

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ:

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΟΛΓΑ - ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΥΣΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΠΑΤΡΑ - ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	4
Κεφάλαιο 1^ο: ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΟΔΟΠΟΙΑΣ.....	7
1.1 Οδοποιία	7
1.2 Οδοστρώματα	8
1.3 Φθορές και Συντήρηση Οδοστρωμάτων	12
1.3.1 Φθορές ασφαλτικών οδοστρωμάτων	14
1.3.1.α Παραμορφώσεις	14
1.3.1.β Ρηγματώσεις	20
1.3.1.γ Αποσύνθεση.....	27
1.3.1.δ Λακκούβες.....	28
1.3.1.ε Αποκόλληση αδρανών.....	28
1.3.1.ζ Ανάδυση υλικού.....	29
1.3.1.η Ανάδυση ασφάλτου.....	30
1.3.1.θ Ανάδυση ασφαλτικού συνδετικού.....	31
1.3.1.ι Λείανση αδρανών.....	31
1.3.2 Φθορές οδοστρωμάτων από σκυρόδεμα	32
1.3.2.α Ρωγμές.....	32
1.3.2.β Παραμόρφωση.....	34
1.3.2.γ Εκτίναξη.....	34
1.3.2.δ Αποσύνθεση.....	35
1.3.2.ε Θρυμματισμός.....	35
1.3.2.ζ Ολισθηρότητα.....	36
1.3.2.η Επιφανειακή στρώση πάγου.....	36

Κεφάλαιο 2^ο:	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	37
2.1	Μέθοδοι Ανακύκλωσης	38
2.1.1	Επί τόπια Ανακύκλωση	38
2.1.1.α	Επιτόπια ανακύκλωση εν ψυχρώ (cold recycling) ...	39
2.1.1.β	Επιτόπια ανακύκλωση εν θερμώ (hot recycling) ...	40
2.1.1.γ	Αναμόρφωση του ασφαλτικού οδοστρώματος (reshape)	41
2.1.1.δ	Επανάμιξη του παλαιού οδοστρώματος με προσθήκη υλικού χωρία ανάμιξη (repair)	42
2.1.1.ε	Επανάμιξη του παλαιού υλικού οδοστρώματος με νέο ασφαλτικό μείγμα (remix)	43
2.1.2	Σε κεντρική εγκατάσταση	44
Κεφάλαιο 3^ο:	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	48
3.1	Ψυχρή Ανακύκλωση με χρήση αφρώδους ασφάλτου	51
3.2	Εφαρμογή της μεθόδου	56
3.3	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων	58
3.3.1	Πλεονεκτήματα	60
3.3.2	Μειονεκτήματα	61
3.4	Συμπεράσματα	63
Κεφάλαιο 4^ο:	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ	
	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ	64
4.1	Ανακύκλωση σκυροδέματος με ιπτάμενη τέφρα	65
4.1.1	Εφαρμογή - Δοκιμές	65
4.1.2	Συμπεράσματα	66
4.2	Ανακύκλωση σκυροδέματος με ρύζι	69
4.2.1	Εφαρμογή	70
4.2.2	Συμπεράσματα	71

4.3	Ανακύκλωση σκυροδέματος με ίνες ύαλου	72
4.4	Ανακύκλωση σκυροδέματος με ανακυκλούμενα τούβλα	73
4.4.1	Εφαρμογές.....	73
4.4.2	Συμπεράσματα.....	75
Κεφάλαιο 5^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....		76
Παράρτημα.....		79
Βιβλιογραφία.....		80

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτων υλών οδήγησε την τεχνολογία στην εύρεση νέων μεθόδων επεξεργασίας των υλικών. Μια από αυτές είναι και η ανακύκλωση των υλικών οδοστρωσίας.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται γενικά στα οδοστρώματα και δίνει ιδιαίτερο βάρος στη ανακατασκευή οδοστρωμάτων με ανακύκλωση των υλικών καθώς και στους τρόπους συντήρησής τους από έρευνα που έγινε σε βιβλιογραφία και στο internet.

Αρχικά αναφερόμαστε στα εδάφη επάνω στα οποία θεμελιώνουμε τις οδούς. Έπειτα γίνεται μια γενική αναφορά στα οδοστρώματα και στις κατηγορίες όπου διακρίνονται. Παρουσιάζονται οι φθορές και οι βλάβες όλων των κατηγοριών των οδοστρωμάτων καθώς και τρόποι αντιμετώπισης τους.

Στη συνέχεια αναλύεται ο όρος ανακύκλωση, οι μέθοδοι εφαρμογής αυτής, ανάλογα με τη κατηγορία του οδοστρώματος, ενώ παρουσιάζονται ιδέες και τρόποι ανακύκλωσης υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή έργων οδοποιίας όπως είναι το σκυρόδεμα από χαλύβδινες ίνες ή η αφρώδης ασφαλτος η οποία παρόλο που είναι γνωστή από τη δεκαετία του '60 εφαρμόζεται συνεχώς εξελισσόμενη τα τελευταία χρόνια κα.

Τέλος, παρουσιάζονται αποτελέσματα δοκιμών υλικών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην ανακύκλωση των οδοστρωμάτων όπως ιπτάμενη τέφρα, ίνες υάλου, φλοιός ρυζιού, ανακυκλωμένα τούβλα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ανακύκλωση (Recycling)

Με τον όρο Ανακύκλωση, που έχει καθιερωθεί διεθνώς ως Recycling, εννοούμε το σύνολο των εργασιών που γίνονται ώστε οδοστρώματα που παρουσιάζουν ένα σημαντικό βαθμό φθοράς να επανακατασκευασθούν με την χρησιμοποίηση, όσο γίνεται μεγαλύτερου ποσοστού υλικού που προϋπάρχει. Αυτή η ανακατασκευή μπορεί να καλύπτει από περιορισμένες φθορές μέχρι ολοκληρωτική ανακατασκευή. Παράλληλα στον όρο Recycling περιλαμβάνεται και η επαναχρησιμοποίηση διαφόρων απορριμμάτων (waste material) όπως αποθέσεις εργοστασίων (σκουριές, ιπτάμενη τέφρα) , γυαλιού, φθαρμένων ελαστικών κ.λ.π.

Ο βασικός σκοπός της ανακύκλωσης υλικών οδοστρωσίας είναι ο ίδιος όπως σε κάθε βιομηχανία:

- 1) Λύση του προβλήματος διαθεσίμων υλικών.
- 2) Διάσωση πολύτιμων (ακατέργαστων) υλικών που ήταν για απόρριψη.

Ιστορική ανασκόπηση

Η ιδέα της τεχνικής ανακύκλωσης υλικών δεν είναι νέα τεχνολογία. Ήδη από το 1953 ο Scott περιγράφει μια μέθοδο για την συντήρηση οδών με την επαναχρησιμοποίηση παλιών υλικών και την προσθήκη νέου συμπληρωματικού συνδετικού (ασφαλτικού) υλικού.

Από τότε άρχισε μια σημαντικής έκτασης έρευνα, πάνω στο θέμα κυρίως για την ως τότε νέα τεχνολογία μέχρις ότου ο Rostler και οι συνεργάτες του έλαβαν

υπόψη τους και τον χρόνο πέρα από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται (αδρανή-συνδετικό υλικό).

Εντούτοις η μεγάλη ώθηση στα προβλήματα της ανακύκλωσης των υλικών για τους σκοπούς της οδοποιίας δόθηκε στις αρχές της 10ετίας του '70, όταν άρχισε και η μεγάλη ενεργειακή κρίση.

Από το σημείο αυτό άρχισε μια συστηματική διερεύνηση των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης των υλικών-αλλά όχι μόνο αυτών ασφαλικής υφής αλλά και άλλων όπως αποβλήτων βιομηχανίας (ιπτάμενη τέφρα π.χ.) ή διαφόρων άλλων άχρηστων υλικών (Waste materials)- σε τρεις κατευθύνσεις:

α. έλεγχος ιδιοτήτων ανακυκλούμενων υλικών και προσαρμογή τους στις σημερινές απαιτήσεις των προδιαγραφών.

β. δημιουργία του κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού που απαιτούνταν για την εφαρμογή της νέας μεθόδου της ανακύκλωσης.

γ. οικονομικές συνέπειες από τις ποικίλες εφαρμογές της τεχνικής της ανακύκλωσης (Recycling)

Τα αποτελέσματα ήταν λαμπρά, από αυτήν την συντονισμένη εργασία και σήμερα κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες η εφαρμογή του Recycling αποτελεί πλέον μια τεχνολογία που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί τεχνολογία ρουτίνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΟΔΟΠΟΙΑΣ ΚΑΙ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

1.1 ΟΔΟΠΟΙΑ

Οδοποιία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη μελέτη , την κατασκευή και τη συντήρηση των οδών, ώστε αυτές να ανταποκρίνονται πληρέστερα στον προορισμό τους, που είναι κυρίως να εξασφαλίζουν την μέγιστη ασφάλεια κίνησης και άνεσης σε συνδυασμό με την οικονομία.

Η οδοποιία χρησιμοποιεί γνώσεις πολλών άλλων επιστημών, σημαντικότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

1. Τοπογραφία
2. Συγκοινωνιακή τεχνική
3. Τεχνολογία δομικών υλικών
4. Εδαφομηχανική
5. Γεωλογία
6. Κατασκευή τεχνικών έργων
7. Δομικές μηχανές και οργάνωση εργοταξίου

Τα θέματα που αντιμετωπίζει η οδοποιία είναι τα εξής:

1. **Μελέτη της χάραξης.** Όταν είναι γνωστά τα γενικά χαρακτηριστικά της οδού και η μορφή του εδάφους, η χάραξη είναι κυρίως γεωμετρικό πρόβλημα. Είναι οπωσδήποτε πρόβλημα γενικής σημασίας, διότι από τη λύση του εξαρτάται η καλή και οικονομική λειτουργία της οδού.
2. **Χρησιμοποίηση του εδάφους.** Η γεωμετρική αντιμετώπιση του προβλήματος της χάραξης οδηγεί συχνά σε ένα σύνολο δυνατών λύσεων. Η καταλληλότερη λύση είναι αυτή που επιτρέπει τη καλύτερη αξιοποίηση του

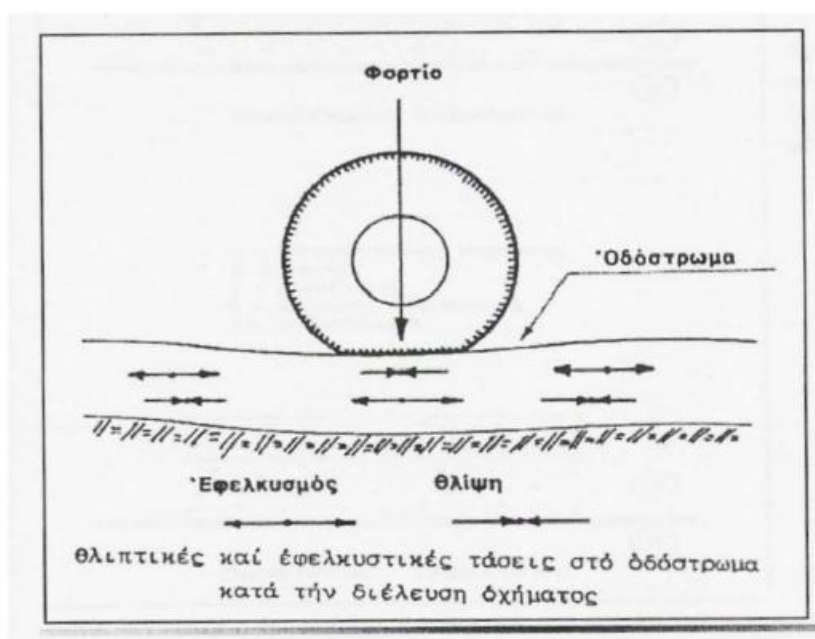
εδάφους, όσο αφορά τη θεμελίωση της οδού και την ευστάθεια των δημιουργούμενων πρανών , καθώς και την αναζήτηση των υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή της οδού.

3. **Οδοστρώματα.** Τα προβλήματα της επιλογής, της μελέτης της κατασκευής και της συντήρησης των οδοστρωμάτων είναι ιδιαίτερα σημαντικά.

Υπάρχει μεγάλος αριθμός λύσεων και πρέπει να είναι όλες γνωστές για να μελετηθεί σωστά το πρόβλημα. Από την ποιότητα και την αντοχή του οδοστρώματος εξαρτάται η οικονομία, η ασφάλεια και ο χρόνος ζωής της οδού.

1.2 ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Το φυσικό έδαφος δεν είναι στατικά ικανό να φέρει τις καταπονήσεις που προέρχονται από την κυκλοφορία δεν έχει λεία επιφάνεια για την ομαλή κίνηση των οχημάτων και η αντοχή του στις κλιματολογικές αλλαγές είναι μικρή. Με την κατασκευή των οδοστρωμάτων ενισχύουμε το φυσικό έδαφος , ώστε αυτό να αντιστέκεται στη δράση της κυκλοφορίας και τη φθορά του χρόνου και συγχρόνως διευκολύνουμε τη κίνηση των οχημάτων με τη μείωση των τριβών και των κρούσεων.(Σχ.1)



Σχήμα 1: Επίδραση δυνάμεων στο οδόστρωμα

Ανάλογα με τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής διακρίνουμε τις εξής βασικές κατηγορίες οδοστρωμάτων:

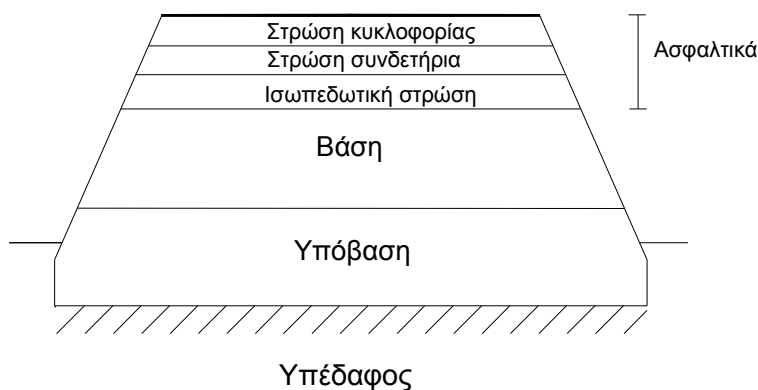
§ Με σταθεροποίηση του φυσικού εδάφους:

1. Κυκλοφοριόπηκτα
2. Σκυρωτά (υδατόπηκτα)
3. Λιθόστρωτα (για ελαφριές κυκλοφορίες)
4. Σκυροδέματος
5. Ασφαλτικά

§ Ανάλογα με το βαθμό ελαστικότητας (ευκαμψίας) που παρουσιάζουν τα υλικά κατασκευής του, υπό την επίδραση της κυκλοφορίας διακρίνουμε τα εξής οδοστρώματα:

1. Εύκαμπτα
2. Δύσκαμπτα (ή άκαμπτα)

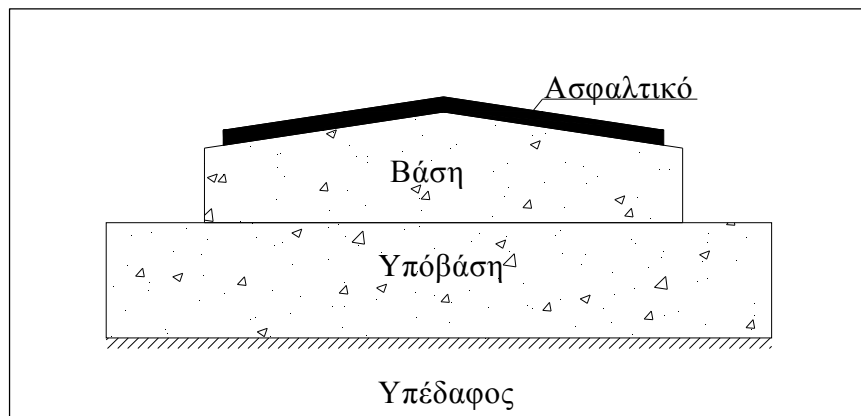
Ως εύκαμπτα οδοστρώματα χαρακτηρίζονται κυρίως τα ασφαλτικά, που αποτελούνται από στρώσεις κατάλληλων υλικών, και πάνω τους κατασκευάζεται ασφαλτοτάπητας.



Σχήμα 2: Τυπική διατομή οδοστρώματος

Κατά κανόνα τα εύκαμπτα οδοστρώματα αποτελούνται από:

1. Υπόβαση
2. Βάση
3. Επιφανειακή στρώση (ασφαλτικά).



Σχ. 2.α : Τομή εύκαμπτου οδοστρώματος

Κατασκευή υπόβασης:

Κατά κανόνα η υπόβαση κατασκευάζεται με υλικά σταθεροποιημένου τύπου, δηλαδή αμμοχάλικο θραυστό από ποτάμια , χείμαρρους, υλή ή θραυστό υλικό από κατάλληλους λίθους κάθε φύσης, σύμφωνα με το Π.Τ.Π Ο-150 του Υ.Δ.Ε.

Το αδρανές υλικό κατασκευής υπόβασης πρέπει να έχει τις εξής ιδιότητες:

- α. Συγκεκριμένη κοκκομετρική διαβάθμιση.
- β. Αντοχή φθοράς σε κρούση κα τριβή (κατά LOS ANGELES) < 50%
- γ. Όρια ATTERBERG (το υλικό το διερχόμενο από το κόσκινο Νο 40 να έχει $W_L < 25$ και $I_P < 4$)
- δ. Το υλικό το διερχόμενο από το κόσκινο Νο. 4 να έχει ισοδύναμο άμμου > 40.

ε. Ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (δοκιμή υγείας), max απώλεια βάρους 12%.

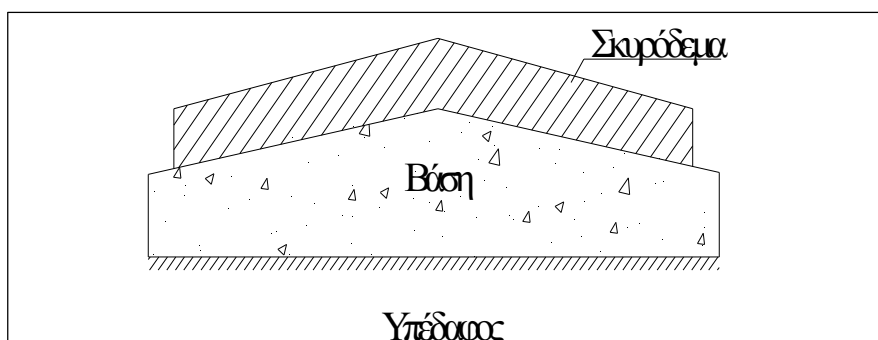
και CBR από 10 έως 50.

