



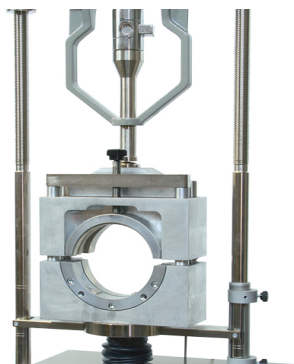
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΛΙΚΩΝ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ «ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ
ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΕ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ
LEUTNER»



Μπάργλας Χρήστος

A.M: 309

Επιβλέπων Καθηγητής: Ματίκας Θεόδωρος

Ιωάννινα, Δεκέμβριος 2024

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Μ.Δ.Ε.) εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών για την απόκτηση του Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Μ.Σ.) του Διατμηματικού Προγράμματος Σπουδών στην «Χημεία και Τεχνολογία των Υλικών» των Τμημάτων Μηχανικών Επιστήμης Υλικών, Χημείας και Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Το Δίπλωμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Μ.Σ) απονέμεται από το Τμήμα Μηχανικών Επιστήμης Υλικών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (ΦΕΚ 1949/01.06.2018 τ. Β').

Εγκρίθηκε την 18/12/24 από την εξεταστική επιτροπή:

1. **Ματίκας Θεόδωρος**, Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Επιστήμης Υλικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Παν/μίου Ιωαννίνων, **Επιβλέπων**
2. **Καράντζαλης Αλέξανδρος**, Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Επιστήμης Υλικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Παν/μίου Ιωαννίνων
3. **Ζαφειρόπουλος Ε. Νικόλαος**, Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Επιστήμης Υλικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Παν/μίου Ιωαννίνων

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

"Δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε κάτω από τους διεθνείς ηθικούς και ακαδημαϊκούς κανόνες δεοντολογίας και προστασίας της πνευματικής ιδιοκτησίας. Σύμφωνα με τους κανόνες αυτούς, δεν έχω προβεί σε ιδιοποίηση ξένου επιστημονικού έργου και έχω πλήρως αναφέρει τις πηγές που χρησιμοποίησα στην εργασία αυτή."

(Υπογραφή υποψηφίου)



Πρόλογος-Ευχαριστίες

Η διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανικών Επιστήμης Υλικών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κύριο Ματίκα Θεόδωρο για την αμέριστη συμπαράσταση και τη συνεχή του υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Χωρίς αυτήν θα ήταν πρακτικά αδύνατο να προκύψει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση τόσο στο θέμα των ασφαλικών υλικών γενικά και ειδικότερα για το παρόν πείραμα, που αποτελεί άλλωστε μια όχι και τόσο διαδεδομένη μεθοδολογία δοκιμών.

Σημαντική ήταν και παραμένει η υποστήριξη όλων των οικείων μου, σε επαγγελματικό και προσωπικό επίπεδο, που έμμεσα ή άμεσα βοήθησαν με τον τρόπο τους.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω το εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου ΓΕΩΤΕΣΤ ΑΕ στα Ιωάννινα για τη στήριξη και την επί τόπου παρουσία σε έργα οδοστρωσίας.

Η γνώση που αποκτήθηκε στο πλαίσιο του παρόντος προγράμματος σπουδών αποτελεί προστιθέμενη αξία που εύχομαι να μπορεί να εφαρμοστεί και στην πράξη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	1
Κατάλογος Πινάκων	3
Κατάλογος Εικόνων.....	4
Κατάλογος Σχημάτων	5
Περίληψη	6
Abstract	7
Κεφάλαιο 1: Η Ασφαλτος στην οδοποιία	8
1.1 Ασφαλτικές Στρώσεις	8
1.2 Οδοστρώματα-γενικά.....	8
1.2.1 Στρώση έδρασης	14
1.2.2 Βάση/Υπόβαση	14
1.2.3 Ασφαλτικές στρώσεις	15
1.2.4 Αντιολισθηρή στρώση	16
1.3 Στρώσεις Θεμελίωσης.....	17
1.4 Βασικές αρχές υπολογισμού	19
1.5 Τύποι ασφάλτου.....	22
1.5.1 Άσφαλτοι οδοστρωσίας	22
1.5.2 Άσφαλτοι για βιομηχανική χρήση-οξειδωμένες άσφαλτοι.....	27
1.5.3 Σκληρές άσφαλτοι οδοστρωσίας	29
1.6 Υπολογισμός της βέλτιστης περιεκτικότητας ασφάλτου.....	30
Κεφάλαιο 2: Τα ασφαλτικά υλικά	34
2.1 Ασφαλτικά υλικά – γενικά.....	34
2.2 Δοκιμές ασφάλτου	35
2.2.1. Δοκιμή διεισδυτικότητας	35
2.2.2. Δοκιμή υγρασίας.....	35
2.2.3 Δοκιμή μάλθωσης	35
2.2.4 Δοκιμή ολκιμότητας	36
2.2.5 Δοκιμή τέφρας	36
2.2.6 Δοκιμή απώλειας βάρους.....	36
2.2.7 Δοκιμή διαλυτότητας σε οργανικούς διαλύτες	37
2.2.8 Δοκιμή ανάφλεξης	37
2.2.9 Δοκιμή γαλάκτωσης.....	37
2.2.10 Δοκιμή εκχύλισης ασφάλτου	37
2.3 Τύποι ασφάλτου και είδη ασφαλτικών	38
2.3.1 Τύποι και εφαρμογές ασφάλτου	38
2.3.2 Ασφαλτικά διαλύματα	39
2.3.3 Ασφαλτικά γαλακτώματα	40
2.3.4. Αντιωδρόφιλα υλικά.....	44
2.4 Ασφαλτικές επαλείψεις.....	45
2.4.1 Γενικά.....	45
2.4.2 Προεπάλειψη.....	46
2.4.3 Συγκολλητική επάλειψη.....	48
2.4.4 Απλή, διπλή και τριπλή επάλειψη.....	51
2.5 Τα υλικά συγκόλλησης	54
2.6 Μέτρηση συγκολλητικής επάλειψης KE-1 επί τόπου του έργου	59
2.7 Αδρανή υλικά.....	60

Κεφάλαιο 3: Κατασκευή-Συντήρηση	64
3.1 Τάσεις οδοστρώματος.....	64
3.2 Φέρουσα ικανότητας στρώσης έδρασης (ΦΙΕ).....	65
3.3 Κατασκευή οδοστρωμάτων κατά φάσεις.....	67
3.3.1 Κατασκευή σε δύο φάσεις	67
3.3.2 Κατασκευή σε μία φάση	67
3.4 Διορθωτικά μέτρα	68
3.5 Φθορές και Συντήρηση των ασφαλτικών οδοστρωμάτων.....	73
3.5.1 Γενικά.....	73
3.5.2 Φθορές και συντήρηση εύκαμπτων οδοστρωμάτων.....	74
3.5.3 Φθορές και συντήρηση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων	78
Κεφάλαιο 4: Πειραματική Διαδικασία	81
4.1 Σκοπός του πειράματος.....	81
4.2 Περιγραφή της διαδικασίας	81
4.3 Εξοπλισμός και συσκευές δοκιμής	82
4.4 Δείγματα	86
4.5 Εκτέλεση.....	89
4.5.1 Προετοιμασία Δείγματος	89
4.5.2 Διάτμηση.....	89
Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα	91
5.1 Έκθεση- Εκτίμηση Αποτελεσμάτων.....	91
5.1.1 Πληροφορίες της έκθεσης δοκιμής.....	91
5.2 Διαγράμματα διατμητικής τάσης - παραμόρφωσης.....	92
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα	116
Βιβλιογραφία	118

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Πρακτική σημασία δοκιμών ασφάλτου.....	19
Πίνακας 2: Δομικές στα υπολείμματα απόσταξης	20
Πίνακας 3: Δομικές στα ασφατικά γαλακτώματα.....	21
Πίνακας 4: Τύποι και χαρακτηριστικές ιδιότητες ασφάλτων οδοστρώσας από 20dmm έως 200dmm κατά EN 12591	24
Πίνακας 5: Συμπληρωματικός πίνακας χαρακτηριστικών ιδιοτήτων ασφάλτων 20dmm έως 200dmm κατά EN 12591	25
Πίνακας 6: Τύποι και ιδιότητες ασφάλτων οδοστρώσας βάση διεισδυσης κατά το Αμερικανικό πρότυπο ASTM 946	25
Πίνακας 7: Τύποι και ιδιότητες ασφάλτων οδοστρώσας βάσει ιξώδους κατά το Αμερικανικό πρότυπο ASTM.....	26
Πίνακας 8: Ιδιότητες οξειδωμένων ασφάλτων κατά EN 13304.....	28
Πίνακας 9 : Τύποι και ιδιότητες σκληρών ασφάλτων οδοστρώσας κατά ΕΛΟΤ EN 1259 (Νικολαΐδης, 2011).....	29
Πίνακας 10:Κριτήρια Marshall για οδοστρώματα οδών κατά Asphalt institute.....	32
Πίνακας 11: Διαβάθμιση υλικού ψηφιδών.....	52
Πίνακας 12: Ποσότητα συγκολλητικής επάλειψης(tack coat KE-1).....	59
Πίνακας 13: Προτεινόμενες ελάχιστες ποσότητες εδαφικού υλικού για κοκκομετρική ανάλυση.....	61
Πίνακας 14: Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών.....	62
Πίνακας 15:Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών για ασφατικό σκυρόδεμα κλειστού τύπου.....	63
Πίνακας 16: Μετρήσεις διατμητικής δύναμης και παραμόρφωσης.....	115

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Μέτρηση θερμοκρασίας ασφαλτομίγματος κατά τη διάστρωση.....	34
Εικόνα 2: Κοινοί τύποι ασφαλικών γαλακτωμάτων στην Ελλάδα	43
Εικόνα 3: Ασφαλτική προεπάλειψη σε υλικό βάσης	47
Εικόνα 4: Συμπύκνωση-διάστρωση ασφαλικού.....	47
Εικόνα 5: Διανομέας (federal)ασφαλικού διαλύματος.....	50
Εικόνα 6: Διάστρωση ασφαλικού.....	50
Εικόνα 7: Ρωγμές από ολίσθηση	57
Εικόνα 8: Σπάσιμο ασφάλτου εξαιτίας κακής συγκόλλησης των ασφαλικών στρωμάτων λόγω υπερβολικής επάλλειψης γαλακτώματος.....	57
Εικόνα 9: Φωτογραφικό υλικό από έργο ασφαλτόστρωσης.....	57
Εικόνα 10 : Οδόστρωμα πριν και μετά την εφαρμογή συγκολλητικής επάλειψης.....	59
Εικόνα 11: Φάσμα μήκους κύματος επιφανειακών χαρακτηριστικών.....	69
Εικόνα 12: Παράμετροι που επηρεάζουν τις απαιτήσεις ως προς την ασφάλεια, άνεση, προστασία περιβάλλοντος και οικονομία κατά την οδήγηση.....	70
Εικόνα 13:Συσκευή διάτμησης Leutner-διαστάσεις.....	82
Εικόνα 14:Συσκευή διάτμησης Leutner.....	86
Εικόνα 15: Διαστάσεις συσκευής-κεφαλής διάτμησης.....	86
Εικόνα 16:Λογισμικό καταγραφής διατμητικής δύναμης-μετατόπισης.....	87
Εικόνα 17: Μηχανή Matest 50kn-Leutner test.....	88
Εικόνα 18: Υδατόλουτρο για διατήρηση θερμοκρασίας 45°C και 60°C.....	88
Εικόνα 19: Ασφαλτικοί πυρήνες-όρια στρώσεων-ύψη.....	90
Εικόνα 20: Ασφαλτικοί πυρήνες- σήμανση ορίων στρώσεων-σήμανση ύψων.....	90
Εικόνα 21: Ύψη ασφαλικών στρώσεων.....	91
Εικόνα 22: Ασφαλτικοί πυρήνες.....	91
Εικόνα 23:Ασφαλτικοί πυρήνες πριν τη διάτμηση και μετά.....	93
Εικόνα 24: Εξοπλισμός πειράματος.....	94

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1:Χαρακτηριστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος.....	9
Σχήμα 2:Χαρακτηριστική διατομή δύσκαμπτου οδοστρώματος.....	10
Σχήμα 3:Δομή εύκαμπτων και ημιάκαμπτων οδοστρωμάτων.....	13
Σχήμα 4: Τυπική τομή ασφάλτου.....	16
Σχήμα 5: Τυπικά διαγράμματα χαρακτηριστικών ιδιοτήτων Marshall.....	30
Σχήμα 6: Διαδικασία παραγωγής ασφαλικών γαλακτωμάτων.....	42
Σχήμα 7: Πιθανές αστοχίες στη διεπαφή οδοτρώματος.....	58
Σχήμα 8: Η αλληλουχία των διεργασιών παραγωγής των αδρανών υλικών.....	60
Σχήμα 9: Αντίσταση σε ολίσθηση υγρών επιφανειών.....	71
Σχήμα 10: Επίδραση βάθους υφής στη μείωση του συντελεστή πέδησης (BFC) με την αύξηση ταχύτητας.....	72
Σχήμα 11: Παραδείγματα ρηγματώσεων εύκαμπτων οδοστρωμάτων.....	75
Σχήμα 12:Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης βάσει TPAsphalt-StB.....	92

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά στον προσδιορισμό της αντοχής της συγκόλλησης ασφαλικών στρώσεων οδοστρώματος, σε διαφορετικές θερμοκρασίες, με τη μέθοδο Leutner.

Τα σύγχρονα ασφαλικά οδοστρώματα χαρακτηρίζονται από την κατασκευή τους σε πολλές στρώσεις. Είναι απαραίτητο να κατασκευάζονται σε στρώσεις των 4-6cm καθώς είναι αδύνατο να συμπυκνωθεί στρώση μεγαλύτερου πάχους. Έτσι η διάρκεια ζωής και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός ασφαλικού οδοστρώματος δεν εξαρτώνται από την κάθε στρώση ξεχωριστά αλλά κυρίως από την αντοχή συγκόλλησης τους. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες είναι η ποσότητα της συγκολλητικής επάλειψης πριν τη διάστρωση της κάθε στρώσης. Η ύπαρξη υγρασίας, η καθαρότητα της επιφάνειας είναι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την συγκόλληση της κάθε στρώσης με την επόμενη.

Η εργασία καταλήγει πως η θερμοκρασία αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή συγκόλλησης και πως η βελτίωση της συνάφειας μεταξύ των στρώσεων, μέσω τεχνικών όπως η χρήση συγκολλητικών υλικών υψηλής απόδοσης, είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της ανθεκτικότητας του οδοστρώματος σε διαφορετικές συνθήκες.

Το πλούσιο φωτογραφικό υλικό από πραγματικά έργα, εντός και εκτός χώρας, ευχόμαστε να καταστήσει την εργασία χρήσιμη κατάθεση εμπειριών για κάθε ενδιαφερόμενο. Η υλοποίηση του πειράματος που συζητήθηκε εκτενώς τόσο με τον επιβλέποντα καθηγητή όσο και με ανθρώπους της αγοράς με εμπειρία βοήθησε να αποτυπωθεί με κατανοητό τρόπο και να μην αποτελεί μια στείρα προσέγγιση αριθμητικών μεγεθών. Τα σχετικά διαγράμματα και η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων συμβάλουν προς αυτή την κατεύθυνση.

Abstract

This work concerns the determination of bond strength of asphalt pavement layers, at different temperatures, using the Leutner method.

Modern asphalt pavements are characterized by their construction in many layers. It is necessary to construct them in layers of 4-6cm as it is impossible to compact a layer of greater thickness. Thus, the lifetime and quality characteristics of an asphalt pavement do not depend on each layer separately but mainly on their bonding strength. One of the most important factors is the amount of the adhesive before each layer is applied. The presence of moisture, the cleanliness of the surface are factors that can affect the adhesion of each layer to the next.

The work concludes that temperature is one of the most critical factors affecting bond strength and that improving the adhesion between layers, through techniques such as the use of high-performance adhesives, is essential to ensure the durability of the pavement in different conditions.

The photographic material from real projects, both within and outside the country, will make the work a useful record of experiences for anyone interested. The implementation of the experiment, which was discussed extensively with both the supervising professor and experienced market people, helped to capture it in an understandable way and not constitute a sterile approach of numerical values. The relevant diagrams and grouping of results contribute also in this direction.

Κεφάλαιο 1: Η Ασφαλτος στην οδοποιία

1.1 Ασφαλτικές Στρώσεις

Το πρόβλημα του προσδιορισμού της αντοχής της συγκόλλησης των ασφαλτικών στρώσεων του οδοστρώματος αποτελεί βασικό ζήτημα τόσο για την ποιότητα όσο τη συντήρηση στη χρήση και στη λειτουργία του οδοστρώματος.

Η μέχρι σήμερα πραγματικότητα, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, όπως έχει μελετηθεί, καταδεικνύει προβλήματα και αστοχίες, όσον αφορά στους ασφαλτικούς τάπητες, που σχετίζονται αφενός με τον ελλιπή ποιοτικό τους έλεγχο και αφετέρου με την ποιότητα της υφιστάμενης υποδομής των δρόμων (ΤΕΕ-TAK, 1995).

Η τήρηση των σχετικών προδιαγραφών καθώς και η εμπειρία της επίβλεψης των δημόσιων οδών αποτελούν εξίσου σημαντικά ζητήματα, που όμως θα αναλυθούν αναλόγως στην παρούσα εργασία.

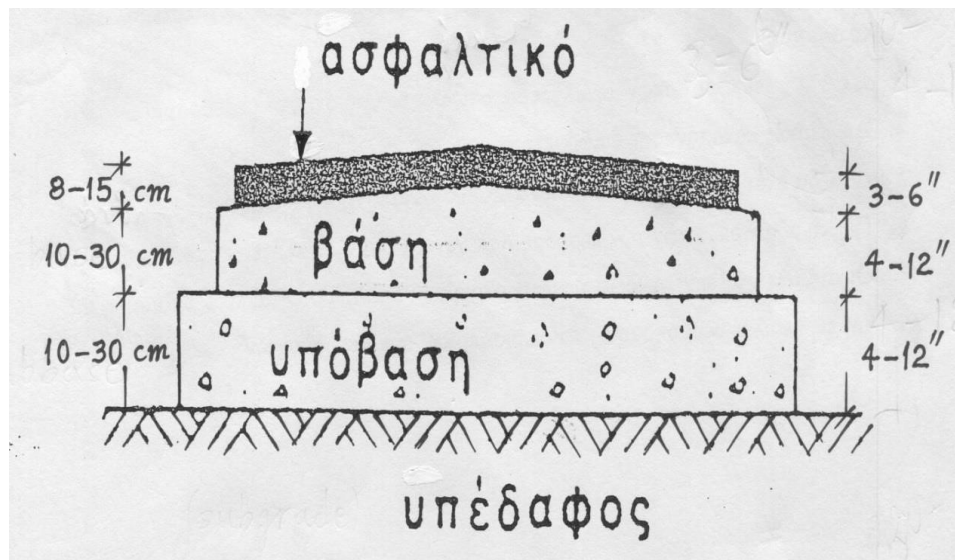
Η διεξοδική βιβλιογραφική μελέτη ξεκινά από τον επίσημο φορέα και τον πιο αρμόδιο σε τεχνικά ζητήματα, το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, που έχει τονίσει σχεδόν όλα τα ζητήματα, τόσο στο κεντρικό του τμήμα όσο και στα παραρτήματα, που αφορούν στα υλικά, τις αστοχίες αλλά και τις επιτυχημένες προσπάθειες κατασκευής οδών στον ελληνικό χώρο.

1.2 Οδοστρώματα-γενικά

Το οδόστρωμα (pavement) είναι ένα σύνολο στρώσεων πάνω από το φυσικό έδαφος για να το ενισχύσει ώστε αυτό να φέρει με ασφάλεια τα επιβαλλόμενα φορτία οχημάτων και περιβάλλοντος (π.χ. θερμοκρασιακά).

Ανάλογα με την ευκαμψία τους τα οδοστρώματα διακρίνονται σε εύκαμπτα (flexible) των οποίων η ανώτερη στρώση είναι από ασφαλτικό υλικό και σε δύσκαμπτα (rigid) των οποίων η ανώτερη στρώση είναι από άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα. Μεταξύ των δύο αυτών βασικών κατηγοριών υπάρχει και μία ενδιάμεση κατηγορία, αυτή των ημιεύκαμπτων οδοστρωμάτων.

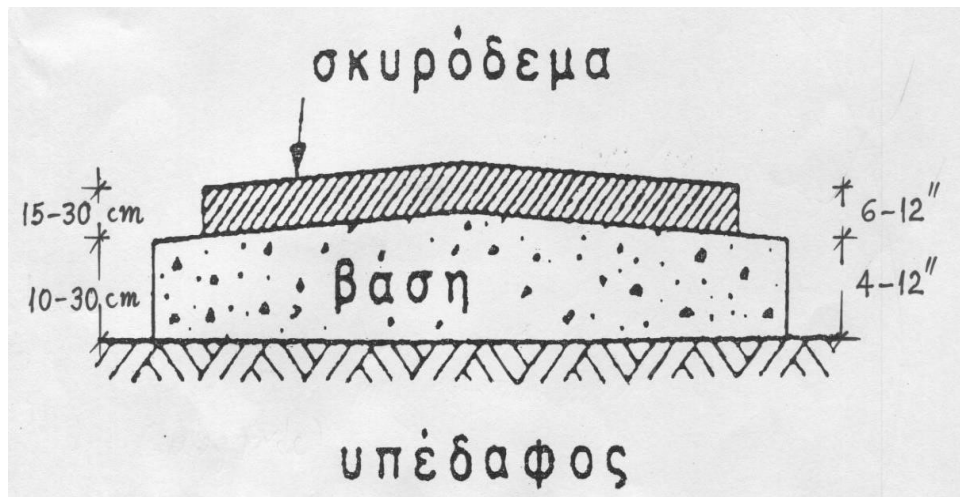
Ένα τυπικό εύκαμπτο οδόστρωμα σε τομή φαίνεται στο Σχήμα 1 και αποτελείται από πάνω προς τα κάτω από την ασφαλτική στρώση (asphalt concrete-AC ή hot mix asphalt-HMA), τη βάση (base), την υπόβαση (subbase) και το υπέδαφος (subgrade). Το σχήμα δείχνει επίσης τυπικές διαστάσεις παχών των διαφόρων στρώσεων. Ένα τυπικό δύσκαμπτο οδόστρωμα σε τομή φαίνεται στο Σχήμα 2 και αποτελείται από πάνω προς τα κάτω από την πλάκα σκυροδέματος (concrete slab), τη βάση (base), η οποία μπορεί και να μην υπάρχει, και το υπέδαφος (subgrade). Το σχήμα δείχνει επίσης τυπικές διαστάσεις παχών των διαφόρων στρώσεων. Από τις ανωτέρω δύο κατηγορίες οδοστρωμάτων, συντριπτικά μεγαλύτερη εφαρμογή στην πράξη (περίπου 94%) βρίσκουν τα εύκαμπτα οδοστρώματα



Σχήμα 1: Χαρακτηριστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος

Οι κυριότερες εμπειρικές μέθοδοι σχεδιασμού εύκαμπτων οδοστρωμάτων είναι

1. Η μέθοδος AASHTO των Η.Π.Α.
2. Η μέθοδος του Asphalt Institute των Η.Π.Α.



Σχήμα 2: Χαρακτηριστική διατομή δύσκαμπτου οδοστρώματος

Οι κυριότερες εμπειρικές μέθοδοι σχεδιασμού δύσκαμπτων οδοστρώματων είναι

1. Η μέθοδος AASHTO των Η.Π.Α.
2. Η μέθοδος της Portland Cement Association των Η.Π.Α.

Η ασφαλική στρώση είναι ένα μίγμα ασφάλτου και αδρανών, η βάση και η υπόβαση αποτελούνται από ασύνδετα ή σταθεροποιημένα (με τσιμέντο) αδρανή, ενώ το άνω μέρος του υπεδάφους (μέχρι 60cm) είναι συμπυκνωμένο. Η πλάκα σκυροδέματος είναι μίγμα τσιμέντου και αδρανών (Portland cement concrete) με ή χωρίς χαλύβδινο οπλισμό. Το βασικό χαρακτηριστικό ενός εύκαμπτου οδοστρώματος είναι ότι η ποιότητα των υλικών μειώνεται από τα άνω προς το υπέδαφος διότι οι μεταβιβαζόμενες από την επιφάνεια προς το υπέδαφος τάσεις (μέσω των στρώσεων) μειώνονται σταδιακά λόγω κατανομής του ίδιου φορτίου σε μεγαλύτερη επιφάνεια (εμβადόν). Το συνολικό πάχος του οδοστρώματος καθορίζεται με βάση το κριτήριο, όταν οι τάσεις φθάσουν στο υπέδαφος να μπορούν να παραληφθούν από αυτό με ασφάλεια.

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα οι στρώσεις υπόβασης-βάσης κατασκευάζονται διότι:

1. Βοηθούν την κατανομή των φορτίων στο έδαφος δια μέσου των στρώσεων
2. Αυξάνουν τη φέρουσα ικανότητα
3. Συντελούν στην αποστράγγιση
4. Παρέχουν προστασία από τον παγετό
5. Αποτρέπουν την άνοδο του νερού λόγω τριχοειδών φαινομένων

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα η στρώση της βάσης κατασκευάζεται διότι:

1. Διευκολύνει την κατασκευή (εξομάλυνση του εδάφους)
2. Αυξάνει την αντοχή του οδοστρώματος (δηλ. της πλάκας του σκυροδέματος)
3. Αποτρέπει καθιζήσεις του εδάφους
4. Παρέχει προστασία από τον παγετό
5. Αποτρέπει την άνοδο του νερού λόγω τριχοειδών φαινομένων

Στα ημιεύκαμπτα οδοστρώματα γίνεται κατεργασία του θραυστού αμμοχάλικου της υπόβασης-βάσης (σταθεροποίηση) με τσιμέντο, διότι:

1. Αυξάνει την αντοχή του οδοστρώματος
2. Μειώνει τις καθιζήσεις
3. Παρέχει προστασία από τον παγετό
4. Αποτρέπει την άνοδο του νερού λόγω τριχοειδών φαινομένων

Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν το είδος και το πάχος του οδοστρώματος είναι:

1. Ο κυκλοφοριακός φόρτος (πυκνότητα και σύνθεση κυκλοφορίας)
2. Η ποιότητα του εδάφους έδρασης του οδοστρώματος
3. Οι κλιματολογικές συνθήκες (ύψος βροχοπτώσεων, παγετός, εναλλαγές παγετού-τήξης και υγρασίας-ξηρασίας, μεταβολές θερμοκρασίας)
4. Η ποιότητα και το κόστος των διαθέσιμων υλικών

Κατά τη σύγκριση των οδοστρωμάτων από σκυρόδεμα σε σχέση με τα ασφαλικά μπορούν να αναφερθούν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Πλεονεκτήματα:

1. Μεγάλη διάρκεια ζωής
2. Επιφάνεια ομαλή, κανονική μη ολισθηρή, με μεγάλο βαθμό συνάφειας
3. Καλύτερη ορατότητα τη νύκτα

Μειονεκτήματα:

1. Μεταβολές θερμοκρασίας και κακή ποιότητα εδάφους προκαλούν ρηγματώσεις
2. Ύπαρξη των αρμών και διακοπή κυκλοφορίας όταν επισκευάζονται
3. Θόρυβος κατά τη διέλευση των οχημάτων
4. Κόστος κατασκευής για τον εγκιβωτισμό τους

Για τον σχεδιασμό των οδοστρωμάτων οδών και αεροδρομίων χρησιμοποιούνται γενικά τα ίδια υλικά και οι ίδιες μέθοδοι υπολογισμού. Θα πρέπει όμως να τονισθούν ορισμένες διαφορές που υπάρχουν στα δεδομένα των φορτίσεων αλλά και της κατασκευής όπως:

1. Βάρος τροχού αεροσκάφους πολύ μεγαλύτερο από του αυτοκινήτου
2. Διάταξη τροχών διαφορετική και πίεση ελαστικών πολύ μεγαλύτερη στα αεροσκάφη
3. Επαναλήψεις φορτίσεων μεγαλύτερες στις οδούς από ότι στα αεροδρόμια
4. Δυναμικές καταπονήσεις διαφορετικές
5. Δάπεδα στάθμευσης κρίσιμα από πλευράς καταπόνησης
6. Πλάτη οδοστρωμάτων των αεροδρομίων γενικά είναι μεγαλύτερα από αυτά των οδών
7. Οι ασφαλικές επιστρώσεις των αεροδρομίων προσβάλλονται από τα καύσιμα και τις υψηλές θερμοκρασίες των καυσαερίων των αεροσκαφών

Γενική πληροφόρηση επί των οδοστρωμάτων και των τρόπων σχεδιασμού και κατασκευής τους μπορεί να βρεθεί στα βιβλία των Yoder and Witzczak (1975), Ullidtz (1998), Cebon (1999), Κοφίτσα (2001), Νικολαΐδη (2002), Huang (2004), Μουρατίδη (2007), Papagiannakis and Masad (2008) και Nikolaides (2015), καθώς και στα διάφορα εγχειρίδια-οδηγούς για σχεδιασμό οδοστρωμάτων, όπως αυτούς του AASHTO (1993) των Η.Π.Α., ή Τμημάτων Συγκοινωνιακών Έργων διαφόρων πολιτειών των Η.Π.Α. (Caltrans 2015, TXDOT 2011, WSDOT 2015, SCDOT 2008). Ειδική πληροφόρηση επί των εύκαμπτων και δύσκαμπτων οδοστρωμάτων ξεχωριστά μπορεί να βρεθεί στα βιβλία των Hunter (2000) και Delatte (2008), αντίστοιχα, καθώς και σε διάφορα εγχειρίδια Τμημάτων Συγκοινωνιακών Έργων διαφόρων πολιτειών των Η.Π.Α., όπως π.χ., FDOT (2015) και FDOT (2009) για εύκαμπτα και δύσκαμπτα οδοστρώματα, αντίστοιχα.

Στο παρακάτω σχήμα ακολουθεί μία ανάλυση της δομής των εύκαμπτων, ημιάκαμπτων οδοστρωμάτων.

Ευκάμπτο οδόστρωμα	Ημιάκαμπτο οδόστρωμα 1 στρώση	Ημιάκαμπτο οδόστρωμα 2 στρώσεις
Ασφαλτικές στρώσεις 4- 35 cm	Ασφαλτικές στρώσεις 6 - 18 cm	Ασφαλτικές στρώσεις 6 - 18 cm
Βάση Θραυστό αμμοχάλικο 10 - 30 cm	Κατεργασμένη στρώση 20 - 35 cm	Κατεργασμένη στρώση 15 - 25 cm
Υπόβαση Αμμοχάλικο 10 - 30 cm	Στρώση έδρασης	Κατεργασμένη στρώση 15 - 25 cm
Στρώση έδρασης (Επιλεγμένο εδαφικό υλικό ή συλλεκτό αμμοχάλικο) 50 - 70 cm	Φυσικό έδαφος ή επίχωμα	Στρώση έδρασης
Φυσικό έδαφος ή επίχωμα		Φυσικό έδαφος ή επίχωμα
Οδόστρωμα με στρώση έδρασης από σταθεροποιημένο επιτόπου εδαφικό υλικό		
Ασφαλτικές στρώσεις		
Βάση από θραυστό ασύνδετο αμμοχάλικο ή από κατεργασμένη με υδραυλικές κονίες στρώση		
Υπόβαση από ασύνδετο αμμοχάλικο ή από κατεργασμένη με υδραυλικές κονίες στρώση		
Στρώση έδρασης από σταθεροποιημένο επιτόπου εδαφικό υλικό		
Φυσικό έδαφος		

Σχήμα 3: Δομή ευκάμπτων και ημιάκαμπτων οδοστρωμάτων

1.2.1 Στρώση έδρασης

Στρώση έδρασης οδοστρώματος (ΣΕΟ) είναι το αμέσως κάτω του οδοστρώματος συμπυκνωμένο και διαμορφωμένο σύμφωνα με την προδιαγραφή ΠΕΤΕΠ 05-03-01-00 έδαφος ή νέο υλικό επίχωσης.

Ειδικότερα στη ΣΕΟ περιλαμβάνεται:

- Στις περιοχές επιχωμάτων, και η τυχόν προβλεπόμενη από τη μελέτη, Στρώση Στράγγισης του Οδοστρώματος (ΣΣΟ) ή Στρώση Αντιπαγετικής Προστασίας (ΣΑΠ)
- Στις περιοχές ορυγμάτων, εκτός από την ΣΣΟ ή ΣΑΠ (εφόσον προβλέπονται) και η ισοπεδωτική στρώση βραχωδών ορυγμάτων.

Η στρώση έδρασης μπορεί να αποτελείται από γαιώδη υλικά προέλευσης δανειοθαλάμων(E0,E1,E2,E3,E4),θραυστά υλικά λατομείου ή μετά από σταθεροποίηση τα υφιστάμενα υλικά που βρίσκονται στην στέψη των χωματουργικών.

1.2.2 Βάση/Υπόβαση

Η βάση/υπόβαση του οδοστρώματος θα κατασκευασθεί από θραυστά αμμοχάλικα, μικρότερης κοκκομετρικής διαβάθμισης και υψηλότερων απαιτήσεων ποιότητας, προκειμένου να αντέχουν στις μεγαλύτερες καταπονήσεις, να διανέμουν αποτελεσματικά και να μεταβιβάζουν τα κυκλοφοριακά και περιβαλλοντικά φορτία με τέτοιο τρόπο ώστε οι υποκείμενες ασυμπύκνωτες στρώσεις να μην εκτίθενται σε υπερβολικές καταπονήσεις και πιέσεις αδρανή υλικά και έτσι ώστε το μίγμα των αδρανών υλικών να είναι εντός της περιοχής που ορίζεται από το σχέδιο της Ελληνικής Τεχνικής Προδιαγραφής (ΣΕΠΤΕΠ) Ο-100, Τύπου 1. Τα κλάσματα των αδρανών και τα στοιχεία της κοκκομετρικής ανάλυσης αυτών δίνονται στον σχετικό πίνακα.

1.2.3 Ασφαλτικές στρώσεις

Οι ασφαλτικές στρώσεις αποτελούνται από την ασφαλτική βάση (base course), τη συνδετική στρώση (binder course) και την επιφανειακή στρώση ή στρώση κυκλοφορίας (surface course).

Η ασφαλτική βάση είναι η πρώτη ασφαλτική στρώση μετά τη βάση σε ένα εύκαμπτο οδόστρωμα. Παίζει πρωταρχικό ρόλο, διότι παραλαμβάνει τα φορτία κυκλοφορίας και τα διανέμει ομοιόμορφα στις υποκείμενες στρώσεις. Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει είναι :

- Μεγάλη δυσκαμψία
- Υψηλή αντοχή σε κόπωση
- Να μην παραμορφώνεται εύκολα
- Ανθεκτικότητα στο νερό

Για τους παραπάνω λόγους τα ασφαλτομίγματα που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της πρέπει να είναι άριστης ποιότητας. (Νικολαΐδης, 2011)

Η συνδετική στρώση παρεμβάλλεται μεταξύ ασφαλτικής βάσης και επιφανειακής στρώσης. Σκοπός της είναι να εξασφαλίζει ομαλή επίπεδη επιφάνεια και τις επιθυμητές κλίσεις στην επιφάνεια διάστρωσης της στρώσης κυκλοφορίας. Όπως η ασφαλτική βάση έτσι και η στρώση αυτή θα πρέπει:

- Να μην ρηγματώνεται εύκολα
- Να μην παραμορφώνεται
- Να είναι ανθεκτική στο νερό

Η επιφανειακή στρώση αλλιώς αποκαλούμενη και **στρώση κυκλοφορίας** είναι η τελευταία κατά τη διάστρωση των ασφαλτικών στρώσεων και είναι αυτή που έρχεται σε επαφή με τα ελαστικά των οχημάτων. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να προσφέρει ομαλή επιφάνεια κύλισης, άριστη πρόσφυση των ελαστικών, ανθεκτικότητα στις κυκλοφοριακές και περιβαλλοντικές συνθήκες και ασφάλεια κατά την οδήγηση. (Νικολαΐδης, 2011)

1.2.4 Αντιολισθηρή στρώση

Η κατασκευή οδοστρώματος με αντιολισθηρή επιφάνεια γίνεται σε μία φάση ή σε δύο φάσεις (με πρόβλεψη μελλοντικής κατασκευής της αντιολισθηρής ασφαλικής στρώσης).

Εξαίρεση αποτελούν οι γέφυρες που κατασκευάζονται με αρμούς ολικής μετακίνησης μεγαλύτερης από 20 χιλιοστά, στις οποίες σε κάθε περίπτωση πρέπει να ολοκληρώνεται η κατασκευή της αντιολισθηρής ασφαλικής στρώσης σε όλο το μήκος της γέφυρας και σε μήκος κατ' ελάχιστο ίσο προς 10 μ. έξω από κάθε ακρόβαθρο. Στα άκρα αυτή της αντιολισθηρής στρώσης θα γίνεται συναρμογή με σφηνοειδείς απολήξεις με μήκος 8 μέτρα.

