



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπόμπας Α.Χαράλαμπος

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ ΓΙΑ ΟΔΟΠΟΪΑ ΑΠΟ ΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΒΑΒΔΟΥ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ :

**Μαρκόπουλος Θ., (Καθηγητής, Επιβλέπων)
Περδικάτσης Β., (Καθηγητής)
Μανούτσογλου Μ., (Επικ. Καθηγητής)**

**ΧΑΝΙΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005**

Περίληψη

Σκοπός της διπλωματικής αυτής διατριβής ήταν να αξιολογηθούν τα γαββρικά πετρώματα του λατομείου της περιοχής μεταλλείων Βάβδου Χαλκιδικής, ως αδρανή υλικά για την καταλληλότητα τους στην οδοποιΐα. Αυτή η αξιολόγηση είναι σημαντική, ώστε να εξασφαλίζεται η ποιότητα των αδρανών υλικών που χρησιμοποιούνται, για την κατασκευή οδοστρωμάτων και ιδιαίτερα των αντισιδηρών σκληρών οδοστρωμάτων. Οι προδιαγραφές και τα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται από τα αδρανή υλικά είναι υψηλά, διότι αυτά ευθύνονται για τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα οδοστρώματα, αφού τα αδρανή συμμετέχουν στη σύνθεση των ασφαλοταπιτών σε ποσοστό μεγαλύτερο του 92 %. Με τις κατάλληλες ιδιότητες τα οδοστρώματα καθίστανται ασφαλέστερα, μειώνοντας τους αριθμούς των τροχαίων ατυχημάτων. Ειδικότερα στον Ελληνικό χώρο το πρόβλημα της ολισθηρότητας των οδοστρωμάτων είναι ιδιαίτερα οξύ, όπως αυτό αποδεικνύεται κάθε χρόνο από τα πολυάριθμα τροχαία ατυχήματα, όσο και από τους χαμηλούς συντελεστές τριβής που έχουν μετρηθεί στα ελληνικά οδικά δίκτυα.

Στο θεωρητικό μέρος της διπλωματικής αυτής γίνεται μια εισαγωγή στη δομή των οδοστρωμάτων, στις συνθήκες δημιουργίας ολισθηρότητας, στα αδρανή υλικά και τις προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν στην οδοποιΐα. Στο πειραματικό μέρος παρατίθεται η γεωλογική δομή του λατομικού χώρου στην περιοχή της Βάβδου και η μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα δείγματα των αδρανών υλικών που πάρθηκαν για το σκοπό αυτό. Συγκεκριμένα έγινε ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων με περιθλασιμετρία ακτίνων X (XRD) και κατασκευάστηκαν λεπτές τομές από τα δείγματα για την παρατήρησή τους στο πολωτικό μικροσκόπιο. Εν συνεχεία έγινε δοκιμή των δειγμάτων κατά Los Angeles. Τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων και μετρήσεων, οδήγησαν στην αξιολόγηση των δειγμάτων με βάση τις ισχύουσες προδιαγραφές, ως προς την καταλληλότητά τους για χρήση σε σκληρά αντισιδηρά οδοστρώματα.

Πρόλογος

Η παρούσα Διπλωματική εργασία έγινε στα πλαίσια του μαθήματος Πετρολογίας σε συνεργασία με το Εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης. Επιβλέπων Καθηγητής ήταν ο κος Θ. Μαρκόπουλος τον οποίο και ευχαριστώ βαθύτατα για την πολύτιμη συμβολή και την βοήθειά του. Επίσης ευχαριστώ θερμά τον κο Μ. Μανούτσογλου, Επίκουρο Καθηγητή και τον κο Β. Περδικάτση, Καθηγητή, μέλη της Εξεταστικής μου Επιτροπής για την βοήθεια και τις υποδείξεις που μου παρέθεσαν.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω την κα Ε. Φεπούσκου, Δρ. Γεωλόγο για τη συμβολή της στην λήψη φωτογραφιών των λεπτών τομών καθώς και στην περιγραφή αυτών. Ευχαριστώ τον κο Α. Σκουνάκη, τον κο Γ. Αποστολάκη και την κα Π. Ροτόντο για την πολύτιμη βοήθειά τους στο εργαστηριακό μέρος της Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος ευχαριστώ το Εργαστήριο Αδρανών Υλικών του κου Γ. Τρυφιάνη για τις δοκιμές Los Angeles των δειγμάτων.

Μπόμπας Α. Χαράλαμπος

Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης

14 Οκτωβρίου 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Δομή εύκαμπτων οδοστρωμάτων και μηχανισμοί δημιουργίας συνθηκών ολισθηρότητας	1
1.1 Ορισμός οδοστρώματος	1
1.2 Ασφαλτικά μίγματα.....	2
1.3 Ο μηχανισμός τριβής του ελαστικού υλικού.....	3
1.3.1 Συντελεστής πρόσφυσης	5
1.3.2 Συντελεστής υστέρησης	7
1.4 Ο μηχανισμός τριβής του ελαστικού ενός οχήματος	8
1.5 Μακροτραχύτητα – Μικροτραχύτητα.....	13
1.6 Ταξινόμηση των επιφανειακών υφών του οδοστρώματος.....	16
1.7 Το φαινόμενο της υδρολίσθησης	19
1.8 Μεταβολές της αντιολισθηρότητας.....	23
1.8.1 Εποχιακές μεταβολές	23
1.8.2 Διαχρονικές μεταβολές	25
1.8.3 Μεταβολές λόγω κυκλοφοριακού Φόρτου	26
1.8.4 Μεταβολές λόγω θέσης της επιφάνειας	28
2. Ελάχιστες απαιτήσεις αντιολισθηρότητας και μέθοδοι καθορισμού	29
2.1 Γενικά.....	29
2.2 Τεχνικοοικονομικές παράμετροι.....	29
2.3 Τεχνικές παράμετροι	30
2.4 Οικονομικές παράμετροι.....	30
2.5 Καθορισμός των ελάχιστων απαιτήσεων της αντιολισθηρότητας.....	32
2.6 Κίνδυνος ολίσθησης και αντιολισθηρότητα οδοστρωμάτων	33
2.7 Κυκλοφοριακές συνθήκες και αντιολισθηρότητα οδοστρωμάτων	34
2.8 Μέθοδοι μέτρησης αντιολισθηρότητας.....	35
2.9 Κατάταξη των μεθόδων μέτρησης της αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων ...	36

3. Αδρανή υλικά.....	39
3.1 Ορισμός αδρανών υλικών	39
3.2 Κατηγορίες αδρανών υλικών με βάση τα μεγέθη τους.....	40
3.3 Πηγές αδρανών υλικών	41
3.4 Ταξινόμηση, αξιολόγηση και καταλληλότητα των πετρωμάτων.....	47
3.4.1 Μαγματικά ή εκρηξιγενή πετρώματα	47
3.4.2 Ιζηματογενή ή στρωσιγενή πετρώματα.....	48
3.4.3 Κρυσταλλοσχιστώδη ή μεταμορφωσινενή πετρώματα.....	49
3.5 Αντιολισθηρά αδρανή (αδρανή αντιολοσθηρών ασφαλοτάπητων)	51
3.6 Ιδιαίτερες απαιτούμενες ιδιότητες των αδρανών	52
3.7 Ορισμός και περιγραφή ιδιοτήτων	52
3.8 Προδιαγραφές αντιολισθηρών αδρανών υλικών.....	55
3.9 Πετρολογικά χαρακτηριστικά-Μηχανικά χαρακτηριστικά.....	59
3.10 Ελληνικοί πετρολογικοί τύποι.....	61
3.11 Παράγοντες για τη δημιουργία λατομείου σκληρών αδρανών	62
 4. Εργαστηριακές δοκιμές καταλληλότητας.....	63
4.1 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά LOS ANGELES	63
4.2 Περιθλασιμετρία ακτίνων - X (XRD)	66
4.3 Πολωτικό μικροσκόπιο	68
 5. Γεωλογία περιοχής-Δειγματοληψία	70
5.1 Η γεωλογική δομή της περιοχής	70
5.1.1 Περιγραφή των Ενοτήτων της Περιοδοπικής ζώνης Χαλκιδικής.....	70
5.1.2 Το μεταλλείο της Βάβδου	77
5.2 Γεβικά για δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων	78
5.3 Δειγματοληψία	82

6. Μελετηθέντα πετρώματα-εργαστηριακά αποτελέσματα	84
6.1 Μακροσκοπική παρατήρηση.....	84
6.2 Λεπτές τομές-παρατηρήσεις με το πολωτικό μικροσκόπιο	87
6.2.1 Δείγμα 1.....	87
6.2.2 Δείγμα 2.....	90
6.2.3 Δείγμα 3.....	92
6.2.4 Δείγμα 4.....	95
6.2.5 Δείγμα 5.....	97
6.2.6 Δείγμα 6.....	99
6.3 Περιθλασιμετρία ακτίνων X (Ανάλυση XRD)	100
6.3.1 Ανάλυση XRD δείγματος 1.....	101
6.3.2 Ανάλυση XRD δείγματος 2.....	102
6.3.3 Ανάλυση XRD δείγματος 3.....	103
6.3.4 Ανάλυση XRD δείγματος 4.....	104
6.3.5 Ανάλυση XRD δείγματος 5.....	105
6.3.6 Ανάλυση XRD δείγματος 6.....	106
6.4 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles	107
7. Συμπεράσματα και προτάσεις	109
7.1 Δείγμα 1.....	110
7.2 Δείγμα 2.....	110
7.3 Δείγμα 3.....	111
7.4 Δείγμα 4.....	112
7.5 Δείγμα 5.....	112
7.6 Δείγμα 6.....	113
7.7 Συνολική αξιολόγηση δειγμάτων.....	113
Βιβλιογραφία	115
Παράρτημα Α.....	117
A.1 Εργαστηριακές μετρήσεις L.A.	117

*Αφιερώνεται... στους γονείς μου,
οι οποίοι με στήριξαν με την αγάπη τους
καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου
και στους φίλους μου, που μου χάρισαν τα
πιο όμορφα φοιτητικά χρόνια...
...στα Χανιά*

1999-2005

-ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-

«ΔΟΜΗ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ»

1.1 Ορισμός οδοστρώματος

“Οδόστρωμα ορίζεται το σύνολο των επάλληλων στρώσεων που είναι πάνω από το φυσικό έδαφος για την δημιουργία της οδού.” Το οδόστρωμα είναι μια σύνθετη κατασκευή που έχει να επιτελέσει διάφορες λειτουργίες που είναι ανόμοιες μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό κάνει την κατασκευή αρκετά πολύπλοκη.

Ο αντικειμενικός σκοπός του οδοστρώματος είναι να παραλάβει τα φορτία της κυκλοφορίας και να τα κατανείμει στο υπέδαφος. Βασική επιδίωξη είναι οι μεταβιβαζόμενες στο υπέδαφος τάσεις να μειώνονται σε τέτοιο βαθμό, έτσι ώστε να μην επιφέρουν ουσιαστικές παραμορφώσεις ή μετατοπίσεις στην εδαφική στρώση του υπεδάφους. Επιπροσθέτως, η δομή του οδοστρώματος θα πρέπει να είναι σχεδόν αδιαπέραστη από το νερό έτσι ώστε να προστατεύεται το έδαφος έδρασης αλλά και οι στρώσεις από ασύνδετα αδρανή (μη σταθεροποιημένες στρώσεις). Τέλος η επιφάνεια του οδοστρώματος θα πρέπει να παρέχει μια **αντιολισθηρή** και **ανθεκτική**, στην λειαντική δράση των ελαστικών, **ομαλή επιφάνεια κύλισης**. Έτσι κάθε στρώση ή ομάδα στρώσεων έχει να επιτελέσει ένα ξεχωριστό ρόλο.

Η δομή του εύκαμπτου οδοστρώματος, γενικότερα, αποτελείται από δύο χαρακτηριστικές ομάδες στρώσεων με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες και συμπεριφορά :

- Την ομάδα των στρώσεων από **ασύνδετα** ή και **σταθεροποιημένα** αδρανή, που εδράζεται πάνω στο υπέδαφος, και

- Την ομάδα των στρώσεων από **ασφαλτομίγματα** , που εδράζεται πάνω στην προηγούμενη ομάδα.

Ο παραπάνω διαχωρισμός της δομής του εύκαμπτου οδοστρώματος βασίζεται στην διαφορετική μηχανική συμπεριφορά των στρώσεων, ομαδοποιημένων, και χρησιμοποιείται σήμερα ως βάση για την ανάπτυξη όλων των μεθοδολογιών διαστασιολόγησης των εύκαμπτων οδοστρωμάτων. (Σαχπάζης, 1988)

Κατασκευαστικά το εύκαμπτο οδόστρωμα διακρίνεται σε τρεις ομάδες στρώσεων:

- την επιφανειακή στρώση (ή στρώσεις),
- τη βάση και
- την υποβάση.

1.2 Ασφαλτικά μίγματα

"**Ασφαλτόμιγμα**" είναι το υλικό κατασκευής των επιφανειακών στρώσεων μιας οδού, το οποίο παρασκευάζεται με την ανάμειξη **αδρανών υλικών** με κάποιο **ασφαλτικό συνδετικό**. Σαν ασφαλτικό συνδετικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί **καθαρή άσφαλτος**, **ασφαλτικό διάλυμα** ή ακόμα και **ασφαλτικό γαλάκτωμα**.

Τα διάφορα είδη των ασφαλτικών μιγμάτων δίνουν την δυνατότητα να κατασκευάσουμε στρώσεις που ανήκουν στην κατηγορία των εύκαμπτων ή ημιάκαμπτων οδοστρωμάτων. Είναι άξιο προσοχής, ότι όλες οι χώρες με μεγάλη ανάπτυξη κυκλοφορίας και με μεγάλο ρυθμό κατασκευής οδών, χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο τον τύπο των εύκαμπτων οδοστρωμάτων.

Έτσι στη Γερμανία που είχαμε τους πρώτους δρόμους από BETON (άκαμπτα οδοστρώματα) τα τελευταία χρόνια έχουμε μια σημαντική μεταβολή προς την κατασκευή εύκαμπτων οδοστρωμάτων. Την ίδια μεταβολή ακολούθησαν και άλλες χώρες όπως η

Γαλλία και οι Η.Π.Α. όπου ο αριθμός των Km των ασφαλικών οδοστρωμάτων αυξήθηκε θεαματικά σε σχέση με το οδόστρωμα από BETON. Όλες αυτές οι αλλαγές συνέβησαν μετά από παρακολούθηση της συμπεριφοράς των οδοστρωμάτων με την πάροδο του χρόνου, και τις αυξανόμενες απαιτήσεις της κυκλοφορίας των οχημάτων. Συγχρόνως με την αναφερόμενη αύξηση των ασφαλικών οδοστρωμάτων σε Km έγινε και χρησιμοποίηση των ασφαλικών μιγμάτων σε όλο και μεγαλύτερα πάχη με αποτέλεσμα σήμερα οι ασφαλικές βάσεις να αποτελούν τον κανόνα κατασκευής του οδοστρώματος.

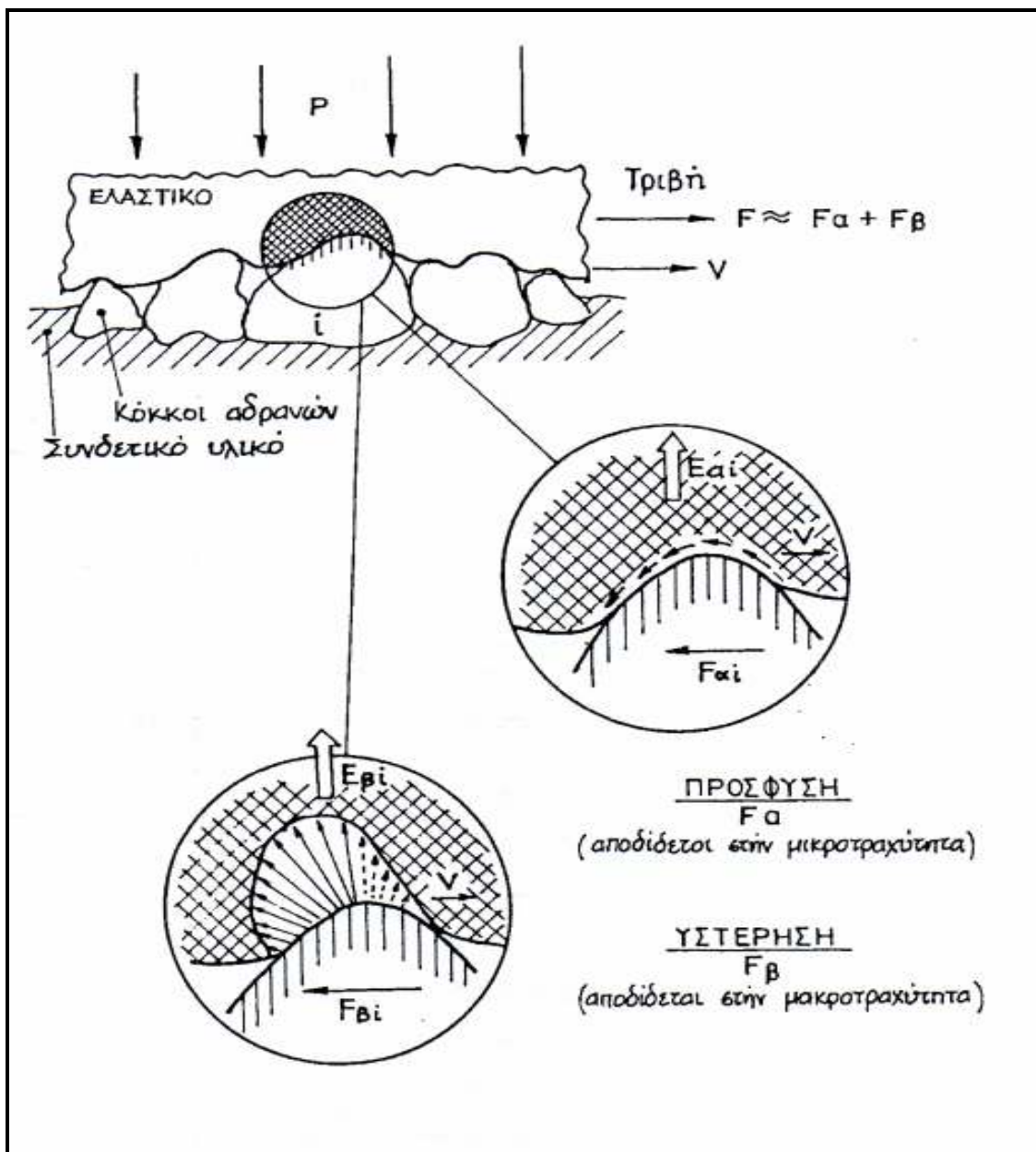
Τα πλεονεκτήματα της αύξησης της αντοχής της βάσης με την χρησιμοποίηση αδρανών υλικών με συνδετικό άσφαλτο είχαν γίνει γνωστά από νωρίς στην Ευρώπη. Βρέθηκε μετά από μακροχρόνια πειράματα σε διάφορες χώρες, ότι χάρις στη μεγάλη διανομή των φορτίων, την οποία πετυχαίνουμε, με αδρανή με ασφαλική επικάλυψη, είναι δυνατόν να μειώσουμε το πάχος του οδοστρώματος με την χρησιμοποίηση τέτοιων στρώσεων. (Σαχπάζης, 1988)

1.3 Ο μηχανισμός τριβής του ελαστικού υλικού

Η τριβή των ελαστικών δρα και αναπτύσσεται σύμφωνα με την ελαστικοϊξώδη διαδικασία, κατά την οποία ο συντελεστής της τριβής δεν εξαρτάται μόνο από τις επιφάνειες επαφής, αλλά επίσης από το βάρος, τη θερμοκρασία και την ταχύτητα ολίσθησης. Η ολική δύναμη τριβής, που αναπτύσσεται όταν ένα ελαστικό ολισθαίνει πάνω σε μία επιφάνεια οδοστρώματος, θεωρείται ότι είναι το αποτέλεσμα τεσσάρων συνεισφερόντων παραγόντων:

- Πρόσφυση,
- Υστέρηση,
- Σχίσσιμο του ελαστικού, και
- Φθορά του ελαστικού ή και της επιφάνειας του οδοστρώματος.

Οι δύο τελευταίοι παράγοντες συνεισφέρουν ελάχιστα στη τριβή, συγκριτικά με τους δύο πρώτους και συνήθως παραλείπονται στις περισσότερες πρακτικές περιπτώσεις. Οι δύο κύριοι παράγοντες της τριβής, η πρόσφυση και η υστέρηση, είναι διαφορετικές εκδηλώσεις της ίδιας ιδιότητας του ελαστικού, δηλαδή του ελαστικοῦξώδους. (Σαχπάζης, 1988)



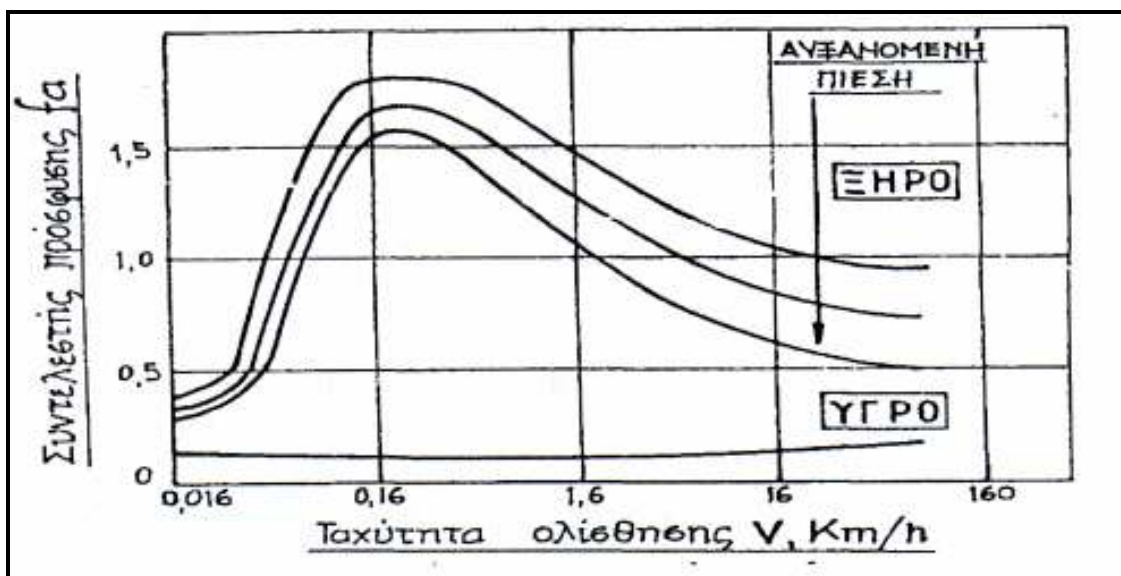
Σχ. 1.1 : Βασικές συνιστώσες τριβής (F) μεταξύ ελαστικού και επιφάνειας οδοστρώματος. (Σαχπάζης, 1988)

Ο παράγοντας πρόσφυση αποδίδεται στη δημιουργία, στη διάτμηση και τέλος στην απόσπαση των δεσμών μεταξύ του ελαστικού και της επιφάνειας του οδοστρώματος. Ο παράγοντας υστέρηση αποδίδεται στο "όργωμα" ή "ροή" των μακροπροεξοχών και κορυφών της επιφάνειας του οδοστρώματος μέσα στην μάζα του ελαστικού όπου κατ' αυτό τον τρόπο, προξενείται απώλεια ενέργειας μέσα στη μάζα του ολισθαίνοντος ελαστικού. Έτσι η πρόσφυση οφείλεται στην μικροτραχύτητα της επιφάνειας του οδοστρώματος και αναπτύσσεται στην επιφάνεια επαφής μεταξύ ελαστικού -επιφάνειας, ενώ η υστέρηση οφείλεται στη μακροτραχύτητα της επιφάνειας του οδοστρώματος και αναπτύσσεται μέσα στη μάζα του ελαστικού κατά την διαδικασία της απορρόφησης ενέργειας. (Σχήμα 1.1)

Από μελέτες που έγιναν με ολισθαίνουσες ελαστικές πλάκες, μελετήθηκαν ξεχωριστά οι δύο παράγοντες της τριβής. Από τις έρευνες αυτές προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα. (Σαχπάζης, 1988)

1.3.1 Συντελεστής πρόσφυσης

1. Σε ξηρές και λείες επιφάνειες ο συντελεστής πρόσφυσης είναι μικρός στις ταχύτητες ερπυσμού δηλ. σε λιγότερο από 0, 02 Km/h.
2. Αυξάνεται γρήγορα με την ταχύτητα ολίσθησης και φθάνει κάποιο μέγιστο, σε μια "κρίσιμη" ταχύτητα ολίσθησης, η οποία μπορεί να ποικίλει από 0, 1 έως και 16 Km/h ανάλογα με τη σύνθεση του ελαστικού και την θερμοκρασία της επιφάνειας αυτής.
3. Μειώνεται όταν η "κρίσιμη" ταχύτητα ξεπεραστεί. Η μείωση συνοδεύεται πολλές φορές από μία χαρακτηριστική μυρωδιά της πλάκας του ελαστικού.

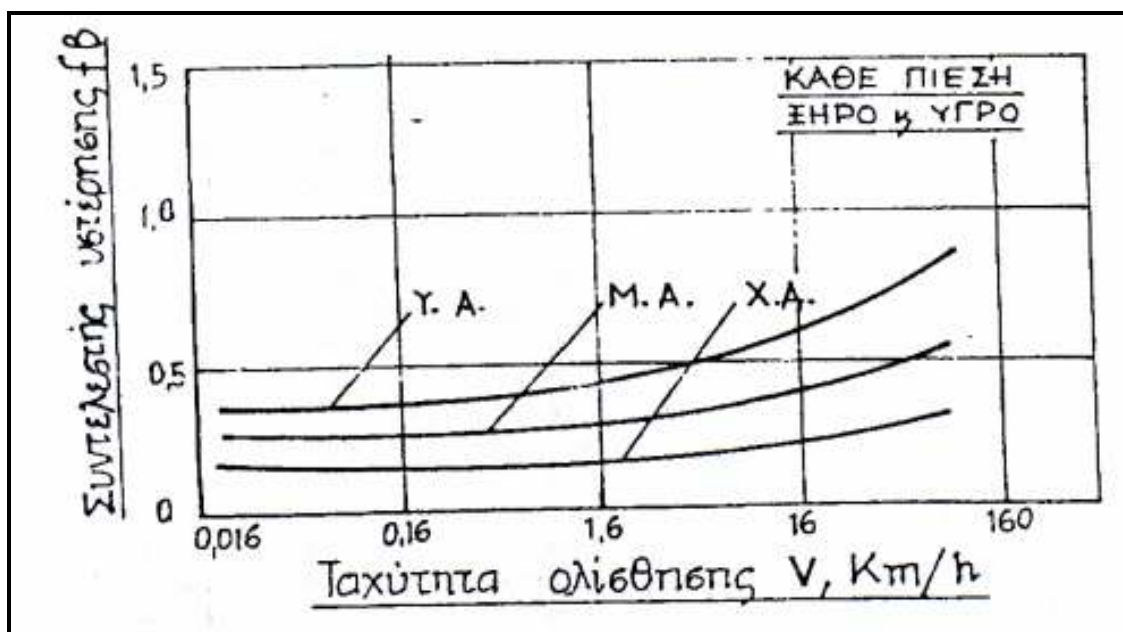


Σχ. 1.2 : Τυπικοί συντελεστές πρόσφυσης για ελαστικό πέλμα τροχού οχήματος που ολισθαίνει σε μακροσκοπικά λείες επιφάνειες. (Σαχπάζης, 1988)

4. Το σχήμα των καμπύλων, και κυρίως τα μέγιστα του συντελεστή πρόσφυσης καθώς και οι "κρίσιμες" ταχύτητες ολίσθησης μεταβάλλονται και εξαρτώνται από τις ελαστικές και αποσβεστικές ιδιότητες του ελαστικού.
5. Οι καμπύλες μετατοπίζονται προς υψηλότερες ταχύτητες ολίσθησης με την αύξηση της θερμοκρασίας και προς χαμηλότερες με την ψύξη. Επομένως, ανάλογα με την ταχύτητα ολίσθησης, ο συντελεστής πρόσφυσης μπορεί να αυξάνεται, να μειώνεται ή και να παραμένει ανεπηρέαστος από τις αλλαγές της θερμοκρασίας.
6. Είναι πολύ ευαίσθητος στη "μόλυνση" της επιφάνειας επαφής (από διάφορα υγρά, λάδια κ.λ.π.) και μειώνεται σε μικρή και ανεξάρτητη από την ταχύτητα. Αυτό οφείλεται στην σημαντική μείωση της διατμητικής αντοχής στην επιφάνεια επαφής. (Σαχπάζης, 1988)

1.3.2 Συντελεστής υστέρησης

1. Ο συντελεστής υστέρησης παρουσιάζει σχεδόν αμελητέα εξάρτηση από την ταχύτητα, στο εύρος της ταχύτητας όπου η πρόσβαση είναι πολύ ευαίσθητη.
2. Αρχίζει να αυξάνεται εμφανώς όσο η ταχύτητα ολίσθησης γίνεται πολύ μεγάλη (περίπου στα 80 Km/h ή περισσότερο).
3. Αυξάνεται με την αύξηση των αποσβεστικών ιδιοτήτων του ελαστικού.
4. Οι καμπύλες του μετατοπίζονται προς υψηλότερες ταχύτητες ολίσθησης, με την αύξηση της θερμοκρασίας και αντιστρόφως. Επομένως, η αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει πάντα μείωση του στις ταχύτητες που λειτουργούν τα οχήματα.
5. Είναι πρακτικά ανεξάρτητος από την πίεση.
6. Παρουσιάζει πολύ μικρή ευαισθησία στη "μόλυνση".



Σχ. 1.3 : Τυπικοί συντελεστές υστέρησης για ελαστικό πέλμα τροχού που ολισθαίνει σε "βοτσαλώδη", καλά λιπασμένη επιφάνεια. (Σαχπάζης, 1988)

Από τα παραπάνω αναφερόμενα γίνεται πλέον σαφές ότι η τιμή του μετρούμενου ολικού συντελεστή τριβής μιας επιφάνειας οδοστρώματος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Επομένως, για να οριστεί πλήρως ο ακριβής συντελεστής τριβής θα πρέπει να δίνονται πληροφορίες σχετικά :

A) Με τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του οδοστρώματος, εκ των οποίων η γεωμετρία της, καθώς και το είδος και το ποσό του "μολυσματικού" υλικού είναι τα πιο σπουδαία.

B) Τα χαρακτηριστικά του ελαστικού, εκ των οποίων οι ελαστικές και αποσβεστικές ιδιότητες είναι τα πιο σημαντικά και

Γ) Οι λειτουργικοί παράμετροι που είναι το φορτίο ή η πίεση που ενεργεί επί του ολισθητήρα, η ταχύτητα ολίσθησης και η θερμοκρασία της επιφάνειας του οδοστρώματος.

Επειδή όμως ο προσδιορισμός όλων αυτών των στοιχείων σε κάθε μέτρηση είναι πρακτικά αδύνατος, διάφοροι διεθνείς ερευνητικοί οργανισμοί έχουν συντάξει προδιαγραφές που αφορούν τα χαρακτηριστικά των συσκευών και την μεθοδολογία για την μέτρηση της αντιολισθηρότητας των επιφανειών των οδοστρωμάτων. Με αυτό τον τρόπο τα χαρακτηριστικά του ελαστικού καθώς και οι λειτουργικοί παράμετροι της συσκευής παραμένουν σταθεροί σε όλες τις μετρήσεις. Τέτοια όργανα και συσκευές αναφέρονται στη συνέχεια. (Σαχπάζης, 1988)

1.4 Ο μηχανισμός τριβής του ελαστικού ενός οχήματος

Η προηγούμενη περιγραφή αφορούσε τον μηχανισμό της ανάπτυξης της τριβής μεταξύ μιας πλάκας ελαστικού και μιας επιφάνειας οδοστρώματος. Αυτή έχει απλοποιήσει και διευκολύνει την κατανόηση του ακόμη πιο πολύπλοκου μηχανισμού τριβής μεταξύ του ελαστικού ενός οχήματος με αεροθάλαμο και μιας επιφάνειας

οδοστρώματος. Ένα ελαστικό οχήματος λειτουργεί κατά την ολίσθηση του, σύμφωνα με τέσσερα βασικά λειτουργικά μοντέλα: (Σαχπάζης, 1988)

- **Μοντέλο πλήρους ολίσθησης**
- **Μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση**
- **Μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά την επιτάχυνση και**
- **Μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά την στροφή**

Κατά το μοντέλο της **πλήρους ολίσθησης**, ο μηχανισμός της ανάπτυξης της τριβής έχει ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά όπως και στην περίπτωση της ολίσθησης της ελαστικής πλάκας. Στο μοντέλο αυτό, επίσης, η ανάπτυξη του υψηλότερου συντελεστή τριβής ή Συντελεστή Αντίστασης σε Πλήρη Ολίσθηση (Σ.Α.Π.Ο.), πραγματοποιείται στην "κρίσιμη" ταχύτητα ολίσθησης.

Η μόνη διαφορά είναι ότι ο μέγιστος Σ.Α.Π.Ο., για την ίδια ακριβώς επιφάνεια και το ίδιο ελαστικό υλικό, είναι πάντα κάπως μικρότερος από τον συντελεστή τριβής όπως μετράται με την ελαστική πλάκα. Αυτό, όπως αποδείχθηκε, οφείλεται στο γεγονός ότι η κατανομή πίεσεως στην επιφάνεια επαφής ελαστικού - οδοστρώματος δεν είναι ομοιόμορφη όπως στην πλάκα, αλλά πάντα υψηλότερη στα στοιχεία της εγκάρσιας κεντρικής σειράς του πέλματος του ελαστικού.

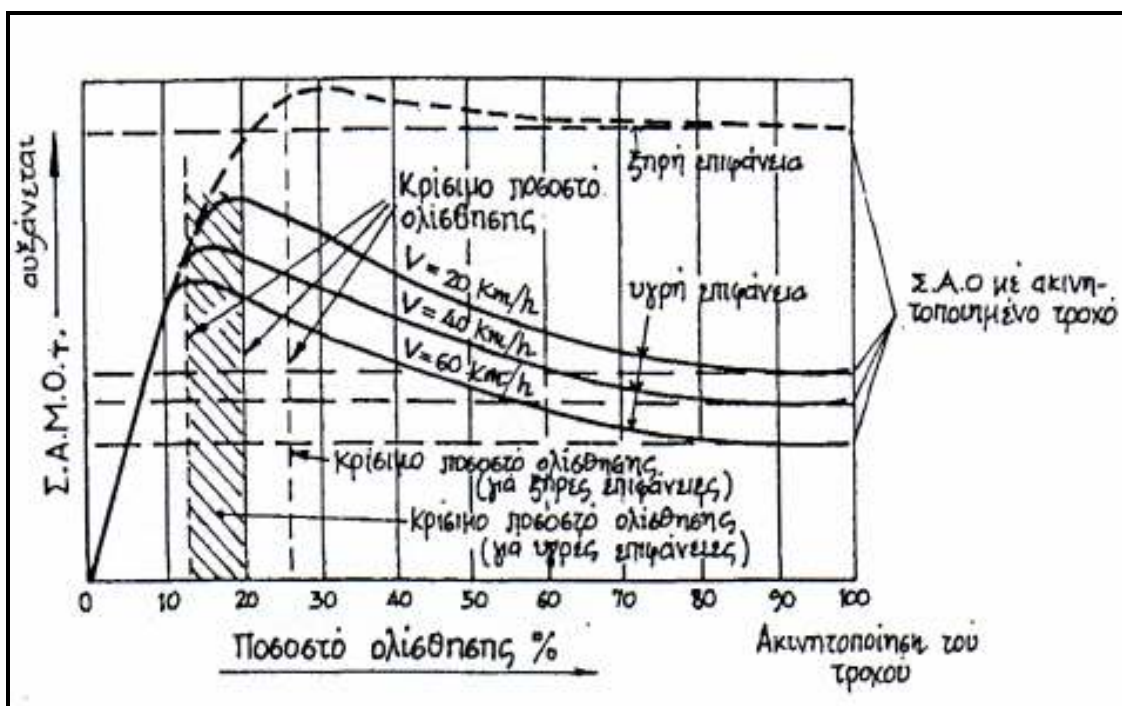
Στο μοντέλο **μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση** ο τροχός κυλίεται και ολισθαίνει συγχρόνως. Ο μέγιστος συντελεστής τριβής ή Συντελεστής Αντίστασης σε Μερική Ολίσθηση κατά την τροχοπέδηση (Σ.Α.Μ.Ο.τ.) επιτυγχάνεται όταν ο τροχός ολισθαίνει στο κρίσιμο ποσοστό ολίσθησης. Σαν ποσοστό ολίσθησης (Π.Ο.) ορίζεται:

$$\text{Π.Ο.} = \frac{100 \cdot (\omega - \omega_e)}{\omega}$$

Όπου ω είναι η γωνιακή ταχύτητα του ελαστικού που αντιστοιχεί στην μεταφορική ταχύτητα του οχήματος, και ω_e είναι η γωνιακή ταχύτητα του ολισθαίνοντος και

συγχρόνως περιστρεφόμενου τροχού. Το Π.Ο. ενός πλήρως ολισθαίνοντος τροχού είναι 100% και 0% ενός κυλιόμενου. Το "κρίσιμο" ποσοστό ολίσθησης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά και την κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος, τις ιδιότητες του ελαστικού, την ταχύτητα κίνησης και την θερμοκρασία. Το ποσοστό αυτό έχει υπολογιστεί ότι είναι περίπου από 10 - 20% (Σχήμα 1.4) για τις υγρές και περίπου 25% για τις ξηρές επιφάνειες.

Στο "κρίσιμο" ποσοστό ολίσθησης παρουσιάζεται ο μέγιστος Σ.Α.Μ.Ο.τ. ο οποίος έχει ακόμα μικρότερη τιμή, για τις ίδιες ακριβώς συνθήκες από το μέγιστο Σ.Α.Π.Ο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα στοιχεία του πέλματος του μερικώς ολισθαίνοντος ελαστικού κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες ολίσθησης και προς διάφορες διευθύνσεις, καθώς επίσης δέχονται και διαφορετικές πιέσεις, θερμοκρασίες και μεμβράνες υγρών, με αποτέλεσμα όλα τα στοιχεία του πέλματος του ελαστικού, να μην ολισθαίνουν ταυτόχρονα με την ίδια κρίσιμη ταχύτητα και προς την ίδια διεύθυνση ώστε να παράγουν συντελεστή τριβής ίσο με τον Σ.Α.Π.Ο.



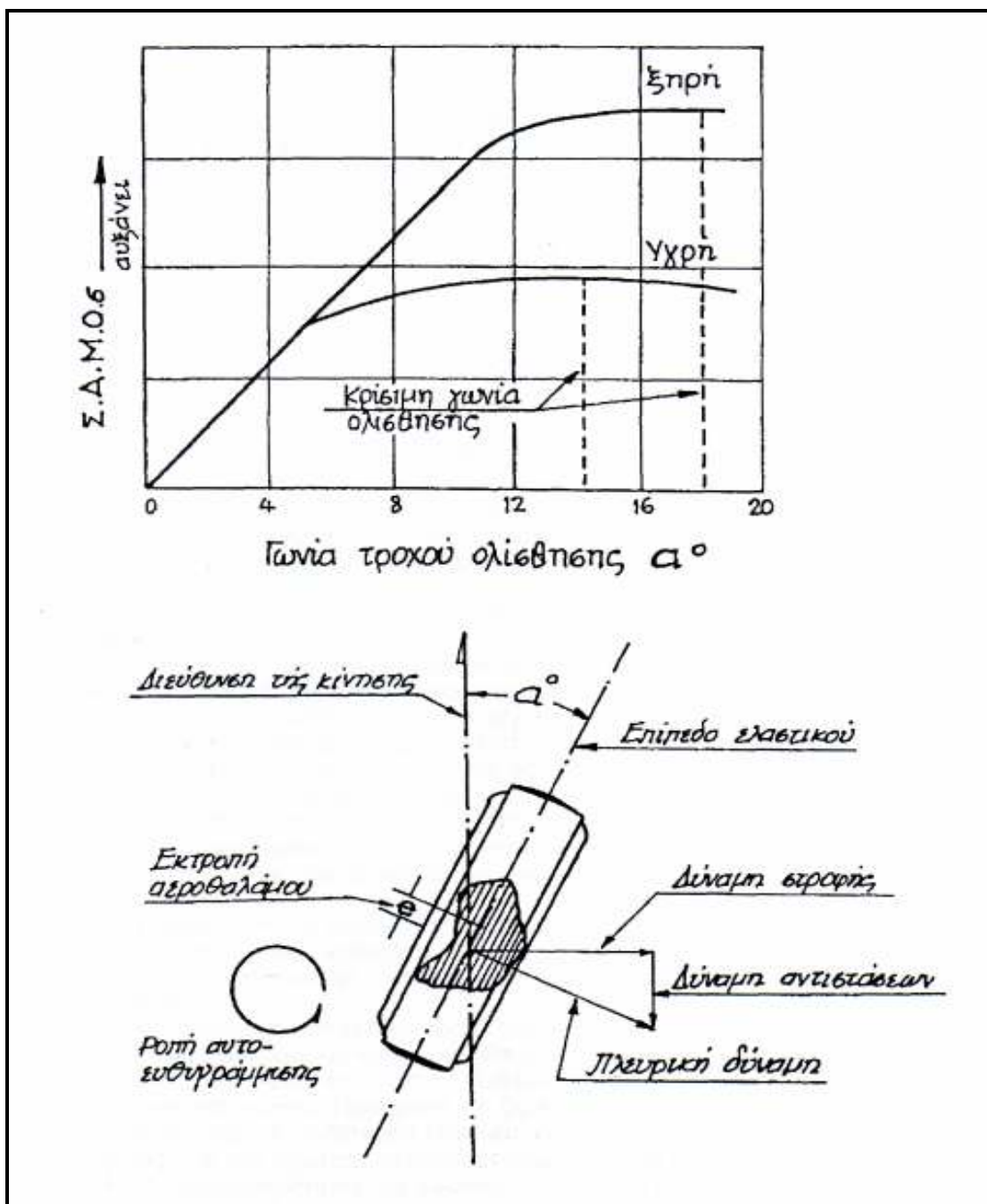
Σχ. 1.4 : Χαρακτηριστικά τριβής ελαστικών που λειτουργούν στο μοντέλο της μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση. (Σαχπάζης, 1988)

Στο μοντέλο **ολικής ολίσθησης κατά την στροφή** ο τροχός κυλίνεται και ολισθαίνει πλευρικά. Ο μέγιστος συντελεστής ή συντελεστής αντίστασης σε μερική ολίσθηση κατά την στροφή (Σ.Α.Μ.Ο.σ) επιτυγχάνεται όταν τα περισσότερα στοιχεία του πέλματος του ελαστικού ολισθαίνουν στην κρίσιμη ταχύτητα. Η κατάσταση αυτή πραγματοποιείται στη "κρίσιμη" γωνία ολίσθησης α . (Σχήμα 1.5). Η γωνία αυτή έχει βρεθεί πειραματικά ότι έχει τιμή περίπου 15° για τις υγρές επιφάνειες και περίπου 18° για τις ξηρές. Ο Σ.Α.Μ.Ο.σ. στη "κρίσιμη" γωνία ολίσθησης είναι πάντα μικρότερος από τον μέγιστο Σ.Α.Μ.Ο.τ. όταν μετρώνται κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες επιφάνειας και ελαστικού υλικού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα στοιχεία του πέλματος του ελαστικού κατά την στροφή κινούνται με ακόμη μεγαλύτερη διαφορική ταχύτητα ολίσθησης με αποτέλεσμα να βρίσκεται ένας ακόμη μικρότερος αριθμός στοιχείων στο πέλμα σε κατάσταση "κρίσιμης" ταχύτητας ολίσθησης, σε σχέση με την περίπτωση της μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση. Το ποσοστό ολίσθησης εδώ ορίζεται από τον τύπο :

$$\Pi.Ο. = 100 \eta\mu(\alpha)\Delta)$$

Το μοντέλο **ολικής ολίσθησης κατά την επιτάχυνση** βασίζεται στις ίδιες αρχές όπως και κατά την τροχοπέδηση. Για τον λόγο αυτό αλλά και επειδή δεν ενδιαφέρει ιδιαίτερα από την άποψη της ασφάλειας στην οδήγηση δεν αναπτύσσεται περισσότερο.

