτιση.

Πίνακας 4.4. Τιμές πορώδους ανάλογα την λιθολογία.

Πίνακας 4.5. Αποτελέσματα που προέκυψαν εργαστηριακά για την πυκνότητα και το πορώδες για τα δοκίμια 1-5.

Πίνακας 4.6. Αποτελέσματα που προέκυψαν εργαστηριακά για την πυκνότητα και το πορώδες για τα δοκίμια 6-9.

Πίνακας 5.1. Αριθμός λειτουργούντων λατομείων στην Ελλάδα.

Πίνακας 5.2. Λειτουργούντα λατομεία μαρμάρου στο Ν. Καβάλας.

Πίνακας 7.1. Παράδειγμα πιστοποιητικού CE, που αφορά σε πλάκες από φυσικούς λίθους για εξωτερικούς τοίχους.

1.1 Γεωγραφικά στοιχεία - Μορφολογία νομού Καβάλας

Ο Νομός Καβάλας βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της ελληνικής επικράτειας και ανήκει στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας. Διοικητικά ανήκει στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης, ενώ πρωτεύουσα του νομού είναι η πόλη της Καβάλας. Συνορεύει βόρεια με τους νομούς Δράμας και Σερρών, νότια βρέχεται από το Βόρειο Αιγαίο, ανατολικά συνορεύει με τον ποταμό Νέστο και τον νομό Ξάνθης και δυτικά με τον ποταμό Στρυμόνα και τον νομό Σερρών.

Καταλαμβάνει έκταση 2.113 m² (ποσοστό 1,6% της χώρας) και έχει πληθυσμό 145.054 κατοίκους (στοιχεία 2001). Στο νομό Καβάλας ανήκει και το νησί της Θάσου, το οποίο απέχει 12 ναυτικά μίλια από την Καβάλα και 8 ναυτικά μίλια από την Κεραμωτή.



- 1 Δήμος Καβάλας
- 2 Δήμος Ελευθερούπολης
- 3 Δήμος Ελευθερών
- 4 Δήμος Θάσου
- 5 Δήμος Κεραμωτής
- 6 Δήμος Ορεινού
- 7 Δήμος Ορφανού
- 8 Δήμος Παγγαίου
- 9 Δήμος Πιερέων
- 10 Δήμος Φιλίππων
- 11 Δήμος Χρυσούπολης

Πίνακας 1.1. Νομός Καβάλας.

1.2 Γεωλογία της Δυτικής Ροδόπης

Γενικότερα η Ελλάδα εξαιτίας της γεωλογικής της δομής περιλαμβάνει σημαντικά αποθέματα διακοσμητικών πετρωμάτων όπως: Μάρμαρα, Ασβεστόλιθους, Τραβερίνες, Σχιστόλιθους, Οφειόλιθους, Ψαμμίτες κ.α. Το σημαντικότερο κεφάλαιο στα διακοσμητικά πετρώματα, το αποτελούν τα μάρμαρα, καθώς οι χρωματισμοί και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, τα καθιστούν παγκόσμια προϊόντα υψηλής εμπορικής αξίας. Ειδικότερα ο χώρος της Ανατολικής Μακεδονίας (Ν.Καβάλας) ανήκει γεωλογικά στη Δυτική Ροδόπη, η οποία διαχωρίζεται σε δύο τεκτονικές μονάδες την Κατώτερη Τεκτονική Ενότητα (Ενότητα Παγγαίου) και την Ανώτερη Τεκτονική Ενότητα (Ενότητα

Σιδηρόνερου). Η ενότητα Σιδηρόνερου επιπλέει την ενότητα Παγγαίου από Βορρά προς Νότο κατά μήκος μιας μεγάλου μήκους τεκτονικής γραμμής γενικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ (περίπου 110°). Η ενότητα Παγγαίου με πετρώματα χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης (πρασινοςχιστολιθική φάση) συγκροτείται από έναν κατώτερο ορίζοντα με ορθογνέσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες, ένα μεσαίο ορίζοντα μαρμάρων μεγάλου πάχους και ένα ανώτερο ορίζοντα με εναλλαγές σχιστολίθων και μαρμάρων. Ενώ η ενότητα Σιδηρόνερου με πετρώματα μεταμορφωμένα στην ανώτερη αμφιβολιτική φάση αποτελείται κυρίως από ορθογνέσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες, λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μιγματίτες.

1.3 Γεωλογία του Ν.Καβάλας

Από γεωλογικής - υδρογεωλογικής πλευράς, τα υλικά που δομούν το νομό μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες :

Κρυσταλλικά πετρώματα (γρανίτης, γνέυσιοι)

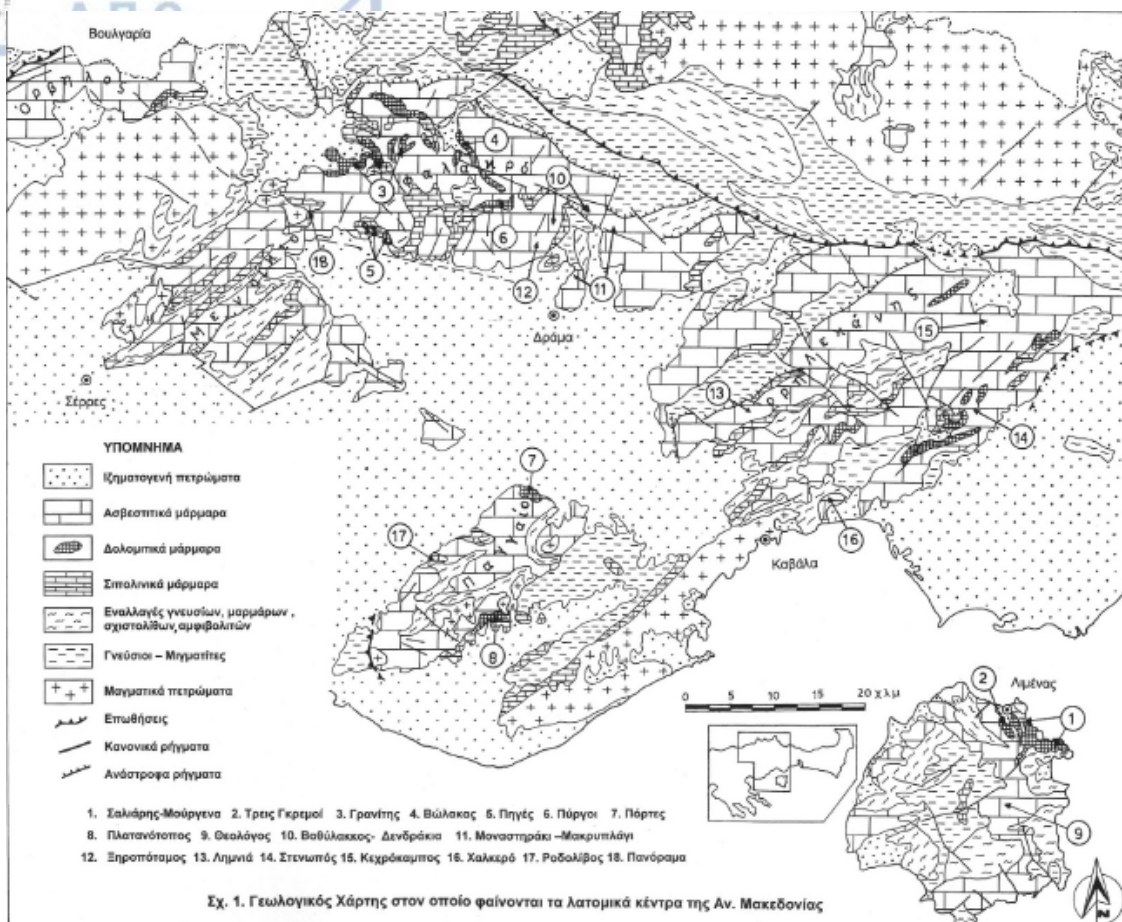
Πρόκειται για σκληρά συμπαγή πετρώματα, θεωρητικά αδιαπέρατα από το νερό. Όμως λόγω των τεκτονικών διαταραχών που έχει υποστεί η ευρύτερη περιοχή τα πετρώματα αυτά έχουν ρωγματωθεί και φιλοξενούν στο σύστημα των ρωγμών υδροφόρα στρώματα ποικίλου δυναμικού. Οι γρανίτες καταλαμβάνουν το 90% του Συμβόλου όρους, οι οποίοι λόγω των ρωγματώσεων έχουν επιφανειακά αποσαθρωθεί και έτσι προσφέρονται σήμερα για διάφορες καλλιέργειες. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι τα γρανιτικά πετρώματα της περιοχής σε μεγαλύτερο βάθος φιλοξενούν θερμομεταλλικά νερά, τα οποία πολλές φορές εκδηλώνονται μέσα από τις αρδευτικές υδρογεωτρήσεις. Τα γνευσιακά πετρώματα εντοπίζονται στο Παγγαίο όρος, στα όρη της Λεκάνης και στη νήσο Θάσο. Η επιφάνειά τους δεν προσφέρεται για καλλιέργεια. Η τεκτονική δραστηριότητα στην περιοχή είναι έντονα αποτυπωμένη και στα μεταμορφωμένα (γνευσιακά, σχιστόλιθοι) κυρίως με την εμφάνιση ρωγματώσεων σε όλη την έκτασή τους.

Μάρμαρα

Τα μάρμαρα αποτελούν την κυριότερη υδρογεωλογική μονάδα του νομού. Εμφανίζονται σε όλο τους το ανάπτυγμα καρστικοποιημένα και σε μεγάλο βαθμό ρωγματωμένα. Σήμερα η μάζα της κύριας εξάπλωσης του μαρμάρου παρατηρείται στο Παγγαίο όρος, στα όρη Λεκάνης και στη Θάσο.

Ιζηματογενή πετρώματα

Τα ιζηματογενή πετρώματα υποδιαιρούνται στα παλαιότερα, που εντοπίζονται σε λοφώδη ανάγλυφα στα κράσπεδα των ορεινών περιοχών και στις νεότερες αποθέσεις, που εντοπίζονται στα πεδινά κυρίως τμήματα. Τα ιζήματα αυτά με βάση τα προηγούμενα αποτελούνται από υλικά τόσο διαφορετικών ηλικιών όσο και διαφορετικής κοκκομετρικής σύστασης.



Σχ.1.1. Γεωλογικός χάρτης του Νομού Καβάλας.

Ασβεστοπικά πετρώματα ή μεταασβεστοπικά πετρώματα είναι αυτά που προέρχονται από μεταμόρφωση αρχικών ανθρακικών ιζηματογενών πετρωμάτων πλούσια σε δολομίτη και ασβεστίτη. Έτσι αν το αρχικό ήταν αμιγής ασβεστόλιθος ή δολομίτης, θα είχε μετατραπεί σε αμιγές ασβεστοπικό ή δολομιτικό μεταμορφωμένο πέτρωμα όπως είναι για παράδειγμα τα μάρμαρα. Τα μάρμαρα είναι πετρώματα που αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από ανθρακικά ορυκτά αλλά μπορεί να συμμετέχουν σε μικρή αναλογία και άλλα ορυκτά όπως: χαλαζίας, μαρμαρυγίες, τρεμολίνη, επίδοτο, γραφίτης κ.ά. Αυτό εξαρτάται από το αν το αρχικό υλικό του μαρμάρου ήταν ασβεστοπικό ή δολομιτικό και αν περιείχε προσμίξεις πυριτικές ή αργιλικές.

Μεταμορφωμένα πετρώματα Δυτικής Ροδόπης

Τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Δυτικής Ροδόπης, με βάση τα λιθολογικά χαρακτηριστικά τους μπορούν να χωριστούν σε τρεις λιθολογικές ενότητες (Chatzipanagis 1990), οι οποίες από τα παλαιότερα προς τα νεότερα είναι : α) Ενότητα γνευσίων του υπόβαθρου, β) Ενότητα εναλλαγών γνευσίων, σχιστολίθων, μαρμάρων, αμφιβολιτών και γ) Ενότητα μαρμάρων.

1.4 Λιθολογική ανάλυση της ενότητας μαρμάρων

Αποτελούν την ανώτερη λιθολογική ενότητα της αλπικής ροδοπικής λεκάνης, καλύπτοντας συνολική επιφανειακή έκταση 1.800 km² περίπου, στις περιοχές των ορέων Όρβηλου, Μενοίκιου, Παγγαίου, Φαλακρού, Θάσου και Λεκάνης. Με βάση τη χημική – ορυκτολογική τους σύσταση τα μάρμαρα μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις σειρές (Χατζηπαναγής κ.ά. 1993), οι οποίες από τα κατώτερα στα ανώτερα είναι :

Σειρά ταινιωτών – σιπολινικών μαρμάρων

Εμφανίζονται στη βάση, στους κατώτερους λιθοστρωματογραφικούς ορίζοντες της Ενότητας, με μέγιστο πάχος 200 m περίπου. Είναι λεπτοπλακώδη και αποτελούνται από ασβεστίτη (90%), χαλαζία (5-6%), δολομίτη (2-3%) και γραφίτη (1-2%). Σαν επουσιώδη ορυκτά συμμετέχουν: μαρμαρυγίας, χλωρίτης, τρεμολίτης, άστριοι, απατίτης, επίδοτο και μεταλλικά ορυκτά. Ο ασβεστίτης είναι συνήθως μεσόκοκκος και ο χαλαζίας υπερλεπτόκοκκος. Ο τελευταίος εμφανίζεται άλλοτε διάσπαρτος και άλλοτε σε λεπτότατες ταινίες ή οφθαλμούς. Ο γραφίτης είναι λεπτόκοκκος και εμφανίζεται τόσο διάσπαρτος όσο και μέσα στις χαλαζιακές ταινίες, δίνοντάς τους μελανότεφο χρώμα. Οι ταινίες του χαλαζία μαζί με το γραφίτη και τα προσανατολισμένα φυλλώδη ορυκτά δημιουργούν αλληπάλληλα επίπεδα σχιστότητας με εμφανείς αποτυπωμένες δομές πλαστικής παραμόρφωσης (πτυχές, boundinage, κ.λπ.). Η σειρά αποτελεί το 20% της Ενότητας, καθώς καλύπτει περίπου 350 km² επιφανειακή έκταση. Ο τύπος αυτός των μαρμάρων εξορύσσονταν τη δεκαετία '70 στις περιοχές Βαθύλακκου και Πανοράματος.

Σειρά δολομιτικών μαρμάρων

Καλύπτουν περίπου 80 km² επιφανειακή έκταση, αποτελώντας μόνο το 4,5% του συνόλου των ανθρακικών πετρωμάτων. Εμφανίζονται υπό μορφή μικρών ή τεράστιων φακών, μέγιστου πάχους 300 m (Βουγιούκας κ.ά. 2001α). Παρά το γεγονός ότι τα δολομιτικά μάρμαρα εμφανίζονται συνήθως αποκομμένα μεταξύ τους, λόγω έντονης τεκτονικής παραμόρφωσης (πτυχές, boundinage), αλλά και πιθανόν αρχικών ιζηματογενών δομών (πλευρικές αποσφηνώσεις) αποτελούν ένα σαφώς καθορισμένο λιθοστρωματογραφικό σχηματισμό, καθώς βρίσκονται σχεδόν πάντα μεταξύ των κατώτερων σιπολινικών και των ανώτερων ασβεστιτικών μαρμάρων, με σταθερή χημική-ορυκτολογική σύσταση στο κέντρο και βαθμιαία μετάβαση τόσο προς τη βάση όσο και προς την οροφή. Το ποσοστό του περιεχόμενου δολομίτη κυμαίνεται μεταξύ 92-99%, με μικρά ποσοστά ασβεστίτη (1-8%) συνήθως υπό μορφή διάσπαρτων κόκκων ανάμεσα στους κρυστάλλους του δολομίτη. Έχουν χρώμα λευκό γαλακτώδες (Άριστο) ή λευκό με ερυθρωπές ταινίες, όπως τύπου Βώλακα (Χατζηπαναγής κ.ά. 2000) ή ακόμα λευκό με τεφρά "συννεφάκια" (Πηγών) και τεφρές "πιτσίλες" (Πύργων). Σήμερα γίνεται συστηματική εκμετάλλευση στις περιοχές Γρανίτη, Βώλακα και Πύργων.

Σειρά ασβεστιτικών μαρμάρων

Καλύπτουν περισσότερα από 1.500 km² επιφανειακή έκταση στην Αν. Μακεδονία, με μέγιστο πραγματικό πάχος 1.000 m περίπου (Χατζηπαναγής 1991). Πρόκειται για χοντροπλακώδη ή τελείως άστρωτα ασβεστιτικά μάρμαρα, με ασβεστίτη που φθάνει το 97% και δολομίτη γύρω στο 2-3%. Είναι κατά κανόνα μεσόκοκκα και σε ελάχιστες περιπτώσεις εμφανίζονται χονδρόκοκκα. Συνήθως περιέχουν μικροκρυσταλλικό γραφίτη σε ποσοστό τέτοιο ώστε το χρώμα τους να ποικίλλει από τεφρό, έως τεφρόλευκο. Κατά θέσεις εμφανίζονται ορίζοντες ή πάγκοι, περιορισμένου πάχους (3-4 m) με λευκό ή ημίλευκο χρώμα. Έχουν υποστεί παλαιότερα εκμετάλλευση, κυρίως στην περιοχή του Αν. Φαλακρού (Βαθύλακκος, Μοναστηράκι, Δενδράκια).

Γενικότερα, θα λέγαμε ότι τα μάρμαρα της Ανατολικής Μακεδονίας καλύπτουν επιφανειακή έκταση 1.800 km² περίπου και διακρίνονται σε ασβεστιτικά, δολομιτικά και σιπολινικά. Οι ποιοτικοί – εμπορικοί τύποι που παράγονται, διαμορφώνονται ανάλογα με την χημική-ορυκτολογική σύσταση, τον χρωματισμό, την κοκκομετρία, το είδος της τεκτονικής παραμόρφωσης και τις φυσικομηχανικές ιδιότητες των υπό εκμετάλλευση μαρμάρων. Στο ελληνικό και διεθνές εμπόριο κυκλοφορούν περισσότεροι από 40 εμπορικοί τύποι μαρμάρων της Αν. Μακεδονίας. Μεγαλύτερη αξία έχουν τα χιονόλευκα και λευκά δολομιτικά μάρμαρα και ακολουθούν τα λευκά – ημίλευκα ασβεστιτικά μάρμαρα, με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 800 – 1.800 €/m³. Τα ποικιλόχρωμα δολομιτικά και τα τεφρόχρωμα ταινιωτά – ριγωτά ασβεστιτικά είναι μεσαίας εμπορικής αξίας με τιμές 400 – 800 €/m³, ενώ τα σκουρόχρωμα και τεφρόχροα ασβεστιτικά μάρμαρα πωλούνται σε πολύ χαμηλές τιμές (100 – 350 €/m³). Στην περιοχή ανοίχτηκαν 576 λατομεία από τα οποία σήμερα λειτουργούν τα 86, με ετήσια παραγωγή 150.000 m³ διαμορφωμένα ογκομάρμαρα και περίπου 60.000 m³ ογκομάρμαρα με ακανόνιστο σχήμα (ξοφάρια). Τα συνολικά αποθέματα δεν είναι δυνατόν να υπολογιστούν, καθώς η έρευνα στα περισσότερα λατομεία είναι υποτυπώδης έως ανύπαρκτη.

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

Η λέξη μάρμαρο ετυμολογείται από την αρχαιοελληνική μάρμαρος, δηλαδή «λαμπερός λίθος»

μάρμαρο < αρχαία ελληνική μάρμαρον < μαρμαίρω (: λάμπω)

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά των μαρμάρων

Το μάρμαρο, σύμφωνα με τον επιστημονικό ορισμό: είναι ένα κρυσταλλοσχιστώδες πέτρωμα, που προέρχεται από την μεταμόρφωση ανθρακικών και δολομιτικών ιζημάτων και ασβεστόλιθων. Συγκεκριμένα είναι προϊόν περιοχικής μεταμόρφωσης ανθρακικών ιζηματογενών πετρωμάτων (ασβεστόλιθοι και δολομίτες). Τα μεταμορφωμένα πετρώματα σχηματίζονται σε μεγάλο βάθος κάτω από την επιφάνεια της γης, από μεγάλες πιέσεις, τάσεις και θερμοκρασίες που σχηματίζονται κατά την διαδικασία της ορογένεσης. Επίσης, σχηματίζονται από τη διείσδυση μάγματος σε πέτρωμα, ιδιαίτερα στη περιοχή επαφής, όπου οι θερμοκρασίες είναι υψηλές (μεταμόρφωση επαφής). Με απλά λόγια, θα μπορούσαμε να πούμε ότι το μάρμαρο σχηματίζεται με την εξής διαδικασία: ανθρακικά και δολομιτικά πετρώματα ή ασβεστόλιθοι, τα οποία σχηματίστηκαν κανονικά σε ορισμένο βάθος κάτω την επιφάνεια της γης, είτε παρέμειναν στην θέση που σχηματίστηκαν, είτε βρέθηκαν εκτεθειμένα στις συνθήκες πίεσης-θερμοκρασίας και διάβρωσης, που επικρατούν στην επιφάνεια της γης ή σε διάφορο βάθος από αυτό που σχηματίστηκαν, εξαιτίας τεκτονικών φαινομένων μεταφέρονται σε μεγάλα βάθη. Εκεί, οι θερμοκρασίες και οι συνθήκες πίεσης είναι διαφορετικές και τα ορυκτά μεταβάλλονται, δηλαδή μεταμορφώνονται με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα νέο πέτρωμα, που χαρακτηρίζεται ως 'μεταμορφωμένο' και στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το μάρμαρο.

Αποτελούνται στο σύνολο τους από πυριτικά ορυκτά αυτό τα κάνει σκληρά και συμπαγή. Η υφή τους είναι συνήθως ισότροπη και ο ιστός τους λοβοειδής ή πολυγωνικός γρανοβλαστικός ` σπάνια παρουσιάζουν κάποιου είδους φολίδωση ή ατελή σχιστότητα. Το μάρμαρο χαρακτηρίζεται από κοκκοβλαστικό ιστό. Επίσης το μάρμαρο αποτελείται, κυρίως από λεπτό - μέχρι αδρόκοκκο ανακρυσταλλωμένο ασβεστίτη και ή δολομίτη. Η σκληρότητά του κυμαίνεται ανάλογα με τη σύνθεσή του, από 3 μέχρι 4 βαθμούς της κλίμακας Mohs. Η θραύση του είναι ακανόνιστη, ενώ το ειδικό βάρος του ποικίλλει από 1,8 - 2,85 περίπου. Επίσης το μάρμαρο χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πυκνότερα, βαρύτερα (2.700 χλγρ./m^3) και ανθεκτικότερα πετρώματα. Αντέχει σε πίεση $1200\text{-}1500 \text{ χλγρ./cm}^2$ (φορτίο θραύσης).

Τα μάρμαρα αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από ανθρακικά ορυκτά ασβεστίτη (CaCO_3) ή δολομίτη ($(\text{Ca,Mg}) (\text{CO}_3)_2$), ή τον συνδυασμό και των δύο

ορυκτών. Άλλα ορυκτά εκτός από τα ανθρακικά, μπορεί να συμμετέχουν με μικρή αναλογία· τέτοια ορυκτά είναι χαλαζίας, μαρμαρυγίες, τρεμολίνη, επιδότο, γραφίτης, χλωρίτης, κερυστίλβη, αιματίτης, λειμωνίτης, κ.ά. Η παρουσία των ορυκτών αυτών συστατικών, όταν βρίσκονται σε ικανή ποσότητα, επηρεάζουν τόσο τις τεχνικές ιδιότητες, όσο και το χρώμα του μαρμάρου. Έτσι, τα φυλλώδη ορυκτολογικά συστατικά, όπως είναι ο μοσχοβίτης, ο χλωρίτης κ.α., αυξάνουν τη σχιστότητά τους, ενώ τα έγχρωμα δίνουν σ' αυτό διάφορες χαρακτηριστικές αποχρώσεις. Ο χαλαζίας, που οι τεχνικοί τον ονομάζουν «γυαλί», λόγω της μεγάλης σκληρότητάς του ακόμη και όταν βρίσκεται σε μικρές ποσότητες ή σε μορφή μικρών κόκκων μέσα στο μάρμαρο, αυξάνει τη σκληρότητα και την αντοχή του μαρμάρου, αλλά μειώνει σημαντικά τη δυνατότητα για καλή στίλβωση. Ο σιπολίνη είναι μάρμαρο που περιέχει ενστρώσεις φυλλωδών ορυκτών, κυρίως σερίκη και χλωρίτη. Βέβαια, θα πρέπει να πούμε ότι η λέξη μάρμαρο, όταν χρησιμοποιείται από τους τεχνικούς ή τους απλούς ανθρώπους λαμβάνει μια πιο ευρεία έννοια. Έτσι, σε αυτήν την περίπτωση ως μάρμαρο χαρακτηρίζεται κάθε πέτρωμα κοκκώδες ή σιφρό, που μπορεί να λειανθεί, να σιλβωθεί και να δώσει πλάκες για επίστρωση και διακόσμηση. Συμπεριλαμβάνονται και κάποια παρεμφερή πετρώματα ως μάρμαρα.

Χημική – ορυκτολογική σύσταση

Η χημική – ορυκτολογική σύσταση αποτελεί βασική παράμετρο στον καθορισμό των εμπορικών τύπων των μαρμάρων, καθώς τα μονόμετα πετρώματα δημιουργούν διαφορετική αισθητική αλλά και διαφορετικές φυσικομηχανικές ιδιότητες έναντι αυτών που περιέχουν περισσότερους ορυκτολογικούς τύπους. Στην Α. Μακεδονία διαμορφώνονται 4 τύποι ανθρακικών πετρωμάτων : αμιγώς δολομιτικά μάρμαρα, αμιγώς ασβεστιτικά, ανάμικτα δολομιτικά – ασβεστιτικά και σιπολονικά μάρμαρα. Συχνά, στους πιο πάνω τύπους περιέχονται σημαντικά ποσοστά γραφίτη και μεταλλικών ορυκτών με τη μορφή ταινιών, νησίδων ή διάσπαρτα στο πέτρωμα, διαμορφώνοντας διαφορετικούς εμπορικούς τύπους.

