



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ V85  
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΩΝ ΟΔΩΝ ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**

**ΞΕΝΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**A.M\_06102014**

Επιβλέπων Καθηγητής:  
**Ψαριανός Βασίλειος**

**ΑΘΗΝΑ**  
**ΙΟΥΛΙΟΣ 2008**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ :**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Ψαριανό Βασίλειο για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας αλλά και για τη συνεχή υποστήριξη και βοήθεια που μου παρείχε καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους Καθηγητές Βυθούλκα Πέτρο και Καρώνη Χριστίνα για τις επιστημονικές συμβουλές και υποδείξεις τους. Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω τους φίλους και συναδέλφους για τη φιλοξενία και τη βοήθεια που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής της παρούσης έρευνας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευρετήριο Σχημάτων .....	5
Ευρετήριο Πινάκων.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
1.1 Γενικά.....	8
1.2 Αντικείμενο της μελέτης και προσδιορισμός του προβλήματος.....	9
1.3 Στόχος της έρευνας.....	10
1.4 Προσέγγιση της έρευνας.....	11
1.5 Δομή της εργασίας.....	13
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ .....	14
2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Γεωμετρικά Σχεδιαστικά Πρότυπα.....	15
2.2.1 Επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος .....	15
2.2.2 Επίδραση της ακτίνας της καμπύλης.....	20
2.2.3 Επίδραση της κατά μήκος κλίσης.....	24
2.2.4 Επίδραση του μήκους ορατότητας .....	25
2.2.5 Επίδραση του φόρτου κυκλοφορίας .....	27
2.2.6 Συμπεράσματα .....	32
2.3 Ορισμοί της συνέχειας στο σχεδιασμό .....	33
2.4 Η προσέγγιση της συνέχειας στο σχεδιασμό .....	37
2.4.1 Η χρήση των μεγεθών εκτίμησης συνέχειας σε διάφορες χώρες ..	39
2.4.2 Η εφαρμογή της ταχύτητας μελέτης στο σχεδιασμό .....	44
2.4.3 Λειτουργική ταχύτητα και μοντέλα ταχυτήτων .....	47
2.4.3.1 Σύνοψη των μοντέλων πρόβλεψης ταχύτητας στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας .....	53
2.4.3.2 Κανόνες που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα.....	56
2.4.4 Δυναμική κίνησης οχημάτων .....	63
2.4.5 Μέθοδοι συνέχειας που βασίζονται στους δείκτες χάραξης .....	66
2.4.6 Οδηγητική ένταση (Driver Workload) .....	68
2.4.6.1 Ορισμοί .....	68
2.4.6.2 Η οδηγητική ένταση ως μέτρο συνέχειας στο σχεδιασμό.....	69
2.4.7 Σύνοψη της βιβλιογραφικής επισκόπησης σχετικά με τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια του σχεδιασμού.....	72
2.5 Η σχέση μεταξύ των μέτρων καθορισμού της συνέχειας στο σχεδιασμό και της ασφάλειας.....	73
2.6 Η σχέση μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της ασφάλειας .....	78

2.6.1 Μήκος ορατότητας.....	79
2.6.2 Οριζοντιογραφικές καμπύλες.....	79
2.6.3 Κατά μήκος χάραξη.....	81
2.6.4 Συνδυασμός της οριζόντιας και της κατά μήκος χάραξης.....	82
<b>3. ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....</b>	<b>83</b>
3.1 Εισαγωγή.....	83
3.2 Επιλογή οδικών τμημάτων και περιοχή μελέτης.....	83
3.3 Συλλογή στοιχείων στο πεδίο των μετρήσεων.....	84
3.4 Δεδομένα ταχυτήτων .....	85
3.4.1 Απαιτούμενο δείγμα .....	87
3.4.2 Ανάλυση των μετρήσεων πεδίου ταχύτητας .....	88
3.4.3 Τεστ Kolmogorov-Smirnov .....	89
3.4.4 Υπολογισμός της V85.....	92
3.5 Πρακτική εκτίμηση των στοιχείων της Οριζοντιογραφίας.....	92
<b>4. ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.....</b>	<b>94</b>
4.1 Εισαγωγή.....	94
4.2 Αναλύσεις Παλινδρόμησης: Υπόβαθρο.....	96
4.3 Προκαταρκτική ανάλυση.....	97
4.3.1 Έλεγχος συγγραμμικότητας μεταξύ των μεταβλητών .....	97
4.3.2 Έλεγχος ταχύτητας ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας.....	101
4.4. Ανάπτυξη μοντέλων λειτουργικής ταχύτητας.....	102
4.4.1 επιλογή μεθόδου ανάλυσης παλινδρόμησης.....	105
4.4.2 μεθοδολογία των αναλύσεων παλινδρόμησης.....	118
4.4.3 Μοντέλα ανάλυσης παλινδρόμησης .....	118
4.4.3.1 Αξιολόγηση ευθυγραμμίων.....	119
4.4.3.2 Διαδικασία αξιολόγησης.....	120
4.4.3.3 Πρώτη Προσέγγιση.....	122
4.4.3.4 Δεύτερη Προσέγγιση.....	132
4.4.4 Συζήτηση των μοντέλων που αναπτύχθηκαν .....	135
4.4.5 Σύγκριση με υπάρχοντα μοντέλα.....	136
4.5 Σύγκριση τιμών επιτρεπόμενου συντελεστή εφαπτομενικής τριβής..	140
<b>5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>142</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>146</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>161</b>

## Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1. Διάγραμμα διασποράς.....	105
Σχήμα 2. Γραφική παράσταση των εξισώσεων (1α), (2α), (3α) .....	124
Σχήμα 3. Γραφική παράσταση των εξισώσεων (3α), (4α) .....	130
Σχήμα 4. Γραφική παράσταση των εξισώσεων (3β), (4β) .....	131
Σχήμα 5. Γραφική παράσταση των εξισώσεων (1α), (2α), (3α) .....	133
Σχήμα 6. Σύγκριση μοντέλων που αναπτύχθηκαν με το υφιστάμενο μοντέλο των Ο.Μ.Ο.Ε.....	139

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.Ορισμοί της συνέχειας στο σχεδιασμό .....	36
Πίνακας 2.Μεταβλητές που επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα που αναπτύσσονται στο μέσο των καμπυλών στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας.....	54
Πίνακας 3.Μεταβλητές που επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα που αναπτύσσεται στις ευθυγραμμίες στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας .....	55
Πίνακας 4.Κριτήρια Ασφαλείας που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα ...	63
Πίνακας 5.Κριτήριο συνέχειας της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων ...	64
Πίνακας 6.Δείκτες χάραξης .....	67
Πίνακας 7. Χαρακτηριστικά του τεστ Kolmogorov-Smirnov.....	90
Πίνακας 8α. Παλινδρόμηση κατά βήματα .....	99
Πίνακας 9.Συσχετισμοί μεταξύ των μεταβλητών .....	100
Πίνακας 10. $R^2$ γραμμικής, πολυωνυμικής, αντίστροφης και λογαριθμικής συνάρτησης (1 <sup>η</sup> περίπτωση) .....	107
Πίνακας 11. Πίνακας ανάλυσης διασποράς γραμμικής, αντίστροφης, λογαριθμικής και πολυωνυμικής συνάρτησης (1 <sup>η</sup> περίπτωση).....	110
Πίνακας 12. Συντελεστές λογαριθμικής, πολυωνυμικής, αντίστροφης και γραμμικής συνάρτησης (1 <sup>η</sup> περίπτωση) .....	112
Πίνακας 13. $R^2$ γραμμικής, πολυωνυμικής, αντίστροφης και λογαριθμικής συνάρτησης (2 <sup>η</sup> περίπτωση) .....	114
Πίνακας 14. Πίνακας ανάλυσης διασποράς γραμμικής, αντίστροφης, λογαριθμικής και πολυωνυμικής συνάρτησης (2 <sup>η</sup> περίπτωση).....	115
Πίνακας 15. Συντελεστές γραμμικής, λογαριθμικής, πολυωνυμικής και αντίστροφης συνάρτησης (2 <sup>η</sup> περίπτωση) .....	116
Πίνακας 16. t-test ταχυτήτων για τα διαφορετικά πλάτη λωρίδων.....	126
Πίνακας 17.Ανάλυση Διασποράς Μοντέλου (1α) .....	128
Πίνακας 18.Ανάλυση Διασποράς Μοντέλου (2α) .....	128
Πίνακας 19.Ανάλυση Διασποράς Μοντέλου (3α) .....	128
Πίνακας 20.Σύνοψη των μοντέλων που αναπτύχθηκαν .....	135
Πίνακας 21. Αποτελέσματα t-test για τις τιμές του συντελεστή εφραπτομενικής τριβής .....	141
Πίνακας 22.Δεδομένα ταχυτήτων στις 31 καμπύλες και 6 ευθυγραμμίες για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας .....	146
Πίνακας 23.One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test.....	154
Πίνακας 24.Λειτουργικές ταχύτητες (V85) επιβατηγών οχημάτων και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εξωτερική λωρίδα) .....	159
Πίνακας 25.Λειτουργικές ταχύτητες (V85) επιβατηγών οχημάτων και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εσωτερική λωρίδα) .....	160

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η επικαιροποίηση των μοντέλων εκτίμησης της λειτουργικής ταχύτητας V85 στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

Ο εντοπισμός των μεταβολών των λειτουργικών ταχυτήτων σε σχέση τις υπάρχουσες τιμές, που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό μιας οδού επιτυγχάνεται με τη μελέτη του προβλήματος όπως εντοπίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε και η στατιστική επεξεργασία του πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ανάλυσης παλινδρόμησης.

Ακόμα, από τη σύγκριση του μοντέλου που παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη έρευνα με το υφιστάμενο μοντέλο των Ο.Μ.Ο.Ε που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα και υιοθετείται από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε αλλά και από άλλα μοντέλα που εντοπίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία, ενδεχομένως να αντληθούν χρήσιμα συμπεράσματα που θα χρησιμοποιηθούν κατά το σχεδιασμό και επανασχεδιασμό υπεραστικών οδών δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Γενικά

Σύμφωνα με την έρευνα των Choueiri Elias M. and Lamm Ruediger (1987), στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας συμβαίνουν παγκοσμίως τα περισσότερα ατυχήματα τα οποία ως επί το πλείστον αποδίδονται σε λανθασμένες εκτιμήσεις των ταχυτήτων. Πιο συγκεκριμένα, στις κατηγορίες οδού ΑΙ έως ΑΙV ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας λαμβάνει χώρα το 60% περίπου των σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ με αποτέλεσμα αυτές οι οδοί να είναι οι πλέον επικίνδυνες στο σύνολο του οδικού δικτύου (Ψαριανός Β., 2001). Παρότι ο ανθρώπινος παράγοντας μπορεί να θεωρηθεί ως η μεγαλύτερη αιτία σε όλα τα ατυχήματα, από σχεδιαστική και κατασκευαστική άποψη είναι αδύνατο να ελεγχθούν η αντίληψη και η φυσική κατάσταση των οδηγών. Πέρα από την κατάχρηση αλκοόλ και την κακή οδηγική κρίση, ένα σημαντικό ποσοστό (τουλάχιστον 15 με 30%) λανθασμένης εκτίμησης της ταχύτητας συνδέεται με το σχεδιασμό των οδών, κυρίως με την έννοια της υπέρβασης της κρίσιμης ταχύτητας μιας καμπύλης με αποτέλεσμα το χάσιμο του ελέγχου ενός οχήματος. Οι νέοι οδηγοί μέχρι 24 ετών αποτελούν και την πιο επιρρεπή σε πρόκληση ατυχήματος ομάδα χρηστών του δρόμου λόγω κυρίως της έλλειψης οδηγικής εμπειρίας. Στις Η.Π.Α για παράδειγμα, το 35 % περίπου των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων αντιστοιχεί στο γκρουπ αυτό των οδηγών.

Πέρα από το σχεδιασμό νέων οδών ή μεγάλων ανακατασκευών, ένα σημαντικό ποσοστό των οδών αυτής της κατηγορίας χρήζει αποκατάστασης και επισκευής προκειμένου να διατηρηθεί ή να βελτιωθεί η ασφάλεια της οδικής κυκλοφορίας. Παρόλα αυτά, αυτή είναι μια δύσκολη διαδικασία καθώς οι παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια και τα πορίσματα γύρω από αυτά χρήζουν συνεχούς ανανέωσης και τα προβλήματα της κυκλοφορίας αναμένονται ολοένα να αυξάνονται.



Τα προβλήματα που συνδέονται με την κυκλοφορία στους δρόμους αυτής της κατηγορίας είναι πολλά. Περιλαμβάνουν για παράδειγμα την έλλειψη αρμονίας μεταξύ της λειτουργικής και της ταχύτητας μελέτης, την ανεπάρκεια στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων και την ασυνέχεια στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας. Στην παρούσα έρευνα θα εξεταστεί κυρίως το πρόβλημα της ασυνέχειας στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας στα πλαίσια που σχετίζεται με τη συνέχεια στις λειτουργικές ταχύτητες που με τη σειρά του θα βελτιώσει την οδική ασφάλεια στις υπεραστικές οδούς ενιαίας επιφάνειας, δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

## 1.2 Αντικείμενο της μελέτης και προσδιορισμός του προβλήματος

Πολλοί ειδικοί θεωρούν ότι απότομες αλλαγές στις λειτουργικές ταχύτητες μπορούν να οδηγήσουν σε ατυχήματα στις οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας και ότι αυτές οι ασυνέχειες στις ταχύτητες αποδίδονται βασικά στις απότομες αλλαγές των στοιχείων της οριζοντιογραφίας.

Σε μια έρευνα που διεξήχθη υπό τη χορηγία της International Road Federation, (όπως αναφέρουν οι Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger, 1987) σχετικά με τις ισχύουσες πρακτικές που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη για το γεωμετρικό σχεδιασμό, τα κάτωθι θεμελιώδη ευρήματα και συστάσεις που σχετίζονται με το παρών θέμα συντάχθηκαν :

- Στις περισσότερες περιπτώσεις η επιρροή που έχουν τα μεμονωμένα στοιχεία σχεδιασμού στις λειτουργικές ταχύτητες αποτελεί το μηχανισμό προσδιορισμού της σχεδιαστικής συνέχειας.
- Η χρήση της ταχύτητας μελέτης ως έννοια που εφαρμόζεται σε μεμονωμένα στοιχεία υφίσταται ελάττωση σε σύγκριση με τις παραμέτρους της λειτουργικής ταχύτητας

- Είναι αναγκαία η ανάπτυξη σχεδιαστικών οδηγιών που θα επιτρέπουν στο σχεδιαστή να αναλύει την επίδραση των προτεινόμενων βελτιώσεων που θα ασκούν στη λειτουργική ταχύτητα του δρόμου

Στα πλαίσια των πρακτικών που εφαρμόζονται σήμερα, η διαπλάτυση ενός δρόμου για παράδειγμα δεν επιφέρει πάντα βελτίωση της ασφάλειας καθώς ένα τέτοιο οδόστρωμα δίνει στον οδηγό την εντύπωση ενός καινούριου και ασφαλούς οδικού τμήματος, δημιουργώντας του την αίσθηση ότι μπορεί να κινείται σε υψηλότερες ταχύτητες και ως εκ τούτου μπορεί να προκαλέσει ατυχήματα ειδικότερα σε τμήματα όπου κατά τη μετάβαση από το ένα στοιχείο της οριζοντιογραφίας σε ένα άλλο υπάρχουν ασυνέχειες.

Ως εκ τούτου, για τον μηχανικό που θα πρέπει να λάβει αποφάσεις σχετικά με το σχεδιασμό ενός δρόμου, η αναγνώριση των χαρακτηριστικών ενός δρόμου είναι σημαντική καθώς οι λειτουργικές ταχύτητες, και η δυναμική κίνησης των οχημάτων θα πρέπει να βρίσκονται σε μια κατάσταση ισορροπίας. Αν δεν υπάρχει κυκλοφοριακή συμφόρηση, τα χαρακτηριστικά του δρόμου επηρεάζουν κυρίως τη λειτουργική ταχύτητα. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι κυρίως η σύνθεση μεμονωμένων σχεδιαστικών παραμέτρων αλλά η αλληλουχία όλων των οριζοντιογραφικών χαρακτηριστικών σε ένα δεδομένο τμήμα δρόμου θα επηρεάσει την ταχύτητα και πιθανώς την ασφάλεια κατά την κυκλοφορία των οχημάτων.

Συνεπώς, τίθεται θέμα σχετικά με την επικαιροποίηση των πηγών των οδηγιών αξιολόγησης της αρμονικής συνέχειας στο σχεδιασμό που ο μηχανικός καλείται να ακολουθήσει κατά τη διαδικασία κατασκευής νέων και ανακατασκευής υφιστάμενων οδών.

### 1.3 Στόχος της έρευνας

Έννοιες και ορισμοί της ταχύτητας μελέτης έχουν διατυπωθεί ήδη από το 1930 τόσο στις Η.Π.Α αλλά και στις περισσότερες χώρες της δυτικής Ευρώπης στόχος των οποίων ήταν κυρίως η αξιολόγηση

δυναμικών στοιχείων της οδήγησης, όπως ο καθορισμός της ελάχιστης ακτίνας στις καμπύλες, τα ποσοστά επίκλισης, τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας κ.ά., για μια δεδομένη ταχύτητα μελέτης. Παρόλα αυτά, υπάρχει ανάγκη για συνεχή ανανέωση της γνώσης σχετικά με την οδηγική συμπεριφορά και τους λόγους που ένας δρόμος καθίσταται ανεπαρκής λόγω των επικίνδυνων τμημάτων του. Στα πλαίσια αυτά, πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι είναι τουλάχιστον τρία τα κριτήρια αξιολόγησης ενός δρόμου τα οποία σχετίζονται με την επίτευξη της συνέχειας στο σχεδιασμό του.

Οι ασυνέχειες σε οδικά χαρακτηριστικά και στις λειτουργικές ταχύτητες εντοπίζονται κυρίως στα τμήματα μετάβασης μεταξύ των ευθυγραμμίων και των καμπυλών αλλά και μεταξύ διαδοχικών καμπυλών με σημαντικά διαφορετικές ακτίνες. Συνεπώς, στόχο της έρευνας αυτής αποτελεί ο εντοπισμός των μεταβολών των λειτουργικών ταχυτήτων σε σχέση τις υπάρχουσες τιμές, που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό μιας οδού, ούτως ώστε να αποτραπούν αιφνίδιες και απότομες εναλλαγές μεταξύ των διαδοχικών γεωμετρικών στοιχείων ενός δρόμου. Ο παραπάνω στόχος της έρευνας θα επιτευχθεί με την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων τα οποία θα λάβουν υπόψη νέες μετρήσεις ταχυτήτων, που διεξήχθησαν στα πλαίσια της παρούσης έρευνας.

## 1.4 Προσέγγιση της έρευνας

Η γενικότερη προσέγγιση στην έρευνα αυτή ήταν η διερεύνηση των οριζοντιογραφικών στοιχείων που επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας και η ανάπτυξη μοντέλων εκτίμησης λειτουργικής ταχύτητας σε συνάρτηση με τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας που ασκούν τη μεγαλύτερη επίδραση σε αυτή. Προκειμένου να εντοπιστούν οι μεταβολές της λειτουργικής ταχύτητας και να επιτευχθεί ο στόχος της έρευνας, θα πρέπει να επιληφθούν οι ακόλουθες ενέργειες κατά την έρευνα:

- Σύνοψη των συμπερασμάτων από προηγούμενες έρευνες αναφορικά με τα στοιχεία που επηρεάζουν την οριζοντιογραφική συνέχεια αλλά και τη λειτουργική ταχύτητα- Ανασκόπηση των ερευνών που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και αυτών που συμβάλλουν στην πρόκληση ατυχημάτων

- Ανασκόπηση των συσχετίσεων των ταχυτήτων με γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες- Ταξινόμηση σε λίστα των στοιχείων που μελετήθηκαν και προσδιορισμός των κυριότερων από αυτά που μπορούν να συμβάλλουν στην ασυνέχεια μεταξύ των στοιχείων της οριζοντιογραφίας

- Επιλογή των επεξηγηματικών μεταβλητών που θα εξετασθούν για την εισαγωγή τους στα μοντέλα που θα αναπτυχθούν στην παρούσα έρευνα, με βάση τη μελέτη των μοντέλων που εντοπίστηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία

- Διεξαγωγή μετρήσεων σε δρόμους που ανταποκρίνονται στα στοιχεία της έρευνας- Συλλογή δεδομένων που προκύπτουν από τις σχεδιαστικές παραμέτρους και τις κατανομές των ταχυτήτων, για διάφορες τιμές ακτίνας στις καμπύλες και διαφορετικά πλάτη κυκλοφορίας.

- Αποκλεισμός των μετρούμενων σημείων που τα αποτελέσματά τους δεν συνάδουν με τη γενικότερη τάση του δείγματος, μέσω ανάλυσης παλινδρόμησης και διαγραμμάτων διασποράς

- Προσδιορισμός της λειτουργικής ταχύτητας  $V_{85}$  για το καθένα από τα εναπομείναντα σημεία

- Ποσοτικοποίηση μέσω ανάλυσης παλινδρόμησης της επιρροής επιπρόσθετων σχεδιαστικών παραμέτρων στις λειτουργικές ταχύτητες

- Δημιουργία μοντέλων και επιλογή του πλέον αξιόπιστου που συνδέει τη λειτουργική ταχύτητα με τα υπό εξέταση γεωμετρικά στοιχεία- Καθορισμός της συσχέτισης μεταξύ της λειτουργικής

ταχύτητας και της ελικτότητας της μεμονωμένης καμπύλης, καθώς και η δημιουργία αντίστοιχων νομογραφημάτων για διαφορετικά πλάτη λωρίδας

## 1.5 Δομή της εργασίας

Το υπόλοιπο της διπλωματικής εργασίας αποτελείται από 4 κεφάλαια και το Παράρτημα. Στο Κεφάλαιο 2 περιλαμβάνονται τα ευρήματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης. Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία διεξαγωγής των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας για το σκοπό της παρούσης έρευνας. Στο Κεφάλαιο 4 περιλαμβάνεται η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων παλινδρόμησης για την κατασκευή εξισώσεων πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Στο Κεφάλαιο 5 αναφέρονται τα συμπεράσματα της έρευνας σε συνδυασμό με τα ευρήματα των ήδη υπάρχουσών ερευνών. Στο Παράρτημα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του 3<sup>ου</sup> Κεφαλαίου καθώς και πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και επεξεργασία αυτών.

## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1 Εισαγωγή

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που ασκούν μεγάλη επιρροή στην οδική συμπεριφορά και στην κυκλοφοριακή ασφάλεια. Αυτοί περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων 1) τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής όπως η οριζοντιογραφική και η κατά μήκος χάραξη, η διατομή αλλά και τα σημεία πρόσβασης στο δρόμο 2) οι κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, η σύνθεση της κυκλοφορίας, οι εποχιακές και οι ημερήσιες διακυμάνσεις της κυκλοφορίας 3) οι νόμοι που διέπουν την οδική κυκλοφορία, ο τύπος των συσκευών ελέγχου κυκλοφορίας και το κατά πόσο είναι αυστηρή η επιβολή των νόμων 4) οι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως ο καιρός, η κατάσταση του οδοστρώματος κ.ά.

Όλα από τα παραπάνω αποτελούν κατά συνέπεια ένα πολύπλοκο μείγμα ποικίλων παραγόντων που μπορούν να συμβάλλουν στην ύπαρξη τροχαίων ατυχημάτων από τους οποίους ο δρόμος καθαυτός είναι μόνο ένας, αλλά σημαντικός παράγοντας. Προκειμένου να φανεί αξιόπιστα κατά πόσο η ασφάλεια της κυκλοφορίας επηρεάζεται από το δρόμο, θα πρέπει να επιλεγούν τα στοιχεία εκείνα τα οποία καθορίζουν και χαρακτηρίζουν επαρκώς το δρόμο. Αυτά περιλαμβάνουν τις σχεδιαστικές παραμέτρους, τη διατομή του δρόμου και τον κυκλοφοριακό φόρτο καθώς αυτά μπορούν εύκολα να αξιολογηθούν ποσοτικά.

Οι παράμετροι αυτές επηρεάζουν συλλογικά την ασφάλεια και όχι μεμονωμένα. Κατά συνέπεια, για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το πώς επηρεάζει ο σχεδιασμός και η κατάσταση της κυκλοφορίας την ασφάλεια, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι αλληλεξαρτήσεις των παραγόντων αυτών.

Αρκετές ποσοτικές και ποιοτικές αναλύσεις, αξιολογήσεις και συζητήσεις για την κυκλοφοριακή ασφάλεια εμφανίζονται στη

βιβλιογραφία προκειμένου να κατανοηθούν και να εκτιμηθούν τα χαρακτηριστικά των χαρακτηριστικών που συμβάλλουν στην πρόκληση ατυχημάτων. Κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός δρόμου είναι επιβεβλημένη η γνώση αυτών των χαρακτηριστικών προκειμένου να παρθούν συνετές αποφάσεις από την πλευρά των μηχανικών.

Η επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας που παρατίθεται στη συνέχεια περιορίζεται σε άρθρα σχετικά με τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων που φαίνεται να συνεισφέρουν στον τομέα του γεωμετρικού σχεδιασμού υπεραστικών οδών δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Οι αναφορές που περιγράφονται στο κεφάλαιο αυτό βασίζονται κυρίως στις έρευνες που αναφέρονται από τους Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger (1987) η οποία βασίζεται κυρίως στη διεθνή βιβλιογραφική αναφορά των Krebs και Kloeckner (1977) στα οποία εξετάστηκαν οι συσχετισμοί μεταξύ των σχεδιαστικών παραμέτρων, του φόρτου κυκλοφορίας και των δεικτών ατυχημάτων στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας της Ομοσπονδιακής Δημοκρατίας της Γερμανίας.

## 2.2 Γεωμετρικά Σχεδιαστικά Πρότυπα

### <sup>1</sup>2.2.1 Επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος

Οι ερευνητικές μελέτες έχουν δείξει ότι είναι απαραίτητο για την ασφαλή οδήγηση να είναι επαρκές το πλάτος του οδοστρώματος. Τα απαραίτητα πλάτη απορρέουν γενικά από τις διαστάσεις των οχημάτων και τους παράπλευρους χώρους διέλευσης που διατίθενται κυρίως για ελιγμούς ασφαλείας. Αν τα πλάτη δεν είναι κατάλληλα σχεδιασμένα, υπάρχει περίπτωση να προκληθεί πρόβλημα σχετικά με την ασφάλεια της κυκλοφορίας. Ως εκ τούτου, είναι αναμενόμενο να υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ του πλάτους οδοστρώματος και της ασφαλούς κυκλοφορίας.

---

<sup>1</sup> το πλάτος του οδοστρώματος όπως ορίζεται στις περισσότερες δημοσιεύσεις δεν περιλαμβάνει το πλάτος των ερεισμάτων

Ο Baldwin, (όπως αναφέρεται στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 44), διερεύνησε τα ατυχήματα στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας και ανακάλυψε ότι ο δείκτης ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του πλάτους του οδοστρώματος. Βάσει της έρευνάς του, φαίνεται να δημιουργούνται μη ευνοϊκές συνθήκες για την κυκλοφοριακή ασφάλεια για πλάτη μικρότερα από 5.5m, ενώ το όφελος της ασφάλειας δεν είναι πολύ μεγαλύτερο για πλάτη μεγαλύτερα από 7m. Ο Cope (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 44), μελέτησε την επίδραση της διαπλάτυνσης των λωρίδων σε δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας στο Illinois. Διερεύνησε 22 οδικά τμήματα όπου τα οδοστρώματα διαπλάτυνθηκαν από τα 5.5m στα 6.7m. Το αποτέλεσμα της έρευνας αυτής έδειξε ότι ο δείκτης ατυχημάτων ανά  $10^6$  km μειώθηκε από 1,4 σε 0,9. Ανέφερε επίσης ότι η μεγαλύτερη μείωση στο δείκτη αυτό εντοπίστηκε στα τμήματα στα οποία αυτός είχε τις υψηλότερες τιμές πριν τη διαπλάτυνση.

Ο Raff (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 44), δεν εντόπισε κάποια σχέση μεταξύ του πλάτους οδοστρώματος και του δείκτη ατυχημάτων όταν παράμετροι όπως το πλάτος ερείσματος κ.ά. δεν λαμβάνονταν υπόψη. Αντίθετα, οι Charlesworth και Coburn (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 44), θέσπισαν μια συγκεκριμένη τάση των ατυχημάτων (injury accidents) τα οποία μειώνονται με την αύξηση του πλάτους του οδοστρώματος. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα ευρήματα, ο Perkins (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 44) δεν καθόρισε κάποια σχέση μεταξύ του πλάτους του οδοστρώματος και του δείκτη ατυχημάτων, ακόμα και όταν λαμβάνονταν υπόψη διαφορετικά πλάτη ερεισμάτων. Ο Bitzl (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 45) βρήκε μια αρνητική σχέση μεταξύ των ποσοτήτων αυτών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής τα επιβεβαίωσε και σε μετέπειτα έρευνες που διεξήγαγε όπου για παράδειγμα το 1967 (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 45) ανέφερε ότι είναι κατανοητή μια τέτοια σχέση καθώς αν είναι διαθέσιμα μεγαλύτερα πλάτη λωρίδων, οι προσπεράσεις και οι ελιγμοί μπορούν να επιτευχθούν ευκολότερα και με μικρότερο κίνδυνο. Κατά συνέπεια, μια



τέτοια προσέγγιση τον κάνει να πιστεύει ότι το μεγαλύτερο πλάτος οδοστρώματος παρέχει μια αύξηση της ασφάλειας.

Από μια Καναδική έρευνα που διεξήχθη από τον Winch (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 45), η αύξηση του πλάτους της λωρίδας κυκλοφορίας έχει ως συνέπεια τη μείωση στη συχνότητα των ατυχημάτων σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Παρόμοια συμπεράσματα ανέφερε και ο Balogh (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 45) για τους δρόμους της Ουγγαρίας.

Σε σύγκρουση με τα αποτελέσματα αυτά έρχονται τα δεδομένα που παρουσίασε ο Thorson (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 45) για τους δρόμους της Δανίας. Τα δεδομένα αυτά κατέδειξαν ότι για πλάτη οδοστρώματος μικρότερα από 6m, οι δείκτες ατυχημάτων ήταν μικρότεροι από για πιο πλατιά οδοστρώματα. Ανέφερε ότι φυσιολογικά η χάραξη των στενότερων δρόμων είναι χειρότερη από την αντίστοιχη των δρόμων με πιο πλατύ οδόστρωμα. Κατά συνέπεια αυτό συμβάλλει στην ανάπτυξη μικρότερων ταχυτήτων και στην επαγρύπνηση των οδηγών. Παρομοίως, οι Atzwanger και Schmid (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 45) υπολόγισαν ότι ο δείκτης ατυχημάτων αυξάνεται με την αύξηση του πλάτους του οδοστρώματος.

Μια συνοπτική αποτίμηση των διεθνών αποτελεσμάτων από τον Silyanov (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 45), έδειξε ότι για πλάτη οδοστρώματος μεταξύ 4 και 9m, ο δείκτης ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του πλάτους. Παρόλα αυτά, ο ρυθμός μείωσης του δείκτη ατυχημάτων ελαττώνεται σε μεγάλο βαθμό για μεγαλύτερα πλάτη οδοστρώματος. Σε μια έρευνα του Babkon (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 46), φαίνεται επίσης η μείωση του δείκτη ατυχημάτων με την αύξηση του πλάτους στο οδόστρωμα.

Ο Nilsson (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 46), συνέταξε μια μελέτη στη Σουηδία σχετικά με τη σχέση των μεγεθών αυτών και βρήκε ότι για χαράξεις με κλίσεις μικρότερες από

1,5%, ο δείκτης ατυχημάτων μειώνεται στο μισό κατά τη μετάβαση από τα 6m στα 13m πλάτους οδοστρώματος.

Ο Kunze (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 46), μελέτησε τη σχέση μεταξύ του δείκτη ατυχημάτων και των διαφορετικών πλατών οδοστρώματων για όλα τα ατυχήματα και όλους τους τύπους ατυχημάτων. Κατέδειξε μια ξεκάθαρη τάση μείωσης του δείκτη ατυχημάτων με την αύξηση του πλάτους στα οδοστρώματα, για όλα τα ατυχήματα, για αυτά που οφείλονται σε έξοδο από το δρόμο, για τα ατυχήματα στις διασταυρώσεις, για τις μετωπικές συγκρούσεις και τις συγκρούσεις με το προπορευόμενο όχημα.

Οι Krebs και Kloeckner (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 46), διερεύνησαν τα ατυχήματα σε δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας και βρήκαν ότι υπάρχει μια αρνητική γραμμική σχέση μεταξύ του πλάτους οδοστρώματος και του δείκτη ατυχημάτων. Ανέφεραν επίσης ότι για κάθε αύξηση 1m στο πλάτος οδοστρώματος, η μείωση στο δείκτη ατυχημάτων είναι 0,25 (MVkm).

Ο Zeger ανέφερε (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 46), ότι για πλάτη οδοστρώματων μέχρι 7,25m σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας, ο δείκτης ατυχημάτων μειώνεται. Για μεγαλύτερη πλάτη, ο δείκτης αυτός αυξάνεται.

Ο Rumar (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 46), βασιζόμενος στην πριν και μετά σύγκριση του κινδύνου ατυχημάτων ανέφερε ότι με την αύξηση του πλάτους οδοστρώματος, ο λόγος ατυχημάτων μειώνεται.

Ξέχωρα από το πλάτος οδοστρώματος, οι Cirillo και Council (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 47), ανέφερε σχετικά με το πλάτος ερεισμάτων ότι οι περισσότερες μελέτες συμφωνούν ότι τα πλάτη ερεισμάτων μέχρι 1,8m σε δρόμους με μέση ημερήσια κυκλοφορία μεγαλύτερη από 1000 οχήματα παρέχουν οφέλη σχετικά με την ασφάλεια. Η επίδραση αυτή όμως για πλάτη μεγαλύτερα από 1,8m δεν είναι εμφανής.

Από την έρευνα των Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 (Part II, σελ 101) , μελετήθηκε η επίδραση της διαπλάτυνσης των λωρίδων κυκλοφορίας στις λειτουργικές ταχύτητες και στο ρυθμό των ατυχημάτων. Στη συγκεκριμένη μελέτη αναφέρεται ότι για μεγαλύτερα πλάτη λωρίδας, αναμένονται μεγαλύτερες λειτουργικές ταχύτητες και μάλιστα με τη μείωση της ακτίνας, οι λειτουργικές ταχύτητες για τα διάφορα πλάτη οδοστρωμάτων μειώνονται με σχεδόν παράλληλη σχέση. Αναφορικά με το ρυθμό των ατυχημάτων, για βαθμό καμπύλης μέχρι  $5^\circ$ , δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές για τα διαφορετικά πλάτη λωρίδων. Για μεγαλύτερους βαθμούς καμπύλης όμως, σημειώνεται ότι για κάθε αύξηση  $1^\circ$ , αναμένεται μια αύξηση 1,5 ατυχημάτων ανά  $10^6$  οχηματομιλίων στις λωρίδες των 10 (3m) ή 11 ποδιών (3.35m) σε σχέση με τα ατυχήματα που συμβαίνουν στις λωρίδες των 12 (3.65) ποδιών. Κατά συνέπεια, για βαθμούς καμπύλης πάνω από  $5^\circ$ , το πλάτος της λωρίδας ασκεί σημαντική επιρροή στην ασφάλεια της κυκλοφορίας. Να σημειωθεί όμως ότι με βάση την έρευνα αυτή, οι διαφορές στους ρυθμούς των ατυχημάτων είναι πιο έκδηλες μεταξύ των λωρίδων των 12 και 11 ποδιών από τις αντίστοιχες για πλάτη λωρίδων 11 και 10 ποδιών.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι οι περισσότερες από τις προαναφερθείσες μελέτες έδειξαν ότι ο δείκτης ατυχημάτων συσχετίζεται αρνητικά με το πλάτος οδοστρώματος όταν αυτό είναι περίπου μέχρι 7,5m.

### 2.2.2 Επίδραση της ακτίνας της καμπύλης

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός δρόμου επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ασφαλή και αποτελεσματική κίνηση της κυκλοφορίας. Η εξέταση στους χάρτες ατυχημάτων δείχνουν ότι αυτά συγκεντρώνονται ως επί το πλείστον στις καμπύλες και ειδικότερα στις πιο κλειστές στροφές. Παρότι κατά τη μηχανική του σχεδιασμού παρέχονται αναλυτικές πληροφορίες για την οδήγηση σε μια καμπύλη που προέρχονται από δυναμικές φόρμουλες και διατυπώσεις αλλά και καθορισμένες τιμές, οι συχνότητες των ατυχημάτων δεν αντιστοιχούν στην πραγματική οδική συμπεριφορά όπως συχνά φαίνεται από την υψηλή συχνότητα των ατυχημάτων στις κλειστές καμπύλες. Έτσι λοιπόν, έχουν γίνει διάφορες απόπειρες στα στάδια της μελέτης να εξεταστεί η αναμενόμενη οδική συμπεριφορά στις καμπύλες. Κάτι τέτοιο έχει προταθεί από πολλούς συγγραφείς (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 47) και θεωρείται απαιτούμενο στις ελβετικές και τις γερμανικές οδηγίες. (βλ. 2.4.1 , 2.4.3.2).

Η οριζοντιογραφική χάραξη του δρόμου δεν χαρακτηρίζεται όμως μόνο από την ακτίνα της καμπύλης. Μια καμπύλη συγκεκριμένης ακτίνας σε μια αλληλουχία καμπυλών παρόμοιας ακτίνας συνήθως επιδρά διαφορετικά από ότι αν εντοπίζεται σε μια αλληλουχία μη εναρμονισμένων καμπυλών μεταξύ τους. Ακόμα, μια καμπύλη που συνδυάζεται με μια μικρή αλλαγή στη χάραξη, έχει μικρότερη επίδραση στην οδική συμπεριφορά από ότι αν η ίδια ακτίνα υπήρχε σε μια περιοχή όπου ο ρυθμός της μεταβολής ήταν μεγαλύτερος, (Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987). Παρόλα αυτά, η ποσοτικοποίηση όλων αυτών των επιδράσεων είναι δύσκολη και κατά συνέπεια στην πλειοψηφία τους, οι προηγούμενες διερευνήσεις έχουν επιλέξει την ακτίνα ως το βασικό προσδιοριστικό παράγοντα της αξιολόγησης των ατυχημάτων σε σχέση με την οριζόντια χάραξη.

Παρότι η γενική επικρατούσα άποψη είναι ότι με την αύξηση της ακτίνας της καμπύλης ο κίνδυνος ατυχήματος μειώνεται, οι απόψεις διαφοροποιούνται σχετικά με το μέγεθος της επίδρασης αυτής.

Από την έρευνα του Baldwin (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 49) που διεξήχθη στους αμερικάνικους δρόμους με φόρτο κυκλοφορίας μικρότερο από 5000 οχήματα, βρέθηκε ότι ο δείκτης ατυχημάτων είναι αρνητικά συσχετισμένος με την ακτίνα της καμπύλης. Σε δρόμους με μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο (με μέση ετήσια ημερήσια κυκλοφορία μεταξύ 5000 και 10000 οχήματα) η σχέση αυτή δεν μπορούσε να επαληθευτεί. Κατά κύριο λόγο, οι μικρότεροι δείκτες ατυχημάτων εντοπίζονται σε δρόμους με παρεμφερείς ακτίνες και με μικρό φόρτο κυκλοφορίας.

Καθώς τα ατυχήματα που συμβαίνουν στις απότομες καμπύλες είναι κυρίως ατυχήματα που οφείλονται σε έξοδο από το δρόμο, ο Pfundt (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 49), διατύπωσε ότι σε δρόμους με μικρό φόρτο οι οδηγοί τείνουν να οδηγούν γρηγορότερα παρότι σε δρόμους με μεγάλο φόρτο. Η διαπίστωση αυτή εξηγεί και τα ευρήματα της έρευνας του Baldwin.

Ακόμα, μια ενδιαφέρουσα επισήμανση είναι ότι ο Baldwin (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 50) συμπέρανε ότι ο ρυθμός ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση στη συχνότητα των καμπυλών ακτίνας μέχρι 600m. Κατά συνέπεια, αν σε ένα οδικό τμήμα υπάρχει μία καμπύλη μικρής ακτίνας, αυτή αξιολογείται δυσμενέστερα από ότι αν υπήρχε μια αλληλουχία καμπυλών παρόμοιας ακτίνας.

Από μια έρευνα του Coburn (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 50), βρέθηκε ότι για ακτίνες μικρότερες από 175m ο δείκτης ατυχημάτων ήταν ιδιαίτερα υψηλός. Παρόλα αυτά, για μεγαλύτερες ακτίνες, η βελτίωση της κυκλοφοριακής ασφάλειας ήταν αρκετά μικρή. Σε μια μετέπειτα δημοσίευση, ο Coburn (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 50), ανέφερε ότι ο ρυθμός ατυχημάτων ήταν πράγματι μεγαλύτερος στις απότομες παρότι στις πιο ομαλές καμπύλες.

Ο Raff (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 50), διερεύνησε την επιρροή πρόσθετων παραμέτρων στο δείκτη ατυχημάτων. Η έρευνά του αποκάλυψε ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση της ακτίνας για κυκλοφοριακούς φόρτους

μικρότερους από 5000 οχήματα ημερησίως. Η τάση αυτή για μεγαλύτερους φόρτους δεν ήταν εμφανής. Όταν λάμβανε υπόψη και την επίδραση των κατά μήκος κλίσεων, βρήκε ότι οι τάσεις στο ρυθμό ατυχημάτων ήταν αντίστοιχες για κλίσεις μικρότερες και μεγαλύτερες από 3%, με την εξαίρεση ότι για κλίσεις μεγαλύτερες από 3% ο δείκτης ατυχημάτων ήταν περίπου 25% μεγαλύτερος.

Στους γερμανικούς δρόμους, ο Bitzl (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 50), βρήκε ότι όταν εξετάζονταν διαφορετικές κατηγορίες πλάτους οδοστρωμάτων, ο ρυθμός ατυχημάτων μειωνόταν με την αύξηση της ακτίνας για όλες τις κατηγορίες. Η μείωση αυτή ήταν αισθητή κυρίως για πλάτη δρόμων μικρότερα από 8,5m. Για μεγαλύτερα πλάτη, παρατηρήθηκε μια ανεπαίσθητη μείωση.

Η σχέση μεταξύ του ρυθμού ατυχημάτων και της ακτίνας της καμπύλης διατυπώθηκε και σε μια μελέτη του Balogh (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 51), για τους δρόμους της Ουγγαρίας. Βρήκε ότι ο ρυθμός ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση των ακτινών των καμπυλών.

Ο Vasilev (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 51), σε μια μελέτη ατυχημάτων σε ορεινές υπεραστικές οδούς της USSR υπολόγισε ότι με την αύξηση στην ακτίνα μιας καμπύλης, παρατηρείται μια σταθερή μείωση στο ρυθμό των ατυχημάτων. Ο Vasilev διατύπωσε επίσης ότι λόγω της μεγάλης φυγοκέντρου δύναμης στις καμπύλες με μικρή ακτίνα, ο κίνδυνος ατυχήματος στις καμπύλες αυτές είναι μεγαλύτερος. Σχετικά με το προκείμενο, ο Knoflacher (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 51), βρήκε ότι για ακτίνες μέχρι 800m, το ποσοστό των ατυχημάτων που οφείλονται σε ντεραπάρισμα είναι μεγαλύτερο σε βρεγμένο από ότι σε στεγνό οδόστρωμα και η διαφορά αυτή είναι ιδιαίτερα μεγάλη στις ακτίνες μικρότερες από 250m.