Κατασκευή βάσης :

Κατά κανόνα η βάση κατασκευάζεται με υλικά σταθεροποιημένου τύπου, δηλαδή θραυστό αμμοχάλικο από ποτάμια , χείμαρρους, υλή ή θραυστό υλικό από κατάλληλους λίθους κάθε φύσης, σύμφωνα με το Π.Τ.Π Ο-155 του Υ.Δ.Ε

Σχετικά με το αδρανές υλικό κατασκευής βάσης ισχύουν γενικά όσα αναφέρθηκαν για το αδρανές υλικό κατασκευής υπόβασης με τη διαφορά ότι εδώ ο δείκτης πλαστικότητας πρέπει να είναι όχι μεγαλύτερος του 3 και το ισοδύναμο άμμου > 50 και CBR από 50 έως 80.

Όσον αφορά τα δύσκαμπτα οδοστρώματα κατασκευάζονται από σκυρόδεμα (άοπλο ή οπλισμένο) και εδράζονται σε κατάλληλη βάση. Η οποία είναι συνήθως προαιρετική.



Σχ. 2.β: Τομή δύσκαμπτου οδοστρώματος

1.3 ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Φθορά ονομάζεται κάθε είδους αστοχία, η οποία επιδεινώνει τις συνθήκες κύλισης των οχημάτων στην επιφάνεια ενός οδοστρώματος.

Οι φθορές οδοστρωμάτων οφείλονται στην κυκλοφορία, στις εδαφικές και περιβαλλοντικές συνθήκες και σε πιθανά κατασκευαστικά σφάλματα. Αστοχίες μπορούν να εντοπιστούν στα οδοστρώματα, να καταγραφούν και μετέπειτα να διερευνηθούν οι αιτίες που τις προκαλούν. Στη συνέχεια, αξιολογείται η έκταση των ζημιών και προτείνονται λύσεις για την αντιμετώπισή τους. Συλλέγονται στοιχεία (χαρακτηριστικά της οδού, κυκλοφοριακά και μετεωρολογικά δεδομένα, ιστορικό συντήρησης), από υπηρεσίες και από επί τόπου μετρήσεις και γίνεται φωτογραφική αποτύπωση των σημαντικότερων φθορών. Οι προτάσεις που γίνονται τόσο για τη συντήρηση όσο και για την αποκατάσταση στοχεύουν στη βελτίωση του οδοστρώματος, την επιμήκυνση της ζωής του και την ασφαλή διεξαγωγή της κυκλοφορίας, σε ανεκτά πλαίσια κόστους.

Πολλές δύσκολες εδαφικές συνθήκες ή αντιξοότητες στη θέση κατασκευής μεγάλων έργων οδοποιίας δημιουργούν την ανάγκη να αναζητηθούν τρόποι εξάλειψης ή απάλυνσης αυτών των κατασκευών, ώστε οδοί και τα υπόλοιπα έργα οδοποιίας να μπορούν να κατασκευασθούν με τρόπο ασφαλή και επαρκή από άποψη αντοχής. Δυστυχώς πολλές φορές τα προβλήματα εμφανίζονται μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής και την παράδοση του έργου στην κυκλοφορία.

Οι αιτίες των εμφανιζόμενων φθορών αναζητούνται σε κοινά προβλήματα, όπως ασταθή εδάφη, φτωχές τεχνικές συμπύκνωσης ή και λανθασμένη μελέτη ή κατασκευή τους.

Μερικά όμως ζητήματα έχουν γενικότερο χαρακτήρα και αφορούν μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές, όπως επί παραδείγματι η δράση του παγετού ή η ευρεία διάδοση διογκούμενων υλικών. Σε ορισμένες περιοχές δημιουργούνται δυσχέρειες ακόμη και με πετρώματα τα οποία έδειχναν σκληρά ή και ανθεκτικά κατά την εκσκαφή, όμως φθείρονται ή εμφανίζουν συμπεριφορά διογκούμενου εδάφους με την πάροδο του χρόνου και ενώ έχουν ήδη τοποθετηθεί σε μια κατασκευή επιχώματος. Ταυτόχρονα, η μεγάλη αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων, η αλλαγή της σύνθεσης της κυκλοφορίας, το μεγάλο κόστος συντήρησης και επισκευής των οδών και ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει η κατάσταση τους στην πρόκληση τροχαίων ατυχημάτων έχουν ωθήσει τους τεχνικούς στην ολοένα και πιο επιστημονική αναζήτηση των αιτιών των φθορών που προκαλούνται στα οδοστρώματα και ερευνούν τους τρόπους αντιμετώπισης τους.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά ή απόδοση του οδοστρώματος είναι η ποιότητα της κατασκευής, η καταλληλότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών, ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι συνθήκες του περιβάλλοντος και η ορθότητα της μελέτης διαστασιολόγησης του οδοστρώματος. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος από τις κλιματολογικές συνθήκες είναι η υπερβολική υγρασία, η οποία εμφανίζεται στο σώμα του οδοστρώματος λόγω κακής αποστράγγισης και αποχέτευσης του, όταν ο υδροφόρος ορίζοντας είναι υψηλός, ο πάγος και η υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία.

Αν οι αρχικές φθορές δεν αντιμετωπισθούν ολοκληρωμένα θα αποτελούν συνήθως αιτία νέων φθορών του ίδιου ή διαφορετικού τύπου. Η εξέλιξή τους είναι ταχύτατη και οδηγούν σε καταστροφή του οδοστρώματος, αν δεν προγραμματιστεί η συντήρηση και αποκατάστασή τους.

Η σωστή συντήρηση απαιτεί πληροφορίες μεγάλης ακρίβειας από έμπειρους μηχανικούς με θεωρητική και πρακτική κατάρτιση. Η επισήμανση και καταγραφή των φθορών είναι σημαντική διότι:

α) εντοπίζονται οι υπάρχουσες φθορές(όσο το δυνατόν νωρίτερα).

β) επισημαίνονται οι θέσεις που προαναγγέλλουν τη δημιουργία νέων φθορών.

γ) οδηγεί σε σωστό χρονικό προγραμματισμό της συντήρησης

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά ή απόδοση ενός οδοστρώματος είναι η ποιότητα της κατασκευής, η καταλληλότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών, η ορθότητα της μελέτης διαστασιολόγησης, ο κυκλοφοριακός φόρτος (φορτίο ανά άξονα, διάρκεια εφαρμογής φορτίου, σύνθεση της κυκλοφορίας, ταχύτητα κυκλοφορίας) και οι συνθήκες του περιβάλλοντος.

Οι φθορές που εμφανίζονται στα οδοστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες :

1)Παραμορφώσεις.

2)Ρηγματώσεις.

3)Αποσυνθέσεις υλικού.

4)Αναδύσεις ή μετακινήσεις του υλικού (ολισθηρότητα).

Οι παραμορφώσεις και οι ρηγματώσεις ξεκινούν από τις κατώτερες στρώσεις και φθάνουν μέχρι την επιφανειακή στρώση, ενώ οι αποσυνθέσεις και οι αναδύσεις εμφανίζονται και αναπτύσσονται στην επιφανειακή στρώση.

1.3.1 ΦΘΟΡΕΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

1.3.1.α ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

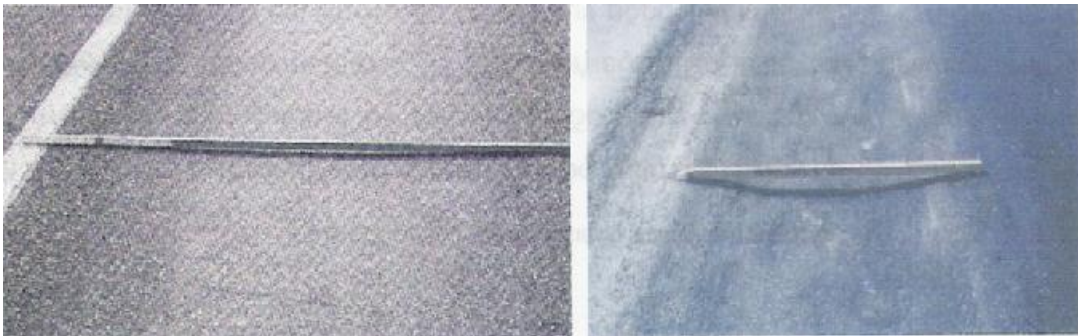
Με τον όρο "παραμόρφωση" εννοούμε κάθε μεταβολή της αρχικής μορφής της επιφάνειας του οδοστρώματος.

Οι συνηθέστερες αιτίες παραμόρφωσης, είναι:

- Ατελής συμπύκνωση των διαφόρων στρώσεων του οδοστρώματος.

- Ασφαλτομίγματα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άσφαλτο ή σε λεπτά στοιχεία.
- Διόγκωση ή υποχώρηση της υποδομής.

A) Κατά μήκος αυλάκωση.



Εικ. 1: Παραμορφώσεις –Κατά μήκος Αυλακώσεις.

Είναι φθορά του οδοστρώματος με μορφή αυλακιών, που έχουν διεύθυνση τη φορά της κυκλοφορίας. προέρχονται από συμπίεση ή πλάγια μετακίνηση των υποκειμένων στρώσεων από την κυκλοφορία, καθώς και από μετατόπιση του ίδιου του τάπητα κυκλοφορίας,

Στα νέα οδοστρώματα εμφανίζονται λόγω ατελούς συμπύκνωσης ή λόγω πλαστικών παραμορφώσεων του ασφαλτομίγματος με ανεπαρκή ευστάθεια.

Επισκευάζεται με τις παρακάτω, κατά σειρά, εργασίες:

- α) Καθορισμός των ορίων κάθε αυλάκωσης και σήμανσή τους.
- β) Εφαρμογή ελαφρής συγκολλητικής επάλειψης ($0,40 - 0,70 \text{ Kg/m}^2$).
- γ) Διάστρωση ασφαλτομίγματος πυκνής σύνθεσης για την πλήρωση των αυλακώσεων.
- δ) Συμπύκνωση με οδοστρωτήρα.
- ε) Επικάλυψη του αντίστοιχου τμήματος της οδού σε όλο το πλάτος της με ασφαλτοτάπητα μικρού πάχους ή με σφραγιστική επάλειψη.

B) Κατά πλάτος αυλάκωση

Είναι αυλάκια (κυματισμοί) κάθετα στον άξονα της οδού και έχουν μεγάλη συχνότητα εμφάνισης σε σημεία της οδού, όπου η κυκλοφορία σταματά για μικρό χρονικό διάστημα (στάση λεωφορείων, προσπελάσεις σε οδούς με μεγάλη κυκλοφορία, σηματοδότες κ.λπ.).

Δημιουργούνται σε ασφαλτομίγματα με ανεπαρκή "ευστάθεια". Μπορεί επίσης να οφείλονται σε ρύπανση του οδοστρώματος από ορυκτέλαια ή έλλειψη επαρκούς αερισμού για την εξάτμιση των πτητικών του ασφαλτικού διαλύματος του ασφαλτομίγματος.

Για την επισκευή, διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

α) περίπτωση ασφαλτικών επαλείψεων

- Αναμόχλευση και θρυμματισμούς της ασφαλτικής επιφάνειας.
- Ανάμιξη των προϊόντων του θρυμματισμού με το υλικό της βάσης, σε βάθος 10 cm περίπου.
- Συμπύκνωση και επαναμόρφωση της βάσης.
- Κατασκευή νέου ασφαλτικής επάλειψης .

β) Περίπτωση με ασφαλτοτάπητες πάχους πάνω από 3 cm

Η κυματοειδής επιφάνεια επιπεδώνεται με την κοπή και αφαίρεση των κυματισμών, με τη λεπίδα του ισοπεδωτήρα.

- Ακολουθεί επικάλυψη της επιφάνειας, που εξομαλύνθηκε, με σφραγιστική επάλειψη με προεπαλειμμένα αδρανή. Μπορεί επίσης να κατασκευασθεί νέος ασφαλτοτάπητας.

Γ) Βυθίσματα της επιφανειακής κύλισης.

Είναι τοπικές ταπεινώσεις της στάθμης της οδού με περιορισμένη έκταση, που μπορεί να συνοδεύονται και από ρηγματώσεις.

Το βύθισμα, που δημιουργείται, βάθους 2 cm ή περισσότερο, συγκρατεί το ύδωρ, που δεν αποτελεί μόνο αιτία καταστροφής του οδοστρώματος, αλλά και κίνδυνο για τα οχήματα, που κυκλοφορούν, ιδιαίτερα σε περίοδο παγετού. τα βυθίσματα δημιουργούνται από υποχώρηση των υποκειμένων στρώσεων, λόγω κυκλοφορίας βαρύτερης από εκείνη, που είχε προβλεφθεί ή λόγω ελαττωματικής κατασκευής του οδοστρώματος.

Η επισκευή γίνεται με πλήρωση του βυθίσματος με ασφαλτόμιγμα μέχρι τη στάθμη του γύρω οδοστρώματος.

Η σειρά εργασιών είναι:

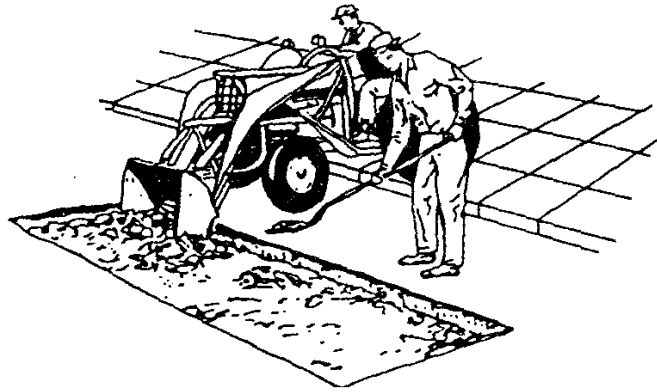
- Καθορισμός των ορίων του βυθίσματος με πήχυ και κιμωλία.
- 1. Επιμελημένος καθαρισμός της επιφάνειας μέχρι 30 cm πέρα από τα όρια του βυθίσματος.
- 2. Ακολουθεί ελαφρά συγκολλητική επάλειψη (0.40 - 0,70 KG/m²) και αφήνεται να ξηραθεί.
- 3. Διάστρωση ασφαλτομίγματος.
- 4. Συμπύκνωση του μπαλώματος με δονητική πλάκα ή οδοστρωτήρα.
- 5. Σφραγιστική επάλειψη με άμμο.

Δ) Τοπικές ανυψώσεις και ταπεινώσεις του ασφαλτικού οδοστρώματος.

Οφείλονται σε τοπικές πλαστικές παραμορφώσεις του οδοστρώματος και έχουν την ίδια αιτία με τις κατά μήκος αυλακώσεις.

Για την επισκευή αφαιρούμε το οδόστρωμα σε όσο βάθος απαιτείται, για την εξασφάλιση σταθερής θεμελίωσης. Η περίμετρος της εκσκαφής πρέπει να εισχωρεί στο υγιές οδόστρωμα, κατά 30 cm τουλάχιστον, πέρα από την παραμορφωμένη επιφάνεια, να έχει μορφή ορθογωνίου και οι παρειές της να είναι

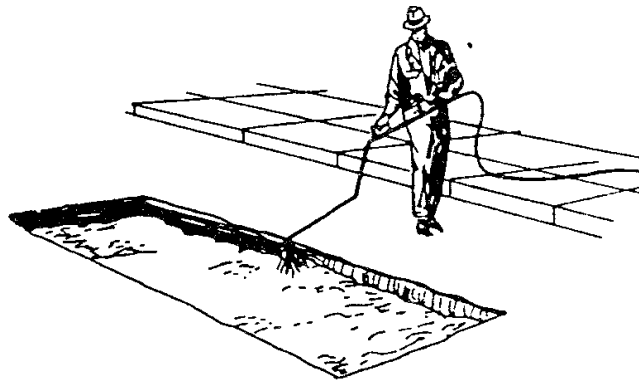
κατακόρυφες και ευθύγραμμες με ένα ζεύγος κάθετο στην κατεύθυνση της κυκλοφορίας (Σχ. 3)



Σχ.3)

Αν το ύδωρ, είναι η αιτία της φθοράς, είναι απαραίτητη η εξασφάλιση της αποστράγγισης.

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε ελαφρή συγκολλητική επάλειψη με καθαρή άσφαλτο, στα κατακόρυφα τοιχώματα της εκσκαφής.(Σχ.4)



Σχ.4)

Για καλύτερα αποτελέσματα, η πλήρωση του σκάμματος γίνεται με ασφαλτόμιγμα πυκνής σύνθεσης και θερμοκρασίας πάνω από 120°C. Αυτό διαστρώνεται προσεκτικά, για να αποφευχθεί ο διαχωρισμός του.(Σχ.5)



Σχ.5)



Σχ.6)

Μετά τη διάστρωση, γίνεται επιμελημένη συμπύκνωση σε στρώσεις, αν το βάθος του μπαλώματος ξεπερνά τα 15 cm. (Σχ.6)

Για μικρά μπαλώματα συνιστάται η χρήση δονητικής πλάκας. Για μεγάλες επιφάνειες μπαλωμάτων, συνιστάται η χρήση οδοστρωτήρα.

Ε) Καταστροφή οδοστρώματος από διόγκωση.

Είναι η προς τα πάνω μετακίνηση του οδοστρώματος, που οφείλεται σε τοπική διόγκωση της υποδομής και του οδοστρώματος. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η διόγκωση λόγω παγετού. Η διόγκωση παρουσιάζεται λόγω παγοπληξίας της υποδομής ή των κατωτέρων στρώσεων του οδοστρώματος. Μπορεί επίσης να οφείλεται σε διαστολή λόγω υγρασίας των εδαφών, που διογκώνονται.

Επισκευάζεται όπως και η περίπτωση των τοπικών ανυψώσεων και ταπεινώσεων του ασφαλτικού οδοστρώματος.

1.3.1.β ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΙΣ.

Οι ρηγματώσεις στα ασφαλτικά οδοστρώματα παρουσιάζουν διάφορες μορφές, ανάλογα με την αιτία που τις δημιουργεί.

Σε μερικές περιπτώσεις, η απλή πλήρωση τους με ασφαλτικό υλικό, είναι η σωστή θεραπεία. Σε άλλες περιπτώσεις, απαιτείται η πλήρης εκσκαφή της ρηγματωμένης επιφάνειας και η εξασφάλιση της αποστράγγισης του οδοστρώματος, πριν επιχειρήσουμε την οριστική επισκευή της φθοράς. Έτσι, το πρώτο βήμα για την ορθή αντιμετώπιση του προβλήματος είναι να προσδιορισθεί η αιτία της ρηγματώσης.

