

Αντικατάσταση των αδρανών υλικών των δασικών δρόμων με σκωρίες με βάση μηχανικά και φιλοπεριβαλλοντικά κριτήρια

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΧΡ.ΕΣΚΙΟΓΛΟΥ
Αναπληρωτής Καθηγητής pxeskio@for.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σταθεροποίηση των δρόμων με διάφορα παραπροϊόντα είναι μία παλιά μέθοδος που σκοπό έχει να βελτιώσει τις μηχανικές ιδιότητες του μίγματος, να μειώσει το κόστος κατασκευής και να εξοικονομήσει φυσικούς πόρους. Τα συνήθη παραπροϊόντα (τέφρα, ερυθρά ιλύς, μαρμαρόσκονη) έχουν μελετηθεί επαρκώς για τα δασικά δεδομένα, ενώ η έρευνα για την αξιοποίηση των σκωριών βρίσκεται σε εμβρυακή μορφή. Στην εργασία αυτή, κατατίθενται βιβλιογραφικά συμπεράσματα για τον έλεγχο της καταλληλότητας χρήσης μεταλλουργικών αποβλήτων (σκωριών) ως αδρανή στην κατασκευή αντιολισθηρών ασφαλτομίγμάτων. Αναφέρονται εξετάσεις ερευνητών σε δείγματα από Ελληνικές μεταλλουργικές σκωρίες, ως προς τα φυσικά και μηχανικά τους χαρακτηριστικά, καθώς επίσης και ως προς την τοξικότητά τους. Τα συμπεράσματα των ερευνητών είναι ότι οι σκωρίες σιδήρου (Fe) αξιολογούνται θετικά και ως προς τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων αλλά κυρίως και ως προς την έκπλυση βαρέων μετάλλων, ενώ οι σκωρίες μολύβδου (Pb) είναι απαγορευτικές. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα δίνεται το ερέθισμα στο δασολόγο να ερευνήσει μελλοντικά την δυνατότητα αξιοποίησης της σκωρίας σε αντιολισθηρά ασφαλτομίγματα σε δρόμους δασικής αναφυχής και βαριάς κυκλοφορίας.

Λέξεις κλειδιά: Δασικοί δρόμοι, ασφαλτομίγματα, σκωρίες, έκπλυση, TCLP, διαχείριση στερεών αποβλήτων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην κατεύθυνση της οικονομικότητας και της προστασίας του περιβάλλοντος στον τομέα της κατασκευής δασικών δρόμων, έχουν πραγματοποιηθεί -στο Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών την τελευταία 10ετία- πολλές έρευνες για τη διερεύνηση της αντικατάστασης των αδρανών υλικών στα έργα οδοποιίας, από εναλλακτικά προϊόντα. Στην κατηγορία αυτών των προϊόντων περιλαμβάνονται η ιπτάμενη τέφρα, η ερυθρά ιλύς, η μαρμαρόσκονη και τα τρίμματα ελαστικών για τα οποία πραγματοποιήθηκαν σημαντικές έρευνες, ενώ για την αξιοποίηση των βιομηχανικών σκωριών σε δασικούς δρόμους διενεργήθηκε έρευνα και δόθηκε μικρότερος αριθμός συμπερασμάτων (Εσκίογλου 2002, Εσκίογλου και Οικονόμου 2006). Έρευνα αντιολισθηρών ταπήτων πραγματοποιήθηκε από τον Εσκίογλου (1993), αλλά έρευνα σε δασικούς δρόμους για τη δυνατότητα αξιοποίησης της σκωρίας σε αντιολισθηρά πραγματοποιήθηκε μόνο από τους Οικονόμου Ν., Π.Εσκίογλου (2005). Η έρευνά μας σταμάτησε στο σημείο αυτό διότι από την βιβλιογραφία διαπιστώθηκε ότι τα μεταλλουργικά παραπροϊόντα, όπως οι σκωρίες πρώτης και δεύτερης επεξεργασίας μεταλλεύματος περιλαμβάνονται στον κατάλογο των επικίνδυνων αποβλήτων της ΚΥΑ 69728/824 και η διαχείρισή τους προσδιορίζεται από την ΚΥΑ 19396/1546 σε εναρμόνιση με την αντίστοιχη κοινοτική οδηγία 91/689. Στην ισχύουσα όμως νομοθεσία δεν προσδιορίζονται περιβαλλοντικές προδιαγραφές για τη χρήση των σκωριών ως αδρανών σε έργα οδοποιίας και η καταλληλότητά τους αξιολογείται με βάση τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά (Πραπίδης κ.α. 2005). Με δεδομένο το φαινόμενο της έκπλυσης σε υδροφόρους ορίζοντες στα δασικά οικοσυστήματα, κρίθηκε σκόπιμο στην παρούσα εργασία να καταθέσουμε τα βιβλιογραφικά

