

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εφαρμογή της δοκιμής micro-deval σε χαλαζιτικά πετρώματα Δυτικής Κρήτης, με στόχο τη διερεύνηση καταλληλότητάς τους ως σκληρά αδρανή.

ΚΟΣΜΑΣ Γ. ΚΥΡΟΥ

Εξεταστική επιτροπή:

Θεόδωρος Μαρκόπουλος	Καθηγητής (Επιβλέπων)
Γεώργιος Αλεβίζος	Επίκουρος Καθηγητής
Δρ. Ευτυχία Ρεπούσκου	Ειδικό Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό

ΧΑΝΙΑ 2012

Περίληψη

Η παρακάτω διπλωματική εργασία έχει τίτλο Εφαρμογή της δοκιμής micro-deval σε χαλαζιτικά πετρώματα Δυτικής Κρήτης, με στόχο τη διερεύνηση καταλληλότητάς τους ως σκληρά αδρανή και είχε στόχο την αξιολόγηση ενός πετρώματος ως προς τη χρήση του ως υλικού οδοποιίας, μέσο μίας μεθόδου υπολογισμού των μηχανικών ιδιοτήτων αδρανών υλικών.

Τα δείγματα προέρχονται από την περιοχή Σφηνάρι Δυτικής Κρήτης και είχαν αξιολογηθεί στα πλαίσια του προγράμματος ΄΄ΠΕΠ Κρήτης΄΄.

Η ανάλυση των αυτών πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. πιο συγκεκριμένα σε πρώτο στάδιο χρησιμοποιήθηκε η μηχανή micridival το οποίο με τις κατάλληλες ρυθμίσεις αυτού, προκύπτει το προϊόν θραύσης. Κατά το δεύτερο στάδιο της ανάλυσης τα δείγματα κοσκινίζονται και ζυγίζονται έτσι ώστε να προκύψουν τα τελικά αποτελέσματα για την εύρεση των ορίων καταλληλότητας.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι μόνο τα δύο από τα πέντε δείγματα που αναλύθηκαν πληρεί τις προδιέγραφες των ορίων καταλληλότητας ενώ τα υπόλοιπα αποκλίνουν αρκετά από τις επιθυμητές τιμές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ..... **I**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ..... **II**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ **4**

1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ: 4
1.2. ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΑ ΑΔΡΑΝΗ 5
1.3. ΠΗΓΕΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ 6
1.4 ΤΑ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΣΕ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ ΩΣ ΕΞΗΣ: 10
1.5 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ 16
1.5.1 Μηχανική αντοχή *16*
1.5.2 Ανθεκτικότητα σε τριβή και κρούση *16*
1.5.3 Ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση *16*
1.5.4. Σχήμα των κόκκων *16*
1.6 ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΚΛΗΡΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ 17
1.6.1 Οφιολιθικά συμπλέγματα *17*
1.6.2 Πυροξενίτες *17*
1.6.3 Ενδιάμεσης σύστασης ηφαιστειακά (ανδεσίτες, δακίτες, ρυοδακίτες κλπ) *18*
1.6.4 Γρανίτες *18*
1.6.5 Μεταμορφωμένα *18*
1.7 ΈΛΕΓΧΟΙ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ 18
1.7.1 Περιγραφικοί έλεγχοι *19*
1.7.2 Μη καταστροφικοί ποιοτικοί έλεγχοι *19*
1.7.3 Έλεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας *20*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ **22**

2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ 22
2.2 ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΜΙΓΜΑΤΑ 23
2.2.1 Αντιολισθηρή στρώση *25*
2.2.2 Ισοπεδωτική στρώση *27*
2.3 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗΣ ΕΙΝΑΙ: 27
2.4 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ 28
2.4.1 Υλικά εξυγιαντικής στρώσης *30*
2.4.2 Υλικά υπόβασης *30*
2.4.3 Υλικά βάσης *31*
2.5 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ 32
2.6 ΈΛΕΓΧΟΙ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ 32
2.6.1 Συνήθεις δοκιμές που εκτελούνται *33*
2.7 ΕΠΙΧΩΜΑ 35
2.7.1 Γαιώδη επιχώματα *35*
2.7.2 Υλικά βραχώδων επιχωμάτων *35*
2.7.3 Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος *36*
2.8 ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ 36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ **38**

3.1 ΔΟΚΙΜΗ MICRO DEVAL 39
3.1.1 Μηχανή MICRO DEVAL *39*
3.2 ΠΡΟΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ (AIV) 42
3.2.1 Ορισμός *42*
3.2.2 Συσκευές *42*
3.2.3 Προετοιμασία του δείγματος *43*
3.2.4 Διεξαγωγή της δοκιμής *44*
3.2.5 Υπολογισμοί και παρουσίαση των αποτελεσμάτων *44*
3.2.6 Επιτρεπτά όρια *45*
3.3 ΔΟΚΙμΗ ΚΑΘΟΡΙΣμΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΤΡΙΒΗ ΚΑΙ ΚΡΟΥΣΗ ΚΑΤΑ LOS ANGELES 45
3.4 ΔΟΚΙμΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΕ ΣΤΙΛΒΩΣΗ (PSV) 49
3.5 ΔΟΚΙμΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΑΠΟΤΡΙΨΗ (AAV) 52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 54

4.1 ΑΝΑΛΥΘΕΝΤΑ ΔΕΊΓΜΑΤΑ
4.1.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ 54
4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ 56
4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 57
4.4 ΑΡΧΗ 57
4.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ 59

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 63

ΛΕΞΙΚΟ ΟΡΩΝ – GLOSSARY 64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

1.1. Ορισμός αδρανών υλικών:

Αδρανή ονομάζονται τα κοκκομετρικώς διαβαθμισμένα φυσικής ή βιομηχανικής προέλευσης υλικά που χρησιμοποιούνται είτε με συγκολλητικό μέσο (σκυρόδεμα, ασφαλτόμιγμα) είτε αυτούσια (έρμα σιδηροδρομικών γραμμών, στραγγιστηριών, φράγματα, αναβαθμίδες ποταμών, λιμενικά έργα) σε ποικίλα τεχνικά έργα. Τα αδρανή υλικά προσφέρουν όγκο και υψηλότερη αντοχή στις διάφορες τεχνικές κατασκευές. Δεν αντιδρούν χημικά με τις διάφορες συγκολλητικές ύλες, αλλά παρουσιάζουν φυσική συνοχή εξαιτίας της γεωμετρικής ταξινόμησης των κόκκων τους και του βάρους τους.

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



Εικόνα 1.1 Άποψη λατομείου

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.

1.2. Αντιολισθηρά αδρανή

Τα χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών αντικατοπτρίζονται στην υφή της επιφάνειας 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.

1.3. Πηγές αδρανών υλικών

Τα αδρανή υλικά υποδιαιρούνται στις εξής ομάδες:

1. **Κροκάλες**. Στρόγγυλα τεμάχια πετρωμάτων που συγκρατούνται στο κόσκινο 75 mm.

2. **Χάλικες**. Στρόγγυλα τεμάχια πετρωμάτων που διέρχονται από το κόσκινο 75 mm και συγκρατούνται στο κόσκινο 2,00 mm. Αυτοί υποδιαιρούνται σε χονδρούς, μέσους και λεπτούς χάλικες.

Α) Χοντροί χάλικες. Διέρχονται από το κόσκινο 75 mm και συγκρατούνται στο κόσκινο 25 mm.

Β) Μέσοι χάλικες. Διέρχονται από το κόσκινο 25 mm και συγκρατούνται από το κόσκινο 9,5 mm.

Γ) Λεπτοί χάλικες. Διέρχονται από το κόσκινο 9,5 mm και συγκρατούνται από το κόσκινο 2, 00 mm.

3. **Θραυστοί χάλικες**. Είναι το υλικό που προκύπτει από την τεχνητή θραύση των χαλίκων, όπου όλοι οι κόκκοι έχουν τουλάχιστον μια όψη που προέκυψε από την θραύση.

4. **Σκύρα.** Γωνιώδη τεμάχια πετρωμάτων που διέρχονται από το κόσκινο 75 mm και συγκρατούνται στο κόσκινο 2,00 mm. Αυτά υποδιαιρούνται σε χοντρά, μέσα και λεπτά σκύρα.

Α) Χοντρά σκύρα. Διέρχονται από το κόσκινο 75 mm και συγκρατούνται από τα κόσκινο 25 mm.

Β) Μέσα σκύρα. Διέρχονται από το κόσκινο 25 mm και συγκρατούνται από το κόσκινο 9,5 mm.

Γ) Λεπτά σκύρα. Διέρχονται από το κόσκινο 9,5 mm και συγκρατούνται από το κόσκινο 2, 00 mm.

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

Α) Χοντρή άμμος. Διέρχεται από το κόσκινο 2,00 mm και συγκρατείται από το κόσκινο 425 μm.

Β) Λεπτή άμμος. Διέρχεται από το κόσκινο 425 μm και συγκρατείται από το κόσκινο 75 μm.

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

7. **Άργιλος.** Υλικό που αποτελείται από κόκκους μικρότερους των 5 μm. Οι κόκκοι οι μικρότεροι του 1 μm συνιστούν την κολλοειδή άργιλο. Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των εύκαμπτων οδοστρωμάτων, μπορεί να προέρχονται και από σκωρείες, ή από απορρίμματα ορυχείων, ή και από υλικά κατεδαφίσεων, εφ.όσον πληρούνται οι απαιτούμενες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Επίσης, ως αδρανή υλικά χρησιμοποιούνται και τεχνητά αδρανή, ή κονιορτοποιημένα υλικά παλαιών οδοστρωμάτων κατασκευασμένα από ασφαλτόμιγμά ή από σκυρόδεμα (υλικά ανακύκλωσης).

8. **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 σκωρειών 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).

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

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

11. **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 αντιολισθηρούς ασφαλτικούς τάπητες. Άλλα τεχνητά αδρανή χαρακτηρίζονται από το μικρό τους ειδικό βάρος και χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή ελαφρομπετόν. Τέτοια υλικά είναι η κίσσηρης και ο περλίτης.

12. **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.

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

Α). 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.

Β). 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.

Γ). Αλλουβιακές αποθέσεις αμμοχαλίκων (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 από αυτή την πηγή, συνήθως είναι πολύ καθαρά και ελεύθερα αργίλων και οργανικών προσμίξεων. Για αυτόν τον λόγο είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για ασφαλτικές 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.

Δ). 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.

Ε). Αμμορυχεία. Με τον όρο αυτό καλούνται τα διαφόρων 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.

14. **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.

Α). 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.

Β). 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).

1.4 Τα αδρανή υλικά διακρίνονται σε οικογένειες ως εξής:

1. Με βάση την προέλευσή τους:

-Φυσικής προέλευσης: Είναι τα αδρανή τα οποία έχουν ληφθεί από το φυσικό περιβάλλον και έχουν υποστεί μόνο μηχανική επεξεργασία θραύσης, πλυσίματος και διαλογής.

-Τεχνητά ή βιομηχανικά: Είναι τα αδρανή που έχουν προκύψει ως προϊόντα ή παραπροϊόντα βιομηχανικής δραστηριότητας από χημική ή θερμική επεξεργασία πρώτων υλών ορυκτής ή άλλης προέλευσης (π.χ. τέφρες, σκωρίες, υπολείμματα καύσεων, άργιλοι, βερμικουλίτης, περλίτης, αργιλικοί σχιστόλιθοι, σχιστοπηλοί κλπ.).

-Ανακυκλωμένα: Είναι τα αδρανή που προκύπτουν από την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση δομικών υλικών από υφιστάμενες κατασκευές (υλικά κατεδάφισης σκυροδέματος, τοιχοποιίας, ασφαλτικών έργων κλπ.).

2. Με βάση την πηγή απόληψης

-Φυσικά ή συλλεκτά αδρανή: Ονομάζονται τα αδρανή που η λήψη τους γίνεται από φυσικές αποθέσεις (π.χ. ποτάμια, ορυχεία κλπ.). Είναι τα γνωστά χαλίκια, τα αμμοχάλικα ή η φυσική άμμος. Τα μειονεκτήματά τους είναι οι προσμίξεις χώματος, η λεία επιφάνεια και το στρογγυλεμένο σχήμα των κόκκων τους.

-Αδρανή λατομείων: Ονομάζονται τα αδρανή που προκύπτουν από εξόρυξη και θραύση όγκων πετρώματος. Είναι η κύρια κατηγορία αδρανών υλικών που χρησιμοποιούνται στον Ελλαδικό χώρο.

3. Με βάση το ειδικό τους βάρος

- Κανονικού ειδικού βάρους: Είναι τα αδρανή με ειδικό βάρος 2-3 Mgr/m3 (gr/cm3). Είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα αδρανή για τεχνικά έργα (ασφαλτικά, οδοστρωσίας, παραγωγή σκυροδέματος, κονιαμάτων, κλπ.).
- Ελαφροβαρή: Είναι τα αδρανή με ειδικό βάρος <2 Mgr/m.
- Βαρέα: Είναι τα αδρανή με ειδικό βάρος >3 Mgr/m . Έχουν ειδικές χρήσεις (πχ. κατασκευές από σκυρόδεμα για προστασία από την ακτινοβολία κλπ.).

4. Με βάση το μέγεθος των κόκκων

Το σύνολο των αδρανών υλικών από άποψη μεγέθους κόκκων διακρίνεται σε τρείς 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 No 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 38 κόσκινο των 75 μm (κόσκινο No 200). Το λεπτόκοκκο αδρανές έχει κοινώς διαστάσεις άμμου.

