



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ ΕΜΠ**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

### **ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΣΩ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ**



**ΛΕΒΕΝΤΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Α. ΛΟΪΖΟΣ, Καθηγητής Ε.Μ.Π**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2011**



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στο πιστοποιημένο Εργαστήριο Οδοποιίας του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του ΕΜΠ, υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Ανδρέα Λοΐζου.

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Λοΐζο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αναθέτοντάς μου την παρούσα Διπλωματική Εργασία και επίσης για την πολύτιμη καθοδήγησή καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Η εργασία αυτή δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την καθημερινή και στενή συνεργασία με την κα Κωνσταντίνα Γεωργούλη, επιστημονικό συνεργάτη του Εργαστηρίου Οδοποιίας του ΕΜΠ, η οποία στάθηκε στο πλευρό μου καθ' όλη τη χρονική περίοδο που εργαζόμουν πάνω στην παρούσα έρευνα.

Σημαντική ήταν και η συμβολή της κας Χριστίνας Πλατή, οι συμβουλές της οποίας σε συγκεκριμένα θέματα που ανέκυψαν κατά την διάρκεια της εκπόνησης της έρευνας αυτής, με βοήθησαν στη συνέχιση των ερευνών μου. Ακόμη, να ευχαριστήσω τα μέλη του Εργαστηρίου Οδοποιίας του ΕΜΠ για την πρόθυμη βοήθειά τους, όποτε τη χρειάστηκα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Διονύση Μύλωνα, Χημικό Μηχανικό ΕΜΠ, MSc, MBA και την Σοφία Ιωάννου, Φιλολόγο του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την συμβολή τους στην συγγραφή του κειμένου, Τέλος, δεν θα πρέπει να παραλείψω την οικογένεια μου και τους φίλους μου, για την πολύτιμη στήριξη που μου παρείχαν, ο καθένας με τον τρόπο του.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας πραγματοποιείται διερεύνηση της αλληλεπίδρασης των μεγεθών της διηλεκτρικής σταθεράς, του ποσοστού των κενών και του μέτρου δυσκαμψίας νέων ασφαλτομιγμάτων. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές δοκιμές σε δοκίμια Marshall, για τον προσδιορισμό των παραπάνω μεγεθών. Κατόπιν επεξεργασίας και ανάλυσης των στοιχείων συλλογής, αναπτύχθηκαν μοντέλα για το συσχετισμό του μέτρου δυσκαμψίας με τη διηλεκτρική σταθερά, του μέτρου δυσκαμψίας με το ποσοστό των κενών και του ποσοστού των κενών με τη διηλεκτρική σταθερά. Μέσω αυτής της διαδικασίας πιστεύεται ότι δίνεται η δυνατότητα προσδιορισμού τόσο του μέτρου δυσκαμψίας, όσο και του ποσοστού των κενών, μέσω μιας εναλλακτικής μεθόδου, η οποία συνίσταται στον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς. Τα σχετικά αποτελέσματα περιλαμβάνονται στην παρούσα εργασία.

## **ABSTRACT**

In the framework of the present Diploma Thesis, the interaction between dielectric constant, air voids content and stiffness modulus of new hot mix asphalt mixtures, is investigated. For this purpose, laboratory testing was performed on hot mix asphalt Marshall specimens, for the determination of the above mentioned characteristics. Through the data analysis process, models correlating stiffness modulus with dielectric constant, stiffness modulus with air voids content and air voids content with dielectric constant, were developed. It is believed that through this process, the opportunity is given for estimating stiffness modulus and air voids content, with an alternative way such as the measurement of the dielectric constant. The relevant results are included in the present study.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΑ.....</b>	<b>4</b>
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	4
2.2 ΑΣΦΑΛΤΟΣ .....	5
2.3 ΑΔΡΑΝΗ .....	5
2.4 ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΕΝΩΝ.....	8
2.4.1 Μέθοδοι προσδιορισμού του ποσοστού των κενών.....	9
2.4.1.1 Αμερικάνικα πρότυπα ASTM.....	10
2.4.1.2 Ευρωπαϊκά πρότυπα EN .....	11
2.5 ΤΥΠΟΙ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ .....	13
2.5.1 Αντιολισθηρή στρώση.....	13
2.5.2 Ισοπεδωτική στρώση.....	16
2.6 ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΤΑ MARSHALL.....	18
2.6.1 Γενικά στοιχεία .....	18
2.6.2 Προσδιορισμός ιδιοτήτων αδρανών και ασφάλτου.....	18
2.6.2.1 Δοκιμή μάλθωσης .....	18
2.6.2.2 Δοκιμή διείσδυσης.....	20
2.6.2.3 Δοκιμή ελαστικής συμπεριφοράς .....	21
2.6.2.4 Δοκιμή ολκιμότητας.....	22
2.6.3 Παρασκευή δοκιμών MARSHALL .....	22
2.6.4 Προσδιορισμός ευστάθειας και παραμόρφωσης.....	22
2.6.5 Υπολογισμός βέλτιστης περιεκτικότητας της ασφάλτου .....	22
2.6.5.1 Φαινόμενο ειδικό βάρος .....	23
2.6.5.2 Δοκιμή RICE .....	23
2.6.5.3 Υπολογισμός κενών .....	24
<b>3. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ .....</b>	<b>27</b>
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	27
3.2 ΜΕΤΡΟ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ.....	27
3.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ.....	29
3.3.1 Εργαστηριακός προσδιορισμός μέτρου δυσκαμψίας .....	29
3.3.2 Προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας με χρήση αλγορίθμων .....	30
3.3.3 Επί τόπου προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας.....	31
<b>4. ΓΕΩΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ.....</b>	<b>33</b>
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	33
4.2 ΟΡΙΣΜΟΙ.....	33
4.3 Η ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΑ ΤΩΝ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ.....	34
4.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΤΩΝ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ.....	35

4.4.1 Γενικά .....	35
4.4.2 Εργαστηριακός προσδιορισμός.....	35
4.4.3 Επί τόπου προσδιορισμός της διηλεκτρικής σταθεράς .....	37
4.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ .....	38
4.5.1 Γενικά .....	38
4.5.2 Η επίδραση του νερού.....	38
4.5.3 Η επίδραση της θερμοκρασίας και της συχνότητας.....	39
<b>5. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ .....</b>	<b>40</b>
5.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	40
5.2 ΔΟΚΙΜΙΑ ΙΣΟΠΕΔΩΤΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ.....	40
5.2.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Α.....	41
5.2.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Β.....	44
5.2.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Γ.....	46
5.2.4 Χαρακτηριστικά ασφάλτου.....	48
5.2.5 Ποσοστά ασφάλτου .....	48
5.3 ΔΟΚΙΜΙΑ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ.....	49
5.3.1 Τύπος αδρανούς: διαβάσης .....	49
5.3.1.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου Ι .....	51
5.3.1.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου ΙΙ .....	53
5.3.1.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου ΙΙΙ .....	55
5.3.1.4 Ποσοστά ασφάλτου.....	57
5.3.2 Τύπος αδρανούς: γάββρος .....	57
5.3.2.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου Ι .....	59
5.3.2.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου ΙΙ .....	61
5.3.2.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου ΙΙΙ .....	63
5.3.2.4 Ποσοστά ασφάλτου.....	65
5.3.3 Τύπος αδρανούς: σκωρία .....	65
5.3.3.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου Ι .....	67
5.3.3.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου ΙΙ .....	69
5.3.3.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου ΙΙΙ .....	71
5.3.3.4 Ποσοστά ασφάλτου.....	73
5.3.4 Τύπος αδρανούς: σπηλίτης.....	73
5.3.4.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου Ι .....	75
5.3.4.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου ΙΙ .....	77
5.3.4.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου ΙΙΙ .....	79
5.3.4.4 Ποσοστά ασφάλτου.....	81
5.3.5 Χαρακτηριστικά ασφάλτου.....	81
<b>6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &amp; ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....</b>	<b>83</b>

6.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	83
6.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΕΝΩΝ .....	83
6.2.1 Δοκίμη RICE.....	83
6.2.2 Προσδιορισμός του φαινομένου ειδικού βάρους .....	84
6.2.2.1 Αμερικάνικα πρότυπα ASTM.....	84
6.2.2.2 Ευρωπαϊκά πρότυπα (EN).....	87
6.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑ .....	88
6.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ.....	89
<b>7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....</b>	<b>93</b>
7.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	93
7.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΩΝ ΚΕΝΩΝ .....	93
7.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΩΝ ΚΕΝΩΝ .....	99
7.3.1 Δοκίμια ισοπεδωτική στρώσης .....	99
7.3.2 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης .....	100
7.3.2.1 Δοκίμια με τύπο αδρανούς το διαβάσης.....	100
7.3.2.2 Δοκίμια με τύπο αδρανούς το γάββρο.....	101
7.3.2.3 Δοκίμια με τύπο αδρανούς τη σκωρία .....	102
7.3.2.4 Δοκίμια με τύπο αδρανούς το σπηλίτη .....	103
7.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΜΕ ΤΟ ΜΕΤΡΟ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ .....	104
7.4.1 Δοκίμια ισοπεδωτικής στρώσης .....	104
7.4.2 Αντιολισθηρή στρώση.....	105
7.4.2.1 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση.....	105
7.4.2.2 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρος .....	106
7.4.2.3 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία .....	107
7.4.2.4 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη .....	108
7.5 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΡΟ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΩΝ ΚΕΝΩΝ .....	109
7.5.1 Δοκίμια ισοπεδωτικής στρώσης .....	109
7.5.2 Αντιολισθηρή στρώση.....	110
7.5.2.1 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση.....	110
7.5.2.2 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρος .....	111
7.5.2.3 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία .....	112
7.5.2.4 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη .....	112
7.6 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ .....	113
7.6.1 Γενική συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών .....	114
7.6.1.1 Δοκίμια ασφαλτομίγματος αντιολισθηρή στρώσης.....	114
7.6.1.2 Δοκίμια ασφαλτομίγματος ισοπεδωτικής και αντιολισθηρή στρώσης .....	115
7.6.2 Γενική συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς και του μέτρου δυσκαμψίας.....	116
7.6.2.1 Δοκίμια ασφαλτομίγματος αντιολισθηρή στρώσης.....	116
7.6.2.2 Δοκίμια ασφαλτομίγματος ισοπεδωτικής και αντιολισθηρή στρώσης .....	117
7.6.3 Γενική συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας με το ποσοστό των κενών .....	118
7.6.3.1 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης .....	118
7.6.3.2 Δοκίμια ασφαλτομίγματος ισοπεδωτικής και αντιολισθηρή στρώσης .....	119

7.6.4 Γενικές συσχετίσεις του μέτρου δυσκαμψίας στους 15 °C .....	120
7.6.4.1 Γενική συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας στους 15 °C με τη διηλεκτρική σταθερά .....	120
7.6.4.2 Γενική συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας στους 15 °C με το ποσοστό των κενών.....	122
<b>8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>124</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>128</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>132</b>
<i>Δεδομένα μελέτης σύνθεσης .....</i>	<i>133</i>
<i>Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού της διηλεκτρικής σταθεράς .....</i>	<i>138</i>
<i>Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού του ποσοστού των κενών: Μέθοδος ASTM .....</i>	<i>143</i>
<i>Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού του ποσοστού των κενών: Μέθοδος EN .....</i>	<i>151</i>
<i>Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού του ποσοστού των κενών: Μέθοδος 'Κατά     διαστάσεων' .....</i>	<i>156</i>
<i>Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού του μέτρου δυσκαμψίας .....</i>	<i>171</i>
<i>Συγκεντρωτικοί Πίνακες.....</i>	<i>181</i>



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Το οδόστρωμα είναι ένα από τα σημαντικότερα πάγια περιουσιακά στοιχεία για τους φορείς διαχείρισης ενός οδικού δικτύου. Παράλληλα, η κατάσταση του οδοστρώματος αφορά άμεσα στους χρήστες της οδού, δεδομένου ότι συνδέεται με την ποιότητα κύλισης, την ασφάλεια της κυκλοφορίας, το λειτουργικό κόστος του οχήματος, την ταχύτητα των οχημάτων, τους χρόνους μετακίνησης, και γενικά με το κόστος που επιβαρύνει τους χρήστες της οδού. Κατά συνέπεια, είναι ιδιαίτερης σημασίας ο ορθός σχεδιασμός ενός οδοστρώματος, ο έλεγχος των παραμέτρων σύνθεσης των μιγμάτων των επιμέρους στρώσεων του, καθώς και η περιοδική παρακολούθηση της συμπεριφοράς του στα πλαίσια της βέλτιστης διαχείρισης της συντήρησης του. Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στα ασφαλτομίγματα και πιο συγκεκριμένα, στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τους κατά το στάδιο της μελέτης και κατασκευής ενός οδοστρώματος.

Ως χαρακτηριστικά του ασφαλτομίγματος ορίζονται τα μεγέθη εκείνα τα οποία καθορίζουν τη συμπεριφορά του. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα μηχανικά χαρακτηριστικά και το ποσοστό των κενών του μίγματος. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά, όπως το μέτρο δυσκαμψίας του ασφαλτομίγματος, προσδιορίζουν εκτός άλλων, το μέγιστο επιβαλλόμενο φορτίο, τη μέγιστη ελαστική παραμόρφωση και την καμπτική αντοχή, και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά του ασφαλτομίγματος και κατ' επέκταση του οδοστρώματος. Επιπλέον, το ποσοστό των κενών είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος της σύνθεσης του ασφαλτομίγματος η οποία καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αντοχή του. Δεδομένων των παραπάνω, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για τον προσδιορισμό των προαναφερθέντων μεγεθών.

Σύμφωνα με αυτές, ο προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας πραγματοποιείται είτε μέσω αλγόριθμων, είτε εργαστηριακά με ειδικές συσκευές. Όσον αφορά στον προσδιορισμό των κενών, οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί προϋποθέτουν την ύπαρξη κατάλληλου εργαστηριακού εξοπλισμού. Παρόλο, που οι αλγόριθμοι οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας των ασφαλτομιγμάτων είναι ευρέως διαδεδομένοι, η εφαρμογή τους δεν είναι πάντα επιτυχής παρουσιάζοντας σε αρκετές περιπτώσεις σημαντικές αποκλίσεις. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ανάπτυξή τους έχει βασιστεί σε συγκεκριμένα μίγματα τα οποία όπως είναι αναμενόμενο δεν είναι δυνατόν να είναι αντιπροσωπευτικά αυτών που χρησιμοποιεί κάθε χώρα ή κατασκευαστής. Επιπλέον, οι εργαστηριακές μέθοδοι να μεν συμβάλουν στην άρση αυτής της ασυμβατότητας αλλά απαιτείται η ύπαρξη κατάλληλου εργαστηριακού εξοπλισμού, ο οποίος δεν είναι πάντα διαθέσιμος. Υπό το πρίσμα των παραπάνω, διαφαίνεται η ανάγκη διερεύνησης μιας εναλλακτικής μεθόδου προσδιορισμού των υπόψη χαρακτηριστικών (μέτρο δυσκαμψίας και

ποσοστό κενών) των ασφαλτομιγμάτων, η οποία να είναι ταχεία, εύκολα εφαρμόσιμη και να παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα. Προς την κατεύθυνση αυτή, στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται η εφικτότητα προσδιορισμού του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών των ασφαλτομιγμάτων μέσω των γεωφυσικών τους χαρακτηριστικών.

Τα γεωφυσικά χαρακτηριστικά των ασφαλτομιγμάτων, σχετίζονται κυρίως με τις διηλεκτρικές τους ιδιότητες. Η διερεύνηση των διηλεκτρικών ιδιοτήτων των ασφαλτομιγμάτων, και κυρίως του μεγέθους της διηλεκτρικής σταθεράς, έχει αποτελέσει αντικείμενο αρκετών ερευνών (Saarenketo 1997, Dashevskya κ.α 2004). Παρόλο που από τις υπόψη έρευνες αναδεικνύεται η χρησιμότητά της στο πλαίσιο αξιολόγησης των οδοστρωμάτων γενικότερα αλλά και των ασφαλτομιγμάτων ειδικότερα, η έννοια της διηλεκτρικής σταθεράς, δεν είναι ιδιαίτερος διαδεδομένη στον κλάδο των οδοστρωμάτων

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της σχέσης αλληλεπίδρασης, μεταξύ των μεγεθών της διηλεκτρικής σταθεράς, του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών. Για το σκοπό αυτό, παρασκευάστηκαν 139 δοκίμια Marshall ασφαλτομίγματος, τα οποία υποβλήθηκαν σε εργαστηριακές δοκιμές για τον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς, του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών. Η επεξεργασία και ανάλυση των συλλεχθέντων στοιχείων οδήγησε στην ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων, τα οποία περιγράφουν την αλληλεπίδραση μεταξύ της διηλεκτρικής σταθεράς και του μέτρου δυσκαμψίας, της διηλεκτρικής σταθεράς και του ποσοστού των κενών και τέλος του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών.

Μέσω αυτής της διαδικασίας, πιστεύεται ότι δίνεται η δυνατότητα προσδιορισμού τόσο των μηχανικών χαρακτηριστικών, όσο και του ποσοστού των κενών, μέσω μίας απλής μέτρησης, αυτή της διηλεκτρικής σταθεράς, σε αντίθεση με τις μεθόδους που εφαρμόζονται, οι οποίες απαιτούν ειδικό εργαστηριακό εξοπλισμό και είναι χρονοβόρες.

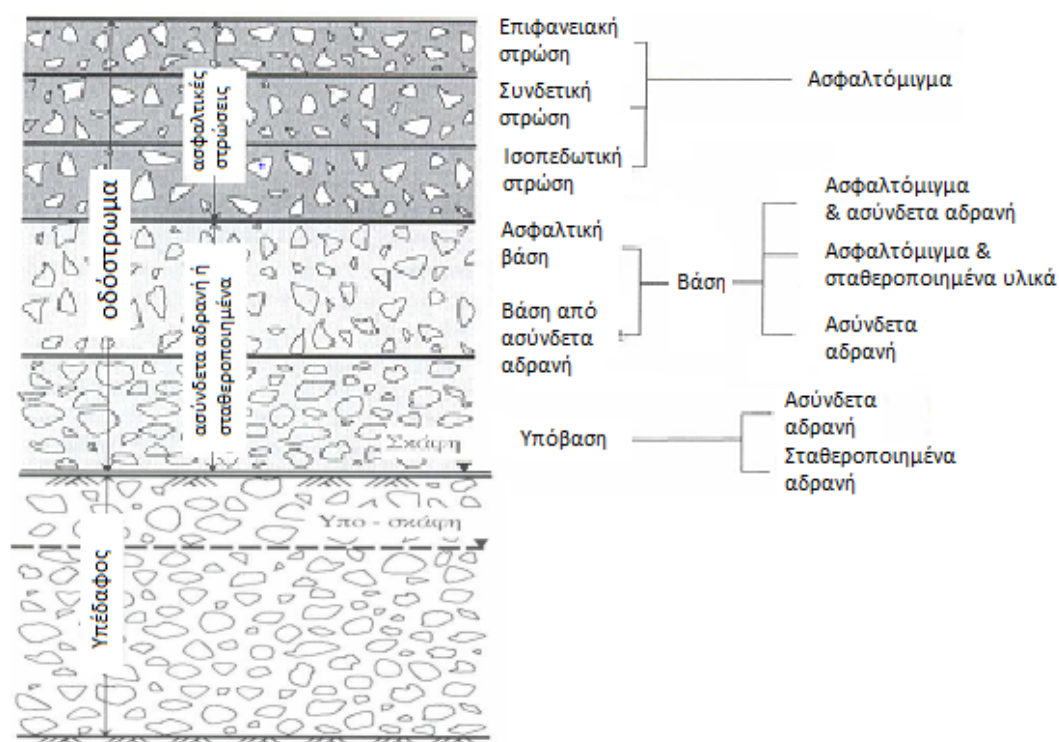
Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει οχτώ κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο, περιλαμβάνει την εισαγωγή. Το δεύτερο κεφάλαιο, περιλαμβάνει κάποια γενικά στοιχεία περί των ασφαλτομιγμάτων. Το τρίτο κεφάλαιο, αναφέρεται στα μηχανικά χαρακτηριστικά των ασφαλτομιγμάτων και πιο συγκεκριμένα στο μέτρο δυσκαμψίας. Το τέταρτο κεφάλαιο, αναφέρεται στα γεωφυσικά χαρακτηριστικά των ασφαλτομιγμάτων, και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε θέματα που αφορούν τη διηλεκτρική σταθερά. Το πέμπτο κεφάλαιο, αφορά στην παρασκευή των δοκιμίων. Το έκτο κεφάλαιο, περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή των πειραματικών διατάξεων, για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του ασφαλτομίγματος που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ακολουθεί το έβδομο κεφάλαιο, όπου παρουσιάζεται η ανάλυση των συλλεχθέντων στοιχείων. Στο όγδοο κεφάλαιο, αναπτύσσονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς και σχετικά σχόλια. Τέλος,

στο παράρτημα περιλαμβάνονται όλοι οι πίνακες με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών.

## 2. ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΑ

### 2.1 Γενικά

Το ασφαλτόμιγμα αποτελεί ένα υλικό οδοστρώσας, από το οποίο κατασκευάζονται οι ανώτερες στρώσεις ενός οδοστρώματος (ασφαλτικές στρώσεις). Οι ασφαλτικές στρώσεις περιλαμβάνουν την ασφαλτική βάση, την ισοπεδωτική στρώση, και την επιφανειακή στρώση, η οποία σύμφωνα με τις προδιαγραφές έργων οδοστρώσας, θα πρέπει να είναι αντιολισθηρή. Στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζεται η δομή μιας τυπικής διατομής ενός οδοστρώματος.



Εικόνα 2.1: Δομή οδοστρώματος

Τα ασφαλτομίγματα θα πρέπει να ικανοποιούν κάποιες βασικές απαιτήσεις, ώστε να ανθίστανται στην παραμένουσα παραμόρφωση και στη ρηγμάτωση από κόπωση, να προσφέρουν υδατοστεγανότητα στις υποκείμενες στρώσεις, και να συνεισφέρουν στη φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος (Yoder & Witczak 1987). Όσον αφορά στα ασφαλτομίγματα της αντιολισθηρής στρώσης, θα πρέπει επιπλέον να παρέχουν καλή αντιολισθητική ικανότητα και ποιότητα κύλισης. Επομένως, η σύνθεση του ασφαλτομίγματος δύναται να διαφοροποιηθεί ανάλογα με τη στρώση για την οποία προορίζεται.

Το ασφαλτόμιγμα αποτελείται από δύο βασικά υλικά: την άσφαλτο και τα αδρανή. Επιπλέον, ένα σημαντικό ποσοστό του όγκου του μίγματος καταλαμβάνεται από τον αέρα, ο οποίος συμπληρώνει τα κενά του (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2: Δομή ασφαλτομίγματος

Ακολούθως, αναφέρονται αναλυτικά στοιχεία σχετικά με τη σύσταση του ασφαλτομίγματος.

## 2.2 Ασφάλτος

Η άσφαλτος αποτελεί το συνδετικό υλικό, το οποίο προσδίδει στο ασφαλτόμιγμα συνοχή και ομοιομορφία. Λόγω της ιξωδοελαστικής συμπεριφοράς της επηρεάζεται: πρώτον, από τις μεταβολές της θερμοκρασίας και, αναλόγως, ρευστοποιείται με την αύξηση της ή στερεοποιείται με τη μείωση της, και δεύτερον, από το χρόνο φόρτισης, ο οποίος όσο αυξάνει, τόσο περισσότερο παραμορφώνεται το υλικό. Η ιδιότητα αυτή της ασφάλτου, τελικά, έχει ως αποτέλεσμα το ασφαλτόμιγμα να αποκτά ιξωδοελαστική συμπεριφορά, και να μεταβάλλει αντιστοίχως τη συμπεριφορά του ανάλογα με τις μεταβολές των μεγεθών, της θερμοκρασίας και το χρόνο επιβολής της φόρτισης. Επομένως, γίνεται κατανοητή η σπουδαιότητα του καθορισμού του εύρους των μεγεθών αυτών, ώστε να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση του οδοστρώματος. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ασφάλτου, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από το δείκτη PEN (20/30, 50/70, 80/100, 120/150, 180/220, 220/320). Ο δείκτης αυτός προσδιορίζεται από τη δοκιμή διείσδυσης (penetration test), η οποία περιγράφεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο. Η επιλογή του τύπου γίνεται βάσει των περιβαλλοντολογικών συνθηκών της περιοχής, όπου θα κατασκευαστεί το οδόστρωμα και του κυκλοφοριακού φόρτου. Συνήθως η περιεκτικότητα ασφάλτου στο μίγμα κυμαίνεται από 3,8% – 5,3% και εξαρτάται από την κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών.

## 2.3 Αδρανή

Τα αδρανή αποτελούν το δομικό σκελετό του ασφαλτομίγματος, προσδίδοντάς του αντοχή και ανθεκτικότητα. Διακρίνονται σε θραυστά και συλλεκτά. Τα θραυστά προέρχονται από την κατεργασία του πετρώματος στα λατομεία με ειδικά μηχανήματα, τους σπαστήρες.

Χρησιμοποιούνται στις ανώτερες ασύνδετες στρώσεις του οδοστρώματος (βάση) και στις ασφαλτικές στρώσεις, καθώς διαθέτουν πολύ καλά μηχανικά χαρακτηριστικά. Τα συλλεκτά αδρανή είναι υλικά φυσικών αποθέσεων, όπως το χαλίκι το αμμοχάλικο και η φυσική άμμος. Δημιουργούνται από φυσικές διαδικασίες και συλλέγονται από τα ποτάμια, τους χείμαρρους ή τις ακτές. Έχουν μικρότερο κόστος από τα θραυστά και χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή της υπόβασης.

Για τον καθορισμό της καταλληλότητας των αδρανών πραγματοποιούνται δοκιμές, κατά τις οποίες προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά τους. Οι κυριότερες είναι η δοκιμή του ισοδύναμου άμμου, και η δοκιμή με τη συσκευή Los Angeles, ενώ υπάρχουν και πολλές άλλες, όπως η δοκιμή αντοχής σε συντριβή του πετρώματος, η δοκιμή ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση ή έλεγχος υγείας, η δοκιμή << μπλε>> του μεθυλενίου κ.α.

Η δοκιμή του ισοδύναμου της άμμου εκτελείται με σκοπό τον γρήγορο καθορισμό της αναλογίας της λεπτότατης σκόνης, αργιλώδους μορφής, στα αδρανή (Λοϊζος 2011). Πραγματοποιείται σε ειδικό διαφανή ογκομετρικό σωλήνα (Εικόνα 2.3), στον οποίο τοποθετείται επαρκής ποσότητα αδρανών υλικών, τα οποία διέρχονται από το κόσκινο των 4,75 mm, μαζί με υδατικό διάλυμα χλωριούχου νατρίου, γλυκερίνης και φορμαλδεΰδης (Νικολαΐδης 2005α).



Εικόνα 2.3 : Ογκομετρικός σωλήνας

Το περιεχόμενο του σωλήνα αναταράσσεται με παλινδρομικές κινήσεις, 90 φορές σε 30 δευτερόλεπτα, και αφήνεται να ηρεμήσει για 20 λεπτά. Κατόπιν, μετριέται το ύψος της άμμου (h) και της αργίλου (H) και προσδιορίζεται το ισοδύναμο της άμμου από την ακόλουθη σχέση:

$$I.A. = (h / H) * 100 \quad (2.1)$$

Η ύπαρξη χαμηλού ισοδύναμου άμμου χαρακτηρίζει το αδρανές ως μη ‘καθαρό’, και είναι ένδειξη ότι πιθανότατα στα λεπτόκοκκα αδρανή του μίγματος, περιέχεται επιβλαβής ποσότητα πολύ λεπτών κόκκων, διαστάσεων αργίλου, τα οποία πιθανόν να είναι ανεπιθύμητα στο μίγμα.

Η δεύτερη δοκιμή για αντοχή σε τριβή και κρούση εξετάζεται με τη δοκιμή Los Angeles, η οποία εκτελείται σύμφωνα με τις αμερικάνικες προδιαγραφές C131-06 (ASTM 2011στ), χρησιμοποιώντας την ειδική συσκευή Los Angeles. Κατά τη δοκιμή, δείγμα αδρανών υλικών βάρους 5Kg, τοποθετείται μέσα στην συσκευή (Εικόνα 2.4) μαζί με 6-12 σφαίρες βάρους 0,44Kg (Λοΐζος 2011).



Εικόνα 2.4: Συσκευή Los Angeles

Εν συνεχεία, η συσκευή αρχίζει να περιστρέφεται και μετά από 500 στροφές το δείγμα εξάγεται. Τέλος, ζυγίζεται το βάρος του συγκροτούμενου υλικού των αδρανών από το κόσκινο Νο 12 και υπολογίζεται ο δείκτης LA από τη σχέση:

$$LA = ((A-B)/A)*100 \quad ( 2.2 )$$

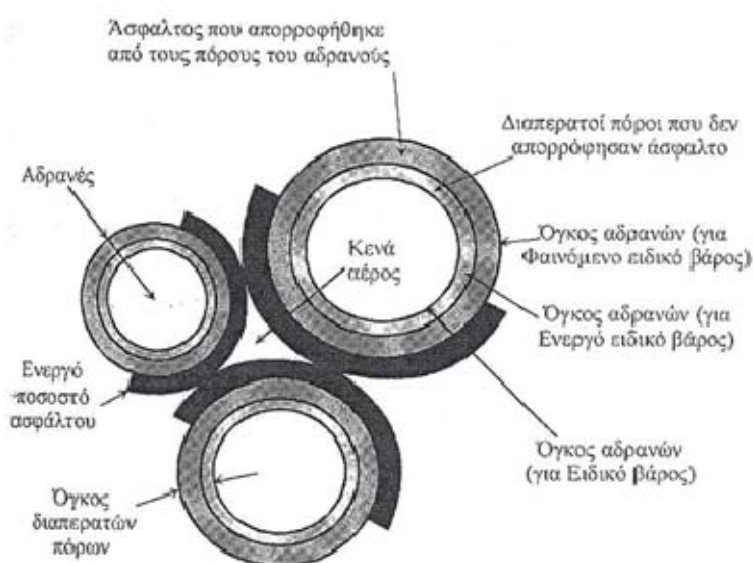
Όπου A: το αρχικό βάρος του δείγματος

B: το συγκροτούμενο βάρος του δείγματος από το κόσκινο Νο 12, με το πέρας της δοκιμής

Μικρός δείκτης LA φανερώνει ότι το αδρανές έχει μεγάλη αντοχή σε κρούση, και επομένως, τα αδρανή του δεν θα θραυστούν κατά τη συμπύκνωση.

## 2.4 Ποσοστό κενών

Με τον όρο κενά ασφαλτομίγματος ορίζονται οι θύλακες αέρα που βρίσκονται ανάμεσα στα επικαλυμμένα με άσφαλτο αδρανή ενός συμπιεσμένου ασφαλτομίγματος. Η μελέτη των κενών αποτελεί βασικό στοιχείο κάθε μελέτης ασφαλτομίγματος, και ως εκ τούτου, ο προσδιορισμός αυτών αποκτά αυξημένη βαρύτητα. Υπάρχουν τριών ειδών κενά: τα κενά των αδρανών σε ένα συμπυκνωμένο μείγμα (Voids in the Mineral Aggregate: VMA), τα κενά που έχουν πληρωθεί με άσφαλτο (Voids Filled with Asphalt: VFA) και τα κενά του συμπιεσμένου ασφαλτομίγματος που πληρώνονται με αέρα (Percent Air Voids: PAV) ή άλλο υλικό (π.χ. νερό). Το σημαντικότερο από αυτά είναι το ποσοστό των κενών του ασφαλτομίγματος (PAV).



Εικόνα 2.5: Μικροσκοπική ανάλυση των αδρανών του ασφαλτομίγματος

Η ανθεκτικότητα των μιγμάτων, εξασφαλίζεται με κατάλληλο σχεδιασμό των παραπάνω ογκομετρικών στοιχείων του ασφαλτομίγματος. Σε περίπτωση όμως που το ασφαλτομίγμα περιέχει υψηλό ποσοστό κενών αέρα, όχι μόνο ο αέρας εισέρχεται στο σώμα του ασφαλτομίγματος προκαλώντας οξείδωση της ασφάλτου και επομένως γρηγορότερη γήρανση του ασφαλτομίγματος, αλλά το μίγμα είναι και πιο επιρρεπές σε ρηγμάτωση και σε παραμένουσες παραμορφώσεις (Εικόνα 2.6). Σε αντίθετη περίπτωση, χαμηλές τιμές του ποσοστού των κενών αέρα ενδέχεται να οδηγήσουν σε τροχοαυλάκωση, καθώς δεν θα υπάρχει το απαιτούμενο ποσοστό κενών, ώστε το συνδετικό υλικό να εισέλθει και να καλύψει τα αδρανή. Επίσης, μειώνεται η ικανότητα πρόσφυσης, λόγω της περίσσειας της ασφάλτου γύρω από το αδρανές, και κατά συνέπεια οδηγείται σε απώλεια της μικροϋφής του, ενώ υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ανάδυσης του συνδετικού υλικού, με συνέπεια την έλλειψη και της μακροϋφής.





α

β

Εικόνα 2.6: Ρηγμάτωση και Τροχοαυλάκωση ασφαλτομίγματος

Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα κατανοητή, η σπουδαιότητα προσδιορισμού του ποσοστού των κενών αέρα στο ασφαλτόμιγμα, στο πλαίσιο του σχεδιασμού ενός οδοστρώματος.

#### **2.4.1 Μέθοδοι προσδιορισμού του ποσοστού των κενών**

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών σε συμπαγή δοκίμια, από το αμερικάνικο πρότυπο D3203-05 (ASTM 2011γ), προτείνεται η χρησιμοποιείται της ακόλουθης σχέσης:

$$PAV = 100 \times (G_{max} - G) / G_{max} \quad (2.3)$$

Οπού  $G_{max}$ : θεωρητικό μέγιστο ειδικό βάρος ( $g/cm^3$ )

$G$ : φαινόμενο ειδικό βάρος ( $g/cm^3$ )

Όπως παρατηρείται από την σχέση 2.3, για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών απαιτείται ο υπολογισμός, του θεωρητικού μέγιστου ειδικού βάρους και του φαινόμενου ειδικού βάρους. Για τον προσδιορισμό του πρώτου μεγέθους, ακολουθείται η μεθοδολογία που προτείνεται από την D2041 (ASTM 2011β) γνωστή ως μέθοδος RICE, η οποία αναλύεται στη συνέχεια του κεφαλαίου. Όσον αφορά τον προσδιορισμό του δεύτερου μεγέθους, τόσο τα αμερικάνικα (ASTM) όσο και τα ευρωπαϊκά πρότυπα (EN) προτείνουν διάφορες μεθόδους, ανάλογα με τον τύπο του ασφαλτομίγματος (κλειστού ή ανοιχτού τύπου). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται λεπτομερώς οι μέθοδοι των αμερικάνικων και των ευρωπαϊκών προτύπων.

#### 2.4.1.1 Αμερικάνικα πρότυπα ASTM

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών, σε συμπαγή δοκίμια παρασκευασμένα στο εργαστήριο ή πυρήνες, οι οποίοι έχουν ληφθεί από το οδόστρωμα, εξαρτάται από τον τύπο του ασφαλτομίγματος, δηλαδή αν είναι κλειστού ή ανοιχτού τύπου σύμφωνα με το πρότυπο D3203-05 (ASTM 2011γ). Στην περίπτωση δοκιμών κλειστού τύπου, με ποσοστό κενών PAV <10%, προτείνεται η μέθοδος D2726 (ASTM 2011ε), κατά την οποία προσδιορίζεται το φαινόμενο ειδικό βάρος σε g/cm<sup>3</sup>, από τη σχέση:

$$\text{Φαινόμενο ειδικό βάρος} = m_1 / (m_3 - m_2) \quad (2.4)$$

Οπού  $m_1$ : η μάζα του ξηρού δοκιμίου (g)

$m_2$ : η μάζα του δοκιμίου μέσα στο νερό (g)

$m_3$ : η μάζα του κορεσμένου δοκιμίου στον αέρα (g)

Εν συνεχεία, βάσει του προτύπου D3203 (ASTM 2011γ) και τη χρήση της σχέσης 2.3, προσδιορίζεται το ποσοστό των κενών του ασφαλτομίγματος.

Η μέθοδος αυτή, είναι κατάλληλη, εφόσον η απορροφητικότητα νερού από το δοκίμιο είναι <2% κατ' όγκο του δοκιμίου. Η τιμή της απορροφητικότητα του νερού, σύμφωνα με το πρότυπο D3203 (ASTM 2011γ), δίνεται από τη σχέση:

$$\% \text{ απορροφητικότητα νερού κ.ο.} = (m_3 - m_1) / (m_3 - m_2) * 100 \quad (2.5)$$

Οπού  $m_1$ : η μάζα του ξηρού δοκιμίου (g)

$m_2$ : η μάζα του δοκιμίου μέσα στο νερό (g)

$m_3$ : η μάζα του κορεσμένου δοκιμίου στον αέρα (g)

Για ασφαλτομίγματα κλειστού τύπου με PAV<10% και στην περίπτωση που η απορροφητικότητα νερού είναι >2% κατ' όγκο του δοκιμίου, η μεθοδολογία που προτείνεται σύμφωνα με το D1188 (ASTM 2011α), απαιτεί την επικάλυψη του δοκιμίου, με σφραγιστικό υλικό. Λόγω του αυξημένου βαθμού δυσκολίας, όσον αφορά στη σωστή επικάλυψη του δοκιμίου, καθώς και του ότι το επικαλυμμένο δοκίμιο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περαιτέρω εργαστηριακές δοκιμές, η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται συχνά. Από τη χρήση της ακόλουθης σχέσης, εκτιμάται το φαινόμενο ειδικό βάρος σε g/cm<sup>3</sup>:

$$\text{Φαινόμενο ειδικό βάρος} = m_1 / (m_4 - m_5 - (m_4 - m_1) / \rho_{sm}) \quad (2.6)$$

Όπου  $m_1$ : η μάζα του ξηρού δοκιμίου (g)

$m_4$ : η μάζα του ξηρού επικαλυμμένου δοκιμίου στον αέρα (g)

$m_5$ : η μάζα του ξηρού επικαλυμμένου δοκιμίου μέσα στο νερό (g)

$\rho_{sm}$ : το ειδικό βάρος του υλικού επικάλυψης στους 25°C (g/cm<sup>3</sup>)

Εν συνεχεία, με τη χρήση της σχέσης 2.3 προσδιορίζεται το ποσοστό των κενών.

Τέλος, για ασφαλτομίγματα ανοιχτού τύπου με ποσοστό κενών PAV >10%, προτείνεται από το πρότυπο D3203, ο προσδιορισμός του φαινομένου ειδικού βάρους μέσω της μέτρησης των διαστάσεων του δοκιμίου. Το φαινόμενο ειδικό βάρος δίνεται από τη σχέση 2.7, ενώ το πάχος του δοκιμίου προσδιορίζεται σύμφωνα με το πρότυπο D3549 (ASTM 2011δ):

$$\text{Φαινόμενο ειδικό βάρος} = m_1 / (\pi \cdot h \cdot d^2) / 4 \quad (2.7)$$

Όπου  $m_1$ : η μάζα του ξηρού δοκιμίου (g)

$h$ : το πάχος του δοκιμίου (cm)

$d$ : η διάμετρος του δοκιμίου (cm)

Ακολούθως, από τη σχέση 2.3 προσδιορίζεται το ποσοστό των κενών.

#### 2.4.1.2 Ευρωπαϊκά πρότυπα EN

Κατ' αντιστοιχία με τα αμερικάνικα πρότυπα, η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών σε συμπαγή δοκίμια παρασκευασμένα στο εργαστήριο ή πυρήνες, οι οποίοι έχουν ληφθεί από το οδόστρωμα, σύμφωνα με το πρότυπο EN 12697-6:2003+A1:2007 (2007), εξαρτάται, από τον τύπο του ασφαλτομίγματος και το εκτιμώμενο ποσοστό κενών του.

Για δοκίμια με κλειστή επιφάνεια (με PAV < 5%), χρησιμοποιείται η μέθοδος η οποία αναφέρεται ως SSD (Saturated surface dry), και σύμφωνα με την οποία η φαινόμενη πυκνότητα προσδιορίζεται σε Kg/m<sup>3</sup> με την εφαρμογή της σχέσης:

$$\text{Φαινόμενη πυκνότητα} = m_1 / (m_3 - m_2) \cdot \rho_w \quad (2.8)$$

Όπου  $m_1$ : η μάζα του ξηρού δοκιμίου (g)

$m_2$ : η μάζα του δοκιμίου μέσα στο νερό (g)

$m_3$ : η μάζα του κορεσμένου δοκιμίου στον αέρα (g)

$\rho_w$ : η πυκνότητα του νερού στη θερμοκρασία δοκιμής (0,1 Kg/m<sup>3</sup>)

Το ποσοστό των κενών του ασφαλτομίγματος προσδιορίζεται από τη σχέση 2.3.

Για δοκίμια με τραχεία επιφάνεια και με εύρος ποσοστού κενών PAV 5-15%, η φαινόμενη πυκνότητα προσδιορίζεται, όπως και στα αμερικάνικα πρότυπα ASTM, με την ίδια μέθοδο, κατά την οποία το δοκίμιο επικαλύπτεται με σφραγιστικό υλικό, και το ζητούμενο μέγεθος προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\text{Φαινόμενη πυκνότητα} = m_1 / ( m_4 - m_5 / \rho_w ) - ( m_4 - m_1 ) / \rho_{sm} \quad (2.9)$$

Όπου Φαινόμενη πυκνότητα σε Kg/m<sup>3</sup>

$m_1$ : η μάζα του ξηρού δοκιμίου (g)

$m_4$ : η μάζα του ξηρού επικαλυμμένου δοκιμίου στον αέρα (g)

$m_5$ : η μάζα του ξηρού επικαλυμμένου δοκιμίου μέσα στο νερό (g)

$\rho_w$ : η πυκνότητα του νερού στη θερμοκρασία δοκιμής (0,1 Kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_{sm}$ : το ειδικό βάρος του υλικού επικάλυψης στους 25°C (Kg/m<sup>3</sup>)

Με εφαρμογή της σχέσης 2.3 γίνεται ο προσδιορισμός του ποσοστού των κενών.

Τέλος, για δοκίμια ασφαλτομίγματος ανοιχτού τύπου (PAV>15%), χρησιμοποιείται η μέθοδος κατά την οποία μετριοούνται οι διαστάσεις των δοκιμίων (η οποία είναι όμοια με αυτή των αμερικάνικων προτύπων) και η φαινόμενη πυκνότητα (Kg/m<sup>3</sup>) δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Φαινόμενο ειδικό βάρος} = m_1 / (\pi * h * d^2) / 4 \quad (2.10)$$

Όπου  $m_1$ : η μάζα του ξηρού δοκιμίου (g)

$h$ : το πάχος του δοκιμίου (cm)

$d$ : η διάμετρος του δοκιμίου (cm)

Και εν συνεχεία, από τη σχέση 2.3 προσδιορίζεται το ποσοστό των κενών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος 'των διαστάσεων' μπορεί να εφαρμοστεί για τον προσδιορισμό του

ποσοστού των κενών, ανεξαρτήτως της εκτιμώμενης τιμής τους. Ωστόσο, για δοκίμια κλειστού τύπου, υπάρχει πιθανότητα υπερεκτίμησης των κενών.

## **2.5 Τύποι ασφαλτομιγμάτων**

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 κοκκομετρικής διαβάθμισης, η οποία πρέπει να είναι μέσα στα όρια 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.

### **2.5.1 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 τρεις 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. Τα όρια της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών, το ποσοστό κενών, καθώς και το συνιστώμενο πάχος, παρουσιάζονται στους Πίνακες 2.1 και 2.2. 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 αντιολισθηροί τάπητες, παρέχουν πολύ καλή αποστραγγιστική ικανότητα, επιφανειακή υφή, και μειωμένα επίπεδα θορύβου. Όμως και αυτοί μειονεκτούν ως προς τη διάρκεια ζωής τους.

Πίνακας 2.1: Κοκκομετρική διαβάθμιση, ποσοστό κενών και συνιστώμενο πάχος στρώσης αντιολισθηρών ταπήτων πυκνής και ανοιχτής σύνθεσης.

Μέγεθος Κόσκινου Τετραγωνικής Οπής	Τύπος 1 (Πυκνής Σύνθεσης)		Τύπος 2 (Ανοιχτής Σύνθεσης)	
	Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου			
	12,5 mm	9,5 mm	12,5 mm	9,5 mm
(ASTM)	Ποσοστό Διερχόμενων από τα Αντίστοιχα Κόσκινα			
19,00 mm (3/4")	100	-	100	-
12,50 mm (1/2")	90 - 100	100	85 - 100	100
9,50 mm (3/8")	-	90 - 100	60 - 90	85 - 100
4,75 mm (No 4)	44 - 74	55 - 85	20 - 50	40 - 70
2,36 mm (No 8)	28 - 58	32 - 67	5 - 25	10 - 35
1,18 mm (No 16)	-	-	3 - 19	5 - 25
0,30 mm (No 50)	5 - 21	7 - 23	0 - 10	0 - 12
0,07 mm (No 200)	2 - 10	2 - 10	-	-
Ποσοστό Κενών %	3 - 5		5 - 15	
Συνιστώμενο Πάχος Στρώσης	3-4 cm	2,5-3 cm	3-4 cm	2,5-3 cm

Πίνακας 2.2: Κοκκομετρική διαβάθμιση, ποσοστό κενών και συνιστώμενο πάχος στρώσης, αντιολισθηρών ταπήτων πορώδους σύνθεσης.

Μέγεθος Κόσκινου Τετραγωνικής Οπής (ASTM)	Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου	
	12,5 mm	9,5 mm
	Ποσοστό Διερχόμενο από τα Αντίστοιχα Κόσκινα	
19,00 mm (3/4")	100	100
12,50 mm (1/2")	90 - 100	100
9,50 mm (3/8")	60 - 100	90 - 100
4,75 mm (No 4)	15 - 40	30 - 50
2,36 mm (No 8)	4 - 12	5 - 15
1,18 mm (No 16)	-	-
0,30 mm (No 50)	-	-
0,07 mm (No 200)	2 - 5	2 - 5
Ποσοστό Κενών %	15 - 25	15 - 25
Συνιστώμενο Πάχος Στρώσης	4 - 5 cm	3 - 4 cm

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. Στον Πίνακα 2.3 παρουσιάζονται συνοπτικά τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση τροποποιητών.

Πίνακας 2.3: Βελτιώσεις που επέρχονται με τη χρήση βελτιωτικών ασφάλτου

Βελτιώσεις	Ελαστομερή (SBS, κλπ)	Πλαστομερή (EVA, κλπ)	Θερμοσκληρυνόμενα (Ρητίνες)
Παραμένουσα Παραμόρφωση	Ναι	Ναι	Ναι
Ρηγμάτωση Κόπωση	Ναι	Κάποια	Ναι
Θερμική Ρηγμάτωση	Ναι	Κάποια	Ναι
Αποστράγγιση Ασφάλτου	Ναι	Ναι	Ναι
Γήρανση	Κάποια	Κάποια	Ναι

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, ασφαλικές επαλείψεις και λεπτοτάπητες. Η περαιτέρω ανάπτυξη τους όμως, δεν αποτελεί θέμα της παρούσας εργασίας.

### 2.5.2 Ισοπεδωτική στρώση

Η ισοπεδωτική στρώση είναι μία ασφαλική 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. Η συνιστώμενη κοκκομετρική διαβάθμιση για ισοπεδωτικές στρώσεις, σύμφωνα με τις ΠΤΠ Α 265, δίνεται στον Πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4 : Κοκκομετρική διαβάθμιση και συνιστώμενο πάχος ισοπεδωτικής στρώσης.

Μέγεθος Κόσκινου Τετραγωνικής Οπής AASHO : M-92	Κατηγορία και Τύπος Μίγματος			
	Τύπος Α	Τύπος Β	Τύπος Γ	Τύπος Δ
Άνοιγμα Οπής	Διερχόμενο Ποσοστό % (κατά Βάρος) από τα Αντίστοιχα Κόσκινα			
mm (inch)	Διερχόμενο Ποσοστό % (κατά Βάρος) από τα Αντίστοιχα Κόσκινα			
38.1 mm (1 1/2)	100	-	-	-
25.4 mm (1)	78 - 100	100	-	-
19,1 mm (3/4")	-	76 - 100	100	-
12,7 mm (1/2")	56 - 80	64 - 89	74 - 100	100
9,52 mm (3/8")	-	-	60 - 88	74 - 100
4,76 mm (No 4)	35 - 58	38 - 64	42 - 70	50 - 80
2,00 mm (No 10)	23 - 46	25 - 50	28 - 54	32 - 62
0.42 mm (No 40)	11 - 25	12 - 28	14 - 30	16 - 34
0,177 mm (No 80)	6 - 16	7 - 18	8 - 20	10 - 22
0,074 mm (No 200)	3 - 7	4 - 8	4 - 9	4 - 9
Άσφαλτος % του Βάρους των Αδρανών	4,0 - 6,0	4,0 - 6,5	4,5 - 7,0	4,5 - 7,0
Ποσοστό κενών %	3 - 5	5 - 7	7 - 8	7 - 8
Συνιστώμενο Πάχος Στρώσης	7,5 - 10,0 cm	3,75 - 7,5 cm	2,5 - 5,0 cm	-

Το συνιστώμενο πάχος της ισοπεδωτικής στρώσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.4, εξαρτάται από τον τύπο του ασφαλτομίγματος και κυμαίνεται από 2,5 cm (τύπος Γ), έως 10 cm (τύπος Α).

## **2.6 Μελέτη σύνθεσης κατά MARSHALL**

### **2.6.1 Γενικά στοιχεία**

Ο καθορισμός του ποσοστού της ασφάλτου και της κοκκομετρικής διαβάθμισης, επιτυγχάνεται με τη μελέτη σύνθεσης (Λοΐζος 2009). Σκοπός της μελέτης σύνθεσης είναι η παραγωγή ασφαλτομίγματος που να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των προδιαγραφών και επομένως, να έχει ικανοποιητική συμπεριφορά υπό την επίδραση των φορτίων. Η πιο διαδεδομένη μεθοδολογία, είναι η μελέτη σύνθεσης κατά MARSHALL. Η πραγματοποίησή της προϋποθέτει τον καθορισμό των κοκκομετρικών καμπυλών των αδρανών και των χαρακτηριστικών της ασφάλτου.

Με τον καθορισμό των ορίων της κοκκομετρικής διαβάθμισης και την επίτευξη της σύνθεσης εντός αυτών, καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό τα αναμενόμενα μηχανικά χαρακτηριστικά των ασφαλτομιγμάτων, τα οποία συμβάλουν στη διαμόρφωση της συμπεριφοράς έναντι αστοχίας, καθώς και του χρόνου ζωής των οδοστρωμάτων.

Η μελέτη σύνθεσης με τη μέθοδο MARSHALL περιλαμβάνει πέντε βασικά στάδια:

- Προσδιορισμός ιδιοτήτων αδρανών και ασφάλτου
- Κατασκευή δοκιμίων Marshall
- Προσδιορισμός ευστάθειας και παραμόρφωσης
- Προσδιορισμός κενών αέρος
- Ανάλυση αποτελεσμάτων Marshall

### **2.6.2 Προσδιορισμός ιδιοτήτων αδρανών και ασφάλτου**

Το πρώτο στάδιο της μελέτης, περιλαμβάνει τον καθορισμό των ιδιοτήτων των αδρανών, μέσω ορισμένων δεικτών, οι βασικότεροι από τους οποίους είναι ο δείκτης Los Angeles και ο δείκτης του ισοδύναμου άμμου, καθώς και τον καθορισμό των ιδιοτήτων της ασφάλτου, μέσω τεσσάρων βασικών εργαστηριακών δοκιμών: της μάλθωσης, της διείσδυσης, της ολκιμότητας και της ελαστικής επαναφοράς.

#### **2.6.2.1 Δοκιμή μάλθωσης**

Η άσφαλτος είναι θερμοπλαστικό, μη ομοιογενές σώμα. Συνεπώς, δεν παρουσιάζει ένα σαφές σημείο τήξης. Για να υπερκεράσουμε τη δυσκολία αυτή, ορίσθηκε η μέθοδος που περιγράφεται παρακάτω, η οποία προσδιορίζει την αλλαγή της σκληρότητας μιας ασφάλτου. Η δοκιμή προσδιορίζει το σημείο μάλθωσης των ασφαλικών υλικών, δηλαδή τη

θερμοκρασία κατά την οποία η άσφαλτος μετατρέπεται από εύθραυστη ή υπερβολικά παχύρρευστη σε ρευστότερη ή λιγότερο ιξώδης.

Αρχικά το δείγμα της ασφάλτου θερμαίνεται, ώστε να αποκτήσει την απαιτούμενη ρευστότητα (ASTM 2009). Η θερμοκρασία του δείγματος σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να ξεπερνάει τους 110°C, πάνω από το αναμενόμενο σημείο μάλθωσης του. Διοχετεύεται μία ποσότητα από το θερμό μίγμα ασφάλτου μέσα σε δύο οριζόντιους δακτυλίους (Εικόνα 2.7) και αφήνονται τα δείγματα να κρυώσουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 30 λεπτά.



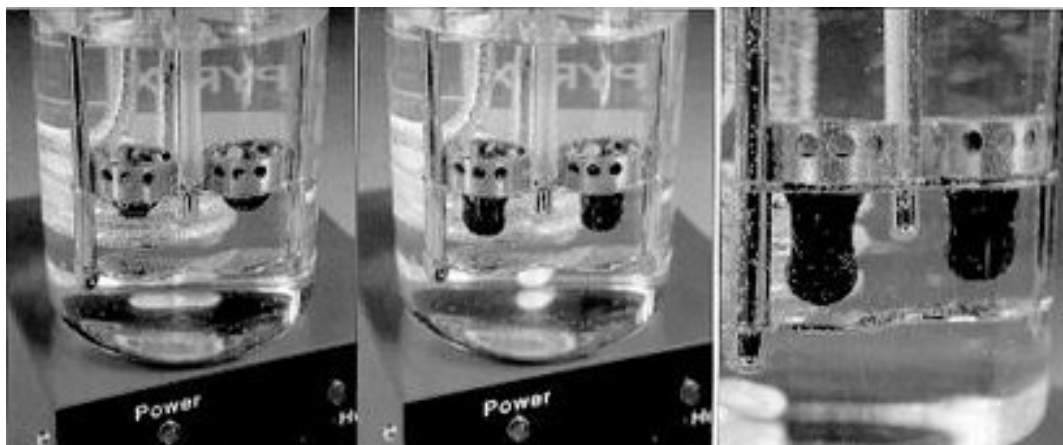
α



β

Εικόνα 2.7: Πρότυποι δακτύλιοι και σφαίρες, δοκιμής μάλθωσης

Εν συνεχεία, τοποθετούνται δύο πρότυπες σφαίρες εντός των δακτυλίων (μία σε κάθε έναν), αφού προηγουμένως έχουν αποκτήσει την απαιτούμενη θερμοκρασία. Οι δακτύλιοι μαζί με τις σφαίρες βυθίζονται μέσα σε υδατόλουτρο, το οποίο έχει θερμοκρασία ίση με αυτή των σφαιρών. Ακολουθεί ομαλή αύξηση της θερμοκρασίας του υδατόλουτρου κατά 5 °C/min. Κατά τη θέρμανση οι σφαίρες αρχίζουν να παραμορφώνουν το δείγμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.8.



Εικόνα 2.8 : Εξέλιξη διαδικασίας μάλθωσης

Όταν οι σφαίρες ακουμπήσουν στην πλάκα, μετριέται η θερμοκρασία σε κάθε δείγμα. Αυτή αποτελεί και τη ζητούμενη θερμοκρασία μάλθωσης.

#### 2.6.2.2 Δοκιμή διείσδυσης

Πραγματοποιείται στο εργαστήριο, σύμφωνα με το πρότυπο D5 (ASTM 2006) και προσδιορίζεται η σκληρότητα της ασφάλτου, σε καθορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και φορτίου.

Το δείγμα ασφάλτου θερμαίνεται έως ότου αποκτήσει την απαιτούμενη ρευστότητα. Στη συνέχεια τοποθετείται στη μήτρα, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να έχει το απαιτούμενο βάθος (τουλάχιστον 10 mm μεγαλύτερο από το προβλεπόμενο βάθος διείσδυσης). Έπειτα αφήνεται η μήτρα για 1,5 ώρες μέσα σε υδατόλουτρο, του οποίου η θερμοκρασία πρέπει να είναι σταθερή στους 25°C.

Το δείγμα εξάγεται από το υδατόλουτρο και τοποθετείται στο πενετρόμετρο. Ελέγχεται ώστε το πενετρόμετρο να είναι μηδενισμένο και στη συνέχεια τοποθετείται προσεκτικά η βελόνα, ώστε να ακουμπάει κάθετα την επιφάνεια του δείγματος (Εικόνα 2.9). Η διαδικασία πρέπει να επαναληφτεί για τουλάχιστον τρεις φορές, ενώ πρέπει να χρησιμοποιείται κάθε φορά και καθαρή βελόνα.

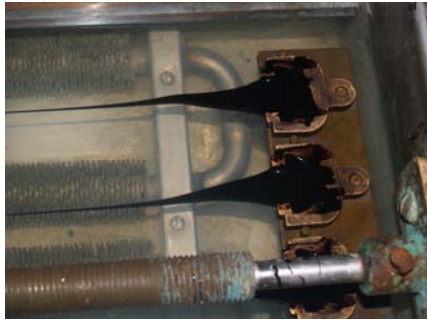


Εικόνα 2.9: Διάταξη δοκιμής διείσδυσης

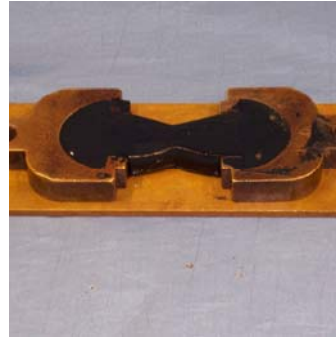
Ο δείκτης PEN, είναι η απόσταση σε δέκατα του χιλιοστού του μέτρου, που η πρότυπη βελόνα διανύει με διείσδυση κάθετα στο δείγμα.

### 2.6.2.3 Δοκιμή ελαστικής συμπεριφοράς

Η δοκιμή αυτή προσδιορίζει την ελαστική παραμόρφωση της ασφάλτου και πραγματοποιείται στη θερμοκρασία των 25 °C. Κατά την εκτέλεση της, ποσότητα ασφάλτου τοποθετείται σε ειδικά διαμορφωμένα εξαρτήματα (Εικόνα 2.10) και επιμηκύνεται με συγκεκριμένη ταχύτητα 5 cm/min .