περιβαλλοντικά συμπεράσματα άλλων ερευνητών για να κριθεί αν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση των σκωριών στους δασικούς δρόμους. Από την βιβλιογραφία (Πραπίδης κ.α. 2005) λαμβάνονται ερευνητικά αποτελέσματα για την καταλληλότητα των Ελληνικών μεταλλουργικών παραπροϊόντων ως αδρανή σε αντιολισθηρά ασφαλτομίγματα δασικών δρόμων έντονης κυκλοφορίας σε επίπεδο ανθεκτικότητας , οικονομικότητας αλλά πρωτίστως προστασίας του περιβάλλοντος και κατά πόσο επιτυγχάνεται η ανακύκλωση των αποβλήτων, όπως ορίζει η Ευρωπαϊκή Κοινοτική οδηγία 1999/31/ΕΚ . Επίσης καταθέτουμε τα ερευνητικά τους αποτελέσματα ως προς την καταλληλότητα των σκωριών σύμφωνα με την πρόσφατη προδιαγραφή ASTM D 5106-03 , η οποία περιλαμβάνει πέρα των μηχανικών απαιτήσεων και κριτήρια τοξικότητας. Έτσι με την κατάθεση των συμπερασμάτων των ανωτέρω ερευνητών δίνεται η δυνατότητα στον δασικό οδοποιό να αποφασίσει ή όχι για την φιλοπεριβαλλοντική αντικατάσταση στους δασικούς των αδρανών υλικών με σκωρίες στους δασικούς δρόμους.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Από την ανασκόπηση της Ελληνικής και Διεθνούς βιβλιογραφίας στο αντικείμενο που αναφερόμαστε, διαπιστώθηκε ότι η πλήρης έρευνα πρέπει να περιλαμβάνει δειγματοληψία των σκωριών που θα ερευνηθούν με βάση τη μέθοδο ASTM D75-97 ,κατασκευή δοκιμίων και στη συνέχεια κοκκομετρική διαβάθμιση του αντιολισθηρού ασφαλτομίγματος . Μία ολοκληρωμένη μεθοδολογία με την μέθοδο Marshall που ορίζει ποσοστά , διαστάσεις και θερμοκρασίες ανάμιξης δίδεται από τους(Πραπίδη, Α., Γ. Ντούλη, και Β. Ζωτιάδης 2005),στοιχεία της οποίας πρωταγωνιστούν στην βιβλιογραφική μας εργασία .Σε μεγάλα έργα Οδοποιίας μία ανάλυση προς εξακρίβωση της ορυκτολογικής σύστασης των ερευνηθέντων δειγμάτων σκωρίας είναι απαραίτητη, ενώ στα έργα της Δασικής Οδοποιίας η ορυκτολογική ανάλυση δεν κρίνεται πάντα απαραίτητη (Εσκίογλου 1991). Αυτό όμως που κρίνεται απαραίτητο και στις δύο περιπτώσεις είναι να γίνουν εργαστηριακές δοκιμές για την καταγραφή των μηχανικών χαρακτηριστικών των σκωριών και των αδρανών που θα συνθέσουν τα ασφαλτομίγματα και που θα πρέπει να πραγματοποιούνται με βάση τις Ελληνικές προδιαγραφές.

