



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

---

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: << ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΑ ΕΥΚΑΜΠΤΑ  
ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ – ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ  
ΧΑΛΑΖΙΤΩΝ ΚΡΗΤΗΣ ΩΣ ΣΚΛΗΡΑ ΑΔΡΑΝΗ  
ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ >>**



**ΗΛΙΑΣ ΣΤΡΑΤΑΚΟΣ**

**Εξεταστική επιτροπή :**

**Μαρκόπουλος Θεόδωρος ( Καθηγητής, επιβλέπων )**

**Χριστίδης Γεώργιος ( Επίκουρος Καθηγητής )**

**Γαλετάκης Μιχάλης ( Δρ. Μεταλλειολόγος Μηχανικός )**

**ΧΑΝΙΑ  
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2001**

*Αφιερωμένη...στους γονείς μου.*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Διπλωματική αυτή εργασία έγινε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος “ΠΕΠ Κρήτης”, με τίτλο : “ Έρευνα εντοπισμού και αξιοποίησης αδρανών υλικών, λευκών ανθρακικών και διακοσμητικών πετρωμάτων της νήσου Κρήτης”, σε συνεργασία με το Εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας του Πολυτεχνείου.

Θέλω να ευχαριστήσω τους Επίκουρο Καθηγητή Αντρέα Λοΐζο και Αναπληρωτή Καθηγητή Στέλιο Κόλλια, του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, καθώς και τον κύριο Ι. Κουμαντάκη, Καθηγητή Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Μεταλλειολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου για την βοήθεια τους στην εύρεση σχετικής βιβλιογραφίας. Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τον κύριο Γιάννη Φατσέα, Διευθυντή Εποπτείας Εργαστηρίων της Γενικής Διεύθυνσης Ποιότητας Δημοσίων Έργων, για τις τεχνικές οδηγίες για την κατασκευή αντισισθηρών ασφαλικών στρώσεων, που μου παραχώρησε. Επίσης τον κύριο Ιωάννου Νικόλαο, υπεύθυνο της Διεύθυνσης Τροχαίας του Υπουργείου Δημόσιας Τάξης για τους πίνακες των τροχαίων ατυχημάτων μαζί με τις συνέπειες και τα αίτιά τους, καθώς και για την εργασία της Διακομματικής Κοινοβουλευτικής Επιτροπής για την μελέτη του προβλήματος των τροχαίων ατυχημάτων, που μου παραχώρησε. Δεν θα μπορούσα να ξεχάσω τους υπεύθυνους στις Βιβλιοθήκες του ΙΓΜΕ, του ΤΕΕ, της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, καθώς και του Πολυτεχνείου Κρήτης, για την βοήθειά τους στον εντοπισμό σχετικής βιβλιογραφίας.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω την κυρία Ευτυχία Ρεπούσκου, Γεωλόγο, επιστημονικό συνεργάτη και μέλος ΕΔΤΠ, για την συμβολή της στην λήψη φωτογραφιών από τις λεπτές τομές καθώς και στην περιγραφή αυτών των φωτογραφιών. Επίσης τον Δρ. Γιώργο Αλεβίζο, Ορυκτολόγο και μέλος ΕΔΤΠ, για την βοήθειά του στην περιθλασημετρία των ακτίνων Χ και στην λήψη των ακτινοδιαγραμμάτων. Σημαντική ήταν η βοήθεια του κύριου Γιώργιου Αποστολάκη μέλος ΕΤΕΠ, για την ουσιαστική συμβολή του στην δημιουργία των λεπτών τομών, καθώς και τον κύριο Αντωνίου Σκουνάκη μέλος ΕΤΕΠ, για την βοήθειά του στην λειοτρίβηση των δειγμάτων κατά την προετοιμασία τους για την περιθλασημετρία των ακτίνων Χ. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Θεόδωρο Μαρκόπουλο, ο οποίος μου πρότεινε το συγκεκριμένο θέμα, και με την βοήθεια, τις συμβουλές και την καθοδήγηση του οποίου ολοκλήρωσα αυτή την εργασία, καθώς και τους Επίκουρο Καθηγητή Χριστίδη Γεώργιο και Δρ. Γαλετάκη Μιχάλη για τον χρόνο που αφιέρωσαν, και με τις παρατηρήσεις και υποδείξεις τους συνέβαλαν στην δημιουργία της τελικής δομής της εργασίας.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από αρχαιοτάτων χρόνων έγινε φανερό ότι η επιφάνεια της γης στην φυσική της κατάσταση σπάνια είναι κατάλληλη για την κυκλοφορία των ανθρώπων και την μεταφορά των αγαθών από το ένα μέρος στο άλλο. Σε ολόκληρη την ιστορία της κατασκευής των οδών, από την Ρωμαϊκή εποχή μέχρι σήμερα, οι άνθρωποι καταβάλλουν ιδιαίτερες προσπάθειες για να καλύπτουν ή να βελτιώνουν τα επιφανειακά εδάφη, με την κατασκευή κατάλληλων για τα τροχοφόρα μέσα οδών.

Οι Ρωμαίοι κάλυπταν τα εδάφη τους με προσεκτική τοποθέτηση πάνω σε αυτά ενός στρώματος λίθων. Οι Mac Adam και Telford πρότειναν κάποιες παρόμοιες μεθόδους οι οποίες εφαρμόζονταν ευρέως μέχρι και τις πρώτες δεκαετίες του εικοστού αιώνα. Αργότερα άρχισαν να εμφανίζονται τα άκαμπτα οδοστρώματα (δρόμοι από BETON), τα οποία όμως σύντομα άρχισαν να αντικαθίστανται από τα εύκαμπτα οδοστρώματα. Η μεταβολή αυτή παρατηρήθηκε σε χώρες όπως η Γερμανία, η Γαλλία και οι Η.Π.Α., όπου ο αριθμός των χιλιομέτρων των ασφαλικών οδοστρωμάτων αυξήθηκε θεαματικά σε σχέση με το οδόστρωμα από BETON. 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 τη χρησιμοποίηση τέτοιων στρώσεων.

Τα τελευταία τριάντα χρόνια έχει αναγνωριστεί διεθνώς η αντιολισθηρότητα σαν μια από τις σημαντικότερες ιδιότητες των επιφανειών των οδοστρωμάτων, αφού συνδέει τους χρήστες της με σχέση ασφάλειας ή ακόμη και ζωής. Ειδικότερα στον Ελληνικό χώρο το πρόβλημα της ολισθηρότητας των οδοστρωμάτων είναι ιδιαίτερα οξύ, όπως αποδεικνύεται από τον υψηλό δείκτη τροχαίων ατυχημάτων, όσο και από τους χαμηλούς γενικά συντελεστές τριβής που έχουν μετρηθεί στο οδικό μας δίκτυο. Οι βασικές αιτίες των χαμηλών συντελεστών τριβής στην Ελλάδα, αποδίδονται κυρίως αφ' ενός μεν στην εκτεταμένη χρήση ασβεστολιθικών ψηφίδων στις ασφαλικές επιφάνειες, δηλαδή υλικών που λειαίνονται εύκολα και σε υψηλό βαθμό, αφ' ετέρου δε στην χρήση μεθόδων κατασκευής που οδηγούν στην εξίδρωση της ασφάλτου στην επιφάνεια των δρόμων. Αν σκεφτεί κανείς ότι τα αδρανή υλικά συμμετέχουν στην σύνθεση των ασφαλικών ταπήτων σε ποσοστό μεγαλύτερο του 92%, συμπεραίνουμε ότι το πρόβλημα μετατοπίζεται κυρίως στον εντοπισμό κατάλληλων πετρωμάτων για παραγωγή αδρανών υλικών, με το οποίο ασχολείται η εργασία αυτή.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν γίνεται αρχικά μια Βιβλιογραφική αναφορά σχετικά με τα τροχαία ατυχήματα και την ολισθηρότητα, για την δομή των εύκαμπτων οδοστρωμάτων, για τους μηχανισμούς δημιουργίας συνθηκών ολισθηρότητας και για τα αδρανή υλικά συνήθη και αντιολισθηρά. Στην συνέχεια περιγράφονται οι εργαστηριακές δοκιμές ελέγχου των αντιολισθηρών αδρανών, προδιαγραφές αντιολισθηρών αδρανών υλικών, η γεωλογική δομή της Κρήτης, η δειγματοληψία που ακολούθησε καθώς και τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών, τα οποία συνοδεύονται από ένα κεφάλαιο με τα συμπεράσματα και τις προτάσεις. Στα παραρτήματα που ακολουθούν εμφανίζονται πίνακες και διαγράμματα σε σχέση με τον αριθμό των τροχαίων ατυχημάτων, μέθοδοι μέτρησης της επιφανειακής υφής καθώς και μέθοδοι μέτρησης της ολισθηρότητας των οδοστρωμάτων.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.</b>	
<b>ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑ</b>	
1.1 Γενικά για τα ατυχήματα	1
1.2 Ολισθηρότητα και ατυχήματα	2
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
<b>ΔΟΜΗ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ</b>	
2.1 Γενικά	6
2.2 Ασφαλτικά μίγματα	8
2.3 Ο μηχανισμός τριβής του ελαστικού υλικού	9
2.3.1 Συντελεστής πρόσφυσης	11
2.3.2 Συντελεστής υστέρησης	11
2.4 Ο μηχανισμός τριβής του ελαστικού ενός οχήματος	13
2.5 Μακροτραχύτητα – Μικροτραχύτητα	16
2.6 Ταξινόμηση των επιφανειακών υφών του οδοστρώματος	18
2.7 Το φαινόμενο της υδρολίσθησης	21
2.8 Μεταβολές της αντιολισθηρότητας	24
2.8.1 Εποχιακές μεταβολές	24
2.8.2 Διαχρονικές μεταβολές	25
2.8.3 Μεταβολές λόγω κυκλοφοριακού φόρτου	27
2.8.4 Μεταβολές λόγω θέσης της επιφάνειας	28
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.</b>	
<b>ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ</b>	
3.1 Γενικά	30
3.2 Τεχνικές και οικονομικές παράμετροι	30
3.3 Τεχνικές παράμετροι	30
3.4 Οικονομικές παράμετροι	31
3.5 Καθορισμός των ελάχιστων απαιτήσεων της αντιολισθηρότητας	32
3.6 Ατυχήματα ολίσθησης και αντιολισθηρότητα οδοστρωμάτων	33
3.7 Συμπεριφορά οδήγησης και αντιολισθηρότητα οδοστρωμάτων	33
3.8 Τεχνικές μέτρησης αντιολισθηρότητας	33
3.9 Κατάταξη των μεθόδων μέτρησης της αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.</b>	
<b>ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΣΥΝΗΘΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΑ</b>	
4.1 Ορισμός αδρανών υλικών	37
4.2 Κατηγορίες αδρανών υλικών με βάση τα μεγέθη τους	37
4.3 Πηγές αδρανών υλικών	38
4.4 Πετρώματα για παραγωγή θραυστών αδρανών	42
4.4.1 Πυριγενή πετρώματα ή ενδογενή πετρώματα	42
4.4.2 Ιζηματογενή πετρώματα	44
4.4.3 Μεταμορφωσιγενή πετρώματα	45

4.4 Χαρακτηριστικά των “Αντιολισθηρών” αδρανών	47
4.5 Ιδιαίτερες απαιτούμενες ιδιότητες των αδρανών	47
4.6 Ορισμός και περιγραφή ιδιοτήτων	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .</b>	
<b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ</b>	
5.1 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles	51
5.2 Δοκιμή αντίστασης αδρανών σε στίλβωση (PSV)	53
5.3 Δοκιμή αντίστασης σε απότριψη (AAV)	56
5.4 Περιθλασιμετρία ακτίνων – Χ (XRD)	59
5.5 Πολωτικό μικροσκόπιο	60
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.</b>	
<b>ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΞΕΝΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΑΔΡΑΝΗ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΩΝ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ</b>	
6.1 Απαιτήσεις και συστάσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Βρετανία	61
6.1.1 Χαρακτηριστικά ύλης	61
6.1.2 Χαρακτηριστικά από την κατεργασία	62
6.1.3 Συμπληρωματικά χαρακτηριστικά	66
6.2 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στη Γαλλία	66
6.2.1 Γενικά	66
6.2.2 Χαρακτηριστικά ύλης	68
6.2.3 Χαρακτηριστικά από την κατεργασία	70
6.3 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στη Γερμανία	70
6.3.1 Χαρακτηριστικά ύλης	70
6.3.2 Χαρακτηριστικά από την κατεργασία	71
6.4 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στο Βέλγιο	73
6.5 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Ολλανδία	74
6.6 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Ιαπωνία	74
6.7 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Ισπανία	75
6.8 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Ελβετία	75
6.9 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στις Ηνωμένες Πολιτείες	75
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.</b>	
<b>ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ – ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>	
7.1 Η γεωλογική δομή της Κρήτης	77
7.2 Η Φυλλιτική-Χαλαζιτική σειρά	79
7.3 Γενικά στοιχεία για την Δειγματοληψία και την Προετοιμασία των δειγμάτων	81
7.4 Δειγματοληψία	83
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 .</b>	
<b>ΜΕΛΕΤΗΘΕΝΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	
8.1 Λεπτές τομές – Παρατηρήσεις με το πολωτικό μικροσκόπιο	90
8.2 Περιθλασιμετρία ακτίνων – Χ (ΑΝΑΛΥΣΗ ΧRD)	105
8.3 Δοκιμή αντίστασης αδρανών σε στίλβωση (PSV)	105
8.4 Δοκιμή αντίστασης αδρανών σε απότριψη (AAV)	106
8.5 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles	107

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.</b>	
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	
9.1 Συμπεράσματα	112
9.2 Προτάσεις	115
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I</b>	
1.1 Αριθμός τροχαίων ατυχημάτων, Ευρώπης-Ελλάδας	118
1.2 Κόστος Τροχαίων Ατυχημάτων	128
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II</b>	
2.1 Μέθοδοι μέτρησης της επιφανειακής υφής	132
2.1.1 Μετρήσεις της μακρουφής	132
2.1.1.1 Μέθοδος της “κηλίδας της άμμου”	132
2.1.1.2 Μέθοδος της ροής νερού	133
2.1.1.3 Άλλες μέθοδοι μέτρησης μακρουφής	134
2.2 Μετρήσεις μικροϋφής	134
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III</b>	
3.1 Φορητοί μετρητές	138
3.2 Μέθοδος απόστασης ακινητοποίησης οχήματος κατά την τροχοπέδηση	139
3.3 Μέθοδος μέτρησης της τριβής με πλήρη ολίσθηση και σταθερή ταχύτητα	140
3.4 Μέθοδος μέτρησης τριβής με μερική ολίσθηση	140
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

## ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑ

### 1.1 Γενικά για τα ατυχήματα

Κάθε ατύχημα είναι το τελικό αποτέλεσμα ενός συστήματος τριών παραγόντων:

- 1) του **Χρήστη** (οδηγοί, επιβάτες, πεζοί),
- 2) του **Οχήματος** (τετράτροχα, δίκτροχα, ρυμουλκούμενα κτλ),
- 3) της **Οδικής Υποδομής & του Οδικού Περιβάλλοντος** (οδόστρωμα, σήμανση, σηματοδότηση, φωτισμός, κεντρικά & πλευρικά στηθαία, διαφημίσεις, κλιματολογικές συνθήκες κτλ), στους οποίους οι τελευταίες εκθέσεις της Ευρωπαϊκής Πολιτικής προσθέτουν και :
- 4) τον **Έλεγχο του Συστήματος** (Επιτήρηση, Αστυνόμευση, Πρόληψη, Καταστολή, Περίθαλψη, Συντήρηση κτλ)

Κάθε πολιτική για τα τροχαία ατυχήματα πρέπει να αντιμετωπίζει και τους 4 παράγοντες με συνδυασμένο σχεδιασμό. Μόνο ο συντονισμός και των 4 παραγόντων μπορεί να δώσει αποτελέσματα βελτίωσης των συνθηκών οδικής ασφάλειας.

Θα είχε πραγματικό ενδιαφέρον η κατανομή της ευθύνης των τροχαίων ατυχημάτων στους παραπάνω 4 παράγοντες. Αυτό όμως είναι ιδιαίτερα δύσκολο λόγω της διαπλοκής των ανωτέρω παραγόντων.

Υπάρχουν κάποιες εκτιμήσεις, όπως ότι στην Μεγάλη Βρετανία τα ποσοστά συνυπευθυνότητας είναι 85% για τους χρήστες και 15% για το όχημα και την οδική υποδομή (στην χώρα μας με χαμηλή οδική υποδομή, θα αναμενόταν διαφοροποίηση των ποσοστών εις βάρος της οδικής υποδομής).

Πάντως κανένας διεθνής οργανισμός δεν κατένειμε ποτέ με επίσημα στοιχεία τις ευθύνες στους παραπάνω 4 παράγοντες, γιατί αυτοί αλληλεπιδρούν και αποτελούν ενιαίο σύστημα.

Το γεγονός όμως ότι στα περισσότερα ατυχήματα συνυπάρχουν και λάθη του οδηγού ή κακή συμπεριφορά του κατά την οδήγηση, δεν πρέπει να μας οδηγεί σε λάθος συμπεράσματα (και στην απόδοση της ευθύνης αποκλειστικά στον οδηγό), γιατί **η συμπεριφορά του κάθε χρήστη εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες που αντιμετωπίζει κατά την διαδρομή και οι οποίες δεν υπόκεινται στον έλεγχό του.**

Οι συνέπειες των λαθών των οδηγών διαφέρουν πάρα πολύ ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων οχημάτων ή του οδικού συστήματος.

Μεταξύ των παραγόντων αυτών, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ο ανθρώπινος παράγοντας είναι εκείνος που χρειάζεται ιδιαίτερη μέριμνα. Οι οδηγοί πρέπει να αντιμετωπίζονται ως εν δυνάμει θύματα, ανεξάρτητα από την εμπλοκή τους στην πρόκληση του ατυχήματος.



## 1.2 Ολισθηρότητα και ατυχήματα

Ένα σημαντικό ποσοστό στο σύνολο των οδικών ατυχημάτων οφείλεται στην ολισθηρότητα των οδών. Η ολισθηρότητα μπορεί να είναι είτε το κύριο είτε και το δευτερεύον αίτιο σε ένα ατύχημα. Αν και όπως αναφέραμε στην αρχή οι παράγοντες που συντελούν σε ένα ατύχημα αλληλεπιδρούν και αποτελούν ενιαίο σύστημα έχουν γίνει προσπάθειες ώστε να προσδιορισθεί το ποσοστό των ατυχημάτων που οφείλονται σε ολισθηρότητα. Στατιστικές μετρήσεις και αναλύσεις των αιτιών των ατυχημάτων αποδεικνύουν ότι το ποσοστό αυτό δεν είναι ευκαταφρόνητο.

Για τις ξένες χώρες το ποσοστό αυτό προσδιορίζεται μεταξύ του 15-25% και μεταβάλλεται από χώρα σε χώρα ανάλογα με τα κριτήρια χαρακτηρισμού του ατυχήματος. Στον Πίνακα 1.1 φαίνονται τα ποσοστά των ατυχημάτων από ολισθηρότητα, από στοιχεία που ανακοινώθηκαν σε Συνέδριο της PIARC (Μόνιμη Διεθνής Επιτροπή Οδικών Συνεδρίων).

**Πίνακας 1.1 : Ποσοστά Ατυχημάτων από Ολισθηρότητα**

ΧΩΡΑ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΟΔΟΥ	
	ΞΕΡΗ	ΒΡΕΓΜΕΝΗ
ΑΓΓΛΙΑ	17%	32%
ΓΑΛΛΙΑ	10%	25%
ΒΕΛΓΙΟ	5%	20%
GERMANIA	7%	15%

Θα πρέπει ακόμα να ληφθεί υπόψη ότι στις παραπάνω χώρες από πολλά χρόνια κατασκευάζονται αντιολισθηρά οδοστρώματα και ότι έχει τελείως αποκλειστεί η χρήση ασβεστολιθικών αδρανών από τις στρώσεις κυλίσεως, ενώ παράλληλα έχουν πολλές βροχερές ημέρες.

Όσον αφορά στην Ελλάδα ενδεικτικό είναι το άρθρο που δημοσιεύτηκε τον Σεπτέμβριο του 1998 στην εφημερίδα "ΤΑ ΝΕΑ". Κάτω από τον τίτλο: "Εθνική οδός Γυαλί" αναφέρεται στο τροχαίο ατύχημα που έλαβε χώρα, όταν λεωφορείο των ΚΤΕΛ Ευβοίας, κινούμενο στην εθνική οδό Αθηνών-Λαμίας στο ρεύμα προς την Αθήνα και στην μεσαία λωρίδα, προσπαθώντας να προσπεράσει μια προπορευόμενη νταλίκια, ξέφυγε από την πορεία του, βγήκε από τον δρόμο και έπεσε σε χαντάκι όμβριων υδάτων βάθους 10 μέτρων. Δύο άνθρωποι έχασαν την ζωή τους και άλλοι 33 τραυματίστηκαν. Η ολισθηρότητα της ασφάλτου στο σημείο που ο οδηγός έχασε τον έλεγχο του λεωφορείου βρέθηκε ότι είναι πολύ κάτω από τα καθορισμένα ανεκτά επίπεδα ασφάλειας, όπως θα εξηγηθεί και σε επόμενο κεφάλαιο. Από μετρήσεις που πραγματοποίησαν ειδικά συνεργεία του Τμήματος Υλικών Οδών και Οδοστρωμάτων του Κεντρικού Εργαστηρίου Δημοσίων Έργων (ΚΕΔΕ) του ΥΠΕΧΩΔΕ, με την μέθοδο

του εκκρεμούς, ο συντελεστής ολισθηρότητας του οδοστρώματος κυμαίνεται από 33,5 (μεσαία λωρίδα) έως 36,8 (δεξιά λωρίδα), ενώ το ελάχιστο (ανεκτό) επίπεδο ασφάλειας είναι 55! Όπως εξηγεί ο μέχρι πρότινος προϊστάμενος του Τμήματος Υλικών Οδών και Οδοστρωμάτων του ΚΕΔΕ και νυν διευθυντής Εποπτείας Εργαστηρίων της Γενικής Διεύθυνσης Ποιότητας Δημοσίων Έργων κ. Γιάννης Φατσέας << ο συντελεστής τριβής και ολισθηρότητας, καθώς και η υφή της επιφάνειας (τραχύτητα) του οδοστρώματος βρίσκονται κάτω από τα ανεκτά επίπεδα και αποτέλεσε έναν από τους βασικούς παράγοντες πρόκλησης του ατυχήματος γιατί δεν παρείχε στον οδηγό την ασφάλεια που θα έπρεπε >>. Ανάλογη άποψη εκφράζει και ο πρώην Διοικητής Τροχαίας Αθηνών κ.Διονύσιος Καλαντζής, ο οποίος έχει ορισθεί ως πραγματογνώμονας για τις συνθήκες και τα αίτια του ατυχήματος από την Τροχαία Κηφισιάς. << Είναι σαφές ότι η ολισθηρότητα του οδοστρώματος αποτέλεσε έναν από τους βασικούς παράγοντες που οδήγησαν στην εκτροπή του λεωφορείου >>. Η επιδείνωση που παρουσιάζουν οι ελληνικοί δρόμοι, σύμφωνα με τον κ.Φατσέα, οφείλεται << στις παρατεταμένες υψηλές θερμοκρασίες που επικράτησαν τους καλοκαιρινούς μήνες. Η άσφαλτος έχει σκεπάσει τα αδρανή υλικά και έχει κλείσει τους πόρους, με αποτέλεσμα η τραχύτητα του οδοστρώματος να είναι μειωμένη. Με τα πρωτοβρόχια, η σκόνη και τα λάδια που έχουν επικαθίσει στην άσφαλτο θα την μετατρέψουν σε πίστα πατινάζ >> .

Από το δελτίο που εκδίδει κάθε χρόνο το Υπουργείο Δημόσιας Τάξης και η Διεύθυνση Τροχαίας και αφορά τις αιτίες των ατυχημάτων φαίνεται ότι για το 1994 στην ολισθηρότητα οφειλόταν το 1,65% των ατυχημάτων. Για τα έτη 1995,1996,1997 τα ποσοστά ήταν αντίστοιχα 1,97%, 2,15%, 1,46%. Τα ποσοστά αυτά είναι ιδιαίτερα μικρά, σε σχέση με την πραγματικότητα και αυτό πιθανώς να οφείλεται στον τρόπο διατύπωσης των αιτιών, στο δελτίο. Γενική είναι η εντύπωση ότι το ποσοστό των ατυχημάτων εξαιτίας ολισθηρότητας των δρόμων κυμαίνεται και στην χώρα μας μεταξύ των ορίων που κυμαίνεται και στις ξένες χώρες, δηλαδή μεταξύ 15-25%.

Με την προϋπόθεση ότι το ποσοστό είναι 15%, βρίσκουμε ότι ο αριθμός των ατυχημάτων που οφείλονταν σε ολισθηρότητα, από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Αύγουστο του 1998 (βάση των προσωρινών στοιχείων της στατιστικής υπηρεσίας) είναι 2.600, ο αριθμός των θανάτων 226 και ο αριθμός των τραυματιών 3.395, ενώ το κοινωνικό-οικονομικό κόστος ανέρχεται σε 36 δις. δρχ περίπου. Υπάρχουν και εκατοντάδες αν όχι χιλιάδες μικροατυχήματα για τα οποία ευθύνεται η ολισθηρότητα και τα οποία δεν δηλώνονται. Εκτός από τα ατυχήματα, η ολισθηρότητα είναι και ο κυριότερος παράγοντας στις καθυστερήσεις της κυκλοφορίας, που τόσο έντονα παρουσιάζεται στις μεγάλες πόλεις και στην Αθήνα, ειδικότερα κατά τη διάρκεια των βροχερών ημερών.

Εξ άλλου οι λόγοι που ενισχύουν την άποψη ότι ο αριθμός των ατυχημάτων από ολισθηρότητα στην χώρα μας δεν είναι ευκαταφρόνητος είναι οι εξής:

- Η σχεδόν αποκλειστική χρήση αδρανών υλικών από ασβεστόλιθο για τις στρώσεις κυλίσεως. Όπως θα εξηγηθεί παρακάτω ο ασβεστόλιθος λειαίνεται πολύ γρήγορα και οι επιφάνειες γίνονται ολισθηρές.
- Η παρουσία πάνω στους πιο πολλούς δρόμους λεπτής σκόνης μαζί με λάδια και λοιπά υλικά (γλίτσα όπως λέγεται), που όταν διαβραχεί δρα σαν λιπαντικό και ο δρόμος γίνεται ολισθηρός. Το φαινόμενο είναι πολύ έντονο στην αρχή της βροχής.
- Η εξάντληση εξαιτίας της μεγάλης τιμής τους και άγνοιας από πολλούς οδηγούς, των ραβδώσεων των πελμάτων των ελαστικών και όπως θα δούμε τα λεία λάστιχα έχουν

πολύ μικρή πρόσφυση σε υγρές επιφάνειες. Βέβαια, αυτή είναι κακώς εννοούμενη οικονομία γιατί και το πιο μικρό ατύχημα που μπορεί να συμβεί στοιχίζει πολύ περισσότερο από τα λάστιχα.

- Η άγνοια του προβλήματος από πολλούς νέους οδηγούς και η αδυναμία εκτίμησης των αυξημένων κινδύνων σε βρεγμένα και ολισθηρά οδοστρώματα.

Στο Κέντρο Ερευνών Οδών και Οδοστρωμάτων της Αγγλίας (T.R.R.L. No 319) έγινε μια έρευνα στην οποία περιλαμβανόταν η συστηματική παρακολούθηση των ατυχημάτων σε επικίνδυνες ζώνες οδοστρωμάτων. Σε αυτήν εντοπίστηκαν 55 επικίνδυνες θέσεις μέσου μήκους 400 μέτρων η κάθε μία και επί 2 χρόνια και 2 μήνες γίνονταν συστηματικές μετρήσεις των ατυχημάτων που συνέβησαν στις ζώνες αυτές. Στην συνέχεια, έγινε αναγέννηση της αντιολισθηρότητας (αύξηση του Συντελεστή Αντίστασης σε Ολίσθηση) των ζωνών αυτών, και μετρήθηκαν τα ατυχήματα στις ίδιες θέσεις, για 2 χρόνια και 8 μήνες. Αποδείχθηκε τότε ότι υπήρχε μια πολύ σημαντική μείωση των ατυχημάτων. Στον Πίνακα 1.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής.

**Πίνακας 1.2 :** Σύγκριση τροχαίων ατυχημάτων πριν και μετά την αναγέννηση της αντιολισθηρότητας

Ατυχήματα σε 55 ζώνες έρευνας	Ατυχήματα πριν την επεξεργασία	Ατυχήματα μετά την επεξεργασία	Ποσοστό μείωσης των ατυχημάτων
Ατυχήματα λόγω Ολίσθησης	723	130	82,0%
Σύνολο Ατυχημάτων	1.025	321	68,7%

Από μία αντίστοιχη έρευνα που έγινε σε 25 προσβάσεις κόμβων στο Λονδίνο, προέκυψε ότι μετά την κατασκευή αντιολισθηρών στρώσεων, ο αριθμός των ατυχημάτων μειώθηκε εντυπωσιακά. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης “πριν και μετά” για περιόδους από 2 έως 12 μήνες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3. Μεγάλες μειώσεις παρουσιάζονται στις συγκρούσεις “από πίσω” και σε ατυχήματα με συμμετοχή πεζών. Επίσης, μεγάλες μειώσεις παρουσιάζονται στα ατυχήματα που έγιναν την νύκτα και σε υγρές επιφάνειες οδών.

Ανάλογη είναι και η Ελληνική εμπειρία. Μετά από επεξεργασία, που έγινε το 1970, χωρίς καμιά άλλη τροποποίηση των χαρακτηριστικών της οδού, στη στροφή της παραλιακής Λεωφόρου του Φαλήρου (στροφή “Ούλεν”), παρατηρήθηκε μείωση του συνόλου των ατυχημάτων κατά 69%, ενώ στα ατυχήματα στα οποία υπήρχαν τραυματισμοί ή θάνατοι κατά 81%.

Επίσης, εκτός της σημαντικής μείωσης των ατυχημάτων, η οικονομική σύγκριση του κόστους των αντιολισθηρών επεξεργασιών, σε σχέση με τις υλικές, και μόνο, ζημιές των ατυχημάτων, αποδείχθηκε ότι αυτά στοίχιζαν δεκαπλάσιο ποσό.

Κατ’επέκταση και συγκριτικά θα πρέπει να δεχθούμε ότι και η Ελληνική Εθνική Οικονομία έχει να ωφεληθεί κατά πολύ από την κατασκευή αντιολισθηρών οδοστρωμάτων.

**Πίνακας 1.3 :** Ατυχήματα με τραυματισμούς πριν και μετά την κατασκευή αντιολισθηρών επιφανειακών στρώσεων σε 25 προσβάσεις κόμβων στο Λονδίνο

	Σύγκρουση “από πίσω”		Ατυχήματα με πεζούς		Λοιπά		Σύνολο	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Νύκτα	14	0	21	7	47	15	82	22
Ημέρα	8	2	19	18	34	33	61	53
Υγρή επιφάνεια Οδών	11	0	11	4	31	19	53	23
Ξηρή επιφάνεια Οδών	11	2	29	21	45	29	85	52
Μοτοσικλότες	2	0	6	4	14	3	22	7

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΔΟΜΗ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ**

#### **2. 1 Γενικά**

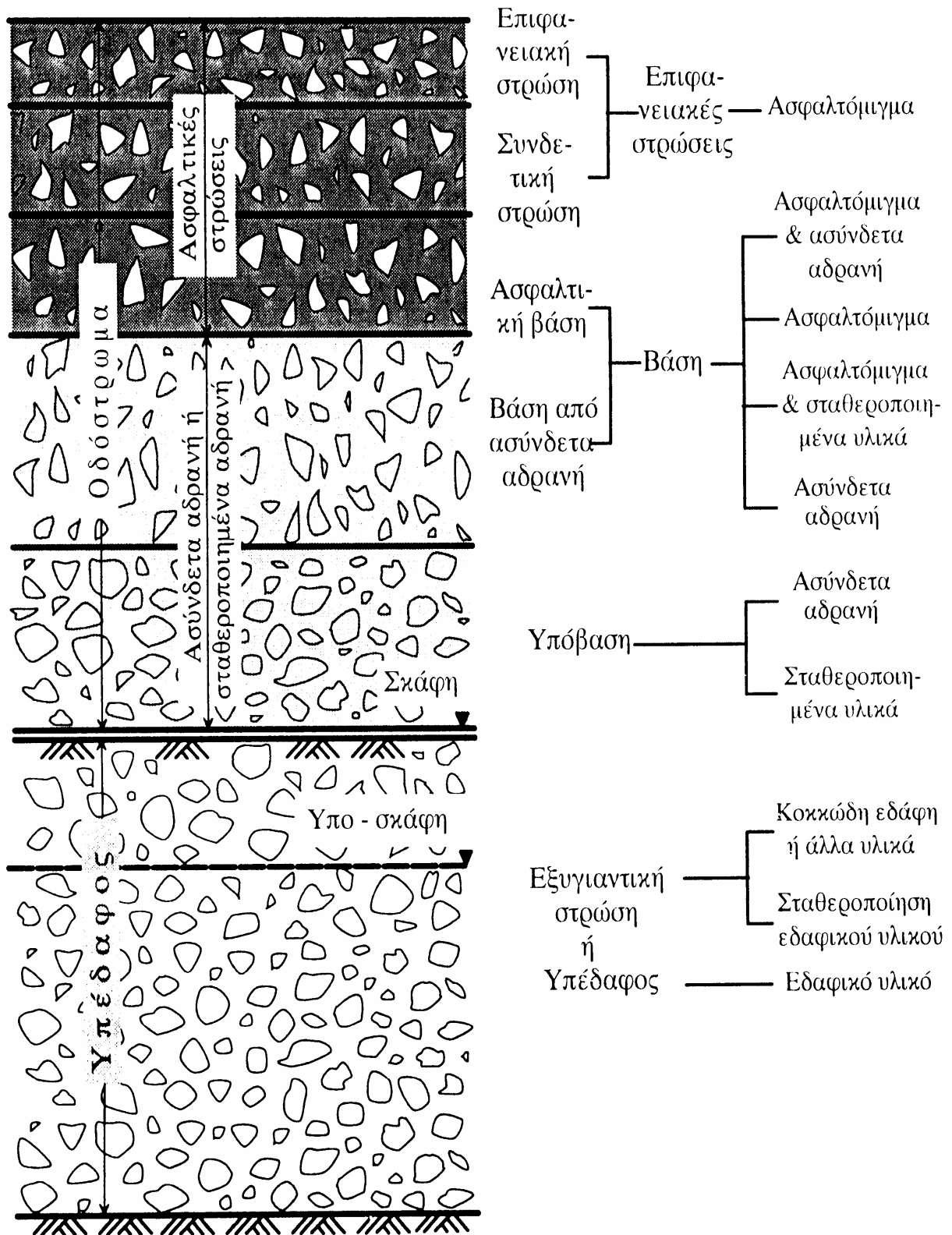
Οδόςτρωμα ορίζεται το σύνολο των επάλληλων στρώσεων που είναι πάνω από το φυσικό έδαφος για την δημιουργία της οδού. Το οδόςτρωμα είναι μια σύνθετη κατασκευή που έχει να επιτελέσει διάφορες λειτουργίες που είναι ανόμοιες μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό κάνει την κατασκευή αρκετά πολύπλοκη.

Ο αντικειμενικός σκοπός του οδόςτρώματος 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 οδόςτρώματος 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 οδόςτρώματος 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 οδόςτρώματος, 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 οδόςτρώματος βασίζεται στην διαφορετική μηχανική συμπεριφορά των στρώσεων, ομαδοποιημένων, και χρησιμοποιείται σήμερα ως βάση για την ανάπτυξη όλων των μεθοδολογιών διαστασιολόγησης των εύκαμπτων οδόςτρωμάτων.

Κατασκευαστικά το εύκαμπτο οδόςτρωμα διακρίνεται σε τρεις ομάδες στρώσεων: την επιφανειακή στρώση (ή στρώσεις), τη βάση και την υποβάση. Ορισμένες φορές, λόγω ύπαρξης πολύ ασθενούς υπεδάφους κατασκευάζεται και εξυγιαντική στρώση μεταξύ υποβάσεως και υπεδάφους. Τυπική κατασκευαστική διατομή εύκαμπτου οδόςτρώματος δίνεται στο Σχήμα 2.1.



**Σχήμα 2.1 :** Τυπική κατασκευαστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος

## 2.2 Ασφαλτικά μίγματα

Με την ονομασία “ασφαλτόμιγμα” εννοούμε το υλικό κατασκευής των επιφανειακών στρώσεων μιας οδού, το οποίο παρασκευάζεται με την ανάμειξη αδρανών υλικών με κάποιο ασφαλικό συνδετικό.

Σαν ασφαλικό συνδετικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθαρή άσφαλτος, ασφαλικό διάλυμα ή ακόμα και ασφαλικό γαλάκτωμα.

Τα διάφορα είδη των ασφαλικών 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.

Στις Η.Π.Α. το A.A.S.H.O. απέδειξε, ότι μια βάση από ασφαλικό σκυρόδεμα είναι ισοδύναμη προς μια βάση από θραυστό αδρανές υλικό διπλάσιου πάχους.

## 2.3 Ο μηχανισμός τριβής του ελαστικού υλικού

Η τριβή των ελαστικών δρα και αναπτύσσεται σύμφωνα με την πολύπλοκη 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 γενικά ότι είναι το αποτέλεσμα τεσσάρων συνεισφερόντων παραγόντων: 1) Πρόσφυση, 2)Υστέρηση, 3)Σχίσσιμο του ελαστικού, και 4)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, όπως αποδείχθηκε, διαφορετικές εκδηλώσεις της ίδιας ιδιότητας του ελαστικού, δηλαδή του ελαστικοῦξώδους.

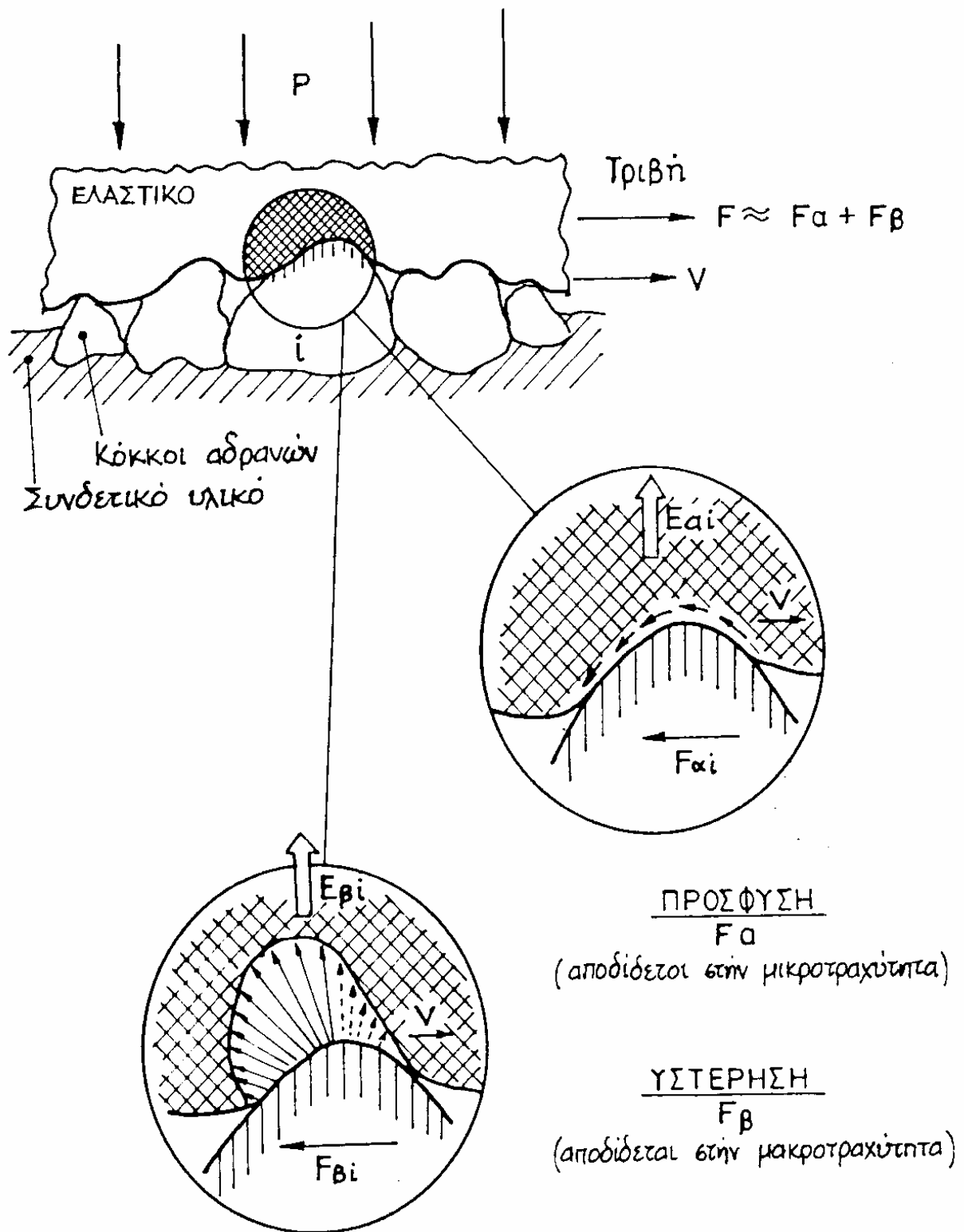
Ο παράγοντας πρόσφυση αποδίδεται στη δημιουργία, στη διάτμηση και τέλος στην απόσπαση των δεσμών μεταξύ του ελαστικού και της επιφάνειας του οδοστρώματος. Ο παράγοντας υστέρηση αποδίδεται στο “όργωμα” ή “ροή” των μακροπροεξοχών και κορυφών της επιφάνειας του οδοστρώματος μέσα στην μάζα του ελαστικού 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 2.2)

Διάφοροι ερευνητές ( Σαχπάζης 1988 ) πειραματιζόμενοι με ολισθαίνουσες ελαστικές πλάκες, πέτυχαν να απομονώσουν και να μελετήσουν ξεχωριστά τους δύο παράγοντες της τριβής. Από τις έρευνες τους προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

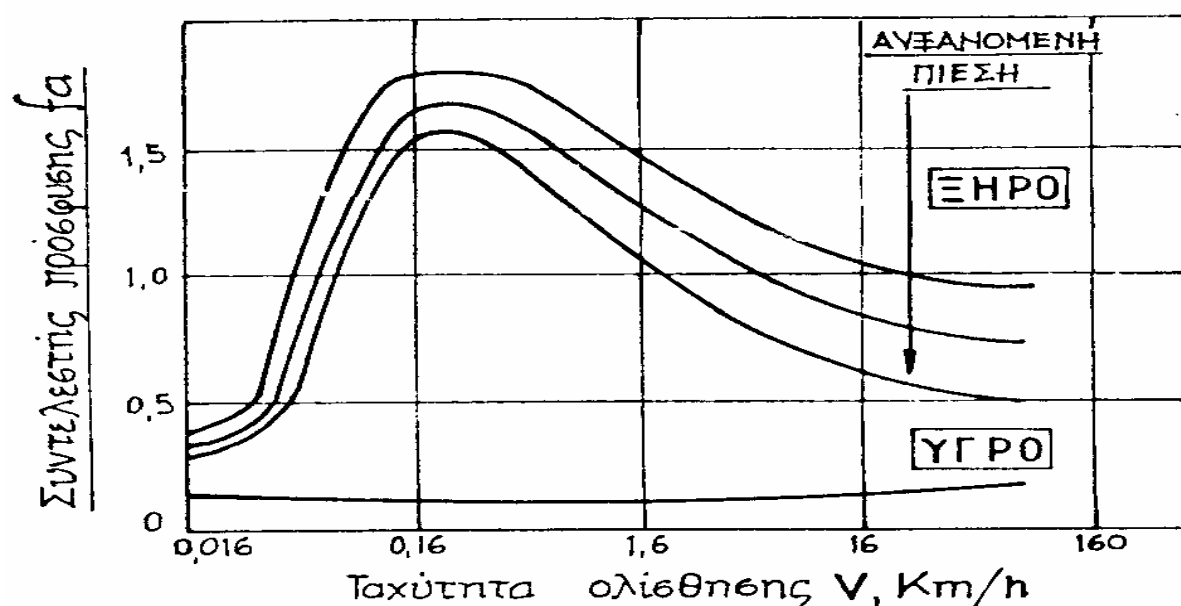


Σχήμα 2.2 : Βασικές συνιστώσες τριβής (F) μεταξύ ελαστικού – επιφάνειας οδοστρώματος.



### 2.3.1 Συντελεστής πρόσφυσης (Σχήμα 2.3)

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.



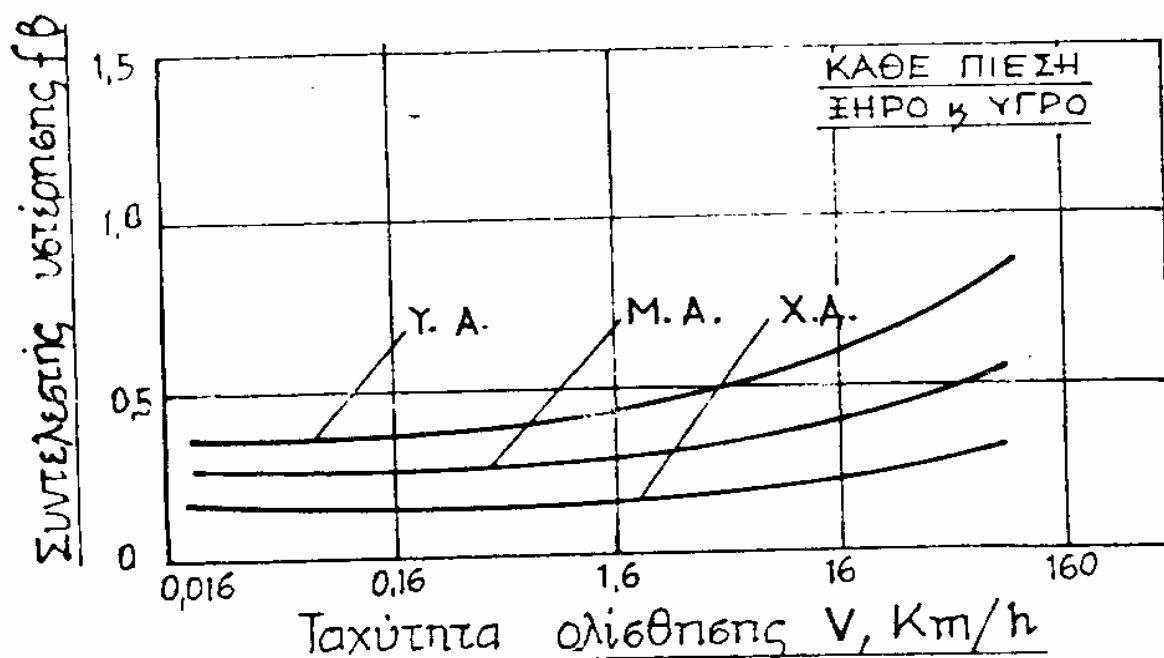
**Σχήμα 2.3 :** Τυπικοί συντελεστές πρόσφυσης για ελαστικό πέλμα τροχού οχήματος που ολισθαίνει σε μακροσκοπικά λείες επιφάνειες

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.

### 2.3.2 Συντελεστής υστέρησης (Σχήμα 2.4)

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".



**Σχήμα 2.4 :** Τυπικοί συντελεστές υστέρησης για ελαστικό πέλμα τροχού που ολισθαίνει σε "βοτσαλώδη", καλά λιπασμένη επιφάνεια.

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

Α) 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.

Β) Τα χαρακτηριστικά του ελαστικού, εκ των οποίων οι ελαστικές και αποσβεστικές ιδιότητες είναι τα πιο σπουδαία, 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 και υπουργεία 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.

## 2.4 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 ολίσθησή του, σύμφωνα με τέσσερα βασικά λειτουργικά μοντέλα:

A) Μοντέλο πλήρους ολίσθησης.

B) Μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση.

Γ) Μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά την επιτάχυνση, και

Δ) Μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά την στροφή.

A) 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 αντίστασής 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 πιέσεως στην επιφάνεια επαφής ελαστικού – οδοστρώματος δεν είναι ομοιόμορφη όπως στην πλάκα, αλλά πάντα υψηλότερη στα στοιχεία της εγκάρσιας κεντρικής σειράς του πέλματος του ελαστικού.

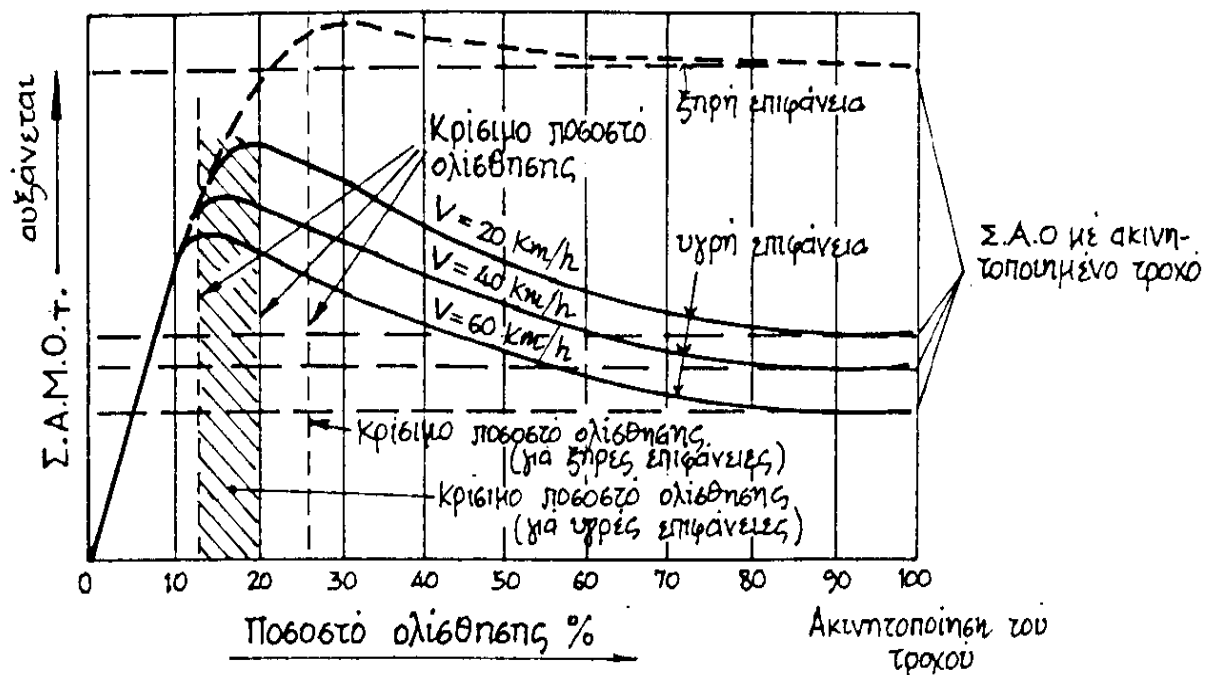
B) Στο μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση ο τροχός κυλίνεται και ολισθαίνει συγχρόνως. Ο μέγιστος συντελεστής τριβής ή συντελεστής αντίστασης σε μερική ολίσθηση κατά την τροχοπέδηση (Σ.Α.Μ.Ο.Τ.) επιτυγχάνεται όταν ο τροχός ολισθαίνει στο κρίσιμο ποσοστό ολίσθησης. Σαν ποσοστό ολίσθησης (Π.Ο. ) ορίζεται :

$$\text{Π.Ο.} = \frac{100 \bullet (\omega - \omega_{\varepsilon})}{\omega}$$

Όπου  $\omega$  είναι η γωνιακή ταχύτητα του ελαστικού που αντιστοιχεί στην μεταφορική ταχύτητα του οχήματος, και  $\omega_{\varepsilon}$  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 2.5) 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.



