

ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ CORRELATIONS BETWEEN PHYSICAL AND MECHANICAL PARAMETERS OF ROCKS IN THE GREEK TERRITORY

Γ. ΚΟΥΚΗΣ¹, Ν. ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ², Γ. ΤΣΙΑΜΠΑΣ², Χ. ΜΠΟΥΡΟΥΝΗΣ²

ΣΥΝΟΨΗ

Ένας σημαντικός αριθμός φυσικών και μηχανικών παραμέτρων όπως προέκυψαν από εργαστηριακές δοκιμές σε δείγματα διαφόρων πετρωμάτων του Ελληνικού χώρου, καταχωρήθηκαν σε μια ειδικά σχεδιασμένη βάση δεδομένων. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων της βάσης επέτρεψε τη διατύπωση εμπειρικών σχέσεων μεταξύ των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των πετρωμάτων, αρκετές από τις οποίες παρουσιάζουν ικανοποιητικούς συντελεστές συσχέτισης. Ο σημαντικός αριθμός των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν συντελεί θετικά στην αυξημένη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

ABSTRACT

A significant number of physical and mechanical parameters derived by laboratory testing on samples of different rock types from the Greek territory have been registered in a specially designed data base. The statistical analysis of the data base enabled the expression of the empirical correlations between the physical and mechanical characteristics of the rocks, many of which present sufficient correlation coefficients. The significant number of the used data contributes to an increased reliability of the concluding results.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φυσικά χαρακτηριστικά, μηχανικά χαρακτηριστικά, ανέραυτο πέτρωμα, Ελληνικός χώρος.
KEY WORDS: Physical characteristics, mechanical characteristics, intact rock, Greek territory.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο συσχετισμός μεταξύ φυσικών και μηχανικών παραμέτρων του ανέραυτου πετρώματος έχει, μεταξύ άλλων, ως σκοπό και τον προσδιορισμό μιας παραμέτρου από άλλη, της οποίας η τιμή είναι πιο εύκολο να υπολογισθεί με απλές και γρήγορες εργαστηριακές δοκιμές. Τέτοιες σχέσεις, είναι δυνατόν να δώσουν προσεγγιστική πληροφόρηση (αρχική εκτίμηση, προσδιορισμός τάξης μεγέθους) για μια παράμετρο, αλλά και να βοηθήσουν στην κατανόηση σχετικά με το βαθμό και τον τρόπο αλληλεξάρτησης τους.

Προς την κατεύθυνση αυτή, συγκεντρώθηκαν τα αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών που έχουν πραγματοποιηθεί στο Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.(Κ.Ε.Δ.Ε.), από το 1983 μέχρι και το τέλος του 1996, για τη δημιουργία μιας βάσης εργαστηριακών δεδομένων βραχομηχανικής, η οποία αναφέρεται αποκλειστικά σε πετρώματα του Ελληνικού χώρου.

Το γεγονός ότι τα στοιχεία προέρχονται από το ίδιο εργαστήριο και οι δοκιμές εκτελέστηκαν από το ίδιο έμπειρο και καταρτισμένο προσωπικό, με βάση τις διεθνείς προδιαγραφές, συμβάλει στην ομοιομορφία των δεδομένων και την αποφυγή λαθών και υποκειμενικών εκτιμήσεων. Τα δεδομένα που καταχωρήθηκαν στη βάση αναφέρονται σε πετρώματα ποικίλης λιθολογικής σύστασης και διαφορετικής πετρογενετικής προέλευσης, καλύπτοντας έτσι ένα μεγάλο μέρος των πετρωμάτων που συναντώνται στον Ελληνικό χώρο.

2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Η βάση αυτή σχεδιάστηκε στο λογισμικό πακέτο Excel 97 της Microsoft Office και σε περιβάλλον Windows 98. Από το αρχείο του εργαστηρίου βραχομηχανικής του Κ.Ε.Δ.Ε. καταχωρήθηκαν 4438 στοιχεία, τα οποία αναφέρονται σε αντίστοιχο αριθμό δοκιμών(δειγμάτων) που έχουν υποβληθεί σε μία ή περισσότερες δοκιμές για τον προσδιορισμό φυσικών ή/και μηχανικών παραμέτρων. Από τα δοκίμια αυτά 1483(33.4%) αναφέρονται

1. Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Ερευνών στην Εξέλιξη των Γεωλογικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ρίο 26500 ΠΑΤΡΑ.
2. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Γεωτεχνικής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Παιονιών 42, 10782 ΑΘΗΝΑ.