A) Ρωγμές μορφής αλιγάτορα (Εικ. 2)

Είναι ρωγμές, που σχηματίζουν μεταξύ τους ένα σύνολο μικρών πολυγώνων. Το όλο σχήμα μοιάζει με το δέρμα του αλιγάτορα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτές οι ρωγμές προέρχονται από παραμορφώσεις της ασφαλτικής επιφάνειας, λόγω ασταθής βάσης ή υποδομής. Η αστάθεια αυτή της θεμελίωσης, είναι αποτέλεσμα διαβροχής των λίθινων βάσεων ή της υποδομής.



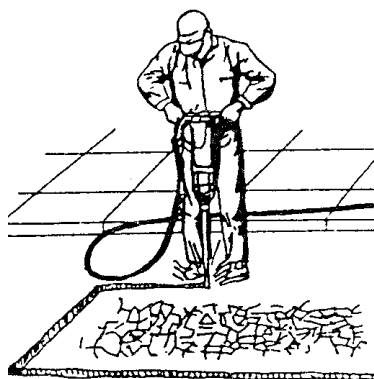
Εικ. 2: Ρωγμές μορφής αλιγάτορα

Η ρηγματωμένη επιφάνεια, συνήθως, δεν είναι μεγάλη, πολλές φορές όμως καλύπτει σχετικά μεγάλη έκταση, λόγω υπερβολικής φόρτισης.

Η επισκευή διακρίνεται σε μόνιμη και προσωρινή :

α) Μόνιμη επισκευή

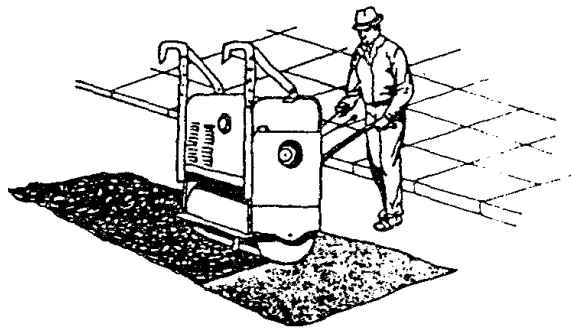
- Εκσκαφή και αφαίρεση σε τέτοιο βάθος, όσο χρειάζεται για να εξασφαλισθεί σταθερή θεμελίωση. Η περίμετρος της εκσκαφής πρέπει να εισχωρεί στο υγιές οδόστρωμα κατά 30 cm τουλάχιστον, πέρα από τη ρηγματωμένη επιφάνεια και να έχει μορφή ορθογωνίου με ένα ζεύγος πλευρών κάθετο προς την κατεύθυνση της κυκλοφορίας. Τα τοιχώματα της εκσκαφής πρέπει να είναι κατακόρυφα. (σχ.7)



Σχ. 7)

- Ελαφρή συγκολλητική επάλειψη με καθαρή άσφαλτο των τοιχωμάτων της εκσκαφής.
- Πλήρωση της εκσκαφής με ασφαλτόμιγμα πυκνής σύνθεσης και θερμοκρασίας πάνω από 120°C. Το ασφαλτόμιγμα πρέπει να διαστρώνεται προσεκτικά για να αποφύγουμε το διαχωρισμό του.
- Επιμελημένη συμπίκνωση του ασφαλτομίγματος με οδοστρωτήρα ή με

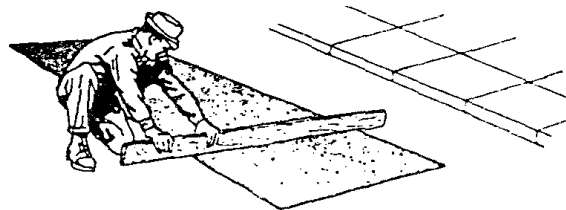
δονητική πλάκα . (Σχ.8)



Σχ. 8)

Για μεγάλες επιφάνειες συνιστάται η χρήση οδοστρωτήρα. Αν το βάθος της εκσκαφής είναι μεγαλύτερο από 15 cm, επιβάλλεται η συμπύκνωση σε στρώσεις.

- Έλεγχος της ομαλότητας της επιφάνειας με κανόνα . (Σχ. 9)



Σχ. 9)

β) προσωρινή επισκευή (σφαιγιστική επάλειψη) για ρήγματα με άνοιγμα μικρότερο των 3 mm

- Καθαρίζεται η ρηγματωμένη επιφάνεια με ψήκτρα και πεπιεσμένο αέρα. Διαχέεται ασφαλτικό διάλυμα (ME-4 ή ME-5) ή γαλάκτωμα ταχείας ή μέσης διάσπασης σε αναλογία 0,6-1,1 kgf/m². Αν οι ρωγμές απορροφούν διάλυμα περισσότερο, η παραπάνω ποσότητα αυξάνει ανάλογα.
- Αμέσως μετά τη διάχυση του ασφαλτικού διαλύματος, διαστρώνονται σι ψηφίδες με διαστάσεις, που ορίζονται από τα κόσκινα 1/4 ίπ και Νο 10 .

- Η συμπύκνωση του συντρίμματος γίνεται με ελαστιχοφόρο οδοστρωτήρα η με τους τροχούς του οχήματος, που μεταφέρει το σύντριμμα.
- Πριν από την παράδοση της επισκευής στην κυκλοφορία, πρέπει να εξηρανθεί τελείως η επάλειψη.

β) Προσωρινή επισκευή (σφαγιστική επάλειψη) για ρήγματα με άνοιγμα μικρότερο το 3 mm

- Δημιουργείται μία αβαθής τομή με κατακόρυφα τοιχώματα γύρω από την επιφάνεια, που θέλουμε να επισκευάσουμε.
- Καθαρίζεται η ρηγματωμένη επιφάνεια με ψήκτρα και πεπιεσμένο αέρα.
- Τα ρήγματα γεμίζονται με ασφαλτόμιγμα, που έχει λεπτά αδρανή.
- Ακολουθεί συμπύκνωση με δονητική πλάκα ή οδοστρωτήρα και μετά συγκολλητική επάλειψη.
- Στη συνέχεια διαστρώνεται ασφαλτόμιγμα και γεμίζεται προσεκτικά η περιμετρική τομή.
- Το μάλωμα συμπυκνώνεται με δονητική πλάκα ή οδοστρωτήρα.

Στην ανάγκη η συμπύκνωση μπορεί να γίνει και με τους τροχούς του οχήματος, που μεταφέρει το ασφαλτόμιγμα.

B) Ρωγμές στα άκρα.

Είναι ρωγμές, που παρατηρούνται στα άκρα και παράλληλα του άξονα της οδού σε απόσταση περίπου 30 cm με ή χωρίς εγκάρσιες διακλαδώσεις προς το έρεισμα. Συνήθως οφείλονται σε έλλειψη πλευρικής αντιστήριξης του ερείσματος ή του στερεού εγκιβωτισμού.

Επίσης μπορεί να προέρχονται από υποχώρηση των υποκειμένων στρώσεων, λόγω κακής αποστράγγισης, παγοπληξίας ή συστολής ξήρανσης του γύρω εδάφους. Στην τελευταία περίπτωση, πιθανό να ευθύνονται και δένδρα, που βρίσκονται κοντά στην οδό, θάμνοι ή πυκνή βλάστηση.



Εικ. 3: Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος

Για προσωρινή επισκευή, γίνονται οι παρακάτω εργασίες:

- Καθάρισμα των ρωγμών με ψήκτρα και πεπιεσμένο αέρα.
- Γέμισμα, όχι υπερβολικό, των ρωγμών με πολτό ασφαλτικού γαλακτώματος (SLURRY SEAU ή με διάλυμα με άμμο.

Μετά τη ξήρανση του υλικού πλήρωσης, οι ρωγμές σφραγίζονται με διάλυμα ασφάλτου.

- Ακολουθεί διάστρωση ξηρής άμμου κατά μήκος της ρωγμής.

Για μονιμότερη επισκευή, γίνονται οι παρακάτω εργασίες:

- Βελτίωση συνθηκών αποστράγγισης. Αν χρειάζεται, κατασκευάζονται στραγγιστήρια .
- Καθαρίζεται το οδόστρωμα και οι ρωγμές με ψήκτρα και πεπιεσμένο αέρα.
- Γεμίζονται οι ρωγμές με ασφαλτικό πολτό ασφαλτικού γαλακτώματος (SLURRY SEA) ή ασφαλτικού διαλύματος με άμμο και τα περισσεύματα καθαρίζονται προσεκτικά .
- Ακολουθεί ασφαλτική συγκολλητική επάλειψη.
- Εφ' όσον έχει σημειωθεί υποχώρηση του οδοστρώματος, η διαφορά συμπληρώνεται με ασφαλτόμιγμα, που συμπυκνώνεται με δονητική πλάκα ή οδοστρωτήρα
- Αφαίρεση δέντρων και άλλης βλάστησης (εκτός από χλόη) όταν βρίσκονται

πολύ κοντά στο οδόστρωμα.

Γ) Ρωγμές από ολίσθηση.

Είναι ρωγμές με μορφή παραβολική (μισοφέγγαρο), με το κυρτό μέρος προς τη κατεύθυνση της ώθησης των τροχών, που ασκείται στη επιφάνεια του οδοστρώματος . Πρέπει να σημειωθεί ότι κατεύθυνσης ώθησης δε συμπίπτει πάντοτε με τη κατεύθυνση της κυκλοφορίας (πχ. στη τροχοπέδηση ή ώθηση αντιστρέφεται και έτσι ρωγμή που τυχόν θα εμφανιστεί , θα έχει το κυρτό μέρος προς τη αντίθετη κατεύθυνση).

Οι ρηγματώσεις από ολίσθηση, προέρχονται από την κακή σύνδεση και συγκόλληση της στρώσης κυκλοφορίας με την υποκείμενη στρώση.

Σκόνη, ορυκτέλαια, ύδωρ, κ.λπ., μεταξύ των δύο στρώσεων, εμποδίζουν την ανάπτυξη πρόσφυσης και την επαρκή σύνδεση τους. Συνήθως αυτό οφείλεται στη μη χρησιμοποίηση συγκολλητικής ασφαλτικής επάλειψης.

Άλλες αιτίες είναι η χρησιμοποίηση ασφαλτομίγματος με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο (θραυστή ή ορυκτή) καθώς και η πλημμελής συμπύκνωση της στρώσης κυκλοφορίας κατά την κατασκευή της.

Ο μόνος τρόπος για την αποκατάσταση της φθοράς, είναι η αφαίρεση της στρώσης κυκλοφορίας σε όλη την έκταση, όπου δεν υπάρχει επαρκής σύνδεση την υποκείμενη στρώση και η συμπλήρωση, στη συνέχεια, με ασφαλτόμιγμα.

Η επισκευή γίνεται με την παρακάτω σειρά:

- Αφαίρεση της ρηγματωμένη επιφάνειας, ώστε η περίμετρος να εκτείνεται τουλάχιστον 30 cm μέσα στις καλά συνδεδεμένες στρώσεις του οδοστρώματος. Τα τοιχώματα της τομής πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένα και κατακόρυφα.
- Καθαρισμός της επιφάνειας της υποκείμενης στρώσης, που

αποκαλύφθηκε, με ψήκτρα και με πεπιεσμένο αέρα.

- Ακολουθεί συγκολλητική επάλειψη του πυθμένα και των τοιχωμάτων.
- Συμπλήρωση με ασφαλτόμιγμα και εντατική συμπύκνωση με δονητική πλάκα ή οδοστρωτήρα.

Δ) Ρωγμές από ανάκλαση.

Είναι οι ρωγμές, που παρουσιάζονται στο οδόστρωμα και κατά κάποιο τρόπο μεταφέρουν το σχήμα των ρωγμών της θεμελίωσης στην επιφάνεια του οδοστρώματος. παρουσιάζονται προς όλες τις διευθύνσεις.

Συνήθως εμφανίζονται σε ασφατικούς τάπητες πάνω από δύσκαμπτα (από σκυρόδεμα) ή ημιδύσκαμπτη (σταθεροποιημένη) βάση. Επίσης εμφανίζονται σε τάπητες, που επιστρώθηκαν σε παλιά ασφατικά οδοστρώματα, που οι ρηγματώσεις τους δεν επισκευάστηκαν έντεχνα.

Οι ρωγμές αυτές δημιουργούνται από κατακόρυφες η οριζόντιες κινήσεις του υποκειμένου οδοστρώματος, λόγω σύστυλο-διαστολών από μεταβολή θερμοκρασίας ή υγρασίας. Μπορεί επίσης να προκληθούν από την κυκλοφορία, από κινήσεις του εδάφους η από απώλεια της υγρασίας σε υποδομές με μεγάλη πλαστικότητα.

Η επισκευή γίνεται όπως και η προσωρινή επισκευή των ρωγμών στα άκρα.

Ε) Ρωγμές συστολής.

Είναι ρωγμές, που αλληλοσυνδέονται και σχηματίζουν σειρά από μεγάλα πολύγωνα με οξείες γωνίες .

Συχνά είναι δύσκολο να προσδιορισθεί αν οι ρηγματώσεις από συστολή, προέρχονται από μεταβολές του όγκου του ασφαλτομίγματος, της βάσης ή της υποδομής. Συνήθως, δημιουργούνται από μεταβολές του όγκου ασφαλτομιγμάτων με λεπτόκοκκα αδρανή και με μεγάλη περιεκτικότητα σε άσφαλτο

χαμηλού βαθμού διείδυσης.

Η έλλειψη κυκλοφορίας στα οδοστρώματα αυτά, επισπεύδει την εμφάνιση ρωγμών από συστολή.

Η επισκευή γίνεται με την παρακάτω σειρά:

1. Καθαρισμός της επιφάνειας και απομάκρυνση των χαλαρών κόκκων από τις ρωγμές, με ψήκτρα και πεπιεσμένο αέρα.
2. Διαβροχή με ύδωρ της επιφάνειας του οδοστρώματος και των ρωγμών.
3. Αφού υγρανθεί ομοιόμορφα η επιφάνεια, εφαρμόζεται συγκολλητική επάλειψη με ασφαλτικό γαλάκτωμα αραιωμένο σε ίσα μέρη ύδατος.
4. Ακολουθεί πλήρωση των ρωγμών με ασφαλτοπολτό. Αν οι ρωγμές είναι πολυάριθμες, ο ασφαλτοπολτός διαστρώνεται σε όλη την επιφάνεια.
5. Μετά τη ξήρανση του ασφαλτοπολτού, γίνεται σφραγιστική επάλειψη.

ΣΤ) Ρωγμές διαπλάτυνσης.

Είναι ρωγμές που παρουσιάζονται σε μία διαπλάτυνση οδοστρώματος .

Επισκευάζονται όπως και οι ρωγμές στα άκρα.

(Στοιχεία Οδοποιίας, Ιωάννη Κοφίτσα Δρ.Μηχ. Ε.Μ.Π)

1.3.1.γ ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΗ



Εικ.4: Αποσύνθεση επιφάνειας οδοστρώματος

Με τον όρο "αποσύνθεση" του οδοστρώματος εννοούμε τον κατακερματισμό του σε μικρά, χαλαρά κομμάτια. Στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνεται και η αποκόλληση των κόκκων των αδρανών.

Αν δεν σταματήσουμε την αποσύνθεση έγκαιρα, αυτή προχωρεί σε τέτοια έκταση, που το οδόστρωμα χρειάζεται ανακατασκευή.

1.3.1.δ ΛΑΚΚΟΥΒΕΣ

Πρόκειται για οπές διαφόρων μεγεθών μέσα στο οδόστρωμα, με μορφή μικρών λεκανών, που προέρχονται από τοπική αποσύνθεση του οδοστρώματος. Συνήθως οφείλονται σε ανεπαρκή αντοχή του οδοστρώματος λόγω μειωμένου πάχους ασφαλικής στρώσης ή μικρή περιεκτικότητα σε άσφαλο, έλλειψη ή υπερβολική ποσότητα φίλλερ ή ανεπαρκή απορροή του ύδατος από την επιφάνεια της οδού.

Για την επισκευή γίνονται οι ίδιες εργασίες όπως και στη μόνιμη επισκευή των ρωγμών μορφής αλιγάτορα..

1.3.2.ε ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ

Είναι ο προοδευτικός διαχωρισμός των αδρανών από το ασφαλικό οδόστρωμα, που προχωρεί από την επιφάνεια προς τα κάτω ή από τα άκρα του οδοστρώματος προς το εσωτερικό. Ο αποχωρισμός γίνεται κατά στάδια, πρώτα το λεπτόκοκκων και στη συνέχεια των χονδρόκοκκων αδρανών από το ασφαλικό συνδετικό.

Η βλάβη αυτή μπορεί να προέρχεται:

- Από ανεπαρκή συμπύκνωση της ασφαλικής στρώσης.

- Λόγω κατασκευής της στρώσης κατά τη διάρκεια ψυχρού ή υγρού καιρού.
- Λόγω χρησιμοποίησης μη καθαρών αδρανών ή αδρανών με κόκκους αποσυντιθεμένους εκ των υστέρων (Π.χ. ψαμμιτικά αδρανή με ασθενή κόλλα) .
- Λόγω μικρής περιεκτικότητας ασφάλτου στο μίγμα.
- Λόγω υπερθέρμανσης του ασφαλτομίγματος.

Σαν κατασκευή, διακρίνουμε τη μόνιμη και την προσωρινή.

α) Μόνιμη κατασκευή

Συνίσταται στην κατασκευή μιας σφραγιστικής επάλειψης. Αυτή, εκτός από την τυπική ασφαλτική επάλειψη, μπορεί να είναι σφράγιση με ασφαλτοπολτό με γαλάκτωμα (SLURRY SEAL) ή διάλυμα με άμμο (SAND SEA) ή κανονικό ασφαλτόμιγμα ανάλογα με την έκταση της φθοράς.

β) Προσωρινή κατασκευή

Συνίσταται στην προσωρινή σφράγιση της φθαρμένης επιφάνειας με ασφαλτικό γαλάκτωμα, με τον παρακάτω τρόπο:

- Καθαρισμός της επιφάνειας και απομάκρυνση των χαλαρών αδρανών.
- Διάχυση ασφαλτικού γαλακτώματος βραδείας διάσπασης, αραιωμένου σε ίσα μέρη ύδατος και σε αναλογία 0,50-0,90 Kgr/m² (ανάλογα με την υφή και το πορώδες της φθαρμένης επιφάνειας). Δεν χρειάζεται διάστρωση ψηφίδων.
- Απαγόρευση της κυκλοφορίας, μέχρις ότου ξηρανθεί η άσφαλτος.

1.3.1.στ ΑΝΑΔΥΣΗ ΥΛΙΚΟΥ

Η ανάδυση συνίσταται στην εμφάνιση υλικού, συνήθως, ασφάλτου, ύδατος ή μίγματος από άσφαλτο και άμμο, στην επιφάνεια κύλισης του οδοστρώματος.

Τα υλικά που αναδύονται στη επιφάνεια δημιουργού μια μεμβράνη, που γίνεται πολλές φορές αιτία ολισθηρότητας.

