

Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. Bull. Geol. Soc. Greece	Τομ. XVIII Vol.	σελ. 99-109 pag.	Αθήνα 1986 Athens
--	-----------------------	------------------------	-------------------------

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ ΜΕΡΕΝΤΑΣ (ΑΝΑΤ. ΑΤΤΙΚΗ) ΑΠΟ ΤΗ ΣΚΟΠΙΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ<sup>1</sup>

Από τους

I. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗ\*, Κ. ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ\*\*, Γ. ΠΑΤΕΡΑΚΗ\*\*

### ΣΥΝΟΨΗ

Από τη μελέτη των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων των μαρμάρων της ανατολικής Μερέντας διαπιστώθηκε η καταλληλότητά τους για παραγωγή αδρανών υλικών. Η διαπίστωση αυτή σε συνδυασμό και με τα υπόλοιπα θετικά χαρακτηριστικά της περιοχής (γεωλογικά, περιβαλλοντολογικά κ.ά.) οδήγησαν στην οριοθέτηση ενός χώρου κατάλληλου για δημιουργία λατομικής ζώνης. Ο όγκος των απολήψιμων αποθεμάτων σ' αυτήν υπολογίστηκε σε  $128 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  που θεωρείται επαρκής για την κάλυψη των αναγκών σε αδρανή υλικά της Ανατολικής Αττικής για 50 χρόνια.

### RESUME

On a étudié les propriétés des marbres de Merenta du point de vue de leur convenabilité d'être exploités pour produire des agrégats, suffisants pour les besoins de l' Attique de l' Est.

On a constaté les suivants:

1. La présence Si et Mg est trop restreinte (Mg = 0,15% et Si = 0,05%).
2. Le poids spécifique apparent est égal à 2,68, le poids apparent 2,65 et le poids apparent en état de saturation 2,66tn/m<sup>3</sup>.
3. L'humidité d'absorbtion 0,40%.
4. La dureté en Mohs 3 d 4.
5. La résistance à la compression simple a une valeur moyenne de 126,5 MPa (= 1.290 kg/cm<sup>2</sup>). La valeur minimum est 15% plus petite de la moyenne et cette du maximum 11% plus grande.

(1) Les marbres de Mèrenta (Attique) du point de vue de leur convenabilité comme agrégats.

\* J. Coumantakis, Prof. As. à l'Ecole des Mines de l'Univ. Technique d'Athènes.

\*\* G. Contogiannis, G. Paterakis, Ing. des Mines.

Κατατέθηκε 17.11.83, ανακοινώθηκε 27.1.84.

6. D'après des essais Los Angeles, on a déterminé la résistance à l'usure. La perte en poids est 29,4%.

7. Par des essais de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , on a constaté une perte en poids 0,658% pour les matériaux plus grosses et 0,55% pour ceux de petite granulométrie.

Toutes ces propriétés donnent une très bonne qualité à ces roches du point de vue convenabilité pour produire des agrégats. Celui - ci en combinaison à des autres conditions, telles que géologiques, environnementales e.t.c. nous a conduit de définir une région convenable comme zone des carrières. On a déterminé que les réserves exploitables sont égales à  $128 \cdot 10^6 \text{m}^3$ , suffisantes pour tous les besoins de l'Attique de l'Est pour 50 ans.

## Εισαγωγή

Οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε αδρανή υλικά για την κάλυψη της μεγάλης ζήτησης σ' ολόκληρη την Αττική και η απόφαση της Πολιτείας να απομακρύνει όλα τα λατομεία από το λεκανοπέδιο της Αθήνας, επιβάλλει την αναζήτηση των κατάλληλων περιοχών για τη δημιουργία νέων λατομικών ζωνών.

Τα κριτήρια για να χαρακτηριστεί μια περιοχή κατάλληλη σαν λατομική ζώνη είναι πολλά και οι κρατικοί φορείς που ασχολούνται για τον καθορισμό τους είναι πολυάριθμοι.

Τα κριτήρια έχουν σχέση με περιβαντολλογικά, χωροταξικά, αρχαιολογικά, τουριστικά κ.ά. θέματα και βέβαια με την ποιότητα και την ποσότητα των προς εκμετάλλευση πετρωμάτων.