Ο Wilson (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 51), ανέφερε ότι ο ρυθμός ατυχημάτων σε καμπύλες ακτίνας μικρότερες από 170m ήταν περίπου 5 φορές μεγαλύτερος από τον

αντίστοιχο σε καμπύλες με ακτίνα μεγαλύτερη από 910m. Εκτός αυτού, επισήμανε τον κίνδυνο που ενέχει μια καμπύλη μετά από ένα μεγάλο ευθύγραμμο τμήμα. Ο κίνδυνος αυτός των μεμονωμένων καμπυλών αναφέρθηκε και από τον Babkon (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 51). Πιο συγκεκριμένα, μίλησε για ασφαλείς καμπύλες όπου η διαφορά των ταχυτήτων πριν και μέσα στην καμπύλη είναι μικρότερη από 20%, για σχετικά ασφαλείς καμπύλες όπου η αντίστοιχη διαφορά είναι μεταξύ 20 και 40%, για επικίνδυνες καμπύλες όπου η διαφορά στις ταχύτητες είναι μεταξύ 40 και 60% και τέλος για πολύ επικίνδυνες καμπύλες όπου η διαφορά αυτή είναι μεγαλύτερη από 60%.

Ο Pfundt (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 52), συμπέρανε ότι περίπου τα 2/3 των ατυχημάτων που οφείλονται στην έξοδο του οχήματος από το δρόμο προκύπτουν ή στις καμπύλες είτε κοντά σε αυτές και άρα η επίδρασή τους δεν μπορεί να αγνοηθεί. Για τμήματα δρόμου με διαφορετικά οδικά χαρακτηριστικά, έδειξε ότι ο κίνδυνος των ατυχημάτων που οφείλονται στην έξοδο του οχήματος από το δρόμο αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η ασυνέχεια της χάραξης. Κατά συνέπεια, τα οδικά τμήματα που αποτελούνται από λίγες καμπύλες είναι πιο επικίνδυνα από αυτά που περιλαμβάνουν πολλές στροφές.

Χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων δέκα ερευνών από διαφορετικές χώρες, ο Silyanov (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 52), ανέπτυξε μια εξίσωση παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό του ρυθμού των ατυχημάτων ως συνάρτηση της ακτίνας της καμπύλης. Βρήκε ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση της ακτίνας. Σε ανάλογο συμπέρασμα κατέληξε και ο O'Flaherty (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 52), σε μια μελέτη ατυχημάτων που διεξήγαγε στη Μεγάλη Βρετανία.

Οι Krebs και Kloeckner (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 52), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι με την αύξηση της ακτίνας της καμπύλης ο ρυθμός ατυχημάτων ξεκάθαρα μειώνεται και ότι στα τμήματα με ακτίνα μικρότερη από 200m ο ρυθμός αυτός είναι διπλάσιος από ότι στα τμήματα με ακτίνα μεγαλύτερη από 400m.

Ανέφεραν επίσης ότι η ακτίνα των 400m αποτελεί κρίσιμο σημείο στον τομέα της ασφάλειας και ότι για ακτίνες μεγαλύτερες από 400m το όφελος υπέρ της ασφαλείας είναι αρκετά μικρό. Παρόλα αυτά, ακτίνες μεταξύ 500 και 800m φανερώνουν καμιά φορά μια μικρή αύξηση του κινδύνου ατυχήματος. Ο Lamm (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 52), εξηγεί ότι συχνά, αρκετά μεγάλες ακτίνες είναι σχεδιασμένες για μικρές ταχύτητες μελέτης για τις οποίες τα ποσοστά των επικλίσεων είναι της τάξης του 2 με 3%. Οι παρατηρούμενες V85 δείχνουν όμως ότι οι επικλίσεις που απαιτούνται είναι πάνω από 5,5%. Έτσι λοιπόν, δημιουργείται μια ανακολουθία μεταξύ της ταχύτητας μελέτης και της οδηγικής συμπεριφοράς, γεγονός που επηρεάζει με αρνητικό τρόπο την ασφάλεια.

Ο Rumar (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 53), ανέλυσε 14000 ατυχήματα σε τμήματα μήκους 9000km σε δρόμους δύο λωρίδων της Σουηδίας και τα αποτελέσματά του έδειξαν μια μείωση του ποσοστού των ατυχημάτων με την αύξηση των ακτινών των οριζοντιογραφικών καμπυλών.

### 2.2.3 Επίδραση της κατά μήκος κλίσης

Από μια έρευνα του Bitzl στη δεκαετία του 50 που διεξήχθη σε υπεραστικούς δρόμους της Γερμανίας δυο λωρίδων κυκλοφορίας η οποία αναφέρεται από τον Pucher (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 56), συστάθηκε μια ασθενής αλλά στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ του ρυθμού ατυχημάτων και των κατά μήκος κλίσεων. Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα αυτά, υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος ατυχημάτων για κατά μήκος κλίσεις μεγαλύτερες από 4% από ότι όταν οι κλίσεις είναι μικρότερες.

Σε μια άλλη δημοσίευση που σχετίζεται με τους γερμανικούς αυτοκινητόδρομους, ο Bitzl (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 56), βρήκε μια σχέση μεταξύ των παραπάνω χαρακτηριστικών. Ανέφερε ότι έντονες κλίσεις της τάξης του 6 με 8% είναι υπαίτιες για την πρόκληση 4 φορές παραπάνω ατυχημάτων από ότι κλίσεις μικρότερες από 2%.



Ο Vasilev (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 56), ανέφερε επίσης ότι μόνο για εξαιρετικά έντονες κλίσεις οι δείκτες ατυχημάτων εμφανίζουν υψηλές τιμές. Εξάλλου, ο Silvanov (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 56), ανέπτυξε μια εξίσωση παλινδρόμησης, από δεδομένα μιας έρευνας που περιελάμβανε στοιχεία από τη Γερμανία, τη Μεγάλη Βρετανία και τη USSR, σύμφωνα με την οποία ακόμα και στις μικρές κλίσεις μπορεί να αναμένεται μια αύξηση στο ρυθμό των ατυχημάτων. Παρόμοια αποτελέσματα ανέφερε και ο Babkov (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 56).

Οι Krebs και Kloeckner (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 56), ανέλυσαν δεδομένα ατυχημάτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων και βρήκαν ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων αυξάνεται ελαφρώς για κλίσεις μικρότερες από 7%. Παρόλα αυτά, για κλίσεις μεγαλύτερες από 7% παρατηρήθηκε μια πιο απότομη αύξηση στο ρυθμό των ατυχημάτων.

Οι περισσότερες έρευνες καταδεικνύουν ότι στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας μπορεί να αναμένεται μια αύξηση στο ρυθμό των ατυχημάτων στις αρκετά έντονες κλίσεις. Παρόλα αυτά, δεν προκύπτει να υπάρχει κάποια ικανοποιητική τάση μεταξύ των κατά μήκος κλίσεων και του ρυθμού ατυχημάτων.

#### 2.2.4 Επίδραση του μήκους ορατότητας

Η ικανότητα ενός οδηγού να βλέπει το δρόμο για επαρκή απόσταση αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία του οχήματός του στο δρόμο. Όλοι οι δρόμοι θα πρέπει να παρέχουν το ελάχιστο επαρκές μήκος ορατότητας για στάση, την απόσταση δηλαδή που χρειάζεται ένας οδηγός κάτω του μέσου όρου για να σταματήσει ασφαλώς το όχημά του αν κινείται κοντά στην ταχύτητα μελέτης, πριν να παρουσιαστεί ένα ακίνητο αντικείμενο στην πορεία του. Παρόλα αυτά, επειδή πολλές φορές είναι δύσκολο να αποκωδικοποιηθεί η πληροφορία που βρίσκεται στο δρόμο

και ο οδηγός πρέπει να πάρει πολύπλοκες ή άμεσες αποφάσεις, ή απαιτείται ένας απροσδόκητος ελιγμός, τα μήκη ορατότητας θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα από το μήκος που απαιτείται απλά για να ακινητοποιηθεί το όχημα.

Το μήκος ορατότητας το οποίο εξαρτάται τόσο από την οριζοντιογραφική όσο και από την κατά μήκος χάραξη αποτελεί χαρακτηριστικό μείζονος σημασίας για την κυκλοφοριακή ασφάλεια. Εν προκειμένω, ο Hiersche (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 57), θεωρεί ότι το μήκος ορατότητας είναι το πιο σημαντικό κριτήριο στη μελέτη της χάραξης ενός δρόμου. Οι Krebs και Kloeckner (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 57) δεν συμφωνούν πλήρως με τη διατύπωση αυτή αλλά αναφέρουν ότι η ανεπάρκεια στα μήκη ορατότητας είναι αιτία πολλών ατυχημάτων. Οι Meyer, Jacobi και Stiefel (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 57), βρήκαν ότι το 24% περίπου όλων των ατυχημάτων στους υπεραστικούς δρόμους οφείλονταν σε ελιγμούς προσπέρασης όπου τα μήκη ορατότητας δεν ήταν επαρκή. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε και ο Netzer (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 57), ο οποίος υπολόγισε ότι οι ελιγμοί προσπέρασης ευθύνονται για το 21% περίπου όλων των ατυχημάτων.

Μια ανάλυση των ατυχημάτων στους αμερικάνικους δρόμους του Young (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 57), έδειξε ότι υπάρχει ένας υψηλός αρνητικός συσχετισμός του δείκτη ατυχημάτων με το μήκος ορατότητας. Για παράδειγμα, ο ρυθμός των ατυχημάτων για μήκος ορατότητας μικρότερο από 240m ήταν διπλάσιος από ότι για μήκος ορατότητας μεγαλύτερο από 750m.

Σε μια γερμανική έρευνα, Οι Bitzl και Stenzel (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 59), ανέφεραν ότι για μήκη ορατότητας μεταξύ 400 και 600m, η συχνότητα των ατυχημάτων που σχετίζονταν με αντικανονικές προσπεράσεις μεγάλωνε ραγδαία. Ο Sparks (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 59), δημιούργησε ένα συγκεκριμένο αρνητικό συσχετισμό μεταξύ του μήκους ορατότητας για στάση και του ρυθμού ατυχημάτων.

Ο Silyanov (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 59), επικαλούμενος τη μελέτη του η οποία βασίζεται σε άλλες έρευνες, βρήκε μια αρνητική σχέση μεταξύ του μήκους ορατότητας και του δείκτη ατυχημάτων. Παρόμοια αποτελέσματα ανέφερε και ο Kunze (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 59), σε μια μελέτη ατυχημάτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων στη Βόρεια Γερμανία.

Οι Krebs και Kloeckner (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 59), στην έρευνά τους για τα ατυχήματα σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων στη Γερμανία βρήκαν ότι ο κίνδυνος ατυχήματος μειώνεται καταφανώς με την αύξηση του μήκους ορατότητας. Πιο συγκεκριμένα, για μήκη ορατότητας μικρότερα από 100m, ο ρυθμός των ατυχημάτων είναι συγκριτικά μεγάλος, καθώς για μήκη ορατότητας μεταξύ 100 και 200m το αντίστοιχο μέγεθος είναι  $\frac{1}{4}$  μικρότερο. Για μήκη ορατότητας μεταξύ 200 και 600m δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά στο ρυθμό των ατυχημάτων αλλά είναι αξιοσημείωτη η παρατήρηση ότι για μήκη ορατότητας μεγαλύτερα από 600m παρατηρείται μια επιπλέον σημαντική μείωση.

Στις προαναφερθείσες μελέτες έχει βρεθεί μια καθαρά αρνητική σχέση μεταξύ του διατιθέμενου μήκους ορατότητας και του κινδύνου ατυχήματος. Παρόλα αυτά, μπορεί να υποθεθεί ότι άλλοι παράμετροι που επηρεάζουν όπως τα πλατύτερα οδοστρώματα, οι πιο ομαλές καμπύλες κ.ά έχουν μερίδιο στην παρατηρούμενη θετική επίδραση των μεγαλύτερων μηκών ορατότητας. Ειδικά για τα στενά οδικά τμήματα, μια αύξηση στα μήκη ορατότητας μπορεί να έχει ωφέλιμα αποτελέσματα στην οδική ασφάλεια.

### 2.2.5 Επίδραση του φόρτου κυκλοφορίας

Από τον ορισμό του ρυθμού των ατυχημάτων (ατυχήματα/οχηματοχιλιόμετρα) υποδηλώνεται η ύπαρξη μιας γραμμικής σχέσης μεταξύ του φόρτου κυκλοφορίας και του αριθμού των ατυχημάτων. Ο διπλασιασμός δηλαδή του φόρτου θα έπρεπε να

διπλασιάσει και τον αριθμό των ατυχημάτων, ενώ ο ρυθμός των ατυχημάτων θα έπρεπε να είναι ο ίδιος και στις δύο περιπτώσεις. Παρόλα αυτά, καθώς ο κυκλοφοριακός φόρτος επηρεάζει τόσο τη σφοδρότητα όσο και τη συχνότητα των ατυχημάτων, η υποτιθέμενη αναλογία μεταξύ του αριθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου δεν υφίσταται στην πράξη. Η παραπάνω υπόθεση μπορεί πρακτικά να δικαιολογηθεί μόνο για μικρό εύρος της διακύμανσης του φόρτου.

Επιπροσθέτως, λαμβάνοντας υπόψη τη σχέση μεταξύ της ετήσιας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας (ΕΜΗΚ) και του ρυθμού των ατυχημάτων θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι τα οδικά τμήματα με μεγαλύτερους φόρτους αντιπροσωπεύουν δρόμους καλύτερου σχεδιασμού (μεγαλύτερα πλάτη δρόμου, καλύτερη χάραξη των καμπυλών, μικρότερες κατά μήκος κλίσεις κ.λ.π). Το γεγονός αυτό ασκεί και τη μεγαλύτερη επιρροή για όλες τις σχετικές μελέτες που συντάσσονται.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση που ακολουθεί και βασίζεται στις αναφορές των Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 (Part I, σελ 60), περιλαμβάνει αναλύσεις της σχέσης μεταξύ του φόρτου κυκλοφορίας και του κινδύνου ατυχήματος σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

Μια μελέτη του Baldwin (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 60), σε δρόμους της Αμερικής φανέρωσε ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων αυξάνεται όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται μέχρι τα 9000 οχήματα ημερησίως. Για αύξηση του φόρτου πέρα από το σημείο αυτό ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται απότομα. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκε ο Raff (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 62), ο οποίος έδειξε ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του φόρτου παραπάνω από τα 10000 οχήματα ημερησίως. Ο Belmont (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 62), δημιούργησε μια θετική γραμμική σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου σε ευθυγραμμίες δύο λωρίδων στην Καλιφόρνια, παρόλα αυτά το ποσοστό της αύξησης επηρεαζόταν από το πλάτος των ερεισμάτων. Ο Moskowitz

(στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 62), υπολόγισε μια θετική μη γραμμική σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του φόρτου κυκλοφορίας.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω αποτελέσματα, τα δεδομένα που παρουσίασε ο Lefevre (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 62), για υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας του Βελγίου, προσδιόρισαν ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του φόρτου μέχρι τα 7500 οχήματα ημερησίως. Ο Goldberg (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 62), διερεύνησε ατυχήματα που συνέβησαν σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων στη Γαλλία και βρήκε ότι για φόρτους μέχρι 20000 οχήματα την ημέρα, υπήρχε μια κατανομή σχήματος U μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του φόρτου, παρότι η επιρροή ήταν ασθενής. Παρόμοια αποτελέσματα ανέφερε ο Bitzl (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 62), σε μια έρευνα ατυχημάτων σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων της Γερμανίας.

Σε μια μελέτη που διεξήχθη στην Ουγγαρία από τον Balogh (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 62), η οποία περιελάμβανε τους φόρτους μέχρι 3500 οχήματα ημερησίως, αναφέρθηκε ότι υπάρχει μια θετική γραμμική σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου.

Οι Kihlberg και Tharp (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 62), σε μια μελέτη ατυχημάτων που αφορούσαν ατυχήματα τόσο τα μεμονωμένα όσο και αυτά που περιλαμβάνουν την εμπλοκή δύο ή περισσότερων οχημάτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων της Αμερικής, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων συσχετίζεται αρνητικά με τον κυκλοφοριακό φόρτο και για τους δύο τύπους ατυχημάτων. Παρόμοια αποτελέσματα ανέφερε και ο Thorson (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 62), σε μια μελέτη ατυχημάτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων της Δανίας.

Μια μελέτη στη Μεγάλη Βρετανία από τον Paisley (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 63), στην οποία

εξετάστηκε η επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου στη σοβαρότητα των ατυχημάτων, βρέθηκε ότι ο ρυθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του φόρτου. Συγκεκριμένα, μεταξύ 2000 και 9000 οχημάτων ημερησίως, ο ρυθμός των θανάτων των ατυχημάτων μειώθηκε 50%. Παρόλα αυτά, για τα ατυχήματα τα οποία προκαλούν μόνο τραυματισμό, ο ρυθμός τους αυξήθηκε με την αύξηση του φόρτου αλλά με πολύ πιο βραδύ ρυθμό. Η μελέτη αυτή βασίστηκε σε κυκλοφοριακούς φόρτους μέχρι 10000 οχήματα ημερησίως.

Ο Babkov (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 63), σε μια έρευνα με φόρτο μέχρι 8500 οχήματα ημερησίως, έδειξε ότι ο αριθμός των ατυχημάτων μειώνεται αργά από τα 1000 μέχρι τα 5000 οχήματα ενώ για μεγαλύτερο φόρτο παρατηρείται απότομη αύξηση της συχνότητας των ατυχημάτων. Αυτό σημαίνει ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων είναι σχετικά σταθερός για φόρτους μέχρι 5000 οχήματα την ημέρα αλλά πάνω από αυτό το σημείο ο ρυθμός στα ατυχήματα αυξάνεται. Σε αντιπαράθεση με τα ευρήματα αυτής της έρευνας έρχονται τα δεδομένα που παρουσίασε ο Pfundt (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 63), ο οποίος υπολόγισε ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου.

Ο Roosmark και ο Fraeki (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 63), ανέλυσαν τύπους ατυχημάτων σε δρόμους της Σουηδίας με φόρτους μέχρι 11000 οχήματα την ημέρα και βρήκαν ότι όσο αυξανόταν ο φόρτος, ο ρυθμός των ατυχημάτων που σχετίζονταν με μεμονωμένα ατυχήματα μειωνόταν ελαφρώς ενώ αυτά που σχετίζονταν με εμπλοκή πολλών οχημάτων παρουσίασαν μια ελαφρά αύξηση.

Μια διερεύνηση των ατυχημάτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων της Αυστρίας από τον Knoflachner (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 64), ανέφερε ότι η σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου ακολουθεί κατανομή σχήματος U, όπου ο ελάχιστος ρυθμός των ατυχημάτων εντοπίζεται μεταξύ των 6000 και 6500 οχημάτων. Στους μικρότερους φόρτους κυριαρχούσαν τα μεμονωμένα ατυχήματα ενώ τα πολλαπλά

ατυχήματα (εμπλοκή δύο ή περισσότερων οχημάτων) κυριαρχούσαν στους μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους.

Οι Lamm και Kloeckner (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 64), ανέφεραν ότι για κυκλοφοριακούς φόρτους μέχρι 10000 οχήματα ημερησίως, ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται συνεχώς με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου. Παρόλα αυτά, δεν μπόρεσαν να επιβεβαιώσουν το βαθμό στον οποίο ο ρυθμός αυτός επηρεαζόταν από το φόρτο ή αν άλλοι παράγοντες έπαιζαν κάποιο σημαντικό ρόλο. Παρόλα αυτά, ανέφεραν ότι η ποιότητα του σχεδιασμού παρουσιάζει μια ισχυρή συσχέτιση με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Έτσι λοιπόν, οι ευνοϊκές τάσεις στο ρυθμό των ατυχημάτων σε οδικά τμήματα υψηλών φόρτων μπορούν να εξηγηθούν από το καλύτερο επίπεδο σχεδιασμού.

Οι Krebs και Kloeckner (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 64), βρήκαν μια φθίνουσα γραμμική σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του φόρτου μέχρι τα 16000 οχήματα την ημέρα στους υπεραστικούς γερμανικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

Οι προαναφερθείσες έρευνες περιλαμβάνουν αντιφατικά αποτελέσματα. Ενώ ορισμένες έρευνες έδειξαν ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων αυξάνεται με την αύξηση του φόρτου, άλλες έδειξαν ότι μειώνεται. Ακόμα, άλλες έρευνες υπολόγισαν ότι η σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου περιγράφεται από μια κατανομή σχήματος U. Αυτός ο τύπος της κατανομής επιβεβαιώθηκε για δρόμους πολλών λωρίδων κυκλοφορίας από τους Gwyn, Pfundt και τους Leutzbach και Wiedemann (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 64). Εντωμεταξύ, οι Leutzbach et al. (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 64), απέδειξαν ότι η κατανομή αυτή μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου ισχύει και για τους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

## 2.2.6 Συμπεράσματα

Ως αποτέλεσμα αυτής της βιβλιογραφικής έρευνας, αντλούνται διάφορα συμπεράσματα τα οποία και παρατίθενται στη συνέχεια.

### 1. Επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος:

Είναι απαραίτητη η ύπαρξη επαρκούς πλάτους οδοστρώματος για την ασφαλή λειτουργία της οδήγησης. Οι έρευνες αυτές κατέδειξαν μια ξεκάθαρη τάση μείωσης των ατυχημάτων με την αύξηση του πλάτους των οδοστρωμάτων μέχρι τα 7.5m. Αυτή η αύξηση στην ασφάλεια της κυκλοφορίας ήταν εμφανής για τις καμπύλες όλων των ακτινών, τις κατά μήκος κλίσεις και για όλους τους κυκλοφοριακούς φόρτους.

Αναφορικά με τους τύπους των ατυχημάτων, οι έρευνες έχουν καθορίσει μια λιγότερο ή περισσότερο ισχυρή αρνητική σχέση μεταξύ των πλατύτερων οδοστρωμάτων και των ατυχημάτων που οφείλονται σε έξοδο από το δρόμο. Η αντίστοιχη σχέση για τις μετωπικές συγκρούσεις ή αυτές με το προπορευόμενο όχημα ήταν πολύ πιο ασθενείς.

### 2. Επίδραση της ακτίνας της καμπύλης:

Υπάρχει μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ακτίνας της καμπύλης και των ατυχημάτων. Οι έρευνες επίσης κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μια καμπύλη καθορισμένης ακτίνας μπορεί να έχει διαφορετική επίδραση στις συνθήκες των ατυχημάτων όταν αυτή βρίσκεται σε μια αλληλουχία καμπυλών παρόμοιας ακτίνας από ότι αν βρίσκεται σε μια αλληλουχία ανόμοιων μεταξύ τους ακτινών. Ακόμα, μια ακτίνα που συνδυάζεται με μια μικρή αλλαγή στην οριζοντιογραφική χάραξη έχει μικρότερη επίδραση στον κίνδυνο ατυχήματος και την οδική συμπεριφορά από ότι αν η ακτίνα αυτή εντοπιζόταν σε μια περιοχή όπου ο ρυθμός της μεταβολής είναι μεγαλύτερος. Για παράδειγμα, τα ατυχήματα λόγω της εξόδου του οχήματος από το δρόμο βρέθηκε ότι μειώνονται ραγδαία με την αύξηση της ακτίνας αλλά η τάση αυτή δεν ήταν ισχυρή για τις μετωπικές συγκρούσεις. Επιπλέον, για ακτίνες μικρότερες από 200m, ο ρυθμός των ατυχημάτων αναφέρθηκε να είναι περίπου διπλάσιος από όταν οι ακτίνες είναι 400m. Για ακτίνες μεγαλύτερες από 400 με 500m, η οποιαδήποτε αύξηση αποφέρει ένα συγκριτικά μικρό όφελος υπέρ της ασφαλείας.



### 3. Επίδραση της κατά μήκος κλίσης:

Κλίσεις μικρότερες από 6-7% έχουν μια σχετικά μικρή επίδραση στην κατάσταση των ατυχημάτων. Για μεγαλύτερες κλίσεις, διαπιστώθηκε μια απότομη αύξηση στο ρυθμό των ατυχημάτων. Η μεγαλύτερη επίδραση αναφέρθηκε στα ατυχήματα που οφείλονται στις μετωπικές συγκρούσεις.

### 4. Επίδραση του μήκους ορατότητας:

Ένας ισχυρός θετικός συσχετισμός υπάρχει μεταξύ του μήκους ορατότητας και της ακτίνας της καμπύλης. Κατά συνέπεια, με την αύξηση του μήκους ορατότητας, αναμένεται και μια μείωση στο ρυθμό των ατυχημάτων. Αυτό το γεγονός με τη σειρά του συμβάλλει και στην απότομη μείωση ειδικά των ατυχημάτων λόγω εξόδου από το δρόμο.

### 5. Επίδραση της Ετήσιας Μέσης Ημερήσιας Κυκλοφορίας (ΕΜΗΚ):

Επικρατεί μια μικρή αρνητική σχέση μεταξύ του φόρτου κυκλοφορίας και των οδικών ατυχημάτων. Τα ατυχήματα λόγω εξόδου από το δρόμο βρέθηκε να μειώνονται με την αύξηση του ΕΜΗΚ μέχρι τα 10000 οχήματα τη μέρα. Νεότερες έρευνες αναφέρουν μια κατανομή σχήματος U μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του φόρτου κυκλοφορίας.

## 2.3 Ορισμοί της συνέχειας στο σχεδιασμό

Είναι σημαντική η ανάπτυξη ενός ικανοποιητικού ορισμού για τη συνέχεια στο σχεδιασμό καθώς δεν υπάρχει ένας ευρέως αποδεκτός ορισμός στον τομέα των συγκοινωνιακών. Από την έρευνα των Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al. (2003) που διεξήχθη για λογαριασμό του Transportation Research Board, προτάθηκαν σε 99 ερωτηθέντες 5 ορισμοί σχετικά με τη συνέχεια από τους οποίους απάντηση επέστρεψε το 54%.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι παρακάτω ορισμοί και εναλλακτικές προτάσεις που διατύπωσαν οι ερωτηθέντες. Οι περισσότεροι από τους εναλλακτικούς ορισμούς δεν απέκλιναν ιδιαίτερα από αυτούς που περιλαμβάνονταν στην έρευνα και συχνά ήταν ο συνδυασμός δύο από τους δοσμένους ορισμούς. Οι κυριότεροι παράγοντες των εναλλακτικών ήταν η αποφυγή των απότομων αλλαγών και η αναφορά σε παρόμοια οδικά τμήματα. Μικρή ήταν η προτίμηση για τους ορισμούς που αναφέρονταν ειδικά στην ομοιομορφία της ταχύτητας. Η χρήση στον ορισμό της φράσης για όμοιο δρόμο ή τμήμα δρόμου είναι ελκυστική αλλά ο σκοπός αυτής της φράσης ενσωματώνεται μέσα στη φράση προσδοκία του οδηγού. Οι προσδοκίες των οδηγών βασίζονται στις εμπειρίες τους στο άμεσο παρελθόν και στην καθολική πορεία τους ως οδηγοί. Οι ορισμοί που περιλαμβάνουν τη λέξη τμήματα είναι προβληματικοί καθώς είναι προβληματική και η εύρεση ενός αποδεκτού ορισμού που θα καθορίζει τι είναι τα τμήματα. Η απότομη αλλαγή είναι μια φράση η οποία ενδεχομένως να είναι χρήσιμη αλλά η χρήση της δεν προσθέτει κάτι σημαντικό στον προτεινόμενο ορισμό. Η αναφορά σε ένα συγκεκριμένο μέτρο αποτελεσματικότητας θα ήταν παράλογα περιοριστική και κατά συνέπεια δεν προτιμάται, παρότι θα μπορούσε να απλοποιήσει οποιοδήποτε προτεινόμενο σύστημα (εύρεσης ορισμού). Ο προτεινόμενος ορισμός για τη συνέχεια στο σχεδιασμό είναι ο ακόλουθος:

**Η συνέχεια στο σχεδιασμό είναι η συμμόρφωση των γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός δρόμου με τις προσδοκίες του οδηγού.**

Ο ορισμός αυτός μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος καταστάσεων (π.χ στην οριζοντιογραφική χάραξη αλλά και στις διασταυρώσεις) διότι δεν περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο μέτρο ή σε κάποιο τύπο μέτρου και προτιμήθηκε από το μεγαλύτερο αριθμό των ερωτηθέντων. Η αποδοχή του ορισμού δεν ήταν σε καμία περίπτωση καθολική αλλά φάνηκε να βρίσκει εφαρμογή στη χρήση διαφόρων μέτρων αποτελεσματικότητας και καταστάσεων.

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι εναλλακτικοί ορισμοί που συμπεριελήφθησαν στην έρευνα των Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al. (2003).

Ορισμός
η συμμόρφωση των γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός δρόμου με τις προσδοκίες του οδηγού.
Η αποφυγή απότομων αλλαγών στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά συνεχόμενων οδικών τμημάτων και η πιο προσεκτική χρήση των στοιχείων σχεδιασμού για να ανταποκρίνονται στις προσδοκίες του οδηγού.
Η αρμονία των γεωμετρικών και λειτουργικών στοιχείων του δρόμου με την προσδοκία του οδηγού.
Η οπτική και λειτουργική ομοιότητα των οδικών χαρακτηριστικών με τα προηγούμενα χαρακτηριστικά που συναντά ο οδηγός.
Η έλλειψη απότομων αλλαγών στα γεωμετρικά στοιχεία τα οποία μπορεί να επηρεάσουν την οδηγική συμπεριφορά για συνεχή οδικά τμήματα και συνδυασμό στοιχείων σχεδιασμού.

Πίνακας 1.Ορισμοί της συνέχειας στο σχεδιασμό

## 2.4 Η προσέγγιση της συνέχειας στο σχεδιασμό

Το κρίσιμο κριτήριο αξιολόγησης της οδηγικής συμπεριφοράς είναι η ταχύτητα. Τα ατυχήματα συνήθως προέρχονται από μια απότομη αλλαγή στα χαρακτηριστικά του δρόμου διότι ο οδηγός είναι ικανός μόνο για σταδιακή προσαρμογή της οδικής του συμπεριφοράς στις εναλλασσόμενες συνθήκες (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix, p.1)

Οι Awatta M. και Hassan Y.(2002) αναφέρουν ότι σύμφωνα με τους Lamm et al. (1999) πλήθος ερευνών έχει καταδείξει ότι οι συγκρούσεις σημειώνονται με δυσανάλογη συχνότητα σε συγκεκριμένα οδικά τμήματα γεγονός που υποδεικνύει ότι εκτός από τα οδηγικά λάθη, τα χαρακτηριστικά του δρόμου παίζουν σημαντικό ρόλο στη συχνότητα των ατυχημάτων. Η κύρια αιτία αυτών των συγκρούσεων είναι η έλλειψη συνέχειας στη γεωμετρία του σχεδιασμού το οποίο αφορά στη συμμόρφωση των χαρακτηριστικών του δρόμου με τις προσδοκίες των οδηγών. Η ύπαρξη ασυνέχειας σε ένα οδικό τμήμα αναφέρεται λοιπόν στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που μπορεί να προκαλέσουν κακή εκτίμηση της ταχύτητας από τους οδηγούς ή επικίνδυνους ελιγμούς που συμβάλλουν σε μεγαλύτερο κίνδυνο ατυχήματος. Κατά συνέπεια η αξιολόγηση της συνέχειας του γεωμετρικού σχεδιασμού σε νέους ή υφιστάμενους δρόμους και ο επανασχεδιασμός των ασυνεχών τμημάτων θα μπορούσε να βελτιώσει κατά πολύ την οδική ασφάλεια. Σε μεγάλο ποσοστό η πρακτική του σχεδιασμού βασίζεται στην ταχύτητα μελέτης η οποία δεν εγγυάται συνέχεια και μπορεί ακόμα και να συμβάλλει στην ύπαρξη γεωμετρικής ασυνέχειας.

Για το λόγο αυτό, πολυάριθμα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί για την εκτίμηση της συνέχειας ως αποτέλεσμα ανεξάρτητων ερευνητικών προσπαθειών παγκοσμίως, παρόλα αυτά δεν υπάρχει ένα γενικό μέτρο που να βασίζεται στην ασφάλεια για την αξιολόγηση της συνέχειας και της αρμονίας του γεωμετρικού σχεδιασμού. Οι Hassan et al. (2001) σε μια έρευνα προσδιόρισαν τέσσερα μέτρα τα οποία θεωρούνται ότι είναι τα πιο εφικτά στην εφαρμογή τους για την αξιολόγηση της συνέχειας σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Τα τέσσερα

αυτά μέτρα είναι η λειτουργική ταχύτητα, η ευστάθεια του οχήματος που σχετίζεται με τη δυναμική της κίνησής του, οι δείκτες χάραξης και η οδηγητική ένταση. Παρόλα αυτά, καθώς τα μέτρα αυτά εστιάζουν σε διαφορετικές πτυχές του δρόμου, τα αποτελέσματα από το καθένα αναφορικά με τη συνέχεια μπορεί να έρχεται εν μέρει σε αντίθεση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των άλλων μέτρων. Έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες επίτευξης συνέχειας στο σχεδιασμό. Αυτές συχνά επικεντρώνονται στην εφαρμογή ενός μέτρου αποτελεσματικότητας (MOE) και σκοπεύουν στον περιορισμό της μεταβλητότητας αυτού του μέτρου. Μειώνοντας τη μεταβλητότητα του μέτρου αυτού επιτυγχάνεται η συνέχεια στο σχεδιασμό του δρόμου. Τα μέτρα αποτελεσματικότητας που έχουν χρησιμοποιηθεί περιλαμβάνουν την ταχύτητα (μέσω της πρόβλεψης της ταχύτητας), την οδηγητική ένταση (ή τις απαιτήσεις ορατότητας), και τους δείκτες χάραξης.

Η ταχύτητα είναι εύκολα μετρήσιμη ποσότητα, συνεχώς μεταβαλλόμενη, η οποία συνδέεται στενά με την αντίληψη του οδηγού σχετικά με το δρόμο και το άμεσο περιβάλλον του. Οι αντιδράσεις του οδηγού στις αλλαγές των χαρακτηριστικών του δρόμου αντικατοπτρίζονται στις αλλαγές της ταχύτητας που επιλέγει για το όχημα. Κατά συνέπεια, ο περιορισμός των απαιτούμενων αλλαγών στην ταχύτητα στα επιτρεπτά επίπεδα παρέχει τη βάση για βελτίωση της λειτουργίας του δρόμου διότι οι ενέργειες που απαιτούνται από τον οδηγό είναι περιορισμένες, μειώνοντας παράλληλα την πιθανότητα ακατάλληλης επιλογής ταχύτητας κίνησης του οχήματος.

Η οδηγητική ένταση είναι ένα μέτρο που έχει χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια του σχεδιασμού. Μειώνοντας την οδηγητική ένταση που απαιτείται από τον οδηγό σε αποδεκτά επίπεδα, μειώνεται η πιθανότητα υπερφόρτωσης των πνευματικών ικανοτήτων του οδηγού. Παρέχοντας ένα συνεχές επίπεδο της έντασης αυξάνεται η πιθανότητα ύπαρξης επιθυμητών λειτουργικών χαρακτηριστικών. Ένα μέτρο αποτελεσματικότητας που συνδέεται στενά με την οδηγητική ένταση αφού θεωρείται υποκατάστατό της είναι οι απαιτήσεις ορατότητας (visual demand), (Αυτό διότι η οδήγηση έγκειται κατά βάση στις οπτικές πληροφορίες. Μετρώντας την ποσότητα των εισερχόμενων στον οδηγό πληροφοριών (την ποσότητα της ορατότητας που

απαιτείται), μπορεί να μετρηθεί και η καταπόνηση που επιβάλλεται στον οδηγό.

Οι δείκτες χάραξης χρησιμοποιούνται ευρέως στη σχεδιαστική πρακτική σε χώρες όπου η χάραξη θεωρείται καμπυλόγραμμη. Στη Γερμανία για παράδειγμα, ο δείκτης χάραξης χρησιμοποιείται στην πρόβλεψη της 85<sup>ns</sup> ποσοστιαίας ταχύτητας στα οδικά τμήματα με παρόμοια χαρακτηριστικά χάραξης.

#### 2.4.1 Η χρήση των μεγεθών εκτίμησης συνέχειας σε διάφορες χώρες

Η συνέχεια στο σχεδιασμό χρησιμοποιείται ευρέως στις οδηγίες πολλών χωρών. Στις οδηγίες της Αυστραλίας περιλαμβάνεται ο έλεγχος συνέχειας όπου οι ταχύτητες μελέτης στα διαδοχικά στοιχεία δεν θα πρέπει να διαφέρουν περισσότερο από 10 km/h (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 18). Οι Γάλλοι ερευνητές έχουν βρει ότι είναι απαραίτητος ένας έλεγχος συνέχειας και ότι τα προβλήματα στην ασφάλεια είναι συνδεδεμένα με τις απότομες καμπύλες τις οριζοντιογραφίας που έπονται των μεγάλων ευθυγραμμιών (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 18). Κατά την πρακτική αυτή καθορίζεται η ελάχιστη ακτίνα της καμπύλης που ακολουθεί μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα.

Ο Babkon προτείνει μια τεχνική ταξινόμησης για την ανάλυση των απομονωμένων καμπυλών που έπονται των ευθυγραμμιών, σύμφωνα με την οποία συγκρίνεται η μεταβολή στις λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ των ευθυγραμμιών και των καμπυλών της οριζοντιογραφίας (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 18). Πιο συγκεκριμένα:

- Ασφαλείς είναι οι καμπύλες όταν η μεταβολή στις ταχύτητες είναι μικρότερη από 20%
- Σχετικά ασφαλείς είναι οι καμπύλες όταν η μεταβολή αυτή είναι μεταξύ 20 και 40%

- Επικίνδυνες είναι οι καμπύλες όταν η μεταβολή στις λειτουργικές ταχύτητες είναι μεταξύ 40 και 60%
- Πολύ επικίνδυνες χαρακτηρίζονται οι καμπύλες όταν η μεταβολή στις ταχύτητες είναι μεγαλύτερη από 60%

Πολλές χώρες έχουν αναπτύξει μοντέλα προφίλ ταχυτήτων τα οποία και εφαρμόζουν στη διαδικασία σχεδιασμού. Η Ελβετία αρχικά ανέπτυξε μοντέλα προφίλ ταχυτήτων τα οποία βασίζονται στην ακτίνα της καμπύλης. Η Γερμανία χρησιμοποιεί αντίστοιχα την ελικτικότητα για την πρόβλεψη της ταχύτητας. Παρακάτω παρατίθεται μια σύνοψη της θεώρησης της συνέχειας στην Αυστραλία, τη Βρετανία και τη Γερμανία.

## Αυστραλία

Στις Αυστραλιανές οδηγίες για τους υπεραστικούς δρόμους περιλαμβάνεται μια διαδικασία αξιολόγησης της συνέχειας της ταχύτητας (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 18). Ο McLean συνέταξε μεγάλο μέρος της έρευνας που οδήγησε στη διαδικασία αυτή (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 18). Ο ίδιος επίσης όρισε την επιθυμητή ταχύτητα ως την ταχύτητα την οποία επιλέγουν οι οδηγοί να ταξιδεύουν σε συνθήκες ελεύθερης ροής όταν δεν περιορίζονται από στοιχεία της χάραξης. Ο McLean πρότεινε ότι η επιθυμητή ταχύτητα επηρεάζεται από παράγοντες όπως ο σκοπός του ταξιδιού, η εγγύτητα στις αστικές περιοχές αλλά και από γεωμετρικά χαρακτηριστικά ή τη συνολική ποιότητα της χάραξης του δρόμου. Στις Αυστραλιανές οδηγίες περιλαμβάνεται ένας πίνακας καθορισμένων τιμών ταχυτήτων βάσει της έρευνας του McLean, για διάφορους τύπους εδάφους (π.χ επίπεδο, λοφώδες, ορεινό) και διάφορα εύρη ακτινών των οριζόντιων καμπυλών (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 18).



## Βρετανία

Στην εκτίμηση της συνολικής χάραξης, οι Βρετανοί ενσωματώνουν τόσο τα οριζοντιογραφικά στοιχεία όσο και αυτά που εντοπίζονται κατά μήκος της χάραξης. Οι δείκτες χάραξης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό ταχυτήτων ταξιδιού που βασίζονται σε προκαθορισμένα μοντέλα τα οποία συγκρίνονται με την ταχύτητα μελέτης για το τμήμα του δρόμου. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία απαιτεί λεπτομερή γεωμετρική πληροφορία πριν από την ολοκλήρωση του σχεδιασμού. Τα Βρετανικά πρότυπα αναφέρονται σε μια ταχύτητα ταξιδιού κατά μήκος ενός οδικού τμήματος το οποίο ορίζεται από την ομοιογένεια των οδικών τμημάτων, με ελάχιστο τμήμα όχι μικρότερο από 2km. Η ταχύτητα ταξιδιού προβλέπεται από χαρακτηριστικά όπως η μέση ορατότητα, ο αριθμός των διασταυρώσεων ανά χιλιόμετρο, το πλάτος των ερεισμάτων και έπειτα αυτή ελέγχεται με την δοκιμαστική ταχύτητα μελέτης του τμήματος. Παρόλα αυτά, η προσέγγιση της ταχύτητας ταξιδιού δεν περιλαμβάνει τις ασυνέχειες που σχετίζονται με τα τμήματα μετάβασης μεταξύ των στοιχείων. Έτσι, μπορεί να ενσωματωθεί στο σχεδιασμό μια μικρή καμπύλη που έπεται μεγάλης ευθυγραμμίας ή καμπύλης μεγάλης ακτίνας αφού δεν θα προβλεφθεί ότι για το τμήμα αυτό η ταχύτητα ταξιδιού είναι μικρότερη από την ταχύτητα μελέτης.

## Γερμανία

Η ταχύτητα μελέτης όπως εφαρμόζεται στη Γερμανία βασίζεται σε περιβαλλοντικές και οικονομικές καταστάσεις, στη λειτουργία του οδικού δικτύου, στο σκοπό των μετακινήσεων, στο φόρτο κυκλοφορίας, στις κατηγορίες των δρόμων, στην τοπογραφία κ.ά. Οι περιοριστικές και καθορισμένες τιμές για τα περισσότερα στοιχεία σχεδιασμού κατηγοριοποιούνται βάσει της ταχύτητας μελέτης. Συγκεκριμένα, η ταχύτητα μελέτης καθορίζει:

- Την ελάχιστη ακτίνα των καμπυλών
- Τις μέγιστες κατά μήκος κλίσεις
- Τις ελάχιστες ακτίνες κυρτών κατά μήκος καμπυλών

Η ταχύτητα μελέτης επηρεάζει τα οδικά χαρακτηριστικά και κατά συνέπεια επηρεάζει και την οδική ασφάλεια, το φόρτο κυκλοφορίας αλλά και το κόστος. Η γερμανική πρακτική απαιτεί την εφαρμογή σταθερής ταχύτητας μελέτης σε μεγάλο μήκος οδικών τμημάτων ή σε συγκεκριμένες κατηγορίες δρόμων.