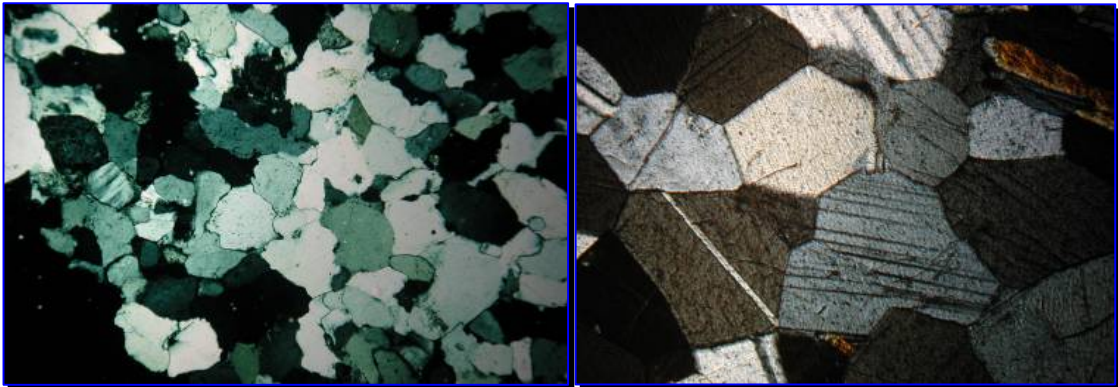
Κοκκομετρία

Η κοκκομετρία των μαρμάρων της Αν. Μακεδονίας ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με το βαθμό μεταμόρφωσης και το ρυθμό ανακρυστάλλωσης του πετρώματος. Με βάση το μέγεθος των κόκκων των ανθρακικών ορυκτών, τα μάρμαρα διακρίνονται σε (Βουγιούκας κ.ά. 2001α): Υπερχονδρόκοκκα, με μέγεθος κόκκων $>1,5\text{mm}$, χονδρόκοκκα, με κόκκους μεταξύ $0,8-1,5\text{ mm}$, μεσόκοκκα, με μέγεθος κόκκων $0,2-0,8\text{ mm}$, λεπτόκοκκα, με μέγεθος κόκκων $0,08 - 0,2\text{ mm}$ και υπερλεπτόκοκκα, όπου οι κόκκοι δεν ξεπερνούν τα $0,08\text{ mm}$.

Επίδραση της τεκτονική παραμόρφωσης

Παρά το γεγονός ότι τα ανθρακικά πετρώματα έχουν υποστεί την ίδια τεκτονική παραμόρφωση με τα υπόλοιπα μεταμορφωμένα πετρώματα της Ροδόπης, η αποτύπωση των τεκτονικών δομών διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του μαρμάρου και το είδος της παραμόρφωσης. Έτσι, ορισμένες παραμορφωτικές δομές όπως πτυχές, boundinage, s-c τύπου μυλωνίτες, αποτυπώνονται με ευκρίνεια σε μάρμαρα με ταινίες διαφορετικού χρώματος ή με διαφορετική χημική – ορυκτολογική σύσταση, ενώ διακρίνονται ελάχιστα ή καθόλου σε μονόμετα

ασβεστιτικά ή δολομιτικά μάρμαρα. Οι δομές αυτές, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν επηρεάζουν τη συνοχή του πετρώματος, αλλά αντίθετα δημιουργούν νέους εμπορικούς τύπους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο τύπος "Venus", ο οποίος διαμορφώνεται από πτυχωμένες ποικιλόχρωμες ταινίες που εναλλάσσονται με λευκό δολομιτικό υλικό και ο τύπος «Αμβροσία» ο οποίος είναι ένα τεκτονικό ψευδοκροκαλοπαγές δολομιτικό πέτρωμα (Χατζηπαναγής & Βουγιούκας 2004). Συνήθως η ρηξιγενής τεκτονική αποτελεί αρνητικό παράγοντα στην εκμεταλλευσιμότητα των ανθρακικών πετρωμάτων, λόγω της περιορισμένης συνοχής που προκαλεί σ' αυτά. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις είναι δυνατόν οι εμφανιζόμενες διακλάσεις ή ρωγματώσεις να πληρώνονται με δευτερογενές, πολλές φορές έγχρωμο, υλικό, επιτυγχάνοντας συγχρόνως συνοχή του πετρώματος και καλή αισθητική εικόνα. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί ο εμπορικός τύπος "Golden Spider".



Σχ 2.1. Λοβοειδής γρανοβλαστικός ιστός και πολυγωνικός γρανοβλαστικός ιστός.

2.2 Προσδιορισμός των ιδιοτήτων των μαρμάρων

Ο προσδιορισμός των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων των διακοσμητικών πετρωμάτων γίνεται κατά ένα μέρος με πετρογραφικές μεθόδους, ενώ για τις υπόλοιπες απαιτούνται οι λεγόμενες δοκιμές τεχνικής καταλληλότητας. Οι δοκιμές της τεχνικής καταλληλότητας γίνονται σύμφωνα με ορισμένους κανονισμούς και αυτό για να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους τα αποτελέσματα. Οι γνωστότεροι κανονισμοί είναι οι Ιταλικοί UNI, οι Αμερικανικοί ASTM και οι Γερμανικοί DIN. Ο Ελληνικός κανονισμός προδιαγραφών, προσδιορίζεται από τον ΕΛΟΤ. Οι προδιαγραφές για την εκτέλεση των δοκιμών αυτών μπορούν να διαφέρουν ως προς τις διαστάσεις και τον τρόπο που καταπονούνται τα δοκίμια. Επίσης για τις δοκιμασίες που αναμένεται μηχανική καταπόνηση πρέπει να εκτελούνται δύο σειρές δοκιμών η μια κάθετη και η άλλη παράλληλη προς την στρώση ή την φύλλωση. Πάντως για να έχουν πρακτική αξία οι διάφορες αντοχές που παρουσιάζουν τα διακοσμητικά πετρώματα, θα πρέπει να εκτελούνται δοκιμές και κάθετα προς την επιφάνεια που παρουσιάζει το καλύτερο διακοσμητικό αποτέλεσμα. Τέλος για να μην παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές στα αποτελέσματα των δοκιμών τεχνικής καταλληλότητας που γίνονται σε παρόμοιους τύπους μαρμάρου που προέρχονται από το ίδιο μαρμαροφόρο κοίτασμα, θα πρέπει τα δοκίμια να αντιπροσωπεύουν τη μέση κατάσταση.

Παρακάτω αναφέρουμε τις φυσικές, μηχανικές και τεχνικές ιδιότητες των πετρωμάτων.

- **Φυσικές Ιδιότητες**

1. Ειδικό βάρος

Είναι ο λόγος του βάρους του πετρώματος προς τον όγκο του. Επειδή όμως το μάρμαρο σαν φυσικό στερεό υλικό έχει πόρους, κοιλότητες και κενά, γι' αυτό το λόγο υπάρχουν δύο μετριούμενοι όγκοι, ο φαινόμενος και ο πραγματικός ή απόλυτος, που είναι ο όγκος του πετρώματος χωρίς τα κενά. Επομένως υπάρχουν και δύο ειδικά βάρη για κάθε πέτρωμα, το φαινόμενο (Εφ) και το πραγματικό (Επ) ειδικό βάρος. Το πραγματικό ειδικό βάρος είναι πάντοτε μεγαλύτερο του φαινομένου, το τελευταίο όμως είναι αυτό που χαρακτηρίζει τα διακοσμητικά πετρώματα, για αυτό και προσδιορίζεται. Με την ίδια διαδικασία που προσδιορίζουμε το ειδικό βάρος, μπορούμε να έχουμε και μια σειρά από αλλούς δείκτες του πετρώματος, όπως το πορώδες, ο λόγος των κενών και το συμπαγές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις. Το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι μια ιδιότητα που είναι απαραίτητη να είναι γνωστή για όλων των ειδών τις κατασκευές (εσωτερικές-εξωτερικές επενδύσεις, εσωτερικές-εξωτερικές δαπεδοστρώσεις και σκαλοπάτια, σκάλες ελεύθερης έδρασης, επικαλύψεις) αφού με βάση αυτό και το πάχος των πλακών προσδιορίζουμε το βάρος κάθε τετραγωνικού μέτρου μαρμάρου και επομένως το πόσο επιβαρύνεται η όλη κατασκευή. Ειδικά στην περίπτωση των εξωτερικών επενδύσεων με μεταλλικά στηρίγματα, το φαινόμενο ειδικό βάρος μας υποβοηθά να επιλέξουμε το κατάλληλο στήριγμα που θα αντέχει το βάρος της κατασκευής. Τέλος για τις περιπτώσεις των πλακοστρώσεων, τα διάφορα είδη διακοσμητικών πετρωμάτων σύμφωνα με τις Αμερικανικές προδιαγραφές ASTM, πρέπει να έχουν τις εξής ελάχιστες τιμές φαινομένου ειδικού βάρους : ασβεστόλιθοι $2,60 \text{ gr/cm}^3$, δολομίτες $2,80 \text{ gr/cm}^3$, σερπεντινίτες $2,70 \text{ gr/cm}^3$ και τραβερτίνες $2,30 \text{ gr/cm}^3$. Τα ασβεστοικά μάρμαρα έχουν $E_f = 2.710-2.720 \text{ gr/cm}^3$ ενώ τα δολομικτικά μάρμαρα έχουν τιμές μεγαλύτερες από 2.830 gr/cm^3 .

Επίσης πρέπει να επισημάνουμε και τον όρο συμπαγές (Σ), ο οποίος δηλώνει την σχέση ανάμεσα στο φαινόμενο και στο πραγματικό ειδικό βάρος. Οι τιμές του συμπαγούς δίνονται από την σχέση $\Sigma = E_f/E_p$ και είναι πάντοτε μικρότερο από την μονάδα. Τα μάρμαρα παρουσιάζουν τιμές συμπαγούς από 0,900 έως 0,998.

2. Υδαταπορόφηση- Συντελεστής εμποτισμού

Με τον όρο υδαταπορόφηση εννοούμε την ιδιότητα των πετρωμάτων να κορέννυνται με νερό. Υπολογίζεται με τη διαδικασία μέτρησης του φαινομένου ειδικού βάρους και όταν εκφράζεται επί τοις % ή επί της ‰ κατά βάρος, ονομάζεται συντελεστής εμποτισμού (Σ_e), κατά βάρος. Είναι αδιάστατος αριθμός. Είναι η φυσική ιδιότητα που κυρίως καθορίζει την καταλληλότητα ενός πετρώματος για εξωτερικές χρήσεις, όπου αυτό είναι εκτεθειμένο στις υγρές καιρικές συνθήκες. Θεωρείται όμως σημαντική ιδιότητα και στην περίπτωση των εσωτερικών χρήσεων, ιδίως όταν το μάρμαρο καλύπτει χώρους με μεγάλη συγκέντρωση ανθρώπων (αίθουσες αεροδρομίων, σταθμών κ.τ.λ.) και όπου απαιτείται να καθαρίζεται συχνά με τη χρήση υγρών καθαρισμού. Ειδικά για την

περίπτωση των δαπεδοστρώσεων, όταν ο συντελεστής εμποτισμού ξεπερνάει το 0,5%, το πέτρωμα θα πρέπει να υποβάλλεται και στη θλίψη μετά από κύκλους ψύξεως, για να ελεγχθεί η συμπεριφορά του πετρώματος σε κλιματολογικές συνθήκες παγετού. Τα ασβεστιτικά μάρμαρα παρουσιάζουν συντελεστή εμποτισμού $\Sigma\epsilon = 0,7-1,2\%$, ενώ τα δολομικτικά μάρμαρα έχουν σχετικά υψηλό συντελεστή εμποτισμού $\Sigma\epsilon = 1,2-2,0\%$.

3. Μέτρο ελαστικότητας

Σαν μέτρο ελαστικότητας (E) ορίζεται ο λόγος της τάσης που ασκείται σε ένα συγκεκριμένο δοκίμιο μαρμάρου, προς την αξονική του παραμόρφωση ή η εφαπτόμενη της καμπύλης τάσης-παραμόρφωσης. Παρόλο που δεν έχει μέχρι σήμερα ξεκαθαριστεί ο ρόλος της δοκιμασίας αυτής στην αξιολόγηση των πετρωμάτων για τις διάφορες χρήσεις, εν τούτοις είναι σίγουρα σημαντική ιδιότητα στην περίπτωση ορθομαρμαρώσεων με πλάκες που χρειάζονται ενίσχυση στην κάτω επιφάνειά τους· ενώ είναι χαμηλής σημασίας ιδιότητα όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για πλακοστρώσεις. Πολύ μεγάλο μέτρο ελαστικότητας παρουσιάζουν τα γνήσια μάρμαρα και οι συμπαγείς ασβεστόλιθοι $E = 650-700.000 \text{ kg/m}^2$.

4. Υγρασία

Ως υγρασία ενός μαρμάρου ορίζεται η διαφορά βάρους που έχει το δοκίμιο σε φυσική και σε ξηρή κατάσταση. Η φυσική υγρασία εξαρτάται από την ορυκτολογική και τη χημική σύσταση, καθώς και από το πορώδες του.

5. Πορώδες

Ως πορώδες (π) ορίζεται ο λόγος του όγκου των κενών (V_k) προς τον συνολικό όγκο ($V_{ολ}$) του πετρώματος, $\pi = V_k/V_{ολ}$. Όσο περισσότερο πορώδες είναι ένα πέτρωμα, τόσο περισσότερο εμποτίζεται από διάφορα υγρά, τα οποία σε περίπτωση θερμοκρασιακών μεταβολών μπορούν να προκαλέσουν διάρρηξη και αποκόλληση υλικού. Αν το πορώδες εκφραστεί σαν ποσοστό επί τοις εκατό (%), τότε γίνεται λόγος για ποσοστό πόρων ή συντελεστή πορώδους. $\Sigma\pi = (E_{\pi} - E_{\phi} / E_{\pi} * 100\%)$.

• Μηχανικές Ιδιότητες

1. Αντοχή στη θλίψη ή Θλιπτική αντοχή

Σαν θλιπτική αντοχή (R_c), ορίζεται ο λόγος του συνολικού φορτίου (P) που ασκείται σε ένα δοκίμιο τη στιγμή της θραύσης του, προς το εμβαδόν (S) της διατομής του δοκιμίου. $R_c = P/S$. Αυτό που θα πρέπει να επισημανθεί για αυτή την ιδιότητα, είναι ότι θα πρέπει οι δοκιμές να γίνονται όχι σε ξηρά δοκίμια, αλλά σε δοκίμια με την φυσική τους υγρασία, γιατί αυτά είναι που αντιπροσωπεύουν την κατάσταση του μαρμάρου στις φυσικές συνθήκες και ακόμη τα αποτελέσματα των δοκιμών διαφέρουν ανάλογα με τους τύπους των δοκιμών που χρησιμοποιούνται (π.χ. τα κυβικά δοκίμια έχουν το 93-96% της αντοχής των κυλινδρικών δοκιμίων). Συμπληρώνουμε ότι κάποιες χώρες ζητούν για τον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής, τα δοκίμια να υποβληθούν σε 20 κύκλους καταψύξης-απόψυξης. Επίσης, επειδή οι τιμές της ιδιότητας αυτής είναι στενά συνδεδεμένες με τους πετρογραφικούς χαρακτήρες του πετρώματος (μέγεθος και

σχήμα κόκκων, ορυκτολογική σύσταση, πυκνότητα, πορώδες, ιστός, υφή, ανισοτροπία κ.τ.λ) , θα πρέπει αυτοί να είναι γνωστοί και με την βοήθειά τους να γίνεται η ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Η αντοχή στη θλίψη θεωρείται μια πολύ σημαντική ιδιότητα για την αξιολόγηση των μαρμάρων για χρήση τους σε εξωτερικές κατασκευές (επενδύσεις, επιστρώσεις δαπέδων), σε κλίμακες και σε καλύψεις. Ειδικά για τη χρησιμοποίηση των πετρωμάτων σε εξωτερικούς χώρους και σε χώρες με έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές, είναι απαραίτητο να ελέγχεται η αντοχή στη θλίψη μετά από ψύξη του υλικού. Επίσης, η ίδια ακριβώς δοκιμή είναι απαραίτητο να γίνεται όταν ο συντελεστής απορροφητικότητας του πετρώματος ξεπερνάει το 0,5%. Εάν το υλικό μετά τη ψύξη του και κατά τη διάρκεια της δοκιμής παρουσιάσει φθορές (ραγίσματα, ξεφλουδίσματα, ρωγμές κλπ) ή η μέση αντοχή του στη θλίψη μειωθεί κατά 20%, σε σχέση με αυτή που έχει χωρίς να ψυχθεί, τότε το πέτρωμα χαρακτηρίζεται ως «παγόπληκτο» και θεωρείται ακατάλληλο για εξωτερικές χρήσεις. Κατά την καταπόνηση του το πέτρωμα περνάει από διάφορες καταστάσεις (ελαστική - πλαστική - εύθραυστη). Η ελάχιστη αντοχή στη θλίψη που απαιτείται να έχει ένα πέτρωμα σύμφωνα με τις Αμερικάνικες προδιαγραφές ASTM, για να είναι κατάλληλο για κατασκευή δαπέδων και πλακοστρώσεων είναι 50N/mm². Η ελάχιστη αντοχή στη θλίψη που απαιτείται να έχει ένα πέτρωμα Έτσι όλα σχεδόν τα διακοσμητικά πετρώματα που έχουν αντοχές από 660 kg/cm² (τραβερτίνες) έως 3000 kg/cm² (χαλαζιακοί πορφύρες), είναι κατάλληλα γι' αυτές τις χρήσεις και υπερέχουν σημαντικά άλλων υλικών (π.χ. το ξύλο έχει αντοχές στη θλίψη από 350-550 kg/cm²). Οι τιμές για τα ασβεστιτικά μάρμαρα είναι 50-90 N/mm² ενώ για τα δολομιτικά 100-174 N/mm².

2. Αντοχή στον εφελκυσμό ή Εφελκυστική αντοχή ή Αντοχή στην κάμψη

Είναι γνωστό ότι τα αρχιτεκτονικά μέλη των κτηρίων υποβάλλονται σε καταπονήσεις από κάμψη. Γι' αυτό η ιδιότητα της αντοχής στον εφελκυσμό είναι απολύτως αναγκαία να ελέγχεται , όταν τα μάρμαρα χρησιμοποιούνται για εξωτερικές επενδύσεις και κλίμακες ελεύθερης έδρασης, ενώ είναι σημαντική ιδιότητα όταν τα μάρμαρα χρησιμοποιούνται για εσωτερικές και εξωτερικές επιστρώσεις δαπέδων και καλύψεις. Αυτό που πρέπει να προσεχτεί ιδιαίτερα για αυτή την ιδιότητα είναι ότι επηρεάζεται σημαντικά από τη σχιστότητα ή τη στρώση των πετρωμάτων, για αυτό και απαιτείται, οι μετρήσεις να γίνονται σε δοκίμια τόσο κάθετα όσο και σε παράλληλα σε αυτά τα χαρακτηριστικά. Το ελάχιστο όριο αντοχής στον εφελκυσμό, που πρέπει να έχει ένα πέτρωμα για να είναι κατάλληλο για δαπεδόστρωση, είναι 68 kg/cm² και το σύνολο των διακοσμητικών πετρωμάτων πληροί αυτό το όριο (τη χαμηλότερη τιμή την έχουν οι τραβερτίνες, περίπου 100-150 kg/cm²). Αντίθετα για τη χρήση του μαρμάρου σε εξωτερικές επενδύσεις , το όριο πρέπει να είναι πολύ υψηλότερο και για αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται πετρώματα που έχουν υψηλή εφελκυστική αντοχή (σερπετινίνες, γρανίτες και λεπτόκοκκα μάρμαρα). Γενικά θα λέγαμε ότι η εφελκυστική αντοχή (R_f) ισοδυναμεί με την μέγιστη τάση που ασκείται στο κάτω μέρος της πλάκας όταν αυτή υφίσταται καμπτική καταπόνηση. Ο τύπος είναι $R_f = \frac{3Pl}{2dh^2}$ όπου P είναι το φορτίο, l ο μοχλοβραχίονας, d το φάρδος και h το πάχος της πλάκας. Τα μάρμαρα έχουν τιμές R_f = 100-300 kg/cm².

• **Τεχνικές Ιδιότητες**

1. Αντοχή στη φθορά από τριβή

Η ιδιότητα αυτή εκφράζει την αντοχή των πετρωμάτων στην κυκλοφορία (ανθρώπων, οχημάτων κ.λ.π.). Η καθιέρωση μιας μόνο μεθόδου μέτρησης της φθοράς από τριβή, αποτελεί πρόβλημα μέχρι σήμερα, μια και οι δύο διαφορετικές μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται, δίνουν αποτελέσματα που πολλές φορές δεν συμφωνούν μεταξύ τους. Οι δύο μεθοδολογίες που σήμερα χρησιμοποιούνται είναι α) αυτή που μετράει την απόλυτη φθορά από τριβή, σε $\text{cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ ή σε mm ύψους (DIN ή ASTM) και β) αυτή που μετράει τη σχετική φθορά από τριβή σε σχέση με ένα πέτρωμα-οδηγό (τριβόμετρο τύπου AMSLER με πέτρωμα-οδηγό για την Ιταλία το γρανίτη του San Federlino). Η αντοχή στη φθορά από τριβή είναι η κυριότερη ιδιότητα που λαμβάνεται υπόψη όταν τα μάρμαρα χρησιμοποιούνται για δαπεδοστρώσεις εξωτερικές ή εσωτερικές για σκάλες. Στη χρήση ενός πετρώματος για δαπεδόστρωση εκτός από την αντοχή του στην φθορά από τριβή, σημαντικό ρόλο παίζει και ο βαθμός καταπόνησής του στη τριβή. Έτσι τα δάπεδα διακρίνονται : α) σε μεγάλης κυκλοφορίας (σταθμοί, αίθουσες αεροδρομίων κ.τ.λ.), τα οποία έχουν μεγάλη καταπόνηση και για τα οποία συνιστώνται πετρώματα όπως γρανίτες, πορφυρίτες, συμπαγείς και κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι. β) σε δάπεδα μεσαίας κυκλοφορίας (τράπεζες, εμπορικά κέντρα γραφεία, εκκλησίες, συνεδρικά κέντρα κ.λ.π.) για τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα ασβεστιτικά μάρμαρα. γ) σε δάπεδα μικρής κυκλοφορίας (σπίτια και διαμερίσματα) στα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πετρώματα με μικρή σχετικά αντοχή στη φθορά από τριβή. Στη χρήση ενός πετρώματος για κλίμακες, η αντοχή στη φθορά από τριβή παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην επιλογή του μαρμάρου για τα πατήματα, ενώ αντίθετα για τα ρίχτια, που δεν υποβάλλονται σε αυτή τη καταπόνηση, μπορούν να επιλεγούν μάρμαρα από ένα μεγάλο αριθμό ειδών και ποιοτήτων. Η αντοχή σε φθορά από τριβή μετρήθηκε σύμφωνα με το πρότυπο DIN-52108 και έχει μέση τιμή 2,50 mm, ελάχιστη 2,19 mm και μέγιστη 2,74 mm.

2. Αντοχή στην κρούση

Η δοκιμή αυτή εκφράζει την αντοχή των πετρωμάτων στην θραύση και γενικότερα σε θφορές που υφίστανται από ελεύθερη πτώση αντικειμένων. Με τη δοκιμή αυτή ορίζεται το ελάχιστο ύψος σε cm, από το οποίο πρέπει να πέσει μια σφαίρα 1 kgf πάνω σε πλάκα διαστάσεων 20x20x3 cm, που είναι τοποθετημένη σε στρώμα άμμου πάχους 10 cm, ώστε να καθοριστεί η αντίσταση της. Είναι σημαντική ιδιότητα για την αξιολόγηση των μαρμάρων για χρήση τους σε δαπεδοστρώσεις, ιδιαίτερα σε χώρους όπου υπάρχει πιθανότητα συχνών βαρέων αντικειμένων (κουζίνες, μαγειρία, εργαστήρια κ.λ.π.). Οι τιμές των μαρμάρων έχουν μέση τιμή 45 cm, ελάχιστη 41 cm και μέγιστη 49 cm. Όπου σε μέτρα μετράμε το ελάχιστο ύψος πτώσης.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η αντοχή στη φθορά από τριβή, η αντοχή στην κάμψη και η αντοχή στην κρούση είναι σχεδόν ίδιες, τόσο για τα δολομιτικά όσο και για τα ασβεστιτικά μάρμαρα (Βουγιούκας κ.α. 2001β).

3. Αντοχή στην επίδραση αραιών διαλυμάτων οξέων

Η δοκιμασία αυτή πραγματοποιείται σε διακοσμητικά πετρώματα που χρησιμοποιούνται για εξωτερικές επενδύσεις και είναι χρήσιμη στη σημερινή εποχή, ιδιαίτερα στις βιομηχανικές πόλεις όπου η μόλυνση προκαλεί εκτεταμένες φθορές στα μάρμαρα. Δοκιμάζεται η αντοχή του μαρμάρου σε αραιό διάλυμα H_2SO_4 , το οποίο σαν κυριότερο συστατικό της «όξινης βροχής» είναι ο σημαντικότερος παράγοντας καταστροφής των μαρμάρων. Πάντως η δοκιμασία αυτή, δεν μπορεί να εκφράσει απόλυτα την αντοχή του πετρώματος στη χημική διάβρωση, γιατί όπως αποδείχτηκε στην περίπτωση των μαρμάρων της Ακρόπολης, κυριότερη αιτία καταστροφής τους ήταν η θείωσή τους, η μετατροπή δηλαδή του ανθρακικού ασβεστίου σε γύψο.

4. Συντελεστής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής εκφράζει την επιμήκυνση σε mm ανά τρέχον μέτρο μαρμάρου, από την αύξηση της θερμοκρασίας κατά $1^\circ C$. Στην πράξη, τα μάρμαρα υποφέρουν περισσότερο από τις ημερήσιες θερμοκρασιακές μεταβολές, παρά από παγετό. Αυτό γιατί αφενός μεν, όταν οι συντελεστές θερμικής διαστολής μαρμάρου και ασβεστοκονιάματος διαφέρουν πολύ, μπορεί να έχουμε αποκόλληση, αφετέρου δε, εάν δεν υπάρχουν αρμοί μεταξύ των πλακών, η πλάκα διαστελλόμενη κάμπτεται προς τα έξω και επίσης αποκολλάται. Η γνώση επομένως της ιδιότητας αυτής είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν το μάρμαρο χρησιμοποιείται σε χώρες με έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές και σε εξωτερικούς χώρους, αν και σήμερα το πρόβλημα των πλακών γίνεται πολύ μικρότερο με τη χρήση ειδικών κονιαμάτων και συγκολλητικών ουσιών.

