



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (ΔΠΘ)

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Ακ. έτος 2023 – 2024

Μάθημα 8^{ου} εξαμήνου

Οδοστρώματα II

Μέρος Α (διαλέξεις 1-4)

Κωνσταντίνος Γκυρτής
Επίκουρος Καθηγητής ΔΠΘ

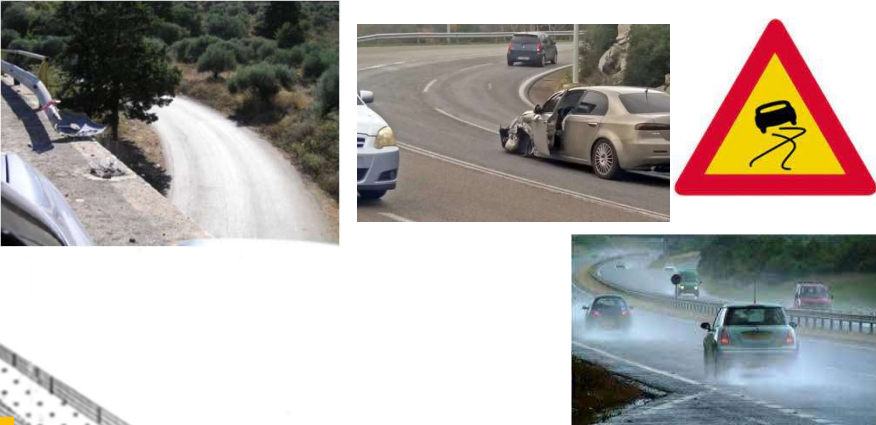
Μάρτιος 2024

Εισαγωγή

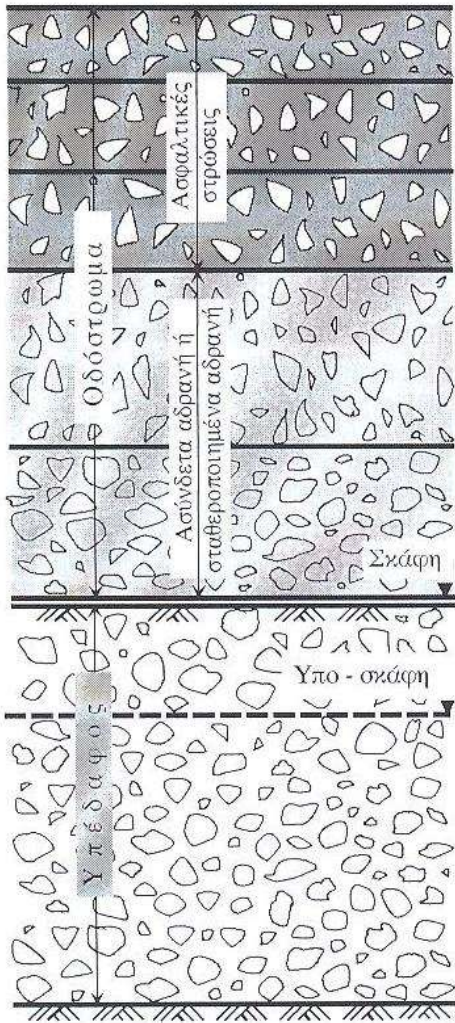
Αλληλεπίδραση οδού με εξωτερικά φορτία
 (αξονικά φορτία, καιρικές μεταβολές, συμβολή υλικών και συμπεριφοράς οδοστρώματος)



Αλληλεπίδραση οδού με τον άνθρωπο
 (ορατότητα, κόμβοι, οδική ασφάλεια, συμβολή υλικών και συμπεριφοράς οδοστρώματος)



Αλληλεπίδραση της οδού με το έδαφος θεμελίωσης
 (χαρακτηριστικά εδαφικών υλικών, αντοχή υπεδάφους, επίδραση στη χάραξη, χωματισμοί)



Επιφανειακή στρώση

Συνδετική στρώση

Ασφαλτική βάση

Ασφαλτικές
στρώσεις

Βάση

Υπόβαση

Στρώση έδρασης



❖ Πόσο πάχος να υπολογίσω ?

❖ Τι φορτία θα περάσουν από το οδοστρώμα ?

Βασικά Καταστρώματα Οδών στην Ελλάδα

**Ασφαλτικά οδοστρώματα
(εύκαμπτα, ημι-εύκαμπτα/ημι-άκαμπτα)**

**Οδοστρώματα από σκυρόδεμα
(δύσκαμπτα)**



Άλλες περιπτώσεις



Επιφανειακή στρώση από ασύνδετο υλικό (αμμοχάλικο) – Unpaved roads

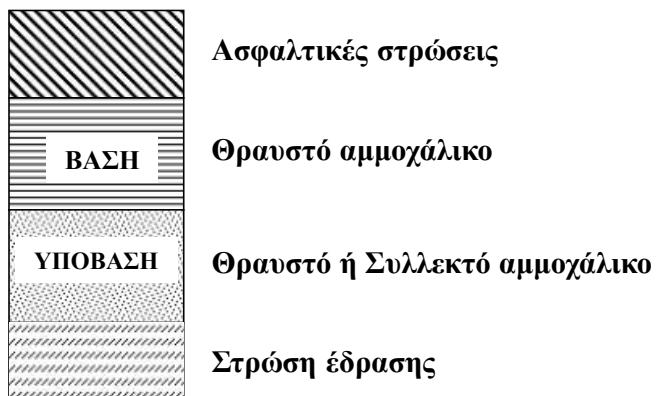


Σκυρόδεμα

Ασφαλτόμιγμα

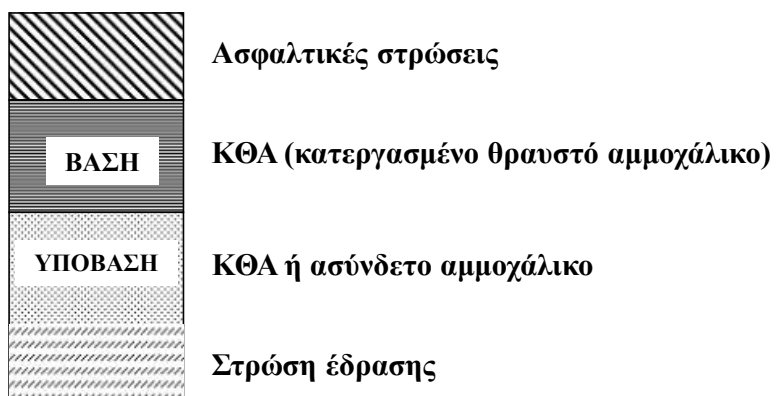
Τύποι οδοστρωμάτων

Εύκαμπτο οδόστρωμα



Ασφαλτικά οδοστρώματα

Ημι-άκαμπτο/ημι-εύκαμπτο οδόστρωμα



Τύποι οδοστρωμάτων

Δύσκαμπα οδοστρώματα



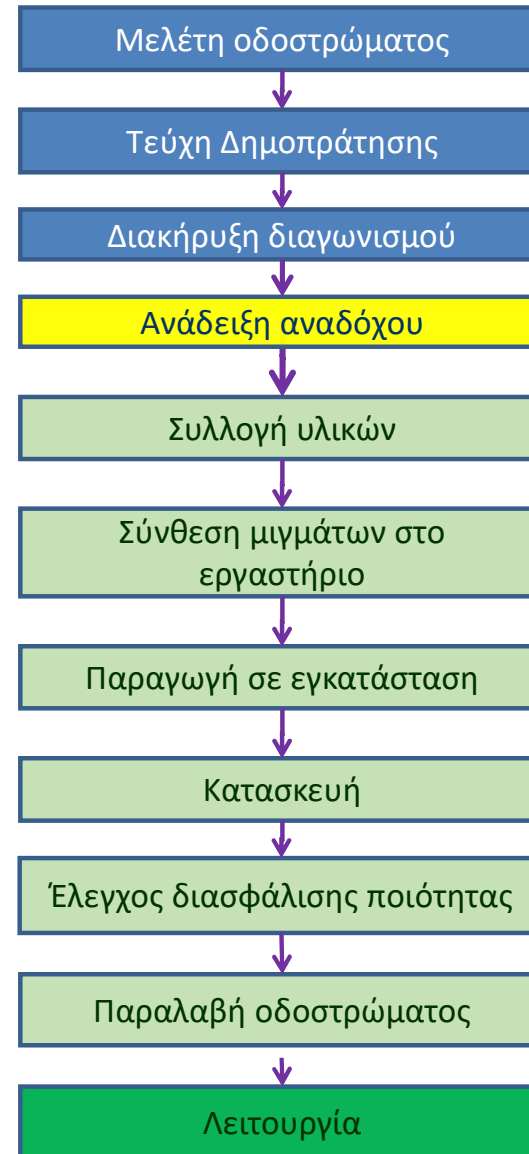
Πλάκα σκυροδέματος

ΥΠΟΒΑΣΗ

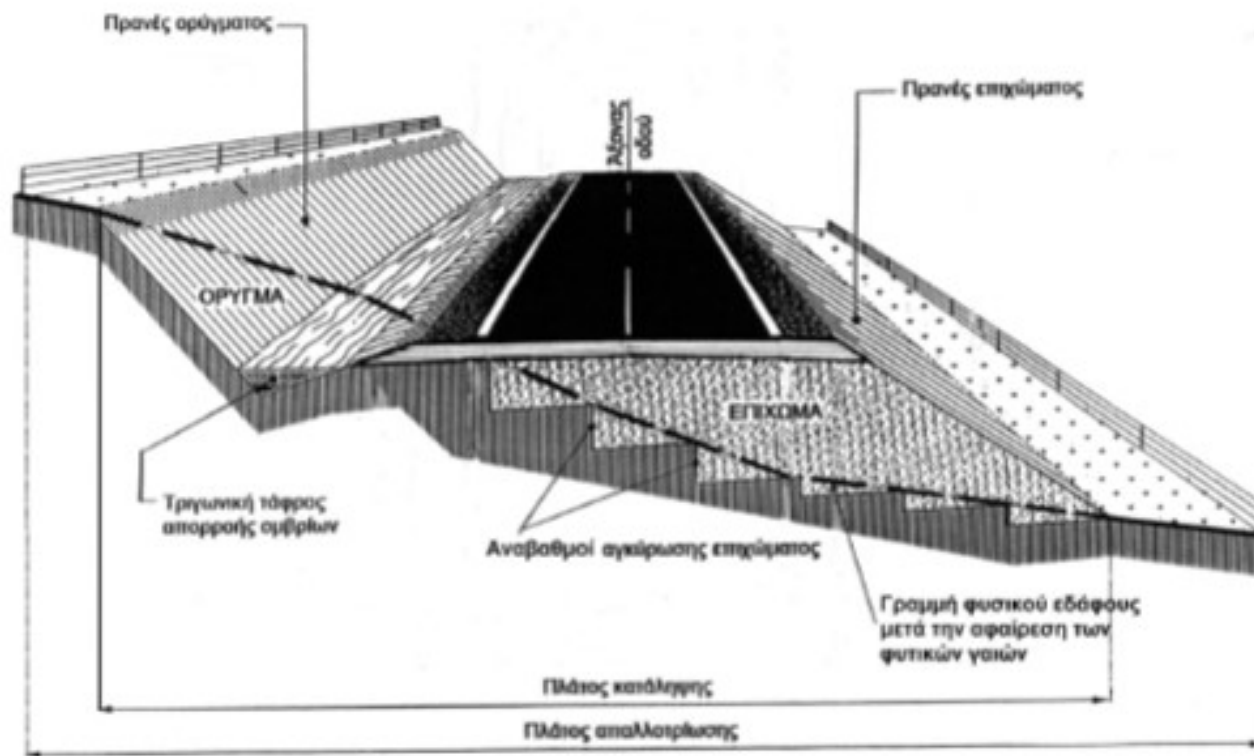
Στρώση έδρασης



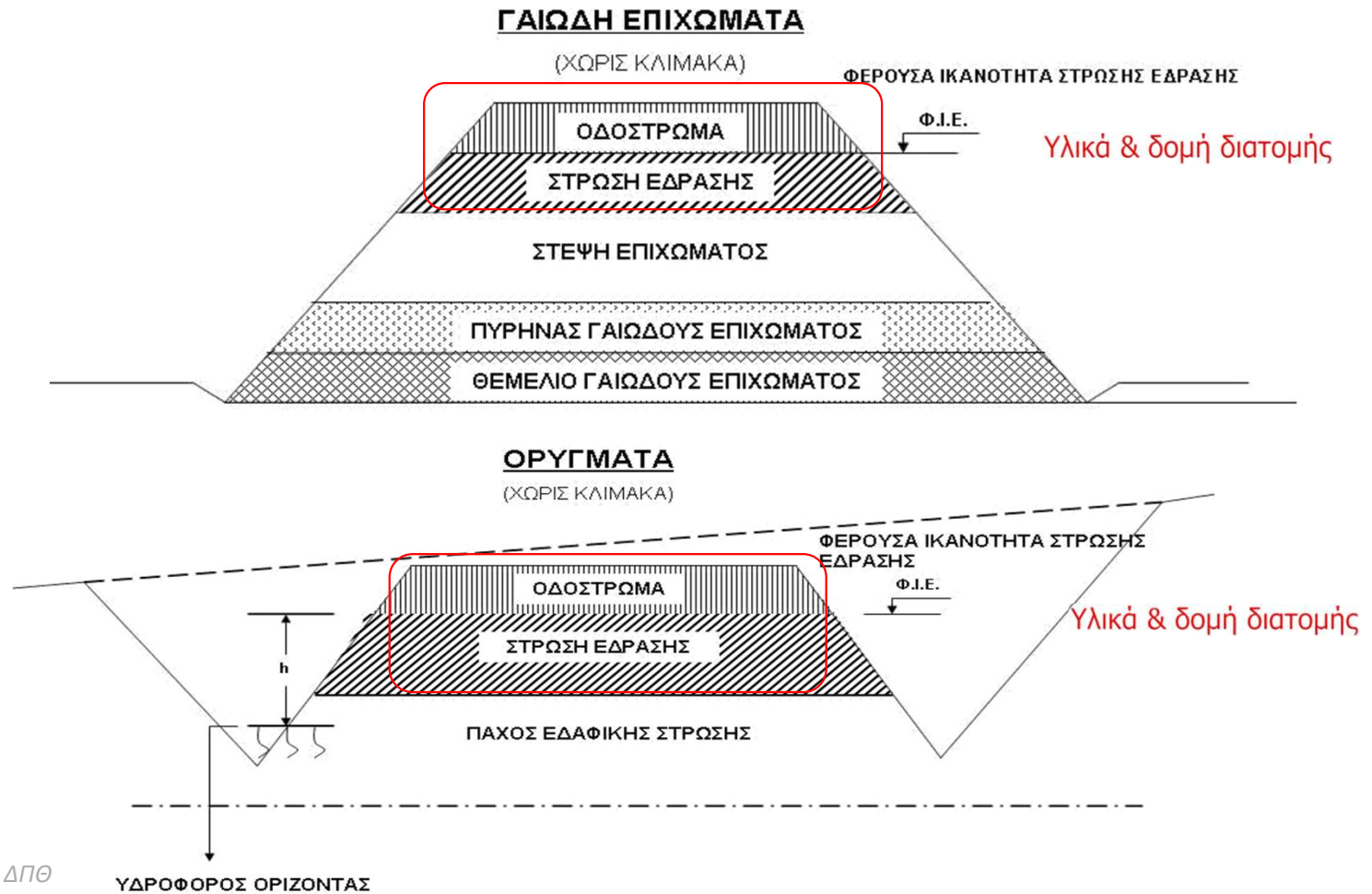
Βασικά στάδια έργου



Κατασκευή Οδού Διατομές



Κατασκευή Οδού



Κατασκευή Οδού

Εξυγίανση – σταθεροποίηση στρώσης έδρασης



Κατασκευή Οδοστρώματος

Διαμόρφωση στρώσεων βάσης / υπόβασης

Αδρανή υλικά

Συλλεκτά

Θραυστά



Υπόβαση



Βάση / Υπόβαση

Κατασκευή Οδοστρώματος

Διαμόρφωση ασφαλτικών στρώσεων



+



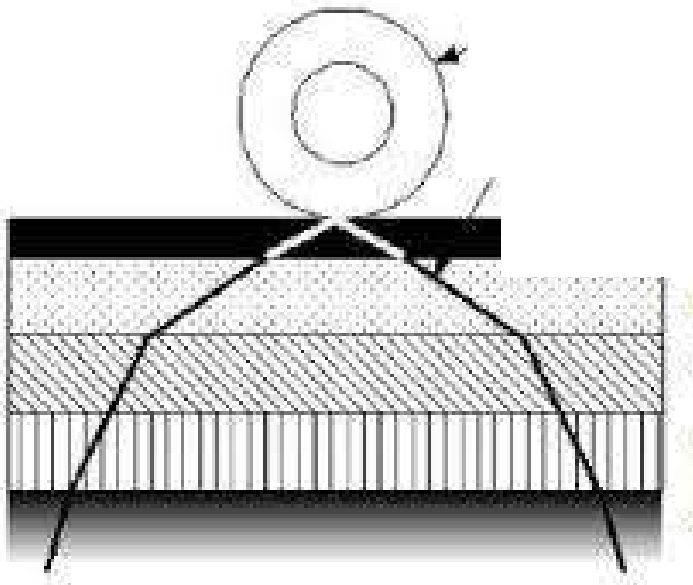
=



ΑΣΦΑΛΤΟΣ + ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ = ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑ

Υπολογισμός Οδοστρώματος

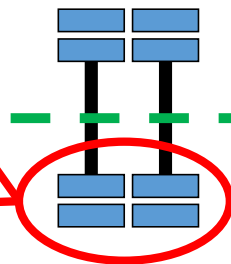
- ❑ Φορτία και Καταπόνηση
- ❑ Χαρακτηριστικά διαθέσιμων υλικών



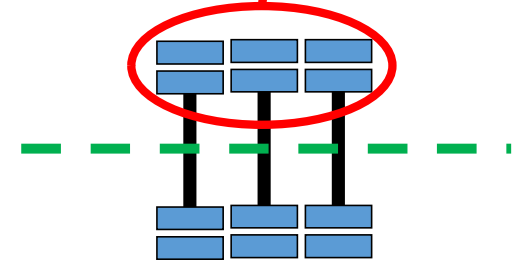
Καταπόνηση από αξονικό φορτίο



<<<

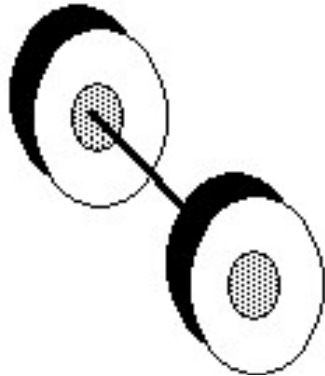


Δίδυμος άξονας επί διπλών τροχών

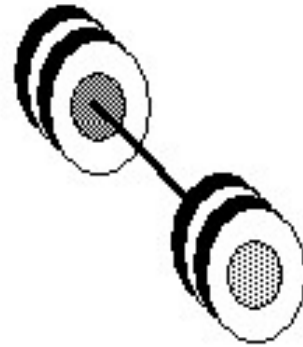


Τρίδυμος άξονας επί διπλών τροχών

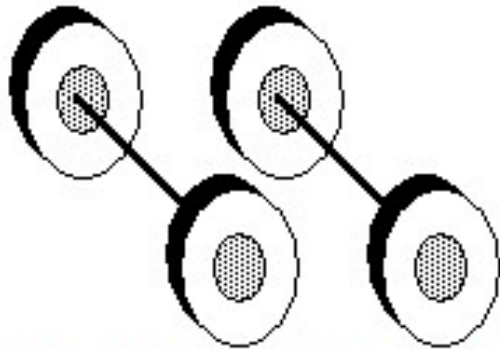
Καταπόνηση από αξονικό φορτίο



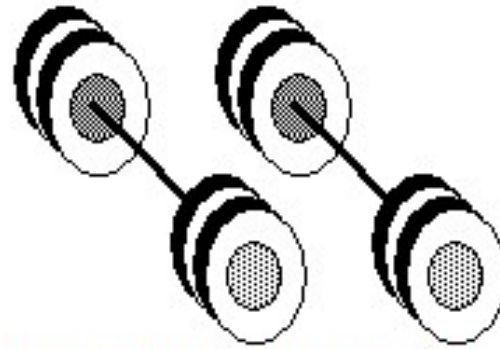
Μονός άξονας επί απλών τροχών



Μονός άξονας επί διπλών τροχών



Διπλός άξονας επί απλών τροχών

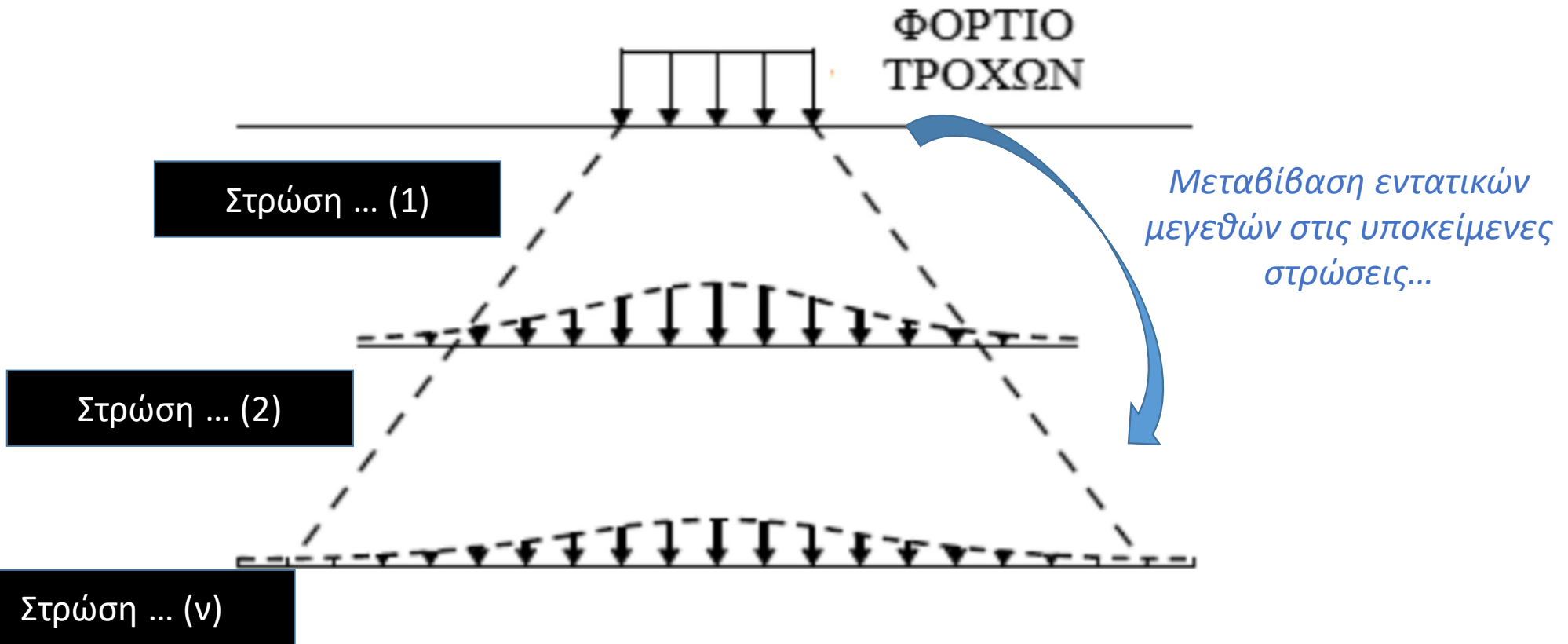


Διπλός άξονας επί διπλών τροχών

Ποια είναι η κατάλληλη μονάδα μέτρησης ??