Στις περιπτώσεις ημιγεφυρών (γέφυρες με πλάτος μικρότερο από το συνολικό πλάτος του οδοστρώματος) η αντιολισθηρή στρώση θα κατασκευάζεται και στο αντίστοιχο τμήμα του οδοστρώματος έξω από τη γέφυρα (κατά πλάτος). Αν όμως μεσολαβεί νησίδα δεν απαιτείται αντιολισθηρή στρώση στον κλάδο έξω από την γέφυρα.

Η κατασκευή της αντιολισθηρής στρώσης μπορεί να γίνει σύμφωνα με τις ακόλουθες μεθόδους:

1. Αντιολισθηρή στρώση κυκλοφορίας με ασφαλικό σκυρόδεμα συμπυκνωμένου πάχους 4 cm.
2. Αντιολισθηρή στρώση συμπιεσμένου πάχους (της ασφαλικής στρώσης χωρίς την έμπηξη των ψηφίδων) 4 cm με έμπηξη προεπαλειμμένων ψηφίδων σκληρών αδρανών.
3. Εκτός από την τιμή ΦΙΕ της στρώσης έδρασης (οδοστρώματος) που αποτελεί την "Φέρουσα Ικανότητα Υπολογισμού", η στρώση έδρασης πρέπει, κατά την περίοδο της κατασκευής, να έχει μία "ελάχιστη" φέρουσα ικανότητα, που είναι απαραίτητη για την συμπίκνωση των στρώσεων του οδοστρώματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών και την επίτευξη της απαιτούμενης επιπεδότητας σε αυτές. Η φέρουσα ικανότητα της στρώσης έδρασης (οδοστρώματος) κατά την στιγμή της κατασκευής, μετρούμενη με φόρτιση με πλάκα πρέπει να είναι ίση τουλάχιστον με 50 MPa (δεύτερη φόρτιση $E2 > 50$ MPa).

1.3 Στρώσεις Θεμελίωσης

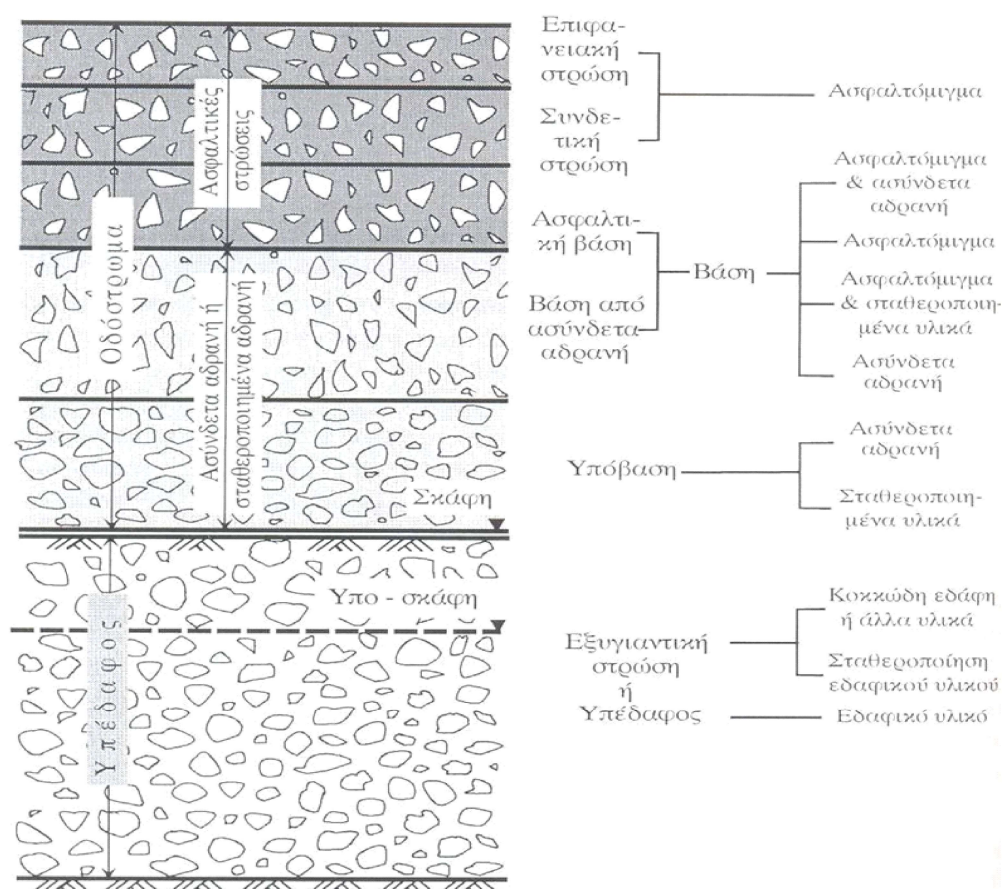
Η άσφαλτος στις κατασκευές υφίσταται την επιφανειακή επίδραση του φωτός που προκαλεί τη λεγόμενη φωτο-οξειδωση, και αποτελεί παράγοντα γήρανσης των ελαφρών ασφαλικών επαλείψεων.

Τα δεδομένα που βρίσκονται στη βιβλιογραφία και αφορούν στην ανθεκτικότητα των διαφόρων ασφάλτων απέναντι στη γήρανση οδηγούν σε μη ασφαλή αποτελέσματα, λόγω των πολλών εμπλεκόμενων παραγόντων. Αστοχίες της ασφάλτου που μπορεί να οφείλονται στην ποιότητα της ασφάλτου, τελικά μπορεί να οφείλονται είτε στην αδύνατη βάση, είτε στην κακή ποιότητα των αδρανών υλικών, είτε στην ποσότητά της, είτε ακόμη και λόγω σφαλμάτων κατά την κατασκευή διαλυμάτων. Οι αστοχίες που παρατηρούνται γενικότερα μπορούν να προκαλούνται λόγω της κακής πρόσφυσης του ασφαλικού συνδετικού στα αδρανή υλικά (TEE, TEAK, 1995). Η προσθήκη αντιυδρόφιλου υλικού στο ασφαλικό συνδετικό βελτιώνει κατά πολύ την ικανότητα πρόσφυσής του, ενώ στην περίπτωση θερμών ασφαλτομιγμάτων δεν κρίνεται απαραίτητη η χρήση ασφάλτου με αντιυδρόφιλο. Τα γαλακτώματα που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία προέρχονται από τη μηχανική διασπορά της ασφάλτου η οποία ρευστοποιείται με θέρμανση, εντός νερού με την προσθήκη του κατάλληλου παράγοντα γαλάκτωσης. Η διασπορά μπορεί να γίνει σε ειδικό αναμκτήρα ή ακόμη και σε ειδικό κολλοειδόμυλο. Η άσφαλτος είναι σε θερμοκρασία περίπου 120 βαθμών Κελσίου και αντίστοιχα περίπου το νερό στους 80 περίπου. Το γαλάκτωμα πρόκειται να περιέχει ένα συγκεκριμένο ποσοστό ασφάλτου, η δε ανάμιξη διαρκεί όλο το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να γεμίσει ο αναμκτήρας ενώ συνεχίζει και λίγα λεπτά και μετά τη γέμιση.

Η ικανότητα πρόσφυσης της ασφάλτου πάνω από τα αδρανή υλικά και της μη αποκόλλησής της λόγω ύπαρξης υδάτων, καθορίζει αποφασιστικά τη διάρκεια ζωής μιας ασφαλικής κατασκευής.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται μια τυπική τομή ασφαλτικού οδοστρώματος.

Σχήμα 4: Τυπική τομή ασφαλτικού οδοστρώματος



1.4 Βασικές αρχές υπολογισμού

Σε κάθε περίπτωση, οι δοκιμές επί των ασφαλικών υλικών, στα έργα οδοποιίας κυρίως, αφορούν στην ασφαλτο οδοστρώσας, τα ασφατικά διαλύματα, τα ασφατικά γαλακτώματα και τα βελτιωτικά πρόσφυσης, δηλαδή στα αντιυδροφίλα υλικά.

Η ασφαλτος οδοστρώσας προέρχεται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου, όπως είναι ήδη γνωστό, ομοιογενής και χωρίς νερό, και ανάλογα με τη θερμοκρασία κατά τη διαδικασία διακρίνεται σε σκληρή ή μαλακή. Η μορφή με την οποία χρησιμοποιείται η ασφαλτος σε διάφορους τύπους, είναι κυρίως η θερμή ασφαλτος, στην ελληνική οδοποιία, που χαρακτηρίζεται για την ανώτερη ποιότητά της, τη μεγάλη ικανότητα και τη μακρύτερη διάρκεια ζωής. Η πρακτική σημασία των δοκιμών της ασφάλτου παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1:Πρακτική σημασία δοκιμών ασφάλτου(TEE,TEAK, 995)

Δοκιμή	Σημασία	Προδιαγραφή
Διείσδυσης	Συνεκτικότητα ασφάλτου	A.A.S.H.O. : T 49
Σημείου Μάλθωσης	Σημείο έναρξης ρευστοποίησης της ασφάλτου	A.A.S.H.O. : T 53
Ολκιμότητας	Ελαστικότητα προς επιμήκυνση της ασφάλτου	A.A.S.H.O. : T 51
Διαλυτότητας	Τυχόν μερική απανθράκωση της ασφάλτου κατά την απόσταξη ή νοθεία με ανόργανες ύλες	A.A.S.H.O. : T 44
Απώλειας Βάρους	Αντοχή ασφάλτου σε πολύωρες εργοταξιακές θερμάνσεις	A.A.S.H.O. : T 47
Τέφρας	Ποιότητα ασφάλτου από ανόργανες ύλες	A.A.S.H.O. : T 111 ή σχετ. Εγκ.
Σημείου Φλέξεως	Εργοταξιακή θερμοκρασία θέρμανσης της ασφάλτου χωρίς κίνδυνο ανάφλεξης	A.A.S.H.O. : T 48
Υγρασίας	Εξασφάλιση κινδύνου υπερχειλίσης της ασφάλτου λόγω αφρισμού	A.A.S.H.O. : T 55-63 ή σχετ. Εγκ.

Τα ασφαλτικά διαλύματα, στην πραγματικότητα είναι μορφή ασφάλτου με την προσθήκη διάφορων διαλυτών.

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα προκύπτουν από τη γαλακτοποίηση της ασφάλτου με τη βοήθεια και χημικών μέσων. Κατά την παραλαβή της, στην όποια της μορφή, πρέπει να ελέγχεται αρμοδίως ενώ προηγείται η ανάλογη δειγματοληψία, όπου αντιπροσωπευτικό δείγμα της μέσης κατάστασης της μάζας του φορτίου ασφάλτου δοκιμάζεται σύμφωνα με τα πρότυπα και τις αντίστοιχες προδιαγραφές.

Το ανάλογο ισχύει και για τον ποιοτικό έλεγχο, ενώ η πρακτική σημασία των δοκιμών έχει ήδη περιγραφεί στον Πίνακα 1.

Τα ασφαλτικά διαλύματα περιέχουν και το διαλύτη, έτσι ώστε το ασφαλτικό υλικό να μπορεί να δουλευτεί σε χαμηλές θερμοκρασίες. Με την έκθεση του ασφαλτικού υλικού στον ατμοσφαιρικό αέρα, εξατμίζεται ο διαλύτης και η άσφαλτος λειτουργεί ως συνδετικό μέσο. Ο χρόνος εξάτμισης των διαλυτών τους διακρίνει σε ταχείας, μέσης και βραδείας εξάτμισης.

Χρήσιμο είναι να αναφερθεί ότι η χρήση του αργού πετρελαίου ως διαλύτη αποτελεί αίτιο αστοχίας των ασφαλτικών εργασιών (Δαλαμάγκας, 1988) λόγω της παραμονής των βαρέων κλασμάτων στο ασφαλτικό συνδετικό διατηρεί την πλαστικότητα των ασφαλτομιγμάτων με επίπτωση στην ευστάθεια της κατασκευής και τη μείωση της πρόσφυσης του συνδετικού υλικού στα αδρανή υλικά. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται διάφορες δομικές στα υπολείμματα απόσταξης (TEE, TEAK, 1995)

Πίνακας 2: Δομικές στα υπολείμματα απόσταξης (TEE, TEAK, 1995)

Δοκιμή	Σημασία	Προδιαγραφή
Διείσδυσης	Έλεγχος συνεκτικότητας υπολείμματος απόσταξης	A.A.S.H.O. : T 49
Διαλυτότητα σε Τετραχλωράνθρακα	Προσδιορισμός των αδιάλυτων συστατικών	A.A.S.H.O. : T 44
Ολκιμότητας	Έλεγχος δυνατότητας επιμήκυνσης υπολείμματος απόσταξης σε ορισμένο μήκος	A.A.S.H.O. : T 51

Όσον αφορά στα γαλακτώματα, η χρήση τους είναι ευρεία τόσο στην κατασκευή όσο και τη συντήρηση των ασφαλικών οδοστρωμάτων καθώς και σε εργασίες στεγανοποίησης. Στην επαφή τους με τα αδρανή υλικά κατά την οδοστρώση μέσω ψεκασμού ή ανάμιξης με τα αδρανή υλικά, και εφόσον το νερό είτε απορροφηθεί είτε εξατμιστεί, τα σταγονίδια της ασφάλτου συνενώνονται, δηλαδή διασπάται το γαλάκτωμα και προκύπτει η απαιτούμενη συγκολλητική ύλη των αδρανών. Με βάση τον τρόπο κατασκευής και σύνθεση του ασφαλικού γαλακτώματος, προκύπτει η σταθερότητα του γαλακτώματος, η οποία επιδιώκεται μέχρι την επικάλυψη των αδρανών υλικών (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Δομικές στα ασφατικά γαλακτώματα (TEE, TEAK, 1995)

Δοκιμή	Σημασία	Προδιαγραφή
Ιξώδους	Ευχέρεια διέλευσης γαλακτώματος από τα ακροφύσια του διανομέα	A.A.S.H.O. : T 59
Υπολειμμάτων απόσταξης	Έλεγχος περιεκτικότητας σε ασφατικό συνδετικό	A.A.S.H.O. : T 5
Καθίζησης	Ικανότητα αποθήκευσης χωρίς μεταβολή πυκνότητας	A.A.S.H.O. : T 59
Κόσκινου	Τυχόν παρουσία θρόμβων ή άλλων ακαθαρσιών	A.A.S.H.O. : T 59
Σταθερότητας	Έλεγχος ταχύτητας συγκόλλησης των σωματιδίων	A.A.S.H.O. : T 59
Περιβολής	Ικανότητα ανάμιξης μέσης ταχύτητας γαλακτώματος με ανοικτό τύπο αδρανούς	A.A.S.H.O. : T 59
Τσιμέντου	Ικανότητα ανάμιξης βραδείας ταχύτητας γαλακτώματος με σχετικά πυκνό τύπο αδρανούς	A.A.S.H.O. : T 59

1.5 Τύποι ασφάλτου

Οι διάφοροι τύποι ασφάλτου που υπάρχουν στο εμπόριο μπορούν να χωριστούν σε δύο γενικότερες κατηγορίες αναλόγως της χρήσεως αυτών: στις ασφάλτους οδοστρωσίας και στις ασφάλτους για βιομηχανική χρήση. Η ασφαλτο οδοστρωσίας είναι η ασφαλτο που παράγονται από την απόσταξη του υπολείμματος του αργού πετρελαίου ενώ οι ασφαλτο για βιομηχανική χρήση υφίστανται περαιτέρω οξείδωση.

1.5.1 Ασφαλτο οδοστρωσίας

Οι ασφαλτο οδοστρωσίας στην Ευρώπη ταξινομούνται συνάρτηση της τιμής της διείσδυσης Όπου η μονάδα μέτρησης είναι το 0,1 mm ή dmm αρχικά γνωστή ως μονάδα pen ($1\text{pen}=0,1\text{mm}$)

Κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12591:2009 οι ασφαλτο οδοστρωσίας χωρίζονται σε τρεις ομάδες

- Τις ασφάλτους στους 20 dmm έως 220 dmm που προσδιορίζονται από την τιμή διείσδυσης στους 25 βαθμούς Κελσίου και συμπληρωματικά το σημείο μάλθωσης.
- Τις ασφάλτους τους 250 dmm έως 900 dmm που προσδιορίζονται από την τιμή διείσδυσης στους 25 ή 15 βαθμούς Κελσίου και συμπληρωματικά από το δυναμικό ιξώδες στους 60 βαθμούς Κελσίου και
- Τις μαλακές ασφάλτους που προσδιορίζονται από το κινηματικό ιξώδες στους 60 βαθμούς Κελσίου

Οι συνήθεις τύποι ασφάλτου οδοστρωσίας είναι αυτές που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία δηλαδή ασφαλίτη 20 dmm έως 220 dmm και από το σημείο αυτό η κάθε αναφορά θα γίνεται αποκλειστικά και μόνο για αυτήν την κατηγορία. Η μαλακότερη ασφαλτος είναι αυτή που έχει τη μεγαλύτερη τιμή διείσδυσης και η σκληρότερη είναι αυτή που έχει τη μικρότερη τιμή διείσδυσης.

Το ποια ασφαλτος θα χρησιμοποιηθεί είναι συνάρτηση τριών κυρίως παραγόντων:

- α) του τύπου του ασφαλτομίγματος που θα παραχθεί,
- β) των θερμοκρασιών περιβάλλοντος που επικρατούν στο έργο και
- γ) του όγκου του κυκλοφοριακού φόρτου. ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε

χώρας, στο ελεύθερο εμπόριο παράγονται οι αντίστοιχοι τύποι.

Ο κάθε τύπος ασφάλτου, πλην της καθοριστικής ιδιότητας της διείσδυσης, που καθορίζει την συμπεριφορά της σε ενδιάμεσες θερμοκρασίες χρήσης, και της συμπληρωματικής του σημείου μάλθωσης, που καθορίζει την συμπεριφορά της σε υψηλές θερμοκρασίες χρήσης, χαρακτηρίζεται και από άλλες ιδιότητες όπως αντίσταση στη σκλήρυνση, σημείο ανάφλεξης, διαλυτότητα κλπ.

Η αντίσταση σε σκλήρυνση καθορίζει την αντοχή της σε βάθος χρόνου. Το εύρος τιμών των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12 591 δίνονται στον βασικό Πίνακα 4. Συμπληρωματικά του βασικού πίνακα κάθε χώρα-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανάλογα με τη συνθήκες της μπορεί να επιλέξει και πρόσθετες ιδιότητες από τον Πίνακα 5.

Στην Ελλάδα συνίσταται να χρησιμοποιούνται μόνο οι άσφαλτοι 20/30, 35/50, 50/70 και 70/100. Επίσης ως πρόσθετες ιδιότητες από τον πίνακα 3 συνιστώνται να είναι (προαιρετικά): ο Δείκτης διεισδυτικότητας και το δυναμικό ιξώδες.

Η Ελληνική Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή(ΠΤΠ) Α 200 όπως και όλες οι μεταγενέστερες σχετικές εγκύκλιοι με την έκδοση του ευρωπαϊκού προτύπου EN 12591, δεν είναι συμβατές.

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των μαλακότερων ασφάλτων, 250dmm έως 900dmm και των μαλακών ασφάλτων δίνονται στη βιβλιογραφία EN 12591.

Στις ΗΠΑ η ταξινόμηση των ασφάλτων οδοστρώσας γίνεται είτε συναρτήσει της διείσδυσης είτε συνάρτηση του ιξώδους. Από το 1980 οι άσφαλτοι ταξινομούνται κυρίως συναρτήσει του ιξώδους σε μονάδες poises στους 60 βαθμούς Κελσίου δίχως να είναι απαγορευτική η ταξινόμηση συναρτήσει του βαθμού διεισδυτικότητας. Η αλλαγή αυτή κρίθηκε σκόπιμη επειδή θεωρήθηκε ότι ο έλεγχος της διεισδυτικότητας είναι εμπειρικός και ακατάλληλος να καθορίσει επακριβώς τον τύπο της ασφάλτου από την πλειάδα των ασφάλτων οδοστρώσας που υπάρχουν σήμερα στο εμπόριο. Επίσης η ταξινόμηση βάση του ιξώδους αποφασίστηκε για να εξασφαλιστεί η σταθερότητα της ασφάλτου σε δύο διακεκριμένοι θερμοκρασίες αυτή των 60 βαθμών Κελσίου που είναι περίπου μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία οδοστρώματος στις ΗΠΑ και αυτή των 135°C που είναι η περίπου μέση θερμοκρασία διάστρωσης του ασφαλτομίγματος.

Ως προς την ταξινόμηση των ασφάλτων συναρτήσει του ιξώδους υπάρχουν

δύο παραλλαγές: η μία βασίζεται στη μέτρηση του εξόδους της αρχικής ασφάλτου και φέρει τα αρχικά AC ακολουθούμενα από έναν αριθμό που δηλώνει το ιξώδες, σε εκατοστά του poise. Η δεύτερη βασίζεται στη μέτρηση του ιξώδους μετά από θέρμανση της ασφάλτου για πέντε ώρες στους 160 °C και φέρει τα αρχικά AR ακολουθούμενα από έναν αριθμό που δηλώνει και πάλι το ιξώδες, σε εκατοστά του poise.

Πίνακας 4: Τύποι και χαρακτηριστικές ιδιότητες ασφάλτων οδοστρώσας από 20dmm έως 200dmm κατά EN 12591

Ιδιότητα	Πρότυπο	Τύποι ασφάλτου							
		20/30	30/45	35/50	40/60	50/70	70/100	100/150	160/220
Διείσδυση στους 25°C, dmm	EN 1426	20-30	30-45	35-50	40-60	50-70	70-100	100-150	160-220
Σημείο μάλθωσης °C	EN 1427	55-63	52-60	50-58	48-56	46-54	43-51	39-47	35-43
Σημείο ανάφλεξης °C	EN 2592	≥240	≥240	≥240	≥230	≥230	≥230	≥230	≥220
Διαλυτότητα %	EN 12592	≥99,0	≥99,0	≥99,0	≥99,0	≥99,0	≥99,0	≥99,0	≥99,0
Αντίσταση σε σκλήρυνση στους 163°C κατά EN126007-1 (RTFOT)									
Διατηρηθείσα διείσδυση %		≥55	≥53	≥53	≥50	≥50	≥46	≥43	≥37
Αύξηση του σημείου μάλθωσης, °C ή Δριμύτητας 1/2*		≤8 η ≤10	≤8 η ≤11	≤8 η ≤11	≤9 η ≤11	≤9 η ≤11	≤9 η ≤11	≤10 η ≤12	≤11 η ≤12
Αλλαγή μάζας (απόλυτη τιμή) %		≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,8	≤0,8	≤1,0

*όταν επιλέγεται Δριμύτητα 2 τότε θα συσχετίζεται και με απαίτηση για σημείο θραύσης κατά Fraass ή για δείκτη διείσδυσης ή και τα δύο επί σκληρυμένης ασφάλτου, βλέπε

Πίνακας 5: Συμπληρωματικός πίνακας χαρακτηριστικών ιδιοτήτων ασφάλτων 20dmm έως 200dmm κατά EN 12591

Ιδιότητα	Πρότυπο	Τύποι ασφάλτου							
		20/30	30/45	35/50	40/60	50/70	70/100	100/150	160/220
Δείκτης διείδυση (P.I.)	EN 12591, Annex A	-1.5 έως +0,7 ή NR**							
Δυναμικό ιξώδες στους 60 °C, Pa·s	EN 12596	≥440 ή NR	≥260 ή NR	≥225 ή NR	≥175 ή NR	≥145 ή NR	≥90 ή NR	≥55 ή NR	≥30 ή NR
Σημείο θραύσης κατά Fraass, °C	EN 12593		≤-5 ή NR	≤-5 ή NR	≤-7 ή NR	≤-8 ή NR	≤-10 ή NR	≤-12 ή NR	≤-15 ή NR
Κινηματικό ιξώδες σε 135 °C, mm ² /s	EN 12595	≥530 ή NR	≥400 ή NR	≥370 ή NR	≥325 ή NR	≥295 ή NR	≥230 ή NR	≥175 ή NR	≥135 ή NR

**NR = Μη απαίτηση, εφόσον δεν επιλέγεται

Οι τύποι των ασφάλτων οδοστρωσίας συναρτήσει της διείδυσης και του ιξώδους της αρχικής ασφάλτου καθώς και οι λοιπές χαρακτηριστικές τους ιδιότητες δίνονται στον Πίνακα 6 και Πίνακα 7. Οι ιδιότητες των ασφάλτων AR μετά από θέρμανση δίνονται στη βιβλιογραφία ASTM D 3381.

Πίνακας 6: Τύποι και ιδιότητες ασφάλτων οδοστρωσίας βάση διείδυσης κατά το Αμερικανικό πρότυπο ASTM 946

Ιδιότητα	Πρότυπο ASTM	Τύποι ασφάλτων οδοστρωσίας κατά ASTM D 946 (ταξινόμηση βάση της διείδυσης)				
		40/50	60/70	85/100	120/150	200/300
Διείδυση στους 25 °C, pen	D5	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Δυναμικό ιξώδες στους 60 °C, Pa·s	D36	≥49	≥46	≥42	≥38	≥32
Σημείο θραύσης κατά Fraass, °C	D92	≥230	≥230	≥230	≥220	≥175
Κινηματικό ιξώδες σε 135 °C, mm ² /s	D113	≥100	≥100	≥100	≥100	≥100 ^A

Πίνακας 7: Τύποι και ιδιότητες ασφάλτων οδοστρώσας βάσει ιξώδους κατά το Αμερικανικό πρότυπο ASTM

Ιδιότητες	Πρότυπο ASTM	Τύποι ασφάλτων οδοστρώσας κατά ASTM 3381					
		AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Ιξώδες στους 60°C, Pa.s	D 2171	25±5	50±10	100±20	200±40	300±60	400±80
Ιξώδες στους 135°C, mm ² /s	D 2170	≥125	≥175	≥250	≥300	≥350	≥400
Διεισδυτικότητα στους 25°C, pen	D 5	≥220	≥140	≥80	≥60	≥50	≥40
Σημείο ανάφλεξης, °C	D 92	≥165	≥175	≥220	≥230	≥230	≥230
Διαλυτότητα σε τριγλωροαιθυλένιο, (%)	D 2042	≥99	≥99	≥99	≥99	≥99	≥99
Μετά από θέρμανση στους 163°C, C/5h	D1754	≤125	≤252	≤500	≤100	≤150	≤200
Ιξώδες στους 60°C, Pa.s	D2171	≥100	≥100	≥75	0	0	0
Ολκιμότητα στους 25°C, cm	D113				≥50	≥40	≥25

A=Εάν η ολκιμότητα στους 25°C είναι <100cm, η άσφαλτος μπορεί να γίνει αποδεκτή εάν στους 15,5°C η ολκιμότητα είναι >100 cm με ρυθμό έλξης 5cm/mn

1.5.2 Ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση-οξειδωμένες ασφαλτοι

Οι ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση και ειδικότερα για υγρομόνωση σκεπών, συγκόλληση μεμβρανών υγρομόνωσης, θερμομόνωση ή για επικάλυψη σωλήνων είναι κατά κανόνα οξειδωμένες ασφαλτοι.

Η οξείδωση λαμβάνει χώρα μετά την παραγωγή της ασφάλτου και συνίσταται στην εμφύσηση αέρα δια μέσου της θερμικής μάζας της ασφάλτου (240-320 °C). Η διαδικασία οξείδωσης προϋποθέτει την ύπαρξη ειδικής εγκατάστασης (στήλη οξείδωσης κλπ) και εκτελείται ανά 'παρτίδα' ασφάλτου ή σε συνεχή τροφοδοσία ασφάλτου. Η οξείδωση αφυδατώνει και πολυμερίζει την ασφαλτο με αποτέλεσμα κατά κύριο λόγο να αυξάνεται το μοριακό βάρος των ασφαλτενίων αλλά και να δημιουργούνται επιπλέον ασφαλτένια από τη συνεχή φάση των ελαίων (μαλτένια), με τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία ασφάλτου με μεγαλύτερο μοριακό βάρος. Λόγω αυτών των αλλαγών που επέρχονται κατά την οξείδωση, η ασφαλτος σκληραίνει και γίνεται λιγότερο ευαίσθητη στις θερμοκρασιακές μεταβολές (αυξάνεται ο δείκτης Διεσδυτικότητας P.I.). Βεβαίως λόγω της σκλήρυνσης που επέρχεται, η οξειδωμένη ασφαλτος ρηγματώνεται ευκολότερα σε θερμοκρασίες κάτω του μηδενός.

Ο βαθμός και το μέγεθος της μεταβολής που επέρχεται επί των ρεολογικών ιδιοτήτων της ασφάλτου επηρεάζεται από το ιξώδες της αρχική ασφάλτου, από την προέλευσή του αργού πετρελαίου, από το χρόνο οξείδωσης και από τη θερμοκρασία στην οποία γίνεται η οξείδωση. Αν υποθεθεί ότι η έξοδος της αρχικής ασφάλτου καθώς και η προέλευσή του αργού πετρελαίου είναι δεδομένη, το μόνο που μένει για να παραχθεί οξειδωμένη ασφαλτος συγκεκριμένης ποιότητας είναι να αλλάξει ο χρόνος και η θερμοκρασία οξείδωσης. Κατά κανόνα με παρατεταμένο χρόνο οξείδωσης σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες παράγεται ασφαλτος με μεγαλύτερο ιξώδες (πολύ σκληρές). Πλην όμως και οι δύο παράμετροι επηρεάζουν το κόστος και την ταχύτητα παραγωγής.

Από έρευνα που έγινε στην Ελλάδα διαπιστώθηκε ότι η παρουσία ορισμένων οργανικών συμπλοκών (β- δικετονών με δικαρβονικά ή υδροξυλικά οξέα) μειώνει το χρόνο οξείδωσης για το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Σε αντίθεση με τις ασφάλτους της οδοστρωσίας η ασφαλτική για βιομηχανική χρήση ταξινομούνται συναρτήσει του σημείου μάλθωσης και της διεσδυσης στους 25 °C με τις τιμές να εκφράζονται σε πολλαπλάσιο του 5. Έτσι μία

οξειδωμένη άσφαλτος 85/25 σημαίνει ότι έχει σημείο μάλθωσης 85 βαθμούς Κελσίου και διείδυση 25 dmm με απόκλιση ± 5 μονάδες.

Κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 1304 οι οξειδωμένες άσφαλτοι θα πρέπει να παράγονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πίνακα 8.

Πίνακας 8: Ιδιότητες οξειδωμένων ασφάλτων κατά EN 13304

Ιδιότητα	Μέθοδος δοκιμής	Μονάδα μέτρησης	Όρια και ανοχές
Σημείο μάλθωσης	EN 1427	°C	± 5 από τη μέση τιμή
Διείσδυση στους 25°C	EN 1426	dmm	± 5 από τη μέση τιμή
Διαλυτότητα σε τολουένιο	EN 12592	%	≥ 99
Απώλεια μάζας, μετά από θέρμανση	EN 13303	%	≤ 0.5
Σημείο ανάφλεξης	EN ISO 2592	°C	> 250
Σημείο Fraass	EN 12593	°C	NR ^(β)
Ιδιότητες βαψίματος	EN 13301	mm	NR ^(β)
Δυναμικό ιξώδες	EN 13302	Pa.s	NR ^(β)
Πυκνότητα	EN 15326	Kg/m ³	NR ^(β)

Κατά το Αμερικανικό πρότυπο ASTM D449 οι οξειδωμένες άσφαλτοι χαρακτηρίζονται από το εύρος του σημείου μάλθωσης. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις τρεις κατηγορίες που προσδιορίζονται κατά των λοιπών χαρακτηριστικών ιδιοτήτων που απαιτούνται δίνονται στη βιβλιογραφία (ASTM D 449)

1.5.3 Σκληρές ασφάλτοι οδοστρώσις

Οι σκληρές ασφάλτοι οδοστρώσις χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και τη συντήρηση οδοστρώματων οδών και αεροδρομίων, ή άλλων ασφαλοστρωμένων επιφανειών. Οι σκληρές ασφάλτου οδοστρώσις είναι επέκταση των κοινών ασφάλτων οδοστρώσις και από αυτές παράγονται ασφαλομίγματα πολύ υψηλών μέτρων δυσκαμψίας.

Οι σκληρές ασφάλτοι κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13924 ταξινομούνται από ένα εύρος τιμών διείδυσης στους 25 βαθμούς Κελσίου ορισμένες φορές φέρουν το διακριτικό γράμμα HI ή HB.

Έτσι ο τύπος σκληρής ασφάλτου 10/20 σημαίνει ότι η διείδυση αναμένεται να κυμαίνεται μεταξύ 10 και 20 dmm.

Όπως και στις κοινές ασφάλτους οδοστρώσις, οι δοκιμές που εκτελούνται σκοπό έχουν να καθοριστεί η συμπεριφορά τους σε ενδιάμεσες θερμοκρασίες χρήσης (δοκιμή διείδυσης), η συμπεριφορά τους σε υψηλές θερμοκρασίες χρήσης (δοκιμές σημείου μάλθωσης ή και δυναμικού ιξώδους) και η αντοχή τους σε βάθος χρόνου (δοκιμές μετά από αντίσταση σε σκλήρυνση).

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των σκληρών ασφάλτων οδοστρώσις κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13924 δίνονται στον πίνακα 9. Σημειώνεται ότι μετά τον καθορισμό της κατηγορίας της σκληρής ασφάλτου βάσει της διείδυσης όλες οι άλλες ιδιότητες μπορεί να αλλάξει κατηγορία. δηλαδή, σκληρή ασφαλτος 10-20(κατηγορία 3), μπορεί να έχει ως απαίτηση μάλθωσης κατηγορία 4, δυναμικό ιξώδες κατηγορία 3, αλλαγή μάζας κατηγορία 2, κλπ. Περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται στη βιβλιογραφία (EN 13924).

Πίνακας 9 : Τύποι και ιδιότητες σκληρών ασφάλτων οδοστρώσις κατά ΕΛΟΤ EN 1259 (Νικολαΐδης, 2011)

Ιδιότητα		Πρότυπο ΕΛΟΤ	Μονάδα	Τύποι (κατηγορίες)		
				2	3	4
Διείδυση στους 25 °C		EN 1426	dmm	15 – 25	10 – 20	5 - 15
Σημείο μάλθωσης (Σ. Μ.)		EN 1427	°C	55 – 71	58 - 78	60 -76
Αντίσταση σε σκλήρυνση	Αλλαγή μάζας ^a	EN 12607-1	%	≤ 0,5		
	Διατηρηθείσα διείδυση		%	≥ 55		
	Αύξηση Σ.Μ.		°C	≤ 8	≤ 10	
Σημείο ανάφλεξης		EN ISO 2592	°C	≥ 235	≥ 245	
Διαλυτότητα		EN 12592	%	≥ 99,0		

^a Μπορεί να έχει θετική ή αρνητική τιμή

1.6 Υπολογισμός της βέλτιστης περιεκτικότητας ασφάλτου

Για τον υπολογισμό της βέλτιστης περιεκτικότητας ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα είναι απαραίτητο, εκτός από την ευστάθεια (διορθωμένη ευστάθεια) και την παραμόρφωση του μίγματος, να υπολογιστούν και οι παρακάτω ιδιότητες του μίγματος: το φαινόμενο ειδικό βάρος (G_{fm}), το ποσοστό των κενών αέρος (V_a), το ποσοστό των κενών στο «σκελετό» των αδρανών του συμπυκνωμένου μίγματος (VMA) (επίσης γνωστό ως κενά συμπυκνωμένων αδρανών υλικών) και το ποσοστό των κενών που πληρώθηκαν με άσφαλτο (VFA).»

Οι παραπάνω παράμετροι χαρακτηρίζουν πλήρως το ασφαλτόμιγμα και υποβοηθούν στον καθορισμό του βέλτιστου ασφαλτομίγματος. Με τον καθορισμό της ευστάθειας διασφαλίζεται ότι το ασφαλτόμιγμα έχει την απαιτούμενη αντοχή, ενώ με τον καθορισμό της παραμόρφωσης διασφαλίζεται ότι το ασφαλτόμιγμα δεν πρόκειται να παραμορφωθεί υπερβολικά.