σε ασβεστόλιθους, 873(19.7%) σε δολομιτικούς και μαργαίους ασβεστόλιθους, κατά κύριο λόγο, 612(13.8%) σε φελλίτες, 502(11.3%) σε χροακτοποίηση και λατυποποίηση, 413(9.3%) σε μεταμορφωμένα πετρώματα, κυρίως γνεύσιους και σχιστόλιθους, 281(6.3%) σε αργιλιτά, μαργαίτα, ιαλολιθικά πετρώματα και τέλος 273(6.2%) σε πυριγενή πετρώματα.

3. ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Από μια πρώτη και απλή στατιστική επεξεργασία των στοιχείων της βίωσης εργαστηριακών δεδομένων για το σύνολο των πετρωμάτων προέκυψε ο Πίνακας 1, όπου φαίνεται το πλήθος, καθώς και οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές για τα κυριότερα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του αέριου πετρώματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων που εξετάστηκαν
TABLE 1 Physical and mechanical parameters of tested rocks

	ΠΛΗΘΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ
Ξηρή πυκνότητα $d(kN/m^3)$	1188	29.4	14.0
Πορώδες $n(\%)$	99	42.0	0.46
Αριθμός αναπηδήσεων σφυριού Schmidt SHV	584	59.0	10.0
Δείκτης σημειακής φόρτισης Is_{50} (MPa)	3392	13.1	0.11
Εφελκυστική αντοχή σ_t (MPa)	215	20.4	0.2
Μοναξονική αντοχή σ_c (MPa)	968	254.0	0.7
Μέτρο ελαστικότητας E (GPa)	169	177.4	1.7
Λόγος Poisson ν	104	0.85	0.006
Δείκτης χαλάρωσης I_{a2} (%)	124	99.5	0.22
Συνοχή ασυμμετρίων c (kPa)	50	144	0
Γωνία τριβής ασυμμετρίων φ ($^\circ$)	53	51	23
Ταχύτητα επιμήκων κυμάτων V_p (m/sec)	246	7908.0	1716.0
Ταχύτητα εγκάρσιων κυμάτων V_s (m/sec)	207	3954.02	1125.5
Μέτρο ελαστικότητας(δυναμικό) E_d (GPa)	105	99.45	5.3
Λόγος Poisson (δυναμικός) ν_D	105	0.356	0.003
Μέτρο διάτμησης(δυναμικό) G_d (GPa)	68	37.59	2.1

4. ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

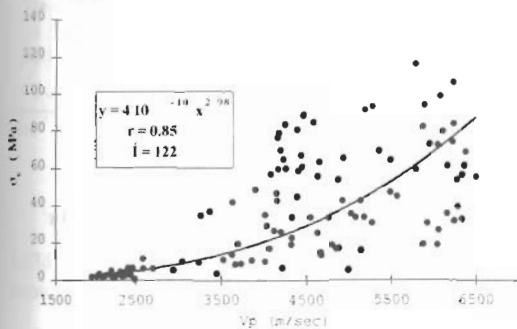
Η συσχέτιση των παραμέτρων του αέριου πετρώματος έγινε με βάση το παραπάνω λογισμικό πακέτο και οι σχέσεις που εξετάστηκαν ήταν γραμμικές, λογαριθμικές και εκθετικές. Οι ακραίες τιμές δε συμπεριελήφθησαν στη συσχέτιση, χωρίς όμως το σύνολο των τιμών αυτών να ξεπερνά το 10% των συσχετιζόμενων τιμών. Θα πρέπει να τονισθεί ότι στο σύνολό τους οι δοκιμές που καταγράφηκαν στη βάση έχουν γίνει σε δοκίμια που είχαν προηγουμένως ξηραθεί στον αέρα.

