

## **ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΠΟΛΥ ΛΕ- ΠΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ**

Αθ. Νικολαΐδης, Καθηγητής ΑΠΘ  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,  
Τομέας Μεταφορών & Διαχείρισης Έργων, Εργαστήριο Οδοποιίας ΑΠΘ  
E-mail: anik@civil.auth.gr

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η αντιολισθηρή ικανότητα της επιφανειακής στρώσης είναι πρωταρχικής σημασίας σε ένα οδόστρωμα, δεδομένου ότι σχετίζεται άμεσα με την ασφάλεια της οδού και των εμποχούμενων. Το γεγονός αυτό, έγινε αντιληπτό από τις αρχές της δεκαετίας του '60 σε πολλές χώρες του εξωτερικού. Στην Ελλάδα, η αναγκαιότητα αυτή έγινε αισθητή τη δεκαετία του '80.

Η αντιολισθηρή ικανότητα της επιφανειακής στρώσης προσδίδεται από τα επιφανειακά χαρακτηριστικά της στρώσης σε συνδυασμό με την καταλληλότητα των αδρανών που χρησιμοποιούνται.

Από τη δεκαετία του '60 μέχρι σήμερα αναπτύχθηκαν διεθνώς διάφορα ασφαλτομίγματα τα οποία παρείχαν από καλά έως πολύ καλά επιφανειακά χαρακτηριστικά, με διαφορετική διάρκεια ζωής. Η Ελλάδα ακροβατούσε μεταξύ προδιαγραφών και προτύπων άλλων χωρών συντάσσοντας κατά καιρούς Τεχνικές Οδηγίες.

Το έτος 2000 συντάχθηκαν για τις ανάγκες της Εγνατία Οδού Α.Ε. (ΕΟΑΕ) εσωτερικά πρότυπα για ασφαλτομίγματα επιφανειακών στρώσεων, βασιζόμενα στα υπό έκδοση, εκείνο τον καιρό, Ευρωπαϊκά πρότυπα. Ένα από αυτά τα πρότυπα της ΕΟΑΕ αναγνωρίστηκε και ενσωματώθηκε στην ΤΣΥ του τέως ΥΠΕΧΩΔΕ (Άρθρο ΣΤ-6). Βάσει αυτού, το έτος 2005 έγινε η πρώτη εφαρμογή στην Ελλάδα του ασφαλτομίγματος για πολύ λεπτές επιφανειακές στρώσεις (2,5mm±0,3mm).

Στην ανακοίνωση αυτή γίνεται μία σύντομη ιστορική αναφορά σε όλα τα ασφαλτομίγματα και χαρακτηριστικά αυτών που αναπτύχθηκαν μέχρι σήμερα, καταγράφοντας επίσης τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους. Στη συνέχεια γίνεται εκτεταμένη αναφορά στα πρόσφατα Ευρωπαϊκά πρότυπα (2006) σχετικά με τα ασφαλτομίγματα επιφανειακών (αντιολισθηρών) στρώσεων.

Στο δεύτερο μέρος της ανακοίνωσης δίνονται αναλυτικά στοιχεία από μεγάλα έργα της Εγνατίας οδού και του αυτοκινητοδρόμου Μαλιακός-Κλειδί, συνολικού μήκους περίπου 180 km, που κατασκευάστηκαν κατά τα έτη 2006, 2008 και 2010, αντίστοιχα, στα οποία εφαρμόστηκε με επιτυχία το ασφαλτικό σκυρόδεμα για πολύ λεπτές (επιφανειακές) στρώσεις (ΑΣ-ΠΛΣ). Επίσης παρατίθενται και αποτελέσματα ποιοτικών ελέγχων μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής.

Στα συμπεράσματα αναφέρεται ότι η χρήση ασφαλτικού σκυροδέματος για πολύ λεπτές στρώσεις (ΑΣ-ΠΛΣ) θα πρέπει να είναι, όπως και σε άλλες χώρες του εξωτερικού, η κύρια επιλογή ασφαλτομίγματος για επιφανειακή στρώση, ανεξαρτήτως κατηγορίας οδού. Η ανακοίνωση ευελπιστεί να δώσει το έναυσμα στους Έλληνες μηχανικούς για την άνευ σκεπτικισμού χρήση αυτού του ασφαλτομίγματος.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Επιφανειακές στρώσεις, Ασφαλτικό σκυρόδεμα για πολύ λεπτές επιφανειακές στρώσεις, Ιδιότητες, Εφαρμογή

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αντιολισθηρή ικανότητα της επιφανειακής στρώσης είναι πρωταρχικής σημασίας σε ένα οδόστρωμα, δεδομένου ότι σχετίζεται άμεσα με την ασφάλεια της οδού και των εμποχούμενων. Το γεγονός αυτό, έγινε αντιληπτό από τις αρχές της δεκαετίας του '60 σε πολλές χώρες του εξωτερικού. Στην Ελλάδα, η αναγκαιότητα αυτή έγινε αισθητή τη δεκαετία του '80.

Η αντιολισθηρή ικανότητα της επιφανειακής στρώσης προσδίδεται από τα επιφανειακά χαρακτηριστικά της στρώσης σε συνδυασμό με την καταλληλότητα των αδρανών που χρησιμοποιούνται.

Από τη δεκαετία του '60 μέχρι σήμερα αναπτύχθηκαν διεθνώς διάφορα ασφαλτομίγματα τα οποία παρείχαν από καλά έως πολύ καλά επιφανειακά χαρακτηριστικά, με διαφορετική διάρκεια ζωής.