5. Μικροσκληρότητα Knoop

Η ιδιότητα αυτή εξετάζεται για να δώσει απάντηση στην αδυναμία μέτρησης της σκληρότητας με τις γνωστές κλίμακες (Mosh, Rosiwal, Vickers, Erplers) και μας δίνει μια εικόνα της συμπεριφοράς του υλικού σε υποχιλιοστομετρική κλίμακα. Μαζί δε με την ορυκτολογική σύσταση και τον πετρογραφικό προσδιορισμό του πετρώματος, μας παρέχει στοιχεία για τη συμπεριφορά του μαρμάρου στη φθορά, την επεξεργασία κ.λ.π., κατά τη χρήση του σε εσωτερικές και εξωτερικές δαπεδοστρώσεις και σε κλίμακες. Εξάλλου, δύο ακόμη σημεία είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την εφαρμογή των διακοσμητικών πετρωμάτων στις κατασκευές. Το πρώτο είναι ότι η καταλληλότητα ενός μαρμάρου για μια κατασκευή δεν κρίνεται ποτέ από μια μόνο ιδιότητα του, αλλά από συνδυασμό και ερμηνεία πολλών ιδιοτήτων, γι' αυτό και είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε όλες τις φυσικοχημικές ιδιότητες κάθε διακοσμητικού πετρώματος. Επιπλέον, μια σειρά από χαρακτηριστικά των πετρωμάτων (π.χ. η αντοχή του χρώματος στο χρόνο), δεν είναι δυνατό να μετρηθούν με κάποιες δοκιμές και γι αυτό η καταλληλότητα ενός μαρμάρου θα πρέπει να κρίνεται και με βάση παρατηρήσεις για τη συμπεριφορά του στις διάφορες κατασκευές από τα προηγούμενα χρόνια μέχρι σήμερα. Το δεύτερο από τη μέχρι σήμερα εμπειρία στην έρευνα των «μαρμάρων», είναι ότι δεν υπάρχει «άχρηστο» μάρμαρο. Κάθε «μάρμαρο» έχει τη δυνατότητα, με βάση κυρίως τις φυσικομηχανικές του ιδιότητες, να χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες από τις κατασκευές. Θεωρείται όμως ότι είναι

ΤΑ ΜΑΡΜΑΡΑ ΤΟΥ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ

3.1 Ποιοτικοί εμπορικοί τύποι μαρμάρων

Στην εγχώρια και τη διεθνή αγορά κυκλοφορούν περισσότεροι από 40 εμπορικοί τύποι μαρμάρων της Α. Μακεδονίας. Συχνά, οι ονομασίες των εμπορικών τύπων δεν ταυτίζονται με τους ποιοτικούς τύπους, καθώς οι πρώτοι διαμορφώνονται από τις εμπορικές επιχειρήσεις, ενώ οι δεύτεροι με βάση αντικειμενικούς επιστημονικούς προσδιορισμούς. Εδώ προσπαθούμε να περιγράψουμε όλους τους ποιοτικούς και εμπορικούς τύπους, τις διαμορφούμενες τιμές στην αγορά, τις παραγωγές και τα αποθέματα, εκεί όπου υπάρχουν στοιχεία. Πρωτεύουσα θέση στην εμπορικότητα κατέχουν τα δολομιτικά μάρμαρα, ακολουθούν τα ασβεστιτικά με μεγάλη διαφορά στην εμπορικότητα, ενώ τα σιπολινικά έχουν μικρή εμπορική αξία.

3.1.1 Δολομιτικά μάρμαρα

Με βάση τους χρωματισμούς, την κοκκομετρία και ορισμένες τεκτονικές δομές, διαμορφώνεται μία μεγάλη ποικιλία εμπορικών τύπων δολομιτικών μαρμάρων. Στη διεθνή και εγχώρια αγορά, εξέχουσα θέση καταλαμβάνουν τα χιονόλευκα της Θάσου, τα γαλακτόχρωα του Φαλακρού, καθώς επίσης και τα λευκά της Θάσου.

Χιονόλευκα Θάσου

Πρόκειται για υπερχονδρόκοκκα μάρμαρα χιονόλευκου χρώματος που αποτελούνται κατά 95% από δολομίτη και 5% από ασβεσίτη. Εμφανίζονται στις περιοχές Μούργενα και Σαλιάρη στη ΒΑ Θάσο καλύπτοντας ~20Km² επιφανειακή έκταση. Παρά το γεγονός ότι τα χιονόλευκα μάρμαρα της Θάσου καλύπτουν σχετικά μεγάλη έκταση και έχουν σταθερά ορυκτολογικά και αισθητικά χαρακτηριστικά, οι παραγωγές είναι μικρές καθώς λόγω της έντονης τεκτονικής διάρρηξης στην περιοχή, τα ποσοστά αποληψιμότητας είναι χαμηλά (7-8%). Στην περιοχή υπάρχουν 25 λατομεία από τα οποία λειτουργούν μόνο τα 10, με ετήσια παραγωγή σε ογκομάρα 35.000 m³ περίπου, η οποία μειώνεται συνεχώς κυρίως λόγω τεκτονικών προβλημάτων του πετρώματος. Η συνολική παραγωγή ξεπερνάει τα 850.000 m³. Η τιμή των ακατέργαστων ογκομαρμάρων διαμορφώνεται σήμερα στα 1000-1600 €/m³, από τις υψηλότερες στο εγχώριο και διεθνές εμπόριο.



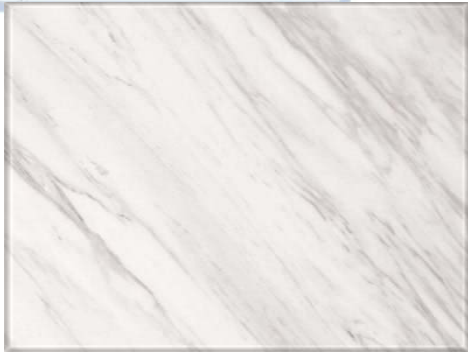
Λευκά Θάσου

Εμφανίζονται στις περιοχές Λιμένα, τριών Γκρεμών και Παναγίας. Αν και χαμηλότερης εμπορικής αξίας (800-1.350 €/m³), αποτελούν την εναλλακτική λύση στα περιορισμένα αποθέματα των χιονόλευκων μαρμάρων. Είναι χονδρόκοκκα έως υπερchonδρόκοκκα και αποτελούνται και αυτά από δολομίτη (95%) και ασβεστίτη (5%). Έχουν χρώμα λευκό, με υπόλευκες νησίδες ή ταινίες. Από τα 9 λατομεία σήμερα λειτουργούν τα 3, με ετήσια παραγωγή 25.000 m³ περίπου. Το σύνολο της παραγωγής μέχρι σήμερα αγγίζει τα 400.000 m³.



Δολομιτικά Γρανίτη – Βώλακα

Στις περιοχές Γρανίτη και Βώλακα Δράμας διαμορφώνονται 12 εμπορικοί τύποι δολομιτικών μαρμάρων, κυρίως ανάλογα με τους χρωματισμούς και ορισμένες τεκτονικές δομές οι οποίες διαφοροποιούν τα χαρακτηριστικά του πετρώματος (Χατζηπαναγής & Βουγιούκας 2004). Το πέτρωμα στην πλειοψηφία του αποτελείται από δολομίτη (92 - 99%) και μικρά ποσοστά ασβεστίτη (1-8%) με μορφή διάσπαρτων κόκκων ανάμεσα στους κρυστάλλους του δολομίτη. Πολύ συχνά το ασβεστιτικό υλικό αναπτύσσεται με μορφή λεπτότατων (1 - 3 cm) ταινιών ή πάγκων πάχους μέχρι 40 cm. Από τα 50 λατομεία που υπάρχουν στην περιοχή εξορύχτηκαν περισσότερα από 500.000 m³ ογκομάρα. Η ετήσια παραγωγή στα 16 λειτουργούντα λατομεία είναι της τάξης των 40.000 m³. Οι τιμές για το μεν Άριστο κυμαίνονται μεταξύ 800 €/m³ και 1.500 €/m³, των ποικιλόχρωμων ριγωτών και ταινιωτών μεταξύ 300 €/m³ και 800 €/m³ και των σκουρόχρωμων ριγωτών μεταξύ 200 €/m³ και 500 €/m³ (Βουγιούκας & Χατζηπαναγής 2001).



Άριστο Γρανίτη

Πρόκειται για λεπτόκοκκο πέτρωμα με ισοκοκκώδη γρανοβλαστικό πολυγωνικό ιστό και συμπαγή υφή, που αποτελείται κατά 99% από δολομίτη και ~1% από ασβεσίτη (Χατζηπαναγής κ.ά., 2000). Οι βλάστες του δολομίτη έχουν μέγεθος μεταξύ 0,06 mm και 0,2 mm (Χατζηπαναγής κ.ά., 2000). Λόγω της υψηλής καθαρότητας το πέτρωμα παρουσιάζει χρώμα λευκό, γαλακτώδες. Το μεγαλύτερο ποσοστό του Άριστο εξορύσσεται μόνο σε ένα λατομείο στην περιοχή Γρανίτη, όπου το πάχος του λευκού δολομιτικού πετρώματος είναι περίπου 40 m. Σήμερα, η ετήσια παραγωγή πλησιάζει τα 1000 m³ σε ογκομάρμαρα, ενώ τα αποθέματα είναι δύσκολο να υπολογιστούν. Ποιότητες Άριστο εξορύσσονται και σε άλλα λατομεία, μετά από κατάλληλη κοπή λεπτών (0,5-2 m) οριζόντων αμιγούς λευκού δολομιτικού πετρώματος, το οποίο εναλλάσσεται με έγχρωμο υλικό (Βουγιούκας & Χατζηπαναγής 2001).



Λευκό Γρανίτη – Λευκό Βώλακα – Λευκό Μακεδονία

Παρά την επωνυμία του «λευκό», ουσιαστικά το πέτρωμα είναι ποικιλόχρωμο, καθώς αποτελείται από λεπτόκοκκο λευκό δολομιτικό υλικό, τύπου Άριστο, με παρεμβολές λεπτών (0,3-3 mm) αλλεπάλληλων ταινιών ερυθρωπού χρώματος, αποτελούμενες και αυτές από υπερλεπτόκοκκο δολομίτη (βλαστομυλωνίτης) και διάσπαρτους κρυστάλλους οξειδίων – υδροξειδίων του σιδήρου (Χατζηπαναγής & Βουγιούκας 2004). Οι τρεις εμπορικοί τύποι διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους.



Κύκνος – Ωμέγα – Κάλιστο

Πρόκειται για ρυθμικές εναλλαγές τεφρόχρωμων ασβεστιτικών μαρμάρων υπό μορφή ταινιών, πάχους 3-10 cm, με λευκό δολομιτικό υλικό. Η διαφορά μεταξύ των τριών εμπορικών τύπων είναι κυρίως η μορφή και η συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι τεφρές ταινίες (Χατζηπαναγής & Βουγιούκας 2004).

Αθηνά – Ωρίων

Παρουσιάζουν ποικιλόχρωμη εμφάνιση, καθώς αποτελούνται από τεφρόχρωμες ασβεστιτικές ταινίες, οι οποίες εναλλάσσονται τόσο με λεπτότατες (0,2-1mm) ερυθρωπές ταινίες δολομίτη όσο και με λεπτόκοκκο λευκό δολομιτικό υλικό, δίνοντας στο πέτρωμα μια ποικιλόχρωμη αισθητική, τελείως διαφορετική από τους προηγούμενους εμπορικούς τύπους.



Venus

Αποτελούν παραμορφωμένα ισοδύναμα των ποιοτικών τύπων Αθηνά και Ωρίων, καθώς στο πέτρωμα αποτυπώνονται πλήθος ισοκλινών, τύπου chevron και πτυγματικές πτυχές, διαφοροποιώντας αισθητά τη μορφή του πετρώματος.



Αμβροσία

Χαρακτηρίζεται από ζώνες μυλωνιτίωσης, όπου η έντονη τεκτονική παραμόρφωση δημιούργησε πτύχωση και αποκοπή λόγω περιστροφής και ολίσθησης των λευοκρατικών και των έγχρωμων δολομιτικών οριζόντων, σε βαθμό που το πέτρωμα να μοιάζει με παραμορφωμένο κροκαλοπαγές. Αποτελεί ιδιάζοντα εμπορικό τύπο, εξορύσσεται σε τρία μόνο λατομεία της περιοχής Γρανίτη – Βώλακα, με περιορισμένη παραγωγή, καθώς οι ζώνες αυτές έχουν μικρό πάχος (3-4 m).



Λαμπρός Αστέρας

Πρόκειται για ρυθμικά εναλλασσόμενες ταινίες σκουρόχρωμου και λευοκρατικού υλικού. Οι σκούρες ταινίες που αποτελούνται άλλοτε από ασβεστίτη και άλλοτε από δολομίτη, περιέχουν σημαντικό ποσοστό (1-2%) μικροκρυσταλλικού γρανίτη, στην παρουσία του οποίου οφείλεται το σκούρο χρώμα τους.

Δολομιτικά μάρμαρα Πηγών Δράμας

Εμφανίζονται υπό μορφή φακών, ποικίλων διαστάσεων οι οποίοι βρίσκονται εγκλωβισμένοι, κυρίως τεκτονικά μέσα στη σειρά των σιπολινικών μαρμάρων. Πρόκειται για λεπτόκοκκο δολομιτικό πέτρωμα με κατά θέσεις υψηλή περιεκτικότητα (2-3%) γραφίτη και διάσπαρτα τεφρά «συννεφάκια» που αποτελούνται από συσσωματώματα ασβεστιτικού υλικού, καθώς επίσης και ερυθρωπές ή ροζ αποχρώσεις οφειλόμενες στην παρουσία οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου. Διακρίνονται δύο σκουρόχρωμοι εμπορικοί τύποι (Grey Lais, Alexander) και δύο ποικιλόχρωμοι (Dolit, Pink Lais). Στην περιοχή

υπάρχουν 15 λατομεία, από τα οποία λειτουργούν μόνο τα 3. Εξορύχθηκαν μέχρι σήμερα περίπου 100.000 m³ ογκομάρα, ενώ τα αποθέματα είναι πολύ περιορισμένα, λόγω των μικρών διαστάσεων που παρουσιάζουν τα δολομιτικά σώματα. Ο μέσος όρος των τιμών κυμαίνεται μεταξύ 120 €/m³ και 600 €/m³.



Λευκό Πύργων

Πρόκειται για λεπτόκοκκο δολομιτικό μάρμαρο λευκού χρώματος με σποραδικές παρεμβολές τεφρών νησίδων ασβεστιτικού μαρμάρου (Βουγιούκας κ.α. 2001β). εμφανίζεται στην περιοχή Πύργων Δράμας, στις νότιες παρυφές του όρους Φαλακρού. Η συστηματική εκμετάλλευση στην περιοχή άρχισε πρόσφατα με τρία λατομεία και ετήσια παραγωγή ~4.000 m³ σε ογκομάρα. Τα αποθέματα δεν είναι γνωστά, αλλά εκτιμάται ότι είναι αρκετές δεκάδες χιλιάδες m³. Η εμπορική αξία του εξορυσσόμενου υλικού κυμαίνεται μεταξύ 400 €/m³ και 750 €/m³.



Λευκό Νικήσιανης (AJAX)

Αποτελείται από λεπτόκοκκο δολομιτικό μάρμαρο λευκού χρώματος με παρεμβολές ερυθρωπών ταινιών υπερλεπτόκοκκου δολομίτη και τεφρές ταινίες ασβεστιτικού υλικού. Το ποσοστό του ασβεστίτη στο πέτρωμα φθάνει μέχρι 15%. Το πέτρωμα είναι έντονα παραμορφωμένο με δομές bounding και πτυγματικές πτυχές. Ο συγκεκριμένος εμπορικός τύπος τη δεκαετία '80 ήταν προϊόν υψηλής προστιθέμενης αξίας, με τιμές που έφθαναν τα 1.200 €/m³ και αποτελούσε διεθνή αποκλειστικότητα. Στα δύο λατομεία που λειτούργησαν επί σειρά ετών, στη θέση Πόρτες Νικήσιανης Καβάλας, εξορύχθηκαν περισσότερα από 200.000 m³ ογκομάρα. Τα αποθέματα που απέμειναν είναι ελάχιστα.



Κιτρινόλευκο Πλατανότοπου (GOLDEN SPIDER)

Είναι ένα λεπτόκοκκο δολομιτικό μάρμαρο λευκού χρώματος με παρουσία αραχνοειδούς δικτύου διακλάσεων και ρωγματώσεων, πληρωμένων με οξειδία και υδροξειδία του σιδήρου ερυθροκίτρινου χρώματος. Οι τεκτονικές ασυνέχειες άλλοτε είναι συγκολλημένες και άλλοτε όχι, καθώς το πέτρωμα είναι έντονα καταπονημένο. Για την ενίσχυση και διατήρηση της συνοχής του πετρώματος χρησιμοποιούνται τεχνητά μέσα (υαλόπλεγμα) στην οπίσθια πλευρά των πλακών. Στην περιοχή Πλατανότοπου Καβάλας υπάρχει ένα λατομείο σε λειτουργία και το υλικό αποτελεί παγκόσμια αποκλειστικότητα, με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 1.500 €/m³ και 1.700 €/m³. Η μέχρι σήμερα παραγωγή ήταν 25.000 m³, ενώ η ετήσια παραγωγή είναι γύρω στα 2.000 m³.



Λευκά Λεκάνης

Εμφανίζονται στις περιοχές Ελαφοχωρίου, Μακρυχωρίου, Στενωπού, Κεχροκάμπου και Ιμέρων, των ορέων Λεκάνης και καλύπτουν συνολική έκταση 20 km² (Βουγιούκας κ.ά. 2001α). Το πέτρωμα αποτελείται από λευκές ταινίες υπερλεπτόκοκκου (0,01-0,1 mm) δολομιτικού υλικού, οι οποίες εναλλάσσονται με υπόλευκες ταινίες μεσόκοκκου (0,2-0,4 mm) ασβεστιτικού υλικού. Συχνά, στις δολομιτικές ταινίες εμφανίζονται φυλλώδη ορυκτά και χαλαζίας, ενώ τα δίκτυα διακλάσεων και ρωγματώσεων πληρώνονται με δευτερογενή ασβεστίτη και μεταλλικά ορυκτά του Fe και του Mn. Στα 4 ανενεργά λατομεία της περιοχής Μακροχωρίου, εξορύχθηκαν, στο παρελθόν, μικρές ποσότητες ογκομαρμάρων,

καθώς το πέτρωμα είναι έντονα τεκτονισμένο, σε βαθμό τέτοιο ώστε κατά θέσεις να εμφανίζεται σαν τεκτονικό σύντριμμα.

3.1.2 Ασβεστιτικά μάρμαρα

Αντίστοιχα με τα δολομιτικά μάρμαρα έτσι και τα ασβεστιτικά μάρμαρα της Α. Μακεδονίας εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία εμπορικών τύπων, οι οποίοι διαμορφώνονται, κυρίως με βάση τον χρωματισμό και την κοκκομετρία τους. Οι πιο αξιόλογοι εμπορικοί τύποι είναι τα λευκά Λημνιάς, τα λευκά Κεχροκάμπου και η Κρυσταλλίνα της Θάσου. Μικρότερης εμπορικής αξίας είναι τα ημίλευκα, τα ταινιωτά ή ριγωτά και τα τεφρόχρωα των περιοχών του Αν. Φαλακρού και των ορέων Λεκάνης.

Λευκά Λημνιάς

Εμφανίζονται στην περιοχή Λημνιάς – Βουνοχωρίου Καβάλας. Πρόκειται για μεσόκοκκα ασβεστιτικά μάρμαρα λευκού χρώματος τα οποία παρεμβάλλονται μεταξύ σκουρόχρωμων ή και ταινιωτών μαρμάρων, με τη μορφή ενός ορίζοντα πάχους ~12 m και συνολικού μήκους 4 km, με οριζόντιες διακοπές. Το περιορισμένο πάχος του πετρώματος και οι συχνές διακοπές, περιόρισαν τη δυνατότητα εξόρυξης μεγάλων ποσοτήτων ογκομαρμάρων. Όμως, εξαιτίας της υψηλής εμπορικής αξίας του υλικού, διανοίχτηκαν 15 μεγάλα και τουλάχιστον 30 μικρά λατομεία, από όπου εξορύχθηκαν συνολικά 80.000 m³ ογκομάρμαρα. Σήμερα λειτουργούν μόνο 2 με πολύ μικρή παραγωγή. Οι τιμές που διαμορφώνονται στην αγορά είναι γύρω στα 1.100 €/m³.



Λευκά Κεχροκάμπου

Εμφανίζονται ΝΝΑ του Κεχροκάμπου και αποτελούν μία δέσμη λεπτόκοκκων ασβεστιτικών μαρμάρων λευκού – υπόλευκου χρώματος, με λεπτές ενστρώσεις δολομιτικών μαρμάρων (Βουγιούκας κ.ά. 2001α). Η λατομική δραστηριότητα στην περιοχή είναι πρόσφατη με 10 λατομεία. Η ετήσια παραγωγή, στα 3 λατομεία που λειτουργούν είναι της τάξης των 9000 m³. Η τιμή του υλικού είναι ~ 800 €/m³. Η συνολική παραγωγή εγγίζει τα 100.000 m³ ογκομάρμαρα.

Ημίλευκη κρυσταλλίνα Θάσου

Εξορύσσεται στην περιοχή Μαριών Θάσου έχει υπόλευκο χρώμα και αποτελείται κατά 97% από λεπτόκοκκο ασβεστίτη, ενώ στην περιοχή Θεολόγου έχει χρώμα υπόλευκο-τεφρό και είναι χονδρόκοκκο (Βουγιούκας κ.ά. 2001β). Από τα 35

Λατομεία σήμερα λειτουργούν 3 με ετήσια παραγωγή ~8.500 m³ ογκομάρμαρα, ενώ η συνολική παραγωγή ξεπερνά τις 80.000 m³ σε ογκομάρμαρα. Η τιμή του πετρώματος κυμαίνεται μεταξύ 250 €/m³ και 450 €/m³.



Απο τον Θεολόγο.

Τεφρόχρωμη κρυσταλλίνα Χαλκερού.

Πρόκειται για χονδρόκοκκο ασβεστιτικό μάρμαρο τεφρού χρώματος με αραιές σκουρόχρωμες νησίδες που αποτελούνται και αυτές από ασβεστίτη. Η ορυκτολογική σύσταση του πετρώματος είναι: ασβεστίτης (96%), δολομίτης (2%), χαλαζίας (2%). Από το μοναδικό λατομείο που λειτουργεί στο Χαλκερό Καβάλας, εξορύχθηκαν μέχρι σήμερα 130.000 m³ ογκομάρμαρα, με ετήσια παραγωγή 7.500 m³. Οι τιμές που διαμορφώνονται είναι ανάλογες με την κρυσταλλίνα Θάσου.

Ημίλευκα Ανατολικού Φαλακρού

Παρουσιάζουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση στην ανατολική πλευρά του όρους Φαλακρού, μεταξύ Ξηροποτάμου, Βαθύλακκου, Δενδρακίων, Μακρυπλαγίου και Μοναστηρακίου Δράμας. Πρόκειται για ρυθμικά επαναλαμβανόμενους ορίζοντες, πάχους 4-5 m, στη λιθοστρωματογραφική ακολουθία των ασβεστιτικών μαρμάρων και αποτελούνται από μεσόκοκκο έως, κατά θέσεις χονδρόκοκκο ασβεστιτικό μάρμαρο, τεφρόλευκου χρώματος με διάσπαρτες σκουρόχρωμες νησίδες ή «πιτσιλιές» οι οποίες αποτελούνται από ασβεστίτη και υπερλεπτόκοκκο γραφίτη. Είναι ο παλαιότερος ποιοτικός – εμπορικός τύπος που εξορύσσονταν στην περιοχή. Υπάρχουν περισσότερα από 250 λατομεία, από τα οποία σήμερα λειτουργούν μόνο 8 με ετήσια παραγωγή 11.500 m³ ογκομάρμαρα. Η τιμή του υλικού είναι πολύ χαμηλή (250-400 €/m³). Η συνολική παραγωγή σε ογκομάρμαρα είναι της τάξης των 350.000 m³.

Ημίλευκα ριγωτά Στενωπού

Είναι λευκά έως ημίλευκα, λεπτόκοκκα έως μεσόκοκκα ασβεστιτικά μάρμαρα, τα οποία εναλλάσσονται με τεφρές λεπτότατες ταινίες (ρίγες) πάχους 0,5-1 cm. Εμφανίζονται στις περιοχές Στενωπού, Δύσβατου και Ελαφοχωρίου των ορέων Λεκάνης. Από τα 30 λατομεία της περιοχής, σήμερα λειτουργούν μόνο τα 11 με ετήσια παραγωγή 55.000 m³. Τα μέχρι σήμερα εξορυχθέντα ογκομάρμαρα είναι της τάξης των 900.000 m³, ενώ τα αποθέματα, παρά το γεγονός ότι δεν

υπάρχουν συγκεντρωτικά στοιχεία, εκτιμάται ότι είναι πολλαπλάσια. Οι τιμές διαμορφώνονται μεταξύ 100 €/m³ και 450 €/m³.



Τεφρόλευκα ταινιωτά Αγ. Κοσμά

Πρόκειται για τεφρόχρες ταινίες ασβεστιτικού υλικού, με υπόλευκες τεφρόχρωμες ταινίες αποτελούμενες επίσης από ασβεσίτη. Από τα 39 υπάρχοντα λατομεία στην περιοχή του Αγ. Κοσμά, σήμερα λειτουργούν μόνο τα 7 με ετήσια παραγωγή σε ογκομάρμαρα ~26.000 m³. Οι τιμές αυτού του υλικού κυμαίνονται μεταξύ 100 €/m³ και 350 €/m³. Μέχρι σήμερα εξορύχθηκαν περισσότερα από 350.000 m³ ογκομάρμαρα.

3.1.3 Σιπολινικά μάρμαρα

Σήμερα, είναι τα μάρμαρα με τη χαμηλότερη εμπορική αξία, καθώς είναι κατά κανόνα σκουρόχρωμα ή ποικιλόχρωμα και παρουσιάζουν προβλήματα στην κοπή, λείανση και στίλβωση, λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε φυλλώδη ορυκτά και χαλαζία. Παλαιότερα, στη δεκαετία '70, γινόταν εκμετάλλευση των σκουρόχρωμων-ταινιωτών μαρμάρων του Πανοράματος με 2 λατομεία, των τεφρόχρωων Βαθύλακκου-Ταξιάρχων, με 30 λατομεία, από τα οποία εξορύχθηκαν ~70.000 m³ ογκομάρμαρα, των τεφρών Ροδολίβους με 1 λατομείο στην περιοχή Ν.Φυλής και αργότερα, τη δεκαετία '80, των ποικιλόχρωμων Σιπολινών Βουνοχωρίου, με 1 λατομείο. Σήμερα, το μοναδικό σιπολινικό μάρμαρο που εξορύσσεται στην περιοχή είναι το Πράσινο Ξηροποτάμου (GREENSTAR), με 2 λατομεία στον Ξηροπόταμο. Πρόκειται για ένα αδρόκοκκο ασβεστιτικό μάρμαρο τεφρού χρώματος με πράσινα συσσωματώματα ή ταινίες οι οποίες αποτελούνται κυρίως από φλογοπίτη, ασβεστιούχο σκαπόλιθο, χαλαζία, αστρίους και φθορίτη. Τα αποθέματα είναι περιορισμένα, ενώ η τιμή του φτάνει τα 1.000 €/m³.

