



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΪΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ
ΑΝΙΣΟΠΕΔΟ ΚΟΜΒΟ ΜΟΡΦΗΣ ΔΙΑΜΑΝΤΙΟΥ ΚΑΙ
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΦΥΛΟ ΤΟΥ
ΟΔΗΓΟΥ ΚΑΙ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΚΑΙ ΤΗΝ
ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ**

ΜΑΡΙΟΣ ΛΥΤΡΑΣ

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου, Αναπλ. Καθηγητής

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ**



Αθήνα, Μάρτιος 2023



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF RURAL & SURVEYING ENGINEERING DEP.
OF INFRASTRUCTURE AND RURAL DEVELOPMENT**

Diploma Thesis

**INVESTIGATION OF VEHICLES' DYNAMICS IN A DIAMOND
INTERCHANGE AND CONNECTION WITH THE AGE
AND THE SEX OF DRIVER AND THE TYPE OF
VEHICLE AND ITS RELEASE DATE**

MARIOS LYTRAS

Supervisor: Konstantinos Kepaptsoglou, Associate Professor

**LABORATORY OF
TRANSPORTATION ENGINEERING**



Athens, March 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΪΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ
ΑΝΙΣΟΠΕΔΟ ΚΟΜΒΟ ΜΟΡΦΗΣ ΔΙΑΜΑΝΤΙΟΥ ΚΑΙ
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΦΥΛΟ ΤΟΥ
ΟΔΗΓΟΥ ΚΑΙ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΚΑΙ ΤΗΝ
ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ**



ΜΑΡΙΟΣ ΛΥΤΡΑΣ

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου, Αναπλ. Καθηγητής

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ**



Αθήνα, Μάρτιος 2023

ΔΗΛΩΣΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Δηλώνω ότι η διπλωματική αυτή εργασία αποτελεί στο σύνολο της δική μου εργασία, και κανένα τμήμα της δεν έχει χρησιμοποιηθεί για την κτήση άλλου τίτλου σπουδών. Όπου έχει χρησιμοποιηθεί υλικό από άλλες πηγές, αυτές έχουν αναφερθεί με ακρίβεια και πληρότητα.

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή:

Μάριος Λύτρας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή εστιάζει στη μελέτη μίας μορφής ανισόπεδου κόμβου που δεν συναντιέται πολύ συχνά στα οδικά δίκτυα της Ελλάδας και μάλιστα στην συμβατική του μορφή με δύο δίδυμες διασταυρώσεις για τις συλλέκτριες οδούς. Οι ανισόπεδοι κόμβοι έχουν κεντρίσει το ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, αφού οι κορμοί των οδικών δικτύων έχουν μελετηθεί με επάρκεια τα προηγούμενα έτη.

Σε αυτή την εργασία μελετήθηκε ο ανισόπεδος κόμβος μορφής διαμαντιού που βρίσκεται στην Εθνική Οδό Αθηνών Λαμίας και συγκεκριμένα στα βόρεια προάστια του Νομού Αττικής, στην περιοχή της Βαρυμπόμπης. Η ράμπα που θα μελετηθεί είναι αυτή που συναντιέται κατά την έξοδο του οχήματος από την άνοδο (προς Λαμία) και η καμπύλη που θα μετρηθεί είναι η πρώτη σε σειρά με ακτίνα 500m.

