

Δυνατότητα προφύλαξης της Δημόσιας υγείας από τη χρησιμοποίηση των βιομηχανικών παραπροϊόντων σε έργα Οδοποιίας.

{Εργασία που παρουσιάστηκε στο 11ο Σεμινάριο για την προστασία του περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη Νοέμβριος 2000.}

Παναγιώτης Χρ. Εσκίογλου

Επίκουρος Καθηγητής . Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος

E-mail : pxeskio@for.auth..gr

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Η αλόγιστη χρήση πρώτων υλών και η απόθεση των βιομηχανικών παραπροϊόντων στη φύση , είναι κάποιες από τις αιτίες που καταστρέφουν το περιβάλλον. Η Οδοποιία σαν επιστημονικό πεδίο επιδιώκει την κατασκευή οικονομικών και ανθεκτικών οδοστρωμάτων ελαχιστοποιώντας την απαραίτητη ποσότητα αδρανών στις στρώσεις βάσεων και υποβάσεων αντικαθιστώντας τα με βιομηχανικά απόβλητα .

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα ερευνητικά αποτελέσματα της διερεύνησης της χρησιμοποίησης των αποβλήτων στην Δασική Οδοποιία, ώστε να κατασκευάζουμε με αυτά οικονομικά οδοστρώματα , και με την απορρόφηση τους να προστατεύουμε το περιβάλλον και να διαφυλάττουμε την Δημόσια υγεία . Η έρευνα στράφηκε στην ιπτάμενη τέφρα, στην ερυθρά ιλύ στις σκωρίες και στην μαρμαρόσκονη και διαπιστώθηκε ότι τα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αρκεί να ελέγχεται η έκπλυση των βαρέων τους μετάλλων προς τους υδροφόρους ορίζοντες.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλες οι παραγωγικές δραστηριότητες του ανθρώπου έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την απόρριψη δομικών απορριμάτων και βιομηχανικών παραπροϊόντων τα οποία καταστρέφουν το περιβάλλον και επιβαρύνουν την Δημόσια Υγεία .Όταν στη χώρα μας παρουσιάζεται συνεχής μείωση πρώτων υλών και πηγών ενέργειας ενώ η ετήσια ποσότητα τέτοιων απορριμάτων ξεπερνά τα 12 εκατομμύρια τόνους , η δυνατότητα αξιοποίησης και επαναχρησιμοποίησή τους οπωσδήποτε αφορά την Εθνική Οικονομία ,την προστασία του περιβάλλοντος και τη Δημόσια υγεία.

Η κατασκευαστική οδοποιΐα, σαν ερευνητικό πεδίο με περιβαλλοντική ευαισθησία, διαχρονικά έχει γίνει αποδέκτης αυτών των αποβλήτων. Η εισαγωγή της πίσσας, η διοχέτευση σκωριών και τέφρας από την επεξεργασία απορριμμάτων, η επαναχρησιμοποίηση οικοδομικών υλικών, η χρησιμοποίηση ανακυκλωμένων δομικών υλικών με ιδιότητες που βελτιστοποιούν την ποιότητα των κατασκευών, και γενικά η χρησιμοποίηση των βιομηχανικών παραπροϊόντων (by products) και των εναλλακτικά απορριφθέντων υλικών (waste materials) που υπάρχουν άφθονα και με ελάχιστο κόστος παραγωγής, αποτελούν επιβεβαίωση των παραπάνω (Hirt 1993, Τσώχος 1995).