α



β

Εικόνα 2.10 : Πειραματική διάταξη δοκιμής ολκιμότητας

Το δοκίμιο αφήνεται να εκταθεί έως τα 200mm. Έπειτα, γίνεται αποκοπή με χρήση ψαλιδιού σε δυο περίπου ίσα μέρη, και στη συνέχεια γίνεται μέτρηση των δύο μερών σε εκατοστά του μέτρου, μετά από την πάροδο 30 λεπτών. Με χρήση της σχέσης 2.11 προσδιορίζεται η ελαστική παραμόρφωση R:

$$R = [230 - (l_1 + l_2)] * 100 / 200 \quad (2.11)$$

Όπου  $l_1, l_2$ : τα μήκη των τμημάτων που μένουν, μετά την κοπή της επιμηκυσμένης ασφάλτου και μετά το πέρας των 30 λεπτών (mm).

Η πειραματική διάταξη με την οποία πραγματοποιείται η δοκιμή, φαίνεται στην Εικόνα 2.11.



Εικόνα 2.11 : Πειραματική διάταξη δοκιμής ολκιμότητας

Η δοκιμή αυτή βρίσκει ιδιαίτερη εφαρμογή σε τροποποιημένες ασφάλτους, όταν χρειάζεται να προσδιοριστεί η νέα ελαστική συμπεριφορά τους.

#### **2.6.2.4 Δοκιμή ολκιμότητας**

Με τη δοκιμή αυτή προσδιορίζεται η ικανότητα επιμήκυνσης της ασφάλτου έως τη θραύση της (Λοΐζος 2009). Η δοκιμή πραγματοποιείται στην θερμοκρασία των 25 °C και με συγκεκριμένη ταχύτητα επιμήκυνσης 5 cm/min. Η πειραματική διάταξη είναι ίδια με της δοκιμής ελαστικής συμπεριφοράς που φαίνεται στις Εικόνες 2.10 και 2.11.

#### **2.6.3 Παρασκευή δοκιμών MARSHALL**

Αφού έχουν προσδιοριστεί οι ιδιότητες των αδρανών και της ασφάλτου, ακολουθεί η κατασκευή 3-5 δοκιμών MARSHALL. Αρχικά, πραγματοποιείται η ανάμιξη των αδρανών με την άσφαλτο, σε θερμοκρασία 155°C - 170°C και το μίγμα τοποθετείται σε ειδικές μήτρες, οι οποίες έχουν κυλινδρικό σχήμα και καθορισμένη διάμετρο 10,16cm. Το μίγμα εν συνεχεία δέχεται προ-συμπύκνωση με μία σπάτουλα και ακολούθως οι μήτρες τοποθετούνται σε ειδική συσκευή συμπίεσης, τον κόπανο MARSHALL και συμπιέζονται με 30, 50 ή 70 χτύπους, αναλόγως του τύπου του ασφαλτομίγματος, σε θερμοκρασία 135°C - 150°C. Τέλος, τα δοκίμια αφού παραμείνουν αδιατάραχτα, απομακρύνονται από τις μήτρες και είναι έτοιμα να υποβληθούν στο επόμενο στάδιο, που είναι ο έλεγχος σε ευστάθεια και παραμόρφωση.

#### **2.6.4 Προσδιορισμός ευστάθειας και παραμόρφωσης**

Για τον προσδιορισμό της ευστάθειας και της παραμόρφωσης, τα δοκίμια MARSHALL τοποθετούνται σε ένα λουτρό ύδατος θερμοκρασίας 60 °C για 30-40 λεπτά. Μετά το πέρας του χρόνου, τα δοκίμια απομακρύνονται από το λουτρό και τοποθετούνται στην ειδική συσκευή θραύση δοκιμών MARSHALL. Ο προσδιορισμός της ευστάθειας του δοκιμίου δίνεται από το μέγιστο φορτίο κατά την θραύση του, ενώ η παραμόρφωση που δέχεται το δοκίμιο κατά τη θραύση καταγράφεται σαν παραμόρφωση MARSHALL. Για τις τιμές της ευστάθειας υπάρχει και πίνακας με διορθωτικούς συντελεστές, ώστε να ληφθούν υπόψη οι ανομοιομορφίες που παρουσιάζουν τα δοκίμια.

#### **2.6.5 Υπολογισμός βέλτιστης περιεκτικότητας της ασφάλτου**

Στο τελευταίο στάδιο της μελέτης σύνθεσης χρειάζεται να πραγματοποιηθούν δύο δοκιμές, ώστε να προσδιοριστεί το ποσοστό των κενών στο ασφαλτόμιγμα και τελικά να προκύψει το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου. Αυτές οι δοκιμές, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι η εύρεση του φαινόμενου ειδικού βάρους των δοκιμών και η δοκιμή RICE για τον καθορισμό του μέγιστου θεωρητικού ειδικού βάρους.

### 2.6.5.1 Φαινόμενο ειδικό βάρος

Για την εύρεση του φαινόμενου ειδικού βάρους, τα δοκίμια MARSHALL ζυγίζονται αρχικά σε ξηρή κατάσταση (ASTM D2726-05). Έπειτα τοποθετούνται σε νερό, του οποίου η θερμοκρασία έχει ρυθμιστεί στους 25°C για 3 – 5 λεπτά, ώστε να υπολογιστεί το βάρος τους μέσα στο νερό.

Στη συνέχεια το κάθε δοκίμιο απομακρύνεται από το νερό, σκουπίζεται επιφανειακά με μία πετσέτα και ζυγίζεται. Με τη συμπλήρωση των μετρήσεων στον Πίνακα 2.5 και τη χρήση των τύπων της παραγράφου 2.4.1 υπολογίζεται το φαινόμενο ειδικό βάρος.

Πίνακας 2.5: Έντυπο μετρήσεων για τον υπολογισμό του φαινόμενου ειδικού βάρους

Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα W (g)	Βάρος Δοκιμίου Στο Νερό W <sub>1</sub> (g)	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα W <sub>SSD</sub> (g)	Όγκος Δοκιμίου V=W <sub>SSD</sub> -W <sub>1</sub> (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (g/cm <sup>3</sup> )	
					ΔΟΚΙΜΙΩΝ	M.O
Ex1						

Προσδιορίζοντας το φαινόμενο ειδικό βάρος, δίνεται μια τάξη μεγέθους του πόσο πυκνό είναι το ασφαλτόμιγμα, καθώς ο ορισμός του μεγέθους αυτού φανερώνει την πυκνότητα του (μάζα προς όγκο). Ο όγκος του δοκιμίου περιλαμβάνει και τα αδιαπέραστα κενά (κλειστούς πόρους).

### 2.6.5.2 Δοκιμή RICE

Η δοκιμή RICE πραγματοποιείται για τον υπολογισμό του μέγιστου θεωρητικού ειδικού βάρους του χαλαρού ασφαλτομίγματος, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια μαζί με το φαινόμενο ειδικό βάρος, για τον υπολογισμό του ποσοστού των κενών.

Κατά τη δοκιμή οι κόκκοι του δείγματος διαχωρίζονται με το χέρι και τοποθετούνται στο πυκνόμετρο (Εικόνα 2.12).



α



β

Εικόνα 2.12: Διαχωρισμένο ασφαλτόμιγμα και συσκευή δόνησης

Στη συνέχεια προστίθεται νερό θερμοκρασίας 25 °C, μέχρι να καλυφτεί πλήρως το δείγμα. Με χρήση του ακόλουθου τύπου προσδιορίζεται το μέγιστο θεωρητικό ειδικό βάρος  $G_{max}$ :

$$G_{max} = A / (A + B - E) \quad (2.12)$$

όπου A: Βάρος δείγματος (g)

B: Βάρος πικνόμετρου + νερού (g)

E: Βάρος πικνόμετρου + νερού + υλικού στον αέρα (g)

### 2.6.5.3 Υπολογισμός κενών

Ο υπολογισμός των κενών του ασφαλτομίγματος, γίνεται με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το μέγιστο θεωρητικό ειδικό βάρος του χαλαρού ασφαλτομίγματος και το φαινόμενο ειδικό βάρος των δοκιμίων MARSHALL.

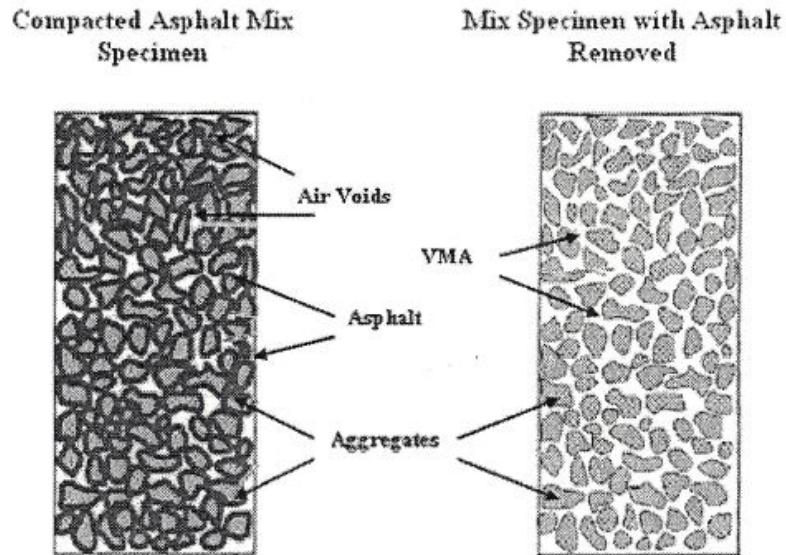
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχουν τρεις τύποι κενών: τα κενά στον σκελετό των αδρανών (VMA), τα οποία διασφαλίζουν ότι ο διαθέσιμος χώρος μεταξύ των αδρανών, επαρκεί για να παραλάβει την ποσότητα της ασφάλτου και να τα καλύψει επαρκώς, τα κενά πληρωμένα με άσφαλο σε συμπυκνωμένο ασφαλτόμιγμα (VFA), και τα κενά αέρα του ασφαλτομίγματος (Εικόνα 2.13). Ο υπολογισμός του ποσοστού των κενών VMA και VFA, δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις, ενώ το ποσοστό των κενών του ασφαλτομίγματος προσδιορίζεται σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.4..



- Κενά % αδρανών ασφαλτομίγματος VMA:  $VMA = V_{eff} + PAV$  ( 2.13 )

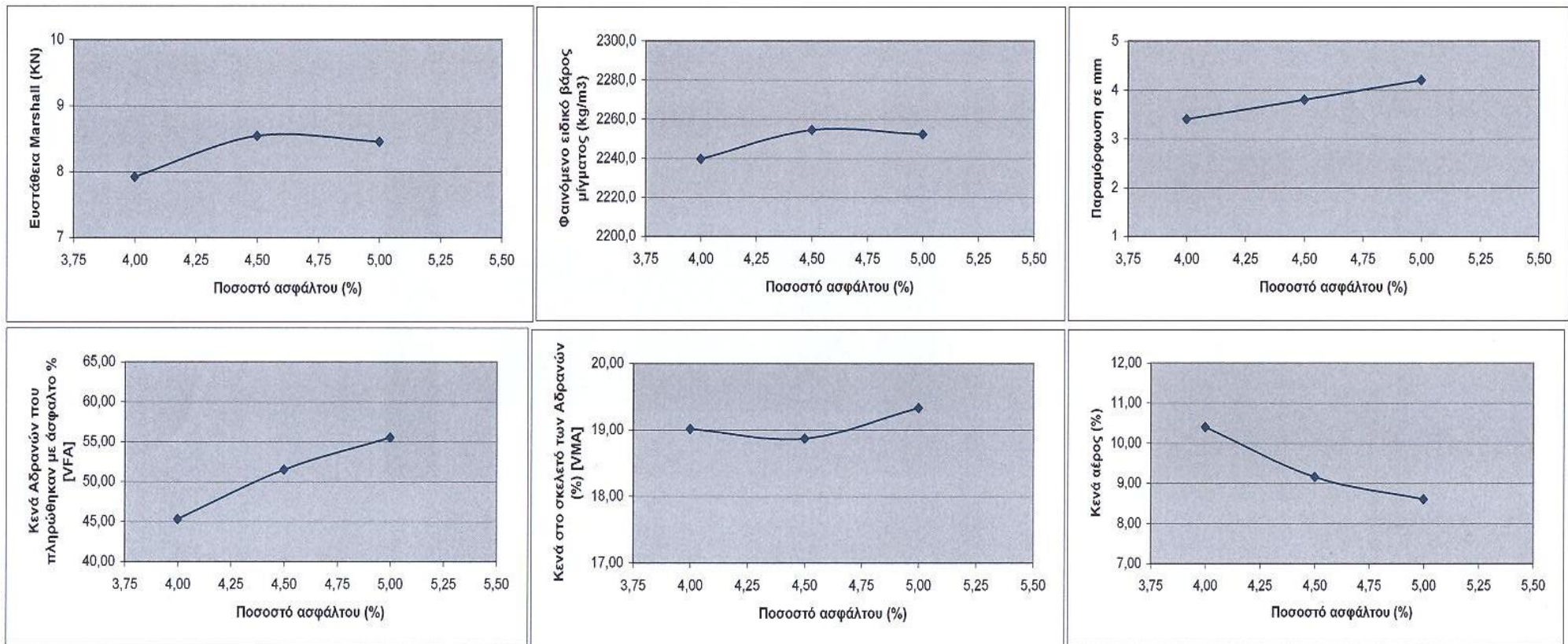
Όπου  $V_{eff}$ : όγκος ενεργού ποσοστού ασφάλτου

- Κενά % πληρωμένων με άσφαλτο, VFA:  $VFA = 100 \times V_{eff} / VMA$  ( 2.14 )



Εικόνα 2.13: Σκελετός ασφαλτομίγματος

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των παραπάνω δοκιμών, σχεδιάζονται τα ακόλουθα διαγράμματα της Εικόνας 2.14, από τα οποία και προσδιορίζεται το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου. Κύριος παράγοντας συνήθως είναι το ποσοστό των κενών.



Εικόνα 2.14 Διαγράμματα σύνθεσης MARSHALL για τον προσδιορισμό του βέλτιστου ποσοστού ασφάλτου

## 3. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

---

### 3.1 Γενικά

Για την εκτίμηση της συμπεριφοράς του ασφαλτομίγματος, απαιτείται ο προσδιορισμός ορισμένων μεγεθών του. Τα μεγέθη αυτά σχετίζονται με την αντοχή του ασφαλτομίγματος σε συνθήκες καταπόνησης και μέσω αυτών προσδιορίζεται το μέγιστο φορτίο επιβολής, η μέγιστη ελαστική παραμόρφωση, η κόπωση του ασφαλτομίγματος κ.α. Τα μεγέθη αυτά καλούνται μηχανικά χαρακτηριστικά του ασφαλτομίγματος. Τέτοια είναι η αντοχή σε θλίψη και εφελκυσμό, η αντοχή σε κάμψη, η κόπωση του ασφαλτομίγματος σε κάμψη, η ελαστική παραμόρφωση, το μέτρο δυσκαμψίας κ.α. Αντικείμενο διερεύνησης στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί το μέτρο δυσκαμψίας.

### 3.2 Μέτρο δυσκαμψίας

Το μέτρο δυσκαμψίας αποτελεί ένα μηχανικό χαρακτηριστικό των ασφαλτομιγμάτων, το οποίο είναι καθοριστικό για τη συμπεριφορά, όχι μόνο των ασφαλτικών στρώσεων, αλλά και του οδοστρώματος. Το μέτρο δυσκαμψίας των ασφαλτικών στρώσεων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την απομείωση των τάσεων, οι οποίες παραλαμβάνονται από τις υποκείμενες στρώσεις. Γενικά, στην περίπτωση ενός ασφαλτομίγματος με μεγάλο μέτρο δυσκαμψίας, οι υποκείμενες στρώσεις καταπονούνται λιγότερο από ότι στην περίπτωση ενός ασφαλτομίγματος με μικρότερο μέτρο δυσκαμψίας, επομένως μειώνεται και το απαιτούμενο πάχος των ασφαλτικών στρώσεων. Ωστόσο, μεγάλες τιμές του μέτρου δυσκαμψίας ενδεχομένως να οδηγήσουν σε πρόωρη ρηγμάτωση του ασφαλτομίγματος. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και δεδομένου ότι στην περίπτωση των εύκαμπτων οδοστρωμάτων ο πυθμένας των ασφαλτικών στρώσεων αποτελεί κρίσιμη θέση αστοχίας, είναι εμφανές ότι το μέτρο δυσκαμψίας των ασφαλτομιγμάτων αποτελεί μια σημαντική παράμετρο τόσο κατά τη διαστασιολόγηση του οδοστρώματος, όσο και για τη συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια ζωής του. Σημειώνεται ότι με το πέρασμα των ετών και υπό την επίδραση της κυκλοφορίας, το μέτρο δυσκαμψίας ακολουθεί φθίνουσα εκθετική πορεία.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ασφαλτόμιγμα αποτελείται από δύο υλικά, τα οποία έχουν διαφορετική συμπεριφορά (Λοϊζος 2011): την άσφαλτο, με ιξωδοελαστική συμπεριφορά και τα συμπυκνωμένα αδρανή, με κατά βάση ελαστική συμπεριφορά. Η ιξωδοελαστική συμπεριφορά της ασφάλτου υπερισχύει τελικά και όλο το μίγμα συμπεριφέρεται ιξωδοελαστικά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, το μέτρο δυσκαμψίας του ασφαλτομίγματος να επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και το χρόνο φόρτισης και επομένως να δίνεται από μία σχέση του τύπου:

$$S_b = (\sigma / \epsilon) T, t \quad (3.1)$$

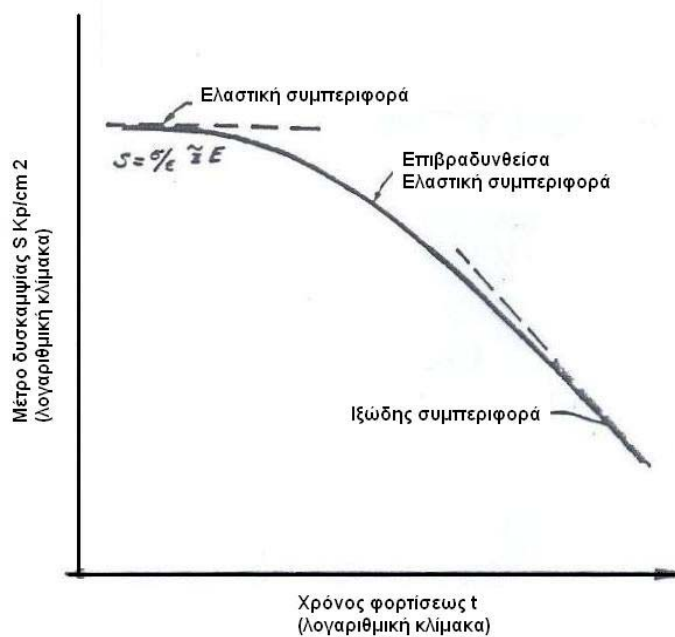
Όπου  $\sigma$ : η αναπτυσσόμενη τάση

$\epsilon$ : η παραμόρφωση του ασφαλτομίγματος

$T$ : η θερμοκρασία του ασφαλτομίγματος

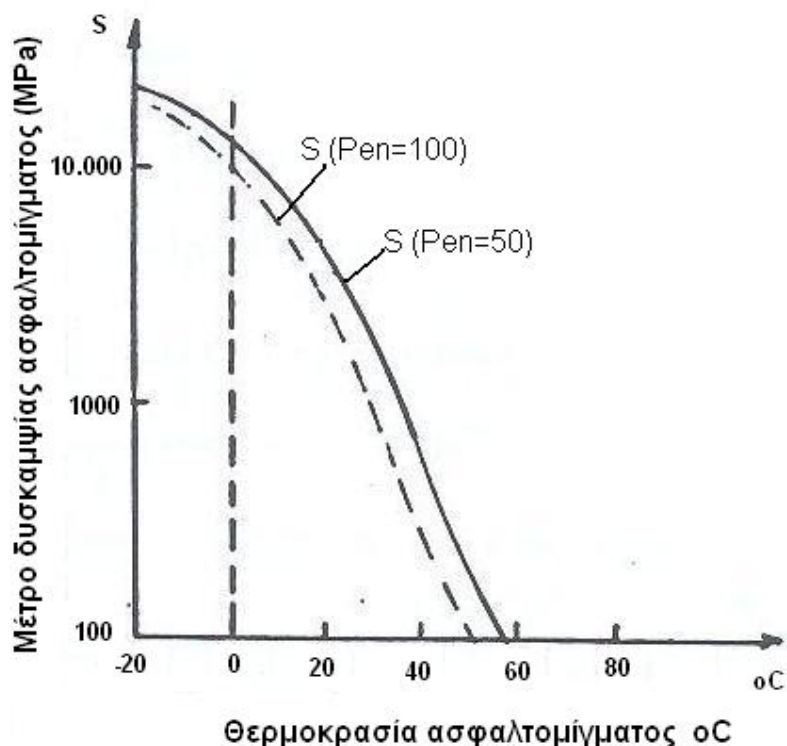
$t$ : ο χρόνος φόρτισης

Η επίδραση των δύο μεγεθών, της θερμοκρασίας και του χρόνου φόρτισης, στο μέτρο δυσκαμψίας του ασφαλτομίγματος φαίνεται στις Εικόνες 3.1, 3.2 (Λοΐζος 2011).



Εικόνα 3.1: Σχέση μεταξύ του μέτρου δυσκαμψίας και του χρόνου φόρτισης

Από την εικόνα 3.1 παρατηρείται ότι η σχέση των δύο μεγεθών, ακολουθεί φθίνουσα πορεία, με αποτέλεσμα, αύξηση του χρόνου φόρτισης να επιφέρει μείωση της τιμής του μέτρου δυσκαμψίας. Το γεγονός αυτό φανερώνει την αρνητική επίδραση του χρόνου φόρτισης στο μέτρο δυσκαμψίας του οδοστρώματος.



Εικόνα 3.2: Σχέση του μέτρου δυσκαμψίας με τη θερμοκρασία

Όσον αφορά στη θερμοκρασία παρατηρώντας το διάγραμμα της εικόνα 3.2, φαίνεται και σε αυτή την περίπτωση, ότι η σχέση του μέτρου δυσκαμψίας με τη μεταβολή της θερμοκρασίας, ακολουθεί φθίνουσα πορεία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η αύξηση της θερμοκρασίας να μειώνει την τιμή του μέτρου δυσκαμψίας του ασφαλτομίγματος.

Επομένως, τόσο η αύξηση του χρόνου φόρτισης, όσο και η αύξηση της θερμοκρασίας, επιδρούν αρνητικά στο μέτρο δυσκαμψίας, επιφέροντας μείωση της τιμής του, με συχνά καταστροφικές για το οδόστρωμα επιπτώσεις, αν οι μεταβολές δεν έχουν ληφθεί υπόψη.

### 3.3 Προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας

Το μέτρο δυσκαμψίας μπορεί να προσδιοριστεί, με εργαστηριακές δοκιμές σε δοκίμια ή πυρήνες ασφαλτομίγματος, μέσω ειδικών αλγορίθμων και επί τόπου με συστήματα μη καταστρεπτικών δοκιμών (Non Destructive Testing: NDT) στην περίπτωση υφιστάμενων οδοστρωμάτων.

#### 3.3.1 Εργαστηριακός προσδιορισμός μέτρου δυσκαμψίας

Το μέτρο δυσκαμψίας προσδιορίζεται εργαστηριακά, μέσω διαφόρων δοκιμών, όπως η δοκιμή άμεσης έντασης-συμπίεσης (Direct Tension-Compression Test on Cylindrical Specimens: DTC-CY), η δοκιμή δύο σημείων κάμψης (Two Point Bending test on

Trapezoidal specimens: 2PB-TR) και άλλες (EN 2004). Η πιο διαδεδομένη είναι η δοκιμή της έμμεσης έντασης (Indirect Tensile to Cylindrical specimens: IT-CY). Κατά την εφαρμογή της, το δοκίμιο προετοιμάζεται και τοποθετείται κατάλληλα, ώστε να του ασκηθεί ένα κατακόρυφο φορτίο (παλμός). Λόγω της φόρτισης, το δοκίμιο παραμορφώνεται και αυτή η ελαστική παραμόρφωση μετρείται από ειδικούς αισθητήρες (LVDT). Τα δεδομένα συλλέγονται και επεξεργάζονται με χρήση κατάλληλου λογισμικού και στη συνέχεια προκύπτει το μέτρο δυσκαμψίας του ασφαλτομίγματος μέσω της σχέσης:

$$S_m = F * (v + 0.27) / (z * h) \quad (3.2)$$

Οπού: F: η μέγιστη τιμή του εφαρμοζόμενου κατακόρυφου φορτίου (N)

v: ο λόγος Poisson

z: το εύρος της οριζόντιας παραμόρφωσης που λαμβάνεται κατά τον κύκλο φόρτισης (mm)

h: η μέση τιμή του πάχους του δοκιμίου (mm)

Για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στο εργαστήριο χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι συσκευών. η πλέον διαδομένη και ευρέως χρησιμοποιούμενη συσκευή είναι η συσκευή NAT (Nottingham Asphalt Tester). Προτιμάτε έναντι άλλων μεθόδων, κυρίως λόγω της ταχύτητας προσδιορισμού του μέτρου δυσκαμψίας, της ευκολίας στην εφαρμογή της και της σχετικά μεγάλης ακρίβειας των μετρήσεων. Η πειραματική διάταξη της συσκευής καθώς και η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας, περιγράφονται λεπτομερώς σε επόμενο κεφάλαιο.

### **3.3.2 Προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας με χρήση αλγορίθμων**

Η εκτίμηση του μέτρου δυσκαμψίας των ασφαλτομιγμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω αλγορίθμων ή νομογραφημάτων λαμβάνοντας υπόψη τη δυσκαμψία της ασφάλτου, την αναλογία της ασφάλτου και των αδρανών στο μίγμα κ.α. Σχετικό νομογράφημα έχει αναπτυχθεί από τη Shell (Bonnaure κ.α 1977), ενώ υπάρχει πλήθος ερευνών σχετικά με την ανάπτυξη αλγορίθμων, όπως των Bonnaure κ.α (1977), των Heukelom and Klomp (1964) οι οποίοι βασίστηκαν στα αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών του Van der Poel (1954) και του Witczak (1975).

Παρόλο, που οι αλγόριθμοι οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας των ασφαλτομιγμάτων είναι ευρέως διαδεδομένοι, η εφαρμογή τους δεν είναι πάντα επιτυχής παρουσιάζοντας σε αρκετές περιπτώσεις σημαντικές αποκλίσεις. Αυτό

οφείλεται στο γεγονός ότι η ανάπτυξή τους έχει βασιστεί σε συγκεκριμένα μίγματα τα οποία όπως είναι αναμενόμενο δεν είναι δυνατόν να είναι αντιπροσωπευτικά αυτών που χρησιμοποιεί κάθε χώρα ή κατασκευαστής.

Η εφαρμογή επομένως των αλγορίθμων σε διαφορετικής σύστασης μίγματα, συχνά έχει ως αποτέλεσμα την εσφαλμένη εκτίμηση του μέτρου δυσκαμψίας.

Συνήθως η εκτίμηση του μέτρου δυσκαμψίας των ασφαλτομιγμάτων μέσω αλγορίθμων πραγματοποιείται στην περίπτωση που δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός του μέσω εργαστηριακών δοκιμών.

### **3.3.3 Επί τόπου προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας**

Για τον επί τόπου προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας ασφαλτομιγμάτων υφιστάμενων οδοστρωμάτων έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα μη καταστρεπτικών δοκιμών. Το πλέον ευρέως διαδεδομένο σύστημα είναι το Παραμορφωσίμετρο Πίπτοντος Βάρους (Falling Weight Deflectometer: FWD) (Εικόνα 3.3). Το FWD επιβάλλει δυναμικό φορτίο στην επιφάνεια του οδοστρώματος παρόμοιας έντασης και διάρκειας με τα πραγματικά φορτία της κυκλοφορίας. Μέσω ειδικών γεοφώνων τα οποία είναι τοποθετημένα σε καθορισμένες αποστάσεις από το σημείο εφαρμογής του φορτίου, καταγράφονται οι ελαστικές υποχωρήσεις, αμέσως μετά την επιβολή του φορτίου (Λοΐζος 2005). Στη συνέχεια μέσω κατάλληλης επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων, υπολογίζεται το μέτρο δυσκαμψίας των ασφαλτικών στρώσεων με τη μέθοδο του ανάστροφου υπολογισμού (backanalysis).



Εικόνα 3.3: Το σύστημα FWD του τομέα ΜΣΥ του ΕΜΠ

Η χρήση του FWD έχει πολλά πλεονεκτήματα καθώς αποτελεί ένα σύστημα μη καταστρεπτικών δοκιμών (NDT), η συλλογή των δεδομένων είναι σχετικά γρήγορη, είναι εύκολο στην εφαρμογή, όμως χρειάζεται επιμέλεια ώστε να τηρούνται τα προβλεπόμενα από τον κατασκευαστή, καθώς σε αντίθετη περίπτωση μπορούν να προκύψουν εσφαλμένες μετρήσεις.



## 4. ΓΕΩΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

### 4.1 Γενικά

Τα γεωφυσικά χαρακτηριστικά του ασφαλτομίγματος σχετίζονται κυρίως με τις ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητές του (electromagnetic properties). Το ασφαλτομίγμα θεωρείται ένα σύνθετο υλικό του οποίου οι ηλεκτρικές ιδιότητες εξαρτώνται από τις ηλεκτρικές ιδιότητες των επιμέρους υλικών που συνθέτουν το μίγμα, της αναλογίας αυτών των υλικών στο μίγμα και των μεταξύ τους ηλεκτροχημικών αλληλεπιδράσεων (Saarenketo 2006). Οι ηλεκτρικές ιδιότητες περιλαμβάνουν: τη διηλεκτρική διαπερατότητα ( $\epsilon$ ), τη μαγνητική διαπερατότητα ( $\mu$ ) και την ηλεκτρική αγωγιμότητα ( $\sigma$ ) (Martinez & Byrnes 2001). Τα τελευταία χρόνια έχει πραγματοποιηθεί πλήθος ερευνών (Saarenketo 1997, Loizos & Plati 2011 κ.α) με σκοπό τη διερεύνηση των ιδιοτήτων αυτών, και πιο συγκεκριμένα της διηλεκτρικής διαπερατότητας (διηλεκτρικής σταθεράς) και της χρησιμότητάς της στα ασφαλτομίγματα. Μέσω της ανάλυσης των διακυμάνσεων της διηλεκτρικής σταθεράς του υπό διερεύνηση υλικού, είναι δυνατός ο εντοπισμός περιοχών, όπου εμφανίζεται αποκόλληση ή διαχωρισμός του ασφαλτομίγματος.

### 4.2 Ορισμοί

Η διηλεκτρική διαπερατότητα περιγράφει την αλληλεπίδραση των υλικών με το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (Δέρβος 2000). Αναφέρεται στην ικανότητα ενός υλικού να αποθηκεύει και στη συνέχεια να επιτρέπει τη διέλευση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, όταν βρίσκεται υπό την επίδραση ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Η διηλεκτρική διαπερατότητα συχνά εμφανίζεται συναρτηθείς της διηλεκτρικής διαπερατότητας του αέρα και τότε ονομάζεται σχετική διηλεκτρική διαπερατότητα.

Το μέγεθος αυτό αποτελεί μιγαδικό μέγεθος, γι' αυτό και συναντάται συχνά και ως σχετική μιγαδική διηλεκτρική διαπερατότητα (Δέρβος 2000). Είναι ίσο με τη μιγαδική διηλεκτρική διαπερατότητα του υλικού, διαιρεμένη με τη μιγαδική διηλεκτρική διαπερατότητα του αέρα:

$$\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0 = \epsilon_r' - j * \epsilon_r'' \quad (4.1)$$

Το  $\epsilon_r'$  (το πραγματικό μέρος του μεγέθους) αποτελεί ένδειξη του πόση ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί στο υλικό, από το επιβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο. Για το κενό είναι  $\epsilon_r' = 1$ . Για τα περισσότερα στερεά και υγρά είναι  $1 < \epsilon_r' < 10$ . Το πραγματικό μέρος της σχετικής διηλεκτρικής διαπερατότητας, καλείται σχετική διηλεκτρική σταθερά ή συνηθέστερα διηλεκτρική σταθερά.

Το  $\epsilon_r''$ , που είναι το φανταστικό μέρος του μεγέθους, εκφράζει τις ενεργειακές απώλειες του υλικού και αποτελεί ένδειξη για το πόσο πολικά χαλαρό αναμένεται ότι θα αποδειχτεί το υλικό ως προς την μεταβολή του ηλεκτρικού πεδίου. Οι απώλειες αυτές είναι αποτέλεσμα αλλαγής της πολικότητας των στοιχειωδών τμημάτων του διηλεκτρικού υλικού, οι οποίες οφείλονται στην αλλαγή της φοράς του πεδίου. Αυτό προκαλεί ταλαντώσεις, που παράγουν θερμότητα λόγω τριβής, η οποία όμως χάνεται. Με τον όρο χαλαρό, σε μία συχνότητα, αποκαλούμε ένα υλικό στο οποίο ο βασικός μηχανισμός πόλωσης, είναι ικανός να ακολουθεί τις μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου.

Οι ενεργειακές απώλειες είναι αμελητέες στην περίπτωση που η αγωγιμότητα του υλικού είναι αρκετά χαμηλή, όπως συμβαίνει στα περισσότερα αδρανή. Επομένως, το φανταστικό μέρος της σχετικής μιγαδική διηλεκτρικής διαπερατότητας αποτελεί ποσότητα πρακτικά πολύ μικρή, με αποτέλεσμα η διηλεκτρική σταθερά (το πραγματικό μέρος του μεγέθους) να είναι ο κύριος παράγοντας της σχετικής μιγαδική διηλεκτρικής διαπερατότητας, και να ισχύει προσεγγιστικά η σχέση:

$$\epsilon_r = \epsilon_r' \quad (4.2)$$

Στη συνέχεια, η μετρούμενη τιμή της σχετικής μιγαδική διηλεκτρικής διαπερατότητας θα ισούται με το πραγματικό μέρος του μιγαδικού μεγέθους, δηλαδή τη διηλεκτρική σταθερά, και ηθελημένα θα παραλείπεται το φανταστικό μέρος.

### **4.3 Η διηλεκτρική σταθερά των ασφαλτομιγμάτων**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ασφαλτόμιγμα αποτελείται από τρία διαφορετικά υλικά, την άσφαλο, τα αδρανή και τον αέρα. Επιπλέον, μπορεί να περιέχονται στο μίγμα νερό, πάγος, κολλοειδή σωματίδια αργίλου, άλατα και οργανικά συστατικά. Κάθε ένα από αυτά, έχει και διαφορετική διηλεκτρική σταθερά. Η διηλεκτρική σταθερά του ξηρού μίγματος επομένως, θα είναι ένα μέγεθος εξαρτώμενο από τις επιμέρους τιμές της διηλεκτρικής σταθεράς του κάθε υλικού, από τις περιεκτικότητες κατ' όγκο του εκάστοτε υλικού και από τη γεωμετρία των συστατικών στο μίγμα (Δέρβος 2000). Λόγω της έκθεσης του μίγματος στις περιβαλλοντικές συνθήκες, η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς είναι δυνατόν να μεταβάλλεται εξαιτίας των προσμίξεων (κατά βάσει του νερού).

Όσον αφορά στην άσφαλο, η διηλεκτρική σταθερά της έχει ένα εύρος τιμών από 2.6 έως 2.8 ( Bishara & McReynold 1995). Το εύρος των τιμών αυτών καθορίστηκε από μετρήσεις που έγιναν και έδειξαν ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στις διηλεκτρικές τιμές διαφόρων τύπων ασφάλτου ή για ασφάλτους με διαφορετικό ιξώδες. Αξίζει να σημειωθεί

πως η γήρανση της ασφάλτου δεν επηρεάζει σημαντικά την διηλεκτρική τιμή της (Saarenketo 1997).

Το δεύτερο υλικό των ασφαλτομιγμάτων, τα αδρανή, σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, προέκυψε ότι η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς των ξηρών αδρανών κυμαίνεται από 4.5 έως 6.5 (Saarenketo 1997). Ωστόσο τα αδρανή από άνθρακα, όπως τα ασβεστολιθικά, είχαν υψηλότερες τιμές, φτάνοντας κοντά στο 9.

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, και δεδομένου ότι η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς του αέρα είναι ίση με  $\epsilon_r=1$ , προκύπτει ότι η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς του ασφαλτομίγματος, εξαρτώμενη από τις κατ' όγκο περιεκτικότητες της ασφάλτου, των αδρανών και του αέρα, θα είναι μια συνάρτηση των τιμών της διηλεκτρικής σταθεράς των εκάστων υλικών του, με εύρος τιμών από 3.5 – 5.5.

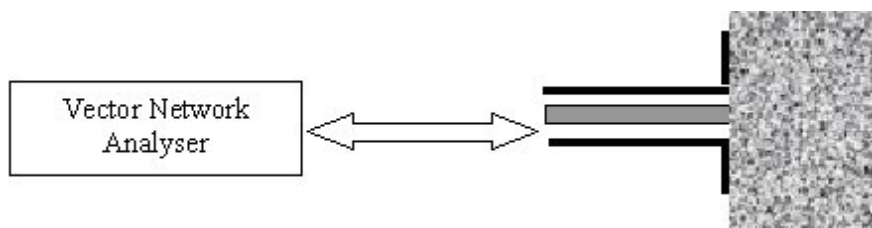
#### 4.4 Προσδιορισμός της διηλεκτρικής σταθεράς των ασφαλτομιγμάτων

##### 4.4.1 Γενικά

Ο προσδιορισμός της διηλεκτρικής σταθεράς των ασφαλτομιγμάτων επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλων συσκευών, είτε στο εργαστήριο, είτε επί τόπου.

##### 4.4.2 Εργαστηριακός προσδιορισμός

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι προσδιορισμού της διηλεκτρικής σταθεράς στο εργαστήριο. Μια εξ' αυτών είναι η τεχνική του ομοαξονικού ηλεκτροδίου (Open-Ended Coaxial Probe) (Εικόνα 4.1) και η οποία αποτελεί μια μη καταστρεπτική μέθοδο (Daniels, D. J. 2004).



Εικόνα 4.1 : Ομοαξονικό ηλεκτρόδιο για την μέτρηση της τιμής των διηλεκτρικών ιδιοτήτων

Η τεχνική του ομοαξονικού ηλεκτροδίου βρίσκει εφαρμογή σε πολλές συσκευές, όπως είναι αυτή του percometer. Το percometer αποτελεί μία ευέλικτη εύχρηστη, ακριβή και μη καταστρεπτική συσκευή μέτρησης της διηλεκτρικής σταθεράς, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας. Μπορεί να πραγματοποιήσει μετρήσεις σε πλήθος επιφανειών, επιλέγοντας ειδικά πρόσθετα εξαρτήματα-ανιχνευτές (Probe), τα οποία έχοντας το κατάλληλο σχήμα, εφάπτονται στην εκάστοτε επιφάνεια. Κάθε ανιχνευτής είναι αυτορυθμιζόμενος, ενώ χρειάζεται και μία βαθμονόμηση μετά τη σύνδεσή του με το

percometer, ώστε να είναι έτοιμος για χρήση. Η βαθμονόμηση αυτή πραγματοποιείται είτε μετρώντας σε ανοιχτό κύκλωμα (στον αέρα), είτε σε κοντό κύκλωμα (μεταλλικό υλικό) ή, τέλος, σε απιονισμένο νερό. Η διάταξη της συσκευής, καθώς και οι τύποι των ανιχνευτών παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.2.



Εικόνα 4.2: Percometer και τύποι ηλεκτροδίων

Οι ανιχνευτές αυτοί, διοχετεύουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα στο δοκίμιο. Μετρώντας τη μεταβολή της χωρητικότητάς ( $\Delta C$ ) του υλικού, μέσω της συσχέτισης του συντελεστή σύνθετης ανάκλασης, προσδιορίζουν την τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς για το συγκεκριμένο δοκίμιο. Η διείσδυση της διοχετευόμενης ενέργειας, καθώς και το βάθος μέτρησης, περιορίζονται κοντά στην επιφάνεια, ενώ η συχνότητα λειτουργίας του percometer, κυμαίνεται στα 50MHz.

Επίσης, το percometer προσφέρει τη δυνατότητα αποθήκευσης των αποτελεσμάτων μέτρησης στην κεντρική μονάδα του, και εν συνεχεία, στη μονάδα αποθήκευσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή για περαιτέρω χρήση και ανάλυση, π.χ. στο Excel.

Τέλος, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αν και συγκεντρώνει αρκετά πλεονεκτήματα, εντούτοις, παρουσιάζει και δύο μειονεκτήματα: πρώτον έχει μικρό βάθος διείσδυσης της τάξεως των 3 – 5 cm, και δεύτερον υποεκτιμά το μέτρο της διηλεκτρικής σταθεράς σε δοκίμια με τραχεία επιφάνεια, λόγω της εισόδου αέρα στα επιφανειακά κενά.

#### 4.4.3 Επί τόπου προσδιορισμός της διηλεκτρικής σταθεράς

Ο επί τόπου προσδιορισμός της διηλεκτρικής σταθεράς πραγματοποιείται με τη χρήση των γεωφυσικών συστημάτων, όπως είναι το GPR (Ground Penetrating Radar). Αυτά τα συστήματα, τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των μη καταστρεπτικών δοκιμών, αξιοποιούνται στα πλαίσια της διερεύνησης του υπεδάφους αλλά και της δομής του οδοστρώματος. Όσον αφορά στα οδοστρώματα, το GPR αποτυπώνει τις στρωματογραφίες του. Η εφαρμογή του στα οδοστρώματα ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του '80 από τους Berg το 1984 και Johansson το 1987. Η ακρίβειά του τα τελευταία χρόνια έχει βελτιωθεί αισθητά, προσφέροντάς του ευρύτερη αναγνώριση.



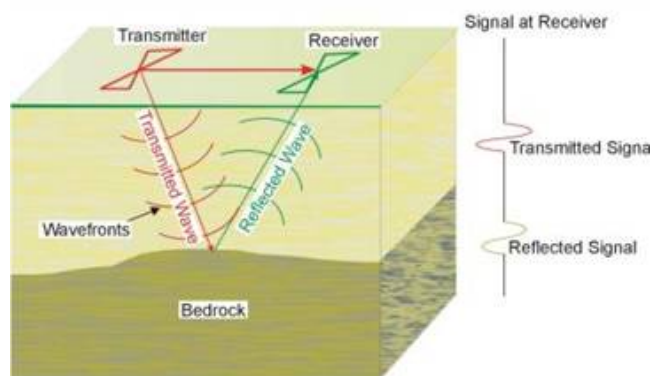
α



β

Εικόνα 4.3: Γεωφυσικό σύστημα (GPR)

Η αρχή λειτουργίας της συσκευής (Συμεωνίδης 2002, Δονούλης 2002), είναι η μετάδοση παλμών ραδιοκυμάτων, εξαιρετικά υψηλής συχνότητας, μέσω ενός μετατροπέα ή μιας κεραίας. Τα εκπεμπόμενα ραδιοκύματα ανακλώνται από τις διαχωριστικές επιφάνειες του ασφαλτομίγματος ή των στρωμάτων του οδοστρώματος, με διαφορετικά χαρακτηριστικά.



Εικόνα 4.4 : Αρχή λειτουργίας των γεωφυσικών συστημάτων (GPR)

Η κεραία λαμβάνει τα σήματα αυτά και τα αποθηκεύει στην μονάδα ψηφιακού ελέγχου. Ανάλογα με τον χρόνο που θα κάνει το ανακλώμενο σήμα να επιστρέψει στην κεραία, μπορεί να καθοριστεί το βάθος της εκάστοτε στρώσης. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από την αγωγιμότητα του κάθε υλικού, η οποία είναι συνάρτηση της διηλεκτρικής σταθεράς. Όσο πιο μεγάλη είναι η διηλεκτρική σταθερά, τόσο λιγότερο χρόνο θα κάνει το σήμα να επιστρέψει στην κεραία.

Ο προσδιορισμός της σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς ενός υλικού, δίνεται από τη σχέση:

$$\varepsilon = (C/v)^2 \quad (4.3)$$

Όπου  $\varepsilon$ : η σχετική διηλεκτρική σταθερά

$C$ : η ταχύτητα του φωτός (m/sec)

$v$ : η ταχύτητα του μεταδιδόμενου στο υλικό ηλεκτρομαγνητικού κύματος (m/sec)

Το εύρος των συχνοτήτων που χρησιμοποιεί η μέθοδος μπορεί να φτάσει και τα GHz. Ο λόγος που χρησιμοποιούνται τόσο υψηλές συχνότητες είναι ότι όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα, τόσο καλύτερη είναι η ανάλυση. Όμως, για χαμηλότερες συχνότητες μπορεί να γίνει ανάλυση σε μεγαλύτερο βάθος.

## **4.5 Παράγοντες επίδρασης στον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς**

### **4.5.1 Γενικά**

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί, κατά τον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς, στην επίδραση των εξωγενών παραγόντων. Τέτοιοι παράγοντες είναι: η παρουσία νερού ή άλλων συστατικών στους πόρους του ασφαλτομίγματος, η μεταβολή της θερμοκρασίας, και η συχνότητας.

### **4.5.2 Η επίδραση του νερού**

Το νερό αποτελεί έναν αστάθμητο παράγοντα των ασφαλτομιγμάτων, το οποίο λόγω της ικανότητάς του να διεισδύει και να μεταφέρει μαζί του πληθώρα συστατικών, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το μέγεθος της διηλεκτρικής σταθεράς. Καθώς εισέρχεται στο ασφαλτόμιγμα, καταλαμβάνει τη θέση του αέρα στα κενά, με αποτέλεσμα η τιμή της διηλεκτρικής του μίγματος τελικά να αυξάνει. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, η διηλεκτρική σταθερά του νερού είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του αέρα. Επομένως, σε περίπτωση που υπάρχει νερό στους πόρους του ασφαλτομίγματος, η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς του ασφαλτομίγματος που θα προκύψει θα είναι εσφαλμένη.

#### **4.5.3 Η επίδραση της θερμοκρασίας και της συχνότητας**

Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν σε δοκίμια ασφαλτομίγματος (Jaselskis κ.α. 2003), έδειξαν πως, μεταβολές της θερμοκρασίας, επιφέρουν μεταβολή στη τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς του μίγματος. Αυτή η μεταβολή της σταθεράς όμως, παρατηρήθηκε σημαντική μόνο για μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές, οι οποίες είναι πέραν από τις πραγματικές καιρικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό η επιρροή της θερμοκρασίας δεν θα ληφθεί υπόψη στην παρούσα μελέτη.

Αντίστοιχα, όσον αφορά στην συχνότητα, από δοκιμές που έγιναν προέκυψε, ότι μόνο μεγάλες μεταβολές της επιφέρουν αξιοσημείωτες διαφορές στην διηλεκτρική σταθερά (Jaselskis κ.α. 2003). Οι διαφορές αυτές, είναι πιο έντονες από αυτές που επιφέρει η μεταβολή της θερμοκρασίας, ωστόσο παραμένουν μικρές και δεν επηρεάζουν τη τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς. Λόγω των παραπάνω, η συχνότητα και η θερμοκρασία, δεν θα εξεταστούν στην παρούσα μελέτη.

## 5. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

---

### 5.1 Γενικά

Στα πλαίσια της διερεύνησης της συσχέτισης των υπό εξέταση χαρακτηριστικών μεγεθών του ασφαλτομίγματος (της διηλεκτρικής σταθεράς, του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών), παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο 139 δοκίμια Marshall, σύμφωνα με τις Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές (Π.Τ.Π.). Συγκεκριμένα, παρασκευάστηκαν 27 δοκίμια ασφαλτομίγματος ισοπεδωτικής στρώσης με ασβεστολιθικά αδρανή και 112 δοκίμια ασφαλτομίγματος αντιολισθηρής στρώσης με τέσσερα διαφορετικά είδη αδρανών: το διαβάση, το γάββρο, τη σκωρία και το σπηλίτη. Τα δοκίμια αυτά υποβλήθηκαν σε εργαστηριακές δοκιμές, για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας, της διηλεκτρικής σταθεράς και του ποσοστού των κενών, με χρήση κατάλληλου εργαστηριακού εξοπλισμού και πειραματικών διατάξεων.

### 5.2 Δοκίμια ισοπεδωτικής στρώσης

Η μελέτη σύνθεσης των δοκιμών της ισοπεδωτικής στρώσης, έγινε σύμφωνα με την Π.Τ.Π. A265 του ΥΠΕΧΩΔΕ και για μέγιστη ονομαστική διάσταση αδρανούς 12,5 mm. Τα αδρανή είναι ασβεστολιθικά και προέρχονται από το λατομείο Πύρρου, ενώ η άσφαλτος που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου 50/70 και πληρεί τις απαιτήσεις των Π.Τ.Π. 200.

Πιο συγκεκριμένα, παρασκευάστηκαν 27 δοκίμια ισοπεδωτικής στρώσης, εκ των οποίων, 9 τύπου Α, 9 τύπου Β και 9 τύπου Γ. Ο απαιτούμενος βαθμός συμπίκνωσης για τα δοκίμια και των τριών τύπων, επετεύχθη με επιβολή 75 κτύπων σε κάθε πλευρά του δοκιμίου. Για κάθε τύπο ισοπεδωτικής στρώσης τα δοκίμια που παρασκευάστηκαν, περιείχαν διαφορετικό ποσοστό κενών αέρα. Η κωδικοποίηση των δοκιμών καθώς και το εύρος του ποσοστού των κενών για κάθε τύπο παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.1.



Πίνακας 5.1 : Κωδικοποίηση δοκιμών ισοπεδωτικής στρώσης

Τύπος	Ποσοστό Κενών %		
	3 έως 5	5 έως 7	7 έως 8
Α´	ΙΣΑα1	ΙΣΑβ1	ΙΣΑγ1
	ΙΣΑα2	ΙΣΑβ2	ΙΣΑγ2
	ΙΣΑα3	ΙΣΑβ3	ΙΣΑγ3
Β´	ΙΣΒα1	ΙΣΒβ1	ΙΣΒγ1
	ΙΣΒα2	ΙΣΒβ2	ΙΣΒγ2
	ΙΣΒα3	ΙΣΒβ3	ΙΣΒγ3
Γ´	ΙΣΓα1	ΙΣΓβ1	ΙΣΓγ1
	ΙΣΓα2	ΙΣΓβ2	ΙΣΓγ2
	ΙΣΓα3	ΙΣΓβ3	ΙΣΓγ3

Τα ασβεστολιθικά αδρανή που χρησιμοποιήθηκαν, παρέχουν ικανοποιητική αντοχή, βρίσκονται σε περίσσεια στο Ελληνικό υπέδαφος, αλλά δεν διαθέτουν υψηλό δείκτη αντοχής σε στίλβωση και απότριψη, χαρακτηριστικά που δεν απαιτούνται από το ασφαλτόμιγμα της ισοπεδωτικής στρώσης. Για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα τους, πραγματοποιήθηκαν οι προβλεπόμενοι έλεγχοι. Τα αποτελέσματα των κυριότερων ελέγχων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 : Αποτελέσματα δοκιμών αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης

Δοκιμή	Αποτελέσματα	Μεθοδολογία
Αντοχή σε Τριβή και Κρούση (LA)	28,2	ASTM C131/89
Ισοδύναμο Άμμου	68	AASHO T-176
Πλαστικότητα	N.P.	AASHO T-89 & T-90
Αντοχή σε Συντριβή Πετρώματος (A.C.V.)%	19,2	ΕΛΟΤ EN 1097.02
Δείκτης Πλακοειδών (FI)%	14,4	BS 812.105.1:1989

Οι αναλογίες σύνθεσης καθώς και η κοκκομετρική διαβάθμιση του κάθε τύπου της ισοπεδωτικής, σύμφωνα με τα όρια που επιβάλλουν οι Π.Τ.Π Α265, δίνονται στη συνέχεια.

### 5.2.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Α

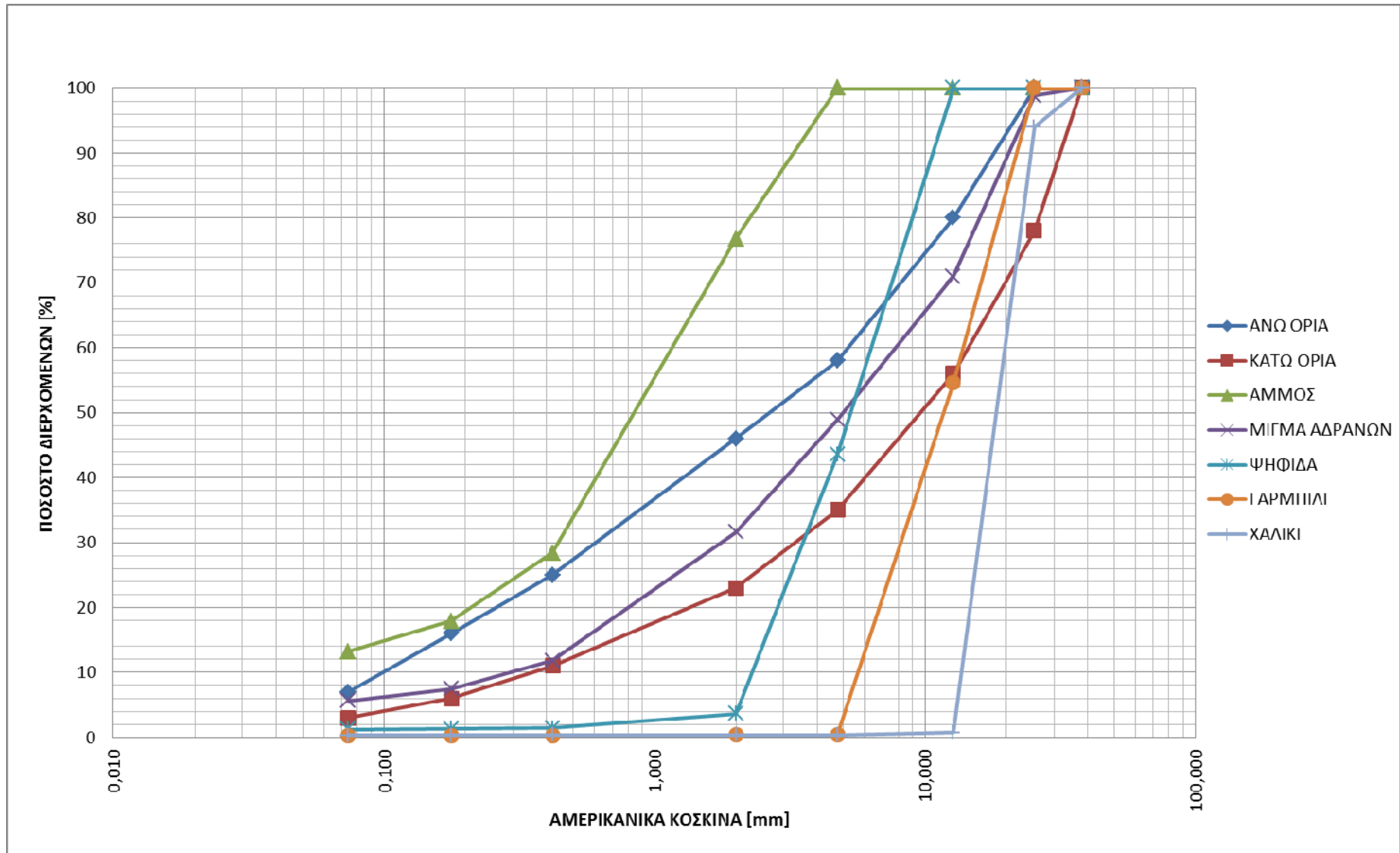
Για την παρασκευή των δοκιμών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Α, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή διαφορετικού μεγέθους, στις εξής αναλογίες: άμμος 40% κ.β, ψηφίδα 20% κ.β, γαρμπίλι 20% κ.β και χαλίκι 20% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική

σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3 : Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Α

Κόσκινα		Άμμος	Ψηφίδα	Γαρμπίλι	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
38,10	1 1/2"	40,0	20,0	20,0	20,0	<b>100,0</b>
25,40	1"	40,0	20,0	20,0	18,8	<b>98,8</b>
12,70	1/2"	40,0	20,0	10,9	0,1	<b>71,0</b>
4,75	No4	40,0	8,7	0,1	0,1	<b>48,9</b>
2,00	No10	30,7	0,7	0,1	0,1	<b>31,6</b>
0,43	No40	11,3	0,3	0,1	0,1	<b>11,8</b>
0,18	No80	7,1	0,3	0,1	0,1	<b>7,5</b>
0,07	No200	5,3	0,2	0,1	0,1	<b>5,6</b>

Στην Εικόνα 5.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος, καθώς και τα επιμέρους κλάσματα της σύνθεσης.