Οι πολύ λεπτές επιφανειακές στρώσεις άρχισαν να χρησιμοποιούνται από τη δεκαετία του 1980. Λόγω των πλεονεκτημάτων τους έναντι των άλλων επιφανειακών στρώσεων, έχουν πλέον καθιερωθεί σε πολλές χώρες τόσο της Ευρώπης όσο εκτός Ευρώπης. Στην Ελλάδα, η πρώτη δοκιμαστική εφαρμογή που λεπτής επιφανειακής στρώσης έγινε το 2001 σε τμήμα της Εγνατίας οδού [Νικολαΐδης, Μπήττας].

Η βασική αιτία ανάπτυξης των πολύ λεπτών επιφανειακών στρώσεων είναι ο διαχωρισμός του ρόλου αλλά και της σπουδαιότητας της επιφανειακής στρώσης. Η επιφανειακή στρώση κατασκευάζεται για να παρέχει μία επιφάνεια με άριστα επιφανειακά χαρακτηριστικά και όχι για να συνεισφέρει στην φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος. Έτσι, το πάχος της επιφανειακής στρώσης περιορίζεται στα όρια που επιβάλλονται για τη διασφάλιση των απαιτούμενων ιδιοτήτων στη διεπιφάνεια οδοστρώματος/τροχού για την ασφαλή κίνηση των οχημάτων.

Το πάχος των πολύ λεπτών επιφανειακών στρώσεων, εξ' ορισμού [EN 13108-2], είναι 20mm έως 30mm. Λόγω του πολύ μικρού πάχους της στρώσης απαιτούνται πολύ μικρότερες ποσότητες σκληρών αδρανών και κατ' επέκταση συνδετικού υλικού, έναντι των συνήθων επιφανειακών στρώσεων (στρώσεις κυκλοφορίας). Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια την οικονομία της κατασκευής και την οικονομία σε πόρους σκληρών αδρανών, τα οποία όπως είναι γνωστό δεν πλεονάζουν στη φύση.

Η τελική επιφάνεια της πολύ λεπτής επιφανειακής στρώσης, πλην των προαναφερθέντων πλεονεκτημάτων, έχει άριστα επιφανειακά χαρακτηριστικά τα οποία προσδίδουν πολύ καλή αντιολισθηρή επιφάνεια, μειώνουν τον παραγόμενο θόρυβο και προσδίδουν στη στρώση ικανοποιητική στραγγιστική ικανότητα.

Σύντομα, τα πλεονεκτήματα και η επιτυχής εφαρμογή των λεπτών επιφανειακών στρώσεων αρχικά οδήγησε πολλές χώρες στην καθιέρωση εθνικών προδιαγραφών. Από τον Μάιο του 2006 εκδόθηκε και το σχετικό Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13108-2.

Στην παρούσα ανακοίνωση αρχικά γίνεται μία αναφορά στις επιφανειακές στρώσεις με ιδιαίτερη έμφαση στη λεπτή επιφανειακή στρώση. Κατόπιν, δίνονται αναλυτικές πληροφορίες όσον αφορά τη μελέτη σύνθεσης, την κατασκευή και τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν, γενικά, κατά τις εφαρμογές του ασφαλικού σκυροδέματος για πολύ λεπτές στρώσεις στην Ελλάδα.

## 2. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ

Η τελευταία στρώση του οδοστρώματος επί της οποίας κινούνται τα οχήματα είναι γνωστή ως επιφανειακή στρώση, ή στρώση κυκλοφορίας. Η επιφανειακή στρώση θα πρέπει να διαθέτει υψηλό συντελεστή τριβής (ή συντελεστή αντίστασης στην ολίσθηση) από την πρώτη μέρα απόδοσής της στην κυκλοφορία και να έχει την ικανότητα να διατηρεί αυτόν σε ικανοποιητικά επίπεδα για επαρκή χρονικό διάστημα.

Το παραπάνω γίνεται εφικτό με την δημιουργία ικανοποιητικής μακροϋφής στην επιφάνεια της στρώσης, με την ύπαρξη καλής μικροϋφής στην επιφάνεια των αδρανών και με τη χρήση σκληρών και ανθεκτικών αδρανών στην καταστροφική και λειαντική δράση της κυκλοφορίας. Η δημιουργία επιφανειακής μακροϋφής οφείλεται αποκλειστι-

κά και μόνο στην κοκκομετρική σύνθεση του μίγματος των αδρανών υλικών, ενώ η σκληρότητα, η ανθεκτικότητα και η μικροϋφή των θραυστών αδρανών οφείλονται στη χημική σύσταση (ορυκτά) των πετρωμάτων και τον τρόπο δημιουργίας των.

Τα κύρια ασφαλτικά μίγματα ή τεχνικές που χρησιμοποιούνται για επιφανειακές στρώσεις, πλην του Ασφαλικού σκυροδέματος για πολύ λεπτές στρώσεις (ΑΣ-ΠΛΣ), είναι το Πορώδες ασφαλτόμιγμα (ΠΑ), το σκυρομαστιχικό ασφαλτόμιγμα (Stone Mastic Asphalt-SMA), το Ασφαλικό σκυρόδεμα τύπου II (ΑΣ-T II, το Ψυχρό ασφαλτόμιγμα μικρο-επιφανειακής στρώσης (ΨΑΜΕΣ), η Απλή ασφαλτική επάλειψη (ΑΑΕ) και η Διπλή ασφαλτική επάλειψη (ΔΑΕ).