Για τους ασφαλτικούς 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 ασφαλτικά 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 mm και μία χονδρή άμμος διαστάσεων 0, 5 . 5mm.

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

Η περίσσεια παιπάλης στα αδρανή συμβάλλει:

- Στην αύξηση του ποσοστού της ασφάλτου για την παραγωγή ασφαλτομίγματος και του νερού για τη βέλτιστη συμπύκνωση των στρώσεων με ασύνδετα αδρανή (βάση/υπόβαση).
- Στη μείωση της εργασιμότητας του μίγματος
- Στην επιδείνωση της επικαλυπτικότητας των αδρανών με άσφαλτο
- Στη μείωση της ελαστικότητας και στην αύξηση της ευθραυστότητας του ασφαλτομίγματος. Είναι η αιτία του «σβολιάσματος» του μίγματος των αδρανών, που έχει σαν επακόλουθο την παραγωγή ασφαλτομίγματος με ακάλυπτους από άσφαλτο κόκκους

5. Με βάση τη χρήση τους

- Αδρανή βάσεων και υποβάσεων

Στην οδοποιία χρησιμοποιούνται αδρανή υλικά για την κατασκευή στρώσεων βάσεων ή υποβάσεων. Σκοπός του οδοστρώματος είναι να παραλάβει τα φορτία της κυκλοφορίας και να τα κατανείμει στο υπέδαφος (Νικολαΐδης 1996).

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε βάσεις ή υποβάσεις μπορεί να είναι φυσικά αδρανή ή θραυστά (αδρανή λατομείων). Σύμφωνα με την ΠΤΠ Ο-150 (1966) και ΠΤΠ Ο-155 (1966) (Ελληνικές Προδιαγραφές που ισχύουν μέχρι σήμερα δίχως καμία αναθεώρηση) τα αδρανή της υπόβασης μπορούν να είναι φυσικά ή θραυστά, ενώ τα

αδρανή της βάσης πρέπει να είναι μόνο θραυστά. Σύμφωνα με το νέο Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 13242, τα αδρανή της βάσης και της υπόβασης μπορεί, εκτός από φυσικά και θραυστά, να είναι τεχνητά και ανακυκλωμένα. Μια ουσιαστική αλλαγή είναι ότι εισάγει την ορυκτολογική και πετρογραφική εξέταση του προοριζόμενου πετρώματος για χρήση αδρανών, η οποία μπορεί να δώσει σαφείς πληροφορίες για τη συμπεριφορά του πετρώματος σε διάφορες καιρικές συνθήκες. Μη επιθυμητάπετρώματα είναι ο σχιστόλιθος, ο φυλλίτης, η κιμωλία, η μάργα, ο αργιλικός σχιστόλιθος και πετρώματα συνδεμένα χαλαρά με αργιλικά ορυκτά.

- Αδρανή σκυροδέματος

Το σκυρόδεμα αποτελείται από αδρανή με συγκεκριμένη κοκκομετρική διαβάθμιση και τσιμέντο ως συγκολλητικό υλικό. Τα αδρανή υλικά αποτελούν το σκελετό του σκυροδέματος, επηρεάζουν καθοριστικά τις ιδιότητές του, τόσο στη νωπή όσο και στη σκληρυμένη μορφή. Η ανθεκτικότητα των κατασκευών από σκυρόδεμα επιτυγχάνεται με την αντίσταση του σκυροδέματος στις φθορές από φυσικά ή χημικά αίτια και από την προστασία του οπλισμού από τη διάβρωση. Οι κύριες αιτίες της αποσάθρωσης του σκυροδέματος (και άρα της μείωσης της ανθεκτικότητας) είναι: α) Φθορές που οφείλονται στη δράση του περιβάλλοντος (αέρας, νερό, διάβρωση εξαιτίας της επίδρασης της θάλασσας κλπ.) και στη δράση του ανθρώπινου παράγοντα (π.χ. κίνηση οχημάτων). Πετρώματα τα οποία αποσαθρώνονται εύκολα όπως οι αργιλικοί σχιστόλιθοι, είναι ακατάλληλα για αδρανή. β)Αποσάθρωση λόγω παγετού: οφείλεται στην εναλλαγή ψύξης-απόψυξης του σκυροδέματος παρουσία νερού. γ) Αποσάθρωση από χημικές προσβολές: οφείλεται στη χημική δράση διαφόρων ουσιών στο σκυρόδεμα, όπως ενώσεις θείου, σιδήρου, μολύβδου, ψευδαργύρου, χλωριούχες, φωσφορικές, νιτρικά άλατα και αλογόνα κλπ. δ) Αποσάθρωση λόγω αλκαλοπυριτικής αντίδρασης: οφείλεται σε αντίδραση των αλκαλίων του τσιμέντου με πυριτικά αδρανή που περιέχουν άμορφο SiO2. Η αντίδραση αυτή προκαλεί διόγκωση στην οποία οφείλεται η αποσάθρωση του σκυροδέματος. Τέτοια πετρώματα μπορεί να είναι οι δολομίτες, ζεόλιθοι, υαλώδεις έως κρυπτοκρυσταλικοί ρυόλιθοι, δακίτες, λατίτες και ανδεσίτες. Επικίνδυνα ορυκτά είναι ο οπάλιος, χαλκηδόνιος, τριδυμίτης και χριστοβαλίτης (ΕΛΟΤ 408). Ο κίνδυνος για τη χώρα μας είναι πολύ

μειωμένος, γιατί κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούμε ασβεστολιθικά αδρανή και επιπλέον όπου χρησιμοποιούνται πυριτικά αδρανή αυτά δεν είναι ενεργά.

Οι ισχύουσες προδιαγραφές για τα αδρανή σκυροδέματος είναι ο ΚΤΣ-97 «Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 1997» και το Σχέδιο Ελληνικού Προτύπου ΕΛΟΤ 408 «Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα». Σύμφωνα με το νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο Αδρανών Σκυροδέματος ΕΛΟΤ ΕΝ 12620 ως αδρανή υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνητά και ανακυκλωμένα αδρανή. Επιπλέον το νέο πρότυπο εισάγει την ονοματολογία του αδρανούς και την ορυκτολογική και πετρογραφική εξέταση.

- Αδρανή για αντιολισθηρά

Για την κατασκευή των αντιολισθηρών στρώσεων των οδοστρωμάτων χρησιμοποιούνται αδρανή ειδικών χρήσεων. Τέτοια θεωρούνται εκείνα που εκτός από ιδιαίτερα μηχανικά και φυσικά χαρακτηριστικά παρουσιάζουν υψηλή αντοχή και κυρίως ανθεκτικότητα (Harrison & Bloodworth 1994). Ο ρόλος των αδρανών στην αντιολισθηρή στρώση είναι να δώσουν σε αυτήν μεγάλη διάρκεια ζωής και να έχουν μεγάλη αντίσταση στην ολίσθηση. Η ικανότητα των αδρανών να ανθίστανται στη λείανση της επιφάνειας, χαρακτηρίζεται από την τιμή του δείκτη στίλβωσης PSV (Polished Stone Value). Μέχρι στιγμής έχει γίνει αρκετή έρευνα για τη σημασία της αντιολισθηρής στρώσης, την εύρεση και την αξιολόγηση των σκληρών πετρωμάτων για αντιολισθηρές στρώσεις (Καζακόπουλος 1992, Λοΐζος κ.ά. 1996, Παλαιοκώστας & Βεράνης 1998, Βιδάκης & Παπατρέχας 1998, Μουρατίδης κ.ά. 1998, Νικολαΐδης κ.ά. 1999, Νταμπίτζιας κ.ά. 1999,2001). Η έρευνα για τη εύρεση και αξιολόγηση των σκληρών αδρανών πρέπει να στραφεί σε πετρώματα που πληρούν ορισμένες τιμές όσον αφορά το δείκτη αντίστασης σε λείανση, το δείκτη αντίστασης σε τριβή και κρούση, το δείκτη αντίστασης σε απότριψη. Τέτοια πετρώματα είναι τα όξινα και βασικά πλουτωνικά, τα όξινα ενδιάμεσα και βασικά ηφαιστειακά, χαλαζίτες και ψαμμίτες. Επίσης οι συμπαγείς σκουριές υψικαμίνων.

Τα πυριγενή πετρώματα αποτελούν τα καλύτερα μητρικά πετρώματα για τη λήψη σκληρών αδρανών. Τα περισσότερο συμπαγή και λεπτοκρυσταλλικά από αυτά περιγράφονται διεθνώς ως trap (rock) και σ' αυτά περιλαμβάνονται δακίτες, ανδεσίτες, βασάλτες, διαβάσες κ.ά. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά εξαρτώνται από την ορυκτολογική

σύσταση, τον ιστό, το μέγεθος των κρυστάλλων, τις επιφάνειες ασυνέχειας ή αδυναμίας, το μέγεθος και την αναλογία των ανομοιογενών ως προς τη σκληρότητα συστατικών (Μουρατίδης κ.ά. 1998, Νταμπίτζιας κ.ά. 2003).

Από έρευνες του ΙΓΜΕ (Νταμπίτζιας κ.ά. 1999, 2001) και από έρευνες της Εγνατίας ΑΕ (Μουρατίδης κ.ά. 1998, Νικολαΐδης κ.ά. 1999) έχουν βρεθεί πολλές περιοχές με αδρανή που θεωρούνται σκληρά (κατάλληλα για αντιολισθηρά και σκύρα του ΟΣΕ) στην Κεντρική και Ανατολική Μακεδονία και κατά μήκος της Εγνατίας Οδού. Σύμφωνα με τους Νταμπίτζια κ.ά. (2003) πετρώματα του ελληνικού χώρου που θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν ως αντιολισθηρά είναι διαβάσες, γάββροι, μονζοδιορίτες, νορίτες, χαλαζιακοί διορίτες,ανδεσίτες, δακίτες, μερικοί γρανίτες, μεταβασίτες, ψαμμίτες και αρκόζες.

6. Με βάση τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά

7. Με βάση τα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

1.5 Ποιότητα αδρανών υλικών

Η καταλληλότητα των αδρανών υλικών προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στα δομικά έργα, εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

1.5.1 Μηχανική αντοχή

Τα αδρανή υλικά, πρέπει να έχουν την κατάλληλη μηχανική αντοχή, η οποία καθορίζεται από τον αντίστοιχο κανονισμό.

1.5.2 Ανθεκτικότητα σε τριβή και κρούση

Τα αδρανή υλικά πρέπει να παρουσιάζουν ικανοποιητική αντοχή στην καταπόνηση σε τριβή και σε κρούση.

1.5.3 Ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση

Τα αδρανή υλικά πρέπει να παρουσιάζουν σταθερότητα ως προς την αποσάθρωση από το νερό, τον αέρα και τον παγετό. Ο έλεγχος των αδρανών ως προς την αποσάθρωση γίνεται κατά τη δοκιμή «υγείας πετρώματος». Κατά τη δοκιμή αυτή η άμμος πρέπει να παρουσιάζει απώλεια μικρότερη από 10%και τα αδρανή με μεγαλύτερους κόκκους απώλεια μικρότερη από 12%.

1.5.4. Σχήμα των κόκκων

Οι κόκκοι των αδρανών υλικών πρέπει να έχουν, κατά το δυνατόν, μορφή, η οποία να πλησιάζει την κυβική ή τη σφαιρική. Ένας κόκκος αδρανούς θεωρείται ότι έχει δυσμενή μορφή, όταν η σχέση της μεγαλύτερης προς τη μικρότερη διάστασή του ξεπερνά το 3 : 1

Το ποσοστό των κόκκων με δυσμενή μορφή δεν πρέπει να ξεπερνά το 50%. Ο έλεγχος της μορφής των κόκκων γίνεται σε αντιπροσωπευτικό δείγμα του αδρανούς με ελάχιστο βάρος 500g με τη μέτρηση των διαστάσεων κάθε κόκκου με ειδικό παχύμετρο. Ως επιβλαβείς προσμείξεις των αδρανών υλικών χαρακτηρίζονται οι οργανικές και οι ανόργανες ουσίες.

1.6 Πετρολογικοί τύποι σκληρών αδρανών στην Ελλάδα

Οι κύριοι πετρολογικοί τύποι που απαντούν στον ελληνικό χώρο, και τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα της έρευνας που έχει γίνει, έδειξαν ότι υπάρχει αφθονία πετρωμάτων που πληρούν τις ισχύουσες αυστηρές προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ.

1.6.1 Οφιολιθικά συμπλέγματα

Καλύπτουν το 20% περίπου του ελληνικού χώρου. Τα υπερβασικά τους μέλη (δουνίτες, χαρζβουργίτες) είναι σχεδόν πάντα σερπενινιωμένα σε ποσοστό >20% και δίνουν συνήθως τιμές PSV <50. Υγιή ή με πολύ μικρό βαθμό <10%) σερπεντινίωσης

υπερβασικά και ιδιαίτερα οι χαρζβουργίτες με υψηλή περιεκτικότητα σε ορθοπυρόξενο (> 15%), έχουν εξαιρετικούς δείκτες αντοχής στη φθορά και πλησιάζουν, όσον αφορά το PSV, το όριο του 50.