Εκτός από την ταχύτητα μελέτης, στις γερμανικές οδηγίες ορίζεται και η λειτουργική ταχύτητα. Η λειτουργική ταχύτητα αντιστοιχεί στην 85<sup>η</sup> λειτουργική ταχύτητα των επιβατηγών οχημάτων κάτω από ελεύθερες συνθήκες, σε στεγνές ή βρεγμένες επιφάνειες. Η 85<sup>η</sup> ποσοστιαία ταχύτητα αποτελεί μια παράμετρο αξιολόγησης μεμονωμένων σχεδιαστικών παραμέτρων όπως

- Τις επαρκείς επικλίσεις
- Τα απαραίτητα μήκη ορατότητας για στάση και τις αντίστοιχες ακτίνες στις κυρτές κατακόρυφες καμπύλες.

Καθώς η 85<sup>η</sup> ποσοστιαία ταχύτητα είναι συνήθως μεγαλύτερη από την ταχύτητα μελέτης, ειδικά στις χαμηλότερες ταχύτητες, αποτελεί και έναν επιπλέον παράγοντα οδικής ασφάλειας για τα χαρακτηριστικά του δρόμου.

Στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας, θα πρέπει να επικρατεί μια ισορροπία μεταξύ της ταχύτητας μελέτης και της 85<sup>ης</sup> ποσοστιαίας ταχύτητας για να διασφαλιστεί ότι τα οδικά χαρακτηριστικά και η οδηγική συμπεριφορά συμπίπτουν μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να έχουν διαφορά μεταξύ τους μεγαλύτερη των 20km/h. Οι Γερμανοί σχεδιαστές λαμβάνουν υπόψη και άλλες παραμέτρους κατά τον έλεγχο της συνέχειας του σχεδιασμού ενός δρόμου. Οι παράμετροι αυτοί περιλαμβάνουν το μήκος των καμπυλών, τα τμήματα μετάβασης, τις ευθυγραμμίες καθώς και τις ακτίνες όλων των καμπυλών. Επιπροσθέτως, στις σχεδιαστικές οδηγίες των Γερμανών χρησιμοποιούνται και νομογραφήματα τα οποία παρέχουν καθοδήγηση στους ασφαλείς συνδυασμούς μεταξύ των διαδοχικών καμπυλών.

Το μήκος των ευθύγραμμων τμημάτων μεταξύ των καμπυλών περιορίζεται από την ταχύτητα μελέτης. Έτσι, σύμφωνα με τις

γερμανικές οδηγίες το μέγιστο μήκος μεταξύ των καμπυλών σε μέτρα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το εικοσαπλάσιο (σε μέτρα) της ταχύτητας μελέτης (km/h) για το συγκεκριμένο δρόμο. Αντίστοιχα, δεν επιτρέπεται και η εφαρμογή μικρού μήκους ευθυγραμμίες, κυρίως όμως για αισθητικούς λόγους. Έτσι λοιπόν, το ελάχιστο μήκος ευθυγραμμίας (σε μέτρα) θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 φορές η ταχύτητα μελέτης (km/h). Με τον τρόπο αυτό υπάρχει έλεγχος των μεγάλων ευθυγραμμιών και υιοθετείται μια πιο καμπυλόγραμμη χάραξη.

Ακόμα, οι Γερμανοί χρησιμοποιούν την ελικτότητα για την περιγραφή των οδικών χαρακτηριστικών και για να αποτρέψουν απότομες και επικίνδυνες μεταβάσεις στις λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ ομοιογενών τμημάτων των δρόμων (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 18). Η ελικτότητα ορίζεται ως το άθροισμα κατ' απόλυτη τιμή των γωνιακών αλλαγών στη χάραξη της οριζοντιογραφίας διαιρεμένο από το μήκος του οδικού τμήματος.

Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι η μέθοδος της ελικτότητας είναι η πιο χρηστική για την πρόβλεψη των αλλαγών στο προφίλ των λειτουργικών ταχυτήτων κατά μήκος ενός επαρχιακού δρόμου που προέρχονται από τις ασυνέχειες της οριζοντιογραφικής χάραξης- σε σύγκριση με τις γραφικές τεχνικές του προφίλ ταχυτήτων που προτείνονται για χρήση στις Η.Π.Α και το θεωρητικό μοντέλο ταχυτήτων που χρησιμοποιείται από τις Ελβετικές οδηγίες (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 18).

Η χρήση της μεθόδου αυτής και η υιοθέτηση της παραμέτρου της ελικτότητας ευνοείται στην Ελλάδα αφού όπως και στους Γερμανικούς δρόμους, υπάρχουν ομοιότητες στα οδικά χαρακτηριστικά που εντοπίζονται σε ένα οδικό τμήμα. Ακόμα, οι Ελληνικοί όπως και οι Γερμανικοί δρόμοι είναι σχεδιασμένοι με λίγες ευθυγραμμίες και πολλές καμπύλες και κατά συνέπεια είναι εύκολος ο προσδιορισμός των σημείων με παρόμοια χάραξη. Στην έρευνα τους, οι Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger, (Part I, σελ.154, 1987) έδειξαν ότι για μια καμπυλόγραμμη χάραξη, η μέθοδος της ελικτότητας μπορεί να είναι πιο πλεονεκτική στη χρήση της από τη μέθοδο Βαθμού καμπυλότητας.

## 2.4.2 Η εφαρμογή της ταχύτητας μελέτης στο σχεδιασμό

Η ταχύτητα μελέτης έχει αποτελέσει ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται κατά το σχεδιασμό μιας οδού. Η ταχύτητα αυτή χρησιμοποιείται για να καθορίσει αρκετά από τα χαρακτηριστικά μιας οδού. Χρησιμοποιώντας ένα μόνο χαρακτηριστικό προκειμένου να καθορίσουμε τις τιμές διαφόρων κριτηρίων που επηρεάζουν τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά μιας οδού, τα βασικά αυτά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν θεωρητικά να έχουν συνέπεια με τις ανάγκες των οδηγών. Σχετικά με την έννοια της ταχύτητας μελέτης στις Η.Π.Α, οι Jack E. και Joel P. Leisch Έχουν αναφέρει τα ακόλουθα το 1977 (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 10):

Η έννοια της ταχύτητας μελέτης εισήχθη κατά τη διάρκεια του 1930 και η εφαρμογή της υιοθετήθηκε τη δεκαετία του 1940. Δύο δημοσιεύσεις (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 10) στα «highway geometrics» έπαιξαν ένα σημαντικό ρόλο στη θέσπιση αυτής της σχεδιαστικής οδηγίας, η οποία με ελάχιστες τροποποιήσεις χρησιμοποιήθηκε στις Geometric Policies της American Association of Highway Officials (AASHO) (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 10). Παρόλα αυτά, λόγω των σύγχρονων κυκλοφοριακών συνθηκών και των οδηγικών χαρακτηριστικών, είναι προφανές ότι το concept και οι εφαρμογές του πρέπει να ανανεωθούν.

Ο ορισμός του Barnett το 1936 για την ταχύτητα μελέτης αναφέρει ότι είναι η μεγαλύτερη δυνατή ομοιόμορφη ταχύτητα που θα υιοθετούσε το ταχύτερο γκρουπ οδηγών από το σύνολο των χρηστών οχημάτων, εκτός κατοικημένων περιοχών (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 2). Η έννοια της ταχύτητας μελέτης τεκμαίρεται ότι οι καμπύλες ανταποκρίνονται ή υπερβαίνουν τα κριτήρια για την επιλεγμένη ταχύτητα μελέτης. Αρχικά, η έννοια της ταχύτητας μελέτης διεπόταν από δύο βασικές αρχές:

- Όλες οι καμπύλες κατά μήκος μιας οδού θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες για την ίδια ταχύτητα

- Η ταχύτητα μελέτης θα πρέπει να ανταποκρίνεται στην ομοιόμορφη εκείνη ταχύτητα με την οποία επιθυμεί να ταξιδεύει ένα μεγάλο ποσοστό χρηστών του δρόμου.

Ένα πρόβλημα στη χρήση της ταχύτητας μελέτης όπως εφαρμόζεται σήμερα είναι ότι ειδικά στις χαμηλές ταχύτητες, οι αλλαγές στη χάραξη μεταβάλλουν τις λειτουργικές ταχύτητες. Αυτό συμβαίνει διότι η ταχύτητα μελέτης καθορίζεται από τις καμπύλες της οριζοντιογραφίας γεγονός που επηρεάζει τον οδηγό να αυξήσει την ταχύτητά του στα ευθύγραμμα τμήματα της χάραξης ενώ μετά απαιτείται από αυτόν να μειώσει την ταχύτητά του στις πιο απότομες καμπύλες.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι πολλές φορές η ταχύτητα μελέτης είναι μικρότερη από την προσδοκία και την κρίση του οδηγού σχετικά με το ποιά θα έπρεπε να είναι η λογική ταχύτητα. Ένας οδηγός αναμένει τη χρήση μεγάλης ταχύτητας μελέτης σε μια ανοιχτή και επίπεδη περιοχή αλλά αναγνωρίζει ακόμα και χωρίς πραγματική επίγνωση τη δυσκολία της κατάστασης σε μια ορεινή περιοχή ή σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να χρησιμοποιείται η ταχύτητα η οποία ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν στις φυσικές τάσεις των οδών. Σε πολλούς δρόμους, ο αποκλεισμός των απότομων καμπυλών προκειμένου να αυξηθεί η ταχύτητα μελέτης θα είχε ως αποτέλεσμα ένα πιο αρμονικό, συνεχή και ασφαλή σχεδιασμό. Σε άλλους δρόμους, ο καθορισμός της χάραξης μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη ομοιόμορφων ταχυτήτων με την εισαγωγή καμπυλών της κατάλληλης ακτίνας και με την συμβατή τροποποίηση κάποιων άλλων.

Το ζητούμενο δεν είναι μόνο μια λογική και αποδεκτή ταχύτητα μελέτης αλλά και μία που θα παράγει σχετικά ομοιόμορφες λειτουργικές ταχύτητες. Ενώ το ζητούμενο αυτό ανταποκρίνεται πλήρως στις μεγάλες ταχύτητες μελέτης, στις μικρές και μεσαίες ταχύτητες μελέτης τα ευθύγραμμα τμήματα που παρεμβάλλονται

μεταξύ των καμπυλών τείνουν να αυξάνουν κατά πολύ τις λειτουργικές ταχύτητες και να ξεπερνούν σε σημαντικό βαθμό την ταχύτητα μελέτης.

Αυτή η ασυνέχεια στη σχεδιαστική φιλοσοφία μπορεί να παραβιάζει τις προσδοκίες των οδηγών σχετικά με την αντίληψή τους για το δρόμο. Οι οδηγοί δηλαδή μπορεί να υποθέσουν μια ασφαλή λειτουργική ταχύτητα βασιζόμενοι σε προηγούμενα οριζοντιογραφικά στοιχεία, η οποία μπορεί να είναι υψηλότερη από την ταχύτητα μελέτης του δρόμου, έχοντας ως αποτέλεσμα μεγάλες αυξομειώσεις στην ταχύτητα.. Οι Leisch και Leisch (όπως αναφέρεται στο Awatta M. και Hassan Y. 2002) κατέληξαν ότι η έννοια της ταχύτητας μελέτης δεν εξασφάλιζε και εγγυόταν συνέχεια στα οριζοντιογραφικά στοιχεία των υπεραστικών οδών εξαιτίας της εναλλαγής της λειτουργικής ταχύτητας όταν η ταχύτητα μελέτης είναι μικρότερη από 90 km/h. Οι Αμερικανικοί κανονισμοί οδοποιίας (Green Book) αναφέρουν ότι μεμονωμένα χαρακτηριστικά σχεδιασμένα για υψηλότερες ταχύτητες δεν θα ενθάρρυναν απαραίτητα τους οδηγούς να αυξήσουν ταχύτητα, παρότι μια ακολουθία τέτοιων χαρακτηριστικών θα το έκανε. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ολόκληρο το τμήμα του δρόμου θα έπρεπε να έχει σχεδιαστεί για υψηλότερη ταχύτητα. Μια αξιολογή σε μήκος ευθυγραμμία μεταξύ των τμημάτων της καμπύλης είναι επίσης πιθανό να ενθαρρύνει την οδήγηση σε υψηλότερες ταχύτητες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μια υψηλότερη ταχύτητα θα πρέπει να επιλεγεί για όλα τα γεωμετρικά στοιχεία και να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο μήκος ορατότητας στις κυρτές καμπύλες και κατά μήκος της εσωτερικής γραμμής μεταξύ των κέντρων των καμπυλών (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 2).

Μία κριτική του McLean στην έννοια της ταχύτητας μελέτης είναι ότι η ταχύτητα μελέτης έχει χρησιμοποιηθεί σαν μέσο σχεδιασμού των οριζόντιων και κατά μήκος καμπυλών και ότι η ταχύτητα μελέτης δεν έχει καμία απολύτως σημασία σε ότι αφορά τα μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 2). Οι Krammes και Glascock υποστηρίζουν την κριτική του McLean και χαρακτηρίζουν την ευθυγραμμία ως ένα περιορισμό στη χρήση της ταχύτητας μελέτης ως κριτήριο στο σχεδιασμό. Αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι η ταχύτητα μελέτης εφαρμόζεται μόνο σε καμπύλες

τόσο οριζοντιογραφικά όσο και κατά τη μηκοτομή τους, όχι στις ευθυγραμμίες που ενώνουν αυτές τις καμπύλες.

Οι ανησυχίες στο κομμάτι της συνέχειας προκύπτουν όταν μεγάλες ευθυγραμμίες επιτρέπουν στους οδηγούς να αναπτύξουν την επιθυμητή ταχύτητα η οποία προκύπτει να είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα μελέτης της επικείμενης καμπύλης.

Οι Leisch and Leisch εκφράζουν διάφορες ανησυχίες με τη φιλοσοφία της ταχύτητας μελέτης, αλλά αναγνωρίζουν την ευρεία διάδοση αυτής της έννοιας (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 2). Ενσωμάτωσαν λοιπόν έναν έλεγχο συνέχειας στη διαδικασία της ταχύτητας μελέτης που να αντιπροσωπεύει την πιθανή λειτουργική ταχύτητα που καθορίζεται από το σχεδιασμό και το συσχετισμό των φυσικών χαρακτηριστικών ενός δρόμου. Στην καλύτερη περίπτωση σχετικά με την ποιότητα σχεδιασμού, προτείνουν μια μέγιστη απόκλιση στις ταχύτητες μελέτης μεταξύ των χαρακτηριστικών της τάξης των 15 km/h (9.3 mph). Τα χαρακτηριστικά που δεν ανταποκρίνονται σε αυτό το κριτήριο θεωρούνται ως ασυνεχή. Περαιτέρω επισημάνσεις δίνονται για τις διαφορές στις ταχύτητες μεταξύ των επιβατηγών οχημάτων και των φορτηγών αλλά οι προτάσεις αυτές βασίζονται στις λειτουργικές ταχύτητες παρά στην ταχύτητα μελέτης.

Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές αναπτύσσουν νέες μεθόδους αξιολόγησης της συνέχειας στο γεωμετρικό σχεδιασμό για να συμπληρώσουν την έννοια της ταχύτητας μελέτης. Συγκεκριμένα, σε πολλές χώρες έχουν ενσωματωθεί νέες οδηγίες αξιολόγησης της συνέχειας σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας προκειμένου να επιτευχθούν μεγαλύτερα επίπεδα ασφαλείας.

### 2.4.3 Λειτουργική ταχύτητα και μοντέλα ταχυτήτων

Με τα μοντέλα πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας μπορούμε να εκτιμήσουμε τις διαφορές στις ταχύτητες μεταξύ διαδοχικών στοιχείων. Η ύπαρξη καμπυλών συνήθως δεν ευνοεί την ανάπτυξη επιθυμητής ταχύτητας από τους οδηγούς. Κατά συνέπεια, για να διέλθουν με άνεση

και ασφάλεια οι οδηγοί από πολύ κλειστές καμπύλες, θα πρέπει να επιβραδύνουν το όχημά τους πολύ. Τα μοντέλα όμως που βασίζονται στην πρόβλεψη της ταχύτητας, υποθέτουν πως οι λειτουργικές ταχύτητες παραμένουν σταθερές κατά μήκος της καμπύλης. Κατά την έξοδο της καμπύλης υπάρχει επιταχυνόμενη κίνηση και η πρόβλεψη των λειτουργικών ταχυτήτων στις ευθυγραμμίες βασίζεται στις τιμές που λαμβάνονται για το βαθμό επιτάχυνσης και επιβράδυνσης για το μήκος και την κλίση της κάθε ευθυγραμμίας. Έτσι λοιπόν, με τη γνώση αυτών των στοιχείων, μπορούμε να αναπαραστήσουμε γραφικά με διάφορα προγράμματα (π.χ ΟΔΟΣ) τις λειτουργικές ταχύτητες και τις διαφορές αυτών μεταξύ των διάφορων στοιχείων του δρόμου.

Σε πολλές έρευνες έχουν διερευνηθεί οι συσχετισμοί μεταξύ ποικίλων στοιχείων και στο πως επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα. Παρακάτω συνοψίζονται οι συσχετισμοί αυτοί που έχουν αναγνωριστεί στη βιβλιογραφία.

- Σύμφωνα με την ανάλυση των μοντέλων ταχυτήτων που έχουν αναπτυχθεί για τις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας, τα περισσότερα από αυτά χρησιμοποιούν μόνο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της καμπύλης ως ανεξάρτητες μεταβλητές για την εκτίμηση των ταχυτήτων στις καμπύλες, ενώ υποθέτουν μια σταθερή τιμή ως τη μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να επιτευχθεί σε μεγάλες ευθυγραμμίες (συνήθως 100 ή κοντά στα 100km/h). Επίσης, δεν λαμβάνεται γενικά υπόψη στα μοντέλα ο γενικός χαρακτήρας της χάραξης κατά τη διαδικασία εκτίμησης των ταχυτήτων στις καμπύλες και τις ευθυγραμμίες. Μόνο το μοντέλο των Fitzpatrick et al. (όπως αναφέρεται στο Marchionna A., Perco P., 2007) συμπεριλαμβάνει το συνδυασμό των στοιχείων της οριζοντιογραφικής και της κατά μήκος χάραξης, χρησιμοποιώντας διαφορετικές εξισώσεις για την πρόβλεψη των λειτουργικών ταχυτήτων στις καμπύλες, ως συνάρτηση των συνθηκών της κατά μήκος χάραξης. Σε όλα τα μοντέλα θεωρούνται σταθερές τιμές για τους ρυθμούς επιτάχυνσης και επιβράδυνσης ( $0.80-0.85m/s^2$ ) με εξαίρεση αυτό των Fitzpatrick et al. (στο Marchionna A., Perco P., 2007), το οποίο περιλαμβάνει τους ρυθμούς



επιτάχυνσης και επιβράδυνσης ως συνάρτηση της ακτίνας της καμπύλης.

- Σε μια έρευνα της FHWA που διεξήχθη στα τέλη του 1990 έγινε προσπάθεια πρόβλεψης της λειτουργικής ταχύτητας για διαφορετικές συνθήκες σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας όπως στις οριζοντιογραφικές καμπύλες, στα ευθύγραμμα τμήματα και στα τμήματα πριν ή μετά τις καμπύλες της οριζοντιογραφίας (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 5). Παρακάτω συνοψίζονται τα ευρήματα της συγκεκριμένης έρευνας για διαφορετικούς τύπους χαράξεων.

## Οριζοντιογραφικές Καμπύλες

Σύμφωνα με την έρευνα της FHWA 1999, όσο αυξάνεται η ακτίνα από τα 0 στα 400m, οι 85<sup>ε5</sup> ποσοστιαίες ταχύτητες αυξάνονται αισθητά για όλα τα τμήματα. Η αύξηση στις ταχύτητες για ακτίνες μεγαλύτερες από τα 400m δεν είναι τόσο μεγάλη. Η μεταβλητή που είχε τη μεγαλύτερη συσχέτιση με τη V<sub>85</sub> βρέθηκε ότι είναι η αντίστροφη της ακτίνας. Με βάση τα δεδομένα, η μέγιστη λειτουργική ταχύτητα στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας και των ευθυγραμμιών ορίστηκε στα 100 km/h.

## Ευθυγραμμίες

Η εκτίμηση των ταχυτήτων στις καμπύλες είναι ευκολότερη από την πρόβλεψη αυτών σε ευθύγραμμα τμήματα λόγω της μεγάλης συσχέτισης της ταχύτητας από λίγες ορισμένες και περιοριστικές μεταβλητές, όπως η καμπυλότητα, η επίκλιση και οι συντελεστές πλευρικής τριβής μεταξύ του δρόμου και των ελαστικών. Στις ευθυγραμμίες από την άλλη, η ταχύτητα των οχημάτων εξαρτάται από ένα ευρύ φάσμα οδικών χαρακτηριστικών (π.χ από το μήκος της ευθυγραμμίας, την ακτίνα της καμπύλης πριν και μετά το ευθύγραμμο τμήμα, από την κατά μήκος κλίση και το διατιθέμενο μήκος ορατότητας). Λίγες μελέτες μέχρι σήμερα έχουν ασχοληθεί με αυτό το θέμα διότι απαιτείται μια σημαντική βάση δεδομένων προκειμένου να αναγνωριστούν αξιόλογες τάσεις και απαιτείται πολύ ουσιαστική και σημαντική προσπάθεια προκειμένου να δημιουργηθεί ένα τέτοιο μοντέλο πρόβλεψης ταχύτητας. Στην έρευνα της FHWA 1999 πραγματοποιήθηκε μια τέτοια προσπάθεια χρησιμοποιώντας λειτουργικές ταχύτητες σε 162 ευθύγραμμα τμήματα σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 8). Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία ενός μεγάλου αριθμού μοντέλων για την καλύτερη πρόβλεψη της λειτουργικής ταχύτητας. Οι αναλύσεις έδειξαν ότι κατά τον προσδιορισμό της V<sub>85</sub> στο μέσον ενός ευθύγραμμου τμήματος, είναι απαραίτητη η παρατήρηση ενός μεγαλύτερου τμήματος-το οποίο περιλαμβάνει την προηγούμενη και την επικείμενη καμπύλη-διότι αυτές

αποτελούν τις σημαντικότερες μεταβλητές που επηρεάζουν την ταχύτητα. Ερευνήθηκε η επιρροή δευτερευόντων γεωμετρικών μεταβλητών και βρέθηκε ότι αυτή είναι ασήμαντη συγκριτικά με την αντίστοιχη των κύριων μεταβλητών.

- Οι Polus et al (όπως αναφέρεται στο Bird, R. N. και Hashim, I. H 2005) από μια έρευνα 162 ευθύγραμμων τμημάτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας στις Η.Π.Α, συμπέρανε ότι ήταν ανεπαρκής η χρήση ενός μόνο μοντέλου για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων στις ευθυγραμμίες. Πρότειναν διαφορετικά μοντέλα που βασίζονταν στο μήκος της ευθυγραμμίας και στις ακτίνες τις προηγούμενης και της επερχόμενης της ευθυγραμμίας καμπύλης.

- Hashim

### **Οριζοντιογραφικές Καμπύλες**

Στην διδακτορική έρευνα του Hashim I.H., αναπτύσσονται μοντέλα τόσο απλής όσο και πολλαπλής παλινδρόμησης, εξετάζονται δηλαδή πολλοί παράμετροι της οριζοντιογραφίας για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων στις καμπύλες. Παρόλα αυτά, από τα προτεινόμενα μοντέλα, αυτό που περιελάμβανε μία μόνο μεταβλητή (την ακτίνα για τις καμπύλες), κρίθηκε άκρως αποτελεσματικό για τη χρήση του σε αντίθεση με το μοντέλα πολλών μεταβλητών το οποίο είναι χρήσιμο μόνο όταν διατίθενται επαρκή δεδομένα.

### **Ευθυγραμμίες**

Από τη μέτρηση 31 ευθύγραμμων τμημάτων, αναπτύχθηκαν μοντέλα πρόβλεψης των λειτουργικών ταχυτήτων στις ευθυγραμμίες. Από την ανάλυση των μοντέλων παλινδρόμησης βρέθηκε πως αντίθετα με τις καμπύλες, το μοντέλο που περιγράφεται από το μήκος της ευθυγραμμίας αλλά και από το μέσο βαθμό καμπυλότητας (τη μέση τιμή του βαθμού καμπυλότητας της προηγούμενης και επόμενης καμπύλης της ευθυγραμμίας) εκτιμά τη λειτουργική ταχύτητα με

μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι αν η μοναδική επεξηγηματική μεταβλητή είναι το μήκος της ευθυγραμμίας.

- Στην έρευνα των Marchionna A., Perco P., 2007, εξετάστηκαν καμπύλες και ευθυγραμμίες της N-A Ιταλίας μέγιστης κατά μήκος κλίσης 4% καθώς η ανάλυση περιελάμβανε μόνο τα χαρακτηριστικά της οριζοντιογραφικής χάραξης. Η ανεξάρτητη μεταβλητή που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων ήταν η ελικτότητα, για την οποία αναπτύχθηκαν τέσσερις εξισώσεις πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας, ανάλογα με τις τιμές του τεταμένου της καμπύλης. Η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε διότι η πρόβλεψη των ταχυτήτων στις καμπύλες μικρής ελικτότητας, παρουσίαζε ανώμαλη κατανομή. Σύμφωνα με τους συγγραφείς της έρευνας, αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι στις καμπύλες μικρής ακτίνας, η ταχύτητα είναι πιο περιορισμένη ενώ στις καμπύλες μεγάλης ακτίνας οι οδηγοί μπορούν να κινηθούν πιο ελεύθερα με αποτέλεσμα να μπορούν να επιλέξουν την ταχύτητα με την οποία επιθυμούν να κινηθούν.

- Lamm et al.

Από την έρευνα των Choueiri Elias M. and Lamm Ruediger, 1987 η οποία βασίστηκε σε δείγμα μετρήσεων από 260καμπύλες της Νέας Υόρκης, εκτιμήθηκαν μοντέλα εκτίμησης των λειτουργικών ταχυτήτων ως συνάρτηση του βαθμού καμπύλης. Οι εξισώσεις που αναπτύχθηκαν βασίζονται (όπως αναφέρεται στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al. 2003) στις εργασία του για την ανάπτυξη των γερμανικών οδηγιών για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων. Η γερμανική προσέγγιση χρησιμοποιεί την ελικτότητα ως την ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξίσωση παλινδρόμησης για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων. Στην έρευνά τους, οι Elias M. και Lamm Ruediger 1987, δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές στη χρήση του βαθμού καμπυλότητας ή της ελικτότητας, πρότειναν όμως τη χρήση του πρώτου για τις Η.Π.Α καθώς είναι πιο συνήθης η χρήση του στο σχεδιασμό. Επιπλέον, καθώς ο Αμερικάνικος σχεδιασμός για τους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας αποτελείται κατά βάση από την αλληλουχία

ευθυγραμμίων και καμπυλών, χρησιμοποιείται ο βαθμός καμπύλης για τον εντοπισμό κρίσιμων αλλαγών στις λειτουργικές ταχύτητες στην οριζοντιογραφική χάραξη. Στην περίπτωση των καμπυλόγραμμων χαράξεων, η μέθοδος της ελικτότητας μπορεί να πλεονεκτεί σε σχέση με το βαθμό της καμπύλης (Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger, Part I, σελ.154, 1987).

#### 2.4.3.1 Σύνοψη των μοντέλων πρόβλεψης ταχύτητας στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας

Όπως διαπιστώθηκε από ένα μεγάλο αριθμό ερευνών που σχετίζονται με το αντικείμενο αυτό, υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ακτίνας μιας καμπύλης. Συγκεκριμένα, όσο μειώνεται η ακτίνα ή αντίστοιχα αυξάνεται η ελικτότητα, η λειτουργική ταχύτητα μειώνεται. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) παρατίθενται συνοπτικά ορισμένα μοντέλα πρόβλεψης ταχύτητας στο μέσο μιας καμπύλης υπεραστικής οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας. Αντίστοιχα, στον Πίνακα 3 παρατίθεται η σύνοψη του μοντέλου των Polus et al. (2000) που αφορά τη λειτουργική ταχύτητα σε ευθυγραμμίες ίδιας κατηγορίας οδών.

Συγγραφέας	Μεταβλητή						R <sup>2</sup>
	Βαθμός καμπύλης	Ακτίνα	Μήκος καμπύλης	Γωνία Αλλαγής Κατεύθυνσης	Υπονοούμενη ταχύτητα μελέτης	Κατά μήκος κλίση	
Tarigan (1954)	X						0.74
Dept of Main Roads, New South Wales (1969)		X					0.83
Emmerson (1969)		X					na
McLean (1979)		X			X		0.92
Glennon (1983)	X						0.84
Lamm (1988)	X						0.79
Krammes et al. (1993)	X		X	X			0.82
Islam et al. (1994)	X						0.98
Fitzpatrick et al. (1999)		X				X	0.53- 0.76
Schurr et al. (2002)			X	X		X	0.46

Πίνακας 2.Μεταβλητές που επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα που αναπτύσσονται στο μέσο των καμπυλών στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας

Συγγραφέας	Μεταβλητή		Κατά μήκος κλίση
	Προηγούμενη και επόμενη καμπύλη	Μήκος Ευθυγραμμίας	
Polus et al. (2000)	X	X	

Πίνακας 3. Μεταβλητές που επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα που αναπτύσσεται στις ευθυγραμμίες στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας

#### 2.4.3.2 Κανόνες που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα

Όπως φαίνεται από τη βιβλιογραφική επισκόπηση, στις Ευρωπαϊκές οδηγίες υπάρχουν σε κάποιο βαθμό οι διαδικασίες ελέγχου των ταχυτήτων μελέτης με το σχέδιο της χάραξης για νέες μελέτες ή ανακατασκευές οδικών τμημάτων προκειμένου να επιτευχθεί η συνέχεια στη χάραξη.

Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι συστηματικής αξιολόγησης της συνέχειας στο σχεδιασμό της οριζοντιογραφίας και της επίδρασης στις λειτουργικές ταχύτητες. Μία είναι και η μέθοδος του Leisch για τις Η.Π.Α και χρησιμοποιείται από την Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας και την Ελβετία. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, μειώνοντας τη μεταβολή της λειτουργικής ταχύτητας μεταξύ δύο οδικών τμημάτων με ανομοιότητες στα οδικά χαρακτηριστικά περιορίζονται και οι κρίσιμοι ελιγμοί που θα απαιτούνταν από τους οδηγούς. Για τις λειτουργικές ταχύτητες λοιπόν μεταξύ των διαδοχικών στοιχείων σχεδιασμού έχουν προταθεί οι εξής μέγιστες επιτρεπόμενες μεταβολές:

Μέθοδος Leisch, U.S (13) :  $\Delta V \leq 10 \text{mph} (16 \text{km/h})$

Γερμανικές οδηγίες (24) :  $\Delta V \leq 6 \text{mph} (10 \text{km/h})$

Ελβετικές οδηγίες (26):  $\Delta V \leq 12 \text{mph} (20 \text{km/h})$  για ταχύτητες σχεδιασμού  $\geq 45 \text{mph} (70 \text{km/h})$  και  $\Delta V \leq 6 \text{mph} (10 \text{km/h})$  για ταχύτητες σχεδιασμού  $< 45 \text{mph} (70 \text{km/h})$

Στη συνέχεια, περιγράφονται συνοπτικά τα διαφορετικά βήματα εντοπισμού των ασυνεχειών στη λειτουργική ταχύτητα για τα επιβατηγά οχήματα, σε κάθε μια από τις παραπάνω μεθόδους.

- Η μέθοδος Leisch

Το κλειδί στην εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι ο καθορισμός της λειτουργικής ταχύτητας σε διαδοχικά σημεία κατά μήκος της διαδρομής προκειμένου να διευκολυνθεί ο προσδιορισμός του προφίλ των ταχυτήτων (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I,



σελ 28). Όπως περιγράφεται από τη διατριβή του Leisch, τα βασικά χαρακτηριστικά του προφίλ ταχυτήτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

1. Συνθήκες ελεύθερης ροής χρησιμοποιώντας τις μέσες ταχύτητες της κυκλοφορίας κάτω από ευνοϊκές συνθήκες-μέρα, καλός καιρός κ.λ.π

2. Οι μέγιστες μέσες ταχύτητες είναι αντιπροσωπευτικές των ελεύθερα κινούμενων επιβατηγών οχημάτων σε σχετικά ευθύγραμμα τμήματα χωρίς την επίδραση άλλων γεωμετρικών περιορισμών.

3. Οι μέσες ταχύτητες στις οριζοντιογραφικές καμπύλες σε συνδυασμό με τη σχέση των μέσων τρεχουσών ταχυτήτων στην ταχύτητα μελέτης.

4. Οι αποστάσεις επιτάχυνσης και επιβράδυνσης για τα επιβατηγά οχήματα υπολογίζονται από νομογραφήματα.

Όπως σημειώνεται, το προφίλ ταχυτήτων αποτελείται βασικά από δύο στοιχεία ταχυτήτων, αυτές στις στροφές και τις μέγιστες μέσες ταχύτητες στα ευθύγραμμα τμήματα του δρόμου. Συγκρίνοντας το προφίλ ταχυτήτων σε διαδοχικά οδικά τμήματα, για παράδειγμα μεταξύ ευθυγραμμίων και καμπυλών ή μεταξύ καμπυλών με διαφορετικές ταχύτητες, βάση του κανόνα του Leisch για τα 10mph, μπορούν να εντοπιστούν ασυνέχειες και κατά συνέπεια μπορεί να προσαρμοστεί ο σχεδιασμός προκειμένου να τις περιορίσει. Καθώς η μέθοδος αυτή καθορίζει και τα μήκη επιτάχυνσης και επιβράδυνσης, μπορούν να βγουν συγκεκριμένα συμπεράσματα για τις μειώσεις των ταχυτήτων κατά την προσέγγιση στην καμπύλη, για τα μήκη ορατότητας και την τοπογραφία όταν χρησιμοποιούνται τα νομογραφήματα του Leisch. Διαφορετικοί σχεδιαστές μπορεί να αναπτύξουν διαφορετικές γνώμες σχετικά με αυτές τις υποθέσεις και κατά συνέπεια η εφαρμογή αυτής της διαδικασίας μπορεί να καταστεί δύσκολη για τη χρήση σε πρακτικές σχεδιασμού όλων των δρόμων.

Η μέθοδος του Leisch είναι μια από τις πρώτες μεθόδους που αναπτύχθηκαν στις Η.Π.Α και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της συνέχειας στην οριζοντιογραφική και κατά μήκος χάραξη ενός δρόμου. Η επίδραση του πλάτους των λωρίδων στις λειτουργικές ταχύτητες δεν περιλαμβάνεται σε αυτή τη διαδικασία.

- Ελβετικές οδηγίες

Η Ελβετία εφαρμόζει ένα μοντέλο ταχυτήτων για την εξέταση της συνέχειας στην οριζοντιογραφική χάραξη και στην αναγνώριση επικίνδυνων αλλαγών ή μεταβάσεων στο προφίλ των ταχυτήτων που επιφέρουν οι αλλαγές στην οριζοντιογραφική χάραξη. Αυτό το μοντέλο ταχύτητας αναπαριστά τη θεωρητική αλλαγή της ταχύτητας σχεδιασμού ως συνάρτηση της οριζόντιας καμπυλότητας. Οι βασικές υποθέσεις του μοντέλου ταχυτήτων είναι:

1. ο οδηγός επιλέγει την ταχύτητα που ανταποκρίνεται στην ακτίνα της οριζόντιας χάραξης παρατηρώντας τα γενικά όρια ταχυτήτων.
2. η ταχύτητα σχεδιασμού είναι σταθερή κατά μήκος της καμπύλης.
3. σε ευθύγραμμες χαράξεις, η ταχύτητα σχεδιασμού αναφέρεται στο γενικό όριο ταχύτητας.
4. ο οδηγός προσαρμόζει την ταχύτητά του στο επικείμενο στοιχείο οριζοντιογραφίας.
5. η επιβράδυνση του οχήματος σε μια καμπύλη ολοκληρώνεται στην είσοδο της καμπύλης.
6. η επιτάχυνση αρχίζει στην έξοδο της καμπύλης.
7. οι ρυθμοί επιτάχυνσης και επιβράδυνσης είναι ίσοι και σταθεροί ( $0.8\text{m/sec}^2$ ).

Η ύπαρξη ασυνέχειας εντοπίζεται όταν υπάρχει διαφορά μεταξύ των λειτουργικών ταχυτήτων διαδοχικών οδικών τμημάτων μεγαλύτερη από  $20\text{km/h}$  για ταχύτητες σχεδιασμού μεγαλύτερες από  $70\text{km/h}$  ή  $10\text{km/h}$  για ταχύτητες σχεδιασμού μικρότερες από  $70\text{km/h}$ .

Λόγω των απλοποιητικών υποθέσεων αυτής της μεθόδου, καθίσταται εύκολη η χρήση της. Σχετικά με την κατά μήκος χάραξη, οι Ελβετοί υποθέτουν ότι η επιρροή των κλίσεων μπορεί να αγνοηθεί αν αυτές είναι κάτω από 7%. Στη διαδικασία αυτή δεν περιλαμβάνεται και η επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος.

- Γερμανικές οδηγίες

Σε αντίθεση με τις μεθόδους του Leisch και αυτές της Ελβετίας, οι γερμανικές σχεδιαστικές οδηγίες ακολουθούν διαφορετική προσέγγιση για την επίτευξη της συνέχειας στην οριζοντιογραφική χάραξη. Αντί της χρήσης μεμονωμένων καμπύλων και προφίλ ταχυτήτων, οι Γερμανοί χρησιμοποιούν την παράμετρο της ελικτότητας για να περιγράψουν την καθολική ομοιογένεια του δρόμου και την αποφυγή έντονων μεταβάσεων στις λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ των ομογενών τμημάτων των δρόμων.

Μέσω παρατηρήσεων πεδίου στη Γερμανία, η λειτουργική ταχύτητα βρέθηκε να παραμένει σχετικά σταθερή κατά μήκος τμημάτων με όμοια οδικά χαρακτηριστικά και επίσης ότι είναι ισχυρά συσχετισμένη με την ελικτότητα (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 31). Προκειμένου να υπολογισθεί η ελικτότητα, χρησιμοποιούνται τα μήκη και οι ακτίνες όλων των καμπυλών, καθώς και τα μήκη όλων των στοιχείων μετάβασης και των ευθυγραμμιών που βρίσκονται στο οδικό τμήμα. Έτσι λοιπόν η εξασφάλιση της μη υπέρβασης των 10km/h που είναι και το επιτρεπόμενο όριο για τις διαφορές στις λειτουργικές ταχύτητες από τμήμα σε τμήμα, διασφαλίζει λειτουργική συνέχεια και παρέχει ένα ισορροπημένο σχεδιασμό.

Αναφορικά με τα παραπάνω, η γερμανική διαδικασία για των καθορισμό κρίσιμων ασυνεχειών έχει ως εξής:

1. Καθορισμός των υποτμημάτων κατά μήκος όλου του δρόμου τα οποία παρουσιάζουν ομοιότητες στην οριζοντιογραφική χάραξη.

2. Υπολογισμός της ελικτότητας κάθε υποτμήματος κατά μήκος του δρόμου.

3. Καθορισμός της αναμενόμενης λειτουργικής ταχύτητας για κάθε υποτμήμα του δρόμου, εφαρμόζοντας το νομογράφημα που συνδέει την 85<sup>η</sup> ποσοστιαία ταχύτητα με την ελικτότητα, με βάση το πλάτος της λωρίδας του κάθε τμήματος.

4. Υπολογισμός των διαφορών των V85 μεταξύ των διαδοχικών υποτμημάτων κατά μήκος του δρόμου.

5. Εντοπισμός όλων των περιοχών όπου η διαφορά στις λειτουργικές ταχύτητες είναι μεγαλύτερη από 10km/h, η οποία και υποδεικνύει την ύπαρξη ασυνέχειας στην οριζοντιογραφική χάραξη.

Η γερμανική μέθοδος της ελικτότητας παράγει τα ίδια βασικά αποτελέσματα τα οποία λαμβάνονται και από τη χρήση των προφίλ ταχυτήτων τα οποία παρουσιάζουν διάφορα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις γραφικές τεχνικές. Ένας λόγος είναι ότι τα προφίλ ταχυτήτων βασίζονται σε μεγάλο ποσοστό σε θεωρητικές προσεγγίσεις ενώ η μέθοδος της ελικτότητας βασίζεται αποκλειστικά σε μετρήσεις ταχυτήτων οι οποίες αντανακλούν την πραγματική οδική συμπεριφορά των χρηστών του δρόμου. Για παράδειγμα, από το νομογράφημα φαίνεται ξεκάθαρα ότι τα πλάτη των λωρίδων σε συνδυασμό με την ελικτότητα, έχει μια σημαντική επίδραση στις λειτουργικές ταχύτητες. Από την άλλη, η μέθοδοι του Leisch και της Ελβετίας δεν κάνουν καμία πρόβλεψη για την επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος στις λειτουργικές ταχύτητες (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 32). Αναφορικά με την κατά μήκος χάραξη, εκτενείς έρευνες στη Γερμανία έχουν δείξει ότι η επίδραση των κατά μήκος κλίσεων στις λειτουργικές ταχύτητες των επιβατηγών οχημάτων είναι αμελητέα για κλίσεις μικρότερες από 4 με 5%.

Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνά τους, οι Elias M. και Lamm Ruediger Lam et al. (1987) πρότειναν τα δύο ακόλουθα κριτήρια συνέχειας που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα:

- Συνέχεια στην ταχύτητα μελέτης.
- Συνέχεια στη λειτουργική ταχύτητα.

Το κριτήριο της συνέχειας στην ταχύτητα μελέτης (Κριτήριο I) βασίζεται στην απόκλιση της ταχύτητας μελέτης από τη λειτουργική ταχύτητα σε ένα τμήμα του δρόμου. Το κριτήριο της λειτουργικής ταχύτητας (Κριτήριο II) βασίζεται στη μείωση της ταχύτητας μεταξύ δύο διαδοχικών τμημάτων τα οποία μπορεί να είναι δυο καμπύλες που διαχωρίζονται από μια μη ανεξάρτητη ευθυγραμμία ή μια καμπύλη και μια ανεξάρτητη ευθυγραμμία. Βάσει ανάλυσης δεδομένων ατυχημάτων, τα ακόλουθα κριτήρια προτάθηκαν για την αξιολόγηση της συνέχειας της ταχύτητας, τα οποία αναφέρονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

Κριτήριο Ασφαλείας I: Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας (Ψαριανός Βασίλειος, «Σημειώσεις Οδοποιίας I. Τεύχος 1», Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής, ΕΜΠ/ΤΑΤΜ, Αθήνα, 2001)

Το κριτήριο ασφαλείας όπου δίνει τη δυνατότητα συσχετισμού της λειτουργικής ταχύτητας  $V_{85}$  με την ταχύτητα μελέτης έτσι ώστε να αξιολογούνται τμήματα υπεραστικών οδών ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας (AI έως AIV) με βάση την καλή, μέτρια και μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού τους χρησιμοποιείται και στον Ελληνικό χώρο. Σύμφωνα λοιπόν με αυτό το κριτήριο, οι απόλυτη τιμή της διαφοράς αυτών των ταχυτήτων θα πρέπει να είναι μικρότερη από 10km/h για καλή ποιότητα σχεδιασμού, μεταξύ 10 και 20km/h για μέτρια ποιότητα σχεδιασμού, ενώ αν υπερβαίνει τα 20km/h η ποιότητα σχεδιασμού κρίνεται ως μη αποδεκτή.

