



Τεχνολογικό  
Πανεπιστήμιο  
Κύπρου

Σχολή Μηχανικής  
και Τεχνολογίας

**Μεταπτυχιακή διατριβή**

**ΑΝΑΓΚΗ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ  
ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**ΕΛΕΝΗ ΞΥΨΙΤΗ**

**Λεμεσός, Ιανουάριος 2021**



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μεταπτυχιακή διατριβή

ΑΝΑΓΚΗ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ  
ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

της Ελένης Ξυσιτή

Λεμεσός, Ιανουάριος 2021

## Έντυπο έγκρισης

Μεταπτυχιακή διατριβή

### **Ανάγκη εκσυγχρονισμού των προτύπων σχεδιασμού οδοστρωμάτων του Τμήματος Δημοσίων Έργων**

Παρουσιάστηκε από

Ελένη Ξυψιτή

Επιβλέπων καθηγητής: Διόφαντος Χατζημιτσής

Υπογραφή \_\_\_\_\_

Μέλος επιτροπής:

Υπογραφή \_\_\_\_\_

Μέλος επιτροπής:

Υπογραφή \_\_\_\_\_

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Λεμεσός, Ιανουάριος 2021

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Ελένη Ξυψιτή, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της μεταπτυχιακής διατριβής από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμερόληπτη υποστήριξη της κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου. Επίσης το Τμήμα Δημοσίων Έργων για την άψογη συνεργασία και την ελεύθερη προσκόμιση των υπάρχοντων προτύπων σχεδιασμού οδοστρωμάτων ώστε να γίνει μελέτη τους και σύγκριση με άλλα πρότυπα.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών του κλάδου Πολιτικών Μηχανικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Στόχος είναι η μελέτη των παραμέτρων εκείνων που επηρεάζουν τη διαδικασία μελέτης ενός εύκαμπτου οδοστρώματος από την διαστασιολόγηση έως και την κατασκευή και συντήρηση του, σύμφωνα με τις μεθοδολογίες που ακολουθούνται το Τμήμα Δημοσίων Έργων στην Κύπρο για αυτό το σκοπό.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικές πληροφορίες την εξέλιξη σχεδιασμού οδοστρωμάτων μέσα στα χρόνια και την ανάγκη επικαιροποίησης των εγχειριδίων που χρησιμοποιούνται.

Στη συνέχεια στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η κυπριακή μεθοδολογία διαστασιολόγησης γνωστή και ως Μέθοδος Τμήματος Δημοσίων Έργων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα σχεδιαστικά κριτήρια πάνω στα οποία στηρίζεται η κάθε μεθοδολογία για υπολογισμό της δομής του οδοστρώματος.

Έπειτα στο τέταρτο κεφάλαιο φαίνεται η σημασία των υλικών που χρησιμοποιούνται σε ένα οδόστρωμα και το πόσο σημαντική είναι η σωστή επιλογή τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται περιβαλλοντικές και κλιματολογικές συνθήκες η οποίες επηρεάζουν τη ζωή ενός οδοστρώματος έτσι να λαμβάνονται υπόψη στην μεθοδολογία διαστασιολόγησης.

Ακολούθως, ένα πολύ σημαντικό θέμα αναφέρεται στο έκτο κεφάλαιο για την οδική ασφάλεια που παρέχουν τα οδοστρώματα που κατασκευάζουμε, το οποίο συχνά αγνοείται σε μια διαστασιολόγηση.

Στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρεται η ανάγκη συντήρησης ή και αποκατάστασης των οδοστρωμάτων που προηγούμενως διαστασιολογήθηκαν με τα προαναφερόμενα.

Τέλος, η εργασία αυτή κλείνει με τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης και γίνονται κάποιες εισηγήσεις για τα σημεία τα οποία αξίζει να διερευνηθούν στο άμεσο μέλλον ώστε να αναβαθμιστούν τα εγχειρίδια του Τμήματος Δημοσίων Έργων, σύμφωνα πάντα με τα κυπριακά δεδομένα.

## **ABSTRACT**

This thesis was prepared in the framework of the postgraduate study program in the field of Civil Engineering of the Cyprus University of Technology.

The aim is to study those parameters that affect the process of designing a flexible road from dimensioning to construction and maintenance, according to the methodologies followed by the Department of Public Works in Cyprus for this purpose.

The first chapter presents general information on the evolution of road design over the years and the need to update the manuals used.

Then the second chapter describes the Cypriot dimensioning methodology also known as the Public Works Department Method.

The third chapter presents the design criteria on which each methodology for calculating the structure of the road is based.

Then in the fourth chapter is shown the importance of the materials used in a road and how important is their correct choice.

The fifth chapter presents environmental and climatic conditions that affect the life of a road so that they are taken into account in the sizing methodology.

Next, a very important issue is addressed in the sixth chapter on road safety provided by the roads we build, which is often ignored in dimensioning.

The seventh and last chapter mentions the need for maintenance or restoration of the roads that were previously dimensioned with the above.

Finally, this paper closes with the conclusions of the present study and some suggestions are made for the points that are worth exploring in the near future in order to upgrade the manuals of the Department of Public Works according to the Cypriot data.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	x
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xi
1 Εισαγωγή.....	1
2 Κυπριακή μεθοδολογία διαστασιολόγησης – «Μέθοδος Τμήματος Δημοσίων Έργων».....	3
2.1 Πρόγραμμα PAN.....	3
2.2 Νομογραφήματα που χρησιμοποιούνται στην μεθοδολογία.....	4
2.3 Χαρακτηριστικά Υλικών Οδοστρώματος.....	5
2.4 Κυκλοφοριακός Φόρτος.....	5
2.5 Μεθοδολογία διαστασιολόγησης.....	6
2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν τη Διαστασιολόγηση του Οδοστρώματος.....	7
2.6.1 Χαρακτηριστικά Υπεδάφους.....	7
2.6.1.1 Σύσταση Εδάφους.....	7
2.6.1.2 Εκτίμηση φέρουσας ικανότητας CBR υπεδάφους.....	8
2.6.2 Υπολογισμός αναμενόμενου κυκλοφοριακού φόρτου.....	8
2.7 Προσπάθεια αναπροσαρμογής νομογραφημάτων.....	10
3 Σχεδιαστικά Κριτήρια.....	12
4 Υλικά που χρησιμοποιούνται στο οδόστρωμα.....	13
5 Επίδραση περιβαλλοντικών και κλιματολογικών συνθηκών.....	15
5.1 Επίδραση της Θερμοκρασίας.....	15
5.1.1 Βροχοπτώσεις.....	16

5.1.2	Δράση Παγετού.....	16
5.1.3	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος.....	17
5.1.4	Αντιμετώπιση θερμοκρασιών στην Κύπρο.....	17
5.2	Επίδραση της υγρασίας.....	18
5.3	Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.....	19
6	Οδική ασφάλεια των οδοστρωμάτων.....	20
6.1	Κυκλοφορία και δρόμοι.....	21
6.2	Χαρακτηριστικά ασφαλείας.....	22
6.3	Ανθρώπινη συμπεριφορά.....	22
6.4	Προβλήματα ατυχημάτων.....	23
6.4.1	Συμπεράσματα από δεδομένα ατυχημάτων.....	24
6.5	Προτεινόμενα σχήματα και χαρακτηριστικά σχεδίασης.....	25
7	Συντήρηση και αποκατάσταση οδοστρωμάτων.....	27
7.1	Φθορές εύκαμπτων οδοστρωμάτων.....	27
7.1.1	Ρηγματώσεις.....	28
7.1.2	Παραμορφώσεις.....	28
7.1.3	Λεία επιφάνεια οδοστρώματος.....	29
7.1.4	Αποσάθρωση.....	29
7.2	Εργασίες Συντήρησης.....	29
7.3	Routine Maintenance Management System (RMMS).....	30
7.4	Αξιολόγηση των εργασιών συντήρησης.....	31
	ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	32
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	35
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	36

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

Πίνακας 1 Τιμή Καλιφορνιακού Δείκτη (Οικονομίδης,2015).....	6
Πίνακας 2 Διόρθωση (δ) στο κατά Marshall ποσοστό ασφάλτου .....	17
Πίνακας 3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ασφάλειας για διαφορετικές μορφές διασταύρωσης .....	25

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

Διάγραμμα 1 Μέτρηση βύθισης με Deflection beam (benkelman beam) .....	4
Διάγραμμα 2 Μεθοδολογία διαστασιολόγησης.....	7
Διάγραμμα 3 Ειδικά Οδικά τμήματα παρακολούθησης STOCS.....	10
Διάγραμμα 4 Διαδικασία προγράμματος Routine Maintenance Management System..	30
Διάγραμμα 5 Νομογράφημα 1: Οδόστρωμα τύπου NP1 (Τμήμα Δημοσίων Έργων Κύπρου) .....	36
Διάγραμμα 6 Νομογράφημα 2: Οδόστρωμα τύπου NP2 (Τμήμα Δημοσίων Έργων Κύπρου) .....	37
Διάγραμμα 7 Νομογράφημα 3: Οδόστρωμα τύπου NP3 (Τμήμα Δημοσίων Έργων Κύπρου) .....	38

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

Εικόνα 1 Θερμική ρηγμάτωση εύκαμπτου οδοστρώματος .....	16
Εικόνα 2 Διάφοροι τύποι ρηγματώσεων.....	28
Εικόνα 3 Τύποι παραμορφώσεων.....	28
Εικόνα 4 Αποσάθρωση οδοστρώματος .....	29

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

1. AASHO Αμερικάνικη Ένωση Κρατικών Εθνικών Οδών
2. AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials - Αμερικανική Ένωση Εθνικών Οδών και Μεταφορών
3. C.B.R California Bearing Ratio – Καλιφορνιακός δείκτης
4. RMMS Road Maintenance Management System
5. STOCS Structural Observation Condition Sites - Ειδικά Οδικά Τμήματα Παρακολούθησης
6. SWOV Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid - Ινστιτούτο Έρευνας για την Οδική Ασφάλεια των Κάτω Χωρών
7. ΙΤΑ Ισοδύναμοι Τυπικοί Άξονες

# 1 Εισαγωγή

Το φυσικό έδαφος στη μορφή που βρίσκεται δεν είναι ικανό να φέρει τις προερχόμενες από την κυκλοφορία καταπονήσεις και δεν έχει την απαιτούμενη λεία επιφάνεια για την ομαλή κίνηση των οχημάτων. Επί πλέον δεν αντέχει στις κλιματολογικές διακυμάνσεις, την υγρασία, την βροχή κλπ όταν επάνω του κινούνται οχήματα (Κόφιτσας Ι., 1997). Για τους λόγους αυτούς κατασκευάζεται το οδόστρωμα.

Γενικά σκοπός της κατασκευής του οδοστρώματος είναι να εξασφαλίζεται:

1. Η μετάδοση στο έδαφος των φορτίων των κυκλοφορούντων οχημάτων ελαττωμένων σε τέτοιο βαθμό, που να αποτρέπονται ανεπίτρεπτες σε μέγεθος μόνιμες παραμορφώσεις.
2. Η δομική επάρκεια του ίδιου του οδοστρώματος στις επαναλαμβανόμενες επιπονήσεις της κυκλοφορίας και του περιβάλλοντος, δηλαδή αποφυγή ρηγματώσεων, παραμορφώσεων και αποφλοιώσεων.
3. Η προστασία του εδάφους θεμελίωσης του οδοστρώματος από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος (παγετός, νερό) οι οποίες θα προκαλέσουν απώλεια φέρουσας ικανότητας και μόνιμες παραμορφώσεις.
4. Η διατήρηση ενός ελάχιστου επιτρεπόμενου επιπέδου αντιολισθητικότητας της στρώσης κύλισης.

Μολονότι ο σχεδιασμός οδοστρωμάτων εξελίχθηκε σταδιακά από τέχνη σε επιστήμη, ο εμπειρισμός εξακολουθεί να παίζει σημαντικό ρόλο ακόμα και σήμερα. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1920, το πάχος του οδοστρώματος υπολογιζόταν με βάση καθαρά την εμπειρία. Το ίδιο πάχος οδοστρώματος μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά οδικά τμήματα, παρόλο που το υφιστάμενο έδαφος μπορούσε να παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά του. Με την πάροδο των χρόνων και την αποκτούμενη εμπειρία, αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι από διάφορους οργανισμούς παγκόσμια, με στόχο τον προσδιορισμό του απαιτούμενου πάχους του οδοστρώματος. (Yang H. Huang, 2004)

Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1970 η Οδοποιία στην Κύπρο αντιμετωπιζόταν πολύ διαφορετικά από τη σημερινή κατάσταση χωρίς να υπάρχει μια σωστή διαδικασία μελέτης αλλά χρησιμοποιώντας τυποποιημένες διατομές και διαστρώνοντας τυποποιημένο τύπο υλικών για τις στρώσεις του οδοστρώματος. Δεν δινόταν καμία

προσοχή στην σωστή διαστασιολόγηση και διαχείριση ενός οδοστρώματος ενώ επίσης δεν εφαρμόζονταν κανένας έλεγχος ποιότητας υλικών και κατασκευής.