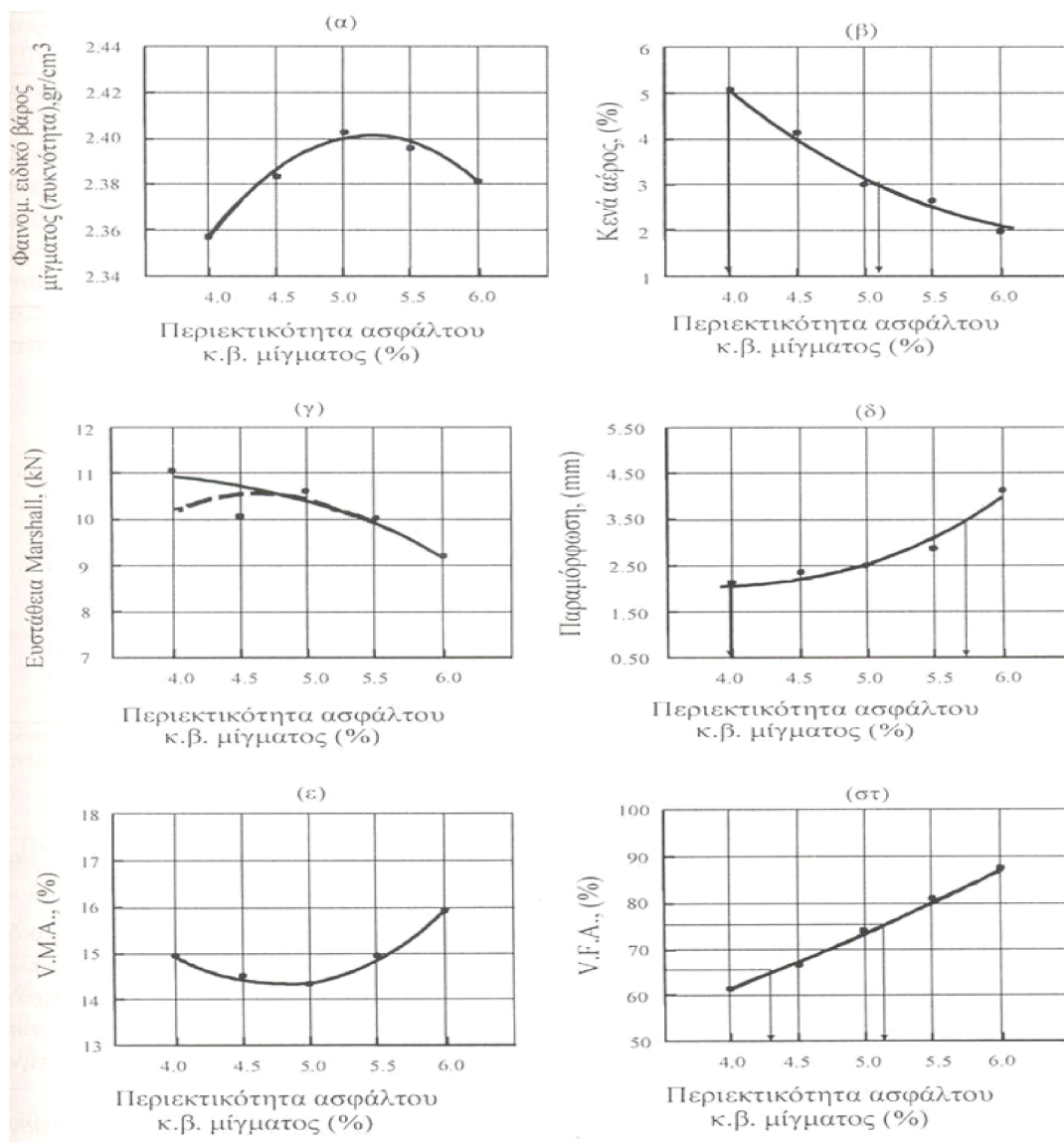
Το ποσοστό των κενών καθορίζει το αναμενόμενο ποσοστό κενών του τάπητα μετά από παρέλευση n -χρόνων. Στην περίπτωση που το ασφαλτοσκυρόδεμα κατά τη σύνθεση έχει κενά αέρος μικρότερα του επιτρεπτού είναι σίγουρο ότι αυτό θα παραμορφωθεί πρόωρα, παρουσιάζοντας έντονη τροχοαυλάκωση με εκατέρωθεν αυτής πλευρική υπερύψωση του τάπητα ή απώθηση (*shoving*).

Το VMA και VFA είναι πρόσθετες παράμετροι διασφάλισης καλής συμπεριφοράς του ασφαλτομίγματος. Με τα VMA διασφαλίζεται ότι ο διαθέσιμος χώρος μεταξύ των αδρανών είναι επαρκής για να παραλάβει (να «χωρέσει») την ποσότητα της ασφάλτου, ενώ με το VFA διασφαλίζεται ότι επαρκής αριθμός κενών πληρώθηκαν με άσφαλτο. Το τελευταίο είναι ουσιαστικής σημασίας διότι έμμεσα καθορίζει την απολύτως αναγκαία ποσότητα ασφάλτου στο μίγμα.

Δηλαδή, την ελάχιστη για να υπάρχει καλή συνεκτικότητα των κόκκων και κυρίως, τη μέγιστη που μπορεί να παραλάβει η δεδομένη κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος για να μην εμφανισθεί ανάδυση ασφάλτου και πρόωρη παραμόρφωση του μίγματος. Αφού υπολογιστούν οι παραπάνω ιδιότητες, σχεδιάζονται έξι διαγράμματα που έχουν στους οριζόντιους άξονες την περιεκτικότητα της ασφάλτου και στους κατακόρυφους τις παραπάνω ιδιότητες.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, η καμπύλη του φαινόμενου ειδικού βάρους παρουσιάζει, σχεδόν πάντοτε, μία μέγιστη τιμή καθώς αυξάνει το ποσοστό της

ασφάλτου. Όμοιας μορφής είναι και η καμπύλη της ευστάθειας με μόνη τη διαφορά ότι η μέγιστη τιμή εμφανίζεται σχεδόν πάντοτε σε χαμηλότερο ποσοστό ασφάλτου από αυτό για μέγιστο φαινόμενο ειδικό βάρος.



Σχήμα 5.: Τυπικά διαγράμματα χαρακτηριστικών ιδιοτήτων Marshall

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μέγιστη τιμή της ευστάθειας δεν είναι πάντοτε τόσο εύκολο να προσδιοριστεί, όσο στην περίπτωση του φαινομένου ειδικού βάρους, δηλαδή η καμπύλη δεν παρουσιάζει μονοσήμαντη μέγιστη τιμή. Το φαινόμενο αυτό είναι πολύ συνηθισμένο. Τα κενά αέρος, καθώς αυξάνεται το ποσοστό της ασφάλτου, μειώνονται συνεχώς. Αντίστοιχα, με την αύξηση του ποσοστού της ασφάλτου η παραμόρφωση αυξάνεται, ενώ τα κενά στο

σκελετό των αδρανών (VMA) αρχικά μειώνονται μέχρι μιας ελαχίστης τιμής και κατόπιν αυξάνονται. Τέλος, καθώς αυξάνει το ποσοστό της ασφάλτου, τα κενά που γέμισαν με άσφαλτο (εκφραζόμενα επί τοις εκατό) (VFA) συνεχώς αυξάνονται.

Πίνακας 10: Κριτήρια Marshall για οδοστρώματα οδών κατά Asphalt institute

Πίνακας 16: Κριτήρια Marshall για στρώματα και βάσεις				
Κριτήρια Marshall	Μικρός κ/φ ITA<10 ⁴		Μέσος κ/φ ITA 10 ⁴ - 10 ⁶	Μεγάλος κ/φ ITA>10 ⁶
	Στρώσεις κυκλοφορίας και βάσεις			
Συμπύκνωση, κτύποι	2x35		2x50	2x75
Ελάχιστη ευστάθεια kN (lb)	3.34 (750)		5.34 (1200)	8.01 (1800)
Παραμόρφωση mm	2.0-4.5		2.0-4.0	2.0-3.5
Κενά αέρος %	3-5		3-5	3-5
Κενά που γέμισαν με άσφαλτο, VFA%	70-80		65-78	65-75
Κενά στο σκελετό των αδρανών (VMA), %	Για όλες τις περιπτώσεις			
	Ονομαστικό μέγεθος αδρανών ^α (mm)	Ελάχιστο VMA% για κενά αέρος ^β		
		3%	4%	5%
	63 (2,5'')	9,0	10,0	11,0
	50 (2,0'')	9,5	10,5	11,5
	37,5 (1,5'')	10,0	11,0	12,0
	25,0 (1,0'')	11,0	12,0	13,0
	19,0 (3/4'')	12,0	13,0	14,0
	12,5 (1/2'')	13,0	14,0	15,0
	9,5 (3/8'')	14,0	15,0	16,0
	4,75 (No 4)	16,0	17,0	18,0
	2,36 (No 8)	19,0	20,0	21,0
	1,18 (No 16)	21,5	22,0	23,5
α) Το ονομαστικό μέγεθος των αδρανών, στην περίπτωση αυτή καθορίζεται από το αμέσως προηγούμενο μεγαλύτερο κόσκινο του πρώτου που συγκρατεί περισσότερο από 10% αδρανή υλικά				
β) Για ενδιάμεσα ποσοστά κενών το VMA καθορίζεται με γραμμική παρεμβολή				

Ο τρόπος καθορισμού της βέλτιστης περιεκτικότητας ασφάλτου και κατά συνέπεια του τελικού μίγματος, βάσει των αναθεωρημένων προδιαγραφών του Asphalt Institute, διαφέρει από αυτόν που μέχρι σήμερα χρησιμοποιείται από όλα τα εργαστήρια σύνθεσης ασφαλτομιγμάτων στην Ελλάδα.

Κατά το Asphalt Institute, επιλέγεται σαν τελικό μίγμα αυτό που ικανοποιεί ταυτόχρονα όλες τις απαιτήσεις των κριτηρίων του σχετικού Πίνακα 10.

Η χρήση τροποποιημένης ασφάλτου είναι επιβεβλημένη και διασφαλίζει τη μακροζωία της πολύ λεπτής επιφανειακής-αντιολισθηρής στρώσης. Ως τροποποιημένη άσφαλτος συνιστάται να χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο η τροποποιημένη με ελαστομερές υλικό άσφαλτος (άσφαλτος με SBS).

Με δεδομένο τα εμφανή πλεονεκτήματα του ασφαλικού σκυροδέματος για πολύ λεπτές στρώσεις (ΑΣ-ΠΑΣ) κατά το Άρθρο ΣΤ-6 ή τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό EN13108-2, έναντι του ασφαλικού σκυροδέματος για αντιολισθηρή στρώση κατά το Άρθρο ΣΤ-4 της ΤΣΥ του ΥΠΕΧΩΔΕ, συνιστάται όπως το ασφαλτόμιγμα αυτό αρχίσει άμεσα να χρησιμοποιείται ευρέως και στην Ελλάδα.

Τα πλεονεκτήματα του ΑΣ-ΠΑΣ έναντι των άλλων μιγμάτων για επιφανειακές αντιολισθηρές στρώσεις συνοψίζονται σε: χαμηλότερο κόστος, ταχύτερη κατασκευή, μείωση του θορύβου, μείωση των παραγόμενων σταγονιδίων κατά την κύλιση των οχημάτων επί υγρής επιφάνειας, καλή αντίσταση σε τροχοαυλάκωση και τέλος, δεν απαιτείται, έως ένα βαθμό, διάστρωση ισοπεδωτικής. Το γεγονός ότι όταν το ΑΣ-ΠΑΣ διαστρώνεται πάνω σε υφιστάμενο οδόστρωμα το πάχος της στρώσης υπερβαίνει τη μέγιστη συμβατική απόκλιση των +3mm κατά έως και +7,5mm οδηγεί στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να υπάρχει σχετική αναπροσαρμογή στην τιμή της μονάδας πληρωμής.

Κεφάλαιο 2: Τα ασφαλτικά υλικά

2.1 Ασφαλτικά υλικά – γενικά

Ασφαλτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία, είναι η καθαρή άσφαλτος, τα παράγωγα αυτής, ασφαλτικά διαλύματα και ασφαλτικά γαλακτώματα καθώς και κάθε είδους ασφαλτικά υλικά.

Η άσφαλτος γενικά προέρχεται από τη διύλιση του αργού πετρελαίου ή από κοιτάσματα φυσικής ασφάλτου. Ειδικά η χρησιμοποιούμενη στην οδοποιία άσφαλτος είναι το υπόλειμμα της διύλισης του αργού πετρελαίου. Με ρύθμιση της θερμοκρασίας κατά την απόσταξη παραμένουν στο υπόλειμμα λιγότερα ή περισσότερα ελαιώδη συστατικά και έτσι η παραγόμενη άσφαλτος είναι σκληρή ή μαλακή, αντίστοιχα. Στις περιοχές που έχουν ψυχρό κλίμα χρησιμοποιείται συνήθως μαλακή άσφαλτος, ενώ σε θερμότερα κλίματα χρησιμοποιείται σχετικά σκληρή άσφαλτος.

Κάθε τύπος ασφάλτου χαρακτηρίζεται από το βάθος στο οποίο διεισδύει μέσα στη μάζα αυτής πρότυπη βελόνα υπό την πίεση βάρους 100 gr που ενεργεί κάθετα επί χρόνο 5sec και σε θερμοκρασία 25°C. Έτσι υπάρχουν τύποι ασφάλτου 40/50, 50/60, 50/70, 60/70, 80/100, 180/200 κλπ. Ο τύπος, π.χ., 80/100 σημαίνει ότι η βελόνα διεισδύει μέσα στη μάζα της ασφάλτου του τύπου αυτού σε βάθος 8 έως 10 mm. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται κατά κανόνα η άσφαλτος τύπου 50/70.



Εικόνα 1: Μέτρηση θερμοκρασίας ασφαλτομίγματος κατά τη διάστρωση

2.2 Δοκιμές ασφάλτου

2.2.1. Δοκιμή διεισδυτικότητας

Η διεισδυτικότητα ορίζεται από το βάθος, που διεισδύει τυποποιημένη βελόνα στη μάζα της ασφάλτου, με την επήρεια βάρους 100 gr σε χρόνο 5 sec και σε θερμοκρασία 25°C. Το βάθος διεισδύσεως μετριέται σε δέκατα του χιλιοστού (διείσδυση 1mm ισοδυναμεί με 10 βαθμούς). Ο συμβολισμός π.χ. 80/100 δηλώνει ότι, κατά τη δοκιμή η διείσδυση ήταν μεταξύ 8 και 10mm. Με βάση τη διεισδυτικότητα, οι άσφαλτοι κατατάσσονται σε διάφορους τύπους (50/100, 80/100, 120/150 κλπ.).

2.2.2. Δοκιμή υγρασίας

Η άσφαλτος πρέπει να είναι απαλλαγμένη από νερό, διότι στην αντίθετη περίπτωση, με την θέρμανσή της στο εργοτάξιο υπάρχει κίνδυνος υπερχειλίσεώς της, εξαιτίας αφρισμού. Αν και οι προδιαγραφές απαιτούν να μην περιέχει καθόλου υγρασία, στη πράξη όμως θεωρείται ότι ένα ποσοστό 0.5% είναι επιτρεπτό.

Η δοκιμή υγρασίας χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας ασφαλτικών υλικών σε νερό με απόσταξη και τη βοήθεια πτητικού διαλύτη. Το δείγμα θερμαίνεται με ένα διαλύτη, που δεν αναμιγνύεται με το νερό και που συναποστάζει με το νερό του δείγματος. Ο συμπυκνωμένος διαλύτης και το νερό διαχωρίζονται στη συνέχεια μέσα σε βαθμολογημένο γυάλινο σωλήνα (παγίδα), το νερό καταλαμβάνει την κάτω στιβάδα στο βαθμολογημένο τμήμα της παγίδας και ο διαλύτης, με υπερχειλίση, επανέρχεται στον αποστακτήρα.

2.2.3 Δοκιμή μάλθωσης

Σύμφωνα με την δοκιμή αυτή, που βασίζεται στο γεγονός ότι αύξηση της θερμοκρασίας μαλακώνει την άσφαλτο, σιδερένια σφαίρα, με διάμετρο 3/8 in και βάρος 305 gr, αφήνεται να διεισδύσει μέσα σε μάζα ασφάλτου, που γεμίζει έναν δακτύλιο ορισμένων διαστάσεων, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η θερμοκρασία. Όταν η διείσδυση αυτή είναι 1 in, μετριέται η θερμοκρασία, η οποία ονομάζεται σημείο μάλθωσης. Η σημασία αυτής της δοκιμής είναι ότι, σε συνδυασμό με τη διεισδυτικότητα, καθορίζει τη μεταβολή του ιξώδους μιας ασφάλτου συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Έχοντας σαν βάση το σημείο μάλθωσης και της διεισδυτικότητας σε 25°C, οι άσφαλτοι μπορούν να καταταγούν σε τρεις κατηγορίες:

- α) Άσφαλτοι με διεισδυτικότητα 100, σε 25°C και σημείο μάλθωσης 42.5°C. Οι άσφαλτοι αυτές συμπεριφέρονται ως ιξώδη υγρά και δεν έχουν καμία ελαστική ιδιότητα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνες στην οδοποιία, αλλά να αναμιγνύονται με άλλες κατηγορίες.
- β) Άσφαλτοι με διεισδυτικότητα 100, σε 25°C και σημείο μάλθωσης 52°C. Οι άσφαλτοι αυτές έχουν μερικές ελαστικές ιδιότητες. Χρησιμοποιούνται στην οδοποιία επειδή συνδυάζουν τις καλές ιδιότητες της προηγούμενης και επόμενης κατηγορίας.
- γ) Άσφαλτοι με διεισδυτικότητα 100, σε 25°C και σημείο μάλθωσης 77°C. Οι άσφαλτοι αυτές έχουν ελαστικές ιδιότητες αλλά μικρή ευαισθησία στη θερμοκρασία. Δεν είναι κατάλληλες για την οδοποιία, διότι γερνούν εύκολα με την επίδραση της κυκλοφορίας.

2.2.4 Δοκιμή ολκιμότητας

Η δοκιμή αυτή δίνει την αντοχή της ασφάλτου σε εφελκυσμό. Τυποποιημένη πλάκα από άσφαλτο τοποθετείται μεταξύ δύο λαβίδων τυποποιημένης συσκευής και τεντώνεται με ορισμένη δύναμη και με ταχύτητα έλξης 5 cm/min. Η ολκιμότητα του υλικού μετρίεται ως η απόσταση σε cm, που θα διανύσει η πλάκα μέχρι να κοπεί στη μικρότερή της διατομή, που είναι 1 cm². Η δοκιμή γίνεται σε 25°C.

2.2.5 Δοκιμή τέφρας

Η δοκιμή αυτή γίνεται για να προσδιοριστούν ανόργανες ουσίες, που υπάρχουν στην άσφαλτο και επομένως να καθοριστεί ο βαθμός καθαρότητας της ασφάλτου.

2.2.6 Δοκιμή απώλειας βάρους

Με τη δοκιμή αυτή βρίσκεται το ποσοστό της απώλειας βάρους ασφάλτου, όταν αυτή θερμαίνεται σε ανοικτό δοχείο για 5 ώρες και σε 163°C. Έτσι εξακριβώνεται η θερμική καταπόνηση του ασφαλτικού υλικού. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η καταλληλότερη περιοχή θερμοκρασιών για την παρασκευή

ασφαλτομιγμάτων, είναι 125°C-140°C. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, η θερμική καταπόνηση είναι μεγάλη.

2.2.7 Δοκιμή διαλυτότητας σε οργανικούς διαλύτες

Η πρακτική σημασία της δοκιμής αυτής, είναι ο ποιοτικός έλεγχος της ασφάλτου από άποψη παρουσίας μη επιθυμητών ανόργανων ή οργανικών υλικών. Για τη δοκιμή χρησιμοποιείται η χοάνη Gooch ενώ ως διαλύτης χρησιμοποιείται διθειούχος άνθρακας, τετραχλωριούχος άνθρακας, βενζόλιο, τριχλωραιθυλένιο ή τετραχλωράνθρακας.

2.2.8 Δοκιμή ανάφλεξης

Είναι η δοκιμή με την οποία βρίσκεται η θερμοκρασία ανάφλεξης της ασφάλτου. Για τη δοκιμή χρησιμοποιείται η συσκευή Cleveland. Με τη δοκιμή αυτή εξασφαλίζεται στο εργοτάξιο η θερμοκρασία θέρμανσης της ασφάλτου, χωρίς κίνδυνο ανάφλεξης.

2.2.9 Δοκιμή γαλάκτωσης

Είναι η δοκιμή που δείχνει την καταλληλότητα της ασφάλτου για την παρασκευή αλκαλικών γαλακτωμάτων. Η δοκιμή γίνεται σε συσκευή που αποτελείται από ένα δοχείο με πτερυγοφόρο αναμικτήρα που περιστρέφεται με ταχύτητα 1400 rev/min (στροφές/λεπτό).

Η γαλάκτωση θεωρείται επιτυχής αν όλη η ποσότητα της ασφάλτου καταμεριστεί μέσα στο νερό και το γαλάκτωμα που παρασκευάστηκε είναι ομοιογενές με διασπορά μέσου μεγέθους σωματιδίων ασφάλτου μέχρι 0.005mm. Ο έλεγχος γίνεται μικροσκοπικά ή χρωματομετρικά.

2.2.10 Δοκιμή εκχύλισης ασφάλτου

Η δοκιμή αυτή γίνεται για τον ποσοτικό προσδιορισμό της ασφάλτου στα 'εν θερμώ' παραγόμενα ασφαλτικά μείγματα οδοστρώσας και στα δείγματα ασφαλτικών οδοστρώματων.

Η συσκευή δοκιμής αποτελείται από μία λεκάνη με μηχανισμό περιστροφής και από έναν υποδοχέα. Για την εκχέλιση χρησιμοποιείται τριχλωραιθάνιο, βενζόλιο ή τριχλωραιθυλένιο.

2.3 Τύποι ασφάλτου και είδη ασφαλικών

2.3.1 Τύποι και εφαρμογές ασφάλτου

Παρακάτω οι συνήθεις τύποι ασφάλτου που χρησιμοποιούνται κατά κανόνα:

Τύπος 20/30: Για την κατασκευή χυτής ασφάλτου.

Τύπος 50/60,50/70: Για την κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλικό σκυρόδεμα με μικρή αναλογία αδρανούς σκελετού (διάσταση κόκκων μεγαλύτερη των 2mm). Χρησιμοποιείται επίσης και στις περιπτώσεις, που χρειάζεται μεγάλη ευστάθεια ασφαλτομίγματος.

Τύπος 60/70: Ίδια χρήση με την άσφαλτο τύπου 50/60.

Τύπος 80/100: Για συγκολλητικές επαλείψεις, απλές και πολλαπλές επιφάνειες επεξεργασίας, εμποτισμούς σκυρωτών, κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλικό σκυρόδεμα και για παρασκευή ασφαλικών διαλυμάτων επί τόπου των έργων.

Τύπος 120/150: Για συγκολλητικές επαλείψεις, απλές και επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμούς σκυρωτών, κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλικό σκυρόδεμα με μεγάλη αναλογία αδρανούς σκελετού. Διάσταση κόκκων μεγαλύτερη των 2mm.

Τύπος 180/220: Για συγκολλητικές επαλείψεις, απλές και πολλαπλές επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμούς σκυρωτών, κατασκευή επιστρώσεων με ασφαλτόμιγμα ανοικτής σύνθεσης, που παρασκευάζεται σε μόνιμη εγκατάσταση και για την παρασκευή ασφαλικών γαλακτωμάτων.

Τύπος 220/320: Για επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμούς σκυρωτών και για την παρασκευή ασφαλικών γαλακτωμάτων.

2.3.2 Ασφαλτικά διαλύματα

Τα ασφαλτικά διαλύματα είναι προϊόντα ανάμιξης συνηθισμένων ασφάλτων οδοστρωσίας με ορισμένους διαλύτες και ανήκουν στην κατηγορία των ρευστών ασφαλτικών υλικών. Ως διαλύτες χρησιμοποιούνται βενζίνη, φωτιστικό πετρέλαιο ή ακάθαρτο πετρέλαιο. Ο διαλύτης χρησιμοποιείται για να καταστήσει το ασφαλτικό υλικό εργάσιμο σε χαμηλή θερμοκρασία, αλλά εξατμίζεται όταν εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα ή σε θερμοκρασία, αφήνοντας έτσι το ασφαλτικό υλικό ως συνδετικό με τα αδρανή.

Τα ασφαλτικά διαλύματα ανάλογα με την πτητικότητα του διαλύτη, που έχει χρησιμοποιηθεί, διακρίνονται σε:

1. Ταχείας εξάτμισης (TE)
2. Μέσης εξάτμισης (ME)
3. Βραδείας εξάτμισης (BE)

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται ασφαλτικά διαλύματα μέσης εξάτμισης (φωτιστικό πετρέλαιο με άσφαλτο τύπου 80/100).

Η παρασκευή των ασφαλτικών διαλυμάτων πρέπει να γίνεται με αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας ανάμιξης της ασφάλτου και του διαλύτη, ώστε να δημιουργείται ομοιογενές μίγμα και να αποφεύγεται ο κίνδυνος ανάφλεξης. Για τη παρασκευή των ασφαλτικών διαλυμάτων στο εργοτάξιο θερμαίνεται αρχικά η άσφαλτος σε θερμοκρασία 140 έως 160°C. Στη συνέχεια γίνεται αναρρόφηση αυτής με αντλία σε καθορισμένη αναλογία, ενώ γίνεται αναρρόφηση και της αντίστοιχης ποσότητας φωτιστικού πετρελαίου.

Ανάλογα με τη σύνθεση και τη ρευστότητα τα ασφαλτικά διαλύματα μέσης εξάτμισης διακρίνονται σε 6 τύπους, δηλαδή ME-0, ME-1, ME-2, ME-3, ME-4 και ME-5. Για την επιτυχή εφαρμογή στις ασφαλτικές κατασκευές χρησιμοποιούμε τον ανάλογο τύπο ασφαλτικού διαλύματος. Η εκλογή του κατάλληλου τύπου εξαρτάται από το είδος της ασφαλτικής κατασκευής, τη θερμοκρασία και την υγρασία της ατμόσφαιρας, την καθαρότητα των αδρανών υλικών κλπ.

Σημειώνεται τέλος ότι η χρήση ακάθαρτου πετρελαίου ως διαλύτη πολλές φορές αποτελεί αιτία κακοτεχνιών στη κατασκευή, διότι διατηρείται η πλαστικότητα του ασφαλτομίγματος για μεγάλο διάστημα, με δυσμενή επίδραση στην ευστάθεια της κατασκευής και στη πρόσφυση του συνδετικού στα αδρανή.

2.3.3 Ασφαλτικά γαλακτώματα

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα αποτελούνται από άσφαλτο και νερό. Για την παρασκευή τους θερμαίνεται το ασφαλτικό υλικό μέχρι να υγροποιηθεί (130 έως 140°C) και στη συνέχεια αναμιγνύεται με ζεστό νερό (60 έως 70°C) αναταράσσοντας δυνατά το μίγμα. Το ασφαλτικό υλικό διαιρείται σε λεπτά σταγονίδια και έτσι επιτυγχάνεται ομοιογενές υλικό. Τα σταγονίδια όμως αυτά έχουν την τάση να ενωθούν μεταξύ τους και να διασπάσουν το γαλάκτωμα. Για να γίνει το γαλάκτωμα σταθερότερο χρησιμοποιείται κατάλληλη ουσία, που ονομάζεται παράγοντας γαλάκτωσης και συνήθως είναι καυστική σόδα, νιτρικό οξύ, υδροχλωρικό οξύ κλπ.

Όταν το γαλάκτωμα έρθει σε επαφή με τα αδρανή του οδοστρώματος, το νερό απορροφάται ή εξατμίζεται και τα σταγονίδια της ασφάλτου δημιουργούν την απαιτούμενη συνδετική ύλη των αδρανών υλικών.

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Δεν αναφλέγονται
2. Στη συνήθη θερμοκρασία είναι ρευστά και επομένως εύχρηστα
3. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με υγρανθέντα αδρανή υλικά

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα, ανάλογα με τον παράγοντα γαλάκτωσης, διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες που είναι οι εξής:

1. Τα αλκαλικά (ανιονικά)

Σε αυτά η ηλεκτρική φόρτιση των σταγονιδίων είναι αρνητική.

2. Τα όξινα (κατιονικά)

Σε αυτά η ηλεκτρική φόρτιση των σταγονιδίων είναι θετική.

Η κυριότερη διαφορά μεταξύ αλκαλικών και όξινων γαλακτωμάτων είναι η διαφορετική πρόσφυση στα διάφορα αδρανή υλικά. Τα αλκαλικά επειδή έχουν αρνητική φόρτιση, παρουσιάζουν μεγάλη πρόσφυση με ασβεστολιθικά αδρανή, διότι αυτά τα αδρανή με τη παρουσία υγρασίας φορτίζονται θετικά (τα ετερώνυμα έλκονται). Αντίθετα, δεν παρουσιάζουν καλή πρόσφυση με τα πυριτικά ή χαλαζιακά πετρώματα, διότι αυτά με την παρουσία υγρασίας φορτίζονται αρνητικά. Για τον ίδιο λόγο τα όξινα γαλακτώματα, επειδή έχουν θετική φόρτιση, παρουσιάζουν καλύτερη πρόσφυση με τα πυριτικά ή χαλαζιακά αδρανή. Τα όξινα γαλακτώματα παρουσιάζουν επιπλέον τα εξής πλεονεκτήματα: i) προσφύονται και σε ασβεστολιθικά πετρώματα,

ii) παρουσιάζουν πρόσφυση και όταν υπάρχει πολύ υγρασία και iii) αντέχουν περισσότερο στο ψύχος και στην αποθήκευση

Τα αλκαλικά γαλακτώματα διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:

1. Ταχείας διάσπασης (τύποι ΑΕ-1, ΑΕ-2)
2. Μέσης διάσπασης (τύποι ΑΕ-3, ΑΕ-4)
3. Βραδείας διάσπασης (τύπος ΑΕ-5)

Τα όξινα γαλακτώματα διακρίνονται σε 2 κατηγορίες:

1. Ταχείας διάσπασης (τύποι ΚΕ-1, ΚΕ-2)
2. Μέσης διάσπασης (τύποι ΚΕ-3, ΚΕ-4, ΚΕ-5)

Ο διαχωρισμός της ασφάλτου από το νερό σε ένα ασφατικό γαλάκτωμα ονομάζεται διάσπαση του γαλακτώματος. Η ταχύτητα διάσπασης στις ασφατικές κατασκευές εξαρτάται από την κοκκομετρική διαβάθμιση του αδρανούς υλικού, τη χημική φύση του αδρανούς υλικού, τη σκόνη, τη βροχή, το πάχος της στρώσης κλπ. Η διάσπαση ενός γαλακτώματος επέρχεται ακόμα με: i) χρήση ηλεκτρολύτη, ii) ψύξη του γαλακτώματος σε θερμοκρασία κατώτερη της πήξης του νερού και iii) ανάμιξη δύο αντίθετα φορτισμένων γαλακτωμάτων.

Τα ασφατικά γαλακτώματα παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους σε σχέση με τη σταθερότητά τους, όταν γίνεται η ανάμιξη με τα αδρανή. Τα λεγόμενα ταχείας διάσπασης φτιάχνονται με τέτοιον τρόπο που με την επαφή τους με τα αδρανή διασπώνται. Έτσι εξουδετερώνεται το φορτίο των μικκυλίων της ασφάλτου από το επιφανειακό φορτίο του αδρανούς υλικού.

Είναι δυνατή η παρασκευή σταθερών γαλακτωμάτων με στόχο την αποφυγή της διάσπασής τους κατά την επαφή τους με τα αδρανή υλικά. Στην περίπτωση αυτή είναι απολύτως δυνατή η ανάμιξη και η επικάλυψη των αδρανών πριν από τη διάσπαση του γαλακτώματος, που χαρακτηρίζεται ως ημιβραδείας ή βραδείας διάσπασης.

Η σταθερότητα του γαλακτώματος κανονίζεται από τη ρύθμιση της αλκαλικότητας ή της οξύτητας καθώς και τη χρησιμοποίηση του κατάλληλου παράγοντα γαλάκτωσης, σε διαφορετικό ποσοστό προσθήκης κάθε φορά.

Η απαιτούμενη προσοχή είναι στο να μην έρθουν σε επαφή όξινα και αλκαλικά μιας και έτσι προκαλείται άμεση διάσπαση και των δύο. Οι διανομείς ασφάλτου, πριν χρησιμοποιηθούν οφείλουν να είναι πολύ καλά καθαρισμένοι με άφθονο νερό από τα υπολείμματα των διάφορων τύπων γαλακτώματος.

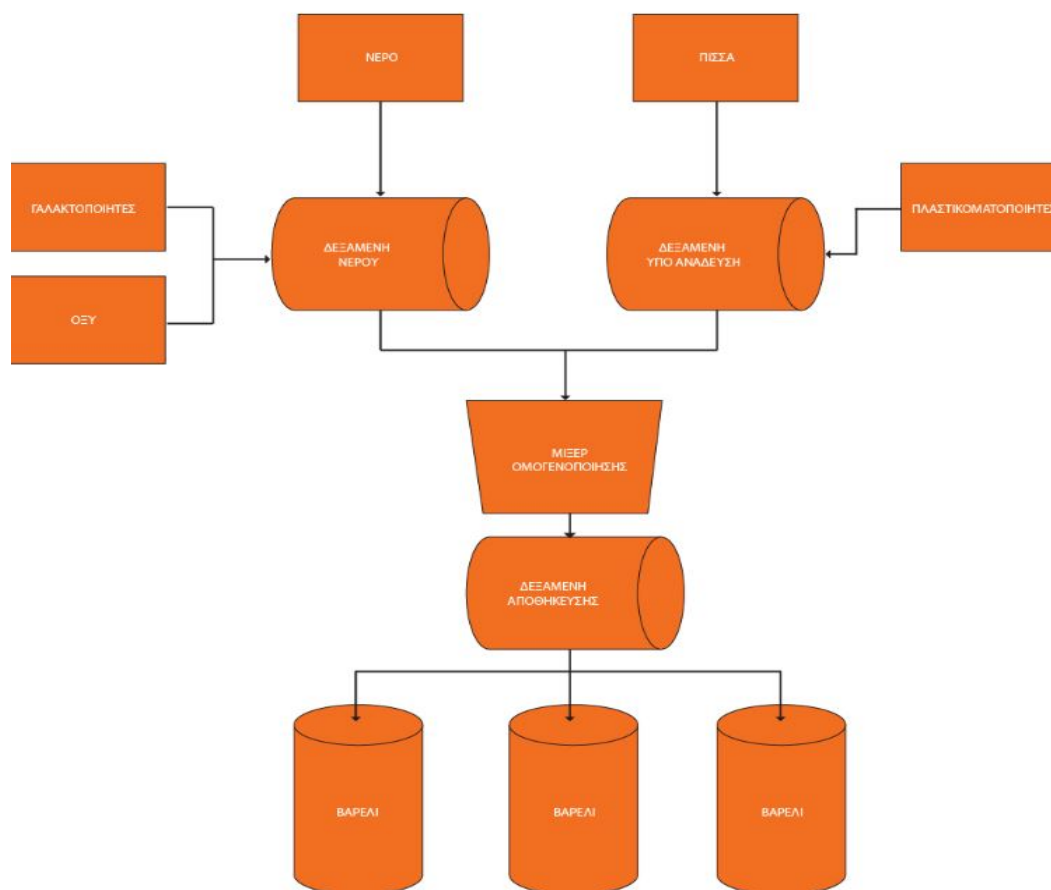
Σε πολλές περιπτώσεις τα κατιονικά γαλακτώματα είναι εμφανώς βελτιωμένα σε σχέση με τα ανιονικά, αν και δεν μπορούν να τα αντικαθιστούν εντελώς. Τα ανιονικά, σε κάθε περίπτωση είναι πιο ευέλικτα και χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω προσαρμογής σε ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες και λόγω κόστους.

Εκτιμάται ως επιτυχής η χρήση των ανιονικών ασφατικών γαλακτωμάτων, με όλους τους τύπους των αδρανών υλικών με εξαίρεση εκείνων που διαθέτουν έντονο ηλεκτρομαγνητικό χαρακτήρα, όπως τα όξινα ή πυριτικά.

Γενικότερα, τα ασφατικά γαλακτώματα, μετά τη διαδικασία της διάσπασης (συνένωση των μικκυλίων εξαιτίας της διαταραγμένης ισορροπίας του γαλακτώματος) και η οποία συντελείται λίγο μετά την εφαρμογή και είναι πλήρης, αφορούν σε έναν σταθερό υμένα (Ευσταθιάδης, 1966). Τα ασφατικά διαλύματα αντίθετα, χρειάζονται περισσότερο χρόνο στο να δώσουν σταθερό υμένα, μιας και οι περισσότεροι περιεχόμενοι διαλύτες δεν απομακρύνονται κατευθείαν αμέσως μετά την εξάτμιση. Ο ξηρός καιρός διευκολύνει την πλήρη απομάκρυνση του νερού και συμβάλει στην επιτυχημένη κατασκευή. Στην περίπτωση μιας έντονης βροχόπτωσης μετά την εφαρμογή του γαλακτώματος, υπάρχει πιθανότητα να ξεπλυθεί αν δεν είναι το κατάλληλο για την περίπτωση π.χ. γρήγορης διάσπασης.

Η παραγωγή των κατάλληλων τύπων ασφατικών γαλακτωμάτων για τη βελτίωση του ασφατικού υμένα, με καλύτερες φυσικές ιδιότητες, αντοχή στη θραύση σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι σήμερα δυνατή (Woods, 2003).

Στην Ελλάδα οι δύο βασικοί τύποι ασφατικών γαλακτωμάτων είναι ο KE-1 και ο KE-5. Στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται η διαδικασία παραγωγής ασφατικών γαλακτωμάτων.