Εάν η ποιότητα σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος αξιολογηθεί ως μέτρια, θα πρέπει να εξασφαλισθεί ότι ο διατιθέμενος συντελεστής πλευρικής τριβής θα αντιστοιχεί στον απαιτούμενο συντελεστή τριβής (βλ. Κριτήριο Ασφαλείας III), ειδάλλως ο δείκτης ατυχημάτων αναμένεται να είναι τουλάχιστον διπλάσιος σε σύγκριση με τον αντίστοιχο για καλή ποιότητα σχεδιασμού.

Στην περίπτωση που η ποιότητα σχεδιασμού κυμαίνεται σε μη αποδεκτά επίπεδα, απαιτείται τροποποίηση της χάραξης και ανακατασκευή της οδού.

Η αξιολόγηση του οδικού τμήματος με βάση το Κριτήριο Ασφαλείας I αναφέρεται πάντοτε σε ένα στοιχείο της χάραξης, δηλαδή σε μια καμπύλη ή μια ανεξάρτητη ευθυγραμμία.

Κριτήριο Ασφαλείας II: Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη λειτουργική ταχύτητα (Ψαριανός Β., 2001)

Η ταχύτητα μελέτης και η εναρμονισμένη με αυτή λειτουργική ταχύτητα πρέπει να διατηρούνται σταθερές σε επαρκές μήκος της οδού. Παρόλα αυτά, αν καταστεί αναγκαίο να τροποποιηθούν τα

γεωμετρικά χαρακτηριστικά της χάραξης, πρέπει να δοθεί προσοχή στην επιλογή των στοιχείων μελέτης, τα οποία πρέπει να μεταβάλλονται σταδιακά. Στα τμήματα με σταθερή ταχύτητα μελέτης, η επιλογή διαδοχικών στοιχείων μελέτης με αρμονική μεταξύ τους σχέση, όσον αφορά στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων, δημιουργεί τις προϋποθέσεις για έναν ομοιόμορφο και οικονομικό τρόπο οδήγησης, ιδιαίτερα στις οδούς των ομάδων Α.

Ο έλεγχος της ομοιογένειας της οριζοντιογραφίας ιδιαίτερα στις υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, γίνεται με βάση τα ποσοτικά όρια των τιμών της μεταβολής της ταχύτητας  $V_{85}$  του κριτηρίου ασφαλείας II.

Ο έλεγχος βασίζεται στον υπολογισμό των διαφορών των ταχυτήτων  $V_{85}$  που αναπτύσσονται στα διαδοχικά στοιχεία μελέτης ανεξάρτητη ευθυγραμμία-καμπύλη ή καμπύλη-καμπύλη. Η ποιότητα σχεδιασμού που περιλαμβάνει αυτά τα δύο στοιχεία σχεδιασμού χαρακτηρίζεται ως καλή, μέτρια και μη αποδεκτή ανάλογα με τα ποσοτικά όρια των τιμών μεταβολής της ταχύτητας  $V_{85}$ . Αν η απόλυτη τιμή της μεταβολής αυτής είναι μικρότερη από 10km/h, η ποιότητα σχεδιασμού χαρακτηρίζεται καλή και κατά συνέπεια στη χάραξη των διαδοχικών αυτών στοιχείων μελέτης υπάρχει αρμονία και συνέχεια και η οριζοντιογραφία της οδού δεν προκαλεί ασυνέχεια στην ανάπτυξη των λειτουργικών ταχυτήτων. Αν η απόλυτη τιμή της διαφοράς των λειτουργικών ταχυτήτων μεταξύ των διαδοχικών στοιχείων μελέτης είναι μεταξύ των 10 και 20km/h, η ποιότητα σχεδιασμού χαρακτηρίζεται μέτρια και συνεπώς επικρατούν μικρές δυσαρμονίες και ασυνέχειες μεταξύ αυτών των στοιχείων. Δεν απαιτείται πάντα ανακατασκευή της οδού, ειδικότερα αν η διαφορά στις λειτουργικές ταχύτητες είναι έως 15km/h και τοποθετηθούν οι κατάλληλες προειδοποιητικές πινακίδες. Στην περίπτωση που η μεταβολή της  $85^{th}$  ποσοστιαίας ταχύτητας στα διαδοχικά στοιχεία μελέτης ξεπερνά το όριο των 20km/h, η χάραξη της οδού απαιτεί ανακατασκευές καθώς η ποιότητα του σχεδιασμού θεωρείται μη αποδεκτή. Στην περίπτωση αυτή η οδός θεωρείται μη ασφαλής και αντιοικονομική λόγω των κρίσιμων τιμών του δείκτη ατυχημάτων και του κόστους ατυχημάτων.

Πίνακας 4. Κριτήρια Ασφαλείας που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα

Αξιολόγηση Ποιότητας	Κριτήριο Ασφαλείας I	Κριτήριο Ασφαλείας II
Καλή	$ V_{85} - V_e  \leq 10 \text{ km/h}$	$\Delta V_{85} =  V_{85i} - V_{85i+1}  \leq 10 \text{ km/h}$
Μέτρια	$10 <  V_{85} - V_e  \leq 20 \text{ km/h}$	$10 < \Delta V_{85} \leq 20 \text{ km/h}$
Μη Αποδεκτή	$ V_{85} - V_e  > 20 \text{ km/h}$	$\Delta V_{85} > 20 \text{ km/h}$

$V_{85} = 85^{\text{η}}$  ποσοστιαία λειτουργική ταχύτητα

$V_e$  = ταχύτητα μελέτης

$V_{85i}$  και  $V_{85i+1}$  = λειτουργική ταχύτητα στα στοιχεία  $i$  και  $i+1$

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ταχύτητας μελέτης σε μια καμπύλη ή μεταξύ των λειτουργικών ταχυτήτων σε διαδοχικά τμήματα, τόσο χειρότερη είναι η ποιότητα σχεδιασμού. Έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα για την εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Από την άλλη, η πρόβλεψη των λειτουργικών ταχυτήτων στις ανεξάρτητες ευθυγραμμίες είναι πιο πολύπλοκη διαδικασία και ακόμα δεν έχει αναπτυχθεί κάποιο ικανοποιητικό μοντέλο.

#### 2.4.4 Δυναμική κίνησης οχημάτων

Οι μεγάλες φυγόκεντρες δυνάμεις που ενεργούν στα οχήματα που κινούνται σε μια καμπύλη μπορεί να προκαλέσουν ντεραπάρισμα, ανατροπή του οχήματος και μετωπικές συγκρούσεις. Κατά συνέπεια, για να είναι συνεχής ο σχεδιασμός ενός δρόμου και να παρέχεται ένα επίπεδο ασφαλείας για την κίνηση των οχημάτων και την άνεση των οδηγών, θα πρέπει να παρέχεται η πλευρική τριβή που απαιτείται ώστε να εξισορροπηθούν οι φυγόκεντρες δυνάμεις. Οι Lamm et al., και οι Morall και Talarico (στο Awatta M. και Hassan Y., 2002) πρότειναν ένα μοντέλο αξιολόγησης της συνέχειας στο σχεδιασμό που βασίζεται στη διαφορά μεταξύ της διατιθέμενης πλευρικής και της απαιτούμενης

πλευρικής τριβής σε μια καμπύλη. Αν η απαιτούμενη τριβή είναι μεγαλύτερη από τη διατιθέμενη, τότε υποδεικνύεται πρόβλημα σχετικά με την ευστάθεια των οχημάτων. Βάσει ανάλυσης συγκρούσεων, οι Lamm et al. (στο Awatta M. και Hassan Y., 2002) πρότειναν ένα κριτήριο για τη συνέχεια στο σχεδιασμό που βασίζεται στη διαφορά της διατιθέμενης και της απαιτούμενης πλευρικής τριβής (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Κριτήριο συνέχειας της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων

Αξιολόγηση Ποιότητας	Κριτήριο Ασφαλείας III
Καλή	$\Delta f_R = f_R - f_{RA} \geq 0.00$
Μέτρια	$0.00 > \Delta f_R \geq -0.04$
Μη Αποδεκτή	$\Delta f_R < -0.04$

$f_R$  = διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής στις καμπύλες

$f_{RA}$  = απαιτούμενος συντελεστής εγκάρσιας πρόσφυσης

Κριτήριο Ασφαλείας III: Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων (Ψαριανός Β., 2001)

Με βάση τις μετρήσεις του συντελεστή ολίσθησης σε υγρά οδοστρώματα, καθορίστηκε η επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή επαπτομενικής και εγκάρσιας τριβής. Από έρευνες στις οποίες αναπτύχθηκαν εξισώσεις με τη χρήση ανάλυσης παλινδρόμησης μεταξύ του επιτρεπόμενου συντελεστή επαπτομενικής τριβής και της ταχύτητας, για την ανάπτυξη των οποίων λήφθηκαν η ασφάλεια, η οικονομικότητα και τα περιβαλλοντικά δεδομένα, καθορίστηκε ένα πολυώνυμο 2<sup>ου</sup> βαθμού το οποίο χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα, σύμφωνα με το οποίο:

$$\max f_{Tεπιτρ} = 0,59 - 4,85 \cdot 10^{-3} \cdot V + 1,51 \cdot 10^{-5} \cdot V^2$$

Όπου:

$\max f_{Tεπιτρ}$  (-): ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής επαπτομενικής τριβής

Και  $V$  (km/h): ταχύτητα



Με βάση τον επιτρεπόμενο συντελεστή εφαπτομενικής τριβής καθορίζεται ανάλογα με τις μέγιστες τιμές επίκλισης για τους διαφορετικούς τύπους εδαφών στην Ελλάδα, ένα ποσοστό εκμετάλλευσης της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του συντελεστή εγκάρσιας τριβής. Έτσι, επιλέγεται ο επιτρεπόμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής και από αυτόν προκύπτει ο διατιθέμενος συντελεστής πλευρικής τριβής στις καμπύλες.

Με το Κριτήριο Ασφαλείας III ελέγχεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ του διατιθέμενου συντελεστή πλευρικής τριβής και του απαιτούμενου συντελεστή εγκάρσιας τριβής ο οποίος είναι συνάρτηση της αναμενόμενης ταχύτητας V<sub>85</sub>, της ακτίνας της καμπύλης και του ποσοστού της επίκλισης της καμπύλης.

Η αλγεβρική διαφορά στις τιμές των μεγεθών αυτών καθορίζει και την ποιότητα σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος και αποτελεί ένα μέτρο ασφαλείας που συνδέεται με τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων. Όταν ο διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής είναι μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο, η ποιότητα σχεδιασμού είναι καλή, αφού θεωρητικά τουλάχιστον η πρόσφυση του οδοστρώματος είναι καλή. Στην αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή ο απαιτούμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής είναι μεγαλύτερος από το διατιθέμενο, το διαπιστούμενο έλλειμμα στην πρόσφυση του οδοστρώματος μπορεί να επιφέρει αύξηση της επικινδυνότητας της οδού σε κρίσιμους ελιγμούς κατά την οδήγηση. Όπως αναφέρει ο Ψαριανός Β., 2001, αν η ποιότητα του σχεδιασμού χαρακτηρίζεται ως μέτρια, η επικινδυνότητα της οδού προβλέπεται να είναι διπλάσια έως τριπλάσια σε σχέση με την περίπτωση των μελετών των οποίων η ποιότητα σχεδιασμού αξιολογείται ως καλή, τουλάχιστον όσο αφορά τις οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας. Για μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού, επιβάλλεται κατά κανόνα η τροποποίηση της χάραξης ή λήψη διορθωτικών μέτρων.

#### 2.4.5 Μέθοδοι συνέχειας που βασίζονται στους δείκτες χάραξης

Οι δείκτες χάραξης είναι ποσοτικά μέτρα του γενικού χαρακτήρα της χάραξης ενός οδικού τμήματος. Η μέση ακτίνα ανά τμήμα δρόμου, η μέση κατά μήκος καμπυλότητα, η ελικτότητα και άλλοι δείκτες είναι ένα παράδειγμα μέτρων χάραξης οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί προκειμένου να ορίσουν τα γενικά χαρακτηριστικά του τμήματος ενός δρόμου. Στον πίνακα 6 παρατίθενται διάφοροι δείκτες χάραξης. Σε μια έρευνα που διεξήχθη από την FHWA τη δεκαετία του 1990 όπου χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα ταχυτήτων και γεωμετρικών χαρακτηριστικών σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας, εξετάστηκε αν οι δείκτες χάραξης είναι σημαντικοί εκτιμητές των ταχυτήτων στις ευθυγραμμίες. Τα ευρήματα υπέδειξαν ότι αν και λίγα μοντέλα αναπτύχθηκαν, οι δείκτες χάραξης καθαυτοί και συνδυασμοί αυτών και άλλων γεωμετρικών μεταβλητών δεν ήταν στατιστικά σημαντικές προβλέπουσες μεταβλητές της 85<sup>ης</sup> ποσοστιαίας ταχύτητας στις μεγάλες ευθυγραμμίες σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 17).

Πίνακας 6. Δείκτες χάραξης

Δείκτες χάραξης οριζοντιογραφίας		Δείκτες χάραξης κατά τη μηκοτομή		Συνδυαστικοί δείκτες χάραξης
Ελικτότητα	$CCR = \frac{\sum \Delta_i}{L}$	Κατακόρυφη ελικτότητα	$V_{CCR} = \frac{\sum A_i}{L}$	Συνδυαστική ελικτότητα $COMBO = \frac{\sum \Delta_i}{L} + \frac{\sum A_i}{L}$
$\Delta_i$ : γωνία αλλαγής κατεύθυνσης σε κάθε καμπύλη (gon) $L$ : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)		$A$ : απόλυτη διαφορά των κατά μήκος κλίσεων (μοίρες) $L$ : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)		
Βαθμός καμπύλης	$DC = \frac{\sum DC_i}{L}$	Μέσος ρυθμός κατακόρυφης καμπυλότητας	$V_{AVG\_K} = \frac{\sum  A }{n}$	
$DC$ : βαθμός καμπυλότητας (μοίρες) $L$ : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)		$L$ : μήκος κατακόρυφης καμπύλης (km) $A$ : αλγεβρική διαφορά των κατά μήκος κλίσεων (%) $n$ : αριθμός κατακόρυφων καμπυλών		
Μήκος καμπύλης: $M$ ήκος οδού	$CL : RL = \frac{\sum (CL)_i}{L}$	Μέση κατά μήκος κλίση	$V_{AVG\_G} = \frac{\sum  \Delta E }{L}$	
$CL$ : μήκος καμπύλης (m) $L$ : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (m)				
Μέση ακτίνα	$AVG\_R = \frac{\sum R_i}{n}$	$\Delta E$ : αλλαγή των κλίσεων μεταξύ των διαδοχικών στοιχείων (m) $L$ : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)		
$R$ : ανηγμένη ακτίνα της καμπύλης (m) $n$ : αριθμός καμπυλών που εντοπίζονται σε ένα τμήμα				
Μέση ευθυγραμμία	$AVG\_T = \frac{\sum (TL)_i}{n}$			
$TL$ : μήκος ευθυγραμμίας (m) $n$ : αριθμός καμπυλών που εντοπίζονται σε ένα τμήμα				$\Delta_i$ : γωνία αλλαγής κατεύθυνσης σε κάθε καμπύλη (gon) $A$ : απόλυτη διαφορά των κατά μήκος κλίσεων (μοίρες) $L$ : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)

## 2.4.6 Οδηγητική ένταση (Driver Workload)

### 2.4.6.1 Ορισμοί

Η οδηγητική ένταση (workload) έχει οριστεί από τον Senders (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 14) ως ένα μέτρο της προσπάθειας που αναμένεται από ένα χρήστη καθώς εκτελεί ένα έργο, ανεξαρτήτως από τη συμπεριφορά του έργου καθεαυτού. Ένας άλλος ορισμός της οδηγητικής έντασης δόθηκε από τον Knowles (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 14) και αποτελείται από την απάντηση σε δύο ερωτήματα: «πόση προσοχή απαιτείται;» και «Πόσο αποτελεσματικά θα μπορέσει ο χρήστης να εκπληρώσει επιπρόσθετες αποστολές; Ο ορισμός που παρουσιάζεται από τον Knowles είναι αρκετά κατάλληλος για το οδηγικό περιβάλλον, δεδομένου ότι αυτό αποτελείται από αλληλεπικαλυπτόμενες διεργασίες, με την κάθε μια να απαιτεί την προσοχή του οδηγού. Μία μέθοδος εξέτασης των απαιτήσεων της οδηγητικής έντασης που ασκείται στον οδηγό φαίνεται να είναι η άμεση απαίτηση των δυνατοτήτων του οδηγού καθώς εκείνος πραγματεύεται τα στοιχεία του δρόμου.

Ο Kanellaidis διατυπώνει ότι η σχεδιαστική συνέχεια είναι έμμεσα συνδεδεμένη με το πώς οι οδηγοί ελίσσονται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ενώ η οδηγητική ένταση είναι άμεσα συσχετισμένη με αυτή (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 14). Ο Messer ορίζει την οδηγητική ένταση ως το ρυθμό που απαιτείται από τους οδηγούς προκειμένου να εκτελέσουν ένα συγκεκριμένο έργο ή μια διεργασία οδήγησης (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 14). Υποδεικνύει ότι η ένταση αυτή αυξάνεται με τη μείωση στο μήκος ορατότητας και με την πολυπλοκότητα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Ο Glascock συμπέρανε ότι συνδυασμοί χαρακτηριστικών αυξάνουν την οδηγητική ένταση και ενδέχεται να είναι πιο επικίνδυνοι για τους οδηγούς απ' ό,τι τα διαδοχικά χαρακτηριστικά με επαρκή διαχωρισμό μεταξύ τους (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 14). Κατά συνέπεια ο συνδυασμός μιας καμπύλης της οριζοντιογραφίας με μια καμπύλη της μηκοτομής μπορεί να αυξήσει το βαθμό καταπόνησης

του οδηγού που έχει να κάνει με την καθοδήγηση και τον έλεγχο με το να υπάρχουν (1) χαρακτηριστικά της χάραξης που συνδυαζόμενα μειώνουν το μήκος ορατότητας (καθοδήγηση) και (2) απαιτούν πιο πολύπλοκους ελιγμούς του οχήματος (έλεγχος). Αν ο συνδυασμός των καμπυλών οριζοντιογραφίας και μηκοτομής περιλαμβάνει ένα απροσδόκητο ή ακραίο χαρακτηριστικό, η οδηγητική ένταση αυξάνεται ακόμα παραπάνω. Κατά συνέπεια, όσο η πολυπλοκότητα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών αυξάνεται, τόσο αυξάνεται ο βαθμός καταπόνησης του οδηγού και άρα είναι μεγαλύτερη η πιθανότητα για μια σημαντική ελάττωση της ταχύτητας.

Στις περιοχές όπου οι τιμές της οδηγητικής έντασης είναι υψηλές, βρέθηκε ότι η πιθανότητα σύγκρουσης είναι μεγαλύτερη λόγω της σύγχυσης του οδηγού ή της υπερφόρτωσής του με πληροφορίες που οδηγεί σε επικίνδυνες αντιδράσεις στις καταστάσεις που προκύπτουν. Από την άλλη, στις περιοχές όπου η οδηγητική ένταση είναι εξαιρετικά χαμηλή, μπορεί να καθεί η συγκέντρωση του οδηγού. Κατά συνέπεια για να επιτευχθεί η συνέχεια στο δρόμο θα πρέπει να αποφευχθούν οι ακραίες τιμές της παραμέτρου αυτής. Καθώς ο βαθμός καταπόνησης του οδηγού δεν είναι εύκολα μετρήσιμος με τη χρήση αναλυτικών μοντέλων, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η επίδραση της συνέχειας του σχεδιασμού στην οδηγητική ένταση. Το πιο κοινό μοντέλο βασίζεται στις απαιτήσεις ορατότητας (visual demand), η οποία ορίζεται ως η ποσότητα της οπτικής πληροφορίας που χρειάζεται ο οδηγός για να διατηρήσει μια αποδεκτή πορεία στο δρόμο.

#### 2.4.6.2 Η οδηγητική ένταση ως μέτρο συνέχειας στο σχεδιασμό

Στις έρευνες του Messer and Messer et al.'s για το σχεδιασμό ενός δρόμου και την επίδραση στις επιδόσεις του οδηγού, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην έννοια της οδηγητικής έντασης που επιδρά στις πνευματικές ικανότητες του οδηγού ως μέγεθος αξιολόγησης του σχεδιασμού (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 14). Ο οδηγός επεξεργάζεται συνεχώς, λίγο ή πολύ

οπτικές και κιναισθητικές πληροφορίες, λαμβάνει αποφάσεις και εκτελεί χειρισμούς ελέγχου του οχήματος. Γενικά, μικρή οπτική πληροφορία και ανάγκη επεξεργασίας αυτής χρειάζεται ένας οδηγός κατά τη διαδικασία της οδήγησης. Εκτελείται ως επί το πλείστον σε υποσυνείδητο επίπεδο όσο ο δρόμος περιλαμβάνει συνθήκες ελεύθερης ροής, χωρίς εμπόδια και οι οπτικές αξιολογήσεις του οδηγού είναι συνεπείς με τις απαιτήσεις του οδοστρώματος. Η συνέχεια στην οπτική αξιολόγηση ενός δρόμου με τις πραγματικές απαιτήσεις του, είναι μια συνάρτηση του μήκους ορατότητας και των προσδοκιών του οδηγού σχετικά με το δρόμο. Μια συνεχής γεωμετρία του δρόμου επιτρέπει στον οδηγό να προβλέψει με ακρίβεια τη σωστή διαδρομή χωρίς να απαιτείται αφοσίωση για την επεξεργασία οπτικής πληροφορίας και κατά συνέπεια να επιτρέπει στην προσοχή του και στις δυνατότητές του να αξιοποιηθούν για την αποφυγή ενός εμποδίου.

Οι μέθοδοι εκτίμησης της οδηγητικής έντασης αναφέρονται στις έρευνες των Messer and Messer et al. (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 14). Το μοντέλο καθορίστηκε από εμπειρικά στοιχεία που σχετίζονται με τις προσδοκίες των οδηγών σχετικά με τα στοιχεία του δρόμου και τις παραβιάζουν. Το μοντέλο βασίζεται στην υπόθεση ότι ο ίδιος ο δρόμος παρέχει τις περισσότερες πληροφορίες που χρησιμοποιεί ο οδηγός για τον έλεγχο του οχήματός του και κατά συνέπεια ο δρόμος επιβάλλει μια καταπόνηση στον οδηγό. Η καταπόνηση είναι υψηλότερη όταν υπάρχουν πολύπλοκα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και μπορεί να είναι δραματικά υψηλότερη όταν οι οδηγοί αιφνιδιάζονται από συνδυασμούς ή αλληλουχίες έντονων γεωμετρικών στοιχείων.

Η διαδικασία της οδηγητικής έντασης ποσοτικοποιεί τη συνέχεια στο σχεδιασμό υπολογίζοντας μια τιμή για το βαθμό καταπόνησης του οδηγού. Η τεχνική βασίζεται σε προσδιορισμένες τιμές που έχουν υπολογισθεί για διάφορα στοιχεία του δρόμου. Τα στοιχεία που αξιολογούνται με σειρά σημαντικότητας είναι οι γέφυρες, διασταυρώσεις, αλλαγές στα πλάτη ερεισμάτων, μειώσεις στα πλάτη των λωρίδων κ.ά. Η βαθμολογία των χαρακτηριστικών αυτών τροποποιείται ανάλογα με την περιοχή λόγω ανεξάρτητων κάθε φορά παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί είναι το μήκος ορατότητας προς το

στοιχείο, η ομοιότητά του με προηγούμενα στοιχεία, η οδηγητική ένταση που οφείλεται στα προηγούμενα τμήματα και το ποσοστό των οδηγών που υπολογίζεται ότι είναι οικείοι χρήστες με τον εν λόγω δρόμο. Τα αποτελέσματα από τον έλεγχο της συνέχειας χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με το αν αναμένεται ή όχι πρόβλημα στη συνέχεια του σχεδιασμού.

Παρότι δύο πρόσφατες έρευνες (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 14) υποδεικνύουν γενικά ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη σχέση του ρυθμού των συγκρούσεων με την καταπόνηση του οδηγού βάσει της διαδικασίας των Messer et al.'s είναι αποδεκτά, έχουν προκύψει προβλήματα στην προσπάθεια χρήσης της διαδικασίας σε περιοχές όπου τα οδικά χαρακτηριστικά γειτνιάζουν. Μετρήσεις της οδηγητικής έντασης έχουν διεξαχθεί επίσης με τη χρήση της διαδικασίας *Task Load Index* της National Aeronautics and Space Administration (NASA) και της *Subjective Workload Assessment Technique* της United States Air Force. Δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στην οδηγητική ένταση μεταξύ των αριστερών και των δεξιών στροφών. Ωστόσο, σημειώθηκαν διαφορετικές συνέπειες μεταξύ των δύο ελιγμών, λόγω της αποτυχίας του εντοπισμού επερχομένου οχήματος.

### Παρεμπόδιση ορατότητας (Vision Occlusion)

Σε μια έρευνα των Krammes et al. (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 15) εξετάστηκε η συνέχεια στο σχεδιασμό στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας με τη χρήση της παρεμπόδισης ορατότητας για τη μελέτη της οδηγητικής έντασης. Η παρεμπόδιση ορατότητας χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικής οδηγητικής έντασης που επιβάλλεται στον οδηγό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η οδηγητική ένταση αυξάνεται γραμμικά όσο αυξάνεται ο βαθμός της καμπυλότητας. Συγκεκριμένα αυξάνεται προσεγγίζοντας την καμπύλη και κορυφώνεται κοντά στην έξοδο από αυτήν. Συνεχίζοντας την έρευνα αυτή, μια έρευνα της FHWA που διεξήχθη στα τέλη της δεκαετίας του 1990 μελέτησε τη χρήση της παρεμπόδισης ορατότητας στην εκτίμηση της συνέχειας. Στη μελέτη

αυτή βρέθηκε ότι οι απαιτήσεις ορατότητας (visual demand) συνδέονται στενά με την ακτίνα.

#### 2.4.7 Σύνοψη της βιβλιογραφικής επισκόπησης σχετικά με τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια του σχεδιασμού

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της συνέχειας στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας και που συνοψίζονται στα κριτήρια ασφαλείας, διακρίνονται κυρίως σε αυτές που βασίζονται στην ταχύτητα μελέτης και σε αυτές που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα. Στις Η.Π.Α, η προσέγγιση της ταχύτητας μελέτης από AASHTO θεωρείται ως το σημαντικότερο κριτήριο αξιολόγησης της συνέχειας. Παρόλα αυτά, ανακύπτουν ορισμένα προβλήματα που δεν μπορεί να εγγηθηί τη συνέχεια σε όλες τις περιπτώσεις. Η διεθνής πρακτική και οι έρευνες που έχουν διεξαχθεί στις Η.Π.Α επιβεβαιώνουν ότι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται και οι μέθοδοι που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνέχεια. Αυτές οι μέθοδοι είναι ακόμα πιο σημαντικές ειδικά στην περίπτωση οδών όπου η ταχύτητα μελέτης είναι μικρή και η λειτουργική ταχύτητα την υπερβαίνει.

Από ένα δείγμα οχημάτων, η 85<sup>η</sup> ποσοστιαία ταχύτητα μπορεί να θεωρηθεί γενικά αποδεκτή σαν μέτρο της λειτουργικής ταχύτητας. Συνεπώς, η δυνατότητα πρόβλεψης της V<sub>85</sub> χρησιμοποιώντας γεωμετρικά στοιχεία ως μεταβλητές αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα ειδικά στις μεθόδους αξιολόγησης της συνέχειας που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα. Η έρευνα και η διεθνής πρακτική έχουν προσδιορίσει την ακτίνα των καμπυλών της οριζοντιογραφίας ως την κύρια μεταβλητή κατά την εκτίμηση των ταχυτήτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

Δύο είναι τα βασικά προβλήματα με τις υπάρχουσες προσεγγίσεις της συνέχειας του σχεδιασμού. Το πρώτο είναι η ανικανότητα μελέτης συνδυασμού της οριζοντιογραφικής και της κατά μήκος χάραξης. Το άλλο πρόβλημα είναι ότι οι εξισώσεις πρόβλεψης ταχύτητας έχουν αναπτυχθεί για επιβατηγά οχήματα ενώ τα φορτηγά οχήματα μπορεί να



επηρεάζονται διαφορετικά στους συνδυασμούς της οριζόντιας και της κατά μήκος χάραξης.

Όσον αφορά στο βαθμό καταπόνησης του οδηγού όπως αναφέρθηκε και στην §2.4.6. «...τα αποτελέσματα ... είναι αποδεκτά...» ωστόσο, έχουν προκύψει προβλήματα στην προσπάθεια χρήσης της διαδικασίας σε περιοχές όπου τα οδικά χαρακτηριστικά γειτνιάζουν.

Οι δείκτες χάραξης έχουν αναπτυχθεί στην Αγγλία και τη Γερμανία όπου και αποτελούν σημαντικό εργαλείο στο σχεδιασμό των δρόμων. Οι παραπάνω δείκτες χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της 85<sup>ης</sup> ποσοστιαίας λειτουργικής ταχύτητας των οχημάτων.

## 2.5 Η σχέση μεταξύ των μέτρων καθορισμού της συνέχειας στο σχεδιασμό και της ασφάλειας

Ο στόχος κατά τη μετακίνηση των χρηστών ενός δρόμου είναι αυτή να γίνει με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, οι οδοποιοί προσπαθούν να παρέχουν τις πιο ασφαλείς και αποτελεσματικές χαράξεις που μπορούν πρακτικά να εφαρμοστούν. Έτσι λοιπόν, ο σχεδιαστής ενός δρόμου, χρησιμοποιεί πολλά εργαλεία και τεχνικές προκειμένου να αναλύσει και να βελτιώσει τη χάραξη ενός οδικού τμήματος, ενσωματώνοντας κάθε πληροφορία που προκύπτει κάθε φορά. Μια τεχνική που χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η οδική ασφάλεια είναι να εξετάζεται η συνέχεια των στοιχείων του δρόμου. Οι οδοποιοί επιχειρούν να παρέχουν συνέχεια στα χαρακτηριστικά της μελέτης καθώς μια τέτοια χάραξη επιφέρει τη συμμόρφωση αυτών των χαρακτηριστικών με τις προσδοκίες των οδηγών και συνεπώς οι χρήστες ενός τέτοιου δρόμου κινούνται με μειωμένες πιθανότητες ατυχήματος και σύγκρουσης.

Η προσδοκία γενικά αντιπροσωπεύει ένα εύρος πιθανοτήτων αναφορικά με μια δεδομένη κατάσταση. Οι πιθανότητες αυτές είναι

υποκειμενικές και βασίζονται στη μάθηση, τη γνώση και φυσικά στην εμπειρία. Η προσδοκία είναι ένας καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει το χρόνο αντίδρασης και την εγρήγορση. Επειδή λοιπόν η διαδικασία της οδήγησης περιλαμβάνει και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από αυτούς τους παράγοντες, πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση ώστε τα χαρακτηριστικά ενός δρόμου να ανταποκρίνονται στις προσδοκίες των οδηγών.

Ένας ορισμός της προσδοκίας αναφορικά με τον τομέα των συγκοινωνιακών έχει διατυπωθεί από τον Ellis (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Chapter I, p. 2):

Η προσδοκία ενός οδηγού σχετίζεται με τα παρατηρήσιμα και μετρήσιμα χαρακτηριστικά του οδηγικού του περιβάλλοντος η οποία:

1. Αυξάνει την ετοιμότητα του οδηγού προκειμένου να εκτελέσει μια κίνηση του οχήματός του με ένα συγκεκριμένο τρόπο και
2. Επιτρέπει στον οδηγό να συνεχίσει την κίνησή του μέχρι αυτή να ολοκληρωθεί ή να διακοπεί

Ένας παρόμοιος ορισμός έχει δοθεί από τους Alexander και Lunenfeld (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Chapter I, p. 2):

Η προσδοκία σχετίζεται με την ικανότητα του οδηγού να ανταποκρίνεται σε καταστάσεις, γεγονότα και πληροφορίες με προβλέψιμο και επιτυχημένο τρόπο.

Αρκετές σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες έχουν επιχειρήσει να προσεγγίσουν και να συνεισφέρουν στον τομέα της οδοποιίας αναφορικά με το ρόλο της οριζοντιογραφικής συνέχειας στις προσδοκίες των οδηγών.

Οι πληροφορίες που έχουν αντληθεί από τις έρευνες αυτές συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Οι έλεγχοι συνέχειας μπορεί να βασίζονται σε υποκειμενική κρίση, σε μεγέθη προερχόμενα από την εμπειρία, ή σε συνδυασμό αυτών των δύο.

- Τα διάφορα μέτρα ελέγχου της ταχύτητας έχουν κατασκευαστεί στην πλειοψηφία τους από κριτήρια που βασίζονται στην εμπειρία. Η επιδίωξη γενικά είναι να επιτευχθεί ένας οι περισσότεροι από τους παρακάτω στόχους:

Να επιτευχθεί μια ομοιόμορφη ταχύτητα των οχημάτων κατά μήκος του δρόμου, να μειωθεί η έντονη μεταβλητότητα της ταχύτητας, ή να παρέχει τα μέσα στους οδοποιούς για μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία που θα μπορούν να επιτύχουν πανομοιότυπες λειτουργικές ταχύτητες με αυτές που προβλέπονται από τη μελέτη.

- Διάφορα μέτρα του βαθμού της προσπάθειας που απαιτείται για αποτελεσματική οδήγηση αποσκοπούν στη συνεπή οδήγηση αναφορικά με την προσπάθεια που απαιτείται από την πλευρά του οδηγού. Υπερβολικά ή ασυνήθιστα χαρακτηριστικά, ή ακόμα και συνδυασμός χαρακτηριστικών εξετάζονται ως προς την επίδραση που έχουν στην προσπάθεια που απαιτείται από έναν οδηγό προκειμένου να κινηθεί ασφαλώς σε αυτά. Στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας τα ατυχήματα καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες κατηγορίες οδών. Αυτά συχνά οφείλονται σε λάθη των οδηγών ή στον ανεπαρκή σχεδιασμό της οδού. Δυστυχώς όμως, ο ορισμός της ανεπάρκειας του σχεδιασμού δεν είναι ξεκάθαρος, καθώς ένα ευρύ φάσμα από συνδυασμούς παραγόντων μπορεί να καταστεί επιζήμιο στη διαδικασία του σχεδιασμού ενός δρόμου. Η ανάπτυξη συνεπών πρακτικών σχεδιασμού αποτελεί στόχο ήδη από το 1930. Ο Barnett ανέπτυξε την έννοια της ταχύτητας μελέτης προκειμένου να εξασφαλίσει τη συνέπεια στο σχεδιασμό (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Chapter I, p. 2). Η έννοια της ταχύτητας αυτής έχει υποβληθεί σε πολλές αλλαγές και επεξεργασίες αλλά η θεωρία γύρω από αυτήν έχει παραμείνει η ίδια, ότι δηλαδή τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε ορισμένα κριτήρια για μια δεδομένη ταχύτητα σχεδιασμού. Παρότι στη θεωρία τα πράγματα είναι ξεκάθαρα, στην πράξη προκύπτουν διάφορα προβλήματα καθότι στη μελέτη απαιτείται κάθε στοιχείο να εξετάζεται μεμονωμένα. Έτσι λοιπόν, ανακύπτουν προβλήματα όταν οι σχεδιαστές δεν λαμβάνουν υπόψη ότι ένας δρόμος αποτελείται από τρία μέρη- τον οδηγό, τη γεωμετρία και το

περιβάλλον. Κατά συνέπεια, αν ένα από αυτά αποδειχθεί προβληματικό, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να προκύψουν ατυχήματα. Οι σχεδιαστές φυσικά δεν μπορούν να ελέγξουν τα δύο από αυτά τα στοιχεία, αλλά μπορούν να προβλέψουν για αυτά εξετάζοντας τη γεωμετρία.

Έτσι λοιπόν, η συνέχεια στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας δίνει τη δυνατότητα στους οδηγούς να κινούνται ασφαλώς στην επιθυμητή ταχύτητα κατά μήκος όλης της αλληλουχίας των γεωμετρικών στοιχείων ενός δρόμου. Στις οδηγίες που αναφέρθηκαν, τέθηκαν άμεσα ή έμμεσα τρία ζητήματα που σχετίζονται με την ασφάλεια και τα οποία σε γενικές γραμμές συνοψίζονται στα ακόλουθα:

1. Ποια σχέση επικρατεί μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ταχύτητας μελέτης σε ένα οδικό τμήμα στο οποίο βασίστηκε η αρχική μελέτη του δρόμου; Θα μπορούσε αυτή η σχέση να ληφθεί υπόψη κατά το στάδιο της σχεδίασης του δρόμου ούτως ώστε οι αναμενόμενες λειτουργικές ταχύτητες να μην υπερβαίνουν πάνω από τα επιτρεπτά όρια την ταχύτητα μελέτης για λόγους ασφαλείας;

2. Σε ποια ταχύτητα λαμβάνεται υπόψη η δυναμική της κίνησης των οχημάτων για τη σχεδίαση της οριζόντιας και της κατά μήκος χάραξης ούτως ώστε να επιτευχθούν τα συγκεκριμένα επίπεδα ασφαλείας;

3. Ποιες περιοριστικές τιμές ή μεταβολές στις ταχύτητες θα πρέπει να καθιερωθούν μεταξύ δύο συνεχόμενων σχεδιαστικών στοιχείων ή οδικών τμημάτων ώστε να επιτευχθεί ένας συνεχής σχεδιασμός που θα παρέχει ασφαλή αρμονική λειτουργία;

Αναφορικά με το πρώτο ζήτημα, όλες οι προαναφερθείσες οδηγίες αναφέρουν μια σχέση μεταξύ των δύο ταχυτήτων η οποία εκφράζεται στα πλαίσια της 85<sup>ns</sup> ποσοστιαίας ταχύτητας, της μέσης ταχύτητας οδήγησης, της ταχύτητας σχεδιασμού ή ταχυτήτων που σχετίζονται με τη χάραξη και τους περιορισμούς της τοπογραφίας. Παρόλα αυτά, μόνο η μέθοδος του Leisch, οι Γερμανικές οδηγίες και τα Ελβετικά πρότυπα προτείνουν ότι σε ένα δοσμένο τμήμα ή καμπύλη, η μεταβολή μεταξύ

της λειτουργικής ταχύτητας και της ταχύτητας μελέτης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει κάποια συγκεκριμένα όρια. Κατά συνέπεια, ο οδηγός είναι ικανός ως αποτέλεσμα της σχεδίασης του δρόμου να επιλέξει την επιθυμητή ταχύτητα βάσει της γνώσης και της εμπειρίας του. Τα στοιχεία σχεδιασμού κατά συνέπεια θα πρέπει να γίνονται αντιληπτά και να είναι παρατηρήσιμα.

Αναφορικά με το δεύτερο ζήτημα, οι περισσότερες οδηγίες παρέχουν πληροφορίες για τα ποσοστά επίκλισης για όλα τα εύρη καμπυλότητας και για κάθε ταχύτητα μελέτης, καθώς και για τα απαραίτητα μήκη ορατότητας για στάση. Καθώς οι λειτουργικές ταχύτητες είναι συνήθως μεγαλύτερες από την ταχύτητα μελέτης, ενσωματώνεται και ένας επιπλέον παράγοντας ασφαλείας λόγω της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων. Θα πρέπει να είναι επαρκή τόσο τα ποσοστά της επίκλισης όσο και τα μήκη ορατότητας για στάση.

Αναφορικά με το τρίτο ζήτημα, μόνο οι τρεις προαναφερθείσες οδηγίες σχετικά με την ασφάλεια παρέχουν συγκεκριμένη καθοδήγηση για την αξιολόγηση της συνέχειας της χάραξης και της επακόλουθης επίδρασης στη λειτουργική ταχύτητα. Και οι τρεις μέθοδοι περιορίζουν τη μεταβολή της λειτουργικής ταχύτητας μεταξύ διαδοχικών στοιχείων και οδικών τμημάτων σε συγκεκριμένα επίπεδα για την αποφυγή ασυνεχειών στην οριζοντιογραφική χάραξη.

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν, προκειμένου να υπάρχουν σημαντικά οφέλη σχετικά με την ασφάλεια, θα πρέπει η λειτουργική ταχύτητα να είναι εναρμονισμένη με την ταχύτητα μελέτης, να εξασφαλίζεται η δυναμική κίνησης των οχημάτων αλλά και η συνέχεια στη χάραξη.

## 2.6 Η σχέση μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της ασφάλειας

Όπως προαναφέρθηκε στο εδάφιο 2.2, οι δείκτες ατυχημάτων δεν επηρεάζονται μόνο από μία παράμετρο. Η χρήση διαφόρων σχετικών παραμέτρων και η ένταξή τους σε ένα μοντέλο θα μπορούσε να εξηγήσει τις εναλλαγές στην κατάσταση των ατυχημάτων και κατά συνέπεια την επίδραση των μεταβλητών στην πρόκληση ατυχήματος.

Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχει εκτιμήσει την επιρροή συγκεκριμένων παραμέτρων όσο αφορά στα ατυχήματα. Μια από τις πιο εκτενείς έρευνες αναφορικά με τα στοιχεία σχεδιασμού είναι αυτή των Krebs και Kloeckner που διεξήχθη τη δεκαετία του 1970. Η έρευνα βασίζεται σε 14200 ατυχήματα τα οποία έλαβαν χώρα σε 722 μίλια γερμανικών δρόμων μέσα σε μια περίοδο τεσσάρων ετών. Στο μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης που ανέπτυξαν, οι πέντε επεξηγηματικές μεταβλητές που επέλεξαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το πλάτος οδοστρώματος, η ακτίνα της καμπύλης, η κατά μήκος κλίση, το μήκος ορατότητας και η ΕΜΗΚ. Παρόλα αυτά, μόνο οι τρεις πρώτες μεταβλητές είχαν επίπτωση στη μεταβολή του ρυθμού των

ατυχημάτων. Ο Lamm, 1982 (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 68), βασιζόμενος στην έρευνα αυτή πρότεινε ως μέγιστο επιτρεπόμενο ρυθμό ατυχημάτων τα 2 ατυχήματα στα  $10^6$  οχηματοχιλιόμετρα (vehicle km) για τις νέες χαράξεις υπεραστικών δρόμων δύο λωρίδων κυκλοφορίας της Γερμανίας.

Παρακάτω, παρατίθενται τα συμπεράσματα από διάφορες έρευνες για ορισμένα σημαντικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά και περιγράφεται ο ρόλος τους στην συνέχεια και την ασφάλεια κατά το σχεδιασμό ενός δρόμου.

