

ΕΜΠ

Τμήμα: Μηχ. Μεταλλείων -
-Μεταλλουργών

ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

Ν.Χ. ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗ
Αναπλ. Καθηγητή

Αθήνα 1991

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Σελ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	3
3. ΕΙΔΗ ΜΑΡΜΑΡΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	5
4. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΜΑΡΜΑΡΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ	12
5. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ	30
6. ΕΡΕΥΝΑ ΜΑΡΜΑΡΟΦΟΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	42
7. Η ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΟΥ	47
8. Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΟΓΚΟΜΑΡΜΑΡΩΝ	74
9. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΠΟΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΕΞΟΥΥΕΩΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ	92
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	94

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μάρμαρο είναι ένα από τα κυριότερα προϊόντα του υπεδάφους της χώρας μας. Από την άποψη της συνολικής αξίας τόσο της παραγωγής όσο και των εξαγωγών, αλλά και από την άποψη του συνολικού αριθμού του εργατικού δυναμικού που απασχολεί ο κλάδος, το μάρμαρο συναγωνίζεται τις κυριότερες ορυκτές ύλες που παράγονται στην Ελλάδα, όπως είναι ο βωξίτης, τα νικελιούχα μεταλλεύματα, ο λευκόλιθος, ο χρωμίτης, κλπ.

Ο κλάδος του μαρμάρου έχει όμως δύο ακόμα χαρακτηριστικά, που τον κάνουν να ξεχωρίζει από τους άλλους κλάδους της μεταλλευτικής και λατομικής βιομηχανίας στη χώρα μας.

Το ένα από τα χαρακτηριστικά αυτά είναι η μεγάλη εξάπλωση που παρουσιάζει η λατομική και βιομηχανική δραστηριότητα στον τομέα του μαρμάρου σε όλο σχεδόν τον Ελλαδικό χώρο, καθώς και τα μεγάλα αποθέματα που παρουσιάζουν τα μαρμαρικά κοιτάσματα. Πράγματι, λατομεία μαρμάρου και οι συνδεδεμένες με αυτά εγκαταστάσεις επεξεργασίας μαρμάρου υπάρχουν σε 43 νομούς της χώρας ενώ τα αποθέματα μαρμάρου που υπάρχουν στο υπέδαφος είναι στις περισσότερες περιοχές πολύ μεγάλα, σχεδόν ανεξάντλητα.

Το άλλο χαρακτηριστικό του κλάδου είναι ο δυναμισμός του, που γίνεται φανερός από την εξέλιξη που παρουσίασε, τα τελευταία είκοσι ιδίως χρόνια. Παρόλο ότι πρόκειται για ένα υλικό που είναι γνωστό από αιώνες, και του οποίου η ύπαρξη αλλά και η εκμετάλλευση στη χώρα μας είναι γνωστή από την αρχαιότητα, η παραγωγή του έχει σημειώσει τα τελευταία χρόνια μια αλματώδη αύξηση (έχει σχεδόν πενταπλασιασθεί τα τελευταία είκοσι χρόνια), ενώ ανάλογη πρόοδο παρουσιάζουν και οι εξαγωγές των μαρμαρικών προϊόντων (τόσο των ακατέργαστων, όσο και των κατεργασμένων) στο εξωτερικό.

Στον Πίνακα 1.1 και το Διάγραμμα 1.1 φαίνεται η εξέλιξη της παραγωγής κατά το διάστημα 1966-1989 και 1970-1986 αντίστοιχα, ενώ στον Πίνακα 1.2 φαίνεται η εξέλιξη των εξαγωγών κατά το διάστημα 1978-1989.

Πρέπει να σημειωθεί με ιδιαίτερη έμφαση ότι, σε αντίθεση με άλλους κλάδους της μεταλλευτικής και λατομικής βιομηχανίας, ο κλάδος του μαρμάρου, παρόλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζει λόγω κυρίως της φύσεως των ελληνικών κοιτασμάτων, δεν είναι ούτε προβληματικός ούτε επιδοτούμενος, αλλά αντίθετα είναι οικονομικά αποδοτικός.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1

Εξέλιξη παραγωγής μαρμάρων στα Ελληνικά λατομεία
(1966-1989)

ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΓΚΩΝ σε τόνους
1966	141.500
1970	177.000
1971	245.000
1972	258.000
1973	285.000
1974	333.000
1975	380.000
1976	495.000
1977	600.000
1978	660.000
1979	700.000
1980	840.000
1981	900.000
1982	1.000.000
1983	1.150.000
1984	1.200.000
1985	1.400.000
1986	1.500.000
1987	1.550.000
1988	1.700.000
1989	1.800.000

Σημείωση: Τα στοιχεία για τα έτη 1981-1988 βασίζονται σε εκτιμήσεις.

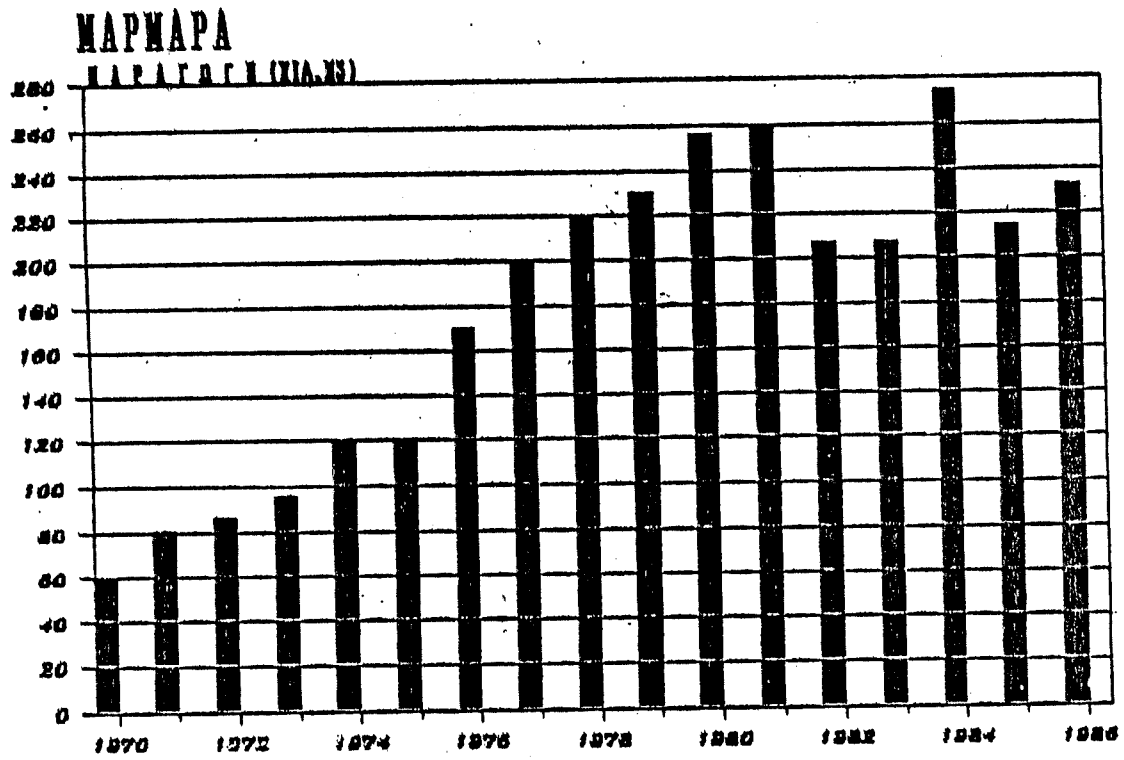
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η χώρα μας είναι πλούσια σε διάφορα είδη μαρμάρων, χάρις στη γεωλογική δομή της.

Το μάρμαρο χρησιμοποιήθηκε στον τόπο μας ήδη από τη νεολιθική εποχή, από την οποία είναι γνωστά τα περίφημα Κυκλαδικά ειδώλια από μάρμαρο, ενώ από τα Μυκηναϊκά χρόνια το υλικό αυτό άρχισε να χρησιμοποιείται στην οικοδομική αλλά και για την κατασκευή μνημείων και καλλιτεχνημάτων. Μπορούμε επομένως να πούμε ότι η παραγωγή και η χρήση του μαρμάρου στη χώρα μας αριθμεί ζωή 6.000 περίπου χρόνων.

Το Ελληνικό μάρμαρο απέκτησε παγκόσμια φήμη χάρις στο μεγάλο αριθμό των αρχαίων μνημείων και των γλυπτών που είναι φτιαγμένα με το υλικό αυτό. Ορισμένες ποικιλίες Ελληνικών μαρμάρων, όπως λ.χ. το πεντελικό μάρμαρο, το Πάριο μάρμαρο (ο λυχνίτης), το μάρμαρο της Χίου, η Καρυστία λίθος, ο Κροκεάτης λίθος, κλπ, είναι ονομαστές από την αρχαιότητα.

Στα νεώτερα χρόνια η εκμετάλλευση του μαρμάρου ξανάρχισε με έντονο ρυθμό κατά τα τέλη του περασμένου αιώνα σε διάφορες περιοχές, όπως στην Πεντέλη, στην Εύβοια, τη Σκύρο, τη Χίο, την Τήνο, την Νάξο, κλπ. Σε πολλές περιπτώσεις η εκμετάλλευση του μαρμάρου γίνονταν σε μεγάλη κλίμακα από ξένες εταιρείες, με σημαντικές για την εποχή εκείνη εγκαταστάσεις, οι οποίες και παρουσίαζαν σοβαρή εξαγωγική δραστηριότητα. Στη συνέχεια όμως η δραστηριότητα αυτή σημείωσε σημαντική κάμψη, ιδιαίτερα από τη εποχή των Βαλκανικών πολέμων. Η κάμψη αυτή συνεχίστηκε μέχρι και μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο, και μόλις μετά από αυτόν, αλλά κυρίως μετά το 1960, άρχισε πάλι η επαναδραστηριοποίηση του κλάδου, για να φθάσει σήμερα στα επίπεδα που αναφέρθηκαν παραπάνω.



Σχ. 1.1

Εξέλιξη της παραγωγής μαρμάρων στα Ελληνικά λατομεία (1970-1986).

3. ΕΙΔΗ ΜΑΡΜΑΡΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

3.1 ΜΑΡΜΑΡΑ

Με την εμπορική ονομασία "μάρμαρα" χαρακτηρίζονται εκτός από τα κατεξοχήν ή τα γνήσια μάρμαρα, δηλαδή αυτά που η γεωλογική επιστήμη χαρακτηρίζει ως μάρμαρα, και μία σειρά από άλλα πετρώματα, τα οποία επιδέχονται κοπή σε σχετικά λεπτές πλάκες καθώς και λείανση. Τέτοια πετρώματα είναι οι ασβεστόλιθοι, οι σερπεντινίτες, ορισμένα κροκκαλοπαγή, κλπ.

Πρέπει να σημειωθεί ότι εκτός από τα πετρώματα αυτά που χαρακτηρίζονται με τον εμπορικό όρο "μάρμαρα" χρησιμοποιούνται, ιδίως σε χώρες του εξωτερικού, για τις ίδιες ή για παρεμφερείς χρήσεις διάφορα πυριγενή πετρώματα, που χαρακτηρίζονται με το γενικό όρο "γρανίτες". Όπως συμβαίνει και με τα "μάρμαρα", τα πετρώματα που χαρακτηρίζονται με την εμπορική ονομασία "γρανίτες" περιλαμβάνουν εκτός από τους κατεξοχήν γρανίτες και άλλα πετρώματα. Έτσι π.χ. ο λεγόμενος "σκοτεινόχρωμος σουηδικός γρανίτης" είναι ένας διορίτης, ενώ ο βελγικός "μαύρος γρανίτης" είναι ένας μαύρος ασβεστόλιθος με απολιθώματα.

Στην Ελλάδα εξορύσσονται και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο μάρμαρα (με την εμπορική έννοια του όρου), ενώ μόλις πολύ πρόσφατα άρχισε σε ελάχιστες περιπτώσεις η εκμετάλλευση γρανιτών.

Τα διάφορα πετρώματα που εξορύσσονται και χρησιμοποιούνται στη μαρμαρική τέχνη στην Ελλάδα, και τα οποία συνήθως χαρακτηρίζονται, όπως αναφέρθηκε, με τον εμπορικό όρο "μάρμαρα", είναι τα εξής:

α) Τα γνήσια μάρμαρα.

Ως γνήσια μάρμαρα χαρακτηρίζονται εκείνα που ανταποκρίνονται στον ορισμό του μαρμάρου, όπως τον δίνει η γεωλογία (πετρολογία), δηλαδή είναι τα πετρώματα που προέρχονται από τη μεταμόρφωση των ασβεστολίθων. Το κύριο συστατικό του πετρώματος αυτού είναι ο ασβεστίτης ο οποίος σχηματίζει κρυστάλλους με τέλειο σχισμό σε τρεις διευθύνσεις, παράλληλες με τις έδρες ενός ρομβόεδρου. Ο σχισμός αυτός προκαλεί τις τοπικές ανακλάσεις του φωτός στις σχισμογενείς έδρες των κρυστάλλων, που ονομάζονται "μαρμαρυγή". Το πέτρωμα αυτό, σε αντίθεση με τον ασβεστόλιθο, είναι κατάλληλο και για σμίλευση, δηλαδή την κατασκευή γλυπτών αντικειμένων. Εκτός από τον ασβεστίτη, το μάρμαρο μπορεί να περιέχει και δολομίτη ο οποίος όμως το καθιστά περισσότερο εύθραυστο. Εκτός από τα δύο παραπάνω ανθρακικά ορυκτά μπορεί να περιέχονται στο γνήσιο μάρμαρο και άλλα ορυκτά, είτε πυριτικά όπως μοσχοβίτης, φλογωπίτης, πυρόξενος, χλωρίτης, κλπ είτε άλλα ορυκτά όπως αιματίτης, λειμονίτης σιδηροπυρίτης, κλπ. Τα ορυκτά αυτά, που συνήθως περιέχονται στο μάρμαρο σε μικρές ποσότητες, του προσδίδουν διάφορες αποχρώσεις.

Μερικές φορές το μάρμαρο περιέχει πυριτικά ορυκτά σε παράλληλες στρώσεις οι οποίες σε μία επίπεδη επιφάνεια εμφανίζονται σαν πράσινες ως τεφροπράσινες ή σταχτιές ταινίες,

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2

ΕΞΑΓΩΓΕΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ 1978-1989

Ετος	Ογκο- μάρμαρα (τόννοι)	Πλάκες ακατέργ. (τόννοι)	Κατεργασμ. (τόννοι)	Αξία τρέχουσα εκατ.δρχ.	Αξία αποπληθωρ. εκ.δρχ'90
1978	25.960	5.769	14.563	337	2.596
1979	30.038	9.812	15.747	450	3.316
1980	35.145	16.280	39.496	1.096	6.466
1981	23.358	13.151	57.775	1.792	8.492
1982	19.311	13.823	77.735	2.546	9.972
1983	30.162	11.331	88.236	3.556	11.590
1984	27.280	15.243	89.809	4.400	12.131
1985	40.957	12.092	105.518	5.674	13.076
1986	27.094	11.038	116.054	6.504	12.182
1987	33.465	12.303	111.051	7.347	11.844
1988	23.087	?	90.677	7.556	10.590
1989	25.875	27.971	164.089	15.648	19.248

εναλλασσόμενες με λευκές ταινίες από καθαρό ασβεστίτη. Το μάρμαρο αυτό ονομάζεται σιπολλίνης.

Ανάλογα με το μέγεθος των κρυσταλλικών κόκκων τους, τα μάρμαρα χαρακτηρίζονται ως λεπτοκοκκώδη (με μέγεθος κόκκων 0,01 - 0,5 mm), ως μεσοκοκκώδη (με μέγεθος κόκκων 0,5 - 2 mm), και ως χονδροκοκκώδη (με μέγεθος κόκκων 2 - 6 mm). Τα λεπτοκοκκώδη μάρμαρα θεωρείται ότι έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή από τα χονδροκοκκώδη. Η αντοχή τους όμως εξαρτάται και από την ιστολογική κατασκευή τους.

β) Οι ασβεστόλιθοι.

Οι ασβεστόλιθοι έχουν κατά βάση την ίδια χημική και ορυκτολογική σύνθεση με τα γνήσια μάρμαρα, διαφέρουν όμως ως προς την κοκκομετρική τους σύνθεση. Οι κόκκοι τους έχουν διαστάσεις μικρότερες από 0,01 mm και δεν είναι ορατοί ούτε μακροσκοπικά βέβαια, αλλά ούτε με το μικροσκόπιο. Οι ασβεστόλιθοι δεν δείχνουν τη χαρακτηριστική για τα γνήσια μάρμαρα μαρμαρυγή. Επίσης οι ασβεστόλιθοι έχουν μικρότερη μηχανική αντοχή από τα γνήσια μάρμαρα και ως εκ τούτου είναι ακατάλληλοι για τη γλυπτική.

Τα κυριότερα είδη ασβεστολίθων που χρησιμοποιούνται στη μαρμαρική τέχνη είναι τα ακόλουθα :

β1) Οι στιφροί ασβεστόλιθοι. Αυτοί αποτελούνται γενικά από κρυστάλλους ασβεστίτη διαμέτρου μικρότερης από 10 μικρά. Σποραδικά όμως εμφανίζουν και μεμονωμένες φωλεές ή φλεβίδια με μεγαλύτερους κόκκους.

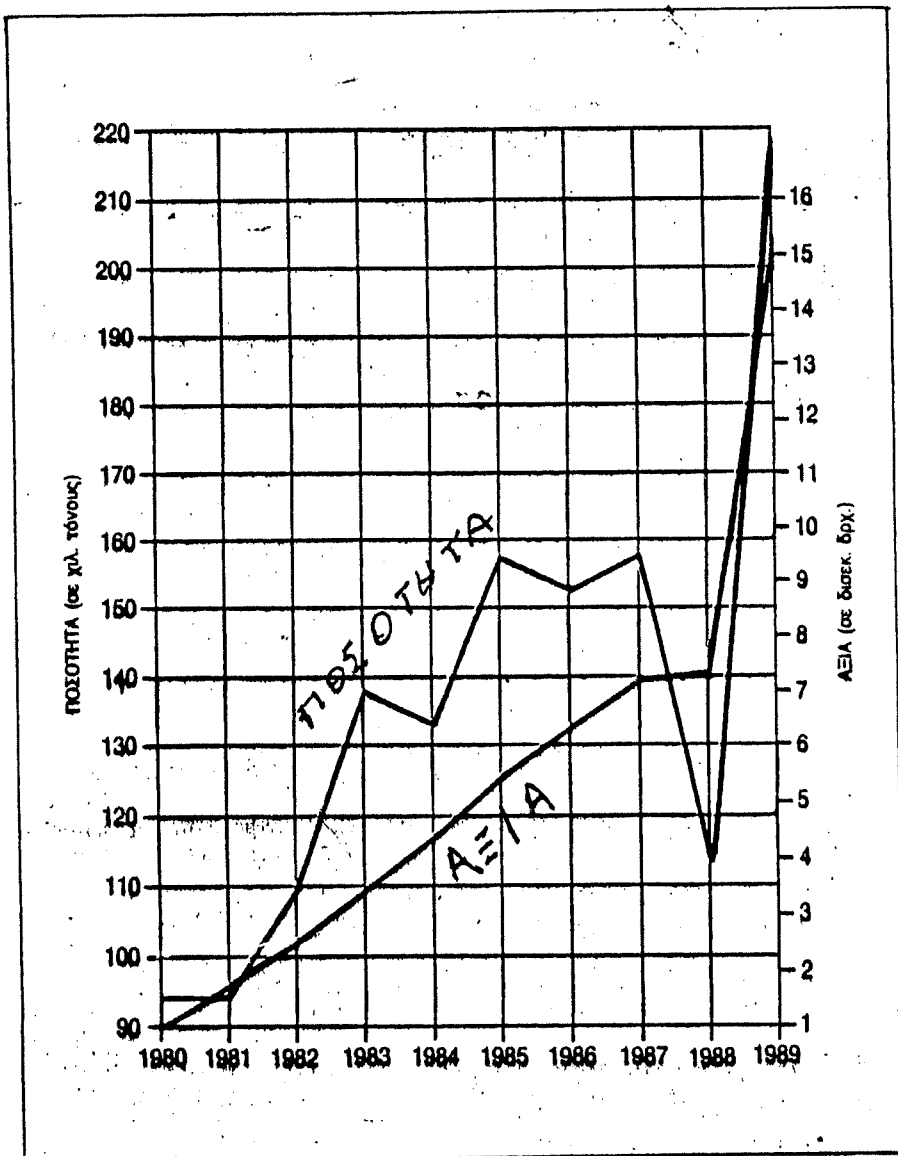
β2) Οι λιθογραφικοί ασβεστόλιθοι. Μοιάζουν με τους στιφρούς, με τη διαφορά ότι περιέχουν και αργιλικά ορυκτά και πυριτικό σε περιεκτικότητα μέχρι 5-6% . Στην κατηγορία αυτή ανήκει π.χ. το "μάρμαρο" του Αστακού.

β3) Οι κονδυλώδεις ασβεστόλιθοι. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί περιέχουν κόνδυλους σε μέγεθος καρυδιού, που αποτελούνται από συγκρίματα (concretions) καθαρού ασβεστιτικού υλικού ενώ η περιβάλλουσα μάζα περιέχει και αργιλικά ορυκτά. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί μοιάζουν κάπως με κροκκαλοπαγή. Συνήθως έχουν χρώμα κόκκινο έως καστανό. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν π.χ. τα "μάρμαρα" της Δόμβραιναις.

β4) Οι ωλιθικοί ασβεστόλιθοι. Αυτοί αποτελούνται από σφαιροειδή μέχρι ελλειψοειδή ή ωοειδή σωματίδια, που ονομάζονται ωλίθοι.

β5) Οι τραβερτίνες. Αυτοί είναι ασβεστόλιθοι που έχουν αποτεθεί από εξάτμιση πηγαίων ή ποτάμιων υδάτων . Η καθίζηση επιταχύνθηκε από την παρουσία υδροχαρών φυτών, τα οποία παρέμειναν ως εγκλείσματα και τα οποία αργότερα εν μέρει αποσυντέθηκαν, αφήνοντας τους αντίστοιχους πόρους και κοιλότητες που αποτελούν το χαρακτηριστικό γνώρισμα του τραβερτίνη.

β6) Οι βιογενείς ασβεστόλιθοι. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί εμφανίζουν λείψανα απολιθωμένων οργανισμών. Από τους γνωστούς στην Ελλάδα ασβεστόλιθους του είδους αυτού είναι π.χ. το "μάρμαρο" της Βυτίνας με απολιθώματα ρουδιστών κρητιδικής ηλικίας, το "μάρμαρο" της Επιδαύρου με απολιθώματα αμμωνιτών τριαδικής ηλικίας, κλπ.



Σχ. 1.2

Εξέλιξη εξαγωγών μαρμάρων κατά ποσότητα και αξία.

β7). Οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι. Αυτοί είναι μεταβατικές μορφές μεταξύ ασβεστόλιθων και γνήσιων μαρμάρων, και αποτελούνται από στιφρή ασβεστολιθική μάζα που περιέχει και κρυστάλλους ασβεστίτη ορατούς με μικροσκόπιο.

β8) Το "ονυχοειδές μάρμαρο". Το "ονυχοειδές μάρμαρο" ή απλώς "όνυχας" έχει μιά ομοιότητα, αλλά καμιά άλλη σχέση με τον ομώνυμο ημιπολύτιμο λίθο, που όπως είναι γνωστό είναι ένας χαλκηδόνιος. Το πέτρωμα αυτό αποτελείται από κρυστάλλους ασβεστίτη που σχηματίσθηκαν από όμβρια νερά, πλούσια σε ανθρακικό ασβέστιο, τα οποία κυκλοφορούσαν μέσα σε ανθρακικά πετρώματα. Τα κοιτάσματα του υλικού αυτού σχηματίσθηκαν σε κενούς χώρους ή έγκοιλα ανθρακικών πετρωμάτων, ή υπό τη μορφή σταλακτιτών, σταλαγμιτών, κλπ μέσα σε σπηλιές. Όπως είναι φυσικό, τα κοιτάσματα αυτά είναι μικρά σε όγκο. Κοιτάσματα "όνυχα" υπάρχουν στην Ελλάδα κυρίως στην Κρήτη, γίνεται όμως εισαγωγή του υλικού αυτού και από το Πακιστάν και την Αργεντινή.

γ) Οι σερπεντινίτες και τα συγγενή πετρώματα.

Πολλές φορές τα πετρώματα αυτά έχουν την απαιτούμενη μηχανική αντοχή και είναι και επιδεκτικά στιλβώσεως, ώστε να είναι κατάλληλα για τη μαρμαρική τέχνη. Οι καλές τους μηχανικές ιδιότητες οφείλονται σε πολλές περιπτώσεις σε μεταγενέστερη ανακρυστάλλωση. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πράσινα "μάρμαρα" της Τήνου και το πράσινο "μάρμαρο" του Ομορφοχωρίου (Χασάμπαλης) της περιοχής της Λάρισας. Το τελευταίο είναι ένα σερπεντινικό λατυποπαγές.

3.2 ΓΡΑΝΙΤΕΣ

Εκτός από τα "μάρμαρα" χρησιμοποιούνται στην οικοδομική και διάφορα πλουτώνια πετρώματα για τις ίδιες χρήσεις όπως και τα μάρμαρα. Τα πλουτώνια αυτά πετρώματα χαρακτηρίζονται γενικά με την εμπορική ονομασία "γρανίτες", χωρίς πάντοτε να είναι πραγματικοί γρανίτες.

Στην Ελλάδα η χρήση των γρανιτών στην οικοδομική άρχισε μόλις τα τελευταία 4 - 5 χρόνια και μέχρις στιγμής τα πετρώματα αυτά σχεδόν εξ ολοκλήρου εισάγονται από το εξωτερικό. Έχουν όμως εγκατασταθεί ήδη στη χώρα μας μερικές μονάδες επεξεργασίας γρανιτών, ενώ έχουν αρχίσει οι πρώτες προσπάθειες για εξόρυξη εγχώριας πρώτης ύλης.

Οι γρανίτες παρουσιάζουν γενικά μεγαλύτερη μηχανική αντοχή από τα μάρμαρα, καθώς και μεγαλύτερη αντοχή σε ατμοσφαιρικές επιδράσεις αν και είναι και αυτοί ευπαθείς στην επίδραση ορισμένων εξωτερικών παραγόντων, όπως π.χ. της θερμοκρασίας. Ταυτόχρονα όμως, λόγω της μεγάλης σκληρότητας τους, η εξόρυξη καθώς και η επεξεργασία τους είναι περισσότερο δαπανηρές και απαιτούν ειδικό εξοπλισμό.

Οι γρανίτες διακρίνονται σε αλκαλικούς και ασβεσταλκαλικούς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

Μέγεθος κόκκου των Ελληνικών μαρμάρων (σε mm).

Προέλευσις	0,21-0,28	0,31-0,40	0,41-0,60	0,61-0,80	0,80-3,00
Παντέλη (Σπηλιά)	24	64	12		
» (Κοκκινάριας)	28	60	12		
» (Σουληνάρι)	8	40	36	16	
» (Βαθύρρευμα)	8	42	38	12	
» (Διόνυσος Πυρ.)	4	20	40	34	2
» (Διόνυσος Σταμ.)	16	54	30		
Σκυρός (13 Λευκόν)	70	30			
Κοζάνη (Τρανόβαλτος)	44	56			
Πάρος (*Αγ. Μηνάς)		16	32	16	36
» (Λυχνίτης)	98	2			
» (Λάκκοι Α)	30	64	6		
» (Λάκκοι Β)		28	16	16	40
Νάξος (Μέλανες)					100
» (Φιλότι)	12	54	30	4	
Τήνος (Βαθύ)	10	72	14	4	
*Αγ. Μαρίνα (Μαραθών)	100				
Μεγάλα Πεύκα (*Αττ.)	26	64	10		
*Αγριλέζα (Λαυρίου)	90	10			
Δολιανά (Πάρνωνος) λευκόν	70	30			
Τήνος (Πατέλες)	16	64	10	10	
*Ηλιούπολις (*Υμηττός)	90	10			
Νέα Μάκρη	82	18			
Βόλος (Λαφοκλήσει)	100	μη πλήρως ανεπτυγμένοι κρύσταλλοι			
Λιμένα Μάνης		26	6	20	48
*Αγ. Πέτρος (Πάρνωνος)	56	34	8	2	
Βυτίνα (Μαίναλον)	92	8			
Τήνος (*Αχινός)	ισχυρώς ήλλοιωμένοι κρύσταλλοι				
Δολιανά (*Ερυθρόν)	50	50			
Βόλος (Ζάσταίνα)	ισχυρώς ήλλοιωμένοι κρύσταλλοι				

Οι πρώτοι περιέχουν περίπου 30% χαλαζία και χαρακτηρίζονται από απουσία πλαγιόκλαστων. Επίσης είναι σχετικά φτωχοί σε μελανοκρατικά ορυκτά. Στην Ελλάδα εμφανίζονται αλκαλικοί γρανίτες σε περιορισμένη ανάπτυξη σε ορισμένες περιοχές της Μακεδονίας.

Στους ασβεσταλκαλικούς γρανίτες οι αλκαλικοί άστριοι εμφανίζονται γενικά σε μικρές αναλογίες και είναι κυρίως το ορθόκλαστο και ο μικροκλινής. Τα πλαγιόκλαστα εμφανίζονται με ανάλογη σύνθεση, μεταξύ ολιγόκλαστου και ανδεσίνη.

Στην Ελλάδα έχουν εντοπισθεί κοιτάσματα υγιών γρανιτών, κατάλληλων για εκμετάλλευση στις περιοχές Αγίου Γερμανού και Πισοδριού, στις Πρέσπες. Επίσης έχει γίνει μιά πρώτη εκμετάλλευση γρανιτογενέσιου στην Τήνο.

Γενικά υπάρχουν γρανίτες σε πολλές περιοχές της χώρας μας, όπως στις περιοχές Καβάλας, Δράμας (Παρανέστι, Καλαπότι, Γρανίτης), στις Σέρρες (Βροντού), στη Χαλκιδική (Ν. Απολλωνία, Σταυρός, Αρναία, Ιερισσός, Σιθωνία), στα όρη Βερτίσκοι, Μπέλες και Ροδόπη, στη Σέριφο, την Τήνο, τη Μύκονο, την Ικαρία, κλπ. Τα κοιτάσματα αυτά δεν είναι βέβαια όλα εκμεταλλεύσιμα, δεδομένου ότι πολλά είναι σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό αποσθρωμένα.

4. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΜΑΡΜΑΡΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, η ύπαρξη κοιτασμάτων "μαρμάρων" και κατεπέκταση η λατομική δραστηριότητα για την εξόρυξη τους είναι πολύ διαδεδομένη σε όλο σχεδόν τον Ελλαδικό χώρο. Συγκεκριμένα αναφέρεται λατομική δραστηριότητα για μάρμαρα σε 43 νομούς της χώρας. Μιά εικόνα της εξαπλώσεως των εμφανίσεων μαρμάρου και της αντίστοιχης λατομικής δραστηριότητας στον Ελλαδικό χώρο δίνει το Σχ. 4.1 .

Υπάρχουν όμως ορισμένες περιοχές όπου η λατομική δραστηριότητα είναι ιδιαίτερα έντονη. Έτσι, το 80% των λατομείων βρίσκεται σε τέσσερις κύριες και δύο μικρότερες λατομικές περιοχές, από όπου προέρχεται και το 85% της συνολικής παραγωγής. Οι πρώτες είναι : περιοχή Δράμας - Καβάλας - Θάσου, περιοχή Αργολίδος - Τροιζηνίας, περιοχή Ιωαννίνων, και Αττική, ενώ οι δεύτερες είναι η περιοχή Κοζάνης και η περιοχή Βέροιας - Νάουσας.

Κάθε γεωτεκτονική ζώνη της Ελλάδας περιέχει ορισμένες κατηγορίες ή ακόμα και ορισμένες ποικιλίες μιάς κατηγορίας των μαρμαρικών πετρωμάτων.

Έτσι, στο ανατολικό τμήμα της χώρας, που καλύπτεται από τις ζώνες Πελαγονική, Αξιού και Ροδόπης, εμφανίζονται τα γνήσια μάρμαρα (λευκά, τεφρά, και έγχρωμα), οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι (συνήθως έντονα έγχρωμοι) και οι σερπεντινίτες (πράσινα "μάρμαρα"). Στις ζώνες που ακολουθούν αμέσως δυτικότερα, δηλαδή τις ζώνες Υποπελαγονική, Παρνασσού - Γκιώνας, και Γαβρόβου - Τριπόλεως, απαντώνται ασβεστολιθικά πετρώματα (μαύρα έως ανοικτά τεφρά ή έγχρωμα), ενώ στην Αδριατικοϊόνιο ζώνη και τη ζώνη των Παξών εμφανίζονται οι χαρακτηριστικοί μπεζ ασβεστόλιθοι ("μάρμαρο" Ιωαννίνων). Τέλος η σειρά των φυλλιτών και χαλαζιτών που υπόκειται των ασβεστολίθων της Τριπόλεως και η σειρά των πλακωδών ασβεστολίθων (Plattenkalk) οι οποίες απαντώνται στην Κεντρική και Νότιο Πελοπόννησο και Κρήτη περιέχουν γνήσια μάρμαρα και κρυσταλλικούς ασβεστολίθους.

Ακολουθεί η λεπτομερέστερη περιγραφή των κατά τόπους εμφανίσεων κοιτασμάτων μαρμαρικών πετρωμάτων, και μιά σύντομη αναφορά στη λατομική δραστηριότητα που έχει σαν αντικείμενο της τα κοιτάσματα αυτά.

4.2 ΘΡΑΚΗ

Στη Θράκη παρουσιάζεται μια περιορισμένη λατομική δραστηριότητα στον τομέα των μαρμάρων, οφειλόμενη εν μέρει στη γεωλογική δομή της περιοχής: Ενώ στη δυτική Ροδοπική μάζα μεταξύ



Σχ. 4.1

Κατανομή κοιτασμάτων μαρμάρου στον Ελλαδικό χώρο.

Στρυμόνα και Νέστου επικρατούν στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο τα μάρμαρα, στην ανατολική Ροδοπική μάζα (ανατολικά του Νέστου) επικρατούν οι γνεύσιοι, σχιστόλιθοι, σερπεντινίτες, γρανίτες και μιγματίτες, ενώ τα μάρμαρα είναι σχετικά περιορισμένα. Μόνο δυτικά και βορειοδυτικά της Ξάνθης αναπτύσσονται σε μεγάλη έκταση οριζόντες μαρμάρων, πάχους 500 - 1500 μέτρων. Στην περιοχή αυτή όμως δεν έχει αναπτυχθεί λατομική δραστηριότητα, πιθανόν λόγω ελλείψεως δρόμων προσπελάσεως.

Το μόνο λατομείο μαρμάρων που λειτουργεί στη Θράκη, βρίσκεται στην κοινότητα Προσκυνητών του νομού Ροδόπης.

4.3 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

Η Ανατολική Μακεδονία περιλαμβάνει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, μία από τις σημαντικότερες μαρμαροφόρες περιοχές της χώρας μας, την περιοχή που βρίσκεται μεταξύ Σερρών και Νέστου, μαζί με τη νήσο Θάσο. Εκτός αυτής της περιοχής υπάρχει λατομική δραστηριότητα και στο νομό Σερρών.

Μαρμαροφόρος περιοχή ορέων Μενοίκιου, Φαλακρού, Παγγαίου και Λεκάνης.

Η περιοχή αυτή ανήκει στο δυτικό τμήμα της Ροδοπικής μάζας.

Τα πετρώματα που αναπτύσσονται στην περιοχή αυτή είναι τα εξής :

- Η κατώτερη σειρά των σχιστογνευσίων ,πάχους 1300 μ τουλάχιστον.
- Η σειρά των μαρμάρων πάχους περίπου 7000 μ.
- Η ανώτερη σειρά των σχιστογνευσίων πάχους 3500 μ.
- Γρανιτικά σώματα , όπως ο γρανίτης της Καβάλας, ο γρανίτης της Νικήσιανης και ο γρανίτης των Κρηνίδων.
- Τριτογενή ιζήματα που καλύπτουν τις λεκάνες μεταξύ των ορέων.

Η σειρά των μαρμάρων αποτελείται κυρίως από μάρμαρα μεγάλου πάχους με παρεμβολές μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και γνευσιοσχιστολίθων και εμφανίζεται στο όρος Μενοίκιο (μεταξύ Σερρών και Δράμας), στο όρος Φαλακρόν (ΒΔ της Δράμας), στο όρος Παγγαίον (Δ. της Καβάλας), και στα όρη της Λεκάνης (μεταξύ Καβάλας και Ξάνθης). Τα μάρμαρα της σειράς αυτής είναι λευκά, ημίλευκα έως γκρί ή και ταινιωτά, μεσοκοκκώδη έως χονδροκοκκώδη, με μέγεθος κόκκων συνήθως 0,3 mm έως 1 mm, που φθάνει όμως σε ορισμένες περιπτώσεις και τα 4 mm. Η παχυστρωματώδης μέχρι συμπαγής εμφάνιση των μαρμάρων και η σχετικά περιορισμένη επίδραση της τεκτονικής επιτρέπει την παραγωγή ογκομαρμάρων ικανοποιητικών διαστάσεων.

Λόγω της ποιότητας των μαρμάρων, και των μεγάλων σε έκταση κοιτασμάτων έχει αναπτυχθεί στην περιοχή μια σημαντική λατομική δραστηριότητα. Έτσι κατά το 1984 λειτουργούσαν : στα όρη της Λεκάνης 24 λατομεία μαρμάρου, στο Φαλακρό όρος 19 λατομεία, στο Παγγαίο 13 λατομεία, και στο Μενοίκιο 5 λατομεία.

Νήσος Θάσος

Η Θάσος ανήκει γεωλογικά στην κρυσταλλοσχιστώδη μάζα της Ροδόπης, και αποτελείται από εναλλαγές γνευσιοσχιστολίθων και μαρμάρων.

Στη γεωλογική δομή του νησιού μετέχουν, από τους νεότερους προς τους αρχαιότερους, οι εξής σχηματισμοί :

- Αγγεριτιωμένο μάρμαρο της περιοχής των Βουβών.
- Μάρμαρο της περιοχής Κάστρου, λευκό έως τεφρό, στρωματώδες.
- Βιοτιτικοί και αμφιβολιτικοί γνεύσιοι σε εναλλαγές με σχιστολίθους και παρεμβολές μαρμάρων.
- Μάρμαρο Προφήτη Ηλία, ημίλευκο έως λευκό αδροκρυσταλλικό, γνωστό ως "κρυσταλλίνα θάσου" σε παχειές τράπεζες, με συνολικό πάχος άνω των 500 μ.
- Εναλλαγές ανοικτότεφρων οριζόντων μαρμάρων και βιοτιτικών γνευσίων, μέσα στους οποίους παρεμβάλλεται το χιονόλευκο δολομιτικό μάρμαρο.
- Μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι των Κοινύρων σε εναλλαγές με ακτινολιθικούς γνεύσιους.

Το μάρμαρο της θάσου ήταν γνωστό από την αρχαιότητα. Στα λατομεία του νησιού εξορύσσεται το γνωστό ως "χιονόλευκο" ή "ψιλόματο" μάρμαρο της θάσου (στην περιοχή Βαθύ-Σαλιάρι Παναγιάς θάσου). Επίσης στην περιοχή θεολόγου εξορύσσεται η "κρυσταλλίνα θάσου" σε διάφορους τύπους : λευκή, ημίλευκη, σκούρα.

Στο νησί λειτουργούν συνολικά 8 - 10 λατομεία.

Νομός Σερρών.

Στην περιοχή του Βαμβακόφυτου εξορύσσεται τραβερτίνης χρώματος μπεζ σε δύο λατομεία.

4.4 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ.

Νομός Χαλκιδικής.

Στην περιοχή Βαρβάρας (Στρατονικό όρος) αναπτύσσεται μαρμαροφορία με λευκά ή γαλαζωπά χονδροκρυσταλλικά και παχυστρωματώδη μάρμαρα. Η μαρμαροφορία φθάνει μέχρι την Ρεντίνα και το Σταυρό, όπου εξορύσσεται ένα ροζέ μάρμαρο, γνωστό με την εμπορική ονομασία "Rosa Redina".

Νομός Θεσσαλονίκης.

Στην περιοχή Μελισσοχωρίου - Ωραιοκάστρου - Μεσαίου εξορύσσονται σκούροι γκρι έως μαύροι ασβεστόλιθοι, ηλικίας μέσου και ανώτερου τριαδικού. Το μάρμαρο αυτό κυκλοφορεί στην αγορά με τις ονομασίες "μαύρο μάρμαρο Μελισσοχωρίου" ή "μαύρο μάρμαρο Θεσσαλονίκης". Στην περιοχή αυτή λειτουργούν τρία λατομεία.

Στην περιοχή της κοινότητας Μεσαίου εμφανίζεται και όγκος "όνυχα" σημαντικών διαστάσεων, χρώματος ανοικτού μπεζ.

Νομός Κιλκίς.

Στην περιοχή Νέας Σάντας, όπου λειτουργεί και ένα λατομείο, εξορύσσονται ροδόχρωμοι πλατυκονδυλώδεις ασβεστόλιθοι, ηλικίας μέσου και ανώτερου τριαδικού. Το μάρμαρο αυτό κυκλοφορεί στο εμπόριο με την ονομασία "Red Byzanz".

Επίσης στην περιοχή Χωρυγίου υπάρχει ένα λατομείο όπου εξορύσσονται μαύροι ασβεστόλιθοι, πιθανώς της ίδιας σειράς με αυτούς της περιοχής Ωραιοκάστρου - Μελισσοχωρίου. Το μάρμαρο αυτό έρχεται στο εμπόριο με την ονομασία "Black Pella". Στον ίδιο χώρο εξορύσσεται και καφέ λατυποπαγής ασβεστόλιθος που φέρεται στο εμπόριο με το όνομα "Red Pella".

4.5 ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

Νομός Πιερίας.

Στην περιοχή του χωριού Φωτεινό, στα ΒΑ του ορεινού συγκροτήματος του Ολύμπου, εξορύσσεται ένα λευκό προς το μπεζ λεπτοκρυσταλλικό μάρμαρο που παρουσιάζει διαφάνεια και ανθεκτικότητα. Επίσης παρουσιάζονται στην ίδια θέση και ζώνες μαρμάρου με πρασινωπή απόχρωση.