Σχήμα 6: Διαδικασία παραγωγής ασφαλτικών γαλακτωμάτων(www.marmi.gr)

ΤΥΠΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΚΕ - 1 (Ασφαλτική Συγκολλητική Επάλειψη)	Κατιονικό (όξινο) ασφαλτικό γαλάκτωμα ταχείας διασπάσεως και μικρού ιξώδους	Εφαρμόζεται με τη μορφή ψεκασμού (επάλειψη) πάνω σε υφιστάμενη ασφαλτική επιφάνεια όπου πρόκειται να τοποθετηθεί νέα ασφαλτική στρώση. Σκοπός της είναι η συγκόλληση των δυο επιφανειών (παλιάς και νέας) , ώστε να εργάζονται σαν μια ενιαία στρώση.
ΚΕ - 5 (Ασφαλτική προεπάλειψη ή πετρελαϊκή)	Κατιονικό (όξινο) ασφαλτικό γαλάκτωμα ημιβραδείας διασπάσεως και μικρού ιξώδους	Εφαρμόζεται με τη μορφή ψεκασμού (επάλειψης) σε στρώσεις βάσης οδοστρώσας (3 Α). Σκοπός της είναι η αδιαβροχοποίηση της εμποτιζόμενης στρώσης μέσω της πλήρωσης των τριχοειδών πόρων και η σύνδεση την βάσης με την ασφαλτική στρώση που πρόκειται εν συνεχεία να τοποθετηθεί.

Εικόνα 2: Κοινοί τύποι ασφαλτικών γαλακτωμάτων στην Ελλάδα(www.marmi.gr)

2.3.4. Αντιυδρόφιλα υλικά

Η επιτυχία ή όχι μιας ασφαλικής κατασκευής εξαρτάται και από το βαθμό πρόσφυσης του ασφαλικού στα αδρανή. Για το λόγο αυτό το ασφαλικό και το αδρανές υλικό, που προορίζονται για την κατασκευή ενός οδοστρώματος, υποβάλλονται στη δοκιμή πρόσφυσης.

Κατά τη δοκιμή αυτή το αδρανές επικαλύπτεται με το προς χρήση ασφαλικό συνδετικό (καθαρή άσφαλτο ή ασφαλικό διάλυμα) και στη συνέχεια τοποθετείται μέσα στο νερό. Μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα εκτιμάται με το μάτι πόση επιφάνεια του αδρανούς έχει παραμείνει καλυμμένη με ασφαλικό. Αν η επικάλυψη είναι μεγαλύτερη του 95% , τότε λέγεται ότι το υλικό δεν παρουσιάζει υδροφιλία και δεν χρειάζεται βελτίωση της πρόσφυσης. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή κάτω του 95%, η πρόσφυση δεν είναι καλή.

Για αύξηση του βαθμού πρόσφυσης χρησιμοποιούνται διάφορα χημικά παρασκευάσματα που ονομάζονται αντιυδρόφιλα υλικά ή βελτιωτικά υλικά πρόσφυσης. Συνήθως η αναλογία τους προς το ασφαλικό υλικό είναι 0.50 έως 1.50% κατά βάρος. Το απαιτούμενο ποσοστό καθορίζεται με δοκιμές. Βελτίωση της πρόσφυσης με αντιυδρόφιλα υλικά γίνεται στα ασφαλικά συνδετικά με καθαρή άσφαλτο και σε ασφαλικά διαλύματα (εκτός από τις περιπτώσεις διαλυμάτων που προορίζονται για ασφαλικές επαλείψεις, διότι οι τύποι περιέχουν μεγάλο ποσοστό διαλύτη).

Στα ασφαλικά γαλακτώματα η υδροφιλία αντιμετωπίζεται όχι με προσθήκη αντιυδρόφιλου υλικού, αλλά με χρήση άλλου κατάλληλου ασφαλικού γαλακτώματος όξινου ή αλκαλικού.

2.4 Ασφαλτικές επαλείψεις

2.4.1 Γενικά

Ο όρος ασφαλτικές επιφανειακές επεξεργασίες, περιλαμβάνει όλες τις ασφαλτικές επαλείψεις που εκτελούνται στα οδοστρώματα. Τα είδη των ασφαλτικών επαλείψεων είναι η προεπάλειψη, η συγκολλητική επάλειψη και η απλή, διπλή ή πολλαπλή επάλειψη. Οι ασφαλτικές αυτές επαλείψεις γίνονται για τους παρακάτω σκοπούς:

1. Για την αδιαβροχοποίηση των αδρανών υλικών βάσης του οδοστρώματος και την συγκόλληση μεταξύ τους και με τη βάση των χαλαρών κόκκων της βάσης, προκειμένου να κατασκευαστεί στη συνέχεια κάποια ασφαλτική κατασκευή.
2. Για την συγκόλληση και συνεργασία παλαιάς με νέα ασφαλτική κατασκευή.
3. Για τη βελτίωση ή συντήρηση παλαιάς ασφαλτικής κατασκευής που έχει υποστεί φθορές ή ρηγματώσεις.
4. Για τη δημιουργία βαθιάς επιφάνειας οδού σε όλες τις εποχές του έτους με μικρή δαπάνη, σε περιπτώσεις ελαφριάς και μέσης κυκλοφορίας.
5. Για τη συντήρηση προσωρινά κατά τη διάρκεια του χειμώνα των βάσεων με αδρανή υλικά, όταν δεν είναι δυνατή η ολοκλήρωση της κατασκευής.
6. Για τη σφράγιση των επιφανειακών κενών στα ημιεμποτισμένα σκυρωτά και στους ασφαλτικούς τάπητες ανοικτής σύνδεσης.
7. Για τη κατασκευή σε παλαιές ή νέες ασφαλτικές κατασκευές αντιολισθηρές επιφάνειες κύλισης.

2.4.2 Προεπάλειψη

Η προεπάλειψη γίνεται στην περίπτωση που πρόκειται να ακολουθήσει μία ασφαλτική κατασκευή επάνω σε μια βάση από αδρανή υλικά. Αυτή συνίσταται στη διάχυση ενός ρευστού ασφαλτικού με χαμηλό ιξώδες.

Ο κύριος σκοπός της προεπάλειψης είναι η σύνδεση της βάσης με την ασφαλτική επίστρωση που στη συνέχεια θα κατασκευαστεί. Παράλληλα εξασφαλίζεται η υδατοστεγανότητα της βάσης με τη διείσδυση του συνδετικού υλικού μέσα στους τριχοειδείς πόρους της και έτσι εμποδίζεται η άνοδος της υγρασίας προς την επιφάνεια του οδοστρώματος και η διείσδυση της επιφανειακής υγρασίας μέσα στη βάση.

Η βάση πάνω στην οποία εφαρμόζεται η προεπάλειψη αποτελείται κυρίως από αδρανή υλικά σταθεροποιημένου τύπου. Σπανιότερα, μπορεί να είναι υδατόπηκτο σκυρωτό ή βάση σταθεροποιημένη με τσιμέντο.

Το ασφαλτικό συνδετικό που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι αρκετά ρευστό, για να μπορέσει να διεισδύσει μέσα στους πόρους της βάσης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως ασφαλτικά διαλύματα και ασφαλτικά γαλακτώματα. Τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται είναι της κατηγορίας μέσης εξάτμισης και μάλιστα των τύπων ME-1 και ME-2. Όταν η επιφάνεια της βάσης είναι πολύ συμπαγής, χρησιμοποιείται το ρευστότερο διάλυμα ME-1, ενώ όταν είναι πορώδης, το διάλυμα ME-2 για να διεισδύσει το ασφαλτικό υλικό κατά το δυνατό σε μεγαλύτερο βάθος, με σύγχρονο σχηματισμό γύρω από τους κόκκους των αδρανών υλικών ασφαλτικής μεμβράνης αισθητού πάχους. Τα χρησιμοποιούμενα ασφαλτικά γαλακτώματα μπορεί να είναι όξινα ή αλκαλικά.

Πριν γίνει η διάχυση του ασφαλτικού υλικού, η βάση καθαρίζεται με επιμέλεια με σάρωθρα για την απομάκρυνση των χαλαρών κόκκων, τυχόν βόλων ή πλακούντων αργίλου, ξένων υλών κ.α., που εμποδίζουν την επαρκή διείσδυση και την καλή πρόσφυσή του. Στη συνέχεια γίνεται η διάχυση του ασφαλτικού συνδετικού στην επιφάνεια της βάσης με διανομέα.

Σημαντικά συμβάλλει στην επιτυχία της προεπάλειψης η ομοιόμορφη κατανομή του ασφαλτικού υλικού. Εάν δεν είναι δυνατή η διακοπή της κυκλοφορίας, η προεπάλειψη θα πρέπει να γίνεται στο μισό πλάτος του καταστρώματος της οδού, για να μην κολλάει το ασφαλτικό υλικό στους τροχούς των τροχοφόρων. Στη συνέχεια, αφήνεται η επιφάνεια για διάστημα 1 ως 4 ημερών για την απορρόφηση του

ασφαλτικού υλικού. Κατόπιν ακολουθεί η προβλεπόμενη ασφαλτική κατασκευή.

Όταν οι καιρικές συνθήκες είναι δυσμενείς, όταν δηλαδή η θερμοκρασία είναι κάτω των 10°C και όταν λόγω υγρασίας ή προγενέστερης βροχής, τα κενά της επιφάνειας της βάσης είναι γεμάτα νερό, δεν πρέπει να γίνεται η προεπάλειψη με οποιοδήποτε ασφαλτικό υλικό, ακόμα και με ασφαλτικό γαλάκτωμα, γιατί το ασφαλτικό υλικό δεν θα μπορέσει να διεισδύσει στη βάση και φυσικά η προεπάλειψη δεν θα πετύχει.



Εικόνα 3: Ασφαλτική προεπάλειψη σε υλικό βάσης



Εικόνα 4: Συμπύκνωση-διάστρωση ασφαλτικού

2.4.3 Συγκολλητική επάλειψη

Όταν σε μία υπάρχουσα ασφατική επιφάνεια πρόκειται να γίνει μια ασφατική κατασκευή, εφαρμόζεται η συγκολλητική επάλειψη, που έχει σκοπό να εξασφαλίσει πολύ καλή πρόσφυση και συνεργασία της νέας με τη παλιά ασφατική κατασκευή. Τα ασφατικά υλικά που χρησιμοποιούνται στη συγκολλητική επάλειψη είναι περισσότερο ιξώδη από τα χρησιμοποιούμενα στη προεπάλειψη, επειδή δεν απαιτείται διείσδυση του ασφατικού συνδετικού στην υπάρχουσα στρώση. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η δημιουργία μιας πλαστικής λεπτής και συνεχούς μεμβράνης για τη σύνδεση των δύο στρώσεων. Η περίσσεια ασφάλτου είναι δυνατόν να προξενήσει κυματισμό ή ακόμη και ερπυσμό της νέας στρώσης. Η εκλογή του ασφατικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη συγκολλητική επάλειψη περιορίζεται από τον σκοπό που επιδιώκεται και που είναι η ομοιόμορφη επικάλυψη όλης της επιφάνειας του οδοστρώματος, με μικρού πάχους ασφατική μεμβράνη.

Τα περισσότερο κατάλληλα για τον παραπάνω σκοπό είναι τα ασφατικά διαλύματα ταχείας εξάτμισης (με βενζίνη) και τα αραιωμένα ασφατικά γαλακτώματα ταχείας διάσπασης ώστε η καθαρή άσφαλτος που τελικά θα διαστρωθεί, να είναι περίπου $0.3-0.5 \text{ kg/m}^2$. Τα συνήθως χρησιμοποιούμενα ασφατικά υλικά στη χώρα μας είναι:

1. Άσφαλτος οδοστρωσίας τύπου 80/100 ή 180/220.
2. Ασφατικά διαλύματα με φωτιστικό πετρέλαιο το πολύ μέχρι 5%.
3. Ασφατικά γαλακτώματα αλκαλικά ή όξινα ταχείας διάσπασης. Η απαιτούμενη ποσότητα του ασφατικού υλικού εξαρτάται από την επιφάνεια της παλιάς στρώσης και από τις συνθήκες εργασίας. Στους παλιούς τάπητες, κατά κανόνα, χρησιμοποιείται μεγαλύτερη ποσότητα.

Οι συνήθως χρησιμοποιούμενες ποσότητες ασφατικού υλικού είναι:

1. Άσφαλτος οδοστρωσίας: $0.4-0.6 \text{ kg/m}^2$
2. Ασφατικά διαλύματα: $0.4-0.8 \text{ kg/m}^2$
3. Ασφατικό γαλάκτωμα: $0.4-1.0 \text{ kg/m}^2$

Η θερμοκρασία εφαρμογής εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες και από τη κατηγορία του ασφατικού υλικού.

1. Για την άσφαλτο οδοστρωσίας: $135-175^\circ\text{C}$
2. Για το ασφατικό διάλυμα: $100-135^\circ\text{C}$
3. Για το ασφατικό γαλάκτωμα: $10-60^\circ\text{C}$

Η επιφάνεια στην οποία θα γίνει η συγκολλητική επάλειψη, πρέπει να καθαρίζεται με επιμέλεια και να απομακρύνεται κάθε ξένο υλικό και κυρίως τυχόν υπάρχουσα άργιλος, για να πραγματοποιηθεί καλή συνεργασία της νέας με την παλιά ασφαλική στρώση.

Η συγκολλητική επάλειψη χρησιμοποιείται στις παρακάτω περιπτώσεις:

1. Για την συγκόλληση μιας παλιάς ασφαλικής στρώσης με τη νέα που πρόκειται να κατασκευαστεί.
2. Για τη συγκόλληση μιας επιφάνειας από σκυρόδεμα με την ασφαλική στρώση που θα κατασκευαστεί πάνω σε αυτή.
3. Για τη συγκόλληση επαλλήλων στρώσεων ασφαλτομίγματος (π.χ. στρώσης βάσης με την ισοπεδωτική και τη στρώση κυκλοφορίας). Σε αυτή τη περίπτωση, δεν χρειάζεται συγκολλητική επάλειψη αν δεν έχει περάσει μεγάλο χρονικό διάστημα από την κατασκευή της προηγούμενης στρώσης εκτός αν η προηγούμενη στρώση έχει καλυφτεί από παιπάλη ή φίλλερ (λεπτοφυές υλικό-γέμισμα). Πάντως η εφαρμογή συγκολλητικής επάλειψης σε αυτή την περίπτωση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και κυρίως από τις καιρικές συνθήκες, από το πάχος της νέας ασφαλικής στρώσης και από την περιεκτικότητα σε άσφαλτο της προηγούμενης, δεδομένου ότι η ύπαρξη πλεονασμού ασφάλτου μπορεί να προξενήσει τελικά εξίδρωση αυτής στην τελική επιφάνεια κυκλοφορίας με όλα τα δυσμενή επακόλουθα.

Γενικά η επιτυχία της συγκολλητικής επάλειψης, εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, από την καλή εκλογή του είδους του ασφαλικού υλικού, από το βαθμό καθαρισμού της βάσης και από ομοιόμορφη κατανομή του ασφαλικού υλικού σε όλη την επιφάνεια του οδοστρώματος.



Εικόνα 5: Διανομέας (federal)ασφαλτικού διαλύματος



Εικόνα 6: Διάστρωση ασφαλτικού

2.4.4 Απλή, διπλή και τριπλή επάλειψη

Η απλή επάλειψη συνίσταται στην διάχυση ασφαλικού υλικού και στην άμεση επικάλυψη αυτού με ψηφίδα. Η επάλειψη αυτή κατασκευάζεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

1. Σε δρόμους πολύ ελαφριάς κυκλοφορίας. Στην περίπτωση αυτή, η απλή επάλειψη κατασκευάζεται απ' ευθείας στη βάση με αδρανή υλικά. Γίνεται η προεπάλειψη και ακολουθεί η διάστρωση της ψηφίδας. Εάν η προεπάλειψη δεν έχει αρκετή συγκολλητικότητα για να δεσμεύσει τις ψηφίδες, ακολουθεί μετά την προεπάλειψη συγκολλητική επάλειψη και άμεση διάστρωση της ψηφίδας.
2. Επάνω σε παλιούς ή και νέους ασφαλικούς τάπητες ανοιχτού τύπου για την πλήρωση των επιφανειακών κενών, οπότε ονομάζεται και σφραγιστική επάλειψη.
3. Για την ενεργοποίηση ή συντήρηση παλιών ασφαλικών ταπήτων.
4. Για την κατασκευή αντιολισθηρών επιφανειών σε παλιούς ή και νέους τάπητες, οπότε γίνεται και κατάλληλη επιλογή των αδρανών υλικών, των συνδετικών και των μεθόδων

Η διπλή επάλειψη αποτελείται από δύο φάσεις εφαρμογής του ασφαλικού υλικού και ψηφίδων. Αυτή εφαρμόζεται επάνω σε οποιοδήποτε οδόστρωμα και έχει ως κύριο σκοπό την ενίσχυση, την εξομάλυνση ή την σφράγιση αυτού. Η τριπλή ή πολλαπλή επάλειψη αποτελείται από δύο ή περισσότερες φάσεις εφαρμογής ασφαλικού υλικού και ψηφίδων. Αυτές εφαρμόζονται κυρίως για την κατασκευή μικρού πάχους ασφαλικών ταπήτων σε δρόμους ελαφριάς κυκλοφορίας

Τα συνήθως χρησιμοποιούμενα για τις επαλείψεις αυτές ασφαλικά υλικά είναι:

1. Καθαρή άσφαλτος τύπου 80/100 ή 180/220.
2. Ασφαλτικά διαλύματα μέσης εξάτμισης (σε φωτιστικό πετρέλαιο).
3. Ασφαλτικά γαλακτώματα ταχείας διάσπασης, όξινα ή αλκαλικά.

Η επιλογή της κατηγορίας και του τύπου του ασφαλικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την φύση των πετρωμάτων και από τα διαθέσιμα υλικά. Πάντως στην περίπτωση που η ασφαλική επάλειψη θα κατασκευαστεί πάνω σε βάση με αδρανή υλικά, η πρώτη διάχυση θα γίνει με ασφαλικό υλικό προεπάλειψης.

Τα χρησιμοποιούμενα για τις επαλείψεις αδρανή υλικά θα πρέπει να προέρχονται από σκληρά πετρώματα και να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις:

1. Οι ψηφίδες να είναι ομοιόμορφου σχήματος, κατά προτίμηση θραυστές και να πληρούν τις κοκκομετρικές διαβαθμίσεις των προδιαγραφών.
2. Οι ψηφίδες θα πρέπει να είναι καθαρές,γωνιώδους σχήματος και να μην έχουν πλακοειδείς και βελονοειδείς κόκκους.
3. Οι ψηφίδες θα πρέπει να μην έχουν φύλλερ. Η παρουσία του φύλλερ έχει ως αποτέλεσμα να κάθεται επάνω στο ασφαλικό υλικό και να εμποδίζει την συγκόλληση των κόκκων.

Για τις επαλείψεις χρησιμοποιούνται τρεις διαβαθμίσεις ψηφίδων Νο 5, 7 και 8 και πιο συγκεκριμένα: α) για την απλή επάλειψη χρησιμοποιείται ψηφίδα της κοκκομετρικής διαβάθμισης Νο 8, β) για την διπλή επάλειψη διαστρώνεται πρώτα η ψηφίδα της διαβάθμισης Νο 7 και μετά την διάχυση του ασφαλικού υλικού η ψηφίδα διαβάθμισης Νο 8 και γ) για την τριπλή επάλειψη διαστρώνεται πρώτα η ψηφίδα Νο 5 και στη συνέχεια οι ψηφίδες Νο 7 και Νο 8. Ο Πίνακας 11 δίνει λεπτομέρειες σχετικές με την διαβάθμιση του υλικού των ψηφίδων.

Η ποσότητα του ασφαλικού υλικού που εφαρμόζεται σε κάθε στρώση κυμαίνεται συνήθως για μεν τα ασφατικά γαλακτώματα και διαλύματα σε $1-2 \text{ kg/m}^2$, για δε την καθαρή άσφαλτο οδοστρώσις σε $0.7-0.9 \text{ kg/m}^2$.

Για την κατασκευή μιας διπλής επάλειψης ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

1. Καθαρισμός υποδομής.
2. Πρώτη διάχυση ασφαλικού υλικού.
3. Άμεση διάστρωση του αδρανούς υλικού διαβάθμισης Νο 7 με μηχανικό διανομέα σε ποσότητα περίπου 7 kg/m^2 .
4. Ισοπέδωση της ψηφίδας με ελκόμενο σάρωθρο και ελαφριά κυλίνδρωση.
5. Δεύτερη διάχυση ασφαλικού υλικού.
6. Άμεση διάστρωση του αδρανούς υλικού της διαβάθμισης Νο 8 με μηχανικό διανομέα σε ποσότητα 7 kg/m^2 και κυλίνδρωση.

Πίνακας 11: Διαβάθμιση υλικού ψηφίδων

Αριθμός κόσκινου		Διερχόμενο % κατά βάρος		
<i>inches</i>	<i>mm</i>	<i>No 5</i>	<i>No 7</i>	<i>No 8</i>
1	25.40	100	-	-
3/4	13.05	90-100	-	-
1/2	12.70	-	100	-
3/8	9.50	20-65	85-100	100
1/4	6.35	0-10	20-50	95-100
0.1874	4.76	0-5	0-10	60-85

Για να πετύχει μια ασφαλική επάλειψη πρέπει να τηρηθούν σχολαστικά τα παρακάτω:

1. Να χρησιμοποιούνται κατάλληλα αδρανή υλικά ως προς την ποιότητα και την κοκκομετρική διαβάθμιση και κυρίως να μην περιέχουν φύλλερ.
2. Να λαμβάνονται υπόψη οι καιρικές συνθήκες, η υγρασία της υποδομής, η υγρασία των αδρανών υλικών και στη συνέχεια να γίνεται η κατάλληλη εκλογή της κατηγορίας και του τύπου του ασφαλικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί.
3. Να θερμαίνεται το ασφαλικό υλικό στην απαιτούμενη θερμοκρασία και να διαστρώνεται το αδρανές υλικό αμέσως μετά την διάχυση του ασφαλικού υλικού για να κολλήσει στην άσφαλο πριν αυτή ψυχθεί και να ακολουθεί επίσης ελαφριά κυλίνδρωση.
4. Να γίνει ομοιόμορφη διάχυση του ασφαλικού υλικού κατά πλάτος και κατά μήκος στην προβλεπόμενη ποσότητα ανά τετραγωνικό μέτρο με διανομέα της ασφάλτου. Η απαίτηση αυτή είναι βασική και η μη τήρησή της έχει την αφετηρία κακοτεχνίας. Εάν λειτουργούν όλα τα όργανα του διανομέα της ασφάλτου και εάν οι κρουνοί είναι όλοι καθαρισμένοι και έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό και εάν η ράβδος του καταιονισμού του ασφαλικού υλικού βρίσκεται στο κατάλληλο ύψος, η εργασία θα πετύχει. Φυσικά πρέπει η ταχύτητα του οχήματος να προϋπολογιστεί και να χρησιμοποιείται ικανός οδηγός ώστε το σύνολο της εργασίας να γίνει έντεχνα.

2.5 Τα υλικά συγκόλλησης

Λόγω του μικρού πάχους των αντιολισθηρών ταπήτων, απαιτείται συγκολλητική επάλειψη με μικρή ποσότητα ασφατικού γαλακτώματος (να παραμένουν τελικά 300 g/m² ασφατικού συνδετικού-ΠΕΤΕΠ 05-03-18-01), για την αποφυγή δημιουργίας επιφάνειας ολίσθησης του τάπητα πάνω στην επιφάνεια έδρασης. Για την επίτευξη της ομοιογένειας της επάλειψης πάνω σε όλη την επιφάνεια, η διάχυση πρέπει να πραγματοποιείται με διανομέα ασφάλτου και με αραιωμένο ασφατικό γαλάκτωμα με περιεκτικότητα 30% σε άσφαλτο. (Γαλάκτωμα με περιεκτικότητα σε άσφαλτο π.χ. 60% αραιώνεται με προσθήκη υδατικής φάσης 100% - ζητούνται οδηγίες από το εργοστάσιο παραγωγής του γαλακτώματος - για λήψη γαλακτώματος που να δίνει υπόλειμμα ασφατικού 30%).

Η συγκολλητική επάλειψη σκοπό έχει να εξασφαλίσει την τέλεια πρόσφυση ανάμεσα στην υφιστάμενη ασφατική επιφάνεια και τη νέα επίστρωση. Στην περίπτωση αυτή δεν απαιτείται η διεύθυνση του συνδετικού μέσα στην υποκείμενη στρώση. Στόχος είναι η δημιουργία ενός συνεχούς υμένα μεταξύ των δύο στρώσεων για να μην υπάρξει κυματισμός ή ερπυσμός της υπερκείμενης επιφάνειας. Μπορεί να γίνει χρήση ιξώδων ασφατικών υλικών όπως άσφαλτος οδοστρωσίας τύπου 80/100, 120/150, 180/220, ασφατικό διάλυμα με φωτιστικό πετρέλαιο μέχρι 4% και ασφατικά γαλακτώματα ταχείας διάσπασης όξινα ή αλκαλικά.

Όσον αφορά στην εφαρμογή των συγκολλητικών επαλείψεων, δίνεται μεγάλη σημασία στον καθαρισμό της επιφάνειας από κάθε ξένο υλικό, να είναι απολύτως απαλλαγμένη από υγρασία, εκτός αν γίνει χρήση ασφατικού γαλακτώματος.

Οι σφραγιστικές επαλείψεις διακρίνονται στις απλές, διπλές και τριπλές, ενώ τα υλικά ποικίλουν αναλόγως.

Ο τύπος της ασφάλτου συνιστάται να είναι 60/70, ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μίγμα ασφάλτου 80/100 και 40/50 σε αναλογία 50:50. Για την εξασφάλιση υψηλών απαιτήσεων και σε ειδικές περιπτώσεις π.χ. γέφυρες, όπου απαιτούνται αυξημένα μηχανικά χαρακτηριστικά και μεγάλη διάρκεια ζωής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, τροποποιημένη άσφαλτος (η βασική είναι συνήθως 80/100 με πρόσθετα βελτιωτικά πολυμερή, θερμοπλαστικά, ελαστομερή κτλ.), ύστερα από ειδική εργαστηριακή μελέτη. Προσθήκη βελτιωτικού πρόσφυσης στην άσφαλτο θα

γίνεται όταν τα αδρανή παρουσιάζουν υδροφιλία, ή σε ειδικές περιπτώσεις που καθορίζει η Υπηρεσία. Ο τύπος και το ακριβές ποσοστό του αντιυδροφίλου, θα καθορίζεται από το εργαστήριο, με τη δοκιμή εμβάπτισης-θλίψης EN 12697-12:2000.

Η επιτυχής εφαρμογή όλων των παραπάνω στην πραγματική κατασκευή έργων θεωρείται δύσκολη εργασία και εξαρτάται από το είδος, τη θερμοκρασία, την ποσότητα, την ανά τ.μ. κατανομή του υλικού, από το είδος των αδρανών υλικών, την καθαρότητα, την ικανότητα πρόσφυσης, τη σκληρότητα, τις καιρικές συνθήκες, την κυλίνδρωση, την έντεχνη κατασκευή εν γένει.

Η μελέτη για την επιλογή των υλικών είναι χρήσιμο να προηγείται και να είναι στοχευμένη στις ανάγκες του εκάστοτε έργου.

Σε σχέση με τα ασφαλτομίγματα και τα είδη τους δίνουν στρώσεις που εμπίπτουν στην κατηγορία των εύκαμπτων (χώρες με μεγάλη ανάπτυξη και μεγάλο ρυθμό κατασκευής έργων οδοποιίας) ή ημιεύκαμπτων οδοστρωμάτων.

Είναι χαρακτηριστικό ότι στη Γερμανία, οι πρώτοι αυτοκινητόδρομοι είχαν κατασκευαστεί από μπετόν, όπου και με τη σταδιακή αντικατάστασή του με ασφαλτόμιγμα, έφτασε μέχρι σήμερα. Στη Γαλλία συνέβη κάτι ανάλογο ενώ στις Η.Π.Α. ήταν έντονη η μείωση των άκαμπτων οδοστρωμάτων, κυρίως από το 1954 έως το 1962. Τη δεκαετία του 1950 στη Γερμανία και την Ιταλία αυξήθηκε το πάχος της αντοχής της βάσης με τη χρήση αδρανών με ασφαλική επικάλυψη, κατόπιν μελέτης της συμπεριφοράς των οδοστρωμάτων, στο χρόνο και αναλόγως των απαιτήσεων της κυκλοφορίας των οδών.

Το Α.Α.Σ.Η.Ο. στις Η.Π.Α υπολόγισε ότι μία βάση από ασφαλικό σκυρόδεμα είναι ισοδύναμη προς μία βάση από θραυστούς λίθους διπλάσιου πάχους.

Τα ασφατικά υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στη χώρα μας είναι η άσφαλτος οδοστρώσις τύπου 80/100 ή 180/220 και προέρχεται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου (πετρελαϊκή άσφαλτος) και χρησιμοποιείται μετά από θέρμανση. Τα ασφατικά διαλύματα που παρασκευάζονται με την προσθήκη πετρελαίου σε άσφαλτο οδοστρώσις τύπου 80/100 καθώς και τα ασφατικά γαλακτώματα που χωρίζονται στα όξινα και τα αλκαλικά. (Κατσαράκης, 1995).

Για την ιστορία της ασφάλτου, ας σημειωθεί ότι οι αρχαίοι λαοί της Μεσοποταμίας, της Συρίας και της Αιγύπτου την χρησιμοποιούσαν στις κατασκευές τους, ενώ στην πραγματικότητα ήταν το προϊόν που ανέβλυζε από τις θέσεις που

έβγαινε το πετρέλαιο, μετά την αφαίρεση όλων των πτητικών του συστατικών με φυσικό τρόπο. Με τη μέθοδο της χονδροειδούς απόσταξης προέκυπτε το φωτιστικό έλαιο και έτσι έμενε ένα είδος μαστίχας για στεγανοποιητική χρήση και την κατασκευή οδοστρωμάτων.

Οι όποιες βελτιώσεις στο ασφαλτόμειγμα μπορούν να γίνουν με τη χρήση τροποποιημένων ασφάλτων, με την αύξηση του ποσοστού των χονδρόκοκκων αδρανών καθώς και με τη χρήση σκληρότερης ασφάλτου. Έτσι, η συμπεριφορά της ασφάλτου είναι ευνοϊκότερη σε παραμένονσα παραμόρφωση ενώ δοκιμές ερπυσμού με σταθερό φορτίο ή/και επαναλαμβανόμενο, ως η καλύτερη δυνατή προσέγγιση της πραγματικότητας.

Ο συγκολλητικός χαρακτήρας των ασφαλικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία, προκύπτει από τις ιδιότητες, χημικές και μηχανικές των βιτουμινούχων υλικών (άσφαλτος και πίσσα), δηλαδή των υδρογονανθρακούχων υλικών φυσικής ή πυρογενούς προέλευσης.

Το είδος της χρησιμοποιούμενης ασφάλτου τις περισσότερες φορές εξαρτάται από το είδος της κατασκευής.

Τα ασφατικά γαλακτώματα, των οποίων η χρήση δίνει τη δυνατότητα συνέχισης των εργασιών οδοστρώσεως, ακόμη και σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες είναι στη συνήθη θερμοκρασία σε ρευστή μορφή.

Η πλαστικότητα της ασφάλτου χάνεται όταν μεταβάλλονται οι χημικές και φυσικές της ιδιότητες κυρίως λόγω της έκθεσής της στους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η συνεκτικότητα της ασφάλτου διαταράσσεται και το φαινόμενο που παρουσιάζεται είναι μια “γερασμένη άσφαλτος” (Mohammad, L.N. Raquib, M.A. and Huang, B. (2002). Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται τυπική περίπτωση σπασίματος ασφάλτου εξαιτίας κακής συγκόλλησης των ασφατικών στρωμάτων.

Η μορφή των ρωγμών αυτών έχει σχήμα μισοφέγγαρου (Νικολαΐδης, 2002) κατά τη διεύθυνση κυκλοφορίας (Μουρατίδης, 2006). «Οι ρωγμές αυτές οφείλονται σε ολίσθηση του τάπητα κυκλοφορίας επί της υποκείμενης στρώσης λόγω κακής συνοχής» (Νικολαΐδης, 2002) και ισχυρών εφαπτομενικών φορτίων σε ζώνες πεδήσεως και μεγάλων κατά μήκος κλίσεων (Μουρατίδης, 2006). Η ολίσθηση του τάπητα μπορεί να οφείλεται στην απουσία συγκολλητικής επάλειψης ή στην ανεπαρκή και κακή συγκολλητική επάλειψη, την ύπαρξη χωμάτων, λαδιών αυτοκινήτου ή ύδατος. Πιο σπάνια, οι ρωγμές αυτές μπορεί να οφείλονται στη

μεγάλη περιεκτικότητα του ασφαλτομίγματος σε λεπτόκοκκα αδρανή ή ακόμη στην κακή συμπίκνωση της υπερκείμενης στρώσης (Νικολαΐδης, 2002).

Επίπεδα σοβαρότητας:

Χαμηλό: άνοιγμα ρωγμής έως 1 cm.

Μέσο: άνοιγμα ρωγμής 1-2 cm.

Υψηλό: άνοιγμα ρωγμής μεγαλύτερο των 2,5 cm και έναρξη απόσπασης υλικού από το οδόστρωμα.



Εικόνα 7: Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων (www.asphaltinstitute.org)

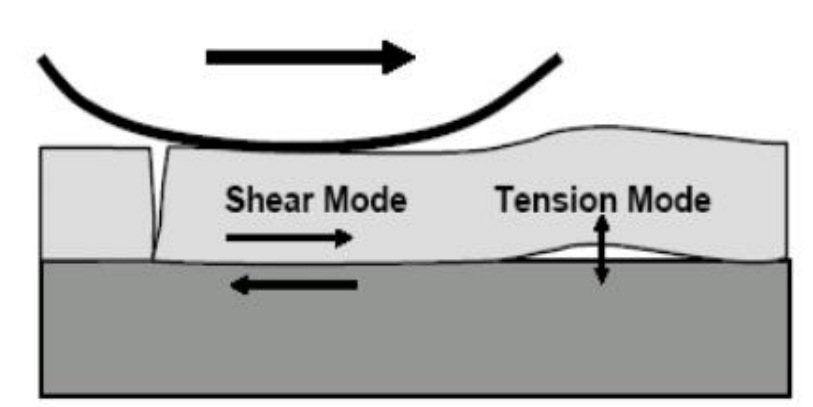


Εικόνα 8: Σπάσιμο ασφάλτου οδοστρωσίας εξαιτίας κακής συγκόλλησης των ασφαλτικών στρωμάτων λόγω υπερβολικής επάλειψης γαλακτώματος (Woods, 2003, Al-Qadi et al. 2012b)

Η κατάσταση μιας γερασμένης ασφάλτου και ο σχηματισμός τριχοειδών ρωγμών επιτρέπει τη ελεύθερη διέλευση του νερού και τη σταδιακή εξασθένιση της βάσης της ή ακόμη και την πήξη του νερού σε χαμηλές θερμοκρασίες και επομένως τη θραύση του οδοστρώματος.



Εικόνα 9: Φωτογραφικό υλικό από έργο ασφαλτόστρωσης



Σχήμα 7: Πιθανές αστοχίες στη διεπαφή οδοτρώματος (Raab et al, 2004)

2.6 Μέτρηση συγκολλητικής επάλειψης KE-1 επί τόπου του έργου

Σε τρεις θέσεις 300m μετά τη γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου με κατεύθυνση προς Αθήνα στο ρεύμα ταχείας κυκλοφορίας μετρήθηκε η ποσότητα ανά τετραγωνικό συγκολλητικής επάλειψης μετά το πέρασμα του ασφαλτικού διανομέα. Στο οδόστρωμα τοποθετήθηκαν τρία μεταλλικά ταψιά τα οποία μετρήθηκαν πριν και μετά το πέρασμα του ασφαλτικού διανομέα (federal).

Στον παρακάτω πίνακα τα αποτελέσματα των μετρήσεων

Πίνακας 12: Ποσότητα συγκολλητικής επάλειψης(tack coat KE-1)

Position (m)	Area of metal sheet (m ²)	Weight of metal sheet before federal (gr)	Weight of metal sheet after federal (gr)	Weight of tack coat KE-1 (gr)	Weight of tack coat KE-1 gr / m ²
0+300	0,532	6004,8	6139,8	135,0	253,76
0+320	0,532	7711,0	7845,1	134,1	252,07
0+340	0,767	8823,8	9045,6	221,8	289,18
AVERAGE:					265,00



Εικόνα 10 :Οδόστρωμα πριν και μετά την εφαρμογή συγκολλητικής επάλειψης

2.7 Αδρανή υλικά

Τα αδρανή υλικά διαχωρίζονται σε χονδρόκοκκο υλικό, σε λεπτόκοκκο υλικό και παιπάλη.

Χονδρόκοκκο αδρανές ορίζεται αυτό του οποίου οι κόκκοι συγκρατούνται από το κόσκινο Νο 4 (4,75mm). Λεπτόκοκκο αδρανές ορίζεται αυτό του οποίου οι κόκκοι διέρχονται από το κόσκινο Νο. 200 (4,75mm ή 5,00mm). Το λεπτόκοκκο έχει διαστάσεις άμμου. Παιπάλη ορίζεται το αδρανές υλικό που διέρχεται από το κόσκινο Νο. 200 (75μm), έχει δηλαδή τη μορφή σκόνης.

