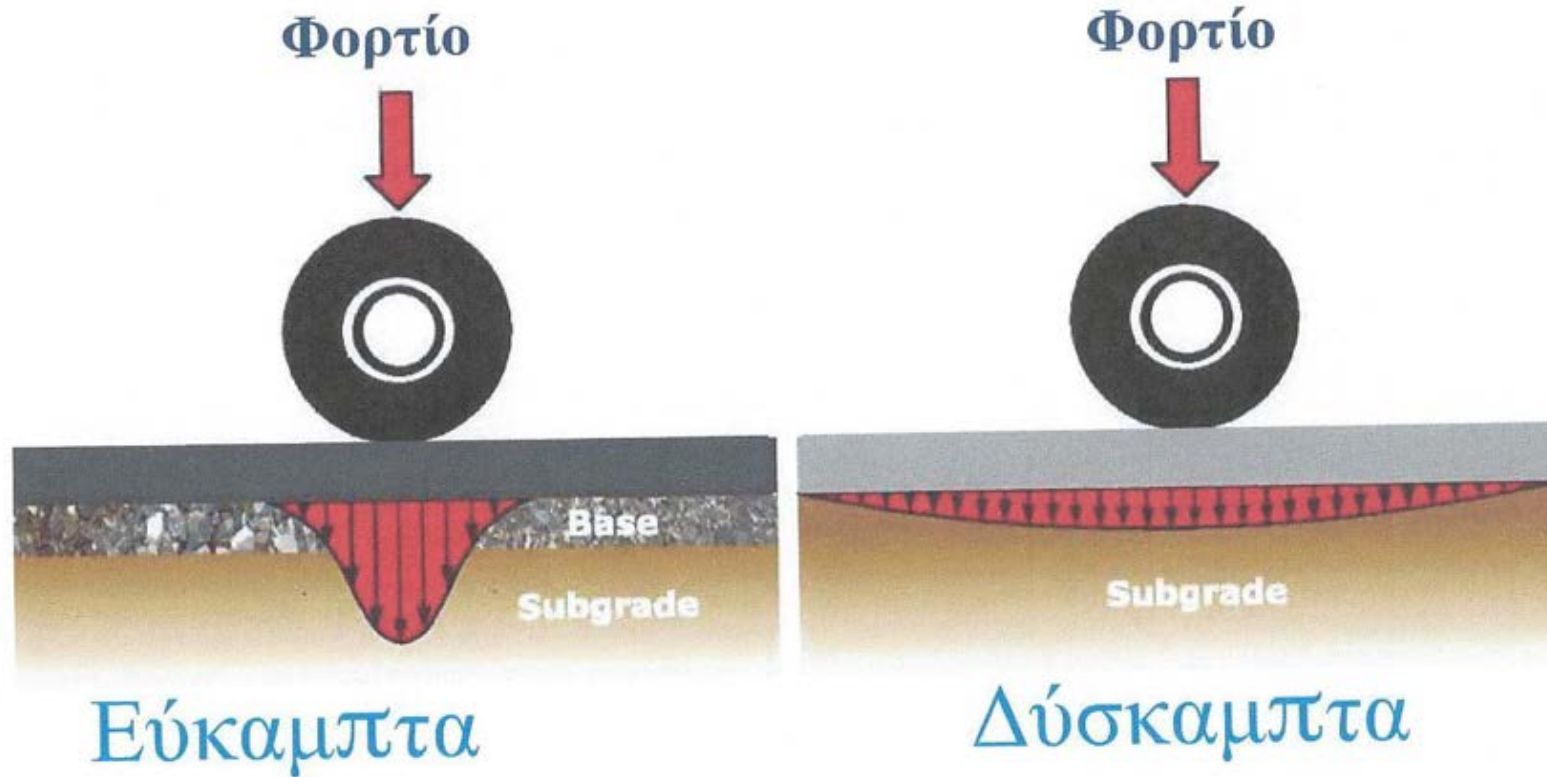




Στοιχεία Οδοποιίας Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



ΣΑΒΒΑΣ ΒΡΑΧΙΜΗΣ BSc MSc DIC
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή

2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών. Απεικόνιση της Οδού

2.1 Προβολή στο επίπεδο XY.

2.2 Προβολή στο επίπεδο XZ.

2.3 Προβολή στο επίπεδο YZ.

3. Οδοστρώματα

3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

3.2 Ημιάκαμπτα/Ημιδύσκαμπτα (semi rigid)

3.3 Δύσκαμπτα /Άκαμπτα (rigid)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

Περιεχόμενα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

- 4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ
- 4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.
- 4.3 Εκτίμηση CBR Υπεδάφους (μελέτης).
- 4.4 Συσχέτιση CBR και Μέτρου Ελαστικότητας(E)[1]
- 4.5 Εξυγιαντική στρώση.

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

- 5.1 Αναλυτικές μεθοδολογίες
- 5.2 Ημι- αναλυτικές μεθοδολογίες
- 5.3 Κυπριακή πραγματικότητα

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

Περιεχόμενα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

6.3 Design Manual for Roads and Bridges. Pavement Design Manual
(HD 26/06 , HD/25 Interim) UK.

6.4 Pavement Design Manual. for the design of new pavements and
strengthening overlays (1989) Κύπρος

6.5 Δύσκαμπτα οδοστρώματα

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

1. Εισαγωγή

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

1. Εισαγωγή

Σε μια ευνομούμενη δημοκρατική κοινωνία ένα καλά σχεδιασμένο και σωστά ανεπτυγμένο Δημόσιο Υπεραστικό και Αστικό Οδικό Δίκτυο πρέπει:

- Να εξασφαλίζει την ασφαλή, γρήγορη, αποτελεσματική και αποδοτική διακίνηση ανθρώπων και αγαθών.
- Να είναι φιλικό προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον .
- Να εξυπηρετεί τα εθνικά συμφέροντα.
- Να εξασφαλίζει τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής των πολιτών όχι μόνο σήμερα αλλά και στο μέλλον.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

1. Εισαγωγή

Το Δημόσιο Οδικό Δίκτυο στις Ελεύθερες Περιοχές της ΚΔ ανήκει:

	%ασφ.	%χωμ.
• Στις Επαρχιακές Διοικήσεις	34.5	19.0
• Τους Δήμους	40.5	10.6
• Τα Δημόσια Έργα	34.5	0.0
• Το Τμήμα Δασών	1.4	70.4
• Προ 2013 η ετήσια δαπάνη (2006-2012) για την ανάπτυξη του Οδικού Δικτύου ανερχόταν σε € 110 εκ περίπου		
• Από το 1974 μέχρι το 2016 δαπανήθηκε ποσό της τάξης του €2.5 δις για την ανάπτυξη του Οδικού Δικτύου στις Ελεύθερες Περιοχές .		

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών. Απεικόνιση της Οδού

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών [2]

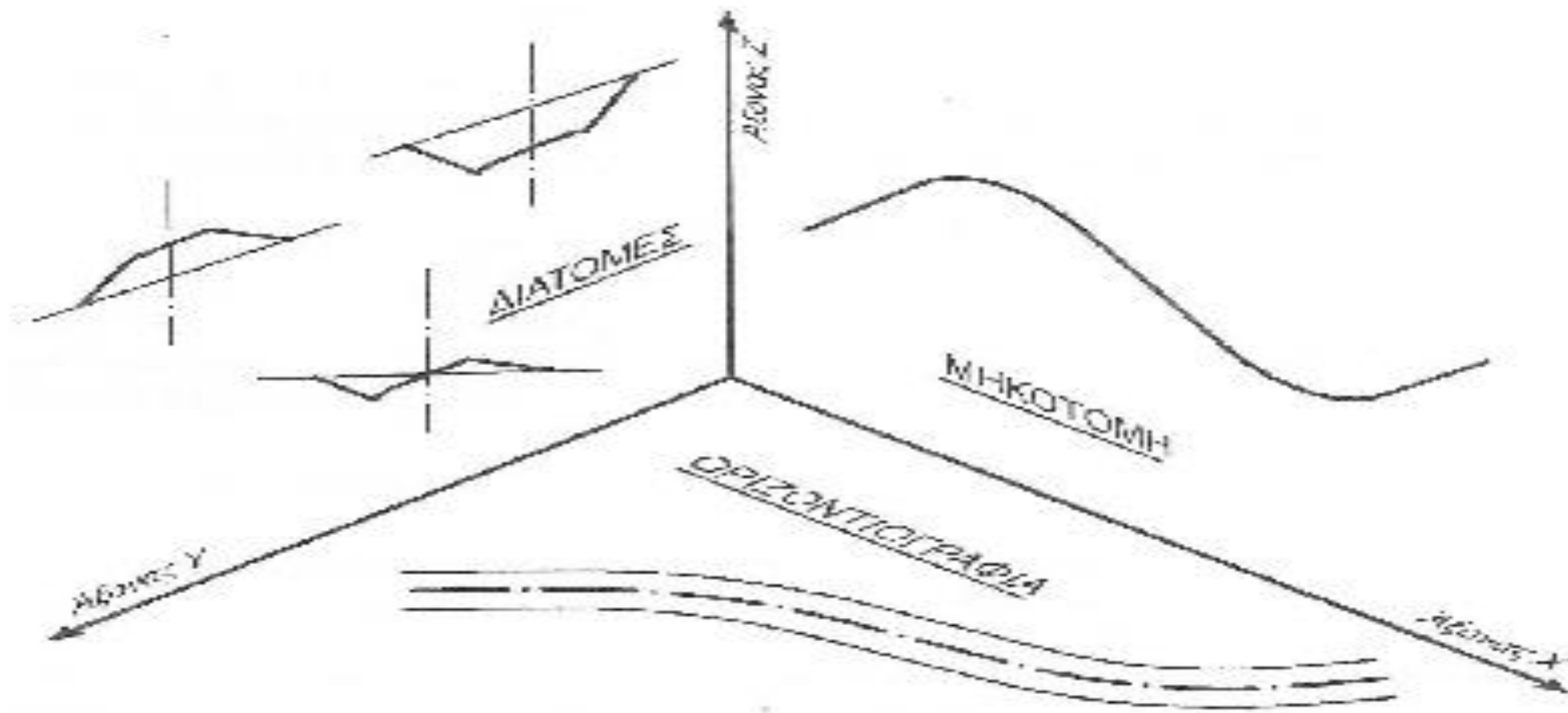
Απεικόνιση της Οδού

- Η οδός, όπως και κάθε τεχνικό έργο, είναι έργο τρισδιάστατο (X, Y, Z).
- Για να μπορέσουμε να το απεικονίσουμε και να το δουλέψουμε σε δισδιάστατο χαρτί χρησιμοποιούμε τις προβολές της οδού στα 3 επί μέρους επίπεδα: XY , XZ , και YZ



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Σχήμα 2.1. Ανεικόνιση Οδού στα Τρία Επίπεδα

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

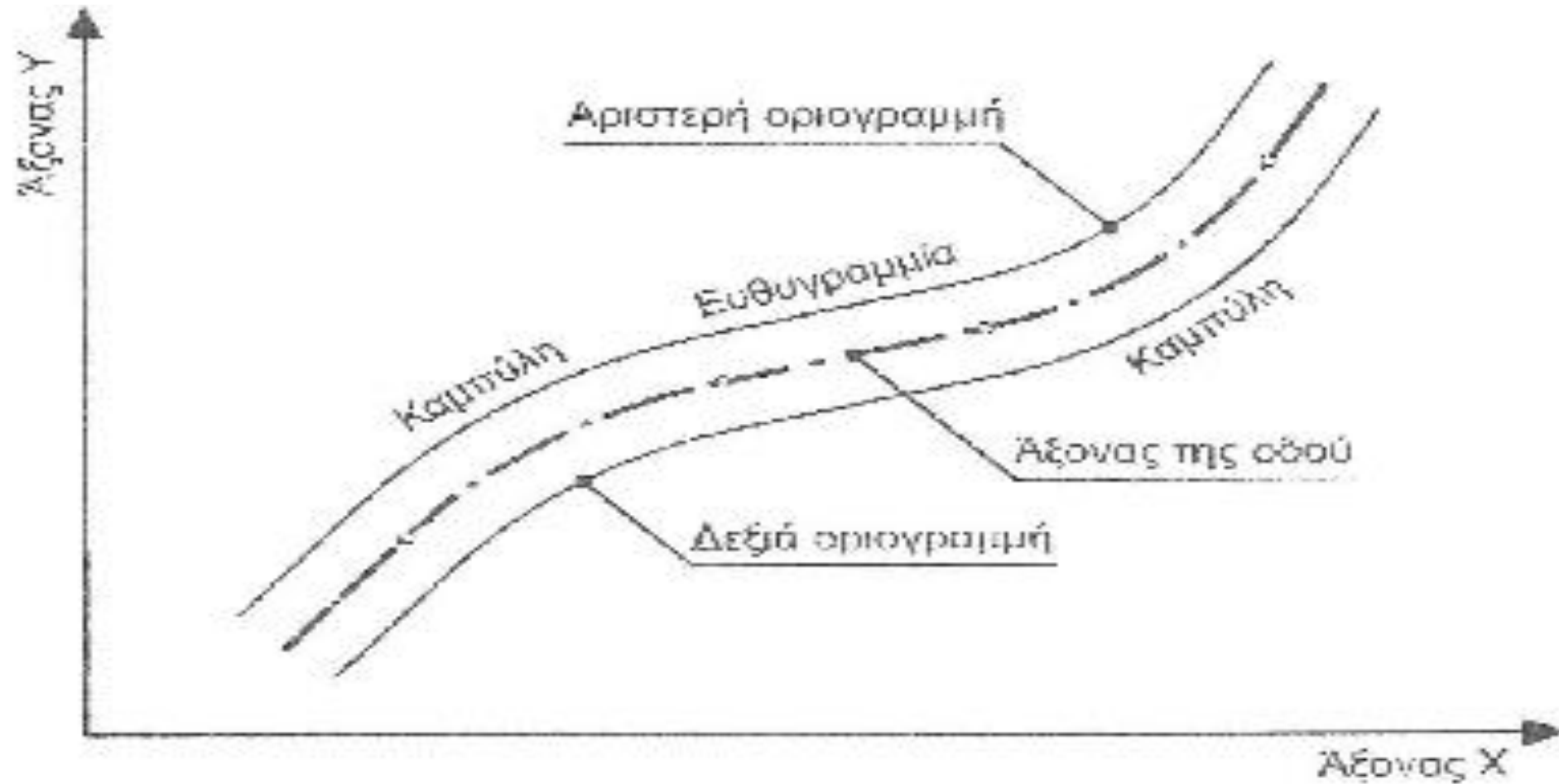
2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών. Απεικόνιση της Οδού.

2.1 Προβολή στο επίπεδο ΧΥ.

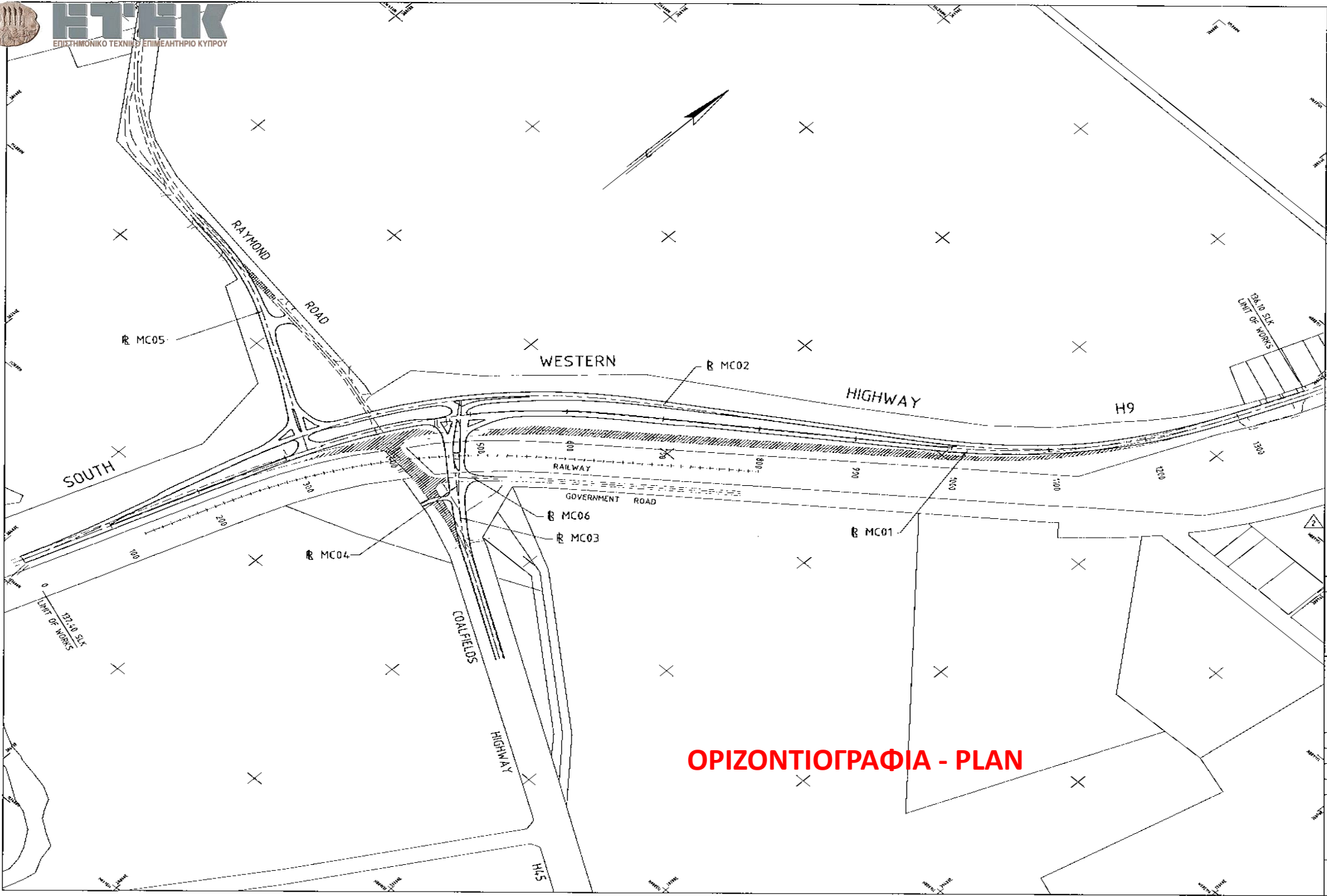
- Αφορά την κατακόρυφη προβολή στο οριζόντιο επίπεδο και αυτό που φαίνεται είναι ότι βλέπουμε από ψηλά (π.χ. από ένα αεροπλάνο). Η προβολή αυτή, που κατά την αρχιτεκτονική λέγεται κάτοψη, στην Οδοποιία την ονομάζουμε **Οριζοντιογραφία**
- Η **οριζοντιογραφία** είναι η προβολή της οδού στο οριζόντιο επίπεδο (επίπεδο ΧΥ).

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Σχήμα 2.2. Οριζοντιογραφία Οδού



ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ - PLAN

AMENDMENTS	
NO.	DESCRIPTION
1.	METADATA & DTD, TITLE BLOCK UPDATED.
2.	DISCLAIMER ADDED

APPROVED & DATE: 01/04/2004

NOTES

LEGEND

AREA OF ROAD TO BE RIPPED AND REHABILITATED.

PRESENTATION GUIDELINE DRAWING ONLY

DISCLAIMER

THE DIMENSIONS, STANDARDS & CROSS REFERENCING REPRESENTED ON THIS DRAWING MAY NOT COMPLY WITH CURRENT REQUIREMENTS AND ARE SHOWN FOR PRESENTATION PURPOSES ONLY.

METADATA

GROUND SURVEY STANDARD: 67-08-43
 DATE OF CAPTURE: SEPT 1996
 MAPPING SURVEY STANDARD:
 DATE OF CAPTURE:
 MAIN ROADS PROJECT ZONE: PCG
 HEIGHT DATUM: AHD

mainroads
 Technology and Environment Incorporated
 ROAD AND TRAFFIC ENGINEERING
 WATERLOO CRESCENT
 Telephone: 1800 9323 4311
 EAST PERTH 6004
 Fax: 1800 9323 4449

FILE NUMBER: 67-08-88

DESIGNED / DRAWN: ROAD AND TRAFFIC ENGINEERING

VERIFIED: C. MAGRIPLIS

APPROVED: R. GROVE

**SOUTH WESTERN HIGHWAY H009
 COALFIELDS HIGHWAY H045 INTERSECTION**
 136.20 SLK TO 137.40 SLK
CONCEPT PLAN
 CHA 00 TO CHA 1370

LOCAL AUTHORITY: CITY OF HARVEY
 DRAWING NUMBER: 200331-0028-2

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

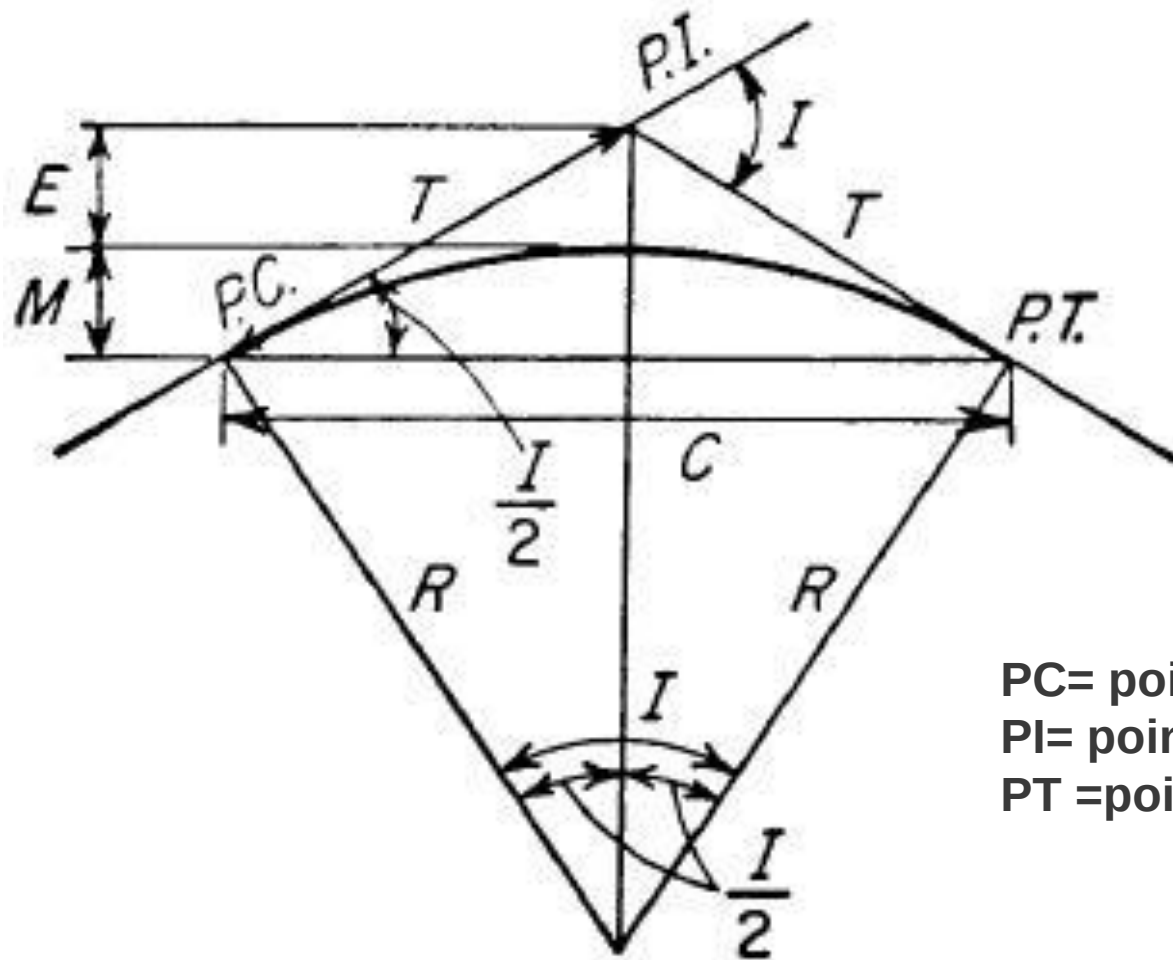
2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών.Απεικόνιση της Οδού.

2.1 Προβολή στο επίπεδο ΧΥ.

- Ο δρόμος αποτελείται από αλληλουχία ευθύγραμμων και καμπύλων τμημάτων.
- Αυτό που φαίνεται κατ' αρχήν είναι ο **άξονας της οδού** (θεωρητικός) και οι δύο οριογραμμές της ασφάλτου: η **δεξιά οριογραμμή** και η **αριστερή οριογραμμή**.
- Κατά τη μελέτη της οριζοντιογραφίας μιας οδού χρησιμοποιούμε τον άξονα της οδού που θεωρητικά βρίσκεται στο μέσον μεταξύ δεξιάς και αριστερής οριογραμμής.
- Ενώ ο δρόμος αποτελείται από μία επιφάνεια αρκετά μεγάλου πλάτους (πλάτος της οδού), για την μελέτη μας τον εκφυλίζουμε σε μία γραμμή που λέγεται **άξονας της οδού**.

Στοιχεία Οδοποιίας

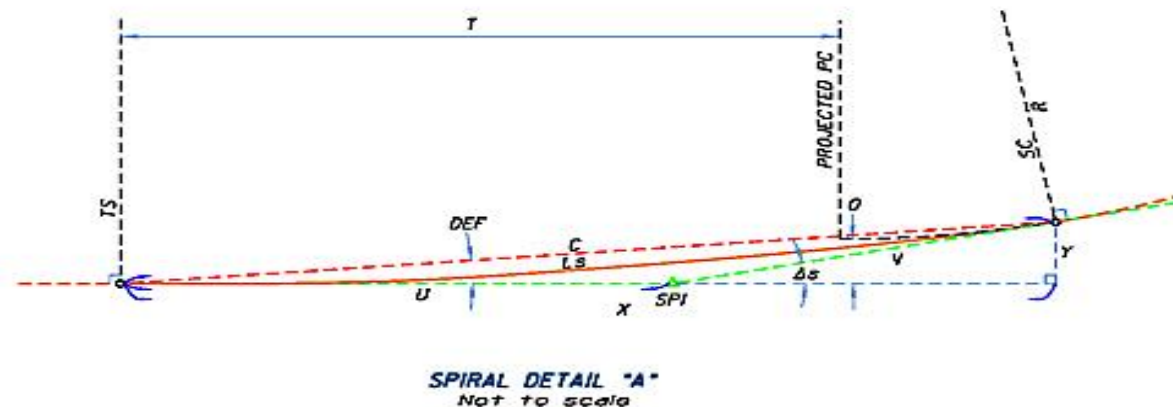
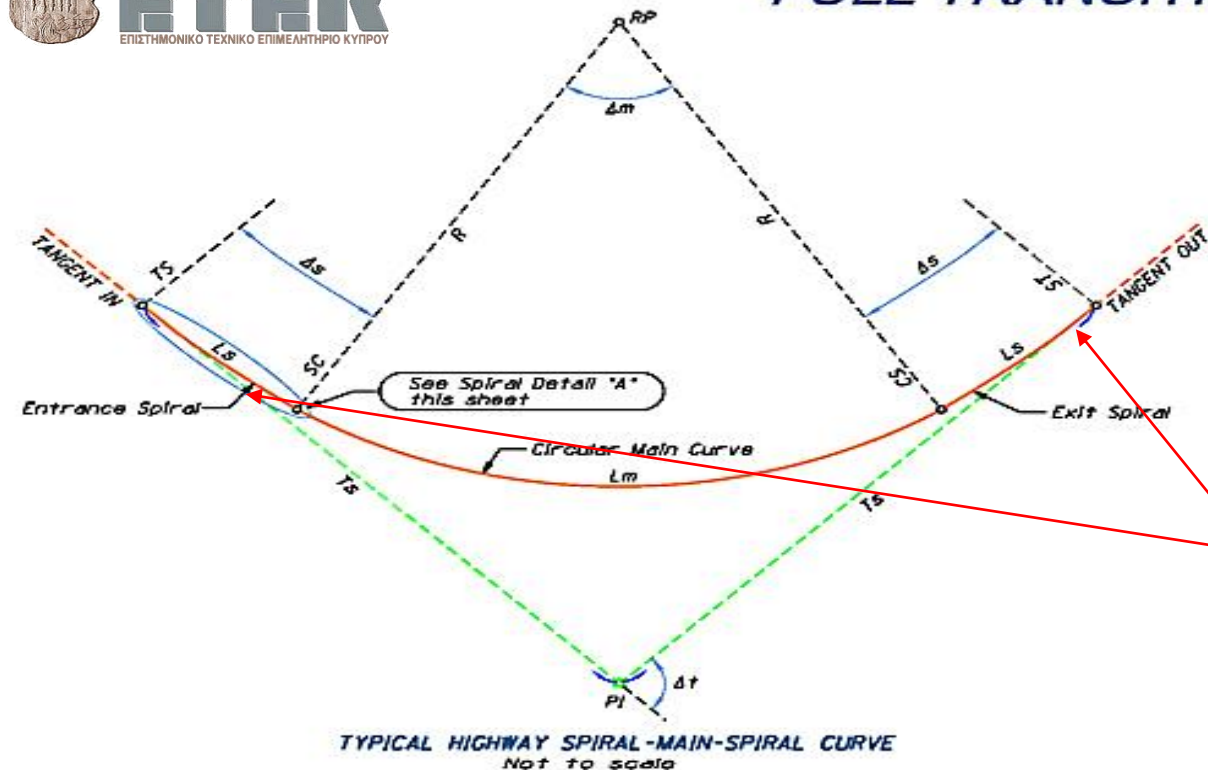
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



PC= point of curvature, beginning of curve
PI= point of intersection of tangents
PT =point of tangency, end of curve



Κλοθειδής

Highway Spiral Curve where $\Delta s < 16^\circ$

FORMULAS

```

R = 5729.57795 / D
a = (D * 100) / Ls
O = 0.0727 * a * ((Ls / 100)3)
T = (Ls / 2) - (0.000127 * a2 * (Ls / 100)5)
Ts = (Tan(Δt / 2) * (R + O)) + T
C = Ls - (0.00034 * a2 * (Ls / 100)5)
DEF = (a * Ls2) / 60000
Δs = 0.005 * D * Ls
U = C * Sin(Δs * 2 / 3) / Sin(Δs)
V = C * Sin(Δs * 1 / 3) / Sin(Δs)
Δm = Δt - Δs - Δs
Lm = (Δm * R * π) / 180
X = C * Cos(DEF)
Y = C * Sin(DEF)

```

$$\begin{aligned} SC(S+a) &= TS(S+a) + Ls \\ CS(S+a) &= SC(S+a) + Lm \\ ST(S+a) &= CS(S+a) + Ls \\ PI(S+a) &= TS(S+a) + Ts \end{aligned}$$

EXAMPLE

Given: $\Delta I = 36^\circ 29' 16''$; $D = 2^\circ 00' 00''$; $L_s = 200$; $TS(Sta) = 2180+84.70$

$R = 5729.57795 / 2.0000^\circ = \underline{2864.78898}$
 $\alpha = (2.0000^\circ * 100) / 200 = \underline{1.00}$
 $O = 0.0727 * 1 * ((200 / 100)^3) = \underline{0.58160}$
 $T = (200 / 2) - (0.000127 * 1^2 * (200 / 100)^5) = \underline{99.99594}$
 $Ts = (Tan(36.48777777^\circ / 2) * (2864.78898 + 0.58160)) + 99.99594 = \underline{1044.51462}$
 $C = 200 - (0.00034 * 1^2 * (200 / 100)^5) = \underline{199.98912}$
 $DEF = (1 * 200^2) / 60000 = \underline{0.666667^\circ \text{ or } 0^\circ 40' 00''}$
 $\Delta s = 0.005 * 2.0000^\circ * 200 = \underline{2.0000^\circ \text{ or } 2^\circ 00' 00''}$
 $U = 199.98912 * Sin(2.0000^\circ * 2 / 3) / Sin(2.0000^\circ) = \underline{133.34112}$
 $V = 199.98912 * Sin(2.0000^\circ * 1 / 3) / Sin(2.0000^\circ) = \underline{66.67508}$
 $\Delta m = 36^\circ 29' 16'' - 2^\circ 00' 00'' - 2^\circ 00' 00'' = \underline{32^\circ 29' 16'' \text{ or } 32.48777777^\circ}$
 $Lm = (32.48777777^\circ * 2864.78898 * 3.141592654) / 180 = \underline{1624.38889}$
 $X = 199.98912 * Cos(0.666667^\circ) = \underline{199.97558}$
 $Y = 199.98912 * Sin(0.666667^\circ) = \underline{2.32693}$

$$\begin{aligned} SC(S+a) &= 2180+84.70 + 200 = \underline{2182+84.70} \\ CS(S+a) &= 2182+84.70 + 1624.39 = \underline{2199+09.09} \\ ST(S+a) &= 2199+09.09 + 200 = \underline{2201+09.09} \\ PI(S+a) &= 2180+84.70 + 1044.51 = \underline{2191+29.21} \end{aligned}$$

DEFINITIONS

Δt = Total Delta Deflection
 D = Degree of Curvature
 L_s = Length of Spiral
 $TS(Sta)$ = Tangent to Spiral
 R = Radius
 a = Rate of change per 100'
 O = Radial Offset
 T = Projected curve P.C.
 T_s = Tangent Length
 C = Spiral Chord
 DEF = Deflection angle at $TS(Sta)$
 Δs = Spiral Delta
 U = Distance to Spiral PI
 V = Distance to $SC(Sta)$
 Δm = Main Curve - Delta
 L_m = Main Curve - Length
 X = Distance along X axis
 Y = Distance along Y axis
 $SC(Sta)$ = Spiral to Curve
 $CS(Sta)$ = Curve to Spiral
 $ST(Sta)$ = Spiral to Tangent
 $PI(Sta)$ = Point of Intersection
 RP = Radius Point of Main Curve
 SPI = Spiral Point of Intersection
 POS = Point on Spiral

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

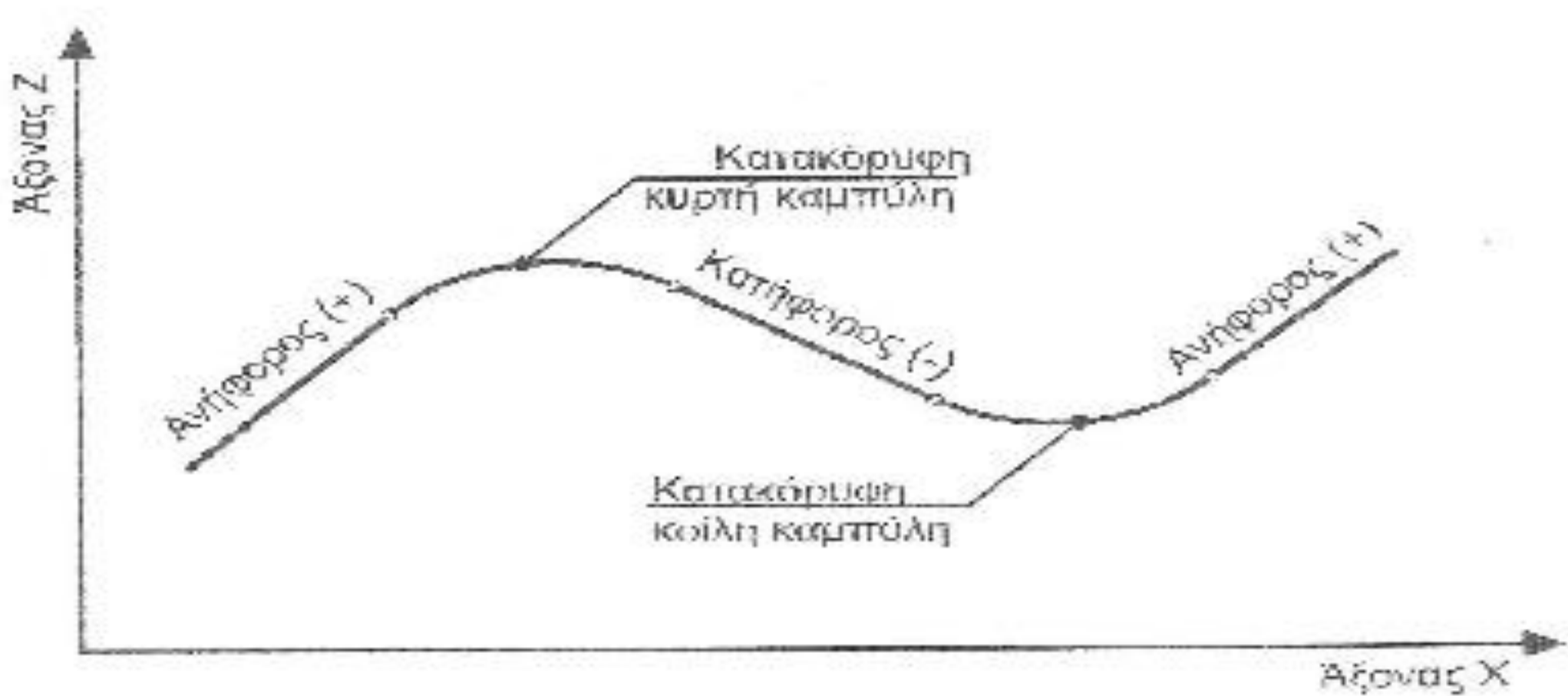
2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών. Απεικόνιση της Οδού.

2.2 Προβολή στο επίπεδο ΧΖ.

- Αφορά την πλάγια προβολή της οδού στο κατακόρυφο επίπεδο. Επειδή, όπως είπαμε ο δρόμος έχει τρεις γραμμές (άξονας, δεξιά οριογραμμή και αριστερή οριογραμμή), η προβολή αυτή αφορά μόνο τον άξονα της οδού.
- Φαντασθείτε ότι κόβουμε το δρόμο στον άξονα του, τον τεντώνουμε (παίρνουμε το ανάπτυγμα) και τον προβάλλουμε στο κατακόρυφο επίπεδο.
- Η προβολή αυτή, που κατά την αρχιτεκτονική λέγεται πλάγια όψη, στην Οδοποιία την ονομάζουμε Κατά Μήκος Τομή ή απλά **Μηκοτομή**
- Η μηκοτομή λοιπόν είναι η προβολή του αναπτύγματος του άξονα της οδού στο επίπεδο (επίπεδο ΧΖ).

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Σχήμα 2.3. Μήκυστομή Οδού



ՄԻԿՐՈՏԿՈՄԻ

DATUM R.L.5

ROAD GRADING										
CUT (-) \ FILL (+)	0.458	0.574	0.638	0.678	0.705	0.725	0.738	0.745	0.748	0.750
LHS LIP LEVEL	19.574	19.601	19.618	19.628	19.635	19.640	19.645	19.650	19.655	19.660
RHS LIP LEVEL	19.574	19.601	19.618	19.628	19.635	19.640	19.645	19.650	19.655	19.660
DESIGN	19.584	19.611	19.628	19.638	19.645	19.650	19.655	19.660	19.665	19.670
EXISTING SURFACE	19.295	19.321	19.338	19.348	19.355	19.360	19.365	19.370	19.375	19.380
CHAINAGES	444.772	445.000	445.228	445.456	445.684	445.912	446.140	446.368	446.596	446.824
HORIZONTAL ALIGNMENT	444.772	445.000	445.228	445.456	445.684	445.912	446.140	446.368	446.596	446.824

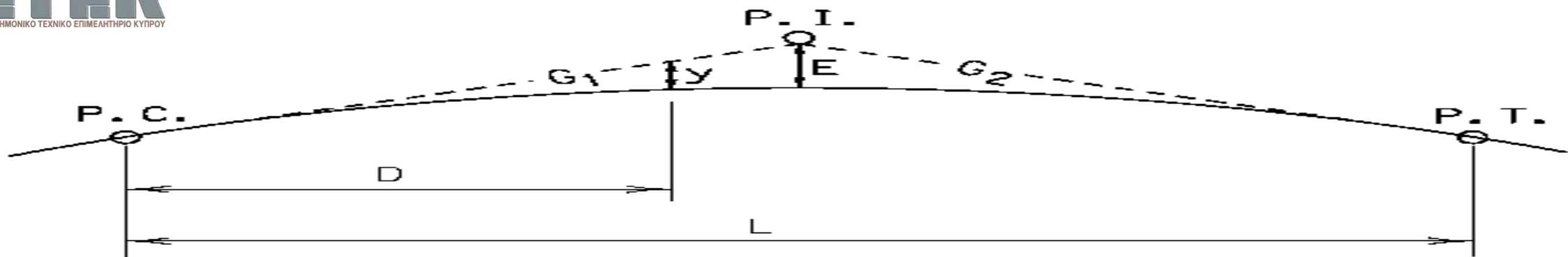
Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών. Απεικόνιση της Οδού.

2.2 Προβολή στο επίπεδο ΧΖ.

- Παρατηρούμε ότι ο δρόμος αποτελείται από αλληλουχία ευθύγραμμων και καμπύλων τμημάτων, μόνο που στην περίπτωση αυτή αφορούν **ανηφόρες** και **κατηφόρες**.
- Αυτό που φαίνεται λοιπόν είναι η **κατά μήκος κλίση** του άξονα της οδού (ανήφοροι και κατήφοροι), μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται **κατακόρυφες καμπύλες**:
- άλλες που στρέφουν τα κοίλα προς τα κάτω και λέγονται **κυρτές κατακόρυφες καμπύλες** και
- άλλες που στρέφουν τα κοίλα προς τα πάνω και λέγονται **κοίλες κατακόρυφες καμπύλες**.



US CUSTOMARY EQUATION

$$1. \quad E = \frac{AL}{800}$$
$$2. \quad y = \frac{4 D^2 E}{L^2}$$
$$y = \frac{D^2 A}{200L}$$

Where:

G₁, G₂ = Tangent grades,
in percent

E = Ordinate from P.I.
to curve, in feet

A = G₁ - G₂, The algebraic
difference in grade

L = Length of curve,
in feet

y = Ordinate from tangent
to curve, in feet

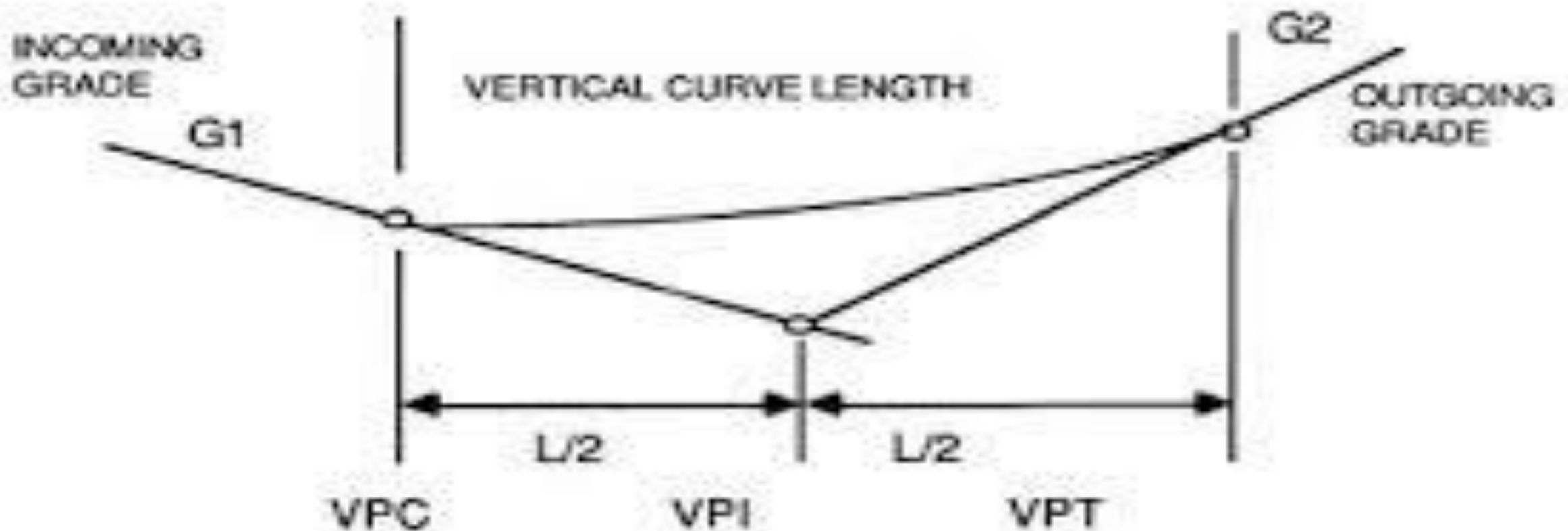
D = Distance from nearest
P.C. or P.T. to any point
on curve, in feet

VERTICAL CURVE (US CUSTOMARY)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

VERTICAL CURVE ELEMENTS



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών. Απεικόνιση της Οδού.

2.3 Προβολή στο επίπεδο YZ.

- Αφορά την προβολή μιας τομής της οδού, κάθετης προς τον άξονά της, στο κατακόρυφο επίπεδο.
- Φαντασθείτε ότι κόβουμε το δρόμο κάθετα προς τον άξονα του (όπως κόβουμε ένα κέικ σε φέτες) και προβάλλουμε την τομή που προκύπτει.
- Η προβολή αυτή, που κατά την αρχιτεκτονική λέγεται τομή, στην Οδοποιία την ονομάζουμε Κατά Πλάτος Τομή ή απλά **Διατομή**
- Η **διατομή** της οδού είναι η προβολή οποιασδήποτε τομής κάθετης προς τον άξονα της οδού στο κατακόρυφο επίπεδο (επίπεδο YZ).

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών.Απεικόνιση της Οδού.

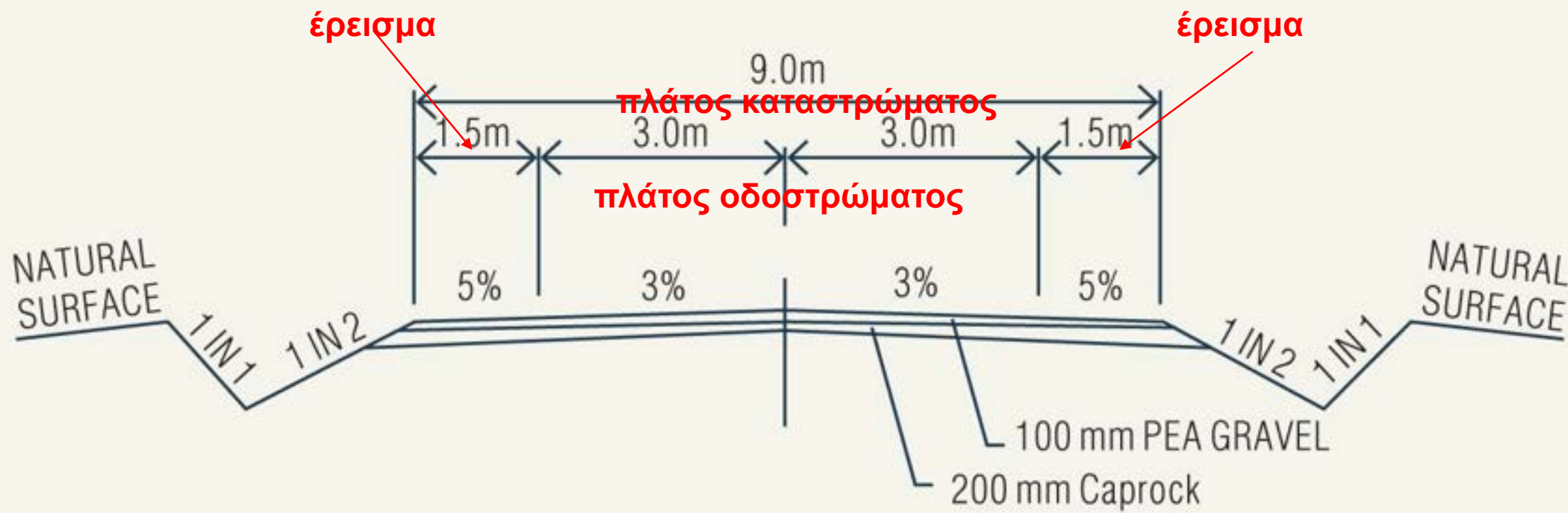
2.3 Προβολή στο επίπεδο YZ.

- Αυτό που φαίνεται στη διατομή της οδού είναι το πλάτος της οδού, τα πρανή της και το φυσικό έδαφος.
- Το πλάτος της οδού διακρίνεται στο **πλάτος οδοστρώματος** (που αφορά το ασφαλτοστρωμένο τμήμα της οδού) και στο **πλάτος καταστρώματος** που περιλαμβάνει και τα ερείσματα εκατέρωθεν της οδού.
- Ως **έρεισμα** ορίζεται το περιθώριο από το άκρο του οδοστρώματος μέχρι την άκρη του πρανούς
- Όσον αφορά τους τύπους των διατομών διακρίνουμε τρεις (3) περιπτώσεις:

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

Figure 1. Typical cross-section, Moortvale Mine Access Road.



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

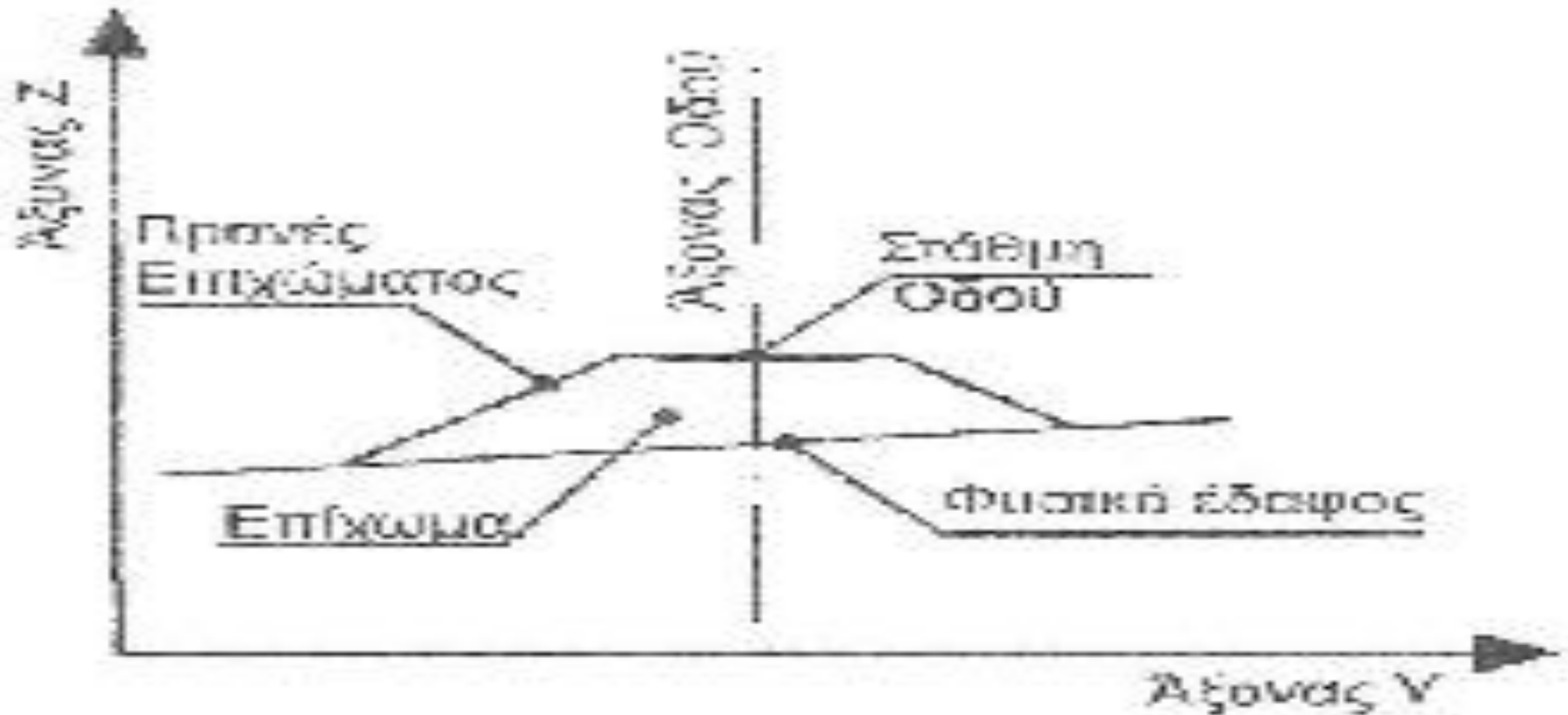
2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών.Απεικόνιση της Οδού.

2.3 Προβολή στο επίπεδο ΥΖ.

- (α) Όταν η στάθμη της οδού βρίσκεται υψηλότερα από το φυσικό έδαφος, τότε για να κατασκευασθεί ο δρόμος θα πρέπει να τοποθετηθεί χώμα ώστε να φθάσουμε στην επιθυμητή στάθμη
- Η τοποθέτηση αυτή του χώματος λέγεται **επίχωση** και το έργο που προκύπτει **επίχώμα**.
- Καθώς σηκώνεται το επίχώμα δημιουργούνται εκατέρωθεν κεκλιμένα τμήματα που λέγονται **πρανή του επιχώματος**.
- Η κλίση των πρανών του επιχώματος εξαρτάται από το γαιώδες υλικό από το οποίο κατασκευάζεται και είναι λίγο ηπιότερη από τη γωνία φυσικού πρανούς.
- **Συνήθως κατασκευάζονται με κλίση 2 (κατακόρυφα): 3 (οριζόντια).**

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Σχήμα 2.4α
Προβλεπόμενη επιχώματος

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

2. Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών.Απεικόνιση της Οδού.

2.3 Προβολή στο επίπεδο ΥΖ.