Οι μετρήσεις που θα πραγματοποιηθούν αφορούν την πλευρική επιτάχυνση και την ταχύτητα κίνησης των οχημάτων εντός της ράμπας και πραγματοποιούνται από διαφορετικούς οδηγούς που συμμετείχαν στην έρευνα και από διαφορετικά οχήματα που ήταν των οδηγών αυτών ή του ερευνητή και διατέθηκαν σε οδηγούς που δεν είχαν διαθεσιμότητα οχήματος. Οι μετρήσεις έγιναν Σαββατοκύριακα και σε συνθήκες στεγνού οδοστρώματος αποφεύγοντας κυκλοφοριακή συμφόρηση και παράγοντας παρεμπόδισης των μετρήσεων.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν συνδυάζουν σύνδεση με την γεωμετρία και τον ανθρώπινο παράγοντα. Ως προς την γεωμετρία συνδέουν την πλευρική επιτάχυνση εντός της ράμπας με την ταχύτητα κίνησης των οδηγών, εξετάζουν το ποσοστό απορρόφησης στην καμπύλη στο σύνολο αλλά και σε κάθε κατηγορία οχήματος μεμονωμένα, συγκρίνουν τις τιμές πλευρικής επιτάχυνσης με τις οριακές τιμές που ορίζει η βιβλιογραφία και οι οδηγίες σχεδιασμού οδών και τέλος πραγματοποιούν συνδέσεις των μετρημένων ταχυτήτων με τις οριακές ταχύτητες που προκύπτουν μετά την εφαρμογή των οριακών τιμών της βιβλιογραφίας στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης.

Ως προς τον ανθρώπινο παράγοντα δημιουργείται ένα ολοκληρωμένο προφίλ ανάλυσης της οδηγικής συμπεριφοράς με βάση το στοιχείο της ταχύτητας. Οι μετρημένες ταχύτητες ομαδοποιούνται ως προς την ελάχιστη, την μέση και την μέγιστη για διαφορετικές ηλικίες οδηγών, για διαφορετικά φύλα οδηγών, για διαφορετικούς τύπους οχημάτων και διαφορετικές χρονολογίες οχημάτων.

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η σχέση πλευρικής επιτάχυνσης και ταχύτητας είναι γραμμική στην καμπύλη ακτίνας 500m, οι τιμές πλευρικής επιτάχυνσης που μετρήθηκαν είναι μικρότερες από τις θεωρητικές που ορίζουν τα στοιχεία της γεωμετρίας της καμπύλης, στα οχήματα τύπου Sedan το ποσοστό απορρόφησης πλευρικής επιτάχυνσης είναι μεγαλύτερο, οι οριακές τιμές πλευρικής επιτάχυνσης της βιβλιογραφίας δεν υπερβαίνονται στην περίπτωση αυτής της ακτίνας και οι οριακές τιμές των οδηγίων υπερβαίνονται ελάχιστα.

Επίσης παρατηρείται πως οι οδηγοί μεταξύ 18 και 25 χρονών είναι οι πιο γρήγοροι και επιθετικοί, οι οδηγοί Sedan οχημάτων κινούνται με τις μεγαλύτερες ταχύτητες, οι οδηγοί με τα νεότερα οχήματα είναι πιο γρήγοροι από αυτούς με παλαιότερα και οι άντρες οδηγοί κινούνται σε υψηλές ταχύτητες και είναι πιο επιθετικοί από τις γυναίκες οδηγούς.

Λέξεις κλειδιά: Ανισόπεδοι κόμβοι, ράμπα, πλευρική επιτάχυνση, γεωμετρία, ανθρώπινος παράγοντας

ABSTRACT

This research focuses on the study of an interchange ramp type that is not very often found in the road networks of Greece and in fact in its conventional form with two twin intersections for collector roads. Interchanges have attracted interest in recent years, since the main trunk of road networks have been adequately studied in previous years.

In this paper, the diamond interchange located on the National Highway of Athens Lamia, specifically in the northern suburbs of the Prefecture of Attica, in the area of Varybompi, was studied. The ramp to be studied is the one encountered when the vehicle exits the ramp (towards Lamia) and the curve to be measured is the first in a row with a radius of 500m.

The measurements concern the lateral acceleration and speed of the vehicles within the ramp and are carried out by different drivers who participated in the research and by different vehicles that belonged to these drivers or the researcher and were allocated to drivers who did not have a vehicle available. The measurements were made on weekends and in dry road conditions, avoiding traffic congestion and every factor hindering the measurements.