Με ποιο φορτίο θα υπολογιστεί η καταπόνηση του οδοστρώματος ??

Καταπόνηση από αξονικό φορτίο





$$\text{Πίεση τροχού} = \frac{\text{Φορτίο τροχού}}{\text{Επιφάνεια επαφής τροχού - οδοστρ.}}$$

Βάρος (N) = m (kg) * g (m/s²)

Επιφάνεια (mm²) = π * α²

P_{wheel} = το φορτίο (δηλαδή το βάρος) που παραλαμβάνει ο κάθε τροχός (N)

α = η ακτίνα επαφής τροχού-οδοστρώματος (mm)



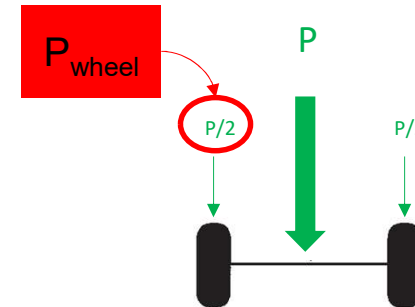
p = πίεση στην επιφάνεια (N/mm² = MPa)

$$1 \text{ MPa} = 1 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 1 \frac{10^6 \text{ N}}{10^6 \text{ mm}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Εφαρμογή 1

Να υπολογιστεί η πίεση που ασκείται επί της οδού από τη διέλευση ενός αξονικού φορτίου 10 t επί απλών τροχών ακτίνας $\alpha=15$ cm.

$$p = \frac{P_{wheel}}{\pi a^2} = \frac{\frac{10000kg}{2} * 10m / sec^2}{3.14 * (150mm)^2} = 0.708 N / mm^2 (MPa)$$

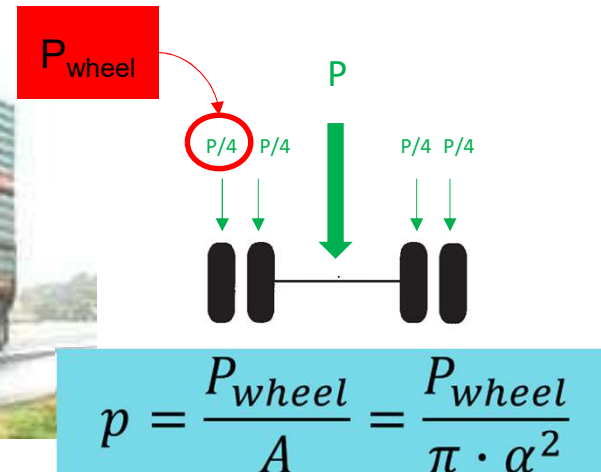


$$p = \frac{P_{wheel}}{A} = \frac{P_{wheel}}{\pi \cdot \alpha^2}$$

Εφαρμογή 2

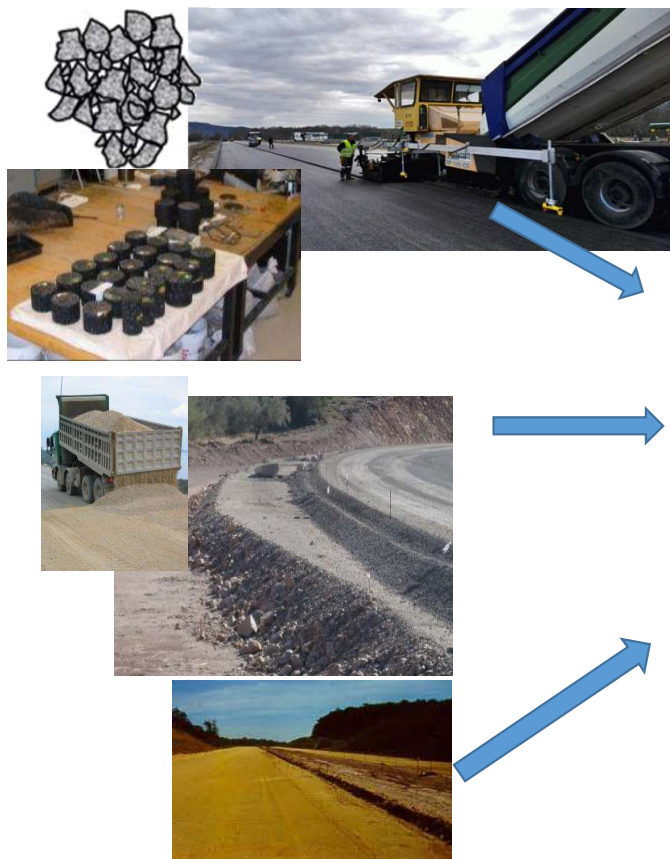
Να υπολογιστεί η πίεση που ασκείται επί της οδού από τη διέλευση ενός αξονικού φορτίου 13 t επί διπλών τροχών ακτίνας $\alpha=15$ cm.

$$p = \frac{P_{wheel}}{\pi \alpha^2} = \frac{\frac{13000 \text{ kg} * 10 \text{ m / sec}^2}{4}}{3.14 * (150 \text{ mm})^2} = 0.460 \text{ N / mm}^2 (\text{MPa})$$



Κατασκευή Οδοστρώματος

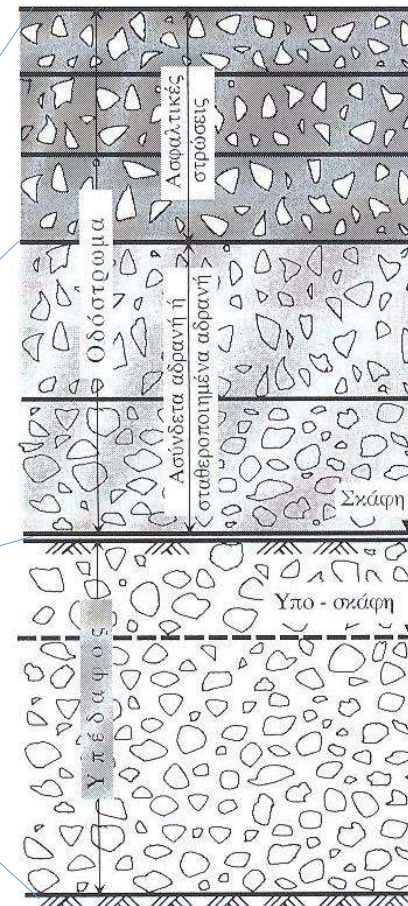
Προσομοίωση οδού ως σύστημα τριών στρώσεων

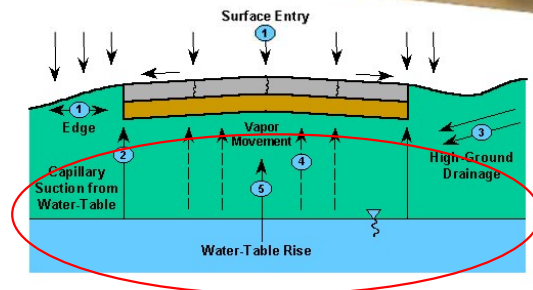
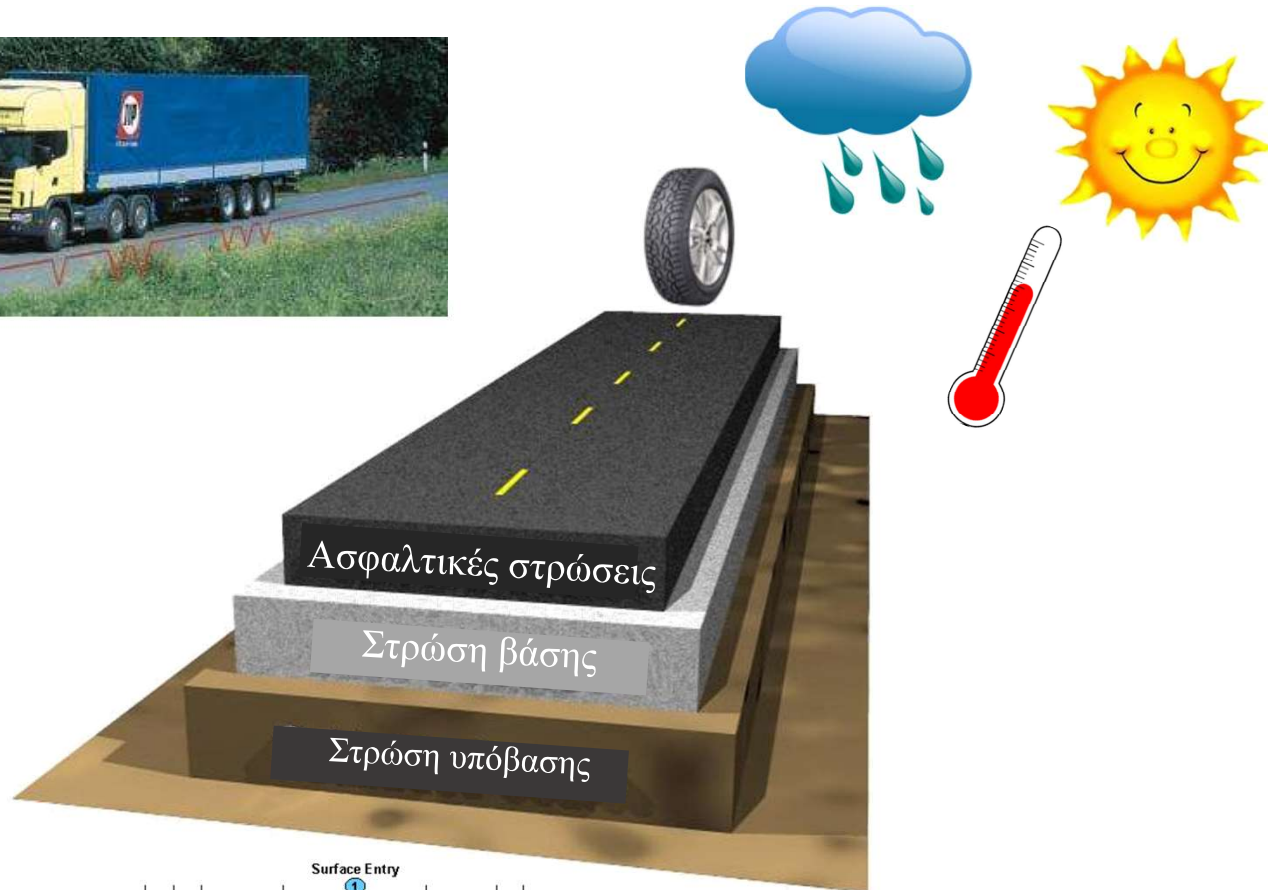


Στρώση 1
(ασφαλτικές στρώσεις)

Στρώση 2
(Βάση-υπόβαση: στρώση ασύνδετου υλικού)

Στρώση 3
(στρώση έδρασης)





Μία οδός στη φάση λειτουργίας αναπόφευκτα εμφανίζει φθορές...

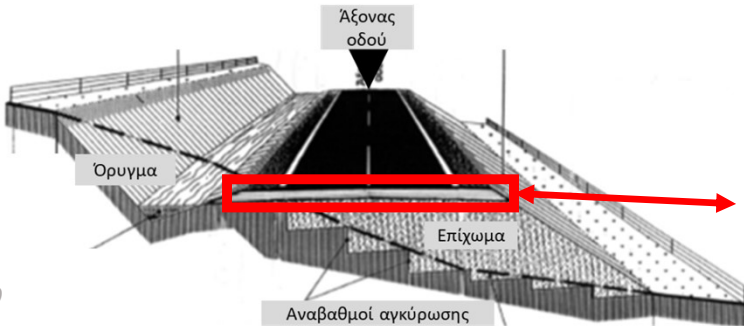
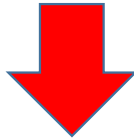
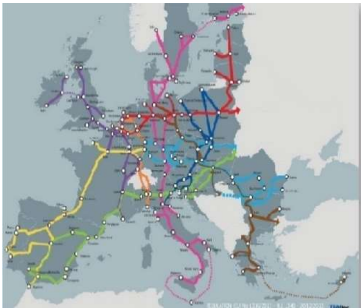




Κατασκευή



Λειτουργία (...άρα και ανάγκη Συντήρησης)



- ❑ Οι αποτελεσματικές πολιτικές συντήρησης οδών είναι εξίσου σημαντικές με τις καλές κατασκευαστικές πρακτικές.
- ❑ Η έννοια της λειτουργίας είναι συνυφασμένη με τη διαχείριση της οδικής υποδομής (τι ενέργειες πρέπει να κάνω, που, πότε, πόσο συχνά;)
- ❑ Κατά τη λειτουργία, η διαχείριση των οδικών υποδομών επικεντρώνεται στην αξιολόγηση της κατάστασης του οδοστρώματος.

Υπολογισμός αξονικών φορτίων

Συστήματα μέτρησης κυκλοφορίας



Weigh-in-motion (WIM) systems



Συστήματα πιεζοηλεκτρικών αισθητήρων



Οπτικές ίνες





Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΔΠΘ
Οδοστρώματα II (2023-2024)



Φορτία και ταξινόμηση οχημάτων

- Επιβατικά οχήματα (ΙΧ)
- Εμπορικά οχήματα (ΕΟ): λεωφορεία, φορτηγά, ρυμουλκά με ημιρυμουλκούμενα (νταλίκες) και φορτηγά ή/και νταλίκες με ρυμουλκούμενα (συρμοί)
- Καταστροφική ικανότητα επιβατικών = αμελητέα
- **Εμπορικά οχήματα**: άξονες μονοί ή δίδυμοι ή τρίδυμοι, με έναν ή δύο ελαστικούς τροχούς εκατέρωθεν (τύπος οχήματος)
- Για τα οδοστρώματα ορίζεται μέγιστο επιτρεπτό βάρος ανά είδος άξονα
Στην Ελλάδα:
 - ✓ **Μονός άξονας με κινητήριο δύναμη: 13 t**

Ταξινόμηση και κατηγοριοποίηση εμπορικών οχημάτων

*Κατηγορία ΕΟ

ΟΔΧ: Οχήματα δημόσιας χρήσης

ΟΕΧ: Οχήματα εμπορευματικής χρήσης

Εμπορικό όχημα (ΕΟ)	Ταξινόμηση ΕΟ	Κατηγορία* ΕΟ
	Λεωφορείο ή ημι-φορτηγό	ΟΔΧ
	Φορτηγό 2-αξόνων	ΟΕΧ1
	Φορτηγό 3-αξόνων	
	Ρυμουκκό με ημιρυμουκκούμενο (νταλίκια) 3-αξόνων	ΟΕΧ2
	Φορτηγό 4-αξόνων	
	Ρυμουκκό με ημιρυμουκκούμενο (νταλίκια) 4-αξόνων	
	Ρυμουκκό με ημιρυμουκκούμενο (νταλίκια) 5-αξόνων	
	Ρυμουκκό με ημιρυμουκκούμενο (νταλίκια) 6-αξόνων	

Κυκλοφορία σχεδιασμού οδοστρώματος

Ο υπολογισμός της κυκλοφορίας σχεδιασμού οδοστρώματος επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- την κυκλοφοριακή ροή των ΕΟ στην αρχή λειτουργίας (Ρ)
- την περίοδο σχεδιασμού (Π)
- τον ρυθμό ανάπτυξης κυκλοφορίας (ΡΑ)
- τον συντελεστή ισοδυναμίας (ΣΙ) και
- το ποσοστό των οχημάτων στη λωρίδα βαριάς κυκλοφορίας (δεξιά λωρίδα)

Κυκλοφοριακή ροή των ΕΟ

Ετήσια Μέση Ημερήσια
Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ)

Η ΕΜΗΚ είναι ένας δείκτης που εκφράζει τον μέσο ημερήσιο αριθμό οχημάτων που κινήθηκαν σε μία οδό ή σε τμήμα αυτοκινητοδρόμου (μεταξύ δύο κόμβων) κατά τη διάρκεια ενός έτους.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 3

Δίνεται η ΕΜΗΚ μίας οδού ανά τύπο οχήματος. Να υπολογιστεί το ποσοστό των βαρέων οχημάτων κατηγορίας ΟΕΧ2.

Λεωφορεία:	32
Φορτηγά 2-αξόνων:	467
Φορτηγά 3-αξόνων:	67
Νταλίκες 3 και 4-αξόνων:	274
Φορτηγά 4-αξόνων:	49
Νταλίκες 5-αξόνων:	938
Νταλίκες 6-αξόνων:	530

Λύση

Συνολική ΕΜΗΚ:	2.357 ΕΟ/Η
Σύνολο ΟΕΧ2:	1.791 ΕΟ/Η
Ποσοστό ΟΕΧ2:	76%

Περίοδος σχεδιασμού

Αφορά στον αριθμό των ετών για τα οποία σχεδιάζεται το οδόστρωμα. Μετριέται από την αρχή λειτουργίας των οδοστρωμάτων ή από το χρόνο αποκατάστασης τους.

Για νέα οδοστρώματα μία «ρεαλιστική» τιμή για την περίοδο σχεδιασμού είναι 20 έτη.

Η απόφαση για την επιλογή της περιόδου σχεδιασμού βασίζεται σε οικονομοτεχνικά κριτήρια.

Ρυθμός ανάπτυξης κυκλοφορίας (PA)

Αφορά στην αύξηση της κυκλοφορίας των ΕΟ ανά έτος. Σχετίζεται με την κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού, αλλά και την οικονομική ανάπτυξη της περιβάλλουσας περιοχής.