Εικόνα 5.1: Διάγραμμα κοκκομετρικής Ανάλυσης ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Α

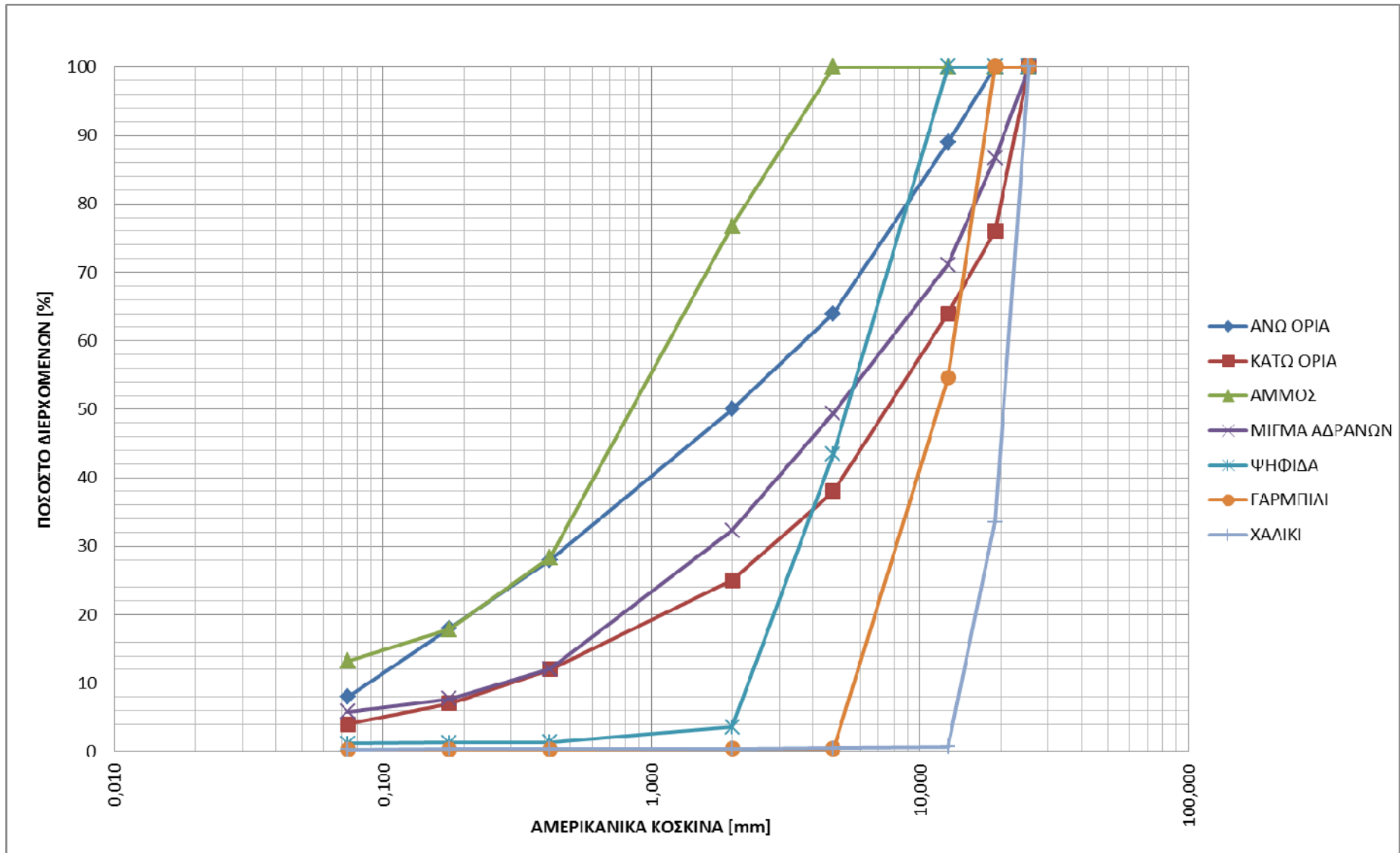
### 5.2.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Β

Για την παρασκευή των δοκιμών του Β' τύπου της ισοπεδωτικής στρώσης, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή στις εξής αναλογίες: άμμος 41% κ.β, ψηφίδα 19% κ.β, γαρμπίλι 20% κ.β και χαλίκι 20% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4 : Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Β

Κόσκινα		Άμμος	Ψηφίδα	Γαρμπίλι	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
25,40	1"	41,0	19,0	20,0	20,0	<b>100,0</b>
19,05	3/4"	41,0	19,0	20,0	6,7	<b>86,7</b>
12,70	1/2"	41,0	19,0	10,9	0,1	<b>71,1</b>
4,75	No4	41,0	8,3	0,1	0,1	<b>49,4</b>
2,00	No10	31,5	0,7	0,1	0,1	<b>32,3</b>
0,43	No40	11,6	0,3	0,1	0,1	<b>12,1</b>
0,18	No80	7,3	0,2	0,1	0,1	<b>7,7</b>
0,07	No200	5,4	0,2	0,1	0,1	<b>5,8</b>

Στην συνέχεια παρατίθεται στην Εικόνα 5.2, το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος, καθώς και οι κοκκομετρικές καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων του μίγματος.



Εικόνα 5.2: Διάγραμμα κοκκομετρικής Ανάλυσης ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Β

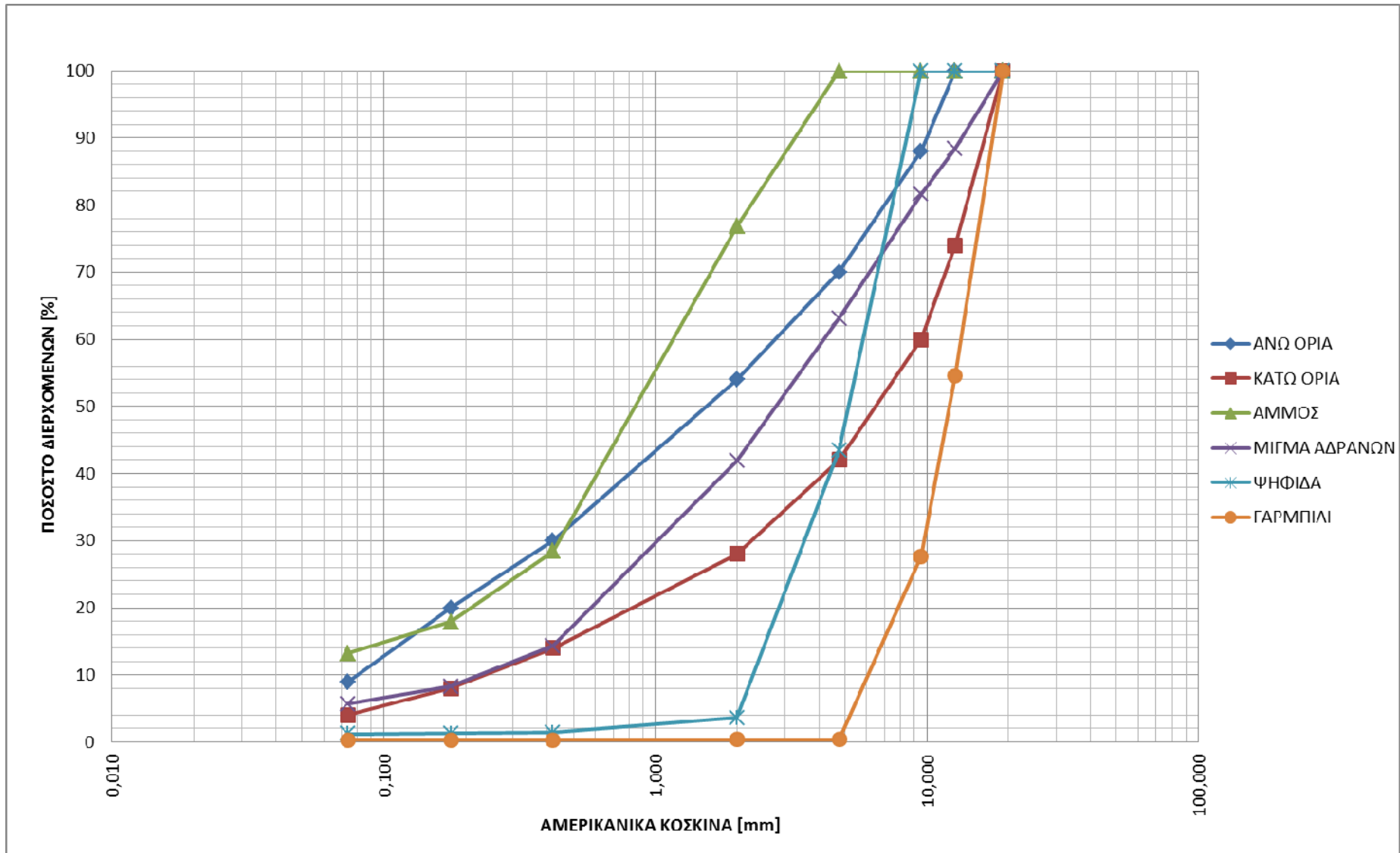
### 5.2.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Γ

Για την παρασκευή των δοκιμών του Γ' τύπου της ισοπεδωτικής στρώσης, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή στις εξής αναλογίες: άμμος 55% κ.β, ψηφίδα 20% κ.β, γαρμπίλι 25% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5 : Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Γ

Κόσκια		Άμμος	Ψηφίδα	Γαρμπίλι	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
19,05	3/4"	55,0	20,0	25,0	-	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	55,0	20,0	13,6	-	<b>88,4</b>
9,52	3/8"	55,0	20,0	6,9	-	<b>81,6</b>
4,75	No4	55,0	8,7	0,1	-	<b>63,1</b>
2,00	No10	42,3	0,7	0,1	-	<b>41,9</b>
0,43	No40	15,6	0,3	0,1	-	<b>14,3</b>
0,18	No80	9,8	0,3	0,1	-	<b>8,3</b>
0,07	No200	7,2	0,2	0,1	-	<b>5,7</b>

Έπειτα στην Εικόνα 5.3 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος, καθώς και οι κοκκομετρικές καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων του μίγματος.



Εικόνα 5.3: Διάγραμμα κοκκομετρικής Ανάλυσης ισοπεδωτικής στρώσης τύπου Γ

### 5.2.4 Χαρακτηριστικά ασφάλτου

Για τη σύνθεση του ασφαλτομίγματος χρησιμοποιήθηκε άσφαλτος 50/70, η οποία υποβλήθηκε σε εργαστηριακές δοκιμές, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στο Πίνακα 5.6:

Πίνακας 5.6 : Αποτελέσματα δοκιμών ασφάλτου ισοπεδωτικής στρώσης

Δοκιμή	Απαίτηση Π.Τ.Π A200 (Τύπος 60/70)	Αποτελέσματα	Μεθοδολογία
Σημείο Αναφλέξεως (°C)	$\geq 230$	299	AASHO T-48
Διεισδυτικότητα σε 25 °C	60-70	62	AASHO T-49
Σημείο Μάλθωσης (°C)	48-56	50	AASHO T-53
Δείκτης Εισόδσεως (PI)	(-1 , +0,7)	-0,7	
Ολκιμότητα σε 25 °C (cm)	$\geq 100$	121	AASHO T-51

Από τον Πίνακα 5.6, και τα αποτελέσματα των δοκιμών, αποδεικνύεται η καταλληλότητα της ασφάλτου, ως συνδετικό υλικό της ισοπεδωτικής στρώσης.

### 5.2.5 Ποσοστά ασφάλτου

Τα ποσοστά ασφάλτου, για τους τύπους Α΄, Β΄ και Γ΄ της ισοπεδωτικής στρώσης, που επετεύχθησαν κατά την παρασκευή των δοκιμών, με βάσει τα αποτελέσματα της μελέτης δίνονται στον Πίνακα 5.7 .

Πίνακας 5.7: Ποσοστά ασφάλτου κ.β. των αδρανών υλικών της ισοπεδωτικής στρώσης

Τύπος Ισοπεδωτικής	Ποσοστά Κενών		
	3 - 5 %	5-7%	7-8%
Α΄	4,20	4.00	3.20
Β΄	4.40	4.00	3.20
Γ΄	4.50	3.80	3.50

Αξίζει να σημειωθεί, πως η μεταβολή του ποσοστού των κενών για κάθε τύπο της ισοπεδωτικής στρώσης, επετεύχθη με τη χρήση διαφορετικού ποσοστού ασφάλτου.



### 5.3 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης

Η μελέτη σύνθεσης των δοκιμίων της αντιολισθηρής στρώσης έγινε σύμφωνα με το άρθρο ΣΤ-4 της ΤΣΥ του ΥΠΕΧΩΔΕ, για μέγιστη ονομαστική διάσταση αδρανούς 12,5 mm. Η άσφαλτος που χρησιμοποιήθηκε ήταν τροποποιημένη άσφαλτος Netoil (Polymer-Modified Bitumen: PMB, 25-55/75), η καταλληλότητα της οποίας εξετάστηκε σύμφωνα με την Π.Τ.Π. Α200.

Η τροποποιημένη άσφαλτος Netoil PMB 25-55/75, περιέχει ένα ελαστομερές, το SBS, της ευρύτερης οικογένειας των πολυμερών. Τα οφέλη που επιτυγχάνονται με την χρήση του SBS αναφέρθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο. Η πληροφόρηση που λαμβάνεται από τον κωδικό 25-55/75, είναι ότι η δεισδυτικότητα της ασφάλτου βρίσκεται μεταξύ 25dmm-55dmm και το σημείο μάλθωσης  $\geq 75^{\circ}\text{C}$ , πληροφορίες οι οποίες θα επιβεβαιωθούν στη συνέχεια από τους εργαστηριακούς ελέγχους.

Οι τύποι των αδρανών που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των δοκιμίων της αντιολισθηρής στρώσης, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι ο διαβάσης, ο γάββρος, η σκωρία και ο σπηλίτης. Συνολικά κατασκευάστηκαν 112 δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης, 28 για κάθε τύπο αδρανών. Ο απαιτούμενος βαθμός συμπίκνωσης επετεύχθη στα μεν δοκίμια ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης, τύπου I, με επιβολή 75 κτύπων σε κάθε πλευρά του δοκιμίου, στα δε δοκίμια τύπου II, III με επιβολή 55 κτύπων σε κάθε πλευρά, αντιστοίχως. Τα χαρακτηριστικά των δοκιμίων αντιολισθηρής στρώσης, για κάθε τύπο αδρανούς, παρουσιάζονται στη συνέχεια.

#### 5.3.1 Τύπος αδρανούς: διαβάσης

Ο διαβάσης ή αλλιώς δολερίτης είναι ένα πυριγενές πέτρωμα το οποίο συναντάται στο εσωτερικό της γης (Ελευθεριάδης & Κορωναίος 2004). Λόγω της προέλευσης του παρουσιάζει πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες, ενώ έχει και εξαιρετική επιφανειακή υφή. Είναι πολύ σκληρό πέτρωμα και δεν φθείρεται εύκολα, διαθέτοντας χαμηλό δείκτη απότριψης και υψηλό δείκτη στίλβωσης, χαρακτηριστικά τα οποία έχουν καταστήσει τον διαβάση ως ένα πολύ καλό αδρανές, για χρήση σε αντιολισθηρούς τάπητες.

Χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή 28 δοκιμίων αντιολισθηρής στρώσης, τύπου I , II , και III σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Τα δοκίμια χωρίστηκαν ανάλογα με τα κενά τους, σε επιμέρους κατηγορίες όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8 : Διαχωρισμός δοκιμίων αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση

Αντιολισθηρή Στρώση					
Τύπος I		Τύπος II		Τύπος III	
Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου		Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου		Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου	
12,5mm		12,5mm		12,5mm	
Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμίων (Κωδικός)	Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμίων (Κωδικός)	Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμίων (Κωδικός)
3 έως 4	4 (A1-A4)	5 έως 8	4 (A5-A8)	15 έως 18	4 (A17-A20)
		8 έως 11	4 (A9-A12)	18 έως 21	4 (A21-A24)
		11 έως 15	4 (A13-A16)	21 έως 25	4 (A25-A28)
<b>Σύνολο</b>	<b>4</b>		<b>12</b>		<b>12</b>

Για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα του αδρανούς, ώστε να χρησιμοποιηθεί στην παρασκευή δοκιμίων ασφαλτομίγματος αντιολισθηρής στρώσης, έγιναν οι απαιτούμενοι έλεγχοι, τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται στον Πίνακα 5.9.

Πίνακας 5.9: Αποτελέσματα δοκιμών αδρανών υλικών τύπου διαβάση της αντιολισθηρής στρώσης

Δοκιμή	Αποτελέσματα	Μεθοδολογία
Αντοχή σε Τριβή και Κρούση (LA)	13,2	ASTM C131/89
Ισοδύναμο Άμμου	79	AASHO T-176
Πλαστικότητα	N.P.	AASHO T-89 & T-90
Αντοχή σε Συντριβή Πετρώματος (A.C.V.)%	13,5	ΕΛΟΤ EN 1097.02
Δείκτης Πλακοειδών (FI)%	14,4	BS 812.105.1:1989
Αντίσταση Αδρανών σε Απότριψη (A.A.V.)%	3,41	BS 812.113-1991
Δοκιμή PSV	60	ΕΛΟΤ EN 1997.80

Οι αναλογίες σύνθεσης και η κοκκομετρική καμπύλη για τους τύπους I , II και III της αντιολισθηρής στρώσης, με αδρανές υλικό το διαβάση, παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

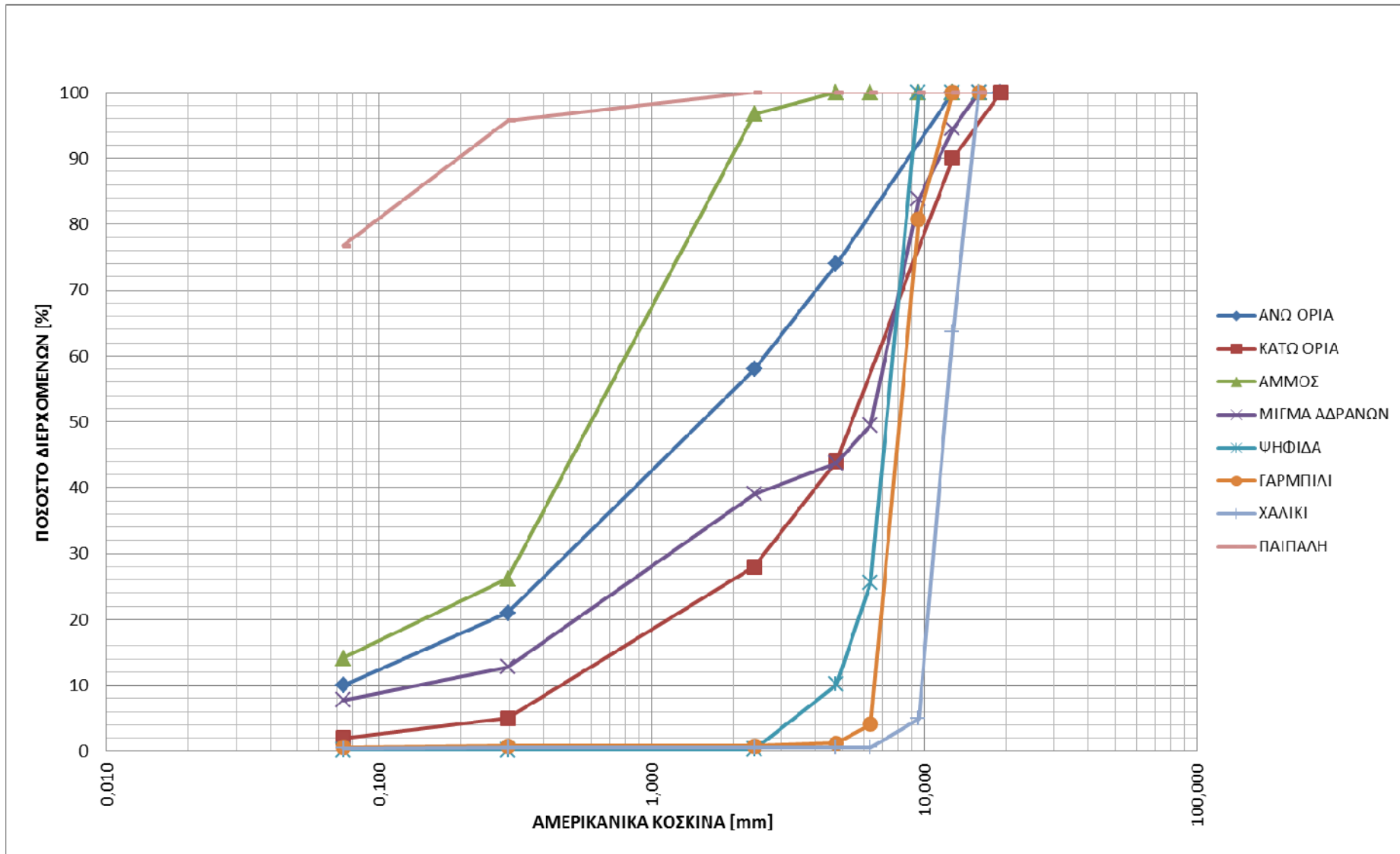
### 5.3.1.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I

Για την παρασκευή των δοκιμών, τύπου I της αντιολισθηρής στρώσης, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή διαφορετικού μεγέθους σε αναλογίες: άμμος 37% κ.β, ψηφίδα 35% κ.β, γαρμπίλι 10% κ.β, χαλίκι 15% κ.β και παιπάλη 3% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.10.

Πίνακας 5.10: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I (τύπος αδρανούς διαβάσης)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Γαρμπίλι	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)						
15,87	5/8"	37,0	3,0	35,0	10,0	15,0	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	37,0	3,0	35,0	10,0	9,5	<b>94,5</b>
9,52	3/8"	37,0	3,0	35,0	8,1	0,7	<b>83,8</b>
6,35	1/4"	37,0	3,0	9,0	0,4	0,1	<b>49,5</b>
4,75	No4	37,0	3,0	3,5	0,1	0,1	<b>43,7</b>
2,36	No8	35,8	3,0	0,1	0,1	0,1	<b>39,0</b>
0,300	No50	9,7	2,9	0,1	0,1	0,1	<b>12,8</b>
0,074	No200	5,2	2,3	0,1	0,1	0,1	<b>7,7</b>

Στην Εικόνα 5.4 παρουσιάζεται το διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος, της αντιολισθηρής στρώσης τύπου I, καθώς και τα επιμέρους κλάσματα της σύνθεσης.



Εικόνα 5.4: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιολισθηρής στρώσης τύπου I, με τύπο αδρανούς το διαβάση

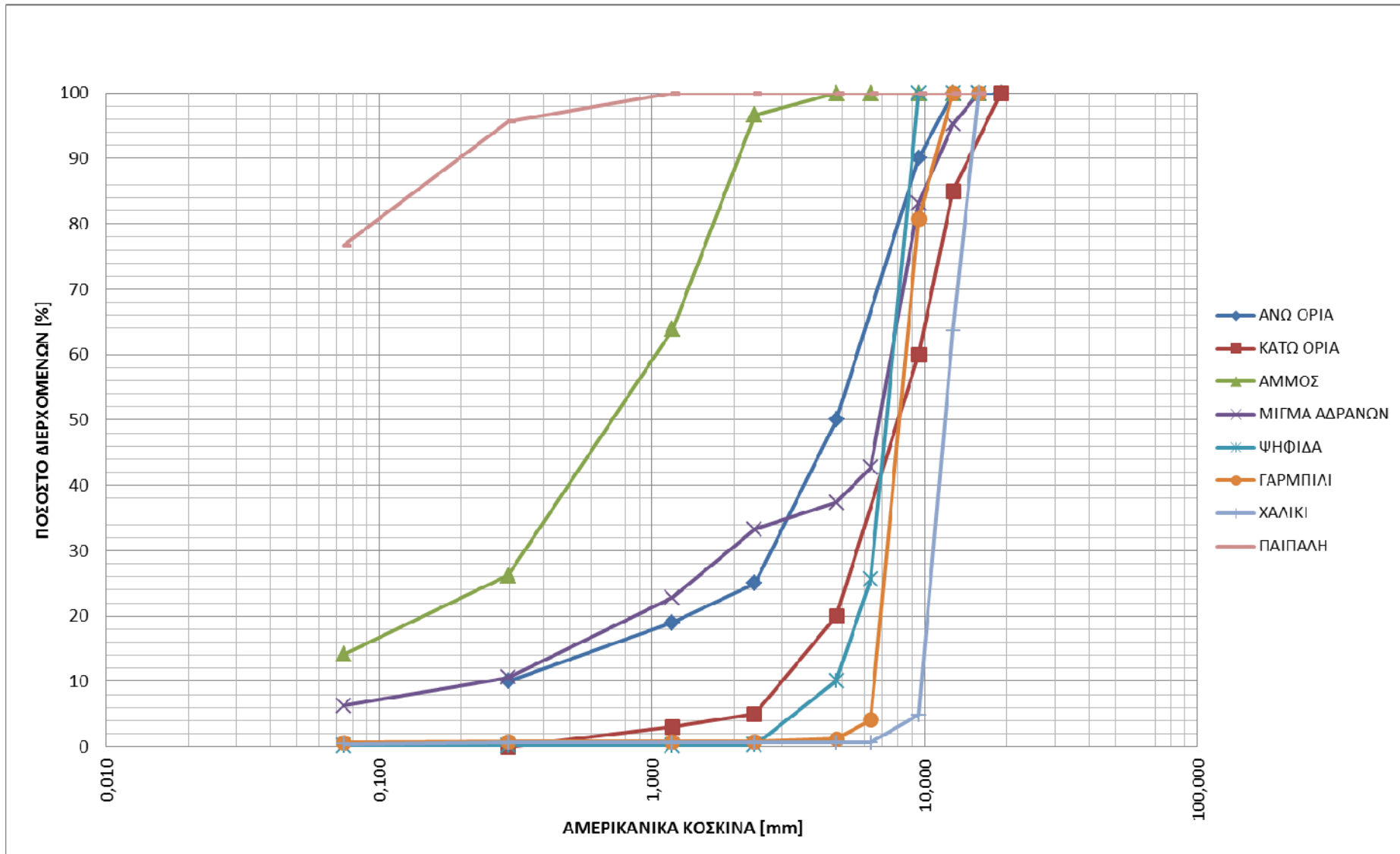
### 5.3.1.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου II

Για την παρασκευή των δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης τύπου II, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή σε αναλογίες: άμμος 32% κ.β, ψηφίδα 30% κ.β, γαρμπίλι 23% κ.β, χαλίκι 13% κ.β και παιπάλη 2% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον ακόλουθο πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.11: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου II (τύπος αδρανούς διαβάσης)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Γαρμπίλι	Χαλίκι	Ποσοστά διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)						
15,87	5/8"	32,0	2,0	30,0	23,0	13,0	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	32,0	2,0	30,0	23,0	8,3	<b>95,3</b>
9,52	3/8"	32,0	2,0	30,0	18,6	0,6	<b>83,2</b>
6,35	1/4"	32,0	2,0	7,7	0,9	0,1	<b>42,7</b>
4,75	No4	32,0	2,0	3,0	0,3	0,1	<b>37,4</b>
2,36	No8	30,9	2,0	0,1	0,2	0,1	<b>33,3</b>
1,18	No16	20,4	2,0	0,1	0,2	0,1	<b>22,8</b>
0,300	No50	8,4	1,9	0,1	0,2	0,1	<b>10,6</b>
0,074	No200	4,5	1,5	0,1	0,1	0,1	<b>6,3</b>

Στη συνέχεια παρατίθεται στην Εικόνα 5.5, το διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης τύπου II, καθώς και οι κοκκομετρικές καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων του μίγματος.



Εικόνα 5.5: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιολισθηρής στρώσης τύπου II, με τύπο αδρανούς το διαβάση (12,5mm)

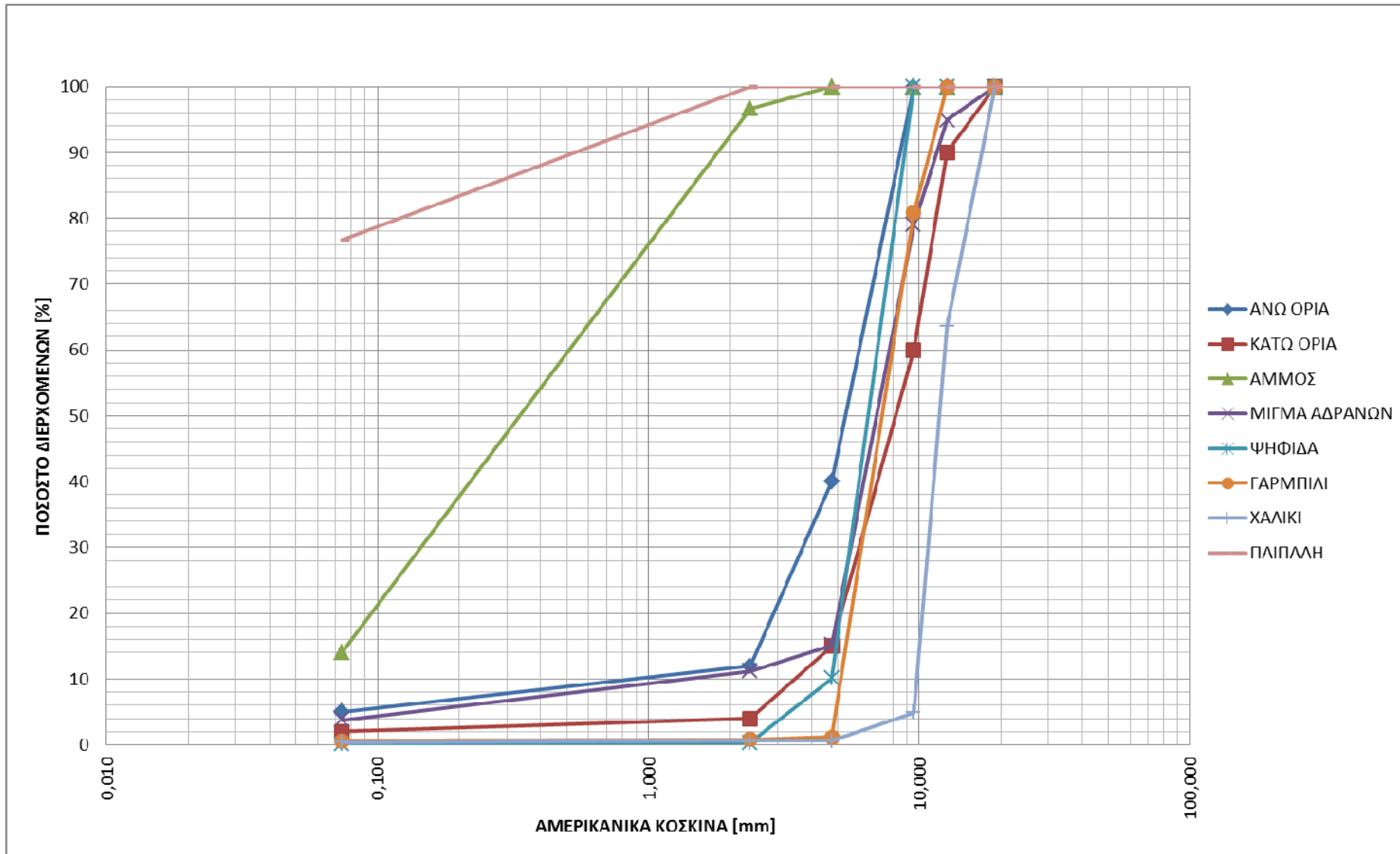
### 5.3.1.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου III

Για την παρασκευή των δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης τύπου III, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή στις αναλογίες: άμμος 8% κ.β, ψηφίδα 35% κ.β, γαρμπίλι 40% κ.β, χαλίκι 14% κ.β και παιπάλη 3% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.12.

Πίνακας 5.12: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου III (τύπος αδρανούς διαβάσης)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Γαρμπίλι	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)						
19,05	3/4"	8,0	3,0	35,0	40,0	14,0	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	8,0	3,0	35,0	40,0	8,9	<b>94,9</b>
9,52	3/8"	8,0	3,0	35,0	32,3	0,7	<b>79,0</b>
4,75	No4	8,0	3,0	3,5	0,5	0,1	<b>15,1</b>
2,36	No8	7,7	3,0	0,1	0,3	0,1	<b>11,2</b>
0,074	No200	1,1	2,3	0,1	0,3	0,1	<b>3,8</b>

Στον Εικόνα 5.6, παρατίθεται το διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης τύπου III, με τύπο αδρανούς το διαβάση, καθώς και οι καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων.



Εικόνα 5.6: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιλιοθηρής στρώσης τύπου III, με τύπο αδρανούς το διαβάση (12,5mm)



#### 5.3.1.4 Ποσοστά ασφάλτου

Τα ποσοστά ασφάλτου των δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης, για τους τύπους I , II και III, δίνονται στον Πίνακα 5.13, όπως προέκυψαν ύστερα από τη μελέτη σύνθεσης του ασφαλομίγματος.

Πίνακας 5.13: Ποσοστά ασφάλτου κ.β. των αδρανών της αντιολισθηρής στρώσης (διαβάσης)

Ποσοστά Κενών	Τύπος Αντιολισθηρής		
	I	II	III
3 - 5%	5,00	-	-
5 - 8%	-	4,40	-
8 - 11%	-	4,10	-
11 - 15%	-	3,75	-
15 - 18%	-	-	4,50
18 - 21%	-	-	4,20
21 - 25%	-	-	3,75

Η μεταβολή αυτή του ποσοστού της ασφάλτου σε κάθε τύπο της αντιολισθηρής στρώσης, πραγματοποιήθηκε με σκοπό, την επίτευξη διαφορετικού ποσοστού κενών για κάθε τύπο.

#### 5.3.2 Τύπος αδρανούς: γάββρος

Ο γάββρος εντάσσεται στην κατηγορία των πυριγενών πετρωμάτων και προέρχεται από κρυστάλλωση βασαλτικού μάγματος σε πλουτώνιες συνθήκες (Ελευθεριάδης & Κορωναίος 2004). Οι ιδιότητές του, από μηχανικής πλευράς, μοιάζουν με αυτές του διαβάση, καθώς αποτελούν συγγενικά πετρώματα. Χαρακτηρίζεται επομένως ως συμπαγές πέτρωμα, υψηλής αντοχής και με μεγάλη αντίσταση σε φθορά και λείανση της επιφανειακής του τραχύτητας, παρουσιάζοντας χαμηλό δείκτη απότριψης και υψηλό δείκτη στίλβωσης. Επομένως, λόγω των χαρακτηριστικών αυτών, θεωρείται ένα πολύ καλό αδρανές για αντιολισθηρές στρώσεις.

Συνολικά παρασκευάστηκαν 28 δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρο, εκ των οποίων τα 4 ήταν τύπου I, 12 τύπου II και 12 τύπου III. Η μελέτη σύνθεσής τους έγινε με βάση το άρθρο Στ-4 της ΤΣΥ του ΥΠΕΧΩΔΕ. Στον Πίνακα 5.14 παρουσιάζεται η κωδικοποίηση και ο περαιτέρω διαχωρισμός με βάση το ποσοστό των κενών.

Πίνακας 5.14: Διαχωρισμός δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρο.

Αντιολισθηρή Στρώση					
Τύπος I		Τύπος II		Τύπος III	
Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου		Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου		Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου	
12,5mm		12,5mm		12,5mm	
Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμών (Κωδικός)	Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμών (Κωδικός)	Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμών (Κωδικός)
3 έως 4	4 (B1-B4)	5 έως 8	4 (B5-B8)	15 έως 18	4 (B17-B20)
		8 έως 11	4 (B9-B12)	18 έως 21	4 (B21-B24)
		11 έως 15	4 (B13-B16)	21 έως 25	4 (B25-B28)
<b>Σύνολο</b>	<b>4</b>		<b>12</b>		<b>12</b>

Για τον έλεγχο της καταλληλότητας του αδρανούς, πραγματοποιήθηκαν όλοι οι προβλεπόμενοι έλεγχοι, οι κυριότεροι των οποίων, καθώς και τα αποτελέσματα αυτών, αναφέρονται στον Πίνακα 5.15.

Πίνακας 5.15: Αποτελέσματα δοκιμών αδρανών υλικών τύπου γάββρου της αντιολισθηρής στρώσης

Δοκιμή	Αποτελέσματα	Μεθοδολογία
Αντοχή σε Τριβή και Κρούση (LA)	15	ASTM C131/89
Ισοδύναμο Άμμου	68	AASHO T-176
Πλαστικότητα	N.P.	AASHO T-89 & T-90
Αντοχή σε Συντριβή Πετρώματος (A.C.V.)%	14,5	ΕΛΟΤ EN 1097.02
Δείκτης Πλακοειδών (F1)%	14,7	BS 812.105.1:1989
Αντίσταση Αδρανών σε Απότριψη (A.A.V.)%	3,8	BS 812.113-1991
Δοκιμή PSV	57	ΕΛΟΤ EN 1997.80

Οι αναλογίες σύνθεσης του μίγματος των αδρανών των ασφαλτομιγμάτων, παρουσιάζονται ακολούθως.

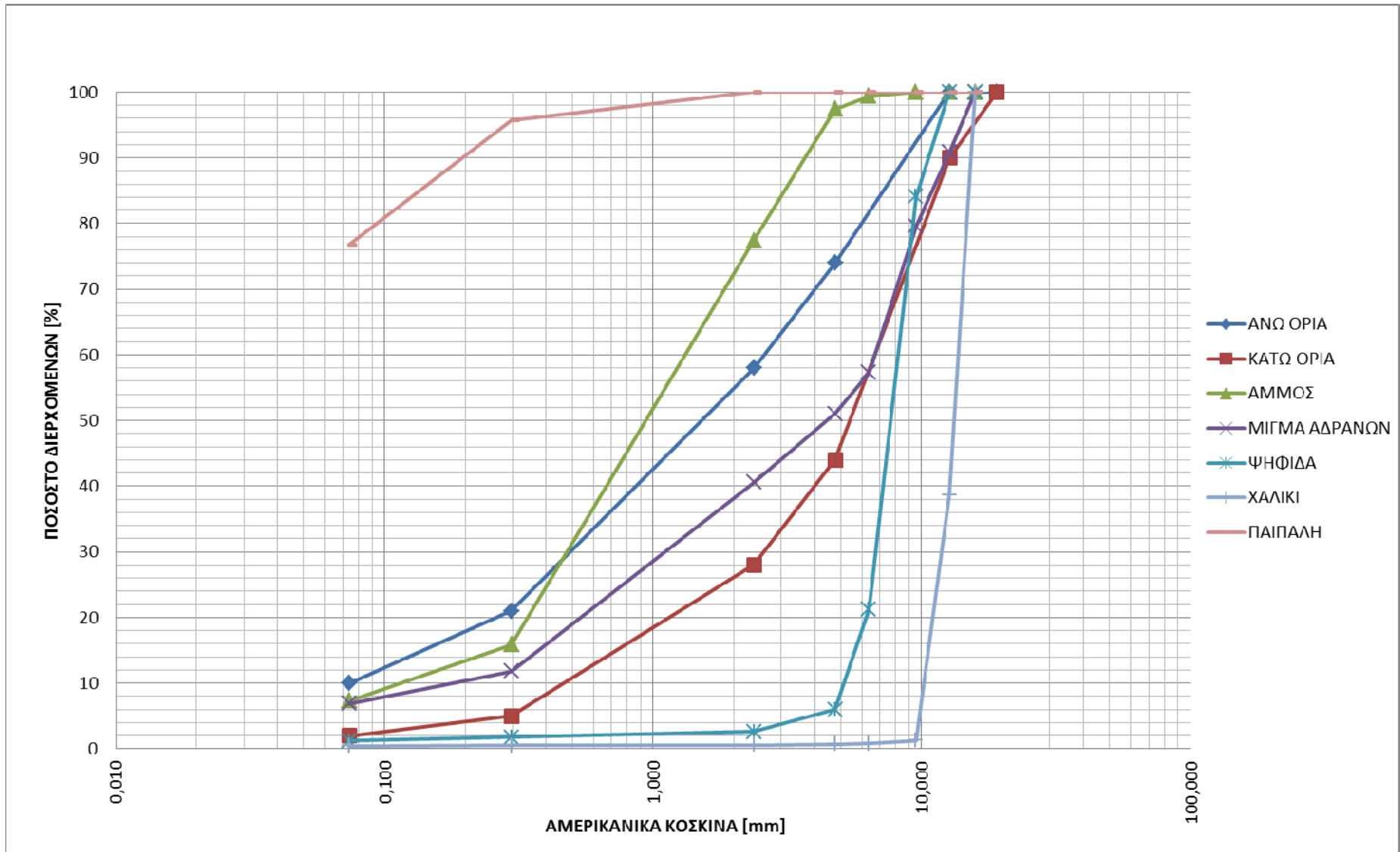
### 5.3.2.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I

Για την παρασκευή των δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης του τύπου I, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή στις εξής αναλογίες: άμμος 46% κ.β, ψηφίδα 35% κ.β, χαλίκι 15% κ.β και παιπάλη 4% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.16.

Πίνακας 5.16: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I (τύπος αδρανούς γάββρος)

Κόσκινο		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Χαλίκι	Ποσοστό Διερχόμενων%
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
15,87	5/8"	46,0	4,0	35,0	15,0	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	46,0	4,0	35,0	5,8	<b>90,8</b>
9,52	3/8"	46,0	4,0	29,4	0,2	<b>79,6</b>
6,35	1/4"	45,7	4,0	7,4	0,1	<b>57,3</b>
4,75	No4	44,8	4,0	2,1	0,1	<b>51,0</b>
2,36	No8	35,6	4,0	0,9	0,1	<b>40,6</b>
0,300	No50	7,3	3,8	0,6	0,1	<b>11,8</b>
0,074	No200	3,4	3,1	0,4	0,1	<b>6,9</b>

Στην Εικόνα 5.7 παρουσιάζεται το διάγραμμα της κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης τύπου I.



Εικόνα 5.7: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιολισθηρής στρώσης τύπου Ι, με τύπο αδρανούς το γάββρο

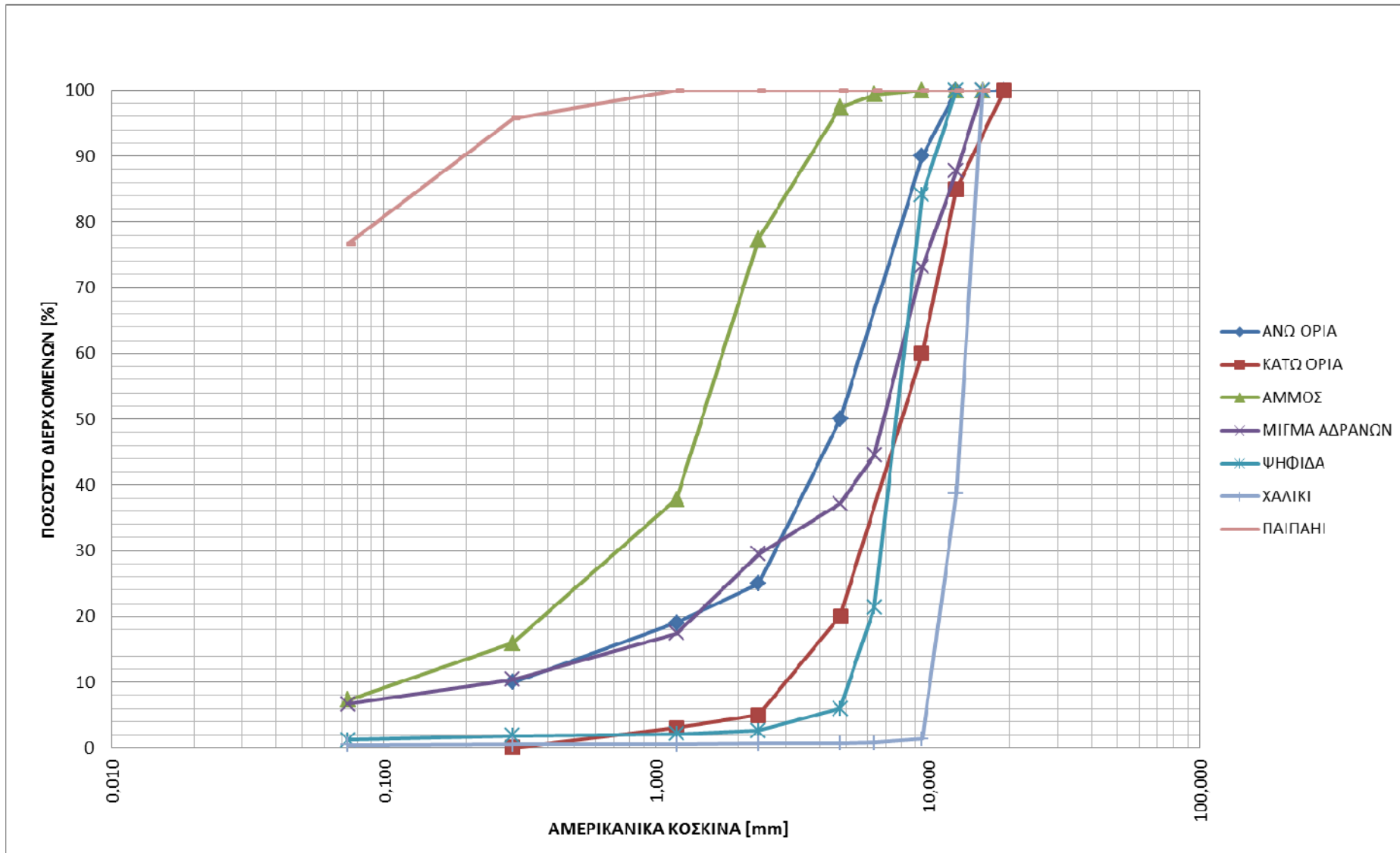
### 5.3.2.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου II

Για την παρασκευή των δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης του τύπου II, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή γράββρου, στις εξής αναλογίες: άμμος 30% κ.β, ψηφίδα 45% κ.β, χαλίκι 20% κ.β και παιπάλη 5% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.17.

Πίνακας 5.17: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου II (τύπος αδρανούς γάββρος)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Χαλίκι	Ποσοστά διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
15,87	5/8"	30,0	5,0	45,0	20,0	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	30,0	5,0	45,0	7,7	<b>87,7</b>
9,52	3/8"	30,0	5,0	37,8	0,3	<b>73,1</b>
6,35	1/4"	29,8	5,0	9,6	0,2	<b>44,5</b>
4,75	No4	29,2	5,0	2,7	0,1	<b>37,1</b>
2,36	No8	23,2	5,0	1,2	0,1	<b>29,5</b>
1,18	No16	11,3	5,0	1,0	0,1	<b>17,4</b>
0,300	No50	4,8	4,8	0,8	0,1	<b>10,4</b>
0,074	No200	2,2	3,8	0,5	0,1	<b>6,7</b>

Στην Εικόνα 5.8 , παρατίθεται το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης τύπου II, καθώς και οι καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων.



Εικόνα 5.8: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιλιοθηρής στρώσης τύπου II, με τύπο αδρανούς το γάββρο

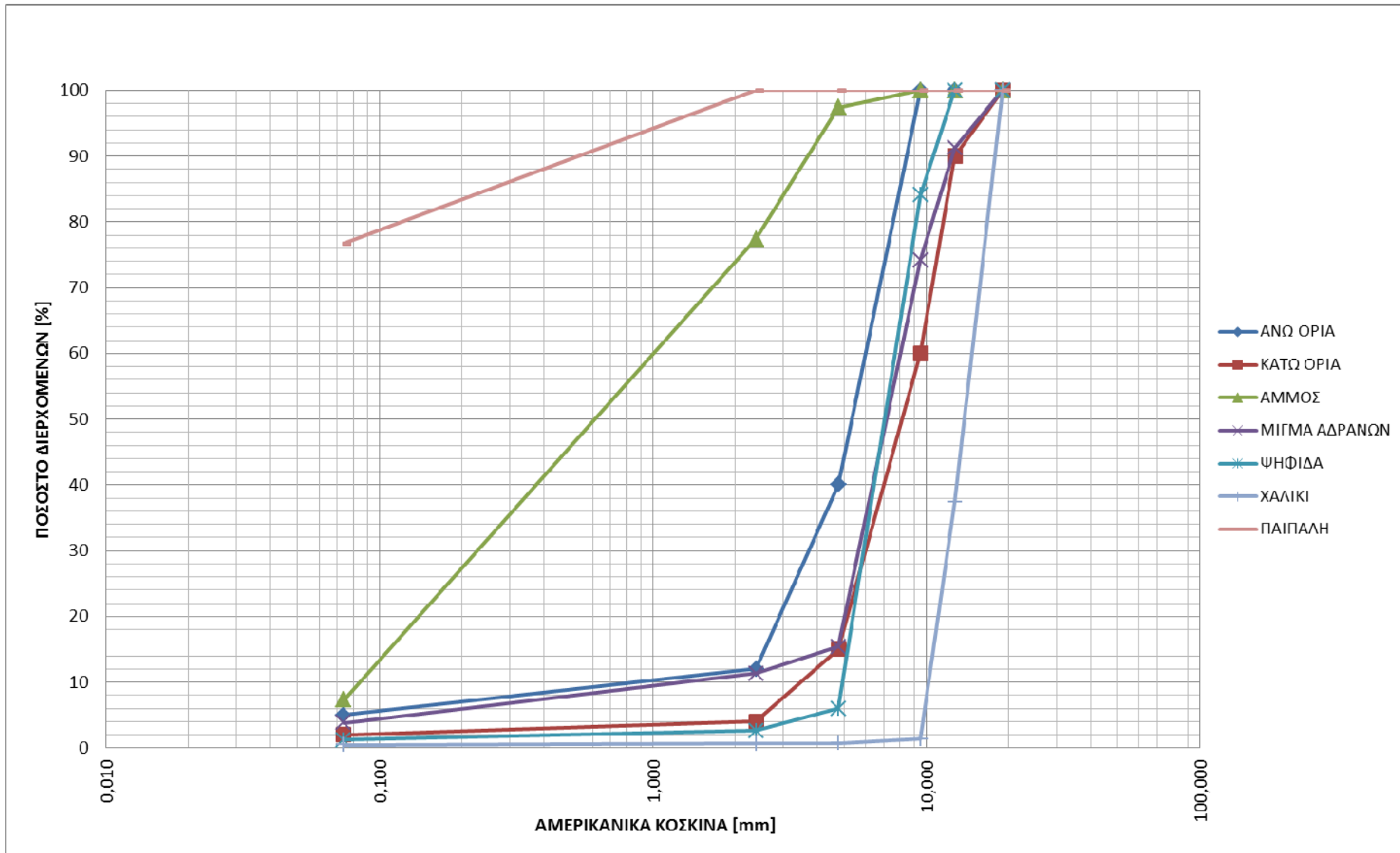
### 5.3.2.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου III

Για την παρασκευή των δοκιμίων αντιολισθηρής στρώσης τύπου III, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή στις εξής αναλογίες: άμμος 8% κ.β, ψηφίδα 75% κ.β, χαλίκι 14% κ.β και παιπάλη 3% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.18.

Πίνακας 5.18: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου III (τύπος αδρανούς γάββρος)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
19,05	3/4"	8,0	3,0	75,0	14,0	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	8,0	3,0	75,0	5,2	<b>91,2</b>
9,52	3/8"	8,0	3,0	63,0	0,2	<b>74,2</b>
4,75	No4	7,8	3,0	4,5	0,1	<b>15,4</b>
2,36	No8	6,2	3,0	2,0	0,1	<b>11,3</b>
0,074	No200	0,6	2,3	0,9	0,1	<b>3,8</b>

Ακολούθως στην Εικόνα 5.9, παρατίθεται το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης τύπου III, καθώς και οι καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων.



Εικόνα 5.9: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιολισθηρής στρώσης τύπου III, με τύπο αδρανούς το γάββρο



#### 5.3.2.4 Ποσοστά ασφάλτου

Τα ποσοστά ασφάλτου των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης, για τους τύπους I , II και III, με τύπο αδρανές το γάββρο, όπως αυτά προέκυψαν από την μελέτη σύνθεσης, δίνονται στον πίνακα 5.19.

Πίνακας 5.19: Ποσοστά ασφάλτου κ.β. των αδρανών της αντιολισθηρής στρώσης (γάββρος)

Ποσοστά κενών	Τύπος Αντιολισθηρής		
	I	II	III
3 - 5%	5,10	-	-
5 - 8%	-	4,60	-
8 - 11%	-	4,00	-
11 - 15%	-	3,50	-
15 - 18%	-	-	4,40
18 - 21%	-	-	3,75
21 - 25%	-	-	3,25

Και σε αυτή την περίπτωση, η μεταβολή του ποσοστού της ασφάλτου πραγματοποιήθηκε με σκοπό, την επίτευξη διαφορετικού ποσοστού κενών για κάθε τύπο.

#### 5.3.3 Τύπος αδρανούς: σκωρία

Οι σκωρίες αποτελούν παραπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας των χαλυβουργιών (Μουρατίδης 2005). Χρησιμοποιούνται σε αντιολισθηρούς τάπητες προσδίδοντας, λόγω των πολύ καλών μηχανικών ιδιοτήτων τους, ανθεκτικότητα, ικανοποιητική μακροϋφή και αντιολισθητική ικανότητα στο οδόστρωμα.

Συνολικά παρασκευάστηκαν 28 δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία, εκ των οποίων 4 δοκίμια ήταν τύπου I, 12 τύπους II και 12 τύπου III. Η μελέτη σύνθεσής τους έγινε με βάση το άρθρο Στ-4 της ΤΣΥ του ΥΠΕΧΩΔΕ. Στον Πίνακα 5.20, παρουσιάζεται η κωδικοποίηση των δοκιμών και ο περαιτέρω διαχωρισμός τους με βάση το ποσοστό των κενών.

Πίνακας 5.20: Διαχωρισμός δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη Σκωρία

Αντιολισθηρή Στρώση					
Τύπος I		Τύπος II		Τύπος III	
Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου		Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου		Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου	
12,5mm		12,5mm		12,5mm	
Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμών (Κωδικός)	Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμών (Κωδικός)	Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμών (Κωδικός)
3 έως 4	4 (Γ1-Γ4)	5 έως 8	4 (Γ5-Γ8)	15 έως 18	4 (Γ17-Γ20)
		8 έως 11	4 (Γ9-Γ12)	18 έως 21	4 (Γ21-Γ24)
		11 έως 15	4 (Γ13-Γ16)	21 έως 25	4 (Γ25-Γ28)
<b>Σύνολο</b>	<b>4</b>		<b>12</b>		<b>12</b>

Η καταλληλότητα των αδρανών, για την παρασκευή δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης, ελέγχθηκε με όλες τις προβλεπόμενες δοκιμές, οι κυριότερες των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.21, καθώς και τα αποτελέσματά τους.

Πίνακας 5.21: Αποτελέσματα δοκιμών αδρανών υλικών τύπου σκωρίας της αντιολισθηρής στρώσης

Δοκιμή	Αποτελέσματα	Μεθοδολογία
Αντοχή σε Τριβή και Κρούση (LA)	15,2	ASTM C131/89
Ισοδύναμο Άμμου	70	AASHO T-176
Πλαστικότητα	N.P.	AASHO T-89 & T-90
Αντοχή σε Συντριβή Πετρώματος (A.C.V.)%	13,1	ΕΛΟΤ EN 1097.02
Δείκτης Πλακοειδών (FI)%	13,3	BS 812.105.1:1989
Αντίσταση Αδρανών σε Απότριψη (A.A.V.)%	2,9	BS 812.113-1991
Δοκιμή PSV	64	ΕΛΟΤ EN 1997.80

Οι αναλογίες σύνθεσης καθώς και η κοκκομετρική διαβάθμιση του κάθε τύπου της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία, δίνονται στη συνέχεια.

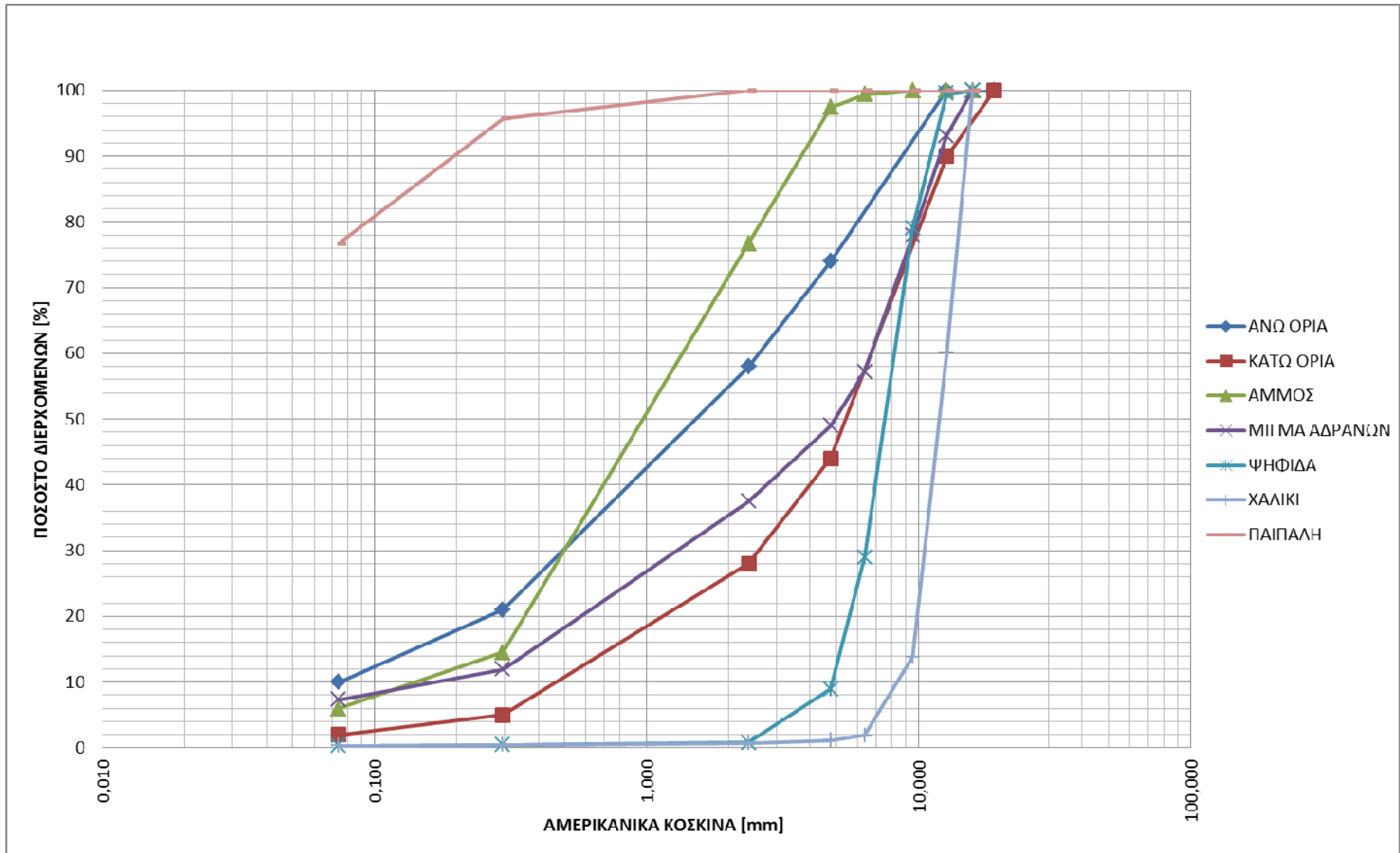
### 5.3.3.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I

Για την παρασκευή των δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή στις εξής αναλογίες: άμμος 40.4% κ.β, ψηφίδα 36.7% κ.β, χαλίκι 16.8% κ.β και παιπάλη 6.1% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.22.

Πίνακας 5.22: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I (τύπος αδρανούς σκωρία)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων%
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
15,87	5/8"	40,4	6,1	36,7	16,8	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	40,4	6,1	36,5	10,1	<b>93,1</b>
9,52	3/8"	40,4	6,1	29,0	2,3	<b>77,9</b>
6,35	1/4"	40,2	6,1	10,6	0,3	<b>57,2</b>
4,75	No4	39,4	6,1	3,3	0,2	<b>49,0</b>
2,36	No8	31,0	6,2	0,3	0,1	<b>37,5</b>
0,300	No50	5,9	5,9	0,2	0,1	<b>11,9</b>
0,074	No200	2,4	4,7	0,1	0,1	<b>7,3</b>

Στην Εικόνα 5.10 παρουσιάζεται το διάγραμμα της κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης τύπου I, καθώς και οι κοκκομετρικές καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων.