### 2.6.1 Μήκος ορατότητας

Αποτελεί το μήκος του δρόμου που είναι ορατό στον οδηγό και επιτρέπει στους χρήστες του δρόμου να προσαρμόζουν ασφαλώς το όχημά τους στις ανάγκες του δρόμου ώστε να αποφύγουν πιθανά εμπόδια. Από τις έρευνες που έχουν προαναφερθεί, έχει βρεθεί μια καθαρά αρνητική σχέση μεταξύ του διατιθέμενου μήκους ορατότητας και του κινδύνου ατυχήματος. Παρόλα αυτά, μπορεί να υποθεθεί ότι άλλοι παράμετροι που επηρεάζουν όπως τα πλατύτερα οδοστρώματα, οι πιο ομαλές καμπύλες κ.ά έχουν μερίδιο στην παρατηρούμενη θετική επίδραση των μεγαλύτερων μηκών ορατότητας. Ειδικά για τα στενά οδικά τμήματα, μια αύξηση στα μήκη ορατότητας μπορεί να έχει ωφέλιμα αποτελέσματα στην οδική ασφάλεια.

### 2.6.2 Οριζοντιογραφικές καμπύλες

Στην προσπάθεια ανάπτυξης πρακτικών για τη συνέχεια στο σχεδιασμό προκύπτουν αρκετές προκλήσεις ιδίως όταν πρόκειται για τον ορισμό ασυνεχών καμπυλών. Από τη σκοπιά ενός μεμονωμένου δρόμου, αν αυτός είναι εξολοκλήρου σε ορεινή περιοχή, οι οδηγοί θα πρέπει να περιμένουν μικρής ακτίνας καμπύλες και κατ' αντιστοιχία με την τοπογραφία θα πρέπει και οι ταχύτητες να είναι μικρότερες. Στο σενάριο αυτό, μια καμπύλη της οριζοντιογραφίας με μεγάλη ακτίνα μπορεί να θεωρηθεί ασυνεχής επειδή η ταχύτητα σχεδιασμού είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες των άλλων καμπυλών. Μια τέτοια καμπύλη κατά συνέπεια θα μπορούσε να δώσει στους οδηγούς μια

λανθασμένη αντίληψη σχετικά με την ασφάλειά τους καθώς προσεγγίζουν την επόμενη καμπύλη. Σε αυτή τη βάση λοιπόν, ένας δρόμος όπου οι καμπύλες έχουν περίπου την ίδια ακτίνα, θα αναμένεται να έχει μικρότερο δείκτη ατυχημάτων ανά μέτρο από ένα δρόμο με μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές των ακτινών των καμπυλών.

Ιστορικά, το κυριότερο γεωμετρικό στοιχείο σχεδιασμού που επηρεάζει τη συμπεριφορά των οδηγών και αποτελεί τον πιο πιθανό παράγοντα για πρόκληση ατυχημάτων είναι οι καμπύλες της οριζοντιογραφίας (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 3). Προηγούμενες έρευνες σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας σχετικά με τη λειτουργία τους και την ασφάλειά τους καταλήγουν στο γεγονός ότι στις καμπύλες όπου η ταχύτητα σχεδιασμού είναι μικρότερη από την επιθυμητή ταχύτητα των οδηγών παρουσιάζονται ασυνέχειες στις λειτουργικές ταχύτητες και κατά συνέπεια αυξάνεται η πιθανότητα πρόκλησης ατυχήματος (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 3). Διάφοροι παράγοντες συνδράμουν στην αύξηση της συχνότητας των ατυχημάτων στις καμπύλες: περιορισμένο μήκος ορατότητας, έλλειψη προσοχής των οδηγών και λάθη εκτίμησης της ταχύτητας είναι τυπικά παραδείγματα του πως μπορεί οι οδηγοί να κάνουν λάθη στο χειρισμό του οχήματος και να μη λειτουργήσουν κατάλληλα στις αλλαγές της οριζοντιογραφίας και των στοιχείων της χάραξης. Οι καμπύλες παρουσιάζουν αυξημένη πιθανότητα ασυνέχειας λόγω της πληθώρας των διαδικασιών που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό τους και της πολυπλοκότητας του χειρισμού και καθοδήγησης των οδηγών κατά μήκος αυτών.

Οι δείκτες ατυχημάτων είναι περίπου 1,5 με 4 φορές υψηλότερες στις καμπύλες από ότι είναι στις ευθυγραμμίες (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 3). Τα συνήθη μοντέλα σχεδιασμού οδών χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την επιτρεπόμενη ακτίνα για δεδομένες συνθήκες, αλλά διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι οι ταχύτητες στις καμπύλες μπορούν να υπερβαίνουν την ταχύτητα μελέτης, αν αυτή είναι μικρότερη από 90 km/h σε δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας (στο Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay et al., 2003, Appendix p. 3). Το εύρημα αυτό



υποδεικνύει ότι η έννοια της ταχύτητας μελέτης, στην παρούσα μορφή της, δεν εξηγεί πλήρως την αντίληψη των οδηγών για τις καμπύλες μικρής ακτίνας. Γενικότερα, οι καμπύλες μικρής ακτίνας παραβιάζουν τις *a priori* προσδοκίες των οδηγών. Επιπροσθέτως, αν μια μικρής ακτίνας καμπύλη είναι τοποθετημένη μεταξύ μεγαλύτερων και πιο ανεκτικών από άποψη λάθος χειρισμού καμπυλών, θα παραβιάσει την *ad hoc* προσδοκία του οδηγού.

Όσο αφορά στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων στις καμπύλες, η πλευρική τριβή καθορίζει την ασφάλεια και τη άνεση του οδηγού. Αν τα όρια αυτής υπερβούν τα επιθυμητά, η προσπάθεια διατήρησης της πορείας και αποφυγής παραβίασης της αντίθετης λωρίδας θα αυξηθεί, έχοντας ως αποτέλεσμα μια άβολη οδήγηση και πιθανή μείωση της ταχύτητας. Η επίκλιση είναι ένα γεωμετρικό χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται για να περιορίσει την απαίτηση για πλευρική τριβή αντισταθμίζοντας ένα μέρος της κεντρομόλου επιτάχυνσης που αντιμετωπίζουν οι οδηγοί. Σύμφωνα με τις διαδικασίες σχεδιασμού του AASHTO, η κεντρομόλος επιτάχυνση είναι το άθροισμα της πλευρικής τριβής και της επίκλισης.

### 2.6.3 Κατά μήκος χάραξη

Ο σχεδιασμός της κατά μήκος χάραξης είναι ένα παράγωγο της αλληλεπίδρασης μεταξύ των κριτηρίων που διέπουν τα μήκη ορατότητας, της τοπογραφίας του δρόμου και της ανάγκης του μελετητή να επιτύχει δευτερεύοντες στόχους όπως η εξισορρόπηση του όγκου των επικωμάτων και των ορυγμάτων στα διάφορα σημεία της χάραξης.

Η ιδανική σχεδίαση της κατά μήκος χάραξης θα πρέπει να παρέχει επαρκές μήκος ορατότητας για στάση όταν ο οδηγός εντοπίσει κάποιο αντικείμενο στην λωρίδα κυκλοφορίας. Η ύπαρξη όμως τέτοιων καμπυλών με περιορισμένο μήκος ορατότητας, δεν παραβιάζει γενικά τις προσδοκίες των οδηγών. Όταν αυτά τα χαρακτηριστικά συνδυάζονται από μια απότομη καμπύλη της οριζοντιογραφίας ή από μία διασταύρωση που μπορεί να απαιτούν μείωση της ταχύτητας, η προσδοκία του οδηγού παραβιάζεται και ο συνδυασμός των στοιχείων αυτών μπορεί να θεωρηθεί ασυνεχής.

#### 2.6.4 Συνδυασμός της οριζόντιας και της κατά μήκος χάραξης

Η οριζόντια και η κατά μήκος χάραξη θα πρέπει να αλληλοσυμπληρώνονται και να λαμβάνονται συνδυαστικά υπόψη κατά το σχεδιασμό και όχι μεμονωμένα. Η τοπογραφία της περιοχής είναι συνήθως ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τη συνεργασία της οριζοντιογραφικής και της κατά μήκος χάραξης. Τα μήκη ορατότητας που υπολογίζονται από τις καμπύλες της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής είναι και τα επιθυμητά όταν συμβάλλουν στην ύπαρξη ενός ασφαλούς δρόμου και στη μείωση της καταπόνησης του οδηγού. Έτσι, ο συνδυασμός των στοιχείων σχεδιασμού θα πρέπει να ανταποκρίνονται στις ελάχιστες απαιτήσεις είτε των οριζοντιογραφικών είτε των κατά μήκος στοιχείων σχεδιασμού, εξαρτώμενος από αυτό που επηρεάζει περισσότερο το μήκος ορατότητας.

Η συνεργασία και αλληλεπίδραση της οριζοντιογραφικής και της κατά μήκος χάραξης δεν έχει μελετηθεί σε βάθος όσο οι άλλοι παράγοντες του γεωμετρικού σχεδιασμού λόγω της πολυπλοκότητας της γεωμετρίας. Γενικά, τα δύο αυτά είδη των χαράξεων σχεδιάζονται μεμονωμένα προκειμένου να ανταποκρίνονται σε κάποια κριτήρια και κατόπιν ο σχεδιασμός βασίζεται στο ότι η σχεδιαστική συνέχεια θα διατηρείται. Το θέμα αυτό όμως στις σχεδιαστικές οδηγίες θίγεται περισσότερο από την άποψη της αποφυγής ορισμένων λανθασμένων συνδυασμών οριζόντιας και κατά μήκος χάραξης (π.χ κλειστή οριζοντιογραφική καμπύλη να επίκειται κυρτής καμπύλης ως προς τη μηκοτομή) και στη διατήρηση ορισμένων οδηγιών ως προς το αισθητικό κομμάτι, αλλά δεν υπάρχουν σχεδιαστικές οδηγίες ώστε να ποσοτικοποιηθεί η συνέχεια σε αποδεκτά επίπεδα.

## 3. ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

### 3.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία συλλογής στοιχείων για τη διεξαγωγή αυτής της έρευνας χωρίστηκε σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο περιελάμβανε την επιλογή των οδικών τμημάτων τα οποία ήταν κατάλληλα για τη μελέτη. Στο δεύτερο στάδιο συλλέχθηκαν τα πιο αντιπροσωπευτικά στοιχεία πεδίου για τα οδικά τμήματα, ενώ κατά το τρίτο στάδιο μετρήθηκαν οι λειτουργικές ταχύτητες του κάθε οδικού τμήματος.

### 3.2 Επιλογή οδικών τμημάτων και περιοχή μελέτης

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα αυτή συλλέχθηκαν από δρόμους του λεκανοπεδίου Αττικής, της Βοιωτίας, της Πάτρας και του Βόλου. Επιλέχθηκε ένας επαρκής αριθμός δρόμων από περιοχές σε όλη την Ελλάδα όπου το πλάτος των λωρίδων τους ήταν περίπου 3.25, 3.50 και 3.75m. Συγκεκριμένα, μετρήθηκαν 31 καμπύλες και 6 ευθυγραμμίες.

Οι περιοχές αυτές επιλέχθηκαν για το δείγμα μας καθώς έχουν επαρκή τμήματα υπεραστικών οδών ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας, υπάρχει διασπορά ως προς τη γεωγραφική τους κατανομή και εκτείνονται και εκτός κατοικημένων περιοχών. Ένα άλλο κριτήριο επιλογής των περιοχών αυτών είναι ότι περιλαμβάνουν τμήματα δρόμων που εκτείνονται για μεγάλο μήκος και συνεπώς δεν υπάρχει πάντα η επιρροή κόμβων και διασταυρώσεων. Επιπλέον, τα τμήματα δρόμων που επιλέξαμε δεν περιελάμβαναν διάφορα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια όπως πεζοδρόμια και στενώσεις λόγω γεφυρών. Όπου υπήρχε έρεισμα ήταν ασφαλοστρωμένο και διαγραμμισμένο και το πλάτος του διατηρείτο σταθερό. Τέλος, η κατά μήκος κλίση δεν υπερέβαινε το 6%. Τα τμήματα που επιλέχθηκαν κατανέμονταν με βάση το πλάτος των

λωρίδων, στα οποία το επιτρεπτό όριο ταχύτητας κυμαινόταν κατά κανόνα στα 50km/h. Ο σχεδιασμός και η ποιότητα των οδοστρωμάτων δεν είχε κρίσιμες ανωμαλίες που θα συνέβαλαν στη μείωση της λειτουργικής ταχύτητας των οδηγών και τέλος αποφεύχθηκαν οι μετρήσεις σε δρόμους με πυκνή ύπαρξη σημάτων και προειδοποιητικών πινακίδων, παρά μόνο στα καμπύλα τμήματα με πολύ μικρή ακτίνα.

Οι μετρήσεις για την ανάπτυξη του μοντέλου εκτίμησης λειτουργικών ταχυτήτων περιλαμβάνει μόνο τα επιβατηγά οχήματα. Αυτό διότι η συγκεκριμένη κατηγορία οχημάτων αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό των οχημάτων που κινείται στις επαρχιακές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Επιπλέον, είναι αναμενόμενο να ταξιδεύουν με ταχύτητες μεγαλύτερες από τις αυτές που κινούνται τα οχήματα των άλλων κατηγοριών και κατά συνέπεια, η μεγάλη πλειοψηφία των μελετών σχετικά με την ανάπτυξη μοντέλων της λειτουργικής ταχύτητας επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους σε αυτή την κατηγορία οχημάτων. Κατά προσέγγιση, τα επιβατηγά οχήματα αποτελούν το 85% του συνολικού φόρτου στις υπεραστικές οδούς (Hashim I.H.), επιβεβαιώνοντας την αναγκαιότητα ανάπτυξης σχετικού μοντέλου της λειτουργικής ταχύτητας για αυτούς τους τύπους οχημάτων.

### 3.3 Συλλογή στοιχείων στο πεδίο των μετρήσεων

Στην κάθε περιοχή που επιλέχθηκε για μετρήσεις, καταγράφηκε ο εκάστοτε δρόμος στον οποίο πραγματοποιούσαμε τις μετρήσεις για τις ταχύτητες των οχημάτων, αλλά και η κατεύθυνση κυκλοφορίας αφού μετρήθηκαν ξεχωριστά η εσωτερική και η εξωτερική λωρίδα κυκλοφορίας. Για την ακριβέστερη αναγνώριση κάθε σημείου που μετρήθηκε, πάρθηκαν και φωτογραφίες. Τέλος, σημειώθηκαν και τα όρια ταχυτήτων όπου υπήρχαν.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου τα οποία μετρήθηκαν είναι:

- Η κατά μήκος κλίση
- Η ακτίνα της καμπύλης
- Το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας
- Οι επικλίσεις
- Τα πλάτη των ερεισμάτων όπου υπήρχαν

Τα πλάτη των λωρίδων και των ερεισμάτων καταγράφηκαν και για τις δύο κατευθύνσεις. Τα μετρούμενα πλάτη έπρεπε να είναι αντιπροσωπευτικά για το οδικό τμήμα που μετρούσαμε κάθε φορά και προκειμένου να ελεγχθεί ότι δεν μεταβάλλεται το πλάτος έγιναν δύο μετρες μετρήσεις στο υπό εξέταση τμήμα. Αν υπήρχε μεγάλη μεταβολή του πλάτους του οδοστρώματος ή του πλάτους των ερεισμάτων, επιλέγαμε τα οδικά τμήματα τα οποία είχαν μια συνέχεια μεταξύ τους ή απορρίπταμε όλη την περιοχή μελέτης. Η κατά μήκος κλίση καθώς και οι επικλίσεις μετρήθηκαν με τη χρήση κλισίμετρου.

### 3.4 Δεδομένα ταχυτήτων

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την ταχύτητα του οδηγού καθώς αυτός κινείται στο δρόμο. Οι πιο προφανείς και πιο σημαντικοί είναι οι δυνατότητες του ίδιου αλλά και του οχήματός του, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου, οι κυκλοφοριακές συνθήκες, οι καιρικές συνθήκες όπως η έντονη βροχή που επηρεάζει την πρόσφυση και την ορατότητα, καθώς και οι περιορισμοί που επιβάλλει ο Κ.Ο.Κ. Προκειμένου οι μετρούμενες ταχύτητες να ανταποκρίνονται στις επιθυμητές ταχύτητες των οδηγών οι οποίες επηρεάζονται μόνο από τα οδικά χαρακτηριστικά και όχι από την κυκλοφορία, μετρήθηκαν μόνο τα οχήματα τα οποία είχαν μια χρονική διαφορά τουλάχιστον 5 δευτερολέπτων με τα προπορευόμενα οχήματα.

Ο καθορισμός της χρονικής διαφοράς μεταξύ διαδοχικών οχημάτων που αντιστοιχεί σε συνθήκες ελεύθερης ροής, αποτελεί θέμα μείζονος

σημασίας στις μελέτες σχεδιασμού οδικών τμημάτων, ειδικότερα στον καθορισμό της λειτουργικής ταχύτητας. Αυτό γιατί σε συνθήκες ελεύθερης ροής μόνο η γεωμετρία του δρόμου επηρεάζει τις ταχύτητες των οδηγών (Hashim I.H.). Η χρονική διαφορά μεταξύ διαδοχικών οχημάτων που αντιστοιχεί σε συνθήκες ελεύθερης ροής έχει υπολογιστεί από προηγούμενες μελέτες ότι κυμαίνεται μεταξύ 4 και 9 δευτερολέπτων. Ωστόσο, η πλειοψηφία αυτών των μελετών πρότεινε ότι οι συνθήκες ελεύθερης ροής ορίζονται όταν η χρονική διαφορά είναι 5 δευτερόλεπτα.

Όλες οι μετρήσεις ταχυτήτων πραγματοποιήθηκαν μέρα, είτε με ευνοϊκές καιρικές συνθήκες είτε με βροχή, χωρίς όμως αυτή να έχει μεγάλη ένταση που να επηρεάζει το μήκος ορατότητας.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με χρήση radar χειρός, στο κέντρο της καμπύλης και των ανεξάρτητων ευθυγραμμιών. Σε όλες σχεδόν τις προηγούμενες έρευνες όπως αναφέρει ο Hashim I.H. στο 4ο κεφάλαιο της διδακτορικής του διατριβής, οι συσχετίσεις της V<sub>85</sub> με τις διάφορες σχεδιαστικές παραμέτρους του δρόμου αλλά και τα διάφορα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά αναφέρονται στο μέσο της καμπύλης. Αυτό διότι εκεί πιστεύεται ότι προκύπτει η ελάχιστη ταχύτητα. Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα αυτού του τεστ, οι μέσες ταχύτητες στο μέσον της κάθε καμπύλης είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες που εμφανίζονται στην αρχή αλλά και στο τέλος αυτών, ανεξαρτήτως του αν η ανάλυση αφορά τη μία κατεύθυνση κυκλοφορίας ξεχωριστά ή και τις δύο μαζί.

Το ραντάρ με το οποίο μετρήθηκαν οι ταχύτητες των οχημάτων, ήταν πάντοτε τοποθετημένο συνευθειακά με το διάνυσμα της κίνησης των οχημάτων προκειμένου να αποφύγουμε το σφάλμα συνημίτονου. Το σφάλμα μέτρησης με το ραδιοεντοπιστή είναι συνάρτηση της διεύθυνσης εκπομπής σήματος ως προς τον άξονα της οδού (Ψαριανός Β. 2001). Έτσι, το ελάχιστο σφάλμα (0,02%) επιτυγχάνεται όταν η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του ραδιοσήματος και του άξονα της οδού είναι από 0 έως 5 μοίρες. Το σφάλμα είναι μικρό ακόμα και για γωνία 15 μοιρών (3,42%). Για μεγαλύτερες γωνίες όμως το σφάλμα γίνεται υπολογίσιμο και η μετρούμενη ταχύτητα διαφέρει κατά πολύ

από την πραγματική. Μετρήθηκαν επαρκή οχήματα, 80 επιβατηγά αυτοκίνητα και στις δύο κατευθύνσεις για κάθε στοιχείο του δρόμου. Συνολικά μετρήθηκαν δηλαδή περίπου 2000 οχήματα. Η διαδικασία εκτίμησης του ελάχιστου δείγματος περιγράφεται στο 3.4.1.

Μετά τη συλλογή των δεδομένων, αυτά συγκεντρώθηκαν σε ένα πίνακα κατανομής συχνοτήτων βάσει του οποίου υπολογίστηκε η 85<sup>η</sup> ποσοστιαία λειτουργική ταχύτητα. Η διαδικασία εκτίμησης της V<sub>85</sub> περιγράφεται στο εδάφιο 3.4.4. Τα δεδομένα των ταχυτήτων παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 21 του Παραρτήματος

### 3.4.1 Απαιτούμενο δείγμα

Στις μετρήσεις ταχυτήτων το μέγεθος του δείγματος εξαρτάται από το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα και το επίπεδο εμπιστοσύνης για το οποίο το σφάλμα εκτίμησης δεν θα υπερβεί το μέγιστο επιτρεπόμενο.

Για τη συγκεκριμένη μελέτη, προκειμένου να καθορίσουμε τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό των παρατηρήσεων που χρειάζεται, χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο που ανέπτυξαν οι Oppenlader, Bunte, και Kadakia.

$$N = \frac{K^2 \sigma^2 (2 + U^2)}{2E^2}$$

Όπου:

N: το ελάχιστο απαιτούμενο δείγμα

K: κανονική απόκλιση που αναφέρεται στο επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης

σ: η τυπική απόκλιση του δείγματος

U: κανονική απόκλιση που αναφέρεται στην αθροιστική συχνότητα (85%) που επιθυμούμε να υπολογίσουμε

E: το επιτρεπτό σφάλμα της εκτίμησής μας

Από εκτενείς έρευνες (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, σελ 92) που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορους δρόμους

και κάτω από διαφορετικές συνθήκες, καθορίστηκαν οι τιμές των K και U για διάφορα επίπεδα εμπιστοσύνης οι οποίες και λήφθηκαν από πίνακα (στο Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 Part I, Πίνακας 7 σελ. 92), ενώ τα 5mph ως τυπική απόκλιση θεωρείται μια καλή εκτίμηση για την επίτευξη ικανοποιητικής ακρίβειας της έρευνας. Συνεπώς, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, το ελάχιστο επιτρεπτό δείγμα που απαιτείται να μετρηθεί για τον υπολογισμό της ταχύτητας που αντιστοιχεί στο 85% του δείγματος είναι περίπου 40 οχήματα. (K=1.96, U=1.04, E=2mph και σ=5mph).

### 3.4.2 Ανάλυση των μετρήσεων πεδίου ταχύτητας

Τα δεδομένα των μετρήσεων της κάθε μεμονωμένης καμπύλης, θα πρέπει να εξεταστούν ως προς την κατανομή τους, το εύρος και τη διασπορά των ταχυτήτων σε σχέση με τη μέση τιμή του δείγματος.

#### 3.4.2.1 Μέση τιμή του δείγματος

Ο αριθμητικός μέσος των ταχυτήτων αποτελεί ένα μέτρο της κεντρικής τάσης της κατανομής ταχυτήτων και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\tilde{u} = \frac{\sum (f_n u_n)}{N}$$

Όπου u: η μέση τιμή

$\sum (f_n \cdot u_n)$ : το άθροισμα των ταχυτήτων όλων των οχημάτων

N: ο συνολικός αριθμός των παρατηρούμενων οχημάτων

#### 3.4.2.2 Τυπική απόκλιση

Η τυπική απόκλιση του πληθυσμού από τον οποίο πάρθηκε το δείγμα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\sigma = \sqrt{\frac{N \sum f_n (u_n)^2 - (\sum f_n u_n)^2}{N(N-1)}}$$

Όπου:

σ: η τυπική απόκλιση



$\sum f_n(u_n)^2$ : το άθροισμα των τετραγώνων των συχνοτήτων

Η τυπική απόκλιση δηλώνει τη διασπορά των παρατηρήσεων γύρω από τη μέση τιμή. Το τετράγωνο της τυπικής απόκλισης λέγεται μεταβλητότητας.

### 3.4.2.3 Τυπικό σφάλμα μέσης τιμής

Το τυπικό σφάλμα της μέσης τιμής αποτελεί ένα στατιστικό μέγεθος που δηλώνει το πιθανό εύρος της πραγματικής μέσης ταχύτητας όλων των οχημάτων που αντιστοιχούν στον ίδιο χώρο και χρόνο με αυτόν που πάρθηκε το δείγμα και ορίζεται ως:

$$\sigma_{\bar{u}} = \frac{\sigma^2}{N}$$

Όπου:

$\sigma(Vm)$ : το τυπικό σφάλμα μέσης τιμής του δείγματος

$\sigma$ : η τυπική απόκλιση του δείγματος

$N$ : ο αριθμός των παρατηρούμενων οχημάτων

Με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, η πραγματική μέση τιμή της ταχύτητας για όλα τα οχήματα του δείγματος είναι μέσα στην καθορισμένη περιοχή της αριθμητικής μέσης τιμής με διάστημα εύρους σχεδόν δύο φορές το τυπικό σφάλμα της μέσης τιμής.

### 3.4.3 Τεστ Kolmogorov-Smirnov

Η διαδικασία του τεστ Kolmogorov-Smirnov βασίζεται στον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης ότι ένα δείγμα ακολουθεί συγκεκριμένη κατανομή. Αυτό γίνεται βρίσκοντας τη μεγαλύτερη διαφορά σε απόλυτη τιμή μεταξύ δύο συναρτήσεων. Η μια υπολογίζεται από το δείγμα και είναι η εμπειρική ενώ η άλλη θεωρητικά.

Το τεστ των Kolmogorov-Smirnov (K-S) (Chakravart, Laha, and Roy, 1967 όπως αναφέρεται στο:

<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35g.htm>)

χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει την κατανομή ενός συγκεκριμένου δείγματος.

Το K-S τεστ βασίζεται στην εμπειρική συνάρτηση κατανομής (ECDF). Για  $N$  μετρούμενα σημεία  $Y_1, Y_2, \dots, Y_N$ , η συνάρτηση ECDF ορίζεται ως

$$E_N = n(i)/N$$

όπου  $n(i)$  είναι ο αριθμός των σημείων τα οποία είναι μικρότερα από  $Y_i$  και τα  $Y_i$  είναι διατεταγμένα κατά αύξουσα σειρά. Η συνάρτηση αυτή αυξάνεται δηλαδή κατά  $1/N$  στην τιμή του κάθε διατεταγμένου σημείου.

*Χαρακτηριστικά και περιορισμοί του K-S Test:* Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι είναι ακριβές τεστ καθώς η κατανομή της παραμέτρου  $D$  είναι γνωστή ακόμα και για μικρό δείγμα. Παρόλα αυτά, το τεστ K-S έχει διάφορους σημαντικούς περιορισμούς:

1. Εφαρμόζεται μόνο σε συνεχείς κατανομές.
2. Είναι πιο ευαίσθητο στα κεντρικά σημεία της κατανομής παρά στα ακραία.
3. Το πιο σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι η κατανομή πρέπει να είναι πλήρως καθορισμένη.

Το Kolmogorov-Smirnov test ορίζεται από:

$H_0$ : Το δείγμα ακολουθεί τη συγκεκριμένη κατανομή

$H_a$ : Το δείγμα δεν ακολουθεί τη συγκεκριμένη κατανομή

Στατιστικό τεστ: Το στατιστικό τεστ των Kolmogorov-Smirnov ορίζεται ως

$$D = \max_{1 \leq i \leq N} \left( F(Y_i) - \frac{i-1}{N}, \frac{i}{N} - F(Y_i) \right)$$

όπου  $F$  είναι η αθροιστική θεωρητική κατανομή της κατανομής που ελέγχεται η οποία θα πρέπει να είναι συνεχής κατανομή.

Επίπεδο  $\alpha$ .

Εμπιστοσύνης:

Κρίσιμες Τιμές: Η υπόθεση που αφορά την κατανομή του δείγματος  $H_0$  απορρίπτεται αν ο στατιστικός έλεγχος,  $D$ , είναι μεγαλύτερος από την κρίσιμη τιμή που λαμβάνεται από δείγμα.

Πίνακας 7. Χαρακτηριστικά του τεστ Kolmogorov-Smirnov

Τα αποτελέσματα του τεστ καταδεικνύουν ότι το δείγμα των μετρούμενων οχημάτων σε κάθε καμπύλη και ευθυγραμμία, ακολουθεί κανονική κατανομή σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Η υπόθεση της κανονικής κατανομής επαληθεύεται είτε στην περίπτωση που το δείγμα των ταχυτήτων σε κάθε οδικό τμήμα εξετάστηκε συνολικά και στις δύο κατευθύνσεις, είτε στην περίπτωση που ελέγχθηκαν ξεχωριστά οι κατανομές των δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας. Τα αποτελέσματα του τεστ Kolmogorov-Smirnov για την εξωτερική και την εσωτερική λωρίδα του κάθε οδικού τμήματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 23 του Παραρτήματος.

### 3.4.4 Υπολογισμός της V85

Ο υπολογισμός της 85<sup>ης</sup> ποσοστιαίας ταχύτητας για κάθε δείγμα ταχυτήτων σε μια καμπύλη υπολογίζεται με τη βοήθεια του διαγράμματος της σχετικής αθροιστικής συχνότητας των μετρήσεων.

Με γραμμική παρεμβολή, υπολογίζεται η V85 από τον παρακάτω τύπο:

$$V_{85} = V_1 + \frac{V_2 - V_1}{P_2 - P_1} \cdot (85 - P_1)$$

Όπου:

V1: η πλησιέστερη ταχύτητα του δείγματος μικρότερη από τη V85

V2: η πλησιέστερη ταχύτητα του δείγματος μεγαλύτερη από τη V85

P1: η πλησιέστερη αθροιστική συχνότητα (%) μικρότερη του 85%

P2: η πλησιέστερη αθροιστική συχνότητα (%) μεγαλύτερη του 85%

Παρόλα αυτά, στα προγράμματα στατιστικής ο υπολογισμός των ποσοστιαίων ταχυτήτων αποτελεί μια απλή και αυτοματοποιημένη διαδικασία. Στη συγκεκριμένη έρευνα, οι 85<sup>ες</sup> ποσοστιαίες ταχύτητες υπολογίστηκαν με τη χρήση του SPSS και τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στους Πίνακες 24 και 25 του Παραρτήματος.

## 3.5 Πρακτική εκτίμηση των στοιχείων της Οριζοντιογραφίας

Το μοντέλο που προτείνεται λαμβάνει υπόψη και την επίδραση του γενικού χαρακτήρα της οριζοντιογραφικής χάραξης προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια στην πρόβλεψη των ταχυτήτων, καθιστώντας έτσι δυνατή τη χρήση του μοντέλου προφίλ ταχυτήτων σε δρόμους με πολύ διαφορετική χάραξη. Όπως προαναφέραμε, για να περιγραφεί ο γενικός χαρακτήρας της οριζόντιας χάραξης, περιγράφηκαν διαφορετικοί δείκτες χάραξης.

Παρόλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ελικτότητα η οποία χρησιμοποιείται στη γερμανική διαδικασία ελέγχου συνέχειας στο σχεδιασμό έχει διερευνηθεί σε βάθος και ότι τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων έδειξαν ότι υπάρχει μεγάλος συσχετισμός μεταξύ του δείκτη αυτού και της λειτουργικής ταχύτητας, επιλέχθηκε η ελικτότητα ως η μεταβλητή που αναπαριστά τα οδικά τμήματα με σχετικά ομοιόμορφη οριζόντια χάραξη. Για την ακρίβεια, η ελικτότητα χρησιμοποιείται στην επιλογή των ομοιογενών τμημάτων τα οποία είναι στην ουσία τα τμήματα κατά μήκος των οποίων η συμπεριφορά των οδηγών σχετικά με την ταχύτητα διατηρείται σταθερή.

Όπως έχει αναφερθεί, η χρήση της μεθόδου αυτής και η υιοθέτηση της παραμέτρου της ελικτότητας ευνοείται στην Ελλάδα αφού οι δρόμοι είναι σχεδιασμένοι με λίγες ευθυγραμμίες και πολλές καμπύλες και κατά συνέπεια είναι εύκολος ο προσδιορισμός των σημείων με παρόμοια χάραξη. Στην έρευνα τους, οι Choueiri Elias M. and Lamm Ruediger, Part I, σελ.154, 1987 ανέφεραν ότι για μια καμπυλόγραμμη χάραξη, η μέθοδος της ελικτότητας μπορεί να είναι πιο πλεονεκτική στη χρήση της από τη μέθοδο του βαθμού της καμπυλότητας.

Η ελικτότητα  $K_e$  της μεμονωμένης καμπύλης είναι συνάρτηση της γωνίας αλλαγής κατεύθυνσης και του συνολικού μήκους της καμπύλης, που αποτελείται από το μήκος του κυκλικού τόξου και τα μήκη των εκατέρωθεν τόξων συναρμογής. Η σχέση που συνδέει την ελικτότητα της μεμονωμένης καμπύλης  $K_e$  και της ανηγμένης ακτίνας  $R$ , που αντιστοιχεί στη δεδομένη καμπύλη είναι:

$$R = \frac{63700}{K_e}$$

Στην περίπτωση των ευθυγραμμιών, η ελικτότητα θα ληφθεί ίση με 0.

## 4. ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

### 4.1 Εισαγωγή

Η ύπαρξη συνέχειας στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας κατά τη μελέτη χάραξης ενός δρόμου είναι ένα στοιχείο αξιολόγησης της ασφάλειας των οχημάτων όταν κινούνται σε αυτόν. Προκειμένου να αποτιμήσουμε λοιπόν τα μεγέθη τα οποία συνεισφέρουν στην ύπαρξη συνέχειας μεταξύ των διαδοχικών τμημάτων ενός δρόμου, θα πρέπει να αναπτύξουμε μοντέλα πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας τόσο για καμπύλες όσο και για ευθυγραμμίες. Πρωταρχικός στόχος της μελέτης αυτής συνεπώς είναι η δημιουργία μοντέλου που να συνδέει τη λειτουργική ταχύτητα  $V_{85}$  με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ανεξάρτητων ευθυγραμμιών και των καμπυλών σε υπεραστικές οδούς ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας. Αυτά τα μοντέλα θα μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για αναλύσεις σε υφιστάμενους δρόμους και για τον εντοπισμό ασυνεχειών στα οδικά τμήματα.

Όπως προαναφέραμε, υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που ενδεχομένως επηρεάζουν τις ταχύτητες των οχημάτων που κινούνται σε ένα δρόμο. Κάποιοι από αυτούς είναι η ακτίνα της καμπύλης, το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας, το πλάτος ερείσματος, εμπόδια, στενώσεις και παρακείμενες κατασκευές, η κατά μήκος κλίση και οι επικλίσεις, το μήκος ορατότητας, ο φόρτος κυκλοφορίας κ.ά.

Καθένας από τους παραπάνω παράγοντες επιδρούν διαφορετικά σε κάθε περιοχή και επομένως η διαδικασία προσδιορισμού της επίδρασης του καθενός στις ταχύτητες και τα ατυχήματα γίνεται δυσκολότερη. Σύμφωνα με τις μελέτες των στοιχείων που έχουν τη σημαντικότερη επίδραση στην οδική συμπεριφορά, για την εκτίμηση ενός μοντέλου πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας, επιλέχθηκαν το πλάτος λωρίδας

κυκλοφορίας, η ακτίνα της καμπύλης, η κατά μήκος κλίση, οι επικλίσεις και τα πλάτη ερεισμάτων.

Προκειμένου λοιπόν να έχουμε μια ποσοτική εκτίμηση του αν μια μεταβλητή ασκεί κάποια σημαντική επίδραση στην ταχύτητα των οχημάτων, χρησιμοποιήσαμε την ανάλυση παλινδρόμησης. Για τον καθορισμό αν μια συγκεκριμένη μεταβλητή ασκεί σημαντική επίδραση στις ταχύτητες των οχημάτων, και για την εκτίμηση της ποσοτικής εκτίμησης αυτής της επίδρασης, χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία της παλινδρόμησης κατά βήματα (stepwise regression). Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, σε κάθε βήμα της παλινδρόμησης εισάγεται μια καινούρια μεταβλητή κάθε φορά στην εξίσωση εκτίμησης της λειτουργικής ταχύτητας. Έτσι, με τη μέθοδο αυτή παράγονται μια σειρά από εξισώσεις όπου η κάθε μία έχει μια παραπάνω μεταβλητή από την προηγούμενη της. Αν κατά την εισαγωγή μιας μεταβλητής η σημαντικότητα του τεστ είναι μικρότερη από αυτή της προηγούμενης εξίσωσης, τότε η νέα μεταβλητή απορρίπτεται. Είναι σημαντικό οι ανεξάρτητες μεταβλητές να μην είναι συσχετισμένες μεταξύ τους. Αν υπάρχει μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών τότε η εκτίμησή τους δεν είναι βάσιμη και μπορεί να υπάρχουν μεγάλα τυπικά σφάλματα στην εκτίμηση των μεταβλητών. Ο έλεγχος συγγραμικότητας των μεταβλητών γίνεται ανά ζεύγη με τον πίνακα συσχέτισης με την εξέταση των πιθανών επεξηγηματικών μεταβλητών. Η επίλυση του προβλήματος αυτού γίνεται με την απαλοιφή μίας ή παραπάνω συγγραμικών μεταβλητών.

Ο έλεγχος της παλινδρόμησης γίνεται με το F-test το οποίο καθορίζει αν το μέσο άθροισμα των τετραγώνων που εξηγείται από την παλινδρόμηση είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το άθροισμα των τετραγώνων που δεν εξηγείται από την παλινδρόμηση. Με άλλα λόγια, η εξίσωση που επιλέχθηκε θα πρέπει να εκτιμάει τις μεταβλητές με το μικρότερο τυπικό σφάλμα. Ο έλεγχος αυτός έγινε με τη χρήση του δείκτη t μεταξύ των λειτουργικών ταχυτήτων των δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Ακόμα, όπου δεν υπήρχαν πινακίδες ορίου ταχύτητας, επιλέχθηκε το όριο που ισχύει για αυτή την κατηγορία δρόμων σύμφωνα με τον Κ.Ο.Κ το οποίο είναι 90km/h.

## 4.2 Αναλύσεις Παλινδρόμησης: Υπόβαθρο

Ο αντικειμενικός στόχος της ανάλυσης παλινδρόμησης είναι η προσαρμογή μιας εξίσωσης στα δεδομένα η οποία περιγράφει καλύτερα τη συναρτησιακή σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και ενός πλήθους επεξηγηματικών μεταβλητών. Το κριτήριο καθορισμού της κατάλληλης εξίσωσης είναι η ελαχιστοποίηση των τετραγωνικών διαφορών μεταξύ των πραγματικών παρατηρούμενων ποσοτήτων και των προβλεπόμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής.

Η ανάλυση των δεδομένων αποτελείται από πολλά βήματα. Αρχικά εισάγονται τα δεδομένα για τον προσδιορισμό λανθασμένων ή ασυνεχών παρατηρήσεων. Κατόπιν, καθορίζεται το πληρέστερο μοντέλο το οποίο εξηγεί καλύτερα τη συναρτησιακή σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και των διάφορων επεξηγηματικών μεταβλητών που χαρακτηρίζουν την περιοχή μελέτης. Τέλος, ακολουθεί η εύρεση ενός απλούστερου, εύχρηστου, αλλά εξίσου κατάλληλου μοντέλου καθώς δεν θα πρέπει να επηρεάζεται η ικανότητα εκτίμησης το μοντέλου.

Κατά το πρώτο βήμα, μπορεί να προκύψουν διάφορα απομακρυσμένα σημεία είτε λόγω χονδροειδούς λάθους κατά τη μεταφορά των δεδομένων, είτε λόγω λανθασμένης επιλογής τοποθεσίας για τη λήψη των δεδομένων. Τα σημεία αυτά ανιχνεύονται από διάφορα διαγράμματα των υπολοίπων ενώ επίσης υπάρχουν και αυτοματοποιημένες μέθοδοι εντοπισμού των απομακρυσμένων σημείων.

Στο δεύτερο βήμα, ακολουθείται η υπόθεση ότι τα υπόλοιπα θα πρέπει να είναι κανονικά και ανεξάρτητα κατανομημένα, με σταθερή μεταβλητότητα για κάθε σετ τιμών των επεξηγηματικών μεταβλητών. Επιπροσθέτως, οι επεξηγηματικές μεταβλητές δεν θα πρέπει να είναι συγγραμμικές μεταξύ τους. Ο καθορισμός των μεταβλητών που θα



αφαιρεθούν γίνεται κυρίως με τα κριτήρια συγγραμικότητας και τις τιμές του δείκτη  $t$  που προκύπτουν από την ανάλυση παλινδρόμησης.

Στο τρίτο βήμα, διενεργούνται διαδοχικές αναλύσεις για τον καθορισμό της καλύτερης εξίσωσης που θα προσαρμόζεται στα δεδομένα. Αφαιρούνται ορισμένες ασυνήθιστες περιοχές για να προσδιοριστεί η επίδρασή τους στις εναπομείναντες περιοχές. Η τελευταία φάση της ανάλυσης περιλαμβάνει την απλοποίηση της εξίσωσης που καθορίστηκε στο προηγούμενο βήμα ως η καλύτερη που προσαρμόζεται στα δεδομένα. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την αφαίρεση των μεταβλητών που είχαν ελάχιστη συνεισφορά στη διεξαγωγή της ανάλυσης παλινδρόμησης.

### 4.3 Προκαταρκτική ανάλυση

#### 4.3.1 Έλεγχος συγγραμικότητας μεταξύ των μεταβλητών

Ο καθορισμός των μεταβλητών που θα αφαιρεθούν γίνεται κυρίως με τα κριτήρια συγγραμικότητας και τις τιμές του δείκτη  $t$  που προκύπτουν από την ανάλυση παλινδρόμησης. Σύμφωνα με την έρευνα των Choueiri Elias M. and Lamm Ruediger, 1987, οι ανεξάρτητες μεταβλητές επιτρεπόμενη ταχύτητα και επίκλιση αφαιρέθηκαν από το τελικό μοντέλο καθώς είχαν μεγάλο βαθμό συσχέτισης με το βαθμό καμπύλης και η εισαγωγή συγγραμμικών μεταβλητών στο μοντέλο μπορεί να επιφέρει κακή εκτίμηση της εξαρτημένης μεταβλητής. Ακόμα, αφαιρέθηκαν το μήκος της καμπύλης, η κατά μήκος κλίση και το μήκος ορατότητας, καθώς οι δείκτες  $t$  είχαν τιμές μικρότερες από 1.96. Επίσης, η μεταβλητή η οποία είχε τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή βρέθηκε ο βαθμό καμπύλης και έπειτα το πλάτος λωρίδας.

Παρόλα αυτά, το πλάτος λωρίδας δεν επιλέγεται τελικά ανάμεσα στα προτεινόμενα μοντέλα ενώ με βάση τη βιβλιογραφική επισκόπηση των μοντέλων λειτουργικής ταχύτητας που αναφέρεται στο 2<sup>ο</sup>

κεφάλαιο, σε κανένα μοντέλο δεν έχει χρησιμοποιηθεί το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας ως ανεξάρτητη μεταβλητή. Είναι αυτονόητο πως όσο πιο πολλές επεξηγηματικές μεταβλητές υπάρχουν σε ένα μοντέλο, τόσο περισσότερο αυξάνεται η ικανότητα εκτίμησης του, τα σημαντικότερα όμως κριτήρια επιλογής μιας μεταβλητής για την εισαγωγή της στο μοντέλο είναι το κατά πόσο είναι σημαντική στην εξήγηση της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής και η συμβολή της στην αύξηση της ακρίβειας του μοντέλου.