Θεσπισμένα νομοθετικά μέτρα σχετικά με τα κριτήρια αυτά και την εφαρμογή τους είναι ελάχιστα και προς την κατεύθυνση αυτή πρέπει το συντομότερο δυνατό να υπάρξει πλήρης νομοθετική ρύθμιση. Μόνο με τον τρόπο αυτό και βέβαια με την ενεργοποίηση όλων των αρμόδιων φορέων για την υλοποίηση θα αποφευχθεί στο μέλλον η επανάληψη του φαινομένου της ανεπανόρθωτης κακοποίησης του περιβάλλοντος, της ληστρικής εκμετάλλευσης και της εγκληματικής γενικά αδιαφορίας για τις συνέπειες σε βάρος του κοινωνικού συνόλου. Θλιβερά παραδείγματα που πρέπει να μας συναιτήσουν αποτελούν η Πεντέλη, το Αιγάλεω και ο Υμηττός. Δυστυχώς δε όχι και τα μόνα. Δύσκολα θα βρει κανείς σήμερα ελληνικά βουνά και λόφους χωρίς τις ανοικτές πληγές που αφήνουν τα εγκαταλεημένα λατομεία. Καμιά αποκατάσταση περιβάλλοντος δεν έχει πραγματοποιηθεί σ' όλες σχεδόν αυτές τις θέσεις, για τις οποίες θα έλεγε κανείς πως ήταν κατάλληλα επιλεγμένος με τα αντίθετα ακριβώς κριτήρια απ' αυτά που έπρεπε. Δηλαδή δίπλα σε οικισμούς, πόλεις και αρχαιολογικούς χώρους, με πλήρη και χωρίς κανένα εμπόδιο ορατότητας από το εθνικό δίκτυο, από τις τουριστικά αξιοποιημένες παραλίες και άλλες περιοχές κτλ.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα και έχοντας σαν αρχή την προσαρμογή της εφαρμοσμένης έρευνας στις ανάγκες του κοινωνικού συνόλου, κάναμε μια

προσπάθεια για αναζήτηση μιας κατάλληλης περιοχής με πετρώματα ποιοτικώς και ποσοτικώς ικανά να καλύψουν μακροχρόνια σημαντικό μέρος των αναγκών της Αττικής σε αδρανή υλικά.

Για την πραγματοποίηση του σκοπού αυτού στρέψαμε την προσοχή μας προς την ανατολική Αττική, δεδομένου ότι για τις ανάγκες της Δυτικής έχει επιλεγεί το Ξηρόρεμα και ήδη άρχισε η ενεργοποίησή του.

### **Επιλογή θέσης**

Έχοντας υπόψη τους διάφορους περιορισμούς που θέτουν οι κρατικοί αρμόδιοι φορείς προκειμένου να γίνει επιλογή μιας περιοχής κατάλληλης για δημιουργία λατομικής ζώνης, προβήκαμε στην αναζήτηση των χώρων εξάπλωσης των πετρωμάτων εκείνων που γίνονται κατ' αρχήν δεκτά για έρευνα καταλληλότητας προς παραγωγή αδρανών.

Τα πετρώματα αυτά περιορίζονται για την Ανατολική Αττική μόνο σε μάρμαρα. Όλοι οι άλλοι γεωλογικοί σχηματισμοί που τη δομούν θεωρούνται ακατάλληλοι (σχιστόλιθοι, φυλλίτες, πρασινίτες, νεογενή).

Η σχετική διερεύνησή μας, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η περισσότερο πρόσφορη περιοχή είναι ο ανατολικός τομέας του βουνού της Μερέντας, περιοχή που ήδη έχει προταθεί το 1974 από συναδέλφους του Ι.Γ.Μ.Ε. και σε προκαταρκτικό στάδιο έχει μελετηθεί απ' αυτούς (1).

Ο χώρος που τελικά επιλέχτηκε για να γίνει η παραπέρα έρευνα για τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του πετρώματος, βρίσκεται βορειοανατολικά του χωριού Κουβαρά, και σε απόσταση 2 χλμ. από το άκρο του οικισμού. Αποτελεί δημόσια έκταση, με αραιή θαμνώδη βλάστηση, δεν είναι ορατή από το εθνικό οδικό δίκτυο, από τις παραλίες ή από άλλες τουριστικά αξιοποιημένες περιοχές, δε βρίσκεται κοντά σε αρχαιολογικούς χώρους και το υπάρχον οδικό αγροτικό δίκτυο μπορεί να την εξυπηρετήσει, χωρίς σημαντικές πρόσθετες δαπάνες προσπελάσεων.

Οι συνθήκες επομένως είναι ευνοϊκές και εφ' όσον απ' την έρευνα διαπιστωθεί η ποιοτική και ποσοτική επάρκεια του πετρώματος, τότε θα υφίστανται όλες οι προϋποθέσεις, ώστε η περιοχή αυτή να μπορεί να χαρακτηριστεί σαν λατομική ζώνη.