1.3.1. ζ ΑΝΑΔΥΣΗ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

Είναι η εμφάνιση και η υπερκάλυψη τα αδρανή με άσφαλτο , που ανεβαίνει σε περίοδο μεγάλης θερμοκρασίας.

Η πιο συνηθισμένη αιτία ανάδυσης ασφάλτου στη επιφάνεια του οδοστρώματος είναι η ύπαρξη ποσότητας ασφάλτου μεγαλύτερης από εκείνης που χρειάζεται σε μία ή περισσότερες στρώσεις του. Αυτό οφείλεται :

- Ασφαλτόμιγμα πολύ πλούσιο σε άσφαλτο.
- Κακότεχνη κατασκευή σφαιριστικής επάλειψης.
- Μεγάλη ποσότητα ασφαλικού υλικού προεπάλειψης ή συγκολλητικής επάλειψης.
- Ασφαλτικό διαλύτη, που μεταφέρει τη άσφαλτο στη επιφάνεια.
- Βαριά κυκλοφορία που επιφέρει πρόσθετη συμπίεση σε ασφαλτόμιγμα πλούσιο σε άσφαλτο και που αναγκάζει αυτή να αναδυθεί στη επιφάνεια.

Η επισκευή, κατά κανόνα, γίνεται με επανειλημμένη διάστρωση θερμής άμμου ή ψηφίδων, για τη δέσμευση της ασφάλτου. Επίσης μπορεί να εξαλειφθεί η ασφαλική μεμβράνη με τη χρησιμοποίηση ειδικού μηχανήματος - θερμαντήρα (HEATER-PLAUER).

Σε σπάνιες περιπτώσεις ανάδυσης ασφάλτου σε μεγάλη ποσότητα, χρειάζεται η πλήρης αφαίρεση της στρώσης κυκλοφορίας.

Επισκευή με διάστρωση θερμών αδρανών:

- Διαστρώνονται στην ασφαλική μεμβράνη αδρανή υλικά (άμμος, ψηφίδες) με μέγιστη διάσταση 3/8 in. Η θερμοκρασία των αδρανών πρέπει να είναι τουλάχιστον 150°C. Η αναλογία διάστρωσης κυμαίνεται από 6~8 Kgr/m².

- Αμέσως μετά τη διάστρωση, ακολουθεί συμπύκνωση με ελαστικοφόρο οδοστρωτήρα.
- Όταν τα αδρανή ψυχθούν, σκουπίζονται με ψήκτρα οι χαλαροί κόκκοι.
- Αν είναι ανάγκη, οι παραπάνω εργασίες επαναλαμβάνονται.

1.3.1.η ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΑΤΟΣ

Ως αιτία, είναι το ύδωρ υπό πίεση κάτω από τη βάση, που οφείλεται στο αδιαπέραστο του εδάφους και σε μια ισχυρή κατά μήκος κλίση.

Στις επιφάνειες αυτές, όταν το ύδωρ δεν έχει εύκολη διέξοδο προς την επιφάνεια, μπορεί να ανασηκώσει την πάνω στρώση του ασφαλτομίγματος. Επίσης, ως αιτία μπορεί να είναι και ο υψηλός υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας. Για την αντιμετώπιση της περίπτωσης αυτής, πρέπει οπωσδήποτε να προηγηθεί ο υποβιβασμός της στάθμης των υπόγειων υδάτων και η αποστράγγιση.

1.3.1.θ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ

Είναι η ίδια περίπτωση με την ανάδυση ασφάλτου, με τη διαφορά, ότι εκτός από την περίσσεια της ασφάλτου έχουμε και περίσσεια φύλλερ στο ασφαλτόμιγμα.

1.3.1.ι ΛΕΙΑΝΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ

Οφείλεται σε κακή εκτίμηση της αντοχής των αδρανών, που χρησιμοποιούμε για τον ασφαλτοτάπητα. Λόγω της κυκλοφορίας τα αδρανή, με μικρή αντοχή, φθείρονται με αποτέλεσμα την εμφάνιση λείας επιφάνειας στο οδόστρωμα.

Επισκευάζεται με διάστρωση ασφαλτομίγματος η σφραγιστικής επάλειψης.

1.3.2 ΦΘΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Θεωρητικά, τα οδοστρώματα αυτά δεν χρειάζονται άλλη συντήρηση εκτός από αυτή των αρμών, που το γέμισμά τους με κατάλληλο υλικό πρέπει να ανανεώνεται από καιρό σε καιρό. Όταν ένα οδόστρωμα σκυροδέματος ρηγματώνεται, η βλάβη είναι κατά κανόνα σοβαρή.

Μερικές φορές μπορούμε να το επιστρώσουμε με έναν ασφαλοτάπητα, που αυξάνει το ολικό πάχος του οδοστρώματος με παράλληλη μείωση της κόπωσης του εδάφους έδρασης, αλλά πολύ συχνά, οι αρμοί προκαλούν ρωγμές σε αυτόν τον τάπητα.

1.3.2.α ΡΩΓΜΕΣ

A) Γωνιακές ρωγμές.

Παρουσιάζονται στις γωνίες της πλάκας και έχουν σχήμα τριγώνου. Μπορούν να προκληθούν από βαριά κυκλοφορία σε μη υποστηριζόμενες γωνίες ή σε παραμορφωμένες πλάκες, όπως επίσης και πάνω από αδύνατα σημεία της βάσης του οδοστρώματος.

Η επισκευή τους γίνεται με αντικατάσταση της σπασμένης γωνίας μετά από ισοπέδωση και συμπύκνωση της βάσης. Μια επίστρωση από καρφιά, εφαρμόζεται στις πλευρές της πλάκας και στη συνέχεια τοποθετείται ασφαλικό σκυρόδεμα πυκνής σύνθεσης σε στρώσεις με πάχος όχι μεγαλύτερο από 4 in η κάθε μία.

B) Κατά μήκος και κατά πλάτος ρωγμές.

Οι κατά μήκος ρωγμές μπορούν να προκληθούν από τη συστολή του σκυροδέματος, από συνδυασμένες τάσεις στρέβλωσης-φορτίου και από κακή στήριξη της πλάκας.

Αυτές οι ρωγμές παρουσιάζονται συνήθως παράλληλα προς τον άξονα της οδού.

Οι κατά πλάτος ρωγμές προκαλούνται από βαριά κυκλοφορία, από κακή στήριξη της πλάκας ή από συστολή του σκυροδέματος.

Οι κατά μήκος και οι κατά πλάτος ρωγμές, επισκευάζονται με αμμοβολή στα τοιχώματα της πλάκας σε βάθος 1 in, τουλάχιστον και μετά γέμισμα με ασφαλικό υλικό.

Αν η ρωγμή προέρχεται από κακή στήριξη, τότε το κενό κάτω από το οδόστρωμα πρέπει να γεμίσει.

Γ) Διαγώνιες ρωγμές.

Οι διαγώνιες ρωγμές, κατά κανόνα, προκαλούνται από βαριά φόρτιση σε γωνίες, σε μη υποστηριζόμενες πλάκες. Όταν η βάση παραμορφώνεται η πλάκα στρεβλώνει, το υλικό της βάσης εκτοπίζεται και έτσι με τη φόρτιση παρουσιάζεται η διαγώνια ρωγμή. Η επισκευή τους γίνεται όπως και στις κατά μήκος ή στις κατά πλάτος ρωγμές.

Δ) Ρωγμές λόγω παρεμποδισμού.

Οι ρωγμές λόγω παρεμποδισμού προκαλούνται από μία εξωτερική αιτία, όπως ένα χαλίκι που εισχωρεί μέσα σε ένα εγκάρσιο αρμό και έτσι παρεμποδίζει τη διαστολή της πλάκας.

Αυτές οι ρωγμές συνήθως παρουσιάζονται κοντά στα εξωτερικά άκρα του οδοστρώματος και επεκτείνονται με ακανόνιστη τροχιά προς τον κατά μήκος αρμό.

Η επισκευή γίνεται με εξαγωγή του υλικού πλήρωσης του αρμού και του ξένου σώματος, που έχει εισχωρήσει στον εγκάρσιο αρμό. Στη συνέχεια γίνεται καθαρισμός του αρμού και της ρωγμής με αμμοβολή και γέμισμα με ασφαλικό υλικό.

1.3.2.β ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Παραμόρφωση ονομάζουμε κάθε μεταβολή της επιφάνειας του οδοστρώματος. Συνήθως οφείλεται στην καθίζηση του εδάφους έδρασης του οδοστρώματος ή στην ευαισθησία του εδάφους στον παγετό.

Συνηθισμένος τύπος παραμόρφωσης είναι η ρηγμάτωση. Με τη ρηγμάτωση προκαλείται διαφορά στάθμης μεταξύ των τμημάτων της οδού.

Η επισκευή γίνεται με καθάρισμα της ρωγμής και στη συνέχεια πλήρωση με ασφαλικό υλικό. Η επιδιόρθωση της διαφοράς στάθμης της επιφάνειας κύλισης γίνεται με ασφαλτόμιγμα.

1.3.2.γ ΕΚΤΙΝΑΞΗ

Ως εκτίναξη μπορούμε να ορίσουμε μία τοπική στρέβλωση (σχ. 21.60) ή έναν τοπικό θρυμματισμό (σχ. 21.61) του οδοστρώματος, που συμβαίνει συνήθως σε μια εγκάρσια ρωγμή ή αρμό. Η εκτίναξη του οδοστρώματος προκαλείται κυρίως από υπερβολική διαστολή και πίεση στις πλάκες, μέχρις ότου να στρεβλώσουν ή να θρυμματισθούν κατά μήκος του εγκάρσιου αρμού ή της ρωγμής. Η επισκευή γίνεται μετά από απομάκρυνση του χαλασμένου τμήματος και μετά από έλεγχο της βάσης.

Αν για την επισκευή χρησιμοποιηθεί ασφαλικό σκυρόδεμα, τοποθετούμε καρφιά στα τοιχώματα της πλάκας, διαστρώνεται το ασφαλικό σκυρόδεμα και συμπακνώνεται σε στρώσεις με πάχος όχι μεγαλύτερο από 4 ίν.

Αν χρησιμοποιηθεί για την επισκευή σκυρόδεμα, τότε πρέπει πρώτα να απομακρυνθεί όλη η χαλασμένη πλάκα.

Στη συνέχεια η βάση συμπακνώνεται και γίνεται η διάστρωση. Σε αυτή την

περίπτωση πρέπει να δημιουργηθούν ξανά οι αρμοί.

1.3.2. δ ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΗ

Είναι η απομάκρυνση, από την επιφάνεια του οδοστρώματος, του μίγματος τσιμέντου και ακατάλληλων αδρανών.

Ο βαθμός αντίστασης του οδοστρώματος μπορεί να αυξηθεί με επάλειψη της επιφάνειας με λινέλαιο. Η χρήση του λινελαίου πρέπει να γίνεται με προσοχή, διότι το στεγνό οδόστρωμα, μετά την επάλειψη, χρειάζεται περίπου 6 ώρες για να ανακτήσει την αντίστασή του, ενώ το βρεγμένο χρειάζεται περισσότερο από 2 ημέρες.

Στις διαβρωμένες επιφάνειες, που έχουν βάθος λιγότερο από 3/8 ίν, κάνουμε προσωρινή επισκευή. Στη συνέχεια απομακρύνουμε τα χαλαρά υλικά, καθαρίζουμε την επιφάνεια και απλώνουμε ένα ασφαλικό γαλάκτωμα, για να επανέλθει η επιφάνεια στην αρχική μορφή.

Αν η αποσύνθεση είναι εκτεταμένη, τότε η διαβρωμένη επιφάνεια πρέπει να καλυφθεί με ασφαλικό σκυρόδεμα ή με σκυρόδεμα με τσιμέντο PORTLAND.

1.3.2. ε ΘΡΥΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Είναι το σπάσιμο ή το κομμάτιασμα της πλάκας στους αρμούς, στις ρωγμές ή στα άκρα. Βασική αιτία του θρυμματισμού είναι η ύπαρξη χαλικιών στον αρμό ή στη ρωγμή.

Για την επισκευή χρησιμοποιείται ασφαλικό υλικό. Αρχικά κόβουμε το θρυμματισμένο μέρος, προσέχοντας να δώσουμε όσο το δυνατό κατακόρυφα τοιχώματα στην τομή. Στη συνέχεια κάνουμε επάλειψη των τοιχωμάτων με γαλάκτωμα ασφάλτου και διαστρώνουμε το ασφαλικό σκυρόδεμα.

Αν θα χρησιμοποιήσουμε σκυρόδεμα με τσιμέντο PORTLAND πρέπει το

άνοιγμα, μετά την αφαίρεση των ακατάλληλων υλικών, να έχει μορφή τραπεζοειδή, με μεγαλύτερη διάσταση στον πυθμένα.

1.3.2. ζ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑ

Η κυριότερη αιτία της ολισθηρότητας στο οδόστρωμα από σκυρόδεμα, είναι τα λεία αδρανή υλικά στην επιφάνεια κύλισης. Τα λεία αδρανή περικλείουν φυσικά χαλίκια και θραυστό πέτρωμα, που από το βάρος της κυκλοφορίας λειαίνονται πολύ γρήγορα και αποτελούν κίνδυνο, ιδιαίτερα όταν είναι βρεγμένα.

Η αντιμετώπιση της ολισθηρότητας γίνεται με τοποθέτηση μικρών καρφιών στην επιφάνεια του οδοστρώματος και στη συνέχεια διάστρωση ασφατικού σκυροδέματος μεγωνιώδη αδρανή. Το πάχος της επίστρωσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 ίν, για να αποκλεισθεί η πιθανότητα ρωγμών ανάκλασης.

1.3.2. η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΠΑΓΟΥ.

Είναι γεγονός, που συμβαίνει ξαφνικά και απρόβλεπτα και έτσι δεν μπορούμε να επέμβουμε έγκαιρα.

Στην περίπτωση αυτή προβλέπονται αποθέματα ψηφίδας και χοντρής άμμου σε τμήματα οδών, που παρουσιάζουν το φαινόμενο αυτό.

Η διάστρωση γίνεται με κατάλληλα μηχανήματα. Σε αξιόλογες οδούς, γίνεται πολλές φορές ανάμιξη και μικρής ποσότητας αλατιού στη ψηφίδα, για να αποφύγουμε τη βύθισή της μέσα στη στρώση του πάγου.

(Στοιχεία Οδοποιίας, Ιωάννη Κοφίτσα Δρ.Μηχ. Ε.Μ.Π)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η προστασία του περιβάλλοντος και η εξοικονόμηση ενεργειακών αποθεμάτων υπήρξε το κίνητρο για την ανάπτυξη και διάδοση των μεθόδων ανακύκλωσης ασφαλτικών υλικών στην Οδοποιία. Η ευρεία εφαρμογή έδωσε την δυνατότητα αξιοποίησης της ποικιλίας των εναλλακτικών λύσεων που η ανακύκλωση προσφέρει για την αντιμετώπιση προβλημάτων συντήρησης.

Το ανακυκλωμένο υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρότερη ή μεγαλύτερη αναλογία ανάμιξης με νέα αδρανή και άσφαλτο για κατασκευή ασφαλτικών στρώσεων βάσεως ή κυκλοφορίας. Η επιλογή ορισμένων λωρίδων της οδού για συντήρηση (συνήθως εκείνων της βαρείας κυκλοφορίας) καθώς και η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του οδοστρώματος είναι ορισμένες από τις Τεχνικές δυνατότητες που παρέχει η τεχνική αυτή.

2.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

I) Εύκαμπτα οδοστρώματα

Πριν αποφασιστεί η εφαρμογή της ανακύκλωσης, γίνεται δειγματοληψία του υπάρχοντος παλιού υλικού του ασφαλτικού τάπητα της οδού και με εξετάσεις του εργαστηρίου προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά του ασφαλτοτάπητα (ποσοστό κενών, ποσοστό ασφάλτου, κοκκομετρική ανάλυση του αδρανούς υλικού κ.λ.π).

Μετά αποφασίζεται η μέθοδος της ανακύκλωσης που θα ακολουθηθεί και για τις προσθήκες που πρέπει να γίνουν στο παλιό υλικό σε άσφαλτο, βελτιωτικό της ασφάλτου, αδρανή υλικά ή ασφαλτόμιγμα.

Για την παραγωγή του νέου ασφαλτομίγματος γίνονται δοκιμαστικά μίγματα στο εργαστήριο με νέα υλικά και με ανακυκλωνόμενα σε διάφορες αναλογίες. Η σύνθεση του μίγματος που θα προκύψει πρέπει να έχει τα καλύτερα χαρακτηριστικά, ώστε η ευστάθεια του, η παραμόρφωση, το φαινόμενο ειδικό βάρος συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος και το ποσοστό κενών που γέμισαν με άσφαλτο να είναι μέσα στα όρια των προδιαγραφών. Το μίγμα αυτό είναι το βέλτιστο.

Επίσης κατά την ανακύκλωση επιδιώκεται η χρησιμοποίηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου ποσοστού από το παλιό ασφαλτόμιγμα στο μίγμα (νέο) για λόγους οικονομίας. (ΤΕΕ/Τμήμα Δυτικής Ελλάδος, τεύχος 13, Σεπτέμβρης 1992)

Τέλος, κατά την εκτέλεση των εργασιών με ανακύκλωση υλικών παλιών ασφαλτοταπήτων το εργαστήριο παρακολουθεί και εξετάζει το παραγόμενο ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα και με δειγματοληψίες που πραγματοποιεί διαπιστώνει με μετρήσεις την ευστάθεια του και την παραμόρφωση του και τα κενά του αέρα από τη συμπύκνωση του.

Σε περίπτωση που ο εργαστηριακός έλεγχος του ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος διαπιστώνει τυχόν ανομοιομορφίες είναι δυνατή η αναπροσαρμογή της μελέτης σύνθεσης του.

Δύο μεγάλες κατηγορίες ανακύκλωσης μπορούμε να ορίσουμε:

- 1). Την Επιτόπια Ανακύκλωση
- 2). Την Ανακύκλωση σε Μόνιμη Εγκατάσταση

2.1.1 ΕΠΙΤΟΠΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Στη μέθοδο αυτή το ασφαλτικό υλικό του δρόμου που πρόκειται να ανακατασκευαστεί, διασπάται και αναμειγνύεται μέσω ενός κονιοποιητή. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί με ή χωρίς την προσθήκη θερμότητας (εν θερμώ

– εν ψυχρώ). Η επιτόπια ανακύκλωση λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών των μηχανημάτων που χρησιμοποιεί, περιορίζεται μόνο στα υλικά της κυκλοφοριακής στρώσης του οδοστρώματος.