Σε άλλο λατομείο του νομού εξορύσσεται επίσης και κοκκαλί μάρμαρο.

Νομός Πέλλης.

Στην περιοχή της κοινότητας Σωτήρα (9 χλμ. Β. της Εδεσσας) γίνεται εξόρυξη λατυποπαγούς ροδόχρωμου ασβεστολίθου, που διατίθεται στο εμπόριο με την ονομασία "πολύχρωμο μάρμαρο Εδέσσης". Το κοίτασμα έχει σημαντικό πάχος και οι εξορυσσόμενοι όγκοι είναι μεγάλων διαστάσεων.

Νομός Ημαθίας.

Στην περιοχή Νάουσας και στις περιοχές των χωριών Φυτιάς και Αρκοχωρίου, νοτιώτερα, εξορύσσεται ένα πράσινο σερπεντινομάρμαρο, γνωστό ως "μάρμαρο Νάουσας".

Στον ορεινό όγκο του Βερμίου, στην περιοχή των χωριών Κουμαριάς και Καστανιάς, από τις δύο πλευρές του δρόμου Βέρροιας-Κοζάνης εξορύσσονται τα λευκά μάρμαρα Βερροίας. Εκτός των λευκών μαρμάρων εξορύσσονται και τα ριγωτά μάρμαρα Βερροίας, με λεπτές εναλασσόμενες λευκές και γκρι έως μαύρες ρίγες.

Στην περιοχή Αγίας Βαρβάρας, νότια της Βέρροιας εμφανίζονται κοιτάσματα τραβερτίνη.

Νομός Κοζάνης.

Στην περιοχή του χωριού Τρανόβαλτο, στα νότια του νομού (κοντά στο μεταλλείο αμιάντου Ζιδανίου) εμφανίζονται κοιτάσματα λευκού έως τεφρού μαρμάρου. Το μάρμαρο είναι λεπτοκοκκώδες έως πολύ λεπτοκοκκώδες ($d = 0,1-0,5$ mm) ενώ κατά θέσεις εμφανίζεται μικροκοκκώδης έως στιφρή ασβεστιτική μάζα που σχηματίζει ζώνες και φωλιές μικρού πάχους. Ο ιστός του είναι γρανοβλαστικός και εκτός από τον ασβεστίτη απαντώνται στο λευκό μάρμαρο και κρύσταλλοι αστρίου καθώς και ελάχιστοι κόκκοι χαλαζία.

Στην περιοχή Τρανόβαλτου λειτουργούν περί τα 20 λατομεία.

Άλλες περιοχές του νομού όπου εξορύσσονται μάρμαρα είναι οι εξής:

Στο χωριό Ακρινή εξορύσσεται ένα κροκκαλοπαγές πέτρωμα που αποτελείται από τεφρόχροες κροκκάλες, συγκολλημένες μεταξύ τους με μία κόκκινη μάζα, πλούσια σε ασβεστίτη. Το πέτρωμα αυτό φέρεται στο εμπόριο με την ονομασία "ερυθρό μάρμαρο Κοζάνης".

Επίσης στην περιοχή των χωριών Δρέπανο και Καλαμιά εξορύσσονται κόκκινα και σκουροπράσινα μάρμαρα.

Λευκό μάρμαρο εξορύσσεται επίσης στην περιοχή του χωριού Λάβα, στο νοτιοανατολικό άκρο του νομού.

Τέλος, στην περιοχή του χωριού Δραγασιά, στο δυτικό άκρο του νομού, εξορύσσονται καφεπρασινωπά μάρμαρα με απολιθώματα.

Νομός Γρεβενών.

Στο Νομό Γρεβενών υπάρχουν εμφανίσεις μαρμάρων στην περιοχή Μοναχιτίου, ΝΔ των Γρεβενών στην Πίνδο, όπου λειτουργεί ένα λατομείο.

Επίσης εμφανίζονται μάρμαρα στην περιοχή Παληουργιάς-Παρασκευής, σε μικρή απόσταση ΒΔ της Δεσκάτης, όπου παλαιότερα λειτούργησαν λατομεία, τα οποία όμως τώρα αδρανούν. Το μάρμαρο της περιοχής αυτής είναι βυσσινί με λευκά στίγματα.

4.6 ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Νομός Μαγνησίας

Στο νομό Μαγνησίας εμφανίζονται μάρμαρα σε διάφορες περιοχές.

Στην περιοχή Πτελεού - Σούρπης, κοντά στον Αλμυρό, εξορύσσονται ροζέ ασβεστολιθικά μικροκρυσταλλικά μάρμαρα. Η μάζα των μαρμάρων παρουσιάζει σε πολλές θέσεις καστανοπράσινες φλέβες, κηλίδες ή σύννεφα. Τα κοιτάσματα βρίσκονται υπό μορφή ενστρώσεων μέσα σε σχιστόλιθους. Στην περιοχή λειτουργούν 7 λατομεία.

Στην περιοχή Ζάσταινης της χερσονήσου της Μαγνησίας, κοντά στο Τρίκερι, εμφανίζεται ένα πολύ συμπαγές, λεπτοκοκκώδες μέχρι μεσοκοκκώδες μάρμαρο με χρώμα κυανότεφρο, μέχρι σχεδόν λευκό, το οποίο σχηματίζει πολύ παχειές τράπεζες. Στην περιοχή λειτουργήσε στο παρελθόν ένας αριθμός λατομείων. Επίσης ανατολικότερα μεταξύ των χωριών Συκής και Αργαλαστής υπάρχουν εμφανίσεις μαρμάρων παρεμβεβλημένες μέσα σε φυλλίτες και σχιστόλιθους.

Στην περιοχή των Καναλίων, Β του Βόλου αναπτύσσονται παχυστρωματώδη κυανότεφρα, λεπτοκρυσταλλικά μάρμαρα. Στο παρελθόν λειτουργήσαν εκεί σε διάφορες θέσεις λατομεία. Επίσης προς τα ΒΑ της περιοχής αυτής, κοντά στο χωριό Βένετο, εξορύσσεται ένα λευκό έως ημίλευκο λεπτοκρυσταλλικό μάρμαρο, το οποίο εμφανίζεται υπό μορφή ενστρώσεων πάχους μέχρι και 50 m, μέσα σε σχιστόλιθους.

Νομός Λαρίσης

Στην περιοχή του Ομορφοχωρίου (Χασάμπαλης), περίπου 10 km ΒΑ της Λάρισας, εμφανίζεται ένας σερπεντινίτης ο οποίος συνοδεύεται από λατυποπαγές σερπεντίνου και μαρμάρου. Το λατυποπαγές αυτό είναι τεκτονικής προελεύσεως και αποτελείται από λατύπες διαφόρων διαστάσεων μέσα σε ενδιάμεση μάζα. Σε διάφορες θέσεις της περιοχής αυτής γίνεται εντατική εξόρυξη του υλικού αυτού, το οποίο είναι γνωστό και στη διεθνή αγορά ως πράσινο "μάρμαρο".

Στην περιοχή Φαρσάλων εξορύσσεται ασβεστόλιθος, ο οποίος σε στιλπνή επιφάνεια έχει συνήθως χρώμα γκρίζο με αποχρώσεις προς το κιτρινωπό ή το καστανωπό. Τις περισσότερες φορές ο ασβεστόλιθος αυτός παρουσιάζει φλεβίδια ή κηλίδες λευκού, καστανοκίτρινου, ερυθρωπού ή και μαύρου χρώματος. Ο ασβεστόλιθος αυτός παρουσιάζει πολύ μεγάλα αποθέματα.

Νομός Καρδίτσας

Στην περιοχή Βλοχού, περίπου 30 km ΒΑ της Καρδίτσας, παρουσιάζονται εμφανίσεις λευκού κυρίως, αλλά και δίχρωμου (λευκό και ροδόχρουν) μαρμάρου, που εναλλάσσεται με σχιστόλιθους. Στην

περιοχή ευρίσκονται 4 λατομεία μαρμάρου.

Στην περιοχή Αλήφακα εμφανίζονται χονδροκοκκώδη μάρμαρα με γρανοβλαστικό ιστό που έχουν χρώμα ανοικτότεφρο, γαλακτόχρωμο και κίτρινο, τα οποία υπήρξαν αντικείμενο εκμεταλλεύσεως στην αρχαιότητα. Στην περιοχή των Ορφανών επίσης εμφανίζεται ασβεστόλιθος κατάλληλος για λατομική εκμετάλλευση.

4.7 ΗΠΕΙΡΟΣ ΚΑΙ ΑΚΑΡΝΑΝΙΑ

Η περιοχή της Ηπείρου και της Ακαρνανίας είναι από τις σημαντικότερες μαρμαροφόρες περιοχές της χώρας μας, με σημαντική παραγωγική δραστηριότητα, τόσο από την άποψη της πρωτογενούς, όσο και της δευτερογενούς παραγωγής. Τα πετρώματα που εξορύσσονται στην περιοχή αυτή είναι ασβεστόλιθοι, κυρίως του ανωτέρου Κρητιδικού και κατωτέρου Τριτογενούς, οι οποίοι ανήκουν στην Αδριατικοϊόνιο ζώνη. Οι κύριες περιοχές, που παρουσιάζουν λατομική δραστηριότητα είναι η περιοχή των Ιωαννίνων, η περιοχή της Άρτας, η Θεσπρωτία, και η περιφέρεια του Αστακού.

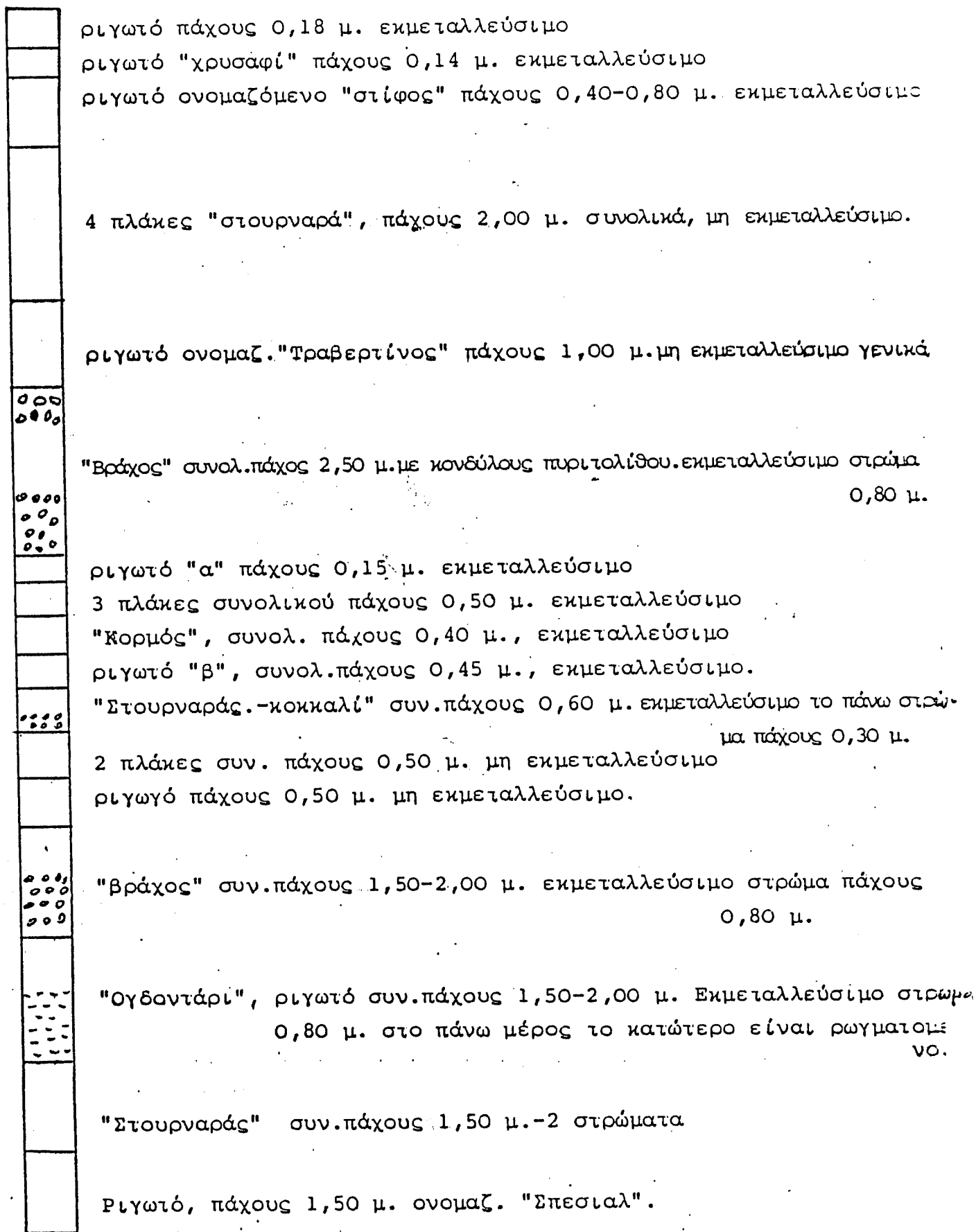
Περιοχή Ιωαννίνων.

Στην περιοχή των Ιωαννίνων εξορύσσεται ασβεστολιθικό πέτρωμα, γνωστό ως "μπεζ μάρμαρο Ιωαννίνων". Η λατομική δραστηριότητα αναπτύσσεται σε δύο περιοχές : η μία βρίσκεται δυτικά των Ιωαννίνων και περιλαμβάνει τις περιοχές των χωριών Μάρμαρα, Πετράλωνα, Λοφίσκος, Ανάργυροι, Γραμμένο, κλπ. Η δεύτερη βρίσκεται δυτικά των Ιωαννίνων και περιλαμβάνει τις περιφέρειες των χωριών Κληματιά, Ροδόπη, Ζίτσα, Καρίτσα, κλπ. Στην πρώτη περιοχή λειτουργούν περίπου 70-80 λατομεία, ενώ στη δεύτερη λειτουργούν περί τα 50.

Η περιοχή ανήκει γεωλογικά στην Ιόνιο ζώνη και οι γεωλογικοί σχηματισμοί από τους οποίους αποτελείται, είναι οι εξής (από τους παλαιότερους προς τους νεώτερους) :

- Ασβεστόλιθοι Βίγλας, ανώιουρασιακής έως κάτω σενωνίου ηλικίας, με πάχος περί τα 520 μ.
- Ασβεστόλιθοι Ανωτέρου Σενωνίου ανοικτότεφροι, φαιοί, λευκωποί και ροζ, στιφροί, μικρολατυποπαγές με θραύσματα Ρουδιστών, με ενστρώσεις και κονδύλους πυριτολίθων. Η σειρά αυτή των ασβεστολίθων είναι εκείνη που παρουσιάζει ενδιαφέρον από την άποψη της εκμεταλλεύσεως. Το πάχος της κυμαίνεται από 110-360 μ.
- Λιμναίες αποθέσεις πλειοκαινικής ηλικίας.
- Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις.

Οι ασβεστόλιθοι της περιοχής Κληματίας κλπ προέρχονται είτε από πελαγικά ιζήματα είτε από υλικό που μεταφέρθηκε με ρεύματα



Σχ. 4.2

ιλύος. Από τα πρώτα δημιουργήθηκαν στιφροί ασβεστόλιθοι, γνωστοί με την εμπορική ονομασία "τσινί", χρώματος μπεζ με δενδρίτες οξειδίων του μαγγανίου, οι οποίοι υποβιβάζουν την εμπορική τους αξία. Από το δεύτερο υλικό προέρχονται ασβεστόλιθοι μικρολατυποπαγοειδούς υφής, χρώματος μπεζ με διάφορες αποχρώσεις που σχηματίζουν επάλληλα στρώματα ή άλλα σχήματα. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι γνωστοί με την εμπορική ονομασία "ριγωτό".

Οι ασβεστόλιθοι της περιοχής Μαρμάρων-Πετραλώνων δεν διαφέρουν ουσιαστικά από τους προηγούμενους. Στην περιοχή αυτή εμφανίζεται κυρίως η παραλλαγή "σουσαμί", που ονομάζεται έτσι λόγω της παρουσίας πολυαριθμών κελυφίων τρηματοφόρων που μοιάζουν με σπόρους σουσαμιού.

Περιοχή Θεσπρωτίας.

Κοντά στο χωριό Άγιος Γεώργιος, 18 km από την Ηγουμενίτσα εξορύσσεται ροδόχρους ασβεστόλιθος που παρουσιάζεται υπό μορφή ενστρώσεων μέσα σε μπεζ ασβεστολίθους. Οι πάγκοι του πετρώματος αυτού είναι μικρού πάχους και οι όγκοι που εξορύσσονται έχουν πάχος μόνο 12 - 20 cm. Στο εμπόριο, ο ασβεστόλιθος αυτός είναι γνωστός ως "ροδόχρουν μάρμαρο Ιωαννίνων".

Στην περιοχή της κοινότητας Ασπροκκλησιάς εξορύσσονται εξάλλου και μπεζ ασβεστόλιθοι, παρόμοιου τύπου με τα "μάρμαρα Ιωαννίνων".

Περιοχή Γριμπόβου - Άρτας.

Ο ασβεστόλιθος της περιοχής του χωριού Γρίμποβο της Άρτας είναι παρόμοιος με το "μπεζ μάρμαρο των Ιωαννίνων" και έρχεται στο εμπόριο με το όνομα "μάρμαρο Άρτας". Η σειρά των οριζόντων που απαντώνται στην περιοχή αυτή είναι :

- Ασβεστόλιθοι Βίγλας.
- Ασβεστόλιθοι Ανωτέρου Σενωνίου. Αυτοί είναι μικρολατυποπαγείς μαργαίκοι ασβεστόλιθοι, χρώματος μπεζ, που εμφανίζονται σε "πάγκους" πάχους μέχρις 1 μ.
- Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι. Αυτοί είναι βιοκλαστικοί μαργαίκοι ασβεστόλιθοι που εμφανίζονται σε πάγκους πάχους 1μ. ή και μεγαλύτερου. Ενδιαφέρον από πλευράς εκμεταλλεύσεως παρουσιάζουν οι λεπτότεροι πάγκοι, επειδή οι παχύτεροι είναι διαρρηγμένοι λόγω της μικρότερης ελαστικότητας τους.

Περιοχή Αστακού.

Στην περιοχή του Αστακού εξορύσσονται ασβεστόλιθοι με δύο χρωματικές παραλλαγές : με χρώμα μπεζ και με χρώμα ρόδινο. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι λεπτοπλακώδεις, όπως άλλωστε και όλοι οι άλλοι ασβεστόλιθοι που εξορύσσονται στην Ήπειρο, και οι όγκοι που εξορύσσονται έχουν πάχος 20 - 30 cm, και σπάνια μέχρι 40 cm.

4.8 ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ - ΕΥΒΟΙΑ

Νομός Βοιωτίας

Στην περιοχή της Δόμβραινας (30 km ΝΔ της Θήβας) εμφανίζονται στιφροί ασβεστόλιθοι, ως επί το πλείστον κονδυλώδεις, χρώματος ερυθροκάστανου έως μπεζ ή καστανοκίτρινου (μελί), οι οποίοι είναι γνωστοί στο εμπόριο ως "μάρμαρο Δομβραίνης". Στην περιοχή λειτουργούν 4 λατομεία.

Στην περιοχή της Αράχωβας εμφανίζεται επίσης ασβεστόλιθος, χρώματος καστανού έως ερυθροκάστανου με φλεβίδια σκοτεινότερου χρώματος, αλλά και λευκά φλεβίδια σβεσίτη. Στην περιοχή λειτουργεί ένα λατομείο που εξορύσσει τον ασβεστόλιθο αυτό. Τόσο ο ασβεστόλιθος αυτός, όσο και ο προηγούμενος (της Δόμβραινας) παρουσιάζουν διάφορα προβλήματα αντοχής σε διάβρωση ή λόγω αποσπάσεως θραυσμάτων των κονδύλων.

Νομός Αττικής.

Η Αττική είναι μιά από τις πλουσιώτερες περιοχές της Ελλάδας σε γνήσια μάρμαρα. Η εκμετάλλευση των μαρμάρων γίνεται στην Πεντέλη, το Διόνυσο, το Μαραθώνα, και την Αγία Μαρίνα, ενώ παλιότερα έγινε εκμετάλλευση μαρμάρων και στον Υμηττό και την περιοχή του Λαυρίου (Αγριλέζα).

Το μάρμαρο της Πεντέλης είναι γνωστό από τα αρχαία χρόνια, υπέστη όμως εντατική εκμετάλλευση και κατά τη σύγχρονη εποχή. Από το μάρμαρο αυτό έχουν κατασκευασθεί ο Παρθενώνας, το Ερέχθειο, τα Προπύλαια της Ακροπόλεως των Αθηνών, κλπ. Η εκμετάλλευση του μαρμάρου στη δυτική πλευρά της Πεντέλης διακόπηκε από το 1975, στην ανατολική πλευρά όμως (Ραπεντώζα) συνεχίζεται ακόμα και σήμερα.

Η οροσειρά της Πεντέλης αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα και περιλαμβάνει τους εξής ορίζοντες :

- Το κατώτερο μάρμαρο, που αποτελείται από παχυστρωματώδες μέχρι μεσοστρωματώδες μάρμαρο, χρώματος λευκού, λευκότεφρου και τεφρού. Είναι λεπτοκρυσταλλικό και συχνά εμφανίζει χλωριτοεπιδοτιτικές παρεμβολές. Το πάχος του φαίνεται να είναι πάνω από 650 μέτρα.
- Το σχιστόλιθο της Καισαριανής, μέσα στον οποίο βρίσκεται ο δεύτερος ορίζοντας μαρμάρου, υπό μορφή ενστρώσεων ή φακών. Το μάρμαρο αυτό είναι λευκό έως τεφρό και λεπτοκρυσταλλικό, συχνά με σχιστολιθικά στρωματίδια.
- Το ανώτερο μάρμαρο, που είναι ένα λεπτοστρωματώδες μέχρι μεσοστρωματώδες μάρμαρο, τεφρό μέχρι τεφρόλευκο, ταινιωτό, γραμμωτό, λεπτοκοκκώδες, μέχρι μεσοκοκκώδες.

Στο όρος Ικάριο, στην τοποθεσία Διόνυσος, σε μικρή απόσταση βόρεια της Πεντέλης, γίνεται σήμερα εντατική εκμετάλλευση. Το κοίτασμα που υφίσταται εκμετάλλευση έχει μορφή φακού, και ανήκει

στο "ενδιάμεσο μάρμαρο" της Πεντέλης, το δε λατομείο του είναι ένα από τα σημαντικότερα της χώρας.

Το μάρμαρο της Πεντέλης θεωρείται ως το καλύτερο από τα ελληνικά μάρμαρα και για το λόγο αυτό έχει την υψηλότερη τιμή στην αγορά.

Εκτός από την Πεντέλη και το Διόνυσο, υπάρχουν στην Αττική λατομεία μαρμάρου και στο Μαραθώνα καθώς και μερικά χιλιόμετρα βορειότερα, στην Αγία Μαρίνα. Τα μάρμαρα αυτά δεν μοιάζουν με τα Μάρμαρα της Πεντέλης. Το χρώμα τους είναι γενικά κυανότεφο, με ζώνες παράλληλες προς τη στρώση, εναλλάξ σκοτεινότερες και ανοιχτότερες. Το μάρμαρο της Αγίας Μαρίας δείχνει στη στιλβωμένη επιφάνεια του μιά πολύ χαρακτηριστική εμφάνιση με διάφορες αποχρώσεις από το χιονόλευκο μέχρι το κυανότεφο. Οι αποχρώσεις αυτές εναλλάσσονται κατά ζώνες ή κατά φλεβές ή φακούς που μοιάζουν με σύννεφα.

Παλαιότερα έγινε εκμετάλλευση μαρμάρου στον Υμηττό και στην περιοχή του Λαυρίου (Αγριλέζα). Επίσης έγινε εκμετάλλευση μαρμάρου στην Ελευσίνα και στη Σαλαμίνα.

Εύβοια.

Στην περιοχή Καρύστου-Στύρων υπάρχουν μάρμαρα που ήταν γνωστά από την αρχαιότητα με το όνομα "Καρυστία λίθος". Σήμερα εξορύσσονται μάρμαρα στην περιοχή των Στύρων. Το μάρμαρο των Στύρων είναι πολύ ανισοκοκκώδες και παρουσιάζει διάφορες αποχρώσεις οφειλόμενες στην παρουσία μοσχοβίτη, χλωρίτη, χαλαζία, και αλβίτη. Οι αποχρώσεις αυτές έχουν μιά ταινιωτή μορφή που μοιάζει με τους αλλεπάλληλους φλοιούς του κρεμμυδιού. Το είδος αυτό του μαρμάρου χαρακτηρίζεται με την ονομασία σιπολλίνης. Το μάρμαρο αυτό παρουσιάζει ελαττωμένη μηχανική αντοχή κατά μήκος των παραπάνω στρώσεων και έχει την τάση να σχίζεται στα σημεία αυτά. Για το λόγο αυτό η ζήτηση του μαρμάρου αυτού έχει περιορισθεί τα τελευταία χρόνια.

Στην περιοχή Αλιβερίου και Δύστου παρουσιάζονται μάρμαρα με χρώμα τεφρό ή κυανότεφο, σκοτεινότερο ή ανοιχτότερο. Τα μάρμαρα αυτά, γνωστά ως "μάρμαρα Αλιβερίου", ανήκουν στην Αττικοκυκλαδική μάζα. Τα μάρμαρα του Αλιβερίου διασχίζονται από ανοιχτόχρωμες έως σχεδόν λευκές φλέβες διαφόρων διευθύνσεων.

Στην περιοχή Ερέτριας-Αμαρύνθου απαντάται το γνωστό ήδη από τους Ρωμαϊκούς χρόνους "μάρμαρο της Ερέτριας". Πρόκειται για ένα γνήσιο μάρμαρο (παρουσιάζει ολική ανακρυστάλλωση του ασβεστίτη), το οποίο έχει σαν χαρακτηριστικό τη μεγάλη ποικιλία χρωματισμών : καστανέρυθρα, ερυθροϊώδη, ρόδινα λευκά και τεφρά έως πρασινότεφρα μάρμαρα, διαφόρων αποχρώσεων. Τα μάρμαρα αυτά είναι πολύ διαταραγμένα τεκτονικά, αλλά δεν παρουσιάζουν γενικά στρώση ή σχιστότητα.

Στην περιοχή Στενής (βόρεια του χωριού 'Ανω Στενή) εμφανίζονται μαύροι έως μελανότεφροι ασβεστόλιθοι, γνωστοί ως "μάρμαρο Στενής". Οι εμφανίσεις έχουν μικρή εξάπλωση, επειδή ο ορίζοντας τους έχει μικρό πάχος (περίπου 30 μέτρα) και μεταπίπτουν πλευρικά σε δολομίτες και άσπρους ασβεστόλιθους, ακατάλληλους για μαρμαρικές εργασίες. Οι μαύροι ασβεστόλιθοι αποτελούν τους βαθύτερους ορίζοντες ασβεστολιθικής σειράς,

ανωτριάδικής και ιουρασικής ηλικίας.

4.9 ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ

Τα χρησιμοποιούμενα για τη μαρμαρική τέχνη πετρώματα της Πελοποννήσου είναι αφενός άστρωτοι έως παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι, που εμφανίζονται στο ανατολικό της τμήμα (Αργολίδα, Τροιζινία, κλπ) καθώς και στην περιοχή της Βυτίνας, και αφετέρου γνήσια μάρμαρα, τα οποία εμφανίζονται στον Πάρωνα και στη Μάνη.

Περιοχή Αργολίδας και Τροιζηνίας.

Η περιοχή αυτή είναι η κυριότερη μαρμαροφόρος περιοχή της Πελοποννήσου, και μία από τις τέσσερες κυριότερες της χώρας μας, στην οποία λειτουργούν συνολικά περί τα 50 λατομεία μαρμάρου. Οι κυριότερες μαρμαροφόρες περιοχές εντοπίζονται στις επαρχίες Ναυπλίας, Ερμιονίδας, και Τροιζηνίας. Ένα κοινό χαρακτηριστικό των μαρμάρων που εξορύσσονται στην περιοχή αυτή, είναι ότι προέρχονται από άστρωτους ή παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους, οι οποίοι γενικά επιτρέπουν την εξόρυξη όγκων μεγάλων σχετικά διαστάσεων.

Τα μάρμαρα της παραπάνω περιοχής μπορούν να διακριθούν στους εξής τύπους :

- "Μάρμαρα Λυγουριού". Τα μάρμαρα του τύπου αυτού εξορύσσονται στην περιοχή του ομώνυμου χωριού καθώς και του χωριού Σταματέικα. Οι ασβεστόλιθοι από τους οποίους προέρχονται τα μάρμαρα αυτά έχουν γενικά ηλικία ανωτέρου Τριαδικού και ανήκουν στο κάτω τμήμα της στρωματογραφικής σειράς των "ασβεστολίθων του Παντοκράτορα". Το πέτρωμα το οποίο εξορύσσεται, είναι ένας άστρωτος στιφρός ασβεστόλιθος, χρώματος ανοικτού τεφρού έως τεφροκίτρινου, από τον οποίο είναι δυνατή η κοπή όγκων μεγάλων σχετικά διαστάσεων. Στην περιοχή εξορύσσονται οι ποικιλίες : "μπέζ μάρμαρο Λυγουριού" και "μπέζ μάρμαρο Σταματέικων" .

- "Καρναζέικο Μάρμαρο". Στην περιοχή που βρίσκεται μεταξύ των χωριών Καρναζέικα και Κάντια εξορύσσονται δύο ποικιλίες "μαρμάρων" : η ποικιλία "ριγωτό", που προέρχεται από ασβεστόλιθο που παρουσιάζει διάφορες λωρίδες, τεφρές, τεφρόλευκες, τεφροκίτρινες, κλπ, και η ποικιλία του τυπικού "λατυποπαγούς Καρναζέικου μαρμάρου", που είναι ένας τεκτονισμένος και ίσως ελαφρά καρστικοποιημένος ασβεστόλιθος, στον οποίο οι διαβρωσιγενείς κοιλότητες και οι χώροι μεταξύ των λατύπων έχουν πληρωθεί κυρίως με ανθρακικό υλικό.

- "Μάρμαρο Ιρίων". Είναι το ίδιο με το Καρναζέικο και εξορύσσεται στην περιοχή του χωριού Ιρία.

- "Μάρμαρο Μυκηνών". Το χαρακτηριστικό του μαρμάρου αυτού είναι

το κόκκινο έως καστανό υλικό (ανθρακικό, πυριτικό, αργιλικό), το οποίο πληρώνει τις διακλάσεις και τα κενά μεταξύ των λατύπων. Το μάρμαρο του τύπου αυτού εξορύσσεται στην περιοχή του χωριού Σταυροπόδι, καθώς και κοντά στο χωριό Κάντια.

- "Καστανό μάρμαρο Τροιζηνίας". Αυτό είναι ένα ανοικτό καστανό μάρμαρο με κονδυλώδη δομή, με περίπου παράλληλες κυματοειδείς ραφές. Οι ασβεστόλιθοι από τους οποίους εξορύσσεται ανήκουν στη σειρά "Ammonitico Rosso".

- "Μάρμαρο Φαναρίου". Εξορύσσεται από την ίδια σειρά ασβεστόλιθων, όπως και το προηγούμενο, αλλά είναι σκουρότερο.

- "Κοκκινοκαστανό μάρμαρο Ερμιόνης". Εξορύσσεται επίσης από τους ασβεστόλιθους της σειράς "ammonitico rosso" αλλά διαφέρει από τους προηγούμενους δύο τύπους στον τόνο του χρωματισμού και στην έντονη ενδολατυποπαγή δομή.

- "Μάρμαρο Ηλιοκάστρου". Εξορύσσεται από τεφροκόκκινους ασβεστόλιθους, που βρίσκονται στο κατώτερο τμήμα κοκκινοκαστανών ασβεστόλιθων της σειράς "ammonitico rosso".

- "Μάρμαρο Επιδαύρου". Είναι παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι χρώματος ροδί μέχρι σκούρο κίτρινο, που περιέχουν πλήθος αμμωνιτών.

- "Μάρμαρο Καντίας". Είναι ανάλογο με το μάρμαρο της Επιδαύρου, χωρίς όμως να περιέχει τα απολιθώματα αμμωνιτών.

- "Μάρμαρο Ασκληπιείου". Πρόκειται για ένα μικροκρυσταλλικό ροδόλευκο ασβεστόλιθο με κοκκινωπές φλέβες και στίγματα.

Εκτός από τους παραπάνω τύπους μαρμάρου, αναφέρουμε και το "μάρμαρο Κορίνθου", το οποίο δεν εμφανίζεται βέβαια στην Αργολίδα ή Τροιζηνία, αλλά στην περιοχή Σοφικού του Νομού Κορίνθου, είναι όμως παρεμφερές με τα προηγούμενα, και συγκεκριμένα είναι παρόμοιο με το "Καρναζέικο μάρμαρο".

Νομός Αρκαδίας.

Στο Νομό Αρκαδίας εμφανίζονται διάφορα πετρώματα, κατάλληλα για τη μαρμαρική τέχνη, όπως το "μάρμαρο" της Βυτίνας, το μάρμαρο του Πάρνωνα, και το "λατυποπαγές μάρμαρο της Τριπόλεως". Το τελευταίο από αυτά δεν εξορύσσεται πλέον, επειδή υστερούσε ποιοτικά.

- Το "μάρμαρο της Βυτίνας" είναι ένας μαύρος παχυστρωματώδης, ή και χωρίς στρώσεις, ασβεστόλιθος Κρητιδικής ηλικίας, ο οποίος παρουσιάζει πλήθος απολιθωμάτων, κυρίως ρουδιστών. Ο ασβεστόλιθος αυτός, που ανήκει στη ζώνη της Τριπόλεως, εμφανίζεται κοντά στη Βυτίνα, όπου και υπάρχει λατομείο, αλλά και σε άλλες περιοχές της Πελοποννήσου και ακόμα και της Κρήτης.

- Το ημίλευκο μάρμαρο Πάρνωνα είναι ένα μεταμορφωμένο ανθρακικό

πέτρωμα, που εμφανίζεται μέσα στη σειρά των φυλλιτών-χαλαζιτών, στην περιοχή του χωριού Άγιος Πέτρος. Έχει χρώμα σκούρο τεφρό έως μαύρο και παρουσιάζει κερατολιθικούς φακούς και στρώσεις, οι οποίοι δημιουργούν προβλήματα στην επεξεργασία του.

Νομός Λακωνίας.

Στο νομό Λακωνίας, και συγκεκριμένα στη Μάνη, εξορύσσονται δύο τύποι μαρμάρου γνωστοί με τα ονόματα "rosso antico Μάνης" και "κρυσταλλίνα μπιάνκο Μάνης". Ο πρώτος από τους τύπους αυτούς, που είναι γνωστός από την αρχαιότητα, παρουσιάζεται στο νότιο άκρο της χερσονήσου της Μάνης, μέσα στη σειρά φυλλιτών-χαλαζιτών, έχει κόκκινο χρώμα, και έχει το χαρακτηριστικό ότι είναι λεπτοστρωματώδης. Η παραγωγή του τύπου αυτού έχει διακοπεί πλέον. Ο δεύτερος τύπος (κρυσταλλίνα μπιάνκο) είναι ένα πολύ χονδροκρυσταλλικό λευκό μάρμαρο, που εξορύσσεται νοτίως του Δυρού. Το πέτρωμα ανήκει στη σειρά των "πλακωδών ασβεστολίθων" (plattenkalk), ηλικίας πιθανόν Σενωνίου.

4.10 ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ

Στα νησιά του Αιγαίου εξορύσσονται μάρμαρα στις Κυκλάδες, (Τήνο, Πάρο, Νάξο), τη Σκύρο, αλλά και στη Χίο, Λέσβο και Ρόδο.

Τήνος.

Στην Τήνο εξορύσσονται δύο ειδών μάρμαρα : Το πράσινο "μάρμαρο" της Τήνου, καθώς και λευκά γνήσια μάρμαρα.

Το "πράσινο μάρμαρο της Τήνου" είναι στην πραγματικότητα ένας σερπεντινίτης, που εμφανίζεται στο ΒΔ τμήμα του νησιού, κοντά στον Πάνορμο. Έχει χρώμα γενικά πράσινο, σε διάφορους τόνους, και διακόπτεται από ανοικτότερες, ή και τεφρόλευκες, ζώνες ή και φλέβες πλούσιες σε ασβεσίτη. Συχνά οι ασβεστιτικές φλέβες είναι τόσο πυκνές ώστε το πέτρωμα μεταπίπτει σε οφιτοασβεσίτη. Ο ασβεσίτης κάνει το πέτρωμα συμπαγές επειδή παίζει το ρόλο συγκολλητικού υλικού των σερπεντινικών συσσωματωμάτων και επουλώνει τις ρωγμές. Σε μερικές περιοχές το πέτρωμα αποκτά την όψη τεκτονικού λατυποπαγούς, με γωνιώδεις σκοτεινόχρωμες λατύπες συγκολλημένες με ανοικτόχρωμη μάζα από σερπεντίνη και ασβεσίτη.

Τα γνήσια ασβεστιτικά μάρμαρα της Τήνου έχουν σακχαροκοκκώδη όψη και εμφανίζονται σε στρώματα ποικίλου πάχους, εναλλασσόμενα με μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους. Έχουν χρώμα χιονόλευκο έως κυανότεφρο και είναι λεπτοκοκκώδη και σπανιότερα έως μεσοκοκκώδη. Τα μάρμαρα αυτά, και τα αντίστοιχα λατομεία, υπάρχουν σε διάφορες περιοχές του νησιού : στο όρος Πατέλα, στον Αποκοφτό

στον Πύργο, στον Τριαντάρο, στην Καρδιανή, κλπ.

Πάρος.

Στην Πάρο απαντώνται γνήσια μάρμαρα, τα οποία καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις κυρίως στις υψηλότερες κεντρικές περιοχές του νησιού, εμφανίζονται όμως και στις παράκτιες περιοχές σε μικρότερες μάζες. Τα μάρμαρα της Πάρου είναι γνωστά από τα αρχαία χρόνια και ιδιαίτερα ο "λυχνίτης", που ονομαζόταν έτσι επειδή η εξόρυξη του γινόταν σε υπόγειες στοές υπό το φως των λύχνων. Από το μάρμαρο αυτό έχουν κατασκευασθεί περίφημα γλυπτά (όπως ο Ερμής του Πραξιτέλη, η Αφροδίτη της Μήλου, κλπ).

Τα μάρμαρα της Πάρου παρουσιάζονται υπό μορφή παχειών τραπεζών, στις οποίες δεν διακρίνεται στρώση, και έχουν γενικά χρώμα λευκό έως κυανότεφο. Ο ιστός τους είναι μεσοκοκκώδης έως χονδροκοκκώδης.

Νάξος.

Στη Νάξο εμφανίζονται επίσης γνήσια μάρμαρα υπό μορφή ενστρώσεων μέσα σε γνευσίους και σχιστολίθους. Τα μάρμαρα αυτά είναι μεσοκοκκώδη έως χονδροκοκκώδη με κόκκους ανίσου μεγέθους πολλές φορές. Γνωστή είναι η "κρυσταλλίνα" της Νάξου. Από την άποψη του χρωματισμού είναι λευκότερα και φτωχότερα σε πυριτικά συστατικά από τα μάρμαρα της Αττικής.

Τα μάρμαρα εμφανίζονται σε διάφορες περιοχές της Νάξου, όπου λειτουργούν τώρα ή λειτούργησαν στο παρελθόν λατομεία. Έτσι έχουμε εμφανίσεις μαρμάρου στην Απείρανθο, στο Φιλότι, στους Σανιδάδες και στον Κόρωνα. Τα μάρμαρα αυτά είναι λευκά (όταν είναι δολομιτικά) έως κυανότεφρα, με ιστό μάλλον λεπτόκοκκο. Γενικά επιτρέπουν την εξόρυξη μεγάλων όγκων. Επίσης έχουμε εμφανίσεις μαρμάρου στον Κινίδαρο, όπου απαντάται η ποικιλία "κρυσταλλίνα Νάξου", ένα μεσοκοκκώδες, λευκό έως ασθενώς κυανότεφο ασβεστιτικό μάρμαρο. Τέλος, στη θέση Απόλλωνας υπάρχουν αρχαία λατομεία, στα οποία βρίσκεται ακόμα ένα κολοσσιαίο αρχαίο ημιτελές άγαλμα, μήκους 10,5 μέτρων.

Σκύρος.

Τα σκυριανά μάρμαρα είναι γνωστά από τους Ρωμαίους, και αργότερα τους Βυζαντινούς χρόνους. Στη σύγχρονη εποχή επίσης έγινε συστηματική εκμετάλλευση των σκυριανών μαρμάρων.

Υπάρχουν πολλές ποικιλίες μαρμάρων στη Σκύρο, τόσο ασβεστιτικά λεπτοκοκκώδη μάρμαρα ομοιόχρωμα, με χρώμα λευκό έως κυανότεφο, όσο και λατυποπαγή, αποτελούμενα από λατύπες διαφόρων χρωμάτων (λευκές, καστανόχρωμες, κόκκινες, ιώδεις, κλπ).

Τα μάρμαρα της Σκύρου, ενώ έχουν ιδιαίτερα αισθητικά χαρίσματα και ταυτόχρονα έχουν ικανοποιητικά χαρακτηριστικά από την άποψη

της μηχανικής αντοχής, έχουν το μειονέκτημα ότι παρουσιάζουν πυκνές ρωγματώσεις και ως εκ τούτου οι όγκοι που είναι δυνατό να παραχθούν, έχουν γενικά μικρές διαστάσεις.

Χίος.

Η Χίος ήταν επίσης γνωστή από την αρχαιότητα για τα μαύρα κυρίως, αλλά και τα ερυθρά, τεφρά και ποικιλόχρωμα "μάρμαρα" της. Τα πετρώματα που εξορύσσονται, ή εξορύσσονταν παλαιότερα, είναι ασβεστόλιθοι τριαδικής έως τριαδικής-ιουρασικής ηλικίας.

Κατά καιρούς λειτούργησαν λατομεία σε διάφορες περιοχές του νησιού, όπως στις περιοχές των χωριών Καρδάμυλα, Βίκι, Δαφνώνας, Ελάτα, Λαγκάδα, Συκιάδα, κλπ. Σήμερα η λατομική δραστηριότητα είναι περιορισμένη.

Λέσβος.