Οι πρώτες έρευνες εστιάστηκαν στην επεξεργασία των βιομηχανικών σκωριών, που παράγονται στις εγκαταστάσεις καύσης σκουπιδιών. Η σκωρία εμφανιζόταν μετά την καύση των σκουπιδιών σε ποσοστό 30- 40%, και αποτελείτο από μεταλλικά γυάλινα και κεραμικά συστατικά και από ιπτάμενη τέφρα των ηλεκτρικών φίλτρων. Αυτό το άοσμο και αδρανές προϊόν, όταν αποθηκεύονταν κατάλληλα, δεν προκαλούσε φθορές στον αέρα ούτε στα υπόγεια νερά (AASHTO 1987). Οι έρευνες που έγιναν με εδαφομηχανικές μεθόδους έδειξαν ότι οι σκωρίες, με βάση το σύστημα ταξινόμησης USCS, αντιστοιχούν σε εδάφη GW, GP, GM, GM-ML, διατηρούν σταθερό τον όγκο τους στη δράση του νερού και του παγετού (SNV Stabilisations 1988), ενώ αυξάνεται ο συντελεστής αντοχής του μίγματος εδάφους - σκωρίας στη δοκιμή της ανεμπόδιστης θλίψης (Hirt 1994).

Όσον αφορά τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας σταθεροποιημένων στρώσεων οδοστρώσεως με άλλα παραπροϊόντα, τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά. Βρέθηκε ότι η αντοχή των σταθεροποιημένων (μίγμα) δοκιμίων με ασβέστη και τέφρα αυξάνεται αυξανόμενου του μίγματος των σταθεροποιητών και του χρόνου συντήρησης των δειγμάτων (Linn και Symons 1988), ενώ υπολογίστηκαν ακριβώς και οι συντελεστές αντοχής των στρώσεων αυτών (Hirt, R. 1998).

Τέλος κατά τη σταθεροποίηση εδαφών με μαρμαρόσκονη, παρατηρήθηκε μείωση της πλαστικότητας των σταθεροποιημένων εδαφών και αύξηση της τιμής CBR. (Okagbue C.O κ.α 1999)

Στην Ελλάδα, τα παραπάνω συμπεράσματα ήρθαν να κεντρίσουν το ερευνητικό ενδιαφέρον αφού κάθε χρόνο εναποτίθενται στο περιβάλλον 900000 τόνοι μόνο από σκωρίες χαλυβουργείου με τα γνωστά προβλήματα ρύπανσης. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν σκωρίες σε αντιολισθηρούς τάπητες λόγω της σκληρότητας και ανθεκτικότητάς τους. Το 1977 και το 1978, ο Στεργιάδης πειραματίστηκε με ιπτάμενη τέφρα για την κατασκευή υποθεμελίωσης και υπόβασης στους δασικούς δρόμους του Πανεπιστημιακού δάσους του Περτουλίου, αλλά η προσπάθεια αυτή δεν μελετήθηκε από άποψη μηχανικών ιδιοτήτων και η πειραματική επιφάνεια δόθηκε στην κυκλοφορία χωρίς να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα.

Άλλοι ερευνητές (Christoulas κ.α 1983, Μαρσέλλος, Ν. κ.α 1987) σε έρευνά τους πάνω στη σταθεροποίηση μη δασικών εδαφών με τέφρα Μεγαλόπολης και Πτολεμαΐδας

απέδειξαν ότι μπορεί με επιτυχία να χρησιμοποιηθεί τόσο ως πρόσθετο για την κατασκευή υποβάσεων και βάσεων οδοστρωμάτων, όσο και για την κατασκευή επιχωμάτων σε συμπιεστά εδάφη.

Οι ίδιοι απέδειξαν επίσης ότι με τη σταθεροποίηση αυξάνεται η βέλτιστη υγρασία και η αντοχή σε θλίψη του εδαφικού δοκιμίου, ενώ μειώνεται η μέγιστη ξηρή πυκνότητα και ο δείκτης πλαστικότητάς του.