Υπολογισμός PA (%)

$$PA = \left(\left(\frac{EMHK_v}{EMHK_\alpha} \right)^{\frac{1}{v-\alpha}} - 1 \right)$$

όπου:

EMHK_v = Ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία στο **v** έτος κυκλοφορίας

EMHK_α = Ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία στο **αρχικό (α)** έτος κυκλοφορίας

Συνήθως δίνεται ο PA οπότε υπολογίζεται η EMHK_v:

$$EMHK_v = EMHK_\alpha \cdot (1+PA)^{(v-\alpha)}$$

Συντελεστής ισοδυναμίας (ΣΙ)

$$\frac{N_T}{N_i} = \left(\frac{P_i}{P_T} \right)^\gamma$$

$$\Sigma I = \left(\frac{P_i}{P_T} \right)^\gamma$$

N_T = αριθμός διελεύσεων με φορτίο P_T (=8.16t)

N_i = αριθμός διελεύσεων με φορτίο P_i

γ = αριθμητική μεταβλητή

ΣI = συντελεστής ισοδυναμίας

Για εύκαμπτα οδοστρώματα: $\gamma=4$

οπότε $\Sigma I = (P_i / P_T)^4$

Για δύσκαμπτα και ημιάκαμπτα οδοστρώματα:

$\gamma= 8-12$

Χρησιμοποιείται για την έκφραση της καταστρεπτικής επίδρασης των αξονικών φορτίων με μικρότερο ή μεγαλύτερο φορτίο από αυτό των 8.16 ton

Ενδεικτικές τιμές για ΣΙ

ΕΟ	ΣΙ
Λεωφορεία και ημιφορτηγά	3.9
Φορτηγά 2-αξόνων	0.6
Φορτηγά 3-αξόνων	3.4
Νταλίκες 3 και 4-αξόνων	4.6
Φορτηγά 4-αξόνων	2.5
Νταλίκες 5-αξόνων	4.4
Νταλίκες 6-αξόνων	5.6
ΟΕΧ1+ΟΔΧ	1.0
ΟΧΕ2	4.0

Υπολογισμός ισοδύναμων τυπικών αξόνων (ITA)

$$ITA = \sum (\Sigma I_i \times N_i)$$

Όπου

ΣI_i = συντελεστής ισοδυναμίας άξονα με φορτίο i

N_i = αριθμός αξόνων με φορτίο i

Κανόνας 4^{ης} δύναμης

$$N_T / N_i = (P_i / P_T)^4 \longleftrightarrow (P_i / P_T) = (N_T / N_i)^{\frac{1}{4}}$$

$$\Sigma I = (P_i / P_T)^4$$

$$P_T = 8,16t$$



•Τι «καταστροφή» επιφέρει φορτίο 10t σε σχέση με το τυπικό φορτίο άξονα;

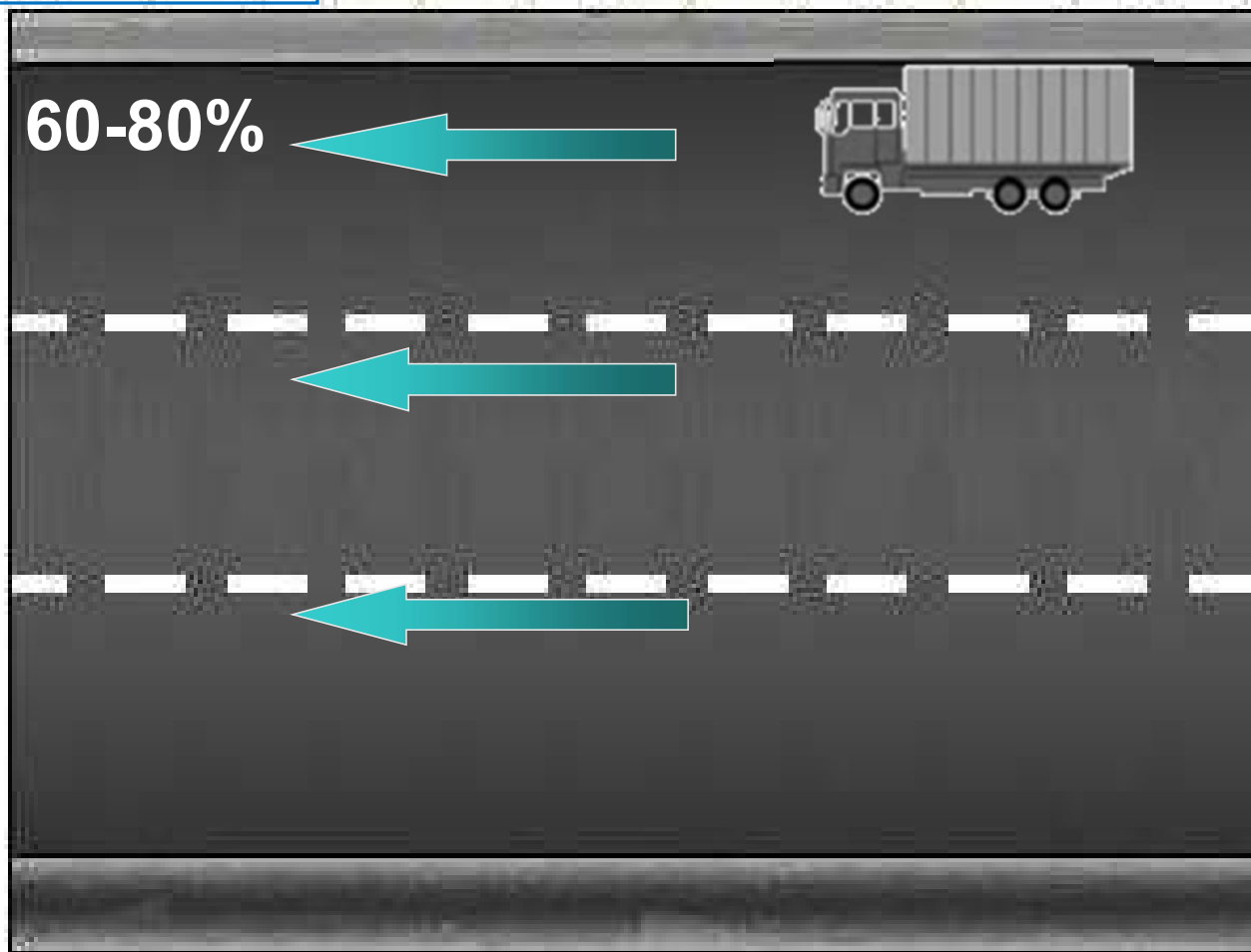
$$\Sigma I = (10 / 8,16)^4 = 2,3$$

Φορτίο 10^t επιφέρει καταστροφή κατά 2,3 φορές μεγαλύτερη από την καταστροφή που προκαλείται από το φορτίο των 8,16^t

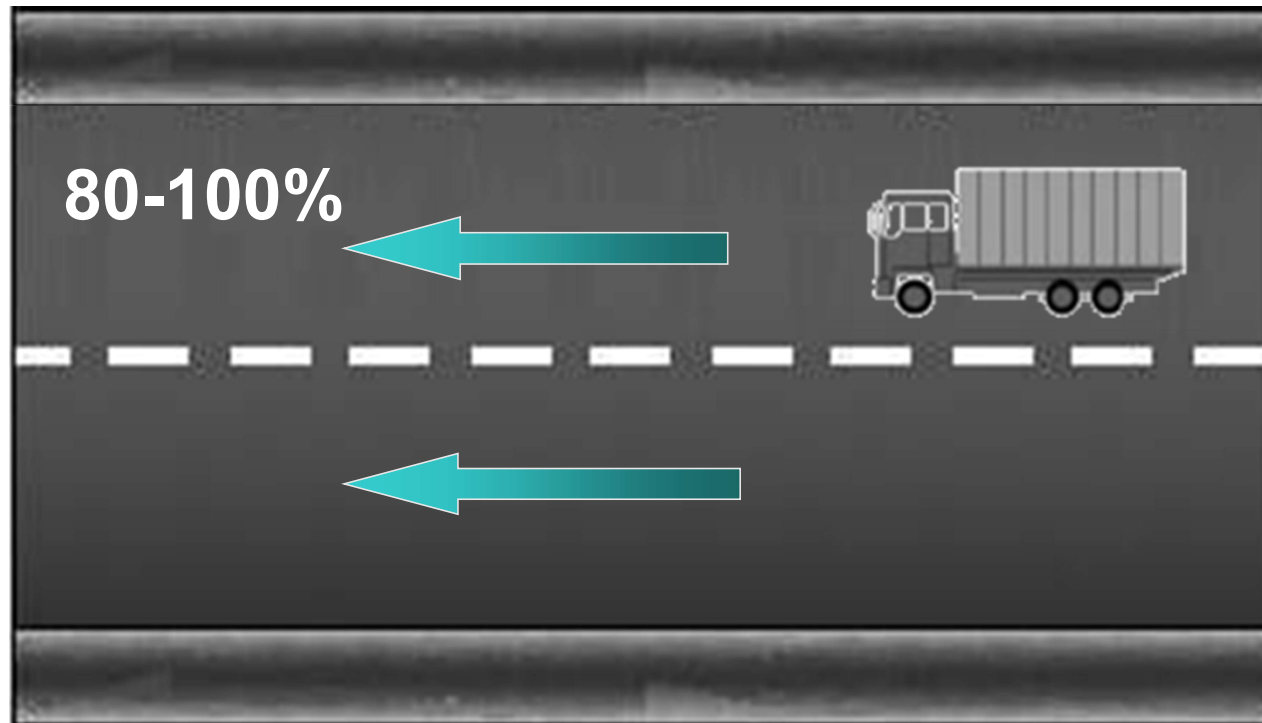
•Πόσες διελεύσεις άξονα τυπικού φορτίου αντιστοιχούν σε 100 διελεύσεις άξονα φορτίου 10t;

100 X 2,3 = 230 διελεύσεις άξονα τυπικού φορτίου

Ποσοστό οχημάτων
στη λωρίδα βαριάς
κυκλοφορίας



Ποσοστό οχημάτων
στη λωρίδα βαριάς
κυκλοφορίας



ΜΙΚΤΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ-ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑ ΑΞΟΝΑ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 4

- (α) Υπολογίστε τις Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις (ΣΙΔ) του τυπικού αξονικού φορτίου, σύμφωνα με τον πίνακα.
(β) Τι θα συμβεί (ΣΙΔ?) εάν στην μικτή κυκλοφορία προστεθεί 1 διέλευση αξονικού φορτίου 20ton ?

Για τυπικό αξονικό φορτίο **8,16 t (~8t ~ 18000lbs)**

P	Διελεύσεις	ΣΙ	Ισοδύναμες διελεύσεις
5t	100		
8t	10		
10t	10		
13t	5		

Συνολικός αριθμός Ισοδ. Διελεύσεων αξόνων 5-8-10-13ton: **ΣΙΔ =**

ΜΙΚΤΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ-ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑ ΑΞΟΝΑ

- (α) Υπολογίστε τις Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις (ΣΙΔ) του τυπικού αξονικού φορτίου, σύμφωνα με τον πίνακα.
(β) Τι θα συμβεί (ΣΙΔ?) εάν στην μικτή κυκλοφορία προστεθεί 1 διέλευση αξονικού φορτίου 20ton ?

Για τυπικό αξονικό φορτίο 8,16 t (~8t ~ 18000lbs)

P	Διελεύσεις	ΣΙ	Ισοδύναμες διελεύσεις
5t	100	0.15	15
8t	10	1.0	10
10t	10	2.44	24.4
13t	5	6.97	34.85

Συνολικός αριθμός Ισοδ. Διελεύσεων αξόνων 5-8-10-13ton: **ΣΙΔ = 84.25**

ΜΙΚΤΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ-ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑ ΑΞΟΝΑ

- (α) Υπολογίστε τις Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις (ΣΙΔ) του τυπικού αξονικού φορτίου, σύμφωνα με τον πίνακα.
(β) Τι θα συμβεί (ΣΙΔ?) εάν στην μικτή κυκλοφορία προστεθεί 1 διέλευση αξονικού φορτίου 20ton ?

Για τυπικό αξονικό φορτίο **8,16 t (~8t ~ 18000lbs)**

P	Διελεύσεις	ΣΙ	Ισοδύναμες διελεύσεις
5t	100	0.15	15
8t	10	1.0	10
10t	10	2.44	24.4
13t	5	6.97	34.85
20t	1	39,06	39.06

Συνολικός αριθμός Ισοδ. Διελεύσεων αξόνων 5-8-10-13ton: **ΣΙΔ = 84.25**

Συνολικός αριθμός Ισοδ. Διελεύσεων αξόνων 5-8-10-13-20ton: **ΣΙΔ = 123.31**

Μία μόλις διέλευση του άξονα των 20ton, επιβαρύνει τις ΣΙΔ κατά +46%

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 5

Σχεδιάζεται νέο οδόστρωμα για 20 χρόνια. Να υπολογιστεί η κυκλοφορία σχεδιασμού (N_z) εκφρασμένη σε ΙΤΑ. Δίνονται:

α) Η ΕΜΗΚ ανά κατηγορία οχήματος για το 1ο έτος λειτουργίας:

Λεωφορεία:	32
Φορτηγά 2-αξόνων:	467
Φορτηγά 3-αξόνων:	67
Νταλίκες 3 και 4-αξόνων:	274
Φορτηγά 4-αξόνων:	49
Νταλίκες 5-αξόνων:	938
Νταλίκες 6-αξόνων:	530

β) Ο ρυθμός ανάπτυξης της κυκλοφορίας : $PA=2\%$

γ) Οι συντελεστές ισοδυναμίας (ΣI)

δ) Το ποσοστό των βαρέων οχημάτων στη δεξιά λωρίδα είναι 80%.

Υπενθυμίζεται ότι:

$$EMHK_v = EMHK_\alpha * (1+PA)^{(v-\alpha)}$$

ΕΟ	ΣΙ
Λεωφορεία και ημιφορτηγά	3,9
Φορτηγά 2-αξόνων	0,6
Φορτηγά 3-αξόνων	3,4
Νταλίκες 3 και 4-αξόνων	4,6
Φορτηγά 4-αξόνων	2,5
Νταλίκες 5-αξόνων	4,4
Νταλίκες 6-αξόνων	5,6
ΟΕΧ1+ΟΔΧ	1,0
ΟΧΕ2	4,0

Επίλυση

ΕΟ	ΕΜΗΚ	ΣΙ	ΙΤΑ	ΕΤΗΣΙΑ
Λεωφορεία	32	3.9	124.8	45552
Φορτηγά 2-αξόνων	467	0.6	280.2	102273
Φορτηγά 3-αξόνων	67	3.4	227.8	83147
Νταλίκες 3 και 4-αξόνων	274	4.6	1260.4	460046
Φορτηγά 4-αξόνων	49	2.5	122.5	44712.5
Νταλίκες 5-αξόνων	938	4.4	4127.2	1506428
Νταλίκες 6-αξόνων	530	5.6	2968	1083320

3325478.5 N_{α}

$3,33 \cdot 10^6$ ΙΤΑ

- Ο κυκλοφοριακός φόρτος (N_α) για το 1^ο έτος ($\alpha=1$) λειτουργίας είναι:

$$N_\alpha = 3,33 \cdot 10^6 \text{ ΙΤΑ}$$

- Η κυκλοφορία για τα 20 έτη είναι:

$$\text{Αθροιστικό } N_{20} = N_\alpha \sum [(1+PA)^{(v-\alpha)}] =$$

$$3,33 \cdot 10^6 [(1+0,02)^0 + (1+0,02)^1 + \dots + (1+0,02)^{19}]$$

$$= 8,1 \cdot 10^7 \text{ ΙΤΑ}$$

Οι 20 όροι της αγκύλης αποτελούν γεωμετρική πρόοδο

-με πρώτο όρο το: $\alpha_1 = (1 + 0,02)^0 = 1$

-και λόγο: $\lambda = 1 + 0,02$

$$S_v = \alpha_1 \cdot \frac{\lambda^v - 1}{\lambda - 1}$$

$$S_{20} = \alpha_1 \cdot \frac{\lambda^{20} - 1}{\lambda - 1} = 1 \cdot \frac{(1 + 0,02)^{20} - 1}{(1 + 0,02) - 1}$$

$$= 24,297$$

Άρα το άθροισμα των 20 πρώτων όρων είναι:

- Ο κυκλοφοριακός φόρτος (N_α) για το 1^ο έτος ($\alpha=1$) λειτουργίας είναι:

$$N_\alpha = 3,33 * 10^6 \text{ ΙΤΑ}$$

- Η κυκλοφορία για τα 20 έτη είναι:

Αθροιστικό $N_{20} =$

$$= 8,1 * 10^7 \text{ ΙΤΑ}$$

- Για το **80%** επί της δεξιά λωρίδας η κυκλοφορία σχεδιασμού είναι:

$$0,80 * N_{20} = 0,80 * 8,1 * 10^7 = \underline{6,47 * 10^7 \text{ ΙΤΑ}}$$

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 6

Για τη συγκεκριμένη σύνθεση κυκλοφορίας που δίνεται στον πίνακα:

A) Να υπολογιστούν οι Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις - ΣΙΔ ($P_T = 8 \text{ t}$) για το σχεδιασμό ενός οδοστρώματος με περίοδο υπολογισμού $PY = 20 \text{ έτη}$ και $PA = 4\%$.

B) Εάν ο Κύριος του έργου επιθυμεί να πραγματοποιήσει ενίσχυση του οδοστρώματος όταν οι ΣΙΔ γίνουν **65% της κυκλοφορίας σχεδιασμού**, να υπολογιστεί σε ποιο έτος λειτουργίας του έργου θα πραγματοποιηθούν οι εργασίες ενίσχυσης.

Αξονικό φορτίο (t)	Αριθμός αξόνων / ημέρα (AA)
7	950
9	600
10	650
11	400
12	300
13	120
14	30

A

$$\Sigma I \Delta = 365 \cdot AA \cdot (\Sigma. I.) \cdot \frac{(1 + PA)^{ny} - 1}{PA} \quad 29,778$$

[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
Αξονικό φορτίο (t)	Αριθμός αξόνων / ημέρα (AA)	$\Sigma. I. = \left(\frac{P_l}{P_t}\right)^4$	Ετήσιες ΣΙΔ / αξονικό φορτίο $[D] = 365 \cdot (AA) \cdot (\Sigma. I.)$	ΣΙΔ ₂₀ / αξονικό φορτίο $[E] = [D] \cdot 29,778$
7	950	0,59	203258,5	$6,05 \cdot 10^6$
9	600	1,60	350795,7	$10,45 \cdot 10^6$
10	650	2,44	579223,6	$17,25 \cdot 10^6$
11	400	3,57	521871,6	$15,54 \cdot 10^6$
12	300	5,06	554343,8	$16,51 \cdot 10^6$
13	120	6,97	305413,0	$9,09 \cdot 10^6$
14	30	9,38	102699,0	$3,06 \cdot 10^6$
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΕΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΙΣ (ΙΤΑ)			$2,62 \cdot 10^6$	$7,79 \cdot 10^7$

*S₂₀

B

Προγραμματισμός ενίσχυσης οδοστρώματος στο 65% των ΣΙΔ

Δηλαδή όταν οι πραγματοποιούμενες διελεύσεις γίνουν:

$$\frac{N'_{\text{ισ}}}{N_{\text{ισ}}} = 0,65 \rightarrow N'_{\text{ισ}} = 65\% \cdot N_{\text{ισ}} = 0,65 \cdot 7,79 \cdot 10^7 = 5,06 \cdot 10^7 \text{ ΙΤΑ}$$

Άρα, ψάχνουμε το έτος x , στο οποίο η αθροιστική κυκλοφορία (εκφρασμένη σε ΙΤΑ) θα είναι $5,06 \cdot 10^7 \text{ ΙΤΑ}$.