Η αλματώδης αύξηση της κυκλοφορίας οχημάτων και ειδικότερα του αξονικού φορτίου και η αυξημένη ανάγκη αναπτυξιακών προγραμμάτων για ανοικοδόμηση της χώρας σε συνδυασμό με την έλλειψη των πιο πάνω όπως επίσης και την έλλειψη καλής ποιότητας αδρανών υλικών οδήγησαν πολλές φορές σε πρόωρες αστοχίες των οδοστρωμάτων.

Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1980 είχε ετοιμαστεί από τον οίκο ξένων Συμβούλων Μηχανικών John Burrow and Partners και το Τμήμα Δημοσίων Έργων το εγχειρίδιο για εργασίες Οδοποιίας στην Κύπρο το οποίο περιλάμβανε:

1. Τεχνικές προδιαγραφές για κατασκευή και συντήρηση Οδοστρωμάτων με όλους τους ελέγχους που πρέπει να γίνονται.
2. Εγχειρίδιο υπολογισμού εύκαμπτων οδοστρωμάτων - Pavement Design Manual. Manual for the design of new pavements and strengthening overlays (1989)
3. Εγχειρίδιο γεφυροποιίας
4. Σύστημα διαχείρισης και συντήρησης οδοστρωμάτων

Οι Τεχνικές προδιαγραφές αναβαθμίζονται συνεχώς και βελτιώνονται, ειδικά μετά την αναγκαστική εφαρμογή των Ευρωπαϊκών προτύπων (EN) το 2004, με τις τελευταίες προσθήκες να έχουν γίνει στην έκδοση του Μαΐου 2020. Τα υπόλοιπα τρία εγχειρίδια δυστυχώς χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα όπως είχαν σχεδιαστεί χωρίς να γίνει οποιαδήποτε αναβάθμιση τους βάσει της ραγδαίας ανάπτυξης της Κυπριακής πραγματικότητας.

## **2 Κυπριακή μεθοδολογία διαστασιολόγησης – «Μέθοδος Τμήματος Δημοσίων Έργων»**

Η πρόωρη αστοχία του οδοστρώματος του τότε νέου δρόμου Λευκωσίας- Λεμεσού και οι μελέτες που ακολούθησαν για ενίσχυση και ανακατασκευή του οδοστρώματος βοήθησαν κατά πολύ στην ανάπτυξη της Κυπριακή μεθοδολογίας διαστασιολόγησης, η οποία βασίζεται στην Ελαστική θεωρία. Αναπτύχθηκε μεταξύ 1987-1989 από τους John Burrow and Partners και το Τμήμα Δημοσίων Έργων στα πλαίσια του Τέταρτου Σχεδίου Οδικής Ανάπτυξης.

Με βάση την Ελαστική Θεωρία και μέσω του προγράμματος PAN έχουν δημιουργηθεί τα σχετικά νομογραφήματα που αφορούν τον υπολογισμό του πάχους στρώσεων νέων οδοστρωμάτων και το πάχος ασφαλοτάπητα επι παλαιού οδοστρώματος για σκοπούς περιοδικής συντήρησης.

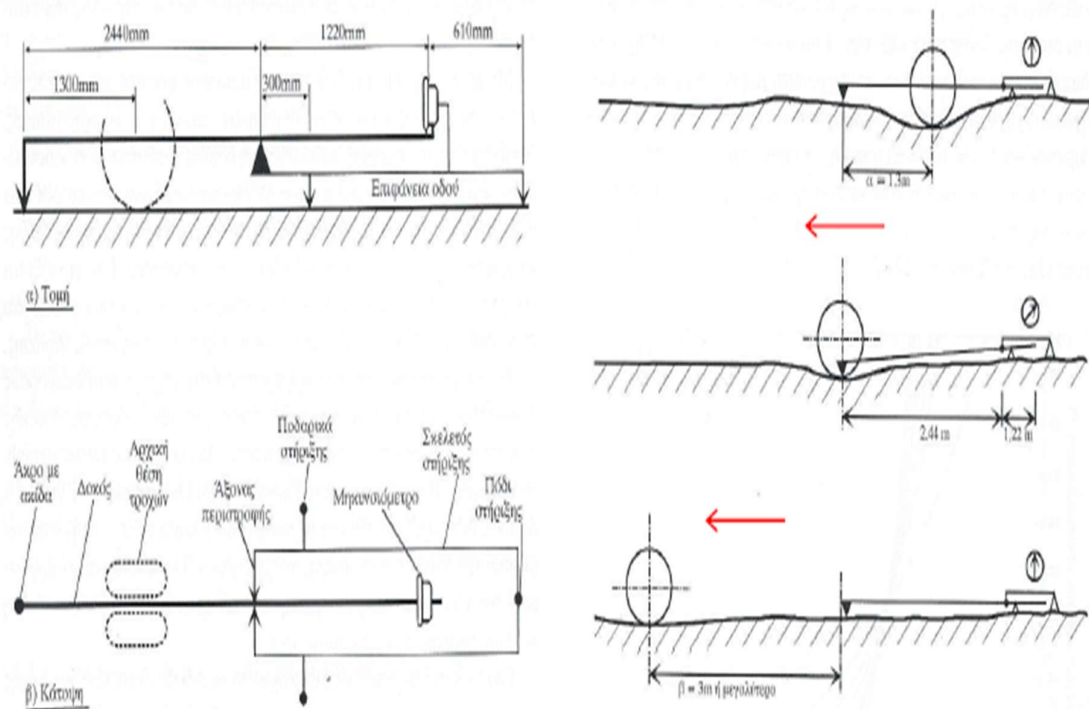
### **2.1 Πρόγραμμα PAN**

Το πρόγραμμα αυτό είναι βασισμένο στη Μέθοδο των Ισοδύναμων παχών (equivalent thickness) η οποία αντικαθιστά το οδόστρωμα με μία σειρά από Ελαστικές στρώσεις όπου η κάθε μια έχει αντίστοιχα το δικό της Ελαστικό μέτρο Ανάκαμψης  $M_r$  (MN/m<sup>2</sup>) και συντελεστή poisson  $\mu$ .

Μετρώντας με ειδικά μηχανήματα το Μέγεθος βύθισης και γνωρίζοντας το βάρος του άξονα βασιζόμενοι στη σχετική εργασία του Asphalt Institute (USA) και του TRRL (UK) και επίσης στη σχετική εργασία που έγινε για την ενίσχυση και ανακατασκευή του οδοστρώματος του δρόμου Λευκωσίας – Λεμεσού δημιουργήθηκαν τα σχετικά νομογραφήματα του Κυπριακού εγχειριδίου διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται 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 μεγαλύτερη είναι η επερχόμενη βύθιση τόσο μικρότερη η δομική ικανότητα του οδοστρώματος να παραλάβει περισσότερα φορτία. Ουσιαστικά η βύθιση που μετράται στην επιφάνεια είναι το άθροισμα των βυθίσεων που επέρχονται σε όλες τις στρώσεις συμπεριλαμβανομένου και του υπεδάφους. Με το συσχετισμό της βύθισης, του αξονικού φορτίου και της

επαναληπτικότητας των φορτίσεων καθορίσθηκαν διαγράμματα από τα οποία ορίζεται η δομική κατάσταση του οδοστρώματος, δηλαδή ο αριθμός των ΙΤΑ που μπορούν να παραληφθούν από το οδόστρωμα.



**Διάγραμμα 1 Μέτρηση βύθισης με Deflection beam (benkelman beam)**

## 2.2 Νομογραφήματα που χρησιμοποιούνται στην μεθοδολογία

- Για νέα οδοστρώματα (NP1) με σκυρωτό υποθεμέλιο, σκυρωτό θεμέλιο και επιφανειακή στρώση ασφάλτου, σχεδιάστηκαν τέσσερα νομογραφήματα όπου το κάθε ένα καλύπτει διαφορετική συνθήκη έδρασης (CBR).
- Για νέα οδοστρώματα (NP2) με σκυρωτό υποθεμέλιο, ασφαλτικό θεμέλιο και επιφανειακή ασφαλτική στρώση σχεδιάστηκαν άλλα τέσσερα νομογραφήματα με τις αντίστοιχες συνθήκες έδρασης.
- Για νέα σκυρωτά οδοστρώματα (NP3) με λεπτή ασφαλτική σφραγιστική στρώση περιλαμβάνονται επίσης άλλα τέσσερα νομογραφήματα.
- Ενώ για τον υπολογισμό του πάχους στρώσης επάλειψης στο εγχειρίδιο της μεθοδολογίας περιλαμβάνονται δέκα νομογραφήματα.



## 2.3 Χαρακτηριστικά Υλικών Οδοστρώματος

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των εύκαμπτων οδοστρώματων χαρακτηρίζονται με βάση το μέτρο επανάκτησης τους ( $M_r$ ) οι οποίες είναι για:

- Έδαφος:  $M_r = 17.6 \times (\text{CBR})^{0.64}$
- Εξυγιαντική Στρώση (Στρώση Στέψης):  $M_r = 2 \times M_r(\text{εδάφους})$ , με μέγιστη τιμή  $125 \text{ MN/m}^2$ .
- Υπόβαση από ασύνδετα αδρανή:  $M_r = 2 \times M_r(\text{εξυγιαντικής στρώσης})$ , με μέγιστη τιμή  $250 \text{ MN/m}^2$ . Η ίδια τιμή λαμβάνεται και στην περίπτωση που η στρώση είναι κατασκευασμένη με ισχύο σκυρόδεμα.
- Βάση από ασύνδετα αδρανή:  $M_r = 2 \times M_r(\text{υπόβασης από ασύνδετα αδρανή})$ , με μέγιστη τιμή  $500 \text{ MN/m}^2$ . Η ίδια τιμή λαμβάνεται και στην περίπτωση που η στρώση είναι κατασκευασμένη με ισχύο σκυρόδεμα.
- Στρώσεις από ασφαλικό σκυρόδεμα:  $M_r = 2500 \text{ MN/m}^2$  για βάση και  $M_r = 5000 \text{ MN/m}^2$  για επιφανειακή στρώση. Ο δείκτης Poisson λαμβάνεται ίσος με 0.35 για όλες τις στρώσεις

## 2.4 Κυκλοφοριακός Φόρτος

Ο κυκλοφοριακός φόρτος που υπολογίζεται, βασίζεται στην κυκλοφορία των εμπορικών οχημάτων στη μια κατεύθυνση για όλη τη σχεδιαστική διάρκεια ζωής του οδοστρώματος. Σε αυτοκινητόδρομους που έχουν περισσότερες από μία λωρίδα ανά κατεύθυνση ο υπολογισμός αφορά την εξωτερική λωρίδα (λωρίδα σχεδιασμού). Ο συνολικός κυκλοφοριακός φόρτος υπολογίζεται με τη χρήση της παρακάτω σχέσης:

$$T_n = 365 \times F_o \times \left\{ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right\} \times P$$

Όπου:

$T_n$  = Συνολικός αριθμός εμπορικών οχημάτων σε  $n$  έτη

$F_o$  = Αρχική ημερήσια κυκλοφορία στη μια κατεύθυνση

$P$  = Ποσοστό κυκλοφορίας που χρησιμοποιεί τη λωρίδα σχεδιασμού

$r$  = Ετήσιος συντελεστής αύξησης κυκλοφορίας

$n$  = Διάρκεια ζωής οδοστρώματος (έτη)

Ο Συνολικός αριθμός ΙΤΑ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Συνολικός αριθμός ΙΤΑ} = D \times T_n$$

Όπου: **D**= ο μέσος συντελεστής φθοράς του οχήματος που ισούται με τον αριθμό των ΙΤΑ ανά εμπορικό όχημα

## 2.5 Μεθοδολογία διαστασιολόγησης

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τη διαστασιολόγηση του οδοστρώματος ακολουθεί τα πιο κάτω βήματα:

1. Υπολογισμός του συνολικού αριθμού ΙΤΑ
2. Υπολογισμός του Καλιφορνιακού Δείκτη CBR του εδάφους έδρασης και ο καθορισμός της σχεδιαστικής τιμής του, με τη χρήση του πιο κάτω Πίνακα.

**Πίνακας 1 Τιμή Καλιφορνιακού Δείκτη (Οικονομίδης,2015)**

<b>Σχεδιαστική τιμή CBR (%)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>11</b>
<b>Υπολογισθείσα τιμή CBR (%)</b>	2	3-5	6-10	>10

3. Επιλογή του τύπου του οδοστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί, ανάλογα με τα υλικά που έχουν επιλεγεί να χρησιμοποιηθούν στις στρώσεις του οδοστρώματος
4. Επιλογή του νομογραφήματος ανάλογα με τον τύπο του οδοστρώματος και τον Καλιφορνιακό Δείκτη (CBR).

(Τα νομογραφήματα του εγχειριδίου φαίνονται στο παράρτημα 1).



Διάγραμμα 2 Μεθοδολογία διαστασιολόγησης

## 2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν τη Διαστασιολόγηση του Οδοστρώματος

### 2.6.1 Χαρακτηριστικά Υπεδάφους

Τα εδαφικά υλικά του υπεδάφους και γενικά το υπέδαφος, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην κατασκευή των εύκαμπτων οδοστρωμάτων. Αρχικά πρέπει να εκτελεστεί μία εδαφοτεχνική μελέτη για το υπέδαφος που θα χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση του οδοστρώματος, για να γνωρίζει ο μελετητής τη σύσταση του εδάφους, τη φέρουσα ικανότητα του και την περιεκτικότητα του σε υγρασία.