### **Γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες**

Ο ορεινός όγκος της Μερέντας αποτελείται από κατώτερα μάρμαρα του αυτόχθονου συστήματος της Νότιας Αττικής. Στην ανατολική παρυφή του βουνού διακρίνεται η γραμμή επώθησης του φυλλιτικού καλύμματος, πετρώματα του οποίου συνιστούν τους ανατολικά από τον κυρίως όγκο λόφους, το υπόβαθρο των οποίων αποτελείται από την προέκταση των μαρμάρων που βυθίζονται προς τα ανατολικά.

Κατά το μεγαλύτερο τμήμα της η τεκτονική αυτή γραμμή καλύπτεται από πλευρικά κορήματα ή άλλους δευτερογενείς σχηματισμούς.

Το ανατολικό όριο της έκτασης που τελικά επιλέξαμε και προτείνουμε για δημιουργία λατομικής ζώνης, συμπίπτει περίπου με την τεκτονική αυτή γραμμή.

Τα μάρμαρα που δομούν τον όγκο της Μερέντας είναι μικροκρυσταλλικά και κατά τόπους χονδροκρυσταλλικά, συνήθως άστρωτα και σε λίγες μόνο θέσεις παρατηρούνται χονδροί πάγκοι. Έχουν χρώμα συνήθως γκριζο, αλλά και λευκορόδινο κατά θέσεις, λόγω εμποτισμάτων σιδηροξειδίων ή και καστανόχρωμο σε αγκεριτωμένες ζώνες. Οι επί μέρους στρώσεις γίνονται αντιληπτές από τη ζωνώδη ή ταινιωτή εναλλαγή των αποχρώσεων. Είναι έντονα διερρηγμένα και μέτρια αποκαρστωμένα. Το συνολικό πάχος τους δεν είναι γνωστό, ξεπερνά πάντως μερικές εκατοντάδες μέτρα.

Εξαιτίας της διάρρηξης και αποκάρσωσης, η όλη μάζα συμπεριφέρεται σαν έντονα υδροπερατή και η τροφοδοσία του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα από την επιφάνεια του εδάφους δια μέσου αυτής είναι σημαντική. Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα που αναπτύσσεται μέσα στα μάρμαρα βρίσκεται αρκετά βαθύτερα από το επίπεδο το οποίο προτείνεται να αποτελέσει τη βάση των λατομείων. Έτσι η ύπαρξη υπόγειων νερών στην περιοχή δεν προβλέπεται να δημιουργήσει προβλήματα κατά την εκμετάλλευση Αντίθετα οι υφιστάμενες συνθήκες βοηθούν στο να προκληθούν μολύνσεις - ρυπάνσεις στα υπόγεια νερά από τη χρήση της περιοχής σαν λατομική ζώνη. Για το λόγο αυτό, έβαν των άλλων μέτρων που πρέπει να ληφθούν για την προστασία του περιβάλλοντος είναι αναγκαίο να αντιμετωπισθεί στη σωστή του διάσταση το πρόβλημα της προστασίας των υπόγειων νερών από τους κινδύνους που θα παρουσιαστούν εξαιτίας της λατομικής δραστηριότητας.

### **Ποιότητα μαρμάρων**

Σύμφωνα με την έρευνα της ομάδας του Ι.Γ.Μ.Ε. που έγινε το 1974, η περιεκτικότητα των μαρμάρων της περιοχής σε  $\text{CaCO}_3$  κυμαίνεται από 96,7 έως 99,5%. Το υπόλοιπο, όπως έδειξαν τα αποτελέσματα διαφορικής θερμικής ανάλυσης, συνίσταται κυρίως από φυλλίτη και σε μικρό ποσοστό από μαρμαρυγία και οξειδία του σιδήρου. Δολομίτης και ελεύθερο πυριτικό οξύ, συστατικά που θα καθιστούσαν ακατάλληλο το πέτρωμα για παραγωγή αδρανών υλικών, δεν διαπίστωσαν. Κατόπιν τούτων είχαν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το πέτρωμα μπορεί να χαρακτηριστεί μάρμαρο υψηλής καθαρότητας, με προσμίξεις χωρίς ουσιώδη σημασία, που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή γενικώς αδρανών υλικών και σημείωναν ότι ως προς τις δυνατές χρήσεις του για αδρανή σκυροδέματος, οδοποιίας κ.ά. θα πρέπει να γίνουν δειγματοληψίες για δοκιμές προσδιορισμού των μηχανικών ιδιοτήτων τους.

Η δική μας έρευνα στράφηκε προς αυτή την κατεύθυνση, με πραγματοποίηση σειράς δοκιμών, αναγκαίων για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων εκείνων που η γνώση τους είναι απαραίτητη προκειμένου ένα πέτρωμα να χαρακτηριστεί σαν κατάλληλον ή μη προς παραγωγή αδρανών υλικών.