Σε κάθε περίπτωση συσχέτισης σχεδιάστηκε το αντίστοιχο διάγραμμα στο οποίο συμπληρωματικά παρουσιάζονται :

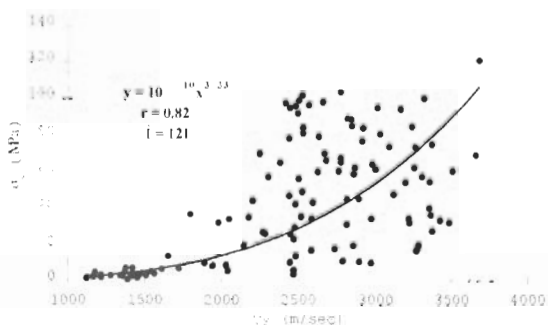
- η εξίσωση της συσχέτισης
- ο αριθμός των σημείων N (ζεύγη τιμών), το οποίο σε κάθε περίπτωση είναι μεγαλύτερο του 25
- ο συντελεστής συσχέτισης r , ο οποίος είναι πάντοτε μεγαλύτερος του 0.80, έτσι ώστε οι συσχετίσεις που παρουσιάζονται να μπορούν να θεωρηθούν αποδεκτές. Εάν κάποιες συσχετίσεις παρουσιάζουν καλούς συντελεστές συσχέτισης για δυο ή τρεις μορφές σχέσεων τότε σχεδιάζονται όλες, δίνεται όμως μεγαλύτερη βαρύτητα στην γραμμική λόγω της ευκολίας εφαρμογής της.

4.1 Μονοαξονική αντοχή, σ_c και ταχύτητα διάδοσης ηχητικών κυμάτων (επιμηκών V_p , εγκάρσιων V_s).

Η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων εξαρτάται από το είδος του πετρώματος, την παρουσία κενών ή ρωγμών και γενικά την ποιότητα του δείγματος η οποία αναφέρεται στην αντοχή του. Οι D' Andrea et al. (1965), δίνουν $\sigma_c = 0.039 V_p - 48.13$ ($r = 0.71$), ενώ καλές εκθετικές συσχετίσεις μεταξύ της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (σ_c) και της ταχύτητας των ηχητικών κυμάτων έχουν κατά καιρούς δημοσιευθεί από πολλούς ερευνητές.

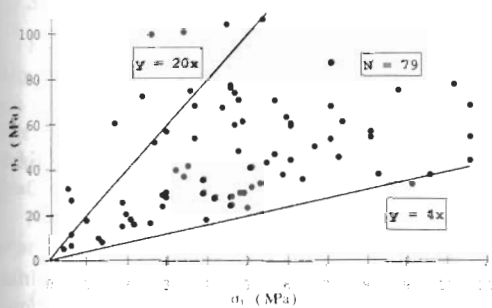


Σχήμα 1. Συσχέτιση σ_c και V_p
Figure 1. Correlation between σ_c and V_p

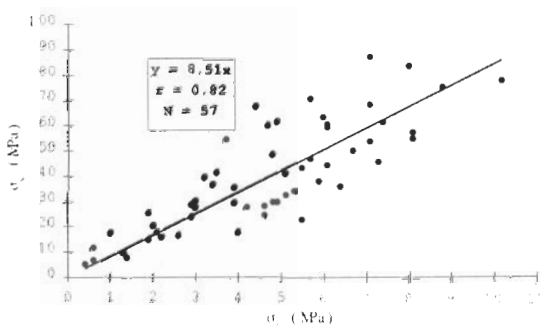


Σχήμα 2. Συσχέτιση σ_c και V_s
Figure 2. Correlation between σ_c and V_s

Από την επεξεργασία που έγινε και περιλαμβάνει όλες τις κατηγορίες πετρωμάτων εκτιμήθηκαν εκθετικές συναρτήσεις $\sigma_c = 4 \cdot 10^{-10} V_p^{2.9837}$ για 122 σημεία με $r = 0.85$ (Σχήμα 1) και $\sigma_c = 10^{-10} V_s^{2.328}$ για 121 σημεία με $r = 0.82$ (Σχήμα 2).



Σχήμα 3. Συσχέτιση σ_c και σ_t
Figure 3. Correlation between σ_c and σ_t



Σχήμα 4. Συσχέτιση σ_t και V_s
Figure 4. Correlation between σ_t and V_s

4.2 Μονοαξονική αντοχή, σ_c και εφελκυστική αντοχή, σ_t .

Για τον Αθηναϊκό Σχιστόλιθο οι Marinos et al. (1994) προσδιόρισαν τα όρια κύμανσης της μονοαξονικής και εφελκυστικής αντοχής μεταξύ $4 \sigma_c < \sigma_t < 13 \sigma_c$.

