

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΟΔΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΕ ΠΥΡΟΠΛΗΚΤΕΣ
ΠΕΡΙΟΧΕΣ. ΦΙΛΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Παναγιώτης Χρ. Εσκίογλου
Αναπληρωτής Καθηγητής
Τομέας Δασοτεχνικών και Υδρονομικών Έργων
e-mail:pxeskio@for.auth.gr

Περίληψη

Οι πυρκαγιές του 2007 εξαφάνισαν δασικές εκτάσεις, τεχνικά έργα καταστράφηκαν, το οδικό δίκτυο έχει υποστεί σημαντικές ζημιές και το φυσικό περιβάλλον υποβαθμίστηκε. Επομένως απαιτείται η βελτίωση των οδικών δικτύων, που αν γίνεται με φιλοπεριβαλλοντικές μεθόδους, τότε το κέρδος για το περιβάλλον είναι διπλό. Μία τέτοια μέθοδος είναι η χρησιμοποίηση βιομηχανικών παραπροϊόντων (τέφρα και ερυθρά ιλύς) για την ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας των εδαφών και την αύξηση της αντοχής της βάσης και της υπόβασης του οδοστρώματος. Αποδείχτηκε από την έρευνα ότι η αντοχή σε θλίψη των δοκιμίων που παρασκευάστηκαν από μίγμα θραυστών αδρανών και τέφρας είναι περίπου ίση με το 50-70% της αντίστοιχης αντοχής των δοκιμίων που παρασκευάστηκαν με τσιμέντο, ενώ η αντοχή σε εφελκυσμό βρέθηκε να είναι ίση με το 7-12% της αντίστοιχης θλιπτικής. Η χρήση ερυθράς ιλύος επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα και ιδίως στη σταθεροποίηση των επιχωμάτων. Το μόνο που πρέπει να προσεχθεί είναι να μη χρησιμοποιηθούν τα υλικά αυτά σε διαπερατά εδάφη και βλάψουν τους υδροφόρους ορίζοντες.

Εισαγωγή

Η πύρινη λαίλαπα του καλοκαιριού του 2007, άφησε πολλές και μεγάλες πληγές στο φυσικό Περιβάλλον της Πελοποννήσου. Δασικές εκτάσεις χάθηκαν και ταυτόχρονα εμφανίστηκαν όλες οι αρνητικές επιπτώσεις που συνοδεύουν τέτοια φαινόμενα.

Οι επιστήμονες κάθε ειδικότητας μετά την επί μέρους αποτίμηση των ζημιών, στράφηκαν σε θεραπευτικές μεθόδους τόσο για την αποτροπή άλλων δυσμενών καταστάσεων όσο και για την προστασία - αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος.

Ένας χώρος ζωτικός που δέχτηκε την καταστροφική επίδραση των πυρκαγιών, ήταν και αυτός των τεχνικών έργων και ειδικότερα της Δασικής Οδοποιίας, αφού η διάβρωση των εδαφών που ακολουθεί τέτοια φαινόμενα οδηγεί ή στην απαξίωση ή στην ανάγκη σοβαρής και άμεσης βελτίωσής τους.

Η προσπάθεια της αποκατάστασης των δασικών δρόμων ενώ απαιτεί μεγάλα κονδύλια και κατανάλωση φυσικών πόρων (αδρανή, τσιμέντο κ.α.), μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση κάποιων υλικών –

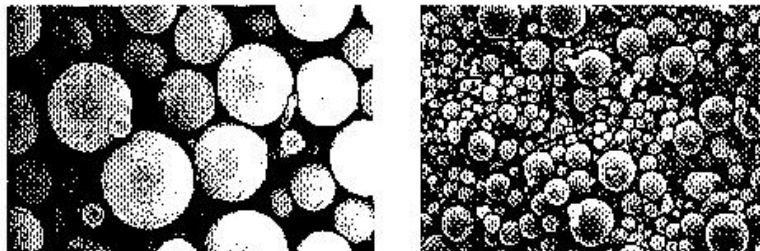
παραπροϊόντων που αφενός μπορούν να αντικαταστήσουν τους φυσικούς αυτούς πόρους μειώνοντας το κόστος κατασκευής, και αφετέρου να προστατέψουν το περιβάλλον καθώς θα ελαχιστοποιηθούν η απόθεσή τους και οι αρνητικές επιπτώσεις τους στο οικοσύστημα.