Ακόμα, όπως επισημάνθηκε στο εδάφιο 2.2.3, δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση στην ταχύτητα και στην κατάσταση των ατυχημάτων για κατά μήκος κλίσεις μικρότερες από 6-7%. Επειδή τα δεδομένα των ταχυτήτων της παρούσας έρευνας έχουν ληφθεί σε τοποθεσίες όπου η κατά μήκος κλίση δεν υπερβαίνει το 5-6%, δεν κρίνεται σκόπιμη η εισαγωγή αυτής της μεταβλητής στο μοντέλο εκτίμησης της λειτουργικής ταχύτητας που θα αναπτυχθεί στα επόμενα εδάφια.

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν, παρότι το πλάτος των λωρίδων δεν χρησιμοποιείται στην εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων στα διάφορα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία, το γεγονός ότι παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με τη λειτουργική ταχύτητα το καθιστά μια μεταβλητή που θα πρέπει να εξεταστεί. Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω, στην ανάπτυξη των εξισώσεων πρόβλεψης, θα εξεταστεί πέρα από την ελικτότητα των μεμονωμένων καμπυλών και η επίδραση του πλάτους των λωρίδων κυκλοφορίας στη λειτουργική ταχύτητα που αναπτύσσεται στις καμπύλες των υπεραστικών δρόμων δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

Από τη σημαντικότητα των συντελεστών της συνάρτησης (t-value), παρατηρούμε πως το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας δεν συνεισφέρει πολύ στην εξήγηση της εξαρτημένης μεταβλητής.

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		t	Sig.
		B	Std. Error		
1	(Constant)	62.483	24.955	2.504	.020
	Ke	-.022	.003	-7.632	.000
	b	5.656	7.010	.807	.428

a. Dependent Variable: v85

Πίνακας 8α. Παλινδρόμηση κατά βήματα

Ακόμα, από τις συσχετίσεις της ελικτότητας και του πλάτους λωρίδας με την εξαρτημένη μεταβλητή, παρατηρούμε πως το πλάτος λωρίδας δε συνεισφέρει ιδιαίτερα στον καθορισμό των τιμών της λειτουργικής ταχύτητας. Το γεγονός όμως ότι η μερική συσχέτισή της είναι μεγαλύτερη από τη zero-order, σημαίνει ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό της μεταβλητότητας της λειτουργικής ταχύτητας εξηγείται από το πλάτος λωρίδας ενώ δεν υπάρχουν συγγραμμικότητες μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς ο δείκτης tolerance είναι 1.

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Correlations			Collinearity Statistics	
		Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	Ke	-.844	-.847	-.843	1.000	1.000
	b	.096	.166	.089	1.000	1.000

a. Dependent Variable: v85

Πίνακας 8β. Παλινδρόμηση κατά βήματα

Σε αντίστοιχα συμπεράσματα καταλήγουμε κοιτώντας και τον πίνακα συσχετισμού.

**Correlations**

		v85	Ke	b
Pearson Correlation	v85	1.000	-.844	.096
	Ke	-.844	1.000	-.009
	b	.096	-.009	1.000
Sig. (1-tailed)	v85	.	.000	.320
	Ke	.000	.	.483
	b	.320	.483	.

Πίνακας 9. Συσχετισμοί μεταξύ των μεταβλητών

Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα αποτελεί ένα μέτρο καθορισμού της γραμμικότητας μεταξύ δύο μεταβλητών. Παρατηρούμε πως υπάρχει μεγάλη συσχέτιση της ελκτικότητας με την 85<sup>η</sup> λειτουργική ταχύτητα, όπως αναμενόταν, αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο και με το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας. Το θετικό πρόσημο όμως της σχέσης μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας μας επιβεβαιώνει πως αν και μικρό ρόλο διαδραματίζει το τελευταίο στην επιλογή της ταχύτητας των οδηγών, παρόλα αυτά η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη στα οδικά τμήματα με μεγαλύτερο πλάτος οδοστρώματος.

Το γεγονός ότι δεν βρέθηκε να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας τη λειτουργική ταχύτητα μπορεί ενδεχομένως να οφείλεται και στο μικρό δείγμα των οδικών τμημάτων που έχουν ληφθεί στην έρευνα. Ακόμα, το γεγονός ότι στην Ελλάδα για τη συγκεκριμένη κατηγορία οδών η χάραξη είναι κατά βάση καμπυλόγραμμη και απουσιάζει η ύπαρξη πολλών ευθειών, αλλά εντοπίζονται επίσης και ιδιαίτερα κλειστές καμπύλες, ενδεχομένως το δείγμα να χρήζει πύκνωσης στα σημεία με πολύ μικρή ελκτικότητα όπου οι ταχύτητες αναμένονται υψηλότερες και είναι πιθανή η εντονότερη επίδραση του πλάτους οδοστρώματος. Τέλος, οι απλοποιήσεις και προσεγγίσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό της ελκτικότητας των οδικών τμημάτων πιθανώς να φέρουν μερίδιο στον υπολογισμό της, αφού στην περίπτωση των καμπυλών όλες θεωρήθηκαν απλά κυκλικά τόξα χωρίς να ληφθούν υπόψη τα τόξα συναρμογής όπου υπήρχαν.

#### 4.3.2 Έλεγχος ταχύτητας ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας

Η ανάλυση του αν διαφέρουν οι ταχύτητες ανάλογα με την κατεύθυνση κυκλοφορίας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του t-test. Βρέθηκε ότι οι μέσες ταχύτητες για τις δύο λωρίδες κυκλοφορίας δεν διαφέρουν καθώς από τα 31 οδικά τμήματα, μόνο στα 5 από αυτά υπάρχει διαφορά μεταξύ των μέσων ταχυτήτων των δύο κατευθύνσεων που να είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρόλα αυτά μια εξέταση στις 85<sup>ες</sup> λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ των δύο ρευμάτων κατεύθυνσης έδειξε ότι στα 20 από τα 31 οδικά τμήματα αυτές είναι μεγαλύτερες όσον αφορά στην εξωτερική λωρίδα κυκλοφορίας. Το γεγονός αυτό πιθανόν να υποδεικνύει ότι οι οδηγοί που βρίσκονται στην εξωτερική λωρίδα κινούνται γρηγορότερα λόγω της μεγαλύτερης ακτίνας σε σχέση με την εσωτερική λωρίδα.

Αντίστοιχο εύρημα εντοπίζεται και στην έρευνα των Bird, R. N. and Hashim, I. H. 2005 σύμφωνα με την οποία είναι περισσότερα τα οδικά τμήματα στα οποία οι λειτουργικές ταχύτητες των εξωτερικών λωρίδων είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες στις εσωτερικές λωρίδες.

#### 4.4. Ανάπτυξη μοντέλων λειτουργικής ταχύτητας

Προκειμένου να αναπτύξουμε μοντέλα πρόβλεψης της επίδρασης της γεωμετρίας ενός δρόμου στη λειτουργική ταχύτητα που αναπτύσσεται στα κέντρα των καμπυλών και των ευθυγραμμιών, χρησιμοποιήσαμε μεθόδους απλής και πολλαπλής ανάλυσης παλινδρόμησης. Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της ταχύτητας του οδηγού όπως τα όρια ταχυτήτων, ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι χρήσεις γης (π.χ αστική περιοχή, σχολεία κ.ά). Η μελέτη αυτή όμως επικεντρώνεται στη σχέση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της γεωμετρίας του δρόμου και κατά συνέπεια τα δεδομένα των ταχυτήτων που συλλέχθηκαν ήταν σε συνθήκες ελεύθερης ροής προκειμένου να αποφευχθεί η επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου αλλά και άλλων μεταβλητών. Όλοι οι επιλεγμένοι δρόμοι ήταν μακριά από περιοχές κατοικίας και άλλες χρήσεις γης όπου τα όρια δεν περιορίζονται εξ αυτών των παραγόντων. Επίσης, στα σημεία που έγιναν οι μετρήσεις δεν υπήρχαν κόμβοι οι οποίοι θα επηρέαζαν αισθητά την ταχύτητα. Στη διαδικασία εκτίμησης μοντέλου ταχύτητας ακολουθήθηκε η εξής προσέγγιση:

Χρησιμοποιήθηκε ως κύρια μεταβλητή το τεταμένο της μεμονωμένης καμπύλης για την εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας. Οι ταχύτητες σε κάθε καμπύλη και ευθυγραμμία που παρατηρήθηκαν και στις δύο κατευθύνσεις ενώθηκαν σε μία κατανομή και η 85<sup>η</sup> ποσοστιαία ταχύτητα υπολογίστηκε για κάθε καμπύλη και ευθυγραμμία. Επομένως, ο αριθμός των παρατηρήσεων που χρησιμοποιήθηκε για την προσέγγιση αυτή ήταν 31 καμπύλες και 6 ευθυγραμμίες.

Για το δείγμα αυτό των λειτουργικών ταχυτήτων, έγιναν αναλύσεις απλής αλλά και πολλαπλής παλινδρόμησης. Η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν η λειτουργική ταχύτητα ενώ η ανεξάρτητη μεταβλητή και στις δύο περιπτώσεις ήταν η ελκτικότητα της μεμονωμένης καμπύλης ενώ στην περίπτωση της πολλαπλής παλινδρόμησης εισήχθη στο μοντέλο και το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας ως ανεξάρτητη μεταβλητή, παρότι όπως αναφέρθηκε στο εδάφιο 4.3.1 φαίνεται να μην επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη 85<sup>η</sup> ποσοστιαία λειτουργική ταχύτητα.

Όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι ανάλυσης παλινδρόμησης. Στην πρώτη, χρησιμοποιήθηκε μια ανεξάρτητη μεταβλητή ως επεξηγηματική μεταβλητή, ενώ στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης. Ο λόγος ανάπτυξης μοντέλων μιας μεταβλητής είναι ότι αυτά είναι πιο πρακτικά στη χρήση τους καθώς απαιτούν δεδομένα από λιγότερες μεταβλητές (μόνο μία).

Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι μαθηματικοί τύποι για την εισαγωγή των ανεξάρτητων μεταβλητών και τα κριτήρια αξιολόγησης της προβλεπόμενης ακρίβειας στα μοντέλα ήταν τα ακόλουθα:

- Ο τιμή του συντελεστή  $R^2$  θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη και σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Παρόλα αυτά, ο συντελεστής αυτός εξηγεί κατά πόσο το εκτιμώμενο μοντέλο εξηγεί τη διασπορά της εξαρτημένης μεταβλητής από τα δεδομένα του δείγματος και δεν μπορεί να μας πληροφορήσει αν η σχέση μεταξύ των μεταβλητών είναι σημαντική.

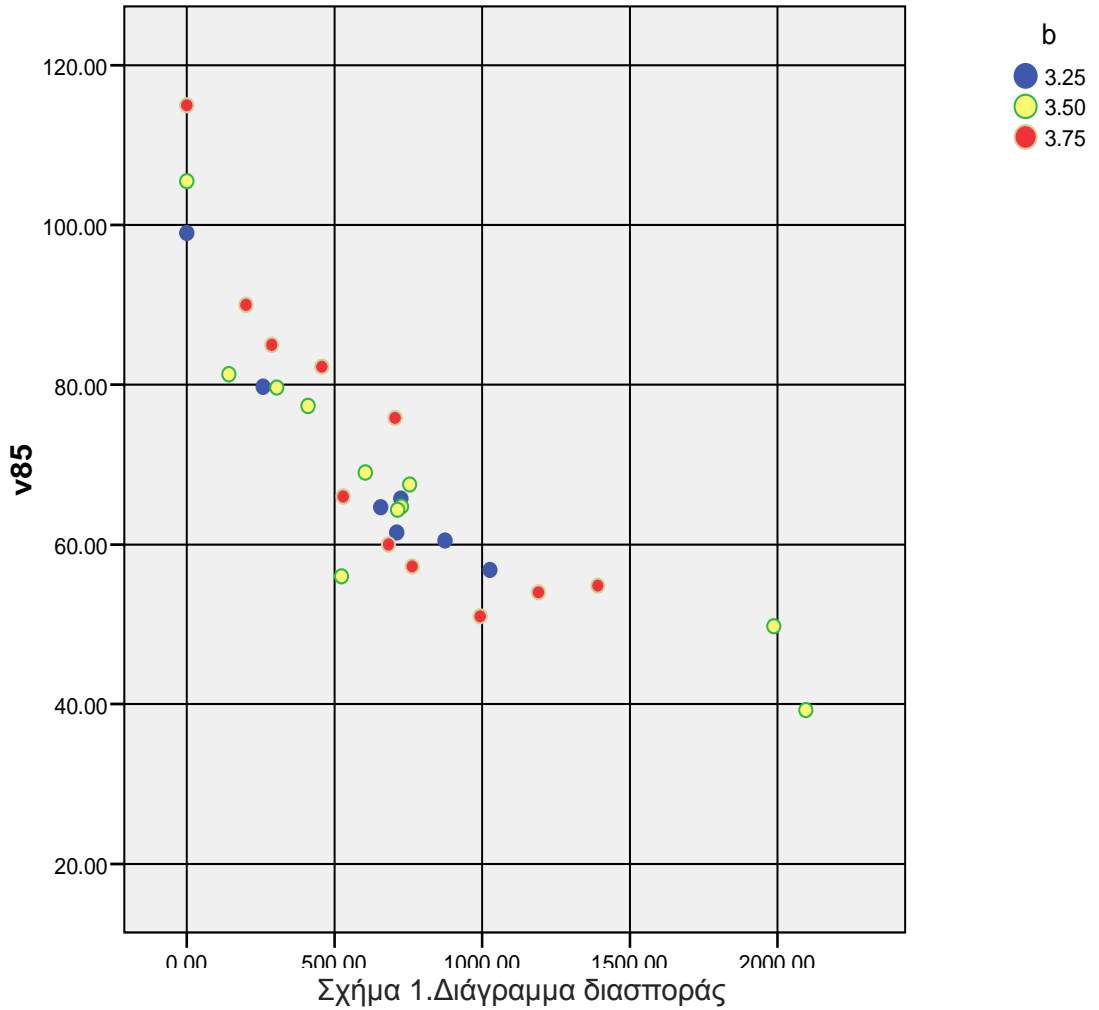
- Την πληροφορία αυτή τη λαμβάνουμε από το δείκτη F για τον οποίο αν η τιμή του δείκτη p είναι μικρότερη από 0,05 υποδεικνύεται μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της εξαρτημένης και της ανεξάρτητης μεταβλητής.

- Κάθε μια από τις ανεξάρτητες μεταβλητές θα πρέπει να έχει συντελεστές παλινδρόμησης στατιστικά διάφορους του 0 (δείκτης  $t > 1.96$  για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%), το πρόσημο των οποίων θα πρέπει να εξηγεί τη φυσική σημασία της επίδρασης της μεταβλητής στη λειτουργική ταχύτητα.

- Η ανάλυση των κανονικοποιημένων υπολοίπων σε σύγκριση με τις κανονικοποιημένες εκτιμώμενες τιμές θα πρέπει να επιβεβαιώνουν τις υποθέσεις της γραμμικότητας και της ομοιογένειας των παρατηρήσεων.



#### 4.4.1 επιλογή μεθόδου ανάλυσης παλινδρόμησης



Από το διάγραμμα διασποράς φαίνεται ότι το δείγμα των ταχυτήτων εκφράζεται ως συνάρτηση του αντιστρόφου της ελκτικότητας. Για να ελεγχθεί αυτό θα πρέπει να γίνει μια

προκαταρκτική εξέταση των πιθανών συναρτήσεων που να είναι και εύκολες στη χρήση τους αλλά φυσικά να μπορούν να περιγράψουν τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής. Οι συναρτήσεις που επιλέχθηκαν για να προσεγγίσουν τα δεδομένα της έρευνας είναι η γραμμική, η αντίστροφη, η λογαριθμική και το πολυώνυμο δευτέρου βαθμού, όλες με μοναδική ανεξάρτητη μεταβλητή την ελικτικότητα. Προκειμένου να υπάρχει μια καλύτερη ερμηνεία για το κατά πόσο μπορεί να είναι αξιόπιστο ένα μοντέλο που θα έχει μία από τις παραπάνω μορφές, έγιναν δύο προσεγγίσεις για την κάθε συνάρτηση. Στην πρώτη περίπτωση η εξίσωση περιελάμβανε σταθερό όρο ενώ στη δεύτερη περίπτωση οι συναρτήσεις εξαρτώνταν μόνο από την ελικτικότητα. Το γεγονός του σταθερού όρου μπορεί να μας βοηθήσει στην επιλογή του μοντέλου καθώς αν ασκεί μεγάλη επιρροή σε σχέση με το συντελεστή της μεταβλητής, τότε το μοντέλο δεν θα μπορεί να θεωρείται αξιόπιστο. Συγκεκριμένα, τα μοντέλα προσέγγισης των δεδομένων ήταν της μορφής:

$$V_{85} = a_1 \cdot K_e + c \text{ γραμμική συνάρτηση}$$

$$V_{85} = \frac{a_1}{K_e} + c \text{ αντίστροφη συνάρτηση}$$

$$V_{85} = a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + c \text{ πολυωνυμική συνάρτηση 2<sup>ου</sup> βαθμού}$$

$$V_{85} = a_1 \cdot \ln(K_e) + c \text{ λογαριθμική συνάρτηση}$$

Όπου

$V_{85}$  : η 85<sup>η</sup> ποσοστιαία λειτουργική ταχύτητα

$a_i$  : συντελεστές των μεταβλητών

$c$  : σταθερός όρος ο οποίος χρησιμοποιείται μόνο στην πρώτη περίπτωση

## 1<sup>η</sup> περίπτωση

Στην προσέγγιση αυτή, μια πρόχειρη εξέταση υποδεικνύει ως καλύτερη την πολυωνυμική συνάρτηση αφού ο συντελεστής διασποράς  $R^2$  είναι ο μεγαλύτερος και συγκεκριμένα εξηγεί τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής στα δεδομένα του δείγματος σε ποσοστό περίπου 80%. Ακολουθεί η λογαριθμική συνάρτηση με αντίστοιχο συντελεστή 0,79 ενώ έπεται η γραμμική συνάρτηση με  $R^2$  ίσο με 0,75. Η αντίστροφη συνάρτηση έχει  $R^2$  0,60. Σε όλες τις περιπτώσεις κρίνεται ικανοποιητικό το  $R^2$  αφού οι συναρτήσεις αυτές μπορούν να εξηγήσουν σε μεγάλο ποσοστό του δείγματος τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής.

Πίνακας 10.  $R^2$  γραμμικής, πολυωνυμικής, αντίστροφης και λογαριθμικής συνάρτησης (1<sup>η</sup> περίπτωση)

## Γραμμική συνάρτηση

**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.868	.754	.743	5.899

The independent variable is Ke.

### Πολυωνυμική συνάρτηση

**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.896	.802	.785	5.772

The independent variable is Ke.

### Αντίστροφη συνάρτηση

**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.773	.597	.580	8.064

The independent variable is Ke.

### Λογαριθμική συνάρτηση

**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.890	.791	.783	5.803

The independent variable is Ke.

Ο πίνακας Anova ελέγχει την αποδοχή του μοντέλου από στατιστικής άποψης και σύμφωνα με αυτόν παρατηρούμε πως και στις τέσσερις περιπτώσεις, τα στοιχεία της παλινδρόμησης είναι κατά πολύ μεγαλύτερα από τα υπόλοιπα. Αυτό σημαίνει ότι η διασπορά η οποία έχει ληφθεί και εξηγείται στα τρία μοντέλα είναι μεγαλύτερη από τη μεταβλητότητα η οποία δεν έχει ληφθεί κατά τον υπολογισμό των μοντέλων. Ακόμα, από τον ίδιο πίνακα παρατηρούμε πως ο δείκτης F είναι σημαντικός αφού η τιμή του δείκτη p είναι μικρότερη από 0,05. Από τον πίνακα αυτό όμως δεν μπορούμε να καταλάβουμε το κατά πόσο είναι ισχυρό το μοντέλο αλλά μόνο τη μεταβλητότητα της

εξαρτημένης μεταβλητής. Την πληροφορία αυτή την αντλούμε από το γεγονός ότι το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης είναι και στα τέσσερα μοντέλα πολύ μικρότερο από την τυπική απόκλιση του δείγματος.

Πίνακας 11. Πίνακας ανάλυσης διασποράς γραμμικής, αντίστροφης, λογαριθμικής και πολυωνυμικής συνάρτησης (1<sup>η</sup> περίπτωση)

### Γραμμική συνάρτηση

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2452.729	1	2452.729	70.484	.000
Residual	800.362	23	34.798		
Total	3253.092	24			

The independent variable is Ke.

### Αντίστροφη συνάρτηση

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2314.069	1	2314.069	35.583	.000
Residual	1560.791	24	65.033		
Total	3874.860	25			

The independent variable is Ke.

### Λογαριθμική συνάρτηση

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	3066.653	1	3066.653	91.065	.000
Residual	808.207	24	33.675		
Total	3874.860	25			

The independent variable is Ke.

## Πολυωνυμική συνάρτηση

### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	3108.535	2	1554.267	46.649	.000
Residual	766.325	23	33.318		
Total	3874.860	25			

The independent variable is Ke.

Το σημαντικότερο στοιχείο όμως μας το δίνει ο πίνακας των συντελεστών ο οποίος με το δείκτη t αναφέρει τη σημαντικότητα των όρων που έχουν χρησιμοποιηθεί στο μοντέλο. Η σημαντικότητα του σταθερού όρου στη γραμμική και την πολυωνυμική συνάρτηση είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της αντίστροφης συνάρτησης γεγονός το οποίο υποδηλώνει την ισχυρή του θέση μέσα στο μοντέλο. Δεν ισχύει το ίδιο και για τη λογαριθμική συνάρτηση, η οποία όμως έχει πολύ μεγάλο σταθερό όρο ενώ το τυπικό σφάλμα εκτίμησής του είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο της αντίστροφης συνάρτησης.

Πίνακας 12. Συντελεστές λογαριθμικής, πολυωνυμικής, αντίστροφης και γραμμικής συνάρτησης (1<sup>η</sup> περίπτωση)

#### Λογαριθμική συνάρτηση

##### **Coefficients**

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
ln(Ke)	-17.240	1.807	-.890	-9.543	.000
(Constant)	177.049	11.700		15.132	.000

#### Πολυωνυμική συνάρτηση

##### **Coefficients**

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-.048	.009	-1.870	-5.675	.000
Ke ** 2	1.22E-005	.000	1.070	3.246	.004
(Constant)	92.942	3.863		24.057	.000



## Αντίστροφη συνάρτηση

**Coefficients**

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 / Ke	6469.899	1084.616	.773	5.965	.000
(Constant)	53.240	2.650		20.089	.000

## Γραμμική συνάρτηση

**Coefficients**

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-.021	.002	-.868	-8.395	.000
(Constant)	81.425	2.185		37.261	.000

## 2<sup>η</sup> περίπτωση

Κατά την προσέγγιση αυτή, επιχειρήθηκε η προσέγγιση των συναρτήσεων στα δεδομένα χωρίς να συμπεριληφθεί ο σταθερός όρος. Το γραμμικό μοντέλο αδυνατεί να εξηγήσει τη διασπορά της εξαρτημένης μεταβλητής σε ποσοστό 19% σε σχέση με το αντίστοιχο της 1<sup>ης</sup> προσέγγισης καθώς το  $R^2$  είναι ίσο με 0,56 ενώ το πολυωνυμικό μοντέλο 2<sup>ου</sup> βαθμού έχει τον ίδιο συντελεστή προσδιορισμού, είτε με τη χρήση σταθερού όρου είτε χωρίς αυτόν. Αντίθετα με τις παραπάνω, τα  $R^2$  της αντίστροφης συνάρτησης έχουν διαφορά στις δύο προσεγγίσεις ίση με 0,16 αφού ο συντελεστής προσδιορισμού είναι 0,76 σε σχέση με το 0,58 της 1<sup>ης</sup> περίπτωσης. Ο συντελεστής αυτός αυξάνεται σε μεγάλο επίσης βαθμό και στην περίπτωση της λογαριθμικής συνάρτησης αφού η διαφορά μεταξύ των δύο προσεγγίσεων στους συντελεστές μεταβλητότητας είναι 0,13.

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικότητα του δείκτη F αλλά και το γεγονός ότι οι συντελεστές της μεταβλητής της πολυωνυμικής συνάρτησης είναι εξαιρετικά μικροί (της τάξης του  $10^{-1}$  και  $10^{-5}$ ), αλλά και το γεγονός ότι ο σταθερός όρος της λογαριθμικής συνάρτησης είναι εξαιρετικά μεγάλος, το προτιμότερο μοντέλο θεωρείται αυτό που περιγράφεται ως συνάρτηση του αντιστρόφου της ελκτικότητας.

Πίνακας 13.  $R^2$  γραμμικής, πολυωνυμικής, αντίστροφης και λογαριθμικής συνάρτησης (2<sup>η</sup> περίπτωση)

### Γραμμική συνάρτηση

#### **Model Summary<sup>a</sup>**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.750	.562	.544	45.237

The independent variable is Ke.

a. The equation was estimated without the constant term.

### Πολυωνυμική συνάρτηση

#### **Model Summary<sup>a</sup>**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.910	.828	.814	28.902

The independent variable is Ke.

a. The equation was estimated without the constant term.

### Αντίστροφη συνάρτηση

#### **Model Summary<sup>a</sup>**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.873	.762	.753	33.350

The independent variable is Ke.

a. The equation was estimated without the constant term.

## Λογαριθμική συνάρτηση

### Model Summary<sup>a</sup>

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.963	.927	.924	18.460

The independent variable is Ke.

- a. The equation was estimated without the constant term.

Πίνακας 14. Πίνακας ανάλυσης διασποράς γραμμικής, αντίστροφης, λογαριθμικής και πολυωνυμικής συνάρτησης (2<sup>η</sup> περίπτωση)

## Γραμμική συνάρτηση

### ANOVA<sup>a</sup>

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	62980.502	1	62980.502	30.777	.000
Residual	49112.705	24	2046.363		
Total	112093.2	25			

The independent variable is Ke.

- a. The equation was estimated without the constant term.

## Λογαριθμική συνάρτηση

### ANOVA<sup>a</sup>

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	108356.5	1	108356.540	317.977	.000
Residual	8519.211	25	340.768		
Total	116875.8	26			

The independent variable is Ke.

- a. The equation was estimated without the constant term.

## Αντίστροφη συνάρτηση

### ANOVA<sup>a</sup>

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	89069.559	1	89069.559	80.081	.000
Residual	27806.192	25	1112.248		
Total	116875.8	26			

The independent variable is Ke.

a. The equation was estimated without the constant term.

## Πολυωνυμική συνάρτηση

### ANOVA<sup>a</sup>

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	96827.491	2	48413.746	57.957	.000
Residual	20048.260	24	835.344		
Total	116875.8	26			

The independent variable is Ke.

a. The equation was estimated without the constant term.

Πίνακας 15. Συντελεστές γραμμικής, λογαριθμικής, πολυωνυμικής και αντίστροφης συνάρτησης (2<sup>η</sup> περίπτωση)

## Γραμμική συνάρτηση

### Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	.057	.010	.750	5.548	.000

### Αντίστροφη συνάρτηση

#### **Coefficients**

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 / Ke	23953.768	2676.763	.873	8.949	.000

### Λογαριθμική συνάρτηση

#### **Coefficients**

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
ln(Ke)	9.968	.559	.963	17.832	.000

### Πολυωνυμική συνάρτηση

#### **Coefficients**

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	.143	.016	1.901	9.128	.000
Ke ** 2	-6.3E-005	.000	-1.255	-6.025	.000

#### 4.4.2 μεθοδολογία των αναλύσεων παλινδρόμησης

Από την προκαταρκτική ανάλυση που προηγήθηκε και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επιρροή της ελκτικότητας και του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας στη λειτουργική ταχύτητα, κρίθηκε σκόπιμη η ανάπτυξη δύο μοντέλων με τη χρήση ανάλυσης παλινδρόμησης για την εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας σε σχέση με τα διάφορα γεωμετρικά στοιχεία για τα επιβατηγά αυτοκίνητα. Στην πρώτη περίπτωση έγινε ανάλυση παλινδρόμησης ξεχωριστά για τα τρία διαφορετικά πλάτη λωρίδας (3,25, 3,50, 3,75 μέτρα) των καμπυλών ενώ στη δεύτερη περίπτωση, η παλινδρόμηση έγινε συνδυαστικά για όλα τα πλάτη των λωρίδων. Η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων λειτουργικών ταχυτήτων πραγματοποιήθηκε από τα δεδομένα των ταχυτήτων τόσο ξεχωριστά για κάθε λωρίδα κυκλοφορίας όσο και για το συνδυασμό των ταχυτήτων από τις δύο κατευθύνσεις σε μια ενιαία κατανομή για το κάθε οδικό τμήμα. Οι διαφορετικές προσεγγίσεις στην ανάπτυξη των μοντέλων πεεριγράφονται στα εδάφια 4.4.3.3 και 4.4.3.4.

#### 4.4.3 Μοντέλα ανάλυσης παλινδρόμησης

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα εδάφια, υπάρχει μια ισχυρή θετική σχέση μεταξύ της 85<sup>ns</sup> ποσοστιαίας λειτουργικής ταχύτητας και του αντιστρόφου της ελκτικότητας. Προκειμένου να αναπτυχθούν τα μοντέλα ταχυτήτων, σε όλες τις έρευνες γίνεται μελέτη των ταχυτήτων που αναπτύσσονται στις ανεξάρτητες ευθυγραμμίες. Όπως έχει αναφερθεί αυτή κυμαίνεται μεταξύ 97-100km/h, στα οδικά τμήματα όπου η ταχύτητα μελέτης δεν ξεπερνά τα 90 ή 100km/h. Από δειγματοληψία που έγινε σε 6 ευθυγραμμίες βρέθηκε ότι η ταχύτητα στις ευθυγραμμίες δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα αν το πλάτος της λωρίδας είναι από 3,25 έως 3,50m και η τιμή της είναι γύρω στα 100-105km/h. Στις ανεξάρτητες ευθυγραμμίες πλάτους λωρίδας 3,75m, η λειτουργική ταχύτητα είναι μεγαλύτερη και είναι μεταξύ 110 και 115km/h. Ο καθορισμός των ευθυγραμμιών ως ανεξάρτητες έγινε με την παρακάτω διαδικασία όπως περιγράφεται στα Ψαριανός Β., 2001 (ΟΜΟΕ-Χ σελ.35) και Choueiri Elias M. and Lamm Ruediger 1987 (part II σελ.43)

#### 4.4.3.1 Αξιολόγηση ευθυγραμμιών

Καθότι είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη οι απαραίτητες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις κατά τη μετάβαση στην ευθυγραμμία από την προηγούμενη αλλά και προς την επικείμενη καμπύλη, θεωρείται η πρώτη ως δυναμικό στοιχείο μελέτης. Ο καθορισμός της ποιότητας σχεδιασμού και η αξιολόγηση αυτών γίνεται με βάση το Κριτήριο Ασφαλείας II «επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη λειτουργική ταχύτητα». Προκειμένου να αξιολογηθούν οι ευθυγραμμίες λοιπόν θα πρέπει να γίνει η διάκρισή τους σε δύο βασικούς τύπους:

##### 1. Εξαρτημένες ευθυγραμμίες

Είναι αυτές οι οποίες έχουν πολύ μικρό μήκος με αποτέλεσμα η διαφορά στις λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ της προηγούμενης και της επικείμενης καμπύλης να μην μπορεί να υπερβεί το επιτρεπόμενο όριο τόσο για καλή όσο και για μέτρια ποιότητα σχεδιασμού κατά τη διάρκεια επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης των οχημάτων. Κατά συνέπεια, κατά τη διαδικασία αξιολόγησης των γεωμετρικών στοιχείων του δρόμου από άποψη ασφαλείας, αγνοούνται αυτού του είδους οι ευθυγραμμίες και λαμβάνεται υπόψη μόνο η αλληλουχία καμπύλη-καμπύλη.

##### 2. Ανεξάρτητες ευθυγραμμίες

Είναι οι ευθυγραμμίες με μεγάλο μήκος και ως εκ τούτου η διαφορά μεταξύ των λειτουργικών ταχυτήτων ενδέχεται να υπερβεί την επιτρεπόμενη για μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού. Έτσι λοιπόν, κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης των στοιχείων μελέτης, οι ευθυγραμμίες αυτές δεν μπορούν να αγνοηθούν και κατά συνέπεια έχουν δική τους λειτουργική ταχύτητα V85.

#### 4.4.3.2 Διαδικασία αξιολόγησης

Προκειμένου να αξιολογηθεί μια ευθυγραμμία μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών ως ανεξάρτητη και να προσδιοριστεί η αναμενόμενη λειτουργική της ταχύτητα, ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- Προσδιορίζεται το μήκος της ευθυγραμμίας μεταξύ των δύο παρατηρούμενων καμπυλών.

Μετρήθηκαν τα μήκη των 3 καταλληλότερων ευθυγραμμιών που επιλέχθηκαν πλάτους λωρίδας 3.25, 3.50 και 3.75m και βρέθηκαν 700, 800 και 1000m αντίστοιχα.

- Προσδιορίζονται οι ακτίνες των δύο καμπυλών και κατόπιν υπολογίζονται οι τιμές της ελκτικότητάς τους. Από το υπάρχον μοντέλο που συνδέει την ελκτικότητα με τη  $V_{85}$ , υπολογίζονται οι λειτουργικές ταχύτητες για κάθε μία από τις μεμονωμένες καμπύλες.

Οι τιμές της ελκτικότητας για τις καμπύλες εκατέρωθεν των ευθυγραμμιών για τις τρεις περιπτώσεις είναι:

$$\begin{aligned} \text{A. } K_{e1} &= 250 \text{ gon/km} \rightarrow V_{85_1} = 76.42 \text{ km/h} \\ K_{e2} &= 550 \text{ gon/km} \rightarrow V_{85_2} = 62.38 \text{ km/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B. } K_{e1} &= 220 \text{ gon/km} \rightarrow V_{85_1} = 83.15 \text{ km/h} \\ K_{e2} &= 310 \text{ gon/km} \rightarrow V_{85_2} = 78.16 \text{ km/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Γ. } K_{e1} &= 350 \text{ gon/km} \rightarrow V_{85_1} = 81.13 \text{ km/h} \\ K_{e2} &= 500 \text{ gon/km} \rightarrow V_{85_2} = 74.37 \text{ km/h} \end{aligned}$$



- Συγκρίνουμε κατόπιν το μήκος της ευθυγραμμίας που μας ενδιαφέρει με το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος που δίνεται από πίνακα και που αντιστοιχεί στη λειτουργική ταχύτητα της καμπύλης με τη μεγαλύτερη ελικτότητα. Εάν το μήκος της ευθυγραμμίας είναι μικρότερο από το μέγιστο επιτρεπόμενο, τότε η ευθυγραμμία χαρακτηρίζεται εξαρτημένη και αγνοείται κατά τη διαδικασία αξιολόγησης των στοιχείων μελέτης. Στην αντίθετη περίπτωση χαρακτηρίζεται ως ανεξάρτητη.

Από Πίνακα 7-1 όπως παρουσιάζεται στο Ψαριανός Β., 2001 (ΟΜΟΕ-Χ σελ.37) παρατηρούμε ότι για:

A.  $V_{85} = 62.38 \text{ km/h} \rightarrow TL_s = 130 \text{ m}$  και  $2TL_\Lambda = 590 \text{ m} < TL = 700 \text{ m}$

B.  $V_{85} = 78.16 \text{ km/h} \rightarrow TL_s = 155 \text{ m}$  και  $2TL_\Lambda = 400 \text{ m} < TL = 800 \text{ m}$

Γ.  $V_{85} = 74.37 \text{ km/h} \rightarrow TL_s = 155 \text{ m}$  και  $2TL_\Lambda = 400 \text{ m} < TL = 1000 \text{ m}$

Και στις τρεις περιπτώσεις των ευθυγραμμιών παρατηρούμε πως το μήκος τους επαρκεί προκειμένου ένας μέσος οδηγός να μπορεί να επιταχύνει μέχρι τη μέγιστη λειτουργική ταχύτητα και άρα οι ευθυγραμμίες χαρακτηρίζονται ως ανεξάρτητες.

Κατά συνέπεια, οι μετρήσεις των λειτουργικών ταχυτήτων που μετρήθηκαν θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να προσδιοριστούν τα αρχικά σημεία των συναρτήσεων, αυτά δηλαδή για τα οποία η ελικτότητα ισούται με 0. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις σχετικά με την καταλληλότητα των μοντέλων για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων, αυτά θα περιγράφονται ως συνάρτηση του αντιστρόφου της ελικτότητας και του φυσικού λογαρίθμου της.

Έτσι λοιπόν θα έχουμε ένα μοντέλο της μορφής:

$$V_{85} = \frac{a_1}{K_e} + c$$

το οποίο εκφράζει την αντίστροφη συνάρτηση

και ένα μοντέλο της μορφής:

$$V_{85} = a_1 \cdot \ln(K_e + a_2) + a_3$$

το οποίο εκφράζει τη λογαριθμική συνάρτηση

Αφού υπολογίστηκαν οι λειτουργικές ταχύτητες για τα οδικά τμήματα που επιλέχθηκαν, συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο παλινδρόμησης. Η εισαγωγή τους και η κατασκευή των εξισώσεων εκτίμησης λειτουργικής ταχύτητας έγινε με τη χρήση μη γραμμικής παλινδρόμησης με περιορισμό.

#### 4.4.3.3 Πρώτη Προσέγγιση

Κατά την προσέγγιση αυτή τα δεδομένα των ταχυτήτων του κάθε οδικού τμήματος ενώθηκαν σε μια ενιαία κατανομή και ο υπολογισμός των λειτουργικών ταχυτήτων πραγματοποιήθηκε από το συνδυασμό των ταχυτήτων των δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας.

##### Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα 3.25m

Το καταλληλότερο μοντέλο που επιλέχθηκε για τις λωρίδες των 3,25m είναι το εξής:

$$V_{85} = \frac{131967.462}{K_e + 1351.411}, \quad R^2 = 0.983 \quad (1a)$$

$$V_{85} = -22.553 \cdot \ln(K_e + 188.328) + 217.162, \quad R^2 = 0.992 \quad (1b)$$

##### Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα 3.50m

$$V_{85} = \frac{130065.792}{K_e + 1300.658}, \quad R^2 = 0.850 \quad (2a)$$

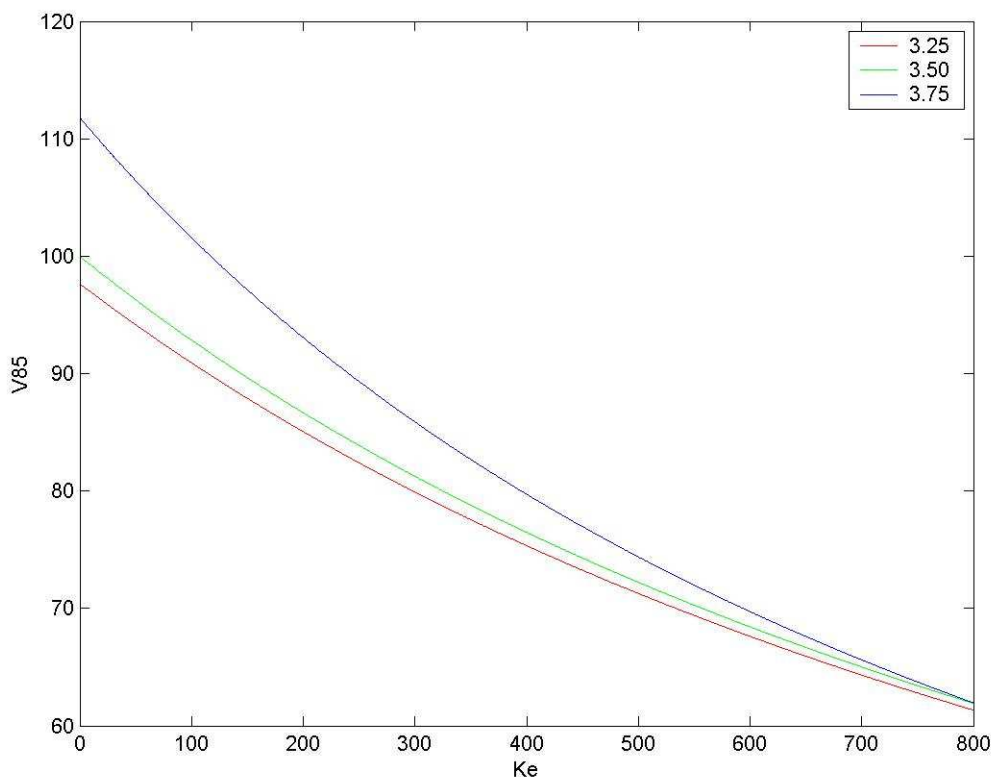
$$V_{85} = -18.075 \cdot \ln(K_e + 81.728) + 184.152, \quad R^2 = 0.904 \quad (2B)$$

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα 3.75m

$$V_{85} = \frac{111222.738}{K_e + 994.957}, \quad R^2 = 0.901 \quad (3a)$$

$$V_{85} = -26.426 \cdot \ln(K_e + 125.610) + 243.049, \quad R^2 = 0.911 \quad (3B)$$

Στο παρακάτω διάγραμμα παριστάνονται τα παραπάνω μοντέλα της λειτουργικής ταχύτητας για τις 3 κατηγορίες πλάτους λωρίδας.



Σχήμα 2.Γραφική παράσταση των εξισώσεων (1α), (2α), (3α)

### Μοντέλο για όλες τις λωρίδες με χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης

Στην περίπτωση αυτή εξετάστηκε η επίδραση του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας στην εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας (περαιτέρω ανάλυση αυτής περιγράφεται στο εδάφιο 4.3)

$$V_{85} = \frac{99515.690}{K_e + 1015.466} + 1.909 \cdot b, \quad R^2 = 0.881$$

$$V_{85} = -21.331 \cdot \ln(K_e + 113.166) + 7.842 \cdot b + 179.805, \quad R^2 = 0.902$$

### Μοντέλο για όλες τις λωρίδες με χρήση απλής παλινδρόμησης

$$V_{85} = \frac{125942.561}{K_e + 1233.010} , R^2 = 0.872$$

$$V_{85} = -21.525 \cdot \ln(K_e + 118.024) + 208.993 , R^2 = 0.894$$

Παρατηρούμε ότι το πλάτος εξηγεί τη διασπορά της εξαρτημένης μεταβλητής μόνο σε ποσοστό 1% και επομένως δεν κρίνεται σκόπιμη η χρήση της συνάρτησης των δύο επεξηγηματικών μεταβλητών. Παρόλα αυτά, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενα εδάφια, η συμπεριφορά αυτή του πλάτους των λωρίδων ενδεχομένως να οφείλεται στο πολύ μικρό δείγμα των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα και ιδιαίτερα στην έλλειψη σημείων πολύ μικρής ελικτότητας τα οποία όμως ούτως ή άλλως είναι πιο περιορισμένα στη χρήση τους λόγω της αρκετά καμπυλόγραμμης χάραξης που παρατηρείται στην Ελλάδα.