Στη Λέσβο εμφανίζονται γνήσια, ασβεστιτικά ως επί το πλείστον, μάρμαρα με χρώμα λευκό, ημίλευκο, γκριζόλευκο, καθώς και πολύχρωμα. Λατομεία λειτουργούν σε διάφορες περιοχές: στην περιοχή του Δήμου Μυτιλήνης, και στις Κοινότητες Ιππίου, Πηγής, και Μόριας.

Εκτός από τα μάρμαρα, εξορύσσεται στην Κοινότητα Μιστεγγών ένας τραχείτης, χρώματος ροζ, ο οποίος χρησιμοποιείται υπό μορφή κυβόλιθων ως διακοσμητικό οικοδομικό υλικό.

Ρόδος.

Στη Ρόδο εμφανίζονται διάφοροι κρυσταλλικοί και ημικρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, μεσοζωϊκής έως ηωκαινικής ηλικίας, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για τη μαρμαρική τέχνη.

Εξόρυξη των πετρωμάτων αυτών γίνεται στις περιοχές:

- Καλλιθιών, όπου εξορύσσεται ένας μπεζ ανοικτός ασβεστόλιθος.
- Προφήτη Ηλία, όπου εξορύσσεται ένας άστρωτος, κονδυλώδης ασβεστόλιθος, χρώματος σκοτεινού ή ανοικτού ροδοκαστανού.
- Έμπωνα, όπου εξορύσσεται το "σοκολατόχρωμο μάρμαρο Ρόδου".
- Λάρδου, όπου εξορύσσονταν ένας έντονα ανακρυσταλλωμένος ασβεστόλιθος, χρώματος σκοτεινότεφρου έως κυανότεφρου.

Κοντά στο χωριό Ψίνθος τέλος, εξορύσσεται το "ονυχοειδές μάρμαρο" της Ρόδου, του οποίου το κοίτασμα έχει τη μορφή φλέβας πάχους ενός μέχρι λίγων μέτρων και μήκους 1 km περίπου.

Ικαρία - Σάμος.

Μάρμαρα εμφανίζονται επίσης στην Ικαρία και στη Σάμο.

Στην Ικαρία εμφανίζεται ένα λευκό μάρμαρο με γκρίζες προσμείξεις.

Στη Σάμο εμφανίζεται ένα μαύρο μάρμαρο με προσμείξεις δολομίτη.

4.11 ΚΡΗΤΗ

Στην Κρήτη εξορύσσονται μάρμαρα, τα οποία ανήκουν στη σειρά των "πλακωδών ασβεστολίθων" (plattenkalk) . Η σειρά αυτή είναι τα μόνα πετρώματα του νησιού, που δεν έχουν υποστεί τόσο έντονο τεκτονισμό και είναι για το λόγο αυτόν επιδεκτικά σε εξόρυξη όγκων κάπως ικανοποιητικών διαστάσεων. Τα μάρμαρα αυτά είναι ως επί το πλείστον σκοτεινότεφρα (όπως του Άλιβερίου) και εξορύσσονται σε διάφορες περιοχές (Άστερούσια όρη, περιοχή Σητείας, Καστέλλι Πεδιάδος, Σαχτούρια Ρεθύμνου, κλπ). Τα μάρμαρα αυτά καταναλώνονται τοπικά.

Μεγαλύτερης σημασίας από τα μάρμαρα είναι οι εμφανίσεις του ονυχοειδούς μαρμάρου ή "όνυχα", που υπάρχουν σε διάφορα μέρη του νησιού και από τον οποίο εξορύσσονται αρκετά σημαντικές ποσότητες (5.000 - 7.000 κ.μ. ετησίως) . Ο "όνυχας" χρησιμοποιείται και στην οικοδομική για επενδύσεις, κυρίως όμως χρησιμοποιείται για την κατασκευή διακοσμητικών μικροαντικειμένων.

5. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

5.1 Γενικά.

Τα μάρμαρα χρησιμοποιούνται στην οικοδομική για διακοσμητικούς κυρίως λόγους. Για την επιλογή επομένως ενός μαρμάρου έχει σημασία η αισθητική του εμφάνιση, η οποία εξαρτάται από το χρώμα του, την παρουσία ή όχι φλεβιδίων καθώς και τη διάταξη, το πάχος τους και το χρώμα τους, την παρουσία και τη συχνότητα εμφανίσεως εγκλεισμάτων (κονδύλων, λατύπων, κλπ) και "λεκέδων", κ.ο.κ. Είναι προφανές ότι τα αισθητικά χαρακτηριστικά ενός μαρμάρου δεν είναι στις περισσότερες περιπτώσεις δυνατό να καλυφθούν από προδιαγραφές και ιδίως να ποσοτικοποιηθούν, εκτός ίσως από ορισμένες ιδιότητες, όπως π.χ. η λευκότητα (βλέπε και Πίνακα 5.5).

Πέρα όμως από τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την αισθητική αξία ενός μαρμάρου, παίζουν σημαντικό ρόλο και οι φυσικομηχανικές ιδιότητες του, από τις οποίες εξαρτάται και η καταλληλότητα του για κάποια συγκεκριμένη χρήση. Οι ιδιότητες αυτές είναι δυνατό να μετρηθούν και επομένως να περιληφθούν σε προδιαγραφές.

Όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τα μάρμαρα ισχύουν βέβαια και για τα άλλα διακοσμητικά πετρώματα.

5.2 Φυσικομηχανικές ιδιότητες

Σε ένα μάρμαρο, ή άλλο διακοσμητικό λίθο, είναι δυνατό να μετρηθούν διάφορες φυσικομηχανικές ιδιότητες, όπως:

- Το ειδικό βάρος.
- Η απορροφητικότητα.
- Η αντοχή σε θλίψη.
- Η αντοχή σε κάμψη.
- Η αντοχή σε κρούση.
- Η αντοχή σε τριβή.
- Το μέτρο ελαστικότητας.
- Η γραμμική θερμική διαστολή.
- Η θερμική αγωγιμότητα.
- Η σκληρότητα.
- Η αντοχή σε χημική διάβρωση.
- Η αντοχή σε παγετό.

Η καταλληλότητα ενός μαρμάρου για κάποια συγκεκριμένη χρήση εξαρτάται, όπως αναφέρθηκε, από τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του. Στον Πίνακα 5.1 φαίνεται η σημασία που έχουν οι διάφορες φυσικομηχανικές ιδιότητες ενός μαρμάρου, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι οι κανονισμοί προδιαγραφών που ισχύουν στις διάφορες χώρες (DIN για τη Γερμανία, ASTM για τις

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

Σημασία των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων των μαρμάρων ανάλογα με τη χρήση.

Χρήση	Ειδικό βάρος	Απορροφητικότητα	Αντοχή σε θλίψη	Αντοχή σε κάμψη	Μέτρο ελαστικότητας	Γραμμική θερμ. διαστολή	Αντοχή σε κρούση	Αντοχή σε τριβή	Μικροσκληρότητα
Εξωτ. Επενδύσεις	XX	XX	XX	XXX	XX	XX		X	X
Εσωτ. Επενδύσεις	XX	X	X	X					
Πλακοστρώσεις	XX	XX	XX	XX	X	X	XX	XXX	XXX
Δαπεδοστρώσεις και σκαλοπάτια	XX	X	X	XX			XXX	XXX	XXX
Σκαλοπάτια ελεύθερης εδράσεως	XX	X	XX	XXX			XXX	XXX	XXX
Επικαλύψεις	XX	XXX	XX	XX			XX	X	X

Σημείωση: XXX= μεγάλης σημασίας
 XX = μέσης σημασίας
 X = χαμηλής σημασίας

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2

Προβλεπόμενες δοκιμασίες σε μάρμαρα σε διάφορες χώρες.

Ιδιότητες	Χώρα		
	ΗΠΑ	Γερμ.	Ιταλία
Ειδικό βάρος	X	X	X
Απορροφητικότητα (% βάρους) ή (% όγκου)	X	X	X
Αντοχή σε παγετό		X	X
Δοκιμή κρυσταλλώσεως (Na ₂ SO ₄)		X	
Αντοχή σε θλίψη (kp/cm ²)	X	X	X
Αντοχή σε κάμψη (kp/cm ²)	X	X	X
Αντοχή σε κρούση		X	X
Αντοχή σε τριβή	X	X	X
Μέτρο ελαστικότητας (kp/cm ²)		X	X
Θερμική διαστολή (mm/m.°C)		X	X
Θερμ. αγωγιμότητα (kcal/m.h.°C)		X	
Αντοχή σε χημική διάβρωση		X	
Μικροσκληρότητα κατά Κνοορ			X

ΗΠΑ, UNI στην Ιταλία, κλπ) δεν δίνουν πάντα την ίδια βαρύτητα στις διάφορες φυσικομηχανικές ιδιότητες ενός μαρμάρου, όπως γίνεται φανερό από τον Πίνακα 5.2.

Πέραν αυτού διαφέρουν, ανάλογα με τον κανονισμό, και ο τρόπος μετρήσεως των διαφόρων ιδιοτήτων, αλλά και τα όρια προδιαγραφών σε κάθε περίπτωση.

Στον Πίνακα 5.7 αναφέρονται μερικά φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά ορισμένων Ελληνικών μαρμάρων.

5.3 Δειγματοληψία.

Τα περισσότερα μάρμαρα παρουσιάζουν μια ανισοτροπία ως προς τις ιδιότητες τους. Για το λόγο αυτό θα πρέπει τα δείγματα, στα οποία θα προσδιορισθούν οι φυσικομηχανικές ιδιότητες ενός μαρμάρου, να αντιπροσωπεύουν τουλάχιστον δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις, από τις οποίες η μία θα πρέπει να είναι η διεύθυνση των ταινιώσεων ή άλλων επιμήκων χαρακτηριστικών, που τυχόν υπάρχουν στο μάρμαρο. Επίσης για να είναι αντιπροσωπευτικά τα δοκίμια που θα παρθούν από ένα λατομείο, θα πρέπει να προέρχονται από διάφορα σημεία του, επειδή κατά κανόνα στην κλίμακα ενός λατομείου παρατηρείται μια ανομοιομορφία ως προς τα χαρακτηριστικά του υλικού. Για να διευκολυνθεί μια σωστή δειγματοληψία θα πρέπει να έχει προηγηθεί μία λεπτομερής γεωλογική εξέταση της περιοχής του λατομείου και να έχουν μελετηθεί οι πετρογραφικοί χαρακτήρες του πετρώματος.

5.4 Εργαστηριακές δοκιμές.

Παρακάτω αναφέρονται λεπτομερέστερα οι διάφορες ιδιότητες που προσδιορίζονται σε ένα μάρμαρο καθώς και, σε γενικές γραμμές, οι μέθοδοι προσδιορισμού τους.

Οι εργαστηριακές δοκιμές για τη μέτρηση των ιδιοτήτων ενός μαρμάρου θα πρέπει να γίνονται με βάση κάποιο από τα διεθνή πρότυπα (ASTM, DIN, ή UNI). Ποιό από τα πρότυπα αυτά είναι το καταλληλότερο εξαρτάται σε τελική ανάλυση από την αγορά προς την οποία απευθύνεται το συγκεκριμένο μάρμαρο. Αν π.χ. απευθύνεται προς την αγορά των ΗΠΑ, ή και της Σαουδικής Αραβίας, το κατάλληλο πρότυπο είναι το ASTM, κ.ο.κ. Αν το μάρμαρο απευθύνεται προς διάφορες αγορές, τότε είναι ίσως σκόπιμο να γίνουν οι δοκιμασίες σύμφωνα με δύο ή περισσότερα πρότυπα.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται στο σχήμα και στις διαστάσεις των δοκιμίων, στα οποία γίνονται οι δοκιμασίες αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη, κλπ, γιατί είναι δυνατό να παρουσιασθούν σημαντικές αποκλίσεις στα αποτελέσματα των δοκιμασιών.

Εξυπακούεται ότι όταν δίνονται τα μεγέθη που αντιπροσωπεύουν τις ιδιότητες ενός μαρμάρου θα πρέπει να αναφέρεται και το πρότυπο που ακολουθήθηκε κατά την εκτέλεση των δοκιμασιών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3

Αμερικανικές και Γερμανικές Προδιαγραφές
για την εκτέλεση δοκιμασιών σε μάρμαρα

ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	
	Αμερικανικές	Γερμανικές
Λήψη δοκιμίων (δειγματοληψία)	-	DIN 52101
Πυκνότητα (Ειδ. Βάρος)	ASTM C 97	DIN 52102
Αντοχή σε θλίψη	ASTM C 170	DIN 52105
Αντοχή σε κάμψη	ASTM C 90	DIN 52112
Αντοχή σε τριβή	ASTM C 241	DIN 52108 *
Απορροφητικότητα	ASTM C 97	DIN 52103
Αντοχή σε παγετό	-	DIN 52104
Αντοχή σε φυσική διάβρωση	-	DIN 52106
Δοκιμές κρυσταλλώσεως	-	DIN 52111

* Δοκιμή κατά Broehme

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4

Απαιτούμενες ιδιότητες μαρμάρων
σύμφωνα με σχέδια προτύπων του ΕΛΟΤ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	
	Εξωτερικές Επενδύσεις	Δαπεδο- στρώσεις
Υδαταπορρόφηση, max	0,5% *	0,5 *
Φαινομ. Ειδ. Βάρος (gr/cm ³)		
ασβεστολίθου	2,6	2,6
δολομίτη	2,8	2,8
σερπεντίνη	2,7	2,7
τραβερτίνη	2,3	2,3
Αντοχή σε θλίψη, min	7500 psi ή 510 kg/cm ²	50 MPa 510 kg/cm ²
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη, min	1000 psi ή 68 kg/cm ²	6,7 MPa 68 kg/cm ²
Αντοχή σε φθορά από τριβή, max	-	25 cm ³ /50cm ² **

* Αν η υδαταπορρόφηση είναι μεγαλύτερη από 0,5% πρέπει να γίνεται δοκιμή αντοχής στον παγετό.

** μέθοδος ελέγχου : ΕΛΟΤ

Το ειδικό βάρος.

Εκείνο που ενδιαφέρει, και το οποίο πρέπει να προσδιορίζεται για κάθε μάρμαρο ή άλλο διακοσμητικό λίθο, είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος, ή βάρος της μονάδας του όγκου, δηλαδή ο λόγος του βάρους ενός κομματιού πετρώματος προς τον όγκο του. Επειδή το πέτρωμα συνήθως περιέχει πόρους και άλλα κενά, το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι πάντα μικρότερο από το ειδικό βάρος του υλικού, το οποίο προσδιορίζεται αφού λειοτριβηθεί το πέτρωμα.

Το φαινόμενο ειδικό βάρος πρέπει να είναι γνωστό, επειδή με βάση αυτό και τον όγκο του υλικού, προκύπτει το βάρος του, το οποίο λαμβάνεται υπόψιν στους στατικούς υπολογισμούς.

Η απορροφητικότητα.

Με τον όρο απορροφητικότητα εννοούμε την ιδιότητα των πετρωμάτων να κορέννυνται με νερό. Υπολογίζεται με τη διαδικασία μετρήσεως του φαινόμενου ειδικού βάρους.

Ο συντελεστής απορροφητικότητας κατά βάρος προκύπτει αν διαιρεθεί το βάρος του νερού που απορροφήθηκε από ένα τεμάχιο πετρώματος με το βάρος του τεμαχίου αυτού σε ξηρή κατάσταση. Ο συντελεστής αυτός εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις % ή επί τοις ‰. Κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς υπολογίζεται, εκτός από τον παραπάνω συντελεστή απορροφητικότητας, και ένας δεύτερος συντελεστής, που προκύπτει από τον προηγούμενο αν πολλαπλασιασθεί επί το λόγο: φαινόμενο ειδικό βάρος/ειδικ. βάρος.

Ο συντελ. απορροφητικότητας όταν εκφράζεται επί τοις % ή επί τοις ‰, κατά βάρος, ονομάζεται συντελεστής εμποτισμού κατά βάρος.

Ο συντελ. απορ. καθορίζει κυρίως την καταλληλότητα ενός πετρώματος για εξωτερικές χρήσεις, όταν δηλαδή είναι εκτεθειμένο σε συνθήκες υψηλής υγρασίας. Θεωρείται όμως σημαντικός και στην περίπτωση δαπέδων εσωτερικών χώρων, στους οποίους παρουσιάζονται μεγάλες συγκεντρώσεις ανθρώπων (αίθουσες αεροδρομίων, σιδ. σταθμών, κλπ), όπου απαιτείται συχνός καθαρισμός με χρήση υγρών καθαρισμού. Προκειμένου για υλικό δαπεδοστρώσεων, όταν ο συντ. εμποτισμού ξεπερνάει το 0,5% πρέπει το πέτρωμα να υποβάλλεται και σε δοκιμές αντοχής σε θλίψη μετά από κύκλους ψύξεως, για να ελεγχθεί η συμπεριφορά του υπό συνθήκες παγετού.

Η αντοχή σε θλίψη.

Πρόκειται για δοκιμασία αντοχής του πετρώματος σε ανεμπόδιστη θλίψη. Έχει σημασία για τις δοκιμές αυτές να γίνονται με δοκίμια που έχουν τη φυσική τους υγρασία, γιατί αυτά είναι που αντιπροσωπεύουν την κατάσταση του μαρμάρου υπό φυσικές συνθήκες. Σημασία για τις δοκιμασίες αυτές έχει και το σχήμα, καθώς και οι διαστάσεις των δοκιμίων (και ο λόγος διαμέτρου προς ύψος) διότι μπορεί να προκύψει διαφορά στα αποτελέσματα.

Η αντοχή σε θλίψη είναι μία πολύ σημαντική ιδιότητα των μαρμάρων, ιδίως όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικές κατασκευές. Όπως προαναφέρθηκε, όταν ο συντ. απορροφητικότητας του υλικού υπερβαίνει το 0,5%, τότε εκτελούνται δοκιμές αντοχής σε θλίψη μετά από κύκλους ψύξεως.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5

Διαβάθμιση της λευκότητας των λευκών Ελληνικών μαρμάρων.

Προάλευσις	Διαβάθμιση
Τήνος (Πατέλες)	26
Πεντέλη ("Αγ. 'Ασώματοι)	22
» (Βαθύρρευμα)	22
Σκύρος (Λευκόν 13)	20
Πεντέλη (Διώνυσος 7)	20
Βόλος (Λαφοκλήσι)	19
Πεντέλη (Κοκκιναράς)	19
» (Σουληνάρι)	17
» (Διώνυσος 3α)	17
» (Μανιάτη)	16
» ("Αγ. 'Ιωάννης)	15
Νάξος (Φανάρι)	15
Πεντέλη (Σπηλιά)	15
Κοζάνη (Τρανόβαλτος)	14
Πάρνων (Δολιανά)	14
Τήνος (Πατέλες Β')	13
Διώνυσος (Πύρριζα)	13
Πάρος (Λυχνίτης)	13
Μαραθών ('Αγ. Μαρίνα)	11
Πάρος (Λάκκοι Α')	11
Λαύρειον (Μ. Πεῦκα)	11
Μάνη (Μέζαπος)	10
Μαραθών (Λευκόν Μπέη)	10
'Υμηττός ('Ηλιούπολις)	10
Πεντέλη (Διώνυσος 14)	9
Μάνη (Λιμένι)	8
Ν. Μάκρη ('Αγριλήκι)	5
Πεντέλη (Διώνυσος 3ζ)	4
Πάρνων ("Αγ. Πέτρος)	1

Η ελάχιστη αντοχή που πρέπει ένα πέτρωμα να έχει για να είναι κατάλληλο για κατασκευές δαπέδων και πλακοστρώσεων, κατά τις προδιαγραφές ASTM, είναι 510 kg/cm^2 .

Η αντοχή σε κάμψη ή σε εφελκυσμό.

Για τη μέτρηση της αντοχής σε κάμψη, και έμμεσα της αντοχής σε εφελκυσμό, η δοκιμασία γίνεται με δοκίμια κατάλληλων διαστάσεων, ανάλογα με το πρότυπο που ακολουθείται. Κατά τις Γερμανικές δοκιμές τα δοκίμια πρέπει να είναι σε φυσική κατάσταση (όχι ξηρά) ενώ οι Ιταλικές προδιαγραφές δεν αναφέρουν τίποτα σχετικό. Κατά τις Γερμανικές προδιαγραφές η δοκιμασία αυτή μπορεί να γίνει και μετά από κύκλους ψύξεως, για να ελεγχθεί η αντοχή σε παγετό.

Η δοκιμασία αυτή είναι απολύτως αναγκαία όταν το υλικό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για εξωτερικές επενδύσεις και για κλίμακες ελεύθερης εδράσεως, είναι όμως επίσης σημαντική όταν το υλικό χρησιμοποιείται για εσωτερικές και εξωτερικές επιστρώσεις δαπέδων.

Το ελάχιστο όριο αντοχής σε εφελκυσμό για να είναι ένα μάρμαρο κατάλληλο για δαπεδοστρώσεις, είναι 68 kg/cm^2 . Σημειώνεται ότι όλα τα πετρώματα που χρησιμοποιούνται στην οικοδομική, έχουν υπό κανονικές συνθήκες μεγαλύτερη αντοχή, ακόμα και ο τραβερτίνης, που έχει αντοχή 100 kg/cm^2 .

Η αντοχή σε κρούση.

Η δοκιμασία αντοχής σε κρούση εκφράζει την ικανότητα των πετρωμάτων να αντέχουν σε κρούση από ελεύθερη πτώση αντικειμένων. Όπως είναι προφανές, αυτή είναι μία σημαντική ιδιότητα όταν το πέτρωμα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για δαπεδόστρωση σε χώρους όπου υπάρχει πιθανότητα να πέσουν πάνω στο πάτωμα βάρια αντικείμενα (π.χ. σε μαγειρεία, ορισμένα εργαστήρια, κλπ).

Κατά τη δοκιμή αυτή τοποθετείται πλάκα μαρμάρου ορισμένων διαστάσεων πάνω σε στρώμα άμμου, και μετριέται το ελάχιστο ύψος πτώσεως μίας χαλύβδινης σφαίρας 1 kg , από το οποίο προκαλείται θραύση της πλάκας.

Η αντοχή σε τριβή.

Η δοκιμασία αυτή είναι σημαντική για υλικά δαπεδοστρώσεων, ιδίως σε χώρους μεγάλης κυκλοφορίας ανθρώπων, οχημάτων, κλπ, όπως και για υλικό που χρησιμοποιείται για κατασκευή σκαλοπατιών.

Για τη μέτρηση της αντοχής αυτής χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικοί κατά βάση τρόποι: αυτός που βασίζεται στη μέτρηση της απόλυτης φθοράς, σε $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$, ή σε mm ύψους, (κατά ASTM και DIN), και αυτός που βασίζεται στη σύγκριση της φθοράς του δοκιμίου με τη φθορά που υφίσταται ένα πρότυπο πέτρωμα (Ιταλική προδιαγραφή).

Ανάλογα με την καταπόνηση που αναμένεται να υποστεί το υλικό, πρέπει αυτό να έχει την κατάλληλη αντοχή σε τριβή. Έτσι π.χ. τα δάπεδα διακρίνονται σε:

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6

Απώλεια βάρους Ελληνικών μαρμάρων από τη διαλυτική επίδραση διοξειδίου του άνθρακα.

Προβλεψεις	Απώλεια κατά τ. μέτρον εις γρμ.
Μάρμαρα λευκά	
Κοζάνη (Τρανόβαλτος)	24,00
Πεντέλη (Αγ. Ασωμάτοι)	35,70
> (Κοκκιναράς)	20,00
> (Σουληνάρι)	32,00
> (Βαθύρρευμα)	27,00
> (Διόνυσος)	25,50
> (Σπηλιά)	27,00
Τήνος (Πατέλες)	20,10
Μαραθών (Αγ. Μαρίνα)	27,20
Πάρος (Λυχνίτης)	34,50
Νάξος (Μέλανες)	21,80
> (Απόλλων)	47,00
Βόλος (Ασφοκλήσι)	33,00
Αστακός (τεφρόν)	48,30
Αττική (Αγριλέζα)	33,50
Αττική (Μεγάλα Πεύκα)	21,10
Βόλος (Ζάσταινα)	23,60
Υμηττός (Ηλιούπολις)	34,20
Δολιανά (Πάρνωνος)	35,50
Σκύρος (14b)	38,30
Αττική (Ν. Μάκρη)	37,00
Μάνη (Λιμένι)	36,70
Μάρμαρα μέλανα	
Μαραθών (Μπέη)	25,80
Πάρνων (Αγ. Πέτρος)	21,50
Μαίναλον (Βυτίνα)	21,90
Μάνη (Ταίναρον)	35,20
Ρόδος	32,70
Μαίναλον (Αλωνίσταινα)	29,30
Εύβοια (Λέπουρα)	30,40
Μάρμαρα λευθρά	
Μάνη (Δημαρίστικα)	29,50
Εύβοια (Ερέτρια)	21,20
Ρόδος (Αγ. Ισιδώρος)	27,30
Υδρα	57,00
Βάρμιον (Ζωοδόχος Πηγή)	22,80
Δολιανά (Πάρνωνος)	30,80
Ιωάννινα (Παραμυθιά)	67,80
Ναύπλιον (Προφήτης Ηλίας)	36,40
Μάρμαρα πράσινα	
Τήνος (Αχινός)	18,60
Λάρισα (Χασάμπαλη)	26,90
Μάρμαρα κίτρινα	
Ναύπλιον (Προφήτης Ηλίας)	34,50
Αττική (Καπανδρίτιον)	45,70
Θήβαι (Δομβραίνα)	29,70
Μάρμαρα ποικίλα	
Λέοβος	30,50
Σκύρος	18,80
Θήβαι (Θίσβη)	32,50
Εύβοια (Στύρα)	21,20

- μεγάλης κυκλοφορίας (αίθουσες αεροδρομίων, σιδηρ. σταθμών, κλπ), στα οποία συνιστώνται υλικά όπως γρανίτες, πορφυρίτες, συμπαγείς και κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι.
- μεσαίας κυκλοφορίας (τράπεζες, εμπορικά κέντρα, κλπ) στα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ασβεστιτικά μάρμαρα.
- μικρής κυκλοφορίας (διαμερίσματα), που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και λιγότερο ανθεκτικά σε τριβή πετρώματα.

Το μέτρο ελαστικότητας.

Η μέτρηση του χαρακτηριστικού αυτού προβλέπεται από τους Γερμανικούς και τους Ιταλικούς κανονισμούς. Η μέτρηση γίνεται συνήθως με τη δοκιμασία δοκιμών σε θλίψη. Υπάρχουν αμφιβολίες, κατά πόσο το μέτρο ελαστικότητας δίνει στοιχεία για τη συμπεριφορά ενός μαρμάρου σε μια από τις, συνηθισμένες τουλάχιστον, χρήσεις.

Η γραμμική θερμική διαστολή.

Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής εκφράζεται σε mm/m και °C, εκφράζει δηλαδή την επιμήκυνση σε mm ανά τρέχον μέτρο μαρμάρου, από την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 βαθμό Κελσίου. Πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι η επιμήκυνση μιας πλάκας μαρμάρου συνηθισμένων διαστάσεων δεν υπερβαίνει το ένα mm, ακόμα και για μεταβολή της θερμοκρασίας κατά 100 βαθμούς Κελσίου. Το πρόβλημα μπορεί να δημιουργηθεί όταν οι συντελεστές θερμ. διαστολής κονιάματος και μαρμάρου έχουν σημαντική διαφορά, οπότε μπορεί να προκληθεί αποκόλληση της πλάκας. Κατά τα άλλα οι αρμοί που μένουν μεταξύ των πλακών κατά την τοποθέτησή τους, είναι κατά κανόνα αρκετά μεγάλοι, ώστε να μη δημιουργείται πρόβλημα κάμψης των πλακών από τη διαστολή. Η γνώση του συντελεστή αυτού πάντως είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, όταν το μάρμαρο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε εξωτερικούς χώρους και μάλιστα σε χώρα που παρουσιάζει έντονες εναλλαγές θερμοκρασίας.

Η σκληρότητα.

Η μέτρηση της σκληρότητας των μαρμάρων προβλέπεται μόνο από τους Ιταλικούς κανονισμούς, στους οποίους προβλέπεται η μέτρηση της μικροσκληρότητας κατά Κnoop. Μαζύ με την ορυκτολογική σύσταση και τον πετρογραφικό χαρακτήρα του υλικού η γνώση της σκληρότητας μας δίνει στοιχεία για τη συμπεριφορά του μαρμάρου κατά την επεξεργασία, καθώς και έμμεσα για την αντοχή του σε τριβή.

Η αντοχή σε χημική διάβρωση.

Ο έλεγχος αυτός εκτελείται σε μάρμαρα ή άλλα διακοσμητικά πετρώματα, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικές επενδύσεις. Στη δοκιμή αυτή ελέγχεται η αντοχή του πετρώματος σε προσβολή από διάλυμα αραιού οξέως, όπως θειϊκού οξέως ή ανθρακικού οξέως (βλέπε και Πίνακα 5.6). Η δοκιμή αυτή αποκτά

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7

Φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά
ορισμένων Ελληνικών μαρμάρων.

ΤΥΠΟΣ ΜΑΡΜΑΡΟΥ	ΦΥΣΙΚΟ - ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ				
	Kg/m ³ 1	Wt% 2	Kg/cm ² 3	Kg/cm ² 4	mm 5
1. ΠΕΝΤΕΛΗΣ ΛΕΥΚΟ	2710	0,06	1091	263	4,33*
2. ΘΑΣΟΥ ΧΙΟΝΟΛΕΥΚΟ	2882	0,68	990	189	5,66
3. ΑΙΑΧ ΛΕΥΚΟ	2827	0,62	985	221	5,88*
4. ΒΕΡΟΙΑΣ ΛΕΥΚΟ	2720	0,02	990	207	6,94
5. ΤΡΑΝΟΒΑΛΤΟΥ ΛΕΥΚΟ	2708	0,08	926	293	4,44*
6. ΖΑΣΤΕΝΑΣ ΛΕΥΚΟ	2740	0,12	1120	325	4,79
7. ΝΑΞΟΥ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΝΑ	2710	0,13	1080	247	4,81
8. ΣΤΕΝΩΠΟΥ ΛΕΥΚΟ	2710	0,07	953	152	7,97
9. ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ ΗΜΙΛΕΥΚΟ	2710	0,12	862	162	5,58
10. ΚΑΒΑΛΑΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΝΑ	2730	0,05	733	132	6,96*
11. ΦΑΛΑΚΡΟΥ ΟΡΟΥΣ ΗΜΙΛΕΥΚΟ	2651	0,06	969	179	5,84*
12. ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΗΜΙΛΕΥΚΟ	2720	0,22	860	193	5,76
13. ΠΑΡΝΩΝΟΣ ΗΜΙΛΕΥΚΟ	2720	0,06	985	279	6,45
14. ΠΑΡΟΥ ΗΜΙΛΕΥΚΟ	2770	0,14	908	178	6,14
15. CIPOLLINO VERDE ANTICO	2753	0,12	1245	238	5,72
16. ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΗΝΟΥ IMPERIALE	2670	0,48	1285	342	3,21
17. ΠΡΑΣΙΝΟ ΛΑΡΙΣΗΣ	2802	0,41	1132	244	2,50*
18. ΑΛΙΒΕΡΙΟΥ ΓΚΡΙ	2716	0,10	955	174	2,94*
19. ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΜΠΕΖ SPECIAL	2686	0,29	1541	386	3,00*
20. ΛΥΓΟΥΡΙΟΥ ΜΠΕΖ	2754	0,11	918	178	6,12*
21. ΜΥΚΗΝΩΝ	2710	0,12	956	140	4,25
22. ΚΑΡΝΑΖΕΪΚΩΝ	2710	0,26	981	142	3,22
23. ΣΚΥΡΟΥ	2720	0,14	828	141	5,12
24. ΕΡΕΤΡΙΑΣ ΚΟΚΚΙΝΟ	2685	0,28	1114	143	3,93
25. ROSSO ANTICO ΜΑΝΗΣ	2710	0,13	1283	321	7,47
26. ΕΡΜΙΟΝΗΣ ΚΟΚΚΙΝΟ - ΚΑΦΕ	2710	0,14	975	158	3,83
27. ΤΡΟΙΖΗΝΙΑΣ ΚΑΦΕ	2700	0,30	924	142	4,35
28. ΠΤΕΛΕΟΥ ΡΟΖ	2630	0,06	1210	321	7,12
29. ΒΥΤΙΝΑΣ ΜΑΥΡΟ	2798	0,06	945	187	3,76
30. ΧΙΟΥ ΚΑΦΕ	2720	0,08	1050	230	3,78
31. ΟΝΥΧΑΣ ΚΡΗΤΗΣ	2700	0,09	729	185	6,68

* DİN 52108. Στα άλλα δείγματα η αντοχή σε φθορά έχει προσδιοριστεί μετά 1000 μ.

1. Φαινόμενο Ειδικό βάρος

3. Αντοχή σε θλίψη

5. Αντοχή σε φθορά από τριβή

2. Συντελεστής απορροφητικότητας

4. Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη

ιδιαίτερη σημασία στη σημερινή εποχή, λόγω της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως και των επιπτώσεων της, κυρίως στις βιομηχανικές πόλεις.

Η αντοχή σε παγετό.

Οι δοκιμές αντοχής στον παγετό, όπως αναφέρθηκε ήδη στα περί δοκιμών αντοχής σε θλίψη και σε κάμψη, εκτελούνται όταν η απορροφητικότητα του πετρώματος υπερβαίνει το 0,5%. Όταν συμβαίνει αυτό, τότε οι δοκιμές θλίψεως (κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς και οι δοκιμές κάμψεως) επαναλαμβάνονται μετά από κύκλους ψύξεως του υλικού σε θερμοκρασία -15 βαθμών Κελσίου. Η διαδικασία ψύξεως και επαναφοράς σε θερμοκρασία δωματίου επαναλαμβάνεται 25 φορές και κατόπιν εκτελείται η δοκιμασία αντοχής σε θλίψη ή σε κάμψη. Αν το υλικό παρουσιάσει φθορές (ραγίσματα, ξεφλουδίσματα, κλπ) μετά τους κύκλους ψύξεως, ή η μέση αντοχή του δείξει μείωση κατά περισσότερο από 20% έναντι της αντοχής του φυσικού υλικού, τότε τούτο χαρακτηρίζεται ως "παγόπληκτο" και θεωρείται ακατάλληλο για εξωτερική χρήση.

5.5 Προδιαγραφές για μάρμαρα.

Σε ορισμένες χώρες ισχύουν πρότυποι κανονισμοί, που δίνουν τις προδιαγραφές στις οποίες πρέπει να ανταποκρίνονται τα μάρμαρα και οι άλλοι διακοσμητικοί λίθοι, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε κάποια συγκεκριμένη χρήση. Οι κανονισμοί αυτοί δίνουν και τις προδιαγραφές που αφορούν στον τρόπο με τον οποίο πρέπει να γίνει η τοποθέτηση των πλακών, κλπ.

Έτσι π.χ στις ΗΠΑ ισχύει η προδιαγραφή ASTM C 503-67 : στην οποία καθορίζονται οι φυσικές ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα μάρμαρα για εξωτερικές επενδύσεις κτιρίων και άλλες κατασκευές. Εκτός από τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών, που προβλέπεται από την παραπάνω προδιαγραφή, έχουν ταξινομηθεί τα μάρμαρα σε τέσσερεις κατηγορίες (Α, Β, C, και D), ανάλογα με τη "συνέχεια της μάζας" τους (soundness). Η ταξινόμηση αυτή στηρίζεται στα φυσικά χαρακτηριστικά που έχουν σχέση με τις ασυνέχειες (κενά, πόρους, ρωγμές, επίπεδα διαχωρισμού, φλέβες, κλπ), που υπάρχουν στο ακατέργαστο ογκομάρμαρο, και τα οποία κατά την επεξεργασία του μαρμάρου επιδρούν στην εμφάνιση και στην αντοχή των τελικών προϊόντων.

Οι ελάχιστες αποδεκτές τιμές, για ορισμένες ιδιότητες των μαρμάρων, σύμφωνα με την παραπάνω προδιαγραφή ASTM, είναι οι εξής:

Απορροφητικότητα, μέγιστο όριο :	0,75%
Αντοχή σε θλίψη, ελάχιστο όριο :	527 kp/cm ²
Αντοχή σε κάμψη, ελάχιστο όριο :	70 kp/cm ²
Αντοχή σε τριβή, ελάχιστο όριο :	10

Στην Ελλάδα βρίσκονται υπό επεξεργασία σχέδια ανάλογων προτύπων, που πρόκειται να εκδοθούν από τον ΕΛΟΤ. Στα πρότυπα

αυτά συμπεριλαμβάνονται προδιαγραφές για τα μάρμαρα, ανάλογα με τη χρήση (βλέπε Πίνακα 5.4).

Στη Γερμανία δεν υπάρχει ειδική προδιαγραφή που να αναφέρεται σε εκτέλεση οικοδομικών έργων ή σε συγκεκριμένες εφαρμογές, ειδικά για μάρμαρα. Υπάρχει όμως γενικότερη προδιαγραφή (DIN 18515), η οποία ισχύει για "εξωτερικές επενδύσεις από φυσική πέτρα, τσιμεντόπετρα και κεραμικό υλικό".

6. ΕΡΕΥΝΑ ΜΑΡΜΑΡΟΦΟΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

6.1 Γενικά.

Στην περίπτωση των μαρμάρων, όπως είναι προφανές, δεν απαιτείται έρευνα για αναζήτηση κοιτασμάτων, τουλάχιστον με την έννοια της αναζητήσεως μη ορατών κοιτασμάτων, όπως συμβαίνει με τα μεταλλεύματα. Οι εμφανίσεις μαρμάρων ή άλλων διακοσμητικών λίθων είναι ορατές, και κατά κανόνα είναι ήδη αποτυπωμένες σε υπάρχοντες γεωλογικούς χάρτες. Μένει όμως να διαπιστωθεί αν οι γνωστές και ορατές αυτές εμφανίσεις είναι κατάλληλες για να αποτελέσουν αντικείμενο εκμεταλλεύσεως με σκοπό την παραγωγή μαρμαρικών προϊόντων.

Όταν μιλάμε επομένως για έρευνα μαρμαροφόρων περιοχών εννοούμε την έρευνα που γίνεται σε μιά περιοχή στην οποία εμφανίζονται μάρμαρα ή άλλα διακοσμητικά πετρώματα, για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα του πετρώματος για χρήση σε μαρμαρικές εργασίες, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά, το είδος και οι κατά προσέγγιση διαστάσεις των ογκομαρμάρων που είναι δυνατό να παραχθούν, το ποσοστό απολήψεως καταλλήλων όγκων, που είναι δυνατό να επιτευχθεί, και τέλος το ύψος των αποθεμάτων που περιέχονται σε μια δεδομένη έκταση.

Με βάση τα στοιχεία αυτά, και βέβαια τα δεδομένα της αγοράς (ζήτηση που υπάρχει για τον συγκεκριμένο τύπο του μαρμάρου και τιμή πώλησεως των διαφόρων προϊόντων, που αναμένεται να επιτευχθεί) μπορεί να γίνει μια μελέτη σκοπιμότητας για να διαπιστωθεί κατά πόσο συμφέρει η εκμετάλλευση μιάς δεδομένης μαρμαροφόρου εμφανίσεως.

Παρακάτω θα αναφερθούμε κάπως εκτενέστερα στα διάφορα **χαρακτηριστικά** ενός υπό έρευνα κοιτάσματος, που πρέπει να **διερευνηθούν**.

6.2 Χαρακτηριστικά του κοιτάσματος που διερευνώνται.

Καταλληλότητα του πετρώματος.

Όταν λέμε καταλληλότητα του πετρώματος, εννοούμε αφενός την αισθητική εμφάνιση (εντύπωση) που παρέχει μια στιλβωμένη επιφάνεια του πετρώματος που εξετάζουμε, σε συνδυασμό με τις προτιμήσεις ή απαιτήσεις της αγοράς, και αφετέρου τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά του πετρώματος σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες προδιαγραφές, όσον αφορά τις διάφορες δυνατές χρήσεις. Για να είναι κατάλληλο για εκμετάλλευση ένα μαρμαροφόρο στρώμα πρέπει να παρουσιάζει κατά το δυνατό ομοιογένεια και σταθερότητα στο χρωματισμό, την υφή και τα σχέδια. Ένα καλό πέτρωμα πρέπει επίσης να είναι απαλλαγμένο κατά το δυνατό από φλέβες (βένες) ξένων προς την κυρία μάζα του συστατικών καθώς και από

μικροσκοπικές ρωγματώσεις ή άλλα ραγίσματα.

Γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Με τον όρο γεωλογικά χαρακτηριστικά, εννοούμε τα πετρολογικά χαρακτηριστικά του πετρώματος, την παράταξη, διεύθυνση και κλίση των στρωμάτων, καθώς και το πάχος των στρωμάτων, και τέλος τα τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Τα πετρολογικά χαρακτηριστικά τού πετρώματος (μέγεθος κόκκων, ορυκτολογική σύσταση, ιστός, υφή, κλπ) έχουν σημασία διότι από αυτά επηρεάζονται οι φυσικομηχανικές ιδιότητες του. Οι τελευταίες μπορούν να αξιολογηθούν καλύτερα όταν είναι γνωστός ο πετρολογικός χαρακτήρας του πετρώματος.

Η παράταξη, διεύθυνση και κλίση των στρωμάτων έχουν σημασία για την εκμετάλλευση, εφόσον συσχετισθούν και με το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής. Το πάχος των στρωμάτων εξάλλου είναι ένας από τους παράγοντες, από τους οποίους εξαρτάται το μέγεθος των ογκομαρμάρων που μπορεί να παραχθεί, ενώ επηρεάζει και τη δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφόρων μεθόδων εξορύξεως (όπως π.χ. της συρματοκοπής). Τα τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής, και ιδιαίτερα το είδος και η πυκνότητα των συστημάτων ασυνεχειών (διακλάσεων, κατακλάσεων, κλπ) που διασχίζουν το πέτρωμα, είναι ένα σημαντικότατο χαρακτηριστικό, το οποίο πρέπει να διερευνηθεί με ιδιαίτερη προσοχή, επειδή από αυτό εξαρτάται τόσο το μέγεθος των ογκομαρμάρων που μπορεί να παραχθούν, όσο και ο βαθμός απολήψεως ογκομαρμάρων, δηλαδή το ποσοστό του συνολικού όγκου του πετρώματος, το οποίο είναι δυνατό να εξορυχθεί υπό μορφή ογκομαρμάρων. Τα δύο αυτά μεγέθη, δηλαδή το μέσο μέγεθος των ογκομαρμάρων και κυρίως ο βαθμός απολήψεως, έχουν αποφασιστική σημασία για την οικονομικότητα μιας ενδεχόμενης εκμεταλλεύσεως. Η παρουσία πυκνών διακλάσεων και κατακλάσεων σε ένα μαρμαροφόρο στρώμα περιορίζει το μέγεθος των όγκων που μπορεί να παραχθούν και μειώνει το ποσοστό απολήψεως μέχρι του σημείου να καθιστά την εκμετάλλευση του μαρμαροφόρου στρώματος τελείως ασύμφορη.