- (β) Όταν η στάθμη της οδού βρίσκεται χαμηλότερα από το φυσικό έδαφος, τότε για να κατασκευασθεί ο δρόμος θα πρέπει να σκαφτεί χώμα ώστε να φθάσουμε στην επιθυμητή στάθμη
- Το σκάψιμο αυτό - η εξόρυξη αυτή - του χώματος λέγεται **όρυγμα**. Καθώς χαμηλώνει η στάθμη του εδάφους δημιουργούνται εκατέρωθεν κεκλιμένα τμήματα που λέγονται **πρανή του ορύγματος**.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

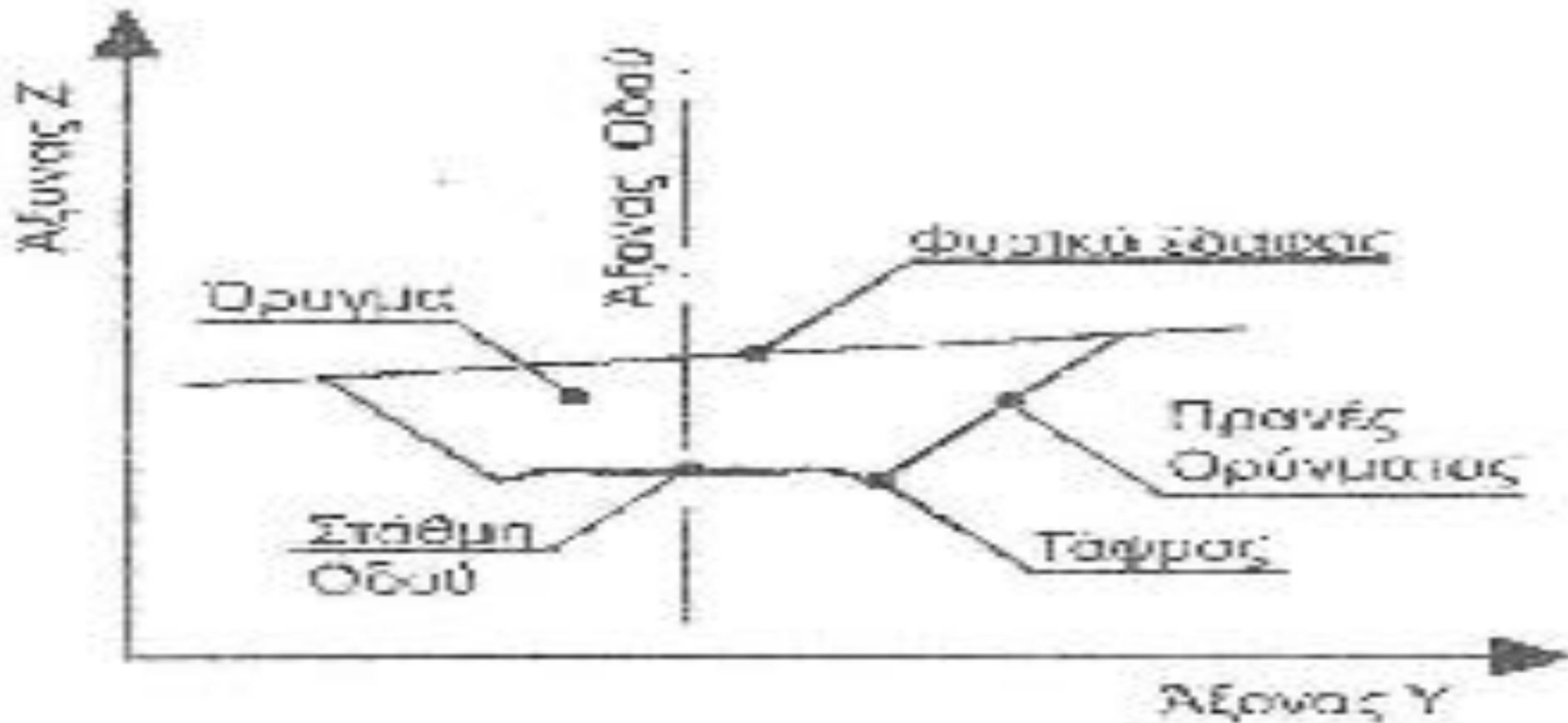
2 . Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών. Απεικόνιση της Οδού.

2.3 Προβολή στο επίπεδο YZ.

- Η κλίση των πρανών του ορύγματος εξαρτάται από το γαιώδες ή βραχώδες υλικό που εκσκάπτεται και προσδιορίζεται με γεωτεχνικές μεθόδους ώστε το πρανές να μην κινδυνεύει να κατολισθήσει (ευστάθεια πρανούς του ορύγματος).
- Στα συνήθη γαιώδη υλικά η κλίση που χρησιμοποιείται είναι 1 (κατακόρυφα) : 1 (οριζόντια), ενώ στα συνήθη βραχώδη υλικά η κλίση που χρησιμοποιείται είναι 2 (κατακόρυφα) : 1 (οριζόντια).

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημισύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Σχήμα 2.4β
Περιπτώσεις ορύγματος

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

2.Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών. Απεικόνιση της Οδού.

2.3 Προβολή στο επίπεδο YZ.

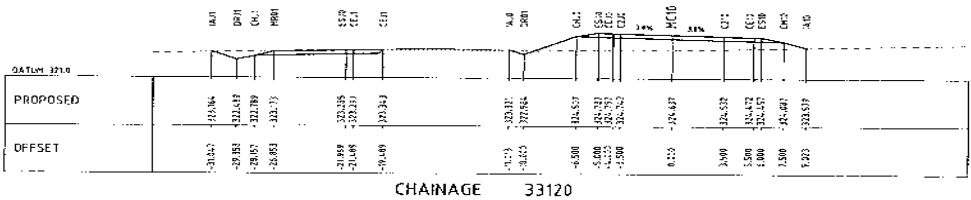
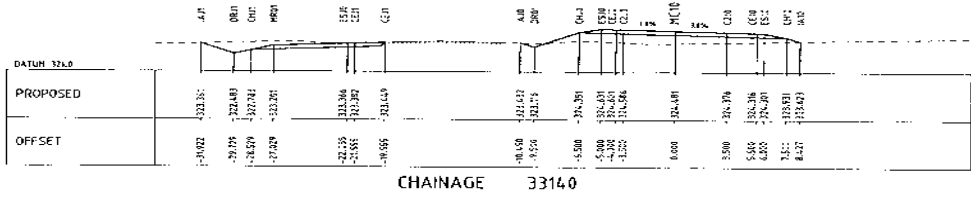
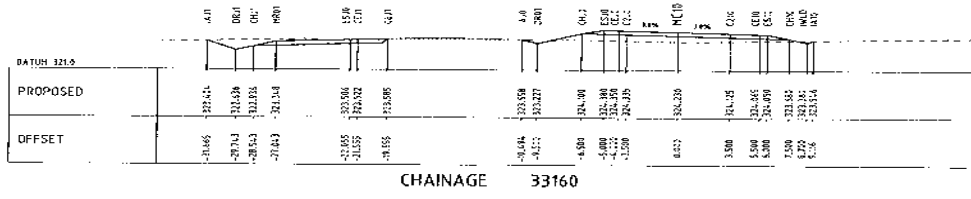
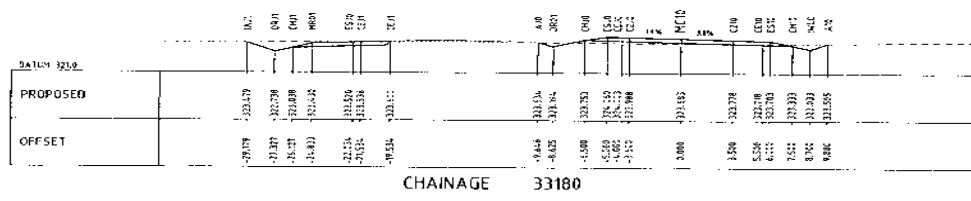
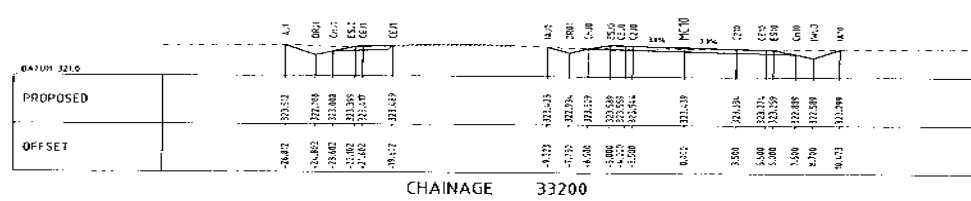
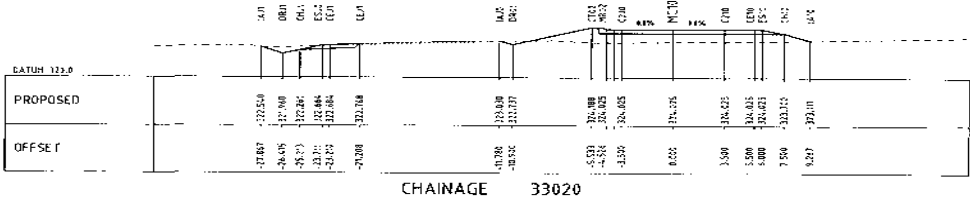
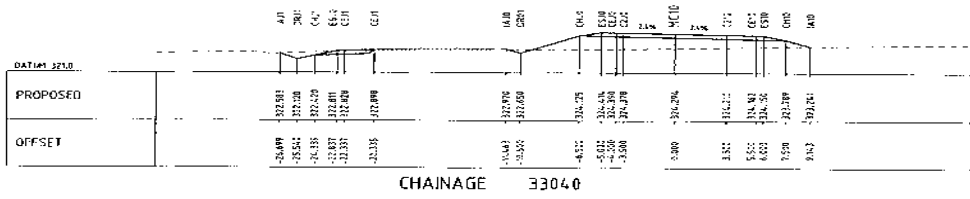
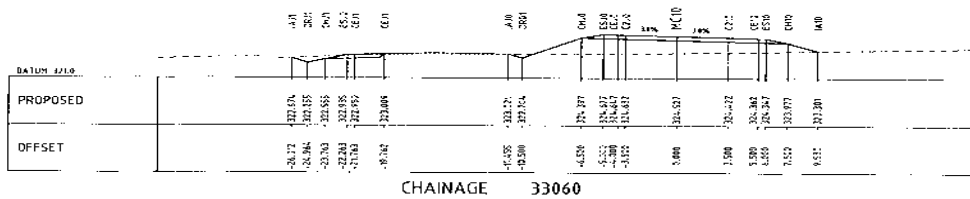
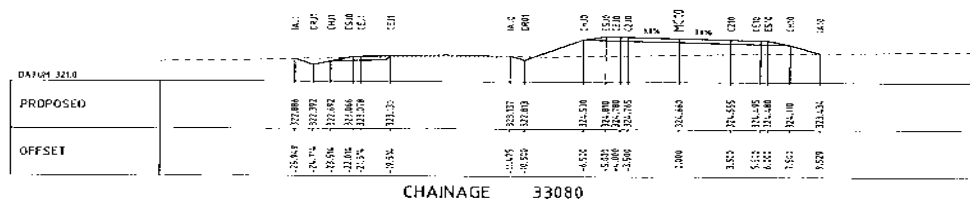
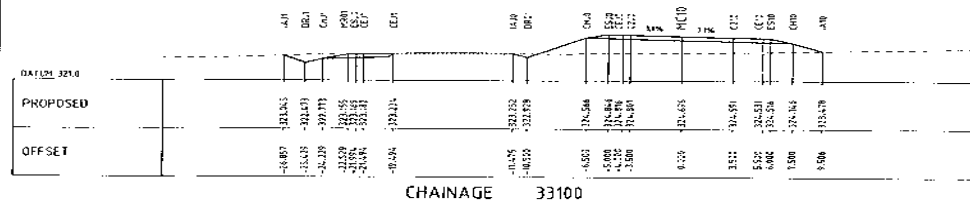
- (γ) Στην περίπτωση επικλινών εδαφών (εδάφη με σχετικά έντονη κλίση) υπάρχει περίπτωση το ένα μέρος της οδού να βρίσκεται πάνω από το έδαφος και το άλλο μέρος της οδού κάτω από το έδαφος .Τότε λέμε ότι η διατομή είναι **μικτή διατομή**, δηλαδή το ένα μέρος της βρίσκεται σε όρυγμα και το άλλο σε επίχωμα.
- Για κάθε τμήμα - **ημιδιατομή** -ισχύουν τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τα επιχώματα και τα ορύγματα αντίστοιχα.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Σχήμα 2.4γ
Περίπτωση μικτής διατομής



AMENDMENTS		
NO.	DESCRIPTION	APPROVED & DATE
1.	NI IP DATA ADDED. TIME/CLOCK UPDATED.	C. WAGNER 01/05/08
2.	DISCLAIMER ADDED	CMU-029

NOTES

1. FOR MC10 DETAILS REFER TO STRING REPORT.
2. DESIGN LEVELS ARE TO TOP OF PAVEMENT.
3. REFER TO DRAWING No. 9231-671 FOR TYPICAL CROSS SECTIONS.

**PRESENTATION
GUIDELINE
DRAWING ONLY**

DISCLAIMER

THE DIMENSIONS, STANDARDS & CROSS
REFERENCING REPRESENTED ON THIS
DRAWING MAY NOT COMPLY WITH
CURRENT REQUIREMENTS AND ARE SHOWN
FOR PRESENTATION PURPOSES ONLY.

METADATA

GROUND SURVEY STANDARD:	67-08-43
DATE OF CAPTURE:	FEB 95
MAPPING SURVEY STANDARD:	
DATE OF CAPTURE:	
MAIN ROAD'S PROJECT ZONE:	HUG
HEIGHT DATUM:	AHD



Government of
**Western
Australia**

 **mainroads**
WESTERN AUSTRALIA

TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT DIRECTORATE
ROAD AND TRAFFIC ENGINEERING

10 CRESCENT
Perth WA 6004
Tel: (08) 9323 4318

EAST PERTH 6004
Tel: (08) 9323 4444

FILE NUMBER 67-08-88

UNDESIGNED / DRAWN ROAD AND TRAFFIC ENGINEERING

VERIFIED C. MAGRIPLIS

APPROVED	R. GROVE
----------	----------

GREAT EASTERN HIGHWAY H005
MUNDARING TO SAWYERS VALLEY
32.40 SLK TO 34.90 SLK
CROSS SECTIONS
CHA 33020 TO CHA 33200

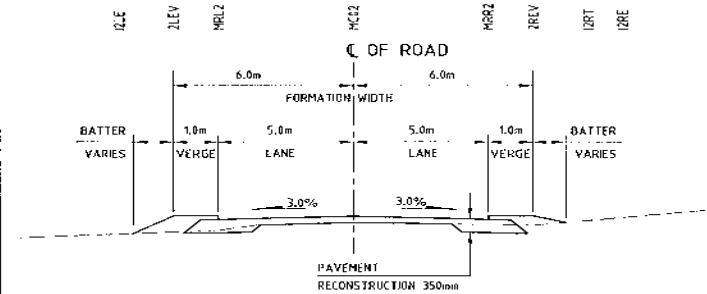
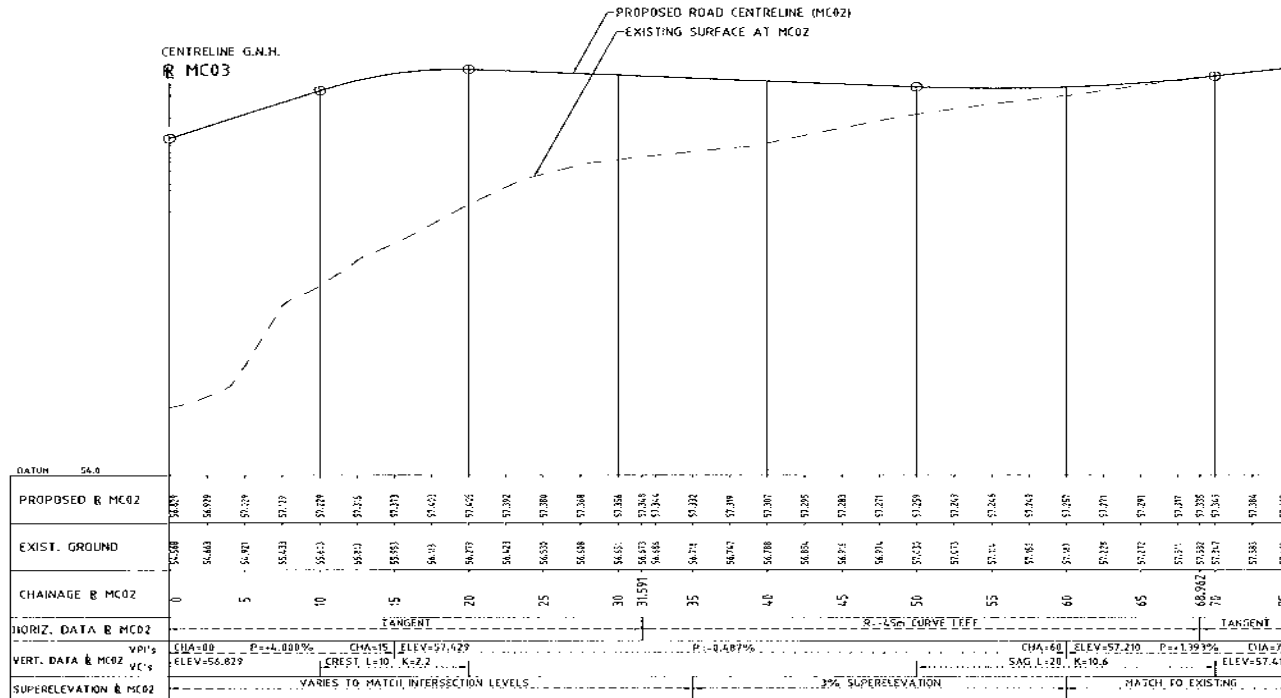
LOCAL AUTHORITY (106) SHIRE OF MUNDARONG

DRAWING NUMBER

ANALNOVEN

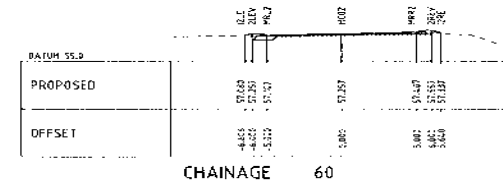
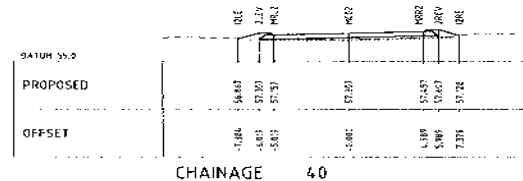
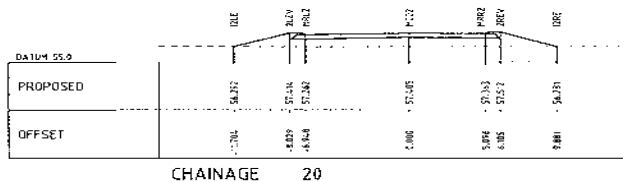
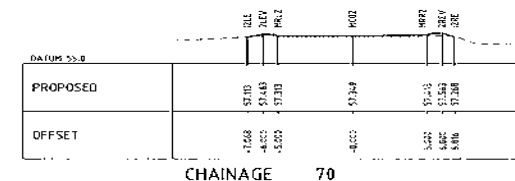
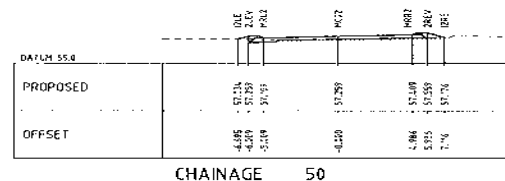
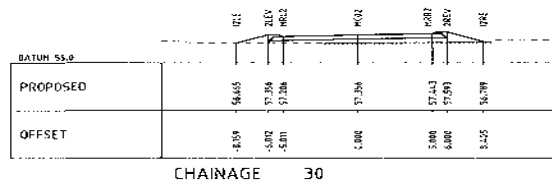
200331-0036-2

ΜΗΚΟΤΟΜΗ-ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ-ΔΙΑΤΟΜΕΣ



TYPICAL CROSS SECTION - WANDENA ROAD WIDENING

NOT TO SCALE



AMENDMENTS

No	DESCRIPTION	APPROVED & DATE
1	METADATA ADDED, TITLEBLOCK UPDATED	C. MAGRIPLIS 01/08/08
2	DISCLAIMER ADDED	01/02/07

NOTES

- REFER TO MOSS STRONG REPORTS FOR ALIGNMENT DETAILS.
- FOR INTERSECTION DETAILS REFER TO DRG No. 9731-0445.
- DESIGN LEVELS ARE TO TOP OF PAVEMENT.

**PRESENTATION
GUIDELINE
DRAWING ONLY**

DISCLAIMER

THE DIMENSIONS, STANDARDS & CROSS REFERENCING REPRESENTED ON THIS DRAWING MAY NOT COMPLY WITH CURRENT REQUIREMENTS AND ARE SHOWN FOR PRESENTATION PURPOSES ONLY.

METADATA

GROUND SURVEY STANDARD: 67-08-43
DATE OF CAPTURE: AUG 2002
MAPPING SURVEY STANDARD
DATE OF CAPTURE
MAIN ROAD PROJECT ZONE: PCG 94
HEIGHT DATUM: AHD



FILE NUMBER: 67-08-88

DESIGNED / DRAWN: ROAD AND TRAFFIC ENGINEERING

VERIFIED: C. MAGRIPLIS

APPROVED: R. GROVE

GREAT NORTHERN HIGHWAY H006
RUTLAND ROAD TO SWAN REGIONAL BOUNDARY
29.55 SLK TO 33.35 SLK (SECTION 3)
PROFILE AND CROSS SECTIONS
WANDENA ROAD - 32.72 SLK

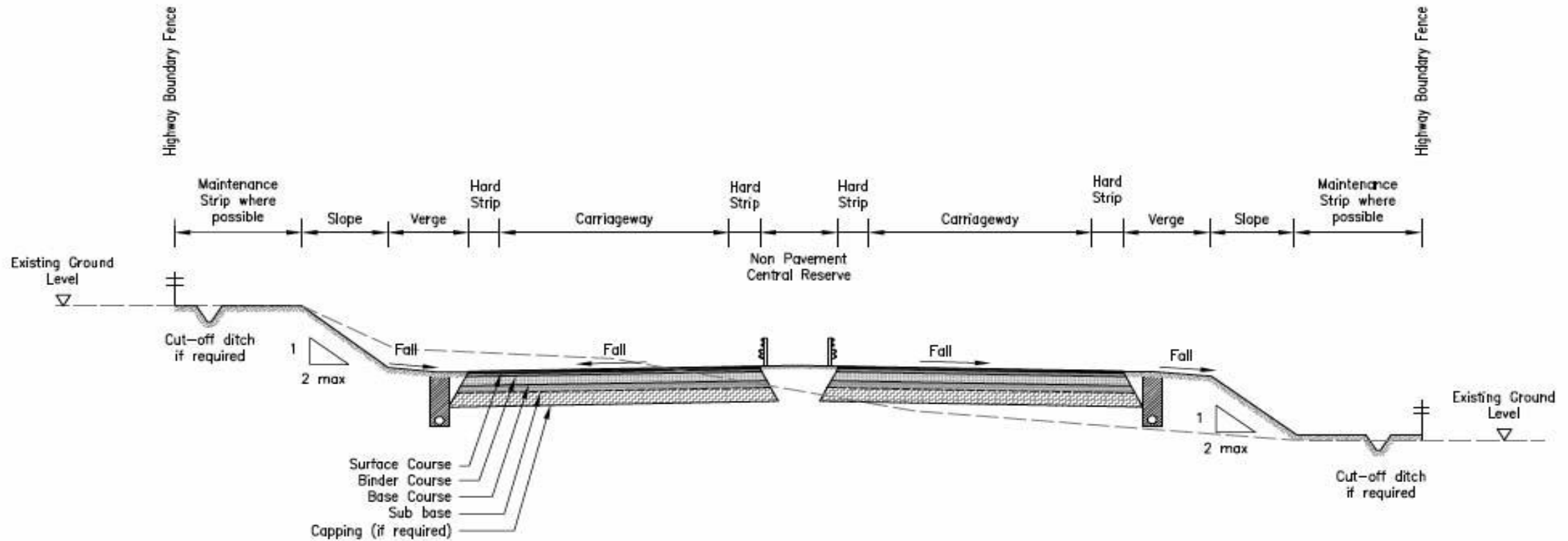
LOCAL AUTHORITY: (189) SHIRE OF SWAN

200331-0038-2

PROFILE 1200
VERTICAL
HORIZONTAL
SECTION

A 1

ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ



Drawn by: CG	Checked by: AS	Date: 08/07
--------------	----------------	-------------

A90 Dualling - Balmedie to Tippierty

All Purpose Dual Carriageway

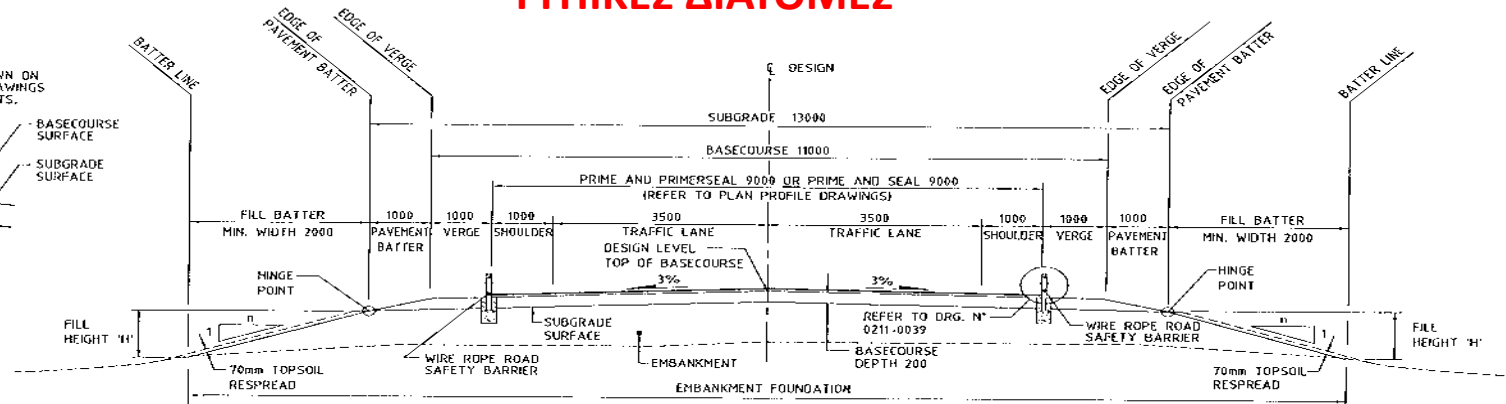
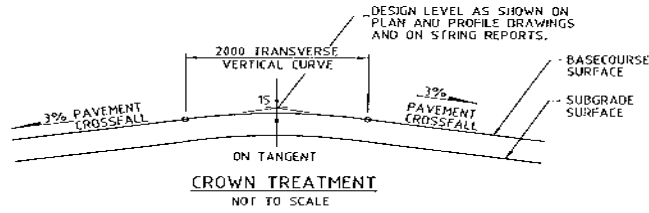
Typical Cross Section

Figure 3.2

Scale NTS

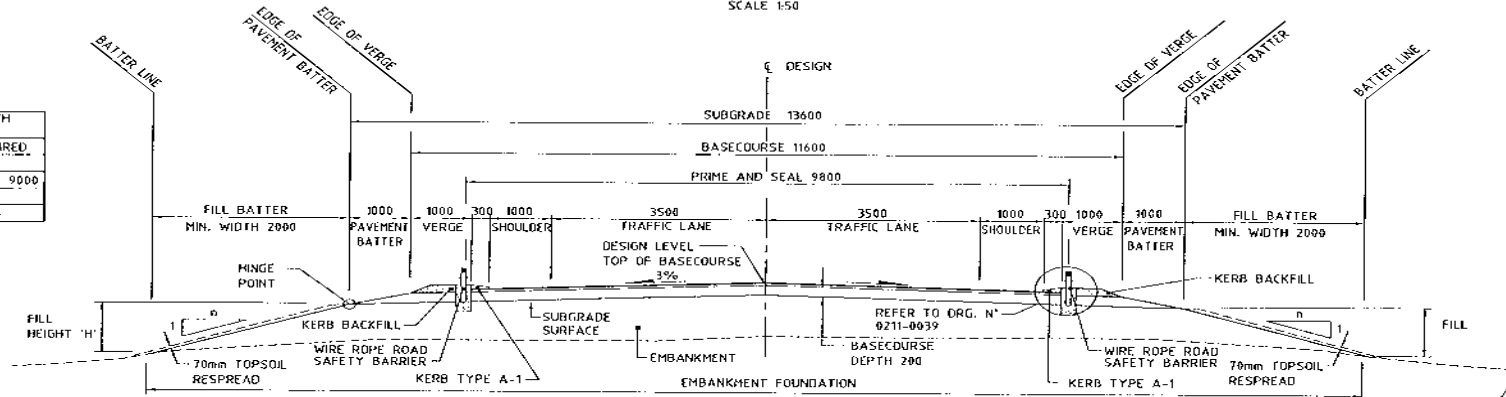


ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ



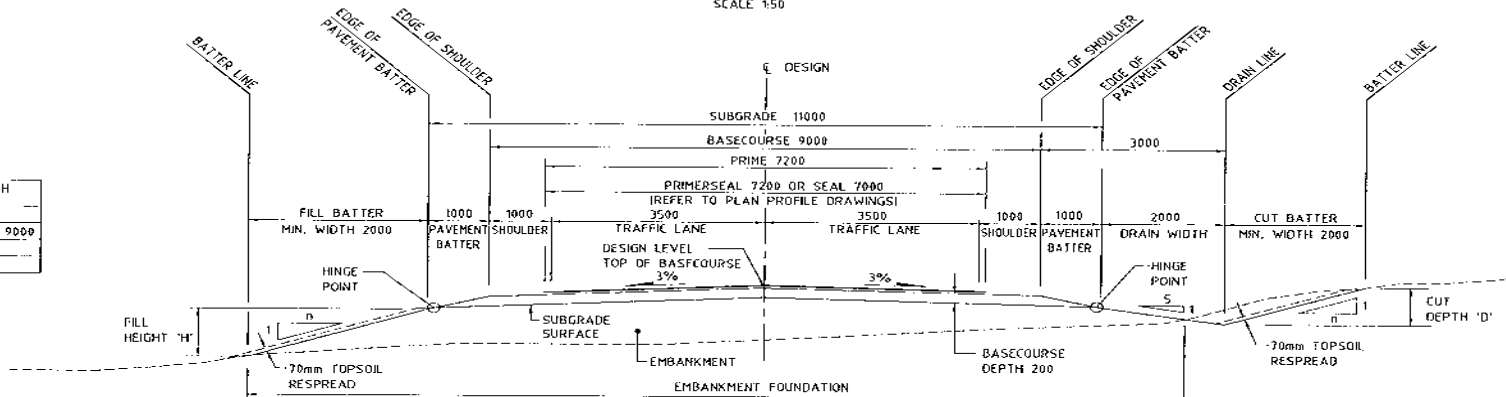
FILL HEIGHT 'H'	FILL BATTER	FILL BATTER WIDTH
mm	1 IN 'n'	mm
0 - 400		TABLE DRAIN REQUIRED.
400 - 666	VARIES: 1 IN 5 TO 1 IN 3	CONSTANT: 2000
666 - 3000	1 IN 3	VARIES: 2000 - 9000
3000 - 4500	VARIES: 1 IN 3 TO 1 IN 2	CONSTANT: 9000
4500 +	1 IN 2	VARIES: 9000 +

FILL BATTERS



CUT DEPTH 'D'	CUT BATTER	CUT BATTER WIDTH
mm	1 IN 'n'	mm
0 - 666	VARIES: LEVEL TO 1 IN 3	CONSTANT: 2000
666 - 3000	1 IN 3	VARIES: 2000 - 9000
3000 - 4500	VARIES: 1 IN 3 TO 1 IN 2	CONSTANT: 9000
4500 +	1 IN 2	VARIES: 9000 +

CUT BATTERS



AMENDMENTS

NO.	DESCRIPTION	APPROVED & DATE
1.	METADATA ADDED, TITLEBLOCK UPDATED.	C. MAGRIPLIS 05/09/2003
2.	DISCLAIMER ADDED.	04/02/2003

NOTES

- FOR CUT & FILL BATTER DETAILS, REFER TO DRG. N° 0211-0037.
- FOR KERB AND SAFETY BARRIER DETAILS, REFER TO DRG. N° 0211-0045.
- FOR STRING LABELLING DETAILS, REFER TO DRG. N° 0211-0046.
- FOR EXTENT OF KERB AND ROAD BARRIER REFER TO PLAN AND PROFILE DRAWINGS DRG. N° 0211-0059 TO DRG. N° 0211-0078 AND DRG. N° 0211-0084.
- BASECOURSE DEPTH INCREASES TO 300mm DEEP AT INTERSECTIONS. REFER TO PLAN & PROFILE DRAWINGS FOR EXTENT.

PRESENTATION GUIDELINE DRAWING ONLY

DISCLAIMER

THE DIMENSIONS, STANDARDS & CROSS REFERENCING REPRESENTED ON THIS DRAWING MAY NOT COMPLY WITH CURRENT REQUIREMENTS AND ARE SHOWN FOR PRESENTATION PURPOSES ONLY.

METADATA

GROUND SURVEY STANDARD: 67-08-43
DATE OF CAPTURE: NOV 2001
MAPPING SURVEY STANDARD:
DATE OF CAPTURE:
MAIN ROADS PROJECT ZONE: TOMPRICENT
HEIGHT DATUM: AHD

TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT DIRECTORATE
ROAD AND TRAFFIC ENGINEERING
WATERLOO CRESCENT
EAST PERTH 6004
Telephone: (08) 9372 6381 Fax: (08) 9323 6449

FILE NUMBER: 67-08-88
DESIGNED / DRAWN: ROAD AND TRAFFIC ENGINEERING
VERIFIED: C. MAGRIPLIS
APPROVED: R. GROVE

KARRATHA - TOM PRICE ROAD M065
TOM PRICE SECTION
109.00 SLK TO 124.94 SLK
TYPICAL CROSS SECTIONS
KARRATHA - TOM PRICE ROAD
LOCAL AUTHORITY: (815) SHIRE OF ASHBURTON
DRAWING NUMBER: 200331-0039-2

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα [1]

- **Οδόστρωμα** ονομάζεται το σύνολο των επαλλήλων στρώσεων που είναι τοποθετημένες πάνω από το φυσικό έδαφος για τη δημιουργία της οδού.
- Είναι μια σύνθετη κατασκευή που επιτελεί διάφορες λειτουργίες ανόμοιες μεταξύ τους.
- Το οδόστρωμα διανέμει τις πιέσεις από τα φορτία της κυκλοφορίας έτσι ώστε η καταπόνηση του εδάφους θεμελίωσης να μην υπερβαίνει τα όρια.
- Ανάλογα με την ελαστικότητά τους τα οδοστρώματα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες τα **δύσκαμπτα** και στα **εύκαμπτα**.
- Τα τελευταία χρόνια άρχισε να κατακτά έδαφος και μία τρίτη ενδιάμεση κατηγορία, η κατηγορία των **ημιδύσκαμπτων/ημιάκαμπτων** οδοστρωμάτων.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα

3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή [3]

- Οι πιο πολλοί από εμάς όταν ρωτηθούν ποίοι ήταν οι πρώτοι κατασκευαστές δρόμων συνήθως απαντούν οι Ρωμαίοι!
- Είναι ιστορικά αποδεδειγμένο ότι των Ρωμαίων προηγήθηκαν κατά δύο χιλιάδες χρόνια οι Αιγύπτιοι με την αρχαία οδό προς την Ελεφαντίνη, που κατασκευάστηκε κυρίως για στρατιωτικούς αλλά και για εμπορικούς και τελετουργικούς λόγους.
- Η οδός αυτή ολικού μήκους 800 km περίπου ένωνε τη Μεσόγειο με τη Ελεφαντίνη (νήσο) στη περιοχή του Aswan.



Map of Orgins Of Creation Myths

οδός προ Ελεφαντίνη
κατά μήκος του Νείλου

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα

3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

- Αυτό που έκανε την διαφορά με τους Ρωμαίους ήταν ότι ήταν οι πρώτοι που κατανόησαν και εφάρμοσαν στην κατασκευή οδοστρωμάτων :
 - Στοιχειώδης (βασικές) αρχές της εδαφομηχανικής
 - Γραπτές προδιαγραφές για τον διαχωρισμό και επιλογή επιτόπιων κατάλληλων υλικών ,αποφεύγοντας έτσι την αχρείαστη μετακίνηση μεγάλων όγκων δάνειων υλικών,
 - Την χρήση κατάλληλων συνδετικών υλικών όπως ο ασβέστης.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα

3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή [2]

- Η ραγδαία ανάπτυξη της οδοποιίας κατά την Ρωμαϊκή εποχή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ικανοποίηση στρατιωτικών αναγκών καθώς και εμπορικών. Την Ρωμαϊκή παράδοση συνέχισαν με επιτυχία οι Βυζαντινοί.
- Τα τελευταία χρόνια η αρχαιολογική έρευνα αποδεικνύει ότι οι αρχαίοι Έλληνες είχαν δημιουργήσει ένα πυκνότατο οδικό δίκτυο, τελείως ιδιότυπο .
- Το δίκτυο αυτό εξασφάλιζε απρόσκοπτη επικοινωνία με άμαξες σε όλο σχεδόν τον ελλαδικό χώρο. Η σχετική τεχνογνωσία πιθανολογείται ότι προέρχεται από την Ανατολή.

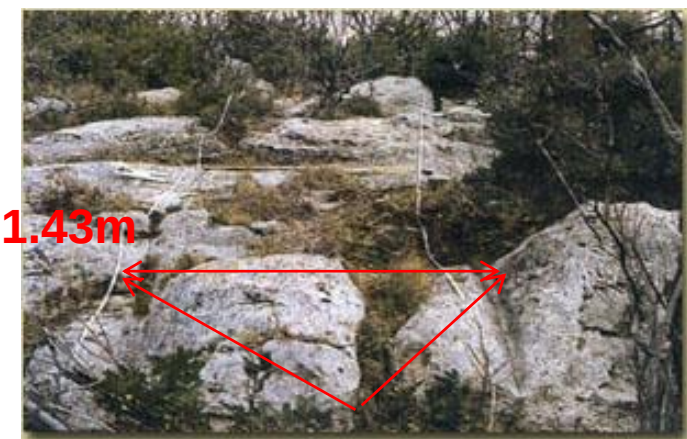
Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα

3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

- Στη αρχαία Ελλάδα η αμαξιτή οδός κατασκευαζόταν για τη διέλευση των αμαξών (δίτροχες ή τετράτροχες).
- Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι η τεχνητή κοίτη του δρόμου, συχνά με έντονα τα ίχνη του εκβραχισμού, και οι αρματοροχιές («ροδιές») των τροχών, πάντοτε με σταθερό μετατρόχιο (δηλαδή με κοινού μήκους άξονες του οχήματος) 1.43m.



αμαξοτροχιές
πλάτος 1.43 m διαχρονικά

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα

3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

- Παραλληλίζοντας το σύστημά τους με τα σημερινά δεδομένα, θα λέγαμε ότι επρόκειτο για ένα είδος σιδηροδρόμου. Όπως ο σιδηρόδρομος έχει τους τροχούς επάνω στις ράγες, αντιστοίχως οι αρχαίοι Έλληνες είχαν την άμαξα να κινείται σταθερά μέσα στις αρματοροχίες.
- Η δυνατότητα να διασταυρωθούν δύο άμαξες σε τόπο δύσκολο ήταν αδύνατη και γινόταν μόνο σε επιλεγμένα σημεία. Αν θυμηθούμε μάλιστα τη γνωστή ιστορία της οδικής διαμάχης Οιδίποδα και Λαΐου γίνεται κατανοητό ότι εφάμιλλες με τις σημερινές θα ήταν οι διαμάχες των αμαξηλατών, όταν ξαφνικά ευρίσκονταν αντιμέτωποι.
- Οι διακλαδώσεις, εκτροπές ήταν ίδιες με τα ψαλίδια του σημερινού σιδηροδρόμου, ώστε να καθίσταται εφικτή η αλλαγή πορείας της άμαξας.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα

3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

- Οι αρχαίοι Έλληνες (μάλλον για οικονομικούς λόγους) δεν λιθόστρωναν τις οδούς τους.
- Κανένας αρχαίος δρόμος της ελληνικής υπαίθρου δεν είχε λιθόστρωτο οδόστρωμα. Στον ελλαδικό χώρο λιθοστρώσεις συναντούμε μόνον σε δρόμους μέσα στις πόλεις και μάλιστα κατά τα ρωμαϊκά χρόνια.
- Αντίθετα με τους Έλληνες, οι Ρωμαίοι, λιθόστρωναν τους δρόμους πάνω σε ισχυρή θεμελίωση και με μεγάλης κλίμακας τεχνικά έργα. Τυπικό παράδειγμα ρωμαϊκού δρόμου στον ελλαδικό χώρο είναι η Εγνατία Οδός.

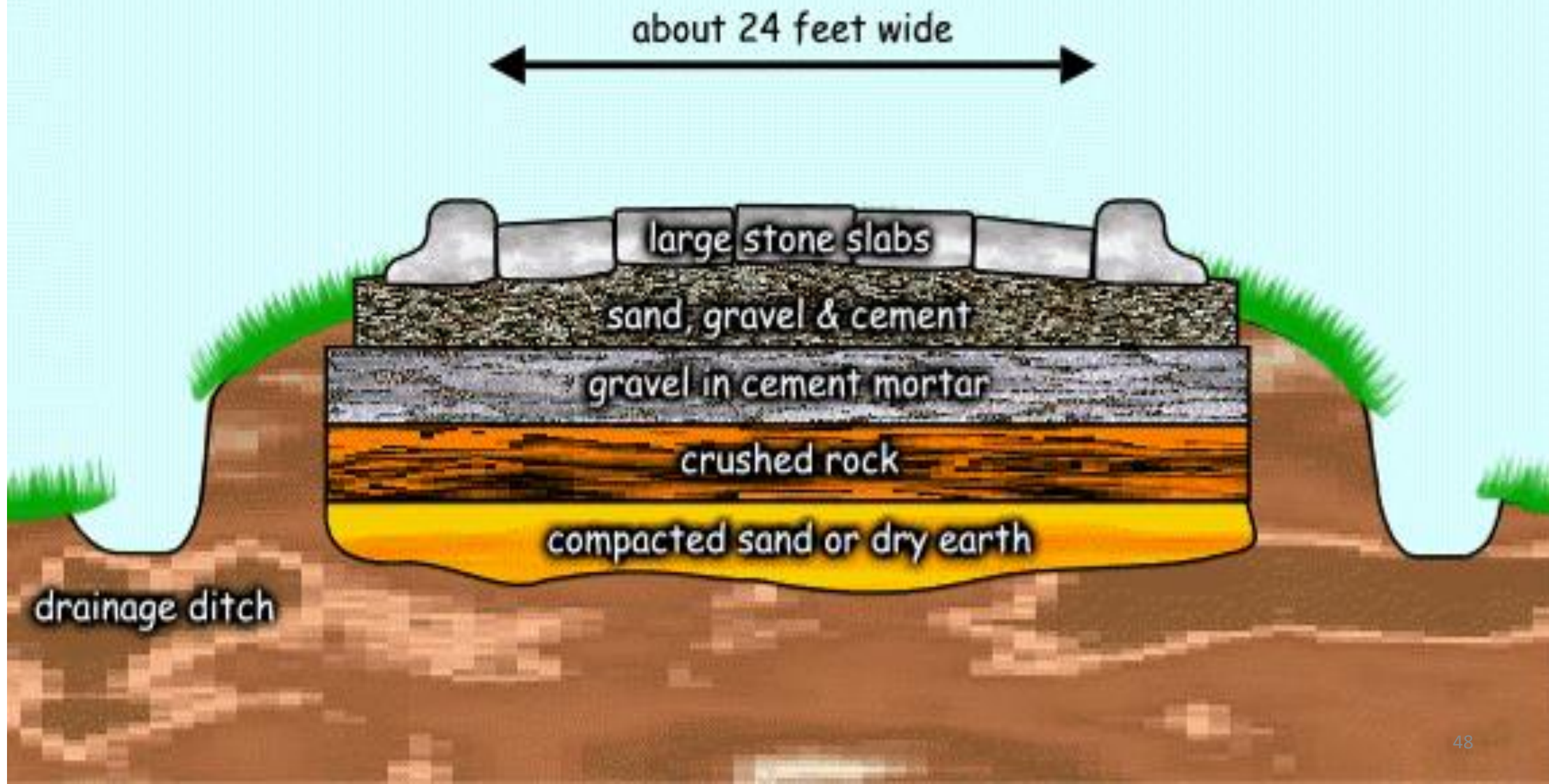
Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Το τελευταίο τμήμα της ιεράς οδού που καταλήγει στο Τελεστήριο της Ελευσίνας
(Η Ιερά όδος ξεκινούσε από την Αθήνα και κατέληγε στη Ελευσίνα)

ΤΥΠΙΚΗ ΤΟΜΗ ΡΩΜΑΙΚΟΥ ΔΡΟΜΟΥ



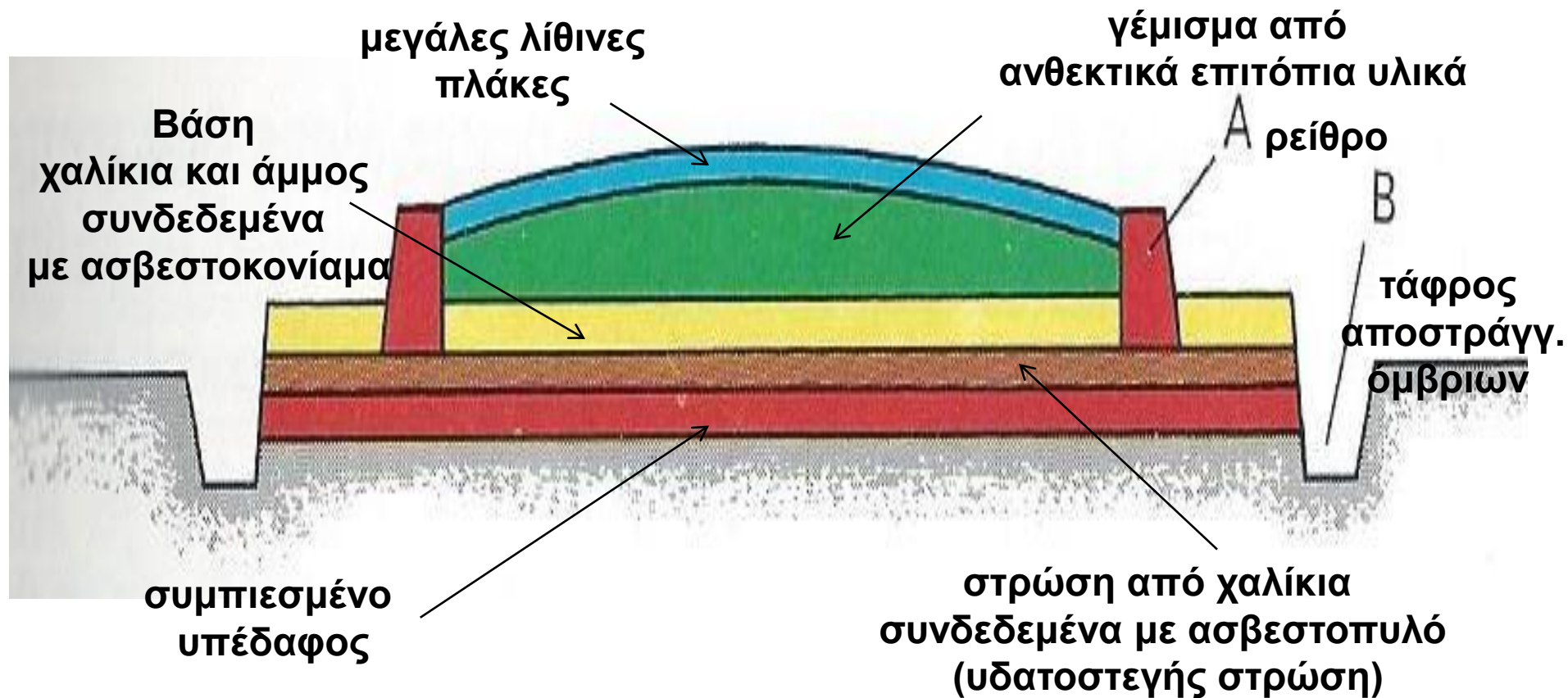




Via Appia και via Traiana

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



ΤΥΠΙΚΗ ΤΟΜΗ ΡΩΜΑΙΚΟΥ ΔΡΟΜΟΥ[3]

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημισύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

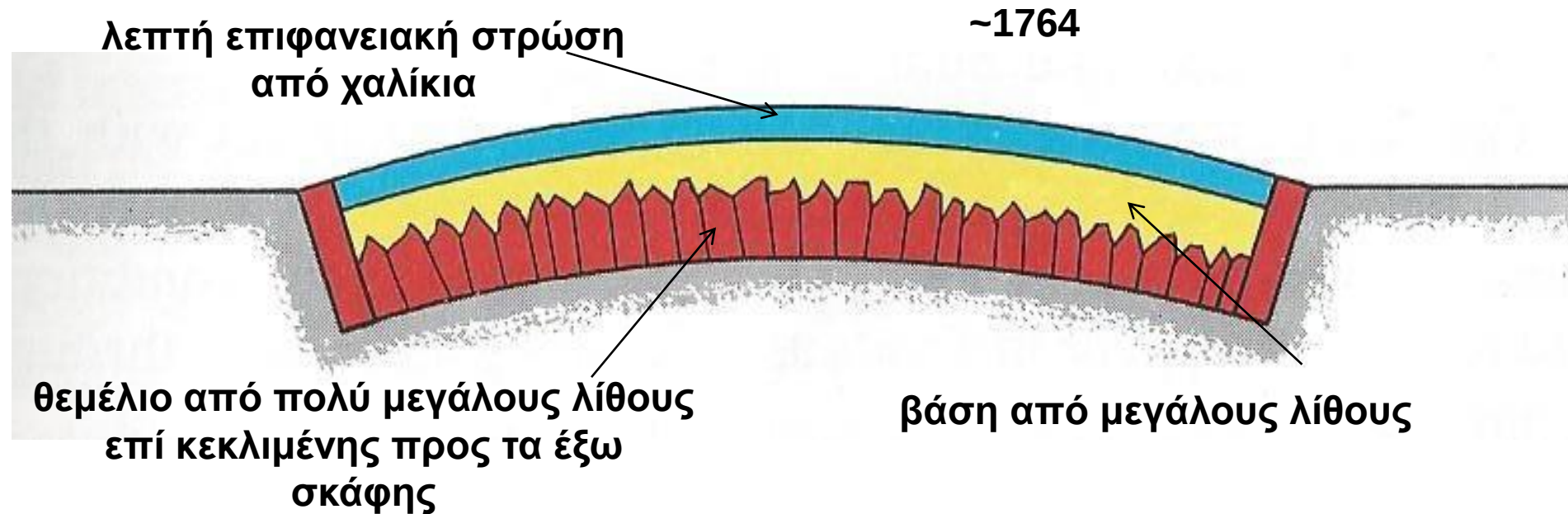
3. Οδοστρώματα

3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή [4]

- Η νεότερη ιστορία της οδοποιίας αρχίζει το 18^ο αιώνα με το γάλλο μηχανικό Tresaguet (1716-1796) και συνεχίζει με τον άγγλο Telford (1757-1834) και το σκωτσέζο Mc Adam (1756-1836).
- Οι μηχανικοί αυτοί έθεσαν τις θεμελιώδεις αρχές της μοντέρνας οδοποιίας με τη κατασκευή ισχυρών οδοστρωμάτων με φέρουσα ικανότητα που να μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του συνεχώς αυξανόμενου κυκλοφοριακού φόρτου.