#### 2.6.1.1 Σύσταση Εδάφους

Ο πρώτος έλεγχος που γίνεται είναι η κοκκομετρική ανάλυση του εδάφους, δηλαδή ο καθορισμός της ποσοστιαίας κατανομής του μεγέθους των κόκκων που εμπεριέχονται στο έδαφος. Αυτή η διαδικασία αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι η κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα, για να καθορίσει την κατανομή του μεγέθους των κόκκων του εδάφους που συγκρατούνται στο κόσκινο 0.075mm. Το δεύτερο μέρος είναι η κοκκομετρική ανάλυση με υδρόμετρο για να καθορίσει την κατανομή του μεγέθους των πολύ λεπτών κόκκων του εδάφους που διέρχονται από το κόσκινο 0.075mm. Με

αυτούς τους ελέγχους μπορεί να δημιουργηθεί μια κοκκομετρική καμπύλη η οποία μας δείχνει τη σύσταση του εδάφους. Ανάλογα με τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν, ο μηχανικός θα κάνει και τις ανάλογες δράσεις, αν χρειάζεται βελτίωση το έδαφος ή όχι.

Κατ' επέκταση της σύστασης του εδάφους, γίνεται και η κατάταξη του εδάφους, δηλαδή η ομαδοποίηση των εδαφών σε γενικές ομάδες για την εκτίμηση της καταλληλότητας τους όπως έχει προαναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτό γίνεται, αφού πρώτα υπολογιστούν τα όρια Atterberg (όριο υδαρότητας-LL, όριο πλαστικότητας -PL, όριο συρρίκνωσης -SL), με τα οποία μπορείς να παρατηρήσεις πως συμπεριφέρεται το συγκεκριμένο έδαφος ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας που υπάρχει μέσα σ' αυτό.

### **2.6.1.2 Εκτίμηση φέρουσας ικανότητας CBR υπεδάφους**

Η αντοχή ή φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που πρέπει να γνωρίζει ο μηχανικός για τον σχεδιασμό ενός οδοστρώματος. Η φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων και τη συνεκτικότητα μεταξύ τους, το ποσοστό υγρασίας και την πυκνότητα του εδάφους και του υλικού που χρησιμοποιήθηκε.

Η δοκιμή CBR (California Bearing Ratio), η οποία αναπτύχθηκε το 1930 από τη Διεύθυνση Οδοποιίας της Καλιφόρνιας, χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλες τις μεθοδολογίες διαστασιολόγησης εύκαμπτων οδοστρωμάτων. Με τη δοκιμή αυτή επιδιώκεται ο καθορισμός της φέρουσας ικανότητας εδαφικών υλικών όταν αυτά συμπυκνωθούν σε διάφορους βαθμούς συμπίκνωσης στο εργαστήριο σε βέλτιστη υγρασία η οποία είναι αντιπροσωπευτική για τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος.

Η εκτίμηση του CBR κατά την κυπριακή μεθοδολογία γίνεται είτε στο εργαστήριο είτε επί τόπου με τη συσκευή cone penetrometer σύμφωνα με τη γενική κατάταξη υπεδάφους κατά AASHTO.

### **2.6.2 Υπολογισμός αναμενόμενου κυκλοφοριακού φόρτου**

Αναμένεται ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος καθορίζεται με πραγματικές μετρήσεις επί δείγματος εμπορικών οχημάτων για υπολογισμό του Συντελεστή Καταπόνησης.

Ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι το μέγεθος και η συχνότητα του επιβαλλόμενου φορτίου, δηλαδή ο αριθμός, το μέγεθος και το είδος των αξόνων των οχημάτων. Αρχικά, κατά τον σχεδιασμό μιας οδού πρέπει να πραγματοποιηθεί μια αποτίμηση της κυκλοφορίας

για να εκτιμηθεί ο μελλοντικός κυκλοφοριακός φόρτος που θα υπάρχει στον νέο δρόμο. Τα οχήματα ποικίλουν στις διάφορες χώρες, όσο και τα διάφορα οχήματα που κυκλοφορούν στην ίδια χώρα. Τα οχήματα που κυκλοφορούν στον δρόμο είναι ένας συνδυασμός από επιβατικά οχήματα, λεωφορεία, φορτηγά, ρυμουλκά, νταλίκες κτλ. Ο φόρτος και η κατανομή του οχήματος μέσω των αξόνων του και των ελαστικών του είναι άμεσα συνυφασμένο με την καταστροφική ικανότητα του κάθε οχήματος. Στα εμπορικά οχήματα οι άξονες μπορεί να είναι μονοί ή δίδυμοι ή τρίδυμοι. Για την προστασία των οδοστρωμάτων, όλες οι χώρες έχουν θεσπίσει μέγιστα επιτρεπτά βάρη ανά τύπο οχήματος και ανά τύπο άξονα.

Για τον καλύτερο απολογισμό ενός οδοστρώματος, το φορτίο των οχημάτων έχει μετατραπεί σε φορτίο του άξονα. Στις ΗΠΑ κατά τη διάρκεια τη δεκαετίας του 1950, η Αμερικανική Ένωση Κρατικών Εθνικών Οδών (AASHO) εκτέλεσε ένα πείραμα για να καθορίσει τη σχέση μεταξύ της επανάληψης αξονικών φορτίων διαφόρων μεγεθών και συστήματα αξόνων και της απόδοσης διαφόρων οδοστρωμάτων με στρώσεις από διάφορα πάχη και υλικά. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν συμβατικά εμπορικά οχήματα με διαφορετικά αξονικά φορτία και πειραματικά αντιπροσωπευτικά οδοστρώματα. Το αποτέλεσμα του πειράματος ήταν, να ορισθεί σχεδόν αυθαίρετα ως αντιπροσωπευτικό φορτίο ένας άξονας με δίδυμους τροχούς και φορτίο 18000lb (8.16 τόνοι) ή 80kN και ονομάστηκε τυπικός άξονας. Για τον άξονα αυτό θεωρήθηκε ότι με μια διέλευση του προκαλείται φθορά στο οδόστρωμα ίση με μία μονάδα. Η καταστρεπτική επίδραση των αξονικών φορτίων με μικρότερο ή μεγαλύτερο φορτίο από 80kN εκφράστηκε με ισοδύναμους συντελεστές, μικρότερου ή μεγαλύτερου της μονάδας αντίστοιχα. Με τον καθορισμό αυτών των συντελεστών, δόθηκε η δυνατότητα της έκφρασης και της μετατροπής του κυκλοφοριακού φόρτου με τα διαφορετικά αξονικά φορτία σε μια και μοναδική μεταβλητή, του Ισοδύναμου Τυπικού Άξονα (ITA) (Νικολαΐδης, 2002).

Για τον καθορισμό των Συντελεστών Ισοδυναμίας (ΣΙ) χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω εξίσωση:

$$N_t / N_j = (P_j / P_t)^a \quad \text{ή} \quad N_t = a * N_j$$

Όπου:

$N_t$  = αριθμός διελύσεων τυπικού άξονα με φορτίο

$P_t=80kN$  για να επιφέρει ισοδύναμη φθορά του ίδιου οδοστρώματος

$N_j$ = αριθμός διελεύσεων αξόνων με φορτίο  $P_j$  για να προκαλέσει συγκεκριμένη φθορά στο οδόστρωμα

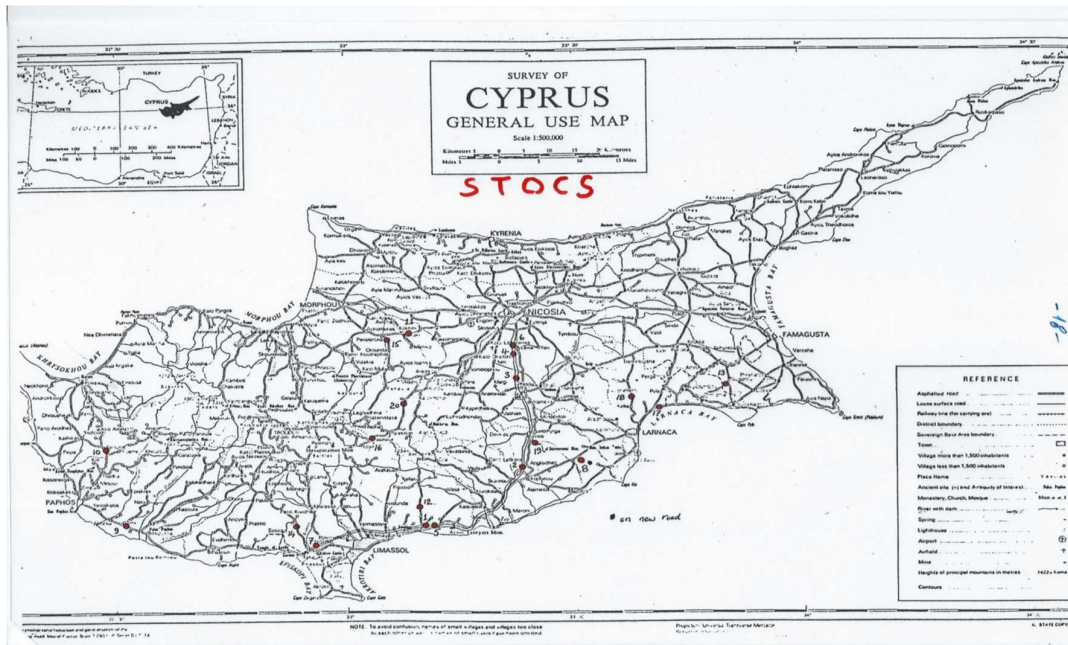
$\gamma$ = αριθμητική μεταβλητή ( παίρνει τιμές από 3.6 - 4.6 αλλά καθιερώθηκε να χρησιμοποιείται ίση με 4)

$a$ = συντελεστής ισοδυναμίας

Οι συντελεστές ισοδυναμίας μπορούν επίσης να ληφθούν από τον πίνακα με τους υπολογισμένους συντελεστές ισοδυναμίας που προέκυψαν από το πείραμα του AASHO για τη μετατροπή μονών, δίδυμων και τρίδυμων αξόνων σε ισοδύναμους τυπικούς άξονες.

## 2.7 Προσπάθεια αναπροσαρμογής νομογραφημάτων

Για αναπροσαρμογή και βελτιστοποίηση των νομογραφημάτων που δημιουργήθηκαν είχαν επισημανθεί είκοσι Ειδικά Οδικά Τμήματα Παρακολούθησης (Structural Observation Condition Sites – STOCS) τα οποία όπως φαίνεται και στον πιο κάτω χάρτη ήταν στρατηγικά διεσπαρμένα σε όλη την ελεύθερη Κύπρο.



Διάγραμμα 3 Ειδικά Οδικά τμήματα παρακολούθησης STOCS

Ο σκοπός της δημιουργίας των STOCS ήταν η συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή του βάθους βύθισης διάφορες στιγμές του χρόνου για σκοπούς παρακολούθησης της εποχικής διακύμανσης των μετρήσεων και βελτιστοποίησης των νομογραφημάτων. Τα τμήματα αυτά όμως δυστυχώς έχουν από καιρό εγκαταληφθεί και η μεθοδολογία παραμένει μέχρι σήμερα όπως είχε σχεδιαστεί αρχικά το 1989.

### 3 Σχεδιαστικά Κριτήρια

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 του οδοστρώματος (Νικολαΐδης 2002). Για να διασφαλιστεί η ικανοποιητική λειτουργία του οδοστρώματος κατά τη διάρκεια της ζωής του θα πρέπει να αποφευχθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι πιο πάνω αστοχίες. Οι ρηγματώσεις εμφανίζονται πάντα στις ασφαλικές στρώσεις λόγω κόπωσης που προέρχεται από τις επαναλαμβανόμενες εφελκυστικές παραμορφώσεις που αναπτύσσονται, των οποίων η μέγιστη ανηγμένη εφελκυστική παραμόρφωση εμφανίζεται στην κατώτατη επιφάνεια της ασφαλικής στρώσης.

Τα βασικά σχεδιαστικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται ώστε να διασφαλίζεται η ικανοποιητική λειτουργία του οδοστρώματος κατά τη διάρκεια κατασκευής αλλά και σε όλη τη διάρκεια ζωής του είναι:

α) Οι ασφαλικές στρώσεις δεν θα πρέπει να ρηγματώνονται κάτω από την επίδραση των φορτίων της κυκλοφορίας. Αυτό ελέγχεται από την αναπτυσσόμενη εφελκυστική τάση ή εφελκυστική ανηγμένη παραμόρφωση στην κατώτατη επιφάνεια της ασφαλικής βάσης.

β) Το υπέδαφος θα πρέπει να μπορεί να παραλάβει τα επαναλαμβανόμενα φορτία της κυκλοφορίας δίχως να παρουσιάζεται υπερβολική παραμόρφωση στην επιφάνεια του. Αυτό ελέγχεται από την αναπτυσσόμενη θλιπτική τάση ή θλιπτική ανηγμένη παραμόρφωση στην ανώτατη επιφάνεια της στρώσης έδρασης (ανώτατη επιφάνεια υπεδάφους ή εξυγιαντικής στρώσης).