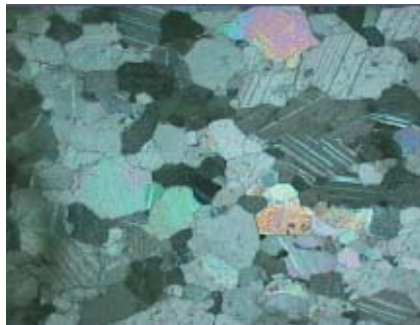
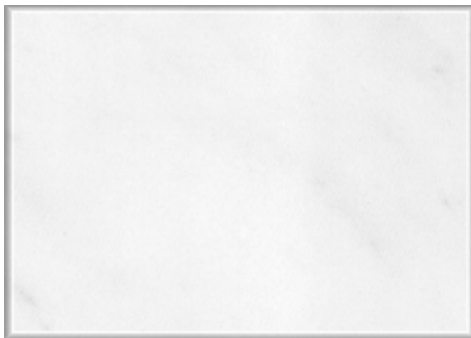
3.2 Εμπορικά χαρακτηριστικά των διακοσμητικών πετρωμάτων

Η εμπορική αξία κάθε διακοσμητικού πετρώματος συνδέεται στενά με τους εξής παράγοντες:

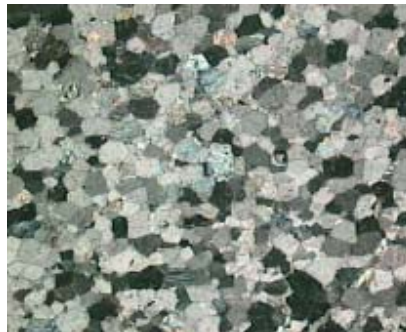
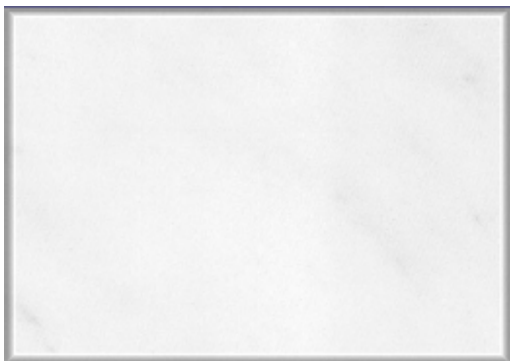
- Αισθητικά χαρακτηριστικά: χρώμα, σχέδιο, κοκομετρία
- Τεχνικά χαρακτηριστικά: πετρογραφία, ορυκτολογική σύσταση, χημική σύσταση, χημική σύσταση, φυσικο-μηχανικές ιδιότητες.

- Διαθεσιμότητα: σταθερότητα αισθητικών χαρακτηριστικών, διαθέσιμοι όγκοι, χαρακτηριστικά του ακατέργαστου προϊόντος και χρόνος παράδοσης του τελικού προϊόντος.

Στα αισθητικά χαρακτηριστικά των διακοσμητικών πετρωμάτων είναι σημαντικό όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το χρώμα, το σχέδιο και η κοκκομετρία. Το χρώμα ενός πετρώματος είναι ο βασικότερος συντελεστής στην πιθανή εμπορευματοποίησή του και εξαρτάται άμεσα από το χρώμα των ορυκτολογικών συστατικών του. Έτσι έχουμε τα *μονοχρωματικά* (που αποτελούνται από το ίδιο ορυκτό ή από λίγα ορυκτά του ίδιου χρώματος) και τα *πολυχρωματικά* (αποτελούνται από την ένωση διαφορετικών ορυκτών και διαφορετικού χρώματος) πετρώματα. Έπειτα το σχέδιο, δηλαδή η εμπορική απεικόνιση ενός διακοσμητικού πετρώματος, είναι επίσης βασικός συντελεστής στην πιθανή εμπορευματοποίησή του και εξαρτάται από την υφή, τον ιστό, τις διαστάσεις και το σχήμα των ορυκτολογικών συστατικών του. Έχουμε επομένως διακοσμητικά πετρώματα με σχέδιο ομοιογενές, φλεβικό, νεφελώδες, προσανατολισμένο, λατυποπαγές κ.α. Η κοκκομετρία είναι ο τελευταίος παράγοντας στην εμπορευματοποίηση ενός πετρώματος, ενώ επηρεάζει σημαντικά τις τεχνικές του ιδιότητες. Εμφανίζονται έτσι λεπτοκρυσταλλικά, μεσοκρυσταλλικά και αδροκρυσταλλικά διακοσμητικά πετρώματα. Έτσι έχουμε μάρμαρα τα οποία αποτελούνται:



Λευκό μάρμαρο: Ασβεστίτης δολομίτης



Λευκό μάρμαρο: Δολομίτης ασβεστίτης

Έτσι το λευκό χρώμα στα δολομιτικά μάρμαρα του φαλακρού οφείλεται στην ορυκτολογική τους σύσταση δηλαδή στην παρουσία υπερλεπτόκοκκου δολομίτη, με διαστάσεις κυρίως από 0,05mm έως 0.2mm. Ενώ τα τεφρά συσσωματώματα οφείλουν τον χρωματισμό τους στην κοκκομετρική διαφοροποίηση με παρουσία ευμεγεθών κρυστάλλων ασβεστίτη και στην υπόλοιπη λευκή δολομιτική μάζα, παρουσιάζουν μικρότερες διαστάσεις που κυμαίνονται από 0,01mm έως 0,05mm. Τέλος οι χρωματισμοί στις ταινίες είναι:

- Ανοιχτότεφρες, οφείλονται από την κοκκομετρική τους διαφοροποίηση του υπερλεπτόκοκκου δολομιτικού υλικού (0,01mm-0,05mm) αλλά και στην επιμήκυνση των κρυστάλλων του.
- Σκουρότεφρες, οφείλονται στην παρουσία λεπτοκρυσταλλικού γραφίτη.
- Ερυθρωπή απόχρωση, οφείλεται στην παρουσία οξειδίων-υδροξειδίων του σιδήρου.

Χρωματισμός

Η αισθητική εμφάνιση και το χρώμα αποτελούν κυρίαρχο στοιχείο της ποιότητας των μαρμάρων. Τα «καθαρά» μάρμαρα είναι συνήθως λευκά, καθώς ο καθαρός ασβεστίτης είναι λευκός, αλλά ορυκτές προσμίξεις προσθέτουν χρώμα σε τυχαία πρότυπα. Ανάλογα με το είδος και το ποσοστό των περιεχόμενων μη ανθρακικών ορυκτών, τα μάρμαρα εμφανίζουν διάφορους χρωματισμούς. Τα συνήθη χρώματα των μαρμάρων της Αν. Μακεδονίας είναι: χιονόλευκα, γαλακτόχρα, λευκά, ημίλευκα, τεφρόλευκα ταινιωτά ή ριγωτά, σκουρόχρωμα ταινιωτά, τεφρόχρωμα, ενώ λιγότερο συχνά εμφανίζονται ποικιλόχρωμα. Γενικά, τα λευκά μάρμαρα στην περιοχή έχουν δολομιτική σύσταση, τα ημίλευκα, τεφρόχρωμα και σκουρόχρωμα είναι ασβεστιτικά, ενώ τα σιπολινικά παρουσιάζουν ποικιλίες χρωμάτων. Τα χιονόλευκα μάρμαρα αποτελούν αποκλειστικότητα ορισμένων δολομιτικών μαρμάρων της ΒΑ Θάσου. Το χαρακτηριστικό χρώμα τους οφείλεται στην ανάκλαση του φωτός σε επιφάνειες ασυνέχειας, οι οποίες βρίσκονται σε βαθύτερα σημεία στη μάζα του μαρμάρου (Τσιραμπίδης 2000). Τα γαλακτόχρα μάρμαρα χαρακτηρίζουν τα δολομιτικά της περιοχής Φαλακρού, όπου αυτά εμφανίζονται «καθαρά». Το χρώμα τους οφείλεται στην αδιαφάνεια του λευκού μαρμάρου (Τσιραμπίδης 2000). Τα ασβεστιτικά μάρμαρα εμφανίζονται από λευκά έως σκουρόχρωμα, με όλες τις ενδιάμεσες δυνατές αποχρώσεις ανάλογα με το περιεχόμενο ποσοστό γραφίτη στο πέτρωμα (Χατζηπαναγής 1991). Οι ερυθρωπές ταινίες που παρουσιάζονται σε ορισμένους εμπορικούς τύπους της περιοχής Γρανίτη – Βώλακα, οφείλουν το χρωματισμό τους στην παρουσία οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου τα οποία εμποτίζουν το υπερλεπτόκοκκο (μυλωνίτης) δολομιτικό υλικό (Χατζηπαναγής & Βουγιούκας 2004). Για παράδειγμα ο αιματίτης προσθέτει το κόκκινο χρώμα. Τέλος, η ποικιλοχρωμία των σιπολινικών μαρμάρων οφείλεται στην παρουσία ορυκτών όπως: μοσχοβίτης, φλογοπτίτης, χλωρίτης, τρεμολίτης, γραφίτης, χαλαζίας και μεταλλικά ορυκτά.

Πίνακας 3.1. Κύρια ορυκτά και χρώματα που δίνουν.

Κύρια ορυκτολογικά συστατικά	Κυρίαρχο χρώμα πετρώματος
Χαλαζίας - λευκό ορθόκλαστο - πλαγιόκλαστο-ασβεστίτης-δολομίτης.	Λευκό-ημίλευκο-ανοικτό γκρι.
Βιοτίτης- αυγίτης (πυρόξενος) - μαγνητίτης-ιλμενίτης-οξειδία του Μπ-γραφίτης-άμορφος άνθρακας- βιτου-μενούχα.	Μαύρο σε διαφορετικές αποχρώσεις.
Γλαυκοφανής - ρουτίλιο - σοδάλιθος - λαμβραδορίτης - ντουμορτιερίτης - ριβεκίτης.	Μπλέ-γαλάζιο-γκρίζο σκούρο.
Ορυκτά της ομάδας αμφιβόλων-πυροξένων-χλωρίτης-τάλκης-επίδοτο-ολιβίνης - σερπεντινίτης.	Πράσινο σε διάφορες αποχρώσεις.
Αιματίτης-κόκκινο ορθόκλαστο-οξειδία του μαγγανίου-γρανάτες.	Κόκκινο-αποχρώσεις του κόκκινου-πορφυρό-βιολετί.
Ροζ ορθόκλαστο-κόκκινος λειμωνίτης-μαγγανιούχα άλατα.	Ροδίζουσες αποχρώσεις-πορφυρό ανοιχτό.
Λειμωνίτης-μοσχοβίτης.	Αποχρώσεις του κίτρινου-πορτοκαλί-καφετί.

3.3 Τεχνητό μάρμαρο



Τεχνητό μάρμαρο τοποθετημένο σε δάπεδο.

Το τεχνητό μάρμαρο ή τεχνομάρμαρο είναι εμφανές έγχρωμο σκυρόδεμα ενισχυμένο με πολυεστερικές ίνες που βγαίνει σε πολλά χρώματα και σχέδια. Δεν ξεχωρίζει από το πραγματικό, φυσικό μάρμαρο, θεωρείται μεγαλύτερης αντοχής και λιγότερο

απορροφητικό.

Η αναγκαιότητα της παραγωγής και χρήσης τεχνητών πετρωμάτων στην κατασκευαστική βιομηχανία παρουσιάστηκε τις τελευταίες δεκαετίες καθώς άρχισαν να αναζητούνται υλικά, που αφενός θα συγκέντρωναν ορισμένα από τα αδιαμφισβήτητα πλεονεκτήματα των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων (μαρμάρων και γρανιτών), αφετέρου θα ξεπερνούσαν ορισμένα από τα «φυσικά» τους μειονεκτήματα και όρια. Έτσι άρχισαν να παράγονται τα πρώτα συνθετικά μάρμαρα, που δεν ήταν άλλο από την «σύνθεση» ψευτοόγκων πετρώματος σε βιομηχανική κλίμακα, καλουπώνοντας και συμπιέζοντας σε επιλεγμένες

διαστάσεις μορφής όγκου, θρύμματα μαρμάρων με την προσθήκη τσιμεντοειδούς συγκολλητικού υλικού. Οι παραγόμενοι κατ' αυτό τον τρόπο όγκοι, στην συνέχεια σχίζονταν και επεξεργάζονταν όπως και οι φυσικοί όγκοι. Μεταγενέστερα τα τσιμεντοειδή αντικαταστάθηκαν με ρητίνες, που προσέδωσαν καλύτερη συνοχή και καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά, ενώ παράλληλα στη μίξη προστέθηκαν και ειδικές χρωστικές ουσίες για τον καλύτερο χρωματικό έλεγχο των παραγόμενων ποιοτήτων. Τα πλεονεκτήματα είναι προφανή. Συνοψίζουμε τα σημαντικότερα: Η δυνατότητα παραγωγής όγκων και συνεπώς πλακών και πλακιδίων σε όποιες διαστάσεις και ποσότητες κάθε φορά ζητούνται, χωρίς φύρες, αναξιοποίητα υπόλοιπα και άχρηστα αποκόμματα. Η αποφυγή απρόβλεπτων εκπλήξεων σε ότι αφορά την «υγεία» και χρωματική ομοιομορφία όγκων και πλακών. Η απεξάρτηση από τις παραγωγικές δυνατότητες και τις εποχιακές ή άλλες ιδιορρυθμίες του κάθε λατομείου παραγωγής των α' υλών. Η ομοιομορφία στο χρώμα και η «συνέχεια» των υλικών για όποιες ποσότητες κι αν απαιτηθούν. Η δυνατότητα απόλυτα ελεγχόμενης παραγωγής και ασφαλούς μελέτης και πρόβλεψης του κόστους. Η δυνατότητα μελλοντικής συμπλήρωσης ή για οποιοδήποτε λόγο μερικής αντικατάστασης των υλικών στο έργο, αφού η «συνταγή» της παραγωγής είναι επακριβώς καταγεγραμμένη και μπορεί να επαναληφθεί με ικανοποιητική προσέγγιση. Η κατά κάποιο τρόπο «φυσική» όψη των παραγομένων προϊόντων και δυνατότητες εφαρμογής αντίστοιχες των φυσικών πετρωμάτων. Η δυνατότητα «παραγωγής» πρωτότυπων υλικών κατά παραγγελία και σύμφωνα με τις ειδικές επιθυμίες των κατασκευαστών κάποιου έργου. Αντιλαμβάνεται κανείς, πόσο σημαντικά είναι τα ανωτέρω πλεονεκτήματα, ειδικότερα στις περιπτώσεις ανάληψης μεγάλων έργων κάλυψης επιφανειών, όπου η χρωματική «συνέχεια» και η σωστή εκτίμηση του κόστους είναι ιδιαίτερα σημαντικοί παράγοντες.

Ωστόσο, άλλα προβλήματα παρέμειναν. Σε καμιά περίπτωση τα τεχνητά μάρμαρα δεν έφθασαν την ξεχωριστή ομορφιά και την μοναδικότητα των φυσικών πετρωμάτων. Η υδροαπορροφητικότητα παρέμεινε υψηλή εξαιτίας του περιεχόμενου θρυμματισμένου μαρμάρου, και η αντοχή στην τριβή χαμηλή για τον ίδιο λόγο. Επιπλέον η περιεχόμενη συνθετική ρητίνη περιόρισε την δυνατότητα χρήσης των υλικών σε εξωτερικούς χώρους, μια και σε περίπτωση πολυμερισμού της, υπό την επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών, είναι δυνατόν να αλλάξει το χρώμα και να αλλοιωθεί η υφή του συνθετικού πετρώματος. Για τον ίδιο λόγο, δηλαδή την περιεκτικότητά τους σε ρητίνη, τα υλικά αυτά εμφανίζουν ευαισθησία στις υψηλές θερμοκρασίες και στην άμεση επαφή με πολύ ζεστές επιφάνειες (π.χ. καυτά μαγειρικά σκεύη σε πάγκους κουζίνας). Για την επίλυση κάποιων από αυτά τα προβλήματα οι παραγωγοί προχώρησαν ένα ακόμα βήμα στην κατασκευή τεχνητών πετρωμάτων. Τα θρύμματα του μαρμάρου αντικαταστάθηκαν από κλάσματα φυσικού χαλαζιακού πετρώματος υψηλής ποιότητας και καθαρότητας (χαλαζίτη/quartz), ενώ νέες εξελιγμένες γενιές συνθετικών ρητινών άρχισαν να χρησιμοποιούνται. Κατ' αυτόν τον τρόπο η υδροαπορροφητικότητα έφθασε σε μηδενικά επίπεδα, η αντοχή σε τριβή ανέβηκε σε μέγιστα ύψη, ενώ ο περιορισμός της περιεκτικότητας του προϊόντος σε ρητίνη σε επίπεδα μικρότερα του 7-8% περιόρισε σημαντικά τους

κινδύνους πολυμερισμού του συνθετικού πετρώματος. Δημιουργήθηκαν έτσι τα συνθετικά χαλαζιακά πετρώματα (γνωστότερα στην αγορά μας σαν τεχνογρανίτες) τα οποία αποτελούν την πλέον εξελιγμένη και παράλληλα ικανοποιητικά δοκιμασμένη στην πράξη, μορφή συνθετικών πετρωμάτων. Η παραγωγή των τεχνογρανιτών διαφοροποιείται από αυτή των τεχνητών μαρμάρων, από το γεγονός ότι εξαιτίας της μεγάλης σκληρότητάς τους, δεν παράγονται υπό μορφή όγκων των οποίων το σχίσιμο στην συνέχεια θα ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρο και δαπανηρό, αλλά κατευθείαν υπό μορφή πλακών στις επιθυμητές διαστάσεις. Τα περιγραφέντα πλεονεκτήματα των τεχνογρανιτών (ελάχιστη υδρο-απορροφητικότητα, μέγιστη αντοχή σε φθορές, μεγάλη ποικιλία σε μοντέρνα χρώματα) τους έχουν καταστήσει ιδιαίτερα δημοφιλείς στον κατασκευαστικό κλάδο παγκοσμίως, με αποτέλεσμα να θεωρούνται σήμερα από τα πλέον ανερχόμενα σε ζήτηση τεχνητά υλικά. Ειδικότερα για την Ελληνική αγορά, παρότι διατίθεται πληθώρα ωραιότατων φυσικών μαρμάρων και γρανιτών, θα λέγαμε ότι οι τεχνογρανίτες έχουν σημαντικό πεδίο εφαρμογής και χρήσης. Αποτελούν την πλέον ενδεδειγμένη λύση είτε για τους πελάτες εκείνους που δεν στέκονται στην μοναδικότητα των φυσικών πετρωμάτων, και προχωρούν στην επιλογή τους με κριτήριο το δίπτυχο «μεγάλη αντοχή κατά την χρήση –πρακτικά καμιά ανάγκη συντήρησης», είτε για αυτούς που επιζητούν πετρώματα για εφαρμογές με μοντέρνα «pop» αισθητική και έντονους χρωματικούς συνδυασμούς, που είναι πολύ συνηθισμένες στην σύγχρονη αρχιτεκτονική και διακόσμηση, και μέχρι πρότινος μπορούσαν να εφαρμοστούν μόνο με ανταγωνιστικά υλικά (κεραμικά και ακρυλικά).

Γενικότερα χρησιμοποιείται όπως και το φυσικό μάρμαρο στην πλακόστρωση δαπέδων, επένδυση τοίχων κτιρίων, στην πλακόστρωση εξωτερικών χώρων, σε επένδυση τζακιών, σε σκάλες και άλλες χρήσεις. Ευρεία είναι η χρήση του σε πάγκους μπάνιου και κουζίνας. Επίσης τα τεχνητά μάρμαρα χρησιμοποιούνται και στην αρχαιολογία στην συντήρηση αγαλμάτων και μνημείων. Για παράδειγμα με τεχνητό μάρμαρο έχει κατασκευαστεί εκμαγείο της δυτικής ζωφόρου του Παρθενώνα.

Πίνακας 3.2. Μέσοι Όροι Φυσικοχημικών Ιδιοτήτων των τεχνητών μαρμάρων.

Φαινόμενη Ειδική Πυκνότητα	-
Συντελεστής Υδαταπορρόφησης	0.2 % wt
Αντοχή σε Θλίψη	-
Αντοχή σε Κάμψη	-
Φθορά μετά από Τριβή	1.0 mm

Από τις 12 κατηγορίες μαρμάρων που υπάρχουν στον Ν. Καβάλας, (σιπολινικά, δολομιτικά, ασβεστιτικά), εμείς εξετάσαμε 9 κατηγορίες, ενώ τα χιονόλευκα και τα λευκά Θάσου τα θεωρήσαμε ως μία κατηγορία. Η εργαστηριακή έρευνα περιελάμβανε τις ακόλουθες δοκιμές: α) προσδιορισμό της ταχύτητας διάδοσης επίμηκων και εγκάρσιων κυμάτων, β) προσδιορισμό της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (κατά ISRM, 1985) και γ) προσδιορισμό της πυκνότητας και του πορώδους.



Σχ. 4.1. Δοκίμια μαρμάρων του Ν. Καβάλας για εργαστηριακή έρευνα.

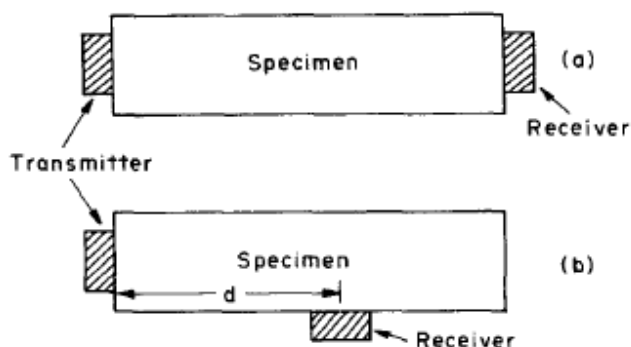
4.1 Ταχύτητα υπερήχων

Ταχύτητα υπερήχων (V_p , ASTM 597, ASTM D 2845-83). Πρόκειται για μια αξιόπιστη μέθοδο υπολογισμού τόσο των δυναμικών παραμέτρων ελαστικότητας, όσο και του βαθμού αποσάθρωσης των υλικών. Στις δοκιμές υπολογίζεται ο χρόνος διέλευσης ενός υπερηχητικού παλμού συχνότητας 54 kHz μέσω των δοκιμίων, δηλαδή καθορίζουμε την ταχύτητα διάδοσης των ελαστικών κυμάτων σε εργαστηριακές δοκιμές μηχανικής πετρωμάτων. Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατός ο υπολογισμός τόσο των ελαστικών παραμέτρων (Young modulus,

Poisson's ratio, shear modulus) όσο και του βάθους αποσάθρωσης επί της επιφάνειας ενός βραχώδους υλικού.

Δίνονται τρεις διαφορετικές παραλλαγές της μεθόδου. Αυτές είναι: η τεχνική υπερηχητικών παλμών υψηλής συχνότητας, η τεχνική υπερηχητικών παλμών χαμηλής συχνότητας και η μέθοδος συντονισμού. Εμείς στις μετρήσεις μας χρησιμοποιήσαμε το Ultrasonic Test Equipment - Pundit Lab της proceq.

Η ταχύτητα διάδοσης επιμήκων και εγκάρσιων κυμάτων προσδιορίστηκε στη συσκευή διάδοσης υπερήχων (Pundit method) σε αριθμό δοκιμίων με διαφορετικούς προσανατολισμούς. Η συσκευή αποτελείται από ένα πομπό και ένα δέκτη (πρεσσοστάτες), οι οποίοι τοποθετούνται εκατέρωθεν των παράλληλων εδρών των δοκιμίων, και μια ψηφιακή μονάδα η οποία παράγει το σεισμικό σήμα και αναλαμβάνει την τελική μέτρηση των χρόνων διαδρομής των σεισμικών κυμάτων μεταξύ πομπού και δέκτη σε msec. Σε αυτή τη συσκευή, η πηγή των κυμάτων βρίσκεται στο ένα άκρο του δοκιμίου και μετράται ο χρόνος που απαιτείται για την καταγραφή του κύματος στον δέκτη που βρίσκεται στο άλλο άκρο αυτού. Η διάδοση των κυμάτων γίνεται κατά τον άξονα του δοκιμίου. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων, όπως είναι αναμενόμενο, είναι μεγαλύτερη όταν η διάδοση των υπερήχων γίνεται παράλληλα στον ιστό καθώς ο χρόνος που απαιτείται για τη διάδοση του κύματος κατά μήκος των επιπέδων της σχιστότητας (στις 00) είναι μικρότερος σε σχέση με αυτόν που απαιτείται όταν τα επίπεδα σχιστότητας είναι κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης (στις 900). Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι διότι στη διεύθυνση παράλληλα στον ιστό αναπτύσσονται μικρο-ρωγμές και κενά στα όρια επαφής των κρυστάλλων. Ο δείκτης ανισοτροπίας ($I_{AVP,S}$) της ταχύτητας των υπερήχων ορίζεται ως ο λόγος της ταχύτητας των κυμάτων παράλληλα στα επίπεδα σχιστότητας προς αυτή κάθετα σε αυτά.



Σχ. 4.2. Πομπός και δέκτης εκατέρωθεν του δείγματος.

Ο λόγος της ταχύτητας των επιμήκων κυμάτων κάθετα και παράλληλα προς τα επίπεδα ανισοτροπίας ενός άρρηκτου πετρώματος μπορεί να αποτελέσει ένα δείκτη χαρακτηρισμού της ανισοτροπίας του. Η ανισοτροπία ταξινομείται επίσης με βάση την αντοχή σε σημειακή φόρτιση. Η χρήση όμως του δείκτη ανισοτροπίας προτείνεται να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και συμπληρωματικά.

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα που προέκυψαν εργαστηριακά από την μέθοδο υπερήχων.

Δείγμα	Απόσταση (mm)	Ταχύτητα V_p (m/sec)	Χρόνος t (μs)
1	74,8	7474	9,9
2	148	9308	15,9
3	159	8882	17,9
4	115	3662	31,4
5	87	9775	8,9
6	119	7007	28,4
7	185	3902	47,4
8	165	4824	34,2
9	185	5891	31,4

Δείγματα:

Όπου $U = \Delta x / t$

- 1= Κιτρινόλευκο Πλατανότοπου
- 2= Λευκά Λεκάνης
- 3= Λευκά Λημνιάς-Βουνοχωρίου
- 4= Τεφρόχρωμη κρυσταλλίνα Χαλκερού
- 5= Ημίλευκα ριγωτά Στενωπού
- 6= Τεφρόλευκα ταινιωτά Αγ.Κοσμά
- 7= Λευκά Θάσου
- 8= Λευκό Νικήσιανης (AJAX)
- 9= Ημίλευκη κρυσταλλίνα Θάσου



Σχ. 4.3. Ultrasonic Test Equipment - Pundit Lab της proceq.

