

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Γ. Χ. Τσώχος, καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ν. Ηλιού, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

Π ε ρ ί λ η ψ η

Η συνεχής μείωση των φυσικών πηγών υλικών σε συνδυασμό με την αυξανόμενη σημασία της περιβαλλοντικής παραμέτρου σε όλα τα έργα είχε σαν συνέπεια την χρήση στην οδοποιία εναλλακτικών υλικών μορφής απορριφθέντων υλικών (Waste materials) ή παραπροϊόντων (by-products). Στην εργασία αυτή εξετάζονται 3 εναλλακτικά υλικά (ιπτάμενη τέφρα, σκωρίες, παραπροϊόντα βωξίτη) από την άποψη της περιβαλλοντικής καταλληλότητας για έργα οδοποιίας.

Η έρευνα έδειξε ότι και τα 3 υλικά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε κατασκευές οδοποιίας υπό ορισμένους περιορισμούς και σε συγκεκριμένους τύπους κατασκευών. Ο περιορισμός αυτός προκύπτει από την ύπαρξη μετάλλων (πολλές φορές βαρέων) των οποίων η έκλυση μπορεί να επιβαρύνει τον υπάρχοντα υδροφόρο ορίζοντα.

1. Εισαγωγή

Από το πλήθος των εναλλακτικών υλικών, εξετάζονται στην εργασία αυτή τα υλικά:

- α. σκωρίες
- β. ιπτάμενη τέφρα
- γ. παραπροϊόντα βωξίτη

Η επιλογή των 3 αυτών υλικών έγινε διότι η παραγωγή τους στον ελληνικό χώρο είναι σημαντική και συνεπώς η περαιτέρω παραγωγική τους χρήση είναι πολλαπλώς επιθυμητή και βέλμη (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Ετήσια παραγωγή εναλλακτικών υλικών

Εναλλακτικό υλικό	Σκωρίες χαλυβουργίας	Ιπτάμενη τέφρα	Παραπροϊόντα βωξίτη (ερυθρά ιλύς)
ετήσια παραγωγή (t)	300.000	10.000.000	500.000

Πηγή [1]

Είναι προφανής η ανάγκη της διερεύνησης της δυνατότητας χρησιμοποίησης των υλικών αυτών στην οδοποιία, πέραν της ήδη χρήσης τους σε άλλες παραγωγικές διαδικασίες (π.χ. ιπτάμενη τέφρα στην τσιμεντοβιομηχανία).

Η εργασία αναφέρεται στην περιβαλλοντική παράμετρο των 3 προαναφερθέντων υλικών. Συνοπτικά δίδονται επίσης ορισμένα στοιχεία τεχνικής φύσεως για την καταλληλότητα χρήσης σε έργα οδοποιίας.

2. Τεχνολογική Οικονομική Θεώρηση

Από την μελέτη των φυσικών χαρακτηριστικών αλλά και των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών προέκυψε ότι [2], [3], [4]

α. Παραπροϊόντα βωξίτη

α1. ασβεστολιθικά - βωξιτικά αδρανή

Εχουν μηχανικές ιδιότητες, σε φθορά και κρούση κατά Los Angeles η οποία επιτρέπει την χρήση τους σαν κοινά αδρανή, δεν κρίνονται όμως κατάλληλα για αντιολισθηρές στρώσεις

α2. αδρανή εξόρυξης

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικό βάσης - υπόβασης μετά την διόρθωση της κοκκομετρικής τους διαβάθμισης

α3. Ερυθρά ιλύς

Η χρησιμοποίησή της σαν υλικό υπόβασης (σε ανάμειξη με φυσικό έδαφος) είναι δυνατή. Υστερεί σε αντοχή σε θλίψη για σταθεροποιημένη στρώση (κατά ΠΤΠ-0164), παρουσιάζει όμως πολύ υψηλή τιμή CBR = 34.