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των παραπάνω ασφαλτικών μιγμάτων συγκριτικά δίνονται στο Πίνακα 1. Η σύγκριση γίνεται βάσει του συμβατικού ασφαλτικού σκυροδέματος, παρόλο που αυτό το ασφαλτόμιγμα δεν συνιστάται να χρησιμοποιείται ως επιφανειακή στρώση.

Περισσότερες πληροφορίες για τα παραπάνω ασφαλτομίγματα και τις χαρακτηριστικές τους ιδιότητες δίνονται στη βιβλιογραφία [Νικολαΐδης 2011, Νικολαΐδης 2005].

### **3. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΥ ΛΕΠΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ**

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες και τα πλεονεκτήματα των πολύ λεπτών επιφανειακών στρώσεων έναντι των λοιπών επιφανειακών στρώσεων είναι:

α) Δεν απαιτούν μεγάλες ποσότητες αδρανών υλικών με αποτέλεσμα να γίνεται οικονομία στο κόστος κατασκευής και στην εξοικονόμηση σκληρών αδρανών υλικών που δεν υπάρχουν σε αφθονία. Ειδικότερα, το κόστος κατασκευής της πολύ λεπτής επιφανειακής στρώσης, στην Ελλάδα, είναι κατά 36% φθηνότερο της αντιολισθηρής στρώσης από ασφαλτικό σκυρόδεμα Τύπου II πάχους 40mm (από τιμές μονάδος Εργασιών Έργων Οδοποιίας 7/2008) και απαιτούνται μόνο 52kg-55kg, περίπου, αδρανών υλικών, έναντι των 83kg-86kg που απαιτούνται για στρώση πάχους 4cm ασφαλτικού σκυροδέματος Τύπου II.

β) Παρέχουν επιφάνεια οδοστρώματος με πολύ καλά επιφανειακά χαρακτηριστικά, ήτοι επιφάνεια με πολύ καλή αντιολισθηρή ικανότητα.

γ) Παρέχουν επιφάνεια που μειώνει τον παραγόμενο θόρυβο από τα ελαστικά των οχημάτων.

δ) Η στρώση έχει καλή στραγγιστική ικανότητα με αποτέλεσμα να επιταχύνεται η απομάκρυνση του βρόχινου νερού και να μειώνεται η παραγωγή σταγονιδίων ύδατος που εκτοξεύονται από τα ελαστικά των οχημάτων (spray).

ε) Η στρώση έχει πολύ καλή αντίσταση σε τροχοαυλάκωση

στ) Επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής.

ζ) Λόγω του μικρού πάχους της στρώσης δεν υπερυψώνεται πολύ η ανώτατη στάθμη του οδοστρώματος με αποτέλεσμα να μην είναι πάντοτε απαραίτητο το φρεζάρισμα της υποκείμενης στρώσης.

η) Δεν απαιτείται πάντοτε ισοπεδωτική στρώση. Έως ένα βαθμό το ΑΣ-ΠΛΣ μπορεί να παίξει και το ρόλο της ισοπεδωτικής.

θ) Σε περίπτωση αποξήλωσης της επιφανειακής στρώσης άνευ ανακύκλωσης του ασφαλτομίγματος, η ποσότητα των αδρανών υλικών που αχρηστεύεται είναι η ελάχιστη δυνατή.

ι) Δεν απαιτούνται τροποποιήσεις στα συγκροτήματα παραγωγής ασφαλτομιγμάτων και το ΑΣ-ΠΛΣ διαστρώνεται με τα ίδια μηχανήματα διάστρωσης που χρησιμοποιούνται για το ασφαλτικό σκυρόδεμα.

Πίνακας 1 Συγκριτικός πίνακας ασφαλτικών μιγμάτων για επιφανειακές στρώσεις

Ιδιότητα	Ασφαλτικό σκυρόδεμα πολύ λεπτής στρώσης (ΑΣ-ΠΛΣ)	Ψυχρό ασφαλτόμιγμα μικροεπιφανειακής στρώση (ΨΑΜΕΣ)	Πορώδες ασφαλτόμιγμα (ΠΑ)	Σκυρομαστικό ασφαλτόμιγμα (SMA)	Ασφαλτικό σκυρόδεμα Τύπου II (ΑΣ-T II)	Ασφαλτικό σκυρόδεμα (ΑΣ)	Απλή ασφαλτική επάλειψη (ΑΑΕ)	Διπλή ασφαλτική επάλειψη (ΔΑΕ)
Πάχος	25mm	10mm	40mm	30mm	40mm	40mm	8-12mm	15-20mm
Περιορισμοί κυκλοφορίας	Κανένας	(*)	Κανένας	Κανένας	Κανένας	Κανένας	Κανένας	Κανένας
Δομική ισοδυναμία **	0,8**	0,0	0,5	1,0	0,8	1,0	0,0	0,0
Αντιολισθηρότητα Αρχική (μετά από 3 μήνες) Μετά από 5 έτη	++ +	++ 0	++ +	++ +	0 -	0 --	++ +	++ +
Ευαισθησία σε συνθήκες διάσπρωσης (άνεμος - θερμοκρασία)	-	-	0	-	0	0	--	--
Στεγανότητα	-	+	--	++	-	++	-	0
Μείωση θορύβου	+ έως ++	0	+++	++	+ έως ++	0	- έως --	- έως --
Μείωση σταγονιδίων νερού	+ έως ++	0	+++	+	+ έως ++	- έως -	0	0
Δυνατότητα βελτίωσης επιπεδότητας	0 έως +	0 έως -	+	+	+	+	--	0
Απαιτούμενη ποσότητα αδρανών (προσεγγιστικός δείκτης ποσότητας)	0,6	0,15	0,85	0,75	0,9	1,0	0,15	0,25
Δείκτης κόστους***	0,86	0,76	1,4 έως 1,5	1,4 έως 1,6	1,34	1,0 <sup>(α)</sup>	0,6 έως 0,7	0,8 έως 0,9
Συνήθης διάρκεια ζωής	7 έως 9	4 έως 6	5 έως 7	7 έως 12	5 έως 7	Δ.Α.	4 έως 6	5 έως 7