Αποθέματα μαρμάρου.

Τα αποθέματα οποιουδήποτε κοιτάσματος μεταλλεύματος ή άλλης ορυκτής ύλης χαρακτηρίζονται από δύο μεγέθη : την ποιότητα τους και το ύψος τους (δηλαδή την ποσότητα). Στην περίπτωση των μεταλλευμάτων και των περισσότερων βιομηχανικών ορυκτών, όταν μιλάμε για ποιότητα εννοούμε την περιεκτικότητα σε μέταλλο ή άλλο χρήσιμο συστατικό. Η ποιότητα στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να ποσοτικοποιηθεί και να εκφραστεί με έναν αριθμό. Ειδικότερα κατά τη μεταλλευτική έρευνα επιδιώκεται να προσδιορισθεί η μέση περιεκτικότητα του κοιτάσματος και το ύψος των αποθεμάτων του.

Στην περίπτωση των μαρμάρων αντίθετα, η ποιότητα δεν είναι δυνατό να μετρηθεί και να εκφραστεί σε αριθμούς. Εκείνο που προσδιορίζεται συνήθως είναι το ύψος των αποθεμάτων.

Συγκεκριμένα πρόκειται για τη συνολική ποσότητα σε χρήσιμο υλικό, κυρίως υπό τη μορφή ογκομαρμάρων και δευτερευόντως υπό μορφή ξοφारीών, που εκτιμάται ότι μπορεί να αποληφθεί από το κοίτασμα (τα ξοφάρια μπορούν να θεωρηθούν ως χρήσιμο υλικό μόνο

σε ειδικές περιπτώσεις και σε ορισμένες περιοχές, όπως π.χ. στην Αργολίδα).

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι στα αποθέματα μιας μαρμαροφόρου εμφανίσεως δεν περιλαμβάνεται όλος ο όγκος του πετρώματος που έχει την ίδια πετρολογική σύσταση με το υλικό από το οποίο πρόκειται να παραχθούν τα τελικά προϊόντα. Τα απολήψιμα αποθέματα δηλαδή, οπωσδήποτε δεν συμπίπτουν με τα γεωλογικά αποθέματα που περιλαμβάνονται μέσα στα όρια του λατομείου.

Αυτό οφείλεται:

(α) στη διαφοροποίηση που παρατηρείται μεταξύ των στρωμάτων του μαρμαροφόρου υλικού, από τα οποία ορισμένα μόνο είναι κατάλληλα για παραγωγή ογκομαρμάρων,

(β) στο γεγονός ότι τα κατάλληλα για παραγωγή ογκομαρμάρων στρώματα παρουσιάζουν και αυτά ένα ποσοστό απωλειών,

(γ) στην ενδεχόμενη αύξηση της σχέσεως αποκαλύψεως όσο προχωράει η εκμετάλλευση, πράγμα που επιβάλλει τον τερματισμό της εκμεταλλεύσεως όταν η σχέση αποκαλύψεως φθάσει σε κάποια όριακή τιμή.

Εφόσον πρόκειται για ιζηματογενές ή για ιζηματογενούς προελεύσεως μεταμορφωμένο πέτρωμα, παρατηρείται συχνά μια διαφοροποίηση μεταξύ των αλεπάλληλων στρωμάτων του πετρώματος, πράγμα που οφείλεται στο διαφορετικό χρόνο αποθέσεως του υλικού κατά την ιζηματογένεση. Στο σύνολο π.χ. των ασβεστολίθων ή των μαρμάρων που υπάρχουν στην περιοχή του λατομείου ενδέχεται να είναι εκμεταλλεύσιμο ένα μόνο στρώμα (πάγκος) ή κάποια μόνο στρώματα.

Πέρα όμως από το γεγονός ότι η "μαρμαροφορία" μπορεί να περιορίζεται σε ένα ή σε λίγα μόνο στρώματα από το σύνολο του ασβεστόλιθου ή του μαρμάρου που υπάρχει στο λατομικό χώρο, και πάλι ενδέχεται, ανάλογα με το βαθμό τεκτονισμού των στρωμάτων αυτών, να μην είναι δυνατή η απόληψη όλου του υλικού που περιέχεται στο συγκεκριμένο στρώμα ή τα συγκεκριμένα στρώματα. Ενδέχεται δηλαδή να υπάρχει ένας περιορισμένος βαθμός απολήψεως (κάτω του 100%) και μέσα στο ίδιο το "μαρμαροφόρο" στρώμα.

Τελικά δηλαδή ο συνολικός βαθμός απολήψεως εξαρτάται από το ποσοστό του συνολικού όγκου του υπό μελέτη πετρώματος που αντιπροσωπεύει το ή τα μαρμαροφόρα στρώματα, και από το ποσοστό των μαρμαροφόρων στρωμάτων που τελικά θα αποληφθεί υπό μορφή ογκομαρμάρων, ή έστω ξοφαριών.

Ο βαθμός απολήψεως είναι ένας σημαντικός παράγων, από τον οποίο εξαρτάται η οικονομικότητα μιας εκμεταλλεύσεως, γιατί είναι προφανές ότι όσο μικρότερος είναι ο βαθμός απολήψεως, τόσο περισσότερο επιβαρύνεται το κόστος του τελικού προϊόντος από τη δαπάνη εξορύξεως του άχρηστου υλικού.

Θα μπορούσε ίσως να θεωρηθεί ότι το αντίστοιχο της περιεκτικότητας ενός μεταλλοφόρου κοιτάσματος είναι κατά κάποιο τρόπο στην περίπτωση των μαρμάρων ο βαθμός απολήψεως. Η αντιστοιχία αυτή ισχύει πάντως μόνο εν μέρει, και εν πάση περιπτώσει ο βαθμός απολήψεως δεν μπορεί να προσδιορισθεί κατά την έρευνα παρά μόνο κατά προσέγγιση (σαν τάξη μεγέθους μάλλον).

Για τον ίδιο λόγο βέβαια, και το ύψος των αποθεμάτων μαρμάρου δεν μπορεί και αυτό να προσδιορισθεί παρά μόνο προσεγγιστικά. Πέρα όμως από την αιτία αυτή, το ύψος των απολήψιμων αποθεμάτων μαρμάρου μπορεί να περιορίζεται και από έναν ακόμα λόγο, όπως αναφέρεται παρακάτω:

Αν το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής είναι τέτοιο ώστε με την πρόοδο της εκμεταλλεύσεως του μαρμαροφόρου ορίζοντα να αυξάνει η σχέση αποκαλύψεως, και γενικότερα η σχέση του άχρηστου υλικού προς το χρήσιμο (ογκομάρμαρα ή και ενδεχομένως ξοφάρια), τότε μπορεί η εκμετάλλευση να μην επιτρέπεται να προχωρήσει πέρα από κάποιο όριο, στο οποίο η σχέση του εξορυσσόμενου άχρηστου υλικού προς το χρήσιμο είναι η οικονομικά οριακή. Έτσι επιβάλλεται ένας ακόμα περιορισμός στο ύψος των απολήψιμων αποθεμάτων.

6.3 Χρησιμοποιούμενα μέσα για πραγματοποίηση της έρευνας.

Τα μέσα με τα οποία γίνεται η διαπίστωση των διαφόρων χαρακτηριστικών του κοιτάσματος, που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι τα εξής :

- Λήψη δειγμάτων από την επιφάνεια.
- Γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής.
- Επιφανειακές εκσκαφές για αποκάλυψη του μαρμαροφόρου στρώματος.
- Εκτέλεση δειγματοληπτικών γεωτρήσεων.
- Δοκιμαστική εκμετάλλευση.

Λήψη επιφανειακών δειγμάτων.

Το πρώτο βήμα της έρευνας είναι η λήψη επιφανειακών δειγμάτων του πετρώματος που παρουσιάζει το καταρχήν ενδιαφέρον - εφόσον εμφανίζεται στην επιφάνεια υγιές πέτρωμα. Από τα δείγματα αυτά μπορούν να ληφθούν οι πρώτες πληροφορίες για την αισθητική εμφάνιση μιας στιλβωμένης επιφάνειας του πετρώματος καθώς και για τον πετρολογικό και ορυκτολογικό χαρακτήρα του υλικού.

Στα δείγματα που θα ληφθούν θα γίνει προσδιορισμός της ορυκτολογικής συστάσεως, της υψής, του ιστού, και της καταστάσεως εξαλλοιώσεως του πετρώματος. Επίσης θα γίνει προσδιορισμός της χημικής συνθέσεως του πετρώματος.

Στα επιφανειακά δείγματα θα εκτελεσθούν επίσης οι διάφορες δοκιμές για διαπίστωση των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων του πετρώματος.

Αν στην επιφάνεια του εδάφους δεν εμφανίζεται υγιές πέτρωμα, τότε τα δείγματα θα πρέπει να ληφθούν, αφού προηγηθεί η εκτέλεση επιφανειακών εκσκαφών.

Γεωλογική χαρτογράφηση.

Η γεωλογική χαρτογράφηση συνίσταται στην αποτύπωση των πετρωμάτων που εμφανίζονται στην περιοχή ενδιαφέροντος και στη λεπτομερή καταγραφή των τεκτονικών χαρακτηριστικών και ιδιαίτερα των συστημάτων ασυνεχειών (ρωγματώσεων, διακλάσεων, κατακλάσεων, κλπ).

Η γεωλογική χαρτογράφηση μπορεί να γίνει σε κλίμακα 1:5.000 ή 1:2.000 ή 1:1.000 ή 1:500 ή και σε μικρότερη ακόμα κλίμακα, ανάλογα με το μέγεθος της μαρμαροφόρου εκτάσεως. Η γεωλογική χαρτογράφηση πρέπει να συνοδεύεται και από γεωλογικές τομές.

Ο καθορισμός της στρωματογραφικής θέσεως του μαρμάρου σε σχέση με τα υπερκείμενα, καθώς και με τα υποκείμενα στρώματα

Διευκολύνει τον εντοπισμό του συγκεκριμένου μαρμαροφόρου στρώματος και σε γειτονικές περιοχές.

Όπως αναφέρθηκε, παράλληλα με την αποτύπωση των γεωλογικών σχηματισμών, πρέπει να γίνει και μακροτεκτονική μελέτη της περιοχής, για τον εντοπισμό και την αποτύπωση των ρηγμάτων, των αξόνων των πτυχών, κλπ., καθώς και μικροτεκτονική μελέτη, για την αποτύπωση των συστημάτων διακλάσεων, των κατακλάσεων, της φυλλοδομής, κλπ.

Επιφανειακές εκσκαφές.

Οι επιφανειακές εκσκαφές είναι καταρχήν αναγκαίες, εφόσον η επιφάνεια του εδάφους καλύπτεται από φυτική γή ή από αποσθρωμένο πέτρωμα, και για τη λήψη ακόμα των επιφανειακών δειγμάτων. Επίσης είναι αναγκαίες για να αποκαλυφθούν τα κατεξοχήν μαρμαροφόρα στρώματα (ο "πάγκος" ή οι "πάγκοι" του μαρμάρου) από τα οποία είναι δυνατή η παραγωγή ογκομαρμάρων.

Οι επιφανειακές εκσκαφές εκτελούνται συνήθως με μηχανικά μέσα (εκσκαφείς, προωθητήρες, κλπ).

Έρευνα με γεωτρήσεις.

Με τα δείγματα (καρότα) που θα συλλεγούν από τις γεωτρήσεις μπορούν να αντληθούν στοιχεία για την παρουσία, το είδος και την πυκνότητα των ασυνεχειών εις βάθος. Επίσης για το συνολικό πάχος και για την εξέλιξη σε βάθος των "πάγκων" μαρμάρου, των οποίων η ύπαρξη έχει διαπιστωθεί και στην επιφάνεια, καθώς και η διαπίστωση της υπάρξεως και άλλων "πάγκων" εις βάθος. Γενικά με τις γεωτρήσεις είναι δυνατό να συλλεγούν στοιχεία για το ύψος των αποθεμάτων, πέρα από αυτά που είναι ορατά στην επιφάνεια.

Οι γεωτρήσεις πρέπει να γίνονται προς δύο διευθύνσεις, εκ των οποίων η μία οπωσδήποτε να είναι κάθετη προς τη διεύθυνση του κυριότερου συστήματος ασυνεχειών (για να διαπιστωθεί η συνέχιση του σε βάθος καθώς και η πυκνότητα των ασυνεχειών).

Οι γεωτρήσεις πρέπει να γίνονται με μεγάλη προσοχή, και να μην χρησιμοποιούνται κορώνες μεγέθους μικρότερου του ΑΧ.

Όταν τα καρότα σπάνε σε οποιοδήποτε άλλο σημείο, εκτός από τα φυσικά ελαττώματα (τις φυσικές ασυνέχειες) του πετρώματος, τότε πρέπει να ελεγχθεί με προσοχή η αιτία που προκαλεί αυτό, γιατί ενδέχεται η θραύση αυτή να είναι ένδειξη ακαταλληλότητας του πετρώματος.

Δοκιμαστική εκμετάλλευση.

Η δοκιμαστική εκμετάλλευση, η οποία είναι άλλωστε και η συνηθέστερη μορφή της έρευνας όπως παραδοσιακά διεξάγεται στη χώρα μας, συνίσταται στην αποκάλυψη ενός ή περισσοτέρων μαρμαροφόρων στρωμάτων και τη δοκιμαστική παραγωγή ογκομαρμάρων. Είναι γεγονός ότι μόνο με τον τρόπο αυτό μπορούν να εξαχθούν οριστικά συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του μαρμάρου υπό συνθήκες παραγωγής, καθώς και για τη μορφή των προϊόντων.

7. Η ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΟΥ.

7.1 Μέθοδοι Εκμεταλλεύσεως.

Η εκμετάλλευση των μαρμάρων μπορεί καταρχήν να γίνει τόσο με υπόγειες μεθόδους όσο και με υπαίθριες.

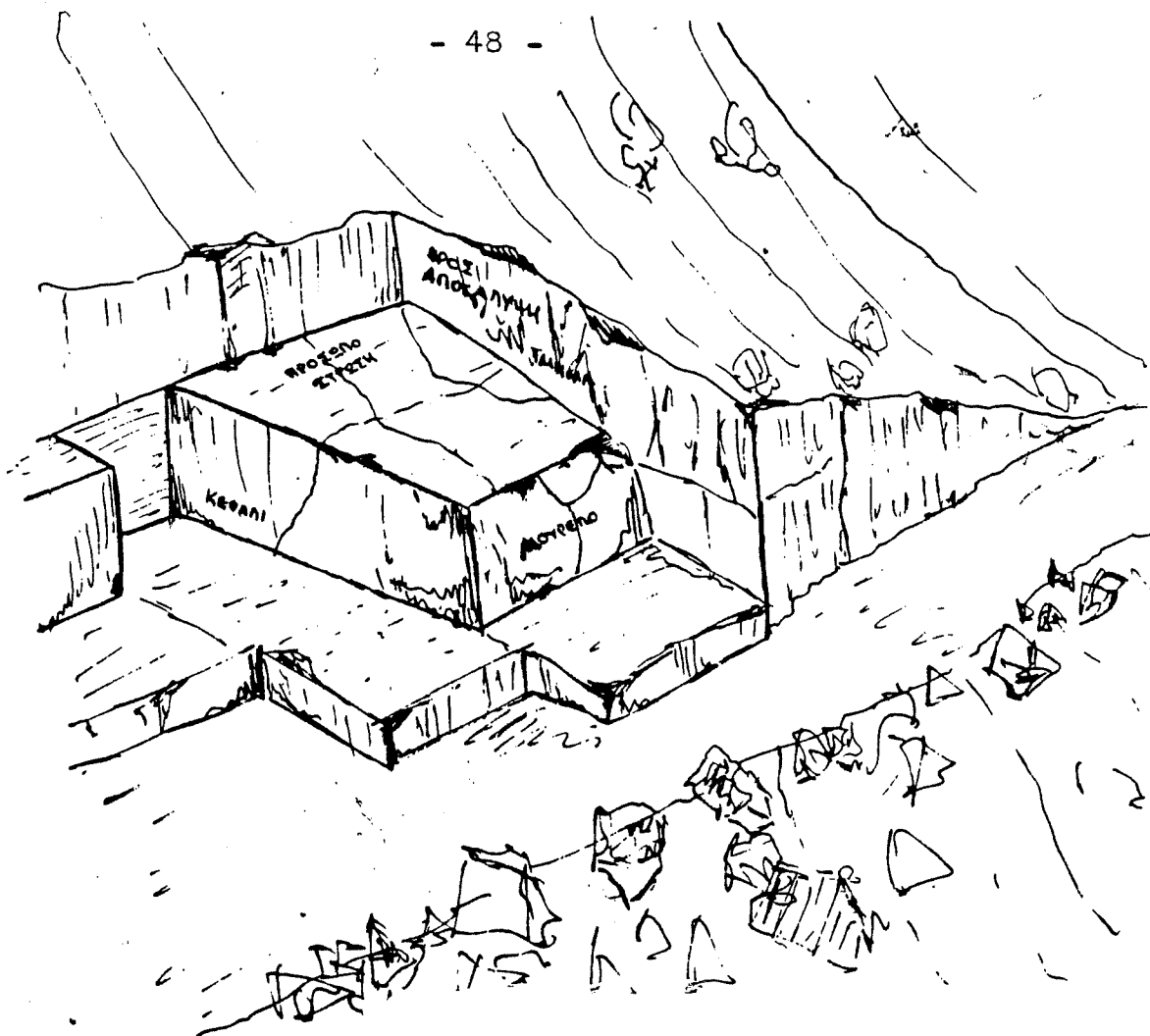
Στην Ελλάδα όλες οι εκμεταλλεύσεις μαρμάρου είναι υπαίθριες. Μόνο κατά την αρχαιότητα έγινε εκμετάλλευση μαρμάρου με υπόγεια μέθοδο, και συγκεκριμένα στον "λυχνίτη" της Πάρου.

Αντίθετα στην Ιταλία, υπάρχουν αρκετές υπόγειες εκμεταλλεύσεις μαρμάρων, στην περιοχή της Καρράρας και αλλού. Η μέθοδος εκμεταλλεύσεως που εφαρμόζεται εκεί είναι η μέθοδος των θαλάμων και στύλων.

Τα κριτήρια με τα οποία γίνεται η επιλογή μεταξύ υπόγειας και υπαίθριας μεθόδου για την εκμετάλλευση ενός μαρμάρου είναι τα ίδια που ισχύουν και για εκμεταλλεύσεις άλλων κοιτασμάτων, και τα οποία είναι: κατά κύριο λόγο η σχέση αποκαλύψεως και δευτερευόντως η ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος.

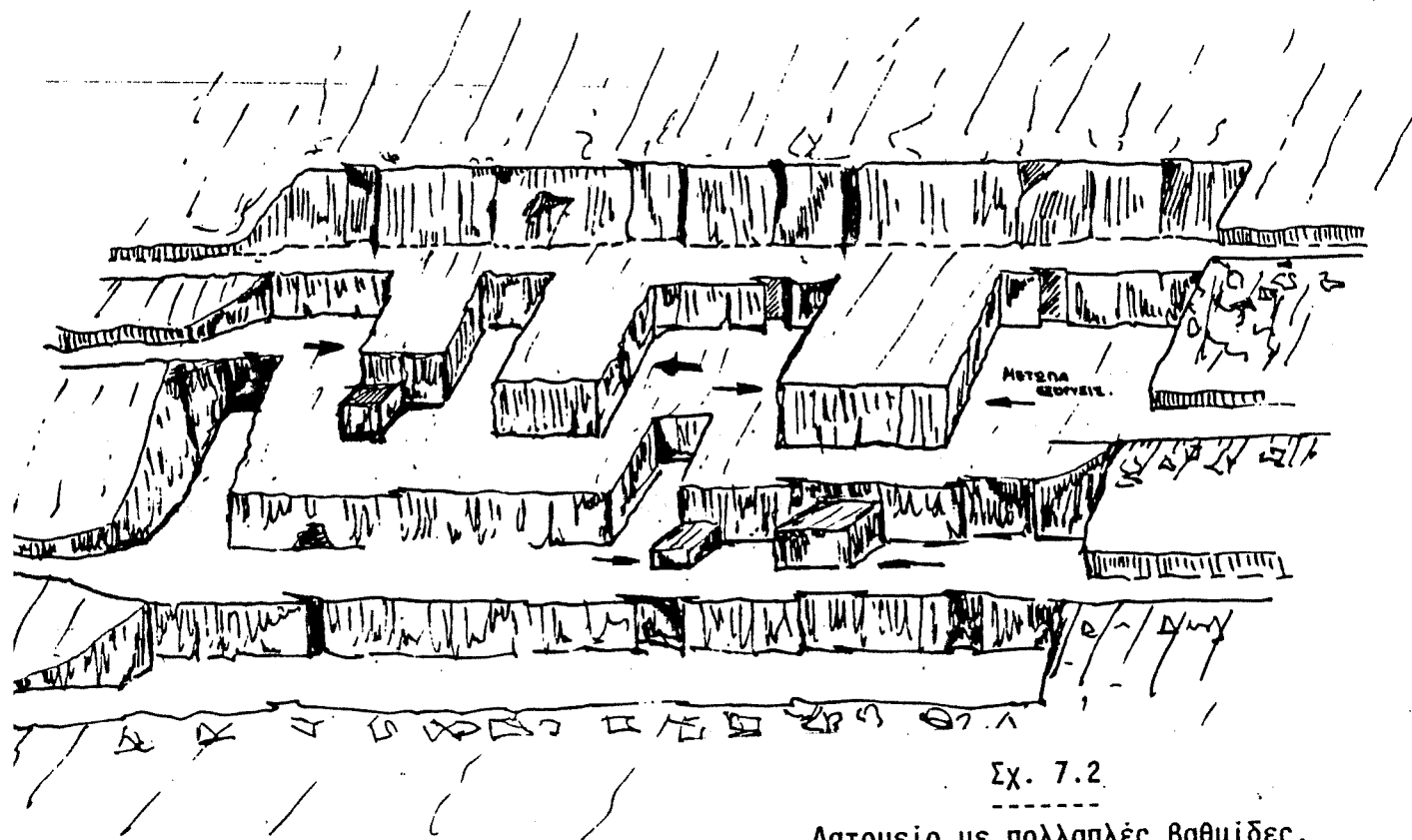
Η σχέση αποκαλύψεως είναι η σχέση του όγκου (ή του βάρους) των υπερκειμένων αγόνων πετρωμάτων, που πρέπει να απομακρυνθούν για να αποκαλυφθεί το κοίτασμα, προς τον όγκο ή το βάρος του χρήσιμου υλικού που θα εξορυχθεί. Στον όγκο των υπερκειμένων αγόνων θα πρέπει να προστεθεί και ο όγκος του πετρώματος που είναι ακατάλληλο για παραγωγή ογκομαρμάρων, οπότε πρόκειται πια για τη σχέση του άχρηστου, γενικά, πετρώματος που πρέπει να εξορυχθεί, προς το σύνολο των ογκομαρμάρων, που θα εξορυχθούν. Όταν η σχέση αυτή, και επομένως η συνολική ποσότητα πετρώματος που πρέπει να εξορυχθεί, υπερβαίνει κάποιο όριο, τότε μπορεί να συμφέρει καλύτερα να γίνει υπόγεια εκμετάλλευση, έστω και αν το κόστος εξορύξεως κατά μονάδα όγκου ή βάρους είναι μεγαλύτερο από ότι είναι με υπαίθρια εκμετάλλευση, όπως κατά κανόνα συμβαίνει, εφόσον βεβαίως το κόστος αυτό της παραγωγής με υπόγεια μέθοδο επιτρέπει την κερδοφόρα εκμετάλλευση.

Ενδεχομένως επιβάλλεται η επιλογή της υπόγειας εκμεταλλεύσεως έναντι της υπαίθριας και για περιβαλλοντικούς λόγους. Υπάρχει δηλαδή το ενδεχόμενο να μην επιτρέπεται η υπαίθρια εκμετάλλευση ενός μαρμάρου για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος (με την έννοια της προστασίας του τοπίου), όπως π.χ. συμβαίνει σήμερα στη δυτική πλευρά της Πεντέλης. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να γίνει υπόγεια εκμετάλλευση, εφόσον βέβαια συμφέρει.



Σχ. 7.1

Σκαρίφημα μετώπου εκμεταλλεύσεως.



Σχ. 7.2

Λατομείο με πολλαπλές βαθμίδες.

7.2 Τα προϊόντα των λατομείων μαρμάρου.

Κύριος σκοπός της εκμεταλλεύσεως ενός λατομείου μαρμάρων είναι η παραγωγή ογκομαρμάρων.

Τα ογκομάραμα είναι ορθογωνισμένοι όγκοι μαρμάρου (δηλαδή μορφής ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου), οι οποίοι έχουν μήκη ακμών από 1 μέχρι 3 μέτρα περίπου, και επομένως έχουν συνήθως βάρος της τάξεως των 5 μέχρι 15 τόννων.

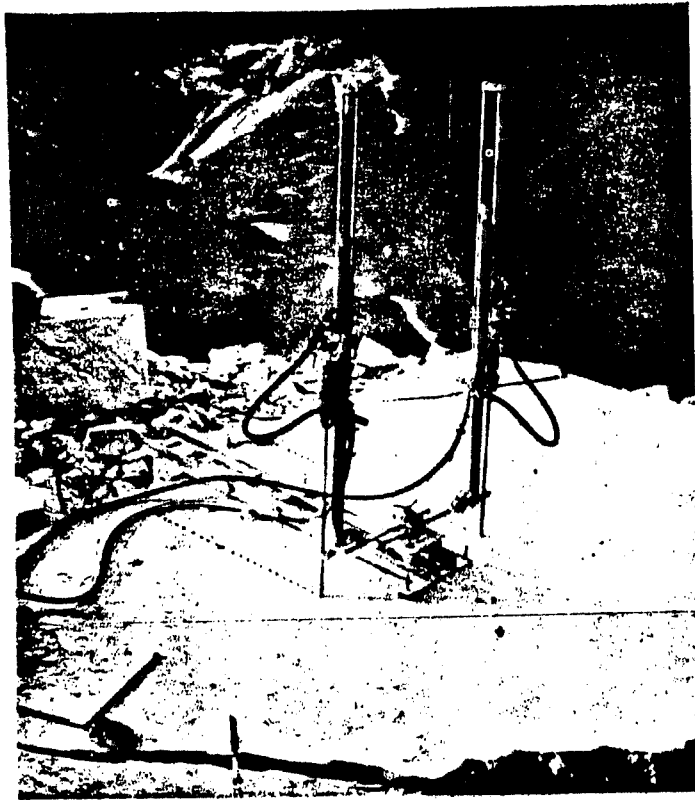
Το ορθογωνισμένο σχήμα των ογκομαρμάρων επιβάλλεται από την ανάγκη περιορισμού των απωλειών (φύρας) κατά την επεξεργασία των όγκων στα σχιστήρια για παραγωγή πλακών, και γενικά για την αποδοτικότερη διεξαγωγή της εργασίας αυτής. Η αποδοτική διεξαγωγή της επεξεργασίας διευκολύνεται μέχρις ενός σημείου με την παραγωγή ογκομαρμάρων σε όσο το δυνατό μεγαλύτερες διαστάσεις, δεδομένου ότι έτσι ελαχιστοποιείται ο χρόνος προετοιμασίας για κοπή ανά τετραγωνικό μέτρο παραγόμενων πλακών, αλλά και το ποσοστό της φύρας που οφείλεται στην απόρριψη των ακραίων τμημάτων των όγκων, που έχουν ανώμαλες επιφάνειες. Τούτο όμως δεν είναι δυνατό να γίνει σε απεριόριστο βαθμό, αφενός επειδή πολλές φορές δεν το επιτρέπει η φύση του μαρμάρου (ύπαρξη ασυνεχειών, δηλαδή στρωματώσεων, κομμών, κλπ σε σχετικά μικρές αποστάσεις), αφετέρου όμως επειδή αυτό επιβάλλεται από περιορισμούς τεχνικής φύσεως. Συγκεκριμένα, οι διαστάσεις των ογκομαρμάρων περιορίζονται στα όρια που αναφέρθηκαν παραπάνω, λόγω των περιορισμών που επιβάλλονται από τη δυναμικότητα των μέσων με τα οποία γίνεται η φόρτωση και η μεταφορά των όγκων (φορτωτών, γερανών, φορτηγών αυτοκινήτων, κλπ), αλλά και από τις διαστάσεις και τη δυναμικότητα των μηχανημάτων επεξεργασίας (τελάρων, οριζόντιων/κάθετων δίσκων, κλπ).

Στην εξόρυξη των ογκομαρμάρων θα αναφερθούμε εκτενέστερα στα επόμενα.

Παράλληλα με τα ογκομάραμα, παράγονται σε ένα λατομείο μαρμάρου δύο ακόμα υποπροϊόντα : Τα "ξωφάρια" ή "μώλοι" και οι λατύπες.

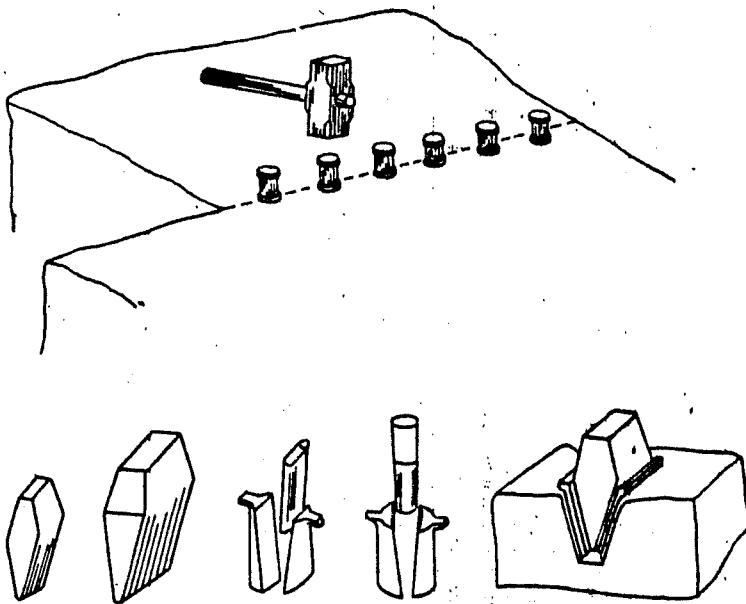
Τα "ξωφάρια" ή "μώλοι" είναι όγκοι ακανόνιστου σχήματος, σχετικά μεγάλων διαστάσεων, από τους οποίους είναι δυνατή η παραγωγή πλακών. Λόγω όμως του ακανόνιστου σχήματος τους, τα "ξωφάρια" παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό απωλειών (φύρας) κατά την παραγωγή των τελικών προϊόντων από αυτά, ενώ απαιτούν επίσης μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και μεγαλύτερη φθορά κοπτικών εργαλείων ανά παραγόμενο m² πλακών. Τέλος οι πλάκες που μπορούν να παραχθούν είναι κατά μέσο όρο μικρότερες από αυτές που παράγονται από τα ογκομάραμα και επομένως μικρότερης αξίας κατά m².

Οι λατύπες είναι κομμάτια μαρμάρου ακανόνιστου σχήματος επίσης, έχουν όμως μικρότερο όγκο από τα ξωφάρια, τόσο μικρό ώστε να μην συμφέρει η παραγωγή πλακών (έστω και των ελάχιστων διαστάσεων) από αυτές. Στην ουσία δηλαδή οι λατύπες και τα ξωφάρια διαφέρουν μόνο κατά τον όγκο τους. Οι λατύπες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υποπροϊόντων του λατομείου, δηλαδή ψηφίδων και μαρμαρόσκονης (κυρίως εφόσον πρόκειται για



Σχ. 7.3

"γάζωμα" με δύο αερόσφυρες
κινούμενες σε ένα κοινό πλαίσιο.



Σχ. 7.4

(α) Απόσπαση όγκου με σφήνες .
(β) διάφορα είδη σφηνών και παρεμβασμάτων.

λευκό μάρμαρο).

7.3 Φάσεις της εκμεταλλεύσεως των λατομείων μαρμάρου.

Οι διαδοχικές φάσεις της εκμεταλλεύσεως ενός λατομείου μαρμάρου είναι οι εξής:

- Η διάνοιξη των δρόμων προσπελάσεως προς το κοιτάσμα.
- Η αποκάλυψη του κοιτάσματος.
- Η περιχάραξη - προετοιμασία των μετώπων για την εξόρυξη των ογκομαρμάρων.
- Η εξόρυξη των ογκομαρμάρων.
- Η φόρτωση και η μεταφορά των ογκομαρμάρων.
- Η φόρτωση, μεταφορά και απόρριψη του άχρηστου πετρώματος.
- Η παραγωγή υποπροϊόντων από τη λατύπη.

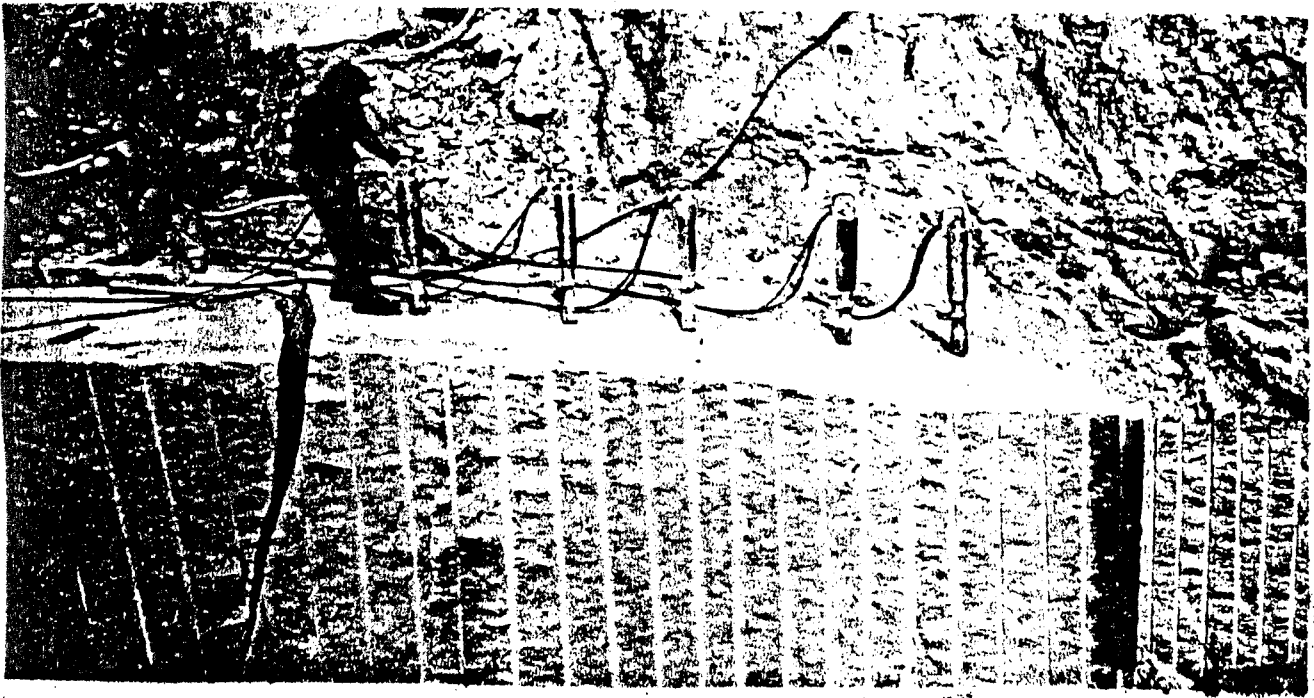
7.4 Η Διάνοιξη των δρόμων προσπελάσεως.

Η πρώτη εργασία που πρέπει να εκτελεσθεί κατά τη φάση της προετοιμασίας ενός κοιτάσματος μαρμάρου για εκμετάλλευση, είναι η κατασκευή των δρόμων προσπελάσεως.

Καταρχήν πρέπει να κατασκευασθεί ένας δρόμος προσπελάσεως που να συνδέει το λατομείο με το υπάρχον οδικό δίκτυο (τον πλησιέστερο δημόσιο, επαρχιακό, ή και δασικό δρόμο). Στη συνέχεια πρέπει να κατασκευασθούν δρόμοι που να οδηγούν στις διάφορες βαθμίδες εξορύξεως των ογκομαρμάρων ή των υπερκειμένων αγόνων, καθώς και προς το χώρο απορρίψεως του άχρηστου πετρώματος.

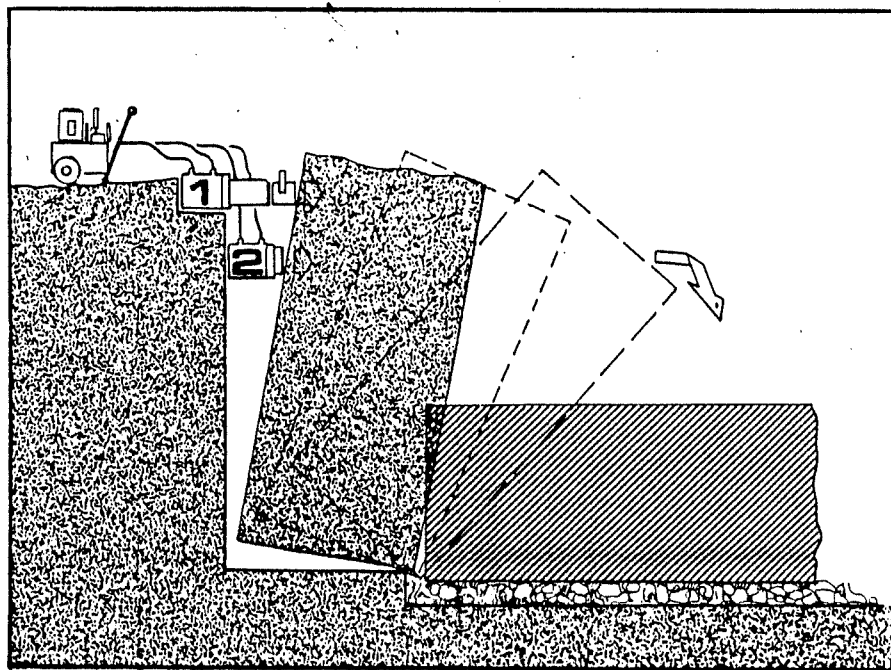
Εκτός από την κατασκευή των παραπάνω δρόμων είναι αναγκαία και η διαμόρφωση μιάς πλατείας, δηλαδή ενός σχετικά επίπεδου χώρου, στον οποίο γίνεται η συγκέντρωση των ογκομαρμάρων πριν από τη φόρτωση τους.

Οι δρόμοι προσπελάσεως που πρόκειται να κατασκευασθούν θα πρέπει να σχεδιασθούν σε τοπογραφικά διαγράμματα με κλίμακα 1:5000 ή 1:2000, προκειμένου για το δρόμο που συνδέει το λατομείο με το υπάρχον οδικό δίκτυο, και σε κλίμακα 1:1000 ή 1:500, προκειμένου για τους υπόλοιπους δρόμους. Οι κλίσεις των δρόμων δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 10% και κατά προτίμηση να είναι 6% - 8%. Το πλάτος τους πρέπει να είναι τουλάχιστον 4 μέτρα (ή δύο φορές το πλάτος ενός φορτηγού αυτοκινήτου) όταν δεν προβλέπεται να διασταυρώνονται τα αυτοκίνητα, και τρεις φορές το πλάτος ενός αυτοκινήτου, όταν πρόκειται για δρόμους διπλής κατευθύνσεως.



Σχ. 7.5

Απόσπαση όγκου με υδραυλικούς διαστολείς.



Σχ. 7.5α

Χρήση γρύλλου για αποκόλληση όγκου.

7.5 Η αποκάλυψη του κοιτάσματος.

Η αποκάλυψη του κοιτάσματος συνίσταται στην αρχική αποκάλυψη, δηλαδή την εξόρυξη εκείνων των υπερκειμένων αγόνων, που είναι απαραίτητο να απομακρυνθούν για να μπορεί να αρχίσει η εξόρυξη των ογκομαρμάρων, και τη συνεχιζόμενη αποκάλυψη: εκείνη δηλαδή, που είναι αναγκαία για να συνεχισθεί η εκμετάλλευση του μαρμαροφόρου ορίζοντα. Σε όλα τα στάδια πάντως, συνιστάται να προηγείται αρκετά η αποκάλυψη, σε τρόπο ώστε να είναι πάντα αποκεκαλυμμένη μια ποσότητα ογκομαρμάρων που να αντιστοιχεί σε παραγωγή τουλάχιστον μερικών μηνών.

Σε πολλές περιπτώσεις, κατά την αρχική αποκάλυψη απαιτείται η απομάκρυνση σχετικά μικρών ποσοτήτων επιφανειακών εδαφών και αγόνου πετρώματος, δεδομένου ότι οι μαρμαροφόροι ορίζοντες απολήγουν συνήθως στην επιφάνεια του εδάφους. Κατά την πρόοδο της εργασίας όμως, αυξάνεται η (στιγμιαία) σχέση αποκαλύψεως, ιδιαίτερα όταν έχουμε αντίρροπη κλίση του στρώματος του μαρμάρου ή/και έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο.

Κατά την αποκάλυψη πρέπει γενικά να γίνεται περιορισμένη κατά το δυνατό χρήση εκρηκτικών υλών για να αποφεύγεται, ή τουλάχιστον να περιορίζεται, η καταπόνηση των υγιών πάγκων του μαρμάρου από τις δονήσεις των εκρήξεων.

Κατά την αποκάλυψη διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις, ανάλογα με το είδος των υπερκειμένων αγόνων πετρωμάτων :

Πρόσφατες προσχώσεις.

