

ΕΝΩΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ – ΕΒΙΠΑΡ

**Επιμορφωτικό σεμινάριο για μηχανικούς
ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

**ΨΥΧΡΗ ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ
ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ**

ΚΑΤΣΑΚΟΥ ΜΑΡΘΑ
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός



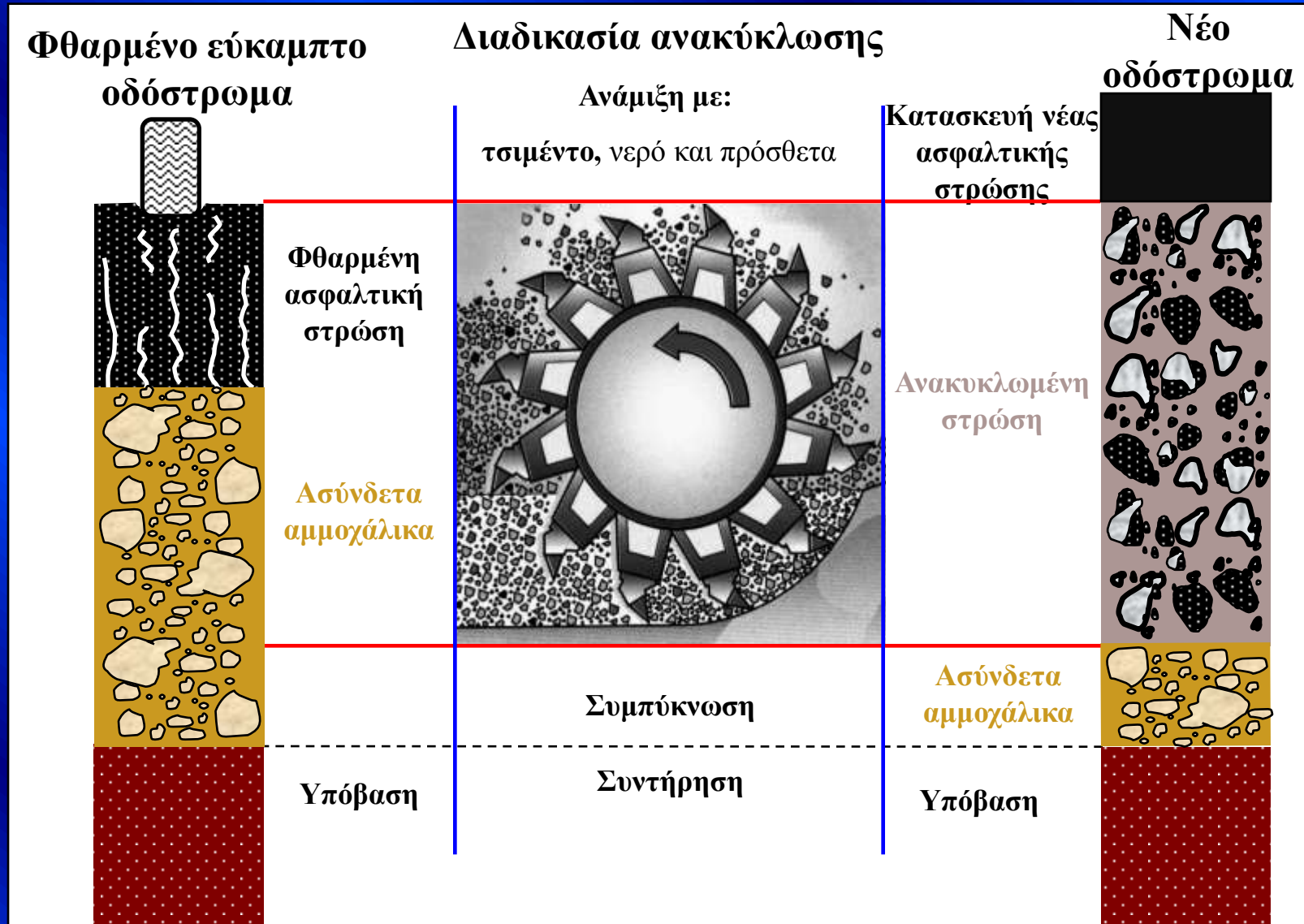
Το τέλος ...;;;;