Οι ΣΙΔ για το 1^ο έτος είναι: $\Sigma\text{ΙΔ}_1 = N_1 = 2,62 \cdot 10^6 \text{ ΙΤΑ}$

$$S_x = a_1 \cdot \frac{\lambda^x - 1}{\lambda - 1}$$

$$\Sigma\text{ΙΔ}_x = \Sigma\text{ΙΔ}_1 \cdot \frac{(1 + PA)^x - 1}{PA} \rightarrow 5,06 \cdot 10^7 = 2,62 \cdot 10^6 \cdot \frac{(1 + 0,04)^x - 1}{0,04}$$

B

$$\Sigma I\Delta_x = \Sigma I\Delta_1 \cdot \frac{(1 + PA)^x - 1}{PA} \rightarrow 5,06 \cdot 10^7 = 2,62 \cdot 10^6 \cdot \frac{(1 + 0,04)^x - 1}{0,04}$$

$$\frac{1,04^x - 1}{0,04} = \frac{5,06 \cdot 10^7}{2,62 \cdot 10^6}$$

$$\frac{1,04^x - 1}{0,04} = 19,313$$

$$1,04^x = 19,313 \cdot 0,04 + 1$$

$$1,04^x = 1,773$$

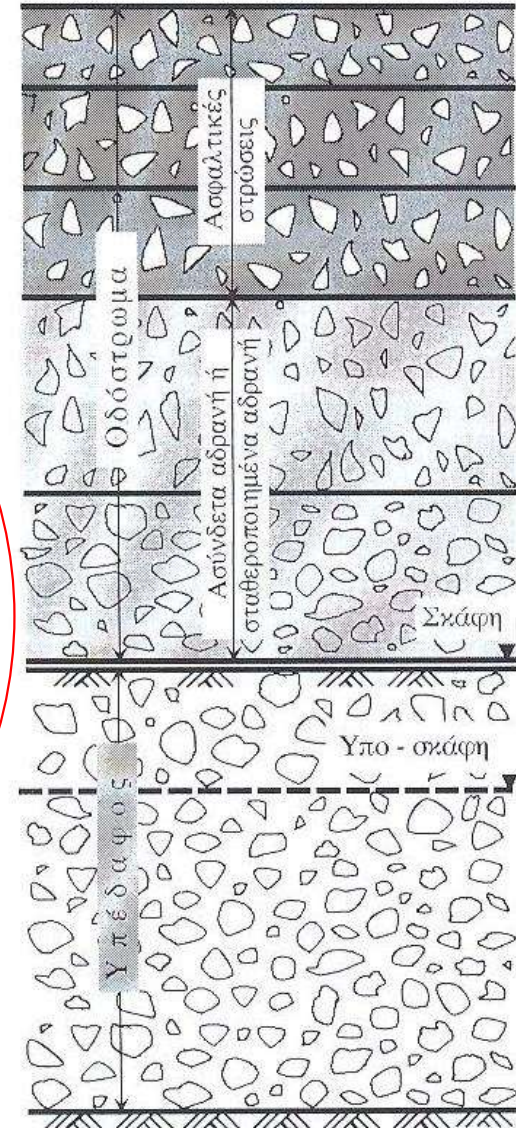
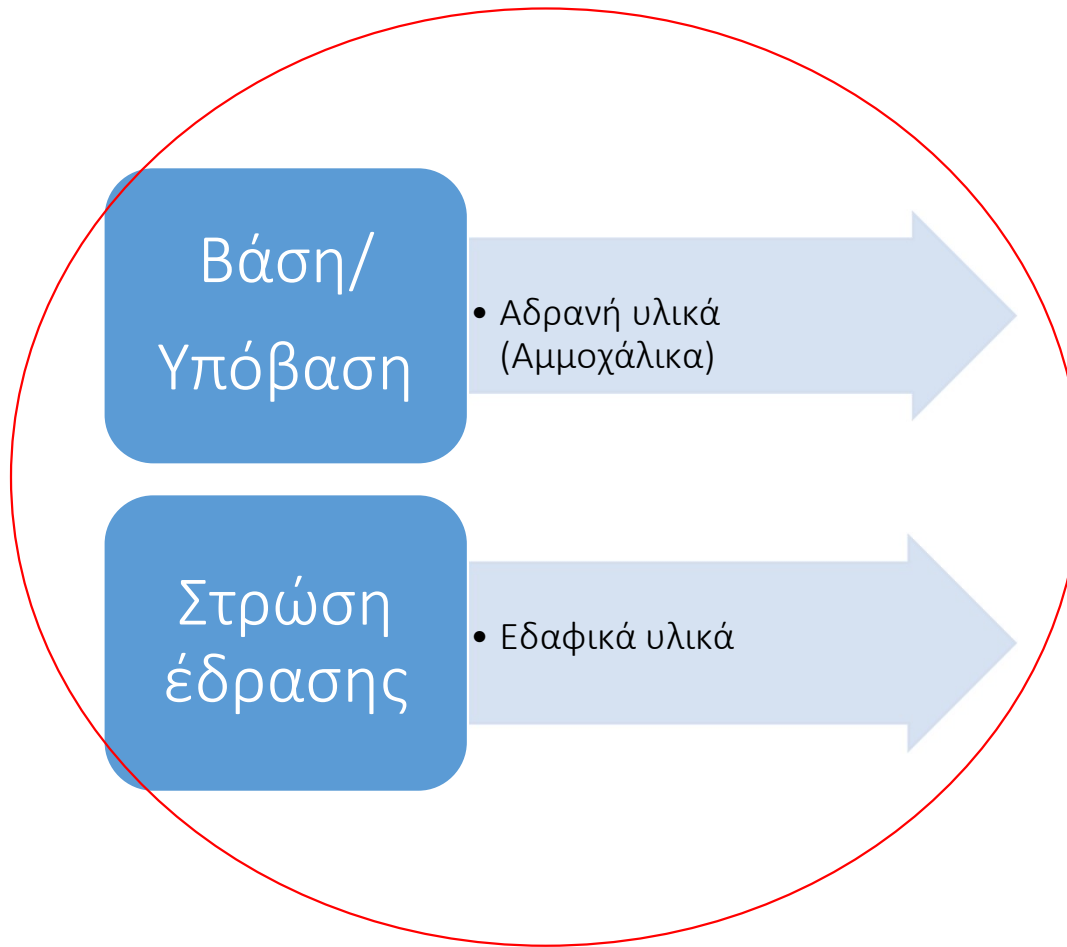
$$x = \log_{1,04}(1,773) = 14,6 \text{ \u03b5\u03c4\u03b7}$$



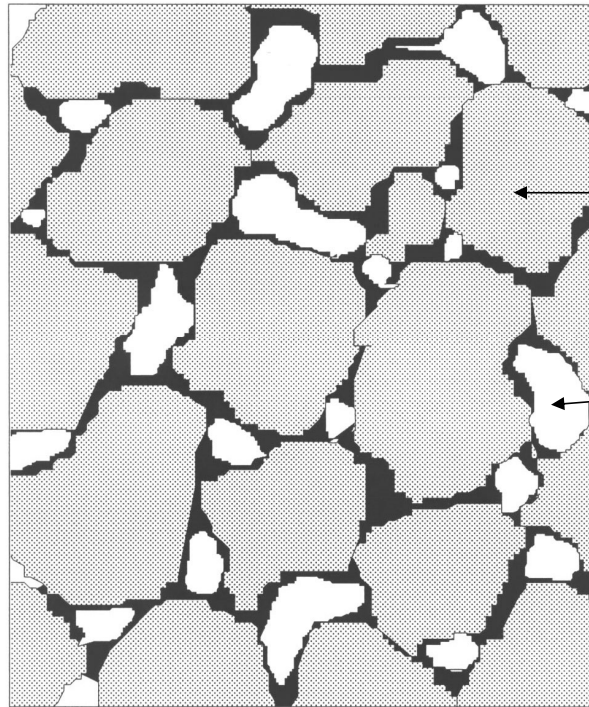
Επομένως, οι εργασίες ενίσχυσης του οδοστρώματος θα προγραμματιστούν **για το 14^ο \u03b5\u03c4\u03b7\u03c2** λειτουργίας του \u03b5\u03c1\u03b3\u03bf\u03c5.

Υλικά

Ασύνδετα υλικά



Ασύνδετα υλικά



Κόκκοι
(χαρακτηριστικά και
διαβάθμιση)

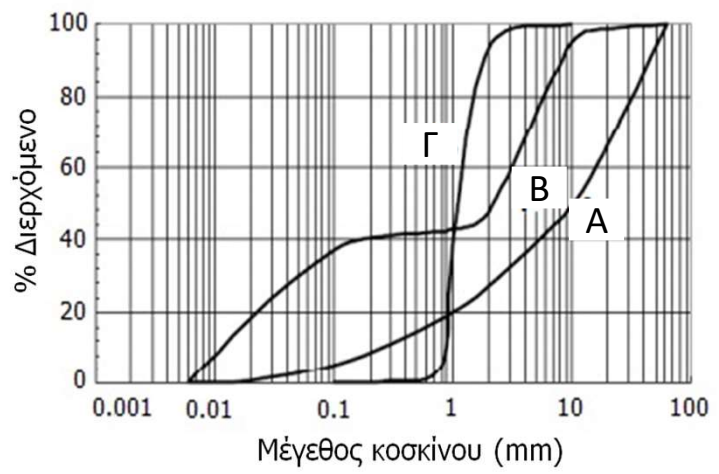
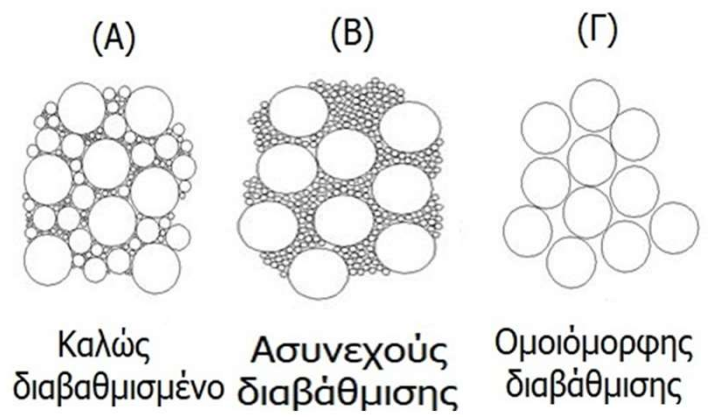
Κενά

Βασικές ομάδες ασύνδετων υλικών

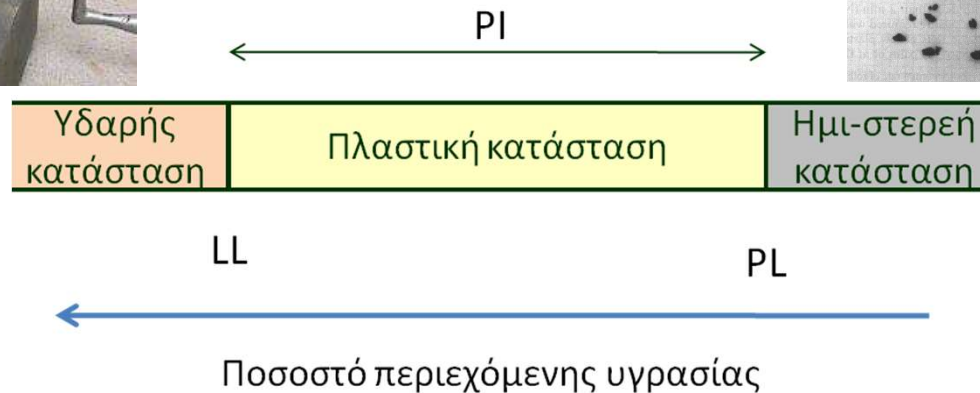
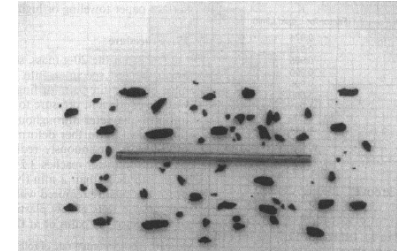
Συναρτήσσει του
μεγέθους των κόκκων
κατά φθίνουσα σειρά:

- Λίθοι
- Κροκάλες
- Χαλίκια
- Άμμος
- Ίλυς
- Άργιλος

Κοκκομετρικές καμπύλες εδαφικών υλικών



Όρια Atterberg



Όριο υδαρότητας (LL) : Ορίζεται ως η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό κατά την χρονική στιγμή που το έδαφος μεταβαίνει από την υδαρή στην πλαστική κατάσταση.

Όριο πλαστικότητας (PL): Το όριο πλαστικότητας αντιστοιχεί στο χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας στο οποίο το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην ημιστερεή κατάσταση.

Δείκτης πλαστικότητας (PI): Ορίζεται ως η περιοχή ανάμεσα στο όριο υδαρότητας και στο όριο πλαστικότητας ($PI = LL - PL$), όπου το υλικό είναι εύπλαστο.

Κατάταξη εδαφικών υλικών κατά AASHTO

(American Association of State Highway and Transportation Officials)

Γενική Κατάταξη	Κοκκώδης (ή χονδρόκοκκα) εδαφικά υλικά διερχ. % από κόσκινο 0.075mm: <35							Λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά (ιλυώδη- αργιλώδη) διερχ. % από κόσκινο 0.075mm: >35				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-α	A-1-β		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Διερχ. % από κόσκινο												
2.00 mm	50 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.425 mm	30 max	50 max	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.075 mm	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Χαρακτηριστικά (διερχ. Του 0.425 mm)												
Όριο Υδαρότητας	-	-	-	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Δείκτης Πλαστικότητας	6 max	-	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min ^A	11 min ^B
Συνήθεις τύποι εδαφικών υλικών	Χαλίκια, άμμος και αμμοχάλικο		Λεπτή άμμος	Ιλυώδη ή αργιλώδη αμμοχάλικα				Ιλυώδη εδάφη		Αργιλώδη εδάφη		
Καταλληλότητα ως υπέδαφος	Εξαιρετικά έως καλά							Μέτρια έως ακατάλληλα				

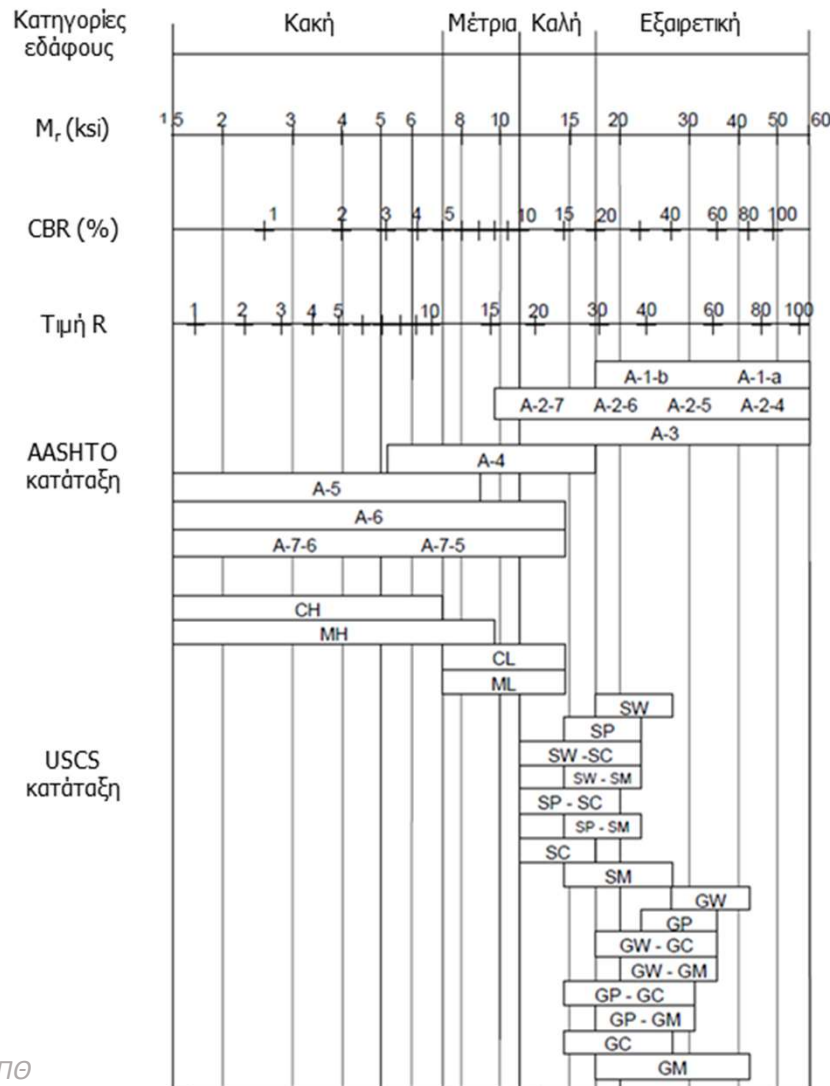
^AΟ Δείκτης Πλαστικότητας των υλικών της κατηγορίας A-7-5 είναι $\leq LL - 30$

^BΟ Δείκτης Πλαστικότητας των υλικών της κατηγορίας A-7-6 είναι $> LL - 30$, $LL = \text{όριο υδαρότητας}$



Απαιτούμενες πληροφορίες:

- Κοκκομετρική διαβάθμιση
- Όρια Atterberg



Συσχέτιση δείκτη CBR (καθώς και άλλων δεικτών μηχανικής συμπεριφοράς) με τις ομάδες κατάταξης εδαφών

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 7

Διαθέτουμε δείγμα εδαφικού υλικού, όπου έχει προσδιοριστεί το όριο υδαρότητας: LL=43 και το όριο πλαστικότητας: PL=30. Επίσης, τα στοιχεία της κοκκομετρικής διαβάθμισης του υλικού έχουν ως εξής:

Κόσκινο		Συγκρατούμενο βάρος
Άνοιγμα βροχίδας		
in	mm	gr
1 1/4	31.7	0
1	25.4	300
¾	19.1	600
No 4	4.76	640
No 10	2.0	650
No 40	0.425	620
No 200	0.075	500
Υπόλοιπο		1690
Άθροισμα		5000

Ζητούμενα

- α. Να σχεδιαστεί η καμπύλη της κοκκομετρικής διαβάθμισης του υλικού.
- β. Να προσδιοριστεί η κατηγορία που ανήκει το υλικό (κατά AASHTO).
- γ. Να δοθούν ενδεικτικές τιμές για το δείκτη CBR του υλικού.

α. Να σχεδιαστεί η καμπύλη της κοκκομετρικής διαβάθμισης του υλικού.



Κόσκινο		Συγκρατούμενο βάρος	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	
Άνοιγμα βροχίδας			gr	%
in	mm	gr	gr	%
1 1/4	31.7	0	5000	100
1	25.4	300	4700	94
3/4	19.1	600	4100	82
No 4	4.76	640	3460	69.2
No 10	2.0	650	2810	56.2
No 40	0.425	620	2190	43.8
No 200	0.075	500	1690	33.8
Υπόλοιπο		1690		
Άθροισμα		5000		

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



β. Να προσδιοριστεί η κατηγορία που ανήκει το υλικό (κατά AASHTO).

Όριο Υδαρότητας LL=43
 Όριο πλαστικότητας PL=30

Κόσκινο		Διερχόμενο %
Άνοιγμα βροχίδας in	mm	
1 1/4	31.7	100
1	25.4	94
3/4	19.1	82
No 4	4.76	69
No 10	2	56
No 40	0.425	44
No 200	0.075	34

Γενική Κατάταξη	Κοκκώδης (ή χονδρόκοκκα) εδαφικά υλικά διερχ. % από κόσκινο 0.075mm: <35							Λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά (ιλυώδη-αργιλώδη) διερχ. % από κόσκινο 0.075mm: >35				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-β		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Διερχ. % από κόσκινο												
2.00 mm	50 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.425 mm	30 max	50 max	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.075 mm	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Χαρακτηριστικά (διερχ. Του 0.425 mm)												
Όριο Υδαρότητας	-	-	-	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Δείκτης Πλαστικότητας	6 max	N.P.	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min ^A	11 min ^B
Συνήθειες τύποι εδαφικών υλικών	Χαλίκια, άμμος και αμμοχάλικο	Λεπτή άμμος		Ιλυώδη ή αργιλώδη αμμοχάλικα				Ιλυώδη εδάφη	Αργιλώδη εδάφη			
Καταλληλότητα ως υπέδαφος	Εξαιρετικά έως καλά							Μέτρια έως ακατάλληλα				

^A Ο Δείκτης Πλαστικότητας των υλικών της κατηγορίας A-7-5 είναι $\leq LL - 30$

^B Ο Δείκτης Πλαστικότητας των υλικών της κατηγορίας A-7-6 είναι $> LL - 30$, LL=όριο υδαρότητας

Έλεγχος με τα στοιχεία κοκκομετρίας

Διερχ. (2 mm) = 56% > 50% → αποκλείεται η κατηγορία A-1-α.

Διερχ. (0.425 mm) = 44% < 51% → αποκλείεται η κατηγορία A-3 (και η A-1-α επίσης).

Διερχ. (0.075mm) = 34% < 36% → αποκλείονται οι κατηγορίες A-4, A-5, A-6 και A-7 και η κατηγορία A-1-β (34% > 25%).

Έλεγχος με τα όρια Atterberg

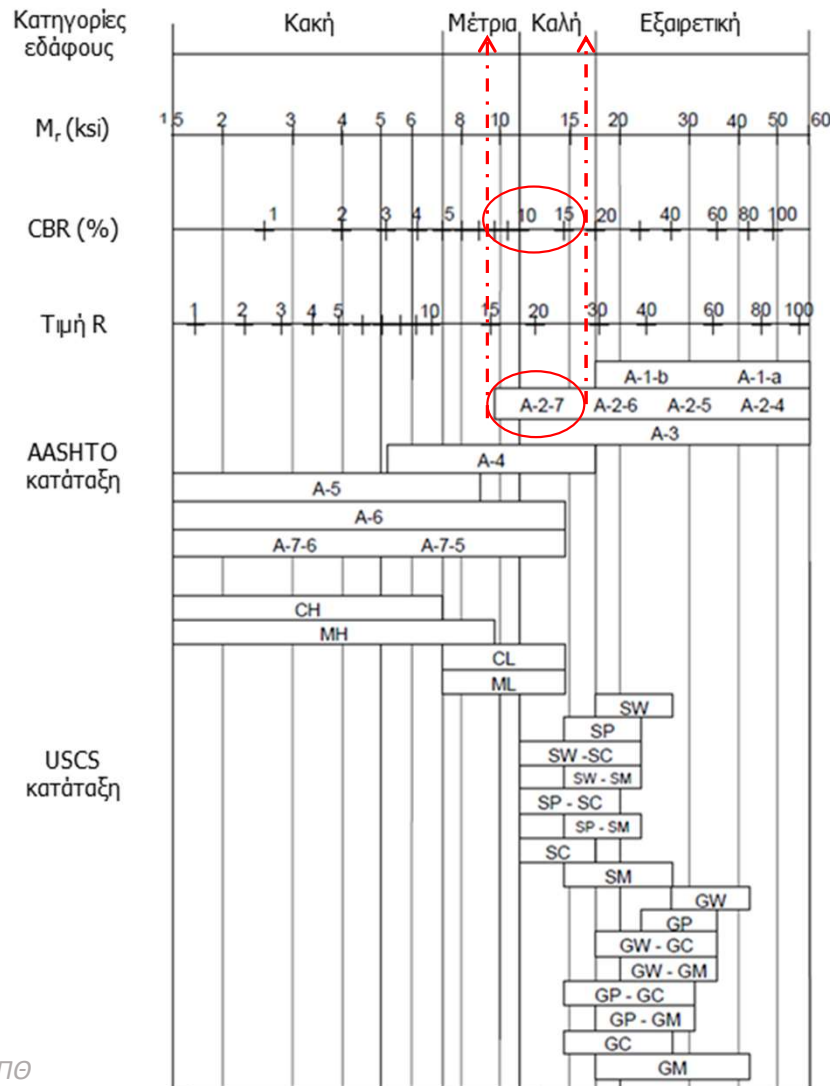
PI=13 > 10 → αποκλείονται οι κατηγορίες A-2-4 και A-2-5.