Στοιχεία Οδοποιίας

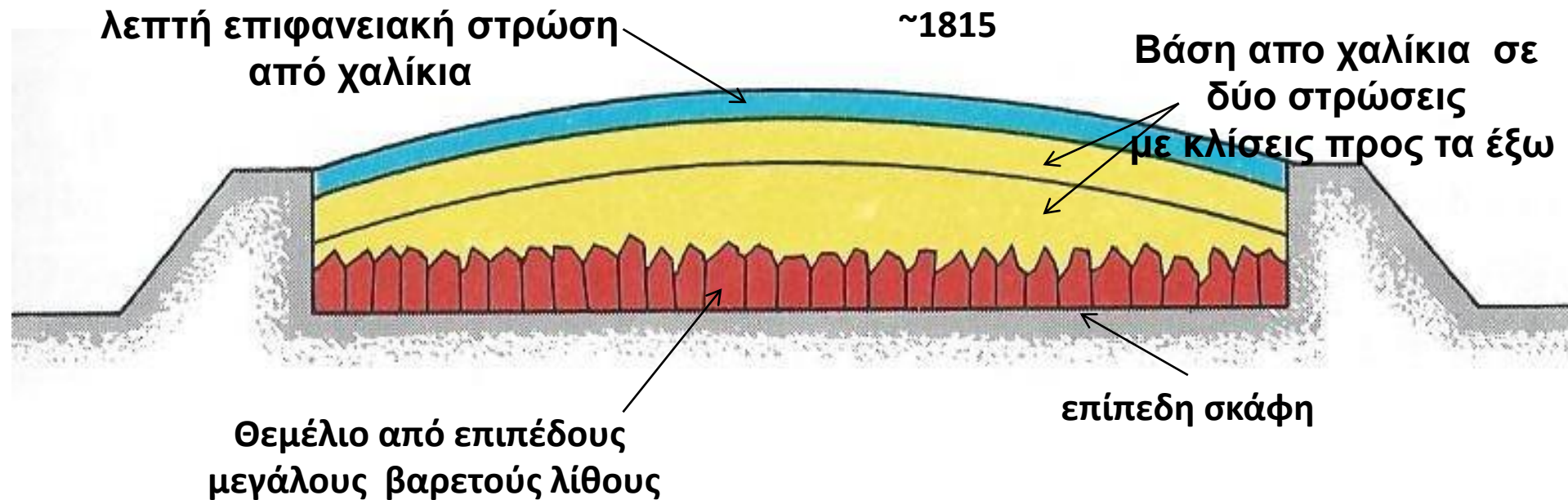
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Τυπική τομή οδοστρώματος
κατά Tresaguet [3]
(Γάλλος Μηχανικός 1716-1796)

Στοιχεία Οδοποιίας

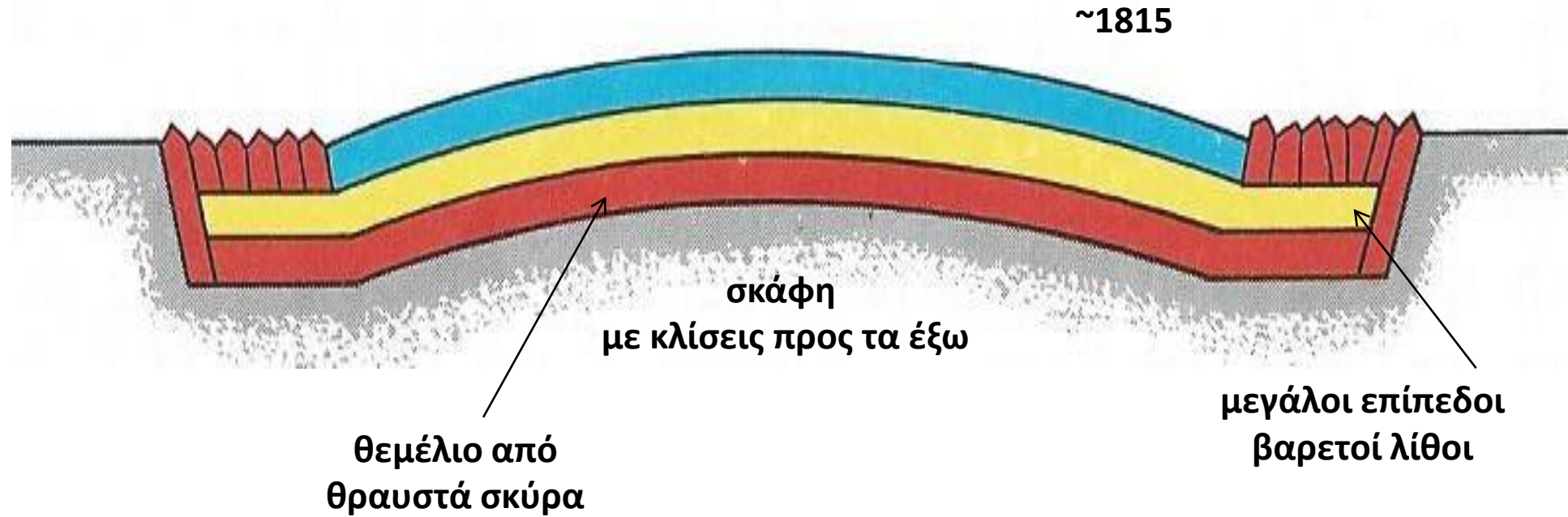
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Τυπική τομή οδοστρώματος
κατά Telford [3]
(Άγγλος Μηχανικός 1757-1834)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



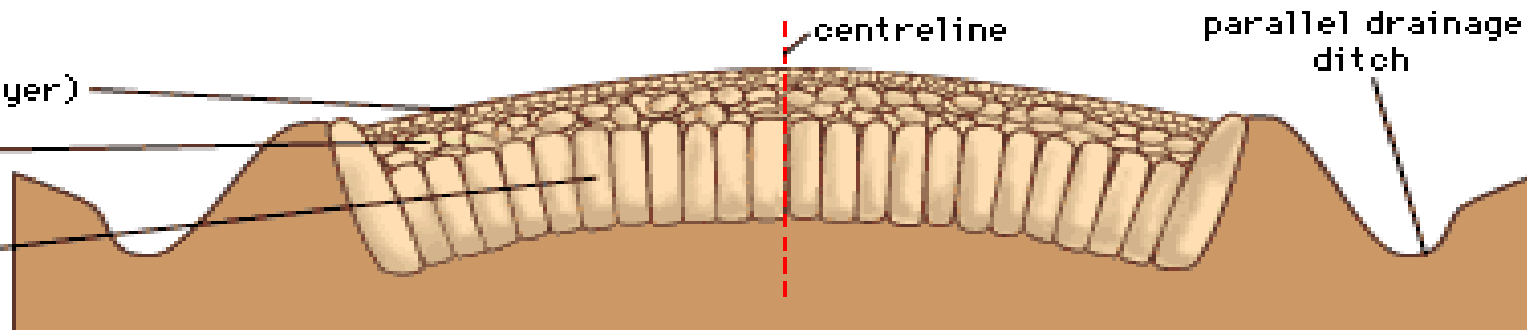
Τυπική τομή οδοστρώματος
κατά Mc Adam[3]
(Σκωτσέζος Μηχανικός 1756-1836)

Trésaguet

gravel or broken stone (1-inch layer)

broken stone (2-inch layer)

foundation layer (8 inches)

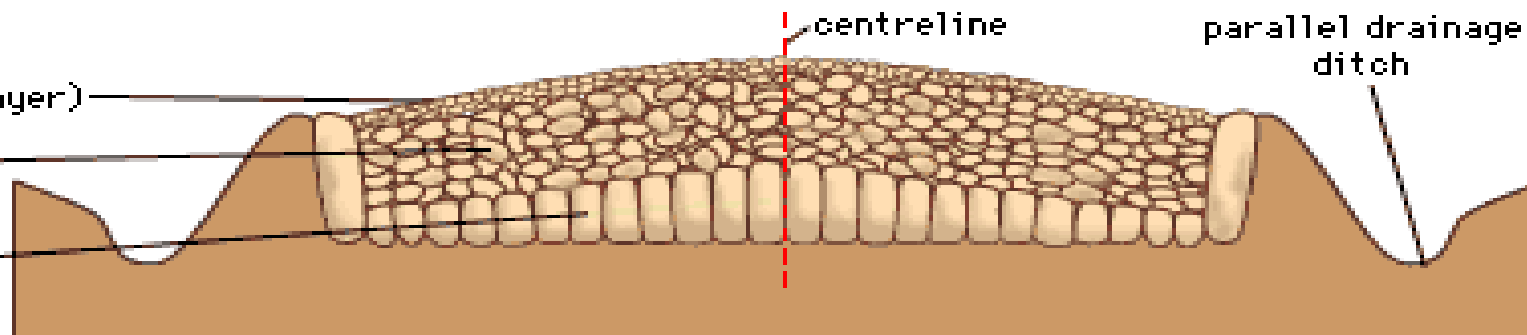


Telford

gravel or broken stone (1-inch layer)

broken stone (7-inch layer)

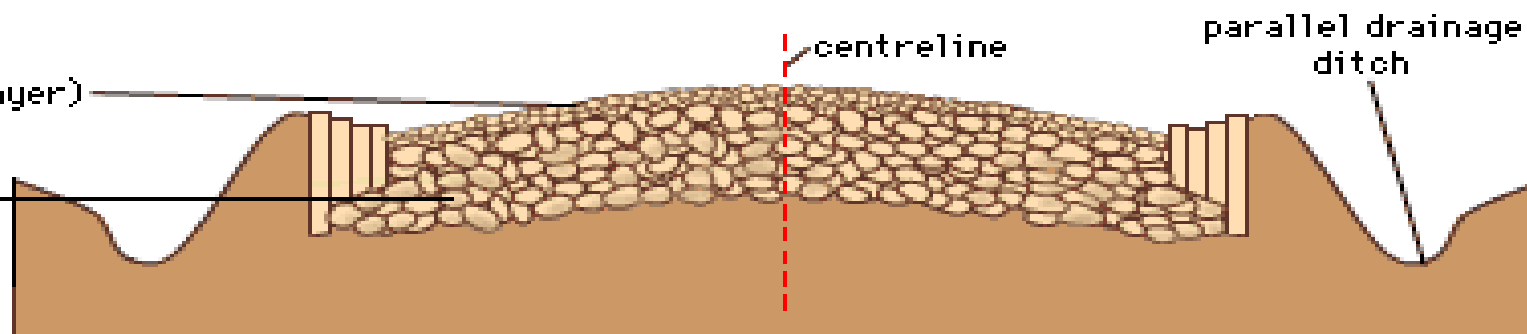
foundation layer (7 inches)



McAdam

gravel or broken stone (1-inch layer)

broken stone (8-inch layer)



© 1999 Encyclopædia Britannica, Inc.

Tresaguet- Telford-McAdam
πάχη στρώσεων



Κατασκευή δρόμου τύπου McAdam

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



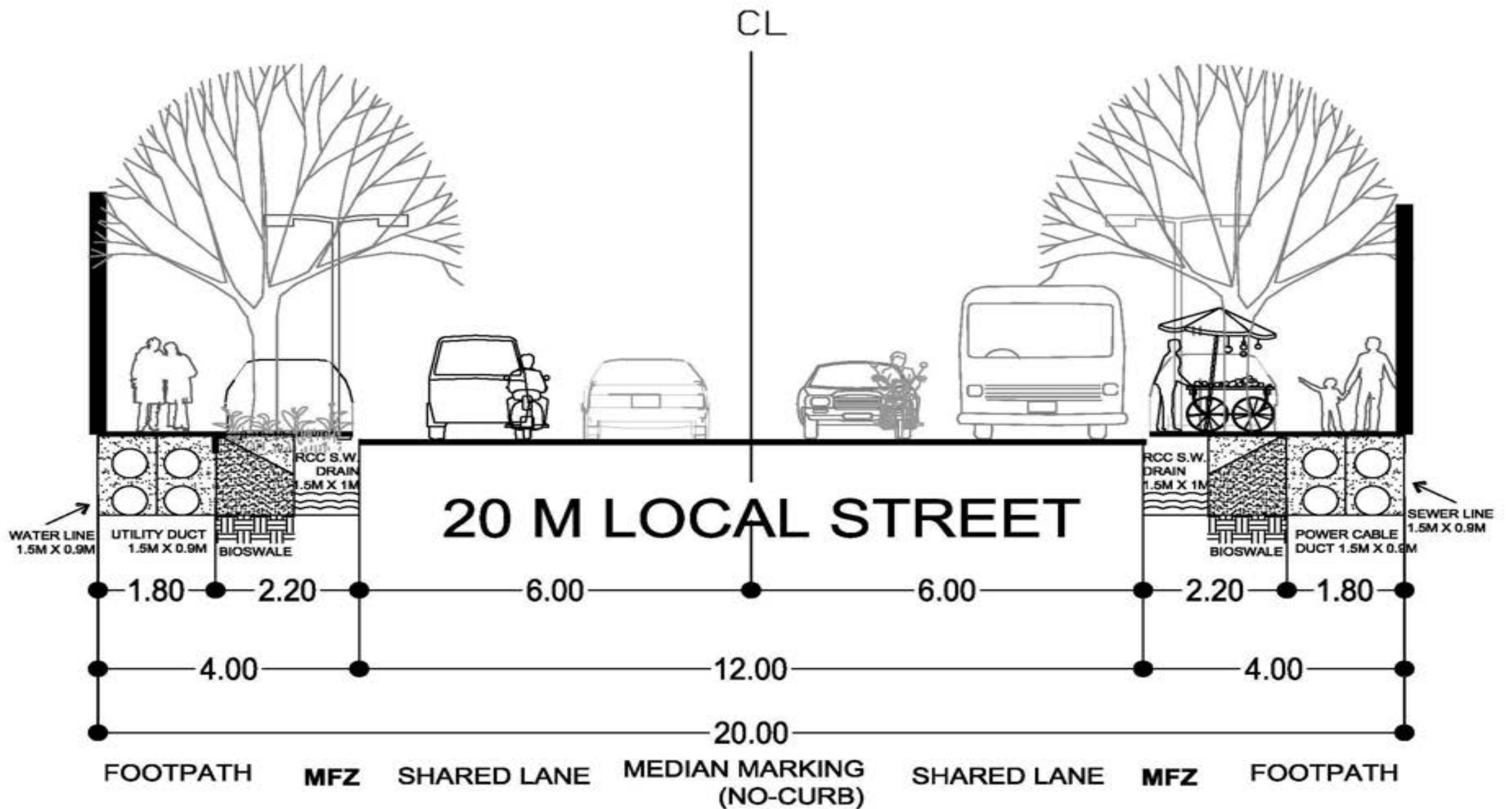
χωμάτινα οδοστρώματα
ο κος Mc Adam είχε δίκαιο!

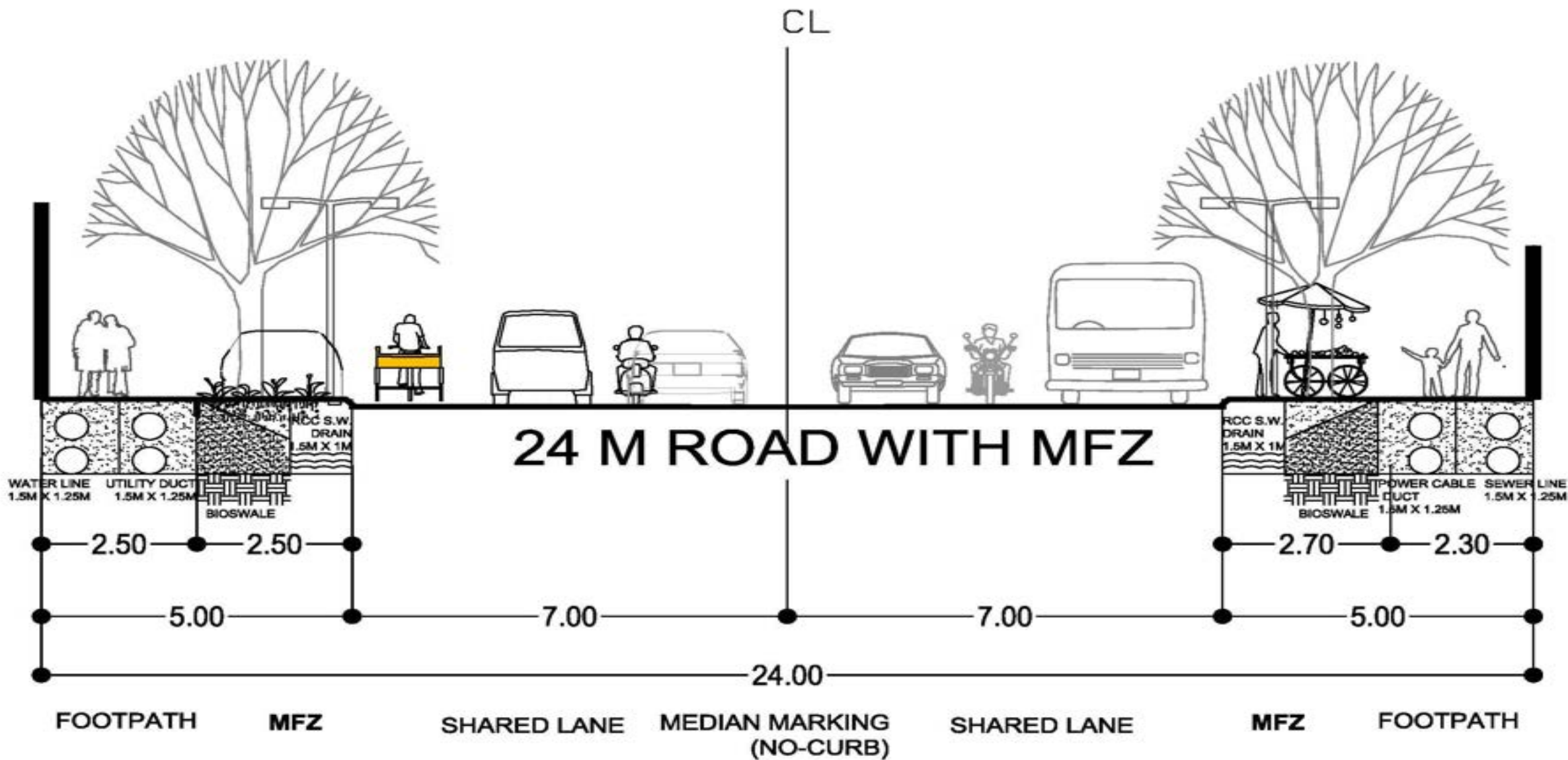


Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

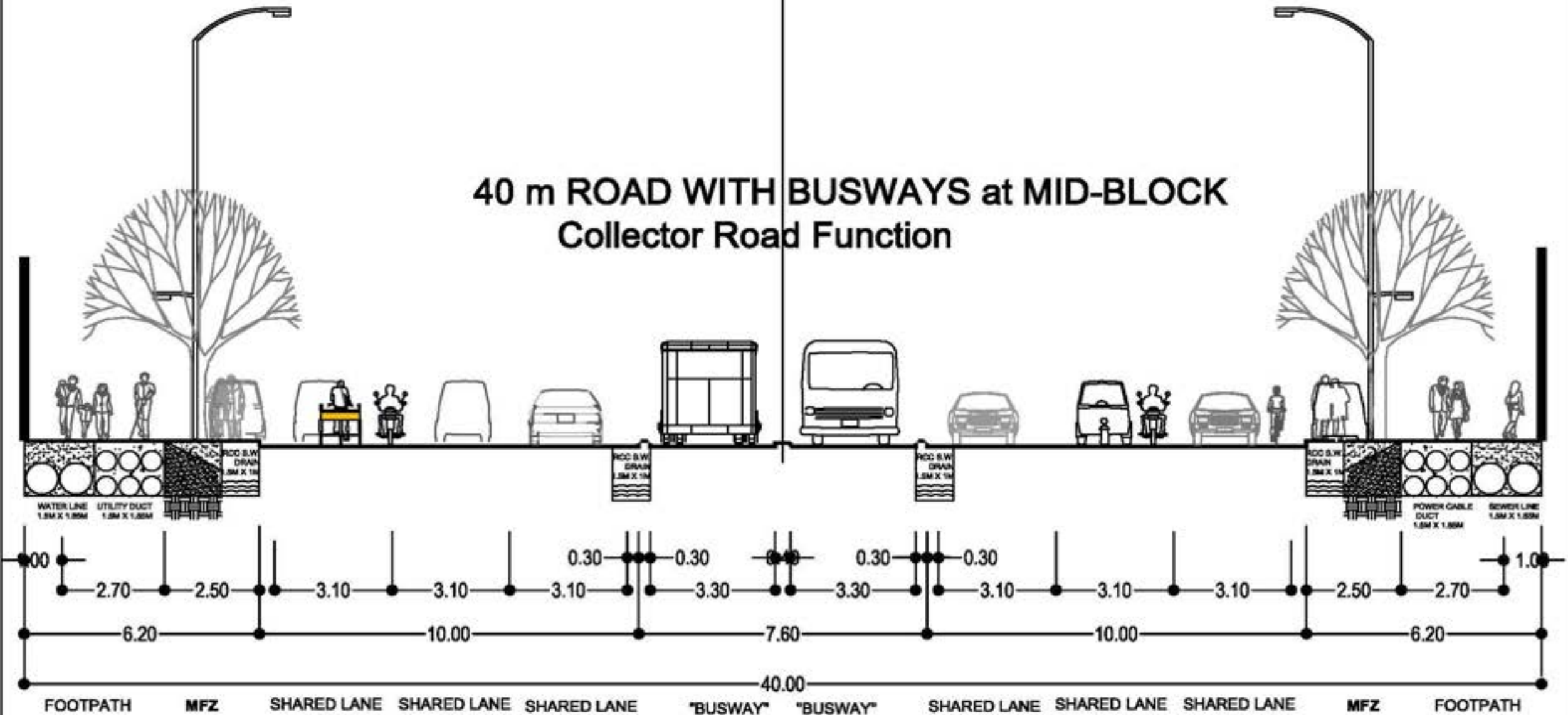


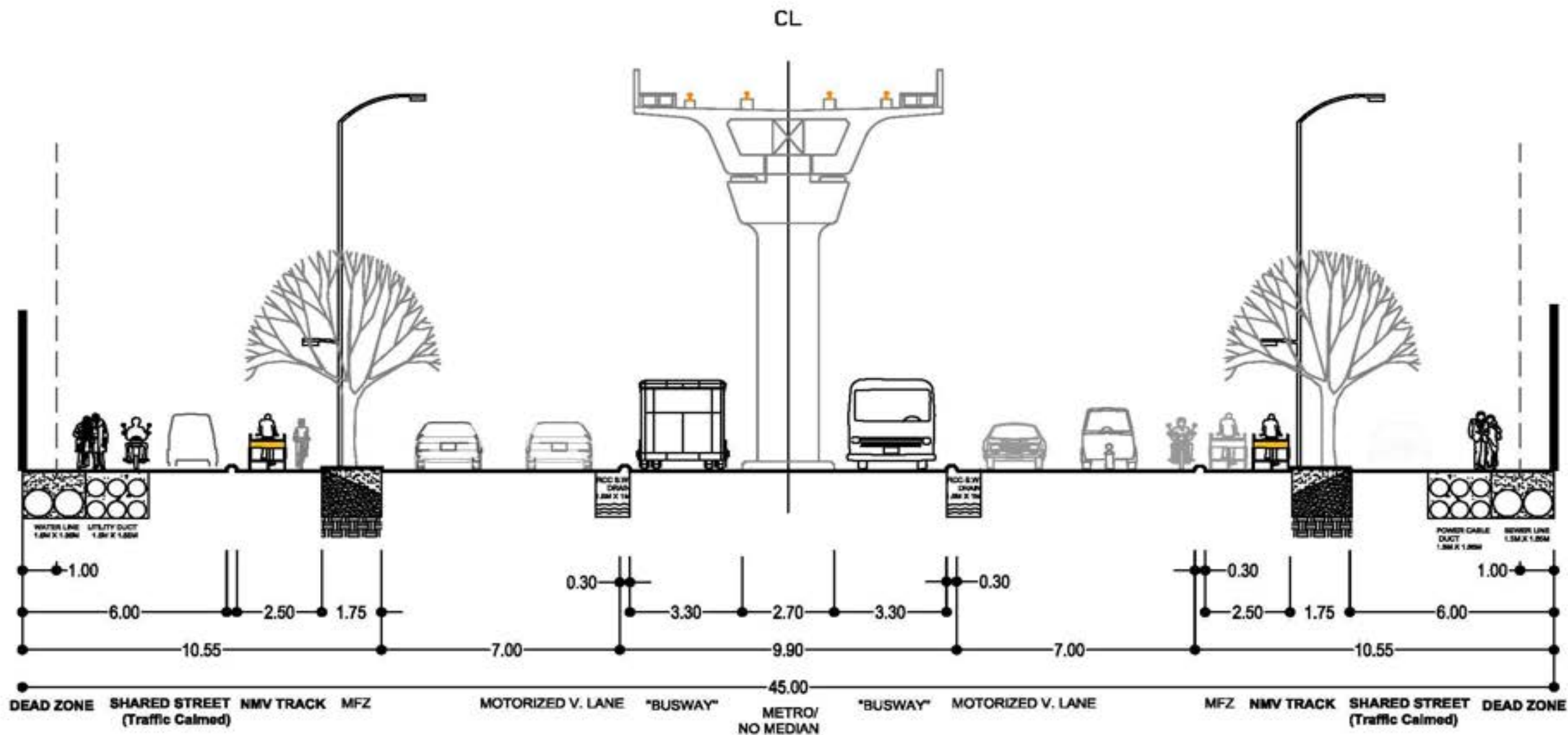




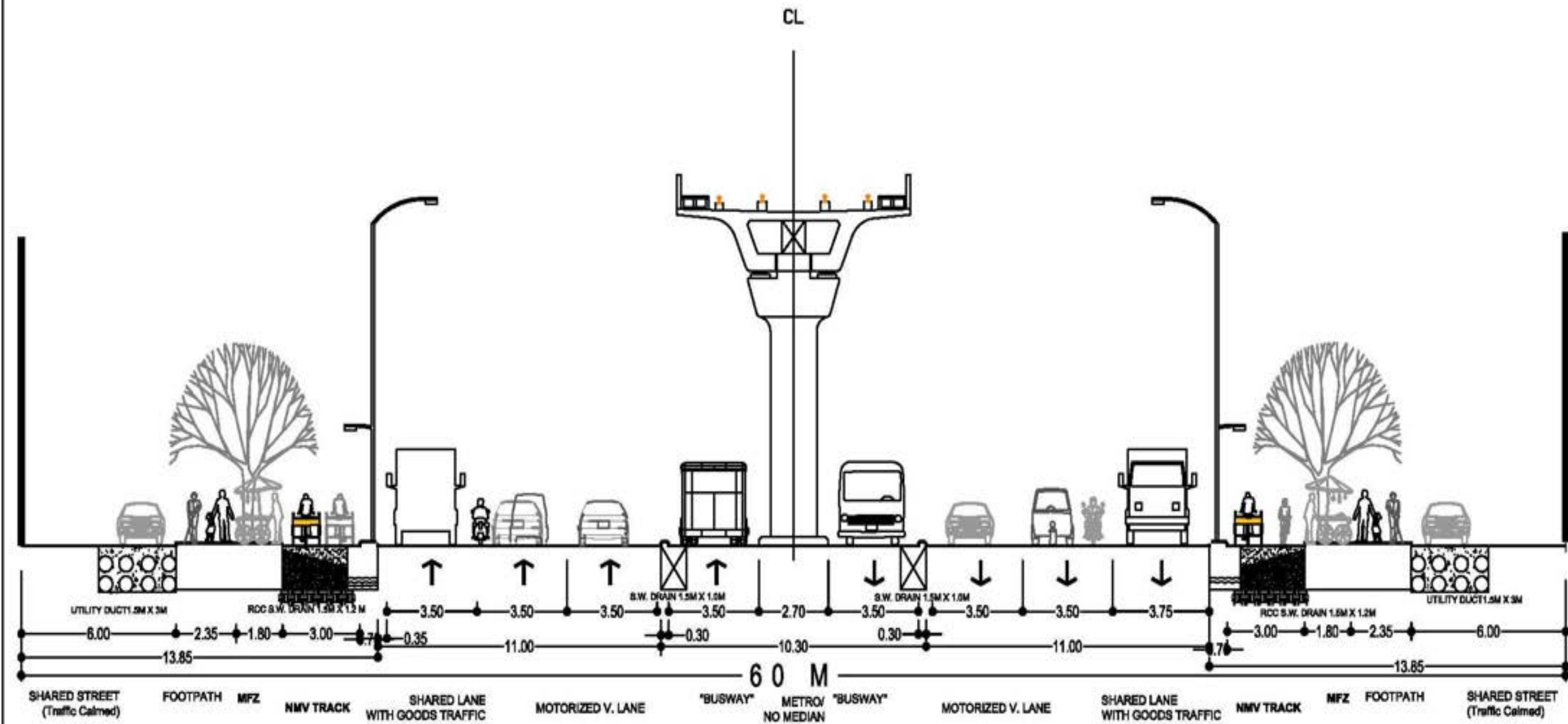
CL

40 m ROAD WITH BUSWAYS at MID-BLOCK Collector Road Function





**45 m ROAD WITH BUSWAYS/ METRO at MID-BLOCK
with Service Lane**



60 M ROAD WITH BRT / METRO WITH RESIDENTIAL LAND USE

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

Όλες οι πιο πάνω τυπικές διατομές είναι από το :
UNIFIED TRAFFIC AND TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE
DEHLI DEVELOPMENT AUTHORITY
2011

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα [1]

Είδη οδοστρωμάτων.

- Στην εποχή μας τα οδοστρώματα χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες
 1. **Εύκαμπτα (flexible)**
 2. **Ημιάκαμπτα/Ημιδύσκαμπτα (semi rigid)**
 3. **Δύσκαμπτα /Άκαμπτα (rigid)**
- Θα εξετάσουμε στη συνέχεια την κάθε μια από τις πιο πάνω κατηγορίες χωριστά και θα επισημάνουμε τις διαφορές μεταξύ τους

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα

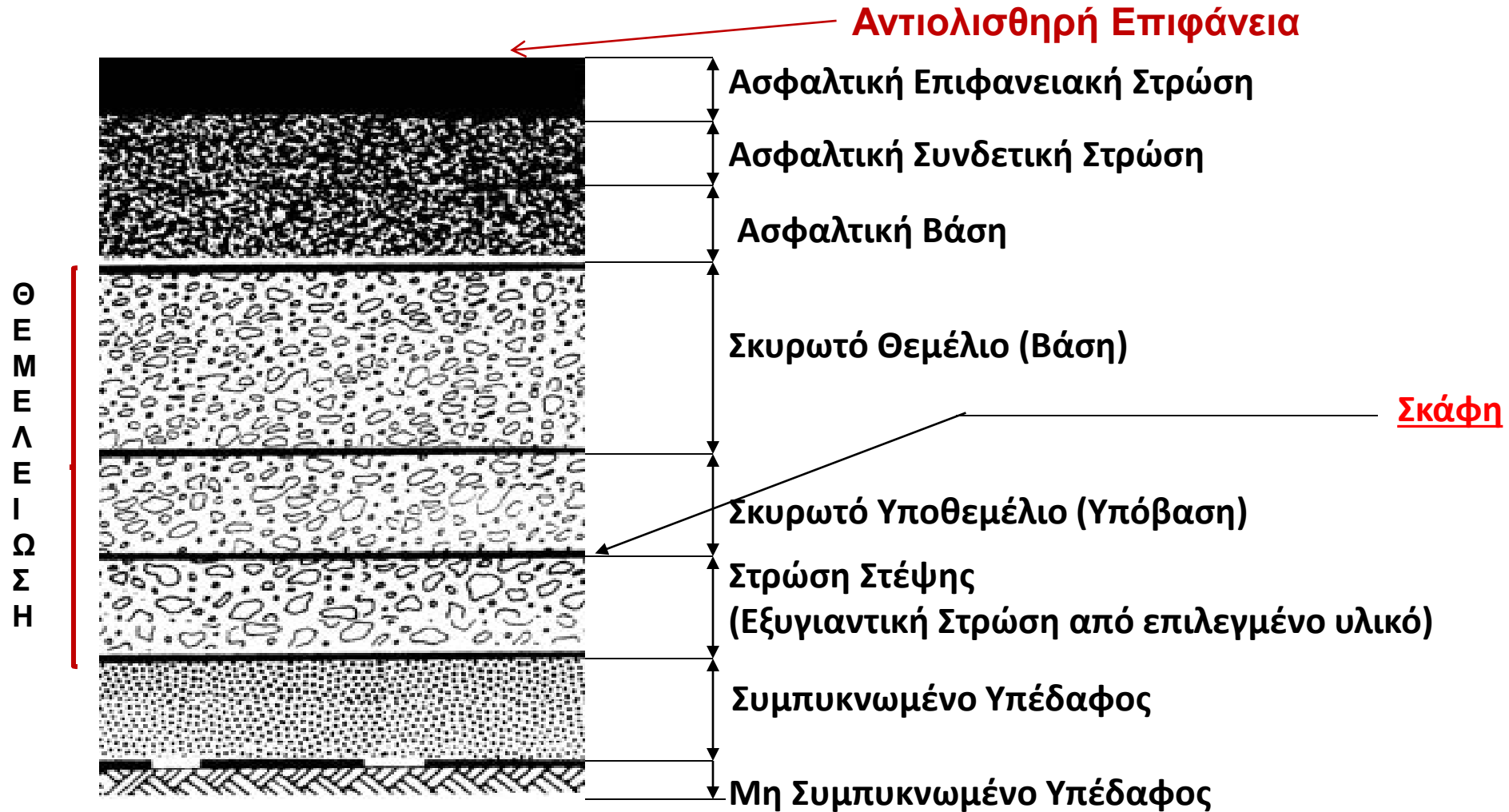
3.1 Εύκαμπτα (flexible)

Τα εύκαμπτα οδοστρώματα αποτελούνται από τις ακόλουθες επί μέρους στρώσεις :

- Ασφαλτική Επιφανειακή Στρώση (τάπητας κυκλοφορίας)
- Ασφαλτική Συνδετική Στρώση
- Ασφαλτική Βάση
- Σκυρωτό Θεμέλιο (Βάση)
- Σκυρωτό Υποθεμέλιο (Υπόβαση)
- Στρώση Στέψης (Εξυγιαντική Στρώση από επιλεγμένο υλικό)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Τυπική Τομή Εύκαμπτου Οδοστρώματος
(κατά Αθ.Φ.Νικολαΐδη)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

- Ο **τάπητας κυκλοφορίας** (επιφανειακή στρώση), η **συνδετική στρώση** και η **ασφαλτική βάση** έχουν όλα σαν **συνδετικό υλικό** την **άσφαλτο**.
- Η βάση και η υπόβαση αποτελούνται συνήθως από ασύνδετα υλικά .
Σκύρα θραυστά ή/και φυσικά αμμοχάλικα πάντοτε με προκαθορισμένη κοκκομετρική διαβάθμιση .

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

✓ τάπητας κυκλοφορίας

- Ο τάπητας κυκλοφορίας είναι η ανώτατη ασφατική στρώση του οδοστρώματος.
- Κύριος σκοπός του είναι να παρέχει επίπεδη και αντλιοσθηρή επιφάνεια κύλισης.
- Η αντλιοσθηρή του ικανότητα μπορεί να προέλθει από την κοκκομετρική διαβάθμιση και σκληρότητα και ανθεκτικότητα των αδρανών υλικών του ασφατομίγματος ή από ειδική υπερκείμενη λεπτή αντλιοσθηρή στρώση .

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

✓ τάπητας κυκλοφορίας

- Ο τάπητας κυκλοφορίας δεν πρέπει να παραμορφώνεται υπό την επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου και πρέπει να ανθίσταται στη ρηγμάτωση.
- Ο τάπητας κυκλοφορίας είναι επιθυμητό :
 1. να συμβάλλει στη αντοχή του οδοστρώματος,
 2. να είναι αδιαπέρατος από το νερό,
 3. να περιορίζει το θόρυβο κυκλοφορίας,

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

✓ συνδετική στρώση

- Η συνδετική στρώση παρέχει την επιφάνεια πάνω στην οποία εδράζεται ο τάπητας κυκλοφορίας.
- Μαζί με την υποκείμενη ασφατική βάση συμβάλλει στη αντοχή του οδοστρώματος και μαζί αποτελούν την κύρια δομική στρώση του εύκαμπτου οδοστρώματος.
- Αν ο τάπητας κυκλοφορίας είναι διαπερατός από το νερό , η συνδετική στρώση πρέπει απαραίτητα να είναι από ασφαλτόμιγμα κλειστού τύπου (πυκνής κοκκομετρικής διαβάθμισης)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

2. Οδοστρώματα. Είδη οδοστρωμάτων .

2.2.1 Εύκαμπτα (flexible)

✓ συνδετική στρώση

• Η συνδετική στρώση :

1. Δεν πρέπει να παραμορφώνεται εύκολα κάτω από τον κυκλοφοριακό φόρτο,
2. Πρέπει να είναι ανθεκτική στη ρηγμάτωση ,
3. Πρέπει να έχει καλή συμπεριφορά σε κόπωση.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

- ✓ ασφαλτική βάση
- Η ασφαλτική βάση μαζί με την συνδετική στρώση είναι η βασική δομική στρώση του εύκαμπτου οδοστρώματος
- Η ασφαλτική βάση κατανέμει την εφαρμοζόμενη φόρτιση της κυκλοφορίας έτσι που να μην υπερφορτίζονται οι υποκείμενες στρώσεις.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.Είδη οδοστρωμάτων .

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

- ✓ ασφαλτική βάση
- Η ασφαλτική βάση πρέπει να παραλαμβάνει τις τάσεις που αναπτύσσονται στο εσωτερικό της.
- Η ασφαλτική βάση είναι η στρώση με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στην ακαμψία του οδοστρώματος και στη αντίσταση του σε κόπωση.
- Λόγω του ασφαλτικού υλικού που περιέχει και του μεγαλύτερου πάχους σε σχέση με άλλες ασφαλτικές στρώσεις συμβάλλει ουσιαστικά στη συμπεριφορά του οδοστρώματος σε παραμένονσα παραμόρφωση.
- Η ασφαλτική βάση είναι κατά συνέπεια απαραίτητο να έχει :
 1. Καλό δυναμικό και στατικό μέτρο δυσκαμψίας ,
 2. Καλή συμπεριφορά σε κόπωση.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

✓ Σκυρωτό Θεμέλιο (Βάση) και Σκυρωτό Υποθεμέλιο (Υπόβαση) [3]

- Η βάση και η υπόβαση είναι στρώσεις από ασύνδετα διαβαθμισμένα αδρανή υλικά .
- Σκοπός των στρώσεων αυτών είναι να μειώσουν περαιτέρω τα κατακόρυφα φορτία κυκλοφορίας που μεταβιβάζονται στο υπέδαφος.
- Η βάση προσφέρει μια καλή επιφάνεια για τη διάστρωση και συμπύκνωση της ασφαλικής βάσης .
- Κατά τη κατασκευή τόσο η υπόβαση όσο και η βάση προσφέρουν μια καλή επιφάνεια για την κυκλοφορία των μηχανημάτων οδοποιίας.
- Έμμεσα η βάση μαζί με την υπόβαση λειτουργούν ως αντιπαγετική στρώση.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

✓ Στρώση Στέψης(Εξυγιαντική Στρώση) [3]

1. Έχει ως σκοπό την βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους και την προστασία του από διατάραξη αλλοίωση και καταστροφή κατά την διάρκεια της κατασκευής καθώς και καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος και
2. Κατασκευάζεται, από σχετικά φθηνά κατάλληλα αδρανή υλικά, μεταξύ του υπεδάφους και της βάσης/υπόβασης.

Σημείωση

- Οι στρώσεις βάσης και υπόβασης μαζί με την στρώση στέψης (όταν χρησιμοποιείται) θεωρείται ότι αποτελούν την ΘΕΜΕΛΕΙΩΣΗ του οδοστρώματος.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

✓ Μη δομικά στοιχεία οδοστρώματος

- Ως μη δομικά στοιχεία οδοστρώματος ορίζονται

1. Η στραγγιστική στρώση και

2. Η αντιπαγετική στρώση .

- Η κάθε στρώση ή και οι δύο μαζί όταν κατασκευάζονται δεν θεωρούνται ότι συμβάλλουν ουσιαστικά στη αντοχή του οδοστρώματος.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

Μη δομικά στοιχεία οδοστρώματος

✓ στραγγιστική στρώση

- Η στραγγιστική στρώση σκοπό έχει την προστασία του υπεδάφους από τα εισερχόμενα όμβρια ύδατα διαμέσω των υπερκείμενων στρώσεων. της εξυγιαντικής στρώσης καθώς και της βάσης και της υπόβασης
- Τόσο κατά τη διάρκεια κατασκευής όσο και κατά τη διάρκεια της ζωής του οδοστρώματος

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

Μη δομικά στοιχεία οδοστρώματος

- ✓ στραγγιστική στρώση
- Η στραγγιστική στρώση είναι χρήσιμη όταν ο υδροφόρος ορίζοντας είναι ψηλά και το υπέδαφος ευαίσθητο στη υγρασία.
- Η στραγγιστική στρώση κατασκευάζεται μεταξύ του υπεδάφους ή της εξυγιαντικής στρώσης και της βάσης/υπόβασης και συνδέεται με γραμμικά στραγγιστίρια.
- Το πάχος της είναι συνήθως 200 mm και ποτέ μικρότερο από 150 mm

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

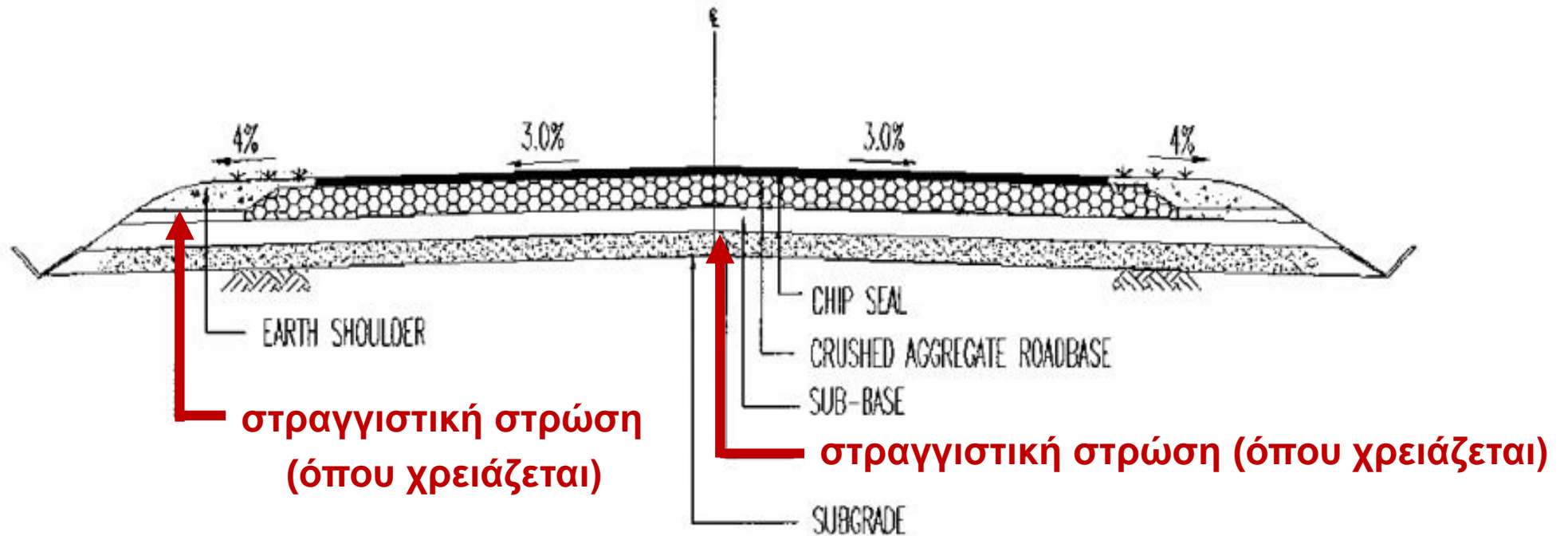
Μη δομικά στοιχεία οδοστρώματος

✓ στραγγιστική στρώση

- Για να αποφευχθεί η διείσδυση πολύ λεπτών σωματιδίων (ιλύος) από το περιβάλλον υπέδαφος σε καμία περίπτωση δεν δρα για ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα.
- Στη περίπτωση που απαιτείται ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα η θέση της πρέπει να είναι βαθύτερα στο υπέδαφος.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.1 Εύκαμπτα (flexible)

Μη δομικά στοιχεία οδοστρώματος

- ✓ αντιπαγετική στρώση
- Η αντιπαγετική στρώση, όταν απαιτείται , κατασκευάζεται για την προστασία του ευαίσθητου σε παγοπληξία υπεδάφους.
- Η στρώση αυτή είναι προέκταση της βάσης/υπόβασης και το πάχος της πρέπει να είναι τέτοιο ώστε το συνολικό πάχος του οδοστρώματος να είναι ίσο ή μεγαλύτερο του βάθους διείσδυσης του παγετού.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

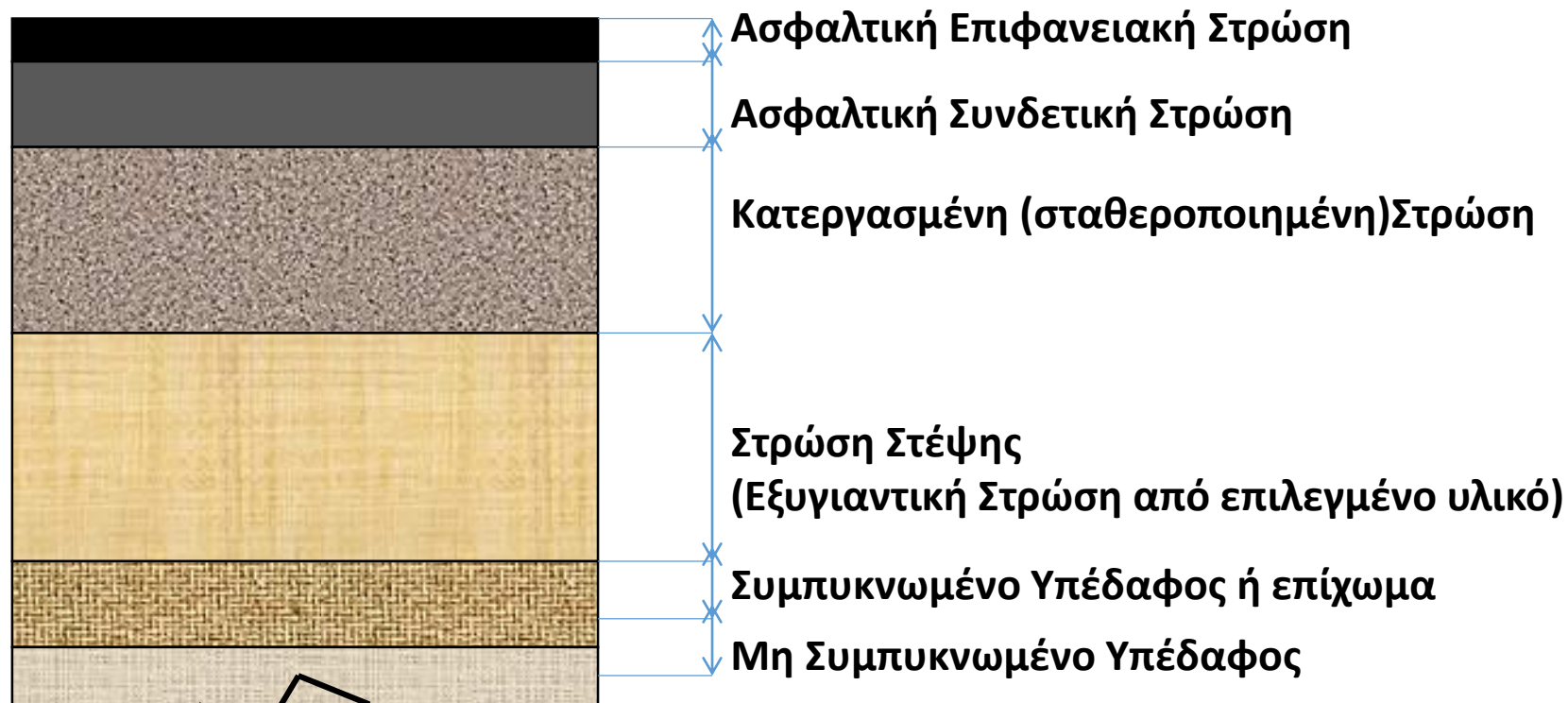
3. Οδοστρώματα.

3.2 Ημιάκαμπτα/Ημιδύσκαμπτα (semi rigid)

- Τα τελευταία χρόνια τα οδοστρώματα με σταθεροποιημένες στρώσεις έδρασης παρουσιάζουν σημαντικά οικονομικά, περιβαλλοντικά και τεχνικά πλεονεκτήματα και βρίσκουν εκτεταμένη εφαρμογή.
- Όπως φαίνεται στη τυπική τομή που ακολουθεί τα οδοστρώματα αυτά αποτελούνται από :
- Ασφαλτική Επιφανειακή Στρώση (τάπητας κυκλοφορίας)
- Ασφαλτική Συνδετική Στρώση
- Κατεργασμένη (σταθεροποιημένη) Στρώση
- Στρώση Στέψης (Εξυγιαντική Στρώση από επιλεγμένο υλικό)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



**Τυπική Τομή
Ημιάκαμπτου Οδοστρώματος**

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.2 Ημιάκαμπτα/Ημιδύσκαμπτα (semi rigid)

- Η ασφαλική επιφανειακή στρώση, η συνδετική στρώση καθώς και η στρώση στέψης είναι πανομοιότυπες με τις στρώσεις για τα εύκαμπτα οδοστρώματα που μιλήσαμε προηγουμένως.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.2 Ημιάκαμπτα/Ημιδύσκαμπτα (semi rigid)

✓ Κατεργασμένη στρώση

- Πρόκειται για μίγματα εδαφικών υλικών ή αδρανών υλικών αναμεμιγμένων με υδραυλικές κονίες και νερό.
- Μετά την ανάμιξή τους διαστρώνονται, σε στρώσεις προκαθορισμένου πάχους και συμπυκνώνονται, συνήθως με οδοστρωτήρα και σε σπανιότερες περιπτώσεις με ειδικά μηχανήματα.
- Οι στρώσεις που κατασκευάζονται με τον τρόπο αυτό αποτελούν τη βάση, την υπόβαση ή τη στρώση έδρασης του οδοστρώματος. Οι στρώσεις αυτές έχουν μεγάλη φέρουσα ικανότητα σε σχέση με τις αντίστοιχες στρώσεις που κατασκευάζονται από ασύνδετα υλικά.

Στοιχεία Οδοποιίας

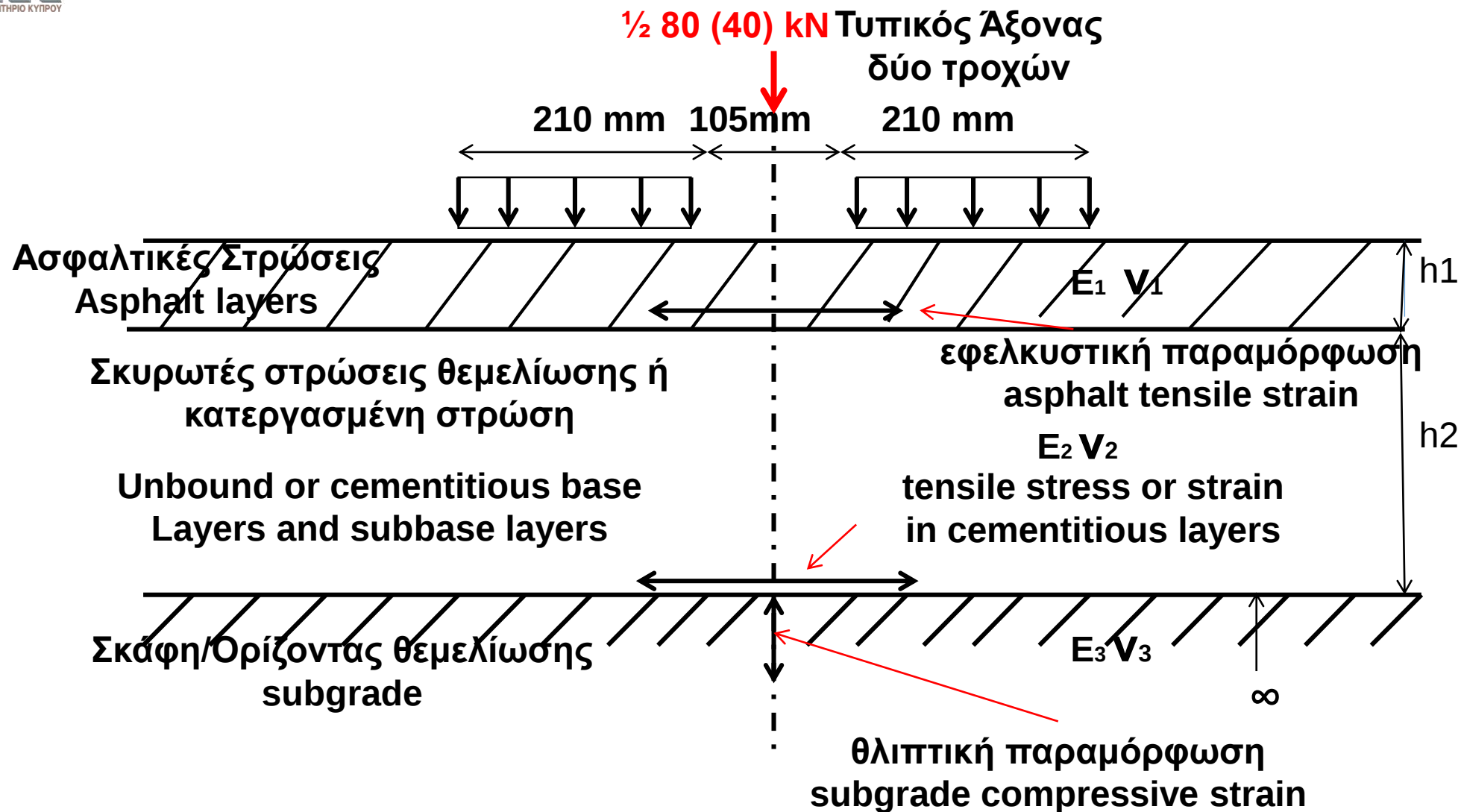
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3. Οδοστρώματα.

3.2 Ημιάκαμπτα/Ημιδύσκαμπτα (semi rigid)

✓ Κατεργασμένη στρώση [5]

- Τα κατεργασμένα μίγματα διακρίνονται ανάλογα με το υλικό που υφίσταται κατεργασία σε:
 1. Εδαφικά υλικά σταθεροποιημένα με υδραυλικές κονίες
 2. Κοκκώδη αδρανή υλικά (φυσικά - συλλεκτά ή θραυστά λατομείου ή φυσικές αποθέσεις) κατεργασμένα με υδραυλικές κονίες.
- Οι υδραυλικές κονίες συνήθως είναι:
 - Τσιμέντο Πόρτλαντ , → Ιπτάμενη Τέφρα,
 - Σκωρία Υψικαμίνων → Υδράσβεστος .



Συμπεριφορά εύκαμπτου (και ημιδύσκαμπτου) [6]

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3.Οδοστρώματα.

3.3 Δύσκαμπτα /Άκαμπτα (rigid) [1]

- Τα οδοστρώματα αυτά αποτελούνται από :
- Πλάκα από Σκυρόδεμα (οπλισμένο ή άοπλο) με προαιρετική επιφανειακή ασφαλτική στρώση
- Υποθεμέλιο
- Στρώση Έδρασης (Εξυγιαντική Στρώση από επιλεγμένο υλικό)
- Το υποθεμέλιο όπως και η στρώση έδρασης έχουν περιγραφεί ικανοποιητικά πιο πάνω.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



**Τυπική Τομή
Άκαμπτου Οδοστρώματος**

Στοιχεία Οδοποιίας

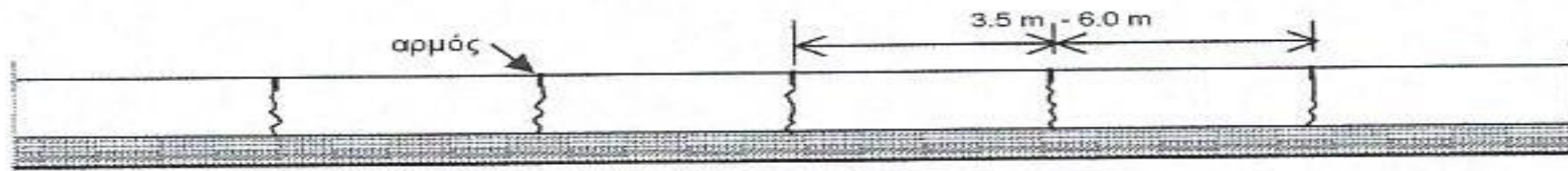
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

3.Οδοστρώματα.