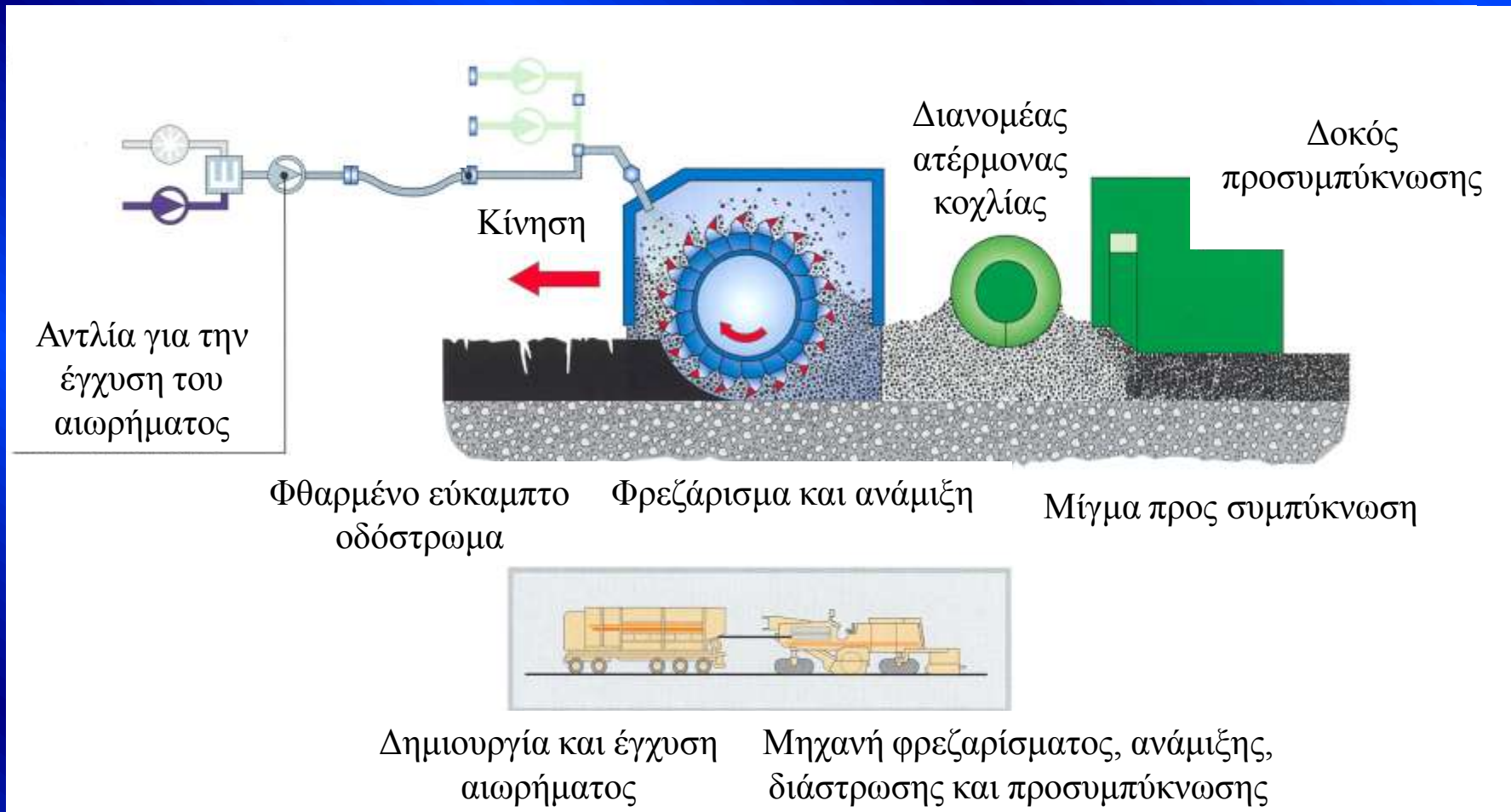
Ψυχρή επιτόπου ανακύκλωση οδοστρωμάτων με :

- Τσιμέντο
- Γαλάκτωμα
- Αφρώδη άσφαλτο
- Συνδυασμό γαλακτώματος ή
αφρώδους ασφάλτου με
τσιμέντο