1.6.2 Πυροξενιτες

Οι πυροξενίτες είναι πολύ αδρόκοκκα πετρώματα (οι κρύσταλλοι του διοψιδίου πλησιάζουν πολλές φορές τα 4cm) και ως εκ τούτου ακατάλληλα για αντιολισθηρές χρήσεις. Τα βασικά, όμως μέλη των οφιολίθων και κυρίως οι διαβάσες και ορισμένοι τύποι γάββρων έχουν πολύ καλά έως εξαιρετικά αντιολισθηρά χαρακτηριστικά. Οι με μικρό βαθμό εξαλλοίωσης (κυρίως υδροθερμική) διαβάσες δίνουν Los Angeles από 9 έως 12, AAV από 1 έως 3 και PSV από 54 έως 59. Από το γαββρικό σύστημα, τα μεσόκοκκα, μελανοκρατικά μέλη) δίνουν εξ' ίσου καλές τιμές με το διαβάση.

1.6.3 Ενδιάμεσης σύστασης ηφαιστειακά (ανδεσίτες, δακίτες, ρυοδακίτες κλπ)

Έχουν πολύ καλούς δείκτες αντοχής στη φθορά. Ο δείκτης όμως αντιολισθηρότητάς τους φαίνεται ότι εξαρτάται από την περιεκτικότητα και το μέγεθος των φαινοκρυστάλλων.

Πολλοί και μικρού μεγέθους φαινοκρύσταλλοι δίνουν υψηλό PSV (>60), ενώ λίγοι και μεγάλου μεγέθους φαινοκρύσταλλοι έχουν σαν αποτέλεσμα PSV μικρότερο του 55.

Το πρόβλημα με τα ηφαιστειακά αυτά είναι οι ζώνες υδροθερμικών εξαλλοιώσεων που συντελούν αφενός μεν, σε μικρό βαθμό απόληψης και αφετέρου σε έντονες διακυμάνσεις των μηχανικών χαρακτηριστικών των.

1.6.4 Γρανίτες

Έχουν χαμηλό δείκτη PSV (σχεδόν πάντα μικρότερο του 50). Η διαφορά σκληρότητας των 2 κύριων ορυκτών συστατικών τόυ(χαλαζίας + άστριοι >90%) είναι περίπου 1 μονάδα στην κλίμακα Mohs. Επιπλέον πολλοί γρανίτες παρουσιάζουν και πρόβλημα πλακοειδούς.

1.6.5 Μεταμορφωμένα

Μεταβασίτες/πρασινίτες (μεταδιορίτες-μεταγάββροι κλπ) χωρίς έντονη σχιστότητα δίνουν πολλές φορές καλό PSV και αποδεκτούς δείκτες φθοράς. Οι χαλαζίτες δίνουν χαμηλό PSV (κοντά στο 50) και πολύ καλούς δείκτες φθοράς.

1.7 Έλεγχοι αδρανών υλικών για καταλληλότητα σε έργα οδοποιίας

Οι έλεγχοι των αδρανών υλικών μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε ομάδες:

1. περιγραφικούς ελέγχους
2. μη καταστροφικούς ελέγχους
3. ελέγχους σκληρότητας και ανθεκτικότητας
4. ελέγχους καθαρότητας
5. ελέγχους ειδικού βάρους και πυκνότητας

1.7.1 Περιγραφικοί έλεγχοι

Οι περιγραφικοί έλεγχοι αφορούν την οπτική εξέταση για το χαρακτηρισμό του σχήματος και της επιφανειακής υφής των κόκκων. Έτσι πετυχαίνεται μια περιγραφική ταξινόμηση των αδρανών η οποία είναι πολύ χρήσιμη διότι δίνει πληροφορίες ως προς την εσωτερική τριβή που θα αναπτυχθεί μεταξύ των αδρανών στο μίγμα.

Το σχήμα του κόκκου επηρεάζει άμεσα τα κενά του ασφαλτομίγματος, η επιφανειακή υφή επηρεάζει άμεσα την περιεκτικότητα του μίγματος σε άσφαλτο, ενώ και τα δύο μαζί επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες των ασφαλτομιγμάτων

1.7.2 Μη καταστροφικοί ποιοτικοί έλεγχοι

Οι μη καταστροφικοί ποιοτικοί έλεγχοι είναι:

1) **η κοκκομετρική ανάλυση** (καθορισμός της κοκκομετρικής καμπύλης των αδρανών σύμφωνα με την προδιαγραφή ΕΛΟΤ933-1). Βασική προϋπόθεση για την ορθή εκτέλεση της δοκιμής είναι η λήψη αντιπροσωπευτικής ποσότητας υλικού, η οποία είναι συνάρτηση της μεγίστης ονομαστικής διάστασης των αδρανών.

2) **Οι έλεγχοι καθορισμού της μορφής ή του σχήματος** των κόκκων των αδρανών, καθορίζονται από

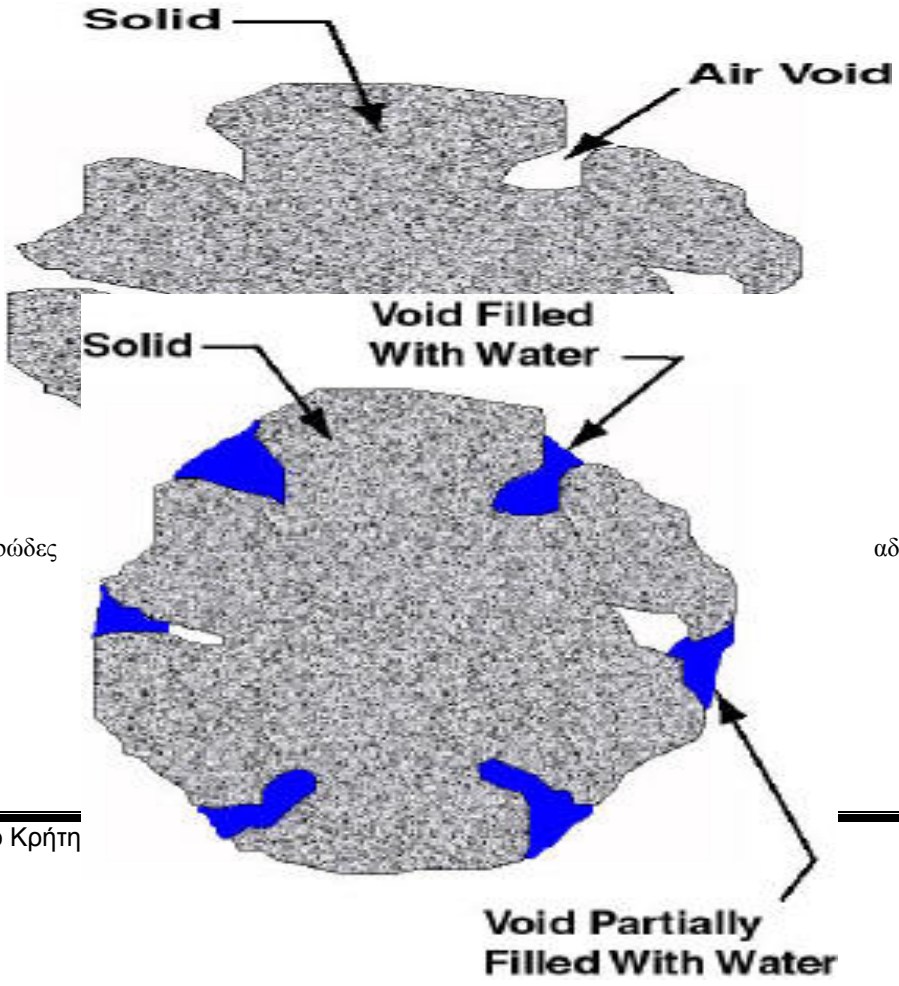
α) **το Δείκτη πλακοειδούς** (Flakiness Index, ΕΛΟΤ 933-3),

β) **το ποσοστό των συνθλιμμένων και θραυσμένων επιφανειών** (ΕΛΟΤ 933-5,

γ) **το Δείκτη σχήματος** (Shape index, ΕΛΟΤ 933-4) και

δ) **το Δείκτη επιμήκυνσης** (Elongation Index, BS 812)

3) **Ο έλεγχος απορρόφησης νερού (πίνακας 1.6)**, συνίσταται στον καθορισμό του ποσοστού του ύδατος που δύναται να απορροφηθεί από τα αδρανή.



Εικόνα1.5 πορώδες αδρανούς

Εικόνα 1.6 απορρόφηση νερού

1.7.3 Έλεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Πρόκειται για καταστροφικούς ποιοτικούς ελέγχους των αδρανών για τον έμμεσο καθορισμό της μηχανικής συμπεριφοράς αυτών κάτω από την καταστροφική επίδραση κυρίως της κυκλοφορίας με την πάροδο του χρόνου και της φθοράς που υφίστανται κατά τη συμπύκνωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ

2.1. Ορισμός

Οδόστρωμα (πίνακας 2.1) 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.



Εικόνα 2.1 τυπικό οδόστρωμα

Ο αντικειμενικός σκοπός του οδοστρώματος είναι να παραλάβει τα φορτία της κυκλοφορίας και να τα κατανέμει στο υπέδαφος. Βασική επιδίωξη είναι οι μεταβιβαζόμενες στο υπέδαφος τάσεις να μμειώνονται σε τέτοιο βαθμό έτσι ώστε να μην επιφέρουν ουσιαστικές παραμορφώσεις ή μμετατοπίσεις στην εδαφική στρώση του υπεδάφους. Επιπροσθέτως, η δομή του οδοστρώματος θα πρέπει να είναι σχεδόν αδιαπέραστη από το νερό έτσι ώστε να προστατεύεται το έδαφος έδρασης αλλά και οι στρώσεις από ασύνδετα αδρανή (μη σταθεροποιημένες στρώσεις).

Τέλος η επιφάνεια του οδοστρώματος θα πρέπει να παρέχει μια αντιολισθηρή και ανθεκτική, στην λειαντική δράση των ελαστικών, ομαλή επιφάνεια κύλισης. Έτσι κάθε στρώση ή ομάδα στρώσεων έχει να επιτελέσει ένα ξεχωριστό ρόλο. Η δομή του εύκαμπτου οδοστρώματος, γενικότερα, αποτελείται από δύο χαρακτηριστικές ομάδες στρώσεων με διαφορετικές μμηχανικές ιδιότητες και συμπεριφορά. Την ομάδα των στρώσεων από ασύνδετα ή και σταθεροποιημένα αδρανή, που εδράζεται πάνω στο υπέδαφος, και την ομάδα των στρώσεων από ασφαλτομίγματα , που εδράζεται πάνω στην προηγούμενη ομάδα. Ο παραπάνω διαχωρισμός της δομής του εύκαμπτου οδοστρώματος βασίζεται στην διαφορετική μηχανική συμπεριφορά των στρώσεων, ομαδοποιημένων, και χρησιμοποιείται σήμερα ως βάση για την ανάπτυξη όλων των μμεθοδολογιών διαστασιολόγησης των εύκαμπτων οδοστρωμάτων.

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.

2.2 Ασφαλτικά μίγματα

Με την ονομασία ασφαλτόμιγμα εννοούμαι το υλικό κατασκευής των επιφανειακών στρώσεων μιας οδού, το οποίο παρασκευάζεται με την ανάμιξη αδρανών υλικών με κάποιο ασφαλτικό συνδετικό. Σαν ασφαλτικό συνδετικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθαρή άσφαλτος, ασφαλτικό διάλυμα ή ακόμα και ασφαλτικό γαλάκτωμα.

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

Έτσι στη Γερμανία που είχαμε τους πρώτους δρόμους από ΒΕΤΟΝ (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 ασφαλτικών οδοστρωμάτων αυξήθηκε θεαματικά σε σχέση με το οδόστρωμα από ΒΕΤΟΝ.

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 ασφαλτικών οδοστρωμάτων σε Km έγινε και χρησιμοποίηση των ασφαλτικών μιγμάτων σε όλο και μεγαλύτερα πάχη με αποτέλεσμα σήμερα οι ασφαλτικές 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 ασφαλτική επικάλυψη, είναι δυνατόν να μειώσουμε το πάχος του οδοστρώματος με την χρησιμοποίηση τέτοιων στρώσεων.

Στις Η.Π.Α. το Α.Α.S.Η.Ο. απέδειξε, ότι μια βάση από ασφαλτικό σκυρόδεμα είναι ισοδύναμη προς μια βάση από θραυστό αδρανές υλικό διπλάσιου πάχους.

Τα ασφαλτομίγματα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα ψυχρά και τα θερμά ασφαλτομίγματα και διακρίνονται περαιτέρω αναλόγως τη χρήση τους (Λοΐζος 2009). Η βασική τους διαφορά είναι ότι για την παρασκευή των θερμών ασφαλτομιγμάτων, απαιτείται θέρμανση αδρανών και ασφάλτου.

Τα ψυχρά ασφαλτομίγματα παρασκευάζονται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, χωρίς να απαιτείται θέρμανση των αδρανών ή της ασφάλτου. Το υλικό που χρησιμοποιείται ως συνδετικό του μίγματος, είναι το ασφαλτικό γαλάκτωμα ή η αφρώδης άσφαλτος. Τα θερμά ασφαλτομίγματα, παράγονται εν θερμώ σε ασφαλτική εγκατάσταση. Τα αδρανή και η άσφαλτος τοποθετούνται με συγκεκριμένες αναλογίες, σε έναν αναμικτήρα του συγκροτήματος παρασκευής, στον οποίο όλα τα υλικά θερμαίνονται και αναμιγνύονται.