Το πλέον ενδιαφέρον στοιχείο μίας τέτοιας βιβλιογραφικής αναφοράς είναι ο έλεγχος τοξικότητας των συστατικών των σκωριών για την ανίχνευση των ποσοστών βαρέων μετάλλων που επικρατούν. Αυτές έγιναν με την εκτέλεση της δοκιμής TCLP σύμφωνα με τη μέθοδο της Environmental Protection , με εκχυλιστικό μέσο ρυθμιστικό διάλυμα οξικού οξέως-οξικού νατρίου ($\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$) σε σταθερό $\text{pH}=4,93$. Δοκιμές έκπλυσης έγιναν για τον κάθε τύπο σκωρίας αλλά και στο αντίστοιχο ασφαλτικό δοκίμιο που περιέχει ως αδρανές όμοιας ποσότητας και κοκκομετρικής σύστασης σκωρία, προσομοιάζοντας την περιβαλλοντική συμπεριφορά της σκωρίας στο ασφαλτικό οδόστρωμα (Πραπίδης κ.α. 2005).

ΥΛΙΚΑ –ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οι Πραπίδης, Ντούλης , Ζωτιάδης (2005) ερεύνησαν και εργάστηκαν τόσο με σκωρίες μεταλλουργίας (Fe) σιδήρου από τις ελληνικές μεταλλουργικές βιομηχανίες (δείγματα ΣΚ1,ΣΚ2) , όσο και με αυτές του μολύβδου (Pb)που προερχόταν από τις αποθέσεις σκωρίας στην περιοχή του λιμένος Λαυρίου(δείγμα ΣΚ3) . Παρασκευάστηκαν στο αναγνωρισμένο εργαστήριο της Εταιρείας Ινστιτούτο Ποιοτικού Ελέγχου Ο.Ε. με κάθε δείγμα σκωρίας κυλινδρικά δοκίμια αντιολισθηρού οδοστρώματος και η κοκκομετρική διαβάθμιση που προέκυψε και στην οποία χρησιμοποιήθηκε ασβεστολιθική άμμος , έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα

Πίνακας 1. Κοκκομετρική διαβάθμιση των υπό εξέταση δειγμάτων ασφαλτομίγματος (Πραπίδης , Ντούλης, Ζωτιάδης,2005)

Μέγεθος Κοσκίνου ASTM	Όρια προδιαγραφής (Διερχόμενα)	Διαβάθμιση Δειγμάτων
¾ in (19 mm)	100	100
½ in (12,5 mm)	85 – 100	87
3/8 in (9,5 mm)	60 –90	65
No 4 (4,75 mm)	20 – 50	34
No 8 (2,36 mm)	5 – 25	21
No 16 (1,18 mm)	3 – 19	13.5
No 50 (0,30 mm)	0 –10	7.2
No 200 (0,075 mm)	-	4.1

Κοκκομετρικές διαβαθμίσεις με σχεδόν παραπλήσια αποτελέσματα συναντώνται από αναλύσεις σκωριών Αειφόρος Α.Ε. από τους Οικονόμου και Εσκίογλου (2005) και επιπλέον σε μη δημοσιευμένα αποτελέσματα (Οδικό έργο Σαππών Ορμενίου)

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών για τον ορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των ίδιων ερευνητών (Πραπίδης κ.α 2005)

Πίνακας 2 Αποτελέσματα εργαστηριακών Δοκιμών (Μηχανικά Χαρακτηριστικά)

(Πηγή Πραπίδης κ.α. 2005)

Δοκιμή	Πρότυπο	Όρια		ΣΚ1	ΣΚ2	ΣΚ3	Sl ₄ **
		ΔΕΚ E	ASTM D5106				
Δείκτης Πλακοειδών	BS812: 115.1-89	max 30 %	---	16,7	14,5	22	21,8
AAV	BS812: 113-91	max 10 %	---	1,6	2,3	3,9	3
PSV	BS812: 114-89	Min 60	---	61	66	45	64
Los Angeles	ASTM C131-96	max 26 %	max 40%	16	18	29	15
Ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση	ASTM C88-90	max 9 %	max 12%	0,5	1,2	0,12	0,13
Ειδικό βάρος SSD	ASTM C127-97	---		3,352	3,465	3,241	3,3