Τέλος, όπως συμπερασματικά προκύπτει από τα πιο πάνω, για το ίδιο και το αυτό ζεύγος ελαστικού ενός οχήματος - επιφάνειας οδοστρώματος, η τιμή του συντελεστή τριβής του ποικίλει και εξαρτάται από το μοντέλο ολίσθησης καθώς και το ποσοστό ολίσθησης που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της. Γενικά ισχύει ότι η μέγιστη τιμή του Σ.Α.Π.Ο. κατά την κρίσιμη ταχύτητα ολίσθησης είναι μεγαλύτερη του Σ.Α.Μ.Ο. τ. κατά το κρίσιμο ποσοστό ολίσθησης και αυτή με τη σειρά της είναι μεγαλύτερη του Σ.Α.Μ.Ο.σ. κατά την κρίσιμη γωνία ολίσθησης. Επομένως, σε δοκιμές μέτρησης της αντιολισθηρότητας μιας επιφάνειας οδοστρώματος όπου χρησιμοποιείται ελαστικό ενός οχήματος, θα πρέπει πάντα να αναφέρεται το μοντέλο ολίσθησης του ελαστικού καθώς και το ποσοστό ολίσθησης του, εκτός εάν για τις μετρήσεις αυτές ακολουθούνται πρότυπες προδιαγραφές. (Σαχπάζης, 1988)



Σχήμα 1.5 : Χαρακτηριστικά τριβής ελαστικών που λειτουργούν στο μοντέλο της ολίσθησης κατά την αλλαγή πορείας. (Σαχπάζης, 1988)

1.5 Μακροτραχύτητα – Μικροτραχύτητα

Η αντιστοιχιστικότητα του οδοστρώματος εξαρτάται απόλυτα από την επιφανειακή του υφή. Σαν επιφανειακή υφή ορίζεται η γεωμετρική διαμόρφωση της επιφάνειας του οδοστρώματος. Αυτή προσδιορίζεται από την μορφή, το μέγεθος, το είδος και την κατανομή των ψηφίδων του αδρανούς υλικού όπου συνδέονται μεταξύ τους με συνδετικό υλικό (άσφαλτο, πίσσα, κ.λ.π.) και αποτελούν την επιφάνεια κύλισης του οδοστρώματος. Διαφορετικά μπορεί να ορισθεί σαν η μικροτοπογραφία ή η τραχύτητα της επιφάνειας. (Σαχπάζης, 1988)

Η επιφανειακή υφή αποτελείται από δύο κλίμακες τραχύτητας :

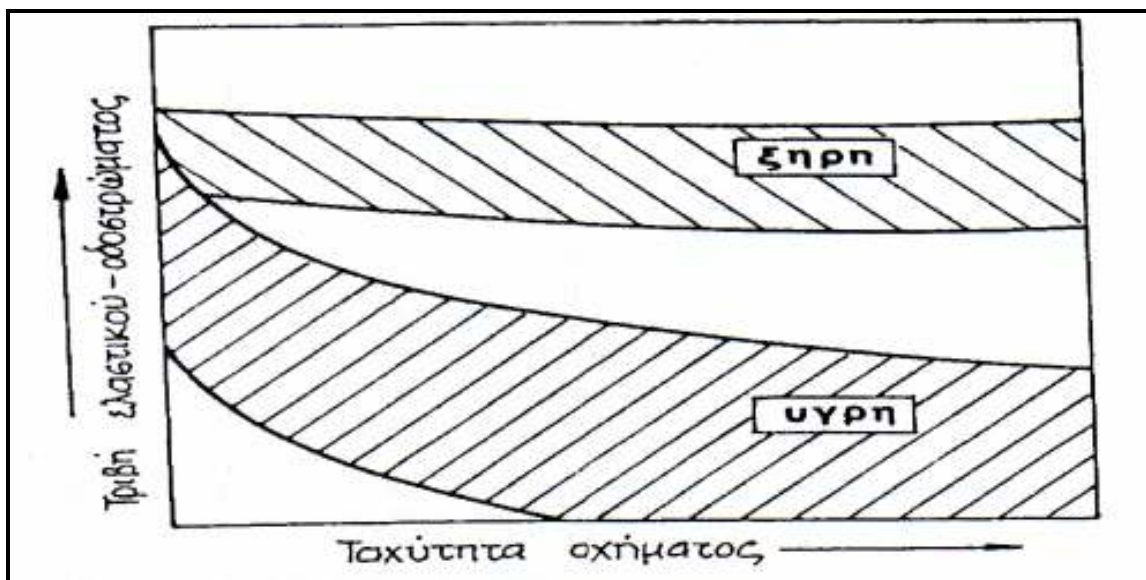
- **Μακροτραχύτητα** που αναφέρεται στις αδρές και ευδιάκριτες από απόσταση με γυμνό οφθαλμό, ανωμαλίες της επιφάνειας, ή στη μεγάλης κλίμακα τραχύτητα. Αυτή εξαρτάται από την σύνθεση του ασφαλτομίγματος και ιδιαίτερα από την μορφή, το μέγεθος, τη διαβάθμιση και την κατανομή των ψηφίδων του αδρανούς υλικού, καθώς και από την μέθοδο κατασκευής του τάπητα.
- **Μικροτραχύτητα** που αναφέρεται στις μικροανωμαλίες (μη διακρινόμενες από απόσταση με γυμνό οφθαλμό) της επιφάνειας των ψηφίδων του αδρανούς υλικού. Αυτή εξαρτάται κυρίως από την ορυκτολογική σύσταση και τον ιστό του πετρώματος του αδρανούς υλικού.

Η ταξινόμηση της τραχύτητας σε μάκρο ή μικρο γίνεται με βάση το πλάτος των προεξοχών. Από έρευνες καθορίστηκε σαν όριο πλάτους για τη μικροτραχύτητα η τιμή μέχρι τα 0,5 mm, ενώ οι προεξοχές με μεγαλύτερο πλάτος ταξινομούνται στη μακροτραχύτητα. Η επιφανειακή υφή έχει επίδραση και είναι άμεσα και μοναδικά συνδεδεμένη με το βαθμό αντιστοιχιστικότητας των υγρών και μόνο επιφανειών.

Όλες οι στεγνές και σχετικά καθαρές επιφάνειες οδοστρωμάτων παράγουν υψηλή αντιολισθηρότητα. Πειράματα σε ξηρές ασφαλτούχες επιφάνειες με διάφορες επιφανειακές υφές και με διάφορα ελαστικά οχήματος βρήκε ότι ο Σ.Α.Π.Ο. κυμαίνεται, ανεξάρτητα από την ταχύτητα, μεταξύ των τιμών 0,75 και 0,9, δείχνοντας ακριβώς ότι η έννοια της αντιολισθηρότητας δεν υφίσταται στη στεγνή κατάσταση των επιφανειών, και ότι η αντιολισθηρότητα τέτοιων επιφανειών είναι ικανοποιητικά υψηλή.

Όταν όμως η επιφάνεια είναι υγρή η αντιολισθηρότητα της μειώνεται σημαντικά. Η μείωση αυτή σε υγρές συνθήκες είναι άμεσα συνδεδεμένη και εξαρτάται απόλυτα από την επιφανειακή υφή και την ταχύτητα ολίσθησης. Αύξηση της ταχύτητας προκαλεί μεγαλύτερη μείωση. Ο ρυθμός της μείωσης με την ταχύτητα δεν είναι ίδιος σε κάθε επιφάνεια αλλά εξαρτάται από της υφή της. (Σχήμα 1.6)

Η μακροτραχύτητα προμηθεύει την επιφάνεια με διόδους ή "κανάλια" για τη διασκόρπιση και αποστράγγιση του νερού, όσο το δυνατόν ταχύτερα, από τις κορυφές των ψηφίδων, ενώ η μικροτραχύτητα των ψηφίδων διασπά τη λεπτή πλέον μεμβράνη νερού με τη συγκέντρωση υψηλών πιέσεων, και έτσι επιτυγχάνεται άμεση επαφή με το πέλμα του ελαστικού.



Σχήμα 1.6 : Συμπεριφορά της τριβής μερικώς ή πλήρως ολισθαίνοντων ελαστικών επί ξηρών και υγρών επιφανειών οδοστρωμάτων. (Σαχπάζης, 1988)

Όσο πιο ανεπτυγμένη είναι η μικροτραχύτητα, τόσο υψηλότερη είναι η αντιολισθηρότητα στις χαμηλές ταχύτητες. Η σταδιακά αυξημένη μακροτραχύτητα γίνεται σπουδαιότερη και απαιτείται όσο η ταχύτητα του οχήματος αυξάνει. Απλά η μικροτραχύτητα καθορίζει τον βαθμό της τριβής που θα αναπτύξει μια υγρή επιφάνεια, ενώ η μακροτραχύτητα εάν θα διατηρήσει ή όχι την τριβή αυτή με την αύξηση της ταχύτητας.

Για να υπολογίζεται επομένως σωστά ο βαθμός της αντιολισθηρότητας μιας επιφάνειας θα πρέπει να μετράται ο συντελεστής τριβής (ο Σ.Α.Π.Ο. ή Σ.Α.Μ.Ο) σε όλο το φάσμα ταχυτήτων ώστε να παρακολουθείται η μεταβολή του με την ταχύτητα. Ο τρόπος αυτός δίνει άμεσα αποτελέσματα αλλά είναι δαπανηρός και χρονοβόρος. Για το λόγο αυτό σε έρευνες που έγιναν στο Πανεπιστήμιο της Πενσυλβάνιας των Η.Π.Α. παράχθηκε μαθηματικό μοντέλο το οποίο προσδιορίζει με υψηλότερο συντελεστή συσχετισμού $1^{0,96}$, τον Σ.Α.Π.Ο. μιας επιφάνειας σε οποιαδήποτε ταχύτητα ολίσθησης, από τον ποσοτικό προσδιορισμό της μικροτραχύτητας και της μακροτραχύτητας της μελετούμενης επιφάνειας. Η μικροτραχύτητα της προσδιορίζεται από το συντελεστή τριβής με το βρετανικό εκκρεμές, Συντελεστής Αντίστασης σε Ολίσθηση Εκκρεμούς (Σ.Α.Ο.Ε.) και η μακροτραχύτητα της από το Βάθος Επιφανειακής Μακροτραχύτητας (Β.Ε.Μ.). Το Β.Ε.Μ. προσδιορίζεται με διάφορες τεχνικές, εκ των οποίων η πλέον διαδεδομένη είναι αυτή της κηλίδας της άμμου. Το μοντέλο αυτό είναι:

$$\Sigma.Α.Π.Ο = \frac{1,38 \times \Sigma ΑΟΕ - 31}{100} \times e^{-\left[(17,15 \times \text{BEM})^{-0,52} \times \frac{V}{100} \right]}$$

Η εξίσωση αυτή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στην εργαστηριακή έρευνα για την επιλογή του κατάλληλου είδους πετρώματος για παραγωγή αδρανών υλικών τα οποία κατέχουν την απαραίτητη μικροτραχύτητα, καθώς και την επιλογή της κατάλληλης διαβάθμισης, μορφής και μεγέθους των ψηφίδων τους, ώστε να παράγεται η αναγκαία μακροτραχύτητα (Β.Ε.Μ.) με σκοπό την κατασκευή ενός τάπητα κύλισης οδοστρώματος ο οποίος να εξασφαλίζει το προκαθορισμένο απαιτούμενο βαθμό αντιολισθηρότητας του

ΔΟΜΗ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ

σε σχέση με τη προβλεπόμενη ταχύτητα κίνησης των οχημάτων όπου θα τον χρησιμοποιεί. (Σαχπάζης, 1988)

Πτώση της αντίστασης σε ολίσθηση με μεταβολή της ταχύτητας από 50 Km/h στα 130 Km/h %	Βάθος επιφανειακής υφής σε mm	
	ΕΥΚΑΜΠΤΟ	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ*
0	2.0	0.8
10	1.5	0.7
20	1.0	0.5
30	0.5	0.4

* με εγκάρσιες προς τη διεύθυνση κίνησης των οχημάτων αυλακώσεις

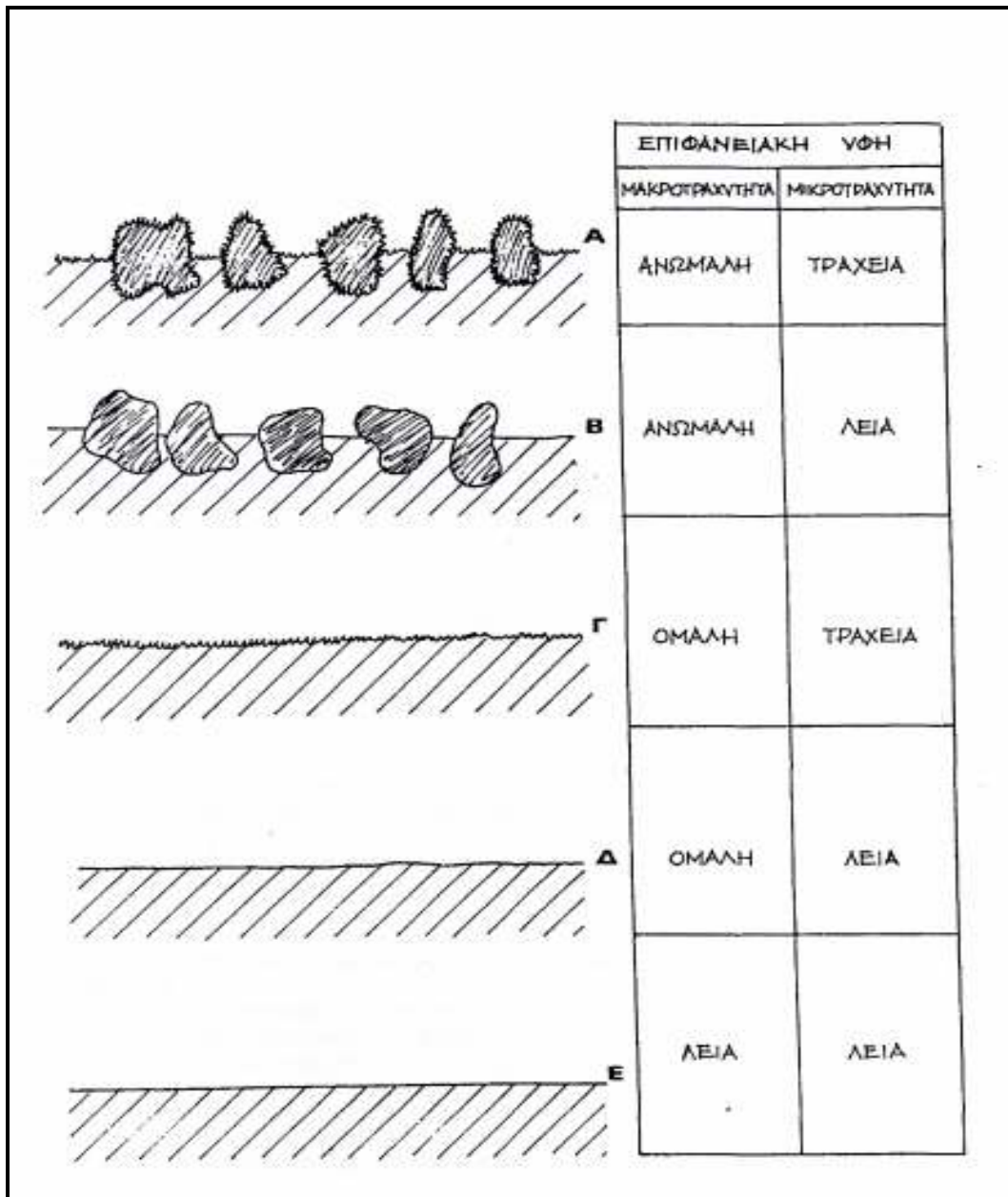
Πίν. 1.1: Επίδραση του B.E.M. στη μεταβολή της αντιολισθηρότητάς με την αύξηση της ταχύτητας (κατά B.E.SABEY, 1966)

1.6 Ταξινόμηση των επιφανειακών υφών του οδοστρώματος

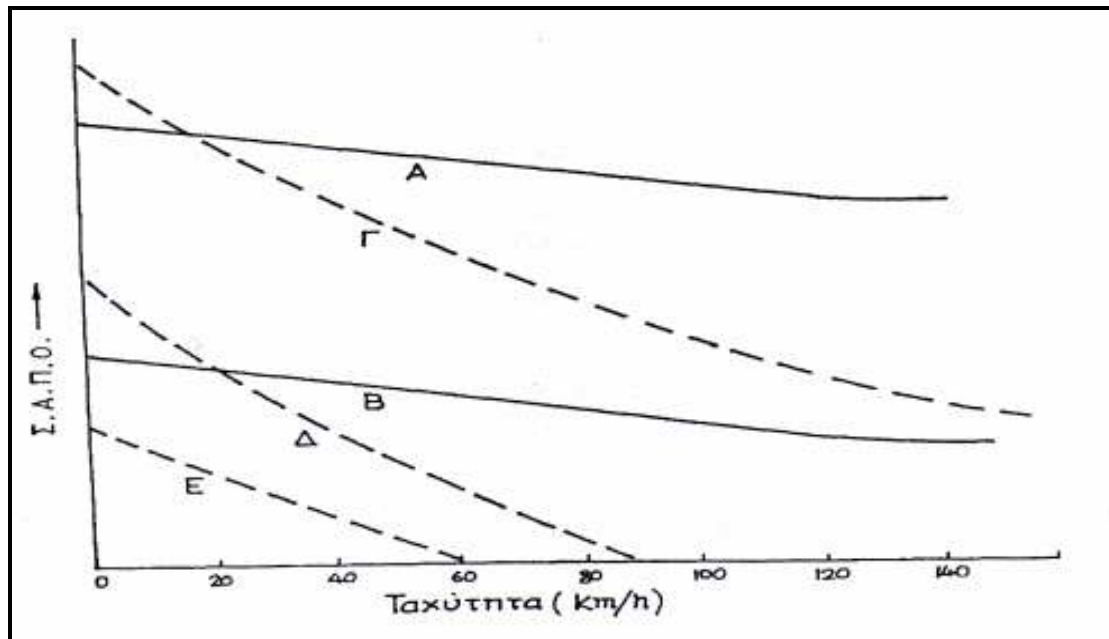
Ο συνδυασμός των διαφορετικών και ανεξάρτητων ιδιοτήτων της επιφανειακής υφής, δηλαδή της μακροτραχύτητας (αποστραγγιστική ικανότητα) και της μικροτραχύτητας (τριβή), χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση της επιφανειακής υφής των οδοστρωμάτων. Με αυτό τον τρόπο προκύπτουν τέσσερις ακραίες κατηγορίες Α, Β, Γ και Δ, οι οποίες απεικονίζονται σχηματικά στο Σχήμα 1.7. Δίνεται ακόμη μια κατηγορία επιφάνειας Ε, που παρατηρείται σπάνια και μόνο σε γηραιά και ακατάλληλα οδοστρώματα που κατασκευάστηκαν με άστοχες συνθέσεις μιγμάτων και είδη αδρανών υλικών: (Σαχπάζης, 1988)

- **Κατηγορία Α.** Μακροσκοπικά ανώμαλες και "μικροσκοπικά" τραχείες επιφάνειες. (π.χ. νέες ασφαλτούχες επιφάνειες κατασκευασμένες με χονδρόκοκκο αδρανή υλικά όπως σμύριδα.)
- **Κατηγορία Β.** Μακροσκοπικά ανώμαλες και "μικροσκοπικά" λείες επιφάνειες. (π.χ. παλαιές ασφαλτούχες επιφάνειες με χονδρόκοκκο αδρανή υλικά αμιγών ασβεστόλιθων).

- **Κατηγορία Γ.** Μακροσκοπικά ομαλές και "μικροσκοπικά" τραχείες επιφάνειες.
(π.χ. νέες ασφαλτούχες επιφάνειες με λεπτόκοκκη θραυστή πυριτική άμμο ή μεταλλικά καρβίδια κ.α.)



Σχήμα 1.7 : Διαγραμματική παράσταση των διαφόρων κατηγοριών επιφανειακής υφής των οδοστρωμάτων. (Σαχπάζης, 1988)



Σχ.1.9 : Σύγκριση των αντιολισθητικών χαρακτηριστικών των διαφόρων κατηγοριών.
(Σαχπάζης, 1988)

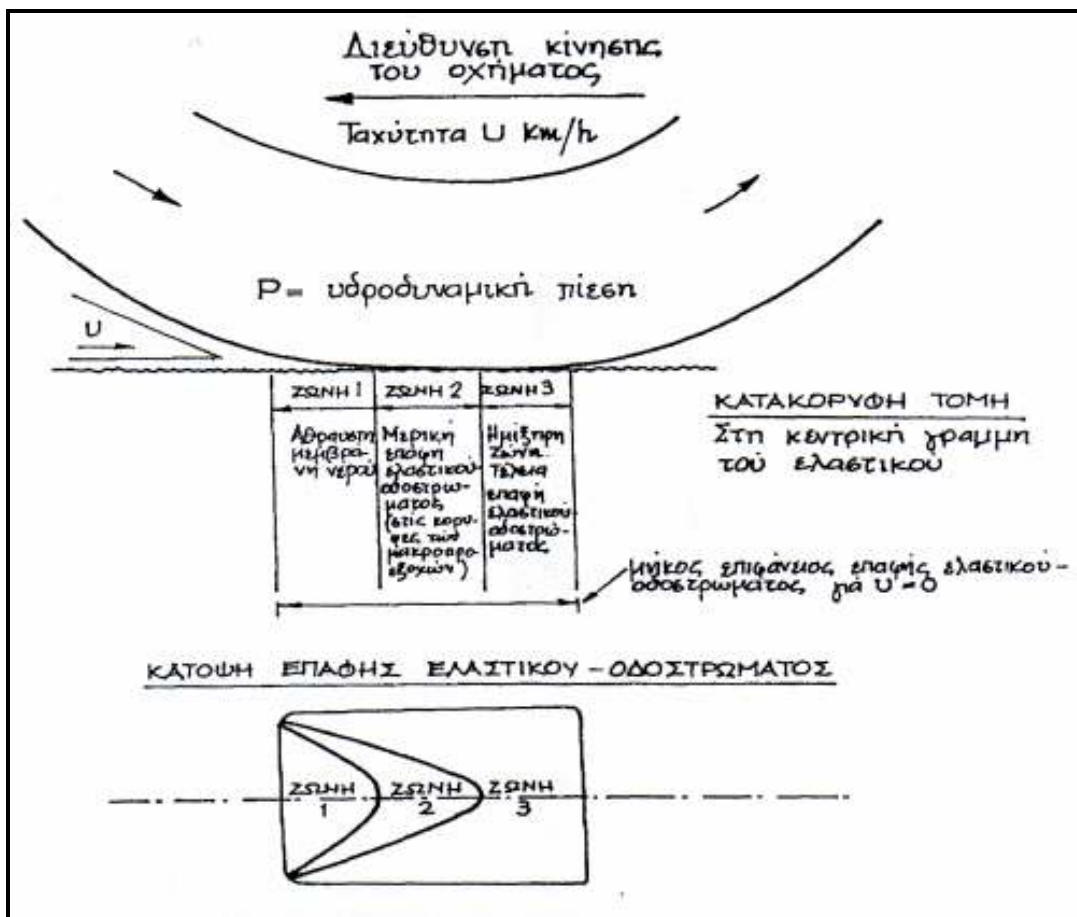
- **Κατηγορία Α.** Μακροσκοπικά ομαλές και "μικροσκοπικά" λείες επιφάνειες (π.χ. γηραιές ασφαλτούχες επιφάνειες με λεπτόκοκκα αδρανή υλικά πυριτικής άμμου θαλάσσης κ.α.)
- **Κατηγορία Ε.** Λείες επιφάνειες. (π.χ. εξιδρωμένη άσφαλτος ή έντονα λειανθείσες ασφαλτούχες επιφάνειες κατασκευασμένες με μαλακά και ορυκτολογικά μονόμικτα πετρώματα).

Τα αντιολισθητικά χαρακτηριστικά των διαφόρων κατηγοριών, απεικονίζονται γραφικά για λόγους σύγκρισης στο Σχήμα 1.9. Η κατηγορία Ε είναι καθαρά ακατάλληλη, ακόμη και στις μικρές ταχύτητες, ενώ η Α, που συνδυάζει υψηλές ιδιότητες τριβής και αποστράγγισης, έχει υψηλότερο δυναμικό τριβής και τον χαμηλότερο επηρεασμό από την ταχύτητα ολίσθησης, είναι η ιδανικότερη επιφάνεια για αυτοκινηδρόμους υψηλής ταχύτητας και ειδικά στα επικίνδυνα σημεία τους. Οι άλλες κατηγορίες είναι ενδιάμεσες και η κάθε μια μπορεί να βρει εφαρμογή σε διάφορες περιπτώσεις. Η κατηγορία Γ για

παράδειγμα θα μπορούσε να ήταν ιδανική σε δρόμους πόλεων με όριο ταχύτητας τα 50 Km/h. (Σαχπάζης, 1988)

1.7 Το φαινόμενο της υδρολίσθησης

Υδρολίσθηση είναι το φαινόμενο εκείνο κατά το οποίο το ελαστικό ενός οχήματος, κινούμενο με αυξανόμενη ταχύτητα επί μιας επιφάνειας οδοστρώματος καλυμμένης με μια στοιβάδα νερού, χάνει ξαφνικά την επαφή του με το οδόστρωμα χωρίς να έχει προηγηθεί απότομος χειρισμός ή τροχοπέδηση και παρότι ο Σ.Α.Π.Ο. έχει ικανοποιητική τιμή στην ταχύτητα αυτή. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι, στην κατάσταση αυτή, το ελαστικό κάνει "σκι" επί της επιφάνειας του νερού.



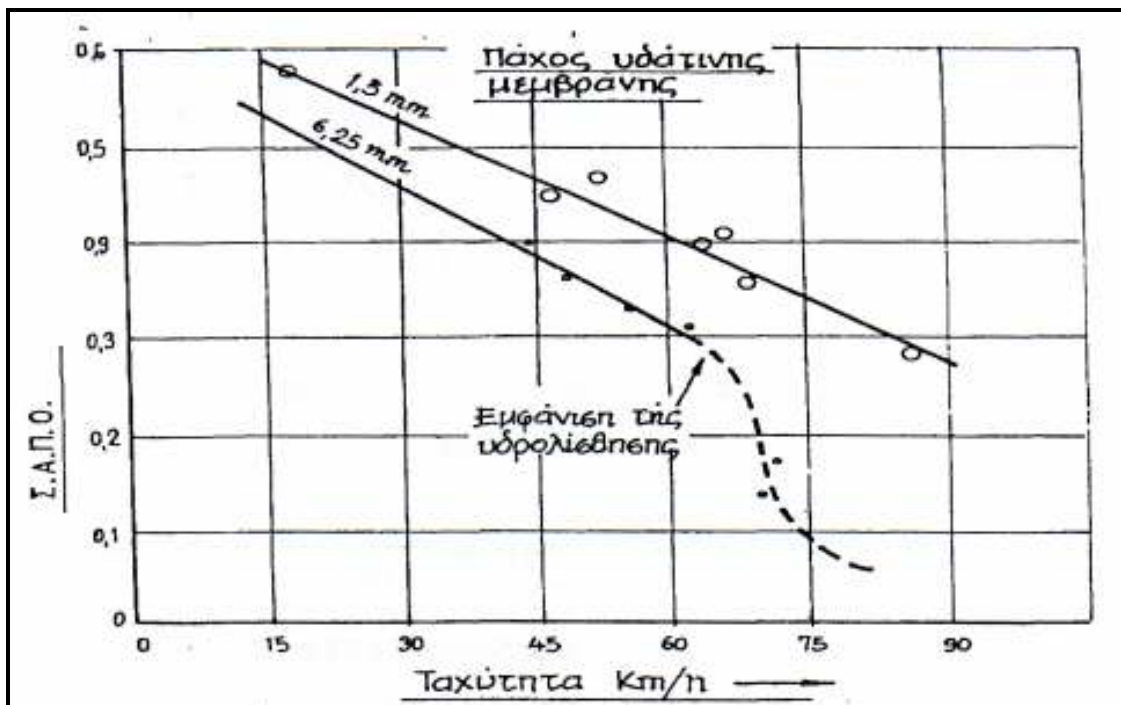
Σχ. 1.10 : Διαγραμματική παρουσίαση του φαινομένου της υδρολίσθησης.

(Σαχπάζης, 1988)

Αναπτύσσεται προοδευτικά, ξεκινώντας σαν μερική ολίσθηση σε μικρές ταχύτητες, και καταλήγει σαν πλήρη ολίσθηση σε κάποια συγκεκριμένη υψηλότερη ταχύτητα. Η ταχύτητα κατά την υδρολίσθηση εξαρτάται κυρίως από :

- α) Την επιφανειακή υφή του οδοστρώματος,
- β) Το πάχος της στοιβάδας του νερού,
- γ) Το σύστημα ραβδώσεων του ελαστικού, και
- δ) το φορτίο επί του ελαστικού.

(Σχ.1.10) Πριν από τη εμφάνιση της πλήρους υδρολίσθησης δημιουργούνται τρεις διαφορετικές ζώνες "επαφής" μεταξύ του πέλματος του ελαστικού και της επιφάνειας. Στη ζώνη 1 δεν υπάρχει καμία επαφή του ελαστικού με την επιφάνεια. Λόγω της προσκρουστικής υδροδυναμικής πίεσης του νερού δημιουργείται κάτω από τη ζώνη 1 μία "σφήνα" νερού. Στη ζώνη αυτή, γίνεται η κύρια διασκόρπιση και αποστράγγιση του νερού.

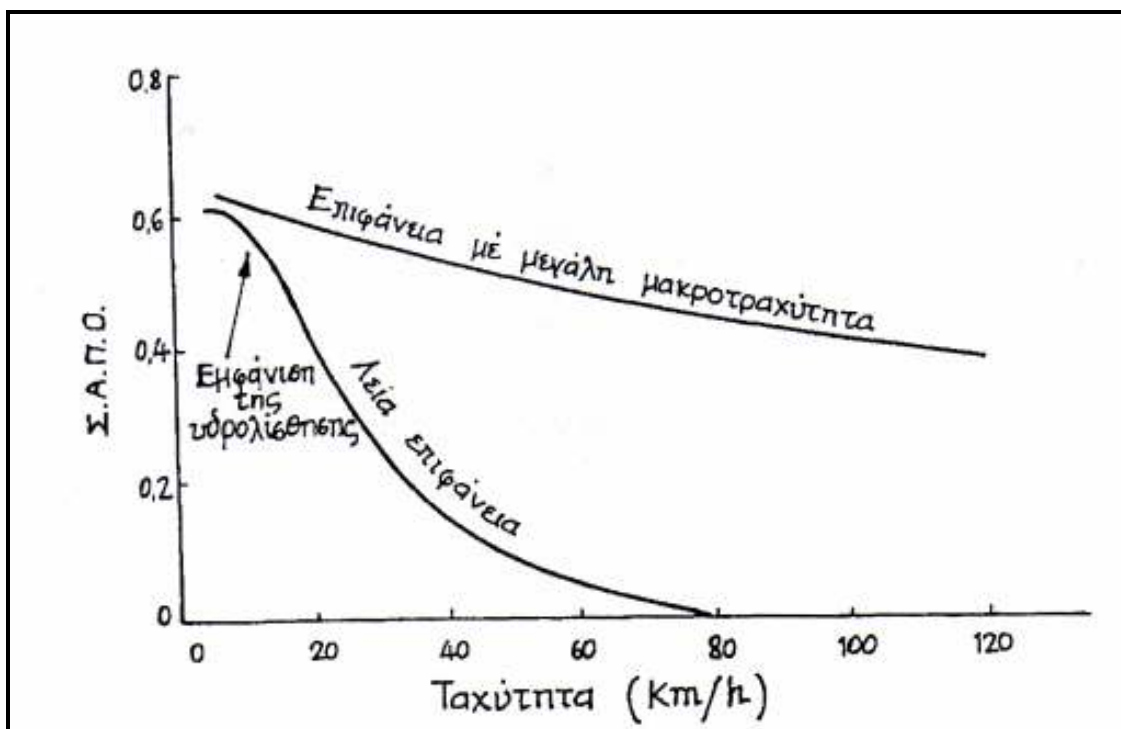


Σχήμα 1.11 : Η επίδραση του πάχους της υδάτινης επιφάνειας επί του ΣΑΠΟ (Λεία επιφάνεια οδοστρώματος και ελαστικά με ραβδώσεις). (Σαχπάζης, 1988)

Ο H.Daughaday και ο G.Balmer πειραματιζόμενοι στα εργαστήρια της NASA των ΗΠΑ έδειξαν ότι η υδροδυναμική αυτή πίεση στην είσοδο της ζώνης 1 είναι $P=1/2 \rho \cdot v^2$, όπου ρ = το ειδικό βάρος νερού και v = η ταχύτητα κίνησης του άξονα του τροχού. Στη ζώνη 2, μεταξύ του ελαστικού και των κορυφών των προεξοχών της επιφάνειας υπάρχει μια πολύ λεπτή μεμβράνη νερού, ενώ στις κοιλότητες και "κανάλια" της επιφάνειας υπάρχει ακόμη ποσότητα νερού που προσπαθεί να διαφύγει. Στη μεταβατική αυτή ζώνη η τριβή είναι αμελητέα. Τέλος εάν υπάρχει χρόνος για το νερό να αποστραγγιστεί πλήρως, σχηματίζεται η ζώνη 3 όπου υπάρχει πλήρης επαφή και συνεπώς το μέγιστο της ανάπτυξης της τριβής.

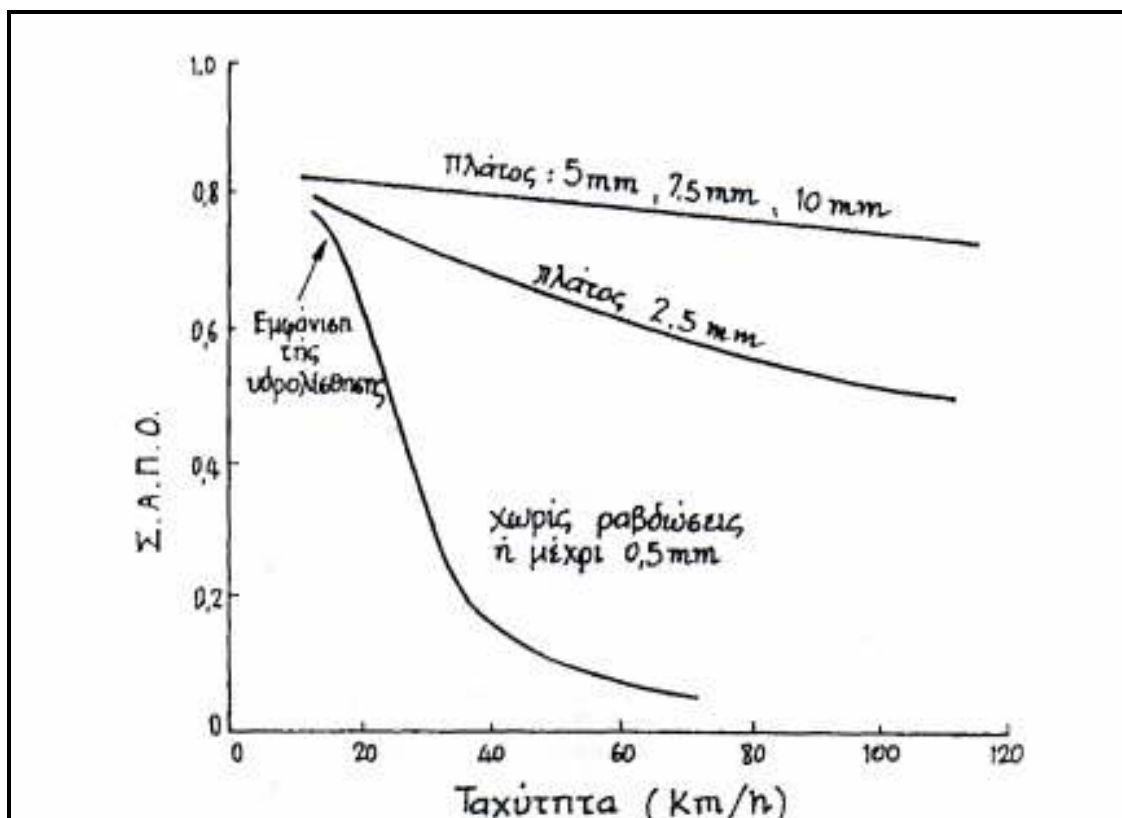
Όσο αυξάνει η ταχύτητα κίνησης, οι ζώνες μετατοπίζονται προς τα πίσω ώσπου τελικά παραμένει μόνο η ζώνη Α κατά την πλήρη υδρολίσθηση. Στη κατάσταση αυτή έχει υπολογιστεί ότι η μέση τιμή της υδροδυναμικής πίεσης P εξισώνεται με την πίεση που ασκεί το πέλμα του ελαστικού στην επιφάνεια. Στο Σχήμα 1.11 απεικονίζεται η επίδραση του πάχους της στοιβάδας νερού της επιφάνειας του οδοστρώματος στην ανάπτυξη της υδρολίσθησης. Συμπερασματικά, προκύπτει ότι κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή αντιολισθηρών οδοστρωμάτων πρέπει να επιδιώκεται η καλή αποστραγγιστική ικανότητα τους.

Στο Σχήμα 1.12 φαίνεται διαγραμματικά η επίδραση της μακροτραχύτητας (BEM) στην υδρολίσθηση. Συνεπώς τα αντιολισθηρά οδοστρώματα απαιτούν υψηλό (BEM).



Σχήμα 1.12 : Επίδραση της επιφανειακής μακροτραχύτητας στην υδρολίσθηση.
(Ελαστικό λείο χωρίς ραβδώσεις) (Σαχπάζης, 1988)

Τέλος, στο Σχήμα 1.13 απεικονίζεται η επίδραση των ραβδώσεων του πέλματος του ελαστικού. Σύμφωνα με τα πιο πάνω αναφερθέντα γίνεται εμφανής ο ρόλος των αδρανών υλικών στον έλεγχο και την αποφυγή του φαινομένου της υδρολίσθησης. Οι ψηφίδες του χρησιμοποιούμενου, στην επιφάνεια του οδοστρώματος, αδρανούς υλικού πρέπει να έχουν αρκετά μεγάλο μέγεθος (10-14 mm), να είναι γωνιώδεις, χωρίς υψηλό ποσοστό επιμηκών και πεπλατυσμένων ψηφίδων και να είναι σχετικά καλά διαβαθμισμένες. Επίσης, θα πρέπει να έχουν επαρκή ανθεκτικότητα σε όλους εκείνους τους παράγοντες που τείνουν να τις φθείρουν με αποτέλεσμα να χάνει τελικά η επιφάνεια την μακροτραχύτητά της. (Σαχπάζης, 1988)



Σχ. 1.13 : Η επίδραση των ραβδώσεων του πέλματος του ελαστικού. (Σαχπάζης, 1988)

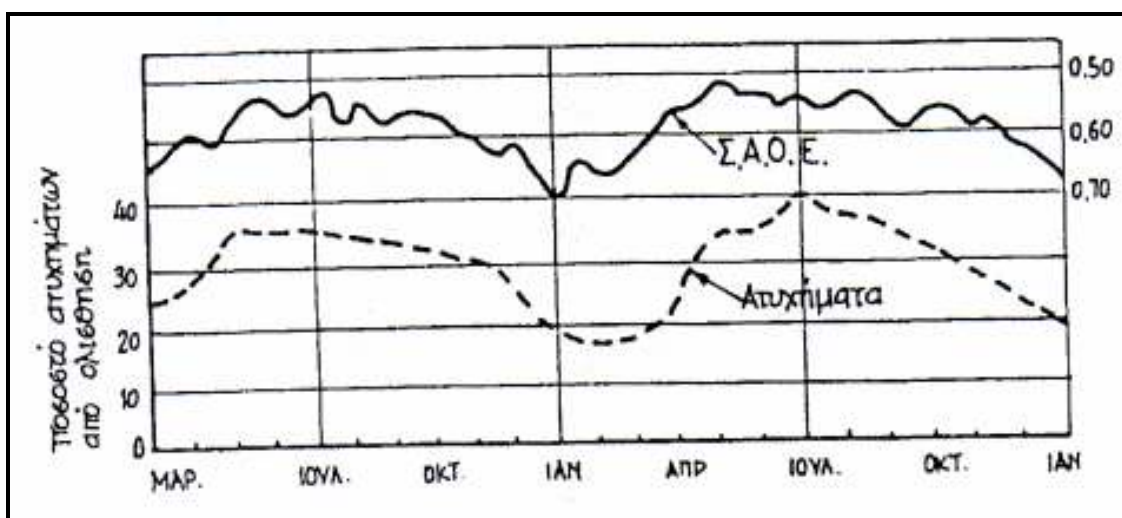
1.8 Μεταβολές της αντιολισθηρότητας

Η αρχική αντιολισθηρότητα κατά την κατασκευή μιας επιφάνειας οδοστρώματος ή ειδικότερα η αρχική μικροτραχύτητα των ψηφίδων των αδρανών υλικών είναι μια ιδιότητα η οποία μεταβάλλεται. Διάφοροι εξωγενείς παράγοντες την επηρεάζουν, με αποτέλεσμα η ίδια επιφάνεια, κατασκευασμένη με τα ίδια υλικά και μέθοδο, να παρουσιάζει σε διάφορες χρονικές στιγμές διαφορετική αντιολισθηρότητα. Τα είδη και οι αιτίες τέτοιων μεταβολών περιγράφονται σύντομα πιο κάτω. (Σαχπάζης, 1988)

1.8.1 Εποχιακές μεταβολές

Έρευνες στα εργαστήρια T.R.R.L. της Αγγλίας έδειξαν ότι η αντιολισθηρότητα όλων των επιφανειών των οδοστρωμάτων, μεταβάλλεται κυκλικά κατά την διάρκεια του έτους και

επαναλαμβάνεται συνεχώς. Η κυκλική αυτή μεταβολή, αντικατροπτίζεται και στο ποσοστό ατυχημάτων λόγω ολίσθησης. Οι συστηματικές μετρήσεις του Σ.Α.Ο.Ε. Σχήμα 1.14 δείχνουν ότι η μέγιστη τιμή του παρατηρείται κατά τη χειμερινή περίοδο, ενώ η ελάχιστη κατά τη καλοκαιρινή. Το ποσοστό των ατυχημάτων συμπεριφέρεται αντιστρόφως ανάλογα. (Σαχπάζης, 1988)



Σχ. 1.14 : Εποχιακή μεταβολή της αντιολισθηρότητας. (Σαχπάζης, 1988)

Η μεταβολή αυτή γίνεται εντονότερη με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου. Η αύξηση της αντιολισθηρότητας κατά την χειμερινή περίοδο οφείλεται :α) Στη μείωση της στιλβωτικής δράσης που δέχεται η επιφάνεια, και β) στην γενική εκτράχυνση της λόγω καιρικών παραγόντων. Η στιλβωτική δράση μειώνεται επειδή το λειαντικό μέσο (άμμος, ιλύς κ.α.) που βρίσκεται στην επιφάνεια είναι πιο χονδρόκοκκο το χειμώνα. Το λεπτόκοκκο παρασύρεται από τα νερά της βροχής στις παρυφές του τάπητα. Έχει αποδειχθεί ότι όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το λειαντικό μέσο, τόσο υψηλότερος βαθμός στίλβωσης επιτυγχάνεται σε μια επιφάνεια.