γ) Το πάχος της βάσης/υπόβασης από ασύνδετα αδρανή και της εξυγιαντικής στρώσης (όταν κατασκευάζεται) πρέπει να είναι επαρκές έτσι ώστε κατά τη διάρκεια της κατασκευής (πριν τη διάστρωση των ασφαλικών στρώσεων) να μην υπερφορτίζεται το υπέδαφος από τις διελεύσεις των οχημάτων που διακινούνται στο εργοτάξιο.

Τα πιο πάνω κριτήρια χρησιμοποιούνται από όλες τις μεθόδους διαστασιολόγησης. Η κύρια διαφορά μεταξύ των διαφόρων μεθοδολογιών είναι η σχέση η οποία συσχετίζει την ανηγμένη εφελκυστική παραμόρφωση με τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων που επιφέρει κόπωση του οδοστρώματος από ρηγμάτωση.



#### 4 Υλικά που χρησιμοποιούνται στο οδόστρωμα

Μεγάλη σημασία επίσης για την κατασκευή του εύκαμπτου οδοστρώματος πρέπει να δίνεται στα υλικά που θα χρησιμοποιήσει ο μελετητής. Τα υλικά θα πρέπει να πληρούν δύο προϋποθέσεις:

1. να είναι ανθεκτικά στη χρήση και σε βάθος χρόνου και
2. να είναι οικονομικά τόσο στην αγορά τους όσο και κατά το κόστος μεταφοράς τους.

Για το λόγο αυτό ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται τόσο στην επιλογή όσο και στον σχεδιασμό των υλικών που θα επιλεγούν για την κατασκευή του οδοστρώματος. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στη κατασκευή ενός εύκαμπτου οδοστρώματος εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες:

1. Αδρανή υλικά -για την κατασκευή της υπόβασης ή/και της βάσης.
2. Ασφαλτικά υλικά -για τη παραγωγή ασφαλτομιγμάτων σε ανάμιξη με τα αδρανή υλικά.

Στην Κύπρο τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται στα έργα οδοποιίας για την κατασκευή των στρώσεων βάσης και υπόβασης, σύμφωνα με τις τεχνικές Προδιαγραφές του Τμήματος Δημοσίων Έργων πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Προτύπου EN13242. Επιπλέον στις τεχνικές προδιαγραφές καθορίζονται οι απαιτήσεις σε κάθε ιδιότητα-έλεγχο και τα όρια των τιμών που πρέπει να ικανοποιεί το υλικό για να θεωρείται κατάλληλο.

Ταυτόχρονα τα αδρανή που χρησιμοποιεί το Τμήμα Δημοσίων Έργων για την παραγωγή ασφαλτικού σκυροδέματος είναι σύμφωνα με το πρότυπο EN13043. Ανάλογα προκαθορίζονται και οι απαιτήσεις καθώς και τα όρια των τιμών που αναμένονται από τους διάφορους εργαστηριακούς ελέγχους, για να θεωρηθεί ένα υλικό κατάλληλο για χρήση.

Η ασφαλτος είναι γνωστή και χρησιμοποιείται από αρχαιοτάτων χρόνων. Είναι ίσως ένα από τα πλέον παλαιά και διαδεδομένα δομικά υλικά. Χρησιμοποιείται εδώ και 6.000 χρόνια ως άριστης ποιότητας μονωτικό και συνδετικό υλικό. (Νικολαΐδης Α., 1996). Το ποιας κατηγορίας ασφαλτος θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τον τύπο του ασφαλτομίγματος που θα παραχθεί και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Σε περιοχές με

ψυχρό κλίμα χρησιμοποιείται συνήθως μαλακή ασφαλτος ενώ στις περιοχές με θερμό κλίμα χρησιμοποιείται σχετικά σκληρή ασφαλτος. Πέραν της διεισδυτικότητας, η ασφαλτος που θα χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή κάποιου ασφαλτομίγματος, πρέπει να ικανοποιεί και κάποιες άλλες προϋποθέσεις. Πρόκειται για περιορισμούς που αφορούν τις χαρακτηριστικές ιδιότητες της ασφάλτου όπως είναι το σημείο μάλθωσης, η ολκιμότητα, το σημείο ανάφλεξης, κλπ.

## **5 Επίδραση περιβαλλοντικών και κλιματολογικών συνθηκών**

Με το πέρασμα του χρόνου λόγω της επιρροής της κυκλοφορίας και των καιρικών συνθηκών ένα οδόστρωμα τείνει να φθείρεται με αποτέλεσμα να μειώνεται η φέρουσα ικανότητα του, υποβαθμίζοντας έτσι το επίπεδο εξυπηρέτησης του αδυνατόντας να παρέχει στους χρήστες ασφάλεις, άνεση και καλή ποιότητα κύλισης.

Μια συνέπεια της φθοράς των οδοστρωμάτων είναι η ανάπτυξη παραμένουσων παραμορφώσεων, που σύμφωνα με τις αρχές σχεδιασμού οφείλεται στην αστοχία του υπεδάφους. Η μόνιμη παραμόρφωση προκαλείται από την συνεχιζόμενη, δυναμική καταπόνηση του οδοστρώματος, την μειωμένη ποιότητα των υλικών στις στρώσεις αλλά και την επίδραση κλιματολογικών συνθηκών. Οι κυριότεροι λόγοι που έχουν μεγάλη επίδραση στη συμπεριφορά ενός οδοστρώματος είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας και η βροχόπτωση.

### **5.1 Επίδραση της Θερμοκρασίας**

Για την κατασκευή των εύκαμπτων οδοστρωμάτων χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι ασφαλτομιγμάτων ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου με βασικό όμως συστατικό το συνδετικό υλικό πετραλαϊκής ασφάλτου (bitumen). Οι ιδιότητες της ασφάλτου είναι αυτές που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής ενός οδοστρώματος αφού χαρακτηριστικό της είναι το ιξώδες, το οποίο αποτελεί μια έκφραση της συνοχής της και το οποίο μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Οι ρεολογικές ιδιότητες και το μέτρο δυσκαμψίας της ασφάλτου επηρεάζονται από το ιξώδες μαζί με το βαθμό διείδυσης και την θερμοκρασία μάλθωσης της. Στο μέτρο δυσκαμψίας επιδρά η ολκιμότητα, δηλαδή η αντοχή της ασφάλτου σε εφελκυσμό, καθώς επίσης και η αύξηση θερμοκρασίας η οποία επιφέρει αύξηση της παραμορφωσιμότητας.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας στην περίπτωση των εύκαμπτων οδοστρωμάτων:

1. Επηρεάζει τις ιδιότητες ερπυσμού του ασφαλτικού σκυροδέματος
2. Προκαλεί την δημιουργία τάσεων λόγω θερμικών μεταβολών
3. Την ψύξη – απόψυξη του υπεδάφους



Κατά  
μήκος  
ρωγμή

**Εικόνα 1** Θερμική ρηγμάτωση εύκαμπτου οδοστρώματος

### **5.1.1 Βροχοπτώσεις**

Η βροχοπτώση επηρεάζει πολύ στην κατασκευή των χωματουργικών έργων, στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους και στον σχεδιασμό της αποστράγγισης των επιφανειακών υδάτων. Γενικά το νερό επιταχύνει τη φθορά του οδοστρώματος σε όλες τις στρώσεις του. Επίσης, είναι υπεύθυνο για τη μείωση της αντοχής του υπεδάφους και για την αύξηση της απώλειας της ικανότητας εξυπηρέτησης των οδοστρωμάτων. Η αυξομείωση της υγρασίας λόγω των κατακρημνισμάτων κυρίως στα αργιλικά εδάφη μπορεί να προκαλέσει διόγκωση ή συρρίκνωση των υλικών αυτών με επακόλουθο την ακαταλληλότητα του οδοστρώματος. Γι' αυτούς τους λόγους πρέπει να σχεδιάζονται καλά και σωστά αποχετευτικά και αποστραγγιστικά έργα στους δρόμους.

### **5.1.2 Δράση Παγετού**

Ο παγετός εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και έχει δύο αρνητικές επιδράσεις στο οδόστρωμα. Η πρώτη επίδραση είναι η ανύψωση του οδοστρώματος, λόγω του πάγου που σχηματίζεται μέσα στο οδόστρωμα με αποτέλεσμα τη διόγκωση του. Έτσι θα έχει ως τελικό αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών στο οδόστρωμα. Η δεύτερη επίδραση που θα έχει είναι στην τήξη του παγετού κατά τη διάρκεια της άνοιξης. Αφού λιώσει ο πάγος, θα μείνει μόνο νερό το οποίο δε θα μπορεί να αποστραγγιστεί από τις υποκείμενες στρώσεις και έτσι θα προκαλέσει σημαντική μείωση της αντοχής στην υποδομή. Για να αποφευχθούν αυτά τα προβλήματα θα πρέπει να προβλέπονται τα βέλτιστα πάχη των

στρώσεων για να προστατεύουν το έδαφος και κατά τη μελέτη να λαμβάνεται υπόψη και η μειωμένη αντοχή του εδάφους μετά τηντήξη των πάγων.

### 5.1.3 Θερμοκρασία Περιβάλλοντος

Οι θερμοκρασιακές μεταβολές συνεισφέρουν και αυτές στην καταστροφή του οδοστρώματος. Κυρίως τα ασφατικά υλικά επηρεάζονται σημαντικά γιατί σε χαμηλές θερμοκρασίες συμπεριφέρονται ως ψαθυρά υλικά επειδή αυξάνεται το μέτροδυσκαμψίας τους με συνέπεια τη δημιουργία ρωγμών. Ενώ σε ψηλές θερμοκρασίες το μέτρο δυσκαμψίας τους μειώνεται και προκαλούνται πλαστικές παραμορφώσεις σε συνδυασμό με τη κυκλοφορία των οχημάτων. Επίσης μπορεί να ρευστοποιηθεί η άσφαλτος με αποτέλεσμα την εφίδρωση του οδοστρώματος και την απώλεια αντολισθηρότητας του. Για να αποφευχθούν αυτά τα προβλήματα, σε ψυχρά κλίματα που έχει χαμηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιείται σχετικά μαλακή άσφαλτος και σε θερμά κλίματα που έχει ψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιείται σχετικά σκληρή άσφαλτος.

### 5.1.4 Αντιμετώπιση θερμοκρασιών στην Κύπρο

Στην Κύπρο για την αντιμετώπιση των υψηλών θερμοκρασιών σε χαμηλό υψόμετρο οι Προδιαγραφές του Τμήματος Δημοσίων Έργων, μετά από σχετικές εισηγήσεις των ξένων συμβούλων μηχανικών, είχαν περιλάβει τη δεκαετία του 1990 την διόρθωση στο κατά Marshall βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου.

**Πίνακας 2 Διόρθωση ( $\delta$ ) στο κατά Marshall ποσοστό ασφάλτου**

<b>Διορθωτικός Δείκτης °C</b>	<b>Διόρθωση (<math>\delta</math>) στο κατά Marshall ποσοστό ασφάλτου</b>
<b>0-10</b>	Βέλτιστο
<b>10-40</b>	$\delta$ =(βέλτιστο -5%)
<b>&gt;40</b>	$\delta$ =(βέλτιστο -10%)

Αυτή η διόρθωση όμως εφαρμόζεται μόνο στην ασφατική βάση και στην συνδετική στρώση αλλά όχι στην επιφανειακή στρώση κύλισης.

Σε αντίθεση με την Κύπρο, στις ΗΠΑ για αντιμετώπιση των προβλημάτων λόγω αυξομείωσης της θερμοκρασίας στο σχεδιασμό του ασφαλτομίγματος χρησιμοποιείται η μέθοδος Superpave όπου ο σχεδιασμός γίνεται για το συνδετικό υλικό (bitumen) ώστε να έχει τις κατάλληλες ρεολογικές ιδιότητες για την αντιμετώπιση των προβλημάτων λόγω διακύμανσης της θερμοκρασίας.

Επίσης για αντιμετώπιση της διακύμανσης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος η Shell έχει δημιουργήσει ένα εγχειρίδιο το οποίο λαμβάνει αρκετές πρόνοιες για κλιματικές αλλαγές οι οποίες συσχετίζονται με τον τύπο της ασφάλτου (penetration grade) που χρησιμοποιείται ως συνδετικό υλικό στο ασφαλτόμιγμα. Αυτά τα νομογραφήματα θα μπορούσα να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τον σχεδιασμό αντίστοιχων για τα κυπριακά δεδομένα.

## **5.2 Επίδραση της υγρασίας**

Επιμέρους παραμέτροι που επηρεάζουν την ανάπτυξη παραμένουσας παραμόρφωσης είναι:

1. Η υπάρχουσα ρηγμάτωση
2. Η διατομή της οδού, αν βρίσκεται σε επίχωμα ή όρυγμα
3. Το ποσοστό υγρασίας
4. Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία

Στην περίπτωση που η διατομή της οδού βρίσκεται σε όρυγμα όπου αν το επίπεδο του νερού, λόγω ανασκαφής, πλησιάσει την επιφάνεια τότε η βάση και η υπόβαση παρουσιάζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία και μειώνεται το μέτρο ελαστικότητας τους. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε νερό επιφέρει μεγαλύτερη παραμόρφωση λόγω της υπερβολικής πίεσης πόρων που μειώνει την δυσκαμψία των υλικών. Αντιθέτως, επαρκής ποσότητα νερού έχει θετική επίδραση στην αντοχή και την εντατική κατάσταση των ασύνδετων υλικών.