LL=43 > 40 → αποκλείεται η κατηγορία A-2-6.

Το υλικό κατατάσσεται κατά AASHTO ως **A-2-7**.

Δείκτης πλαστικότητας

$$PI = 43 - 30 = 13$$



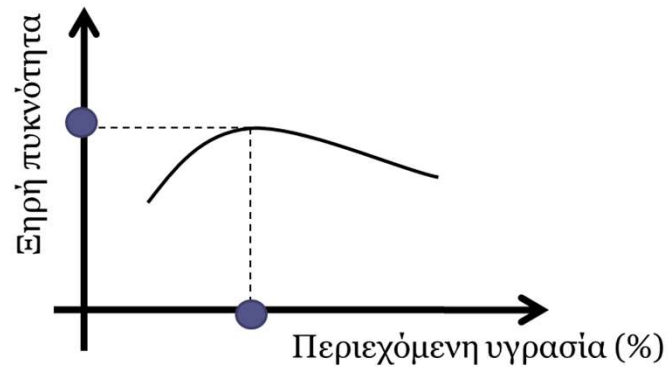
γ. Να δοθούν ενδεικτικές τιμές για το δείκτη CBR του υλικού.

Συσχέτιση δείκτη CBR (καθώς και άλλων δεικτών μηχανικής συμπεριφοράς) με τις ομάδες κατάταξης εδαφών

- Κατηγορία εδάφους: μέτρια έως καλή.
- Ενδεικτικές τιμές του δείκτη CBR: 8-17%

Δοκιμή συμπίκνωσης (Proctor)

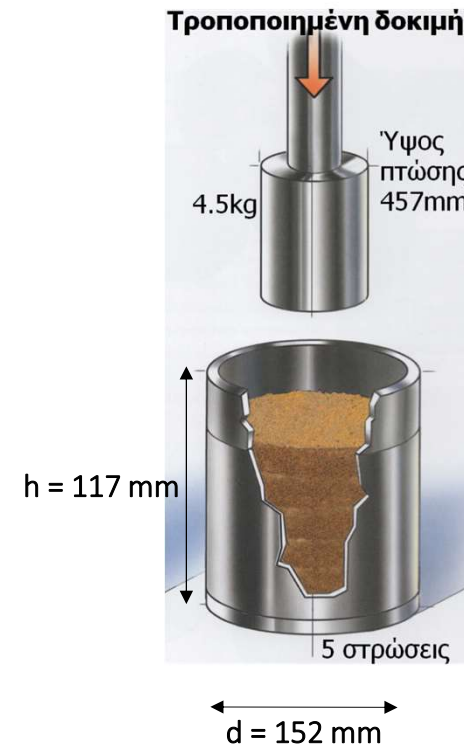
Προσδιορισμός σχέσης υγρασίας-πυκνότητας



ΕΦΑΡΜΟΓΗ 8

Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται τα αποτελέσματα της εργαστηριακής δοκιμής συμπύκνωσης Proctor επί δείγματος εδαφικού υλικού. Να προσδιοριστεί γραφικά η βέλτιστη περιεκτικότητα σε νερό καθώς και η μέγιστη ξηρή πυκνότητα του υλικού.

Η μήτρα είναι πρότυπων διαστάσεων (με ύψος 117 mm, και διάμετρο 152 mm) και μάζα $m_1 = 6.895$ kg.

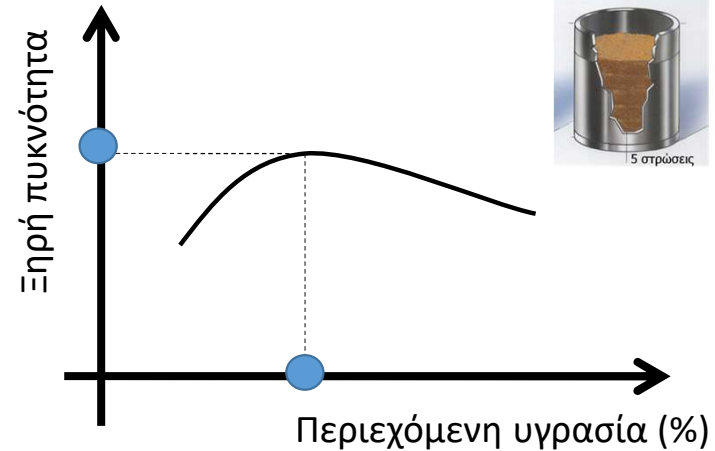


Περιεκτικότητα σε νερό $w(\%)$	3 %	5%	6%	7%	8%
Μάζα μήτρας και συμπυκνωμένου δείγματος m_2 (kg)	11.723	11.936	12.010	12.036	11.985

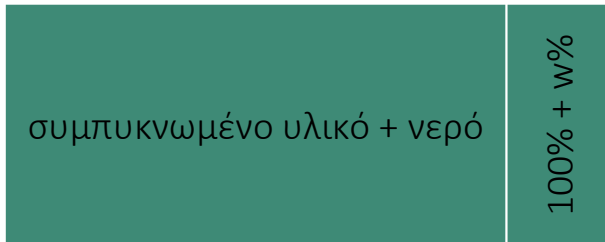
Συνοπτική περιγραφή της δοκιμής συμπίκνωσης Proctor

Προκειμένου να υπολογιστεί η βέλτιστη πυκνότητα:

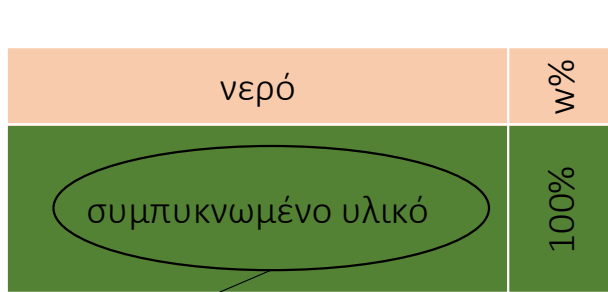
- Επαναλαμβάνουμε τη δοκιμή συμπίκνωσης για διαφορετικά επίπεδα υγρασίας.
- Φτιάχνουμε την καμπύλη πυκνότητας - υγρασίας (περιεκτικότητα σε νερό).
- Η μέγιστη πυκνότητα είναι η βέλτιστη, κι ένα ποσοστό αυτής πρέπει να στοχευθεί στην κατασκευή επιτόπου.



Περιεκτικότητα σε νερό w	3 %	5%	6%	7%	8%
Μάζα μήτρας και συμπυκνωμένου δείγματος m_2 (kg)	11.723	11.936	12.010	12.036	11.985



Από τη δοκιμή προκύπτει η φαινόμενη (υγρή) πυκνότητα: $\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}$

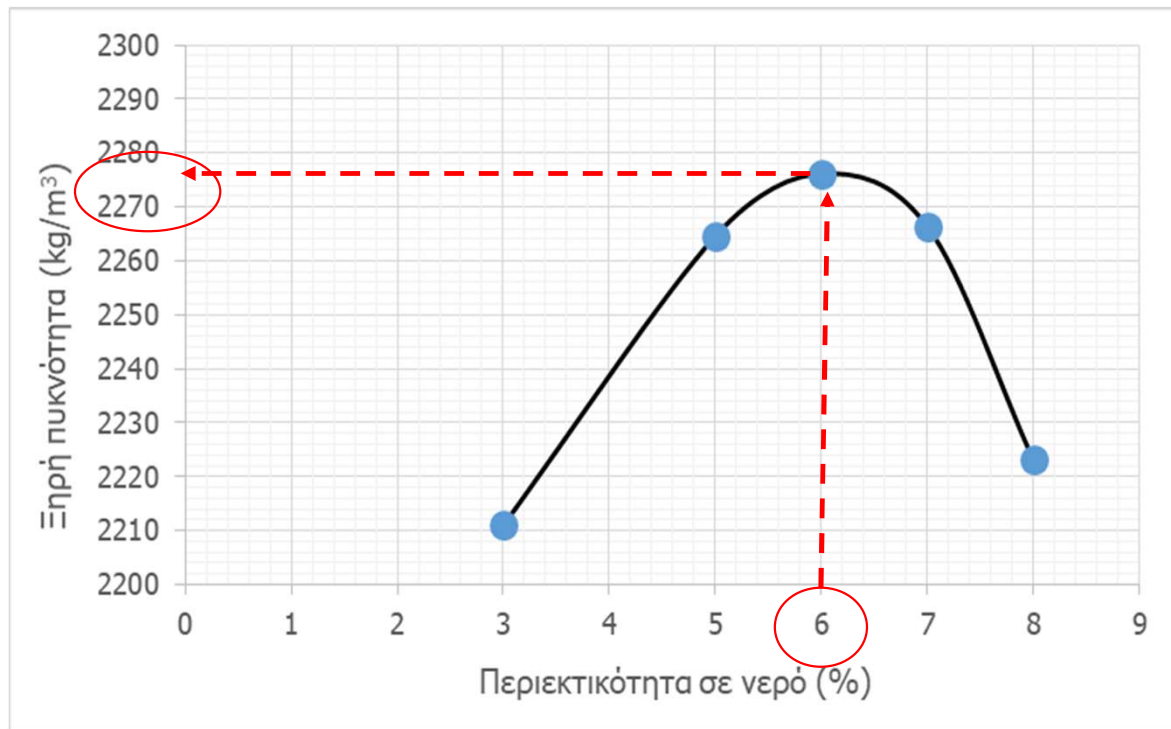


Για τον υπολογισμό της ξηρής πυκνότητας:

Ξηρή πυκνότητα ρ_{dry}

Τελικά: $\rho_d = \rho \cdot \frac{100}{100+w} < \rho$

Περιεκτικότητα σε νερό w (%)	3%	5%	6%	7%	8%
Φαινόμενη (υγρή) πυκνότητα ρ (kg/m^3)	2277	2378	2413	2425	2401
Ξηρή πυκνότητα ρ_d (kg/m^3)	2211	2265	2276	2266	2223



Από το διάγραμμα ξηρής πυκνότητας – περιεκτικότητας σε νερό, προκύπτει ότι για το συγκεκριμένο υλικό, η βέλτιστη περιεκτικότητα σε νερό είναι 6% και η αντίστοιχη μέγιστη ξηρή πυκνότητα είναι 2276 kg/m^3 .

Κατάταξη εδαφών κατά ΚΜΕ

ΚΜΕ:
(ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ)

E0, E1, E2, E3, E4

Κατηγορίες εδαφικών υλικών

Κατηγορία εδαφικού υλικού	Χαρακτηριστικά υλικού	Όρια Atterberg	Μακ. πυκνότητα κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης χγρ/μ3	CBR*	Περιεκτικότητα σε οργανικά***	Παρατηρήσεις ως προς τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους για επιχώματα
E1	Γαιώδες υλικό με μέγιστη διάσταση κόκκου D < 200 χλστ και περιεκτικότητα σε κόκκους 200 > D > 150 χλστ μέχρι 25%	LL < 40 ή LL < 65 και PI > (0.6LL-9)	> 1.600	> 3 και διόγκωση** < 3%	< 3%	Αποδεκτό
E2	Μέγιστος κόκκος < 100 χλστ Διερχόμενο % από Νο 200 < 35%	LL < 40	> 1.940	> 5 και διόγκωση** < 2%	< 1%	Κατάλληλο
E3	Μέγιστος κόκκος < 80 χλστ Διερχόμενο % από Νο 200 < 25%	LL < 30 PI < 10	-	> 10 και διόγκωση** = 0	0%	Επίλεκτο I
E4	Μέγιστος κόκκος < 80 χλστ Διερχόμενο % από Νο 200 < 25%	LL < 30 PI < 10	-	> 20 και διόγκωση** = 0	0%	Επίλεκτο II
E0	Εδαφικό υλικό που δεν ανήκει στις άλλες κατηγορίες					Ακατάλληλο
LL = Όριο Υδαρότητας E 105 - 86 Method 5 PI = Δείκτης Πλαστικότητας E 105 - 86 Method 6 Νο 200 = Κόσκινο της Αμερικανικής σειράς προτύπων κοσκίνων AASHTO : M-92 ανοίγματος βροχίδας 0,074 χλστ *CBR = Τιμή του Καλιφορνιακού Λόγου Φέρουσας Ικανότητας που προσδιορίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο 12 των Προδιαγραφών Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής (E 105-86) επί δοκιμών συμπίκνωθέντων στο 90% της μέγιστης πυκνότητας της Τροποποιημένης Δοκιμής Συμπύκνωσης (Μέθοδος 11 E 105-86) με τη βέλτιστη υγρασία και μετά από υδρεμποτισμό 4 ημερών. Κατ' εξαίρεση επί "σιμεντωμένων" εδαφών και για έργα σε όρυγμα, για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας της "υποκείμενης στρώσης" οδοστρωμάτων θα γίνεται συμπληρωματικά και προσδιορισμός του CBR με δοκιμή "επί τόπου" ** = Κατά τη δοκιμή CBR *** = Θα προσδιορισθεί με τη μέθοδο της "υγρής οξειδωσης" (AASHTO T 194)						

Κατάταξη εδαφικών υλικών κατά ΚΜΕ

Απαιτούμενες πληροφορίες:

☐ Κοκκομετρία

- Διάσταση μέγιστου κόκκου D και
- Διερχόμενο ποσοστό $d_{0.074}$ (%) για το κόσκινο No200

☐ Όρια Atterberg

☐ Μέγιστη ξηρή πυκνότητα

☐ CBR (%) για 90% βαθμό συμπίκνωσης

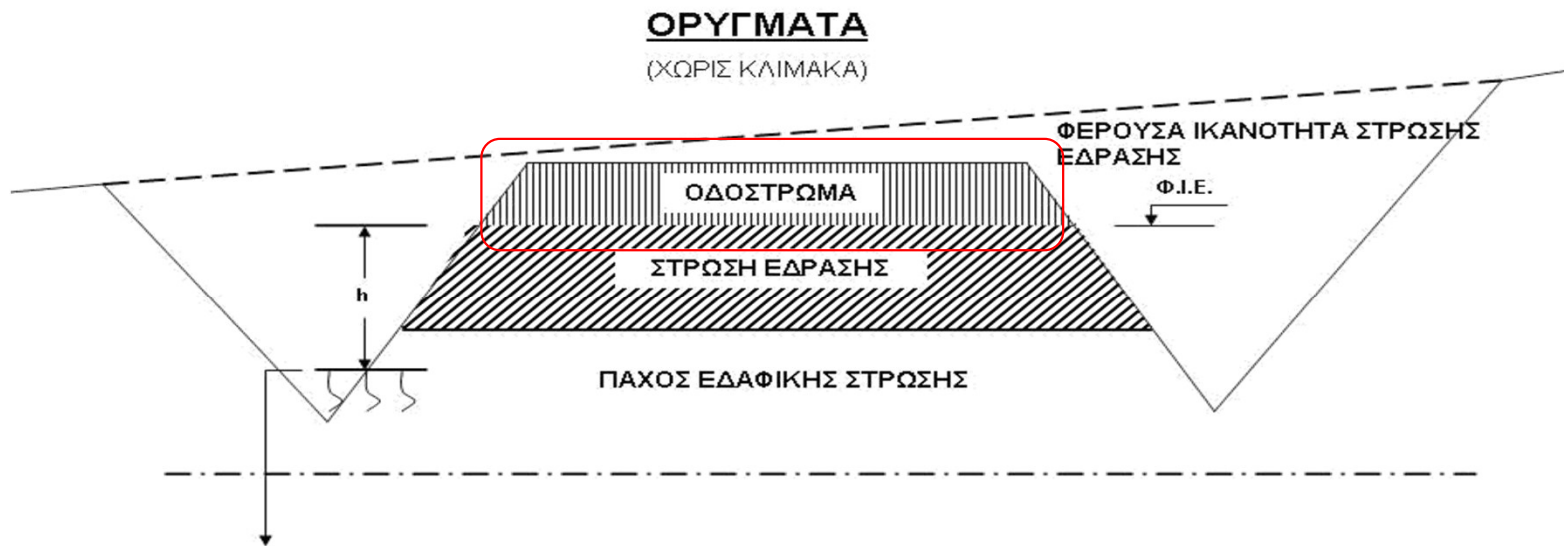
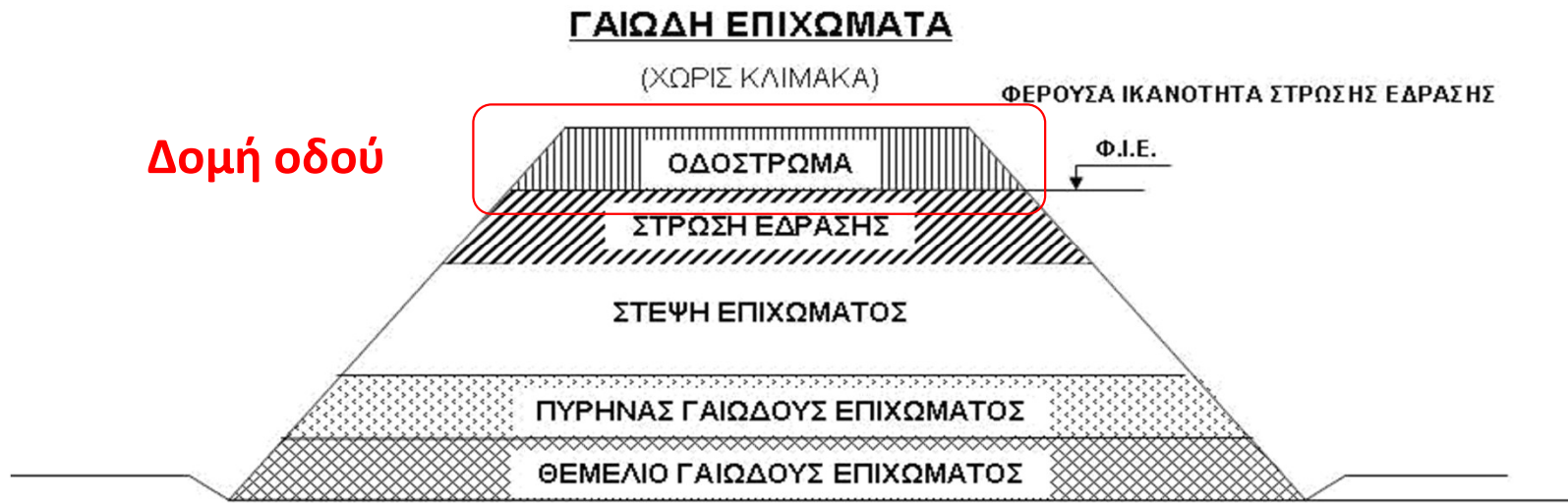
☐ Περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες





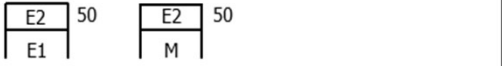
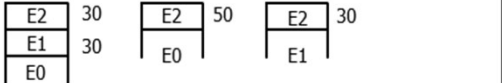
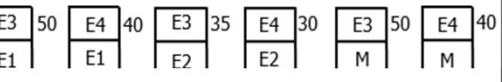
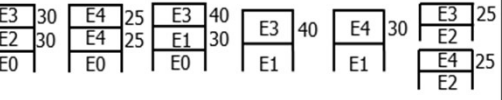
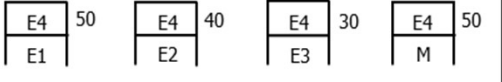
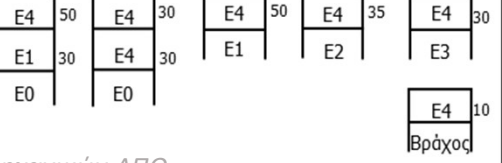
Κατηγορία εδαφικού υλικού	Χαρακτηριστικά υλικού	Όρια Atterberg	Μαχ. πυκνότητα κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης $\chi\gamma\rho/\mu 3$	CBR*	Περιεκτικότητα σε οργανικά***	Παρατηρήσεις ως προς τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους για επιχώματα
E1	Γαιώδες υλικό με μέγιστη διάσταση κόκκου $D < 200$ $\chi\lambda\sigma\tau$ και περιεκτικότητα σε κόκκους $200 > D > 150$ $\chi\lambda\sigma\tau$ μέχρι 25%	LL < 40 ή LL < 65 και PI > (0.6LL-9)	> 1.600	> 3 και διόγκωση** < 3%	< 3%	Αποδεκτό
E2	Μέγιστος κόκκος < 100 $\chi\lambda\sigma\tau$ Διερχόμενο % από No 200 < 35%	LL < 40	> 1.940	> 5 και διόγκωση** < 2%	< 1%	Κατάλληλο
E3	Μέγιστος κόκκος < 80 $\chi\lambda\sigma\tau$ Διερχόμενο % από No 200 < 25%	LL < 30 PI < 10	-	> 10 και διόγκωση** = 0	0%	Επίλεκτο I
E4	Μέγιστος κόκκος < 80 $\chi\lambda\sigma\tau$ Διερχόμενο % από No 200 < 25%	LL < 30 PI < 10	-	> 20 και διόγκωση** = 0	0%	Επίλεκτο II
E0	Εδαφικό υλικό που δεν ανήκει στις άλλες κατηγορίες					Ακατάλληλο

LL = Όριο Υδαρότητας E 105 - 86 Method 5
 PI = Δείκτης Πλαστικότητας E 105 - 86 Method 6
 No 200 = Κόσκινο της Αμερικανικής σειράς προτύπων κοσκίνων AASHTO : M-92 ανοίγματος βροχίδας 0,074 $\chi\lambda\sigma\tau$
***CBR** = Τιμή του Καλιφορνιακού Λόγου Φέρουσας Ικανότητας που προσδιορίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο 12 των Προδιαγραφών Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής (E 105-86) **επί δοκιμών συμπικνωθέντων στο 90% της μέγιστης πυκνότητας** της Τροποποιημένης Δοκιμής Συμπύκνωσης (Μέθοδος 11 E 105-86) με τη βέλτιστη υγρασία και μετά από υδρεμποτισμό 4 ημερών. Κατ' εξαίρεση επί "σιμεντωμένων" εδαφών και για έργα σε όρυγμα, για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας της "υποκείμενης στρώσης" οδοστρωμάτων θα γίνεται συμπληρωματικά και προσδιορισμός του CBR με δοκιμή "επί τόπου"
 ** = Κατά τη δοκιμή CBR
 *** = Θα προσδιορισθεί με τη μέθοδο της "υγρής οξείδωσης" (AASHTO T 194)

Δομή οδού



Διαμόρφωση στρώσης έδρασης κατά ΚΜΕ

ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 0
ΟΡΥΓΜΑ		$3 < \text{CBR} \leq 5$
ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 1
ΟΡΥΓΜΑ		$5 < \text{CBR} \leq 10$
ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 2
ΟΡΥΓΜΑ		$10 < \text{CBR} \leq 20$
ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 3
ΟΡΥΓΜΑ		$\text{CBR} > 20$

Σύμφωνα με τις οδηγίες της μελέτης για την περίπτωση γαιώδους επιχώματος ή ορύγματος, ανάλογα με το εδαφικό υλικό, συστήνεται να χρησιμοποιείται κατάλληλο υλικό συγκεκριμένου πάχους ώστε να προκύψει η επιθυμητή Φέρουσα Ικανότητα (ΦΙ) της Στρώσης Έδρασης Οδοστρώματος (ΣΕΟ). Πρόκειται για μια πάγια, διεθνή, τεχνολογική πρακτική που εφαρμόζεται και στη χώρα μας. Η φέρουσα ικανότητα της ΣΕΟ καθορίζεται από την κατηγορία και το πάχος του υλικού με το οποίο κατασκευάζεται και από τη κατηγορία του υλικού της υποκείμενης στρώσης.