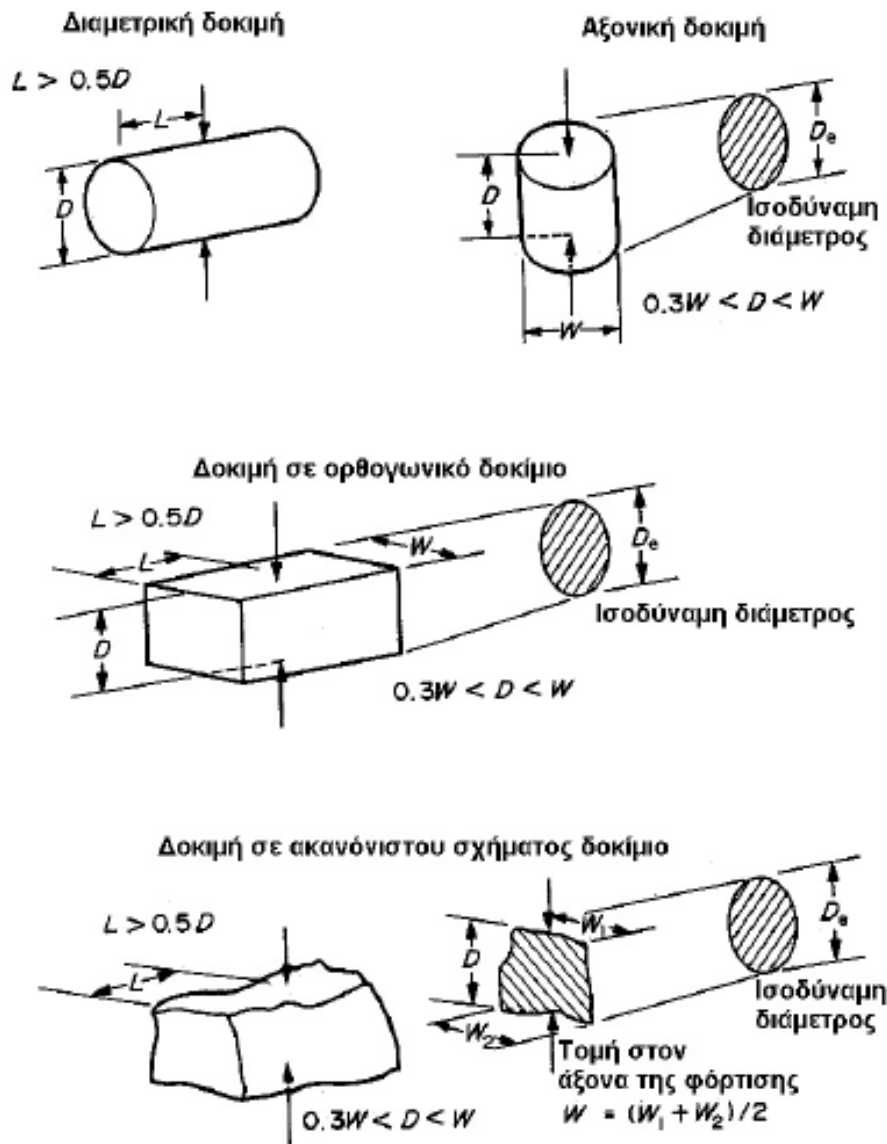


Σχ. 4.4. Ultrasonic Test Equipment - Pundit Lab της proceq.

Συμπέρασμα: Στα δολομιτικά μάρμαρα η ταχύτητα διάδοσης των ελαστικών κυμάτων είναι από 9,9-47,4 μs ενώ στα ασβεστιτικά μάρμαρα η ταχύτητα διάδοσης των ελαστικών κυμάτων κυμαίνεται από 8,9-31,4 μs .

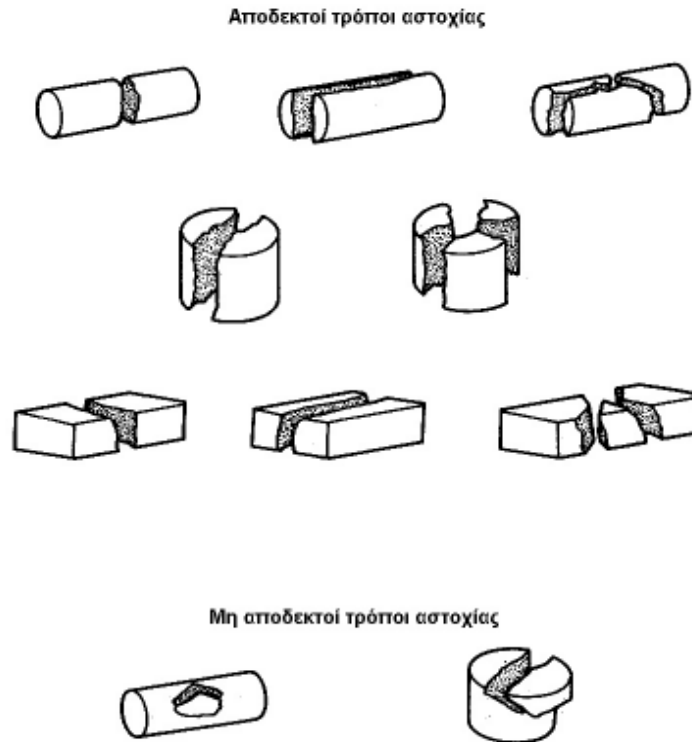
4.2 Αντοχή σε σημειακή φόρτιση (point load test)

Αντοχή σε σημειακή φόρτιση (point load test) κυλινδρικών δοκιμών σύμφωνα με τις προδιαγραφές BPAX. E103-84, παρ. 5 του ΥΠΕΧΩΔΕ, ASTM D 5731-95 και ISRM (1972, 1985). Πρόκειται για μία απλή μέθοδο εφελκυσμού η οποία χρησιμοποιείται για την κατάταξη των πετρωμάτων και τον έμμεσο προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής τους. Είναι μία απλή και γρήγορη δοκιμή επομένως και οικονομική, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο στο εργαστήριο όσο και στο πεδίο. Για τους λόγους αυτούς προτιμάται πολύ συχνά έναντι της πρότυπης δοκιμής. Η δοκιμή σημειακής φορτίσεως μπορεί να πραγματοποιηθεί σε κυλινδρικά δοκίμια αξονικά ή αντιδιαμετρικά, καθώς και σε ορθογωνικά ή ακανόνιστης μορφής δοκίμια. Έτσι η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της αντοχής σε θλίψη, δοκιμών που για διάφορους λόγους δε μπορούσαν να μορφοποιηθούν κατάλληλα ενώ στην περίπτωση του κυλινδρικού δοκιμίου η φόρτιση μπορεί να γίνει κάθετα ή παράλληλα στον άξονά του. Προτιμητέα συνήθως είναι η διαμετρική δοκιμή, διότι μπορεί να εκτελεστεί σε πυρήνες γεωτρήσεων χωρίς καμία επεξεργασία. Παρά το γεγονός ότι είναι μια πολύ διαδεδομένη δοκιμή, έχει αποδειχθεί μέσω πολλών πειραματικών εργασιών ότι είναι μάλλον αναξιόπιστη αφού μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα μέχρι και 100%.



Σχ. 4.5. Απεικονίζονται διάφοροι τρόποι φόρτισης ανάλογα με το σχήμα του δοκιμίου.

Λόγω της εφαρμοζόμενης θλιπτικής δύναμης αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις κάθετα σε μία επίπεδη επιφάνεια η οποία διέρχεται από τον άξονα της δύναμης που ορίζεται από τα δύο σημεία φόρτισης και ποικίλλει ανάλογα με το σχήμα και την ανισοτροπία του δοκιμίου. Η αστοχία επέρχεται με θραύση λόγω των εφελκυστικών τάσεων στην επιφάνεια αυτή. Αν το επίπεδο της αστοχίας δεν διέρχεται και από τα δύο σημεία φόρτισης ή αν ταυτίζεται με την επιφάνεια καποιας ασυνέχειας το πείραμα δεν είναι αποδεκτό.



Σχ. 4.6. Σχηματικά κάποιοι αποδεκτοί ή όχι τρόποι αστοχίας.

Το φορτίο αστοχίας εξαρτάται από το εμβαδόν της μικρότερης επιφάνειας η οποία διέρχεται από τον άξονα της δύναμης και όχι από την απόσταση των ακμών φόρτισης, αλλά ούτε και από την επιφάνεια θραύσης (Brook, 1985). Αυτό αποδεικνύεται με την εκτέλεση πειραμάτων σε κυλινδρικά δοκίμια κάθετα και παραλληλα στον άξονά τους, τέτοιων διαστάσεων ώστε το εμβαδόν της μικρότερης επιφάνειας που διέρχεται από τις ακμές φόρτισης να είναι ίδιο και στις δύο περιπτώσεις.

Τι υπολογίζουμε με αυτήν τη δοκιμή

Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται ο συντελεστής $I_s = P/d^2$, όπου P είναι το φορτίο και d είναι η διάμετρος το δοκιμίου μετρούμενη ως απόσταση μεταξύ των δύο αντιδιαμετρικών σημείων εφαρμογής της δύναμης και κατόπιν ο δείκτης σημειακής φόρτισης $I_{s(50)}$ και η μονοαξονική αντοχή, λαμβάνοντας υπόψη την προβλεπόμενη (κατά ISRM) διόρθωση (f) της διαμέτρου των δοκιμίων, σύμφωνα με τη σχέση $f = (D_e/50)^{0.45}$. Έτσι, $I_{s(50)} = f \cdot I_s$ και $\sigma_c = 22 I_{s(50)}$ (κατά ISRM, 1985). Επίσης εκτιμάται το εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας βάσει της σχέσης $E_t = (0.588 I_{s(50)} + 0.084) \cdot 10^4$, (Irfan & Dearman, 1978). Από τα αποτελέσματα της δοκιμής σε διαφόρων διαστάσεων δοκίμια πετρώματος μπορεί επίσης να μελετηθεί και η επίδραση του όγκου του δοκιμίου στην αντοχή του.



Σχ. 4.7. Μηχάνημα για την μέτρηση της αντοχής σε σημειακή φόρτιση.

Εκτέλεση της δοκιμής

Η εργαστηριακή μηχανή που χρησιμοποιήθηκε είναι της εταιρείας ELE International, τύπου EL77- 0110. Η μηχανή διαθέτει κατάλληλο σύστημα φόρτισης (αποτελούμενο από πλαίσιο φόρτισης, αντλία, έμβολο και ακμές φορτίσεως), σύστημα μέτρησης του επιβαλλόμενου φορτίου και σύστημα μέτρησης της απόστασης μεταξύ των ακμών φόρτισης. Στην άνω πλάκα του πλαισίου είναι προσαρμοσμένο ένα έμβολο το οποίο έχει δυνατότητα επιβολής θλιπτικής δύναμης έως 10 tn. Στο άκρο του εμβόλου καθώς και στην κάτω πλάκα είναι πακτωμένοι δύο κώνοι οι οποίοι στην κορυφή φέρουν μία σφαίρα διαμέτρου 10 mm. Μέσω αυτών των σφαιρών γίνεται η επιβολή του φορτίου στο δοκίμιο. Οι κωνικές κεφαλές έχουν την δυνατότητα αλλαγής του σφαιρικού άκρου αν διαπιστωθεί φθορά. Η διάταξη με τα μανόμετρα κατασκευάστηκε με στόχο την

ακρίβεια των μετρήσεων. Τοποθετούμε τα δοκίμια στο πλαίσιο έτσι ώστε η φόρτιση να γίνει κατά τον άξονά τους. Η απόσταση D μεταξύ των ακμών φόρτισης είναι το μήκος του δοκιμίου. Το πλάτος W του δοκιμίου κάθετα προς τη διεύθυνση της φόρτισης είναι ίσο με την διάμετρο του δοκιμίου. Το φορτίο στο οποίο έγινε η θραύση ελήφθη από τα μανόμετρα, καθώς αυτά διαθέτουν δείκτη μέγιστου φορτίου.

Πίνακας 4.2. Ταξινόμηση των πετρωμάτων ως προς την Μοναξονική θλιπτική αντοχή.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ σ_c				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΟΧΗΣ	ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ σ_c (Mpa)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ I_s (Mpa)	ΤΥΠΟΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ
A	Πολύ υψηλή	> 220	> 9.5	Χαλαζίες, διάβασης, βασάλτες
B	Υψηλή	110 - 220	> 5 - 9.5	Τα περισσότερα από τα πυριγενή πετρώματα, τα ισχυρά μεταμορφωμένα, σκληροί ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι, δολομίτες
C	Μέση	> 55 - 110	> 2.5 - 5	Ελαφρά μεταμορφωμένα πετρώματα, πορώδεις ψαμμίτες, σχιστώδη πετρώματα
D	Χαμηλή	27.5 - 55	1.25 - 2.5	πορώδη, μικρού ειδικού βάρους πετρώματα, αδύναμοι - εύθρυπτοι ψαμμίτες, αργιλικοί σχιστόλιθοι διάφορα εξαλλοιωμένα πετρώματα
E	Πολύ χαμηλή	< 27.5	< 1.25	Όπως η κατηγορία D

Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα που προέκυψαν εργαστηριακά από την μέτρηση της αντοχής σε σημειακή φόρτιση.

Δοκίμιο	D (mm)	W (mm)	De (mm)	P (kN)	F	Is (Mpa)	Is(50) (Mpa)	Σc (Mpa)	Et (Gpa)
1	25	115	60,52	10,9	1,090	2,98	3,24	71,3	18,34
2	29	145	73,52	10,5	1,187	1,96	2,33	51,2	12,37
3	20	123	55,98	9,4	1,052	3,00	3,16	69,4	18,48
M.O	-	-	-	-	-	-	2,909	64,0	16,39
4	12	85	36,05	9	0,863	6,93	5,98	131,5	41,57
5	20	92	48,41	13	0,986	5,55	5,47	120,3	33,45
6	20	150	61,82	10	1,100	2,62	2,88	63,3	16,23
M.O	-	-	-	-	-	-	4,774	105,0	30,42
7	20	185	68,65	10,2	1,153	2,16	2,50	54,9	13,56
8	20	175	66,77	11	1,139	2,47	2,81	61,8	15,35
9	22	185	72,00	14	1,178	2,70	3,18	70,0	16,72
M.O	-	-	-	-	-	-	2,829	62,2	15,21

Συμπέρασμα: Τα δολομιτικά μάρμαρα έχουν χαμηλή έως μέση αντοχή στην θλίψη, καθώς οι τιμές τους στη Μοναξονική θλιπτική αντοχή σε (Μρα) έχουν τιμές από 51,2-71,3 ενώ οι τιμές στον Δείκτη σημειακής φόρτισης είναι από 1,96-2,98. Απο την άλλη τα ασβεστιτικά μάρμαρα έχουν μέση έως υψηλή αντοχή στην θλίψη, καθώς οι τιμές τους στη Μοναξονική θλιπτική αντοχή σε (Μρα) έχουν τιμές από 63-131,5 ενώ οι τιμές στον Δείκτη σημειακής φόρτισης είναι από 2,62-6,93.

4.3 Προσδιορισμός πορώδους και πυκνότητας

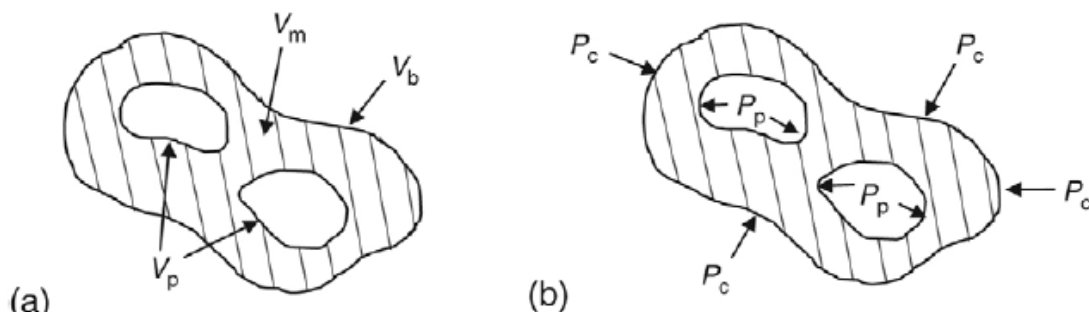
Προσδιορισμός πορώδους και πυκνότητας σύμφωνα με την προδιαγραφή ΒΡΑΧ. Ε 103-84, παρ. 2 του ΥΠΕΧΩΔΕ, ASTM D4404-84 και την ISRM, 1981. Η κατανομή των συσσωματωμάτων του χώματος του εδάφους σε διάφορα μεγέθη καθορίζει το σχήμα και το μέγεθος των εδαφικών πόρων. Ο συνολικός χώρος που καταλαμβάνουν οι εδαφικοί πόροι ονομάζεται πορώδες του εδάφους και πληροίτε με νερό και αέρα. Συγκεκριμένα είναι ο λόγος του όγκου των κενών V_v

ενός δείγματος δια του συνολικού του όγκου V : $n=(V_v/V) \cdot 100(\%)$. Όταν εκτελείτε μια δοκιμή προσδιορισμού πορώδους και πυκνότητας με τη χρήση μικρομέτρου και συσκευής κενού ή με τη μέθοδο της ανώσεως και τη χρήση συσκευής κενού είναι απαραίτητο να πληρούντε οι προδιαγραφές των Εργαστηριακών Δοκιμών Βραχομηχανικής.

Παράγοντες που επηρεάζουν το πορώδες είναι: σχήμα κενών, μέγεθος και διαβάθμιση κόκκων εδάφους, διάταξη κόκκων εδάφους, υλικό πλήρωσης των κενών (cementation), γεωλογική ιστορία του εδάφους. Ειδικά για τα βραχώδη πετρώματα έχουμε το *πρωτογενές πορώδες* το οποίο λαμβάνει υπόψη τον πραγματικό όγκο των κενών στη σύσταση του βράχου, καθώς και το *δευτερογενές πορώδες* το οποίο οφείλεται σε πρόσθετες μεταβολές στη σύσταση. (π.χ. ρωγματώσεις, κενά λόγω διάλυσης μάζας, συμπυκνώσεις κλπ.) Λόγω του μεγάλου πορώδους που έχει το μάρμαρο, είναι εύκολο να λεκιαστεί. Η αδιαβροχοποίηση είναι μια διαδικασία εμποτισμού, με στόχο τον περιορισμό της απορροφητικότητας του, χωρίς να επηρεαστεί η διαπνοή του. Η αδιαβροχοποίηση προστατεύει από λεκέδες με βάση το νερό και το λάδι, από μελάνι και χρώματα, αποτρέπει τον σχηματισμό αλάτων και μούχλας, δεν εισχωρεί η βρωμιά μέσα στο υλικό, δημιουργεί αντιβακτηριδιακή προστασία κ.ά. Εφαρμόζεται σε επαγγελματικούς αλλά και οικιακούς χώρους.

Λιθολογία	Πορώδες
μαγματικά & μεταμορφωμένα πετρώματα	σπάνια μεγαλύτερο του 2%
ψαμμίτες	μεταξύ 1 & 5%
σχιστόλιθοι	5 έως 20%
μαλακοί ασβεστόλιθοι	μεταξύ του 20 και 50%

Τα ψαθυρά υλικά χαρακτηρίζονται και από «δευτερογενές πορώδες» που οφείλεται στην ύπαρξη ρωγμών και διακλάσεων ή κενών, λ.χ. καρστικές κοιλότητες λόγω διάβρωσης. Τα πετρώματα όπως είναι ο ψαμμίτης, ο ασβεστόλιθος το μάρμαρο ή ο γρανίτης έχουν πιο πολύπλοκο διπλό πορώδες συγκρινόμενα με νεώτερα αλλούβια ιζήματα. Το ίδιο το πέτρωμα μπορεί να έχει μικρό πρωτογενές πορώδες, αλλά η παρουσία ρωγμών ή διακλάσεων σ' αυτό να συντελούν στο να έχει μεγάλο δευτερογενές πορώδες όπως συμβαίνει στην περίπτωση των μεταμορφωμένων πετρωμάτων.



Σχ. 4.8. (a) Πορώδες πέτρωμα όγκου V_b με τους όγκους των στερεών και των κενών, V_m και V_p αντίστοιχα. (b) Εξωτερική πίεση P_c και πίεση πόρων P_p .

Το πορώδες πέτρωμα που δείχνεται στο σχήμα έχει όγκο V_b , που είναι το άθροισμα του όγκου V_m που καταλαμβάνουν τα στερεά συστατικά του πετρώματος και του όγκου V_p που καταλαμβάνουν οι πόροι του. $V_b = V_m + V_p$

Το σχετικό ποσοστό των πόρων και των στερεών του πετρώματος μπορεί να ορισθεί από το πορώδες του $n = V_p / V_b$ $0 < n < 1$
ή από το δείκτη κενών $e = V_p / V_m = n / (1 - n)$

Η πυκνότητα ενός σώματος εκφράζει την ποσότητα μάζας του σώματος στη μονάδα του όγκου, δηλαδή το πόσο πυκνή είναι η ύλη ενός σώματος ή ενός υλικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα στον ίδιο όγκο, τόσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του σώματος. Μεγάλη πυκνότητα έχουν τα σώματα που τα μόρια τους βρίσκονται σε κοντινές αποστάσεις ή έχουν πολύ μεγάλη μάζα, δηλαδή τα στερεά. Συγκεκριμένα θα λέγαμε ότι η πυκνότητα ορίζεται σαν μάζα ανά μονάδα όγκου. $P = m/v$ (kg/m^3).



Σχ. 4.9. Τα δείγματα μέσα σε μπολ ανάμιξης με νερό για να κορεστούν.

Πίνακας 4.4. Αποτελέσματα που προέκυψαν εργαστηριακά για την πυκνότητα και το πορώδες για τα δοκίμια 1-5.

	1	2	3	4	5	
Ύψος Δοκιμίου, H	5	4	4,5	4,2	4,8	cm
Διάμετρος Δοκιμίου, D	0	0	0	0	0	cm
Πλάτος Δοκιμίου, B	1,7	0,8	2,1	1,2	2	cm
Μήκος Δοκιμίου, L	2	3	2,1	3,5	3,3	cm
Ογκος Δείγματος, V	17	9,6	19,845	17,64	31,68	cm ³
Βάρος κορεσμένου δείγματος, G _{sat}	29,68	22,65	61,17	48,241	85,81	gr
Βάρος ξηρού δείγματος, G _s	29,533	22,585	61,09	48,115	85,71	gr
Ογκος κενών, V _u =(G _{sat} -G _s)/γ _w	0,147	0,065	0,08	0,126	0,1	cm ³
Ογκος στερεών, V _s =V-V _u	16,853	9,535	19,765	17,514	31,58	cm ³
Πορώδες, n=(V _u /V)×100	0,86	0,68	0,4	0,71	0,32	(%)
Λόγος κενών, e	0,009	0,007	0,004	0,007	0,003	
Ξηρή πυκνότητα, γ _d =G _s /V	1,74	2,35	3,08	2,73	2,71	gr/cm ³
Υγρό φαινόμενο βάρος, γ _{sat} =(G _s +V _u ×γ _w)/V	1,75	2,36	3,08	2,73	2,71	gr/cm ³



Σχ. 4.10. Ζυγαριά ακριβείας, για την μέτρηση του βάρους ξηρού και κορεσμένου δείγματος.

Πίνακας 4.5. Αποτελέσματα που προέκυψαν εργαστηριακά για την πυκνότητα και το πορώδες για τα δοκίμια 6-9.

	6	7	8	9	
Ύψος Δοκιμίου, H	2,5	2	2	2,2	cm
Διάμετρος Δοκιμίου, D	0	0	0	0	cm
Πλάτος Δοκιμίου, B	2	2,3	3,1	3,6	cm
Μήκος Δοκιμίου, L	1,4	2,2	3	3,2	cm
Ογκος Δείγματος, V	7	10,12	18,6	25,344	cm ³
Βάρος κορεσμένου δείγματος, G _{sat}	17,667	37,966	51,345	69,12	gr
Βάρος ξηρού δείγματος, G _s	17,599	37,88	51,22	68,98	gr
Ογκος κενών, V _u =(G _{sat} -G _s)/γ _w	0,068	0,086	0,125	0,14	cm ³
Ογκος στερεών, V _s =V-V _u	6,932	10,034	18,475	25,204	cm ³
Πορώδες, n=(V _u /V)x100	0,97	0,85	0,67	0,55	(%)
Λόγος κενών, e	0,01	0,009	0,007	0,006	
Ξηρή πυκνότητα, γ _d =G _s /V	2,51	3,74	2,75	2,72	gr/cm ³
Υγρό φαινόμενο βάρος, γ _{sat} =(G _s +V _u xγ _w)/V	2,52	3,75	2,76	2,73	gr/cm ³



Συμπεράσματα: Γενικά πρέπει να αναφέρουμε ότι όταν ένα δοκίμιο κορεστεί, αλλάζει το βάρος του και κατά συνέπεια αλλάζει ο όγκος και το πορώδες του. Στα δολομιτικά πετρώματα μια μέση τιμή που παίρνει το πορώδες είναι 0,76 καθώς δεν υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές, ενώ για την πυκνότητα που υπάρχει πιο μεγάλη απόκλιση αναμεσα στις τιμές, ο μεσος όρος είναι $2,64 \text{ gr/cm}^3$. Απο την άλλη στα ασβεστιτικά μάρμαρα η τιμή που παίρνει το πορώδες είναι 0,59 καθώς υπάρχει πιο μεγάλη απόκλιση αναμεσα στις μετρήσεις, ενώ για την πυκνότητα που δεν υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις μια μέση τιμή είναι $2,75 \text{ gr/cm}^3$.

ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΣΤΟΝ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ

5.1 Λατομείο

Ονομάζεται ο τόπος και οι εγκαταστάσεις απ' όπου εξορύσσονται πετρώματα και άλλα μη μεταλλικά υλικά, κυρίως δομικά ή για βιομηχανική χρήση, όπως μάρμαρα, κάθε είδους ασβεστόλιθοι, πλάκες οικοδομών και λιθογραφικές, γύψος κ.λ.π. Το λατομείο λέγεται και νταμάρι, λέξη που προήλθε από την τουρκική "DAMAR" που σημαίνει φλέβα πετρώματος ή μετάλλων.

Η ίδρυση ενός λατομείου (δύο φάσεις).