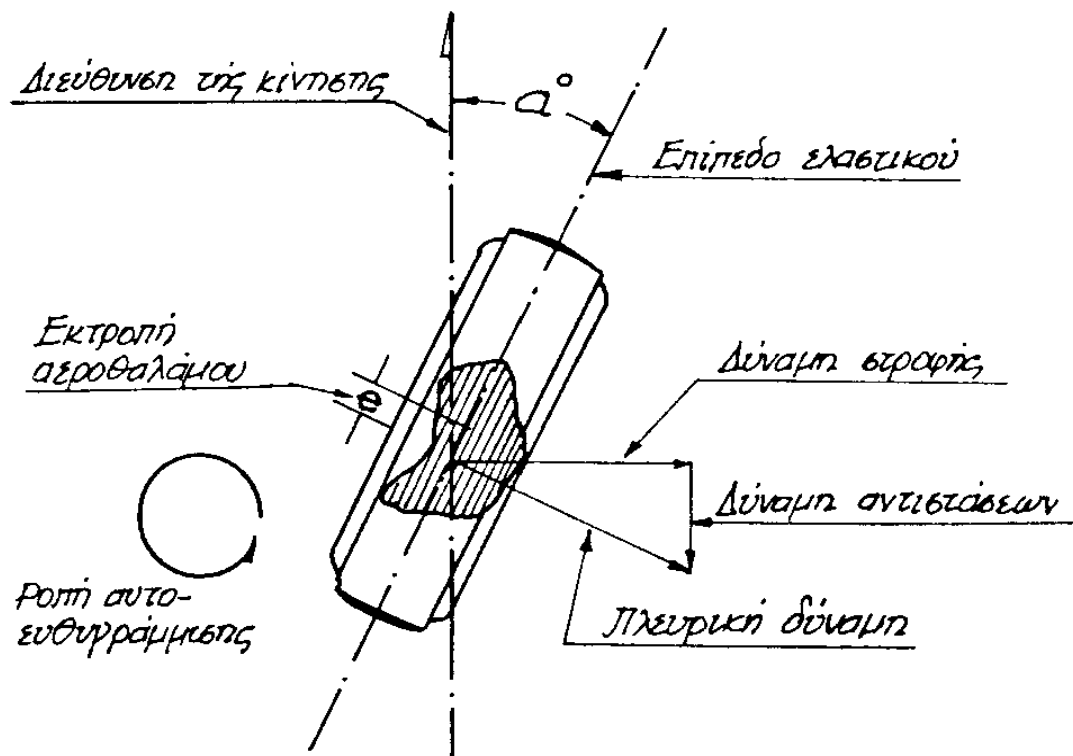
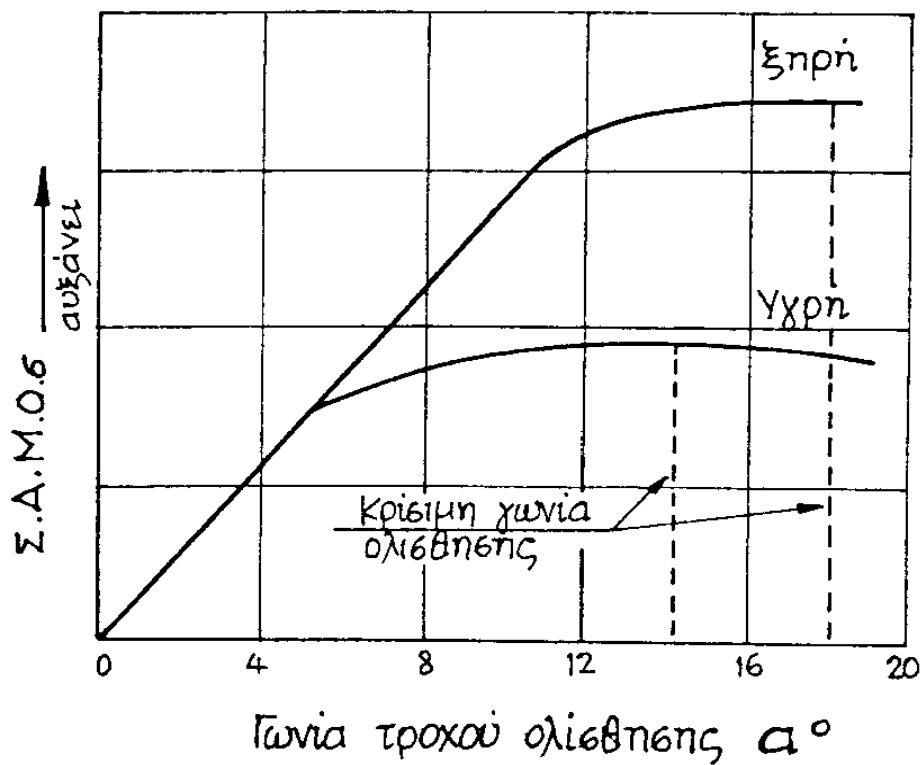
**Σχήμα 2.5 :** Χαρακτηριστικά τριβής ελαστικών που λειτουργούν στο μοντέλο της μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση.

Γ) Στο μοντέλο ολικής ολίσθησης κατά την στροφή ο τροχός κυλιέται 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  $\alpha$ . (Σχήμα 2.6)

Η γωνία αυτή έχει βρεθεί πειραματικά ότι έχει τιμή περίπου 15 μοίρες για τις υγρές επιφάνειες και περίπου 18 μοίρες 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 :

Π.Ο. =  $100 \eta \mu(\alpha)$  Δ) 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.



**Σχήμα 2.6 :** Χαρακτηριστικά τριβής ελαστικών που λειτουργούν στο μοντέλο της ολίσθησης κατά την αλλαγή πορείας.

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.

## 2.5 Μακροτραχύτητα - Μικροτραχύτητα

Η αντιολισθηρότητα 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 (άσφαλο, πίσσα, κ.λ.π. ) και αποτελούν την επιφάνεια κύλισης του οδοστρώματος. Διαφορετικά μπορεί να ορισθεί σαν η μικροτοπογραφία ή η τραχύτητα της επιφάνειας.

Η επιφανειακή υφή αποτελείται από δύο κλίμακες τραχύτητας :

**A) Μακροτραχύτητα** που αναφέρεται στις αδρές και ευδιάκριτες από απόσταση με γυμνό οφθαλμό, ανωμαλίες τις 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.

**B) 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.

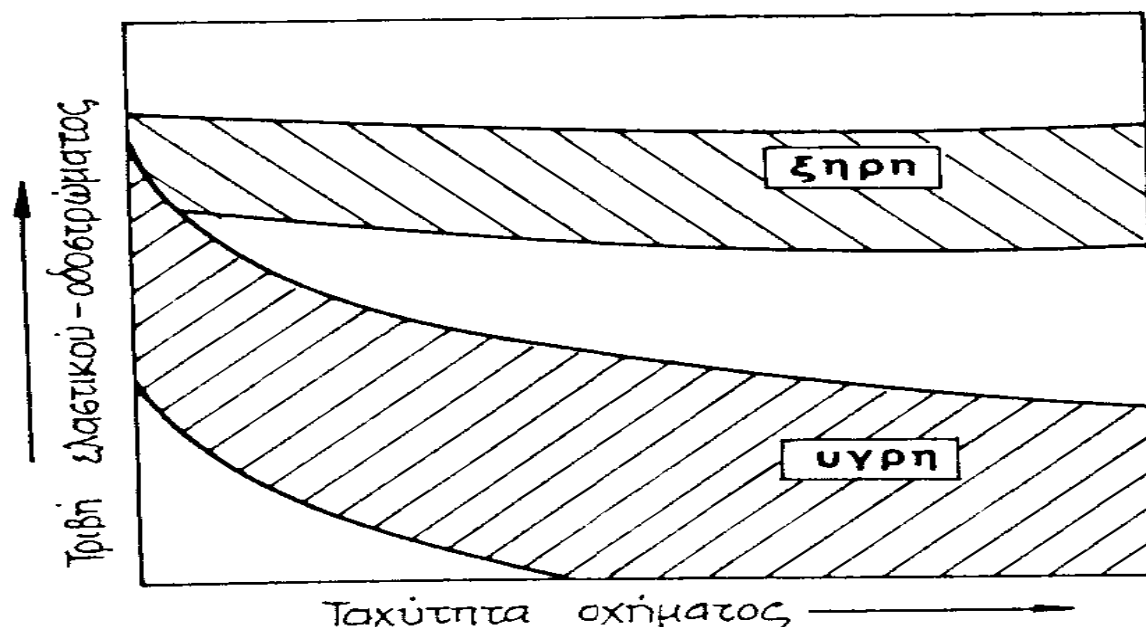
Η ταξινόμηση της τραχύτητας σε μάκρο ή μικρο γίνεται με βάση το πλάτος των προεξοχών. Από έρευνες καθορίστηκε σαν όριο πλάτους για τη μικροτραχύτητα η τιμή μέχρι τα 0,5 mm, ενώ οι προεξοχές με μεγαλύτερο πλάτος ταξινομούνται στη μακροτραχύτητα.

Η επιφανειακή υφή έχει επίδραση και είναι άμεσα και μοναδικά συνδεδεμένη με το βαθμό αντιολισθηρότητας 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 αντιολισθηρότητά 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 2.7)

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 2.7 :** Συμπεριφορά της τριβής μερικώς ή πλήρως ολισθαινόντων ελαστικών επί ξηρών και υγρών επιφανειών οδοστρωμάτων

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 συσχέτισμού  $r^2=0,96$  , 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, Σ.Α.Ο.Ε. (Συντελεστής Αντίστασης σε Ολίσθηση Εκκρεμούς) και η μακροτραχύτητά της από το Βάθος Επιφανειακής Μακροτραχύτητας (B.E.M.). Το B.E.M. προσδιορίζεται με διάφορες τεχνικές, εκ των οποίων η πλέον διαδεδομένη είναι αυτή της κηλίδας της άμμου (SAND PATCH METHOD).

Το μοντέλο αυτό είναι :



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

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 (B.E.M.) με σκοπό την κατασκευή ενός τάπητα κύλισης οδοστρώματος ο οποίος να εξασφαλίζει το προκαθορισμένο απαιτούμενο βαθμό αντιολισθηρότητας του σε σχέση με τη προβλεπόμενη ταχύτητα κίνησης των οχημάτων όπου θα τον χρησιμοποιεί.

Έρευνες επίσης στη Μ. Βρετανία από την B.E.SABEY (1966) σε διάφορες επιφάνειες οδοστρωμάτων, έδειξαν ότι ανάλογα με την τιμή του B.E.M. μιας επιφάνειας προκαλείται κάποιο ποσοστό πτώσης του Π.Σ.Α.Ο. με την αύξηση της ταχύτητας από τα 50 Km/h στα 130 Km/h. Η μείωση του Π.Σ.Α.Ο. είναι αντιστρόφως ανάλογη της αύξησης του B.E.M. Από την έρευνα της B.E.SABEY γίνεται επίσης εμφανές πλέον πόσο σπουδαίο ρόλο παίζει η μακροτραχύτητα στην διατήρηση της αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων και ειδικά στις μεγάλες ταχύτητες.

**Πίνακας 2.1:** Επίδραση του B.E.M. στη μεταβολή της αντιολισθηρότητας με την αύξηση της ταχύτητας (κατά B.E.SABEY, 1966)

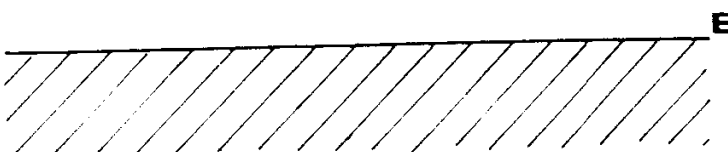
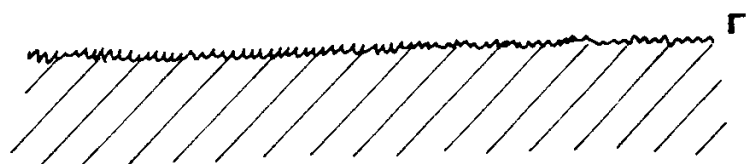
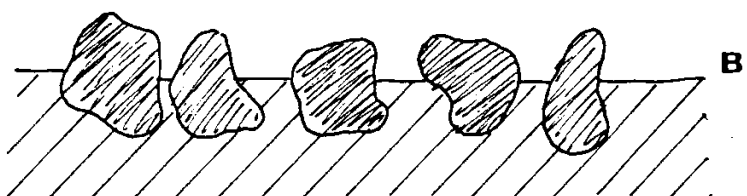
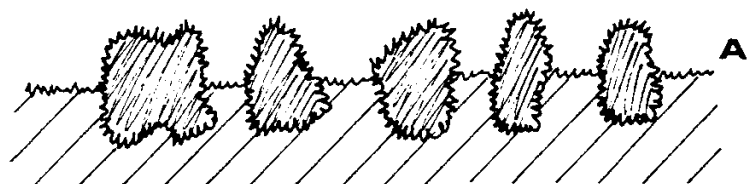
Πτώση της αντίστασης σε ολίσθηση με μεταβολή της ταχύτητας από 50 Km/h στα 130 Km/h %	Βάθος επιφανειακής υφής σε mm	
	ΕΥΚΑΜΠΤΟ	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ*
0	2.0	0.8
10	1.5	0.7
20	1.0	0.5
30	0.5	0.4

\*με εγκάρσιες προς τη διεύθυνση κίνησης των οχημάτων αυλακώσεις

## 2.6 Ταξινόμηση των επιφανειακών υφών του οδοστρώματος

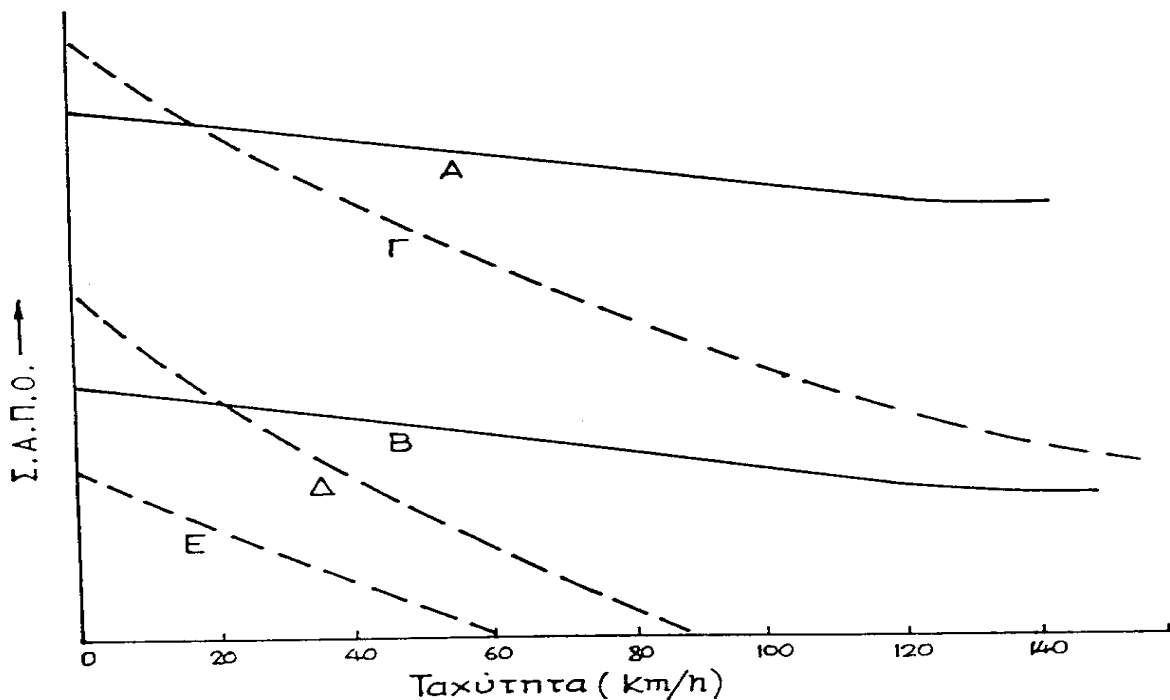
Ο συνδυασμός των διαφορετικών και ανεξάρτητων ιδιοτήτων της επιφανειακής υφής, δηλαδή της μακροτραχύτητας (αποστραγγιστική ικανότητα) και της μικροτραχύτητας (τριβή), χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση της επιφανειακής υφής των οδοστρωμάτων. Με αυτό τον τρόπο προκύπτουν τέσσερις ακραίες κατηγορίες Α, Β, Γ και Δ, οι οποίες απεικονίζονται σχηματικά στο Σχήμα 2.8. 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 :

Α : Μακροσκοπικά ανώμαλες και “μικροσκοπικά” τραχείες επιφάνειες (Παράδειγμα : νέες ασφαλτούχες επιφάνειες κατασκευασμένες με χονδρόκοκκα αδρανή υλικά π. χ. σμυρίδας, πεφρυγμένου βωξίτη κ. α. ).



ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΥΦΗ	
ΜΑΚΡΟΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	ΜΙΚΡΟΤΡΑΧΥΤΗΤΑ
ΑΝΩΜΑΛΗ	ΤΡΑΧΕΙΑ
ΑΝΩΜΑΛΗ	ΛΕΙΑ
ΟΜΑΛΗ	ΤΡΑΧΕΙΑ
ΟΜΑΛΗ	ΛΕΙΑ
ΛΕΙΑ	ΛΕΙΑ

**Σχήμα 2.8 :** Διαγραμματική παράσταση των διαφόρων κατηγοριών επιφανειακής υφής των οδοστρωμάτων



**Σχήμα 2.8 :** Διαγραμματική ενδεικτική σχέση ταχύτητας και Σ. Α. Π. Ο. για τις διάφορες κατηγορίες επιφανειών οδοστρωμάτων.

**Β :** Μακροσκοπικά ανώμαλες και “μικροσκοπικά” λείες επιφάνειες (Παράδειγμα: Παλαιές ασφαλτούχες επιφάνειες με χονδρόκοκκα αδρανή υλικά αμιγών ασβεστολίθων).

**Γ :** Μακροσκοπικά ομαλές και “μικροσκοπικά” τραχείες επιφάνειες (Παράδειγμα : νέες ασφαλτούχες επιφάνειες με λεπτόκοκκη θραύστη πυριτική άμμο ή μεταλλικά καρβίδια κ. α. ).

**Δ :** Μακροσκοπικά ομαλές και “μικροσκοπικά” λείες επιφάνειες (Παράδειγμα : γηραιές ασφαλτούχες επιφάνειες με λεπτόκοκκα αδρανή υλικά πυριτικής άμμου θαλάσσης κ. α. ).

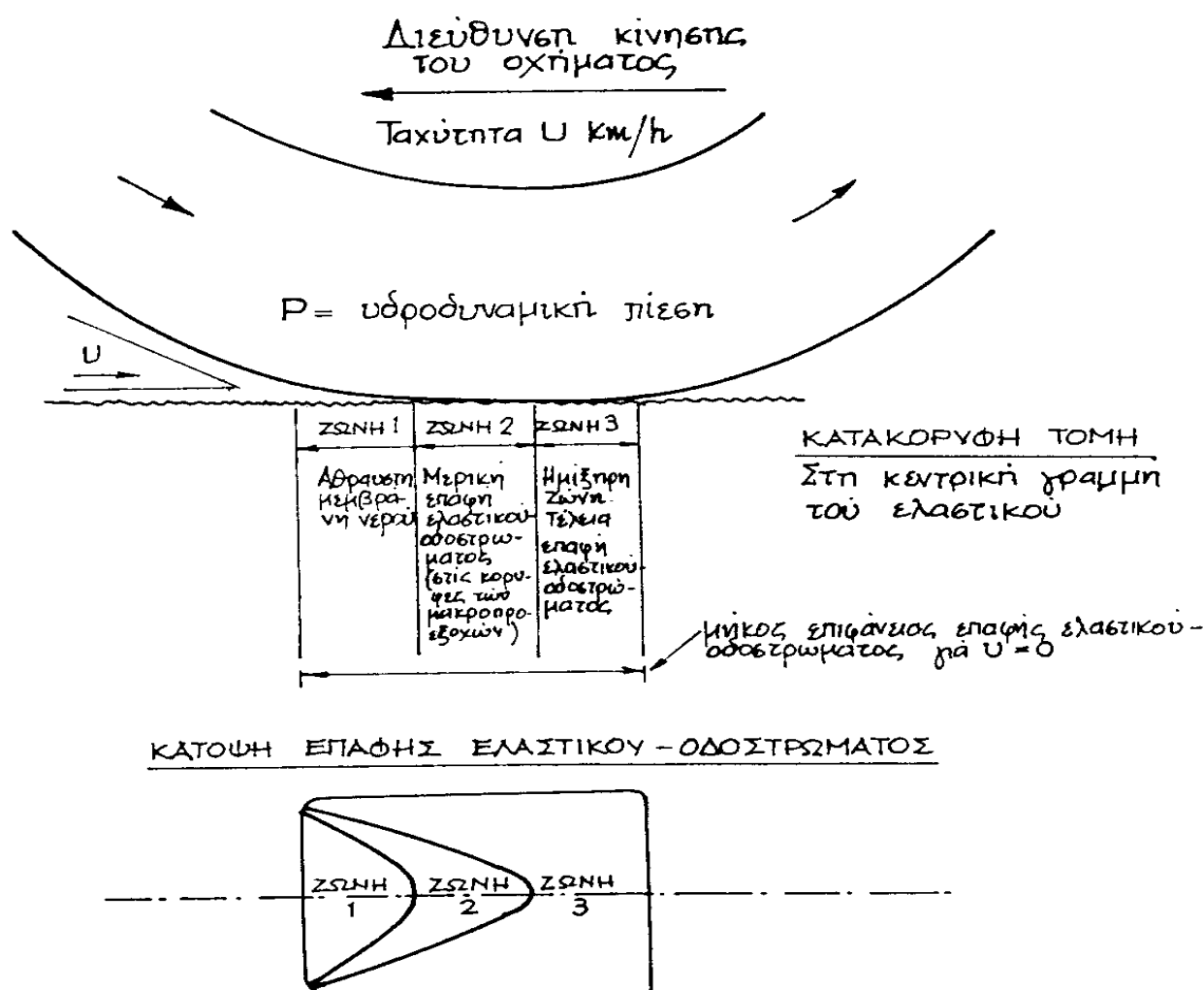
**Ε :** Λείες επιφάνειες (Παράδειγμα: εξιδρωμένη ασφαλτος ή έντονα λειανθείσες ασφαλτούχες επιφάνειες κατασκευασμένες με μαλακά και ορυκτολογικά μονόμικτα πετρώματα).

Τα αντιολισθητικά χαρακτηριστικά των διαφόρων κατηγοριών, απεικονίζονται γραφικά για λόγους σύγκρισης στο Σχήμα 2.8. 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 αυτοκινητοδρόμους 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.

## 2.7 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.

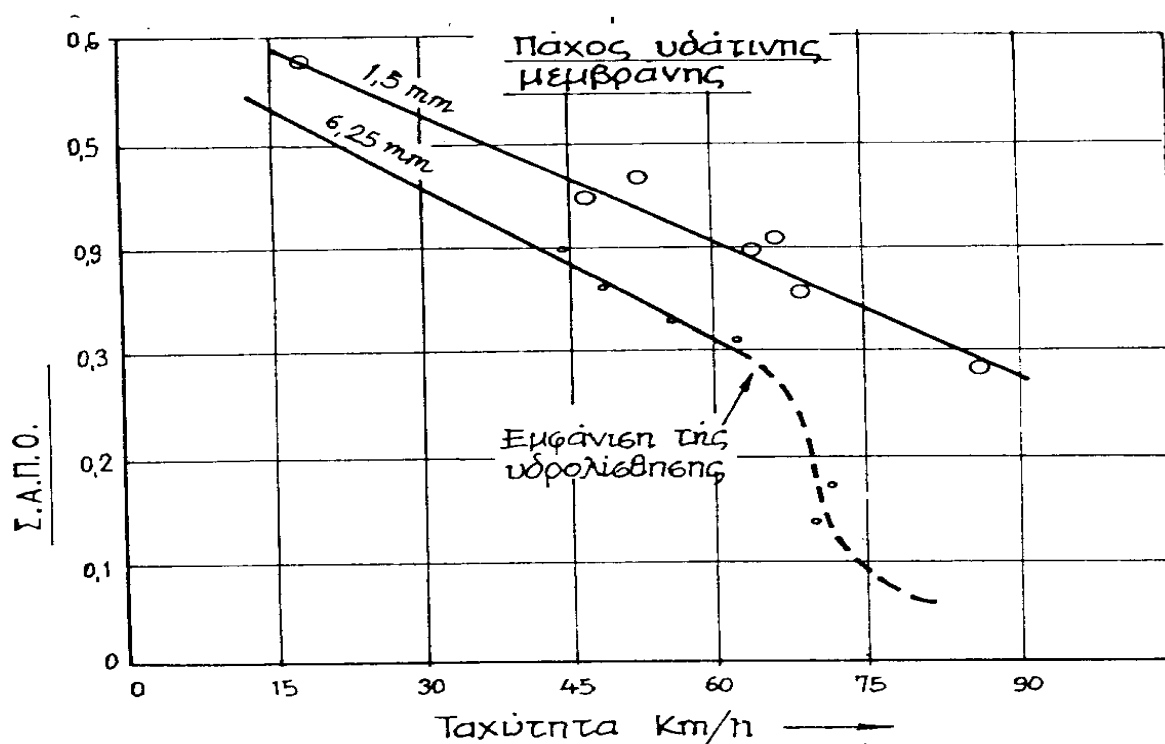


**Σχήμα 2.9 :** Διαγραμματική παρουσίαση του φαινομένου της υδρολίσθησης (μερική υδρολίσθηση)

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. Σχήμα 2.9.

Πριν από τη εμφάνιση της πλήρους υδρολίσθησης δημιουργούνται τρεις διαφορετικές ζώνες “επαφής” μεταξύ του πέλματος του ελαστικού και της επιφάνειας.

Στη ζώνη Α δεν υπάρχει καμία επαφή του ελαστικού με την επιφάνεια. Λόγω της προσκρουστικής υδροδυναμικής πίεσης του νερού δημιουργείται κάτω από τη ζώνη Α μία “σφήνα” νερού. Στη ζώνη αυτή, γίνεται η κύρια διασκόρπιση και αποστράγγιση του νερού. Ο Η. DAUGHADAY και ο G. G. BALMER πειραματιζόμενοι στα εργαστήρια της NASA των ΗΠΑ έδειξαν ότι η υδροδυναμική αυτή πίεση στην είσοδο της ζώνης Α είναι  $P = 1/2 \rho u^2$ ,  $\rho$ =το ειδικό βάρος νερού και  $u$ =η ταχύτητα κίνησης του άξονα του τροχού. Στη ζώνη Β, 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 Γ όπου υπάρχει πλήρης επαφή και συνεπώς το μέγιστο της ανάπτυξης της τριβής.

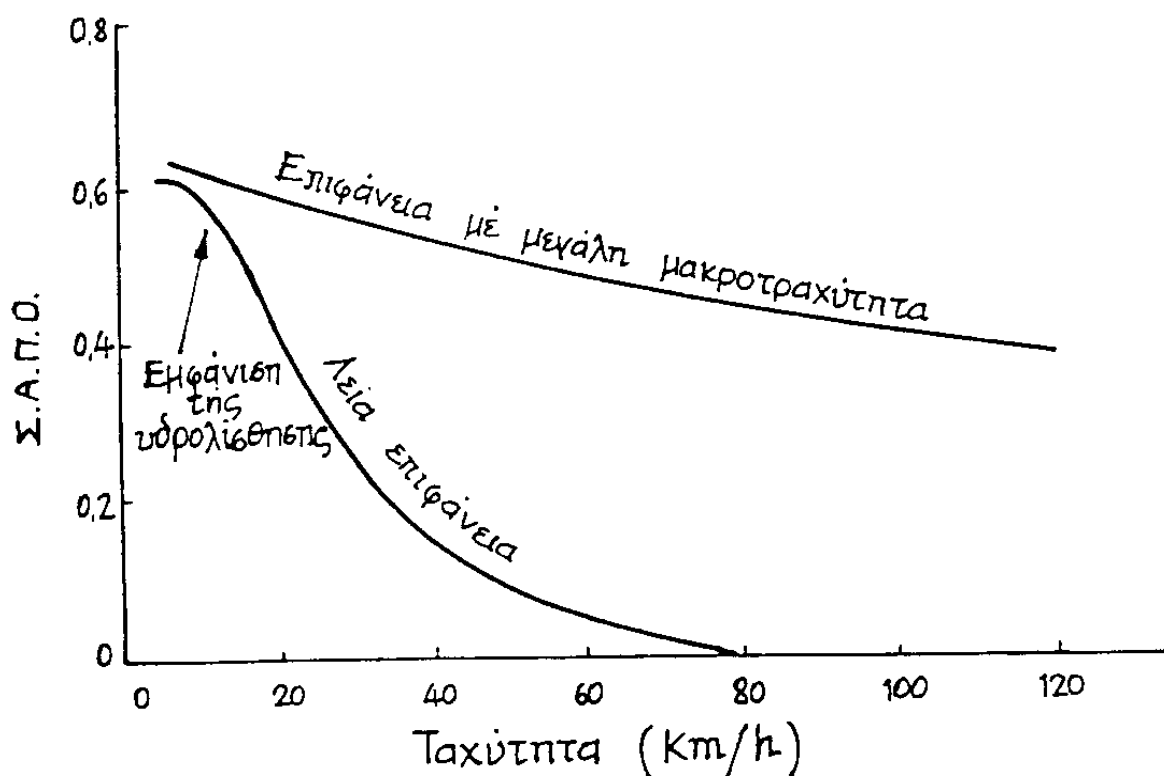


**Σχήμα 2.10 :** ΥΔΡΟΛΙΣΘΗΣΗ : Η επίδραση του πάχους της υδάτινης επιφάνειας επί του ΣΑΠΟ (Λεία επιφάνεια οδοστρώματος και ελαστικά με ραβδώσεις).

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 2.10 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 αντισιδηρών οδοστρωμάτων πρέπει να επιδιώκεται η καλή αποστραγγιστική ικανότητά τους.

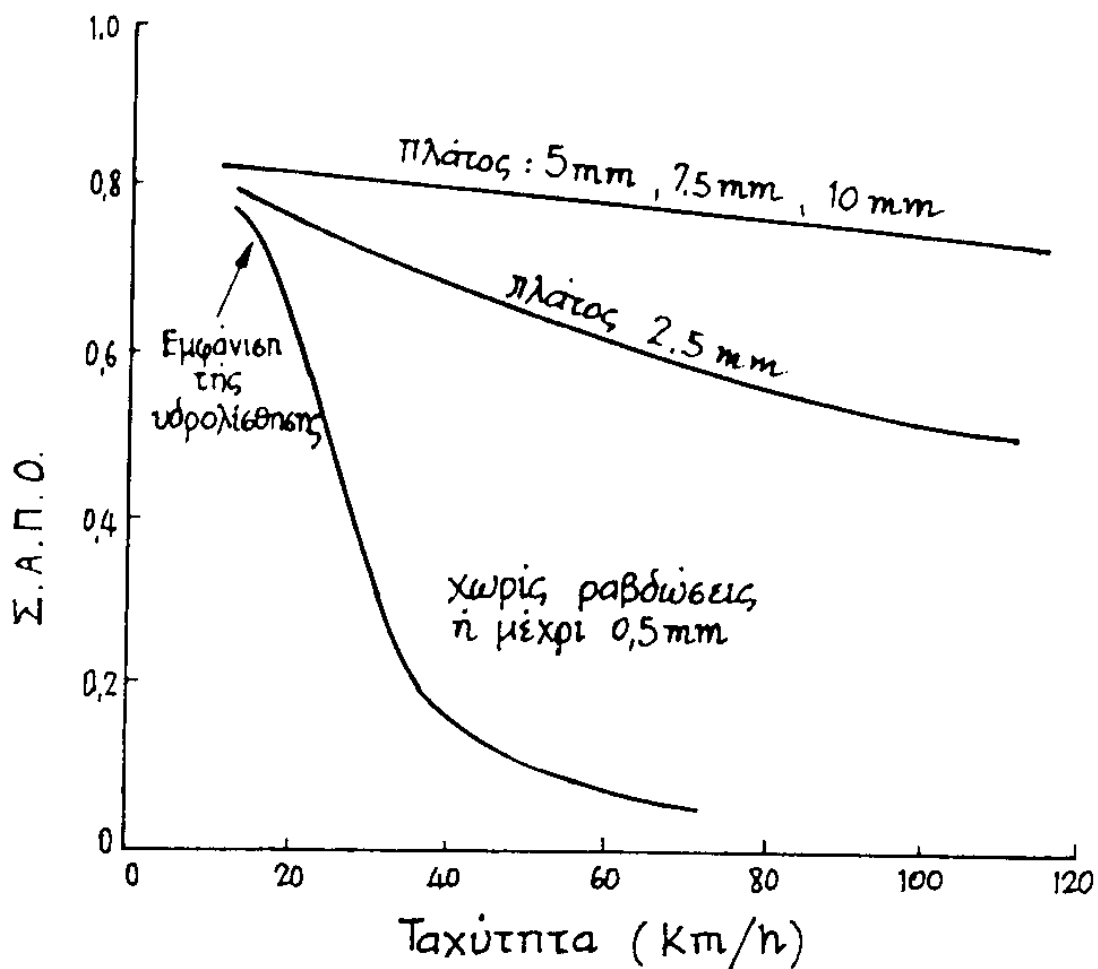
Στο Σχήμα 2.11 φαίνεται διαγραμματικά η επίδραση της μακροτραχύτητας (BEM) στην υδρολίσθηση. Συνεπώς τα αντισιδηρά οδοστρώματα απαιτούν υψηλό (BEM).



**Σχήμα 2.11 :** Επίδραση της επιφανειακής μακροτραχύτητας στην υδρολίσθηση.  
(Ελαστικό λείο χωρίς ραβδώσεις)

Τέλος, στο Σχήμα 2.12 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 (10-14mm), 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.



**Σχήμα 2.12 :** Επίδραση των ραβδώσεων αποστράγγισης των ελαστικών διαφόρων πλατών στην υδρολίσθηση

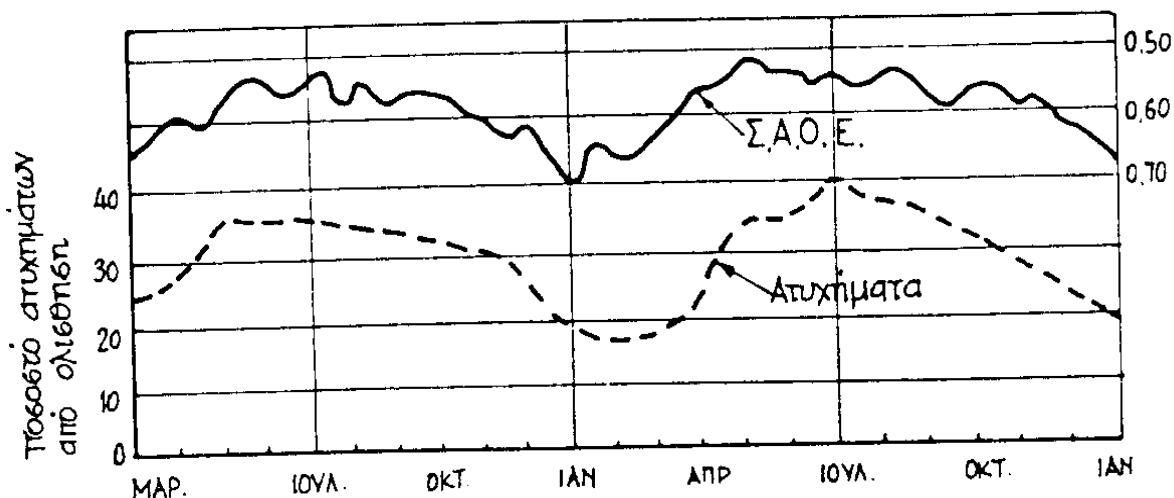
## 2.8 Μεταβολές της αντιολισθηρότητας

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.

### 2.8.1 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 2.13 δείχνουν ότι η μέγιστη τιμή του παρατηρείται κατά τη χειμερινή περίοδο,

ενώ η ελάχιστη κατά τη καλοκαιρινή. Το ποσοστό των ατυχημάτων συμπεριφέρεται αντιστρόφως ανάλογα.



**Σχήμα 2.13 :** Εποχιακή μεταβολή της αντιολισθηρότητας

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 λειαινείται στον ίδιο υψηλό βαθμό όπως το καλοκαίρι.

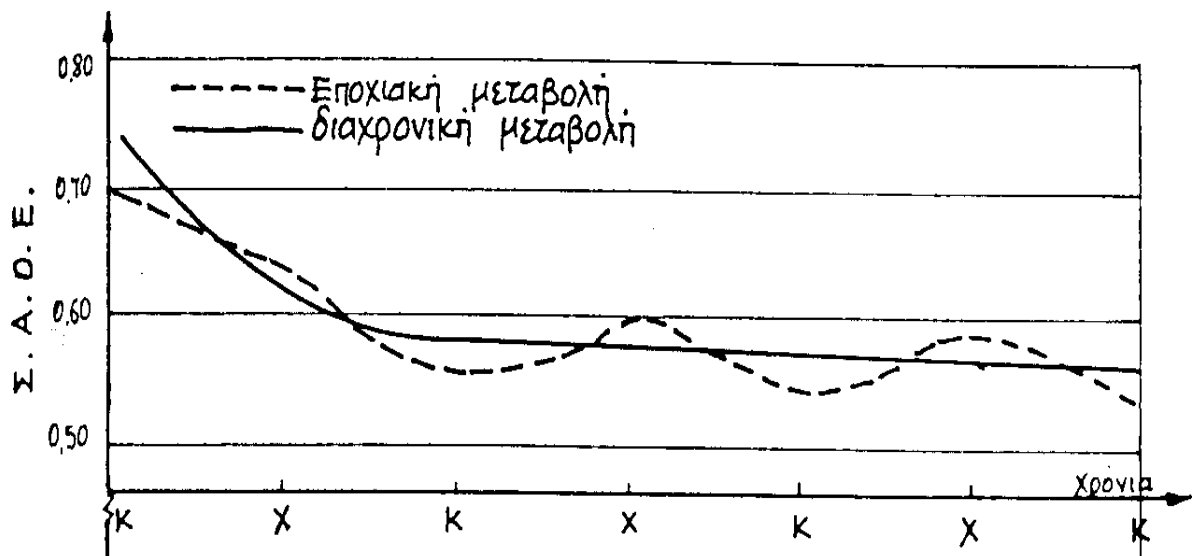
Τέλος, τα εργαστήρια T.R.R.L. της Αγγλίας, λόγω των κυκλικών αυτών εποχιακών μεταβολών, προτείνουν όπως οι μετρήσεις τα αντιολισθηρότητας γίνονται σε συγκεκριμένη εποχή του έτους και μάλιστα κατά την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου, για λόγους δυνατότητας σύγκρισης των αποτελεσμάτων.

### 2.8.2 Διαχρονικές μεταβολές

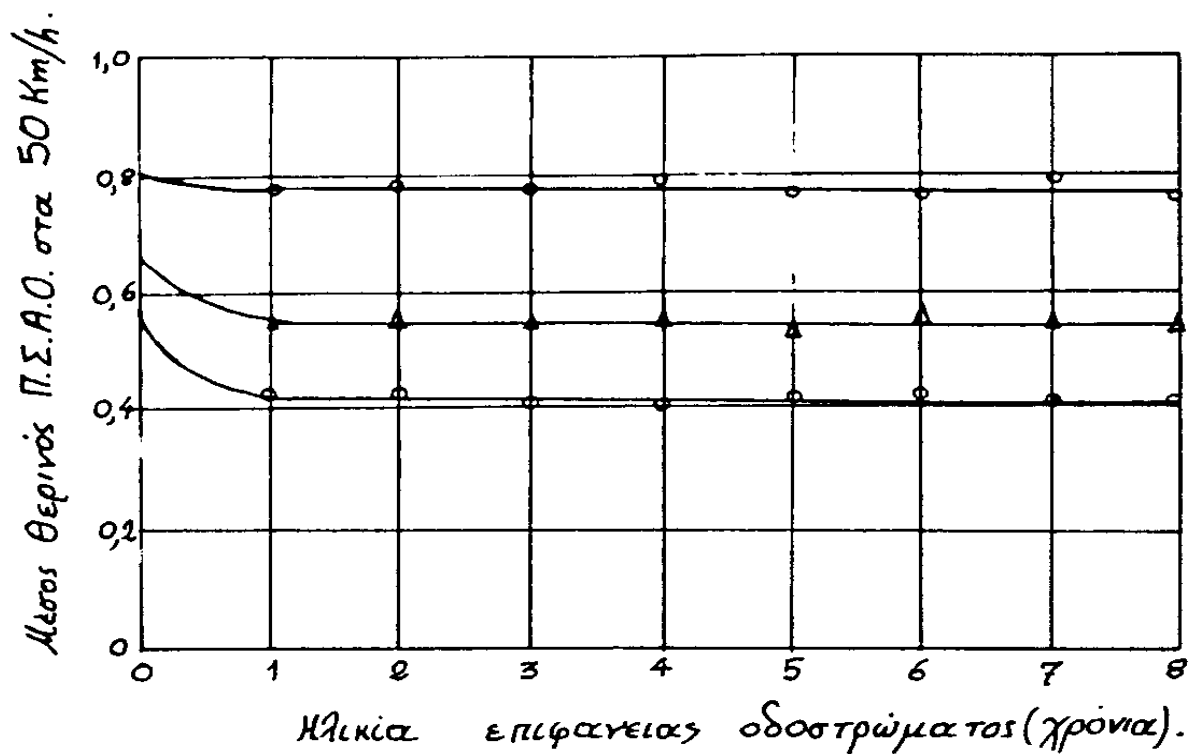
Από μακροχρόνια και πολυάριθμα αποτελέσματα μετρήσεων της αντιολισθηρότητας διαφόρων επιφανειακών οδοστρωμάτων, κατασκευασμένων με διάφορα είδη αδρανών υλικών και μεθόδους κατασκευής, αποδείχθηκε ότι η αρχικά υψηλή αντιολισθηρότητα όλων των νέων ταπήτων κυλίσσεως, μειώνεται ταχύτατα στην αρχή και σε 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 2.14, 2.15, 2.16)



Σχήμα 2.14: Εποχιακή και διαχρονική μεταβολή της αντιολισθηρότητας



Σχήμα 2.15 : Διαχρονική μεταβολή της αντιολισθηρότητας διαφόρων επιφανειών οδοστρώματος.

### 2.8.3 Μεταβολές λόγω κυκλοφοριακού φόρτου

Έρευνες έδειξαν ότι ο τελικός βαθμός της αντισλισθηρότητας μιας επιφάνειας οδοστρώματος είναι αντιστρόφως ανάλογος του κυκλοφοριακού φόρτου. Σχήμα 2.16.

Η επίδραση της κυκλοφορίας των οχημάτων επί της επιφάνειας εκδηλώνεται με τους εξής τρόπους :

A) Λείανση και στίλβωση των επιφανειακών ψηφίδων και καταστροφή της μικροτραχύτητας.

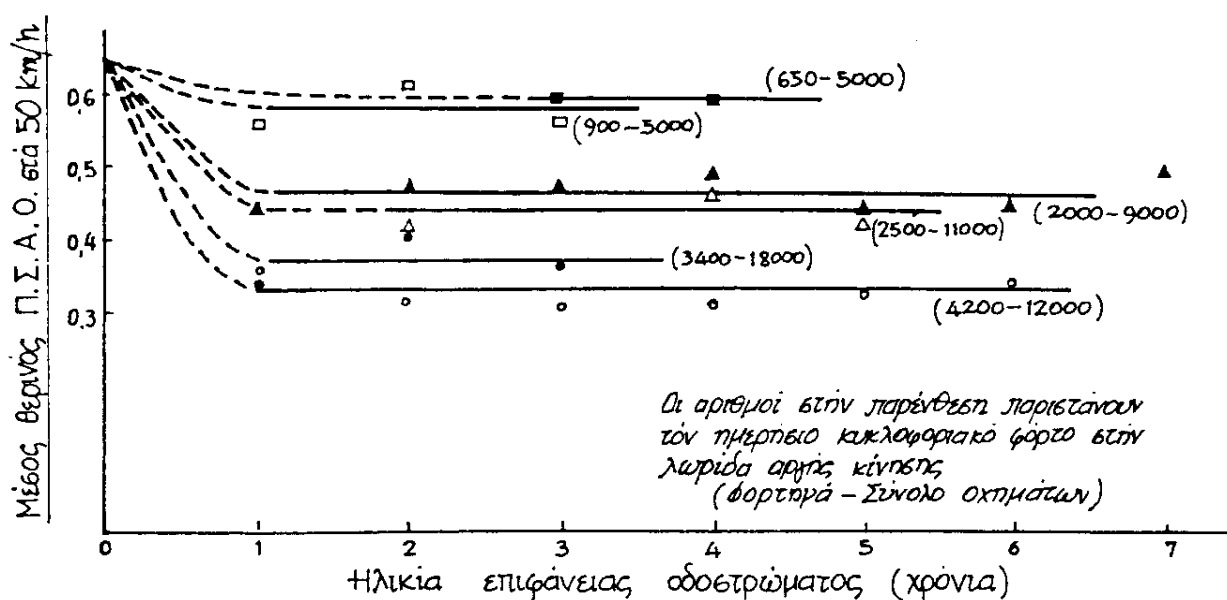
B) Απότηριψη και θραύση μερικών από αυτές, και

Γ) Αποκόλληση των χαλαρών ψηφίδων από το συνδετικό υλικό.

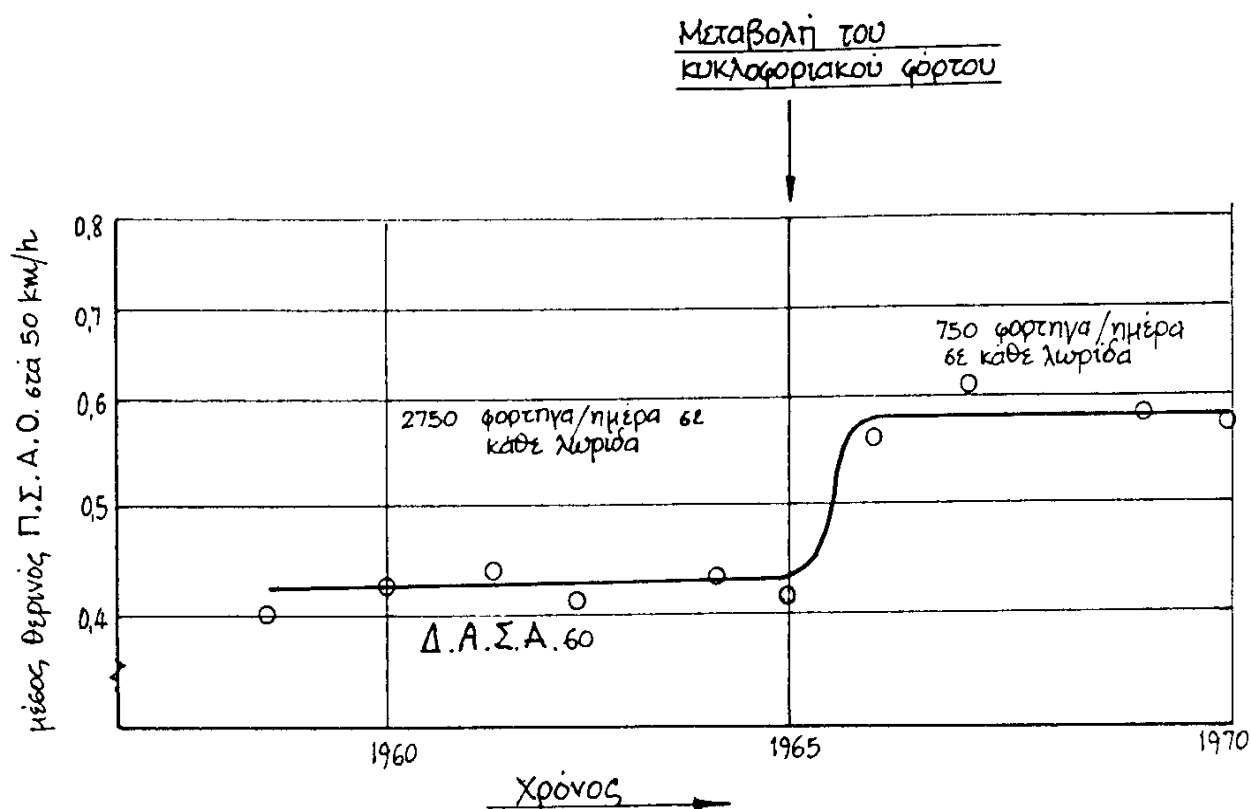
Για κάθε δεδομένο κυκλοφοριακό φόρτο αντιστοιχεί κάποια οριακή τιμή αντισλισθηρότητας της επιφάνειας. Η τιμή αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες του αδρανούς υλικού και κυρίως από την τιμή του ΔΑΣΑ.

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 αντισλισθηρότητά της και αντίστροφα.

Αυτό φάνηκε από μετρήσεις, οι οποίες έδειξαν ότι στην οδική αρτηρία A4 στο COLNBOROOK 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/ημέρα/κατεύθυνση, λόγω διάνοιξης νέας παρακαμπτηρίου αρτηρίας M4 ο ΠΣΑΟ αυξήθηκε στην τιμή του 0, 59 , Σχήμα 2.17. Αυτό αποδεικνύει την αντιστρεψιμότητα του φαινομένου.



**Σχήμα 2.16 :** Επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου στον ΠΣΑΟ μετρούμενος στα 50 Km/h



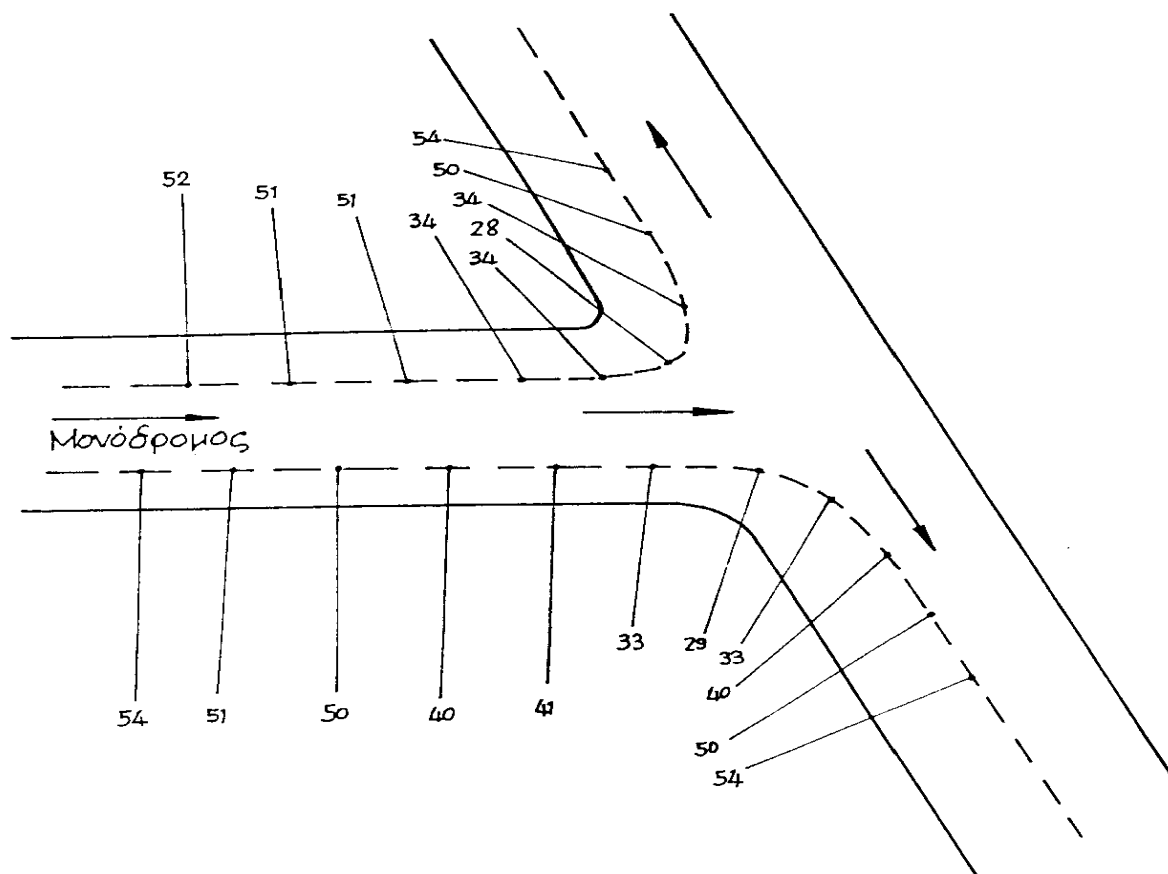
**Σχήμα 2.17 :** Η μεταβολή του ΠΣΑΟ σε σχέση με τον κυκλοφοριακό φόρτο είναι αντιστρεπτή.

#### 2.8.4 Μεταβολές λόγω 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 2.18. 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.



**Σχήμα 2.18 :** Μεταβολή του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση εκκρεμούς (Σ. Α. Ο. Ε.) ανάλογα με την θέση στην επιφάνεια του οδοστρώματος

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.**

### **ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ**

#### **3.1 Γενικά**

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη περιγραφή των τεχνικοοικονομικών απόψεων, οι οποίες παίζουν κάποιο σημαντικό ρόλο στο καθορισμό του ελάχιστου απαιτούμενου βαθμού αντιολισθηρότητας, αναλύονται οι μέθοδοι που επιτρέπουν τον καθορισμό αυτό και τέλος αναφέρονται συμπερασματικά οι ελάχιστες αυτές τιμές, όπως προέκυψαν από διάφορες διεθνείς έρευνες και μελέτες.

Ο καθορισμός εξάλλου του ελάχιστου απαραίτητου βαθμού της αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων κρίνεται αναγκαίος, γιατί σύμφωνα με αυτόν συσχετίζονται και προσδιορίζονται ποσοτικά οι ελάχιστες απαιτούμενες ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων αδρανών υλικών.

#### **3.2 Τεχνικές και οικονομικές παράμετροι**

Προτού ληφθεί κάθε απόφαση σχετική με τον καθορισμό του βαθμού αντιολισθηρότητας μιας επιφάνειας, πρέπει να αναλύονται οι σχετικές τεχνικές και οικονομικές παράμετροι του προβλήματος.

Εάν είναι δυνατόν ή όχι να εκπληρωθεί ο απαιτούμενος, σε κάθε περίπτωση, βαθμός αντιολισθηρότητας ενός οδοστρώματος, είναι ένα τεχνικό πρόβλημα. Η ποσότητα όμως παραγωγής και επεξεργασίας των απαιτούμενων αδρανών υλικών με τις γεωμετρικές και τεχνικογεωλογικές ιδιότητες, καθώς και η κατασκευή και συντήρηση των αντιολισθηρών οδοστρωμάτων, αντιπροσωπεύει την οικονομική πλευρά του προβλήματος.

#### **3.3 Τεχνικές παράμετροι**

Τα επίπεδα της τριβής που μπορούν να αναπτυχθούν σε υγρές επιφάνειες οδοστρωμάτων, έχουν κάποιο φυσικό μέγιστο όριο.

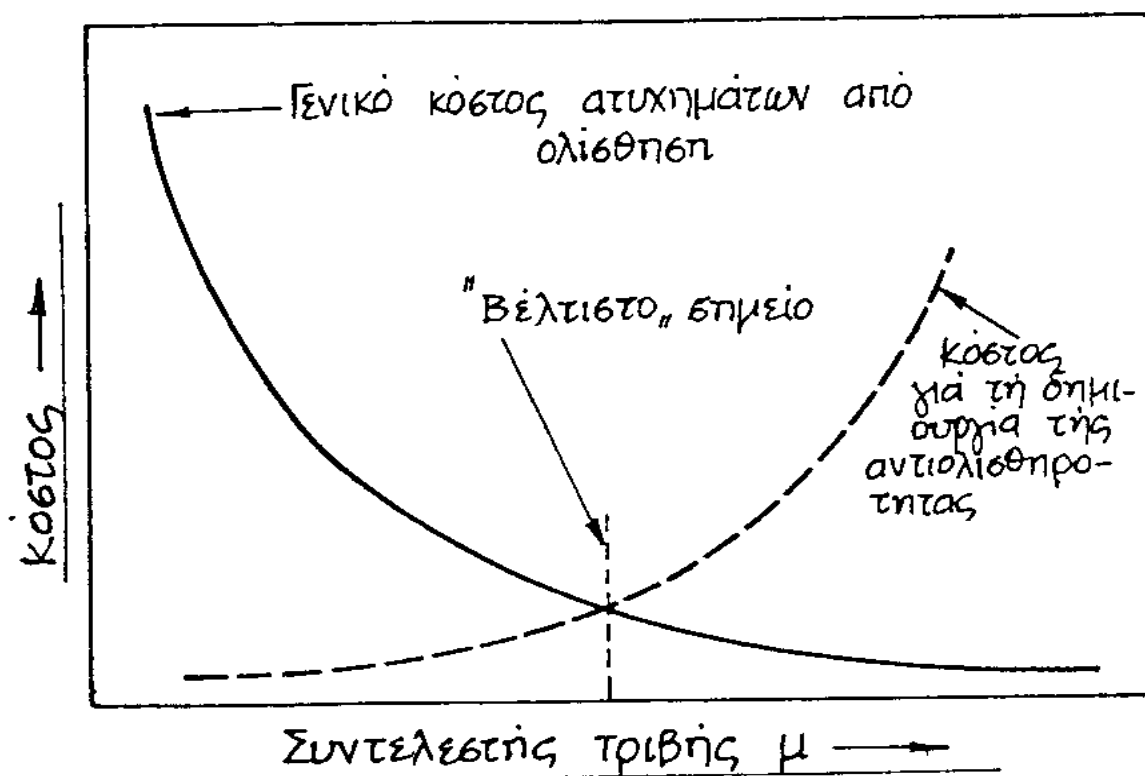
Στην πράξη είναι δυνατή η κατασκευή εξαιρετικά υψηλής αντιολισθηρότητας, αλλά το πραγματικό πρόβλημα μετατοπίζεται στη συντήρηση της για ικανοποιητικό χρονικό διάστημα.