Κατά την διαμόρφωση της στρώσης έδρασης της οδού, ως υποκείμενη στρώση νοείται: α) το ίδιο το φυσικό έδαφος, σε περίπτωση που η οδός κατασκευάζεται σε όρυγμα, ή β) το υλικό της στέψης του επιχώματος, σε περίπτωση που η οδός εδράζεται σε γαιώδες επίχωμα.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 9

Για οδόστρωμα αυτοκινητόδρομου και σε περίπτωση γαιώδους επιχώματος με εδαφικό υλικό στέψης κατηγορίας E1 τι υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε τι πάχος ώστε να προκύψει:

α) ΦΙΕ 2 και

β) ΦΙΕ 3.

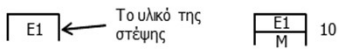


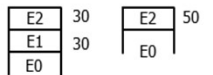
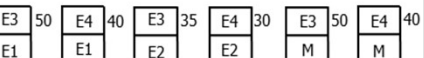

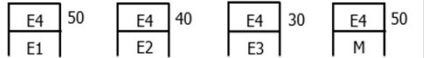
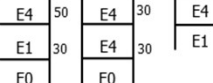

α) Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε υλικό E3 σε πάχος 50 εκ., είτε υλικό E4 σε πάχος 40 εκ., οπότε προκύπτει η ΦΙΕ 2.

β) Πρέπει να χρησιμοποιηθεί υλικό E4 σε πάχος 50 εκ., οπότε προκύπτει η ΦΙΕ 3.

ΕΠΙΧΩΜΑ	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E1</div> <div style="margin-right: 10px;">← Το υλικό της στέψης</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E1 M</div> <div style="margin-right: 10px;">10</div> </div>	ΦΙΕ 0
ΟΡΥΓΜΑ	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">E1 E0</div> 40	3 < CBR ≤ 5
ΕΠΙΧΩΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E2 E1</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E2 M</div> 50 </div>	ΦΙΕ 1
ΟΡΥΓΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E2 E1 E0</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E2 E0</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E2 E1</div> 30 </div>	5 < CBR ≤ 10
ΕΠΙΧΩΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E3 E1</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E1</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E3 E2</div> 35 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E2</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E3 M</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 M</div> 40 </div>	ΦΙΕ 2
ΟΡΥΓΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E3 E2 E0</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E4 E0</div> 25 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E3 E1 E0</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E3 E1</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E1</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E3 E2 E2</div> 25 </div>	10 < CBR ≤ 20
ΕΠΙΧΩΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E1</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E2</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E3</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 M</div> 50 </div>	ΦΙΕ 3
ΟΡΥΓΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E1 E0</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E4 E0</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E1</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E2</div> 35 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E3</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4 E4</div> 10 Βράχος </div>	CBR > 20

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 10

Με ποιας κατηγορίας υλικό πρέπει να συνδυαστεί το υλικό κατηγορίας E2 προκειμένου να διαμορφωθεί στρώση έδρασης κατηγορίας ΦΙΕ2 κατά ΚΜΕ; Να δοθεί σκαρίφημα.

ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 0
ΟΡΥΓΜΑ		$3 < CBR \leq 5$
ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 1
ΟΡΥΓΜΑ		$5 < CBR \leq 10$
ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 2
ΟΡΥΓΜΑ		$10 < CBR \leq 20$
ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 3
ΟΡΥΓΜΑ		$CBR > 20$
		

ΕΠΙΧΩΜΑ	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E1</div> <div style="margin-right: 10px;">← Το υλικό της στέψης</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E1</div> <div style="margin-right: 10px;">M</div> <div style="margin-right: 10px;">10</div> </div>	ΦΙΕ 0
ΟΡΥΓΜΑ	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">E1</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 10px;">E0</div>	3 < CBR ≤ 5
ΕΠΙΧΩΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E2</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 10px;">E1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 20px;">E2</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 10px;">M</div> </div>	ΦΙΕ 1
ΟΡΥΓΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px;">E2</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E1</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E2</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E2</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E1</div> </div>	5 < CBR ≤ 10
ΕΠΙΧΩΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E3</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">E4</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">E3</div> 35 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">E2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">E4</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">E3</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">E4</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">M</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">M</div> </div>	ΦΙΕ 2
ΟΡΥΓΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px;">E3</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E2</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E4</div> 25 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E4</div> 25 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E3</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E1</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E3</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E4</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E3</div> 25 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E2</div> 25 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E2</div> </div>	10 < CBR ≤ 20
ΕΠΙΧΩΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">E4</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">E1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 20px;">E4</div> 40 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">E2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 20px;">E4</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">E3</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 20px;">E4</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px; margin-left: 10px;">M</div> </div>	ΦΙΕ 3
ΟΡΥΓΜΑ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px;">E4</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E1</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E4</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E4</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 5px;">E0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E4</div> 50 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E4</div> 35 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E4</div> 30 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E3</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px; margin-left: 10px;">E4</div> 10 <div style="margin-left: 10px;">Βράχος</div> </div>	CBR > 20

Για ΦΙΕ2 είτε έχω όρυγμα είτε επίχωμα, το υλικό κατηγορίας E2 πρέπει υποχρεωτικά να είναι το υποκείμενο υλικό και όχι το υλικό της στρώσης έδρασης

Αν έχω **όρυγμα**, το υλικό E2 πρέπει να αντιστοιχίζεται στο υλικό του φυσικού εδάφους και για να προκύψει ΦΙΕ2 χρειαζόμαστε υλικά στρώσης έδρασης E3 ή E4

Αν έχω **επίχωμα**, το υλικό E2 πρέπει να αντιστοιχίζεται στο υλικό της στέψης του επιχώματος και για να προκύψει ΦΙΕ2 χρειαζόμαστε υλικά στρώσης έδρασης E3 ή E4

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 11

Για τη διαμόρφωση της στρώσης έδρασης μίας οδού σε όρυγμα, με απαίτηση σε κατηγορία φέρουσας ικανότητας ίση με ΦΙΕ3, το υλικό του φυσικού εδάφους είναι κατηγορίας Ε3. Ζητούμενα:

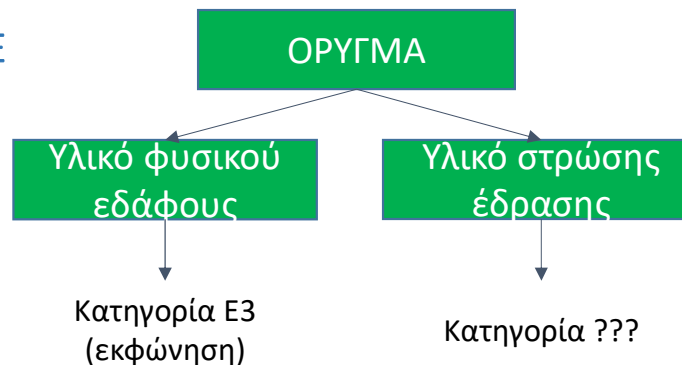
(α) Τι κατηγορίας πρέπει να είναι το υλικό της στρώσης έδρασης? Δώστε σκαρίφημα.

(β) Αν σε ένα τμήμα της μηκοτομής της οδού το υψόμετρο της ερυθράς έχει προκύψει ίσο με +500m, να βρεθεί η τελική στάθμη του φυσικού εδάφους, πάνω στο οποίο θα εδρασθεί το οδόστρωμα. Να ληφθεί συνολικό πάχος ασφαλικών στρώσεων και στρώσεων από ασύνδετα υλικά ίσο με 45cm.



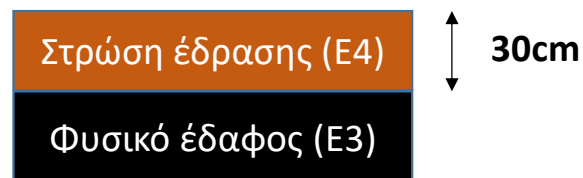
Διαμόρφωση στρώσης έδρασης κατά ΚΜΕ

ΕΠΙΧΩΜΑ	<p>Το υλικό της στέψης</p>	ΦΙΕ 0
ΟΡΥΓΜΑ		$3 < CBR \leq 5$
ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 1
ΟΡΥΓΜΑ		$5 < CBR \leq 10$
ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 2
ΟΡΥΓΜΑ		$10 < CBR \leq 20$
ΕΠΙΧΩΜΑ		ΦΙΕ 3
ΟΡΥΓΜΑ		$CBR > 20$

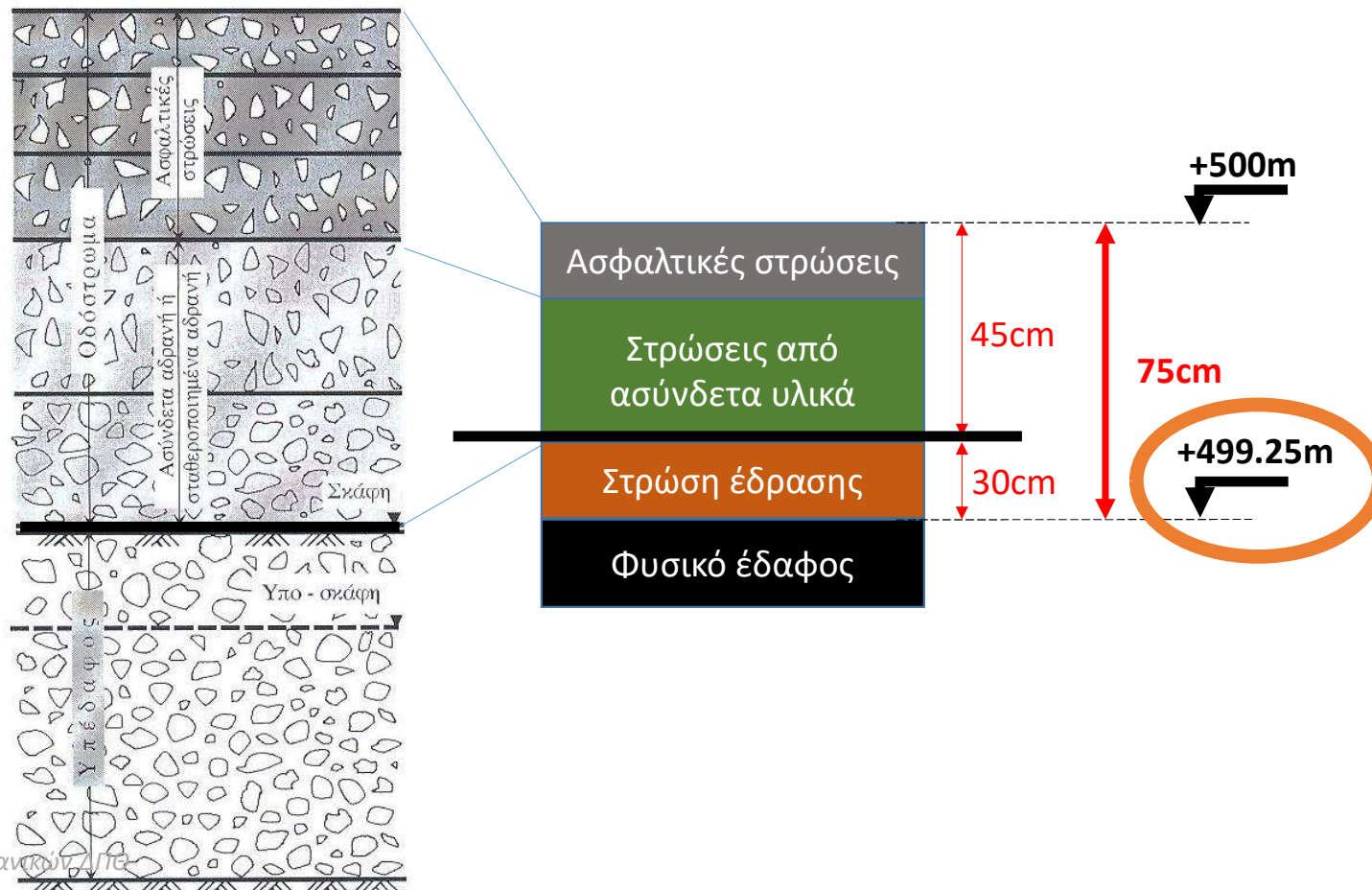


**Κατηγορία φέρουσας ικανότητας ΦΙΕ3
→ E4 το υλικό της στρώσης έδρασης**

Ελάχιστο πάχος στρώσης έδρασης: 30cm



(β) Αν σε ένα τμήμα της μηκοτομής της οδού το υψόμετρο της ερυθράς έχει προκύψει ίσο με +500m, να βρεθεί η τελική στάθμη του φυσικού εδάφους, πάνω στο οποίο θα εδρασθεί το οδόστρωμα. Να ληφθεί συνολικό πάχος ασφαλτικών στρώσεων και στρώσεων από ασύνδετα υλικά ίσο με 45cm.



Σταθεροποίηση Εδαφικών Υλικών (ΣΕΥ)

Η τεχνική της σταθεροποίησης στοχεύει:

- ❖ στη μείωση της ευαισθησίας στις υγρομετρικές αλλαγές και
- ❖ στην αύξηση της αντοχής και δυσκαμψίας των εδαφικών υλικών

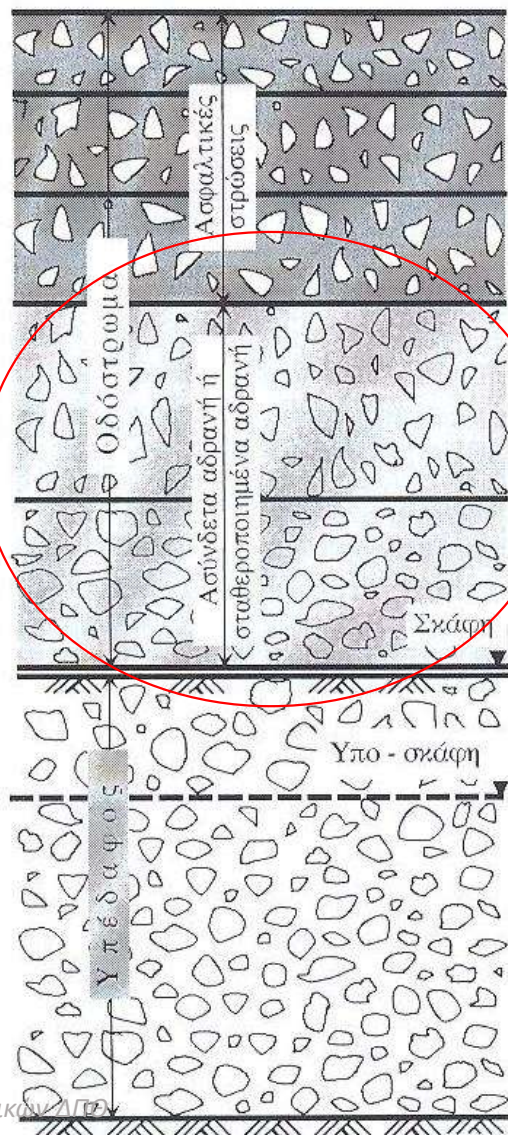
μηχανική σταθεροποίηση

- **συμπύκνωση**
- **βελτίωση κοκκομετρικής διαβάθμισης**

χημική σταθεροποίηση

• σταθεροποιητές

(άσβεστο, τσιμέντο, ιπταμένη τέφρα ή σκωρίες υψικαμίνων, υλικά που περιέχουν ασβέστη ή υδραυλικές κονίες)



Αντιολισθηρή στρώση

Ισοπεδωτική στρώση

Ασφαλτική βάση

Βάση

ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

Υπόβαση

Στρώση έδρασης



ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ



- Υλικά που προέρχονται από θραύση πετρωμάτων σε λατομείο.
- Τα υλικά διαχωρίζονται με βάση το μέγεθος τους και άλλες μηχανικές ιδιότητες (χαλίκι, άμμος, άργιλος...)