Στην πρώτη φάση γίνεται εντοπισμός του χώρου -που πρέπει να είναι παρθένο- και σχεδιάζεται τοπογραφικά. Υποβάλλεται αίτηση με τα ανωτέρω στοιχεία από τον ενδιαφερόμενο στην κοινότητα, που διεκπεραιώνει τα σχετικά έγγραφα προς τις ανώτερες αρχές. Μετά από έγκριση δίνεται η άδεια "ερευνητικών εργασιών", που στόχο έχει όχι την εκμετάλλευση αλλά την δειγματοληπτική απογραφή της ποιότητας και ποσότητας του μαρμάρου και όρο να εξορυχτούν γι αυτό το σκοπό το πολύ 10 κυβικά μέτρα μαρμάρου. Στη δεύτερη φάση, αφού γίνει οικονομοτεχνική μελέτη, υποβάλλονται τα σχετικά έγγραφα, μέσω κοινότητας στη Νομαρχία, με κοινοποίηση στην Αρχαιολογική υπηρεσία, τον Στρατό, Υπουργείο Πολιτισμού, κλπ. Τελικά δίνεται η "άδεια λειτουργίας" από το Υπουργείο Μακεδονίας - Θράκης (διεύθυνση μεταλλείων) στην κοινότητα, που αυτή πλέον την παραχωρεί, με σύμβαση, στον ενδιαφερόμενο. Στην περίπτωση που ο εντοπισμένος χώρος δεν είναι παρθένο -δηλαδή υπήρχε παλιά λατομείο- η κοινότητα έχει την ευχέρεια να τον παραχωρήσει στον υπάρχοντα συνεταιρισμό ή προχωρήσει σε δημοπρασία. Σήμερα το χρονικό διάστημα μεταξύ της πρώτης και δεύτερης φάσης είναι ακαθόριστο. Στόχος της κοινότητας είναι αυτό να περιορισθεί στο ελάχιστο δυνατό. Ο χώρος των λατομείων είναι της κοινότητας. Τα λειτουργούντα λατομεία πληρώνουν, ετησίως, σ' αυτήν ένα πάγιο χρηματικό ποσό για την έκταση. Τα προϊόντα που φεύγουν από τα λατομεία μετρούνται από υπάλληλο της κοινότητας και πληρώνουν σ' αυτήν τον αναλογούντα φόρο που ανέρχεται σε ποσοστό 8% ή 10% για τα μάρμαρα ή ξοφάρια. Η εξόρυξη μαρμάρων από τα λατομεία μπορεί να είναι μια πηγή πλούτου, αλλά έχει και αρνητικές συνέπειες όπως την αλλαγή της μορφολογίας του εδάφους, την αλλοίωση του τοπίου και την διατάραξη του οικολογικού συστήματος της περιοχής.

5.2 Λατομεία στο Ν. Καβάλας

Ο Νομός Καβάλας αποτελεί σήμερα ένα από τα κυριότερα κέντρα εξόρυξης μαρμάρου, σχιστόλιθου αλλά και βιομηχανικών ορυκτών και αδρανών υλικών στον ελληνικό χώρο. Ιδιαίτερα ο κλάδος της εξόρυξης και επεξεργασίας του μαρμάρου παρουσίασε τα τελευταία χρόνια έντονους ρυθμούς ανάπτυξης. Δημιούργησε εύρωστες και δυναμικές επιχειρήσεις με επιθετικό εξαγωγικό

προσανατολισμό (6-7 δισ. δρχ. ανά έτος εισαγωγή συναλλάγματος) και δημιούργησε νέες θέσεις εργασίας επιστημονικού και εργατοτεχνικού προσωπικού. Στον τομέα των εξαγωγών, το 70% του συνόλου των εξαγωγών μαρμάρου της χώρας μας προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον νομό Καβάλας.

Ο πίνακας 5.1. παρουσιάζει τον αριθμό των λειτουργούντων λατομείων μαρμάρου στους νομούς με τη μεγαλύτερη λατομική δραστηριότητα, ενώ στον πίνακα 5.2. παρουσιάζονται μερικά από τα λατομεία του νομού. Όπως προκύπτει, ο νομός Καβάλας με 83 ενεργά λατομεία, διαθέτει τα περισσότερα λατομεία στην Ελλάδα.

Πίνακας 5.1. Αριθμός λειτουργούντων λατομείων στην Ελλάδα.

Ν. Καβάλας	Ν. Δράμας	Ν. Ιωαννίνων	Ν. Αργολίδας	Ν. Κυκλάδων	Υπόλοιπη Ελλάδα
83	73	40	24	18	74

Πηγή : Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ).

Πίνακας 5.2. Λειτουργούντα λατομεία μαρμάρου στο Ν. Καβάλας.

ΠΕΡΙΟΧΗ	Αριθμός Θέσεων	Αριθμός Μονάδων	Έκταση (στρέμματα)
Αγ. Κοσμάς	4	12	668
Γέροντας	1	1	80
Δύσβατο	4	5	175
Ελαφοχώρι	1	3	98
Ελευθερούπολη	9	11	298
Ζυγός	2	2	54
Θάσος	3	6	189
Θεολόγος	2	2	71
Κεχροκάμπος	3	9	832
Λιμενάρια	2	2	74
Λίμνια	9	12	554
Μακρυχώρι	6	8	461
Νικήσιανη	5	9	273
Ξεριά	1	1	100
Π. Καβάλα	2	3	104
Παναγιά Θάσου	5	9	354
Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ	59	95	4384
ΣΥΝΟΛΟ Α.Μ.Θ.	111	174	9049

Πηγή : Επιθεώρηση μεταλλείων Βορείου Ελλάδος.

Ο νομός Καβάλας κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή διαμορφωμένων ογκομαρμάρων και ακανόνιστων υποπροϊόντων στον ελληνικό χώρο. Σύμφωνα με συγκριτικά στοιχεία παραγωγής του έτους 1998, προκύπτει ότι ο νομός Καβάλας βρίσκεται πρώτος με παραγωγή : 72.001 m³ ογκομαρμάρων, 265.245 m³ ακανόνιστων όγκων και 138.860 τόνων λατυπών σε σχέση με τους άλλους

νομούς. Ο συντελεστής αποληψιμότητας των κοιτασμάτων μαρμάρων του νομού κυμαίνεται μεταξύ 20-25%, λόγω του κατακερματισμού και των κοιλοτήτων που συχνά παρουσιάζουν οι όγκοι από την τεκτονική επίδραση. Γενικά ωστόσο, τα μάρμαρα του νομού Καβάλας, υπό τη μορφή τελικών προϊόντων, παρουσιάζουν πολύ καλά φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά. Σήμερα στο νομό Καβάλας εξορύσσονται οι παρακάτω τύποι μαρμάρων, ορισμένοι από τους οποίους είναι παγκοσμίως μοναδικοί : α) χιονόλευκο μάρμαρο Θάσου, β) κρυσταλλικό ημίλευκο Θάσου, γ) λευκό μάρμαρο Κεχροκάμπου, δ) ημίλευκο Στενωπού, ε) λευκό Παγγαίου, στ) κρυσταλλικό ημίλευκο Παγγαίου, ζ) κρυσταλλικό (τύπου σοκολάτα) Παγγαίου. Η παραγωγή μαρμάρου σχετίζεται άμεσα με την απασχόληση των κατοίκων των ορεινών και ημιορεινών περιοχών του νομού Καβάλας και ιδιαίτερα της περιοχής Λεκάνης και της νήσου Θάσου. Οι περισσότερες μονάδες εξόρυξης μαρμάρου είναι είτε καθετοποιημένες είτε αποβλέπουν σε καθετοποίηση, ιδιαίτερα μετά τα κίνητρα ένταξης των επιχειρήσεων αυτών σε καθεστώς επιδότησης από τον αναπτυξιακό νόμο, απασχολώντας 7-8 άτομα κατά μέσο όρο. Ο νομός Καβάλας διαθέτει σήμερα 113 νόμιμα μισθωμένα λειτουργούντα λατομεία(δημοτικά και δημόσια), τα οποία κατανέμονται στις βασικές κατηγορίες λατομικών εργασιών ως εξής : 83 λατομεία μαρμάρου, 22 λατομεία σχιστόλιθου, 4 λατομεία βιομηχανικών ορυκτών, 4 λατομεία αδρανών υλικών. Τα λατομεία αυτά καταλαμβάνουν συνολική έκταση 8.240,411 στρεμμάτων και κατανέμονται στο Νομό Καβάλας ανά Δήμο ως εξής : 39 λατομεία στο Δήμο Ορεινού, 29 λατομεία στο Δήμο Θάσου, 22 λατομεία στο Δήμο Ελευθερούπολης, 7 λατομεία στο Δήμο Φιλίππων, 6 λατομεία στο Δήμο Παγγαίου, 4 λατομεία στο Δήμο Χρυσούπολης, 3 λατομεία στο Δήμο Ελευθερών και από 1 λατομείο στους Δήμους Καβάλας, Πιερών και Ορφανού.

5.3 Κατανομή λατομείων στον Ν. Καβάλας

Τα λατομεία του νομού Καβάλας κατανέμονται ανάλογα με το υψόμετρο τους στις παρακάτω κατηγορίες : α) 34 λατομεία παράκτια ζώνης (υψόμετρο 0-100μ.), β) 12 λατομεία πεδινής ζώνης (υψόμετρο 100-200μ.), γ) 28 λατομεία ημιορεινής ζώνης (υψόμετρο 200-400μ.), δ) 39 λατομεία ορεινής ζώνης. Από τα 34 λατομεία της παράκτιας ζώνης, τα 29 βρίσκονται στη Νήσο Θάσο και είναι όλα λατομεία μαρμάρου, ενώ τα υπόλοιπα 5 βρίσκονται στην ευρύτερη παράκτια ζώνη του νομού Καβάλας και αποτελούνται από δύο λατομεία αδρανών υλικών και τρία λατομεία βιομηχανικών ορυκτών.

Επιπλέον, στην ευρύτερη παράκτια ζώνη είναι οριοθετημένη η χαρακτηρισμένη λατομική περιοχή αδρανών υλικών της επαρχίας Καβάλας, μέσα στην οποία πρόκειται με βάση τις ισχύουσες διατάξεις να μεταφερθεί η λατομική δραστηριότητα αδρανών υλικών του νομού Καβάλας. Η λατομική αυτή περιοχή επιλέχθηκε στη συγκεκριμένη θέση, ώστε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες σε αδρανή υλικά των μεγάλων έργων υποδομής του νομού, όπως η Εγνατία Οδός και το νέο λιμάνι Καβάλας. Η νήσος Θάσος διαθέτει πλουσιότατα κοιτάσματα μαρμάρου αρίστης ποιότητας, ολόλευκης κρυσταλλικής υφής, μοναδικής παγκόσμιας εμφάνισης, τεράστιας διεθνούς ζήτησης και σε θεωρητικά ανεξάντλητα αποθέματα. Η λατομική δραστηριότητα στο νησί άρχισε το 1972,

ξεκινώντας μία περίοδο ραγδαίας ανάπτυξης της λατομικής δραστηριότητας, λόγω κυρίως της διεθνούς ζήτησης του μοναδικού αυτού υλικού. Η ζήτηση αυξήθηκε περισσότερο το 1976 με τη διακοπή της λειτουργίας των λατομείων νότιας Πεντέλης Αττικής και τη μεταφορά πλήθους λατομικών επιχειρήσεων από τη περιοχή αυτή στη νήσο Θάσο. Σήμερα, η λατομική δραστηριότητα στη Νήσο Θάσο συγκεντρώνεται, σε ότι αφορά τις δημοτικές εκτάσεις, σε δύο άτυπες λατομικές μαρμαροφόρες περιοχές στις θέσεις «Σαλιάρα-Βαθύ» και «Τρεις Γκρεμοί». Η συνολική παραγωγή των περιοχών αυτών ανέρχεται σε 50.000 m³ μαρμάρου κατά έτος. Δεδομένου ότι τα λατομεία της Ν. Θάσου εργάζονται κατά μέσο όρο 250 ημέρες το χρόνο, προκύπτει ημερήσια παραγωγή της τάξης των 200 m³ από τα λατομεία των περιοχών αυτών. Ωστόσο, η λατομική εκμετάλλευση παρουσιάζει στις περιοχές αυτές σημαντικά προβλήματα έλλειψης συνολικής στρατηγικής διαχείρισης των προβλημάτων της παράνομης λατόμευσης και της διάθεσης των υποπροϊόντων της εκμετάλλευσης (500.000 m³ στείρα υλικά ανά έτος). Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διάθεσης των παραπροϊόντων της λατομικής εκμετάλλευσης, αλλά και για την καταγραφή των δυνατοτήτων διαχείρισης και αποκατάστασης της λατομικής περιοχής, έχει προταθεί στη Νομαρχία Καβάλας η ίδρυση Ζώνης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων (ΖΑΠΔ) Δημοτικών Εκτάσεων.



Σχ. 5.1. Λατομείο ΙΚΤΙΝΟΣ στον Πλατανότοπο Καβάλας.



Σχ. 5.2. Λατομείο Ελευθεριάδη στον Αγ.Κοσμά Καβάλας.



Σχ. 5.3. Λατομείο Παυλίδη στο Στενωπό Καβάλας.



Σχ. 5.4. Λατομείο Παυλίδη στο Στενωπό Καβάλας.



Σχ. 5.5. Λατομείο Παυλίδη στο Στενωπό Καβάλας.



Σχ. 5.6. Λατομείο Παυλίδη στο Στενωπό Καβάλας.



Σχ. 5.7. Εγκαταλελειμμένα μάρμαρα στο Στενωπό Καβάλας.



Σχ. 5.8. Εγκαταλελειμμένο λατομείο στο Χαλκερό Καβάλας.

Παλιά τα μάρμαρα εξορύσσονταν κάτω από πολύ δύσκολες συνθήκες χωρίς μηχανήματα με υποτυπώδη μέσα. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν οι σφήνες και μετά τα φουρνέλα που όμως δεν ήταν αποτελεσματικά, γιατί με την έκρηξη το μάρμαρο σχιζόταν σε πολλά και μικρά κομμάτια. Η έλλειψη χρημάτων και τεχνολογίας έκανε την δουλειά του λατόμου δύσκολη και επικίνδυνη. Εδώ και λίγα χρόνια τα λατομεία έχουν εκσυγχρονισθεί με την καλύτερη τεχνολογική υποδομή με αποτέλεσμα η εργασία να είναι καλύτερη, εύκολη και ακίνδυνη. Έγιναν εργασίες προκαταρκτικής φύσης, όπως η κατασκευή δρόμων προσπέλασης προς το χώρο των λατομείων, η μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος, η κατασκευή των απαραίτητων κτιριακών εγκαταστάσεων, ενώ προβλέπεται η κατασκευή υδατοδεξαμενών με ταυτόχρονη δημιουργία υδατοσωληνώσεων για την μεταφορά νερού.

Εξοπλισμός

Ο απαραίτητος και πιο αναγκαίος μηχανικός εξοπλισμός των λατομείων είναι ένα κομπρεσέρ, ένας βαγοντρύλος, ένας συρματοκόπτης, ένας γρύλος, μια μπουλντόζα, μια τσάπα, ένα φορτηγό και μια πιστόλα. Οι εργάτες είναι ηλικίας 18 μέχρι 60 ετών και σε αριθμό 5 μέχρι 50 για κάθε λατομείο. Οι ειδικότητες των εργατών είναι ο εξορύκτης, ο εργοδηγός, ο χειριστής, ο οδηγός, ο μηχανικός, ο τεχνίτης συρματοκοπής και ο τεχνίτης βαγοτρύλου.



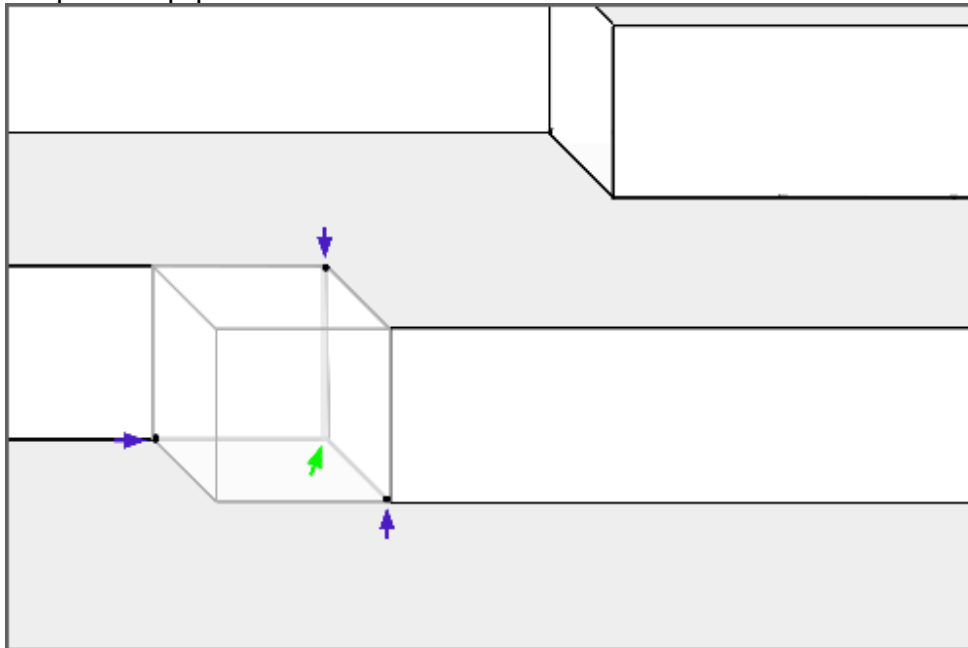
Σχ. 6.1. Wagon Drill

6.1 Διαδικασία

Η διαδικασία που ακολουθείται συνήθως, για την εξόρυξη ογκομαρμάρων είναι η εξής : Γίνεται πρώτα η λεγόμενη "αποκάλυψη" του χώρου. Αυτή είναι η δουλειά του εξορύκτη που είναι ο υπεύθυνος της εξόρυξης. Επιλέγεται το μέτωπο και μετριέται το υψόμετρο, που δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4 μέτρα, για να μπορούν να δουλέψουν τα σκαπτικά μηχανήματα και να μην είναι επικίνδυνο. Κατασκευάζονται τα πατάρια, και στη συνέχεια τοποθετείται η συρματοκοπή σε βάθος 15 και πλάτος 15 μέτρα. Αν το ογκομάρμαρο είναι μικρό χρησιμοποιείται αντί συρματοκοπή ή πιστόλα. Τα ογκομάρμαρα που υπάρχουν μέσα στην περιοχή που καθορίστηκε από την συρματοκοπή, μετακινούνται ελαφρά, για να μπορεί να γίνει εύκολη η μεταφορά τους, από τον γρύλο - αν το γειτονικό πέτρωμα είναι συμπαγές - ή από τα ανυψωτικά μηχανήματα αν ο περίγυρος είναι χώμα. Ο γρύλος έχει ωστική δύναμη για μάζα ογκομαρμάρου μέχρι 500 τόνων. Τέλος γίνεται μια πρώτη επιλογή και διαλογή των μαρμάρων και αρχίζει η μεταφορά τους.

Κάνοντας Τρύπες για να Προετοιμαστεί η Κοπή του Μαρμάρου

Τα ορυχεία μαρμάρου της Θάσου, είναι ανοιχτά ορυχεία. Το μάρμαρο δεν βγαίνει από τούνελ. Αν κοιτάξετε ένα ορυχείο, μοιάζει με μια σκάλα που ανεβαίνει στο βουνό. Η Θάσος έχει αρκετά ορυχεία μαρμάρου. Φυσικά, όπως έχει προαναφερθεί, η Θάσος έχει ένα είδος μαρμάρου το οποίο δεν μπορεί να βρεθεί πουθενά στο κόσμο. Το Λευκό Μάρμαρο της Θάσου είναι το πιο άσπρο μάρμαρο που έχει βρεθεί στον κόσμο. Αν υπάρχει πιο άσπρο μάρμαρο δεν έχει ανακαλυφθεί ακόμη.



Μετά τον καθορισμό του μεγέθους του κομματιού που θα κοπεί, γίνονται τρύπες στο μάρμαρο. Ένα αεροδυναμικό τρυπάνι ή ένα υδραυλικό τρυπάνι θα

χρησιμοποιηθεί για να γίνουν οι τρύπες. Ένα αυλάκι από νερό κυλάει πάνω από την περιοχή που κόβεται για να λειτουργήσει σαν φυσικό λιπαντικό. Θα γίνουν τρεις τρύπες, οι οποίες θα καταλήγουν στο ίδιο σημείο. Τα μπλε βελάκι δείχνουν τα σημεία όπου θα γίνουν οι τρύπες και το πράσινο το σημείο όπου όλες θα καταλήξουν.



6.2



6.3



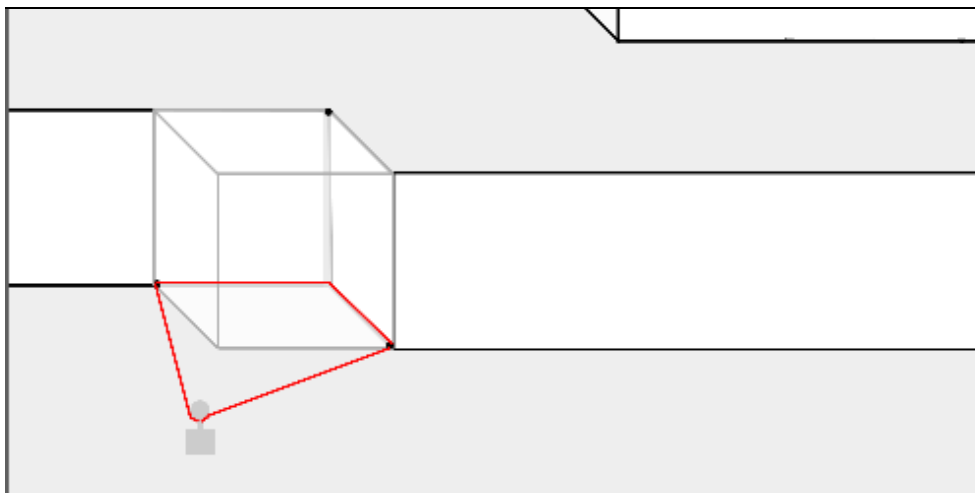
6.4

Σχ. 6.2. Ένα αεροδυναμικό τρυπάνι στο πάνω μέρος του μαρμάρου που θα κοπεί.

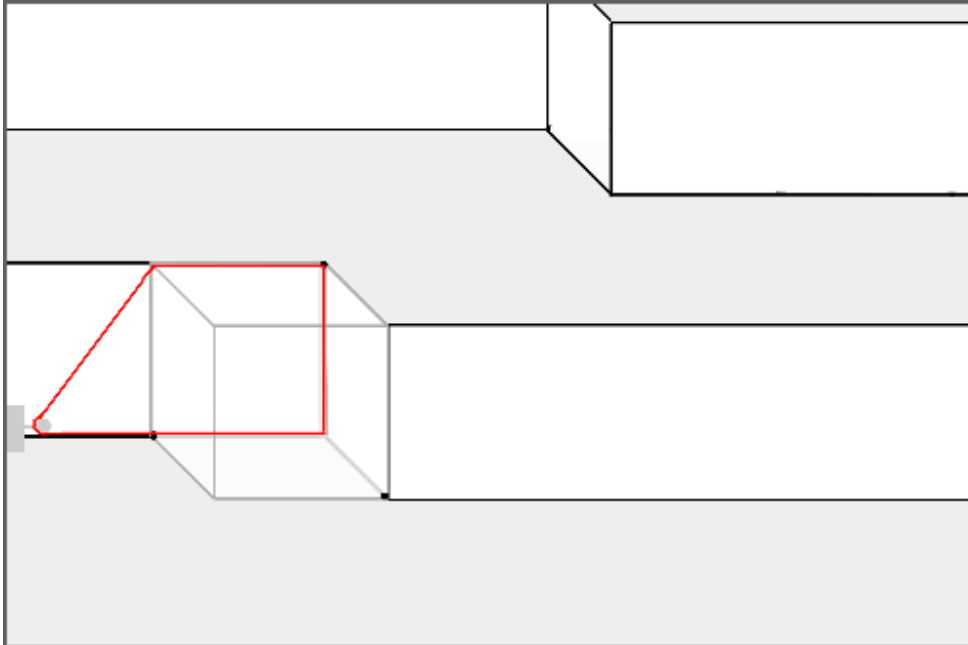
Σχ. 6.3. Η τρύπα μετά την διαδικασία με το τρυπάνι.

Σχ. 6.4. Κάνοντας μια οριζόντια τρύπα.

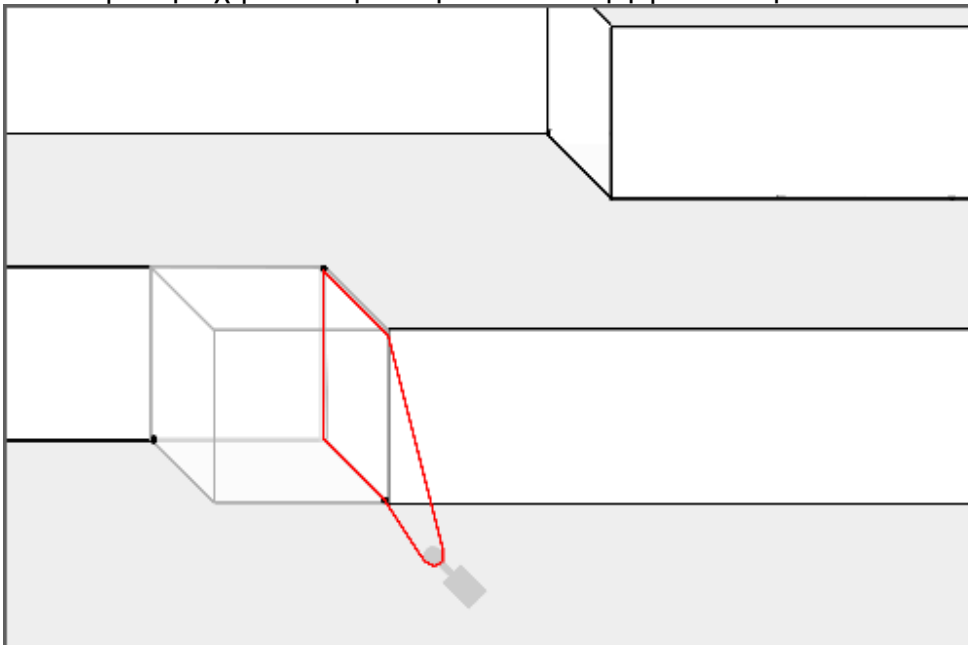
Κόβοντας τον Όγκο Μαρμάρου από το Βουνό



Ένα διαμαντένιο καλώδιο-"πριόνι" χρησιμοποιείτε για να κόψει το μάρμαρο από το βουνό. Το κάτω μέρος είναι το πρώτο που κόβεται. Το διαμαντένιο καλώδιο μπαίνει στις δύο τρύπες που είχαν γίνει νωρίτερα οριζοντίως. Ένα αυλάκι από νερό κυλάει πάνω από την περιοχή που κόβεται για να λειτουργήσει σαν φυσικό λιπαντικό.