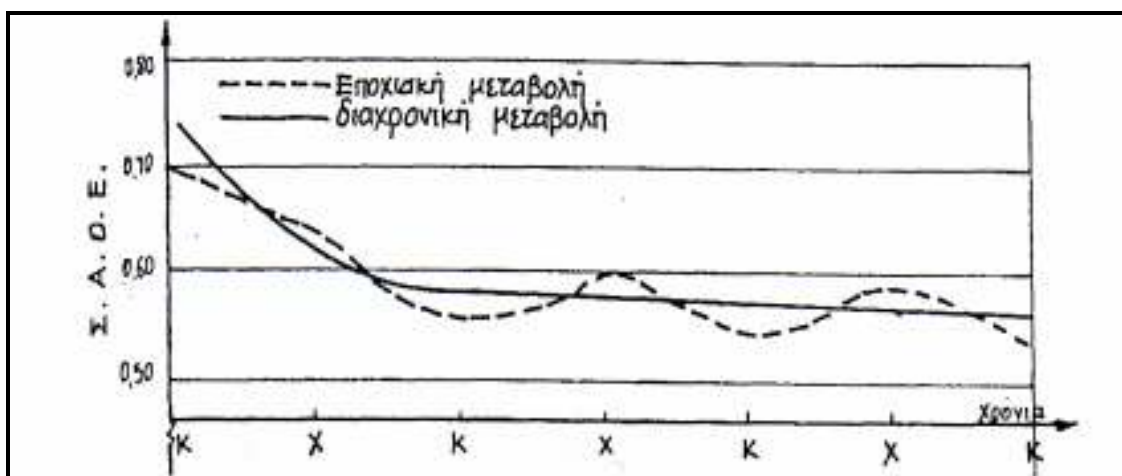
Η υψηλότερη εκτράχυνση της επιφάνειας των ψηφίδων των αδρανών υλικών οφείλεται στους αυξημένους αποσασθρωτικούς και διαβρωτικούς παράγοντες κατά τον χειμώνα,

λόγω βροχής, χιονιού, θερμοκρασιακών μεταβολών κ.λ.π. Σαν αποτέλεσμα, μερικοί ευπαθείς ορυκτοί κόκκοι των ψηφίδων αποσπώνται από της επιφάνεια, με σχετικά πιο γρήγορο ρυθμό το χειμώνα. Επομένως, η επιφάνεια ανανεώνεται γρηγορότερα και δεν λειαίνεται στον ίδιο υψηλό βαθμό όπως το καλοκαίρι.

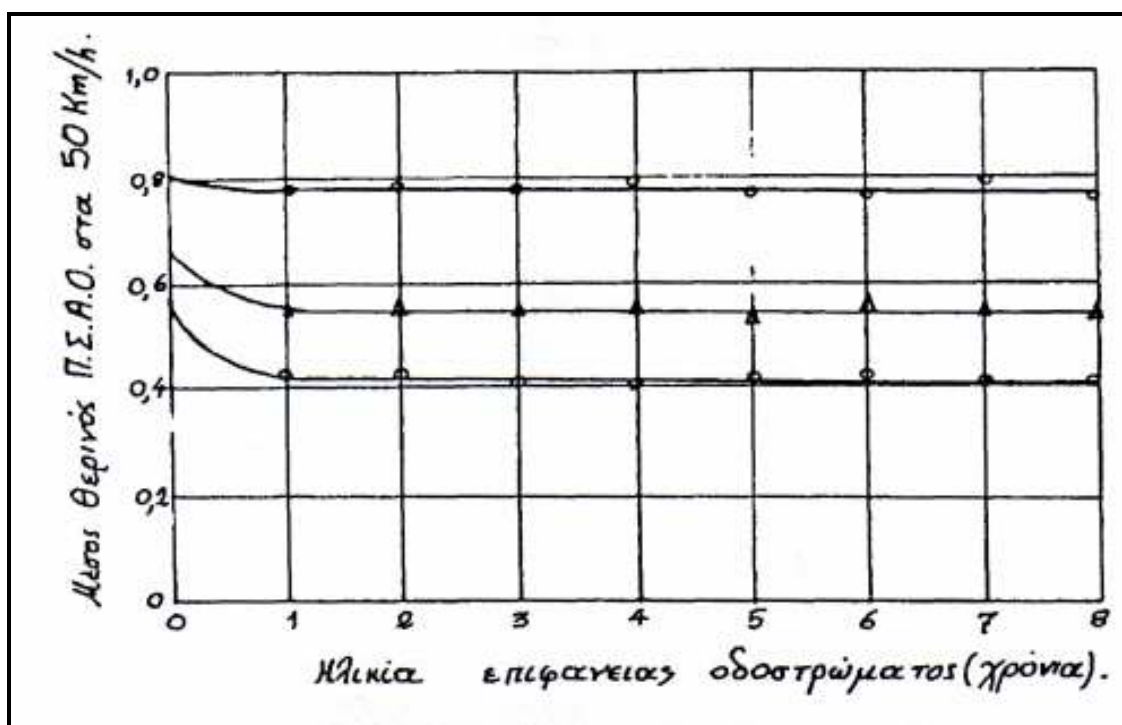
Τέλος, τα εργαστήρια T.R.R.L. της Αγγλίας, λόγω των κυκλικών αυτών εποχιακών μεταβολών, προτείνουν όπως οι μετρήσεις τα αντιστοιχισθρότητας γίνονται σε συγκεκριμένη εποχή του έτους και μάλιστα κατά την περίοδο Μαΐου - Σεπτεμβρίου, για λόγους δυνατότητας σύγκρισης των αποτελεσμάτων. (Σαχπάζης, 1988)

1.8.2 Διαχρονικές μεταβολές

Από μακροχρόνια και πολυάριθμα αποτελέσματα μετρήσεων της αντιστοιχισθρότητας διαφόρων επιφανειακών οδοστρωμάτων, κατασκευασμένων με διάφορα είδη αδρανών υλικών και μεθόδους κατασκευής, αποδείχθηκε ότι η αρχικά υψηλή αντιστοιχισθρότητα όλων των νέων ταπήτων κυλίσεως, μειώνεται ταχύτατα στην αρχή και σε ένα περίπου χρόνο αποκτά σταθερή τιμή και παραμένει έτσι για πολλά χρόνια, με την προϋπόθεση όμως ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος παραμένει σταθερός από την αρχή. Το ποσοστό της μεταβολής αυτής εξαρτάται από το κυκλοφοριακό φόρτο της επιφάνειας και τις ιδιότητες των χρησιμοποιηθέντων αδρανών υλικών. (Σχήματα 1.15, 1.16, 1.17) (Σαχπάζης, 1988)



Σχ. 1.15: Εποχιακή και διαχρονική μεταβολή της αντιολισθηρότητας



Σχ. 1.16 : Διαχρονική μεταβολή της αντιολισθηρότητας διαφόρων επιφανειών οδοστρωμάτων. (Σαχπάζης, 1988)

1.8.3 Μεταβολές λόγω κυκλοφοριακού φόρτου

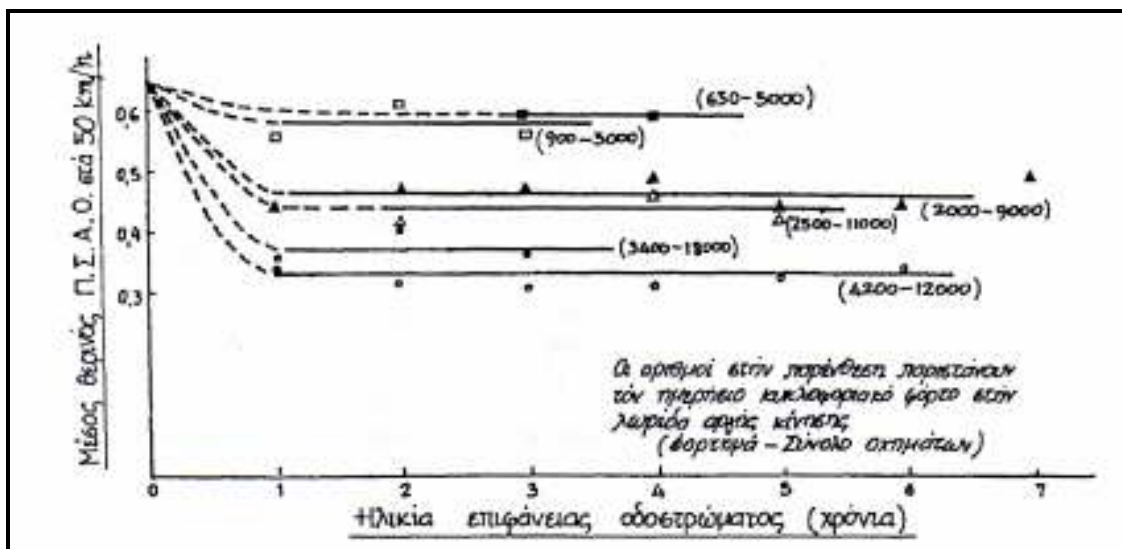
Έρευνες έδειξαν ότι ο τελικός βαθμός της αντιολισθηρότητας μιας επιφάνειας οδοστρώματος είναι αντιστρόφως ανάλογος του κυκλοφοριακού φόρτου. Σχήμα 1.17. Η επίδραση της κυκλοφορίας των οχημάτων επί της επιφάνειας εκδηλώνεται με τους εξής τρόπους :

- Λείανση και στίλβωση των επιφανειακών ψηφίδων και καταστροφή της μικροτραχύτητας.
- Απότριψη και θραύση μερικών από αυτές και

- Αποκόλληση των χαλαρών ψηφίδων από το συνδετικό υλικό.

Για κάθε δεδομένο κυκλοφοριακό φόρτο αντιστοιχεί κάποια οριακή τιμή αντολισθηρότητας της επιφάνειας. Η τιμή αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες του αδρανούς υλικού και κυρίως από την τιμή του ΔΑΣΑ. Η οριακή αυτή τιμή καθορίζεται από την ισορροπία μεταξύ λειαντικών δυνάμεων της κυκλοφορίας και των πολύπλοκων εκείνων "φυσικοχημικών" δυνάμεων που περιγράφονται σαν "αποσάθρωση" και "διάβρωση" και τείνουν να αποκαταστήσουν τη μικροτραχύτητα. Έτσι, όταν αυξάνει ο κυκλοφοριακός φόρτος μιας επιφάνειας, μειώνεται η μικροτραχύτητα άρα και η αντολισθηρότητά της και αντίστροφα.

Αυτό φάνηκε από μετρήσεις, οι οποίες έδειξαν ότι στην οδική αρτηρία A4 στο collnborook της Αγγλίας, όπου αρχικά υπήρχε βαρύς κυκλοφοριακός φόρτος (2750 φορτηγά/ημέρα/κατεύθυνση), ο ΠΣΑΟ ήταν 0,43, ενώ αργότερα, όταν μειώθηκε ο κυκλοφοριακός φόρτος σε 750/η μέρα/κατεύθυνση, λόγω διάνοιξης νέας παρακαμπτηρίου αρτηρίας M4 ο ΠΣΑΟ αυξήθηκε στην τιμή του 0, 59 , Σχήμα 1.17. Αυτό αποδεικνύει την αντιστρεψιμότητα του φαινομένου. (Σαχπάζης, 1988)

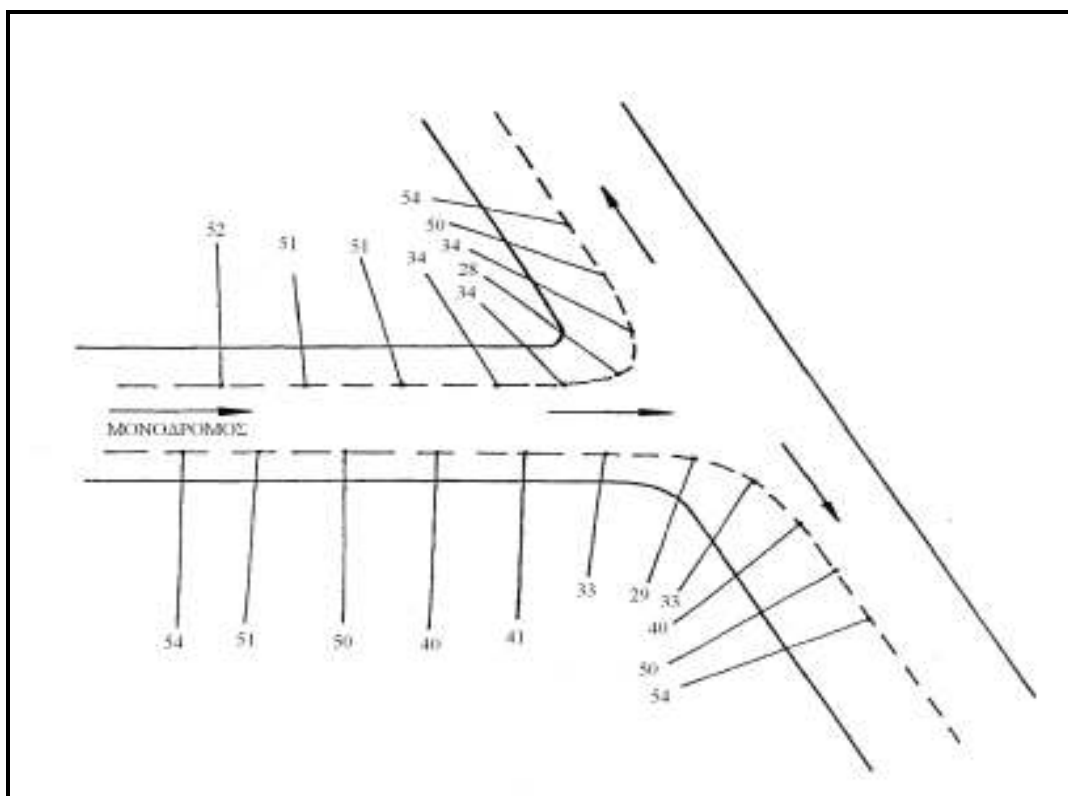


Σχ. 1.17 : Επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου στον ΠΣΑΟ μετρούμενος στα 50 km/h. (Σαχπάζης, 1988)

1.8.4 Μεταβολές λόνω θέσης της επιφάνειας

Όπως αποδείχθηκε από μετρήσεις του εργαστηρίου T.R.R.L. σε οδοστρώματα του Λονδίνου, η αντιολισθηρότητα (μετρούμενη με το εκκρεμές) μιας επιφάνειας οδοστρώματος είναι χαμηλότερη σε στροφές και προσεγγίσεις κόμβων, αν και ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι σταθερός Σχήμα 1.18. Αυτό οφείλεται στη αυξημένη λειαντική δράση, που υφίσταται η επιφάνεια στις θέσεις αυτές, λόγω τροχοπέδησης και αλλαγής πορείας των ελαστικών. Συνεπώς, τα χρησιμοποιούμενα αδρανή υλικά στις θέσεις αυτές θα πρέπει να έχουν υψηλότερες ιδιότητες, για να διατηρήσουν την αντιολισθηρότητα της επιφάνειας σταθερή.

Έχει προταθεί η αύξηση 5 μονάδων στη τιμή του ΔΑΣΑ των χρησιμοποιούμενων αδρανών υλικών στις θέσεις αυτές. (Σαχπάζης, 1988)



Σχήμα 1.18 : Μεταβολή του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση εκκρεμούς (Σ. Α. Ο. Ε.) ανάλογα με την θέση στην επιφάνεια του οδοστρώματος. (Σαχπάζης, 1988)

-ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-

«ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ»

2.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη περιγραφή των τεχνικοοικονομικών παραμέτρων, οι οποίες παίζουν σημαντικότατο ρόλο στο καθορισμό του ελάχιστου βαθμού αντιολισθηρότητας που απαιτείται και αναλύονται οι μέθοδοι που επιτρέπουν τον καθορισμό αυτό. Ακόμα αναφέρονται οι ελάχιστες αυτές τιμές που προέκυψαν από τις διάφορες διεθνείς έρευνες και μελέτες.

Ο καθορισμός του ελάχιστου απαραίτητου βαθμού της αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων κρίνεται αναγκαίος και σύμφωνα με αυτόν συσχετίζονται και προσδιορίζονται ποσοτικά οι ελάχιστες απαιτούμενες ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων αδρανών υλικών. (Θεοχάρης κ.α., 1998)

2.2 Τεχνικοοικονομικές παράμετροι

Προτού ληφθεί οποιαδήποτε απόφαση σχετικά με τον καθορισμό του βαθμού αντιολισθηρότητας μιας επιφάνειας, πρέπει να αναλύονται οι σχετικές τεχνικές και οικονομικές παράμετροι του προβλήματος. Δηλαδή το αν είναι δυνατόν ή όχι να εκπληρωθεί ο απαιτούμενος βαθμός αντιολισθηρότητας ενός οδοστρώματος, είναι το τεχνικό κομμάτι του προβλήματος με το άλλο να αφορά την ποσότητα της παραγωγής και επεξεργασίας των αδρανών υλικών και την κατασκευή και συντήρηση των οδοστρωμάτων με τις καθορισμένες τιμές τους. (Θεοχάρης κ.α., 1998)

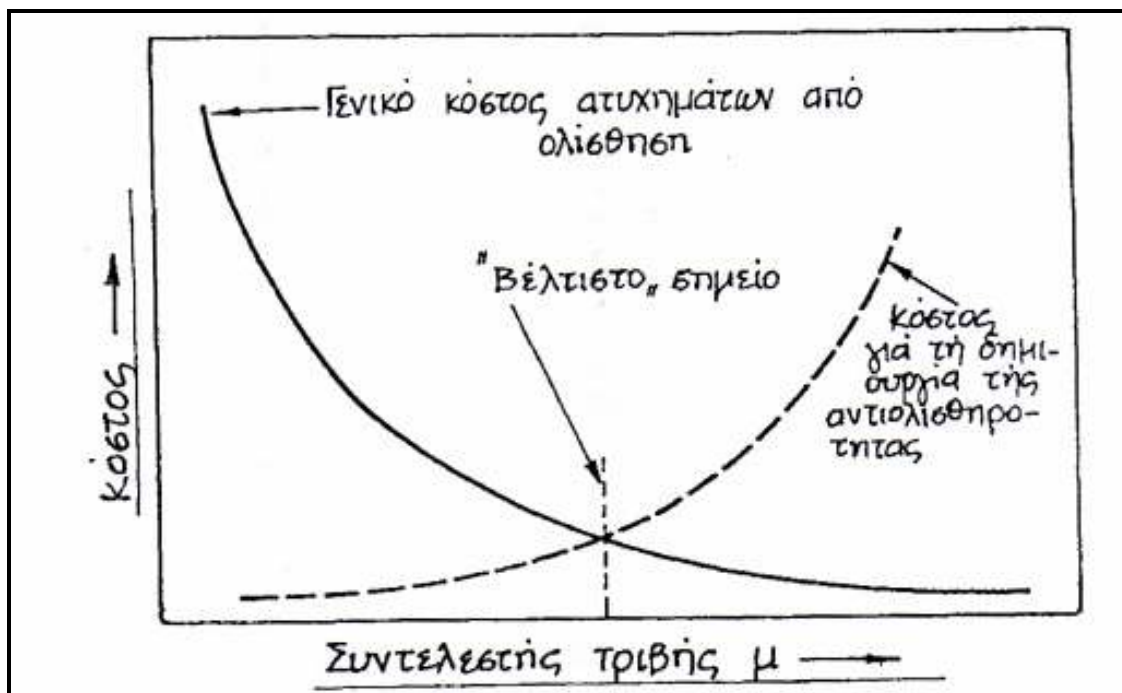
2.3 Τεχνικές παράμετροι

Τα επίπεδα της τριβής που μπορούν να αναπτυχθούν σε υγρά οδοστρώματα, έχουν κάποιο φυσικό μέγιστο όριο. Πρακτικά είναι δυνατή η κατασκευή πολύ υψηλής αντιολισθηρότητας, αλλά το πραγματικό πρόβλημα εντοπίζεται στη συντήρησή της για κάποιο ικανοποιητικό χρονικό διάστημα.

Για παράδειγμα έρευνες σε απόλυτα καινούργια επιφάνεια οδοστρώματος, σε μία πόλη των Η.Π.Α, κατασκευασμένη με αδρανή υλικά σκωρίας υψικαμίνου, μέτρησαν τον υψηλότερο βαθμό αντιολισθηρότητας με τιμή ίση με : ΣΑΠΟ=1,0. μετρημένος με την μέθοδο του ελκυσμένου φορείου σε ταχύτητα ολίσθησης 100 ΚΜ/Η. Η τιμή όμως αυτή μειώθηκε απότομα στο 0,77 μετά από δύο μήνες κυκλοφορίας, και στο 0,26 μετά από τέσσερα χρόνια. (Θεοχάρης κ.α., 1998)

2.4 Οικονομικές παράμετροι

Για οικονομικούς κυρίως λόγους οι τιμές του ΣΑΠΟ=1,0 σε 100 km/h είναι ασύμφορες να συντηρηθούν και εξάλλου δεν και απαραίτητο για να ικανοποιηθούν οι κανονικές ανάγκες της κυκλοφορίας. Μια τακτική με την οποία κάνουμε πρακτικά την οριοθέτηση των οικονομικά αποδεκτών επιπέδων τριβής σε κάθε περίπτωση, είναι να συσχετίζουμε το γενικό κόστος των ατυχημάτων λόγω ολίσθησης και το κόστος της κατασκευής και συντήρησης οδοστρώματων με συγκεκριμένη αντιολισθηρότητα, με το βαθμό αυτό της αντιολισθηρότητας. Απλούστερα το κόστος σε σχέση με τον απαιτούμενο συντελεστή τριβής. Σχήμα 2.1. (Θεοχάρης κ.α., 1998)



Σχήμα 2.1 : Οικονομικές παράμετροι στην επιλογή του βαθμού αντισολισθηρότητας.

(Θεοχάρης κ.α., 1998)

Με τον τρόπο αυτό μπορεί να οριστεί η "βέλτιστη" τιμή της αντισολισθηρότητας, ώστε με το χαμηλότερο κόστος να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή οικονομία από τη μείωση των ατυχημάτων. Σαν γενικός κανόνας ισχύει ότι τα ατυχήματα λόγω ολίσθησης και το κόστος τους μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα προς το βαθμό αντισολισθηρότητας. Αντίθετα το κόστος κατασκευής και συντήρησης υψηλότερης αντισολισθηρότητας αυξάνεται. Η τελευταία πρόταση βασίζεται σε παρατήρηση ότι: (Θεοχάρης κ.α., 1998)

- Αδρανή υλικά με υψηλότερο κυρίως ΔΑΣΑ (δείκτης αντίστασης σε στίλβωση αδρανών) κοστίζουν γενικά περισσότερο.
- Το κόστος μεταφοράς αυξάνεται επειδή τέτοια αδρανή, κατά κανόνα, δεν είναι διαθέσιμα οπουδήποτε χρειάζονται.
- Η οριοθέτηση υψηλότερης αντισολισθηρότητας επιβάλλει, συνήθως, συχνότερη συντήρηση.

2.5 Καθορισμός των ελάχιστων απαιτήσεων της αντιολισθηρότητας

Οι απαιτήσεις για τον βαθμό αντιολισθηρότητας ενός οδοστρώματος προκύπτουν και καθορίζονται από τις ανάγκες για ασφαλή χειρισμό των οχημάτων. Οι ανάγκες αυτές θα πρέπει να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες: (Θεοχάρης κ.α., 1998)

- Κανονικές ανάγκες, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν όλους τους χειρισμούς οδήγησης -στροφής και τροχοπέδησης - από την πλειονότητα των οδηγών κάτω από κανονικές κυκλοφοριακές συνθήκες
- Ενδιάμεσες ανάγκες, κατά τις οποίες οι οδηγοί των οχημάτων, είτε λόγω απροσεξίας, είτε λόγω κακής εκτίμησης των κυκλοφοριακών συνθηκών, πρέπει να καταφύγουν στην επανόρθωση την τελευταία στιγμή με απότομη τροχοπέδηση ή στροφή.
- Ανάγκες κινδύνου, οι οποίες είναι συνέπεια, είτε νευρικής οδήγησης, μεγάλης απροσεξίας, απροσδόκητης και ξαφνικής αλλαγής των κυκλοφοριακών συνθηκών, αιφνιδιάζοντας τον οδηγό ο οποίος αντιδρά με πλήρη ακινητοποίηση των τροχών.

Μια επιφάνεια οδοστρώματος θα πρέπει να ικανοποιεί τις κανονικές ανάγκες τριβής, πριν ληφθούν μέτρα για την ικανοποίηση και πιο απαιτητικών αναγκών. Επομένως, σαν ελάχιστες απαιτήσεις αντιολισθηρότητας για τα οδοστρώματα ορίζονται οι τιμές εκείνες, που ικανοποιούν τις κανονικές ανάγκες κυκλοφορίας αφού αυτές μπορέσουν να καθοριστούν. Ο καθορισμός γίνεται με τους εξής τρόπους: (Θεοχάρης κ.α., 1998)

1. Μελετώντας τη σχέση του αριθμού των ατυχημάτων που συμβαίνουν σε υγρές επιφάνειες και οφείλονται σε ολίσθηση, προς τη μεταβολή του βαθμού της αντιολισθηρότητας.

2. Μελετώντας με κατάλληλα όργανα, (πχ επιταχυνσιογράφους), την οδική συμπεριφορά ενός μεγάλου αριθμού οδηγών σε χειρισμούς επιτάχυνσης, επιβράδυνσης και αλλαγής πορείας των οχημάτων. Με τη μέθοδο αυτή, καταγράφεται το εύρος των τιμών της επιτάχυνσης (συνήθως αρνητικής) των διαφόρων οχημάτων και ακολούθως καθορίζονται οι κανονικές, οι ενδιάμεσες και οι ανάγκες κινδύνου, ανάλογα με το μέγεθος και τη συχνότητα που εμφανίζονται οι επιταχύνσεις αυτές σε πραγματικές συνθήκες. Επειδή κάθε τιμή της επιτάχυνσης αντιστοιχεί σε ένα συντελεστή τριβής και μάλιστα έχουν την ίδια αριθμητική τιμή, μπορούν να καθοριστούν οι αντίστοιχοι απαιτούμενοι, ενδιάμεσοι και κατάστασης κινδύνου συντελεστές.

3. Καταλαβαίνοντας τις ανάγκες τριβής χρησιμοποιώντας τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των οχημάτων, όπως ισχύς κινητήρα, διαστάσεις, βάρος οχήματος και κέντρο βάρους οχήματος κ.λ.π., καθώς και από τα γεωμετρικά στοιχεία των αυτοκινητοδρόμων, π.χ. ακτίνα καμπυλότητας, κλίσεις ανωφέρειας ή κατωφέρειας κ.λ.π. Επειδή όμως η μέθοδος αυτή δεν λαμβάνει υπόψη την συμπεριφορά των οδηγών, τα συμπεράσματα περί των αναγκών τριβής είναι συνήθως μη αντιπροσωπευτικά.

Τέλος, αναφέρονται παρακάτω τα αποτελέσματα διαφόρων διεθνών ερευνών σχετικά με τον προσδιορισμό του απαιτούμενου βαθμού αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων, όπως προέκυψαν χρησιμοποιώντας τις δύο πρώτες μεθόδους.

2.6 Κίνδυνος ολίσθησης και αντιολισθηρότητα οδοστρωμάτων

Οι GG GIBLES, BE SABEY και S.H.F.CARDEW (1962) σε έρευνες τους στην Αγγλία έδειξαν ότι ο κίνδυνος ολίσθησης αυξάνεται απότομα όταν η τιμή του ΣΑΟΕ πέφτει κάτω από 60. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μια τιμή του ΣΑΠΟ στα 64 KM/H ίση με 0,38 (ο ΣΑΠΟ μετράται σύμφωνα με τη προδιαγραφή A.5.T.M.-E274-70). Ο K.H.SCHULTZE (1964) σε αντίστοιχη ερευνά του στη Γερμανία δείχνει μια αντίστοιχη τιμή του ΣΑΠΟ στα 64 KM/H ίση με 0,387. Τέλος, οι B.P.MC CULOUGH και

K.D..HANKINS (1966), έδωσαν μια αντίστοιχη τιμή του ΣΑΠΟ στα 64 KM/H ίση με 0,4.

Όπως προκύπτει από τις τρεις έρευνες που εκτελέστηκαν σε τρία διαφορετικά μέρη του κόσμου, τα αποτελέσματα τους είναι σχεδόν ίδια. Συμπερασματικά λοιπόν, ένα επίπεδο τριβής ίσο με 0,39, όπως μετράται με τη μέθοδο του ελκυσμένου φορείου ικανοποιεί προφανώς τις κανονικές ανάγκες της κυκλοφορίας στους αυτοκινητοδρόμους. (Θεοχάρης κ.α., 1998)

2.7 Κυκλοφοριακές συνθήκες και αντιολισθηρότητα οδοστρωμάτων

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αυτή οι H.W.KUMMER και W.E.MEYGER (1967) προσδιόρισαν ότι ένας ΣΑΠΟ στα 64 KM/H ίσος με 0,40 ικανοποιεί τις κανονικές ανάγκες της κυκλοφορίας. Επίσης ανάλογες έρευνες από το Ίδρυμα Οδών και Μεταφορών (H.K.B.) το 1974 προσδιόρισαν τιμές του ΣΑΠΟ στα 64 KM/H κυμαινόμενες μεταξύ 0,38 και 0,55, ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδοστρωμάτων.

Τέλος, ο A.TARAGIN (1954) καταγράφοντας την συμπεριφορά των οδηγών στις στροφές έδειξε ότι το 99% των οδηγών απαιτεί ένα συντελεστή τριβής ίσο με 0,3, ενώ μόνο 1% ίσο με 0,55. Σύμφωνα με τα πιο πάνω αναφερόμενα προκύπτει το γενικό συμπέρασμα, ότι μια τιμή του ΣΑΠΟ στα 64 KM/H όπως μετράται βάση της προδιαγραφής A..S.T.M.. Έ274-79 ίση με 0,4 ικανοποιεί τις κανονικές ανάγκες τριβής των οχημάτων στους αυτοκινητόδρομους. Οποσδήποτε όμως σε δύσκολες και επιρρεπείς προς ολίσθηση θέσεις απαιτείται υψηλότερη τιμή. (Θεοχάρης κ.α., 1998)

2.8 Μέθοδοι μέτρησης αντλιοσθηρότητας

Η κατασκευή αντλιοσθηρών οδοστρωμάτων, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα υλικά αλλά και τις κατάλληλες μεθόδους, καθώς και ο καθορισμός των απαιτούμενων επιπέδων αντλιοσθηρότητας στις διάφορες θέσεις των επιφανειών των οδοστρωμάτων, προϋποθέτει τη δυνατότητα μέτρησης της αντλιοσθηρότητας. Μια μέθοδος μέτρησης της τριβής βασίζεται στην αρχή της διατήρησης της ενέργειας. Η αρχή δηλώνει ότι η κινητική ή δυναμική ενέργεια, E_1 , ενός συστήματος στην κατάσταση 1, μείον την ενέργεια, E_2 , που κατέχεται από το σύστημα στη κατάσταση 2, πρέπει να εξισώνει της ενέργεια, E_t , που καταναλώθηκε από την τριβή όταν το σύστημα ήρθε από την κατάσταση 1 στη 2. Δηλαδή : $E_t = E_1 - E_2$ Και εφόσον: $E_t = \rho \cdot I \cdot P \cdot L$

Όπου : I =η απόσταση ολίσθησης του ελαστικού, L =το φορτίο επί του ελαστικού, και P =ο συντελεστής τριβής. Τότε :

$$f = \frac{E_1 - E_2}{I \cdot L}$$

Επομένως ο P είναι ανάλογος της διαφοράς ενέργειας εάν τα L και I είναι σταθερά. Το βρετανικό εκκρεμές (BRITISH PENDULUM) και το Γαλλικό ταχύμετρο (LEROUX RUGOSIMETER) λειτουργούν σύμφωνα με αυτή την αρχή.

Κατά την δεύτερη μέθοδο ο συντελεστής τριβής υπολογίζεται με ταυτόχρονη μέτρηση της δύναμης της τριβής και του φορτίου επί του ολισθητήρα :

$$f = \frac{F}{L}$$

Αυτή η σχέση ισχύει για μια ελαστική πλάκα ολισθαίνουσα επί μιας ξηρής ή υγρής επιφάνειας, ή ενός μερικώς ή πλήρως ολισθαίνοντα ελαστικού τροχού επί ξηρής ή υγρής επιφάνειας. Εάν το ενεργό φορτίο παραμένει σταθερό, ο συντελεστής μπορεί να συσχετισθεί άμεσα προς τη μετρούμενη δύναμη τριβής, ώστε : (Θεοχάρης κ.α., 1998)

$$f = K \cdot F$$

2.9 Κατάταξη των μεθόδων μέτρησης της αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων

Ο τρόπος λειτουργίας ενός ελαστικού έχει σπουδαία επίδραση στην μετρήσιμη τιμή της τριβής του οδοστρώματος. Είναι λογικό και αναγκαίο να ταξινομηθούν οι μετρητές τριβής των οδοστρωμάτων, σύμφωνα με το μοντέλο λειτουργίας τους όπως στο Σχ. 2.1. Ο γενικός όρος "μετρητές τριβής των οδοστρωμάτων" διαιρείται σε μετρητές πλήρους και μερικής ολίσθησης. Οι τελευταίοι σε μετρητές μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση στροφή και επιτάχυνση. Μετρητές τριβής μερικής ολίσθησης κατά την επιτάχυνση δεν έχουν κατασκευαστεί, ενώ μετρητές που λειτουργούν στα άλλα μοντέλα έχουν κατασκευαστεί και χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες.

Σχ. 2.1 : Κατάταξη των μετρητών τριβής των οδοστρωμάτων σύμφωνα με το λειτουργικό τους μοντέλο. (Θεοχάρης κ.α., 1998)

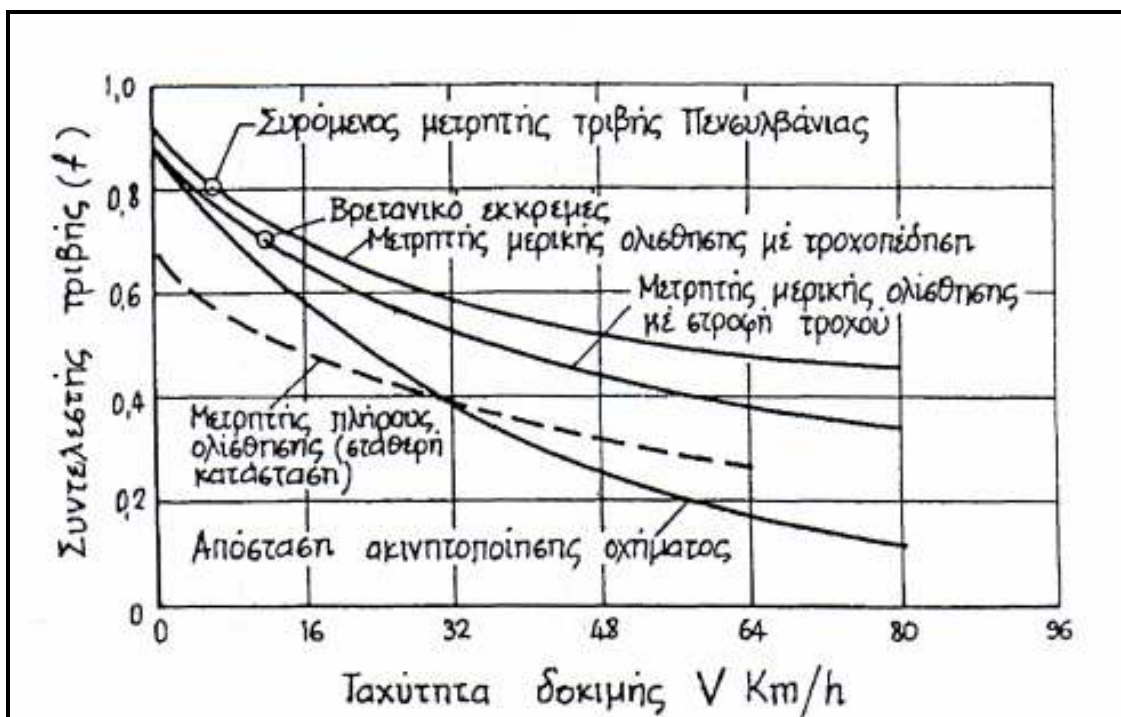


Πρέπει, επίσης, να γίνει διαφοροποίηση μεταξύ των μετρήσεων που εκτελούνται κάτω από σταθερές συνθήκες και κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες. Η σταθερή κατάσταση συνεπάγει ότι όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την τριβή είναι σταθεροί. Στους μεταβαλλόμενης κατάστασης μετρητές, ένας ή περισσότεροι παράγοντες μεταβάλλονται

με τον χρόνο. Για παράδειγμα το βρετανικό εκκρεμές είναι ένας μετρητής μεταβαλλόμενης κατάστασης, επειδή κατά τη μέτρηση, το φορτίο $1_{\text{}}$, η θερμοκρασία T , και η ταχύτητα ολίσθησης V μεταβάλλεται. Για ευκολότερη σύγκριση ο H.W. KUMMER και W.E. MEYER (1967) αναφέρουν τα αποτελέσματα των δοκιμών μέτρησης της τριβής της ίδιας επιφάνειας οδοστρώματος, χρησιμοποιώντας διάφορους τύπους μετρητών, Σχήμα 2.2.

Για παράδειγμα ο συρόμενος μετρητής τριβής της πολιτείας της Πενσυλβάνιας που λειτουργεί σε ταχύτητα ολίσθησης 6,5 km/h, έδωσε $P=0,8$. Το βρετανικό εκκρεμές, χτυπώντας την επιφάνεια με ταχύτητα ολίσθησης 11 km/h, έδωσε $P=0,7$. Η χαμηλότερη τιμή αντανακλά την πιο ενεργή λιπαντικότητα, λόγω μεμβρανών νερού, στην υψηλότερη ταχύτητα, αν και οι ολισθητήρες και το φορτίο τους είναι ακριβώς ίδια.

Οι μετρητές μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση και στροφή, λειτουργούν στο κρίσιμο ποσοστό ολίσθησης και στην κρίσιμη γωνία ολίσθησης. Αν και παράγουν ίδιους συντελεστές στις πολύ μικρές ταχύτητες (της τάξης του 1 km/h), όσο οι ταχύτητες αυξάνουν αυτοί μειώνονται με διαφορετικό ρυθμό. Ο μετρητής με τροχοπέδηση δίνει υψηλότερες τιμές από αυτόν με στροφή του τροχού παρότι οι υδροδυναμικές και θερμοκρασιακές συνθήκες είναι ίδιες και στους δύο μετρητές. Οι προοδευτικά μειούμενες τιμές του P στους μετρητές πλήρους ολίσθησης, με την αύξηση της ταχύτητας, οφείλεται μερικώς στην αύξηση της θερμοκρασίας και κυρίως στο φαινόμενο της μερικής υδρολίσθησης, παράγοντες που μειώνουν και τις δύο συνιστώσες τριβής : την πρόσφυση και την υστέρηση.



Σχήμα 2.2 : Σύγκριση των αποτελεσμάτων μέτρησης της αντιολισθηρότητας της ίδιας επιφάνειας οδοστρώματος χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους και τεχνικές.

(Θεοχάρης κ.α., 1998)

Η μέθοδος απόστασης ακινητοποίησης οχήματος κατά την τροχοπέδηση, παράγει την διακεκομμένη καμπύλη. Στα 64 km/h το επίπεδο τριβής είναι υψηλότερο από ότι στις σταθερής κατάστασης με πλήρη ολίσθηση δοκιμή (με το ελκυτόμενο φορείο), επειδή τα ελαστικά είναι αρχικά κρύα. Η θερμοκρασία τους αυξάνεται καθώς το όχημα επιβραδύνει και περίπου στα 30 km/h οι λειτουργικές συνθήκες γίνονται παρόμοιες με εκείνες της δοκιμής του ελκυτόμενου φορείου, όπως φαίνεται από την τομή των δύο καμπυλών, (Σχήμα 2.2.) Κατά το τέλος της επιβράδυνσης η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από αυτή του ελκυτόμενου φορείου (σταθερής κατάστασης δοκιμή) που προξενεί την πτώση της διακεκομμένης γραμμής κάτω από αυτή του ελκυτόμενου φορείου. Παρά το γεγονός όμως, των διαφορών στις τιμές του F, οι έξι μέθοδοι έχουν μια καθορισμένη συσχέτιση μεταξύ τους και επομένως οποιαδήποτε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων. Πιο κάτω γίνεται μια σύντομη αναφορά των συσκευών που χρησιμοποιούνται διεθνώς για την μέτρηση της αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων.

-ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-

«ΑΔΡΑΝΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ »

3.1 Ορισμός αδρανών υλικών

Αδρανή υλικά ονομάζεται το σύνολο των άμμων, των χαλίκων, των θραυστών λίθων, των σκωριών και άλλων παρόμοιων υλικών ανόργανης σύστασης, φυσικής ή τεχνητής προέλευσης, που χρησιμοποιούνται σε συνδιασμό με κάποιο συγκολλητικό μέσο (τσιμέντο, ασφαλτο, συγκολιτικές ουσίες κ.α) για τον σχηματισμό κατάλληλων μιγμάτων για κατασκευές (σκυροδέματα, ασφαλτομίγματα κ.α) ή για αυτούσια χρήση.

Αδρανή ονομάστηκαν επειδή τα περισσότερα από αυτά δεν αντιδρούν χημικά με τις συγκολλητικές ύλες, συμβάλλοντας μηχανικά στην αντοχή του τελικού προϊόντος. Ως αδρανή υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν θεωρητικά όλα τα υλικά που συγκεντρώνουν τις τρεις βασικές απαιτήσεις: αντοχή, πρόσφυση και χημική ανεκτικότητα και ουδετερότητα.