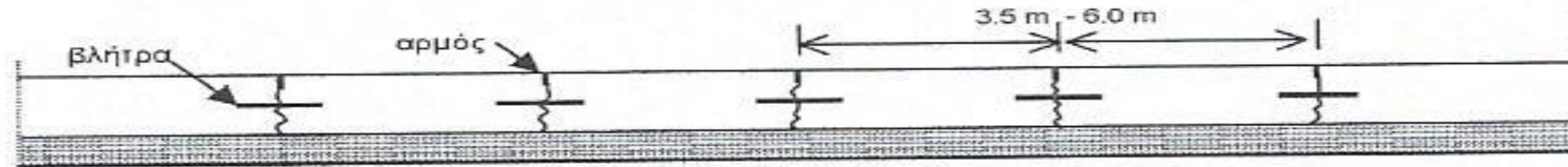
3.3 Δύσκαμπτα /Άκαμπτα (rigid)

✓ Πλάκα από Σκυρόδεμα

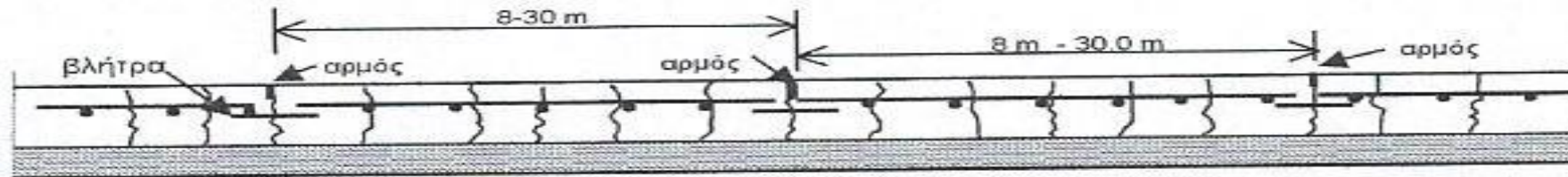
1. τα οδοστρώματα από άοπλο σκυρόδεμα με αρμούς
2. τα οδοστρώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα με αρμούς
3. τα οδοστρώματα χωρίς αρμούς με συνεχή οπλισμό
4. τα οδοστρώματα από προεντεταμένο σκυρόδεμα
5. τα οδοστρώματα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα. (Η συμπύκνωση γίνεται με οδοστρωτήρες αντί της συμπακνώσεως με δονητές μάζας)



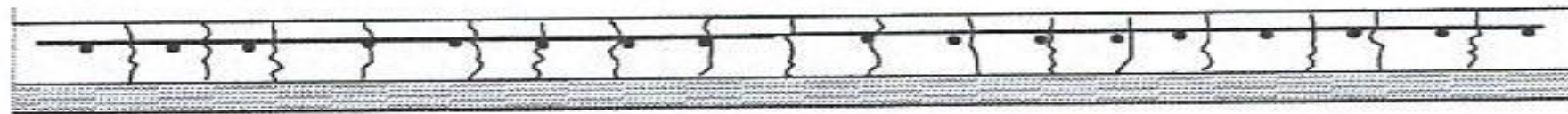
Σχ. 3α : Οδόστρωμα από άοπλο σκυρόδεμα με αρμούς χωρίς βλήτρα (δονούμενο ή κυλινδρούμενο)



Σχ 3β : Οδόστρωμα από άοπλο σκυρόδεμα με αρμούς με βλήτρα (δονούμενο)



Σχ 3 γ : Οδόστρωμα από οπλισμένο σκυρόδεμα με αρμούς (δονούμενο)



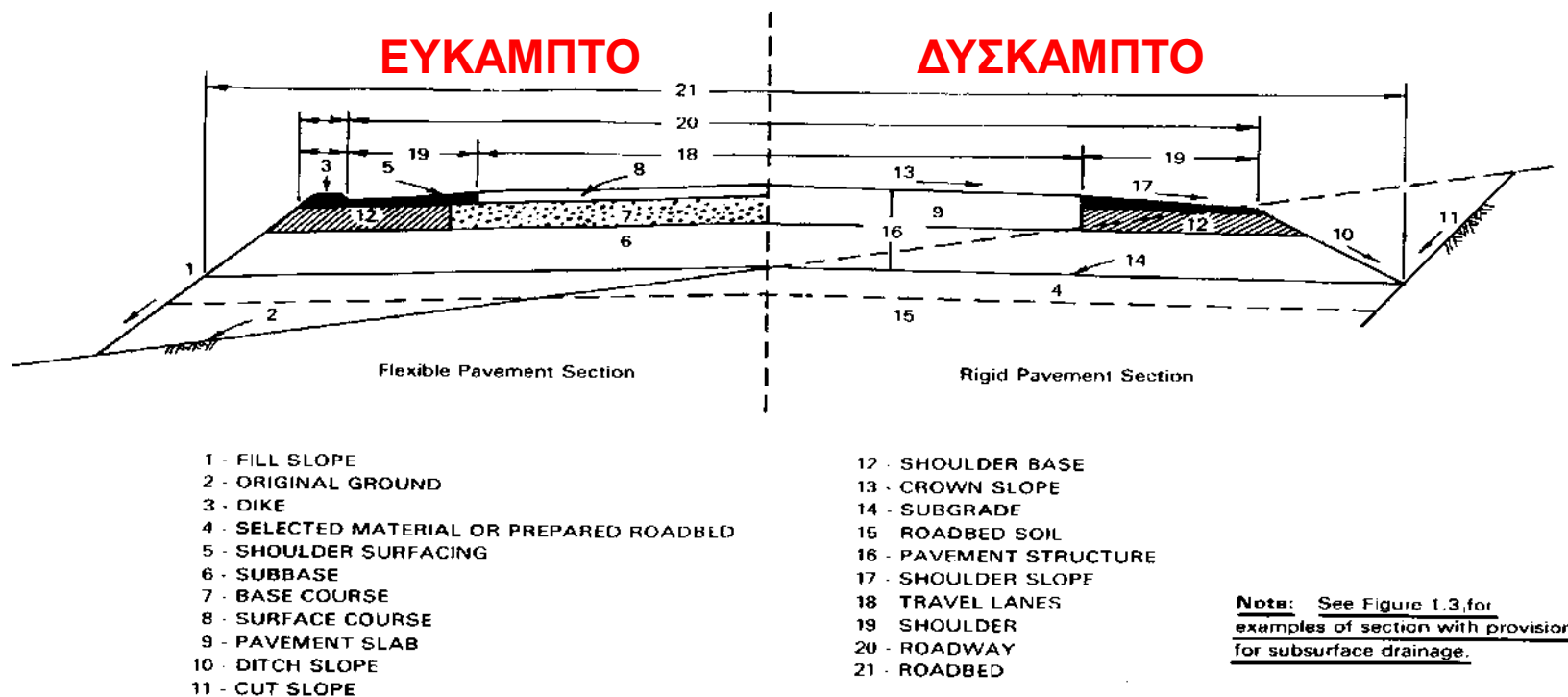
Σχ 3 δ : Οδόστρωμα με συνεχή οπλισμό (χωρίς αρμούς).



Δύσκαμπτα Οδοστρώματα [5]

Στοιχεία Οδοποιίας

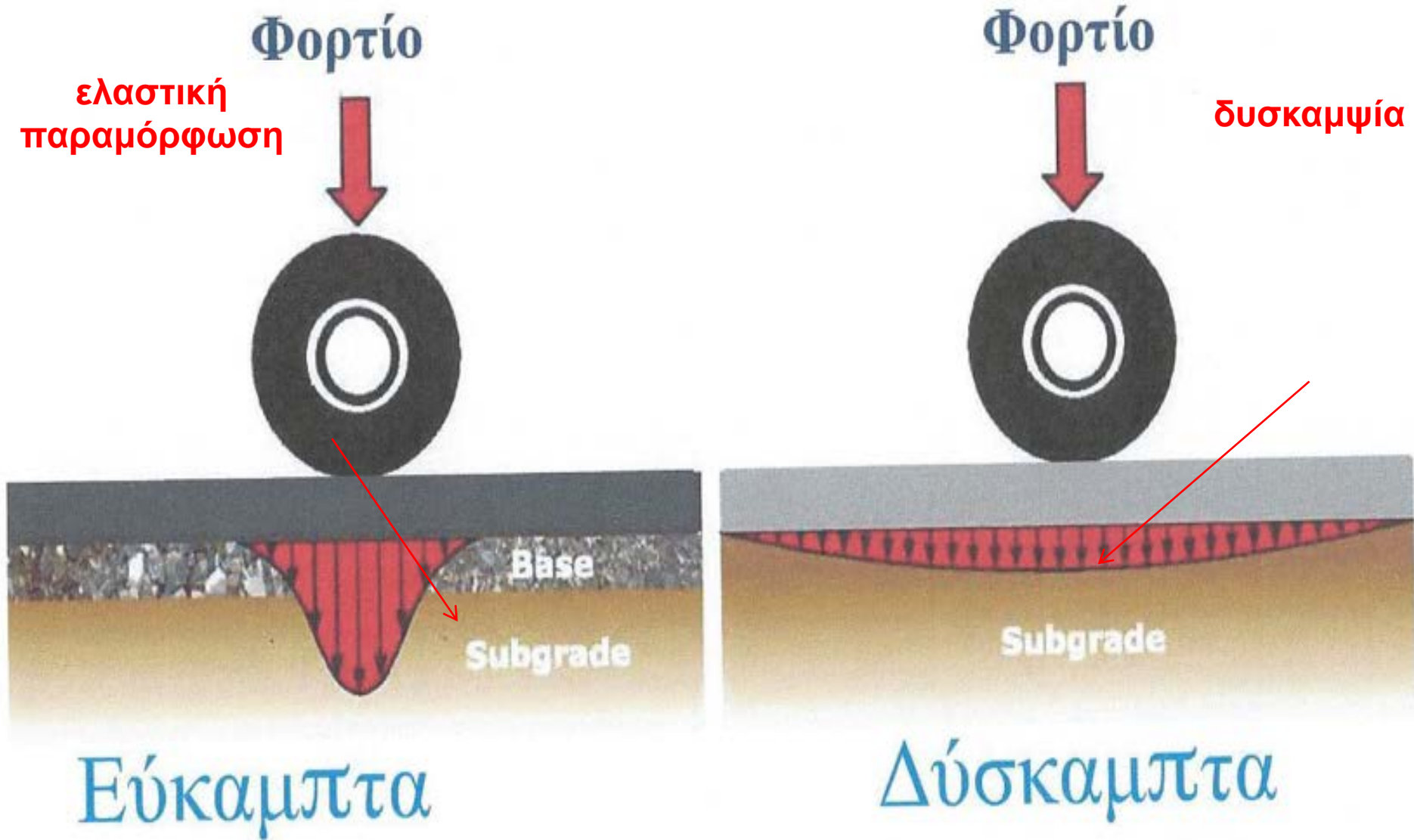
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Structural Design Terms

Figure 1.1. Typical section for rigid or flexible pavement structure.

ΤΥΠΙΚΗ ΤΟΜΗ
κατά AASHTO [9]



σύγκριση φόρτισης ευκάμπτου και δύσκαμπτου οδοστρώματος

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

ΕΥΚΑΜΠΤΟ

ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ

40-350mm

ΒΑΣΗ (ΘΡΑΥΣΤΟ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ)

100-300mm

ΥΠΟΒΑΣΗ(ΦΥΣΙΚΟ ή ΘΡΑΥΣΤΟ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ)

100-300mm

ΣΤΡΩΣΗ ΕΔΡΑΣΗΣ

ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟ ΕΔΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ή ΣΥΛΛΕΚΤΟ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ

500-700mm

ΦΥΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ ή ΕΠΙΧΩΜΑ

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

ΗΜΙΔΥΣΚΑΜΠΤΟ

ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ

80-200mm

ΚΑΤΕΡΓΑΣΜΕΝΗ ΣΤΡΩΣΗ

200-400mm

ΣΤΡΩΣΗ ΕΔΡΑΣΗΣ

ΦΥΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ ή ΕΠΙΧΩΜΑ

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

ΔΥΣΚΑΜΠΤΟ

ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ (ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΗ)

40-100mm

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

150-350 mm

ΥΠΟΒΑΣΗ

150-300 mm

ΣΤΡΩΣΗ ΕΔΡΑΣΗΣ

ΦΥΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ ή ΕΠΙΧΩΜΑ

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ ΚΑΙ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

Κυκλοφοριακός Φόρτος [1]

- Η ποσοτική αποτίμηση του κυκλοφοριακού φόρτου σε μια και μοναδική έκφραση είναι ένα αρκετά σύνθετό και δύσκολο εγχείρημα.
- Η μοναδική αυτή τιμή θα πρέπει να εκφράζει ταυτόχρονα τα αριθμητικά, γεωμετρικά και δυναμικά χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας.
- Για την έκφραση της κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται διεθνώς δύο βασικές μονάδες μέτρησης :

➤ Οι Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων (ΜΕΑ) passenger car units (pcu)

➤ Οι Ισοδύναμοι Τυπικοί Άξονες (ΙΤΑ) equivalent standard axles (esa)

• Οι ΜΕΑ χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό της κυκλοφοριακής ικανότητας (χωρητικότητας) της οδού.

• Οι ΙΤΑ χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό της δομικής ικανότητας του οδοστρώματος.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Μεταξύ 1956-62 έγινε στις ΗΠΑ το AASHO Road Test
- Ένας από τους βασικούς σκοπούς του πειράματος AASHO ήταν η διερεύνηση της καταστρεπτικής επίδρασης των εμπορικών οχημάτων σε σχέση με τα αξονικά τους φορτία.
- Το πείραμα AASHO αποτελείτο από 6 δοκιμαστικά τμήματα δρόμου 2 λωρίδων κυκλοφορίας κατά μήκος του προτεινόμενου αυτοκινητόδρομου [Interstate 80 - Ottawa, Illinois](#).
- Κάθε λωρίδα κυκλοφορίας δέχτηκε επαναλαμβανόμενη κυκλοφοριακή φόρτιση από συγκεκριμένο τύπο εμπορικού οχήματος γνωστού αξονικού φορτίου

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Το οδόστρωμα σε κάθε δοκιμαστικό τμήμα ήταν διαφορετικό για να καταστεί δυνατό να συλλεχθούν πληροφορίες αναφορικά με το συσχετισμό φορτίου και οδοστρώματος.
- Για να διερευνηθεί η επίδραση των κλιματολογικών συνθηκών σε συσχετισμό με τις γεωτεχνικές συνθήκες έγιναν διάφορα δοκιμαστικά τμήματα και σε άλλα μέρη της χώρας.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Χρησιμοποιήθηκαν συμβατικά εμπορικά οχήματα της εποχής με διαφορετικά αξονικά φορτία.
- Σχεδόν αυθαίρετα επιλέχθηκε ως αντιπροσωπευτικός (για την εποχή) ένας άξονας με δίδυμους τροχούς και φορτίο

➤ **18,000 lb 8,16 tones**

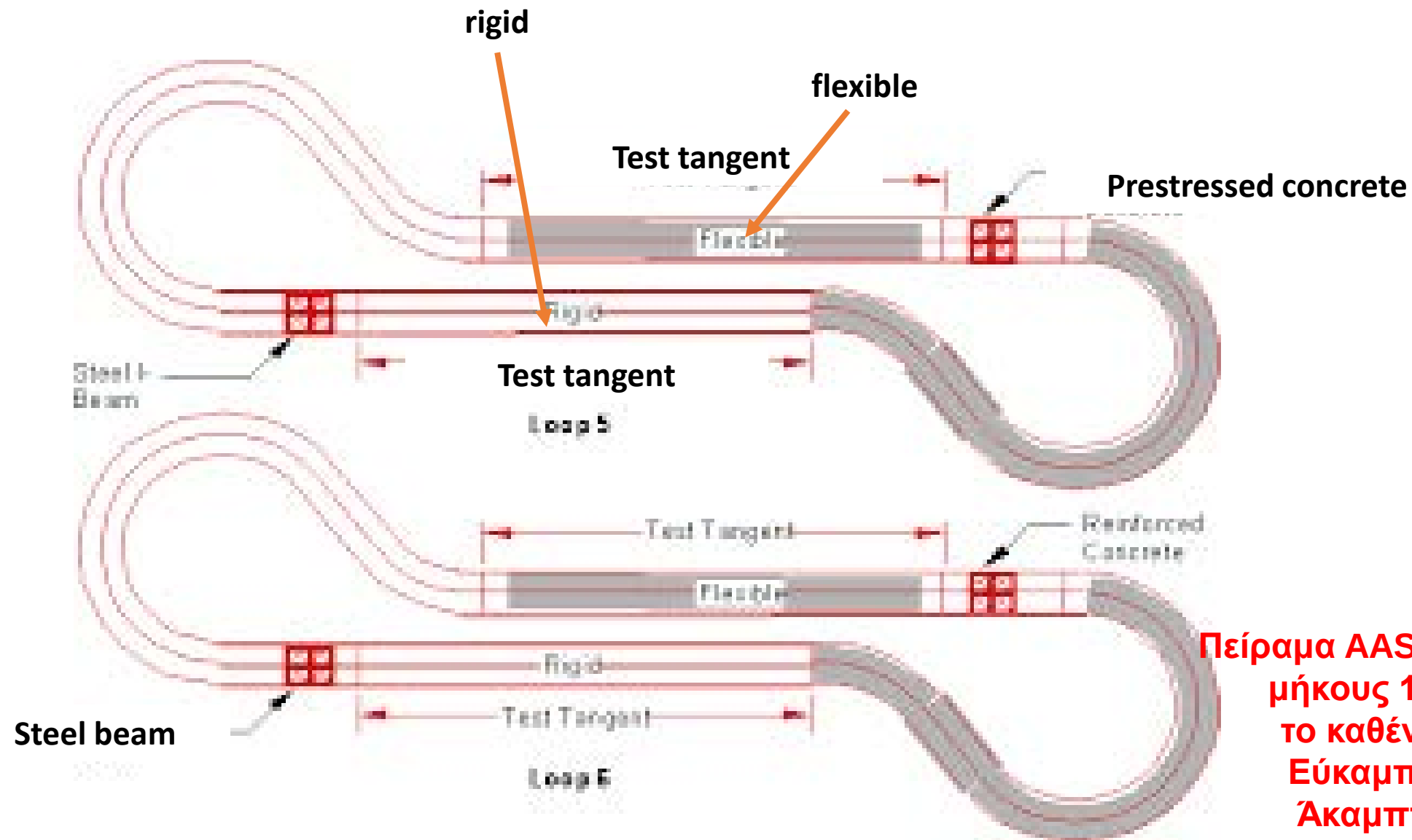
- Για τον άξονα αυτό θεωρήθηκε ότι με μία διέλευση επέρχεται καταστροφή ίση με την μονάδα.



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα





Πείραμα AASHTO (τμήματα 5 και 6)
μήκους 1,877 km περίπου
το καθένα περιλαμβάνει
Εύκαμπτο Οδόστρωμα
Άκαμπτο Οδόστρωμα
Γέφυρα προ ενταταμένο
Γέφυρα με χαλύβδινες δοκούς (I beams)



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Πείραμα AASHO
σημερινή κατάσταση πειραματικού τμήματος

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

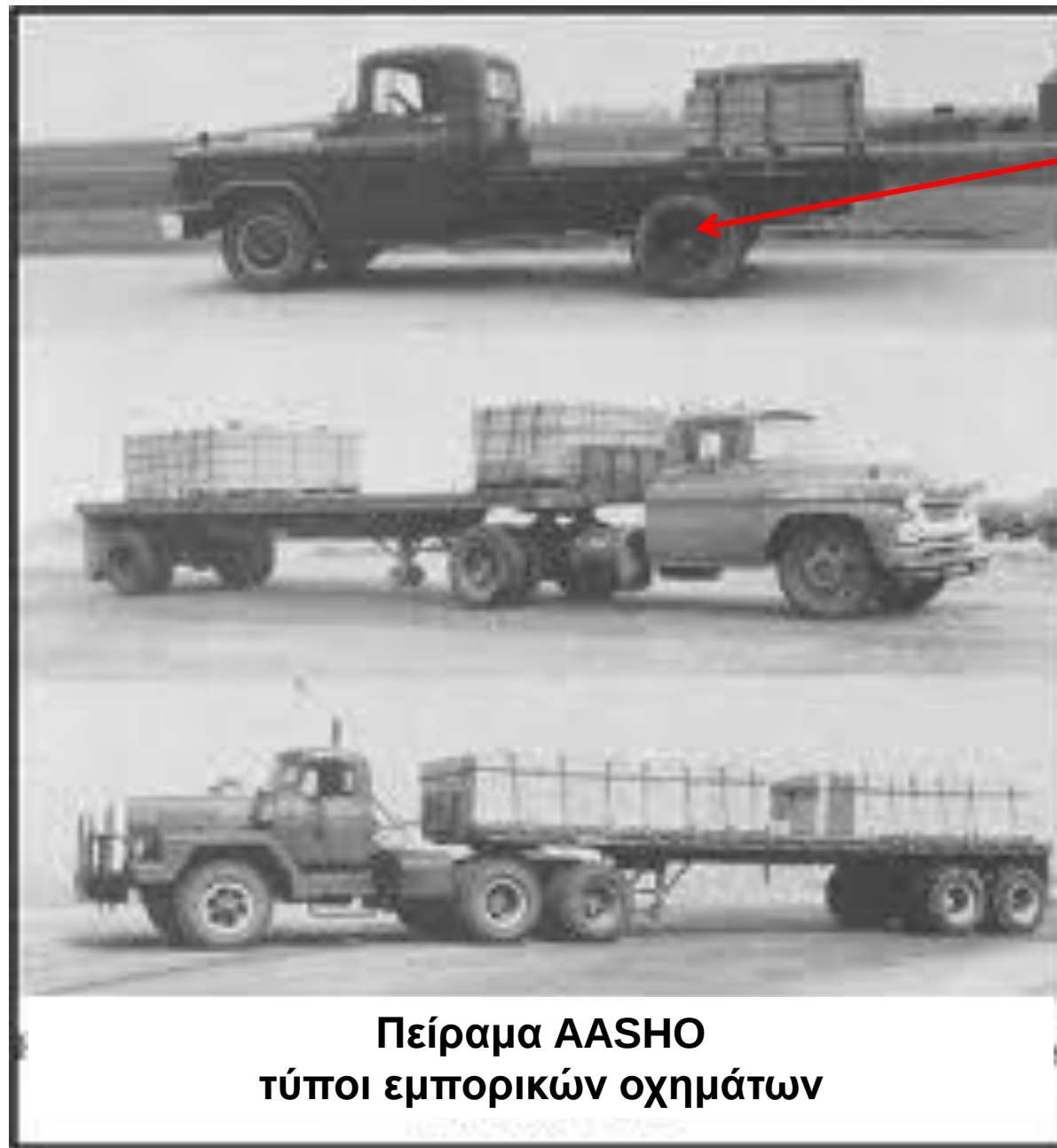
4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Η καταστρεπτική επίδραση των αξονικών φορτίων με μικρότερο ή με μεγαλύτερο φορτίο από αυτό των 8.16 τόνων (80 kN) εκφράζεται με συντελεστές μικρότερους ή μεγαλύτερους της μονάδας.
- Καθορίζοντας τους συντελεστές αυτούς δίδεται η δυνατότητα της μετατροπής και έκφρασης του κυκλοφοριακού φόρτου με τα διαφορετικά αξονικά φορτία σε μια μοναδική μεταβλητή αυτή του

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΤΥΠΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ (ΙΤΑ)

- Για το καθορισμό των συντελεστών ισοδυναμίας χρησιμοποιούνται οι θεμελιώδεις εξισώσεις που ακολουθούν



AXLE WEIGHTS & DISTRIBUTIONS USED ON VARIOUS LOOPS OF THE ASSHO ROAD TEST

LOOP LANE	WEIGHT IN TONS		
	FRONT AXLE	LOAD AXLE	GROSS WEIGHT
① ②	LOAD	LOAD	
	0.9	0.9	1.8
② ③	FRONT	LOAD	
	0.9	2.7	3.6
③ ④	FRONT	LOAD	
	1.8	5.5	12.7
④ ⑤	FRONT	LOAD	
	2.7	10.9	24.6
⑤ ⑥	FRONT	LOAD	
	2.7	8.2	19.1
⑥ ⑦	FRONT	LOAD	
	4.1	14.6	33.2
⑦ ⑧	FRONT	LOAD	
	2.7	10.2	23.2
⑧ ⑨	FRONT	LOAD	
	4.1	18.2	40.5
⑨ ⑩	FRONT	LOAD	
	4.1	13.6	31.4
⑩ ⑪	FRONT	LOAD	
	5.5	21.8	49.1

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Εξίσωση καθορισμού συντελεστή ισοδυναμίας :

$$N_i/N_j = (P_j/P_i)^{\gamma} \dots\dots\dots(1)$$

$$N_T = a N_j \dots\dots\dots(2)$$

Όπου:

N_j = αριθμός διελεύσεων αξόνων με φορτίο P_j για να προκαλέσει καταστροφή του οδοστρώματος.

N_i = αριθμός διελεύσεων αξόνων με φορτίο P_i (8.16 τόνους) για να επιφέρει ισοδύναμη καταστροφή του οδοστρώματος.

γ = αριθμητική μεταβλητή

N_T = αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού άξονα

a = συντελεστής ισοδυναμίας $(=P_j/P_i)^{\gamma}$

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Από το πείραμα AASHO υπολογίσθηκαν συντελεστές ισοδυναμίας για εύκαμπτα και δύσκαμπτα οδοστρώματα για μονούς, δίδυμους και τρίδυμους άξονες.
- Οι συντελεστές αυτοί εξαρτώνται από τη συνολική κατάσταση του οδοστρώματος μετά από διελεύσεις N .
- Από τα αποτελέσματα του ιδίου πειράματος βρέθηκε ότι η αριθμητική μεταβλητή " γ " για εύκαμπτα οδοστρώματα μεταβάλλεται από $\gamma = 3.6$ μέχρι 4.6
- Παρόλη τη μεταβλητότητα της εκθετικής τιμής γ καθιερώθηκε να χρησιμοποιείται μόνο μία τιμή

$$\underline{\gamma = 4}$$

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Σε ορισμένες χώρες η μεταβλητή “γ” αναφέρεται και ως Συντελεστής Καταπόνησης (Damage Factor)
- Σήμερα επικρατούν δύο πρακτικές μετατροπής του κυκλοφοριακού φόρτου σε ΙΤΑ:
 1. των ΗΠΑ κατά AASHO και
 2. αυτής που υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$a=(P_j/P_i)^4$$

Όπου: P_j = φορτίο P τυχόντος άξονα j

P_i = τυπικού άξονα ίσο με 8.16 τόνους (80kN)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Με τη θεμελιώδη εξίσωση της ισοδυναμίας:
 1. Υποτιμάται σε εκθετικό βαθμό η καταστρεπτική ικανότητα των αξόνων με μικρότερο φορτίο από τον τυπικό άξονα,
 2. Υπερεκτιμάται σε εκθετικό βαθμό η καταστρεπτική ικανότητα των αξόνων με μεγαλύτερο φορτίο από τον τυπικό άξονα.
- Όταν χρησιμοποιείται η πιο πάνω εξίσωση οι δίδυμοι και τρίδυμοι άξονες λαμβάνονται μεμονωμένοι δηλαδή:
 - 1 δίδυμος των 24 τόνων = 2 μονοί άξονες των 12 τόνων
 - 1 τρίδυμος των 19 τόνων = 3 μονοί άξονες των 6.33 τόνων

Axle Type	Axle Load		Load Equivalency Factor (from AASHTO, 1993)	
	(kN)	(lbs)	Flexible	Rigid
Single axle	8.9	2,000	0.0003	0.0002
	44.5	10,000	0.118	0.082
	62.3	14,000	0.399	0.341
	80.0	18,000	1.000	1.000
	89.0	20,000	1.4	1.57
	133.4	30,000	7.9	8.28
Tandem axle	8.9	2,000	0.0001	0.0001
	44.5	10,000	0.011	0.013
	62.3	14,000	0.042	0.048
	80.0	18,000	0.109	0.133
	89.0	20,000	0.162	0.206
	133.4	30,000	0.703	1.14
	151.2	34,000	1.11	1.92
	177.9	40,000	2.06	3.74
	222.4	50,000	5.03	9.07
.Some Typical Load Equivalency Factors (from AASHTO, 1993)				

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

Μεταβλητότητα συντελεστή καταπόνησης (γ) [1]

χώρα	μεταβλητές	κριτήριο	τιμή “ γ ”
ΗΠΑ	μονός και δίδυμος άξονας	δείκτης εξυπηρετικότητας	3.6-4.6
Ιταλία	συστήματα αξόνων βαρέων οχημάτων	ρηγμάτωση ασφαλτοτάπητα	1.2-3.0
Φιλλανδία	δίδυμος άξονας με δίδυμους τροχούς και κίνηση	παραμόρφωση εδάφους έδρασης	3.3 & 4.0
Γαλλία	διαφορετικό αξονικό φορτίο 100 kN 130 kN	παραμόρφωση (βάθος αυλάκωσης)	1.3-2.1 8.1-9.6

Table 2.1 Commercial Vehicle Classes and Categories

Commercial vehicle (cv)	cv class*	cv category
	Buses and Coaches	PSV
	2-axle rigid	OGV1
	3-axle rigid	
	3-axle articulated	OGV2
	4-axle rigid	
	4-axle articulated	
	5-axle articulated	
	6 (or more) -axle articulated	

* Classed by axles in contact with the road
PSV = Public Service Vehicle
OGV = Other Goods Vehicle

Table 2.3 Wear Factors for cv Classes and Categories

Wear Factors	Maintenance W_M	New W_N
Buses and Coaches	2.6	3.9
2-axle rigid	0.4	0.6
3-axle rigid	2.3	3.4
4-axle rigid	3.0	4.6
3 and 4-axle articulated	1.7	2.5
5-axle articulated	2.9	4.4
6-axle articulated	3.7	5.6
OGV1 + PSV	0.6	1.0
OGV2	3.0	4.4

W_M = wear factor maintenance

W_N = Wear factor new design

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Σήμερα σχεδόν όλες οι σύγχρονες μέθοδοι διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων χρησιμοποιούν την έννοια του ΙΤΑ ως μια από τις θεμελιώδης παραμέτρους για την διαδικασία υπολογισμού του πάχους των στρώσεων των οδοστρωμάτων.
- Ο συνολικός αριθμός ΙΤΑ δίδεται από τη σχέση

$$\text{ΙΤΑ} = \sum (a_j \times N_j)$$

Όπου: a_j = συντελεστής ισοδυναμίας άξονα με φορτίο j

N_j = αριθμός αξόνων με φορτίο j

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.1 Ισοδύναμος τυπικός άξονας ΙΤΑ

- Για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα η μετατροπή των αξονικών φορτίων σε ισοδύναμους τυπικούς άξονες γίνεται με τη χρήση παρόμοιων συντελεστών ισοδυναμίας.
- Ο εκθέτης “ γ ” λαμβάνει μεγαλύτερες τιμές από αυτές για τα εύκαμπτα.

$\gamma = 4.2-33.0$ (σε ορισμένες περιπτώσεις)

- Ως καταστροφή των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων θεωρείται μόνο η ρηγμάτωση.
- Τα μεγάλα αξονικά φορτία παίζουν καθοριστικότερο ρόλο στη καταστροφή των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων.

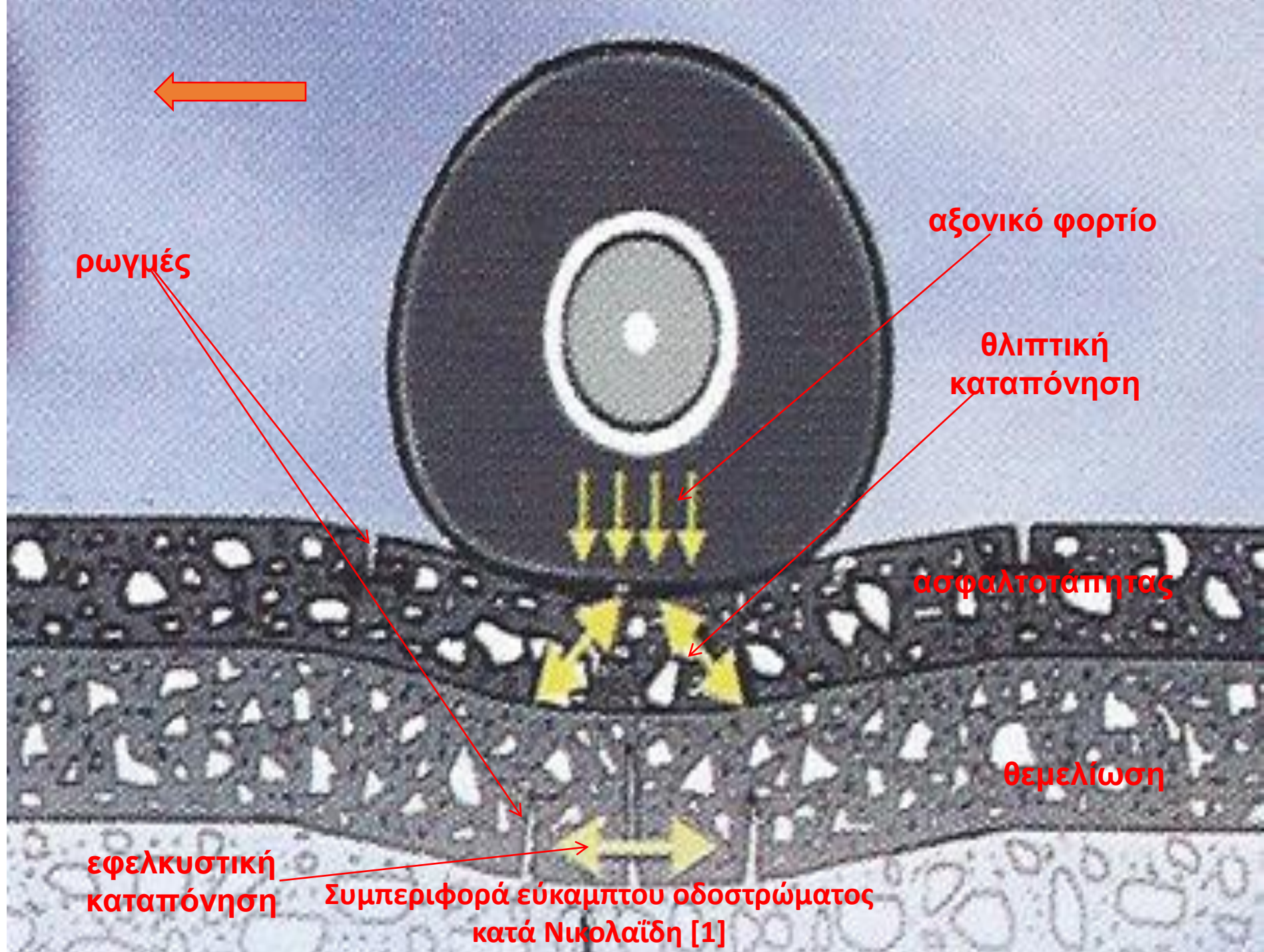
Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.[1]

- Κατά τη διαστασιολόγηση ενός εύκαμπτου οδοστρώματος ο μελετητής θα πρέπει να καταλήξει σε ένα οδόστρωμα το οποίο κατά τη διάρκεια της ζωής του δεν θα παρουσιάσει πρόωρες αστοχίες .
- Ως αστοχίες θεωρούνται η ρηγμάτωση και η παραμένουσα παραμόρφωση .
- Το οδόστρωμα δε καταστρέφεται απότομα αλλά φθείρεται σταδιακά με αποτέλεσμα η δομική του κατάσταση να επιδεινώνεται με την πάροδο του χρόνου.
- Αυτό είναι φαινόμενο κόπωσης δεδομένου ότι η καταστροφή επέρχεται όχι μόνο από το μέγεθος του επιβαλλόμενου φορτίου αλλά και από τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων .



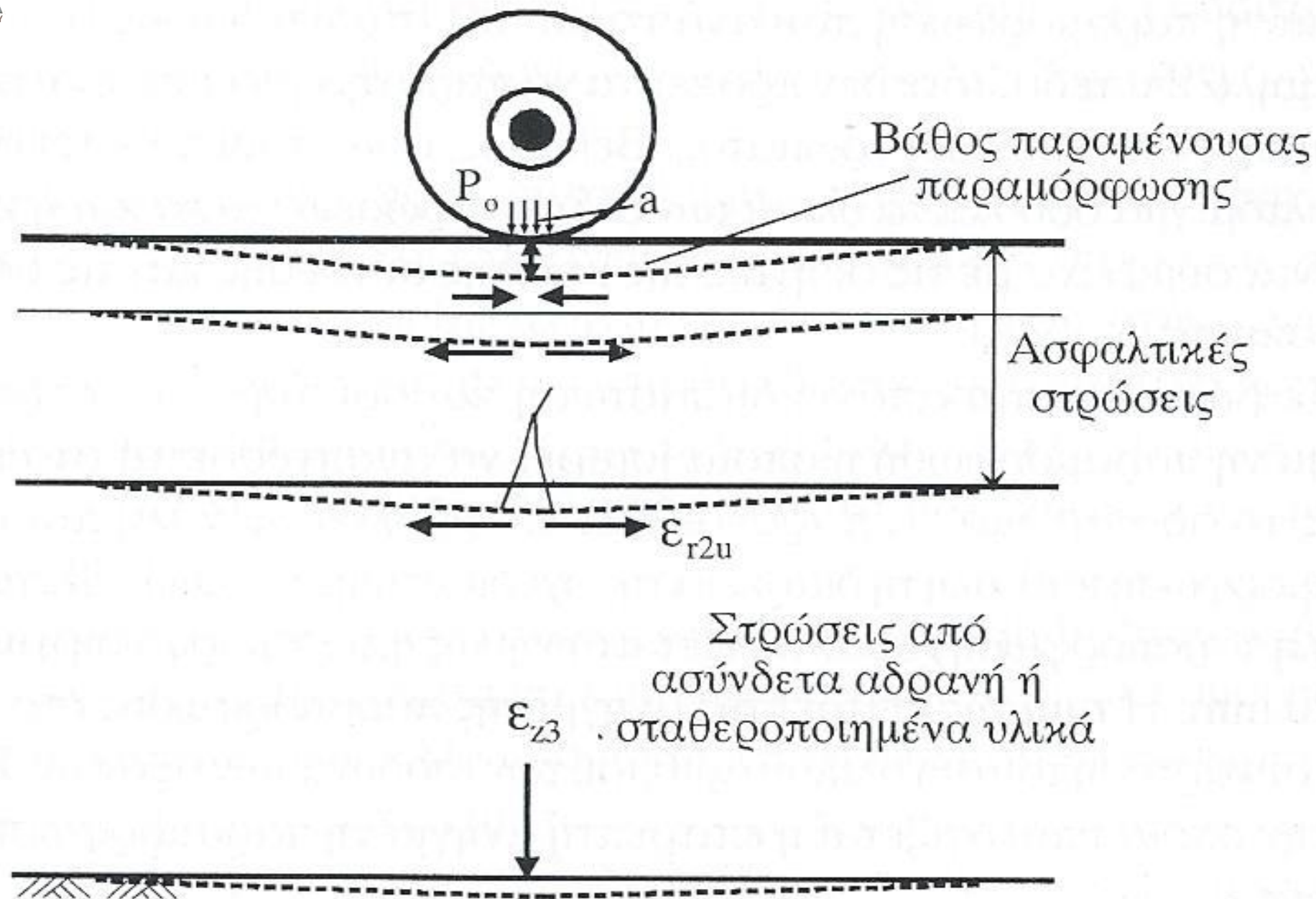
Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.[1]

- Οι ρηγματώσεις που εμφανίζονται στο οδόστρωμα οφείλονται στη ρηγμάτωση των ασφαλικών στρώσεων.
- Οι ασφαλικές στρώσεις ρηγματώνονται λόγω των επαναλαμβανόμενων εφελκυστικών παραμορφώσεων που αναπτύσσονται **η μέγιστη των οποίων εμφανίζεται στη κατώτατη επιφάνεια της στρώσης** όπως φαίνεται στο Σχήμα πιο κάτω.
- Η ρηγμάτωση αφού δημιουργηθεί εξαπλώνεται προς τα πάνω επιφέροντας σταδιακή εξασθένιση της δομής του οδοστρώματος.



Σχηματική παράσταση σχεδιαστικών κριτηρίων ευκάμπτων οδοστρωμάτων [1]

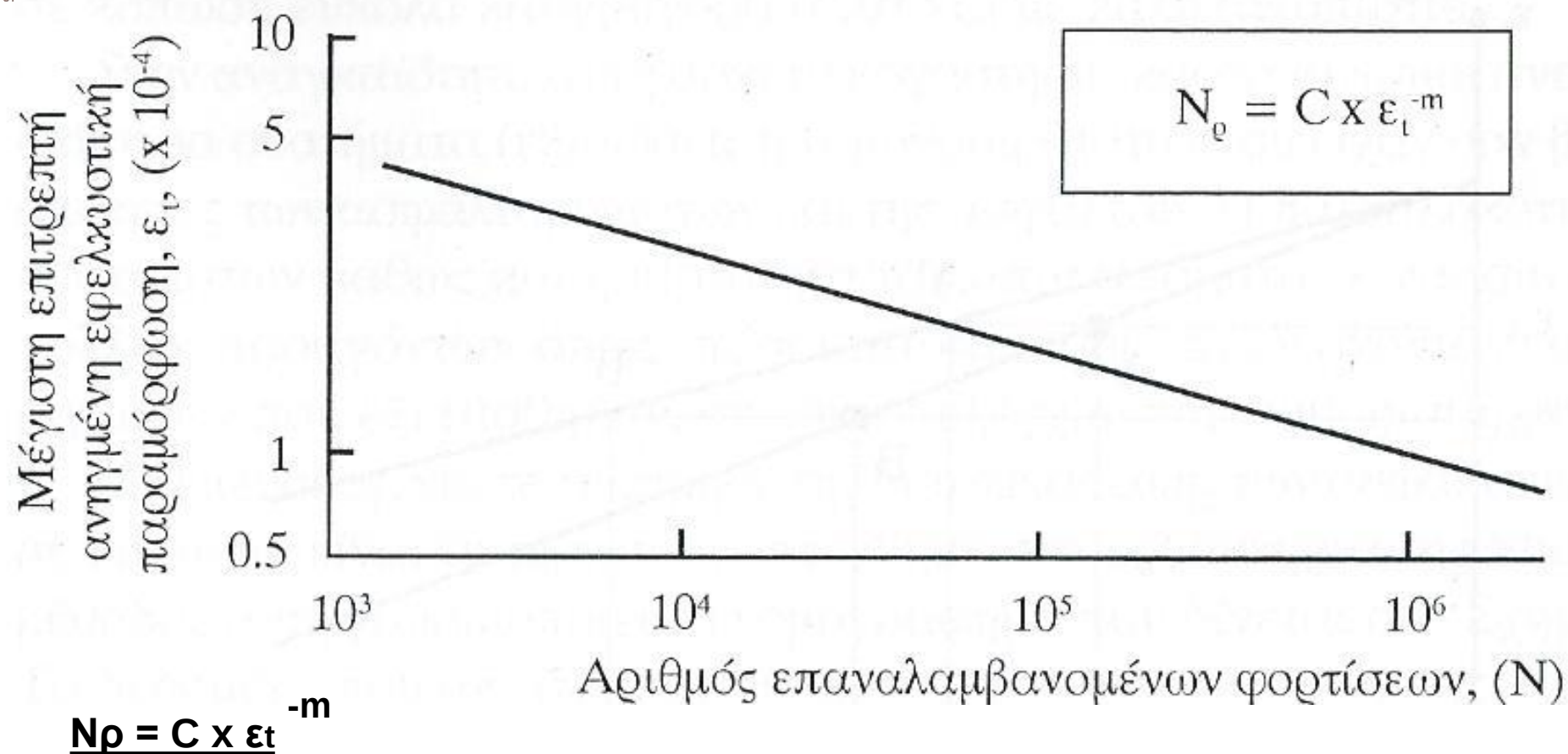
Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.[1]

- Ο αριθμός των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων που επιφέρει κόπωση του οδοστρώματος από ρηγμάτωση είναι **συνάρτηση του μεγέθους της αναπτυσσόμενης εφελκιστικής ανηγμένης παραμόρφωσης(strain)** .
- Ο αριθμός αυτός καθορίζεται από την εξίσωση κόπωσης του κάθε ασφαλτομίγματος όπως φαίνεται στο Σχήμα πιο κάτω.
- α του οδοστρώματος σε κάποια απόσταση από το σημείο φόρτισης,



N_p = αριθμός επαναλαμβανομένων φορτίσεων για έναρξη ρηγμάτωσης λόγω κόπωσης
 ε_t = μέγιστη (επιτρεπτή) τιμή αναπτυσσόμενης ανηγμένης παραμόρφωσης
 C & m = σταθερές που εξαρτώνται από τη σύνθεση και τις ιδιότητες του ασφαλτομίγματος . Το m είναι η κλίση της ευθείας κόπωσης.

Ευθεία κόπωσης ασφαλτομίγματος [1]

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.[1]

- **Ρηγματώσεις** θα μπορούσαν να εμφανισθούν από πάνω προς τα κάτω,
 - i. είτε λόγω των επαναλαμβανόμενων εφελκυστικών παραμορφώσεων που αναπτύσσονται στη επιφάνεια
 - ii. είτε λόγω ανύψωσης του οδοστρώματος από διόγκωση της εδαφικής στρώσης,
 - iii. είτε ακόμη λόγω θερμοκρασιακής επιφανειακής συστολής.
- Η **παραμένουσα παραμόρφωση** οφείλεται στη παραμένουσα παραμόρφωση της κάθε στρώσης του οδοστρώματος με τις συνεχείς επαναλαμβανόμενες φορτίσεις.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.

- Κατά τη διαστασιολόγηση ενός εύκαμπτου οδοστρώματος ο μελετητής θα πρέπει να καταλήξει σε ένα οδόστρωμα το οποίο κατά τη διάρκεια της ζωής του δε θα παρουσιάσει πρόωρες αστοχίες .
- **Ως αστοχίες θεωρούνται η ρηγμάτωση και η παραμένουσα παραμόρφωση .**
- Το οδόστρωμα δε καταστρέφεται απότομα αλλά φθείρεται σταδιακά με αποτέλεσμα η δομική του κατάσταση να επιδεινώνεται με την πάροδο του χρόνου.
- Αυτό είναι φαινόμενο κόπωσης δεδομένου ότι η καταστροφή επέρχεται όχι μόνο από το μέγεθος του επιβαλλόμενου φορτίου αλλά και από τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων .

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.

- Με βάση την πιο πάνω διαπίστωση καθορίσθηκε η επιτρεπτή ορθή ανηγμένη παραμόρφωση (strain) η οποία μπορεί να αναπτύσσεται στο υπέδαφος δίχως το οδόστρωμα να παρουσιάσει υπερβολικά μεγάλη παραμόρφωση καθ'όλη τη διάρκεια της σχεδιαστικής του ζωής.
- Ως υπερβολικά μεγάλη παραμόρφωση χαρακτηρίζεται η παραμόρφωση η μεγαλύτερη από 20 mm.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.

$$\epsilon z = C \times N^{-m}$$

- Η παραπάνω εξίσωση λειτουργεί και αντίστροφα . Εάν είναι γνωστή η ορθή ανηγμένη παραμόρφωση , που αναπτύσσεται στο υπέδαφος , για ένα συγκεκριμένο πάχος στρώσεων , τότε μπορεί να υπολογισθεί ο συνολικός αριθμός ισοδύναμων τυπικών αξόνων N τους οποίους μπορεί να παραλάβει το οδόστρωμα.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

- Asphalt Istitute

$$\epsilon_z = 1.047 \times 10^{-2} \times N^{-0.2234} \quad \text{ή} \quad N = 1.365 \times 10^9 \times \epsilon^{-4.477} \quad \text{για επιφαν.παραμ. 13-19 mm}$$

- AASHTO

$$\epsilon_z = 1.047 \times 10^{-2} \times N^{-0.25} \quad \text{ή} \quad N = 0.6147 \times 10^{-0.25} \times \epsilon^{-4.0} \quad \text{για PSI = 2.5}$$

- Nottingham

$$\epsilon_z = 2.16 \times 10^{-2} \times N^{-0.28} \quad \text{ή} \quad N = 1.1324 \times 10^{-6} \times \epsilon^{-3.57} \quad \text{για PSI = 2.5}$$

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.

• Τα δύο βασικά σχεδιαστικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται από όλες τις αναλυτικές και από τις περισσότερες ημιαναλυτικές μεθοδολογίες είναι:

1. Η μέγιστη εφελκυστική ανηγμένη παραμόρφωση (strain) στην κατώτατη επιφάνεια των ασφαλτικών στρώσεων.

2. Η μέγιστη επιτρεπτή ορθή ανηγμένη παραμόρφωση (strain) στη ανώτατη επιφάνεια του υπεδάφους.

• Ορισμένες αναλυτικές μεθοδολογίες (Shell, Asphalt Institute) χρησιμοποιούν και ένα τρίτο κριτήριο:

3. Της παραμένουσας παραμόρφωσης των ασφαλτικών στρώσεων.

• Το κριτήριο αυτό αφορά άμεσα το ασφαλτόμιγμα και όχι τόσο το οδόστρωμα. Χρησιμοποιείται σαν ασφαλιστική δικλείδα για την αποφυγή χρήσης ασφαλτομίγματος με μεγάλη παραμορφωσιμότητα.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.2 Σχεδιαστικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση ευκάμπτων οδοστρωμάτων.

4.3 Εκτίμηση CBR Υπεδάφους (μελέτης)[1]

- Για όλες τις μεθοδολογίες ως θεμελιώδης μηχανική ιδιότητα όλων των στρώσεων λαμβάνεται το μέτρο ελαστικότητας (E) ή μέτρο δυσκαμψίας στη περίπτωση των ασφαλτικών στρώσεων.
- Η αντοχή ή η φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους είναι καθοριστικής σημασίας στη διαστασιολόγηση ενός οδοστρώματος . Από την φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους εξαρτώνται άμεσα τα πάχη των υπερκείμενων στρώσεων του οδοστρώματος.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.3 Εκτίμηση CBR Υπεδάφους (μελέτης).

- Η πλέον γνωστή παράμετρος που χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλες τις εμπειρικές ή ημιεμπειρικές μεθοδολογίες διαστασιολόγησης ευκάμπτων οδοστρωμάτων είναι το CBR.
- Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο μηχανικός οδοποιίας είναι να καθορίσει την αντιπροσωπευτική τιμή της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους.
- Καθοριστικής σημασίας στο δύσκολο αυτό εγχείρημα είναι η εκτίμηση του ποσοστού υγρασίας που κατά κανόνα θα έχει το υπέδαφος σε ετήσια βάση, εάν υποτεθεί ότι τίποτε δεν θα αλλάξει στη κατασκευή καθ'όλη τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος (equilibrium moisture)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.3 Εκτίμηση CBR Υπεδάφους (μελέτης).

• Η ακριβής εκτίμηση του αντιπροσωπευτικού ποσοστού υγρασίας καθ'όλη τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος είναι δύσκολό , αν όχι αδύνατο εγχείρημα.

• Η υγρασία του υπεδάφους επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι των οποίων είναι:

i. Ο εποχιακός (αυξομείωση του υδροφόρου ορίζοντα)

ii. Η ποιότητα (κατάταξη) του εδαφικού υλικού,

iii. Η καλή ή κακή εκτέλεση της κατασκευής (ύπαρξη ή μη ύπαρξη έργων αποστράγγισης προστασίας του υπεδάφους)

iv. Το πάχος των υπερκείμενων στρώσεων του οδοστρώματος.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.3 Εκτίμηση CBR Υπεδάφους (μελέτης).

- Οι πιο πολλές μεθοδολογίες συστήνουν η αντοχή του υπεδάφους να μετριέται σε διαφορετικούς αντιπροσωπευτικούς μήνες και είναι δυνατό κάθε μήνα (πρακτικά πολύ δύσκολη και δαπανηρή διαδικασία)
- Ορισμένοι Οργανισμοί στη προσπάθεια να μειώσουν το υψηλό κόστος που σε μικρά έργα είναι δυσανάλογο του ολικού κόστους κατασκευής, μετά από εκτεταμένη εργαστηριακή έρευνα κατέληξαν σε πίνακες ή σχέσεις από τα οποία είναι δυνατό να εκτιμηθεί με σχετική ακρίβεια η σχεδιαστική τιμή CBR.
- Η Σχεδιαστική Τιμή CBR υπεδάφους ορίζεται ως :
“Η ΤΙΜΗ CBR ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ”
- δηλαδή : όταν το υπέδαφος είναι συμπυκνωμένο στη φυσική και αντιπροσωπευτική του υγρασία [1]

2	4	6	8	10^8	2	4	6	8	10^9
---	---	---	---	--------	---	---	---	---	--------

2	4	6	8	10	15	20	40	60	80	100
---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	-----

20	25	30	40	60	80	100	150	200	300	400
----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

10 20 30 40 50 60 70 80

X	C	X	A	S	X	M	X	E
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Πολύ κακό υπέδαφος	Κακό υπέδαφος	Μέτριο υπέδαφος	Αρκετά καλό υπέδαφος	Καλό υπέδαφος	Μέτρια υπόβαση	Καλή υπόβαση	Μέτρια βάση	Καλή βάση	Εξαιρετική βάση
Κατάταξη εδαφών κατά AASHTO									
						A - 1 - b		A - 1 - a	
				A - 2 - 7		A - 2 - 6		A - 2 - 5	
								A - 2 - 4	
				A3					
				A4					
A5									
				A6					
A - 7 - 6				A - 7 - 5					
Ενιαίο σύστημα κατάταξης εδαφών (USCS)									
				GW					
OH		CH		GM - u				GM - d	
MH		OL		GC					
				SW					
				SM - d					
		CL		SC					
		ML		SM - u				GP	
				SP					

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.3 Εκτίμηση CBR Υπεδάφους (μελέτης).