β. Ιπτάμενη τέφρα

β1. ανάμειξη με εδάφη

- Η χρησιμοποίηση σαν υλικό βάσης - υπόβασης (σε ανάμειξη με έδαφος A-4 ή A-1) είναι δυνατή. Πέραν των τεχνικών προβλημάτων, υπάρχει το θέμα κόστους. Σε περίπτωση τιμής κόστους 400 δρχ. /τον. (τιμή διάθεσης στην τσιμεντοβιομηχανία) τότε η χρήση είναι αντιοικονομική. Σε περίπτωση μηδενικού κόστους τότε η χρησιμοποίηση της είναι εφικτή.
Αν τέλος θεωρεί ότι έχει για λόγους περιβαλλοντικούς στους χώρους αποθέσεως έχει αρνητικό κόστος τότε γίνεται οικονομικά ελκυστική λύση.
- Σε μίγματα με θραυστό αμμοχάλικο οι μηχανικές ιδιότητες βελτιώνονται, χωρίς όμως να προσεγγίζουν τις αντοχές οι οποίες αναφέρονται στη βιβλιογραφία.
- Η σταθεροποίηση με άσβεστο βελτιώνει την συμπεριφορά, όχι όμως θεαματικά

β2. σε ασφαλτόμιγμα

Η χρησιμοποίηση της τέφρας σε ασφαλτόμιγματα είναι εφικτή και βελτιώνει τις ιδιότητες του μίγματος.
Μειονέκτημα από οικονομικής πλευράς, οι μικρές ποσότητες οι οποίες θα απορροφηθούν.

γ. σκωρίες χαλυβουργίας

γ1. θερμά ασφαλτομίγματα

Η χρησιμοποίηση σκωριών σε τάπητες κυκλοφορίας είναι δυνατή. Οι διαφορές τους από τους συμβατικούς τάπητες δεν είναι σημαντικές. Λόγω όμως της σκληρότητας και ανθεκτικότητας των σκωριών ενδείκνυται για αντιολισθηρούς τάπητες.

γ2. βάσεις - υποβάσεις

Η χρησιμοποίηση τους είναι διττή είτε για την παραγωγή ισχνού σκυροδέματος είτε με σταθεροποίηση διά τσιμέντου.

3. Περιβαλλοντική θεώρηση

Η καταρχήν δυνατότητα χρησιμοποίησης των προαναφερθέντων εναλλακτικών υλικών στην οδοποιία καθιστά επιτακτική την περιβαλλοντική θεώρηση των υλικών.

3.1 Σκωρίες χαλυβουργίας

Το κύριο πρόβλημα από την διάθεση των σκωριών είναι:

- η ρύπανση υπογείων - επιφανειακών υδάτων

Η επιβάρυνση των υδάτων εξαρτάται:

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

Επειδή η απόπλυση των συστατικών μειώνεται με την μείωση της διαπερατότητας η κ α τ' ε ξ ο χ ή ν χρήση της σκωρίας συνιστάται να γίνεται σε ασφαλτομίγματα κλειστού τύπου, καθόσον το υλικό αυτό έχει τον υψηλότερο "συντελεστή φυσικής επιβράδυνσης" λόγω του υδρόφοβου χαρακτήρα της ασφάλτου. Ο πίνακας 2 περιλαμβάνει τους συντελεστές φυσικής επιβράδυνσης.

Πίνακας 2: Συντελεστές φυσικής επιβράδυνσης

Υ λ ι κ ο	Σ υ ν τ ε λ ε σ τ ή ς
εδαφικό υλικό ασύνδετο κοκκώδες	2,5
ελαφρό σκυρόδεμα	220
ασφαλτικό σκυρόδεμα	2000 - 10 000

Πηγή [Van der Sloot 1991]

Συνιστάται επίσης η χρήση σκωρίας να γίνεται εφόσον το υλικό ευρίσκεται σε ύψος τ ο υ λ ά χ ι σ τ ο ν 50cm ψηλότερα από τον υδροφόρο ορίζοντα.