\* Κάποιες χώρες επιβάλλουν περιορισμούς για χρήση σε θέσεις με μέσο έως χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο

\*\* Δομική ισοδυναμία: σε σχέση με το ασφαλτικό σκυρόδεμα

\*\*\* Δείκτης κόστους με βάση το ασφαλτικό σκυρόδεμα από ασβεστολιθικά αδρανή

(α) Με χρήση τροποποιημένου ασφάλτου

Δ.Α. Δεν αναφέρεται γιατί η χρήση αυτού του μίγματος δεν συνιστάται να χρησιμοποιείται για επιφανειακές στρώσεις

Παρατηρήσεις: -- Κακό(-η)      - Ασθενές(-η)      0 Μέσο(-η)      + Καλό (-η)      ++ Πολύ καλό(-η)      +++ Εξαιρετικό(-η)

#### **4. ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΠΟΛΥ ΛΕΠΤΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ**

Η εισαγωγή των πολύ λεπτών επιφανειακών στρώσεων στην Ελλάδα έγινε από την Εγνατία Οδό Α.Ε. (ΕΟΑΕ), μετά από αναλυτική διερεύνηση του θέματος από ομάδα ειδικών Συμβούλων. Έτσι, το έτος 2000 συντάχθηκε σχετική προδιαγραφή για τις ανάγκες της ΕΟΑΕ οποία ενσωματώθηκε στην ΤΣΥ της. Αντίγραφο της προδιαγραφής αυτής δίνεται στη βιβλιογραφία [Νικολαΐδης 2005].

Το 2001 η ΕΟΑΕ προχώρησε σε δοκιμαστική εφαρμογή, σε τμήμα του δικτύου της, στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης (Τμήμα 15.8). Το συνολικό μήκος του δοκιμαστικού τμήματος ήταν 310m και το πλάτος όσο το εύρος όλου του κλάδου, 11m περίπου. Αναλυτική περιγραφή της δοκιμαστικής εφαρμογής δίνεται στη βιβλιογραφία [Νικολαΐδης & Μπήττας].

Τον Οκτώβριο του 2004 το ΥΠΕΧΩΔΕ εγκρίνει την προδιαγραφή της ΕΟΑΕ ως Εθνική προδιαγραφή και την εντάσσει στην ΤΣΥ του ΥΠΕΧΩΔΕ, ως Άρθρο ΣΤ-6 [ΥΠΕΧΩΔΕ, Άρθρο ΣΤ-6].

Έκτοτε, βάσει του Άρθρου ΣΤ-6, στην Ελλάδα, και ειδικότερα στη Βόρεια Ελλάδα, εκτελέστηκαν τα παρακάτω έργα:

##### **4.1 Έργο Δήμου Θεσσαλονίκης**

Το καλοκαίρι του 2005, στο Δήμο Θεσσαλονίκης, κατασκεύασε το πρώτο έργο στην Ελλάδα από ασφαλτικό σκυρόδεμα για πολύ λεπτές στρώσεις.

Η συνολική επιφάνεια που διαστρώθηκε με ΑΣ-ΠΛΣ ήταν περίπου 55.000m<sup>2</sup>, σε μήκος 4,5km, περίπου. Η πολύ λεπτή αντιολισθηρή στρώση διαστρώθηκε σε τέσσερα διαφορετικά τμήματα οδών του πολεοδομικού συγκροτήματος του Δήμου Θεσσαλονίκης, όπως Βασ. Όλγας, Αγγελάκη, Γ. Παπανδρέου και Ακροπόλεως.

##### **4.2 Έργο Εγνατίας Οδού Α.Ε. – Κεντρικός τομέας**

Στο τέλος της άνοιξης του 2006, και επί της Εγνατίας οδού στον Κεντρικό τομέα, άρχισε την κατασκευή του δεύτερου έργου πολύ λεπτής επιφανειακής στρώσης στην Ελλάδα. Το έργο αυτό ήταν πολύ μεγαλύτερης κλίμακας από το πρώτο και ειδικότερα κάλυπτε το τμήμα από Γρεβενά μέχρι Κουλούρα.

Η συνολική επιφάνεια που διαστρώθηκε ήταν περίπου 1.950.000m<sup>2</sup>, με μήκος ανά κατεύθυνση 94km, περίπου. Το έργο, μαζί με άλλες τοπικές ασφαλτικές εργασίες συντήρησης ολοκληρώθηκε το Δεκέμβριο του 2006. Λόγω της μεγάλης έκτασης, το έργο χωρίστηκε σε δύο τμήματα και εκτελέστηκε από δύο διαφορετικές κατασκευαστικές εταιρείες, οι οποίες χρησιμοποίησαν διαφορετικά αδρανή υλικά, διαφορετικό προμηθευτή τροποποιημένης ασφάλτου και διαφορετικά συγκροτήματα παραγωγής και μηχανήματα διάστρωσης. Το συνολικό εμβαδόν του τμήματος Α (Α/Κ Καλαμιάς-Α/Κ Κουλούρας) ήταν 1.270.000m<sup>2</sup>, ενώ του τμήματος Β (Α/Κ Δυτικά Γρεβενά-Α/Κ Καλαμιάς) ήταν 680.000m<sup>2</sup>, περίπου.