Εικ.5: Περισυλλογή των υλικών απόξεσης

2.1.1.α Επιτόπια ανακύκλωση εν ψυχρώ (cold recycling)

Στην μέθοδο αυτή τα υλικά κατασκευής του οδοστρώματος διασπώνται με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού, και ακολούθως αναμιγνύονται με νέο ασφαλτικό υλικό. Η προσθήκη του νέου υλικού δύναται να γίνει πριν την κονιοποίηση ή σε οποιαδήποτε φάση μετά το πρώτο πέρασμα του υλικού από τον κονιοποιητή. Το συνδετικό υλικό που χρησιμοποιείται είναι σχεδόν πάντα ένα ασφαλτικό γαλάκτωμα, ώστε να διασφαλίζεται το πορώδες του υλικού. Το οδόστρωμα που αποκαθίσταται με τον τρόπο αυτό, είναι κατάλληλο για χρήση σε ήπια κλίματα και για ελαφρά κυκλοφορία. Στα ζεστά κλίματα το ποσοστό της υγρασίας στο ανακυκλωμένο μίγμα πριν αυτό απλωθεί στην επιφάνεια

πρέπει να είναι χαμηλό, διότι διαφορετικά θα οδηγήσει σε αστοχία εξαιτίας της εσωτερικής πίεσης από την εξάτμιση του πλεονάζοντος νερού.



Εικ. 6: Επίστρωση οδοστρώματος με ασφαλτικό υλικό

2.1.1.β Επιτόπια ανακύκλωση εν θερμώ (hot recycling)

Η επιτόπια ανακύκλωση εν θερμώ μπορεί να χωριστεί σε τρεις διαδικασίες, που έχουν ως χαρακτηριστικό τη χρήση του ίδιου μηχανικού εξοπλισμού και τη χρησιμοποίηση θερμότητας. Αυτές είναι η αναμόρφωση (reshape), η επαναδιάστρωση (regrave) και η επανάμιξη (remix).



Εικ.7: Πρίν και μετά την εφαρμογή της εν -θερμώ ανακύκλωσης

2.1.1.γ Αναμόρφωση του ασφαλτικού οδοστρώματος (reshape)

Στη μέθοδο αυτή η επιφάνεια του οδοστρώματος θερμαίνεται με υπέρυθρες ακτίνες σε θερμοκρασία 120-130 °C και επανέρχεται στην αρχική της κατάσταση χωρίς πρόσμιξη υλικού. Με τη βοήθεια κοχλιών διενεργείται μια εγκάρσια κατανομή του αναμοχλευθέντος υλικού κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο διαστρωτήρας που ακολουθεί να μπορεί να διαστρώσει το υλικό σύμφωνα με την διατομή και σε σταθερό πάχος. Το υλικό που ενδεχομένως περισσεύει απομακρύνεται από τα πλάγια του οδοστρώματος. Η συμπύκνωση του επαναδιαστρωθέντος τάπητα γίνεται αμέσως με βαρείς στατικούς ή δονητικούς οδοστρωτήρες και πρέπει να ολοκληρωθεί πριν πέσει η θερμοκρασία της στρώσης που υφίσταται επεξεργασία.



Εικ. 8: Αναμόρφωση ασφαλτικού οδοστρώματος (RESHAPE)

Για να εφαρμοστεί η μέθοδο θα πρέπει το οδόστρωμα να έχει τη σωστή διατομή και να μην παρουσιάζει μεγάλες ανωμαλίες, διότι σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να προηγηθεί πλάνισμα και φρεζάρισμα της επιφάνειας. Επίσης το υπάρχον ασφαλτικό υλικό του ασφαλτοτάπητα θα πρέπει να έχει σωστή κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανούς υλικού και σωστή αναλογία σε άσφαλτο. Τέλος η άσφαλτος δεν θα πρέπει να έχει υποστεί χημικές αλλοιώσεις (π.χ. οξείδωση) σε προχωρημένο βαθμό

2.1.1.δ Επαναδιάστρωση του παλιού οδοστρώματος με προσθήκη υλικού χωρίς ανάμιξη (repare)

Στη μέθοδο αυτή το οδόστρωμα θερμαίνεται με υπέρυθρες ακτίνες και στη συνέχεια αναμοχλεύεται σε βάθος 3-4 cm. Εν συνεχεία διαμορφώνεται η αναμοχλευομένη στρώση του παλιού οδοστρώματος και αναθερμαίνεται, ενώ συγχρόνως διαστρώνεται πάνω σε αυτή ένας λεπτοτάπητας (πάχους 3 cm) από νέο ασφαλτόμιγμα. Ακολουθεί συμπύκνωση της διπλής στρώσης ασφαλτομίγματος. Αν το παλιό ασφαλτόμιγμα έχει υποστεί αλλοιώσεις χημικής φύσεως, αυτές θα αντιμετωπιστούν από την κάλυψη του με τη νέα επίστρωση.



Εικ 9: Επαναδιάστρωση παλαιού οδοστρώματος με νέο ασφαλτικό υλικό (REPAIRE)

2.1.1.ε Επανάμιξη του παλαιού υλικού οδοστρώματος με νέο ασφαλτικό μίγμα (remix)

Στη μέθοδο αυτή ο παλιός ασφαλτοτάπητας θερμαίνεται και αναμοχλεύεται σε βάθος περίπου 5 cm. Το παλιό ασφαλτόμιγμα αναμιγνύεται με νέο συμπληρωματικό ασφαλτόμιγμα σε θερμαινόμενο ειδικό αναμικτήρα του μηχανήματος ανακύκλωσης. Ακολούθως γίνεται η διάστρωση του νέου μίγματος και η κυλίνδρωσή του ώστε να επέλθει συμπίκνωση. Με τη μέθοδο αυτή διορθώνεται η κοκκομετρική διαβάθμιση του αδρανούς υλικού, το ποσοστό της ασφάλτου στο μίγμα καθώς και το είδος της ασφάλτου. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι η σχετική ομοιομορφία του ασφαλτομίγματος, ως προς τη διαβάθμιση των υλικών και το ποσοστό της ασφάλτου.



Εικ.10: Πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου

2.1.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στη μέθοδο αυτή το ανακτημένο υλικό μεταφέρεται σε κατάλληλη εγκατάσταση μίξεως όπου μπορούν να δημιουργηθούν αποθέματα για μελλοντική χρήση ή να υποβληθούν αμέσως σε ανακύκλωση ώστε να παραχθεί νέο ασφαλτικό υλικό. Οι κεντρικές εγκαταστάσεις όπου λαμβάνει χώρα η ανακύκλωση, δύναται να είναι παλιές εγκαταστάσεις παραγωγής ασφαλτομίγματος που έχουν τροποποιηθεί, ή καινούριες εγκαταστάσεις που κατασκευάστηκαν με την πρόβλεψη να δέχονται και να επεξεργάζονται και τα ανακυκλωμένα υλικά από τα παλιά ασφαλτικά οδοστρώματα. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει καλύτερο έλεγχο της ποιότητας των υλικών και καλύτερο μηχανικό έλεγχο της κατασκευαστική λειτουργίας, με αποτέλεσμα το παραγόμενο μίγμα να παρουσιάζει υψηλή συνοχή και ποιότητα.



Εικ.11: Ανακύκλωση σε κεντρική εγκατάσταση

II) Δύσκαμπτα οδοστρώματα

Με αναφορά στο πρόσφατο παρελθόν έχουν γίνει ήδη “πράσινες” προσπάθειες εφαρμογής ανακύκλωσης σε δύσκαμπτα οδοστρώματα από σκυρόδεμα με εκμετάλλευση παλαιών ελαστικών.

Συγκεκριμένα ένα Ευρωπαϊκό Ερευνητικό πρόγραμμα το “Ecolanes” το οποίο χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ως στόχο την ανάπτυξη οδοστρωμάτων μεγαλύτερης διάρκειας ζωής από τα συμβατικά οδοστρώματα (εύκαμπτα), τα οποία θα είναι οικονομικότερα στη κατασκευή και φιλικότερα προς το περιβάλλον ,χρησιμοποιώντας ανακυκλωμένα αδρανή και χαλύβδινες ίνες, παρμένες από χρησιμοποιημένα ελαστικά, για την κατασκευή άκαμπτου οδοστρώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα.(άρθρο Εφημερίδα ‘Η Σημερινή’, 27-4-2009)

Το τριετές αυτό πρόγραμμα ,επίσης, φιλοδοξεί να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας, το κόστος, το χρόνο που απαιτείται για την κατασκευή οδοστρωμάτων και να χρησιμοποιήσει στην όλη διαδικασία ανακυκλούμενα υλικά.

Διοργανωτής του προγράμματος είναι το Πανεπιστήμιο του Seffield και σε αυτό συμμετέχουν 12 οργανισμοί και ερευνητικά κέντρα από 7 χώρες.

Το Ecolanes ασχολείται με την ανάπτυξη ενός νέου συστήματος υποδομής στην κατασκευή δρόμων, που αντικαθιστά τα συμβατικά υλικά έδρασης τα επιφανειακής ασφαλικής στρώσης, με στρώση ινοπλισμένου σκυροδέματος. Μέθοδος αυτή σκοπό έχει να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας για την κατασκευή οδοστρωμάτων και να εισαγάγει μια περιβαλλοντικά καθαρότερη διαδικασία κατασκευής .σύμφωνα με τις ισχύουσες Ευρωπαϊκές Οδηγίες.

Μέχρι τώρα η διαδικασία κατασκευής οδοστρώματος προϋποθέτει πρώτα απ’ όλα την τοποθέτηση διαδοχικών στρώσεων αδρανών ως βάση του οδοστρώματος, την τοποθέτηση πάνω από αυτές ασφαλικών βασικών στρώσεων, πάνω στις οποίες εδράζεται τελική ασφαλική στρώση κύλισης των οχημάτων.

Η όλη διαδικασία παραγωγής και επεξεργασίας των πιο πάνω υλικών, από το λατομείο μέχρι την τοποθέτησή τους στο εργοτάξιο, είναι ενεργειακά βεβαρημένη. Με την συνεχή αύξηση της τιμής του πετρελαίου, η διαδικασία κατασκευής γίνεται όλο και λιγότερο συμφέρουσα, με αποτέλεσμα η Ευρωπαϊκή Ερευνητική Κοινότητα σε συνεργασία με τους φορείς υλοποίησης των κατασκευαστικών έργων να εξετάσουν εναλλακτικές μεθόδους. Σε μία από τις αυτές προσπάθειες η έρευνα επικεντρώνεται στην αντικατάσταση όλων των στρώσεων των υλικών με μία μόνο, σημαντικά λεπτότερη, στρώση από σκυρόδεμα, ενισχυμένο με χαλύβδινες ίνες.

Ο στόχος του ερευνητικού προγράμματος Ecolanes είναι να μειώσει το κατασκευαστικό κόστος κατά 10% έως 20%, το χρόνο κατασκευής κατά 15%, αλλά κυρίως να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας.



Εικ. 12: Ανακύκλωση ελαστικών

Βασικές Περιοχές

Το πρόγραμμα θα εμβαθύνει σε τρεις βασικές περιοχές έρευνας:

Ανακύκλωση άχρηστων ελαστικών: Στα πλαίσια του προγράμματος θα αναπτυχθούν τεχνικές και εξοπλισμός για επεξεργασία των χαλύβδινων ινών από άχρηστα ελαστικά αυτοκινήτων, ώστε αυτές να χρησιμοποιηθούν ως

οπλισμός στο σκυρόδεμα. Θα είναι η πρώτη φορά που ανακυκλούμενα υλικά από ελαστικά θα χρησιμοποιηθούν σε φέροντα στοιχεία δομικών κατασκευών.

1)**Σχεδιασμός οδοστρωμάτων**: η πιο πάνω ιδέα κατασκευής άκαμπτων οδοστρωμάτων μεγάλης ανθεκτικότητας, κατασκευασμένων από χαμηλής ενέργειας σκυρόδεμα οπλισμένο από χαλύβδινες ίνες, θα δοκιμαστεί και θα ελεγχθεί πρώτα εργαστηριακά, αλλά και σε πραγματικές συνθήκες, για ανάπτυξη κατάλληλων μοντέλων υπολογισμού, ώστε να χρησιμοποιηθούν στην οικοδομική βιομηχανία.

2)**Τεχνολογία Σκυροδέματος**: Θα κατασκευαστεί ξηρό μείγμα σκυροδέματος οπλισμένο με χαλύβδινες ίνες, το οποίο θα διαστρώνεται με κοινά μηχανήματα διάστρωσης ασφαλικών οδοστρωμάτων και θα συμπυκνώνεται επιτόπου με δονητικούς κυλίνδρους.

Το σκυρόδεμα θα αποτελείται από ανακυκλωμένα αδρανή και τσιμέντο χαμηλής ενέργειας, με προσθήκη χαλύβδινων ινών από ανακυκλωμένα ελαστικά αυτοκινήτων.

3)**Σχεδιασμός Οδοστρωμάτων**: Η ιδέα κατασκευής άκαμπτων οδοστρωμάτων μεγάλης ανθεκτικότητας, κατασκευασμένων από χαμηλής ενέργειας σκυρόδεμα οπλισμένο από χαλύβδινες ίνες, θα δοκιμαστεί και θα ελεγχθεί πρώτα εργαστηριακά, αλλά και σε πραγματικές συνθήκες, με σκοπό την ανάπτυξη κατάλληλων μοντέλων υπολογισμού, για να χρησιμοποιηθούν άμεσα στην οικοδομική βιομηχανία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι βλάβες των Ελληνικών οδοστρωμάτων είναι κυρίως παραμορφώσεις και ρηγματώσεις. Τα φαινόμενα αυτά, όσον αφορά την επιφανειακή στρώση οφείλονται σε κακή σύνθεση του ασφαλτοσκυροδέματος του ασφαλτοτάπητα σε αδρανή άσφαλτο και σε κακοτεχνίες κατά την κατασκευή. Όσον αφορά δε τις υποκείμενες στρώσεις, οφείλονται στην ανεπάρκεια του πάχους καθώς και στη μη σωστά προγραμματισμένη κατασκευή και συντήρηση φθορών, για την ανάληψη των κυκλοφοριακών φορτίων.

Μέχρι τώρα, στο μεγαλύτερο ποσοστό, οι παραπάνω βλάβες διορθώνονταν με μια επικαλυπτική στρώση ή επούλωση μιας λακκούβας, η οποία όμως δεν έλυne το πρόβλημα της αντοχής του οδοστρώματος.

Έτσι λοιπόν, εξετάζοντας ειδικά το θέμα "Ανακύκλωση", τίθεται το ερώτημα ποιες από τις μεθόδους ανακύκλωσης είναι καλύτερες για την αντιμετώπιση των φθορών των Ελληνικών δρόμων.

Αν δεν τίθεται θέμα βελτίωσης της αντοχής και προέχει η αντιμετώπιση της ολισθηρότητας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της επανοδοστρωσίας (REPAVE) με νέο υλικό στην επιφανειακή στρώση.

Αν απαιτείται η αντιμετώπιση των μικροανωμαλιών και κυματισμών και το παλιό υλικό έχει καλά χαρακτηριστικά, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της αναμόρφωσης του ασφαλτοτάπητα (RESHAPE) μετά από ψυχρή λειοτρήβηση. Η μέθοδος δεν έχει χρησιμοποιηθεί στην Ελλάδα.

Αν όμως τίθεται και θέμα βελτίωσης της αντοχής, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ανάμιξης με προσθήκη νέου υλικού (REMIX) της ανακύκλωσης σε κεντρική εγκατάσταση.

Σε περίπτωση περιορισμού της στάθμης του οδοστρώματος, όπου απαιτείται φρεζάρισμα, τότε η μέθοδος της ανακύκλωσης σε κεντρική εγκατάσταση είναι η μόνη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Πάντως η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται και σε όλες τις παραπάνω αναφερόμενες περιπτώσεις.

Η ιστορία της ανακύκλωσης στην Ελλάδα ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 1984 με την εφαρμογή της επιτόπιας ανακύκλωσης στις εργασίες συντήρησης και ανακατασκευής του ασφαλτοτάπητα της στρώσης κυκλοφορίας της οδού Πειραιώς. Εφαρμόστηκαν 2 παραλλαγές της επί τόπου ανακύκλωσης. Η μέθοδος της επανοδοστρωσίας και η μέθοδος της επανάμιξης.

Άλλες εφαρμογές ανακύκλωσης έγιναν στη λεωφόρο Συγγρού στην οδό Πατησίων, σε τμήμα της Εθνικής οδού Αθηνών Κορίνθου και αλλού.

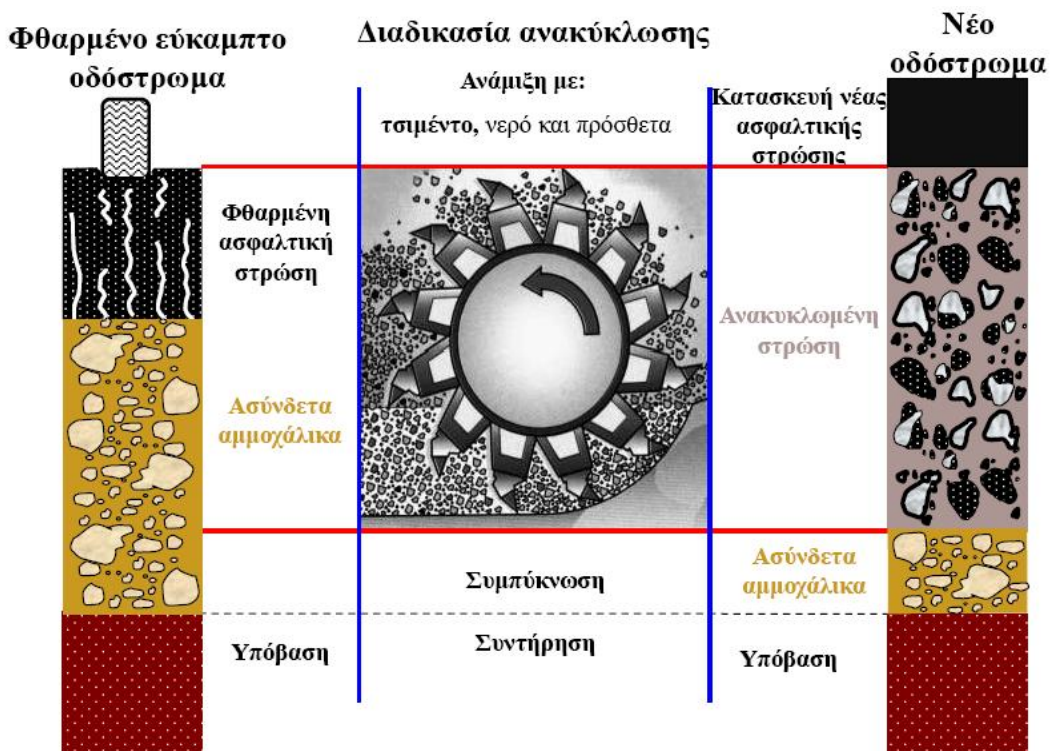
Από την άλλη πλευρά είναι απορίας άξιον πως δεν έχει γίνει ακόμη εφαρμογή της ανακύκλωσης σε κεντρική εγκατάσταση έστω και στο πειραματικό στάδιο και αυτό γιατί η μέθοδος αυτή, αφενός λύνει τα προβλήματα που λύνουν οι άλλες μέθοδοι, αλλά αφετέρου έρχεται να δώσει λύση και σε άλλα προβλήματα.