Η επιλογή των δοκιμών<sup>1</sup> βασίστηκε στις πρότυπες προδιαγραφές Δ.Τ. 691.52 (ΦΕΚ 253/Β/18.11.1959), 408 του Ε.Λ.Ο.Τ. (για αδρανή υλικά) και στις προτεινόμενες από το Υπ. Ενέργειας και Φυσικών Πόρων, θεωρώντας σαν κύριες προβλεπόμενες χρήσεις των αδρανών υλικών την παρασκευή σκυροδέματος και την κάλυψη αναγκών οδοποιίας.

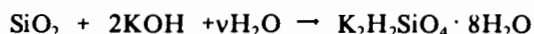
Η δειγματοληψία ήταν μόνο επιφανειακή, δεδομένου ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί γεωτρητική έρευνα. Κατ' αυτήν έγινε προσπάθεια να συλλεγούν δείγματα από όλους τους οριζόντες των μαρμάρων πάνω από την ισοϋψή των 220 μ. στην οποία αντιστοιχεί το επίπεδο που προτείνουμε σαν δάπεδο των λατομείων. Συνολικά συγκεντρώθηκαν δείγματα από τέσσερις θέσεις, βάρους 9 Kgr από κάθε μια. Οι θέσεις αυτές έχουν υψόμετρα 250 μ., 380 μ., 420 μ., και 460 μ., και επιλέγησαν έτσι που τα πετρώματα από τα οποία έγιναν οι δειγματοληψίες να είναι κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικά. Το υλικό των τεσσάρων θέσεων αναμίχθηκε και απετέλεσε ενιαίο δείγμα, που μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό και επομένως αξιόπιστα τα αποτελέσματα των δοκιμών που έγιναν για το στάδιο αυτό της έρευνας.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών καταλληλότητας συνοψίζονται στη συνέχεια.

#### Περιεκτικότητα σε Si και Mg

Όπως είναι γνωστό τα δύο αυτά στοιχεία αντιδρούν με τα αλκάλια του τσιμέντου και προκαλούν διόγκωση και ρωγμάτωση του σκυροδέματος.

Η αντίδραση μεταξύ αδρανών που περιέχουν Si και τσιμέντου έχει διερευνηθεί και έχει διαπιστωθεί ότι η χημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:



Ο όγκος των προϊόντων της αντίδρασης αυτής είναι πολύ μεγαλύτερος από τον όγκο των αρχικών υλικών, με συνέπεια διόγκωση του σκυροδέματος και δημιουργία ρωγματώσεων.

Η δράση του Mg δεν έχει πλήρως εξακριβωθεί, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διαφωνίες στο κατά πόσο είναι δυνατή η χρησιμοποίηση μαγνησιούχων ασβεστολίθων και δολομιτών για την παραγωγή αδρανών υλικών.

Μια άποψη που επικρατεί είναι ότι τα άλατα του Mg ( $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ) προσβάλλουν το υδροξείδιο του ασβεστίου  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , το αργίλικό και πυριτικό τριασβέστιο και σχηματίζουν ετριγγίτη ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), υδροξείδιο του Mg και γύψο.

Ο ετριγγίτης έχει μεγαλύτερο όγκο από τα αντιδρώντα υλικά με σχέση 1:50, με άμεσες συνέπειες τη διόγκωση, τη ρωγμάτωση και διάρρηξη

---

(1) Οι δοκιμές έγιναν στο Κέντρο Ερευνών Δημοσίων Έργων (Κ.Ε.Δ.Ε.) και στο Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας του Ε.Μ.Π. Θερμές ευχαριστίες εκφράζουμε προς όλους όσους βοήθησαν για την πραγματοποίησή τους.

του σκυροδέματος.

Ακόμη υπάρχει η άποψη ότι τα ιόντα Mg πολλές φορές προκαλούν διάβρωση του οπλισμού.

Όσον αφορά τις αντιδράσεις των αλκαλίων του τσιμέντου με τον ανθρακικό μαγνήσιο, που προκαλούν διόγκωση, δεν είναι απόλυτα γνωστές, δηλαδή ο μηχανισμός δράσης δεν έχει εξακριβωθεί πλήρως. Πάντως θεωρείται ότι η αποδολομιτίωση εξελίσσεται σύμφωνα με μια αντίδραση διογκωτική που η ταχύτητά της εξαρτάται από τη συγκέντρωση ασβεστίτη. Έχει διαπιστωθεί ότι είναι πιο γρήγορη όταν υπάρχει 50% περίπου ασβεστίτης στο ανθρακικό πέτρωμα και το μέγεθος των κρυστάλλων είναι πολύ μικρό.