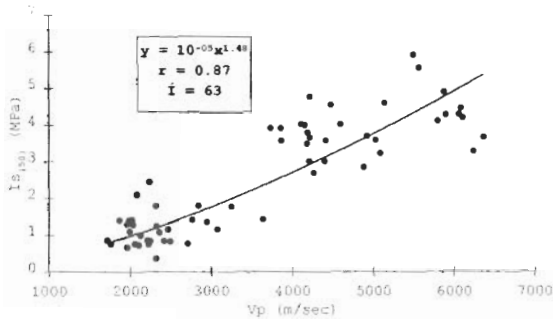
Από τη συσχέτιση των δυο παραμέτρων για όλα τα είδη των πετρωμάτων τα όρια διαμορφώνονται σε $4 \sigma_c < \sigma_t < 20 \sigma_c$ (Σχήμα 3). Αν περιορίσουμε τις τιμές της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη σε μέχρι τα 90 MPa και απομακρύνουμε τις ακραίες τιμές προκύπτει ότι $\sigma_c = 8.51 \sigma_t$ με συντελεστή συσχέτισης $r = 0.82$ (Σχήμα 4).

4.3 Δείκτης σημειακής φόρτισης $I_s(50)$ και ταχύτητα διάδοσης ηχητικών κυμάτων.

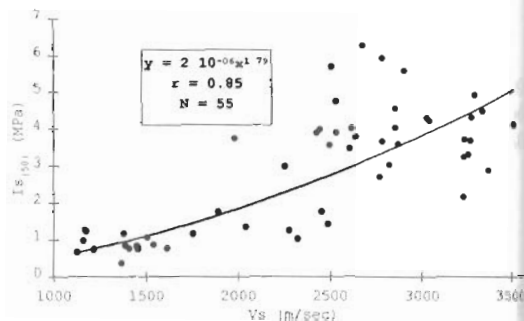
Οι Wakes and Mellor (1978), δίνουν πολύ καλές γραμμικές συσχετίσεις των δύο παραμέτρων για γρανίτες. Αντίστοιχα οι Koukis και Sabatakakis (1991) για δολομιτικούς και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους δίνουν $V_p = 1561.2 + 292 I_s(50)$, ενώ οι Irfan και Dearman (1978), για εξηλατωμένους γρανίτες βρήκαν $I_s(50) = 1.76 \cdot 10^{-7} V_p + 2.095$ ($r = 0.99$) και $I_s(50) = 2.38 \cdot 10^{-7} V_s + 0.92$.

Φηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

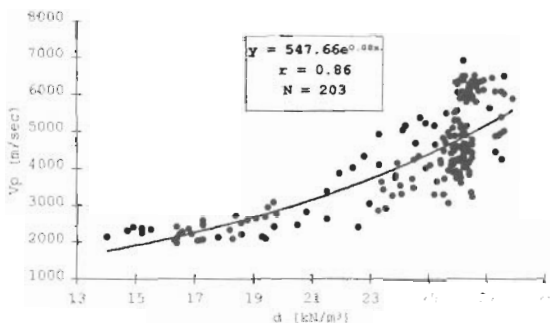
Από τη συσχέτιση των δυο αυτών παραμέτρων προέκυψαν για το σύνολο των δειγμάτων των πετρωμάτων



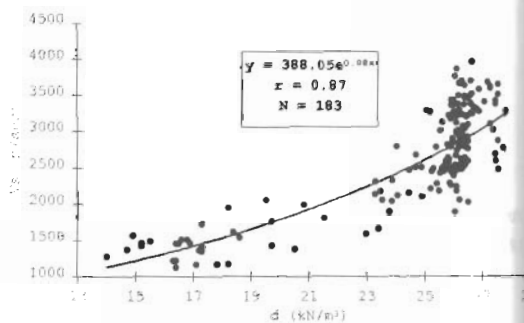
Σχήμα 5. Συσχέτιση $I_s(50)$ και V_p
Figure 5. Correlation between $I_s(50)$ and V_p



Σχήμα 6. Συσχέτιση $I_s(50)$ και V_s
Figure 6. Correlation between $I_s(50)$ and V_s



Σχήμα 7. Συσχέτιση V_p και d
Figure 7. Correlation between V_p and d



Σχήμα 8. Συσχέτιση V_s και d
Figure 8. Correlation between V_s and d

εκθετικές σχέσεις. Τα επιμήκη κύματα δίνουν για 63 τιμές $I_s(50) = 10.5 V_p^{1.48}$ με συντελεστή συσχέτισης $r = 0.87$ (Σχήμα 5) και για τα εγκάρσια κύματα $I_s(50) = 2 \cdot 10^{-6} V_s^{1.79}$ με $N = 55$ και $r = 0.85$ (Σχήμα 6).