Για παράδειγμα έρευνες σε απόλυτα καινούργια επιφάνεια οδοστρώματος της Πενσυλβάνιας των Η.Π.Α. κατασκευασμένη με αδρανή υλικά σκωρίας υψικαμίνου μέτρησε τον υψηλότερο βαθμό αντιολισθηρότητας, που είχε τιμή ίση με :  $\Sigma\text{ΑΠΟ}=1,0$ . μετρούμενος με την μέθοδο του ελκυόμενου φορείου σε ταχύτητα ολίσθησης 100 Km/h. Η τιμή όμως αυτή μειώθηκε απότομα στο 0,77 μετά από δύο μήνες κυκλοφορίας, και στο 0,26 μετά από τέσσερα χρόνια.

### 3.4 Οικονομικές παράμετροι

Οποσδήποτε για οικονομικούς κυρίως λόγους, τιμές του ΣΑΠΟ=1,0 στα 100 Km/h δεν μπορούν να συντηρηθούν και εξάλλου δεν είναι απαραίτητες, ώστε να ικανοποιηθούν οι κανονικές ανάγκες της κυκλοφορίας, όπως θα δειχθεί παρακάτω.

Μια λογική τακτική, για την οριοθέτηση των οικονομικά αποδεκτών επιπέδων τριβής για κάθε περίπτωση, είναι να συσχετίζεται το γενικό κόστος των ατυχημάτων λόγω ολίσθησης, καθώς και το κόστος της κατασκευής και συντήρησης επιφανειών με συγκεκριμένη αντιολισθηρότητα, με το βαθμό αυτό της αντιολισθηρότητας. Σχήμα 3.1.



**Σχήμα 3.1 :** Οικονομικές παράμετροι στην επιλογή του βαθμού αντιολισθηρότητας

Κατ’αυτό τον τρόπο μπορεί να επιλεχθεί η “βέλτιστη” τιμή της αντιολισθηρότητας, ώστε με το χαμηλότερο κόστος της κατασκευής και συντήρησης 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 αντιολισθηρότητας. Αντίθετα το κόστος κατασκευής και συντήρησης υψηλότερης αντιολισθηρότητας αυξάνεται. Η τελευταία πρόταση βασίζεται σε παρατήρηση ότι :

1. Αδρανή υλικά με υψηλότερο κυρίως ΔΑΣΑ (Δείκτης Αντίστασης σε Στίλβωση Αδρανών) κοστίζουν γενικά περισσότερο.

2.Το κόστος μεταφοράς αυξάνεται επειδή τέτοια αδρανή, κατά κανόνα, δεν είναι διαθέσιμα οπουδήποτε χρειάζονται, και

3. Η οριοθέτηση υψηλότερης αντιστοιχισθρότητας επιβάλλει, συνήθως, συχνότερη συντήρηση.

### 3.5 Καθορισμός των ελάχιστων απαιτήσεων της αντιστοιχισθρότητας

Οι απαιτήσεις για κάποιο συγκεκριμένο βαθμό αντιστοιχισθρότητας ενός οδοστρώματος προκύπτουν και καθορίζονται από τις ανάγκες για ασφαλή χειρισμό των οχημάτων. Οι ανάγκες αυτές θα πρέπει κυρίως να διακριθούν σε τρεις κυρίως κατηγορίες :

Α)Κανονικές ανάγκες, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν όλους τους χειρισμούς οδήγησης – στροφής και τροχοπέδησης – από την πλειονότητα των οδηγών κάτω από κανονικές κυκλοφοριακές συνθήκες

Β)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, και

Γ)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.

Είναι φανερό ότι μια επιφάνεια οδοστρώματος θα πρέπει να ικανοποιεί οπωσδήποτε τις κανονικές ανάγκες τριβής, πριν ληφθούν μέτρα για την ικανοποίηση των πιο απαιτητικών αναγκών. Επομένως, σαν ελάχιστες απαιτήσεις αντιστοιχισθρότητας για τα οδοστρώματα ορίζονται οι τιμές εκείνες, που ικανοποιούν τις κανονικές ανάγκες κυκλοφορίας.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις αντιστοιχισθρότητας, επομένως, ορίζονται μόνο εάν οι κανονικές ανάγκες της κυκλοφορίας μπορούν να καθορισθούν.

Υπάρχουν τρεις κυρίως τρόποι για τον καθορισμό των αναγκών αυτών :

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

2. Παρακολουθώντας με διάφορα όργανα, κυρίως επιταχυνσιογράφους, τη συμπεριφορά οδήγησης μεγάλου αριθμού οδηγών κατά τους 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. 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 κατάσταση κινδύνου συντελεστές.

3. Συμπεραίνοντας τις ανάγκες τριβής από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των οχημάτων, π.χ. ισχύς κινητήρα, διαστάσεις και βάρος οχήματος, κέντρο βάρους 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 ερευνητών σχετικά με τον προσδιορισμό του απαιτούμενου βαθμού αντιολισθηρότητας των οδοστρωμάτων, όπως προέκυψαν χρησιμοποιώντας τις δύο πρώτες μεθόδους.

### 3.6 Ατυχήματα ολίσθησης και αντιολισθηρότητα οδοστρωμάτων

Οι C.G.GILES, B.E.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.S.T.M.:E274-70).

Ο K.H.SCHULZE (1964) σε αντίστοιχη έρευνά του στη Γερμανία δείχνει μια αντίστοιχη τιμή του ΣΑΠΟ στα 64 Km/h ίση με 0,387.

Τέλος, οι B.F.McCULLOUGH και K.D.HANKINS (1966), έδωσαν μια αντίστοιχη τιμή του ΣΑΠΟ στα 64 Km/h ίση με 0,4.

Όπως προκύπτει από τις τρεις εντελώς ανεξάρτητες 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 ελκυόμενου φορείου ικανοποιεί προφανώς τις κανονικές ανάγκες της κυκλοφορίας στους αυτοκινητοδρόμους.

### 3.7 Συμπεριφορά οδήγησης 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.R.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.:E274-79 ίση με 0,4 ικανοποιεί τις κανονικές ανάγκες τριβής των οχημάτων στους αυτοκινητόδρομους. Οποιαδήποτε όμως σε δύσκολες και επιρρεπείς προς ολίσθηση θέσεις απαιτείται μια υψηλότερη τιμή.

### 3.8 Τεχνικές μέτρησης αντιολισθηρότητας

Η κατασκευή αντιολισθηρών επιφανειών οδοστρωμάτων, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα υλικά αλλά και τις κατάλληλες μεθόδους, καθώς και ο καθορισμός των απαιτούμενων επιπέδων αντιολισθηρότητας στις διάφορες θέσεις των επιφανειών των



οδοστρωμάτων, προϋποθέτει κατ'αρχήν, τη δυνατότητα μέτρησης της αντιστοιχισθρότητας.

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 :

$$E_T = I \cdot F = l \cdot F \cdot L$$

Όπου :  $l$  = η απόσταση ολίσθησης του ελαστικού,

$L$  = το φορτίο επί του ελαστικού, και

$F$  = ο συντελεστής τριβής. Τότε :

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

Και επομένως ο  $F$  είναι ανάλογος της διαφοράς ενέργειας εάν τα  $L$  και  $l$  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 :

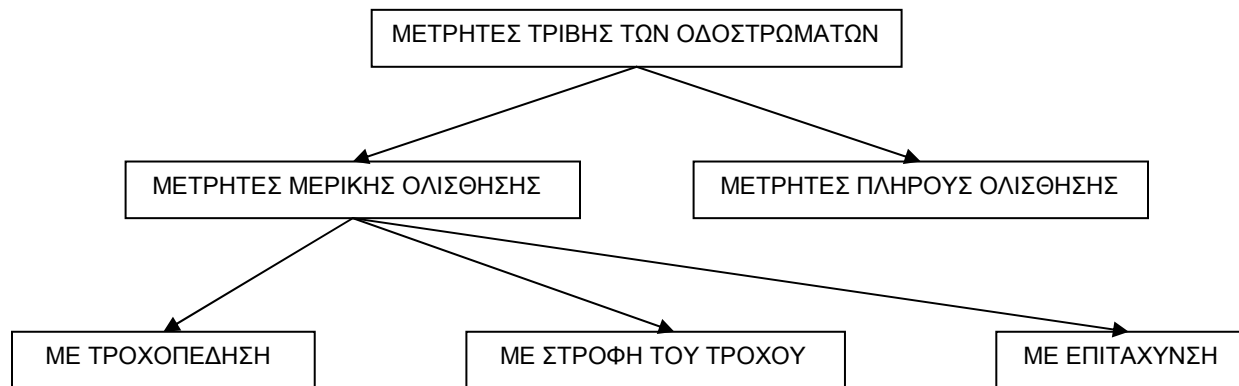
$$f = K \cdot F$$

### 3.9 Κατάταξη των μεθόδων μέτρησης της αντιστοιχισθρότητας των οδοστρωμάτων

Όπως έχει αναφερθεί, το μοντέλο λειτουργίας ενός ελαστικού έχει σπουδαία επίδραση επί της μετρηθείσας τιμής της τριβής του οδοστρώματος. Είναι επομένως λογικό και αναγκαίο να ταξινομηθούν οι μετρητές τριβής των οδοστρωμάτων, σύμφωνα με το μοντέλο λειτουργίας τους. Πίνακας 3.1.

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.

**Πίνακας 3.1 :** Κατάταξη των μετρητών τριβής των οδοστρωμάτων σύμφωνα με το λειτουργικό τους μοντέλο.



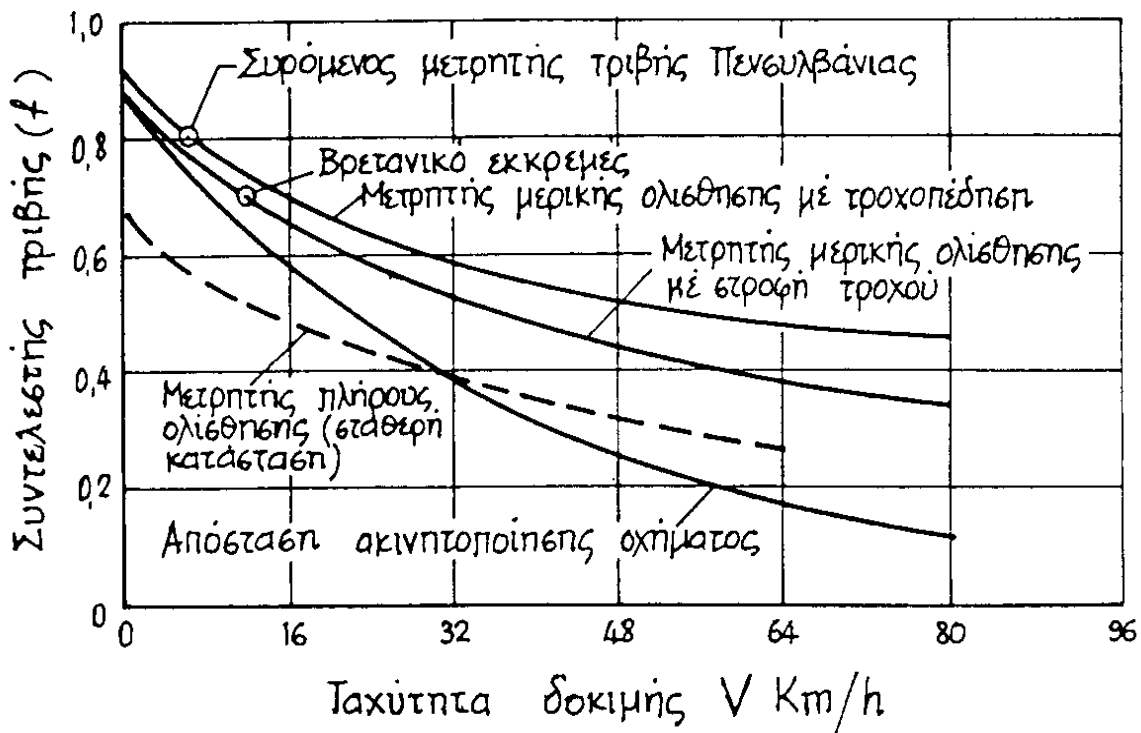
Πρέπει, επίσης, να γίνει μια περαιτέρω διαφοροποίηση μεταξύ των μετρήσεων που εκτελούνται κάτω από σταθερές συνθήκες και κάτω από μεταβαλλόμενες. Η σταθερή κατάσταση συνεπάγεται ότι όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την τριβή είναι σταθεροί. Στους μεταβαλλόμενης κατάστασης μετρητές, ένας ή περισσότεροι παράγοντες μεταβάλλονται με τον χρόνο. Για παράδειγμα το βρετανικό εκκρεμές είναι ένας μετρητής μεταβαλλόμενης κατάστασης, επειδή κατά τη μέτρηση, το φορτίο  $L$ , η θερμοκρασία  $T$ , και η ταχύτητα ολίσθησης  $V$  μεταβάλλεται.

Για λόγους σύγκρισης 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 3.2.

Για παράδειγμα ο συρόμενος μετρητής τριβής της πολιτείας της Πενσυλβάνιας που λειτουργεί σε ταχύτητα ολίσθησης 6, 5 Km/h, έδωσε  $F=0,8$ . Το βρετανικό εκκρεμές, χτυπώντας την επιφάνεια με ταχύτητα ολίσθησης 11 Km/h, έδωσε  $F=0,7$ . Η χαμηλότερη τιμή αντανάκλα 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 αυτό με στροφή του τροχού, για τον λόγο που έχει ήδη εξηγηθεί σε προηγούμενη ενότητα, παρότι οι υδροδυναμικές και θερμοκρασιακές συνθήκες είναι ίδιες και στους δύο μετρητές.

Οι προοδευτικά μειούμενες τιμές του  $F$  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 3.2 :** Σύγκριση των αποτελεσμάτων μέτρησης της αντιολισθηρότητας της ίδιας επιφάνειας οδοστρώματος χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους και τεχνικές.

Η μέθοδος απόστασης ακινητοποίησης οχήματος κατά την τροχοπέδηση, παράγει την διακεκομμένη καμπύλη. Στα 64 Km/h το επίπεδο τριβής είναι υψηλότερο από ότι στη σταθερής κατάστασης με πλήρη ολίσθηση δοκιμή (με το ελκυσμένο φορείο), επειδή τα ελαστικά είναι αρχικά κρύα. Η θερμοκρασία τους αυξάνει καθώς το όχημα επιβραδύνει και περίπου στα 30 Km/h οι λειτουργικές συνθήκες γίνονται παρόμοιες προς εκείνες της δοκιμής του ελκυσμένου φορείου, όπως φαίνεται από την τομή των δύο καμπυλών, Σχήμα 3.2. Κατά το τέλος της επιβράδυνσης η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από αυτή του ελκυσμένου φορείου (σταθερής κατάστασης δοκιμή) που προξενεί την πτώση της διακεκομμένης γραμμής κάτω από αυτή του ελκυσμένου 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 4.

### **ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΣΥΝΗΘΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΑ**

#### 4.1 Ορισμός αδρανών υλικών

Αδρανή υλικά ονομάζονται το σύνολο των άμμων, των χαλίκων, των θραυστών λίθων, των σκωριών και άλλων παρόμοιων υλικών ανόργανης σύστασης, φυσικής ή τεχνητής προέλευσης, που χρησιμοποιούνται με κάποιο συγκολλητικό μέσο (τσιμέντο, ασφαλτο, κ. α) για τον σχηματισμό κατάλληλων μιγμάτων για διάφορες κατασκευές (σκυροδέματα, ασφαλτικά μίγματα κ.α) ή και αυτούσια.

Ονομάστηκαν αδρανή επειδή τα περισσότερα από αυτά δεν αντιδρούν χημικά με τις διάφορες συγκολλητικές ύλες, συμβάλλοντας μηχανικά μόνο στην αντοχή του τελικού προϊόντος.

Για αδρανή υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν θεωρητικά οποιαδήποτε υλικά συγκεντρώνουν τις τρεις βασικές απαιτήσεις : επαρκή αντοχή, επαρκή πρόσφυση και χημική ανεκτικότητα.

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, ή λειοτρίβηση, ή ταξινόμηση για την παρασκευή σκυροδεμάτων ή κονιαμάτων ή με μορφή σκύρων ή μεγαλύτερων κομματιών, στην οδοποιία ή λοιπά τεχνικά έργα ή οικοδομές, καθώς και τα ασβεστολιθικά πετρώματα που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ασβέστη ή υδραυλικών κονιών ή συλλιπασμάτων μεταλλουργίας.

#### 4.2 Κατηγορίες αδρανών υλικών με βάση τα μεγέθη τους

Το σύνολο των αδρανών υλικών από άποψη μεγέθους κόκκων διακρίνεται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες : το χονδρόκοκκο υλικό, το λεπτόκοκκο υλικό, την παιπάλη ή πλήσμα.

- **Χονδρόκοκκο αδρανές** ορίζεται αυτό του οποίου οι κόκκοι συγκρατούνται στο κόσκινο των 4,75 mm ( κόσκινο Νο 4) κατά τις Αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO ή ASTM ή στο κόσκινο των 5 mm κατά τις Βρετανικές και Γερμανικές προδιαγραφές.

Για τους ασφαλτικούς τάπητες το χονδρόκοκκο αδρανές πρέπει να συνίσταται από θραυστές πέτρες ή θραυστά χαλίκια. Πρέπει να είναι καθαρό, ομοιόμορφο, συμπαγές και απαλλαγμένο από κόκκους σαθρούς και μαλακούς. Επίσης πρέπει να είναι απαλλαγμένο από αργιλικά περιβλήματα τα οποία μειώνουν την ευστάθεια και την ανθεκτικότητα του ασφαλτικού σκυροδέματος. Οι κόκκοι πρέπει να είναι κυβικής μορφής και να παρουσιάζουν καλή αντοχή στην τριβή και κρούση. Η φθορά κατά την μέθοδο LOS ANGELES πρέπει να είναι μικρότερη από 30%. Επίσης πρέπει το αδρανές να παρουσιάζει καλή σταθερότητα στην αποσάθρωση από τον αέρα, το νερό και τον παγετό. Η υγεία του πετρώματος, δηλαδή η απώλεια βάρους που παρουσιάζει στην δοκιμασία με θειικά άλατα πρέπει να είναι μικρότερη από 9%. Το χονδρόκοκκο αδρανές είναι προτιμότερο να μεταφέρεται στο εργοτάξιο σε δύο κλάσματα (ψηφίδα – σκύρο).

- **Λεπτόκοκκο αδρανές** 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  $\mu\text{m}$  (κόσκινο No 200). Το λεπτόκοκκο αδρανές έχει κοινώς διαστάσεις άμμου.

Για τους ασφαλικούς τάπητες σαν άμμος χρησιμοποιείται η θραυστή λατομείου πολλαπλής θραύσης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και φυσική άμμος ή και μίγμα θραυστής και φυσικής. Οι άμμοι λατομείων είναι εξαιρετικής ποιότητας λόγω των επιπέδων επιφανειών που παρουσιάζουν και που επιτρέπουν την καλή πρόσφυση της ασφάλτου. Οι φυσικές άμμοι (άμμοι ποταμών) δίνουν ασφαλικά σκυροδέματα με πολύ καλό εργάσιμο. Εξυπακούεται ότι όπως και στην περίπτωση του χονδρόκοκκου κλάσματος και η άμμος πρέπει να προέρχεται από καθαρά πετρώματα απαλλαγμένα από επιβλαβείς προσμίξεις (βώλοι αργίλου, φυτικές ουσίες κ. λ. π. ). Είναι προτιμότερο η άμμος να μεταφέρεται στο εργοτάξιο σε δύο κλάσματα. Μία λεπτή άμμος διαστάσεων  $< 0,30\text{ mm}$  και μία χονδρή άμμος διαστάσεων  $0,5 - 5\text{ mm}$ .

- **Παιπάλη ή φίλλερ** ορίζεται το αδρανές υλικό που διέρχεται από το κόσκινο των 75  $\mu\text{m}$  (κόσκινο No 200), έχει δηλαδή μορφή σκόνης. Πλήσμα ονομάζουμε το λεπτόκοκκο υλικό του οποίου το 65% τουλάχιστον αποτελείται από παιπάλη.

#### 4.3 Πηγές αδρανών υλικών

Τα αδρανή υλικά υποδιαιρούνται στις εξής ομάδες:

1. **Κροκάλες.** Στρόγγυλα τεμάχια πετρωμάτων που συγκρατούνται στο κόσκινο 75  $\text{mm}$ .
2. **Χάλικες.** Στρόγγυλα τεμάχια πετρωμάτων που διέρχονται από το κόσκινο 75  $\text{mm}$  και συγκρατούνται στο κόσκινο 2,00  $\text{mm}$ . Αυτοί υποδιαιρούνται σε χονδρούς, μέσους και λεπτούς χάλικες.
  - A) Χοντροί χάλικες. Διέρχονται από το κόσκινο 75  $\text{mm}$  και συγκρατούνται στο κόσκινο 25  $\text{mm}$ .
  - B) Μέσοι χάλικες. Διέρχονται από το κόσκινο 25  $\text{mm}$  και συγκρατούνται από το κόσκινο 9,5  $\text{mm}$ .
  - Γ) Λεπτοί χάλικες. Διέρχονται από το κόσκινο 9,5  $\text{mm}$  και συγκρατούνται από το κόσκινο 2,00  $\text{mm}$ .
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  $\text{mm}$  και συγκρατούνται στο κόσκινο 2,00  $\text{mm}$ . Αυτά υποδιαιρούνται σε χοντρά, μέσα και λεπτά σκύρα.
  - A) Χοντρά σκύρα. Διέρχονται από το κόσκινο 75  $\text{mm}$  και συγκρατούνται από το κόσκινο 25  $\text{mm}$ .
  - B) Μέσα σκύρα. Διέρχονται από το κόσκινο 25  $\text{mm}$  και συγκρατούνται από το κόσκινο 9,5  $\text{mm}$ .
  - Γ) Λεπτά σκύρα. Διέρχονται από το κόσκινο 9,5  $\text{mm}$  και συγκρατούνται από το κόσκινο 2,00  $\text{mm}$ .
5. **Άμμος.** Κοκκώδες υλικό, που προέρχεται από την αποσάθρωση ή την θραύση των πετρωμάτων. Η άμμος διέρχεται από το κόσκινο 2,00  $\text{mm}$  και συγκρατείται από το κόσκινο 75  $\mu\text{m}$ . Υποδιαιρείται σε χοντρή και σε λεπτή άμμο.
  - A) Χοντρή άμμος. Διέρχεται από το κόσκινο 2,00  $\text{mm}$  και συγκρατείται από το κόσκινο 425  $\mu\text{m}$ .
  - B) Λεπτή άμμος. Διέρχεται από το κόσκινο 425  $\mu\text{m}$  και συγκρατείται από το κόσκινο 75  $\mu\text{m}$ .

6. **Ιλύς.** Υλικό που διέρχεται από το κόσκινο 75  $\mu\text{m}$  και αποτελείται από κόκκους μεγαλύτερους των 5  $\mu\text{m}$ .

7. **Άργιλος.** Υλικό που αποτελείται από κόκκους μικρότερους των 5  $\mu\text{m}$ . Οι κόκκοι οι μικρότεροι του 1  $\mu\text{m}$  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 πληρούνται οι απαιτούμενες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Επίσης, ως αδρανή υλικά χρησιμοποιούνται και τεχνητά αδρανή, ή κονιορτοποιημένα υλικά παλαιών οδοστρωμάτων κατασκευασμένα από ασφαλτόμιγμα ή από σκυρόδεμα (υλικά ανακύκλωσης).

**Σκωρίες (slags),** 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 μετάλλευμα που απορρίπτονται κατά την διαδικασία εμπλουτισμού.

**Υλικά κατεδαφίσεως (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 σκληρότητά τους και χρησιμοποιούνται ως σκληρά αδρανή σε αντιολοσθηρούς ασφαλτικούς τάπητες. Άλλα τεχνητά αδρανή χαρακτηρίζονται από το μικρό τους ειδικό βάρος και χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή ελαφρομπετόν. 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.

**Ορυχεία.** – Οι φυσικές πηγές κοκκωδών υλικών (συνήθως αμμοχάλικων) κατάλληλων για τεχνικά έργα καλούνται ορυχεία. Αυτά υποδιαιρούνται στις εξής κατηγορίες:

1. **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 ξηρό.
2. **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 ασφαλτικές κατασκευές.
3. **Αλλουβιακές αποθέσεις αμμοχάλικων (ρεύματα ή χείμαρροι).** – Το όνομα του τύπου αυτού των ορυχείων προέρχεται από την προέλευση των υλικών τα οποία αποτίθενται στους χείμαρρους. 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 ασφατικές εργασίες και για σκυροδέματα. Τα υλικά απ'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.

4. Φυσικές αποθέσεις αμμοχαλίκων. – Αυτές είναι αποθέσεις αμμοχάλικων 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.

5. 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, στις έρημους κ. α.

**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.

1. 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.
2. Λατομεία μαλακών πετρωμάτων. – Ο τύπος αυτός των λατομείων αποτελείται από αρκετά μαλακά πετρώματα τα οποία μπορούν να χαλαρώσουν με έναν εκριζωτή (rooter) και στην συνέχεια να μετακινηθούν με χωματοσυλλέκτη (scraper) ή με έναν μηχανικό προωθητήρα (bulldozer) και στην συνέχεια να φορτωθούν με μηχανικό πτύο (power shovel).

Στον Πίνακα 4.1 γίνεται κατάταξη των ορυχείων και των λατομείων ανάλογα του τύπου των παραγόμενων αδρανών υλικών και του τρόπου εργασίας.

**Πίνακας 4.1:** Κατάταξη ορυχείων και λατομείων

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



#### 4.4 Πετρώματα για παραγωγή θραυστών αδρανών

Τα θραυστά αδρανή παράγονται σε λατομεία από διάφορα πετρώματα με κατάλληλες μηχανικές και χημικές ιδιότητες. Τα πετρώματα κατατάσσονται σε τρεις γενικές κατηγορίες : τα πυριγενή, τα ιζηματογενή και τα μεταμορφωσιγενή.

##### 4.4.1 Πυριγενή πετρώματα ή ενδογενή πετρώματα

Είναι τα προερχόμενα από την απόψυξη και στερεοποίηση διάπυρου μάγματος του μανδύα της γης, που είτε αναδύθηκε στην επιφάνεια σαν λάβα (εκρηξιγενή πετρώματα), είτε αποψύχθηκε σε βάθος χωρίς να εκχυθεί (πλουτώνια πετρώματα και λακκόλιθοι). Πετρώματα εντελώς όμοια προς τα προερχόμενα από το μάγμα του μανδύα έχουν επίσης σχηματισθεί από την ανάτξη μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων που κατά τις διεργασίες της πτυχώσεως του φλοιού της γης βρέθηκαν σε συνθήκες υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών που τα μετέβαλαν σε μάγμα, με τρόπο που να μην μπορούν σήμερα οι γεωλόγοι να αποφαίνονται με βεβαιότητα με ποιόν από τους δύο τρόπους δημιουργήθηκαν.

**Κατηγορίες πυριγενών πετρωμάτων.** Στα πυριγενή πετρώματα διακρίνονται κατηγορίες σε συνάρτηση προς το ποσοστό ελεύθερης πυριτίας ( $\text{SiO}_2$ ) που περιέχουν, σε όξινα, βασικά και ενδιάμεσα. Όξινα πετρώματα, είναι εκείνα που περιέχουν 10% ή περισσότερο ελεύθερη πυριτία. Οι όροι “όξινα” και “βασικά” χαρακτηρίζονταν πριν από την αντίληψη ότι το διοξείδιο του πυριτίου (θεωρητικά) μαζί με το νερό μπορεί να σχηματίσει μια σειρά “πυριτικών οξέων” και έτσι τα ορυκτά του πετρώματος αντιμετωπίζονταν σαν άλατα αυτών των οξέων με υδροξείδια μετάλλων (βάσεις). Έτσι τα πετρώματα που περιέχουν περίσσεια πυριτίας θεωρήθηκε ότι είχαν περίσσεια “όξινης ουσίας”. Η ονομασία παρέμεινε, μολονότι η θεωρεία από την οποία ξεκίνησε είναι βέβαια αστήριχτη. Παλαιότερα τα όξινα πετρώματα χαρακτηρίζονταν με βάση το συνολικό ποσοστό πυριτίου που περιείχαν εκφραζόμενο σε πυριτία (διοξείδιο του πυριτίου). Η σημερινή αντίληψη για την κατάταξη με βάση την αδέσμευτη πυριτία (η οποία στα πυριγενή πετρώματα εμφανίζεται σαν χαλαζίας) έχει αξία για την προεκτίμηση της συμπεριφοράς των αδρανών των ασφαλτομιγμάτων απέναντι του νερού, που χαρακτηρίζεται σαν υδροφιλία. Έτσι, σε συνδυασμό και προς τον ιστό των πετρωμάτων, παρέχεται από τους πετρογράφους της Γαλλικής σχολής ο Πίνακας 4.2 για την κατάταξη των πυριγενών πετρωμάτων (J. JUNG και R. BROUSSE) σε οικογένειες, σε συνάρτηση προς την κατηγορία και τον τύπο ιστού κάθε οικογένειας. π. χ η οικογένεια των γρανοδιοριτών υπάγεται στη στήλη των όξινων πετρωμάτων με επικρατούντα τα πλαγιόκλαστα, στην σειρά των πετρωμάτων με κοκκώδη ιστό, με χαρακτηριστικό ορυκτό τους αμφιβόλους. Στον Πίνακα 4.2 επίσης σημειώνεται αν ο σχηματισμός των κρυστάλλων έγινε σε μία φάση της απόψυξης του μάγματος ή σε δύο, πράγμα που επηρεάζει τον ιστό του πετρώματος. Όσο η αναλογία του πυριτίου χαμηλώνει, τα πετρώματα χαρακτηρίζονται σαν ουδέτερα, βασικά και υπερβασικά. Η κατάταξη αυτή δεν έχει άμεση σημασία για τις εφαρμογές στο οδόστρωμα, εκτός από την ένδειξη για υδροφιλία που αναφέρθηκε.



#### 4.4.2 Ιζηματογενή πετρώματα

Είναι εκείνα που σχηματίστηκαν από εναποθέσεις προϊόντων αποσύνθεσης άλλων πετρωμάτων ή από λείψανα φυτικών και ζωικών οργανισμών που είχαν μετασχηματίσει τέτοια προϊόντα σε στοιχεία του οργανισμού τους. Στις πιο συχνές περιπτώσεις, η αποσύνθεση των αρχικών πετρωμάτων έγινε από το νερό της βροχής και του χιονιού, το οποίο στη συνέχεια τα μετέφερε σε χαμηλότεροτερες περιοχές όπου αποτέθηκε. Κατ'επέκταση ο όρος ιζηματογενές πέτρωμα περιέχει και εναποθέσεις από προϊόντα αποσυνθέσεως πετρωμάτων που συνεντρίβησαν από άλλες αιτίες. Τα χαλαρά αυτά πετρώματα μετασχηματίστηκαν σε συνεκτικά με τις διαδικασίες της διαγένεσης σε χαμηλές πιέσεις και θερμοκρασίες, που είχαν σαν αποτέλεσμα την συγκόλληση των κόκκων του χαλαρού πετρώματος (λιθοποίηση). Σαν πηγές αδρανών για επιφανειακές στρώσεις τα ιζηματογενή πετρώματα παρουσιάζουν ενδιαφέρον όταν η λιθοποίηση έχει προχωρήσει τόσο, ώστε να τους δίνει επαρκή αντοχή σε συντριβή. Ικανότητα αντίστασης σε στίλβωση έχουν εκείνα που περιέχουν κόκκους χαλαζιακής άμμου συγκολλημένους από θεμελιώδη μάζα σταθεροποιημένη ύστερα από διαγένεση (ψαμμόλιθοι, ψαμμίτες). Αν η άμμος περιέχει σημαντικό ποσοστό κόκκων αστρίου, το πέτρωμα χαρακτηρίζεται σαν αρκόζης. Ειδικότερα αν οι κόκκοι της άμμου είναι γωνιώδεις, ο δείκτης αντίστασης σε στίλβωση είναι πολύ υψηλός. Ψαμμόλιθος αυτού του είδους χαρακτηρίζεται από τους αγγλοσάξονες σαν GRITSTONE, σε αντιδιαστολή προς το SANDSTONE.

Τέτοια πετρώματα, προερχόμενα κυρίως από θαλάσσια ιζήματα, είναι οι γραουβάκες, όπου η διαγένεση έχει προχωρήσει σε βαθμό που να αρχίζει ο μεταμορφισμός και έτσι έχουν αποκτήσει αντοχή σε συντριβή που επιτρέπει σε ψηφίδες από αυτά να αντέχουν στην επιφάνεια οδών βαριάς κυκλοφορίας.

Ιζηματογενή πετρώματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον σαν πηγή αδρανών αντιολισθηρών στρώσεων, είναι οι ισχυροί ψαμμόλιθοι και γραουβάκες που αναφέρθηκαν, καθώς και οι ασβεστόλιθοι που προήλθαν από ιζήματα και εναποθέσεις που περιείχαν κόκκους σκληρών πετρωμάτων. Πάντως ασβεστόλιθοι αυτού του τύπου δεν έχουν εντοπισθεί στην Ελλάδα σε εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα, ενώ οι αφθονούντες ασβεστόλιθοι και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι έχουν υποστεί μεταμορφισμό σε βαθμό που πρέπει μάλλον να χαρακτηρίζονται σαν μικροκρυσταλλικά μάρμαρα. Αυτοί οι ασβεστόλιθοι έχουν την ιδιότητα να στιλβώνονται εντονότατα με την κυκλοφορία, και η παρουσία τους σε μεγάλο ποσοστό στην επιφάνεια της οδού συνεπάγεται ολισθηρότητα των οδοστρωμάτων.

Λεπτομερής ταξινόμηση των ιζηματογενών πετρωμάτων δεν παρατίθεται, γιατί γενικά δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την παραγωγή αδρανών προοριζομένων για αντιολισθηρές επιφανειακές στρώσεις, εκτός των οικογενειών που αναφέρθηκαν.

Ενδιαφέρον επίσης για τις επιφανειακές στρώσεις παρουσιάζουν ιζηματογενή πετρώματα πυριτιούχα, τα οποία προήλθαν είτε από χημικά ιζήματα, είτε από μικροοργανισμούς που είχαν πυριτιούχο περίβλημα. Με τις διαδικασίες της διαγένεσης τα ιζήματα αυτά μεταβλήθηκαν σε ισχυρό συμπαγές πέτρωμα όπου το οξείδιο του πυριτίου, διατηρώντας σε ένα ποσοστό και κρυσταλλικά ενωμένο νερό, κρυσταλλώθηκε σε πολύ μικρούς κρυστάλλους (κρυπτοκρυσταλλικός ιστός). Έτσι προέκυψε ο πυρόλιθος ή πυρίτης λίθος (τσακμακόπετρα, FLINT, GANQUARTZ) και ο κερατόλιθος (τσέρτης, CHERT), που έχουν σκληρότητα σχεδόν εκείνη του χαλαζία, έχουν μεγάλη αντίσταση σε θραύση και απότριψη, αλλά εξαιτίας του λεπτού και ομοιογενούς ιστού, δεν έχουν καλή αντίσταση σε στίλβωση. Πάντως χάρη στην διατήρηση των ακμών και αιχμών, θραυστές ψηφίδες που παράγονται από αυτά τα πετρώματα μπορούν να

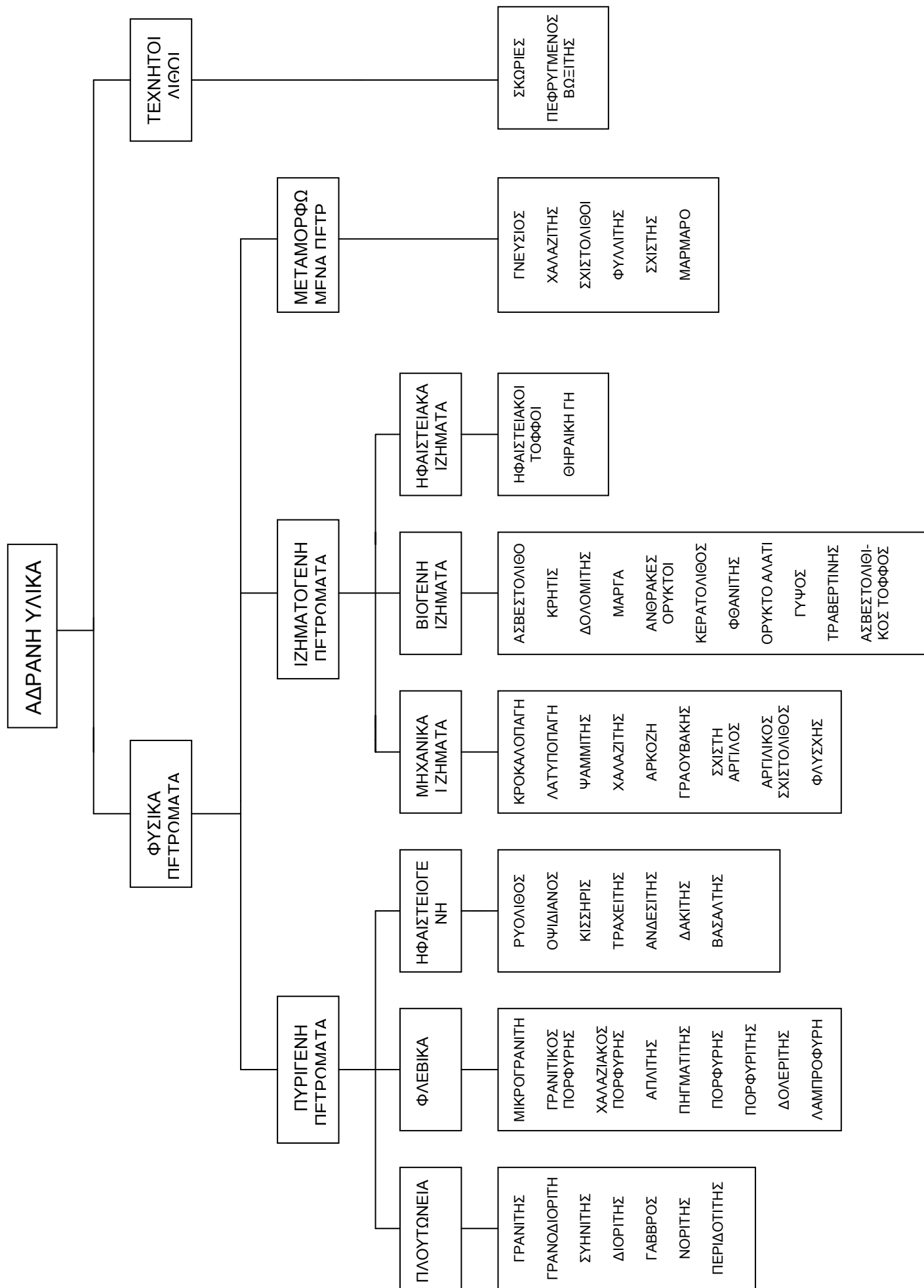
δώσουν επί αρκετά χρόνια βελτιωμένη αντίσταση σε ολίσθηση σε δρόμους ελαφράς και μέσης εντάσεως κυκλοφορίας.

Στην Ελλάδα ενυπάρχουν μέσα σε αμμοχάλικα πολλών χειμάρρων και όπου εφαρμόστηκαν θραυστά αδρανή από τέτοιες κροκάλες, έδειξαν καλύτερα από τους ασβεστόλιθους αποτελέσματα. Όμως στρογγυλοί χάλικες που χρησιμοποιήθηκαν (χωρίς θραύση) σε επαλείψεις ταπήτων με ασβεστολιθικά αδρανή δεν έδειξαν βελτίωση της αντιστάσεως σε ολίσθηση.

#### 4.4.3 Μεταμορφωσιγενή πετρώματα

Κατά τις κινήσεις του φλοιού της γης και όσο νέα στρώματα ιζηματογενών και ηφαιστειακών πετρωμάτων συσσωρεύονται στις χαμηλές περιοχές του, τέτοια στρώματα βρέθηκαν κάτω από συνθήκες μεγάλων πιέσεων και υψηλών θερμοκρασιών οι οποίες προκάλεσαν μεταβολές στην ορυκτολογική σύσταση και στον ιστό τους, πάντως με διατήρηση της χημικής σύστασης (ισοχημικές μεταβολές). Αλλά και πλουτώνια πετρώματα που βρέθηκαν κάτω από αυτές τις συνθήκες, μετά την στερεοποίηση του μάγματος από το οποίο προήλθαν, υπέστησαν τέτοιες αλλαγές, που χαρακτηρίζονται σαν “περιφερειακός μεταμορφισμός”, που εμφανίζεται σε μεγάλη έκταση επιφάνειας.

Τοπικός μεταμορφισμός χαρακτηριζόμενος σαν “μεταμόρφωση εξ’επαφής”, εμφανίζεται γύρω από διεισδύσεις μάγματος ανάμεσα σε παλαιότερα πετρώματα, οπότε οι μεταβολές στην ορυκτολογική σύστασή τους, προκαλούνται όχι μόνο από την ανύψωση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό προς τις υψηλές πιέσεις, αλλά και από την προσκόλληση νέων υλών με τις διαδικασίες της υδροθερμικής και πνευματολιτικής μεταφοράς. Έτσι δημιουργείται μια “στεφάνη μεταμορφώσεως” γύρω από την μαγματική διείσδυση που μπορεί να εκτείνεται σε ακτίνα πολλών χιλιομέτρων, όπου ο μεταμορφισμός προκάλεσε και αλλαγή της χημικής σύστασης.



#### 4.4 Χαρακτηριστικά των “Αντιολισθηρών” αδρανών

Τα χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών αντικατοπτρίζονται στην υφή της επιφάνειάς τους, στη μορφή τους, στην αντοχή τους, σε στατικές και δυναμικές καταπονήσεις και στην ευπάθεια τους να στιλβώνονται και να φθείρονται γενικά. Οπωσδήποτε, τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών, για υψηλή αντιολισθητική ποιότητα, είναι εκείνα που συνδέονται κυρίως με την ευπάθεια τους στη στίλβωση και φθορά. Ο βαθμός κατά τον οποίο κάποιο αδρανές έχει ανεπτυγμένη την επιθυμητή ποιότητα, εξαρτάται από την ορυκτολογική του 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 επιλεχθεί, 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.

#### 4.5 Ιδιαίτερες απαιτούμενες ιδιότητες των αδρανών

Στον Πίνακα 4.4 καταχωρούνται επιγραμματικά διάφορες ιδιότητες των αδρανών υλικών οι οποίες επηρεάζουν και ελέγχουν κάποιο ειδικό σκοπό και λειτουργία της επιφάνειας του οδοστρώματος ή που χρειάζονται για να ικανοποιούν διάφορες κατασκευαστικές απαιτήσεις της.

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

#### 4.6 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 :

- |             |              |
|-------------|--------------|
| 1)Φυσικές   | 5)Ηλεκτρικές |
| 2)Μηχανικές | 6)Οπτικές    |
| 3)Χημικές   | 7)Αισθητικές |
| 4)Θερμικές  |              |

**Πίνακας 4.3 :** Απαιτούμενες ιδιότητες αδρανών υλικών για την κατασκευή αντιολισθηρών ασφαλικών ταπήτων

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 (ασφαλούχα)	Άκαμπτα (τσιμεντούχα)
1. Επαρκής εσωτερική αντοχή και σταθερότητα,για την κατανομή των επιφανειακών πιέσεων στις υποστοιβάδες και υπόβαθρο 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. Θερμικός 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 :			

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)
A) 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
B)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
Στ)Θόρυβος 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

Αν και είναι σπουδαίες όλες αυτές οι ιδιότητες δεν είναι απόλυτα απαραίτητο να υπάρχουν ταυτόχρονα 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.

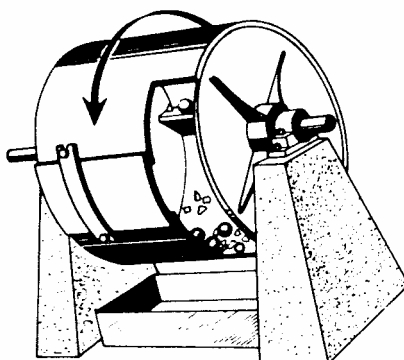
## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.**

### **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ**

#### **5.1 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, Εικόνα 5.1. 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.



**Εικόνα 5.1 : Συσκευή Los Angeles**

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, Πίνακας 5.1. Οι μεταλλικές σφαίρες είναι διαμέτρου 46,8 mm και ο αριθμός που τοποθετείται στον κάδο εξαρτάται από την διαβάθμιση των αδρανών υλικών, Πίνακας 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 (N<sub>o</sub> 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 5.2, με την προϋπόθεση ότι πληρούνται και οι άλλες απαιτήσεις του ίδιου πίνακα.

Κόσκινο (mm)		Ποσότητα αδρανών ανά διαβάθμιση			
		Διαβαθμίσεις			
Διερχόμενο	Συγκρ/νο	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 5.1 :** Διαβάθμιση αδρανών για έλεγχο κατά Los Angeles κατά AASHTO

Κυκλοφορία	Ελαφρά	Μέση	Βαριά	Πολύ Βαριά
Ημερήσιος κυκλοφοριακός Φόρτος ανά λωρίδα <sup>(α)</sup>	Μέχρι 500	501-3000	3001-8000	>8000
Μέγιστο ποσοστό φθοράς Κατά Los Angeles	30%	28%	26%	24%
Ελάχιστη τιμή (PSV) - Επικινδ. θέσεις, Κατ. Α <sup>(β)</sup> - Συνήθεις θέσεις, Κατ. Β <sup>(γ)</sup> - Εύκολες θέσεις, Κατ. Γ <sup>(δ)</sup>	50 45 -	55 50 45	60 55 -	65 60 -
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 65 Km/h, τμήματα με κλίση πάνω από 5% 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 καμπύλες μεγάλης ακτίνας, χωρίς επικίνδυνες διασταυρώσεις και άλλα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν επικίνδυνες θέσεις.

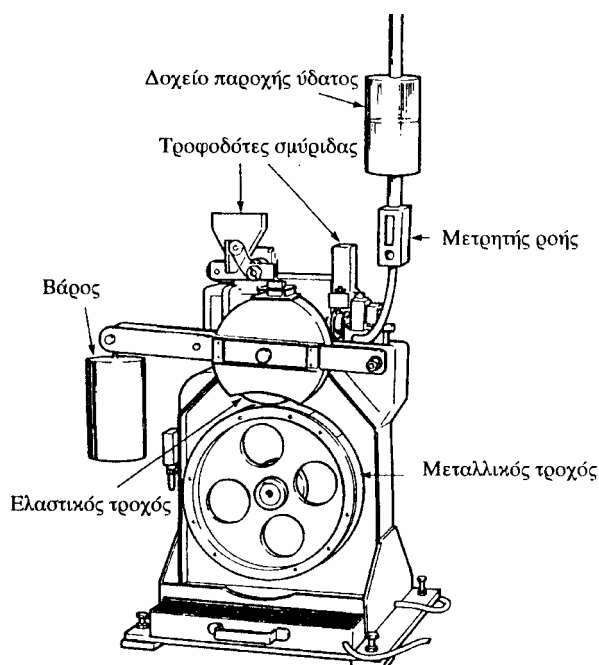
**Πίνακας 5.2 :** Οριακές τιμές Los Angeles, PSV και AAV για σκληρά αδρανή επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες.

## 5.2 Δοκιμή αντίστασης αδρανών σε στίλβωση (PSV)

Με την δοκιμή αντίστασης αδρανών σε στίλβωση (ή λείανση) καθορίζεται η συμπεριφορά των αδρανών υλικών στην λειαντική δράση των ελαστικών των οχημάτων. Η δοκιμή αποτελείται από δύο μέρη : στο πρώτο μέρος οι κόκκοι των αδρανών υφίστανται μια επιταχυνόμενη στίλβωση (λείανση) και στο δεύτερο μέρος το μέγεθος της στίλβωσης μετράται με κατάλληλη συσκευή μέτρησης ολισθηρότητας (το Βρετανικό εκκρεμές-British Pendulum). Η μέτρηση που λαμβάνεται, μετά από αναγωγή αυτής, ονομάζεται Δείκτης αντίστασης σε στίλβωση (PSV).

Η δοκιμή εκτελείται σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές BS 812 ή σύμφωνα με τις Αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO T 279. Οι ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των δύο προδιαγραφών είναι : το ονομαστικό μέγεθος των αδρανών υλικών, το λειαντικό μέσο που χρησιμοποιείται, ο αριθμός και ο τύπος των τροχών, η υποβολή των αδρανών σε λείανση, και ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη PSV.

Κατά τη Βρετανική προδιαγραφή τα αδρανή θα πρέπει να διέρχονται από το κοινό κόσκινο των 10 mm και να συγκρατούνται από το ειδικό κόσκινο 14/10 mm που χρησιμοποιείται στην δοκιμή καθορισμού του πλακοειδούς. Το λειαντικό μέσο είναι σμυρίδα δύο διαβαθμίσεων, ο αριθμός των τροχών είναι δύο (ένας για κάθε τύπο σμυρίδας) και ο χρόνος λείανσης 6 ώρες (3+3). Αντίστοιχα, κατά τις Αμερικανικές προδιαγραφές τα αδρανή θα πρέπει να διέρχονται από το κόσκινο 12,5 mm και να συγκρατούνται στο κόσκινο 9,5 mm. Το λειαντικό μέσο είναι ειδική άμμος, χρησιμοποιείται ένας μόνο τροχός και η συνολική διάρκεια λείανσης μπορεί να φτάσει μέχρι και 10 ώρες. Με βάση τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι το τελικό αποτέλεσμα που λαμβάνεται δεν μπορεί να είναι το ίδιο. Η σύντομη περιγραφή της δοκιμής που ακολουθεί, αναφέρεται στην δοκιμή σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές, η οποία θεωρείται ως τυπική δοκιμή.



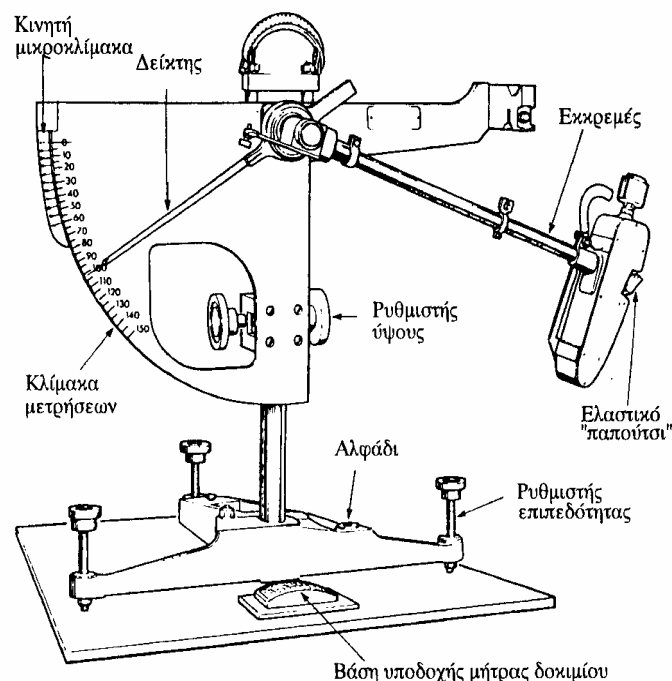
**Εικόνα 5.2 :** Συσκευή στίλβωσης αδρανών

Ικανοποιητικός αριθμός επιλεγμένων, όπως παραπάνω, αδρανών (περίπου 30 έως 55 κόκκοι), τοποθετούνται σε μία στρώση πάνω σε ειδική κυρτή μεταλλική μήτρα. Τα διάκενα μεταξύ των αδρανών γεμίζουν με λεπτόκοκκη άμμο. Η ποσότητα της άμμου είναι τόση ώστε να προεξέχει περίπου 1/3 των αδρανών. Κατόπιν, το υπόλοιπο της μήτρας σκεπάζεται πλήρως με εποξειδική ρητίνη. Το πλεόνασμα της ρητίνης απομακρύνεται με σπάτουλα. Μετά την σκλήρυνση της ρητίνης το δοκίμιο εξάγεται από την μήτρα, καθαρίζεται επιμελώς από την άμμο και τοποθετείται στην συσκευή λείανσης.

Η συσκευή στίλβωσης, Εικόνα 5.2, φέρει μεταλλικό τροχό, διαμέτρου 406 mm, στην περιφέρεια του οποίου προσαρμόζονται τα δοκίμια με τα προς εξέταση αδρανή, όπως και δοκίμια με τα πρότυπα αδρανή. Επί του τροχού τοποθετούνται 14 συνολικά δοκίμια. Ο τροχός περιστρέφεται κατά την εκτέλεση μιας δοκιμής με ταχύτητα 320 στροφές ανά λεπτό. Πριν την έναρξη της δοκιμής, ειδικός ελαστικός τροχός έρχεται σε επαφή και πιέζει τις μήτρες με δύναμη 725 N. Μεταξύ του ελαστικού τροχού και των μητρών, κατά την διάρκεια της δοκιμής, τροφοδοτείται συνεχώς, για τις τρεις πρώτες ώρες, σμυρίδα σε ποσότητα 27 gr / λεπτό και μικρή ποσότητα νερού (περίπου 27 gr / λεπτό). Η σμυρίδα είναι ειδικής διαβάθμισης και το 98-100% των κόκκων διέρχεται από το κόσκινο 600  $\mu\text{m}$ .