Ο σχεδιασμός του θερμού ασφαλτομίγματος περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της των προδιαγραφών και τον καθορισμό του ποσοστού ασφάλτου, προκειμένου το παραγόμενο ασφαλτόμιγμα να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των προδιαγραφών. Υπάρχουν

διάφοροι τύποι ασφαλτομιγμάτων, όπως το ασφαλτικό σκυρόδεμα, το macadam, το stone mastic asphalt κ.α.

Ο πιο διαδεδομένος τύπος είναι το ασφαλτικό σκυρόδεμα, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις στρώσεις, ενώ διαθέτει καλή συμπεριφορά και ανθεκτικότητα σε βαριά φορτία. Επίσης, ένας επιπλέον διαχωρισμός των θερμών ασφαλτομιγμάτων, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, γίνεται αναλόγως της χρήσης τους. Η σύνθεση του ασφαλτομίγματος, καθώς και οι απαιτήσεις των μηχανικών, και όχι μόνο, χαρακτηριστικών του, εξαρτώνται από την ασφαλτική στρώση για την οποία προορίζεται. Έτσι υπάρχουν ασφαλτομίγματα αντιολισθηρής στρώσης, συνδετικής στρώσης, και ισοπεδωτικής στρώσης. Ανάλογα με το ποσοστό των κενών τα ασφαλτομίγματα αντιολισθηρής στρώσης, διακρίνονται σε κλειστού τύπου, ανοιχτού τύπου και πορώδη.

2.2.1 Αντιολισθηρή στρώση

Η αντιολισθηρή στρώση αποτελεί τη στρώση κυκλοφορίας, η οποία θα πρέπει να εξασφαλίζει στον χρήστη, ικανοποιητικά επιφανειακά χαρακτηριστικά ομαλότητας, ομοιομορφίας, αντίστασης σε ολίσθηση και επιφανειακής τραχύτητας (ΕΛΟΤ 2009α).

Οι αντιολισθηροί τάπητες χωρίζονται σε τρείς τύπους: πυκνής σύνθεσης (κλειστού τύπου), ανοιχτής σύνθεσης (ανοιχτού τύπου) και πορώδους σύνθεσης (Λοΐζος 2009). Η διαφοροποίησή τους γίνεται, ανάλογα με το ποσοστό των κενών, την κοκκομετρική διαβάθμιση, και την περιεκτικότητα σε άσφαλτο. Οι αντιολισθηροί τάπητες κλειστού τύπου, παρέχουν πολύ καλή στεγανότητα αλλά σχετικά μικρή αποστραγγιστική ικανότητα. Οι ανοιχτού τύπου αντιολισθηροί τάπητες έχουν πολύ καλή αποστραγγιστική ικανότητα και επιφανειακή υφή, όμως μειονεκτούν ως προς τη διάρκεια ζωής τους. Οι πορώδους σύνθεσης αντιοληισθηροί τάπητες, παρέχουν πολύ καλή αποστραγγιστική ικανότητα, επιφανειακή υφή, και μειωμένα επίπεδα θορύβου. Όμως και αυτοί μειονεκτούν ως προς τη διάρκεια ζωής τους.

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά μιας αντιολισθηρής στρώσης είναι τρεις: Η επιλογή κατάλληλου αδρανούς, το οποίο θα πρέπει να είναι αρκετά σκληρό και ανθεκτικό, ώστε να αντέχει και να μη χάνει την επιφανειακή του τραχύτητα, η κοκκομετρία του μίγματος και το ποσοστό της ασφάλτου. Η επιλογή των αδρανών που θα

χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση ασφαλτομιγμάτων αντιολισθηρής στρώσης, θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτική. Πιο συγκεκριμένα, τα αδρανή θα πρέπει να έχουν εκτός των άλλων, την απαιτούμενη αντοχή σε τριβή και κρούση (καθορίζονται από τον δείκτη LA), σε στίλβωση (καθορίζεται από τον δείκτη PSV) και σε απότριψη (από τον δείκτη AAV), καθώς έρχονται σε άμεση επαφή με τα ελαστικά των τροχών των οχημάτων.

Κατάλληλα πετρώματα για αντιολισθηρές στρώσεις, είναι αυτά που παρουσιάζουν υψηλό δείκτη στίλβωσης, με χαμηλούς δείκτες σε απότριψη, τριβή και κρούση. Θετικά επιδρά και η αύξηση του ποσοστού των κενών στο ασφαλτόμιγμα, στο οποίο προσδίδει καλύτερη μακροϋφή, συμβάλλοντας στην αποστραγγιστική ικανότητα του οδοστρώματος, καθώς και στη καλή αντιολισθητική ικανότητα. Όσον αφορά στο συνδετικό υλικό των αντιολισθηρών στρώσεων, συνήθως χρησιμοποιείται τροποποιημένη άσφαλτος, η οποία προέρχεται από την ανάμιξη κοινής ασφάλτου με πολυμερή (τροποποιητές). Είναι ευρύτερα γνωστή μέσω του ακρωνύμιου ΄PMB΄ (Polymer Modified Bitumen). Τα βασικότερα τροποποιητικά είναι: τα ελαστομερή, τα θερμοπλαστικά, τα θερμοσκληρυντικά και τα πλαστομερή (Νικολαΐδης 2005β).

Ο κύριος λόγος χρήσης της τροποποιημένης ασφάλτου, είναι η απαίτηση για υψηλή αντοχή, αντίσταση σε παραμένουσες παραμορφώσεις και μεγάλη διάρκεια ζωής, χαρακτηριστικά τα οποία λόγω του υψηλού ποσοστού κενών (κυρίως στις ανοιχτής και πορώδους σύνθεσης), παρουσιάζονται μειωμένα στην περίπτωση χρήσης κοινής ασφάλτου.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως οι αντιολισθηροί τάπητες, αν και συνίσταται να κατασκευάζονται με πάχος στρώσης 4 cm, εντούτοις, σε ορισμένες περιπτώσεις ο σκοπός της κατασκευής τους και η σύνθεσή τους μπορεί να επιφέρει μειωμένα πάχη. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αντιολισθηρών ταπήτων, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως, ασφαλτικές επαλείψεις και λεπτοτάπητες. Η περαιτέρω ανάπτυξη τους όμως, δεν αποτελεί θέμα της παρούσας εργασίας.

2.2.2 Ισοπεδωτική στρώση

Η ισοπεδωτική στρώση είναι μία ασφαλτική στρώση μεταβλητού πάχους, η οποία χρησιμοποιείται για την επίτευξη της απαιτούμενης επίκλισης του οδοστρώματος, ή την

εξάλειψη ανωμαλιών. Επί της ισοπεδωτικής στρώσης διαστρώνονται οι προβλεπόμενες επικείμενες στρώσεις (ΕΛΟΤ 2009β). Επειδή δεν έρχεται σε άμεση επαφή με τα ελαστικά των τροχών, όπως η στρώση κυκλοφορίας, για την κατασκευή της μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαλακότερα αδρανή και μικρότερο ποσοστό ασφάλτου. Όμως, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να μη ξεπεραστούν τα όρια αντοχής της στρώσης στην επιβολή φορτίων, καθώς αποτελεί κρίσιμη θέση αστοχίας του εύκαμπτου οδοστρώματος, λόγω οριζόντιας εφελκυστικής παραμόρφωσης στον πυθμένα της.

Το συνιστώμενο πάχος της ισοπεδωτικής στρώσης, εξαρτάται από τον τύπο του ασφαλτομίγματος και κυμαίνεται από 2,5 cm

2.3 Τα χαρακτηριστικά των αδρανών ασφαλτικής επίστρωσης είναι:

1. Η επιφανειακή τραχύτητα
2. Το μέγεθος
3. Το σχήμα
4. Το γωνιώδες και η καθαρότητα του Αδρανούς
5. Η αντοχή του σε φθορά και στίλβωση από την κυκλοφορία οχημάτων

Η αντίσταση ενός ασφαλτοτάπητα στην ολίσθηση εξαρτάται τόσο από τις επιφανειακές προεξοχές των αδρανών (μακροϋφή του τάπητα) όσο και από την επιφανειακή τραχύτητα των αδρανών που προεξέχουν (μικροϋφή του τάπητα).

Όλα σχεδόν τα φρεσκοθραυσμένα αδρανή έχουν τραχεία μικροϋφή. Το ζητούμενο όμως είναι μια συνεχώς, μετά από τριβή με τα ελαστικά των αυτοκινήτων, διατηρούμενη μικροϋφή, δηλαδή ένα αδρανές με υψηλό δείκτη αντίστασηςστη στίλβωση.

Επειδή όμως όλα τα υλικά/πετρώματα τελικά στιλβώνονται, το ζητούμενο είναι ένα αδρανές το οποίο μετά από τις τριβές με τα ελαστικά των αυτοκινήτων θα συνεχίσει, για μεγάλο χρονικό διάστημα, να έχει τραχεία μικροϋφή.

Είναι ευνόητο ότι ένα αδρανές με δύο τουλάχιστον ορυκτά διαφορετικής σκληρότητας ή καλύτερα διαφορετικής αντίστασης στη φθορά μετά από τριβή ή και

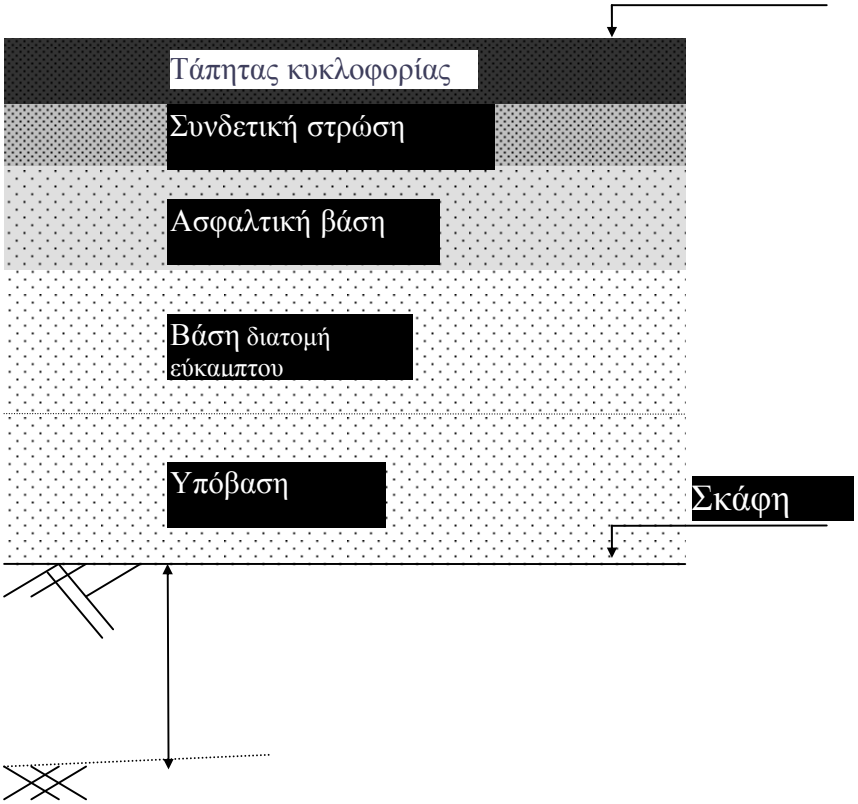
κρούση, θα έχει συνεχώς τραχεία μικροϋφή, η οποία προφανώς θα οφείλεται στη μεγαλύτερη φθορά του «μαλακού» ορυκτού από αυτήν του «σκληρού» ορυκτού.

Γενικότερα οι κύριοι πετρολογικοί τύποι που απαντούν στον ελληνικό χώρο, και τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα της έρευνας που έχει γίνει, έδειξαν ότι υπάρχει αφθονία πετρωμάτων που πληρούν τις ισχύουσες αυστηρές προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ.

2.4 Διαστασιολόγηση οδοστρωμάτων

Αφού καθορισθούν τα τρία βασικά δεδομένα, δηλαδή: η φέρουσα ικανότητα της στρώσης έδρασης εκφραζόμενη σε CBR, ο κυκλοφοριακός φόρτος εκφραζόμενος σε αθροιστικό αριθμό ΙΤΑ και η ΜΕΘΑ, η διαστασιολόγηση του οδοστρώματος γίνεται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

1. Καθορισμός εξυγιαντικής στρώσης
2. Καθορισμός πάχους βάσης/απόβασης
3. Καθορισμός πάχους ασφαλτικών στρώσεων
4. Επιλογή κατάλληλης αντιολισθηρής στρώσης



Εικόνα 2.2 τυπική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος

Τα απαιτούμενα και συνιστώμενα πάχη βάσης/υπόβασης φαίνονται στο πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3 πάχη βάση/υπόβασης

CBR στρώσης έδρασης (%)	Εξυγιαντική στρώση (mm)	Πάχος Βάσης/υπόβασης (mm)
	Απαιτούμενο πάχος	
≤ 2,5	600	400
2,6 - 5,0	300	400
5,1 - 10,0	0	400
	Συνιστώμενο πάχος	
10,1 - 20,0	0	300
>20,0	0	200

2.4.1 Υλικά εξυγιαντικής στρώσης

Υλικά εξυγιαντικής στρώσης μπορεί να είναι επιλεγμένα κοκκώδη αδρανή ή σταθεροποιημένο με τσιμέντο ή υδράσβεστο εδαφικό υλικό.