Αυτό το είδος των υπερκειμένων στρωμάτων αποτελείται από σαθρά υλικά ("ερυθρογή", άμμο, χαλίκια, κροκάλες, λατύπες, κλπ), τα οποία μπορούν εύκολα να απομακρυνθούν με τη χρησιμοποίηση ενός ερπυστριοφόρου φορτωτή ή προωθητήρα.

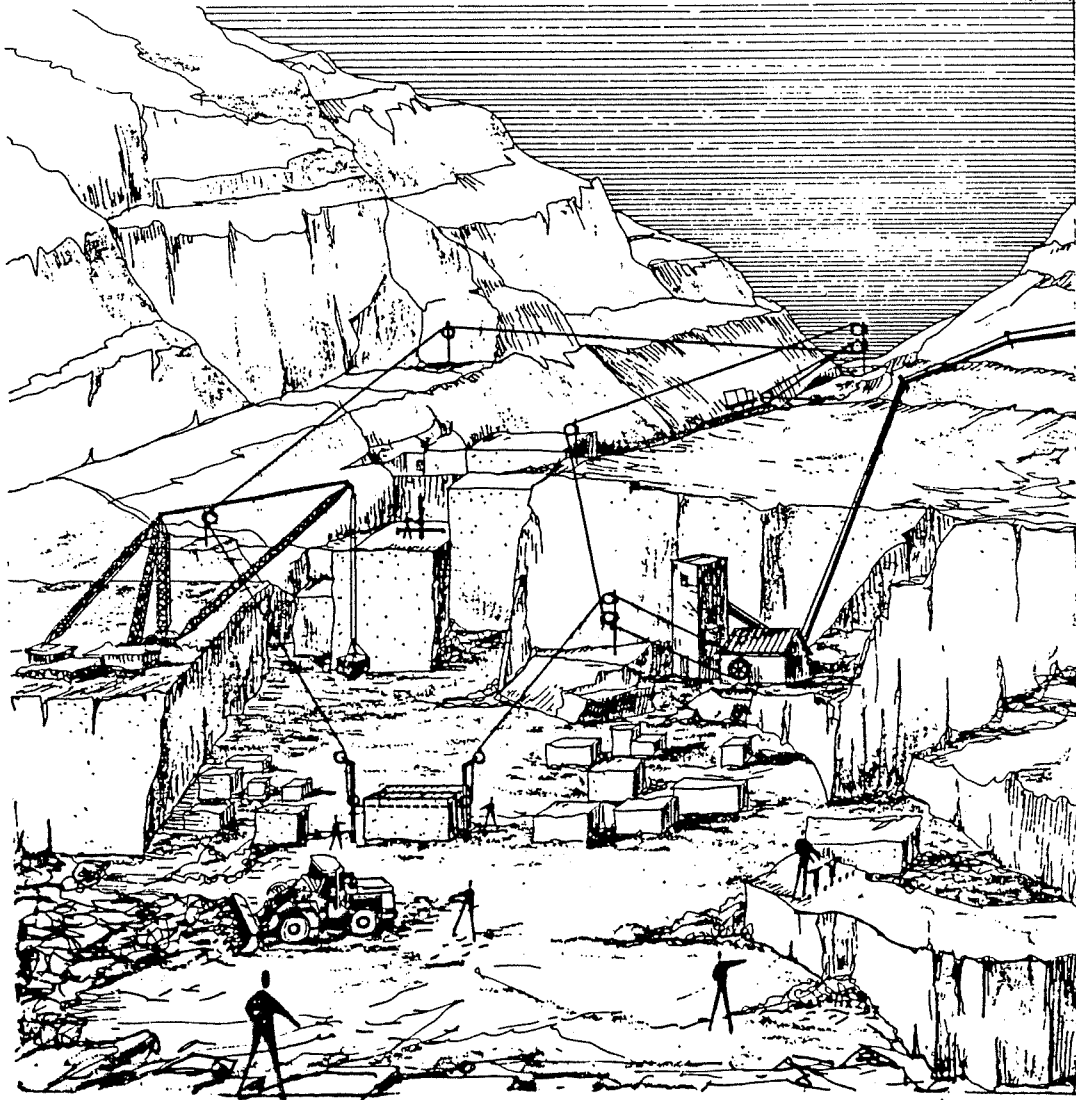
Σκληρά ή ημίσκληρα πετρώματα σε χαλαρή επαφή με το στρώμα μαρμάρου.

Τα πετρώματα αυτά μπορεί να είναι αποσαθρωμένα ή τεκτονισμένα μάρμαρα ή ασβεστόλιθοι, ή ακόμα και μαλακά σχιστολιθικά πετρώματα, μικρού σχετικά πάχους.

Όταν πρόκειται για αποσαθρωμένα ή τεκτονισμένα μάρμαρα κλπ, η απομάκρυνση τους μπορεί να γίνει σχετικά εύκολα με τη χρήση ερπυστριοφόρων φορτωτών ή προωθητήρων. Πολλές φορές βοηθάει και η χρήση υδραυλικών γρύλλων και σφηνών με χαλύβδινα παρεμβάσματα. Στην περίπτωση που πρόκειται για εξόρυξη σχετικά μαλακών σχιστολιθικών πετρωμάτων, μπορεί να γίνει και χρήση μηχανικών αρότρων (rippers).

Άλλοτε γινόταν ευρεία χρήση εκρηκτικών υλών για την αποκάλυψη στην περίπτωση αυτή. Σήμερα, η πρακτική αυτή έχει περιορισθεί σημαντικά, και εφόσον γίνεται η χρήση των εκρηκτικών υλών με προσοχή δεν προκαλούνται συνήθως ζημιές στα μάρμαρα.

Η όρυξη των διατρημάτων γίνεται στην περίπτωση αυτή κατά την



Σχ. 7.6 α

Εγκατάσταση συρματοκοπής παλαιού τύπου
με ελικοειδές σύρμα.

οριζόντια έννοια (ντούκια), στη διαχωριστική επιφάνεια των πετρωμάτων, και σε αποστάσεις 30 - 60 cm μεταξύ τους. Η γόμωση των διατρημάτων γίνεται με μαύρη πυρίτιδα ή είναι ανάμικτη από μαύρη πυρίτιδα και ANFO.

Σκληρά ή ημίσκληρα πετρώματα, στενά συνδεδεμένα με το μάρμαρο.

Η περίπτωση αυτή είναι η πιο συνηθισμένη για τις συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα. Μιά κλασική περίπτωση είναι η επαφή λευκών ή ημιλευκών μαρμάρων με υπερκείμενη "τσερέπα" πράσινου σερπεντινικού μαρμάρου και σχιστολίθων.

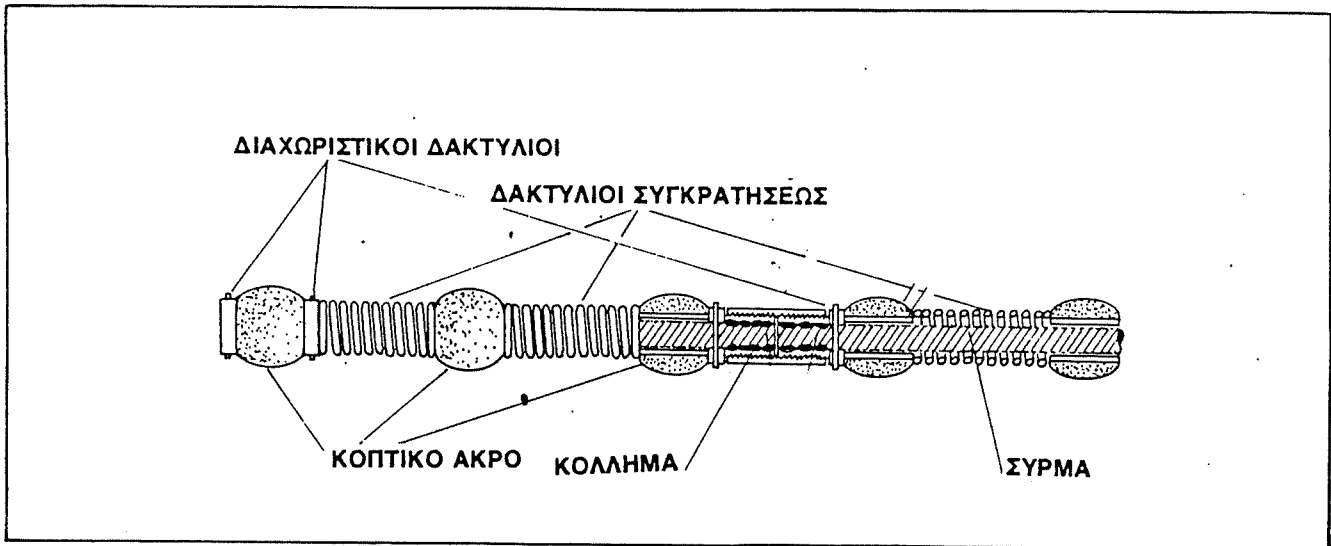
Στην περίπτωση αυτή είναι σχεδόν πάντα αναγκαία η χρήση εκρηκτικών υλών, αν και βοηθάει πάντα και η χρησιμοποίηση γρύλλων και σφηνών για τον περιορισμό της χρήσης των Ε.Υ.

Πάντως εδώ πρέπει κατά μείζονα λόγο να γίνεται η χρήση των εκρηκτικών με προσοχή, ιδίως όταν η επαφή του μαρμάρου με τα υπερκείμενα στείρα πετρώματα είναι ανώμαλη.

Εφόσον το πάχος των υπερκείμενων στρωμάτων πετρώματος είναι σχετικά μεγάλο, τότε η εξόρυξη των βαθμίδων που απέχουν αρκετά από την επαφή με το μάρμαρο γίνεται με χρήση διαρρηκτικών εκρηκτικών υλών, ενώ το ύψος των βαθμίδων μπορεί να διαμορφωθεί στα 10 - 15 μέτρα. Η εξόρυξη και απομάκρυνση του υλικού των βαθμίδων αυτών γίνεται γενικά με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο γίνεται η εκμετάλλευση λατομείων αδρανών υλικών, κλπ. Η τελευταία πάντως βαθμίδα προς την επαφή πρέπει να διαμορφώνεται σε ύψος 5 - 6 μέτρων, για να είναι ευχερέστερος ο έλεγχος του όγκου του εξορυσσόμενου πετρώματος, δεδομένου ότι η επαφή μπορεί να είναι ανώμαλη και υπάρχει κίνδυνος να γίνει ζημιά στο υποκείμενο μάρμαρο. Στην τελευταία αυτή βαθμίδα η εξόρυξη γίνεται κατά προτίμηση με οριζόντια διατρήματα σε μία ή δύο σειρές, ανάλογα με τον τεκτονισμό του πετρώματος, τα οποία γομώνονται με μαύρη πυρίτιδα. Η χρησιμοποίηση υδραυλικών γρύλλων, όπου αυτή προσφέρεται, βοηθάει και σε αυτή την περίπτωση στη μείωση της καταπονήσεως του υποκείμενου μαρμάρου.

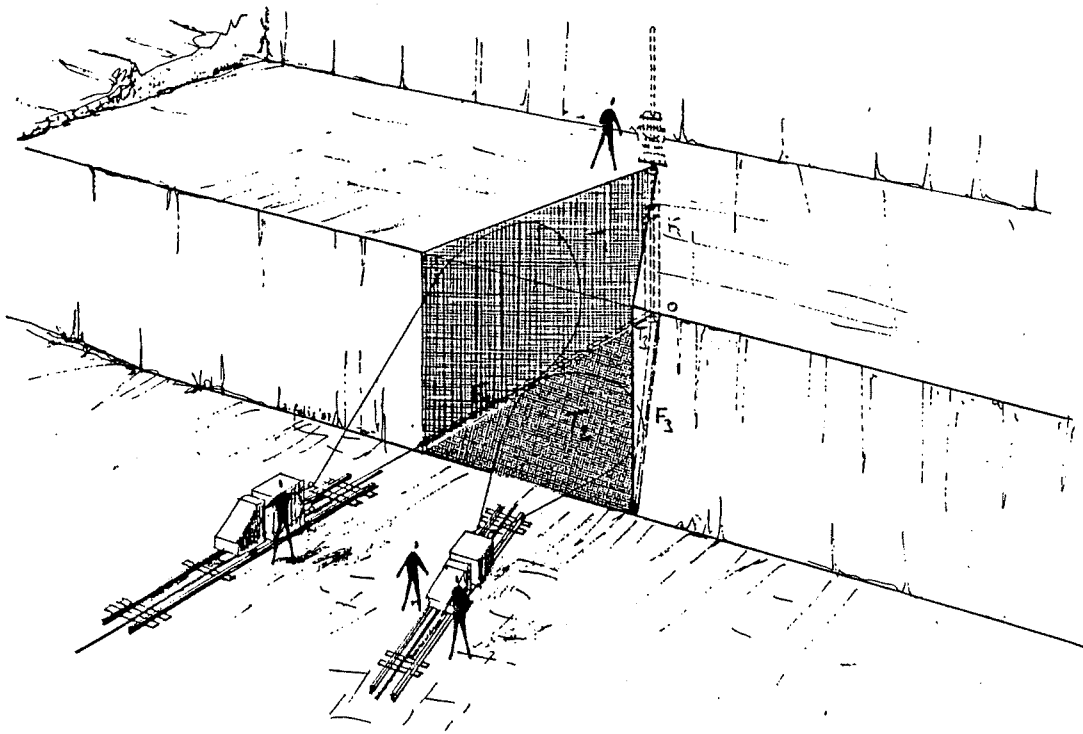
7.6 Η περιχάραξη - προετοιμασία των μετώπων για εξόρυξη ογκομαρμάρων.

Ο στόχος της φάσεως αυτής είναι να προσδιορισθούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των "πάγκων", από τους οποίους θα εξορυχθούν τα ογκομάρμαρα, και να προετοιμασθούν τα μέτωπα εξορύξεως, αφού όμως προηγουμένως διαπιστωθεί ότι το μάρμαρο δεν έχει ελαττώματα. Επίσης προσδιορίζονται οι επιφάνειες, οι οποίες ορίζουν τις διαστάσεις των επί μέρους όγκων που θα εξορυχθούν (στις επιφάνειες αυτές περιλαμβάνονται και εκείνες που οφείλονται στην ύπαρξη ασυνεχειών στο πέτρωμα) και δημιουργούνται οι ελεύθερες επιφάνειες που απαιτούνται για την εξόρυξη του



Σχ. 7.6

Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά σύρματος "διαμαντέ" για την κοπή μαρμάρων.



Σχ. 7.7

Δημιουργία σφηνοειδούς εντομής με συρματοκοπή.

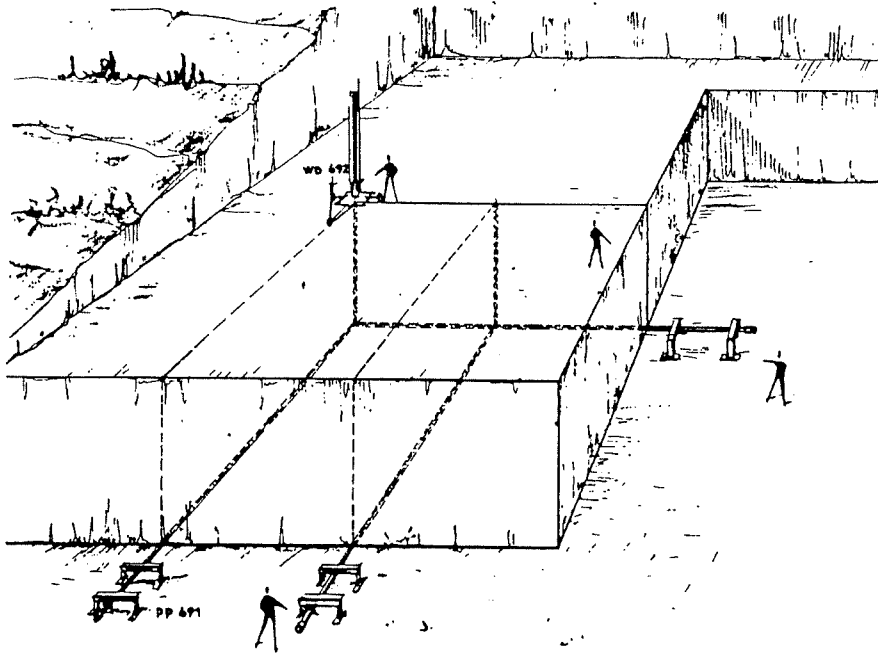
πρώτου όγκου.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι για την περιχάραξη των όγκων του μαρμάρου που πρόκειται να αποσπασθούν από το μητρικό πέτρωμα, απαιτείται να έχουν δημιουργηθεί προηγουμένως τουλάχιστον τρεις ελεύθερες επιφάνειες (βλέπε σχήμα 7.1). Η πρώτη από αυτές, η "στρώση" ή "πρόσωπο", αποτελείται κατά κανόνα από ένα στρωσιγενές επίπεδο. Η ελεύθερη αυτή επιφάνεια δημιουργείται κατά την εργασία της αποκαλύψεως των υπερκειμένων στρωμάτων, ή αποτελεί το δάπεδο της προηγούμενης βαθμίδας εξορύξεως ογκομαρμάρων (βλέπε Σχ. 7.2). Η δεύτερη ελεύθερη επιφάνεια, το "μουρέλο", αποτελεί το μέτωπο της εξορυσσόμενης σειράς ογκομαρμάρων. Η επιφάνεια αυτή, είτε έχει ήδη δημιουργηθεί κατά την εξόρυξη της προηγούμενης σειράς ογκομαρμάρων της ίδιας βαθμίδας ή, αν πρόκειται για την πρώτη σειρά μιας νέας βαθμίδας, θα πρέπει να δημιουργηθεί με έναν από τους τρόπους που περιγράφονται στα επόμενα (γάζωμα, συρματοκοπή, κλπ). Η τρίτη ελεύθερη επιφάνεια, το "κεφάλι", είτε έχει ήδη σχηματισθεί κατά την εξόρυξη του διπλανού όγκου, είτε θα πρέπει να σχηματισθεί με τη δημιουργία μιας εντομής, πολλές φορές σφηνοειδούς μορφής, αν το μάρμαρο στο σημείο αυτό είναι συμπαγές (βλέπε σχ. 7.7). Η εντομή αυτή δημιουργείται πολλές φορές εκεί όπου υπάρχουν ζώνες με ρωγματωμένο πέτρωμα.

Κατά τη δημιουργία αυτών των ελευθέρων επιφανειών γίνεται, κατά το δυνατό, εκμετάλλευση των προϋπαρχουσών ασυνεχειών (κατακλάσεων κλπ), εφόσον αυτές προσφέρονται.

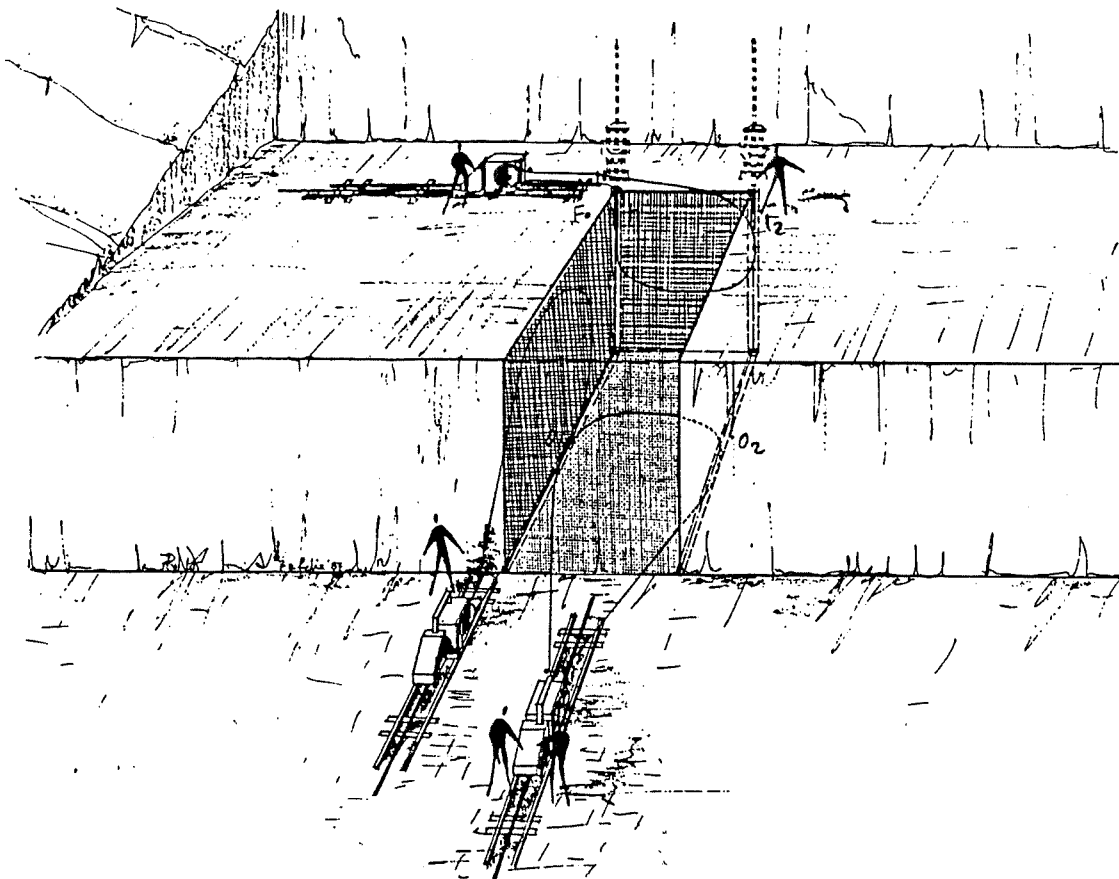
Αν τα μάρμαρα είναι λεπτοστρωματώδη έως μεσοστρωματώδη, όπως π.χ. αυτά της περιοχής των Ιωαννίνων, τότε αναπτύσσονται βαθμίδες μικρού ύψους και μεγάλων (σχετικά με το ύψος τους) οριζόντιων διαστάσεων. Το μικρό ύψος των βαθμίδων οφείλεται στο γεγονός ότι η εκμετάλλευση του κάθε στρώματος γίνεται ξεχωριστά για να επιτυγχάνεται ομοιομορφία του προϊόντος, δεδομένης της διαφοράς που υπάρχει μεταξύ των στρωμάτων ως προς το χρωματισμό και τα άλλα χαρακτηριστικά. Προσδιορίζονται στην περίπτωση αυτή οι ρωγμές και γενικά οι ασυνέχειες, που καθορίζουν τις περιμέτρους των επί μέρους όγκων.

Στην περίπτωση που το μάρμαρο είναι παχυστρωματώδες, με περιορισμένο δίκτυο ρωγμών, είναι δυνατή η διαμόρφωση βαθμίδων με αρκετά σημαντικό ύψος, τουλάχιστον όσο επιτρέπει το πάχος των στρωμάτων. Οι βαθμίδες ακολουθούν τις στρώσεις, οι οποίες και αποτελούν τη μία επιφάνεια των όγκων που εξορύσσονται, δεδομένου ότι αυτές αποτελούν επιφάνειες ελαχίστης αντιστάσεως. Όταν το πάχος των στρωμάτων είναι πολύ μεγάλο, τότε διαμορφώνονται βαθμίδες μικρότερου ύψους από το πάχος των στρωμάτων, με τη βοήθεια συρματοκοπής, με την οποία διαμορφώνονται οι στρώσεις των βαθμίδων, όπως αναφέρεται παρακάτω (βλέπε σχήματα 7.7, 7.9, και 7.10).



Σχ. 7.8

Ορυξη οριζόντιων και κατακόρυφων διατηρημάτων
για να περασθεί σύρμα "διαμαντέ".



Σχ. 7.9

Δημιουργία ορθογωνικής εντομής με συρματοκοπή.

7.7 Η εξόρυξη των ογκομαρμάρων.

7.7.1 Γενικά.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το κύριο προϊόν της εκμεταλλεύσεως ενός λατομείου μαρμάρου ή άλλου διακοσμητικού πετρώματος είναι τα ογκομάραμα ή γενικότερα οι ογκόλιθοι.

Για την απόσπαση μεγάλων όγκων μαρμάρου ή άλλων διακοσμητικών λίθων από τη θέση τους, γίνεται καταρχήν εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών του πετρώματος (στρωμάτωση, κατακλάσεις, κλπ) που μπορεί να υπάρχουν σε ένα, δύο ή και τρία, κάθετα μεταξύ τους επίπεδα. Εφόσον η ύπαρξη αυτών των ασυνεχειών σε διευθύνσεις που συμπίπτουν με τρία, περίπου κάθετα μεταξύ τους, επίπεδα επιτρέπει την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων, ή τουλάχιστον όγκων με μορφή παραλληλεπίπεδου, χωρίς να χρειασθεί να κοπεί το πέτρωμα, τότε οι όγκοι που ορίζονται από τις φυσικές αυτές ασυνέχειες αποσπώνται από τη θέση τους με τη βοήθεια σφηνών, γρύλλων, ή και ερπυστριοφόρων φορτωτών ή προωθητήρων.

Όταν προς μία ή δύο διευθύνσεις η απόσταση μεταξύ των παράλληλων ασυνεχειών είναι μεγάλη, ή όταν προς μία ή περισσότερες διευθύνσεις δεν υπάρχουν επίπεδα ασυνέχειας, ή όταν οι ασυνέχειες έχουν ανώμαλη επιφάνεια ή είναι συγκολλημένες με συνδετικό υλικό, τότε χρειάζεται να γίνει λύση της συνέχειας του πετρώματος με διάφορα μέσα. Οι ειδικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι οι εξής :

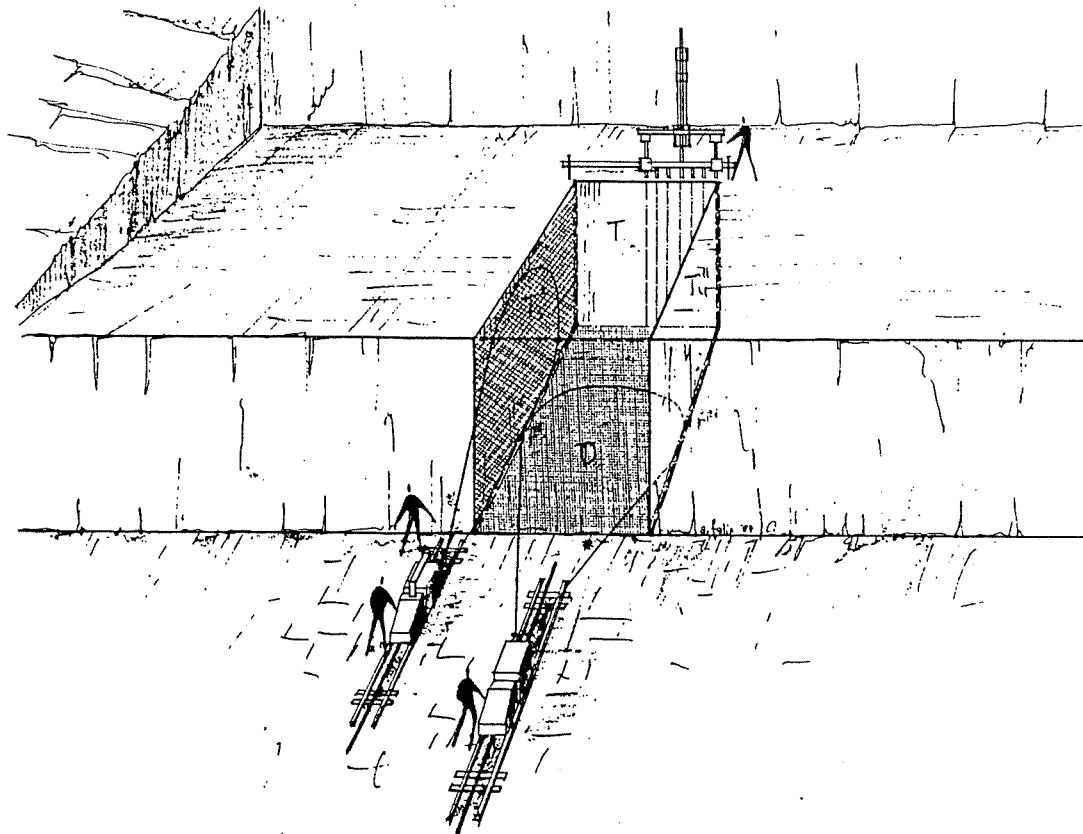
- όρυξη παράλληλων διατρημάτων σε ένα επίπεδο, κατά το οποίο γίνεται στη συνέχεια η κοπή. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται "γάζωμα".
- χρησιμοποίηση συρματοκοπής.
- χρησιμοποίηση αλυσσοπριόνων.
- χρησιμοποίηση ειδικών κοπτικών εργαλείων, που η λειτουργία τους βασίζεται στην εκτόξευση νερού υπό πίεση ή σε θερμική ενέργεια.

Οι τρεις πρώτες από τις παραπάνω μεθόδους είναι οι περισσότερο διαδεδομένες, και είναι αυτές που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα.

7.7.2 "Γάζωμα" με διατρήματα.

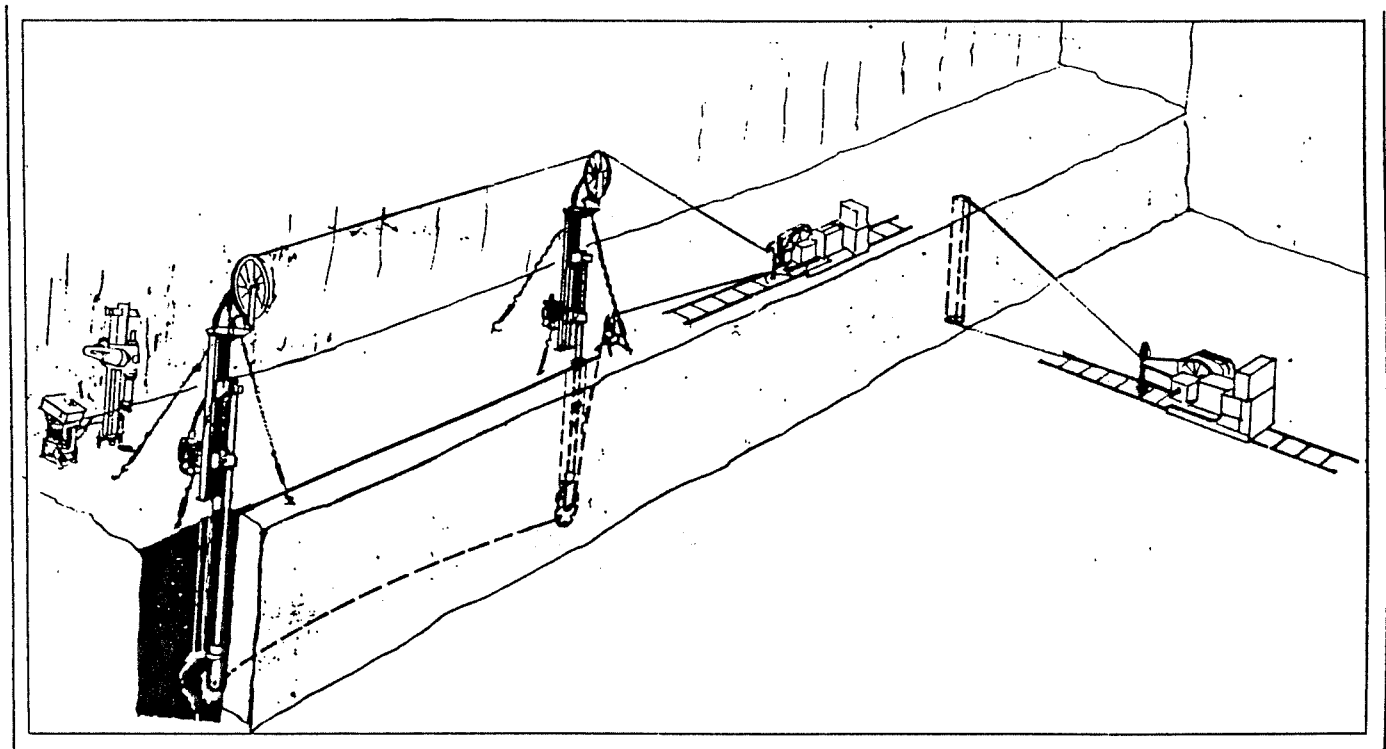
Κατά τη μέθοδο αυτή, που είναι και η συχνότερα εφαρμοζόμενη στην Ελλάδα, η λύση της συνέχειας του πετρώματος, η κοπή δηλαδή κατά μία περίπου επίπεδη επιφάνεια, επιτυγχάνεται με την όρυξη μίας σειράς παράλληλων διατρημάτων, που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, εκείνο κατά το οποίο επιδιώκεται να κοπεί το πέτρωμα. Η κοπή του πετρώματος, κατά το επίπεδο που έχει δημιουργηθεί με τον τρόπο αυτόν, επιτυγχάνεται στη συνέχεια με διάφορους τρόπους, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι είναι ευέλικτη, μπορεί να προσαρμοσθεί σε οποιεσδήποτε μορφολογικές ή γεωλογικές



Σχ. 7.10

Δημιουργία ορθογωνικής εντομής
με συνδυασμό συρματοκοπής και "γαζώματος".



Σχ. 7.11

Συρματοκοπή με τη βοήθεια αδαμαντοφόρων τροχαλιών.

συνθήκες και δεν απαιτεί κατανάγκην ιδιαίτερα δαπανηρό εξοπλισμό.

Η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται μόνο για την απόσπαση όγκων πετρώματος από το μέτωπο, αλλά και για τον τεμαχισμό και τον ορθογωνισμό μεγάλων όγκων που έχουν αποσπασθεί από το μέτωπο, αλλά λόγω του μεγάλου τους όγκου και βάρους δεν είναι δυνατό να μεταφερθούν για περαιτέρω επεξεργασία.

Τα διατρήματα ορύσσονται με διάμετρο συνήθως 33 - 35 mm, με τη χρησιμοποίηση της λεπτότερης σειράς μακαπιών, και η απόσταση μεταξύ τους κυμαίνεται από 10 μέχρι 45 cm. Τα διατρήματα αυτά ορύσσονται είτε με ελαφριά αερόσφυρα, είτε με βαρύτερη αερόσφυρα που είναι τοποθετημένη σε ένα ειδικό πλαίσιο με ολισθητήρες (γλισιέρες), σε τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η όρυξη πραγματικά παράλληλων διατρημάτων σε ένα επίπεδο (βλέπε Σχ. 7.3). Τελευταία άρχισαν να χρησιμοποιούνται ειδικά τροχοφόρα οχήματα με υδραυλικό βραχίονα (μπούμα) στην άκρη του οποίου υπάρχει το πλαίσιο, κατά μήκος του οποίου ολισθαίνει μία υδραυλική σφύρα.

Αφού γίνει η όρυξη των διατρημάτων, τα οποία γίνεται προσπάθεια να βρίσκονται όλα στο ίδιο επίπεδο (εκείνο δηλαδή κατά το οποίο επιδιώκεται να γίνει η κοπή του όγκου), ακολουθεί η κοπή του πετρώματος κατά μήκος του επιπέδου ελαχίστης αντιστάσεως που έχει δημιουργηθεί με τον προαναφερθέντα τρόπο. Η κοπή επιτυγχάνεται κατά διάφορους τρόπους : με χρήση σφηνών, με χρήση υδραυλικών διαστολέων, και με χρήση εκρηκτικών υλών.

Κοπή χωρίς χρήση εκρηκτικών υλών.

Η κοπή του πετρώματος κατά το επίπεδο που ορίζεται από τα παράλληλα διατρήματα που έχουν ορυχθεί, μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση εκρηκτικής ύλης, σε τρόπο ώστε να αποφευχθεί ο τραυματισμός και η ρωγμάτωση του πετρώματος που θα προκαλέσει ενδεχομένως η χρήση της εκρηκτικής ύλης.

Για το σκοπό αυτόν μπορεί να χρησιμοποιηθούν χαλύβδινες σφήνες με παρεμβάσματα, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.4 . Όπως είναι προφανές, η μέθοδος αυτή και επίπονη είναι, ενώ δεν είναι δυνατό με αυτή να επιτευχθεί ικανοποιητική παραγωγικότητα.

Ένας άλλος, περισσότερο σύγχρονος, τρόπος για να επιτευχθεί η κοπή, είναι η χρήση ειδικών υδραυλικών διαστολέων, όπως δείχνει το σχήμα 7.5 .

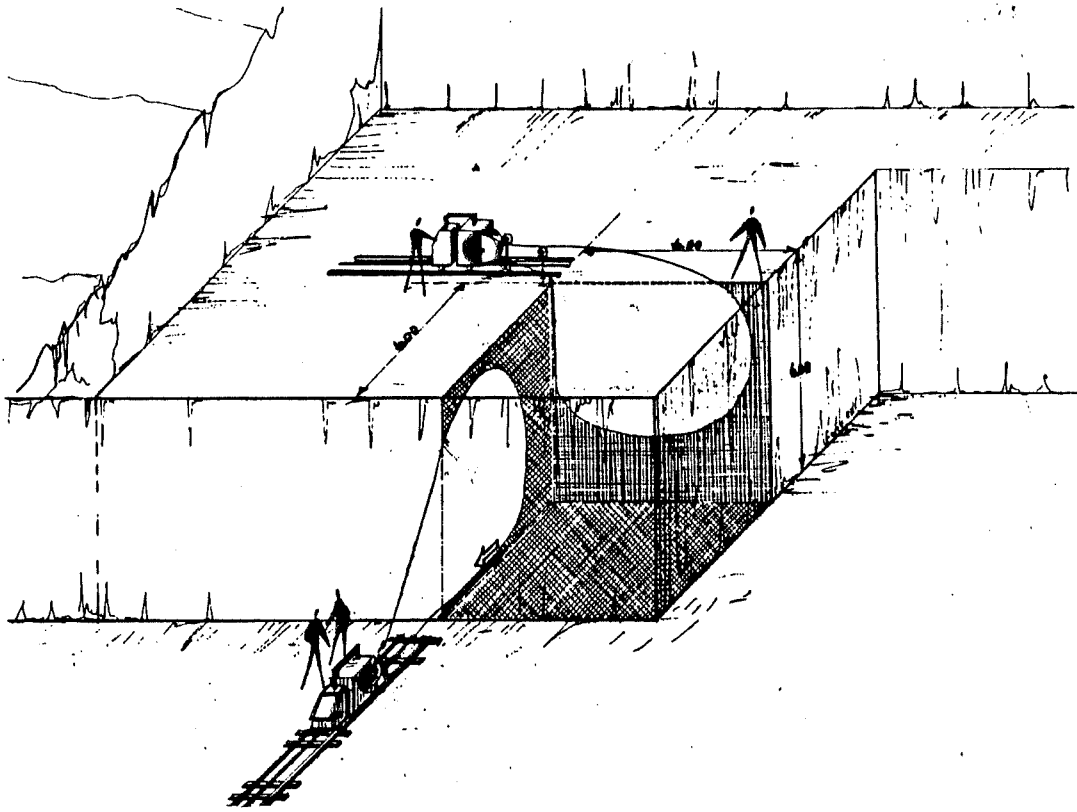
Κοπή με χρήση εκρηκτικών υλών.

Η κοπή του πετρώματος κατά το επίπεδο που ορίζεται από τα παράλληλα διατρήματα του "γαζώματος" μπορεί να γίνει με σφήνες ή υδραυλικούς διαστολείς, αλλά και με χρήση εκρηκτικών υλών.

Η μέθοδος του "γαζώματος" με χρήση εκρηκτικών υλών αποτελεί μία παραλλαγή της μεθόδου της προτμήσεως (presplitting).

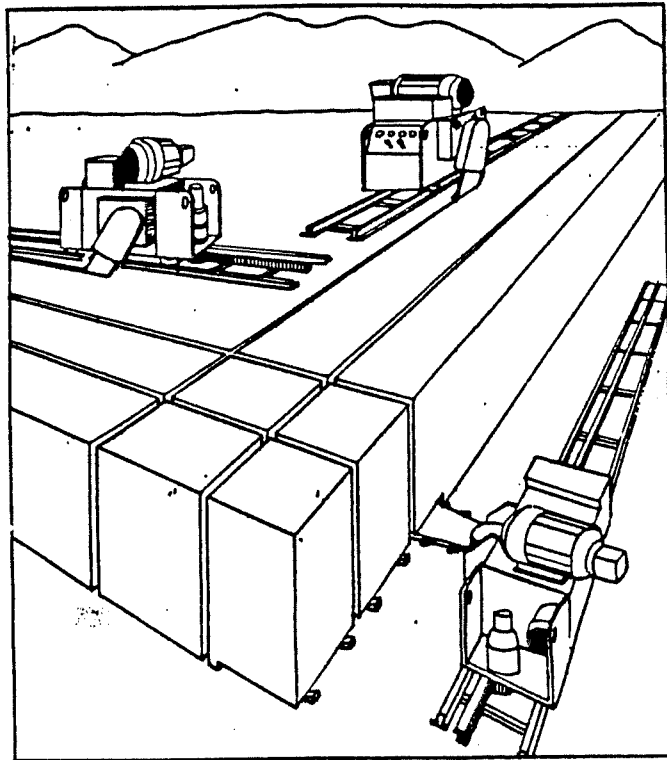
Ως εκρηκτική ύλη χρησιμοποιείται είτε μαύρη πυρίτιδα, της οποίας η έναυση γίνεται με εκρηκτική θρυαλλίδα, είτε χρησιμοποιείται μόνο εκρηκτική θρυαλλίδα.

Όταν η γόμωση των διατρημάτων γίνεται με συνδυασμό πυρίτιδας και εκρηκτικής θρυαλλίδας, τότε η τελευταία αποτελεί απλώς ένα μέσο συνδέσεως των διακεκομμένων γομώσεων της πυρίτιδας. Η γόμωση της πυρίτιδας δηλαδή σε κάθε διάτρημα αποτελείται από τμήματα, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται αδρανές υλικό. Η μέθοδος αυτή



Σχ. 7.12

Κοπή όγκου με συρματοκοπή.



Σχ. 7.13

Κοπή ογκομαρμάρων με αλυσσοπρίονα με οριζόντιες και κατακόρυφες τομές.

χρησιμοποιείται συνήθως όταν στο μάρμαρο υπάρχουν ασυνέχειες υπό μορφή επιπέδων στρώσεως. Τα διατρήματα τότε ορύσσονται κατά τα επίπεδα στρώσεως. Οι αποστάσεις των διατρημάτων, τα μήκη τους, και η γόμωση τους διαφέρουν ανάλογα με το είδος του μαρμάρου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στα λατομεία Διονύσου το μέσο μήκος των διατρημάτων είναι 6 μέτρα και οι αποστάσεις μεταξύ τους κυμαίνονται από 25 μέχρι 45 cm, με μέσο όρο τα 35 cm. Στα διατρήματα εναλλάσσονται τμήματα πυρίτιδας και τμήματα αδρανούς υλικού μήκους περίπου 30 cm το κάθε ένα.