Τέτοια παραπροϊόντα υπάρχουν πολλά, όπως η ιπτάμενη τέφρα, τα υπολείμματα του βωξίτη, η μαρμαρόσκονη, τα τρίμματα ελαστικών, οι σκωρίες χαλυβουργείων κ.α. καθένα εκ των οποίων χαρακτηρίζεται από τη βελτίωση των εδαφών που επιτυγχάνεται, κάτω από ξεχωριστές συνθήκες σύνθεσης.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η οικονομικότητα της βελτιωτικής κατασκευής, που εξαρτάται απευθείας από το κόστος μεταφοράς των παραπροϊόντων, και κατά συνέπεια η επιλογή του υλικού θα γίνει με βάση την απόσταση από την οποία παράγεται. Για την περιοχή της Πελοποννήσου τα προτεινόμενα υλικά είναι κυρίως η τέφρα Μεγαλόπολης και δευτερευόντως υπολείμματα του βωξίτη Παρνασσού.

Υλικά-Μέθοδος Έρευνας

Η ιπτάμενη τέφρα (I.T.) είναι παραπροϊόν της καύσης κοινοτροποιημένου άνθρακα στους Θερμικούς Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Η ετήσια παραγόμενη ποσότητα του παραπροϊόντος αυτού στη χώρα μας –από τους Σταθμούς Πτολεμαΐδας και Μεγαλόπολης είναι της τάξης των 8,5 εκατομμυρίων τόννων ετησίως. Η τέφρα της Μεγαλόπολης είναι πλέον χοντρόκοκκη και στην χημική σύστασή της πλεονεκτεί το SiO_2 (40-45%) σε αντίθεση με αυτήν της Πτολεμαΐδας όπου κυριαρχεί το CaO με ποσοστό 30-50%.



Φωτογραφία 1.Κόκκοι I.T. σε διάφορες μεγεθύνσεις
Photo 1.Grains Fly-Ash in various enlargements

Η ερυθρά ίλυσ είναι το στερεό κατάλοιπο που λαμβάνεται κατά το πρώτο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας του αλουμινίου και είναι προϊόν της αντίδρασης του βωξίτη που έχει λειοτριβηθεί με το καυστικό νάτριο σε κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Για κάθε τόνο παραγόμενης ποσότητας αλουμίνιας, παράγονται 1,06 τόνοι ερυθράς ίλως και σε ετήσια βάση 503.000 τόνοι, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές έργων οδοποιΐας(Φωτογραφία 2).



Φωτογραφία 2. Παραγωγή ερυθράς ιλύος
Photo2. Production of red mud

Η αναγκαιότητα διαχείρισης των διαρκώς αυξανόμενων ποσοτήτων Ι.Τ. και ερυθράς ιλύος, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση οδήγησε από τη δεκαετία του 70, πολλές υπηρεσίες που σχετίζονται με τα οδικά έργα, στην ενθάρρυνση της χρησιμοποίησης των παραπροϊόντων ως υποκατάστατων του τσιμέντου σε σταθεροποίηση εδαφών και στρώσεων οδοστρώσεως και στην κατασκευή επιχωμάτων (AASHTO 1986).

Αποτελέσματα

2.1. Ιπτάμενη τέφρα

Σταθεροποίηση βάσεων –υποβάσεων

Αναμειγνύοντας Ι.Τ. σε ποσοστό 10-15% με θραυστά αδρανή και με άσβεστο σε ποσοστό 3-5%, δημιουργούνται στρώσεις οδοστρώματος με ιδιότητες όμοιες με αυτές που έχουν στρώσεις σταθεροποιημένες με τσιμέντο, αλλά με πολύ χαμηλότερο κόστος.

Οι στρώσεις αυτές χαρακτηρίζονται από:

-Αυξημένη αντοχή .Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη των δοκιμίων που παρασκευάστηκαν από μίγμα θραυστών αδρανών και τέφρας είναι περίπου ίση με το 50-70% της αντίστοιχης αντοχής των δοκιμίων που παρασκευάστηκαν με τσιμέντο(Σκιέρ 2004).