- Όπως φαίνεται από το πιο πάνω διάγραμμα η έκφραση της **ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ** γίνεται κατά κύριο λόγο σε συνάρτηση με:
 1. **Καλιφορνιακού Δείκτη (CBR)** , πλέον γνωστή ,
 2. **Μέτρου Αντίδρασης (K)** Modulus of reaction,
 3. **Τιμή Αντίστασης ή Ευστάθειας (R)** Resistance value,
 4. **Μέτρου Ελαστικότητας (E ή Mr)** Elastic modulus/ Resilient modulus.
- Στο Σχήμα πιο κάτω φαίνονται διάφορες σχεδιαστικές τιμές CBR ανά κατηγορία εδάφους.

Κατηγορία εδάφους	PI	CBR Υπεδάφους Υψηλός υδροφόρος ορίζοντας						CBR Υπεδάφους Χαμηλός υδροφόρος ορίζοντας					
		Συνθήκες κατασκευής						Συνθήκες κατασκευής					
		Κακές		Μέτριες		Καλές		Κακές		Μέτριες		Καλές	
		Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με
Αργιλώδες	70	1.5	2	2	2	2	2	1.5	2	2	2	2	2.5
	60	1.5	2	2	2	2	2.5	1.5	2	2	2	2	2.5
	50	1.5	2	2	2.5	2	2.5	2	2	2	2.5	2	2.5
	40	2	2.5	2.5	3	2.5	3	2.5	2.5	3	3	3	3.5
Ιλυοαργιλώδες	30	2.5	3.5	3	4	3.5	5	3	3.5	4	4	4	6
Αμμοαργιλώδες	20	2.5	4	4	5	4.5	7	3	4	5	6	6	8
	10	1.5	3.5	3	6	3.5	7	2.5	4	4.5	7	6	8
Ιλυώδες		1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2
Άμμος - κακής διαβ. - καλής διαβ. Αμμοχάλικο -καλής διαβ.		20											
		40											
		60											

Μι = μικρό πάχος οδοστρώματος

Με = μεγάλο πάχος οδοστρώματος

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.4 Συσχέτιση CBR και Μέτρου Ελαστικότητας(E)[1]

- Οι αναλυτικές και ορισμένες ημι-αναλυτικές μεθοδολογίες διαστασιολόγησης χρησιμοποιούν ως θεμελιώδη μονάδα έκφρασης της Φέρουσας Ικανότητας του υπεδάφους το **Μέτρο Ελαστικότητας ή Επανάκτησης, $E = Mr$** το οποίο εκφράζει τη δυσκαμψία του υλικού ή της στρώσης.
- Ο καθορισμός του E απαιτεί τη χρήση πολυπλοκότερης και ακριβότερης συσκευής από τη συσκευή CBR.
- Η ύπαρξη σχέσης μεταξύ CBR και E είναι πολύ χρήσιμο βοήθημα για το μελετητή.

Στοιχεία Οδοποιίας

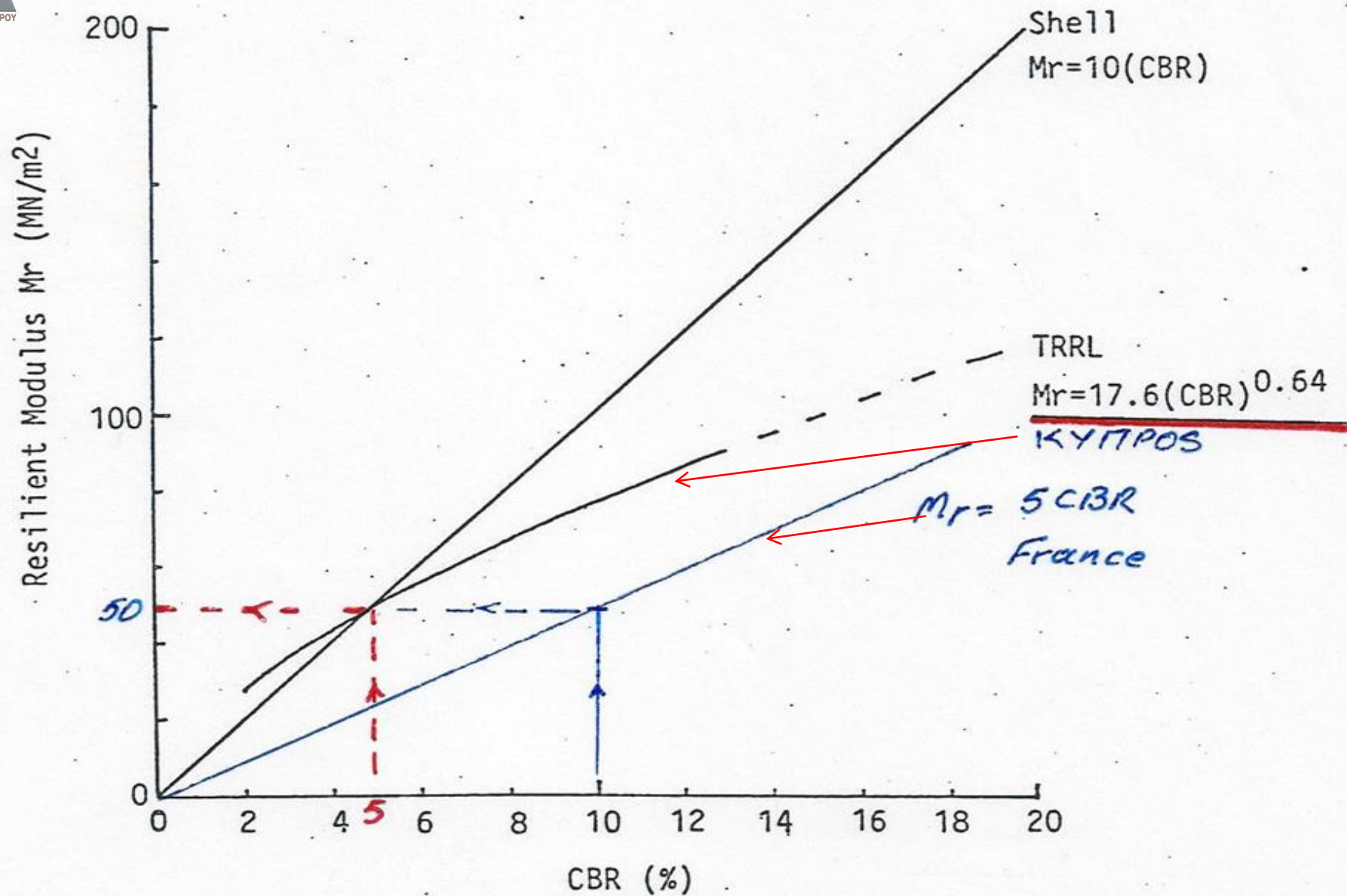
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.4 Συσχέτιση CBR και Μέτρου Ελαστικότητας(E)

_Οι συνηθέστερες σχέσεις για **λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά** είναι:

1. $E = 17.6 (CBR)^{0.64} \text{ MN/m}^2$ **UK και Κύπρος για τιμές CBR= 2-12%**
 2. $E(=M_r) = 10.3 \text{ CBR} \text{ MN/m}^2$ **Asphalt Institute για εδάφη των κατηγοριών A-7, A-6, A-5, A-4 και τα λεπτότερα της κατηγορίας A-2.**
 3. $M_r = 5 \text{ CBR} \text{ MN/m}^2$ **Γαλλία**
 4. $M_r = 10 \text{ CBR} \text{ MN/m}^2$ **Shell**
- Οι πιο πάνω συσχετισμοί παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα που ακολουθεί.



Συσχέτιση CBR και Μέτρου Ελαστικότητας

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.5 Εξυγιαντική στρώση[1]

- Η εξυγιαντική στρώση είναι η στρώση που κατασκευάζεται μεταξύ υπόβασης και υπεδάφους , όταν το υπέδαφος είναι πολύ ασθενές .
- Συνήθως χρησιμοποιείται όταν το CBR υπεδάφους είναι **CBR < 5%**.
- Είναι απολύτως απαραίτητη όταν το **CBR < 2.5%**.
- **Η χρήση της εξυγιαντικής στρώσης προϋποθέτει και τη χρήση Υπόβασης.**
- Η εξυγιαντική στρώση είναι μια επιπλέον στρώση από κοκκώδη εδαφικά υλικά η οποία τοποθετείται χωρίς την απομάκρυνση του ασθενούς υλικού του υπεδάφους.
- **Για πολύ ασθενές εδαφικό υλικό όπου το $CBR < 2\%$ (διογκούμενα αργιλώδη εδάφη-μπεντονίτης) συστήνεται η εκπόνηση ειδικής μελέτης . Στις περιπτώσεις αυτές το πάχος του υλικού που απομακρύνεται είναι μεταξύ 600 – 1500mm**

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

4. Κυκλοφοριακός Φόρτος και Φέρουσα Ικανότητα

4.5 Εξυγιαντική στρώση.

- Εξυγιαντική στρώση του υπεδάφους επιτυγχάνεται επίσης και με τη σταθεροποίηση του ασθενούς υπεδάφους (CBR<2%) σε βάθος 300 mm περίπου, με τσιμέντο ή ασβέστη.
- Το πάχος της εξυγιαντικής στρώσης καθορίζεται στο στάδιο της μελέτης. Στις περισσότερες μεθοδολογίες αφήνεται στη κρίση και εμπειρία του μελετητή.
- Στη Βρετανική μεθοδολογία καθώς και στη Κυπριακή μεθοδολογία διαστασιολόγησης ευκάμπτων οδοστρωμάτων, παρέχεται η δυνατότητα υπολογισμού του πάχους της εξυγιαντικής στρώσης σε συνάρτηση με το CBR. Για το θέμα αυτό θα μιλήσουμε εκτενέστερα στη συνέχεια όταν θα ασχοληθούμε με τις σχετικές μεθοδολογίες.
- Στο Σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται υπό μορφή γραφικής παράστασης ο τρόπος υπολογισμού του πάχους της στρώσης στέψης σύμφωνα με τις συστάσεις του TRRL της Βρετανίας.

Υπολογισμός πάχους εξυγιαντικής στρώσης κατά TRRL

Πάχος εξυγιαντικής στρώσης (mm)



CBR Υπεδάφους (%)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

Γενικά [1]

- Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η διαστασιολόγηση των οδοστρωμάτων ήταν σχεδόν ανύπαρκτη.
- Ο καθορισμός της μιας , συνήθως , στρώσης πάνω στο υπέδαφος βασιζόταν στη εκτίμηση του μηχανικού.
- Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο με τη ραγδαία ανάπτυξη των αεροδρομίων , της αυτοκινητοβιομηχανίας και των οδικών δικτύων παρουσιάσθηκε έντονα η ανάγκη για **οικονομικό σχεδιασμό και κατασκευή ανθεκτικών οδοστρωμάτων.**

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

Γενικά

- Σήμερα για τη διαστασιολόγηση των ευκάμπτων οδοστρωμάτων (ΕΟ) υπάρχουν διάφορες **αναλυτικές** (θεωρητικές) και **ημιαναλυτικές** μεθοδολογίες.
- Όλες βασίζονται στη θεωρία της ελαστικότητας , στη τεράστια εμπειρία που αποκτήθηκε από τη συμπεριφορά των οδοστρωμάτων στη πράξη αλλά και στο μεγάλο αριθμό ερευνητικών εργασιών που εκπονήθηκε στα διάφορα κρατικά και πανεπιστημιακά εργαστήρια.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

5.1 Αναλυτικές μεθοδολογίες [1]

- Αναλυτικές μεθοδολογίες χαρακτηρίζονται αυτές που ο μελετητής υπολογίζει τις αναπτυσσόμενες τάσεις και παραμορφώσεις σε διάφορα κρίσιμα σημεία της δομής του οδοστρώματος.
- Ακολουθως γίνεται **σύγκρισή με τα αντίστοιχα μέγιστα επιτρεπτά μεγέθη** που καθορίζονται από τη μηχανική συμπεριφορά των υλικών που θα ενσωματωθούν στο οδόστρωμα.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

5.1 Αναλυτικές μεθοδολογίες

- Για τον καθορισμό των αναπτυσσόμενων τάσεων και παραμορφώσεων ο μελετητής χρησιμοποιεί την **ελαστική θεωρία για πολυστρωματικά συστήματα**.
- Οι μέγιστες επιτρεπτές τάσεις ή παραμορφώσεις που μπορούν να αναπτυχθούν καθορίζονται κατά κανόνα στο εργαστήριο από δοκιμές επί των υλικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.
- Ο καθορισμός του πάχους του οδοστρώματος επιτυγχάνεται από τη ικανοποίηση της απαίτησης ότι **οι αναπτυσσόμενες τάσεις ή παραμορφώσεις δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερες των μέγιστων επιτρεπτών** , για τα προτεινόμενα πάχη των διαφόρων στρώσεων του οδοστρώματος.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

5.2 Ημι- αναλυτικές μεθοδολογίες [1]

- Ημι- αναλυτικές μεθοδολογίες χαρακτηρίζονται αυτές που τα πάχη των στρώσεων καθορίζονται εύκολα από διαγράμματα ή νομογραφήματα. Τα διαγράμματα ή νομογραφήματα εξήχθησαν:
 - είτε από **αναλυτικούς υπολογισμούς** παρόμοιους των αναλυτικών μεθοδολογιών ,
 - είτε από **συνδυασμό αναλυτικών υπολογισμών και αποτελεσμάτων από την πράξη**(πειραματικά οδοστρώματα μεγάλης κλίμακας και παρακολούθηση της συμπεριφοράς αυτών κάτω από πραγματικές συνθήκες πχ πείραμα AASHO)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

5.3 Κυπριακή πραγματικότητα

Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1970 Οδοποιία θεωρείτο

- ΣΤΑΔΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χάραξη, Χρήση Τυποποιημένης Διατομής.

- ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Διάστρωση Συμπύκνωση Τυποποιημένου Τύπου Υλικών για Υποθεμέλιο, Θεμέλιο, Ασφαλτοτάπητα.

- ΚΑΜΙΑ ΣΗΜΑΣΙΑ

Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων, Εφαρμογή Ελέγχων Ποιότητας, Χρήση Νέων Υλικών, Διαχείριση Οδοστρωμάτων.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

5.3 Κυπριακή πραγματικότητα

Όλα αυτά σε συνδυασμό με :

- Τη αλματώδη αύξηση της κυκλοφορίας και ειδικά του Αξονικού Φορτίου
- Τη αλματώδη αύξηση των αναπτυξιακών προγραμμάτων (και ειδικά των οδικών έργων) για ανοικοδόμηση της χώρας μετά την καταστροφή του 1974
- Τη έλλειψη καλής ποιότητας αδρανών υλικών (τα λατομεία του Πενταδακτύλου ήταν απροσπέλαστα)

Στοιχεία Οδοποιίας

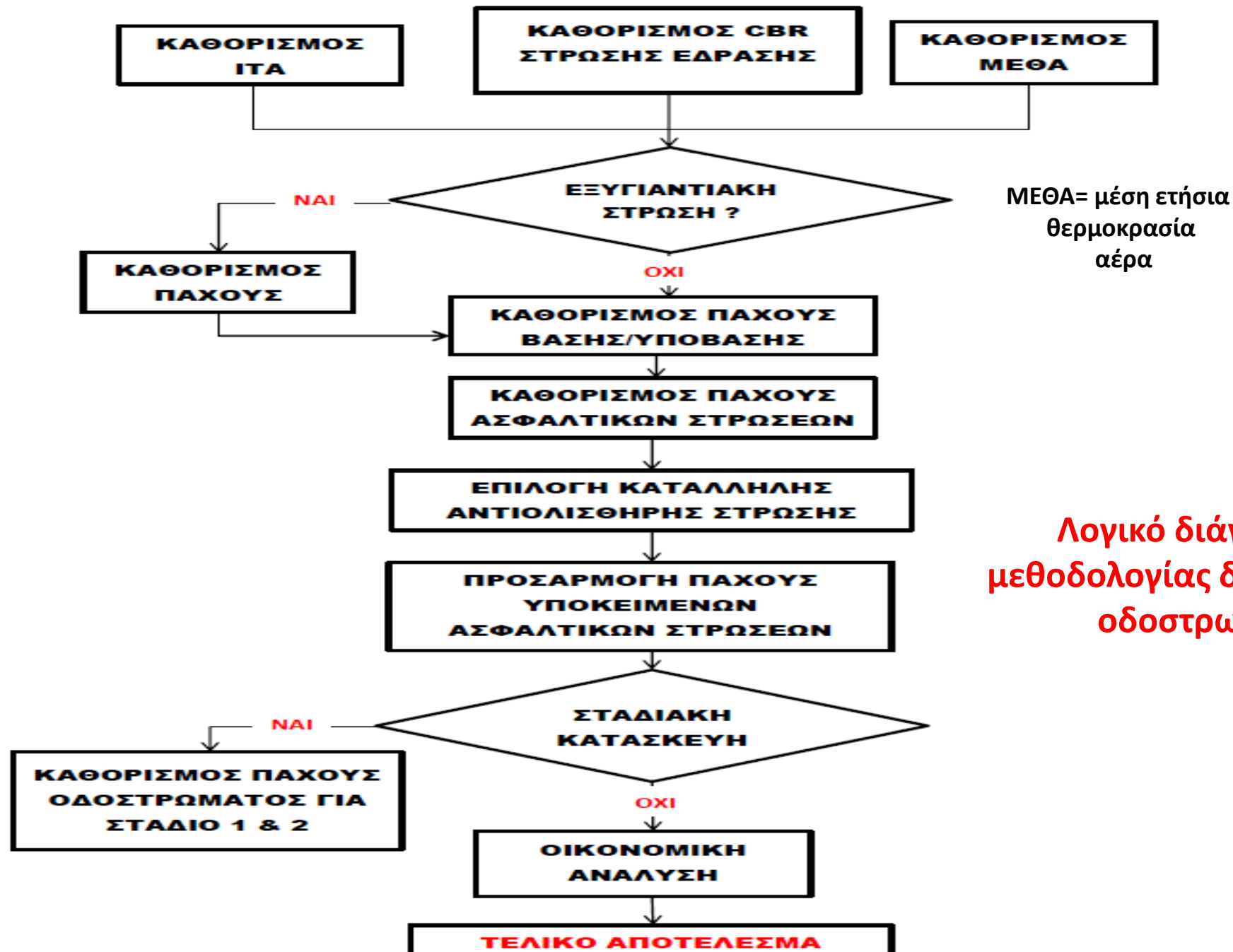
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

5. Διαστασιολόγηση Οδοστρωμάτων

5.3 Κυπριακή πραγματικότητα

ΟΔΗΓΗΣΑΝ Πολλές φορές σε ΠΡΟΩΡΕΣ ΑΣΤΟΧΙΕΣ (πχ. Νέος δρόμος Λευκωσίας – Λεμεσού)

- Για αντιμετώπιση του προβλήματος αναπτύχθηκε το 1989 από το ΤΔΕ σε συνεργασία με τον οίκο John Burrow and Partners και χρησιμοποιείται από τους μελετητές μέχρι σήμερα σύγχρονη **ημιαναλυτική** μεθοδολογία υπολογισμού ευκάμπτων οδοστρωμάτων με τίτλο Pavement Design Manual (Manual for the design of new pavements and strengthening overlays).
- Συνοπτικά τα απαραίτητα βήματα για την διαστασιολόγηση εύκαμπτων οδοστρωμάτων φαίνονται στο διάγραμμα ροής που ακολουθεί



Λογικό διάγραμμα ροής
μεθοδολογίας διαστασιολόγησης
οδοστρωμάτων [1]

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

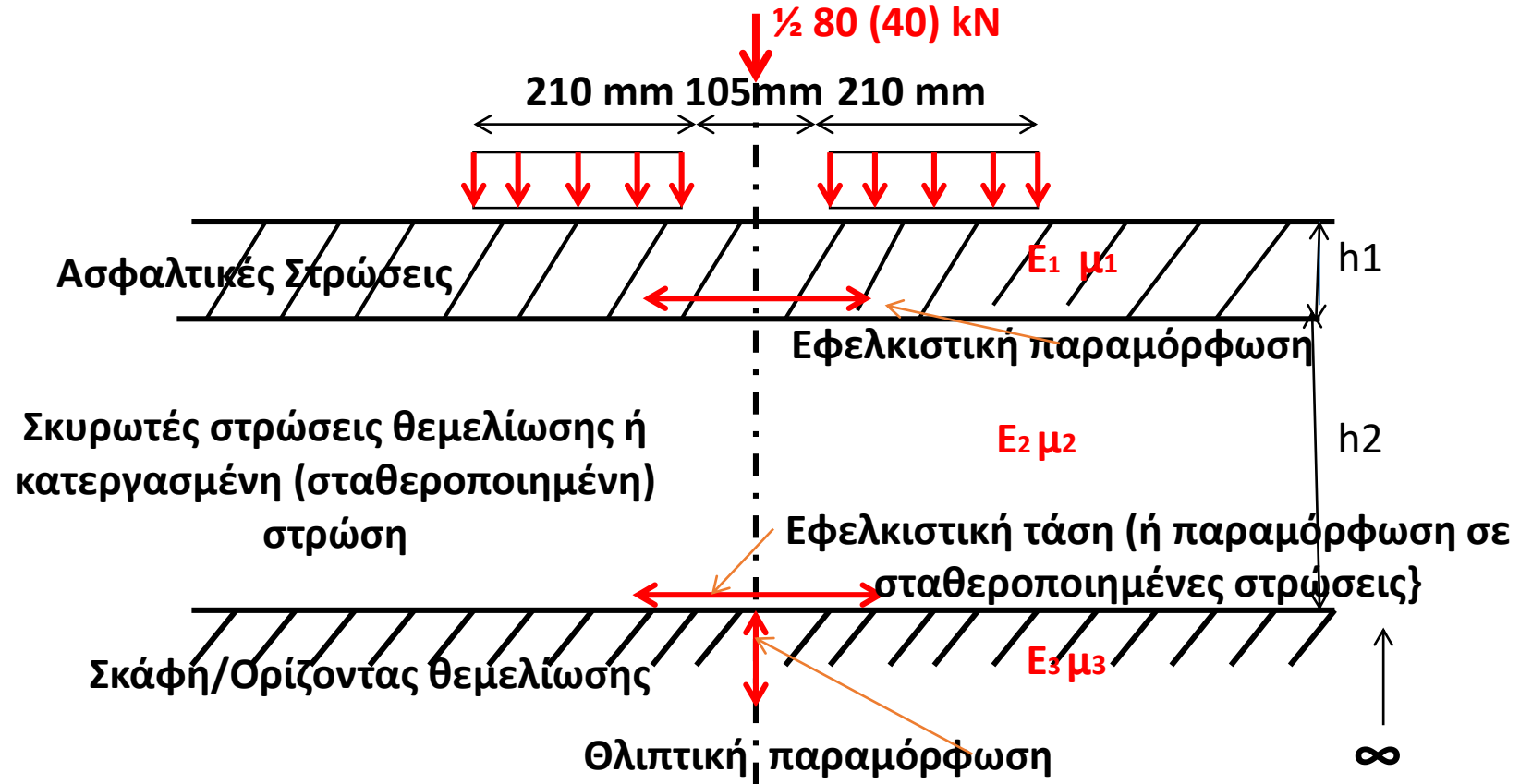
6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.[6]

- Η μέθοδος της Shell (1963) είναι η πρώτη και η πλέον γνωστή ημι-αναλυτική θεωρία που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται διεθνώς με πολύ καλά αποτελέσματα. Έλαβε την τελική της μορφή το 1978.
- Οι τάσεις και οι ανηγμένες παραμορφώσεις που αναπτύσσονται σε υποτιθέμενο οδόστρωμα υπολογίζονται με τη βοήθεια του προγράμματος BISAR που αναπτύχθηκε από την ίδια εταιρεία.
- Οι κρίσιμες παραμορφώσεις εφελκυστική και θλιπτική βασίζονται στα αποτελέσματα που εξήχθηκαν από το πείραμα AASHO.
- Βάση των πιο πάνω δημιουργήθηκε μια σειρά από 250 περίπου διαγράμματα από τα οποία ο μελετητής μπορεί να υπολογίσει τα πάχη των στρώσεων για συγκεκριμένο κυκλοφοριακό φόρτο και μέτρο ελαστικότητας.
- Η τυπική διάταξη του ευκάμπτου οδοστρώματος καθώς και η απλοποιημένη καμπύλη μελέτης κατά τη μέθοδο Shell δίδονται πιο κάτω.

Στοιχεία Οδοποιίας

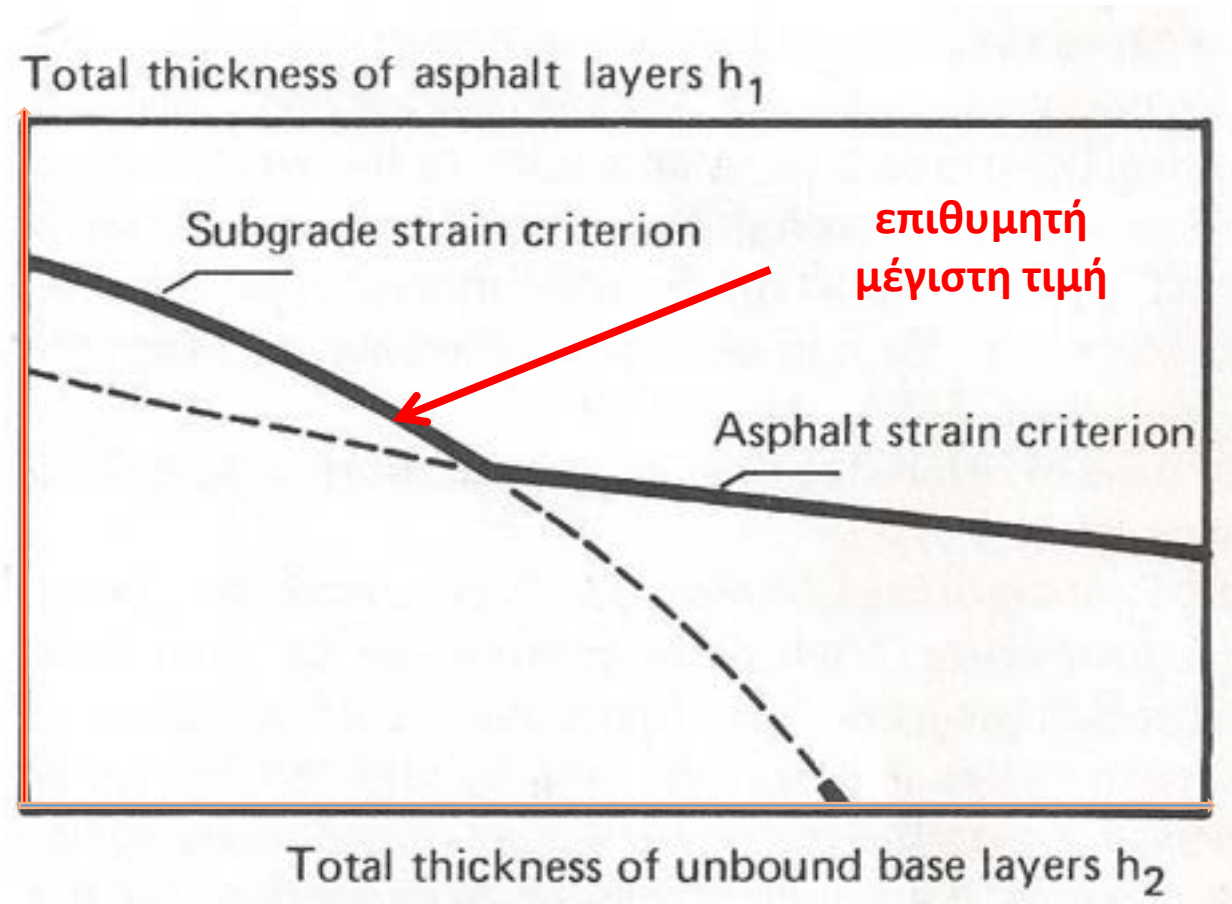
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Τυπική διάταξη ευκάμπτου οδοστρώματος κατά τη μέθοδο Shell.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Απλοποιημένη καμπύλη μελέτης κατά τη μέθοδο Shell.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

- Η μέθοδος Shell χρησιμοποιεί την ελαστική θεωρία σε σύστημα τριών διακεκριμένων στρώσεων :
 1. Όλες οι ασφατικές στρώσεις (ως πρώτη στρώση)
 2. Όλες οι στρώσεις από ασύνδετα αδρανή ή σταθεροποιημένα με τσιμέντο αδρανή (βάση και υπόβαση)
 3. Το υπέδαφος .
- Το υπέδαφος που θεωρείται ότι ως στρώση εκτείνεται στο άπειρο κατά τη κάθετη διεύθυνση ενώ οι υπόλοιπες μόνο κατά την οριζόντια διεύθυνση.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

- Στο τέλος της διαστασιολόγησης η μέθοδος παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού της παραμένουσας παραμόρφωσης των ασφαλικών στρώσεων καθώς και εκτίμηση της συνολικής παραμένουσας παραμόρφωσης (βύθισης) του οδοστρώματος
- Έτσι είναι δυνατό να προβλεφθεί το βάθος της τροχοαυλάκωσης σε απόλυτο αριθμό (mm) και να απορριφτεί ή να εγκριθεί τόσο το ασφαλτόμιγμα όσο και η προταθείσα λύση.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

- Για τη εφαρμογή της μεθόδου λαμβάνονται υπόψη :
 - i. Ο κυκλοφοριακός φόρτος που εκφράζεται σε ΙΤΑ.
 - ii. Η μηχανική αντοχή του υπεδάφους και των στρώσεων που εκφράζεται με τα μέτρα ελαστικότητας E και τους λόγους Poisson μ ή ν .
 - iii. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του περιβάλλοντος , η οποία επηρεάζει άμεσα το μέτρο ελαστικότητας (ή δυσκαμψίας της ασφάλτου) και κατ'επέκταση των ασφατομιγμάτων.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

- Το 1985 η μέθοδος Shell αναθεωρήθηκε/συμπληρώθηκε ως προς την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων .
- Εισήγαγε την έννοια του ρίσκου που θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη ο μελετητής λόγω μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών (υγρασία και θερμοκρασία) που επηρεάζουν άμεσα την συμπεριφορά του υπεδάφους και των ασφαλικών στρώσεων
- Η μεθοδολογία Shell κυκλοφορεί και σε ηλεκτρονική έκδοση.



SPDM 3.0 - Thickness Design Report

ct4860

Asphalt Thickness designed at 0,084 m
(Determined by the Subgrade Strain Criterion)

Climate

Location: ct4860

w-MAAT (°C): 13,7

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
3,0	2,0	7,0	10,0	12,0	17,0	19,0	20,0	19,0	15,0	6,0	5,0

Base Layers & Subgrade Strain

Description: ct4860

Layer	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio
Sub-base	0,300	250,00	0,35
Subgrade	infinite	100,00	0,35

Subgrade criterion at 85% confidence level

Asphalt Stiffness & Layer Thickness

Layer	Thickness (m)	Mix Stiffness (MPa)	Poisson's Ratio
Asphalt Layer	0,084	6016,3	0,35

Asphalt Layer Temperature (°C):..... 20,7

Bitumen Stiffness (MPa):..... 40,5

Loading Time in Seconds (Required):..... 0,02

Traffic & Design Life

80kN Standard Axles per Day per Lane:.....	600
Rate of Traffic Growth per Year (%):.....	1,5
Number of Days with Traffic per Year:.....	365
Design Period (Years):.....	20
Design Life:.....	5,14E+06
Lateral Distribution Factor:.....	2,0
Healing Factor:.....	4,0

Asphalt Mix Composition & Fatigue

Name of Asphalt Mix	% Bitumen	% Aggregate	% Voids
ct4860	10,00	85,00	5,00

Standard Fatigue Nomograph

Bitumen Properties

Bitumen Name	Softening Point (°C)	Pen (.1mm)	Pen Temp (°C)	Pen Index
ct4860	59,0	35,0	25,0	0,0

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. Διάρκεια ζωής (design life) 20 χρόνια.
2. Γεωγραφική περιοχή Λάρνακα.
3. Κυκλοφοριακός φόρτος 10 msa
4. CBR υπεδάφους >11%
5. Ασφαλτοτάπητας από ασφαλικό σκυρόδεμα (άσφαλτος 50 -70 pen)
6. Βάση σκυρωτό ασύνδετο υλικό CBR >80%
7. Υπόβαση σκυρωτό ασύνδετο υλικό CBR >30%

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

1. w-MAAT Μέση Θερμοκρασία Περιβάλλοντος

- Από Table B Temperature for different locations για Λάρνακα, η πλησιέστερη μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος, είναι αυτή για Βηρυτό w-MAAT= 22 °C.

2. Δυναμικός Ελαστικός Δείκτης Υπεδάφους E₃

- Από Chart E Estimation of dynamic modulus of subgrade E₃ or of unbound base Materials E₂ έχουμε $E_3 \sim 11 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

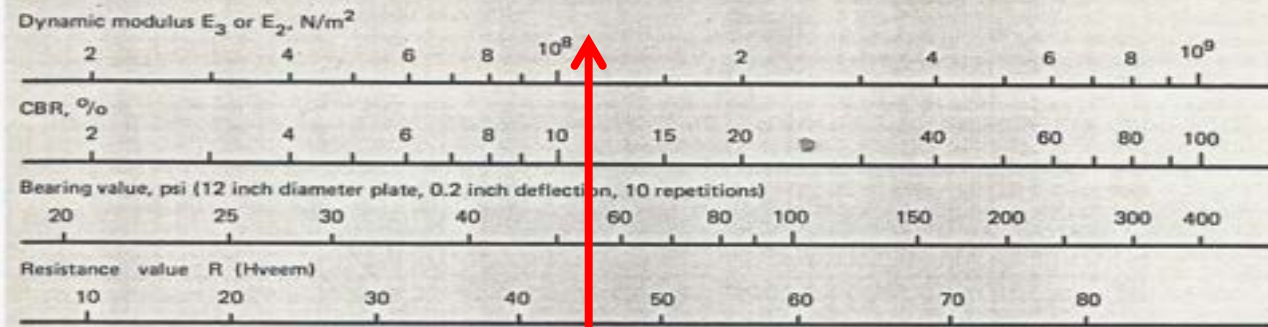
3. Δυναμικός Ελαστικός Δείκτης Υπόβασης και Βάσης

- Από Chart E Υπόβαση $E_2 > 30 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ και Βάση $E_2 > 80 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

DATA TABLE B

Temperature data for different locations

Location	MMAT, °C												w-MAAT, °C
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	
Anchorage	-11	-8	-5	-2	7	12	14	13	9	2	-6	-11	5
<u>Bahrain</u>	17	18	21	25	29	32	33	33	32	28	24	18	<u>28</u>
Bangkok	26	27	29	30	29	29	29	29	28	27	26	25	28
<u>Beirut</u>	13	14	15	18	22	24	27	27	26	24	19	16	<u>22</u>
Chicago	-4	-3	2	8	14	19	23	22	18	12	4	-1	15
Frankfurt	1	2	6	10	14	17	18	18	15	10	4	2	12
Houston	12	13	17	21	24	27	28	28	26	22	16	16	23
Kuala Lumpur	27	28	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27
<u>Lagos</u>	27	28	28	28	27	26	26	25	26	27	27	27	<u>27</u>
London	4	4	7	9	12	16	18	17	15	11	7	4	12
Madrid	4	6	9	12	16	21	23	23	19	14	8	6	16
Marseille	6	7	10	13	16	20	23	23	20	15	10	7	19
Melbourne	19	19	18	15	12	10	9	11	12	14	16	18	15
Nairobi	18	19	19	19	18	16	16	16	20	18	18	18	18
<u>New Delhi</u>	14	17	22	28	33	33	31	30	29	29	20	18	<u>28</u>
New York	-1	-1	3	10	16	17	23	23	21	15	9	2	16
Paris	3	4	8	11	15	18	20	19	17	12	7	4	14
Rome	8	8	11	14	18	22	24	24	22	18	12	6	18
Stockholm	-3	-3	-1	5	10	15	18	17	12	7	3	0	10
Tokyo	3	4	7	12	17	21	24	26	22	17	11	6	18



General soil ratings as subgrade, sub-base or base

Very poor subgrade	Poor subgrade	Fair subgrade	Medium subgrade	Good subgrade	Medium sub-base	Good sub-base	Medium base	Good base	Excellent base
A.A.S.H.O. soil classification									
				A - 1 - b		A - 1 - a			
A - 2 - 7				A - 2 - 6		A - 2 - 5		A - 2 - 4	
				A3					
A4									
A5									
A6									
A - 7 - 6				A - 7 - 5					
Unified soil classification									
OH		CH						GW	
MH		OL						GM - u	
				CL		GC		GM - d	
				ML		SW			
						SM - d			
				SC					
				SM - u		GP			
				SP					

Chart E Shell E

Estimation of dynamic modulus of subgrade (E_3) or of unbound base materials (E_2)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

4. Μηχανικά χαρακτηριστικά ασφάλτου Si-Fi-Pen

- Ασφαλτοτάπητας από ασφατικό σκυρόδεμα (άσφαλτος 50-70 pen)

Si-Fi-50 όπου Si = συντελεστής δυσκαμψίας Fi= Συντελεστής κόπωσης

S1= ασφατόμιγμα με καλή κοκκομετρική διαβάθμιση, μέτριο ποσοστό κενών αέρα και μέσο μέτρο δυσκαμψίας (average stiffness) πχ. Ασφατικό σκυρόδεμα όπως το γνωρίζουμε στη Κύπρο

S2= ασφατόμιγμα με ασυνεχή κοκκομετρική διαβάθμιση και αυξημένο ποσοστό κενών αέρα.

F1= ασφατόμιγμα με μέσο ποσοστό ασφάλτου και μέσο ποσοστό κενών αέρα πχ. Ασφατικό σκυρόδεμα όπως το γνωρίζουμε στη Κύπρο.

F2= ασφατόμιγμα με αυξημένο ποσοστό κενών αέρα.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

- Από Chart HN82 mix code S1-F2-50 w-MAAT C°20 subgrade modulus 10⁸ έχουμε:

Υπόβαση + Βάση = 200,

Ασφαλτοτάπητας = 160 mm (ασφ.βάση= 120(2x60) mm, επιφ.στρώση= 40mm)

- Συνειδητά έχει επιλεγεί mix code με **Fi= F2** διότι στη Κύπρο τα ασφαλτομίγματα συνήθως παρουσιάζουν συμπτώματα **πρόωρης γήρανσης.**

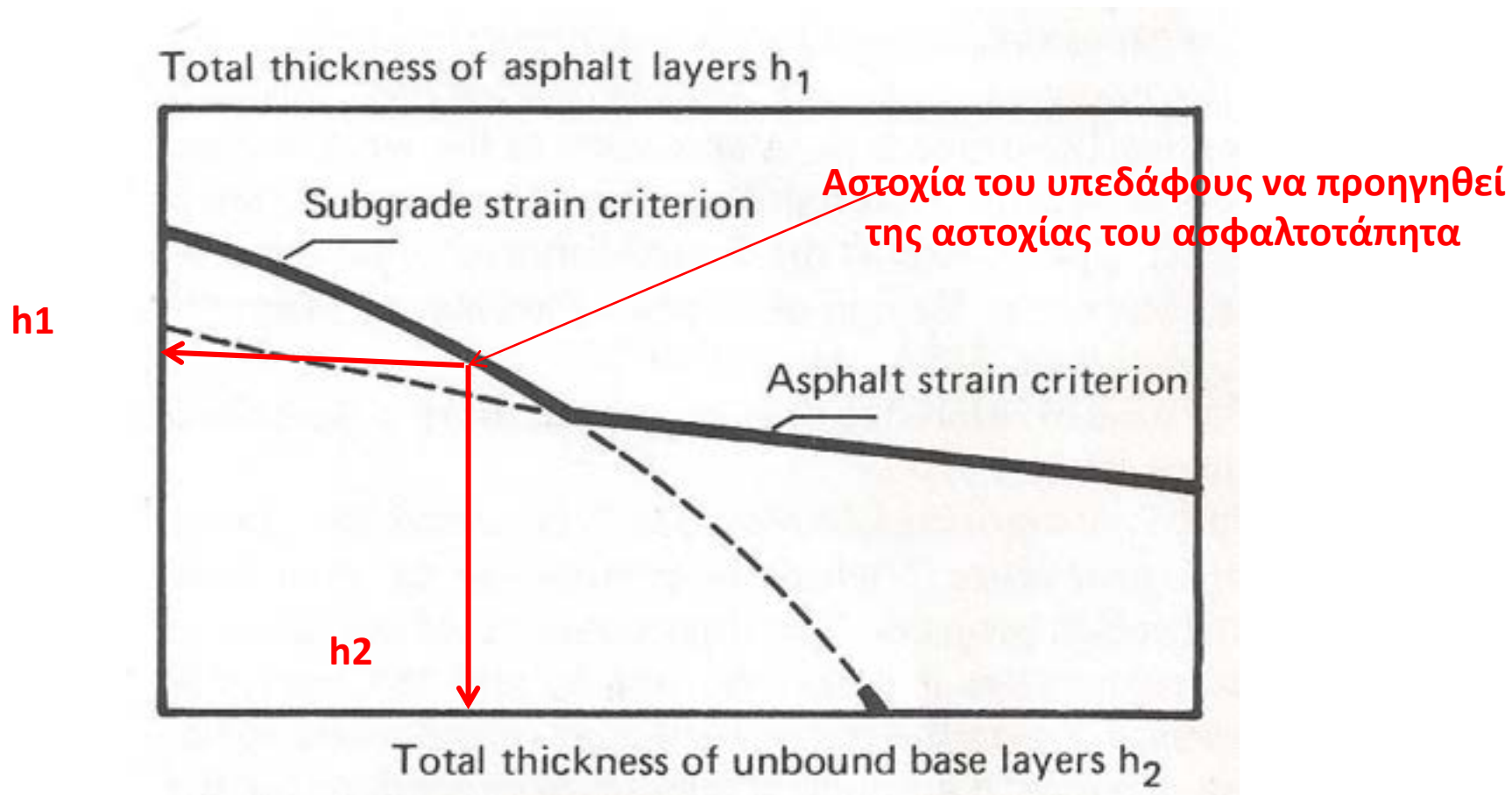
- Από Chart HN90 mix code S1-F2-50 w-MAAT C°28 subgrade modulus 10⁸ έχουμε:

Υπόβαση + Βάση = 300, (Υπόβαση = 160 mm Βάση = 140 mm)

Ασφαλτοτάπητας = 130 mm (ασφ.βάση= 80 mm επιφ.στρώση= 50mm)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα



Απλοποιημένη καμπύλη μελέτης κατά τη μέθοδο Shell.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

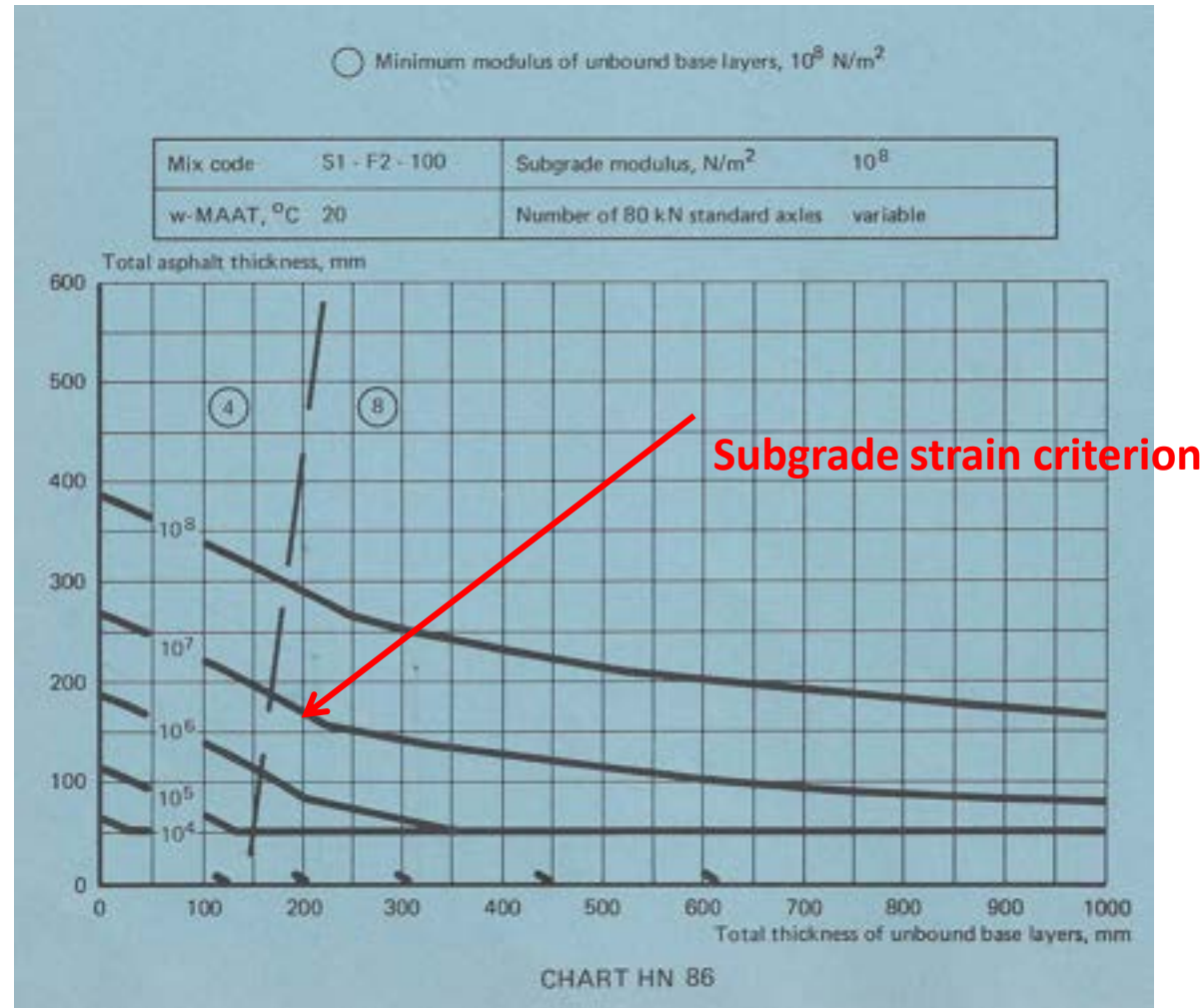


Chart HN86 Shell

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

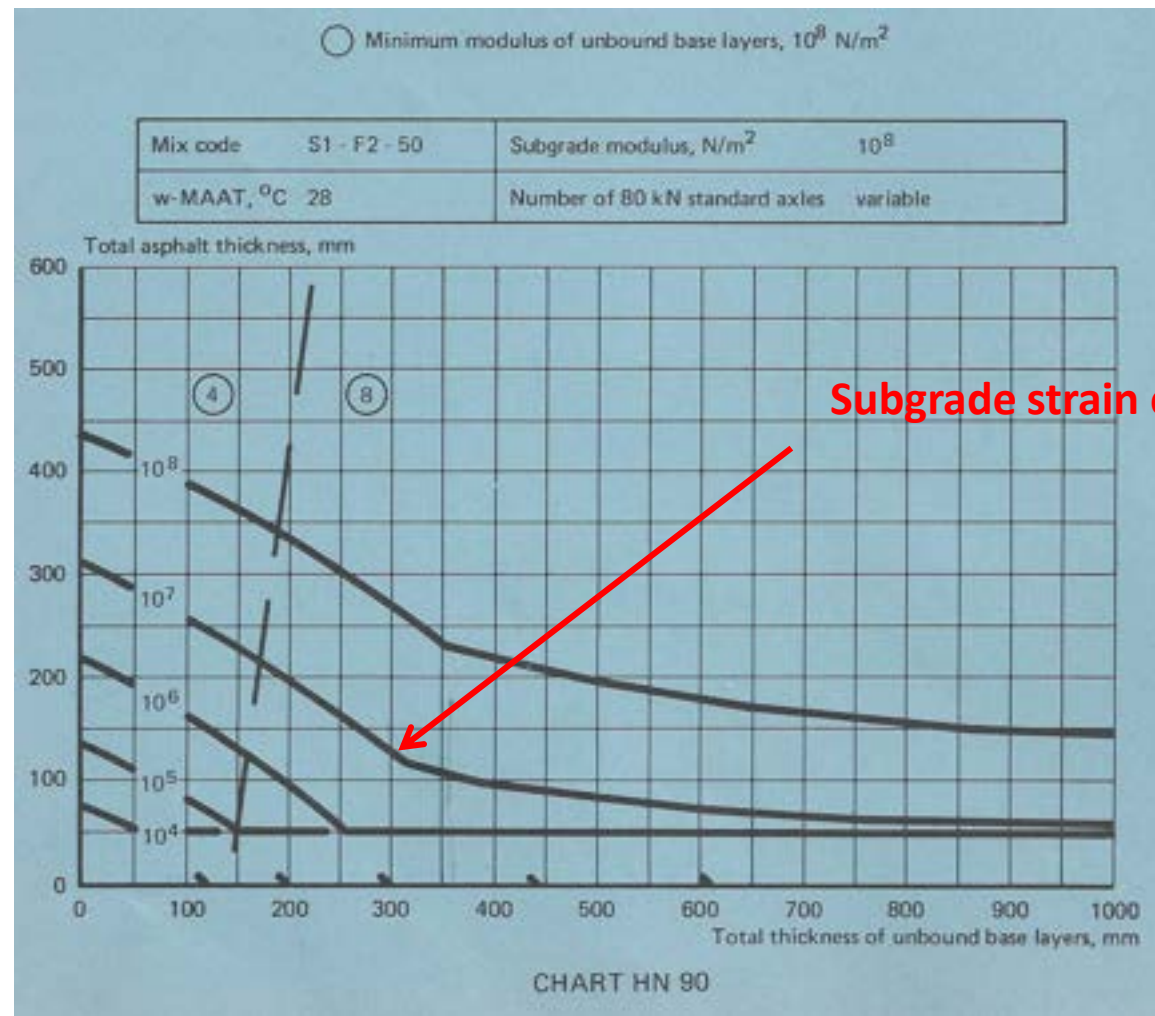


Chart HN 90 Shell

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

- Πέραν των πιο πάνω η μέθοδος Shell μέσω μιας αρκετά πολύπλοκης διαδικασίας δίδει την δυνατότητα υπολογισμού του βάθους μόνιμης παραμόρφωσης (αυλάκωσης) στις στρώσεις του ασφαλτοτάπητα.
- Λόγω έλλειψης χρόνου δεν θα αναπτυχθεί στη παρούσα ενότητα η υπό αναφορά διαδικασία υπολογισμού. Για περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να ανατρέξετε στη βιβλιογραφία.
- Αναφορικά με την αναθεώρηση του 1985 για αναβάθμιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων καταγράφονται τα ακόλουθα :

Subgrade strain criterion

1. Αξιοπιστία 85%

κυκλοφοριακός φόρτος x 3

2. Αξιοπιστία 95%

κυκλοφοριακός φόρτος x 6

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

8

- Από Chart HN82 mix code S1-F2-50 w-MAAT C°20 subgrade modulus 10 με διόρθωση έχουμε:

Αξιοπιστία 85% $ITA = 3 \times 10 = 30 \text{ msa}$

Υπόβαση + Βάση = 200,

Ασφαλτοτάπητας = 180 mm (ασφ.βάση= 130(2x65) mm, επιφ.στρώση= 50mm)

Αξιοπιστία 95% $ITA = 6 \times 10 = 60 \text{ msa}$

Υπόβαση + Βάση = 250,

Ασφαλτοτάπητας = 220 mm (ασφ.βάση= 100mm, ασφ.συνδ.στρώση= 70 mm επιφ.στρώση= 50mm)



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.1 Shell Pavement Design Manual.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Τελικό Αποτέλεσμα (95% αξιοπιστία)

Υποθεμέλιο = 150 mm

Θεμέλιο = 100 mm

Ασφ.Στρώσεις = 220 mm. (100 mm DBM ασφ.βάση, 70mm συνδετική, 50 mm ασφατική επιφανειακή)

- Για σκοπούς σύγκρισης με τις υπόλοιπες μεθοδολογίες το σκυρωτό υλικό υποθεμελίου αναβαθμίζεται σε σκυρωτό υλικό θεμελίου CBR>80%

Υποθεμέλιο = 250 mm

Ασφατικό Θεμέλιο (βάση) = 100 mm

Ασφατική Συνδετική Στρώση = 70 mm

Ασφατική Επιφανειακή Στρώση = 50 mm.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.[7]

- Τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

i. Σχεδιαστικές μεταβλητές

Κυκλοφοριακός φόρτος, διάρκεια σχεδιασμού, αξιοπιστία αποτελεσμάτων και περιβαλλοντικοί παράγοντες (παγετός, υγρασία-διόγκωση)

ii. Κριτήρια συμπεριφοράς ή απόδοσης

Δείκτης Παρούσας Εξυπηρετικότητας (PSI) του οδοστρώματος κατά τη διάρκεια του χρόνου χρήσης.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures

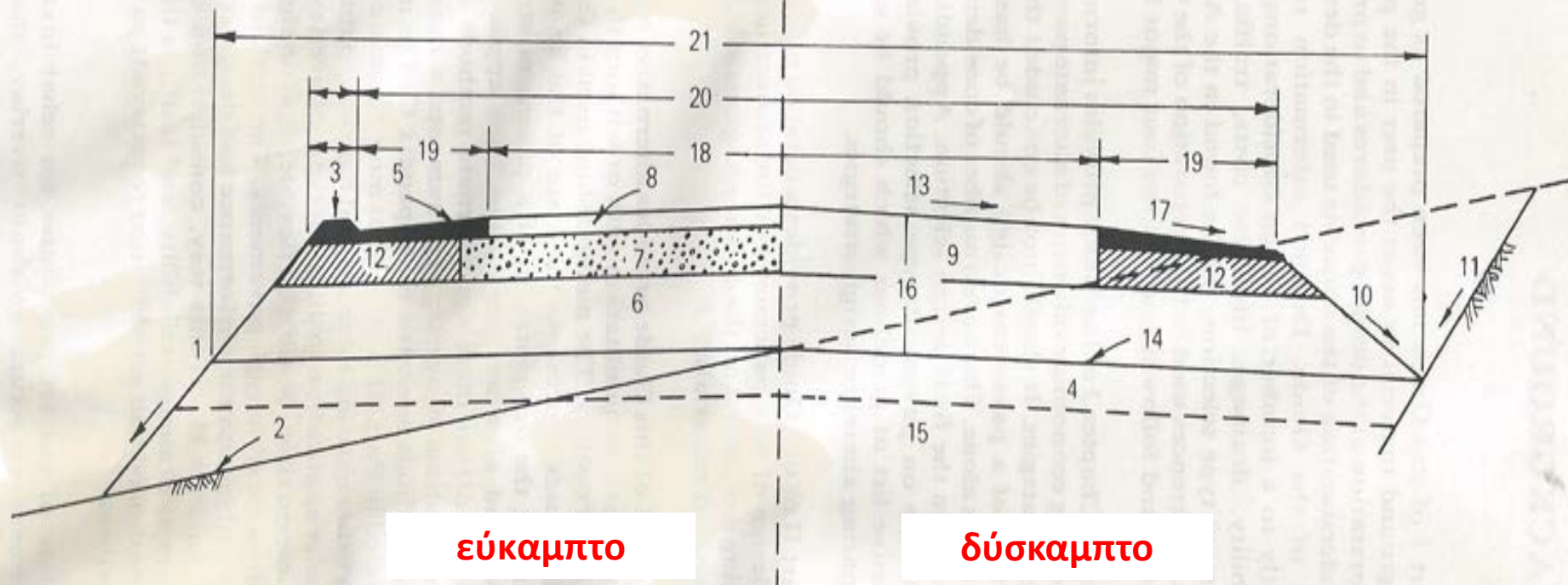
iii. Ιδιότητες των υλικών και των στρώσεων.