Στην Ελλάδα σύμφωνα με τον νόμο Ν. 1428/84 αδρανή υλικά είναι τα υλικά διάφορων διαστάσεων που προέρχονται από την εξόρυξη καταλλήλων πετρωμάτων ή την απόληψη φυσικών αποθέσεων θραυσμάτων τους και που χρησιμοποιούνται όπως έχουν, ή μετά από θραύση, λειοτριβήση, ή ταξινόμηση για την παρασκευή σκυροδεμάτων ,κονιαμάτων ή με μορφή σκύρων και μεγαλύτερων κομματιών, στην οδοποιία σε τεχνικά έργα και οικοδομές, καθώς και τα ασβεστολιθικά πετρώματα που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ασβέστη ή υδραυλικών κονιαμάτων και συλλιπασμάτων μεταλλουργίας. (Αγορογιάννη-Ρούσου)

3.2 Κατηγορίες αδρανών υλικών με βάση τα μεγέθη τους

Τα αδρανή υλικά από άποψη κοκκομετρίας διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες :
το χονδρόκοκκο υλικό, το λεπτόκοκκο υλικό και την παιπάλη ή φίλλερ.

- **Χονδρόκοκκο υλικό** ορίζεται αυτό του οποίου οι κόκκοι συγκρατούνται στο κόσκινο των 4,75mm (κόσκινο No 4) κατά τις Αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO ή στο κόσκινο των 5 mm κατά τις Βρετανικές και Γερμανικές προδιαγραφές. Για τους ασφαλοτάτητες το χονδρόκοκκο αδρανές πρέπει να αποτελείται από θραυστές πέτρες ή θραυστά χαλίκια και πρέπει να είναι καθαρό, ομοιόμορφο, συμπαγές και απαλλαγμένο από σαθρούς κόκκους και από αργιλικά περιβλήματα τα οποία μειώνουν την ευστάθεια και την ανθεκτικότητα συνόλου. Οι κόκκοι πρέπει να είναι κυβικής μορφής και να παρουσιάζουν αντοχή στην τριβή και κρούση. **Η φθορά κατά την μέθοδο LOS ANGELES πρέπει να είναι μικρότερη από 30%.** Επίσης πρέπει να παρουσιάζει καλή σταθερότητα στην αποσάθρωση από τον αέρα, το νερό, τις αλλαγές θερμοκρασίας και τον παγετό. Η απώλεια βάρους του πετρώματος που παρουσιάζει στην δοκιμασία διάβρωσης με θειικά άλατα πρέπει να είναι μικρότερη από 9%. Το χονδρόκοκκο αδρανές είναι προτιμότερο να μεταφέρεται στο εργοτάξιο σε δύο κλάσματα (ψηφίδα - σκύρο).

- **Λεπτόκοκκο υλικό** ορίζεται αυτό του οποίου οι κόκκοι διέρχονται από το κόσκινο των 4,75 mm ή 5,00 mm, (ανάλογα με τις προδιαγραφές), και συγκρατούνται στο κόσκινο των 75 μm (κόσκινο No 200). Το λεπτόκοκκο αδρανές έχει κοινώς διαστάσεις άμμου. Για τους ασφαλοτάτητες σαν άμμος χρησιμοποιείται η θραυστή άμμος από λατομείο πολλαπλής θραύσης ,φυσική άμμος ή και μίγμα θραυστής και φυσικής. Οι άμμοι λατομείων είναι εξαιρετικής ποιότητας λόγω των επιπέδων επιφανειών που παρουσιάζουν που επιτρέπουν την καλή πρόσφυση της ασφάλτου.Εξυπακούεται ότι όπως και στην περίπτωση του χονδρόκοκκου κλάσματος και η άμμος πρέπει να προέρχεται από καθαρά πετρώματα απαλλαγμένα από προσμίξεις (βόλοι αργίλου, φυτικές ουσίες κ. λ. π.). Είναι προτιμότερο η άμμος να μεταφέρεται στο εργοτάξιο σε δύο κλάσματα. Μία λεπτή άμμος διαστάσεων < 0,3mm και μία χονδρή άμμος διαστάσεων 0-5 mm.

• **Παιπάλη** ή **φίλλερ** ορίζεται το αδρανές υλικό που διέρχεται από το κόσκινο των 75 μm (κόσκινο Νο 200), έχει δηλαδή μορφή σκόνης. Πλήσμα ονομάζουμε το λεπτόκοκκο υλικό του οποίου το 65% τουλάχιστον αποτελείται από παιπάλη. (Αγορογιάννη-Ρούσου)

3.3 Πηγές αδρανών υλικών

Τα αδρανή υλικά ομοδοποιούνται σε: (Αγορογιάννη-Ρούσου)

1. **Κροκάλες**, στρόγγυλα τεμάχια πετρωμάτων που συγκρατούνται στο κόσκινο 75 mm.
2. **Χάλικες**, στρόγγυλα τεμάχια πετρωμάτων που διέρχονται από το κόσκινο 75 mm και συγκρατούνται στο κόσκινο 2,00mm. Αυτοί υποδιαιρούνται σε χονδρούς χάλικες που διέρχονται από το κόσκινο 75 mm και συγκρατούνται στο κόσκινο 25 mm, σε μέσους χάλικες που διέρχονται από το κόσκινο 25 mm και συγκρατούνται από το κόσκινο 9,5mm και λεπτούς χάλικες που διέρχονται από το κόσκινο 9,5 mm και συγκρατούνται από το κόσκινο 2, 00 mm.
3. **Θραυστοί χάλικες**. Είναι το υλικό που προκύπτει από την τεχνητή θραύση των χαλίκων, όπου όλοι οι κόκκοι έχουν τουλάχιστον μια όψη που προέκυψε από την θραύση.
4. **Σκύρα**, γωνιώδη τεμάχια πετρωμάτων που διέρχονται από το κόσκινο 75 mm και συγκρατούνται στο κόσκινο 2,00mm. Αυτά υποδιαιρούνται σε χοντρά σκύρα., που διέρχονται από το κόσκινο 75 mm και συγκρατούνται από το κόσκινο 25 mm. Μέσα σκύρα. αυτά που διέρχονται από το κόσκινο 25 mm και συγκρατούνται από το κόσκινο 9,5 mm.και λεπτά σκύρα. που διέρχονται από το κόσκινο 9,5 mm και συγκρατούνται από το κόσκινο 2,0 mm.

5. Άμμος. Είναι το κοκκώδες υλικό, που προέρχεται από την αποσάθρωση ή την θραύση των πετρωμάτων. Η άμμος διέρχεται από το κόσκινο 2,00mm και συγκρατείται από το κόσκινο 75 μm . Υποδιαιρείται σε χοντρή άμμο που διέρχεται από το κόσκινο 2,00 mm και συγκρατείται από το κόσκινο 425 μm . Και σε λεπτή άμμο που διέρχεται από το κόσκινο 425 μm και συγκρατείται από το κόσκινο 75 μm .

6. Ιλύς. Υλικό που διέρχεται από το κόσκινο 75 μm και αποτελείται από κόκκους μεγαλύτερους των 5 μm .

7. Άργιλος. Υλικό που αποτελείται από κόκκους μικρότερους των 5 μm . Οι κόκκοι οι μικρότεροι του 1 μm συνιστούν την κολλοειδή άργιλο.

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των εύκαμπτων οδοστρωμάτων, μπορεί να προέρχονται και από σκωρείες, ή από απορρίμματα ορυχείων, ή και από υλικά κατεδαφίσεων, εφόσον πληρούν τις απαιτούμενες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Επίσης, ως αδρανή υλικά χρησιμοποιούνται και τεχνητά αδρανή, ή κονιορτοποιημένα υλικά παλαιών οδοστρωμάτων κατασκευασμένα από ασφαλτόμιγμα ή από σκυρόδεμα (μέθοδος ανακύκλωσης).

Σκωρείες, είναι παραπροϊόντα που παράγονται κατά την διαδικασία παραγωγής μετάλλων, όπως σιδήρου, νικελίου κ.τ.λ. Ο τύπος των σκωριών που παράγονται ποικίλουν ως προς την χημική σύσταση, το ειδικό βάρος και το πορώδες. Η χρήση των σκωριών στην οδοποιία περιορίζεται συνήθως σε έργα που γίνονται κοντά στα εργοστάσια παραγωγής. Οι σκωρίες χρησιμοποιούνται κυρίως ως υποκατάστατο των αδρανών και σε ελάχιστες περιπτώσεις ως υποκατάστατο της παιπάλης (φίλλερ).

Απορρίμματα ορυχείων, είναι πετρώματα με μικρή περιεκτικότητα σε μέταλλευμα που απορρίπτονται κατά την διαδικασία εμπλουτισμού.

Υλικά κατεδαφίσεως (κοινώς μπάζα), χρησιμοποιούνται όπως και τα απορρίμματα ορυχείων σε στρώσεις υποβάσεων ή βάσεων, αφού γίνει κάποια προεπιλογή και θραύση.

Τεχνητά αδρανή, παράγονται κυρίως από την διαπύρωση πετρωμάτων όπως βωξίτου, σχιστόλιθου κ. τ. λ. Ορισμένα, όπως ο πεφρυγμένος βωξίτης, χαρακτηρίζονται για την υψηλή σκληρότητα τους και χρησιμοποιούνται ως σκληρά αδρανή σε αντιστοίχους ασφαλικούς τάπητες. Άλλα τεχνητά αδρανή χαρακτηρίζονται από το μικρό τους ειδικό βάρος και χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή ελαφρομετόν. Τέτοια υλικά είναι η κίσηρης και ο περλίτης.

Κονιορτοποιημένα υλικά παλαιών οδοστρωμάτων, προέρχονται από την ανακατασκευή παλαιών οδοστρωμάτων μετά από προεπιλογή και θραύση, χαρακτηρίζονται ως ανακυκλωμένα υλικά και χρησιμοποιούνται κυρίως σε υποβάσεις και βάσεις.

Οι φυσικές τοποθεσίες στις οποίες βρίσκονται και από τις οποίες μπορούν να εξαχθούν σημαντικές ποσότητες αδρανών υλικών, είναι τα ορυχεία και τα λατομεία.

1) Ορυχεία, είναι οι φυσικές πηγές κοκκωδών υλικών (συνήθως αμμοχάλικων) κατάλληλων για τεχνικά έργα καλούνται ορυχεία. Αυτά υποδιαιρούνται στις εξής κατηγορίες:

- **Δανειοθάλαμοι.** Αυτές είναι τοποθεσίες που περιέχουν κατάλληλα υλικά για επιχωματώσεις, οδοστρώματα και παρόμοιες κατασκευές και μπορούν να μετακινηθούν μέσω χωματουργικών μηχανημάτων. Οι εργασίες στους δανειοθαλάμους γίνονται πάντοτε εν ξηρώ.
- **Χαλικορυχεία.** Τα χαλικορυχεία ή τα ορυχεία χαλίκων, είναι πηγές χονδρόκοκκων εδαφών στα οποία επικρατούν οι μεγέθους χαλίκων κόκκοι. Τέτοια υλικά χρησιμοποιούνται εκτεταμένα για επιστρώσεις δευτερευουσών οδών. Τα καλύτερης ποιότητας συχνά χρησιμοποιούνται για την

κατασκευή υποβάσεων και βάσεων οδοστρωμάτων οδών, διαδρόμων και τροχοδρόμων αεροδρομίων. Ακόμα και για την κατασκευή αδρανών υλικών προοριζόμενα για σκυροδέματα ή για ασφαλτικά μίγματα και εν γένει για ασφαλικές κατασκευές.

- **Αλλουβιακές αποθέσεις αμμοχαλίκων.** Το όνομα του τύπου αυτού των ορυχείων προέρχεται από την προέλευση των υλικών τα οποία αποτίθενται στους χειμάρρους. Τα χαλίκια και τα αμμοχάλικα που λαμβάνονται απ'αυτή την πηγή, συνήθως είναι πολύ καθαρά και ελεύθερα αργίλων και οργανικών προσμίξεων. Για αυτόν τον λόγο είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για ασφαλικές εργασίες και για σκυροδέματα. Τα υλικά απτ'αυτές τις πηγές λαμβάνονται σε υγρή ή σε ξηρή κατάσταση, ανάλογα με το εάν οι εργασίες γίνονται κάτω ή πάνω από την στάθμη των νερών των χειμάρρων.
- **Φυσικές αποθέσεις αμμοχαλίκων.** Αυτές είναι αποθέσεις αμμοχαλίκων που έχουν σχηματιστεί σε παλιότερες εποχές και βρίσκονται σε λόφους, σε όχθες χειμάρρων ή ποταμών και αλλού. Είναι συνήθως αργιλώδη χαλίκια ή αργιλώδη αμμοχάλικα. Τα υλικά αυτά προτιμώνται για επιφανειακές επιστρώσεις οδών. Οι εργασίες στα ορυχεία διεξάγονται εν ξηρό.
- **Αμμορυχεία.** Με τον όρο αυτό καλούνται τα διάφορων τύπων ορυχεία, από τα οποία λαμβάνεται η άμμος. Τα σπουδαιότερα αμμορυχεία βρίσκονται κοντά στις εκβολές των ποταμών, στις ακτές των λιμνών και των θαλασσών και στις έρημους.

2) Λατομεία, ονομάζονται οι τοποθεσίες από τις οποίες λαμβάνονται τα κατάλληλα από απόψεως ποιότητας, ποσότητας και μεγέθους για κατασκευές πετρώματα. Αυτά υποδιαιρούνται σε λατομεία σκληρών πετρωμάτων και σε λατομεία μαλακών πετρωμάτων.

- **Λατομεία σκληρών πετρωμάτων.** Ο τύπος αυτός των λατομείων αποτελείται από πετρώματα για την εξόρυξη των οποίων απαιτείται εργασία διατρήσεως και ανατινάξεως. Αν και τα παραγόμενα αδρανή υλικά από αυτού του τύπου των λατομείων είναι τα καλύτερης ποιότητας, αυτά είναι τα πλέον δαπανηρά από απόψεως εργασίας, μηχανικού εξοπλισμού και ποσότητας εκρηκτικών υλών.
- **Λατομεία μαλακών πετρωμάτων.** Ο τύπος αυτός των λατομείων αποτελείται από αρκετά μαλακά πετρώματα τα οποία μπορούν να χαλαρώσουν με έναν εκριζωτή και στην συνέχεια να μετακινηθούν με χωματοσυλλέκτη ή με έναν μηχανικό προωθητήρα και στην συνέχεια να φορτωθούν με μηχανικό πτύο

Στον Πίν. 3.1 γίνεται κατάταξη των ορυχείων και των λατομείων ανάλογα του τύπου των παραγόμενων αδρανών υλικών και του τρόπου εργασίας.

Τύπος	Αδρανές Υλικό	Συνήθης χρησιμοποίηση του υλικού	Συνθήκες από απόψεως νερού	Απαιτούμενες εργασίες και Μηχανικός εξοπλισμός
<u>ΟΡΥΧΕΙΑ</u>				
1. Δανειοθάλαμοι	Εκλεκτό έδαφος εκτός των άμμων και των χαλίκων	Επιχώματα	Ξηρό	Εξοπλισμός προωθήσεως γαιών
2. Αμμοχάλικα				
(α) Φυσικές αποθέσεις	Αμμοχάλικα με άργιλο	Επιστρώσεις οδών, υποβάσεις και επιχώματα	Ξηρό	Μηχανικό πτύο Φορτωτές
(β) Αλλουβιακές αποθέσεις	Καθαρά αμμοχάλικα	Σκυροκονιάματα και ασφαλτικά μίγματα	Υγρό ή (ξηρό)	Εκσκαφέας (τύπου dragline) μηχανικό πτύο
(γ) Διάφορα	Σκωρείες, Τέφρα κ.τ.λ. Αποθέσεις	Για επιστρώσεις οδών και για αδρανή υλικά	Ξηρό	Μηχανικό πτύο Φορτωτής
<u>ΛΑΤΟΜΕΙΑ</u>				
1. Σκληρών πετρωμάτων	Αδρανή υλικά	Για βάσεις και επιστρώσεις οδών, για αδρανή υλικά σκυροκονιαμάτων και ασφαλτικών μιγμάτων	Ξηρό	Ανατίναξη, θραύση, κοσκίνιση
2. Μαλακά πετρώματα	Συγκολλούμενα υλικά	Βάσεις και επιστρώσεις οδών	Ξηρό	Εκριζωτής, μηχανικό πτύο, εξοπλισμός προωθήσεως γαιών

Πίν. 3.1 : Κατάταξη ορυχείων και λατομείων. (Στρατάκος, 2001)

3.4 Ταξινόμηση, αξιολόγηση και καταλληλότητα των πετρωμάτων

Υπάρχουν τρεις μεγάλες κατηγορίες πετρωμάτων, αναλόγως των συνθηκών γενέσεως και προελεύσεως αυτών, τα μαγματικά ή εκρηξιγενή, τα ιζηματογενή ή στρωσιγενή και τα κρυσταλλοσχιστώδη ή μεταμορφοσιγενή.

Μέσα σε αυτές τις κατηγορίες υπάρχουν υποκατηγορίες, ομάδες και τύποι πετρωμάτων από τα οποία είναι κατάλληλα για την κατασκευή αντιλοσθηρών ταπήτων. (Ρήγας, 2003)

3.4.1 Μαγματικά ή εκρηξιγενή πετρώματα

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πλέον κατάλληλα για τις ανωτέρω χρήσεις πετρώματα, και αυτό για τρεις λόγους :

Πρώτον, επειδή συνίσταται από ορυκτά που αντέχουν σε σύνθετες καταπονήσεις, όπως είναι η θλίψη, η τριβή κυλίσεως και ολισθήσεως κ.α.

Δεύτερον, διότι εμφανίζουν στατιστική ομοιογένεια, η οποία τους προσδίδει σταθερή ποιότητα και

Τρίτον, γιατί ενυπάρχουν, ως εκ τούτου, σε σημαντικά αποθέματα.

Οι σπουδαιότερες ομάδες ορυκτολογικών συστατικών που συμμετέχουν στη συγκρότηση των μαγματικών πετρωμάτων είναι :

- A) Ο χαλαζίας ως πολύμορφο ορυκτό με τις παραλλαγές του.
- B) Οι άστριοι (ορθόκλαστο, πλαγιόκλαστο, σανίδινο κ.α.)
- Γ) Τα φεμικά συστατικά (πυρόξενοι, αμφίβολοι) και οι μαρμαρυγίες (μοσχοβίτης, βιοτίτης κ.α.)
- Δ) Η μικροκρυσταλλική, μικρολιθική, αφανιτική και άμορφος υελώδης μάζα.

Οι όξινοι πλουτωνίτες και ηφαιστίτες, με ίδιο βαθμό εξαλλοίωσης, υπερέχουν των ενδιαμέσων και βασικών μελών, διότι είναι πλούσιοι σε χαλαζία και όξινα πλαγιόκλαστα. Έτσι τα ζευγάρια γρανίτης-ρυόλιθος και γρανοδιορίτης-δακίτης υπερέχουν των ζευγαριών διορίτης-ανδεσίτης και γάββρος(διαβάσης)-βασάλτης. Οι όξινοι πλουτωνίτες συνίσταται από χαλαζία, άστριους και φεμικά συστατικά, έχουν δε ολκορυσταλλικό ιστό. Οι όξινοι ηφαιστίτες συνίσταται σχεδόν αποκλειστικά από χαλαζία και μικροκρυσταλλική-μικρολιθική-αφανιτική-άμορφο υελώδη μάζα (συγκολλητική ουσία), ενώ συμμετέχουν ακόμη λίγοι άστριοι και φεμικά συστατικά. Ο ιστός των όξινων ηφαιστιτών είναι οπωσδήποτε ημικρυσταλλικός και συχνάκις πορφυριτικός, οπότε γίνεται λόγος για πορφύρες κα δη για χαλαζιακούς πορφύρες.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα ρυόλιθοι, δακίτες, ανδεσίνες και βασάλτες, λόγω της παρουσίας συγκολλητικής ουσίας συνιστάμενης εξ αμόρφου SiO_2 , είναι λιγότερο επιρρεπή στις θερμοκρασιακές μεταβολές και τις εξαλλοιώσεις, από τα αντίστοιχα πλουτώνεια πετρώματα γρανίτες, γρανοδιορίτες, διορίτες και γάββροι.

Οι πλέον γνωστές εξαλλοιώσεις των πετρογενετικών ορυκτών όπως η καολινιτίωση των αστρίων, η σερικιτίωση των όξινων πλαγιόκλαστων, η σωσυριτίωση των βασικών πλαγιόκλαστων, η ουραλιτίωση των πυροξένων και τέλος η σερπεντινίωση των πυροξένων και του ολιβίνη. Σημειώνεται τέλος ότι η εξαλλοίωση των αστρίων από τα υδροθερμικά διαλύματα επιβοηθείται και από τον τέλειο σχισμό αυτών. (Ρήγας, 2003)

3.4.2 Ιζηματογενή ή στρωσιγενή πετρώματα

Από τα πετρώματα αυτά πολύ λίγα μπορεί να αποδειχθούν κατάλληλα για χρήση σε αντιολισθηρούς τάπητες, ανήκουν δε στην κατηγορία των ψαμμιτών, με συγκολλητική ουσία πυριτικής ή/και ανθρακικής συστάσεως. Τέτοιοι ψαμμίτες μπορούν να αναζητηθούν κατά βάση μέσα στη φλύσχη των εξωτερικών γεωτεκτονικών ζωνών και σπανίως ή ουδόλως ενότι των νεογενών λεκανών. (Ρήγας, 2003)

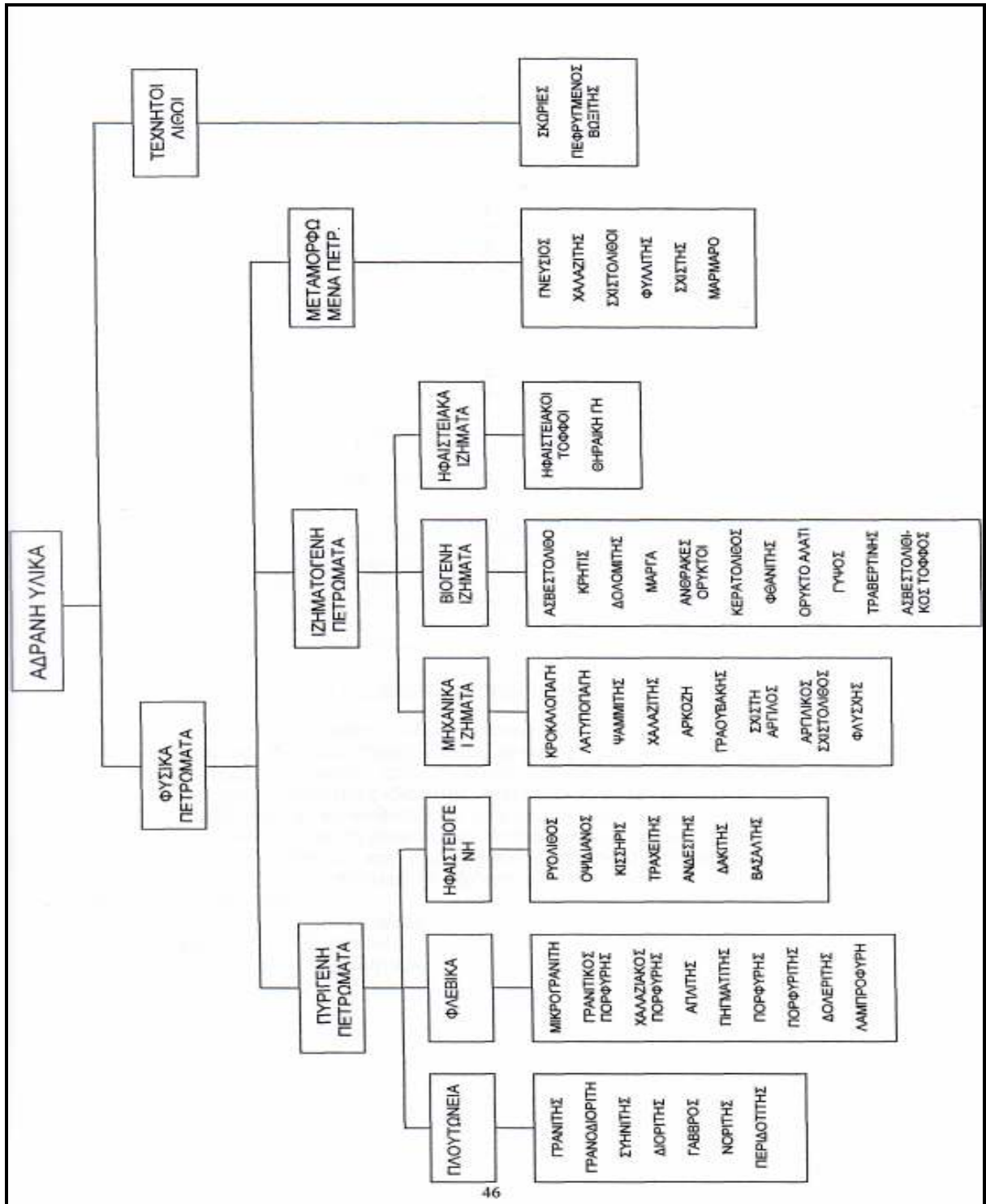
3.4.3 Κρυσταλλοσχιστώδη ή μεταμορφωσινενή πετρώματα

Σε αυτά ανήκουν τύποι πετρωμάτων που προέρχονται από τη μεταμόρφωση τόσο των ιζηματογενών, όσο και μαγματικών πετρωμάτων. Υπό την επίδραση της μεταμορφώσεως, τα μεταμορφωμένα πετρώματα αποκτούν δύο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, την κρυσταλλικότητα και τη σχιστότητα.

Από τις διάφορες κατηγορίες μεταμόρφωσης ενδιαφέρον εδώ παρουσιάζει μόνο η καθολική θερμοδυναμική μεταμόρφωση που λαμβάνει χώρα στα βαθύτερα σημεία της λιθόσφαιρας κατά το στάδιο της σύγκλισης, της υποπροέλασης και της σύγκρουσης των λιθοσφαιρικών πλακών.

Τα κυριότερα είδη της άνω μεταμορφώσεως είναι η υπερβατική μεταμόρφωση και η αυτομεταμόρφωση. Κατά την πρώτη δημιουργούνται φαινόμενα ρευστοποίησης και παλιγγέनेσης με τελικό αποτέλεσμα το σχηματισμό μιγματιτών, ενώ κατά τη δεύτερη σχιστοποιείται ο πλουτωνίτης και μεταπίπτει σε ορθογενέσιο. (Ρήγας, 2003)

«Γεωεολογικό δένδρο» Αδρανών υλικών (Στρατάκος, 2001)



3.5 Αντιολισθηρά αδρανή (αδρανή αντιολοσθηρών ασφαλοτάπητων)

Η ολισθηρότητα των οδοστρωμάτων και ιδιαίτερα των υγρών οδοστρωμάτων είναι ίσως οσοβαρότερος παράγοντας ατυχημάτων. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ολισθηρότητας, δηλαδή της μεγιστοποίησης του συντελεστή τριβής μεταξύ των ελαστικών των αυτοκινήτων και της επιφάνειας του οδοστρώματος, έχουν επινοηθεί διάφοροι τύποι ασφαλοτάπητων, όπως πορώδεις, ολόσωμοι, με έμπηκτες ψηφίδες κ.λ.π. Ανεξάρτητα όμως από το είδος του τάπητα, τα αδρανή που συμμετέχουν πρέπει να έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Πρώτον πρέπει να έχουν ανθεκτικότητα στη φθορά, ούτως ώστε να διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα οι επιφανειακές προεξοχές τους στον ασφαλοτάπητα (μακροϋφή του τάπητα) και δεύτερον να λειαίνονται δύσκολα (μικροϋφή του τάπητα). Το ζητούμενο δηλαδή είναι αδρανή που θα δώσουν τάπητα με μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλη αντίσταση στην ολίσθηση. (Νταμπίτζιας κ.α., 2003)

Χαρακτηριστικά των "Αντιολισθηρών" αδρανών. Τα χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών περιορίζονται στην υφή της επιφάνειάς τους, στη μορφή και στην αντοχή τους σε στατικές και δυναμικές καταπονήσεις όπως και στην αντίστασή τους στην στίλβωση και στην φθορά γενικότερα.. Οποσδήποτε, τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών, για υψηλή αντιολισθητική ποιότητα, είναι εκείνα που συνδέονται με την αντίστασή τους στη στίλβωση και την φθορά. Ο βαθμός στον τον οποίο το αδρανές έχει την επιθυμητή ποιότητα, εξαρτάται από την ορυκτολογική σύσταση και τον ιστό του. Πρωτογενή χαρακτηριστικά όπως ο ιστός, η χημική και ορυκτολογική σύσταση, οι φυσικομηχανικές ιδιότητες κ.λ.π., μπορούν να ελεγχθούν μόνο μέσα από την διαδικασία της ορθής επιλογής της θέσης και του είδους του πετρώματος.

Εφόσον η θέση και το είδος έχουν επιλεγθεί, μερικά άλλα χαρακτηριστικά μπορούν να ελεγχθούν, εντός ορίων, μέσο κάποιας τεχνητής επεξεργασίας του πετρώματος. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι: μεγέθη των ψηφίδων, μορφή τους, εύρος των μεγεθών (διαβάθμιση) κ.λ.π. (Στρατάκος, 2001)

3.6 Ιδιαίτερες απαιτούμενες ιδιότητες των αδρανών

Στον Πίνακα 3.2 καταχωρούνται διάφορες ιδιότητες των αδρανών υλικών που απαιτούνται για να ικανοποιήσουν διάφορες κατασκευαστικές απαιτήσεις.

Επίσης, αναφέρεται η σχετική σπουδαιότητα της κάθε ιδιότητας των αδρανών, για την κατασκευή τόσο των εύκαμπτων ασφαλούχων όσο και των άκαμπτων τσιμεντούχων οδοστρωμάτων.

3.7 Ορισμός και περιγραφή ιδιοτήτων

Η ποιότητα, η οποία είναι ενδεικτική κάποιου ειδικού χαρακτηριστικού ενός υλικού, ονομάζεται ιδιότητα. Υπάρχει ένας αριθμός ιδιοτήτων κάθε υλικού που καθορίζει την συμπεριφορά του κάτω από διάφορες συνθήκες. Για παράδειγμα, υπάρχουν ελαστικές ιδιότητες, μαγνητικές ιδιότητες, χημικές ιδιότητες, μηχανικές ιδιότητες, κ.λ.π. Η κάθε ιδιότητα θα πρέπει να καθορίζεται με μια αριθμητική ποσότητα (τιμή) που δηλώνει το κατά πόσο η ιδιότητα αυτή είναι περισσότερο ή λιγότερο ανεπτυγμένη στο υλικό.

Πιο κάτω ορίζονται και περιγράφονται οι διάφορες ιδιότητες των αδρανών, όπως αναφέρονται στον πίνακα. Οι ιδιότητες αυτές έχουν αρχικά ομαδοποιηθεί στις ακόλουθες κατηγορίες :

- Φυσικές
- Μηχανικές
- Χημικές
- Θερμικές
- Ηλεκτρικές
- Οπτικές
- Αισθητικές

Απαραίτητα χαρακτηριστικά της επιφάνειας κύλισης των αντιολισθηρών οδοστρωμάτων.	Απαιτούμενη ιδιότητα των αδρανών υλικών.	Σχετική σπουδαιότητα των ιδιοτήτων των αδρανών υλικών στον ειδικό τύπο κατασκευής της επιφάνειας. *	
		Εύκαμπτα (ασφαλτούχα)	Άκαμπτα (τσιμεντούχα)
1. Επαρκής εσωτερική αντοχή και σταθερότητα για την κατανομή των επιφανειακών πιέσεων στις υποστρώσεις και υπόβαθρα του οδοστρώματος και για την προστασία υπερβολικής επιφανειακής εκτροπής.	1. Σταθερότητα μάζας 2. Αντοχή ψηφίδας 3. Δυσκαμπότητα ψηφίδας 4. Επιφανειακή μικροτραχύτητα ψηφίδας 5. Μορφή ψηφίδας 6. Διαβάθμιση 7. Μέγιστο μέγεθος ψηφίδων	Σ Σ Σ Σ Σ Σ Σ	Α Σ Σ Σ Σ Σ Σ
2. Ανθεκτικότητα στις επιβλαβείς επιδράσεις της αποσάθρωσης και της χημικής δράσης.	1. Ανθεκτικότητα στις χημικές επιδράσεις όπως π. χ. άλατα 2. Διαλυτότητα 3. Κατάρρευση 4. Ανθεκτικότητα στη διαβροχή και ξήρανση 5. Ανθεκτικότητα στον παγετό 6. Δομή πόρων	Α Α Σ Α Σ Σ	Σ Σ Σ Σ Σ Σ
3. Ανθεκτικότητα στις επιβλαβείς επιδράσεις από το κυκλοφοριακό	1. Ανθεκτικότητα στην φθορά και στίλβωση	Σ	Σ
4. Έλλειψη ή χαμηλή ανάπτυξη επιβλαβών εσωτερικών δυνάμεων, όπως π. χ. διόγκωση, συστολή κ. λ. π.	1. Μεταβολή όγκου θερμική 2. Μεταβολή όγκου, κατά την διαβροχή και ξήρανση 3. Δομή πόρων 4. Θερμική αγωγιμότητα	Ο Ο Ο Ο	Σ Σ Σ Σ
5. Αλληλοεπιδεκτικότητα αδρανών υλικών και συνδετικού υλικού.	1. Χημική αντιδραστικότητα μεταξύ αδρανών υλικών – συνδετικού 2. Επάληψη (COATING) 3. Θερμακός συντελεστής μεταβολής όγκου 4. Δομή πόρων	Ο Σ Ο Ο	Σ Σ Σ Α
6. Διατήρηση των ακόλουθων επιφανειακών ιδιοτήτων σε ικανοποιητικά επίπεδα κατά την διάρκεια ζωής της επιφάνειας του οδοστρώματος :			

Πίν. 3.2 : Απαιτούμενες ιδιότητες αδρανών υλικών για την κατασκευή αντιολισθηρών ταπήτων. (Στρατάκος, 2001)

Απαραίτητα χαρακτηριστικά της επιφάνειας κύλισης των αντιολισθηρών οδοστρωμάτων.	Απαιτούμενη ιδιότητα των αδρανών υλικών.	Σχετική σπουδαιότητα των ιδιοτήτων των αδρανών υλικών στον ειδικό τύπο κατασκευής της επιφάνειας. *	
		Εύκαμπτα (ασφαλτούχα)	Άκαμπτα (τσιμεντούχα)
Α) Αντιολισθηρότητα	1. Μορφή ψηφίδων 2. Επιφανειακή μικροτραχύτητα ψηφίδων 3. Μέγιστο μέγεθος ψηφίδων 4. Αντοχή ψηφίδων 5. Ανθεκτικότητα των ψηφίδων στην φθορά και στίλβωση 6. Μορφή των φθαρμένων κομματιών 7. Διαβάθμιση 8. Δομή πόρων	Σ Σ Σ Σ Σ Σ Σ Σ	Σ Σ Ο Σ Σ Σ Σ Σ
Β) Βάθος επιφανειακής μακροτραχύτητας	1. Μέγιστο μέγεθος ψηφίδων 2. Διαβάθμιση 3. Ανθεκτικότητα των ψηφίδων στην φθορά	Σ Σ Σ	Σ Σ Σ
Γ) Φωτοανακλαστικότητα	1. Ανακλαστικότητα 2. Χρώμα	Σ Σ	Σ Σ
Δ) Φθορά ελαστικών	1. Μορφή ψηφίδων 2. Επιφανειακή μικροτραχύτητα ψηφίδων 3. Μέγιστο μέγεθος ψηφίδων	Σ Σ Σ	Σ Σ Σ
Ε) Αντίσταση κύλισης	1. Μέγιστο μέγεθος ψηφίδων 2. Μορφή ψηφίδων	Σ Σ	Α Α
Στηθόρυβος κύλισης	1. Μέγιστο μέγεθος ψηφίδων 2. Διαβάθμιση	Σ Σ	Α Α
Ζ) Ηλεκτροστατικές ιδιότητες	1. Ηλεκτρική αγωγιμότητα	Σ	Ο
Η) Αισθητικές ιδιότητες	1. Χρώμα	Σ	Σ

*Σ=Σπουδαία, Ο=Όχι σπουδαία, Α=Άγνωστης σπουδαιότητας

Πίν. 3.2 : Απαιτούμενες ιδιότητες αδρανών υλικών για την κατασκευή αντιολισθηρών ταπήτων. (Στρατάκος, 2001)

Αν και είναι σπουδαίες όλες αυτές οι ιδιότητες δεν είναι απαραίτητο να είναι αναπτυγμένες στον υψηλότερο βαθμό. Οι σημαντικότερες ιδιότητες καθώς και η τιμή τους που απαιτούνται από τα αδρανή υλικά εξαρτώνται από τη χρήση τους στην επιφάνεια του οδοστρώματος, το είδος του συνδετικού υλικού που χρησιμοποιείται, το επίπεδο της απόδοσης που απαιτείται από την επιφάνεια κύλισης και τις οικονομικές θεωρήσεις της κατασκευής και συντήρησης.

3.8 Προδιαγραφές αντιολισθηρών αδρανών υλικών

Οι απαιτούμενες βασικές δοκιμές και μετρήσεις για τον προσδιορισμό του βαθμού καταλληλότητας των αδρανών για αντιολισθηρές χρήσεις, αναφέρονται αφ' ενός μεν στα φυσικά τους χαρακτηριστικά (κοκκομετρία, σχήμα κόκκων, ειδικό βάρος, υδατοαπορροφητικότητα) και αφ' ετέρου στα μηχανικά τους χαρακτηριστικά. Γωνιώδη και με χαμηλό δείκτη πλακοειδούς τεμάχης, με συγκεκριμένες κοκκομετρικές διαβαθμίσεις, με χαμηλό πορώδες (ειδικό βάρος) και χαμηλή υδατοαπορροφητικότητα (πορώδες περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά) είναι οι προδιαγραφές των αντιολισθηρών αδρανών που αναφέρονται στα φυσικά τους χαρακτηριστικά, ενώ στην ανθεκτικότητα, στη φθορά και στη λείανση αναφέρονται οι προδιαγραφές των μηχανικών τους χαρακτηριστικών. Με εξαίρεση τους γνευσιοσχιστόλιθους που παρουσιάζουν αυξημένο δείκτη πλακοειδούς και ορισμένους άλλους τύπους πετρωμάτων (κυρίως όξινα/ενδιάμεσης σύστασης ηφαιστειακά) με υψηλό πορώδες ή/και περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά, όλα τα άλλα πετρώματα πληρούν τις προδιαγραφές που αναφέρονται στα φυσικά χαρακτηριστικά των αδρανών για χρήσεις αντιολισθηρών ασφαλοταπήτων. Αντίθετα λίγοι είναι οι πετρολογικοί τύποι που από τα μέχρι τώρα αποτελέσματα, φαίνεται ότι πληρούν τις προδιαγραφές των μηχανικών χαρακτηριστικών, οι οποίες αναφέρονται στους 4 παρακάτω δείκτες :

- Αντίσταση στη στίλβωση (δείκτης PSV-Polished Stone Value)
- Φθορά μετά από τριβή και κρούση (δείκτης LAAB-Los Angeles Abrasion Value)

- Φθορά σε απότριψη (δείκτης AAV-Aggregate Abrasion Value)
- Φθορά στην αποσάθρωση (δείκτης «Υγεία»-Soundness)

Όπως προαναφέρθηκε η αντίσταση ενός ασφαλοτάπητα στην ολίσθηση εξαρτάται τόσο από τις επιφανειακές προεξοχές των αδρανών όσο και από την επιφανειακή τραχύτητα των αδρανών που προεξέχουν. Όλα σχεδόν τα φρεσκοθραυσμένα αδρανή έχουν τραχεία μικροϋφή. Το ζητούμενο όμως είναι μια συνεχώς, μετά από τριβή με τα ελαστικά των αυτοκινήτων, διατηρούμενη μικροϋφή, δηλαδή ένα αδρανές με υψηλό δείκτη αντίστασης στη στίλβωση. Επειδή όμως όλα τα υλικά/πετρώματα τελικά στιλβώνονται, το ζητούμενο είναι ένα δύσκολο αδρανές. Ένα αδρανές δηλαδή το οποίο μετά από τις τριβές με τα ελαστικά των αυτοκινήτων θα συνεχίσει, για μεγάλο χρονικό διάστημα, να έχει τραχεία μικροϋφή. Είναι ευνόητο ότι ένα αδρανές με δύο τουλάχιστον ορυκτά διαφορετικής σκληρότητας ή καλύτερα διαφορετικής αντίστασης στη φθορά μετά από τριβή ή και κρούση, θα έχει συνεχώς τραχεία μικροϋφή, η οποία προφανώς θα οφείλεται στη μεγαλύτερη φθορά του μαλακού ορυκτού από αυτή του σκληρού ορυκτού. Μάλιστα δε όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά σκληρότητας των δύο ορυκτών, τόσο πιο τραχεία θα διατηρείται η μικροϋφή του αδρανούς. Ένα πέτρωμα ανεξάρτητα από το αν είναι μονόρυκτο ή μικρό έως κρυπτοκρυσταλλικό θα μπορούσε να έχει εξαιρετικό δείκτη PSV αν έχει ένα πυκνό σύστημα κλειστών επιφανειών αδυναμίας, οι οποίες συντελούν στην «αποκόλληση» μικρών τεμαχίων του πετρώματος, δηλαδή σε μια συνεχώς ανανεούμενη επιφάνεια.

Οι δείκτες LAAV και AAV αναφέρονται στην ανθεκτικότητα του αδρανούς σε φθορά από τα ελαστικά των αυτοκινήτων. Ο δείκτης LAAV «μετράει» τις αντοχές του αδρανούς στις κρούσεις κυρίως και στις τριβές με τα ελαστικά του αυτοκινήτου. Πεντάκιλα αδρανούς συγκεκριμένης κοκκομετρίας τοποθετούνται σε ατσάλινο κύλινδρο. Ο κύλινδρος, που περιέχει ατσάλινες σφαίρες, περιστρέφεται με ταχύτητα 33 στροφών το λεπτό. Μετά από 500 στροφές μετριέται το λεπτόκοκκο υλικό που προέκυψε από τις κρούσεις του αδρανούς με τις σφαίρες(κυρίως), τα τοιχώματα του κυλίνδρου και μεταξύ των τεμαχίων του αδρανούς (μια μικρή ποσότητα λεπτόκοκκου υλικού παράγεται επίσης και από τριβές). Το επί τοις % παραγόμενο λεπτόκοκκο υλικό είναι η τιμή του δείκτη

LAHV. Ο δείκτης AAV αναφέρεται στην αντοχή του αδρανούς στις τριβές με τα ελαστικά του αυτικινήτου. Τεμάχια αδρανούς στομώνονται σε έναν υποδοχέα, ο οποίος τοποθετείται σε ειδική μηχανή απότριψης. Η απώλεια υλικού, λόγω επιφανειακής τριβής, είναι το μέτρο του δείκτη AAV.

Στη μέτρηση της ανθεκτικότητας του αδρανούς σε θρυμματισμό λόγω καιρικών αλλαγών (θερμοκρασία-βροχή) αναφέρεται ο δείκτης «υγεία». Συστολές-διαστολές και σχηματισμός πάγου στις διακλάσεις και στους πόρους του αδρανούς είναι οι κύριοι παράγοντες θρυμματισμού. Απόθεση αλάτων (κυρίως NaCl) στους πόρους και τις διακλάσεις και άρα η δύναμη κρυστάλλωσής τους είναι ένας ακόμη παράγοντας σε παραλιακούς δρόμους και κυρίως σε περιοχές με ερημικό κλίμα. Ο δείκτης «υγεία» αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία και σε δείκτης αποσάθρωσης (weathering).