4.4 Ξηρή πυκνότητα, d και ταχύτητα διάδοσης ηχητικών κυμάτων.

Γενικά με την αύξηση της πυκνότητας αυξάνεται και η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων. Οι Ifran και Dearman (1978), δίνουν για εξαλλοιωμένους γρανίτες $d = 0.8428 V_p^{0.133}$ ($r = 0.99$). Εκθετικές συσχετίσεις έχουν προσδιορίσει και οι Koukis et al. (1998) για τους ασβεστόλιθους του Ελληνικού χώρου.

Η επεξεργασία των στοιχείων που προέκυψαν από τη βάση εργαστηριακών δεδομένων για το σύνολο των πετρωμάτων δίνουν εκθετικές συναρτήσεις, οι οποίες είναι για τα επιμήκη κύματα $V_p = 547.66e^{0.08d}$ με $N = 203$ και $r = 0.86$ (Σχήμα 7) και για τα εγκάρσια κύματα $V_s = 388.05e^{0.08d}$ με $N = 183$ και $r = 0.87$ (Σχήμα 8).

4.5 Ξηρή πυκνότητα, d και πορώδες, n .

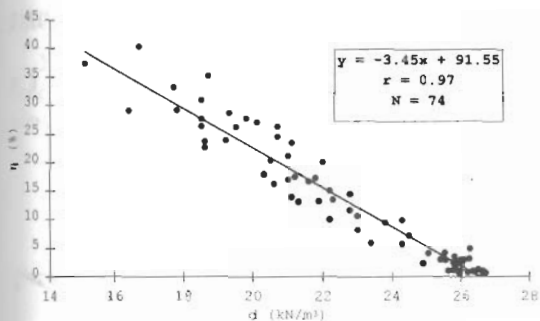
Γενικά η αύξηση της πυκνότητας συνοδεύεται από γραμμική μείωση του πορώδους. Οι Koukis και Sabatakakis (1991), δίνουν για δολομιτικούς και μαργαίτους ασβεστόλιθους, $n(\%) = 90.3 - 3.44 d$ (KN/m^2) ($r = 0.81$).

Τα στοιχεία που προέκυψαν από τη βάση εργαστηριακών δεδομένων για το σύνολο των πετρωμάτων δίνουν μια γραμμική συσχέτιση $n(\%) = 91.55 - 3.45d$ (KN/m^2) με 74 σημεία και συντελεστή συσχέτισης $r = 0.97$ (Σχήμα 9).

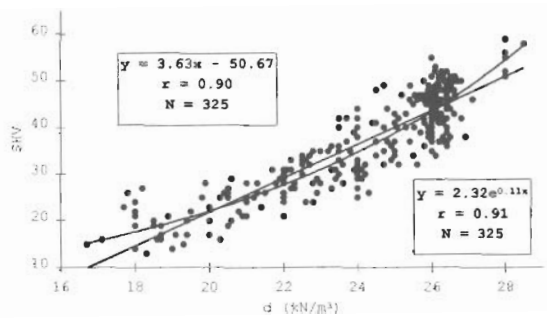
4.6 Ξηρή πυκνότητα, d και αριθμός αναπήδησεων σφουριού Schmidt, SHV.

Ο μέσος όρος των χροόμενων με σφουρί Schmidt αυξάνει γραμμικά με την αύξηση της πυκνότητας. Οι Koukis και Sabatakakis (1991) δίνουν για δολομιτικό και μαργαίκο ασβεστόλιθο $SHV = 3.2 d - 43$ ($r = 0.88$), ενώ παρόμοια συσχέτιση $SHV = 3.2 d - 43$ ($r = 0.88$) δίνει ο Θεοφρόστος Τριμπίτσης (1998).

Από την επεξεργασία των στοιχείων βρέθηκαν 325 ζεύγη τιμών και προέκυψαν, μια καλή γραμμική $SHV =$



Σχήμα 9. Συσχέτιση n και d
Figure 9. Correlation between n and d



Σχήμα 10. Συσχέτιση SHV και d
Figure 10. Correlation between SHV and d

3.63d(KN/m2) - 50.67 με $r = 0.90$, αλλά και μια εκθετική με λίγο καλύτερο συντελεστή συσχέτισης $r = 0.91$ η οποία είναι $SHV = 2.32e^{0.11d}$ (Σχήμα 10).

4.7 Πορώδες, n και δείκτης χαλάρωσης, Id2.