Μέτρο Επανάκτησης (Resilient Modulus), το CBR, η ευστάθεια Marshall. Η δομική συμπεριφορά των στρώσεων εκφράζεται με τους συντελεστές στρώσεων α_1 , α_2 , α_3 κλπ.

iv. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατασκευής

Ποιότητα αποστράγγισης και πιθανότητα κορεσμού.

- Η διαδικασία κατά AASHTO συνοψίζεται πιο κάτω



εύκαμπτο

δύσκαμπτο

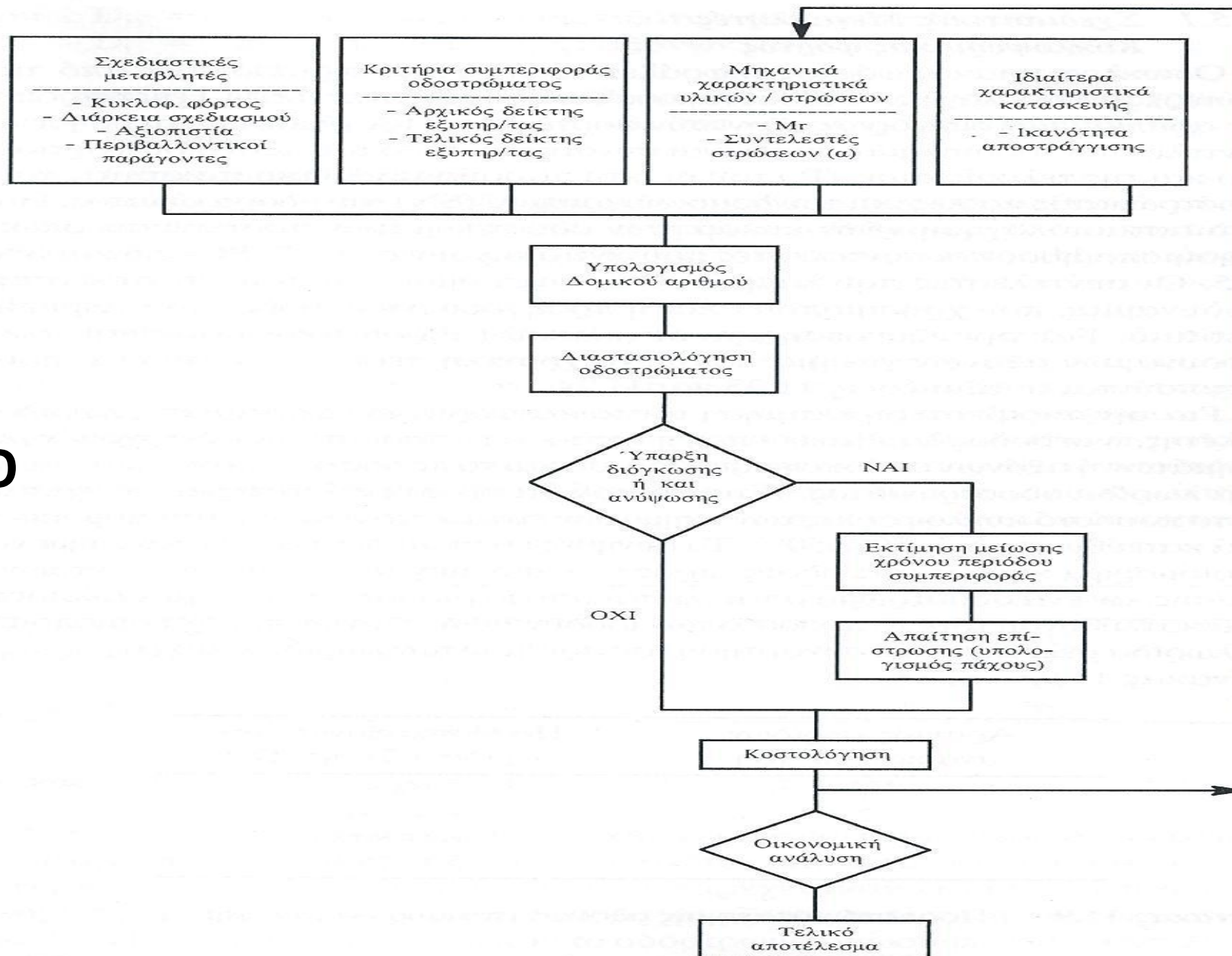
AASHTO

- 1 - FILL SLOPE
- 2 - ORIGINAL GROUND
- 3 - DIKE
- 4 - SELECTED MATERIAL OR PREPARED ROADBED
- 5 - SHOULDER SURFACING
- 6 - SUBBASE
- 7 - BASE COURSE
- 8 - SURFACE COURSE
- 9 - PAVEMENT SLAB
- 10 - DITCH SLOPE
- 11 - CUT SLOPE

- 12 - SHOULDER BASE
- 13 - CROWN SLOPE
- 14 - SUBGRADE
- 15 - ROADBED SOIL
- 16 - PAVEMENT STRUCTURE
- 17 - SHOULDER SLOPE
- 18 - TRAVEL LANES
- 19 - SHOULDER
- 20 - ROADWAY
- 21 - ROADBED

Note: See Figure 1.3, for examples of section with provision for subsurface drainage.

AASHTO



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

ι. Σχεδιαστικές μεταβλητές

- Ο κυκλοφοριακός φόρτος εκφράζεται σε Ισοδύναμους Τυπικούς Άξονες ΙΤΑ.

Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση	Ποσοστό αξόνων στη λωρίδα μελέτης (DL)
1	100%
2	80 - 100%
3	60 - 80%
4	50 -75%

ο αριθμός ΙΤΑ στη λωρίδα μελέτης
υπολογίζεται από το τύπο:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times w_{18} \quad 18 \text{ kip} = 8 \text{ kN}$$

π.χ.

$$D_D = 50\%$$

$$D_L = 70\% \text{ (3 λωρίδες ανά κατεύθυνση)}$$

$$w_{18} = 12 \text{ msa} \quad \uparrow \downarrow$$

$$W_{18} = 0,50 \times 0,70 \times 12 = \underline{4,2 \text{ msa}}$$

Όπου D_D ποσοστό κατανομής αξόνων ανά κατεύθυνση.

D_L ποσοστό κατανομής αξόνων ανά λωρίδα μελέτης.

w_{18} συνολικός αριθμός ΙΤΑ για όλη τη χρονική διάρκεια της ανάλυσης
και στις δύο κατευθύνσεις.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

i. Σχεδιαστικές μεταβλητές

- Η Διάρκεια Σχεδιασμού (Design Life) είναι μια έννοια που στη μεθοδολογία αυτή καθορίζεται επακριβώς.
- Η ΔΣ είναι καθοριστικός παράγοντας για τον βέλτιστο τεchnο-οικονομικό σχεδιασμό ου οδοστρώματος
- Η μέθοδος προτείνει την χρήση των όρων “*περίοδος ανάλυσης*” και “*περίοδος συμπεριφοράς*” σε έτη .

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

i. Σχεδιαστικές μεταβλητές

- Ως περίοδος ανάλυσης (analysis period) ορίζεται η ολική χρονική διάρκεια ζωής του οδοστρώματος μέσα στην οποία γίνονται συντηρήσεις καθώς και μία ή περισσότερες αποκαταστάσεις οδοστρώματος.
- Για εύκαμπτα οδοστρώματα συνήθως ως περίοδος ανάλυσης λαμβάνεται η διάρκεια των 20 χρόνων. Πλην όμως στη μέθοδο αυτή προτείνεται όπως χρησιμοποιούνται τιμές μεταξύ των ορίων του πίνακα που ακολουθεί.



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

Προτεινόμενες περίοδοι ανάλυσης σε χρόνια κατά AASHTO

Κατηγορία οδού	Περίοδος ανάλυσης
1. Αστικοί δρόμοι με υψηλό ΙΤΑ	30-50 χρόνια
2. Υπεραστικές αρτηρίες υψηλού ΙΤΑ	20-50 χρόνια
3. Ασφαλτοστρωμένοι οδοί μικρού ΙΤΑ	15-25 χρόνια
4. Μη ασφαλτοστρωμένοι οδοί μικρού ΙΤΑ	10-20 χρόνια

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

- Ως **περίοδος συμπεριφοράς (performance period)** του οδοστρώματος ορίζεται η περίοδος εκείνη μέσα στη οποία το οδόστρωμα δεν χρειάζεται αποκατάσταση παρά μόνο συντήρηση έτσι ώστε το οδόστρωμα να παρέχει ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης.
- Η περίοδος συμπεριφοράς χωρίζεται σε ελάχιστη και μέγιστη.
- Η ελάχιστη είναι αυτή που το οδόστρωμα οπωσδήποτε θα αντέξει παρέχοντας κάποιο ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης πριν χρειασθεί αποκατάσταση.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

- Σαν ελάχιστη περίοδος συμπεριφοράς μπορούν να ορισθούν τα δέκα (10) χρόνια.
- Η μέγιστη περίοδος συμπεριφοράς είναι η μέγιστη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος πριν την αποκατάσταση
- π.χ. ένα οδόστρωμα μπορεί να σχεδιασθεί για να χρειασθεί αποκατάσταση μετά από 20 χρόνια (20 year design life).
- Στη πράξη τα περισσότερα οδοστρώματα στη Κύπρο χρειάζονται αποκατάσταση πολύ νωρίτερα (10 χρόνια ή και 8 χρόνια ή και 5 χρόνια !)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

- Ως αξιοπιστία (reliability) ορίζεται η πιθανότητα που έχει το σχεδιασθέν οδόστρωμα να συμπεριφερθεί ικανοποιητικά καθ'όλη τη διάρκεια σχεδιασμού , ανεξάρτητα από τις απρόβλεπτες μεταβολές του κυκλοφοριακού φόρτου και των περιβαλλοντικών συνθηκών
- Επιλέγοντας υψηλό ποσοστό αξιοπιστίας μειώνεται το ρίσκο ότι το οδόστρωμα όπως έχει σχεδιασθεί δεν θα συμπεριφερθεί όπως προβλέφθηκε για όλη τη περίοδο ανάλυσης.
- Η αξιοπιστία συνδέεται άμεσα με την σπουδαιότητα των έργων.
- Ο υψηλός συντελεστής αξιοπιστίας συνεπάγεται άμεσα και μεγαλύτερο κατασκευαστικό πάχος.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

- Η έννοια της αξιοπιστίας συνδέεται και με τη σταθερή απόκλιση (standard deviation) S_o των δεδομένων του κυκλοφοριακού φόρτου σε συνδυασμό με την εκτίμηση της συμπεριφοράς του οδοστρώματος.
- Για εύκαμπτα οδοστρώματα βρέθηκε ότι $S_o = 0.40 - 0.50$
- Στο πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα επίπεδα αξιοπιστίας R ανά κατηγορία δρόμου.



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

Κατηγορία οδού	<u>Προτεινόμενα επίπεδα αξιοπιστίας R</u>	
	<u>Αστικές περιοχές</u>	<u>Υπεραστικές περιοχές</u>
αυτοκινητόδρομοι	85 - 99.9%	80 - 99.9%
κύριες αρτηρίες	80 - 99%	75 - 95%
δευτερεύουσες αρτηρίες	80 - 95%	75 - 95%
μικρές τοπικές οδοί	50 - 80%	50 - 80%

Επίπεδα αξιοπιστίας R ανά κατηγορία οδού κατά AASHTO

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

- Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που θεωρούνται από τη μεθοδολογία ότι επηρεάζουν την συμπεριφορά ενός νέου οδοστρώματος είναι ο **παγετός (frost)** και η **διόγκωση (swelling)**.
- Η μεθοδολογία παρέχει τη δυνατότητα να εκτιμηθεί, για κάθε εδαφικό υλικό, ο ρυθμός απώλειας της εξυπηρετικότητας τόσο λόγω της διόγκωσης όσο και λόγω της υπερύψωσης από παγετό.
- ii. Κριτήρια συμπεριφοράς ή απόδοσης οδοστρώματος.
 - Εξυπηρετικότητα (serviceability) του οδοστρώματος ορίζεται η ικανότητα του οδοστρώματος να εξυπηρετεί τον χρήστη/κυκλοφορία.
 - Αυτή εκφράζεται με το Δείκτη Παρούσας Εξυπηρέτησης ,Present Serviceability Index (PSI)

PSI = 0 κάκιστος δρόμος

PSI = 5 τέλειος δρόμος

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

ii. Κριτήρια συμπεριφοράς ή απόδοσης οδοστρώματος.

- Χρησιμοποιείται και ο όρος Τελικός Δείκτης Εξυπηρετικότητας (P_t) ο οποίος εκφράζει το κατώτατο ανεκτό επίπεδο εξυπηρετικότητας πριν την αποκατάσταση του οδοστρώματος.
- Το AASHTO προτείνει τιμές $P_t = 2.5$ ή λίγο μεγαλύτερη για αυτοκινητόδρομους και κύριες αρτηρίες και $P_t = 2.5$ για όλους τους υπόλοιπους δρόμους.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

- Επειδή είναι πρακτικά αδύνατο να υπάρξει τέλεια κατασκευή είθισται η τιμή του Αρχικού Δείκτη Εξυπηρετικότητας P_o να εκλαμβάνεται $P_o = 4.2$ περίπου.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

iii. Ιδιότητες των υλικών και των στρώσεων

- Η μέθοδος του AASHTO μετατρέπει το πάχος της κάθε στρώσης σε αντίστοιχο **Δομικό Αριθμό (S_{Ni})**
- Για τη μετατροπή αυτή χρησιμοποιούνται οι **δομικοί συντελεστές (a_i)** οι οποίοι εξαρτώνται από το υλικό της κάθε στρώσης (πχ ασφαλτόμιγμα, σκυρωτό κλπ)
- Ο Δομικός Αριθμός κάθε στρώσης υπολογίζεται από τη σχέση
$$S_{Ni} = a_i \times h_i$$
- Το ολικό πάχος του οδοστρώματος
$$S_N = \sum a_i \times h_i$$
- Οι Δομικοί Συντελεστές των στρώσεων υπολογίζονται από ειδικά νομογραφήματα.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

iii. Ιδιότητες των υλικών και των στρώσεων

- Τα υλικά των στρώσεων χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες :
 1. Ασφαλτομίγματα
 2. Υλικά βάσης δίχως συνδετικό υλικό
 3. Υλικά υπόβασης δίχως συνδετικό υλικό
 4. Ισχνά μίγματα με τσιμέντο(cement treated- Ημιδύσκαμπτα)
 5. Ισχνά μίγματα με άσφαλτο (bituminous treated).

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

iv. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατασκευής

- Ως χαρακτηριστικό της κατασκευής , για εύκαμπτα οδοστρώματα, λαμβάνεται **η αποστραγγιστική ικανότητα (mi)**
- Η αποστραγγιστική ικανότητα επηρεάζει την συμπεριφορά όλων των στρώσεων εκτός αυτών που αποτελούνται από σκυρόδεμα.
- Στους σχετικούς πίνακες δίδονται πέντε κατηγορίες αποστραγγιστικής ικανότητας του οδοστρώματος και τέσσερις κατηγορίες ποσοστού χρονικής διάρκειας κατά την οποία η κατασκευή εκτίθεται σε επίπεδο υγρασίας πλησίον του κορεσμού.
- Η εκτίμηση του κατάλληλου συντελεστή αποστράγγισης (mi) επαφίεται στη κρίση και εμπειρία του μελετητή.

Συντελεστές αποστράγγισης m_i

αποστράγγιση (m_i)	ποσοστό χρόνου που το οδόστρωμα εκτίθεται σε υγρασία που πλησιάζει σε κατάσταση κορεσμού			
	< 1%	1-5%	5-25%	>25%
<u>άριστη</u> Α.Υ σε 2 hr	1,40-1,35	1,20-1,15	1,15-1,10	1,10
<u>καλή</u> Α.Υ σε 1 μέρα	1,20-1,15	1,15-1,10	1,10-1,00	1,00
<u>αρκετά καλή</u> Α.Υ σε 1 εβδ.	1,15-1,10	1,10-1,00	1,00-0,90	0,90
<u>κακή</u> Α.Υ σε 1 μήνα	1,10-1,00	1,00-0,90	0,90-0,80	0,80
<u>πολύ κακή</u> δεν αποστραγγ	1,00-0,90	0,90-0,80	0,80-0,70	0,70

Α.Υ = Απομάκρυνση Ύδατος

NOMOGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9.36 \cdot \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10} M_R - 8.07$$

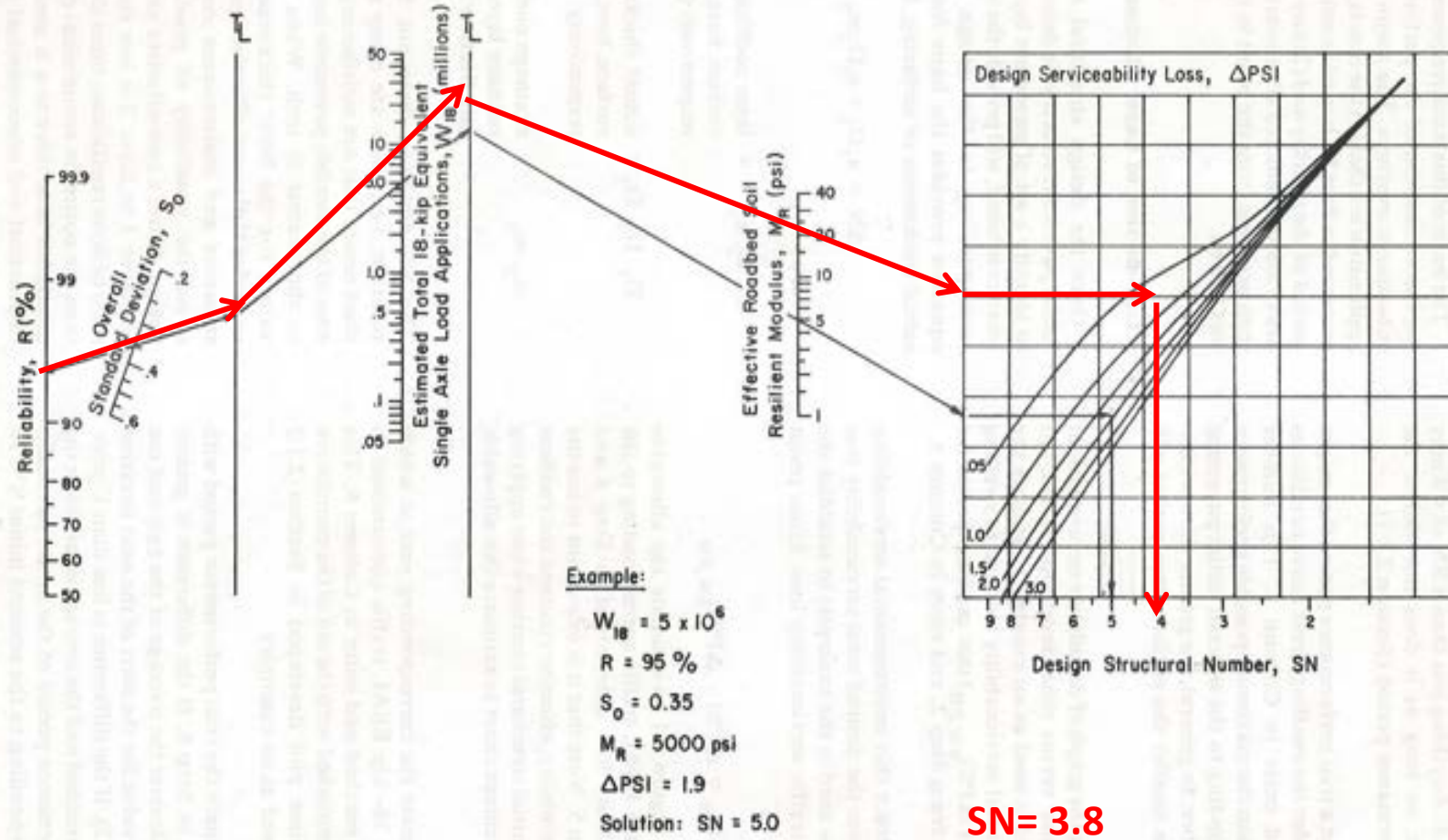


Figure 3.1. Design chart for flexible pavements based on using mean values for each input.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. Περίοδος Ανάλυσης 20 χρόνια.
2. Γεωγραφική περιοχή Λάρνακα.
3. Κυκλοφοριακός φόρτος 10 msa
4. CBR υπεδάφους >11%
5. Ασφαλτοτάπητας από ασφαλτικό σκυρόδεμα (άσφαλτος 50 -70 pen)
6. Βάση σκυρωτό ασύνδετο υλικό CBR >80%
7. Υπόβαση σκυρωτό ασύνδετο υλικό CBR >30%

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

$M_R = 1500$ CBR = 11 x 1500 = **16 500** psi (lbs/in²) **$m_2 = m_3 = 0.8$** drain. quality

$R = 95\%$ Reliability **$S_o = 0,35$** Standard Deviation,

$P_i = 4$ Initial Serviceability, $P_t = 2.5$ Terminal Serviceability **$\Delta PSI = 4 - 2.5 = 1.5$**

Από design chart for flexible pavements based on using mean value for each input (figure 3.1 AASHTO 1986) έχουμε **$SN_1 = 3.8$**

$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3$

$a_1 = 0.38$ από figure 2.5 chart for estimating structural layer coefficient of dense graded asphalt concrete based on elastic (resilient modulus 3)

$a_2 = 0.13$ από figure 2.6 variation in granular base layer coefficients (a_2) with various base strength parameters

$a_3 = 0.105$ από figure 2.7 variation in granular subbase layer coefficients (a_3) with various base strength parameters

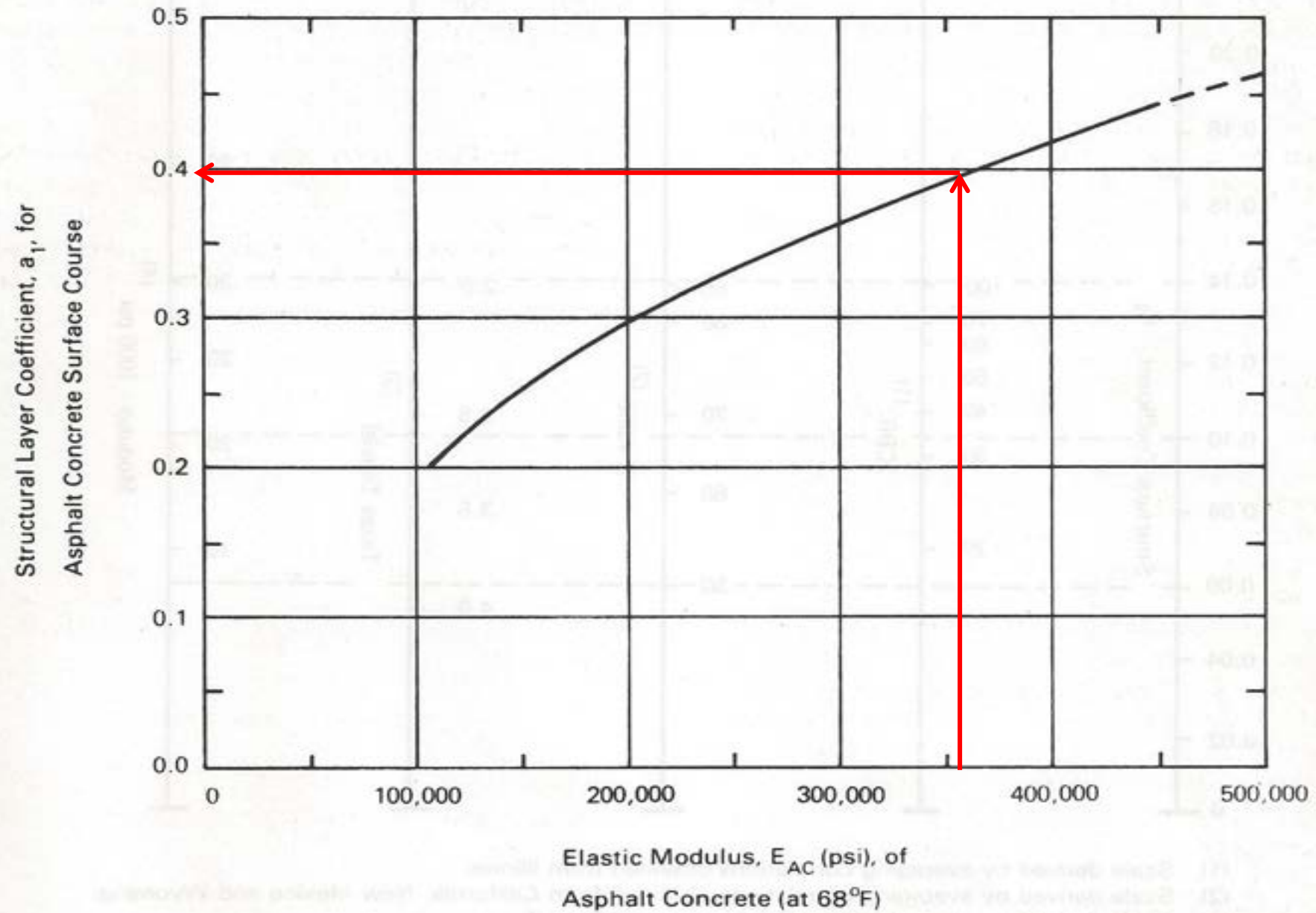
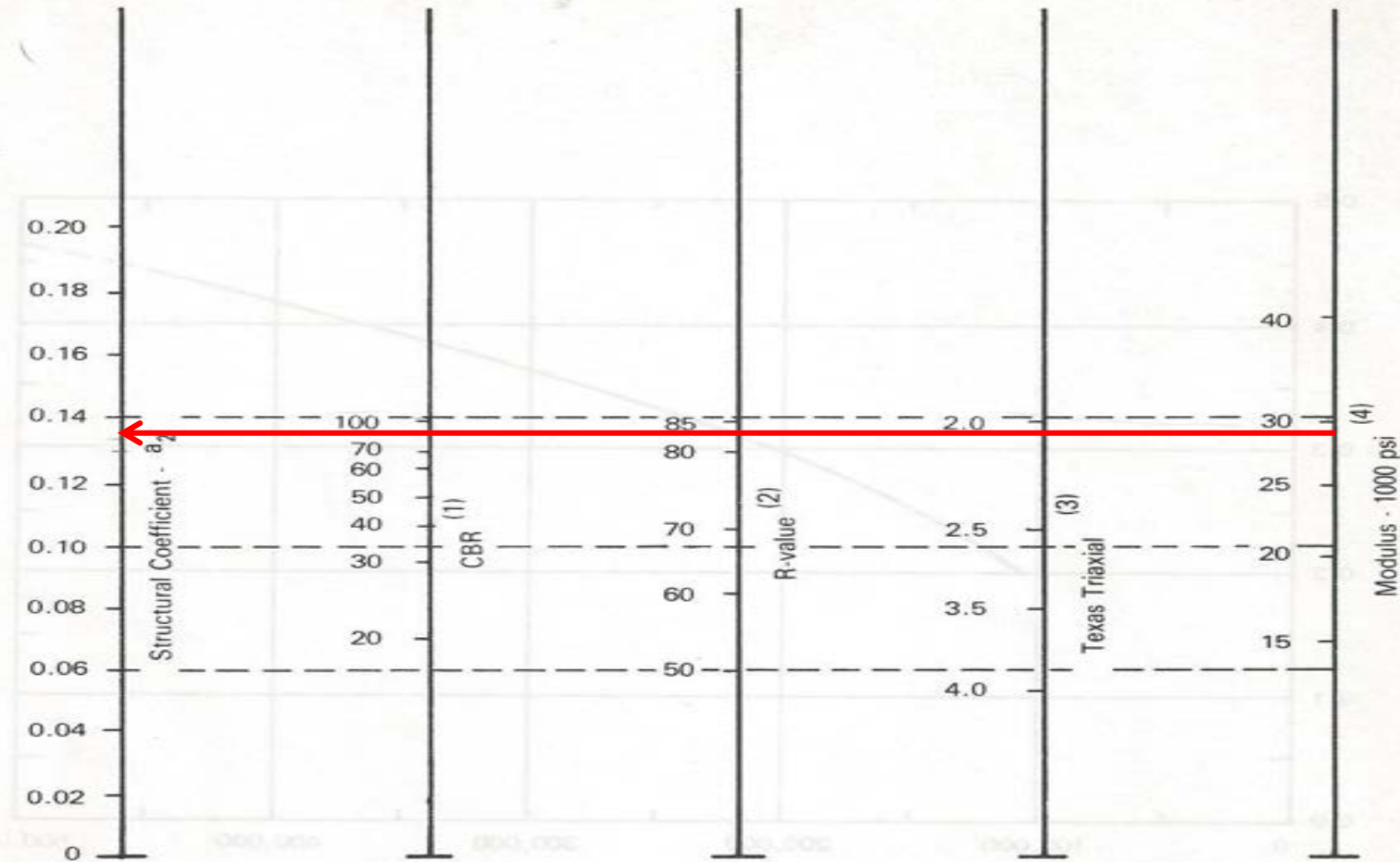
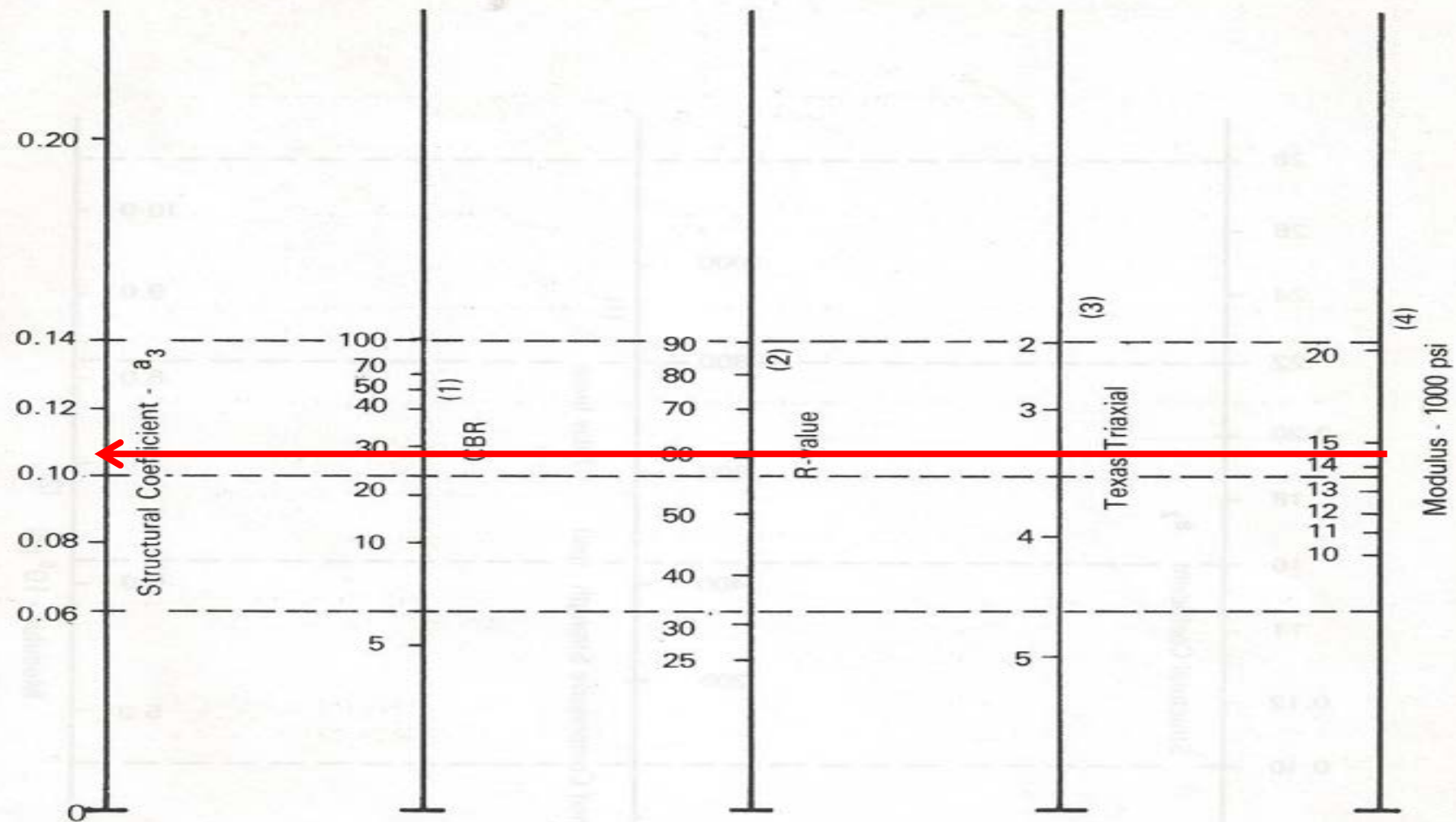


Figure 2.5. Chart for estimating structural layer coefficient of dense-graded asphalt concrete based on the elastic (resilient) modulus (3).



- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois.
- (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas.
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.6. Variation in granular base layer coefficient (a_2) with various base strength parameters (3).



- (1) Scale derived from correlations from Illinois.
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas.
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.7. Variation in granular subbase layer coefficient (a_3) with various subbase strength parameters (3).



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Πάχος Ασφ. Στρ. $h_1 = SN_1 / a_1 = 3.8 / 0.4 = 9.5 \text{ in} = 9,5 \times 25.4 = \mathbf{241,3 \text{ mm (250 mm)}}$

Πραγματική τιμή $SN_1 = 0.40 \times 250 / 25.4 = 3.94$

Πάχος σκυρ. Θεμελ. $h_2 = (SN_2 - SN_1) / a_2 m_2 = (4.4 - 3.9) / 0.13 \times 0.8 = \mathbf{122.3 (125mm)}$

Πραγματική τιμή $SN_2 = 0.13 \times (125 / 25.4) \times 0.8 = 0.51$

Πάχος σκυρ. Υποθ. $h_3 = (SN_3 - (SN_1 + SN_2)) / a_3 m_3 = (5 - (3.94 + 0.51)) / 0.11 \times 0.8$
 $= 6.25 \times 25.4 = \mathbf{158.75 (160mm)}$

Τελικό Αποτέλεσμα (95% αξιοπιστία)

Υποθεμέλιο = 160 mm

Θεμέλιο = 125 mm

Ασφ.Στρώσεις = 250 mm (130 mm DBM ασφ.βάση, 70mm συνδετική, 50 mm ασφατική επιφανειακή)

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.2 AASHTO ,Guide for Design of Pavement Structures.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

- Για σκοπούς σύγκρισης με τις υπόλοιπες μεθοδολογίες το σκυρωτό υλικό υποθεμελίου αναβαθμίζεται σε σκυρωτό υλικό θεμελίου CBR>80%

Υποθεμέλιο = 295 mm

Ασφαλτικό Θεμέλιο (βάση) = 130 mm

Ασφαλτική Συνδετική Στρώση = 70 mm

Ασφαλτική Επιφανειακή Στρώση = 50 mm.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.3 Design Manual for Roads and Bridges. Pavement Design Manual (HD 26/06 , HD/25 Interim) UK. [8]

- Και η μεθοδολογία αυτή είναι ημιαναλυτική και βασίζεται σε νομογραφήματα.
- Από τη γραφική παράσταση του HD/25 Interim figure 3.1 υπεδάφους καθορίζεται το πάχος του υποθεμελίου (χωρίς στρώση στέψης). Στη περίπτωση χρήσης στρώσης στέψης χρησιμοποιούνται οι γραφικές παραστάσεις figure 3.2 για τον χωριστό υπολογισμό του πάχους της στρώσης στέψης και του υποθεμελίου.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.3 Design Manual for Roads and Bridges. Pavement Design Manual (HD 26/06 , HD/25 Interim) UK.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. Περίοδος Ανάλυσης 20 χρόνια.
2. Γεωγραφική περιοχή Λάρνακα.
3. Κυκλοφοριακός φόρτος 10 msa.
4. CBR υπεδάφους >11%
5. Ασφαλτοτάπητας από ασφαλικό σκυρόδεμα (άσφαλτος 50-70 pen)
6. Βάση σκυρωτό ασύνδετο υλικό CBR >80%
7. Υπόβαση σκυρωτό ασύνδετο υλικό CBR >30%

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.3 Design Manual for Roads and Bridges. Pavement Design Manual
(HD 26/06 , HD/25 Interim) UK.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Υποθεμέλιο = 210 mm

**Ολικό πάχος ασφαλτικών στρώσεων = 280 mm(160 mm DBM
ασφ.βάση, 70mm συνδετική, 50 mm ασφαλτική επιφανειακή)**

- Στις διαφάνειες που ακολουθούν φαίνονται οι σχετικές αναγνώσεις από τα νομογραφήματα.

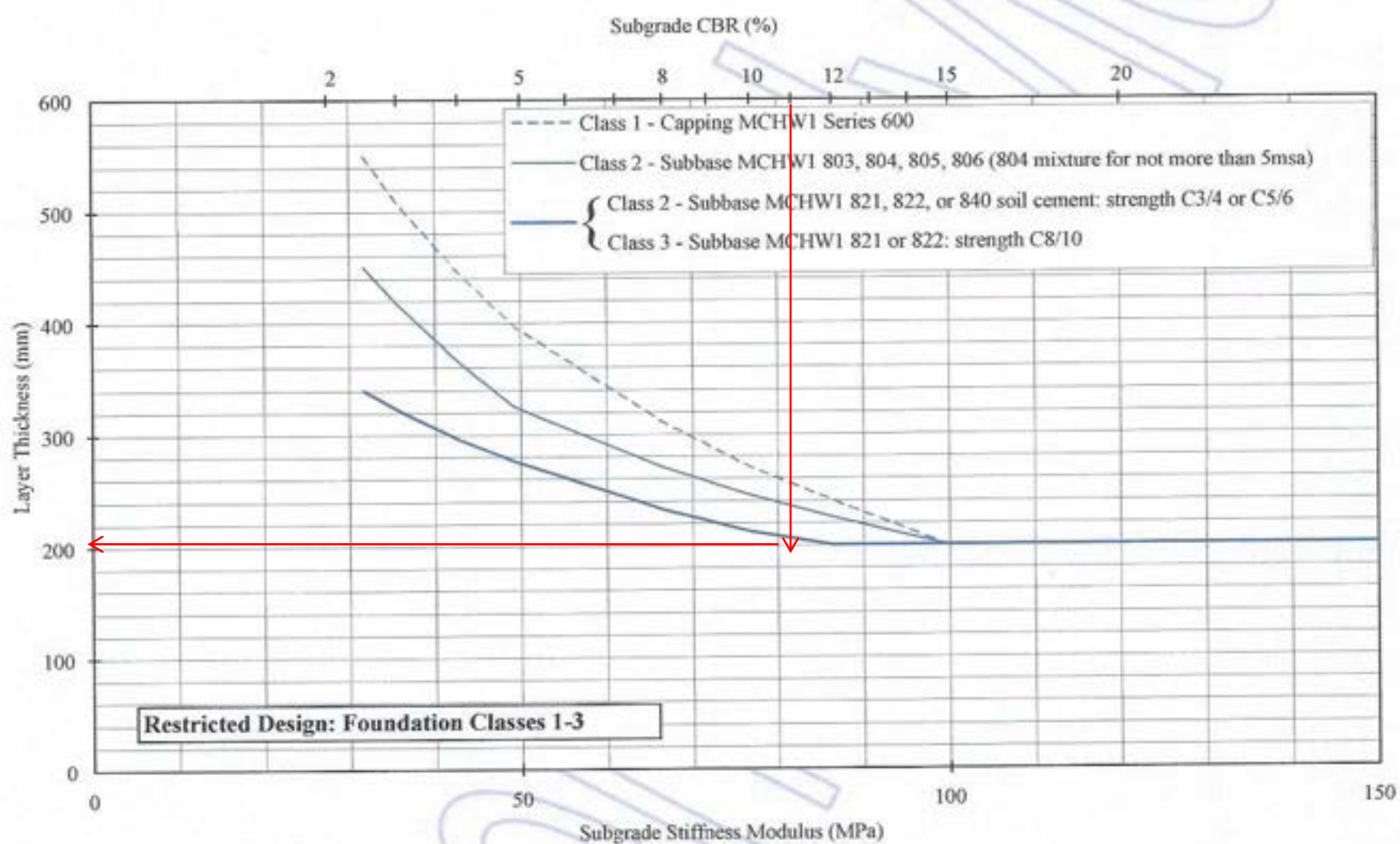
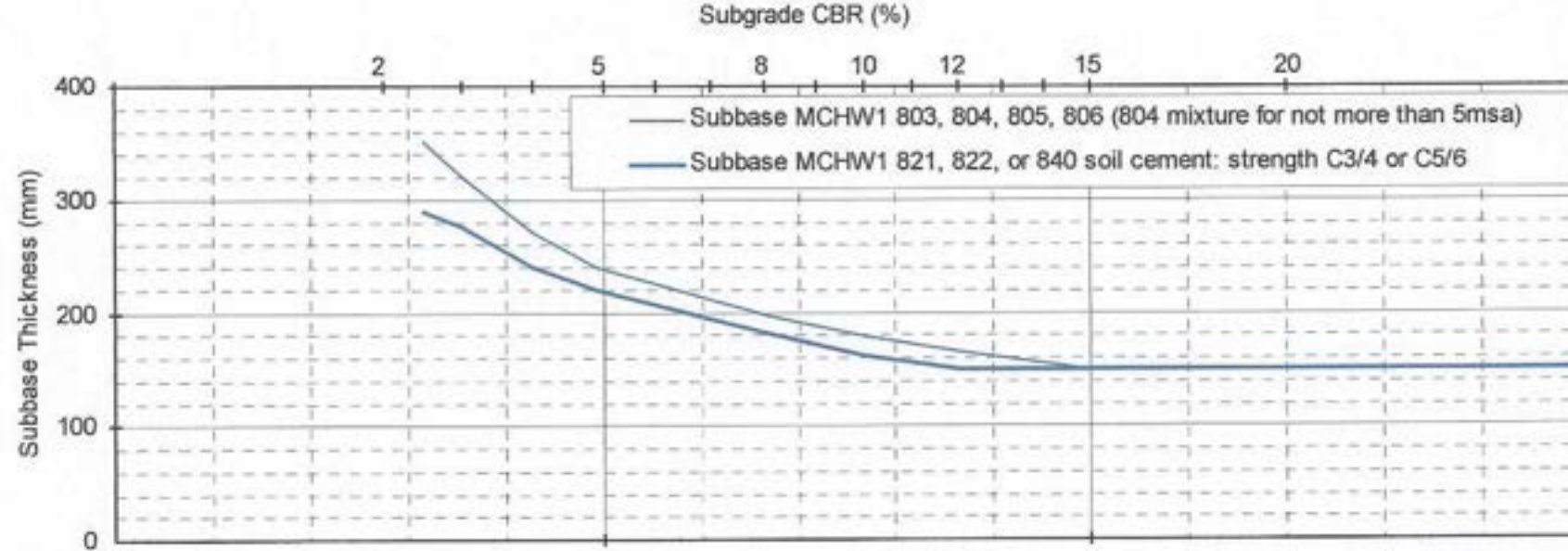


FIGURE 3.1 Restricted Design Options – Subbase or Capping only

HD 25 Interim.

Design Manual for Roads and Bridges UK



HD 25 Interim

Design Manual for Roads and Bridges UK

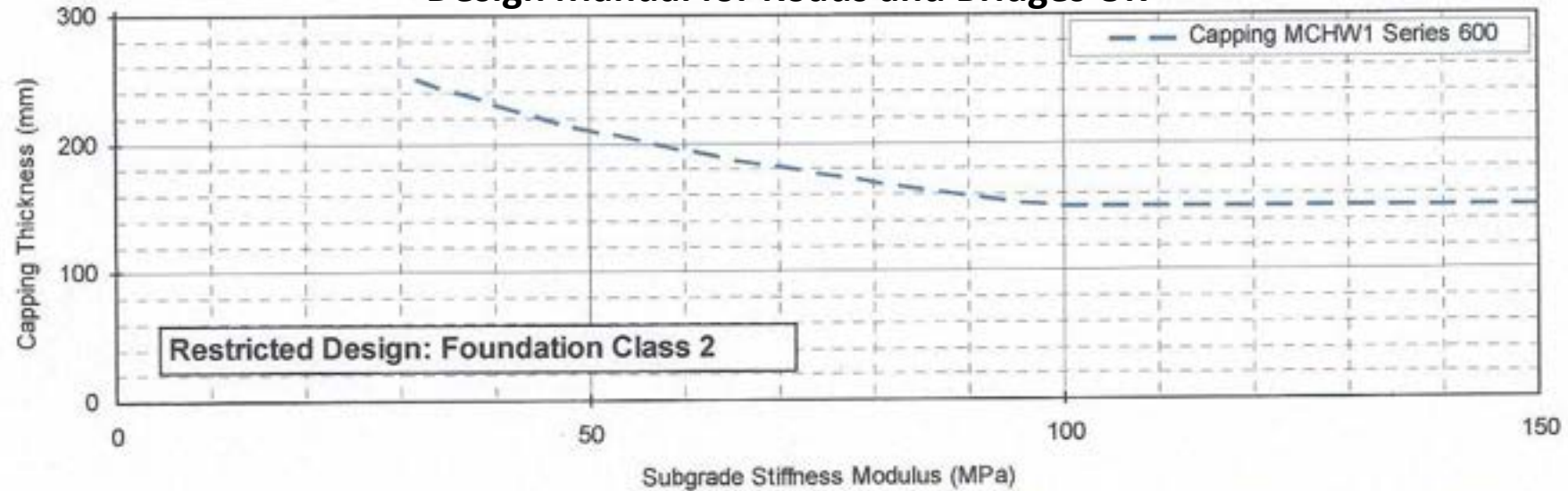
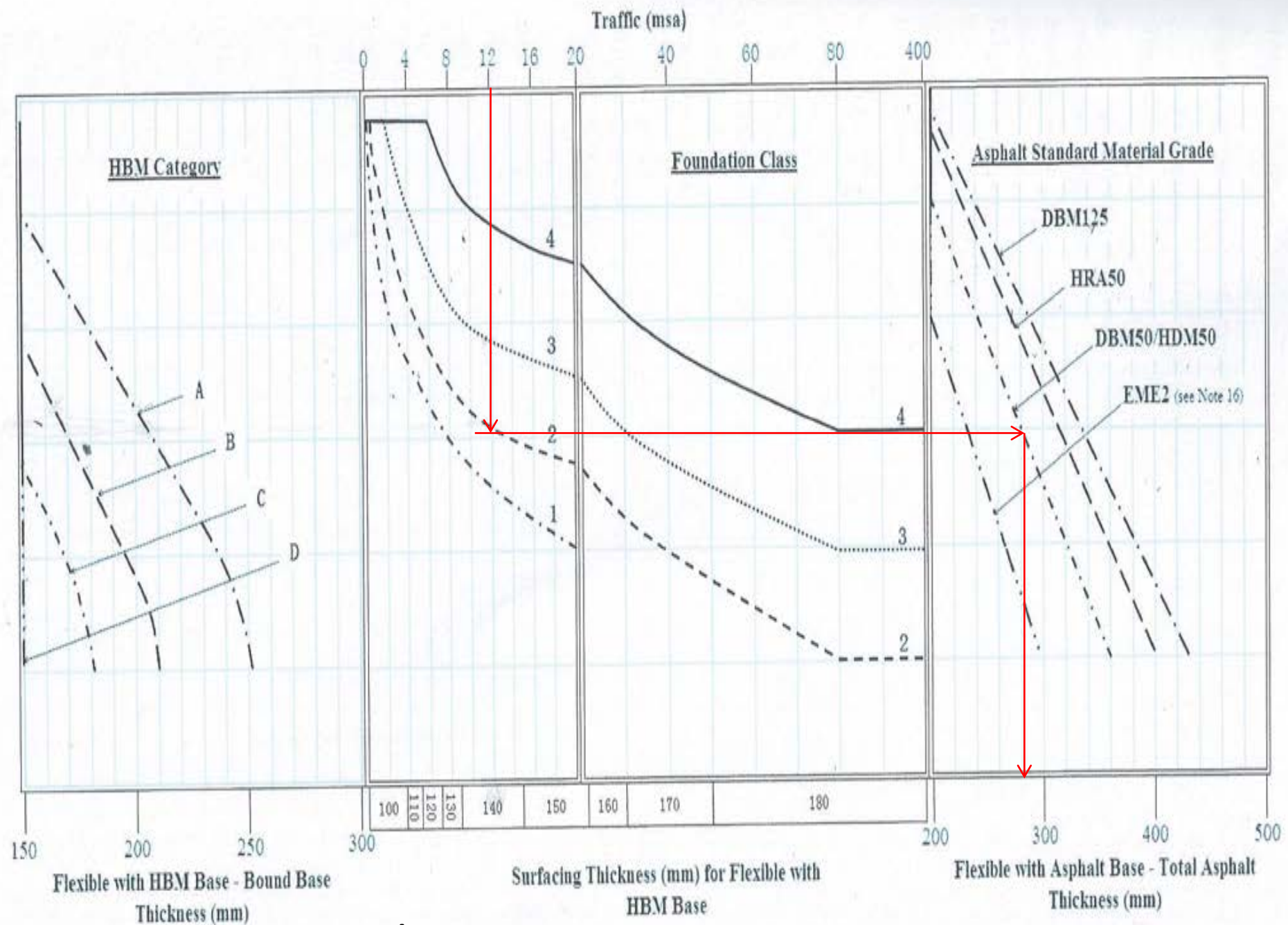


FIGURE 3.2 Restricted Design Options – Class 2 Subbase on Capping



Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.[9]

- Η πρόωρη αστοχία του οδοστρώματος του νέου δρόμου Λευκωσίας – Λεμεσού και οι μελέτες που ακολούθησαν για ενίσχυση και ανακατασκευή του οδοστρώματος βοήθησαν κατά πολύ στην ανάπτυξη της κυπριακής μεθοδολογίας.
- Η κυπριακή μεθοδολογία βασίζεται στη Ελαστική Θεωρία. Αναπτύχθηκε μεταξύ 1987-1989 από οίκο ξένων Συμβούλων Μηχανικών (John Burrow and Partners) και το Τμήμα Δημοσίων Έργων στα πλαίσια του Τέταρτου Σχεδίου Οδικής Ανάπτυξης.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

Με βάση την Ελαστική Θεωρία και μέσω του προγράμματος PAN έχουν δημιουργηθεί τα σχετικά νομογραφήματα του εγχειριδίου.

- Τα νομογραφήματα αφορούν τον υπολογισμό
 - i. του πάχους των στρώσεων νέων οδοστρωμάτων
 - ii. το πάχος του ασφαλτοτάπητα επί παλαιού οδοστρώματος για σκοπούς περιοδικής συντήρησης

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

- Για νέα οδοστρώματα (NP1) με **σκυρωτό υποθεμέλιο, σκυρώτο θεμέλιο και σφαλτοτάπητα**, το εγχειρίδιο περιλαμβάνει τέσσερα νομογραφήματα. Το κάθε νομογράφημα καλύπτει διαφορετική συνθήκη έδρασης
(CBR=2, 3% <CBR<5%, 6%<CBR<10 και CBR>11)
- Για νέα οδοστρώματα(NP2) με **σκυρωτό υποθεμέλιο, ασφαλτικό θεμέλιο και ασφαλτοτάπητα**, το εγχειρίδιο περιλαμβάνει τέσσερα νομογραφήματα για τις τέσσερις πιο πάνω συνθήκες έδρασης.
- Για νέα σκυρωτά (NP3)οδοστρώματα με λεπτή ασφαλτική σφραγιστική στρώση το εγχειρίδιο περιλαμβάνει τέσσερα νομογραφήματα για τις τέσσερις πιο πάνω συνθήκες.
- Για το υπολογισμό του πάχους της στρώσης επάλειψης το εγχειρίδιο περιλαμβάνει δέκα νομογραφήματα.