Υπολογίζεται ότι η κατανάλωση πυρίτιδας κατά την εξόρυξη μαρμάρων με τη μέθοδο αυτή είναι περίπου 80 gr ανά κυβικό μέτρο εξορυσσόμενου πετρώματος.

Όταν η γόμωση των διατρημάτων αποτελείται μόνο από εκρηκτική θρυαλλίδα (ΕΘ), τοποθετείται σε κάθε διάτρημα ένα κλώνος ΕΘ (ή καμιά φορά και διπλός κλώνος). Τα τμήματα της ΕΘ που βγαίνουν από τα διατρήματα συνδέονται μεταξύ τους με γραμμή πυροδοτήσεως, επίσης από ΕΘ, και η έναυση τους γίνεται με κοινό καψύλιο Νο 8 και θρυαλλίδα ασφαλείας. Η σχέση μεταξύ της διαμέτρου της εκρηκτικής ύλης (δηλαδή της διαμέτρου της ΕΘ) και της διαμέτρου του διατρήματος, η οποία ονομάζεται σχέση διαμέτρων, ή σχέση ζεύξεως (coupling ratio), είναι περίπου 0,09:1 ή 9%. Μεταξύ της εκρηκτικής ύλης και των τοιχωμάτων του διατρήματος δεν παρεμβάλλεται συνήθως τίποτα (παρά μόνο ο αέρας). Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως μπορεί να παρεμβάλλεται νερό ή άμμος. Επίσης δεν χρησιμοποιείται συνήθως καμμία επιγόμωση (εκτός αν η γόμωση αποτελείται από συνδυασμό πυρίτιδας και ΕΘ).

Ανάλογα με το είδος του μαρμάρου και τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε λατομείο, εφαρμόζονται και διάφορες παραλλαγές της μεθόδου. Έτσι π.χ. στα λατομεία της "κρυσταλλίνας" της Νάξου ορύσσονται διατρήματα διαμέτρου 33 mm που απέχουν μεταξύ τους κατά 10 cm περίπου. Γομώσεις τοποθετούνται σε κάθε τρίτο ή τέταρτο διάτρημα, ενώ τα ενδιάμεσα διατρήματα παραμένουν κενά.

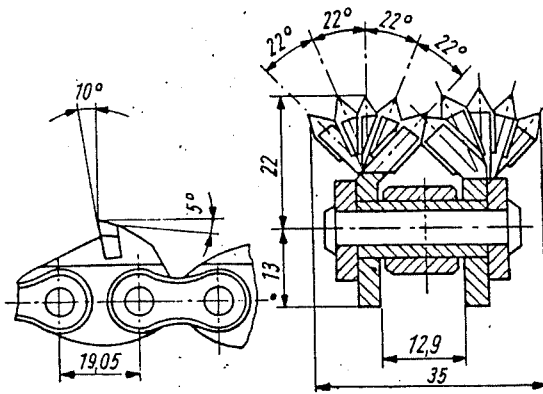
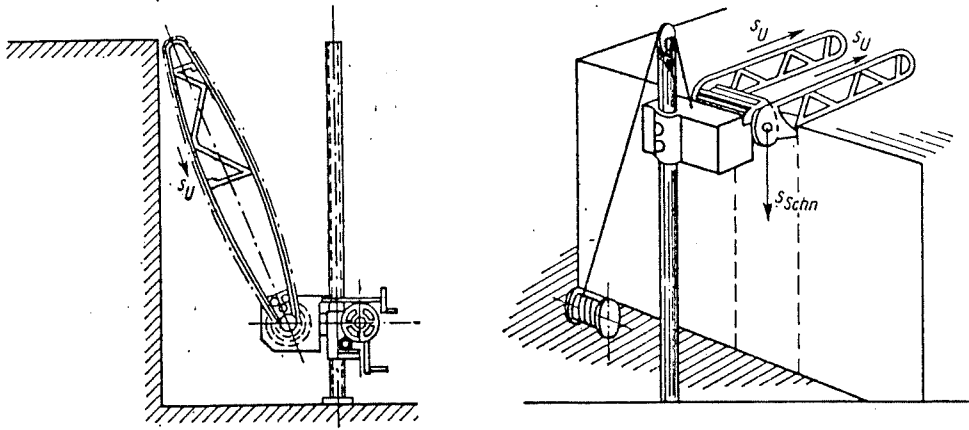
Πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση της εκρηκτικής θρυαλλίδας για την κοπή των μαρμάρων είναι απαγορευμένη, σύμφωνα με τον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών του 1985. Ο ΚΜΛΕ στο άρθρο 6 ορίζει: "... να μην γίνεται χρήση διαρρηκτικών εκρηκτικών υλών για την εξόρυξη όγκων μαρμάρου." Η ισχύς όμως της διατάξεως αυτής έχει, επί του παρόντος τουλάχιστον, ανασταλεί.

Σκοπός της παραπάνω απαγορεύσεως είναι η αποφυγή δημιουργίας ρωγμών στο μάρμαρο από τη δράση της διαρρηκτικής εκρηκτικής ύλης.

Δοκιμές που έγιναν πρόσφατα στο Εργαστήριο Μεθόδων Ερεύνης και Εκμεταλλεύσεως Μεταλλείων του Ε.Μ.Π. έδειξαν ότι σε ανομοιογενή πετρώματα (π.χ. λατυποπαγή) ή και σε χονδροκρυσταλλικά μάρμαρα, η χρήση της ΕΘ προκαλεί ρωγματώσεις που φθάνουν σε απόσταση περίπου 8 - 10 cm από τα διατρήματα, δηλαδή από την επιφάνεια κοπής, προκειμένου για μάρμαρα με καλά μηχανικά χαρακτηριστικά (π.χ. Καρναζέϊκο μάρμαρο). Σε μάρμαρα που έχουν υποδεέστερα μηχανικά χαρακτηριστικά οι ρωγματώσεις μπορεί να φθάσουν και σε μεγαλύτερη απόσταση από τα διατρήματα.

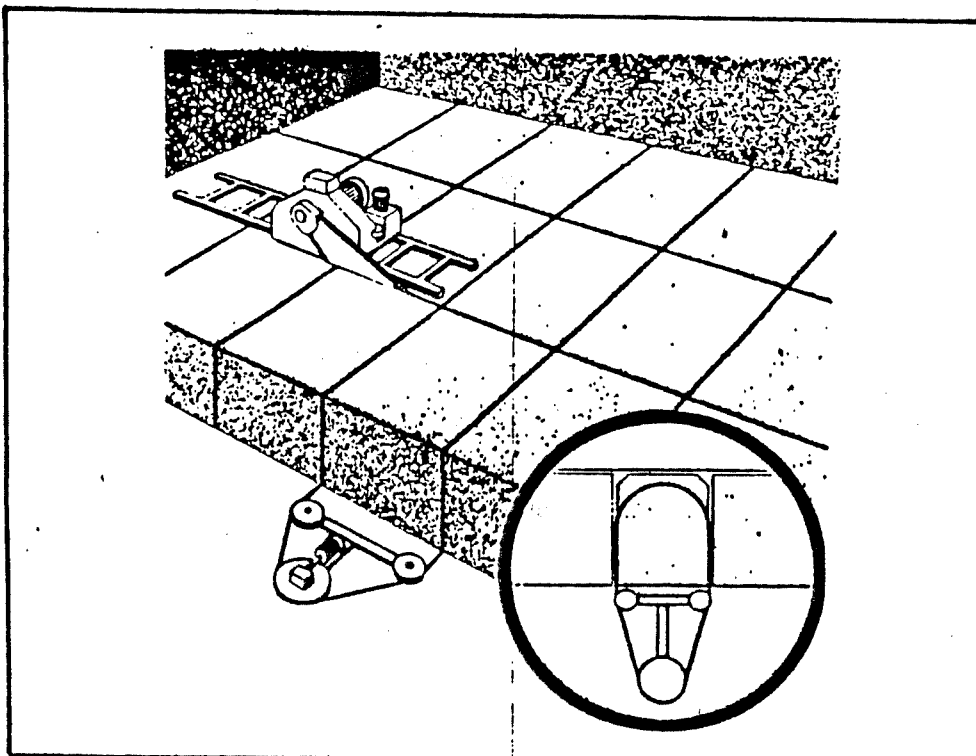
Αυτό σημαίνει ότι, όταν η ΕΘ χρησιμοποιείται για την κοπή μαρμάρων του παραπάνω είδους (και κυρίως των λατυποπαγών ασβεστολίθων), τότε σε κάθε κοπή αχρηστεύεται μιά ζώνη πετρώματος που βρίσκεται εκατέρωθεν του επιπέδου κοπής και έχει συνολικό πάχος 20 cm περίπου, ενδεχομένως δε ακόμα μεγαλύτερο.

Αντίθετα, σε ομοιογενή και λεπτοκρυσταλλικά μάρμαρα, η χρήση



Σχ. 7.14

(α) και (β): αλυσσοπρίονα στηριζόμενα σε κολώνες.
(γ): λεπτομέρεια αλυσσίδας με κοπτικά άκρα.



Σχ. 7.15

Συνδυασμός συρματοκοπής και αλυσσοπριόνου.

της Εθ, εφόσον γίνει προσεκτικά, δεν έχει πρακτικά δυσμενείς επιδράσεις, δεδομένου ότι σε αυτά τα είδη των μαρμάρων οι ρωγματώσεις προχωρούν σε βάθος μόλις μερικών mm από το επίπεδο κοπής.

7.7.3 Συρματοκοπή.

Κατά τη μέθοδο αυτή, η κοπή των ογκομαρμάρων γίνεται με τη φθορά που προκαλείται από τη συνεχή κίνηση ενός σύρματος ή συρματοσχοίνου πάνω στο πέτρωμα.

Η μέθοδος αυτή προϋποθέτει καταρχήν την ύπαρξη ομοιογενούς πετρώματος, χωρίς πολλές ασυνέχειες.

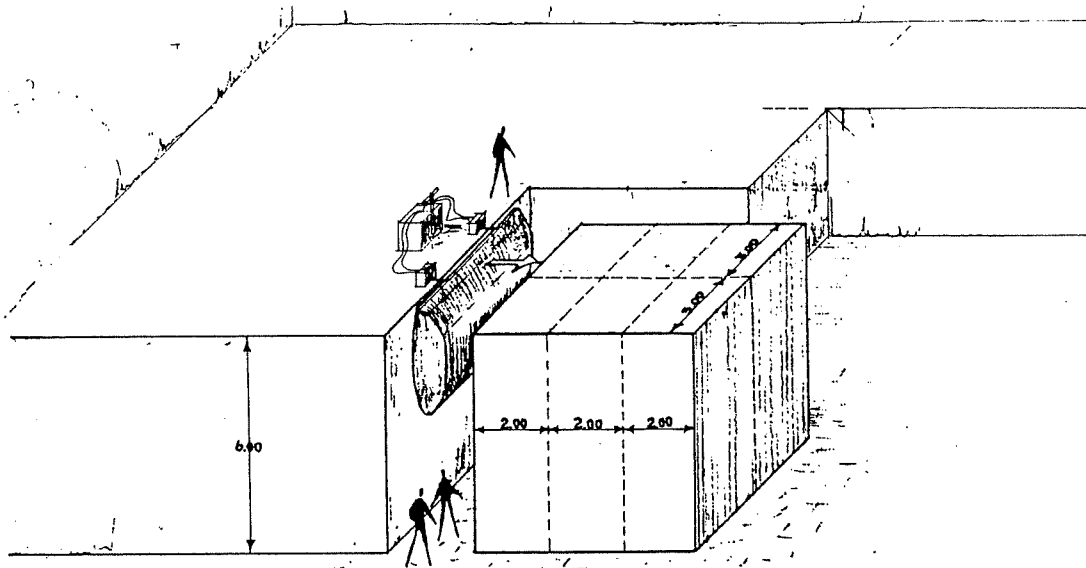
Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η μέθοδος αυτή είναι τα εξής:

- Μεγαλύτερη παραγωγικότητα.
- Μικρότερο κόστος.
- Μείωση των εργασιών ορθογωνισμού στην επόμενη φάση.
- Αύξηση της αποληψιμότητας του κοιτάσματος.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια, λόγω μη χρησιμοποίησης εκρηκτικών.
- Καλύτερες γενικά συνθήκες εργασίας για το προσωπικό.
- Έλεγχος της ποιότητας των εξορυσσόμενων ογκομαρμάρων.
- Καλύτερη εποπτεία του κοιτάσματος.
- Λιγότερη εξάρτηση από ειδικευμένο προσωπικό.

Με τη συρματοκοπή είναι δυνατό να επιτευχθεί η κοπή μεγάλων επιφανειών, και κατά συνέπεια μεγάλων όγκων. Αναφέρεται η περίπτωση κοπής όγκου διαστάσεων 20 X 11,5 X 9,5 μέτρων και βάρους σχεδόν 6000 τόννων. Εννοείται ότι στην περίπτωση που εξορύσσονται όγκοι τόσο μεγάλων διαστάσεων, θα πρέπει κατόπιν να τεμαχισθούν σε ογκομάρα μικρότερων διαστάσεων, κατάλληλων για μεταφορά στο εργοστάσιο προς επεξεργασία.

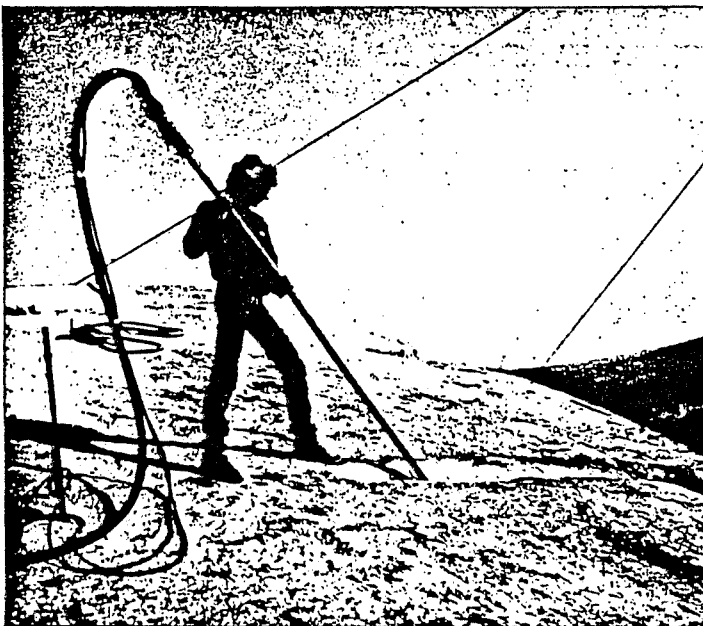
Η μέθοδος εφαρμόζεται από αρκετές ήδη δεκαετίες. Παλαιότερα χρησιμοποιούσαν ελικοειδές σύρμα από κοινό χάλυβα, και η κοπή του πετρώματος επιτυγχάνονταν με τη βοήθεια πυριτικής άμμου που ρίχνονταν μέσα στην εγκοπή. Στη μέθοδο αυτή, από μία κεντρική κινητήρια διάταξη εξυπηρετείται ολόκληρο το λατομείο με ένα σύρμα του οποίου το μήκος φθάνει μερικές εκατοντάδες ή και μερικές χιλιάδες μέτρα (Σχ. 7.6α). Το μεγάλο μήκος του σύρματος χρησιμεύει στην ταυτόχρονη εξυπηρέτηση πολλών σημείων, αλλά και επιτρέπει την ψύξη του σύρματος από τον αέρα κατά τη διαδρομή του. Στην Ελλάδα υπάρχουν σήμερα ακόμα εγκαταστάσεις με την "κλασσική" αυτή συρματοκοπή σε ορισμένα λατομεία στα οποία εξορύσσονται σχετικά σκληρά πετρώματα (όπως π.χ. στο πράσινο μάρμαρο της Τήνου, το κόκκινο μάρμαρο Ερέτριας, κλπ). Γενικά όμως η μέθοδος αυτή τείνει να εγκαταληφθεί σχεδόν τελείως, και αντί για αυτήν χρησιμοποιούνται σήμερα συστήματα ταχείας συρματοκοπής ή συστήματα με το λεγόμενο "σύρμα διαμαντέ".

Το "σύρμα διαμαντέ" αποτελείται από ένα συρματοσχοίνο διαμέτρου περίπου 5 mm, 7 X 7 κλώνων, στο οποίο είναι περασμένος (υπό τύπο χανδρών) ένας αριθμός κοπτικών σωμάτων, διαμέτρου 10 mm περίπου. Για να τηρούνται σταθερές οι αποστάσεις μεταξύ των κοπτικών σωμάτων τοποθετούνται ενδιάμεσοι ορειχάλκινοι ή

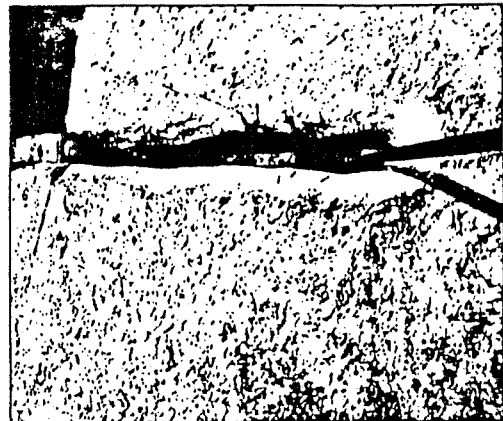


Σχ. 7.16

Χρήση "μπαλλονιού" ή "σάκκου"
για την αποκόλληση όγκου.



Λεπτομέρεια κοπής



Σχ. 7.17

Θερμική κοπή σε γρανίτη

πλαστικοί δακτύλιοι και ελατήρια (βλέπε σχ. 7.6). Ανά μέτρο σύρματος είναι τοποθετημένα 30 - 50 κοπτικά σώματα.

Τα κοπτικά σώματα (ή πέρλες) αποτελούνται από ένα χαλύβδινο πυρήνα, πάνω στον οποίο έχει εναποτεθεί σκόνη διαμαντιών μέσα σε μάζα από μαλακό μέταλλο. Η εναπόθεση της σκόνης γίνεται είτε με ηλεκτρολυτική μέθοδο ή με τη μέθοδο της συμπήξεως (concretion). Το σύρμα διαμαντέ έρχεται στο εμπόριο σε τυποποιημένα μήκη των 10 ή των 20 μέτρων, τα οποία με τη βοήθεια ειδικών κοχλιώσεων μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους σε μεγαλύτερα τμήματα.

Για να αρχίσει η κοπή, το σύρμα περνιέται από δύο κάθετα μεταξύ τους διατρήματα (π.χ. ένα κατακόρυφο και ένα οριζόντιο ή δύο οριζόντια υπό γωνία 90 μοιρών) και τὰ ελεύθερα άκρα του σύρματος συνδέονται μεταξύ τους με τις κοχλιώσεις που αναφέρθηκαν, ούτως ώστε να αποτελέσουν μια κλειστή, ατέρμονα στεφάνη (βλέπε σχήματα 7.8 και 7.9). Τα διατρήματα αυτά έχουν διάμετρο από 40 mm μέχρι και 240 mm , ανάλογα με τη δυσκολία που παρουσιάζει το "πέρασμα" του συρματοσχοίνου αλλά και ανάλογα με το διατρητικό μηχάνημα που υπάρχει διαθέσιμο.

Στη συνέχεια, με τη βοήθεια κινητήριου μηχανισμού που περιστρέφει μια ειδική τροχαλία, η οποία παρασύρει το συρματοσχοίνο, επιτυγχάνεται η συνεχής κίνηση του τελευταίου μέσα στη σχισμή που έχει δημιουργηθεί στο μάρμαρο. Ο κινητήριος μηχανισμός είναι τοποθετημένος σε ειδικές σιδηροτροχιές με ένα οδοντωτό κανόνα μεταξύ τους. Με τη βοήθεια ενός οδοντωτού τροχού επιτυγχάνεται η τάνυση του συρματοσχοίνου, το οποίο έτσι βρίσκεται σε συνεχή επαφή υπό πίεση με το πέτρωμα. Η επιφάνεια κοπής ψύχεται συνεχώς με νερό.

Όταν γίνονται τομές σε τρεις, κάθετες μεταξύ τους επιφάνειες, ενδείκνυται να προηγείται η οριζόντια τομή, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος εγκλωβισμού του σύρματος.

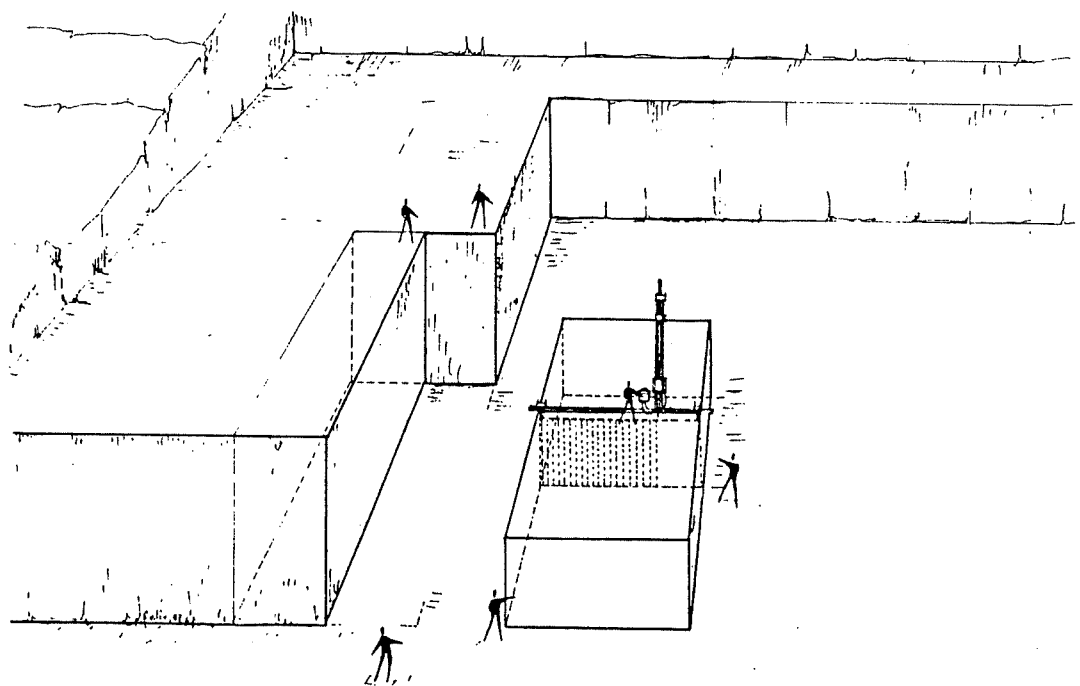
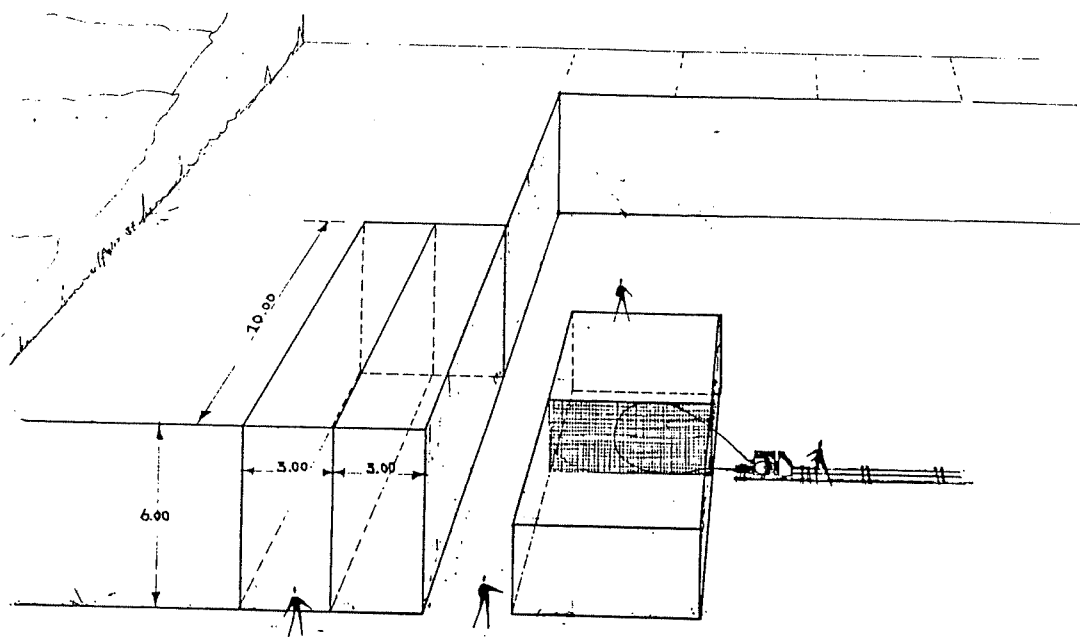
Για τη δημιουργία της αρχικής εντομής υπάρχουν επίσης και άλλες δυνατότητες, πέρα από την όρυξη των δύο διατρημάτων που αναφέρθηκε. Έτσι π.χ. μπορεί να συνδυασθεί η συρματοκοπή με τη χρήση αλυσσοπριόνου ή με τη χρήση "γαζώματος" για την κοπή της μιάς ή και των δύο άλλων πλευρών του εξορυσσόμενου όγκου (βλέπε σχήματα 7.10 και 7.15).

Επίσης είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ειδικές αδαμαντοφόρες τροχαλίες-οδηγοί, από τις οποίες περνάει το σύρμα, και οι οποίες προχωρούν με οδηγούς δύο κατακόρυφα διατρήματα διαμέτρου 140 mm. Με τον τρόπο αυτόν είναι δυνατό να κοπεί η κατακόρυφη επίπεδη επιφάνεια που ορίζεται από τα δύο αρχικά διατρήματα-οδηγούς (Σχ. 7.11).

Για την περιστροφή της τροχαλίας χρησιμοποιείται ηλεκτρικός ή υδραυλικός κινητήρας, ή και κινητήρας Diesel, ισχύος συνήθως από 40 μέχρι 60 HP. Η διάμετρος της τροχαλίας μπορεί να είναι από 0,80 μέχρι 1,5 μέτρο περίπου.

Η γραμμική ταχύτητα με την οποία κινείται το σύρμα, είναι 20 - 40 m/sec. Κατά μία άποψη, πρέπει η ταχύτητα με την οποία κινείται το σύρμα, να μην είναι μικρότερη από 37 m/sec επειδή τότε η ωριαία απόδοση ελαττώνεται πολύ. Παράλληλα όμως η ταχύτητα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 42 m/sec, επειδή πέρα από την ταχύτητα αυτή η ωριαία απόδοση αυξάνεται ελάχιστα, ενώ όμως αυξάνονται σημαντικά οι πιθανότητες να κοπεί το σύρμα.

Η απόδοση της συρματοκοπής με σύρμα διαμαντέ είναι σχεδόν δεκαπλάσια από την αντίστοιχη απόδοση της κοινής συρματοκοπής,



Σχ. 7.18

Τεμαχισμός μεγάλων όγκων
(α) με συρματοκοπή (β) με "γάζωμα".

και φθάνει τα $2,5 - 12 \text{ m}^2/\text{h}$, ανάλογα με την αντοχή σε θλίψη και τη σκληρότητα του μαρμάρου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το βάρος ενός κινητήριου μηχανισμού συρματοκοπής είναι της τάξεως του 1 τόννου.

Η μέθοδος της συρματοκοπής εφαρμόζεται, όπως αναφέρθηκε, κυρίως σε κοιτάσματα που έχουν υποστεί μικρής εκτάσεως τεκτονισμό, και ως εκ τούτου έχουν και μεγάλο συντελεστή απολήψεως.

7.7.4 Κοπή με αλυσσοπρίονο.

Μία άλλη μέθοδος για την κοπή ορθογωνισμένων ογκομαρμάρων είναι η χρησιμοποίηση αλυσσοπριόνων.

Τα αλυσσοπρίονα που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό, κινούνται πάνω σε οδοντωτές σιδηροτροχιές, ή μπορεί να είναι στερεωμένα πάνω σε χαλύβδινες κολώνες (βλέπε Σχ. 7.14). Ο δεύτερος αυτός τρόπος χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε υπόγειες εκμεταλλεύσεις, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε υπαίθριες.

Το ίδιο μηχάνημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία τομών σε οριζόντιο ή σε κατακόρυφο επίπεδο, με μια ανατροπή του κοπτικού βραχίονα (βλέπε Σχ. 7.13).

Η αλυσσίδα κοπής φέρει κοπτικά άκρα από κεραμευτικό χάλυβα σε αποστάσεις περίπου 10 cm μεταξύ τους.

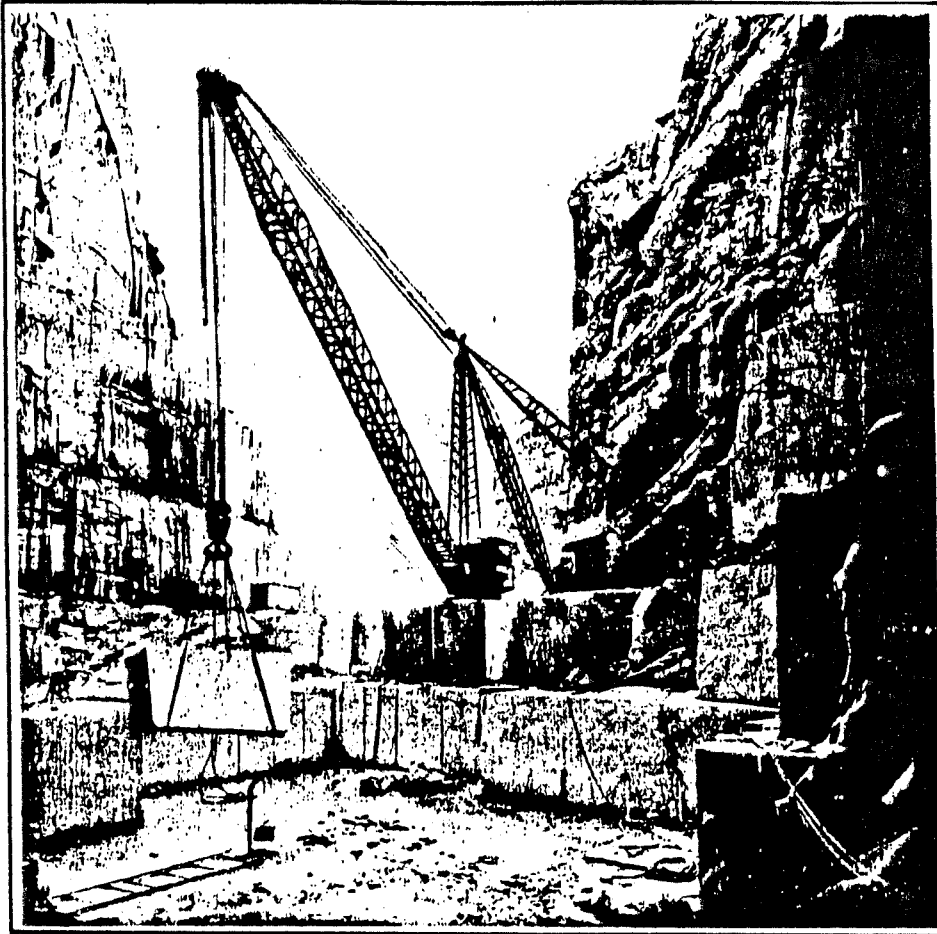
Το μήκος του βραχίονα, και κατά συνέπεια το μέγιστο βάθος της εντομής που δημιουργείται, μπορεί να κυμαίνεται από 1 μέχρι και 4 μέτρα, ανάλογα με το μηχάνημα που χρησιμοποιείται. Η αλυσσίδα κινείται με γραμμική ταχύτητα μέχρι 3 m/sec. Το βάρος του μηχανήματος είναι της τάξεως των 4 - 5 τόννων, ενώ η κίνηση της αλυσσίδας, καθώς και κίνηση του μηχανήματος πάνω στις σιδηροτροχιές, γίνεται με τη βοήθεια υδραυλικών κινητήρων.

Η στιγμιαία απόδοση των αλυσσοπριόνων εξαρτάται από την αντοχή σε θλίψη και τη σκληρότητα του πετρώματος, και μπορεί να φθάσει τα $10 \text{ m}^2/\text{h}$, ή και περισσότερο.

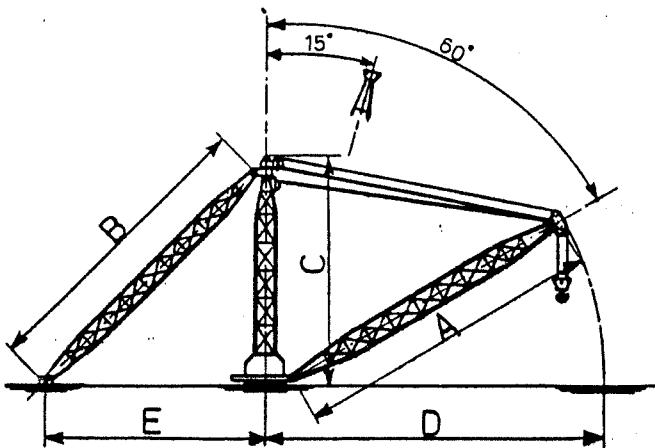
7.7.5 Κοπή με χρήση νερού υπό πίεση ή με χρήση θερμικής ενέργειας.

Τα κοπτικά αυτά μέσα χρησιμοποιούνται κυρίως για την κοπή ορθογωνισμένων όγκων διακοσμητικών πετρωμάτων μεγάλης σκληρότητας, όπως π.χ. γρανιτών, ψαμμιτών, κλπ. Ως κοπτικό μέσο χρησιμοποιείται είτε νερό υπό μεγάλη πίεση (υδραυλική κοπή), είτε φλόγα υψηλής θερμοκρασίας (θερμική κοπή).

Στην περίπτωση της υδραυλικής κοπής, το νερό φθάνει σε ένα ακροφύσιο (που αποτελεί το κοπτικό άκρο του μηχανήματος) υπό μεγάλη πίεση, η οποία φθάνει τα 1300 - 1400 Bar, και εκτοξεύεται



(α)



(β)

ΑΝΥΨΩΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ 15 - 30 Τόννοι					
A	60° D	15°	C	B	E
m	m	m	m	m	m
12	12	4	8	11	8
14	13	4	10	14	10
16	15	5	12	17	12
20	18	6	14	20	14
26	23	7	16	23	16
30	27	9	18	26	18
40	36	11	20	29	20

Σχ. 7.19

- (α) Σταθερός γερανός (derrick) σε λατομείο μαρμάρων.
 (β) Τεχνικά χαρακτηριστικά σταθερών γερανών.

πάνω στην επιφάνεια του πετρώματος, προκαλώντας την αποσύνθεση του στο σημείο προσκρούσεως. Το ακροφύσιο μετακινείται κάθετα προς τη διεύθυνση προσκρούσεως του νερού, δημιουργώντας μια εγκοπή πλάτους 4 cm περίπου και βάθους της τάξεως του ενός cm. Με επανειλημμένες παλινδρομικές διαδρομές του ακροφυσίου επιτυγχάνεται η προώθηση της εγκοπής σε βάθος, το οποίο μπορεί τελικά να φθάσει τα 5 περίπου μέτρα. Το μήκος της εγκοπής μπορεί να φθάσει αρκετά μέτρα.

Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να επιτευχθεί μέση απόδοση κοπής $2 \text{ m}^2/\text{h}$ σε γρανίτη.

Στην περίπτωση της θερμικής κοπής (βλέπε Σχ. 7.17), χρησιμοποιείται φλόγα υψηλής θερμοκρασίας (2300 C περίπου), όπως γίνεται και κατά την όρυξη διατηρημάτων με τη μέθοδο jet piercing. Η φλόγα δημιουργείται με την καύση μίγματος πετρελαίου και αέρος, ενώ προσάγεται και νερό για ψύξη του πετρώματος.

7.8 Η αποκόλληση και μετακίνηση των εξορυχθέντων όγκων.

Μετά τη δημιουργία των τομών, με ένα από τους τρόπους που περιγράφηκαν, πρέπει ο όγκος να αποκολληθεί από τη θέση του στην οποία συγκρατείται ακόμα, κυρίως από το ίδιο του το βάρος.

Για το σκοπό αυτόν χρησιμοποιείται είτε φορτωτής, ο οποίος ωθεί τον όγκο με το άκρο του κάδου του ή τον σύρει με ένα συρματόσχοινο, είτε χρησιμοποιούνται ειδικοί γρύλλοι (βλέπε Σχ. 7.5a), ή ειδικά "μπαλλόνια" που διαστέλλονται με πεπιεσμένο αέρα (Σχ. 7.16). Όταν ο όγκος έχει μεγάλο ύψος σε σχέση με τις άλλες του διαστάσεις και κατά την αποκόλληση του μπορεί να ανατραπεί, τότε τοποθετείται στο σημείο πτώσεως του ένα στρώμα χύματος (μπάζων) για να αποφευχθεί ο κατατεμαχισμός του όγκου κατά την πτώση του.

Μετά την αποκόλληση του ο όγκος μετακινείται στην πλατεία του λατομείου, εκτός αν είναι πολύ μεγάλων διαστάσεων και δεν είναι δυνατή η μετακίνηση του με τα υπάρχοντα μέσα, οπότε προηγουμένως τεμαχίζεται επί τόπου σε μικρότερους όγκους. Για τον τεμαχισμό χρησιμοποιούνται τα μέσα που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα (γάζωμα, συρματοκοπή, κλπ - βλέπε Σχ. 7.18).

Για τη μετακίνηση των όγκων από τη θέση εξορύξεως στην πλατεία, χρησιμοποιούνταν παλαιότερα ειδικά βαρούλκα με τα οποία σύρονταν οι όγκοι με τη βοήθεια συρματοσχοίνου και συστήματος τροχαλιών. Σήμερα, αντί των βαρούλκων χρησιμοποιούνται φορτωτές (συνήθως ερπυστριοφόροι) ή υδραυλικοί εκσκαφείς (τσάπες) εφοδιασμένοι με ένα ειδικό "νύχι" στο άκρο του βραχίονα (μπούμας) τους. Επίσης χρησιμοποιούνται ειδικοί περιστρεφόμενοι σταθεροί γερανοί (derricks), οι οποίοι έχουν μεγάλη ανυψωτική ικανότητα (μέχρι 50 τόννων - βλέπε Σχ. 7.19).

Στην πλατεία του λατομείου ολοκληρώνεται ο ορθογωνισμός των όγκων εκείνων που κατά την εξόρυξη τους δεν είχαν ήδη ορθογωνισθεί από όλες τις πλευρές, η πραγματοποιείται ο τεμαχισμός τους σε μικρότερους όγκους, ώστε να είναι δυνατή η φόρτωση τους σε φορτηγά αυτοκίνητα για τη μεταφορά τους σε σχιστήρια. Επίσης είναι δυνατό να απαιτείται η αφαίρεση τμημάτων

των όγκων που ενδεχομένως παρουσιάζουν φυσικά ελαττώματα, κυρίως στο κεφάλι (κούσκουρας).

Για τον ορθογωνισμό στην πλατεία χρησιμοποιούνται τα γνωστά μέσα : "γάζωμα" με αερόσφυρες, συρματοκοπή πλατείας, κλπ.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο ορθογωνισμός δεν ολοκληρώνεται στην πλατεία του λατομείου, αλλά οι όγκοί φορτώνονται στα φορτηγά αυτοκίνητα στην κατάσταση που βρίσκονται, αρκεί να έχουν τουλάχιστον μία επίπεδη πλευρά ώστε να εδράζονται καλά στην πλατφόρμα του φορτηγού. Η εργασία του ορθογωνισμού ολοκληρώνεται τότε πλέον στο εργοστάσιο, όπου υπάρχουν καταλληλότερα μέσα για την ανύψωση και διακίνηση (γερανογέφυρες κλπ), καθώς και για τον ορθογωνισμό των όγκων (μονόλαμα, μονόσυρμα, δίσκοι, κλπ).

Η φόρτωση των όγκων στα φορτηγά αυτοκίνητα γίνεται με διάφορα μέσα: απευθείας με φορτωτή, αν πρόκειται για σχετικά μικρούς όγκους, ή με φορτωτή μέσω "ράμπας", αν πρόκειται για μεγαλύτερους όγκους, ή ακόμα με γερανό (derrick), αν διαθέτει τέτοιο το λατομείο.

Τα φορτηγά αυτοκίνητα με τα οποία γίνεται η μεταφορά των όγκων, είναι ειδικά διασκευασμένα με επίπεδη κλίση (πλατφόρμα).

7.9 Η φόρτωση, μεταφορά και απόθεση του άχρηστου πετρώματος.

Κατά την αποκάλυψη των μαρμαροφόρων στρωμάτων, αλλά και παράλληλα με την εξόρυξη των ογκομαρμάρων, παράγονται ποσότητες άχρηστου πετρώματος (λατύπης, χωμάτων κλπ) οι οποίες, εφόσον δεν χρησιμοποιηθούν για παραγωγή υποπροϊόντων, πρέπει να φορτωθούν, να μεταφερθούν, και να αποτεθούν σε κατάλληλους χώρους μακριά από το χώρο όπου γίνεται, ή προβλέπεται μελλοντικά να γίνει, εξόρυξη των μαρμάρων ή ακόμα και υπερκειμένων αγόνων.

Σε λατομεία στα οποία η σχέση αποκαλύψεως είναι μεγάλη και γενικά το ποσοστό απολήψεως είναι μικρό, η εργασία της φορτώσεως, μεταφοράς, και αποθέσεως του άχρηστου υλικού μπορεί να αποτελεί σημαντικό πρόβλημα της εκμεταλλεύσεως, το οποίο απαιτεί σωστή οργάνωση και απασχολεί σημαντικό μέρος του προσωπικού και του μηχανικού εξοπλισμού του λατομείου. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις, σε μικρά κυρίως λατομεία, που η απρόσκοπτη παραγωγή των ογκομαρμάρων παρεμποδίζεται από την μη έγκαιρη αποκάλυψη και αποκομιδή του αγόνου υλικού, ή ακόμα χειρότερα, το άγονο υλικό έχει αποτεθεί στο χώρο που πρέπει να γίνει εξόρυξη.