Το διαμαντένιο καλώδιο περνάει τώρα από την τρύπα στην κορυφή (καθέτως) και μέσα από τρύπα στο κάτω μέρος (οριζοντίως). Ένα αυλάκι από νερό κυλάει πάνω από την περιοχή που κόβεται για να λειτουργήσει σαν φυσικό λιπαντικό.



Και ξανά το διαμαντένιο καλώδιο περνάει από την τρύπα στην κορυφή (καθέτως) και από την άλλη τρύπα στο κάτω μέρος (οριζοντίως). Ένα αυλάκι από νερό κυλάει πάνω από την περιοχή που κόβεται για να λειτουργήσει σαν φυσικό λιπαντικό.



6.5



6.6



6.7



6.8

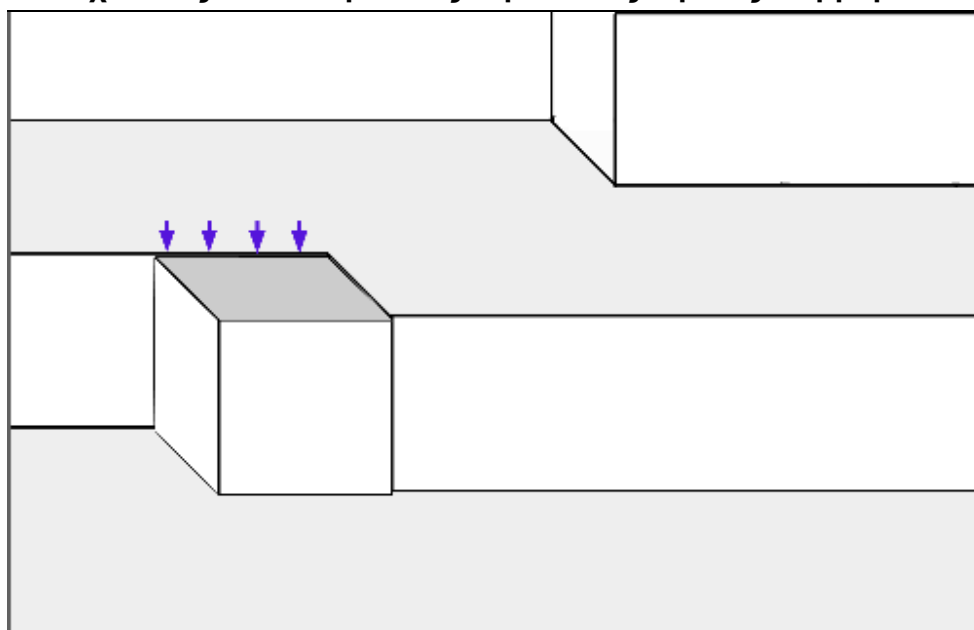
Σχ. 6.5. Το διαμαντένιο καλώδιο - "πριόνι".

Σχ. 6.6. Ένα διαμαντένιο καλώδιο, το οποίο χρησιμοποιείτε για να κόψει το μάρμαρο.

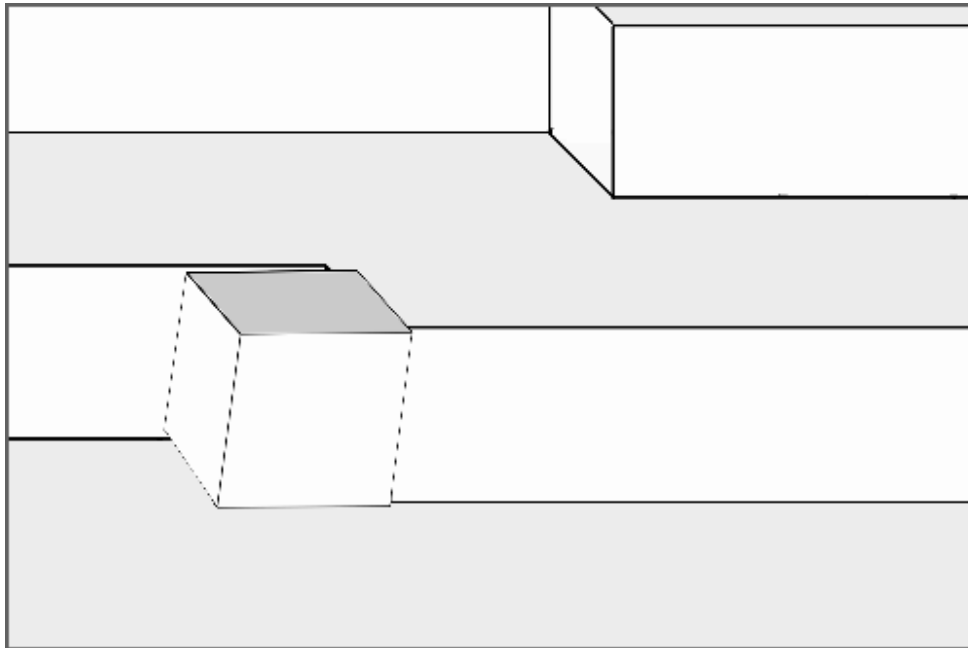
Σχ. 6.7. Εδώ το διαμαντένιο καλώδιο κόβει το μάρμαρο.

Σχ. 6.8. Όπως μπορείτε να δείτε έχει γίνει ένα κόψιμο ξεκινώντας από την τρύπα.

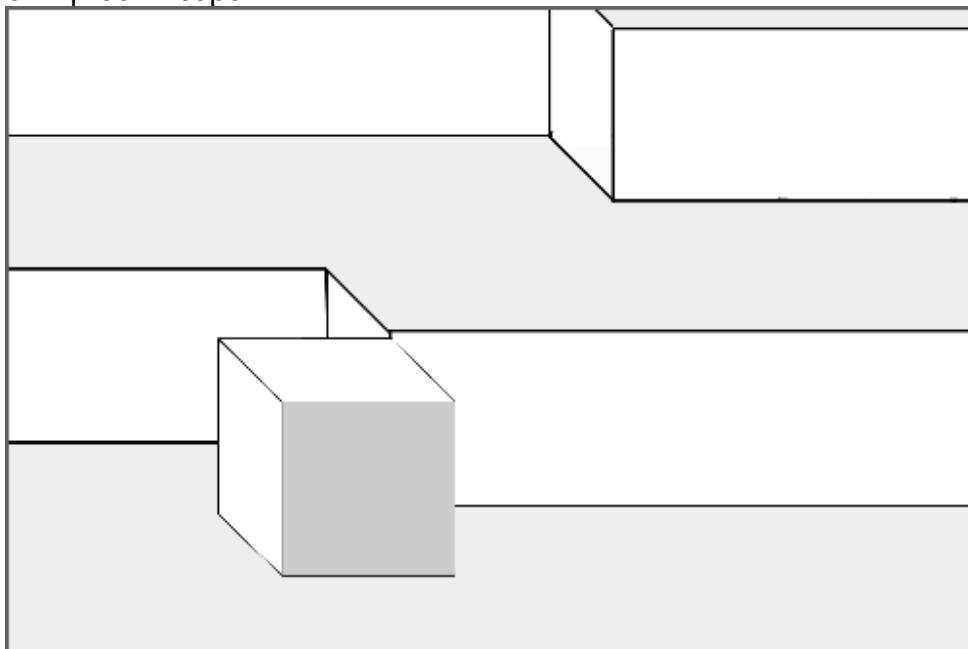
Ρίχνοντας στα Πλάγια τους Τεράστιους Όγκους Μαρμάρων



Μετά την ολοκλήρωση της κοπής, ένας ξεφουσκωμένος αερόσακος τοποθετείτε (μπλε βελάκια) ανάμεσα στο κομμένο κομμάτι και στο τμήμα του βουνού από όπου κόπηκε. Έπειτα ο αερόσακος φουσκώνεται και σπρώχνει το μάρμαρο μακριά. Πέτρες ή άλλα αντικείμενα τοποθετούνται στο κενό το οποίο έχει δημιουργηθεί για να κρατήσουν το κομμάτι και να μην επιστρέψει στην αρχική του θέση. Όταν το κενό είναι αρκετά μεγάλο, υδραυλικοί γρύλοι τοποθετούνται για να σπρώξουν το κομμάτι ακόμη πιο μακριά. Επίσης τοποθετείται χώμα στο σημείο που είναι να πέσει το μάρμαρο, ώστε να μην πάθει καμιά βλάβη ο όγκος.



Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι το κομμάτι του μαρμάρου να πέσει στην μπροστινή του πλευρά.



Το κομμάτι είναι τώρα έτοιμο να το σπρώξουν ακόμη πιο μακριά για να κοπεί σε μικρότερα κομμάτια.



6.9



6.10



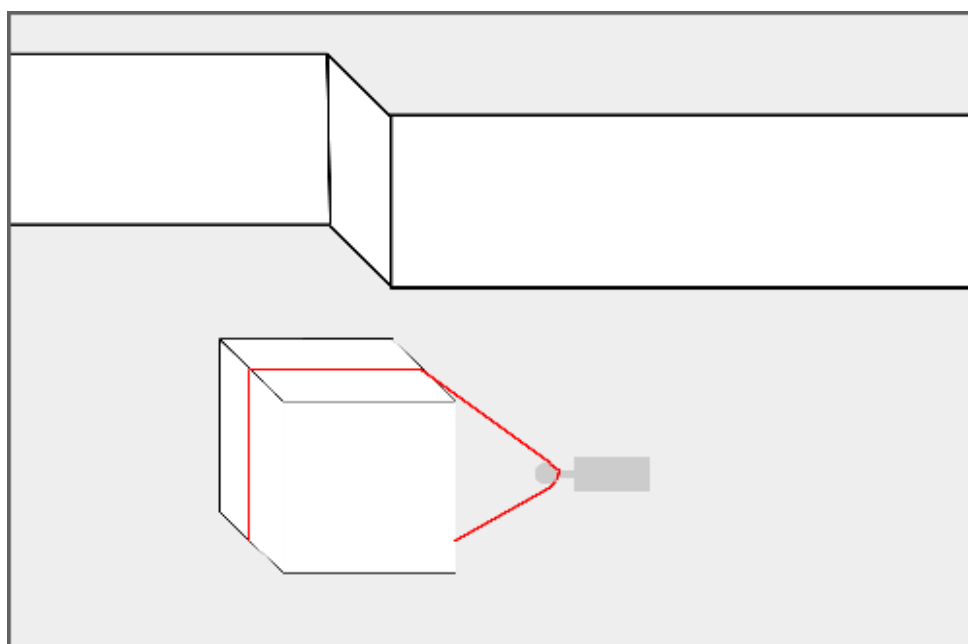
6.11

Σχ. 6.9. Ο αερόσακος ανάμεσα στο κομμάτι και στο βουνό.

Σχ. 6.10. Χρησιμοποιώντας μεγάλα κομμάτια μαρμάρου για να κρατήσουν το άνοιγμα.

Σχ. 6.11. Οι πεσμένοι όγκοι, έτοιμοι να μεταφερθούν πιο μακριά για κοπή.

Κόβοντας τα Μεγάλα Κομμάτια Μαρμάρου σε Μικρότερα Κομμάτια



Μετά το κόψιμο του όγκου του μαρμάρου από το βουνό, το μέγεθός του είναι ακόμη μεγάλο για να το δουλέψουν ή ακόμη και για να το μεταφέρουν σε άλλη τοποθεσία. Βαρύς εξοπλισμός χρησιμοποιείται για να σπρώξει τον όγκο σε μια πιο ανοιχτή περιοχή. Μόλις σταθεροποιηθεί, οι εργάτες αρχίζουν να κόβουν αυτόν τον τεράστιο όγκο σε μικρότερα κομμάτια τα οποία μπορούν ευκολότερα να μετακινηθούν και έτσι να αρχίσει η διαδικασία παραγωγής προϊόντων μαρμάρου.



6.12

Σχ. 6.12. Το κόψιμο του όγκου γίνεται με τον ίδιο τρόπο που γίνεται και η κοπή από το βουνό, με τη διαφορά ότι εδώ δε θα χρειαστούν τρύπες.

Μετακινώντας τα Κομμάτια Μαρμάρου στο Εργοστάσιο

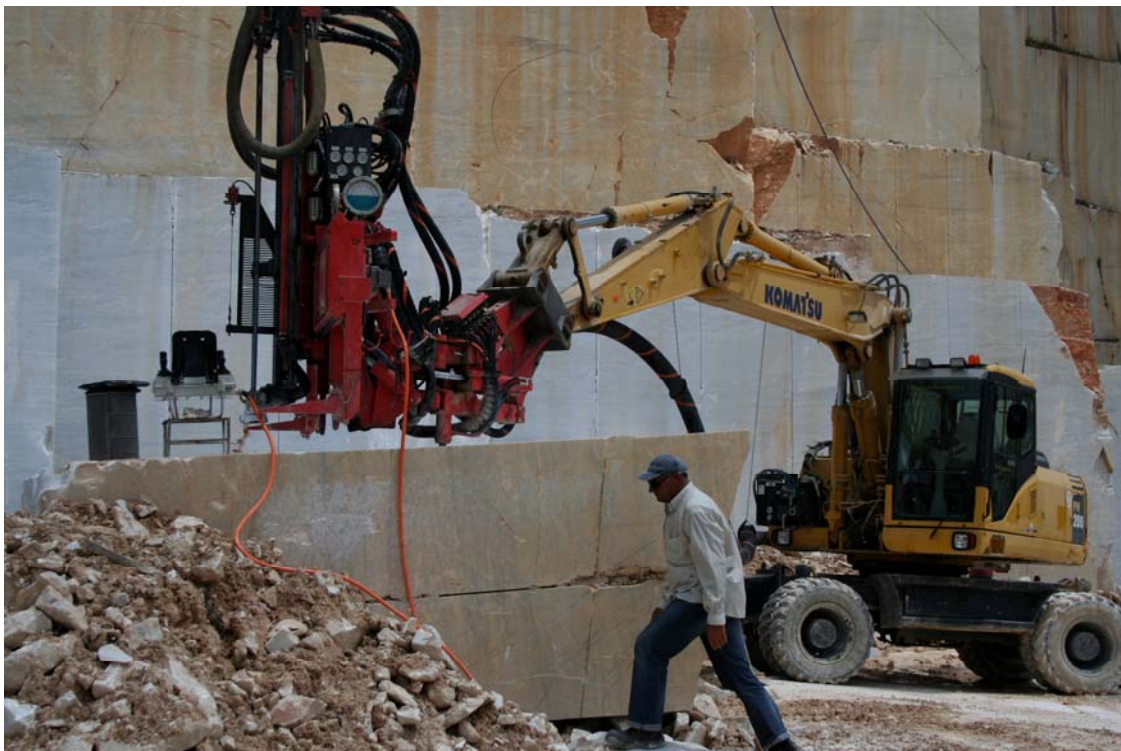


Σχ. 6.13. Βαρύς εξοπλισμός χρησιμοποιείτε για να μετακινήσει τα κομμάτια. Από το λατομείο του Ελευθεριάδη στον Αγ. Κοσμά.

6.2 Επεξεργασία-Δευτερογενής παραγωγή μαρμάρων

Η δευτερογενής παραγωγή μαρμάρων περιλαμβάνει δύο φάσεις οι οποίες μερικές φορές δεν είναι εντελώς ευδιάκριτες, την κοπή και την επεξεργασία. Τα εργαλεία κοπής μαρμάρων είναι οι λάμες και οι δίσκοι τα οποία φέρουν πλακίδια κατασκευασμένα από συνθετικά διαμάντια και μεταλλικούς συνδέσμους. Τα μηχανήματα κοπής είναι το μονόλαμο και το πολύλαμο τελάρο, και ο ορθογώνιος κόφτης. Ανεξάρτητα από το μηχάνημα κοπής που θα χρησιμοποιηθεί, αυτό που πρέπει να προσεχτεί ιδιαίτερα είναι ο τρόπος τοποθέτησης των ογκομαρμάρων ώστε οι πλάκες να βγουν με τα επιθυμητά νερά, και με τη μεγαλύτερη δυνατή αντοχή. Η επεξεργασία είναι το τελευταίο στάδιο μετασχηματισμού των ογκομαρμάρων σε τελικά προϊόντα. Περιλαμβάνει τον τεμαχισμό σε πλάκες, την λείανση, την στίλβωση και το μπιζουτάρισμα. Τα εργαλεία κοπής και επεξεργασίας μαρμάρου ψύχονται με νερό, που λειτουργεί και ως λιπαντικό.

Κοπή



Σχ. 6.14. Wagon Drill ή Γαζιέρα όπως την αποκαλούν οι τεχνικοί.



Σχ. 6.15. Wagon Drill ή Γαζιέρα όπως την αποκαλούν οι τεχνικοί.



Σχ. 6.16. Γερανογέφυρα.



Σχ. 6.17. Οριζόντιο Κάθετο.



Σχ. 6.18. Οριζόντιο Κάθετο.



Σχ. 6.19. Κοπή μαρμάρων.



Σχ. 6.20. Τελάρο. Κόβει το μάρμαρο σε πλάκες καθώς κατεβαίνουν προς τα κάτω τα πριόνια με τα διαμάντια.



Σχ. 6.21. Τελάρο.



Σχ. 6.22. Μεταφορά.



Σχ. 6.23. Έτοιμες πλάκες μαρμάρων.



Σχ. 6.24. Γυαλιστική μηχανή.

Δύο άτομα δουλεύουν σε αυτό το μηχάνημα, ο ένας το τροφοδοτεί και ο άλλος τα μαζεύει. Τα μάρμαρα μπαίνουν κολλητά το ένα δίπλα στο άλλο από τα πιο χοντρά στα πιο λεπτά κομμάτια.

Ανάπτυξη και σε άλλους τομείς επεξεργασίας

Ενώ έχουν γίνει μεγάλα βήματα στον τομέα της επεξεργασίας, οι επιχειρήσεις δεν έχουν προχωρήσει αρκετά στον τομέα της διαλογής και τυποποίησης, καθώς και στην ανάπτυξη άλλων παράλληλων τομέων, όπως σκαπιτσαρίσματος πλακών και χρησιμοποίηση μηχανημάτων παραγωγής προϊόντων αισθητικής τέχνης. Θα πρέπει με την βοήθεια των αρμοδίων κρατικών φορέων να διοργανωθούν σεμινάρια επιμόρφωσης και μάρκετινγκ για να μπορέσουν οι απλοί αυτοί άνθρωποι, που πήραν την δουλειά στα χέρια τους και προσφέρουν στην εθνική οικονομία, να ξεπεράσουν τα εμπόδια από την έλλειψη γνώσεων και πληροφόρησης, ώστε η ποιότητα των προϊόντων δευτερογενούς παραγωγής να γίνει ακόμα καλύτερη.

6.3 Εξόρυξη μαρμάρων κατά την αρχαιότητα

Αρχαίες μαρτυρίες για τον τρόπο εξόρυξης των μαρμάρων δεν υπάρχουν, αλλά, από ευρήματα και διαπιστώσεις στα αρχαία λατομεία που διατηρήθηκαν μέχρι σήμερα, φαίνεται ότι η εξόρυξη δε διέφερε και πολύ από εκείνη που εφαρμόζαν οι λατόμοι, μέχρι πριν λίγα χρόνια, πριν δηλαδή γενικευτεί η χρήση των σύγχρονων μηχανημάτων εξόρυξης (συρματοκοπές, εξοπλισμός

πεπιεσμένου αέρα, μηχανήματα φόρτωσης μεγάλης ισχύος κ.ά.). Τα αρχαία λατομεία διακρίνονταν σε επιφανειακά και υπόγεια. Επίσης υπήρχαν λατομεία που τα άνοιγαν για να φτιάξουν ένα συγκεκριμένο έργο, καθώς και μεγάλα οργανωμένα λατομεία όπου εξορυσσόταν μάρμαρο για διάφορα έργα και πολλές φορές μεταφερόταν σε μεγάλες αποστάσεις. Τα μεγάλα αυτά αρχαία λατομεία, στο μεγαλύτερο ποσοστό έχουν καταστραφεί από μεταγενέστερες εκμεταλλεύσεις, αφού κατά κανόνα όπου υπήρχε λατομείο οι μεταγενέστεροι συνέχιζαν την εκμετάλλευσή τους.

Στα υπαίθρια λατομεία η απόσπαση των όγκων γινόταν με τη δημιουργία κατακόρυφων και οριζόντιων αυλακιών με πριόνι και άμμο. Στη συνέχεια άνοιγαν σε αυτά υποδοχές για σφήνες από σίδερο ή ξερό ξύλο, το οποίο όταν βρεχόταν διογκωνόταν και βοηθούσε στην απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα. Στα λατομεία μαρμάρου χρησιμοποιούσαν πάντα μεταλλικές σφήνες. Με την εξόρυξη του όγκου ακολουθούσε η πρώτη λάξευση. Με τον τρόπο αυτό έφευγε το περιττό βάρος και γινόταν ευκολότερη η μεταφορά. Τα κιονόκρανα, οι κολώνες και διάφορα μισοτελειωμένα αγάλματα που βρέθηκαν σε αρχαία λατομεία μαρμάρου, ενισχύουν αυτή την πεποίθηση. Η μεταφορά των ογκόλιθων από το λατομείο στο εργαστήριο δεν ήταν πάντα εύκολη, γιατί πολύ συχνά η απόσταση ήταν μεγάλη και το έδαφος ορεινό και ανώμαλο, ενώ άλλες φορές μεσολαβούσε η θάλασσα. Συνήθως για μικρές και οριζόντιες αποστάσεις και για όγκους όχι μεγάλους χρησιμοποιούσαν φάλαγγες ή σκυτάλες, δηλαδή ξύλινους κυλίνδρους. Από τις πλαγιές των βουνών και γενικότερα από κεκλιμένα επίπεδα η μεταφορά γινόταν πάνω σε ξύλινες εσχάρες, με τη βοήθεια μοχλών. Στις σχάρες αυτές ήταν δεμένη η μια άκρη σχοινίων τα οποία ξετυλίγονταν αργά-αργά από σταθερούς πασσάλους ή δέντρα για να συγκρατείται το βάρος από απότομη κατολίσθηση.

6.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η εξόρυξη μαρμάρου όμως έχει μια σειρά από επιπτώσεις, τις επιπτώσεις αυτές στο περιβάλλον μπορούμε να τις χωρίσουμε σε μόνιμες και προσωρινές.

Μόνιμες

- α) Η αλλαγή της μορφολογίας του εδάφους και η αλλοίωση του τοπίου.
- β) Η καταστροφή της πανίδας και της χλωρίδας.
- γ) Η διαταραχή της ισορροπίας των υδάτων.

Προσωρινές

- α) Η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων με την μουργκάνα.
- β) Η ηχορύπανση.

Η' σύμφωνα με τους Ν. Ελευθεριάδη και Δ. Εμμανουλούδη (1992) να τις χωρίσουμε σε:

Περιβαλλοντικές:

- Καταστροφή του δάσους.
- Καταστροφή του εδάφους και διάβρωση.



- Απορρύθμιση της υδατικής οικονομίας,
- Στέρηση καταφυγίου και τροφής για τα άγρια ζώα.
- Ηχορρύπανση.
- Ρύπανση από σκόνη.

Αισθητικές:

- Καταστροφή φυσικών στοιχείων του τόπου.
- Εξαφάνιση οπτικών γραμμών τοπίου,
- Εμφάνιση ανθρωπογενών χαρακτηριστικών.
- Εικόνα εγκατάλειψης,
- Περιορισμένη παρουσία κάθε μορφής ζωής.

Κοινωνικές:

- Καταστροφή αρχαίων λατομείων,
- Εξαφάνιση πηγών και αλλοίωση των ορίων υπόγειων υδροκρίτων.
- Κίνδυνοι πρόκλησης πυρκαγιάς.
- Μείωση αξίας κατοικιών και οικοπέδων,
- Κίνδυνοι και θόρυβοι κατά τη μεταφορά στα χωριά και τα ferry boats

Η αποτελεσματική αντιμετώπιση των παραπάνω επιπτώσεων στο περιβάλλον, προϋποθέτει σοβαρές προσπάθειες από πλευράς των επιχειρήσεων. Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος θα πρέπει να υπάρχει σαν λειτουργικό μέρος της εκμετάλλευσης και να ξεκινάει μαζί μ' αυτή και όχι η διαμόρφωση και οι εργασίες να αρχίζουν μετά το τέλος της εκμετάλλευσης. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να υπάρχουν εποπτικές αρχές (δασαρχείο, Τ.Α., ΙΓΜΕ) που θα εποπτεύουν την τήρηση των δεσμεύσεων που έχουν αναληφθεί από τις επιχειρήσεις.



ΦΘΟΡΑ, ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

7.1 Τύποι φθοράς του μαρμάρου

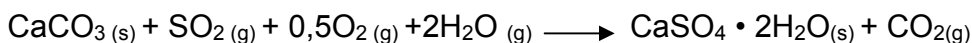
Ως φθορά ορίζεται η υποβάθμιση στον χρόνο των ιδιοτήτων (φυσικών, χημικών, μηχανικών) και των χαρακτηριστικών (ορυκτολογικών, υφής) των υλικών η οποία οδηγεί τελικά στην αποσάθρωση τους. Η φθορά είναι συνάρτηση ενδογενών παραγόντων, όπως η ορυκτολογική σύνθεση και η ενεργός επιφάνεια επαφής με τους παράγοντες φθοράς, αλλά κυρίως εξωγενών, όπως η υγρασία της ατμόσφαιρας, η θερμοκρασία, το θαλάσσιο περιβάλλον και ιδιαίτερα η ατμοσφαιρική ρύπανση (Μοροπούλου, 2000). Οι κυριότεροι τύποι φθοράς που παρατηρούνται στους λίθους και ειδικότερα στα μάρμαρα και τα ασβεστολιθικά πετρώματα οφείλονται κυρίως σε χημικές-ηλεκτροχημικές δράσεις και λιγότερο σε μηχανικές, και είναι επιγραμματικά οι παρακάτω:

- Αποπλυμένες επιφάνειες- Δημιουργία εύθρυπτης όξινης ανθρακικής κρούστας αποτέλεσμα της όξινης βροχής
- Γυψοποίηση και μαύρες κρούστες
- Πορτοκαλοκάστανη πατίνα- Καταστροφές αυθεντικών πατίνων από επεμβάσεις συντήρησης και καθαρισμού
- Τσιμεντιτικές κρούστες
- Βιολογικές κρούστες
- Ρηγματώσεις και διάσπαση κόκκων-σχετικά σπάνιο φαινόμενο στο μάρμαρο λόγω του μικρού πορώδους
- Παλαιότερες επεμβάσεις συντήρησης

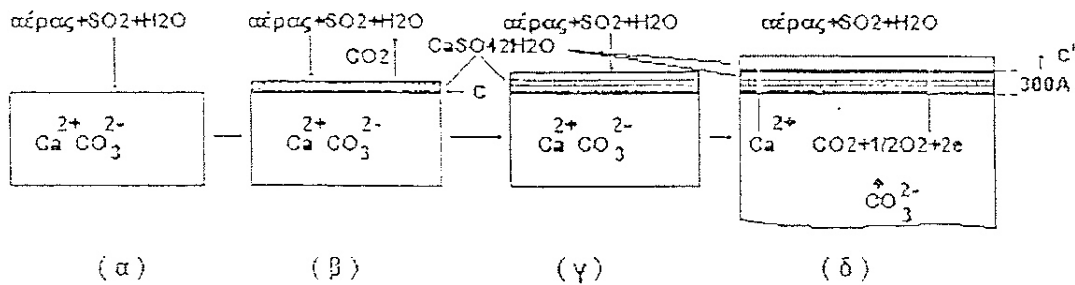
Ένας από τους σημαντικότερους τύπους φθοράς είναι η γυψοποίηση του μαρμάρου που αποδίδεται σε χημικές-ηλεκτροχημικές δράσεις.