Για τη μέτρηση της ανθεκτικότητας του αδρανούς στο θρυμματισμό επεκράτησε να γίνεται δοκιμή με θειικό άλας (MgSO_4 ή NaSO_4) επειδή όπως αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία ήταν πολύ δύσκολο να επιτευχθούν σταθερές συνθήκες διαδοχικών εμβαπτίσεων σε νερό του αδρανούς. Η δοκιμή με το άλας είναι και αυτή πολύπλοκη και έχει δεχθεί πολλές κριτικές και ισχυρές αμφισβητήσεις που αναφέρονται στην ακρίβεια, επαναληξιμότητα και κυρίως στη σκοπιμότητα της. Στη συγκεκριμένη δοκιμή το αδρανές θρυμματίζεται λόγω της δύναμης κρυστάλλωσης των θειικών αλάτων στις διακλάσεις και στους πόρους του. Θεωρείται δηλαδή ότι η δύναμη κρυστάλλωσης των θειικών αλάτων είναι ισότιμη με τη δύναμη παγοποίησης του νερού. (Νταμπίζιας κ.α., 2003)

Κυκλοφορία	Ελαφρά	Μέση	Βαριά	Πολύ Βαριά
Ημερήσιος κυκλοφοριακός Φόρτος ανά λωρίδα ^(α)	Μέχρι 500	501-3000	3001-8000	>8000
Μέγιστο ποσοστό φθοράς Κατά Los Angeles	30%	28%	28%	24%
Ελάχιστη τιμή (PSV)				
- Επικινδ. θέσεις, Κατ. Α ^(β)	50	55	60	65
- Συνήθεις θέσεις, Κατ. Β ^(γ)	45	50	55	60
- Εύκολες θέσεις, Κατ. Γ ^(δ)	-	45	-	-
Μέγιστη τιμή (AAV)	14	12	10	8

(α) Συνήθης σύνθεση κυκλοφορίας, ποσοστό φορτηγών με ωφέλιμο φορτίο πλέον των 5 τόννων το πολύ 15%.

(β) Κατηγορία Α : προσεγγίσεις σε σηματοδότες, διαβάσεις πεζών και διασταυρώσεις, κυκλικοί κόμβοι και προσεγγίσεις σε κόμβους, καμπύλες σε οριζοντιογραφία με ακτίνα μικρότερη από 150 m ή ακτίνα μεγαλύτερη από 150 m και μέχρι 300 m, αν συνδυάζεται με κυρτή κατακόρυφη καμπύλη με ακτίνα μέχρι 600 m, σε δρόμους με όριο ταχύτητας πάνω από 65 Km/h, τμήματα με κλίση πάνω από 5% και μήκος πάνω από 100 m.

(γ) Κατηγορία Β : αλληλεπιδρόμοι, κεντρικές αστικές αρτηρίες και κύριοι υπεραστικοί δρόμοι, άλλοι δρόμοι με βαριά ή πολύ βαριά κυκλοφορία.

(δ) Κατηγορία Γ : τμήματα γενικά ευθύγραμμα σε δρόμους με ελαφρά ή μέση κυκλοφορία, με ελαφρές κλίσεις και καμπύλες μεγάλης ακτίνας, χωρίς επικίνδυνες διασταυρώσεις και άλλα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν επικίνδυνες θέσεις.

Πίν. 3.3 : Οριακές τιμές Los Angeles, PSV και AAV για σκληρά αδρανή επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες.

Α : Επικίνδυνες θέσεις

1. Προσεγγίσεις σε σηματοδότες, διαβάσεις πεζών και διασταυρώσεις.
2. Κυκλικοί κόμβοι και προσεγγίσεις σε κόμβους.
3. Τμήματα με κλίση πάνω από 5 % και μήκος πάνω από 100 μέτρα.
4. Καμπύλες σε οριζοντιογραφία με ακτίνα μικρότερη από 150 μέτρα και μεγαλύτερη από 150 μέτρα και μέχρι 300 μέτρα, αν συνδυάζεται με κυρτή κατακόρυφη καμπύλη με ακτίνα μέχρι 800 μέτρα σε δρόμους με ταχύτητα πάνω από 65 km/h.

B : Συνήθεις θέσεις

Τμήματα ευθύγραμμα σε ή με ακτίνα καμπυλότητας μεγαλύτερη από 150 μέτρα, με κλίσεις όχι μεγαλύτερες από 5 % σε :

- Αυτοκινητόδρομους
- Κεντρικές αστικές αρτηρίες και κυρίως υπεραστικούς δρόμους
- Άλλους δρόμους με βαριά κυκλοφορία

Γ : Εύκολες θέσεις

Τμήματα ευθύγραμμα σε δρόμους με ελαφρά ή μέση κυκλοφορία, με ελαφρές κλίσεις και καμπύλες μεγάλης ακτίνας, χωρίς επικίνδυνες διασταυρώσεις και άλλα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν επικίνδυνες συνθήκες.

Το 80-90 % του εθνικού οδικού δικτύου της Ελλάδας απαιτεί αδρανές με $PSV \geq 55$ και άρα το 55 είναι ο αριθμός «κλειδί». Για τη Γερμανία είναι 53, για τη Γαλλία είναι 50, για το Βέλγιο 50, για την Ισπανία < 50 και για την Αγγλία 60. Είναι προφανές ότι οι προδιαγραφές εναρμονίστηκαν με το τι είδους/ποιότητας αδρανή υπάρχουν σε αφθονία στις χώρες αυτές. Σε σχέση με κοινό ασβεστολιθικό τάπητα, αντιολισθηροί τάπητες με PSV των αδρανών ίσο με 55 και 50 θα είχαν σαν αποτέλεσμα την ελάττωση κατά 97 % και 95 % αντίστοιχα της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα λόγω ολίσθησης σε συνθήκες βροχής. (Νταμπίζιας κ.α., 2003)

3.9 Πετρολογικά χαρακτηριστικά-Μηχανικά χαρακτηριστικά

Ύστερα από πετρολογικές μελέτες δειγμάτων που έγιναν στο ΙΓΜΕ για σκληρά αδρανή, σε συδυασμό με τα αποτελέσματα των δοκιμών καταλληλότητας, έδειξε ότι το PSV ενός αδρανούς εξαρτάται από : (Νταμπίζιας κ.α., 2003)

- **Το μέγεθος και την αναλογία των ανομοιογενών ως προς τη σκληρότητα συστατικών.** Για παράδειγμα ένα αδρανές με 2-3 ορυκτά δοαφορετικής σκληρότητας σε ίσες αναλογίες θα έδινε τόσο καλύτερο PSV όσο μεγαλύτερη η διαφορά σκληρότητας των ορυκτών τους. Πολλοί και μικροί φαινοκρύσταλλοι σίνουν υψηλό PSV, ενώ λίγοι και μεγάλοι μεγέθους φαινοκρύσταλλοι δίνουν χαμηλό PSV.
- **Τη συνοχή/το δέσιμο (ιστός).** Όσο πιο χαλαρός ο δεσμός των συστατικών (ορυκτών), τόσο υψηλότερος ο δείκτης PSV.
- **Κλειστές επιφάνειες ασυνέχειας ή αδυναμίας** αυξάνουν το δείκτη PSV δια μέσου του μηχανισμού αποκόλλησης μικρών τεμαχίων κατά τη διάρκεια της λείανσης. Το έντονα υδροθερμικά εξαλλειωμένο για παράδειγμα και με πυκνό σύστημα διακλάσεων/επιφανειών αδυναμίας τεκτονικό λατυποπαγές γρανιτικής σύστασης πέτρωμα έχει εξαιρετικά χαρακτηριστικά.
- **Το μέγεθος των κρυστάλλων.** Μεσόκοκκα πετρώματα έχουν συνήθως υψηλότερο δείκτη αντίστασης στη λείανση από ότι τα λεπτόκοκκα και τα αδρόκοκκα.

Οι δείκτες αντοχής στη φθορά (LA και AAV) ενός αδρανούς εξαρτώνται κυρίως από :

- **Την ορυκτολογική σύσταση.** Σκληρά και χωρίς τελειο σχισμό ορυκτά συντελούν σε μεγάλη αντίσταση στη φθορά.
- **Τον ιστό.** Άτακτα διατεταγμένοι επιμήκεις κρύσταλλοι «δένουν» το αδρανές με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν εξαιρετική αντοχή στη φθορά μετά από τριβή και κρούση (LA) και σχεδόν μηδενική φθορά σε απότριψη (AAV).
- **Τις επιφάνειες αδυναμίας.** Μηδενικό έως αραιό σύστημα διακλάσεων, έλλειψη φολιδώσης κ.λ.π. αυξάνουν την αντοχή του αδρανούς σε φθορές.

3.10 Ελληνικοί πετρολογικοί τύποι

Όσον αφορά τους κύριους πετρολογικούς τύπους που απαντούν στον ελληνικό χώρο και πληρούν τις ισχύουσες αυστηρές προδιαγραφές είναι : (Νταμπίζιας κ.α., 2003)

- **Οφιολιθικά συμπλέγματα.** Καλύπτουν το 20 % του ελληνικού χώρου. Τα υπερβασικά τους μέλη (δουνίτες, χαρτζβουργίτες) είναι σχεδόν πάντα σερπεντινωμένα σε ποσοστό $> 20 \%$ και δίνουν συνήθως τιμές $PSV < 50$. Υγρή ή με πολύ μικρό βαθμό ($< 10 \%$) σερπεντινώσεως υπερβασικά και ιδιαίτερα οι χαρτζβουργίτες με υψηλή περιεκτικότητα σε ορθοπυρόξενο ($> 15 \%$), έχουν εξαιρετικούς δείκτες αντοχής στη φθορά και πλησιάζουν, όσον αφορά το PSV το όριο του 55. Οι πυροξενίτες είναι πολύ αδρόκοκκα πετρώματα και ως εκ τούτου ακατάλληλα για αντλιοσθηρές χρήσεις. Τα βασικά όμως μέλη των οφιολίθων και κυρίως οι διαβάσεις και ορισμένοι τύποι γάββρων έχουν πολύ καλά έως εξαιρετικά αντλιοσθητικά χαρακτηριστικά.
- **Ενδιάμεσης σύστασης ηφαιστειακά (ανδεσίτες, δακίτες, ρυοδακίτες κ.λ.π.)** Έχουν πολύ καλούς δείκτες αντοχής στη φθορά. Ο δείκτης όμως αντλιοσθηρότητας εξαρτάται από την περιεκτικότητα και το μέγεθος των φαινοκρυστάλλων.
- **Γρανίτες.** Έχουν χαμηλό δείκτη PSV . Η διαφορά σκληρότητας των 2 κύριων ορυκτών συστατικών του (χαλαζίας + άστριοι $> 90 \%$) είναι περίπου 1 μονάδα στην κλίμακα Mohs.
- **Μεταμορφωμένα.** Πρασινίτες/μεταβασίτες χωρίς έντονη σχιστότητα δίνουν πολλές φορές καλό PSV και αποδεκτούς δείκτες φθοράς.
- **Ιζηματογενή.** Οι συμπαγείς μικροκοκκώδεις αρκώζες θα μπορούσαν να δώσουν καλά αποτελέσματα.

3.11 Παράγοντες για τη δημιουργία λατομείου σκληρών αδρανών

Ο ορισμός ζωνών σκληρών αδρανών δεν έγινε σε κανένα Νόμο. Ο πιο πιθανός λόγος είναι το οικονομικό κόστος. Σε αντίθεση με τις ζώνες συνήθων αδρανών, η γεωλογική μελέτη για τον καθορισμό των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των πετρωμάτων για χρήσεις αντιστοιχισμένων κοστίζει. Απαιτείται λεπτομερείς γεωλογική έρευνα, η οποία περιλαμβάνει χαρτογράφηση, ερευνητικές εκσκαφές, γεωτρήσεις και εργαστηριακές αναλύσεις καθώς και πλήθος δοκιμών καταλληλότητας. Η δημοπράτηση ενός χώρου για τη δημιουργία λατομείου αντιστοιχισμένων αδρανών δεν έχει νόημα χωρίς λεπτομερή στοιχεία σχετικά με τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων. Κανείς δεν θα επένδυε εκατοντάδες εκατομμύρια δραχμών με δεδομένα μόνο από τις επιφανειακές ενδείξεις των πετρωμάτων. Το ρίσκο είναι πολύ μεγάλο. Εκεί λοιπόν που απομένει για τη δημιουργία λατομείου είναι οι ιδιωτικοί χώροι που συνήθως είναι καλλιεργήσιμες εκτάσεις και άρα είτε το υποκείμενο πέτρωμα είναι επιρρεπές στην αποσάθρωση (δηλαδή μαλακό αδρανές) είτε καλύπτεται από μεγάλου συνήθως πάχους πλευρικά κορρήματα. Στην περίπτωση που οι επιφανειακές ενδείξεις ενός ιδιωτικού χώρου είναι θετικές, τότε οι οικονομικές απαιτήσεις του ιδιώτη είναι υπερβολικές. Στη συνέχεια υπεισέρχονται διάφορες υπηρεσίες και φορείς. Μέχρι να δοθεί τελικά η άδεια, ένας μεγάλος αριθμός αιτήσεων-μελετών-εγκρίσεων κ.λ.π. κάνει πολλούς «γύρους» σε διάφορες υπηρεσίες. Η όλη διαδικασία παίρνει δύο χρόνια. (Νταμπίτζιας κ.α., 2003)

-ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4-

«ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ»

4.1 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά LOS ANGELES

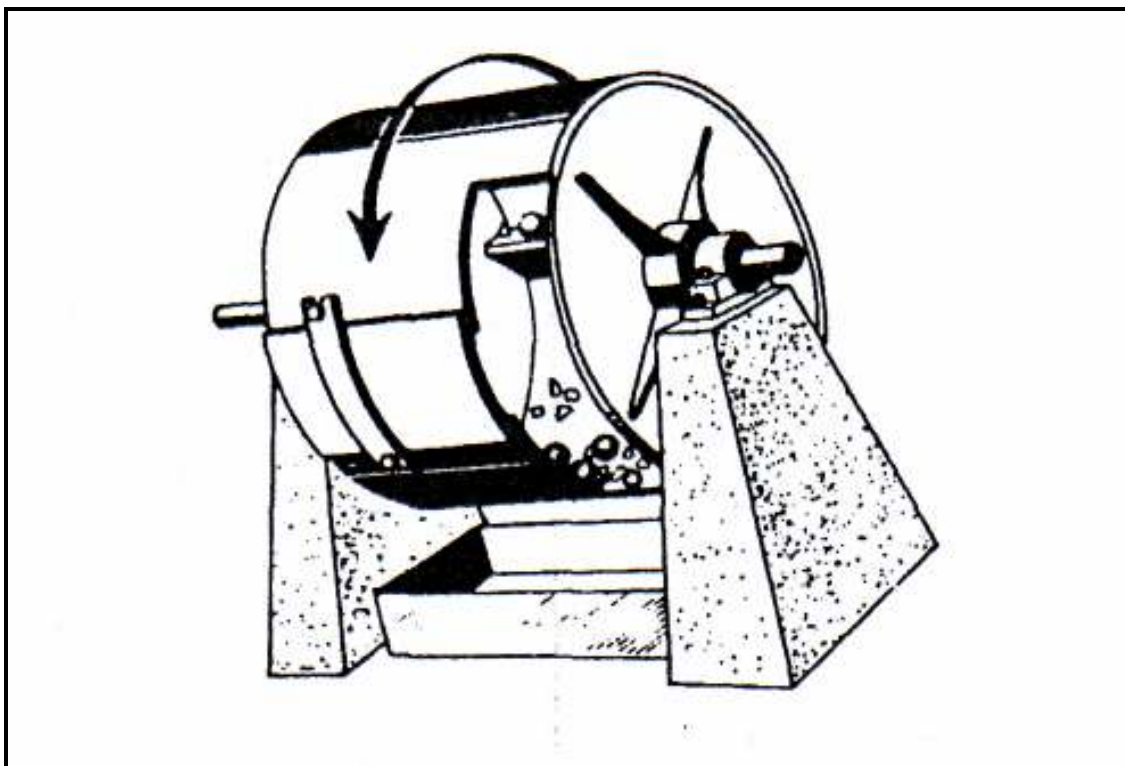
Η δοκιμή εκτελείται, σύμφωνα με τις Αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO, σε αδρανή ονομαστικού μεγέθους μικρότερου των 37,5 mm, χρησιμοποιώντας την ειδική συσκευή LOS ANGELES, Εικ. 4.1. Για αδρανή μεγαλύτερου ονομαστικού μεγέθους χρησιμοποιείται η ίδια συσκευή και μεθοδολογία, πλην όμως διαφέρει η ποσότητα του δείγματος των αδρανών υλικών που χρησιμοποιείται. Όλα τα παρακάτω αναφέρονται στην τυπική δοκιμή, για αδρανή με ονομαστικό μέγεθος μικρότερο των 37,5 mm.

Κατά την δοκιμή καθορίζεται η φθορά που επέρχεται στα διαβαθμισμένα αδρανή κάτω από την επίδραση δυνάμεων τριβής και κρούσης. Οι δυνάμεις αυτές αναπτύσσονται κατά την περιστροφή του μεταλλικού κάδου της συσκευής μέσα στον οποίο συνυπάρχουν τα προς έλεγχο αδρανή και ειδικές μεταλλικές σφαίρες. Ο μεταλλικός κάδος έχει εσωτερικές διαστάσεις 71 mm διάμετρο και 508 mm μήκος.

Η συνολική ποσότητα των αδρανών που τοποθετείται στην συσκευή είναι 5000 ± 10 gr και αποτελείται από μονόκοκκα αδρανή, ανάλογα με την διαβάθμιση του υλικού που χρησιμοποιείται, (Πίν. 4.1). Οι μεταλλικές σφαίρες είναι διαμέτρου 46,8 mm και ο αριθμός που τοποθετείται στον κάδο εξαρτάται από την διαβάθμιση των αδρανών υλικών, (Πίν. 5.1). Ο κάδος με τα αδρανή υλικά και τις σφαίρες περιστρέφεται με ταχύτητα 30 έως 33 στροφές / λεπτό για 500 περιστροφές. Μετά την συμπλήρωση των περιστροφών τα αδρανή κοσκινίζονται χρησιμοποιώντας το κόσκινο 1,70 mm. Η διαφορά βάρους μεταξύ της αρχικής ποσότητας και αυτής που συγκρατείται στο κόσκινο 1,70 mm (No 12), εκφρασμένη ως ποσοστό της αρχικής ποσότητας, δίνει το ποσοστό απώλειας κατά LOS ANGELES, το οποίο εκφράζει την αντοχή του πετρώματος των

αδρανών υλικών σε τριβή και κρούση κατά LOS ANGELES. Όσο μικρότερο είναι αυτό το ποσοστό τόσο σκληρότερα και ανθεκτικότερα είναι τα αδρανή.

Κατά τις Ελληνικές προδιαγραφές, η μέγιστη επιτρεπτή τιμή όταν τα αδρανή πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε στρώσεις βάσεων και υποβάσεων θεωρείται το 40%. Όταν τα αδρανή πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για στρώσεις κυκλοφορίας οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές είναι αυτές που δίνονται στον Πίνακα 4.2, με την προϋπόθεση ότι πληρούνται και οι άλλες απαιτήσεις του ίδιου πίνακα. (από Στρατάκο, 2001)



Εικ. 4.1 : Συσκευή Los Angeles. (από Στρατάκο, 2001)

Κόσκινο (mm)		Ποσότητα αδρανών ανά διαβάθμιση			
		Διαβαθμίσεις			
Διερχόμενο	Συγκρίνο	A	B	Γ	Δ
37,5	25,0	1250+/-25	-	-	-
25,0	19,0	1250+/-25	-	-	-
19,0	12,5	1250+/-10	2500+/-10	-	-
12,5	9,5	1250+/-10	2500+/-10	-	-
9,5	6,3	-	-	2500+/-10	-
6,3	4,75	-	-	2500+/-10	-
4,75	2,36	-	-	-	5000+/-10
Συνολικό βάρος αδρανών		5000+/-10gr	5000+/-10 gr	5000+/-10gr	5000+/-10gr
Αριθμός σφαιρών		12	11	8	6

Πίνακας 4.1 : Διαβάθμιση αδρανών για έλεγχο κατά Los Angeles κατά AASHTO

Κυκλοφορία	Ελαφρά	Μέση	Βαριά	Πολύ Βαριά
Ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα ^(α)	Μέχρι 500	501-3000	3001-8000	>8000
Μέγιστο ποσοστό φθοράς Κατά Los Angeles	30%	28%	26%	24%
Ελάχιστη τιμή (PSV)				
- Επικινδ. θέσεις, Κατ. Α ^(β)	50	55	60	65
- Συνήθεις θέσεις, Κατ. Β ^(γ)	45	50	55	60
- Εύκολες θέσεις, Κατ. Γ ^(δ)	-	45	-	-
Μέγιστη τιμή (AAV)	14	12	10	8

(α) Συνήθης σύνθεση κυκλοφορίας, ποσοστό φορτηγών με ωφέλιμο φορτίο πλέον των 5 τόννων το πολύ 15%.

(β) Κατηγορία Α : προσεγγίσεις σε σηματοδότες, διαβάσεις πεζών και διασταυρώσεις, κυκλικοί κόμβοι και προσεγγίσεις σε κόμβους, καμπύλες σε οριζοντιογραφία με ακτίνα μικρότερη από 150 m ή ακτίνα μεγαλύτερη από 150 m και μέχρι 300 m, αν συνδυάζεται με κυρτή κατακόρυφη καμπύλη με ακτίνα μέχρι 800 m, σε δρόμους με όριο ταχύτητας πάνω από 85 Km/h, τμήματα με κλίση πάνω από 5% και μήκος πάνω από 100 m.

(γ) Κατηγορία Β : αυτοκινητόδρομοι, κεντρικές αστικές οδούς και κύριοι υπεραστικοί δρόμοι, άλλοι δρόμοι με βαριά ή πολύ βαριά κυκλοφορία.

(δ) Κατηγορία Γ : τμήματα γενικά ευθύγραμμα σε δρόμους με ελαφρά ή μέση κυκλοφορία, με ελαφρές κλίσεις και καμπύλες μεγάλης ακτίνας, χωρίς επικίνδυνες διασταυρώσεις και άλλα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν επικίνδυνες θέσεις.

Πίνακας 4.2: Οριακές τιμές Los Angeles, PSV και AAV για σκληρά αδρανή επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες.

(από Στρατάκο, 2001)

4.2 Περιθλασιμετρία ακτίνων - X (XRD)

Η μέθοδος της περιθλασιμετρίας ακτίνων - X (X-RAY DIFFRACTION), είναι μια ορυκτολογική ανάλυση, μέσω της οποίας προσδιορίζονται οι γωνίες και οι εντάσεις των ανακλάσεων των ακτίνων -X πάνω στα πλεγματικά επίπεδα των κρυστάλλων των διαφόρων ορυκτών, τα οποία είναι χαρακτηριστικά για κάθε ένα ορυκτό. Τα μήκη κύματος, λ , που χαρακτηρίζουν την εκπεμπόμενη από το κάθε υλικό ακτινοβολία X, δείχνουν τα στοιχεία που υπάρχουν στο υλικό και οι εντάσεις αυτών των ακτινοβολιών, δείχνουν τις συγκεντρώσεις των στοιχείων. Με τον τρόπο αυτόν εκτός από την δομή προσδιορίζεται ημιοσοτικά και η χημική σύσταση του υλικού.

Οι προσπίπτουσες ακτίνες X διαπερνούν έναν μεγάλο αριθμό πλεγματικών επιπέδων, οπότε λαμβάνεται ένας αριθμός πολλών και παράλληλων ανακλώμενων ακτίνων. Η απόσταση μεταξύ των ανακλώμενων αυτών ακτίνων είναι ανάλογη της απόστασης d μεταξύ των πλεγματικών επιπέδων του κρυστάλλου και της γωνίας πρόσπτωσης θ . Αν λ είναι το μήκος κύματος των ακτίνων X, τότε για κάθε ορυκτό ισχύει η σχέση του BRAGG : (από Κωστάκη, 1999)

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

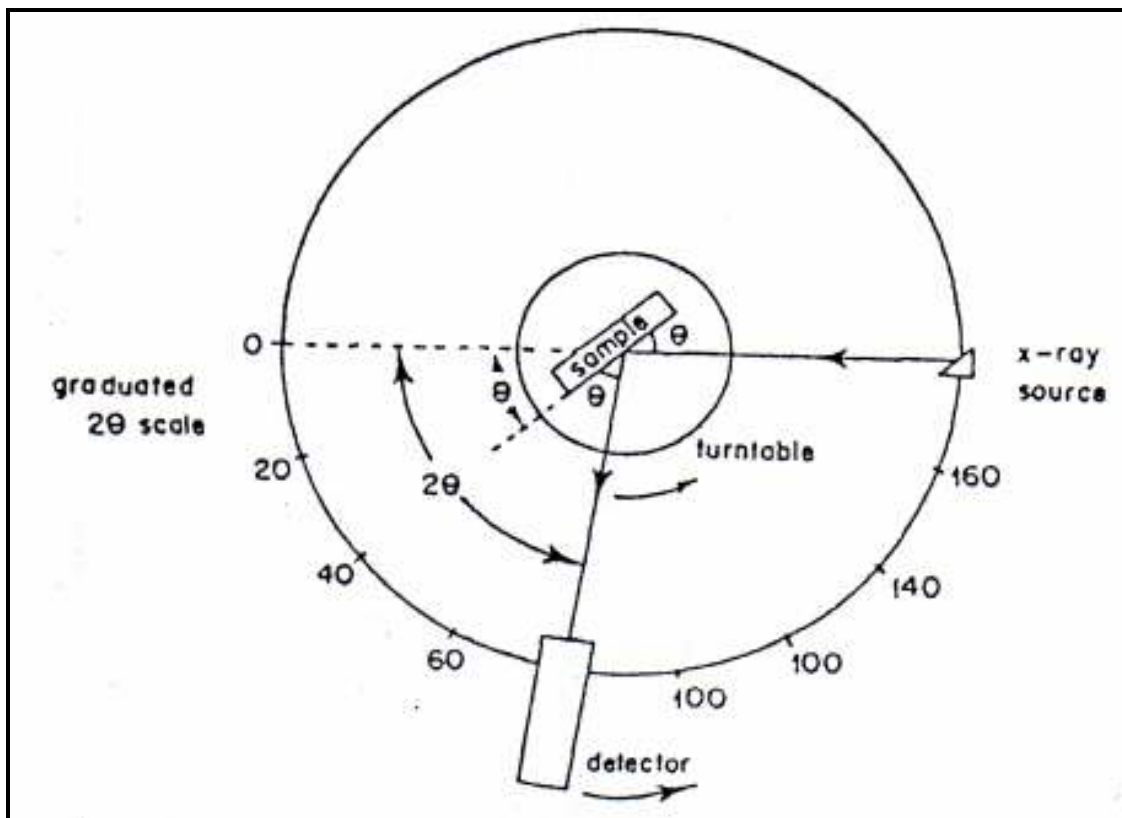
Όπου n = τάξη ανάκλασης, λ = μήκος κύματος, θ = γωνία πρόσπτωσης, d = πλεγματική απόσταση των επιπέδων ανάκλασης του κρυστάλλου.

Το περιθλασίμετρο (XRD) καταγράφει υπό μορφή ακτινοδιαγράμματος την ένταση των ανακλώμενων ακτίνων για κάθε συγκεκριμένη γωνία και για συγκεκριμένο φάσμα γωνιών. Χρησιμοποιήθηκε αυτόματο περιθλασίμετρο ακτίνων -X τύπου D-500, SIEMENS του Εργαστηρίου Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, που συνδέεται με μονάδα ηλεκτρονικού υπολογιστή τύπου IBM με την βοήθεια του οποίου γίνεται η όλη διαδικασία μέτρησης των δειγμάτων καθώς επίσης και η αξιολόγηση τους. Πιο συγκεκριμένα, το περιθλασίμετρο ακτίνων-X αποτελείται από τις εξής βασικές μονάδες :

- Μονάδα παραγωγής υψηλής τάσης
- Λυχνία ακτίνων-X
- Γωνιόμετρο
- Απαριθμητής ακτίνων-X
- Ηλεκτρονική μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής των κρούσεων
- Μικροϋπολογιστής καθοδήγησης του συστήματος και αξιολόγησης των δεδομένων

Οι συνθήκες μετρήσεων ήταν :ακτινοβολία Cu-K α , $\lambda=1,5418 \text{ \AA}$, φίλτρο Ni, μονοχρωμάτορας γραφίτη, τάση 35 V, ένταση 40mA, βήμα ακτινοσκόπησης $1^\circ / \text{min}$. Προκειμένου να ανιχνευθεί ένα ορυκτό από την ανάλυση XRD πρέπει να περιέχεται στο δείγμα σε ποσοστό μεγαλύτερο από 2% (από Κωστάκη, 1999).

Για την παρασκευή των δειγμάτων ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Αντιπροσωπευτικά δείγματα χαλαζιτών, από τις διάφορες περιοχές δειγματοληψίας, υπέστησαν θραύση σε σιαγωνωτό σπαστήρα. Τα θραυσμένα υλικά λειοτριβήθηκαν σε "πλανητικό λειοτριβέα με ιγδία από αχάτη", ώστε το υλικό να διέρχεται από το κόσκινο των 40 μm . Μέρος του λειοτριβημένου υλικού που βρίσκεται σε μορφή σκόνης, ποσότητας ίσης με 1 gr, τοποθετείται σε ένα πλαστικό δειγματοφορέα, ο οποίος σχηματίζει μια επίπεδη κοιλότητα βάθους 1 mm και έκτασης μερικών cm^2 , έτσι ώστε να πληρή την κοιλότητα του δειγματοφορέα και να σχηματίζει μια επίπεδη επιφάνεια. Στην συνέχεια το παρασκεύασμα τοποθετείται σε μία περί τον άξονα της περιστρεφόμενης βάσης, γύρω από την οποία περιστρέφεται ο απαριθμητής των ακτίνων-X. Το δείγμα περιστρέφεται επίσης γύρω από έναν άξονα ο οποίος είναι κάθετος στον άξονα της βάσης, με την μισή γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του απαριθμητή των ακτίνων-X, Εικόνα 4.2 (από Κωστάκη, 1999).



Εικόνα 4.2 : Σχηματική παράσταση περιθλασιμέτρου ακτίνων X. (από Κωστάκη, 1999).

4.3 Πολωτικό μικροσκόπιο

Σε όλα τα δείγματα χαλαζιτών που μελετήσαμε έγινε μικροσκοπική εξέταση, χρησιμοποιώντας μία, δύο ή τρεις λεπτές τομές από το κάθε δείγμα, ένα κοινό πετρογραφικό πολωτικό μικροσκόπιο, με δυνατότητα εγκατάστασης φωτογραφικής μηχανής για την λήψη φωτογραφιών.

Η μικροσκοπική εξέταση αποσκοπεί στον προσδιορισμό των ορυκτών από τα οποία συνίστανται τα δείγματα. Επίσης γίνεται μελέτη της υφής και του ιστού του πετρώματος, καθώς και περιγραφή του προσανατολισμού, της μορφής, του μεγέθους, της κατανομής των ορυκτών κόκκων, του τρόπου αλληλοεμπλοκής και σύνδεσης μεταξύ τους, και του λεπτόκοκκου μητρικού υλικού. Επίσης προσδιορίζεται τυχόν μεταμόρφωση που έχει υποστεί το πέτρωμα και τα ορυκτά που έχουν προέλθει από αυτή την μεταμόρφωση. Τέλος προσδιορίζονται μικρορωγμές, φλεβίδια, τυχόν ορυκτά εξαλλοίωσης ή στοιβάδες

από εμφανώς αδυνατότερο υλικό, τα οποία έχουν αρνητική επίδραση στην συμπεριφορά των αδρανών υλικών.

Οι περισσότερες από τις λεπτές τομές έγιναν κάθετα στην εξωτερική επιφάνεια των πετρωμάτων και κατασκευάστηκαν ως εξής: Αρχικά κόπηκαν ένα ή δύο αντιπροσωπευτικά κομμάτια από το κάθε πέτρωμα. Αυτά λειάνθηκαν από την μια επιφάνεια τους με περιστρεφόμενο δίσκο, από καρβίδιο του πυριτίου (SIC) και όταν η επιφάνεια έγινε αρκετά λεία, κολλήθηκε με εποξειδική ρητίνη σε ένα μικρό τζαμάκι. Η κόλλα που χρησιμοποιήθηκε ήταν "αραλντίτης δύο συστατικών"¹. Στη συνέχεια, η ελεύθερη επιφάνεια κάθε τομής υπέστη λείανση πάνω σε πλάκα γυαλιού, με χονδρόκοκκη (400) αρχικά και με λεπτόκοκκη (600) έπειτα, σκόνη SIC. Όταν τα χρώματα και τα όρια των κρυστάλλων ήταν ευδιάκριτα στο μικροσκόπιο, σταμάτησε η λείανση (από Κωστάκη, 1999).

-ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5-

«ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ-ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ»

5.1 Η γεωλογική δομή της περιοχής

Η Περιοδοπική ζώνη στην περιοχή της Χαλκιδικής-

Γενικά.

Οι σχηματισμοί της Περιοδοπικής ζώνης που εμφανίζονται στην περιοχή τη Χαλκιδικής (Κεντρικό τμήμα), αποτελούν την προς τα νότια-νοτιοανατολικά συνέχιση των σχηματισμών της Περιοδοπικής ζώνης Κεντρικής Μακεδονίας (Βόρειο τμήμα). Οι Kockel et al. (1971, 1972, 1977) και Kauffmann et al. (1976) διέκριναν στην περιοχή της Χαλκιδικής τρεις ενότητες σχηματισμών της Περιοδοπικής ζώνης, οι οποίες από τα ανατολικά προς τα δυτικά είναι: (Σχ. 5.1 και 5.2)

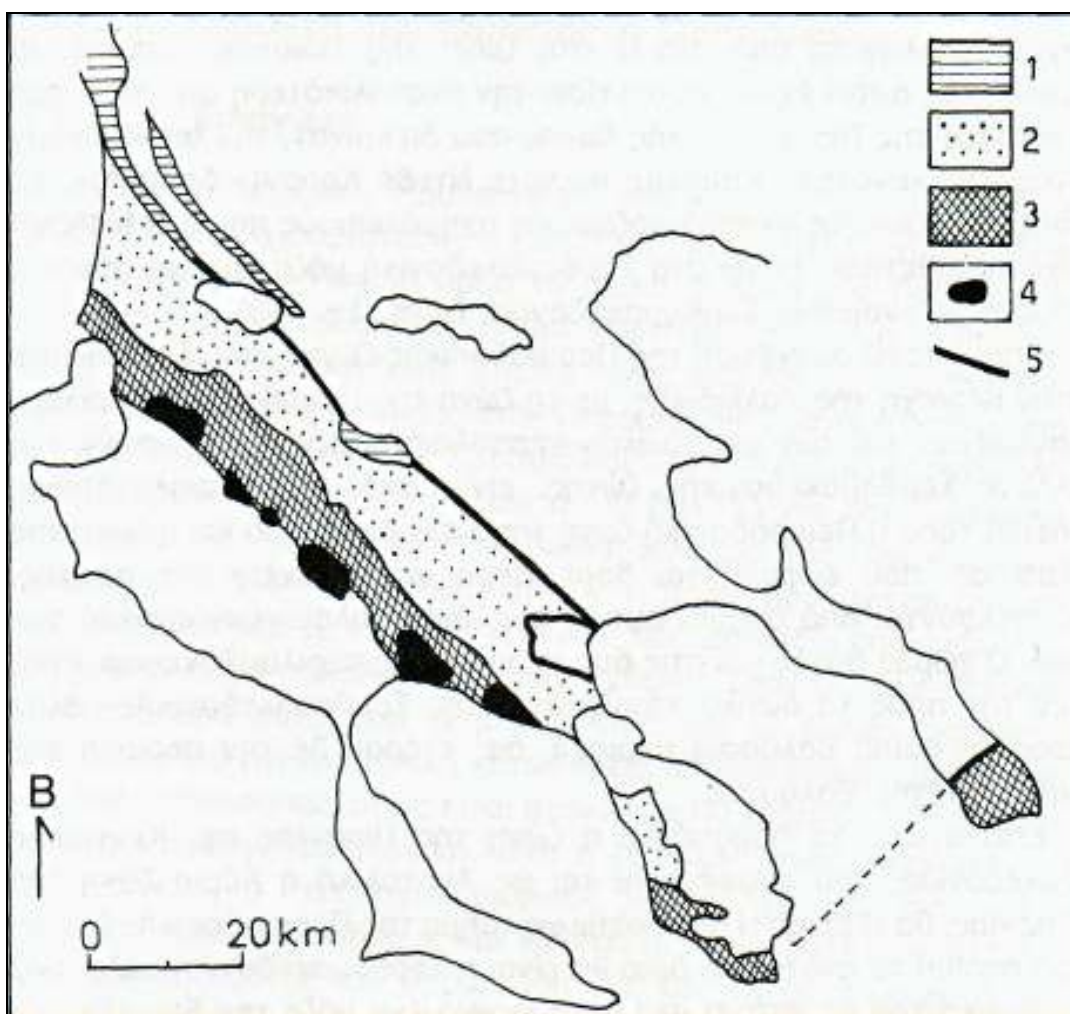
- Η ενότητα Καμήλας-Δουμπιά
- Η ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα
- Η ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη

Οι ενότητες αυτές έχουν μερικώς συσχετιστεί από τους παραπάνω μελετητές με τις Ενότητες της Περιοδοπικής ζώνης της Κεντρικής Μακεδονίας, καθώς και με τους επικλυσιογενείς σχηματισμούς της δυτικής παρυφής της Σερβομακεδονικής μάζας. (Σχ. 5.1) (από Κατσικάτσο, 1992).

5.1.1 Περιγραφή των Ενοτήτων της Περιοδοπικής ζώνης Χαλκιδικής

Η λιθοστρωματική διάρθρωση των τριών Ενοτήτων της Περιοδοπικής που διακρίθηκαν από τους Kockel et al. (1971, 1972, 1977) και Kauffmann et al. (1976), στην περιοχή

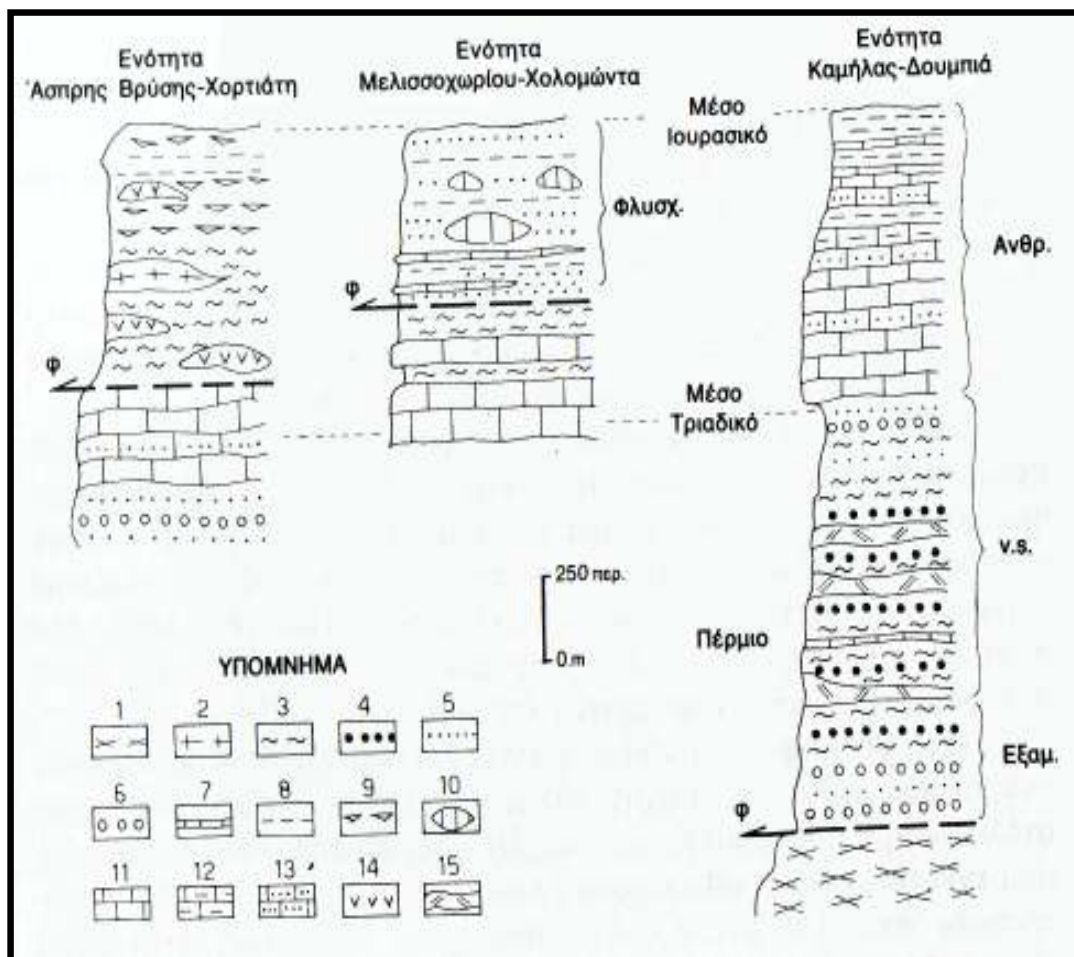
της Χαλκιδικής, παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τη διάρθρωση των Ενοτήτων της Περιοδοπικής ζώνης της περιοχής Κεντρικής Μακεδονίας. Γι' αυτό, παράλληλα με την περιγραφή των Ενοτήτων αυτών, γίνεται και συσχέτισή τους με τις Ενότητες που απαντώνται βορειότερα, στην περιοχή Κεντρικής Μακεδονίας.



Σχ. 5.1: Χάρτης της Περιοδοπικής ζώνης στην περιοχή της Χαλκιδικής με τις τρεις Ενότητες σχηματισμών της ζώνης αυτής και τις σημαντικότερες οφιολιθικές εμφανίσεις. (Κατά Kockel et al. 1971,1972, από Κατσικάτσο 1992). Υπόμνημα: 1: Ενότητα Καμήλας-Δουμπιά, 2: Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα, 3: Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη, 4: Οφιόλιθοι, 5: Όριο της Περιοδοπικής ζώνης με τη Σερβομακεδονική μάζα.

α) Ενότητα Καμήλας-Δουμπιά: Η ενότητα αυτή είναι η αναλυτικότερη από τις τρεις Ενότητες της Περιοδοπικής ζώνης που απαντώνται στην περιοχή της Χαλκιδικής και

συνίσταται από σχηματισμούς που βρίσκονται σε άμεση επαφή με τη δυτική παρυφή της Σερβομακεδονικής μάζας, έχουν δε αυτοί ως παρακάτω (Σχ. 5.1 και 5.2): (από Κατσίκατσο 1992).