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε Mg και Si των πετρωμάτων της περιοχής που μελετήσαμε, έγινε με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησης σε συσκευή τύπου PERKINELMER 305. Το αρχικό δείγμα πάρηκε με τετραμερισμό, θραύστηκε σε τρεις θραυστήρες, λειοτριβήθηκε και από την πούδρα του υλικού πάλι με τετραμερισμό πάρηκε το δείγμα που εξετάστηκε.

Από την εξέταση διαπιστώθηκε περιεκτικότητα σε Mg = 0,15% και Si = 0,05%. Οι ποσότητες αυτές είναι ελάχιστες και επομένως τα αδρανή που θα παραχθούν από το πέτρωμα αυτό δεν θα δημιουργήσουν προβλήματα όσον αφορά τη διόγκωση και ρωγμάτωση του σκυροδέματος στο οποίο θα χρησιμοποιηθούν.

#### Φαινόμενο ειδικό βάρος

Προσδιορίστηκαν, με βάση την πρότυπη μέθοδο A.A.S.H.O.: T85-45 (A.S.T.M. C127-24), κατάλληλη για χονδρόκοκκα αδρανή:

α) Το φαινόμενο ειδικό βάρος (apparent specific gravity)  $g = \frac{W_s}{V_s + V_a}$

β) Το Μικτό φαινόμενο ειδικό βάρος (bulk specific gravity)  $g_d = \frac{W_s}{V_s + V_a + V_w}$

γ) Το κεκορεσμένο μικτό φαινόμενο ειδικό βάρος (bulk specific gravity saturated, surface dry basis)  $g_w = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_a + V_w}$

όπου  $W_s$  = βάρος στον αέρα της στερεάς ύλης του δείγματος

$W_w$  = » του νερού που απορροφάται από το δείγμα

$V_s$  = » νερού όγκου ίσου με τη στερεά ύλη

$V_w$  = » » » με το συνολικό όγκο των ανοικτών πόρων

$V_a$  = » » » το συνολικό των κλειστών πόρων

και βρέθηκε  $g = 2,68$   $g_d = 2,65$  και  $g_w = 2,66$ .

Υγρασία απορρόφησης ( $u = \frac{W_w}{W_s}$ ). Πρόκειται για το λόγο του βάρους της ποσότητας του νερού που απορροφάται από το ανοικτό (ενεργό) πορώδες του δείγ-

ματος προς το βάρος της στερεάς ύλης αυτού, εκφρασμένος επί τοις εκατό. Η γνώση της είναι απαραίτητη κυρίως για τον υπολογισμό της ποσότητας του νερού που απορροφάται από τα αδρανή κατά τη φάση της παρασκευής του μίγματος σκυροδέματος.

Ο προσδιορισμός έγινε με βάση την πρότυπη μέθοδο A.A.S.H.O. T85-45 (A.S.T.M. C127-24) και βρέθηκε ίση με 0,40%, τιμή δηλαδή πολύ μικρή, που στην προκειμένη περίπτωση περιλαμβάνει και την ποσότητα του νερού που έχει συγκρατηθεί στο δείγμα υπό μορφή ελεύθερης ή επιφανειακής υγρασίας\*.

#### Σκληρότητα

Από τον προσδιορισμό της σκληρότητας d του πετρώματος κατά MOHS βρέθηκε:  $3 < d < 4$ .

#### Αντοχή σε θλίψη

Το πέτρωμα που προορίζεται για παραγωγή αδρανών υλικών, πρέπει να έχει αντοχή σε μονοαξονική θλίψη μεγαλύτερη από 600 kg/cm<sup>2</sup>. Πετρώματα με χαμηλότερη τιμή και μέχρι 450 kg/cm<sup>2</sup> μπορούν να δώσουν αδρανή κατάλληλα μόνο για σκυροδεμα μειωμένης ποιότητας, όπως το B160 κ.ά.