Στην Ελλάδα, που η υποδομή των οδών δεν είναι ιδιαίτερα καλή μπορούμε να πάρουμε υλικό βάσης με ανακύκλωση σε κεντρικές εγκαταστάσεις. Επίσης με την μέθοδο αυτή διορθώνονται παραμορφωμένες βάσεις και γίνεται σταθεροποίηση τους με άσφαλτο. Ακόμα, όταν θέλουμε να διατηρήσουμε την ερυθρά της οδού ή να αποφύγουμε εμπόδια (σχάρες υπονόμων), ή να διατηρήσουμε σταθερή τη στάθμη της οδού, πρόβλημα που παρουσιάζεται κυρίως σε οδούς ένωσης πόλεων, που χρειάζονται συντήρηση στον ελληνικό χώρο, χρησιμοποιούμε τη μέθοδο ανακύκλωσης σε Κεντρική εγκατάσταση η οποία προκαλεί και την μικρότερη κυκλοφοριακή όχληση από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο.

Τέλος, επειδή είναι πολλά τα εργοτάξια παρασκευής ασφαλτοσκυροδέματος στην Ελλάδα και μπορούν να δεχθούν τα περισσότερα μετατροπές για ανακύκλωση θα έπρεπε το Υπουργείο Δημοσίων Έργων να δώσει την απαιτούμενη προσοχή στην μέθοδο ανακύκλωσης και ειδικά, την σε κεντρική εγκατάσταση που έχει και τα περισσότερα πλεονεκτήματα. Πρέπει να εξετασθεί το πεδίο εφαρμογής της και να γίνουν οι απαραίτητες εργαστηριακές και πειραματικές δοκιμές οι οποίες είναι σχεδόν ανύπαρκτες, καθώς και το οικονομικό όφελος για την πρόοδο της τεχνικής.

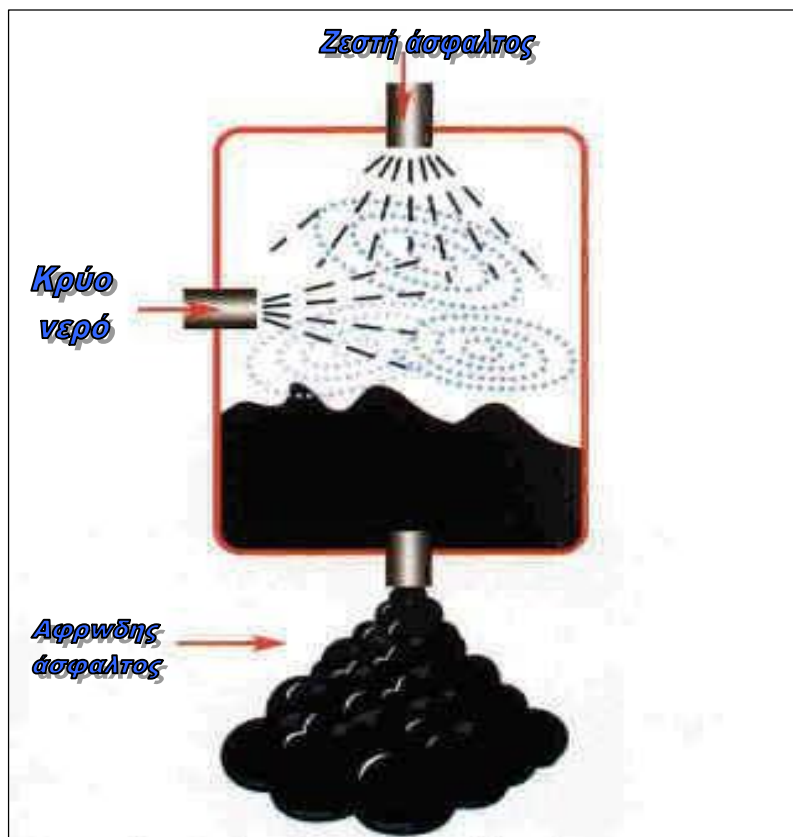
3.1 Ψυχρή ανακύκλωση με χρήση αφρώδους ασφάλτου

Σύμφωνα με τις τεχνικές αποκατάστασης των οδικών τμημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω, μια εξ αυτών που προκρίθηκαν, είναι η ψυχρή ανακύκλωση με την τεχνική της αφρώδους ασφάλτου (ή άλλων σταθεροποιητών), γνωστή ως «Foamed Asphalt». Η Ψυχρή ανακύκλωση με χρήση αφρώδους ασφάλτου είναι μια μέθοδος η οποία εφαρμόζεται και στην Ελλάδα. (Παρατίθεται στο παράρτημα). Εφαρμόζεται σε επιλεγμένα επί μέρους τμήματα, όπου παρατηρούνται εκτεταμένες αστοχίες. Διεθνώς τυγχάνει εφαρμογής με αυξανόμενους ρυθμούς, λόγω και του γεγονότος, ότι άλλες λύσεις αποκατάστασης είναι τεχνικοοικονομικά ασύμφωρες, αλλά και επιζήμιες για το περιβάλλον.



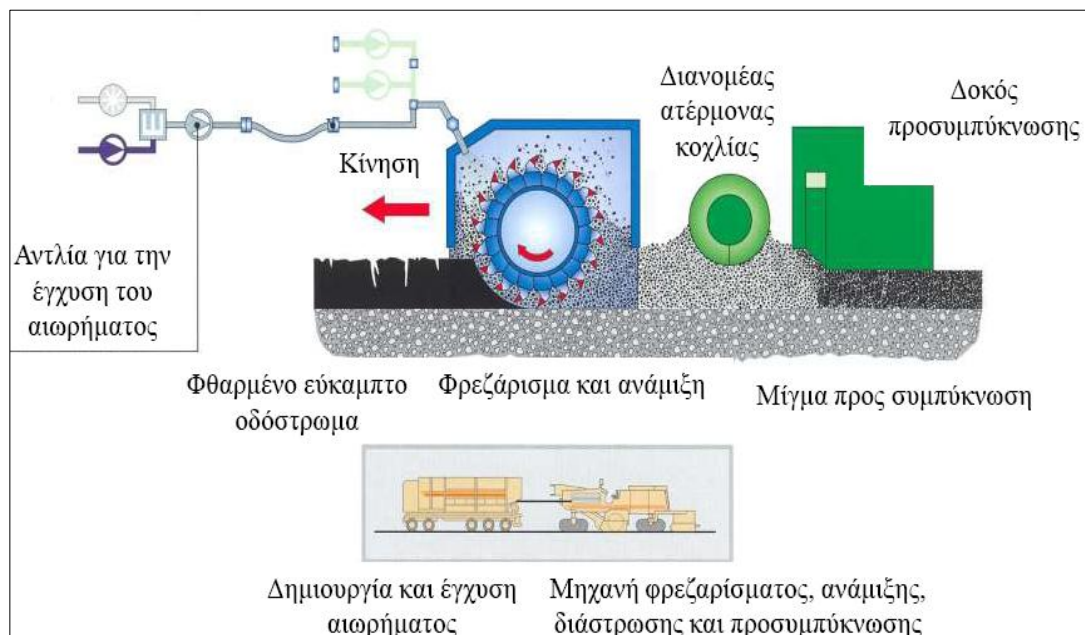
Εικ. 13: Διαδικασία ανακύκλωσης με τσιμέντο ως πρόσθετο.

Η ψυχρή ανακύκλωση των ασφαλτικών στρώσεων ενός οδοστρώματος μπορεί να γίνει με χρήση διάφορων συνδετικών υλικών ή συνδυασμό τους όπως: τσιμέντο, ασφαλτικό γαλάκτωμα, αφρώδη άσφαλτο, ή με συνδυασμούς τσιμέντου σε μικρή ποσότητα και ασφαλτικού γαλακτώματος ή αφρώδους ασφάλτου. Η αφρώδης, ή διογκωμένη άσφαλτος παράγεται με την προσθήκη μικρού ποσοστού ψυχρού νερού σε θερμή άσφαλτο, με αποτέλεσμα την άμεση δημιουργία ασφαλτικού αφρού (διόγκωση της ασφάλτου έως και 15 φορές). Οι φυσικές ιδιότητες της ασφάλτου αλλάζουν προσωρινά, λόγω του ότι το νερό όταν έρθει σε επαφή με την θερμή άσφαλτο εξατμίζεται και ο ατμός εγκλωβίζεται σε πολλές μικρές ασφαλτικές φυσαλίδες. Γρήγορα όμως, ο αφρός υποχωρεί και η άσφαλτος ανακτά τις αρχικές της ιδιότητες. Πρέπει, επομένως, να γίνει γρήγορη και καλή ανάμιξη, ώστε η αφρώδης άσφαλτος να εξαπλωθεί σε όλο το μίγμα.



Εικ. 14: Διαδικασία παραγωγής αφρώδους ασφάλτου.

Κατά την ανάμιξη, η αφρώδης άσφαλτος περιβάλλει το λεπτό υλικό δημιουργώντας ένα είδος ασφαλτοπολλτού – μαστίχας, που δεν είναι συνεχής σχηματίζεται σε τυχαίες θέσεις και ο οποίος τελικά αποτελεί το συνδετικό υλικό του μίγματος. Η τεχνική, επομένως, σταθεροποίησης με αφρώδη άσφαλτο έχει καλύτερα αποτελέσματα όταν το μίγμα των αδρανών – καθαρών ή ανακυκλωμένων – έχει ένα επαρκές ποσοστό λεπτού υλικού - άμμου.

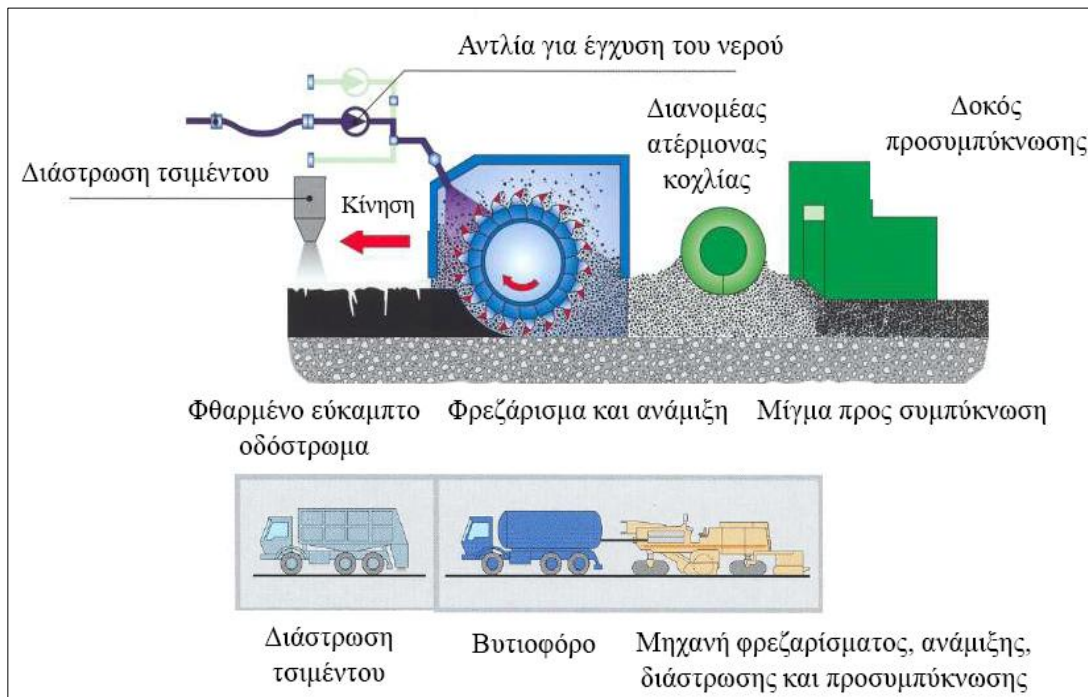


Εικ.15: Περιγραφή μεθόδου

Η ασυνεχής παρουσία του συνδετικού υλικού καθιστά τα μίγματα με αφρώδη άσφαλτο λιγότερο ευαίσθητα στις θερμοκρασιακές μεταβολές σε σύγκριση με τα συμβατικά εν θερμώ ασφαλτομίγματα. Παράλληλα έχει παρατηρηθεί ότι τα αφρώδη ασφαλτομίγματα έχουν μεγαλύτερη εφελκυστική αντοχή και μέτρο δυσκαμψίας από τα θερμά ασφαλτομίγματα για υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας (>30C°).

Μία άλλη σημαντική παράμετρος, που επηρεάζει κυρίως το μέτρο δυσκαμψίας και την ευστάθεια του μίγματος, είναι το ποσοστό του περιεχομένου νερού. Η διάρκεια συντήρησης / ωρίμανσης, και η μέθοδος συντήρησης/ωρίμανσης, των δοκιμίων αφρωδών ασφαλτομιγμάτων παίζουν

ρόλο στην τιμή του μέτρου δυσκαμψίας και της εφελκυστικής αντοχής, κυρίως όσον αφορά την εξάτμιση του νερού και την θερμοκρασία.



Εικ.16: Περιγραφή μεθόδου-Ανάμειξη με τσιμέντο

Τα αφρώδη ασφαλτομίγματα έχουν μηχανικά χαρακτηριστικά που μεταβάλλονται κάπου ανάμεσα σε αυτά των συμβατικών εν θερμώ ασφαλτομιγμάτων και των κατεργασμένων θραυστών αμμοχαλίκων. Τα μίγματα αυτά δεν έχουν πολλά χρόνια εφαρμογής και για αυτό το λόγο δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία εργαστηριακών δοκιμών κόπωσης.

Η τεχνική της αφρώδους ασφάλτου αναπτύχθηκε από τον καθ. Csanyi του Iowa State University (Csanyi, 1957). Η διαδικασία της παραγωγής της έχει σαν βασική αρχή την ανάμιξη θερμής ασφάλτου με ατμό. Η συγκεκριμένη τεχνολογία παρουσίασε μεγάλη ανάπτυξη τη δεκαετία του 1990 με την εμφάνιση τεχνολογικά βελτιωμένων μηχανημάτων ψυχρής ανακύκλωσης.



Εικόνα 17: Εφαρμογή τεχνικής ψυχρής ανακύκλωσης με αφρώδη άσφαλτο

Διεθνώς, υπάρχουν αρκετές αναφορές σχετικά με εργαστηριακές δοκιμές και κατασκευαστικά θέματα σχετικά με την εφαρμογή της αφρώδους ασφάλτου. Δεν υπάρχουν όμως πολλά στοιχεία για τη συμπεριφορά του υλικού επί τόπου, ενώ αυτά που μπορεί κανείς να βρει σχετίζονται κυρίως σε εφαρμογές σε δρόμους χαμηλών έως μέτριων κυκλοφοριακών φόρτων. Καθώς δεν υπάρχει αντίστοιχη εμπειρία στην Ελλάδα, αναφέρουμε ως πειραματικό παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου αυτής στο τμήμα του οδικού άξονα Αθήνα – Κόρινθος, στην περιοχή παράκαμψης δυλιστηρίων Κορίνθου.

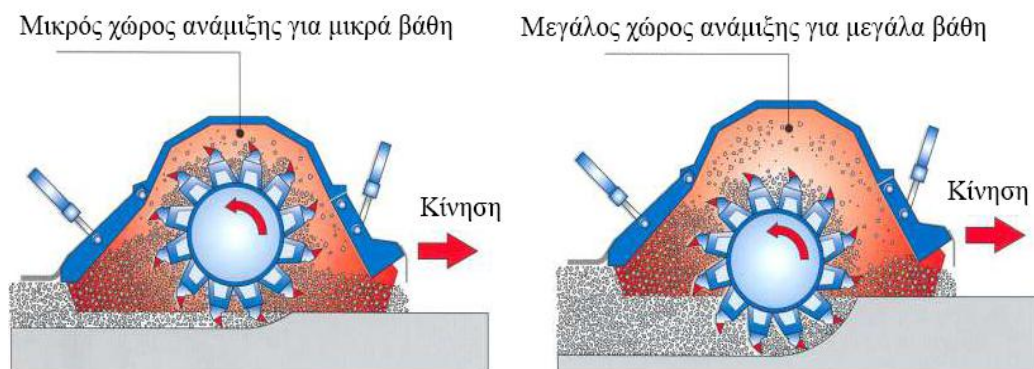
3.2 Εφαρμογή της μεθόδου

Η αποκατάσταση του οδοστρώματος, περιέλαβε αρχικά φρεζάρισμα της επιφάνειας του ασφαλτικού σε βάθος 9 cm και εφαρμογή της τεχνικής της ψυχρής ανακύκλωσης των ασφαλτικών στρώσεων και μέρους των στρώσεων με χρήση αφρώδους ασφάλτου σε βάθος 25 cm. Η ανακυκλωμένη στρώση παίζει το ρόλο της ασφαλτικής βάσης. Στη συνέχεια έγινε διάστρωση ισοπεδωτικής ασφαλτικής στρώσης ονομαστικού πάχους 5 cm και τέλος διάστρωση αντιολισθηρού ασφαλτοτάπητα ημιανοικτού τύπου πάχους 4 cm . Το ασφαλτόμιγμα του αντιολισθηρού ασφαλτοτάπητα ήταν κατάλληλα τροποποιημένο με πλαστομερές χημικό πρόσθετο, για την αποφυγή δημιουργίας παραμενουσών παραμορφώσεων στην επιφάνεια του οδοστρώματος.



Εικ. 18: Μηχανή απόξεσης επιφανείας οδοστρώματος

Η αξιολόγηση στηρίχθηκε κατά κύριο λόγο σε επί τόπου μμετρήσεις και καταγραφές με το σύστημα Μη Καταστρεπτικών Δοκιμών (Not Destructive Tests: NDT) του ΕΜΠ. Στο σύστημα περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων το Παραμορφωσίμετρο Πίπτοντος Βάρους, γνωστό ως Falling Weight Deflectometer (FWD), που αποτελεί τη βασικότερη μονάδα αξιολόγησης της δομικής κατάστασης του οδοστρώματος και με το οποίο έγιναν καταγραφές ελαστικών υποχωρήσεων. Για την ανάλυση της στρωματογραφίας των οδοστρωμάτων και την εκτίμηση των παχών των στρώσεων των επί μέρους πιλοτικών τμημάτων εφαρμόστηκε το σύστημα Αποτίμησης της Στρωματογραφίας Ground Penetrating Radar (GPR).