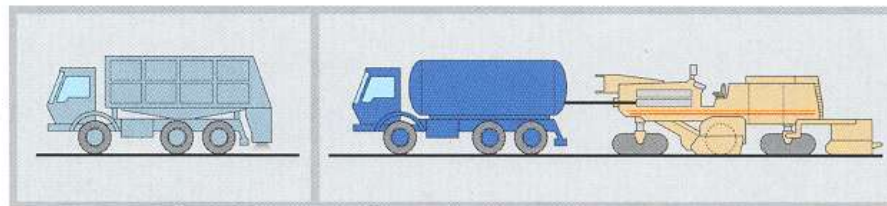
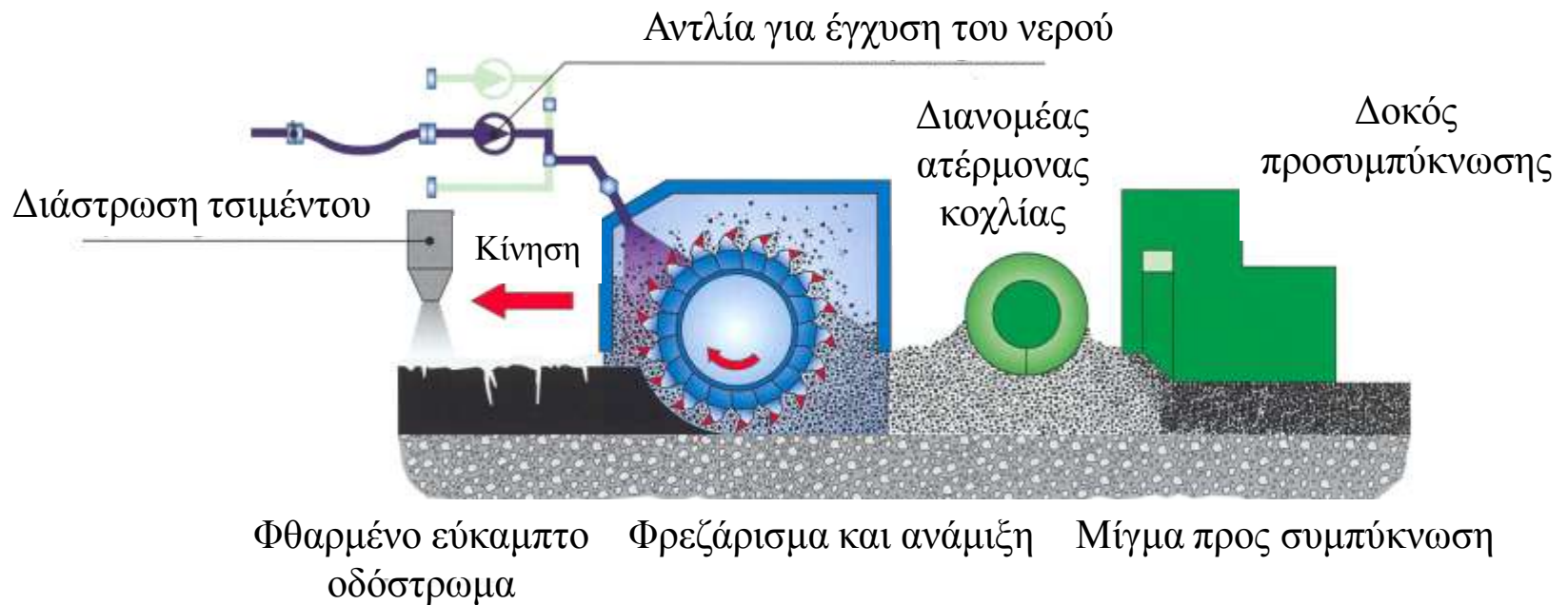
ΨΥΧΡΗ ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ



Σχηματική διαδικασία ανακύκλωσης με τσιμέντο σε μορφή αιωρήματος



Σχηματική διαδικασία ανακύκλωσης με τσιμέντο σε μορφή σκόνης

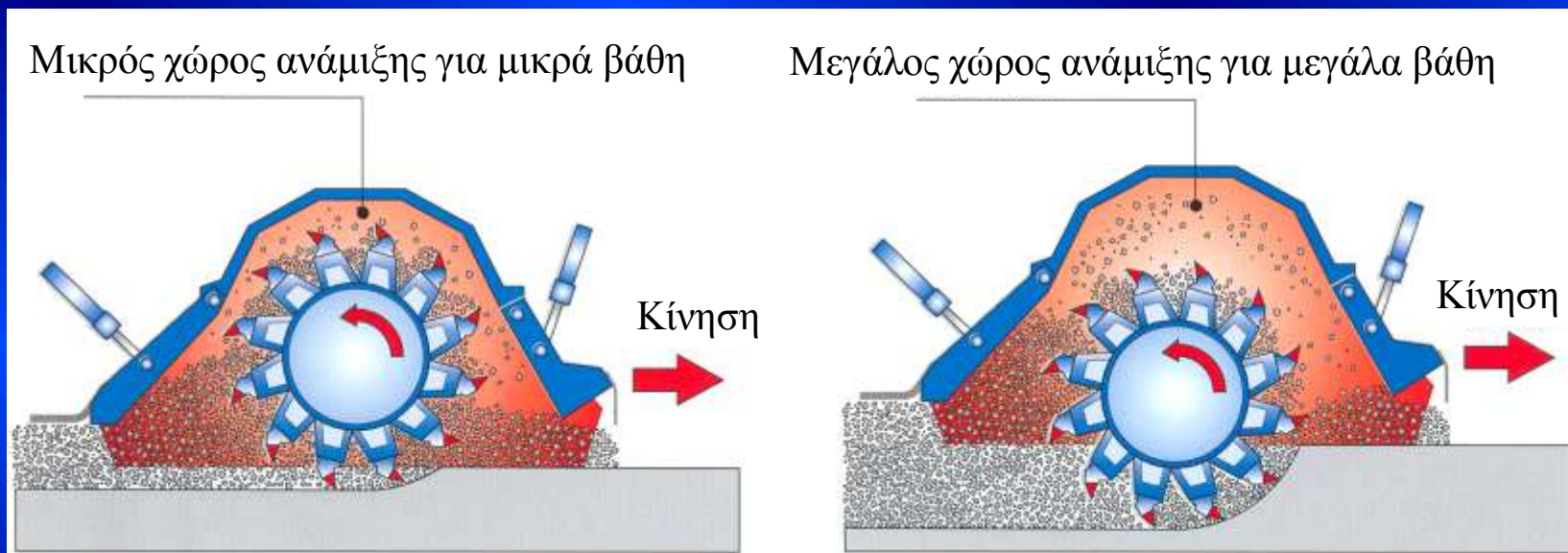


Διάστρωση
τσιμέντου

Βυτιοφόρο

Μηχανή φρεζαρίσματος, ανάμιξης,
διάστρωσης και προσυμπύκνωσης

Σχηματική διαδικασία φρεζαρίσματος





Φρεζαρισμένο οδόστρωμα

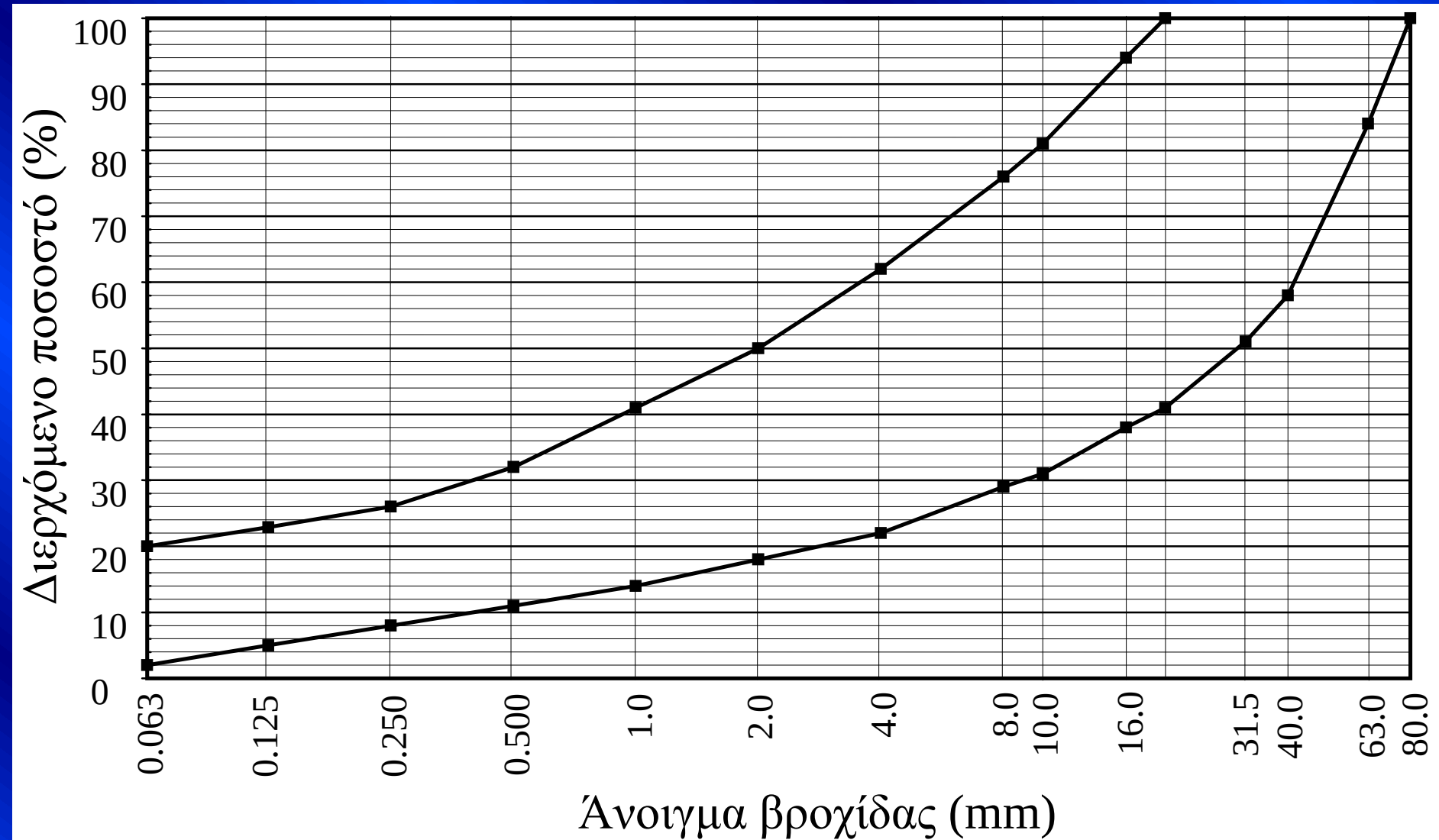


Π.Ε.ΤΕ.Π

Οδοστρωσία από τσιμεντόδετο ανακυκλωμένο μίγμα φρεζαρισμένων ασφαλτικών και υποκείμενων στρώσεων (www.ioek.gr)

- Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις επισκευής φθαρμένων εύκαμπτων οδοστρωμάτων
- Σκοπός είναι η επαναχρησιμοποίηση των υλικών, όλων ή μέρους, των υφιστάμενων στρώσεων οδοστρώματος για την κατασκευή μιας τσιμεντόδετης στρώσης
- Min πάχος 200mm, max 350 mm
- Όλη η διαδικασία πραγματοποιείται επιτόπου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης



Μελέτες

- Προκαταρτική μελέτη βασισμένη σε "ιστορικά στοιχεία"
- Μελέτη βασισμένη σε μετρήσεις
- Μελέτη εφαρμογής

Προκαταρκτική Μελέτη

Βασίζεται σε στοιχεία από την κατασκευή και τις τυχόν εργασίες συντήρησης

- Κρίνεται αν η μέθοδος της ανακύκλωσης με τσιμέντο είναι πρόσφορη από τεχνική και οικονομική άποψη
- Χωρίζεται το οδόστρωμα σε επιμέρους τμήματα και καθορίζονται τα στοιχεία της μελέτης σύνθεσης (τσιμέντο, αναλογίες υλικών, προσθήκη θραυστού υλικού ...)