Μετά το πέρας των τριών πρώτων ωρών, τοποθετείται ο δεύτερος τροχός και η δοκιμή επαναλαμβάνεται για τρεις ακόμη ώρες, τροφοδοτώντας αυτή την φορά πολύ λεπτότερη σμυρίδα (παιπάλη). Οι ποσότητες σμυρίδας και νερού, στο στάδιο αυτό, είναι 3 gr / λεπτό.

Μετά το πέρας των έξι συνολικά ωρών, οι μήτρες με τα λειασμένα αδρανή καθαρίζονται και τοποθετούνται μία-μία στην ειδική βάση του Βρετανικού εκκρεμούς, Εικόνα 5.3. Με την συσκευή αυτή μετρείται η τιμή αντίστασης σε ολίσθηση των λειασμένων αδρανών.



**Εικόνα 5.3 :** Συσκευή μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση-British pendulum

Κατηγορία περιοχής	Περιγραφή περιοχής	Ημερήσιος Κυκλ. Φόρτος Ανά λωρίδα <sup>(Α)</sup>	Ελάχ. Τιμές PSV
A <sub>1</sub> Δύσκολη Βαθμός Επικινδ/τας 6	Προσέγγιση σε σηματοδότες δρόμων με όριο ταχυτήτων πάνω από 64 Km/h, προσέγγιση σε σηματοδότες με διαβάσεις γενικά.	<250 250-1000 1000-1750 >1750	60 65 70 75
A <sub>2</sub> Δύσκολη Βαθμός Επικινδ/τας 4	Προσέγγιση και διέλευση διασταυρώσεων δρόμων με ημερήσια κυκλοφορία >250 ε. οχ. ανά λωρίδα κατεύθυνσης, κυκλικοί κόμβοι και προσέγγιση σε αυτούς, καμπυλόγραμμα τμήματα οδού με ακτίνα >150 m και με όριο ταχύτητας >64 Km/h, τμήματα με κλίση πάνω από 5% σε μήκος μεγαλύτερο από 100 m.	<1750 1750-2500 2500-3250 >3250	60 65 70 75
B Μέση Βαθμός Επικινδ/τας 2	Όλα τα ευθύγραμμα τμήματα ή με μεγάλες Ακτίνες καμπυλότητας, σε : αυτοκινητόδρομους, κεντρικές αρτηρίες, κύριους υπεραστικούς δρόμους και σε άλλους δρόμους Με ημερήσια κυκλοφορία >250 ε. οχ. Ανά λωρίδα.	<1750 1750-4000 >4000	55 60 65
C Εύκολη Βαθμός Επικινδ/τας -	Ευθύγραμμα τμήματα γενικά με ημερήσια Κυκλοφορία < 250 ε. οχ. Ανά λωρίδα και Άλλες θέσεις όπου δεν προβλέπεται να Γίνουν ατυχήματα λόγω ολισθηρότητας Της οδού.	-	45
<sup>(Α)</sup> Ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα εκφράζεται σε εμπορικά οχήματα (ε. οχ. ). Εμπορικό όχημα ορίζεται το όχημα με απόβαρο > 1,5 τόννων.			

**Πίνακας 5.3 :** Προτεινόμενες ελάχιστες τιμές δείκτη στίλβωσης PSV αδρανών υλικών για επιφανειακές στρώσεις και ασφατικές επαλείψεις σύμφωνα με τις Βρετανικές Προδιαγραφές.

Ο Δείκτης αντίστασης σε στίλβωση (PSV) των αδρανών υπολογίζεται από την σχέση :

$$PSV = S + 52,4 - C$$

Όπου S= μέσος όρος τιμών αντίστασης σε ολίσθηση λειασμένων αδρανών, από τέσσερα δοκίμια (μήτρες)

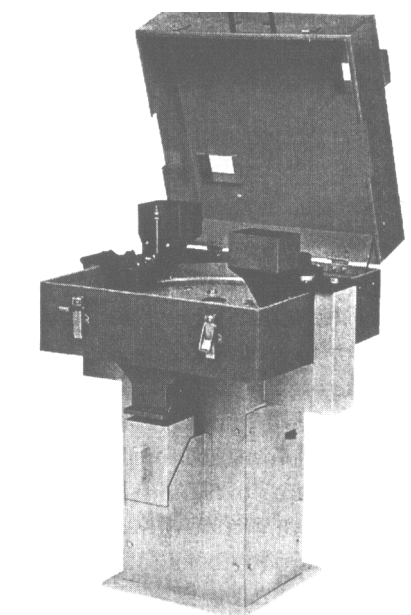
C= μέσος όρος τιμών αντίστασης σε ολίσθηση λειασμένων προτύπων αδρανών από τέσσερα δοκίμια (η τιμή πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 49,5-55,5, αλλιώς η παραπάνω σχέση δεν ισχύει).

Ο καθορισμός του δείκτη PSV κρίνεται απολύτως αναγκαίος για την εξακρίβωση της καταλληλότητας των αδρανών για επιφανειακές στρώσεις ή ασφατικές επαλείψεις. Αδρανή θεωρούνται σκληρά και κατάλληλα για τις παραπάνω εργασίες όταν ο δείκτης στίλβωσης PSV είναι μεγαλύτερος ή ίσος των τιμών που ορίζονται από τις προδιαγραφές. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι τιμές αυτές συσχετίζονται με τον κυκλοφοριακό φόρτο και με την επικινδυνότητα της οδού. Στον προαναφερθέντα Πίνακα 5.2, δίνονται οι απαιτούμενες από τις Ελληνικές προδιαγραφές (οδηγίες), τιμές του δείκτη PSV, ενώ στον Πίνακα 5.3, οι προτεινόμενες αντίστοιχες των Βρετανικών προδιαγραφών.

### 5.3 Δοκιμή αντίστασης σε απότριψη (AAV)

Με την δοκιμή αντίστασης σε απότριψη καθορίζεται η συμπεριφορά των αδρανών σε απότριψη κάτω από την επίδραση των ελαστικών των οχημάτων. Η δοκιμή κατά τις Βρετανικές προδιαγραφές, εκτελείται σε χονδρόκοκκα αδρανή διερχόμενα από το κόσκινο 14 mm και συγκρατούμενα στο ειδικό κόσκινο 20/14 mm, που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του δείκτη πλακοειδούς.

Τα αδρανή τοποθετούνται με το χέρι, σε μία στρώση, σε ειδική επίπεδη μεταλλική μήτρα. Τα διάκενα μεταξύ αδρανών γεμίζουν με λίγη άμμο έτσι ώστε να προεξέχει περίπου 1/3 της διαμέτρου των αδρανών. Κατόπιν το υπόλοιπο της μήτρας σκεπάζεται με εποξειδική ρητίνη και επ'αυτής τοποθετείται μεταλλική πλάκα η οποία έχει προεπαλειφτεί με γράσο. Μετά την σκλήρυνση της ρητίνης το δοκίμιο εξάγεται από την μήτρα, καθαρίζεται επιμελώς από την άμμο και τοποθετείται στη συσκευή απότριψης.



**Εικόνα 5.4 :** Συσκευή απότριψης

Η συσκευή απότριψης, Εκόνα 5.4, αποτελείται από έναν δίσκο στον οποίο τοποθετούνται, αντιδιαμετρικά, δύο δοκίμια (δύο δοκίμια από το ίδιο αδρανές). Επί των δοκιμίων εφαρμόζεται η κεφαλή απότριψης και ένα βάρος 2 Kg±10gr. Ο δίσκος περιστρέφεται σε οριζόντιο επίπεδο για 500 πλήρεις περιστροφές, με ταχύτητα 28-30 στροφές / λεπτό, καθ'όλη της διάρκειας λειτουργίας της συσκευής, στη διεπιφάνεια των αδρανών και της κεφαλής απότριψης, τροφοδοτείται ειδική λειαντική άμμος με ρυθμό 700-900 gr / λεπτό. Μετά το πέρας της απότριψης τα δοκίμια καθαρίζονται επιμελώς και ζυγίζονται με ακρίβεια 0,1 gr.

Ο δείκτης απότριψης των αδρανών (AAV) υπολογίζεται συναρτήσει της απώλειας βάρους του δοκιμίου χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση :

$$AAV=3(A-B)/d$$

Όπου A= βάρος του δοκιμίου πριν την απότριψη (gr)

B= βάρος του δοκιμίου μετά την απότριψη (gr)

d= σχετική πυκνότητα των αδρανών πριν την απότριψη.

Ο δείκτης απότριψης (AAV) μαζί με το δείκτη στίλβωσης (PSV) χαρακτηρίζουν πλήρως την σκληρότητα των αδρανών και την καταλληλότητά τους για χρήση σε

επιφανειακές στρώσεις οδοστρωμάτων ή ασφατικές επαλείψεις. Οι οριακές τιμές που προτείνονται από τις Ελληνικές προδιαγραφές (οδηγίες), ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο, δίνονται στο Πίνακα 5.2. Αντίστοιχα οι προτεινόμενες τιμές των Βρετανικών προδιαγραφών δίνονται στον Πίνακα 5.4. Στον Πίνακα 5.5 φαίνονται πετρώματα του Ελληνικού χώρου τα οποία έχουν δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε ορισμένους μόνο από τους ελέγχους (LA, PSV, AAV), που γίνονται για να καθοριστεί αν ένα πέτρωμα έχει αντιολισθηρά χαρακτηριστικά. Επίσης στον Πίνακα 5.6, δίνονται ορισμένα πετρώματα του Ελληνικού χώρου τα οποία ελέγχθηκαν στο ΚΕΔΕ όσον αφορά την αντίσταση σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles, την αντίσταση σε στίλβωση (PSV) και την αντίσταση σε απότριψη (AAV) και έδωσαν ικανοποιητικά ή ελπιδοφόρα αποτελέσματα. Η κατάταξη έγινε σύμφωνα με το Βρετανικό πρότυπο BS 812 / 75.

Εμπορικά οχήματα ανά λωρίδα Ανά ημέρα	<250	Έως 1000	Έως 1750	Έως 2500	Έως 3250	>3250
Μέγιστη τιμή AAV για ασφατικές Επαλείψεις	14	12	12	10	10	10
Μέγιστη τιμή AAV για επιφανειακές Στρώσεις	16	16	14	14	12	12

**Πίνακας 5.4 :** Μέγιστες τιμές δείκτη απότριψης (AAV) αδρανών υλικών για επιφανειακές στρώσεις και ασφατικές επαλείψεις σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές

ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	LA	PSV	AAV	ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	LA	PSV	AAV
Γρανίτης Μυκόνου	22	45	-	Βωξίτης Παρνασού Β	40	45	18
Ανδεσίτης Γιαννιτσών	42	51	-	Ασβεστολιθικός Ψαμμίτης Τρίπολης	23	49	6
Τραχείτης Μεθάνων	40	66	-	Ασβεστόλιθος Λαμίας	21	46	7
Τραχειανδεσίτης Λέσβου	32	55-65	-	Ασβεστόλιθος Σερρών	29	42	17
Τραχειανδεσίτης Πόρου	42	67	-	Χαλαζίτης Θεσσαλονίκης Β	-	41	3
Ρυόλιθος Πέλλας	44	62	-	Ραδιολαρίτης Ιωαννίνων	26	41	-
Ρυόλιθος Αριδαίας	22	44	-	Ραδιολαρίτης Καλαβρύτων	24	43	-
Ρυόλιθος Λέσβου	32	67	-	Πλακίτης Λαυρίου	40	62	11
Εξαλλοιωμένο Ηφαιστεια. Τρίπολης	38	69	-	Ψαμμίτης Κόνιτσας	33	67	-
Ψαμμίτης Μετσόβου	40	61	-	Κροκκάλες Αχελώου	18	45	4
Ασβεστιτικός ψαμμίτης Τρίπολης	39	72	12	Κροκκάλες Σαραντάπορου	-	67	-
Βωξίτης Παρνασσού Α	38	63	5	Κροκκάλες Εύηνου	20	42	4,5

**Πίνακας 5.5 :** Χαρακτηριστικά αποτελέσματα μη αντιολισθηρών πετρωμάτων



ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	LA	PSV	AAV	ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	LA	PSV	AAV
<b>ΓΑΒΡΟΙ</b>				<b>ΨΑΜΜΙΤΕΣ</b>			
Αμφιβολίτης Βυρώνειας Σερρών	21	50	8	Ψαμμίτης Αγγίστρου Σερρών	27	56	2
Αμφιβωλίτης Κεφαλοχώρι Σερρών	22	51	7	Ψαμμίτης Ιωαννίνων (ασβεστιτικός)	33	67	-
Αμφιβολίτης Παρανέστι Δράμας	26	57	7	Ψαμμίτης Ιωαννίνων (χαλαζιακός)	16	51	-
Αμφιβολίτης Διπόταμα Δράμας	25	51	4	Ψαμμίτης Αράχωβας	22	63	6
Περιδοίτης Τυρού	19	59	-	Χαλαζιακός Ψαμμίτης Βέροιας	16	51	-
Περιδοίτης Ιωαννίνων	29	48	-	<b>ΧΑΛΑΖΙΤΕΣ</b>			
Περιδοίτης Προσωτσάνη	23	59	11	Χαλαζίτης Φόδελε	26	60	8
Γάββρος Βοιωτίας	-	56	16	Χαλαζίτης Ρεθύμνου	32	53	-
Δουνίτης Σερίφου	23	48	3	Χαλαζίτης Χανίων	25	55	-
<b>ΓΡΑΝΙΤΕΣ</b>				Χαλαζίτης Νεάπολης Κρήτης	25	59	-
Γρανίτης Σερίφου	25	52	6	Χαλαζίτης Σητείας	18	52	-
Γρανοδιορίτης Σερίφου	21	56	6	Χαλαζίτης Νικήτη Χαλκιδικής	16	54	3
Γνεύσιος Σερίφου	22	53	4	Χαλαζίτης Νικήτη Χαλκιδικής Β	30	71	-
Γνεύσιος Καβάλας	22	58	-	Χαλαζίτης Ασσήρου Σερρών	31	57	5
Γνεύσιος Ξάνθης	21	51	-	Χαλαζίτης Θες/νίκης	27	52	2
<b>ΒΑΣΑΛΤΕΣ</b>				Χαλαζίτης Ηρακλείου Κρήτης	25	72	-
Βασάλτης Μήλου	30	54	7	<b>ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ</b>			
Ανδεσίτης Λήμνου	21	58	5	Πρασινόλιθος Ηρακλείου	27	64	-
Ανδεσίτης Μήλου	23	53	-	Φυλλίτης Ηρακλείου	30	53	-
Διαβάσης Αλεξανδρού-πολης	16	53	2	Σχιστόλιθος Καστέλλι	25	62	-
<b>ΠΟΡΦΥΡΕΣ</b>				Σχιστόλιθος Ευζώνων	15	51	6
Τραχειανδεσίτης Λήμνου	19	58	-	<b>ΚΡΟΚΚΑΛΕΣ</b>			
Δακίτης Αίγινας	-	60	7	Αώου	-	62	9
Τραχείτης Μεθάνων	34	60	-	Αλιάκμονα	-	54	-
Ρυόλιθος Μυστεγνών Λέσβου	24	62	8	Σαραντάπορου	-	67	-
Τραχειανδεσίτης Πόρου	20	52	-	Σμύριδα Νάξου	23	68	3
Πορφυρίτης Ευζώνων	18	58	6	Βωξίτης Παρνασού	28	50	3
Τόφος Κιμώλου	27	70	10				

**Πίνακας 5.6 :** Πέτρωμα με αντιολισθηρά χαρακτηριστικά κατά BS 812 / 75.

#### 5.4 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,  $\lambda$ , 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 ημιοποσοτικά 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  $\theta$ . Αν  $\lambda$  είναι το μήκος κύματος των ακτίνων X, τότε για κάθε ορυκτό ισχύει η σχέση του Bragg : (Κωστάκης 1988)

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

Όπου  $n$ =τάξη ανάκλασης

$\lambda$ = μήκος κύματος

$\theta$ = 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.

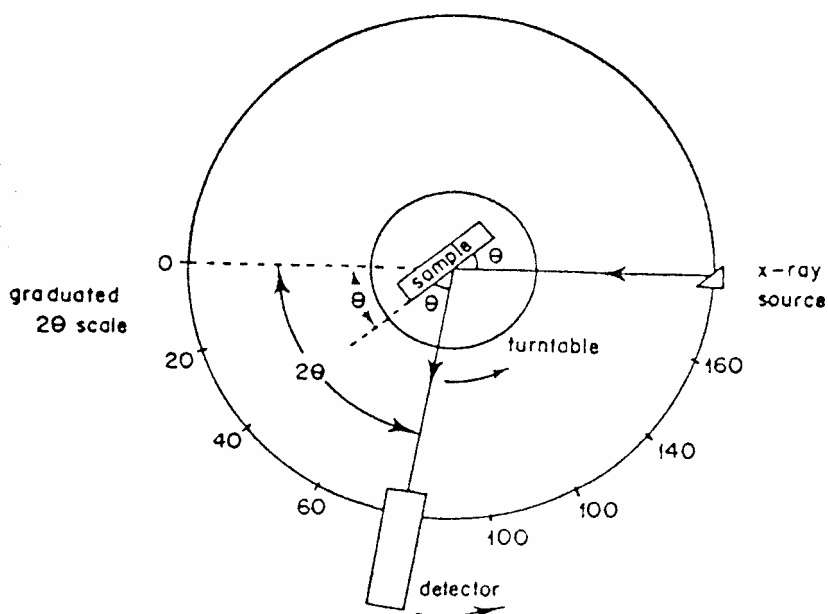
Χρησιμοποιήθηκε αυτόματο περιθλασίμετρο ακτίνων –X τύπου D-500, Siemens, του Εργαστηρίου Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, που συνδέεται με μονάδα ηλεκτρονικού υπολογιστή τύπου IBM με την βοήθεια του οποίου γίνεται η όλη διαδικασία μέτρησης των δειγμάτων καθώς επίσης 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 $\alpha$ ,  $\lambda=1,5418 \text{ \AA}$ , 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% (Κωστάκης 1992).

Για την παρασκευή των δειγμάτων ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Αντιπροσωπευτικά δείγματα χαλαζιτών, από τις διάφορες περιοχές δειγματοληψίας, υπέστησαν θραύση σε σιαγωννωτό σπαστήρα. Τα θραυσμένα υλικά λειοτριβήθηκαν σε "πλανητικό λειοτριβέα με ιγδία από αχάτη", ώστε το υλικό να διέρχεται από το κόσκινο των 40  $\mu\text{m}$ . 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  $\text{cm}^2$ , έτσι ώστε να πληρή την κοιλότητα του δειγματοφορέα και να σχηματίζει μια επίπεδη επιφάνεια. Στην συνέχεια το παρασκεύασμα τοποθετείται σε μία περί τον άξονά της περιστρεφόμενη

βάση, 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 5.5.



**Εικόνα 5.5 :** Σχηματική παράσταση περιθλασιμέτρου ακτίνων Χ.

### 5.5 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 επιφάνειά τους με περιστρεφόμενο δίσκο, από καρβίδιο του πυριτίου (SiC) και όταν η επιφάνεια έγινε αρκετά λεία, κολλήθηκε με εποξειδωτική ρητίνη σε ένα μικρό τζαμάκι. Η κόλλα που χρησιμοποιήθηκε ήταν "αραλντίτης δύο συστατικών". 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.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.**

### **ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΞΕΝΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΑΔΡΑΝΗ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΩΝ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ**

#### **6.1 Απαιτήσεις και συστάσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Βρετανία**

##### **6.1.1 Χαρακτηριστικά ύλης**

Οι απαιτήσεις για τα αδρανή επιφανειακών στρώσεων ασφαλικών οδοστρωμάτων, που αφορούν την αντίσταση σε στίλβωση και την αντίσταση σε απότριψη, δίνονται στο TECHNICAL MEMORANDUM. Η 16/17 που συμπληρώνει την προδιαγραφή για Οδούς και Γέφυρες (έκδοση 1976 και συμπλήρωμα 1978). Οι απαιτήσεις αυτές ισχύουν για νέους αυτοκινητόδρομους και κύριες αρτηρίες (υπεραστικούς δρόμους) και καλύπτουν τις περιπτώσεις διαφόρων κατηγοριών θέσεων και κυκλοφοριακών φόρτων. Οι απαιτήσεις αυτές αποτελούν επίσης συστάσεις και για την κατασκευή και άλλων κατηγοριών νέων οδών. (Παράλληλα προς τις απαιτήσεις για τις ιδιότητες των αδρανών, το TECHNICAL MEMORANDUM περιέχει και παράγραφο στην οποία περιέβαλε το συμπλήρωμα της προδιαγραφής για οδούς και γέφυρες – παράγραφος 917 – όπου ορίζεται σαν απαίτηση για την κατασκευή νέων ασφαλικών οδοστρωμάτων να έχουν μέσο βάθος υφής όχι μικρότερο του 1,5 χιλιοστομέτρου. Το μέσο βάθος υφής θα πρέπει να προσδιορίζεται σε επτά ημέρες το πολύ από το τελείωμα της επίστρωσης και πριν να δοθεί αυτή στην κυκλοφορία. Η προδιαγραφή Οδών και Γεφυρών ορίζει επίσης στην παράγραφο 2709 τον τρόπο προσδιορισμού του μέσου βάθους υφής).

Ο κυκλοφοριακός φόρτος της οδού προς τον οποίο σχετίζονται οι απαιτήσεις από το λίθινο υλικό, εκφράζεται για κάθε λωρίδα από τον αριθμό ημερησίων διελεύσεων οχημάτων που το βάρος τους, χωρίς φορτίο, είναι μεγαλύτερο από 1,5 τόνο. Τα οχήματα αυτά χαρακτηρίζονται σαν εμπορικά οχήματα. Ο φόρτος αυτός προεκτιμάτε πόσος θα είναι κατά το πέρας της προβλεπόμενης διάρκειας ζωής της επιφανειακής στρώσης.

**Α) Αντίσταση σε συντριβή.** Για ψηφίδες ασφαλικών επαλείψεων έχει διατυπωθεί μόνο σύσταση στην περίπτωση εφαρμογής σε υπερσυμπυκνωμένους τάπητες ή σε επιφάνειες σκυροδέματος τσιμέντου. Στην ROAD NOTE 39, παρ. 8.4, συνιστάται τιμή απώλειας από συντριβή (CRUSHING VALUE κατά B. S. 812), όχι άνω του 18. Για τις άλλες περιπτώσεις έχει διαπιστωθεί πως υλικά που καλύπτουν την απαίτηση αντίστασης σε απότριψη, έχουν και επαρκή αντίσταση σε συντριβή.

Για ψηφίδες εμπήξεως και χάλικες (φυσικούς) επαλείψεων, ισχύει το πρότυπο B. S. 1984, που ορίζει ελάχιστη απαίτηση για την τιμή της δυνάμεως για παραγωγή 10% λεπτόκοκκου υλικού (10% FINES VALUE κατά B. S. 812) τους 8 τόννους, η οποία απαίτηση καλύπτεται κατά κανόνα από υλικά που έχουν απώλεια στην δοκιμασία της συντριβής κάτω του 25.

Οι απαιτήσεις έχουν εφαρμογή:

1. Για ψηφίδες επαλείψεων.
2. Για ψηφίδες εμπηγνυόμενες σε επιφανειακές στρώσεις τύπου ROLLED ASPHALT, FINE COLD ASPHALT και MASTIC ASPHALT.
3. Για τα χονδρά αδρανή (άνω των δύο χιλιοστών) σε στρώσεις κυκλοφορίας από ασφαλτόμιγμα με οδόπισσα ή άσφαλτο ή ασφαλτόμιγμα τύπου ROLLED ASPHALT ή πυκνή επιφανειακή στρώση με οδόπισσα όπου δεν γίνεται έμπηξη ψηφίδων.

**Πίνακας 6.1 :** Μέγιστες τιμές του δείκτη φθοράς σε απότριψη, σε συνάρτηση προς τον κυκλοφοριακό φόρτο, για εύκαμπτα οδοστρώματα.

Κυκλοφορία σε εμπορικά οχήματα ανά λωρίδα και ημέρα.	Λιγότερα από 250*	Μέχρι 1000	Μέχρι 1700	Μέχρι 2500	Μέχρι 3250	Περισσότερα Από 3250
Μέγιστος επιτρεπόμενος δείκτης φθοράς σε απότριψη για ψηφίδες επαλείψεως ή εμπίξεως.	14	12	12	10	10	10
Μέγιστος επιτρεπόμενος δείκτης φθοράς σε απότριψη για αδρανή ασφαλτομίγματος επιφανειακών στρώσεων.	16	16	14	14	12	12
*Για δρόμους ελαφράς κυκλοφορίας με λιγότερα από 250 εμπορικά οχήματα ανά λωρίδα την ημέρα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αδρανές με μεγαλύτερη απώλεια σε απότριψη (AAV), όταν η πείρα έχει δείξει ότι με αδρανές μιας ορισμένης πηγής έχουν επιτευχθεί ικανοποιητικά αποτελέσματα.						

Τα χονδρά αδρανή ασφαλτομίγματος τύπου ROLLED ASPHALT όπου θα εφαρμοστούν επιφανειακές ψηφίδες, απαιτείται να έχουν δείκτη αντιστάσεως σε στίλβωση τουλάχιστον 45, εκτός από τις θέσεις που χαρακτηρίζονται ως εύκολες στον Πίνακα 6.2, για τα οποία δεν υπάρχει απαίτηση.

**Β) Αντίσταση σε απότριψη.** Η απώλεια σε απότριψη, προσδιοριζόμενη κατά το B. S. 812 (ABRASION TEST), δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές του Πίνακα 6.1.

**Γ) Αντίσταση σε στίλβωση.** Για όλες τις περιπτώσεις εφαρμογής ασφαλικών επιφανειακών στρώσεων για τα αδρανή μεγέθους άνω των 2 χιλιοστών (χονδρά αδρανή) και κατά κατηγορία θέσεως οδού και εντάσεως κυκλοφορίας, ισχύει ο Πίνακας 6.2.

#### 6.1.2 Χαρακτηριστικά από την κατεργασία

Κοκκομετρική διαβάθμιση και σχήμα κόκκου : Για μονόκοκκα αδρανή επαλείψεων και εμπίξεων. Τα αδρανή πρέπει να προσκομίζονται διαχωρισμένα σε ονομαστικά μεγέθη κατά το B. S. 63 ή το B. S. 1984. (Το πρότυπο που θα εφαρμόζεται, καθορίζεται στις προδιαγραφές του κάθε έργου).

**Πίνακας 6.2 :** Κατηγορίες θέσεων οδών και ελάχιστες τιμές του δείκτη αντίστασης σε στρίβωση για ασφαλικά οδοστρώματα

Χαρακτηρισμός θέσης	Ποσοστό τέτοιων θέσεων στο σύνολο Του οδικού δικτύου	Ο ρ ι σ μ ό ς	Ελάχιστη τιμή του δείκτη Αντίστασης σε στρίβωση
A <sub>1</sub> Δύσκολες	Μικρότερο από 0, 1%	-Προσεγγίσεις σε σηματοδότες σε δρόμους όπου ποσοστό 85% των οχημάτων έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από 64 χμ/ωρ. -Προσεγγίσεις σε σηματοδότες, διαβάσεις πεζών και παρόμοιες επικίνδυνες θέσεις σε κύριους αστικούς δρόμους.	Λιγότερα από : 250 εμπ. οχ/λωρ./ημ. 60 250-1000 εμπ. οχ/λωρ/ημ. 65 1000-1750 >> 70 περισ. από 1750 >> 75
A <sub>2</sub> Δύσκολες	Μικρότερο από 4%	-Στις προσεγγίσεις και στις διασταυρώσεις με οδούς με προτεραιότητα & κυκλοφορία μεγαλύτερη από 250 εμπορικά αυτ/τα ανά λωρίδα την ημέρα. -Κυκλικοί κόμβοι και προσεγγίσεις σε αυτούς. -Στροφές με ακτίνα<150 μέτρων σε δρόμους όπου το 85% των οχημάτων έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από 64 χμ/ω. -Τμήματα με κλίση 5% ή μεγαλύτερη και μήκος πάνω από 100 μέτρα.	Λιγότερα από : 1750 εμπ. οχ/λωρ/ημ. 60 1750-2500 >> 65 2500-3250 >> 70 περισ. από 3250 >> 75
B Συνήθειες θέσεις	Μικρότερο από 15%	Κατά γενικό κανόνα ευθύγραμμα τμήματα και Τμήματα με μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας σε: -Αυτοκινητόδρομους -Οδικές αρτηρίες και κυρίως δρόμους -Δρόμους με κυκλοφοριακό φόρτο μεγαλύτερο από 250 εμπορικά οχήματα ανά λωρίδα την ημέρα.	Λιγότερα από : 1750 εμπ. οχ/λωρ/ημ. 55 1750-4000 >> 60 περισ. από 4000 >> 65
Γ Εύκολες θέσεις	Μικρότερο από 81%	-Κατά γενικό κανόνα, ευθύγραμμα τμήματα σε δρόμους με ελαφρά κυκλοφορία(λιγότερα από 250 εμπορικά οχήματα ανά λωρίδα και ημέρα) -Άλλοι δρόμοι όπου τα ατυχήματα από ολισθηρότητα δεν αποτελούν πρόβλημα.	45

**Πίνακας 6.3 :** Απαιτήσεις κοκκομετρίας και σχήματος κόκκου για μονόκοκκα αδρανή που προδιαγράφονται για ασφαλικές επαλείψεις ή εμπυγνυόμενες ψηφίδες κατά το B. S. 63/1972.

	Προδιαγραφόμενο μέγεθος			Κόκκοι μεγαλύτεροι του προδιαγραφόμενου μεγέθους		Κόκκοι μικρότεροι του προδιαγραφόμενου μεγέθους				
Ονομαστικό μέγεθος	Κόσκιο απ'όπου διέρχονται (χιλιοστά)	Κόσκιο στο οποίο συγκρατούνται (χιλιοστά)	Ελάχιστο ποσοστό στο προδιαγραφόμενο Μέγεθος.	Το σύνολο να διέρχεται από κόσκινο ανοί-Ματος.	Μέγιστο ποσοστό συγκρατούμενο στο Κόσκιο της στήλης 2.	Μέγιστο ποσοστό κόκκων διερχόμενων Από το κόσκινο της στήλης 8.		Ποσοστό κόκκων διερχόμενων από το κόσκινο της στήλης 10. (λεπτοί κόκκοι)		Μέγιστος επιτρεπόμενος δείκτης πλακοειδούς κόκκων που προσδιορίζεται μόνο σε κόκκους του προδιαγραφόμενου Μεγέθους.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	20, 0	14, 0	60%	28, 0	15%	7%	10, 0	2%	2, 36	35 35 35 -
14	14, 0	10, 0	60%	20, 0	15%	7%	6, 30	2%	2, 36	
10	10, 0	6, 30	65%	14, 0	15%	10	5, 00	2%	2, 36	
6	6, 30	3, 35	65%	10, 0	15%	10	2, 36	2%	0, 60	

**Πίνακας 6.4 :** Απαιτήσεις κοκκομετρίας και σχήματος κόκκων για ψηφίδες επαλείψεως και εμπήξεως κατά το B. S. 1984/67.

Ονομαστικό μέγεθος		Ιντσ. χλσ	Ιντσ. χλσ	Ιντσ. χλσ	Ιντσ. χλσ
		$\frac{3}{4}$ 19, 0	$\frac{1}{2}$ 12, 7	$\frac{3}{8}$ 9, 5	$\frac{1}{4}$ 6, 35
Όρια που ισχύουν για το προδιαγραφόμενο μέγεθος					
Προδιαγραφόμενο μέγεθος με βάση κόσκινα από όπου :	Διέρχονται	Ιντσ. χλσ	Ιντσ. χλσ	Ιντσ. χλσ	Ιντσ. χλσ
		$\frac{3}{4}$ 19, 0	$\frac{1}{2}$ 12, 7	$\frac{3}{8}$ 9, 5	$\frac{1}{4}$ 6, 35
	Συγκρατούνται	$\frac{1}{2}$ 12, 7	$\frac{3}{8}$ 9, 5	$\frac{1}{4}$ 6, 35	$\frac{3}{16}$ 4, 76
Ελάχιστο απαιτούμενο ποσοστό Μεταξύ των δύο πιο πάνω κοσκίων.		75%	75%	75%	55%
Μέγιστος δείκτης πλακοειδών κόκκων περιοχής του προδιαγραφόμενου μεγέθους.		30	30	35	-
Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης (του συνόλου του υλικού)					
Βρετανικά κόσκινα		Ποσοστό διερχόμενων %			
1-in	25, 4-χλσ	100	-	-	-
$\frac{3}{4}$ -in	19, 0-χλσ	90-100	100	-	-
$\frac{1}{2}$ -in	12, 7-χλσ	0-25	90-100	100	-
$\frac{3}{8}$ -in	9, 53-χλσ	0-5	0-25	90-100	100
$\frac{1}{4}$ -in	6, 35-χλσ	-	0-5	0-25	90-100
$\frac{3}{16}$ -in	4, 76-χλσ	-	-	0-5	0-45
$\frac{1}{8}$ -in	3, 18-χλσ	-	-	-	0-5
N <sub>0</sub> . 7	2, 40	0-2	0-2	0-2	0-2
N <sub>0</sub> . 200	0, 075	0-0, 5	0-0, 5	0-0, 5	0-0, 5

Τα ανεκτά ποσοστά κόκκων έξω της ονομαστικής περιοχής και τα ανεκτά ποσοστά κόκκων ακατάλληλου σχήματος (δείκτης πλακοειδούς), δίνονται στους Πίνακες 6.3 και 6.4 (από τα Πρότυπα B.S. 63 και B.S.1984 αντίστοιχα). Για τις ψηφίδες που προορίζονται για εμπήξη, κριτήριο για την καταλληλότητα του σχήματος κόκκου



αποτελεί ο δείκτης μεγέθους του σχήματος, που είναι το άθροισμα των εκατοστιαίων ποσοστών της στήλης 8 του Πίνακα 6.3 και του δείκτη πλακοειδούς ο οποίος προσδιορίζεται για τους κόκκους τους μεγαλύτερους από το κάτω όριο του ονομαστικού μεγέθους (όλους τους συγκρατούμενους στο κόσκινο της στήλης 3 του Πίνακα 6.3). Αυτός ο δείκτης μεγέθους και σχήματος πρέπει να μην είναι μεγαλύτερος από 60.

- Για τη σύνθεση ασφαλτομιγμάτων. Τα αδρανή πρέπει να προσκομίζονται σε δύο τουλάχιστον ονομαστικά μεγέθη για την σύνθεση ασφαλτομιγμάτων (λεπτά έως 4 και χονδρά έως 14 ή έως 20 χιλιοστά). Απαιτήση για την κοκκομετρική διαβάθμιση του κάθε ονομαστικού μεγέθους έχει διατυπωθεί μόνο για το ασφαλτόμιγμα της ROLLED ASPHALT (B. S. 594), ενώ για τα άλλα ασφαλτομίγματα (B. S. 4987), έχουν διατυπωθεί όρια συνθέσεως μόνο για το τελικό ασφαλτόμιγμα.

- Σημειώνεται πως για το ασφαλτόμιγμα ROLLED ASPALT όπου πρόκειται να γίνει έμπηξη ψηφίδων απαιτείται τα χονδρά αδρανή (άνω των 2 χιλιοστών) να μην υπερβαίνουν το ποσοστό 35%. Στην περίπτωση μη έμπηξεως ψηφίδων πρέπει τα χονδρά αδρανή να καλύπτουν τις απαιτήσεις των Πινάκων 6.1 και 6.2.

### 6.1.3 Συμπληρωματικά χαρακτηριστικά

A) Ποσοστό θραυσιγενών επιφανειών. Για οδοστρώματα που σχεδιάζονται να έχουν στην προβλεπόμενη ζωή τους μια συνολική επιφόρτιση μεγαλύτερη από 2,5 εκατομμύρια ισοδύναμων αξονικών φορτίων, πρέπει να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά χονδρά θραυστά αδρανή (συγκρατούμενα στο κόσκινο 2,36 χιλιοστών). Η χρησιμοποιούμενη κατά κανόνα άμμος είναι φυσική προερχόμενη από πηγές που η μακρά εμπειρία έχει διαπιστώσει την καταλληλότητά τους.

B) Ειδικές απαιτήσεις κοκκομετρικής διαβαθμίσεως σε ορισμένες χρήσεις: Για στρώσεις κυκλοφορίας ROLLED ASPHALT, όπου προβλέπεται η έμπηξη ψηφίδων, το ποσοστό χονδρών αδρανών (άνω των 2,36 χιλιοστών), πρέπει να μην υπερβαίνει το 35%.

Η καταλληλότητα των ψηφίδων προς έμπηξη κρίνεται από άποψη χαρακτηριστικών κατεργασίας από το σχήμα κόκκου σε συνδυασμό προς το ποσοστό των κάτω του ονομαστικού μεγέθους κόκκων. Καθώς χρησιμοποιούνται ψηφίδες μόνο των ονομαστικών μεγεθών 20 ή 14 χιλιοστών, προδιαγράφεται ένας δείκτης μεγέθους και σχήματος κόκκου, μικρότερος ή ίσος προς 60. Ο δείκτης αυτός είναι το άθροισμα του ποσοστού κόκκων κάτω της περιοχής του ονομαστικού μεγέθους και του δείκτη πλακοειδών κόκκων, προσδιοριζόμενου κατά το B.S. 812.

## 6.2 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στη Γαλλία

### 6.2.1 Γενικά

Οι Γαλλικές προδιαγραφές του Απριλίου 1984 δίνουν τα απαιτούμενα όρια των χαρακτηριστικών για όλες τις εφαρμογές των οδοστρωμάτων. Στην συνέχεια αναφέρονται μόνο όσα αφορούν τις επιφανειακές στρώσεις κυλίσεως και τις επιφανειακές επεξεργασίες (έμπηξη ψηφίδων και ασφατικές επαλείψεις με ψηφίδες).

Τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά δίνονται σε συνάρτηση προς τον φόρτο κυκλοφορίας για τον οποίο καθορίζονται κατηγορίες σύμφωνα με τον Πίνακα 6.5, με κριτήριο τον μέσο ημερήσιο αριθμό διελεύσεων βαρέων οχημάτων (ωφέλιμου φορτίου μεγαλύτερου ή ίσου των 5 τόνων) στην πιο επιβαρημένη λωρίδα του οδοστρώματος.

**Πίνακας 6.5**

Κατηγορία κυκλοφορίας	$<T_3$	$T_3$	$T_2$	$T_1$	$T_0$	$>T_0$
Μέσος αριθμός διελεύσεων το 24ωρο	$<50$	50-150	150-300	300-750	750-2000	$>2000$

**Πίνακας 6.6**

Κατηγορία κυκλοφορίας	$<T_3$	$T_3$	$T_2$	$T_1$	$T_0$	$>T_0$
Δείκτης φθοράς κατά LOS ANGELES (LA)	$<25$		$<20$			$<15$

**Πίνακας 6.7**

Κατηγορία Κυκλοφορίας		$<T_3$	$T_3$	$T_2$	$T_1$	$T_0$	$>T_0$
Δείκτης φθοράς κατά LOS ANGELES	Για τα Χονδρά αδρανή του Ασφαλτικού Σκυροδέματος	$<25$	$<25$	$<20$	$<20$	$<20$	$<20$
	Για τις Εμπτηγνυόμενες ψηφίδες	-	$<20^*$	$<20^*$	$<15^*$	$<15^*$	$<15^*$
*Δεν ισχύουν οι Γαλλικοί συμψηφισμοί							

**Πίνακας 6.8**

Κατηγορία Κυκλοφορίας	<T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	>T <sub>0</sub>
Δείκτης φθοράς κατά LOS ANGELES	<25		<20			

**Πίνακας 6.9**

Κατηγορία κυκλοφορίας		<T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	>T <sub>0</sub>
Δείκτης φθοράς κατά MICRO-DEVAL	Για ψηφίδες ασφαλικών επαλείψεων	<20	<15	<15	<15	<10	<10
	Για τα χονδρά αδρανή ασφαλικού σκυροδέματος όπου θα εμπεχθούν ψηφίδες	<20	<20	<15	<15	<15	<15
	Για εμπεγνυόμενες ψηφίδες	-	<15*	<15*	<15*	<10*	<10*
	Για ασφαλικές στρώσεις κυκλοφορίας, χωρίς έμπεξη ψηφίδων	<20	<20	<15	<15	<15	<15
*Δεν ισχύουν οι Γαλλικοί συμψηφισμοί							

**6.2.2 Χαρακτηριστικά ύλης**

Αντίσταση σε συντριβή. Εφαρμόζεται η μέθοδος προσδιορισμού φθοράς κατά LOS ANGELES. Τα απαιτούμενα όρια είναι:

- Για ψηφίδες ασφαλικών επαλείψεων (Πίνακας 6.6)
- Για ασφαλικό σκυρόδεμα με εμπεγνυόμενες ψηφίδες (Πίνακας 6.7).
- Για ασφαλικές στρώσεις κυκλοφορίας (χωρίς έμπεξη ψηφίδων). (Πίνακας 6.8).

Αντίσταση σε απότριψη. Προσδιορίζεται με την μέθοδο MICRO – DEVAL (MDE), κατά το πρότυπο NF-P-18-57, σαν ποσοστό φθοράς σε απότριψη σε τυποποιημένο δοκίμιο ψηφίδων, Τα απαιτούμενα όρια δίνονται στον Πίνακα 6.9.

Αντίσταση σε στίλβωση. Προσδιορίζεται με την μέθοδο NF-P-18-575(όμοια με το βρετανικό πρότυπο B. S. 812). Τα απαιτούμενα όρια δίνονται στον Πίνακα 6.10.

Ιδιότητες ύλης της άμμου. Απαιτείται καθαρότητα εκφραζόμενη σε ισοδύναμο της άμμου, κατά το πρότυπο NF-P-597, για άμμο που περιέχει 10% κόκκους κάτω των 0, 08 χιλιοστών. Για την σύνθεση ασφαλομιγμάτων επιφανειακών στρώσεων, η καθαρότητα προσδιορίζεται με το ισοδύναμο άμμου του κλάσματος 0/5 χιλιοστών.

Απαιτείται κατώτερο όριο ισοδύναμου άμμου (ES10%)>60. Επίσης απαιτείται ανώτερο όριο δείκτη κυανού του μεθυλενίου<1, κατά τον έλεγχο περιεκτικότητας αργίλου βάσει του προτύπου P18-595.

Οι Γαλλικές προδιαγραφές του 1984 επιτρέπουν να γίνει συμψηφισμός μεταξύ των αριθμών που εκφράζουν την φθορά κατά LOS ANGELES (LA), την φθορά με την

**Πίνακας 6.10**

Κατηγορία κυκλοφορίας		<T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	>T <sub>0</sub>
Δείκτης αντίστασης σε στίλβωση	Για ψηφίδες ασφαλικών επαλειψέων	>0, 50	>0, 50	>0, 50	>0, 50	>0, 50	>0, 50
	Για τα χονδρά αδρανή ασφατικού σκυροδέματος όπου θα εμπευχθούν ψηφίδες.	-	-	-	-	-	-
	Για εμπεγνυόμενες ψηφίδες	-	>0, 50**	>0, 50**	>0, 50**	>0, 55*	>0, 55*
	Για ασφαλικές Στρώσεις κυκλοφορίας χωρίς έμπειξη ψηφίδων	>0, 50	>0, 50	>0, 50	>0, 50	>0, 50	>0, 50
*=Στις δύσκολες θέσεις οδών συνίσταται PSV>0, 55. **=Δεν ισχύει ο Γαλλικός συμψηφισμός.							

μέθοδο MICRODEVAL (MDE), και των τιμών του δείκτη αντιστάσεως σε στίλβωση , PSV, πολλαπλασιασμένων επί 100 (100 PSV).

Έτσι αν ένα πέτρωμα υστερεί κατά μερικές μονάδες (μέχρι 5) από την απαιτούμενη τιμή για το LA ή το MDE, κρίνεται ικανοποιητικό αν υπερκαλύπτει κατά τον ίδιο αριθμό μονάδων την απαίτηση για την άλλη ιδιότητα.

Αν υστερεί στην αντίσταση σε στίλβωση (100 PSV) μέχρι 5 μονάδες, κρίνεται ικανοποιητικό αν το άθροισμα των LA και MDE υπερκαλύπτει κατά τον ίδιο αριθμό μονάδων το άθροισμα των απαιτούμενων για τις LA και MDE.

Για παράδειγμα :Τα χονδρά αδρανή ασφαλικών στρώσεων κυκλοφορίας(χωρίς έμπειξη ψηφίδων) για κατηγορία κυκλοφορίας T<sub>2</sub> , απαιτείται να έχουν:

Δείκτη φθοράς κατά LOS ANGELES<20. Ποσοστό φθοράς σε απότριψη κατά MICRODEVAL<15.

Δείκτη αντίστασης σε στίλβωση (100 PSV)>50.

Ένα υλικό έχει :LA=22, MDE=12, 100 PSV=49.

Τότε είναι  $LA+MDE=22+12=34$ , ενώ το ανώτερο ανεκτό όριο του αθροίσματος είναι  $20+15=35$ , επομένως το LA είναι αποδεκτό, με περιθώριο μιας μονάδας. Το περιθώριο αυτό καλύπτει την μονάδα του 100 PSV που λείπει από το πέτρωμα, επομένως το υλικό είναι αποδεκτό.

Πάντως για τις ψηφίδες που προορίζονται για έμπηξη δεν είναι δεκτός συμψηφισμός.

### 6.2.3 Χαρακτηριστικά από την κατεργασία

Κοκκομετρική διαβάθμιση ψηφίδων για ασφαλικά οδοστρώματα. Ελέγχεται κατά το Πρότυπο NF-P-18-304. Ένα αδρανές που παραδίδεται σε κόκκους μεγαλύτερους του 0,5 χιλιοστού, αντιστοιχεί σε ονομαστικό μέγεθος d/D (όπου  $d < D$ ), όταν:

A) Τα συγκρατούμενα σε κόσκινο ανοίγματος βροχίδων D είναι μεταξύ 1% και 15 % στην περίπτωση όπου το  $D > 1,58d$ , και

B) Τα διερχόμενα από το κόσκινο ανοίγματος βροχίδων d είναι μεταξύ 1% και 15% στην περίπτωση όπου το  $D > 1,58d$  ή μεταξύ 1% και 20% στην περίπτωση όπου  $D < 1,58d$ .

Τα διερχόμενα από το κόσκινο 0, 63 d επιτρέπεται να είναι το πολύ 3%, εκτός αν το  $D < 5$  χιλιοστά, οπότε επιτρέπεται τα διερχόμενα να είναι το πολύ 5%.

Στη συγγραφή υποχρεώσεων κάθε έργου ή προμήθειας, ορίζεται μια ζώνη μέσα στην οποία πρέπει να εμπίπτουν τα 95% των καμπυλών συνθέσεως που προκύπτουν από τους ελέγχους.

Το άνοιγμα αυτής της ζώνης επιτρέπεται να είναι μέχρι 10% στις θέσεις d και D, και μέχρι 25% στην θέση  $(D+d)/2$ . Στις περιπτώσεις που  $D > 2,5d$ , τα διερχόμενα από κόσκινο με άνοιγμα βροχίδας  $(D+d)/2$  πρέπει να είναι σε ποσοστό μεταξύ 33% και 66%. Οι ψηφίδες μεγαλύτερου μεγέθους από το άνω όριο του ονομαστικού πρέπει να διέρχονται όλες από κόσκινο διαμέτρου 1,25 D για υλικό υψηλότερων απαιτήσεων ή 1,58 D για υλικό χαμηλότερων.

## 6.3 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στη Γερμανία

### 6.3.1 Χαρακτηριστικά ύλης

Αντίσταση σε συντριβή. Ελέγχεται με την μέθοδο του DIN-52109 με την αντίστοιχη πρότυπη συσκευή κρούσεως, σε ψηφίδες 8/12 χιλιοστών. Κατά την δοκιμασία αυτή εισάγεται ποσότητα ψηφίδων βάρους 0,5-ρ χιλιογράμμων, όπου ρ η πυκνότητα του πετρώματος, μέσα σε κοίλο κύλινδρο, όπου πέφτει από ύψος 50 εκ. ένα αντίστοιχο κυλινδρικό στέλεχος βάρους 50 χιλιογράμμων. Προσδιορίζεται το λεπτό υλικό που παράγεται ύστερα από 10 κρούσεις, με κόσκινα, όπως ορίζει το πρότυπο και από αυτό προκύπτει ο δείκτης φθοράς σε συντριβή από κρούση, για ψηφίδες 8/12 (SZ 8/12). Αυτή η τιμή επηρεάζεται από το σχήμα του κόκκου, και για αυτό διεξάγεται παράλληλα και δοκιμασία κατάταξης των κόκκων και στο πιστοποιητικό ελέγχου δίνεται και η κατάταξη αυτή. Οι απαιτήσεις των προδιαγραφών δίνονται σε συνάρτηση προς το είδος στρώσης του οδοστρώματος και την ένταση κυκλοφορίας στον Πίνακα 6.11.

Αντίσταση σε απότριψη. Υπάρχει δοκιμασία για τα πετρώματα, που ελέγχει την απώλεια πλακιδίου από το πέτρωμα που υφίσταται την απότριψη στην συσκευή BOHME. Με βάση αυτή χαρακτηρίζεται ένα πέτρωμα σαν σκληρό (HARTGESTEIN) και τέτοιο πέτρωμα.

Αντίσταση στην στίλβωση. Εφαρμόζεται η μέθοδος προσδιορισμού αντιστάσεως σε στίλβωση του Βρετανικού προτύπου και προσδιορίζεται με αυτήν ο δείκτης αντίστασης σε στίλβωση (PSV), όμως δεν έχουν θεσμοθετηθεί ακόμη απαιτήσεις για αυτόν.

### 6.3.2 Χαρακτηριστικά από την κατεργασία

Κοκκομετρική διαβάθμιση. Ορίζονται τα ονομαστικά μεγέθη και καθορίζεται η επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε κόκκους έξω των ονομαστικών περιοχών για δύο περιπτώσεις :

**Πίνακας 6.11**

Αριθμός φορτηγών άνω των 5 τόνων ωφέλιμου φορτίου και λεωφορείων (άνω των 9 θέσεων ανά 24ωρο)	3000	3000-1500	1500-500	500-100	100
Κατηγορία δόμησης της οδού	1	2	3	4	5
Ασφαλτικές στρώσεις κυκλοφορίας	18	18	18	22	26
Συνδετικές στρώσεις	18	18	22	26	26
Ειδικές περιπτώσεις (π. χ. ψηφίδες πάνω σε επαλείψεις με συνθετική ρητίνη σε πλάκες σιδηρών γεφυρών).	15	15	15	-	-

**Πίνακας 6.12:** Φυσικοί άμμοι και χάλικες. Χαρακτηρισμοί και περιορισμοί μεγέθους κόκκων

Ονομασία και ονομαστικό μέγεθος προσκομιζομένων αδρανών. (χιλιοστά)	Επιτρεπόμενο μέγιστο ποσοστό κατά βάρος	
	Κάτω του κατώτερου ονομαστικού ορίου	Άνω του ανώτερου ονομαστικού ορίου
Φυσική άμμος 0/2 (DIN 4226)	-	10% έως μεγέθους 4 χλστ.
Φυσική άμμος 0/2 (γενικής χρήσης)	-	25% έως μεγέθους 8 χλστ.
Χάλικες 2/4	15	10% έως μεγέθους 8 χλστ.

Χάλικες 4/8	15	10% έως μεγέθους 16 χλστ.
Χάλικες 8/16	15	10% έως μεγέθους 31, 5 χλστ.
Χάλικες 16/32	15	10% έως μεγέθους 63 χλστ.
Χάλικες 32/63	15	10% έως μεγέθους 90 χλστ.

**Πίνακας 6.13 :** Θραυστά φυσικά ή τεχνητά αδρανή. Χαρακτηρισμοί και περιορισμοί μεγέθους κόκκων

Ονομασία και ονομαστικό μέγεθος προσκομιζομένων αδρανών. (χιλιοστά)	Επιτρεπόμενο μέγιστο ποσοστό κατά βάρος	
	Κάτω του κατώτερου ονομαστικού ορίου	Άνω του ανώτερου ονομαστικού ορίου
Θραυστή άμμος 0/5	-	20% έως μεγέθους 8 χιλιοστά
Σύντριμμα 5/11	20%	10% έως μεγέθους 22, 4 χιλιοστά
Σύντριμμα 11/22	20%	10% έως μεγέθους 31, 5 χιλιοστά
Σύντριμμα 22/32	20%	10% έως μεγέθους 45 χιλιοστά
Σκύρα 32/45	20%	10% έως μεγέθους 56 χιλιοστά
Σκύρα 45/56	20%	10% έως μεγέθους 63 χιλιοστά

**Πίνακας 6.14 :** Θραυστά αδρανή υψηλών απαιτήσεων και λιθάλευρα. Χαρακτηρισμοί και περιορισμοί μεγέθους κόκκων

Ονομασία και ονομαστικό Μέγεθος προσκομιζομένων αδρανών	Επιτρεπόμενα μέγιστα ποσοστά κατά βάρος	
	Κάτω του κατώτερου Ονομαστικού ορίου	Άνω του ανώτερου Ονομαστικού ορίου
Λιθάλευρο, 0/0, 09	-	20% έως μεγέθους 2 χλς.
Εξευγενισμένη θραυστή Άμμος, 0/2	-	15% έως μεγέθους 5 χλς.
Εξευγενισμένο σύντριμμα 2/5 ψηφίδες	10%	10% έως μεγέθους 8 χλς.