Για τον προσδιορισμό της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη του μελετούμενου πετρώματος, εξετάστηκαν έξι κυβικά δοκίμια. Τα αποτελέσματα δίδονται στη συνέχεια:

Αριθμός δοκιμίου	Αντοχή σε μοναξ. θλίψη MPa
δ <sub>1</sub>	107,30
δ <sub>2</sub>	135,45
δ <sub>3</sub>	140,26
δ <sub>4<sup>α</sup></sub>	115,67
δ <sub>4<sup>β</sup></sub>	124,78
δ <sub>5</sub>	135,84
n = 6	Σσ = 759,3 MPa

$$\text{Μέση τιμή } \sigma = \frac{\Sigma \sigma}{\eta} = 126,5 \text{ MPa}$$

$$\text{ή } \sigma = 1.290 \text{ kg/cm}^2$$

$$(1 \text{ MPa} = 10,197 \text{ kg/cm}^2)$$

Ο προσδιορισμός της μέσης τιμής έγινε με τον παραπάνω τρόπο, δεδομένου ότι οι δύο ακραίες τιμές διαφέρουν από αυτήν μόνο κατά 11% η μεγαλύτερη και 15% η μικρότερη, αποκλίσεις πολύ μικρές σε σχέση με την τιμή του 35% που γίνεται δεκτή για την απομάκρυνση των δύο ακραίων τιμών ενός πλήθους μετρήσεων.

Τόσον η μέση τιμή όσο και η κατώτερη, βρίσκονται πολύ ψηλότερα από

\* Η επί πλέον ποσότητα που υπάρχει στο δείγμα, συγκρατημένη από δυνάμεις συνάφειας κ.ά. δίδει την έννοια της ελεύθερης ή επιφανειακής υγρασίας.

την οριακή τιμή καταλληλότητας, επομένως αν και ο αριθμός των δοκιμών δεν ήταν μεγάλος, από το συσχετισμό των δοκιμών με το όλο πέτρωμα, προκύπτει ότι σε ότι αφορά την αντοχή του σε θλίψη δεν μπαίνει πρόβλημα μη καταλληλότητας.

#### **Ανθεκτικότητα σε φθορά από τριβή και κρούση**

Ο προσδιορισμός της αντοχής σε τριβή και κρούση έγινε με τη μέθοδο LOS ANGELES, με την οποία ως γνωστό διερευνάται κατά τον καλύτερο τρόπο η «σκληρότητα» και η δυσθραυστότητα ενός πετρώματος και στην πράξη έχει διαπιστωθεί ότι τα αποτελέσματα της δοκιμής αυτής συμφωνούν απόλυτα με τη συμπεριφορά των αδρανών στις διάφορες χρήσεις.

Σύμφωνα με την πρότυπη προδιαγραφή ASTM C 535/C 131, πετρώματα με δείκτη φθοράς κατά L.A. κάτω του 40% είναι κατάλληλα για παραγωγή αδρανών που προορίζονται για παρασκευή σκυροδέματος. Οι απαιτήσεις για έργα οδοποιίας είναι μικρότερες.

Η τιμή του δείκτη φθοράς κατά L.A. που προσδιορίσαμε για τα μάρμαρα της Μερέντας, ισούται με 29,44% που θεωρείται ικανοποιητική.

#### **Ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση**

Σαν ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση των αδρανών υλικών ορίζεται η ικανότητά τους να αντιστέκονται σε μεταβολές του όγκου τους όταν υπόκεινται στις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών, οι οποίες μεταβάλλονται ως γνωστό συνεχώς (θέρμανση - ψύξη, πήξη - ανάτηξη, διαβροχή - ξήρανση).

Οι μεταβολές του όγκου έχουν καταστρεπτικές συνέπειες πάνω στα αδρανή και επομένως και στο σκυροδέμα ή τα οδοστρώματα που περιέχουν αδρανή από ευπαθή πετρώματα.

Οι δοκιμές για τον προσδιορισμό της ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση, γνωστές σαν δοκιμές υγείας, γίνονται στο Εργαστήριο, όπου πραγματοποιείται ταχεία «αναπαραγωγή» των μεταβολών των καιρικών συνθηκών.

Η πρότυπη δοκιμή υγείας κατά A.A.S.H.O. T 140-46 (A.S.T.M.: C 68-46T) στηρίζεται στη δράση κρυσταλλικών αλάτων θειϊκού νατρίου ή θειϊκού μαγνησίου, διάλυμα των οποίων εισέρχεται στους πόρους, όπου με συνεχείς κρυσταλλώσεις και ανατήξεις, δημιουργούνται πεδία συνεχώς μεταβαλλομένων τάσεων εξαιτίας των μεγάλων μεταβολών του όγκου. Υπ' αυτές τις επιδράσεις τα αδρανή μικρής ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση θραύονται ή ρωγματώνονται.

Το ανώτατο όριο της % φθοράς από τις δοκιμές υγείας ενός πετρώματος για να θεωρηθεί κατάλληλο προς παραγωγή αδρανών υλικών σκυροδέματος και οδοποιίας, είναι 12%.