-Χρησιμοποίηση χαμηλής ποιότητας διαθέσιμων τοπικών αδρανών

-Χρησιμοποίηση αδρανών που προέρχονται από ανακύκλωση παλαιών στρώσεων

-Ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής(Ηλιού 2004)

Σταθεροποίηση-βελτίωση εδαφών

Με την ενέργεια αυτή τροποποιούνται τα χαρακτηριστικά των εδαφικών υλικών(πυκνότητα, πλαστικότητα), έτσι ώστε να βελτιώνεται η μηχανική συμπεριφορά του εδάφους, να αυξάνεται η θλιπτική και διατμητική αντοχή του εδάφους και επιπλέον να επιτυγχάνεται ο έλεγχος του φαινομένου συρρίκνωσης-διόγκωσης των εδαφών υψηλής πλαστικότητας.

Ειδικότερα κατά τη μίξη θραυστού αμμοχάλικου 3Α -τέφρας βρέθηκε ότι :

Αυξήθηκε η βέλτιστη υγρασία και μειώθηκε η μέγιστη ξηρή πυκνότητα που οφείλεται στην λεπτότητα των κόκκων της τέφρας και στη σχετικά μεγάλη ειδική επιφάνειά της σε σύγκριση με τους κόκκους των αδρανών.

Η αντοχή σε εφελκυσμό δοκιμίων σταθεροποιημένων με τέφρα βρέθηκε να είναι ίση με το 7-12% της αντίστοιχης θλιπτικής αντοχής. Το ποσοστό αυτό βρέθηκε να είναι ακόμη υψηλότερο στα μίγματα με φυσικό αμμοχάλικο.



Φωτογραφία 3. Ανάμειξη, διάστρωση συμύκνωση εδαφών με I.T.
Photo 3. Mixture, condensation, compaction of grounds with Fly Ash

Με τον τρόπο αυτόν :

-Μειώνεται το απαιτούμενο πάχος του οδοστρώματος -αφού αυξάνεται η φέρουσα ικανότητα του εδάφους- και ταυτόχρονα το κόστος κατασκευής.

-Μειώνεται επίσης το κόστος κατασκευής από την ελαχιστοποίηση της ανάγκης προμήθειας δάνειων εδαφικών υλικών.

Οι εργαστηριακοί έλεγχοι και οι αναλυτικοί υπολογισμοί διαστασιολόγησης κατέληξαν σε μία πρόταση κατασκευής ενός σταθεροποιημένου οδοστρώματος πάχους 20εκ. από αμμοχαλικώδες έδαφος με προσθήκη 5% Ι.Τ. επί του φυσικού εδάφους(Μουρατίδης 2004). Η δημιουργία ενός τέτοιου οδοστρώματος θα επιτρέπει την ομαλή λειτουργία-κυκλοφορία της οδού καθ'όλη τη διάρκεια του έτους. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση συνιστάται η επιφανειακή απόξεση του υφιστάμενου σώματος-οδοστρώματος σε βάθος 10εκ., προσθήκη τέφρας 5% (κατά βάρος αδρανών) και νέου υλικού, επί τόπου αναμόχλευση, επαναδιάστρωση και συμπίκνωση. Το πάχος της σταθεροποιημένης στρώσης είναι 20εκ. ενώ στην κατασκευή προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί ακατέργαστη τέφρα. Η διατομή του οδοστρώματος αποτελείται από υπόβαση πάχους 10εκ. σταθεροποιημένη βάση 20 εκ. και όπου απαιτείται, ασφαλοτάπητας μέχρι 10εκ.

Αν και οι εργαστηριακές έρευνες έδειξαν ότι η προσθήκη σκωρίας ή ερυθράς ιλύος σε ποσοστό 1% εξάλειψε εντελώς το φαινόμενο της διάγκωσης, βιβλιογραφικά, προτιμήθηκε λόγω πρόσθετων κατασκευαστικών δυσχερειών, να μη χρησιμοποιηθεί σκωρία στη φάση της κατασκευής. Στην φάση αυτή, εκτός από τα κλασσικά χωματουργικά μηχανήματα, προωθητή και ισοπεδωτή, προβλέπεται και η χρησιμοποίηση γεωργικών μηχανημάτων για την καλύτερη ανάμιξη των υλικών(Μουρατίδης 2004).