Όταν το οδικό έργο βρίσκεται σε σχετικά μεγάλο υψόμετρο και κατά τους χειμερινούς μήνες δημιουργείται παγετός και η ύπραξη υγρασίας στις στρώσεις δημιουργεί σοβαρά προβλήματα που επηρεάζουν αρνητικά την δομική επάρκεια του οδοστρώματος.

### **5.3 Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας**

Λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας η θερμοκρασία της ασφάλτου αυξάνεται, μειώνοντας έτσι το μέτρο Ελαστικότητας, μεταβιβάζοντας μεγαλύτερες τάσεις στις στρώσεις από ασύνδετα υλικά. Το πρόβλημα αυτό είναι αρκετά έντονο στην Κύπρο, όπου αρκετούς μήνες τον χρόνο αλλά ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών υπάρχουν μεγάλα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας.

Επίσης η ακτινοβολία προκαλεί πρόωρη γήρανση του συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα με αποτέλεσμα να εμφανίζονται ρηγματώσεις στο οδόστρωμα δια μέσω των οποίων μπορεί να διεισδύσει νερό κατά τους χειμερινούς μήνες με όλες τις αρνητικές συνέπειες.

## 6 Οδική ασφάλεια των οδοστρωμάτων

Για πολλά χρόνια η Κύπρος είχε συνολικά πάνω από 100 θανάτους ετησίως και πάνω από 4000 καταγεγραμμένους τραυματισμούς που οφείλονται σε τροχαία ατυχήματα. Οι αριθμοί αυτοί είναι σχετικά σταθεροί και συγκρίσιμοι με άλλες χώρες με παρόμοιο βαθμό μηχανοκίνησης. Ωστόσο, αντιπροσωπεύουν ένα εξαιρετικά υψηλό κόστος για τη χώρα όσον αφορά τον πόνο, τη θλίψη και τα βάσανα, καθώς και το πιο απτό κόστος που συνεπάγεται με τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, νοσοκομειακή περίθαλψη, ζημιές σε οχήματα και οδοστρώματα.

Η εμπειρία από όλο τον κόσμο δείχνει ότι η Οδική Ασφάλεια μπορεί να βελτιωθεί με πολύ αποδοτικό τρόπο, εστιάζοντας σε διάφορους τομείς που αφορούν την ανθρώπινη συμπεριφορά και το συνολικό περιβάλλον του δρόμου. Οι τομείς αυτοί περιλαμβάνουν, Εκπαίδευση, Κατάρτιση και Δημοσιότητα, Σχεδιασμός Οχημάτων, Νομοθεσία και Μηχανική. Όλοι αυτοί οι κλάδοι έχουν κάποιο ρόλο να παίξουν αλλά αυτός που έχει αναμφισβήτητα το πιο άμεσο αποτέλεσμα είναι η Μηχανική. Η στάση και η συμπεριφορά των ανθρώπων μπορεί να χρειαστούν χρόνια για να αλλάξουν μετά τις εκστρατείες οδικής ασφάλειας και η νομοθεσία και η επιβολή της κυκλοφορίας χρειάζονται σημαντικό ανθρώπινο δυναμικό για να είναι απολύτως αποτελεσματικές. Από την άλλη βελτιωμένες οδικές πινακίδες ή σήματα μπορούν να εγκατασταθούν σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα και μπορούν να έχουν πολύ σημαντική επίδραση στη μείωση των ατυχημάτων. (chapter 9, Geometric Design Standards for Inter-Urban and Rural Roads in Cyprus)

Η ανάγκη για βελτιωμένη οδική ασφάλεια τονίστηκε από μια διάταξη που εισήχθη στην τροποποιημένη Συνθήκη της Ρώμης από την Ευρωπαϊκή Ένωση την 1η Νοεμβρίου 1993 θεσπίζοντας μέτρα για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

Για να επιτευχθεί αυτό το SWOV (Ινστιτούτο Έρευνας για την Οδική Ασφάλεια των Κάτω Χωρών) πραγματοποίησε μια από τις κορυφαίες μελέτες από τους σημαντικότερους ερευνητικούς οργανισμούς στην Ευρώπη. Η πρόθεσή τους ήταν να ξεκινήσουν τρόπους επίτευξης του στόχου της Ευρωπαϊκής Ένωσης και έχουν εκπονήσει δύο εκθέσεις που υποστηρίζουν την ανάγκη για τα ακόλουθα:

1. Ο καλός σχεδιασμός βασίζεται στην καλύτερη κατανόηση των λόγων των ατυχημάτων.



2. Αποτελεσματικός έλεγχος, ένα μέσο ελέγχου του σχεδιασμού από άποψη ασφάλειας.

## 6.1 Κυκλοφορία και δρόμοι

Οι δρόμοι σε ένα δίκτυο πρέπει να είναι σαφώς καθορισμένοι και ταξινομημένοι ώστε οι χρήστες να είναι ενήμεροι σχετικά με την κινητικότητα που παρέχεται από τις διάφορες κατηγορίες δρόμων. Υπάρχει ανάγκη περιορισμού της γρήγορης κυκλοφορίας σε αυτοκινητόδρομους και κεντρικούς δρόμους και να διασφαλιστεί ότι η κυκλοφορία κινείται αργά σε τοπικούς δρόμους, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια σαφώς καθορισμένη ιεραρχία δρόμων.

Σε αυτήν τη διαδικασία σχεδιασμού τρία σημαντικά κριτήρια είναι:

1. Τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά του σχεδίου πρέπει να σχετίζονται με την ταχύτητα σχεδιασμού για τη συγκεκριμένη κατηγορία δρόμου. Έτσι, για παράδειγμα, όπου ο κύριος δρόμος μιας παράκαμψης έχει σχεδιαστεί για 100 χλμ/ώρα, θα είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί αυτή η ταχύτητα για τον προσδιορισμό της απόστασης των προειδοποιητικών σημείων και του ύψους των γραμμάτων στις οδικές πινακίδες. Ενώ οι δρόμοι που ενώνουν την παράκαμψη μπορεί να έχουν μικρότερη ταχύτητα σχεδίασης 70 χλμ/ώρα. Αυτή η σχέση παρέχει μια συνέπεια προσέγγισης που θα εξοικειώσει τους χρήστες του δρόμου με τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης κατηγορίας δρόμου.
2. Το πλάτος του δρόμου πρέπει να σχετίζεται με τον όγκο της κυκλοφορίας. Αυτό επιτρέπει τη ροή της κυκλοφορίας με λογικό ρυθμό και αποτρέπει τους οδηγούς να αγχωθούν υπερβολικά λόγω υψηλών επιπέδων συμφόρησης.
3. Σε διασταυρώσεις πρέπει να υπάρχει σαφής προτεραιότητα που υποδεικνύεται σε κάθε βραχίονα, έτσι ώστε η κυκλοφορία στον πιο σημαντικό δρόμο να έχει πάντα προτεραιότητα σε σχέση με αυτήν από τον λιγότερο σημαντικό δρόμο. Οποιοσδήποτε δρόμος πρέπει να τέμνει μόνο με δρόμους της ίδιας κατηγορίας ή αμέσως πάνω ή κάτω από αυτόν στην ιεραρχία. Αυτό θα ελαχιστοποιήσει το στοιχείο της έκπληξης και θα αποφύγει σχετικά υψηλές διαφορές στις ταχύτητες των οχημάτων, κάνοντας έτσι την εκτίμηση των κενών και των αποστάσεων πολύ ευκολότερη για τους χρήστες του δρόμου.

## **6.2 Χαρακτηριστικά ασφαλείας**

Τα χαρακτηριστικά ασφαλείας βασίζονται στην κατανόηση της ανοχής των ανθρώπων να αντέχουν στις ασκούμενες πιέσεις για να μπορούν να καθοριστούν μέτρα για την προστασία των χρηστών του δρόμου που εμπλέκονται σε ατυχήματα και μέχρι σήμερα έχουν αναληφθεί πολλές μελέτες για τη βελτίωση αυτής της κατανόησης.

Τα χαρακτηριστικά ασφαλείας που σχετίζονται με το σχεδιασμό του δρόμου περιλαμβάνουν:

1. καλή ορατότητα σε πινακίδες, διασταυρώσεις, στροφές και άλλους κινδύνους
2. κατάλληλες αντοχές και προστατευτικές τιμές για ζώνες ασφαλείας σε οχήματα, περίφραξη και προστατευτικά κιγκλιδώματα, δέντρα και άλλα φυτά στο δρόμο
3. με την παροχή απλών υπηρεσιών και χώρων εξυπηρέτησης για την κόπωση οδήγησης

## **6.3 Ανθρώπινη συμπεριφορά**

Σχεδόν όλα τα τροχαία ατυχήματα συμβαίνουν ως αποτέλεσμα ανθρώπινης αστοχίας, με τα στατιστικά στοιχεία να δείχνουν περίπου το 95%, αλλά ο καλός σχεδιασμός μπορεί να τροποποιήσει την ανθρώπινη συμπεριφορά και να μειώσει τον αριθμό των ατυχημάτων. Οι ανθρώπινες αποτυχίες που σχετίζονται με προβλήματα συμπεριφοράς στην οδική ασφάλεια περιλαμβάνουν απογοητεύσεις, άγχος, πίεση και εξασθένιση των δεξιοτήτων οδήγησης λόγω αλκοόλ ή ναρκωτικών. Επίσης και πολλά από αυτά τα προβλήματα φαίνεται να σχετίζονται με την ηλικία. Ομοίως, τα παιδιά θα ενεργούν πάντα σαν παιδιά και δεν είναι πάντα προβλέψιμα στη συμπεριφορά τους. Αυτό οδηγεί σε προβλήματα, ιδίως όταν θέλουν να παίξουν κοντά ή στο δρόμο όπου ζουν και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ατυχήματα που αφορούν οχήματα. Και στις δύο περιπτώσεις ο καλός σχεδιασμός που συνεπάγεται τη σαφή επίδειξη επικίνδυνων καταστάσεων για να επιτρέψει την επιβράδυνση της κυκλοφορίας μπορεί να βοηθήσει άμεσα.

Εν κατακλείδι, οι περισσότεροι από τους προαναφερθέντες παράγοντες συγκεντρώνονται στον σχεδιασμό της κυκλοφορίας και των αυτοκινητοδρόμων. Πρέπει να υπάρχει ανθρώπινη ή δημόσια αποδοχή της ανάγκης να συσχετιστεί η οδηγική συμπεριφορά τους

με την τάξη του δρόμου και αυτό οδηγεί στη δημιουργία μιας ιεραρχίας οδών. Παρομοίως, τα πρότυπα συμπεριφοράς και οι πιθανές καταστάσεις σύγκρουσης πρέπει να γίνουν κατανοητά για να επιτρέψουν στους σχεδιαστές δρόμων να παράγουν ασφαλέστερα και πιο αποτελεσματικά σχέδια οδών. Ένας τρόπος επίτευξης αυτής της κατανόησης είναι η μελέτη ατυχημάτων και μοτίβων συγκρούσεων σε υπάρχοντες δρόμους. Μια κριτική εξέταση θα επιτρέψει να γίνει μια λίστα με τους παράγοντες που βοηθούν στην παροχή ασφαλέστερων δρόμων.

Πιο κάτω εξετάζονται προβλήματα ατυχημάτων και συγκρούσεων και προτείνονται μέτρα ασφαλείας για την επίλυσή τους. Αυτή η προσέγγιση εφαρμόζεται σε υπάρχοντες δρόμους και σχέδια για νέους δρόμους.

#### **6.4 Προβλήματα ατυχημάτων.**

Όπως έχει ήδη εξηγηθεί παραπάνω, ένας σημαντικός παράγοντας για τη βελτίωση της ασφάλειας στους υπάρχοντες δρόμους είναι η κατανόηση της υπάρχουσας κατάστασης ατυχήματος. Η ευρεία μελέτη, που αναφέρεται παραπάνω, είχε μεταξύ των άλλων στόχων της τον εντοπισμό των αιτίων των ατυχημάτων από το 1988 έως το 1990. Η μελέτη αυτή προσδιόρισε επίσης άτομα ή περιστάσεις που ενδέχεται να είναι σημαντικές στο πρότυπο των ατυχημάτων. Τα διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία, το 1996, ευθυγραμμίζονται σε γενικές γραμμές με αυτές τις τάσεις και μεταξύ των συμπερασμάτων της μελέτης έχουν ως εξής:

1. Τα ατυχήματα τραυματισμού μειώθηκαν ελαφρά από το 1984, ενώ ο αριθμός των θανάτων παρέμεινε σταθερός. Τα αναφερόμενα ατυχήματα "Μόνο ζημιά" έχουν αυξηθεί με πολύ υψηλό ρυθμό: κατά μέσο όρο 11% ετησίως και διπλασιάστηκαν από το 1981.
2. Για εκείνες τις διασταυρώσεις πόλεων και αγροτικούς αυτοκινητόδρομους που είχαν ατυχήματα, το 60% των ατυχημάτων συγκεντρώνεται στο 20% του δικτύου.
3. Περίπου τα μισά από τα ατυχήματα τραυματισμών συμβαίνουν σε αγροτικές περιοχές (συμπεριλαμβανομένων των χωριών), και τα άλλα μισά στις πόλεις.
4. 36% των θανάτων από τροχαία το 1987 ήταν πεζοί και 28% ήταν οδηγοί μηχανοκίνητων οχημάτων (κυρίως αυτοκίνητα).