Για τη φόρτωση του αγόνου υλικού, το οποίο προηγουμένως μπορεί να έχει παραμερισθεί και συσσωρευθεί με τη βοήθεια ενός προωθητήρα, χρησιμοποιούνται ερπυστριοφόροι ή λαστιχοφόροι φορτωτές, ή και υδραυλικού εκσκαφείς. Για τη μεταφορά χρησιμοποιούνται χωματουργικά αυτοκίνητα .

7.10 Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος.

Μετά την ολοκλήρωση της εκμεταλλεύσεως ενός λατομείου μαρμάρων πρέπει να γίνει αποκατάσταση του περιβάλλοντος.

Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος στα λατομεία μαρμάρων, τα οποία είναι συνήθως ανοικτές εκμεταλλεύσεις - δηλαδή βρίσκονται στην πλαγιά ενός βουνού ή ενός λόφου, συνίσταται στην κάλυψη των βαθμίδων με ένα στρώμα φυτικής γης, στην οποία στη συνέχεια φυτεύονται θάμνοι και δένδρα. Για το λόγο αυτόν είναι σκόπιμο να γίνεται χωριστή απόθεση της φυτικής γης που απομακρύνεται κατά την αποκάλυψη, ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν έρθει ο καιρός για την κάλυψη των βαθμίδων.

Η εργασία της αποκαταστάσεως (κάλυψη των βαθμίδων με φυτική γή, κλπ) μπορεί να αρχίσει από τις υψηλότερες βαθμίδες, μόλις αυτές φθάσουν στο προβλεπόμενο τελικό όριο της εκσκαφής.

8. Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΟΓΚΟΜΑΡΜΑΡΩΝ

8.1 Εισαγωγή.

Μετά την εξόρυξη των ογκομαρμάρων ή των ξωφαριών στο λατομείο, ακολουθεί η επεξεργασία τους για την παραγωγή των διαφόρων προϊόντων του μαρμάρου.

Η επεξεργασία των ογκομαρμάρων κλπ μπορεί να θεωρηθεί ότι γίνεται σε τρεις κύριες φάσεις :

- Τον ορθογωνισμό των τυχόν ακανόνιστων ή ελαττωματικών όγκων για την παραγωγή κανονικά ορθογωνισμένων όγκων με μία ή και περισσότερες λείες επιφάνειες.

- Το σχίσιμο ή τον κατά οποιονδήποτε τρόπο τεμαχισμό των ογκομαρμάρων ή των ξωφαριών για την παραγωγή κάποιων ενδιάμεσων προϊόντων, όπως είναι οι πλάκες, τα μαστούνια, κλπ, τα οποία είναι κατάλληλα προς περαιτέρω επεξεργασία για να παραχθούν τα τελικά προϊόντα.

- Την περαιτέρω επεξεργασία των ενδιάμεσων προϊόντων για παραγωγή των τελικών προϊόντων.

Η πρώτη από τις παραπάνω φάσεις μπορεί να γίνει εν μέρει ή και εξ ολοκλήρου στο λατομείο, αλλιώς γίνεται ή συμπληρώνεται στο εργοστάσιο επεξεργασίας.

Η δεύτερη από τις παραπάνω φάσεις πραγματοποιείται στο εργοστάσιο επεξεργασίας.

Η τρίτη φάση μπορεί να πραγματοποιηθεί στο εργοστάσιο επεξεργασίας σαν συνέχεια της δεύτερης ή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μικρότερα εργαστήρια (ή μαρμαρογλυφεία), τα οποία αγοράζουν ενδιάμεσα προϊόντα από τα εργοστάσια και τα επεξεργάζονται για παραγωγή τελικών προϊόντων.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι, σύμφωνα με την έρευνα που πραγματοποίησε το Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. κατά το 1984 για λογαριασμό του Ε.Ο.Μ.Μ.Ε.Χ., εκτιμήθηκε ότι υπήρχαν τότε στη χώρα μας 320 περίπου εργοστάσια και 2400 περίπου εργαστήρια επεξεργασίας μαρμάρου.

Ως κριτήριο για την κατάταξη μίας μονάδας επεξεργασίας μαρμάρων στην κατηγορία των εργοστασίων θεωρήθηκε η δυνατότητα επεξεργασίας των ογκομαρμάρων ή ξωφαριών που προέρχονται από τα λατομεία. Τα εργοστάσια δηλαδή διαθέτουν σχιστήρια (τελάρια) ή μηχανήματα με κατακόρυφους και οριζόντιο δίσκο κοπής, με τα οποία σχίζονται οι όγκοι των μαρμάρων, ενώ τα εργαστήρια ή μαρμαρογλυφεία δεν διαθέτουν τέτοια μηχανήματα.

Οι δύο παραπάνω κατηγορίες μονάδων επεξεργασίας του μαρμάρου διαφέρουν και ως προς το μέσο αριθμό των απασχολούμενων σε αυτές καθώς και ως προς τη συνολική ιπποδύναμη των μηχανημάτων που διαθέτουν.

Έτσι στην πρώτη κατηγορία των μονάδων απασχολούνται κατά εργοστάσιο από τρία μέχρι τριακόσια άτομα (και κατά μέσο όρο 11

άτομα) ενώ στη δεύτερη κατηγορία μονάδων απασχολούνται συνήθως (δηλαδή στο 90% περίπου των περιπτώσεων) από 1 μέχρι 4 άτομα , ενώ μπορεί σε ελάχιστες περιπτώσεις ο αριθμός των απασχολουμένων να φθάσει τους 10 - 15.

Ανάλογη είναι και η διαφορά αναφορικά με την εγκατεστημένη ισχύ. Έτσι οι μονάδες της πρώτης κατηγορίας έχουν συνήθως εγκατεστημένη ισχύ μεγαλύτερη των 50 HP ενώ μερικές μονάδες έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ άνω των 1000 HP. Αντίθετα οι μονάδες της δεύτερης κατηγορίας έχουν συνήθως συνολική εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη των 50 HP.

Πρέπει επίσης εδώ να αναφερθεί ότι οι μεγάλες επιχειρήσεις πρωτογενούς παραγωγής (εξορύξεως) μαρμάρων έχουν κατά κανόνα και δικά τους εργοστάσια επεξεργασίας. Συγκεκριμένα το 30% περίπου των εργοστασίων παραγωγής (όπου συμπεριλαμβάνονται οι μεγαλύτερες από τις μονάδες αυτές) είναι τμήματα καθετοποιημένων επιχειρήσεων.

8.2 Τα προϊόντα της επεξεργασίας του μαρμάρου.

Τα κυριότερα προϊόντα της επεξεργασίας του μαρμάρου είναι τα ακόλουθα :

- Πλάκες ακατέργαστες μαρμάρου σε διάφορα πάχη (συνήθως 2 cm και 3 cm) , που προέρχονται από το σχίσιμο των ογκομαρμάρων στα σχιστήρια (τελάρια). Αυτά είναι στην πραγματικότητα ενδιάμεσα προϊόντα, αναφέρονται όμως εδώ επειδή αποτελούν αντικείμενο εμπορίας (πωλούνται από τα εργοστάσια στα μικρότερα εργαστήρια) ενώ επίσης υπό τη μορφή αυτή εξάγονται αρκετές ποσότητες στο εξωτερικό.
- Πλάκες ορισμένων διαστάσεων (κατόπιν παραγγελίας) για επενδύσεις τοίχων και δαπέδων, ποδιές για πόρτες και παράθυρα, επενδύσεις μνημείων, κλπ.
- Σκαλοπάτια, πάχους 3 cm και διαφόρων διαστάσεων.
- Πλάκες (καδρέττα) τυποποιημένων διαστάσεων (30 X 30 cm, 40 X 40 cm, 30 X 60 cm, κ.ο.κ.), πάχους 2 cm.
- Πλακίδια επενδύσεως τοίχων, πάχους 8 - 11 mm.
- Μαρμάρινα αντικείμενα διαφόρων ειδικών χρήσεων (νεροχύτες, τζάκια, ταφικά μνημεία, κλπ).

Άλλα από τα προϊόντα αυτά διατίθενται στο εμπόριο μετά από λείανση και στίλβωση και άλλα χωρίς την επεξεργασία αυτή.

8.3 Η πρώτη φάση της επεξεργασίας : ο ορθογωνισμός των όγκων.

Επειδή οι εξορυσσόμενοι όγκοι, που προορίζονται για σχίσιμο σε τελάρια, δεν είναι συνήθως ορθογωνισμένοι από όλες τις πλευρές ή έχουν εξωτερικά ελαττώματα, τα οποία πρέπει να αφαιρεθούν, υφίστανται μια πρώτη επεξεργασία, η οποία συνίσταται στον ορθογωνισμό τους ή στην αφαίρεση τυχόν ελαττωματικών τμημάτων.

Η εργασία αυτή είναι δυνατό να εκτελεσθεί στο λατομείο (εφόσον υπάρχουν εκεί τα κατάλληλα μηχανήματα) ή στο εργοστάσιο επεξεργασίας.

Ο ορθογωνισμός μπορεί να γίνει με διάφορα μέσα. Τα μέσα αυτά είναι :

- "Γάζωμα" με αερόσφυρες ή υδραυλικές σφύρες. Ο τρόπος αυτός ορθογωνισμού είναι ο απλούστερος και εκτελείται κατά κανόνα στο λατομείο.

- Χρήση συρματοκοπής. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται τα υπάρχοντα μηχανήματα συρματοκοπής διαμαντέ ή και οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις συρματοκοπής με ελικοειδές σύρμα, που χρησιμοποιούνται και για την εξόρυξη των όγκων (βλέπε και Σχ. 7.18).

- Χρήση μονόλαμου. Το μονόλαμο είναι ένα μηχανήμα με μία λάμα, η οποία φέρει αδαμαντοφόρα κοπτικά άκρα και κινείται παλινδρομικά (σαν πριόνι). Η λάμα στηρίζεται σε ένα χαλύβδινο πλαίσιο. Η ονομασία μονόλαμο χρησιμοποιείται για να αντιδιαστείλει το μηχανήμα αυτό από τα σχιστήρια (τελάρα) τα οποία είναι εφοδιασμένα με πολλαπλές λάμες.

- Χρήση μονόσυρμου. Το μονόσυρμο είναι ένα μηχανήμα κατά βάση παρόμοιο με το προηγούμενο, με τη διαφορά ότι για να επιτευχθεί η κοπή δεν χρησιμοποιείται λάμα, αλλά ένα ατέρμονο σύρμα διαμαντέ, που λειτούργει με τον ίδιο τρόπο όπως και η συρματοκοπή.

Το μονόσυρμο αποτελεί μία νεώτερη εξέλιξη και πλεονεκτεί έναντι του μονόλαμου τόσο στην ωριαία απόδοση (είναι περίπου διπλάσια) όσο και στην κατανάλωση ενέργειας ανά m^2 επιφάνειας κοπής (είναι περίπου το 1/2), είναι όμως δαπανηρότερο στο κόστος των κοπτικών (περίπου τριπλάσιο).

- Χρήση "κόφτη" με μεγάλο δίσκο, ο οποίος φέρει στην περιφέρεια του αδαμαντοφόρα κοπτικά άκρα. Η διάμετρος των δίσκων αυτών φθάνει τα 2,5 μέτρα ή ακόμα και τα 3,5 μέτρα. Το μέγιστο ύψος κοπής με δίσκο των 3,5 μέτρων φθάνει το 1,40 m.

Κατά την κοπή με μονόλαμο, μονόσυρμο ή με κόφτη γίνεται πάντα συνεχής ψύξη της κοπόμενης επιφάνειας με καταλωνισμό νερού.

Τα δύο πρώτα συστήματα κοπής χρησιμοποιούνται όταν ο ορθογωνισμός των όγκων εκτελείται στο λατομείο. Τα άλλα τρία συστήματα κοπής χρησιμοποιούνται κατά κανόνα όταν ο ορθογωνισμός εκτελείται στο εργοστάσιο, αν και πολλές φορές συναντά κανείς τα μηχανήματα αυτά και στο χώρο του λατομείου.

Όταν ο ορθογωνισμός εκτελείται με μονόλαμο, μονόσυρμο ή κόφτη, τότε ο προς ορθογωνισμό όγκος τοποθετείται πάνω σε ειδικά βαγόνια.

8.4 Η δεύτερη φάση της επεξεργασίας : το σχίσιμο των όγκων.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι για την κοπή των μαρμάρων και των άλλων διακοσμητικών λίθων χρησιμοποιούνται καταρχήν τρεις μέθοδοι :

(α) Κοπή με λάμες (σε μονόλαμο ή σε τελάρο). Στη μέθοδο αυτή θα αναφερθούμε εκτενέστερα στο κεφάλαιο που αφορά το σχίσιμο σε τελάρα.

(β) Κοπή με περιστρεφόμενο αδαμαντοφόρο δίσκο. Οι αδαμαντοφόροι δίσκοι (ή "κόφτες") μπορεί να έχουν διάμετρο που κυμαίνεται από 20 cm μέχρι 3,5 μέτρα, ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο

προορίζονται και με το μηχάνημα, στο οποίο είναι τοποθετημένοι. Οι δίσκοι φέρουν στην περιφέρεια τους "δόντια" τα οποία καλύπτονται από μαλακό μεταλλικό κράμα, μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένη σκόνη βιομηχανικών διαμαντιών. Η περιφερειακή ταχύτητα των δίσκων κυμαίνεται από 20m/sec μέχρι 70 m/sec, ανάλογα με το πέτρωμα που κόβουν (στα σκληρά πετρώματα με υψηλή περιεκτικότητα σε χαλαζία, χρησιμοποιούνται ταχύτητες της τάξεως των 20 - 30 m/sec ενώ για ασβεστολίθους και μάρμαρα συνιστώνται ταχύτητες 40 - 50 m.sec. Η ισχύς που απαιτείται για την κίνηση των δίσκων μπορεί να υπολογισθεί από την σχέση :

$$P = T * A + D/2 * B$$

όπου :
P = η ισχύς σε Kw
T = το πάχος της κοπής σε mm
D = η διάμετρος του δίσκου σε cm
A = 3 και B = 0,12 για μηχανήματα με συνήθη απόδοση
A = 8 και B = 0,2 για μηχανήματα υψηλής αποδόσεως (π.χ. μηχανήματα με οριζόντιο/κατακόρυφο δίσκο)

(γ) Κοπή με σύρμα διαμαντέ. Ο τρόπος αυτός της κοπής χρησιμοποιείται κυρίως κατά τον ορθογωνισμό των όγκων (με συρματοκοπές ή μονόσυρμα).

Κατά την κοπή με οποιοδήποτε από τα παραπάνω μέσα πρέπει πάντα να γίνεται ψύξη του κοπτικού μέσου με κατακλιωισμό νερού.

Για την εκτέλεση της δεύτερης φάσεως της επεξεργασίας, από την οποία προκύπτουν τα ενδιάμεσα προϊόντα, εφαρμόζονται δύο τρόποι:

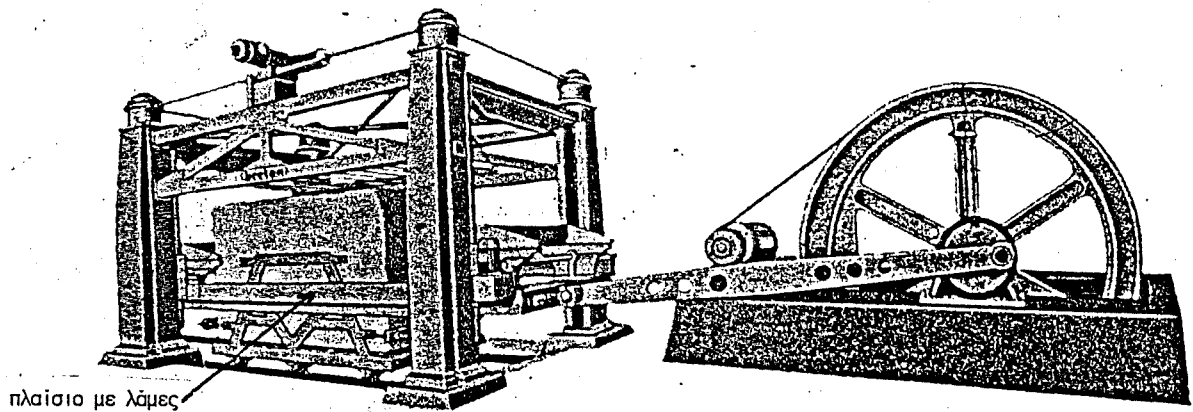
- Το σχίσιμο των ορθογωνισμένων όγκων σε ειδικά σχιστήρια (τελάρια).
- Η κοπή των ορθογωνισμένων όγκων ή και των ξωφარიών σε μηχανήματα που διαθέτουν κατακόρυφους και οριζόντιους δίσκους κοπής (οριζόντιο/κάθετο).

8.4.1 Σχίσιμο σε τελάρια.

Τα τελάρια είναι μηχανήματα που διαθέτουν έναν αριθμό από παράλληλες αδαμαντοφόρες λάμες στις κατάλληλες αποστάσεις ώστε κατά την κοπή να προκύπτουν πλάκες πάχους 2 ή 3 cm. Πρόκειται δηλαδή για ένα είδος πολλαπλού πριονιού, οι λάμες του οποίου κινούνται παλινδρομικά, επιτυγχάνοντας με τον τρόπο αυτόν το σχίσιμο του όγκου σε πλάκες (βλέπε Σχ. 8.1).

Οι λάμες των τελάρων έχουν μήκος της τάξεως των 3 - 4 μέτρων, ανάλογα με το μέγεθος του μηχανήματος, ένα πλάτος της τάξεως των 15 - 18 cm, και πάχος από 2,5 μέχρι 3,5 mm. Οι λάμες φέρουν ένα αριθμό από κοπτικά σώματα, τοποθετημένα σε αποστάσεις της τάξεως των 10 cm. Τα κοπτικά αυτά σώματα καλύπτονται από ένα κράμα μαλακού μετάλλου, μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένη σκόνη βιομηχανικών διαμαντιών. Σε παλαιότερους τύπους τελάρων, οι λάμες δεν φέρουν αδαμαντοφόρα κοπτικά σώματα, αλλά η κοπή γίνεται με τη βοήθεια πυριτικής άμμου. Σε ορισμένα είδη σκληρών μαρμάρων η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται και σήμερα.

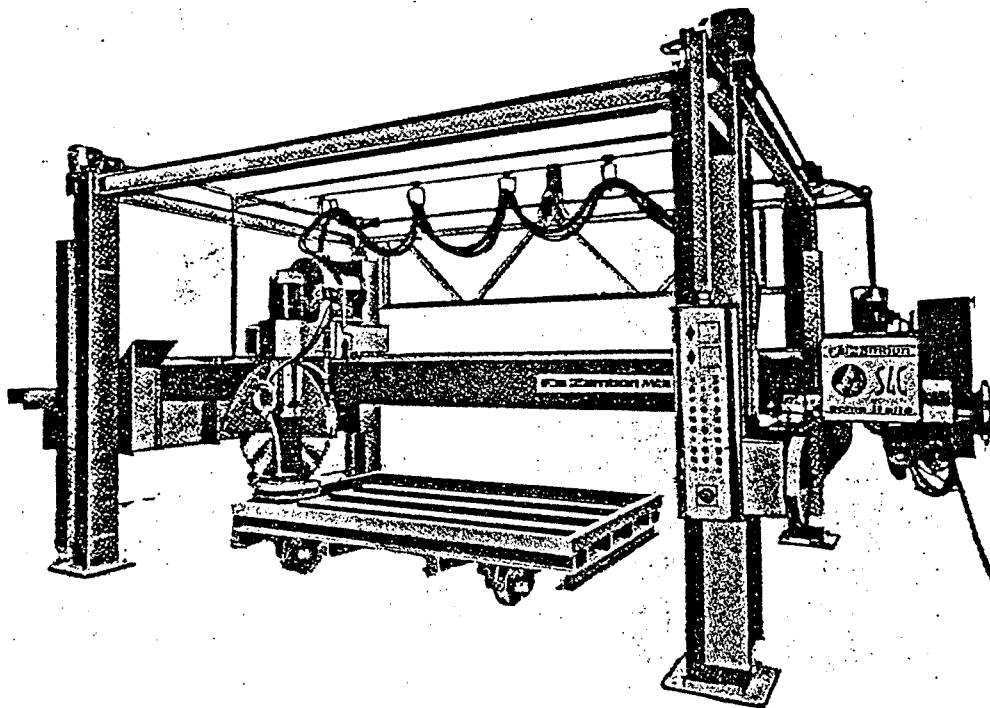
Οι λάμες στηρίζονται από ένα πλαίσιο, με τη βοήθεια του οποίου



πλαίσιο με λάμες

Σχ. 8.1

Τελάρο για το σχίσιμο ογκομαρμάρων.



Σχ. 8.2

Μηχάνημα κοπής όγκων με οριζόντιο και κατακόρυφους δίσκους.

γίνεται και η τάνυση τους. Η τάνυση γίνεται μηχανικά ή και υδραυλικά (στα νεότερα μηχανήματα) και η δύναμη τανύσεως σε οριζόντια τελάρια κυμαίνεται από 9 - 11 τον. για τα μαλακά πετρώματα και από 10 - 13 τον. για τα σκληρά πετρώματα. Στα κατακόρυφα τελάρια η δύναμη τανύσεως είναι μικρότερη (5 - 7 τον.). Το πλαίσιο, μαζί με τις λάμες, κινείται παλινδρομικά, επιτυγχάνοντας έτσι το σχίσιμο του όγκου σε πλάκες. Ο αριθμός των λαμών που φέρει το πλαίσιο, κυμαίνεται από 25 μέχρι 80, ανάλογα με το μέγεθος του μηχανήματος.

Υπάρχουν τρία είδη τελάρων :

- Στο πρώτο είδος ο προς κοπή όγκος είναι τοποθετημένος σε ένα βαγόνι, ενώ το πλαίσιο με τις λάμες είναι σε οριζόντια θέση και πραγματοποιεί μία οριζόντια παλινδρομική κίνηση. Όλο το σύστημα του πλαισίου, με τα στηρίγματα του, κατεβαίνει σιγά-σιγά με τη βοήθεια ειδικού μηχανισμού (με ατέρμονα κοχλία). Η ταχύτητα καθόδου του πλαισίου είναι συνήθως 15 - 20 cm/h και σπανίως μέχρι 40 cm/h.

- Στο δεύτερο είδος το πλαίσιο με τις λάμες είναι πάλι οριζόντιο αλλά παραμένει στο ίδιο ύψος, ενώ το βαγόνι με τον όγκο ανυψώνεται σιγά - σιγά.

- Στο τρίτο είδος το πλαίσιο με τις λάμες είναι σε κατακόρυφη θέση ενώ προωθείται οριζόντια το βαγόνι με τον όγκο.

Το κάθε είδος τελάρου έχει τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματά του, ανάλογα με το είδος της εργασίας που εκτελεί και το είδος του πετρώματος που σχίζει. Ο συνηθέστερος τύπος τελάρου, ο οποίος και χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στη χώρα μας, είναι ο πρώτος.

Το μέγεθος των όγκων που μπορεί να δεχθεί ένα τελάρου, εξαρτάται από το μέγεθος του μηχανήματος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένας τύπος τελάρου των 60 λαμών μπορεί να δεχθεί όγκους πλάτους της τάξεως των 2 μέτρων και ύψους μέχρι 1,50 - 1,70 μέτρων, ενώ το μήκος των όγκων μπορεί να φθάσει τα 3,5 μέτρα. Όταν οι όγκοι είναι μικροί μπορεί να τοποθετηθούν πάνω στο βαγόνι και δύο ή τρεις όγκοι εν σειρά, ή δύο όγκοι παράλληλα. Καταβάλλεται πάντως προσπάθεια να γίνεται κατά το δυνατό πλήρης αξιοποίηση του χώρου που υπάρχει στο βαγόνι ώστε να επιτυγχάνεται μεγιστοποίηση της ωριαίας παραγωγής του τελάρου.

Με ένα από τα μεγάλα σύγχρονα τελάρια των 60 λαμών είναι δυνατό, θεωρητικά τουλάχιστον, να επιτευχθεί παραγωγή της τάξεως των 250 m²/8h (σε πάχη των 2 cm). Στην πράξη όμως η απόδοση που επιτυγχάνεται είναι συνήθως 120 - 170 m²/8h, λόγω διαφόρων καθυστερήσεων, που οφείλεται στο φόρτωμα και ξεφόρτωμα του τελάρου, την αλλαγή και τάνυση λαμών, διάφορες βλάβες, καθώς και λόγω του γεγονότος ότι είναι δύσκολο να επιτυγχάνεται πάντα η πλήρης εκμετάλλευση του χώρου που υπάρχει διαθέσιμος κάτω από το τελάρου.

Τα τελάρια χρησιμοποιούνται και για το σχίσιμο γρανιτών, με τη διαφορά ότι δεν χρησιμοποιούνται αδαμαντοφόρες λάμες αλλά η κοπή γίνεται με τη βοήθεια λαμών χωρίς κοπτικά σώματα, οι οποίες παρασύρουν ένα λεπτόκοκκο σκληρό υλικό, που προκαλεί τη φθορά του πετρώματος. Ως λεπτόκοκκο υλικό χρησιμοποιούνταν παλαιότερα πυριτική άμμος, η οποία όμως σήμερα τείνει να αντικατασταθεί με κόκκους από κορούνδιο ή από κεραμεικό χάλυβα. Η προσθήκη του λεπτόκοκκου υλικού γίνεται μαζί με το νερό της ψύξεως.

8.4.2 Σχίσσιμο σε μηχανήμα με οριζόντιο/κατακόρυφο δίσκο.

Το μηχανήμα αυτό (Σχ. 8.2) διαθέτει έναν ή και περισσότερους παράλληλους κατακόρυφους δίσκους καθώς και έναν οριζόντιο. Με τους κατακόρυφους δίσκους κόβονται μία ή περισσότερες πλάκες πάχους από 8 mm μέχρι 3 cm, ή ορθογωνικά πρίσματα ("μπαστούνια") πάχους της τάξεως των 15 ή 20 cm, ενώ με τον οριζόντιο δίσκο κόβεται η κάτω πλευρά των πλακών ή του πρίσματος, η οποία έτσι απελευθερώνεται από τον υπόλοιπο όγκο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρις ότου τεμαχισθεί όλος ο υπό επεξεργασία όγκος.

Το μέγιστο πλάτος των πλακών ή του πρίσματος είναι συνήθως 45 cm, αν και υπάρχουν και μηχανήματα με μεγάλους κατακόρυφους δίσκους, που επιτρέπουν την κοπή πλακών ή πρισμάτων πλάτους μέχρι 60 cm. Το μήκος των πλακών ή των ορθογωνικών πρισμάτων εξαρτάται από την οριζόντια διάσταση του σχιζόμενου όγκου.

Τα μηχανήματα με οριζόντιο/κατακόρυφο δίσκο χρησιμοποιούνται κατά βάση για την παραγωγή τυποποιημένων πλακών (καδρέττων). Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν τόσο για την κοπή μαρμάρων όσο και γρανιτών, ενώ είναι κατάλληλα για την κοπή ορθογωνισμένων όγκων αλλά και ξωφαριών.

Η δυναμικότητα παραγωγής των μηχανημάτων αυτών μπορεί να φθάσει τα $80 \text{ m}^2/8\text{h}$ για μάρμαρο, και τα $40 \text{ m}^2/8\text{h}$ για γρανίτη.

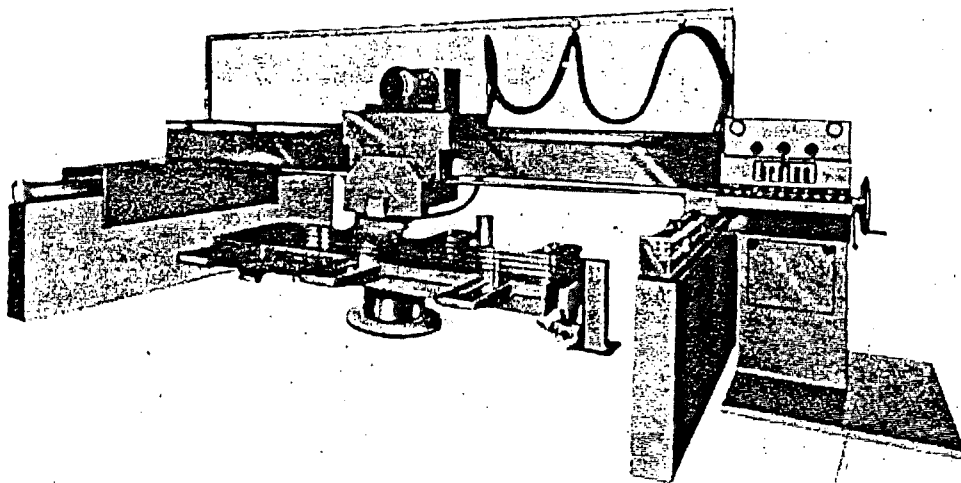
8.5 Η τρίτη φάση : παραγωγή των τελικών προϊόντων.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η φάση αυτή ξεχωρίζει από την προηγούμενη, επειδή πολλές φορές εκτελείται σε άλλες παραγωγικές μονάδες από εκείνη (στα εργαστήρια επεξεργασίας ή μαρμαρογλυφεία), οι οποίες αγοράζουν τα ενδιάμεσα προϊόντα (ακατέργαστες πλάκες ή "μπαστούνια") και τα επεξεργάζονται.

Η φάση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από δύο στάδια: το στάδιο εκείνο κατά το οποίο τα τελικά προϊόντα της επεξεργασίας παίρνουν το οριστικό τους σχήμα, και εκείνο κατά το οποίο γίνεται το "φινίρισμα", δηλαδή το "μπιζουτάρισμα", η λείανση και η στίλβωση. Πρέπει να σημειωθεί ότι το δεύτερο αυτό στάδιο δεν εκτελείται κατ' ανάγκην πάντα, δεδομένου ότι πολλές φορές τα τελικά προϊόντα πωλούνται χωρίς να έχουν υποστεί το τελικό αυτό στάδιο της κατεργασίας, το οποίο τότε πραγματοποιείται μετά την τοποθέτησή τους στις οικοδομές ή όπου αλλού τοποθετηθούν.

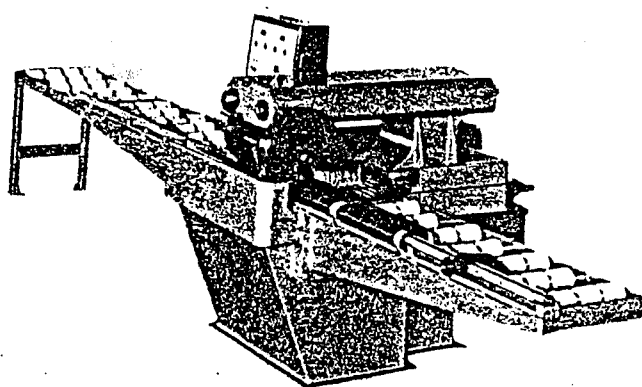
8.5.1 Η κοπή των πλακών κλπ.

Αν τα ενδιάμεσα προϊόντα είναι πλάκες που έχουν σχισθεί στο τελάρο, τότε αυτές κόβονται στις τελικές τους διαστάσεις σε



Σχ. 8.3

"Κόφτης" με γέφυρα.



Σχ. 8.4

Κεφαλοκόφτης.

μηχανήματα εφοδιασμένα με περιστρεφόμενο αδαμαντοφόρο δίσκο ("κόφτη"), ο οποίος βρίσκεται σε κατακόρυφο επίπεδο.

Στην απλούστερη μορφή του μηχανήματος αυτού, ο δίσκος με το μηχανισμό κινήσεως του έχει τη δυνατότητα να προωθείται οριζοντίως, παραμένοντας πάντα στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο, ενώ η πλάκα του μαρμάρου τοποθετείται πάνω σε μία σταθερή οριζόντια τράπεζα.

Σε περισσότερο εξελιγμένα μηχανήματα, ο δίσκος με το μηχανισμό του κινείται οριζόντια κατά μήκος μίας γέφυρας, ενώ ολόκληρη η γέφυρα έχει τη δυνατότητα να κινείται οριζόντια σε διεύθυνση που σχηματίζει ορθή γωνία ως προς τη διεύθυνση που κινείται ο δίσκος (βλέπε Σχ. 8.3).

Έτσι με το δίσκο μπορούν να εκτελεσθούν παράλληλες κοπές σε οποιοδήποτε σημείο μίας περιοχής που έχει διαστάσεις περίπου όσο και οι διαστάσεις των ακατέργαστων πλακών. Για να κοπούν, οι πλάκες τοποθετούνται κάτω από τον κόφτη, επάνω σε μία οριζόντια τράπεζα, η οποία είτε είναι σταθερή, είτε έχει τη δυνατότητα να περιστραφεί κατά 90 μοίρες. Στην τελευταία περίπτωση είναι δυνατό η ακατέργαστη πλάκα να τεμαχισθεί σε ορθογώνιες πλάκες οποιωνδήποτε διαστάσεων.

Υπάρχουν επίσης κόφτες με 2 - 3 δίσκους, με τους οποίους είναι δυνατό να εκτελεσθούν ταυτόχρονα 2 - 3 παράλληλες κοπές.

Αν από το μηχάνημα με τον οριζόχτιο/κατακόρυφο δίσκο έχουν παραχθεί ορθογωνικά πρίσματα ("μπαστούνια"), αυτά σχίζονται σε πλάκες του κατάλληλου πάχους (από 8 μέχρι 30 mm) σε ειδικό μηχάνημα με πολλαπλούς παράλληλους δίσκους στις αντίστοιχες αποστάσεις..

Οι επιμήκεις πλάκες που παράγονται είτε απευθείας από το μηχάνημα οριζόντιου και κατακόρυφου δίσκου, είτε κατόπιν από το μηχάνημα με τους πολλαπλούς δίσκους, κόβονται εν συνεχεία σε τετράγωνα ή ορθογώνιες πλάκες με μικρότερο μήκος, σε ειδικό μηχάνημα ("κεφαλοκόφτη") με δίσκο κοπής.

8.5.2 Το τελικό στάδιο της επεξεργασίας: λείανση, στίλβωση, κλπ.

Μετά την κοπή των πλακών ή πλακιδίων στις τελικές τους διαστάσεις επακολουθεί η τελική φάση της κατεργασίας, της οποίας ο σκοπός είναι να προσδώσει στην επιφάνεια του μαρμάρου μία λεία και στιλπνή μορφή διότι μόνο με τον τρόπο αυτόν μπορούν να αξιοποιηθούν πλήρως τα αισθητικά χαρακτηριστικά του.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η τελική αυτή φάση της κατεργασίας δεν γίνεται πάντα στο εργοστάσιο ή στο μαρμαρογλυφείο. Πολλές φορές, και ειδικά στη χώρα μας, τις περισσότερες φορές οι πλάκες, ιδίως όταν πρόκειται για δαπεδοστρώσεις, τοποθετούνται στην οριστική τους θέση στην οικοδομή χωρίς να έχουν λειανθεί, και η τελική λείανση και στίλβωση γίνεται επί τόπου με ειδικά φορητά μηχανήματα.

Το τελικό στάδιο της επεξεργασίας πραγματοποιείται σε δύο φάσεις: στην πρώτη φάση γίνεται το "καλιμπράρισμα" και η προκαταρκτική λείανση των πλακών, και στη δεύτερη φάση γίνεται η τελική λείανση και η στίλβωση.

Καλιμπάρισμα και προκαταρκτική λείανση.

Οι επιφάνειες που παράγονται κατά την κοπή των όγκων στο τελάρο ή στο μηχάνημα με τον οριζόντιο/κατακόρυφο δίσκο, είναι τραχείες και παρουσιάζουν εξογκώματα και ανωμαλίες, οι οποίες δυσχεραίνουν την εκτέλεση του επόμενου σταδίου, δηλαδή της τελικής λείανσεως και της στιλβώσεως. Επίσης ενδέχεται το πάχος των πλακών να μην είναι σύμφωνο με τις προδιαγραφές.

Οι ανωμαλίες των επιφανειών των πλακών οφείλονται σε διάφορους λόγους, μερικοί από τους οποίους είναι οι εξής:

- Η στιγμιαία διακοπή της λειτουργίας του μηχανήματος κοπής, με συνέπεια οι λάμες ή οι δίσκοι να συνεχίσουν την κοπή κατά τρόπο ανομοιόμορφο, όταν επαναρχίσει η λειτουργία του μηχανήματος.
- Η στιγμιαία πτώση τάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος, που έχει επίπτωση στη λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα.
- Η μεταβολή του πετρογραφικού χαρακτήρα του πετρώματος από ένα τμήμα του υπό κατεργασία όγκου σε άλλο.
- Δονήσεις του δίσκου κοπής, ιδίως όταν πρόκειται για δίσκο μέσης ή μεγάλης διαμέτρου.

Οι πλάκες επομένως, οι οποίες προέρχονται από το κοπτικό μηχάνημα έχουν ανάγκη πολλές φορές από "καλιμπάρισμα", μια επεξεργασία λείανσεως που έχει ως σκοπό να καταστήσει τις πλάκες ισοπαχείς σύμφωνα με τις προδιαγραφές, ιδίως όταν πρόκειται για λεπτά πλακίδια των 8 - 11 mm. Επίσης έχουν ανάγκη από προκαταρκτική λείανση, η οποία αποβλέπει στην εξομάλυνση των ανωμαλιών που παρατηρούνται στις επιφάνειες των πλακών, ώστε να μπορέσει να επακολουθήσει η τελική λείανση και η στιλβωση.

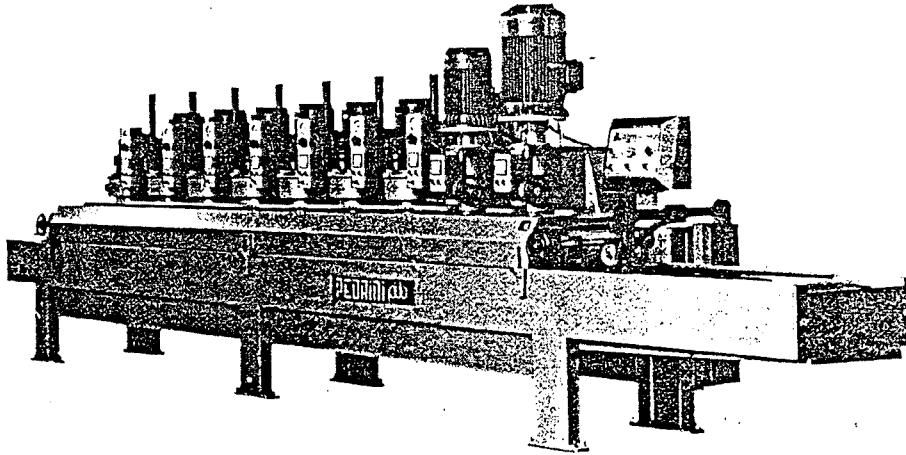
Για το καλιμπάρισμα και την προκαταρκτική λείανση χρησιμοποιούνται μηχανήματα, τα οποία διαθέτουν λειαντικές κεφαλές στα άκρα των οποίων είναι προσαρμοσμένοι περιστρεφόμενοι αδαμαντοφόροι δίσκοι ("πλατώ"). Οι δίσκοι περιστρέφονται με ταχύτητα, η οποία εξαρτάται από τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά του πετρώματος. Επίσης, προσαρμοσμένο στα πετρογραφικά χαρακτηριστικά του πετρώματος είναι το συνθετικό υλικό μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένοι οι κόκκοι των βιομηχανικών διαμαντιών, όπως και η κοκκομετρία των διαμαντιών αυτών και η μηχανική αντοχή τους.

Υπάρχουν δύο τύποι λειαντικών μηχανών : οι χειροκίνητες και οι αυτόματες. Οι χειροκίνητες διαθέτουν μία μόνο κεφαλή και ο χειριστής κατευθύνει την κεφαλή στα διάφορα σημεία της επιφάνειας που θέλει να λειάνει.

Οι κεφαλές των αυτομάτων λειαντικών μηχανών (βλέπε Σχ. 8.5) μπορεί να είναι σταθερές ή και παλινδρομούσες. Ο δεύτερος τύπος χρησιμοποιείται όταν το πλάτος των πλακών που λειαίνονται, είναι μεγάλο.

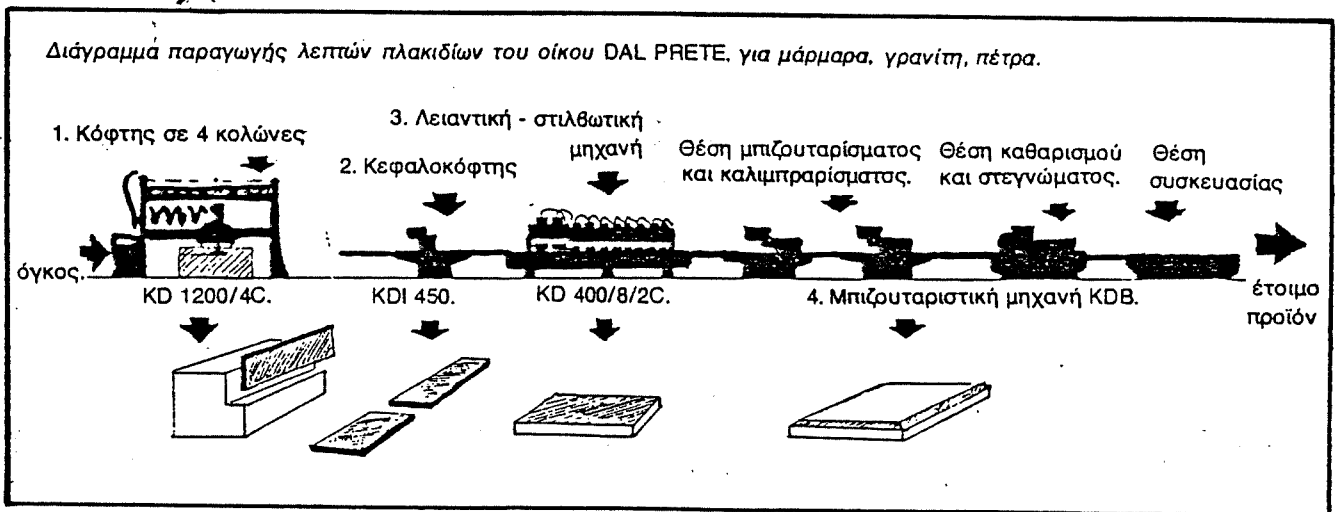
Ο αριθμός των κεφαλών μίας αυτόματης λειαντικής μηχανής μπορεί να φθάνει τις 18 (όταν είναι παλινδρομούσες) ή τις 12 (όταν είναι σταθερές).