Για τα μάρμαρα της Μερέντας προσδιορίσαμε ότι για μεν το χονδρόκοκκο υλικό η φθορά έχει τιμή 0,65% κατά βάρος, για δε το λεπτόκοκκο 0,55%. Άρα τα αδρανή από το πέτρωμα αυτό θα έχουν πάρα πολύ καλή συμπεριφορά ως προς την αποσάθρωση που προκαλούν οι μεταβολές του όγκου λόγω καιρικών συνθηκών.



## Υπολογισμός αποθεμάτων

Λαμβάνοντας υπ' όψη τις ικανοποιητικές τιμές των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων (βλ. προηγούμενο κεφάλαιο) και την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων του ανατολικού τμήματος της Μερέντας, καθώς και όλους τους περιορισμούς που θέτουν οι κρατικοί αρμόδιοι φορείς προκειμένου να γίνει επιλογή μιας περιοχής για δημιουργία λατομικής ζώνης, οριοθετήσαμε μία έκταση την οποία θεωρούμε κατάλληλη για το σκοπό αυτό. Το ανατολικό της όριο συμπίπτει περίπου με την επαφή των μαρμάρων και των πλευρικών κορημάτων, οι υπόλοιπες δε πλευρές της ταυτίστηκαν με τοπικούς υδροκρίτες έτσι ώστε η εκσκαφή να μη γίνεται ορατή από βόρεια, νότια και νοτιοδυτικά.

Η προβολή της περιοχής αυτής στον τοπογραφικό χάρτη έχει σχήμα τραπεζοειδές, η βορειοδυτική κορυφή του οποίου βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο της προτεινόμενης εκσκαφής, με υψόμετρο 540 μ. Το εμβαδόν της προβολής αυτής είναι 3.775 στρέμματα. Λόγω όμως της ορεινής διαμόρφωσης της επιφάνειας του εδάφους, με μέσες κλίσεις που κυμαίνονται από 1/5 έως 1/7 (κατακόρυφος/οριζόντια), το πραγματικό εμβαδό της, όπως διαπιστώθηκε από εμβαδομέτρηση των μεταξύ των ισουψών καμπυλών επιφανειών, με σκοπό τον προσδιορισμό του προς εκμετάλλευση όγκου, είναι υπερδιπλάσια και ισούται με 8.774 στρέμματα.

Ο υπολογισμός του όγκου έγινε με τη μέθοδο των κολουροκωνικών πυραμίδων και βρέθηκε ίσος με 164.117.000 m<sup>3</sup> για επίπεδο εκμετάλλευσης στο υψόμετρο των 240 μ. και 240.000.000 m<sup>3</sup> για επίπεδο εκμετάλλευσης στα +220 μ.

Για τον υπολογισμό των απολήψιμων αποθεμάτων πρέπει να ληφθούν υπ' όψη η ανάγκη διαμόρφωσης κεκλιμένων πρανών και όχι κατακορύφων, η απαίτηση δημιουργίας ζωνών ασφαλείας, καθώς και διάφοροι άλλοι παράγοντες που μειώνουν την απολήψιμότητά τους. Για όλους αυτούς τους λόγους, μειώνοντάς τους παραπάνω όγκους κατά 40%, λαμβάνουμε μια εικόνα των απολήψιμων αποθεμάτων, που είναι της τάξης των 98.000.000 m<sup>3</sup> και 128.000.000 m<sup>3</sup> για επίπεδα εκμετάλλευσης στα +240 m και +220 m αντίστοιχα.

Όπως υπολογίσαμε με διάφορους έμμεσους τρόπους, οι απαιτήσεις της Ανατολικής Αττικής σε αδρανή είναι της τάξης των 9 ως 10 εκατομμυρίων τόννων ετησίως.

Με φαινόμενο ειδικό βάρος 2,68 tn/m<sup>3</sup> οι ποσότητες αυτές αντιστοιχούν σε 3,36 ως 3,73 · 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> θραυστού υλικού. Υποθέτοντας ότι ο συντελεστής επιπλείσματος είναι ίσος με 1,6 υπολογίστηκε ότι ο παραπάνω όγκος αδρανών υλικών αντιστοιχεί σε όγκο in situ πετρώματος ίσο με 2,1 έως 2,33 · 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>. Αυτό σημαίνει ότι τα απολήψιμα αποθέματα θα επαρκέσουν για χρονική περίοδο της τάξης των 50 ετών.

## Περίληψη - Συμπεράσματα

Μελετήθηκαν οι φυσικομηχανικές ιδιότητες των μαρμάρων της Ανατολικής πλευράς της Μερέντας, με σκοπό να διαπιστωθεί αν πληρούν τις προϋποθέσεις

για τη χρησιμοποίησή τους για παραγωγή αδρανών υλικών.