Από την βιβλιογραφία δίνονται συνήθως γραμμικές συσχετίσεις για τις δύο αυτές παραμέτρους. Οι Sabatakakis et al. (1993), για μάργες και μαργαίτους ασβεστόλιθους δίνουν $Id2 = 113 - 1.1 n$ ($r = 0.84$), ενώ οι Koukis και Sabatakakis (1991) για μαργαίτους και δολομιτικούς ασβεστόλιθους, $Id2 = 108 - 0.9 n$ ($r = 0.82$).

Η γραμμική συσχέτιση που προσδιορίστηκε από 31 ζεύγη τιμών, με $r = 0.83$, είναι $n = 99.84 - 0.90 Id2$ (Σχήμα 11).

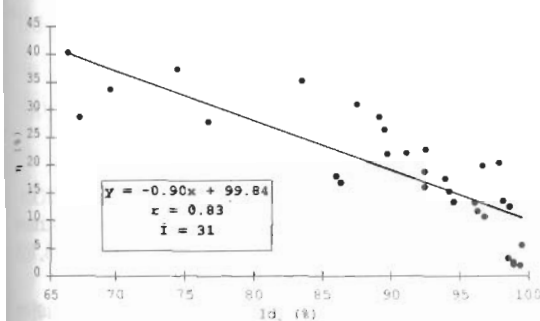
4.8 Ταχύτητα διάδοσης ηχητικών κυμάτων(επιμήκων Vp και εγκάρσιων Vs)και αριθμός αναπήδησεων σφυριού Schmidt, SHV.

Η σχέση της ταχύτητας των επιμήκων κυμάτων Vp με τους μέσους όρους από σφυρί Schmidt, (SHV) περιγράφεται από τους Sabatakakis et al. (1993), και τους Koukis και Sabatakakis (1991) για μάργες, δολομιτικούς και μαργαίτους ασβεστόλιθους, με την εξίσωση : $SHV = 0.01 Vp - 7.12$ ($r=0.88$). Επίσης γραμμική σχέση δίνεται από τους Koukis et al. (1998), για την ταχύτητα διάδοσης των εγκάρσιων κυμάτων σε ασβεστολιθικά πετρώματα. Οι Ifan και Dearman (1978) για εξαλλοιωμένους γρανίτες δίνουν : $SHV = 0.0099 Vp + 14.131$ ($r=0.99$).

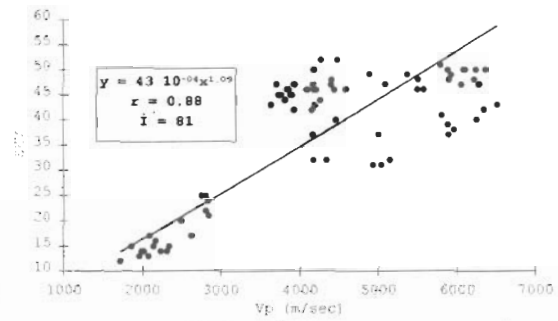
Από τα στοιχεία της βάσης εργαστηριακών δεδομένων βραχομηχανικής προέκυψε εκθετική σχέση, από 81 σημεία με συντελεστή συσχέτισης $r = 0.88$ και εξίσωση $SHV = 43 \cdot 10^{-04} Vp^{1.09}$ (Σχήμα 12).

4.9 Πορώδες, n και αριθμός αναπήδησεων σφυριού Schmidt, SHV.

Ο μέσος όρος του αριθμού των αναπήδησεων από σφυρί Schmidt αυξάνουν με παράλληλη μείωση του πορώδους. Σύμφωνα με τους Sabatakakis et al. (1993), για μάργες και μαργαίτους ασβεστόλιθους ισχύει η σχέση $SHV = 38 - 0.8 n(\%)$ ($r = 0.87$) ενώ σύμφωνα με τους Koukis και Sabatakakis (1991) για μαργαίτους και