Πειράματα σε μίγματα ερυθράς ιλύος 50/ 50 με φυσικό έδαφος, έδειξαν ότι βελτιώνεται η φέρουσα ικανότητά τους κατά 22% ενώ σε μίγματα ερυθράς ιλύος με θραυστό αμμοχάλικο παρατηρήθηκε αύξηση της τάξης του 30% που οφειλόταν στις ιδιότητες υδραυλικής κονιάς που περιέχει η ιλύς. Οι μηχανικές ιδιότητες της την επιτρέπουν να χρησιμοποιηθεί σαν κοινό αδρανές για υλικά βάσης - υπόβασης, αλλά ενώ παρουσιάζει υψηλή τιμή CBR = 30- 35, υστερεί σε αντοχή θλίψης (Μουρατίδης 1996).

Τέλος πλήν της βελτίωσης των μηχανικών ιδιοτήτων των μιγμάτων εδάφους - παραπροϊόντων , σε πολλά ερευνητικά προγράμματα ερευνήθηκε και διαπιστώθηκε η περιβαλλοντική θεώρηση της αξιοποίησης των υλικών αυτών. (Τσώχος κ.α 1995).

Με βάση την παραπάνω βιβλιογραφία , διεξήχθη εκτεταμένη έρευνα την τελευταία πενταετία σε δασικούς δρόμους για το αν και κατά πόσο μπορούμε να αντικαταστήσουμε τα υλικά οδοστρώσεως με βιομηχανικά παραπροϊόντα ώστε να αποκαταστήσουμε το φυσικό περιβάλλον και ταυτόχρονα να περιφρουρήσουμε την δημόσια υγεία. Τα συμπεράσματα αυτής της έρευνας παρουσιάζονται στην εργασία αυτή.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα είναι α. Παραπροϊόντα βωξίτη (ερυθρά ιλύς) β. Ιπτάμενη τέφρα γ. Μαρμαρόσκονη δ. Σκωρίες χαλυβουργίας

α. Η ερυθρά ιλύς είναι το στερεό απόβλητο που προκύπτει από την κατεργασία των βωξιτών με τη μέθοδο Bayer για την παραγωγή αλουμίνας και αποτελείται από την υγρή και τη στερεά φάση. Η υγρή περιέχει NaOH και έχει βασική αντίδραση με pH 10.7 - 12.5, ενώ η στερεά αποτελείται από διάφορα οξείδια (35% Fe₂O₃ , 28% Al₂O₃ κ.α). Το ετήσιο παραγόμενο προϊόν είναι 500.000 τόνοι, απορρίπτεται στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στον Κορινθιακό κόλπο με απρόβλεπτες συνέπειες υποβάθμισης.

Η έρευνα μας έγινε σε χωματόδρομο του δασικού συμπλέγματος Πευκωτού Αριδαίας.

β.Η ιπτάμενη τέφρα είναι το λεπτά διαμερισμένο υπόλειμμα, προϊόν καύσης κονιορτοποιημένου άνθρακα κάθε κατηγορίας που συλλέγεται ηλεκτροστατικά από τις υψικαμίνους. Συνίσταται από διάφορα οξειδία (SiO_2 28.8%, Al_2O_3 10.3%, Fe_2O_3 3.45% CaO 36.7% κ.α) με ειδικό βάρος 2.5 - 2.6 gr / cm^2 , μέγιστη ξηρά πυκνότητα 1160 Kg / m^3 και βέλτιστη υγρασία 29%

Η ετήσια παραγωγή της ανέρχεται σε 10.000.000 τόνους, ενώ η επιφάνεια που καταλαμβάνει σαν απόβλητο ανέρχεται σε 40.000 στρέμματα στη Μεγαλόπολη και 135.000 στην Πτολεμαίδα. Με δεδομένη την παρουσία του ραδιενεργού ραδόνιου 222 και την υποβάθμιση των υπογείων υδάτων, το πρόβλημα της διάθεσης είναι οξύτατο. Η χρήση πρέπει να γίνεται με περίσκεψη σε κατασκευές χωρίς συμύκνωση και ιδίως όπου ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε μικρό βάθος λόγω απόπλυσης των περιεχόμενων μετάλλων τους.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε λεπτόκοκκα και χαλικώδη δασικά εδάφη και χρησιμοποιήθηκε τέφρα Πτολεμαΐδας που περιέχει 36% CaO και επιτρέπει μεγαλύτερη δυνατότητα σταθεροποίησης αργιλικών εδαφών.