** Η 4^η στήλη δίνει αποτελέσματα από την εργασία των Οικονόμου ,Εσκίογλου «Χρήση μεταλλουργικής σκωρίας στην κατασκευή αντιολισθηρών ψυχρών ασφαλτοταπτήτων »2005

Από τον Πίνακα προκύπτει πως , οι μεταλλουργικές Fe-σκωρίες και η σκωρία της ΑΕΙΦΟΡΟΣ έχουν καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά , εντός των Προδιαγραφών σε αντίθεση με την Pb-ούχα σκωρία του Λαυρίου, η οποία είναι εύθρυπτη και με αρκετά χαμηλή τιμή αντίστασης σε λείανση (PSV).

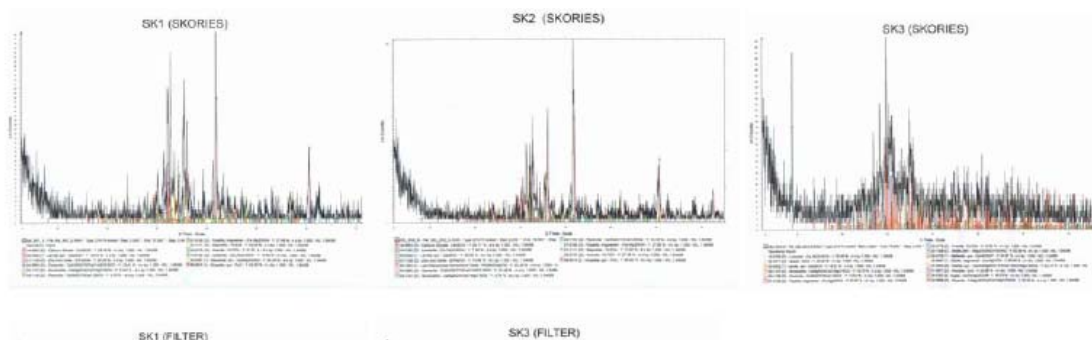
Στον Πίνακα 3 δίνονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά των φυσικών αδρανών που συναντώνται στα Ελληνικά λατομεία και συνθέτουν τα δείγματα.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα αντιπροσωπευτικών μηχανικών χαρακτηριστικών από φυσικά αδρανή Ελληνικών λατομείων. (Πηγή Πραπίδης κ.α. 2005)

Δοκιμή	Γάββρος(1)	Διαβάσης (2)	Ανδεσίτης (3)
Δείκτης Πλακοειδών (%)	16,7	21,5	25
AAV (%)	5,0	2,3	4,6
PSV	60	57	56
Los Angeles (%)	14	12	19
Ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (%)	2,3	1,2	2,0

Οι ορυκτολογικές αναλύσεις έγιναν όπως καταθέτουν οι ερευνητές στα 4 δείγματα-υλικά σκωρίας από το αιωρούμενο λεπτόκοκκο υλικό, που συγκρατήθηκε στους ηθμούς μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής έκπλυσης TCLP (Πραπίδης κ.α. 2005). Ο Εσκίογλου (1991, 1993) και οι Οικονόμου Εσκίογλου (2005) πραγματοποίησαν τις αντίστοιχες ορυκτολογικές τους εξετάσεις στα Εργαστήρια Φυσικής Χημείας του Τμήματος Χημικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής και της Εδαφολογίας της Γεωπονικής του Α.Π.Θ. Χρησιμοποιήθηκε το περιθλασίμετρο mini-flex Rigaku derki και το περιθλασίμετρο Phillips model 1050 με σταθερές 36KV και 24mA με ακτινοβολία Cu,Ka φίλτρου Ni.