##### **4.3 Έργο Εγνατίας Οδού Α.Ε. – Ανατολικός τομέας**

Τον Ιούνιο του 2008 και επί της Εγνατίας οδού, στον Ανατολικό τομέα, άρχισε η κατασκευή του τρίτου έργου διάστρωσης πολύ λεπτής επιφανειακής στρώσης. Τα τμήματα στα οποία διαστρώθηκε ΑΣ-ΠΛΣ ήταν, κατά σειρά ολοκλήρωσης, το τμήμα Μέστη-Αλεξανδρούπολη και το τμήμα Χρυσούπολη-Παράδεισος.

Η συνολική επιφάνεια του έργου ήταν περίπου 890.000m<sup>2</sup>, με μήκος ανά κατεύθυνση 43km, περίπου. Οι εργασίες εκτελέστηκαν, όπως και στα προηγούμενα έργα, επί υφιστάμενου οδοστρώματος, και ολοκληρώθηκαν μαζί με άλλες ασφαλτικές εργασίες συντήρησης τον Οκτώβριο του ίδιου έτους (2008).

#### 4.4 Έργο Κ/Ξ Μαλιακός-Κλειδί – Τμήμα Κλειδί-Κατερίνης

Το Φθινόπωρο του 2009 ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε την άνοιξη του 2010 η κατασκευή πολύ λεπτής επιφανειακής στρώσης σε τμήμα του αυτοκινητοδρόμου Μαλιακός-Κλειδί. Το τμήμα που διαστρώθηκε ήταν το Κλειδί-Κατερίνη.

Η συνολική επιφάνεια στην οποία διαστρώθηκε ΑΣ-ΠΛΣ ήταν 935.000m<sup>2</sup>, με μήκος ανά κατεύθυνση 44km, περίπου. Το ΑΣ-ΠΛΣ διαστρώθηκε επί νέας ανακατασκευασθείσας ασφαλτικής επιφάνειας.

Αναλυτικά στοιχεία για όλες τις προαναφερθείσες εφαρμογές δίνονται παρακάτω.

### 5. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, σε κλάσματα των 6,3/10mm και 0/3mm, σε όλα τα έργα προήλθαν από τη θραύση πετρώματος Διαβάση, από τρεις διαφορετικές θέσεις-λατομεία της βορείου Ελλάδας. Σε τμήμα του έργου που αναφέρεται στην παράγραφο 4.3 χρησιμοποιήθηκε και σκωρία ηλεκτρικού κλιβάνου. Η συμπληρωματική που ποσότητα παιπάλης όπου απαιτήθηκε ήταν από ασβεστολιθικό πέτρωμα ή από το ίδιο το μητρικό πέτρωμα.

Τα λατομεία από όπου προήλθαν τα αδρανή υλικά βρίσκονται στην περιοχή της Θεσσαλονίκης-Πολύκαστρο, των Γιαννιτσών-Μάνδαλος και της Κοζάνης-Γρεβενών. Η σκωρία ήταν της εταιρίας ΑΕΙΦΟΡΟΣ. Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των αδρανών υλικών και της σκωρίας δίνονται στο Πίνακα 2.

Πίνακας 2 Ιδιότητες αδρανών υλικών

Ιδιότητα	Διαβασικά πετρώματα			Σκωρία
	A	B	Γ	
Δείκτης αντίστασης σε στίλβωση (PSV), %	≥55	≥59 & 58	60	65,8
Δείκτης αντίστασης σε απότριψη (AAV), %	≤3	≤3 & 2,9	3	2,2
Φθορά κατά Los Angeles, %	≤13,8 (B)	10,3 & 11,4 (B)	13,1 (Γ)	16,2 (Γ)
Υγεία (MS), %	7,98	1,0 & 4,0	1,83	7,5
Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,734	2,863 & 2,838	2,740	3,293
Απορρόφηση ύδατος, %	1,39	1,21 & 0,9	0,96	1,85
Δείκτης πλακοειδούς, %	25,1	11,1 & 14,6	12,3	14,0
Μπλε του μεθυλενίου, MB <sub>F</sub> , g/kg	6,7	8,3 & 8,0	6,0	1,7
Ισοδύναμο άμμου, %	56	59 & 58	64	75

Το ασφαλτικό συνδετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις ήταν τροποποιημένη με ελαστομερές (SBS) άσφαλτος, τύπου PmB 25/55-70 ή 25/55-75, ανάλογα του έργου. Οι συμβατικές ιδιότητες των ασφαλτικών συνδετικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν δίνονται στον Πίνακα 3.

### 6. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ

Τα δύο κλάσματα των αδρανών υλικών συντέθηκαν σε αναλογίες τέτοιες έτσι ώστε το τελικό μίγμα, σε όλα τα έργα, να ήταν εντός των ορίων που προδιαγράφονταν από το Άρθρο ΣΤ-6 της ΤΣΥ του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Τα μίγματα των αδρανών υλικών κατά την Ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 13108-2 χαρακτηρίζονται, ανά έργο ως 10A, (10Δ & 10B) και 10B.