Εικ. 19: Λειτουργίες- δυνατότητες του μηχανήματος

Όλες οι μετρήσεις και καταγραφές αναλύθηκαν με χρήση κατάλληλων λογισμικών, που επίσης αποτελούν μέρος του συστήματος.

Επί πλέον, έγιναν μετρήσεις θερμοκρασίας αέρα, στην επιφάνεια και στο σώμα των ασφαλτικών στρώσεων, καθώς αποκοπή πυρήνων, για την εκτίμηση των παχών των επί μέρους στρώσεων και για περαιτέρω αναλύσεις και εργαστηριακές δοκιμές.

3.3 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Τα μέσα πάχη των ασφαλικών στρώσεων βρέθηκαν μεγαλύτερα από το συνολικό πάχος των 9 cm που προβλεπόταν για εφαρμογή στο υπόψη πιλοτικό έργο. Αναφορικά με το πάχος των στρώσεων «foamed asphalt», από τα στοιχεία των αναλύσεων δεν διαπιστώθηκαν ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις, ως προς το προβλεπόμενο πάχος των 25 cm.

Με βάση τους δείκτες κατάστασης του οδοστρώματος, η δομική κατάσταση του οδοστρώματος παρουσίασε σημαντική ανομοιομορφία κατά το στάδιο της κατασκευής. Κατά τις επόμενες όμως φάσεις μετρήσεων (6 μήνες και ένα έτος περίπου από την κατασκευή) παρατηρήθηκε βελτίωση, μεγαλύτερη ομοιομορφία και τάση σταθεροποίησης της δομικής κατάστασης του οδοστρώματος.

Κατά το στάδιο της κατασκευής τα μέτρα ελαστικότητας του ανακυκλωμένου υλικού δεν ήταν ιδιαίτερα υψηλά, με συνέπεια τη μεγαλύτερη επιπόνηση των νέων ασφαλικών στρώσεων από τα φορτία της κυκλοφορίας. Κατά τις δύο τελευταίες φάσεις μετρήσεων (6 μήνες και ένα έτος περίπου από την κατασκευή) οι τιμές του σύνθετου μέτρου δυσκαμψίας (ασφαλικών στρώσεων και της στρώσης «foamed asphalt») παρουσίασε τιμές σημαντικά υψηλότερες από αυτές που ελήφθησαν υπόψη κατά τους υπολογισμούς της μελέτης.

Με βάση τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής (ασφαλικές στρώσεις, στρώση ανακυκλωμένου υλικού), σε συνδυασμό με τα πάχη των στρώσεων αυτών, όπως προσδιορίστηκαν ή/ και εκτιμήθηκαν, διαπιστώθηκε - σε γενικές γραμμές- υπερκορεσμός των στοιχείων που ελήφθησαν υπόψη κατά τη μελέτη για την αποκατάσταση του οδοστρώματος.

Δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία ή πληροφορίες για τον τρόπο εξέλιξης και τη συμπεριφορά του υλικού της αφρώδους ασφάλτου (foamed asphalt) σε βάθος χρόνου λειτουργίας, ιδιαίτερα σε οδούς μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου. Διεθνώς η έρευνα είναι σε πλήρη εξέλιξη και τα συγκεράσματα που προκύπτουν μπορούν να χαρακτηριστούν ως ενθαρρυντικά για την εφαρμογή της υπόψη τεχνικής. Πλην όμως, κρίνεται ως απαραίτητη η περαιτέρω παρακολούθηση - κυρίως επί τόπου- της συμπεριφοράς του ανακυκλωμένου υλικού και κατ' επέκταση του συνόλου του οδοστρώματος.

Επισυνάπτεται η **τεχνική οδηγία – προσωρινή προδιαγραφή** για την ανακατασκευή βάσεων οδοστρωσίας με ψυχρή ανακύκλωση οδοστρωμάτων και προσθήκη αφρώδους ασφάλτου και άλλων σταθεροποιητών, όπως ψηφίστηκε και δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα της Κυβερνήσεως στις 12 Αυγούστου του έτους 2009.

3.3.1 Πλεονεκτήματα μεθόδου

1. Επιφέρει σημαντική δομική βελτίωση.
2. Μπορούν να επισκευασθούν όλοι οι τύποι φθορών του οδοστρώματος.
3. Απαιτεί μικρές μόνο ποσότητες των νέων οικοδομικών υλικών, η οποία εξοικονομεί πολύτιμους φυσικούς πόρους και μειώνει σημαντικά τον αριθμό των μεταφορών στο εργοτάξιο.
4. Εξοικονομεί ενέργεια, καθώς τα υλικά κατασκευής δεν απαιτούν θέρμανση.
5. Γρήγορη ολοκλήρωση, μικρές ποσότητες που απαιτούνται νέου υλικού και ο μικρός αριθμός των μεταφορών καθιστά την ψυχρή ανακύκλωση μια οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο για την βελτίωση της φέρουσας ικανότητας των κατεστραμμένων τμημάτων της οδού.
6. Η ψυχρή ανακύκλωση απαιτεί μόνο ένα μικρό εργατικό δυναμικό, καθώς τα περισσότερα βήματα εργασίας εκτελούνται από έναν μόνο υπολογιστή με αποτέλεσμα πολύ χαμηλό εργατικό κόστος.
7. Η γρήγορη ολοκλήρωση των έργων της ψυχρής ανακύκλωσης ελαχιστοποιεί τις διακοπές της κυκλοφορίας και μειώνει τον κίνδυνο ατυχημάτων στο χώρο εργασίας.

(Wirtgen Group, Ανακύκλωση ασφαλτικού οδοστρώματος σε Κεντρική Εγκατάσταση.)

3.3.2 Μειονεκτήματα μεθόδου

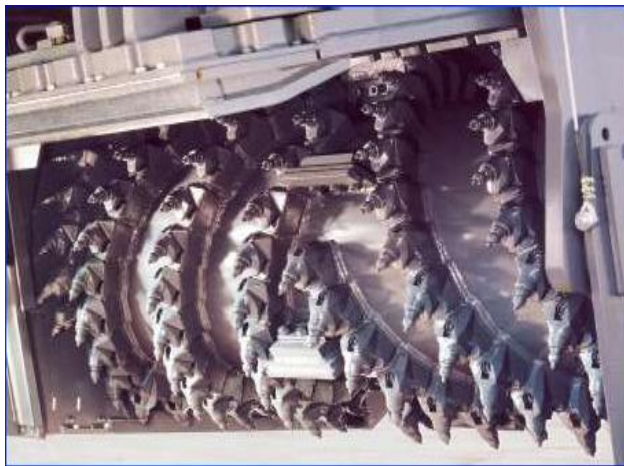
1. Απαιτείται κάποια χρονική περίοδος για να επιτευχθεί η αντοχή του οδοστρώματος
2. Η ανάπτυξη της αντοχής και η διαδικασία κατασκευής είναι ευαίσθητες στις κλιματικές συνθήκες περιλαμβανομένων της θερμοκρασίας και της υγρασίας.
3. Ο ποιοτικός έλεγχος για εργασίες επι τόπου δεν είναι τόσο καλός όσο για εργασίες που γίνονται σε μόνιμη εγκατάσταση.



Εικ. 20: Διεργασίες κατά την ανακύκλωση του οδοστρώματος



Εικ. 21: Επίξεση επιφανειακής στρώσης οδοστρώματος



Εικ. 22: Μηχανές επίξεσης

3.4 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τη συγκεκριμένη μέθοδο ανακύκλωσης είναι:

1. Διάφορες τεχνικές ανακύκλωσης μπορούν να ακολουθηθούν για να αποκατασταθεί ένα οδόστρωμα κερδίζοντας σε κόστος και ενέργεια
2. Για την αποκατάσταση των αυτοκινητοδρόμων το σημαντικότερο ενεργειακό κόστος έγκειται στην ενέργεια που απαιτείται για την μεταφορά και την κατασκευή.
3. Η επί τόπου ανακύκλωση εν ψυχρώ προσφέρει την μεγαλύτερη δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικ. 23: Εργασίες επί του οδοστρώματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η τεχνολογία της ανακύκλωσης του σκυροδέματος στον ελληνικό χώρο συγκριτικά με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές και όχι μόνο χώρες , θα μπορούσαμε να πούμε πως στερείται ανάπτυξης και καινοτομίας καθώς το ερευνητικό υπόβαθρο για περαιτέρω μελέτες και δοκιμές δεν επαρκεί.

Η Ελλάδα έχει χάσει έδαφος στην αξιοποίηση παραπροϊόντων της βιομηχανίας της, που αντί να ανακυκλώνονται, όπως ορίζει η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (στόχος της έως το 2020 να απορροφάται το 70%), καταλήγουν σε ρέματα, κοίτες χειμάρρων, βοσκοτόπια και δάση. Υπάρχει ισχυρό περιβαλλοντικό και κοινωνικό κίνητρο για την απορρόφηση βιομηχανικών αποβλήτων από την κατασκευαστική βιομηχανία.

Ωστόσο, έρευνες έδειξαν ότι το σκυρόδεμα μπορεί να γίνει ισχυρότερο και αποδοτικότερο με την προσθήκη ιπτάμενης τέφρας, της σκωρίας από τον φλοιό του ρυζιού, ανακυκλωμένων τούβλων ή ακόμα και ανακυκλωμένου ελαστικού όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω.

4.1 Ανακύκλωση σκυροδέματος με ιπτάμενη τέφρα

Δεν αποτελεί είδηση πως η σημασία των τεφρών στον χώρο των δομικών υλικών γενικότερα και του τσιμέντου και σκυροδέματος ειδικότερα, έγκειται στο γεγονός ότι αυτές, ανάλογα με την προέλευση τους και τα εγγενή τους χαρακτηριστικά, εκδηλώνουν όχι μόνο ποζολανικές αλλά και υδραυλικές ιδιότητες. Η εκδήλωση των ιδιοτήτων αυτών (που συχνά συμβαίνει ταυτόχρονα) είναι καθοριστική για την θετική συμβολή και των Ελληνικών τεφρών σε δομικά συστήματα, όχι μόνο για την ομαλή ανάπτυξη αντοχών του τελικού προϊόντος, αλλά επιπλέον και προς ενίσχυση της δυνατότητας αυτού να αντισταθεί σε επίθεση εξωτερικών επιθετικών μέσων.

4.1.1. Εφαρμογή – Δοκιμές

Ανεξαρτήτως προέλευσης, τα χλωριόντα που έρχονται σε επαφή με το σκυρόδεμα, θα επιτεθούν στον σιδηροπλισμό προκαλώντας - αργά ή και γρηγορότερα διάβρωση. Ουσιαστικά, ένα ηλεκτρολυτικό κελί δημιουργείται στην μάζα του σκυροδέματος ανάμεσα στον οπλισμό και το διάλυμα των πόρων (pore solution), με τα Fe^{3+} από την παθητική ζώνη να περνούν στο διάλυμα, ενώ τα ηλεκτρόνια κινούνται κατά μήκος της μπάρας του αποτελεί τον οπλισμό. Εκεί ενώνονται προς ανασχηματισμό του $Fe(OH)_3$. Η διάβρωση που συμβαίνει στην άνοδο οδηγεί στην απώλεια τμημάτων του σιδηροπλισμού και εν τέλει μπορεί να οδηγήσει στην αστοχία του υλικού. (Στυλιανός Αντίοχος, Εργαστήριο Ανόργανης & Αναλυτικής Χημείας ΕΜΠ).

Στα πλαίσια της εργασίας διερευνήθηκε - επίπεδο σκυροδέματος - η αντίσταση απέναντι σε εξωτερική επίθεση χλωριόντων. Για την γενικότερη επίδραση της ιπτάμενης τέφρας αξίζει να επισημανθεί πως η αντίσταση ενός

ποζολανικού σκυροδέματος θεωρείται άμεσα συσχετισμένη με την μικροδομή και την δεσμευτική ικανότητα αυτού με τον χρόνο. Επιλέχθηκε η σημαντική συμμετοχή ιπτάμενης τέφρας στα δοκίμια που εξετάστηκαν προκειμένου να είναι πιο εμφανής η επίδραση του είδους της ποζολάνης στην συμπεριφορά του τελικού προϊόντος. Έμφαση δίνεται στο είδος της δοκιμής ενώ η εξέλιξη των θλιπτικών αντοχών συμπληρώνει την αξιολόγηση των σκυροδεμάτων που παρασκευάστηκαν.

4.1.2 Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της εργασίας, μετρήθηκε η μηχανική ικανότητα σύνθετου σκυροδέματος με διαφορετικής προέλευσης Ελληνικές τέφρες καθώς και η αντίσταση του απέναντι σε επίθεση χλωριόντων. Τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν συνοψίζονται ως εξής:

1. Σχετικά με την εξέλιξη των θλιπτικών αντοχών για τα δοκίμια ποζολανικού σκυροδέματος διαπιστώθηκε πως ενώ υστερούν των τιμών των δοκιμίων αναφοράς από το τέλος της πρώτης εβδομάδας και έπειτα, αναπτύσσουν γρηγορότερα αντοχές. Σε αυτό το στάδιο, η ασβεστιτική τέφρα T_F αποδίδει καλύτερα από την πυριτική T_M ως συνέπεια του πλεονάσματος ενεργού CaO που διαθέτει. Με την εξέλιξη της ενυδάτωσης παρατηρείται σημαντική αύξηση των αντοχών των ποζολανικών συστημάτων, τα οποία είτε προσεγγίζουν τις τιμές των δοκιμίων αναφοράς είτε τις ξεπερνούν. Σε αυτήν την ηλικία, η T_F παραμένει η πιο αποδοτική τέφρα ιδιαίτερα στα δοκίμια που παρασκευάστηκαν με χαμηλό λόγο W/Cm .
2. Διαπιστώθηκε πολύ ικανοποιητική επίδοση και των δύο τύπων τεφρών σε σχέση με το μετρούμενο ηλεκτρικό φορτίο που διήλθε από τα δοκίμια. Τα τεφρό-σκυροδέματα επιτρέπουν την διέλευση μικρότερου φορτίου από το

δοκίμιο αναφοράς ανεξάρτητα από τον λόγο w/Cm που χρησιμοποιήθηκε κατά την προετοιμασία των δοκιμίων.

3. Σύμφωνα με την επίσημη κατάταξη κατά ASTM C1202, τα ποζολανικά σκυροδέματα εμφανίζουν πολύ χαμηλή (για 30% προσθήκη) και χαμηλή (για 40%) διαπερατότητα στην διείσδυση χλωριόντων, την στιγμή που τα δοκίμια χωρίς ποζολάνη χαρακτηρίζονται από μέτρια (για χαμηλό λόγο w/Cm) έως και υψηλή διαπερατότητα στην επίθεση του ίδιου μέσου. Η προσθήκη της ασβεστόχου T_F επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα από ότι τα δοκίμια με την πυριτική τέφρα από την Μεγαλόπολη.
4. Με βάση τα αποτελέσματα της δοκιμής NordTest 443, διαπιστώθηκε πως τα δοκίμια που περιέχουν ποζολάνη εμφανίζουν σημαντικά μικρότερη συγκέντρωση χλωριόντων σε όλα τα εξεταζόμενα βάθη από την επιφάνεια του σκυροδέματος. Η μείωση της συγκέντρωσης των χλωριόντων αυξάνεται κατά βάθος του δοκιμίου, γεγονός που δεικνύει πως η διείσδυση του επιθετικού μέσου δεν συνεχίζει πέρα από τα πρώτα στρώματα. Εκφράζοντας τα αποτελέσματα σε απόλυτες τιμές, παρατηρείται πως όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα του σκυροδέματος σε τέφρα, το περιεχόμενο κάθε στρώματος σε χλωρίοντα μειώνεται.
5. Στην περίπτωση των σκυροδεμάτων με την τέφρα Μεγαλόπολης, η συμμετοχή της τέφρας δεν επιφέρει βελτίωση του προφίλ αντίστασης του σκυροδέματος τουλάχιστον όσον αφορά τα πλησιέστερα στην επιφάνεια των δοκιμίων στρώματα

Συνεπώς, αξιοποιώντας ένα βιομηχανικό παραπροϊόν την ιπτάμενη τέφρα που παράγεται από τις καύσεις του λιγνίτη στα ατμοηλεκτρικά εργοστάσια, κατασκευαστές και επιστήμονες δημιούργησαν ένα υψηλής αντοχής ειδικό σκυρόδεμα. (<http://www.kathimerini.gr>)

Τρανό παράδειγμα της ήδη εφαρμοσμένης αυτής ανακάλυψης αποτελεί το εξαιρετικά κατασκευασμένο από τέφρα φράγμα, Πλατανόβρυσης στο ποταμό Νέστο.



Εικόνες 24 : Φράγμα Πλατανόβρυσης ποταμού Νέστου.

4.2 Ανακύκλωση σκυροδέματος με ρύζι

Πέρα από τα ευρέως γνωστά υλικά (ιπτάμενη τέφρα, κτλ.) που η έρευνα έχει καταδείξει ως αποτελεσματικούς μερικούς υποκαταστάτες του τσιμέντου, στα πλαίσια του προγράμματος "Ανταγωνιστικότητα" της ΓΓΕΤ αξιολογήθηκε η τέφρα φλοιού ρυζιού (ΤΦΡ) που παράγεται στις εγκαταστάσεις της βιομηχανίας Agrino. Η εργασία κινείται πλέον του χαρακτηρισμού του Ελληνικού παραπροϊόντος και παρουσιάζει αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την ενσωμάτωση του στο σκυρόδεμα χρησιμοποιώντας δοκιμές που σχετίζονται με την επιρροή του παραπροϊόντος στην μηχανική συμπεριφορά, την ανθεκτικότητα σε επίθεση χλωριόντων αυτού, ενώ υπολογίζονται οι συντελεστές αποδοτικότητας (k-values) για κάθε σύστημα που αξιολογήθηκε.

Επιπλέον, παρουσιάζονται τα κυριότερα ευρήματα από συγκριτική τεχνοοικονομική μελέτη με στόχο την διερεύνηση εφικτότητας και βιωσιμότητας ανάπτυξης μιας μονάδας εκμετάλλευσης της RHA και τέλος σκιαγραφείται το επιχειρηματικό σχέδιο εκμετάλλευσης της νέας τεχνογνωσίας.(Εργαστήριο Ανόργανης & Αναλυτικής Χημείας, ΕΜΠ, Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικ. Πόρ).