Αν και η ορυκτολογική εξέταση είναι πλεονασμός για τους ελάχιστους δασικούς ασφαλτοστρωμένους δρόμους, αξίζει για την ολοκληρωμένη βιβλιογραφική παρουσίαση και ενημέρωση, να παρουσιασθούν δείγματα τέτοιων (Πραπίδης 2005)



Σχήμα 1. Μορφές ακτινο-διαγραμμάτων δοκιμών XRD (Πραπίδης κ.α. 2005)

Έλεγχος τοξικότητας

Τις όποιες εργασίες ελέγχου τοξικότητας –απαραίτητο στοιχείο της έρευνας για την περιβαλλοντική διάσταση της αντικατάστασης των αδρανών από σκωρίες-πραγματοποιήσαμε στα Εργαστήρια του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Δ.Π.Θ. και στα Εργαστήρια του Τμήματος Χημικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. και υπάρχουν σειρές αδημοσίευτων αποτελεσμάτων. Βιβλιογραφικά όμως υπάρχουν αποτελέσματα για τα προαναφερόμενα δοκίμια που παρουσιάζονται στους Πίνακες 4 και 5. και που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας ατομικής απορρόφησης (AAS). Και με συσκευή Perkin –Elmer μοντέλο 1100B.

Πίνακας 4 : Αποτελέσματα σε µg/l (ppb) της δοκιμής TCLP στα υλικά σκωρίας και στα αντίστοιχα δοκίμια ασφαλτομίγματος. (Πηγή Πραπίδης κ.α. 2005)

ΔΕΙΓΜΑ (ΣΚ ₁)	Cu	Zn	Pb	Cd	Fe	Mn	Co	Ni	Cr	As
Αρχικό υλικό Fe- σκωρίας	90	635	910	45	1800	1900	100	320	240	110
Δοκίμιο Ασφαλτομίγματος	40	100	190	20	450	140	45	140	100	25
ΔΕΙΓΜΑ (ΣΚ ₂)	Cu	Zn	Pb	Cd	Fe	Mn	Co	Ni	Cr	As
Αρχικό υλικό Fe - σκωρίας	90	1590	450	450	9420	4340	180	270	200	110
Δοκίμιο Ασφαλτομίγματος	40	100	200	20	820	1270	80	120	90	20
ΔΕΙΓΜΑ (ΣΚ ₃)	Cu	Zn	Pb	Cd	Fe	Mn	Co	Ni	Cr	As
Αρχικό υλικό Pb - σκωρίας	140	15110	23600	270	29820	37440	270	820	600	1720
Δοκίμιο Ασφαλτομίγματος	40	4530	9330	20	5960	830	100	120	90	460

** υπάρχουν αδημοσίευτα στοιχεία Ομάδας εργασίας έργου Σαπών –Ορμενίου, με διαφορετική ερευνητική μεθοδολογία

Τέλος πραγματοποιήθηκε σύγκριση οριακών τιμών σε µg/l (ppb) μετάλλων : (1) σύμφωνα με τα κριτήρια τοξικότητας (TCLP) της U.S. E.P.A., (2) την υποχρέωση αποκατάστασης (remediation) των υπόγειων νερών με βάση τις απαιτήσεις της U.S. E.P.A και της Ολλανδικής Dutch List ,(3) τις ανώτατες αποδεκτές τιμές μετάλλων σε επιφανειακά και υπόγεια νερά και (4) για την καταλληλότητα του πόσιμου νερού με βάση την Ευρωπαϊκή Οδηγία 98/83/EK και την U.S. E.P.A. Οι τιμές αυτές δίνονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5 : Οριακές τιμές μετάλλων σε µg/l (ppb) (Πηγή Πραπίδης κ.α. 2005)

Μέταλλο	Ορια TCLP (1)	Οριακές τιμές (U.S. EPA) (2)		Οριακές τιμές (Dutch List) (2)	ΦΕΚ 15 Α' (3)	Ορια ΕΚ Νερού Ποσιμότητας (4)	Ορια U.S. EPA Νερού Ποσιμότητας (4)
		Class I	Class II				
As	5000	50	20	60	30	10	10
Cd	1000	5	50	6	-	5	5
Co	-	1000	1000	100	20	-	-
Cr	5000	100	1000	30	50	50	100
Cu	-	65	65	75	50	2000	1000
Fe	-	5000	5000	-	200	200	300
Mn	-	150	10000	-	100	50	50
Ni	-	100	2000	75	100	20	
Pb	5000	7.5	100	75	20	10	15
Zn	-	5000	10000	800	1000	5000	5000