Εικόνα 5.10: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιολισθηρής στρώσης τύπου Ι, με τύπο αδρανούς τη σκωρία

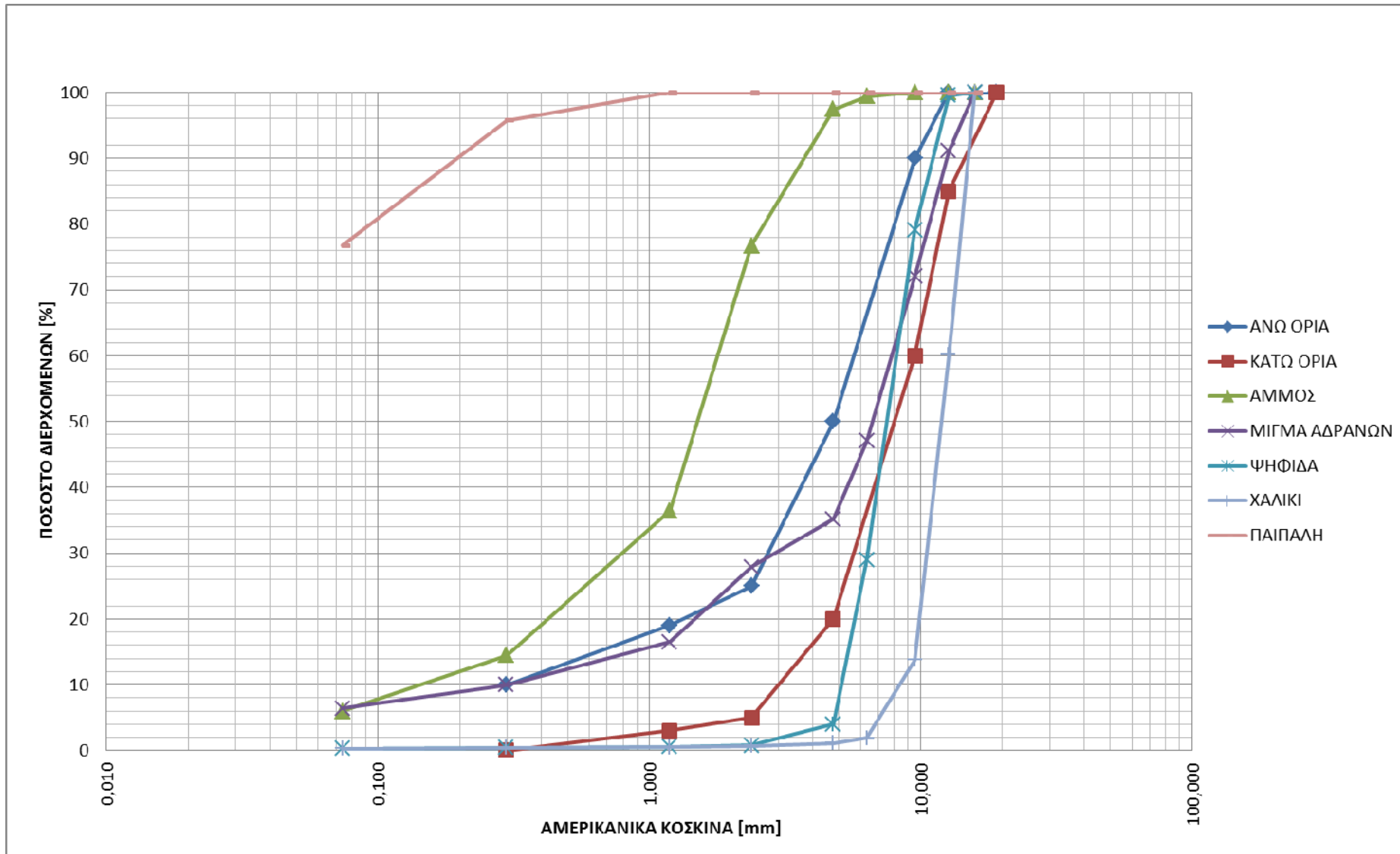
### 5.3.3.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου II

Για την παρασκευή των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης τύπου II, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή, στις εξής αναλογίες: άμμος 28.0% κ.β, ψηφίδα 44.3% κ.β, χαλίκι 21.8 κ.β και παιπάλη 5.9% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.23.

Πίνακας 5.23: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου II (τύπος αδρανούς σκωρία)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων%
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
15,87	5/8"	28,0	5,9	44,3	21,8	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	28,0	5,9	44,1	13,1	<b>91,1</b>
9,52	3/8"	28,0	5,9	35,1	3,0	<b>72,0</b>
6,35	1/4"	27,8	5,9	12,8	0,4	<b>47,0</b>
4,75	No4	27,2	5,9	1,8	0,2	<b>35,2</b>
2,36	No8	21,5	5,9	0,3	0,2	<b>27,9</b>
1,18	No16	10,2	5,9	0,2	0,1	<b>16,5</b>
0,300	No50	4,1	5,7	0,2	0,1	<b>10,0</b>
0,074	No200	1,7	4,6	0,1	0,1	<b>6,4</b>

Στην Εικόνα 5.11, παρατίθεται το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών υλικών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης τύπου II, καθώς και οι καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων.



Εικόνα 5.11: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιολισθηρής στρώσης τύπου II, με τύπο αδρανούς τη σκωρία

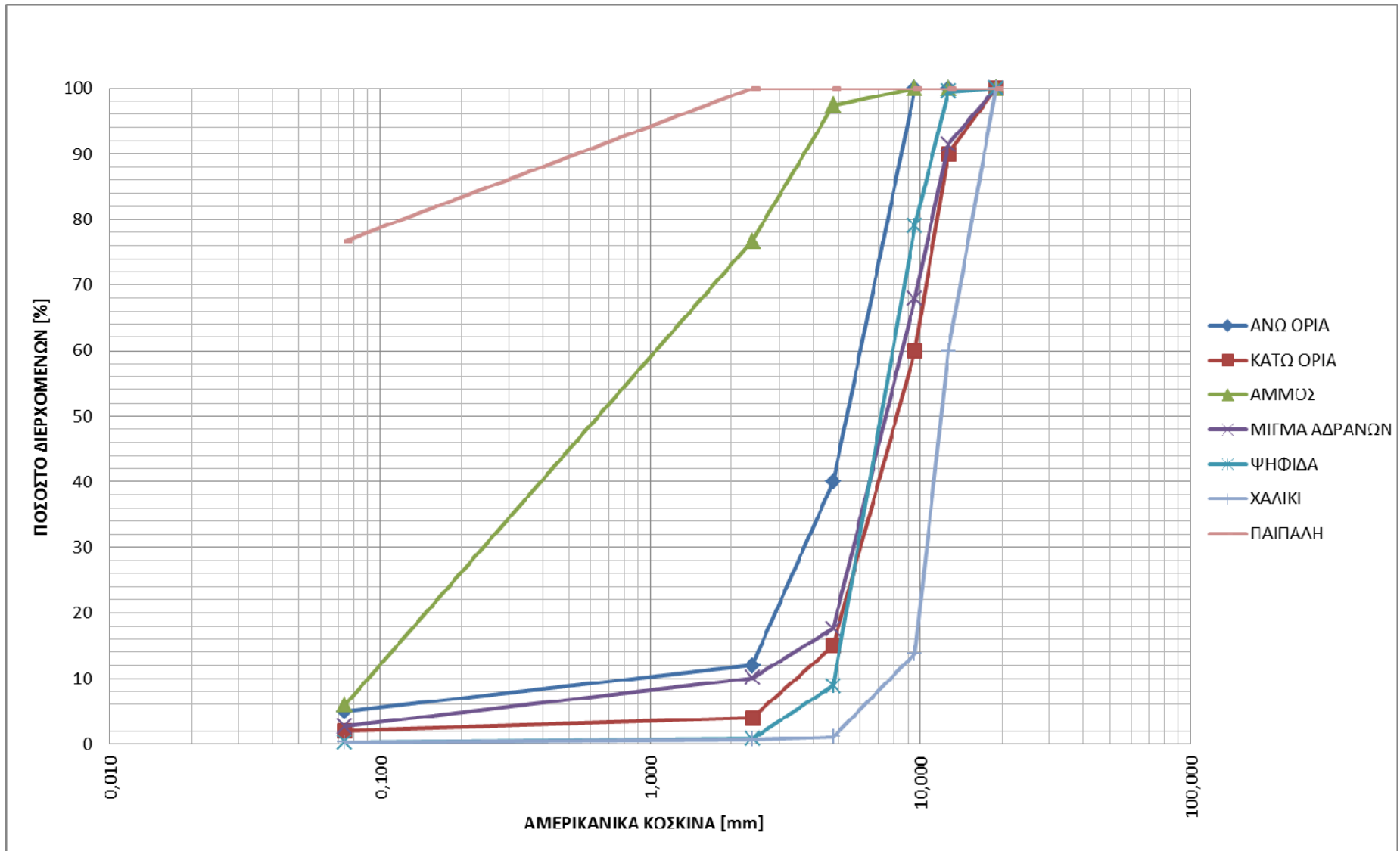
### 5.3.3.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου III

Για την παρασκευή των δοκιμίων αντιολισθηρής στρώσης του τύπου III, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή στις εξής αναλογίες: άμμος 9.1% κ.β, ψηφίδα 67.8% κ.β, χαλίκι 20.7% κ.β και παιπάλη 2.4% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.24.

Πίνακας 5.24: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου III (τύπος αδρανούς σκωρία)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
19,05	3/4"	9,1	2,4	67,8	20,7	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	9,1	2,4	67,4	12,4	<b>91,4</b>
9,52	3/8"	9,1	2,4	53,6	2,9	<b>68,0</b>
4,75	No4	8,9	2,4	6,0	0,2	<b>17,6</b>
2,36	No8	7,0	2,4	0,5	0,1	<b>10,1</b>
0,074	No200	0,5	1,9	0,2	0,1	<b>2,7</b>

Στην Εικόνα 5.12 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών υλικών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης τύπου III, καθώς και οι κοκκομετρικές καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων.



Εικόνα 5.12: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιλοισθηρής στρώσης τύπου III, με τύπο αδρανούς τη σκωρία



#### 5.3.3.4 Ποσοστά ασφάλτου

Τα ποσοστά ασφάλτου, όπως προέκυψαν από την μελέτη σύνθεσης των δοκιμών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης, για τους τύπους I , II και III, με τύπο αδρανούς τη σκωρία, δίνονται στον Πίνακα 5.25.

Πίνακας 5.25: Ποσοστά ασφάλτου κ.β. των αδρανών της αντιολισθηρής στρώσης (σκωρία)

Ποσοστά κενών	Τύπος Αντιολισθηρής		
	I	II	III
3 - 5%	5,00	-	-
5 - 8%	-	4,50	-
8 - 11%	-	4,25	-
11 - 15%	-	3,60	-
15 - 18%	-	-	4,50
18 - 21%	-	-	3,80
21 - 25%	-	-	3,30

Η μεταβολή αυτή του ποσοστού ασφάλτου πραγματοποιήθηκε με σκοπό, την επίτευξη διαφορετικού ποσοστού κενών για κάθε τύπο ασφαλτομίγματος αντιολισθηρής στρώσης.

#### 5.3.4 Τύπος αδρανούς: σπηλίτης

Ο Σπηλίτης είναι βασικό ηφαιστειακό πέτρωμα, το οποίο ιστολογικά μοιάζει με τον διαβάση (δολερίτες). Ως ηφαιστειογενές πέτρωμα, όπως ο διαβάσης και ο γάββρος, διαθέτει αρκετά καλή επιφανειακή υφή, έχει μεγάλη αντοχή και δεν λειαίνεται εύκολα (Μαρίνος 1998). Αποτελεί ένα πολύ καλό αδρανές κατάλληλο για χρήση σε αντιολισθηρούς τάπητες, το οποίο προσδίδει ικανοποιητική αντιολισθητική ικανότητα.

Χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή 28 δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης, εκ των οποίων, 4 ήταν τύπου I, 12 τύπου II και 12 τύπου III. Στον Πίνακα 5.26 παρουσιάζεται η κωδικοποίηση των δοκιμών, καθώς και ο περαιτέρω διαχωρισμός τους με βάση το ποσοστό των κενών.

Πίνακας 5.26: Διαχωρισμός δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη

Αντιολισθηρή στρώση					
Τύπος I		Τύπος II		Τύπος III	
Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου		Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου		Ονομαστικό Μέγεθος Μέγιστου Κόκκου	
12,5mm		12,5mm		12,5mm	
Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμών (Κωδικός)	Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμών (Κωδικός)	Ποσοστό Κενών %	Πλήθος Δοκιμών (Κωδικός)
3 έως 4	4 (Δ1-Δ4)	5 έως 8	4 (Δ5-Δ8)	15 έως 18	4 (Δ17-Δ20)
		8 έως 11	4 (Δ9-Δ12)	18 έως 21	4 (Δ21-Δ24)
		11 έως 15	4 (Δ13-Δ16)	21 έως 25	4 (Δ25-Δ28)
<b>Σύνολο</b>	<b>4</b>		<b>12</b>		<b>12</b>

Για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα του αδρανούς, έγιναν οι ακόλουθοι έλεγχοι, τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται στον Πίνακα 5.27.

Πίνακας 5.27 : Αποτελέσματα δοκιμών αδρανών υλικών τύπου σπηλίτη της αντιολισθηρής στρώσης

Δοκιμή	Αποτελέσματα	Μεθοδολογία
Αντοχή σε τριβή και κρούση (L.A.)	19,1	ASTM C131/89
Ισοδύναμο άμμου	70	AASHO T-176
Πλαστικότητα	N.P.	AASHO T-89 & T-90
Αντοχή σε συντριβή πετρώματος (A.C.V.)%	15,1	ΕΛΟΤ EN 1097.02
Δείκτης πλακοειδών (FI)%	12,0	BS 812.105.1:1989
Αντίσταση αδρανών σε απότριψη (A.A.V.)%	3,3	BS 812.113-1991
Δοκιμή PSV	58	ΕΛΟΤ EN 1997.80

Οι αναλογίες σύνθεσης και η κοκκομετρική καμπύλη του ασφαλτοίγματος για τους τύπους I , II και III της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη, δίνονται στη συνέχεια.

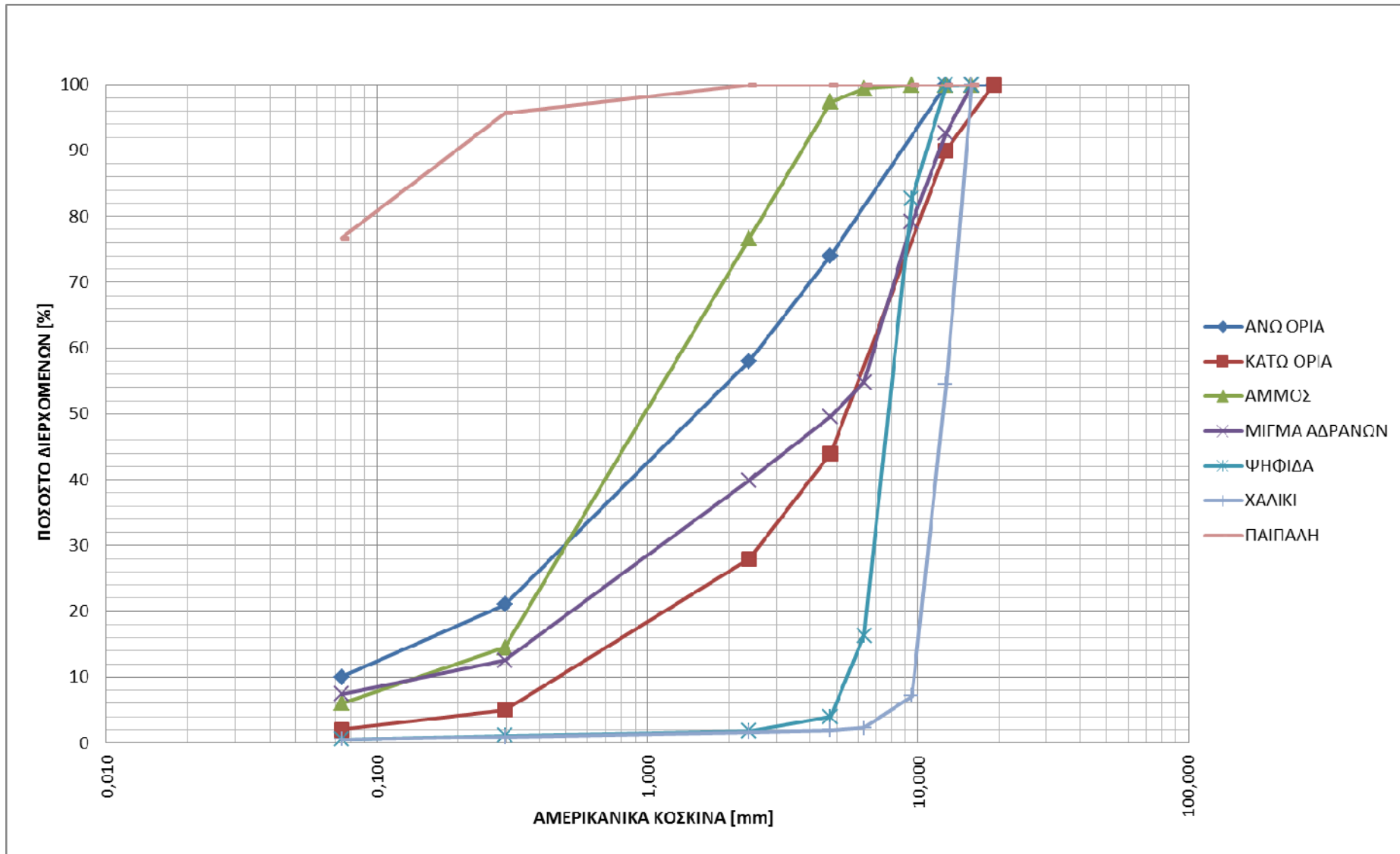
#### 5.3.4.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I

Για την παρασκευή των δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I, χρησιμοποιήθηκε ο σπηλίτης ως αδρανές, σε αναλογίες: άμμος 43% κ.β, ψηφίδα 35% κ.β, χαλίκι 16% κ.β και παιπάλη 6% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.28.

Πίνακας 5.28: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου I (τύπος αδρανούς σπηλίτης)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
15,87	5/8"	43,0	6,0	35,0	16,0	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	43,0	6,0	35,0	8,7	<b>92,7</b>
9,52	3/8"	43,0	6,0	29,0	1,1	<b>79,1</b>
6,35	1/4"	42,7	6,0	5,7	0,4	<b>54,8</b>
4,75	No4	41,9	6,0	1,4	0,3	<b>49,6</b>
2,36	No8	33,0	6,0	0,6	0,3	<b>39,9</b>
0,300	No50	6,2	5,7	0,4	0,1	<b>12,5</b>
0,074	No200	2,6	4,6	0,2	0,1	<b>7,4</b>

Στην Εικόνα 5.13, παρουσιάζεται το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών τύπου σπηλίτη, για το ασφαλτόμιγμα της αντιολισθηρή στρώση του τύπου I, καθώς και οι κοκκομετρικές καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων.



Εικόνα 5.13: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιολισθηρής στρώσης τύπου Ι, με τύπο αδρανούς το σπηλίτη

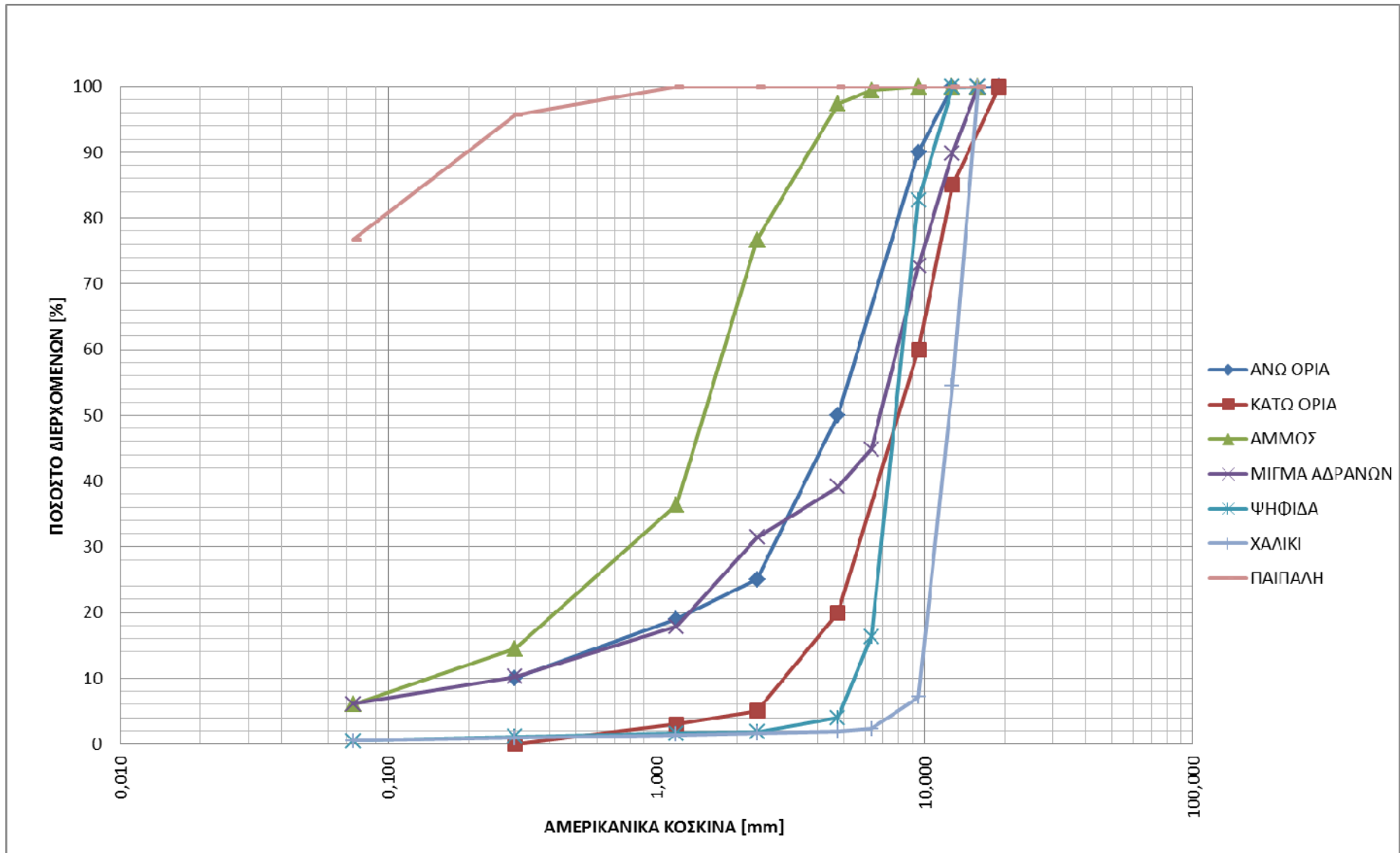
#### 5.3.4.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου II

Για την παρασκευή των δοκιμίων, τύπου II της αντιολισθηρής στρώσης, χρησιμοποιήθηκε ο σπηλίτης ως αδρανές, στις εξής αναλογίες: άμμος 33% κ.β, ψηφίδα 40% κ.β, χαλίκι 22% κ.β και παιπάλη 5% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, δίνονται στον Πίνακα 5.29.

Πίνακας 5.29: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου II (τύπος αδρανούς σπηλίτης)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων%
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
15,87	5/8"	33,0	5,0	40,0	22,0	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	33,0	5,0	39,9	12,0	<b>89,9</b>
9,52	3/8"	33,0	5,0	33,1	1,6	<b>72,7</b>
6,35	1/4"	32,8	5,0	6,5	0,5	<b>44,8</b>
4,75	No4	32,1	5,0	1,6	0,4	<b>39,1</b>
2,36	No8	25,3	5,0	0,7	0,4	<b>31,4</b>
1,18	No16	12,0	5,0	0,6	0,3	<b>17,9</b>
0,300	No50	4,8	4,8	0,4	0,2	<b>10,2</b>
0,074	No200	2,0	3,8	0,2	0,1	<b>6,1</b>

Στην Εικόνα 5.14, παρατίθεται το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών υλικών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης τύπου II, καθώς και οι καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων.



Εικόνα 5.14: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιολισθηρής στρώσης τύπου II, με τύπο αδρανούς το σπηλίτη

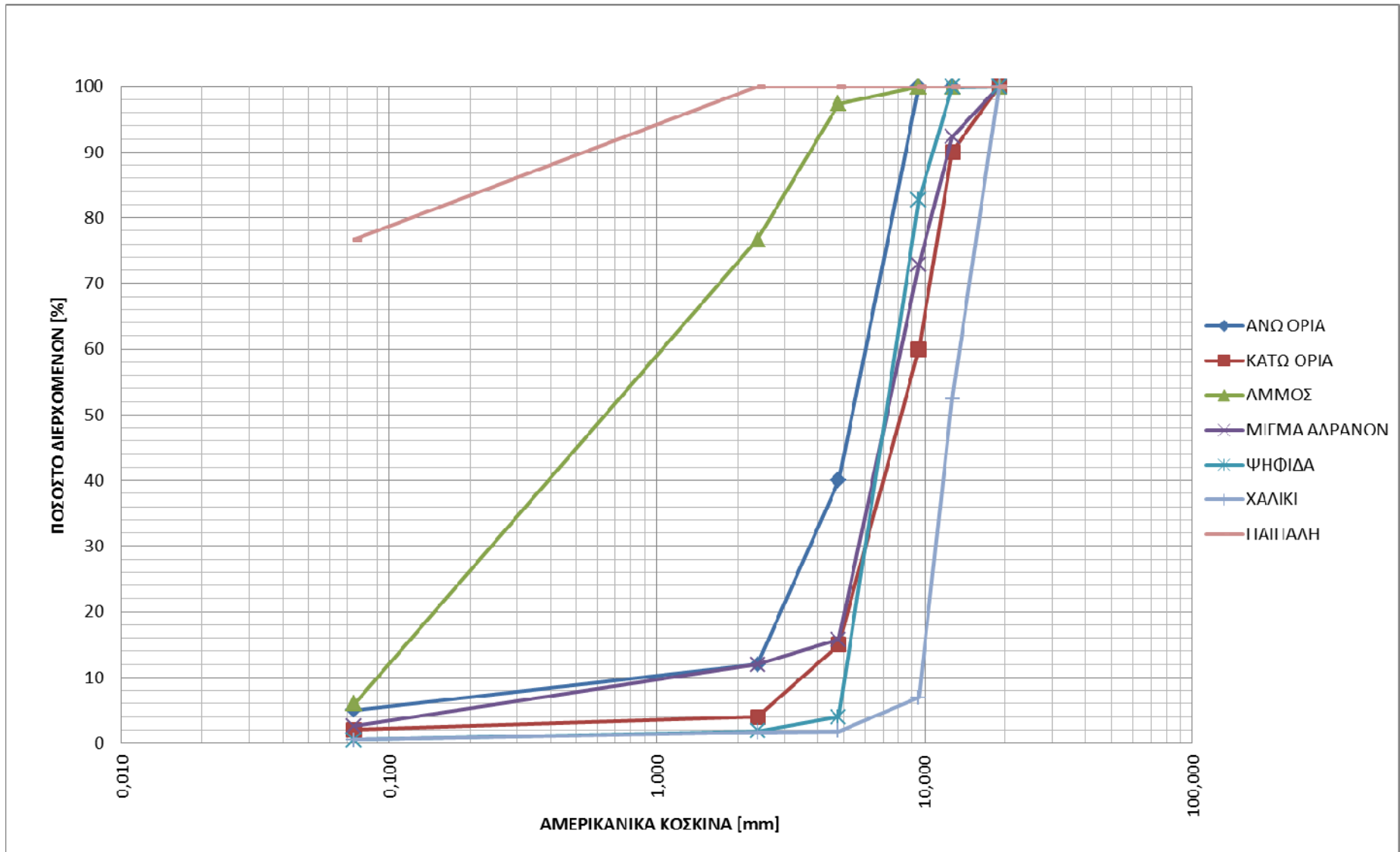
### 5.3.4.3 Κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου III

Για την παρασκευή των δοκιμών του τύπου III της αντιολισθηρής στρώσης, χρησιμοποιήθηκαν αδρανή, στις εξής αναλογίες: άμμος 11% κ.β, ψηφίδα 71% κ.β, χαλίκι 16% κ.β και παιπάλη 2% κ.β, ώστε να επιτευχθεί η εντός ορίων κοκκομετρική σύνθεση. Τα επιμέρους διερχόμενα ποσοστά από το κάθε κόσκινο, καθώς και η αναλογία των αδρανών, παρατίθενται στον Πίνακα 5.30.

Πίνακας 5.30: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών αντιολισθηρής στρώσης τύπου III (τύπος αδρανούς σπηλίτης)

Κόσκινα		Άμμος	Παιπάλη	Ψηφίδα	Χαλίκι	Ποσοστά Διερχόμενων %
Πρότυπο Μέγεθος Κόσκινου (mm)	Αριθμός Κόσκινου (in)					
19,05	3/4"	8,0	3,0	75,0	14,0	<b>100,0</b>
12,70	1/2"	8,0	3,0	75,0	5,2	<b>91,2</b>
9,52	3/8"	8,0	3,0	63,0	0,2	<b>74,2</b>
4,75	No4	7,8	3,0	4,5	0,1	<b>15,4</b>
2,36	No8	6,2	3,0	2,0	0,1	<b>11,3</b>
0,074	No200	0,6	2,3	0,9	0,1	<b>3,8</b>

Στην Εικόνα 5.15 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης του μίγματος των αδρανών υλικών του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης, τύπου III, καθώς και οι κοκκομετρικές καμπύλες των επιμέρους κλασμάτων.



Εικόνα 5.15: Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης αντιβλοθικής στρώσης τύπου III, με τύπο αδρανούς το σπηλίτη



#### 5.3.4.4 Ποσοστά ασφάλτου

Τα ποσοστά ασφάλτου όπως προέκυψαν από τη μελέτη σύνθεσης των δοκιμίων του ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης, για τους τύπους I, II και III, με τύπο αδρανούς το σπηλίτη δίνονται στον Πίνακα 5.31.

Πίνακας 5.31: Ποσοστά ασφάλτου κ.β. των αδρανών της αντιολισθηρής στρώσης (Σπηλίτης)

Ποσοστά Κενών	Τύπος Αντιολισθηρής		
	I	II	III
3 - 5%	5,00	-	-
5 - 8%	-	4,80	-
8 - 11%	-	4,40	-
11 - 15%	-	3,60	-
15 - 18%	-	-	4,40
18 - 21%	-	-	3,90
21 - 25%	-	-	3,50

Ο σκοπός της μεταβολής του ποσοστού της ασφάλτου, και σε αυτή την περίπτωση ήταν για την επίτευξη διαφορετικού ποσοστού κενών για κάθε τύπο ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης.

#### 5.3.5 Χαρακτηριστικά ασφάλτου

Για τη σύνθεση των δοκιμίων της αντιολισθηρής στρώσης, ανεξαρτήτων τύπου ασφαλτομίγματος, χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη άσφαλτος Netoil PMB 25-55/75. Η τροποποιημένη άσφαλτος Netoil PMB, περιέχει ένα ελαστομερές, το SBS, της ευρύτερης οικογένειας των πολυμερών, το οποίο βελτιώνει τα χαρακτηριστικά της ασφάλτου, όπως αναφέρθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο. Για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα της, έγιναν οι ακόλουθοι έλεγχοι, τα αποτελέσματα των οποίων δίνονται στους Πίνακες 5.32 και 5.33.

Πίνακας 5.32: Αποτελέσματα δοκιμών ασφάλτου αντιολισθηρής στρώσης με αδρανές το Σπηλίτη

Δοκιμή	Απαίτηση	Αποτελέσματα
Σημείο Αναφλέξεως (°C)	$\geq 220$	295
Διεισδυτικότητα σε 25 °C	25-55	51
Σημείο Μάλθωσης (°C)	$\geq 75$	79
Ελαστική Επαναφορά (25 °C)%	$\geq 60$	92
Ολκιμότητα σε 25 °C (cm)	$>100$	$>100$
Ιξώδες BROOKFIELD 160°C cPs	-	454
Σημείο Fraass (°C )	$\leq -10$	-10
Σταθερότητα Αποθήκευσης, Διαφορά στο Σημείο Μάλθωσης	$\leq 5$	1,4

Πίνακας 5.33: Αποτελέσματα δοκιμών τροποποιημένης ασφάλτου αντιολισθηρής στρώσης με αδρανές το Σπηλίτη

Δοκιμή	Απαίτηση	Αποτελέσματα
Διεισδυτικότητα σε 25 °C	25-55	50
Σημείο Μάλθωσης (°C)	$\geq 75$	82
Διαφορά Σημείου Μάλθωσης (°C)	-	3
Ελαστική Επαναφορά (25 °C)%	$\geq 60$	71

Από τους Πίνακες 5.32 και 5.33, και τα αποτελέσματα των δοκιμών, αποδεικνύεται η καταλληλότητα της ασφάλτου Netoil PMB 25-55/75, γεγονός το οποίο υποδεικνύει την ορθή χρήση της σε αντιολισθηρούς τάπητες, ως συνδετικό υλικό.

## 6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

---

### 6.1 Γενικά

Οι εργαστηριακές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πιστοποιημένο εργαστήριο Οδοποιίας του ΕΜΠ, με κατάλληλες πειραματικές διατάξεις και όργανα, ήταν σύμφωνες με τα ευρωπαϊκά αλλά και τα αμερικάνικα πρότυπα. Τα δοκίμια Marshall υποβλήθηκαν σε εργαστηριακές δοκιμές για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών, της διηλεκτρικής σταθεράς και του μέτρου δυσκαμψίας.

### 6.2 Προσδιορισμός κενών

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών σε συμπαγή δοκίμια παρασκευασμένα στο εργαστήριο, ήταν απαραίτητος ο προσδιορισμός του θεωρητικού μέγιστου ειδικού βάρους και του φαινόμενου ειδικού βάρους. Για τον προσδιορισμό του πρώτου μεγέθους πραγματοποιήθηκε η δοκιμή RICE, ενώ για τον προσδιορισμό του δεύτερου ακολουθήθηκαν οι σχετικές μεθοδολογίες που αναφέρονται στα ευρωπαϊκά και αμερικάνικα πρότυπα.

#### 6.2.1 Δοκιμή RICE

Αποτελεί μία πρότυπη πειραματική μέθοδο για τον προσδιορισμό του μέγιστου θεωρητικού ειδικού βάρους σύμφωνα με το D2041 (ASTM 2011β). Κατά την εφαρμογή της δοκιμής, δείγμα >1500gr (για μέγιστη ονομαστική διάμετρο αδρανούς 12,5mm) σε χαλαρή κατάσταση, ξηράθηκε σε φούρνο. Κατόπιν ενώ το δείγμα ήταν ακόμα ζεστό, διαχωρίστηκε προσεκτικά με το χέρι, ώστε να μην σπάσουν τα αδρανή. Στη συνέχεια αφέθηκε να κρυώσει σε συνθήκες δωματίου και τοποθετήθηκε σε ειδικό σκεύος γνωστής μάζας. Εν συνεχεία προσδιορίστηκε η μάζα του δείγματος (A) και το σκεύος πληρώθηκε με νερό στους 25°C, έως ότου καλύφθηκε το δείγμα.

Το σκεύος με το μίγμα και το νερό τοποθετήθηκε σε ειδική συσκευής ανάδευσης. Η συσκευή ενεργοποιήθηκε και ταυτόχρονα στο δείγμα εφαρμόστηκαν σταδιακά συνθήκες κενού, ώστε η παραμένουσα πίεση να μειωθεί στο 3.7 KPa. Οι συνθήκες επετεύχθησαν σε διάστημα 2 λεπτών, όπως απαιτείται από το πρότυπο, και εφαρμόστηκε για 15 λεπτά. Με το πέρας του χρονικού διαστήματος οι συνθήκες αποκαταστάθηκαν, μέσω μίας βαλβίδας που αυξάνει την πίεση.

Στο τελευταίο στάδιο της δοκιμής το μπολ μαζί με το δείγμα, βυθίστηκαν αργά σε λουτρό θερμοκρασίας 25 °C, σφραγίστηκαν με ειδικό καπάκι προσέχτηκα, ώστε να μην φυλακιστεί αέρας και αφέθηκαν για 10 λεπτά. Με το πέρας των 10 λεπτών απομακρύνθηκε από το

λουτρό το δοχείο με το δείγμα και το καπάκι και ζυγίστηκε, προσέχοντας το καπάκι και το δοχείο να είναι στεγνά. Η διαδικασία επαναλήφθηκε τοποθετώντας το καπάκι και το δοχείο μέσα στο νερό χωρίς το δείγμα. Από την ακόλουθη σχέση 6.1 προσδιορίστηκε το θεωρητικό μέγιστο ειδικό βάρος των δοκιμίων:

$$G_{max} = A / A+D-E \quad (6.1)$$

Όπου  $G_{max}$  : Θεωρητικό μέγιστο ειδικό βάρος ( $g/cm^3$ )

A : Βάρος δείγματος στον αέρα (g)

D : Βάρος πυκνόμετρου + νερού (g)

E : Βάρος πυκνόμετρου + νερού + υλικού στον αέρα (g)

### **6.2.2 Προσδιορισμός του φαινομένου ειδικού βάρους**

Η επιλογή των δοκιμίων, σε ένα αρκετά μεγάλο εύρος ποσοστού κενών, που κυμάνθηκε από 3% έως 25%, είχε σαν αποτέλεσμα την χρησιμοποίηση περισσότερων της μίας μεθόδου, όπως άλλωστε προτείνεται και από τα πρότυπα. Οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν, όπως αναφέρονται και στο EN 12697-6+A1 (EN 2007), για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών, ήταν για κορεσμένη ξηρή επιφάνεια SSD (δοκίμια με κλειστή επιφάνεια) και η 'κατά διαστάσεις' (για δοκίμια με κανονική επιφάνεια και γεωμετρικό σχήμα). Οι προαναφερθείσες μέθοδοι πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις υποδείξεις, τόσο των αμερικάνικων προτύπων D3203-05 (ASTM 2011γ), όσο και των ευρωπαϊκών EN 12697.06+A1 (EN 2007).

#### **6.2.2.1 Αμερικάνικα πρότυπα ASTM**

Με χρήση των αμερικάνικων προτύπων και συγκεκριμένα του D2726-05 (ASTM 2011ε) και του D3549-03 (ASTM 2011δ), πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές για τον προσδιορισμό του φαινομένου ειδικού βάρους, δηλαδή του λόγου της μάζας του δοκιμίου, ανά μονάδα μάζας ίσου όγκου νερού, στην ίδια θερμοκρασία μέτρησης, συμπεριλαμβανομένων των κενών του αέρα. Πιο συγκεκριμένα:

Η μέθοδος που περιγράφεται στο D2726-05 (ASTM 2011ε) εφαρμόστηκε σε όλα τα δοκίμια, αν και προτείνεται για ποσοστό κενών PAV <10%, ώστε να υπάρχουν δεδομένα προς σύγκριση με τις άλλες μεθόδους. Επομένως, σύμφωνα με το πρότυπο τα δοκίμια αρχικά καθαρίστηκαν επιφανειακά από ξένες ουσίες και αφήθηκαν να ξηραθούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στη συνέχεια, προθερμάνθηκαν σε ειδική συσκευή στους 25 °C, μέχρις ότου απέκτησαν ομοιόμορφη θερμοκρασία σε ολόκληρη την μάζα τους. Έπειτα, ζυγίστηκαν στον

αέρα, με κατάλληλη ζυγαριά επαρκούς δυνατότητας και ακρίβειας τουλάχιστον 0,1g, για να προσδιοριστεί η μάζα τους ( $m_1$ ). Στο επόμενο βήμα, προσδιορίστηκε ο όγκος των δοκιμίων, ώστε τελικά να υπολογιστεί το φαινόμενο ειδικό βάρος τους. Κάθε δοκίμιο τοποθετήθηκε μέσα σε ένα δικτυωτό καλάθι, τέτοιο ώστε να επιτρέπεται ελεύθερα η κυκλοφορία του νερού γύρω από το δοκίμιο και ύστερα βυθίστηκε σε λουτρό νερού, θερμοκρασίας 25 °C, ομοιόμορφα κατανεμημένης σε ολόκληρη την μάζα. Για την ζύγιση του δοκιμίου μέσα στο νερό, χρειάστηκε κατάλληλη ζυγαριά, από την οποία να κρεμιέται το δικτυωτό καλάθι. Η πειραματική διάταξη φαίνεται στην Εικόνα 6.1.



Εικόνα 6.1: πειραματική διάταξη προσδιορισμού του βάρους μέσα στο νερό

Το δοκίμιο αφήθηκε μέσα στο λουτρό, για 3 – 5 λεπτά να κορεσθεί, προσέχοντας ώστε το νερό να κάλυπτε πλήρως το δοκίμιο.. Με το πέρας του απαιτούμενου χρονικού διαστήματος και αφού ελέγχτηκε το δοκίμιο, ώστε από την επιφάνειά του να μην εξέρχονται φυσαλίδες, σημειώθηκε η αναγραφόμενη μέτρηση της ζυγαριάς ( $m_2$ ) και το δοκίμιο απομακρύνθηκε από το λουτρό. Ακολουθώς σκουπίστηκε γρήγορα με υγρή πετσέτα, ώστε να μην απομακρυνθεί νερό από τα κενά του ασφαλτομίγματος και ζυγίστηκε ξανά ( $m_3$ ). Η διαφορά του βάρους του κορεσμένου δοκιμίου στον αέρα από τον βάρους του μέσα στο νερό δίνει τον όγκο του δοκιμίου. Επομένως, το φαινόμενο ειδικό βάρος προσδιορίστηκε από την σχέση :

$$\rho_{\text{bsg}} = m_1 / (m_3 - m_2) \quad (6.2)$$

Όπου  $\rho_{\text{bsg}}$  : φαινόμενο ειδικό βάρος ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$m_1$  : βάρος ξηρού δοκιμίου στον αέρα (g)

$m_2$  : Βάρος κορεσμένου δοκιμίου στο νερό (g)

$m_3$  : Βάρος κορεσμένου δοκιμίου στον αέρα (g)

Πρέπει να σημειωθεί πως η μέθοδος εφαρμόστηκε για δοκίμια, τα οποία δεν είχαν συνδεδεμένα κενά ή η απορροφητικότητα του νερού κατά την βύθισή τους μέσα στο νερό ήταν μικρότερη του 2%. Η τιμή της απορροφητικότητας δίνεται από την σχέση 2.5.

Η δεύτερη μέθοδος, για δοκίμια  $\text{PAV} > 10\%$ , προσδιορίζει το φαινόμενο ειδικό βάρος μέσω της μέτρησης των διαστάσεων και εφαρμόστηκε επίσης σε όλα τα δοκίμια. Τα δοκίμια αρχικά καθαρίστηκαν από ξένες ουσίες και εν συνεχεία μετρήθηκε η διάμετρος και το πάχος του. Η ακρίβεια της μέτρησης, ήταν της τάξεως του 0,1 cm, ενώ η διαδικασία πραγματοποιήθηκε με παχύμετρο (Εικόνα 6.2). Τα δοκίμια που εξετάστηκαν, κατασκευάστηκαν σε μήτρες MARSHAL, με διάμετρο 10,16 cm, επομένως για τον προσδιορισμό του όγκου τους απαιτήθηκε η μέτρηση μόνο του πάχους τους, σύμφωνα με την μέθοδο του D3549-03 (ASTM 2011δ). Σε κάθε δοκίμιο πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις με το παχύμετρο, σε σημεία που το καθένα απήχε κατά 1/4 της περιφέρειας του κύκλου και καταγράφηκε ως πάχος του δοκιμίου ο μέσος όρος των μετρήσεων.



Εικόνα 6.2 : Παχύμετρο

Έτσι, με εφαρμογή του τύπου εύρεσης όγκου κυλινδρικού στερεού, προσδιορίστηκε ο όγκος κατά διαστάσεις του κάθε δοκιμίου. Τέλος, το κάθε δοκίμιο ζυγίστηκε και η μάζα του καταγράφηκε με ακρίβεια 0,1g σε έντυπο μετρήσεων. Με εφαρμογή του τύπου 6.3 προσδιορίστηκε το φαινόμενο ειδικό βάρος.

$$\rho_{\text{bsg}} = m_1 / h \cdot \pi \cdot (d^2 / 4) \quad (6.3)$$

Όπου  $\rho_{\text{bsg}}$  : φαινόμενο ειδικό βάρος ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$m_1$  : η μάζα του ξηρού δοκιμίου (g)

$h$  : το πάχος του δοκιμίου (cm)

$d$  : η διάμετρος του δοκιμίου (cm)

#### 6.2.2.2 Ευρωπαϊκά πρότυπα (EN)

Όπως περιγράφεται στο EN 12697.06+A1 (EN 2007) του ευρωπαϊκού κανονισμού, ο προσδιορισμός της φαινόμενης πυκνότητας ενός συμπαγούς πισσώδους δοκιμίου, πραγματοποιείται με μία εκ των τεσσάρων ακόλουθων διαδικασιών, η επιλογή της οποίας εξαρτάται από την εκτιμώμενη περιεκτικότητα και προσβασιμότητα των κενών: Φαινόμενη πυκνότητα – ξηρή (για δοκίμια με πολύ κλειστή επιφάνεια), Φαινόμενη πυκνότητα – κορεσμένη ξηρή επιφάνεια SSD (για δοκίμια με κλειστή επιφάνεια), Φαινόμενη πυκνότητα – σφραγισμένο δοκίμιο (για δοκίμια με ανοιχτή ή τραχεία επιφάνεια) και Φαινόμενη πυκνότητα – κατά διαστάσεις (για δοκίμια με κανονική επιφάνεια και γεωμετρικά σχήματα)

Από της προαναφερθείσες μεθόδους, χρησιμοποιήθηκε η δεύτερη (κορεσμένη ξηρή επιφάνεια), για δοκίμια με ποσοστό κενών μέχρι 15% και η κατά διαστάσεων η οποία εφαρμόστηκε σε όλα τα δοκίμια, ανεξαρτήτως ποσοστού κενών.

Ο προσδιορισμός της φαινόμενης πυκνότητας στην περίπτωση της μεθόδου της κορεσμένης ξηρής επιφάνειας SSD, έγινε με τον προσδιορισμό της μάζας και του όγκου του δοκιμίου. Αρχικά το δοκίμιο ζυγίστηκε ξηρό στον αέρα, με κατάλληλη ζυγαριά επαρκούς δυνατότητας, και ακρίβειας τουλάχιστον 0,1g. Εν συνεχεία, το δοκίμιο τοποθετήθηκε μέσα σε ένα δικτυωτό καλάθι, κατάλληλο ώστε να επιτρέπεται ελεύθερα η κυκλοφορία του νερού γύρω από το δοκίμιο και ύστερα βυθίστηκε σε λουτρό νερού, γνωστής θερμοκρασίας και ομοιόμορφα κατανεμημένης σε ολόκληρη την μάζα του. Ο όγκος του λουτρού ήταν τουλάχιστον τριπλάσιος του όγκου του δοκιμίου, όπως προτείνεται από τα πρότυπα. Για την ζύγιση μέσα στο νερό χρειάστηκε ειδική ζυγαριά, από την οποία κρεμιόταν το δικτυωτό καλάθι. Η πειραματική διάταξη φαίνεται στην Εικόνα 6.1.

Το δοκίμιο παρέμεινε μέσα στο λουτρό ώστε να κορεσθεί για 30 λεπτά,. Με το πέρας των 30 λεπτών, και προσέχοντας να μην υπάρχουν φυσαλίδες στην επιφάνεια του δοκιμίου, καταγράφηκε η ένδειξη της ζυγαριάς και εν συνεχεία το δοκίμιο απομακρύνθηκε από το λουτρό, σκουπίστηκε γρήγορα επιφανειακά με υγρή απορροφητική πετσέτα και ζυγίστηκε

ξανά. Η διαφορά του βάρους του κορεσμένου δοκιμίου στον αέρα, από τον βάρος του μέσα στο νερό, προσδιόρισε τον όγκο του δοκιμίου.

Με χρήση των συλλεχθέντων στοιχείων, μπορεί να προσδιοριστεί το φαινόμενο ειδικό βάρος σε  $\text{Kg/m}^3$  από τη σχέση :

$$\text{Φαινόμενη πυκνότητα} = m_1 / (m_3 - m_2) * \rho_w \quad (6.4)$$

Οπού Φαινόμενη πυκνότητα σε  $\text{Kg/m}^3$

$m_1$ : η μάζα του ξηρού δοκιμίου (g)

$m_2$ : η μάζα του δοκιμίου μέσα στο νερό (g)

$m_3$ : η μάζα του κορεσμένου δοκιμίου στον αέρα (g)

$\rho_w$ : η πυκνότητα του νερού στην θερμοκρασία δοκιμής ( $0,1 \text{ Kg/m}^3$ )

Με ιδιαίτερη επιμέλεια τηρήθηκαν, στην περίοδο προετοιμασίας του δοκιμίου, όλες οι προβλεπόμενες από το πρότυπο εργασίες (βούρτσισμα δοκιμίου, διάστημα ξήρανσης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος).

Η δεύτερη μέθοδος που εφαρμόστηκε σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, ήταν η 'κατά διαστάσεων' που περιγράφηκε στην παράγραφο 6.2.2.1.

### 6.3 Προσδιορισμός της διηλεκτρικής σταθερά

Ο προσδιορισμός της διηλεκτρικής σταθεράς πραγματοποιήθηκε με την συσκευή percometer, ενώ για την μέτρηση των δοκιμίων χρησιμοποιήθηκαν δυο εξαρτήματα (ανιχνευτές). Το ένα εξάρτημα ήταν το 054SF, για επίπεδη επιφάνεια και το δεύτερο ήταν το 055SFC, για κυλινδρική επιφάνεια.

Στο αρχικό στάδιο προετοιμασίας, τα δοκίμια καθαρίστηκαν από ξένες ουσίες. Εν συνεχεία, παρέμεινα πάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια, σε κατάσταση ηρεμίας και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ώστε να ξηραθούν,. Αφού δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε τα δοκίμια να είναι απαλλαγμένα από νερό ή άλλη ουσία η οποία μπορούσε να επηρεάσει τις μετρήσεις, ξεκίνησε η διαδικασία της μέτρησης. Για την χρήση του percometer, αρχικά επιλέχθηκε ο κατάλληλος ανιχνευτής για σκληρό επίπεδο υλικό (τύπος 054SF) και πραγματοποιήθηκαν 6 μετρήσεις στην πάνω επιφάνεια του δοκιμίου και 6 στην κάτω (Εικόνα 6.3α). Η επιλογή των σημείων μέτρησης στην κάθε πλευρά ήταν τέτοια, ώστε να καλυφτεί όλη η επιφάνεια και τελικά ο Μ.Ο. των μετρήσεων, να είναι αντιπροσωπευτικός του δοκιμίου. Έπειτα, ο Μ.Ο. της πάνω πλευράς και ο Μ.Ο. της κάτω πλευράς, καταγράφηκαν στο έντυπο των μετρήσεων.



Στην συνέχεια τοποθετήθηκε ο ανιχνευτής 055SFC, για σκληρή κυλινδρική επιφάνεια και αντιστοίχως πραγματοποιήθηκαν 6 μετρήσεις στην πλαϊνή πλευρά του δοκιμίου (Εικόνα 6.3β), ομοιόμορφα κατανεμημένες σε όλη την επιφάνεια και προσέχοντας να εφάπτεται καλά το εξάρτημα, καθώς τυχόν παρουσία αέρα μεταξύ της επιφάνειας του δοκιμίου και αυτής του εξαρτήματος, θα είχε ως συνέπεια την μειωμένη τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς.



α

β

Εικόνες 6.3: Μέτρηση διηλεκτρικής σταθεράς

Τέλος, καταγράφηκε ο Μ.Ο. των 6 μετρήσεων σε έντυπο και η διαδικασία ακολουθήθηκε και για τα υπόλοιπα δοκίμια. Η τελική τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς του δοκιμίου ήταν ο Μ.Ο. των μετρήσεων που προέκυψαν με την χρήση των εξαρτημάτων 054SF και 055SFC.

#### **6.4 Προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας**

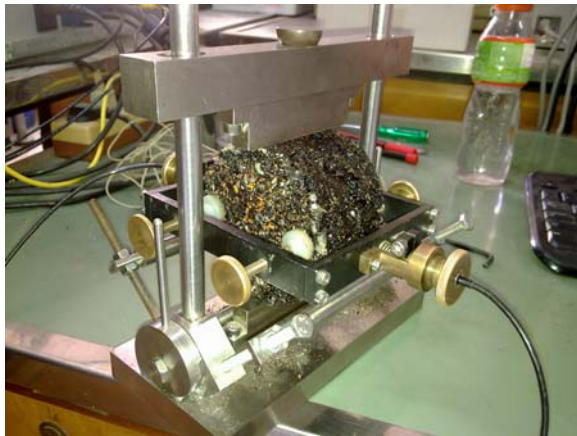
Ο προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας έγινε στην συσκευή NAT (τύπος: CRT-NU14) με την δοκιμή IT-CY (Indirect Tensile to Cylindrical Specimens). Όλα τα δοκίμια επεβλήθησαν στην δοκιμή αυτή, για την βασική θερμοκρασία δοκιμών, τους 20 °C , ενώ επιλέχθηκε επικουρικά και η θερμοκρασία των 15 °C. Η επίτευξη της στοχευόμενης κάθε φορά θερμοκρασίας, είναι καθοριστική για την σωστή εκτέλεση της δοκιμής. Αν τα δοκίμια δεν έχουν την καθορισμένη θερμοκρασία, ομοιόμορφα κατανεμημένη σε ολόκληρη την μάζα τους, θα προκύψει εσφαλμένη μέτρηση του συντελεστή δυσκαμψίας. Για τον σκοπό αυτό τηρήθηκε ιδιαίτερη προσοχή.

Για να ξεκινήσει επομένως η διαδικασία του προσδιορισμού του μέτρου δυσκαμψίας, χρειάστηκε τα δοκίμια να περάσουν από το στάδιο προετοιμασίας, στο οποίο απέκτησαν την απαιτούμενη θερμοκρασία. Έτσι, τα δοκίμια, αφού αρχικά καθαρίστηκαν από ξένες ουσίες και μετρήθηκε η διάμετρος και το πάχος τους, τοποθετήθηκαν στην συσκευή NAT, στην οποία και παρέμεινα για τουλάχιστον 4 ώρες. Έπειτα, κάθε δοκίμιο απομακρύνθηκε από την συσκευή και τοποθετήθηκε σε μία ειδική πειραματική διάταξη (Εικόνα 6.6), έτσι ώστε να μπορεί να ασκηθεί ένας παλμός φορτίου συμπίεσης κατά μήκος της κάθετης διαμέτρου και να μετρηθεί η προκαλούμενη οριζόντια παραμόρφωση.

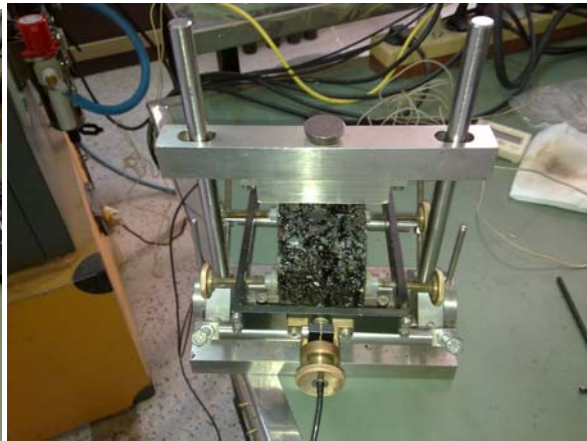


Εικόνα 6.4 : Πειραματική διάταξη δοκιμής ITSM

Πιο συγκεκριμένα, το δοκίμιο, αφού απομακρύνθηκε από την συσκευή, τοποθετήθηκε πάνω σε ένα υποπλαίσιο IT, το οποίο είχε κατάλληλη διάταξη, ώστε να στερεώνει το δοκίμιο κατακόρυφα και να επιτρέπει στο πλαίσιο του ζεύγος των LVDT, να τοποθετείται στην οριζόντια διάμετρο του δοκιμίου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.5α. Ιδιαίτερη επιμέλεια χρειαζόταν, κατά την τοποθέτηση του δοκιμίου, ώστε οι πλευρές του πλαισίου των αισθητήρων LVDT, να ήταν παράλληλες με της πλευρές του δοκιμίου και να απέχουν ίσα από αυτό (Εικόνα 6.5β).



α



β

Εικόνες 6.5: Τοποθέτηση δοκιμίου στο υποπλαίσιο ΙΤ, λίγο πριν την πραγματοποίηση της δοκιμής

Αφού στερεώθηκε το πλαίσιο των LVDT με τους αισθητήρες LVDT ρυθμισμένους να εφάπτονται στις πλαϊνές πλευρές του δοκιμίου, εν συνεχεία πραγματοποιείται η εκκίνηση του προγράμματος ITSM του ηλεκτρονικού υπολογιστή και όλη η διάταξη τοποθετείται μέσα στην συσκευή (Εικόνα 6.4). Το πρόγραμμα του ITSM, περιέχει ένα λογισμικό, φτιαγμένο σύμφωνα με τα τελευταία πρότυπα του EN 12697.26 (EN 2004), το οποίο καθοδηγεί τον χρήστη στα βήματά του. Αρχικά, καταχωρείται ο κωδικός του δοκιμίου και στην συνέχεια ορισμένα δεδομένα, όπως η θερμοκρασία της δοκιμής, η διάμετρος και το ύψος του δοκιμίου, ο χρόνος φόρτισης (124 msec), ο λόγος Poisson (συνήθως 0,35) και η οριζόντια παραμόρφωση. Έπειτα, ρυθμίζονται οι αισθητήρες LVDT και απελευθερώνεται το δοκίμιο, από τις πλαϊνές στηρίξεις του υποπλαισίου ΙΤ, έτσι ώστε να ακουμπάει μόνο στην βάση του.

Τέλος, πραγματοποιείται η δοκιμαστική φόρτιση, κατά την οποία η συσκευή προσδιόριζε τα χαρακτηριστικά της φόρτισης (χρόνος φόρτισης, οριζόντια παραμόρφωση) σε 10 παλμούς και έπειτα η τελική φόρτιση των 5 παλμών κατά την οποία και προσδιορίζετε ο συντελεστής δυσκαμψίας από τον ακόλουθο τύπο:

$$S_m = F \cdot (v + 0.27) / (z + h) \quad (6.5)$$

Όπου  $S_m$  : ο μετρούμενος συντελεστής δυσκαμψίας (σε MPa)

$F$  : είναι η μέγιστη τιμή της εφαρμοζόμενης κατακόρυφο φορτίο (σε N)

$v$  : ο λόγος Poisson

z : οριζόντια παραμόρφωση (σε mm)

h : πάχος δοκιμίου (σε mm)

και ο διορθωμένος συντελεστής δυσκαμψίας, προσαρμοσμένος αν ο συντελεστής επιφανείας φόρτισης ήταν 0,60 είναι:

$$S_m' = S_m * (1 - 0.322 * (\log(S_m) - 1.82) * (0.60 - k)) \quad (6.6)$$

Όπου  $S_m'$  : ο προσαρμοσμένος συντελεστής δυσκαμψίας (σε MPa)

k : ο συντελεστής της επιφανείας φόρτισης

Κάθε δοκίμιο υποβλήθηκε σε δύο δοκιμές. Στην δεύτερη δοκιμή, το φορτίο εφαρμοζόταν κατά μήκος μιας διαμέτρου η οποία έχει κλίση 90° ως προς αυτή της πρώτης.