4.2.1 Εφαρμογή

Η τέφρα φλοιών ρυζιού (ΤΦΡ ή rice husk ash: RHA) είναι το στερεό υπόλοιπο της καύσης των φλοιών ρυζιού, διεργασία η οποία γίνεται από την γεωργική βιομηχανία για ενεργειακούς λόγους (παραγωγή θερμότητας, ατμού, ηλεκτρικής ενέργειας). Η RHA έχει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία την καθιστούν πολύ ελκυστική για αξιοποίηση σε πολλούς βιομηχανικούς τομείς. Στα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, η λεπτότητά της και η περιεκτικότητά της σε άμορφο πυρίτιο. Βασικό της μειονέκτημα είναι η σχετικά υψηλή απώλεια πύρωσης, η οποία σε μεγάλο ποσοστό οφείλεται σε άκαυστο άνθρακα, που κυμαίνεται μεταξύ 6-20%. Πέρα από την χρήση της στο τσιμέντο, η δυνατότητα χρησιμοποίησης της RHA στην παραγωγή σκυροδέματος ως απ' ευθείας ενεργός προσθήκη έχει επίσης εξεταστεί.

Η δυνατότητα αυτή είναι εφικτή (και βιώσιμη) όπως πιστοποιήθηκε από τα αποτελέσματα σχετικής έρευνας κατά την οποία κοκκομετρικά κλάσματα RHA προστέθηκαν σε συστήματα σκυροδέματος (σε σημαντικά ποσοστά από 10-30% κατά βάρος τσιμέντου) με τις αντοχές αυτών να αγγίζουν τα 70 MPa.

Σε άλλη προσπάθεια, νέα τεχνολογία βασισμένη σε Torbed αντιδραστήρα χρησιμοποιήθηκε προς παραγωγή υψηλής ενεργότητας RHA με σαφώς λιγότερο άκαυστο άνθρακα. Η παραγόμενη με τον τρόπο αυτό RHA απαιτεί λιγότερο χρόνο άλεσης από την τέφρα που προέρχεται από την συνήθη διαδικασία χωρίς παράλληλα να οδηγεί σε αύξηση της απαίτησης σε νερό και ρευστοποιητή για το αντίστοιχο σκυροδέμα. Διαπιστώθηκε πως η RHA αύξησε δραστικά την θλιπτική αντοχή του σύνθετου σκυροδέματος σε βαθμό έως και 40% στις 56 ημέρες και κατά συνέπεια βρέθηκε ανώτερο (και οικονομικότερο) του αντίστοιχου σκυροδέματος με SF.

Δεδομένου πως η κύρια πρόκληση που αντιμετωπίζει σήμερα ο κλάδος της κατασκευής είναι να ισορροπήσει την απαίτηση για προστασία του περιβάλλοντος με την ανάγκη για οικονομία και αναβαθμισμένη ποιότητα, εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα της RHA σε διάφορα συστήμα σκυροδέματος, μέσα από συγκριτική αντιπαράθεση με το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται με συμβατικές πρώτες ύλες. Στα πλαίσια της εργασίας εξετάστηκαν και αναλύονται στις ενότητες που ακολουθούν:

- Η παραγωγή σκυροδέματος με χρησιμοποίηση RHA ως τέταρτου συστατικού
- Η αξιολόγηση ιδιοτήτων νωπού και σκληρυσμένου σκυροδέματος
- Η ανθεκτικότητα σκυροδέματος με RHA απέναντι στην επίθεση χλωριόντων
- Η αξιολόγηση της Ελληνικής RHA μέσω της έννοιας του συντελεστή αποδοτικότητας (k-value)

Επιπλέον, παρουσιάζονται τα κυριότερα ευρήματα από συγκριτική τεχνοοικονομική μελέτη με στόχο την διερεύνηση εφικτότητας και βιωσιμότητας ανάπτυξης μιας μονάδας εκμετάλλευσης της RHA και τέλος σκιαγραφείται το επιχειρηματικό σχέδιο εκμετάλλευσης της νέας τεχνογνωσίας.

4.2.2 Συμπεράσματα

Μετά από μία εντελώς ελεγχόμενη συμπληρωματική άλεση, η προσθήκη Ελληνικής RHA στο σκυρόδεμα έδωσε τιμές μηχανικών ιδιοτήτων και αντίστασης σε επίθεση χλωριόντων που δικαιολογούν την πολύ καλή ποζολανική συμπεριφορά της RHA που εκτιμάται καλύτερη από αυτή των ιπταμένων τερφρών. Ειδικά τα εντυπωσιακά αποτελέσματα που προκύπτουν από την υποκατάσταση αδρανών με RHA σε σκυροδέματα, δικαιολογούν την ανάπτυξη του σκυροδέματος υψηλών αντοχών για εξειδικευμένες χρήσεις, ως

ένα νέο δομικό υλικό. Η παρατήρηση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία, καθόσον θεαματικότερη συμπεριφορά στα μηχανικά χαρακτηριστικά, σίγουρα θα προδιέθετε διαφορετικά τους βασικούς εν δυνάμει χρήστες του υλικού (όπως είναι οι τσιμεντοβιομηχανίες) οι οποίες και θα παρέβλεπαν το βασικό μειονέκτημα του υλικού που, σίγουρα, δεν είναι η ποιότητα του, αλλά το περιορισμένο της παραγωγής του. Όντως ποσότητες RHA της τάξης των 500 τόνων ετησίως, που εκτιμάται ότι είναι η συνολική παραγωγή της AGRINO, θεωρούνται αμελητέες για ενσωμάτωση του υλικού στην συνηθισμένη παραγωγή της τσιμεντοβιομηχανίας. Επιπροσθέτως η εντυπωσιακή βελτίωση που έδειξε η ΤΦΡ με ελεγχόμενη άλεση οδηγεί στο αβίαστο συμπέρασμα ότι περαιτέρω άλεση η οποία, όπως επισημάνθηκε, δεν θα είναι ενεργειοβόρος (δεδομένου ότι η ΤΦΡ αλέθεται πολύ εύκολα), θα οδηγήσει σε περισσότερα εντυπωσιακά αποτελέσματα.

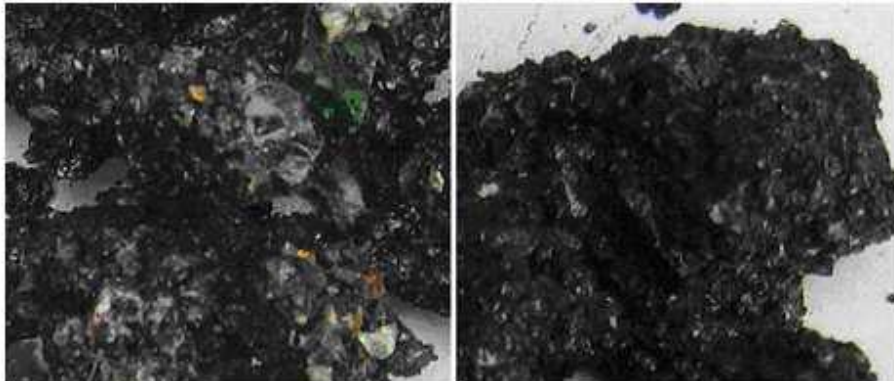
4.3 Ανακύκλωση σκυροδέματος με ίνες υάλου

Μία επίσης απροσδόκητη ιδέα είναι αυτή της εφαρμογής ίνας υάλου στη ενίσχυση της αντοχής του σκυροδέματος. Έρευνες στο εξωτερικό έδειξαν πως η ίνα υάλου είναι ένας τύπος ενδυνάμωσης του οπλισμένου σκυροδέματος.

Αρχικά, προκαλεί πρόωρη μείωση της δύναμης του σκυροδέματος, λόγω της ικανότητας του αλκαλίου να αντιδρά άμεσα με τη κόλλα του τσιμέντου. Η ενίσχυση του αλκαλίου παρέμεινε ίδια όταν παρήγαν μακροπρόθεσμα, αποτελέσματα καθώς παρατηρήθηκαν και άλλες απώλειες δυναμικών τάσεων.

Καλύτερης διάρκειας αποτελέσματα παρατηρήθηκαν όταν η ίνα του υάλου χρησιμοποιήθηκε σε μίξη με αλκαλικό τσιμέντο. (www.worldlingo.com)

Η συγκεκριμένη ίνα υάλου με τσιμέντο χρησιμοποιείται κυρίως σε εξωτερικές εργασίες, στις όψεις των κτηρίων αλλά και σαν αρχιτεκτονικό προκατασκευαστικό σκυρόδεμα. Αυτό το υλικό είναι πολύ καλό στο να δίνει μορφές στις όψεις των κτηρίων καθώς είναι πιο πυκνό από τον χάλυβα.



Εικ.25: Δείγμα ασφάλτου με γυαλί

Προτείνουμε έτσι την περαιτέρω έρευνα της συγκεκριμένης καινοτομίας καθώς θα μπορούσε να αποτελέσει ισχυρό κίνητρο για την εφαρμογή της και στην ανακύκλωση του σκυροδέματος των οδών.

4.4 Ανακύκλωση σκυροδέματος με ανακυκλωμένα τούβλα

Τις τελευταίες δεκαετίες, είναι γενικά παραδεκτό ότι τα απόβλητα των εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων αυξάνονται, γεγονός που καθιστά επιβεβλημένη την ορθολογιστική διαχείρισή τους. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αναθεώρησε την οδηγία για την ανακύκλωση εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων, προκειμένου να πραγματοποιείται σε ποσοστό έως 70%, μέχρι το 2020.

4.4.1 Εφαρμογή

Διερευνάται η χρήση τούβλων τα οποία προέρχονται από κατεδαφίσεις οικοδομών, σαν αδρανή υλικά για την παραγωγή σκυροδέματος. Τα θραυσμένα τούβλα σαν αδρανή έχουν ξεχωριστό ενδιαφέρον, δεδομένου ότι μπορούν να συνεισφέρουν αποφασιστικά στη μείωση των οικοδομικών αποβλήτων και ταυτόχρονα να εξοικονομήσουν υλικά από φυσικές πηγές.

Υπάρχουν βέβαια κάποια εμπόδια για τη χρήση των ανακυκλωμένων τούβλων σαν αδρανή, όπως οι υψηλές απορροφητικότητες, η συστολή ξήρανσης του σκυροδέματος και η έλλειψη γνώσης από τη χρήση τους.



Εικ 26: Οικοδομικό τούβλο.

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αντιστοιχούν περίπου 480 κιλά οικοδομικών αποβλήτων ανά κάτοικο. Στην Ελλάδα, μεγάλο μέρος οικοδομικών αποβλήτων οδηγείται ανεξέλεγκτα σε ρέματα και δασικές εκτάσεις, ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις ένα ποσοστό της τάξης του 0,5%, ανακυκλώνεται.



Η πρώτη χρήση σπασμένων τούβλων σαν αδρανή σκυροδέματος αναφέρεται στην Γερμανία το 1860, αλλά η πρώτη σημαντική χρήση σπασμένων τούβλων σαν αδρανή σκυροδέματος, καταγράφεται κατά την ανοικοδόμηση μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο.

Ο στόχος είναι, η αντικατάσταση σε διάφορα ποσοστά των ασβεστολιθικών αδρανών από ανακυκλωμένα τούβλα και η μελέτη των χαρακτηριστικών του σκυροδέματος σε φρέσκια και σκληρυμένη μορφή. (Σπυράγγελος Λυκούδης, Προϊστάμενος Εργαστηρίου ΠΥΘ, Εγνατία Οδός Α.Ε.).

4.4.2 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τον Κ-Τ.Σ.-97, ο Δείκτης σε Τριβή και Απότριψη (L.A.=69), είναι απαγορευτικός για την παραγωγή σκυροδέματος. Επίσης ο τρόπος παραγωγής αδρανών που ακολουθήθηκε στην έρευνα, παρήγαγε αδρανή με υψηλό Δείκτη Πλακοειδούς. Παρόλα αυτά και δεδομένης της υψηλής απορροφητικότητας των Αδρανών των τούβλων, υπάρχει μεγάλη απώλεια της κάθισης σε μικρό χρονικό διάστημα.

Αντίστοιχα, προκειμένου να παραχθεί σκυρόδεμα ισοδύναμης κάθισης είναι απαραίτητη η προσθήκη ρευστοποιητή, γεγονός που ανεβάζει το κόστος. Δεδομένου ότι η απορροφητικότητα των τούβλων είναι μεγαλύτερη από των συμβατικών αδρανών, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μέτρησης της συρρίκνωσης του σκυροδέματος. Επίσης, πρέπει να πραγματοποιηθούν μετρήσεις Ανθεκτικότητας στο χρόνο (Durability).

Σε γενικές γραμμές, η εργασία επιβεβαιώνει τις βιβλιογραφικές παραπομπές όπου τα θραυστά τούβλα μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά αδρανή σε ένα σημαντικό ποσοστό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ανακύκλωση των οδοστρωμάτων έχει πολλά πλεονεκτήματα. Θα έπρεπε με την αυξημένη ευαισθησία για το περιβάλλον κυρίως, τους αυστηρότερους περιβαλλοντικούς νόμους και την προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί το κόστος της κατασκευής, να αποτελεί αναγκαιότητα και καθήκον.

Είναι χαρακτηριστικό ότι σε χώρες του εξωτερικού έχουν ανακατασκευασθεί με την εφαρμογή μεθόδου της ανακύκλωσης των υλικών εκατομμύρια χιλιόμετρα οδικού δικτύου ενώ στη χώρα μας μόλις λίγα χιλιόμετρα. Η υστέρηση αυτή συμβαίνει γιατί δεν υπάρχουν προδιαγραφές για τις κατασκευές που αφορούν την οδική υποδομή ενώ αντίθετα στα οικοδομικά έργα έχει αρχίσει να ενσωματώνεται η περιβαλλοντική μέριμνα στις προδιαγραφές των κατασκευών με πρόσφατο παράδειγμα το υπό τελική έκδοση Π.Δ. για την υποχρεωτική ανακύκλωση των οικοδομικών υλικών.

Ωστόσο, παρόλο που με απόφαση του υπουργού του Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε έχει πρόσφατα(12-8-2009) ψηφιστεί η τεχνική οδηγία – προσωρινή προδιαγραφή για την ανακατασκευή των βάσεων οδοστρωσίας με ψυχρή ανακύκλωση των οδοστρωμάτων και προσθήκη αφρώδους ασφάλτου ή άλλων σταθεροποιητών, μπορούμε να πούμε ο βαθμός εφαρμογής της δεν ανταποκρίνεται στο βαθμό που θα έπρεπε.

Αυτό συμβαίνει λόγω ελλείψεως κινήτρων για τους αναδόχους εργολάβους να ανακατασκευάσουν ένα δρόμο όπου οι τιμές των τιμολογίων των εργασιών είναι ασύμφορες κα χαμηλές για την αξία της χρησιμότητας τους. Έτσι κανείς δεν θα ήθελε να αναλάβει το ρίσκο ανακατασκευής του οδοστρώματος με μία έστω χαμηλή έκπτωση την στιγμή που η μέθοδος ακόμα δοκιμάζεται στα εδάφη μας και που η τιμολόγηση της δεν προσελκύει το ενδιαφέρον.

Συμπεραίνουμε, πως με την νέα τεχνολογία της ανακύκλωσης των οδοστρωμάτων εξασφαλίζονται οικονομικά οφέλη, μείωση της ενεργειακής απαίτησης, επαναχρησιμοποίηση άχρηστων υλικών, προστασία και σεβασμός στο περιβάλλον, έτσι ώστε να μην αποτελεί μόνο υποχρέωση στη φύση αλλά και μία κερδοφόρο επιχείρηση.

Προτείνουμε λοιπόν τις εξής ιδέες και τρόπους που θα αξιοποιούσαν την παραπάνω μέθοδο και θα την καθιστούσαν ανταγωνίσιμη, περισσότερο συμφέρουσα για όλους, καθώς ευκαιρία νοικοκυρέματος των ανεπαρκών οδικών υποδομών στη χώρα μας:

- Ø Υποχρεωτική εφαρμογή της μεθόδου με αρμόδιο προεδρικό διάταγμα σε κομμάτια εθνικού οδικού ή και επαρχιακού δικτύου όπου κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή της.
- Ø Τον δელεασμό για την εφαρμογή της μεθόδου αυξάνοντας την τιμή του τιμολογίου της ή αυτοχρηματοδότηση έργων που την περιλαμβάνουν, αυξάνοντας έτσι την ανταγωνιστικότητα σε σχέση με πρόχειρες επισκευές και κατασκευές των φθορών, αφού είναι μεγαλύτερο το όφελος για τον ανάδοχο.
- Ø Οργάνωση σεμιναρίων – ημερίδων από όλα τα τεχνικά επιμελητήρια της χώρας όπου νέοι μηχανικοί αλλά και μηχανικοί με περισσότερη εμπειρία, να μπορούν να ενημερωθούν πληρέστερα για την μέθοδο της ανακύκλωσης στα οδοστρώματα, τις κατηγορίες αυτής , καθώς και για πιθανές εξελίξεις επί της ήδη υπάρχουσας μεθόδου.
- Ø Δημιουργία ειδικών κλιμακίων τα οποία θα ελέγχουν-συμβουλεύουν τις εργασίες για την πιστή εφαρμογή των απαιτήσεων της μεθόδου.
- Ø Διακανονισμός των φορολογικών θεμάτων προκειμένου η φορολόγηση των αναδόχων να μην αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την εφαρμογή της ανακύκλωσης.

Ø Χρηματοδότηση ερευνητικών ομάδων εργαστηρίων των πανεπιστημίων κ των τεχνολογικών ιδρυμάτων, προκειμένου με συνεχή έρευνα κ δοκιμές να αξιοποιούνται υλικά που θα μπορούσαν να βελτιώσουν περαιτέρω τα συστατικά τη ασφάλτου ή του σκυροδέματος προς ανακύκλωση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τεχνική οδηγία – Προσωρινή Προδιαγραφή:

« Ανακατασκευή βάσεων οδοστρωσίας με ψυχρή ανακύκλωση οδοστρωμάτων και προσθήκη αφρώδους ασφάλτου και άλλων σταθεροποιητών »

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Οδοποιία, Ιωάννη Σκίζα, Τοπογράφου Μηχανικού Αθήνα 1994.
2. Στοιχεία Οδοποιίας, Ιωάννης Κοφίτσας ,Δρ Μηχ Ε.Μ.Π, Εκδόσεις ,199 .
3. Αρχές Σχεδιασμού Οδοστρωμάτων, Δεύτερη Αμερικάνικη Έκδοση, Yoder Witzac.
4. Ανακύκλωση Ασφαλτικών Οδοστρωμάτων σε Κεντρική Εγκατάσταση, Παρθένος Π. Ε.Μ.Π-Τ.Μ 1986.
5. Ανακύκλωση Ασφαλτικών Υλικών, Ράλλης Χ, Χονδροκωστας Χ,1984,Τομέας Συγκοινωνιακών και Υδραυλικών Έργων.
6. Οδοστρώματα, Χαραλάμπου Παντ. Φραντζή, Ξάνθη 1984.
7. Τ.Ε.Ε/Τμήμα Δυτικής Ελλάδας, Τεύχος 13,Σεπτέμβριος 1992.

Διευθύνσεις στο internet

www.worldligno.com

www.wirtgengroup.com

www.tee.gr

www.econews.gr

www.MQN.gr