Από τη μελέτη αυτή προκύψανε τα εξής:

1. Η περιεκτικότητα σε Si και Mg είναι πάρα πολύ χαμηλή. Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε  $Mg = 0,15\%$  και  $Si = 0,05\%$ .
2. Το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι ίσο με 2,68, το μικτό φαινόμενο ειδικό βάρος 2,65 και σε κατάσταση κορεσμού 2,66  $tn/m^3$ .
3. Η υγρασία απορρόφησης βρέθηκε ίση με 0,40%.
4. Η σκληρότητα κατά Mohs μεταξύ 3 και 4.
5. Η αντοχή σε μοναξονική θλίψη προσδιορίστηκε ίση με 126, 5 MPa (= 1.290  $kg/cm^2$ ) κατά μέσο όρο, με ακραίες τιμές που η μικρότερη διαφέρει κατά 15% και η μεγαλύτερη κατά 11% της μέσης τιμής.
6. Ο δείκτης φθοράς κατά LOS ANGELES προσδιορίστηκε ίσος με 29,4%, που δείχνει ικανοποιητική ανθεκτικότητα σε φθορά από τριβή και κρούση.
7. Κατά τη δοκιμή υγείας προσδιορίστηκε φθορά για το χονδρόκοκκο υλικό 0,658% και για το λεπτόκοκκο 0,55%, τιμές πολύ χαμηλές με σχέση με την οριακή τιμή καταλληλότητας.

Οι ιδιότητες αυτές καθιστούν το πέτρωμα κατάλληλο για παραγωγή αδρανών κι αυτό σε συνδυασμό με τα ευνοϊκά γεωλογικά, περιβαλλοντολογικά και λοιπά χαρακτηριστικά για το χαρακτηρισμό μιας περιοχής σαν κατάλληλης προκειμένου να προταθεί για λατομική ζώνη, μας οδήγησε στην οριοθέτηση ενός τέτοιου χώρου στην ανατολική πλευρά της Μερέντας. Η έκταση της επιφάνειάς του είναι 8.774 στρέμματα και υπολογίστηκε ότι τα απολλύσιμα αποθέματα ισούνται με  $98 \cdot 10^6 m^3$  ή  $128 \cdot 10^6 m^3$  για επίπεδα εκμετάλλευσης αντίστοιχα σε υψόμετρο +240 m και +220 m. Οι ποσότητες αυτές θεωρούνται επαρκείς για να καλύψουν τις ανάγκες σε αδρανή υλικά της Ανατολικής Αττικής για περίοδο 50 ετών.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΥ Ι. - ΜΑΡΚΟΥΛΗ Μ. 1974. — Επί της έρευνας δια την αναζήτηση νέων κατάλληλων λατομικών περιοχών εντός της μείζονος περιοχής πρωτεύουσας. Φάσις I περιοχή Μεσογείων - Λαυρεωτικής. — Δακτλ. έκθεση Ε.Θ.Ι.Γ.Μ.Ε. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, 1956. — Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete Aggregats. — A.S.T.M., Special Technical Publication No 169. Philadelphia.
- ΑΡΓΥΡΗ Χ. 1981. — Μεταλλευτική - Λατομική ζώνη. Μεταλ. - Μεταλ. Χρονικά. Τ. 52, 1982.
- ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ, 1979. — Σχέδια ελληνικού προτύπου Ε.Λ.Ο.Τ. 408. Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα.
- ΚΑΛΑΒΡΥΤΙΝΟΥ Σ. 1981. — Λατομεία Αττικής. Ανάγκη μελετημένης αναδιοργάνωσης. — Υ.Χ.Ο.Π.
- ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ Κ. - ΠΑΤΕΡΑΚΗ Γ. 1983. — Επιλογή θέσεων για τη μεταφορά των λατομείων αδρανών υλικών της Αττικής. — (Διπλωματική εργασία στη Σχολή Μηχ. Μεταλλείων — Μεταλλουργιών του Ε.Μ.Π.).
- ΛΑΓΓΙΩΤΗ ΧΡ. 1960. — Τεχνολογία υλικών οδοποιίας. - Τόμος I Αδρανή υλικά.
- LEPSIUS R. — Γεωλογικός χάρτης Αττικής, κλ. 1:25.000.

- ΜΑΡΙΝΟΥ Γ. - RETRASCHECK W. E. 1956. — Λαύριον. Γεωλ. & Γεωφυσ. Ερ. ΙΓΜΕ 4/1.  
ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠ. ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ, 1980. — Λατομεία περιοχής Πρωτευούσης. — Μέ-  
ρος Α' Λατομεία αδρανών.
- U. S. DEPARTEMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION, 1966. — Con-  
crete manual. - Denver, Colorado. Seventh edition.