Κατά την εκτέλεση της δοκιμής, ο συντελεστής δυσκαμψίας που προσδιοριζόταν στην δεύτερη δοκιμή, ήταν συχνά χαμηλότερος από αυτόν της πρώτης (συνήθως κατά 5%), γεγονός το οποίο σημειώνεται και στο αντίστοιχο πρότυπο. Η διαφορά πιθανόν οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την δεύτερη δοκιμή οι αισθητήρες LVDT ακουμπάνε το δοκίμιο στο σημείο όπου εφαρμόστηκε το φορτίο της πρώτης δοκιμής και η μέτρηση γίνεται ενώ το υλικό ακόμα επανέρχεται.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε, ώστε οι αισθητήρες LVDT να ήταν καλά προσαρμοσμένοι στην επιφάνεια του δοκιμίου και όχι σε κάποια εσοχή ή κατασκευαστική ατέλεια. Επίσης, ο παλμός της φόρτισης, ελεγχόταν σε κάθε δοκιμή, καθώς έπρεπε να αποτυπώνεται προσεγγιστικά, από τμήμα ημιτονοειδούς συνάρτησης, και να μην παρουσιάζεται στην κορυφή του σχήματος του παλμού, επίπεδο τμήμα. Σε περιπτώσεις που παρατηρήθηκε αυτό η μέτρηση επαναλήφθηκε ύστερα από τουλάχιστον 24 ώρες. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί, ότι οι διαφορές της δεύτερης μέτρησης από την πρώτη, σύμφωνα με τα πρότυπα έπρεπε να κυμαίνονται από το +20% έως το -15%, αλλιώς η μέτρηση επίσης έπρεπε να επαναληφθεί.

## 7. Ανάλυση πειραματικών δεδομένων

---

### 7.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται μία διερεύνηση της αλληλοσυσχέτισης των πειραματικών δεδομένων, τα οποία αφορούν στα μεγέθη της διηλεκτρικής σταθεράς, του ποσοστού των κενών, και του μέτρου δυσκαμψίας, μέσω της γραμμικής παλινδρόμησης.

Αρχικά, πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των πειραματικών δεδομένων, που προέκυψε από τις διάφορες μεθόδους προσδιορισμού του ποσοστού των κενών, και τελικά επιλέγεται αυτή που θεωρείται πιο αντιπροσωπευτική. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι συσχετίσεις που προέκυψαν μεταξύ των υπόψη μεγεθών, για κάθε τύπο ασφαλτομίγματος αλλά και συνολικά για κάθε στρώση.

### 7.2 Επιλογή μεθόδου προσδιορισμού του ποσοστού των κενών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, το ποσοστό των κενών προσδιορίστηκε με βάση τις μεθοδολογίες που περιγράφονται τόσο στα αμερικάνικα (ASTM), όσο και στα ευρωπαϊκά (EN) πρότυπα. Οι μεθοδολογίες αυτές, παρόλο που παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες, οδήγησαν σε διαφορετικά αποτελέσματα. Για την περαιτέρω ανάλυση είναι απαραίτητο να καθοριστεί ποια από αυτά τα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν.

Κατά τις συσχετίσεις επιλέχθηκε μία από τις παραπάνω μεθόδους για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών των δοκιμίων. Η επιλογή αυτή έγινε, βάσει της σύγκρισης των τιμών του ποσοστού των κενών που προέκυψαν από την κάθε μέθοδο, με τις τιμές του θεωρητικού ποσοστού κενών των δοκιμίων κατά την κατασκευή τους. Τα αποτελέσματα της μεθόδου που προσεγγίζουν περισσότερο τα θεωρητικά ποσοστά κενών, χρησιμοποιήθηκαν για την περαιτέρω ανάλυση. Στους Πίνακες 7.1 - 7.5 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των τριών μεθόδων, καθώς και οι διαφορές ( $\Delta s$ ) της κάθε μεθόδου από τα θεωρητικά ποσοστά κενών.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 7.1 της επόμενης σελίδας, η καλύτερη προσέγγιση του θεωρητικού ποσοστού των κενών της ισοπεδωτικής στρώσης, προκύπτει από τη μέθοδο EN 12697-6:2003+A1 (EN 2007) των ευρωπαϊκών προτύπων. Εξίσου καλή προσέγγιση όμως, παρατηρείται και με τη μέθοδο D3203-05 (ASTM 2011γ).

Πίνακας 7.1: Σύγκριση των μεθόδων προσδιορισμού του ποσοστού των κενών της ισοπεδωτικής στρώσης.

Δοκίμιο	Μέθοδος κατά ASTM			Μέθοδος κατά EN			Μέθοδος κατά Διαστάσεις		
	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS
ΙΣΑα1	1,45	4,50	-3,05	1,17	4,50	-3,33	3,20	4,50	-1,30
ΙΣΑα2	2,10		-2,40	2,15		-2,35	5,07		0,57
ΙΣΑα3	1,45		-3,05	2,16		-2,34	4,25		-0,25
ΙΣΑβ1	5,38	6,10	-0,72	5,62	6,10	-0,48	9,43	6,10	3,33
ΙΣΑβ2	4,40		-1,70	5,59		-0,51	7,18		1,08
ΙΣΑβ3	5,18		-0,92	5,60		-0,50	7,55		1,45
ΙΣΑγ1	7,59	7,20	0,39	7,25	7,20	0,05	10,79	7,20	3,59
ΙΣΑγ2	5,87		-1,33	5,88		-1,32	9,85		2,65
ΙΣΑγ3	6,50		-0,70	6,44		-0,76	9,63		2,43
ΙΣΒα1	3,23	3,69	-0,46	3,60	3,69	-0,09	6,60	3,69	2,91
ΙΣΒα2	3,08		-0,61	3,21		-0,48	5,17		1,48
ΙΣΒα3	3,13		-0,56	3,15		-0,54	6,12		2,43
ΙΣΒβ1	5,39	5,57	-0,18	5,29	5,57	-0,28	7,63	5,57	2,06
ΙΣΒβ2	5,15		-0,42	5,19		-0,38	6,78		1,21
ΙΣΒβ3	6,31		0,74	6,26		0,69	8,51		2,94
ΙΣΒγ1	7,29	7,07	0,22	7,41	7,07	0,34	9,01	7,07	1,94
ΙΣΒγ2	6,65		-0,42	6,50		-0,57	10,27		3,20
ΙΣΒγ3	7,14		0,07	7,56		0,49	10,55		3,48
ΙΣΓα1	4,70	3,50	1,20	5,08	3,50	1,58	6,68	3,50	3,18
ΙΣΓα2	4,42		0,92	4,56		1,06	6,97		3,47
ΙΣΓγ3	5,29		1,79	5,26		1,76	6,98		3,48
ΙΣΓβ1	7,16	6,60	0,56	7,07	6,60	0,47	9,56	6,60	2,96
ΙΣΓβ2	6,57		-0,03	7,13		0,53	9,41		2,81
ΙΣΓβ3	6,61		0,01	6,97		0,37	8,84		2,24
ΙΣΓγ1	7,25	7,30	-0,05	7,50	7,30	0,20	10,14	7,30	2,84
ΙΣΓγ2	7,51		0,21	7,89		0,59	9,70		2,40
ΙΣΓγ3	7,46		0,16	8,20		0,90	10,36		3,06

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα δεδομένα των δύο μεθόδων είχαν πολύ μικρές διαφορές μεταξύ τους, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου t-test, απ' όπου προκύπτει ότι οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Η μέθοδος των διαστάσεων υπερεκτιμά τα κενά και παρουσιάζει σημαντικές αποκλίσεις από τις άλλες δύο μεθόδους, αφού όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου t-test οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές ( $|T_{stat}| > |T_{crit}|$ ).

Όσον αφορά στα δοκίμια αντιολισθητής στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση, η καλύτερη προσέγγιση των θεωρητικών δεδομένων, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 7.2, επιτυγχάνεται

με τη μέθοδο των διαστάσεων. Εξίσου καλή προσέγγιση παρατηρείται και από τις μεθόδους EN 12697-6:2003+A1 και ASTM D3203-05, στα δοκίμια πυκνής σύνθεσης.

Πίνακας 7.2: Σύγκριση των μεθόδων προσδιορισμού του ποσοστού των κενών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση.

Δοκίμιο	Μέθοδος κατά ASTM			Μέθοδος κατά EN			Μέθοδος κατά Διαστάσεις		
	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS
A1	3,00	4,72	-1,72	3,04	4,72	-1,68	6,49	4,72	1,77
A2	2,12		-2,60	2,14		-2,58	7,39		2,67
A3	2,22		-2,50	2,49		-2,23	6,38		1,66
A4	1,85		-2,87	1,88		-2,84	6,44		1,72
A5	5,18	7,03	-1,85				10,35	7,03	3,32
A6	5,23		-1,80				11,08		4,05
A7	5,53		-1,50				10,72		3,69
A8	6,21		-0,82				10,72		3,69
A9	5,97	10,67	-4,70				11,17	10,67	0,50
A10	6,18		-4,49				10,68		0,01
A11	6,77		-3,90				13,66		2,99
A12	7,16		-3,51				13,73		3,06
A13	7,37	12,30	-4,93				12,14	12,30	-0,16
A14	6,75		-5,55				12,07		-0,23
A15	7,33		-4,97				14,57		2,27
A16	7,39		-4,91				11,78		-0,52
A17							23,04	17,20	5,84
A18							24,05		6,85
A19							23,96		6,76
A20							23,40		6,20
A21							25,73	19,70	6,03
A22							24,64		4,94
A23							25,72		6,02
A24							23,99		4,29
A25							26,04	22,50	3,54
A26							26,22		3,72
A27							26,37		3,87
A28							25,34		2,84

Από το στατιστικό έλεγχο t-test που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο παραπάνω μεθόδων (ASTM και EN), προέκυψε ότι οι διαφορές τους είναι στατιστικά σημαντικές ( $|T_{stat}| > |T_{crit}|$ ), σε αντίθεσή με τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης. Ενώ και οι διαφορές που παρουσιάζει η μέθοδος των διαστάσεων με τις άλλες δύο θεωρούνται στατιστικά σημαντικές ( $|T_{stat}| > |T_{crit}|$ ).

Όσον αφορά στα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρο παρατηρείται από τον Πίνακα 7.3, ότι η καλύτερη εκτίμηση του ποσοστού των κενών, είναι αυτή των διαστάσεων .

Πίνακας 7.3: Σύγκριση των μεθόδων προσδιορισμού του ποσοστού των κενών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρος.

Δοκίμιο	Μέθοδος κατά ASTM			Μέθοδος κατά EN			Μέθοδος κατά Διαστάσεις		
	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS
B1	2,40	4,83	-2,43	2,57	4,83	-2,26	3,84	4,83	-0,99
B2	1,65		-3,18	1,83		-3,00	4,95		0,12
B3	1,79		-3,04	1,86		-2,97	4,98		0,15
B4	3,20		-1,63	4,21		-0,62	6,30		1,47
B5	3,38	8,2	-4,82		8,2		8,80	8,2	0,60
B6	4,87		-3,33				8,84		0,64
B7	3,71		-4,49				8,56		0,36
B8	4,52		-3,68				9,70		1,50
B9	5,58	10,3	-4,72		10,3		10,47	10,3	0,17
B10	4,39		-5,91				8,68		-1,62
B11	4,92		-5,38				10,65		0,35
B12	5,52		-4,78				9,30		-1,00
B13	6,34	11,9	-5,56		11,9		11,18	11,9	-0,72
B14	6,08		-5,82				11,55		-0,35
B15	6,51		-5,39				11,65		-0,25
B16	6,13		-5,77				10,89		-1,01
B17		16,3			16,3		18,28	16,3	1,98
B18							19,17		2,87
B19							18,66		2,36
B20							20,06		3,76
B21		19,4			19,4		20,68	19,4	1,28
B22							21,05		1,65
B23							20,64		1,24
B24							19,79		0,39
B25		22,2			22,2		21,10	22,2	-1,10
B26							22,05		-0,15
B27							21,79		-0,41
B28							22,39		0,19

Από το στατιστικό έλεγχο t-test προέκυψε ότι, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των δύο μεθόδων (ASTM και EN), δεν είναι στατιστικά σημαντικές ( $|T_{stat}| < |T_{crit}|$ ). Αντιθέτως, οι διαφορές που παρουσιάζει η μέθοδος των διαστάσεων με τις άλλες δύο θεωρούνται στατιστικά σημαντικές ( $|T_{stat}| > |T_{crit}|$ ).



Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 7.4, όσον αφορά τα δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία, η μέθοδος που προσεγγίζει καλύτερα το θεωρητικό ποσοστό των κενών είναι η μέθοδος των διαστάσεων.

Πίνακας 7.4: Σύγκριση των μεθόδων προσδιορισμού του ποσοστού των κενών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία.

Δοκίμιο	Μέθοδος κατά ASTM			Μέθοδος κατά EN			Μέθοδος κατά Διαστάσεις		
	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS
Γ1	2,72	4,91	-2,19	3,99	4,91	-0,92	5,59	4,91	0,68
Γ2	4,73		-0,18	4,87		-0,04	7,09		2,18
Γ3	3,29		-1,62	3,82		-1,09	5,34		0,43
Γ4	3,04		-1,87	2,83		-2,08	5,56		0,65
Γ5	4,70	7,85	-3,15	4,87	7,85	-2,98	10,31	7,85	2,46
Γ6	6,15		-1,70	5,99		-1,86	12,48		4,63
Γ7	4,56		-3,29	4,91		-2,94	9,69		1,84
Γ8	4,31		-3,54	4,36		-3,49	9,92		2,07
Γ9	5,00	9,51	-4,51	5,12	9,51	-4,39	9,50	9,51	-0,01
Γ10	6,05		-3,46	5,59		-3,92	10,86		1,35
Γ11	7,27		-2,24	6,85		-2,66	14,55		5,04
Γ12	5,15		-4,36	5,92		-3,59	11,07		1,56
Γ13	8,50	12,9	-4,40	8,92	12,9	-3,98	15,00	12,9	2,10
Γ14	8,97		-3,93	8,50		-4,40	14,40		1,50
Γ15	9,43		-3,47	9,21		-3,69	14,84		1,94
Γ16	7,89		-5,01	8,33		-4,57	15,59		2,69
Γ17	8,04	16,25	-8,21		16,25		25,37	16,25	9,12
Γ18	10,21		-6,04				24,01		7,76
Γ19	12,21		-4,04				24,72		8,47
Γ20	9,93		-6,32				23,11		6,86
Γ21	9,68	19,52	-9,84		19,52		24,83	19,52	5,31
Γ22	13,14		-6,38				22,49		2,97
Γ23	10,89		-8,63				23,95		4,43
Γ24	11,28		-8,24				24,64		5,12
Γ25	10,27	23,74	-13,47		23,74		25,94	23,74	2,20
Γ26	10,67		-13,07				27,48		3,74
Γ27	11,77		-11,97				27,17		3,43
Γ28	11,17		-12,57				25,80		2,06

Από το στατιστικό έλεγχο t-test προέκυψε ότι οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων (ASTM και EN), δεν είναι στατιστικά σημαντικές ( $|T_{stat}| < |T_{crit}|$ ). Αντιθέτως οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ της μεθόδου των διαστάσεων και τόσο της ASTM, όσο και της EN, θεωρούνται στατιστικά σημαντικές ( $|T_{stat}| > |T_{crit}|$ ).

Τέλος στο πίνακα 7.5, όσον αφορά στα δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη, παρατηρείται γενικά ότι η μέθοδος που προσεγγίζει καλύτερα τα θεωρητικό ποσοστό των κενών, είναι η μέθοδος κατά διαστάσεις.

Πίνακας 7.5: Σύγκριση των μεθόδων προσδιορισμού του ποσοστού των κενών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη.

Δοκίμιο	Μέθοδος κατά ASTM			Μέθοδος κατά EN			Μέθοδος κατά Διαστάσεις		
	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS	Ποσοστό Κενών (%)	Θεωρητικό Ποσοστό Κενών (%)	ΔS
Δ1	4,08	4,58	-0,50	4,07	4,58	-0,51	7,57	4,58	2,99
Δ2	2,82		-1,76	3,09		-1,49	6,05		1,47
Δ3	3,68		-0,90	3,48		-1,10	5,96		1,38
Δ4	2,56		-2,02	2,96		-1,62	5,78		1,20
Δ5	6,00	7,83	-1,83	6,27	7,83	-1,56	10,00	7,83	2,17
Δ6	6,26		-1,57	6,91		-0,92	10,68		2,85
Δ7	6,87		-0,96	6,88		-0,95	12,43		4,60
Δ8	5,84		-1,99	5,83		-2,00	11,01		3,18
Δ9	6,86	10,31	-3,45	7,05	10,31	-3,26	12,13	10,31	1,82
Δ10	6,84		-3,47	7,29		-3,02	11,76		1,45
Δ11	4,49		-5,82	5,17		-5,14	8,96		-1,35
Δ12	7,98		-2,33	8,33		-1,98	13,00		2,69
Δ13	8,61	12,3	-3,69	8,78	12,3	-3,52	14,14	12,3	1,84
Δ14	7,89		-4,41	7,50		-4,80	12,49		0,19
Δ15	7,69		-4,61	8,81		-3,49	13,96		1,66
Δ16	9,52		-2,78	9,68		-2,62	14,80		2,50
Δ17	10,86	16,76	-5,90		16,76		21,84	16,76	5,08
Δ18	13,09		-3,67				20,82		4,06
Δ19	13,28		-3,48				22,14		5,38
Δ20	13,11		-3,65				21,52		4,76
Δ21	10,83	19,63	-8,80		19,63		21,44	19,63	1,81
Δ22	13,52		-6,11				22,46		2,83
Δ23	14,11		-5,52				22,63		3,00
Δ24	14,27		-5,36				22,36		2,73
Δ25	11,35	22,1	-10,75		22,1		22,00	22,1	-0,10
Δ26	13,78		-8,32				22,19		0,09
Δ27	14,48		-7,62				22,01		-0,09
Δ28	14,24		-7,86				22,55		0,45

Τα αποτελέσματα του στατικού ελέγχου t-test είναι ανάλογα με αυτά των υπολοίπων δοκιμίων αντιολισθηρής στρώσης, με τις μεθόδους ASTM και EN να μην παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $|T_{stat}| < |T_{crit}|$ ) και τη μέθοδο των διαστάσεων να παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές, και με τις δύο παραπάνω μεθόδους ( $|T_{stat}| > |T_{crit}|$ ).

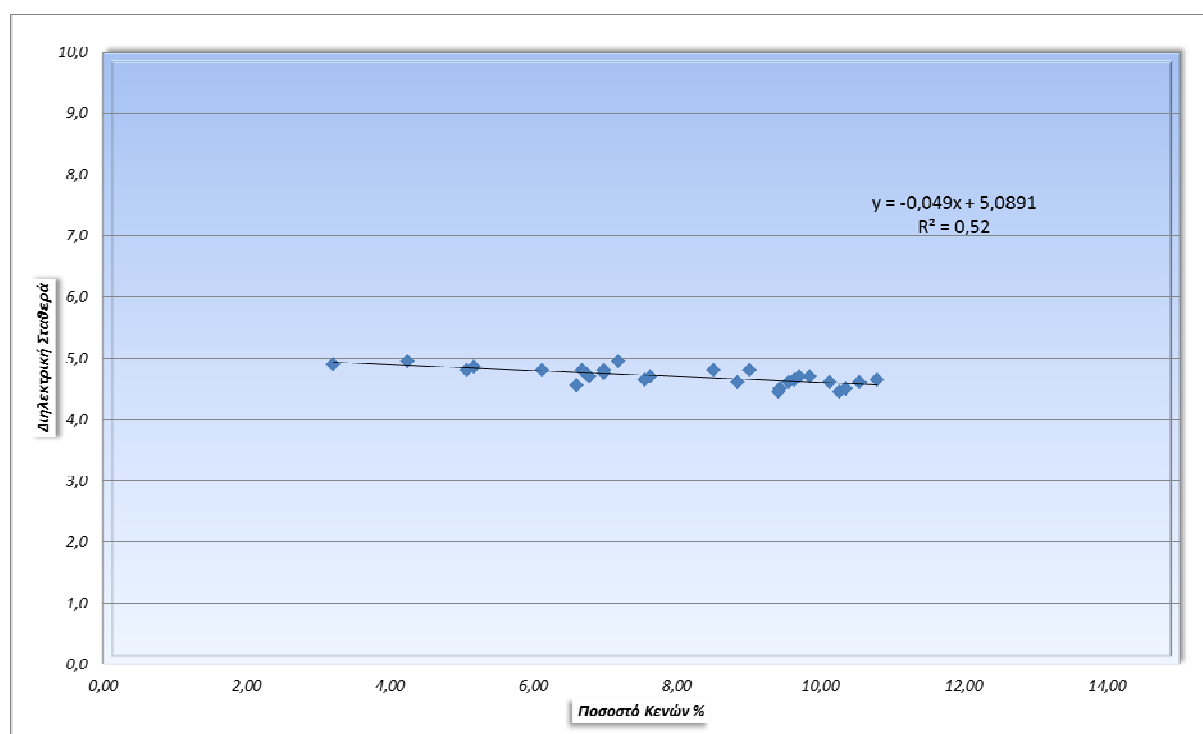
Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, για την περαιτέρω ανάλυση, και πιο συγκεκριμένα για την διερεύνηση της συσχέτισης των μεγεθών της διηλεκτρικής σταθεράς, του ποσοστού των κενών και του μέτρου δυσκαμψίας, θα αξιοποιηθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μέθοδο EN 12697-6:2003+A1, για τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης, ενώ για τα δοκίμια της αντιολισθητής στρώσης, αυτά που προέκυψαν από τη μέθοδο των διαστάσεων.

### 7.3 Συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών

Η διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ της διηλεκτρικής σταθεράς και του ποσοστού των κενών, πραγματοποιήθηκε με εφαρμογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης, τόσο στα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης όσο και στα δοκίμια της αντιολισθητής στρώσης για κάθε τύπο αδρανούς.

#### 7.3.1 Δοκίμια ισοπεδωτική στρώσης

Στην Εικόνα 7.1, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών.



Εικόνα 7.1: Συσχέτιση ποσοστού κενών-διηλεκτρικής σταθεράς δοκιμίων ισοπεδωτικής στρώσης

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$\epsilon_r = -0,049PAV + 5,0891 \quad (7.1)$$

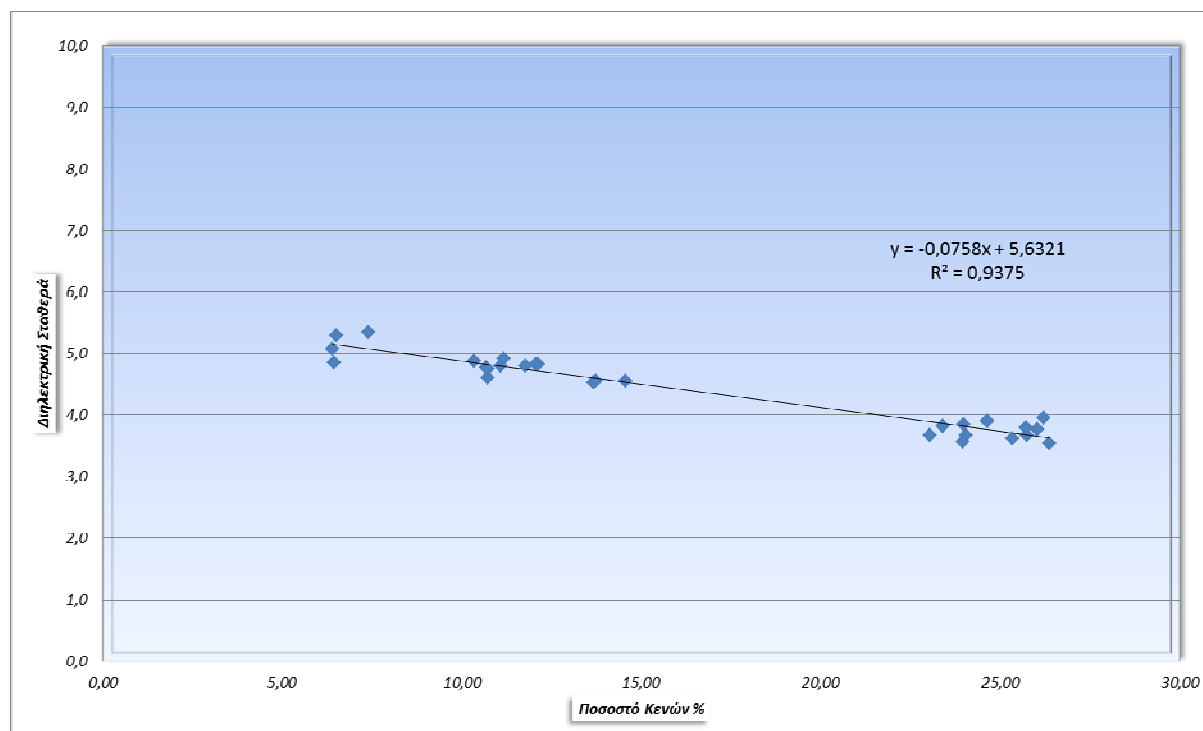
Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,52 και υποδεικνύει ασθενή αλληλεπίδραση των δύο μεγεθών. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο μικρό αριθμό δοκιμών της ισοπεδωτικής στρώσης και το μικρό εύρος ποσοστού κενών, από 3% έως 7%. Ωστόσο παρατηρείται, μία τάση μείωσης της διηλεκτρικής σταθεράς με την αύξηση του ποσοστού των κενών. Η παρατήρηση αυτή, μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι, όσο αυξάνει το ποσοστό των κενών, τόσο αυξάνει το ποσοστό κατ' όγκο του αέρα στο ασφαλτόμιγμα. Γνωρίζοντας όμως πως η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς του αέρα ( $\epsilon_r=1$ ) είναι αρκετά μικρότερη από τις αντίστοιχες τιμές της ασφάλτου και των αδρανών, αύξηση του κατ' όγκο ποσοστού του αέρα στο μίγμα, θα επιφέρει μείωση της διηλεκτρική σταθερά ασφαλτομίγματος.

### 7.3.2 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης

Κατά την συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών, εξετάστηκαν τέσσερις τύποι αδρανών των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης: ο διαβάσης, ο γάββρος, η σκωρία και ο σπηλίτης. Η συσχέτιση των παραπάνω μεγεθών για τα ασφαλτομίγματα του κάθε τύπου αδρανούς, παρουσιάζονται στη συνέχεια.

#### 7.3.2.1 Δοκίμια με τύπο αδρανούς το διαβάσης

Στην Εικόνα 7.2, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση.



Εικόνα 7.2: Συσχέτιση ποσοστού κενών-διηλεκτρικής σταθεράς (διαβάσης)

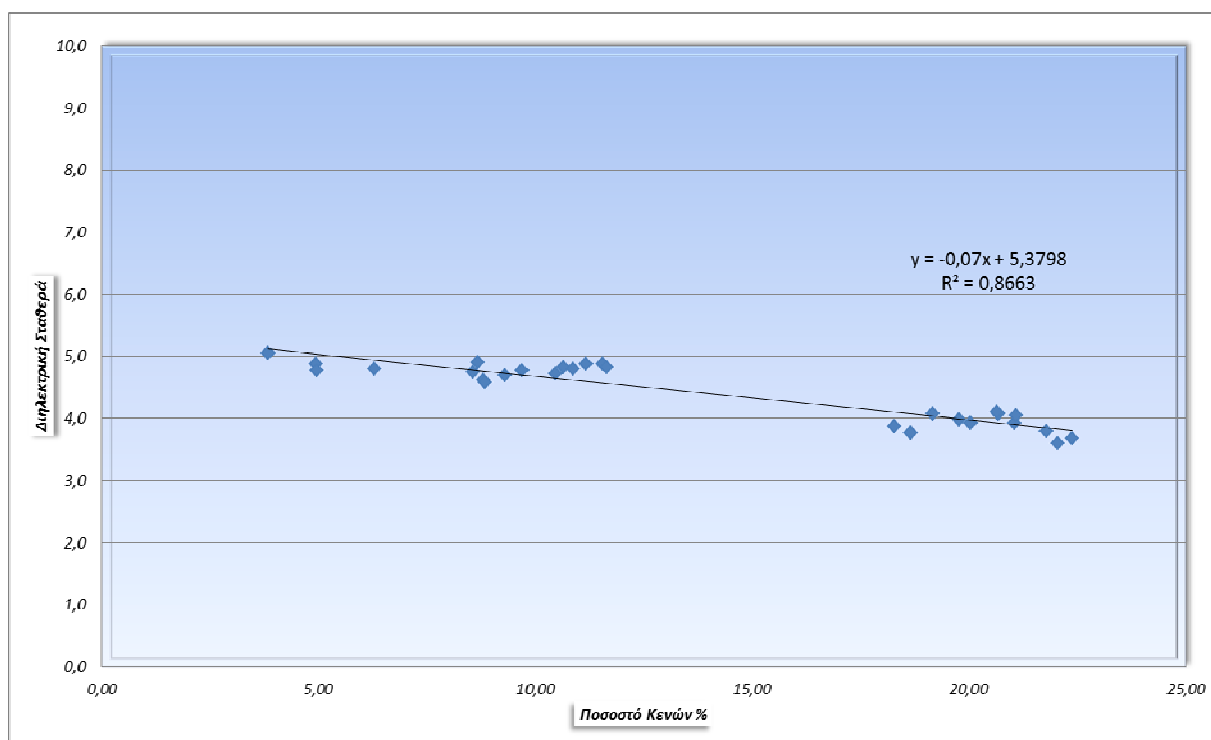
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$\epsilon_r = -0,0758PAV + 5,6321 \quad (7.2)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0.937, υποδεικνύοντας άριστη συσχέτιση των υπόψη μεγεθών. Από το διάγραμμα παρατηρείται μια τάση μείωσης της διηλεκτρικής σταθεράς με την αύξηση του ποσοστού των κενών, η οποία ήταν συνέπεια των όσον ειπώθηκαν παραπάνω. Η τάση αυτή είναι πιο έντονη απ' ό,τι στα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης.

### 7.3.2.2 Δοκίμια με τύπο αδρανούς το γάββρο

Στην Εικόνα 7.3, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρο.



Εικόνα 7.3: Συσχέτιση ποσοστού κενών-διηλεκτρικής σταθεράς (γάββρος)

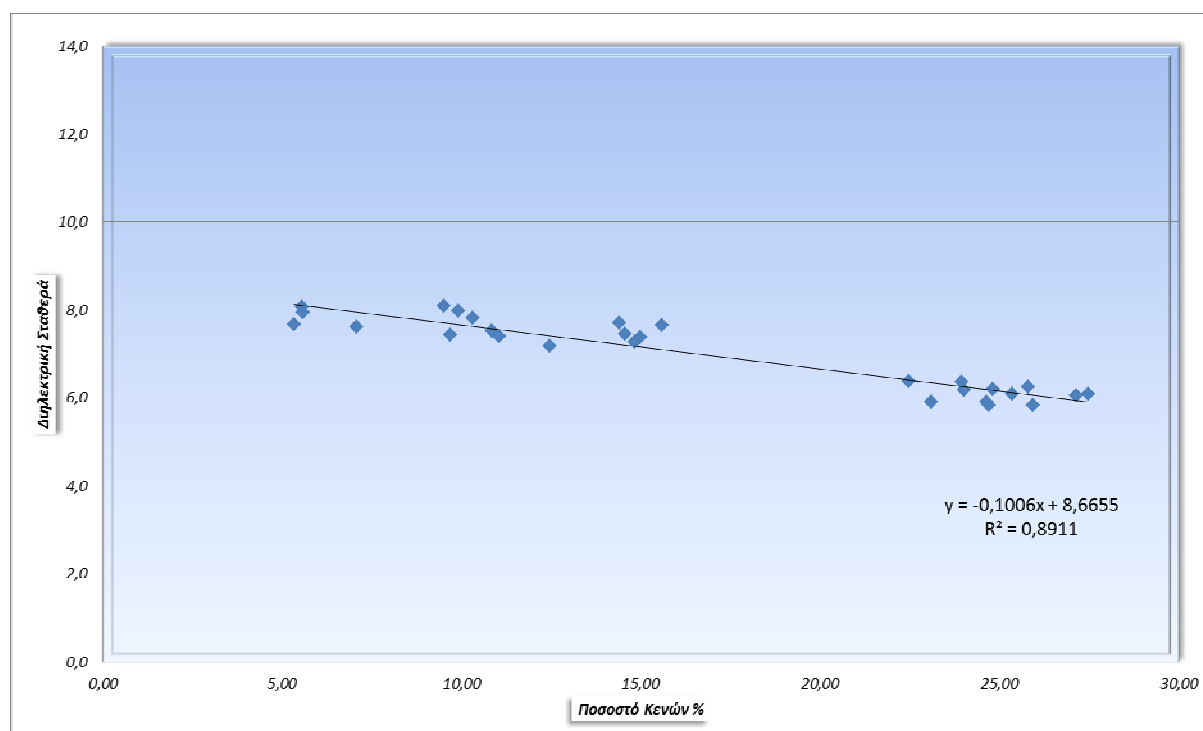
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$\epsilon_r = -0,07PAV + 5,3798 \quad (7.3)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0.866, υποδεικνύοντας άριστη συσχέτιση των υπόψη μεγεθών. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται ότι, η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς μειώνεται με την αύξηση του ποσοστού των κενών, για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

### 7.3.2.3 Δοκίμια με τύπο αδρανούς τη σκωρία

Στην Εικόνα 7.4, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία.



Εικόνα 7.4: Συσχέτιση ποσοστού κενών-διηλεκτρικής σταθεράς (σκωρία)

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$\epsilon_r = -0,1006PAV + 8,6655 \quad (7.4)$$

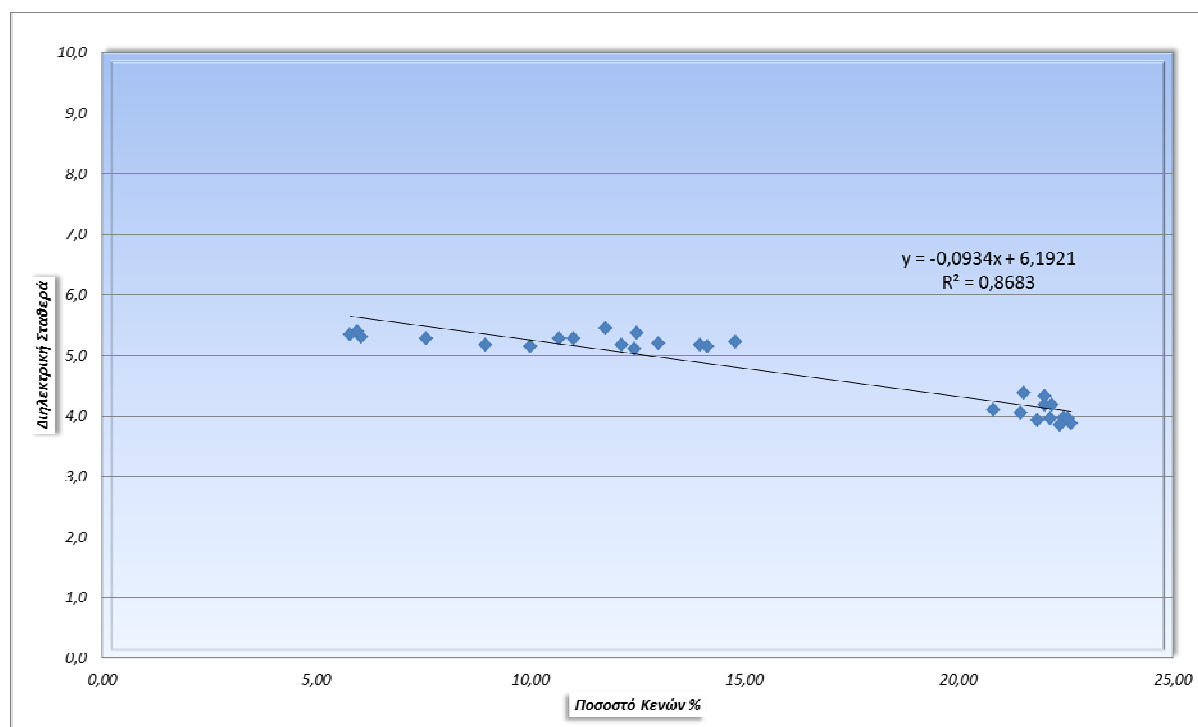
Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0.891, υποδεικνύοντας πολύ καλή συσχέτιση των υπόψη μεγεθών. Από το διάγραμμα παρατηρείται μια τάση μείωσης της διηλεκτρικής σταθεράς με την αύξηση του ποσοστού των κενών, η οποία ήταν συνέπεια των όσον ειπώθηκαν παραπάνω.

Αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρείται μία αύξηση των τιμών της διηλεκτρικής σταθεράς, σε σχέση με των υπολοίπων δοκιμίων, η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι η σκωρία αποτελεί

παράγωγο της διαδικασίας οξειδωσης του σίδηρου και επομένως παρουσιάζει υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται τελικά η συνολική τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς του ασφαλτομίγματος.

#### 7.3.2.4 Δοκίμια με τύπο αδρανούς το σπηλίτη

Στην Εικόνα 7.5, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη.



Εικόνα 7.5: Συσχέτιση ποσοστού κενών-διηλεκτρικής σταθεράς (σπηλίτης)

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$\epsilon_r = -0,0934PAV + 6.1921 \quad (7.5)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0.868, υποδεικνύοντας πολύ καλή συσχέτιση των υπόψη μεγεθών, ενώ παρατηρείται και παρόμοια, με τα υπόλοιπα δοκίμια, αλληλεξάρτηση ανάμεσα στα μεγέθη της διηλεκτρικής σταθεράς και του ποσοστού των κενών.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, προκύπτει ότι: όσο το ποσοστό των κενών μεγαλώνει, η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς μικραίνει, ή, αντίστροφα, όσο μικρότερη είναι η τιμή της διηλεκτρικής σταθερά ενός ασφαλτομίγματος, τόσο υψηλότερο ποσοστό κενών αναμένεται να

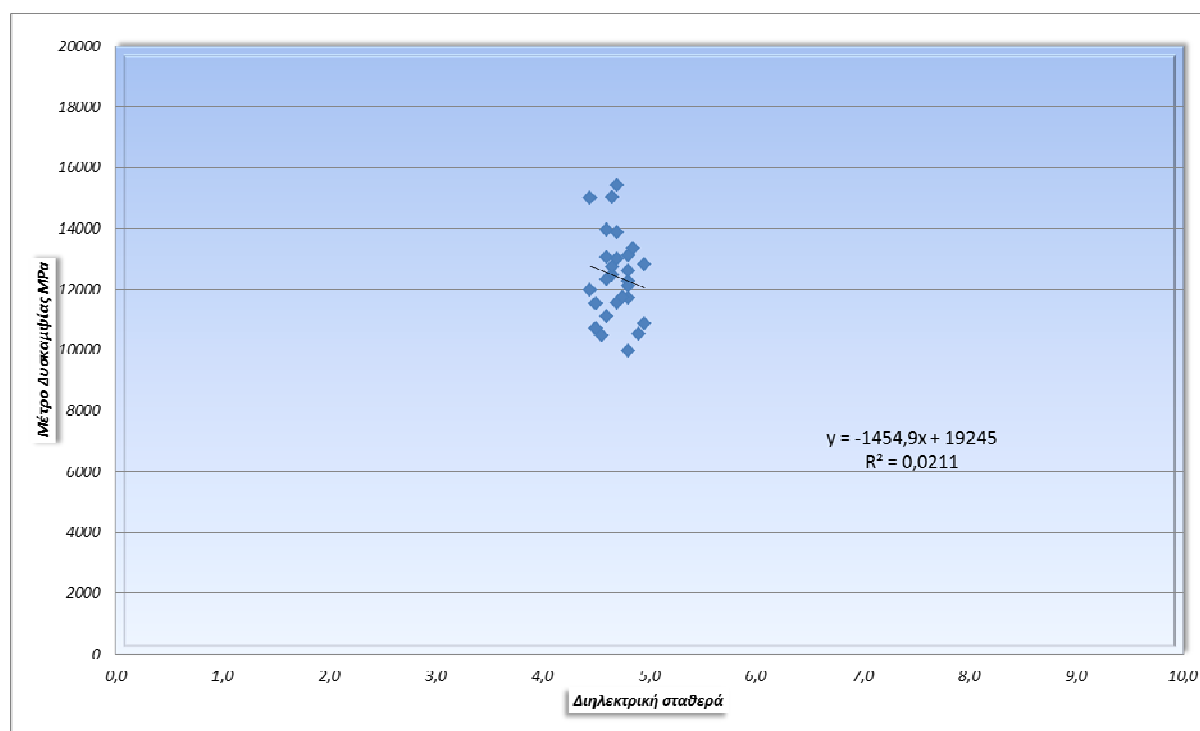
έχει. Η σχέση που συνδέει τα δύο αυτά μεγέθη μπορεί να θεωρηθεί γραμμική, με αρκετά υψηλές τιμές του συντελεστή προσδιορισμού, στην περίπτωση δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης με εύρος  $R^2 = 0,937 - 0,866$ .

#### 7.4 Συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας

Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της διηλεκτρικής σταθεράς και του μέτρου δυσκαμψίας, πραγματοποιήθηκε μέσω της ανάπτυξης απλών γραμμικών μοντέλων, τόσο στα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης, όσο και στα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης για κάθε τύπο αδρανούς.

##### 7.4.1 Δοκίμια ισοπεδωτικής στρώσης

Στην Εικόνα 7.6, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας, ο προσδιορισμός του οποίου έγινε στους 20°C, για τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης.



Εικόνα 7.6: Συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς – μέτρου δυσκαμψίας των δοκιμών της ισοπεδωτικής στρώσης

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = -1454,9E_r + 19245 \quad (7.6)$$



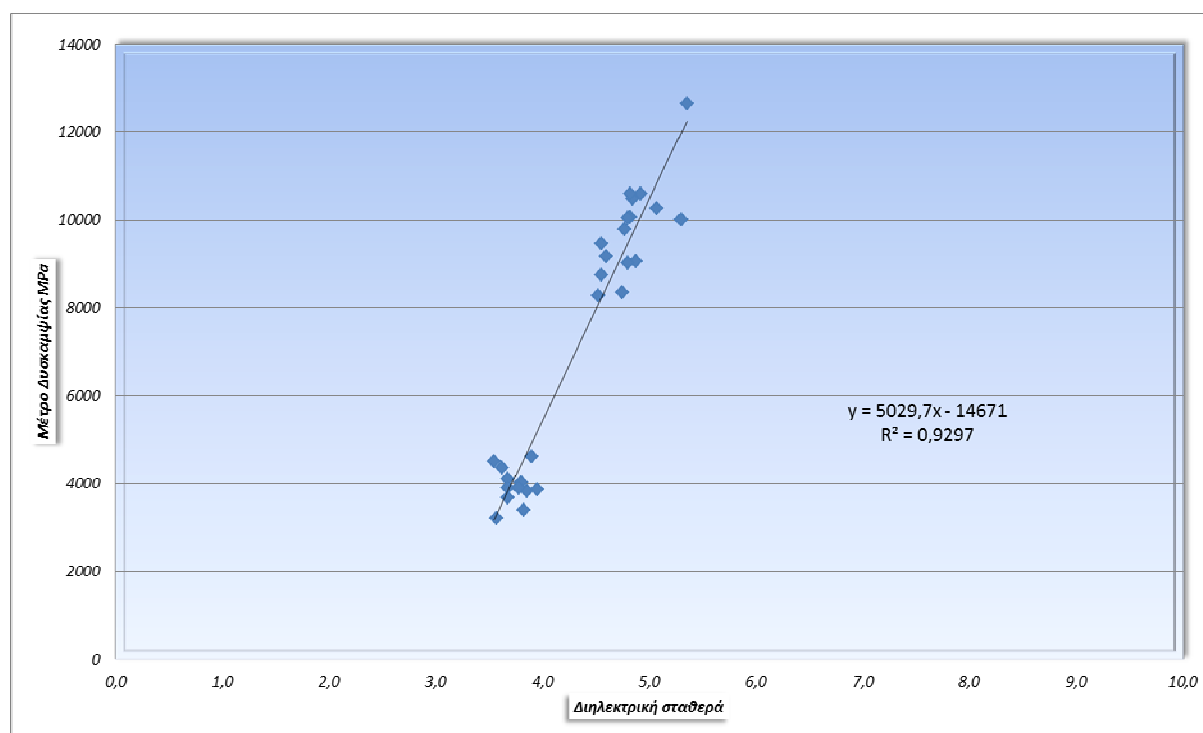
Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,021, προσεγγίζει το μηδέν, υποδεικνύοντας πως δεν υπάρχει αλληλεξάρτηση. Το γεγονός αυτό, ενδεχομένως να οφείλεται στο μικρό αριθμό των δοκιμών που εξετάστηκαν.

#### 7.4.2 Αντιολισθηρή στρώση

Κατά την συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας, εξετάστηκαν οι τέσσερις τύποι αδρανών των δοκιμών της αντιολισθηρή στρώσης: ο διαβάσης, ο γάββρος, η σκωρία και ο σπηλίτης, ενώ ο προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας πραγματοποιήθηκε στους 20 °C. Η συσχέτιση των παραπάνω μεγεθών για τα ασφατομίγματα του κάθε τύπου αδρανούς, παρουσιάζονται στη συνέχεια.

##### 7.4.2.1 Δοκίμια αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση

Στην Εικόνα 7.7, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας, για τα δοκίμια της αντιολισθηρή στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση.



Εικόνα 7.7: Συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς – μέτρου δυσκαμψίας (διαβάσης)

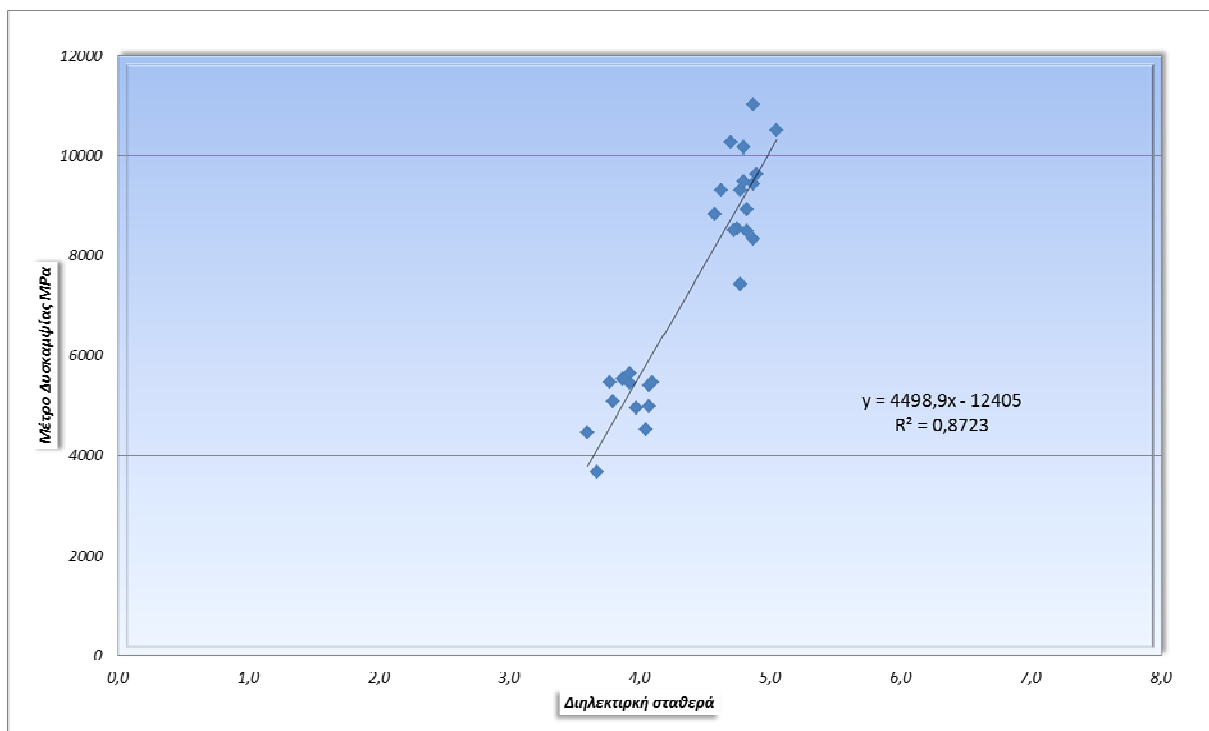
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = 5029,7\epsilon_r - 14671 \quad (7.7)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0.929, υποδεικνύοντας πολύ καλή συσχέτιση των υπόψη μεγεθών. Από το διάγραμμα παρατηρείται μια τάση αύξησης του μέτρου δυσκαμψίας με την αύξηση της διηλεκτρικής σταθεράς. Η τάση αυτή, μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι αύξηση του μέτρου δυσκαμψίας επιτυγχάνεται με αύξηση κατ' όγκο του ποσοστού των στοιχείων που συνεισφέρουν στην φέρουσα ικανότητα του ασφαλτομίγματος. Τα στοιχεία αυτά όμως είναι κατά βάσει τα αδρανή και λιγότερο η άσφαλτος, υλικά τα οποία διαθέτουν υψηλότερη τιμή διηλεκτρικής σταθεράς από το τρίτο στοιχείο του μίγματος που είναι ο αέρας. Επομένως αύξηση του κατ' όγκο ποσοστού τους στο μίγμα και άρα αύξηση του μέτρου δυσκαμψίας, επιφέρει αύξηση της διηλεκτρικής σταθεράς.

#### 7.4.2.2 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρος

Στην Εικόνα 7.8, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρο.



Εικόνα 7.8: Συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς – μέτρου δυσκαμψίας (γάββρος)

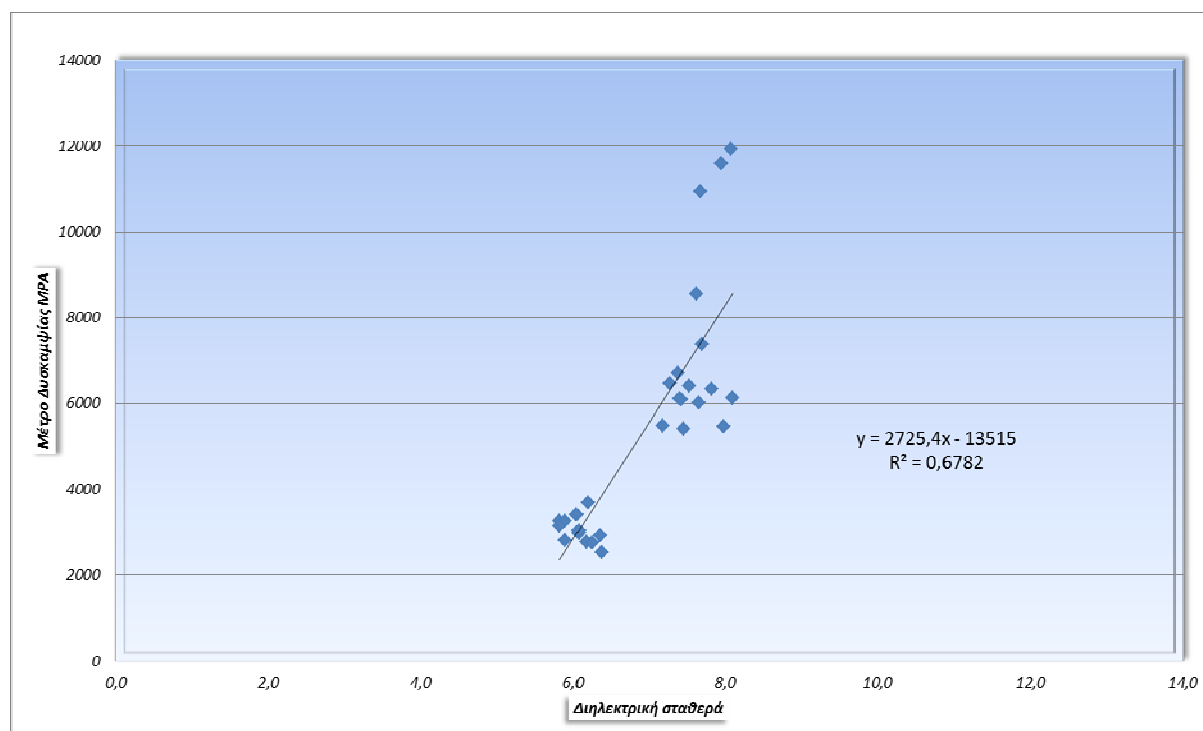
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = 4498,9E_r - 12405 \quad (7.8)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0.872, υποδεικνύοντας πολύ καλή συσχέτιση των υπόψη μεγεθών, παρόμοια με αυτή που προέκυψε στα δοκίμια που περιείχαν ως αδρανές το διαβάση, και για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

#### 7.4.2.3 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία

Στην Εικόνα 7.9, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία.



Εικόνα 7.9: Συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς – μέτρου δυσκαμψίας (σκωρία)

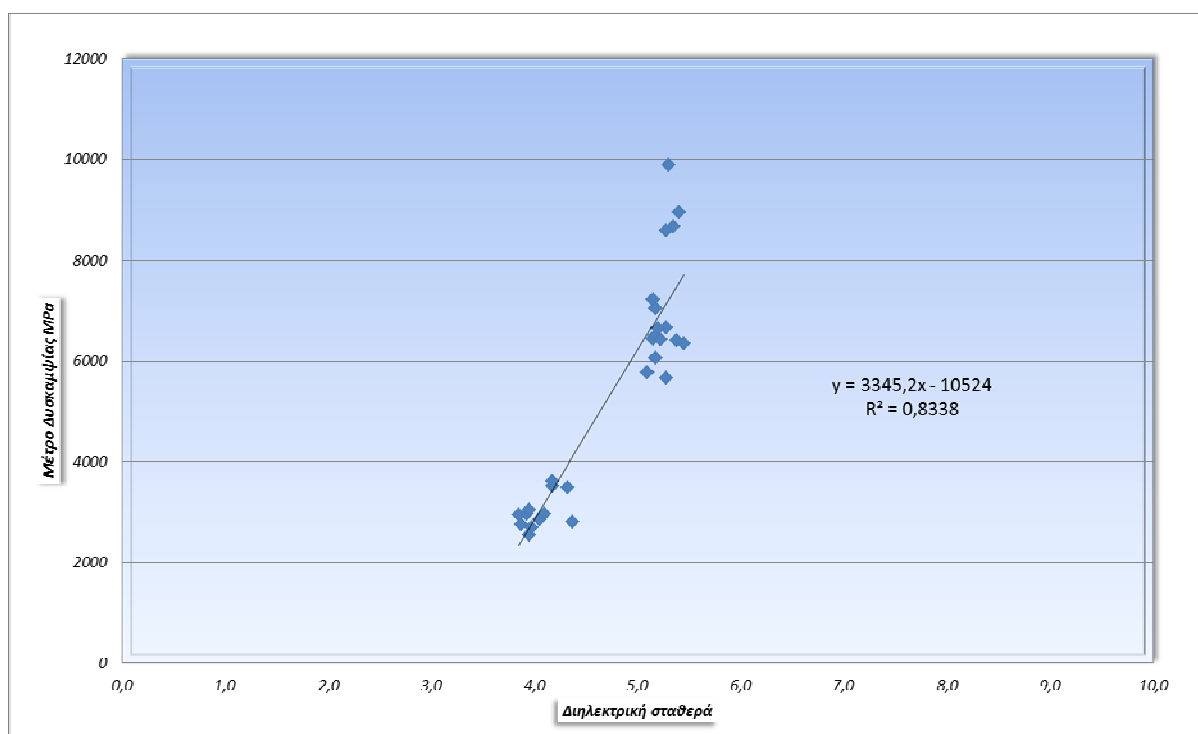
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = 2725,4E_r - 13515 \quad (7.9)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0.678, υποδεικνύοντας καλή συσχέτιση των υπόψη μεγεθών, ενώ παρατηρείται από το διάγραμμα μία τάση αύξησης του μέτρου δυσκαμψίας με την αύξηση της διηλεκτρικής σταθεράς, λόγω των όσων αναφέρθηκαν παραπάνω. Η συσχέτιση αυτή όμως, δεν παρουσίασε εξίσου υψηλό συντελεστή με της προηγούμενες, γεγονός το οποίο ενδεχομένως να οφείλεται, στις ιδιαίτερες διηλεκτρικές ιδιότητες που παρουσιάζει η σκωρία λόγω της προέλευσής της.

#### 7.4.2.4 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη

Στην Εικόνα 7.10, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη.



Εικόνα 7.10: Συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς – μέτρου δυσκαμψίας (σπηλίτης)

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = 3345,2\varepsilon_r - 10524 \quad (7.10)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,834, υποδεικνύοντας πολύ καλή συσχέτιση των υπόψη μεγεθών. Από το διάγραμμα παρατηρείται μία τάση αύξησης του μέτρου δυσκαμψίας με την αύξηση της διηλεκτρικής σταθεράς, παρόμοια με αυτή που παρατηρήθηκε στους τύπους ασφαλτομίγματος των υπολοίπων αδρανών.

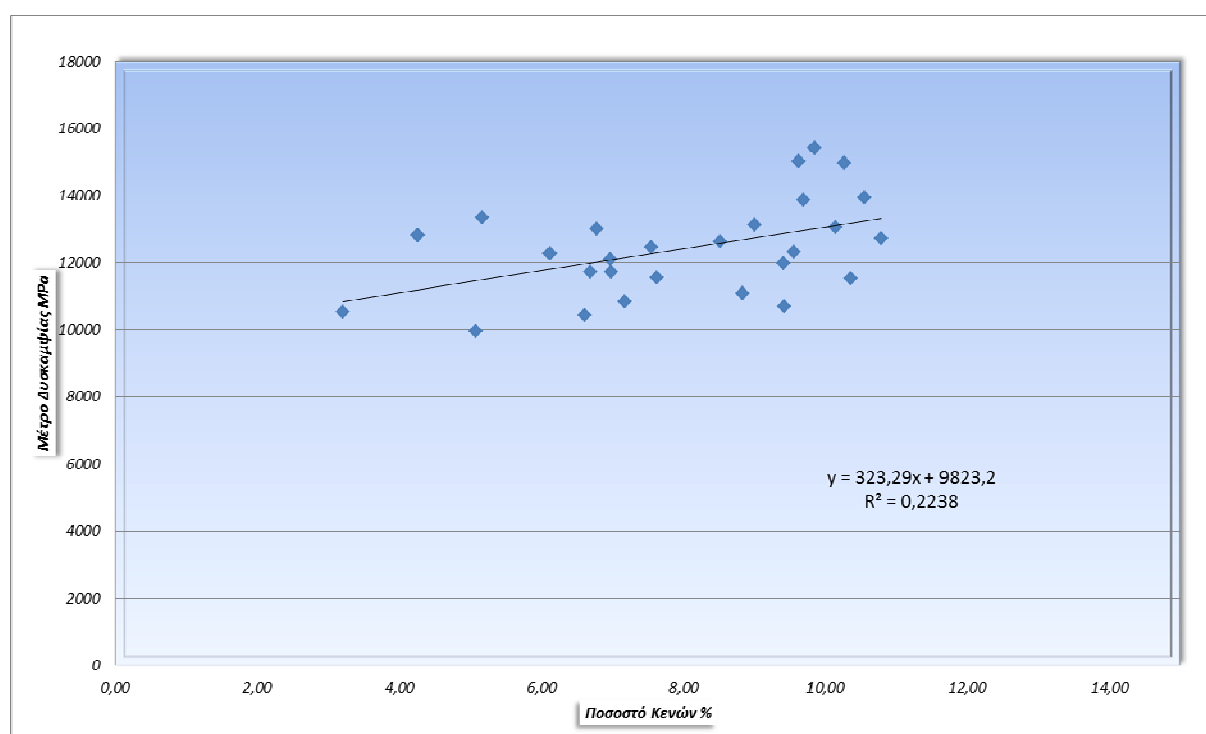
Επομένως, με βάση τα παραπάνω διαγράμματα και λαμβάνοντας υπόψη τις υψηλές τιμές του συντελεστή προσδιορισμού, που προέκυψαν από την γραμμική παλινδρόμηση, φαίνεται να υπάρχει μια ισχυρή αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών. Γενικά, μπορεί να ειπωθεί ότι, δοκίμια με μεγαλύτερη τιμή του μέτρου δυσκαμψίας, παρουσιάζουν και μεγαλύτερη τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς, από ότι δοκίμια με μικρότερη τιμή μέτρου δυσκαμψίας.