Εξευγενισμένο σύντριμμα 5/8 ψηφίδες	15%. Ποσοστό κόκκων μικρότερων των 2 χιλ. όχι μεγαλύτερο του 5%	10% έως μεγέθους 11, 2 χλ
Εξευγενισμένο σύντριμμα 8/11 ψηφίδες	15%. Οι κόκκοι οι μικρότεροι των 5 χιλ. σε ποσοστό κάτω του 5%.	10% έως μεγέθους 16 χλς.
Εξευγενισμένο σύντριμμα 11/16 ψηφίδες	15%. Οι κόκκοι οι μικρότεροι των 8 χιλ. σε ποσοστό κάτω του 5%	10% έως μεγέθους 22, 4 χλ
Εξευγενισμένο σύντριμμα 16/22 ψηφίδες	15%. Οι κόκκοι οι μικρότεροι των 11, 2 χιλ. σε ποσοστό κάτω του 5%.	10% έως μεγέθους 31, 5 χλ

Α) Αδρανή προοριζόμενα για σύνθεση μιγμάτων ή για άλλες εφαρμογές όπου δεν είναι αναγκαίος ο διαχωρισμός σε στενές περιοχές κόκκων. (Πίνακες 6.12, 6.13, 6.14).

Β) Θραυστά αδρανή υψηλών απαιτήσεων, δηλαδή λιθάρευρα, θραυστή άμμος και ψηφίδες σε στενές περιοχές κόκκων και άλλες ειδικότερες απαιτήσεις. (Πίνακες 6.11, 6.12, 6.13).

Σχήμα κόκκων. Περιορισμοί για το σχήμα κόκκου είναι νομοθετημένοι για αδρανή μεγέθους άνω των 4 ή 5 χιλιοστών όλων των υλικών που να γράφονται στους Πίνακες 6.12, 6.13, 6.14. Οι περιορισμοί αφορούν μόνο την αναλογία μήκους προς πάχος κόκκων, αν και σε έρευνες του Ιδρύματος ερευνών οδοποιίας αναγνωρίζεται η μεγάλη σημασία του λόγου μήκους προς πάχος κόκκων, και έχουν αναπτυχθεί κατάλληλες σχετικές μέθοδοι και κριτήρια ακατάλληλου σχήματος κόκκων σε αυτό το πλαίσιο, δεν έχουν όμως νομοθετηθεί. Έτσι ισχύει μόνο το κριτήριο που χαρακτηρίζει σαν κόκκους ακατάλληλους, εκείνους όπου ο λόγος μήκους προς πλάτος είναι μεγαλύτερος του 3/1 και καθορίζεται επιτρεπόμενο ποσοστό (κατά βάρος) τέτοιων κόκκων ως εξής:

Α) Για τους χάλικες μεγέθους πάνω από 4 χιλιοστά, για το σύντριμμα μεγέθους πάνω από 5 χιλιοστά και για τα σκύρα, καθώς και για μικτά αδρανή 0/8 έως και 0/63 χιλιοστών επιτρέπεται ποσοστό κόκκων ακατάλληλου σχήματος στο υλικό της περιοχής του ονομαστικού μεγέθους μέχρι 50%.

Β) Για το εξευγενισμένο σύντριμμα (ψηφίδες) επιτρέπεται ποσοστό κόκκων ακατάλληλου σχήματος στο υλικό της περιοχής του ονομαστικού μεγέθους μέχρι 20%.

#### 6.4 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στο Βέλγιο

Σε μερικές χώρες έχουν διατυπωθεί απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά αντιστάσεως σε στίλβωση των αδρανών, που προσδιορίζονται με βάση την Βρετανική μέθοδο. Σε άλλες χώρες διατυπώνονται απαιτήσεις για την αντίσταση σε ολίσθηση των οδοστρωμάτων (συντελεστής τριβής σε ολίσθηση), που η τιμή της ποικίλλει σε συνάρτηση προς το μέγεθος και το όργανο μετρήσεως. Έτσι αυτές οι τιμές δεν είναι συγκρίσιμες από χώρα σε χώρα.

Στο Βέλγιο, γενικά ο εργολάβος θα πρέπει να συμμορφωθεί με τις προδιαγραφές του Υπ. Δημ. Έργων. Οι προδιαγραφές προβλέπουν την αντοχή σε στίλβωση των αδρανών, την απώλεια σε πύρωση και τα χαρακτηριστικά των ψηφίδων της επαλείψεως. Στον Πίνακα 6.15, δίνονται οι συνιστώσες τιμές για τις διάφορες χρήσεις.



**Πίνακας 6.15**

Δείκτης αντίστασης σε στίλβωση	Χαρακτηρισμός υλικού	Παρατηρήσεις
Μικρότερος από 35	Κακό	Κατά γενικό κανόνα τα αδρανή αυτά δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε στρώσεις κυλίσεως
Μεταξύ 35 και 45	Μέτριο	Τα αδρανή αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν η χάραξη οδού και οι συνθήκες κυκλοφορίας είναι ευνοϊκά
Μεταξύ 45 και 50	Καλό	
Μεγαλύτερος από 50	Πολύ καλό	Τα αδρανή αυτά συνιστώνται όταν η χάραξη και οι συνθήκες κυκλοφορίας είναι δυσμενείς (στροφές, διασταυρώσεις, μεγάλες ταχύτητες, πυκνή κυκλοφορία)
Απώλεια σε πύρωση	Μικρότερη από 10%	

#### 6.5 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Ολλανδία

Στην Ολλανδία υπάρχουν δύο κατηγορίες απαιτήσεων, που αναφέρονται όμως στην αντίσταση σε ολίσθηση των επιφανειών κυλίσεως και όχι σε αδρανή.

Η πρώτη είναι σύσταση (όχι απαίτηση) των Υπηρεσιών Οδών που αποβλέπει στην θέσπιση κριτηρίων για την συντήρηση.

Η δεύτερη επιβάλλεται σαν συμβατική υποχρέωση των εργολάβων από τις υπηρεσίες Διοικήσεως Οδών και αποβλέπει στην επιβολή ποινών, όταν δεν επιτευχθούν οι ελάχιστες τιμές κατά την παράδοση του έργου.

Για νέα οδοστρώματα ελάχιστη τιμή της αντίστασης σε ολίσθηση της οδού είναι 0,51. Για υφιστάμενα οδοστρώματα η συνιστώμενη τιμή είναι άνω του 0,51 και πρέπει να ληφθούν άμεσα μέτρα όταν είναι μικρότερη του 0,46. Οι μετρήσεις αναφέρονται σε συντελεστή πεδήσεως με 86% ολίσθηση.

#### 6.6 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Ιαπωνία

Δεν αναφέρονται απαιτήσεις για αδρανή, παρά μόνο για συντελεστές αντίστασης σε ολίσθηση του οδοστρώματος. Ελάχιστες τιμές είναι 0,40 για συνήθεις οδούς και 0,45 για δύσκολες θέσεις (συντελεστής πεδήσεως μετρούμενος με το Βρετανικό εκκρεμές).

Για νέους δρόμους η απαίτηση είναι 0, 60 (μέτρηση με το PENDULUM). Αν βρεθεί μικρότερος από 0,55, γίνεται μέτρηση με το βαρύ αυτοκίνητο δοκιμών, οπότε η τιμή 0,35 θεωρείται ικανοποιητική. Για τιμές κάτω του 0,28 ο δρόμος δεν δίνεται στην κυκλοφορία. Μεταξύ 0,28 και 0,35 ο δρόμος δίνεται στην κυκλοφορία και αν συμβαίνουν πολλά ατυχήματα , παίρνονται κατάλληλα μέτρα.

### 6.7 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Ισπανία

Οι απαιτήσεις για αδρανή υλικά είναι : Δείκτης αντίστασης σε στίλβωση 0,40-0,45 για συνήθεις δρόμους και 0,5-0,55 για ειδικές περιπτώσεις. (Μέτρηση με μέθοδο παρόμοια της Βρετανικής B. S. 812/1967).

### 6.8 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στην Ελβετία

Οι απαιτήσεις για συντελεστή αντίστασης του οδοστρώματος σε ολίσθηση, μετρούμενη με το Βρετανικό εκκρεμές, δίνονται στον Πίνακα 6.16.

**Πίνακας 6.16**

Είδος δρόμου	Επιδιωκόμενη τιμή	Ελάχιστη τιμή στην δοκιμασία αποδοχής	Ελάχιστη τιμή κατά την λειτουργία της οδού
Ταχύτητες μικρότερες από 80 χλμ/ώρα	55	50	45
Ταχύτητες μεγαλύτερες από 80 χλμ/ώρα	60	55	50
Δύσκολες θέσεις	65	60	55

### 6.9 Απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά των αδρανών στις Ηνωμένες Πολιτείες

Για τις Η. Π. Α. υπάρχουν συστάσεις που αναφέρονται κυρίως στην ολίσθηση επί της οδού, που χαρακτηρίζεται σαν SKID NUMBER (SN) και προσδιορίζεται με την πρότυπη συσκευή με την μέθοδο ASTM-E-274. Ο προσδιορισμός γίνεται για διάφορες ταχύτητες, οπότε η ταχύτητα, σε μίλια σημειώνεται σαν δείκτης. π. χ. SN<sub>40</sub> είναι η τιμή αντιστάσεως σε ολίσθηση με ταχύτητα της συσκευής 40 μίλια ανά ώρα. (Βλέπε Πίνακα 6.17).

Υπάρχουν επίσης προσωρινές συστάσεις για τον δείκτη αντιστάσεως σε στίλβωση που προσδιορίζεται σύμφωνα με μεθόδους που ποικίλουν στις διάφορες Πολιτείες. Το Ινστιτούτο μεταφορών του TEXAS, εφαρμόζει μέθοδο και συσκευή (TEX 438), που πλησιάζει την Βρετανική μέθοδο B.S-812 και την ASTM-E-303, ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Προσωρινές συστάσεις δίνονται στον Πίνακα 15.18.

Άλλες Πολιτείες των ΗΠΑ, π. χ. η Πενσυλβάνια, έχουν καταρτίσει Πίνακες των πηγών αδρανών με κατάταξη σε κατηγορίες ποιότητας. Η κατάταξη αυτή βασίζεται σε παρατηρήσεις και μετρήσεις της συμπεριφοράς των οδοστρωμάτων που έχουν κατασκευαστεί με αυτά τα αδρανή.

**Πίνακας 6.17 :** Συστάσεις για ελάχιστο (SN)<sup>(A)</sup>

Για οδούς με μέση ταχύτητα κυκλοφορίας, V μίλια/ώρα	Αντίσταση σε ολίσθηση	
	SN <sup>(B)</sup>	SN <sup>(Y)</sup>
0	60	-
10	50	-
20	40	-
30	36	31
40	33	33
50	32	37
60	31	41
70	31	46
80	31	51
Παρατηρήσεις : Α)Αντίσταση σε ολίσθηση (SN), σύμφωνα με ASTM :E-274. Β)Αντίσταση σε ολίσθηση μετρούμενη με την αναγραφόμενη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας.		

**Πίνακας 6.18 :** Προσωρινές συστάσεις για τον δείκτη αντίστασης σε στίλβωση των αδρανών στο TEXAS, για διάφορους κυκλοφοριακούς φόρτους.

Κυκλοφορία :Οχήματα τον χρόνο ανά λωρίδα κυκλοφορίας	Μέση τιμή δείκτη αντίστασης σε στίλβωση	Όρια
50. 000-150. 000	28	26, 5-29, 5
150. 000-600. 000	32	30, 5-33, 5
600. 000-2. 500. 000	37	35-39
2. 500. 000-10. 000. 000	42	40-44
Άνω των 10. 000. 000	47	47-49

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.**

### **ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ – ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ**

#### **7.1 Η γεωλογική δομή της Κρήτης**

Η γεωλογία της Κρήτης εξετάζεται ιδιαίτερα γιατί χαρακτηρίζεται από τα αλληπάλληλα επωθημένα τεκτονικά καλύμματα των Ελληνίδων ζωνών τα οποία συνωθούνται στον μικρό σχετικά γεωγραφικό χώρο του νησιού, με γενική κατεύθυνση από Βορρά προς Νότο.

Γενικά η Κρήτη συγκροτείται από ένα αυτόχθονο (ή σχετικά αυτόχθονο) σύστημα που είναι η ενότητα Τάλεα Όρη των πλακωδών ασβεστόλιθων (Plattenkalk) πάνω στο οποίο τοποθετούνται με λεπιοειδή τεκτονική διάταξη οι σειρές των πετρωμάτων άλλων σειρών και ενοτήτων.

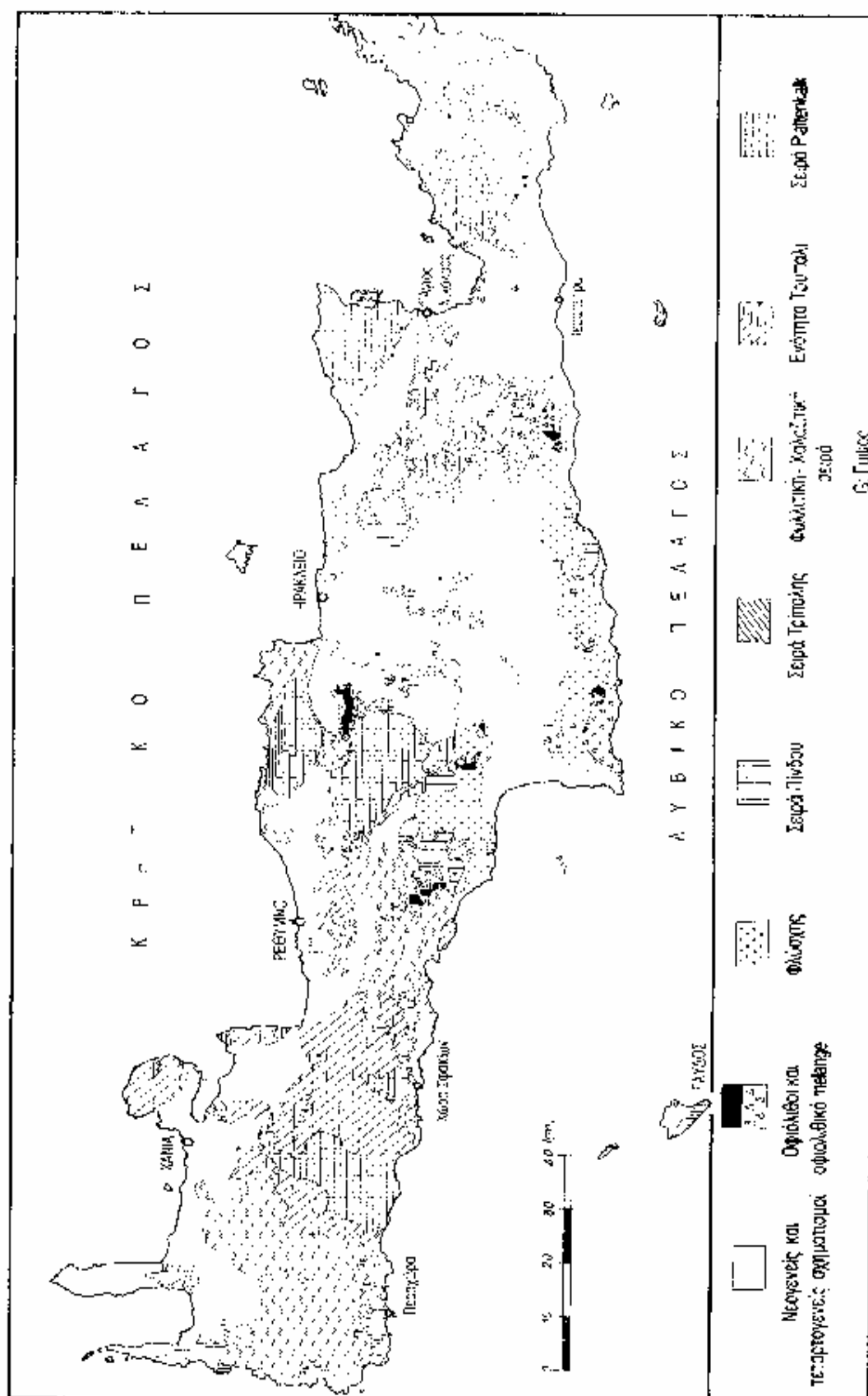
Η ενότητα Τάλεα όρη-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι περιλαμβάνει κυρίως τυπικούς πλακώδεις ασβεστόλιθους με πυριτικές ενστρώσεις και κερατολιθικούς κονδύλους, αλλά επίσης και μαζώδεις ασβεστόλιθους, δολομίτες, ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή και φυλλιτικές-χαλαζιτικές παρεμβολές. Η σειρά αυτή έχει ηλικία από το Πέρμιο μέχρι το Ηώκαινο, είναι ημιμεταμορφωμένη και ανήκει πιθανότατα στην Ανδριατικοϊόνιο ζώνη. Αποτελεί το σχετικά αυτόχθονο υπόβαθρο της Κρήτης και αποκαλύπτεται σε πολλές περιοχές του νησιού υπό μορφή πολλαπλού τεκτονικού παραθύρου κάτω από τα αλληπάλληλα επωθημένα καλύμματα. Μεγάλες μάζες των ορεινών όγκων των Λευκών ορέων και της Ίδης, δομούνται από την σειρά των πλακωδών ασβεστόλιθων.

Πάνω στην σειρά των πλακωδών ασβεστόλιθων βρίσκεται μια σειρά κροκαλοπαγών-λατυποπαγών ασβεστόλιθων που ονομάζεται σειρά Τρυπαλίου. Η ηλικία της θεωρήθηκε Άνω Τριαδική-Κάτω Ιουρασική αν και δεν αποκλείεται και πολύ νεώτερη ηλικία. Από γεωτεκτονική άποψη η σειρά Τρυπαλίου θεωρείται από άλλους μεν ως ο υποκείμενος ορίζοντας της αμέσως ανώτερης φυλλιτικής σειράς, ενώ από άλλους θεωρείται ως επικλυσιογενής σειρά πάνω στους πλακώδεις ασβεστόλιθους και επομένως αποτελεί λιθοφασική πλευρική διαφοροποίηση της ίδιας της ενότητας Τάλεα όρη-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι.

Επωθημένοι πάνω στην ενότητα Τάλεα όρη και στην σειρά Τρυπαλίου βρίσκεται μια φυλλιτική-χαλαζιτική σειρά ηλικίας Περμίου-Τριαδικού, που αποτελείται από φυλλίτες, χαλαζίτες, μετά-κροκαλοπαγή, μετά-ψαμμίτες, φακοειδής ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, μεταβασίτες και μετά-ανδεδίτες. Η μεταμόρφωση της σειράς έγινε σε συνθήκες υψηλής πίεσης (γλαυκοφανιτική). Η γεωτεκτονική θέση της παραμένει άγνωστη. Άλλοι την θεωρούν υπόβαθρο της Γαβρόβου-Τριπόλεως και άλλοι ανεξάρτητη μονάδα προερχόμενη από επώθηση από τα πιο εσωτερικά.

Πάνω στην φυλλιτική σειρά τοποθετείται η ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως με τους γνωστούς νηριτικούς ασβεστόλιθους, και σε ανώτερη τεκτονική θέση βρίσκεται επωθημένο το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Πίνδου.

Εκτός από τα παραπάνω τεκτονικά καλύμματα των εξωτερικών Ελληνίδων, στον χώρο της Κρήτης βρίσκονται σε ακόμη ανώτερη τεκτονική θέση και αλλόχθονα τεκτονικά λείπια των εσωτερικών ζωνών. Τέτοια είναι η ενότητα Άρβης με οφειολιθικά πετρώματα καθώς και άλλες διάσπαρτες οφειολιθικές εμφανίσεις που θεωρούνται ότι έχουν επωθηθεί από τον χώρο της Υποπελαγονικής, όπως επίσης και κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα (γνεύσιοι, σχιστόλιθοι και αμφιβολίτες της ενότητας Αστερούσια) με προέλευση την Πελαγονική.



Σχήμα 16.1 : Γεωλογικός χάρτης της Κρήτης

Τέλος πάνω σε αυτούς τους αλπικούς σχηματισμούς κάθονται σε στρωματογραφική ασυμφωνία ιζήματα του Νεογενούς και Τεταρτογενούς (κυρίως κλαστικά θαλάσσια ιζήματα) τα οποία έχουν τεράστια εξάπλωση και πάχος στις παραλιακές περιοχές της Κρήτης, Σχήμα 16.1.

## 7.2 Η Φυλλιτική-Χαλαζιτική σειρά

Οι σχηματισμοί της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς στην Κρήτη είναι επωθημένοι πάνω στην Ενότητα Τρύπαλι ή πάνω στους ανώτερους ορίζοντες της ενότητας των Plattenkalk (στους Πλακώδεις Ασβεστόλιθους) ή στο μεταφλύσχη της ενότητας αυτής. Αντίθετα, στην περιοχή των Ταλαίων Ορέων η Φυλλιτική-Χαλαζιτική σειρά είναι επωθημένη πάνω στους Περμικούς σχηματισμούς της ανεστραμμένης σειράς της Ενότητας των Plattenkalk.

Η προς τα επάνω επαφή της σειράς αυτής είναι επίσης τεκτονική, χωρίς όμως να είναι δυνατή η ακριβής παρακολούθηση της τεκτονικής αυτής επαφής στο ύπαιθρο και η εκτίμηση του μεγέθους της.

Πιο συγκεκριμένα στην Κρήτη πάνω στη Φυλλιτική-χαλαζιτική σειρά βρίσκεται τεκτονικά η ανθρακική σειρά της ζώνης Γαβρόβου-Τρίπολης με το σχιστολιθικό (κατά κανόνα) υπόβαθρό της. Αυτό όπως είναι φυσικό έχει σαν συνέπεια να είναι δύσκολη η διάκριση της τεκτονικής αυτής επαφής, επειδή αυτή γίνεται μεταξύ σχιστολιθικών, γενικά πετρωμάτων, του υποβάθρου της ζώνης Γαβρόβου-Τρίπολης και της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς.

Το κατώτερο τμήμα της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς αποτελείται από δολομιτικούς ασβεστόλιθους, μαύρους αργιλικούς σχιστόλιθους, σχιστοψαμμίτες και ραουβάκες με κοιτάσματα γύψου-ανυδρίτη, όπως είναι τα κοιτάσματα : Αλτσι, Κάβο Σίδηρο, Στομίου και πολλά άλλα. Αντίθετα, το ανώτερο τμήμα της σειράς αυτής αποτελείται κυρίως από εναλλασσόμενους φυλλίτες και χαλαζίτες, με παρεμβολές λεπτοστρωματών μαρμάρων και μετακροκαλοπαγών, καθώς και σωμάτων μεταβαλαστών.

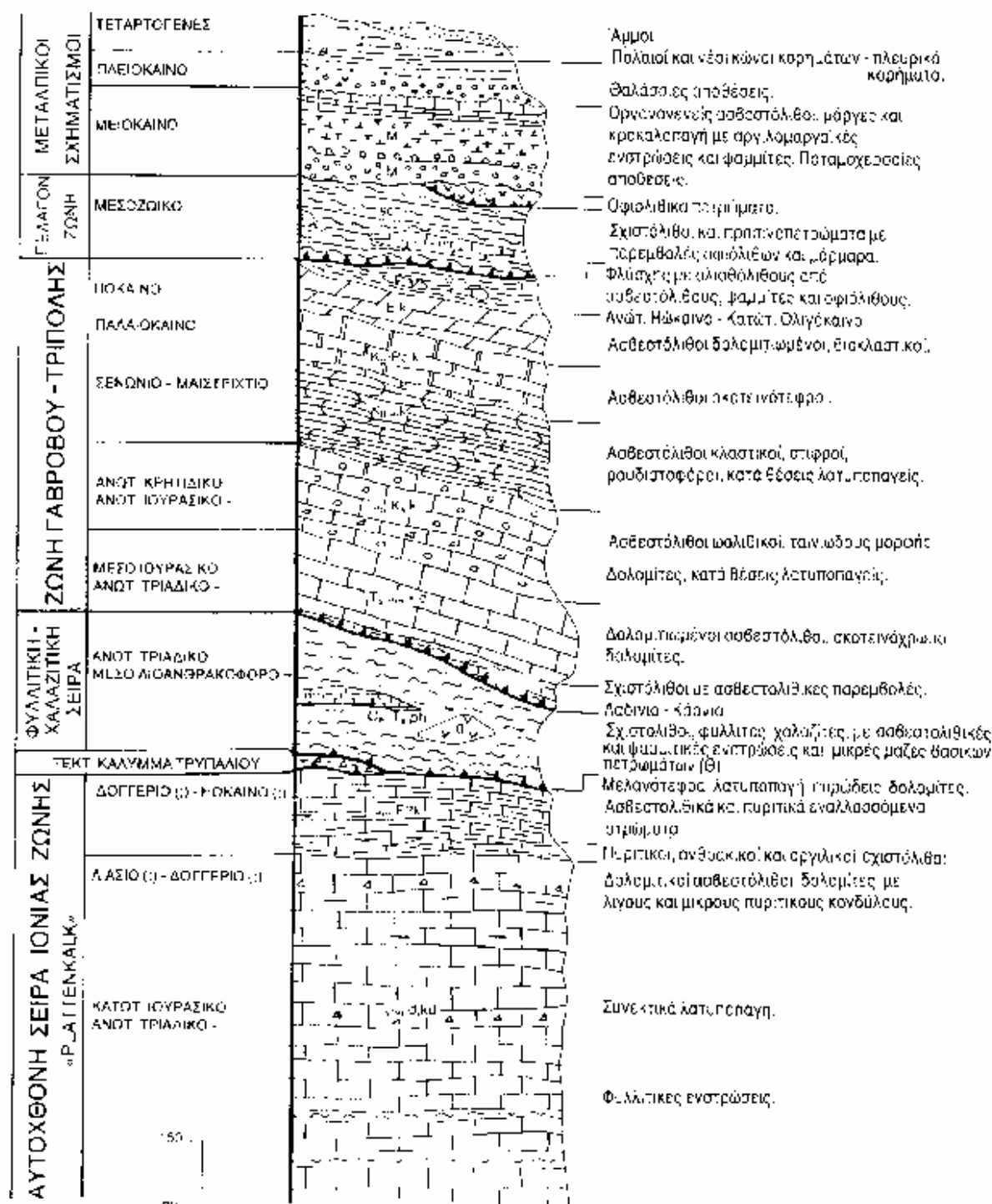
Το πάχος της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς στην Ανατολική Κρήτη φτάνει τα 1000 μ. περίπου, ενώ στην Δυτική είναι μεγαλύτερο από 1500μ.

Σχετικά με την παλαιογεωγραφική θέση και την τεκτονική τοποθέτηση των σχηματισμών της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς υπάρχουν ερευνητές που θεωρούν ότι οι σχηματισμοί της σειράς αυτής αποτελούσαν το υπόβαθρο της ανθρακικής σειράς της ζώνης Γαβρόβου-Τρίπολης και ότι αυτοί, με τεκτονισμό έχουν αποκολληθεί από αυτήν. Επίσης, υπάρχουν ερευνητές που υποστηρίζουν ότι οι σχηματισμοί της εν λόγω σειράς έχουν αποτεθεί σε διαφορετικό παλαιογεωγραφικό χώρο από τον χώρο της ζώνης Γαβρόβου-Τρίπολης και ότι αυτοί, ως σύνολο, αποτελούν μια ιδιαίτερη τεκτονική ενότητα.

Επίσης η ύπαρξη μεταμόρφωσης HP-LT (υψηλών πιέσεων-χαμηλών θερμοκρασιών) στους σχηματισμούς της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς, σε συνδυασμό και με το ότι η υπερκείμενη ανθρακική σειρά της ζώνης Γαβρόβου-Τρίπολης δεν φαίνεται να έχει υποστεί μια τέτοια μεταμόρφωση, οδήγησε ορισμένους ερευνητές να υποστηρίξουν ότι οι σχηματισμοί της σειράς αυτής αποτελούν ένα ξεχωριστό τεκτονικό κάλυμμα, ανεξάρτητο από τις άλλες ενότητες, και ότι το κάλυμμα αυτό αποτελεί ένα τμήμα μιας ωκεάνιας περιοχής που <<καταβυθίστηκε>> μεταξύ των παλαιογεωγραφικών χωρών της Ιόνιας ζώνης και της ζώνης Γαβρόβου-Τρίπολης.

Κατά τους E.SEIDEL et al. (1979), η Φυλλιτική-Χαλαζιτική σειρά στην Κρήτη αποτελείται από δύο επιμέρους σειρές. Από τις σειρές αυτές, η πρώτη απαντάται σε ολόκληρη την Κρήτη και στους σχηματισμούς της έχουν βρεθεί απολιθώματα περμικής

και τριαδικής ηλικίας. Επίσης οι σχηματισμοί της σειράς αυτής χαρακτηρίζονται από μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων και χαμηλών θερμοκρασιών. Αντίθετα η δεύτερη σειρά απαντάται μόνο στην Ανατολική Κρήτη και χαρακτηρίζεται από αμφιβολίτες με πράσινη κερροσίλβη και μοσχοβιτικούς σχιστόλιθους.



**Σχήμα 7.2 :** Οι στρωματογραφικές – τεκτονικές ενότητες της Δυτικής Κρήτης.

Με ραδιοχρονολογήσεις, που πραγματοποίησαν οι παραπάνω ερευνητές με την μέθοδο K/Ar, διαπιστώθηκε ότι η ηλικία της μεταμόρφωσης των υψηλών πιέσεων-χαμηλών θερμοκρασιών των σχηματισμών της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς είναι 20

m.y. περίπου, ενώ με άλλες ραδιοχρονολογήσεις δίνουν ηλικία μεταμόρφωσης των σχηματισμών της σειράς αυτής ολιγοκαινική-κατωμειωκαινική.

Από τις παραπάνω απόψεις, σχετικά με την παλαιογεωγραφική θέση της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς, φαίνεται ότι η επικρατέστερη είναι αυτή με την οποία υποστηρίζεται ότι οι σχηματισμοί της σειράς αυτής αποτελούν το υπόβαθρο της ανθρακικής σειράς της ζώνης Γαβρόβου-Τρίπολης, Σχήμα 7.2. Η άποψη αυτή υποστηρίχθηκε πρόσφατα και από τον V.KARAKITSIOS (1987), ο οποίος εργάστηκε στην Κεντρική Κρήτη. Κατά τον ερευνητή αυτόν οι σχηματισμοί της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς αποτελούν την προς τα κάτω κανονική στρωματογραφική μετάβαση της ανθρακικής σειράς της ζώνης Γαβρόβου –Τρίπολης, με τη μεσολάβηση ενός μεταβατικού ορίζοντα μαργαϊκών ασβεστολίθων με παρεμβολές κλαστικών στρωμάτων στη βάση του, που έχει ονομαστεί Σχηματισμός Ραβδούχων. Επίσης από τον παραπάνω μελετητή αναφέρεται ότι στην Κρήτη οι σχηματισμοί της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς έχουν μεταμορφωθεί σε συνθήκες μέσων έως υψηλών πιέσεων και θερμοκρασίας 300-400 °C και ότι τα ευρεθέντα κατά καιρούς απολιθώματα δίνουν στους σχηματισμούς της σειράς αυτής ανωπερμική-τριαδική (Κάρνιο ή λίγο νεώτερη) ηλικία.

### 7.3 Γενικά στοιχεία για την Δειγματοληψία και την Προετοιμασία των 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 ένα γεωλογικό σώμα πρέπει να αντιπροσωπεύουν στο σύνολο τους ολόκληρο το σώμα στο οποίο γίνεται η δειγματοληψία, παρόλο που η μάζα των δειγμάτων είναι πολύ μικρότερη από την μάζα του σώματος. Για τον λόγο αυτό ο τρόπος της δειγματοληψίας πρέπει να είναι προσαρμοσμένος στην μορφή και στην σύσταση του κοιτάσματος, (Κωστάκης 1994).

Σε γενικές γραμμές η δειγματοληψία ομογενών μεγάλων μαζών είναι ευκολότερη και ασφαλέστερη από την δειγματοληψία ακανόνιστων ως προς την σύσταση ή την έκταση και το σχήμα μαζών. Ο τρόπος της 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 την 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 μπορούν 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 τους Ιαπωνικούς κανονισμούς (Japanese Industrial JIS M 8105), ο Πίνακας 7.1.

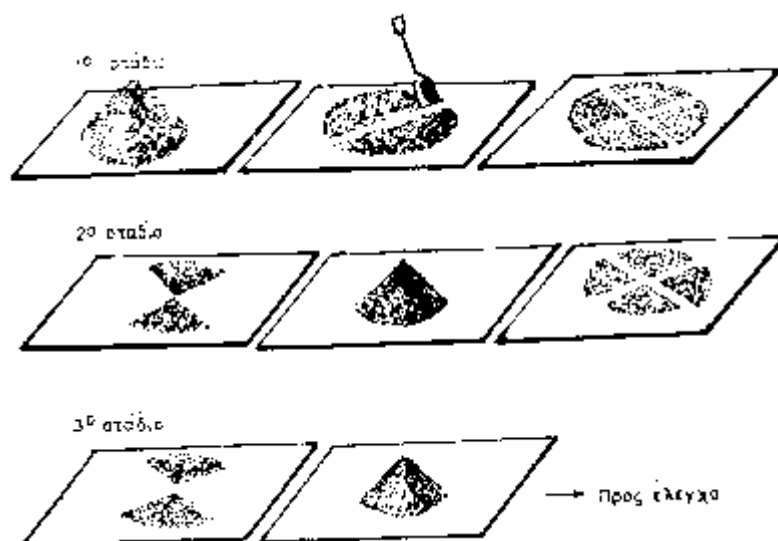
Το βάρος ενός δείγματος μπορεί να περιοριστεί με την παρακάτω διαδικασία: Το δείγμα αποτίθεται σε μια εντελώς καθαρή επιφάνεια (π.χ. λαμαρίνα, караβόπανο) και ομογενοποιείται με πολλαπλό ανακάτεμα των τεμαχίων ή κόκκων του. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το δείγμα τόσο περισσότερο πρέπει να ανακατεύονται οι κόκκοι του.



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

**Πίνακας 7.1 :** Μέγεθος κόκκων 95% D\* και μέσο βάρος μεμονωμένου δείγματος, (D\*=διερχόμενο από το κόσκινο μέρος).

Στην συνέχεια διαμορφώνουμε την μάζα του δείγματος πρώτα σε μορφή κώνου, μετά σε μορφή κολουρου 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 τεταρτιδιαίρεση. Η τεταρτοδιαίρεση και η θραύση επαναλαμβάνονται τόσες φορές έως ότου απομείνει η ποσότητα που είναι απαραίτητη για τις αναλύσεις και τις προβλεπόμενες δοκιμές, Σχήμα 7.3. Το δείγμα φυλάσσεται στην συνέχεια σε κατάλληλους σάκους που πρέπει να αριθμούνται αμέσως.



**Σχήμα 7.3 :** Λήψη δείγματος με την μέθοδο του τεταρτομερισμού για τον έλεγχο των ιδιοτήτων των αδρανών

Η παραπάνω διαδικασία ακολουθείται όταν τα μεγαλύτερα τεμάχια του δείγματος ξεπερνούν τα 65 mm (Κωστάκης 1994). 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 ενός 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 τον 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 κατ'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 βογιά, 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 την χάραξη της σχισμής αποτελεί ένα δείγμα. Για την εκτίμηση της ποιότητας του κοιτάσματος είναι αναγκαία η δειγματοληψία κατ'αυτό τον τρόπο σε διάφορα σημεία του κοιτάσματος. Η δειγματοληψία με αυτό τον τρόπο είναι χρονοβόρος και αρκετά ασφαλής.
- Δειγματοληψία γίνεται επίσης και με τη βοήθεια εκρηκτικών υλών. Με την 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 τον 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 την μέθοδο της "δειγματοληψίας πυρήνα" το δείγμα λαμβάνεται με την βοήθεια γεωτρήπανου μέσο περιστροφικής διάτρησης. Το κυλινδρικό δείγμα (πυρήνας) διαιρείται συνήθως δια κοπής κατά μήκος του άξονα του κυλίνδρου σε δύο τμήματα. Το ένα τμήμα θραύεται, αλέθεται, κοσκινίζεται και τεταρτοδιαίρεείται, ενώ το άλλο φυλάσσεται για την κατασκευή λεπτών ή στιλπνών τομών και για τεκμηρίωση.
- Η "δειγματοληψία θρυμάτων" χρησιμοποιείται για την δημιουργία δειγμάτων από τα θρύμματα που παράγονται σε μια γεώτρηση. Η δειγματοληψία θρυμάτων εφαρμόζεται συνήθως όταν η απόληψη του πυρήνα δεν είναι ικανοποιητική και γίνεται ιδιαίτερα σε λεπτόκοκκα και ομογενή πετρώματα.

#### 7.4 Δειγματοληψία

Τα δείγματα των χαλαζιτών προέρχονται από αναγνωριστικές δειγματοληψίες στην περιοχή του Νομού Χανίων, κατά μήκος του δρόμου Καστέλλι-Σφηνάρι-Αμυδαλοκεφάλι-Έλος, όπου οι χαλαζίτες εμφανίζονται υγιείς και σε μεγάλη ανάπτυξη. Για τον σκοπό αυτό από τις προαναφερθείσες μεθόδους δειγματοληψίας εφαρμόστηκε η πρώτη μέθοδος, στα πλαίσια του προγράμματος "ΠΕΠ ΚΡΗΤΗΣ", από τους :Καθηγητή Θεόδωρο Μαρκόπουλο και επιστημονικό συνεργάτη: Ευτυχία Ρεπούσκου

σε συνεργασία με κρατική ομάδα του ΙΓΜΕ. Οι περιοχές στις οποίες πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία είναι οι παρακάτω:

Θέση Μάννα: Μεγάλη εμφάνιση από συμπαγείς πάγκους γκρίζων έως γκριζότεφρων και γκριζοπράσινων χαλαζιτών. Κατά θέσεις εμφανίζονται φαιοκάστανοι και περισσότερο εύθραυστοι (εικ 7.1,7.2).



**Εικόνα7.1:** Συμπαγείς πάγκοι γκρίζων χαλαζιτών στην περιοχή Μάννα Καστελλίου

Θέση Σφινάρι: Από την θέση Μάννα και κατά μήκος της εθνικής οδού προς Σφινάρι εμφανίζονται λευκότεφροι χαλαζίτες σε στρώσεις πάχους 30 cm έως 2 m (εικ 7.3,7.4). Μετά το χωριό Σφινάρι παρουσιάζονται ερυθρόχρωμοι χαλαζίτες με ενδιαστρώσεις φυλλιτών (εικ 7.5).

Θέση Κεραμωτή: Μετά το χωριό Κεραμωτή προς το Αμυδαλοκεφάλι εμφανίζονται μεγάλοι όγκοι χαλαζιτών λευκότεφρου έως γκριζοπράσινου χρώματος (εικ 7.6).

Θέση Κεφάλι: 1 Km μετά το χωριό Κεφάλι, εμφανίζονται στρώσεις χαλαζιτών γκριζότεφρου έως τεφροπράσινου χρώματος με εναλλαγές μαύρων φυλλιτών (εικ 7.7).

Θέση Μεσαύλια: Μετά το χωριό Μεσαύλια επί της εθνικής οδού από Βουκολιές προς Κάνδανο εκτείνεται αρκετά μεγάλη εμφάνιση από υγιείς χαλαζίτες γκριζοπράσινου χρώματος.

Θέση Κάνδανος: Μετά την Κάνδανο στον δρόμο προς τα Τεμένια, κατά μήκος του δρόμου, εκτείνονται όγκοι χαλαζιτών φαιότεφρου χρώματος.

Θέση Τεμένια: Μεγάλος όγκος από καστανόφαιους, φαιοπράσινους έως γκριζοπράσινους χαλαζίτες. Συλλέγησαν αντιπροσωπευτικά δείγματα από τις τρεις κατηγορίες (εικ 7.8).

Θέση Σκάφη: Πάνω από το χωριό Σκάφη, εκτείνεται μεγάλη ορεινή εμφάνιση από γκριζοπράσινους χαλαζίτες. Μεγάλοι όγκοι αυτών έχουν τσουλήσει από την κορυφή του βουνού, από όπου και συλλέγησαν αντιπροσωπευτικά δείγματα.



**Εικόνα 7.2 :** Μεγάλοι όγκοι υγειών γκρίζων χαλαζιτών στην περιοχή Μάννα Καστελίου. κατά θέσεις εμφανίζονται φαιοκάστανοι



**Εικόνα 7.3 :** Στρώσεις λευκότεφρων χαλαζιτών. Δείγμα Σφηνάρι 1.





**Εικόνα 7.4 :** Στρώσεις διαφόρου πάχους χαλαζιτών. Δείγμα Σφηνάρι 2.



**Εικόνα 7.5 :** Ερυθρόχρωι χαλαζίτες με ενδιαστρώσεις φυλλιτών. Δείγμα Σφηνάρι 3.



**Εικόνα 7.6 :** Παχυστρωματώδεις χαλαζίτες λευκότεφρου χρώματος. Δείγμα Κεραμωτή.



**Εικόνα 7.7 :** Θέση Κεφάλι. Στρώσεις χαλαζιτών με εναλλαγές μαύρων φυλλιτών.





**Εικόνα 7.8 :** Μεγάλος όγκος χαλαζιτών στην πλαγιά πάνω από το χωριό Τεμένια.



**Σχήμα 7.4 :** Χάρτης της Ελλάδας με τις υπάρχουσες πηγές σκληρών αδρανών και τις πιθανές πηγές σκληρών αδρανών.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.**

### **ΜΕΛΕΤΗΘΕΝΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

#### **8.1 Λεπτές τομές – Παρατηρήσεις με το πολωτικό μικροσκόπιο**

Από την εξέταση των λεπτών τομών των δειγμάτων προέκυψαν τα παρακάτω:

Μάννα 1: Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστά (προσεγγιστικά) 80% και 20% αντίστοιχα. Έχουμε διαβάθμιση κόκκων από πολύ μικρούς έως πολύ μεγάλους. Στην Εικ.1, εμφανίζεται λεπτομερής χαλαζίας με καφέ κόκκους ίσως και από το μικροσκόπιο. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται με μορφή φλεβιδίων. Οι κρύσταλλοι του χαλαζία έχουν στρογγυλώδη μορφή, το μέγεθος των μικρών κόκκων είναι 0,1 έως 0,2 mm, ενώ το μέγεθος των μεγάλων κυμαίνεται από 1 έως 1,2 mm. Επίσης εμφανίζονται σπασμένοι κόκκοι χαλαζία, Εικ.2. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός ολοκρυσταλλικός, ενώ το συνδετικό υλικό είναι μικροκρυσταλλικός χαλαζίας. Παρατηρείται η ύπαρξη ανακρυστάλλωσης.

Μάννα 2: Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστά (προσεγγιστικά) 90% και 10% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται με μορφή φλεβιδίων, ενώ ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του από πολύ μικρούς έως πολύ μεγάλους. Στην Εικ.3, έχουμε λεπτομερή χαλαζία και φυλλάρια μοσχοβίτη, ενώ στην Εικ.4, έχουμε έναν μεγάλο κόκκο χαλαζία σκούρου χρώματος. Η μορφή των κρυστάλλων του χαλαζία είναι στρογγυλώδη, οι μικροί κρύσταλλοι έχουν μέγεθος 0,1 έως 0,2 mm, ενώ οι μεγάλοι 0,7 έως 1mm. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός ολοκρυσταλλικός και το συνδετικό υλικό είναι χαλαζίας μικροκρυσταλλικός.

Σφηνάρι 1: Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστά (προσεγγιστικά) 95% και 5% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται σε μορφή λεπτών προσανατολισμένων φλεβιδίων. Ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του από μικρό έως μεγάλο, αλλά στο μεγαλύτερο ποσοστό είναι μικροκρυσταλλικός, ενώ το σχήμα των κρυστάλλων είναι ακανόνιστο. Οι μικροί κρύσταλλοι έχουν μέγεθος 0,1 έως 0,2 mm, ενώ οι μεγάλοι 0,5 έως 0,7 mm. Στην Εικ.5, παρατηρούμε λεπτομερή χαλαζία με έντονα προσανατολισμένη υφή και ενδιάμεσα μοσχοβίτη, ενώ στην Εικ.6, ζώνη ανδρομερέστερου χαλαζία με φυλλάρια μοσχοβίτη. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός ολοκρυσταλλικός και το συνδετικό υλικό μικροκρυσταλλικός χαλαζίας.

Σφηνάρι 2: Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστό (προσεγγιστικά) 92% και 8% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται σε μορφή λεπτών προσανατολισμένων φλεβιδίων, ενώ ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του από μικρό έως μεγάλο. Οι κρύσταλλοι του χαλαζία έχουν ακανόνιστο σχήμα, ενώ το μέγεθος για τους μικρούς κόκκους κυμαίνεται στα 0,15 mm και για τους μεγάλους κυμαίνεται από 1 έως 1,3 mm. Η υφή είναι συμπαγής και έντονα προσανατολισμένη, Εικ.7, ο ιστός ολοκρυσταλλικός και το συνδετικό υλικό χαλαζίας μικροκρυσταλλικός. Στην Εικ.8, βλέπουμε μεγάλους κόκκους χαλαζία με κυματοειδή κατάσβεση.

Σφινάρι 3: Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστό (προσεγγιστικά) 95% και 5% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται σε μορφή λεπτών ακανόνιστων φλεβιδίων. Ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του από μικρό έως μεγάλο, αλλά στο μεγαλύτερο ποσοστό είναι μικροκρυσταλλικός. Οι κρύσταλλοι χαλαζία έχουν ακανόνιστο σχήμα, ενώ το μέγεθος των μικρών κυμαίνεται από 0,1 έως 0,2 mm και των μεγάλων από 0,9 έως 1,3 mm. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός ολοκρυσταλλικός ενώ το συνδετικό υλικό είναι χαλαζίας μικροκρυσταλλικός. Επίσης παρουσιάζονται αδιαφανή ορυκτά. Στην Εικ.9, έχουμε αδιάτακτη υφή και κόκκους μεγαλύτερους από αυτούς που υπάρχουν στις τομές Σφινάρι 1 και Σφινάρι 2. Επίσης στην Εικ.10, έχουμε εμφανίσεις φυλλαρίων μοσχοβίτη ίσως και χλωρίτη.

Κεραμωτή : Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστό (προσεγγιστικά) 90% και 10% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται με την μορφή λεπτών προσανατολισμένων φλεβιδίων, Εικ.11,12. Ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του από μικρό έως μεγάλο, ενώ υπάρχει και προσανατολισμός. Παρατηρούνται μικροί κόκκοι χαλαζία μέσα σε μεγαλύτερους κόκκους. Οι κόκκοι του χαλαζία έχουν ακανόνιστο σχήμα, ενώ το μέγεθος των μικρών κόκκων κυμαίνεται από 0,1 έως 0,2 mm και των μεγάλων από 1 έως 1,3 mm. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός είναι ολοκρυσταλλικός και το συνδετικό υλικό είναι χαλαζίας μικροκρυσταλλικός. Επίσης εμφανίζονται αδιαφανή ορυκτά που μπορεί να είναι γραφίτης ή άλλο οργανικό υλικό.

Μεσαυλιά : Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστό (προσεγγιστικά) 95% και 5% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται σε μορφή λεπτών ακανόνιστων φλεβιδίων και σε συγκεντρικές ακανόνιστες μορφές. Ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του από μικρό έως μεγάλο, ενώ οι κόκκοι του έχουν ακανόνιστο σχήμα. Το μέγεθος των κόκκων του χαλαζία κυμαίνεται για μεν τους μικρούς από 0,1 έως 0,2 mm, για δε τους μεγάλους από 1,4 έως 2 mm. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός ολοκρυσταλλικός και το συνδετικό υλικό είναι χαλαζίας μικροκρυσταλλικός. Επίσης παρατηρείται ακτινωτή διάταξη χαλαζία γύρω από μεγαλύτερους κρυστάλλους, Εικ.13,14.

Κάνθανος : Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστό (προσεγγιστικά) 85% και 15% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται με την μορφή λεπτών προσανατολισμένων φλεβιδίων, Εικ.15,16. Ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του από μικρό έως μεγάλο, με το μεγαλύτερο ποσοστό να είναι μεσαίου μεγέθους, και οι κόκκοι είναι προσανατολισμένοι. Επίσης διακρίνονται κόκκοι χαλαζία μέσα σε μεγαλύτερους κόκκους. Οι κόκκοι του χαλαζία έχουν ακανόνιστο σχήμα, και το μέγεθός τους για τους μικρούς κυμαίνεται από 0,1 έως 0,2 mm, ενώ για τους μεγάλους από 0,9 έως 1,2 mm. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός ολοκρυσταλλικός, και το συνδετικό υλικό είναι μικροκρυσταλλικός χαλαζίας.

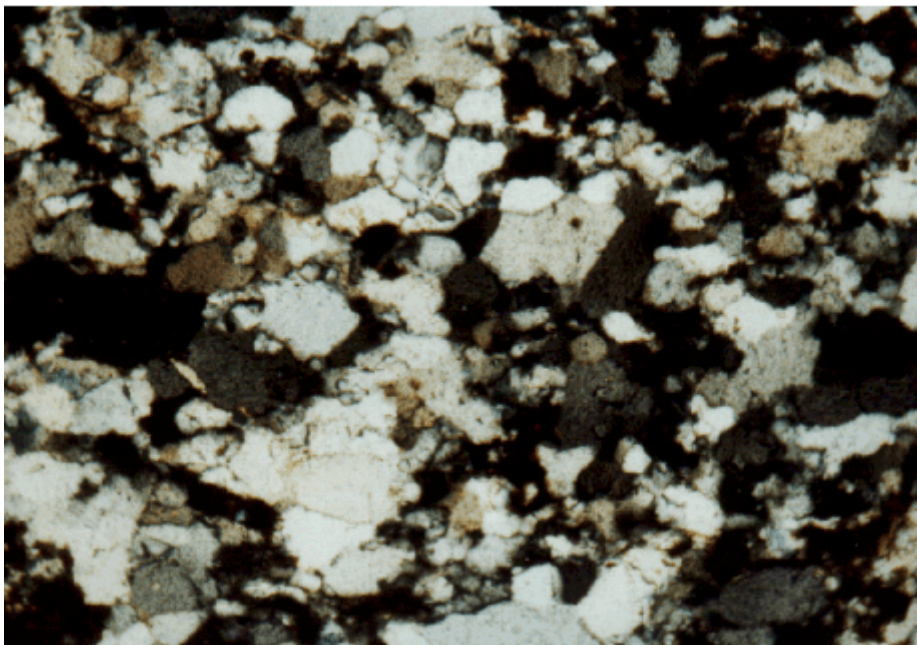
Τεμένια : Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστό (προσεγγιστικά) 90% και 10% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται σε μορφή λεπτών ακανόνιστων φλεβιδίων και σε κάποια σημεία σαν συγκεντρωμένες μάζες. Ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του από μικρό έως πολύ μεγάλο. Οι κόκκοι του χαλαζία παρουσιάζουν ακανόνιστο σχήμα, ενώ εμφανίζονται μεγάλοι κόκκοι χαλαζία από μεταμόρφωση. Οι μικροί κόκκοι χαλαζία έχουν μέγεθος από 0,1 έως 0,2 mm και οι μεγάλοι από 0,9 έως 1,2 mm. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός είναι ολοκρυσταλλικός και το συνδετικό υλικό μικροκρυσταλλικός χαλαζίας. Επίσης εμφανίζονται φεμικά

συστατικά. Στην Εικ.17, εμφανίζεται ζώνη με πιθανούς μοσχοβίτες και χλωρίτες, ενώ στην Εικ.18, μεγάλοι κόκκοι χαλαζία με μικρούς εγκλεισμένους.

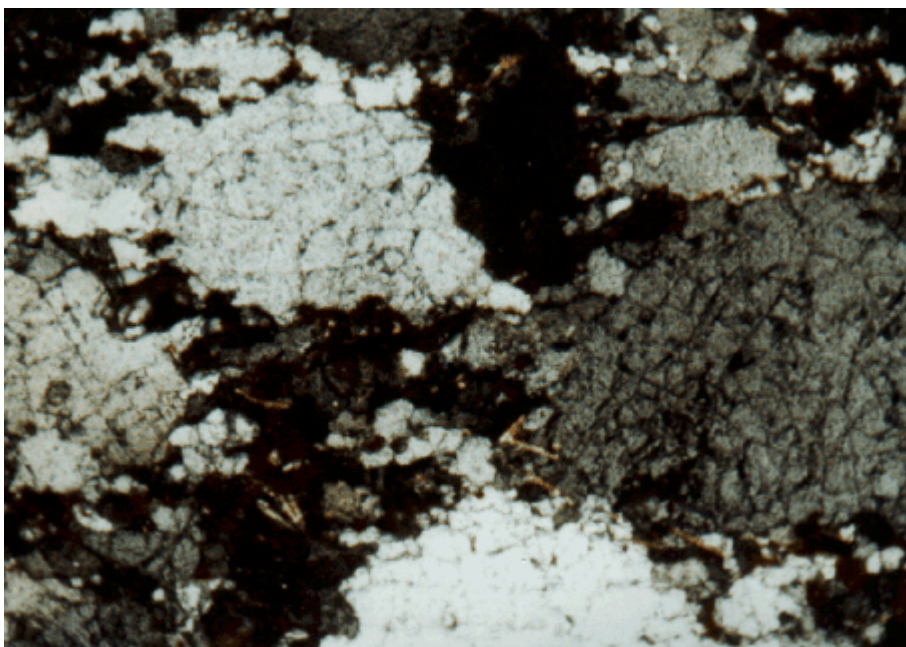
Σκάφη 1 : Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστό (προσεγγιστικά) 85% και 15% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται με την μορφή λεπτών επιμήκων μερικώς προσανατολισμένων φλεβιδίων, μεγάλων ακανόνιστων συσσωματωμάτων, και λεπτόκοκκου υλικού διεσπαρμένου στην μάζα του υλικού, Εικ.19. Οι κόκκοι του χαλαζία έχουν ακανόνιστη μορφή, το μέγεθος των κόκκων παρουσιάζει διαβάθμιση, αλλά βρίσκεται σε μικροκρυσταλλική μορφή στο μεγαλύτερο ποσοστό, Εικ. 20. Οι μικροί κόκκοι του χαλαζία έχουν μέγεθος από 0,7 έως 1 mm, ενώ οι μεγάλοι από 1 έως 1,2 mm. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός ολοκρυσταλλικός και το συνδετικό υλικό μικροκρυσταλλικός χαλαζίας.

Σκάφη 2 : Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστό (προσεγγιστικά) 70% και 30% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται σε μορφή φλεβιδίων, ενώ ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του. Υπάρχει προσανατολισμός τόσο των αργιλικών φλεβιδίων, όσο και του χαλαζία. Η πλειονότητα των κόκκων του χαλαζία είναι επιμήκεις και στρογγυλώδεις. Οι μεσαίου μεγέθους κόκκοι είναι 0,3 έως 0,5 mm, ενώ οι μεγάλοι 0,8 mm. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός ολοκρυσταλλικός και το συνδετικό υλικό χαλαζίας μικροκρυσταλλικός. Επίσης εμφανίζονται ζώνες μυλονητοποίησης, δηλαδή μαυριδερές ζώνες που είναι πιθανότατα οργανικό υλικό, Εικ.21,22.