Σχ. 5.2: Λιθοστρωματογραφικές στήλες των Ενοτήτων της Περιοδοπικής ζώνης στην περιοχή Χαλκιδικής. (Κατά Kockel et al. 1971, 1972 ,από Κατσίκατσο 1992). Υπόμνημα: 1: Κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής μάζας, 2: Πράσινοι γενέσιοι Θεσσαλονίκης, 3: Σχιστόλιθοι και φυλλίτες, 4: Πυροκλαστικά πετρώματα, 5: Μεταψαμμίτες και χαλαζίτες, 6: Μετακροκαλοπαγή, 7: Ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, 8: Αργιλικόι σχιστόλιθοι και μάργες, 9: Κερατόλιθοι, 10: Ολισθόλιθοι, 11: Ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, 12: Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, 13: Ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι, 14: Οφιολιθικά πετρώματα, 15: Ηφαιστειακά πετρώματα (ρυόλιθοι, πορφυροειδή), φ: Τεκτονική επαφή, Εξάμ.: Σχηματισμός Εξαμιλίου, V.S.: Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά, Ανθρ.: Ανθρακική νηριτική σειρά, Φλύσχ.: Φλύσχης.

- Η βάση της σειράς της Ενότητας αυτής αποτελείται από έναν ορίζοντα εναλλασσόμενων μεταψαμμιτών, μετακροκαλοπαγών, χαλαζιακών σχιστόλιθων και χαλαζιτών, που είναι γνωστός με το όνομα **Σχηματισμός Εξαμιλίου** και έχει περμική ηλικία.
- Ακολουθεί προς τα πάνω μια ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά σχηματισμών, περμικής-κατωτριάδικης ηλικίας, από εναλλασσόμενα ημιμεταμορφωμένα ηφαιστειακά και ιζηματογενή πετρώματα, όπως χαλαζίτες, χαλαζιακούς και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, χαλαζιακά πορφυροειδή πετρώματα και πυροκλαστικά υλικά. Αντίθετα στα ανώτερα μέλη της σειράς αυτής απαντώνται μόνο μεταϊζημάτα, όπως μεταψαμμίτες, μετακροκαλοπαγή και φυλλίτες.
- Πάνω στην ηφαιστειοϊζηματογενή αυτή σειρά αναπτύσσεται ένας ανθρακικός ορίζοντας, ρηχής θάλασσας, από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους με παρεμβολές ψαμούχων ασβεστόλιθων και δολομιτών, που εγκλείουν Φύκη και Βραχιονόποδα. Στο ανώτερο τμήμα της, η νηριτική αυτή σειρά περιλαμβάνει μαργαϊκά και αργιλικά στρώματα, πελαγικής φάσης.

β) Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα: Είναι η μεγαλύτερη από τις τρεις Ενότητες της Περιοδοπικής ζώνης της περιοχής Χαλκιδικής. Αρχίζει από τα ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα και φτάνει μέχρι τη Σιθωνία, με μορφή λωρίδας διεύθυνσης ΒΔ/κής-ΝΑ/κής και πλάτους 5-15 km. Αποτελείται κυρίως από σχιστόλιθους, ασβεστόλιθους, ασβεστιτικούς φυλλίτες και ψαμμίτες, που περνούν προς τα πάνω σε έναν τυπικό φλύσχη με ολισθόλιθους. (Σχ. 5.1 και 5.2)

γ) Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη: Οι σχηματισμοί της Ενότητας αυτής εμφανίζονται με μορφή μιας λωρίδας παράλληλης προς την Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα, που το εύρος της δεν ξεπερνά τα 8 km. Αρχίζει από τη βόρεια της Θεσσαλονίκης περιοχή και φτάνει μέχρι το Χορτιάτη, απ' όπου προεκτείνεται μέχρι τη χερσόνησο της Σιθωνίας. Στη συνέχεια αυτή κάμπτεται προς τα ΑΒΑ/κά και εμφανίζεται και πάλι στο νότιο άκρο της Χερσονήσου του Άθω. (Σχ. 5.1 και 5.3)

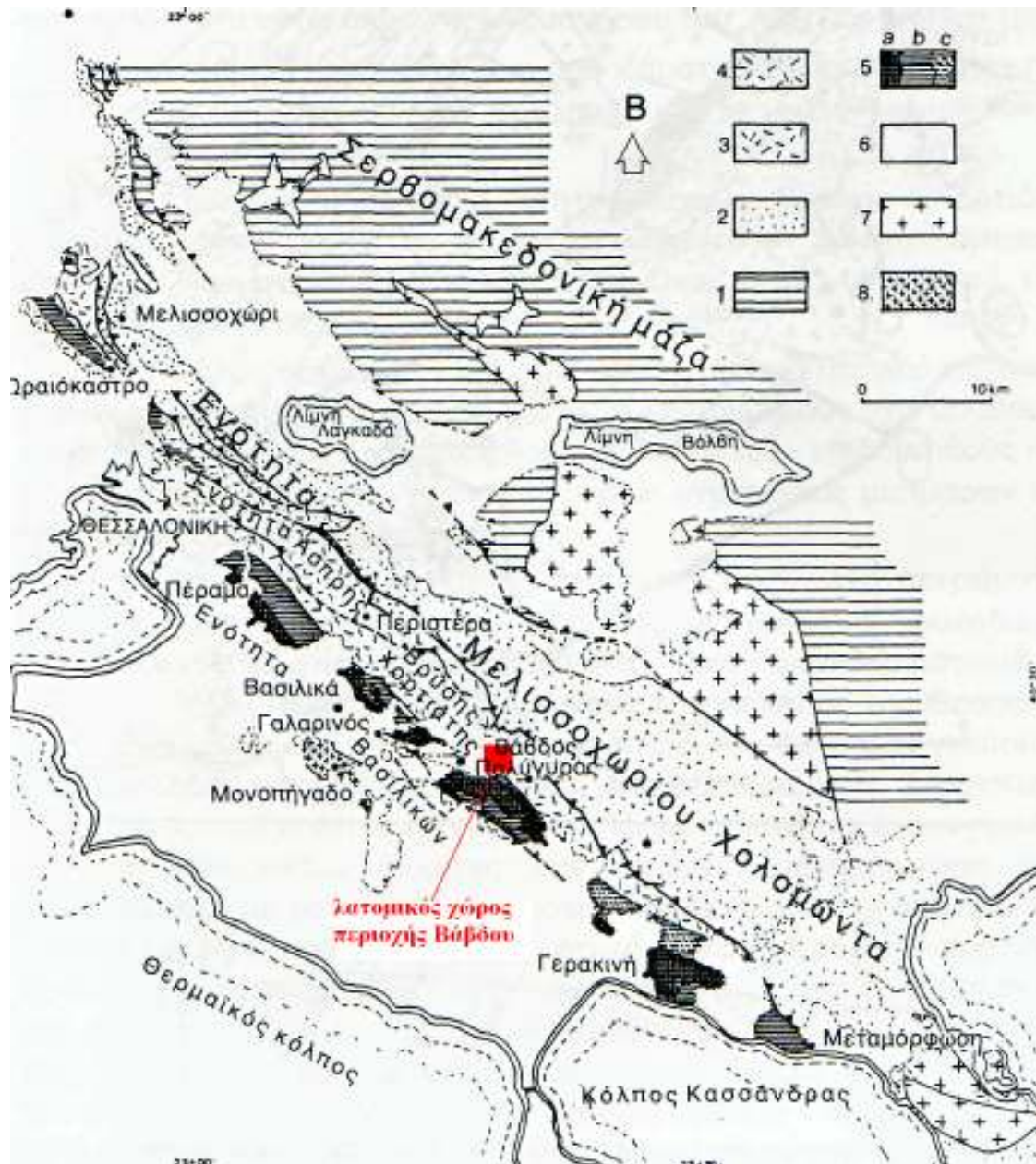
Η Ενότητα αυτή χαρακτηρίζεται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας στο ανώτερο τμήμα και από την παρουσία σ' αυτήν οφιολιθικών πετρωμάτων. Αναλυτικότερα:

- Το κατώτερο τμήμα της Ενότητας Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη αποτελούν εναλλασσόμενα στρώματα μαρμάρων και μετακλαστικών ιζημάτων, περμοτριάδικής ηλικίας, που είναι ανάλογα με αυτά της Ενότητας Καμήλας-Δουμπιά.
- Το ανώτερο τμήμα της Ενότητας αυτής αποτελείται από επιμεταμορφωμένα βαθιάς θάλασσας ιζήματα, όπως αργιλικούς σχιστόλιθους, γραφιτικούς φυλλίτες, κερατόλιθους, χλωριτικούς-επιδοτιτικούς και σερικιτικούς σχιστόλιθους, με φακοειδείς ενστρώσεις μαρμάρων και παρεμβολές μεταλαβών.

Στη σειρά αυτή απαντώνται επίσης μεταμορφωμένα πετρώματα, όξινης μαγματικής προέλευσης. Πρόκειται για διορίτες, γρανοδιορίτες και γρανίτες, που μεταμορφώθηκαν στην πρασινοσχιστολιθική φάση και δημιούργησαν τους πράσινους επιγνεύσιους της Θεσσαλονίκης (ακτινολιθικοί, επιδοτιτικοί, χλωριτικοί και βιοτιτικοί γνεύσιοι), που εναλλάσσονται με μεταϊζήματα.

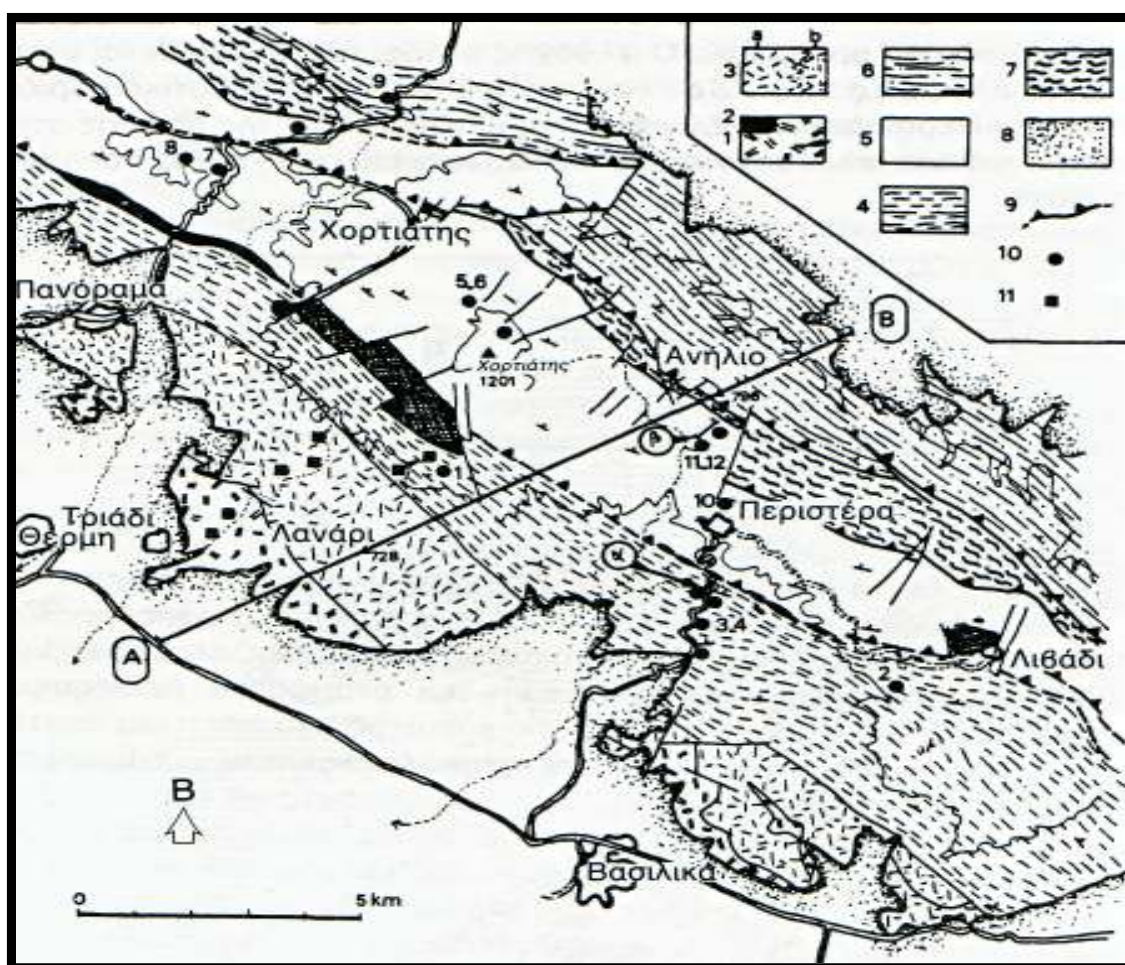
Η Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη συνοδεύεται από μεγάλες οφιολιθικές μάζες, οι οποίες βρίσκονται στη βάση της Ενότητας αυτής, την οποία παρακολουθούν σε όλο σχεδόν το μήκος της. Οι οφιολιθικές αυτές μάζες βρίσκονται σε τεκτονική επαφή με την Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη και στο σύνολό τους αποτελούν ένα σύστημα λεπίων, στα οποία συμμετέχουν κυρίως γάββροι και διορίτες, που συνοδεύονται από γνεύσιους και μοσχοβιτικούς σχιστόλιθους. Το σύστημα αυτό των λεπίων εμφανίζεται κοντά στα χωριά Γαλαρινός και Βάβδος, ενώ στις άλλες περιοχές τα λέπια αυτά είναι καλυμμένα από νεότερες αποθέσεις. (Σχ. 5.3 και 5.4)

Γενικά οι οφιολιθικές αυτές μάζες που αναφέρονται συνήθως με το όνομα οφιόλιθοι της Χαλκιδικής εκτείνονται με μορφή μιας ζώνης μήκους 60 km περίπου και εύρους μερικών χιλιομέτρων και αποτελούν, μαζί με το οφιολιθικό σύμπλεγμα της Γευγέλης, μια από τις πιο μεγάλες εμφανίσεις βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων των Εσωτερικών Ελληνίδων. (Σχ. 5.2, 5.3 και 5.4)



Σχ. 5.3: Χάρτης των Ενοτήτων της Περιοδοπικής ζώνης στη Χαλκιδική. (Με βάση το γεωλογικό χάρτη τη περιοχής, κλίμακας 1:300.000, των Kockel et al. 1977, Κατά Vergely, 1984, από Κατσικάτσο 1992). Υπόμνημα: 1: Σερβομακεδονική μάζα, 2: Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα, 3: Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη, 4: Ενότητα Ωραιόκαστρου, 5: Οφιόλιθοι Θεσσαλονίκης (a: υπερβασικά πετρώματα, b: γάββροι, c: χαλαζιακοί διορίτες), 6: Νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμοί, 7: Γρανίτες Σιθωνίας και Σερβομακεδονικής μάζας, 8: Γρανίτες Μονοπήγαδου.

Η οφιολιθική αυτή ζώνη δεν είναι συνεχής, λόγω της κατά θέσεις κάλυψης των οφιόλιθων από μεταλπικούς σχηματισμούς, αρχίζει δε αυτή από τα προάστια της Θεσσαλονίκης και φτάνει μέχρι το μυχό του κόλπου της Κασσάνδρας. Μεγάλες εμφανίσεις οφιολίθων της Χαλκιδικής έχουμε: δυτικά του όρους Χορτιάτη, ανατολικά των Βασιλικών, κοντά στη Βάβδο και τέλος στον κόλπο της Κασσάνδρας, κοντά στη Γερακινή και τη Μεταμόρφωση.



Σχ. 5.4: Γεωλογικός χάρτης της Περιοδοπικής ζώνης, ΝΑ/κά της Θεσσαλονίκης, όπου εμφανίζεται η ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη. (Με βάση το γεωλογικό χάρτη των Kockel et al. κλίμακας 1:300.000, 1977, Κατά Vergely, 1984, από Κατσικάτσο 1992). Υπόμνημα: 1: Περιδοτίτες, 2: Σερπεντινίτες, 3: Γάββροι (a) και διορίτες (b), 4: Σχιστόλιθοι Θεσσαλονίκης, 5: Σχηματισμοί της Ενότητας Χορτιάτη, 6: Φλύσσης της Ενότητας Μελισσοχωρίου, 7: Γνεύσιοι και μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι της Σερβομακεδονικής μάζας, 8: Νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμοί, 9: Ανώμαλη τεκτονική επαφή, 10 και 11: Θέσεις μικροτεκτονικών παρατηρήσεων.

Σε μερικές από αυτές τις εμφανίσεις, όπως της Βάβδου και τη Γερακινής, γίνεται εκμετάλλευση των κοιτασμάτων λευκολίθου που εγκλείουν τα οφιολιθικά πετρώματα των περιοχών αυτών. Η βάση των οφιολιθικών αυτών μαζών αποτελείται από υπερβασικά πετρώματα (δουνίτες χρωμιτοφόροι με παρεμβολές χαρτσβουργιτών), πάνω στα οποία βρίσκονται γαββρικά πετρώματα. Στη συνέχεια προς τα πάνω, ένας σχηματισμός μεταμορφωμένος και σχιστοποιημένος, από διορίτες και χαλαζιακούς διορίτες, αντιπροσωπεύει τους ανώτερους ορίζοντες του οφιολιθικού συμπλέγματος της περιοχής. Τέλος το ανώτατο τμήμα των οφιολίθων αυτών αποτελείται από επιμεταμορφωμένα σχιστοποιημένα και με έντονη κατάκλαση πετρώματα, μέσα στα οποία απαντούν λάβες και κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα. Το συνολικό πάχος του οφιολιθικού συμπλέγματος της Χαλκιδικής φθάνει τα 4-5 km. (Κατσικάτσος, 1992).

5.1.2 Ο λατομικός χώρος στην περιοχή της Βάβδου

Το συγκεκριμένο λατομείο βρίσκεται στην Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη. Οι κύριοι πετρολογικοί τύποι της περιοχής είναι : **υπερβασικά** (δουνίτες, χαρζβουργίτες) και **βασικά πυριγενή** (γάββροι και λίγοι διαβάσεις). Το μεγαλύτερο κομμάτι του οφιολιθικού συμπλέγματος είναι σερπεντινωμένο σε διαφορετικό βαθμό δουνίτης (κυρίως) και χαζβουργίτης. Οι δουνίτες συνίστανται από βαθύ πράσινου χρώματος ολιβίνη, σερπεντίνες (κυρίως λιζαρδίτης και ελάχιστος βελονοειδής αντιγορίτης) και διάσπαρτους κόκκους χρωμίτη (συνήθως 1 - 2% κατ' όγκο). Ο βαθμός σερπεντινίωσης κυμαίνεται από 10% έως 50%. Φλεβίδια ανθρακικού (κυρίως μαγνησίτης και κατά δεύτερο λόγο δολομίτης) πάχους μέχρι 1 mm απαντούν σε όλα τα δείγματα που έχουν μελετηθεί, ενώ ο βρουσίτης, ένα σχετικά κοινό ορυκτό σε σερπεντινωμένα υπερβασικά λείπει από όλα τα δείγματα που έχουν μελετηθεί.

Ολιβίνης και σερπεντίνης, ενσταντίτης και τα προϊόντα εξαλλοίωσης του τάλκη κυρίως, ή τάλκης και αμφίβολος καθώς και λίγος χρωμίτης (1-2%) είναι η ορυκτολογική σύσταση του χαρζβουργίτη. Χαρζβουργίτης και δουνίτης είναι οι ξενιστές της μεταλλοφορίας του λευκολίθου. Φλέβες και ακανόνιστης μορφής μάζες ολιβινικού

κλινοπυρόξενου (ολιβίνης 20-30%, ορθοπυρόξενος <5%, κλινοπυρόξενος το υπόλοιπο) και βαιμπστερίτης (ορθοπυρόξενος 20 - 30% και κλινοπυρόξενος κυρίως) απαντούν αποκλειστικά σε δουνίτες.

Η σειρά γαββρικών πετρωμάτων συνίσταται κυρίως από γαββρονορίτες και σε μικρότερη ένταση από ολιβινικούς, αυγιτικούς, κεροστιλβικούς γάββρους. Οι γαββρονορίτες είναι μελανοκρατικοί, μέσο- έως ανδρόκοκοι και υγιείς ακόμη και κοντά στην επιφάνεια. Οι υπόλοιποι γάββροι έχουν λευκογκρί έως ελαφρά λευκοπράσινο χρώμα, είναι συνήθως πολύ ανδρόκοκοι και τα επιφανειακά δείγματα παρουσιάζουν μεγάλη σαθρότητα. Πρόκειται για εξαλλοίωση των αστρίων τους. Σε βαθύτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες που εμφανίζονται σε πρόσφατες φυσικές τομές (ρυάκια) ο βαθμός εξαλλοίωσης ελαττώνεται σημαντικά και το πέτρωμα είναι συμπαγές. Τέλος φλέβες πλαγιογρανίτη (χαλαζίας, αλβίτης, λίγος ακτινόλιθος και τουρμαλίνης) και το «δολομιτικό-πυριτικό κάλυμμα» της μεταλλοφορίας του λευκολίθου είναι οι άλλοι δύο πετρολογικοί σχηματισμοί μέσα στο οφιολιθικό σύμπλεγμα. Η μαγματική σειρά Χορτιάτη (πρασινογενέσιοι, πρασινοσχιστόλιθοι) και ανάδρομα μεταμορφωμένοι γενευσιοσχιστόλιθοι τύπου «Βερτίσκου» απαντούν στο ανατολικό και δυτικό, αντίστοιχα, περιθώριο του οφιολιθικού συμπλέγματος. (από Κουγιουράκη, 2005).

5.2 Γενικά για δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων

Η δειγματοληψία των κοιτασμάτων των περισσότερων πρώτων υλών δεν είναι μια εύκολη υπόθεση. Η δυσκολία της δειγματοληψίας έγκειται στο ότι τα δείγματα που λαμβάνονται από έναν γεωλογικό σχηματισμό πρέπει να αντιπροσωπεύουν στο σύνολο τους ολόκληρο τον σχηματισμό στον οποίο γίνεται η δειγματοληψία, παρόλο που η μάζα των δειγμάτων είναι πολύ μικρότερη από τη μάζα του σχηματισμού. Για το λόγο αυτό ο τρόπος της δειγματοληψίας πρέπει να είναι προσαρμοσμένος στη μορφή και στην σύσταση του κοιτάσματος. (από Κωστάκη, 1999)

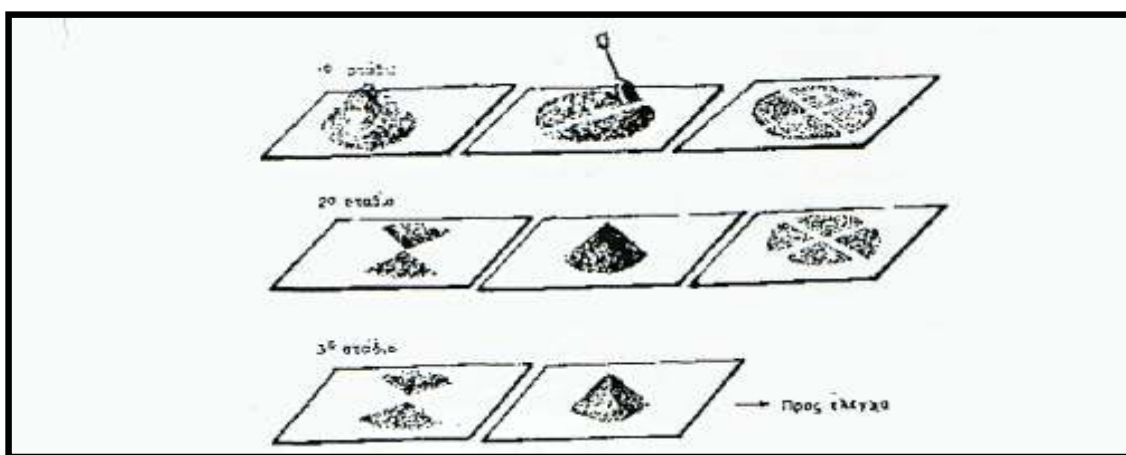
Σε γενικές γραμμές η δειγματοληψία ομογενών μεγάλων μαζών είναι ευκολότερη και ασφαλέστερη από τη δειγματοληψία ακανόνιστων ως προς τη σύσταση ή την έκταση και το σχήμα μαζών. Ο τρόπος δειγματοληψίας εξαρτάται επίσης από το είδος των χαρακτηριστικών τα οποία θέλουμε να προσδιορίσουμε. Έτσι άλλη μπορεί να είναι π.χ. η μορφή των δειγμάτων που θα πάρουμε όταν θέλουμε να προσδιορίσουμε τη χημική σύσταση και άλλη όταν θέλουμε να προσδιορίσουμε την υφή ενός μεταλλεύματος ή πετρώματος. Ο προγραμματισμός της δειγματοληψίας προϋποθέτει για τους παραπάνω λόγους γνώσεις γεωλογικές, κοιτασματολογικές, ορυκτολογικές και γνώσεις της τεχνολογίας εξόρυξης. Αλλά ακόμα και όταν υπάρχουν οι γνώσεις αυτές, δεν αποκλείεται ο κίνδυνος μιας μη αντικειμενικής δειγματοληψίας. Ο αριθμός και το βάρος των δειγμάτων που είναι απαραίτητο να παίρνονται, προσδιορίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια, συνήθως αφού αποκτηθούν επαρκή αναλυτικά δεδομένα, τα οποία επιτρέπουν μια επαρκή αξιολόγηση. Ευκολότερα μπορεί να εκτιμηθούν τα μεγέθη αυτά όταν το υλικό της δειγματοληψίας είναι κοκκώδες. Ενδεικτικός για το βάρος ενός μεμονωμένου δείγματος ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων του είναι σύμφωνα με του Ιαπωνικού κανονισμούς, ο Πίν. 5.1.

Μέγεθος κόκκων 95% D (mm)	Μέσο βάρος μεμονωμένου δείγματος (Kg)
150	50 και άνω
100 ως 150	25 και άνω
50 ως 100	15 και άνω
20 ως 50	5 και άνω
10 ως 20	1 και άνω
10	0,4 και άνω

Πίν. 5.1: Μέγεθος κόκκων 95 % D* και μέσο βάρος μεμονωμένου δείγματος, (D*=διερχόμενο από το κόσκινο μέρος). (από Κωστάκη, 1999).

Το βάρος ενός δείγματος μπορεί να περιοριστεί με την παρακάτω διαδικασία : το δείγμα τοποθετείται σε μια εντελώς καθαρή επιφάνεια και ομογενοποιείται με πολλαπλό ανακάτεμα των τεμαχίων ή των κόκκων του. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το δείγμα τόσο

περισσότερο πρέπει να ανακατεύονται οι κόκκοι του. Στη συνέχεια διαμορφώνουμε τη μάζα του δείγματος πρώτα σε μορφή κώνου, μετά σε μορφή κόλουρου κώνου και κατόπιν το τεταρτοδιαιρούμε. Παίρνουμε τα δύο απέναντι μεταξύ τους τεταρτημόρια και απορρίπτουμε τα άλλα δύο. Το υλικό μετά το θραύουμε σε μικρότερα τεμάχια και επαναλαμβάνουμε την τεταρτοδιαίρεση. Η τεταρτοδιαίρεση και η θραύση επαναλαμβάνονται τόσες φορές έως ότου απομείνει η ποσότητα που είναι απαραίτητη για τις αναλύσεις και τις προβλεπόμενες δοκιμές. (Σχ. 5.5)



Σχ. 5.5: Λήψη δείγματος με τη μέθοδο του τεταρτομερισμού για τον έλεγχο των ιδιοτήτων των αδρανών. (από Κωστάκη, 1999)

Η διαδικασία ακολουθείται όταν τα μεγαλύτερα τεμάχια του δείγματος ξεπερνούν τα 65 mm. (Κωστάκης, 1999). Σε δείγματα με μικρότερους κόκκους μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κατανεμητές δειγμάτων που επιτρέπουν την ταχύτερη και ακριβέστερη υποδιαίρεση του δείγματος.

Οι συνηθέστερες μέθοδοι δειγματοληψίας είναι οι παρακάτω:

- Από διάφορα σημεία του πετρώματος χτυπώντας με ένα σφυρί μπορούμε να πάρουμε περίπου ισομεγέθη τεμάχια. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι, επειδή η εκτίμηση του μεγέθους των τεμαχίων και η απόσταση μεταξύ των σημείων από τα οποία εξοστρακίζουμε τα τεμάχια είναι υποκειμενική, μπορεί να προκύπτουν

σφάλματα. Για το λόγο αυτό η μέθοδος είναι χρήσιμη μόνο για μια πρώτη χονδρική εκτίμηση του κοιτάσματος.

- Δια χειροδιαλογής από το εξορυσσόμενο υλικό, είτε από τα βαγόνια, είτε από τις ταινίες μεταφοράς ή από σωρούς. Και κατά αυτή τη μέθοδο οι δυνατότητες σφάλματος είναι πολλές και μας δίνονται μόνο ενδείξεις για την ποιότητα του κοιτάσματος.
- Επί μιας επιφάνειας ενός σχηματισμού χαράσσουμε, μετά από καθάρισμα και καθορισμό των διαστάσεων της με μπογιά, μια επιμήκη σχισμή, κάθετα προς την επιμήκη εξάπλωση του ερευνώμενου κοιτάσματος. Η σχισμή αυτή έχει παντού το ίδιο πλάτος (5 έως 15 cm) και βάθος (2 έως 5 cm), ενώ το μήκος της πρέπει να καλύπτει ολόκληρο το πάχος του σχηματισμού. Το υλικό που μαζεύουμε από τη χάραξη της σχισμής αποτελεί ένα δείγμα. Για την εκτίμηση της ποιότητας του κοιτάσματος είναι αναγκαία η δειγματοληψία κατά αυτόν τον τρόπο σε διάφορα σημεία του κοιτάσματος. Η δειγματοληψία με αυ'το τον τρόπο είναι χρονοβόρα αλλά αρκετά ασφαλής.
- Δειγματοληψία γίνεται επίσης και με τη βοήθεια εκρηκτικών υλών. Με τη έκρηξη που προκαλείται αποσπώνται μεγάλες ποσότητες υλικού από το πέτρωμα, από τις οποίες λαμβάνεται δείγμα. Η δειγματοληψία με αυτόν τον τρόπο είναι χρήσιμη μόνο όταν το υλικό είναι ομοιόμορφο και λεπτόκοκκο.
- Σε όλους τους τύπους των συμπαγών κοιτασμάτων, εκτός από αυτούς που χαρακτηρίζονται από την παρουσία φλεβών μικρού πάχους, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω μέθοδο : ανά 10 ή 20 φορτία του εκσκαφέα παίρνουμε ένα δείγμα σε μεγάλη ποσότητα από το σωρό, το αναμειγνύουμε, παίρνουμε με κοσκίνισμα το κλάσμα -2, δια της μεθόδου της τεταρτοδιαίρεσης μειώνουμε την ποσότητα του δείγματος σε 50 Kg και τέλος ξεπλένουμε το υλικό του δείγματος. Η μέθοδος αυτή έχει χαμηλό κόστος και με την απαραίτητη προσοχή μπορεί να δώσει δείγματα που αντιπροσωπεύουν μεγάλες ποσότητες υλικού.
- Με τη μέθοδο της «δειγματοληψίας πυρήνα» το δείγμα λαμβάνεται με τη βοήθεια γεωτρύπανου μέσω περιστροφικής διάτρησης. Το κυλινδρικό δείγμα (πυρήνας), διαιρείται συνήθως δια κοπής κατά μήκος του άξονα του κυλίνδρου

σε δύο τμήματα. Το ένα θραύεται, αλέθεται, κοσκινίζεται και τεταρτοδιαιρείται, ενώ το άλλο φυλάσσεται για την κατασκευή λεπτών ή στιλπνών τομών και για τεκμηρίωση.

- Η «δειγματοληψία θρυμμάτων» χρησιμοποιείται για τη δημιουργία δειγμάτων από τα θρύμματα που παράγονται σε μια γεώτρηση. Η δειγματοληψία θρυμμάτων εφαρμόζεται συνήθως, όταν η απόληψη του πυρήνα δεν είναι ικανοποιητική και γίνεται ιδιαίτερα σε λεπτόκοκκα και ομογενή πετρώματα.

5.3 Δειγματοληψία

Για δείγματα που συλλέχθηκαν από την περιοχή των μεταλλείων της Βάβδου, εφαρμόστηκε η πρώτη από τις παραπάνω αναφερθείσες μέθοδος δειγματοληψίας.

-ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6-

«ΜΕΛΕΤΗΘΕΝΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ»

6.1 Μακροσκοπική παρατήρηση

Κατά την μακροσκοπική παρατήρηση των πετρωμάτων διακρίνουμε ορισμένες ιδιότητες των δειγμάτων όπως πχ. το χρώμα των κρυστάλλων, την υφή των πετρωμάτων και το θραυσμό αυτών, ενώ μπορούμε να παρατηρήσουμε με ένα φακό χειρός τους επιφανειακούς κρυστάλλους των δειγμάτων. Η μακροσκοπική παρατήρηση βοηθά στην αναγνώριση και στην επακόλουθη ταξινόμηση του πετρώματος. Παρακάτω φαίνονται οι μακροσκοπικές φωτογραφίες των δειγμάτων.



Εικ. 1: Μακροσκοπική άποψη δείγματος 1.



Εικ. 2: Μακροσκοπική άποψη δείγματος 2.



Εικ. 3: Μακροσκοπική άποψη δείγματος 3.



Εικ. 4: Μακροσκοπική άποψη δείγματος 4.



Εικ. 5: Μακροσκοπική άποψη δείγματος 5.



Εικ. 6: Μακροσκοπική άποψη δείγματος 6.

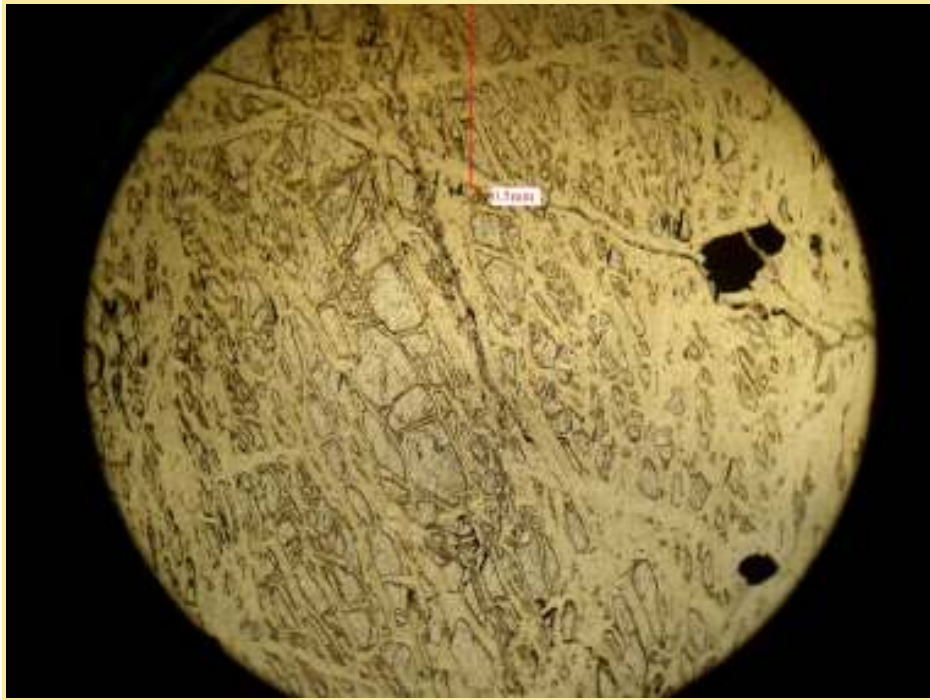
6.2 Λεπτές τομές-παρατηρήσεις με το πολωτικό μικροσκόπιο

Τα έξι διαφορετικά δείγματα επεξεργάστηκαν στο εργαστήριο με σκοπό την εξέτασή τους στο μικροσκόπιο και τη φωτογράφησή τους. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να εξετάσουμε την ορυκτολογική σύστασή τους και να προσδιορίσουμε το βαθμό εξαλλοίωσής τους και επομένως να εκτιμήσουμε την αντοχή τους. Έτσι η μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα.

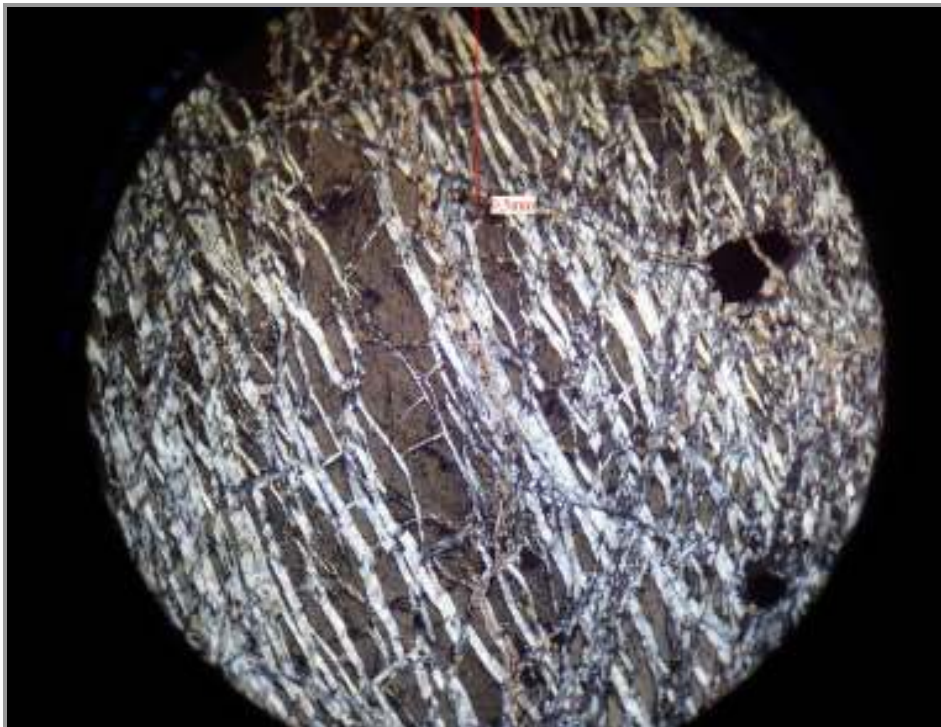
6.2.1 Δείγμα 1

Το δείγμα περιέχει μαγνησίτη σε ποσοστό 37 % και λιζαρδίτη- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$ σε ποσοστό 51,9% γεγονός που δείχνει την έντονη εξαλλοίωση του πετρώματος, λίγο υπολλειματικό ολιβίνη- $(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$, χρωμίτη, μαγνησίτη- $(\text{Mg}(\text{CO}_3))$ και πυροαυρίτη- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ σε ποσοστό 11,2%. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των

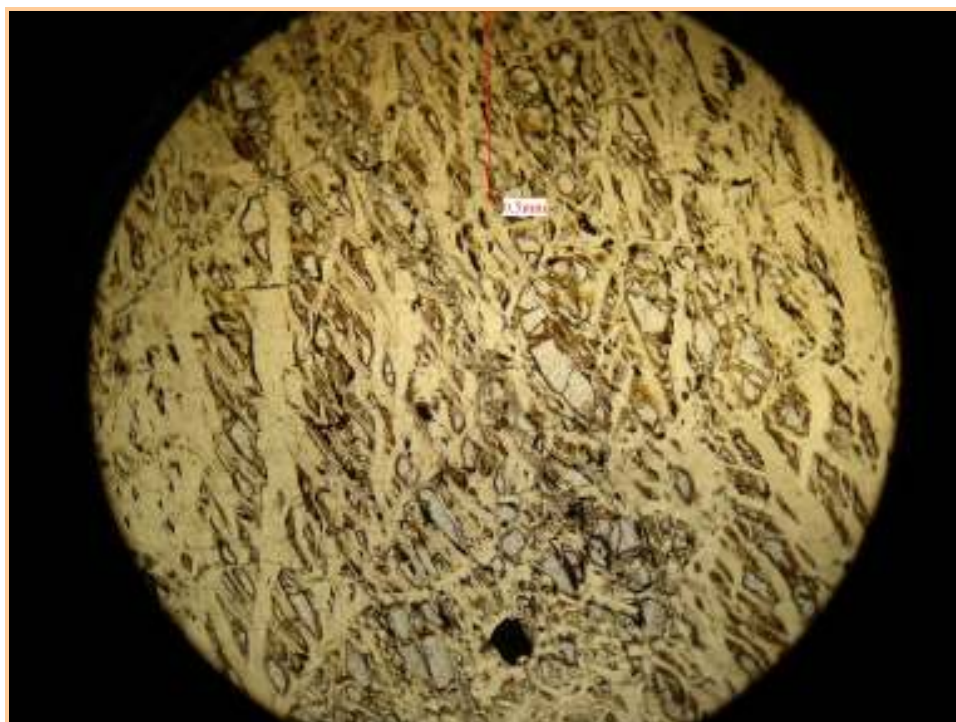
ορυκτών προέκυψε σε συνδιασμό με την περιθλασιμετρία ακτίνων Χ. Το πέτρωμα είναι τεκτονισμένο με περιοχές πιο έντονης εξαλλοίωσης.



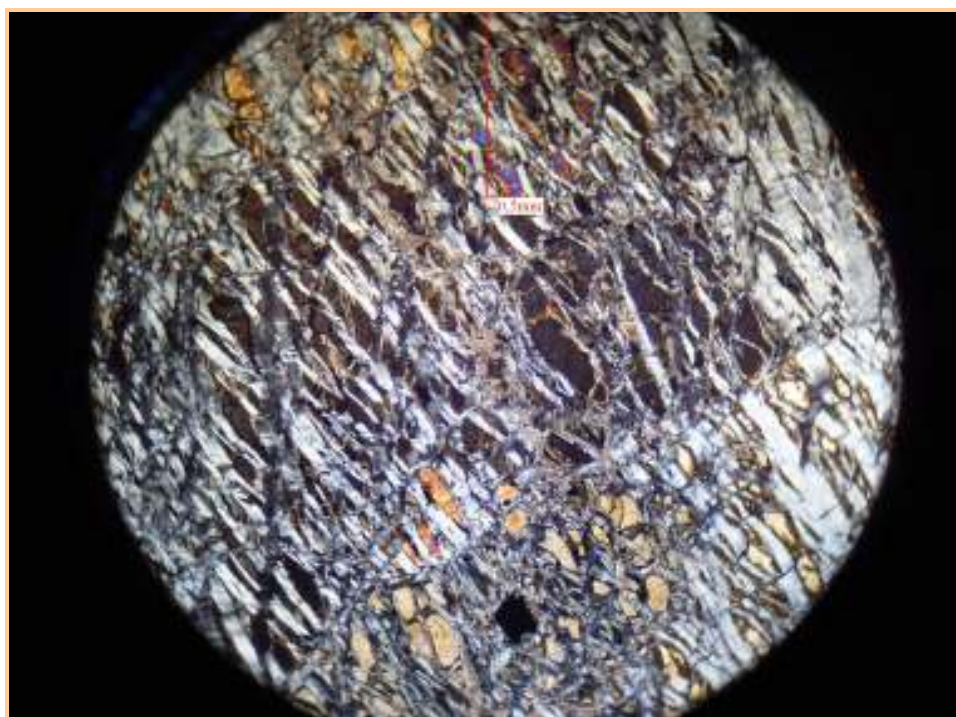
Τομή 1 : Τομή δείγματος 1 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



Τομή 2 : Τομή δείγματος 1 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα Nichols.