7.1.1 Γυψοποίηση

Ως γυψοποίηση καλείται η φθορά του μαρμάρου που οφείλεται σε ηλεκτροχημικές δράσεις. Συνοπτικά πρόκειται για την διεργασία κατά την οποία η επιφάνεια του μαρμάρου που συνίσταται από ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) μετατρέπεται σε γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) λόγω της παρουσίας οξειδίων του S στο σύγχρονο αστικό περιβάλλον.

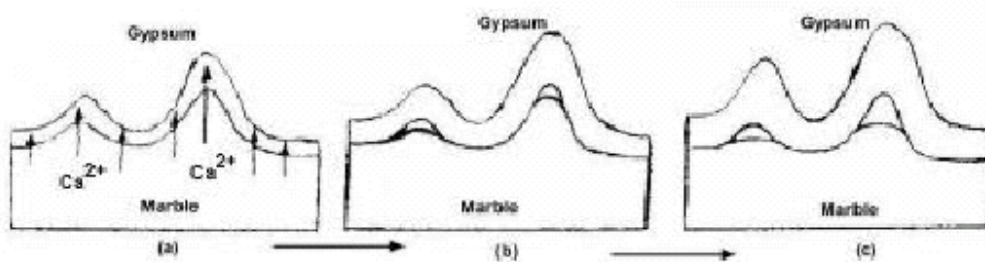


Τα οξείδια του S συναντώνται σε ρυπασμένη ατμόσφαιρα με την μορφή SO_2 (κατά 80%) και SO_3 (κατά 20%). Ο μηχανισμός της γυψοποίησης δεν ήταν γνωστός μέχρι και το 1975, όποτε και προτάθηκε το μοντέλο γυψοποίησης προσομοίωσης γαλβανικού στοιχείου σύμφωνα με την θεωρία του Wagner (ηλεκτροχημικό δυναμικό).



Σχ. 7.1. Προτεινόμενο μοντέλο γυψοποίησης εν ξηρό. (Skoulikidis & Parakonstantinou-Ziotis, 1981).

Η γυψοποίηση λαμβάνει χώρα σε επιφάνειες που δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το νερό της βροχής ή που δεν εκτίθενται διαρκώς στην βροχή, με αποτέλεσμα να γυψοποιούνται παρουσία οξειδίων του S και υγρασίας. Αντίθετα οι επιφάνειες που είναι εκτεθειμένες στο νερό της βροχής εμφανίζονται αποπλυμένες και διαβρωμένες.



Σχ. 7.2. Απλοποιημένη σχηματική απεικόνιση σχηματισμού της γύψου σε μαρμαρίνες επιφάνειες (Skoulikidis, 1997).

Οι γυψοποιημένες επιφάνειες είναι αδροκρυσταλλικές και έχουν ισχυρές προσροφητικές ικανότητες, με αποτέλεσμα να ευνοούν την κροκίδωση και κατακράτηση κολλοειδών αιωρούμενων σωματιδίων άνθρακα, οξειδίων Al, Fe και άλλων μετάλλων, υπολειμμάτων άκαυστων υδρογονανθράκων, υπολείμματα άμμου, χώματος και τσιμέντου. Όλα τα παραπάνω συνήθως προσδίδουν στις γυψοποιημένες επιφάνειες γκρι, κίτρινο, καφέ, πορτοκαλοκάστανο και μαύρο χρώμα σχηματίζοντας χαρακτηριστικές δένδριτικές μαύρες κρούστες (Maravelaki-Kalaitzaki et al., 1999 & Maravelaki-Kalaitzaki et al., 2001). Συγκεκριμένα σε μη επίπεδες κατακόρυφες ή οριζόντιες επιφάνειες, όπου το νερό της βροχής γλιστράει, παγιδεύεται, λιμνάζει και εξατμίζεται, εμφανίζεται η μαύρη κρούστα που οφείλεται στην ανακρυστάλλωση του ανθρακικού ασβεστίου, μερική γυψοποίηση του και κατακράτηση αιωρούμενων σωματιδίων άνθρακα και άλλων ουσιών. Συνήθως αποτελείται από επάλληλα και σε μερική ανάμιξη στρώματα

ανθρακικού ασβεστίου από ανακρυστάλλωση γύψου και αιωρούμενων σωματιδίων (Moropoulou et al., 1998). Το γεγονός ότι οι γυψοποιημένες επιφάνειες είναι αδροκρυσταλλικές και έχουν προσροφητικές ικανότητες, επιτρέπει την γυψοποίηση του μαρμάρου σε βάθος, ενώ οι κόκκοι στην επιφάνεια καθίστανται πιο αδροί και συνήθως λόγω της μειωμένης αντοχής της γύψου φθείρονται, με αποτέλεσμα να έχουμε απώλειες των γλυπτών επιφανειών, δηλαδή εξαφάνιση των λεπτομερειών τους. Πιο συγκεκριμένα το επιφανειακό στρώμα της γύψου ρηγματώνεται και θραύεται όταν ξεπεράσει σε πάχος το 1cm ή όταν λαμβάνουν χώρα απότομες αλλαγές στην θερμοκρασία και την υγρασία (Skoulikidis, 1991).

Για την αποτροπή της καταστροφής των επιφανειακών στρωμάτων του μαρμάρου και τη συνακόλουθη απώλεια των λεπτομερειών του γλυπτού διάκοσμου, εφαρμόζονται μέθοδοι σταθεροποίησης της γύψου και όχι απομάκρυνσης της, διότι ακριβώς το ζητούμενο είναι η διατήρηση των λεπτομερειών, καθώς η απομάκρυνση της γύψου επιφέρει ακριβώς το αντίθετο αποτέλεσμα. Οι μέθοδοι καθαρισμού που προτείνονται για τα σημαντικά μαρμάρινα αρχιτεκτονικά μέλη ενός μνημείου τα οποία έχουν γυψοποιηθεί, όπως πχ η ζωφόρος του Παρθενώνα, γλυπτά και γενικά επιφάνειες με διάκοσμο, είναι εκείνες που δεν καταστρέφουν το επιφανειακό στρώμα της γύψου. Ως τέτοιες λογίζονται η χρήση λείζερ με ενδιαμέσο μήκος κύματος υψηλότερο από αυτό του EXCIMER UV laser και χαμηλότερο από το μήκος κύματος του Nd-Yag laser, οι ροφητικές πάστες και η μέθοδος του εργαστηρίου Σκουλικίδη, με την οποία επιτυγχάνεται αναστροφή της γυψοποίησης, δηλαδή μετατροπή της γύψου σε ανθρακικό ασβέστιο.

7.2 Προοπτικές ανάπτυξης του μαρμάρου

Οι προοπτικές του μαρμάρου είναι υπεραισιόδοξες γιατί όπως είναι γνωστό τα Ελληνικά μάρμαρα είναι ανταγωνίσιμα στις διεθνείς αγορές. Επίσης η εγχώρια κατανάλωση μαρμάρου είναι πολύ υψηλή (85% της πρωτογενούς παραγωγής). πριν από μερικές δεκαετίες η χρησιμοποίηση του περιοριζόταν στην κατασκευή επιτάφιων μνημείων, στη γλυπτική και στην επένδυση δημόσιων κτιρίων. Η βελτίωση της τεχνολογίας επέτρεψε την φθηνή παραγωγή προϊόντων μαρμάρου, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται πολύ σήμερα στην οικοδομή (διακόσμηση). Κυρίαρχα στοιχεία στη ζήτηση του μαρμάρου είναι το χρώμα, η ποιότητα, η ποσότητα και η τιμή του. Τα τελευταία χρόνια έχουν κάνει την εμφάνισή τους στην αγορά, οι γρανίτες, που είναι κυρίως χρωματιστοί. Έτσι τα έγχρωμα μάρμαρα αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα ζήτησης, ενώ αντιθέτως αυξάνεται συνεχώς η ζήτηση των λευκών μαρμάρων τα οποία ακόμη δεν μπορούν - και μάλλον δεν θα μπορέσουν - να αντικατασταθούν από άλλα πετρώματα. Παρότι όλος ο κλάδος του μαρμάρου έχει αυξήσει τις εξαγωγές του τα τελευταία χρόνια, τόσο σε ποσότητα όσο και σε αξία, δεν μπορούμε να πούμε ότι έκανε το μεγάλο άλμα στο θέμα των εξαγωγών. Τα αίτια γι' αυτήν την μη ικανοποιητική εξέλιξη των εξαγωγών εντοπίζονται στην έλλειψη συγκεκριμένης πολιτικής στον κλάδο του μαρμάρου, μιας πολιτικής που θα ξεκινά απ' την αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής, θα περνά μέσα από μια τυποποίηση αυστηρών προδιαγραφών των προϊόντων που παράγονται, και θα καταλήγει στη διεκδίκηση ακόμη μεγαλύτερου

μεριδίου της διεθνούς αγοράς. Για να υπάρξει όμως το επιθυμητό αποτέλεσμα δεν αρκούν μόνο τα μέτρα της πολιτείας, θα πρέπει να υπάρξει ακόμη μεγαλύτερη προσπάθεια των φορέων του κλάδου του μαρμάρου, για εκσυγχρονισμό των επιχειρήσεων τους, για διατήρηση της καλής παράδοσης που έχει η χώρα μας και για συνέπεια στην εκτέλεση των παραγγελιών τους.

Αν και ο ανταγωνισμός, σήμερα, στη διεθνή αγορά των διακοσμητικών πετρωμάτων είναι πολύ σκληρός, η ελληνική μάρμαρο-βιομηχανία Βρίσκεται σε πολύ ικανοποιητικό επίπεδο και έχει δυνατότητες για παραπέρα ανάπτυξη. Είναι γεγονός ότι όλο και περισσότερες επιχειρήσεις του κλάδου κατευθύνουν τις δραστηριότητές τους με επιτυχία προς τη διεθνή αγορά. Ο δυναμισμός τους, η εξαγωγική τους οργάνωση και η συστηματική πλέον συμμετοχή τους σε διεθνείς εκθέσεις μαρμάρου που γίνονται σε όλο τον κόσμο, όπως στην Ιταλία, στη Γερμανία, στις Η.Π.Α., στην Ιαπωνία, στην Ταϊβάν, έχουν συμβάλει αποφασιστικά στο να γνωρίσει τα ελληνικά μάρμαρα περισσότερος κόσμος και να εκτιμήσει την ποιοτική τους υπεροχή. Ο αριθμός των επιχειρήσεων του κλάδου μαρμάρου υπολογίζεται σε 4.000 περίπου και περιλαμβάνει μικρές, μεσαίες, αλλά και πολλές μεγάλες μονάδες που έχουν πραγματοποιήσει σημαντικές επενδύσεις και είναι από άποψη μεγέθους και εκσυγχρονισμού μεταξύ των καλύτερων της Ευρώπης. Στον κλάδο απασχολούνται περισσότερα από 60.000 άτομα συνολικά, από τα οποία ένα αξιόλογο ποσοστό έχει υψηλό βαθμό εξειδίκευσης στους τομείς εξόρυξης, κατεργασίας και τοποθέτησης.

Οι ελληνικές εισαγωγές μαρμάρου, κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου 1999-2003, αυξήθηκαν σημαντικά (σχεδόν τριπλασιάστηκαν) από 8.043 χιλ. ευρώ που ήταν το 1999 εκτοξεύθηκαν στις 24.963 χιλ. ευρώ το 2003, καταγράφοντας μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 32,7%. Οι χώρες εισαγωγής μαρμάρων είναι η Τουρκία (35,4%), η Π.Γ.Δ.Μ. (30,6%), το Μαρόκο (10,7%) και η Βουλγαρία (6,3%). Οι εξαγωγές στον αντίποδα, εμφανίζουν διακυμάνσεις κατά την διάρκεια όλων των ετών για να καταλήξουν στα 38.276 χιλ. ευρώ το 2003, με μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 16,1%. Αξίζει να επισημανθεί οι ελληνικές εξαγωγές μαρμάρου αν και σημείωσαν πτώση ότι τη διετία 2001-2002, το 2003 ανέκαμψαν σημαντικά καταγράφοντας ετήσια αύξηση της τάξης του 22%. Επίσης είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η Ισπανία και η Ιταλία κατέχουν τα πρωτεία στις εξαγωγές μαρμάρου μεταξύ των χωρών της ΕΕ, ενώ η χώρα μας βρίσκεται στην τρίτη θέση. Τέλος, θα συμπληρώναμε ότι το εμπορικό ισοζύγιο εμφανίζεται πλεονασματικό για τη χώρα μας σε όλη την περίοδο που μελετήσαμε , σημειώνοντας μέση ετήσια αύξηση του πλεονάσματος της τάξης του 0,5%.

7.3 Σήμανση CE σε προϊόντα από φυσικούς λίθους

Η Σήμανση CE (από τα γαλλικά *Communauté Européenne* = «Ευρωπαϊκή Κοινότητα» ή *Conformité Européenne* = «Συμμόρφωση με ευρωπαϊκές οδηγίες») δεν δίνεται από κάποιον Φορέα ή άλλη Υπηρεσία. Ο Παραγωγός ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπος του είναι υπεύθυνος για τη σήμανση των προϊόντων που κατασκευάζει, υπογράφοντας μια Δήλωση Συμμόρφωσης και δημιουργώντας την Αρχική Δοκιμή Τύπου (*ITT=Initial Type Test*), ώστε να καθορισθούν οι προδιαγραφές των προϊόντων και οι τιμές επίδοσης για κάποιες

ιδιότητές του. Επίσης απαιτείται η εφαρμογή και διατήρηση ενός Συστήματος Εσωτερικού Ελέγχου Παραγωγής στο Εργοστάσιο (*FPC=Factory Production Control*), που να εξασφαλίζει ότι όλα τα παραχθέντα προϊόντα συμμορφώνονται στην Αρχική Δοκιμή ΙΤΤ.

Η προθεσμία για την Σήμανση CE των προϊόντων μαρμάρου έληξε στις 24/05/2008, οπότε και έγινε υποχρεωτική η εφαρμογή των εναρμονισμένων προτύπων (EN 1469:2004, EN 12057:2004 και 12058:2004) στην ευρωπαϊκή επικράτεια στα πλαίσια της οδηγίας 89/106/ΕΟΚ. Η απόφαση για την υποχρεωτική Σήμανση CE, περιλαμβάνει τις πλάκες για δάπεδα, σκάλες και επενδύσεις, τα διαστασιολογημένα πλακίδια και τα σχιστολιθικά και λίθινα προϊόντα για επενδύσεις και ασυνεχείς επικαλύψεις στεγών. Επίσης είναι από τον Απρίλιο του 2007 υποχρεωτική η Σήμανση CE και για τις πλάκες, τους κυβόλιθους και τα κράσπεδα από φυσικούς λίθους, που προορίζονται για εξωτερικές πλακοστρώσεις (EN 12326-1:2004). Για τα προϊόντα μαρμάρου απαιτείται η Αρχική Δοκιμή Τύπου (ΙΤΤ) των τεχνικών χαρακτηριστικών, όσο και η εφαρμογή ενός Συστήματος Εσωτερικού Ελέγχου της Παραγωγής στο Εργοστάσιο. Μια Αρχική Δοκιμή Τύπου όλων των σχετικών απαιτήσεων πρέπει κατά βάση να πραγματοποιηθεί στην πρώτη εφαρμογή της Σήμανσης CE στο προϊόν ή στην αρχή της παραγωγής ενός νέου τύπου πέτρας. Για τα προϊόντα μαρμάρου προβλέπεται μια Δήλωση Συμμόρφωσης σύμφωνα με το Σύστημα 4. Σύστημα 4 σημαίνει, ότι την ευθύνη για την Αρχική Δοκιμή Τύπου και τον Εσωτερικό Έλεγχο Παραγωγής στο Εργοστάσιο, την έχει ο Παραγωγός. Μόνο για της επενδύσεις οροφών προβλέπεται για λόγους ασφαλείας το Σύστημα 3, το οποίο απαιτεί τη διεξαγωγή της Αρχικής Δοκιμής Τύπου από κοινοποιημένο φορέα.

Ο Εσωτερικός Έλεγχος Παραγωγής στο Εργοστάσιο προβλέπει διαφορετικά διαστήματα δοκιμών. Έτσι μπορεί ο έλεγχος να απαιτείται καθημερινά (π.χ. σε μετρήσεις), κάθε δύο χρόνια ή κάθε δέκα χρόνια ανάλογα. Τουλάχιστον κάθε δύο χρόνια πρέπει να διεξαχθούν αυτές οι δοκιμές, οι οποίοι αποδεικνύουν τη σταθερότητα των χαρακτηριστικών της πέτρας (φαινόμενη πυκνότητα και ανοικτό πορώδες, απορρόφηση ύδατος, αντοχή σε κάμψη). Όλες οι δοκιμές για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά πρέπει για λόγους διασφάλισης της ποιότητας να επαναληφθούν το αργότερα μετά από δέκα χρόνια. Στην περίπτωση που αποδεικνύουν τα αποτελέσματα των επαναληπτικών δοκιμών, ότι υπάρχουν σημαντικές απόκλισης στην ποιότητα του πετρώματος (α' ύλη), πρέπει να επαναληφθούν όλοι οι έλεγχοι, οι οποίοι απαιτούνται από το πρότυπο, σύμφωνα με την Αρχική Δοκιμή Τύπου. Η αντίδραση των φυσικών λίθων στην φωτιά, ύστερα από απόφαση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου, δεν πρέπει να ελέγχεται στις περιπτώσεις, που το δείγμα περιέχει λιγότερο από 1% άσφαλτο (οργανικές ουσίες). Αυτό εφαρμόζεται, εκτός από μερικές εξαιρέσεις, σε όλους τους φυσικούς λίθους.

Συνοπτικά ισχύει:

1. Η Σήμανση CE είναι δεσμευτική από τις 24/05/08. Αποβλέπει στην πληροφόρηση του Καταναλωτή και δεν είναι σήμα ποιότητας.
2. Με τη Σήμανση CE τα προϊόντα διακινούνται ελεύθερα στην Ευρώπη.
3. Με τη Σήμανση CE οι αποδόσεις των ιδιοτήτων των προϊόντων είναι συγκρίσιμες.
4. Τα δύο βήματα για τη Σήμανση CE είναι:
 - ο ITT (Αρχική Δοκιμή).
 - ο FPC.
5. Με τη Δήλωση Συμμόρφωσης ο Παραγωγός δεσμεύεται για τις επιδόσεις του προϊόντος.

Πίνακας 7.1. Παράδειγμα πιστοποιητικού CE, που αφορά σε πλάκες από φυσικούς λίθους για εξωτερικούς τοίχους.

CE Έτος:03	Πρότυπο αναφοράς: EN 1469 Προϊόν: Πλάκες από φυσικούς λίθους για ορθομαρμαρώσεις Ονομασία: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12440 Τελική εφαρμογή: Εξωτερική επένδυση τοίχου	
Όνομα και Διεύθυνση του παραγωγού: XXXXXX		
Χαρακτηριστικά	Προσδιορισθείσες τιμές	Μέθοδος δοκιμής ή προσδιορισμού
Αντίδραση στη φωτιά	Κατηγορία A1	Χωρίς δοκιμή(απόφαση 96/603/EC)
Αντοχή σε θλίψη	Χαμηλότερη αναμενόμενη τιμή, Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, MPa	EN 12372 ή EN 13161
Φορτίο θραύσης στην οπή αγκύρωσης	Χαμηλότερη αναμενόμενη τιμή, Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, N	EN 13364
Αντίσταση σε παγετό	Αλλαγή του Μ.Ο. της αντοχής σε θλίψη: μετά από 12 κύκλους ...εκφραζόμενη %	EN 12371
Διαπερατότητα υδρατμών	Δεν έχει ελεγχθεί	EN 12524
Αντίσταση σε θερμικό αιφνιδιασμό	Μετά από 20 κύκλους: -Μη απώλεια όγκου - Μείωση του δυναμικού μέτρου Ελαστικότητας < 6%(=...)	EN 14066
Φαινόμενη πυκνότητα	Απόέως....kg/m ³	EN 1936

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλμπάνης, Π. και Βαδραχάνης, Α. (2002-2003). Καταγραφή και επεξεργασία χωροταξικών και οικιστικών χαρακτηριστικών του Ν.Καβάλας, Διπλωματική εργασία, Δ.Π.Θ, σελ 15,18-19,74-76.
- Βιδάκη, Ε. και Πατηνιώτη, Ν. (1988). Το Ελληνικό μάρμαρο και η αξιοποίηση του, Ελληνικό μάρμαρο-οδηγός αγοράς 1992, σελ 48-50.
- Γυμνασίου Τρανοβάλτου Γ' τάξη. Πολυετραιρική σχολική σύμπραξη (Δράση ΙΙΙ) Πρόγραμμα κινητικότητας του ΕΠΕΑΕΚ με τίτλο «περιβάλλον στον ελληνικό χώρο».
- Δημητριάδης, Σ. (1988). Εισαγωγή στην πετρολογία των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ 16,118.
- Λασκαρίδης, Κ. Αξιολόγηση των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων και κριτήρια επιλογής των από τον κατασκευαστικό κλάδο με βάση τα φυσικο-μηχανικά χαρακτηριστικά τους, Τεχνικός Υπεύθυνος, Δ/ση Κοιτασματολογίας Ι.Γ.Μ.Ε, Τμήμα Μαρμάρων, Εργαστήριο "ΛΙΘΟΣ".
- Μαρίνος, Π., Σαρόγλου, Χ. και Τσιαμπάος, Γ. (2004). Γεωλογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή του άρρηκτου πετρώματος. Η επίδραση της ανισοτροπίας, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, 2004, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη Απρίλιος 2004, σελ 1827.
- Μαρίνος, Π., Σαρόγλου, Χ. και Τσιαμπάος, Γ. (2006). Ταξινόμηση των Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων με Βάση το Βαθμό Ανισοτροπίας τους, 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, ΤΕΕ, Ξάνθη, 31/5-2/6/2006, σελ 3,7,8.
- Μουντράκης, Δ. (1985). Γεωλογία της Ελλάδας, Ελληνική ενδοχώρα, Η μάζα της Ροδόπης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ 27-34.
- Νομικός, Π.Π και Σοφιανός, Α.Ι. Οκτώβριος (2008). ΔΠΜΣ, Προχωρημένη Μηχανική των Πετρωμάτων, Κεφάλαιο 2 και 5, ΕΜΠ, σελ 37-42 και 5 αντίστοιχα.
- Ρήγος, Κ., Σουνδουλουνάκης, Ν. και Γεωργούσης, Γ. (1989). Ορυκτολογική-ορυκτοχημική σύσταση δομή και φυσικομηχανικές ιδιότητες των Ελληνικών μαρμάρων, Το Ελληνικό μάρμαρο, 22-25 Μαΐου 1989, ΓΕΩΤΕΕ, σελ 184-186.
- Σκούρας, Ν. (2005). Έμμεσος προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής πετρωμάτων με την δοκιμή της επιφανειακής διεύθυνσης, Διατριβή για μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ 19-21,31-32.
- Τσιραμπίδης, Α. (2001). Σύσταση, ποιότητα και επιλογή μαρμάρων και άλλων διακοσμητικών πετρωμάτων. Πρακτικά ημερίδας «Ελληνικό Μάρμαρο», Θεσσαλονίκη, σελ 58.
- Χατζηπαναγής, Ι. και Βουγιούκας, Δ. (2004). Η σημασία της λιθο-στρωματογραφικής θέσης και της τεκτονικής παραμόρφωσης στον εντοπισμό και την αξιοποίηση των δολομιτικών μαρμάρων του Όρους Φαλακρού. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 36/1, 63-71.
- Χατζηπαναγής, Ι. και Βουγιούκας, Δ. (2005). Τα μάρμαρα της Ανατολικής Μακεδονίας. Βασικοί παράγοντες που χαρακτηρίζουν την εμπορικότητά τους σαν διακοσμητικά πετρώματα. Ποιότητες - παραγωγή - τιμές - αποθέματα.



Πρακτικά 2^{ου} Συν. Επιτρ. Οικον. Γεωλ. Ορυκτ. Γεωχ., Θεσσαλονίκη, σελ 387-394.

Χατζηπαναγής, Ι., Βουγιούκας, Δ., Παπατρέχας, Χ. και Μπίτζιος, Δ. 30^η ΜΑΡΜΙΝ 27 Μαΐου (2006). Ημερίδα: «Ανταγωνιστικότητα του Ελληνικού μαρμάρου στη σύγχρονη αγορά». Μοντέλο διαχείρισης της μαρμαροφόρου περιοχής του όρους Φαλακρού, Νομού Δράμας.

Χρηστάρας, Β. (2005). Συνοπτική περιγραφή των συνηθέστερων εργαστηριακών δοκιμών Βραχομηχανικής – Εδαφομηχανικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ 2-3.

Υψηλάντη, Ε. (2007). Γυψοποίηση-Ένας σημαντικός εχθρός του μαρμάρου, Εν-ημερωτικό δελτίο της Ελληνικής ιζηματολογικής ένωσης "Ηιών" , τεύχος 4-2007, Άρθρο 00023, σελ 20-21.

Ιστοσελίδες:

Σχηματικά όλες οι διαδικασίες κοπής κτλ.: <http://www.thassos-marble.com/>

Ce για τα μάρμαρα: <http://test2.planeco.eu/index.php/2009-04-13-12-28-51/76--ce->

Μηχανή αναζήτησης ελληνικών ψηφιακών βιβλιοθηκών: <http://openarchives.gr/>

Μηχανή αναζήτησης μαρμάρων: <http://www.marbleguide.com/>

Σύνδεσμος Εξαγωγέων Βορείου Ελλάδος (Σ.Ε.Β.Ε.) Η Πορεία των Ελληνικών

Εξαγωγών Μαρμάρου (1999-2003): <http://www.seve.gr/>

Εικόνες Μαρμάρων

http://www.akasoglou.gr/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=53&Itemid=62