Σχήμα 11. Συσχέτιση Id2 και n
Figure 11. Correlation between Id2 and n

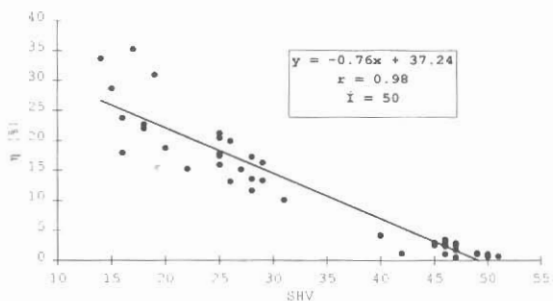


Σχήμα 12. Συσχέτιση SHV και Vp
Figure 12. Correlation between SHV and Vp

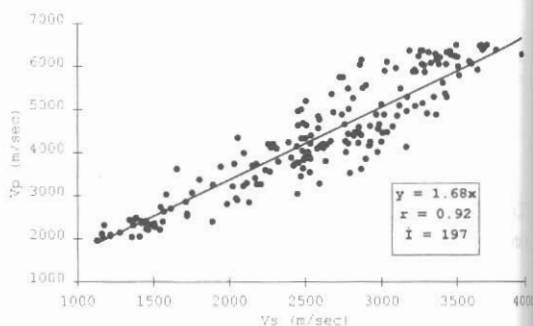
Γεωτεχνική Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

δολομιτικούς ασβεστόλιθους ισχύει η σχέση $SHV = 130.5 n - 0.6$ ($r = 0.8$). Τέλος, οι Irfan και Dearman (1978), για εξαλλοιωμένο γρανίτη προτείνουν τη σχέση $n(\%) = 27.819 - 0.446 SHV$ ($r = 0.98$).

Ο συσχετισμός των δεδομένων έδωσε τη γραμμική σχέση $n = 37.236 - 0.7569SHV$ για $N = 50$ με $r = 0.95$ (Σχήμα 13).



Σχήμα 13. Συσχέτιση n και SHV
Figure 13. Correlation between n and SHV

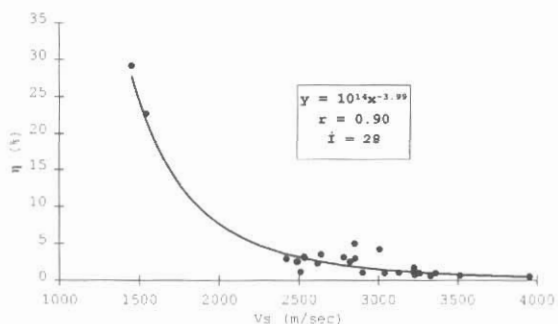


Σχήμα 14. Συσχέτιση Vp και Vs
Figure 14. Correlation between Vp and Vs

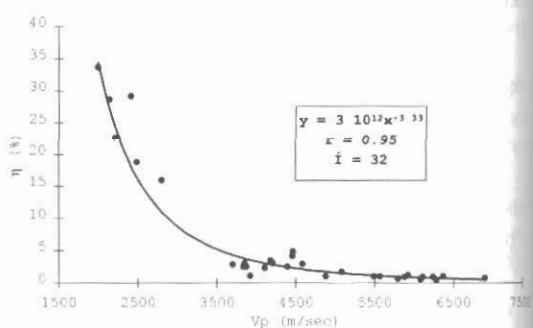
4.10 Ταχύτητα εγκαρσίων, Vs και επιμηκών κυμάτων, Vp .

Οι ταχύτητες διάδοσης των ηχητικών κυμάτων παρουσιάζουν πολύ καλή γραμμική συσχέτιση μεταξύ τους. Οι Marinos et al. (1994), για τον Αθηναϊκό Σχιστόλιθο δίνουν: $Vp = 1.51 Vs$ ($r=0.7$) και οι Sabatakakis et al. (1993), για μάργες και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους: $Vp = 1.6 Vs$ ($r=0.81$).

Από τον συσχετισμό των στοιχείων προέκυψε για το σύνολο των πετρωμάτων από 197 ζεύγη τιμών η σχέση $Vp = 1.68Vs$ με συντελεστή συσχέτισης $r = 0.92$ (Σχήμα 14).



Σχήμα 15. Συσχέτιση Vp και n
Figure 15. Correlation between Vp and n



Σχήμα 16. Συσχέτιση Vs και n
Figure 16. Correlation between Vs and n

4.11 Πορώδες, n και ταχύτητα διάδοσης ηχητικών κυμάτων.

Η αύξηση του πορώδους για το ίδιο πέτρωμα προκαλεί μείωση της ταχύτητας διάδοσης των ηχητικών κυμάτων μέσω αυτού. Οι Irfan και Dearman (1978), καθόρισαν για τους εξαλλοιωμένους γρανίτες τη σχέση $n = 85.765 - 9.966 \log Vp$ ($r = 0.99$).