Για να ελεγχθεί περαιτέρω η υπόθεση αυτή, θα εξεταστούν οι εκτιμώμενες τιμές των μοντέλων που κατασκευάστηκαν ξεχωριστά για κάθε λωρίδα με τη χρήση των t-tests και για διάφορες κατηγορίες ελικτότητας. Από τη διεξαγωγή των t-tests για τις εκτιμώμενες τιμές των λειτουργικών ταχυτήτων από τα μοντέλα (1), (2), (3) παρατηρούμε πως για τα διάφορα πλάτη των λωρίδων, οι διαφορές στις ταχύτητες ως συνάρτηση της ελικτότητας κυμαίνονται ανάλογα με τις τιμές της τελευταίας και δεν είναι σταθερές κάτι που παρατηρήθηκε και στην έρευνα των Marchionna A., Perco P., 2007.

Για τιμές ελικτότητας από 0 - 200 (gon/km) εντοπίστηκε διαφορά 10km/h στις λειτουργικές ταχύτητες που αναπτύσσονται στις λωρίδες των 3,75m σε σχέση με τις αντίστοιχες που παρατηρούνται στις λωρίδες των 3,25 και 3,50m. Για τις ταχύτητες στις λωρίδες 3,25 και 3,50 δεν παρατηρήθηκε κάποια τέτοια διαφορά γεγονός που ενδεχομένως υποδεικνύει ότι είναι αμελητέα η επίδραση του πλάτους της λωρίδας για αυτές τις τιμές της ελικτότητας.

### Paired Samples Test

		Paired Differences			Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
Pair 1	V85_gia_3.25 - V85_gia_3.5	-1.95161	.22073	.03447	.000
Pair 2	V85_gia_3.25 - V85_gia_3.75	-10.80028	1.82723	.28537	.000
Pair 3	V85_gia_3.5 - V85_gia_3.75	-8.84867	1.60652	.25090	.000

Πίνακας 16. t-test ταχυτήτων για τα διαφορετικά πλάτη λωρίδων

Από την έρευνα των Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 (Part II, σελ 101) , όπου μελετήθηκε η επίδραση της διαπλάτυνσης των λωρίδων κυκλοφορίας στις λειτουργικές ταχύτητες και στο ρυθμό των ατυχημάτων, αναφέρεται ότι οι διαφορές στους ρυθμούς των ατυχημάτων είναι πιο έκδηλες μεταξύ των λωρίδων των 12 (3.65) και 11 ποδιών (3.35m) από τις αντίστοιχες για πλάτη λωρίδων 11 και 10 ποδιών (3m). Η επισήμανση αυτή ενδεχόμενα να επεξηγεί την παρόμοια επιλογή της ταχύτητας στους δρόμους όπου τα πλάτη λωρίδας είναι 3,25 και 3,75m.

Για μεγαλύτερες τιμές ελικτότητας (200-400) η διαφορά αυτή είναι μικρότερη γεγονός που πιθανών υποδηλώνει τη σημαντικότητα της επίδρασης της ακτίνας και συσχετιζόμενων με αυτή παράγοντες όπως το μήκος ορατότητας και άρα και η επίδραση του πλάτους της λωρίδας δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την επιλογή της ταχύτητας των οδηγών. Συγκεκριμένα, για πλάτος λωρίδας 3,75m, η μέση λειτουργική ταχύτητα είναι 4,6 και 6 km/h μεγαλύτερη από τις ταχύτητες που αναπτύσσονται στις λωρίδες πλάτους 3,5 και 3,25m αντίστοιχα. Για καμπύλες με μεγαλύτερη τιμή ελικτότητας οι διαφορές αυτές εξομαλύνονται ακόμα παραπάνω γεγονός που ίσως να επιβεβαιώνει την υπόθεση της επίδρασης μόνο της ακτίνας στις πολύ κλειστές καμπύλες και οι όποιες διαφορές στις ταχύτητες που εντοπίστηκαν να οφείλονται σε τυχαία γεγονότα.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, κρίνεται σκόπιμη η ανάπτυξη ενός μοντέλου η οποία θα περιλαμβάνει τη λειτουργική ταχύτητα ως

συνάρτηση της ελικτότητας για δύο διαφορετικές κατηγορίες πλάτους λωρίδας. Η μία συνάρτηση θα εκτιμά την 85<sup>η</sup> λειτουργική ταχύτητα στα οδικά τμήματα πλάτους λωρίδας 3.75m (εξίσωση 3) ενώ η δεύτερη συνάρτηση του μοντέλου θα εκτιμά τη λειτουργική ταχύτητα στις λωρίδες των 3.25 και 3.50m.

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδες 3.25-3.50 m

$$V_{85} = \frac{128400.977}{K_e + 1284.010}, \quad R^2 = 0.888 \quad (4a)$$

$$V_{85} = -19.149 \cdot \ln(K_e + 112.794) + 192.236, \quad R^2 = 0.926 \quad (4b)$$

Προκειμένου να ελεγχθεί το κατά πόσο τα μοντέλα των λωρίδων 3.25 και 3.50m παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά και μπορούν να εκτιμηθούν οι αναπτυσσόμενες λειτουργικές ταχύτητες για τους συγκεκριμένους τύπους διατομών από ένα ενιαίο μοντέλο (Καρώνη Χ., προσωπική επικοινωνία, Ιούνιος, 2008), ελέγχεται η παρακάτω υπόθεση H<sub>0</sub>:

H<sub>0</sub>: η βελτίωση προσαρμογής του μοντέλου σε ξεχωριστές εξισώσεις πρόβλεψης (1α,2α) αντί της χρήσης ενός μοντέλου (3α)

Πίνακας 17.Ανάλυση Διασποράς Μοντέλου (1α)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares
Regression	35310.678	2	17655.339
Residual	22.016	5	4.403
Uncorrected Total	35332.695	7	
Corrected Total	1318.741	6	

Dependent variable: v85

a. R squared = 1 - (Residual Sum of Squares) / (Corrected Sum of Squares) = .983.

Πίνακας 18.Ανάλυση Διασποράς Μοντέλου (2α)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares
Regression	54402.558	2	27201.279
Residual	468.337	9	52.037
Uncorrected Total	54870.895	11	
Corrected Total	3131.912	10	

Dependent variable: v85

a. R squared = 1 - (Residual Sum of Squares) / (Corrected Sum of Squares) = .850.

Πίνακας 19.Ανάλυση Διασποράς Μοντέλου (3α)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares
Regression	89704.978	2	44852.489
Residual	498.612	16	31.163
Uncorrected Total	90203.590	18	
Corrected Total	4456.068	17	

Dependent variable: v85

a. R squared = 1 - (Residual Sum of Squares) / (Corrected Sum of Squares) = .888.



Από τους Πίνακες 17, 18, 19 αντλούμε τις πληροφορίες του αθροίσματος των τετραγώνων των υπολοίπων και των βαθμών ελευθερίας των αθροίσματος των τετραγώνων της παλινδρόμησης και των υπολοίπων. Συγκεκριμένα, για την κάθε εξίσωση έχουμε:

$$Re_{sSS1} = 22.016$$

$$a1 = df_{Re_{gSS1}} = 2 \quad \text{για την εξίσωση (1α)}$$

$$b1 = df_{Re_{sSS1}} = 5$$

$$Re_{sSS2} = 468.337$$

$$a2 = df_{Re_{gSS2}} = 2 \quad \text{για την εξίσωση (2α)}$$

$$b2 = df_{Re_{sSS2}} = 9$$

$$Re_{sSS3} = 498.612$$

$$a3 = df_{Re_{gSS3}} = 2 \quad \text{για την εξίσωση (3α)}$$

$$b3 = df_{Re_{sSS3}} = 16$$

Έπειτα υπολογίζουμε το 
$$\frac{[Re_{sSS3} - (Re_{sSS1} + Re_{sSS2})]/(a1 + a2 - a3)}{[Re_{sSS1} + Re_{sSS2}]/(b1 + b2)}$$

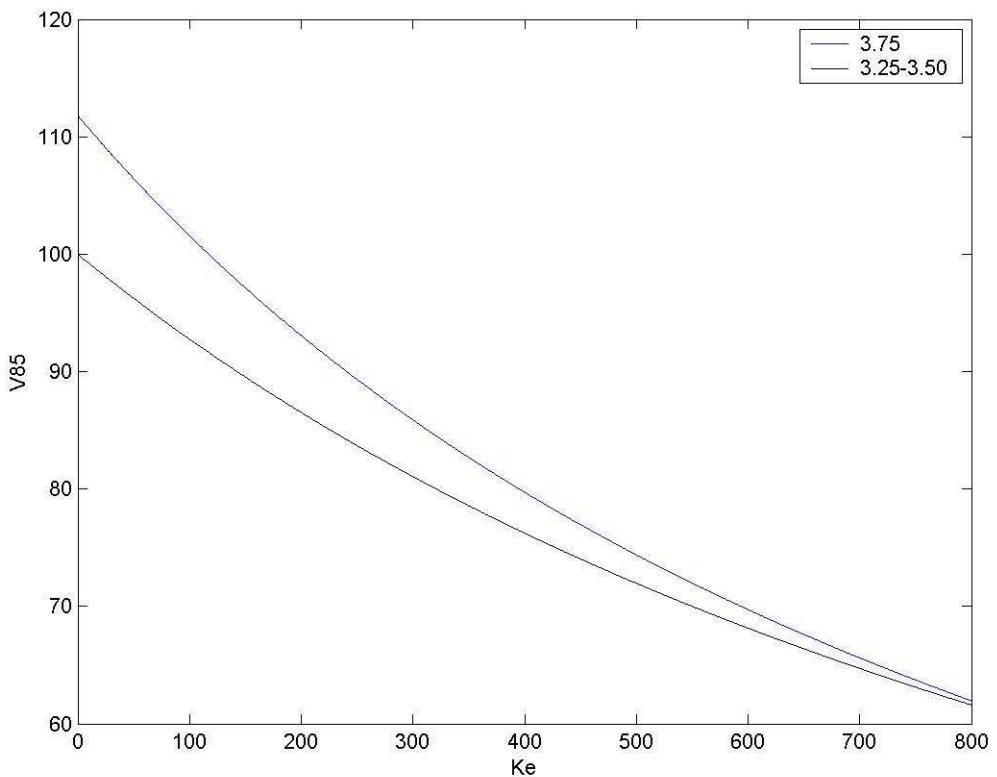
το οποίο είναι ίσο με 0.1179.

Από Πίνακα F-κατανομής (E.S. Pearson και H.O Harley, 1954) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, έχουμε ότι:

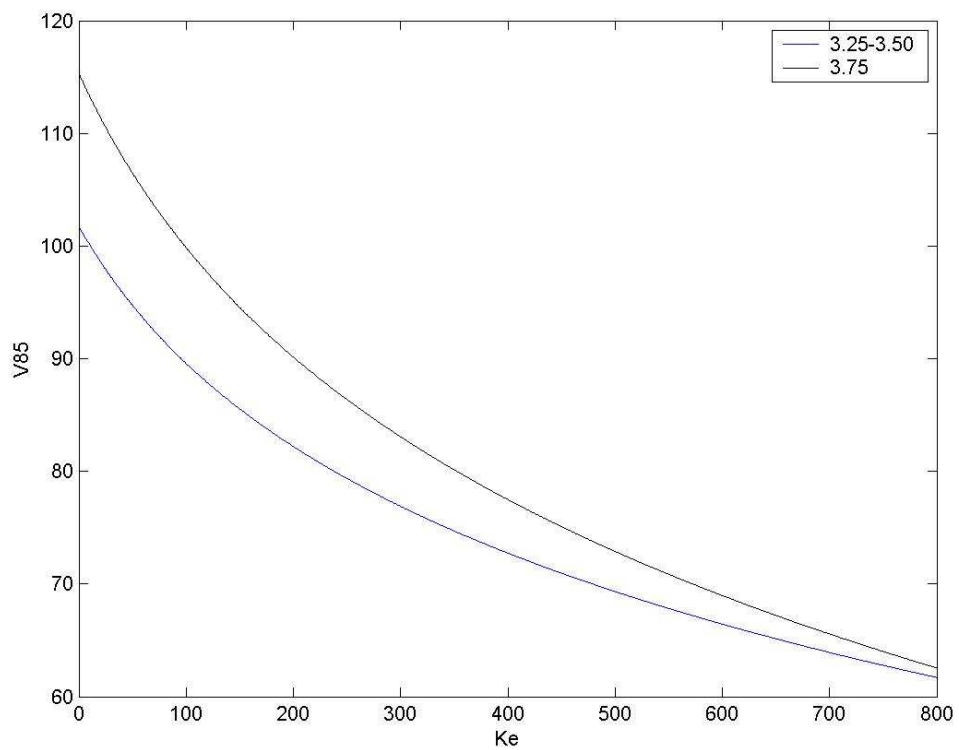
$$F(a1 + a2 - a3, b1 + b2) = F(2,14) = 3.74$$

Επειδή  $0.1179 < 3.74$  η βελτίωση προσαρμογής είναι μη σημαντική και επομένως προτείνεται η χρησιμοποίηση του ίδιου μοντέλου για τα δύο διαφορετικά πλάτη (3.25-3.50m).

Έτσι λοιπόν, το μοντέλο ταχυτήτων που παρουσιάζεται και φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα εκτιμά τις λειτουργικές ταχύτητες ξεχωριστά για τις δύο κατηγορίες λωρίδων. Η πάνω καμπύλη εκφράζει τις λειτουργικές ταχύτητες συναρτήσει της ελικτότητας για πλάτος λωρίδας 3,75m ενώ η κάτω καμπύλη εκφράζει τις λειτουργικές ταχύτητες που αναμένονται σε οδικά τμήματα πλάτους λωρίδας 3,25-3,50m.



Σχήμα 3.Γραφική παράσταση των εξισώσεων (3α), (4α)



Σχήμα 4.Γραφική παράσταση των εξισώσεων (3β), (4β)

#### 4.4.3.4 Δεύτερη Προσέγγιση

Στην περίπτωση αυτή τα δεδομένα των ταχυτήτων σε κάθε οδικό τμήμα χρησιμοποιήθηκαν ξεχωριστά για την κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας

##### Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα 3.25m

Το καταλληλότερο μοντέλο που επιλέχθηκε για τις λωρίδες των 3,25m είναι το εξής:

$$V_{85} = \frac{131822.090}{K_e + 1318.221}, \quad R^2 = 0.986 \quad (1\alpha)$$

$$V_{85} = -21.462 \cdot \ln(K_e + 155.294) + 209.873, \quad R^2 = 0.980 \quad (1\beta)$$

##### Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα 3.50m

$$V_{85} = \frac{136518.050}{K_e + 1365.181}, \quad R^2 = 0.848 \quad (2\alpha)$$

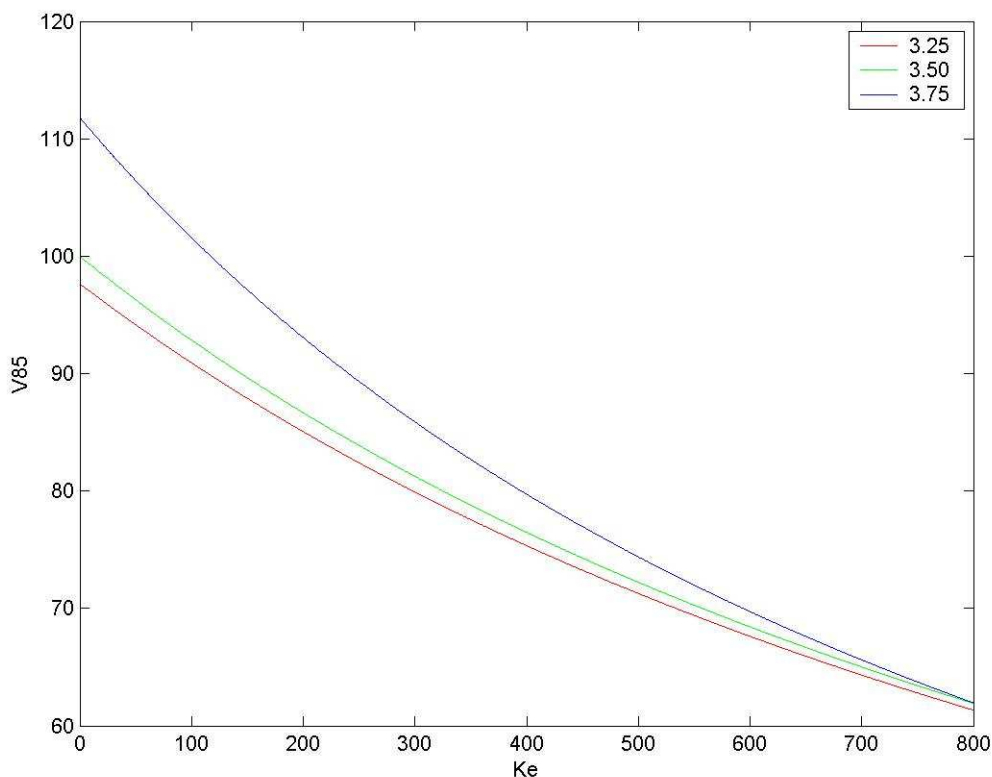
$$V_{85} = -18.607 \cdot \ln(K_e + 86.874) + 188.832, \quad R^2 = 0.894 \quad (2\beta)$$

##### Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα 3.75m

$$V_{85} = \frac{111948.532}{K_e + 996.974}, \quad R^2 = 0.896 \quad (3\alpha)$$

$$V_{85} = -27.342 \cdot \ln(K_e + 137.279) + 249.979, \quad R^2 = 0.904 \quad (3\beta)$$

Στο παρακάτω διάγραμμα παριστάνονται τα παραπάνω μοντέλα της λειτουργικής ταχύτητας για τις 3 κατηγορίες πλάτους λωρίδας.



Σχήμα 5. Γραφική παράσταση των εξισώσεων (1α), (2α), (3α)

#### Μοντέλο για όλες τις λωρίδες με χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης

Στην περίπτωση αυτή εξετάστηκε η επίδραση του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας στην εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας (περαιτέρω ανάλυση αυτής περιγράφεται στο εδάφιο 4.3)

$$V_{85} = \frac{104107.731}{K_e + 1041.077} + 1.629 \cdot b, \quad R^2 = 0.877$$

$$V_{85} = -21.815 \cdot \ln(K_e + 116.973) + 5.950 \cdot b + 190.601, \quad R^2 = 0.896$$

#### Μοντέλο για όλες τις λωρίδες με χρήση απλής παλινδρόμησης

$$V_{85} = \frac{127072.485}{K_e + 1228.490} , R^2 = 0.871$$

$$V_{85} = -21.932 \cdot \ln(K_e + 119.642) + 212.515 , R^2 = 0.892$$

#### 4.4.4 Συζήτηση των μοντέλων που αναπτύχθηκαν

Τύπος Παλινδρόμησης (Τύπος Συνάρτησης)	Προσέγγιση	Πλάτος λωρίδας	Εξίσωση εκτίμησης V <sub>85</sub> στις καμπύλες και ευθυγραμμίες της οριζοντιογραφίας	R <sup>2</sup>
Απλή (αντίστροφη)	Πρώτη	3.25	$V_{85} = \frac{131967.462}{K_e + 1351.411}$	0.983
		3.50	$V_{85} = \frac{130065.792}{K_e + 1300.658}$	0.850
		3.75	$V_{85} = \frac{111222.738}{K_e + 994.957}$	0.901
	Δεύτερη	3.25	$V_{85} = \frac{131822.090}{K_e + 1318.221}$	0.986
		3.50	$V_{85} = \frac{136518.050}{K_e + 1365.181}$	0.848
		3.75	$V_{85} = \frac{111948.532}{K_e + 996.974}$	0.896
Πολλαπλή (αντίστροφη)	Πρώτη		$V_{85} = \frac{99515.690}{K_e + 1015.466} + 1.909 \cdot b$	0.891
	Δεύτερη		$V_{85} = \frac{104107.731}{K_e + 1041.077} + 1.629 \cdot b$	0.877
Απλή (λογαριθμική)	Πρώτη	3.25	$V_{85} = -22.553 \cdot \ln(K_e + 188.328) + 217.162$	0.992
		3.50	$V_{85} = -18.075 \cdot \ln(K_e + 81.728) + 184.152$	0.904
		3.75	$V_{85} = -26.426 \cdot \ln(K_e + 125.610) + 243.049$	0.911
	Δεύτερη	3.25	$V_{85} = -21.462 \cdot \ln(K_e + 155.294) + 209.873$	0.980
		3.50	$V_{85} = -18.607 \cdot \ln(K_e + 86.874) + 188.832$	0.894
		3.75	$V_{85} = -27.342 \cdot \ln(K_e + 137.279) + 249.979$	0.904
Πολλαπλή (λογαριθμική)	Πρώτη		$V_{85} = -21.331 \cdot \ln(K_e + 113.166) + 7.842 \cdot b + 179.805$	0.902
	Δεύτερη		$V_{85} = -21.815 \cdot \ln(K_e + 116.973) + 5.950 \cdot b + 190.601$	0.896

Πίνακας 20. Σύνοψη των μοντέλων που αναπτύχθηκαν

- Παρότι στην προκαταρκτική ανάλυση που διεξήχθη στο εδάφιο 4.3.2 φάνηκε να υπάρχει διαφορά μεταξύ των ταχυτήτων που

εντοπίζονται στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας, τα πιο αξιόπιστα μοντέλα-αυτά με μεγαλύτερο συντελεστή  $R^2$  φαίνεται να είναι αυτά που προέρχονται από το συνδυασμό των δεδομένων των δύο κατευθύνσεων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η κύρια μεταβλητή που επηρεάζει την ταχύτητα (η ακτίνα) είναι η ίδια, ανεξαρτήτως της κατεύθυνσης. Ακόμα, η αξιοπιστία της δεύτερης προσέγγισης όπου τα δύο ρεύματα εξετάζονται ξεχωριστά μπορεί να επηρεάζεται καθώς η κάθε τιμή της ελικτότητας είναι συνδεδεμένη με δύο διαφορετικές τιμές ταχυτήτων.

- Η σημαντικότητα του δείκτη F δείχνει όπως έχει προαναφερθεί ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ελικτότητας της μεμονωμένης καμπύλης

- Σε όλα τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν, οι συντελεστές παλινδρόμησης είναι στατιστικά διάφοροι του μηδενός

- Σε όλες τις περιπτώσεις που προσεγγίστηκαν, είτε αυτές περιελάμβαναν συνδυαστικά τα δεδομένα των ταχυτήτων είτε ξεχωριστά, είτε αφορούσαν όλα τα πλάτη των λωρίδων μαζί είτε ξεχωριστά, ο συντελεστής παλινδρόμησης και άρα η ικανότητα πρόβλεψης των μοντέλων δεν διέφερε πολύ για τις αντίστροφες και τις λογαριθμικές συναρτήσεις. Παρατηρώντας τους αρκετά μεγάλους σταθερούς όρους που χρησιμοποιούνται στα λογαριθμικά μοντέλα, κρίνεται σκόπιμη η επιλογή των μοντέλων που εκφράζονται ως συνάρτηση του αντιστρόφου της ελικτότητας

- Η παλινδρόμηση των στοιχείων του δείγματος εξηγείται για το συνδυασμό των ταχυτήτων που αναπτύσσονται στις οδούς με πλάτη λωρίδας 3.25 και 3.50m και για αυτό το λόγο το προτεινόμενο μοντέλο πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων περιλαμβάνει τις εξισώσεις 3α (πλάτος λωρίδας 3.75m) και 4α (πλάτη λωρίδων 3.25-3.50m)

#### 4.4.5 Σύγκριση με υπάρχοντα μοντέλα



- Οι εξισώσεις πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα καταδεικνύουν ότι υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ελκτότητας. Αντίστοιχης μορφής είναι και η συνάρτηση που χρησιμοποιείται από τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (Ο.Μ.Ο.Ε) στην Ελλάδα.

- Από το μοντέλο που αναπτύχθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα φαίνεται πως έχουν αυξηθεί οι λειτουργικές ταχύτητες σε σχέση με τις εκτιμώμενες από το υφιστάμενο μοντέλο που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, ειδικότερα για την περίπτωση των ευθυγραμμίων για πλάτη λωρίδας 3,75m, η αναμενόμενη λειτουργική ταχύτητα προσεγγίζει τα 110km/h σε σχέση με την ισχύουσα προβλεπόμενη τιμή των 100km/h. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με την παρατήρηση των Islam et al (αναφέρεται στο Bird, R. N. και Hashim, I. H., 2005) οι οποίοι ισχυρίζονται στην έρευνά τους ότι οι μέσες λειτουργικές ταχύτητες στους υπεραστικούς δρόμους έχουν αυξηθεί περίπου κατά 8km/h την τελευταία δεκαετία, παρά την αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων.

- Ακόμα, φαίνεται πως δεν εντοπίζονται σημαντικές διαφορές στις λειτουργικές ταχύτητες που αναπτύσσονται στις λωρίδες πλάτους 3,25 και 3,50m, παρότι σύμφωνα με το μοντέλο των Ο.Μ.Ο.Ε εντοπίζεται μια διαφορά των 5km/h για όλα τα εύρη της ελκτότητας.

- Οι διαφορές στις λειτουργικές ταχύτητες που εκτιμώνται από τις δύο εξισώσεις πρόβλεψης που αναπτύχθηκαν, (μία για πλάτη λωρίδας 3,25-3,50m και μία για πλάτη λωρίδας 3,75m) καταδεικνύουν τα εξής:

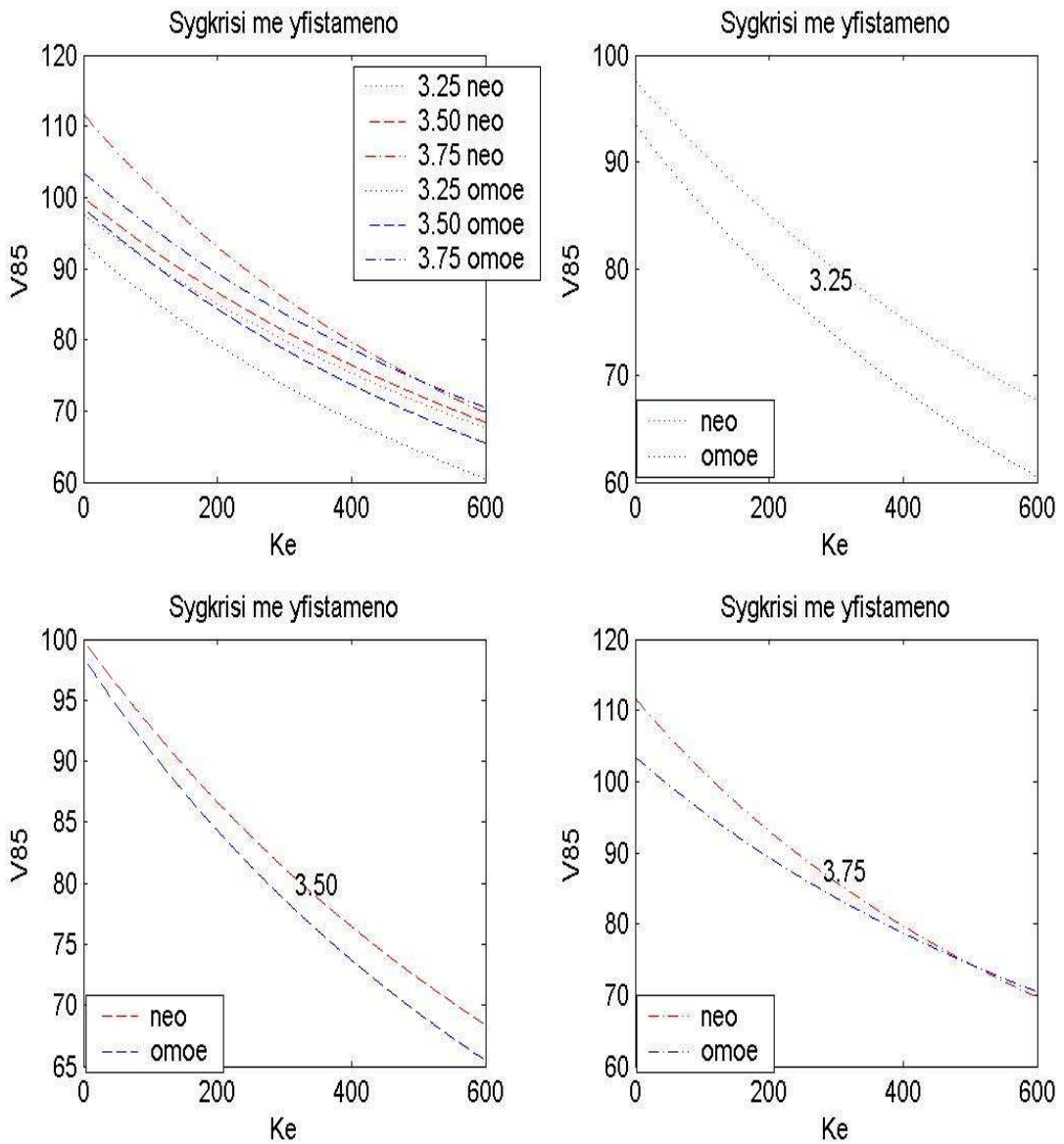
1. Για τιμές ελκτότητας 0-200gon/km, οι διαφορές των εκτιμώμενων λειτουργικών ταχυτήτων για τα διαφορετικά αυτά πλάτη λωρίδας είναι περίπου 10km/h

2. Για τιμές ελκτότητας 0-400gon/km η διαφορά αυτή είναι περίπου 4km/h

3. Για μεγαλύτερες τιμές ελκτικότητας η διαφορά αυτή είναι αμελητέα

Οι παραπάνω παρατηρήσεις είναι ένδειξη της μεγάλης επίδρασης της ακτίνας της καμπύλης στην επιλογή της ταχύτητας του οδηγού ειδικά όταν η τιμή αυτής είναι πολύ μικρή. Σε αντίστοιχο συμπέρασμα κατέληξαν στην έρευνά τους οι Marchionna A., Perco P., 2007 οι οποίοι ανέφεραν ότι εμφανίζεται ανώμαλη κατανομή των ταχυτήτων στις καμπύλες μικρής ελκτικότητας σε αντίθεση με τις καμπύλες μικρής ακτίνας όπου οι παρατηρούμενες ταχύτητες δεν είναι διασκορπισμένες και συμπλήρωσαν ότι αυτό πιθανώς οφείλεται στον περιοριστικό παράγοντα της ακτίνας στην ελεύθερη επιλογή της ταχύτητας, ειδικά όταν πρόκειται για μικρής ακτίνας καμπύλη.

Οι παραπάνω διαφορές στα δύο μοντέλα εκτίμησης λειτουργικών ταχυτήτων φαίνονται και γραφικά στο σχήμα 6.



Σχήμα 6. Σύγκριση μοντέλων που αναπτύχθηκαν με το υφιστάμενο μοντέλο των Ο.Μ.Ο.Ε

## 4.5 Σύγκριση τιμών επιτρεπόμενου συντελεστή εφαπτομενικής τριβής

Το υφιστάμενο μοντέλο εκτίμησης του επιτρεπόμενου συντελεστή εφαπτομενικής τριβής ως συνάρτηση της λειτουργικής ταχύτητας, καθορίζεται από ένα πολυώνυμο 2<sup>ου</sup> βαθμού το οποίο χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\max f_{T_{\text{επιτρ}}} = 0,59 - 4,85 \cdot 10^{-3} \cdot V + 1,51 \cdot 10^{-5} \cdot V^2$$

Όπου:

$\max f_{T_{\text{επιτρ}}}$  (-): ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής εφαπτομενικής τριβής

Και  $V$  (km/h): ταχύτητα

Με βάση τον επιτρεπόμενο συντελεστή εφαπτομενικής τριβής καθορίζεται ανάλογα με τις μέγιστες τιμές επίκλισης για τους διαφορετικούς τύπους εδαφών στην Ελλάδα, ένα ποσοστό εκμετάλλευσης της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του συντελεστή εγκάρσιας τριβής. Είναι πολύ σημαντικό για την ασφάλεια των οχημάτων όσο αφορά στη δυναμική της κίνησής τους, ο διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής στις καμπύλες να είναι μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο, ούτως ώστε να είναι επαρκής η πρόσφυση του ελαστικού του οχήματος στο οδόστρωμα.

Προκειμένου να ελεγχθεί η εκτίμηση των επιτρεπόμενων τιμών της εφαπτομενικής τριβής του συγκεκριμένου πολυωνύμου ως συνάρτηση της ταχύτητας από το επικαιροποιημένο μοντέλο λειτουργικών ταχυτήτων, κρίνεται σκόπιμη η διεξαγωγή t-test. Συγκεκριμένα, θα γίνει έλεγχος μεταξύ των μέσων τιμών των εκτιμώμενων τιμών του συντελεστή αυτού από το υφιστάμενο και το προτεινόμενο μοντέλο πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων για τις διάφορες ταχύτητες που προκύπτουν για δεδομένες τιμές ελκτικότητας των οδικών τμημάτων.

Το υφιστάμενο μοντέλο πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων είναι:

$$V_{85} = [10^6 / (10150.10 + 8.529 \cdot K_E)] + [(b - 3.5) \cdot 20]$$

ενώ το προτεινόμενο μοντέλο είναι:

$$V_{85} = \frac{128400.977}{K_e + 1284.010} \text{ για πλάτη λωρίδων κυκλοφορίας 3,25-3,50m}$$

$$\text{και } V_{85} = \frac{111222.738}{K_e + 994.957} \text{ για πλάτη λωρίδων κυκλοφορίας 3,75m.}$$

Τα αποτελέσματα του t-test έδειξαν μια στατιστικά σημαντική αύξηση στις τιμές του επιτρεπόμενου συντελεστή εφαπτομενικής τριβής για όλες τις τιμές της ελκτικότητας στις λωρίδες των 3,25m. Συγκεκριμένα, η διαφορά των μέσων τιμών των συντελεστών τριβής ήταν 2%.

Πίνακας 21. Αποτελέσματα t-test για τις τιμές του συντελεστή εφαπτομενικής τριβής

**Paired Samples Test**

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	palio_3.25 - neo_3.25	.02041	.00360	.00025
Pair 2	palio_3.50 - neo_3.50	.00659	.00167	.00012
Pair 3	palio_3.75 - neo_3.75	.00091	.00655	.00046

Αυτό οφείλεται στην αύξηση των λειτουργικών ταχυτήτων στα οδικά τμήματα με το συγκεκριμένο πλάτος λωρίδας. Για πλάτη λωρίδων 3,50 και 3,75m, το πολυώνυμο εκτίμησης του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστής εφαπτομενικής τριβής εκτιμά με μεγάλη ακρίβεια το συντελεστή αυτό ακόμα και για τις λειτουργικές ταχύτητες που προβλέπονται από τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα.

## 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Παρότι στην προκαταρκτική ανάλυση εντοπίστηκαν διαφορές στις λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ των δύο ρευμάτων κυκλοφορίας, γεγονός που παρατηρήθηκε και στην έρευνα των Bird, R. N. και Hashim, I. H. 2005, τα καλύτερα μοντέλα πρόβλεψης αναπτύχθηκαν όταν τα δεδομένα των ταχυτήτων συνδυάστηκαν και για τις δύο λωρίδες κυκλοφορίας. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι οι κύρια μεταβλητή που επηρεάζει την ταχύτητα (ακτίνα) είναι η ίδια ανεξάρτητα από την κατεύθυνση. Κατά συνέπεια, με την εφαρμογή της παλινδρόμησης το μοντέλο που θα αναπτυχθεί δεν θα είναι τόσο αξιόπιστο αν για την ίδια μεταβλητή έχουν οριστεί δύο διαφορετικές τιμές ταχυτήτων. Ακόμα, από την έρευνα των Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger, 1987 (Part I σελ.111) δεν εξηγείται η επιρροή της ακτίνας σχετικά με τον αν η στροφή είναι αριστερή ή δεξιά, αν δηλαδή η μέτρηση της ταχύτητας αναφέρεται στην εξωτερική ή στην εσωτερική λωρίδα.

- Οι εξισώσεις πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα καταδεικνύουν ότι υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ελικτότητας. Αντίστοιχης μορφής είναι και η συνάρτηση που χρησιμοποιείται από το υφιστάμενο μοντέλο πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων στην Ελλάδα που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και επανασχεδιασμού οδών.

- Από τις εξισώσεις πρόβλεψης της λειτουργικής ταχύτητας που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της έρευνας αυτής οι οποίες εντοπίζονται στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας, φαίνεται πως η ελικτότητα της μεμονωμένης καμπύλης μπορεί να εξηγήσει αποκλειστικά τη μεταβλητότητα της λειτουργικής ταχύτητας. Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί και με το αντίστοιχο των Choueiri Elias M. και Lamm Ruediger 1987 όπου με βάση την έρευνά τους, τη μεταβλητότητα της λειτουργικής ταχύτητας μπορεί να την εξηγήσει μόνος του ο βαθμός καμπύλης.

- Από το μοντέλο που αναπτύχθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα φαίνεται πως έχουν αυξηθεί οι λειτουργικές ταχύτητες σε σχέση με τις εκτιμώμενες από το υφιστάμενο μοντέλο που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, ειδικότερα για την περίπτωση των ευθυγραμμίων για πλάτη λωρίδας 3,75m, η αναμενόμενη λειτουργική ταχύτητα προσεγγίζει τα 110km/h σε σχέση με την ισχύουσα προβλεπόμενη τιμή των 100km/h. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με την παρατήρηση των Islam et al (αναφέρεται στο Bird, R. N. και Hashim, I. H., 2005) οι οποίοι ισχυρίζονται στην έρευνά τους ότι οι μέσες λειτουργικές ταχύτητες στους υπεραστικούς δρόμους έχουν αυξηθεί περίπου κατά 8km/h την τελευταία δεκαετία, παρά την αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων.

- Ακόμα, φαίνεται πως δεν εντοπίζονται σημαντικές διαφορές στις λειτουργικές ταχύτητες που αναπτύσσονται στις λωρίδες πλάτους 3,25 και 3,50m, παρότι σύμφωνα με το υφιστάμενο μοντέλο εντοπίζεται μια διαφορά των 5km/h για όλα τα εύρη της ελκτικότητας. Κατά συνέπεια, επειδή η παλινδρόμηση των στοιχείων του δείγματος εξηγείται για το συνδυασμό των ταχυτήτων που αναπτύσσονται στις οδούς με πλάτη λωρίδας 3.25 και 3.50m, το προτεινόμενο μοντέλο πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων εκτιμά τις ταχύτητες στις οδούς με πλάτη λωρίδων 3.25-3.50m, από την εξίσωση 4a

Οι διαφορές στις λειτουργικές ταχύτητες που εκτιμώνται από τις δύο εξισώσεις πρόβλεψης που αναπτύχθηκαν, (μία για πλάτη λωρίδας 3,25-3,50m και μία για πλάτη λωρίδας 3,75m) καταδεικνύουν τα εξής:

1. Για τιμές ελκτικότητας 0-200gon/km, οι διαφορές των εκτιμώμενων λειτουργικών ταχυτήτων για τα διαφορετικά αυτά πλάτη λωρίδας είναι περίπου 10km/h
2. Για τιμές ελκτικότητας 0-400gon/km η διαφορά αυτή είναι περίπου 4km/h
3. Για μεγαλύτερες τιμές ελκτικότητας η διαφορά αυτή είναι αμελητέα

Οι παραπάνω παρατηρήσεις είναι ένδειξη της μεγάλης επίδρασης της ακτίνας της καμπύλης στην επιλογή της ταχύτητας του οδηγού ειδικά όταν η τιμή αυτής είναι πολύ μικρή. Σε αντίστοιχο συμπέρασμα κατέληξαν στην έρευνά τους οι Marchionna A., Perco P., 2007 οι οποίοι ανέφεραν ότι εμφανίζεται ανώμαλη κατανομή των ταχυτήτων στις καμπύλες μικρής ελκτικότητας σε αντίθεση με τις καμπύλες μικρής ακτίνας όπου οι παρατηρούμενες ταχύτητες δεν είναι διασκορπισμένες και συμπλήρωσαν ότι αυτό πιθανώς οφείλεται στον περιοριστικό παράγοντα της ακτίνας στην ελεύθερη επιλογή της ταχύτητας, ειδικά όταν πρόκειται για μικρής ακτίνας καμπύλη.

- Από τις σχέσεις που διατυπώθηκαν, ο σχεδιαστής μπορεί να προβλέψει τις αναμενόμενες λειτουργικές ταχύτητες των επιβατηγών οχημάτων στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας για διαφορετικά πλάτη λωρίδων.

Ακόμα, είναι ικανός να κάνει συγκρίσεις και προσαρμογές στα στάδια του σχεδιασμού ή επανασχεδιασμού οδών:

- Μεταξύ των επιλεγμένων ταχυτήτων μελέτης και των αναμενόμενων λειτουργικών ταχυτήτων στις καμπύλες
- Μεταξύ των διαφορών των λειτουργικών ταχυτήτων που αναπτύσσονται στα διαδοχικά τμήματα



- Παρόλα αυτά, τα μοντέλα εκτίμησης των λειτουργικών ταχυτήτων που αναπτύχθηκαν στην έρευνα αυτή βασίζονται σε δεδομένα περιορισμένου γεωγραφικού εύρους και η καταλληλότητα για τη χρήση τους σε μελέτες ασφαλείας ενδεχομένως να περιορίζεται μόνο στα γεωγραφικά αυτά όρια, μια και το μέγεθος του δείγματος είναι τέτοιο που δεν επιτρέπει την αξιόπιστη εξαγωγή συμπερασμάτων εθνικής κλίμακας. Κατά συνέπεια, για τη χρήση των μοντέλων σε ευρύτερες περιοχές, με διαφορετικές συνθήκες (καιρικές συνθήκες, οδηγική συμπεριφορά) είναι σκόπιμο να γίνει έλεγχος για τον καθορισμό της καταλληλότητάς τους.