5. Σε πόλεις και χωριά περίπου οι μισοί άνθρωποι που σκοτώθηκαν είναι πεζοί και οι μισοί θάνατοι των πεζών συμβαίνουν κατά τη διάρκεια του σκότους.
6. Το ένα τέταρτο των τραυματισμών στο δρόμο ήταν αυτο-ποδηλάτες και μοτοσικλετιστές, περίπου χωρισμένοι μεταξύ των δύο τύπων των δύο τροχών με κινητήρα.
7. Οι νεότεροι οδηγοί οχημάτων είχαν περίπου διπλάσιες πιθανότητες να εμπλακούν σε ατυχήματα τραυματισμού σε σύγκριση με τον μέσο όρο για όλους τους οδηγούς οχημάτων. Οι νεαροί οδηγοί εκπροσωπούνται επίσης σημαντικά σε ατυχήματα που συμβαίνουν στο σκοτάδι.
8. Άλλες ηλικιακές ομάδες με μεγαλύτερο κίνδυνο ανά κεφαλή πληθυσμού ήταν:
  - Πεζοί κάτω των 12 ή άνω των 70 ετών
  - Ποδηλάτες πεντάλ κάτω των 18 ή άνω των 60 ετών
  - Επιβάτες μηχανοκίνητων οχημάτων μεταξύ 18 και 29 ετών.

#### **6.4.1 Συμπεράσματα από δεδομένα ατυχημάτων**

Τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία δείχνουν μια σειρά από πιθανές αιτίες ατυχημάτων. Όπως σε όλες τις μελέτες οδικής ασφάλειας, η ανθρώπινη συμπεριφορά κυριαρχεί με την ταχύτητα, την ακοή των πινακίδων, την οδήγηση σε λάθος πλευρά του δρόμου και έτσι αναφέρεται. Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορούν, ωστόσο, να τροποποιηθούν με βελτιώσεις σε υπάρχοντες δρόμους και να τους λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό νέων σχεδίων.

Συνάγεται το συμπέρασμα ότι η ασφάλεια μπορεί να βελτιωθεί με προσεκτική προσοχή στις αιτίες των ατυχημάτων όπως αναφέρονται παραπάνω. Ωστόσο, είναι σαφές ότι μια άμεση βελτίωση θα πρέπει να επιτευχθεί με προσοχή σε συστήματα χαμηλού κόστους, όπως σήμανση, σήμανση δρόμου, άκρη οριοθέτησης οδών κ.λπ., καθώς και με πιο ακριβά μέτρα, όπως η διοχέτευση, ο πρόσθετος φωτισμός κλπ

Οι αριθμοί ατυχημάτων μπορούν να μειωθούν περαιτέρω εάν τα φυσικά μέτρα υποστηρίζονται από αυξημένη επιβολή ορίων ταχύτητας και άλλων νόμων κυκλοφορίας και, από τη δημοσιότητα που στοχεύει στα συγκεκριμένα προβλήματα. Πρόκειται για θέματα αστυνομίας και διάφορων τοπικών φορέων. Έχει προταθεί από το Υπουργείο Δικαιοσύνης η αστυνομία να επεκτείνει τις περιπολίες μέχρι τις πρωινές ώρες, τα

σαββατοκύριακα και τις αργίες, η ταχύτητα να παρακολουθείται και οι ελέγχοι αλκοόλης εντείνονται.

## 6.5 Προτεινόμενα σχήματα και χαρακτηριστικά σχεδίασης.

Οι βασικές αρχές της καλής σχεδίασης διασταύρωσεων είναι ότι πρέπει να επιτρέπουν τη μετάβαση από τη μία διαδρομή στην άλλη ή μέσω κινήσεων στον κεντρικό δρόμο με ελάχιστη καθυστέρηση και μέγιστη ασφάλεια. Η διάταξη πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο απλή και προφανής σε όλους τους τύπους χρηστών του δρόμου. Θα πρέπει να εξυπηρετεί με ασφάλεια όλα τα οχήματα και τους πεζούς. Ο τύπος της διασταύρωσης που επιλέγεται θα εξαρτηθεί από τις ροές κυκλοφορίας στους διασταυρούμενους δρόμους και τι είναι κατάλληλο λαμβάνοντας υπόψη τα πρότυπα ελέγχου και διαχείρισης της κυκλοφορίας στη γύρω περιοχή. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων τύπων τομής, από άποψη ασφάλειας, δίνονται στον Πίνακα.

**Πίνακας 3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ασφάλειας για διαφορετικές μορφές διασταύρωσης**

ΤΥΠΟΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΟΔΟΥ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ/ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<b>Διαχωρισμός βαθμίδων</b>	<p>Μέγιστη ασφάλεια για όλους τους χρήστες του δρόμου.</p> <p>Μπορεί να αντιμετωπίσει τις υψηλές ροές και να παρέχει ένα υψηλό επίπεδο υπηρεσιών/καταστάσεις σύγκρουσης υπάρχουν μόνο για στροφή.</p> <p>Λιγότερο αγχωτικό για τους χρήστες του δρόμου από άλλες μορφές διασταύρωσης.</p>
<b>Σήματα κυκλοφορίας</b>	<p>Στις αστικές περιοχές παρέχεται ένα καλό επίπεδο ασφάλειας για όλους τους χρήστες του δρόμου, συμπεριλαμβανομένων των πεζών και των ποδηλατών, ενώ στις αγροτικές περιοχές και στους υπεραστικούς δρόμους, τα</p>

---

ακριβά μέτρα είναι απαραίτητα για την επιβράδυνση των οχημάτων που κινούνται γρήγορα.

### **Κυκλικοί κόμβοι**

Εύλογο επίπεδο ασφάλειας αν και μπορεί να προκύψουν προβλήματα ατυχήματος όταν υπάρχουν πεζοί, ποδηλάτες ή άλλα δίτροχα.

Προβλέπεται για χαμηλές έως μεσαίες ροές όπου οι κινήσεις στροφής είναι λογικά ισορροπημένες και είναι κατάλληλες για στροφή και συγχώνευση της κυκλοφορίας.

Όλοι οι χρήστες υφίστανται καθυστέρηση, ακόμη και σε ώρες εκτός αιχμής.

### **Προτεραιότητα**

Ασφαλής μόνο εάν οι ροές και στους δύο δρόμους είναι σχετικά χαμηλές και η διαφορά ταχύτητας είναι μικρή.

Πιθανές καθυστερήσεις στον μικρό δρόμο.

Απαιτείται καλή ορατότητα για προγράμματα οδήγησης και άλλους χρήστες.

---

## **7 Συντήρηση και αποκατάσταση οδοστρωμάτων**

Κάθε νέο οδόστρωμα όταν δοθεί στην κυκλοφορία αρχίζει να φθείρεται κατά κύριο λόγο εξαιτίας των αξονικών φορτίων των οχημάτων αλλά και των καιρικών συνθηκών και της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνδυασμό με την γήρανση και την κόπωση των υλικών που το συνθέτουν. Το Κράτος σαν διαχειριστής του οδικού δικτύου έχει την υποχρέωση όχι μόνο να το διατηρεί αλλά και να το διαχειρίζεται με τρόπο ώστε να αποδίδει όφελος.

Αυτό το όφελος μπορεί να είναι άμεσο λόγο μείωσης του χρόνου ταξιδιού, μείωση των ατυχημάτων και μείωση της δαπάνης συντήρησης των οχημάτων αλλά μπορεί να είναι και έμμεσο στην άνετη και ασφαλή μετακίνηση κοινωνικών και εμπορικών δραστηριοτήτων.

Για τη διατήρηση του κεφαλαίου και την απόδοση του οφέλους ένα οδόστρωμα πρέπει να συντηρείται έτσι που να διατηρείται σε ενεκτό επίπεδο εξυπηρέτησης των οχημάτων σε όλη τη διάρκεια ζωής του. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν αναπτυχθεί πολλά συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων. Στην Κύπρο το Τμήμα Δημοσίων Έργων αναγνωρίζοντας την επιτακτική ανάγκη διατήρησης των οδοστρωμάτων σε όσο το δυνατόν υψηλότερο επίπεδο, ανατέθηκε επίσης στους ξένους συμβούλους John Burrow and Partners η ετοιμασία συστήματος συντήρησης και διαχείρισης εύκαμπτων οδοστρωμάτων όπου και δημιουργήθηκε το Road Maintenance Management System (RMMS) το οποίο χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα.

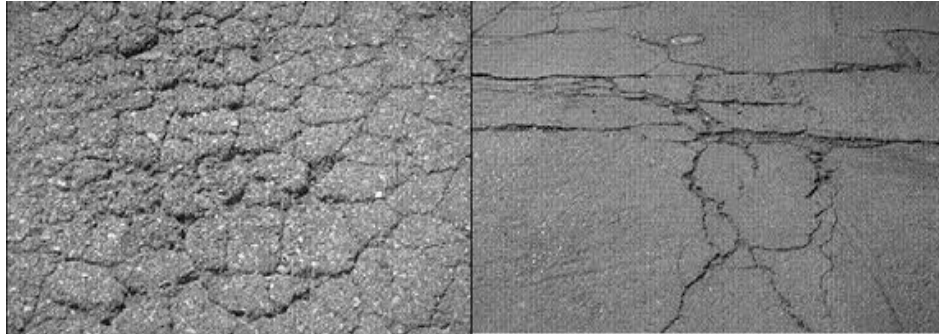
### **7.1 Φθορές εύκαμπτων οδοστρωμάτων**

Οι φθορές που μπορεί να εμφανιστούν σε ένα οδόστρωμα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Ρηγματώσεις
2. Παραμορφώσεις
3. Αποσαθρώσεις
4. Λείανση της επιφάνειας κύλισης

### 7.1.1 Ρηγματώσεις

Οι μορφές και οι αιτίες των επιφανειακών ρηγματώσεων ποικίλουν και οφείλονται σε διάφορες αιτίες (τύπου αλιγάτορα, ανακλαστικές, στην τροχιά των τροχών κλπ). Σε πολλές περιπτώσεις η έγκαιρη απλή σφράγιση των ρωγμών (χυτή ελαστομερής άσφαλτος) είναι ικανοποιητική αλλά σε κάποιες περιπτώσεις είναι αναγκαία η πλήρης εξυγίανση της περιοχής.



Εικόνα 2 Διάφοροι τύποι ρηγματώσεων

### 7.1.2 Παραμορφώσεις

Οι παραμορφώσεις είναι οι φθορές αυτές που χαρακτηρίζουν το ως μη επίπεδο, οι οποίες ανάλογα με το μέγεθος και την έκταση που έχουν μπορεί να καταστούν πολύ επικίνδυνες για τους οδηγούς. Μπορεί να οφείλονται στην ελαστοπλαστική συμπεριφορά και την χαμηλή ευστάθεια του ασφαλτομίγματος, ή στην καθίζηση του υπεδάφους.



Εικόνα 3 Τύποι παραμορφώσεων



### **7.1.3 Λεία επιφάνεια οδοστρώματος**

Μπορεί να προκληθεί λόγω χρήσης ακατάλληλων υλικών, όπως τα σκληρά ασβεστολιθικά υλικά του Πενταδακτύλου τα οποία είναι περισσότερο επιρρεπή σε λείανση από τα διαβασικά υλικά του Τροόδου. Επίσης λείανση προκαλεί η ανάδυση ασφάλτου από την ύπαρξη περίσσειας ποσότητας στο μίγμα.

### **7.1.4 Αποσάθρωση**

Είναι η θρυμματίση του οδοστρώματος σε μικρά ασύνδετα κομμάτια προκαλώντας αποκόλληση αδρανών ή μεγάλες λακούβες στην επιφάνεια κύλισης.