Χρησιμοποίηση τέφρας για την κατασκευή επιχωμάτων

Η συμπίκνωση εδαφικών στρώσεων με Ι.Τ. μπορεί να οδηγήσει στην κατασκευή επιχωμάτων που έχουν την ικανότητα να φέρουν τα φορτία οδικών κατασκευών.



Φωτογραφία 4. Κατασκευή οδικού επιχώματος με Ιπτάμενη Τέφρα
Photo 4. Construction of embankment with Fly ash

Η επέμβαση αυτή έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Επιχώματα μπορεί να κατασκευαστούν και πάνω σε εδάφη με χαμηλή φέρουσα ικανότητα εξαιτίας του μικρού ειδικού βάρους της Ι.Τ.
- Μειώνεται η αναγκαιότητα δανειοθαλάμων, και το κόστος κατασκευής, ενώ γίνεται ευκολότερη η διαχείριση και η συμπύκνωση (Ηλιού 2004) .

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι όσα θετικά προαναφέρθηκαν, γίνονται ιδιαίτερα έντονα όταν πρόκειται για χρησιμοποίηση τέφρας Πτολεμαΐδας με την οποία πετυχαίνεται μεγαλύτερη αντοχή στα σταθεροποιημένα εδάφη (Πίνακας 1). Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαφορετική χημική σύσταση των δύο τεφρών

Πίνακας 1. Επίδραση της τέφρας στην αντοχή σε θλίψη (Σκειρ 2004)
Table 1. Effect of ash in the Resistance in sadness

Αναλογία τέφρας (%)	Αντοχή σε θλίψη (kg/cm ²) (δοκίμια μετά από ωρίμανση 7 ημερών)		
	Θραυστό Αμμοχάλκο (3Α) + Ι.Τ. Μεγαλόπολης+ 1,5 % άσβεστος (96 - 97)	Θραυστό Αμμοχάλκο (3Α) + Ι.Τ. Πτολεμαΐδας (95 - 96)	Θραυστό Αμμοχάλκο (3Α) + Ι.Τ. Πτολεμαΐδας (00 - 02)
4	-	-	34,06
5	-	47,30	-
6	-	-	57,52
8	-	-	44,94
10	11,73	65,90	55,10
12	-	-	70,60
15	11,53	-	-
20	10,87	54,10	-
30	-	33,10	-

2.2.Ερυθρά ιλύς

Από μία σειρά ερευνητικών εφαρμογών της ερυθράς ιλύος σε δασικούς αλλά και αγροτικούς δρόμους βγήκαν τα παρακάτω αποτελέσματα(Εσκίογλου 2001):

- Μείωση του ορίου υδαρότητας και αύξηση του ορίου πλαστικότητας με συνέπεια την αύξηση της βέλτιστης υγρασίας
- Σημαντική αύξηση της θλιπτικής αντοχής στα δείγματα που ωρίμασαν παρουσία αέρα
- Αύξηση της διατμητικής ικανότητας του εδαφικού υλικού με την ανάμιξη ερυθράς ιλύος και τη δημιουργία σταθερών δομών χωματουργικών έργων.

- Η μικτή κατασκευή επιχώματος με την προσθήκη ερυθράς ιλύος και με επένδυση των πρανών με φυτική γη για την προστασία της μάζας του επιχώματος και κυρίως για την αποτροπή της διάβρωσης της ιλύος, ήταν ιδιαίτερα επιτυχής. Το επίχωμα διαστρώθηκε σε στρώσεις πάχους 40εκ. , ενώ απαιτήθηκε ελάχιστη διαβροχή , κυρίως για το αμιγώς εδαφικό υλικό. Οι φάσεις διάστρωσης και συμπύκνωσης διεξήχθησαν ομαλά, ενώ η ανάμιξη έγινε σε παρακείμενο χώρο του εργοταξίου. Η στρώση κυκλοφορίας διαμορφώθηκε, όταν στη στέψη του επιχώματος τέθηκε χαλικόστρωτο οδόστρωμα πάχους 20εκ. που αποτελείτο από στείρα βωξίτη και άμμο (Μουρατίδης 2004).