Μελέτη βασισμένη σε μετρήσεις

- Πυρήνες, διερευνητικές τομές : πάχος και τύπος των υλικών των διαφόρων στρώσεων
- Min 2 πυρηνοληψίες και μία διερευνητική τομή ανά χιλιόμετρο
- Επαληθεύεται ή διορθώνεται ο διαχωρισμός των τμημάτων βάσει της προκαταρκτικής μελέτης με ιστορικά στοιχεία

Μελέτη βασισμένη σε μετρήσεις

- Επιτρεπόμενες διαφορές :
- $\pm 10 \%$ κόσκιο 4 mm
- $\pm 5 \%$ δοκιμή Proctor

Χωριστά τμήματα, με διαφορετική μελέτη σύνθεσης

Με βάση τη μελέτη σύνθεσης και τα στοιχεία των τυχόν υποκειμένων στρώσεων και του υπεδάφους, καθορίζεται το απαιτούμενο πάχος του οδοστρώματος

Μελέτη εφαρμογής

- Πάχη στρώσεων, κοκκομετρία υλικών, τύπος και κατηγορία αντοχής τσιμέντου, ποσοστό τσιμέντου και νερού, τύπος και ποσοστό πρόσθετων, ελάχιστη τιμή πυκνότητας, χρόνος εργασιμότητας του μίγματος, για άμεση απόδοση του οδοστρώματος σε κυκλοφορία 3 δοκιμές CBR
- Πριν από την έναρξη των συμβατικών εργασιών κατασκευάζεται δοκιμαστικό τμήμα, στο οποίο ελέγχεται και η μελέτη σύνθεσης με τα επιτόπου υλικά και τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάμιξη και κυρίως την συμπίκνωση (ειδικά για μεγάλα πάχη)

Μελέτη σύνθεσης

- Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου / υδραυλικών κονιών 3 % κ.β. ξηρών υλικών
- Συμπύκνωση δοκιμίων με ηλεκτρόσφυρα
- Θλιπτική αντοχή 7 ημερών :
Min 7 MPa , max 10 MPa
- Ανθεκτικότητα : Μετά από 7ήμερο υδρεμποτισμό η αντοχή σε θλίψη 14 ημερών ≥ 80 % αντοχής χωρίς υδρεμποτισμό

Μελέτη σύνθεσης

- Βέλτιστη υγρασία (από τροποποιημένη δοκιμή Proctor ή δονητική ηλεκτρόσφυρα)
- Χρόνοι εργασιμότητας του μίγματος $\geq$:
 - 180 min (εργασία σε όλο το πλάτος του οδοστρώματος)
 - 240 min (ανά λωρίδες χωρίς κυκλοφορία σε παράπλευρες λωρίδες)
 - 300 min (κυκλοφορία παράπλευρες λωρίδες)

Κατασκευή

Πριν την έναρξη της ανακύκλωσης :

- Καθάρισμα και απομάκρυνση των ξένων στοιχείων από την επιφάνεια του οδοστρώματος
- Επεξεργασία ή εξάλειψη των πολύ μολυσμένων ζωνών, που δεν πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές
- Επιπεδοποίηση του καταστρώματος, με την προσθήκη νέων θραυστών αδρανών σε περίπτωση έλλειψης υλικού, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή διατομή της οδού κατά την κατά μήκος και εγκάρσια διεύθυνση.

Μηχανικός εξοπλισμός

- Μηχανήματα :
Φρεζαρίσματος, ανάμιξης, διάστρωσης και ενδεχομένως προσυμπύκνωσης, δοσολόγησης και διανομής του τσιμέντου, δοσολόγησης και διανομής του νερού, δημιουργίας αρμών στο νωπό υλικό, συμπύκνωσης, επιπέδωσης της επιφάνειας
- Ανεξάρτητα μηχανήματα ή μηχανήματα που θα μπορούν να εκτελέσουν δύο ή και περισσότερες από τις παραπάνω εργασίες.