Πίνακας 3 Συμβατικές απαιτήσεις τροποποιημένης με SBS ασφάλτου

Χαρακτηριστική ιδιότητα	25/55-70	25/55-75
Εισδυτικότητα στους 25 °C, (Penetration), dmm	25-55	25-55
Μάλθωση (Softening Point), °C	≥70	≥75
Ελαστική ανάκτηση (Elastic recovery), %	≥70	≥70
Σημείο Fraass (Fraass point), °C	≤ -7	≤ -10
Σταθερότητα αποθήκευσης (Storage stability), °C	≤ 5	≤ 5
<i>Μετά από σκλήρυνση κατά RTFOT (EN 12607)</i>		
Διατηρηθείσα εισδυτικότητα (Retained Penetration), %	≥ 45	≥ 50
Αύξηση Σημείου μάλθωσης (Increase in S.P.), °C	≤ 10	≤ 8
Ελαστική ανάκτηση, στους 25°C, %	≥ 50	≥ 50

Μερικές χαρακτηριστικές ιδιότητες των ασφαλτομιγμάτων, σύμφωνα με τις μελέτες σύνθεσης που εκπονήθηκαν, για τα τρία έργα δίνονται στο Πίνακα 4. Για το έργο 4.4 δεν υπάρχουν σχετικά διαθέσιμα στοιχεία.

Πίνακας 4 Μερικές χαρακτηριστικές ιδιότητες ΑΣ-ΠΛΣ μελέτης σύνθεσης

Χαρακτηριστική ιδιότητα	ΑΣ-ΠΛΣ <sup>(1)</sup>				
	Έργο 4.1	Έργο 4.2		Έργο 4.3	
		1 <sup>ο</sup> τμήμα	2 <sup>ο</sup> τμήμα	Διαβάση	Σκωρία
Βέλτιστο % ασφάλτου, κ.β. αδρανών	6,00	5,50	5,70	5,4	5,7
Κενά αέρος, %	11,6	13,0	11,6	11,3	12,1

(1) ΑΣ-ΠΛΣ = Ασφαλικό σκυρόδεμα για πολύ λεπτές στρώσεις

## 7. ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

### Παραγωγή

Η παραγωγή του ασφαλτομίγματος, σε όλες τις περιπτώσεις, έγινε σε συμβατικά συγκροτήματα παραγωγής ασφαλτικού σκυροδέματος. Όλα τα συγκροτήματα ήταν τύπου παραγωγής ανά παρτίδες διαφορετικής δυναμικότητας 1200kg-2000kg ανά παρτίδα.

Η διαδικασία παραγωγής ήταν ίδια με αυτήν που ακολουθείται στα συμβατικά ασφαλτομίγματα. Η μόνη διαφορά στην προκειμένη περίπτωση ήταν η κατά τι μεγαλύτερη θερμοκρασία ανάμιξης, η οποία λόγω της χρήσης τροποποιημένης ασφάλτου ήταν 170°C ±5°C, περίπου.

### Διάστρωση

Το ΑΣ-ΠΛΣ διαστρώθηκε με ηλεκτρονικούς διαστρωτήρες (finisher) που διέθεταν θερμαινόμενη δονητική πλάκα μεταβλητού πλάτους έως και 11m.

Η διάστρωση του ΑΣ-ΠΛΣ έγινε, κατά κανόνα, επί παλιάς ασφαλτικής επιφάνειας ασφαλτικού σκυροδέματος κλειστού τύπου ή επί νέας ασφαλτικής στρώσης ασφαλτικού σκυροδέματος αφού προηγήθηκε φρεζάρισμα και επαναδιάστρωση (συντήρηση) ασφαλτικής στρώσης, κατά κανόνα, πάχους 5cm. Μόνο στο έργο της παραγράφου 4.4 το ΑΣ-ΠΛΣ διαστρώθηκε πάνω σε νέο-διαστρωθείσες ασφαλτικές στρώσεις λόγω ενίσχυσης-συντήρησης του οδοστρώματος.

Πριν τη διάστρωση της πολύ λεπτής επιφανειακής στρώσης, η επιφάνεια του οδοστρώματος ψεκάζονταν με ασφαλτικό κατιονικό γαλάκτωμα. Η ποσότητα υπολείμματος ασφάλτου που ψεκαζόταν κυμάνθηκε από 200g/m<sup>2</sup> έως 300 g/m<sup>2</sup>.

### Συμπύκνωση

Η συμπύκνωση της λεπτής επιφανειακής στρώσης γινότανε, αρχικά, από τη δονητική πλάκα διάστρωσης και, αμέσως μετά τη διάστρωση, με δύο στατικούς οδοστρωτήρες λείου κυλίνδρου βάρους 8-10 τόνων. Η θερμοκρασία του μίγματος κατά την έναρξη της συμπύκνωσης ήταν 135°C έως 155°C και η συμπύκνωση ολοκληρωνότανε, κατά κανόνα, με 4-6 διελεύσεις. Η μέση θερμοκρασία της πολύ λεπτής επιφανειακής στρώσης μετά το πέρας της συμπύκνωσης, για τα έργα των παραγράφων 4.1, 4.2 και 4.3, ήταν 98°C.

## 8. ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής εκτελούνται όλοι οι προβλεπόμενοι έλεγχοι από το Άρθρο ΣΤ-6 της ΤΣΥ επί των υλικών και της τελικής επιφάνειας του οδοστρώματος.