Τα μείγματα των αδρανών υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των οδοστρωμάτων, τόσο των στρώσεων δίχως συνδετικό υλικό, οι ασφαλικές στρώσεις, αποτελούνται σχεδόν πάντοτε από ανάμιξη δύο ή περισσότερων αδρανών υλικών (άμμο, ρυζάκι, γαρμπίλι, σκύρα κλπ.). Τα υλικά αυτά συμμετέχουν στο μείγμα σε τέτοια αναλογία ώστε το τελικό μείγμα του προκύπτει να έχει κοκκομετρική καμπύλη εντός των προτεινόμενων, από τις προδιαγραφές, ορίων. Ο καθορισμός των κατάλληλων, βέλτιστων αναλογιών των αδρανών υλικών στο μίγμα ονομάζεται σύνθεση αδρανών. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η αλληλουχία των διεργασιών παραγωγής των αδρανών υλικών.



Σχήμα 8: Η αλληλουχία των διεργασιών παραγωγής των αδρανών υλικών

Ο μηχανικός οδοποιίας, που τις περισσότερες φορές δεν είναι εδαφομηχανικός, θα πρέπει να είναι σε θέση να γνωρίζει: α) τους βασικούς ελέγχους (δοκιμές) που εκτελούνται στα εδαφικά υλικά καθώς και β) τη σημασία των αποτελεσμάτων, έτσι ώστε να μπορεί να τα χρησιμοποιήσει εποικοδομητικά, τόσο στο στάδιο της προμελέτης (ανεύρεση της βέλτιστης θέσης από όπου θα περάσει η οδός) όσο και στο στάδιο του σχεδιασμού και της κατασκευής του οδοστρώματος. Οι βασικοί αυτοί έλεγχοι, μαζί με τη σημασία του καθενός, περιγράφονται στη συνέχεια.

Ως προς την κοκκομετρική ανάλυση, σημειώνονται τα εξής: πρόκειται για τον καθορισμό, επί τοις εκατό, της κατανομής του μεγέθους των κόκκων που εμπεριέχονται στο έδαφος. Η διαδικασία περιλαμβάνει την ανάλυση με κόσκινα. Εκτελείται για τον καθορισμό της κατανομής του μεγέθους των κόκκων του εδάφους που συγκρατούνται στο κόσκινο 0.075mm (ή 0.063mm αναλόγως της προδιαγραφής που ακολουθείται).

Σημαντικός παράγοντας για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος προς ανάλυση. Η ελάχιστη ποσότητα που απαιτείται για να είναι τα αποτελέσματα αντιπροσωπευτικά είναι συνάρτηση του μέγιστου κόκκου του εδαφικού υλικού. Οι ελάχιστες ποσότητες προς ανάλυση που προτείνονται από τις αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO T88 δίνονται στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13: Προτεινόμενες ελάχιστες ποσότητες εδαφικού υλικού για κοκκομετρική ανάλυση

Ονομαστική μέγιστη διάσταση κόκκου εδαφικού υλικού		Ελάχιστο βάρος δείγματος
mm	in	kg
9.5	3/8	0.5
25.0	1	2
50	2	4
75	3	5

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται τα όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών.

Πίνακας 14: Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών

Ονομαστικό άνοιγμα οπής κόσκινου κατά EN 933-2	ΤΥΠΟΣ Ι	ΤΥΠΟΣ ΙΙ
(mm)	Διερχόμενο ποσοστό % κατά βάρος	
63 (50) ^α	(100)	100 (100)
40 (37,5)	100 (95-100)	85-99 ^β
31,5	85-99 ^β	-
20 (19,0)	(63-89)	55-85 (53-83)
16	55-85	-
10 (9,5)	(40-70)	35-65 (34-64)
8	35-65	-
4 (4,75)	25-50 (27-54)	25-50 (27-53)
2	19-40,5	19-44
1	13,5-31	13,5-38
0,5 (0,6)	8-24 (10-26)	8-32 (10-33)
0,063 (0,075)	0-11 (0-12)	0-12 (0-13)
α) εντός παρενθέσεως η σειρά κόσκινων κατά AASHTO M92 και τα αντίστοιχα όρια β) γίνεται αποδεκτό και το ποσοστό 100%		

Στην περίπτωση της κοκκομετρικής ανάλυσης με κόσκινα, παρατηρείται ότι, κατά τη δοκιμή αυτή το εδαφικό υλικό, αφού ξηραθεί και αποσβωλιασθεί, διαχωρίζεται σε κλάσματα. Αυτό που συγκρατείται στο κόσκινο των 2.0mm και αυτό που διέρχεται του κόσκινου των 2.0mm (μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί το κόσκινο των 0.425mm έναντι του κόσκινου των 2.0mm). Το πρώτο κλάσμα κοσκινίζεται, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα κόσκινα τετραγωνικής οπής, και καθορίζεται η κοκκομετρική του διαβάθμιση. Από αυτήν καθορίζεται η κοκκομετρική καμπύλη μέχρι το κόσκινο των 2.0mm. Στον πίνακα 15 παρουσιάζονται τα όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών για ασφατικό σκυρόδεμα κλειστού τύπου.

Πίνακας 15: Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών για ασφαλτικό σκυρόδεμα κλειστού τύπου

Ονομαστικό άνοιγμα οπής κόσκινου (mm)	Τύπος ασφαλτομίγματος				
	ΑΣ 40	ΑΣ 31,5	ΑΣ 20	ΑΣ 12,5	ΑΣ 10
63 (50) ^α	100				
40 (37,5)	90-100	100			
31,5 (25,0)	-	90-100	100		
20 (19)	58-81 (56-80)	-	90-100	100	
12,5 (12,5)	-	56-80	-	90-100	100
10 (9,5)	-	-	58-81 (56-80)	-	90-100
4 (4,75)	20-50 (23-53)	26-56 (29-59)	31-61 (33-63)	39-70 (44-74)	49-80 (55-85)
2 (2,36)	14-39 (15-41)	18-43 (19-45)	21-46 (23-49)	25-55 (28-58)	29-60 (32-67)
0,25 (0,30)	3-15 (4-16)	4-16 (5-17)	4-18 (5-19)	4-19 (5-21)	6-21 (7-23)
0,063 (0,075)	0-5 (0-6)	1-6 (1-7)	1-7 (2-8)	1-9 (2-10)	1-9 (2-10)
	Συνιστώμενα πάχη μεμονωμένης στρώσης (mm)				
	≥120 ^β	80-120 ^β	50-90 ^β	30-50 ^β	≤30 ^β
	Προτεινόμενη χρήση				
				Ισοπεδωτική στρώση	
				Επιφανειακή στρώση	
	Συνδετική στρώση				
	Ασφαλτική βάση				

α) εντός παρενθέσεως η σειρά κόσκινων κατά AASHTO M92 και τα αντίστοιχα όρια

β) γίνεται αποδεκτό και το ποσοστό 100%

Κεφάλαιο 3: Κατασκευή-Συντήρηση

3.1 Τάσεις οδοστρώματος

Για να αποκτηθεί μία εικόνα της εσωτερικής εντατικής κατάστασης που αναπτύσσεται στα οδοστρώματα, παρουσιάζονται οι αναπτυσσόμενες τάσεις σε ένα αμιγώς εύκαμπτο οδόστρωμα και σε ένα ημιάκαμπτο οδόστρωμα. Η φόρτιση γίνεται με φορτίο άξονα 13t επί διπλών τροχών.

Στην περίπτωση του ημιάκαμπτου οδοστρώματος, η ανάλυση των τάσεων έγινε με τις παραδοχές α) πλήρους συγκόλλησης (συνεργασίας) των δύο στρώσεων και β) παντελούς έλλειψης συνεργασίας (συγκόλλησης) των δύο στρώσεων (δυνατότητα ολίσθησης μεταξύ των δύο στρώσεων). Στην περίπτωση (α) οι δύο στρώσεις λειτουργούν ως ενιαία στρώση ενώ στην περίπτωση (β) οι δύο στρώσεις λειτουργούν ανεξάρτητα η μία της άλλης. Είναι φανερό ότι οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι σημαντικά μεγαλύτερες όταν δεν είναι συγκολλημένες οι δύο στρώσεις. Για τον λόγο αυτό πρέπει να καταβάλλεται κάθε δυνατή προσπάθεια ώστε κατά τη κατασκευή οι δύο στρώσεις να συγκολληθούν. Οι διάφορες προδιαγραφές κατασκευής προβλέπουν ειδικά μέτρα για την επίτευξη αυτής της συγκόλλησης, το πλέον αξιόπιστο των οποίων είναι η διάστρωση και συμπύκνωση της υπερκείμενης στρώσης αμέσως μετά το πέρας της συμπυκνώσεως της υποκείμενης στρώσης με συνδυασμό χρήσης επιβραδυντικών προσθέτων που επιβραδύνουν την πήξη των υδραυλικών κονιών. Δεδομένου όμως ότι υπάρχει κίνδυνος να μην επιτευχθεί πλήρης συγκόλληση στην πράξη, οι Γαλλικές Οδηγίες Υπολογισμού των οδοστρωμάτων συνιστούν ο υπολογισμός του πάχους να γίνεται με το ημιάθροισμα των τάσεων. Επομένως η ανώτερη κατεργασμένη στρώση θα υπολογιστεί για να αντέχει τις προβλεπόμενες επαναλήψεις φορτίσεων για αναπτυσσόμενη τάση ίση προς $(0.07+0.84)/2 = 0.455 \text{ MPa}$ ενώ η κατώτερη για τάση ίση με $(0.59+0.44)/2 = 0.515 \text{ MPa}$.

3.2 Φέρουσα ικανότητας στρώσης έδρασης (ΦΙΕ)

Η φέρουσα ικανότητα της Στρώσης Έδρασης Οδοστρώματος (Σ.Ε.Ο) καθορίζεται από την κατηγορία και το πάχος του υλικού με το οποίο κατασκευάζεται και από την κατηγορία του υλικού της υποκείμενης στρώσης. Το συνολικό πάχος της Σ.Ε.Ο. και της υποκείμενης στρώσης που θα παίρνετε υπόψη είναι 1,00 μ. για οδοστρώματα κυκλοφορίας K0, K1, K2, K2E και K3 και 0,80 μ. για οδοστρώματα κυκλοφορίας K4 έως και K7. Η υποκείμενη στρώση εκτείνεται :

- Σε περίπτωση ορυγμάτων : Στο φυσικό έδαφος. Στην περίπτωση συνάντησης διαφορετικών στρώσεων εδάφους, ως κατηγορία εδάφους βάσει της οποίας θα προσδιορίζεται η Φ.Ι.Ε. θα παίρνετε υπόψη το χειρότερο συναντώμενο υλικό, εκτός αν αυτό προβλέπεται να αφαιρεθεί και αντικατασταθεί από τη "Στρώση Έδρασης Οδοστρώματος" οπότε θα παίρνετε υπόψη το χειρότερο απομένον υλικό
- Σε περίπτωση γαιωδών επιχωμάτων : Στο υλικό της στέψης. Στην περίπτωση αυτή θα παίρνετε υπόψη ως κατηγορία εδάφους για τον καθορισμό της Φ.Ι.Ε. το χειρότερο συναντώμενο υλικό, (Με αυτό θα γίνεται και η διαστασιολόγηση της Σ.Ε.Ο.).

Σε περίπτωση βραχωδών επιχωμάτων : Στο μεταβατικό τμήμα Ο καθορισμός της Φέρουσας Ικανότητας της στρώσης Έδρασης του οδοστρώματος (ΦΙΕ) θα γίνεται με βάση τον Πίνακα 1.3.1.

Η κατάταξη των εδαφικών υλικών σε κατηγορίες γίνεται σύμφωνα με την κατάταξη των εδαφικών υλικών σε κατηγορίες για γαιώδη επιχώματα. Έτσι π.χ. για οδόστρωμα αυτοκινητόδρομου (ΦΙΕ 2 ή ΦΙΕ 3) και σε περίπτωση γαιώδους επιχώματος με εδαφικό υλικό στέψης κατηγορίας E1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί υλικό E3 σε πάχος 50 εκ. οπότε προκύπτει η ΦΙΕ = 2, ή να χρησιμοποιηθεί υλικό E4 σε πάχος 50 εκ. οπότε προκύπτει η ΦΙΕ = 3.

Σε περίπτωση ορύγματος με έδαφος ΕΟ θα απαιτηθούν 30 εκ. υλικού E1 και από πάνω 40 εκ. υλικού E3, ή 30 εκ. υλικού E2 και από πάνω 30 εκ. υλικού E3 για να αποκτηθεί ΦΙΕ = 2.

Στη Στρώση Έδρασης Οδοστρώματος (Σ.Ε.Ο.) που καθορίζεται σύμφωνα με τα προηγούμενα περιλαμβάνεται και η Στρώση Στράγγισης των Οδοστρωμάτων (Σ.Σ.Ο.) ή Στρώση "Αντιπαγετικής Προστασίας" (Α.Π.).

Στα βραχώδη ορύγματα, εκτός της τυχόν στρώσης στράγγισης,

περιλαμβάνεται επιπλέον και η απαιτούμενη ισοπεδωτική στρώση βραχωδών ορυγμάτων με την άνω επιφάνεια διαμορφωμένη με τις απαιτούμενες, από τη μελέτη αποστράγγισης, εγκάρσιες κλίσεις. Στον καθορισμό της τιμής της ΦΙΕ η συμβολή της διαφοράς ποιότητας του υλικού της στρώσης στράγγισης ή αντιπαγετικής προστασίας από την ποιότητα του υλικού του υπόλοιπου πάχους της αντίστοιχης στρώσης εδάφους δεν λαμβάνεται υπόψη.

Διευκρινίζεται ότι σε περίπτωση που υπάρχουν κατάλληλα υλικά χωματισμών σε ικανές ποσότητες έτσι ώστε να εξασφαλίζεται τιμή $20 > \text{CBR} \geq 10\%$ (Φ.Ι.Ε. = 2) ή $\text{CBR} \geq 20\%$ (Φ.Ι.Ε. = 3) σε κάποιο βάθος (t) κάτω από την άνω επιφάνεια της Στρώσης Στράγγισης (ή Αντιπαγετικής Στρώσης), τότε είναι δυνατόν οι παραπάνω στρώσεις πάχους t., να θεωρηθούν ότι αποτελούν μέρος της τυχόν απαιτούμενης υπόβασης του οδοστρώματος, υπό την προϋπόθεση ότι :

1. Οι στρώσεις αυτές θα διαστρωθούν και θα συμπυκνωθούν σε ξηρά φαινόμενη πυκνότητα σύμφωνα με τα προβλεπόμενα για τις στρώσεις υπόβασης / βάσης (ποσοστό 95% της μέγιστης ξηράς πυκνότητας της δοκιμής PROCTOR).
2. Το συνολικό πάχος οδοστρώματος (περιλαμβανομένου του πάχους της στρώσης στράγγισης / αντιπαγετικής προστασίας), θα καλύπτουν τις τυχόν προδιαγραφόμενες απαιτήσεις προστασίας από τον παγετό.

Κατά την κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες E, σε περιπτώσεις εδαφών αποδεδειγμένα φυσικώς τσιμεντωμένων (στα οποία ως γνωστόν η "τσιμέντωση" καταστρέφεται κατά τη συμπύκνωση στο εργαστήριο) και στην περίπτωση που τα εδάφη αυτά θα αποτελέσουν την "υποκείμενη στρώση" κάτω από την "Στρώση Έδρασης Οδοστρώματος" οδού σε όρυγμα, επιτρέπεται να γίνεται και πρόσθετη μέτρηση του δείκτη CBR με δοκιμή "επί τόπου". Με την δοκιμή "επί τόπου" αποφεύγεται η καταστροφή των δεσμών φυσικής τσιμέντωσης και η ως εκ τούτου πλασματική μείωση του δείκτη CBR. Στην περίπτωση που ο χαρακτηρισμός του εδάφους σε κατηγορία E βασισθεί στα αποτελέσματα της "επί τόπου" δοκιμής CBR, ο χαρακτηρισμός αυτός δεν μπορεί να διαφέρει από τον αντίστοιχο επί τη βάσει της "εργαστηριακής" δοκιμής CBR, περισσότερο από μία κατηγορία. Στην περίπτωση αυτή κατά την εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών θα πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα ώστε να εξασφαλισθεί η αποφυγή της καταστροφής των δεσμών φυσικής τσιμέντωσης.

3.3 Κατασκευή οδοστρωμάτων κατά φάσεις

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις κατασκευής οδοστρωμάτων σε φάσεις

3.3.1 Κατασκευή σε δύο φάσεις

Στην περίπτωση αυτή τα οδοστρώματα κατασκευάζονται σε δύο φάσεις από τις οποίες στη Β' ΦΑΣΗ κατασκευάζεται η τελική ασφαλική στρώση κυκλοφορίας.

Για τα οδοστρώματα αυτοκινητοδρόμων και λοιπών σημαντικών οδών (κατηγορίας K3 και ανώτερης) η ανώτερη ασφαλική στρώση κατασκευάζεται ως αντιολισθηρή στρώση κυκλοφορίας.

Για τα οδοστρώματα ελαφρύτερης κυκλοφορίας, κατηγορίας κατώτερης της K3, ανάλογα, προς τη σημασία της οδού και τις τοπικές συνθήκες, στη Β' ΦΑΣΗ προβλέπεται να κατασκευασθεί η τελική στρώση κυκλοφορίας :

- Από σύννηθες ασφαλικό σκυρόδεμα της ΠΤΠ A265 (οπότε τα τυπικά οδοστρώματα K4 και K5 συμβολίζονται ως K4-Σ ή K5-Σ), ή εναλλακτικά
- Από αντιολισθηρή ασφαλική στρώση κυκλοφορίας (οπότε τα τυπικά οδοστρώματα K4 και K5 συμβολίζονται ως K4-A ή K5-A)

3.3.2 Κατασκευή σε μία φάση

Για την περίπτωση αυτή τα οδοστρώματα κατασκευάζονται σε μία φάση στην οποία περιλαμβάνεται και η ανώτερη ασφαλική στρώση κυκλοφορίας.

Η ανώτερη ασφαλική στρώση κυκλοφορίας οδοστρωμάτων αυτοκινητοδρόμων και σημαντικών οδών (κατηγορίας K3 και ανώτερης) κατασκευάζεται ως αντιολισθηρή στρώση κυκλοφορίας.

Για τα οδοστρώματα κατηγορίας κατώτερης της K3, για τα οποία η ανώτερη ασφαλική στρώση κατασκευάζεται με σύννηθες ασφαλικό σκυρόδεμα (K4-Σ ή K5-Σ για τα τυπικά οδοστρώματα K4 και K5) ή με αντιολισθηρή ασφαλική στρώση κυκλοφορίας (K4-A ή K5-A για τα τυπικά οδοστρώματα K4 και K5), η κατασκευή τους σε μία φάση συμβολίζεται ως (K4-Σ1 ή K5-Σ1) ή (K4-A1 ή K5-A1) αντιστοίχως.

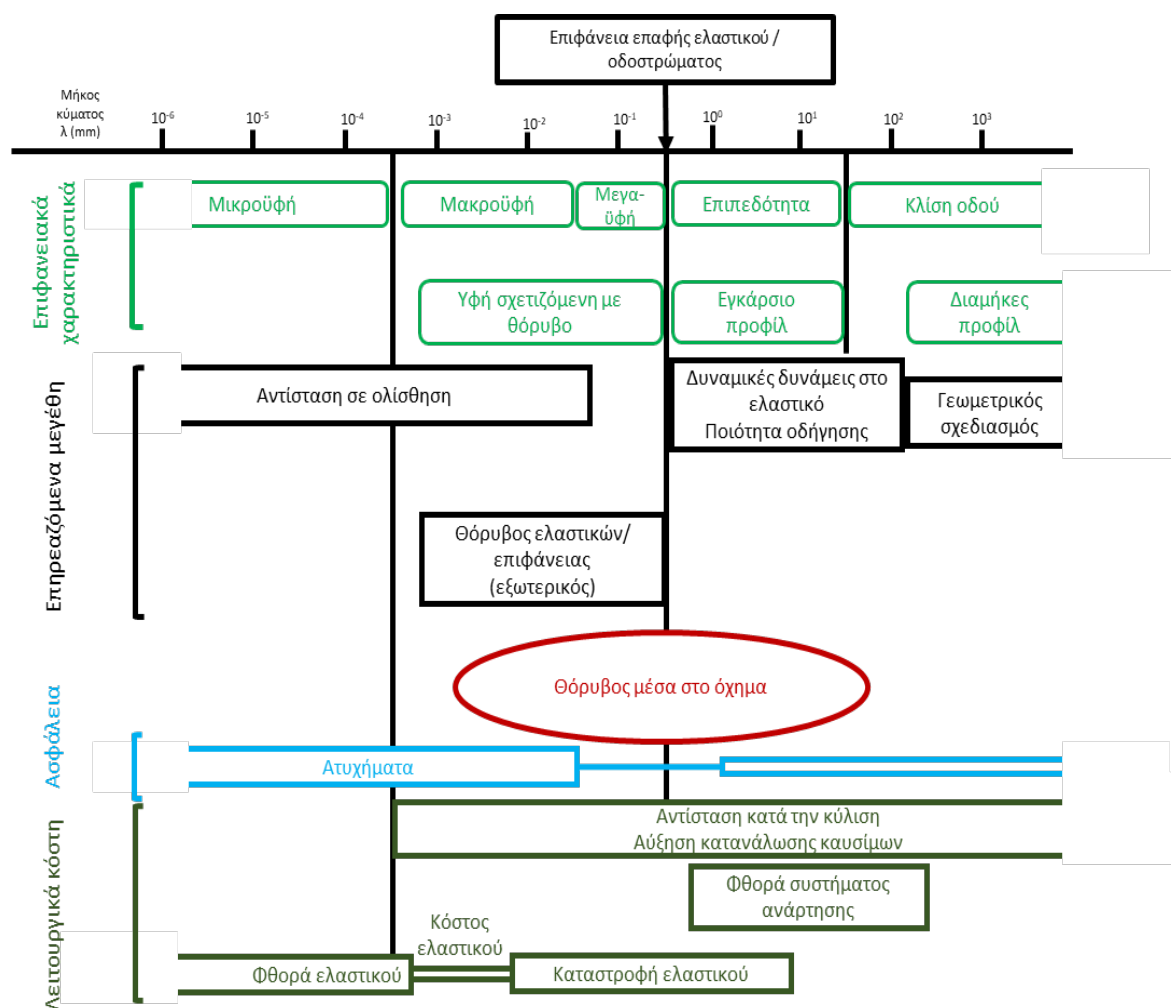
3.4 Διορθωτικά μέτρα

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται όλα εκείνα τα διορθωτικά μέτρα που πρέπει να παρθούν σε περίπτωση μη ορθούς κατασκευής ασφαλτοστρώσεων:

- Για την περίπτωση μειωμένου συνολικού πάχους ασφαλικών στρώσεων (αλλά όταν δεν υπάρχουν ρωγμές και απώλεια μονολιθικότητας) θα ελέγχεται μήπως, από τη γεωμετρική διαμόρφωση, διατίθεται αυξημένο πάχος ασφαλικής πρόσθετης στρώσης που να καλύπτει την έλλειψη, ή μήπως είναι δυνατή η υψομετρική διαφοροποίηση (χωρίς παραμόρφωση της επιφάνειας κύλισης) για την κατασκευή του πρόσθετου αναγκαίου πάχους ασφαλικών.
- Για την περίπτωση μειωμένου πάχους μη ασφαλικής βάσης και υπόβασης θα γίνονται τα ίδια με τα παραπάνω, βάση του κανόνα ότι πάχος 10 εκατοστά υλικού της Π.Τ,Π.Ο 150 ή Ο 155 αντιστοιχεί σε 2,5 εκ. ασφαλικής στρώσης.
- Για την περίπτωση όπου η κοκκομετρική διαβάθμιση της μη ασφαλικής βάσης και υπόβασης είναι έξω από το όριο των ΠΤΠ θα εφαρμόζεται κατ' ελάχιστον 3 εκατοστά πρόσθετο πάχος ασφαλικών στρώσεων.
- Για την περίπτωση απώλειας μονολιθικότητας μεταξύ των ασφαλικών στρώσεων θα γίνεται καθαίρεση όλων των ασφαλικών στρώσεων.
- Για τις περιπτώσεις που η μη ασφαλική βάση ή/και υπόβαση έχει δείκτη πλαστικότητας (P.I.) που υπερβαίνει το 7, τότε το οδόστρωμα θα καθαιρείται και θα ανακατασκευάζεται.
- Για τις περιπτώσεις που η μη ασφαλική βάση ή υπόβαση έχει δείκτη πλαστικότητας που υπερβαίνει τα όρια των προδιαγραφών, αλλά δεν υπερβαίνει το 7, τότε γίνεται ενίσχυση οδοστρώματος με 2 εκατοστά πρόσθετου πάχους ασφαλικής στρώσης.
- Για τις περιπτώσεις εμφανών υποχωρήσεων (που συνοδεύονται από ρωγμές) και τις περιπτώσεις ρηγμάτωσης του ασφαλτοτάπητα, το υπάρχον οδόστρωμα θα καθαιρείται σε όλο του το πάχος και θα αντικαθίσταται από νέο οδόστρωμα. Απαγορεύεται η διατήρηση (και ενίσχυση) υπάρχοντος οδοστρώματος που έχει διαμορφωθεί σε πλατύσματα στάθμευσης, σε τυχόν άλλες εγκαταστάσεις (πρατηρίων καυσίμων, Σταθμοί Εξυπηρέτησης Αυτοκινήτων κλπ.) και σε διαπλατύνσεις λωρίδων επιτάχυνσης - επιβράδυνσης σε θέσεις πρατηρίων καυσίμων. Στις περιπτώσεις αυτές θα

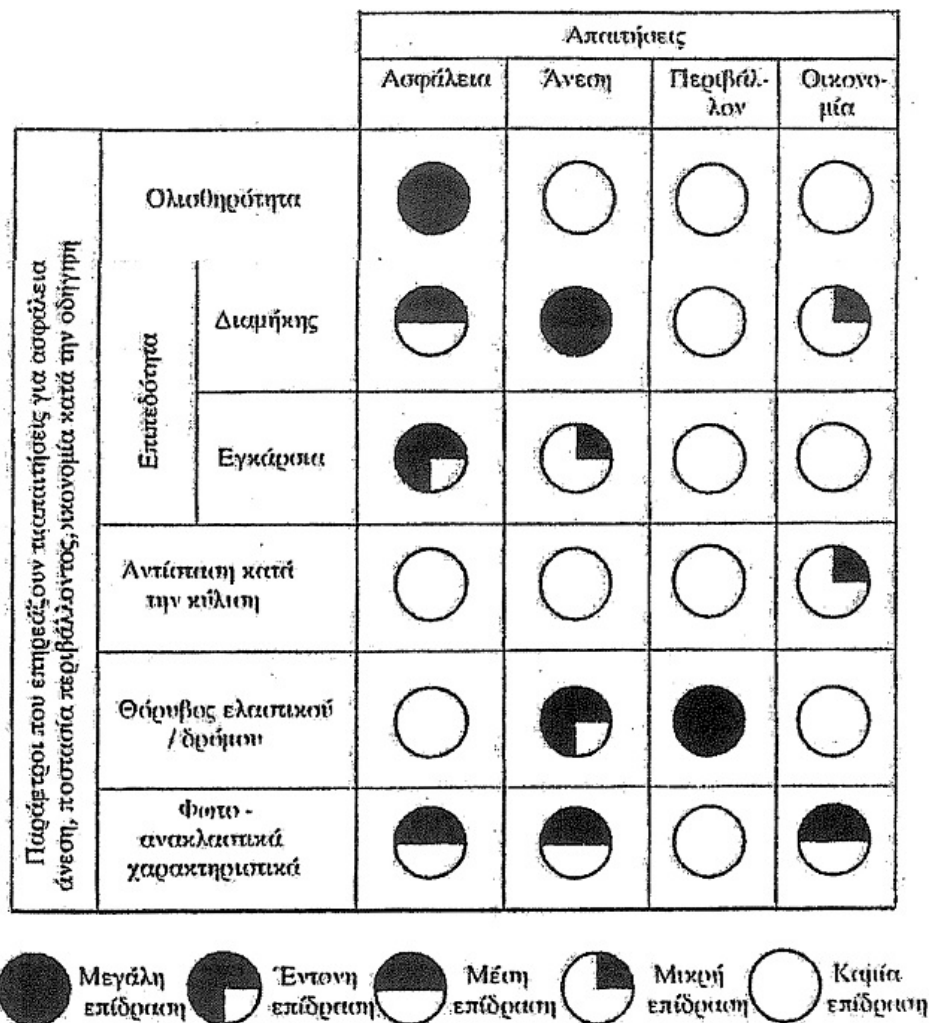
κατασκευάζεται νέο οδόστρωμα.

Στην Εικόνα 11 απεικονίζεται το φάσμα μήκους κύματος επιφανειακών χαρακτηριστικών όπως ορίζεται διεθνώς.



Εικόνα 11: Φάσμα μήκους κύματος επιφανειακών χαρακτηριστικών

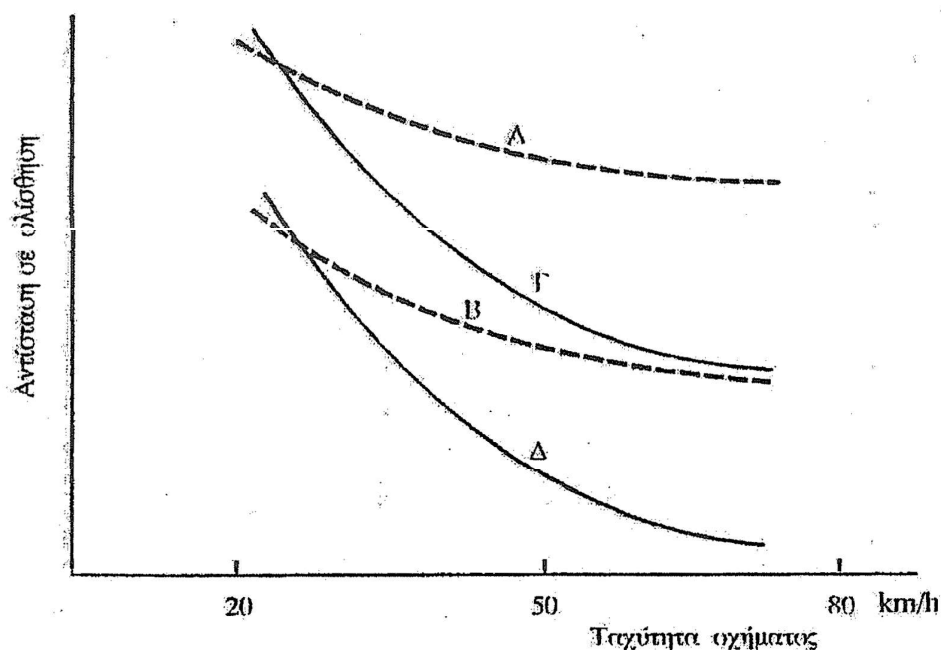
Στην εικόνα 12 παρουσιάζονται οι παράμετροι που επηρεάζουν τις απαιτήσεις ως προς την ασφάλεια, άνεση, προστασία περιβάλλοντος και οικονομία κατά την οδήγηση.



Εικόνα 12: Παράμετροι που επηρεάζουν τις απαιτήσεις ως προς την ασφάλεια, άνεση, προστασία περιβάλλοντος και οικονομία κατά την οδήγηση

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται η μετρηθείσα με λείο πέλμα ελαστικού, αντίσταση σε ολίσθηση υγρών επιφανειών.

Είναι σαφές ότι με την αύξηση της ταχύτητας η αντιολισθηρή ικανότητα της επιφάνειας μειώνεται και η μείωση αυτή είναι περισσότερο αισθητή στην περίπτωση απουσίας μακρουφής (καμπύλες Γ και Δ). Εξάγεται επίσης το συμπέρασμα ότι σε χαμηλές ταχύτητες έως 50km/h , η ύπαρξη μικρο-υφής μόνο είναι ικανή να δώσει ικανοποιητικό συντελεστή αντιολίσθησης (αρχή της καμπύλης Γ). Σε υψηλές ταχύτητες, η ύπαρξη και μακρο-υφής είναι απολύτως αναγκαία για τη διατήρηση του συντελεστή αντιολίσθησης σε ικανοποιητικά επίπεδα (καμπύλη Α). Τέλος, η ύπαρξη μακρουφής μόνο δεν προσδίδει καλό συντελεστή αντιολίσθησης ακόμη και σε υψηλές ταχύτητες (καμπύλη Β).

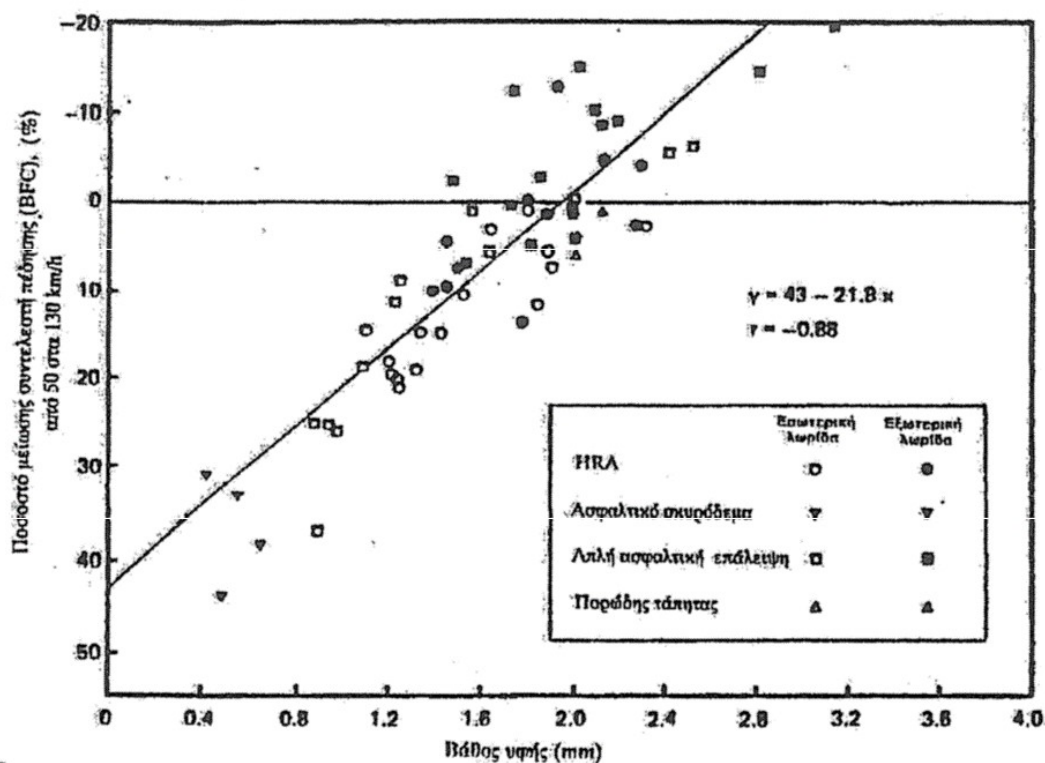


Σχήμα 9: Αντίσταση σε ολίσθηση υγρών επιφανειών (μέτρηση με λείο πέλμα ελαστικού)

Η ύπαρξη καλής υφής του οδοστρώματος (μακρό- και μικρο-υφή) εκφράζεται συναρτήσει του βάθους υφής. Στο σχετικό διάγραμμα φαίνεται η επίδραση του βάθους υφής των επιφανειών που κατασκευάστηκαν από διάφορα ασφαλτομίγματα, στη μείωση του συντελεστή αντιολίσθησης (BFC) όταν η ταχύτητα του οχήματος αυξάνει από 50km/h σε 130km/h. Χαρακτηριστική είναι η μείωση του συντελεστή πέδησης στην επιφάνεια που δημιουργείται από ασφαλτικό σκυρόδεμα. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το ασφαλτικό σκυρόδεμα είναι το κατεξοχήν μίγμα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα. Από το ίδιο σχήμα φαίνεται ότι με ασφαλτικό

σκυρόδεμα είναι αδύνατο να παραχθεί βάθος μακρο- υφής μεγαλύτερο από 0,8 mm.

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζεται η επίδραση βάθους υφής στη μείωση του συντελεστή πέδησης (BFC) με την αύξηση της ταχύτητας από 50km/h σε 130 km/h.



Σχήμα 10: Επίδραση βάθους υφής στη μείωση του συντελεστή πέδησης (BFC) με την αύξηση της ταχύτητας από 50km/h σε 130 km/h

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα το συντελεστή αντιολίσθησης είναι: το πέλμα (ίχνος) του ελαστικού (λείο ή ανάγλυφο) και το είδος του ελαστικού (με υψηλό ή χαμηλό ποσοστό πλαστικού υλικού). Όσο πιο λεία είναι η επιφάνεια του ελαστικού τόσο περισσότερο μειώνεται η αντίσταση ολίσθησης με την αύξηση της ταχύτητας του οχήματος που κινείται επί λείας επιφάνειας οδοστρώματος. Επίσης, όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό του πλαστικού στο μίγμα τόσο μικρότερος θα είναι ο συντελεστής αντιολίσθησης σε τραχείες επιφάνειες.

Τέλος, μια άλλη παράμετρος που επηρεάζει τη μεταβλητότητα της αντίστασης σε ολίσθηση είναι ο εποχιακός παράγοντας. Η επιφάνεια του οδοστρώματος παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση σε ολίσθηση κατά τους χειμερινούς μήνες έναντι των θερινών μηνών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην καθαρότητα της επιφάνειας κατά τους χειμερινούς μήνες.