3.2 Ιπτάμενη τέφρα

Η κατάληψη επιφάνειας από ιπτάμενη τέφρα υπολογίζεται ότι θα φθάσει τα 40.000 στρέμματα στην Μεγαλόπολη και τα 135.000 στρέμματα στην Πτολεμαΐδα. Συνεπώς το πρόβλημα της διάθεσης είναι οξύτατο, αν ληφθεί υπόψη ότι η υποβάθμιση των υπογείων υδάτων επιτείνεται από την εντατική άντληση για την προστασία των ορυχείων. Η μεταφορά των μετάλλων τα οποία υπάρχουν στην ιπτάμενη τέφρα εξαρτάται:

- από την θέση (επιφάνεια ή πυρήνας)
- το λόγο υγρού/στερεού
- το P_H
- τις οξειδοαναγωγικές συνθήκες
- την φυσική μορφή του υλικού

Τέλος οι ιπτάμενες τέφρες περιέχουν ραδιενεργά στοιχεία όπως ραδόνιο 222, θυγατρικό του ραδίου 226 [3]. Η χρήση ιπτάμενων τεφρών σε υπαίθριες κατασκευές δεν δημιουργεί προβλήματα ούτε λόγω ραδιενέργειας ούτε λόγω απόπλυσης των περιεχομένων μετάλλων, ιδίως σε κατασκευές οι οποίες έχουν υποστεί συμπύκνωση και καλύπτονται από ασφαλτικές στρώσεις. Πάντως στις περιπτώσεις όπου ο υδροφόρος ορίζοντας είναι ψηλά, συνιστάται να αποφεύγεται η χρήση ιπτάμενης τέφρας.

3.3 Παραπροϊόντα βωξίτη

Η ανάμειξη της ερυθράς ιλύος με εδαφικό υλικό για την κατασκευή υποβάσεων και βάσεων σταθεροποιημένων με τσιμέντο από περιβαλλοντικής απόψεως είναι δυνατή. Οι λόγοι, οι οποίοι συνηγορούν είναι:

- α. η σταθεροποίηση αυξάνει την ευστάθεια και ανθεκτικότητα του υλικού στον κίνδυνο απόπλυσης.
- β. η χρησιμοποίηση σαν υλικό σκυροδέματος, το οποίο παρουσιάζει υψηλό συντελεστή επιβραδύνσεως. Συνιστάται η χρήση στην κατασκευή ημι-άκαμπτων (semi-rigid) οδοστρωμάτων.
- γ. η ποσοστιαία συμμετοχή της ερυθράς ιλύος επηρεάζει τον βαθμό απόπλυσης. Συνεπώς αντικατάσταση εδαφικού υλικού σε ποσοστό 10-50% δεν φαίνεται να δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα.

Σε κάθε περίπτωση, πρέπει η χρήση να αποφεύγεται ή να γίνεται με περίσκεψη στις κατασκευές όπου ο υδροφόρος ορίζοντας ευρίσκεται σε μικρό βάθος.

4. Συμπεράσματα

Από τα προηγούμενα είναι σαφές ότι η χρήση των υπό εξέταση εναλλακτικών υλικών στην οδοποιία είναι εφικτή από περιβαλλοντική άποψη. Αναμφιβόλως απαιτείται ακόμη συστηματική έρευνα, ώστε τα αποτελέσματα να είναι αμάχητα και να προσδιορίζουν επακριβώς τα όρια και τους συναφείς κινδύνους κατά την χρήση των υλικών.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε την Γεν. Γραμματεία Δημοσίων Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ για την οικονομική στήριξη του ομώνυμου ερευνητικού προγράμματος, η οποία μας επέτρεψε την παρουσίαση αυτής της εργασίας.

Βιβλιογραφία

1. Εργαστήριο Οδοποιίας
"Χρήση εναλλακτικών υλικών στην Οδοποιία"
Τελική Έκθεση, Τεύχος I, Θεσσαλονίκη, 1994
2. Εργαστήριο Οδοποιίας
"Χρήση εναλλακτικών υλικών στην Οδοποιία"
Τελική Έκθεση, Τεύχος II: Σκωρίες Χαλυβουργίας, Θεσσαλονίκη, 1994.
- 3.. Εργαστήριο Οδοποιίας
"Χρήση εναλλακτικών υλικών στην Οδοποιία"
Τελική Έκθεση, Τεύχος III: Ιπτάμενη τέφρα, Θεσσαλονίκη, 1994.
4. Εργαστήριο Οδοποιίας
"Χρήση εναλλακτικών υλικών στην Οδοποιία"
Τελική Έκθεση, Τεύχος IV: Παραπροϊόντα Βωξίτη, Θεσσαλονίκη, 1994.