2.4.2 Υλικά υπόβασης

Υλικό υπόβασης είναι κάθε φυσικό κοκκώδες υλικό (μη θραυσμένο ή μερικώς θραυσμένο), το οποίο είναι σύμφωνο με τις ισχύουσες Ελληνικές προδιαγραφές ΠΤΠ Ο-150.

2.4.3 Υλικά βάσης

Το υλικό της βάσης από ασύνδετα αδρανή (αλλά και της υπόβασης), είναι θραυστό υλικό, σύμφωνο με τις ισχύουσες Ελληνικές προδιαγραφές ΠΤΠ Ο-155 .



Εικόνα 2.1 Κατασκευή υποβάσης



Εικόνα 2.2 περίπτωση αστοχίας

2.5 Κυκλοφοριακός φόρτος

Ο κυκλοφοριακός φόρτος θα πρέπει να εκφράζεται συναρτήσει του αριθμού των Ισοδυνάμων Τυπικών Αξόνων (ΙΤΑ) και όχι συναρτήσει του αριθμού των οχημάτων. Επιπροσθέτως, ο κυκλοφοριακός φόρτος σε ΙΤΑ θα πρέπει να υπολογίζεται για ολόκληρη τη διάρκεια σχεδιασμού του οδοστρώματος (αθροιστικός αριθμός ΙΤΑ) και θα πρέπει να αναφέρεται στη λωρίδα μελέτης ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας.

Για τον υπολογισμό του αθροιστικού αριθμού των ΙΤΑ (Σ(ΙΤΑ)) ανά κατεύθυνση στη λωρίδα μελέτης καθ' όλη τη διάρκεια σχεδιασμού του οδοστρώματος χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση:

$$\Sigma(\text{ΙΤΑ}) = (\text{ΙΤΑ}_{\text{ημερ.}}) \times \text{ΠΚΛΜ} \times 365 \times \text{ΑΣ}$$

όπου:

ΙΤΑημερ. = ημερήσιος αριθμός ισοδυνάμων τυπικών αξόνων ανά κατεύθυνση κατά το έτος έναρξης λειτουργίας της οδού

ΠΚΛΜ = ποσοστό κυκλοφορίας στη λωρίδα μελέτης

ΑΣ = αθροιστικός συντελεστής (=[(1+r)n -1]/r)

r = μέση ετήσια αύξηση της κυκλοφορίας (π.χ. 0,03 για 3% μέση ετήσια αύξηση)

n = διάρκεια σχεδιασμού, σε έτη

2.6Έλεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Πρόκειται για καταστροφικούς ποιοτικούς ελέγχους των αδρανών για τον έμμεσο καθορισμό της μηχανικής συμπεριφοράς αυτών κάτω από την καταστροφική επίδραση κυρίως της κυκλοφορίας με την πάροδο του χρόνου και της φθοράς που υφίστανται κατά τη συμπύκνωση.

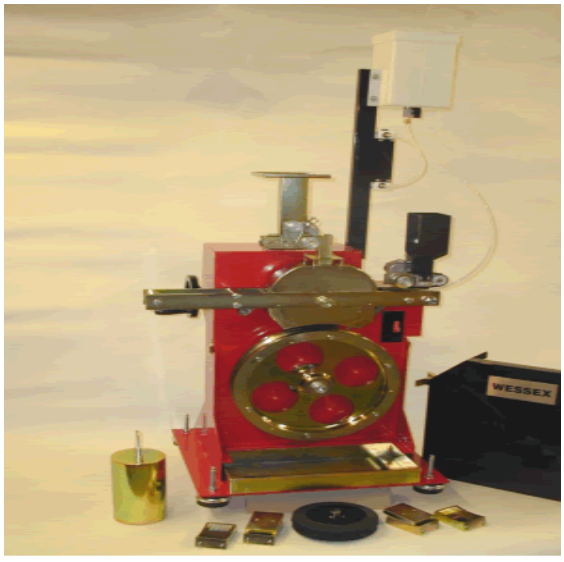
2.6.1Συνήθεις δοκιμές που εκτελούνται

- Η δοκιμή αντίστασης σε τριβή και κρούση, δοκιμή Micro-Deval



Εικόνα 2.3 μηχανή Micro-Deval

- Η αντίσταση ενός πετρώματος σε στίλβωση ελέγχεται με τη **δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV)**



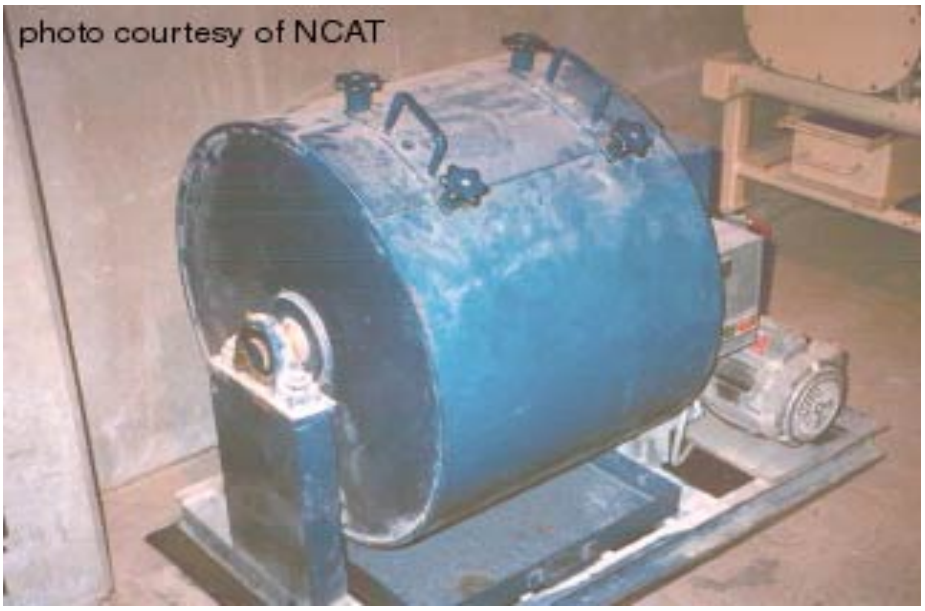
Εικόνα 2.4 μηχανή PSV

- Η φθορά των πετρωμάτων από τριβή ελέγχεται με την **δοκιμή απότριψης (AAV)**



Εικόνα 2.5 μηχανή AAV

- Η δοκιμή με την οποία γίνεται η εκτίμηση της φθοράς των αδρανών είναι η **δοκιμή τριβής και κρούσης** γνωστή σαν **δοκιμή Los Angeles**



Εικόνα 2.6 μηχανή Los Angeles

2.7 Επίχωμα

"Επίχωμα" νοείται η κατασκευή με διάστρωση και συμπύκνωση κατάλληλων εδαφικών υλικών, προϊόντων εκσκαφών, σε στρώσεις πάχους τέτοιου ώστε με τα μέσα συμπύκνωσης που διατίθενται να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη συμπύκνωση.

Τα επιχώματα διακρίνονται σε "γαιώδη" που κατασκευάζονται με διάστρωση και συμπύκνωση γαιωδών εδαφικών υλικών και σε "βραχώδη" που κατασκευάζονται με διάστρωση και συμπύκνωση βραχωδών εδαφικών υλικών.

2.7.1 Γαιώδη επιχώματα

Τα υλικά κατασκευής λαμβάνονται κατ' αρχήν από τα προϊόντα εκσκαφής ορυγμάτων και μόνο όταν αυτά είναι ακατάλληλα ή δεν επαρκούν ή δεν είναι δυνατός ο συντονισμός των εργασιών ορυγμάτων-επιχωμάτων, γίνεται δανειοληψία για την προμήθειά τους.

2.7.2 Υλικά βραχώδων επιχωμάτων

Τα υλικά αυτά είναι πετρώδη προϊόντα που προέρχονται από εκσκαφές βραχωδών ορυγμάτων. Στην όποια περίπτωση και πριν αρχίσει η εκσκαφή βραχωδών υλικών θα απομακρύνονται τα εδαφικά υλικά ή η εξαλλοιωμένη επιφανειακή στρώση βράχου που είναι ακατάλληλη. Επίσης θα απομακρύνονται τα τμήματα ακατάλληλου εδαφικού υλικού που εμφανίζονται μέσα στο βραχώδη σχηματισμό καθ' όλη την διάρκεια της εκσκαφής των βραχωδών υλικών.

Τα πετρώματα από τα οποία προέρχονται τα βραχώδη υλικά διακρίνονται σε κατάλληλα, ακατάλληλα και σε εκείνα που απαιτούν ειδική μελέτη.

Στα κατάλληλα πετρώματα περιλαμβάνονται οι γρανίτες, γρανοδιορίτες, γάβροι, ανδεσίτες, βασάλτες, δολομίτες, μάρμαρα κ.α.

Στα ακατάλληλα πετρώματα περιλαμβάνονται οι σερπεντινίτες, φυλίτες, ανυδρίτες, γύψος, διαλυτοί βράχοι και τα πετρώματα γενικά που αποσυντίθενται με την έκθεσή τους στις επιδράσεις του καιρού, ή που θραύονται σε σημαντικό βαθμό, ή κονιοποιούνται ή αποκτούν δυσμενή υφή με την συμπύκνωση.

2.7.3 Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος

Η Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Αέρος (ΜΕΘΑ) της περιοχής του έργου απαιτείται για να επιλεγεί το κατάλληλο νομογράφημα διαστασιολόγησης του οδοστρώματος.

2.8 Ασφαλτικό Σκυρόδεμα

Ο όρος ασφαλτικό σκυρόδεμα αφορά συνήθως ασφαλτόμιγμα με συνεχή κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών η δομή και αλληλεμπλοκή των οποίων εξασφαλίζει υψηλή μηχανική αντοχή.

Το ασφαλτικό σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή της αντιολισθηρής στρώσης, είναι ασφαλτόμιγμα, αυστηρά ελεγχόμενο, παραγόμενο σε μόνιμη εγκατάσταση "εν θερμώ", από σκληρά αδρανή υλικά και καθαρή άσφαλτο τύπου 50/70 και το οποίο διαστρώνεται θερμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ

Πίνακας 3.1 εργαστηριακές δοκιμές καταλληλότητας

Δοκιμή	**Προδιαγραφές**	**Αρχή της μέτρησης**
Aggregate Impact Value (AIV), Αντοχή σε κρουστικό φορτίο	BS 812	Μέτρηση των λεπτομερών που παράγονται από ειδικό κρουστικό ή θλιπτικό φορτίο
Aggregate Crushing Value (ACV), Αντοχή σε θραύση	BS 812	Μέτρηση των λεπτομερών που παράγονται με σταδιακό και ομοιόμορφα εφαρμοζόμενο φορτίο
Aggregate Abrasion Value	BS 812	Μέτρηση απώλειας υλικού εξ αιτίας τριβής
Polished Stone Value (PSV), Αντοχή σε στίλβωση	BS 812	Μέτρηση της τριβής μετά από στίλβωση του υλικού
Los Angeles Abrasion	ASTM C131	Μέτρηση λεπτομερών που παράγονται λόγω κρούσης και τριβής, χρησιμοποιώντας μεταλλικές σφαίρες
Micro-deval Abrasion	ASTM D289	Όπως ASTM C131 αλλά με επιπλέον προσθήκη νερού.

3.1 Δοκιμή MICRO DEVAL

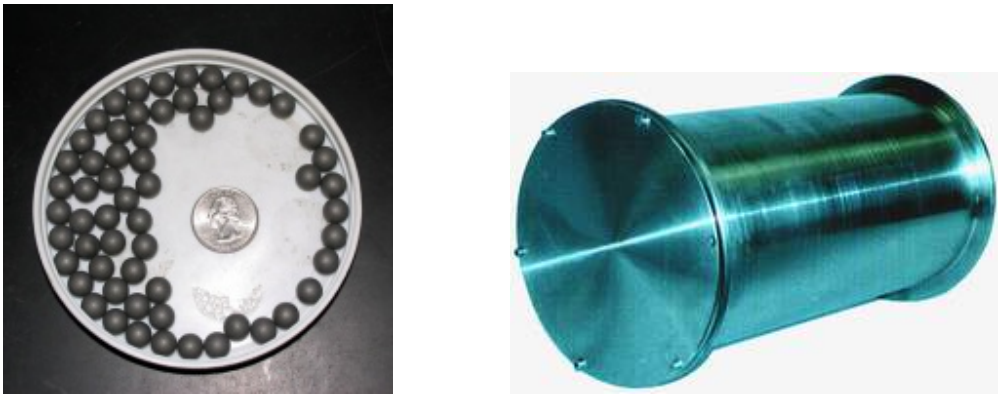
Η δοκιμή φθοράς από τριβή κατά MICRO DEVAL εκτελείται σε υγρές συνθήκες και σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ΕΝ 1097-1. Στην Ελλάδα και στην Κύπρο δεν έχει ευρεία εφαρμογή και αυτό γιατί επιλέγεται η δοκιμή Los Angeles.