γ. Η μαρμαρόσκονη που χρησιμοποιήθηκε για σταθεροποίηση δασικών δρόμων της Διεύθυνσης Δασών Δράμας, ελήφθη από τα υπολείμματα των μαρμάρων Δράμας και Καβάλας.

δ. Οι σκωρίες χαλυβουργίου που ετησίως ανέρχονται σε 900.000t, χρησιμοποιούνται σε αντιολισθηρούς τάπητες κυκλοφορίας λόγω της σκληρότητας και ανθεκτικότητας των σκωριών. Ελήφθησαν από διάφορες κυρίως σιδηροβιομηχανίες και πειραματιστήκαμε στη σύνθεση ισχυρού σκυροδέματος και σε σταθεροποίηση με τσιμέντο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά η έρευνα με τη ερυθρά ιλύ έδειξε ότι η προσθήκη της σε χωματόδρομο μειώνει κατά 25% την παραμορφωσιμότητά του στην διέλευση φορτίων οχημάτων, ενώ βελτιώνει κατά 22% την τιμή της φέρουσας ικανότητάς του. Επίσης βρέθηκε ότι η φέρουσα ικανότητα σταθεροποιημένης με ιλύ σκυρόστρωσης βελτιώνεται κατά 7%, εξαιτίας της ιδιότητας της ερυθράς ιλύος ως υδραυλικής κονίας για αύξηση της αντοχής (Εσκιογλου 2000).

Ερευνώντας τις εναλλακτικές λύσεις σταθεροποίησης εδαφών για την οικονομική και αποδοτική κυκλοφορία οχημάτων συγκομιδής, απέδειχθη ότι εδαφική στρώση σταθεροποιημένη με 7% τσιμέντο και 20% τέφρα, παραμορφώνεται - υπό την επίδραση κυκλοφοριακού φόρτου- 2.6 φορές λιγότερο από ισοπαχή στρώση αμμοχάλικου και 1.7 φορές λιγότερο από στρώση σταθεροποιημένη με 8% ασβέστου και 30% τέφρα. (Εσκιογλου P, P.Εfthymiou 1996)

Κατά τη σταθεροποίηση λεπτόκοκκων εδαφών με ιπτάμενη τέφρα αποδείχτηκε ότι το ιδανικό ποσοστό σταθεροποιητών είναι 8% ασβέστου και 30% τέφρας. Αυτά τα ποσοστά στο έδαφος μειώνουν την μέγιστη ξηρά πυκνότητα και τον δείκτη πλαστικότητας κατά 60%, ενώ αυξάνουν τη βέλτιστη υγρασία 25% , με αποτέλεσμα το έδαφος να διατηρεί την ευστάθειά του με την αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας .Η αύξηση όμως αυτή είναι αργή επειδή η τέφρα μειώνει το αργιλικό κλάσμα(Eskioğlu 1997)

Η αύξηση της βέλτιστης υγρασίας συνοδεύεται από θεαματική αλλά όχι και ικανοποιητική - βάσει των Π.Τ.Π. - αύξηση της φέρουσας ικανότητας του σταθεροποιημένου εδάφους. Παρατηρείται ότι η αντοχή θλίψης αυξάνει ανάλογα του ποσοστού της τέφρας και του χρονικού διαστήματος συντήρησης των δοκιμίων, φθάνοντας σε τιμή 2.2 Kg / cm^2 (αύξηση 135%) μετά από συντήρηση 7 ημερών και στην τιμή 3.2 Kg / cm^2 (αύξηση 220%) ύστερα από συντήρηση 28 ημερών.