Σκάφη 3 : Τα ορυκτά που απαντώνται είναι χαλαζίας και μοσχοβίτης σε ποσοστό (προσεγγιστικά) 92% και 8% αντίστοιχα. Ο μοσχοβίτης εμφανίζεται σε μορφή ακανόνιστων φλεβιδίων, ενώ ο χαλαζίας παρουσιάζει διαβάθμιση των κόκκων του. Οι κόκκοι του χαλαζία εμφανίζονται σαν επιμήκεις, πλακοειδής και στρογγυλώδεις. Οι μεγάλοι κρύσταλλοι έχουν μέγεθος από 0,7 έως 1 mm, ενώ οι μικροί δεν είναι ευδιάκριτοι. Επίσης εμφανίζεται ακτινωτή διάταξη κόκκων χαλαζία γύρω από μεγαλύτερους κόκκους, Εικ.23,24. Η υφή είναι συμπαγής, ο ιστός ολοκρυσταλλικός και το συνδετικό υλικό μικροκρυσταλλικός χαλαζίας.

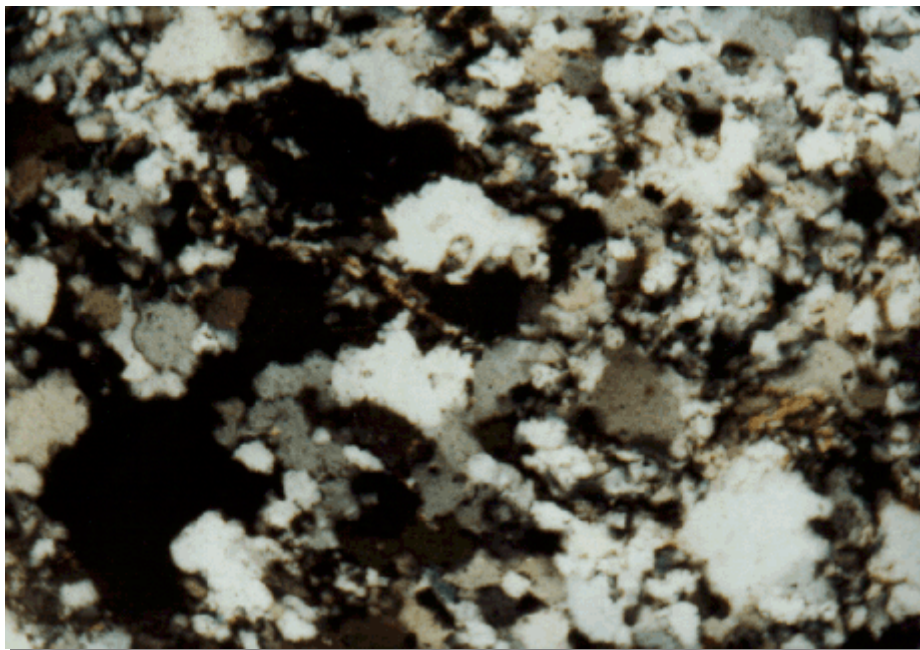


**Εικόνα.1:** Λεπτομερής χαλαζίας

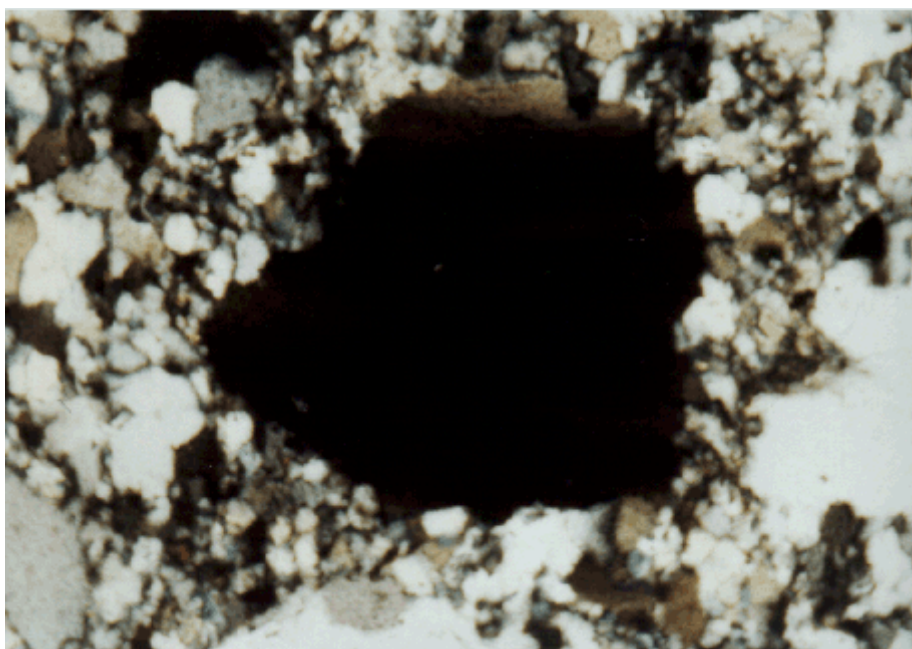


**Εικόνα.2:** Κόκκοι χαλαζία σπασμένοι





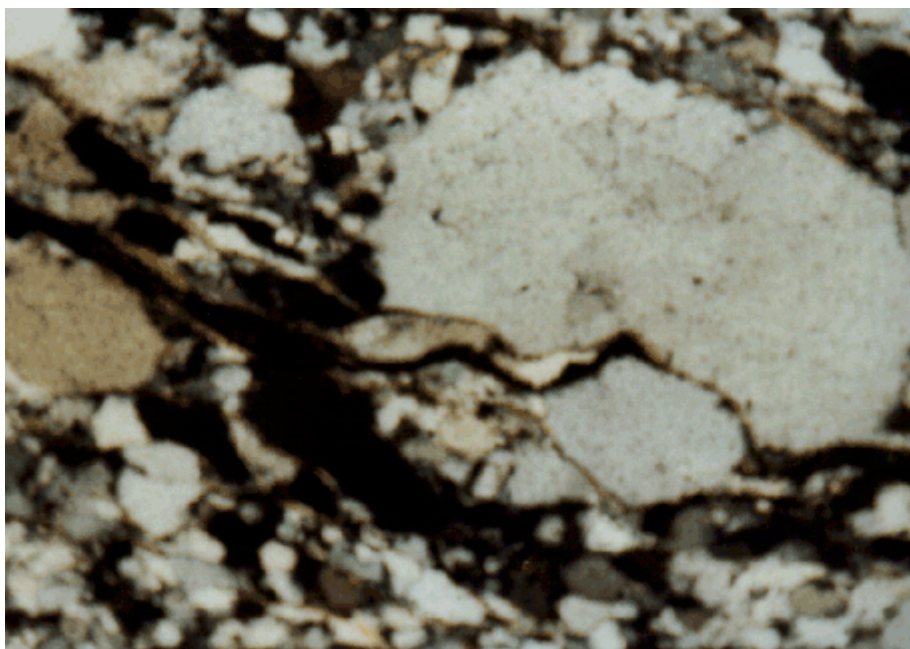
**Εικόνα.3:** Λεπτομερής χαλαζίας και φυλλάρια μοσχοβίτη



**Εικόνα.4:** Μεγάλος κόκκος χαλαζία, σκούρου χρώματος

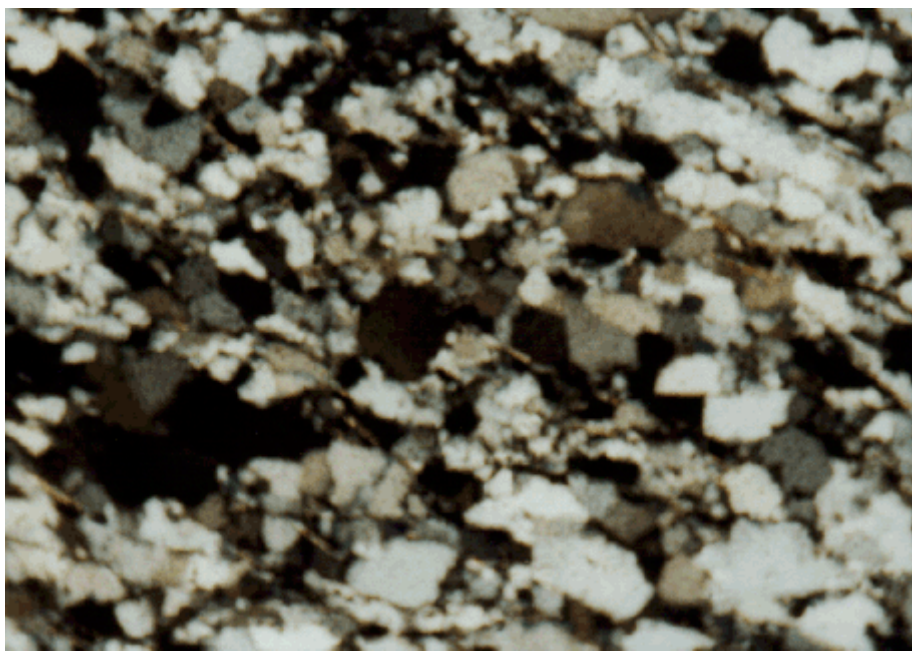


**Εικόνα.5:** Λεπτομερής χαλαζίας με έντονα προσανατολισμένη υφή και ενδιάμεσα μοσχοβίτης

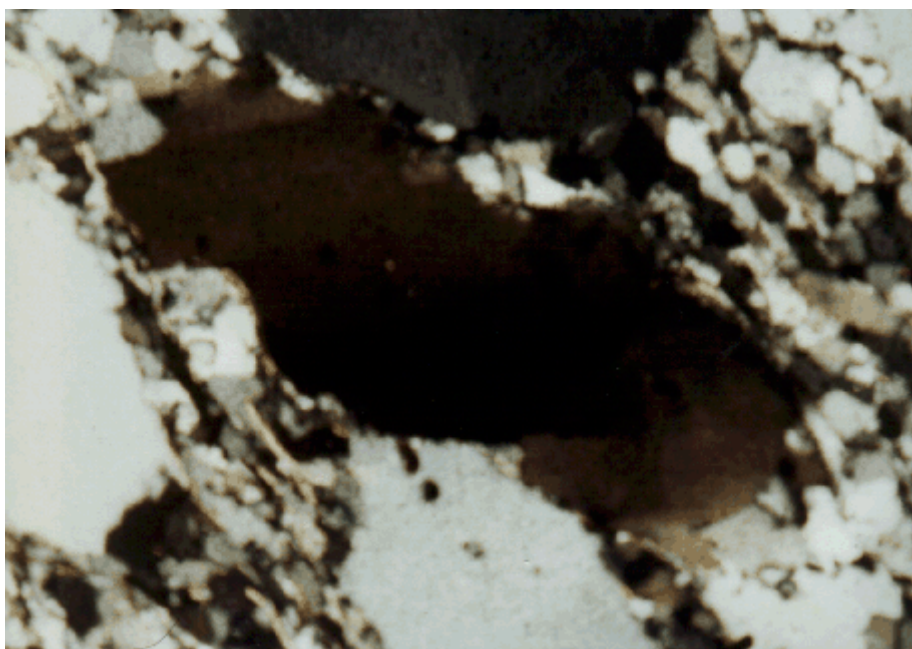


**Εικόνα.6:** Ζώνη ανδρομερέστερου χαλαζία και φυλλάρια μοσχοβίτη

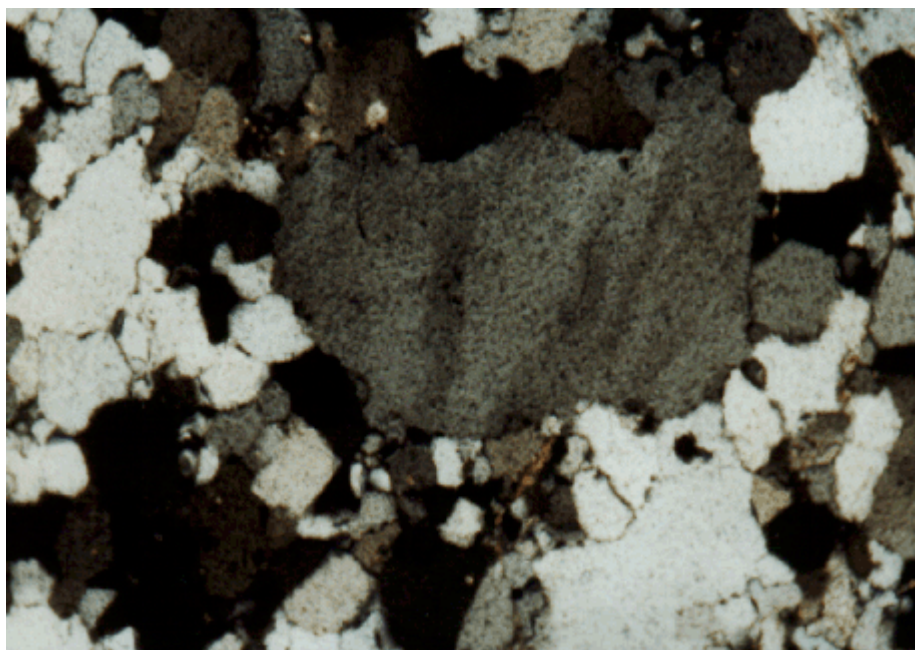




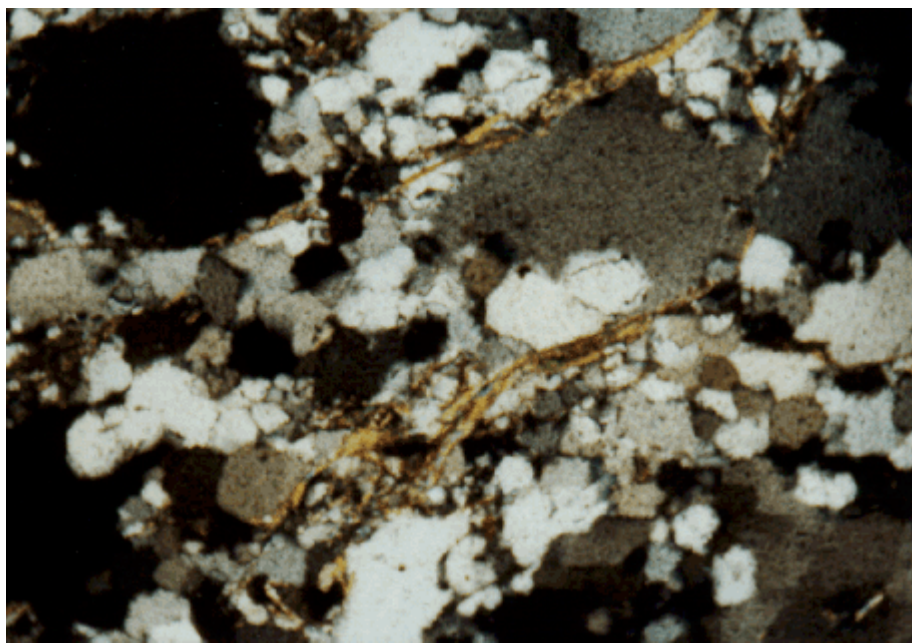
**Εικόνα.7:** Έντονα προσανατολισμένη υφή



**Εικόνα.8:** Μεγάλοι κόκκοι χαλαζία με κυματοειδή κατάσβεση

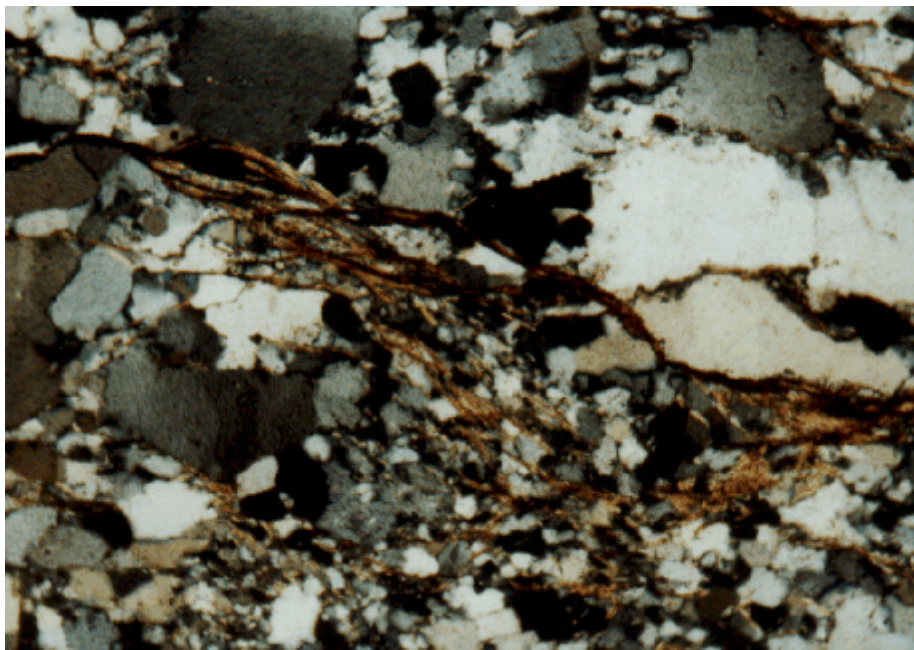


**Εικόνα.9:** Αδιάτακτη υφή και πιο μεγάλοι κρύσταλλοι από τις τομές Σφινάρι 1 και Σφινάρι 2

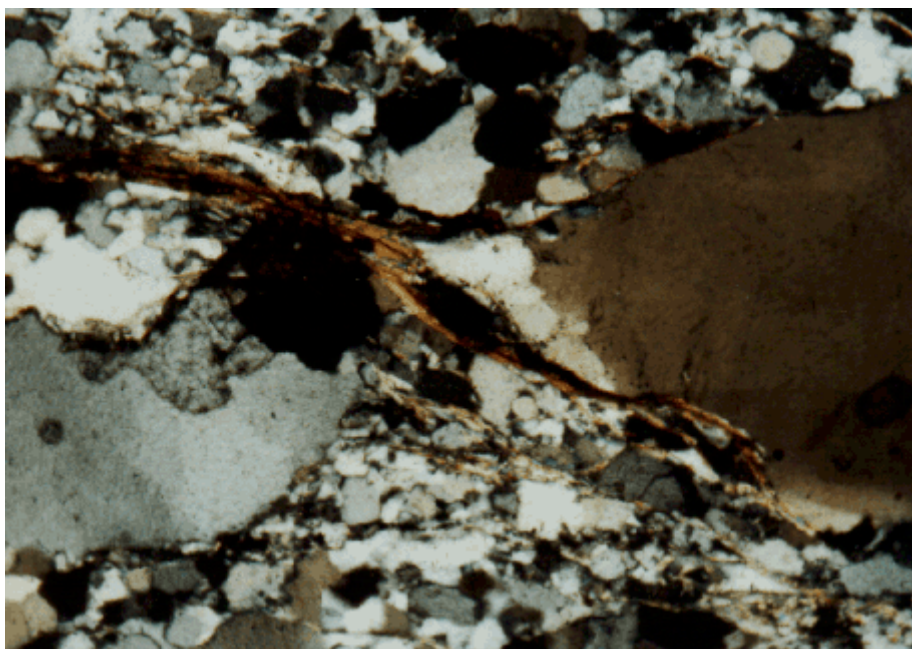


**Εικόνα.10:** Φυλλάκια μοσχοβίτη ίσως και χλωρίτη

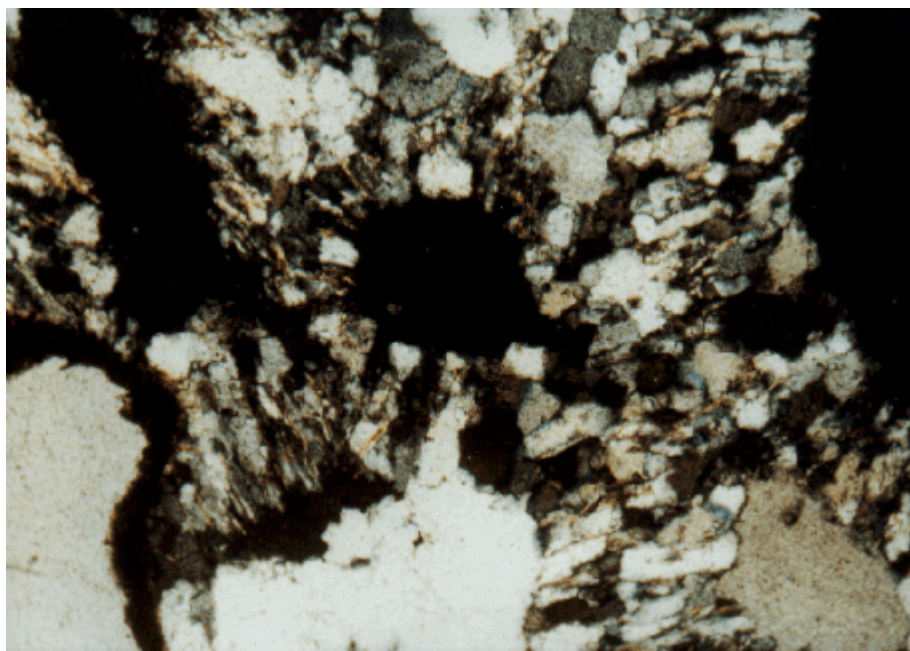




**Εικόνα.11:** Μοσχοβίτης σε μορφή προσανατολισμένων φλεβιδίων



**Εικόνα.12:** Μοσχοβίτης σε μορφή προσανατολισμένων φλεβιδίων

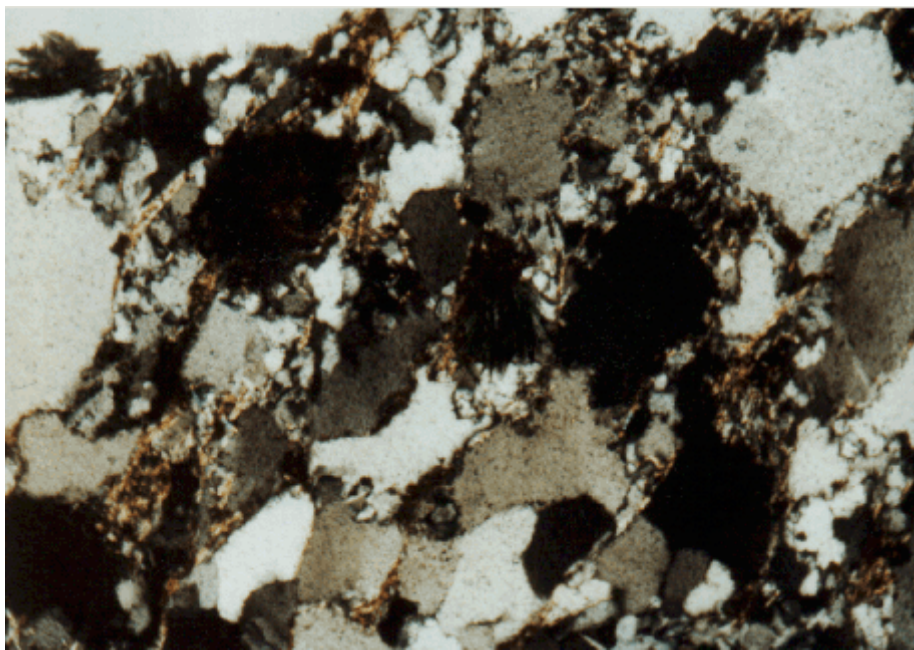


**Εικόνα.13:** Ακτινωτή διάταξη χαλαζία γύρω από μεγαλύτερους κρυστάλλους

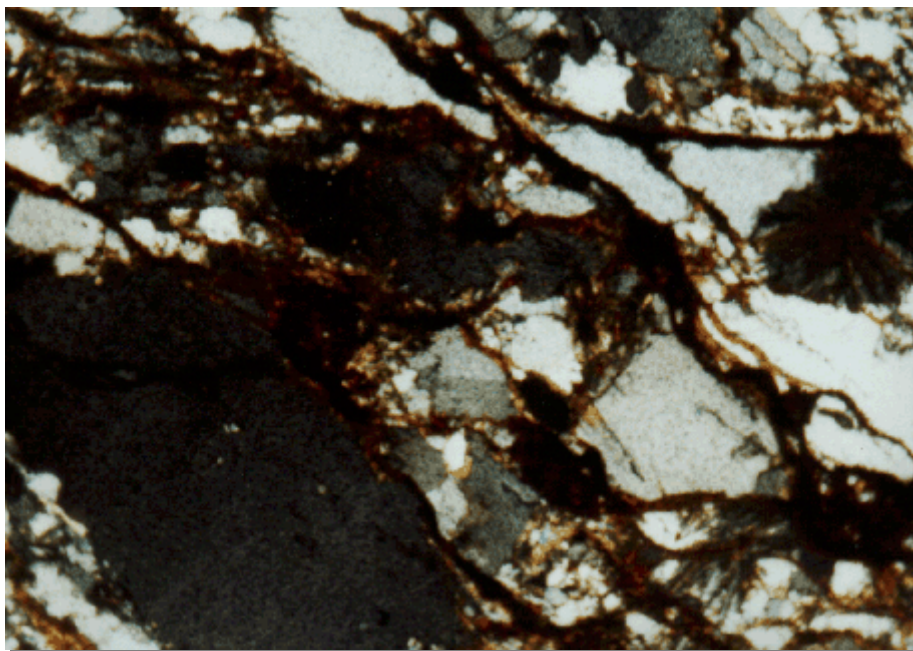


**Εικόνα.14:** Ακτινωτή διάταξη χαλαζία γύρω από μεγαλύτερους κρυστάλλους

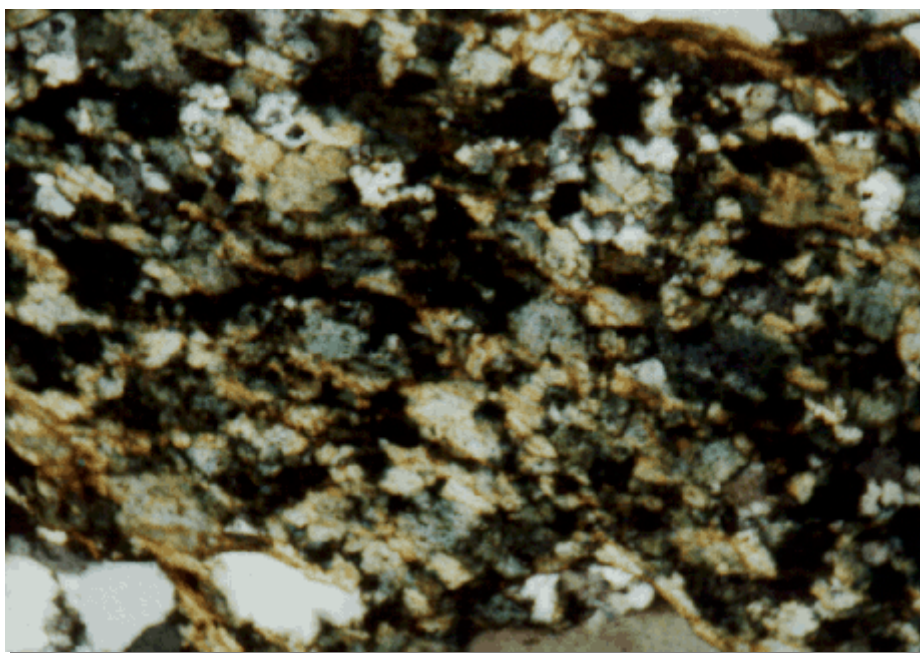




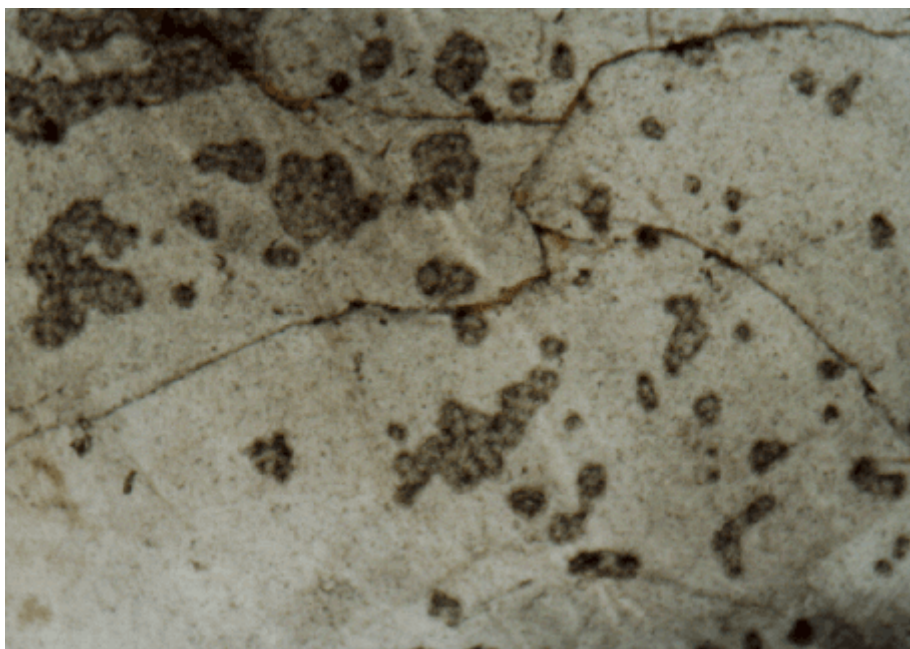
**Εικόνα.15:** Μοσχοβίτης σε μορφή λεπτών προσανατολισμένων φλεβιδίων



**Εικόνα.16:** Μοσχοβίτης σε μορφή λεπτών προσανατολισμένων φλεβιδίων

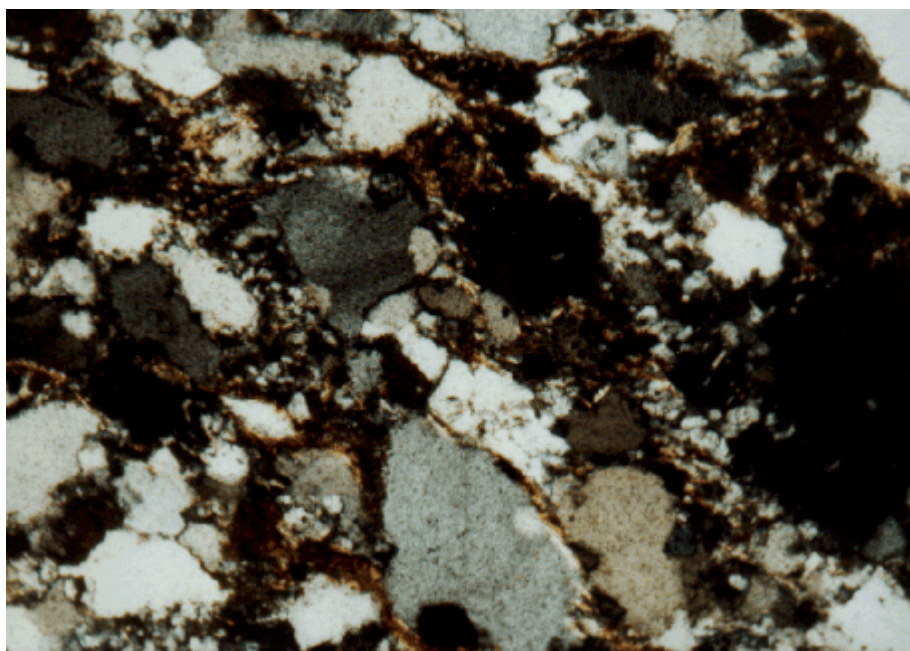


**Εικόνα.17:** Ζώνη με πιθανούς μοσχοβίτες – χλωρίτες

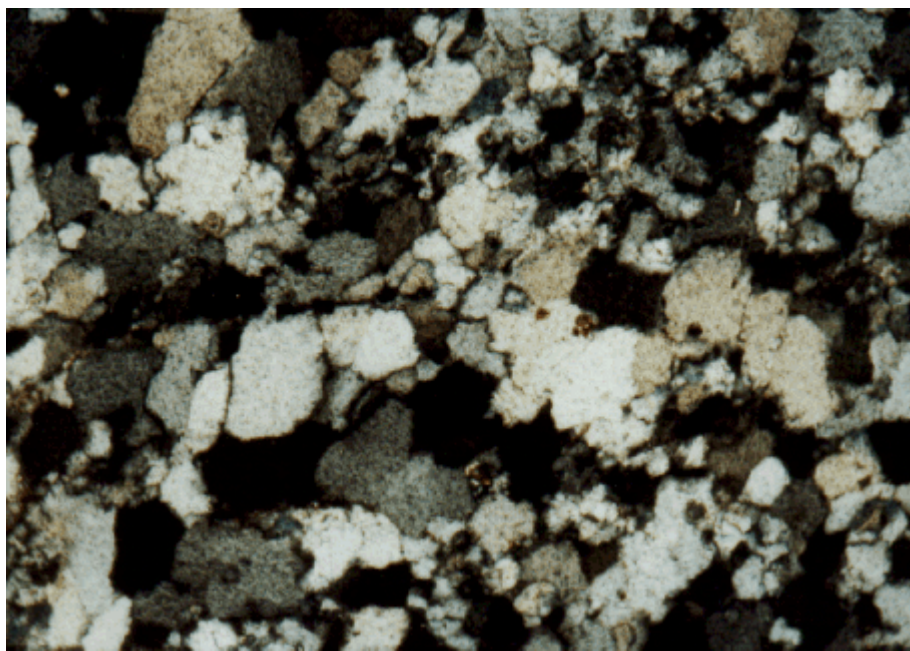


**Εικόνα.18:** Μεγάλος κόκκος χαλαζία με μικρούς εγκλεισμένους κόκκους χαλαζία

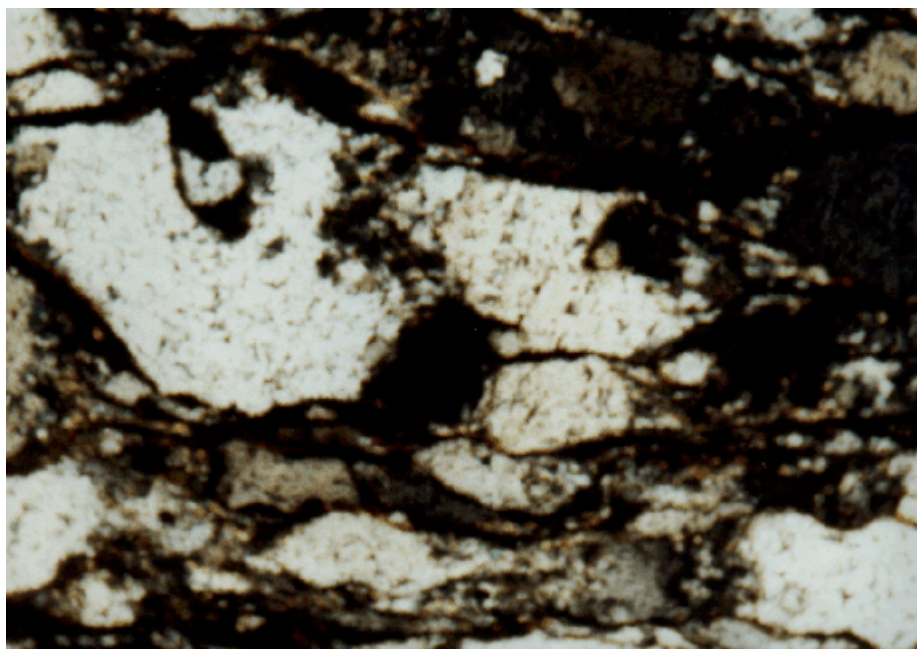




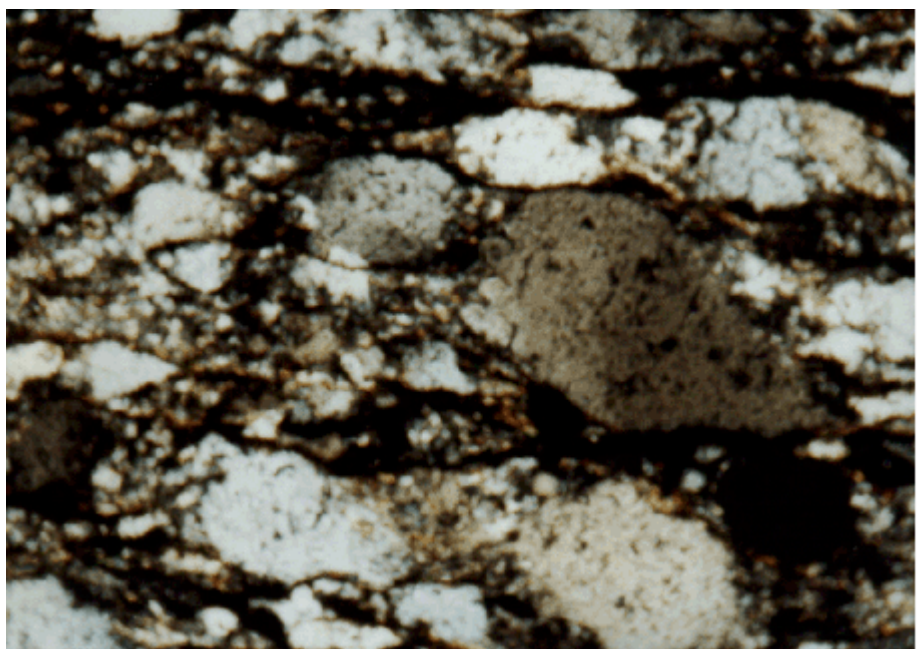
**Εικόνα.19:** Μερικώς προσανατολισμένα φλεβίδια μοσχοβίτη με ταυτόχρονη ύπαρξη ακανόνιστων μαζών



**Εικόνα.20:** Ισομεγέθεις κρύσταλλοι χαλαζία

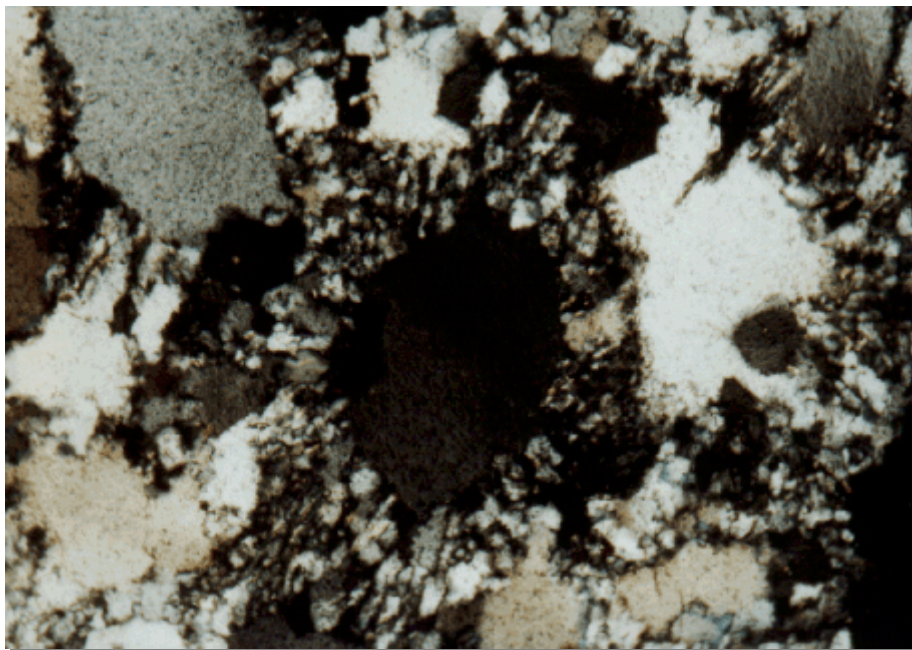


**Εικόνα.21:** Οργανικό υλικό με μορφή μαυριδερών ζωνών

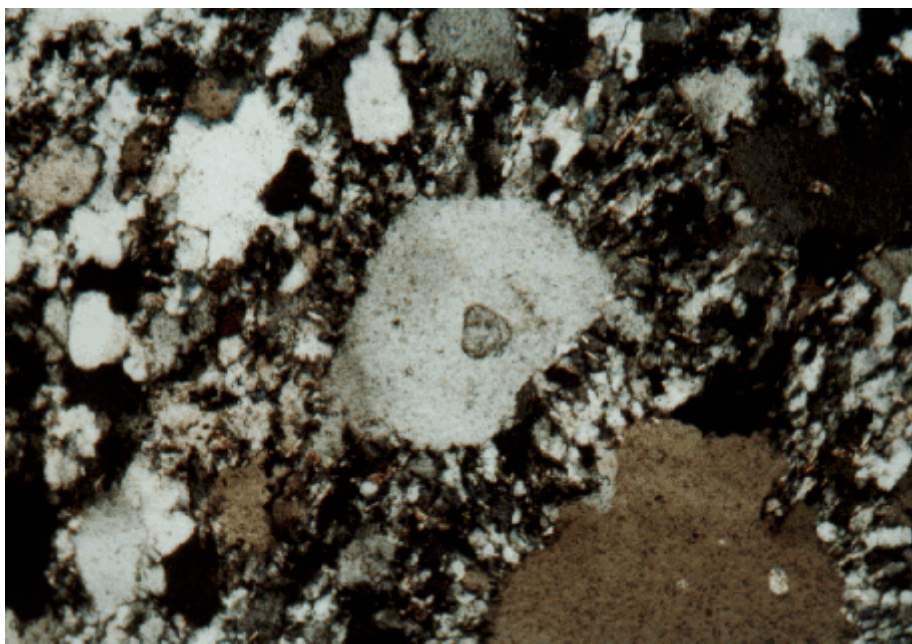


**Εικόνα.22:** Οργανικό υλικό με μορφή μαυριδερών ζωνών





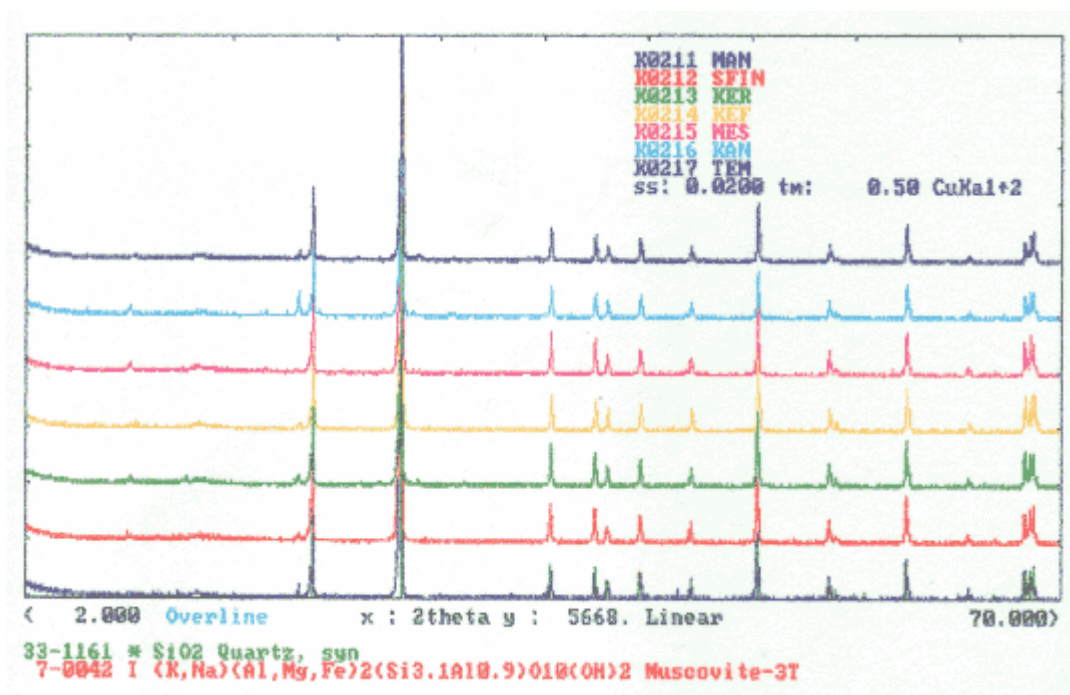
**Εικόνα.23:** Μεγάλοι κρύσταλλοι χαλαζία και ενδιάμεσα ακτινωτός χαλαζίας



**Εικόνα.24:** Μεγάλοι κρύσταλλοι χαλαζία και ενδιάμεσα ακτινωτός χαλαζίας

## 8.2 Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (ΑΝΑΛΥΣΗ XRD)

Όπως φαίνεται, από το ακτινοδιάγραμμα (Εικ.25) που προέκυψε για όλα τα δείγματα, τα ορυκτά που εμφανίζονται είναι ο χαλαζίας και ο μοςχοβίτης. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα του πολωτικού μικροσκοπίου.



**Εικόνα.25:** Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – X όλων των δειγμάτων

## 8.3 Δοκιμή αντίστασης αδρανών σε στίλβωση (PSV)

Ομαδοποιήσαμε τα δείγματά μας σε δύο κατηγορίες δειγμάτων με κωδικούς XAN-1 και XAN-7. Στην συνέχεια, εφαρμόσαμε την δοκιμή αντίστασης αδρανών σε στίλβωση (PSV), κατά BS 812 : Part 114 : 1989. Τα αποτελέσματα που πήραμε για τις δύο κατηγορίες δειγμάτων φαίνονται παρακάτω.

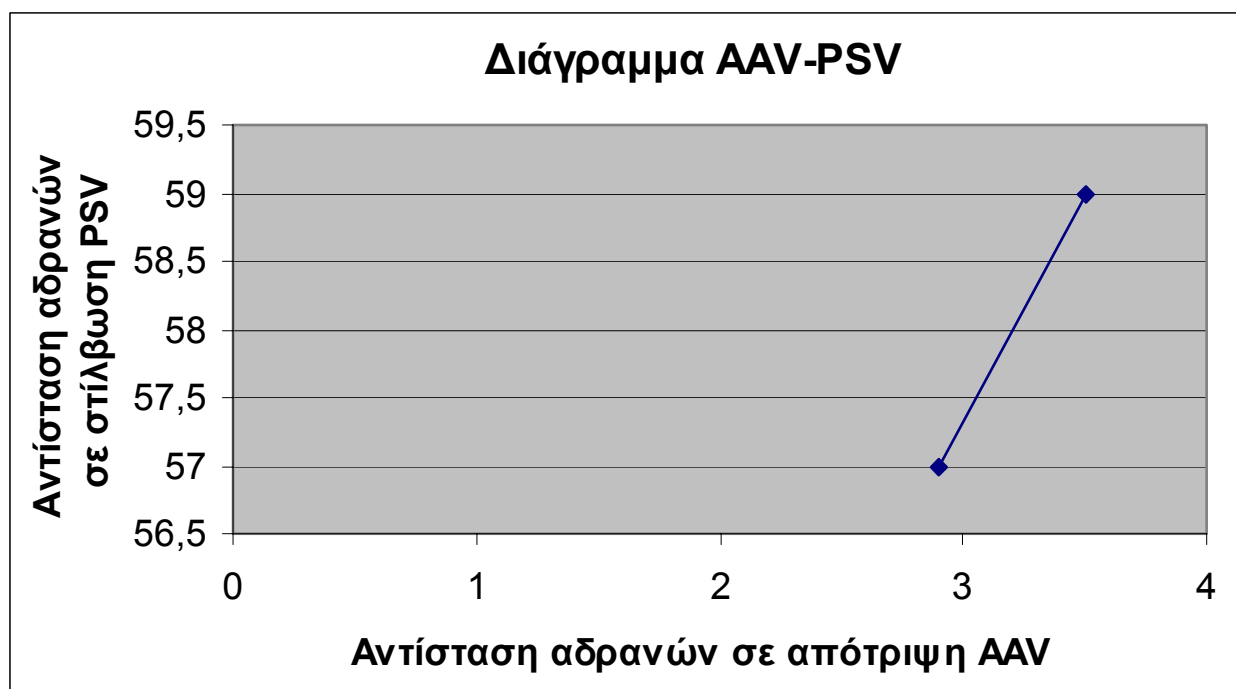
	XAN-1	XAN-7
Δείκτης αντίστασης σε στίλβωση (PSV) (κατά BS 812 : Part 114 : 1989)	57	59



#### 8.4 Δοκιμή αντίστασης αδρανών σε απότριψη (AAV)

Ομαδοποιήσαμε τα δείγματά μας σε δυο κατηγορίες δειγμάτων με κωδικούς ΧΑΝ-1 και ΧΑΝ-7. Στην συνέχεια εφαρμόσαμε την δοκιμή αντίστασης σε απότριψη (AAV), κατά BS 812 : Part 113 : 1990. Τα αποτελέσματα που πήραμε για τις δύο κατηγορίες δειγμάτων φαίνονται παρακάτω.

	ΧΑΝ-1	ΧΑΝ-7
Δείκτης φθοράς σε απότριψη (AAV) (κατά BS 812 : Part 113 : 1990)	2,9	3,5



Από το διάγραμμα AAV-PSV βλέπουμε ότι όσο αυξάνουν οι τιμές της αντίστασης των αδρανών σε απότριψη αυξάνουν και οι τιμές της αντίστασης των αδρανών σε στίλβωση και αντίστροφα.

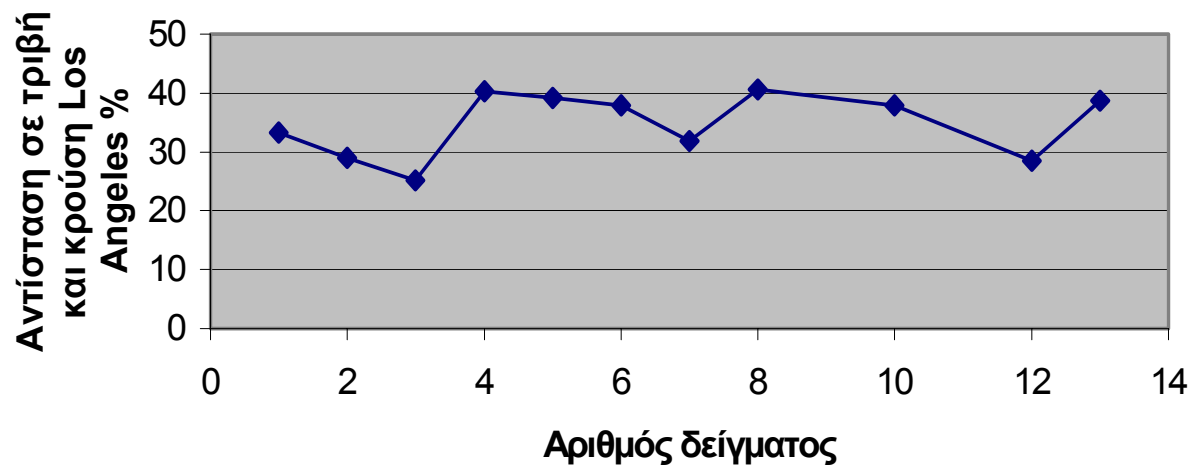
### 8.5 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles

Η δοκιμή εκτελέστηκε σύμφωνα με τις Αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO. Χρησιμοποιήθηκε ένα δείγμα από κάθε περιοχή δειγματοληψίας και μετρήθηκαν η απώλεια σε τριβή και κρούση σε δείγμα απλής θραύσης (%), η απώλεια σε τριβή και κρούση στις 100 στροφές (%) και η απώλεια σε τριβή και κρούση σε δείγμα διπλής θραύσης (%). Τα αποτελέσματα που πήραμε φαίνονται παρακάτω.