3.1.1 Μηχανή MICRO DEVAL

Η μηχανή MICRO DEVAL αποτελείται από τέσσερις χαλύβδινους κυλίνδρους, που είναι κλειστοί από την μια πλευρά, και από την άλλη ξεβιδώνουν για να μπορούν να δέχονται το υλικό, και η οποία κλείνει αεροστεγώς. Η μηχανή στηρίζεται κατάλληλα ώστε να μπορεί να περιστρέφεται οριζόντια. Στην εσωτερική επιφάνεια των κυλίνδρων τοποθετούνται μικρές σφαίρες με ποσότητα νερού μαζί με το υλικό προς εξέταση. Οι ποσότητες των σφαιρών, του νερού και του δείγματος είναι προκαθορισμένες από τους κατασκευαστές και τα πρότυπα που διέπουν την δοκιμή αυτή, καθώς επίσης οι προδιαγραφές της μηχανής MICRO DEVAL καθορίζουν τον χρόνο που το υλικό δοκιμάζεται και τις στροφές των κυλίνδρων.



Εικόνα 3.1: Μηχανή Micro Deval

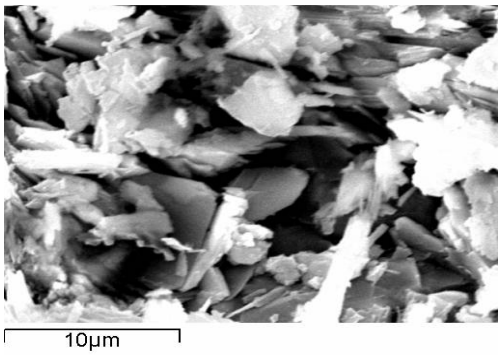


Εικόνα3.2:Σφαίρες και κύλινδρος Μηχανής Micro Deval

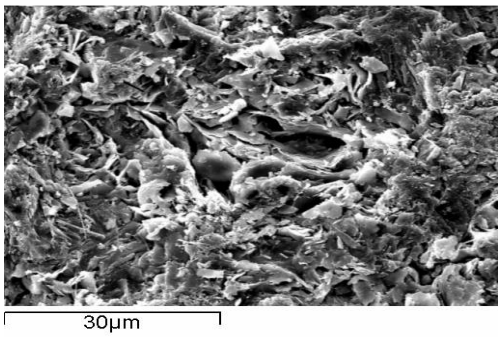


Εικόνα 3.3: Υλικό πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την δοκιμή Micro Deval

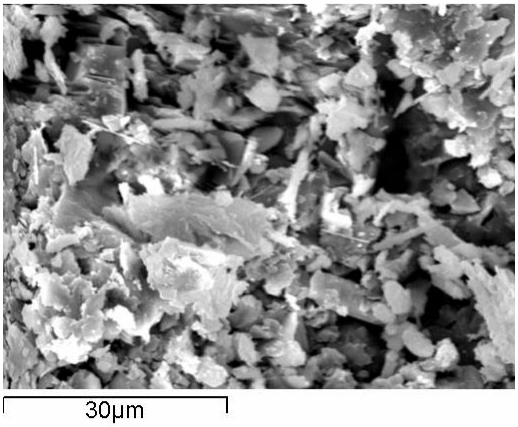
Αλλαγή στη μικροτραχήτητα πριν και μετά τη δοκιμή Micro Deval



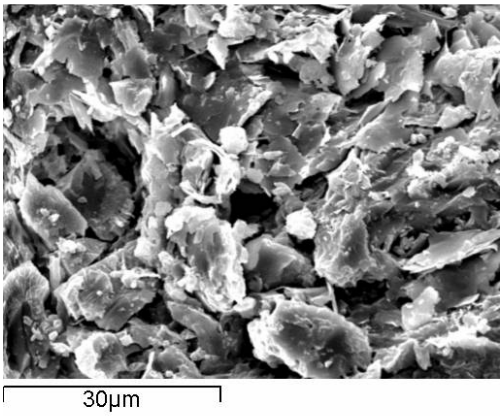
Εικόνα 3.4 μικροτραχήτητα πριν **τη δοκιμή**



Εικόνα 3.5 μικροτραχήτητα μετά τη δοκιμή



Εικόνα 3.6 μικροτραχήτητα πριν **τη δοκιμή**



Εικόνα 3.7 μικροτραχήτητα μετά τη δοκιμή

Πιο πάνω βλέπουμε αριστερά την εικόνα 3.4 και την εικόνα 3.6 που χαρακτηρίζουν την μικροτραχήτητα πριν την δοκιμή Micro Deval, ενώ τις εικόνες 3.5 και 3.7 τις πήραμε αφού το υλικό μας υπέστη την δοκιμή του $3^{ου}$ και $4^{ου}$ δείγματος αντίστοιχα. Φαίνεται από τις εικόνες ότι η μικροτραχήτητα δεν αλλάζει πολύ, πράγμα που μας δηλώνει ότι το υλικό προς εξέταση αν και έχει ψηλό δείκτη Micro Deval αυτό αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι στο υλικό μας η μικροτραχήτητα πριν και μετά τη δοκιμή δεν αλλάζει σημαντικά. Περισσοτερα για την διεξαγωγή της δοκιμής στο πειραματικό μερος της εργασίας.

3.2 Προδιορισμός του δείκτη αντοχής κρουστικού φορτίου (AIV)

3.2.1 Ορισμός

Ο δείκτης αντοχής σε κρουστικό φορτίο (ΔΑΚΦ) ενός υλικού, αποτελεί μέτρο της αντοχής του σε κρουστικό φορτίο και διαφέρει από την αντοχή σε σταδιακά εφαρμοζόμενη δύναμη.

3.2.2 Συσκευές

1. Μηχανή αντοχής σε κρουστικό φορτίο που αποτελείται από:

- Μεταλλική κυκλική βάση, βάρους 22-30kg, με μια χαμηλότερη επίπεδη επιφάνεια διαμέτρου όχι μικρότερης των 300mm, που εδράζεται σε ένα επίπεδο πάτωμα.
- Κυλινδρικό ατσάλινο δοχείο με εσωτερική διάμετρο 102 mm και εσωτερικό βάθος 50 mm. Τα τοιχώματα έχουν πάχος μεγαλύτερο από 6 mm και οι εσωτερικές επιφάνειες έχουν σκληρυνθεί. Το δοχείο είναι σταθερά πακτωμένο στο κέντρο της βάσης με ειδικό μηχανισμό και μπορεί να μετακινηθεί όταν χαλαρώσει ο μηχανισμός για να αδειάσει.
- Μεταλλικό σφυρί βάρους 13,50 ως 14kg του οποίου το κάτω άκρο είναι κυλινδρικό με διάμετρο 100 mm και μήκος 50 mm με μια εγκοπή 1,5 mm. Το σφυρί γλιστρά ελεύθερα μεταξύ κάθετων οδηγών.
- Μηχανισμός ανύψωσης του σφυριού που του επιτρέπει να πέφτει ελεύθερα μεταξύ των κατακόρυφων οδηγών, από ένα ύψος 380 ± 5mm, πάνω στο δείγμα του περιέχεται στο μεταλλικό δοχείο και μηχανισμό για ρύθμιση του ύψους πτώσης έως και ± 5mm.
- Μηχανισμός για στήριξη του σφυριού, καθώς πακτώνεται ή μετακινείται το δοχείο

2. Σειρά κόσκινων κατά BS με μεγέθη οπών 14mm, 10mm, 2,36mm.

3. Μεταλλική ράβδος συμπύκνωσης του δείγματος.

4. Ζυγαριά ακριβείας 0,1gr.



Εικόνα 3.8: Μηχανή αντοχής σε κρουστικό φορτίο

3.2.3 Προετοιμασία του δείγματος

Το υλικό μας αποτελείτο από το κλάσμα που περνά από το κόσκινο των 14mm και παραμένει στο κόσκινο των 10mm. Πρώτα τοποθετούμε το υλικό μας στο φούρνο για 4 ώρες σε θερμοκρασία 100°C και πριν τη δοκιμή και το αφήνουμε σε θερμοκρασία δωματίου.

Στη συνέχεια, περί το ένα τρίτο γεμίζουμε το δοχείο μέτρησης από ένα ύψος που δεν ξεπερνάει τα 50mm. Το υλικό συμπυκνώνεται με την στρογγυλεμένη άκρη της μεταλλικής ράβδου χτυπώντας το 25 φορές. Έπειτα, προσθέτουμε άλλη μια ίδια ποσότητα από το υλικό μας και το συμπυκνώνουμε χτυπώντας το πάλι 25 φορές. Το δοχείο μέτρησης τελικά γεμίζεται μέχρι επάνω, με την ίδια διαδικασία. Η καθαρή μάζα του υλικού στο δοχείο μέτρησης καταχωρείται ως μάζα Α.

3.2.4 Διεξαγωγή της δοκιμής

Τοποθετούμε τη μηχανή κρούσης χωρίς σφήνες ή στηρίγματα, πάνω στο επίπεδο πλαίσιο ή στο πάτωμα έτσι ώστε να είναι σταθερή και οι οδηγοί του σφυριού να είναι κάθετοι. Τοποθετούμε το δοχείο με το δείγμα στη βάση της μηχανής, με τη βοήθεια του αντίστοιχου μηχανισμού.

Το ύψος του σφυριού ρυθμίζεται, έτσι ώστε η κάτω επιφάνειά του να είναι 380 ± 5mm, πάνω από την επιφάνεια του υλικού μέσα στο δοχείο και μετά αφήνεται να πέσει ελεύθερα πάνω στο υλικό. Το δείγμα δέχεται 15 τέτοια χτυπήματα με διαφορά το ένα από το άλλο τουλάχιστο 1sec.

Κατόπιν, αδειάζουμε το θραυσμένο υλικό, κρατώντας το δοχείο πάνω από ένα καθαρό δίσκο. Κοσκινίζεται η ποσότητα του υλικού που βρίσκεται μέσα στο δίσκο με κόσκινο των 2,36mm, μέχρις ώστε να μην γίνεται αντιληπτή η διέλευση ποσότητας υλικού για 1min.

Τόσο τα τεμάχια που περνούν από το κόσκινο, όσο και αυτά που παραμένουν σε αυτό ζυγίζονται με ακρίβεια 0,1gr και καταγράφονται ως μάζα B και μάζα C, αντίστοιχα. Το άθροισμα των μαζών αυτών πρέπει να είναι μικρότερο από την αρχική μάζα A περισσότερο από 1 γραμμάριο τότε το αποτέλεσμα απορρίπτεται και το αποτέλεσμα επαναλαμβάνεται γιατί οι απώλειες του υλικού κατά την εκτέλεση της δοκιμής είναι σημαντικές.

3.2.5 Υπολογισμοί και παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Η σχέση της μάζας του λεπτομερούς υλικού που προκύπτει προς τη συνολική μάζα του δείγματος, για κάθε δοκιμή, εκφράζεται σαν ποσοστό (%) και το αποτέλεσμα καταγράφεται μέχρι και το πρώτο δεκαδικό ψηφίο. Το ποσοστό (%) των λεπτομερών δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ποσοστό λεπτομερών} = \frac{B}{A} x100 = \frac{47,6}{644} \text{x}100 = 7,39 \approx 7,4$$

όπου

A: η μάζα του αρχικού ξηρού δείγματος (gr)

B: η μάζα του λεπτομερούς υλικού που περνά από το κόσκινο μετά τη δοκιμή (gr)

Το παραπάνω αποτέλεσμα στρογγυλοποιείται στον πλησιέστερο ακέραιο και αποτελεί το δείκτη αντοχής σε κρουστικό φορτίο (AIV).

3.2.6 Επιτρεπτά όρια

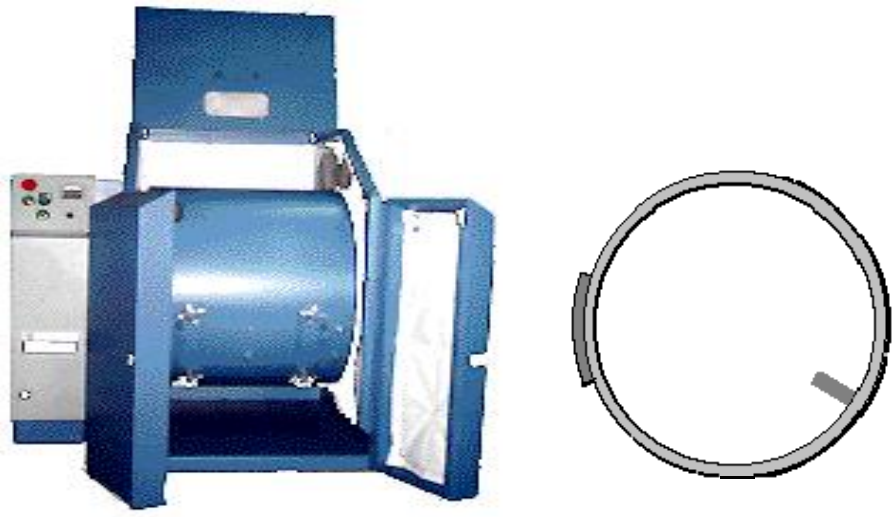
Για υλικό με δείκτη ΔΑΚΦ μεγαλύτερο από 30, η δοκιμή δεν δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα. Επίσης, μεγέθη μεγαλύτερα από 14 mm δεν επιδεικνύονται για την δοκιμή αυτή. Οι προδιαγραφές της δοκιμής είναι για υλικά που περνούν από κόσκινο 14mm κατά BS και παραμένουν σε ένα κόσκινο των 10mm. (BS 812, Part 3, 1975) Αν εξετάζεται υλικό που το μέγεθος των τεμαχίων του δεν είναι το πρότυπο μέγεθος, τότε πρέπει μαζί με το δείκτη αντοχής σε κρουστικό φορτίο (AIV), να αναγράφεται και το κοκκομετρικό κλάσμα στο οποίο αναφέρεται

3.3 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles

Σκοπός είναι ο προσδιορισμός της αντοχής των αδρανών υλικών σε τριβή και κρούση με τη μηχανή Los Angeles. Η δοκιμή αυτή, που επινοήθηκε και σχεδιάστηκε στο Εργαστήριο Δομικών της πόλης Los Angeles, θεωρείται η πιό κατάλληλη για τον προσδιορισμό της σκληρότητας, δυσθραυστότητας και ποσοστού μαλακών τεμαχίων των αδρανών υλικών από οποιαδήποτε άλλη δοκιμή για τους παρακάτω λόγους:

- Η δράση επί των αδρανών είναι πολύ ισχυρή, ώστε να αποκαλύπτεται οποιαδήποτε αδυναμία του υλικού.
- Είναι κατάλληλη τόσο για τα θραυστά όσο και για τα φυσικά αδρανή.
- Η δοκιμή είναι αρκετά σύντομη.
- Δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή του ειδικού βάρους των αδρανών, εξ αιτίας της μεγάλης χωρητικότητας του κυλίνδρου της μηχανής.
- Περιορίζεται σημαντικά η επίδραση αυτού που εκτελεί τη δοκιμή. Η δοκιμή που περιγράφεται παρακάτω είναι σύμφωνη με το πρότυπο A.S.T.M C 131, πρότυπο στο οποίο παραπέμπουν οι ισχύοντες ελληνικοί κανονισμοί.