Βρέθηκε επίσης πως όταν σταθεροποιείται αμμοχαλικώδες έδαφος με ιπτάμενη τέφρα, αυξάνεται η φέρουσα ικανότητά του κατά 40%, ο συντελεστής αντοχής των στρώσεων επίσης αυξάνεται από $a_1 = 0.1$ σε $a_1 = 0.14$, ενώ μειώνεται 35% η μέση παραμόρφωση του υπό την επίδραση των κυκλοφορούντων φορτίων (Eskioğlu, P., R. Hirt και Bourlet, 1996)

Τέλος όσον αφορά τον κυκλοφοριακό φόρτο που μπορούν να δεχθούν ισοπαχείς στρώσεις, η σταθεροποιημένη με τσιμέντο και τέφρα στρώση αντέχει 3.5 φορές περισσότερο φορτίο από την σταθεροποιημένη στρώση με ασβέστη και τέφρα και 7 φορές περισσότερο από αμμοχαλικόστρωση (Εσκίογλου 1998).

Η έρευνα σταθεροποίησης εδαφών με μαρμαρόσκονη βρίσκεται ακόμη σε νηπιακό στάδιο. Ωστόσο διαπιστώθηκε μείωση της πλαστικότητας του μίγματος από 15 - 35% και αύξηση της αντοχής (CBR) κατά 25 - 45% και ιδιαίτερα όταν η περιεκτικότητα της μαρμαρόσκονης είναι 8% και η διάρκεια συντήρησης του δείγματος 28 ημέρες. Χρησιμοποιώντας δε τη δοκό του Benkelman αποδείχτηκε ότι οι νέες στρώσεις δεν μπορούν να αντέξουν βαριά αλλά μόνο ελαφριά κυκλοφορία , πράγμα που μας οδηγεί να χρησιμοποιήσουμε τη μαρμαρόσκονη σε δρόμους αναψυχής και όχι μεταφοράς ξυλείας.

Από τη χρησιμοποίηση των σκωριών στην δασική Οδοποιΐα, διαπιστώθηκε ότι έχουν μηχανικές ιδιότητες που επιτρέπουν τη χρήση τους σαν κοινά αδρανή σαν υλικά βάσης και υπόβασης αλλά υστερούν σε αντοχή σε θλίψη. Παρουσιάζουν υψηλή τιμή $\text{CBR} = 30 - 35$ που αντιστοιχεί σε καλά διαβαθμισμένο υλικό υπόβασης. Όμως παρουσιάζουν και ένα πρόβλημα αυτό της ρύπανσης υπόγειων - και επιφανειακών υδάτων που εξαρτάται :

από το είδος και την ποσότητα της σκωρίας,τη θέση εφαρμογής,τις υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής κατασκευής της οδού,τις κλιματικές συνθήκες και τον τύπο κατασκευής (βάση, υπόβαση , επίχωμα).

Επειδή η απόπλυση των συστατικών μειώνεται με τη μείωση της διαπερατότητας καλό είναι να χρησιμοποιείται σε ασφαλτομίγματα κλειστού τύπου που έχει υψηλό συντελεστή φυσικής επιβράδυνσης 2000 μέχρι - 10000 αντίθετα με το 2.5 του εδαφικού υλικού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την διεξαχθείσα έρευνα συμπεραίνεται ότι όλα τα παραπροϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην δασική Οδοποιΐα με τον περιορισμό που προκύπτει από την ύπαρξη μετάλλων (πολλές φορές βαρέων) των οποίων η έκπλυση μπορεί να επιβαρύνει τον υπάρχοντα υδροφόρο ορίζοντα..

Από μηχανικής άποψης, εδάφη και σκυροστρώσεις σταθεροποιημένες με ερυθρά ιλύ αντικαθιστούν στρώσεις βάσεων και υποβάσεων αφού βελτιώνονται σε μικρά ποσοστά η μηχανική αντοχή τους χωρίς όμως οι τιμές αυτές να προσεγγίζουν αντοχές προερχόμενες από άλλους σταθεροποιητές όπως τσιμέντο ή ασβέστη.