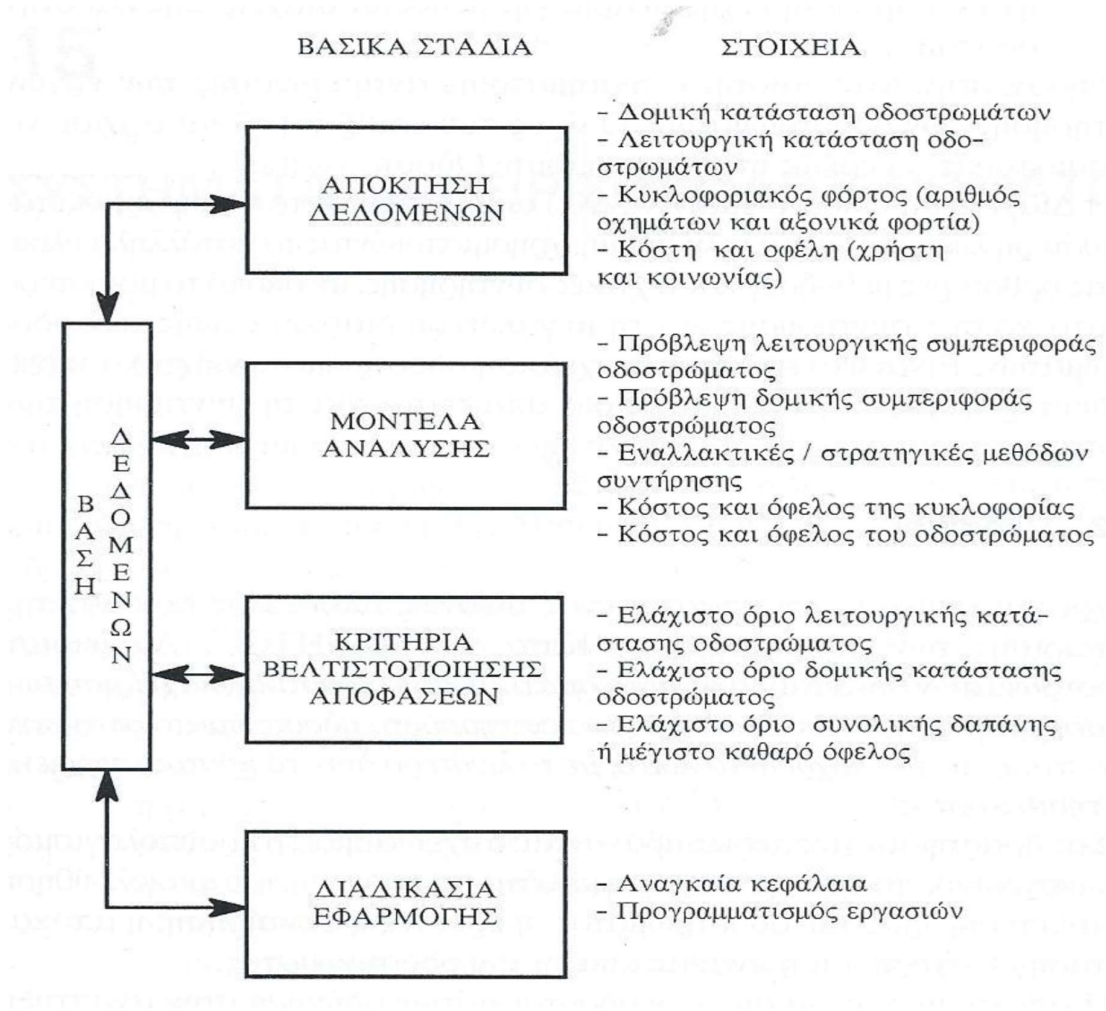
**Εικόνα 4 Αποσάθρωση οδοστρώματος**

## **7.2 Εργασίες Συντήρησης**

Για αντιμετώπιση των πιο πάνω κακώσεων στα οδοστρώματα οι εργασίες συντήρησης μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες:

1. Συνήθη συντήρηση: η οποία γίνεται επί συστηματικής βάσης με τοπικές εξυγιάνσεις καθώς και με την σφράγιση ρωγμών
2. Περιοδική συντήρηση: πραγματοποιείται με διάστρωση θερμού ασφαλτομίγματος έπειτα από αφαίρεση μέρους του παλαιού τάπητα με φρεζάρισμα.

### 7.3 Routine Maintenance Management System (RMMS)



**Διάγραμμα 4 Διαδικασία προγράμματος Routine Maintenance Management System**

Για την αναγνώριση των φθωρών συντήρησης και την ιεράρχηση των προτεραιοτήτων συντήρησης το Τμήμα Δημοσίων Έργων χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο σύστημα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων. Στις δραστηριότητες του περιλαμβάνονται ο σχεδιασμός, ο προϋπολογισμός και ο οικονομικός προγραμματισμός για ένα οδόστρωμα όπως επίσης η κατασκευή, η παρακολούθηση και η αποκατάσταση του.

Το σύστημα διαχείρισης περιλαμβάνει ένα κεντρικό χώρο δεδομένων και τέσσερα βασικά στάδια δομημένα με τέτοιο τρόπο που να βοηθούν αποτελεσματικά στη λήψη έγκαιρων και ορθών αποφάσεων. Ο αντικειμενικός σκοπός της διαχείρισης

οδοστρωμάτων είναι οικονομικά, τεχνικά αλλά και οργανωτικά οφέλη. Η όλη διαδικασία χωρίζεται σε δύο στάδια. Αρχικά τη συλλογή των πληροφοριών αναφορικά με την κατάσταση των οδοστρωμάτων ανα τακτά χρονικά διαστήματα ανά επαρχία και έπειτα την αξιολόγηση τους μέσω ειδικού ηλεκτρονικού προγράμματος από τη μονάδα συντήρησης των κεντρικών γραφείων του Τμήματος στη Λευκωσία.

Κατά την αξιολόγηση αποφασίζονται μεταξύ άλλων οι προτεραιότητες των οδοστρωμάτων ανά περιοχή, ο τύπος και το πάχος επίστρωσης όπως επίσης και οι περιοχές που χρήζουν περισσότερης διερεύνησης.

#### **7.4 Αξιολόγηση των εργασιών συντήρησης.**

Το συνολικό κόστος των εργασιών συντήρησης αποτελείται από δύο βασικά στοιχεία:

1. Το άμεσο κόστος των εργασιών συντήρησης, για παράδειγμα, η ανάπλαση ή η ανακατασκευή.
2. Το κόστος που επιβάλλεται στους χρήστες του δρόμου κατά την εκτέλεση των οδικών έργων, αποτελούμενο από καθυστερήσεις των χρηστών του δρόμου (που προκύπτουν από τη συνεκτίμηση του χρόνου που δαπανάται στα ταξίδια), του κόστους λειτουργίας του οχήματος και του κόστους ατυχήματος.

Κατά την αξιολόγηση των εργασιών συντήρησης, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το σύνολο των εργασιών και το κόστος χρήσης του οδικού δικτύου. Οι δαπάνες για τη συντήρηση του δρόμου αυξάνονται και αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους μεγάλους δρόμους, λόγω του αυξανόμενου αριθμού βαρύτερων φορτηγών και φορτηγών και της αναπόφευκτης γήρανσης του οδικού δικτύου. Ταυτόχρονα, είναι προφανές ότι ένα μεγάλο μέρος του κόστους των εργασιών συντήρησης βαρύνει τους χρήστες του οδικού δικτύου με τη μορφή καθυστερήσεων στην κυκλοφορία. Είναι επομένως σημαντικό να παρέχονται μέτρα για τη μείωση αυτού του κόστους, για παράδειγμα, με μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας και με τη σταδιακή εργασία εκτός των ωρών αιχμής. Είναι επίσης όλο και πιο σημαντικό, λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων πόρων του δημόσιου τομέα, να επιτευχθεί η μέγιστη αξία από τυχόν δαπάνες για εργασίες συντήρησης. (chapter 10, Geometric Design Standards for Inter-Urban and Rural Roads in Cyprus)

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Με τις γνώσεις που αποκτήθηκαν μέχρι σήμερα στην Κύπρο σε ότι αφορά τις παραμέτρους που πρέπει να είναι γνωστές ή να μελετώνται πριν την τελική διαστασιολόγηση του οδοστρώματος μπορούμε να αντιληφθούμε ότι παρόλο που η βασική γεωμετρία του οδοστρώματος φαίνεται να είναι απλή με την χρήση Νομογραφημάτων, τα υπόλοιπα παραμένουν περίπλοκα.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν το σχεδιασμό του οδοστρώματος (φέρουσα ικανότητα εδάφους, κυκλοφοριακός φόρτος, κλιματολογικές συνθήκες και διαθέσιμα υλικά), εφαρμόζονται σε διάφορες μεθοδολογίες σχεδιασμού, με τις ανάλογες τροποποιήσεις είτε άμεσα λόγω των παραμέτρων που απαιτούνται να χρησιμοποιηθούν είτε έμμεσα μέσω των νομογραφημάτων που εφαρμόζονται.

Ο κυκλοφοριακός φόρτος λόγω της πολυπλοκότητας που παρουσιάζει εξαιτίας της ποικιλίας των οχημάτων, των φορτίων, του χρόνου εφαρμογής (διαφορετικός από μέρα σε μέρα, από εποχή σε εποχή και στη σχεδιαστική διάρκεια ζωής του οδοστρώματος) και της διάρκειας εφαρμογής στο οδόστρωμα, έχει απλοποιηθεί με τη μετατροπή του σε ισοδύναμους τυπικούς άξονες. Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται σχεδόν από όλες τις μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν μέχρι σήμερα.

Η ανταπόκριση των υλικών που χρησιμοποιούνται στη δομή του οδοστρώματος, απέναντι στα φορτία από την κυκλοφορία των οχημάτων, γίνεται με πολύπλοκους τρόπους και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος της τάσης που αναπτύσσεται στο υλικό, από τη θερμοκρασία, από την υγρασία, από το χρόνο κλπ. Αυτό κάνει ιδιαίτερα δύσκολη την απόφαση στη Μέθοδο Τμήματος Δημοσίων Έργων για το είδος των υλικών ή των μειγμάτων που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε στρώση και τις προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται.

Η φέρουσα ικανότητα του εδάφους στο οποίο πρόκειται να εδραστεί το οδόστρωμα είναι επίσης μια πολύ σημαντική παράμετρος η οποία χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ούτως ώστε να μη υπάρχει μεταβολή της κατά τη διάρκεια της σχεδιαστικής ζωής του οδοστρώματος.

Νοούμενου ότι ο υπολογισμός του πάχους του οδοστρώματος μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας πάρα πολλούς συνδυασμούς υλικών σε κάθε στρώση, ο τελικός σχεδιασμός πρέπει να γίνεται με γνώμονα την επιλογή μιας οικονομικής και ταυτόχρονα

αποδοτικής λύσης για το σκοπό για τον οποίο προορίζεται. Η μέθοδος του Τμήματος Δημοσίων Έργων τείνει να δίνει τα μεγαλύτερα συνολικά πάχη και μπορεί να χαρακτηριστεί ως πιο συντηρητική από άλλες μεθόδους. Χρειάζεται να πραγματοποιείται μια ανάλυση κόστους των πιθανών σεναρίων για τη τελική δομή του οδοστρώματος με στόχο την επιλογή της ιδανικής λύσης σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη και την συντήρηση που ακολουθεί. Με την ανάλυση κόστους και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μπορεί να αποφασισθεί ποια προτεινόμενη λύση οδοστρώματος είναι η ιδανική για την περίπτωση που μελετάται.

Ακόμη ένα σημαντικό θέμα, το οποίο συχνά αγνοείται στο σχεδιασμό ενός οδοστρώματος είναι η οδική ασφάλεια που μπορεί να προσφέρει στους χρήστες ένα οδόστρωμα. Τα μέτρα οδικής ασφάλειας μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικά στη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων, ιδίως όταν στοχεύουν σε σαφώς καθορισμένα προβλήματα ατυχημάτων. Η πιο συμφέρουσα δαπάνη των πόρων οδικής ασφάλειας είναι σε μέτρα αποκατάστασης χαμηλού κόστους μετά από λεπτομερή ανάλυση ατυχημάτων. Όλες οι δαπάνες για την οδική ασφάλεια θα πρέπει να θεωρούνται ως επένδυση και όχι κόστος.

Για την επίτευξη της ακριβέστερης ανάλυσης των μηχανισμών που επηρεάζουν το σχεδιασμό του οδοστρώματος κατά τη διάρκεια της σχεδιαστικής ζωής του, και την δημιουργία μιας θεμελιώδους μεθοδολογίας σχεδιασμού, χρειάζεται να γίνουν περισσότερες προσπάθειες μελέτης και έρευνας πάνω στο θέμα αυτό, ειδικότερα με την χρήση των κυπριακών δεδομένων. Τέτοια θέματα που πιθανόν να χρειάζεται μελλοντικά να ενσωματωθούν στις μεθοδολογίες σχεδιασμού είναι:

1. Αλλαγές στον τρόπο κατασκευής και στα υλικά που χρησιμοποιούνται και μπορεί να προκαλούν οποιαδήποτε προβλήματα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του οδοστρώματος όπως είναι για παράδειγμα η γήρανση της ασφάλτου.
2. Πιο λεπτομερή δεδομένα κυκλοφοριακού φόρτου τα οποία θα λαμβάνουν υπόψη διαφορετικούς άξονες, φορτία κλπ. σύμφωνα με τη χρήση που προορίζεται να έχει το κάθε οδόστρωμα.
3. Αλλοιώσεις στη δομή του οδοστρώματος πέραν των γνωστών φθορών που λαμβάνονται υπόψη στο παρόν στάδιο όπως ρωγμές που ξεκινούν από την επιφάνεια του οδοστρώματος ή φθορές λόγω ελαστικών.

Συμπερασματικά, διαφάνεται η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση στο άμεσο μέλλον της Κυπριακής μεθοδολογίας σχεδιασμού οδοστρωμάτων ώστε να αναβαθμιστούν αλλά και να εκσυγχρονίζονται ανα τακτά χρονικά διαστήματα τα εγχειρίδια του Τμήματος Δημοσίων Έργων για διαστασιολόγηση αλλά και κατασκευή και μετέπειτα συντήρηση των οδοστρωμάτων στην Κύπρο.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

AASHTO 1993, "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures", American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C

Asphalt Institute, Asphalt overlays for highway and street rehabilitation, Manual Series No. 17 (MS-17), 1983

Asphalt Institute. (1991). Thickness Design - Asphalt Pavements for Highways and Streets.