Ειδικότερα, κατά τη διάρκεια της κατασκευής εκτελούνται οι παρακάτω εργαστηριακοί έλεγχοι: α) έλεγχος κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών, β) προσδιορισμός περιεκτικότητας συνδετικού υλικού, γ) προσδιορισμός ποσοστού κενών, δ) προσδιορισμός λόγου εφελκυστικών αντοχών μετά από εμβάπτιση των δοκιμίων σε νερό, ε) προσδιορισμός υπολείμματος συνδετικού υλικού ασφαλικής συγκολλητικής επάλειψης, στ) όλοι οι προβλεπόμενοι έλεγχοι επί της τροποποιημένης ασφάλτου πριν και μετά τη σκλήρυνση, όπως και ο έλεγχος σταθερότητας σε αποθήκευση, και ζ) περιοδικοί έλεγχοι επί των αδρανών υλικών.

Στα τρία από τα τέσσερα έργα όπου ο γράφων ενεπλάκει με τον ποιοτικό έλεγχο, τα εργαστηριακά αποτελέσματα έδειξαν ότι πλην της μεταβλητότητας της κοκκομετρικής καμπύλης που παρατηρήθηκε, σε ορισμένες περιπτώσεις, στο κόσκινο 6,3mm, όλες οι ιδιότητες του ασφαλτομίγματος ήταν εντός των συμβατικών απαιτήσεων.

Όσον αφορά την τροποποιημένη ασφαλτο που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του ΑΣ-ΠΛΣ βρέθηκε ότι, πλην μεμονωμένων φορτίων (όχι περισσότερων των τεσσάρων από όλα τα έργα) είχε ιδιότητες που ήταν σύμφωνες με τις συμβατικές απαιτήσεις.

## 9. ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Μετά το πέρας της κατασκευής και πριν την απόδοση του οδοστρώματος στην κυκλοφορία η επιφανειακή στρώση ελέγχεται ως προς την επιφανειακή υφή, το πάχος και την ομαλότητα της.

Το βάθος της επιφανειακής υφής που μετρήθηκε με την τεχνική της ογκομετρικής κηλίδας κατά το πρότυπο EN 13036-1, στα έργα 4.1, 4.2 και 4.3, κυμάνθηκε κατά μέσο όρο από 1,02mm έως 1,37mm. Οι ελάχιστες τιμές του βάθους υφής που καταγράφηκαν, εάν εξαιρεθούν 13 μεμονωμένες τιμές από χιλιάδες τιμές που ελήφθησαν όπου οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,69mm έως 0,8mm, ήταν της τάξεως των 0,9mm.

Το μέσο πάχος της πολύ λεπτής επιφανειακής στρώσης που καταγράφηκε όταν αυτή διαστρώθηκε πάνω σε υφιστάμενο παλιό οδόστρωμα κυμάνθηκε από 26,0mm έως 32,5mm, ενώ σε ένα τμήμα έλαβε την τιμή των 34,0mm. Αντίστοιχα, όταν η επιφανειακή στρώση διαστρώθηκε πάνω σε νέο-διαστρωθείσα ασφαλική επιφάνεια η διακύμανση του μέσου πάχους ήταν από 24,0mm έως 27,0mm.

Η ομαλότητα της επιφάνειας σε όλες τις περιπτώσεις όπου εκτελέστηκαν μετρήσεις βρέθηκε ότι ήταν σύμφωνη με τις συμβατικές απαιτήσεις. Σε μεμονωμένες και πολύ λίγες θέσεις όπου η ομαλότητα δεν ήταν ικανοποιητική η επιφανειακή στρώση αποξηλώθηκε και επαναδιαστρώθηκε.

## 10. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΗΚΑΝ

Κατά την παραγωγή, διάστρωση και συμπύκνωση του ασφαλικού σκυροδέματος για λεπτές επιφανειακές στρώσεις δεν παρουσιάστηκαν ασυνήθιστα προβλήματα σε σύγκριση με το ασφαλικό σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα. Αντίθετα, η συμπύκνωση ήταν πολύ πιο γρήγορη από ότι του ασφαλικού σκυροδέματος.

Το μόνο πρόβλημα που εντοπίστηκε, γενικά, ήταν η σταθερότητα της κοκκομετρικής διαβάθμισης των κλασμάτων των αδρανών υλικών, κατά τα πρώτα στάδια των εργασιών. Το γεγονός αυτό επηρεάζει άμεσα την επίτευξη της επιθυμητής κοκκομετρικής καμπύλης και τη διατήρηση της σταθερότητας αυτής κατά την παραγωγή.

Ειδικά στο πρώτο έργο (παράγραφος 4.1) και μόνο, λίγους μήνες μετά την ολοκλήρωσή του παρουσιάστηκαν, σε μικρή έκταση (σε μήκος περίπου 200m), τοπικές αποκολλησεις της στρώσης, κυρίως στη ραφή μεταξύ διαστρώσεων. Τα αίτια που προκάλεσαν την πρόωρη αστοχία ήταν η μη έντεχνη διάστρωση στη ραφή, το μειωμένο πάχος της στρώσης στη περιοχή αυτή, η έλλειψη συγκολλητικής επάλειψης και ενδεχόμε-



να η μη καλή συμπίκνωση. Η κακή χρήση των grader για την απομάκρυνση του χιονιού στη θέση αυτή επίσης πλήγωσε την πολύ λεπτή ασφαλτική στρώση και επιδείνωσε την κατάσταση.