Η μηχανή Los Angeles αποτελείται από ένα χαλύβδινο κύλινδρο, κλειστό στις βάσεις του, εσωτερικής διαμέτρου 710 mm και μήκους 510 mm. Η μηχανή στηρίζεται κατάλληλα ώστε να μπορεί να περιστρέφεται οριζόντια. Στην πλευρική επιφάνεια του κυλίνδρου υπάρχει θυρίδα από την οποία εισάγεται το δείγμα και η οποία κλείνει αεροστεγώς. Η θυρίδα είναι σχεδιασμένη έτσι που να διατηρεί την ίδια καμπυλότητα του κυλίνδρου. Στη εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου υπάρχει χαλύβδινη προεξοχή μήκους όσο και αυτό του κυλίνδρου, πλάτους 89 mm η οποία έχει την διεύθυνση της ακτίνας του κυλίνδρου.



Εικόνα 3.9: Συσκευή 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. 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 διαβαθμησμένα αδρανή κάτω από την επίδραση δυνάμεων τριβής και κρούσης. Οι δυνάμεις αυτές αναπτύσσονται κατά την περιστροφή του μεταλλικού κάδου της συσκευής μέσα στον οποίο συνυπάρχουν τα προς έλεγχο αδρανή και ειδικές μεταλλικές σφαίρες. Ο μεταλλικός κάδος έχει εσωτερικές διαστάσεις 71 mm διάμετρο και 508 mm μήκος. Η συνολική ποσότητα των

αδρανών που τοποθετείται στην συσκευή είναι 5000!10 gr και αποτελείται από μονόκοκκα αδρανή, ανάλογα με την διαβάθμιση του υλικού που χρησιμοποιείται. Οι μεταλλικές σφαίρες είναι διαμέτρου 46,8 mm και ο αριθμός που τοποθετείται στον κάδο εξαρτάται από την διαβάθμιση των αδρανών υλικών.

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 (ΝΟ 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%.

Πίνακας 3.1: Διαβάθμιση αδρανών για έλεγχο κατά Los Angeles κατά AASHTO

Κόσκινο (mm)		Ποσότητα αδρανών ανά διαβάθμιση			
		Διαβαθμίσεις			
Διερχόμενο	Συγκρ/νο	Α	Β	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			
Αριθμός σφαιρών		12	11	8	6

Η διαφορά μεταξύ του αρχικού και του τελικού βάρους του δείγματος εκφρασμένη σε ποσοστό % του αρχικού βάρους δίνει το ποσοστό φθοράς του υπό εξέταση αδρανούς υλικού.

Η % φθορά υπολογίζεται από τον τύπο:

$$W = \frac{A - B}{A} * 100$$

όπου:
W=η ζητούμενη φθορά

A = αρχικό βάρος του δείγματος

B = συγκρατούμενο βάρος στο κόσκινο No 12.

Πίνακας 3.2: Οριακές τιμές Los Angeles, PSV και AAV για σκληρά αδρανή επιφανειακών στρώσεων σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες

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

α) Συνήθης σύνθεση κυκλοφορίας, ποσοστό φορτηγών με ωφέλιμο φορτίο πλέον των 5 τόννων το πολύ 15%.
(β) Κατηγορία Α : προσεγγίσεις σε σηματοδότες, διαβάσεις πεζών και διασταυρώσεις, κυκλικοί κόμβοι και προσεγγίσεις σε κόμβους, καμπύλες σε οριζοντιογραφία με ακτίνα μικρότερη από 150 m ή ακτίνα μεγαλύτερη από 150 m και μέχρι 300 m, αν συνδυάζεται με κυρτή κατακόρυφη καμπύλη με ακτίνα μέχρι 800 m, σε δρόμους με όριο ταχύτητας πάνω από 65 Km/h, τμήματα με κλίση πάνω από 5% και μήκος πάνω από 100m.
(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, καμπύλες μεγάλης ακτίνας χωρίς επικίνδυνες διασταυρώσεις και άλλα χαρακτηριστικά που μπορούν να δημιουργήσουν επικίνδυνες θέσεις.

Για την αξιολόγηση των δεδομένων τώρα, με βάση τα αποτελέσματα της δοκιμής μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ένα αδρανές υλικό ως σκληρό, μαλακό ή ενδιάμεσης σκληρότητας. Για παρασκευή σκυροδέματος ανθεκτικού σε επιφανειακή φθορά (βιομηχανικά δάπεδα, σκυρόδεμα οδοποιϊας) ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος ορίζει τιμή Los Angeles όχι μεγαλύτερη από 40%. Για παρασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος οι προδιαγραφές (Π.Τ.Π. Α 265) ορίζουν την χρήση αδρανών με % φθορά μικρότερη του 40%.

Για τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή βάσεων και υποβάσεων στην οδοποιΐα, οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Τ.Π. Α155 και 150) ορίζουν τιμή Los Angeles όχι μεγαλύτερη του 50.

3.4 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.



Εικόνα 3.9: Συσκευή στίλβωσης αδρανών (PSV)

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.

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 3.9, 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 μm.

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 3.10. Με την συσκευή αυτή μετριέται η τιμή αντίστασης σε ολίσθηση των λειασμένων αδρανών.

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 ασφαλτικές 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.



Εικόνα 3.10: Συσκευή μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση-British pendulum

3.5 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.

Η συσκευή απότριψης, 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 διάρκεια 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 57 επιφανειακές στρώσεις οδοστρωμάτων ή ασφαλτικές επαλείψεις. Οι οριακές τιμές που προτείνονται από τις Ελληνικές προδιαγραφές, είναι ανάλογες με τον κυκλοφοριακό φόρτο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1 Αναλυθέντα δείγματα

Τα δείγματα που αναλύθηκαν με τη δοκιμή micro-deval είναι χαλαζίτες που προέρχονται από την περιοχή Σφυνάρι Δυτικής Κρήτης. Οι χαλαζίτες αυτοί είχαν αξιολογηθεί στα πλαίσια του προγράμματος ΄΄ΠΕΠ Κρήτης΄΄ για χρήση ως αντιολισθηρά υλικά, εκτιμώντας τις μηχανικές ιδιότητές τους σε δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV), σε δοκιμή αντίστασης σε απότριψη (AAV) και σε δοκιμή αντίστασης σε τριβή και κρούση (Los Angeles).

Συνολικά αναλύθηκαν 5 διαφορετικά δείγματα των οποίων οι μετρήσεις των παραπάνω δοκιμών φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Δοκιμή	Δείγμα 1^o	Δείγμα 2^o	Δείγμα 3^o	Δείγμα 4^o	Δείγμα 5^o
LA	24.18	35.6	34.4	34.8	21.96
PSV	57	50	49	51	59
AAV	3.5	18.1	9.2	10.5	2.9

4.1.1 Προετοιμασία του δείγματος για τη δοκιμή

Η μάζα του δείγματος στέλνεται στο εργαστήριο και πρέπει να έχει τουλάχιστον 2kg, και σειρά μεγέθους 10 και 14 mm.

Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε στο συσσωμάτωμα που περνά το κόσκινο 14mm και θα διατηρηθεί στο κόσκινο 10mm. Επιπλέον η βαθμολόγηση της δοκιμής θα συμμορφωθεί με μια από τις ακόλουθες απαιτήσεις:

μεταξύ 30% και 40% περασμένο από κόσκινο 11,5 mm ή
μεταξύ 60% και 70% περασμένο από κόσκινο 12,5 mm

Κοσκινίσαμε το εργαστηριακό δείγμα χρησιμοποιώντας τα κόσκινα 10mm, 11,2mm (ή 12,5mm) και 14mm για να δώσει τα χωριστά μέρη στη σειρά 10mm 11,2mm (ή

12,5mm) και 11,2mm (ή 12,5mm) 14mm. Πλύνομε κάθε μέρος χωριστά, σύμφωνα με 7,1 prEN 9331:1992, και τα ξεραίνουμε στο πλεόνασμα στους 110±5 °C στη σταθερή μάζα.

Αφήσαμε τα μέρη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ανακατεψαμε τα δύο μέρη για να παρέχουν ένα τροποποιημένο εργαστηριακό δείγμα 10mm 14mm που συμμορφώνεται με τις κατάλληλες πρόσθετες απαιτήσεις βαθμολόγησης που δίνονται στην παράγραφο 2 αυτής της πρότασης.

Μειώσαμε το τροποποιημένο εργαστηριακό δείγμα που προετοιμάζεται από τα μικτά μέρη στο μέγεθος μερίδας δοκιμής σύμφωνα με τις απαιτήσεις prEN 932-2. Η μερίδα δοκιμής θα απαρτίζεται από τα δείγματα δοκιμής, κάθε ένα που έχει μια μάζα 500±2 gr

4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Τοποθετήσαμε κάθε δείγμα δοκιμής (500gr) σε ένα χωριστό τύμπανο. Προσθέσαμε τις σφαίρες χάλυβα σε κάθε τύμπανο για να δώσετε μια δαπάνη 5000 gr.

Προσθέσαμε 2,5±0,5 lt νερό μέσα στο τύμπανο.

Εγκαταστήσαμε ένα καπάκι σε κάθε τύμπανο, και τα τοποθετήσαμε στους άξονες ρυμούλκησης.

Τα τύμπανα περιστρέφονται με μια ταχύτητα 100±5 min για 12000±5 περιστροφές.

Μετά από τη δοκιμή, συλλέξαμε το σύνολο και τις σφαίρες χάλυβα σε ένα τηγάνι, με προσοχή για να την αποφυγή απώλειας οποιουδήποτε συνόλου. Χρησιμοποιώντας το μπουκάλι πλύσης, πλύναμε προσεκτικά το εσωτερικό του τύμπανου και του καπακιού, και διατηρήσαμε την πλύση.

Αδειάσαμε το υλικό και όλα τα βρώμικα ύδατα στο κόσκινο 1,6mm που προστατεύεται από ένα κόσκινο προστασίας 8mm. Πλύναμε τα υλικά σε ένα ρεύμα καθαρού ύδατος.

Προσεκτικά χωρίσαμε τα συνολικά μόρια που διατηρούνται στο κόσκινο φρουράς 8mm από τις σφαίρες χάλυβα, που παίρνουν την προσοχή για να μην χάσει οποιαδήποτε συνολικά μόρια.

Τοποθετήσαμε τα συνολικά μόρια που διατηρούνται στο κόσκινο φρουράς 8mm επάνω σε έναν δίσκο. Προσθέσαμε το υλικό που διατηρείται στο κόσκινο 1,6mm στον ίδιο δίσκο.

Ξηράναμε το δίσκο και το περιεχόμενό του πλεονάσματος σε 110±5°C. Σύμφωνα με prEN 933-1 ολοκληρώνει τον προσδιορισμό της μάζας που διατηρείται στο κόσκινο 1,6mm.

Καταγράψαμε τη μάζα (m) που διατηρείται στο κόσκινο 1,6mm στο κοντινότερο γραμμάριο.

4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Για κάθε δείγμα δοκιμής υπολογίζουμε το M_{ed}(συντελεστή mocro- Deval) στις κοντινότερες 0.1 μονάδες χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση.

$$M_{ed} = 500\text{-}m / 5$$

Όπου:

M_{ed} = είναι συντελεστής micro-Dival (σε υγρό)

m= είναι η μάζα του δείγματος που διατηρείται σε ένα κόσκινο 1.6 mm, σε gr

Χρησιμοποιώντας τις τιμές που λαμβάνονται για τα δύο δείγματα δοκιμής, υπολογίσαμε τη μέση αξία του συντελεστή micro-Dival. Εκθέσαμε τη μέση αξία όπως ο συντελεστής micro-Dival για το δείγμα στο εργαστήριο και εκφράσαμε τη μέση αξία στον κοντινότερο ακέραιο αριθμό.