Από τις δοκιμές έκπλυσης τόσο στη σκωρία όσο και στα αντίστοιχα δοκίμια ασφαλτομίγματος οι (Πραπίδης κ.α.) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι σιδηρούχες σκωρίες πλεονεκτούν των μολυβδούχων όσον αφορά την τοξικότητα τους αφού κρίνονται και περιβαλλοντικά ως μη τοξικές τοξικές λόγω της μειωμένης

κινητικότητας των μετάλλων και τελικά των χαμηλών τιμών τους, που αποδεσμεύονται στο εκχύλισμα.

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση των μεταλλουργικών παραπροϊόντων –στα οποία περιλαμβάνονται οι σιδηρούχες και μολυβδούχες σκωρίες – βρίσκεται σε εμβρυακό στάδιο σε ότι αφορά τη δυνατότητά τους να αντικαταστήσουν τα αδρανή στη φάση κατασκευής οικονομικών οδοστρώσεων σε δασικούς δρόμους. Επειδή στη δασική πράξη δεν έγιναν ιδιαίτερες έρευνες τόσο από τεχνικής όσο και περιβαλλοντικής άποψης, κρίθηκε απαραίτητο να κατατεθεί κάθε βιβλιογραφική αναφορά για να μπορέσει ο δασολόγος – οδοποιός να κρίνει αν και κάτω από ποιες συνθήκες μπορεί να προχωρήσει στη χρησιμοποίησή τους . Σπουδαία Ελληνική βιβλιογραφία που κατατίθεται στην συνθετική αυτή εργασία παρουσιάζει εργαστηριακή έρευνα και ελέγχους των μηχανικών χαρακτηριστικών των σκωριών, ορυκτολογικές αναλύσεις, αλλά κυρίως εργαστηριακούς έλεγχοις της τοξικότητας τους τόσο στο αρχικό υλικό όσο και στο παραγόμενο ασφαλτόμιγμα.

Η βιβλιογραφία κατέδειξε ότι οι μολυβδούχες σκωρίες παρουσιάζουν χαμηλές μέσες τιμές μηχανικών χαρακτηριστικών (εκτός ορίων Ελληνικών προδιαγραφών) ενώ κρίνονται και περιβαλλοντικά ως τοξικές, και κατά συνέπεια δεν ενδείκνυται η χρήση τους ως αδρανή σε αντιολισθηρά ασφαλτομίγματα. Στην περίπτωση αυτή στους δασικούς δρόμους αναψυχής και στους δρόμους έντονης κυκλοφορίας , θα πρέπει να αποφεύγεται η αντικατάσταση αδρανών από μολυβδούχες σκωρίες.

Στον αντίποδα όμως, οι σιδηρούχες σκωρίες παρουσιάζουν αποδεκτές τιμές μηχανικών χαρακτηριστικών ενώ η χρήση τους ως αδρανή στα αντιολισθηρά ασφαλτομίγματα ενδείκνυται καθώς κρίνονται και περιβαλλοντικά ως μη τοξικές λόγω της μειωμένης κινητικότητας των μετάλλων και τελικά των χαμηλών τιμών τους, που αποδεσμεύονται στο εκχύλισμα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Από τη θέση αυτή θέλω να ευχαριστήσω τους κ. Πραπίδη Α., Ντούλη Γ. και Β. Ζωτιάδη διότι τα ερευνητικά αποτελέσματά τους θα πλουτίσουν τις γνώσεις του κάθε δασικού οδοποιού στο συγκεκριμένο πεδίο.