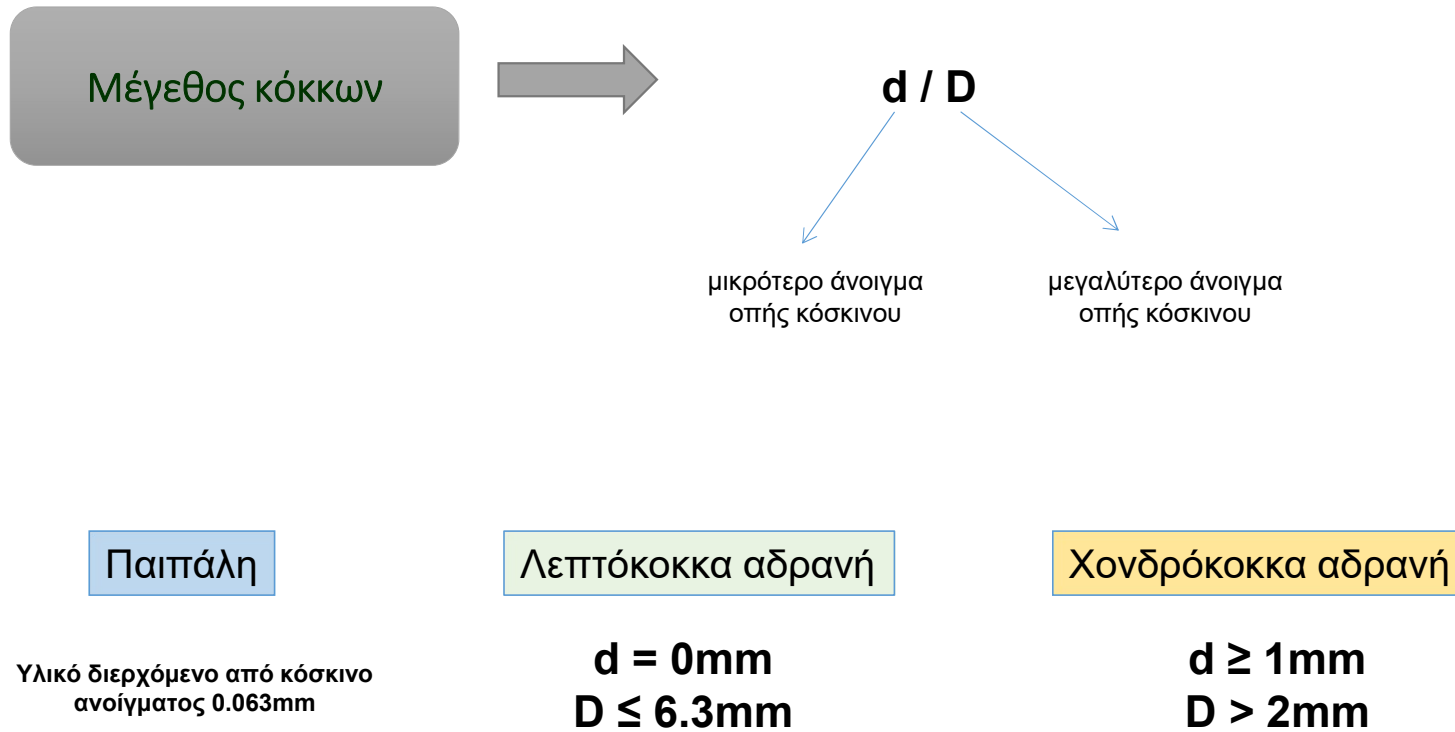
Αδρανή υλικά

Συλλεκτά
(υπόβαση)

Θραυστά
(βάση/υπόβαση)



Αδρανή υλικά



Παράδειγμα:

0/2

2/6

Κοκκομετρική ανάλυση



Η κατανομή του μεγέθους των κόκκων ενός υλικού αντιπροσωπεύεται από την εξίσωση Fuller

$$p = 100 \times \left(\frac{d}{D} \right)^a$$

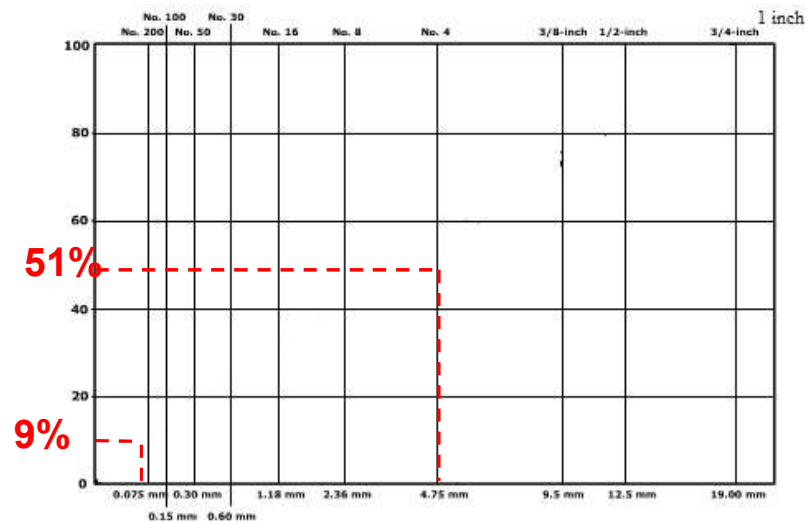
Όπου p είναι το ποσοστό βάρους του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο διάστασης d και D η μέγιστη διάσταση των κόκκων του υλικού, $0 < a < 1$.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 12

Διατίθεται δείγμα αδρανών υλικών με αμμοχάλικα που έχουν διάμετρο μέγιστου κόκκου ίση με $D=25.4$ mm. Να εκτιμηθούν τα διερχόμενα ποσοστά της άμμου ($d=4.75$ mm) και της παιπάλης ($d=0.063$ mm). Να θεωρηθεί $\alpha=0.4$ στη σχέση του Fuller.

$$P_{4.75} = (4.75/25.4)^{0.4} = 0.511 \rightarrow 51\%$$

$$P_{0.063} = (0.063/25.4)^{0.4} = 0.091 \rightarrow 9\%$$



P_d = το διερχόμενο % από το κόσκινο ανοίγματος d

$P_{0.063} < 5\%$

Καλή αποστράγγιση

$5 < P_{0.063} < 10\%$ ή 15%

Λίγα κενά, μεγάλη πυκνότητα, εύκολα συμπυκνώσιμα, μη υδατοπερατότητα, μεγάλη φέρουσα ικανότητα εφόσον η υγρασία χαμηλή

$P_{0.063} > 35\%$

Οι μεγαλύτεροι κόκκοι «κολυμπούν» μέσα στους λεπτούς. Συμπεριφορά λεπτόκοκκου υλικού

Αδρανή υλικά

Παιπάλη

Υλικό διερχόμενο από κόσκινο ανοίγματος 0.063mm

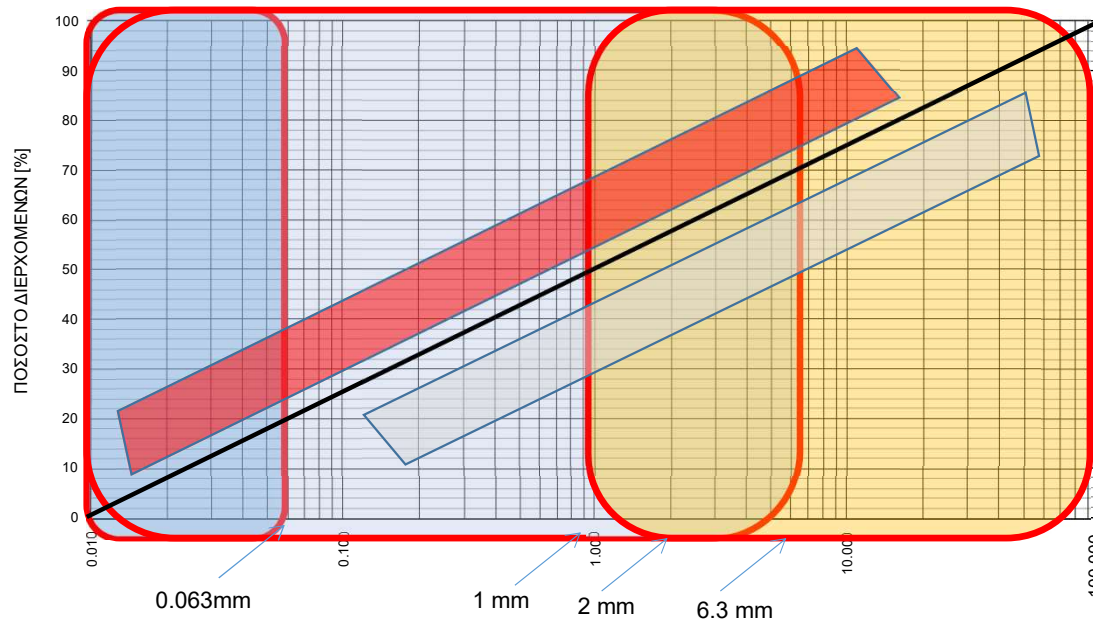
Λεπτόκοκκα αδρανή

$d = 0\text{mm}$
 $D \leq 6.3\text{mm}$

Χονδρόκοκκα αδρανή

$d \geq 1\text{mm}$
 $D > 2\text{mm}$

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



Πυκνή σύνθεση

Ανοικτή σύνθεση

Χαρακτηριστικές δοκιμές σε αδρανή υλικά

Δοκιμή Los Angeles:

$$LA = \frac{A - B}{A} 100 \quad \%$$



Δοκιμή Ισοδύναμου Άμμου: $IA = \frac{h_{\alpha\mu\mu\omicron\upsilon}}{H_{\sigma\upsilon\nu\omicron\lambda\iota\kappa\omicron}} * 100$

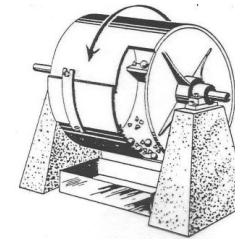


Δοκιμή αντοχής σε θρυμματισμό (Los Angeles)

• Καθορίζεται η φθορά που επέρχεται στα διαβαθμισμένα αδρανή κάτω από την επίδραση δυνάμεων τριβής και κρούσης.

Δείγμα 5kg εισάγεται σε περιστρεφόμενο κυλινδρικό δοχείο μαζί με 6-12 χυτοσιδηρές σφαίρες βάρους 0,44kg.

Μετά από 500 στροφές εξάγεται και βρίσκεται το βάρος B του συγκρατούμενου στο κόσκινο ανοίγματος 1,6mm.



$$LA = \frac{A - B}{A} 100 \quad \%$$

A: αρχική μάζα δείγματος

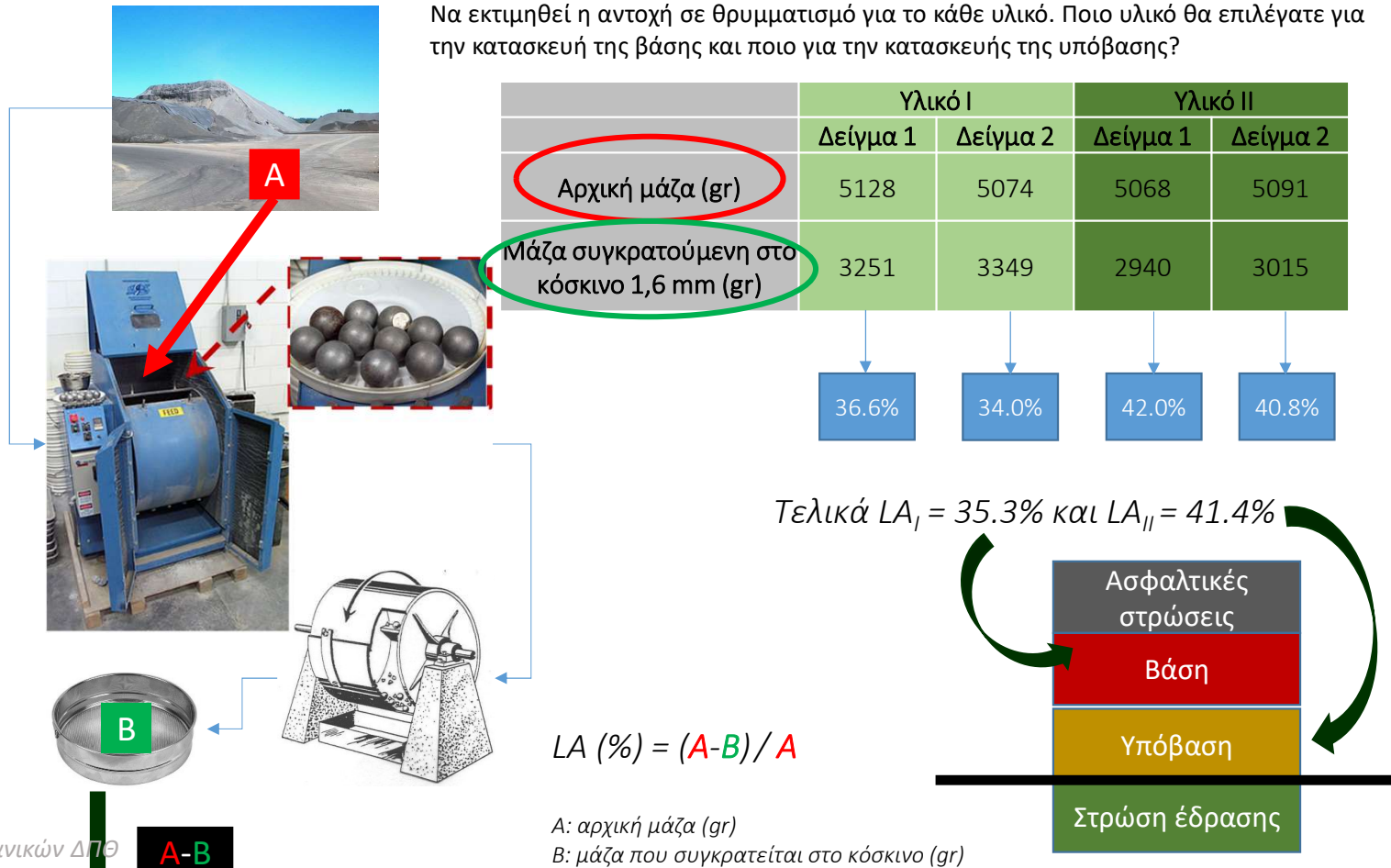
B: μάζα δείγματος που συγκρατείται στο κόσκινο ανοίγματος 1,6mm

$$LA \leq 40\%$$



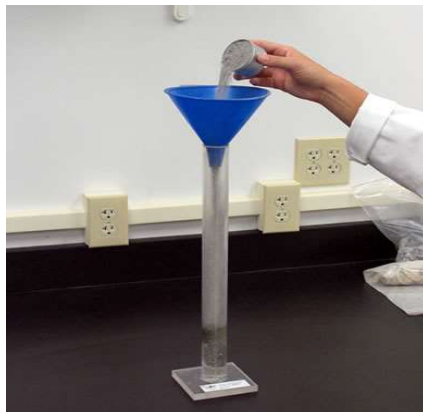
ΕΦΑΡΜΟΓΗ 13

Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται τα αποτελέσματα της δοκιμής της αντοχής σε θρυμματισμό (δοκιμή Los Angeles) σε δείγματα από δύο διαφορετικά αδρανή υλικά. Να εκτιμηθεί η αντοχή σε θρυμματισμό για το κάθε υλικό. Ποιο υλικό θα επιλέγατε για την κατασκευή της βάσης και ποιο για την κατασκευή της υπόβασης?



Ισοδύναμο άμμου

- Καθορισμός σχετικής αναλογίας της λεπτότατης σκόνης αργιλώδους μορφής στα αδρανή.
- Χαμηλό ποσοστό IA → μη καθαρά αδρανή / στα λεπτόκοκκα αδρανή του μίγματος περιέχεται επιβλαβής ποσότητα πολύ λεπτών κόκκων



90 τυποποιημένες παλινδρομικές οριζόντιες αναταράξεις → εντός 30sec

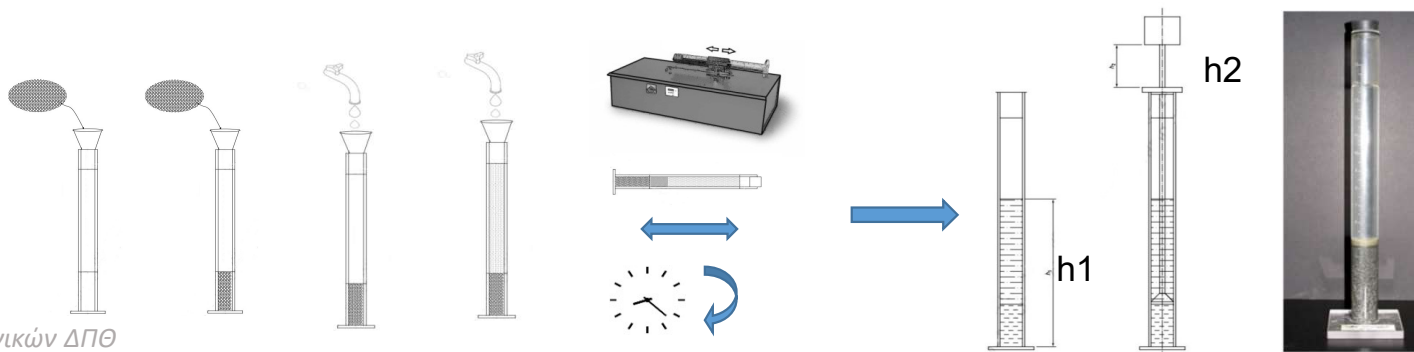
20min σε ηρεμία

$$IA = h_2 / h_1$$

h_1 : συνολικό ύψος αιωρήματος

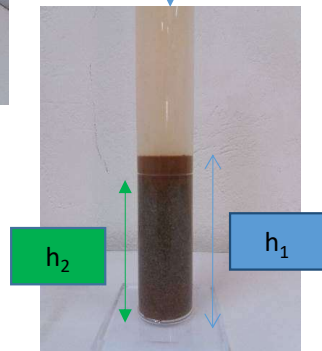
h_2 : ύψος άμμου

$$IA \geq 40$$



ΕΦΑΡΜΟΓΗ 14

Σε τρία διαφορετικά δείγματα από μίγμα λεπτόκοκκου υλικού (άμμου-αργίλου), πραγματοποιήθηκε η δοκιμή προσδιορισμού του ισοδύναμου άμμου. Στον πίνακα καταγράφονται οι μάζες των δειγμάτων καθώς και τα μετρημένα ύψη αιωρήματος και άμμου από κάθε δείγμα. Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο άμμου για τα τρία δείγματα και να σχολιαστούν τα αποτελέσματα.



Στοιχεία	Δοκίμιο 1	Δοκίμιο 2	Δοκίμιο 3
Μάζα δείγματος (gr)	110.5	112.4	108.6
Ύψος αιωρήματος h_1 (cm)	11.5	21.3	16.8
Ύψος άμμου h_2 (cm)	10.0	8.1	9.6
Ισοδύναμο άμμου h_2/h_1 (%)	87%	38%	57%

$$IA (\%) = h_2 / h_1$$

h_1 : συνολικό ύψος αιωρήματος (άμμου + αργίλου)

h_2 : ύψος άμμου

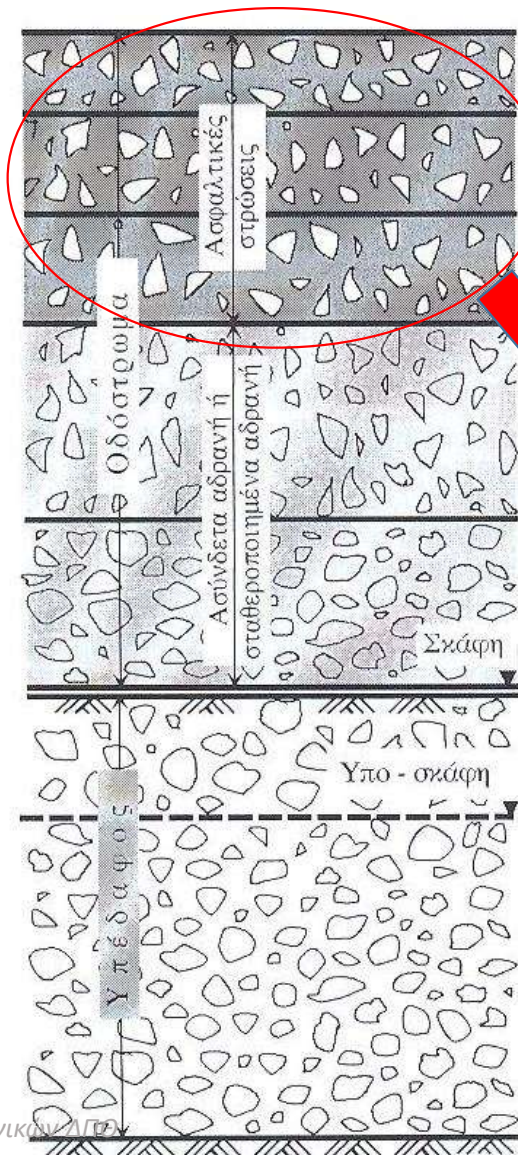
Παρόλο που τα δείγματα έχουν παρόμοια μάζα, η διαφορετική σύστασή τους (αναλογία μαζών άμμου-αργίλου) δίνει διαφορετική εικόνα στα αποτελέσματα του ισοδύναμου άμμου.

Γενικά προτιμούμε μεγάλες τιμές στο IA. (γιατί?)