## 7.5 Συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας με το ποσοστό των κενών

Τέλος η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών, πραγματοποιήθηκε μέσω της ανάπτυξης απλών γραμμικών μοντέλων, τόσο στα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης όσο και στα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης για κάθε τύπο αδρανούς.

### 7.5.1 Δοκίμια ισοπεδωτικής στρώσης

Στην Εικόνα 7.11, παρουσιάζεται το διάγραμμα της σχέσης του ποσοστού των κενών με το μέτρο δυσκαμψίας, η μέτρηση του οποίου έγινε στη θερμοκρασία των 20°C, για τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης.



Εικόνα 7.11: Συσχέτιση ποσοστού κενών – μέτρου δυσκαμψίας δοκιμίων ισοπεδωτικής στρώσης

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = 323.29PAV + 9823.2 \quad (7.11)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,2238, υποδεικνύοντας πως δεν υπάρχει αλληλεξάρτηση των υπόψη μεγεθών. Εντούτοις όμως παρατηρείται μία τάση αύξησης του μέτρου δυσκαμψίας με την αύξηση του ποσοστού των κενών, η οποία ενδεχομένως να οφείλεται, στο γεγονός ότι, η διακύμανση του ποσοστού των κενών έχει προκύψει

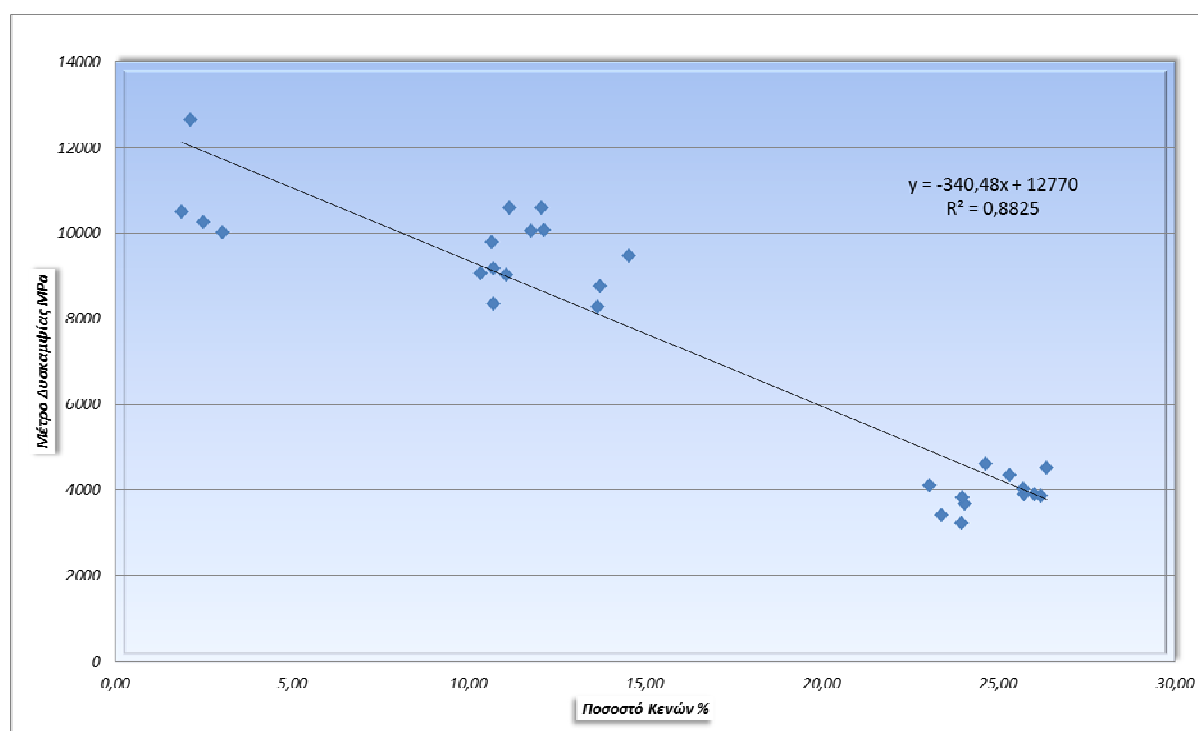
αποκλειστικά, από τη διακύμανση του ποσοστού της ασφάλτου στο μίγμα και όχι από τη διακύμανση της ενέργειας συμπίκνωσης.

### 7.5.2 Αντιολισθηρή στρώση

Κατά την συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας με το ποσοστό των κενών, εξετάστηκαν οι τέσσερις τύποι αδρανών των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης: ο διαβάσης, ο γάββρος, η σκωρία και ο σπηλίτης, ενώ ο προσδιορισμός του μέτρου δυσκαμψίας πραγματοποιήθηκε στους 20 °C. Η συσχέτιση των παραπάνω μεγεθών για τα ασφαλτομίγματα του κάθε τύπου αδρανούς παρουσιάζονται στη συνέχεια.

#### 7.5.2.1 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση

Στην Εικόνα 7.12, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης του ποσοστού των κενών με το μέτρο δυσκαμψίας, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης, με τύπο αδρανούς το διαβάση.



Εικόνα 7.12: Συσχέτιση ποσοστού κενών – μέτρου δυσκαμψίας (διαβάσης)

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

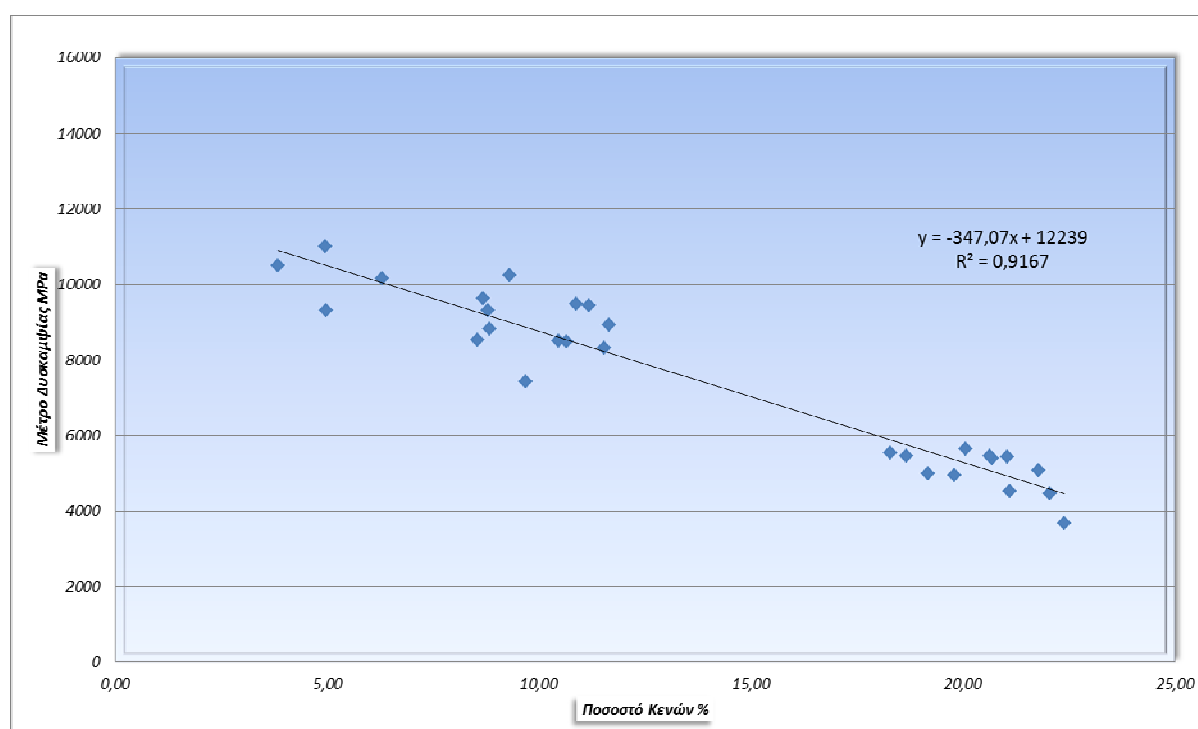
$$S_m = -340,48PAV + 12770 \quad (7.12)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,882, υποδεικνύοντας πολύ καλή συσχέτιση των υπόψη μεγεθών. Από το διάγραμμα παρατηρείται μια τάση αύξησης του μέτρου

δυσκαμψίας με την αύξηση του ποσοστού των κενών. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στην αύξηση του κατ' όγκου ποσοστού αέρα του μίγματος, ο οποίος όμως δεν μπορεί να παραλάβει φορτίο, και επομένως, δε συνεισφέρει στη φέρουσα αντοχή του ασφαλτομίγματος, γεγονός το οποίο αποτυπώνεται στη μείωση του μέτρου δυσκαμψίας.

#### 7.5.2.2 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρος

Στην Εικόνα 7.13, παρουσιάζεται το διάγραμμα της σχέσης του ποσοστού των κενών με το μέτρο δυσκαμψίας, καθώς και τα αποτελέσματα της εφαρμογής της γραμμικής παλινδρόμησης, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρο



Εικόνα 7.13: Συσχέτιση ποσοστού κενών – μέτρου δυσκαμψίας (γάββρος)

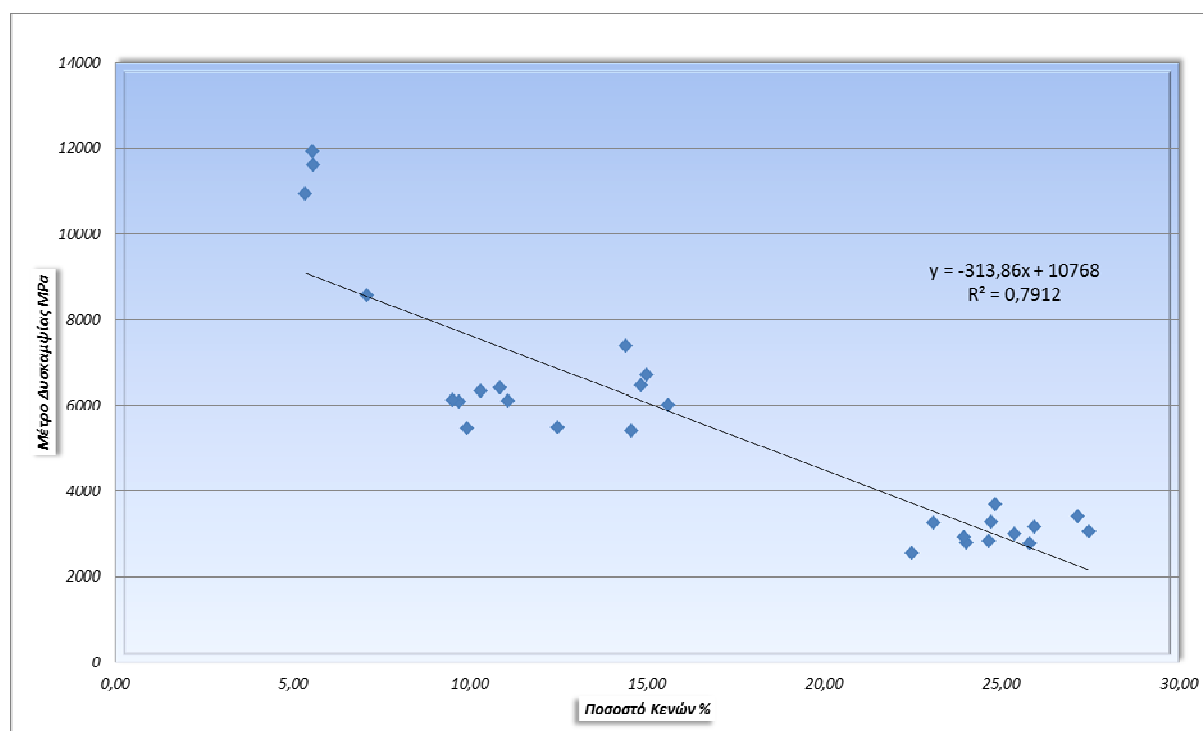
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = -347,07PAV + 12239 \quad (7.13)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,916, υποδεικνύοντας άριστη συσχέτιση των δύο μεγεθών και σε αυτή την περίπτωση, η οποία παρουσιάζεται παρόμοια με αυτή των δοκιμών που περιέχουν διαβάση, για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

### 7.5.2.3 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία

Στην Εικόνα 7.14, παρουσιάζεται το διάγραμμα της σχέσης του ποσοστού των κενών με το μέτρο δυσκαμψίας, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία.



Εικόνα 7.14: Συσχέτιση ποσοστού κενών – μέτρου δυσκαμψίας (σκωρία)

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

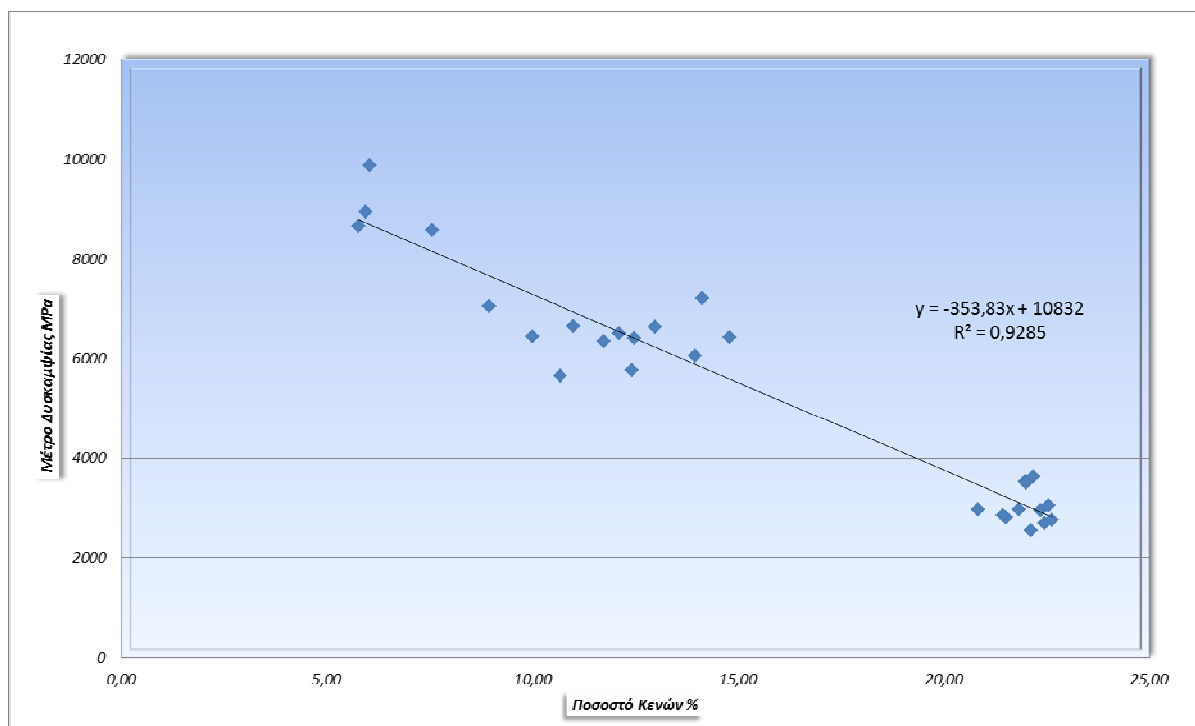
$$S_m = -313,86PAV + 10768 \quad (7.14)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,791, υποδεικνύοντας όχι τόσο καλή συσχέτιση όσο οι προηγούμενες αλλά και σε αυτή την περίπτωση αρκετά καλή, και παρουσιάζοντας παρόμοια αλληλεξάρτηση μεταξύ των υπόψη μεγεθών, για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

### 7.5.2.4 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη

Στην Εικόνα 7.15, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης του ποσοστού των κενών με το μέτρο δυσκαμψίας, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη.





Εικόνα 7.15: Συσχέτιση ποσοστού κενών – μέτρου δυσκαμψίας (σπηλίτης)

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = -353,83PAV + 10832 \quad (7.15)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,928, υποδεικνύοντας άριστη συσχέτιση, με παρόμοια αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών, και στη τελευταία περίπτωση ασφαλτομιγμάτων με τύπο αδρανούς το σπηλίτη.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω και στη συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας με το ποσοστό των κενών παρατηρήθηκαν πολύ υψηλοί συντελεστές προσδιορισμού  $R^2$ , για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώση φανερώνοντας την πολύ καλή αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών. Εξαίρεση αποτέλεσαν τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης, στα οποία η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού για τους λόγους που αναφέρθηκαν και προηγουμένως.

### 7.6 Συνολική διερεύνηση της συσχέτισης των μεγεθών

Κατόπιν της διερεύνησης της αλληλεξάρτησης της διηλεκτρικής σταθεράς, του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών για κάθε επιμέρους τύπο ασφαλτομίγματος, πραγματοποιείται περαιτέρω ανάλυση με βάση:

- Τα στοιχεία που προέκυψαν από το σύνολο των δοκιμίων της αντιολισθηρής στρώσης, ανεξαρτήτως τύπου του αδρανούς.

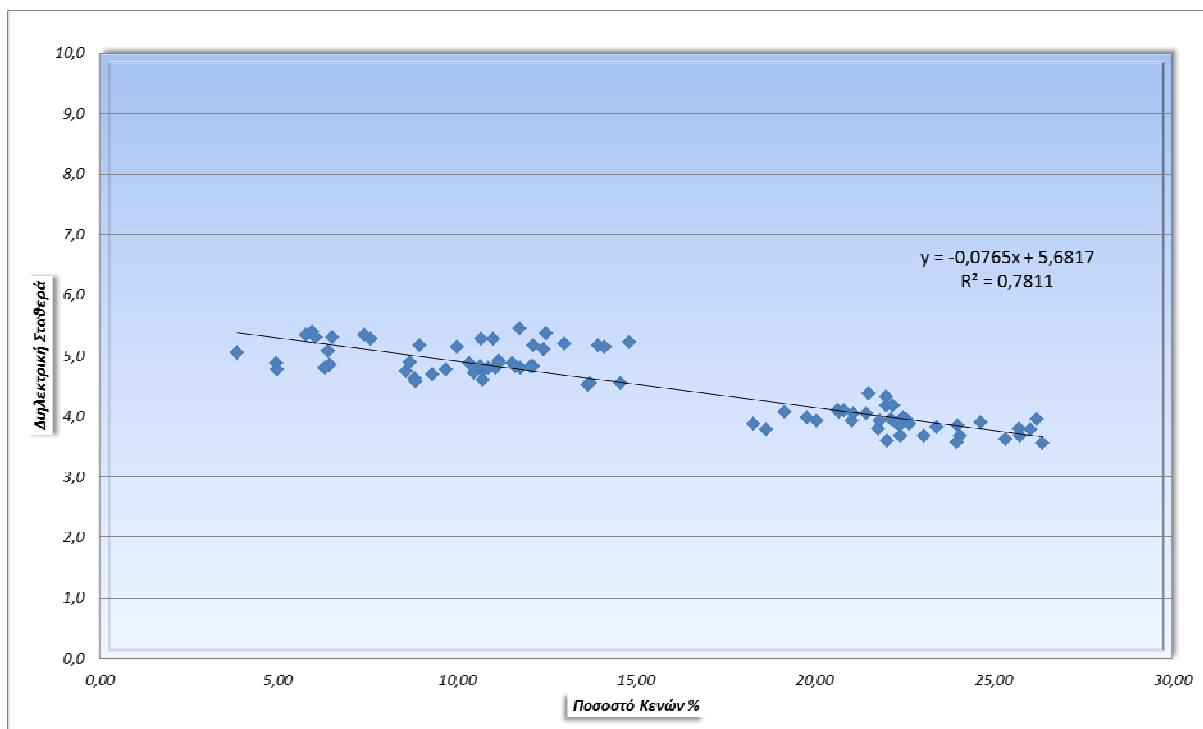
- Τα στοιχεία που προέκυψαν από το σύνολο των δοκιμών τόσο της αντιολισθηρής, όσο και της ισοπεδωτικής στρώσης.

Στόχος είναι η διερεύνηση της γενικής συσχέτισης των υπόψη μεγεθών. Ενώ εξαίρεση αποτέλεσαν τα δεδομένα των εργαστηριακών δοκιμών των δοκιμών που περιείχαν ως αδρανές τη σκωρία, τα οποία δεν συμπεριλήφθηκαν κατά τις γενικές συσχετίσεις της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας και της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών. Αιτία αυτού είναι ο υψηλός συντελεστής ηλεκτρικής αγωγημότητας που παρουσιάζει η σκωρία, με αποτέλεσμα η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς να προκύπτει αυξημένη και επομένως να επηρεάζει τα αποτελέσματα της γενικής συσχέτισης..

### 7.6.1 Γενική συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών

#### 7.6.1.1 Δοκίμια ασφαλτομίγματος αντιολισθηρής στρώσης

Στην Εικόνα 7.16 παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης του ποσοστού των κενών με τη διηλεκτρική σταθερά, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης, πλην αυτών που περιείχαν σκωρία.



Εικόνα 7.16: Συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς - ποσοστό κενών για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης

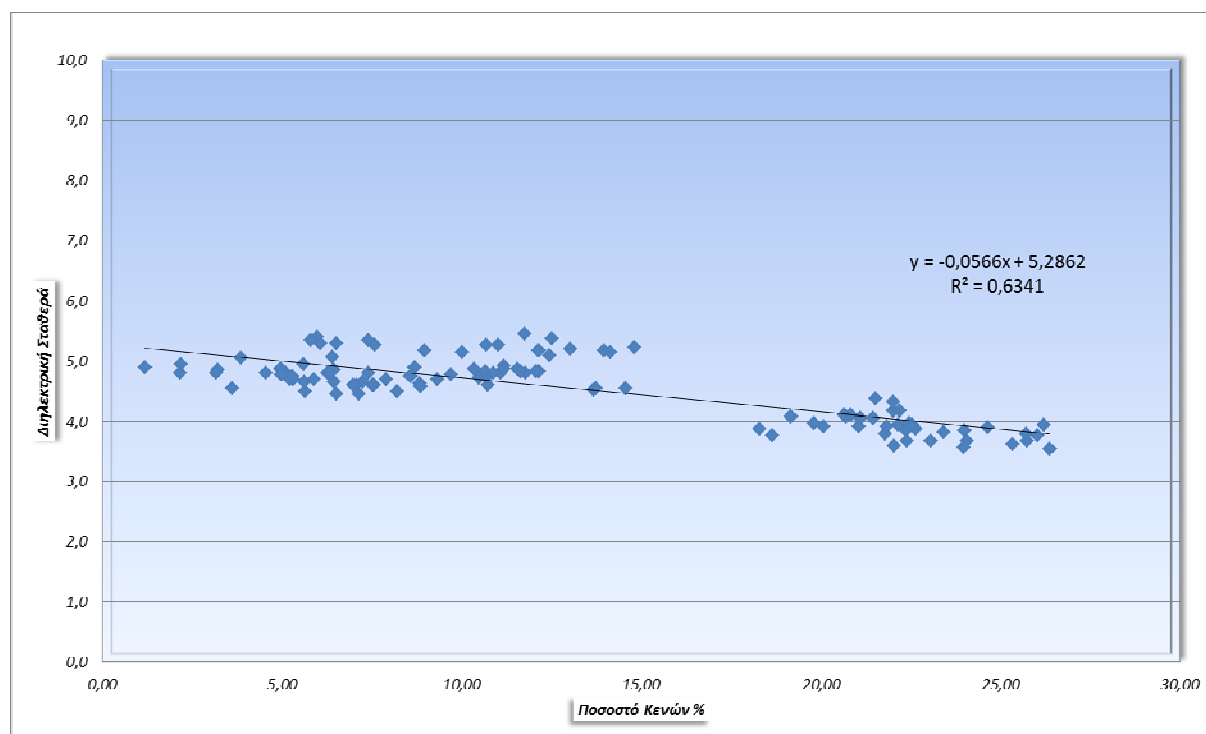
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$\epsilon_r = -0,0765PAV + 5,6817 \quad (7.16)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,781, υποδεικνύοντας καλή συσχέτιση, ενώ παρατηρείται παρόμοια, με αυτή των επιμέρους συσχετίσεων, αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών, απόρροια της τάσης που παρουσιάστηκε σε κάθε τύπο ασφαλτομίγματος.

#### 7.6.1.2 Δοκίμια ασφαλτομίγματος ισοπεδωτικής και αντιολισθηρής στρώσης

Στην Εικόνα 7.17 παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης του ποσοστού των κενών με τη διηλεκτρική σταθερά, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης, πλην αυτών που περιείχαν σκωρία, και για τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης.



Εικόνα 7.17: Γενική συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς - ποσοστό κενών δοκιμίων ισοπεδωτικής και αντιολισθηρής στρώσης

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$\epsilon_r = -0,0566PAV + 5,2862 \quad (7.17)$$

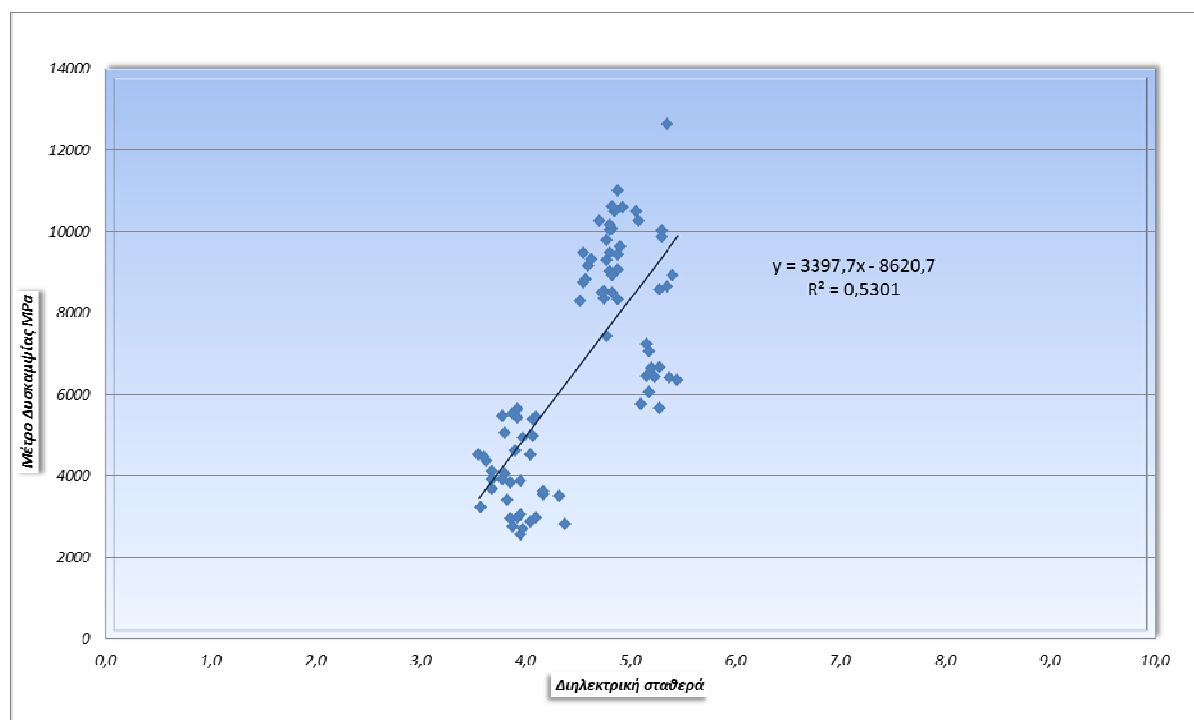
Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,634, υποδεικνύοντας μέτρια συσχέτιση, ενώ παρατηρείται παρόμοια, με αυτή των επιμέρους συσχετίσεων, αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών, απόρροια της τάσης που παρουσιάστηκε σε κάθε τύπο ασφαλτομίγματος. Αξίζει να σημειωθεί πως παρατηρείται μείωση του συντελεστή προσδιορισμού, η οποία ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι, η γενική συσχέτιση περιέχει τα δεδομένα τόσο της αντιολισθηρής, όσο και της ισοπεδωτικής στρώσης, με αποτέλεσμα να μην εξετάζεται η επιρροή του παράγοντα της διαφορετικότητας των αδρανών.

## 7.6.2 Γενική συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς και του μέτρου δυσκαμψίας

Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζεται η συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψία, η θερμοκρασία μέτρησης του οποία ήταν οι 20°C.

### 7.6.2.1 Δοκίμια ασφαλτομίγματος αντιολισθηρής στρώσης

Στην Εικόνα 7.18 παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης, πλην αυτών που περιείχαν ως αδρανές την σκωρία.



Εικόνα 7.18: Συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς – μέτρου δυσκαμψίας δοκιμίων αντιολισθηρής στρώσης

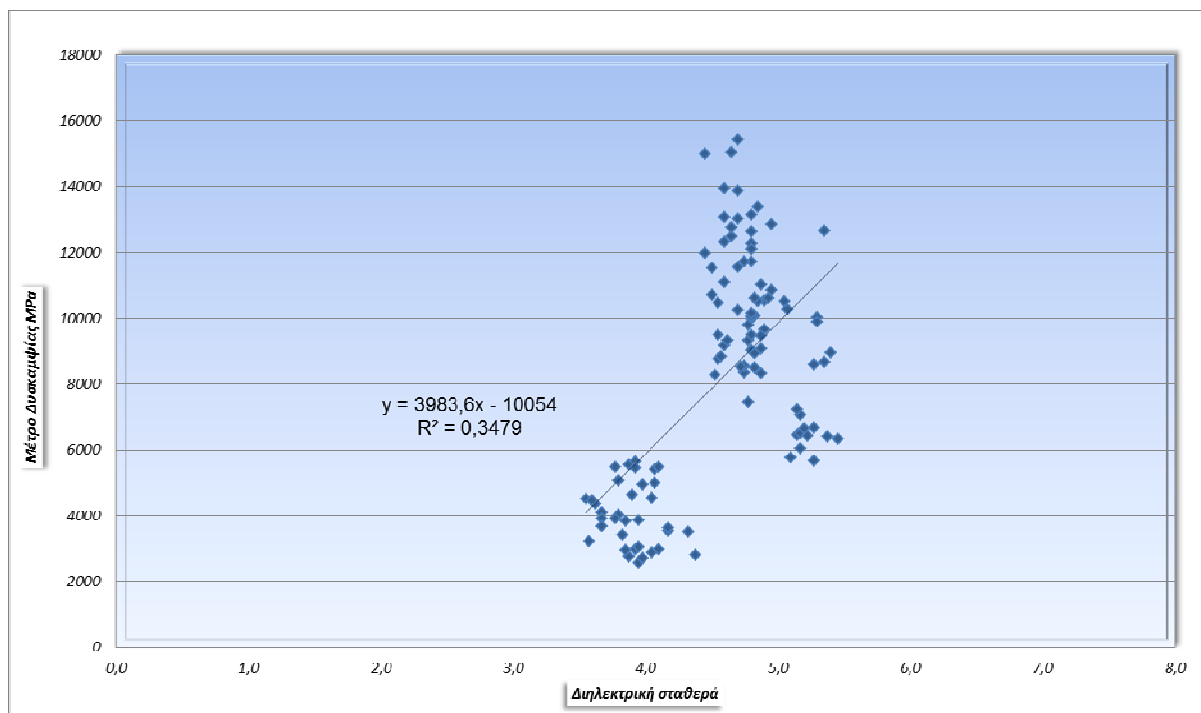
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = 3397,7\epsilon_r - 8620.7 \quad (7.18)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,53, υποδεικνύοντας μέτρια συσχέτιση, ενώ παρατηρείται παρόμοια, με αυτή των επιμέρους συσχετίσεων, αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών, απόρροια της τάσης που παρουσιάστηκε σε κάθε τύπο ασφαλτομίγματος.

### 7.6.2.2 Δοκίμια ασφαλτομίγματος ισοπεδωτικής και αντιολισθηρής στρώσης

Στην Εικόνα 7.19 παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης, πλην αυτών που περιείχαν τύπο αδρανούς τη σκωρία, και για τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης.



Εικόνα 7.19: Γενική συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς – μέτρου δυσκαμψίας δοκιμίων ισοπεδωτικής και αντιολισθηρής στρώσης

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = 3983.6\epsilon_r - 10054 \quad (7.19)$$

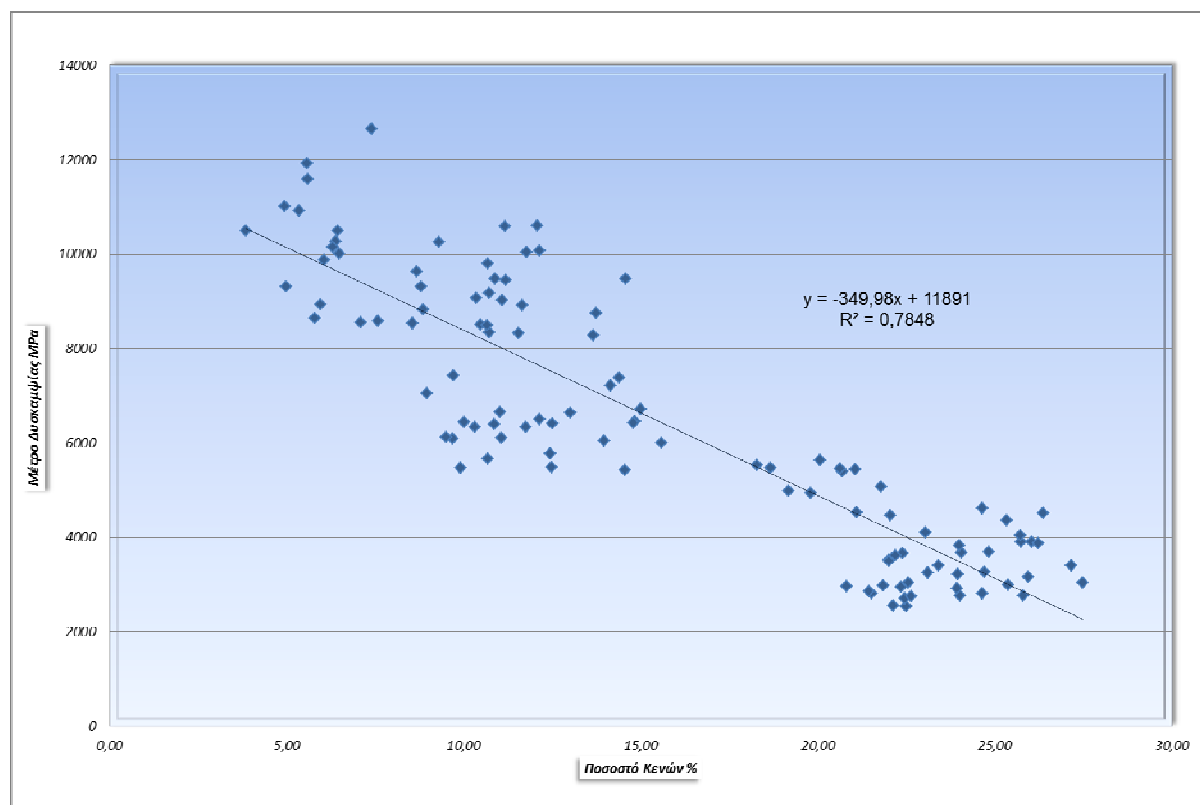
Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,348, υποδεικνύοντας ασθενή συσχέτιση, ενώ η αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών έχει την ίδια τάση, με αυτή των επιμέρους συσχετίσεων, έστω και αν παρατηρείται μεγάλη μείωση του συντελεστή προσδιορισμού. Αυτή η μείωση του συντελεστή προσδιορισμού, ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι, η γενική συσχέτιση περιέχει τα δεδομένα τόσο της αντιολισθηρής, όσο και της ισοπεδωτικής στρώσης, με αποτέλεσμα να μην εξετάζεται η επιρροή του παράγοντα της διαφορετικότητας των αδρανών.

### 7.6.3 Γενική συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας με το ποσοστό των κενών

Στην παράγραφο αυτή, παρατίθενται τα αποτελέσματα της συσχέτισης του μέτρου δυσκαμψίας, στη θερμοκρασία των 20°C, με το ποσοστό των κενών. Κατά τη συσχέτιση αυτή, συμπεριλαμβάνονται τα δεδομένα όλων των δοκιμών, και αυτών που περιείχαν σκωρία.

#### 7.6.3.1 Δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης

Στην Εικόνα 7.20, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης του μέτρου δυσκαμψίας με το ποσοστό των κενών, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης.



Εικόνα 7.20: Συσχέτιση μέτρου δυσκαμψίας – ποσοστού κενών δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης

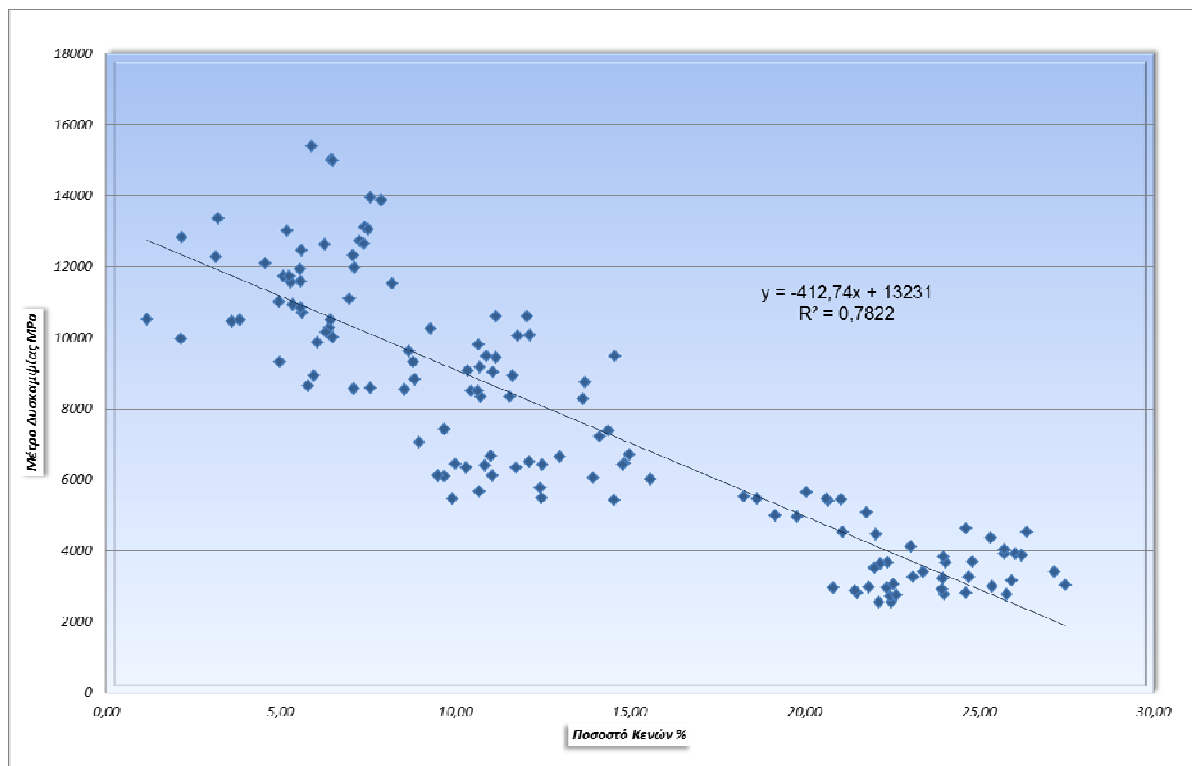
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = -349.98PAV + 11891 \quad (7.20)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,784, υποδεικνύοντας καλή συσχέτιση, ενώ παρατηρείται παρόμοια, με αυτή των επιμέρους συσχετίσεων, αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών, απόρροια της τάσης που παρουσιάστηκε σε κάθε τύπο ασφαλτομίγματος.

### 7.6.3.2 Δοκίμια ασφαλτομίγματος ισοπεδωτικής και αντιολισθηρής στρώσης

Στην Εικόνα 7.21, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης του μέτρου δυσκαμψίας με το ποσοστό των κενών, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής και της ισοπεδωτικής στρώσης.



Εικόνα 7.21: Γενική συσχέτιση μέτρου δυσκαμψίας – ποσοστού κενών δοκιμίων ισοπεδωτικής και αντιολισθηρής στρώσης

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = -412.74PAV + 13231 \quad (7.21)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,782, υποδεικνύοντας καλή συσχέτιση, ενώ παρατηρείται παρόμοια, με αυτή των επιμέρους συσχετίσεων, αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών, απόρροια της τάσης που παρουσιάστηκε σε κάθε τύπο ασφαλτομίγματος.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, προκύπτει ότι, κατά τις γενικές συσχετίσεις της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών, της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας και του μέτρου δυσκαμψίας με το ποσοστό των κενών, προκύπτουν παρόμοιες αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ των μεγεθών, οι οποίες ωστόσο, παρουσίασαν αισθητά χαμηλότερες τιμές του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ , σε σύγκριση με τις επιμέρους συσχετίσεις των αδρανών. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των αδρανών.

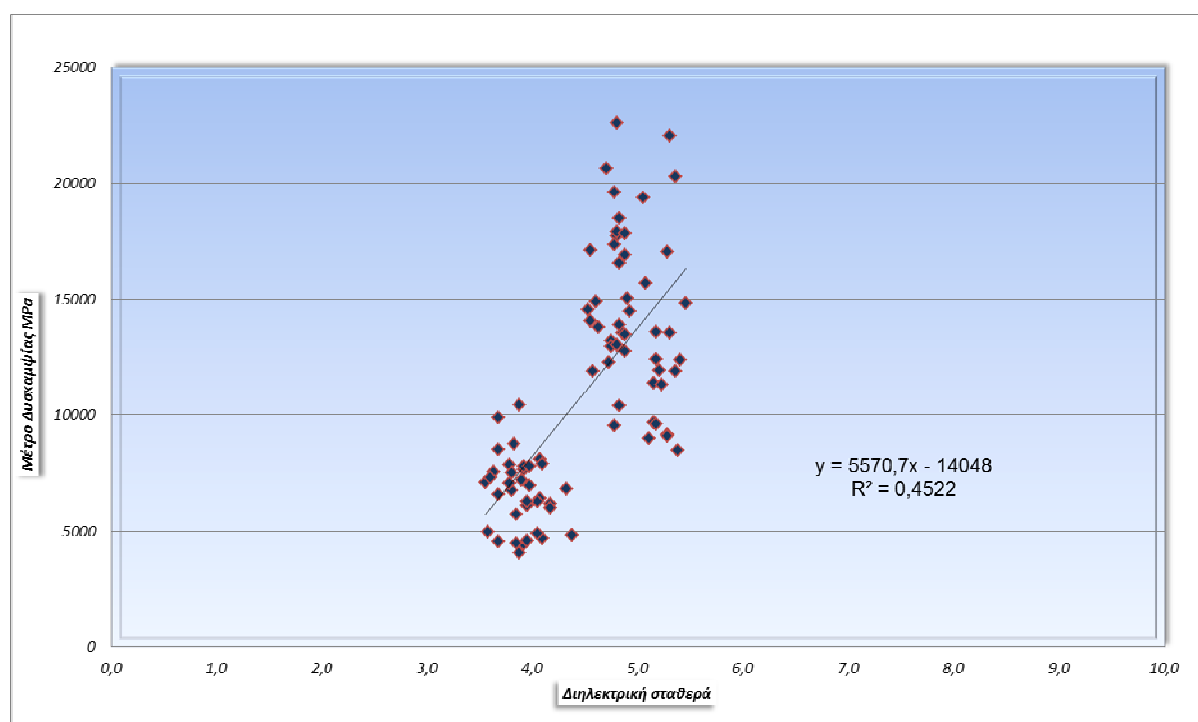
#### 7.6.4 Γενικές συσχετίσεις του μέτρου δυσκαμψίας στους 15 °C

Δεδομένου της σπουδαιότητας που έχει για το μέτρο δυσκαμψίας η θερμοκρασίας, θεωρήθηκε αναγκαίο να πραγματοποιηθούν μετρήσεις για τον προσδιορισμό του μεγέθους και στη θερμοκρασία των 15 °C, ώστε να συμπεριληφθεί και η επίδραση του παράγοντας της θερμοκρασίας στις γενικές συσχετίσεις. Τα δεδομένα που προέκυψαν από τις εργαστηριακές μετρήσεις των δοκιμίων, παρατίθενται στη συνέχεια, ενώ η διερεύνηση των συσχετίσεων πραγματοποιήθηκε μέσω της ανάπτυξης απλών γραμμικών μοντέλων.

##### 7.6.4.1 Γενική συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας στους 15 °C με τη διηλεκτρική σταθερά

Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζεται αρχικά, η συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας στους 15 °C, για τα δεδομένα των μετρήσεων των δοκιμίων της αντιολισθηρής στρώσης, και στη συνέχεια, η συσχέτιση για τα δεδομένα των δοκιμίων της ισοπεδωτικής και της αντιολισθηρής στρώσης. Και στις δύο συσχετίσεις, δεν θα συμπεριληφθούν τα δοκίμια που περιείχαν τύπο αδρανούς τη σκωρία, λόγω της ιδιαίτερα υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας που παρουσιάζει το αδρανές.

Στην Εικόνα 7.22, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας στους 15 °C, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης.



Εικόνα 7.22: Συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς – μέτρου δυσκαμψίας δοκιμίων αντιολισθηρής στρώσης

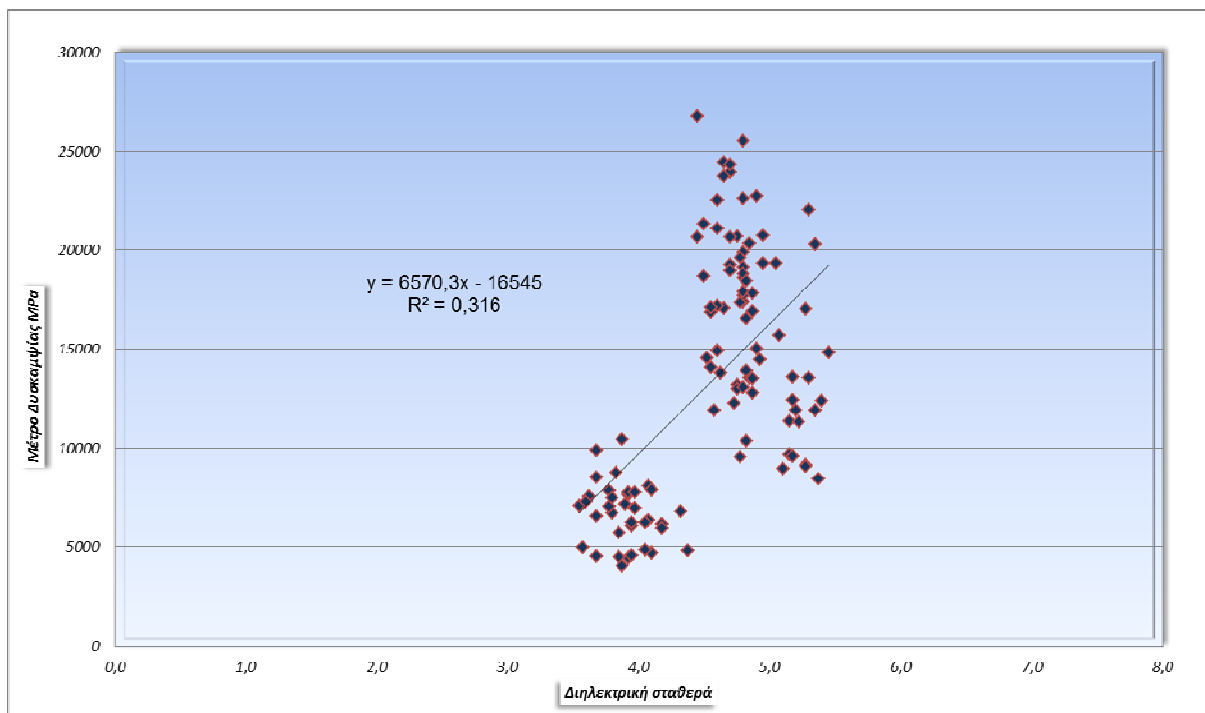
Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.



$$S_m = 5570,7\epsilon_r - 14048 \quad (7.22)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,452, υποδεικνύοντας μέτρια συσχέτιση, ενώ η αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών έχει την ίδια τάση, με αυτή της γενικής συσχέτισης που παρατηρήθηκε για τις τιμές του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C, στην οποία όμως παρουσιάστηκε συσχέτιση με υψηλότερο συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ .

Στη συνέχεια, στην Εικόνα 7.23 παρατίθεται το διάγραμμα της συσχέτισης της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας στους 15 °C, για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης, πλην των δοκιμίων που περιείχαν τύπο αδρανούς σκωρία, και για τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης.



Εικόνα 7.23: Γενική συσχέτιση διηλεκτρικής σταθεράς – μέτρου δυσκαμψίας δοκιμίων ισοπεδωτικής και αντιολισθηρής στρώσης

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

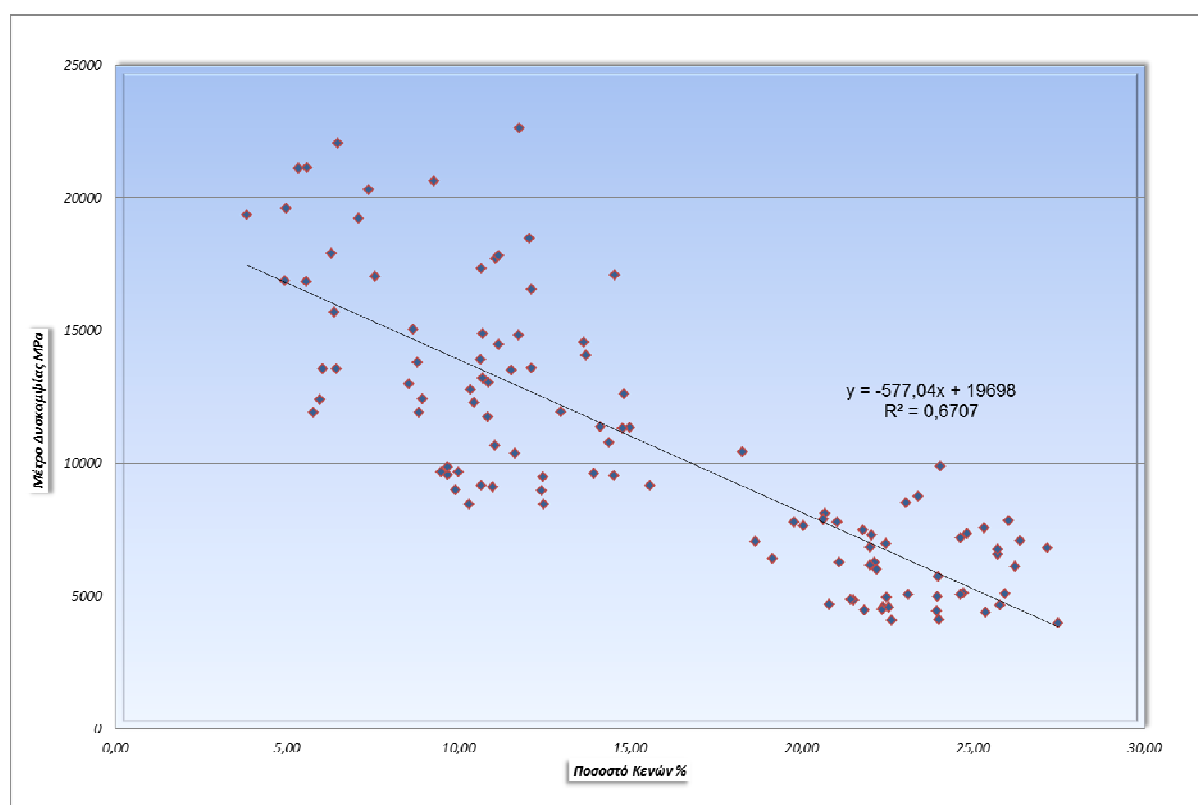
$$S_m = 6570,3\epsilon_r - 16545 \quad (7.23)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,316, υποδεικνύοντας ασθενή συσχέτιση, ενώ η αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών έχει την ίδια τάση, με αυτή της γενικής συσχέτισης που παρατηρήθηκε για τις τιμές του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C, στην οποία και παρουσιάστηκε συσχέτιση με υψηλότερο συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ .

#### 7.6.4.2 Γενική συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας στους 15°C με το ποσοστό των κενών

Τέλος, παρατίθενται τα αποτελέσματα των συσχετίσεων του μέτρου δυσκαμψίας στους 15°C, με το ποσοστό των κενών, αρχικά, για τα δεδομένα των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης και στη συνέχεια για τα δεδομένα των δοκιμών και των δύο στρώσεων. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, συμπεριλήφθηκαν τα δεδομένα των δοκιμών της αντιολισθηρής και της ισοπεδωτικής στρώσης.

Στην Εικόνα 7.24, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης του μέτρου δυσκαμψίας στους 15°C, με το ποσοστό των κενών για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης.



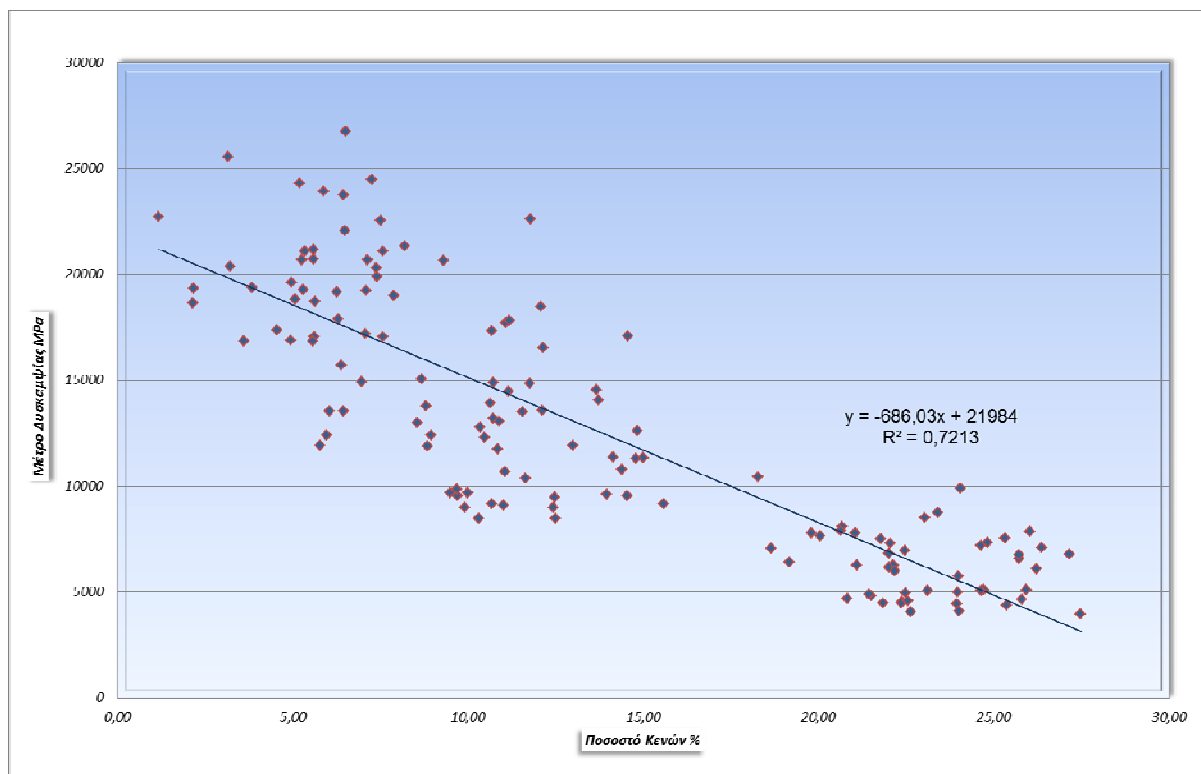
Εικόνα 7.24: Συσχέτιση μέτρου δυσκαμψίας – ποσοστού κενών δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = -577,04PAV + 19698 \quad (7.24)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,671, υποδεικνύοντας μέτρια συσχέτιση, ενώ η αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών έχει την ίδια τάση, με αυτή της γενικής συσχέτισης που παρατηρήθηκε για τις τιμές του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C, στην οποία και παρουσιάστηκε συσχέτιση με υψηλότερο συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ .

Ακολούθως στην Εικόνα 7.25, παρουσιάζεται το διάγραμμα της συσχέτισης του μέτρου δυσκαμψίας στους 15 °C, με το ποσοστό των κενών για τα δοκίμια της αντιολισθηρής και της ισοπεδωτικής στρώσης.



Εικόνα 7.25: Γενική συσχέτιση μέτρου δυσκαμψίας – ποσοστού κενών δοκιμίων ισοπεδωτικής και αντιολισθηρής στρώσης

Η συσχέτιση αυτή, περιγράφεται από το ακόλουθο απλό γραμμικό μοντέλο.

$$S_m = -686,03PAV + 21984 \quad (7.25)$$

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  είναι 0,721, υποδεικνύοντας καλή συσχέτιση, ενώ η αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών έχει την ίδια τάση, με αυτή της γενικής συσχέτισης που παρατηρήθηκε για τις τιμές του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C, στην οποία όμως παρουσιάστηκε συσχέτιση με υψηλότερο συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ .

Οι γενικές συσχετίσεις που προέκυψαν από τα δεδομένα των μετρήσεων του μέτρου δυσκαμψίας στη θερμοκρασία των 15°C, με τη διηλεκτρική σταθερά και το ποσοστό των κενών, παρουσίασαν παρόμοιες αλληλεξαρτήσεις των μεγεθών, τόσο με τις επιμέρους, όσο και με τις γενικές συσχετίσεις (των δεδομένων της μέτρησης του μέτρου δυσκαμψίας στην θερμοκρασία των 20 °C) αλλά με αισθητά μικρότερες τιμές του συντελεστή προσδιορισμού.