Resilient Modulus values expressed in MN/m^2

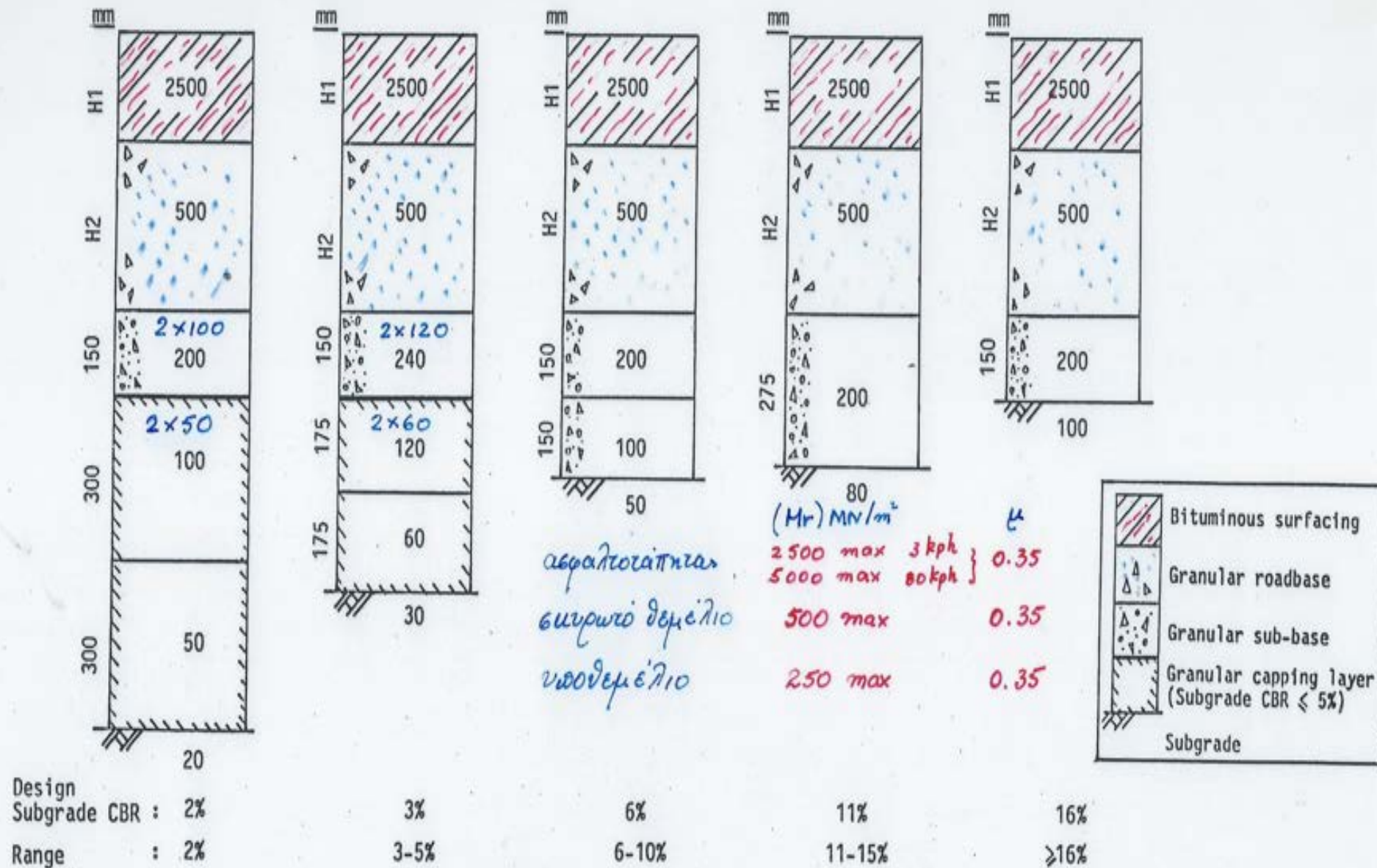


Figure 1 Pavement models for new construction - Pavement Type NP1

Resilient Modulus values expressed in MN/m²

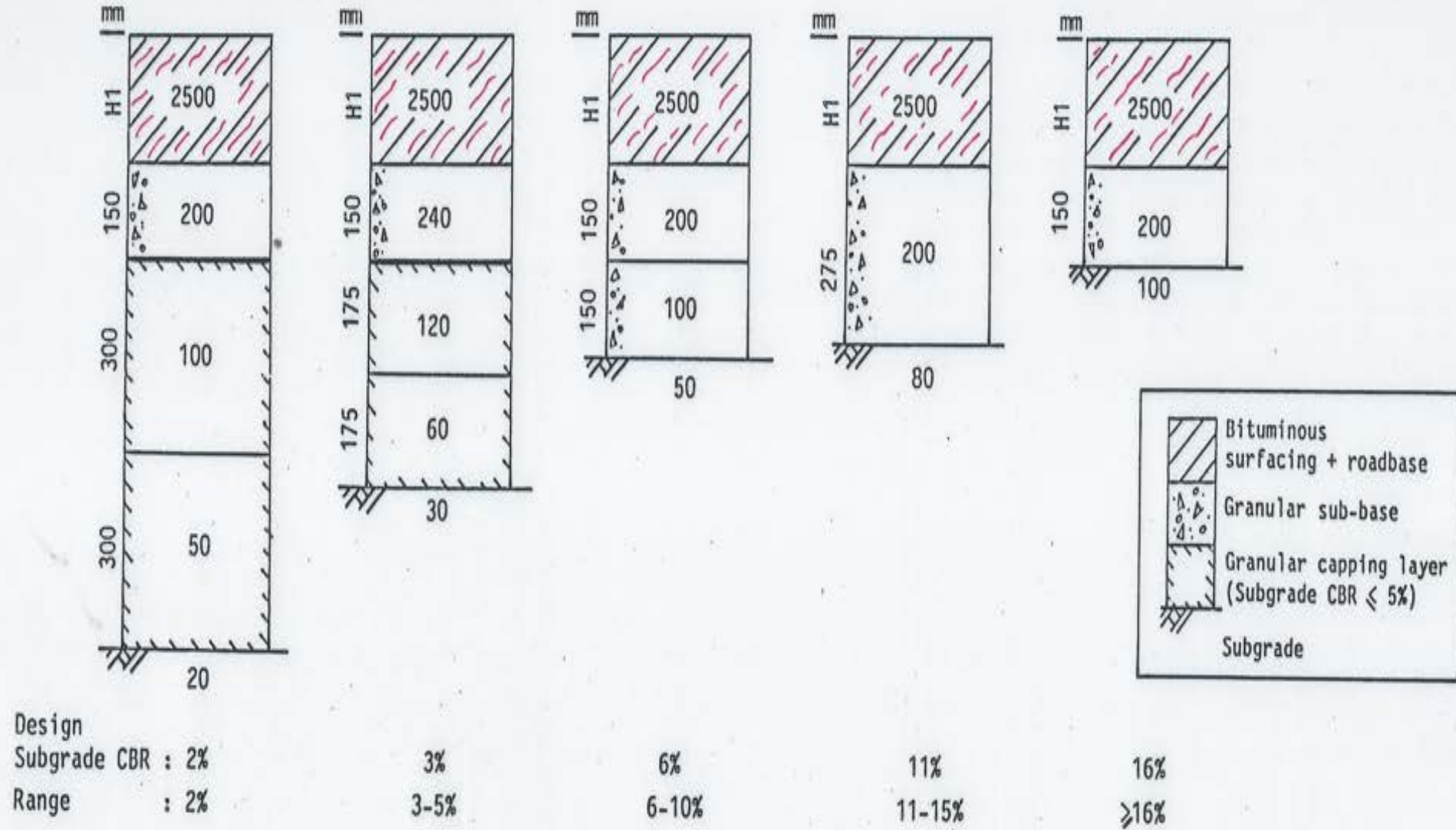


Figure 2 Pavement models for new construction - Pavement Type NP2

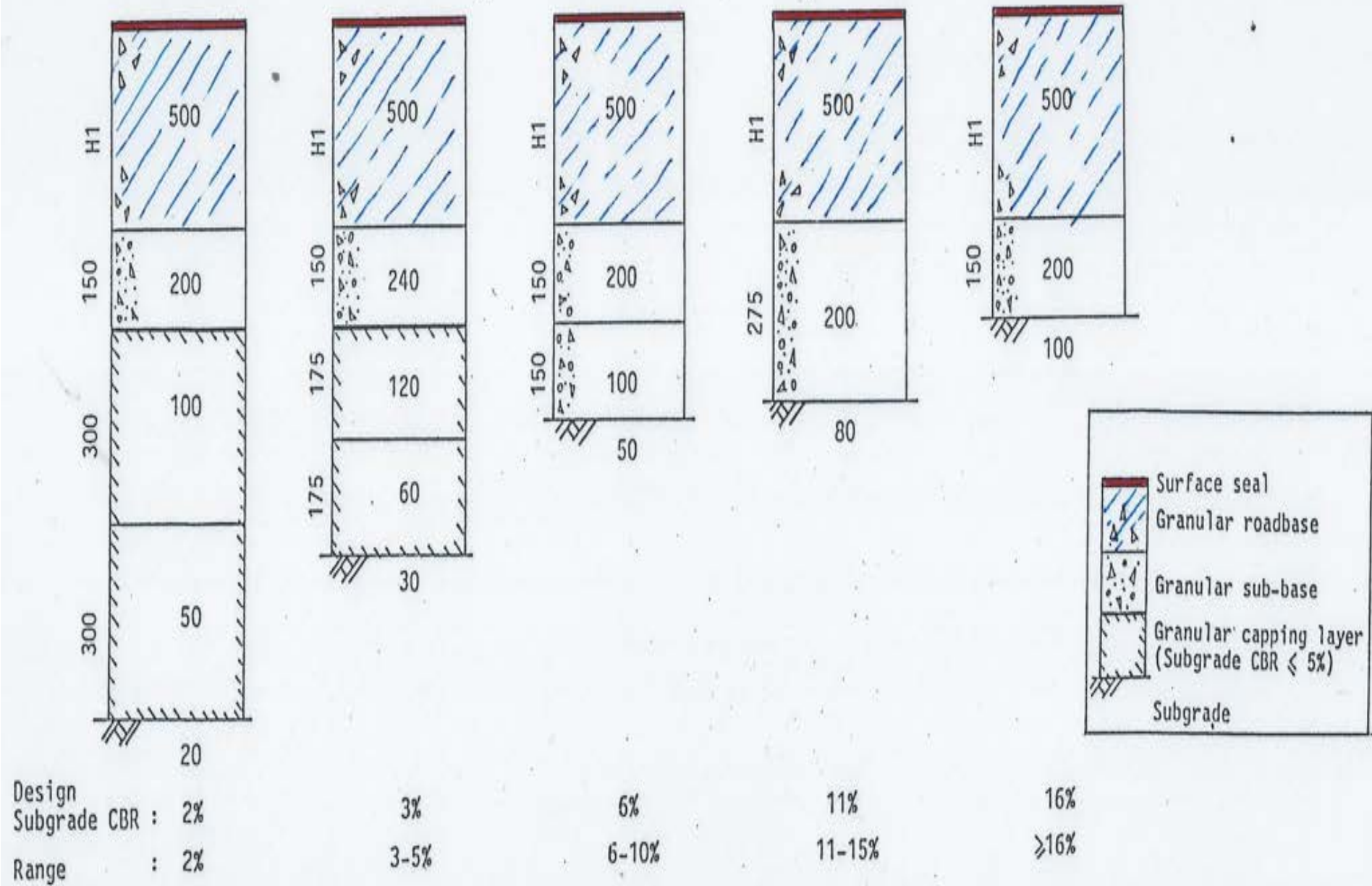


Figure 3 Pavement models for new construction - Pavement Type NP3

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

- Το πρόγραμμα PAN είναι βασισμένο στη **Μέθοδο των Ισοδύναμων Παχών** (equivalent thickness) η οποία αντικαθιστά το οδόστρωμα με μια σειρά από **Ελαστικές Στρώσεις** η κάθε μια από τις οποίες έχει το δικό της :
 - i. **Ελαστικό Μέτρο Ανάκαμψης (M_r) MN/m^2**
 - ii. **Συντελεστή Poisson μ ή ν .**
- Μετρώντας με ειδικά μηχανήματα (deflection beam, falling weight deflectometer) το Μέγεθος της Βύθισης (δ) και γνωρίζοντας το βάρος του άξονα βασιζόμενοι στη σχετική εργασία του Asphalt Institute (USA) και του TRRL (UK) καθώς και στη σχετική εργασία (Deflection Survey) που έγινε για την ενίσχυση και ανακατασκευή του οδοστρώματος του νέου δρόμου Λευκωσίας – Λεμεσού δημιουργήθηκαν τα σχετικά νομογραφήματα του κυπριακού εγχειριδίου.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

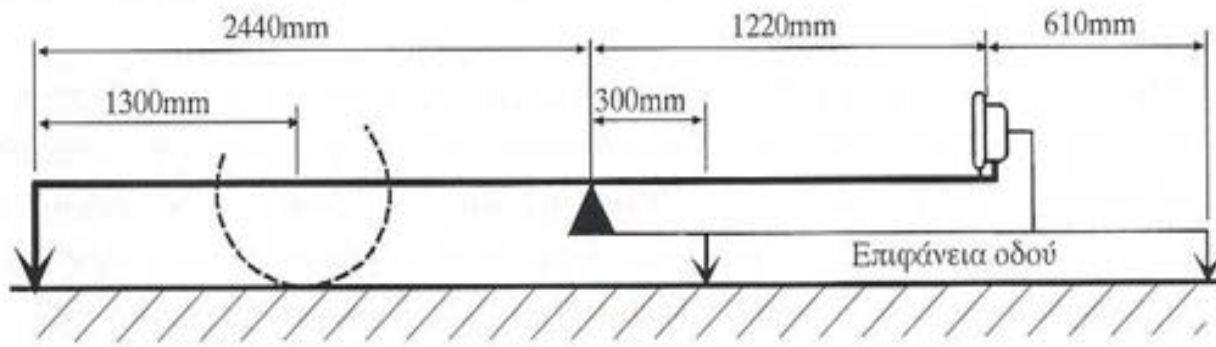
6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

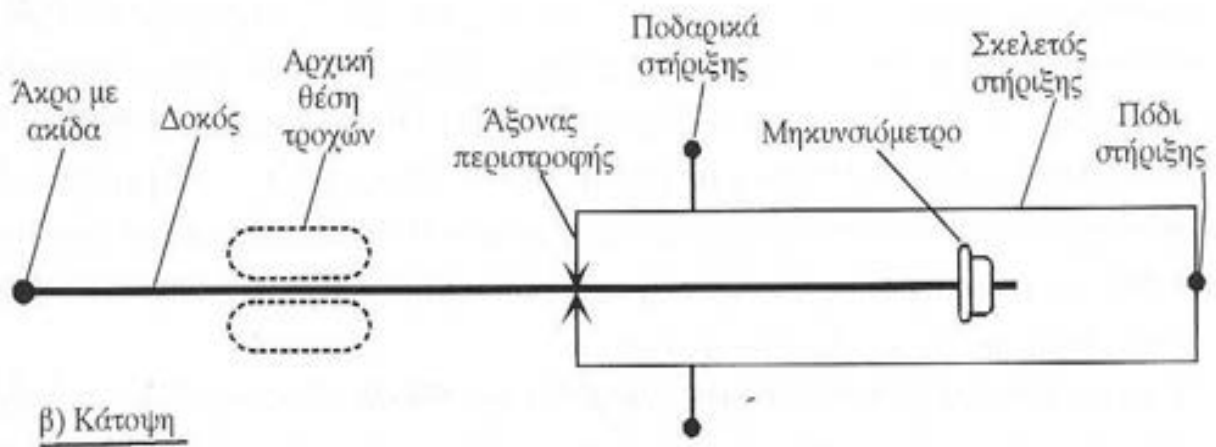
- Τα όργανα που χρησιμοποιούνται(deflection beam κλπ) για την μέτρηση της δομικής κατάστασης του οδοστρώματος είναι συσκευές που επιβάλλουν φορτίο επί της επιφάνειας και μετρούν την επερχόμενη βύθιση.
- Το μέγεθος της βύθισης είναι ένδειξη της ικανότητας του οδοστρώματος να αντέχει στα φορτία κυκλοφορίας . Όσο μεγάλη είναι η επερχόμενη βύθιση τόσο μικρότερη η δομική ικανότητα του οδοστρώματος να παραλάβει περισσότερα φορτία.
- Η βύθιση που μετράται στη επιφάνεια είναι ουσιαστικά το άθροισμα των βυθίσεων που επέρχονται σε όλες τις στρώσεις συμπεριλαμβανομένου και του υπεδάφους.



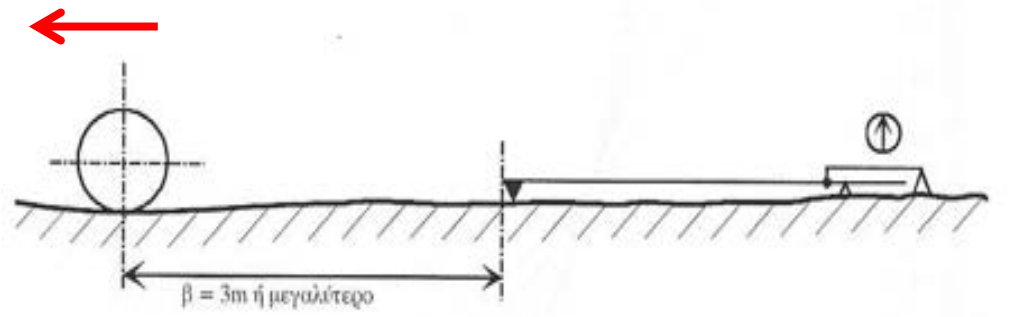
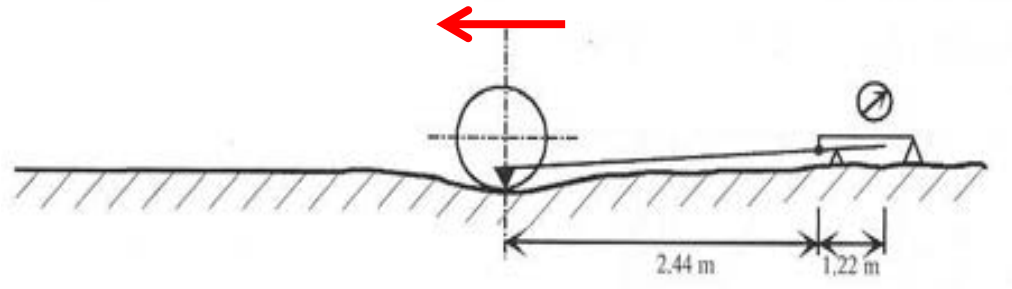
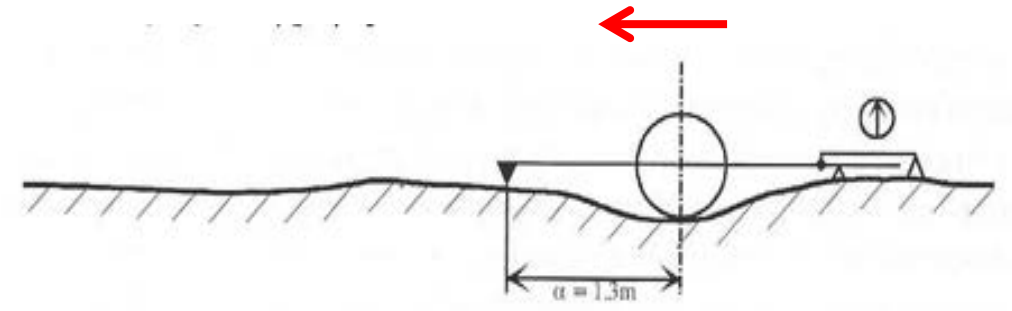
Η δοκός μέτρησης βύθισης(deflection beam)



α) Τομή



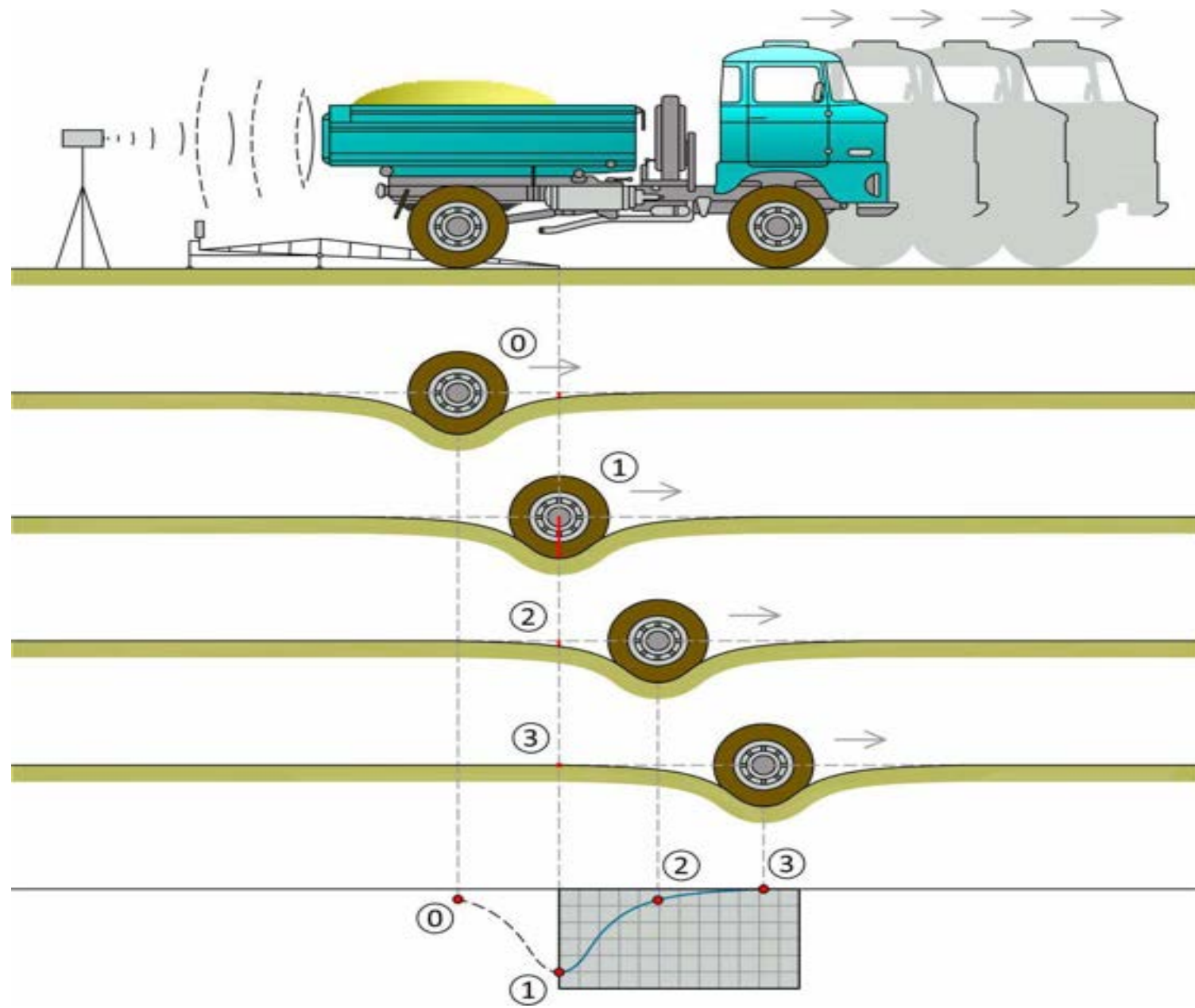
β) Κάτοψη



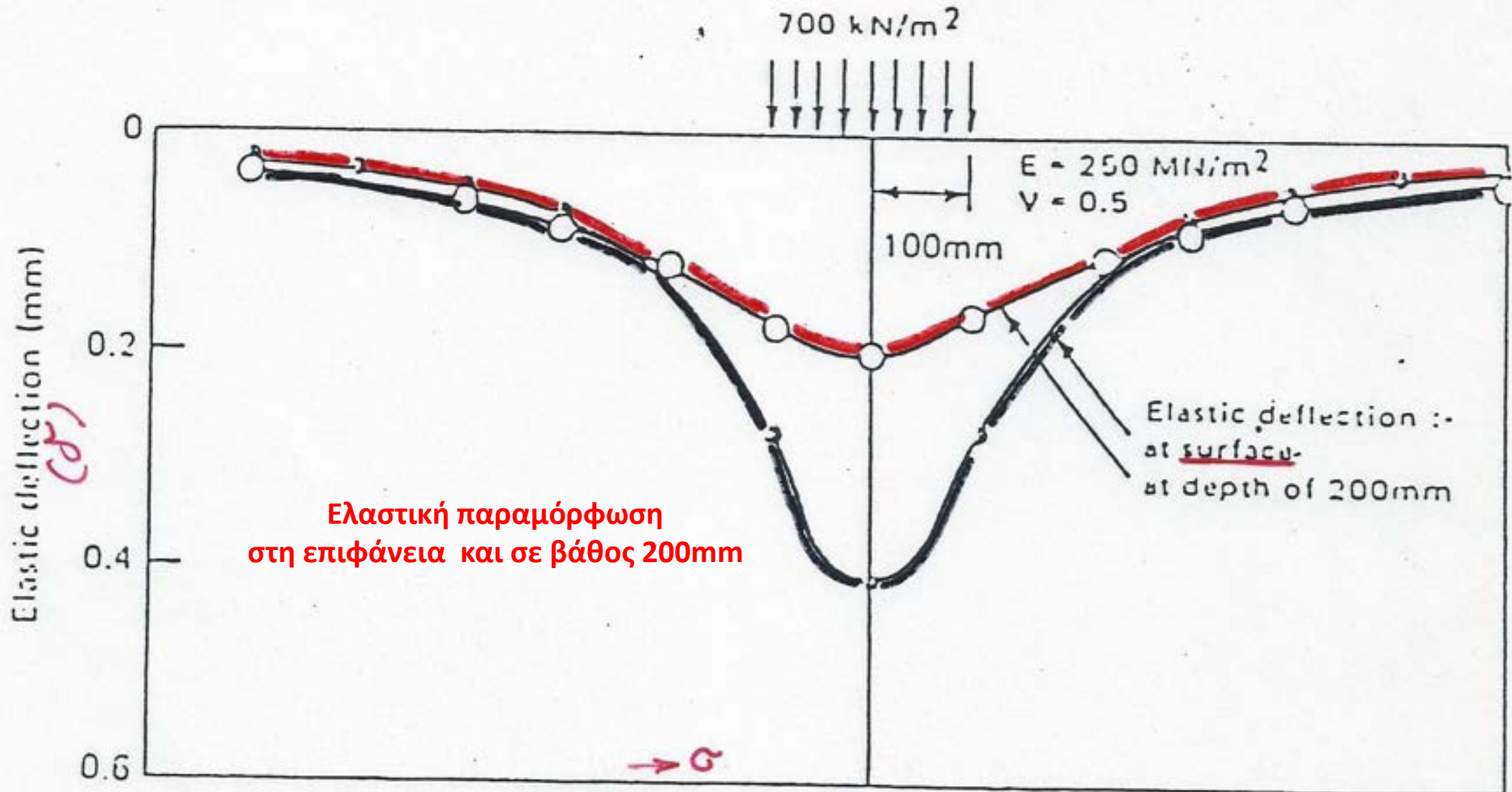
Μέτρηση βύθισης με Deflection beam (benkelman beam)







STRESSES AND DEFLECTIONS



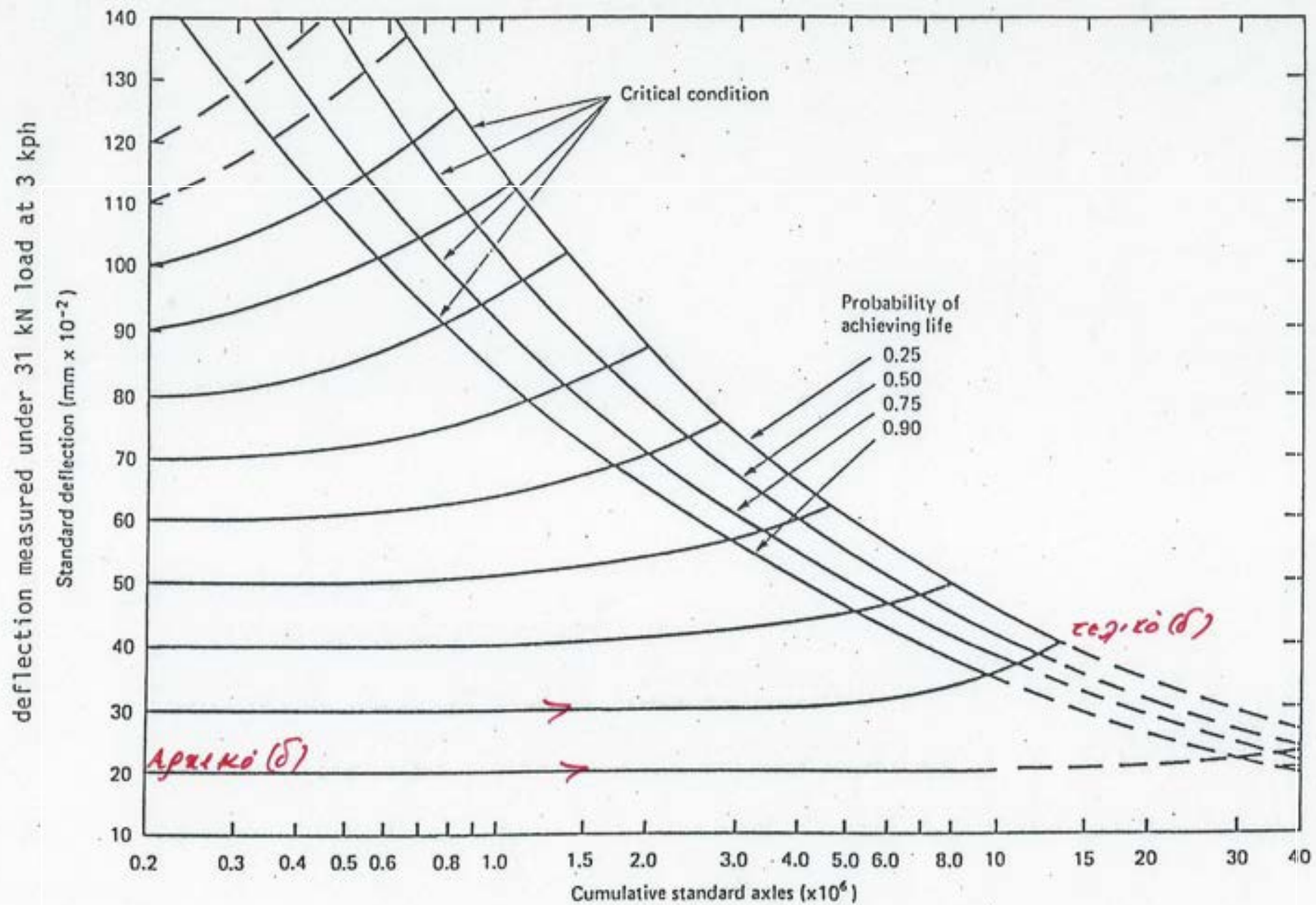
Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

- Με το συσχετισμό της βύθισης , του αξονικού φορτίου και της επαναληπτικότητας των φορτίσεων καθορίσθηκαν διαγράμματα από τα οποία καθορίζεται η δομική κατάσταση του οδοστρώματος .
- Καθορίζεται δηλαδή ο αριθμός των ΙΤΑ που μπορούν να παραληφθούν από το οδόστρωμα .



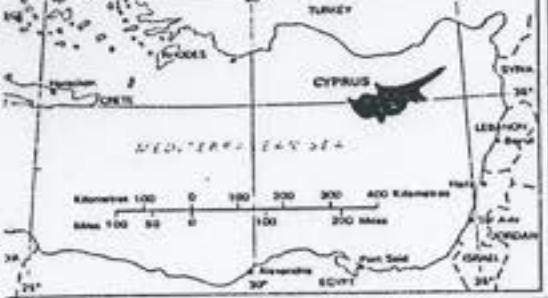
RELATION BETWEEN STANDARD DEFLECTION AND LIFE FOR PAVEMENTS WITH GRANULAR ROAD BASES WHOSE AGGREGATES EXHIBIT A NATURAL CEMENTING ACTION

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

- Για αναπροσαρμογή και βελτιστοποίηση των νομογραφημάτων είχαν επισημανθεί μια σειρά από είκοσι (20) **Ειδικά Οδικά Τμήματα Παρακολούθησης (Structural Observation Condition Sites- STOCS)** τα οποία όπως φαίνεται στη επόμενη διαφάνεια ήταν στρατηγικά διεσπαρμένα σε όλη την ελεύθερη Κύπρο.
- Ο σκοπός της δημιουργίας των 20 STOCS ήταν η συνεχής παρακολούθηση και η καταγραφή/μέτρηση του βάθους βύθισης (deflection) 3-4 φορές τον χρόνο για σκοπούς παρακολούθησης της εποχικής διακύμανσης των μετρήσεων και βελτιστοποίησης των νομογραφημάτων του εγχειριδίου.
- Τα τμήματα αυτά δυστυχώς έχουν από καιρό εγκαταλειφτεί!



SURVEY OF CYPRUS GENERAL USE MAP

Scale 1:500,000



STACS



REFERENCE

Asphalted road	—————
Loose surface road	-----
Railway line (for carrying coal)	—————
District boundary	-----
Sovereign Base Area boundary	-----
Town	□
Village more than 1,500 inhabitants	•
Village less than 1,500 inhabitants	o
Place Name	-----
Ancient site (—) and Antiquity of Interest	—
Monastery, Church, Mosque	—
River with dam	—
Spring	—
Lighthouse	—
Airport	⊕
Artificial	+
Mine	—
Heights of principal mountains in metres	1422 = Taurus
Contours	-----

Ειδικά τμήματα
παρακολούθησης

NOTE: To avoid confusion, names of small villages and villages too close to each other are given in names of small villages.

Projection: Universal Transverse Mercator
Datum: 1974

U.S. STATE DEPT.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

Εκτίμηση CBR υπεδάφους,

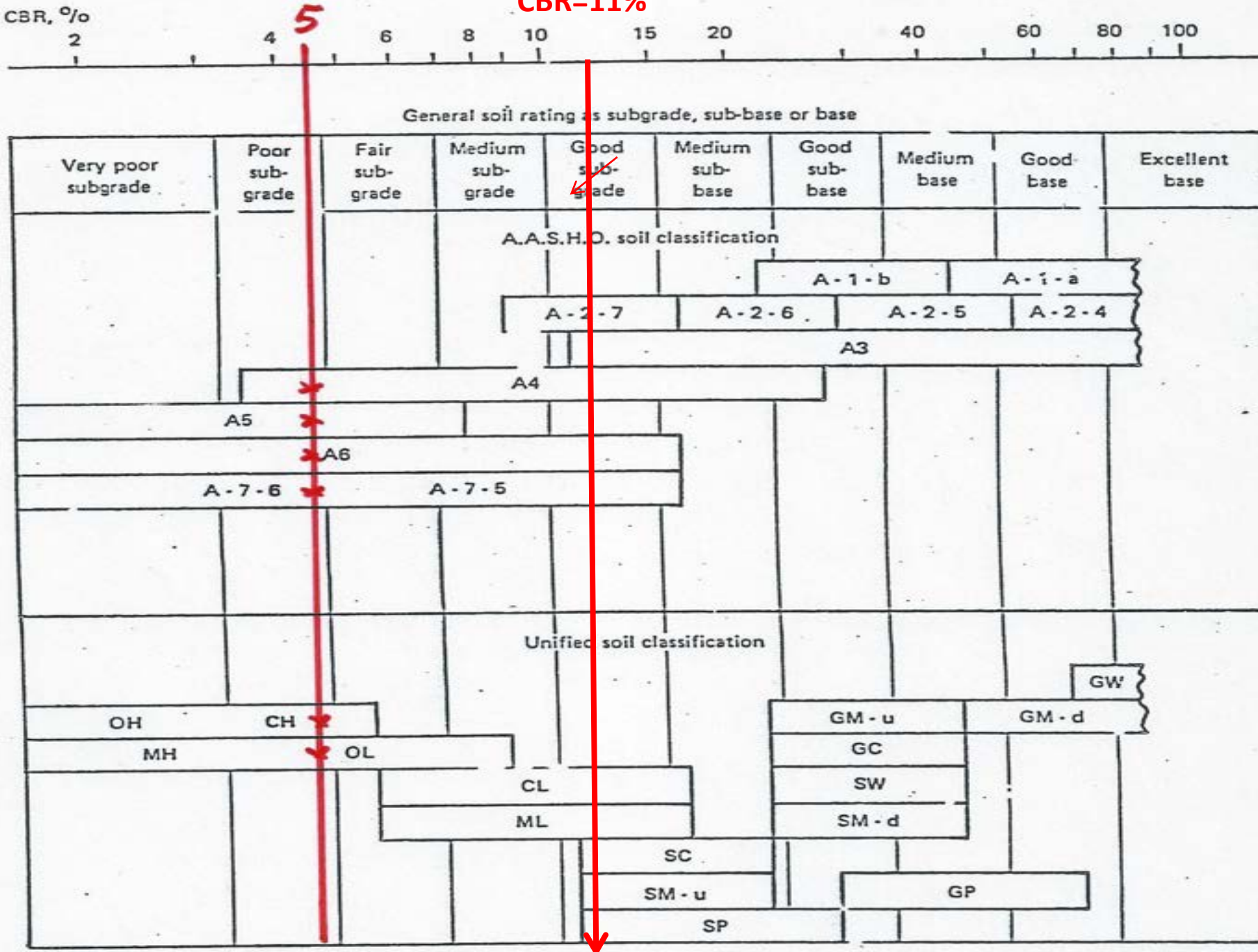
- Η εκτίμηση του CBR υπεδάφους κατά την κυπριακή μεθοδολογία γίνεται:
 - i. Στο εργαστήριο ή/και
 - ii. Επί τόπου με τη συσκευή CBR ή με τη συσκευή cone penetrometer ή/και
 - iii. Συμφώνα με τη γενική κατάταξη του υπεδάφους κατά AASHTO soil classification ή/και
 - iv. Βάση του Δείκτη Πλαστικότητας (PI) και του Μέτρου Διαβάθμισης (Grading Modulus) μέσω ειδικής γραφικής παράστασης.

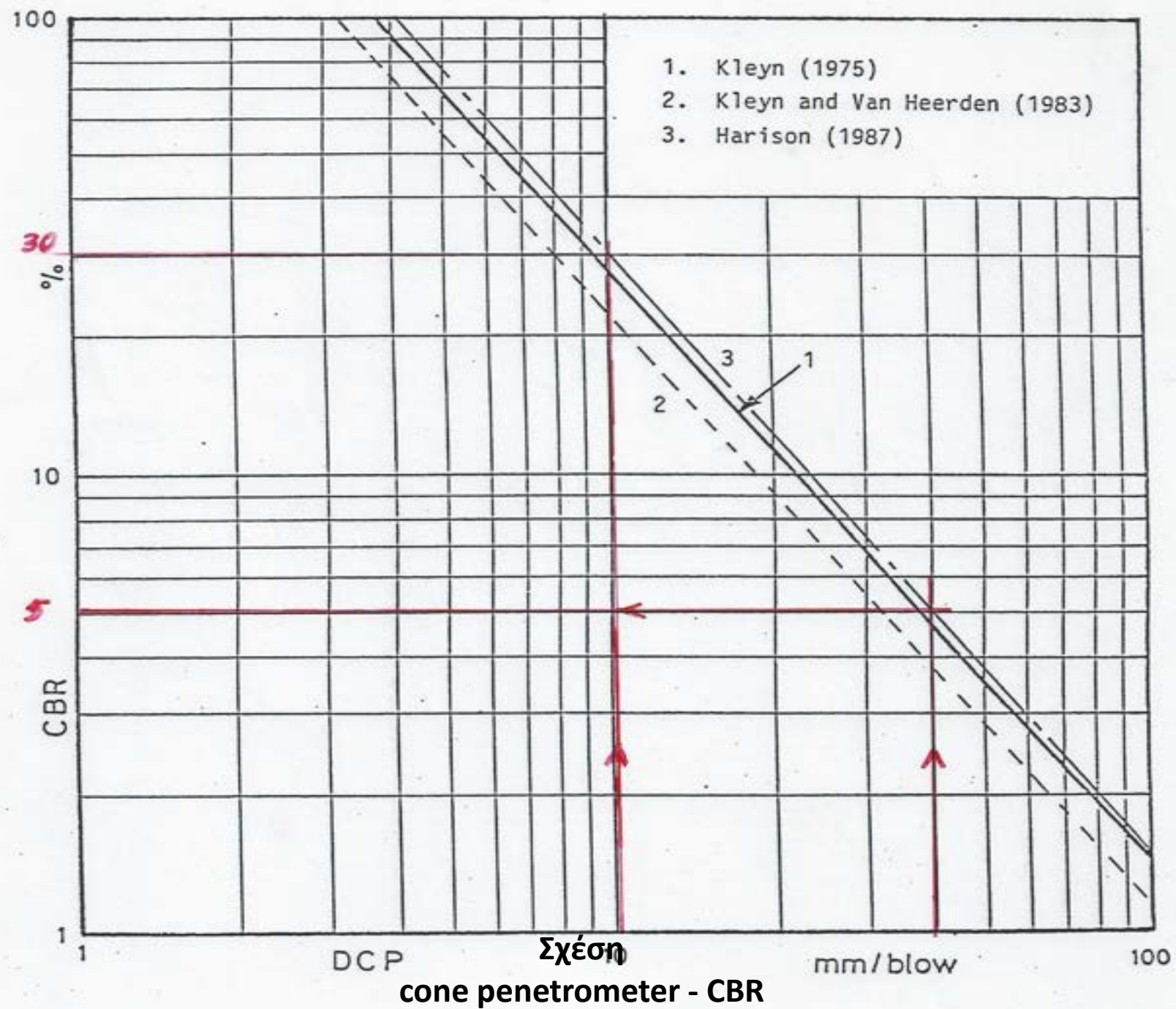
Κυκλοφοριακός Φόρτος

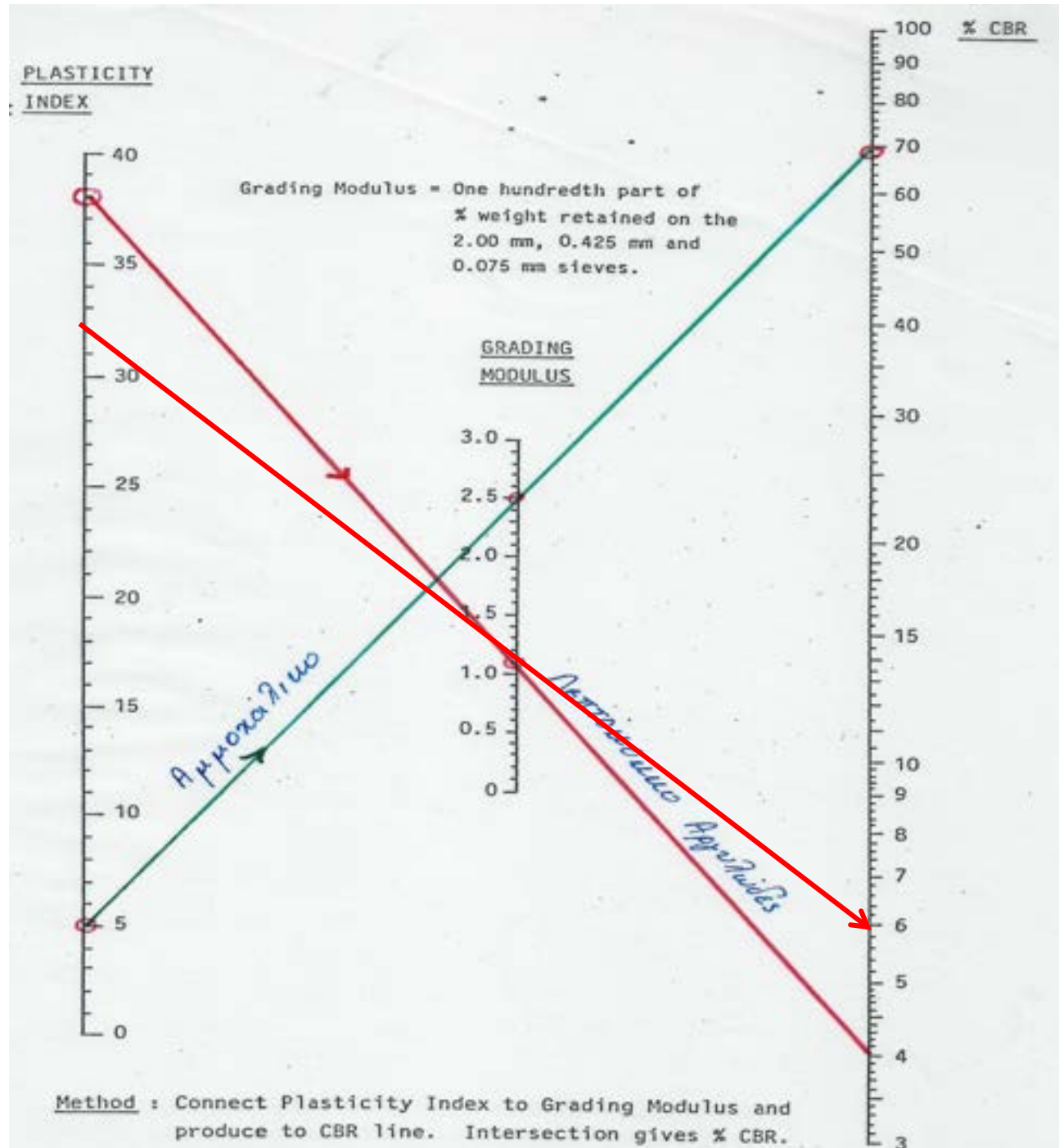
- Ο κυκλοφοριακός φόρτος καθορίζεται με πραγματικές μετρήσεις.