Λοιποί εργαστηριακοί έλεγχοι σε αδρανή υλικά (κάποιες ομοίως με δοκιμές σε εδαφικά υλικά, κάποιες ειδικές για αδρανή)

- Κοκκομετρική ανάλυση
- Δοκιμή συμπίκνωσης (Proctor)
- Δοκιμές φέρουσας ικανότητας, (πχ δείκτες CBR)

-
- Έλεγχοι μορφής κόκκων
 - Ισοδύναμου άμμου
 - Δοκιμή ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση
 - Δοκιμή αντοχής σε θρυμματισμό (Δοκιμή Los Angeles)



Επιφανειακή στρώση

Συνδετική στρώση

Ασφαλτική βάση

Ασφαλτικές στρώσεις

Ασφάλτινη βάση

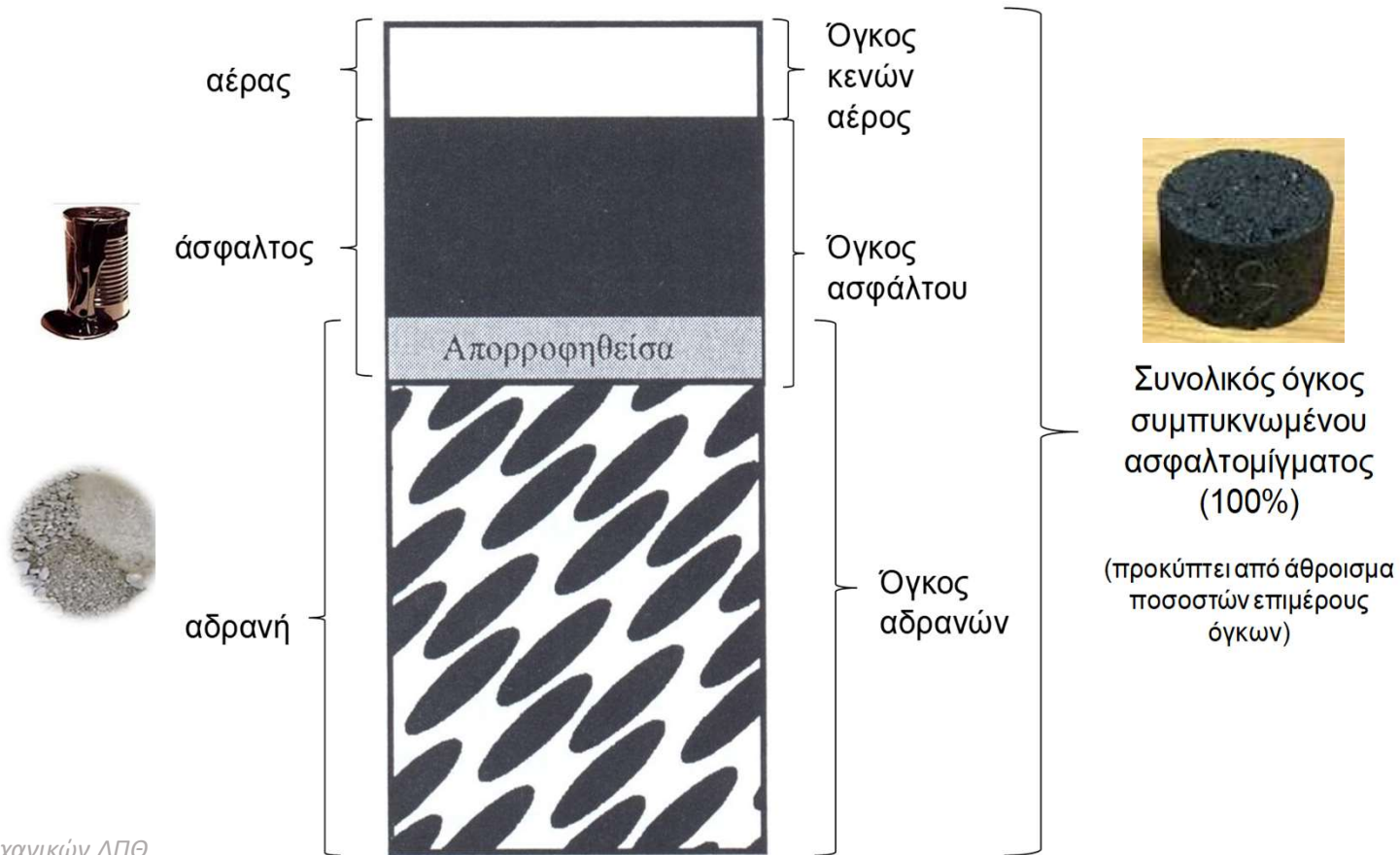
Υπόβαση

Συνδετικά υλικά

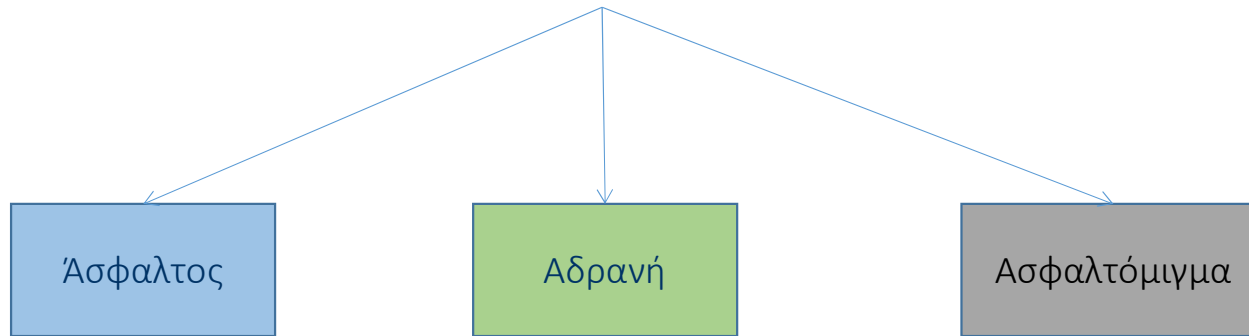
Στρώση έδρασης



Απεικόνιση ογκομετρικής σύστασης ασφαλτομίγματος



Έλεγχοι



ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ



- Η άσφαλτος είναι **ιξώδες** υλικό, ημίρευστο που παράγεται με διύλιση αργού πετρελαίου.
- Το ιξώδες εκφράζει έμμεσα τη συνοχή της ασφάλτου.
- Οι ιδιότητες της ασφάλτου επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, η συνοχή της ασφάλτου μειώνεται.
- Υπάρχουν διάφοροι τύποι ασφάλτου, προκειμένου να ικανοποιούνται διαφορετικές κατασκευαστικές και περιβαλλοντικές-κλιματολογικές απαιτήσεις.



Bitumen



Χαρακτηρισμός ασφάλτου

- Δοκιμή διείσδυσης



- Δοκιμή μάλθωσης



- Δοκιμή γήρανσης



- Δοκιμή ανάφλεξης



- Δοκιμή Ιξώδους ασφάλτου



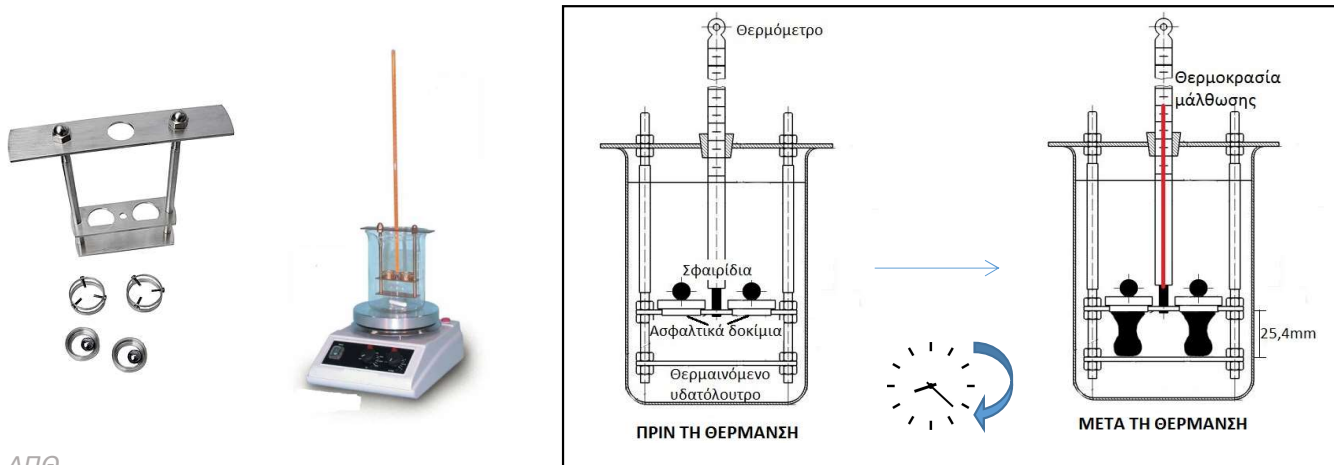
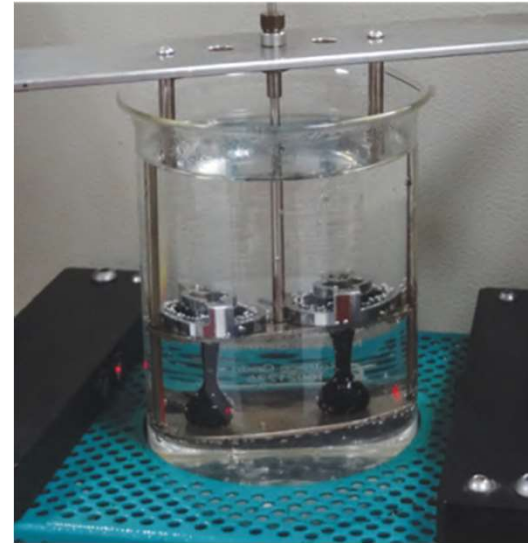
- Δοκιμή σημείου θραύσης Frass



ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Δοκιμή Μάλθωσης

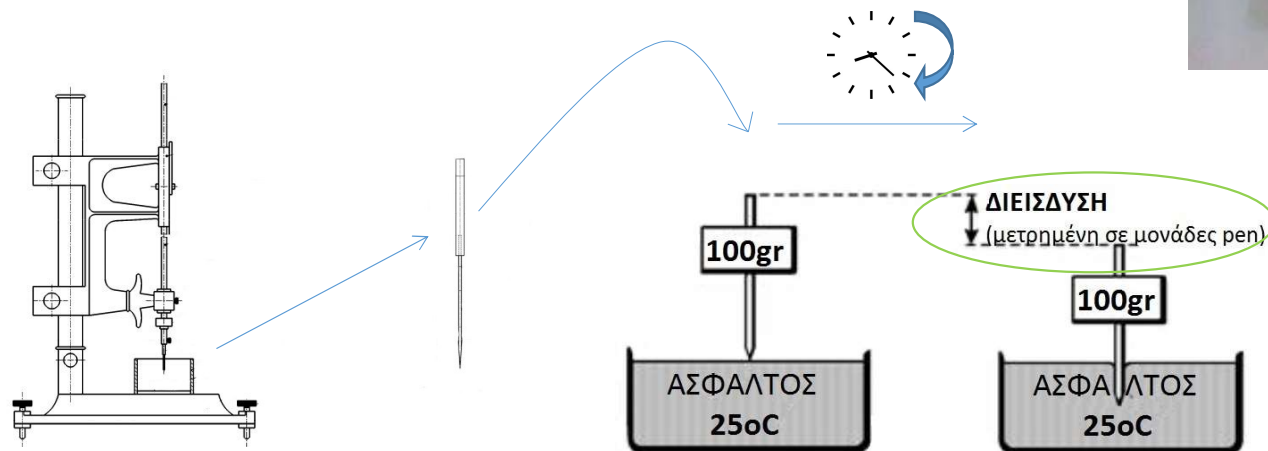
- Με τη δοκιμή αυτή καθορίζεται το σημείο μάλθωσης της ασφάλτου.
- Το σημείο μάλθωσης ορίζεται ως η θερμοκρασία που το ασφαλτικό υλικό υπό πρότυπες συνθήκες ελέγχου διατηρεί μια ορισμένη συνεκτικότητα.
- Ακολουθείται η ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 1427.



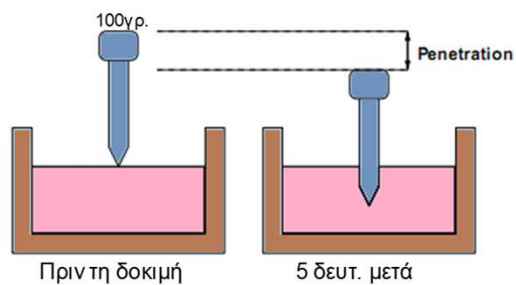
ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Δοκιμή Διείσδυσης

- Με την εκτέλεση της δοκιμής διείσδυσης μετράται έμμεσα η συνοχή και κατ' επέκταση η σκληρότητα της ασφάλτου.
- Ακολουθείται η ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 1426.



Η διείσδυση καταγράφεται σε mm, αλλά εκφράζεται σε βαθμούς PEN (1 mm = 10 PEN)



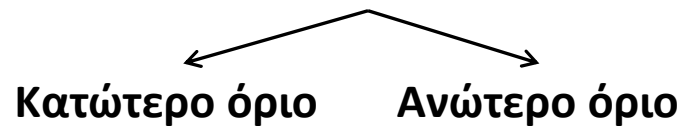
3 τιμές



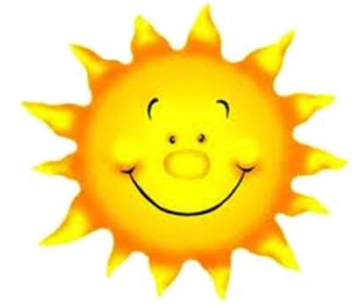
10pen = 1mm

Κατηγοριοποίηση συμβατικών τύπων ασφάλτου:

20/30, 30/45, 35/50, 40/60, 50/70, 70/100, 80/100,



ΓΗΡΑΝΣΗ...



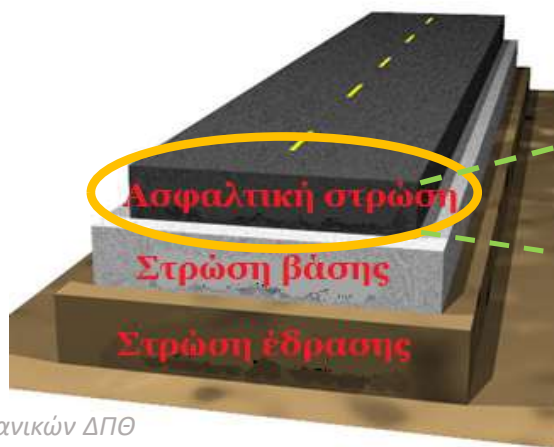
Αιτία γήρανσης: Οξείδωση (αντίδραση με το οξυγόνο του αέρα)



Υλικά κατασκευής οδοστρωμάτων

Για τις ασφαλτικές στρώσεις

- Χρησιμοποιείται η **άσφαλτος** ως συνδετικό υλικό (→bound materials) καθώς και αδρανή υλικά.
- Συχνά, η ασφαλτική στρώση χωρίζεται σε 2-3 επιμέρους στρώσεις ανάλογα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις (πχ. η επιφανειακή στρώση είναι συνήθως αντιολισθηρή, ενώ όσο το βάθος αυξάνει οι ασφαλτικές στρώσεις έχουν «δομική συνεισφορά»).



1^η ασφαλτική στρώση

2^η ασφαλτική στρώση

3^η ασφαλτική στρώση

Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης ΠΕΤΕΠ

ΑΣ: Ασφαλικό σκυρόδεμα

20: κόσκινο διέλευσης αδρανών (κόσκινο ελέγχου)

Όνομαστικό άνοιγμα οπής κόσκινου κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 933-2 (mm)	Τύπος ασφαλτομίγματος				
	ΑΣ 40	ΑΣ 31,5	ΑΣ 20	ΑΣ 12,5	ΑΣ 10
63	100				
40	90-100	100			
31,5	-	90-100	100		
20	58-81	-	90-100	100	
12,5	-	56-80	-	90-100	100
10	-	-	58-81	-	90-100
4	20-50	26-56	30-60	39-70	49-80
2	14-39	18-43	21-46	25-55	29-63
0,25	3-15	4-16	4-18	4-19	6-21
0,063	0-5	1-6	1-7	1-9	1-9
Προτεινόμενα μεγέθη χονδρόκοκκων αδρανών					
X-10/40 & X-4/31,5	X-4/31,5	X-4/20	X-2/12,5	X-2/10	
Συνιστώμενα πάχη μεμονωμένης στρώσης (mm)					
70-100	50-80	40-60	25-40	<30	
Προτεινόμενη χρήση					
			Ισοπεδωτική στρώση		
			Επιφανειακή στρώση		
			Συνδετική στρώση		
Ασφαλτική βάση					

ΑΣ 20: δηλώνει ασφαλτικό σκυρόδεμα με αδρανή συγκρατούμενα έως και 10% κατά βάρος από κόσκινο βροχίδας 20 mm.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 15

Οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις τριών κλασμάτων αδρανών υλικών, Α, Β και Γ, δίνονται στον ακόλουθο πίνακα. Ελέγξτε αν για σύνθεση των κλασμάτων Α, Β και Γ σε αναλογίες 25/35/40, αντίστοιχα, η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος τύπου ΑΣ 31.5 είναι αποδεκτή σε σχέση με τις απαιτήσεις ΠΕΤΕΠ για ενσωμάτωση ως υλικό κατασκευής της ασφαλτικής βάσης.

Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμενο ποσοστό % κατά βάρος			
	Κλάσμα Α	Κλάσμα Β	Κλάσμα Γ	Προδιαγραφή ΠΕΤΕΠ
40	100			100
31.5	94	100		90-100
12.5	45.6	52.9	100	56-80
4	8.2	7.9	89.4	26-56
2	0.6	0.9	75.7	18-43
0.25			23.3	4-16
0.063			10.2	1-6

Ονομαστικό άνοιγμα οπής κοσκίνου κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 933-2 (mm)	Τύπος ασφαλτικής βάσης		
	ΑΣ 40	ΑΣ 31,5	ΑΣ 20
63	100		
40	90-100	100	
31,5	-	90-100	100
20	58-81	-	90-100
12,5	-	56-80	-
10	-	-	58-81
4	20-50	26-56	30-60
2	14-39	18-43	21-46
0,25	3-15	4-16	4-18
0,063	0-5	1-6	1-7
Προτεινόμενα μεγέθη χονδρομέτρων			
	X-10/40 & X-4/31,5	X-4/31,5	X-4/20
Συνιστώμενα πάχη μεμονωμένων στρώσεων			
	70-100	50-80	40-60
Προτεινόμενα μεγέθη			
			Επιφάνεια
			Συνδετική σκλήρυνση
Ασφαλτική βάση			

σύνθεση κλασμάτων Α, Β και Γ σε αναλογίες 25/35/40

Συστατικά μίγματος	Κλάσμα Α		Κλάσμα Β		Κλάσμα Γ		Μίγμα σύνθεσης	Απαιτήσεις προδιαγραφής ΠΕΤΕΠ
Σύνθεση	25%		35%		40%			
Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχ. % κλάσματος	Διερχ. % στο μίγμα	Διερχ. % κλάσματος	Διερχ. % στο μίγμα	Διερχ. % κλάσματος	Διερχ. % στο μίγμα	Συνολικά διερχ. % στο μίγμα	
40	100		100		100			100
31,5	94		100		100			90-100
12,5	45.6		52.9		100			56-80
4	8.2		7.9		89.4			26-56
2	0.6		0.9		75.7			18-43
0,25	0		0		23.3			4-16
0,063	0		0		10.2			1-6

?

Συστατικά μίγματος	Κλάσμα Α		Κλάσμα Β		Κλάσμα Γ		Μίγμα σύνθεσης	Απαιτήσεις προδιαγραφής ΠΕΤΕΠ
	25%		35%		40%			
Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχ. % κλάσματος	Διερχ. % στο μίγμα	Διερχ. % κλάσματος	Διερχ. % στο μίγμα	Διερχ. % κλάσματος	Διερχ. % στο μίγμα	Συνολικά διερχ. % στο μίγμα	
40	100	25	100	35	100	40	100	100
31,5	94	23.5	100	35	100	40	98.5	90-100
12,5	45,6	11.4	52,9	18.5	100	40	69.9	56-80
4	8,2	2.0	7,9	2.8	89,4	35.8	40.6	26-56
2	0,6	0.1	0,9	0.3	75,7	30.3	30.7	18-43
0,25	0	0	0	0	23,3	9.3	9.3	4-16
0,063	0	0	0	0	10,2	4.1	4.1	1-6

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος πληροί τις απαιτήσεις της προδιαγραφής ΠΕΤΕΠ για Τύπο ΑΣ 31.5

Προετοιμασία δοκιμίων Marshall



Ανάμιξη αδρανών
και ασφάλτου



Παρασκευή
ασφαλτομίγματος

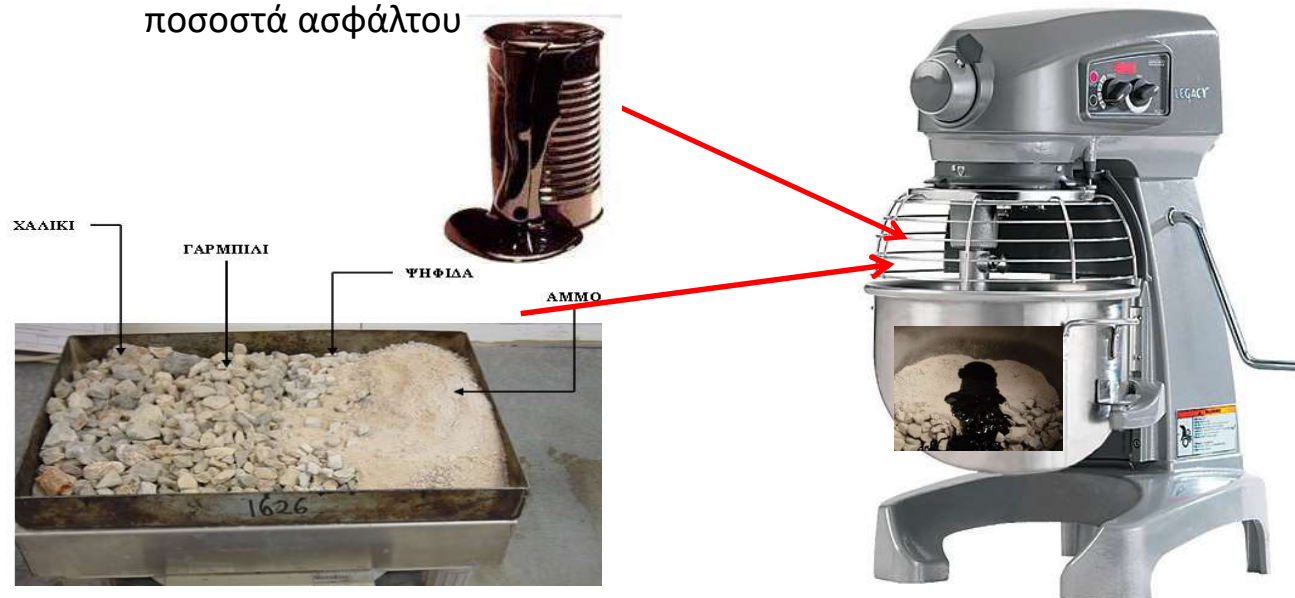


Συσκευή κρουστικής συμπύκνωσης και
συμπυκνωμένο δοκίμιο Marshall

Προετοιμασία δοκιμών Marshall

Μίγματα ίδιας κοκκομετρικής διαβάθμισης με διαφορετικό ποσοστό ασφάλτου

Για διάφορα ποσοστά ασφάλτου



Προσθήκη κλασμάτων αδρανών υλικών → Κοκκομετρική διαβάθμιση σχεδιασμού

Πχ ασφαλτομίγματα με 4%, 4.5%, 5%
άσφαλο κ.β. αδρανών υλικών