## 8. Συμπεράσματα

---

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της σχέσης αλληλεπίδρασης μεταξύ των μεγεθών της διηλεκτρικής σταθεράς, του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών, μέσω της ανάπτυξης μαθηματικών σχέσεων, οι οποίες να συνδέουν τα παραπάνω μεγέθη. Τα οφέλη από αυτή τη διαδικασία είναι ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών νέων ασφαλτομιγμάτων (μέτρο δυσκαμψίας και ποσοστό κενών αέρα) μέσω μίας απλής μέτρησης, όπως αυτή της διηλεκτρικής σταθεράς, σε αντίθεση με τις ήδη υπάρχουσες μεθόδους, οι οποίες είτε απαιτούν ειδικό εργαστηριακό εξοπλισμό και είναι χρονοβόρες, είτε βασίζονται σε αλγορίθμους οι οποίοι σε αρκετές περιπτώσεις παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις.

Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές δοκιμές σε πλήθος δοκιμίων για τον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς, του ποσοστού των κενών και του μέτρου δυσκαμψίας. Από την επεξεργασία και ανάλυση των συλλεχθέντων στοιχείων, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών, ακολουθήθηκαν διάφορες μεθοδολογίες σύμφωνα με τα πρότυπα κατά ASTM και EN. Τα ποσοστά των κενών που προέκυψαν από τις παραπάνω μεθόδους παρουσίασαν κάποιες διαφορές οι οποίες οφείλονται στις διαφορετικές μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν για τον προσδιορισμό του φαινόμενου ειδικού βάρους. Ως εκ τούτου πραγματοποιήθηκαν στατιστικοί έλεγχοι (t-test) έτσι ώστε να διερευνηθεί αν οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές. Όσον αφορά στα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μεθόδων που εφαρμόζονται σε δοκίμια κλειστού τύπου, προέκυψε ότι οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Αντίθετα, η μέθοδος των διαστάσεων παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές συγκρινόμενη και με τις άλλες δύο μεθόδους. Όσον αφορά στα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης κλειστού τύπου, σε εκείνα με τύπο αδρανούς το γάββρο και τη σκωρία οι διαφορές στα αποτελέσματα των μεθόδων που εφαρμόζονται σε δοκίμια κλειστού τύπου δεν είναι στατιστικά σημαντικές, ενώ αντίθετως σε εκείνα με τύπο αδρανούς το διαβάση και το σπηλίτη, οι διαφορές μπορούν να θεωρηθούν ως στατιστικά σημαντικές. Για την περαιτέρω ανάλυση οι τιμές του ποσοστού των κενών που θεωρήθηκαν ως αντιπροσωπευτικές ήταν αυτές που προσέγγιζαν περισσότερο τις θεωρητικές τιμές. Σημειώνεται ότι όσον αφορά στα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης, η μέθοδος των διαστάσεων η οποία περιλαμβάνεται και στα δύο πρότυπα (ASTM και EN) θεωρήθηκε ως πιο κατάλληλη για τον ακριβέστερο προσδιορισμό του ποσοστού των κενών των υπόψη δοκιμίων, ενώ η μέθοδος που προτείνεται από το πρότυπο κατά EN θεωρήθηκε καταλληλότερη για τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης.

Κατά τη συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών, μέσω της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης, παρατηρήθηκε στα δοκίμια ασφαλτομίγματος της ισοπεδωτικής στρώσης μικρή τιμή του συντελεστή προσδιορισμού ( $R^2 = 0,37$ ), υποδεικνύοντας ασθενή αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο μικρό εύρος του ποσοστού των κενών (από 3 έως 7%), με αποτέλεσμα να παραβιάζεται η προϋπόθεση της κανονικότητας. Όσον αφορά στα δοκίμια ασφαλτομίγματος της αντιολισθηρής στρώσης, παρατηρήθηκε για όλα τα δοκίμια, ανεξαρτήτως του τύπου των αδρανών, μείωση της διηλεκτρικής σταθεράς με την αύξηση του ποσοστού των κενών. Οι τιμές του δείκτη προσδιορισμού  $R^2$  είναι υψηλές και το εύρος τους κυμαίνεται από 0.87 έως 0,94, υποδεικνύοντας την πολύ καλή έως άριστη συσχέτιση των δύο μεγεθών. Η μείωση της διηλεκτρικής σταθεράς με την αύξηση του ποσοστού των κενών είναι απόρροια της θεώρησης ότι η διηλεκτρική σταθερά των ασφαλτομιγμάτων είναι συνάρτηση των τιμών των διηλεκτρικών σταθερών των επιμέρους συστατικών του. Επομένως, με την αύξηση του ποσοστού των κενών, με τιμή διηλεκτρικής σταθεράς  $\epsilon_r = 1$ , αυξάνεται η κατ' όγκο περιεκτικότητά τους στο μίγμα, με αποτέλεσμα τη μείωση της διηλεκτρικής σταθεράς του ασφαλτομίγματος.

Κατά την συσχέτιση του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C και του ποσοστού των κενών, παρατηρήθηκε στα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης, ασθενής συσχέτιση με μία τάση αύξησης του μέτρου δυσκαμψίας, με την αύξηση του ποσοστού των κενών. Η τάση αυτή ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι η διακύμανση του ποσοστού των κενών έχει προκύψει αποκλειστικά, από τη διακύμανση του ποσοστού της ασφάλτου στο μίγμα και όχι από τη διακύμανση της ενέργειας συμπύκνωσης. Αντιθέτως, όσον αφορά στα δοκίμια αντιολισθηρής στρώσης παρατηρήθηκε μια τάση μείωσης του μέτρου δυσκαμψίας με την αύξηση του ποσοστού των κενών, η οποία μάλιστα παρουσίασε υψηλές τιμές του συντελεστή προσδιορισμού ( $R^2 = 0.80 - 0,92$ ). Αυτή η μείωση οφείλεται στην αύξηση του κατ' όγκου ποσοστού αέρα του μίγματος, ο οποίος όμως δεν μπορεί να παραλάβει φορτίο, και επομένως, δε συνεισφέρει στην φέρουσα αντοχή του ασφαλτομίγματος, γεγονός το οποίο αποτυπώνεται στην μείωση του μέτρου δυσκαμψίας.

Όσον αφορά στη συσχέτιση της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας στους 20°C, παρατηρήθηκε και σε αυτή την περίπτωση, χαμηλή τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  για τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης, πιθανότατα λόγω του μικρού αριθμού των δοκιμίων. Δεν παρατηρήθηκε το ίδιο όμως στα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης, όπου από την ανάλυση των στοιχείων προέκυψαν υψηλές τιμές του συντελεστή προσδιορισμού ( $R^2 = 0.83 - 0,93$ ) υποδεικνύοντας πολύ καλή έως εξαιρετική συσχέτιση μεταξύ της διηλεκτρικής σταθεράς και του μέτρου δυσκαμψίας. Με την αύξηση της διηλεκτρικής σταθεράς παρατηρήθηκε αύξηση του μέτρου δυσκαμψίας του ασφαλτομίγματος. Λαμβάνοντας υπόψη, αφενός τη σχέση που προέκυψε μεταξύ της διηλεκτρικής σταθεράς και

του ποσοστού των κενών (όπου υψηλές τιμές της διηλεκτρικής σταθεράς αντιστοιχούν σε μικρότερο ποσοστό κενών) και αφετέρου της σχέσης μεταξύ του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών (όπου μικρές τιμές του ποσοστού των κενών αντιστοιχούν σε μεγαλύτερες τιμές του μέτρου δυσκαμψίας), η αύξηση της διηλεκτρικής σταθεράς συνεπάγεται και αύξηση του μέτρου δυσκαμψίας. Σημειώνεται ότι όσον αφορά στα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία, η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού ήταν χαμηλότερη, ενδεχομένως λόγω της αυξημένης διηλεκτρικής αγωγιμότητας που παρουσιάζουν τα συγκεκριμένα αδρανή.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν περαιτέρω αναλύσεις λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία των μετρήσεων όλων των δοκιμίων, χωρίς να πραγματοποιείται διαφοροποίηση μεταξύ των διαφόρων τύπων ασφαλτομίγματος (ισοπεδωτικής και αντιολισθηρής στρώσης) και του τύπου του αδρανούς. Στις αναλύσεις της διηλεκτρικής σταθεράς με το μέτρο δυσκαμψίας, καθώς και της διηλεκτρικής σταθεράς με το ποσοστό των κενών, εξαιρέθηκαν τα στοιχεία των μετρήσεων των δοκιμίων με τύπο αδρανούς την σκωρία, τα οποία παρουσίασαν σημαντικές διαφοροποιήσεις λόγω των αυξημένων τιμών της διηλεκτρικής σταθεράς. Από την επεξεργασία και ανάλυση των παραπάνω στοιχείων με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, προέκυψαν οι ακόλουθες παρατηρήσεις.

Πρώτον, κατά τη συσχέτιση του ποσοστού των κενών με την διηλεκτρική σταθερά, παρατηρήθηκε ότι αύξηση του ποσοστού των κενών, επιφέρει μείωση στην τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς (με δείκτη  $R^2 = 0,63$ ). Δεύτερον, κατά τη συσχέτιση του ποσοστού των κενών με το μέτρο δυσκαμψίας στους  $20^\circ\text{C}$ , παρατηρήθηκε ότι αύξηση του ποσοστού των κενών του ασφαλτομίγματος επιδρά αρνητικά στην τιμή του μέτρου δυσκαμψίας (με τιμή του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 = 0,78$ ). Τρίτον, τα δοκίμια ασφαλτομίγματος με υψηλότερη τιμή διηλεκτρικής σταθεράς, είχαν την τάση να παρουσιάζουν μεγαλύτερη τιμή του μέτρου δυσκαμψίας στους  $20^\circ\text{C}$ . Η συσχέτιση αυτή ωστόσο δεν παρουσίασε υψηλές τιμές του συντελεστή προσδιορισμού ( $R^2 = 0,34$ ). Αξίζει να σημειωθεί ότι από τις συσχετίσεις που έγιναν με βάση τα δεδομένα όλων των δοκιμίων, αν και προκύπτουν παρόμοιες αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ των μεγεθών, εντούτοις, παρουσίασαν αισθητά χαμηλότερες τιμές του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ , σε σύγκριση με τις επιμέρους συσχετίσεις των αδρανών. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των αδρανών.

Οι γενικές συσχετίσεις που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ του μέτρου δυσκαμψίας στους  $15^\circ\text{C}$ , με τη διηλεκτρική σταθερά και το ποσοστό των κενών, έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα με τις αντίστοιχες που πραγματοποιήθηκαν με το μέτρο δυσκαμψίας στους  $20^\circ\text{C}$ . Ωστόσο, οι τιμές του συντελεστή προσδιορισμού είναι αισθητά μικρότερες.

Αντικείμενο περαιτέρω έρευνας θα μπορούσε να αποτελέσει η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης των χαρακτηριστικών των αδρανών με το μέτρο δυσκαμψίας, έτσι ώστε κατά τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας να λαμβάνεται υπόψη τόσο το μέγεθος της διηλεκτρικής σταθεράς του μίγματος όσο και τα χαρακτηριστικά των αδρανών. Πιστεύεται ότι η έρευνα προς αυτή την κατεύθυνση θα συμβάλλει στη βελτίωση του γενικού μοντέλου που προέκυψε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον, κρίνεται σκόπιμη η διερεύνηση της εφαρμοσιμότητας των σχέσεων που αναπτύχθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, σε υφιστάμενα οδοστρώματα καθώς η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε σε νέα ασφαλτομίγματα τα οποία παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο.

Επίσης, θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης των υπόψη μεγεθών (της διηλεκτρικής σταθεράς, του μέτρου δυσκαμψίας και του ποσοστού των κενών) στην περίπτωση όπου η διακύμανση του ποσοστού των κενών των δοκιμίων προκύπτει είτε από διαφορετική ενέργεια συμπύκνωσης, είτε από αλλαγή της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών, με το ποσοστό της ασφάλτου σε κάθε περίπτωση να παραμένει σταθερό.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- ASTM 2006. *Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials*, D5 - 06e1, Vol. 04.03.
- ASTM 2009. *Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)*. Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems, D 36 / D 36M – 09, Vol. 04.04.
- ASTM 2011α. *Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures Using Coated Samples*. Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems, D1188, Vol. 04.03.
- ASTM 2011β. *Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures*. Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems, D2041/D2041M, Vol. 04.03.
- ASTM 2011γ. *Standard Test Method for Percent Air Voids in Compacted Dense and Open Bituminous Paving Mixtures*. Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems, D3203-05, Vol. 04.03.
- ASTM 2011δ. *Standard Test Method for Thickness or Height of Compacted Bituminous Paving Mixture Specimens*. Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems, D3549-03, Vol. 04.03.
- ASTM 2011ε. *Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Non-Absorptive Compacted Bituminous Mixtures*. Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems, D2726, Vol. 04.03.
- ASTM 2011στ. *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*. C131-06, Vol. 04.02.
- Bishara, S.W. & McReynolds, R.L. 1995. Effect of Microwave Energy on the Properties of Asphalt, and its Use as an Aging Tool. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No 1488, pp. 1-12, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.
- Bonnaure, F. Gest, G. Gravois, A. & Uge P. 1977. *A New Method of Predicting the Stiffness of Asphalt Paving Mixtures*. AAPT Proceedings, Vol. 46, pp. 64-104.
- Cooper 2006. *Cooper User Manual-Universal Servo-Pneumatic System*.



- Dashevsky, Yu. A. Dashevsky, O.Yu, Filkovsky, M.I. & Synakh, V.S. 2005. Capacitance Sounding: A New Geophysical Method for Asphalt Pavement Quality Evaluation. *Journal of Applied Geophysics* 57(2), pp. 95-106.
- Δέρβος, Κ.Θ. 2000. *Εισαγωγή στα Ημιαγώγιμα Υλικά και Βασικές Διατάξεις*. Αθήνα: Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- Ελευθεριάδης, Γ. & Κορωνάιος, Α. 2004. *Σημειώσεις Πετρολογίας Πυριγενών Πετρωμάτων*. Σημειώσεις Μαθήματος. Θεσσαλονίκη.
- EN 2007. Ασφαλτικά Μίγματα-Μέθοδοι Δοκιμής Θερμού Ασφαλτομίγματος – Μέρος 6<sup>ο</sup> : Προσδιορισμός της Φαινόμενης Πυκνότητας Ασφαλτικών Δοκιμίων. EN 12697-6:2003+A1:2007.
- EN 2004. Ασφαλτικά Μίγματα-Μέθοδοι Δοκιμής Θερμού Ασφαλτομίγματος- Μέρος 26: Δυσκαμψία. EN 12697.26.
- ΕΛΟΤ 2009α. Αντιολισθηρή Στρώση Ασφαλτικού Σκυροδέματος. Τ.Π. 1501-05-03-12-01:2009.
- ΕΛΟΤ 2009β. Ασφαλτικές Στρώσεις Κλειστού Τύπου. Τ.Π. 1501-05-03-11-04:2009.
- Heukelom, W. & Klomp, A. J. 1964. *Road Design and Dynamic Loading*., Proceedings of The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 33, pp. 92-123.
- Jaselskis, E.J. Grigas, J. & Brillngas, A. 2003. Dielectric Properties of Asphalt Pavement. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol.15(5), pp. 427-434.
- Λοΐζος, Α. 2011. *Οδοστρώματα*. Σημειώσεις Μαθήματος. Αθήνα: εκδόσεις ΕΜΠ.
- Λοΐζος, Α. 2009. *Ειδικά Θέματα Οδοστρωμάτων*. Συμπληρωματικές Σημειώσεις Μαθήματος. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ.
- Λοΐζος, Α. & Πλατή, Χ. 2011 Assessment of HMA Air-Voids and Stiffness Based on Material Dielectric Properties, *Road Materials and Pavement Design*, Vol. 12, No. 1/2011, pp. 217-226.
- Μάνθος, Ε. 2011. *Stiffness of Asphalt Concrete Mixture with Limestone and Diabase Aggregates*. 5<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο 'Bituminous Mixtures and Pavements', Θεσσαλονίκη 1-3 Ιουνίου 2011.
- Μαρίνος, Π. Γ. 1998. *Κεφάλαια Τεχνικής Γεωλογίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Martinez, A. & Byrnes, A.P. 2001. *Modeling Dielectric Constant Values of Geologic Materials: An Aid to Ground Penetrating Radar Data Collection and Interpretation*. Current Research in Earth Sciences, Bulletin 247, Part 1.

Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή. 1966. *Ασφαλτικό Σκυρόδεμα Α 265*.

Saarenketo, T. 2006. *Electrical Properties of Road Materials and Subgrade Soils and the Use of Ground Penetrating Radar in Traffic Infrastructure Surveys*. PhD Thesis, Faculty of Science, Department of Geosciences, University of Oulu, Finland.

Van-der-Poel, C. 1954. *A General System Describing the Visco-Elastic Properties of Bitumens and Its Relation to Routine Test Data*. J. Applied Chem., Vol. 4, pp. 221-236.

Yoder, E.J. & Witczak, M.W. 1975. *Principles of Pavement Design*. New York: Wiley. ΕΛΛ. Μετάφραση: 1987. *Αρχές Σχεδιασμού Οδοστρωμάτων*. (Μετάφραση: Χρυσάφης & Καργοπούλου). Αθήνα: Μόσχος Γκιούρδας.

## **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

Δονούλης, Α. 2002. *Γεωραντάρ*.

[http://e-](http://e-topo.web.auth.gr/TOMEIS_INDEX/TOMEASA/katsambalos/give_metapt/y07/gpr/y07-gpr-donoulis.pdf)

[topo.web.auth.gr/TOMEIS\\_INDEX/TOMEASA/katsambalos/give\\_metapt/y07/gpr/y07-gpr-donoulis.pdf](http://e-topo.web.auth.gr/TOMEIS_INDEX/TOMEASA/katsambalos/give_metapt/y07/gpr/y07-gpr-donoulis.pdf), τελευταία πρόσβαση 19/6/2011.

Λοΐζος, Α. & Παπαβασιλείου, Β. 2005. Αποκατάσταση Οδικών Τμημάτων Αυτοκινητοδρόμων με Χρήση της Τεχνικής της Ανακύκλωσης με Αφρώδη Ασφαλτο. 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος, 18-20 Μαΐου 2005.

[http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070\\_loizos3.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_loizos3.pdf), τελευταία πρόσβαση: 19/6/2011.

Μουρατίδης, Α. & Κεχαγιά, Φ. Χρήση Σκωρίων Χαλυβουργίας σε Αντιλισθηρούς Τάπητες. 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος 18-20 Μαΐου 2005.

[http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070\\_mouratidis.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_mouratidis.pdf), τελευταία πρόσβαση: 19/6/2011.

Νικολαΐδης, Αθ. Φ. Μάνθος, Ε. & Σαραφείδου, Μ. 2005α. Ισοδύναμο Άμμου και Μπλε του Μεθυλενίου Αδρανών Υλικών Οδοποιίας. 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος 18-20 Μαΐου 2005. [http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070\\_nikolaidis1.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_nikolaidis1.pdf), τελευταία πρόσβαση: 19/6/2011.

Νικολαΐδης, Αθ. Φ. Μάνθος, Ε. & Σαραφείδου, Μ. 2005β. Ιδιότητες Ασφάλτου 50/70 και Τροποποιημένης Ασφάλτου με SBS. 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος 18-20 Μαΐου 2005. [http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070\\_nikolaidis1.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_nikolaidis1.pdf), τελευταία πρόσβαση: 19/6/2011.

Σημεωνίδης. 2002. Γεωραντάρ.

<http://e->

[topo.web.auth.gr/TOMEIS\\_INDEX/TOMEASA/katsambalos/give\\_metapt/y07/gpr/y07-gpr-symeonidis.pdf](http://topo.web.auth.gr/TOMEIS_INDEX/TOMEASA/katsambalos/give_metapt/y07/gpr/y07-gpr-symeonidis.pdf) τελευταία πρόσβαση 19/6/2011.

[http://pavementinteractive.org/index.php?title=Los\\_Angeles\\_Abrasion](http://pavementinteractive.org/index.php?title=Los_Angeles_Abrasion)

<http://en.wikipedia.org>

[www.roadscanners.com](http://www.roadscanners.com)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

---

Στο παράρτημα παρατίθενται σε πίνακες, όλα τα δεδομένα που προέκυψαν από τις δοκιμές, για τα δοκίμια της ισοπεδωτικής στρώσης και για τα δοκίμια της αντιολισθηρής στρώσης. Αρχικά θα παρουσιαστούν τα δεδομένα που προέκυψαν από την μελέτη σύνθεσης. Έπειτα τα δεδομένα της δοκιμής για τον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς, των δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών και της δοκιμής προσδιορισμού του μέτρου δυσκαμψίας. Τέλος παρατίθενται σε πίνακες, συγκεντρωμένα τα δεδομένα όλων των δοκιμών και τα δεδομένα του T – Test.

## Δεδομένα μελέτης σύνθεσης

Πίνακας Π1: Δεδομένα μελέτης σύνθεσης δοκιμών ισοπεδωτικής στρώσης

Τύπος	Κωδ. Δοκιμίου	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (Kg/m <sup>3</sup> )	Ποσοστό Ασφάλτου Κ.Β. των Αδρανών	Ποσοστό Κενών
Α	ΙΣΑα1	2367	4,2	4,50
	ΙΣΑα2			
	ΙΣΑα3			
	ΙΣΑβ1	2305	4,0	6,10
	ΙΣΑβ2			
	ΙΣΑβ3			
	ΙΣΑγ1	2304	3,2	7,20
	ΙΣΑγ2			
	ΙΣΑγ3			
Β	ΙΣΒα1	2342	4,4	3,69
	ΙΣΒα2			
	ΙΣΒα3			
	ΙΣΒβ1	2319	4,0	5,57
	ΙΣΒβ2			
	ΙΣΒβ3			
	ΙΣΒγ1	2317	3,2	7,07
	ΙΣΒγ2			
	ΙΣΒγ3			
Γ	ΙΣΓα1	2308	4,5	3,50
	ΙΣΓα2			
	ΙΣΓα3			
	ΙΣΓβ1	2274	3,8	6,60
	ΙΣΓβ2			
	ΙΣΓβ3			
	ΙΣΓγ1	2270	3,5	7,30
	ΙΣΓγ2			
	ΙΣΓγ3			

Πίνακας Π2: Δεδομένα μελέτης σύνθεσης δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης με αδρανές το διαβάση

Τύπος	Κωδ. Δοκιμίου	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (Kg/m <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (Kg/m <sup>3</sup> )	Ποσοστό Ασφάλτου Κ.Β. των Αδρανών	Ποσοστό Κενών
I	A1	2477	2360	5	4,72
	A2				
	A3				
	A4				
II	A5	2520	2320	4,4	7,03
	A6				
	A7				
	A8				
	A9	2530	2260	4,1	1067
	A10				
	A11				
	A12				
	A13	2555	2240	3,75	12,3
	A14				
	A15				
	A16				
III	A17	2525	2090	4,5	17,2
	A18				
	A19				
	A20				
	A21	2540	2040	4,2	19,7
	A22				
	A23				
	A24				
	A25	2555	1980	3,75	22,5
	A26				
	A27				
	A28				

Πίνακας Π3: Δεδομένα μελέτης σύνθεσης δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης με αδρανές το γάββρο

Τύπος	Κωδ. Δοκιμίου	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (Kg/m <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (Kg/m <sup>3</sup> )	Ποσοστό Ασφάλτου Κ.Β. των Αδρανών	Ποσοστό Κενών
I	B1	2493	2353	5,1	4,83
	B2				
	B3				
	B4				
II	B5	2532	2297	4,6	8,2
	B6				
	B7				
	B8				
	B9	2552	2285	4	10,3
	B10				
	B11				
	B12				
	B13	2570	2260	3,5	11,9
	B14				
	B15				
	B16				
III	B17	2546	2118	4,4	16,3
	B18				
	B19				
	B20				
	B21	2570	2070	3,75	19,4
	B22				
	B23				
	B24				
	B25	2590	2020	3,25	22,2
	B26				
	B27				
	B28				

Πίνακας Π4: Δεδομένα μελέτης σύνθεσης δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης με αδρανές τη σκωρία

Τύπος	Κωδ. Δοκιμίου	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (Kg/m <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (Kg/m <sup>3</sup> )	Ποσοστό Ασφάλτου Κ.Β. των Αδρανών	Ποσοστό Κενών
I	Γ1	2725	2563	5	4,91
	Γ2				
	Γ3				
	Γ4				
II	Γ5	2800	2580	4,5	7,85
	Γ6				
	Γ7				
	Γ8				
	Γ9	2820	2527	4,25	9,51
	Γ10				
	Γ11				
	Γ12				
	Γ13	2860	2490	3,6	12,9
	Γ14				
	Γ15				
	Γ16				
III	Γ17	2934	2425	4,5	16,25
	Γ18				
	Γ19				
	Γ20				
	Γ21	2970	2390	3,8	19,52
	Γ22				
	Γ23				
	Γ24				
	Γ25	2990	2280	3,3	23,74
	Γ26				
	Γ27				
	Γ28				



Πίνακας Π5: Δεδομένα μελέτης σύνθεσης δοκιμών αντιολισθηρής στρώσης με αδρανές τον σπηλίτη

Τύπος	Κωδ. Δοκιμίου	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (Kg/m <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (Kg/m <sup>3</sup> )	Ποσοστό Ασφάλτου Κ.Β. των Αδρανών	Ποσοστό Κενών
I	Δ1	2494	2349	5	4,58
	Δ2				
	Δ3				
	Δ4				
II	Δ5	2501	2305	4,8	7,83
	Δ6				
	Δ7				
	Δ8				
	Δ9	2515	2256	4,4	10,31
	Δ10				
	Δ11				
	Δ12				
	Δ13	2543	2230	3,6	12,3
	Δ14				
	Δ15				
	Δ16				
III	Δ17	2537	2112	4,4	16,76
	Δ18				
	Δ19				
	Δ20				
	Δ21	2551	2050	3,9	19,63
	Δ22				
	Δ23				
	Δ24				
	Δ25	2570	2000	3,5	22,1
	Δ26				
	Δ27				
	Δ28				

*Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού της διηλεκτρικής σταθεράς*

Πίνακας Π6: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς της ισοπεδωτικής στρώσης

Ημερομηνία	15/11/2010	
Κωδ. Δοκιμίου	Τύπος Ανιχνευτή (Probe)	
	O54	O55
ΙΣΑα1	5,8	5,3
ΙΣΑα2	5,5	5,1
ΙΣΑα3	5,7	5,0
ΙΣΑβ1	5,3	4,9
ΙΣΑβ2	5,8	5,0
ΙΣΑβ3	5,6	4,9
ΙΣΑγ1	5,6	5,1
ΙΣΑγ2	5,7	5,1
ΙΣΑγ3	5,6	5,0
ΙΣΒα1	5,4	5,3
ΙΣΒα2	5,8	5,0
ΙΣΒα3	5,8	5,2
ΙΣΒβ1	5,5	5,1
ΙΣΒβ2	5,6	5,0
ΙΣΒβ3	5,8	5,0
ΙΣΒγ1	5,8	5,1
ΙΣΒγ2	5,3	5,2
ΙΣΒγ3	5,4	5,1
ΙΣΓα1	5,7	5,1
ΙΣΓα2	5,7	5,1
ΙΣΓγ3	5,6	5,1
ΙΣΓβ1	5,4	4,9
ΙΣΓβ2	5,2	4,9
ΙΣΓβ3	5,4	5,0
ΙΣΓγ1	5,4	5,0
ΙΣΓγ2	5,6	5,1
ΙΣΓγ3	5,3	5,0

Πίνακας Π7: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς της αντιολισθητής στρώσης με αδρανές τον διαβάση

Ημερομηνία : 8/12/2010			
Κωδ. Δοκιμίου	Τύπος Ανιχνευτή (Probe)		
	O54SF		O55SFC
A1	5,9	6,1	5,4
A2	6,3	6,3	5,3
A3	5,1	6,2	5,3
A4	4,1	5,9	5,1
A5	4,8	5,9	5,2
A6	4,9	5,9	5,0
A7	4,5	5,5	5,0
A8	4,4	5,8	5,2
A9	5,1	5,6	5,1
A10	4,9	5,8	4,9
A11	4,3	5,6	4,9
A12	4,1	6,1	4,9
A13	5,0	5,9	5,1
A14	4,9	5,8	5,2
A15	4,7	5,1	5,0
A16	4,6	6,0	5,2
A17	3,7	4,4	4,5
A18	4,1	4,6	3,8
A19	3,6	4,3	4,0
A20	4,1	4,6	3,8
A21	3,7	4,4	4,0
A22	3,8	4,4	4,5
A23	3,9	4,3	4,5
A24	3,8	4,6	4,2
A25	3,7	4,4	4,1
A26	4,2	4,4	4,3
A27	3,9	3,1	4,3
A28	3,7	4,2	4,1

Πίνακας Π8: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς της αντιολισθητής στρώσης με αδρανές τον γάββρο

Ημερομηνία: 13/12/2010			
Κωδ. Δοκιμίου	Τύπος Ανιχνευτή (Probe)		
	O54SF		O55SFC
B1	5,4	5,6	5,3
B2	4,8	5,7	5,1
B3	4,8	5,3	5,1
B4	5,0	5,6	5,0
B5	4,7	5,2	4,9
B6	4,7	5,4	4,6
B7	5,0	5,2	4,9
B8	4,9	5,4	5,0
B9	4,2	5,5	4,8
B10	5,1	5,5	4,8
B11	4,4	5,9	5,0
B12	5,3	4,7	4,7
B13	5,2	5,5	4,9
B14	5,1	5,6	4,9
B15	5,0	5,7	4,8
B16	4,6	5,6	4,9
B17	3,7	4,6	4,1
B18	4,1	4,8	3,8
B19	3,5	4,6	4,0
B20	3,6	4,7	4,4
B21	3,8	4,7	4,4
B22	4,1	5,0	3,8
B23	4,5	4,3	4,0
B24	4,1	4,4	4,3
B25	3,7	5,1	4,3
B26	3,7	4,5	4,4
B27	3,8	5,2	4,0
B28	3,5	5,0	3,8

Πίνακας Π9: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς της αντιολισθητής στρώσης με αδρανές την σκωρία

Ημερομηνία : 14/1/2011			
Κωδ. Δοκιμίου	Τύπος Ανιχνευτή (Probe)		
	O54SF		O55SFC
Γ1	8,5	9,7	7,3
Γ2	7,7	8,6	7,6
Γ3	8,3	8,6	7,9
Γ4	9,3	9,6	7,5
Γ5	8,6	10,5	6,7
Γ6	8,3	8,4	6,7
Γ7	7,6	10,5	7,2
Γ8	7,2	10,5	7,5
Γ9	8,8	9,0	8,0
Γ10	7,0	9,9	7,2
Γ11	6,8	9,0	7,7
Γ12	8,4	8,4	7,4
Γ13	7,6	8,9	6,9
Γ14	8,6	9,2	7,6
Γ15	7,4	8,5	7,4
Γ16	7,3	9,7	7,9
Γ17	7,0	7,1	6,0
Γ18	6,4	7,9	6,1
Γ19	6,7	7,0	5,8
Γ20	6,0	7,4	6,0
Γ21	6,4	7,2	6,7
Γ22	6,5	7,8	6,6
Γ23	6,8	7,8	6,6
Γ24	5,1	6,7	6,9
Γ25	6,8	6,9	5,9
Γ26	5,9	7,2	6,1
Γ27	6,6	7,4	6,4
Γ28	6,5	7,3	6,5

Πίνακας Π10: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό της διηλεκτρικής σταθεράς της αντιολισθητής στρώσης με αδρανές τον σπηλίτη

Ημερομηνία : 18/1/2011			
Κωδ. Δοκιμίου	Τύπος Ανιχνευτή (Probe)		
	O54SF		O55SFC
Δ1	5,3	6,2	5,7
Δ2	5,6	6,4	5,5
Δ3	5,9	6,5	5,7
Δ4	6,1	6,3	5,6
Δ5	5,6	6,0	5,5
Δ6	5,3	6,4	5,6
Δ7	5,7	5,9	5,3
Δ8	6,0	6,1	5,6
Δ9	5,5	5,8	5,7
Δ10	6,0	6,4	5,6
Δ11	5,6	6,3	5,5
Δ12	5,2	6,4	5,5
Δ13	5,2	6,0	5,5
Δ14	5,1	6,4	5,7
Δ15	5,0	6,5	5,6
Δ16	5,6	6,1	5,4
Δ17	4,4	5,3	5,0
Δ18	5,1	5,5	4,9
Δ19	5,0	5,6	4,7
Δ20	4,9	6,2	5,0
Δ21	5,4	5,4	4,9
Δ22	4,7	5,4	5,0
Δ23	4,4	5,5	4,9
Δ24	4,4	5,2	4,9
Δ25	4,9	5,6	5,0
Δ26	5,2	5,5	4,9
Δ27	5,0	6,1	4,9
Δ28	4,2	5,2	5,0

**Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού του ποσοστού των κενών: Μέθοδος ASTM**

Πίνακας Π11α: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών ASTM (ισοπεδωτική στρώση)

Πρότυπο : ASTM 2726-05a			Ημερομηνία: 24/11/2010						
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (A)	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (C)	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (B)	Όγκος Δοκιμίου (V=B-C)	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (G)		% Κ.Ο. Απορροφητικότητα Νερού (B-A)/(B-C)*100	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
					Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.			
ΙΣΑα1	1290,4	752,7	1290,9	538,2	2,398	2,398	0,093	2,433	1,45
ΙΣΑα2	1160,6	653,5	1163,0	509,5	2,278		0,471		2,10
ΙΣΑα3	1197,4	700,3	1199,7	499,4	2,398		0,461		1,45
ΙΣΑβ1	1162,8	672,4	1173,6	501,2	2,320	2,320	2,155	2,452	5,38
ΙΣΑβ2	1217,5	703,0	1222,4	519,4	2,344		0,943		4,40
ΙΣΑβ3	1150,4	660,8	1155,6	494,8	2,325		1,051		5,18
ΙΣΑγ1	1140,4	650,3	1146,9	496,6	2,296	2,296	1,309	2,485	7,59
ΙΣΑγ2	1153,6	668,9	1162,1	493,2	2,339		1,723		5,87
ΙΣΑγ3	1220,3	703,2	1228,4	525,2	2,323		1,542		6,50
ΙΣΒα1	1176,5	679,5	1178,8	499,3	2,356	2,356	0,461	2,435	3,23
ΙΣΒα2	1222,2	706,4	1224,3	517,9	2,360		0,405		3,08
ΙΣΒα3	1196,9	691,9	1199,3	507,4	2,359		0,473		3,13
ΙΣΒβ1	1220,3	702,0	1226,3	524,3	2,327	2,327	1,144	2,460	5,39
ΙΣΒβ2	1214,7	696,7	1217,3	520,6	2,333		0,499		5,15
ΙΣΒβ3	1210,2	690,5	1215,6	525,1	2,305		1,028		6,31
ΙΣΒγ1	1209,6	690,3	1214,3	524,0	2,308	2,308	0,897	2,490	7,29
ΙΣΒγ2	1188,5	681,9	1193,2	511,3	2,324		0,919		6,65
ΙΣΒγ3	1227,5	701,3	1232,2	530,9	2,312		0,885		7,14

Πίνακας Π11β: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών ASTM (ισοπεδωτική στρώση)

Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (Α) σε	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (C)	Βάρος Κορεσμένο υ Δοκιμίου στον Αέρα (B)	Όγκος Δοκιμίου (V=B-C)	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (G)		% Κ.Ο. Απορροφητικότητα Νερού (B-A)/(B-C)*100	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
					Δοκιμίων A/(B-C)	Μ.Ο.			
ΙΣΓα1	1211,8	689,4	1214,2	524,8	2,309	2,309	0,457	2,423	4,70
ΙΣΓα2	1246,2	711,6	1249,7	538,1	2,316		0,650		4,42
ΙΣΓγ3	1209,4	685,4	1212,4	527,0	2,295		0,569		5,29
ΙΣΓβ1	1213,3	684,0	1220,7	536,7	2,261	2,261	1,379	2,435	7,16
ΙΣΓβ2	1219,0	690,0	1225,8	535,8	2,275		1,269		6,57
ΙΣΓβ3	1212,5	683,9	1217,1	533,2	2,274		0,863		6,61
ΙΣΓγ1	1139,6	642,8	1143,9	501,1	2,274	2,274	0,858	2,452	7,25
ΙΣΓγ2	1189,2	668,0	1192,4	524,4	2,268		0,610		7,51
ΙΣΓγ3	1208,7	683,2	1215,9	532,7	2,269		1,352		7,46



Πίνακας Π12: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών ASTM (αντιολισθηρή στρώση: διαβάσης)

Πρότυπο : ASTM 2726-05a			Ημερομηνία: 9/12/2010						
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (A)	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (C)	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (B)	Όγκος Δοκιμίου (V=B-C)	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (G)		% Κ.Ο. Απορροφητικότητα Νερού (B-A)/(B-C)*100	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
					Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.			
A1	1147,2	674,1	1150,8	476,7	2,407	2,424	0,755	2,481	3,00
A2	1065,6	629	1067,8	438,8	2,428		0,501		2,12
A3	1113,7	656,8	1115,9	459,1	2,426		0,479		2,22
A4	1119,2	663,1	1122,7	459,6	2,435		0,762		1,85
A5	1200,9	705,5	1208,1	502,6	2,389	2,380	1,433	2,520	5,18
A6	1197,9	703,8	1205,4	501,6	2,388		1,495		5,23
A7	1184,6	694,6	1192,2	497,6	2,381		1,527		5,53
A8	1187,7	694,9	1197,4	502,5	2,364		1,930		6,21
A9	1120,5	656,4	1127,4	471	2,379	2,376	1,465	2,530	5,97
A10	1142,2	668,1	1149,3	481,2	2,374		1,475		6,18
A11	1113,8	652,3	1124,5	472,2	2,359	2,354	2,266		6,77
A12	1041,7	610,4	1053,9	443,5	2,349		2,751		7,16
A13	1200,6	702,4	1209,7	507,3	2,367	2,375	1,79	2,555	7,37
A14	1187,4	697,9	1196,3	498,4	2,382		1,79		6,75
A15	1082,5	637,9	1095,1	457,2	2,368	2,367	2,76		7,33
A16	1136,5	666,2	1146,5	480,3	2,366		2,08		7,39

Πίνακας Π13: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών ASTM (αντιολισθηρή στρώση: γάββρος)

Πρότυπο : ASTM 2726-05a			Ημερομηνία: 15/12/2010						
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (A)	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (C)	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (B)	Όγκος Δοκιμίου (V=B-C)	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (G)		% Κ.Ο. Απορροφητικότητα Νερού (B-A)/(B-C)*100	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
					Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.			
B1	1218,3	719,0	1219,7	500,7	2,433	2,437	0,280	2,493	2,40
B2	1212,9	719,5	1214,2	494,7	2,452		0,263		1,65
B3	1091,7	647,9	1093,8	445,9	2,448		0,471		1,79
B4	1198,4	704,2	1200,8	496,6	2,413		0,483		3,20
B5	1134,4	674,6	1138,3	463,7	2,446	2,428	0,841	2,532	3,38
B6	1129,7	666,6	1135,6	469,0	2,409		1,258		4,87
B7	1123,0	666,4	1127,0	460,6	2,438		0,868		3,71
B8	1161,1	689,1	1169,4	480,3	2,417		1,728		4,52
B9	1141,4	674,8	1148,5	473,7	2,410	2,422	1,499	2,552	5,58
B10	1191,0	706,8	1194,9	488,1	2,440		0,799		4,39
B11	1193,3	708,9	1200,7	491,8	2,426		1,505		4,92
B12	1197,8	709,6	1206,4	496,8	2,411		1,731		5,52
B13	1163,8	687,8	1171,3	483,5	2,407	2,409	1,55	2,570	6,34
B14	1168,5	693,4	1177,5	484,1	2,414		1,86		6,08
B15	1200,2	711,5	1211,0	499,5	2,403		2,16		6,51
B16	1199,9	712,1	1209,5	497,4	2,412		1,93		6,13

Πίνακας Π14α: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών ASTM (αντιολισθηρή στρώση: σκωρία)

Πρότυπο : ASTM 2726-05a			Ημερομηνία: 17/1/2011						
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (A)	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (C)	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (B)	Όγκος Δοκιμίου (V=B-C)	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (G)		% Κ.Ο. Απορροφητικότητα Νερού (B-A)/(B-C)*100	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
					Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.			
Γ1	1249,4	781,4	1252,7	471,3	2,651	2,631	0,700	2,725	2,72
Γ2	1245,3	772,1	1251,8	479,7	2,596		1,355		4,73
Γ3	1215,7	757,0	1218,3	461,3	2,635		0,564		3,29
Γ4	1219,1	762,3	1223,7	461,4	2,642		0,997		3,04
Γ5	1151,2	726,4	1157,8	431,4	2,669	2,662	1,530	2,800	4,70
Γ6	1223,2	767,6	1233,1	465,5	2,628		2,127		6,15
Γ7	1202,5	758,0	1208,0	450,0	2,672		1,222		4,56
Γ8	1158,8	732,2	1164,7	432,5	2,679		1,364		4,31
Γ9	1162,7	732,8	1166,8	434,0	2,679	2,655	0,945	2,820	5,00
Γ10	1168,1	736,1	1177,0	440,9	2,649		2,019		6,05
Γ11	1149,8	722,0	1161,7	439,7	2,615		2,706		7,27
Γ12	1154,7	731,2	1162,9	431,7	2,675		1,899		5,15
Γ13	1156,1	730,0	1171,8	441,8	2,617	2,611	3,554	2,860	8,50
Γ14	1208,2	761,6	1225,7	464,1	2,603		3,771		8,97
Γ15	1232,4	774,1	1249,9	475,8	2,590		3,678		9,43
Γ16	1148,0	727,2	1163,0	435,8	2,634		3,442		7,89

Πίνακας Π14β: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών ASTM (αντιολισθηρή στρώση: σκωρία)

Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (A)	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (C)	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (B)	Όγκος Δοκιμίου (V=B-C)	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (G)		% Κ.Ο. Απορροφητικότητα Νερού (B-A)/(B-C)*100	θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
					Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.			
Γ17	1195,8	782,9	1226,1	443,2	2,698	2,638	6,837	2,934	8,04
Γ18	1082,7	697,4	1108,4	411,0	2,634		6,253		10,21
Γ19	1183,1	753,0	1212,3	459,3	2,576		6,358		12,21
Γ20	1163,8	747,1	1187,5	440,4	2,643		5,381		9,93
Γ21	1222,4	796,5	1252,2	455,7	2,682	2,636	6,539	2,970	9,68
Γ22	1204,2	763,0	1229,8	466,8	2,580		5,484		13,14
Γ23	1169,8	754,0	1196,0	442,0	2,647		5,928		10,89
Γ24	1160,5	744,7	1185,1	440,4	2,635		5,586		11,28
Γ25	1057,1	689,9	1083,9	394,0	2,683	2,662	6,802	2,990	10,27
Γ26	1124,2	732,3	1153,2	420,9	2,671		6,890		10,67
Γ27	1174,8	756,0	1201,3	445,3	2,638		5,951		11,77
Γ28	1158,8	749,4	1185,7	436,3	2,656		6,165		11,17

Πίνακας Π15α: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών ASTM (αντιολισθηρή στρώση: σπηλίτης)

Πρότυπο : ASTM 2726-05a			Ημερομηνία: 18/1/2011						
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (A)	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (C)	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (B)	Όγκος Δοκιμίου (V=B-C)	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (G)		% Κ.Ο. Απορροφητικότητα Νερού (B-A)/(B-C)*100	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
					Δοκιμών A/(B-C)	M.O.			
Δ1	1093,3	638,7	1095,7	457,0	2,392	2,412	0,525	2,494	4,08
Δ2	1069,6	629,9	1071,2	441,3	2,424		0,363		2,82
Δ3	1067,3	625,8	1070,1	444,3	2,402		0,630		3,68
Δ4	1110,6	655,4	1112,4	457,0	2,430		0,394		2,56
Δ5	1072,5	622,4	1078,6	456,2	2,351	2,345	1,337	2,501	6,00
Δ6	1082,9	626,6	1088,5	461,9	2,344		1,212		6,26
Δ7	1045,3	606,5	1055,3	448,8	2,329		2,228		6,87
Δ8	1061,8	617,3	1068,2	450,9	2,355		1,419		5,84
Δ9	1098,1	639,6	1108,4	468,8	2,342	2,350	2,197	2,515	6,86
Δ10	1070,0	624,8	1081,5	456,7	2,343		2,518		6,84
Δ11	1141,0	668,3	1143,3	475,0	2,402		0,484		4,49
Δ12	1071,3	624,9	1087,8	462,9	2,314		3,564		7,98
Δ13	1072,1	626,2	1087,5	461,3	2,324	2,329	3,34	2,543	8,61
Δ14	1076,5	625,7	1085,3	459,6	2,342		1,91		7,89
Δ15	1062,9	622,4	1075,2	452,8	2,347		2,72		7,69
Δ16	1040,7	605,6	1057,9	452,3	2,301		3,80		9,52

Πίνακας Π15β: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών ASTM (αντιολισθηρή στρώση: σπηλίτης)

Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (A)	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (C)	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (B)	Όγκος Δοκιμίου (V=B-C)	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (G)		% Κ.Ο. Απορροφητικότητα Νερού (B-A)/(B-C)*100	Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
					Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.			
Δ17	1024,5	597,4	1050,4	453,0	2,262	2,218	5,72	2,537	10,86
Δ18	1047,6	599,5	1074,6	475,1	2,205		5,68		13,09
Δ19	1018,6	581,9	1044,9	463,0	2,200		5,68		13,28
Δ20	1062,5	607,2	1089,2	482,0	2,204		5,54		13,11
Δ21	1040,7	608,5	1066,0	457,5	2,275	2,215	5,53	2,551	10,83
Δ22	1095,5	628,0	1124,6	496,6	2,206		5,86		13,52
Δ23	1061,6	604,2	1088,7	484,5	2,191		5,59		14,11
Δ24	1058,9	604,3	1088,5	484,2	2,187		6,11		14,27
Δ25	1020,7	596,5	1044,5	448,0	2,278	2,224	5,31	2,570	11,35
Δ26	1017,1	584,9	1043,9	459,0	2,216		5,84		13,78
Δ27	1047,7	599,3	1076,0	476,7	2,198		5,94		14,48
Δ28	1073,4	617,2	1104,2	487,0	2,204		6,32		14,24

**Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού του ποσοστού των κενών: Μέθοδος EN**

Πίνακας Π16α: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών EN (ισοπεδωτική στρώση)

Πρότυπο : EN 12697-6:2003+A:2007			Ημερομηνία: 10/12/2010						
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>1</sub> )	Θερμοκρασία Νερού (°C)	Πυκνότητα Νερού ρ <sub>w</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (m <sub>2</sub> )	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>3</sub> )	Φαινόμενη Πυκνότητα (SSD) ρ <sub>bssd</sub> (kg/m <sup>3</sup> )		Θεωρητικό μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό κενών Αέρα
						Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.		
ΙΣΑα1	1290,4	27-25,4	999,7	754,5	1291,0	2404	2404	2433	1,17
ΙΣΑα2	1160,9	27-25,4	999,7	674,7	1162,2	2381			2,15
ΙΣΑα3	1197,7	27-25,3	999,7	696,2	1199,2	2380			2,16
ΙΣΑβ1	1164,7	24,1-22,2	997,6	669,1	1171,2	2314	2314	2452	5,62
ΙΣΑβ2	1217,5	26,3-24,2	997,1	699,5	1223,9	2315			5,59
ΙΣΑβ3	1150,8	27-25,3	997,6	659,8	1155,8	2315			5,60
ΙΣΑγ1	1142,1	25,3-24,4	997,1	652,9	1147,0	2305	2305	2485	7,25
ΙΣΑγ2	1156,4	25,3-24,4	997,1	669,7	1162,7	2339			5,88
ΙΣΑγ3	1222,7	25,3-24,4	997,1	704,3	1228,7	2325			6,44
ΙΣΒα1	1177,1	25,3-24,4	997,1	679,3	1179,3	2347	2347	2435	3,60
ΙΣΒα2	1222,3	24,4-23,4	997,1	706,7	1223,8	2357			3,21
ΙΣΒα3	1197,0	24,4-23,4	997,1	692,8	1198,9	2358			3,15
ΙΣΒβ1	1220,7	24,4-23,4	997,4	702,5	1225,1	2330	2330	2460	5,29
ΙΣΒβ2	1214,8	24,4-23,4	997,4	698,6	1218,1	2332			5,19
ΙΣΒβ3	1210,8	27-25,6	997,4	691,2	1214,9	2306			6,26
ΙΣΒγ1	1209,8	27-25,6	996,7	695,2	1218,2	2306	2306	2490	7,41
ΙΣΒγ2	1188,5	27-25,5	996,7	686,9	1195,7	2328			6,50
ΙΣΒγ3	1227,6	27-25,5	996,7	704,9	1236,5	2302			7,56

Πίνακας Π16β: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών EN (ισοπεδωτική στρώση)

Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>1</sub> )	Θερμοκρασία Νερού (°C)	Πυκνότητα Νερού ρ <sub>w</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (m <sub>2</sub> )	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>3</sub> )	Φαινόμενη Πυκνότητα (SSD) ρ <sub>bssd</sub> (kg/m <sup>3</sup> )		Θεωρητικό μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό κενών Αέρα
						Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.		
ΙΣΓα1	1211,9	25,3-24,3	997,1	689,1	1214,5	2300	2300	2423	5,08
ΙΣΓα2	1246,4	25,3-24,3	997,1	711,9	1249,3	2313			4,56
ΙΣΓγ3	1209,4	25,3-24,2	997,1	688,3	1213,6	2296			5,26
ΙΣΓβ1	1214,6	25,3-24,2	997,1	686,3	1221,5	2263	2263	2435	7,07
ΙΣΓβ2	1219,3	25,3-24,2	997,1	690,4	1228,0	2261			7,13
ΙΣΓβ3	1212,7	24,1-23,2	997,1	683,6	1217,4	2265			6,97
ΙΣΓγ1	1139,6	24,1-23,2	997,5	644,2	1145,4	2268	2268	2452	7,50
ΙΣΓγ2	1189,4	24,1-23,2	997,5	668,6	1193,9	2259			7,89
ΙΣΓγ3	1208,8	24,1-23,2	997,5	679,0	1214,7	2251			8,20



Πίνακας Π17: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών EN (αντιολισθηρή στρώση: διαβάσης)

Πρότυπο : EN 12697-6:2003+A:2007			Ημερομηνία: 14/12/2010						
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>1</sub> )	Θερμοκρασία Νερού (°C)	Πυκνότητα Νερού ρ <sub>w</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (m <sub>2</sub> )	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>3</sub> )	Φαινόμενη Πυκνότητα (SSD) ρ <sub>bssd</sub> (kg/m <sup>3</sup> )		Θεωρητικό μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό κενών Αέρα
						Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.		
A1	1147,1	27,4-23,9	996,8	674,1	1149,4	2406	2422	2481	3,04
A2	1065,9	27,4-23,9	996,8	629,6	1067,2	2428			2,14
A3	1113,5	27,4-23,8	996,8	656,1	1114,9	2419			2,49
A4	1119	27,4-23,8	996,8	663	1121,2	2434			1,88

Πίνακας Π18: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών EN (αντιολισθηρή στρώση: γάββρος)

Πρότυπο : EN 12697-6:2003+A:2007			Ημερομηνία: 14/12/2010						
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>1</sub> )	Θερμοκρασία Νερού (°C)	Πυκνότητα Νερού ρ <sub>w</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (m <sub>2</sub> )	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>3</sub> )	Φαινόμενη Πυκνότητα (SSD) ρ <sub>bssd</sub> (kg/m <sup>3</sup> )		Θεωρητικό μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό κενών Αέρα
						Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.		
B1	1218,4	26,8-24,8	996,8	721,7	1221,7	2429	2428	2493	2,57
B2	1212,9	26,8-24,8	996,8	720,9	1214,9	2447			1,83
B3	1091,7	26,8-24,8	996,8	649,7	1094,5	2447			1,86
B4	1198,6	26,8-24,8	996,8	703,7	1204	2388			4,21

Πίνακας Π19: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών EN (αντιολισθηρή στρώση: σκυρία)

Πρότυπο : EN 12697-6:2003+A:2007			Ημερομηνία: 24/1/2011						
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>1</sub> )	Θερμοκρασία Νερού (°C)	Πυκνότητα Νερού ρ <sub>w</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (m <sub>2</sub> )	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>3</sub> )	Φαινόμενη Πυκνότητα (SSD) ρ <sub>bssd</sub> (kg/m <sup>3</sup> )		Θεωρητικό μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό κενών Αέρα
						Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.		
Γ1	1249,3	26,1-24,5	997,0	776,8	1252,9	2616	2619	2725	3,99
Γ2	1245,4	26,1-24,5	997,0	771,7	1250,7	2592			4,87
Γ3	1215,6	26,1-24,3	997,0	755,6	1218	2621			3,82
Γ4	1218,8	26,1-24,3	997,0	763,7	1222,6	2648			2,83
Γ5	1151,2	26,1-24,3	997,0	726,5	1157,4	2664	2659	2800	4,87
Γ6	1223,6	25,9-24,3	997,1	769,0	1232,5	2632			5,99
Γ7	1202,7	25,9-24,3	997,1	758,0	1208,4	2663			4,91
Γ8	1159,2	25,9-24,1	997,1	732,0	1163,6	2678			4,36
Γ9	1162,7	25,9-24,1	997,1	733,8	1167,1	2676	2654	2820	5,12
Γ10	1169,2	25,9-24,1	997,1	737,4	1175,3	2662			5,59
Γ11	1150,8	26,3-24,6	997,0	725,0	1161,8	2627			6,85
Γ12	1153,6	26,3-24,6	997,0	728,0	1161,5	2653			5,92
Γ13	1157,0	26,3-24,4	997,1	727,6	1170,5	2605	2610	2860	8,92
Γ14	1209,7	26,3-24,4	997,1	762,1	1223	2617			8,50
Γ15	1233,9	26,3-24,4	997,1	775,1	1248,9	2597			9,21
Γ16	1150,3	25,8-24,6	997,1	722,8	1160,3	2622			8,33

Πίνακας Π20: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών EN (αντιολισθηρή στρώση: σπηλίτης)

Πρότυπο : EN 12697-6:2003+A:2007		Ημερομηνία: 24/1/2011							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>1</sub> )	Θερμοκρασία Νερού (°C)	Πυκνότητα Νερού ρ <sub>w</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Βάρος Δοκιμίου στο Νερό (m <sub>2</sub> )	Βάρος Κορεσμένου Δοκιμίου στον Αέρα (m <sub>3</sub> )	Φαινόμενη Πυκνότητα (SSD) ρ <sub>bssd</sub> (kg/m <sup>3</sup> )		Θεωρητικό μέγιστο Ειδικό Βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό κενών Αέρα
						Δοκιμίων A/(B-C)	M.O.		
Δ1	1093,0	25,8-24,6	997,1	640,4	1095,9	2393	2409	2494	4,07
Δ2	1069,4	25,8-24,6	997,1	630,3	1071,5	2417			3,09
Δ3	1067,3	25,8-24,6	997,1	628,0	1070,1	2407			3,48
Δ4	1110,4	25,8-24,6	997,1	655,0	1112,5	2420			2,96
Δ5	1073,8	26,0-24,7	997,0	621,9	1078,6	2344	2339	2501	6,27
Δ6	1084,0	26,0-24,7	997,0	624,8	1089,0	2328			6,91
Δ7	1047,0	26,0-24,4	997,0	607,9	1056,1	2329			6,88
Δ8	1063,0	26,0-24,4	997,0	618,7	1068,7	2355			5,83
Δ9	1099,7	26,0-24,4	997,0	639,0	1108,0	2338	2340	2515	7,05
Δ10	1072,4	25,8-24,7	997,1	621,9	1080,5	2332			7,29
Δ11	1141,2	25,8-24,7	997,1	666,7	1143,8	2385			5,17
Δ12	1074,2	25,8-24,5	997,1	623,8	1088,4	2305			8,33
Δ13	1074,8	25,8-24,5	997,1	625,5	1087,5	2320	2322	2543	8,78
Δ14	1077,2	25,8-24,5	997,1	626,8	1083,4	2352			7,50
Δ15	1065,4	26,6-24,9	996,9	619,0	1077,0	2319			8,81
Δ16	1043,2	26,6-24,9	996,9	605,1	1057,9	2297			9,68

Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού του ποσοστού των κενών: Μέθοδος 'Κατά διαστάσεων'

Πίνακας Π21α: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (ισοπεδωτική στρώση)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 10/12/2010							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
ΙΣΑα1	1290,4	6,78	6,78	10,15	10,15	547,912	2,355			3,20
		6,77		10,15						
		6,77		10,15						
		6,78		10,15						
ΙΣΑα2	1160,9	6,21	6,22	10,15	10,15	502,624	2,310	2,331	2,433	5,07
		6,21		10,15						
		6,23		10,15						
		6,21		10,15						
ΙΣΑα3	1197,7	6,36	6,36	10,15	10,15	514,148	2,329			4,25
		6,36		10,15						
		6,35		10,15						
		6,36		10,15						
ΙΣΑβ1	1164,7	6,48	6,49	10,15	10,15	524,459	2,221			9,43
		6,5		10,15						
		6,48		10,15						
		6,48		10,15						
ΙΣΑβ2	1218,5	6,61	6,62	10,15	10,15	535,377	2,276	2,255	2,452	7,18
		6,62		10,15						
		6,63		10,15						
		6,62		10,15						
ΙΣΑβ3	1150,8	6,28	6,28	10,15	10,15	507,678	2,267			7,55
		6,28		10,15						
		6,27		10,15						
		6,28		10,15						
ΙΣΑγ1	1142,1	6,38	6,37	10,15	10,15	515,159	2,217			10,79
		6,35		10,15						
		6,37		10,15						
		6,38		10,15						
ΙΣΑγ2	1156,4	6,39	6,38	10,15	10,15	516,170	2,240	2,234	2,485	9,85
		6,37		10,15						
		6,38		10,15						
		6,39		10,15						
ΙΣΑγ3	1222,7	6,7	6,73	10,15	10,15	544,475	2,246			9,63
		6,75		10,15						
		6,74		10,15						
		6,74		10,15						