3.5 Φθορές και Συντήρηση των ασφαλικών οδοστρωμάτων

3.5.1 Γενικά

Μόλις τελειώσει η κατασκευή ενός οδοστρώματος αρχίζει η ανάπτυξη εσωτερικών τάσεων μέσα στο σώμα του. Η κυκλοφορία, οι μεταβολές της θερμοκρασίας ή της υγρασίας που περιέχει, οι μικρές κινήσεις του εδάφους κλπ. είναι τα βασικά αίτια εμφάνισης των παραπάνω τάσεων. Οι τάσεις αυτές δημιουργούν αρχικά μικρές φθορές. Με την πάροδο όμως του χρόνου, οι φθορές γίνονται σοβαρότερες και στην ασφαλική επιφάνεια του οδοστρώματος εμφανίζονται ρωγμές, φωλιές, καθιζήσεις και άλλες παραμορφώσεις και καταπονήσεις οι οποίες αποτελούν το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας της φθοράς. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των φθορών είναι διαφορετικός για κάθε κατηγορία αυτών. Έτσι, αν αυτές είναι γραμμικές, προσδιορίζεται το μήκος της οδού στο οποίο εμφανίζονται, αν είναι εκτεταμένες, η επιφάνεια της οδού στην οποία εμφανίζονται και αν είναι τοπικές, ο αριθμός αυτών των φθορών. Οι επισκευές του οδοστρώματος πρέπει να γίνονται μόλις διαπιστωθεί η ανάγκη τους, γιατί οι ρηγματώσεις και οι άλλες επιφανειακές μικροφθορές μπορεί να εξελιχθούν σε σοβαρές φθορές, αν δεν επισκευασθούν αμέσως. Οι εργασίες επισκευής που απαιτούνται για να διατηρήσει το οδόστρωμα, όσο είναι δυνατόν, την αρχική κατάσταση, αποτελούν τη λεγόμενη συντήρηση της οδού. Στις εργασίες συντήρησης δεν περιλαμβάνονται εργασίες ανακατασκευής του οδοστρώματος ή βελτίωσης και επισκευές γιατί αυτές επιβάλλονται και για άλλους λόγους εκτός από τις φυσικές φθορές. Η έγκαιρη επισήμανση και επισκευή φθορών που φαίνονται ασήμαντες είναι χωρίς αμφιβολία η πιο αποτελεσματική εργασία συντήρησης. Για αυτό πρέπει να γίνονται συχνές και προσεκτικές επιθεωρήσεις των οδοστρωμάτων από έμπειρο προσωπικό. Ο καλύτερος τρόπος επισήμανσης των φθορών είναι η επιθεώρηση της οδού με τα πόδια και όχι πάνω σε αυτοκίνητο, έστω και αν το αυτοκίνητο κινείται με μικρή ταχύτητα

3.5.2 Φθορές και συντήρηση εύκαμπτων οδοστρωμάτων

Τα διάφορα είδη φθορών εύκαμπτων οδοστρωμάτων μπορούν να καταταγούν σε τρεις κατηγορίες: (α) ρηγματώσεις, (β) παραμορφώσεις και (γ) αποσαθρώσεις/αλλοιώσεις.

(α) Ρηγμάτωση (cracking) είναι η διακοπή της συνέχειας σε μία επιφάνεια ή ένα σώμα. Τα πιο γνωστά είδη ρωγμών είναι τα ακόλουθα:

1. **Διαμήκεις ρωγμές (longitudinal cracks)**. Είναι ρωγμές παράλληλες με τον άξονα του οδοστρώματος λόγω κυκλοφοριακής κόπωσης (fatigue) και θραύσης υλικού μειωμένου πάχους για τα επιβαλλόμενα φορτία (Σχ.11). Το άνοιγμα των ρωγμών αυτών για ένα μέσο επίπεδο σοβαρότητας κυμαίνεται μεταξύ 6 και 19 mm. Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται με διάστρωση νέας ασφαλικής στρώσης (overlay) και με στραγγιστικά έργα.

2. **Εγκάρσιες ρωγμές (transverse cracks)**. Είναι ρωγμές κάθετα προς τον άξονα του οδοστρώματος λόγω συστολής σε χαμηλές θερμοκρασίες, σκλήρυνσης της ασφάλτου ή ρηγματώσεις υποκείμενων στρώσεων (Σχ.11). Το άνοιγμα των ρωγμών αυτών για ένα μέσο επίπεδο σοβαρότητας κυμαίνεται μεταξύ 6 και 19 mm. Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται με διάστρωση νέας ασφαλικής στρώσης.

3. **Ρωγμές τύπου αλιγάτορα (alligator cracks)**. Είναι ρωγμές που σχηματίζουν πολυγωνικά κομμάτια όμοια με αυτά του δέρματος του κροκοδείλου αλιγάτορα (Σχ.11). Οι ρωγμές αυτές οφείλονται στη μειωμένη φέρουσα ικανότητα των υποκείμενων στρώσεων (όταν είναι τοπικές) και στην κυκλοφοριακή κόπωση (όταν είναι εκτεταμένες). Η συντήρηση/θεραπεία συνίσταται σε τοπική αντικατάσταση των ασφαλικών στρώσεων για τοπικές ρωγμές και σε εκτεταμένη αντικατάσταση των ασφαλικών στρώσεων ή προσθήκη νέων στρώσεων επί των παλιών για εκτεταμένες ρωγμές. Η τοπική αντικατάσταση είναι γνωστή και ως μπάλωμα (patching).

4. **Ακραίες ρωγμές (edge cracks)**. Είναι διαμήκεις ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (30-50 cm από τα άκρα) με ή και χωρίς εγκάρσιες ρωγμές λόγω κακής συμπίκνωσης, κακής αποστράγγισης, παγετού, συρρίκνωσης εκ ξηρασίας και μειωμένου πάχους στρώσεων στα άκρα. Η συντήρησή τους γίνεται με πλήρωση αυτών με κατάλληλη ασφαλτο αφού προηγηθεί καθαρισμός.

5. **Ρωγμές ανάκλασης** (reflection cracks). Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται σε ασφαλτικές στρώσεις αποκατάστασης παλιών και έχουν ποικίλες κατευθύνσεις που εξαρτώνται από αυτές των παλιών ρωγμών. Το άνοιγμα των ρωγμών αυτών για ένα μέσο επίπεδο σοβαρότητας είναι μεταξύ 6 και 19 mm. Η αιτία αυτών των ρωγμών είναι οι κάθετες και οριζόντιες μετακινήσεις του υποκείμενου οδοστρώματος. Ο τρόπος συντήρησης ρωγμών ανάκλασης μικρού ανοίγματος (3-5 mm), η πλήρωση με άσφαλτο γίνεται μετά από διεύρυνση και καθαρισμό τους ενώ η ασφαλτική επάλειψη γίνεται εις διπλούν.

6. **Ρωγμές πολυγώνου** (block cracks). Οι ρωγμές αυτές διαιρούν το οδόστρωμα σε περίπου ορθογωνικά κομμάτια εμβαδού από 0.1 έως 10 m² και είναι επίσης γνωστές και ως ρωγμές συρρίκνωσης (shrinkage cracks). Προέρχονται από συστολή του ασφαλτομίγματος σε χαμηλές θερμοκρασίες (ιδιαίτερα όταν αυτό είναι γηρασμένο) ή από συρρίκνωση του υπεδάφους όταν το πάχος της ασφαλτικής στρώσης είναι μικρό. Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται όπως και στις ρωγμές ανάκλασης.

7. **Ρωγμές ολίσθησης** (slippage cracks). Οι ρωγμές αυτές προέρχονται από ολίσθηση του τάπητα κυκλοφορίας επί της υποκείμενης στρώσης λόγω ανεπαρκούς συγκολλητικής επάλειψης ή παρουσίας χωμάτων, λαδιών ή νερού στην διεπιφάνεια των στρώσεων. Η μορφή των ρωγμών αυτών έχει σχήμα παραβολικό ή μισοφέγγαρου (Σχ.11). Η θεραπεία εδώ συνίσταται σε αποξήλωση του τάπητα (τοπικά) και πλήρωση με θερμό ασφαλτόμιγμα μετά από καθαρισμό.



Σχήμα 11: Παραδείγματα ρηγματώσεων εύκαμπτων οδοστρωμάτων

(β) Οι παραμορφώσεις της επιφάνειας (surface deformations) του οδοστρώματος καταστρέφουν την επιπεδότητα του και οφείλονται στην ιξωδοπλαστικότητα της ασφάλτου και στην χαμηλή της ευστάθεια, στην ανεπαρκή συμπίκνωση των στρώσεων και στις καθιζήσεις του εδάφους. Τα πιο γνωστά είδη επιφανειακών παραμορφώσεων είναι:

1. **Αυλακώσεις** (ruts or channels). Πρόκειται για διαμήκεις επιφανειακές καθιζήσεις κατά την διεύθυνση της τροχιάς των τροχών των οχημάτων. Οι αυλακώσεις οφείλονται σε παραμένουσες παραμορφώσεις της ασφάλτου, σε καθίζηση στρώσεων λόγω κακής συμπίκνωσης ή σε πλευρική μετακίνηση στρώσεων λόγω φόρτισης. Η συντήρηση συνίσταται σε πλήρωση των αυλακώσεων με ασφαλτόμιγμα ή σε διάστρωση ασφαλτομίγματος μετά από φρεζάρισμα της επιφάνειας του οδοστρώματος.

2. **Κυματώσεις ή ρυτιδώσεις** (corrugations). Αυτές είναι εξογκώσεις (υπό μορφή κυμάτων) της επιφάνειας του οδοστρώματος κατά μήκος του άξονά του και προέρχονται από παραμένουσες πλαστικές παραμορφώσεις λόγω υψηλών διατμητικών τάσεων σε περιοχές επιταχύνσεων/επιβραδύνσεων (στάσεις, ανωφέρειες, κατωφέρειες). Όταν η πλαστική εξόγκωση είναι τοπική ονομάζεται απώθηση (shoving). Η συντήρηση οδοστρωμάτων με κυματώσεις γίνεται με φρεζάρισμα της επιφάνειας σε βάθος 30-50 mm και διάστρωση νέων ασφαλτικών στρώσεων εν θερμώ.

3. **Τοπικές καθιζήσεις** (local depressions or bird baths). Αυτές οι καθιζήσεις είναι τοπικού χαρακτήρα και προέρχονται από τοπική καθίζηση υποκείμενων στρώσεων λόγω βαριάς φόρτισης. Η συντήρησή τους γίνεται είτε με διάστρωση θερμού ασφαλτομίγματος (όταν καθίζηση >25mm), είτε με διάστρωση ψυχρού ασφαλτομίγματος τύπου slurry (όταν καθίζηση <25mm)

4. **Τοπικές διογκώσεις** (local upheavals or bumps). Οι τοπικές διογκώσεις προέρχονται συνήθως από διαστολή του εγκλωβισμένου νερού στις υποκείμενες στρώσεις λόγω παγετού. Η συντήρηση των διογκώσεων αυτών γίνεται όπως στην περίπτωση ρωγμών τύπου αλιγάτορα τοπικού χαρακτήρα

(γ) Η αποσάθρωση ή αποσύνθεση (disintegration) της επιφάνειας του οδοστρώματος είναι ο θρυμματισμός του σε μικρά κομμάτια. Η αλλοίωση (defect) της επιφάνειας του οδοστρώματος ορίζεται γενικά ως κάθε μεταβολή της ασφαλικής

επιφάνειας που μειώνει την λειτουργική της ικανότητα.

Οι αποσαθρώσεις/αλλοιώσεις περιλαμβάνουν:

1. **Αποκόλληση αδρανών** (ravelling or weathering). Η αποκόλληση αδρανών στην επιφάνεια του οδοστρώματος αρχίζει από τα άκρα και προχωρεί προοδευτικά προς το κέντρο δημιουργώντας αρχικά φωλιές που πυκνώνουν και καταλήγουν σε λακκούβες. Αυτή η αποκόλληση προέρχεται από ανεπαρκή ποσότητα ασφάλτου, χρήση μη καθαρών ή σαθρών αδρανών, υπερθέρμανση της ασφάλτου, κατασκευή του τάπητα υπό βροχή ή κρύο και 120 μη επαρκή συμπίκνωση. Η θεραπεία συνίσταται κυρίως σε διάστρωση ψυχρού ασφατικού μίγματος ή σε επιφανειακές επαλείψεις.

2. **Λακκούβες** (potholes). Οι λακκούβες έχουν σχήμα κυπέλλου ή λεκάνης με ελάχιστη διάσταση επιφάνειας 150 mm και μέσο βάθος μέσης σοβαρότητας από 25 έως 50 mm. Η δημιουργία τους οφείλεται σε έλλειψη συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα, μειωμένο πάχος του τάπητα κυκλοφορίας, μη καλή αποστράγγιση της οδού και σε αποκόλληση αδρανών. Η συντήρηση γίνεται είτε με καθαρισμό και πλήρωση της λακκούβας με θερμό ή ψυχρό ασφαλτόμιγμα (προσωρινή λύση), είτε με κόψιμο και τετραγωνισμό της λακκούβας, καθαρισμό, πλήρωση με ψυχρό ή θερμό ασφαλτόμιγμα και κυλίνδρωση (οριστική λύση).

3. **Εξίδρωση** (bleeding). Ως εξίδρωση ορίζεται η ανάδυση ασφάλτου και η εμφάνισή της στην επιφάνεια η οποία εμφανίζεται γυαλιστερή και κολλώδης. Η εξίδρωση οφείλεται σε υπερβολικό ποσοστό συνδετικού υλικού και υψηλές θερμοκρασίες και εντοπίζεται στην τροχιά των τροχών (αυλάκωση) ή σε όλη τη λωρίδα κυκλοφορίας. Η θεραπεία συνίσταται σε απόξεση και επίστρωση λεπτοτάπητα.

4. **Αντληση** (pumping). Αντληση είναι το φαινόμενο της ανάδυσης ύδατος και λεπτόκοκκου υλικού στην επιφάνεια κυκλοφορίας λόγω της φόρτισης. Η αντληση οφείλεται σε κακή απορροή και αποστράγγιση και σε ακατάλληλη κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών. Το φαινόμενο είναι εντονότερο σε δύσκαμπτα οδοστρώματα λόγω των αρμών που προσφέρουν διόδους ροής. Η θεραπεία εδώ επιβάλλει κατασκευή καλής αποστράγγισης.

5. **Υποβάθμιση μπαλωμάτων** (patching deterioration). Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, ένας τρόπος θεραπείας φθορών (ρηγματώσεις αλιγάτορα ή λακκούβες) γίνεται με μπαλώματα (patching), δηλαδή, με τοπικές επικαλύψεις. Τα

μπαλώματα αυτά με την πάροδο του χρόνου υποβαθμίζονται λόγω κυκλοφοριακής φόρτισης και εμφανίζουν φθορές στην περίμετρο ή/και στο εσωτερικό τους. Η θεραπεία εδώ είναι ίδια με αυτή που εφαρμόζεται σε ρωγμές αλιγάτορα και λακκούβες.

6. Λείανση αδρανών (polished aggregates).

3.5.3 Φθορές και συντήρηση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Τα διάφορα είδη φθορών δύσκαμπτων οδοστρωμάτων μπορούν να καταταγούν σε τέσσερις κατηγορίες: (α) ανεπάρκειες αρμών, (β) ρηγματώσεις, (γ) παραμορφώσεις και (δ) αποσαθρώσεις. Η συντήρηση των δύο πρώτων ειδών φθορών αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της όλης συντήρησης των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων.

(α) Αρμοί -Τα πιο σημαντικά είδη των φθορών στους αρμούς είναι:

1. **Φθορά υλικού πλήρωσης αρμών** (joint seal damage). Η κύρια φθορά των αρμών (διαμήκων και εγκάρσιων) είναι η αποκόλληση του υλικού πλήρωσης για τη στεγάνωσή τους. Αυτή συμβαίνει λόγω γήρανσης του υλικού πλήρωσης. Η συντήρηση του αρμού γίνεται με απομάκρυνση του παλιού υλικού, καθαρισμό του αρμού και πλήρωσή του με νέο ελαστομερές υλικό.

2. **Θρυμματισμός αρμών** (joint spalling). Λόγω χαμηλής αντοχής του σκυροδέματος της πλάκας και υπερφόρτισής της, οι ακμές των αρμών (διαμήκων και εγκάρσιων) θρυμματίζονται και έτσι επιταχύνεται και η φθορά του υλικού πλήρωσής τους. Η συντήρηση που γίνεται για τη φθορά του υλικού πλήρωσης καλύπτει και τον θρυμματισμό των ακμών των αρμών.

(β) Ρωγμές -Τα πιο σημαντικά είδη ρωγμών είναι:

1. **Γωνιακές ρωγμές** (corner breaks). Αυτές οι ρωγμές εμφανίζονται στις γωνίες των πλακών και αν δεν συντηρηθούν, το σχηματιζόμενο τριγωνικό κομμάτι της πλάκας στη γωνία της θα αποκοπεί από αυτήν. Οι ρωγμές αυτές προέρχονται λόγω κακής στήριξης της πλάκας στη βάση ή το έδαφος και η συντήρησή τους περιλαμβάνει καθαρισμό και πλήρωσή τους με ελαστομερές υλικό. Σε περίπτωση αποκοπής του τριγωνικού κομματιού της πλάκας, αυτό απομακρύνεται και τη θέση

του καταλαμβάνει ελαστομερές ασφαλικό υλικό (αν το κομμάτι είναι μικρό) ή ασφατικόμιγμα (αν το κομμάτι είναι μεγάλο).

2. **Διαμήκεις ρωγμές** (longitudinal cracks). Αυτές είναι ρωγμές παράλληλες προς τον άξονα του οδοστρώματος και προέρχονται κυρίως από συστολή της πλάκας και έλλειψη αρκετών διαμήκων αρμών, αλλά και από διαστολή της υποκείμενης στρώσης ή ασθενή στήριξη της πλάκας από το έδαφος (Σχ.12.22). Η συντήρηση των ρωγμών αυτών συνίσταται σε καθαρισμό και πλήρωση με ελαστομερές ασφαλικό υλικό.

3. **Εγκάρσιες ρωγμές** (transverse cracks). Οι ρωγμές αυτές έχουν διεύθυνση εγκάρσια ως προς τον άξονα του οδοστρώματος, εμφανίζονται συνήθως στο κέντρο της πλάκας και οφείλονται σε υψηλές καμπτικές τάσεις, στην έλλειψη αρκετών εγκάρσιων αρμών και σε ασθενές υπέδαφος στήριξης (Σχ.12.23). Η συντήρησή τους γίνεται όπως και στην περίπτωση των διαμήκων ρωγμών.

4. **Καμπύλες ρωγμές** (durability cracks). Οι ρωγμές αυτές βρίσκονται κοντά ή μία στην άλλη, έχουν σχήμα ημισέληνου, εμφανίζονται πλησίον αρμών, ρωγμών ή ελεύθερων πλευρών της πλάκας (Σχ.12.24) και ξεκινούν από γωνίες της πλάκας. Τα αίτια δημιουργίας και η συντήρησή τους είναι παρόμοια με αυτά της περίπτωσης των γωνιακών ρωγμών

(γ) Παραμορφώσεις : Οι επιφανειακές παραμορφώσεις στα δύσκαμπτα οδοστρώματα είναι καθιζήσεις των πλακών του οδοστρώματος λόγω ανεπαρκούς μεταφοράς του φορτίου από πλάκα σε πλάκα (μέσω των ράβδων σύνδεσης), συστολής ή διαστολής του υπεδάφους ή και άντλησης νερού και λεπτόκοκκων αδρανών μέσω ατελών αρμών. Καθιζήσεις μικρού μεγέθους αντιμετωπίζονται με ασφατικόμιγμα τύπου slurry. Καθιζήσεις μεγάλου μεγέθους αντιμετωπίζονται με πρόσθετη στρώση ασφαλοτάπητα πάνω σε μια ισοπεδωτική στρώση. Τέλος η άντληση λεπτόκοκκων υλικών αντιμετωπίζεται με πλήρωση του κενού που έχει δημιουργηθεί με ειδικό ασφατικό υλικό που εφαρμόζεται με αντλία.

(δ) Αποσαθρώσεις- Οι αποσαθρώσεις (disintegration) περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

1. **Λεπίδωση** (scaling). Η λεπίδωση είναι αποκόλληση επιφανειακών αδρανών (βάθος < 25 mm) λόγω μη καλής ανάμιξης του σκυροδέματος, χρήσης ακατάλληλων αδρανών, πήξης του σκυροδέματος σε χαμηλές θερμοκρασίες και

χρήσης άλατος τον χειμώνα για αποφυγή παγετού . Η συντήρηση γίνεται με διάστρωση ψυχρού ασφαλτομίγματος τύπου slurry. Αν η αποκόλληση των αδρανών έχει προχωρήσει σε βάθος > 25mm η συντήρηση γίνεται με διάστρωση θερμού ασφαλτομίγματος ή σκυροδέματος με τσιμέντο Portland.

2. Θρυμματισμός πλακών (slab buckling or spalling). Ο θρυμματισμός των πλακών στις ακμές, στις γωνίες ή και στο μέσον τους προέρχεται από διαστολή των πλακών, διόγκωση του υπεδάφους ή γέμισμα των αρμών με χαλίκια. Συνήθως ο θρυμματισμός συνοδεύεται και από αποκόλληση τμημάτων του σκυροδέματος και γι' αυτό απαιτείται όχι συντήρηση αλλά αποκατάσταση του οδοστρώματος. Η αποκατάσταση αυτή γίνεται είτε με ανακατασκευή των πλακών με σκυρόδεμα από τσιμέντο Portland (όταν οι πλάκες είναι λίγες), είτε με διάστρωση ασφαλτομίγματος (μετά από απομάκρυνση θρυμματισμένων τμημάτων και βάψιμο τοιχωμάτων με ασφαλικό γαλάκτωμα), είτε με διάστρωση νέας στρώσης από σκυρόδεμα με τσιμέντο Portland (μετά από απομάκρυνση θρυμματισμένων τμημάτων και καθαρισμό). Μία νέα τεχνική ανακατασκευής δύσκαμπτων οδοστρωμάτων όταν το σκυρόδεμα είναι άοπλο συνίσταται σε διάσπαση των πλακών σκυροδέματος σε μικρά τεμάχια (50-100cm), σε βύθιση αυτών στη βάση ή στο υπέδαφος με τη βοήθεια βαριάς κυλίνδρωσης, σε προσθήκη αδρανών με επανασυμπύκνωση και τελικά σε διάστρωση νέου ασφαλτοτάπητα πάχους 10- 15 cm .

Κεφάλαιο 4: Πειραματική Διαδικασία

4.1 Σκοπός του πειράματος

Σκοπός του πειραματικού μέρους ήταν η αξιολόγηση της αντοχής συγκόλλησης ασφαλικών στρώσεων οδοστρώματος με τη μέθοδο Leutner, σε διαφορετικές θερμοκρασίες βάσει του προτύπου **Technical Test Provisions For Asphalt, TP Asphalt-StB section 80 specification** για το έργο ‘Ελευσίνα-Κόρινθος-Πάτρα-Πύργος Αυτοκινητόδρομος’.

Συνολικά, ελήφθησαν και ελέγχθηκαν 11 πυρήνες ασφαλικού υλικού διαμέτρου 150mm, οι οποίοι προήλθαν από τυχαίες τομές ασφαλικού οδοστρώματος. Ο κάθε πυρήνας αποτελείται από τρεις ασφαλικές στρώσεις (Ασφαλική στρώση20, Ασφαλική στρώση20, Ασφαλική στρώση12,5) .Οι διαστάσεις των πυρήνων (διάμετρος και ύψος) μετρήθηκαν και καταγράφηκαν, ώστε να πληρούν τις προδιαγραφές του προτύπου.

Με τη μέθοδο Leutner επιτυγχάνουμε να μετρήσουμε την διατμητική δύναμη ώστε να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε πόσο καλά έχουν κολλήσει οι ασφαλικές στρώσεις μεταξύ τους και τη συνάφεια κατ’επέκταση της προηγούμενης στρώσης με την επόμενη.

4.2 Περιγραφή της διαδικασίας

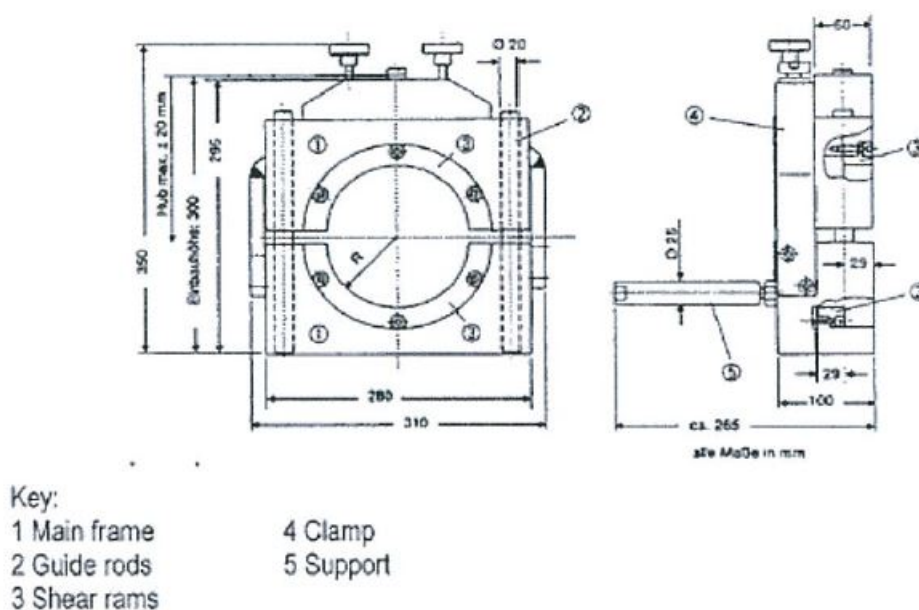
Σύμφωνα με τον τομέα 80 του **Technical Test Provisions For Asphalt, TP Asphalt-StB** , πραγματοποιείται μία δοκιμή διάτμησης χωρίς ορμή, η οποία εκτελείται στα όρια μεταξύ των δύο στρώσεων ενός ασφαλικού πυρήνα. Με αυτόν τον τρόπο, καθορίζονται η διατμητική δύναμη και η παραμόρφωση λόγω διάτμησης. Το ελάχιστο πάχος της στρώσης που μπορεί να διατμηθεί βάσει προτύπου είναι 20mm. Κάθε πυρήνας τοποθετήθηκε στο θάλαμο θερμικής προετοιμασίας, διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία για τουλάχιστον 2 ώρες πριν τη δοκιμή, προκειμένου να εξασφαλιστεί ομοιογενής θέρμανση. Οι θερμοκρασίες του πειράματος αφορούν τους 20 °C , 45 °C και 60 °C.

4.3 Εξοπλισμός και συσκευές δοκιμής

Η συσκευή-κεφαλή διάτμησης παρουσιάζεται στην Εικόνα 13. Το κύριο πλαίσιο (1) αποτελείται από δύο ημικυκλικά έμβολα διάτμησης, φτιαγμένα από αλουμίνιο. Τα έμβολα διάτμησης είναι παράλληλα μεταξύ τους χρησιμοποιώντας δύο σκληρυμένους οδηγούς ράβδους ακριβείας (2), τοποθετημένους σε κυκλικούς δακτυλίους. Τα σκληρά ένθετα έμβολα διάτμησης, κατασκευασμένα από ατσάλι, ενσωματώνονται στα έμβολα διάτμησης (3). Ο πυρήνας στερεώνεται με έναν σφιγκτήρα (4) μέσω σιαγόνας σύσφιξης με ενσωματωμένες λωρίδες τσόχας. Δύο ράβδοι, συνδεδεμένοι με ένα σπείρωμα εκτός κέντρου, χρησιμεύουν ως υποστήριγμα για τον πυρήνα (5). Οι ράβδοι στήριξης βιδώνονται στο κάτω μέρος του κύριου πλαισίου και πρέπει να περιστραφούν έτσι ώστε ο πυρήνας, κατά την είσοδό του στη συσκευή διάτμησης, να εφαρμόζει χωρίς κίνδυνο ανατροπής.

Ο σφιγκτήρας στερεώνεται με λωρίδες τσόχας. Ως υποστήριξη (5) για τους πυρήνες εξυπηρετούν δύο ράβδοι με ένα έκκεντρα τοποθετημένο σπείρωμα.

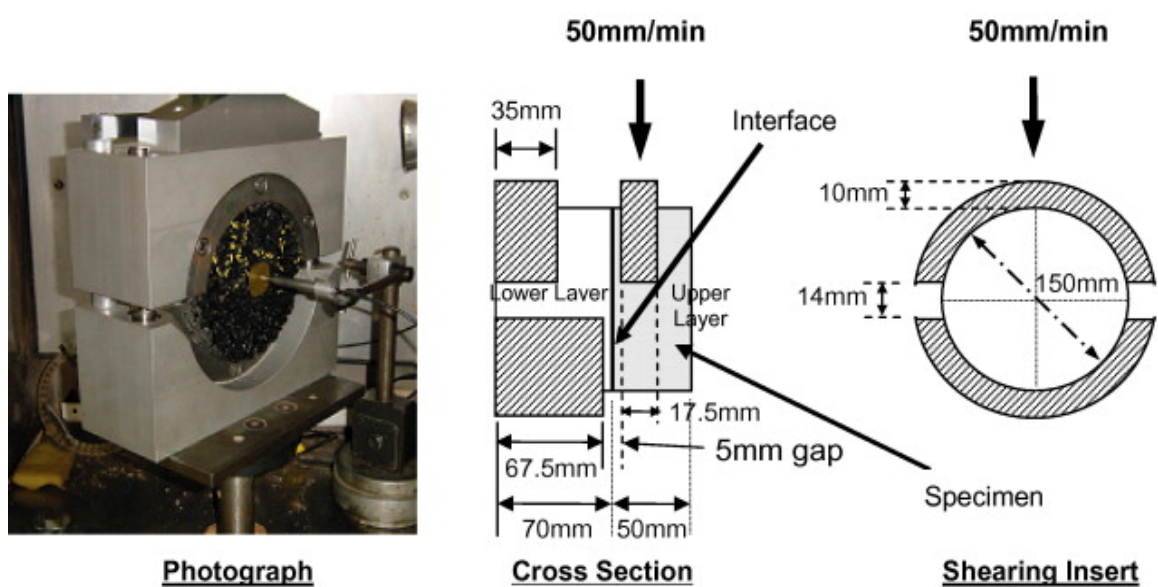
Τα ένθετα έμβολα διάτμησης έχουν ακτίνα $R=75\text{mm}$ για πυρήνες διαμέτρου 148-150mm και $R=76\text{mm}$ για πυρήνες διαμέτρου 150-152mm.



Εικόνα 13: Συσκευή διάτμησης Leutner-διαστάσεις



Εικόνα 14: Συσκευή διάτμησης Leutner



Εικόνα 15: Διαστάσεις συσκευής-κεφαλής διάτμησης

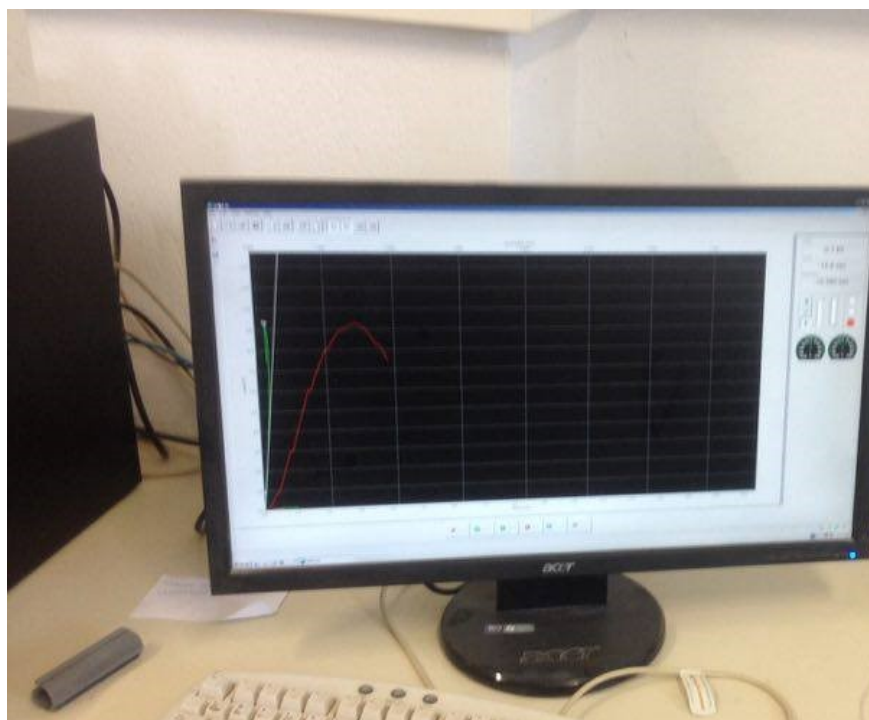
Για τη δοκιμή διάτμησης απαιτείται συσκευή με μέγιστο φορτίο τουλάχιστον 28 Kn και έναν ρυθμό τροφοδοσίας 50 ± 2 mm/min

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε μηχανή της Matest S205-unitronic με μέγιστο φορτίο 50kn(Εικόνα 17).

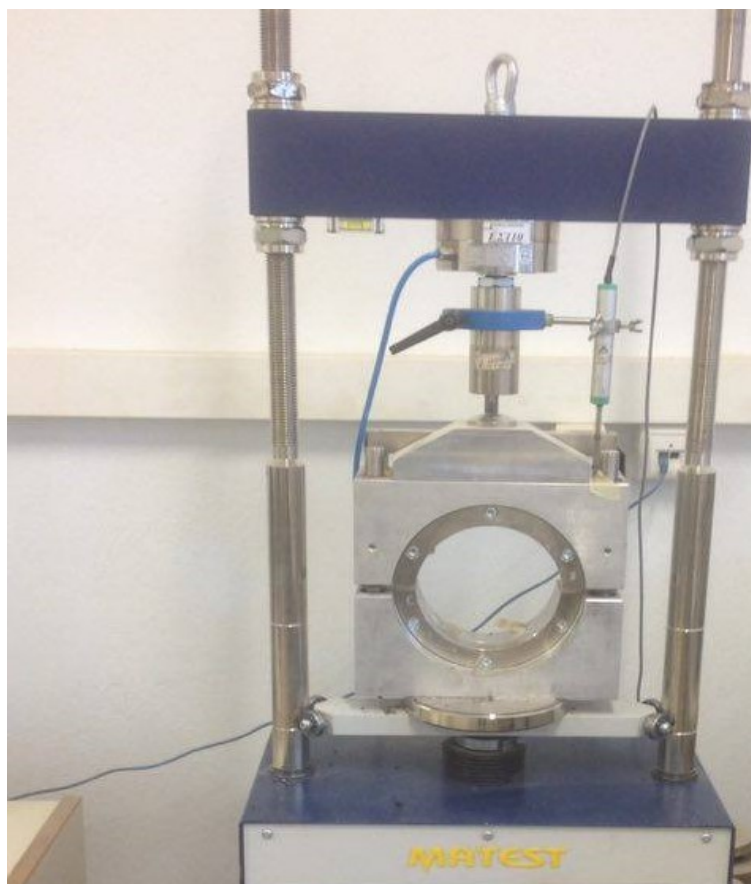
Ο συνεχής ρυθμός τροφοδοσίας πρέπει να επιτευχθεί μετά από μία μεταβατική φάση 20% του χρόνου φόρτισης, κυρίως, και πρέπει να διατηρείται κατά τη διάρκεια του φορτίου. Η ανώτερη πλάκα πίεσης της μηχανής δοκιμής αντικαθίσταται από τη συσκευή διάτμησης. Το καθαρό πλάτος μεταξύ των στηλών της δοκιμής συμπίεσης πρέπει να ισούται τουλάχιστον με 320 mm, ενώ το διακενό μεταξύ της επικάλυψης και της κάθετης ράβδου με 350 mm.

Για τη διενέργεια των δοκιμών απαιτούνται τα παρακάτω:

- Συσκευή για τον προσδιορισμό του διαγράμματος δύναμης-μετατόπισης. (εικόνα 16)
- Συσκευή με μέγιστο φορτίο τουλάχιστον 28 Kn και έναν ρυθμό τροφοδοσίας 50 ± 2 mm/min (εικόνα 17)
- Εξοπλισμός για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του πυρήνα σε 20 ± 1 , 45 ± 1 και 60 ± 1 βαθμούς Κελσίου. (εικόνα 18)
- Θερμόμετρο E 0.2/0/100 σύμφωνα με DIN 12775.



Εικόνα 16:Λογισμικό καταγραφής διατμητικής δύναμης-μετατόπισης



Εικόνα 17: Μηχανή Matest 50kn-Leutner test



Εικόνα 18: Υδατόλουτρο για διατήρηση θερμοκρασίας 45°C και 60°C

4.4 Δείγματα

Ως δείγματα χρησιμοποιήθηκαν ακέραιοι πυρήνες με διάμετρο 150 ± 2 mm, οι οποίοι έχουν αφαιρεθεί σύμφωνα με τον TP Asphalt-StB, τομέα 27 οι οποίοι πρέπει να φέρουν σημάσεις που υποδεικνύουν την κατεύθυνση της κίνησης.