AGGREGATE'S REPLACEMENT BY SLAG IN FOREST ROADS BASED ON MECHANICAL AND ENVIRONMENTAL CRITERIA

Panagiotis Chr. Eskioglou

ABSTRACT

Soil stabilization with by-products is a technique used since many years ago with the main purpose to alter the soil properties in such a way as to render the soils capable of meeting the requirements of the specific engineering project. Such by-products are fly-ash, red mud, marble-dust and metallurgical waste. In this paper , the use of slag as aggregates for skid resistant asphalt mixes is researched in the forest road for the first time , and is under evaluation. Also the metallurgical slags were tested in regard of their physical and mechanical properties successfully. The environmental benefit from the utilization of slags is very important. In order to test possible environmental problems due to heavy metals leaching from slag aggregates, a series of tests was

carried out both on slag aggregates and on skid resistant asphalt mixes. The results showed minimal leaching and fulfilled of the relevant standards in the Fe-slag and optimal and prohibition for Pb-slag. The results are evaluated and compared with similar results of common aggregates and for conformance with International and Greek Specifications. Finally, the use of slag as a high quality aggregate in skid resistant asphalt mixes is feasible and at the same time is presented as an alternative in solid waste management.

Keywords : Forest roads, Skid resistance asphalt , Fe Pb-slugs, TCLP, solid waste management, leaching

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ASTM D 1559– 1989. Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus ASTM International

ASTM D 5106 – 2003. Standard Specification for Steel Slag Aggregates for Bituminous Paving Mixtures ASTM International

Εσκίογλου , Π.1991. Οικονομικά και ανθεκτικά οδοστρώματα στους δασικούς δρόμους. Διδακτορική διατριβή

Εσκίογλου, Π. 1993. Κατασκευή αντιολισθηρών ταπήτων . Εφαρμογή της μεθόδου SLURRY SEALING στους δασικούς δρόμους. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας ΦΠ. Τόμος ΛΣΤ 1993. σελ.545-554

Εσκίογλου ,Π. 2002. Ενίσχυση δασικών δρόμων με τοπικά παραπροϊόντα βιομηχανίας. Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου Ασφαλτικά μίγματα και οδοστρώματα. Θεσσαλονίκη Νοέμβριος 2002. σελ. 325-336

Εσκίογλου, Π. και Ν. Οικονόμου ,2006. Φιλοπεριβαλλοντικές μέθοδοι κατασκευής δρόμων αναψυχής στο περιαστικό δάσος Θεσσαλονίκης . Πρακτικά του συνεδρίου του Α.Π.Θ. 'Περιβαλλοντικά προβλήματα της θεσσαλονίκης και της ευρύτερης περιοχής' σελ.535-540.

Κεχαγιά , Φ., 2004. Χρήση σκωριών χαλυβουργίας σε κατασκευές οδοστρωμάτων. Πρακτικά Συνεδρίου «χρήση βιομηχανικών παραπροϊόντων στην Οδοποιΐα» Μάϊος 2004. σελ.99-112. Θεσσαλονίκη.

Πραπίδης, Α., Γ. Ντούλης, και Β. Ζωτιάδης, 2005. Χρήση σκωριών σε αντιολισθηρά ασφαλτομίγματα βάσει μηχανικών & περιβαλλοντικών κριτηρίων. Πρακτικά Heleco '05. Φεβρουάριος 2005, Αθήνα. ΤΕΕ

Οικονόμου, Ν. και Π. Εσκίογλου ,2005. Χρήση μεταλλουργικής σκωρίας στην κατασκευή αντιολισθηρών ψυχρών λεπτοταπήτων. Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΒΙΠΑΡ « Αξιοποίηση βιομηχανικών παραπροϊόντων στη δόμηση» σελ.439-447.

Τσώχος, Γ., 2004 Χρήση Βιομηχανικών παραπροϊόντων και εναλλακτικών υλικών στην Οδοποιία. Πρακτικά Συνεδρίου «Χρήση Βιομηχανικών παραπροϊόντων στην Οδοποιία», , Εργαστήριο Οδοποιίας ΑΠΘ.

ΥΠΕΧΩΔΕ/ΓΓΔΕ.1985 Τεχνικές οδηγίες για την κατασκευή αντιολισθηρής ασφαλικής στρώσης από ασφαλτικό σκυρόδεμα. ΕΚ2Οικ8532/1100