Σε όλα τα υπόλοιπα έργα δεν παρουσιάσθηκε κανένα άλλο πρόβλημα κατά το πρώτο χρονικό διάστημα μετά την απόδοση της στρώσης στην κυκλοφορία.

## **11. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΟΛΥ ΛΕΠΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΗΜΕΡΑ**

Η κατάσταση της πολύ λεπτής επιφανειακής στρώσης σε όλα τα προαναφερθέντα έργα, μετά από χρήση 2 έως 6 και πλέον χρόνων, χαρακτηρίζεται από καλή έως άριστη. Σημειώνεται ότι ο προαναφερθείς χαρακτηρισμός βασίζεται σε οπτική πρόσφατη αξιολόγηση όλων των επιφανειών.

Ειδικότερα για τα έργα που αναφέρονται στις παραγράφους 4.2, 4.3 και 4.4 πουθενά δεν εντοπίστηκε αποκόλληση της επιφανειακής στρώσης, ή εμφανή λείανση των αδρανών, ή αισθητή απώλεια της τραχύτητας της επιφάνειας.

Σημειώνεται ότι για την πληρέστερη αξιολόγηση των πολύ λεπτών επιφανειακών στρώσεων που διαστρώθηκαν θα πρέπει να εκτελεστούν μετρήσεις με κατάλληλα όργανα-μηχανήματα.

Τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν συσχετιζόμενα και με τον κυκλοφοριακό φόρτο μπορούν να δώσουν ασφαλέστερα και χρησιμότερα συμπεράσματα για την αποδοτική διάρκεια ζωής των στρώσεων αυτών στην Ελλάδα.

## **12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Από τις πρώτες εφαρμογές μεγάλης κλίμακας κατασκευής πολύ λεπτής επιφανειακής-αντιολισθηρής στρώσης στην Ελλάδα, κατά το χρονικό διάστημα 2005-2010, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η διάστρωση αυτής τόσο σε αστικό όσο και σε υπεραστικό περιβάλλον ήταν επιτυχής.

Κατά την παραγωγή, διάστρωση και συμπίκνωση του ασφαλτικού σκυροδέματος για πολύ λεπτές στρώσεις (ΑΣ-ΠΛΣ) δεν παρουσιάστηκαν ασυνήθιστα προβλήματα ή δυσκολίες σε σύγκριση με το συμβατικό ασφαλτικό σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα.

Το μόνο πρόβλημα που αρχικά παρουσιάσθηκε σε κάθε έργο ήταν η σταθερότητα των δύο κλασμάτων των αδρανών υλικών 6,3/10mm και 0/3mm. Τα υπόλοιπα μεμονωμένα προβλήματα που εντοπίστηκαν είναι παρόμοια αυτών που εμφανίζονται και κατά τη παραγωγή και διάστρωση συμβατικού ασφαλτικού σκυροδέματος.

Εξυπακούεται ότι, η σταθερότητα των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των υλικών, αδρανή υλικά και τροποποιημένη άσφαλτος, καθ' όλη τη διάρκεια της κατασκευής είναι ουσιαστικής σημασίας και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να παραβλέπεται.

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 ασφαλτικού σκυροδέματος για πολύ λεπτές στρώσεις (ΑΣ-ΠΛΣ) κατά το Άρθρο ΣΤ-6 ή τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό EN 13108-2, έναντι του ασφαλτικού 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-ΠΛΣ 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-ΠΛΣ 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 μονάδος πληρωμής.

Κλείνοντας θα πρέπει να αναφερθεί ότι, το Άρθρο ΣΤ-6 της ΤΣΥ του ΥΠΕΧΩΔΕ, που ενέχει τη θέση Εθνικής προδιαγραφής, χρειάζεται μερική επικαιροποίηση για να είναι απολύτως συμβατό με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό EN 13108-2, έγκριση και καθιέρωση αυτού ως Εθνική προδιαγραφή.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. EN 13036-1, Road and air field surface characteristics-Test methods-Part 1: Measurement of pavement surface macro texture depth using volumetric patch technique, CEN, Brussels, 2010.
2. EN 13108-2:2002/AC:2008, Bituminous mixtures-Material specifications-Part 2: Asphalt concrete for very thin layers, CEN, Brussels, 2008.
3. Νικολαΐδης Α.Φ., Εύκαμπτα Οδοστρώματα: Μέθοδος διαστασιολόγησης-Ασφαλτικά μίγματα-Αντιολισθηρές στρώσεις, Α. Νικολαΐδης, ISBN 960-91849-1-Χ, Θεσσαλονίκη, 2005.
4. Νικολαΐδης Α.Φ., Μπήττας Ν., Λεπτή επιφανειακή στρώση από θερμό ασφαλτόμιγμα: Σύνθεση-Εφαρμογή, 3<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο 'Ασφαλτικά Μίγματα και Οδοστρώματα', Τόμος 1, σελ. 465, Θεσσαλονίκη, 2002.
5. Νικολαΐδης Α.Φ., Οδοποιία: Οδοστρώματα-Υλικά-Έλεγχος ποιότητας, 3<sup>η</sup> Έκδοση, Α. Νικολαΐδης, ISBN 978-960-91849-5-3, Θεσσαλονίκη, 2011.
6. ΥΠΕΧΩΔΕ, Άρθρο ΣΤ-6, Ασφαλτόμιγμα για λεπτή αντιολισθηρή στρώση, Οκτώβριος 2004.