Σε εδαφικές στρώσεις με τέφρα, μειώνεται η πλαστικότητά τους , βελτιώνονται η κοκκομετρική διαβάθμιση ,τα μηχανικά χαρακτηριστικά , η βατότητα και η διατμητική τους αντοχή στις επιδράσεις των φορτίων των οχημάτων και των καιρικών συνθηκών .Η μείωση της παραμόρφωσής τους οδηγεί σε μείωση πάχους οδοστρώματος, μεγαλύτερη διακίνηση κυκλοφοριακού φόρτου, εξοικονόμηση αδρανών υλικών και ενέργειας και ελάττωση κόστους κατασκευής.

Εδάφη σταθεροποιούμενα με σκωρίες και μαρμαρόσκονη βελτιώνουν τις πλαστικές τους ιδιότητες, αυξάνουν τη φέρουσα ικανότητά τους ,αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε δρόμους με χαμηλές κυκλοφοριακές φορτίσεις.

Το κυριότερο όμως συμπέρασμα είναι ότι η σταθεροποίηση των εδαφικών στρώσεων και του υπεδάφους με βιομηχανικά παραπροϊόντα , ως τεχνικό αλλά και ως βιολογικό μέτρο , είναι ένα βήμα για μια οδοποιΐα που σέβεται το περιβάλλον , αφού έτσι προφυλάσσονται τα διαθέσιμα αποθέματα αδρανών για άλλες εργασίες, τα δομικά απορρίματα δεν εναποτίθενται στο περιβάλλον οπότε δεν το καταστρέφουν, και τέλος ελαχιστοποιείται το κόστος κατασκευής των οδικών έργων.Για το λόγο αυτόν η έρευνα αξίζει να προωθηθεί , όχι μόνο για τα τεχνικά πλεονεκτήματα αλλά και επειδή η ανακύκλωση του βιομηχανικού αυτού παραπροϊόντος προσφέρει λύσεις στα σοβαρά οικολογικά προβλήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

AASHTO T- 220 - 66. 1987 " Standard method of test for determination of the strength of soil- mixtures"N.York USA

A s s o c i a t i o n Suisse de normalisation 1988(SNV Stabilisations)

Christoulas, S., Kollias , N. Marsellos 1983. “ The use of fly- ash in road construction in Greece “ intervention in the 17th World Road Congress, Sydney

E s k i o g l o u, P., H i r t, R., and B u r l e t E,. 1996 "Investigation of pavement performance using the Benkelman beam method." Scientific Annals of the Department of Forestry and Natural Environment Vol LH pp 813- 824. AUTH

Eskioglou P., and Efthymiou, P.1996 " Alternative stabilization methods of forest roads for an efficient and gentle mechanization of wood harvesting systems" FAO/ ECE / ILO Seminar on "Environmetally sound forest roads and wood transport " Sinaia ,Romania.

Eskioglou P.1997 “ Der einsatz von flugashe im forstwegebau als mittel zum schutz der forstokosysteme. ” διεθνές Συνέδριο FORMEC σελ. 55 - 60 Brno Τσεχίας

Εσκίογλου Π.1998.Μελέτη της επίδρασης σταθεροποιημένων οδοστρωμάτων στον επιτρεπόμενο κυκλοφοριακό φόρτο.Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα Τόμος 9 4ος/ 98 σελ. 26- 31.

Εσκίογλου Π. 2000. Έρευνα για τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας των δασικών δρόμων με προσθήκη ερυθράς ιλύος.Υπό δημοσίευση στη Δασική Έρευνα. Αθήνα

Hirt, R. 1993: Recycling: Verwendung von Sekundärrohstoffen im Strassenbau, Strasse und Verkehr, Nr. 6, , S. 372 - 374.