- Αναφορικά με το πολυώνυμο εκτίμησης του συντελεστή εφασπτομενικής τριβής, τα αποτελέσματα του t-test έδειξαν μια στατιστικά σημαντική αύξηση στις τιμές του επιτρεπόμενου συντελεστή εφασπτομενικής τριβής για όλες τις τιμές της ελικτότητας στις λωρίδες των 3,25m. Αυτό οφείλεται στην αύξηση των λειτουργικών ταχυτήτων στα οδικά τμήματα με το συγκεκριμένο πλάτος λωρίδας. Για πλάτη λωρίδων 3,50 και 3,75m, το πολυώνυμο εκτίμησης του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστής εφασπτομενικής τριβής εκτιμά με μεγάλη ακρίβεια το συντελεστή αυτό ακόμα και για τις λειτουργικές ταχύτητες που προβλέπονται από τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 22. Δεδομένα ταχυτήτων στις 31 καμπύλες και 6 ευθυγραμμίες για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας

1_exwt.	1_eswt.	2_exwt.	2_eswt.	3_exwt.	3_eswt.	4_exwt.	4_eswt.	5_exwt.	5_eswt.
53,00	63,00	64,00	67,00	49,00	44,00	53,00	65,00	81,00	89,00
61,00	55,00	55,00	61,00	57,00	46,00	51,00	50,00	68,00	83,00
62,00	59,00	62,00	59,00	52,00	55,00	45,00	53,00	69,00	95,00
66,00	57,00	50,00	66,00	57,00	60,00	57,00	54,00	72,00	46,00
65,00	54,00	50,00	62,00	52,00	55,00	56,00	73,00	60,00	57,00
67,00	65,00	77,00	68,00	51,00	56,00	53,00	54,00	77,00	77,00
62,00	63,00	65,00	53,00	53,00	42,00	51,00	63,00	69,00	82,00
46,00	64,00	64,00	65,00	56,00	53,00	63,00	77,00	78,00	70,00
53,00	59,00	61,00	60,00	58,00	54,00	56,00	62,00	88,00	56,00
52,00	60,00	60,00	63,00	55,00	34,00	69,00	65,00	81,00	82,00
58,00	65,00	53,00	69,00	59,00	42,00	56,00	62,00	64,00	88,00
56,00	55,00	64,00	54,00	64,00	55,00	55,00	49,00	78,00	92,00
60,00	54,00	64,00	70,00	62,00	47,00	58,00	55,00	73,00	60,00
64,00	50,00	87,00	60,00	54,00	42,00	69,00	59,00	71,00	58,00
60,00	54,00	41,00	64,00	50,00	53,00	58,00	63,00	67,00	70,00
54,00	64,00	57,00	63,00	49,00	47,00	55,00	64,00	75,00	73,00
57,00	67,00	43,00	55,00	44,00	53,00	62,00	56,00	76,00	62,00
67,00	64,00	60,00	60,00	56,00	56,00	72,00	60,00	68,00	58,00
58,00	56,00	68,00	64,00	58,00	49,00	57,00	60,00	79,00	53,00
72,00	66,00	59,00	77,00	51,00	52,00	66,00	51,00	67,00	58,00
53,00	60,00	55,00	70,00	50,00	51,00	64,00	54,00	75,00	60,00
54,00	61,00	53,00	62,00	63,00	58,00	57,00	51,00	83,00	67,00
52,00	57,00	62,00	67,00	60,00	54,00	48,00	65,00	75,00	60,00
74,00	63,00	48,00	58,00	49,00	49,00	61,00	49,00	81,00	64,00
63,00	53,00	58,00	58,00	52,00	48,00	53,00	59,00	70,00	64,00
60,00	58,00	65,00	60,00	47,00	42,00	56,00	52,00	80,00	80,00
62,00	64,00	79,00	46,00	56,00	47,00	50,00	47,00	62,00	78,00
43,00	62,00	54,00	71,00	54,00	49,00	57,00	55,00	86,00	83,00
62,00	63,00	61,00	60,00	53,00	54,00	61,00	60,00	53,00	78,00
67,00	65,00	61,00	65,00	58,00	56,00	69,00	55,00	63,00	83,00
60,00	53,00	65,00	61,00	54,00	52,00	56,00	57,00	55,00	71,00
71,00	57,00	70,00	60,00	61,00	38,00	61,00	72,00	67,00	64,00
56,00	58,00	52,00	63,00	53,00	43,00	48,00	50,00	70,00	57,00
57,00	61,00	48,00	63,00	51,00	57,00	55,00	53,00	72,00	61,00
48,00	56,00	81,00	57,00	44,00	51,00	57,00	48,00	77,00	77,00
52,00	64,00	75,00	49,00	58,00	45,00	45,00	62,00	67,00	83,00
55,00	60,00	62,00	74,00	55,00	49,00	58,00	49,00	70,00	66,00
65,00	60,00	64,00	59,00	49,00	55,00	62,00	58,00	80,00	56,00
50,00	56,00	68,00	55,00	55,00	61,00	59,00	51,00	57,00	72,00
59,00	59,00	61,00	76,00	63,00	53,00	69,00	60,00	82,00	68,00

6_exwt.	6_eswt.	7_exwt.	7_eswt.	8_exwt.	8_eswt.	9_exwt.	9_eswt.	10_exwt.	10_eswt.
56,00	73,00	36,00	36,00	47,00	40,00	44,00	48,00	44,00	39,00
66,00	69,00	33,00	32,00	46,00	38,00	63,00	55,00	51,00	66,00
67,00	60,00	43,00	37,00	43,00	36,00	61,00	58,00	50,00	65,00
59,00	70,00	41,00	46,00	50,00	47,00	54,00	48,00	61,00	34,00
71,00	54,00	36,00	35,00	45,00	45,00	66,00	50,00	55,00	54,00
77,00	78,00	40,00	40,00	50,00	45,00	58,00	64,00	48,00	47,00
83,00	67,00	36,00	36,00	51,00	49,00	55,00	58,00	45,00	43,00
79,00	90,00	32,00	35,00	55,00	49,00	73,00	61,00	44,00	54,00
72,00	72,00	32,00	30,00	42,00	33,00	66,00	53,00	62,00	58,00
73,00	66,00	40,00	32,00	47,00	37,00	48,00	50,00	51,00	59,00
82,00	72,00	37,00	46,00	59,00	44,00	58,00	53,00	49,00	54,00
84,00	72,00	38,00	36,00	50,00	42,00	61,00	71,00	64,00	69,00
77,00	77,00	28,00	43,00	43,00	49,00	54,00	46,00	48,00	65,00
104,00	69,00	40,00	32,00	50,00	35,00	53,00	72,00	51,00	51,00
75,00	75,00	33,00	33,00	43,00	46,00	43,00	45,00	48,00	55,00
80,00	60,00	35,00	34,00	52,00	38,00	54,00	50,00	41,00	60,00
69,00	56,00	36,00	37,00	51,00	41,00	68,00	53,00	59,00	54,00
87,00	63,00	30,00	30,00	48,00	41,00	63,00	63,00	42,00	54,00
90,00	64,00	30,00	33,00	51,00	38,00	65,00	64,00	51,00	61,00
73,00	85,00	35,00	35,00	44,00	38,00	58,00	65,00	59,00	57,00
67,00	94,00	33,00	31,00	42,00	46,00	62,00	74,00	62,00	57,00
55,00	80,00	39,00	30,00	48,00	40,00	58,00	55,00	56,00	52,00
70,00	103,00	37,00	31,00	41,00	42,00	55,00	66,00	47,00	59,00
57,00	56,00	33,00	32,00	62,00	39,00	44,00	55,00	45,00	48,00
62,00	75,00	31,00	34,00	43,00	48,00	54,00	70,00	50,00	51,00
88,00	50,00	32,00	30,00	40,00	43,00	66,00	68,00	47,00	55,00
83,00	87,00	31,00	37,00	49,00	43,00	64,00	65,00	63,00	60,00
55,00	82,00	36,00	41,00	39,00	51,00	54,00	73,00	54,00	63,00
55,00	63,00	31,00	36,00	38,00	43,00	60,00	58,00	47,00	70,00
101,00	71,00	35,00	28,00	40,00	37,00	56,00	55,00	52,00	48,00
80,00	68,00	36,00	30,00	47,00	41,00	66,00	59,00	65,00	49,00
55,00	72,00	44,00	32,00	43,00	42,00	57,00	46,00	57,00	46,00
84,00	78,00	30,00	36,00	38,00	48,00	50,00	63,00	41,00	54,00
62,00	75,00	38,00	40,00	46,00	43,00	66,00	52,00	55,00	62,00
73,00	73,00	35,00	37,00	41,00	40,00	55,00	68,00	68,00	54,00
94,00	56,00	32,00	38,00	44,00	42,00	52,00	57,00	46,00	56,00
75,00	81,00	37,00	34,00	35,00	50,00	57,00	55,00	60,00	65,00
67,00	98,00	35,00	42,00	39,00	37,00	64,00	48,00	53,00	43,00
74,00	82,00	33,00	39,00	49,00	34,00	49,00	54,00	54,00	59,00
72,00	77,00	40,00	37,00	40,00	59,00	58,00	60,00	48,00	52,00

11_exwt.	11_eswt.	12_exwt.	12_eswt.	13_exwt.	13_eswt.	14_exwt.	14_eswt.	15_exwt.	15_eswt.
80,00	62,00	57,00	62,00	47,00	47,00	63,00	73,00	82,00	74,00
71,00	66,00	63,00	65,00	59,00	53,00	58,00	74,00	67,00	71,00
75,00	61,00	66,00	60,00	45,00	51,00	59,00	61,00	79,00	76,00
64,00	71,00	41,00	50,00	44,00	58,00	63,00	56,00	60,00	58,00
56,00	57,00	72,00	58,00	36,00	49,00	51,00	67,00	68,00	65,00
53,00	63,00	79,00	62,00	36,00	52,00	70,00	51,00	58,00	54,00
53,00	75,00	60,00	49,00	58,00	48,00	80,00	67,00	103,00	78,00
48,00	65,00	62,00	55,00	52,00	45,00	60,00	65,00	77,00	86,00
83,00	36,00	45,00	55,00	53,00	51,00	62,00	74,00	74,00	82,00
81,00	61,00	65,00	55,00	47,00	46,00	68,00	58,00	73,00	77,00
73,00	79,00	57,00	54,00	49,00	52,00	73,00	67,00	94,00	80,00
52,00	75,00	57,00	61,00	53,00	40,00	62,00	57,00	71,00	78,00
81,00	79,00	55,00	63,00	47,00	42,00	60,00	54,00	80,00	47,00
57,00	67,00	52,00	56,00	50,00	47,00	53,00	54,00	78,00	64,00
73,00	61,00	49,00	60,00	54,00	50,00	54,00	56,00	97,00	89,00
64,00	74,00	68,00	79,00	45,00	52,00	58,00	61,00	61,00	83,00
68,00	65,00	55,00	62,00	44,00	55,00	61,00	64,00	67,00	69,00
80,00	69,00	64,00	59,00	45,00	61,00	65,00	53,00	62,00	58,00
77,00	58,00	66,00	60,00	58,00	50,00	62,00	59,00	68,00	88,00
89,00	61,00	57,00	59,00	49,00	53,00	67,00	47,00	69,00	60,00
63,00	82,00	57,00	56,00	42,00	51,00	62,00	54,00	83,00	68,00
57,00	63,00	59,00	42,00	51,00	59,00	68,00	55,00	72,00	65,00
73,00	61,00	54,00	59,00	44,00	54,00	70,00	56,00	53,00	77,00
80,00	66,00	65,00	59,00	50,00	49,00	74,00	61,00	77,00	82,00
73,00	78,00	59,00	47,00	59,00	54,00	69,00	58,00	58,00	72,00
84,00	54,00	58,00	62,00	48,00	55,00	66,00	67,00	77,00	73,00
80,00	67,00	52,00	70,00	48,00	48,00	68,00	57,00	68,00	66,00
90,00	61,00	58,00	44,00	51,00	49,00	56,00	55,00	69,00	74,00
66,00	82,00	59,00	74,00	48,00	47,00	66,00	53,00	57,00	58,00
68,00	75,00	63,00	54,00	42,00	43,00	70,00	63,00	65,00	76,00
71,00	80,00	46,00	56,00	48,00	55,00	54,00	66,00	54,00	75,00
64,00	62,00	59,00	61,00	53,00	47,00	67,00	56,00	68,00	62,00
82,00	57,00	55,00	48,00	44,00	57,00	63,00	52,00	66,00	59,00
62,00	72,00	66,00	64,00	56,00	52,00	75,00	62,00	83,00	71,00
86,00	54,00	61,00	73,00	50,00	59,00	57,00	65,00	86,00	77,00
56,00	77,00	52,00	72,00	41,00	53,00	59,00	69,00	59,00	80,00
62,00	62,00	71,00	66,00	49,00	46,00	74,00	58,00	77,00	92,00
76,00	69,00	70,00	53,00	60,00	49,00	52,00	72,00	92,00	60,00
53,00	65,00	58,00	59,00	55,00	48,00	69,00	58,00	75,00	57,00
67,00	87,00	64,00	58,00	47,00	43,00	64,00	55,00	63,00	67,00

16_exwt.	16_eswt.	17_exwt.	17_eswt.	18_exwt.	18_eswt.	19_exwt.	19_eswt.	20_exwt.	20_eswt.
61,00	51,00	67,00	64,00	64,00	74,00	83,00	72,00	36,00	46,00
59,00	50,00	70,00	72,00	73,00	73,00	71,00	70,00	38,00	56,00
60,00	51,00	61,00	47,00	76,00	67,00	82,00	66,00	55,00	63,00
52,00	52,00	54,00	65,00	76,00	57,00	73,00	60,00	38,00	54,00
64,00	56,00	54,00	47,00	75,00	71,00	66,00	69,00	46,00	58,00
57,00	62,00	61,00	60,00	78,00	68,00	75,00	78,00	52,00	50,00
57,00	65,00	63,00	53,00	63,00	63,00	62,00	72,00	55,00	65,00
66,00	66,00	64,00	59,00	83,00	78,00	60,00	75,00	46,00	49,00
60,00	56,00	54,00	45,00	74,00	80,00	63,00	62,00	56,00	60,00
54,00	59,00	56,00	61,00	70,00	71,00	61,00	81,00	52,00	48,00
66,00	62,00	68,00	53,00	61,00	71,00	68,00	69,00	50,00	61,00
48,00	57,00	61,00	58,00	76,00	79,00	76,00	69,00	51,00	65,00
62,00	59,00	73,00	50,00	73,00	62,00	72,00	58,00	55,00	58,00
61,00	58,00	55,00	54,00	78,00	72,00	69,00	74,00	56,00	52,00
64,00	57,00	51,00	58,00	67,00	68,00	58,00	68,00	50,00	60,00
69,00	57,00	63,00	71,00	82,00	82,00	69,00	78,00	43,00	59,00
55,00	59,00	62,00	61,00	68,00	58,00	65,00	61,00	58,00	51,00
55,00	76,00	58,00	55,00	70,00	80,00	76,00	69,00	65,00	53,00
67,00	50,00	58,00	63,00	73,00	58,00	60,00	62,00	51,00	53,00
52,00	56,00	68,00	61,00	77,00	60,00	70,00	66,00	50,00	59,00
55,00	59,00	54,00	58,00	78,00	81,00	66,00	52,00	65,00	56,00
80,00	54,00	57,00	47,00	93,00	79,00	80,00	53,00	51,00	61,00
62,00	72,00	61,00	62,00	68,00	74,00	57,00	75,00	44,00	48,00
64,00	53,00	58,00	59,00	61,00	63,00	65,00	71,00	43,00	49,00
59,00	63,00	65,00	65,00	84,00	70,00	77,00	71,00	35,00	64,00
74,00	57,00	48,00	52,00	77,00	81,00	70,00	90,00	48,00	53,00
68,00	57,00	59,00	60,00	51,00	73,00	55,00	65,00	55,00	64,00
59,00	63,00	63,00	44,00	65,00	76,00	59,00	64,00	44,00	53,00
60,00	46,00	64,00	54,00	61,00	82,00	78,00	66,00	40,00	64,00
59,00	50,00	60,00	61,00	80,00	71,00	81,00	79,00	43,00	60,00
49,00	54,00	45,00	56,00	72,00	81,00	59,00	72,00	38,00	47,00
55,00	61,00	53,00	55,00	66,00	76,00	69,00	61,00	42,00	57,00
59,00	65,00	62,00	50,00	82,00	72,00	68,00	78,00	54,00	51,00
67,00	58,00	68,00	58,00	76,00	72,00	66,00	77,00	47,00	55,00
63,00	69,00	59,00	63,00	87,00	76,00	70,00	85,00	60,00	45,00
58,00	76,00	50,00	71,00	80,00	62,00	75,00	74,00	50,00	52,00
53,00	62,00	57,00	65,00	73,00	91,00	63,00	68,00	65,00	42,00
65,00	59,00	66,00	46,00	69,00	73,00	80,00	59,00	58,00	40,00
75,00	56,00	72,00	60,00	62,00	66,00	61,00	67,00	57,00	61,00
61,00	51,00	56,00	61,00	78,00	77,00	89,00	69,00	45,00	53,00

21_exwt.	21_eswt.	22_exwt.	22_eswt.	23_exwt.	23_eswt.	24_exwt.	24_eswt.	25_exwt.	25_eswt.
58,00	36,00	54,00	46,00	48,00	38,00	67,00	63,00	65,00	97,00
55,00	61,00	49,00	49,00	40,00	47,00	52,00	47,00	85,00	74,00
39,00	53,00	46,00	50,00	45,00	45,00	64,00	49,00	96,00	68,00
52,00	44,00	52,00	49,00	48,00	42,00	50,00	57,00	57,00	103,00
57,00	59,00	63,00	55,00	43,00	43,00	49,00	66,00	82,00	78,00
43,00	60,00	47,00	50,00	47,00	48,00	55,00	66,00	72,00	72,00
58,00	57,00	60,00	49,00	42,00	48,00	57,00	49,00	67,00	81,00
35,00	54,00	47,00	54,00	49,00	45,00	57,00	58,00	66,00	65,00
52,00	45,00	53,00	53,00	53,00	44,00	57,00	70,00	64,00	63,00
48,00	44,00	64,00	66,00	50,00	47,00	58,00	51,00	54,00	83,00
48,00	55,00	47,00	52,00	53,00	47,00	71,00	62,00	65,00	83,00
47,00	56,00	47,00	55,00	56,00	54,00	73,00	55,00	60,00	89,00
45,00	57,00	61,00	53,00	44,00	49,00	62,00	56,00	76,00	60,00
54,00	54,00	61,00	56,00	46,00	49,00	51,00	53,00	69,00	69,00
37,00	47,00	54,00	55,00	44,00	47,00	64,00	57,00	78,00	65,00
56,00	45,00	50,00	50,00	42,00	55,00	57,00	49,00	59,00	66,00
51,00	44,00	68,00	49,00	47,00	49,00	70,00	51,00	75,00	82,00
49,00	58,00	46,00	51,00	45,00	47,00	61,00	58,00	55,00	71,00
46,00	53,00	48,00	52,00	47,00	52,00	53,00	61,00	63,00	73,00
49,00	65,00	53,00	53,00	50,00	46,00	62,00	65,00	65,00	95,00
46,00	51,00	53,00	51,00	47,00	41,00	55,00	71,00	65,00	93,00
36,00	46,00	53,00	61,00	45,00	52,00	45,00	51,00	79,00	70,00
45,00	53,00	42,00	57,00	47,00	54,00	48,00	67,00	66,00	75,00
62,00	57,00	50,00	40,00	40,00	45,00	54,00	71,00	68,00	62,00
39,00	57,00	54,00	62,00	46,00	51,00	56,00	57,00	71,00	68,00
50,00	45,00	61,00	48,00	38,00	43,00	61,00	47,00	44,00	58,00
43,00	48,00	50,00	48,00	45,00	44,00	72,00	52,00	73,00	91,00
35,00	36,00	49,00	53,00	41,00	57,00	52,00	57,00	77,00	68,00
40,00	49,00	47,00	58,00	41,00	43,00	58,00	62,00	82,00	60,00
43,00	53,00	58,00	52,00	49,00	43,00	54,00	52,00	66,00	70,00
36,00	57,00	47,00	60,00	50,00	47,00	55,00	50,00	68,00	62,00
47,00	44,00	53,00	57,00	51,00	41,00	52,00	51,00	83,00	71,00
48,00	59,00	64,00	50,00	47,00	47,00	57,00	58,00	74,00	78,00
43,00	60,00	49,00	58,00	43,00	49,00	54,00	67,00	48,00	92,00
51,00	37,00	52,00	48,00	42,00	46,00	55,00	60,00	67,00	67,00
57,00	45,00	53,00	55,00	46,00	42,00	67,00	55,00	94,00	68,00
61,00	49,00	52,00	51,00	48,00	54,00	51,00	50,00	75,00	52,00
58,00	54,00	49,00	46,00	41,00	50,00	70,00	59,00	58,00	66,00
45,00	57,00	61,00	57,00	52,00	46,00	49,00	66,00	70,00	81,00
53,00	46,00	50,00	54,00	45,00	43,00	60,00	57,00	66,00	73,00

26_exwt.	26_eswt.	27_exwt.	27_eswt.	28_exwt.	28_eswt.	29_exwt.	29_eswt.	30_exwt.	30_eswt.
85,00	80,00	85,00	66,00	63,00	52,00	50,00	55,00	53,00	49,00
88,00	63,00	99,00	67,00	43,00	49,00	53,00	50,00	48,00	42,00
68,00	89,00	117,00	69,00	88,00	60,00	58,00	47,00	54,00	40,00
73,00	80,00	106,00	75,00	91,00	80,00	52,00	41,00	61,00	44,00
80,00	72,00	93,00	81,00	64,00	50,00	63,00	51,00	41,00	64,00
76,00	72,00	96,00	80,00	56,00	49,00	67,00	67,00	49,00	44,00
68,00	68,00	98,00	87,00	79,00	59,00	60,00	46,00	55,00	40,00
65,00	93,00	82,00	89,00	60,00	60,00	49,00	45,00	51,00	50,00
74,00	91,00	113,00	68,00	63,00	83,00	46,00	46,00	50,00	39,00
78,00	73,00	82,00	75,00	54,00	70,00	50,00	53,00	46,00	48,00
67,00	72,00	94,00	106,00	55,00	86,00	53,00	57,00	45,00	47,00
81,00	74,00	83,00	70,00	83,00	59,00	52,00	49,00	54,00	42,00
83,00	85,00	80,00	79,00	63,00	74,00	47,00	56,00	48,00	48,00
67,00	74,00	88,00	88,00	71,00	46,00	50,00	47,00	46,00	44,00
84,00	85,00	73,00	103,00	63,00	61,00	51,00	59,00	58,00	44,00
97,00	80,00	93,00	96,00	55,00	58,00	48,00	62,00	51,00	37,00
103,00	75,00	98,00	108,00	68,00	75,00	51,00	49,00	51,00	44,00
77,00	84,00	78,00	89,00	73,00	81,00	60,00	49,00	54,00	57,00
83,00	74,00	131,00	84,00	52,00	76,00	48,00	60,00	54,00	46,00
71,00	77,00	106,00	75,00	56,00	58,00	64,00	46,00	46,00	44,00
81,00	66,00	116,00	86,00	62,00	69,00	71,00	53,00	50,00	53,00
85,00	89,00	98,00	72,00	73,00	63,00	50,00	50,00	60,00	55,00
92,00	99,00	79,00	70,00	65,00	64,00	57,00	50,00	56,00	52,00
69,00	83,00	87,00	92,00	70,00	72,00	62,00	53,00	43,00	43,00
114,00	75,00	90,00	103,00	70,00	72,00	58,00	53,00	52,00	47,00
62,00	81,00	82,00	69,00	56,00	82,00	58,00	56,00	51,00	49,00
91,00	102,00	78,00	104,00	55,00	75,00	46,00	52,00	47,00	41,00
89,00	89,00	90,00	92,00	68,00	57,00	54,00	51,00	53,00	48,00
70,00	88,00	85,00	96,00	71,00	60,00	56,00	45,00	46,00	42,00
98,00	85,00	89,00	85,00	55,00	65,00	55,00	45,00	47,00	49,00
70,00	82,00	68,00	88,00	64,00	54,00	54,00	49,00	45,00	53,00
75,00	67,00	80,00	98,00	59,00	69,00	42,00	51,00	50,00	43,00
72,00	90,00	77,00	112,00	47,00	74,00	52,00	55,00	56,00	63,00
83,00	98,00	93,00	72,00	57,00	62,00	53,00	65,00	38,00	48,00
80,00	100,00	87,00	81,00	82,00	74,00	48,00	50,00	55,00	50,00
66,00	81,00	87,00	83,00	70,00	51,00	63,00	59,00	44,00	51,00
93,00	85,00	94,00	87,00	62,00	90,00	68,00	61,00	52,00	39,00
89,00	75,00	109,00	94,00	73,00	67,00	57,00	46,00	48,00	54,00
102,00	72,00	84,00	90,00	65,00	58,00	50,00	44,00	59,00	44,00
85,00	69,00	91,00	76,00	54,00	60,00	49,00	53,00	41,00	45,00

31_exwt.	31_eswt.	eyth1	eyth1	eyth2	eyth2	eyth3	eyth3	eyth4	eyth4
43,00	47,00	105,00	80,00	90,00	98,00	87,00	102,00	75,00	82,00
51,00	45,00	66,00	101,00	73,00	77,00	102,00	73,00	97,00	67,00
40,00	47,00	99,00	80,00	74,00	88,00	106,00	108,00	59,00	69,00
43,00	48,00	62,00	88,00	85,00	89,00	104,00	88,00	63,00	132,00
51,00	58,00	93,00	75,00	84,00	113,00	117,00	82,00	66,00	75,00
49,00	42,00	93,00	80,00	111,00	89,00	71,00	94,00	70,00	74,00
54,00	43,00	97,00	97,00	133,00	129,00	76,00	71,00	79,00	60,00
48,00	47,00	93,00	102,00	99,00	60,00	94,00	94,00	72,00	68,00
50,00	56,00	104,00	94,00	92,00	122,00	75,00	97,00	101,00	60,00
49,00	54,00	103,00	110,00	83,00	120,00	110,00	78,00	52,00	87,00
50,00	67,00	71,00	84,00	86,00	111,00	75,00	94,00	81,00	54,00
46,00	44,00	80,00	89,00	112,00	103,00	99,00	76,00	84,00	80,00
48,00	41,00	85,00	66,00	90,00	106,00	63,00	95,00	56,00	63,00
49,00	52,00	81,00	80,00	80,00	115,00	67,00	97,00	90,00	82,00
52,00	47,00	60,00	75,00	103,00	105,00	85,00	74,00	81,00	70,00
52,00	53,00	77,00	107,00	104,00	117,00	100,00	84,00	81,00	70,00
45,00	52,00	70,00	84,00	92,00	98,00	88,00	110,00	66,00	51,00
49,00	55,00	75,00	88,00	100,00	97,00	102,00	83,00	57,00	82,00
51,00	56,00	86,00	80,00	85,00	88,00	83,00	114,00	63,00	85,00
54,00	47,00	100,00	102,00	64,00	92,00	82,00	105,00	84,00	82,00
58,00	50,00	76,00	123,00	122,00	151,00	89,00	117,00	69,00	91,00
50,00	37,00	91,00	92,00	127,00	118,00	93,00	70,00	70,00	85,00
48,00	36,00	87,00	85,00	92,00	93,00	106,00	88,00	94,00	78,00
49,00	51,00	77,00	106,00	101,00	81,00	97,00	77,00	81,00	79,00
61,00	55,00	81,00	93,00	100,00	93,00	99,00	90,00	81,00	86,00
59,00	51,00	87,00	108,00	76,00	92,00	92,00	76,00	85,00	76,00
56,00	57,00	102,00	87,00	113,00	109,00	96,00	112,00	91,00	76,00
78,00	59,00	81,00	119,00	67,00	97,00	78,00	104,00	100,00	81,00
54,00	55,00	74,00	100,00	101,00	98,00	112,00	100,00	75,00	73,00
52,00	57,00	96,00	100,00	86,00	89,00	77,00	105,00	82,00	64,00
53,00	51,00	63,00	76,00	98,00	84,00	80,00	91,00	91,00	75,00
48,00	45,00	86,00	82,00	65,00	95,00	106,00	99,00	83,00	66,00
38,00	55,00	89,00	94,00	106,00	90,00	95,00	72,00	69,00	86,00
50,00	46,00	74,00	113,00	100,00	130,00	113,00	87,00	62,00	82,00
44,00	51,00	93,00	101,00	90,00	72,00	68,00	100,00	80,00	72,00
58,00	49,00	102,00	81,00	80,00	99,00	94,00	90,00	56,00	63,00
51,00	41,00	79,00	68,00	126,00	92,00	77,00	96,00	87,00	102,00
55,00	50,00	80,00	99,00	97,00	108,00	101,00	109,00	70,00	90,00
52,00	59,00	109,00	92,00	93,00	85,00	93,00	81,00	87,00	54,00
46,00	53,00	100,00	85,00	87,00	101,00	86,00	75,00	78,00	81,00



eyth5	eyth5	eyth6	eyth6
97,00	71,00	71,00	79,00
93,00	78,00	75,00	89,00
64,00	65,00	92,00	82,00
73,00	70,00	77,00	87,00
84,00	83,00	75,00	73,00
88,00	77,00	73,00	64,00
82,00	101,00	83,00	63,00
81,00	71,00	58,00	85,00
106,00	113,00	86,00	76,00
88,00	117,00	84,00	85,00
90,00	87,00	69,00	63,00
99,00	70,00	84,00	71,00
95,00	106,00	76,00	112,00
112,00	92,00	75,00	70,00
85,00	74,00	82,00	63,00
107,00	85,00	65,00	102,00
95,00	63,00	77,00	66,00
121,00	90,00	67,00	110,00
81,00	69,00	72,00	65,00
82,00	81,00	81,00	92,00
76,00	74,00	71,00	65,00
65,00	73,00	67,00	84,00
93,00	96,00	67,00	104,00
78,00	117,00	74,00	94,00
73,00	83,00	70,00	70,00
73,00	94,00	108,00	117,00
66,00	82,00	140,00	84,00
81,00	99,00	67,00	72,00
84,00	79,00	97,00	93,00
87,00	85,00	83,00	56,00
82,00	74,00	78,00	67,00
65,00	105,00	82,00	92,00
98,00	73,00	87,00	76,00
104,00	81,00	63,00	81,00
81,00	65,00	94,00	83,00
71,00	93,00	67,00	71,00
94,00	84,00	75,00	87,00
83,00	99,00	70,00	100,00
73,00	87,00	84,00	77,00
78,00	106,00	98,00	84,00

Πίνακας 23. One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		strofi 1 exwteriki	strofi 1 eswteriki	strofi 2 exwteriki	strofi 2 eswteriki	strofi 3 exwteriki	strofi 3 eswteriki	strofi 4 exwteriki	strofi 4 eswteriki	strofi 5 exwteriki
N		40	40	40	40	40	40	40	40	40
Normal Parameters(a,b)	Mean	58.9000	59.6000	61.1500	62.3500	54.3000	50.1750	57.7000	57.5500	72.1500
	Std. Deviation	7.00110	4.28952	9.85940	6.63924	4.94171	6.10123	6.57969	7.12147	8.29751
Most Differences	Extreme Absolute	0.062	0.136	0.148	0.087	0.067	0.128	0.132	0.115	0.092
Kolmogorov-Smirnov Z		0.395	0.860	0.937	0.548	0.422	0.812	0.834	0.726	0.584
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.998	0.450	0.344	0.925	0.994	0.525	0.490	0.667	0.884

		strofi 5 eswteriki	strofi 6 exwteriki	strofi 6 eswteriki	strofi 7 exwteriki	strofi 7 eswteriki	strofi 8 exwteriki	strofi 8 eswteriki	strofi 9 exwteriki	strofi 9 eswteriki
N		40	40	40	40	40	40	40	40	40
Normal Parameters(a,b)	Mean	70.0250	73.8250	72.8250	35.2250	35.3250	45.7750	42.4750	57.8000	58.2000
	Std. Deviation	12.09681	12.43834	11.87302	3.78585	4.38171	5.77123	5.35885	6.95848	8.17814
Most Differences	Extreme Absolute	0.116	0.065	0.081	0.122	0.126	0.110	0.111	0.093	0.127
Kolmogorov-Smirnov Z		0.732	0.412	0.515	0.769	0.798	0.694	0.702	0.585	0.805
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.657	0.996	0.953	0.595	0.548	0.722	0.708	0.883	0.537

		strofi 10 exwteriki	strofi 10 eswteriki	strofi 11 exwteriki	strofi 11 eswteriki	strofi 12 exwteriki	strofi 12 eswteriki	strofi 13 exwteriki	strofi 13 eswteriki	strofi 14 exwteriki
N		40	40	40	40	40	40	40	40	40
Normal Parameters(a,b)	Mean	52.3250	55.0500	69.7750	66.9750	59.4000	59.0250	48.9250	50.5000	63.8000
	Std. Deviation	7.09058	7.89011	11.36456	9.78614	7.60499	7.85604	5.83705	4.83046	6.82830
Most Differences	Extreme Absolute	0.124	0.122	0.116	0.121	0.101	0.127	0.077	0.072	0.072
Kolmogorov-Smirnov Z		0.785	0.772	0.733	0.764	0.640	0.806	0.487	0.455	0.453
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.569	0.590	0.656	0.604	0.808	0.534	0.972	0.986	0.986

		strofi 14 eswteriki	strofi 15 exwteriki	strofi 15 eswteriki	strofi 16 exwteriki	strofi 16 eswteriki	strofi 17 exwteriki	strofi 17 eswteriki	strofi 18 exwteriki	strofi 18 eswteriki
N		40	40	40	40	40	40	40	40	40
Normal Parameters(a,b)	Mean	60.2500	72.2500	71.2000	60.8500	58.6000	59.9500	57.6000	73.0000	72.2000
	Std. Deviation	6.77760	11.77078	10.53736	6.80328	6.83430	6.44086	7.11733	8.32358	7.79941
Most Differences	Extreme Absolute	0.155	0.109	0.081	0.091	0.152	0.065	0.122	0.100	0.114
Kolmogorov-Smirnov Z		0.981	0.688	0.513	0.577	0.959	0.410	0.774	0.632	0.720
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.291	0.731	0.955	0.893	0.316	0.996	0.587	0.819	0.678

		strofi 19 exwteriki	strofi 19 eswteriki	strofi 20 exwteriki	strofi 20 eswteriki	strofi 21 exwteriki	strofi 21 eswteriki	eythygrammi a_1	eswteriki	eythygrammia_ 2
N		40	40	40	40	40	40	40	40	40
Normal Parameters(a,b)	Mean	69.1750	69.3750	49.6750	54.8750	47.9250	51.2500	76.7000	76.3250	85.7000
	Std. Deviation	8.21158	8.08191	7.93043	6.50518	7.45375	7.16383	12.67584	14.28176	13.30741
Most Differences	Extreme Absolute	0.085	0.073	0.091	0.088	0.063	0.146	0.108	0.127	0.101
Kolmogorov-Smirnov Z		0.538	0.460	0.578	0.559	0.400	0.927	0.682	0.806	0.638
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.935	0.984	0.892	0.913	0.997	0.357	0.741	0.535	0.811

		eswteriki	eythygrammia_ 3	eswteriki	strofi 22 exwteriki	strofi 22 eswteriki	strofi 23 exwteriki	strofi 23 eswteriki	strofi 24 exwteriki	strofi 24 eswteriki
N		40	40	40	40	40	40	40	40	40
Normal Parameters(a,b)	Mean	85.3000	79.1000	81.3500	52.9250	52.8250	46.0750	47.0000	57.8750	57.5750
	Std. Deviation	14.62208	14.39159	14.89717	6.12430	4.91928	4.02803	4.29669	7.13312	6.94627
Most Differences	Extreme Absolute	0.108	0.167	0.087	0.180	0.088	0.084	0.125	0.149	0.114
Kolmogorov-Smirnov Z		0.684	1.055	0.553	1.141	0.559	0.532	0.791	0.941	0.720
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.737	0.216	0.920	0.148	0.914	0.939	0.560	0.338	0.677

		strofi 25 exwteriki	strofi 25 eswteriki	strofi 26 exwteriki	strofi 26 eswteriki	strofi 27 exwteriki	strofi 27 eswteriki	thiva_eyth_1	eswteriki	thiva_eyth_2
N		40	40	40	40	40	40	40	40	40
Normal Parameters(a,b)	Mean Std. Deviation	69.1750	74.0500	80.8500	80.9250	91.4750	85.1250	85.6750	91.6500	94.1750
Most Differences	Extreme Absolute	10.94013	11.84505	11.88524	9.84336	13.08745	12.54160	12.96423	13.41555	16.50157
Kolmogorov-Smirnov Z		0.101	0.135	0.088	0.126	0.124	0.092	0.091	0.090	0.090
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.641	0.856	0.560	0.799	0.781	0.579	0.574	0.569	0.567
		0.806	0.457	0.913	0.545	0.575	0.891	0.896	0.903	0.905

		eswteriki	thiva_eyth_3	eswteriki	strofi 28 exwteriki	strofi 28 eswteriki	strofi 29 exwteriki	strofi 29 eswteriki	strofi 30 exwteriki	strofi 30 eswteriki
N		40	40	40	40	40	40	40	40	40
Normal Parameters(a,b)	Mean Std. Deviation	99.8500	90.9500	91.4500	64.4500	65.6000	54.3750	51.9000	50.2000	47.0500
Most Differences	Extreme Absolute	17.11282	13.77837	13.27799	10.59983	11.16956	6.62043	5.98631	5.35029	6.08044
Kolmogorov-Smirnov Z		0.120	0.084	0.094	0.104	0.117	0.132	0.127	0.061	0.142
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.758	0.532	0.597	0.660	0.740	0.837	0.804	0.387	0.898
		0.614	0.940	0.868	0.777	0.645	0.486	0.538	0.998	0.395

		strofi 31 exwteriki	strofi 31 eswteriki
N		40	40
Normal Parameters(a,b)	Mean Std. Deviation	50.8500 6.56154	50.2250 6.44697
Most Differences	Extreme Absolute	0.155	0.073
Kolmogorov-Smirnov Z		0.983	0.461
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.289	0.984

Πίνακας 24.Λειτουργικές ταχύτητες (V85) επιβατηγών οχημάτων και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εξωτερική λωρίδα)

Οδικό τμήμα	Πλάτος λωρίδας (m)	Ελικτότητα μεμονωμένης καμπύλης (gon/km)	Επίκλιση (%)	Πλάτος ερείσματος (m)	Κατά μήκος κλίση (%)	85 <sup>η</sup> ποσοστιαία ταχύτητα (km/h)
1	3.50	726.47	5.20	0.30	3.50	66.85
2	3.50	754.70	5.20	0.60	1.20	69.70
3	3.75	762.98	5.70	0.15	5.10	59.85
4	3.75	1080.12	2.20	0.15	-0.20	65.70
5	3.75	457.35	4.90	0.15	0.40	81.00
6	3.75	287.58	5.60	0.15	3.50	86.55
7	3.50	2095.89	5.40	0.15	2.50	40.00
8	3.50	1987.13	7.80	0.15	5.70	51.00
9	3.25	724.41	4.50	0.15	2.30	66.00
10	3.25	710.84	4.80	0.15	2.00	61.85
11	3.25	258.16	3.50	0.15	4.50	81.85
12	3.25	656.70	6.90	0.15	2.90	66.00
13	3.75	1190.47	5.30	0.40	0.30	55.85
14	3.50	604.22	2.80	0.75	5.80	70.00
15	3.50	142.66	-0.40	0.15	2.30	83.00
16	3.50	328.26	4.00	0.90	1.90	67.00
17	3.50	713.62	5.60	0.75	3.40	67.85
18	3.50	304.74	1.90	0.20	1.90	81.70
19	3.50	410.42	1.90	0.60	5.70	79.70
20	3.25	873.95	5.50	0.60	2.60	57.85
21	3.25	1026.26	6.30	0.30	5.70	57.00
22	3.75	683.11	4.20	0.75	0.80	61.00
23	3.75	993.18	4.70	1.20	0.80	50.00
24	3.75	529.59	4.50	0.90	2.20	67.00
25	3.75	171.51	5.5	0.60	3.10	81.55
26	3.75	200.41	1.40	0.30	1.50	92.85
27	3.75	381.36	4.40	0.75	1.10	106.00
28	3.75	705.04	5.20	0.30	1.60	73.00
29	3.75	446.64	0.20	0.15	6.10	62.85
30	3.75	1391.45	7.30	0.60	2.60	55.85
31	3.50	523.85	4.10	0.30	2.00	55.85

Πίνακας 25.Λειτουργικές ταχύτητες (V85) επιβατηγών οχημάτων και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εσωτερική λωρίδα)

Οδικό τμήμα	Πλάτος λωρίδας	Ελικτότητα μεμονωμένης καμπύλης	Επίκλιση	Πλάτος ερείσματος	Κατά μήκος κλίση	85 <sup>η</sup> ποσοστιαία ταχύτητα
1	3.50	726.47	5.50	0.30	-3.50	64.00
2	3.50	754.70	7.10	0.60	-1.20	69.85
3	3.75	762.98	8.60	0.15	-5.10	56.00
4	3.75	1080.12	6.70	0.15	0.20	64.85
5	3.75	457.35	7.30	0.15	-0.40	83.00
6	3.75	287.58	8.00	0.15	-3.50	84.55
7	3.50	2095.89	5.90	0.15	-2.50	40.00
8	3.50	1987.13	7.00	0.15	-5.70	48.85
9	3.25	724.41	5.80	0.15	-2.30	68.00
10	3.25	710.84	6.40	0.15	-2.00	64.70
11	3.25	258.16	3.30	0.15	-4.50	78.85
12	3.25	656.70	7.60	0.15	-2.90	65.85
13	3.75	1190.47	8.10	0.40	-0.30	55.00
14	3.50	604.22	4.40	0.75	-5.80	67.00
15	3.50	142.66	4.80	0.15	-2.30	82.00
16	3.50	328.26	6.50	0.90	-1.90	65.00
17	3.50	713.62	4.20	0.75	-3.40	64.85
18	3.50	304.74	3.50	0.20	-1.90	80.85
19	3.50	410.42	2.50	0.60	-5.70	78.00
20	3.25	873.95	8.90	0.60	-2.60	62.70
21	3.25	1026.26	9.50	0.30	-5.70	58.85
22	3.75	683.11	6.50	0.75	-0.80	57.85
23	3.75	993.18	4.70	1.20	-0.80	52.00
24	3.75	529.59	4.50	0.90	-2.20	66.00
25	3.75	171.51	0.6	0.60	-3.10	90.70
26	3.75	200.41	1.80	0.30	-1.50	90.85
27	3.75	381.36	6.90	0.75	-1.10	102.25
28	3.75	705.04	8.10	0.30	-1.60	79.40
29	3.75	446.64	4.50	0.15	-6.10	59.00
30	3.75	1391.45	8.90	0.60	-2.60	53.00
31	3.50	523.85	3.40	0.30	-2.00	56.85



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ψαριανός Βασίλειος, “Σημειώσεις Οδοποιίας Ι. Τεύχος 1”, Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής, ΕΜΠ/ΤΑΤΜ, Αθήνα, 2001.
- Choueiri Elias M. and Lamm Ruediger, “*Rural Roads Speed Inconsistencies Design Methods*”, State University of New York Research Foundation, Part I, New York, July 1987.
- Choueiri Elias M. and Lamm Ruediger, “*Rural Roads Speed Inconsistencies Design Methods*”, State University of New York Research Foundation, Part II, New York, July 1987.
- Αγατζά-Μπαλοδήμου, Α.Μ., “*Θεωρία Σφαλμάτων & Συνορθώσεις Ι*”, Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Αθήνα, 2004.
- Βυθούλκας Π., “*Συστήματα Μεταφορών*”, Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής, Αθήνα, 2006.
- Montgomery Douglas C., Peck Elizabeth A., G. Vining Geoffrey, “*Introduction to Linear Regression Analysis*”, Wiley, Canada, 2006.
- Draper, N. R., Smith, H., “*Applied Regression Analysis, Second Edition*”, Wiley, Canada, 1981.
- Ζαχαροπούλου, Χ., “*Παλινδρόμηση - Συσχέτιση*”, Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Θεσσαλονίκη, 1995.
- Bird, R. N. and Hashim, I. H., “*Operating Speed and Geometry Relationships for Rural Single Carriageways in the UK*”, TRB 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, Chicago, Illinois, USA, 2005.
- Hashim I.H., PhD Thesis Chapter4.

- Marchionna A., Perco P., “*Operating Speed-Profile Prediction Model for Two-Lane Rural Roads in the Italian Context*”, International Conference Road Safety and Simulation, Rome, November 2007.
- Awatta M. and Hassan Y., “*Towards Establishing an Overall Safety-Based Geometric Design Consistency Measure*”, 4th Transportation Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, Montréal, 2002.
- Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay, Harwood Douglas W., Potts Ingrid B., Elefteriadou Lily, Torbic Darren J., “*Geometric Design Consistency on High-Speed Rural Two-Lane Roadways*”, NCHRP Report 502, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2003.
- SPSS 15.0 for Windows, Release 15.0.0, 2006, Tutorial.
- NIST/SEMATECH “*e-Handbook of Statistical Methods*”, [\*http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35g.\(18/4/2008\)\*](http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35g.(18/4/2008))