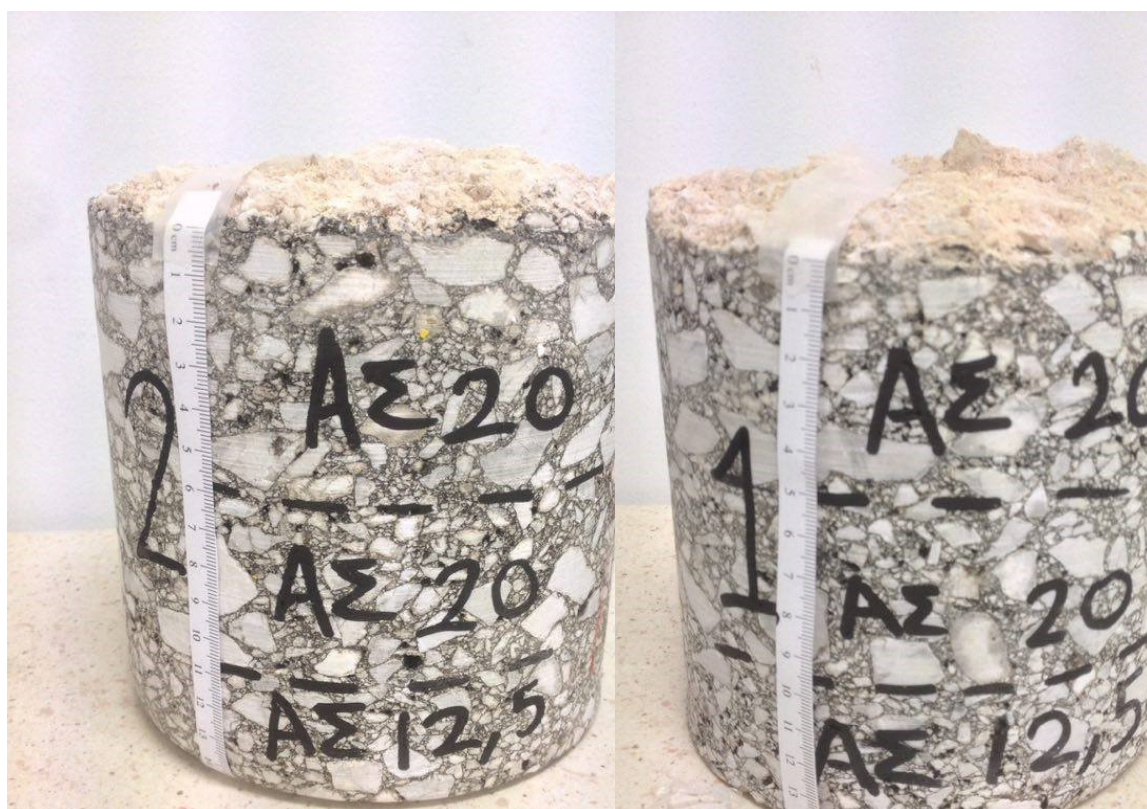
Στην εικόνα 16 παρουσιάζονται πυρήνες ασφαλτικού αποτελούμενοι από τρεις στρώσεις ΑΣ20,ΑΣ20,ΑΣ12,5 . Το ασφαλτόμιγμα ΑΣ 20 και ΑΣ12,5 δηλώνει ασφαλτικό σκυρόδεμα με αδρανή συγκρατούμενα έως και 10% κατά βάρος από κόσκινο βροχίδας 20 mm και 12,5mm αντίστοιχα. Το συνδετικό υλικό του ασφαλτικού σκυροδέματος είναι κοινή άσφαλτος οδοστρωσίας τύπου 50/70, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου EN 12591:1999 «Ασφαλτικά και συνδετικά ασφαλτικών – Προδιαγραφές για ασφάλτους οδοστρωσίας». Το ασφαλτόμιγμα παρασκευάζεται εν θερμώ με θραυστά αδρανή υλικά λατομείου, σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη σύνθεσης για τύπου ΑΣ 20 και ΑΣ 12,5 και σύμφωνα με την Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-11-04:2009 (ΕΤΕΠ 05-03-11-04), που αφορά «Ασφαλτικές Στρώσεις Κλειστού Τύπου» και συγκεκριμένα σύμφωνα με τα αναφερόμενα για την παραγωγή ασφαλτικού σκυροδέματος.

Η ασφαλτική στρώση ΑΣ12,5 είναι η τελική στρώση κυκλοφορίας και πιο πριν προηγούνται δυο ασφαλτικές στρώσεις ΑΣ20 και πιο πριν το αμμοχάλικο κοινώς 3Α το οποίο είναι το υλικό της βάσης (εικόνα 19).

Το ελάχιστο πάχος της στρώσης που μπορεί να διατηρηθεί πρέπει να είναι τουλάχιστον 20mm. Όλες οι στρώσεις του κάθε πυρήνα που ελέγχθηκαν είναι πάνω από 4cm όπως φαίνεται και στην εικόνα 20. Οι στρώσεις ή οι θέσεις κάτω από αυτό πρέπει να είναι συνολικά μήκους τουλάχιστον 70mm. Δύο πυρήνες από ένα σημείο δειγματοληψίας πρέπει να ελεγχθούν.



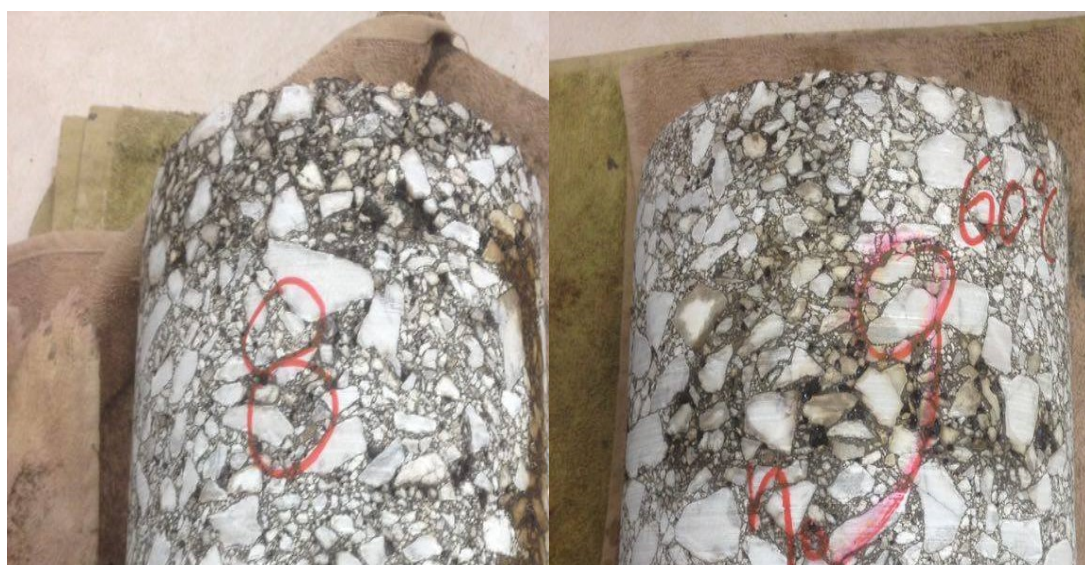
Εικόνα 19: Ασφαλτικοί πυρήνες-όρια στρώσεων-ύψη



Εικόνα 20: Ασφαλτικοί πυρήνες- σήμανση ορίων στρώσεων-σήμανση υψών



Εικόνα 21: Ύψη ασφαλτικών στρώσεων



Εικόνα 22: Ασφαλτικοί πυρήνες

4.5 Εκτέλεση

4.5.1 Προετοιμασία Δείγματος

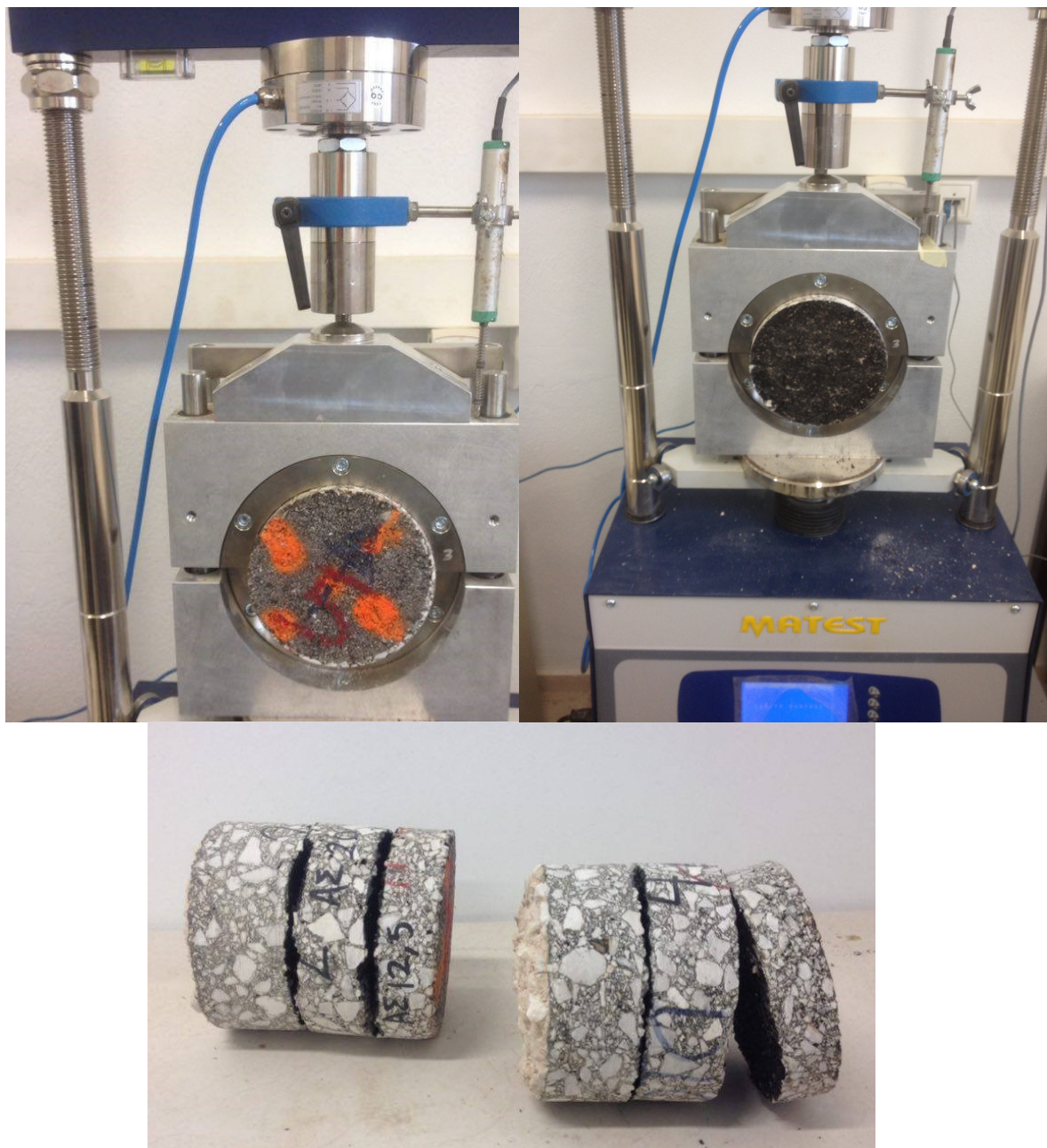
Πριν από τη διενέργεια της δοκιμής, είναι απαραίτητο να προετοιμαστεί το δείγμα με τον εξής τρόπο:

1. **Καθορισμός Διαμέτρου Πυρήνα:** Η διάμετρος του πυρήνα πρέπει να καθοριστεί, και η ομοιομορφία αυτής κατά μήκος του πυρήνα πρέπει να διασφαλιστεί.
2. **Σήμανση Ορίων Στρώσεων:** Τα όρια των στρώσεων πρέπει να μαρκαριστούν καθώς και το πάχος των ίδιων. Η κλίση του ορίου της στρώσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5mm.
3. **Έλεγχος Δείγματος:** Πρέπει να σημειωθούν ανομοιογένειες, ελαττώματα, διαχωρισμοί, ραγίσματα και ακαθαρσίες των στρώσεων. Επίσης, πριν τη δοκιμή, οι πυρήνες πρέπει να παραμείνουν τουλάχιστον 12 ώρες στον αέρα στη θερμοκρασία δοκιμής (20 ± 1 βαθμούς κελσίου) και να αποθηκεύονται ξαπλωτοί χωρίς να αγγίζουν ο ένας τον άλλο κατά τη διάρκεια της διεργασίας.

4.5.2 Διάτμηση

1. **Εγκατάσταση Συσκευής Διάτμησης:** Η συσκευή διάτμησης θα τοποθετηθεί στη συσκευή δοκιμής με τα ένθετα έμβολα διάτμησης που αντιστοιχούν στη διάμετρο του πυρήνα.
2. **Εισαγωγή Ασφαλτικού Πυρήνα:** Ο πυρήνας εισέρχεται στη συσκευή διάτμησης.
3. **Διεξαγωγή Διάτμησης:** Η διάτμηση πρέπει να πραγματοποιηθεί παράλληλα με τα σημάδια κατεύθυνσης. Ένας οπτικός έλεγχος διασφαλίζει τη σωστή εφαρμογή του πυρήνα στη συσκευή διάτμησης.
4. **Στερέωση Πυρήνα:** Πιέζοντας σε αξονική διεύθυνση, το επίπεδο διάτμησης προσαρμόζεται στο όριο των στρώσεων. Ο πυρήνας στερεώνεται σφίγγοντας τη βίδα στο σφιγκτήρα.
5. **Ελέγχουμε τη Διαδικασία:** Η διαδικασία διάτμησης πραγματοποιείται με ταχύτητα τροφοδοσίας 50 ± 2 mm/min έως και πάνω από τη μέγιστη δύναμη. Η παραμόρφωση λόγω διάτμησης καταγράφεται συνεχώς ανάλογα με τη δύναμη. Σημειώνουμε ότι, εάν υπάρχουν πολλαπλά στρώματα ή θέσεις, η διαδικασία ξεκινά από το ανώτερο στρώμα ή θέση. Εάν η κατώτερη στρώση είναι λεπτότερη

των 70mm, ξεκινούμε από τη χαμηλότερη στρώση, προσέχοντας ότι το χρονικό διάστημα μεταξύ αφαίρεσης του πυρήνα και το τέλος της δοκιμής δεν υπερβαίνει τα 10 λεπτά.



Εικόνα 23: Ασφαλτικοί πυρήνες πριν και μετά τη διάτμηση

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα

5.1 Έκθεση- Εκτίμηση Αποτελεσμάτων

Όπως προαναφέρθηκε ο στόχος της πειραματικής διαδικασίας Leutner ήταν η διεξαγωγή συμπερασμάτων για τη μηχανική συμπεριφορά κυλινδρικών τεμαχίων ασφαλτοστρώσεων όταν σε αυτά ασκούνται συνεχείς διατμητικές τάσεις.

5.1.1 Πληροφορίες της έκθεσης δοκιμής

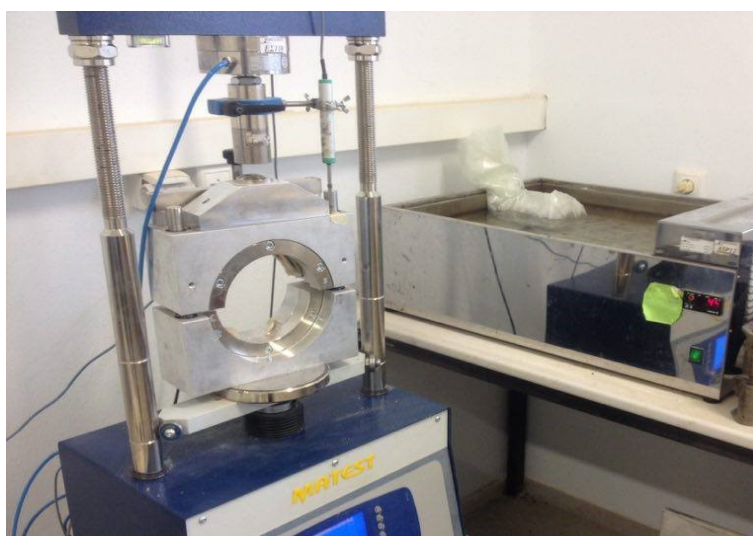
Οι παρακάτω πληροφορίες πρέπει να αναφερθούν σε συνδυασμό με TP Asphalt-StB, Τομέας 80:

Για κάθε πυρήνα:

- οριακό στρώμα, όριο θέσης
- πάχος στρώσεων
- μέγιστη διατμητική δύναμη στα 0.1kN
- παραμόρφωση λόγω διάτμησης 0.1kN
- λεπτομέρειες (κανένας δεσμός των στρωμάτων κατά τη δειγματοληψία)
- περιγραφή της κατάστασης των επιφανειών που κόβονται

Για τη θέση δειγματοληψίας

- μέση τιμή της μέγιστης διατμητικής δύναμης στα 0.1kN
- μέση τιμή του δρόμου διάτμησης στα 0.1mm

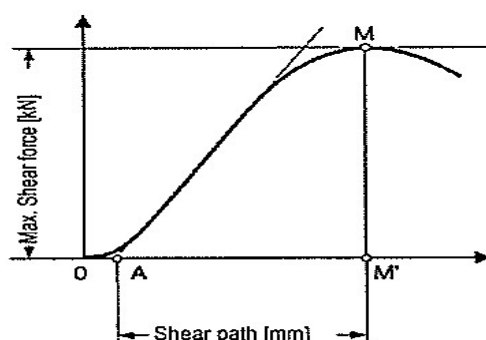


Εικόνα 24: Εξοπλισμός πειράματος

5.2 Διαγράμματα διατμητικής τάσης - παραμόρφωσης

Η παραμόρφωση λόγω διάτμησης προσδιορίζεται ως η απόσταση AM και καθορίζεται στα 0.1 mm. Το σημείο A είναι το σημείο της διατομής των εφαπτόμενων με την κλίση της καμπύλης δύναμης-μετατόπισης με την τετμημένη. Το σημείο M είναι το σημείο της διατομής της καθέτου από την μέγιστη διατμητική δύναμη με την τετμημένη.

Η μέγιστη διατμητική δύναμη η οποία στρογγυλοποιείται σε 0,1kN και η παραμόρφωση λόγω διάτμησης σε 0,1mm, θα αναφερθούν ως αποτελέσματα δοκιμών για κάθε ενιαία τιμή και για κάθε μέση τιμή.



Σχήμα 12:Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης βάσει TPAsphalt-StB,Τομέας 80

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως έντεκα (11) ασφαλτικοί πυρήνες ,διαμέτρου 150mm και ύψους στρώσης μεγαλύτερη των 20mm που απαιτεί το πρότυπο, αποτελούμενοι από τρεις στρώσεις (ΑΣ12,5-ΑΣ20-ΑΣ20) ο καθένας έχουν χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί η αντοχή συγκόλλησης μεταξύ των στρώσεων τους με τη μέθοδο Leutner σύμφωνα με το πρότυπο TPAsphalt-StB,Τομέας 80.

Στη θερμοκρασία των 20 °C ελέγχθηκαν τέσσερις (4) πυρήνες.

Στη θερμοκρασία των 45 °C ελέγχθηκαν τέσσερις (4) πυρήνες.

Στη θερμοκρασία των 20 °C ελέγχθηκαν τρεις (3) πυρήνες.

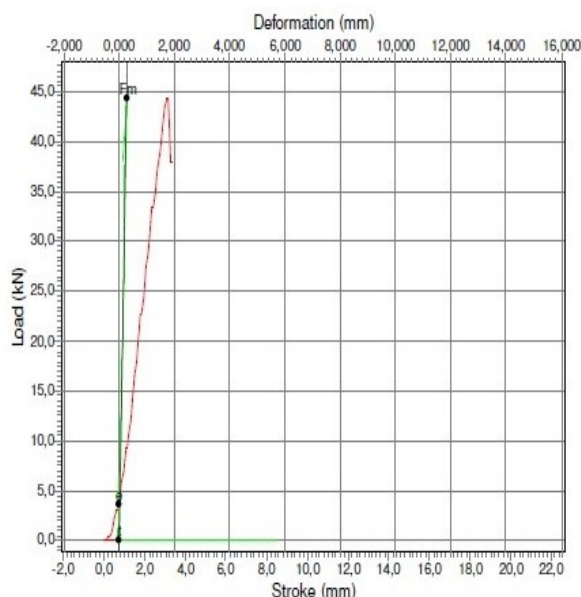
Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα δύναμης-παραμόρφωσης για τον κάθε πυρήνα και την κάθε στρώση ξεχωριστά. Όλοι οι πυρήνες είναι συμπαγείς χωρίς καμία ανομοιογένεια.

Πυρήνας Νο1

Ο πυρήνας Νο1 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 44,3 Kn (διάγραμμα 1) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 47,6 Kn (διάγραμμα 2).

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 20 βαθμούς κελσίου.

LEUTNER TEST			
REPORT			
21/3/2017			A-Stb Teil 4
Data	Specimen		
Date :	11/5/2016	Type :	Cylinder
Test n° :	ASPHALT CORE NO1	Diameter :	100 mm
	ASPHALT LAYER 12,5-20	Height :	50 mm
	20 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982 mm ²



Results

Stroke :	Am	0,285318	mm
Maximum load :	Fm	44,314642	kN
Tangent :	t	-0,006169	mm
Maximum slope :	e	0,015473	mm

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα δύναμης μετατόπισης πυρήνα Νο1 μεταξύ ΑΣ12,5-ΑΣ20

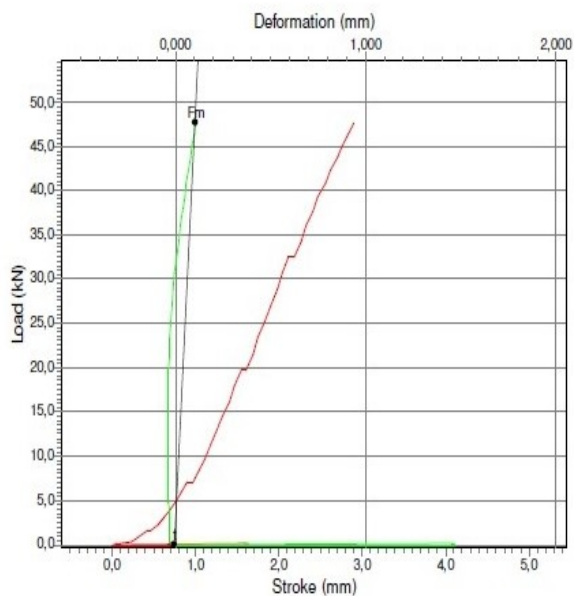
LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen		
Date :	11/5/2016	Type :	Cylinder	
Test n° :	ASPHALT CORE NO1	Diameter :	100	mm
	ASPHALT LAYER 20-20	Height :	50	mm
	20 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²



Results

Stroke :	Am	0,112584	mm
Maximum load :	Fm	47,63863	kN
Tangent :	t	-0,007711	mm
Maximum slope :	e	0,192859	mm

Διάγραμμα 2: Διάγραμμα δύναμης μετατόπισης πυρήνα Νο1 μεταξύ ΑΣ12,5-ΑΣ20

Πυρήνας Νο2

Ο πυρήνας Νο2 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 16,5 Kn (διάγραμμα 3) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 27,3 Kn (διάγραμμα 4).

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 20 βαθμούς κελσίου.

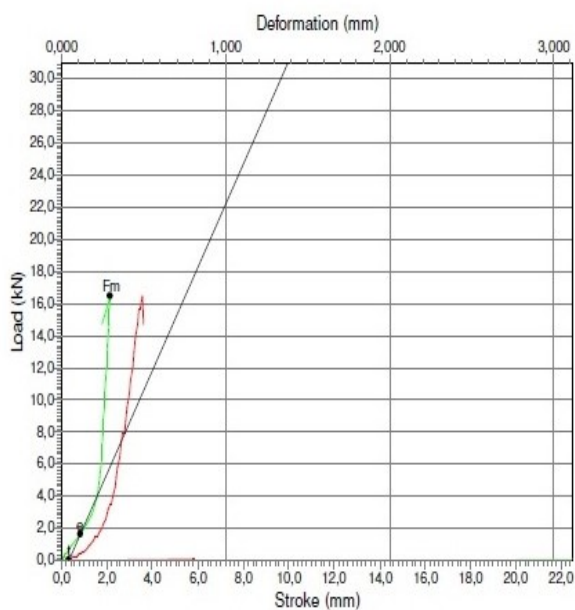
LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen		
Date :	11/5/2016	Type :	Cylinder	
Test n° :	ASPHALT CORE NO2	Diameter :	100	mm
	ASPHALT LAYER 12,5-20	Height :	50	mm
	20 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²

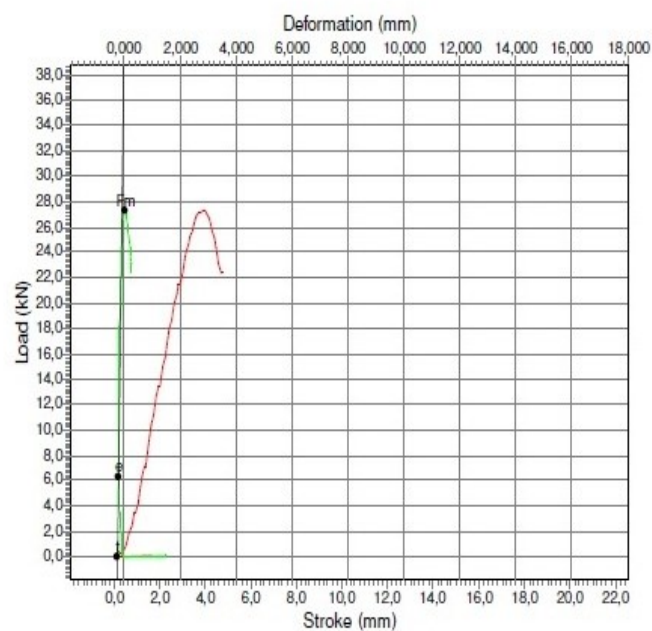


Results

Stroke :	Am	0,253088	mm
Maximum load :	Fm	16,476636	kN
Tangent :	t	0,043025	mm
Maximum slope :	e	0,112585	mm

Διάγραμμα 3: Διάγραμμα δύναμης μετατόπισης πυρήνα Νο2 μεταξύ ΑΣ12,5-ΑΣ20

Data		Specimen		
Date :	11/5/2016	Type :	Cylinder	
Test n° :	ASPHALT CORE NO2	Diameter :	100	mm
	ASPHALT LAYER 20-20	Height :	50	mm
	20 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²



Results

Stroke :	Am	0,261113	mm
Maximum load :	Fm	27,317757	kN
Tangent :	t	-0,250318	mm
Maximum slope :	e	-0,212832	mm

Διάγραμμα 4: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο2 μεταξύ ΑΣ20-ΑΣ20

Πυρήνας Νο5

Ο πυρήνας Νο5 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 13,8 K_n (διάγραμμα 5) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 19,3 K_n (διάγραμμα 6).

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 20 βαθμούς κελσίου.

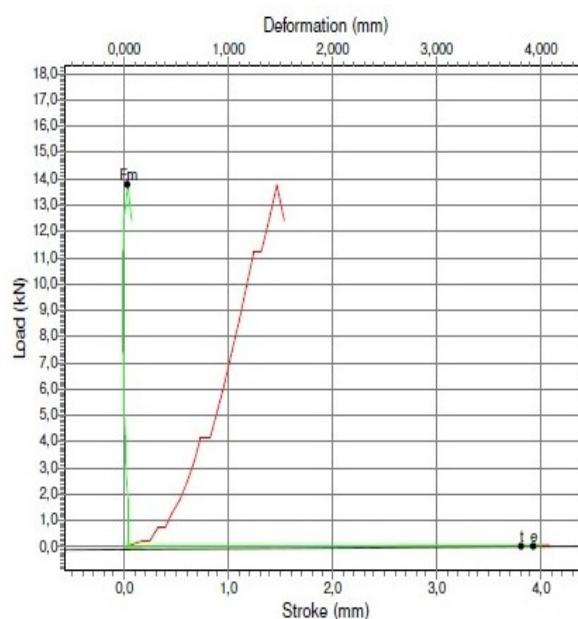
LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen	
Date :	11/5/2016	Type :	Cylinder
Test n° :	ASPHALT CORE NO5	Diameter :	100 mm
	ASPHALT LAYER 12,5-20	Height :	50 mm
	20 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982 mm ²



Results

Stroke :	Am	-3,782028	mm
Maximum load :	Fm	13,785047	kN
Tangent :	t	3,819042	mm
Maximum slope :	e	3,933169	mm

Διάγραμμα 5: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο5 μεταξύ ΑΣ12,5-ΑΣ20

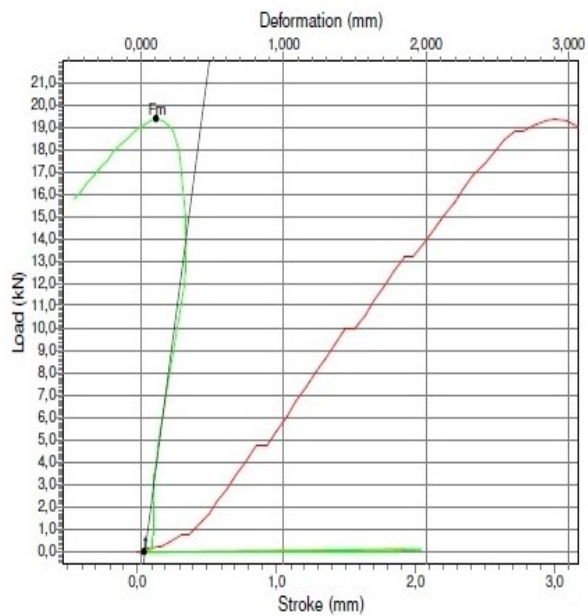
LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen		
Date :	11/5/2016	Type :	Cylinder	
Test n° :	ASPHALT CORE NO5	Diameter :	100	mm
	ASPHALT LAYER 20-20	Height :	50	mm
	20 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²



Results

Stroke :	Am	0,084824	mm
Maximum load :	Fm	19,361371	kN
Tangent :	t	0,029303	mm
Maximum slope :	e	1,984584	mm

Διάγραμμα 6: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο5 μεταξύ ΑΣ20-ΑΣ20

Πυρήνας Νο7

Ο πυρήνας Νο7 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 43,6 K_N (διάγραμμα 7) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 44,6 K_N (διάγραμμα 8).

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 20 βαθμούς κελσίου.

LEUTNER TEST

REPORT

21/3/2017

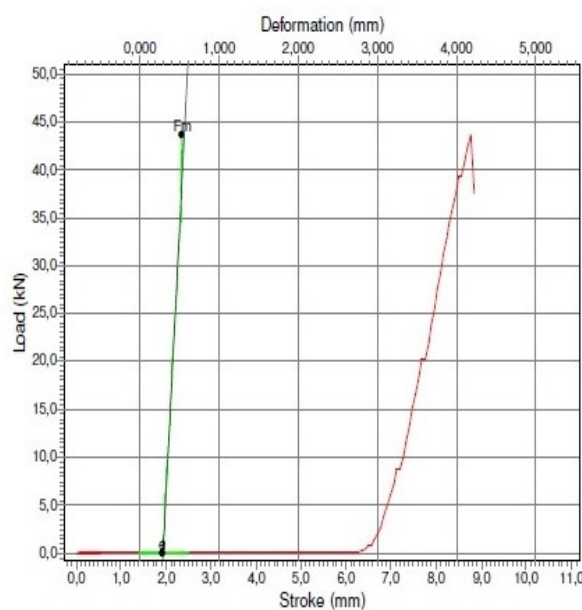
A-Stb Teil 4

Data

Date : 30/12/2016
Test n° : ASPHALT CORE NO7
ASPHALT LAYER 12,5-20
20 DEGREES CELSIUS

Specimen

Type : Cylinder
Diameter : 100 mm
Height : 50 mm
Section : 7853,982 mm²



Results

Stroke :	Am	0,239367	mm
Maximum load :	Fm	43,659498	kN
Tangent :	t	0,300926	mm
Maximum slope :	e	0,300963	mm

Διάγραμμα 7: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο7 μεταξύ ΑΣ12,5-ΑΣ20

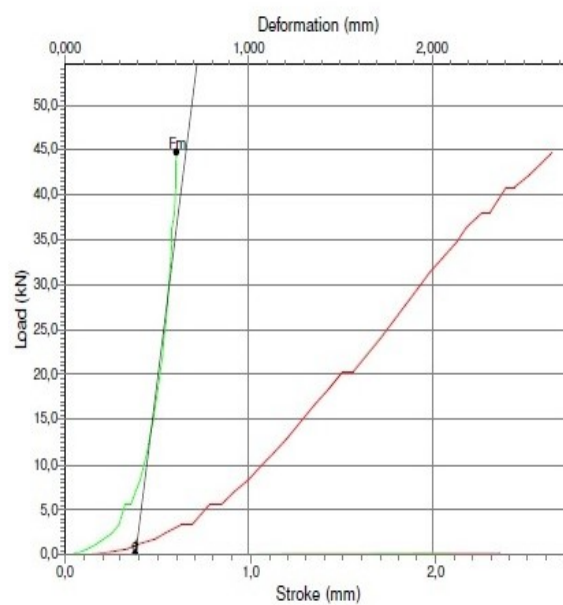
LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen			
Date :	30/12/2016	Type :	Cylinder		
Test n° :	ASPHALT CORE NO7	Diameter :	100	mm	
	ASPHALT LAYER 20-20	Height :	50	mm	
	20 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²	



Results

Stroke :	Am	0,223333	mm
Maximum load :	Fm	44,647964	kN
Tangent :	t	0,382774	mm
Maximum slope :	e	0,38283	mm

Διάγραμμα 8: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο7 μεταξύ ΑΣ20-ΑΣ20

Πυρήνας Νο11

Ο πυρήνας Νο11 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 13,3 Kn (διάγραμμα 9) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 9,0 Kn (διάγραμμα 10).

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 45 βαθμούς κελσίου.

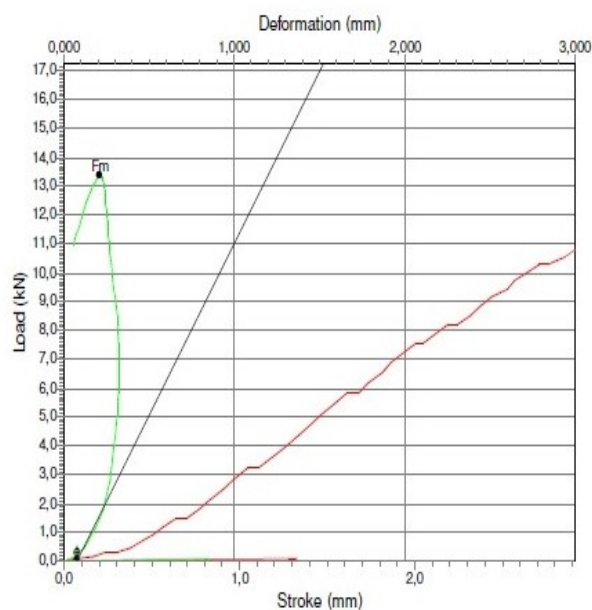
LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen		
Date :	2/3/2017	Type :	Cylinder	
Test n° :	ASPHALT CORE NO11	Diameter :	100	mm
	ASPHALT LAYER 12,5-20	Height :	50	mm
	45 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²



Results

Stroke :	Am	0,134886	mm
Maximum load :	Fm	13,344954	kN
Tangent :	t	0,076664	mm
Maximum slope :	e	0,077186	mm

Διάγραμμα 9: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο11 μεταξύ ΑΣ12,5-ΑΣ20

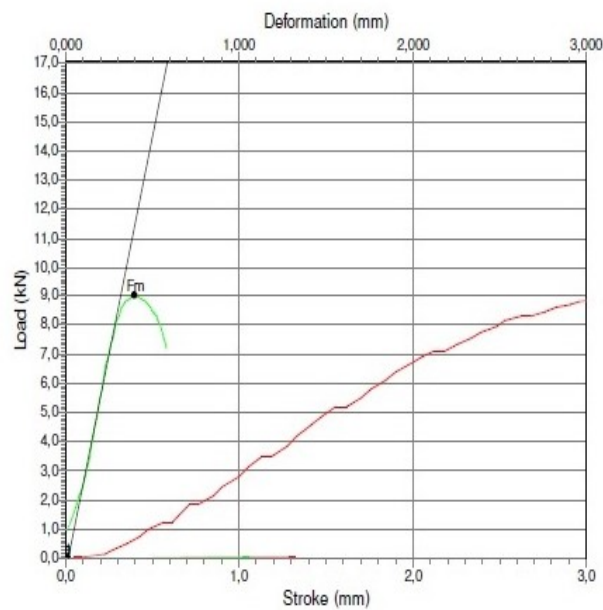
LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen	
Date :	2/3/2017	Type :	Cylinder
Test n° :	ASPHALT CORE NO11	Diameter :	100 mm
	ASPHALT LAYER 20-20	Height :	50 mm
	45 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982 mm ²



Results

Stroke :	Am	0,38674	mm
Maximum load :	Fm	9,009346	kN
Tangent :	t	0,011147	mm
Maximum slope :	e	0,011253	mm

Διάγραμμα 10: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο11 μεταξύ ΑΣ20-ΑΣ20

Πυρήνας Νο12

Ο πυρήνας Νο12 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 6,3 Kn (διάγραμμα 11) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 9,2 Kn (διάγραμμα 12).