4.4 ΑΡΧΗ

Η δοκιμή καθορίζει το συντελεστή micro-Dival που είναι το ποσοστό του αρχικού δείγματος σε ένα μέγεθος μικρότερο από 1.6 mm, κατά τη διάρκεια του κυλίσματος. Αποτελείται από τη μέτρηση της ένδυσης που παράγεται από την τριβή μεταξύ των συνόλων και μιας λειαντικής δαπάνης σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο υπό τους καθορισμένους όρους

Όταν το κύλισμα είναι πλήρες, το ποσοστό που διατηρείται στο κόσκινο 1.6 mm χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί ο συντελεστής micro-Dival.

Η μέθοδος δοκιμής που περιγράφεται σε αυτά τα ευρωπαϊκά πρότυπα είναι η μέθοδος αναφοράς και πραγματοποιείται με το ξηρό σύνολο με την προσθήκη του ύδατος

για να δώσει μια αξία του M_{DE}. Το παράρτημα Α δίνει τις λεπτομέρειες για το πώς η δοκιμή μπορεί να εκτελεσθεί χωρίς την προσθήκη του ύδατος, για να δώσει μια αξία του M_{DS}.

Σημείωση: μια χαμηλότερη αξία του συντελεστή micro-Dival δείχνει μια καλύτερη αντίσταση στην ένδυση.

Συσκευασία

Όλες οι συσκευές θα προσαρμοστούν στις γενικές απαιτήσεις του prEN 932-5

4.5 Αποτελέσματα

Πίνακας 4.1 πίνακας αποτελεσμάτων δοκιμής micro-deval

ΔΕΙΓΜΑ	B	B΄	m_a	m_β	M_{eda}	$M_{ed\beta}$	$M.O.M_{ed}$
1^O	1777.4	1155.31	437.3	441.6	12.54	11.68	12.11
2^O	1695.8	1102.25	289.7	263.8	42.06	47.24	44.65
3^O	1592,8	1035,32	261,4	260,9	47,72	47,82	47,77
4^O	1648,5	1071,5	279,8	263,1	44,04	47,38	45,71
5^O	1405,0	913,3	459,9	461,2	8,02	7,76	7,89

B→ είναι το δείγμα που περνάει από το κόσκινο 12.5mm και μένει στο 10mm

B΄→ είναι το 60-70% (65%) του B

m_a→ είναι η μάζα του α δείγματος σε gr, που απέμεινε στο κόσκινο 1,6mm

m_β→ είναι η μάζα του β δείγματος σε gr, που απέμεινε στο κόσκινο 1,6mm

M_{ed}→ είναι ο συντελεστής micro-Dival (σε υγρό)

$M.O.M_{ed}$→είναι ο μέσος όρος του M_{eda} και του $M_{ed\beta}$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Τα αποτελέσματα των τεσσάρων δοκιμών και των πέντε δειγμάτων, φαίνονται στο πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 αποτελέσματα δοκιμών

Δοκιμή	Δείγμα 1ο	Δείγμα 2ο	Δείγμα 3ο	Δείγμα 4ο	Δείγμα 5ο
LA	24,18	35,6	34,4	34,8	21,96
Micro-Deval	12.11	44.65	47.77	45.71	7.89
PSV	57	50	49	51	59
AAV	3,5	18,1	9,2	10,5	2,9

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα το $1^{ο}$ και $5^{ο}$ δείγμα παρουσιάζουν καλές τιμές σε αντίθεση με το $2^{ο}$,$3^{ο}$ και $4^{ο}$.

Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της διαφορετικής ορυκτολογικής σύστασης, την διάταξη των κόκκων καθώς και το ποσοστό αποσάθρωσής τους.

Σύμφωνα με την έκθεση του προγράμματος ΄΄ΠΕΠ Κρήτης΄΄ τα δείγματα 1 και 5 είναι χαλαζίτες με ποσοστό χαλαζία πάνω από 95% και μικρό ποσοστό φυλλαρίων μοσχοβίτη. Ο χαλαζίας παρουσιάζει μεγάλη διαβάθμιση των κόκκων του, η υφή είναι συμπαγής με ολοκρυσταλλικό ιστό και συνδετικό υλικό μικροκρυσταλλικό χαλαζία.

Αντίθετα στα δείγματα 2,3 και 4 υπάρχει αρκετά μεγάλο ποσοστό φυλλαρίων μοσχοβίτη έως και 20%, έχουμε ύπαρξη χλωριτών και οργανικού υλικού καθώς επίσης και οι κόκκοι του χαλαζία παρουσιάζονται σπασμένοι.

Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω, αποδεικνύεται ότι η δοκιμή micro-deval είναι ικανή να μας δώσει αξιόπιστες τιμές, λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη πάντα, τιμές άλλων δοκιμών καθώς και πληροφοριών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βιδάκης Ε., Παπατρέχας Χ., «Για την καταλληλότητα των πετρωμάτων ως αδρανών υλικών ειδικών χρήσεων (αντιολισθηρά υλικά – σκύρα υλικά σιδηροδρομικών γραμμών) στην περιοχή Ντριμάρι κοινότητας Καλαμακίου του Ν. Φθιώτιδας», ΙΓΜΕ, Αθήνα, 1998

2. ΕΛΟΤ ΕΝ 13242, «Αδρανή για βάσεις και υποβάσεις σταθεροποιημένες ή με μη υδραυλικές κονίες για χρήση σε έργα πολιτικού μηχανικού και την κατασκευή δρόμων», 2003

3. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, «Γνωμάτευση υπ. αρ. 6480», Ορυκτολογική – Πετρογραφική μελέτη τριών προσκομισθέντων δειγμάτων, Αθήνα, 2007

4. Καζακόπουλος Α., «Ολισθηρότητα οδών και αντιολισθηρών κατασκευών», Συν. ΤΕΕ Κεντρικής Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 1992

5. Κορωναίος Γ. Αιμ., Πουλάκος Ι. Γ., «Τεχνικά Υλικά», Τόμος 4, Αθήνα, 2006

6. Λοϊζος Α., Πραπίδης Μ., Σταμουλάκης Γ., Σιαμόπουλος Γ., «Συμβολή για την αξιοποίηση νέων πηγών σκληρών αδρανών στο πλαίσιο της κατασκευής αντιολισθηρών ασφαλτικών οδοστρωμάτων», 2^{ο} Πανελλήνιο Συνέδριο Ασφαλτικών Μιγμάτων και Οδοστρωμάτων, 1996

7. Μαρσέλλο Ν., «Νέος κανονισμός τεχνολογίας σκυροδέματος (ΚΤΣ – 97)», Εκπαιδευτικά Σεμινάρια, Εκδόσεις Π Systems International ΑΕ, Αθήνα, 1997

8. Μουρατίδης Α., Πραπίδης Μ., Παπαβασιλείου & Καζακόπουλος Α., «Σύνταξη οδηγιών χρήσης σκληρών αδρανών για κατασκευή ασφαλτοταπήτων», Προσδιορισμός

θέσεων λατομείων σκληρών και μη αδρανών υλικών, Εγνατία Α.Ε., Θεσσαλονίκη, 1998

9. Μπούμπα Κ., «Η επίδραση της παιπάλης στην ποιότητα του σκυροδέματος », Διπλωματική Εργασία, Χανιά, 2008

10. Νικολαΐδης Α., Colwill D., Woodside A., Lafon J. F., «Αντιολισθηρές στρώσεις για την Εγνατία Οδό Α.Ε.», Εγνατία Α.Ε., Θεσσαλονίκη, 1999

11. Νικολαΐδης Α., Colwill D., Woodside A., Lafon J. F., «Αντιολισθηρές στρώσεις για την Εγνατία Οδό Α.Ε.», Εγνατία Α.Ε., Θεσσαλονίκη, 1999

12. Νταμπίτζιας Σ., Χρυσοστομίδης Π., Μάλτζαρης Φ., Νυμφόπουλος Μ., Σταϊκόπουλος Γ., Απόστολου Ν., Κουγκούλης Χ., Ηλιάδης Α., «Εντοπισμός και αξιολόγηση των σκληρών αδρανών πετρωμάτων την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας», ΠΜΚΜ – ΙΓΜΕ, Θεσσαλονίκη, 1999

13. Νταμπίτζιας Σ., Βεράνης Ν., Χρυσοστομίδης Π., Νυμφόπουλος Μ., Θεοδωρούσης Α., Ηλιάδης Α., Επιτρόπου Ν., Βουγιούκας Δ., Ράσσιου Α., Παλαιόκωστας Γ., Καραντάση Σ., «Έρευνα λατομικών περιοχών σκληρών αδρανών κατά μήκος της Εγνατίας Οδού, ΠΜΚΜ – ΙΓΜΕ, Θεσσαλονίκη, 2001

14. Παλαιόκωστας Γ., Βεράνης Ν., «Πρόδρομη έκθεση για τα σκληρά αδρανή πετρώματα για τους αντιολισθηρούς τάπητες και σκύρα σιδηροδρομικής γραμμής – Το κοίτασμα σκληρών αδρανών από βασάλτη – διάβαση στην περιοχή Λυκοπήγαδα Λαγκαδακίων του Ν. Γρεβενών», ΙΓΜΕ – ΠΜΔΜ, Κοζάνη, 1998

15. Ρηγόπουλος Ι., Πομώνης Π., Τσικούρας Β., Χατζηπαναγιώτου Κ., «Διερεύνηση καταλληλότητας βασικών οφιολιθικών πετρωμάτων της περιοχής Μικροκλεισούρας Γρεβενών για χρήση τους ως αντιολισθηρών αδρανών και σκύρων βάσης

σιδηροτροχιών», 2ο Συνέδριο της Επιτροπής Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας & Γεωχημείας, Θεσσαλονίκη, 2005

16. Στεφάνου Ιάκωβος Εργασία «Τσιμέντο» που εκπονήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος Τεχνολογία Δομικών και Αδρανών Υλικών, Χανιά, 2008

17. Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, «Δελτίο Αρ.10 Η Γεωλογία της Κύπρου», Λευκωσία, 200

18. Graf O., «Η σύνθεσις του κονιάσματος και του σκυροδέματος», Εκδόσεις Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα, 1934

19. William D. Callister, «Επιστήμη και Τεχνολογία Των Υλικών», Εκδόσεις Τζιόλα (5η Έκδοση), Αθήνα, 2004

20. Έργο: <<Ερυνα εντοπισμού και αξιολόγησης αδρανών υλικών, ανθρακικών και διακοσμητικών πετρωμάτων της νήσου Κρήτης>>. Β΄ ΚΠΣ, 9761802 ΠΕΠ ΚΡΗΤΗΣ

Ιστογραφία

- **http://www.vassiliko.com**
- **http://www.ntua.gr**
- **http://www.tee.gr**
- **http://www.titan.com**
- **http://www.hcia.com**
- **http://papadiotis.8m.com**
- **http://www.civil.auth.gr**
- **http://www.latomiki.gr**
- **http://www.ypodomi.gr**
- **http://www. ekepy.gr**
- **http://www.teithe.gr**
- **http://www.moa.gov.cy/mines**
- **http://www.tee.gr**

ΛΕΞΙΚΟ ΟΡΩΝ – GLOSSARY

Αδρανή	Aggregates
Πρόσθετα	Admixtures
Σκυρόδεμα	Concrete
Κανονισμός	Regulation
Παραγωγή	Production
Μεταφορά	Transportation
Άντληση	Pumping
Διάστρωση	Placement
Συμπύκνωση	Consolidation
Δόνηση	Vibration
Συντήρηση	Curing
Αφαίρεση Ξυλοτύπων	Forms stricking off
Δοκιμή	Test
Προδιαγραφή	Specification
Δοκίμιο	Specimen
Δείγμα	Sample
Κάθιση	Slump
Εργασιμότητα	Workability
Εξάπλωση	Flow
Συνεκτικότητα	Consistency
Υπερ – ρευστοποιητικό	Super plasticizer
Επιβραδυντικό	Retarder
Μεμβράνη συντήρησης	Curing membrane
Επισκευή	Repair
Κυψελωτό (σκυρόδεμα)	Honey combing (concrete)
Αντοχή	Strength
Θλιπτική αντοχή	Compressive strength
Εφελκυστική αντοχή	Tensile strength
Ανθεκτικότητα	Durability
Αναμικτήρας	Mixer
Αναμικτήρας σε Αυτοκίνητο	Truck mixer
Μελέτη συνθέσεως	Mix Design
Ποινές	Penalties
Κινούμενος μέσος όρος	Moving average
Ρωγμές	Cracks

Οδοστρώματα από σκυρόδεμα	Concrete pavement
Άκαμπτα οδοστρώματα	Rigid pavements
Εργαστήριο	Laboratory
Έλεγχος ποιότητος	Quality control
Διασφάλιση ποιότητος	Quality Assurance
Διαχείριση ποιότητος	Quality Management
Διακρίβωση	Calibration
Τυποποίηση	Standardization
Πιστοποίηση	Certification
Διαπίστευση	Accreditation
Επιθεώρηση	Inspection, Audit
Αξιολόγηση	Assessment
Πρώτες ύλες	Raw materials
Καρωτά	Cores
Έμμεσες Μέθοδοι (μη καταστροφικές)	Non destructive indirect methods