Μηχάνημα φρεζαρίσματος

- Μηχάνημα φρεζαρίσματος : Ομοιογενές υλικό, κατάλληλης κοκκομετρίας (κόκκοι < 50 mm) σε μία μόνο διέλευση. Εξασφάλιση του απαιτούμενου βάθους φρεζαρίσματος. Min πλάτος φρεζαρίσματος > $\frac{1}{2}$ πλάτους λωρίδας
- Σταθερή ταχύτητα κίνησης σε κάθε τμήμα, ώστε το βάθος φρεζαρίσματος να είναι το ίδιο και το ανακυκλωμένο υλικό ομοιογενές
- Οι στάσεις του μηχανήματος ανακύκλωσης πρέπει να αποφεύγονται και αν αυτές είναι αναγκαίες, τότε πρέπει να σταματά άμεσα η παροχή αιωρήματος τσιμέντου και νερού

Διαδικασία φρεζαρίσματος, ανάμιξης, διάστρωσης με τσιμέντο σε μορφή αιωρήματος



Εφοδιασμός τσιμέντου - νερού

Τσιμέντο : Προσθήκη ως υδαρές αιώρημα

Αυτόματος έλεγχος της δοσολογίας σε όλο το πλάτος και βάθος του προς ανακύκλωση φρεζαρισμένου υλικού

- Ανοχές τσιμέντου : ± 0.3 % κ.β. του προς ανακύκλωση ξηρού υλικού
- Ανοχές νερού : ± 0.3 % κ.β.

Τροφοδοσία νερού και τσιμέντου



Προσθήκη τσιμέντου

Τσιμέντο σε μορφή σκόνης :

Σε ειδικές περιπτώσεις (μικρά έργα, περιοχές χωρίς ισχυρούς ανέμους, χωρίς γειτνίαση με κατοικημένες περιοχές, ...)

Η εκφόρτωση του τσιμέντου από μικρό ύψος (< 10 cm)

- Ρύθμιση της ταχύτητας του μηχανήματος διανομής του τσιμέντου και του μηχανήματος ανακύκλωσης ώστε το μήκος της λωρίδας του διαστρωνόμενου τσιμέντου μπροστά από το μηχάνημα να μην υπερβαίνει τα 100 μέτρα

Διάστρωση τσιμέντου πριν από τη διαδικασία φρεζαρίσματος



Προσθήκη επιπλέον θραυστού υλικού

Διάστρωση σε μία ομοιόμορφη στρώση, πάνω στην υπάρχουσα επιφάνεια πριν από το φρεζάρισμα

Ανάμιξη

Ομοιογενής ανάμιξη σε όλο το πλάτος και το βάθος της επεξεργασίας

Προρηγμάτωση

- Εγκάρσιοι αρμοί στο νωπό υλικό (πριν από τη συμύκνωση)

Απόσταση αρμών : Συνήθως 3 – 4 m

- Τομή με βάθος τουλάχιστον μέχρι τα δύο τρίτα ($2/3$) του πάχους της ανακυκλωμένης στρώσης και ταυτόχρονη εισαγωγή ασφατικού γαλακτώματος ταχείας διάσπασης (ή πλαστικό φύλλο ή κυματοειδές πλαστικό τεμάχιο) για την αποφυγή της επανασυγκόλλησης των παρειών του

Κατασκευή αρμών στο νωπό υλικό



Συμπύκνωση ανακυκλωμένης στρώσης



Συμπύκνωση ανακυκλωμένης στρώσης



Τελική μόρφωση της επιφάνειας

Δεν επιτρέπεται καμία επιπλέον προσθήκη υλικού για την αύξηση του πάχους γιατί δεν επιτυγχάνεται συγκόλληση του προστιθέμενου υλικού με το υπάρχον

- Τα τελικά υψόμετρα της επιφάνειας, αν απαιτείται διόρθωση, θα μορφώνονται με ισοπεδωτήρα (grader) χωρίς προσθήκη αλλά μόνο με αφαίρεση υλικού, μέσα στην χρονική περίοδο εργασιμότητας του μίγματος.

Τελική μόρφωση της επιφάνειας



Συντήρηση της τελικής επιφάνειας

Συντήρηση της τελικά μορφωμένης επιφάνειας με ένα υγρό υλικό συντήρησης

- ασφαλικό γαλάκτωμα
- διασκορπισμός αδρανών υλικών 0/5 mm

Συντήρηση της ανακυκλωμένης στρώσης