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 45 βαθμούς κελσίου.

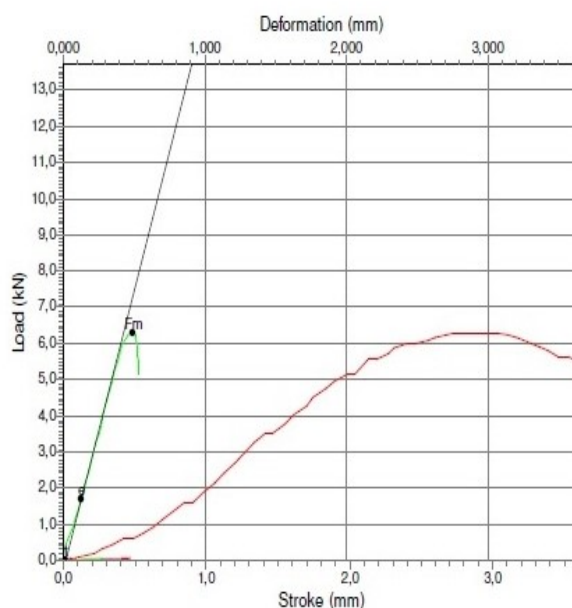
LEUTNER TEST

27/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data	Specimen
Date : 23/3/2017	Type : Cylinder
Test n° : ASPHALT CORE NO12	Diameter : 100 mm
ASPHALT LAYER 12,5-20	Height : 50 mm
45 DEGREES CELSIUS	Section : 7853,982 mm ²



Results

Stroke :	Am	0,469663	mm
Maximum load :	Fm	6,302181	kN
Tangent :	t	0,020775	mm
Maximum slope :	e	0,13086	mm

Διάγραμμα 11: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο12 μεταξύ ΑΣ12,5-ΑΣ20

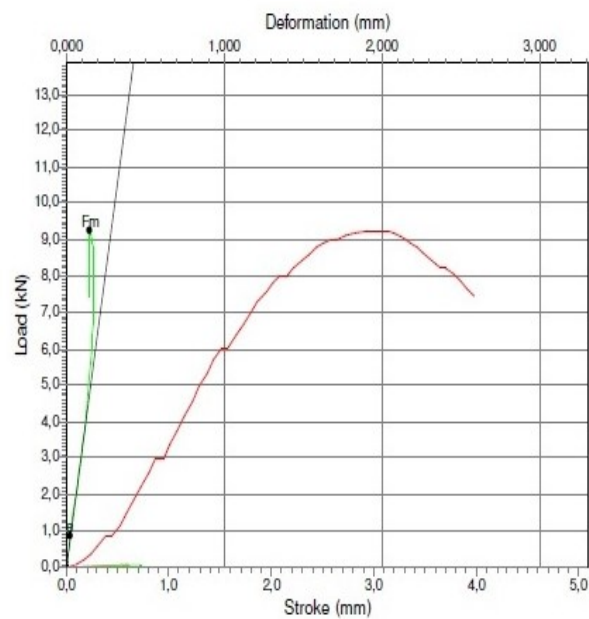
LEUTNER TEST

27/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen		
Date :	23/3/2017	Type :	Cylinder	
Test n° :	ASPHALT CORE NO12	Diameter :	100	mm
	ASPHALT LAYER 20-20	Height :	50	mm
	45 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²



Results

Stroke :	Am	0,148056	mm
Maximum load :	Fm	9,255452	kN
Tangent :	t	-0,001542	mm
Maximum slope :	e	0,025097	mm

Διάγραμμα 12: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο12 μεταξύ Α20-ΑΣ20

Πυρήνας Νο13

Ο πυρήνας Νο13 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 11,9 Kn (διάγραμμα 13) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 8,0 Kn (διάγραμμα 14)

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 45 βαθμούς κελσίου.

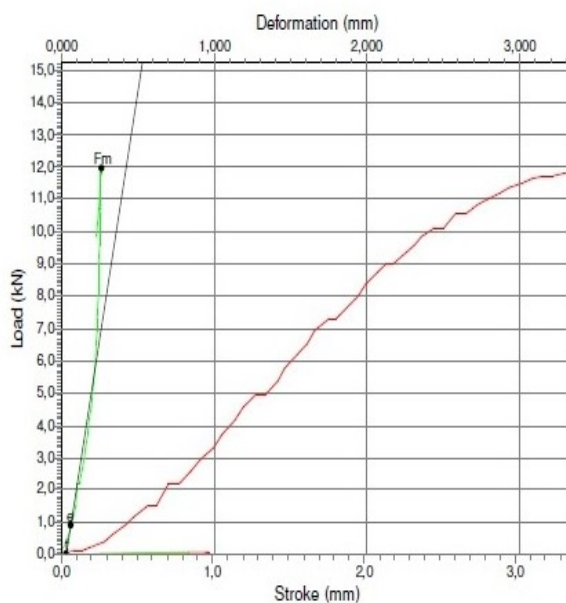
LEUTNER TEST

27/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen		
Date :	23/3/2017	Type :	Cylinder	
Test n° :	ASPHALT CORE NO13	Diameter :	100	mm
	ASPHALT LAYER 12,5-20	Height :	50	mm
	45 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²



Results

Stroke :	Am	0,227881	mm
Maximum load :	Fm	11,953271	kN
Tangent :	t	0,03348	mm
Maximum slope :	e	0,062239	mm

Διάγραμμα 13: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο13 μεταξύ ΑΣ12,5-ΑΣ20

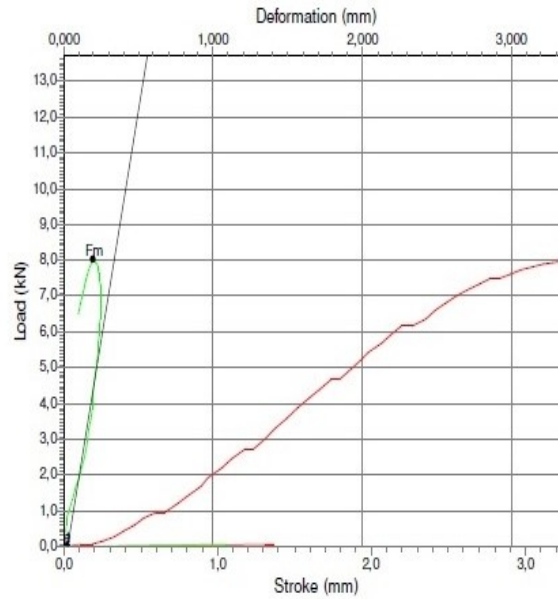
LEUTNER TEST

27/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data	Specimen
Date : 23/3/2017	Type : Cylinder
Test n° : ASPHALT CORE NO13	Diameter : 100 mm
2ASPHALT LAYER 20-20	Height : 50 mm
45 DEGREES CELSIUS	Section : 7853,982 mm ²



Results

Stroke :	Am	0,175553	mm
Maximum load :	Fm	8	kN
Tangent :	t	0,024202	mm
Maximum slope :	e	0,024324	mm

Διάγραμμα 14: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο13 μεταξύ ΑΣ20-ΑΣ20

Πυρήνας Νο14

Ο πυρήνας Νο14 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 8,0 Kn (διάγραμμα 15) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 8,8 Kn (διάγραμμα 16)

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 45 βαθμούς κελσίου.

LEUTNER TEST

REPORT

27/3/2017

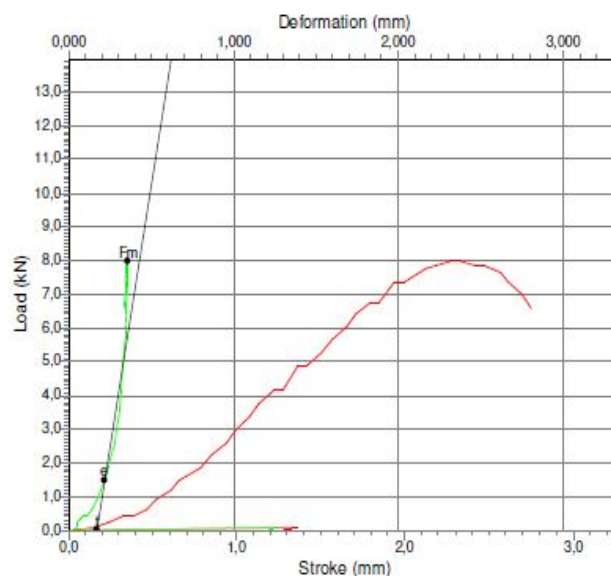
A-Stb Teil 4

Data

Date : 23/3/2017
Test n° : ASPHALT CORE NO14
ASPHALT LAYER 12,5-20
45 DEGREES CELSIUS

Specimen

Type : Cylinder
Diameter : 100 mm
Height : 50 mm
Section : 7853,982 mm²



Results

Stroke : Am 0,185582 mm
Maximum load : Fm 7,996884 kN
Tangent : t 0,172222 mm
Maximum slope : e 0,220543 mm

Διάγραμμα 15: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο14 μεταξύ ΑΣ12.5-ΑΣ20

LEUTNER TEST

27/3/2017

REPORT

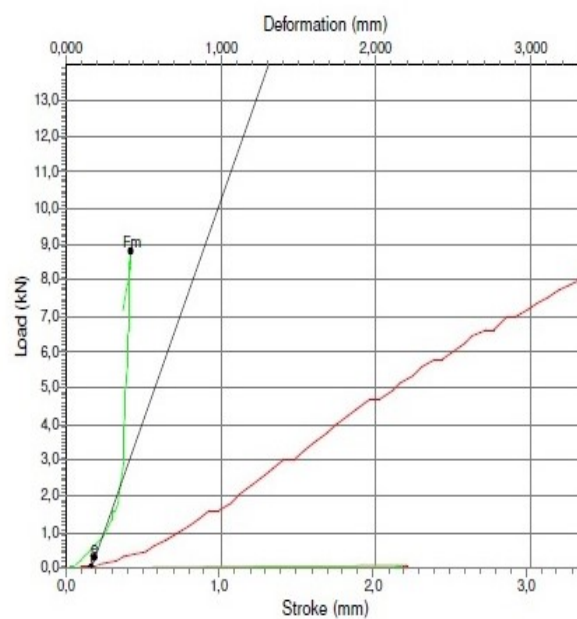
A-Stb Teil 4

Data

Date : 23/3/2017
Test n° : ASPHALT CORE NO14
ASPHALT LAYER 20-20
45 DEGREES CELSIUS

Specimen

Type : Cylinder
Diameter : 100 mm
Height : 50 mm
Section : 7853,982 mm²



Results

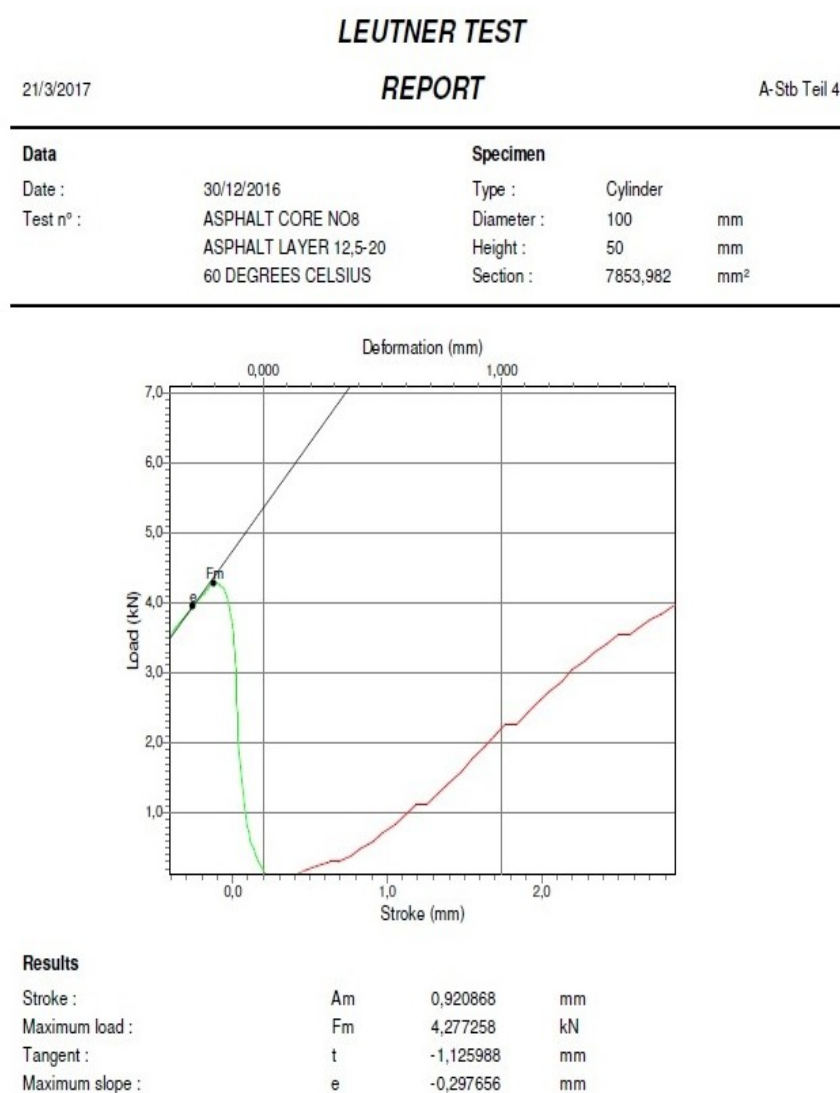
Stroke : Am 0,250971 mm
Maximum load : Fm 8,806853 kN
Tangent : t 0,166981 mm
Maximum slope : e 0,189118 mm

Διάγραμμα 16: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο14 μεταξύ ΑΣ20-ΑΣ20

Πυρήνας Νο8

Ο πυρήνας Νο8 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 4,3 Kn (διάγραμμα 17) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 4,4 Kn (διάγραμμα 18)

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 60 βαθμούς κελσίου.



Διάγραμμα 17: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο8 μεταξύ ΑΣ12,5-ΑΣ20

LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

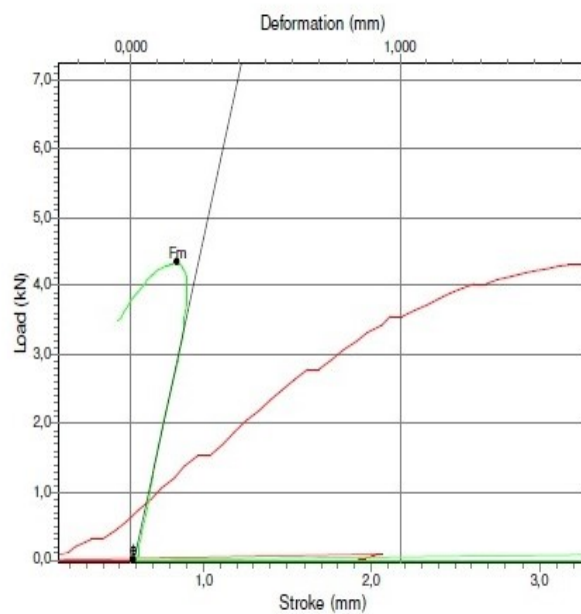
A-Stb Teil 4

Data

Date : 30/12/2016
Test n° : ASPHALT CORE NO8
ASPHALT LAYER 12,5-20
60 DEGREES CELSIUS

Specimen

Type : Cylinder
Diameter : 100 mm
Height : 50 mm
Section : 7853,982 mm²



Results

Stroke :	Am	0,161937	mm
Maximum load :	Fm	4,352025	kN
Tangent :	t	0,010796	mm
Maximum slope :	e	0,01126	mm

Διάγραμμα 18: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο8 μεταξύ ΑΣ20-ΑΣ20

Πυρήνας Νο9

Ο πυρήνας Νο9 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 4,7 Kn (διάγραμμα 19) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 3,9 Kn (διάγραμμα 20)

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 60 βαθμούς κελσίου.

LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

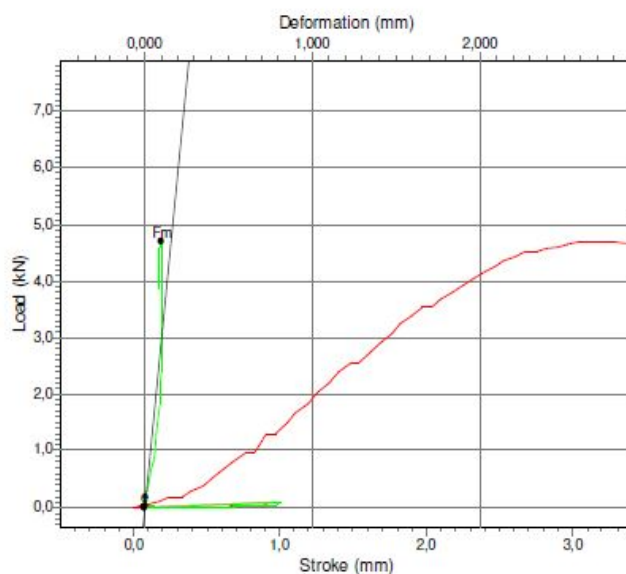
A-Stb Teil 4

Data

Date : 30/12/2016
Test n° : ASPHALT CORE NO9
ASPHALT LAYER 12,5-20
60 DEGREES CELSIUS

Specimen

Type : Cylinder
Diameter : 100 mm
Height : 50 mm
Section : 7853,982 mm²



Results

Stroke :	Am	0,09562	mm
Maximum load :	Fm	4,71028	kN
Tangent :	t	0,006169	mm
Maximum slope :	e	0,006271	mm

Διάγραμμα 19: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο9 μεταξύ ΑΣ12.5-ΑΣ20

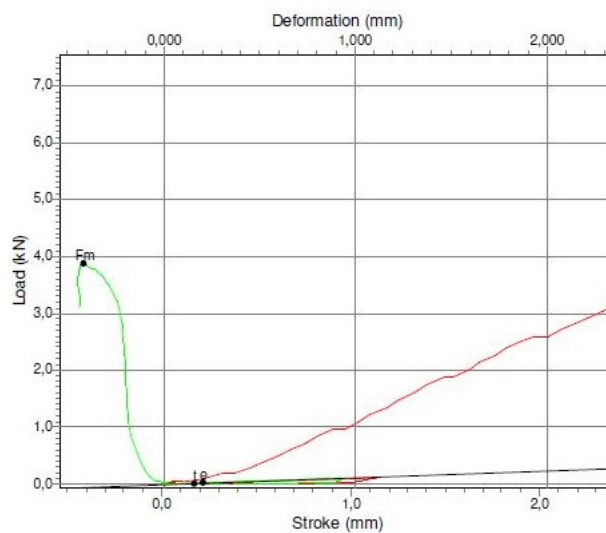
LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen			
Date :	30/12/2016	Type :	Cylinder		
Test n° :	ASPHALT CORE NO9	Diameter :	100	mm	
	ASPHALT LAYER 20-20	Height :	50	mm	
	60 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²	



Results

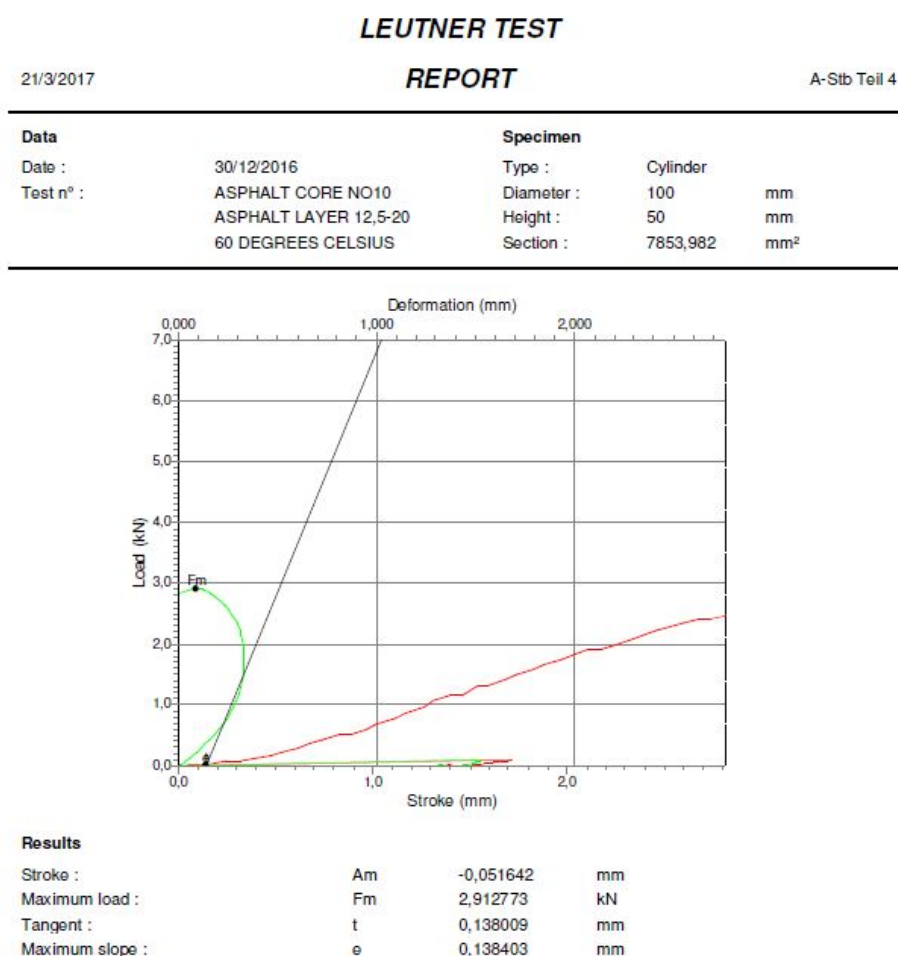
Stroke :	Am	-0,576038	mm
Maximum load :	Fm	3,862928	kN
Tangent :	t	0,158086	mm
Maximum slope :	e	0,209747	mm

Διάγραμμα 20: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο9 μεταξύ ΑΣ12.5-ΑΣ20

Πυρήνας Νο10

Ο πυρήνας Νο10 αποτελείται από τρεις ασφαλτικές στρώσεις. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δύναμη ως μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 2,9 Kn (διάγραμμα 21) μεταξύ των δύο στρώσεων ξεκινώντας από την στρώση κυκλοφορίας (ΑΣ 12,5) και την ενδιάμεση στρώση (ΑΣ 20). Έπειτα ακολουθεί η ενδιάμεση στρώση και η ασφαλτική βάση (ΑΣ 20) όπου η μέγιστη διατμητική δύναμη είναι 3,1 Kn (διάγραμμα 22).

Η θερμοκρασία της δοκιμής πραγματοποιήθηκε στους 60 βαθμούς κελσίου.



Διάγραμμα 21: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο10 μεταξύ ΑΣ12.5-ΑΣ20

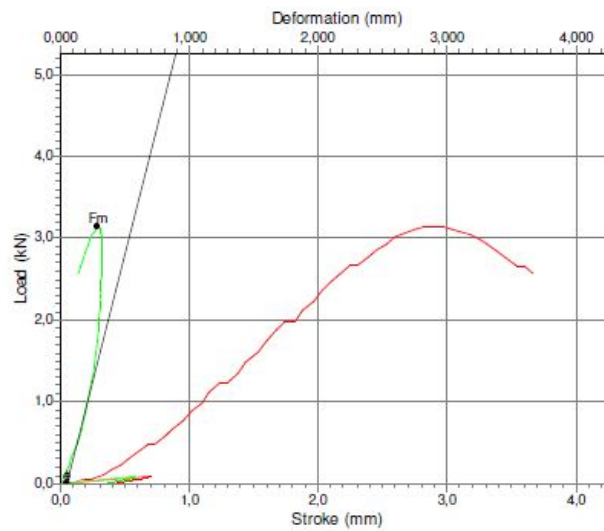
LEUTNER TEST

21/3/2017

REPORT

A-Stb Teil 4

Data		Specimen		
Date :	30/12/2016	Type :	Cylinder	
Test n° :	ASPHALT CORE NO10	Diameter :	100	mm
	ASPHALT LAYER 20-20	Height :	50	mm
	60 DEGREES CELSIUS	Section :	7853,982	mm ²



Results

Stroke :	Am	0,239821	mm
Maximum load :	Fm	3,137072	kN
Tangent :	t	0,048581	mm
Maximum slope :	e	0,04908	mm

Διάγραμμα 22: Διάγραμμα δύναμης-μετατόπισης πυρήνα Νο10 μεταξύ ΑΣ20-ΑΣ20

5.2 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων διατμητικής δύναμης- παραμόρφωσης

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται συνολικά τα αποτελέσματα του πειράματος των 11 ασφαλικών πυρήνων στην δοκιμή διάτμησης Leutner.

Πίνακας 16: Μετρήσεις διατμητικής δύναμης και παραμόρφωσης

Ασφαλτικός Πυρήνας	Διάμετρος (mm)	Θερμοκρασία Δοκιμής (°C)	Στρώσεις Διάτμησης	Δύναμη (Kn)	Παραμόρφωση (mm)
No 1	150	20	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	44,3	0,3
			ΑΣ20 - ΑΣ20	47,6	0,1
No 2	150	20	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	16,5	0,3
			ΑΣ20 - ΑΣ20	27,3	0,3
No 5	150	20	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	13,8	-
			ΑΣ20 - ΑΣ20	19,3	0,1
No 7	150	20	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	43,6	0,2
			ΑΣ20 - ΑΣ20	44,6	0,2
No 11	150	45	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	13,3	0,1
			ΑΣ20 - ΑΣ20	9,0	0,4
No 12	150	45	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	6,3	0,5
			ΑΣ20 - ΑΣ20	9,2	0,1
No 13	150	45	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	11,9	0,2
			ΑΣ20 - ΑΣ20	8,0	0,2
No 14	150	45	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	8,0	0,2
			ΑΣ20 - ΑΣ20	8,8	0,3
No 8	150	60	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	4,3	0,9
			ΑΣ20 - ΑΣ20	4,4	0,2
No 9	150	60	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	4,7	0,1
			ΑΣ20 - ΑΣ20	3,9	-
No 10	150	60	ΑΣ12,5 - ΑΣ20	2,9	-
			ΑΣ20 - ΑΣ20	3,1	0,2

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Σε ένα οδόστρωμα αποτελούμενο από ασφατικές στρώσεις πολλοί μπορεί να είναι οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την αντοχή συγκόλλησης των στρώσεων. Η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών, το ποσοστό ασφάλτου, τα κενά του αφαλτομίγματος, το είδος της πίσσας, η ποσότητα του ασφατικού γαλακτώματος, η θερμοκρασία διάστρωσης μπορεί να είναι από τους λόγους που επηρεάζουν τη συγκόλληση των στρώσεων.

Η μείωση της αντοχής συγκόλλησης με την αύξηση της θερμοκρασίας αναδεικνύει τη σημασία της σωστής σύνδεσης και επιλογής υλικών στις στρώσεις του ασφατικού οδοστρώματος, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες. Η χρήση συγκολλητικών υλικών ή μέτρων βελτίωσης της συνάφειας μπορεί να αποδειχθεί κρίσιμη για τη διασφάλιση της απόδοσης του οδοστρώματος σε συνθήκες θερμικής καταπόνησης.

Η αντοχή συγκόλλησης μεταξύ των ασφατικών στρώσεων που αξιολογήθηκε μέσω της δοκιμής Leutner παρουσίασε σαφή εξάρτηση από τη θερμοκρασία. Τα κύρια συμπεράσματα είναι τα εξής:

Θερμοκρασία 20°C:

Η αντοχή συγκόλλησης ήταν η υψηλότερη σε αυτή τη θερμοκρασία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ασφατικό υλικό είναι πιο σκληρό και λιγότερο ευαίσθητο στη διάτμηση λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας, η οποία αυξάνει την εσωτερική συνοχή και τη συνάφεια μεταξύ των στρώσεων.

Θερμοκρασία 45°C:

Σε αυτή τη θερμοκρασία παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της αντοχής συγκόλλησης σε σύγκριση με τους 20°C. Το ασφατικό υλικό αρχίζει να μαλακώνει, γεγονός που μειώνει τη συνοχή του και καθιστά πιο εύκολη την αποκόλληση μεταξύ των στρώσεων.

Θερμοκρασία 60°C:

Στους 60°C καταγράφηκε η χαμηλότερη αντοχή συγκόλλησης. Η αυξημένη θερμοκρασία καθιστά το ασφατικό μίγμα ιδιαίτερα μαλακό και ευαίσθητο στη διάτμηση, με αποτέλεσμα την αποδυνάμωση του δεσμού μεταξύ των στρώσεων.

Όσον αφορά την παραμόρφωση βλέπουμε πως περιορίζεται σε πολύ μικρές

τιμές δεδομένου πως είναι μια διαδικασία η οποία γίνεται με ορμή στα όρια των στρώσεων και η μία στρώση με την άλλη αποκολλάται ακαριαία. Βέβαια θα μπορούσαμε να αναμένουμε μεγαλύτερη παραμόρφωση στους 45 και 60 πράγμα το οποίο δε συνέβη κοιτάζοντας τα αποτελέσματα του πίνακα 15. Επίσης έχουν καταγράψει κάποιες αρνητικές τιμές όσον αφορά την παραμόρφωση πράγμα το οποίο δεν είναι αποδεκτό μεν αλλά αφετέρου μας δίνει μία εικόνα πως η αύξηση της θερμοκρασίας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο καθώς όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η διάτμηση γίνεται ακαριαία και ενδεχομένως και κάποια ανωμαλία στη μη συνέχεια της στρώσης να μας έδωσε αρνητική τιμή.

Τέλος στους 20 °C παρατηρούμε διατμητικές δυνάμεις άνω από 40 Kn πράγμα το οποίο μπορεί να σημαίνει πως το πείραμα ενδεχομένως να μην πραγματοποιήθηκε ακριβώς στα όρια των στρώσεων αλλά κάποια χιλιοστά πιο μακριά.

Συνοψίζοντας παρατηρούμε πως η θερμοκρασία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην διατμητική δύναμη που προκύπτει από τη μέθοδο Leutner, το οποίο βλέπουμε και αριθμητικά με τη δύναμη διάτμησης να μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία της δοκιμής, πρώτα στους 60 °C μετά στους 45 °C και τέλος στους 20 °C.

Βιβλιογραφία

1. Carey W.N. and Irick P.E., The pavement serviceability-performance concept, Highway Research Board Bulletin 250, p.40, 1960
2. The AASHO road test: Report 5, Pavement research, Special Report No.61E. Highway Research Board, Washington DC, 1.962
3. Asphalt Institute. A pavement rating system for low-volume roads, Information Series (IS) No. 169, 1977
4. Chong G.J., Phang W.A. and Wrong G.A., Manual for condition rating of flexible pavements: Distress manifestations, Ontario Ministry of Transportation and Communications, Downsview, 1975
5. Chong G.J., Phang W.A., and Wrong G.A., Manual for condition rating of rigid pavements: Distress manifestations, Ontario Ministry of Transportation and Communications, Downsview, 1977
6. OECD, Road Transport research, Pavement management systems, 1987
7. Κανελλαΐδης Γ. Αξιολόγηση της Επιφανειακής κατάστασης των εύκαμπτων οδοστρωμάτων με χρήση υποκειμενικών εκτιμήσεων. Τεχνικά χρονικά Α. Τόμος 10, Τεύχος 2, 1990
8. Νικολαΐδης Α., Ευαγγελίδης Δ., Μήντσης Γ., διαχείριση προβλήματος Συντήρησης Εύκαμπτων οδοστρωμάτων με τη βοήθεια προγράμματος H/Y (PAVMAIN) 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ασφαλτομιγμάτων και Εύκαμπτων Οδοστρωμάτων, σελ. 467, Θεσσαλονίκη, 1992
9. Νικολαΐδης Α., Ευαγγελίδης Δ., Εφαρμογή PAVMAIN στη διαχείριση συντήρησης οδοστρωμάτων, Εγκρίθηκε το 1993 προς δημοσίευση στο Δελτίο του ΚΕΔΕ
10. Wingate P.J.F. and Peters C.H., The CHART system of assessing the structural needs of highways, Transport Research Laboratory, SR 153 UC, Crowthorne, 1975
11. Department of Transport, CHART 5: Illustrated site manual for inspectors, HMSO, London, 1986
12. The Department of Transport, Design Manual for Roads and Bridges, Volume 7: Pavement design and maintenance, Section 3: Pavement maintenance assessment, HMSO, London, 1994

13. SN 640925 VSS, Zustandserfassung und Bewertung von Strassen, Zurich, 1990
14. SETRA-LCPC, Entretien preventif du roseau routier national, Guide Technique, Paris, 1979
15. PIARC, Surface characteristics, XIXth World Road Congress, Marrakech, 1991
16. OECD, Road Transport Research, Road surface characteristics, Paris, 1984
17. Sabey B.E., The road surface texture and the change in skidding resistance with speed, Ministry of Transport, Road Research Laboratory, Report LR 20, Harmondsworth (Crowthorne), 1966
18. Jacobs FA, M40 High Wycombe by-pass: Results of a bituminous surface texture experiment, Department of Environment, Department of transport, TRRL, Report LR 1065, Crowthorne, 1983
19. Giles C.G., Sabey B. and Cardew K., Development and performance of the portable skid resistance tester. Department of Industrial and Scientific Research, RRL Technical paper No.66, HMSO. London, 1964
20. Nikolaides A.F., Methods, factors, recommendations and materials in European skidding resistance, M.Sc. Thesis, University of Bradford. England, 1978
21. Hosking R., Road Aggregates and Skidding, TRL, HMSO, London, 1992
22. Hosking J.R. and Woodford, Measurement of skidding resistance, Part I, Guide to the use of SCRIM, Department of the Environment, TRRL, Report LR 737, Crowthorne, 1976
23. Hosking J.R. and Woodford G.C., Measurement of skidding resistance. Part II, Factors affecting SCRIM measurements, Department of the Environment, TRRL, Report LR 739, Crowthorne, 1976
24. ASTM D 274, Standard Test Method for Skid resistance of paved surfaces using full-scale tire, Section 4, Vol.04.03, Philadelphia, USA
25. Giles C.G., Sabey B and Cardes K.H., Development and performance of the portable skid-resistance tester, Road Research Technical Paper 66, HMSO, London, 1964
- ASTM E 303, Standard Test method for Measuring surface friction properties using the British pendulum tester. Section 4. Vol. 0-1.03, Philadelphia, USA
26. Ministry of Transport, RRL, Instructions for using the portable skid-resistance tester, Road Note 27, HMSO, Crowthorne, 1969
27. ASTM E 965-87, Standard test method for Measuring surface macrotexture depth using volumetric technique, Vol.4, section 04.03, Philadelphia, USA

28. British Standards Institution, BS 598: Part 105, Method of test for the determination of texture depth, HMSO, London, 1991
29. The Department of Transport, Manual of Contract documents for highway works. Vol.1: Specification for highway works, Series 900, HMSO, London, 1991
30. Cooper D.R.C., Measurement of road surface texture, by a contactless sensor, TRRL, Report LR 639, Crowthorne, 1974
31. ASTM E 867-87, Standard definitions of terms relating to traveled surface characteristics, Vol.4, Section 04.03, Philadelphia, USA
32. Paterson W.D.O., Road deterioration and maintenance effects, The John
33. The Department of Transport, Manual of Contract Documents for Highway
34. Works, Vol. 1: Specification for highway works, Series 700: Road Pavements, HMSO, London, 1991
35. Jordan P.G. and Young J.C., Developments in the calibration and use of the Bump-integrator for ride assessment, Transport and Road Research Laboratory, SR 604, TRRL, Crowthorne, 1980
36. Sayers M.W., Gillespie T.D., Paterson W.D.O, Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements, Technical Paper 46, World Bank, Washington D.C., 1986
37. GEIPOT, Research on the Interrelationships between costs of highway construction, maintenance and utilization (PICR), Final Report (12 volumes), Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), Ministry of Transport, Brasilia, 1982
38. Κουτσόπουλος Χ. και Καπότης Β., Αυτόματη συλλογή και κατάταξη δεδομένων επιφανειακής καταπόνησης οδοστρωμάτων 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ασφαλτοσκυροδέματος και Ευκάμπτων Οδοστρωμάτων, Εργαστήριο Οδοποιίας ΑΠΘ Θεσσαλονίκης, 1992
39. Kennedy C.K. and Lister N. W. Prediction of pavement performance and the design of overlays, LR833, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, 1978
40. Asphalt Institute, Asphalt overlays for highway and street rehabilitation, Manual Series No. 17 (MS-17), 1983
41. ASTM D 4695-87, Standard guide for General pavement deflection measurements, Vol.04; Section 04.03, Philadelphia, USA
42. Bretonniere S., Etudes d'un deflectometer a boulet, Bulletin de Liaison des

- Laboratoires Routiers, No.2, Paris. 1963
43. Ullidtz P., Pavement Analysis, Elsevier, 1987
44. Geotechnics B Ltd, Pavement assessment using pulse radio echo sounding, Private communication, Essex, England, 1992
45. Feme B, Non-destructive Road survey systems, Paper presented at the GB Geotechnic's Seminar, Loughborough University, England, 1991
46. Patel thesis, Factors affecting the interface shear strength of pavement layers, 2010
47. www.sate.gr- Πανελλήνιος Σύνδεσμος Τεχνικών Εταιρειών
48. Marmi.gr Εταιρεία παραγωγής ασφαλικών γαλακτωμάτων