Geometric Design Standards for Inter-Urban and Rural Roads in Cyprus, September 1997

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

Yang H. Huang, 2004. Pavement analysis and design, second edition

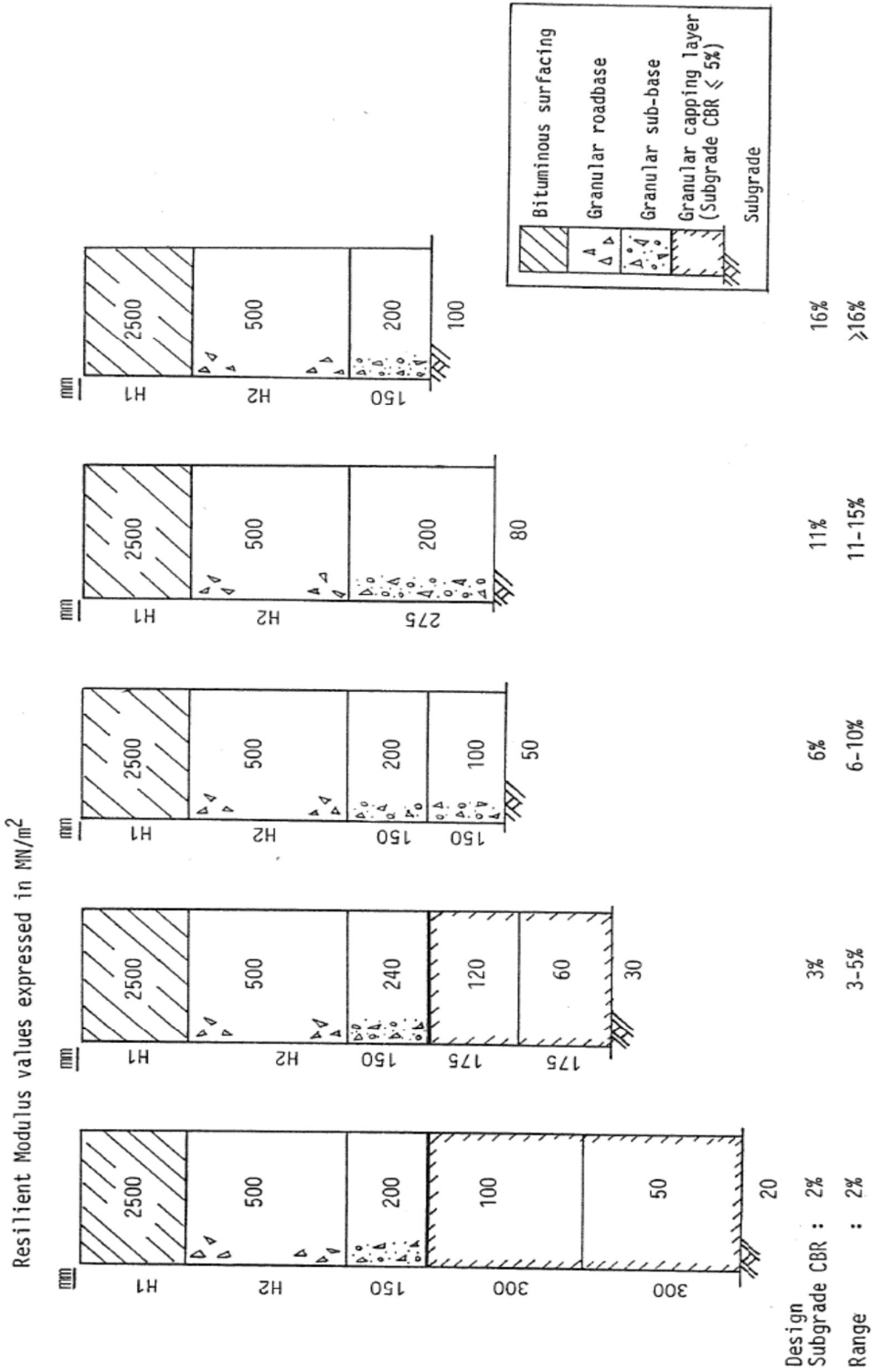
Αθ. Φ. Νικολαΐδης, 1996. Οδοποιία οδοστρώματα –υλικά , έλεγχος Ποιότητας

Ιωάννης Δ. Κόφιτσας, 1997 Στοιχεία οδοστρωμάτων

Νικολαΐδης Α. Φ. (2002). "Οδοποιία: Οδοστρώματα –Υλικά –Έλεγχος Ποιότητας", Τριανταφύλλου Μ. & Σία, Θεσσαλονίκη

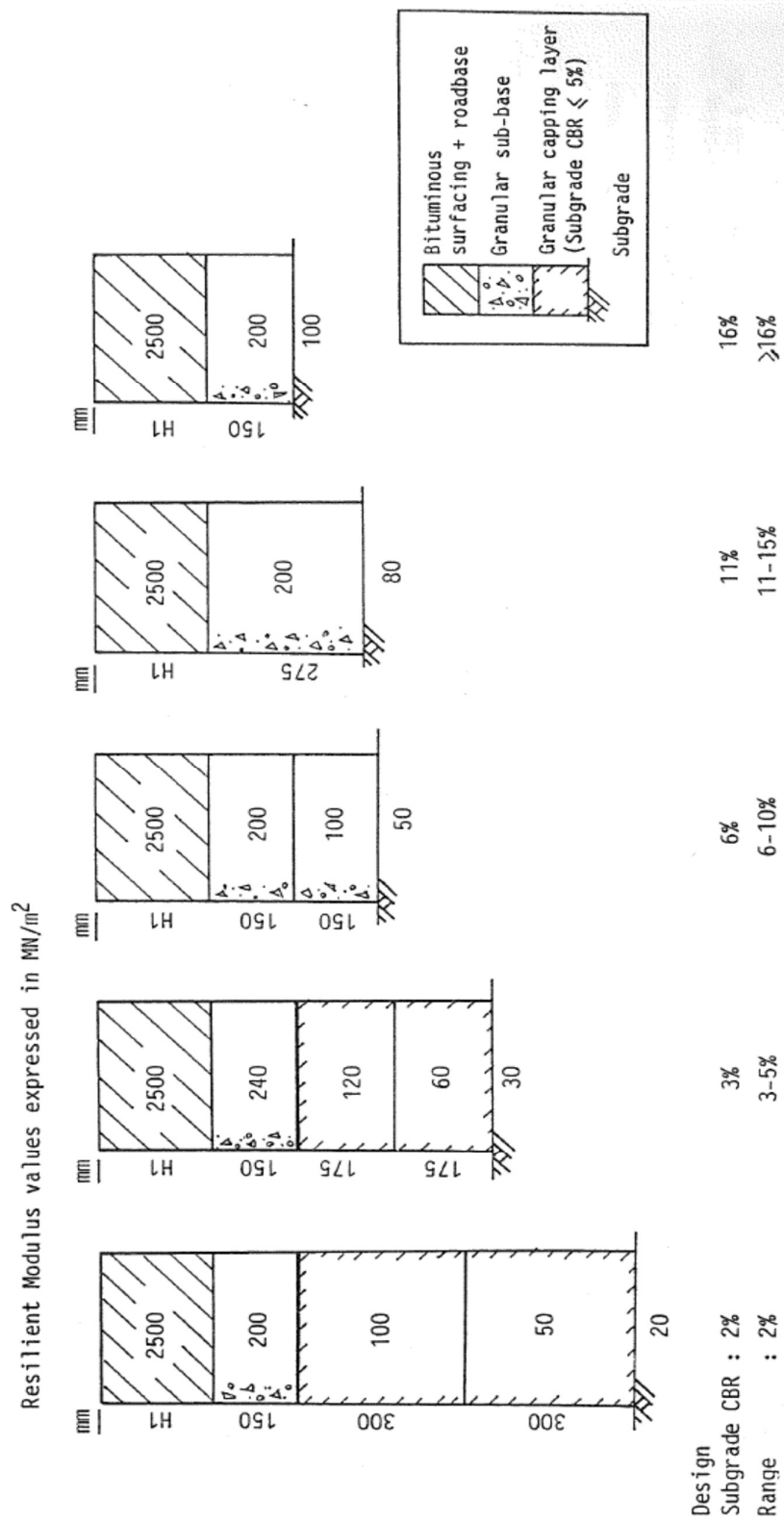
ΤΟΜΟΣ Γ «Προτυπες Τεχνικες Προδιαγραφες Και Μεθοδος Επιμετρησης» (Για Οδικά Και Τεχνικά Έργα), ΕΚΔΟΣΗ ΜΑΪΟΣ 2020

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



Διάγραμμα 5 Νομογράφημα 1: Οδόστρωμα τύπου NP1 (Τμήμα Δημοσίων Έργων Κύπρου)





Διάγραμμα 6 Νομογράφημα 2: Οδόστρωμα τύπου NP2 (Τμήμα Δημοσίων Έργων Κύπρου)

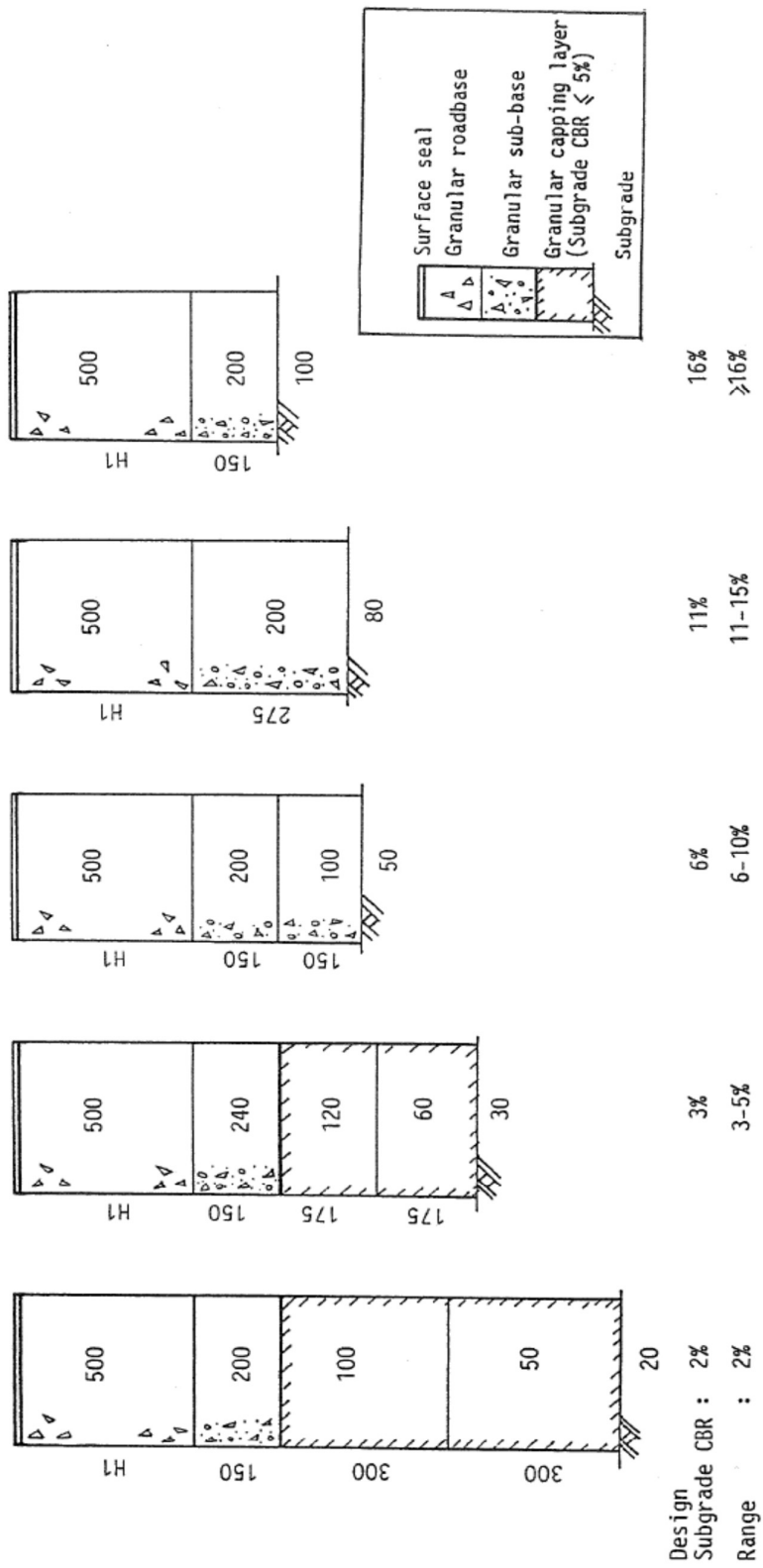


Figure 3 Pavement models for new construction – Pavement Type NP3

Διάγραμμα 7 Νομογράφημα 3: Οδόστρωμα τύπου NP3 (Τμήμα Δημοσίων Έργων Κύπρου)