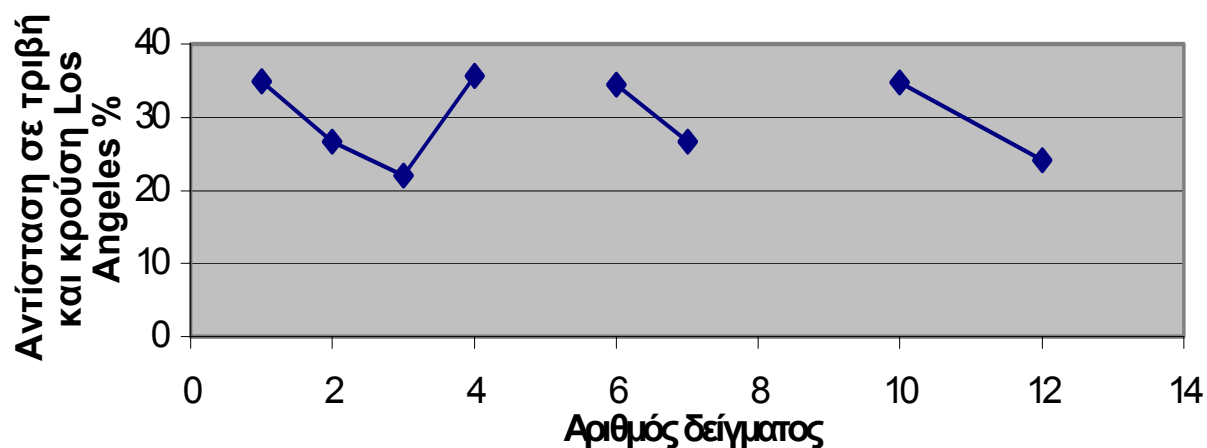
A/α	Στοιχεία δείγματος	Απώλεια σε τριβή και κρούση σε δείγμα απλής θραύσης (%)	Απώλεια σε τριβή και κρούση στις 100 στροφές (%)	Απώλεια σε τριβή και κρούση σε δείγμα διπλής θραύσης (%)
1	XAN-1	33,28	7,64	34,98
2	XAN-2	29,00	6,14	26,64
3	XAN-3	25,10	5,42	21,96
4	XAN-4	40,32	8,98	35,60
5	XAN-5	39,14	-	-
6	XAN-6	37,86	8,84	34,42
7	XAN-7	31,88	7,20	26,68
8	XAN-8	40,64	-	-
9	XAN-10	37,86	9,04	34,82
10	XAN-12	28,44	6,38	24,18
11	XAN-13	38,66	8,66	-
- : Δεν έγινε μέτρηση * : Υλικό έτοιμο (δεν έγινε θραύση)				

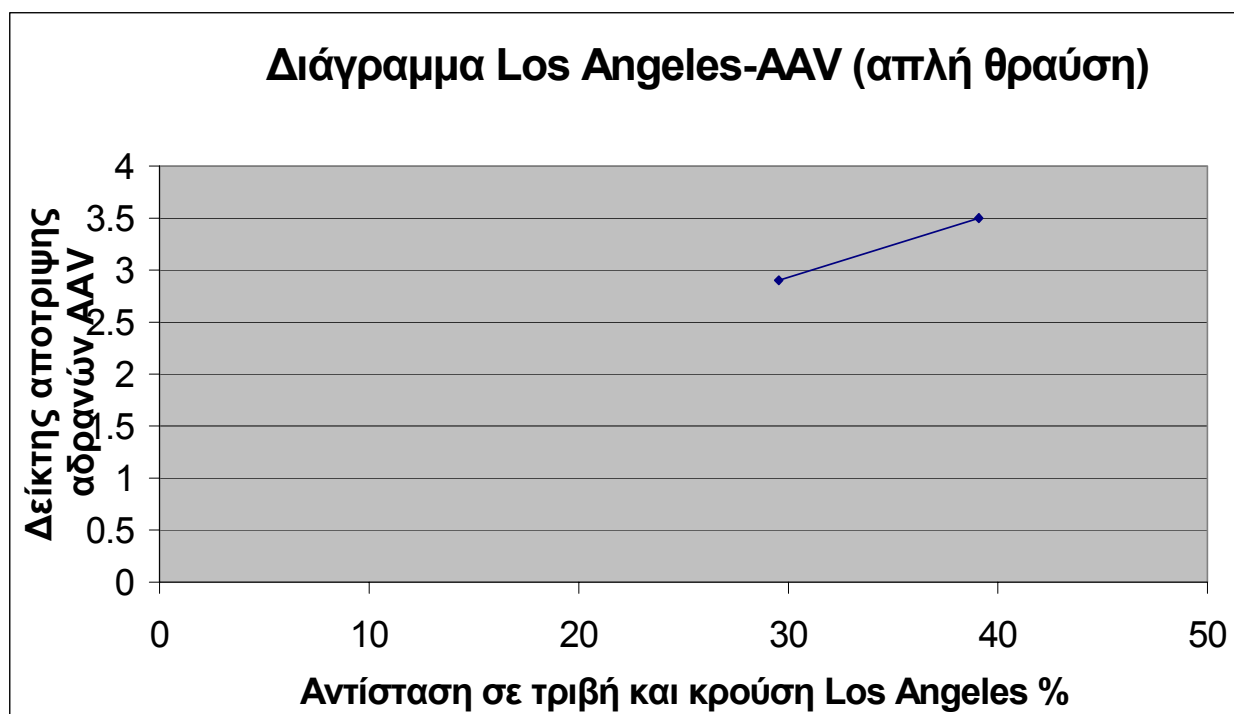
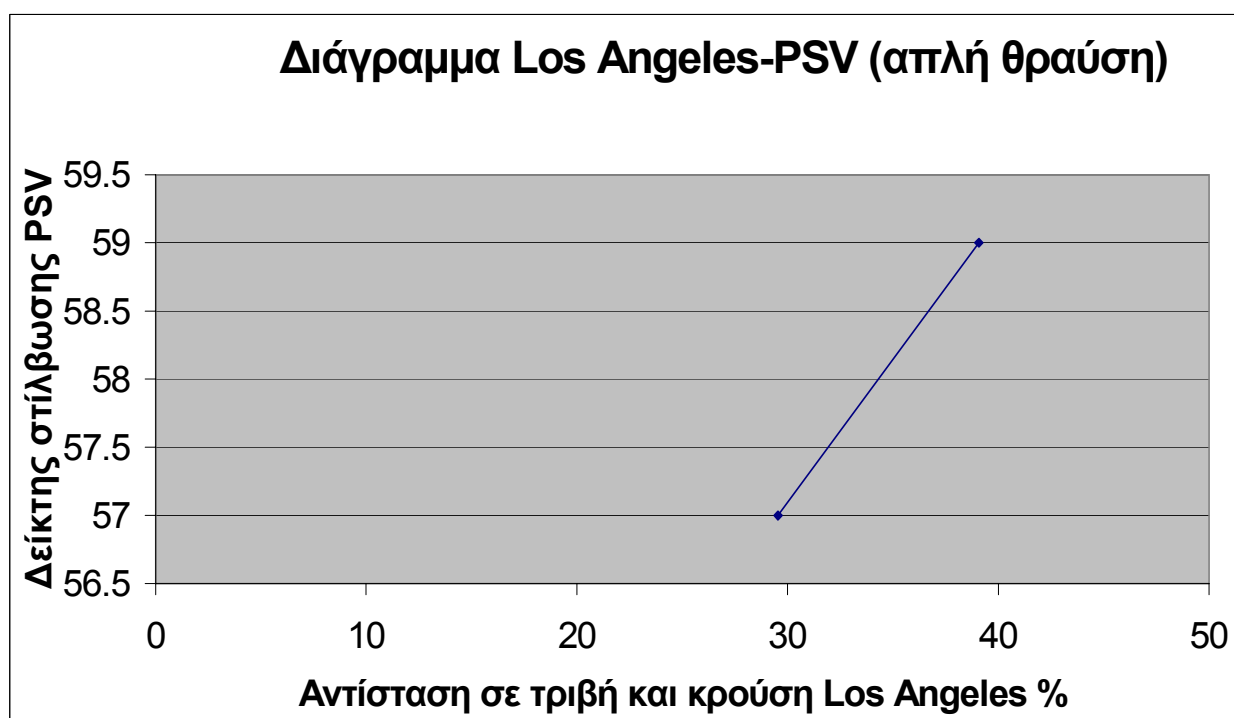
Στην συνέχεια τα δεδομένα των πινάκων PSV, AAV, Los Angeles, παρατίθενται σε μορφή διαγραμμάτων και συγκρίνονται μεταξύ τους.

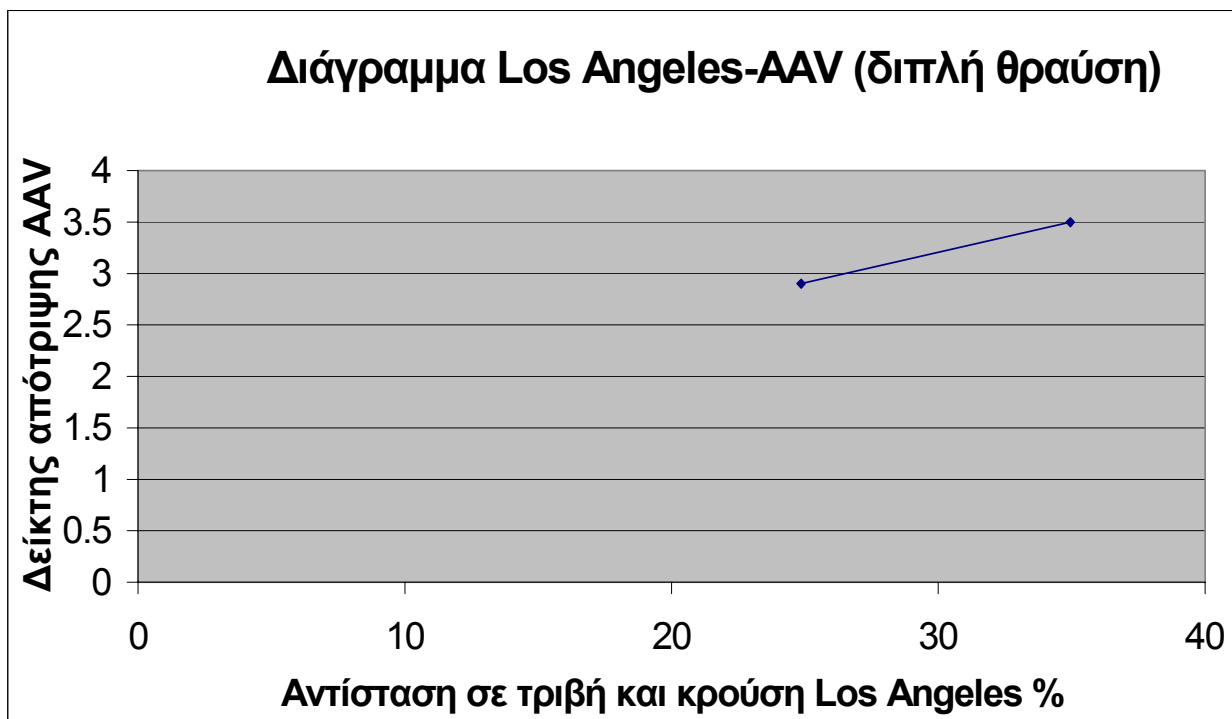
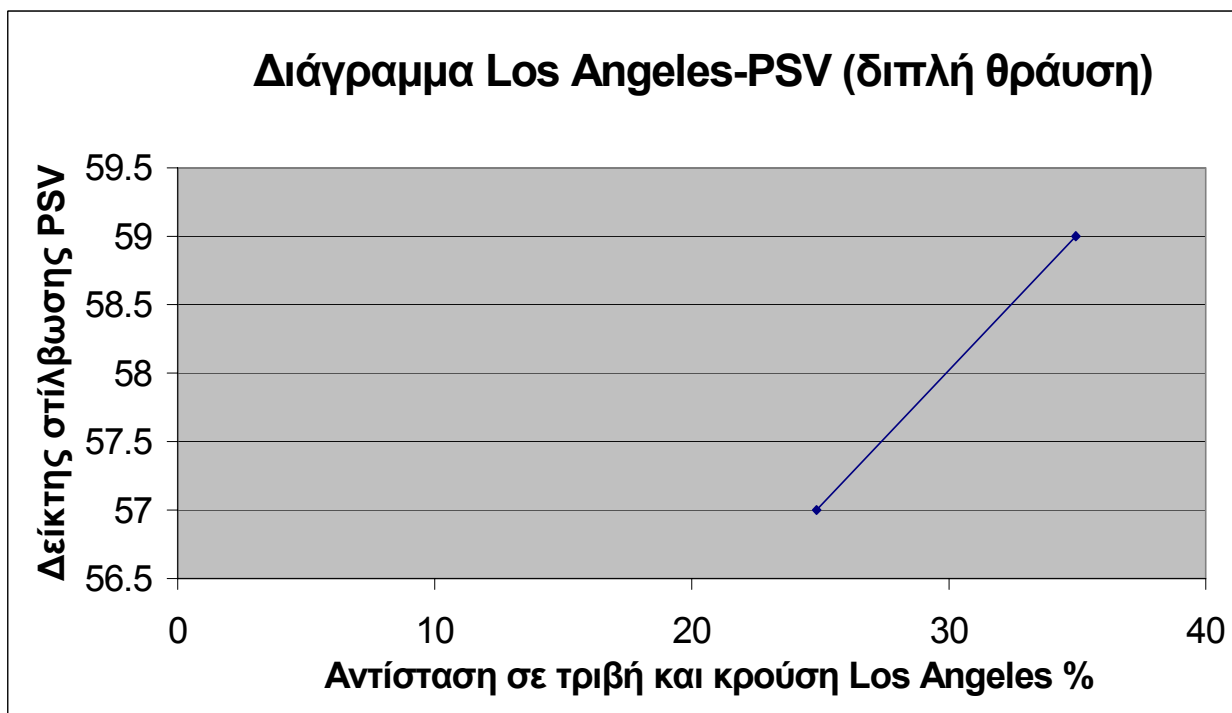
**Διάγραμμα αριθμού δειγμάτων-δοκιμής Los Angeles (απλή θράυση)**



**Διάγραμμα αριθμού δειγμάτων-δοκιμή Los Angeles (διπλή θράυση)**







Από το διάγραμμα αριθμός δειγμάτων – Los Angeles για την απλή θραύση, παρατηρούμε ότι τα δείγματα 3, 7, 12 έχουν τις χαμηλότερες τιμές με μικρότερη την 25,10 ενώ η υψηλότερη τιμή είναι το 40 και παρουσιάζεται δύο φορές. Για την διπλή θραύση οι τιμές των δειγμάτων μας κυμαίνονται μεταξύ 35,60 και 21,96. Παρατηρούμε ότι στην διπλή θραύση τα δείγματά μας έχουν αισθητά χαμηλότερες τιμές. Στην συνέχεια ομαδοποιήσαμε τα δειγματά μας της δοκιμής Los Angeles σε δύο κατηγορίες με μέσες τιμές του δείκτη 29,54 και 39,08 για την απλή θραύση, ενώ για την διπλή οι τιμές που πήραμε ήταν 24,86 και 34,95. Στην συνέχεια τα δεδομένα αυτά τα συγκρίναμε με τις τιμές της δοκιμής PSV και AAV. Από το διάγραμμα Los Angeles – AAV τόσο για την απλή όσο και για την διπλή θραύση βλέπουμε ότι όσο αυξάνεται η αντίσταση σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles τόσο αυξάνεται και η αντίσταση σε απότριψη AAV και αντίστροφα. Από το διάγραμμα Los Angeles – PSV τόσο για την απλή όσο και για την διπλή θραύση βλέπουμε ότι όσο αυξάνει η αντίσταση σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles, αυξάνει και η αντίσταση σε στίλβωση PSV και αντίστροφα. Σε όλες τις περιπτώσεις η διακύμανση του δείκτη Los Angeles είναι μεγαλύτερη από αυτές των δεικτών PSV και AAV.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

#### **9.1 Συμπεράσματα**

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Ο αριθμός τροχαίων ατυχημάτων είναι σημαντικά μεγάλος στην Ελλάδα. Αυτό αποδεικνύεται από την σύγκριση του αριθμού των ατυχημάτων για κάθε έτος στην Ελλάδα με αυτά που συμβαίνουν ανά έτος σε άλλες χώρες. Όμως τα τροχαία ατυχήματα μπορούν να περιοριστούν σημαντικά, αλλά και η εθνική οικονομία μπορεί να ωφεληθεί ουσιαστικά με την κατασκευή αντιολισθηρών οδοστρωμάτων.
- ✓ Τα αδρανή υλικά μπορούν να προέλθουν από πετρώματα πυριγενή, ιζηματογενή και μεταμορφωμένα. Σχεδόν όλα τα είδη πετρωμάτων έχουν δοκιμαστεί σαν αδρανή υλικά δρόμων, προσφέροντας πολύτιμη εμπειρία για την επιλογή των καταλληλότερων ιδιαίτερα για τις στρώσεις του ασφαλικού τάπητα. Αδρανή υλικά ονομάζονται το σύνολο των άμμων, των χαλίκων, των θραυστών λίθων, των σκωριών και άλλων παρόμοιων υλικών ανόργανης σύστασης, φυσικής ή τεχνητής προέλευσης, που χρησιμοποιούνται με κάποιο συγκολλητικό μέσο (τσιμέντο, ασφαλτο, κ.α), για τον σχηματισμό κατάλληλων μιγμάτων για διάφορες κατασκευές (σκυροδέματα, ασφαλικά μίγματα, κ.α), ή και αυτούσια. Τα αδρανή υλικά από άποψη μεγέθους διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες : Το χονδρόκοκκο αδρανές  $>4,75 \text{ mm}$ , το λεπτόκοκκο αδρανές  $< 4,75 \text{ mm}$  και  $> 75 \text{ }\mu\text{m}$  και η παιπάλη ή φίλλερ  $<75 \text{ }\mu\text{m}$ .
- ✓ Οδόστρωμα ορίζεται το σύνολο των επάλληλων στρώσεων που είναι τοποθετημένες πάνω από το φυσικό έδαφος για την δημιουργία της οδού. Μια τυπική κατασκευαστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος περιλαμβάνει : α) το υπέδαφος που αποτελείται από εδαφικό υλικό ή από κοκκώδη εδάφη και σταθεροποιημένο εδαφικό υλικό, β) από την υποβάση που αποτελείται από σταθεροποιημένα υλικά και ασύνδετα αδρανή, γ) από την βάση που αποτελείται από δύο επιμέρους στρώσεις : γ1) την βάση από ασύνδετα αδρανή, που αποτελείται από ασύνδετα αδρανή και από ασφαλτόμιγμα και σταθεροποιημένα υλικά, γ2) την ασφαλική βάση, που αποτελείται από ασφαλτόμιγμα και ασύνδετα αδρανή, δ) τις επιφανειακές στρώσεις που είναι η συνδετική στρώση και η επιφανειακή στρώση και αποτελούνται από ασφαλτόμιγμα.
- ✓ Οι δύο κύριοι παράγοντες τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος είναι η πρόσφυση και η υστέρηση. Τα τέσσερα βασικά λειτουργικά μοντέλα ολίσθησης ενός ελαστικού είναι : μοντέλο πλήρους ολίσθησης, μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά την τροχοπέδηση, μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά την επιτάχυνση και μοντέλο μερικής ολίσθησης κατά τη στροφή.
- ✓ Η επιφανειακή υφή αποτελείται από δύο κλίμακες τραχύτητας : α) Την Μακροτραχύτητα που αναφέρεται στις αδρές και ευδιάκριτες από απόσταση με

γυμνό οφθαλμό, ανωμαλίες της επιφάνειας και στη μεγάλης κλίμακα τραχύτητα. β) Την Μικροτραχύτητα που αναφέρεται στις μικροανωμαλίες της επιφάνειας των ψηφίδων του αδρανούς υλικού. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι μέτρησης της μακρουφής : η μέθοδος της κυλίδας της άμμου, η μέθοδος της ροής νερού ο προφίλογράφος και ο μετρητής υψής. Η μικρουφή μπορεί να μετρηθεί με το Βρετανικό εκκρεμές, με στερεογραφία, με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο τύπου Scanning.

- ✓ Κατά την Υδρολίσθηση μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος παρατηρούνται τρεις διαφορετικές ζώνες : στην πρώτη ζώνη βρίσκεται η άθραυστη μεμβράνη νερού, στη δεύτερη ζώνη έχουμε μικρή επαφή ελαστικού – οδοστρώματος (στις κορυφές των μακροπροεξοχών) και στην τρίτη ζώνη έχουμε τέλεια επαφή ελαστικού και οδοστρώματος. Για να παράγει μια βρεγμένη επιφάνεια οδοστρώματος υψηλή αντιολισθηρότητα θα πρέπει να έχει και να διατηρεί ένα επαρκή βαθμό μικροτραχύτητας και για να διατηρεί την αντιολισθηρότητα και στις υψηλές ταχύτητες, θα πρέπει να έχει και να διατηρεί επαρκή μακροτραχύτητα. Οι δύο αυτές απαιτούμενες ιδιότητες των αντιολισθηρών οδοστρωμάτων είναι άμεσα συδεδεμένες και ελέγχονται κυρίως από τις ιδιότητες των αδρανών υλικών. Για να έχει και να διατηρεί υψηλή μικροτραχύτητα, η επιφάνεια ενός αδρανούς υλικού θα πρέπει να παρουσιάζει υψηλό βαθμό αντίστασης στη στίλβωση. Για να “παράγεται” η απαιτούμενη υψηλή μακροτραχύτητα θα πρέπει : α) Τα αδρανή υλικά να έχουν την κατάλληλη διαβάθμιση, β) Να έχουν γωνιώδη μορφή και το ποσοστό επιμήκων και πεπλατυσμένων φλεβιδίων να είναι πολύ μικρό, γ) Να επιλέγεται η σωστή μέθοδος κατασκευής και διάστρωσης του ασφαλτομίγματος.
- ✓ Οι μεταβολές της αντιολισθηρότητας είναι Εποχιακές, Διαχρονικές, λόγω Κυκλοφοριακού Φόρτου, λόγω Θέσης της Επιφάνειας.
- ✓ Οι μετρητές τριβής των οδοστρωμάτων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες : στους μετρητές μερικής ολίσθησης και στους μετρητές πλήρους ολίσθησης. Οι μετρητές μερικής ολίσθησης διαχωρίζονται σε αυτούς που λειτουργούν με τροχοπέδηση, με στροφή του τροχού και με επιτάχυνση.
- ✓ Οι βασικές ομάδες ιδιοτήτων των αδρανών είναι οι εξής : α) Φυσικές, β) Μηχανικές, γ) Χημικές, δ) Θερμικές, ε) Ηλεκτρικές, στ) Οπτικές, ζ) Αισθητικές. Ιδιαίτερη σημασία για τα αδρανή αντιολισθηρών ασφαλικών ταπήτων έχουν οι Φυσικές, Μηχανικές και Χημικές ιδιότητες.
- ✓ Οι ελάχιστες απαιτήσεις αντιολισθηρότητας ορίζονται μόνο εάν οι κανονικές ανάγκες της κυκλοφορίας μπορούν να καθοριστούν. Υπάρχουν τρεις κυρίως τρόποι για τον καθορισμό των αναγκών αυτών : α) Μελετώντας τη σχέση του αριθμού των ατυχημάτων που συμβαίνουν σε υγρές επιφάνειες και οφείλονται σε ολίσθηση, προς την μεταβολή του βαθμού της αντιολισθηρότητας, β) Παρακολουθώντας με διάφορα όργανα, κυρίως επιταχυνσιογράφους, την συμπεριφορά οδήγησης μεγάλου αριθμού οδηγών κατά τους χειρισμούς επιτάχυνσης, επιβράδυνσης και αλλαγής πορείας των οχημάτων, γ) Συμπεραίνοντας τις ανάγκες τριβής από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των οχημάτων, π.χ. ισχύς κινητήρα, διαστάσεις και βάρος οχήματος, κέντρο βάρους κ.λ.π.
- ✓ Στην Δυτική Κρήτη ο σχηματισμός που κάνει έντονη την παρουσία του είναι της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς η οποία είναι επωθημένη πάνω σε Πλακώδεις



Ασβεστολίθους ή σε Μεταφλύσχη. Κατά την δειγματοληψία πήραμε δείγματα πετρωμάτων με χρήση σφυριού από διάφορες περιοχές της Δυτικής Κρήτης, όπου το πάχος της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς φθάνει μέχρι τα 1500 μέτρα για μια πρώτη χονδρική ποιοτική εκτίμηση των δειγμάτων.

- ✓ Οι εργαστηριακές δοκιμές που εφαρμόστηκαν επί των δειγμάτων είναι οι εξής : Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles, δοκιμή αντίστασης αδρανών σε στίλβωση (PSV), δοκιμή αντίστασης σε απότριψη (AAV), Περιθλασιμετρία ακτίνων Χ, Παρατηρήσεις με Πολωτικό Μικροσκόπιο.
- ✓ Η δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles, για τα 11 δείγματα μας, στην απλή θραύση έδωσε τιμές που κυμαίνονται από 28,44% έως 40,64%, ενώ στην διπλή από 21,96% έως 34,98%. Οι τιμές αυτές δεν κρίνονται ικανοποιητικές αφού σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες (Πίνακας 5.2) το μέγιστο ποσοστό φθοράς Los Angeles με μια μέση, βαριά και πολύ βαριά κυκλοφορία είναι αντίστοιχα 28%, 26%, 24%.
- ✓ Η δοκιμή αντίστασης αδρανών σε στίλβωση (PSV) για τις δύο ομάδες των δειγμάτων μας έδωσε τις τιμές 57 και 59. Οι τιμές αυτές κρίνονται ικανοποιητικές αφού σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες (Πίνακας 5.2) οι ελάχιστες τιμές PSV είναι μικρότερες από τις τιμές που βρήκαμε για ελαφρά μέση και βαριά κυκλοφορία και για εύκολες, συνήθειες και επικίνδυνες θέσεις. Οι τιμές αυτές είναι χαμηλότερες από τις ελάχιστες τιμές για πολύ βαριά κυκλοφορία.
- ✓ Η δοκιμή αντίστασης αδρανών σε απότριψη (AAV) για τις δυο ομάδες των δειγμάτων μας έδωσε τις τιμές 2,9 και 3,5. Οι τιμές κρίνονται πολύ ικανοποιητικές αφού σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες (Πίνακας 5.2) οι μέγιστες τιμές AAV για ελαφρά, μέση, βαριά και πολύ βαριά κυκλοφορία είναι πολύ πάνω από τις τιμές που έδωσαν τα δείγματά μας.
- ✓ Από τις παρατηρήσεις με το Πολωτικό Μικροσκόπιο φάνηκε ότι τα δείγματα μας αποτελούνται στο μεγαλύτερο ποσοστό από χαλαζία και σε μικρότερο από μοσχοβίτη που τις περισσότερες φορές εμφανίζεται με μορφή προσανατολισμένων φλεβιδίων. Το συνδετικό υλικό είναι μικροκρυσταλλικός χαλαζίας, ο ιστός είναι ολοκρυσταλλικός και η υφή συμπαγής. Έχουμε επίσης εμφανίσεις οργανικού υλικού με μορφή μαυριδερών ζωνών.
- ✓ Από την Περιθλασιμετρία Ακτίνων Χ και από τα ακτινοδιαγράμματα που προέκυψαν για τα δείγματα μας βλέπουμε ότι τα ορυκτά που εμφανίζονται είναι ο χαλαζίας και ο μοσχοβίτης. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με τις παρατηρήσεις από το πολωτικό μικροσκόπιο.
- ✓ Από τις εργαστηριακές δοκιμές που εφαρμόσαμε στα δείγματά μας και από τα αποτελέσματα που πήραμε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι συγκεκριμένοι χαλαζίτες είναι ακατάλληλοι να χρησιμοποιηθούν ως σκληρά αδρανή υλικά αντιστοιχισμένων οδοστρωμάτων. Η ύπαρξη φυλλαρίων μοσχοβίτη, η διαδικασία της διαγένεσης και διεργασίες μεταμόρφωσης στο πέρασμα του χρόνου, είχαν σαν αποτέλεσμα τις πολύ χαμηλές τιμές της δοκιμής Los Angeles και τις σχεδόν οριακές τιμές της δοκιμής PSV. Γι' αυτό κρίνεται σκόπιμο να μην προχωρήσουμε σε περεταίρω δειγματοληψία της περιοχής.

## 9.2 Προτάσεις

- ✓ Αν και έχει υπάρξει εκτεταμένη έρευνα σε όλη την Ελλάδα για τον εντοπισμό σκληρών πετρωμάτων κατάλληλων για αντιολισθηρές κατασκευές, χρειάζεται να γίνει συστηματική μελέτη των πετρωμάτων για να προσδιοριστούν οι ιδιότητές τους και να καθοριστεί εάν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν σκληρά αδρανή. Η έρευνα μπορεί να πραγματοποιηθεί από το ΚΕΔΕ σε συνεργασία με τα Περιφερειακά Εργαστήρια, από το ΙΓΜΕ και τα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα. Ακόμα να συνεχιστούν οι συστηματικές έρευνες για τον εντοπισμό νέων πηγών πετρωμάτων, που ίσως να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν σκληρά αντιολισθηρά αδρανή υλικά, τόσο στην περιοχή των Χανίων και της Κρήτης όσο και σε ολόκληρη την Ελλάδα.
- ✓ Να γίνει αναμόρφωση των τιμών των διαφόρων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των αδρανών υλικών, σύμφωνα με τα ισχύοντα σήμερα στην Δυτική Ευρώπη, ανάλογα με την μεθοδολογία κατασκευής και τον κυκλοφοριακό φόρτο του Ελληνικού οδικού μας δικτύου.
- ✓ Να υιοθετηθεί η αμιγής χρησιμοποίηση σκληρού πετρώματος για όλες τις μεθοδολογίες κατασκευής ασφαλοταπήτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρησιμοποίηση αμιγούς πετρώματος για την κατασκευή ασφαλοτάπητα, συνδυαζόμενη με το βάθος επιφανειακής υφής, δίνει τιμές αντίστασης σε ολίσθηση τουλάχιστον μεγαλύτερες κατά 10 – 15 μονάδες. Επίσης με αυτόν τον τρόπο θα δημιουργηθούν λατομεία σε κατάλληλες θέσεις σε όλη την Ελλάδα.
- ✓ Να εξεταστεί η δυνατότητα της διαδικασίας συμψηφισμού όπως προβλέπεται και εφαρμόζεται στις Γαλλικές προδιαγραφές. Αυτό θα δώσει την δυνατότητα να αξιοποιηθούν περισσότερα πετρώματα από ήδη εντοπισθέντες πηγές, όπως (Ιωαννίνων, Σερρών, Δράμας, Σερίφου, Ξάνθης, Αλεξανδρούπολης, Πόρου, Σητείας Κρήτης, Χαλκιδικής, κ.λ.π).
- ✓ Παραπλήσια με την πιο πάνω πρόταση είναι και η απλουστευμένη πρόταση γενικής χρήσης για κάθε κυκλοφοριακό φόρτο και μεθοδολογία κατασκευής (εκτός των εμπηγνυομένων ψηφίδων), για αδρανή υλικά με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :  $P.S.V. \geq 55$ ,  $L.A. \leq 23$ ,  $A.A.V. \leq 10$ , με υιοθέτηση της διαδικασίας συμψηφισμού. Στην περίπτωση των εμπηγνυομένων ψηφίδων θα ισχύουν τα ίδια χαρακτηριστικά δίχως να ισχύει η διαδικασία του συμψηφισμού.
- ✓ Στην περίπτωση που δεν υιοθετηθεί η παραπάνω πρόταση μπορούν να παραμείνουν σε ισχύ οι υφιστάμενες Τεχνικές Οδηγίες, με βελτίωση των ορίων  $L.A.$  και  $A.A.V.$  και με απαραίτητη την υιοθέτηση της διαδικασίας του συμψηφισμού, που προβλέπουν οι Γαλλικές προδιαγραφές.
- ✓ Να γίνεται ποιοτική κατασκευή των οδοστρωμάτων σε όλες τις φάσεις εργασίας και σαν συνδετικό υλικό να χρησιμοποιούνται ασφαλικά γαλακτώματα έναντι των ασφαλικών διαλυμάτων λόγω των πλεονεκτημάτων που εμφανίζουν. Με αυτόν τον τρόπο θα αποφεύγονται οι επιφανειακές φθορές που μπορούν να επιταχύνουν την λείανση των αδρανών υλικών.

- ✓ Χρειάζεται οι οδηγοί να αποκτήσουν σωστή οδική συμπεριφορά. Για παράδειγμα κατά την είσοδο σε κυκλικούς κόμβους και σε διασταυρώσεις δρόμων το όχημα πρέπει να έχει μειωμένη ταχύτητα έτσι ώστε να εμποδίζεται η ολίσθηση των τροχών που φθείρει τόσο τα ελαστικά του οχήματος όσο και τις ψηφίδες των αδρανών υλικών. Είναι επίσης κακώς θεωρούμενη οικονομία ένα όχημα να κινείται με φθαρμένα ελαστικά αφού ένα ατύχημα από ολίσθηση θα μπορούσε να έχει πολύ μεγαλύτερο κόστος σε υλικές ζημιές από ότι το κόστος των καινούργιων ελαστικών του.
- ✓ Να θεσμοθετηθεί Εθνική Επιτροπή Συντήρησης των οδών έτσι ώστε να παρατείνεται η ζωή της οδού, να μειώνεται το λειτουργικό κόστος των οχημάτων και να επιτρέπεται η κανονική διεξαγωγή της κυκλοφορίας.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

### 1.1 Αριθμός τροχαίων ατυχημάτων, Ευρώπης-Ελλάδας

Σύμφωνα με την Έκθεση της Επιτροπής Εμπειρογνομόνων Υψηλού Επιπέδου για μια Ευρωπαϊκή Πολιτική Οδικής Ασφάλειας (Έκθεση GERONDEAU), η οποία συντάχθηκε υπό τη Γενική Διεύθυνση Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Ένωσης περίπου **50.000** άνθρωποι χάνουν κάθε χρόνο την ζωή τους σε τροχαία ατυχήματα στους δρόμους των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, περισσότεροι από **1.500.000** τραυματίζονται σε **1.200.000** ατυχήματα και **150.000** καθίστανται μονίμως ανάπηροι.

Τα αντίστοιχα στοιχεία για την Ελλάδα για κάθε χρόνο είναι περισσότεροι από **2.000** νεκροί και **32.000** τραυματίες (**4.000 βαριά**), σε **24.000** ατυχήματα, εκ των οποίων οι μισοί είναι ηλικίας 21-44 ετών.

Οι σχετικές επιστημόσεις του 1<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου Οδοποιίας (Λάρισα 1995), είναι:

- Στην περίοδο 1980-1993 στα 15 κράτη-μέλη της Ε.Ε, τα τροχαία ατυχήματα παρουσίασαν μείωση κατά **9%** ενώ στην Ελλάδα αυξήθηκαν κατά **34%**, οι νεκροί παρουσίασαν μείωση **22%** στην Ε.Ε. και αύξηση **64%** στην Ελλάδα, οι τραυματίες μείωση κατά **19%** στην Ε.Ε. και αύξηση κατά **30%** στην Ελλάδα.
- Στην ίδια περίοδο 1980-1993, τα κυκλοφορούντα οχήματα στις 15 χώρες-μέλη της Ε.Ε. αυξήθηκαν κατά **49%** έναντι αύξησης **122%** στην Ελλάδα. Όσον αφορά στα ποσοστά ιδιοκτησίας οχημάτων ανά 1.000 κατοίκους στην Ε.Ε. κατά μέσο όρο είναι 460 ενώ στη χώρα μας είναι 271(που σημαίνει ότι ο υψηλός ρυθμός αύξησης κυκλοφορούντων οχημάτων στην Ελλάδα θα συνεχιστεί).
- Ο μέσος όρος νεκρών σε τροχαία ανά **1.000.000 κατοίκους**, στην Ε.Ε. είναι **131** και στην Ελλάδα **217**, ενώ οι νεκροί ανά **1.000.000 οχήματα**, στην Ε.Ε.είναι **285** και στην Ελλάδα **512**.
- Στην περίοδο 1986-1993, στην Ελλάδα, τα αυτοκίνητα αυξήθηκαν κατά **40%**, τα θύματα τροχαίων ατυχημάτων κατά **14%** και οι νεκροί κατά **26%**, ενώ το οδικό δίκτυο αυξήθηκε μόνο κατά **1%**.

Η Έκθεση GERONDEAU παρουσιάζει στοιχεία σύγκρισης μεταξύ των διαφόρων Ευρωπαϊκών χωρών τα οποία είναι:

1. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το έτος 1993, ανά **1.000.000 κατοίκων** υπήρξαν οι εξής νεκροί από οδικά τροχαία ατυχήματα: Πορτογαλία **291**, Ελλάδα **217**, Λουξεμβούργο **195**, Αυστρία **180**, αλλά και Ολλανδία **81**, Σουηδία **72**, Ηνωμένο Βασίλειο **68**.
2. Το 1993, ανά **1.000 κατοίκους**, αναλογούσαν στο Λουξεμβούργο **594 οχήματα**, στην Ιταλία **556** και ακολουθούσαν Γαλλία **509**, Πορτογαλία **463**, Αυστρία **457**, Βέλγιο **451**, Σουηδία **444**, Αγγλία **442**, Γερμανία **436**, Φιλανδία **428**, Ισπανία **422**, Ολλανδία **419**, Δανία **373**, Ιρλανδία **293**, και τελευταία η Ελλάδα με **274 οχήματα**. Το πλήθος των οχημάτων αυξάνεται συνεχώς σε όλες τις χώρες, αλλά ο μεγαλύτερος ρυθμός αύξησης παρατηρείται στην Ελλάδα, στην Πορτογαλία και στην Ισπανία, χώρες όπου και ο αριθμός των νεκρών ανά ένα εκατομμύριο οχήματα αυξήθηκε τα τελευταία χρόνια. Ο συνδυασμός των δύο αυτών αυξήσεων (αριθμού οχημάτων και αριθμού νεκρών) αποκαλύπτει μια ιδιαίτερα υψηλή οδική επικινδυνότητα σε αυτές τις τρεις χώρες.

3. Μεταξύ του 1975 και 1991, μειώθηκε σημαντικά (μεταξύ **35%** και **50%**) ο αριθμός των νεκρών στην Γερμανία, στην, Ολλανδία και στο Λουξεμβούργο. Μειώθηκε κάπως (κατά μέσο όρο **15%**) ο αριθμός των νεκρών στην Αγγλία, στην Δανία, στην Γαλλία, στην Ιρλανδία, στην Ιταλία, στο Βέλγιο και στην Πορτογαλία. Οι χώρες όπου ο αριθμός των νεκρών αυξήθηκε είναι : η Ελλάδα (κατά **68%** μεταξύ 1975 και 1991. Σύμφωνα μάλιστα με στοιχεία της ΕΣΥΕ, οι νεκροί μεταξύ 1975 και 1994 αυξήθηκαν κατά **80%**) και η Ισπανία (κατά **51%**). Στην Ισπανία ωστόσο η κατάσταση έχει βελτιωθεί τελευταία.
4. Η κατανομή των νεκρών ανά κατηγορία χρηστών της οδού παρουσιάζει μεγάλες διαφορές μεταξύ των κρατών-μελών. Σε ορισμένα από αυτά, τα ποσοστά είναι ιδιαίτερα υψηλά μεταξύ των “ευάλωτων” χρηστών (πεζών στη Μ.Βρετανία, στην Ιρλανδία, στην Πορτογαλία και στην Ελλάδα, ποδηλατών στην Ολλανδία, οδηγών δικύκλων μικρού κυβισμού στην Μ.Βρετανία). Αντίστροφα, τα ποσοστά των νεκρών που είναι επιβάτες αυτοκινήτων είναι ιδιαίτερα υψηλά στο Λουξεμβούργο, στην Γαλλία, στην Ισπανία, στο Βέλγιο και στην Γερμανία. Στην Ελλάδα **23, 2%** των νεκρών είναι πεζοί, **21,1%** οδηγοί Ι.Χ., **18%** επιβάτες Ι.Χ., **8,1%** οδηγοί δικύκλων μεγάλου κυβισμού, **11,5%** οδηγοί δικύκλων μικρού κυβισμού(στοιχεία 1989).
5. Όσον αφορά στην βαρύτητα (συνέπειες) των ατυχημάτων στη Μ.Βρετανία, στην Ολλανδία, στη Γερμανία και στην Ιταλία ο αριθμός των τραυματιών μειώνεται, αλλά με πιο αργό ρυθμό από ότι ο αριθμός των νεκρών, πράγμα που σημαίνει ότι στις χώρες αυτές μειώνεται η βαρύτητα των ατυχημάτων. Αντίθετα, με την πάροδο των ετών τα ατυχήματα γίνονται σοβαρότερα στην Δανία, στη Γαλλία στην Ελλάδα και στο Λουξεμβούργο.
6. Σε γενικές γραμμές, τα δύο τρίτα έως και τρία τέταρτα των ατυχημάτων συμβαίνουν σε αστικές περιοχές, εκτός από την Ισπανία και την Ιρλανδία, όπου περίπου τα μισά ατυχήματα γίνονται σε αστικές περιοχές. Στην Ελλάδα το **67,6%** των ατυχημάτων συμβαίνουν σε Δημοτικές ή Κοινοτικές οδούς. Στην χώρα μας **73%** των ατυχημάτων συμβαίνουν σε κατοικημένες περιοχές. Επειδή όμως τα ατυχήματα εκτός αστικών περιοχών έχουν βαρύτερες συνέπειες, ο αριθμός των νεκρών σε αστικές περιοχές μόλις υπερβαίνει το ένα τρίτο του συνολικού αριθμού νεκρών, με εξαίρεση την Ισπανία, όπου αποτελεί το **20%** του συνολικού αριθμού των νεκρών και, αντίθετα, την Πορτογαλία και τη Μ.Βρετανία, όπου υπερβαίνει το **50%**.

Από την υπογραφή της Συνθήκης της Ρώμης (1957, για την ίδρυση της Ε.Ο.Κ.) μέχρι σήμερα, περίπου **2.000.000** κάτοικοι των κρατών-μελών σκοτώθηκαν και περισσότεροι από **40.000.000** τραυματίστηκαν, αριθμοί που μόνο με απολογισμό πολέμου μπορούν να συγκριθούν.

Η χώρα μας, ενώ εμφανίζει την μικρότερη θνησιμότητα από χρόνια νοσήματα, έχει μια από της μεγαλύτερες στα ατυχήματα. Παρόλα αυτά, ενώ μεγάλη προσπάθεια γίνεται για την πρόληψη του καρκίνου, των καρδιοαγγειακών παθήσεων κ.τ.λ., η πρόληψη ατυχημάτων έχει χαμηλή προτεραιότητα. Και όμως, τα ατυχήματα στερούν την ζωή κάθε χρόνο από πολλαπλάσιο αριθμό συνανθρώπων μας σε σύγκριση με το AIDS. Στην ουσία ο θάνατος από “ατύχημα” αξιολογείται πολύ λιγότερο από έναν θάνατο από AIDS. Παραμένει επίκαιρο το σχόλιο ενός αμερικανού αρχίατρου: “Αν

οποιαδήποτε επιδημία σκότωνε τα παιδιά μας με την σφοδρότητα που σκοτώνουν τα ατυχήματα, τότε όλοι θα είχαν εξεγερθεί, να σταματήσει το φονικό”.

Παρά την διαπίστωση της έκτασης και της σοβαρότητας του προβλήματος, η κατάσταση αντιμετωπίζεται παθητικά και μοιρολατρικά, χωρίς να καταβάλλεται η απαιτούμενη συντονισμένη προσπάθεια. Ενδεικτική είναι ακόμη και η κρατούσα ορολογία “ατύχημα” που υπονοεί εμπλοκή της τύχης, αντί συστηματικών αιτιών ή κακής συμπεριφοράς.

Τα οδικά τροχαία ατυχήματα ουδέποτε θα εξαλειφθούν. Στατιστικά, είναι δυστυχώς συνυφασμένα με την κίνηση και τη ζωή. Είναι όμως δυνατό να μειωθούν αισθητά, αν τεθούν επίσημα λογικοί στόχοι, ενταγμένοι στο πλαίσιο ενός ορθολογικού, σύγχρονου, ευέλικτου και πρακτικά εφαρμόσιμου προγράμματος, με σκοπό τη μικρότερη συμμετοχή των παραγόντων που επηρεάζουν και την εξάλειψη ή μείωση των αιτιών που δημιουργούν ατυχήματα.

Προϋπόθεση επιτυχίας της όποιας προσπάθειας είναι **η συνειδητοποίηση της πολιτικής ηγεσίας, της επιστημονικής κοινότητας και των επικεφαλής των αρμόδιων υπηρεσιών, ότι η μείωση των τροχαίων ατυχημάτων και των συνεπειών τους σε ποσοστό μεγαλύτερο από 50% είναι εφικτή**, όπως προκύπτει από διεθνή στατιστικά στοιχεία και από τα αποτελέσματα διαχρονικών ερευνών σε άλλες χώρες, όπως οι ΗΠΑ, η Αυστραλία και η Σουηδία. Ήδη οι πολίτες πολλών Ευρωπαϊκών χωρών έχουν συνειδητοποιήσει ότι η οδική ασφάλεια αποτελεί ουσιώδη συνιστώσα της ποιότητας ζωής τους.

Στην συνέχεια παρατίθενται πίνακες και διαγράμματα των τροχαίων ατυχημάτων στην Ευρώπη και στην Ελλάδα κατά τα τελευταία χρόνια.

**Πίνακας 1.1:** Αριθμός νεκρών σε τροχαία ατυχήματα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στα έτη 1989 και 1995

Χώρες	1989	1995	Μεταβολή%
Αγγλία	5.554	3.772	-32
Αυστρία	1.402	1.210	-14
Βέλγιο	1.993	1.449	-27
Γαλλία	10.528	8.412	-20
Γερμανία	9.779	9.454	-3
Δανία	670	582	-13
Ελλάδα	1.699	2.043	+20
Ιρλανδία	460	437	-50
Ισπανία	7.188	5.753	-20
Ιταλία	6.410	6.512	+2
Λουξεμβούργο	67	68	+1
Ολλανδία	1.456	1.334	-8
Πορτογαλία	2.409	2.156	-11
Σουηδία	904	572	-37
Φιλλανδία	734	441	-40
ΣΥΝΟΛΟ	51.253	44.195	-14



**Πίνακας 1.2 :** Ποσοστό % μεταβολής ατυχημάτων , θανάτων για τα έτη 1997/1996 στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης

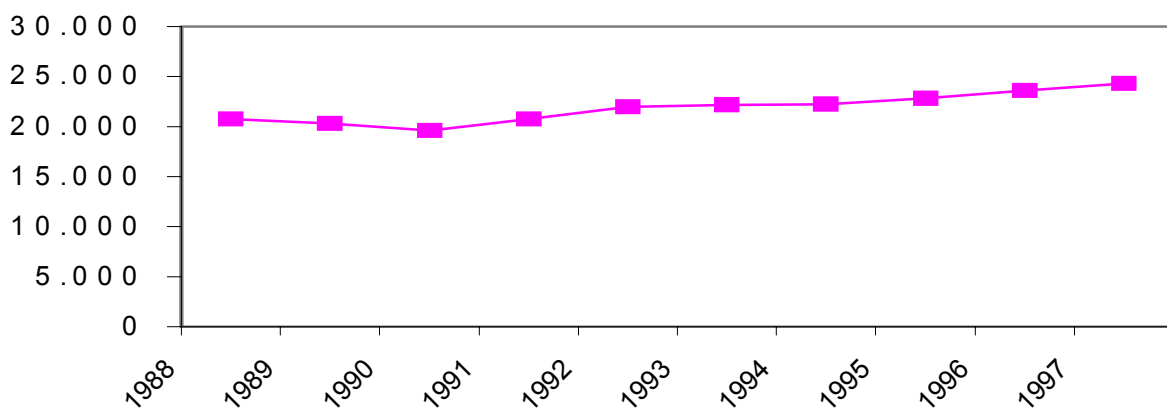
Χώρες	Ατυχήματα	Θάνατοι
Αγγλία	2%	0%
Αυστρία	0%	8%
Βέλγιο	-3%	-8%
Γαλλία	-1%	-5%
Γερμανία	1%	-3%
Δανία	2%	-9%
Ελλάδα	4%	7%
Ιρλανδία	0%	5%
Ισπανία	2%	4%
Ιταλία	-4%	-5%
Λουξεμβούργο	-6%	-22%
Ολλανδία	0%	-3%
Πορτογαλία	3%	-7%
Σουηδία	12%	5%
Φιλανδία	-4%	7%

**Πίνακας 1.3 :** Αριθμός οδικών τροχαίων ατυχημάτων και παθόντων προσώπων στην Ελλάδα για τα έτη 1988 έως 1997

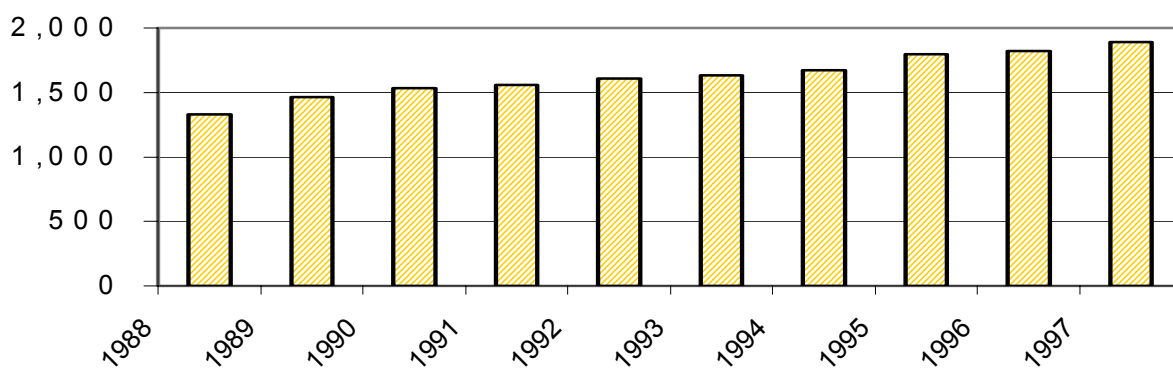
Έτος	Ατυχήματα			Παθόντα πρόσωπα			
	Σύνολο	Θανατηφόρα	Μη θανατηφόρα	Σύνολο	Νεκροί	Τραυματίες	
						Βαριά	Ελαφρά
1988	20.753	1.330	19.423	30.881	1.511	3.496	25.874
1989	20.299	1.462	18.837	30.612	1.699	3.465	25.448
1990	19.609	1.533	18.076	29.128	1.737	3.499	23.892
1991	20.764	1.557	19.207	30.739	1.790	3.318	25.631
1992	22.006	1.610	20.396	32.113	1.829	3.597	26.687

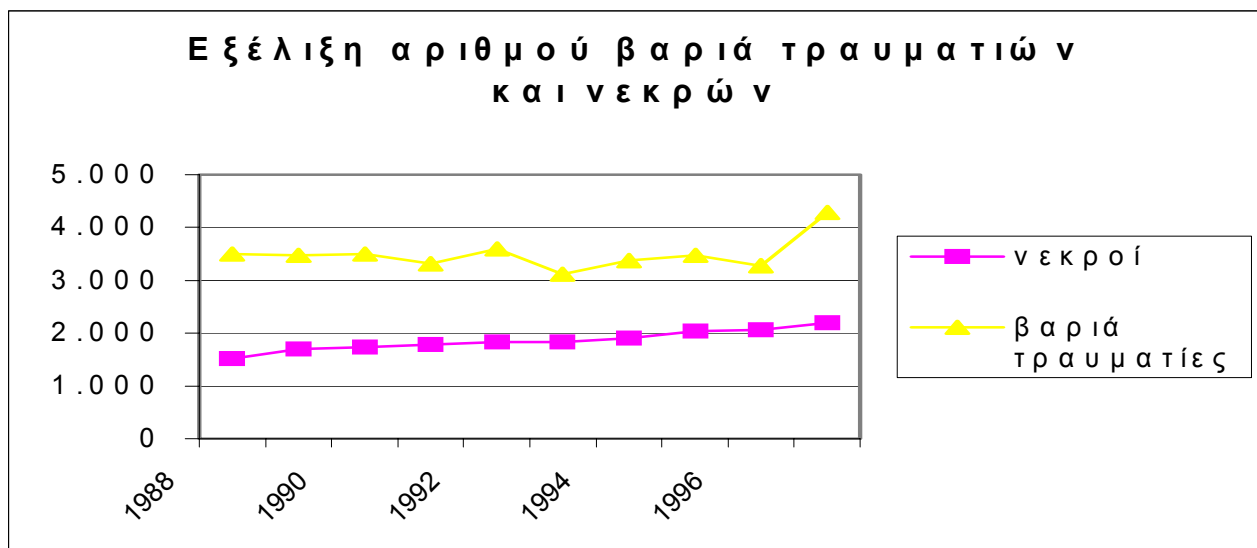
1993	22.165	1.634	20.531	31.740	1.830	3.116	26.794
1994	22.222	1.671	20.551	32.206	1.909	3.372	26.925
1995	22.798	1.798	21.000	33.223	2.043	3.475	27.705
1996	23.606	1.819	21.787	33.717	2.058	3.276	28.383
1997	24.319	1.889	22.430	34.866	2.199	4.287	28.380

### Εξέλιξη αριθμού ατυχημάτων



### Εξέλιξη αριθμού θανατηφόρων ατυχημάτων





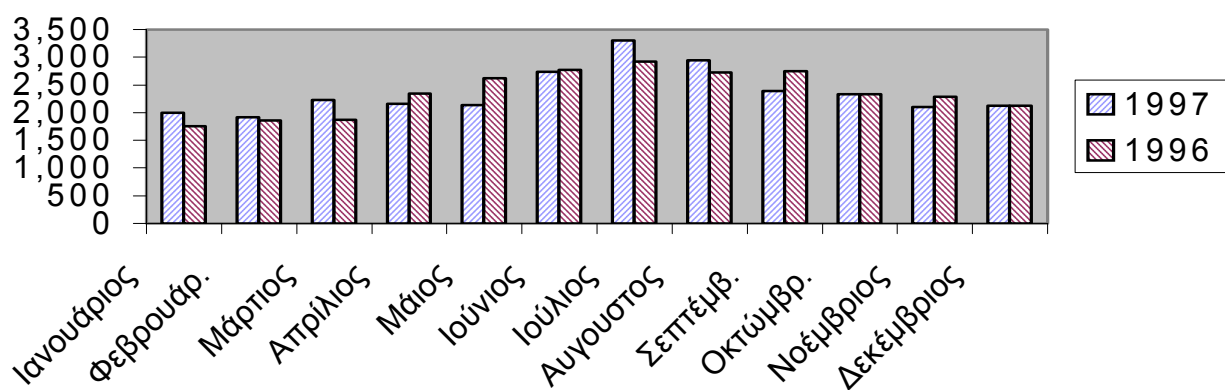
**Πίνακας 1.4 :** Συνοπτικά στοιχεία οδικών τροχαίων ατυχημάτων

<i><b>Μήνες</b></i>	<i><b>Ατυχήματα</b></i>			<i><b>Νεκροί</b></i>		
	1997	1996	Μεταβολή % 1997/1996	1997	1996	Μεταβολή % 1997/1996
Ιανουάριος	1.637	1.421	15,2	134	146	-8,2
Φεβρουάρ.	1.582	1.472	7,5	135	136	-0,7
Μάρτιος	1.831	1.519	20,5	132	118	11,9
Απρίλιος	1.809	1.893	-4,4	178	161	10,6
Μάιος	2.014	2.188	-8	185	144	28,5
Ιούνιος	2.379	2.344	1,5	213	181	17,7
Ιούλιος	2.795	2.410	16	269	199	35,2
Αύγουστος	2.397	2.371	1,1	237	259	-8,5
Σεπτέμβρ.	2.059	2.222	-7,3	177	204	-13,2
Οκτώμβρ.	2.134	2.120	0,7	236	187	26,2
Νοέμβριος	1.877	1.914	-1,9	167	154	8,4
Δεκέμβριος	1.805	1.732	4,2	136	169	-19,5
Σύνολο	24.319	23.606	3	2.199	2.058	6,9

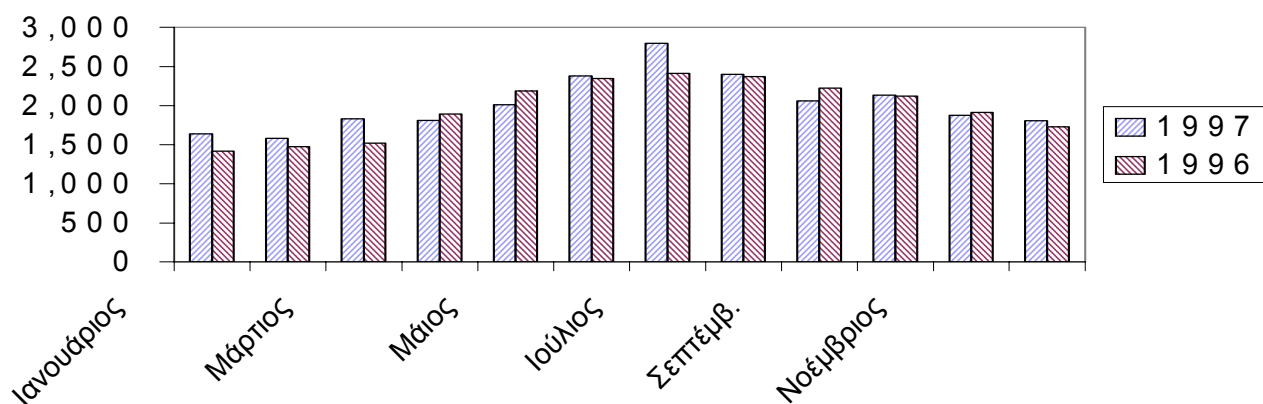
**Πίνακας 1.5 : Συνοπτικά στοιχεία οδικών τροχαίων ατυχημάτων**

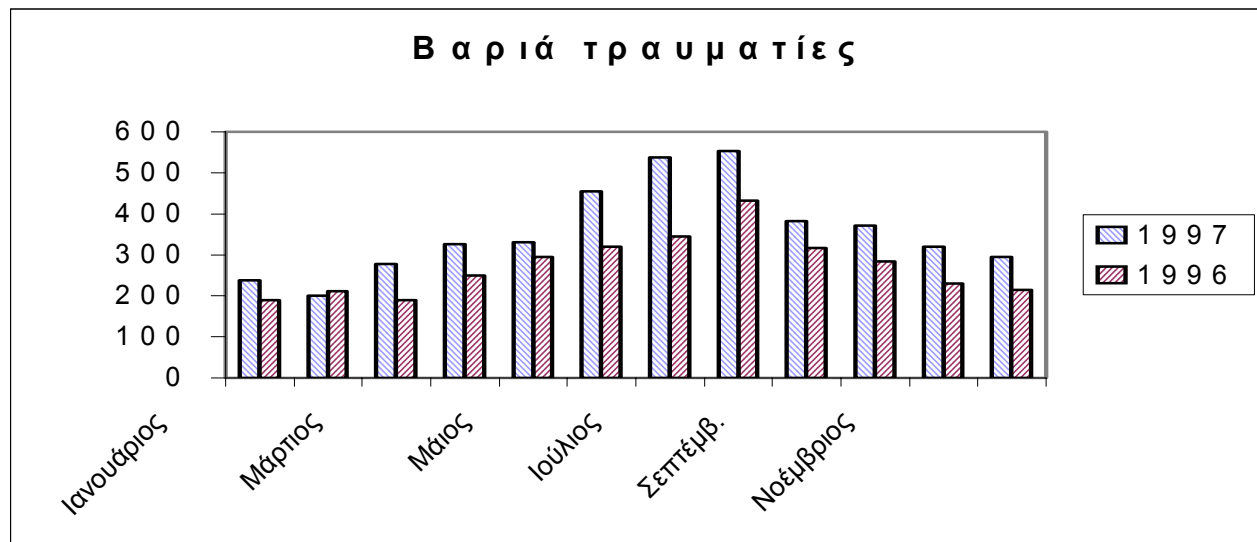
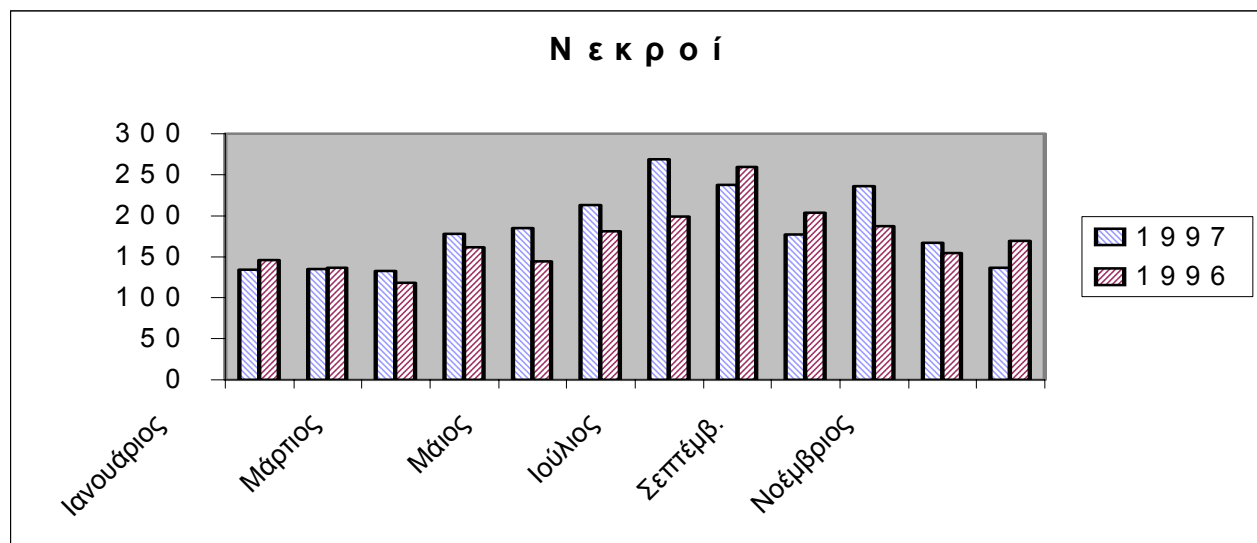
<b>Μήνες</b>	<b>Βαριά τραυματίες</b>			<b>Ελαφρά τραυματίες</b>		
	1997	1996	Μεταβολή % 1997/1996	1997	1996	Μεταβολή % 1997/1996
Ιανουάριος	238	190	25,3	1.996	1.759	13,5
Φεβρουάρ.	201	211	-4,7	1.915	1.856	3,2
Μάρτιος	278	189	47,1	2.224	1.874	18,7
Απρίλιος	326	249	30,9	2.160	2.350	-8,1
Μάϊος	330	294	12,2	2.140	2.621	-18,4
Ιούνιος	454	319	42,3	2.734	2.771	-1,3
Ιούλιος	538	344	56,4	3.307	2.928	12,9
Αύγουστος	553	433	27,7	2.949	2.723	8,3
Σεπτέμβρ.	383	317	20,8	2.392	2.747	-12,9
Οκτώμβρ.	372	284	31	2.337	2.339	-0,1
Νοέμβριος	319	231	38,1	2.104	2.289	-8,1
Δεκέμβριος	295	215	37,2	2.122	2.126	-0,2
Σύνολο	4.287	3.276	30,9	28.380	28.383	

## Ελαφρά τραυματίες



## Ατυχήματα





**Πίνακας 1.6 :** Νεκροί σε οδικά τροχαία ατυχήματα σε σύνολο χώρας 1993 - 1997

Έτος	Νεκροί	Οχήματα	Πληθυσμός	Νεκροί Ανά εκατ. οχημάτων	Νεκροί Ανά εκατ. κατοίκων
1993	1.830	4.393.276	10.380.451	417	176
1994	1.909	4.681.173	10.426.289	408	183
1995	2.043	4.934.682	10.454.019	414	195
1996	2.068	5.212.818	10.465.059	397	198
1997	2.199	5.516.373	10.486.595	398	210

## 1.2 Κόστος Τροχαίων Ατυχημάτων

Το ζήτημα του κοινωνικού και οικονομικού κόστους των τροχαίων ατυχημάτων, μέχρι σήμερα δεν έχει βρει μια πλήρη και ολοκληρωμένη απάντηση, όχι μόνο στην χώρα μας αλλά και διεθνώς.