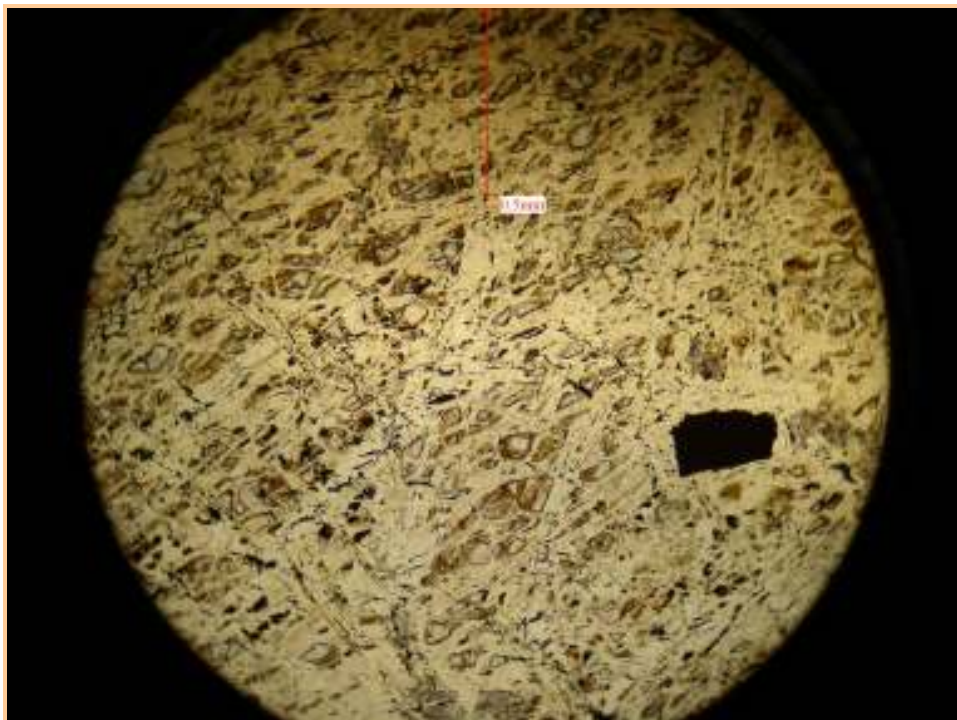
Τομή 3 : Τομή δείγματος 1 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



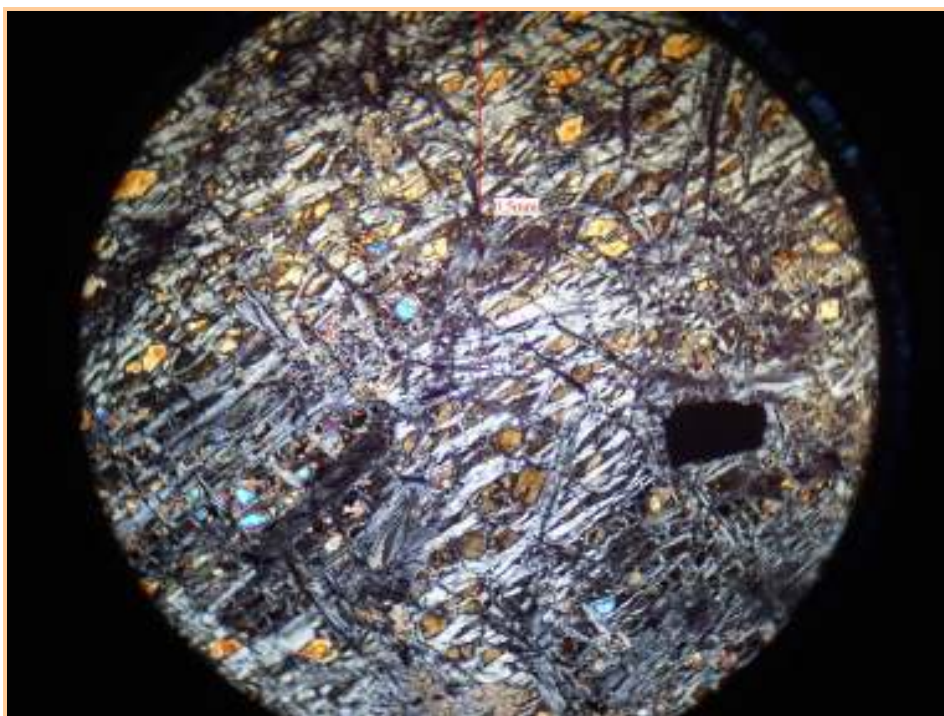
Τομή 4 : Τομή δείγματος 1 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα Nichols.

6.2.2 Δείγμα 2

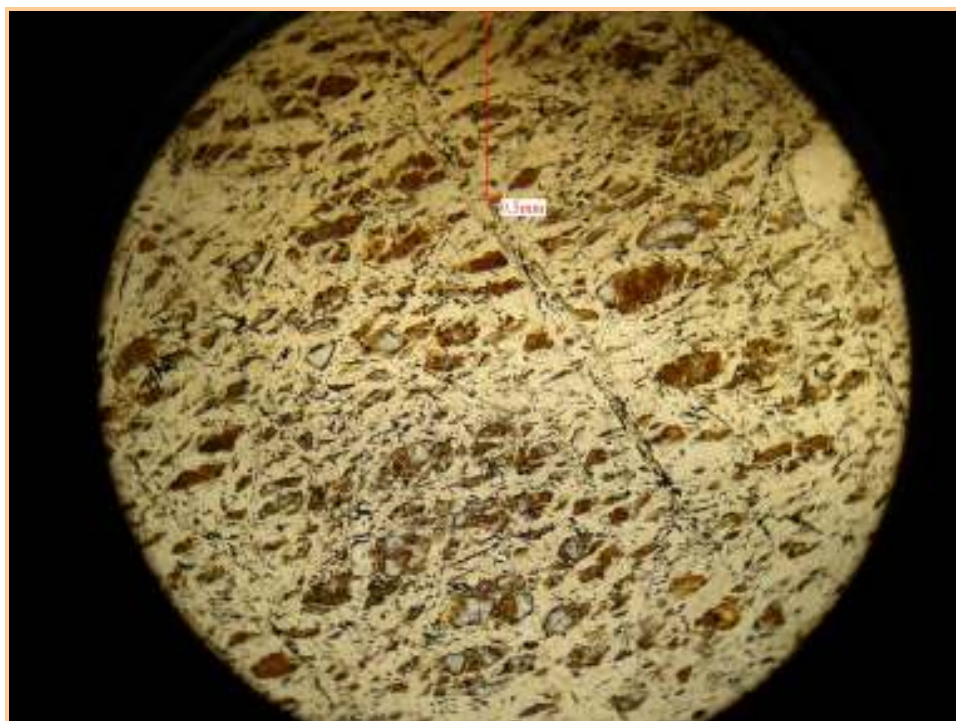
Το πέτρωμα περιέχει ολιβίνη- $(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4))$, οξειδωμένο-εξαλλοιωμένο στο μεγαλύτερο μέρος του σε ιδδιγκσίτη και λιζαρδίτη- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4))$. Ο λιζαρδίτης βρίσκεται σε ποσοστό 93 %. Επίσης περιέχει ανθρακικά ορυκτά, χρωμίτη και μαγνητίτη. Και σε αυτό το δείγμα λόγω εξαλλοίωσης του ολιβίνη η ύπαρξη σερπεντίνη είναι εμφανής. Τέλος παρατηρείται πυροαυρίτης- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ σε ποσοστό 3,6 % και μαγνησίτης- $(\text{Mg}(\text{CO}_3))$ σε ποσοστό 3,3 %. Τα ποσοστά προέκυψαν από ανάλυση με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ. Το δείγμα είναι μερικώς τεκτονισμένο με φλεβίδια και ασυνέχειες ενώ οι κόκκοι είναι κατακερματισμένοι.



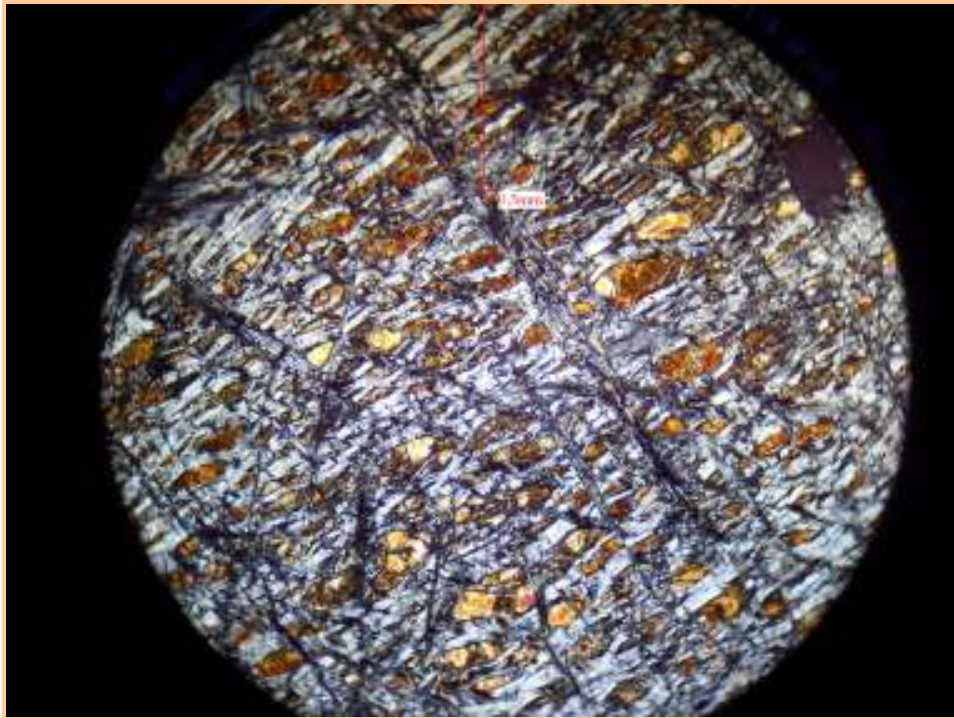
Τομή 5 : Τομή δείγματος 2 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



Τομή 6 : Τομή δείγματος 2 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα Nichols.



Τομή 7 : Τομή δείγματος 2 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



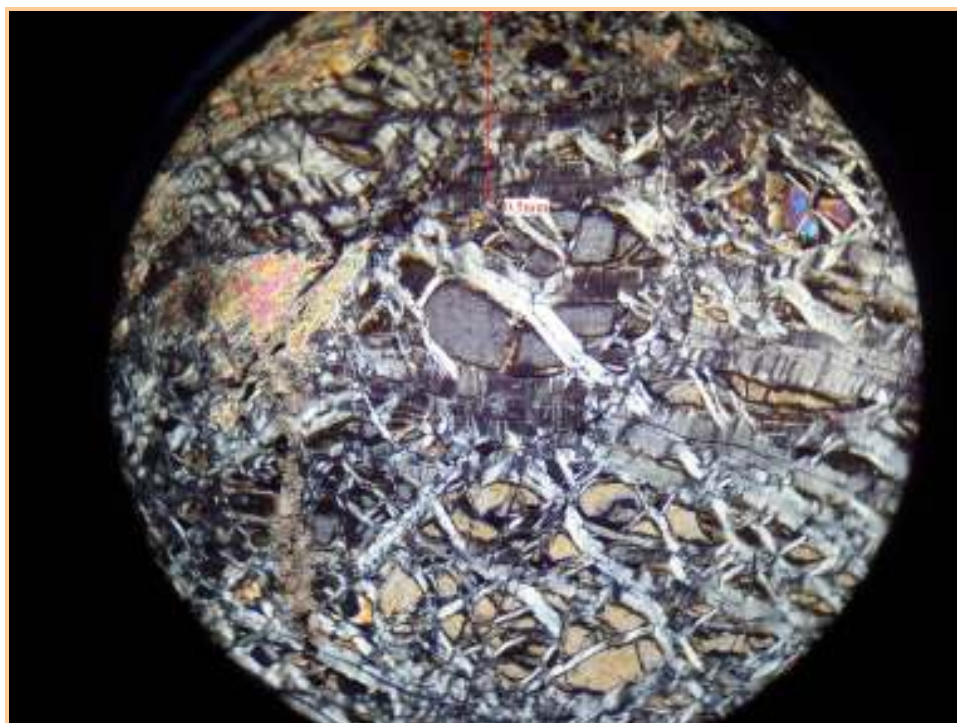
Τομή 8 : Τομή δείγματος 2 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα Nichols.

6.2.3 Δείγμα 3

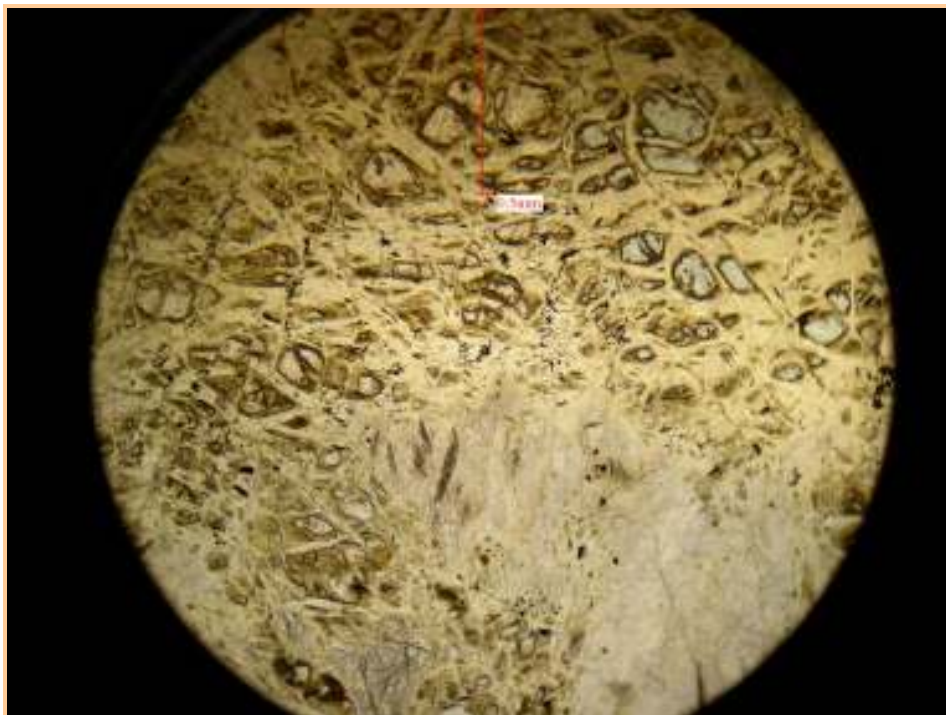
Το δείγμα περιέχει ολιβίνη- $(Mg_2(SiO_4))$, λιζαρδίτη- $(Mg_3(Si_2O_5(OH)_4))$ σε ποσοστό 55,4% σαν αποτέλεσμα της εξαλλοίωσης του πρώτου και αδιαφανή μεταλλικά ορυκτά κυρίως χρωμίτη. Παρατηρείται τάλκης, μαγνησίτης- $(Mg(CO_3))$ σε ποσοστό 33 %. Επίσης έχουμε σε ποσοστό της τάξης του 12 % πυροαουρίτη- $(Fe_2Mg_6(OH)_{16}CO_3(H_2O)_{4,5})$. Το δείγμα χαρακτηρίζεται από έντονο τεκτονισμό και μεγάλο βαθμό εξαλλοίωσης.



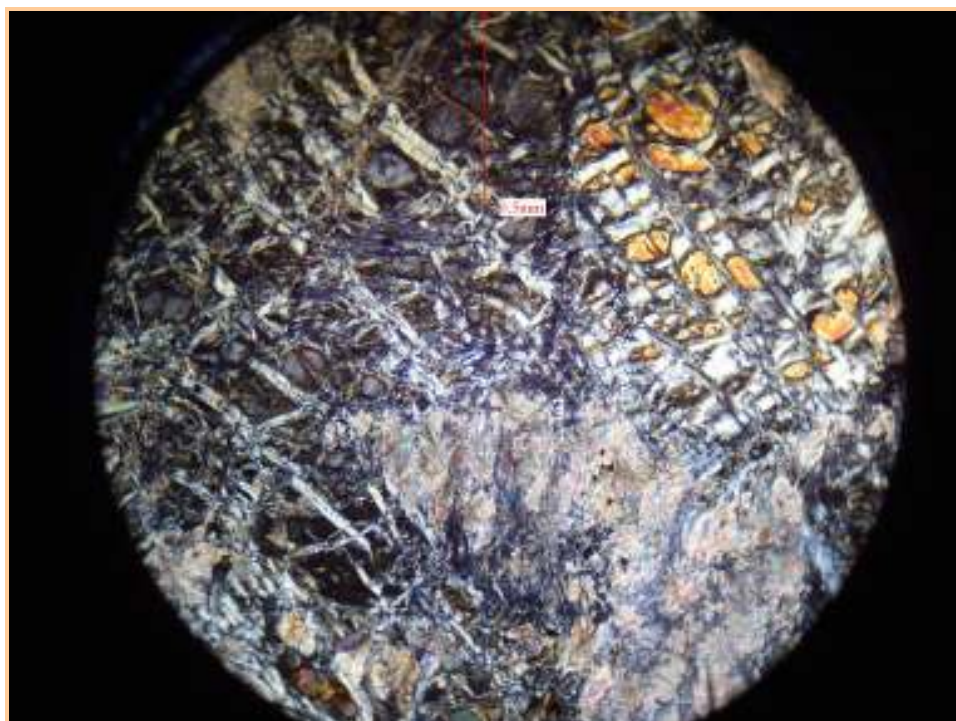
Τομή 9 : Τομή δείγματος 3 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



Τομή 10 : Τομή δείγματος 3 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα Nichols.



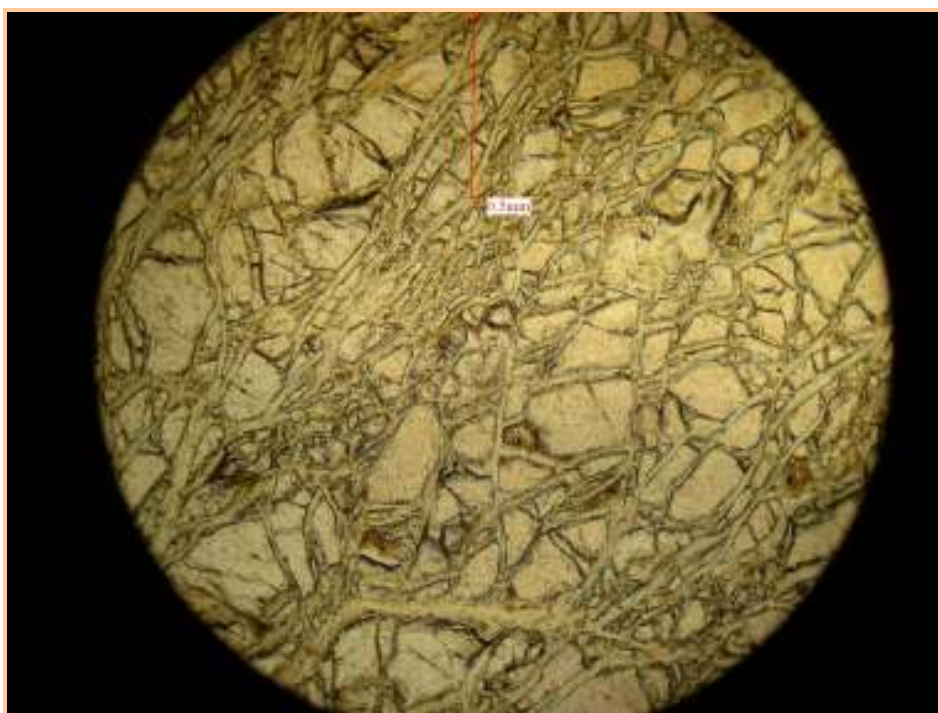
Τομή 11 : Τομή δείγματος 3 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



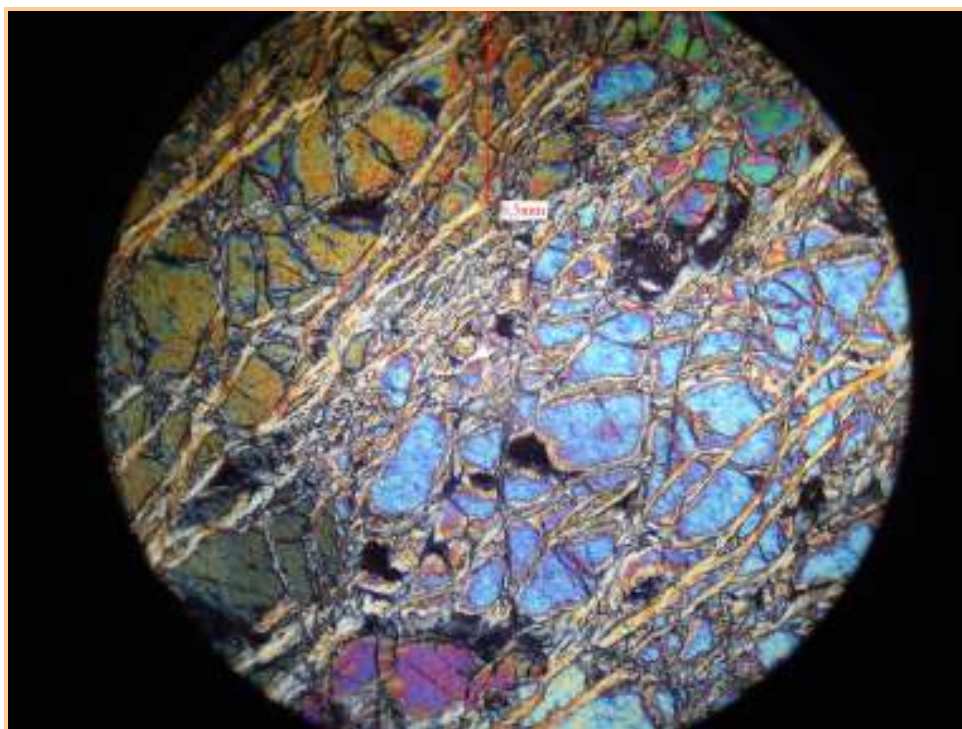
Τομή 12 : Τομή δείγματος 3 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα Nichols.

6.2.4 Δείγμα 4

Το δείγμα περιέχει ολιβίνη- $(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4))$ σε ποσοστό 63 % ,σερπεντίνη και λιζαρδίτη- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4))$ σε ποσοστό 32%. Επίσης παρατηρούνται ανθρακικά ορυκτά (μαγνήσιτης και δολομίτης) και αδιαφανή ορυκτά (χρωμίτης και μαγνητίτης). Υπάρχουν ελάχιστα σημεία με πιθανή την ύπαρξη πυροξένων ενώ και εδώ υπάρχει σε μικρό ποσοστό πυροαουρίτης- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ 4,9 %. Το δείγμα είναι πιο συμπαγές από τα προηγούμενα με καλοσχηματισμένους κοκκούς με σταθερά διάκενα ενώ δεν παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις του βαθμού εξαλλοίωσης στο σύνολο της επιφάνειάς του.



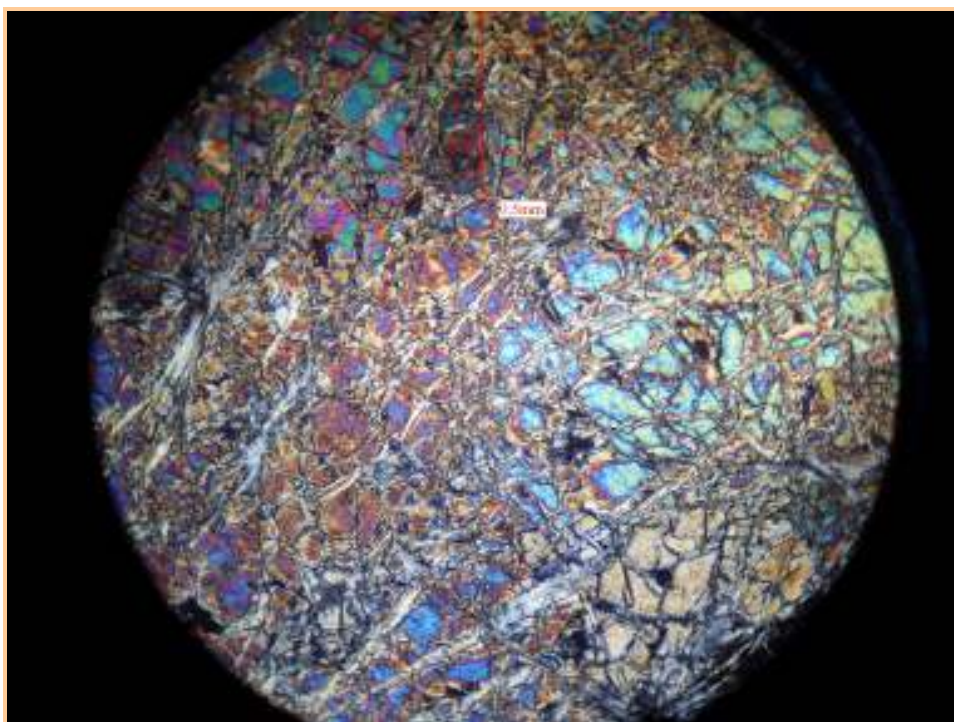
Τομή 13 : Τομή δείγματος 4 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



Τομή 14 : Τομή δείγματος 4 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα Nichols.



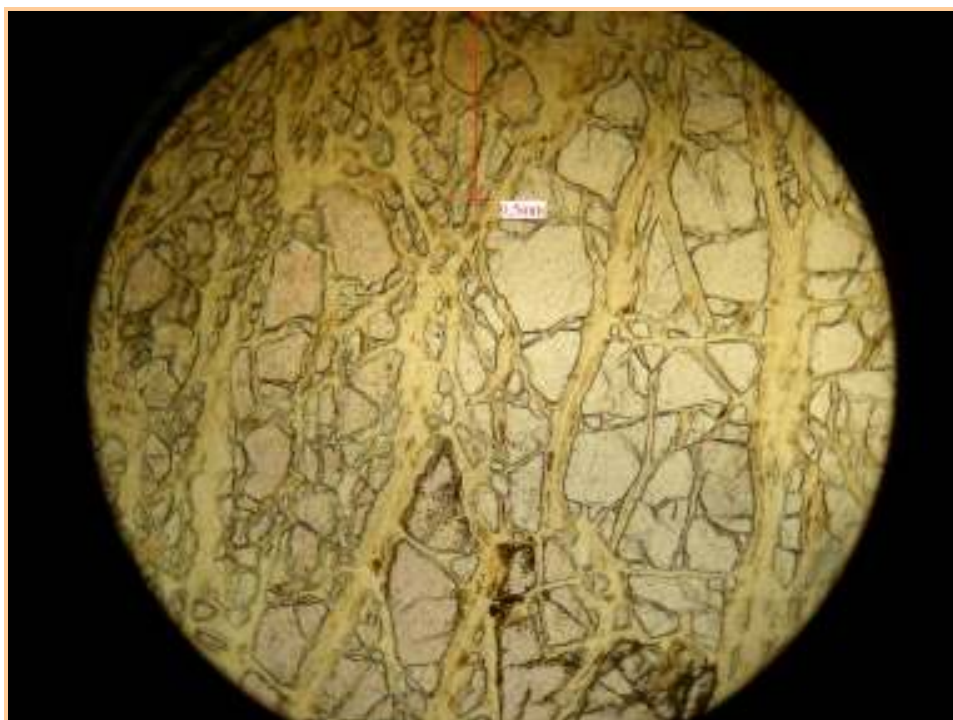
Τομή 15 : Τομή δείγματος 4 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



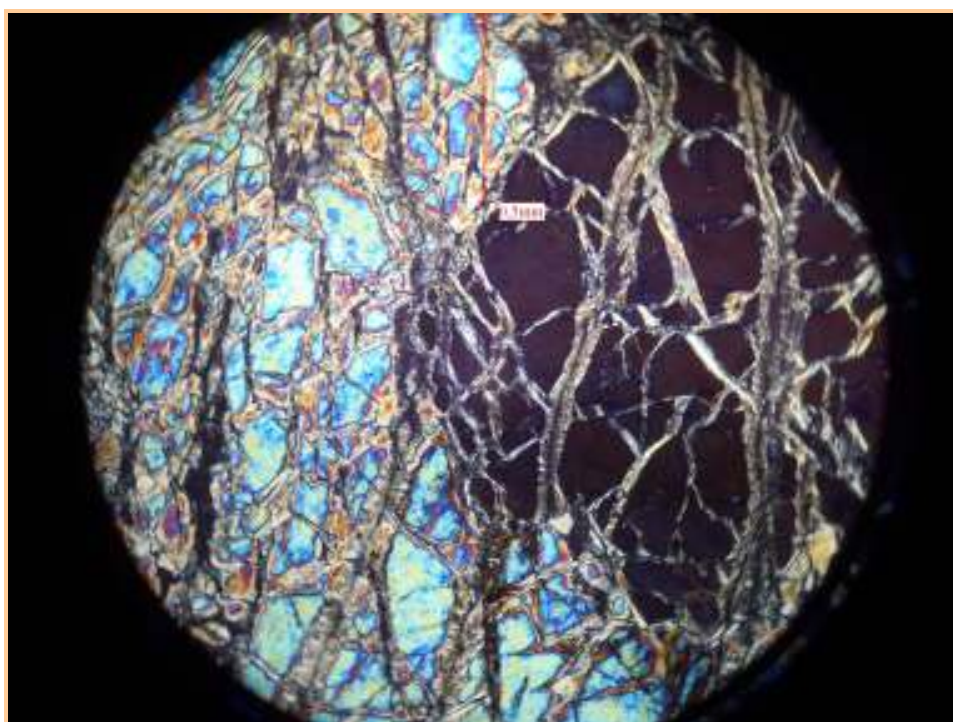
Τομή 16 : Τομή δείγματος 4 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα Nichols.

6.2.5 Δείγμα 5

Το πέτρωμα αποτελείται από ολιβίνη και σερπεντινωμένο ολιβίνη, αρκετό τάλκη- $(\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10})$ σε ποσοστό της τάξεως του 34 % ,τρεμολίτη- $(\text{Ca}_{1,97}\text{Na}_{0,016}\text{Fe}_{0,014})\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ σε ποσοστό 25 % και αδιαφανείς κόκκους που αντιστοιχούν σε χρωμίτη. Παρατηρούνται λίγα ανθρακικά, ιδδιγκσίτης και πυροαουρίτης- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ σε ποσοστό 10 %. Ο σερπεντίνης (λιζαρδίτης- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4))$ απαντά σε ποσοστό 32 %. Το πέτρωμα χαρακτηρίζεται από μερική εξαλλοίωση και εκτεταμένα διάκενα μεταξύ των κρυστάλλων λόγω εξαλλοίωσης.



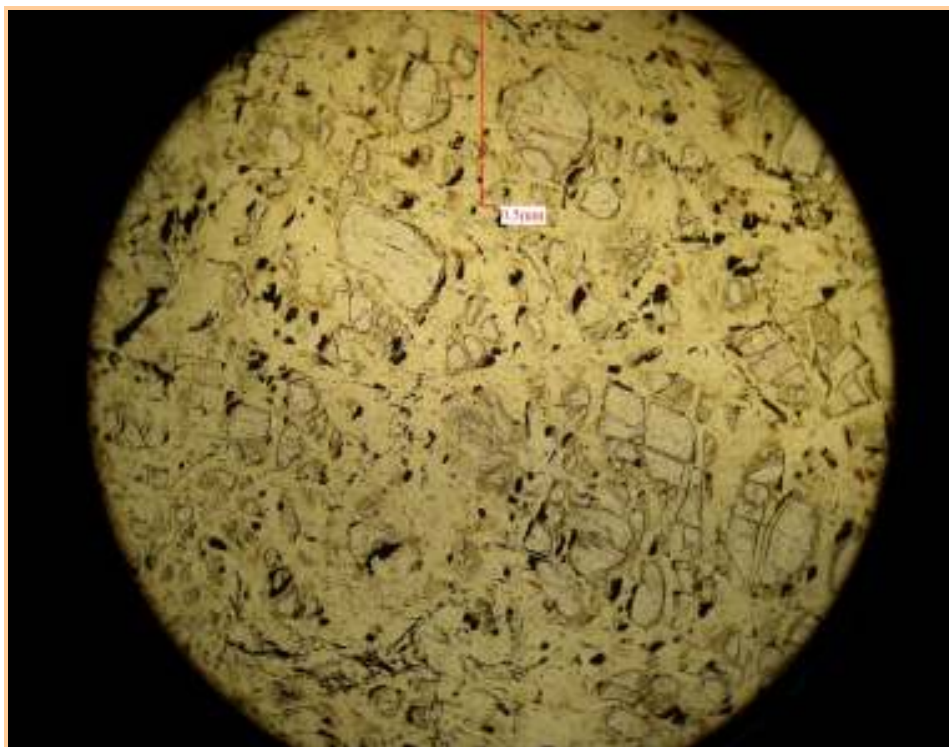
Τομή 17 : Τομή δείγματος 5 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



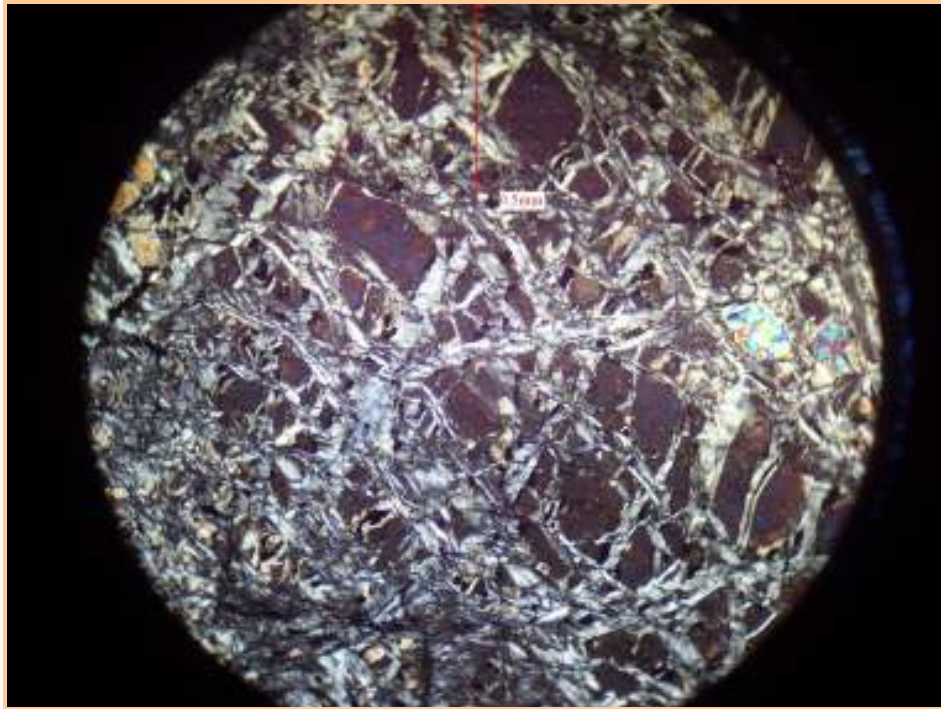
Τομή 18 : Τομή δείγματος 5 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα Nichols.

6.2.6 Δείγμα 6

Το δείγμα αποτελείται κυρίως από σερπεντίνη (λιζαρδίτη- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4))$) 80%, πυροαυρίτη- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ σε ποσοστό 17,9% και λίγο ολιβίνη- $(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4))$. Παρατηρούνται επίσης αρκετά ανθρακικά ,χρωμίτης – μαγνητίτης και ιδδιγκσίτης. Διακρίνεται ένα δείγμα με μερική εξαλλοίωση και μερικώς εκτεταμένα διάκενα μεταξύ των κρυστάλλων.



Τομή 19 : Τομή δείγματος 6 με μεγέθυνση 10X και παράλληλα Nichols.



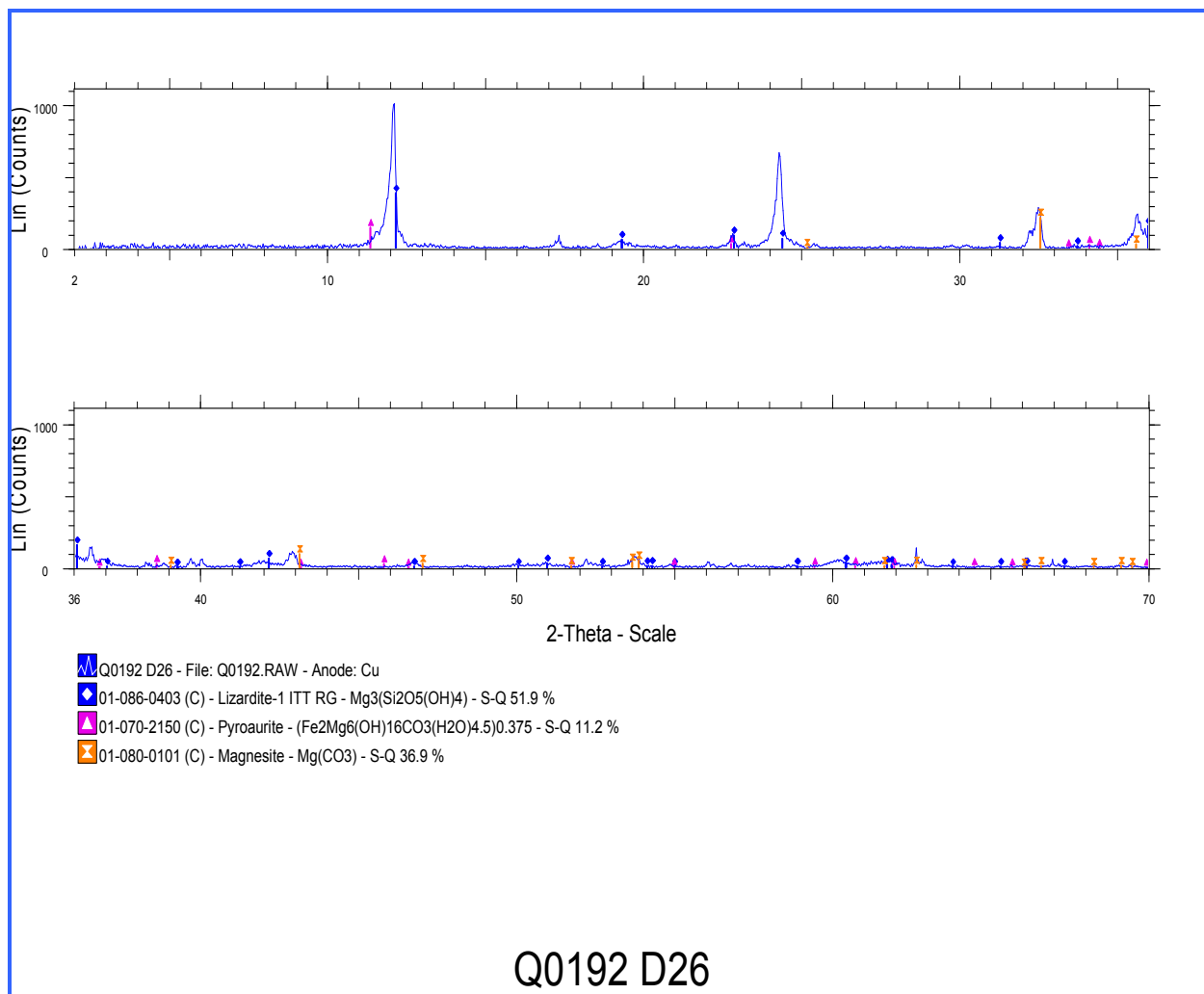
Τομή 20 : Τομή δείγματος 6 με μεγέθυνση 10X και διασταυρωμένα

6.3 Περιθλασιμετρία ακτίνων X (Ανάλυση XRD)

Η εξέταση των δειγμάτων με περιθλασιμετρία ακτίνων X χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό ορυκτολογικό προσδιορισμό πετρωμάτων διευκολύνοντας στην παρατήρηση και στην επιβεβαίωση των παρατηρήσεων στο μικροσκόπιο. Κατά την εξέταση των δειγμάτων στο περιθλασίμετρο XRD προέκυψαν τα ακτινοδιαγράμματα, τα οποία με την βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού στον ηλεκτρονικό υπολογιστή έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

6.3.1 Ανάλυση XRD δείγματος 1

Δείγμα 1 : Γράφημα ακτινοδιαγράμματος στον H/Y

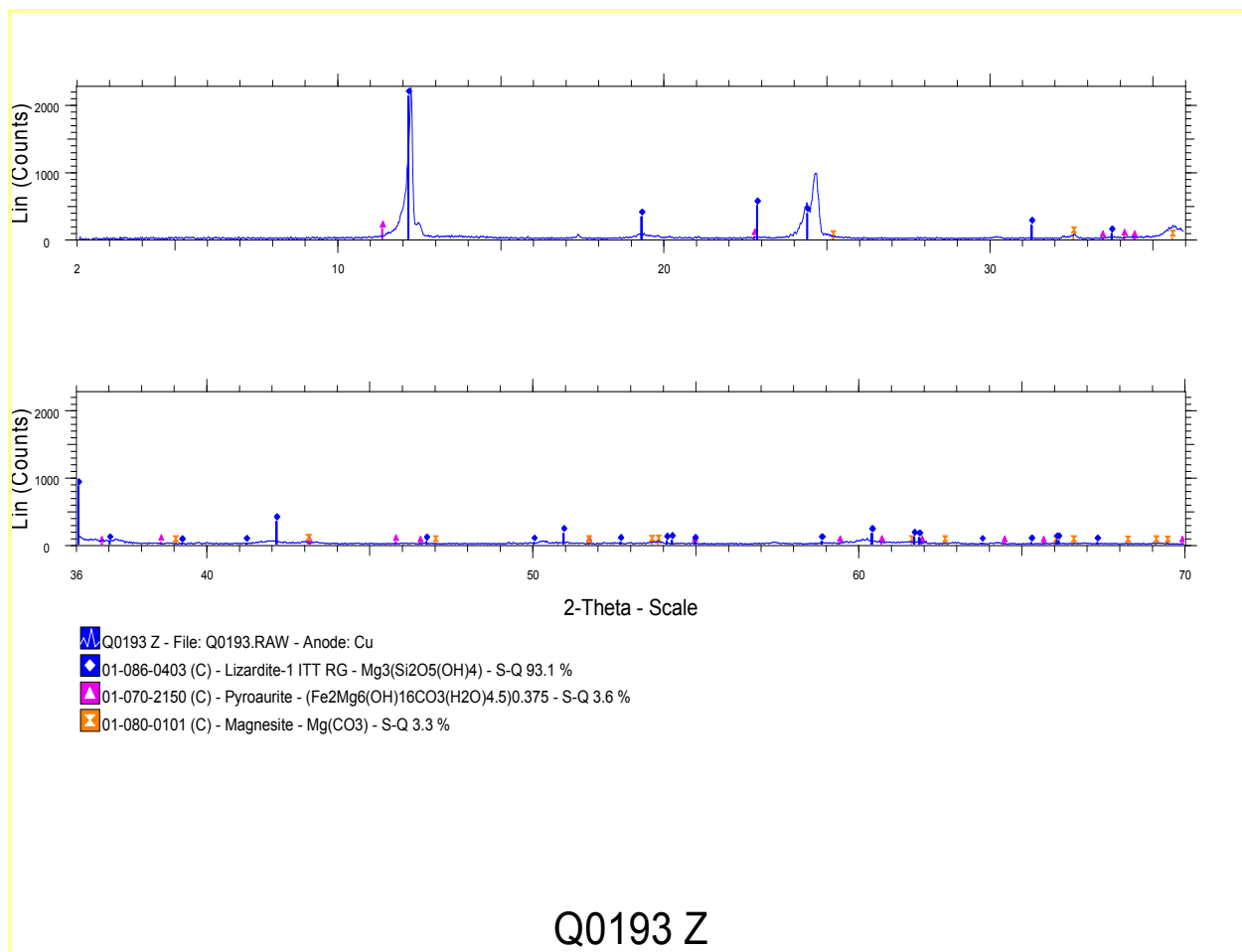


Από το ακτινοδιάγραμμα φαίνεται ότι το **δείγμα 1** περιέχει :