Hirt, R. , 1994: Baustoff-Recycling, Antiquierte Normen behindern Einsatz im Strassenbau, Schweiz Ingenieur und Architekt SI+A, Nr. 38, S. 728 - 730.

Hirt, R. (1998): Verwendung von Recycling-Materialien im Wegebau Schweiz.Z.Forstwes.,149 11: 901- 908

Linn, M.D. and Symons M.G.1988 “ Lime-Fly ash stabilisation of fine grainedsoils “. Australian Road Research 18 (3), pp. 153-161

Μαρσέλλος Ν. Χριστούλας Σ. Κόλιας Σ. 1987 “ Χρήση ιπτάμενης τέφρας στην Οδοποιΐα” Δελτίο ΚΕΔΕ Τεύχος 4 σελ. 113 -130 .Αθήνα

Μ ο υ ρ α τ ί δ η ς Α ν. 1996“ Διερεύνηση χρήσης ερυθράς ιλύος σε έργα Οδοποιΐας” 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ασφαλτικών μιγμάτων και οδοστρωμάτων .Θεσσαλονίκη σελ.441-455

Okagbue C.O. and T.U.S. Oneyeobi 1999.Engineering Geology Volume 53 , Issue 3-4 pp. 371-380 Potential of marble dust to stabilise red tropical soils for road construction

Τσώχος Γ. Ν. Ηλιού 1995 “Εναλλακτικά υλικά οδοποιΐας - Περιβαλλοντική θεώρηση”. 1ο Συνέδριο Οδοποιΐας ΤΕΕ σελ. 772 - 777 . Λάρισα.

Precaution of State medicine from the utilization of industrial by products in road construction

P. Eskioglou

Ass.professor Lab.of forest engineering and surveing. Department of Forestry and Natural environment

SUMMARY

The environment is destroyed by the wasteful utilization of natural resources and by waste materials.But these materials can be used in road construction in order to protect the environment and create economical and durable pavements layer.

The main scope of this study is to investigate the influences of using of fly ash,murble dust,red mud and industrial rust to the mechanical behaviour of soil and the effect to forest roads and the nature environment. The investigation showed that after the mixture, the deflection is reduced, the Atterberg limits are improved , the equivalent structural layer coefficient and the bearing capacity is increased.

The only limitation for the utilization of these materials, is the control of heavy metal in the water level.

**Effect of the stabilization pavements on the permissible
circulated load**

by

Dr. P. Eskioglou *

In many instances subgrade soils that are unsatisfactory in their natural state can be altered by admixtures, by the addition of aggregate, or by proper compaction and thus made suitable for subgrade construction . In its broadest sense, soil stabilization implies improvement of soil so that it can be used for subbases, bases, and, in some rare instances, surface courses with an increase on the permissible circulated load. The research was realized to five different layers. The first with sand- gravel, the second soil stabilized with lime, the next with lime and flyash, the next with cement and the last with cement and flyash. The deflection in the existing pavement is two times more than the cement, and from this layer can pass even seven times more equivalent axles than first. Finally , the economics of problem in light of the benefits derived from the stabilization process determine whether it is warranted.

Key words : Soil stabilization, permissible deflection, Benkelman beam, equivalent axles load (ESAL), flyash.

**THE EFFECT OF FLY ASH TO FOREST ROADS AND THE NATURE
ENVIRONMENT**

ESKIOGLOU PANAGIOTIS

Lecturer

The clayey soils have been tested in order to find their bearing capacity. In these soils it is low and is difficult to do duty like pavement foundation.

It was decided to use different stabilizing agents in order to increase the bearing capacity of the in-situ soil.

The soils were mixed with different percentages fly ash and retested.

The limited handling ability of industrial by-products (fly-ash), forced research efforts to investigate the possibility of using them as structural materials.

The main scope of this work is to investigate the influence of using of fly ash to the mechanical behaviour of soil and the effect to forest roads and the nature environment.