Πίνακας Π21β: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (ισοπεδωτική στρώση)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 10/12/2010							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
ΙΣΒα1	1177,1	6,39	6,40	10,15	10,15	517,585	2,274	2,290	2,435	6,60
		6,41		10,15						
		6,39		10,15						
		6,41		10,15						
ΙΣΒα2	1222,3	6,56	6,55	10,15	10,15	529,312	2,309	2,290	2,435	5,17
		6,52		10,15						
		6,55		10,15						
		6,55		10,15						
ΙΣΒα3	1197,0	6,47	6,48	10,15	10,15	523,650	2,286	2,290	2,435	6,12
		6,49		10,15						
		6,48		10,15						
		6,46		10,15						
ΙΣΒβ1	1220,7	6,63	6,64	10,15	10,15	537,197	2,272	2,272	2,460	7,63
		6,65		10,15						
		6,65		10,15						
		6,64		10,15						
ΙΣΒβ2	1214,8	6,56	6,55	10,15	10,15	529,716	2,293	2,272	2,460	6,78
		6,52		10,15						
		6,55		10,15						
		6,57		10,15						
ΙΣΒβ3	1210,8	6,68	6,65	10,15	10,15	538,005	2,251	2,272	2,460	8,51
		6,65		10,15						
		6,63		10,15						
		6,65		10,15						
ΙΣΒγ1	1209,8	6,6	6,60	10,15	10,15	533,962	2,266	2,242	2,490	9,01
		6,6		10,15						
		6,61		10,15						
		6,6		10,15						
ΙΣΒγ2	1188,5	6,55	6,58	10,15	10,15	531,940	2,234	2,242	2,490	10,27
		6,58		10,15						
		6,59		10,15						
		6,59		10,15						
ΙΣΒγ3	1227,6	6,81	6,82	10,15	10,15	551,147	2,227	2,242	2,490	10,55
		6,81		10,15						
		6,82		10,15						
		6,82		10,15						

Πίνακας Π21γ: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (ισοπεδωτική στρώση)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 10/12/2010							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
ΙΣΓα1	1211,9	6,61	6,63	10,15	10,15	535,984	2,261	2,256	2,423	6,68
		6,64		10,15						
		6,63		10,15						
		6,63		10,15						
ΙΣΓα2	1246,4	6,85	6,84	10,15	10,15	552,967	2,254	2,256	2,423	6,97
		6,83		10,15						
		6,82		10,15						
		6,85		10,15						
ΙΣΓα3	1209,4	6,62	6,64	10,15	10,15	536,590	2,254	2,209	2,435	6,98
		6,63		10,15						
		6,65		10,15						
		6,64		10,15						
ΙΣΓβ1	1214,6	6,82	6,82	10,15	10,15	551,552	2,202	2,209	2,435	9,56
		6,83		10,15						
		6,81		10,15						
		6,82		10,15						
ΙΣΓβ2	1219,3	6,81	6,84	10,15	10,15	552,765	2,206	2,209	2,435	9,41
		6,83		10,15						
		6,85		10,15						
		6,85		10,15						
ΙΣΓβ3	1212,7	6,75	6,76	10,15	10,15	546,295	2,220	2,205	2,452	8,84
		6,75		10,15						
		6,75		10,15						
		6,77		10,15						
ΙΣΓγ1	1139,6	6,39	6,40	10,15	10,15	517,181	2,203	2,205	2,452	10,14
		6,41		10,15						
		6,4		10,15						
		6,38		10,15						
ΙΣΓγ2	1189,4	6,62	6,64	10,15	10,15	537,197	2,214	2,205	2,452	9,70
		6,65		10,15						
		6,65		10,15						
		6,65		10,15						
ΙΣΓγ3	1208,8	6,81	6,80	10,15	10,15	549,934	2,198	2,205	2,452	10,36
		6,81		10,15						
		6,79		10,15						
		6,79		10,15						

Πίνακας Π22α: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: διαβάσης)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 10/12/2010							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
A1	1147,2	6,09	6,10	10,15	10,16	494,498	2,320	2,315	2,481	6,49
		6,1		10,15						
		6,12		10,15						
		6,1		10,15						
A2	1065,9	5,75	5,73	10,15	10,16	463,909	2,298	2,315	2,481	7,39
		5,72		10,15						
		5,71		10,15						
		5,72		10,15						
A3	1113,7	5,92	5,92	10,15	10,16	479,507	2,323	2,315	2,481	6,38
		5,9		10,15						
		5,92		10,15						
		5,93		10,15						
A4	1119,1	5,94	5,95	10,15	10,16	482,141	2,321	2,315	2,481	6,44
		5,96		10,15						
		5,95		10,15						
		5,95		10,15						
A5	1200,9	6,55	6,56	10,15	10,16	531,571	2,259	2,250	2,520	10,35
		6,58		10,15						
		6,55		10,15						
		6,56		10,15						
A6	1197,9	6,61	6,60	10,15	10,16	534,609	2,241	2,250	2,520	11,08
		6,61		10,15						
		6,59		10,15						
		6,58		10,15						
A7	1184,6	6,51	6,50	10,15	10,16	526,506	2,250	2,250	2,520	10,72
		6,49		10,15						
		6,5		10,15						
		6,49		10,15						
A8	1187,7	6,51	6,52	10,15	10,16	527,924	2,250	2,250	2,520	10,72
		6,49		10,15						
		6,54		10,15						
		6,52		10,15						
A9	1120,5	6,15	6,15	10,15	10,16	498,550	2,248	2,219	2,530	11,17
		6,16		10,15						
		6,15		10,15						
		6,15		10,15						
A10	1142,2	6,22	6,24	10,15	10,16	505,438	2,260	2,219	2,530	10,68
		6,25		10,15						
		6,25		10,15						
		6,23		10,15						
A11	1113,8	6,3	6,29	10,15	10,16	509,894	2,184	2,219	2,530	13,66
		6,3		10,15						
		6,3		10,15						
		6,27		10,15						
A12	1041,7	5,89	5,89	10,15	10,16	477,279	2,183	2,219	2,530	13,73
		5,9		10,15						
		5,88		10,15						
		5,89		10,15						

Πίνακας Π22β: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: διαβάσης)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 10/12/2010							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
A13	1200,6	6,61	6,60	10,15	10,16	534,812	2,245	2,232	2,555	12,14
		6,61		10,15						
		6,59		10,15						
		6,59		10,15						
A14	1187,4	6,51	6,52	10,15	10,16	528,532	2,247	2,232	2,555	12,07
		6,54		10,15						
		6,52		10,15						
		6,52		10,15						
A15	1082,5	6,12	6,12	10,15	10,16	495,916	2,183	2,232	2,555	14,57
		6,11		10,15						
		6,13		10,15						
		6,12		10,15						
A16	1136,5	6,21	6,22	10,15	10,16	504,222	2,254	2,232	2,555	11,78
		6,21		10,15						
		6,24		10,15						
		6,23		10,15						
A17	1133,3	7,20	7,20	10,15	10,16	583,229	1,943	1,929	2,525	23,04
		7,19		10,15						
		7,19		10,15						
		7,21		10,15						
A18	1035,7	6,66	6,67	10,15	10,16	540,079	1,918	1,929	2,525	24,05
		6,67		10,15						
		6,65		10,15						
		6,68		10,15						
A19	1089,8	7,01	7,01	10,15	10,16	567,630	1,920	1,929	2,525	23,96
		7,02		10,15						
		7,00		10,15						
		6,99		10,15						
A20	1012,8	6,47	6,46	10,15	10,16	523,670	1,934	1,929	2,525	23,40
		6,46		10,15						
		6,45		10,15						
		6,47		10,15						



Πίνακας Π22γ: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: διαβάσης)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 10/12/2010							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
A21	1008,5	6,59	6,60	10,15	10,16	534,609	1,886	1,904	2,540	25,73
		6,58		10,15						
		6,60		10,15						
		6,62		10,15						
A22	1087,3	7,03	7,01	10,15	10,16	568,035	1,914	1,904	2,540	24,64
		6,99		10,15						
		7,01		10,15						
		7,01		10,15						
A23	1009,4	6,61	6,60	10,15	10,16	535,014	1,887	1,904	2,540	25,72
		6,59		10,15						
		6,59		10,15						
		6,62		10,15						
A24	1125,6	7,19	7,20	10,15	10,16	583,026	1,931	1,904	2,540	23,99
		7,21		10,15						
		7,18		10,15						
		7,20		10,15						
A25	1086,8	7,11	7,10	10,15	10,16	575,125	1,890	1,891	2,555	26,04
		7,09		10,15						
		7,09		10,15						
		7,10		10,15						
A26	1053,2	6,91	6,90	10,15	10,16	558,716	1,885	1,891	2,555	26,22
		6,90		10,15						
		6,89		10,15						
		6,88		10,15						
A27	1068,2	6,99	7,01	10,15	10,16	567,832	1,881	1,891	2,555	26,37
		7,02		10,15						
		7,01		10,15						
		7,01		10,15						
A28	1029,9	6,65	6,66	10,15	10,16	539,876	1,908	1,891	2,555	25,34
		6,65		10,15						
		6,67		10,15						
		6,68		10,15						

Πίνακας Π23α: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: γάββρος)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 14/12/2010							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
B1	1218,3	6,30	6,30	10,15	10,15	509,700	2,397	2,368	2,493	3,84
		6,30		10,15						
		6,29		10,15						
		6,32		10,15						
B2	1212,9	6,35	6,35	10,15	10,15	513,339	2,370	2,368	2,493	4,95
		6,34		10,15						
		6,34		10,15						
		6,36		10,15						
B3	1091,7	5,72	5,72	10,15	10,15	462,187	2,369	2,368	2,493	4,98
		5,70		10,15						
		5,72		10,15						
		5,72		10,15						
B4	1198,4	6,37	6,36	10,15	10,15	514,552	2,336	2,368	2,493	6,30
		6,35		10,15						
		6,37		10,15						
		6,36		10,15						
B5	1134,4	6,11	6,09	10,15	10,15	492,717	2,309	2,305	2,532	8,80
		6,10		10,15						
		6,08		10,15						
		6,08		10,15						
B6	1129,7	6,08	6,07	10,15	10,15	490,897	2,308	2,305	2,532	8,84
		6,05		10,15						
		6,07		10,15						
		6,08		10,15						
B7	1123,0	6,02	6,02	10,15	10,15	486,449	2,315	2,305	2,532	8,56
		6,01		10,15						
		6,01		10,15						
		6,02		10,15						
B8	1161,1	6,30	6,30	10,15	10,15	509,296	2,287	2,305	2,532	9,70
		6,29		10,15						
		6,30		10,15						
		6,30		10,15						
B9	1141,4	6,19	6,20	10,15	10,15	501,006	2,285	2,305	2,532	10,47
		6,19		10,15						
		6,21		10,15						
		6,19		10,15						
B10	1191,0	6,34	6,34	10,15	10,15	512,530	2,331	2,305	2,532	8,68
		6,34		10,15						
		6,33		10,15						
		6,34		10,15						
B11	1193,3	6,50	6,49	10,15	10,15	524,864	2,280	2,305	2,532	10,65
		6,48		10,15						
		6,49		10,15						
		6,49		10,15						
B12	1197,8	6,41	6,42	10,15	10,15	519,000	2,315	2,305	2,532	9,30
		6,42		10,15						
		6,42		10,15						
		6,42		10,15						

Πίνακας Π23β: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: γάββρος)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 14/12/2010							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
B13	1163,8	6,32	6,32	10,15	10,15	511,317	2,283	2,279	2,570	11,18
		6,32		10,15						
		6,33		10,15						
		6,32		10,15						
B14	1168,5	6,37	6,38	10,15	10,15	515,563	2,273	2,279	2,570	11,55
		6,37		10,15						
		6,39		10,15						
		6,37		10,15						
B15	1200,2	6,53	6,56	10,15	10,15	530,120	2,271	2,279	2,570	11,65
		6,58		10,15						
		6,56		10,15						
		6,55		10,15						
B16	1199,9	6,48	6,50	10,15	10,15	525,470	2,290	2,279	2,570	10,89
		6,50		10,15						
		6,50		10,15						
		6,51		10,15						
B17	1136,6	6,78	6,78	10,15	10,15	547,912	2,081	2,061	2,546	18,28
		6,78		10,15						
		6,77		10,15						
		6,77		10,15						
B18	1062,5	6,39	6,40	10,15	10,15	517,787	2,058	2,061	2,546	19,17
		6,41		10,15						
		6,41		10,15						
		6,40		10,15						
B19	1004,9	6,02	6,02	10,15	10,15	486,651	2,071	2,061	2,546	18,66
		6,01		10,15						
		6,00		10,15						
		6,04		10,15						
B20	1094,7	6,65	6,67	10,15	10,15	539,421	2,035	2,061	2,546	20,06
		6,67		10,15						
		6,69		10,15						
		6,67		10,15						

Πίνακας Π23γ: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: γάββρος)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249		Ημερομηνία : 14/12/2010								
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
B21	1045,4	6,35	6,36	10,15	10,15	514,350	2,038	2,042	2,570	20,68
		6,38		10,15						
		6,36		10,15						
		6,35		10,15						
B22	1079,4	6,58	6,60	10,15	10,15	533,557	2,029	2,042	2,570	21,05
		6,61		10,15						
		6,59		10,15						
		6,61		10,15						
B23	1087,5	6,61	6,61	10,15	10,15	534,770	2,040	2,042	2,570	20,64
		6,62		10,15						
		6,61		10,15						
		6,61		10,15						
B24	1079,6	6,51	6,50	10,15	10,15	525,268	2,061	2,042	2,570	19,79
		6,50		10,15						
		6,48		10,15						
		6,49		10,15						
B25	1053,4	6,38	6,39	10,15	10,15	516,978	2,044	2,042	2,570	21,10
		6,41		10,15						
		6,39		10,15						
		6,39		10,15						
B26	1097,7	6,75	6,74	10,15	10,15	545,284	2,019	2,025	2,590	22,05
		6,76		10,15						
		6,73		10,15						
		6,73		10,15						
B27	1111,9	6,82	6,81	10,15	10,15	550,541	2,026	2,025	2,590	21,79
		6,79		10,15						
		6,80		10,15						
		6,82		10,15						
B28	1108,3	6,82	6,84	10,15	10,15	552,967	2,010	2,025	2,590	22,39
		6,83		10,15						
		6,85		10,15						
		6,85		10,15						

Πίνακας Π24α: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: σκωρία)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 14/1/2011							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
Γ1	1249,4	6,02	6,02	10,15	10,15	487,056	2,573	2,564	2,725	5,59
		6,02		10,15						
		6,02		10,15						
		6,03		10,15						
Γ2	1245,3	6,09	6,10	10,15	10,15	493,323	2,532	2,564	2,725	7,09
		6,11		10,15						
		6,10		10,15						
		6,10		10,15						
Γ3	1215,7	5,83	5,85	10,15	10,15	472,701	2,579	2,564	2,725	5,34
		5,85		10,15						
		5,85		10,15						
		5,85		10,15						
Γ4	1219,1	5,88	5,88	10,15	10,15	475,127	2,573	2,564	2,725	5,56
		5,86		10,15						
		5,88		10,15						
		5,88		10,15						
Γ5	1151,2	5,68	5,69	10,15	10,15	459,761	2,511	2,503	2,800	10,31
		5,68		10,15						
		5,69		10,15						
		5,69		10,15						
Γ6	1223,2	6,19	6,19	10,15	10,15	500,602	2,451	2,503	2,800	12,48
		6,19		10,15						
		6,18		10,15						
		6,20		10,15						
Γ7	1202,5	5,90	5,90	10,15	10,15	476,947	2,529	2,503	2,800	9,69
		5,89		10,15						
		5,89		10,15						
		5,91		10,15						
Γ8	1158,8	5,70	5,70	10,15	10,15	460,772	2,522	2,503	2,800	9,92
		5,70		10,15						
		5,69		10,15						
		5,70		10,15						
Γ9	1162,7	5,68	5,65	10,15	10,15	456,931	2,552	2,496	2,820	9,50
		5,65		10,15						
		5,65		10,15						
		5,62		10,15						
Γ10	1168,1	5,77	5,76	10,15	10,15	466,029	2,514	2,496	2,820	10,86
		5,75		10,15						
		5,76		10,15						
		5,77		10,15						
Γ11	1149,8	5,92	5,92	10,15	10,15	478,564	2,410	2,496	2,820	14,55
		5,94		10,15						
		5,89		10,15						
		5,92		10,15						
Γ12	1154,7	5,71	5,71	10,15	10,15	461,783	2,508	2,496	2,820	11,07
		5,72		10,15						
		5,71		10,15						
		5,70		10,15						

Πίνακας Π24β: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: σκωρία)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 14/1/2011							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
Γ13	1156,1	5,91	5,90	10,15	10,15	476,947	2,431	2,432	2,860	15,00
		5,90		10,15						
		5,89		10,15						
		5,89		10,15						
Γ14	1208,2	6,12	6,12	10,15	10,15	494,941	2,448	2,432	2,860	14,40
		6,11		10,15						
		6,12		10,15						
		6,13		10,15						
Γ15	1232,4	6,28	6,28	10,15	10,15	507,476	2,436	2,432	2,860	14,84
		6,25		10,15						
		6,28		10,15						
		6,29		10,15						
Γ16	1148,0	5,89	5,90	10,15	10,15	476,947	2,414	2,432	2,860	15,59
		5,91		10,15						
		5,91		10,15						
		5,88		10,15						
Γ17	1195,8	6,79	6,77	10,15	10,15	547,710	2,190	2,432	2,860	25,37
		6,77		10,15						
		6,75		10,15						
		6,78		10,15						
Γ18	1082,7	6,02	6,02	10,15	10,15	487,056	2,229	2,221	2,934	24,01
		6,02		10,15						
		6,03		10,15						
		6,02		10,15						
Γ19	1183,1	6,65	6,64	10,15	10,15	537,197	2,209	2,221	2,934	24,72
		6,63		10,15						
		6,66		10,15						
		6,63		10,15						
Γ20	1163,8	6,39	6,40	10,15	10,15	517,383	2,256	2,221	2,934	23,11
		6,39		10,15						
		6,40		10,15						
		6,41		10,15						

Πίνακας Π24γ: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: σκωρία)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 14/1/2011							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
Γ21	1222,4	6,77	6,79	10,15	10,15	549,125	2,233	2,258	2,970	24,83
		6,79		10,15						
		6,80		10,15						
		6,80		10,15						
Γ22	1204,2	6,49	6,49	10,15	10,15	524,661	2,302	2,258	2,970	22,49
		6,48		10,15						
		6,49		10,15						
		6,49		10,15						
Γ23	1169,8	6,40	6,42	10,15	10,15	519,405	2,259	2,258	2,970	23,95
		6,44		10,15						
		6,43		10,15						
		6,42		10,15						
Γ24	1160,5	6,42	6,43	10,15	10,15	520,011	2,238	2,258	2,970	24,64
		6,45		10,15						
		6,43		10,15						
		6,42		10,15						
Γ25	1057,1	5,92	5,92	10,15	10,15	478,766	2,214	2,258	2,970	25,94
		5,93		10,15						
		5,92		10,15						
		5,91		10,15						
Γ26	1124,2	6,45	6,43	10,15	10,15	520,011	2,168	2,195	2,990	27,48
		6,43		10,15						
		6,42		10,15						
		6,42		10,15						
Γ27	1174,8	6,69	6,69	10,15	10,15	541,038	2,178	2,195	2,990	27,17
		6,69		10,15						
		6,69		10,15						
		6,69		10,15						
Γ28	1158,8	6,48	6,48	10,15	10,15	523,853	2,219	2,195	2,990	25,80
		6,50		10,15						
		6,45		10,15						
		6,48		10,15						

Πίνακας Π25α: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: σπηλίτης)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 17/1/2011											
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα				
							Δοκιμίου	Μ.Ο.						
Δ1	1093,3	5,88	5,87	10,16	10,16	475,658	2,305	2,336	2,494	7,57				
		5,85		10,16										
		5,87		10,16										
		5,88		10,16										
Δ2	1069,6	5,64	5,65	10,16	10,16	457,831	2,343			2,336	2,494	6,05		
		5,65		10,16										
		5,66		10,16										
		5,65		10,16										
Δ3	1067,3	5,65	5,63	10,16	10,16	456,413	2,345					2,336	2,494	5,96
		5,62		10,16										
		5,62		10,16										
		5,64		10,16										
Δ4	1110,6	5,85	5,85	10,16	10,16	474,038	2,350	2,336	2,494					5,78
		5,86		10,16										
		5,84		10,16										
		5,85		10,16										
Δ5	1072,5	5,90	5,90	10,16	10,16	477,887	2,251			2,225	2,501			10,00
		5,91		10,16										
		5,89		10,16										
		5,89		10,16										
Δ6	1082,9	6,00	6,00	10,16	10,16	486,193	2,234					2,225	2,501	10,68
		6,01		10,16										
		6,00		10,16										
		5,99		10,16										
Δ7	1045,3	5,90	5,91	10,16	10,16	478,697	2,190	2,225	2,501					12,43
		5,90		10,16										
		5,91		10,16										
		5,92		10,16										
Δ8	1061,8	5,92	5,91	10,16	10,16	478,495	2,226			2,225	2,501			11,01
		5,90		10,16										
		5,89		10,16										
		5,91		10,16										
Δ9	1098,1	6,14	6,15	10,16	10,16	498,347	2,210					2,227	2,515	12,13
		6,16		10,16										
		6,16		10,16										
		6,14		10,16										
Δ10	1070,0	5,97	5,97	10,16	10,16	483,559	2,219	2,227	2,515					11,76
		5,95		10,16										
		5,97		10,16										
		5,98		10,16										
Δ11	1141,0	6,15	6,17	10,16	10,16	499,765	2,290			2,227	2,515			8,96
		6,17		10,16										
		6,17		10,16										
		6,18		10,16										
Δ12	1071,3	6,05	6,06	10,16	10,16	491,055	2,188					2,227	2,515	13,00
		6,07		10,16										
		6,06		10,16										
		6,06		10,16										



Πίνακας Π25β: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: σπηλίτης)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 17/1/2011							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
Δ13	1072,1	6,08	6,08	10,16	10,16	492,473	2,183	2,191	2,543	14,14
		6,08		10,16						
		6,07		10,16						
		6,08		10,16						
Δ14	1076,5	5,99	5,99	10,16	10,16	485,180	2,225	2,191	2,543	12,49
		5,99		10,16						
		5,98		10,16						
		5,99		10,16						
Δ15	1062,9	6,01	6,01	10,16	10,16	487,205	2,188	2,191	2,543	13,96
		6,00		10,16						
		6,02		10,16						
		6,02		10,16						
Δ16	1040,7	5,95	5,95	10,16	10,16	481,736	2,167	2,191	2,543	14,80
		5,94		10,16						
		5,94		10,16						
		5,95		10,16						
Δ17	1024,5	6,39	6,40	10,16	10,16	518,200	1,983	1,989	2,537	21,84
		6,40		10,16						
		6,39		10,16						
		6,40		10,16						
Δ18	1047,6	6,46	6,46	10,16	10,16	523,062	2,009	1,989	2,537	20,82
		6,45		10,16						
		6,46		10,16						
		6,45		10,16						
Δ19	1018,6	6,38	6,38	10,16	10,16	517,187	1,975	1,989	2,537	22,14
		6,38		10,16						
		6,38		10,16						
		6,39		10,16						
Δ20	1062,5	6,60	6,61	10,16	10,16	535,217	1,991	1,989	2,537	21,52
		6,60		10,16						
		6,61		10,16						
		6,61		10,16						

Πίνακας Π25γ: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών 'Κατά Διαστάσεις' (αντιολισθηρή στρώση: σπηλίτης)

Πρότυπο : ASTM 3203 /3249			Ημερομηνία : 17/1/2011							
Κωδ. Δοκιμίου	Βάρος Δοκιμίου στον Αέρα (gr)	Πάχος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Πάχους Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Μ.Ο. Διαμέτρου Δοκιμίου	Όγκος Δοκιμίου (cm <sup>3</sup> )	Φαινόμενο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου Marshall (gr/cm <sup>3</sup> )		Θεωρητικό Μέγιστο Ειδικό Βάρος Δοκιμίου (gr/cm <sup>3</sup> )	Ποσοστό Κενών Αέρα
							Δοκιμίου	Μ.Ο.		
Δ21	1040,7	6,42	6,43	10,16	10,16	520,834	2,004	1,984	2,551	21,44
		6,42		10,16						
		6,43		10,16						
		6,44		10,16						
Δ22	1095,5	6,86	6,86	10,16	10,16	555,475	1,978	1,984	2,551	22,46
		6,86		10,16						
		6,87		10,16						
		6,83		10,16						
Δ23	1061,6	6,68	6,66	10,16	10,16	539,471	1,974	1,984	2,551	22,63
		6,66		10,16						
		6,64		10,16						
		6,65		10,16						
Δ24	1058,9	6,60	6,62	10,16	10,16	536,230	1,981	1,984	2,551	22,36
		6,62		10,16						
		6,62		10,16						
		6,63		10,16						
Δ25	1020,7	6,30	6,30	10,16	10,16	510,705	2,004	2,000	2,570	22,00
		6,29		10,16						
		6,31		10,16						
		6,31		10,16						
Δ26	1017,1	6,29	6,30	10,16	10,16	510,097	2,000	2,000	2,570	22,19
		6,30		10,16						
		6,30		10,16						
		6,29		10,16						
Δ27	1047,7	6,48	6,47	10,16	10,16	524,278	2,004	2,000	2,570	22,01
		6,46		10,16						
		6,47		10,16						
		6,47		10,16						
Δ28	1073,4	6,68	6,68	10,16	10,16	540,889	1,990	2,000	2,570	22,55
		6,67		10,16						
		6,67		10,16						
		6,68		10,16						

### Πειραματικά αποτελέσματα προσδιορισμού του μέτρου δυσκαμψίας

Πίνακας Π26: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C, των δοκιμών της ισοπεδωτικής στρώσης.

Δοκιμή : IT-CY		Ημερομηνία : 19/1/2011		
Δοκίμιο	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	ΔS	M.O.
ΙΣΑα1	11190	9866	11,83	10528
ΙΣΑα2	10127	9816	3,07	9972
ΙΣΑα3	13370	12284	8,12	12827
ΙΣΑβ1	10650	10752	-0,96	10701
ΙΣΑβ2	11553	10157	12,08	10855
ΙΣΑβ3	13183	11751	10,86	12467
ΙΣΑγ1	12714	12752	-0,30	12733
ΙΣΑγ2	16104	14697	8,74	15401
ΙΣΑγ3	15118	14907	1,40	15013
ΙΣΒα1	10503	10403	0,95	10453
ΙΣΒα2	13344	13366	-0,16	13355
ΙΣΒα3	12157	12388	-1,90	12273
ΙΣΒβ1	11728	11376	3,00	11552
ΙΣΒβ2	12920	13109	-1,46	13015
ΙΣΒβ3	13174	12060	8,46	12617
ΙΣΒγ1	12940	13299	-2,77	13120
ΙΣΒγ2	15257	14701	3,64	14979
ΙΣΒγ3	13990	13911	0,56	13951
ΙΣΓα1	11832	11602	1,94	11717
ΙΣΓα2	12460	11724	5,91	12092
ΙΣΓα3	12160	11281	7,23	11721
ΙΣΓβ1	12651	11965	5,42	12308
ΙΣΓβ2	12045	11897	1,23	11971
ΙΣΓβ3	11494	10681	7,07	11088
ΙΣΓγ1	13340	12757	4,37	13049
ΙΣΓγ2	13848	13877	-0,21	13863
ΙΣΓγ3	11678	11353	2,78	11516

Πίνακας Π27: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C, των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση.

Δοκιμή : IT-CY		Ημερομηνία : 20/1/2011		
Δοκίμιο	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	ΔS	M.O.
A1	10185	9853	3,26	10019
A2	12678	12618	0,47	12648
A3	10467	10068	3,81	10268
A4	10798	10199	5,55	10499
A5	9388	8742	6,88	9065
A6	9173	8885	3,14	9029
A7	9476	8865	6,45	9171
A8	8323	8365	-0,50	8344
A9	11053	10136	8,30	10595
A10	10187	9408	7,65	9798
A11	8758	7808	10,85	8283
A12	9061	8444	6,81	8753
A13	10274	9868	3,95	10071
A14	10902	10300	5,52	10601
A15	9538	9408	1,36	9473
A16	10575	9521	9,97	10048
A17	4088	4128	-0,98	4108
A18	3597	3748	-4,20	3673
A19	3323	3111	6,38	3217
A20	3547	3269	7,84	3408
A21	3863	3943	-2,07	3903
A22	4774	4457	6,64	4616
A23	4198	3876	7,67	4037
A24	3949	3704	6,20	3827
A25	4001	3810	4,77	3906
A26	3956	3780	4,45	3868
A27	4518	4508	0,22	4513
A28	4527	4180	7,67	4354

Πίνακας Π28: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C, των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρο.

Δοκιμή : IT-CY		Ημερομηνία : 26/1/2011		
Δοκίμιο	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	ΔS	M.O.
B1	10497	10216	2,68	10497
B2	11253	10769	4,30	11011
B3	9380	9241	1,48	9311
B4	10544	9768	7,36	10156
B5	9370	9258	1,20	9314
B6	8520	9143	-7,31	8832
B7	8687	8421	3,06	8534
B8	7337	7513	-2,40	7425
B9	8794	8216	6,57	8505
B10	9911	9354	5,62	9633
B11	8382	8601	-2,61	8492
B12	10201	10311	-1,08	10256
B13	9483	9403	0,84	9443
B14	8698	7959	8,50	8329
B15	9225	8623	6,53	8924
B16	9647	9326	3,33	9487
B17	5460	5604	-2,64	5532
B18	5176	4793	7,40	4985
B19	5603	5329	4,89	5466
B20	5717	5566	2,64	5642
B21	5183	5619	-8,41	5401
B22	5383	5496	-2,10	5440
B23	5565	5355	3,77	5460
B24	5057	4826	4,57	4942
B25	4946	4097	17,17	4522
B26	4450	4473	-0,52	4462
B27	5229	4907	6,16	5068
B28	3775	3564	5,59	3670

Πίνακας Π29: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C, των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία.

Δοκιμή : IT-CY		Ημερομηνία : 28/1/2011		
Δοκίμιο	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	ΔS	M.O.
Γ1	11206	11977	-6,88	11592
Γ2	8731	8391	3,89	8561
Γ3	10565	11287	-6,83	10926
Γ4	12391	11466	7,47	11929
Γ5	6561	6100	7,03	6331
Γ6	5508	5473	0,64	5491
Γ7	6078	6102	-0,39	6090
Γ8	5417	5521	-1,92	5469
Γ9	6517	5731	12,06	6124
Γ10	6446	6350	1,49	6398
Γ11	5489	5347	2,59	5418
Γ12	6232	5990	3,88	6111
Γ13	6912	6508	5,84	6710
Γ14	7589	7171	5,51	7380
Γ15	6720	6194	7,83	6457
Γ16	6325	5692	10,01	6009
Γ17	3084	2893	6,19	2989
Γ18	2888	2657	8,00	2773
Γ19	3112	3414	-9,70	3263
Γ20	3332	3184	4,44	3258
Γ21	3839	3538	7,84	3689
Γ22	2615	2456	6,08	2536
Γ23	2896	2933	-1,28	2915
Γ24	3002	2621	12,69	2812
Γ25	3317	2994	9,74	3156
Γ26	2971	3103	-4,44	3037
Γ27	3504	3305	5,68	3405
Γ28	2909	2609	10,31	2759

Πίνακας Π30: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 20°C, των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη.

Δοκιμή : IT-CY		Ημερομηνία : 4/2/2011		
Δοκίμιο	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	ΔS	M.O.
Δ1	8568	8585	-0,20	8577
Δ2	10052	9698	3,52	9875
Δ3	9419	8460	10,18	8940
Δ4	6138	5562	9,38	8649
Δ5	6599	6284	4,77	6442
Δ6	5964	5366	10,03	5665
Δ7	5890	5643	4,19	5767
Δ8	6764	6555	3,09	6660
Δ9	6580	6437	2,17	6509
Δ10	6123	6562	-7,17	6343
Δ11	7221	6880	4,72	7051
Δ12	6603	6679	-1,15	6641
Δ13	7418	7024	5,31	7221
Δ14	6597	6225	5,64	6411
Δ15	5988	6119	-2,19	6054
Δ16	6708	6134	8,56	6421
Δ17	3124	2825	9,57	2975
Δ18	3113	2810	9,73	2962
Δ19	2725	2378	12,73	2552
Δ20	2987	2626	12,09	2807
Δ21	2925	2799	4,31	2862
Δ22	2765	2638	4,59	2702
Δ23	2868	2647	7,71	2758
Δ24	2957	2937	0,68	2947
Δ25	3651	3403	6,79	3527
Δ26	3538	3708	-4,80	3623
Δ27	3622	3381	6,65	3502
Δ28	3231	2861	11,45	3046

Πίνακας Π31: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 15°C, των δοκιμών της ισοπεδωτικής στρώσης.

Δοκιμή : IT-CY		Ημερομηνία : 4/4/2011	
Δοκίμιο	Μέτρο Δυσκαμψίας	ΔS	
ΙΣΑα1	22722	8,03	
ΙΣΑα2	18638	10,12	
ΙΣΑα3	19353	11,04	
ΙΣΑβ1	18702	7,57	
ΙΣΑβ2	20721	14,00	
ΙΣΑβ3	17060	11,00	
ΙΣΑγ1	24468	8,94	
ΙΣΑγ2	23913	12,00	
ΙΣΑγ3	23749	11,22	
ΙΣΒα1	16853	7,46	
ΙΣΒα2	20359	6,88	
ΙΣΒα3	25537	1,49	
ΙΣΒβ1	19263	1,73	
ΙΣΒβ2	24317	7,18	
ΙΣΒβ3	19147	8,10	
ΙΣΒγ1	19881	14,00	
ΙΣΒγ2	26767	2,01	
ΙΣΒγ3	21106	4,76	
ΙΣΓα1	18821	-5,53	
ΙΣΓα2	17371	-0,62	
ΙΣΓγ3	20684	11,10	
ΙΣΓβ1	17185	0,23	
ΙΣΓβ2	20677	10,00	
ΙΣΓβ3	14936	5,00	
ΙΣΓγ1	22532	14,00	
ΙΣΓγ2	18986	15,00	
ΙΣΓγ3	21336	6,00	



Πίνακας Π32: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 15°C, των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το διαβάση.

Δοκιμή : IT-CY	Ημερομηνία : 7/4/2011	
Δοκίμιο	Μέτρο Δυσκαμψίας	ΔS
A1	22058	5,92
A2	20316	10,91
A3	15700	3,28
A4	13546	4,78
A5	12784	5,06
A6	17725	1,94
A7	14895	8,60
A8	13200	3,21
A9	14476	2,62
A10	13332	4,59
A11	14554	0,71
A12	14064	5,28
A13	16551	2,39
A14	18481	5,52
A15	17088	1,10
A16	22622	5,11
A17	8517	-0,40
A18	9880	-3,28
A19	4976	-4,37
A20	8758	-7,44
A21	6572	4,04
A22	7182	9,38
A23	6741	1,19
A24	5733	-2,96
A25	7837	-2,70
A26	6102	2,43
A27	7084	2,04
A28	7553	4,05

Πίνακας Π33: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 15°C, των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το γάββρο.

Δοκιμή : IT-CY		Ημερομηνία : 11/4/2011	
Δοκίμιο	Μέτρο Δυσκαμψίας	ΔS	
B1	19358	6,00	
B2	16890	7,00	
B3	19601	-1,86	
B4	17899	6,00	
B5	13796	4,00	
B6	11902	-1,42	
B7	12988	3,00	
B8	9550	-3,30	
B9	12289	3,00	
B10	15051	0,60	
B11	13909	2,00	
B12	20641	7,00	
B13	17816	4,00	
B14	13506	4,00	
B15	10378	-2,61	
B16	13058	-0,72	
B17	10434	8,00	
B18	6392	-0,72	
B19	7062	-0,60	
B20	7653	-0,78	
B21	8095	-5,30	
B22	7781	3,00	
B23	7899	6,00	
B24	7784	-0,69	
B25	6269	4,00	
B26	7283	4,00	
B27	7489	14,00	
B28	4555	-4,85	

Πίνακας Π34: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 15°C, των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς τη σκωρία.

Δοκιμή : IT-CY	Ημερομηνία : 13/4/2011	
Δοκίμιο	Μέτρο Δυσκαμψίας	ΔS
Γ1	21147	12,00
Γ2	19230	11,00
Γ3	21112	4,00
Γ4	16863	0,50
Γ5	8460	1,00
Γ6	9475	2,00
Γ7	9851	1,00
Γ8	8985	-0,60
Γ9	9664	7,00
Γ10	11743	3,00
Γ11	9525	-3,56
Γ12	10675	2,00
Γ13	11349	2,00
Γ14	10790	0,60
Γ15	12614	3,00
Γ16	9145	-1,82
Γ17	4375	-6,74
Γ18	4107	4,00
Γ19	5102	-7,59
Γ20	5060	-9,34
Γ21	7342	-8,61
Γ22	4937	7,00
Γ23	4441	9,00
Γ24	5041	-9,62
Γ25	5088	-3,07
Γ26	3967	10,00
Γ27	6798	-6,69
Γ28	4646	-8,40

Πίνακας Π35: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό του μέτρου δυσκαμψίας στους 15°C, των δοκιμών της αντιολισθηρής στρώσης με τύπο αδρανούς το σπηλίτη.

Δοκιμή : IT-CY		Ημερομηνία : 15/4/2011	
Δοκίμιο	Μέτρο Δυσκαμψίας	ΔS	
Δ1	17044	7,00	
Δ2	13558	4,00	
Δ3	12406	7,00	
Δ4	11914	4,00	
Δ5	9677	-3,68	
Δ6	9156	5,00	
Δ7	8978	4,00	
Δ8	9095	4,00	
Δ9	13577	9,00	
Δ10	14835	7,00	
Δ11	12419	4,00	
Δ12	11934	4,00	
Δ13	11379	5,00	
Δ14	8464	12,00	
Δ15	9609	8,00	
Δ16	11313	3,00	
Δ17	4460	7,00	
Δ18	4685	9,00	
Δ19	6265	6,00	
Δ20	4823	13,00	
Δ21	4875	3,00	
Δ22	6966	8,00	
Δ23	4072	5,00	
Δ24	4480	12,00	
Δ25	6159	9,00	
Δ26	5990	8,00	
Δ27	6830	4,00	
Δ28	4575	-1,62	

## Συγκεντρωτικοί Πίνακες

Πίνακας Π36: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών (ισοπεδωτική στρώση)

Κωδ. Δοκιμίου	Κενά κατά ASTM	Κενά κατά EN	Κενά κατά Διαστάσεις	Διηλεκτρική Σταθερά			Μέτρο Δυσκαμψίας 20 °C	Μέτρο Δυσκαμψίας 15 °C
				O54SF	O55A	M.O.		
ΙΣΑα1	1,45	1,17	3,20	5,8	4,0	4,9	10528	22722
ΙΣΑα2	6,37	2,15	5,07	5,5	4,1	4,8	9972	18638
ΙΣΑα3	1,45	2,16	4,25	5,7	4,2	5,0	12827	19353
ΙΣΑβ1	5,38	5,62	9,43	5,3	3,7	4,5	10701	18702
ΙΣΑβ2	4,40	5,59	7,18	5,8	4,1	5,0	10855	20721
ΙΣΑβ3	5,18	5,60	7,55	5,6	3,7	4,7	12467	17060
ΙΣΑγ1	7,59	7,25	10,79	5,6	3,7	4,7	12733	24468
ΙΣΑγ2	5,87	5,88	9,85	5,7	3,7	4,7	15401	23913
ΙΣΑγ3	6,50	6,44	9,63	5,6	3,7	4,7	15013	23749
ΙΣΒα1	3,23	3,60	6,60	5,4	3,7	4,6	10453	16853
ΙΣΒα2	3,08	3,21	5,17	5,8	3,9	4,9	13355	20359
ΙΣΒα3	3,13	3,15	6,12	5,8	3,8	4,8	12273	25537
ΙΣΒβ1	5,39	5,29	7,63	5,5	3,9	4,7	11552	19263
ΙΣΒβ2	5,15	5,19	6,78	5,6	3,8	4,7	13015	24317
ΙΣΒβ3	6,31	6,26	8,51	5,8	3,8	4,8	12617	19147
ΙΣΒγ1	7,29	7,41	9,01	5,8	3,8	4,8	13120	19881
ΙΣΒγ2	6,65	6,50	10,27	5,3	3,6	4,5	14979	26767
ΙΣΒγ3	7,14	7,56	10,55	5,4	3,8	4,6	13951	21106
ΙΣΓα1	4,70	5,08	6,68	5,7	3,9	4,8	11717	18821
ΙΣΓα2	4,42	4,56	6,97	5,7	3,9	4,8	12092	17371
ΙΣΓγ3	5,29	5,26	6,98	5,6	3,9	4,8	11721	20684
ΙΣΓβ1	7,16	7,07	9,56	5,4	3,8	4,6	12308	17185
ΙΣΓβ2	6,57	7,13	9,41	5,2	3,7	4,5	11971	20677
ΙΣΓβ3	6,61	6,97	8,84	5,4	3,8	4,6	11088	14936
ΙΣΓγ1	7,25	7,50	10,14	5,4	3,8	4,6	13049	22532
ΙΣΓγ2	7,51	7,89	9,70	5,6	3,8	4,7	13863	18986
ΙΣΓγ3	7,46	8,20	10,36	5,3	3,7	4,5	11516	21336

Πίνακας Π37: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών ( αντιολισθητής στρώσης: διαβάσης)

Κωδ. Δοκιμίου	Κενά κατά ASTM	Κενά κατά EN	Κενά κατά Διαστάσεις	Διηλεκτρική Σταθερά			Μέτρο Δυσκαμψίας 20 °C	Μέτρο Δυσκαμψίας 15 °C
				O54SF	O55A	M.O.		
A1	2,41	3,04	6,49	6,0	4,6	5,3	10019	22058
A2	1,10	2,14	7,39	6,3	4,4	5,4	12648	20316
A3	1,62	2,49	6,38	5,7	4,5	5,1	10268	15700
A4	1,47	1,88	6,44	5,0	4,7	4,9	10499	13546
A5	5,18	10,35	10,35	5,4	4,4	4,9	9065	12784
A6	5,23	11,08	11,08	5,4	4,2	4,8	9029	17725
A7	5,53	10,72	10,72	5,0	4,2	4,6	9171	14895
A8	6,21	10,72	10,72	5,1	4,4	4,8	8344	13200
A9	5,97	11,17	11,17	5,4	4,5	4,9	10595	14476
A10	6,18	10,68	10,68	5,4	4,2	4,8	9798	17332
A11	6,77	13,66	13,66	5,0	4,1	4,5	8283	14554
A12	7,16	13,73	13,73	5,1	4,0	4,6	8753	14064
A13	7,37	12,14	12,14	5,5	4,2	4,8	10071	16551
A14	6,75	12,07	12,07	5,4	4,3	4,8	10601	18481
A15	14,57	14,57	14,57	4,9	4,2	4,6	9473	17088
A16	7,39	11,78	11,78	5,3	4,3	4,8	10048	22622
A17	23,04	23,04	23,04	4,1	3,3	3,7	4108	8517
A18	24,05	24,05	24,05	4,4	3,0	3,7	3673	9880
A19	23,96	23,96	23,96	4,0	3,2	3,6	3217	4976
A20	23,40	23,40	23,40	4,4	3,3	3,8	3408	8758
A21	25,73	25,73	25,73	4,1	3,3	3,7	3903	6572
A22	24,64	24,64	24,64	4,1	3,7	3,9	4616	7182
A23	25,72	25,72	25,72	4,1	3,5	3,8	4037	6741
A24	23,99	23,99	23,99	4,2	3,5	3,9	3827	5733
A25	26,04	26,04	26,04	4,1	3,5	3,8	3906	7837
A26	26,22	26,22	26,22	4,3	3,6	4,0	3868	6102
A27	26,37	26,37	26,37	3,5	3,6	3,6	4513	7084
A28	25,34	25,34	25,34	4,0	3,3	3,6	4354	7553

Πίνακας Π38: Συγκεντρικός πίνακας αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών (αντιολισθητής στρώσης: γάββρος)

Κωδ. Δοκιμίου	Κενά κατά ASTM	Κενά κατά EN	Κενά κατά Διαστάσεις	Διηλεκτρική Σταθερά			Μέτρο Δυσκαμψίας 20 °C	Μέτρο Δυσκαμψίας 15 °C
				O54SF	O55A	M.O.		
B1	2,40	2,57	3,84	5,5	4,6	5,1	10497	19358
B2	1,65	1,83	4,95	5,3	4,5	4,9	11011	16890
B3	1,79	1,86	4,98	5,1	4,5	4,8	9311	19601
B4	3,20	4,21	6,30	5,3	4,3	4,8	10156	17899
B5	3,38	8,80	8,80	5,0	4,3	4,6	9314	13796
B6	4,87	8,84	8,84	5,1	4,1	4,6	8832	11902
B7	3,71	8,56	8,56	5,1	4,4	4,8	8534	12988
B8	4,52	9,70	9,70	5,2	4,4	4,8	7425	9550
B9	5,58	10,47	10,47	4,9	4,6	4,7	8505	12289
B10	4,39	8,68	8,68	5,3	4,5	4,9	9633	15051
B11	4,92	10,65	10,65	5,2	4,5	4,8	8492	13909
B12	5,52	9,30	9,30	5,0	4,4	4,7	10256	20641
B13	6,34	11,18	11,18	5,4	4,4	4,9	9443	17816
B14	6,08	11,55	11,55	5,4	4,4	4,9	8329	13506
B15	6,51	11,65	11,65	5,4	4,3	4,8	8924	10378
B16	6,13	10,89	10,89	5,1	4,5	4,8	9487	13058
B17	18,28	18,28	18,28	4,2	3,6	3,9	5532	10434
B18	19,17	19,17	19,17	4,5	3,7	4,1	4985	6392
B19	18,66	18,66	18,66	4,1	3,5	3,8	5466	7062
B20	20,06	20,06	20,06	4,2	3,7	3,9	5642	7653
B21	20,68	20,68	20,68	4,3	3,9	4,1	5401	8095
B22	21,05	21,05	21,05	4,6	3,3	3,9	5440	7781
B23	20,64	20,64	20,64	4,4	3,8	4,1	5460	7899
B24	19,79	19,79	19,79	4,3	3,7	4,0	4942	7784
B25	21,10	21,10	21,10	4,4	3,7	4,1	4522	6269
B26	22,05	22,05	22,05	4,1	3,1	3,6	4462	7283
B27	21,79	21,79	21,79	4,5	3,1	3,8	5068	7489
B28	22,39	22,39	22,39	4,3	3,1	3,7	3670	4555

Πίνακας Π39: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών (αντιολισθητής στρώσης σκυρία)

Κωδ. Δοκιμίου	Κενά κατά ASTM	Κενά κατά EN	Κενά κατά Διαστάσεις	Διηλεκτρική Σταθερά			Μέτρο Δυσκαμψίας 20 °C	Μέτρο Δυσκαμψίας 15 °C
				O54SF	O55A	M.O.		
Γ1	2,72	3,99	5,59	9,1	6,8	8,0	11592	21147
Γ2	4,73	4,87	7,09	8,2	7,1	7,6	8561	19230
Γ3	3,29	3,82	5,34	8,5	6,9	7,7	10926	21112
Γ4	3,04	2,83	5,56	9,5	6,7	8,1	11929	16863
Γ5	4,70	4,87	10,31	9,6	6,1	7,8	6331	8460
Γ6	6,15	5,99	12,48	8,4	6,0	7,2	5491	9475
Γ7	4,56	4,91	9,69	9,1	5,8	7,4	6090	9851
Γ8	4,31	4,36	9,92	8,9	7,1	8,0	5469	8985
Γ9	5,00	5,12	9,50	8,9	7,3	8,1	6124	9664
Γ10	6,05	5,59	10,86	8,5	6,6	7,5	6398	11743
Γ11	7,27	6,85	14,55	7,9	7,0	7,5	5418	9525
Γ12	5,15	5,92	11,07	8,4	6,4	7,4	6111	10675
Γ13	15,00	8,92	15,00	8,3	6,5	7,4	6710	11349
Γ14	14,40	8,50	14,40	8,9	6,5	7,7	7380	10790
Γ15	14,84	9,21	14,84	8,0	6,6	7,3	6457	12614
Γ16	15,59	8,33	15,59	8,5	6,8	7,7	6009	9145
Γ17	25,37	25,37	25,37	7,1	5,1	6,1	2989	4375
Γ18	24,01	24,01	24,01	7,2	5,2	6,2	2773	4107
Γ19	24,72	24,72	24,72	6,9	4,8	5,8	3263	5102
Γ20	23,11	23,11	23,11	6,7	5,1	5,9	3258	5060
Γ21	24,83	24,83	24,83	6,8	5,6	6,2	3689	7342
Γ22	22,49	22,49	22,49	7,2	5,6	6,4	2536	4937
Γ23	23,95	23,95	23,95	7,3	5,4	6,4	2915	4441
Γ24	24,64	24,64	24,64	5,9	5,9	5,9	2812	5041
Γ25	25,94	25,94	25,94	6,9	4,8	5,8	3156	5088
Γ26	27,48	27,48	27,48	6,6	5,6	6,1	3037	3967
Γ27	27,17	27,17	27,17	7,0	5,1	6,1	3405	6798
Γ28	25,80	25,80	25,80	6,9	5,6	6,3	2759	4646



Πίνακας Π40: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών (αντιολισθηρής στρώσης σπηλίτης)

Κωδ. Δοκιμίου	Κενά κατά ASTM	Κενά κατά EN	Κενά κατά Διαστάσεις	Διηλεκτρική Σταθερά			Μέτρο Δυσκαμψίας 20 °C	Μέτρο Δυσκαμψίας 15 °C
				O54SF	O55A	M.O.		
Δ1	4,08	4,07	7,57	5,8	4,8	5,3	8577	17044
Δ2	2,82	3,09	6,05	6,0	4,6	5,3	9875	13558
Δ3	3,68	3,48	5,96	6,2	4,6	5,4	8940	12406
Δ4	2,56	2,96	5,78	6,2	4,5	5,4	8649	11914
Δ5	6,00	6,27	10,00	5,8	4,5	5,2	6442	9677
Δ6	6,26	6,91	10,68	5,9	4,7	5,3	5665	9156
Δ7	6,87	6,88	12,43	5,8	4,4	5,1	5767	8978
Δ8	5,84	5,83	11,01	6,1	4,5	5,3	6660	9095
Δ9	6,86	7,05	12,13	5,7	4,7	5,2	6509	13577
Δ10	6,84	7,29	11,76	6,2	4,7	5,5	6343	14835
Δ11	4,49	5,17	8,96	6,0	4,4	5,2	7051	12419
Δ12	13,00	8,33	13,00	5,8	4,6	5,2	6641	11934
Δ13	14,14	8,78	14,14	5,6	4,7	5,2	7221	11379
Δ14	7,89	7,50	12,49	5,8	5,0	5,4	6411	8464
Δ15	13,96	8,81	13,96	5,8	4,6	5,2	6054	9609
Δ16	14,80	9,68	14,80	5,9	4,6	5,2	6421	11313
Δ17	21,84	21,84	21,84	4,9	3,0	3,9	2975	4460
Δ18	20,82	20,82	20,82	5,3	2,9	4,1	2962	4685
Δ19	22,14	22,14	22,14	5,3	2,6	4,0	2552	6265
Δ20	21,52	21,52	21,52	5,6	3,2	4,4	2807	4823
Δ21	21,44	21,44	21,44	5,4	2,7	4,1	2862	4875
Δ22	22,46	22,46	22,46	5,1	2,9	4,0	2702	6966
Δ23	22,63	22,63	22,63	5,0	2,8	3,9	2758	4072
Δ24	22,36	22,36	22,36	4,8	2,9	3,9	2947	4480
Δ25	22,00	22,00	22,00	5,3	3,1	4,2	3527	6159
Δ26	22,19	22,19	22,19	5,4	3,0	4,2	3623	5990
Δ27	22,01	22,01	22,01	5,6	3,1	4,3	3502	6830
Δ28	22,55	22,55	22,55	4,7	3,2	4,0	3046	4575

Πίνακας Π41: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - EN (ισοπεδωτική στρώση)

t-Test: Paired Two Sample for Means	<i>ASTM</i>	<i>EN</i>
Mean	5,502281696	5,544797878
Variance	3,190510952	3,638566826
Observations	27	27
Pearson Correlation	0,878811949	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	26	
t Stat	-0,240967551	
P(T<=t) one-tail	0,405735192	
t Critical one-tail	1,705617901	
P(T<=t) two-tail	0,811470384	
t Critical two-tail	2,055529418	

Πίνακας Π42: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - Διαστάσεων (ισοπεδωτική στρώση)

t-Test: Paired Two Sample for Means	<i>ASTM</i>	<i>Διαστάσεων</i>
Mean	5,502281696	8,008419903
Variance	3,190510952	4,324246615
Observations	27	27
Pearson Correlation	0,871776709	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	26	
t Stat	-12,77828915	
P(T<=t) one-tail	5,141E-13	
t Critical one-tail	1,705617901	
P(T<=t) two-tail	1,0282E-12	
t Critical two-tail	2,055529418	

Πίνακας Π43: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test EN - Διαστάσεων (ισοπεδωτική στρώση)

t-Test: Paired Two Sample for Means	<i>EN</i>	<i>Διαστάσεων</i>
Mean	5,544797878	8,008419903
Variance	3,638566826	4,324246615
Observations	27	27
Pearson Correlation	0,936490166	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	26	
t Stat	-17,52762811	
P(T<=t) one-tail	3,19723E-16	
t Critical one-tail	1,705617901	
P(T<=t) two-tail	6,39446E-16	
t Critical two-tail	2,055529418	

Πίνακας Π44: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - EN (διαβάσης)

t-Test: Paired Two Sample for Means	ASTM	EN
Mean	1,650139429	2,3855412
Variance	0,303277207	0,250034488
Observations	4	4
Pearson Correlation	0,867860368	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	3	
t Stat	-5,35838584	
P(T<=t) one-tail	0,00635916	
t Critical one-tail	2,353363435	
P(T<=t) two-tail	0,012718319	
t Critical two-tail	3,182446305	

Πίνακας Π45: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - Διαστάσεων (διαβάσης)

t-Test: Paired Two Sample for Means	ASTM	Διαστάσεων
Mean	4,333779304	9,552799711
Variance	4,820018369	6,026819311
Observations	11	11
Pearson Correlation	0,941947076	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-20,79122116	
P(T<=t) one-tail	7,34077E-10	
t Critical one-tail	1,812461102	
P(T<=t) two-tail	1,46815E-09	
t Critical two-tail	2,228138842	

Πίνακας Π46: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test EN - Διαστάσεων (διαβάσης)

t-Test: Paired Two Sample for Means	EN	Διαστάσεων
Mean	2,3855412	6,675
Variance	0,250034488	0,229233333
Observations	4	4
Pearson Correlation	-0,292839729	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	3	
t Stat	-10,89977089	
P(T<=t) one-tail	0,000826386	
t Critical one-tail	2,353363435	
P(T<=t) two-tail	0,001652772	
t Critical two-tail	3,182446305	

Πίνακας Π47: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - EN (γάββρος)

t-Test: Paired Two Sample for Means	ASTM	EN
Mean	2,261340612	2,61720606
Variance	0,496888248	1,24011693
Observations	4	4
Pearson Correlation	0,984819505	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	3	
t Stat	-1,62909494	
P(T<=t) one-tail	0,100890597	
t Critical one-tail	2,353363435	
P(T<=t) two-tail	0,201781194	
t Critical two-tail	3,182446305	

Πίνακας Π48: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - Διαστάσεων (γάββρος)

t-Test: Paired Two Sample for Means	ASTM	Διαστάσεων
Mean	4,437510176	8,76984438
Variance	2,565448995	6,22064338
Observations	16	16
Pearson Correlation	0,936925166	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	15	
t Stat	-15,1967246	
P(T<=t) one-tail	8,07441E-11	
t Critical one-tail	1,753050325	
P(T<=t) two-tail	1,61488E-10	
t Critical two-tail	2,131449536	

Πίνακας Π49: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test EN - Διαστάσεων (γάββρος)

t-Test: Paired Two Sample for Means	EN	Διαστάσεων
Mean	2,617206056	5,01612846
Variance	1,240116931	1,01510404
Observations	4	4
Pearson Correlation	0,651514053	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	3	
t Stat	-5,38694646	
P(T<=t) one-tail	0,006266114	
t Critical one-tail	2,353363435	
P(T<=t) two-tail	0,012532228	
t Critical two-tail	3,182446305	

Πίνακας Π50: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - EN (σκωρία)

t-Test: Paired Two Sample for Means	ASTM	EN
Mean	4,747727673	4,927006885
Variance	1,787627937	1,195500816
Observations	12	12
Pearson Correlation	0,934680078	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	-1,2412457	
P(T<=t) one-tail	0,120166428	
t Critical one-tail	1,795884814	
P(T<=t) two-tail	0,240332857	
t Critical two-tail	2,200985159	

Πίνακας Π51: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - Διαστάσεων (σκωρία)

t-Test: Paired Two Sample for Means	ASTM	Διαστάσεων
Mean	4,747727673	9,330161965
Variance	1,787627937	8,460601472
Observations	12	12
Pearson Correlation	0,93111227	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	-9,15569086	
P(T<=t) one-tail	8,85888E-07	
t Critical one-tail	1,795884814	
P(T<=t) two-tail	1,77178E-06	
t Critical two-tail	2,200985159	

Πίνακας Π52: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test EN - Διαστάσεων (σκωρία)

t-Test: Paired Two Sample for Means	ASTM	Διαστάσεων
Mean	5,880282753	10,73661636
Variance	3,816352841	12,58336533
Observations	16	16
Pearson Correlation	0,922724659	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	15	
t Stat	-10,2223515	
P(T<=t) one-tail	1,8693E-08	
t Critical one-tail	1,753050325	
P(T<=t) two-tail	3,73859E-08	
t Critical two-tail	2,131449536	

Πίνακας Π53: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - EN (σπηλίτης)

t-Test: Paired Two Sample for Means	ASTM	EN
Mean	5,11861144	5,36399839
Variance	2,71094472	2,84404728
Observations	11	11
Pearson Correlation	0,98567909	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-2,8574039	
P(T<=t) one-tail	0,00851626	
t Critical one-tail	1,8124611	
P(T<=t) two-tail	0,01703253	
t Critical two-tail	2,22813884	

Πίνακας Π54: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test ASTM - Διαστάσεων (σπηλίτης)

t-Test: Paired Two Sample for Means	ASTM	Διαστάσεων
Mean	5,11861144	9,30337059
Variance	2,71094472	6,63827518
Observations	11	11
Pearson Correlation	0,97632843	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-13,44452	
P(T<=t) one-tail	4,9819E-08	
t Critical one-tail	1,8124611	
P(T<=t) two-tail	9,9639E-08	
t Critical two-tail	2,22813884	

Πίνακας Π55: Αποτελέσματα εφαρμογής T-Test EN - Διαστάσεων (σπηλίτης)

t-Test: Paired Two Sample for Means	EN	Διαστάσεων
Mean	6,38194002	10,6706513
Variance	4,49664069	9,0400037
Observations	16	16
Pearson Correlation	0,98352225	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	15	
t Stat	-17,194925	
P(T<=t) one-tail	1,3918E-11	
t Critical one-tail	1,75305033	
P(T<=t) two-tail	2,7836E-11	
t Critical two-tail	2,13144954	