Εκτός από την επεξεργασία του καλιμπραρίσματος γίνεται σε πολλές περιπτώσεις (ιδίως στα λεπτά πλακίδια) και το λεγόμενο "μπιζουτάρισμα". Αυτό συνίσταται στην εξομάλυνση των ακμών των πλακιδίων με τρόχισμα υπό γωνία 45 μοιρών. Για την εργασία αυτή



Σχ. 8.5

Αυτόματη λειαντική μηχανή.



Σχ. 8.5α

Διάταξη μηχανημάτων παραγωγής τυποποιημένων πλακιδίων εν σειρά.

χρησιμοποιούνται σφυριδοτροχοί ή μικρές λειαντικές κεφαλές. Συνήθως η διαδικασία αυτή γίνεται στο ίδιο μηχάνημα στο οποίο γίνεται και το καλιμπράρισμα.

Τελική λείανση και στίλβωση.

Μετά την προκαταρκτική λείανση, επακολουθεί η τελική λείανση, και τέλος η στίλβωση. Η λείανση είναι απαραίτητη για να αναδειχθεί και να τονισθεί το χρώμα και οι αποχρώσεις του διακοσμητικού πετρώματος και να πάρει η επιφάνεια του την απαραίτητη στιλπνότητα και διαφάνεια πριν από τη στίλβωση. Η τελευταία δεν είναι πάντα απαραίτητη ή και εφικτή, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του πετρώματος.

Για τη λείανση χρησιμοποιούνται λειαντικά υλικά από ανθρακοπυρίτιο. Το ανθρακοπυρίτιο παράγεται κατά τη σύντηξη άνθρακα με χαλαζία και έχει μεγάλη λειαντική ικανότητα.

Η λείανση μπορεί να γίνει κατά διαφόρους τρόπους:

- Λείανση με ειδικά λειαντικά χαρτόνια ή/και ταινίες.
- Λείανση με λειαντικά υγρά.
- Υγρή λείανση με λειαντικές πέτρες.

Ο πρώτος από τους παραπάνω τρόπους δεν χρησιμοποιείται πιά σήμερα παρά μόνο όταν η στίλβωση γίνεται με το χέρι.

Ο δεύτερος τρόπος συνίσταται στη διοχέτευση στα οριζοντίως περιστρεφόμενα χυτοσιδηρά "πλατώ", ενός αιωρήματος ανθρακοπυριτίου σε νερό. Το λειαντικό αυτό υγρό περνά μέσα από ειδικές ελικοειδείς εγκοπές των "πλατώ" και καταλήγει στο χώρο μεταξύ της λειαινόμενης επιφάνειας και του πλατώ. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει διάφορα προβλήματα, κυρίως από την παρουσία των αποσπώμενων κόκκων του υπό επεξεργασία πετρώματος, οι οποίοι πρέπει να απομακρύνονται συχνά.

Ο περισσότερο εφαρμοζόμενος τρόπος λείανσεως είναι σήμερα ο τρίτος, δηλαδή η υγρή λείανση με λειαντικές πέτρες. Οι λειαντικές πέτρες, που χρησιμοποιούνται σήμερα, αποτελούνται από μιά μάζα μαγνησίτη ή συνθετικής ρητίνης, μέσα στην οποία είναι διεσπαρμένοι κόκκοι ανθρακοπυριτίου. Οι πέτρες αυτές τοποθετούνται επάνω στις περιστρεφόμενες μεταλλικές κεφαλές και μέσω αυτών πιέζονται πάνω στην υπό επεξεργασία επιφάνεια του πετρώματος.

Η λείανση πραγματοποιείται σε διαδοχικά στάδια κατά τα οποία μειώνεται προοδευτικά το μέγεθος των κόκκων του ανθρακοπυριτίου καθώς και η περιεκτικότητά της λειαντικής πέτρας σε ανθρακοπυρίτιο. Όταν η λείανση γίνεται με αυτόματες λειαντικές μηχανές, όπως στην περίπτωση των λεπτών πλακιδίων και γενικά των τυποποιημένων καδρέττων, τότε οι μηχανές αυτές είναι εφοδιασμένες με μία σειρά από λειαντικές κεφαλές (μέχρι 12). Οι πέτρες που είναι τοποθετημένες στις κεφαλές αυτές έχουν διαδοχικά όλο και λεπτότερη κοκκομετρική σύνθεση.

Ανάλογα με την κοκκομετρία του ανθρακοπυριτίου, οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι τύποι πετρών είναι οι εξής :

Τύπος	Κοκκομετρία 75% <
00	24 mesh
0	36 mesh
1	46 mesh
2	120 mesh
3	300 mesh
4	400 mesh

Για ειδικές χρήσεις χρησιμοποιούνται πέτρες με ακόμα λεπτότερους κόκκους, μέχρι και τον τύπο 12 (75% < 1200 mesh).

Υπάρχει ένα πρόβλημα, που αφορά στη "γήρανση" των πετρών που έχουν σαν συνδετική μάζα το μαγνησίτη : εάν παραμείνουν αποθηκευμένες για διάστημα μεγαλύτερο των 6 - 8 μηνών, το συνδετικό υλικό σκληραίνει υπερβολικά και οι πέτρες καθίστανται ακατάλληλες για χρήση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τελευταία περισσότερο οι πέτρες με συνδετική ύλη από ρητίνη.

Τελική στίλβωση.

Αυτή είναι η τελική επεξεργασία που γίνεται μετά την τελική λείανση. Η διαδικασία της στίλβωσης διαφέρει ανάλογα με το αν το πέτρωμα είναι ανθρακικό (ασβεστόλιθοι ή γνήσια μάρμαρα) ή αν είναι πλουτώνιο (σερπεντινίτες, γρανίτες, κλπ).

Στην περίπτωση των ανθρακικών πετρωμάτων, η διαδικασία είναι η εξής : Προηγείται ένα στάδιο απορροφήσεως οξαλικού οξέως σε υδατικό πολτό. Η κατεργαζόμενη επιφάνεια τρίβεται στη συνέχεια με κεφαλές που φέρουν μαλακό μάλλινο ύφασμα ("στούπα"). Μπορεί επίσης η προετοιμασία για στίλβωση να γίνει με τη χρήση ειδικών πορωδών στίλβωτικών πετρών που περιέχουν οξαλικό οξύ, καθώς και ορισμένες άλλες χημικές ενώσεις, όπως διοξειδίο κασσιτέρου ή ψευδαργύρου (Pote).

Στην περίπτωση των πλουτωνίων πετρωμάτων δεν χρησιμοποιείται αμιγές οξαλικό οξύ ή και δεν χρησιμοποιείται καθόλου το οξύ αυτό. Αν τα πετρώματα είναι σερπεντινίτες, τότε χρησιμοποιείται Pote με μεγαλύτερο ποσοστό διοξειδίου του κασσιτέρου, ή άλλο στίλβωτικό με βάση την ένωση αυτή. Αν το πέτρωμα είναι γρανιτικό ή παρεμφερές, τότε η διαδικασία της στίλβωσης είναι η εξής :

- πλύσιμο μετά τη λείανση για την απομάκρυνση κάθε ίχνους λειαντικού υλικού.

- πέρασμα με χονδρό φύλλο μολύβδου.

- πέρασμα με λεπτό φύλλο μολύβδου ή με στίλβωτική σκόνη που έχει σαν βάση το μόλυβδο.

Μία τελική επεξεργασία γίνεται πολλές φορές με κέρωμα, δηλαδή στίλβωση με τη χρησιμοποίηση ειδικής αλοιφής που περιέχει κερί, στίλβωτική σκόνη και χρώμα.

Συνήθως όλες οι διαδικασίες της τελικής επεξεργασίας γίνονται από το ίδιο μηχάνημα : οι πρώτες 3 - 4 κεφαλές χρησιμοποιούνται για το καλιμπράρισμα, οι επόμενες 10 - 13 κάνουν λείανση (γυάλισμα) και οι τελευταίες δύο κάνουν στίλβωση (λουστράρισμα).

8.6 Παραγωγή καδρέττων και λεπτών πλακιδίων εν σειρά.

Οι τυποποιημένες πλάκες των 2 cm και τα λεπτά πλακίδια των 8 - 11 mm προσφέρονται για παραγωγή εν σειρά, γιαυτό η παραγωγή των προϊόντων αυτών, και ιδίως των πλακιδίων, γίνεται συνήθως σε σειρές παραγωγής με τη χρησιμοποίηση και αυτόματων μηχανημάτων.

Τα λεπτά πλακίδια είτε παράγονται στο τελικό τους πάχος σε μηχανές με οριζόντιο και κατακόρυφο δίσκο, είτε παράγονται από μαστούνια, τα οποία σχίζονται στη συνέχεια σε πλάκες των 8-10 mm σε κόφτες με πολλαπλούς παράλληλους δίσκους, είτε παράγονται αρχικά υπό μορφή πλακών πάχους 2 cm (σε τελάρα ή σε οριζόντιο/κατακόρυφο) οι οποίες στη συνέχεια σχίζονται στα δύο σε ειδικό μηχάνημα με δίσκο κοπής. Στις σειρές παραγωγής των πλακιδίων ή καδρέττων η διακίνηση των προϊόντων αυτών από μηχάνημα σε μηχάνημα γίνεται με μεταφορικές ταινίες ή με μεταφορείς με ράουλα.

Στο Σχ. 8.5a εμφανίζεται η διάταξη μιας τέτοιας σειράς παραγωγής λεπτών πλακιδίων.

8.7 Η διακίνηση των ογκομαρμάρων και προϊόντων στο εργοστάσιο.

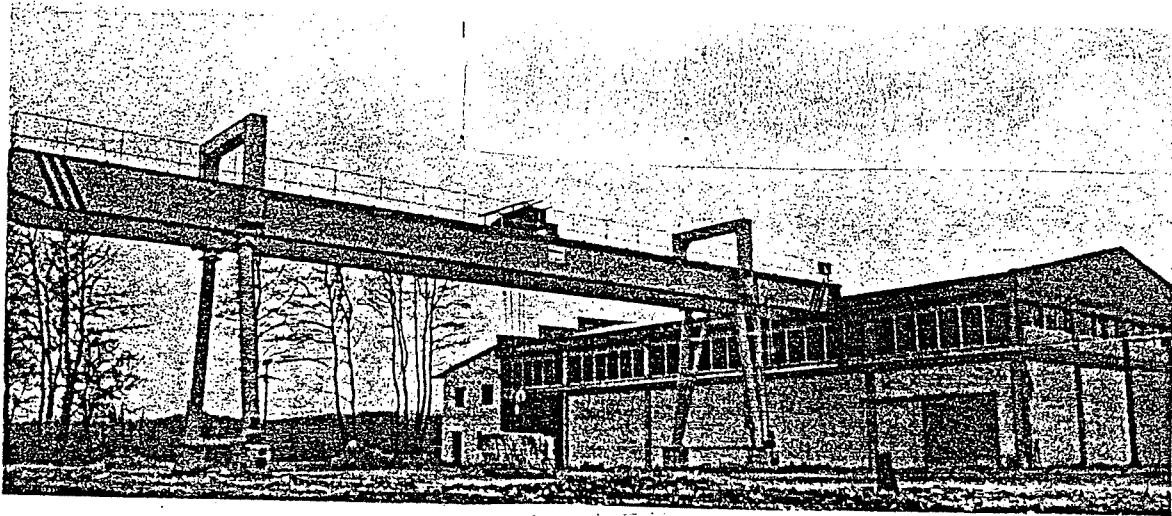
Για τη διακίνηση των ογκομαρμάρων στο εργοστάσιο επεξεργασίας χρησιμοποιούνται γερανογέφυρες, ειδικοί τροχοφόροι γερανοί και βαγόνια.

Στα περισσότερα εργοστάσια υπάρχει συνήθως μία γερανογέφυρα, και σπανιότερα περισσότερες. Με τη βοήθεια της γερανογέφυρας (βλέπε Σχ. 8.6) μπορεί να γίνει η εκφόρτωση των φορτηγών αυτοκινήτων με τα οποία μεταφέρονται τα ογκομαρμάρια από το λατομείο, η μετακίνηση των ογκομαρμάρων από μία θέση στην άλλη, η φόρτωση των βαγονιών, και ακόμα η φόρτωση των τελικών προϊόντων. Οι γερανογέφυρες είναι διαφόρων διαστάσεων (κυρίως όσον αφορά στο άνοιγμα τους) και διαφέρουν επίσης ως προς την ανυψωτική τους ικανότητα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι χρησιμοποιούνται στα εργοστάσια επεξεργασίας στη χώρα μας γερανογέφυρες με άνοιγμα μέχρι 40 μέτρων ή και περισσότερο (με τους προβόλους), και με ανυψωτική δύναμη μέχρι 35 τόννων.

Οι ειδικοί τροχοφόροι γερανοί χρησιμοποιούνται για την εκφόρτωση και μετακίνηση των ογκομαρμάρων, στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει γερανογέφυρα, ή για την εκτέλεση των εργασιών αυτών σε σημεία που δεν καλύπτονται από τη γερανογέφυρα.

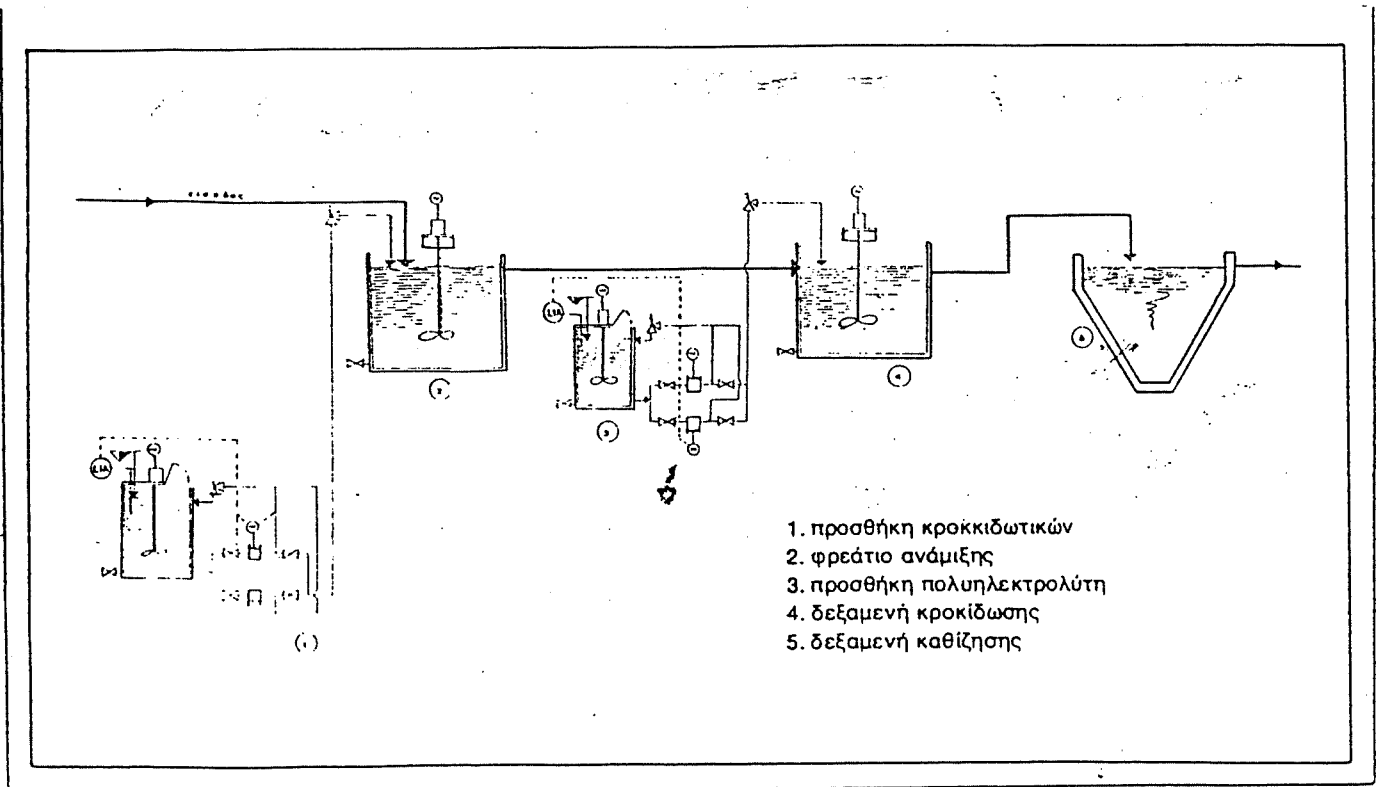
Τα βαγόνια, που κινούνται σε σιδηροτροχιές, χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των ογκομαρμάρων μέχρι τα τελάρα ή τα μηχανήματα με οριζόντιο και κατακόρυφο δίσκο. Το σχίσμο των όγκων, όπως έχει αναφερθεί, γίνεται επάνω στο βαγόνι.

Για τη μετακίνηση και φόρτωση των τελικών προϊόντων, τα οποία συσκευάζονται συνήθως σε παλλέτες (ιδίως όταν πρόκειται για τυποποιημένα καδρέττα και πλακίδια), χρησιμοποιούνται περονοφόρα οχήματα (κλαρκ).



Σχ. 8.6

Γερανογέφυρα εργοστασίου επεξεργασίας μαρμάρων.



Σχ. 8.7

Εγκατάσταση επιταχυνόμενης καθιζήσεως σε οριζόντια διάταξη.

8.8 Καθαρισμός των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων που προκύπτουν κατά την επεξεργασία.

Κατά την επεξεργασία των μαρμάρων και των άλλων διακοσμητικών λίθων, καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες νερού. Η χρήση του νερού εξυπηρετεί τους εξής σκοπούς :

- το νερό ψύχει τα αδαμαντοφόρα εργαλεία κοπής της πέτρας.
- με τη βοήθεια του νερού απομακρύνονται από την επιφάνεια κοπής οι κόκκοι του μαρμάρου που δημιουργούνται κατά την κοπή.
- το νερό, αναμιγνυόμενο με τους κόκκους του μαρμάρου δημιουργεί ένα υδαρές μίγμα, που λόγω της φθοροποιού του ικανότητας προκαλεί μια βαθμιαία φθορά του μαλακού κράματος μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένη η σκόνη των διαμαντιών και έτσι έρχονται στην επιφάνεια νέοι κόκκοι διαμαντιών.

Οι ποσότητες νερού που καταναλώνονται από ένα εργοστάσιο είναι της τάξεως των 2 - 3 κυβικών μέτρων ανά λεπτό. Η ποσότητα του νερού η οποία απαιτείται, για ένα εργοστάσιο, μπορεί να υπολογισθεί κατά προσέγγιση με βάση τις καταναλώσεις των διαφόρων μηχανημάτων. Μερικές από τις καταναλώσεις αυτές είναι ενδεικτικά :

- για τελέρα διαμαντέ : 6 - 9 λίτρα νερού ανά λάμα και λεπτό.
- για μηχανήμα κοπής με οριζόντιο και κατακόρυφο δίσκο : 150 - 300 λίτρα ανά λεπτό.
- για μονόλαμα : 30 - 40 λίτρα ανά λεπτό.
- για αυτόματη λειαντική μηχανή : 150 - 350 λίτρα ανά λεπτό.
- για χειροκίνητο κόφτη : 20 - 30 λίτρα ανά λεπτό.
- για χειροκίνητη λειαντική μηχανή : 20 - 30 λίτρα ανά λεπτό.

Το νερό που χρησιμοποιείται στα εργοστάσια επεξεργασίας πρέπει να είναι καθαρό (να μην περιέχει κατά το δυνατό αιωρούμενα στερεά σώματα) και να είναι επίσης κατά το δυνατό απαλλαγμένο από άλατα. Για το λόγο αυτόν πρέπει να γίνεται αφαλάτωση του νερού που χρησιμοποιείται στα εργοστάσια, εφόσον αυτό έχει υψηλή περιεκτικότητα αλάτων.

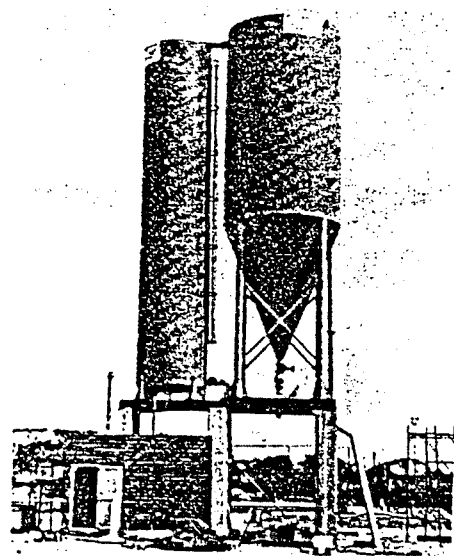
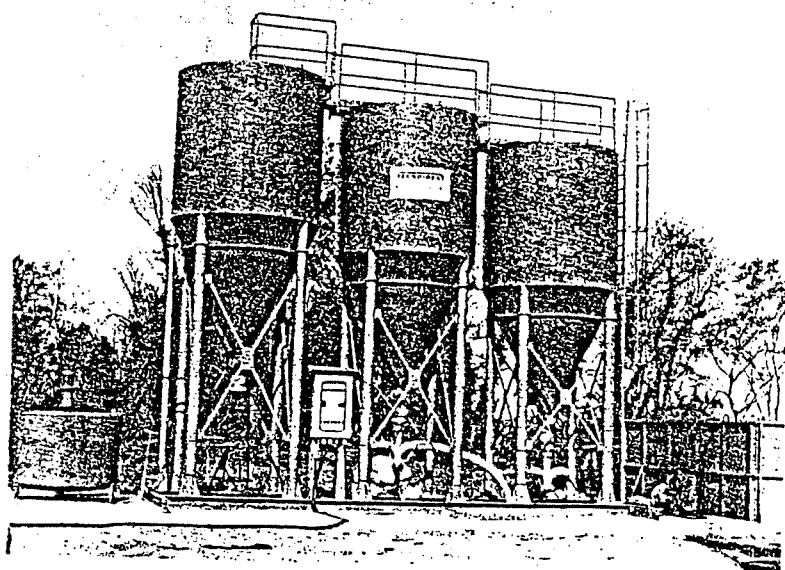
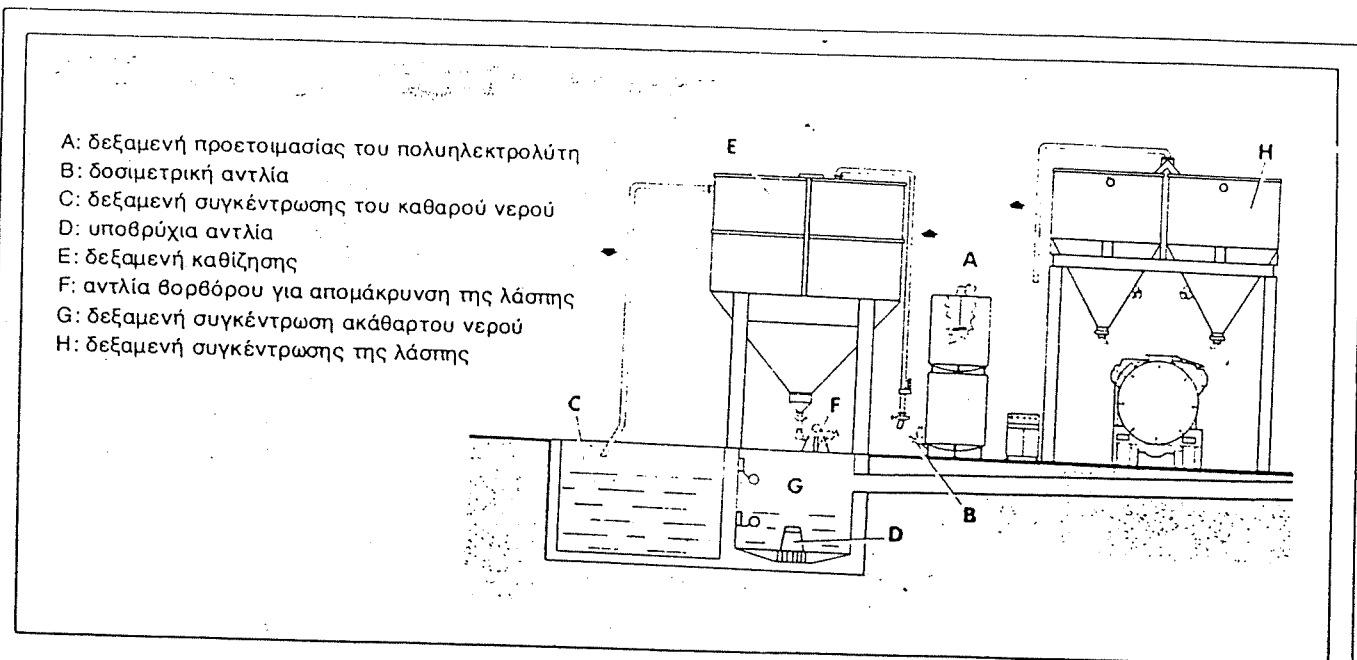
Όπως είναι φυσικό, εφόσον χρησιμοποιούνται οι σημαντικές αυτές ποσότητες νερού κατά την επεξεργασία των μαρμάρων, δημιουργείται και πρόβλημα καθαρισμού των βιομηχανικών αποβλήτων.

Τα απόβλητα αυτά περιέχουν κατά κύριο λόγο αδρανή στερεά, παρόλα αυτά όμως προκαλούν όχληση στο περιβάλλον και πρέπει ως εκ τούτου να απομακρυνθούν τα στερεά αυτά πριν γίνει η διάθεση των αποβλήτων.

Ο καθαρισμός των αποβλήτων αυτών είναι όμως συνήθως αναγκαίος και για μία ακόμα αιτία : Λόγω της μεγάλης καταναλώσεως νερού και του κόστους που συνεπάγεται αυτή, συμφέρει η ανακύκλωση του, εφόσον βεβαίως έχει προηγηθεί ο κατάλληλος καθαρισμός του.

Η απομάκρυνση των εν αιωρήσει στερεών από τα απόβλητα ενός εργοστασίου επεξεργασίας μαρμάρου γίνεται κατά δύο τρόπους :

- Με απλή καθίζηση σε μεγάλες δεξαμενές καθιζήσεως, και
- Με καθίζηση ύστερα από προσθήκη κροκιδωτικών και πολυηλεκτρολυτών.



Σχ. 8.8

Εγκατάσταση επιταχυνόμενης καθιζήσεως σε κατακόρυφη διάταξη.

8.8.1 Καθαρισμός σε δεξαμενές καθίζησης.

Κατά τον πρώτο τρόπο, που εφαρμόζεται ακόμα σε μεγάλη έκταση στη χώρα μας, το νερό με τα περιεχόμενα εν αιωρήσει στερεά διοχετεύεται σε μια μεγάλη δεξαμενή, η οποία είναι υποδιαιρεμένη σε ένα αριθμό κυψελών. Το νερό ρέει αργά από τη μία κυψέλη στην άλλη, ενώ τα αιωρούμενα στερεά καθιζάνουν υπό την επίδραση της βαρύτητας. Από την τελευταία κυψέλη εκρέει το καθαρισμένο νερό και ανακυκλώνεται. Κατά ορισμένα χρονικά διαστήματα απομακρύνεται από τις δεξαμενές η ιλύς που έχει κατακαθήσει (η λεγόμενη "μουργκάνα"), συνήθως με τη χρήση αντλιών βορβόρου, και απλώνεται σε μία επίπεδη έκταση για να στεγνώσει επειδή περιέχει σημαντικό ποσοστό υγρασίας. Σημειώνεται ότι το ποσοστό υγρασίας της "μουργκάνας" αυτής κυμαίνεται από 45% μέχρι και 70%. Κατόπιν φορτώνεται με τη χρήση φορτωτού και απορρίπτεται.

Η μέθοδος αυτή του καθαρισμού έχει αρκετά μειονεκτήματα, όπως :

- απαιτεί μεγάλη έκταση για την κατασκευή των δεξαμενών.
- δεν επιτρέπει τον αποτελεσματικό καθαρισμό του νερού, με συνέπεια το ανακυκλούμενο νερό να περιέχει ακόμα σε αρκετό ποσοστό αιωρούμενα στερεά, ιδίως τα πλέον λεπτόκοκκα (κολλοειδή). Σημειώνεται ότι οι διαστάσεις των κόκκων του υλικού αυτού είναι κατά 95% μικρότερες του 0,075 mm. Τα στερεά αυτά είναι ιδιαίτερα επιβλαβή στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται αυτόματες λειαντικές μηχανές.

8.8.2 Καθαρισμός σε εγκαταστάσεις επιταχυνόμενης καθίζησης.

Οι εγκαταστάσεις αυτές κατασκευάζονται είτε σε οριζόντια διάταξη με δεξαμενές από μπετόν, είτε σε κατακόρυφη διάταξη με μεταλλικές δεξαμενές.

Η ταχεία καθίζηση στις δεξαμενές των εγκαταστάσεων αυτών επιτυγχάνεται με την προσθήκη πολυηλεκτρολυτών ως κροκιδωτικών (βλέπε Σχ. 8.7 και 8.8). Η ιλύς που προκύπτει μετά την καθίζηση των στερεών απομακρύνεται είτε με τη χρησιμοποίηση αυτοκινήτων βυτιών, τα οποία την απορρίπτουν σε κατάλληλα σημεία, είτε αντλείται με αντλίες βορβόρου και στη συνέχεια περνάει από φιλτρόπρεσα για την απομάκρυνση του νερού. Η περιεκτικότητα σε υγρασία της "μουργκάνας", που προέρχεται από εγκαταστάσεις του είδους αυτού, είναι μικρότερη από αυτή των εγκαταστάσεων απλής καθίζησης : συγκεκριμένα είναι της τάξεως του 30%. Τα στερεά κατάλοιπα μετά τη διήθηση απορρίπτονται σε κατάλληλα σημεία.

Η μέθοδος αυτή του καθαρισμού του νερού, αν και απαιτεί αρκετά δαπανηρές εγκαταστάσεις και κατανάλωση κροκιδωτικών μέσων, έχει τα εξής πλεονεκτήματα έναντι της προηγούμενης μεθόδου :

- Απαιτεί μικρότερη έκταση για την κατασκευή της όλης εγκαταστάσεως.
- Επιτυγχάνει καλύτερο και ταχύτερο καθαρισμό του νερού, και κατά συνέπεια το ανακυκλούμενο νερό είναι καθαρότερο και δεν προκαλεί προβλήματα.
- Οι απώλειες σε νερό είναι μικρότερες.

9. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΠΟΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΕΞΟΥΣΕΩΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ.

9.1 Γενικά.

Παράλληλα με την παραγωγή των κύριων προϊόντων του μαρμάρου, γίνεται συχνά αξιοποίηση των απορριμάτων της εκμεταλλεύσεως των λατομείων και των εργοστασίων επεξεργασίας για την παραγωγή υποπροϊόντων.

Η απομάκρυνση και αξιοποίηση των απορριμάτων είναι αναγκαία και για περιβαλλοντικούς λόγους, αλλά ταυτόχρονα επιτρέπει τη δημιουργία ενός ακόμα εσόδου, το οποίο σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα αποτελεί σημαντικό ποσοστό των συνολικών εσόδων μιας εκμεταλλεύσεως μαρμάρων και συμβάλλει θετικά στην οικονομικότητα της εκμεταλλεύσεως.

Τα απορρίματα, των οποίων γίνεται η αξιοποίηση, είναι κατά κύριο λόγο η λατύπη που παράγεται κατά την εξόρυξη των ογκομαρμάρων, καθώς και τα απορρίματα της επεξεργασίας (ρετάλια).

Υπό ορισμένες προϋποθέσεις, είναι δυνατή και η αξιοποίηση της "μουργκάνας" που προέρχεται από τις εγκαταστάσεις καθιζήσεως των λυμάτων των εργοστασίων επεξεργασίας. Η αξιοποίηση αυτή της μουργκάνας γίνεται σε πολύ περιορισμένο βαθμό μέχρι τώρα στην Ιταλία, υπό την προϋπόθεση ότι προέρχεται από την επεξεργασία λευκών μαρμάρων.

9.2 Παραγωγή υποπροϊόντων από τη λατύπη.

Η λατύπη που προέρχεται από τα λατομεία μαρμάρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μιάς σειράς υποπροϊόντων. Τα υποπροϊόντα αυτά είναι :

- μαρμαροψηφίδες.
- μαρμαρόσκονη.
- αδρανή υλικά για παραγωγή σκυροδέματος.
- πληρωτικό υλικό (filler) που προστίθεται σε διάφορα προϊόντα, όπως χαρτί, ελαστικό, πλαστικά, κλπ.

Η λατύπη που προέρχεται από λευκά μάρμαρα είναι κατάλληλη για την παραγωγή μαρμαρόσκονης, μαρμαροψηφίδων, και πληρωτικών υλικών. Η λατύπη αυτή είναι βέβαια κατάλληλη και ως αδρανές υλικό για το σκυρόδεμα, δεν χρησιμοποιείται όμως κατά κανόνα για το σκοπό αυτό εφόσον είναι πολύ συμφερότερο να χρησιμοποιηθεί για τις άλλες χρήσεις που αναφέρθηκαν, οι οποίες και αποδίδουν υψηλότερα έσοδα.

Η λατύπη που προέρχεται από έγχρωμα μάρμαρα μπορεί καταρχήν να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές υλικό σκυροδέματος, εφόσον προέρχεται από γνήσια μάρμαρα και ασβεστόλιθους.

Η λατύπη των λευκών μαρμάρων, που προορίζεται για την παραγωγή υποπροϊόντων, κοσκινίζεται πρώτα, για την απομάκρυνση του ψιλού υλικού (μεγέθους κάτω των 3 cm περίπου) το οποίο περιέχει αργιλικό υλικό, χρώματα, κλπ. Η καθαρισμένη με τον τρόπο αυτόν λατύπη (στην οποία μπορούν να προστεθούν και τα απορρίματα του εργοστασίου επεξεργασίας) τροφοδοτείται σε θραυστήρα, στον οποίο γίνεται η πρωτογενής θραύση σε μεγέθη της τάξεως των 3 - 5 cm. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το υλικό αυτό πωλείται για να υποστεί την περαιτέρω επεξεργασία σε άλλες μονάδες επεξεργασίας, συνήθως όμως η επεξεργασία συνεχίζεται στο σπαστηροτριβείο του λατομείου.

Το προϊόν της πρωτογενούς θραύσεως υφίσταται στη συνέχεια δευτερογενή θραύση και λειοτριβήση, συνήθως σε περιστροφικούς θραυστήρες με σφυριά. Το προϊόν της δευτερογενούς θραύσεως κοσκινίζεται για να αποχωρισθούν τα διάφορα υποπροϊόντα (μαρμαρόσκονη, ψηφίδες, κλπ). Τα κυκλώματα κοσκινήσεως, επανακυκλώσεως, κλπ σχεδιάζονται ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό, δηλαδή ανάλογα με τα είδη των προϊόντων που παράγονται.

Η παραγόμενη μαρμαρόσκονη και οι ψηφίδες χρησιμοποιούνται στην οικοδομική. Πολλά από τα λατομεία, στα οποία εξορύσσονται λευκά μάρμαρα, διαθέτουν σπαστηροτριβεία, τα οποία παράγουν ψηφίδες και μαρμαρόσκονη, ή μόνο μαρμαρόσκονη.

Όπως αναφέρθηκε, η λατύπη που προέρχεται από λευκά μάρμαρα, ή τα σκύρα που προέρχονται από την πρωτογενή θραύση της λατύπης αυτής, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή πληρωτικών. Για να είναι ένα μάρμαρο κατάλληλο για το σκοπό αυτό πρέπει να έχει υψηλό βαθμό λευκότητας. Η παραγωγή των υλικών αυτών γίνεται σε ειδικά τριβεία αφού προηγουμένως το τροφοδοτούμενο υλικό υποστεί επιμελημένο καθαρισμό.

Κατά την παραγωγή του χαρτιού π.χ., καταναλώνονται τα τελευταία χρόνια όλο και μεγαλύτερες ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου, που συνήθως προέρχεται από την επεξεργασία της λατύπης λευκών μαρμάρων. Κατά τη δεκαετία 1975-1984 υπερτετραπλασιάσθηκε η ποσότητα του ανθρακικού ασβεστίου που καταναλώνεται για αυτόν τον σκοπό στη χαρτοβιομηχανία της Δ. Ευρώπης. Το μάρμαρο που είναι κατάλληλο για το σκοπό αυτό πρέπει να έχει υψηλό βαθμό λευκότητας (ο βαθμός λευκότητας δεν πρέπει να είναι κάτω από 86%). Το υλικό αυτό πρέπει να λειοτριβηθεί σε μεγέθη κατά 30%-98% κάτω των 0,002 mm.

Β Ι Β Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

- 1 Biasco G. : Τεχνικές και συγκροτήματα συρματοκοπής διαμαντέ για την εξόρυξη διακοσμητικών πετρωμάτων . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 7-8 ,1986 ,σελ. 27/34.
- 2 Calvi M. : Ένα νέο αλυσσοπρίονο με αλυσίδα διαμαντέ . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 3-4 ,1981 ,σελ. 55/60.
- 3 Capuzzi Q. : Modern Technology and Machinery for Marble Quarrying . Benetti Macchine, Avenza, ,92 pp..
- 4 Conti G., Mannoni T., Montani C., Pucci R., and Ricci A.: Marble in the World . Societa Editrice Apuana, Carrara, 1990 ,251 pp..
- 5 Perrier J. : Για εξόρυξη μαρμάρου και πέτρας : αλυσσοπρίονα με αλυσίδα διαμαντέ . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ , Αφιέρωμα ΜΑΡΜΙΝ, 1984 ,σελ. 45/50.
- 6 Pinzari M. : Οι εξελίξεις στην εξόρυξη όγκων με τη χρησιμοποίηση σύρματος διαμαντέ . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 1-2/A ,1981 ,σελ. 40/45.
- 7 Thoreau B. : Το αδαμαντοφόρο σύρμα σύμψηξης . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 5-6 ,1984 ,σελ. 109/112.
- 8 Trancu Th. : Εξόρυξη μαρμάρων με σύρμα διαμαντέ . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 11-12 ,1980 ,σελ. 23/26.
- 9 Ανώνυμο : Το πρόβλημα της αξιοποίησεως των υποπροϊόντων της μαρμαροβιομηχανίας . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 7-8 ,1983 ,σελ. 45/51.
- 10 Ανώνυμο : Εξελίξεις στην τεχνολογία καθαρισμού του νερού στα εργοστάσια μαρμάρου . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 9-10 ,1983 ,σελ. 95/98.
- 11 Ανώνυμο : Τα λειαντικά υλικά . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 9-10 ,1988 ,σελ. 50/53.
- 12 Ανώνυμο : Μία πρώτη γνωριμία με τους γρανίτες . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 7-8 ,1989 ,σελ. 14/20.
- 13 Βιδάκης Ε. και Πατηνιώτης Ν. : Φυσικομηχανικές Ιδιότητες Διακοσμητικών Πετρωμάτων. . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, Ετήσια Έκδοση, Σεπτέμβριος 1990 ,σελ. 81/85.
- 14 Γιακουμάκης Γ. : Τεχνολογία κοπής μαρμάρου με αδαμαντοφόρο σύρμα . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 3-4 ,1988 ,σελ. 20/27.
- 15 Διαμαντοπούλου Α.Δ. : Τα Ελληνικά Μάρμαρα . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 8-9 ,1976 ,σελ. 49/54.
- 16 Κουτίνης Γ.Α. : Εξόρυξη μαρμάρων με αδαμαντοφόρο σύρμα . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 3-4 ,1981 ,σελ. 61/66.

- 17 Κωστάκης Γ. : Κοιτασματολογία Μαρμαροφόρων Περιοχών : Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία. . ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΑΔΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ - ΕΟΜΜΕΧ., 1984 ..
- 18 Ματσινόπουλος Β. : Μαρμαροπλακίδια Λεπτού Πάχους. . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 1-2 ,1983 ,ΣΕΛ. 68/72.
- 19 Μοσκοφόγλου Π. : Εισαγωγή στη Εκμετάλλευση Μαρμαροφόρου Κοιτάσματος. . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 3-4 ,1988 ,σελ. 41/52.
- 20 Μπόσκος Ευρ.: Κοιτασματολογία Μαρμαροφόρων Περιοχών : Ανατολική Μακεδονία, Θράκη. . ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΑΔΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ - ΕΟΜΜΕΧ, , 1984 ..
- 21 Παπαγεωργιάκης Ι. : Τα εις την μαρμαρικήν τέχνην χρήσιμα πετρώματα της Ελλάδος. . Ann. Geol. Pays Hell. XVIII, 1967 ,σελ. 193/270.
- 22 Παπαγεωργιάκης Ι. : Τα πετρώματα της μαρμαρικής τέχνης και η εκμετάλλευση τους . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 11-12 ,1977 ,σελ. 21/30.
- 23 Παπαγεωργιάκης Ι. : ΜΑΡΜΑΡΑ . Ο ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΥΚΤΟΣ ΠΛΟΥΤΟΣ, Εκδοση Σ.Μ.Ε., Αθήνα, 1979 ,σελ. 520/554.
- 24 Παπαγεωργιάκης Ι., Καβουρίνος Χ., και Μαρκόπουλος Γ. : Κοιτασματολογία Μαρμαροφόρων περιοχών : Στερεά Ελλάδα, Ηπειρος, Ευβοία, Κυκλάδες, Νήσοι Αιγαίου, Δωδεκάνησα. . ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΑΔΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ - ΕΟΜΜΕΧ, 1984 ..
- 25 Σταμπολτζής Γ.: Φυσικομηχανικά Χαρακτηριστικά Μαρμάρων. . ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΑΔΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ - ΕΟΜΜΕΧ., 1984 ,ΣΕΛ. 96/105.
- 26 Τριανταφυλλόπουλος Α. : Μοντέλλο μονάδας παραγωγής προϊόντων κατεργασίας μαρμάρου . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 1-2/A ,1981 ,σελ 49/61.
- 27 Τσιμιδάκης Ι. : Οι νέες μέθοδοι εξόρυξης μαρμάρων . ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ, No 7-8 ,1986 ,σελ. 43/46.
- 28 Φυτρολάκης Ν.: Κοιτασματολογία Μαρμαροφόρων Περιοχών : Πελοπόννησος, Κρήτη. . ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΑΔΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ - ΕΟΜΜΕΧ., 1984 ..