Συμπεράσματα

Η βελτίωση ενός οδικού δικτύου που έχει δεχθεί τις καταστρεπτικές επιδράσεις μιας εκτεταμένης πύρινης καταστροφής, είναι αναγκαία και άμεση. Η μεγάλη δαπάνη που απαιτείται μπορεί να ελαχιστοποιηθεί, αν οι φυσικοί πόροι και τα αδρανή μπορούν να αντικατασταθούν από βιομηχανικά παραπροϊόντα. Στην παρούσα εργασία κατατέθηκαν διάφορα συμπεράσματα από ερευνητικές εφαρμογές σε δασικούς και αγροτικούς δρόμους που σταθεροποιήθηκαν με ιπτάμενη τέφρα και ερυθρά ιλύ. Οι ιπτάμενες τέφρες μπορούν να υποκαταστήσουν το τσιμέντο σε πολλά τεχνικά έργα και σε συνάρτηση με τη μαζική και συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή τους , καθίσταται ιδιαίτερα αναγκαία η αξιοποίησή τους. Με τη σταθεροποίηση των εδαφών με τέφρα και ερυθρά ιλύ, αυξάνεται η αντοχή τους σε ποσοστό μέχρι και 70% της αντίστοιχης αντοχής εδαφών σταθεροποιημένων με τσιμέντο. Επίσης βελτιώνονται τα εδάφη και οι στρώσεις βάσεων και υποβάσεων δίνοντας οικονομικά και ανθεκτικά οδοστρώματα. Η εναλλακτική αυτή τεχνική σε δασικούς και αγροτικούς δρόμους είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και αποτελεσματική . Για να μιλήσουμε όμως για μία πλήρως επιτυχημένη οικονομικά αλλά και φιλοπεριβαλλοντικά εφαρμογή των παραπροϊόντων αυτών, θα πρέπει πάντα να γίνεται έλεγχος της εισόδου αυτών στους υδροφόρους ορίζοντες των περιοχών εφαρμογής.

IMPROVEMENT OF ROAD NETWORKS IN FIRE'S DAMAGED REGIONS. ENVIRONMENT-FRIENDLY INTERVENTIONS

Panagiotis Chr. Eskioglou
Assoϋιατε Professor
Laboratory of Mechanical Science and Topography
E-mail :pxeskio@for.auth.gr

Summary

The fires 2007 disappeared forest areas, many constructions were destroyed, the road network have suffered important damage and the natural environment were degraded. Consequently is required the improvement of road networks, that if it becomes with environmentally-friendly methods, then the profit for the environment is double. A such method is the utilisation industrial by-products (fly ash and red mud) for the aid of bearing capacity of soil and the increase of resistance of base and subbase of pavement. It was proved by the research that the resistance in sadness of essays that was prepared by mix of crash-aggregates and ash is roughly equal with 50 -70% the corresponding resistance of essays that was prepared with cement , while the resistance in shear stress found to be equal with 7-12% corresponding strength. The use of red silt involves the same results and same in the stabilisation embankment. Only that it should be care it is are not used this materials in intent soil and they harm the water horizons.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

American Association of State Highway Transportation Officials. 'Standard Method of test ', *Mineral Filler for Bituminus Paving Mixtures*, AASHTO Designation M17-83, Part 1 Specifications, 14th Edition ,1986

Εσκίογλου, Π., 2001.Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας των δασικών εδαφών με προσθήκη ερυθράς ιλύος. Δασική Έρευνα . Τόμος 13^{ος} .σελ.31-38

Ηλιού ,N., 2004. Ιπτάμενη Τέφρα και οδικές κατασκευές. Πρακτικά Συνεδρίου «Χρήση βιομηχανικών παραπροϊόντων στην Οδοποιία» . Θεσσαλονίκη Μάιος 2004. σελ.17-30.

Μουρατίδης , Α., 2004.Σταθεροποίηση οδοστρωμάτων με Ιπτάμενη Τέφρα. Πρακτικά Συνεδρίου «Χρήση βιομηχανικών παραπροϊόντων στην Οδοποιία» .Θεσσαλονίκη Μάιος 2004. σελ.47-57.

Σκειρ, Ι., 2004.Εργαστηριακές έρευνες για τη χρήση της Ιπτάμενης τέφρας σε σταθεροποιημένες στρώσεις οδοστρωμάτων. Πρακτικά Συνεδρίου «Χρήση βιομηχανικών παραπροϊόντων στην Οδοποιία» .Θεσσαλονίκη Μάιος 2004. σελ.31-43