- **51,9 % λιζαρδίτη** ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$),
- **11,2 % πυροασουρίτη** ($\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5}$) και
- **36,9 % μαγνησίτη** ($\text{Mg}(\text{CO}_3)$)

6.3.2 Ανάλυση XRD δείγματος 2

Δείγμα 2 : Γράφημα ακτινοδιαγράμματος στον H/Y

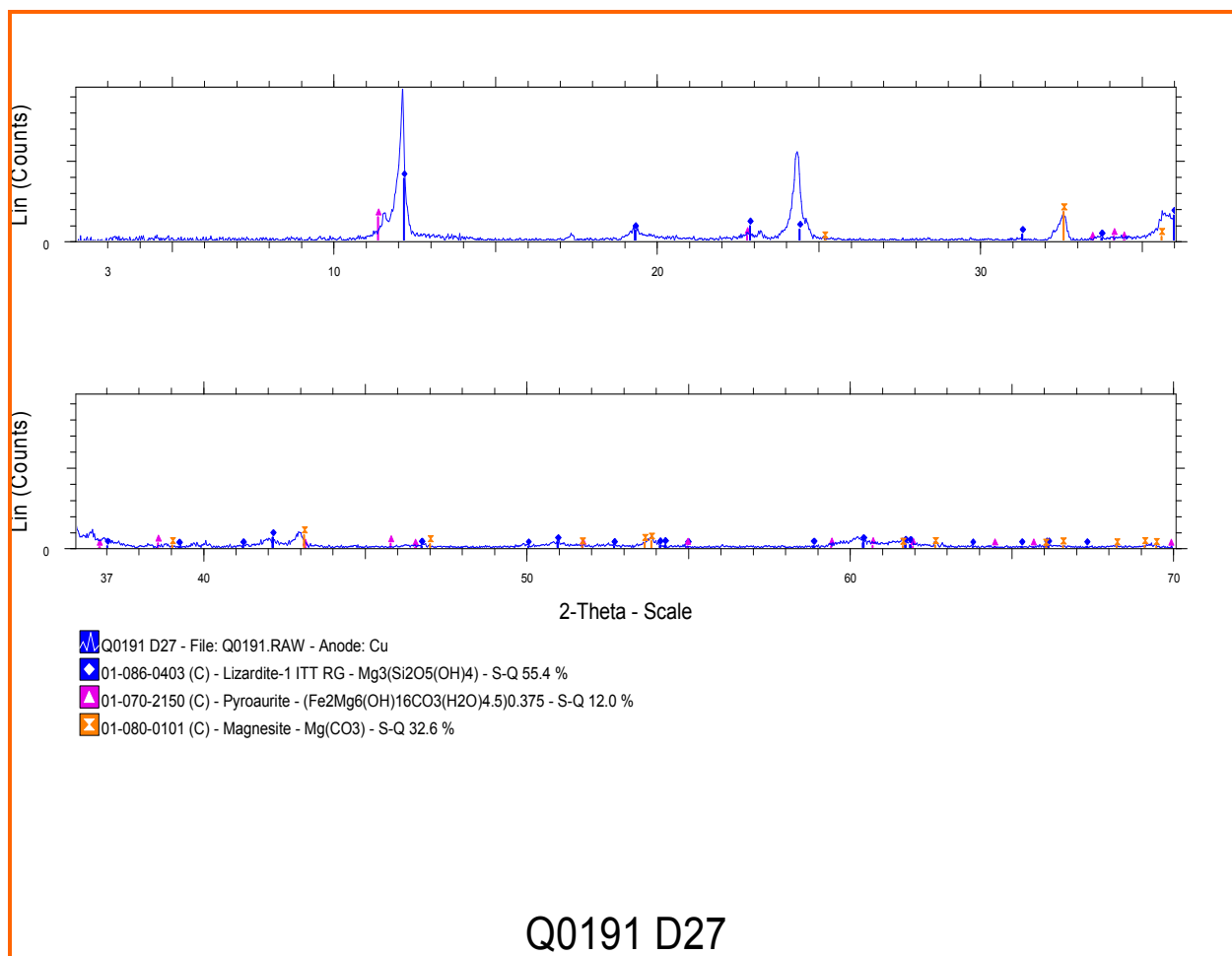


Από το ακτινοδιάγραμμα φαίνεται ότι το **δείγμα 2** περιέχει :

- **93,1 % λιζαρδίτη** ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$),
- **3,6 % πυροαουρίτη** ($(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ και
- **3,3 % μαγνησίτη** ($\text{Mg}(\text{CO}_3)$)

6.3.3 Ανάλυση XRD δείγματος 3

Δείγμα Νο3 : Γράφημα ακτινοδιαγράμματος στον H/Y

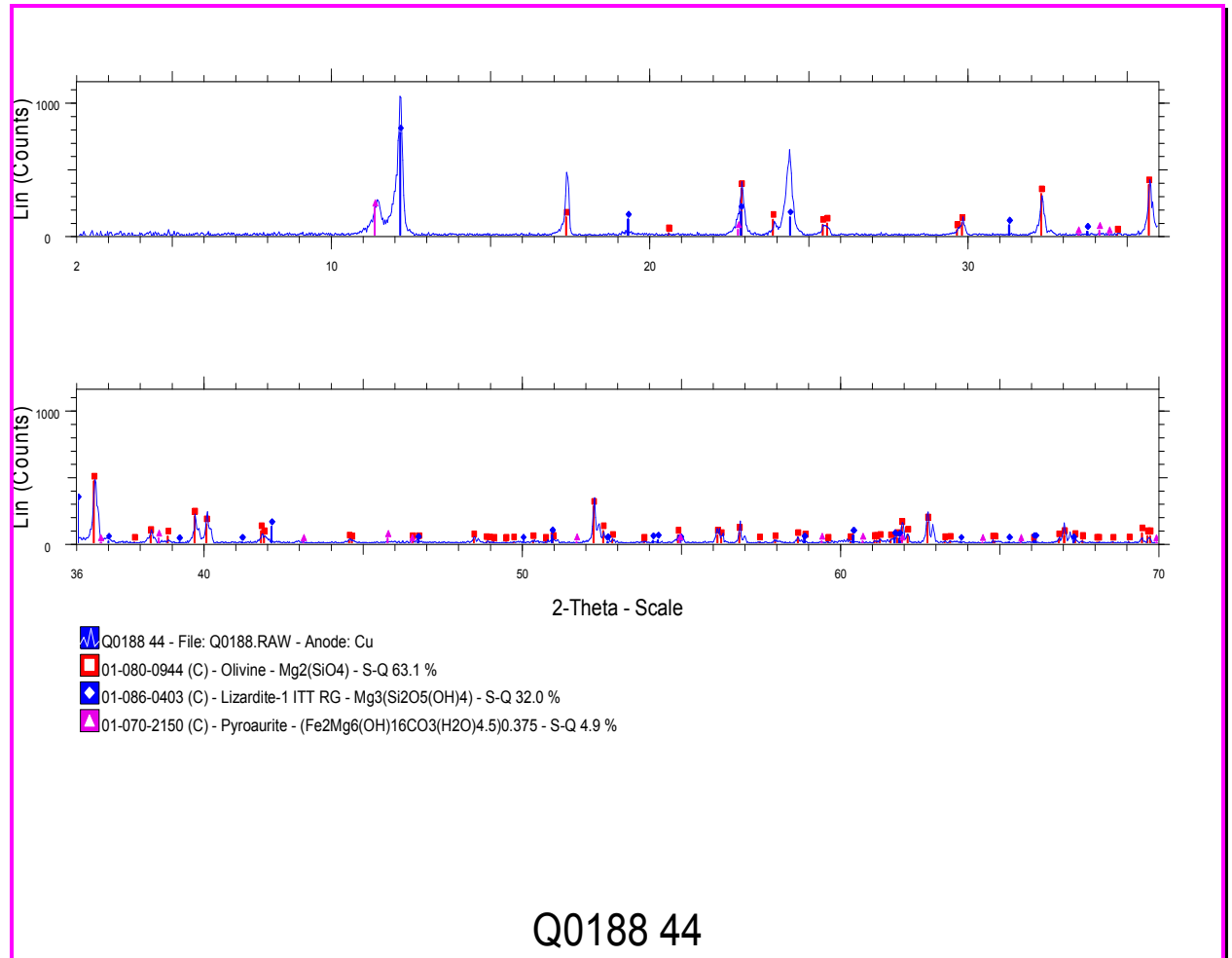


Από το ακτινοδιάγραμμα φαίνεται ότι το **δείγμα 3** περιέχει :

- **55,4 % λιζαρδίτη** ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$),
- **12,0 % πυροασουρίτη** ($\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5}$) και
- **32,6 % μαγνησίτη** ($\text{Mg}(\text{CO}_3)$)

6.3.4 Ανάλυση XRD δείγματος 4

Δείγμα Νο4 : Γράφημα ακτινοδιαγράμματος στον Η/Υ

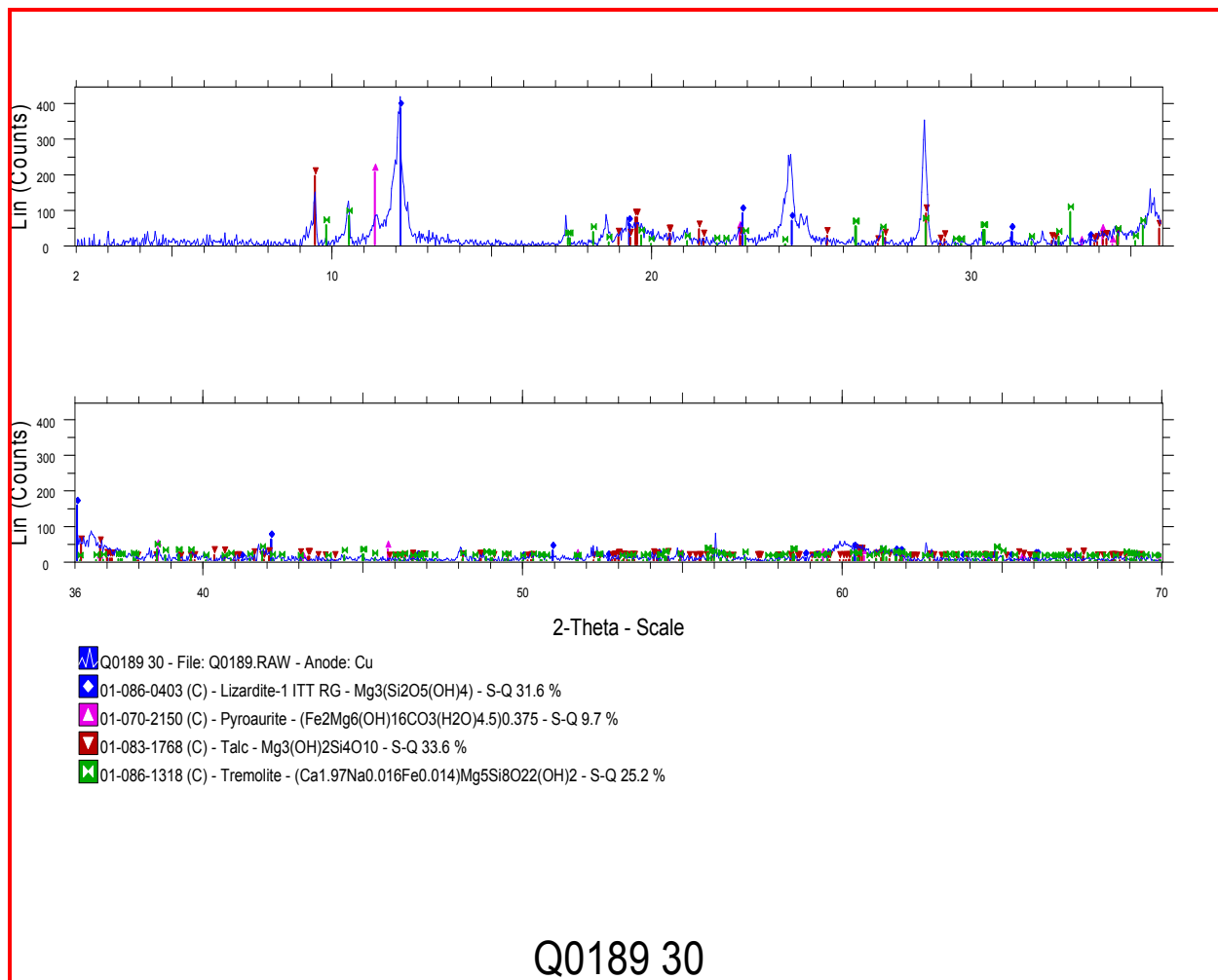


Από το ακτινοδιάγραμμα φαίνεται ότι το **δείγμα 4** περιέχει :

- **63,1 % ολιβίνη** ($\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$),
- **32 % λιζαρδίτη** ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$ και
- **4,9 % πυροσουρίτη** ($(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$).

6.3.5 Ανάλυση XRD δείγματος 5

Δείγμα Νο5 : Γράφημα ακτινοδιαγράμματος στον Η/Υ

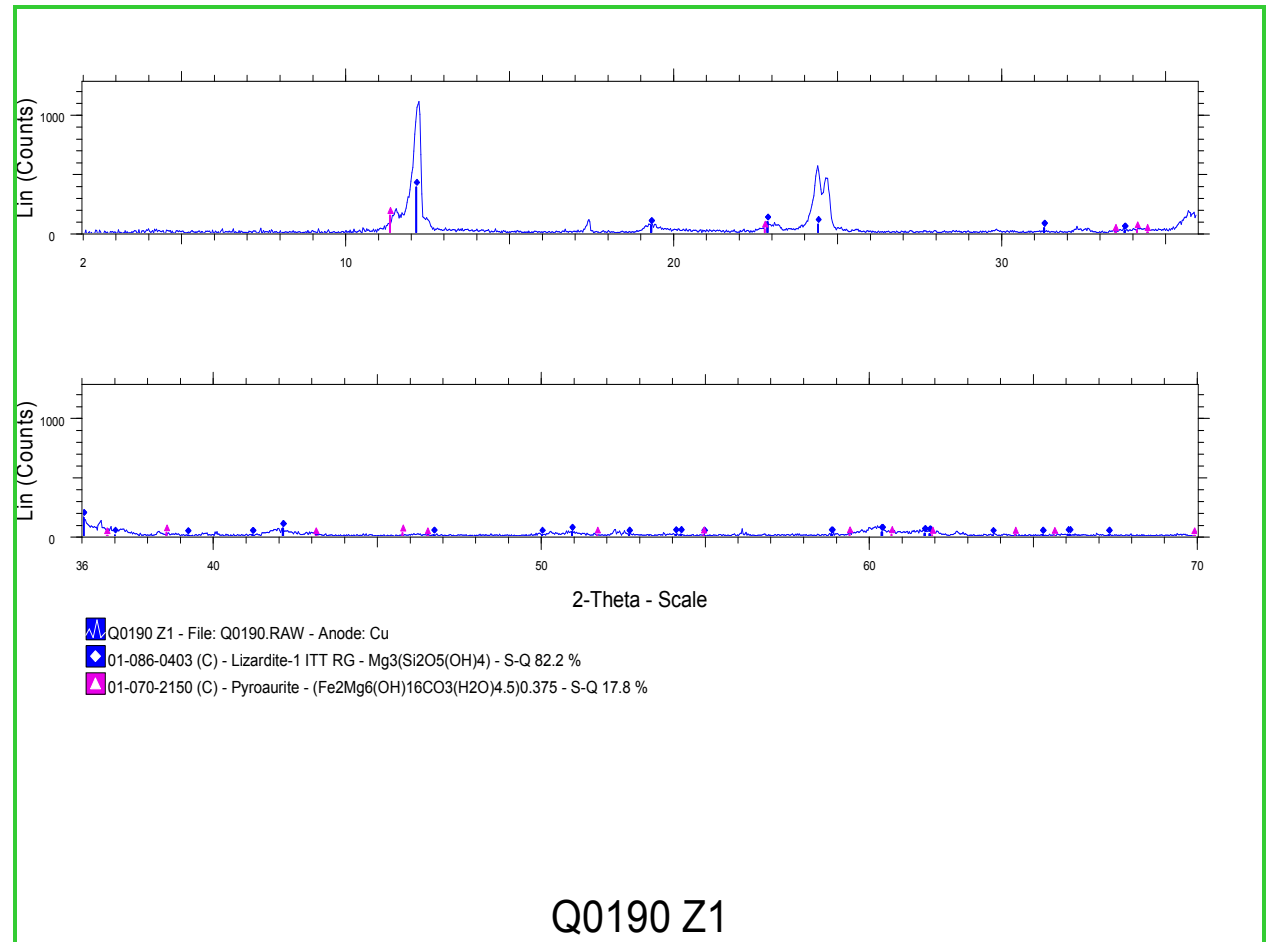


Από το ακτινοδιάγραμμα φαίνεται ότι το **δείγμα 5** περιέχει :

- **31,6 % λιζαρδίτη** ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$),
- **9,7 % πυροαουρίτη** ($(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$),
- **33,6 % τάλκη** ($\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$) και
- **25,2 % τρεμολίτη** ($(\text{Ca}_{1,97}\text{Na}_{0,016}\text{Fe}_{0,014})\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$).

6.3.6 Ανάλυση XRD δείγματος 6

Δείγμα Νο6 : Γράφημα ακτινοδιαγράμματος στον Η/Υ



Από το ακτινοδιάγραμμα φαίνεται ότι το **δείγμα 6** περιέχει :

- **82,2 % λιζαρδίτη** ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$) και
- **17,8 % πυροασουρίτη** ($(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$)

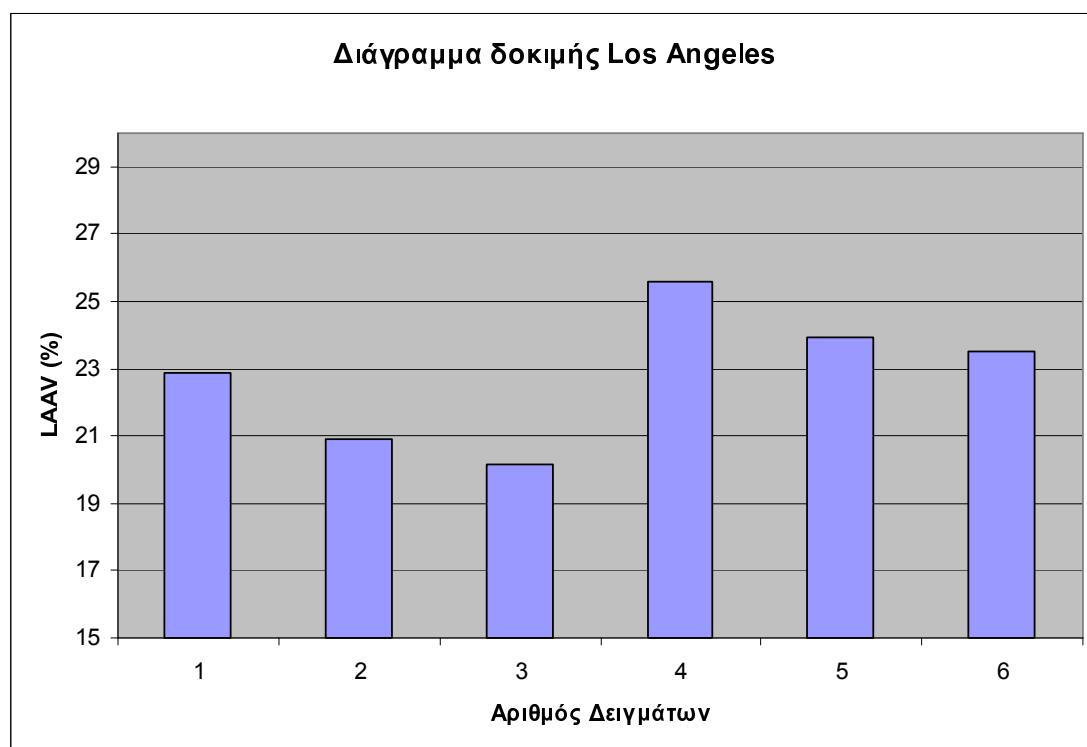
6.4 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles

Η δοκιμή Los Angeles (κατά AASHTO) έγινε σε εργαστήριο αδρανών υλικών εκτός του Πολυτεχνείου Κρήτης και τα αποτελέσματα φαίνονται στον **Πίν. 6.1**.

Αριθμός Δειγμάτων	Διαβάθμιση	Αρχικό βάρος δείγματος (gr)	Τελικό βάρος δείγματος (gr)	Επέλθουσα Φθορά (%)	Συνθήκες Δοκιμής
Δείγμα 1	A	5000	3887,3	22,25	Στροφές 500 Αριθμός σφαιρών 12 Βάρος 4980 gr
Δείγμα 2	A	5000	3955,3	20,89	Στροφές 500 Αριθμός σφαιρών 12 Βάρος 4980 gr
Δείγμα 3	A	5000	3991,2	20,18	Στροφές 500 Αριθμός σφαιρών 12 Βάρος 4980 gr
Δείγμα 4	A	5000	3721,0	25,58	Στροφές 500 Αριθμός σφαιρών 12 Βάρος 4980 gr
Δείγμα 5	A	5000	3802,0	23,96	Στροφές 500 Αριθμός σφαιρών 12 Βάρος 4980 gr
Δείγμα 6	A	5000	3823,3	23,53	Στροφές 500 Αριθμός σφαιρών 12 Βάρος 4980 gr

Πίν. 6.1 : Πίνακας με τα αποτελέσματα των δοκιμών Los Angeles (κατά AASHTO).

Ενώ τα αποτελέσματα του Πίν. 6.1 παρίστανται γραφικά στο διάγραμμα 6.1.



Διάγραμμα 6.1 : Διάγραμμα δοκιμής Los Angeles των δειγμάτων.

-ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7-

«ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ»

Στο κεφάλαιο αυτό αξιολογούνται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων «υγεία πετρώματος» σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της δοκιμής Los Angeles(L.A.). Για μία ολοκληρωμένη αξιολόγηση απαιτούνται και οι τιμές μέτρησης κατά AAV και PSV, που δεν είναι όμως αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι ελάχιστες τιμές L.A. που απαιτούνται για σκληρά αδρανή τα οποία προορίζονται για οδοστρώματα είναι γενικά της τάξης του <25% ποσοστό απότριψης όπως αναφέρεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Κυκλοφορία	Ελαφρά	Μέση	Βαρύ	Πολύ Βαρύ
Ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα ^(α)	Μέχρι 500	501-3000	3001-8000	>8000
Μέγιστο ποσοστό φθοράς Κατά Los Angeles	30%	28%	26%	24%
Ελάχιστη τιμή (PSV)				
- Επικινδ. θέσεις, Κατ. Α ^(β)	60	55	60	65
- Συνήθεις θέσεις, Κατ. Β ^(γ)	45	50	55	60
- Εύκολες θέσεις, Κατ. Γ ^(δ)	-	45	-	-
Μέγιστη τιμή (AAV)	14	12	10	8

(α) Συνήθης σύνθεση κυκλοφορίας, ποσοστό φρεγήων με ωφέλιμο φορτίο πλέον των 5 τόννων το πολύ 15%.

(β) Κατηγορία Α : προσεγγίσεις σε σηματοδότες, διαβάσεις πεζών και διασταυρώσεις, κυκλική κόμβοι και προσεγγίσεις σε κόμβους, κοιμητόρες σε οριζοντιογραφία με ακτίνα μικρότερη από 150 m ή ακτίνα μεγαλύτερη από 180 m και μέχρι 300 m, αν συνδυάζεται με κυρτή κατακόρυφη κοιμητόλη με ακτίνα μέχρι 800 m, σε δρόμους με όριο ταχύτητας πάνω από 65 Km/h, τμήματα με κλίση πάνω από 8% και μήκος πάνω από 100 m.

(γ) Κατηγορία Β : αυτοκινητόδρομοι, κεντρικές αστικές αρτηρίες και κύριοι υπεραστικοί δρόμοι, άλλοι δρόμοι με βαριά ή πολύ βαριά κυκλοφορία.

(δ) Κατηγορία Γ : τμήματα γενικά ευθύγραμμα σε δρόμους με ελαφρά ή μέση κυκλοφορία, με ελαφρές κλίσεις και κοιμητόρες μεγάλης ακτίνας, χωρίς επικίνδυνες διασταυρώσεις και άλλα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν επικίνδυνες θέσεις.

Πίνακας 4.2: Οριακές τιμές Los Angeles, PSV και AAV για σκληρά αδρανή επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες.

Έτσι με βάση τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα που πραγματοποιήθηκαν καθώς και τη γεωλογική δομή της περιοχής των μεταλλείων Βάβδου, συμπεραίνονται τα εξής :

7.1 Δείγμα 1

Το δείγμα 1 σαν κύριο συστατικό έχει λιζαρδίτη- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$, δηλαδή σερπεντίνη σε ποσοστό 51,9% αφήνοντας λίγο υπολλειματικό ολιβίνη- $(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$ αναλλοίωτο, αποτελώντας μια ένδειξη έντονης εξαλλοίωσης του πετρώματος. Ο χρωμίτης, ο μαγνησίτης- $(\text{Mg}(\text{CO}_3))$ και ο πυροαυρίτης- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ σε ποσοστό 11,2% απαντώνται σε σημαντικά μικρότερα ποσοστά από το εξαλλοιωμένο συστατικό του δείγματος (σερπεντίνη), ώστε να περιμένουμε μία θετική επιρροή στην αντοχή του πετρώματος από αυτά. Αρνητικό επίσης είναι και το γεγονός ότι ο πέτρωμα είναι τεκτονισμένο και σε περιοχές έχει πιο έντονη εξαλλοίωση. Τα αποτελέσματα του L.A. δίνουν ένα ποσοστό της τάξης του 22,25% κατά AASHTO και οφείλεται κυρίως στην παρουσία του σερπεντίνη-λιζαρδίτη. Η τιμή αυτή δεν είναι άριστη αλλά ακόμα και έτσι μπορεί να ανταπεξέλθει σε πολύ βαριά κυκλοφορία με ελάχιστη απαίτηση το 24% κατά L.A. AASHTO σύμφωνα με τον πίνακα 4.2 στο κεφάλαιο 4. Βέβαια καλύτερα αποτελέσματα θα είχαμε με αξιολογημένες τιμές PSV και AAV σε όλα τα δείγματα .

7.2 Δείγμα 2

Το δείγμα 2 σαν κύριο συστατικό έχει ολιβίνη- $(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$, εξαλλοιωμένο σε μεγάλο βαθμό σε ιδιογκσίτη με ποσοστό 93% και λιζαρδίτη- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$, δείχνοντας την έντονη εξαλλοίωση που έχει επέλθει στο πέτρωμα.. Επίσης περιέχει ανθρακικά ορυκτά, χρωμίτη και μαγνητίτη ενώ παρατηρείται πυροαυρίτης- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ σε ποσοστό 3,6 % και μαγνησίτης- $(\text{Mg}(\text{CO}_3))$ σε ποσοστό 3,3 %. Και σε αυτό το δείγμα τα εξαλλοιωμένα συστατικά αποτελούν μεγάλο μέρος του δείγματος και η αντοχή του στην μέθοδο L.A. αναμένεται μέτρια. Βοηθά και το γεγονός ότι το πέτρωμα είναι μερικώς τεκτονισμένο με φλεβίδια και ασυνέχειες, ενώ οι κόκκοι είναι κατακερματισμένοι

καταστρέφοντας έτσι την δομή και τον ιστό που θα είχε αν το πέτρωμα ήταν υγιές. Τα αποτελέσματα του L.A. δίνουν ένα ποσοστό της τάξης του 20,89% κατά AASHTO και οφείλεται κυρίως στην παρουσία του σερπεντίνη-λιζαρδίτη. Η τιμή αυτή απέχει από το άριστο 15% που μπορεί να έχουν τα υγιή γαββρικά πετρώματα, αλλά πληροί προδιαγραφές απαιτήσεων αντοχών πολύ βαριάς κυκλοφορίας σύμφωνα με τον πίνακα 4.2 στο κεφάλαιο 4 με ελάχιστη απαίτηση το 24% κατά L.A. AASHTO.

7.3 Δείγμα 3

Το δείγμα περιέχει ολιβίνη- $(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4))$ και λιζαρδίτη- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4))$ σε ποσοστό 55,4%. Επίσης περιέχει χρωμίτη και μαγνητίτη. Παρατηρείται μαγνησίτης- $(\text{Mg}(\text{CO}_3))$ σε ποσοστό 33 % και τάλκης. Αυτά τα συστατικά και κυρίως ο τάλκης προσδίδουν στα αδρανή (όταν υπάρχουν σε μικρές ποσότητες) καλύτερη συμπεριφορά στην απότρυψη και στην αντιολισθηρότητα αυτών. Αυτό γίνεται γιατί αναγκάζουν την μάζα του πετρώματος να σπάει με συγκεκριμένο τρόπο πχ. στα σημεία των φλεβιδίων τα οποία είναι γεμισμένα με τάλκη, και έτσι δημιουργείται συνεχώς μία φρέσκια επιφάνεια αντί να λειαίνεται η ίδια και να γλιστράει. Τα εξαλλοιωμένα συστατικά αποτελούν σημαντικό μέρος του δείγματος και η αντοχή του στην μέθοδο L.A. αναμένεται ελαφρώς καλύτερη από τα άλλα. Αρνητικό είναι και το γεγονός ότι ο πέτρωμα είναι έντονα τεκτονισμένο. Τα αποτελέσματα του L.A. δίνουν ένα ικανοποιητικό ποσοστό της τάξης του 20,18% κατά AASHTO και οφείλεται κυρίως στην παρουσία του σερπεντίνη αλλά και του τάλκη ενώ σίγουρα επιδρά αρνητικά και ο έντονος τεκτονισμός του πετρώματος. Ικανοποιεί τις προδιαγραφές καλύτερα από τα υπόλοιπα δείγματα ακόμα και σε πολύ βαριά κυκλοφορία σύμφωνα με τον πίνακα 4.2 στο κεφάλαιο 4 με ελάχιστη απαίτηση το 24% κατά L.A. AASHTO. Επομένως ο συνδιασμός των παραμέτρων που δεν φαίνονται καλές μεμονωμένα μπορούν να τους δώσουν στο σύνολο ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ίσως με μετρήσεις PSV και AAV τα αποτελέσματα να ήταν διαφορετικά και να αποκάλυπταν τυχόν αδυναμίες του συνόλου αυτού κάτι που δεν μπόρεσε η τεχνική LOS ANGELES.

7.4 Δείγμα 4

Το δείγμα περιέχει ολιβίνη- $(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4))$ σε ποσοστό 63 % και την εξαλλοίωσή του τον σερπεντίνη-λιζαρδίτη- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4))$ σε ποσοστό 32%. Αυτός ο συνδιασμός φαίνεται καλύτερος από τα προηγούμενα, αφού τουλάχιστον θεωρητικά έχει πιο υγιή συστατικά. Επίσης παρατηρούνται ανθρακικά ορυκτά (μαγνησίτης και δολομίτης), τα οποία δεν είναι κατάλληλα συστατικά για αντιολισθηρές κατασκευές, ενώ τα αδιαφανή ορυκτά (χρωμίτης και μαγνιτίτης) δεν επηρεάζουν το δείγμα ιδιαίτερα. Υπάρχουν ελάχιστα σημεία με πιθανή ύπαρξη πυροξένων, ενώ και εδώ υπάρχει σε μικρό ποσοστό πυροαυρίτης- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ 4,9 %. Το δείγμα είναι πιο συμπαγές από τα προηγούμενα με καλοσχηματισμένους κόκκους, με σταθερά διάκενα, ενώ δεν παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις του βαθμού εξαλλοίωσης στο σύνολο της επιφάνειάς του.. Τα αποτελέσματα του LOS ANGELES έδωσαν ένα 25,58%, κάτι που καθιστά το συγκεκριμένο υλικό ακατάλληλο για πολύ βαριά κυκλοφορία, ενώ καλύπτει οριακά τις προδιαγραφές για βαριά κυκλοφορία που έχει κατώτατο όριο 26%. Συνετό θα ήταν να χρησιμοποιηθεί για μέση κυκλοφορία με κατώτατο όριο 28%, δίνοντας παράλληλα και κάποιο περιθώριο ασφαλείας.

7.5 Δείγμα 5

Το πέτρωμα αυτό αποτελείται από ολιβίνη και σερπεντινωμένο ολιβίνη, αρκετό τάλκη- $(\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10})$ σε ποσοστό της τάξεως του 34 %, τιμή που είναι υπερβολική αφού ο τάλκης σε μεγάλο ποσοστό γίνεται πρόβλημα προσδίδοντας στο πέτρωμα ολισθηρότητα, τρεμολίτη- $(\text{Ca}_{1,97}\text{Na}_{0,016}\text{Fe}_{0,014})\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ σε ποσοστό 25 % και αδιαφανείς κόκκους που αντιστοιχούν σε χρωμίτη. Τα λίγα ανθρακικά, ο ιδιγκσίτης και ο πυροαυρίτης- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ σε ποσοστό 10 % δεν αποτελούν πρόβλημα. Ο σερπεντίνης (λιζαρδίτης- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4))$) απαντά σε ποσοστό 32 %, το οποίο ποσοστό κρίνεται μέτριο. Η μερική εξαλλοίωση και τα εκτεταμένα διάκενα μεταξύ των κρυστάλλων λόγω εξαλλοίωσης, καθώς και το μεγάλο ποσοστό του τάλκη δίνουν στο πέτρωμα ιδιότητες τέτοιες, ώστε η δοκιμή κατά LOS ANGELES να δώσει τιμή 23,96%.

Με την τιμή αυτή κρίνεται οριακό για χρήση σε πολύ βαριά κυκλοφορία (24%), με καλύτερη τη χρήση του σε απλά βαριά κυκλοφορία (26%).

7.6 Δείγμα 6

Το δείγμα αυτό αποτελείται κυρίως από σερπεντίνη (λιζαρδίτη- $(\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4))$) 80% που είναι υπερβολικό ποσοστό, πυροαυρίτη- $(\text{Fe}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3(\text{H}_2\text{O})_{4,5})$ σε ποσοστό 17,9% και λίγο ολιβίνη- $(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4))$, που είναι ένδειξη κακής κατάστασης του πετρώματος. Παρατηρούνται επίσης ανθρακικά ορυκτά, χρωμίτης, μαγνητίτης και ιδογκσίτης σε μικρά ποσοστά και η παρουσία τους είναι μάλλον αδιάφορη μπροστά στο 80% του σερπεντίνη. Το δείγμα έχει μερική εξαλλοίωση και εκτεταμένα διάκενα μεταξύ των κρυστάλλων. Όλα αυτά δίνουν στο πέτρωμα προδιαγραφές για τιμή LOS ANGELES 23,53% και ισχύει ότι και στο δείγμα 5, δηλαδή είναι οριακό για χρήση σε πολύ βαριά κυκλοφορία και καλό για βαριά κυκλοφορία.

7.7 Συνολική Αξιολόγηση Δειγμάτων

Στα δείγματα 1 , 2 και 3 οι τιμές των LOS ANGELES είναι ξεκάθαρα καλύτερες από τις προδιαγραφές για χρήση σε βαριά και πολύ βαριά κυκλοφορία, ενώ το δείγμα 4 είναι ακατάλληλο για πολύ βαριά και τα δείγματα 5 και 6 οριακά. Στα δείγματα 4, 5, 6 θα βοηθούσαν και αποτελέσματα των PSV και AAV, έτσι ώστε να γίνει πιο σωστή η εκτίμηση λαμβάνοντας υπόψη τις επιπλέον παραμέτρους που θα μας έδιναν αυτά. Τα παραπάνω συνοψίζονται στον πίνακα 7.1.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Αριθμός Δειγμάτων	L.A. (%)	Ελαφρά Κυκλοφορία max 30 %	Μέση Κυκλοφορία max 28 %	Βαριά Κυκλοφορία max 26 %	Πολύ Βαριά Κυκλοφορία max 24 %
1	22,25	✓	✓	✓	✓
2	20,89	✓	✓	✓	✓
3	20,18	✓	✓	✓	✓
4	25,58	✓	✓	οριακά	✗
5	23,96	✓	✓	✓	οριακά
6	23,53	✓	✓	✓	οριακά

Πίν. 7.1: Συνολική αξιολόγηση δειγμάτων για τη χρήση τους ως αδρανή για κατασκευή αντιολισθηρών οδοστρωμάτων.

Βιβλιογραφία

Νταμπίτζιας Σ., Χρυσοστομίδης Π., Μαλτζάρης Φ., Καρατάσου Ε.. (2003). *Σκληρά αδρανή στον ελληνικό χώρο. Πετρολογικοί τύποι και ορυκτολογικά ιστολογικά χαρακτηριστικά*, Ημερίδα «Αδρανή πετρώματα και δομικοί λίθοι», Επιτροπή Οικονομική Γεωλογίας, Ορυκτολογίας, Γεωχημείας της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Θεσσαλονίκη.

Σαχπάζης Κ. (1988). *Τεχνικογεωλογική έρευνα για αδρανή υλικά αντιολισθηρών οδοστρώματων*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κωστάκης Γ. (1999). *Κεφάλαια Ακτινοσκοπίας των Κρυστάλλων*. Σημειώσεις για τους φοιτητές του τμήματος των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά.

Κωστάκης Γ. (1999). *Εισαγωγή στην αξιολόγηση των βιομηχανικών ορυκτών*. Σημειώσεις για τους φοιτητές του τμήματος των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά.

Ρήγας Ι.Κ. (2003). *Εργαστηριακός έλεγχος, αξιολόγηση και καταλληλότητα των πετρωμάτων για παραγωγή αντιολισθηρών ψηφίδων και σκύρων γραμμής*. Δελτίο Κεντρικού Εργαστηρίου Δημοσίων Έργων, Επιστημονική Έκδοση, Αθήνα.

Στρατάκος Η. (2001). *Αντιολισθηρά εύκαμπτα οδοστρώματα-διερεύνηση χρήσης χαλαζιτών Κρήτης ως σκληρά αδρανή υλικά για αντιολισθηρά οδοστρώματα*. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Θεοχάρης Β., Μπρεγιάννης Π. (1998). *Μετρήσεις Αντιολισθηρότητας*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κατσικάτσος Γ.Χ.. (1992). *Γεωλογία της Ελλάδας*. Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πάτρας, Αθήνα.

Κουγιουράκης Κ. (2005). *Τεχνική Μελέτη, εκμετάλλευσης λατομείου αδρανών υλικών (ειδικών χρήσεων), έκτασης 131,492 στρεμμάτων, στην περιοχή του Δημοτικού Διαμερίσματος Βάβδου του Δήμου Ανθεμούντα, Ν.Χαλκιδικής*. ΣΙΘΩΝ Α.Ε., Θεσσαλονίκη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A1. Παρακάτω φαίνονται οι μετρήσεις Los Angeles των δειγμάτων που έγιναν σε εργαστήριο εκτός Πολυτεχνείου.

Δείγμα Νο1

ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΑΧ. ΤΡΥΦΙΑΝΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ 5, ΘΕΡΜΗ (57001) - ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΤΗΛ FAX 210-465075

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΔΟΚΙΜΗ LOS ANGELES - LOS ANGELES TEST

(AASHTO T 96-65)

ΕΡΓΟ :	ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΒΑΒΔΟΥ
PROJECT :	
ΑΝΑΔΟΧΟΣ :	ΣΙΘΩΝ ΑΕ
CONTRACTOR :	
ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ :	ΠΕΤΡΩΜΑ ΒΑΒΔΟΥ
TYPE OF MATERIAL :	
ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ :	ΔΕΙΓΜΑ Νο 1
SAMPLING SPOT :	
ΤΗΝ ΔΕΙΓΜΑ/ΨΙΑ ΕΚΑΝΕ :	Ανάδοχος
SAMPLING BY :	
ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑ/ΨΙΑΣ :	17/6/2005
DATE OF SAMPLING :	
ΑΡ. ΠΡΩΤ. ΑΙΤΗΣΗΣ :	642
REG. NUM. OF APPLICATION :	ΚΩΔ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ : 1181
	CODE SAMPLE :

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - RESULTS

ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (Συγκρατούμενο στο κόσκινο 1,7 mm)	ΕΠΕΛΘΟΥΣΑ ΦΘΟΡΑ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΟΚΙΜΗΣ
GRADING	WEIGHT BEFORE gr	WEIGHT AFTER (Retained on 1,7 mm dia. sieve) gr	ATTRITION	TEST CONDITIONS
A	5000,0	3887,3	22,25%	Στροφές : 500 Rotations Αρ. σφαιρών : 12 Num. of spheres Βάρος : 4980 gr Load of spheres

Θεσσαλονίκη 2/7/2005
Ο προϊστάμενος του εργαστηρίου

Γρηγόριος Αχ. Τρυφιάνης
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

Το εργαστήριο εποπτεύεται από την Γ.Γ.Δ.Ε. για την εκτέλεση της παραπάνω δοκιμής

Δείγμα Νο2

ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΑΧ. ΤΡΥΦΙΑΝΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ 3 ΘΕΡΜΗ (57001) - ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΤΗΛ FAX 2310.465975

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΑΠΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΔΟΚΙΜΗ LOS ANGELES - LOS ANGELES TEST


(A.A.S.H.T.O. T 96-65)

ΕΡΓΟ PROJECT	ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΒΑΒΔΟΥ		
ΑΝΑΔΟΧΟΣ CONTRACTOR	ΣΙΘΩΝ ΑΕ		
ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ TYPE OF MATERIAL	ΠΕΤΡΩΜΑ ΒΑΒΔΟΥ		
ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ SAMPLING SPOT	ΔΕΙΓΜΑ No 2		
ΤΗΝ ΔΕΙΓΜΑ/ΨΙΑ ΕΚΑΝΕ SAMPLING BY	Ανάδοχος		
ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑ/ΨΙΑΣ DATE OF SAMPLING	17/6/2005		
ΑΡ. ΠΡΩΤ. ΑΙΤΗΣΗΣ REG. NUM. OF APPLICATION	642	ΚΩΔ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ CODE SAMPLE	1182

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - RESULTS

ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ GRADING	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ WEIGHT BEFORE gr	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (Συγκρατούμενο στο κόσκινο 1,7 mm) WEIGHT AFTER (Retained on 1,7 mm dia. sieve) gr	ΕΠΕΛΘΟΥΣΑ ΦΘΟΡΑ ATTRITION	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΟΚΙΜΗΣ TEST CONDITIONS
A	5000,0	3955,3	20,89%	Στροφές : 500 Rotations Αρ. σφαιρών : 12 Num. of spheres Βάρος : 4980 gr Load of spheres

Θεσσαλονίκη 2/7/2005
Ο προϊστάμενος του εργαστηρίου


Γρηγόριος Αχ. Τρυφιάνης
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ

Το εργαστήριο εποπτεύεται από την Γ.Γ.Δ.Ε. για την εκτέλεση της παραπάνω δοκιμής