CBR, %
2

CBR=11%







Ποσοστό
συγκρατούμενο

2mm=0.27

0.425=0.36

0.075=0.52

Σύνολο 1.15

PI=32%

CBR=6%

Σχέση PI - CBR

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

Κυκλοφοριακός Φόρτος

- Αναμένεται ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος θα καθορισθεί με πραγματικές μετρήσεις. Στη διαφάνεια που ακλουθεί φαίνεται παράδειγμα πραγματικών μετρήσεων που έγιναν το 2012 για τον κάθετο δρόμο Λεμεσού

Συντήρηση δρόμων

- Το εγχειρίδιο παρέχει την δυνατότητα υπολογισμού του πάχους του ασφαλτοτάπητα που χρειάζεται για σκοπούς επάλειψης /συντήρησης .
Νομογραφήματα EP1 και EP2

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΚΛΑΔΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΞΟΝΩΝ ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Δρόμος : Κάθετος Δρόμος - Συμβόλαιο PS/DB/5

Po = Κυκλοφορία Βαρέων Οχημάτων / 24ωρο : 2250
(Μία Κατεύθυνση,
Έτος 2015)

r = Ετήσια Αύξηση : 5,00%

n = Χρόνια Ζωής Δρόμου: 20

VDF = Vehicle Damage Factor 2,5

Pn = Σύνολο Αριθμού Αξόνων των 8 Τόνων (Standard Axles)
για την διάρκεια της ζωής του δρόμου (Μία
Κατεύθυνση)

=

71,282,964

$$Pn = Po \times 365 \frac{(1+r)^n - 1}{r} (1+r) \times VDF$$

Στοιχεία Οδοποιίας

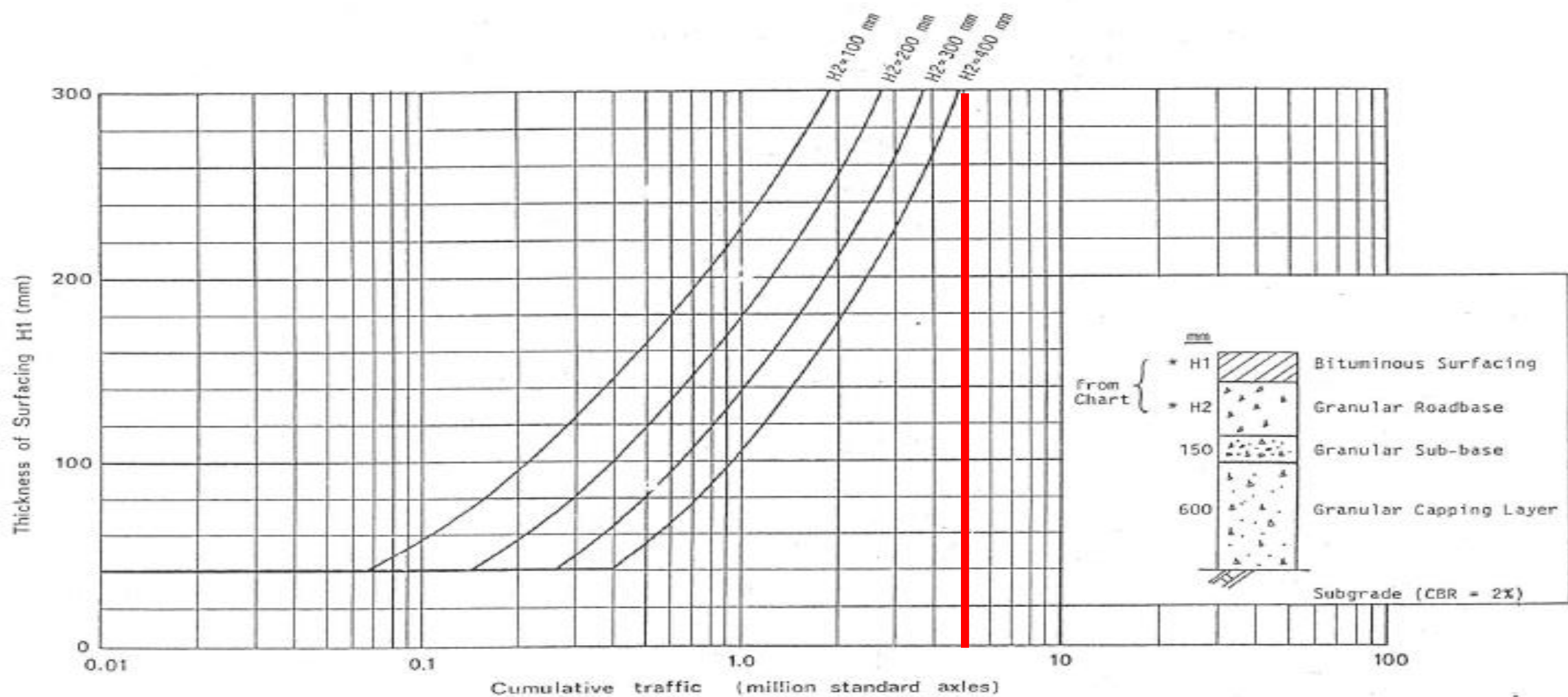
Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

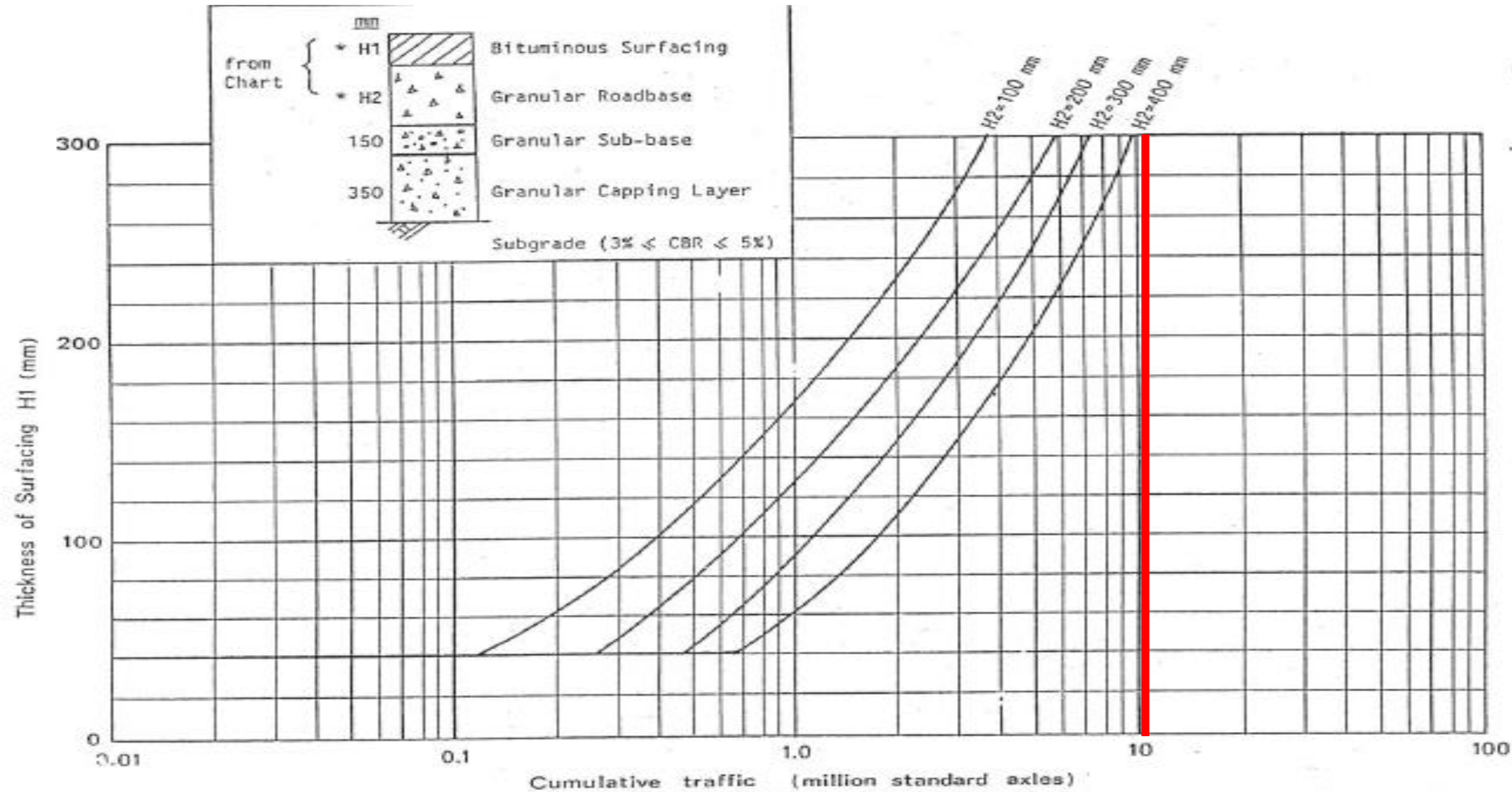
ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. Περίοδος Ανάλυσης 20 χρόνια.
2. Γεωγραφική περιοχή Λάρνακα.
3. Κυκλοφοριακός φόρτος 10 msa.
4. CBR υπεδάφους >11%
5. Ασφαλτοτάπητας από ασφαλτικό σκυρόδεμα (άσφαλτος 50-70 pen)
6. Βάση σκυρωτό ασύνδετο υλικό CBR >80%
7. Υπόβαση σκυρωτό ασύνδετο υλικό CBR >30%



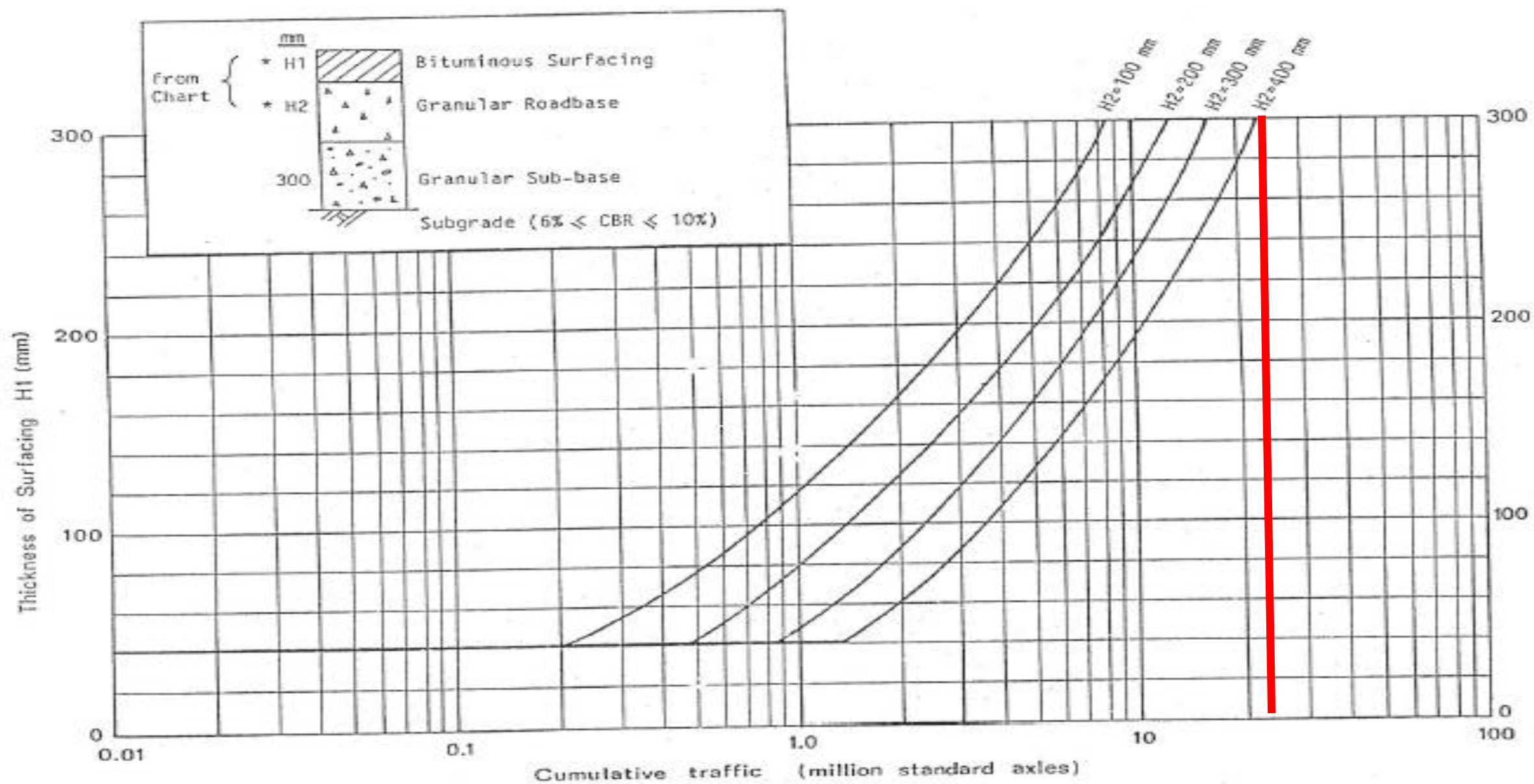
NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP1/2/B

Pavement Type NP1; Subgrade CBR 2%; Deflection Criterion B



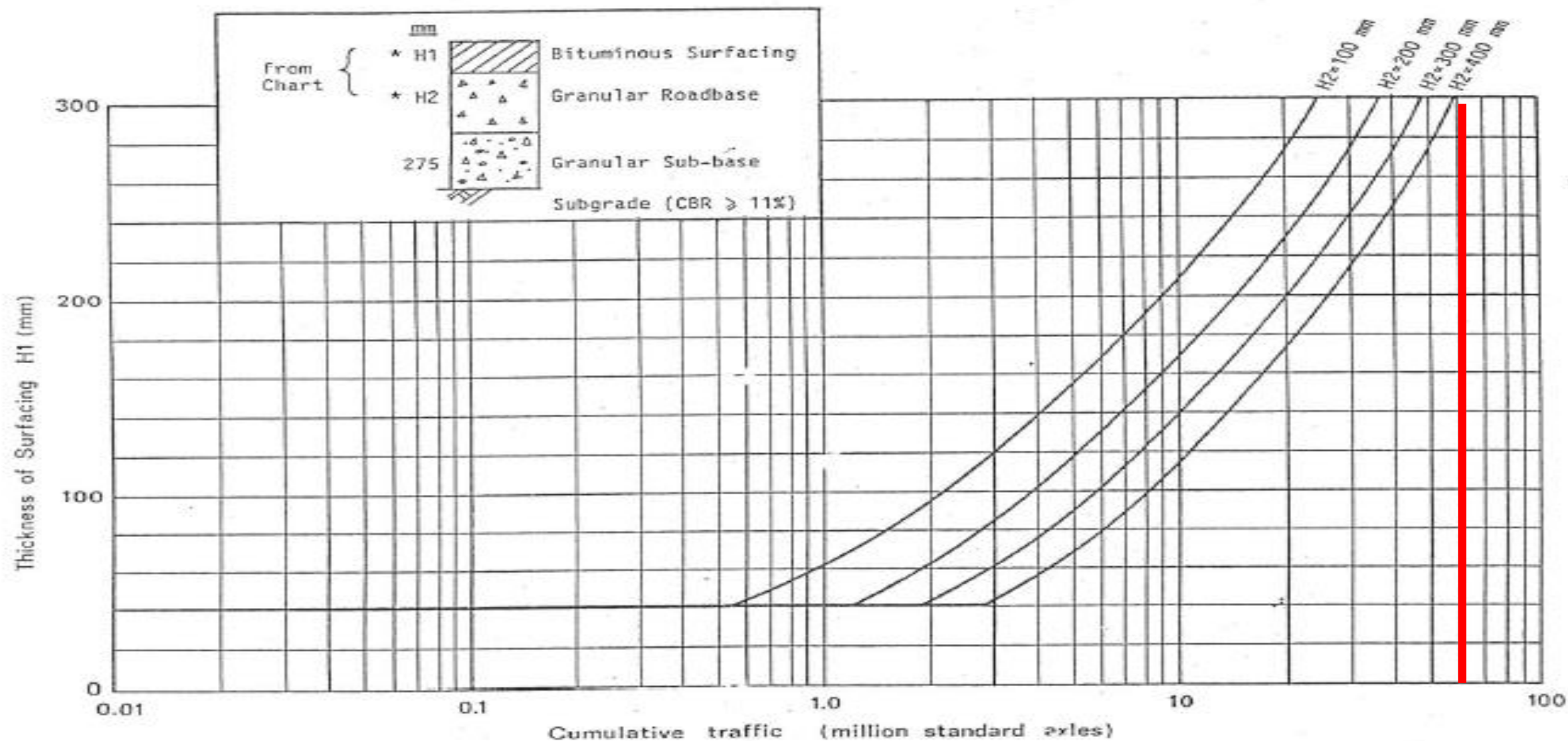
NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP1/3/B

Pavement Type NP1; Subgrade CBR 3-5%; Deflection Criterion B



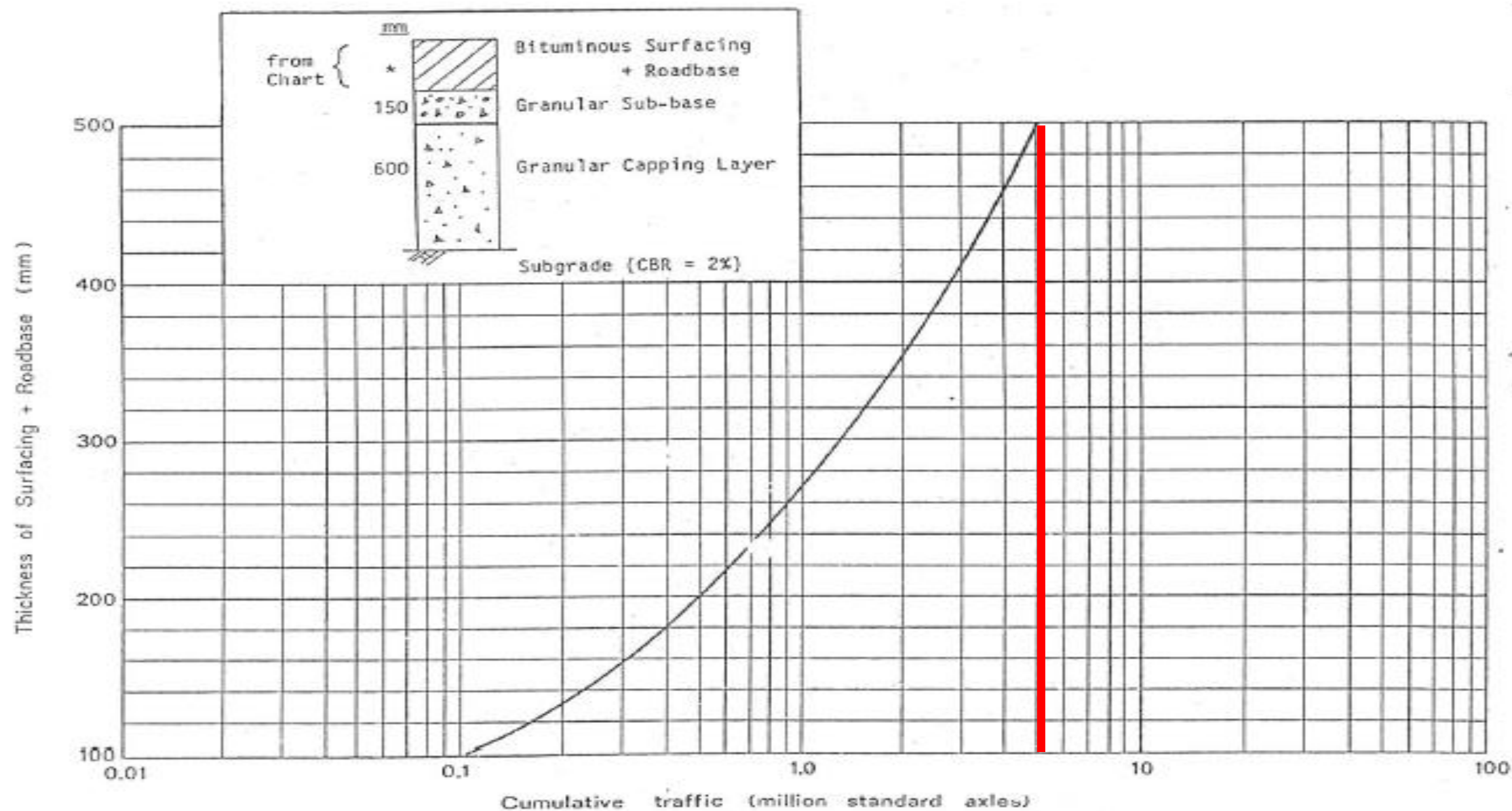
NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP1/6/B

Pavement Type NP1; Subgrade CBR 6-10%; Deflection Criterion B



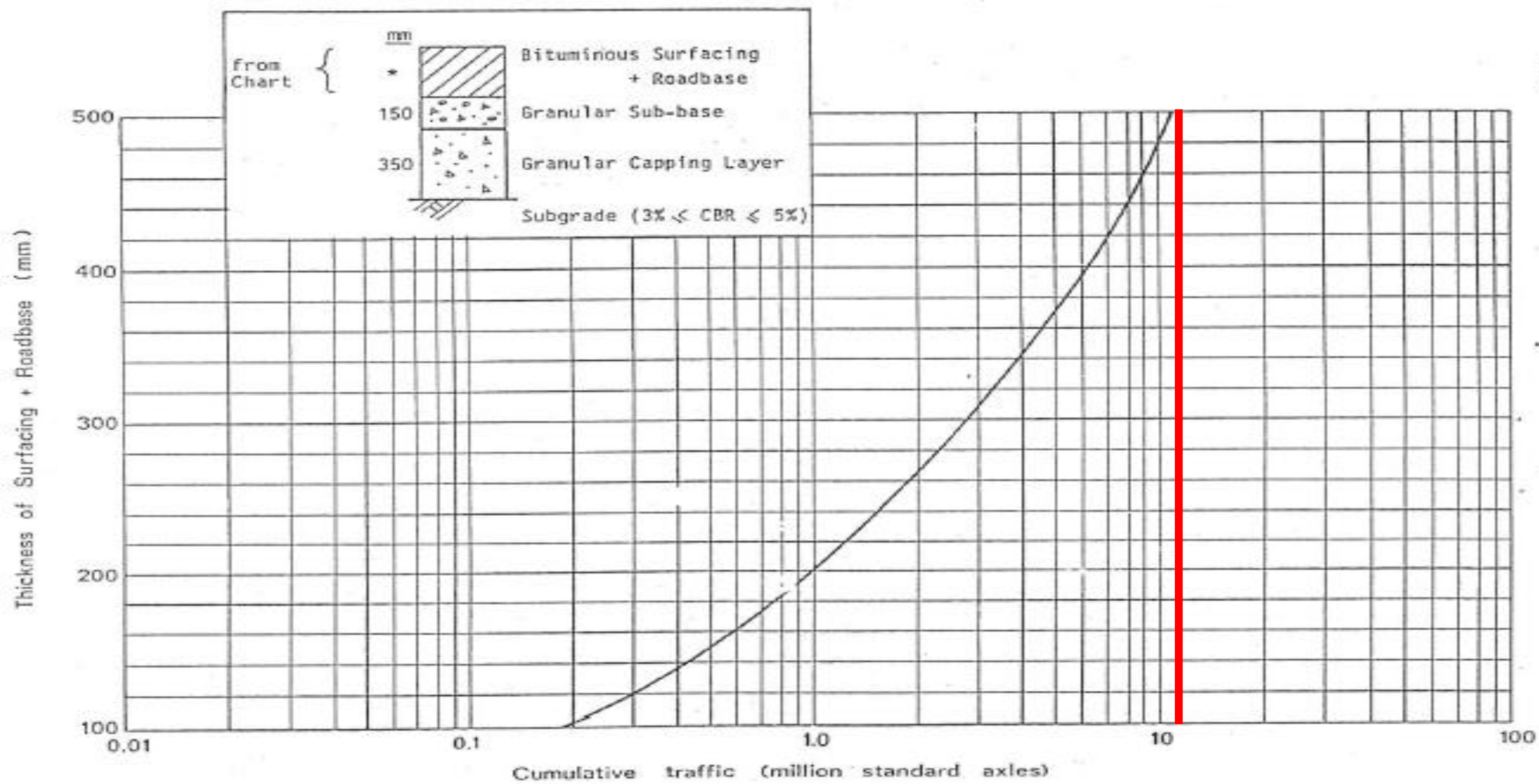
NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP1/11/B

Pavement Type NP1; Subgrade CBR $\geq$ 11%; Deflection Criterion B



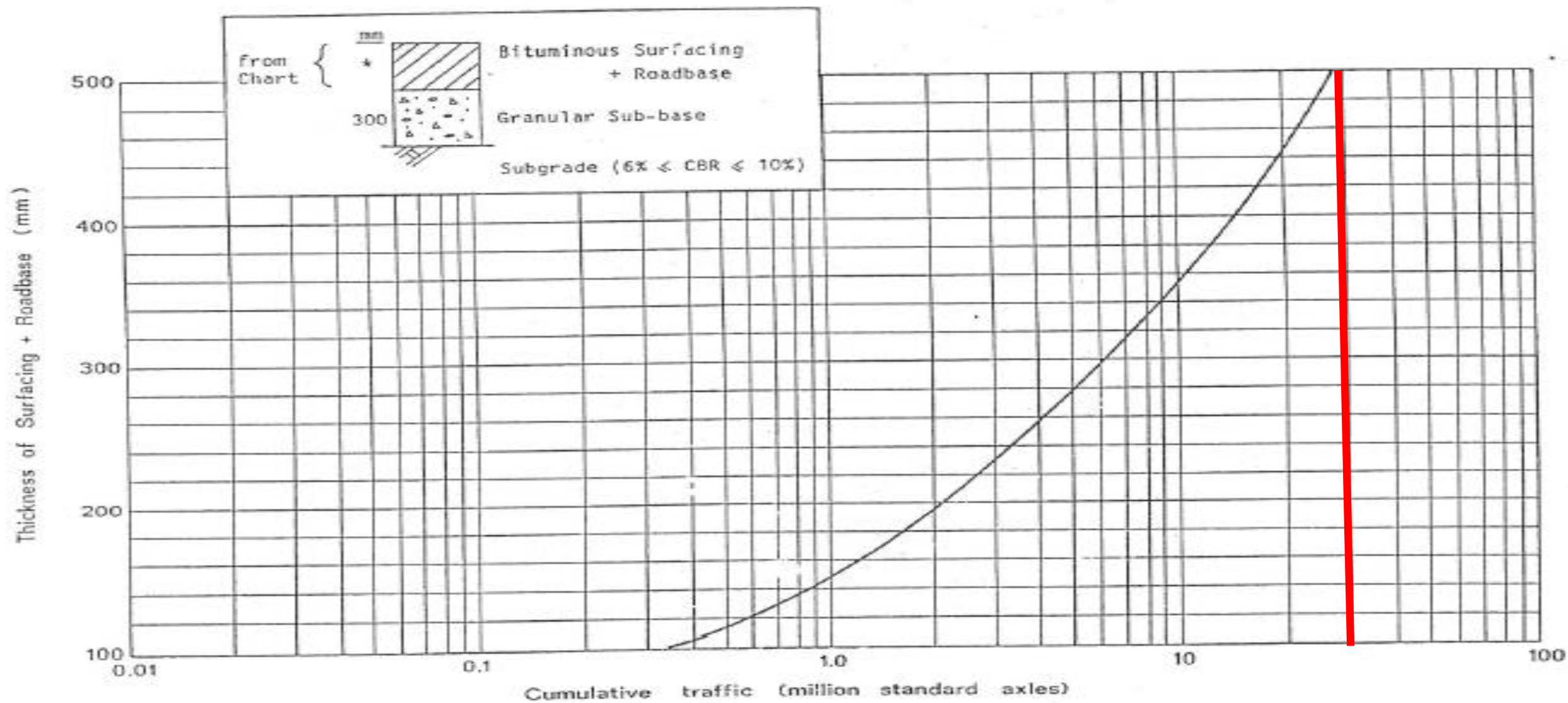
NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP2/2/B

Pavement Type NP2; Subgrade CBR 2%; Deflection Criterion B



NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP2/3/B

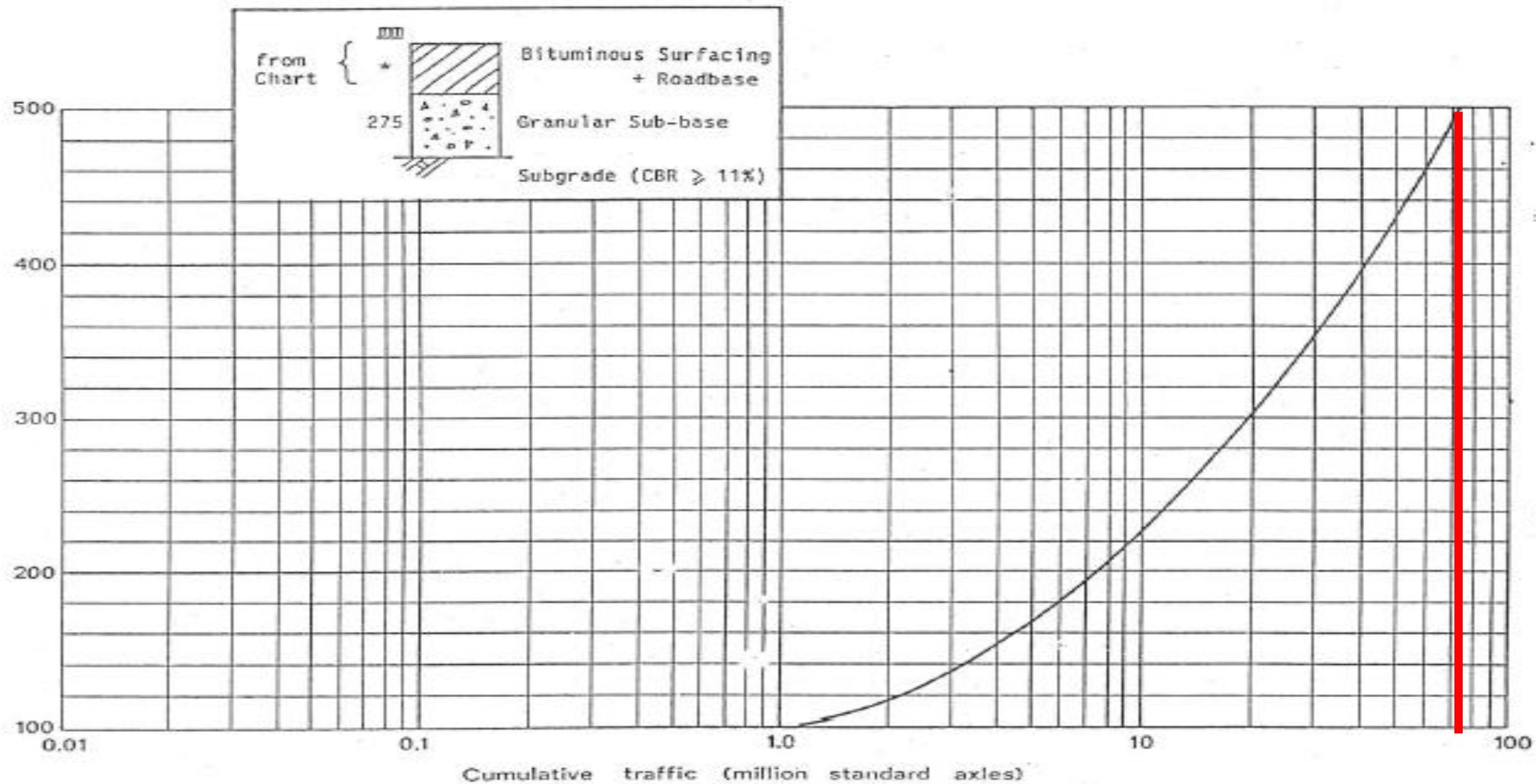
Pavement Type NP2; Subgrade CBR 3-5%; Deflection Criterion B



NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP2/6/B

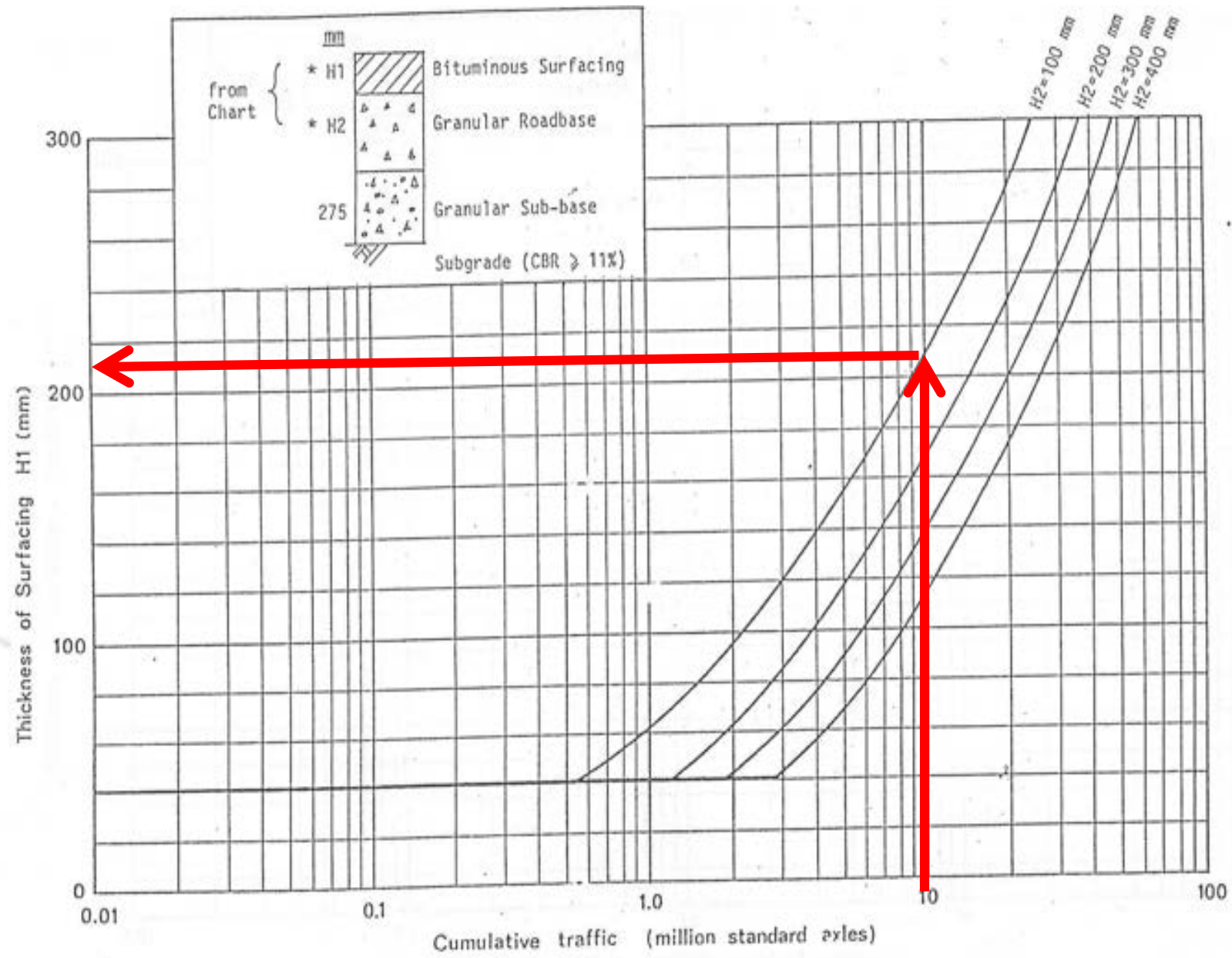
Pavement Type NP2; Subgrade CBR 6-10%; Deflection Criterion B

Thickness of Surfacing + Roadbase (mm)



NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP2/11/B

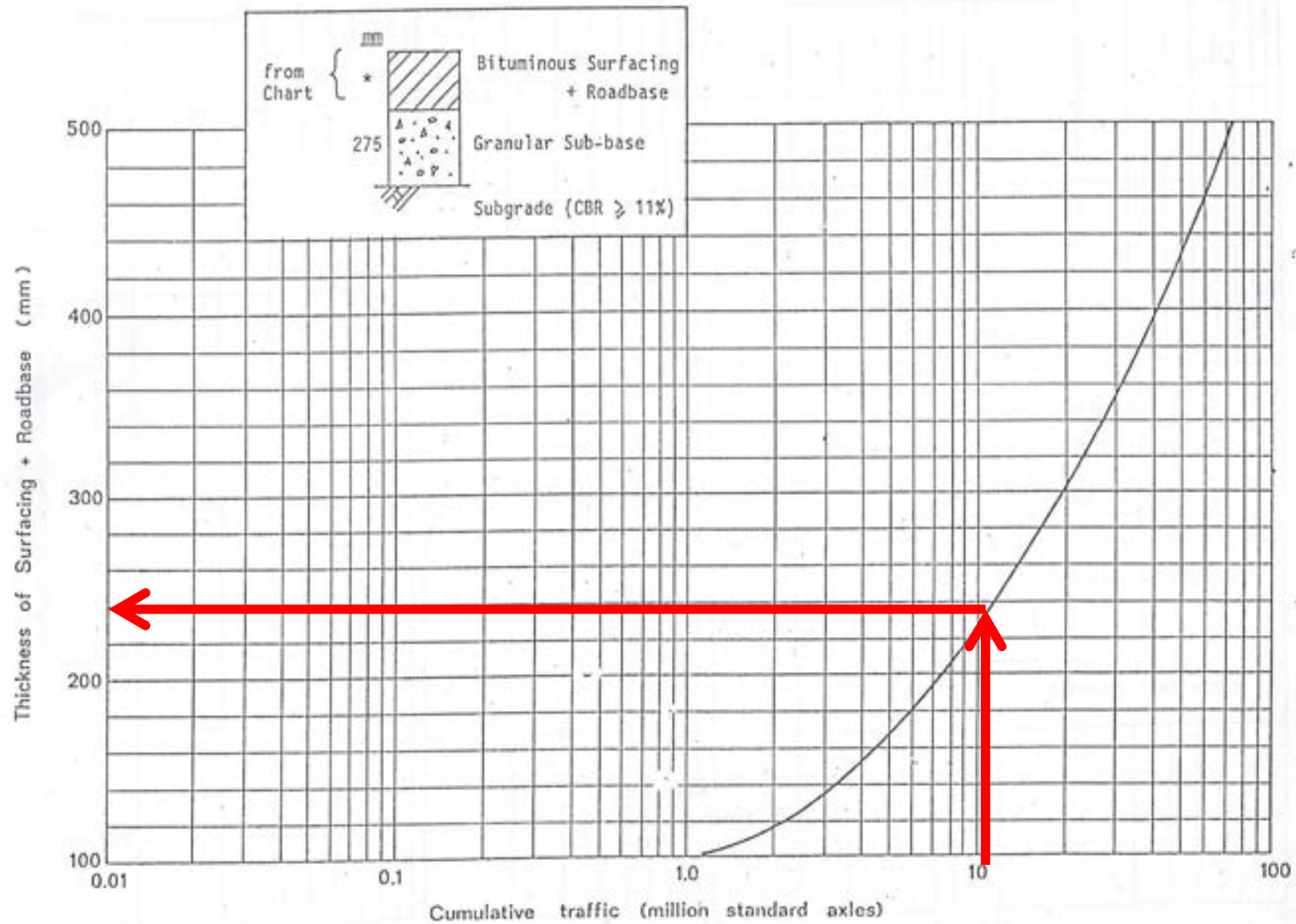
Pavement Type NP2; Subgrade CBR $\geq$ 11%; Deflection Criterion B



NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP1/11/B

Pavement Type NP1; Subgrade CBR $\geq 11\%$; Deflection Criterion B

Chart NP1/11/B



NEW PAVEMENT DESIGN CHART NP2/11/B

Pavement Type NP2; Subgrade CBR $\geq$ 11%; Deflection Criterion B

Chart NP2/11/B

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.4 Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989) Κύπρος.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.

Από νομογράφημα NP1/11/B έχουμε

Υποθεμέλιο = 275 mm, Θεμέλιο = 100 mm

Ολικό πάχος ασφαλτικών στρώσεων = 210 mm (90 mm DBM ασφ.βάση, 70mm συνδετική, 50 mm ασφαλτική επιφανειακή)

Από νομογράφημα NP2/11/B (προτιμητέο) έχουμε

Υποθεμέλιο = 275 mm,

Ολικό πάχος ασφαλτικών στρώσεων = 220 mm (100 mm DBM ασφ.βάση, 70mm συνδετική, 50 mm ασφαλτική επιφανειακή)

Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων

	Πάχος στρώσης			
Τύπος Υλικού	SHELL mm	AASHTO mm	UK mm	ΚΥΠΡΟΣ mm
Υποθεμέλιο	250	295	210	275
Ασφαλτικό θεμέλιο DBM	100	130	160	100
Ασφαλτική Συνδετική Στρώση BC	70	70	70	70
Ασφαλτική Επιφανειακή Στρώση WC	50	50	50	50
Ολικό πάχος mm	470	545	490	495

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.5 Δύσκαμπτα οδοστρώματα [1]

- Από τις πιο πάνω μεθοδολογίες διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων τόσο η Αμερικανική μεθοδολογία όσο και η Βρετανική περιέχουν σχετικές πρόνοιες για τη διαστασιολόγηση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων.
- Στη Κύπρο και την Ελλάδα η χρήση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων είναι σχεδόν ανύπαρκτη.
- Περιορισμένη χρήση γίνεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις όπως δάπεδα στάθμευσης αεροσκαφών, χώροι στάθμευσης φορτηγών, μικροί δρόμοι σε ανωφέρειες όπου δεν είναι δυνατό να διαστρωθεί το θερμό ασφαλτόμιγμα κλπ.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.5 Δύσκαμπτα οδοστρώματα

- Στη Κύπρο πρόταση για εισαγωγή κατασκευής οδοστρωμάτων από σκυρόδεμα παρουσιάζει τις εξής δυσκολίες :
 1. Παντελής έλλειψη κατασκευαστικής εμπειρίας
 2. Έλλειψη του ιδιαίτερα δαπανηρού τεχνικού εξοπλισμού,
 3. Απαίτηση για αρτιότατη κατασκευή ιδίως στις θέσεις των αρμών,
 4. Το κόστος συντήρησης και ανακατασκευής είναι συγκριτικά αυξημένο.

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.5 Δύσκαμπτα οδοστρώματα

- Στη ΕΕ τα ποσοστά οδοστρωμάτων από σκυρόδεμα στο σύνολο του οδικού δικτύου των Ευρωπαϊκών χωρών είναι :

Χώρα Ποσοστό

Τσεχία 50%,	Αυστρία 36%
Βέλγιο 35% ,	Γερμανία 25%
Γαλλία <10%	Ολλανδία ≤10%
Πολωνία ≤ 10%	Ισπανία ≤10%
Ελβετία ≤10%	Μεγ . Βρετανία ≤10%

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

6.5 Δύσκαμπτα οδοστρώματα

- Το μόνο πλεονέκτημα των οδοστρωμάτων από σκυρόδεμα εν σχέση με τα ασφαλτικά (όπου η ιξωδοελαστική συμπεριφορά της ασφάλτου κάνει το εύκαμπτο οδόστρωμα ευαίσθητο στα παραμένοντα φορτία και στη θερμοκρασία), είναι ο σχετικά μεγάλος ωφέλιμος χρόνος ζωής (30-50 χρόνια), χωρίς να απαιτούνται επεμβάσεις αποκατάστασης.
- Το πιο πάνω εξυπακούει ότι η μελέτη και κατασκευή του οδοστρώματος θα είναι επιτυχείς και δεν θα υπάρξουν πρόωρες αστοχίες λόγω θερμικών διαστολών/συστολών ή για άλλους λόγους (διόγκωση υπεδάφους κλπ)

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

6. Μεθοδολογίες Διαστασιολόγησης

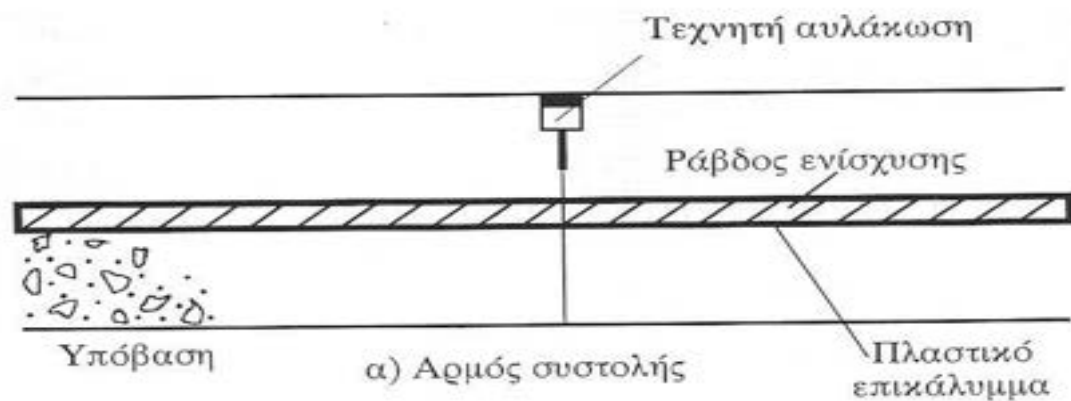
6.5 Δύσκαμπτα οδοστρώματα

- Στη περίπτωση του δύσκαμπτου οδοστρώματος αναπτύσσονται τάσεις από :
 - i. Τα φορτία κυκλοφορίας,
 - ii. Τη συστολή,
 - iii. Τη διαστολή,
 - iv. Τη κύρτωση,

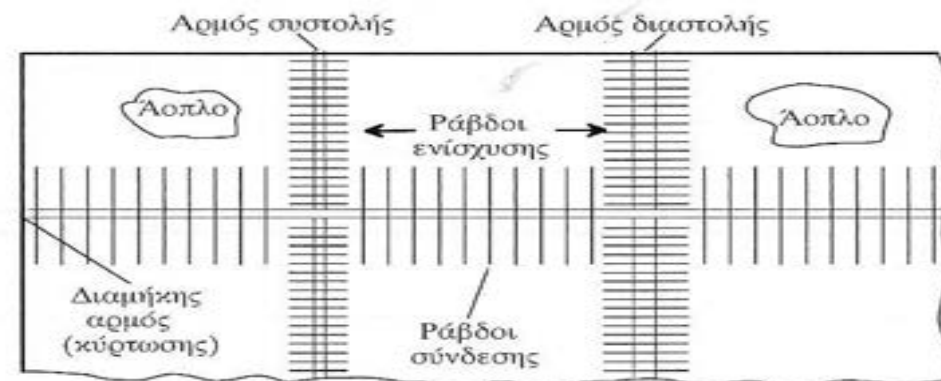
}

θερμοκρασιακές μεταβολές

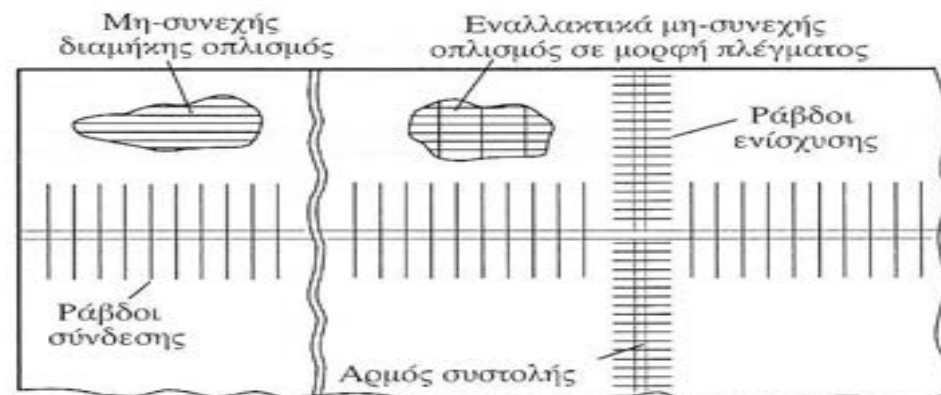
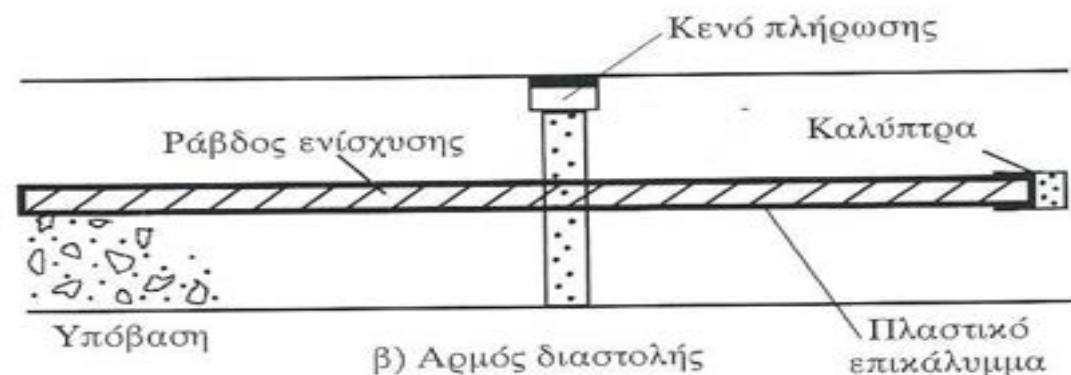
 - v. Τριβής στη διεπιφάνεια με το υπέδαφος
 - vi. Διαφορικής υγρασίας της πλάκας
- Οι τάσεις που αναπτύσσονται αντιμετωπίζονται με την τοποθέτηση οπλισμού και αρμών όπως φαίνεται στα σχήματα που ακολουθούν



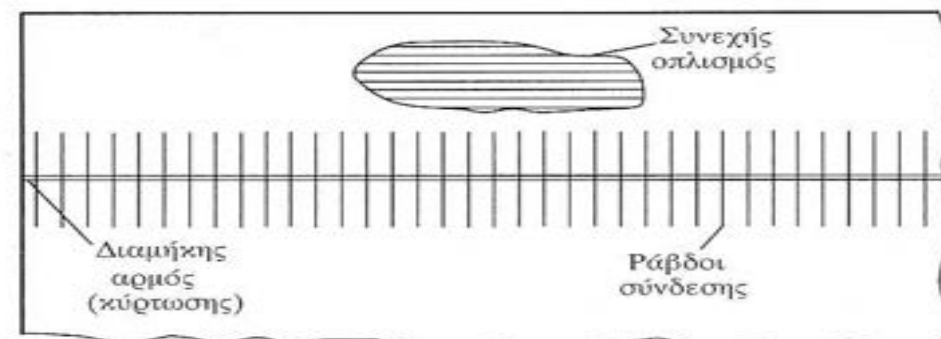
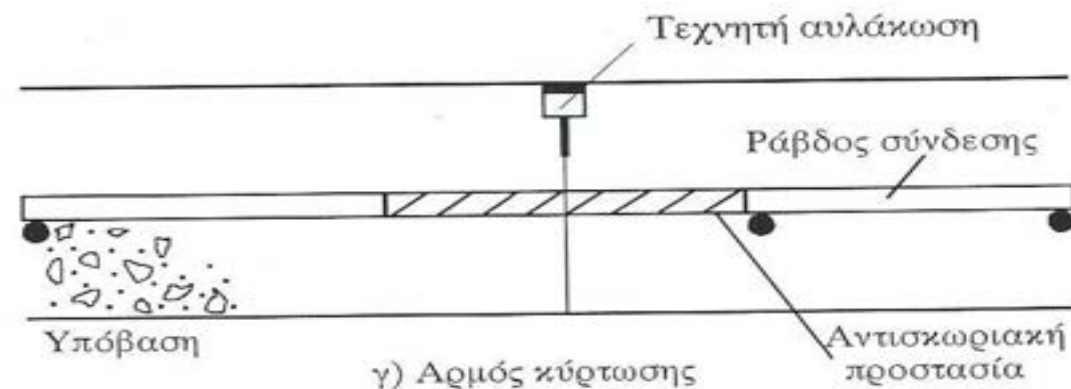
Διαμήκης
διεύθυνση



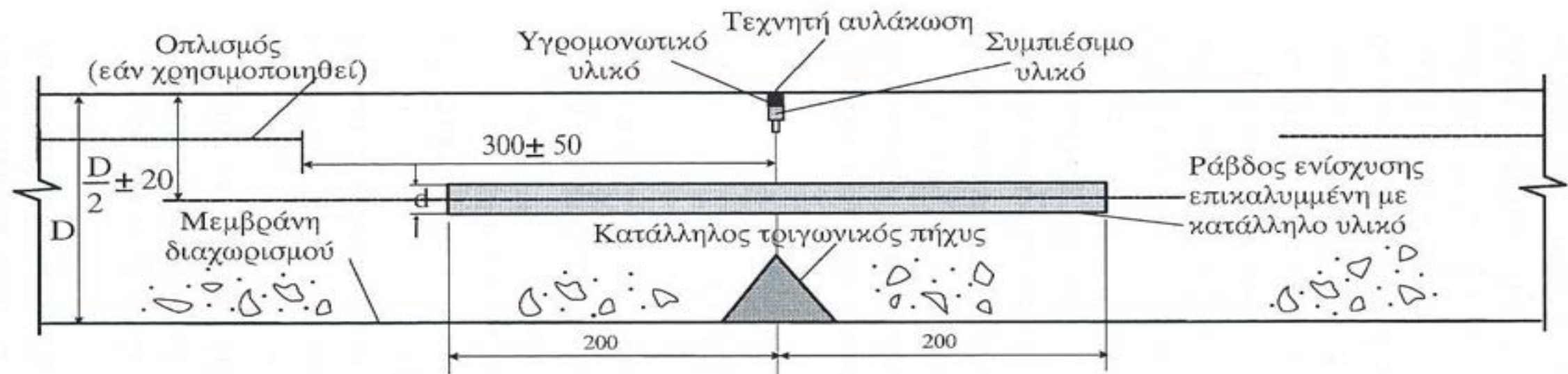
(α) Αερό με αερούς συστολής και διαστολής



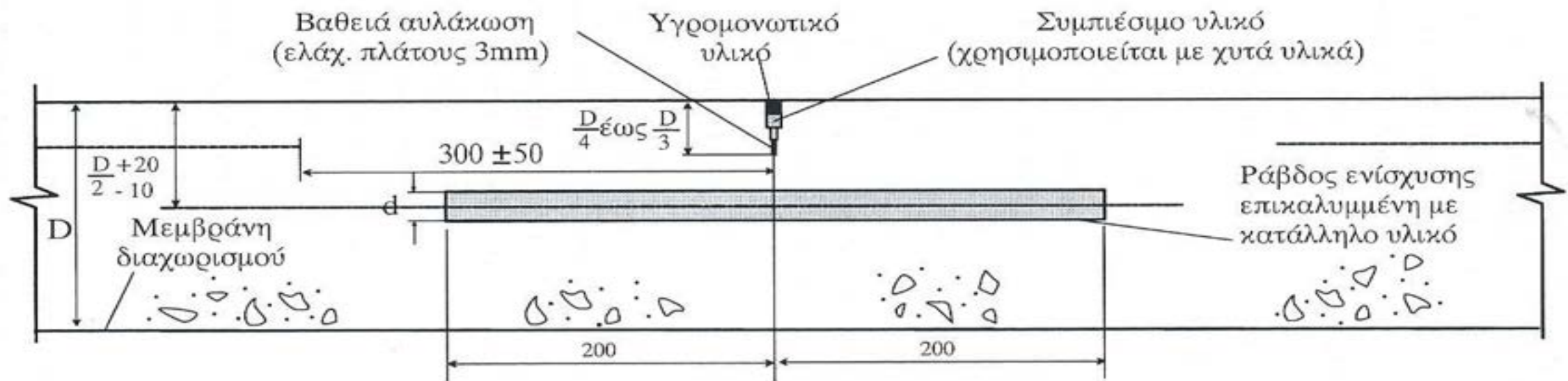
(β) Οπλισμένο με μη συνεχή οπλισμό και αερό συστολής (ο αερός διαστολής δε φαίνεται στο σχήμα)



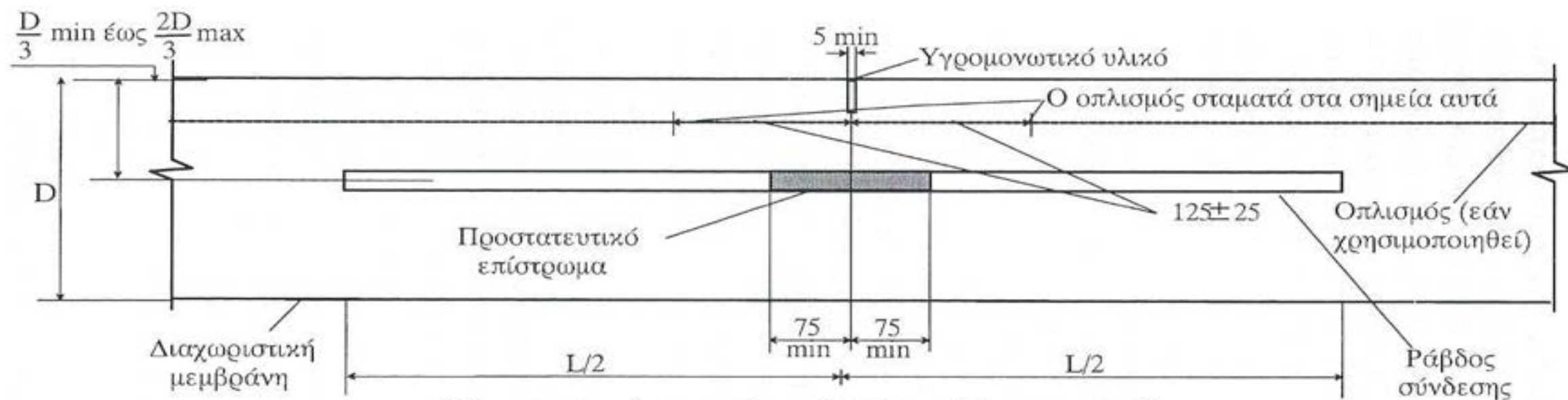
(γ) Οπλισμένο με συνεχή οπλισμό



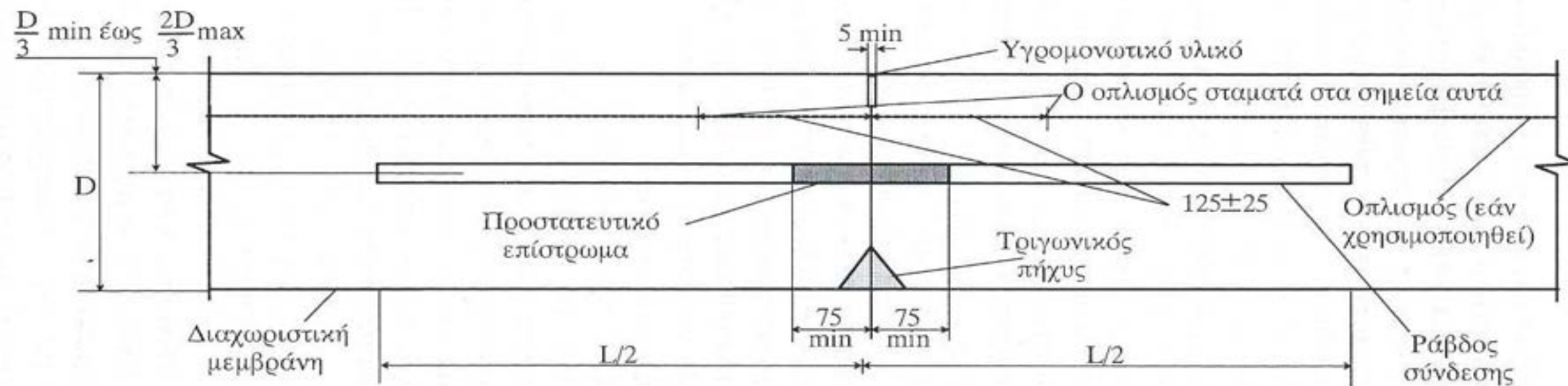
(α) Αρμός συστολής με μορφωμένη αυλάκωση και τριγωνικό πήχυ



(β) Αρμός συστολής με αυλάκωση από αρμοκόφτη



Τύπος 1 : Διαμήκης αρμός μεταξύ δύο ανεξάρτητων πλακών



Τύπος 2 : Διαμήκης αρμός μεταξύ πλακών που κατασκευάσθηκαν με μία διάστρωση

Στοιχεία Οδοποιίας

Εύκαμπτα, ημιδύσκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα

Βιβλιογραφία

1. Αθ.Φ.Νικολαΐδης (1996)(2011) Οδοποιία .Οδοστρώματα-Υλικά-Έλεγχος Ποιότητας.
2. Γ.Α. Πίκουλα (2012) Το οδικό δίκτυο των αρχαίων Ελλήνων.
3. M.Overman (1968) Roads Bridges and Tunnels.
4. Σ.Κόλιας-Μ.Κατσάκου (2006) Οδοστρώματα με στρώσεις από κατεργασμένα με υδραυλικές κονίες αδρανή ή εδαφικά υλικά.
5. Shell Pavement Design Manual.
6. AASHTO Guide for design of pavement structures.
7. Highways Agency UK. Design Manual for Roads and Bridges HD24/06 Traffic Assessment, HD 25 Interim, HD 26/06 Pavement Design.
8. Ministry of Communications and Works. Public Works Department /John Burrow and Partners.(1989) Pavement Design Manual (Manual for the design of new pavements and strengthening overlays).



ΕΤΕΚ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

Ευχαριστώ για την προσοχή σας