Αυτό αποδίδεται στην πολυπλοκότητα του θέματος, δηλαδή στο πλήθος των διαπλεκόμενων παραγόντων - που είναι δύσκολο να αποτιμηθούν - αλλά και στο γεγονός ότι η ανθρώπινη ζωή είτε δεν αποτιμάται με χρήματα, είτε τα κριτήρια αποτίμησης διαφέρουν από χώρα σε χώρα, εξαρτώμενα από ηθικές και πολιτισμικές αξίες και παραδόσεις από πολιτικά συστήματα και μορφές κοινωνικής οργάνωσης.

Πέραν όμως του παραπάνω ηθικού θέματος, ο όρος κοινωνικό-οικονομικό κόστος περιλαμβάνει το σύνολο των δαπανών (ή απωλειών), άμεσων και έμμεσων, τις οποίες υφίσταται η κοινωνία λόγω των τροχαίων ατυχημάτων και έχει καθιερωθεί να διακρίνεται σε :

- Οικονομικό κόστος για το μέρος που αποτιμάται χρηματικά
- Κοινωνικό κόστος για το μη αποτιμώμενο χρηματικά μέρος

Οι πλέον πρόσφατες απόψεις μάλιστα, προτείνουν αντί του "κόστους" τον όρο "επιπτώσεις". Οι παράγοντες που συνθέτουν το κοινωνικό-οικονομικό κόστος είναι:

### A.Κοινωνικές επιπτώσεις

1.Ψυχολογικές επιπτώσεις

2.Έμμεσες οικονομικές

3.Δημογραφικές

4.Κοινωνικό οικονομικές(σχετική χρηματική αποτίμηση στην Αυστραλία έδωσε την ακόλουθη σύνθεση κόστους):

- |                      |     |
|----------------------|-----|
| • Απώλειες παραγωγής | 34% |
| • Θλίψη κ.τ.λ.       | 19% |
| • Επισκευές ζημιών   | 35% |
| • Διάφορα            | 7%  |
| • Άλλες επιπτώσεις   | 5%  |

### B.Οικονομικές επιπτώσεις

1.Η απώλεια της ανθρώπινης ζωής

2.Απώλειες θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων (σχετική σύνθεση κόστους περιλαμβάνει):

- Την απώλεια της αξίας της μελλοντικής παραγωγής
- Την απώλεια του επενδυθέντος κεφαλαίου για μόρφωση / εκπαίδευση
- Τις συντάξεις που θα καταβληθούν στους οικείους του παθόντος
- Τα αστυνομικά και δικαστικά έξοδα
- Τις δαπάνες νοσοκομειακής περίθαλψης
- Την μείωση της μελλοντικής κατανάλωσης

3.Απώλειες βαρέων τραυματισμών (η σχετική σύνθεση του κόστους περιλαμβάνει):

- Νοσοκομειακή περίθαλψη
- Εξωνοσοκομειακή περίθαλψη
- Συντάξεις
- Επανεκπαίδευση

- Δικαστική και αστυνομική ενασχόληση

4.Απώλειες ελαφρών τραυματισμών (ισχύουν τα αναφερθέντα για τους βαρείς τραυματισμούς, με τις ακόλουθες διαφοροποιήσεις):

- Δεν υφίστανται καταβολές συντάξεως, λόγω μη ύπαρξης ολικής ή μερικής αναπηρίας
- Οι δαπάνες επανεκπαίδευσης είναι επίσης μηδενικές
- Τα διοικητικά έξοδα είναι μειωμένα

5.Απώλειες σε κάθε είδος ατυχήματος (τέτοιες δαπάνες είναι π.χ.):

- Απώλεια χρόνου για επισκέψεις και συμπαράσταση στους παθόντες
- Καθυστερήσεις στην κυκλοφορία, λόγω αποκλεισμού της οδού

Στην χώρα μας μέχρι σήμερα ελάχιστες ήταν οι προσπάθειες αποτίμησης του κόστους των θανόντων σε τροχαία ατυχήματα (Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 1977, 1994, ΚΕΠΕ 1985). Το εργαστήριο Οδοποιίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης ερευνά ένα μοντέλο κόστους το οποίο δεν έχει ολοκληρωθεί. Οι υπάρχουσες αποτιμήσεις, τιμαριθμικά αναπροσαρμοσμένες σε τιμές 1996 είναι:

**Πίνακας 1.7 : Αποτίμηση κόστους θανόντων από τροχαία ατυχήματα**

Αποτίμηση	Έτος	Κόστος (Δις Τρέχ. Τιμές)	Κόστος (Δις Τιμές 1996)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης	1973*	1,8	39,9
ΚΕΠΕ	1980*	2,0	16,3
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης	1996*	43,9	43,9
* περιλαμβάνεται μόνο η δαπάνη απωλειών παραγωγής			

Αντίστοιχα δυσχερής είναι και ο υπολογισμός του κόστους **βαρέων τραυματισμών**. Στην προμνηθισα μελέτη του ΚΕΠΕ (1985) προσδιορίσθηκε σε 1 δις. Για τα ατυχήματα του 1980 (σε τιμές 1985) και μόνο για απώλειες παραγωγής και επιδόματα.

Στις περιπτώσεις **ελαφρών τραυματισμών**, η συγκέντρωση αξιόπιστων στατιστικών στοιχείων είναι επίσης δυσχερής και κατά ακολουθία και ο υπολογισμός εξίσου δύσκολος. Η ανωτέρω μελέτη του ΚΕΠΕ δίνει για τις προαναφερθείσες συνθήκες ποσό 480 εκ.

Όσον αφορά στην νοσοκομειακή περίθαλψη βαρέως τραυματισθέντων, οι εκτιμήσεις για την μέση διάρκεια απουσίας από την εργασία / παραμονής σε νοσοκομείο, ποικίλουν από 123 ημέρες (ΚΕΠΕ 1985) έως 19 ημέρες (ΑΠΘ), και 39-71 ημέρες (Αυστραλία).

Για τις δικαστικές και αστυνομικές δαπάνες για βαρείς τραυματισμούς, σχετικές έρευνες σε Αυστραλία, Ιαπωνία, Καναδά εκτιμούν το ύψος των δαπανών στο 1-1,5%



των υπολοίπων. Οι αντίστοιχες διοικητικές δαπάνες για ελαφρούς τραυματισμούς ανέρχονται σε 0.5% των συνολικών δαπανών.

Για λοιπές δαπάνες, κοινές σε όλα τα ατυχήματα, όπως π.χ. **οι καθυστερήσεις στην κυκλοφορία**, από μια πρόσφατη έρευνα στον Καναδά π.χ., προέκυψε για 2,5 εκατομμύρια οχήματα εμπλακέντα σε ατυχήματα, με καθυστέρηση 10 λεπτών / όχημα, αξία ώρας καθυστέρησης 1,5\$ και με 1,8 άτομα / καθυστερούν όχημα, κόστος 25 εκατομμύρια δολάρια Καναδά.

Η οικονομική ζημία, για τις χώρες της Ευρώπης, ανέρχεται σε **70 Δις ECU** (περίπου **21 Τρις Δρχ**) τον χρόνο, ποσό που ισοδυναμεί με το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν μικρών χωρών, όπως της Ελλάδας, της Ιρλανδίας ή της Πορτογαλίας.

Το ετήσιο κοινωνικό-οικονομικό κόστος των τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα, εκτιμάται σε **115 Δις Δρχ**, οσον αφορά μόνο σε σωματικές βλάβες, ενώ αν υπολογισθούν και οι υλικές ζημιές, έχουμε ένα συνολικό κόστος πάνω από **360 Δις Δρχ**.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ**

## 2.1 Μέθοδοι μέτρησης της επιφανειακής υφής

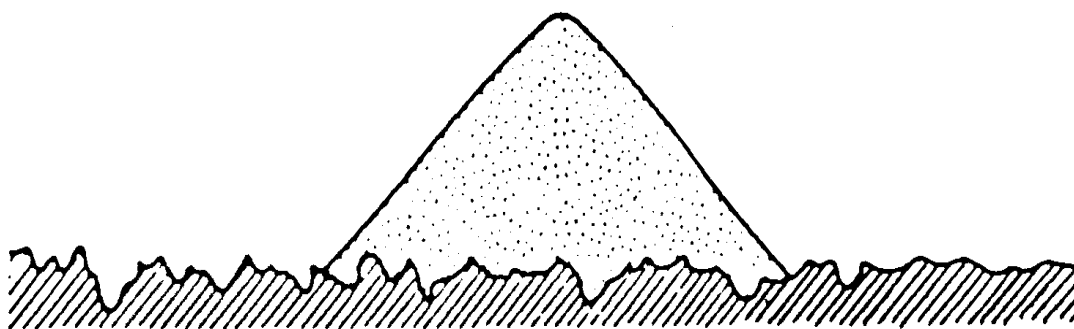
### 2.1.1 Μετρήσεις της μακρουφής

#### 2.1.1.1 Μέθοδος της "κηνίδας της άμμου"

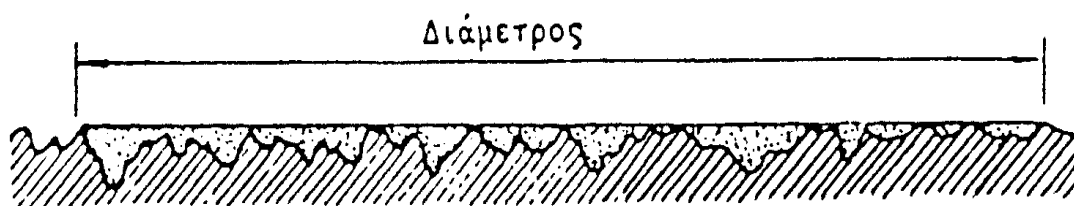
Η αρχή της μεθόδου είναι η εκτίμηση του όγκου των κενών της επιφάνειας του οδοστρώματος. Ένας γνωστός όγκος λεπτής άμμου διαστρώνεται στο οδόστρωμα έως ότου πληρωθούν τα κενά της επιφάνειάς του και μέχρι τις κορυφές των κόκκων των αδρανών. Δημιουργείται έτσι στο οδόστρωμα μια κυκλική κηνίδα, της οποίας μετράται η διάμετρος. Η διαίρεση του όγκου της άμμου με τη διάμετρο της κηνίδας δίνει μια εκτίμηση του όγκου των κενών και αναφέρεται σαν μέσος βάθος επιφανειακής υφής. Η διαδικασία και ο εξοπλισμός της μεθόδου περιγράφονται στην προδιαγραφή ASTM E965-83.

Η μέθοδος της κηνίδας της άμμου έχει ορισμένα μειονεκτήματα: 1) είναι υποκειμενική, δηλαδή εξαρτάται από το πρόσωπο που εκτελεί την δοκιμή – αυτός είναι ο λόγος που η προδιαγραφή ASTM E965 ορίζει ότι το ίδιο πρόσωπο θα εκτελεί τις δοκιμές για ένα τομέα οδοστρώματος, 2) είναι ευαίσθητη στις καιρικές συνθήκες και η εκτέλεσή της είναι δυνατή μόνο όταν το οδόστρωμα είναι στεγνό και δεν πνέει άνεμος με μεγάλη ένταση, 3) η μέθοδος δεν μετράει αναγκαστικά τα χαρακτηριστικά που θεωρούνται πιο σημαντικά . (π.χ το γωνιώδες των κόκκων του επιφανειακού αδρανούς).

Όμως , μπορεί μεν η ακρίβεια της μεθόδου να είναι χαμηλή, αλλά έχει χαμηλό κόστος και είναι γρήγορη με καλή επαναληπτικότητα. Εξάλλου, άλλες ακριβότερες μέθοδοι που αναπτύχθηκαν δεν προσφέρουν σημαντικά αυξημένη ακρίβεια που να δικαιολογεί την διαφορά κόστους.



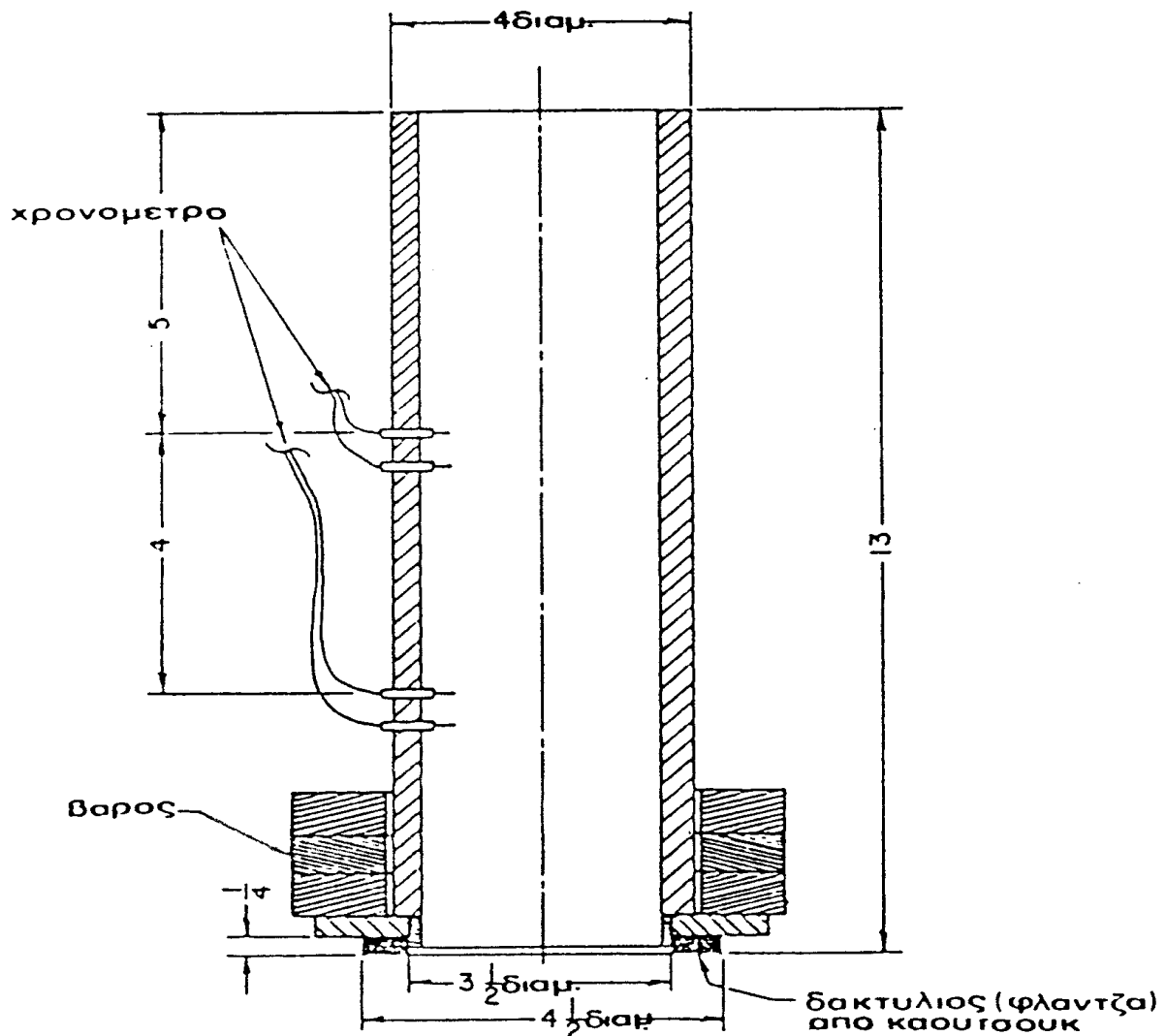
Η άμμος διαστρώνεται κυκλικά ώστε να πληρωθούν οι κοιλότητες



Σχήμα 2.1 : Μέθοδος της κηνίδας της άμμου

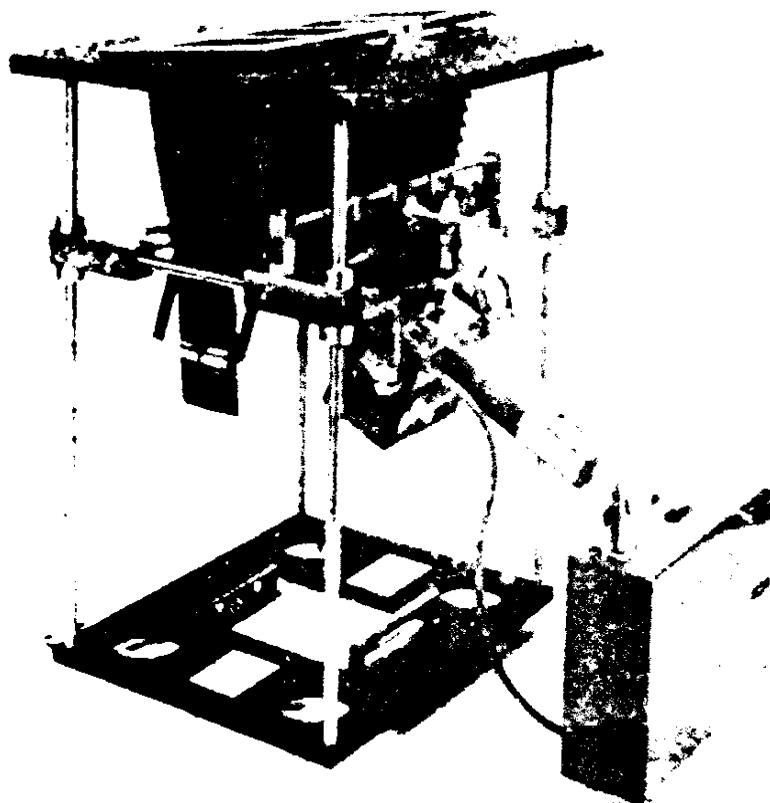
### 2.1.1.2 Μέθοδος της ροής νερού

Η μέθοδος αυτή εκτιμά την αποχετευτική ικανότητα του οδοστρώματος, προσομοιώνοντας την αποβολή του νερού κάτω από το ελαστικό επίσωτρο. Η συσκευή αποτελείται από έναν κυλινδρικό σωλήνα, που φέρει ένα πέλμα (φλάντζα) στον πυθμένα του. Το πέλμα ακουμπάει στην επιφάνεια του οδοστρώματος και μεταξύ τους εφαρμόζεται ένας δακτύλιος από ελαστικό υλικό, ενώ συγχρόνως τοποθετείται βάρος ώστε στην επιφάνεια επαφής ελαστικού δακτυλίου – οδοστρώματος να εφαρμόζεται πίεση ίση με αυτήν της επιφάνειας επαφής επίσωτρου – οδοστρώματος. Το νερό του σωλήνα αρχίζει να ρέει μέσα από τα κανάλια της μακροϋφής, που παρέχει η επιφάνεια κάτω από τον ελαστικό δακτύλιο. Ο χρόνος στον οποίο η ελεύθερη επιφάνεια νερού διανύει μια προδιαγεγραμμένη κατακόρυφη απόσταση θεωρείται σαν ένα μέτρο της μακροϋφής της εξεταζόμενης επιφάνειας.

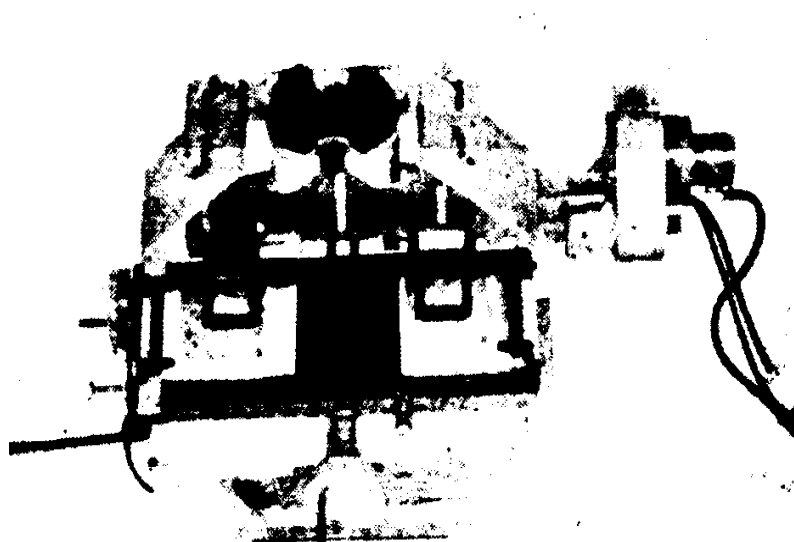


Σχήμα 2.2 : Μέθοδος της ροής νερού

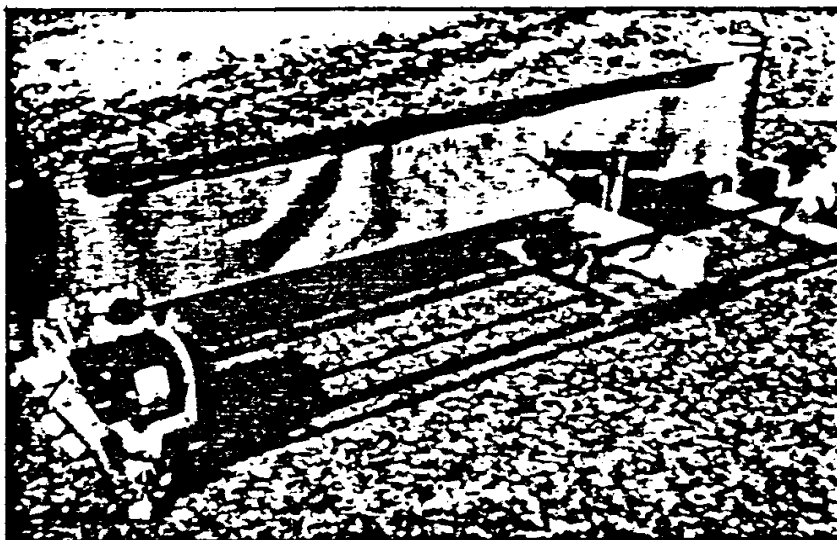




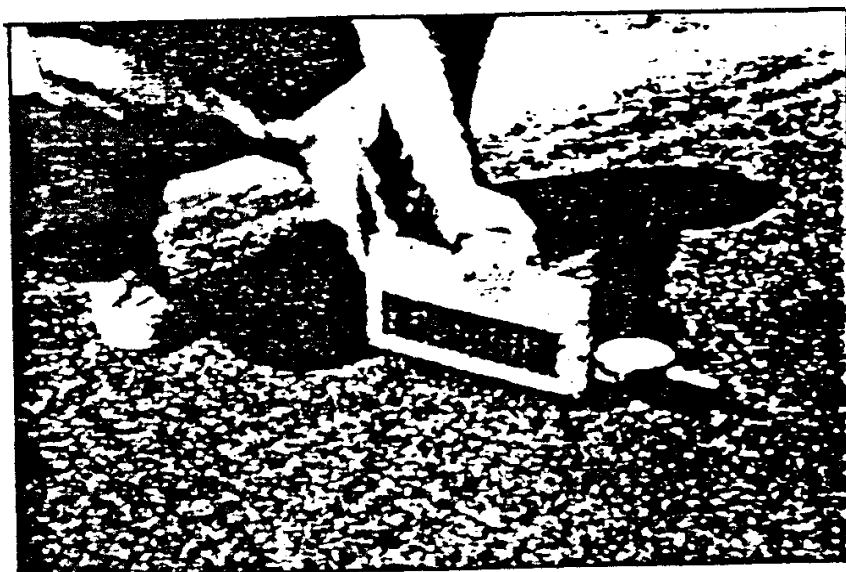
**Εικόνα 2.2 :** Συσκευή για περισκοπική φωτογράφιση



**Εικόνα 2.3 :** Στερεογράφος για παρατήρηση και στερεογραφική απεικόνιση των υπό μελέτη ασφαλικών ταπήτων



Εικόνα 2.4 : Προφίλογράφος



Εικόνα 2.5 : Μετρητής σφής

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ**



### 3.1 Φορητοί μετρητές

Αυτοί χωρίζονται σε :

A)Συσκευές τύπου εκκρεμούς.

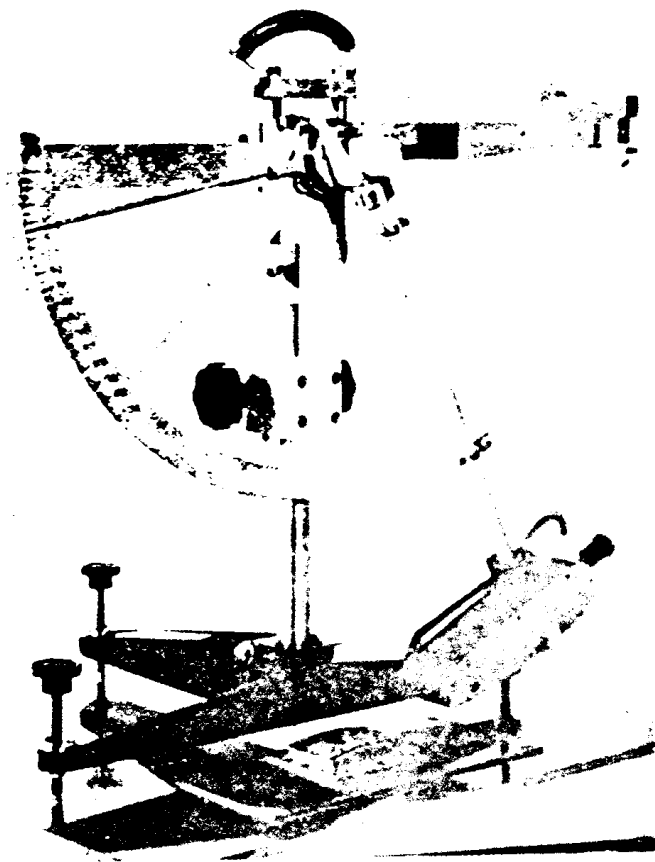
Τέτοιες συσκευές είναι :

A1)Το Βρετανικό εκκρεμές που κατασκευάστηκε από τα Εργαστήρια Ερευνών Οδών και Μεταφορών (T.R.R.L.) της Αγγλίας, Εικόνα 3.1.

A2)Το Γαλλικό ταχύμετρο των Γαλλικών Εργαστηρίων Ερευνών, και

A3)Το Αμερικάνικό εκκρεμές της Ένωσης Παραγωγών Αδρανών Υλικών (N.C.S.A.) των Η.Π.Α.

Η περιγραφή της μεθόδου δίνεται στα πρότυπα : A.S.T.M. DESIGNATION E303-74, B.S.PART 3:1975.



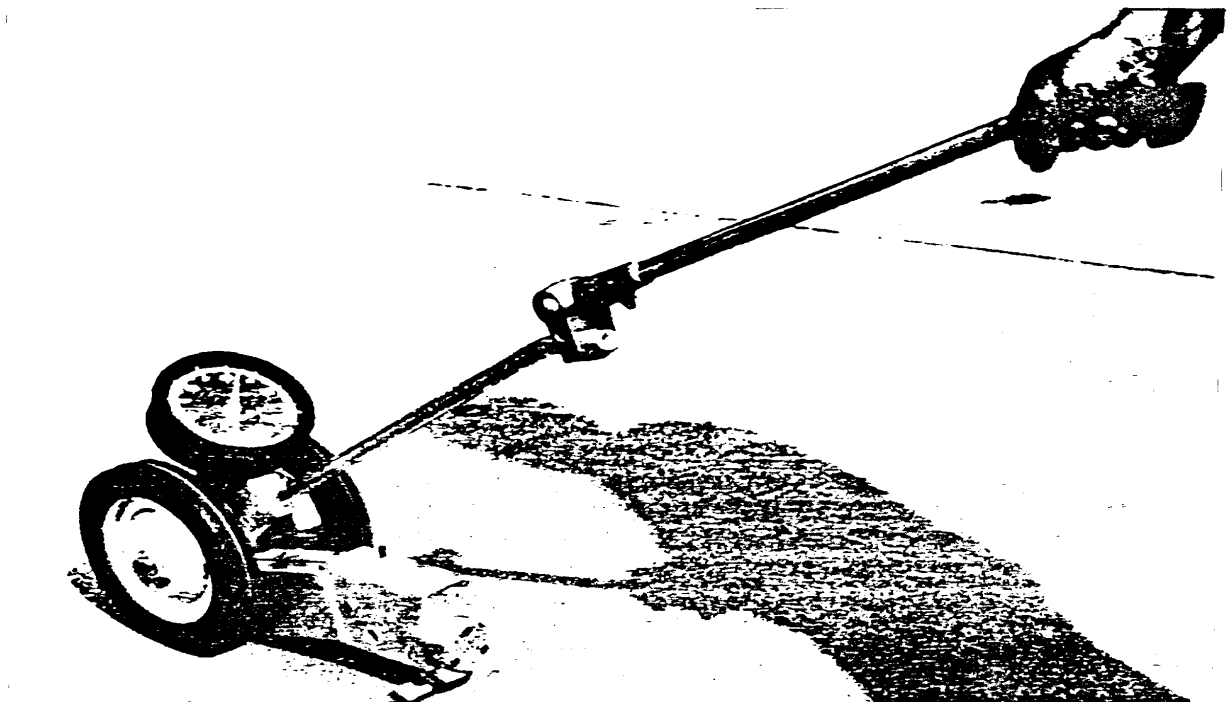
**Εικόνα 3.1 : Το Βρετανικό Εκκρεμές**

B)Συρόμενες χειροκίνητες συσκευές.

Αυτές κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιούνται μόνο στις Η.Π.Α. και είναι :

B1=KEYSTONE MARKA IV SKID RESISTANCE TESTER, Εικόνα 3.2.  
B2=PENN STATE DRAG TESTER.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι φορητές αυτές συσκευές είναι σχετικά φθηνές, εύχρηστες και παρέχουν της δυνατότητα άμεσου εντοπισμού των επικίνδυνων θέσεων. Οι τιμές όμως του  $F$  που δίνουν αντιστοιχούν σε μικρές ταχύτητες που αντιπροσωπεύουν κυρίως την μικροτραχύτητα των επιφανειών. Έτσι δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα περί του επιπέδου της αντιολισθηρότητας σε μεγάλες ταχύτητες, όπου είναι συνάρτηση και της μακροτραχύτητας των επιφανειών. Συνεπώς, οι συσκευές αυτές υστερούν έναντι άλλων και όταν χρησιμοποιούνται θα πρέπει να συνδυάζονται με τη μέτρηση της μακροτραχύτητας της μελετούμενης επιφάνειας.



**Εικόνα 3.2 : Keystone Mark IV**

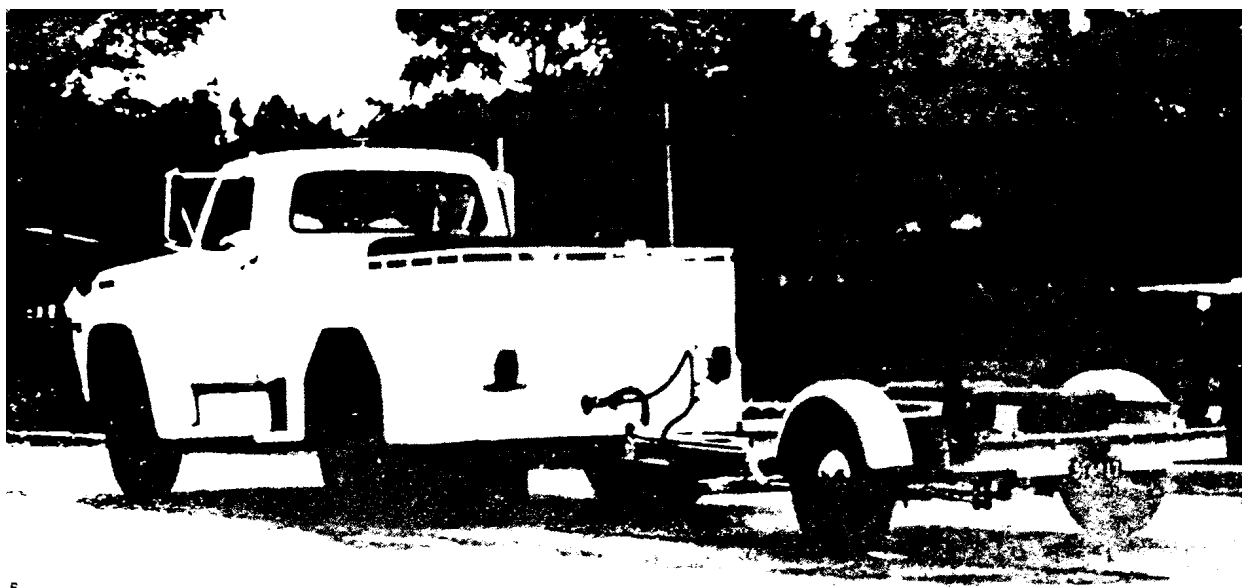
### 3.2 Μέθοδος απόστασης ακινητοποίησης οχήματος κατά την τροχοπέδηση

Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή η αντιολισθηρότητα μιας επιφάνειας υπολογίζεται από την απόσταση που διανύει ένα όχημα με ακινητοποιημένους, ως προς την

περιστροφή, τροχούς μέχρι να μηδενιστεί η ταχύτητα του. Η μέθοδος και οι συνθήκες της δοκιμής αυτής περιγράφονται στην πρότυπη προδιαγραφή :A.S.T.M.:DESIGNATION :E445-82.

### 3.3 Μέθοδος μέτρησης της τριβής με πλήρη ολίσθηση και σταθερή ταχύτητα

Η μέθοδος αυτή ονομάζεται και μέθοδος του ελκυόμενου φορείου, Εικόνα 3.3. Είναι μιας σταθερής κατάστασης δοκιμή. Προδιαγράφεται στο πρότυπο :A.S.T.M.:DESIGNATION :E274-79.



**Εικόνα 3.3 :** Μέθοδος του ελκυόμενου φορείου

### 3.4 Μέθοδος μέτρησης τριβής με μερική ολίσθηση

A) Κατά την τροχοπέδηση.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από το Σουηδικό Ίδρυμα Ερευνών Οδών (S.R.R.I., 1965) (η συσκευή ονομάζεται "SKIDOMETER"), καθώς και από τα Ελβετικά Εργαστήρια Ερευνών όπως περιγράφεται από τον W. KOMMINOTH (1970).

B) Κατά την στροφή του τροχού.

Η μέθοδος αυτή είναι η πιο διαδεδομένη στην Αγγλία και στη Γαλλία.

Η συσκευή που μετρά το Σ.Α.Μ.Ο.σ. ή τον Πλευρικό Συντελεστή Αντίστασης σε Ολίσθηση (Π.Σ.Α.Ο.) όπως καλείται, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από τα Αγγλικά Εργαστήρια Ερευνών Οδών και Μεταφορών (T.R.R.L.) και ονομάζεται συσκευή S.C.C.R.I.M. (SIDEWAY-FORCE COEFFICIENT ROUTINE INVESTIGATION MACHINE).

Επίσης, συσκευή τέτοιου τύπου έχει κατασκευαστεί και από Αμερικανικά εργαστήρια, ονομάζεται συσκευή MU-METER, και προδιαγράφεται στο πρότυπο :A.S.T.M.Qdesignation Qε670-79.

Στον Πίνακα 3.2 ταξινομούνται οι διάφοροι μετρητές τριβής ανάλογα με το μοντέλο λειτουργίας τους καθώς και σύμφωνα με τις συνθήκες των λειτουργικών τους παραγόντων (σταθερής ή μεταβαλλόμενης κατάστασης) κατά την δοκιμή.

Τέλος πρέπει να τονισθεί ότι, αν και υπάρχει δυνατότητα συσχετισμού των διαφόρων συντελεστών τριβής που μετρούνται με τις διάφορες μεθόδους, οι κινητοί μετρητές επί οχήματος και σταθερής κατάστασης, προτιμώνται γιατί πλεονεκτούν στα εξής :

Α)Διεξάγονται μετρήσεις σε μεγάλα τμήματα οδών σε μικρό σχετικά χρόνο.

Β)Είναι δυνατόν να εκτελούνται συνεχείς μετρήσεις σε αντίθεση με τις τοπικές μετρήσεις φορητών συσκευών.

Γ)Είναι ασφαλέστερες των φορητών και της μεθόδου απόστασης ακινητοποίησης οχήματος.

**Πίνακας 3.2 : Κατάταξη των μετρητών τριβής**

Μ Ε Τ Ρ Η Τ Ε Σ	Κ Α Τ Α Τ Α Ξ Η			
	Μοντέλο Μερικής Ολίσθ.		Μοντέλο Πλήρους ολίσθ.	
	Σταθερής καταστασης	Μεταβαλλόμενη	Σταθερής καταστασης	Μεταβαλλόμενη
Βρετανικό εκκρεμές Και άλλα εκκρεμή				<u>L, V, T</u>
Υπόμεινος μετρητής Τριβής Πενσυλβάνιας			L, V, T	
Σουηδικό "SKIDOMETER"	L, V, T, Π.Ο.			
Βρετανική συσκευή "SKRIM"	L, V, T, Π.Ο.			
Αμερικανική συσκευή "MUMETER"	L, V, T, Π.Ο.			
Απόσταση ακινητοποίησης οχήματος				L, V, T
Μετρητές πλήρους ολίσθησης			L, V, T	

Όπου : L=Φορτίο, V=Ταχύτητα, T=Θερμοκρασία, Π.Ο.=Ποσοστό Ολίσθησης

Δ)Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι ελαστικών τροχών, όπως π.χ. λείοι, με ραβδώσεις διαφόρων σχημάτων και μεγεθών κ.λ.π., ακόμη και κοινά ελαστικά, για την εκτέλεση δοκιμών σε συνθήκες που προσομοιάζουν πολύ την πραγματικότητα.

Ε)Επειδή οι μετρήσεις μπορούν να εκτελούνται σε διάφορες και σταθερές ταχύτητες, γίνεται δυνατόν να παρακολουθούνται οι μεταβολές του συντελεστή τριβής με την αύξηση της ταχύτητας σε συνθήκες είτε πλήρους είτε μερικής ολίσθησης καθώς και να

μελετάται το φαινόμενο της υδρολίσθησης σε διάφορους τύπους επιφανειών οδοστρωμάτων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Τμήμα Ανατολικής Κρήτης – 12 Απριλίου 1995 : << **Ασφαλτικοί Τάπητες** >> . Επιστημονική Εκδήλωση. σ 1,2.
- Θεοχάρης Βασίλης, Μπρεγιάννης Πέτρος – Αθήνα, Σεπτέμβριος 1998 : << **Μετρήσεις Αντιολισθηρότητας** >>. Διπλωματική εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών .Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. σ 79-82
- Ι. Φατσέας, Κ. Σπηλιωτόπουλος – Αθήνα, Δεκέμβριος 1985 : << **Τεχνικές Οδηγίες Για την Κατασκευή Αντιολισθηρής Ασφαλτικής Στρώσης Από Ασφαλτικό Σκυρόδεμα** >>. Γενική γραμματεία δημοσίων έργων. Διεύθυνση ασφαλικών υλικών και οδοστρωμάτων. σ 3-8
- Ι.Φατσέας – Αθήνα, Ιούλιος 1986 : << **Τεχνικές Οδηγίες Για Την Κατασκευή Αντιολισθηρής Ασφαλτικής Στρώσης Με Την Μέθοδο Έμπηξης Προεπαλειμένων Ψηφίδων** >>. Γενική γραμματεία δημοσίων έργων. Διεύθυνση ασφαλικών υλικών και οδοστρωμάτων. σ 1-8
- Πόρισμα Ομάδας Εργασίας Εμπειρογνομόνων – Αθήνα 1996 : << **Μελέτη του Προβλήματος των Τροχαίων Ατυχημάτων** >>. Διακομματική Κοινοβουλευτική Επιτροπή. σ 6-9, 14-16, 31-33.
- Λοϊζος, Πραπίδης, Σταμουλάκης, Σιαμόπουλος : << **Συμβολή για την Αξιοποίηση Νέων Πηγών Σκληρών Αδρανών στο Πλαίσιο της Κατασκευής Αντιολισθηρών Ασφαλτικών Οδοστρωμάτων** >>. Γραπτή παρέμβαση, στο πλαίσιο του δεύτερου Πανελληνίου Συνεδρίου Ασφαλτικών Μιγμάτων και Οδοστρωμάτων. σ 1-11.
- Μίχας, Σωτηρόπουλος, Τσιτσεκλής – Αθήνα, Ιούνιος 1974 : << **Έρευνα Ολισθηρότητας Οδοστρωμάτων** >>. Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδας. Εθνική Επιτροπή Οδών. σ 1-6.
- Χριστόδουλου Λαγγιώτη – Αθήνα 1978 : << **Αντιολισθηρά Οδοστρώματα με την Χρήση Ναξίας Σμύριδας** >>. Ανατύπωση από το τεύχος 4/1977 του Δελτίου Κ.Ε.Δ.Ε. σ 162-166
- Νικολαΐδης, Οικονόμου – 1987 : << **Η αναγκαία αντικατάσταση των ασφαλικών διαλυμάτων με ασφαλικά γαλακτώματα στα έργα οδοποιίας** >>. Τεχνικά χρονικά, Τόμος 7, Τεύχος 1. σ 198, 199.
- Νιόβης Αγορογιάννη – Ρούσου : << **Αδρανή Υλικά για Αντιολισθηρές Στρώσεις** >>. Άρθρο από το ενημερωτικό Δελτίο του Τ.Ε.Ε. σ 139-145.
- Νικόλαου Μίχα – Αθήνα 1971 : << **Η Ολισθηρότης των Οδοστρωμάτων** >>. Ανάτυπο από το Δελτίο Κεντρικού Εργαστηρίου Δημοσίων Έργων. σ 8-18.
- Robert D. Krebs, Richard D. Walker – U.S.A. 1971 :<< **Highway Materials** >>. McGraw – Hill Book Company. σ 245-285.

- Μιχάλης Πραπίδης – 28, 29, 30 Μαΐου 1990 : << **Ασφαλτικά Μίγματα – Ασφαλτικές Κατασκευές και Νεότερες Εξελίξεις Αυτών** >>. Σεμινάριο. σ 1-4.
- Γ. Κάλος, Μ. Κάλος, Χ. Λαγγιώτης, Ν. Μίχας – Αθήνα 1985 : << **Συστάσεις για τις Αναγκαίες Ιδιότητες Αδρανών Υλικών για Αντιολισθηρές Κατασκευές Οδοστρωμάτων** >>.Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδας. Επιστημονική Επιτροπή Συγκοινωνιακών Έργων. σ 6,7, 26-31, 53-72.
- Αλιμπέρτης Χρήστος – Αθήνα, Ιανουάριος 1989 : << **Μετρήσεις Αντιολισθηρότητας σε Εύκαμπτα Οδοστρώματα στην Περιοχή Αθηνών** >>.Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. σ 17-22, 76-92.
- Νικόλαος Μίχας – 28, 29, 30 Μαΐου 1990 : << **Ολισθηρότητα των Οδών και Ατυχήματα** >>. Σεμινάριο. σ 4-24.
- Αντωνίου Λεγάκη – Αθήνα 1997 : << **Τεχνολογία Δομικών Υλικών** >>. σ 59, 76.
- Κωσταντίνος Σαχπάζης – Αθήνα 1988 : << **Τεχνικογεωλογική Έρευνα για Αδρανή Υλικά Αντιολισθηρών Οδοστρωμάτων** >>. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. σ 9-24, 28-53, 66-72.
- A. M. Aitken, J. W. Merrit and A. J. Shaw – London 1979 : << **The sand and gravel resources of the country around Garmouth, Grampian Region** >>. Institute of Geological Sciences. Natural Environment Research Council. σ 12-22.
- Χριστόδουλου Λαγγιώτη – Αθήνα 1960 : << **Τεχνολογία Υλικών Οδοποιίας** >>.Τόμος Ι. Αδρανή Υλικά. σ 1-8.
- Ιωάννης Φατσέας – 28, 29, 30 Μαΐου 1990 : << **Αντιολισθηρές Κατασκευές**>>. Σεμινάριο. σ 1,2,9-12
- L.Collis – London 1993 : << **Sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes** >>. Published by the Geological Society. σ 265-282
- Γ. Κωστάκης – Χανιά 1988 : << **Κεφάλαια Ακτινοσκοπίας των Κρυστάλλων** >>. Σημειώσεις για τους φοιτητές του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης. σ 29-32.
- Γ. Κωστάκης – Χανιά 1994 : << **Εισαγωγή στην Αξιολόγηση των Βιομηχανικών Ορυκτών** >>. Μέρος των σημειώσεων του μαθήματος για τους σπουδαστές του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης. σ 11-15.
- Εφημερίδα τα “ΝΕΑ” – Σεπτέμβριος 1998 : << **Εθνική Οδός Γυαλί** >>.
- Νότα Τρίγγα – 9 Απριλίου 1998 : << **Εκαμινεύματα χυτοσιδήρου, αντιολισθηρό υλικό για δρόμους** >>. Οικονομικός Ταχυδρόμος. σ 108.

- Γεωργίου Χ. Κατσικάτσου – Αθήνα 1992 : << **Γεωλογία της Ελλάδας** >>. Πανεπιστήμιο Πάτρας.
- Αθανασίου Γ. Πανάγου – Αθήνα 1985 : << **Γενική Γεωλογία** >>. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Γεωργίου Μαράτου – Αθήνα 1972 : << **Γεωλογία της Ελλάδας** >>. Τόμος 1.
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας – Αθήνα, Αύγουστος 1998 : << **Οδικά Τροχαία Ατυχήματα** >>. Ειδική Ενημερωτική Έκδοση. σ 4-9.
- Eurostat press office – 29 Μαΐου 1998 : << **Number of deaths on European roads** >>. σ 3.
- Eurostat press office – 17 Σεπτεμβρίου 1998 : << **Percentage change 1997 on 1996 of the number of industry accidents and Killed** >>.
- Υπουργείο Δημόσιας Τάξης, Διεύθυνση Τροχαίας – 1994, 1995, 1996, 1997 : << **Πίνακας Οδικών Τροχαίων Ατυχημάτων – Συνέπειες και αίτια αυτών** >>.
- Ελευθερία Ν. Δάβη – Αθήνα 1985 : << **Πετρολογία** >>. Ανώτατη Γεωπονική Σχολή.
- Δασκαλάκη Μαρία – Χανιά 1997 : << **Αξιολόγηση των Δυνατοτήτων Χρησιμοποίησης Αργιλοχωμάτων των Περιοχών Αγίου Βλάσση και Άνω Αχαρνών του Νομού Ηρακλείου στην Βιομηχανία Παραδοσιακών Κεραμικών** >>. Πολυτεχνείο Κρήτης. Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. σ 33.
- Νιοβης Αγορογιάννης – Αθήνα 1989 : << **Αντιολισθηρά υλικά οδοστρωσίας** >>.
- Πραπίδης, Σιαμόπουλος – Ιωάννινα 1996 : << **Απόψεις επί των εφαρμοζόμενων μεθόδων αντιολισθηρών ασφαλικών επιστρώσεων και της εκμετάλλευσης νέων πηγών σκληρών αδρανών** >>. Διεύθυνση Περιφερειακού Εργαστηρίου Δημοσίων Έργων.
- Κόφιτσας – Αθήνα 1997 : << **Στοιχεία Οδοποιΐας** >>.
- L. Duckstein – 1975 : << **Αρχές Σχεδιασμού Οδοστρωμάτων** >>.
- Νικολαΐδης – Θεσσαλονίκη 1996 : << **Οδοποιΐα** >>. σ 71-73, 87-91, 458,459.