Από τα στοιχεία της βάσης εργαστηριακών δεδομένων βραχομηχανικής προσδιορίστηκαν για τα επιμήκη κύματα $n = 3.1012 Vp^{-0.99}$ με $r = 0.95$ και $n = 1014.14 Vp^{-3.99}$ με $N = 28$ και $r = 0.90$ (Σχήμα 16).

5. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ

Στον Πίνακα 2 φαίνονται όλες οι συσχετίσεις που προέκυψαν από την επεξεργασία της βάσης εργαστηριακών δεδομένων βροχομηχανικής για διάφορες κατηγορίες πετρωμάτων του Ελληνικού χώρου. Εκτός από τη σχέση που συνδέει τις δυο παραμέτρους, δίνονται ο συντελεστής συσχέτισης (r) και ο αριθμός των σημείων (N).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 Συγκεντρωτικός πίνακας συσχετίσεων
TABLE 2 Summarized table of correlations

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ r	ΠΛΗΘΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ N	ΣΧΗΜΑ
$\sigma_c = 4 \cdot 10^{-10} V_p^{2.98}$	0.85	122	1
$\sigma_c = 10^{-10} V_s^{3.33}$	0.82	121	2
$4 \sigma_t < \sigma_c < 20 \sigma_t$		79	3
$\sigma_c = 8.51 \sigma_t$	0.82	57	4
$I_s_{(50)} = 10^{-5} V_p^{1.48}$	0.87	63	5
$I_s_{(50)} = 2 \cdot 10^{-6} V_s^{1.79}$	0.85	55	6
$V_p = 547.66e^{0.08d}$	0.86	203	7
$V_s = 388.05e^{0.08d}$	0.87	183	8
$n = 91.55 - 3.45d$	0.97	74	9
$SHV = 2.32e^{0.11d}$	0.91	325	10
$SHV = 3.63d - 50.67$	0.90	325	10
$n = 99.84 - 0.90 Id_2$	0.83	31	11
$SHV = 43 \cdot 10^{-04} V_p^{1.08}$	0.88	81	12
$n = -0.76SHV + 37.24$	0.95	50	13
$V_p = 1.68V_s$	0.92	197	14
$n = 3 \cdot 10^{12} V_p^{3.33}$	0.95	32	15
$n = 10^{14} V_s^{3.99}$	0.90	28	16

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι παραπάνω συσχετίσεις αναφέρονται στο σύνολο των επιμέρους δειγμάτων, τα οποία περιλαμβάνουν όλες σχεδόν τις κύριες κατηγορίες πετρωμάτων του Ελλαδικού Χώρου, χωρίς να γίνεται διάκριση μεταξύ αυτών.

Ως εκ τούτου οι συσχετίσεις αυτές αντιπροσωπεύουν το εύρος διακύμανσης των παραμέτρων που εξετάστηκαν, το οποίο είναι ενδεικτικό για τα πετρώματα που μελετήθηκαν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- KOUKIS, G., SABATAKAKIS, N., TSIAMBAOS, G. (1998), "Geotechnical properties of Greek limestones", Proceedings of 8th International Congress of the International Association of Engineering Geology and the Environment, Vancouver, Canada, 21 - 25 September, 2883 - 2888.
- IARINOS P., SABATAKAKIS N., TSIAMBAOS G. (1994), "Laboratory testing aspects of Athenian Schist", Proceedings of 7th Congress of the International Association of Engineering Geology, Lisboa, Portugal, 5 - 9 Sept, Vol. 2, 975 - 981.
- SABATAKAKIS N., TSIAMBAOS G., KOUKIS G. (1993), "Index properties of soft marly rocks of the Athens basin, Greece", Proceedings of the International Symposium of Geotechnical Engineering of Hard Soils - Soft Rocks, Athens, Vol. I, 275 - 279.
- KOUKIS G., SABATAKAKIS N. (1991), "Index properties and their correlations for the marly and dolomitic limestones of Athens basin, Greece", Ορυκτός Πλούτος, Τόμος 72/1991, 27 - 33.
- D'ANDREA, D.V., FISHER, R.L AND FOGELSON, D.E. (1965). "Prediction of compressive strength from other rock properties". U.S.B.M., R.I. 6702, 23p.
- IRFAN, T.Y. AND DEARMAN, W.R. (1978). "Engineering classification and index properties of a weathered granite". Bull. Int. Assoc. Engng. Geol., 10, 177-197.
- HAWKES I., and MELLOR M. (1970). "Uniaxial testing in rock mechanics laboratories". Engng. Geol. 4, 177-285.