The occurred results combine a connection with geometry and the human factor. In terms of geometry, they link the lateral acceleration within the ramp to the speed of the drivers, they examine the percentage of absorption in the curve as a whole but also in each vehicle category individually, they compare the lateral acceleration values with the limit values defined by the literature and the road design guidelines and finally make connections of the measured speeds with the limit speeds that result after applying the limit values of the literature to the global equation of motion.

In terms of the human factor, a complete analysis profile of driving behavior is created based on the element of speed. The measured speeds are grouped by minimum, average and maximum for different driver ages, for different driver sexes, for different vehicle types and for different vehicle release dates.

The results show that the relationship between lateral acceleration and speed is linear in the 500m radius curve, the measured lateral acceleration values are smaller than the theoretical values defined by the elements of the curve geometry, in Sedan-type vehicles the percentage of lateral acceleration absorption is greater, the lateral acceleration limit values of the literature are not overpassed in the case of this radius and the guideline limit values are slightly overpassed.

It is also observed that drivers between 18 and 25 years of age are the fastest and most aggressive, sedan drivers move at the highest speeds, drivers with newer vehicles are faster than those with older ones and male drivers move at high speeds and are more aggressive than female drivers.

Keywords: Interchanges, ramp, lateral acceleration, road geometry, human factor

Ευχαριστίες

Οι σπουδές μου στην σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ολοκληρώθηκαν με την παράδοση της διπλωματικής μου. Πλέον ως μηχανικός θα μπορώ να εφαρμόζω όλα όσα έμαθα αυτά τα χρόνια από τους καθηγητές μου και να κάνω ένα επάγγελμα το οποίο απαιτεί αφοσίωση, επιμονή και υπομονή.

Καταρχήν θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή που μου έδωσε την διπλωματική αυτή και με βοήθησε να βρω την κλίση μου μέσω αυτής, τον κύριο Κωνσταντίνο Κεπαπτζόγλου αναπληρωτή καθηγητή της σχολής μας. Μετά θέλω να ευχαριστήσω τον Κωνσταντίνο Αποστολέρη, διδάκτορα της σχολής που είχε και την ιδέα γύρω από την μελέτη μου. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον Αντώνη Τρακάκη, υποψήφιο διδάκτορα της σχολής μας για τις ώρες που αφιέρωσε στο πεδίο για την εποπτεία και καθοδήγηση των μετρήσεων. Τέλος ευχαριστώ από την ψυχή μου την οικογένειά μου που με ώθησε προς το καλύτερο όλα τα χρόνια που ήμουν στην σχολή αλλά και όλους όσους συμμετείχαν στο πείραμα μου.

Μάριος Λύτρας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΕΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1 Υφιστάμενο Ζήτημα, Σκοπός & Στόχος	15
1.2 Οδική Υποδομή & Ασφάλεια – Έννοιες Αλληλένδετες	15
1.3 Δομή.....	16
2. ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ & ΕΥΡΗΜΑΤΑ	18
2.1 Μορφές Ραμπών και Τύποι Ανισόπεδων Κόμβων.....	18
2.2 Δυναμική της Κυκλοφορίας	25
2.2.1 Ταχύτητα.....	26
2.2.2 Κατά μήκος επιτάχυνση.....	28
2.2.3 Πλευρική επιτάχυνση	31
2.3 Ο Ανθρώπινος Παράγοντας και το Όχημα	34
2.4 Βασικές Κυκλοφοριακές Έννοιες και Μεγέθη	38
2.4.1 Φόρτος, ροή κορεσμού, κυκλοφοριακή ικανότητα και βαθμός κορεσμού.....	38
2.4.2 Συντελεστής Ώρας Αιχμής (Σ.Ω.Α.), Μονάδες Επιβατικού Αυτοκινήτου (Μ.Ε.Α.) και Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (Ε.Μ.Η.Κ.).....	38
2.4.3 Φωτεινή σηματοδότηση: βασικές έννοιες.....	39
2.4.4 Αξιολόγηση του προγράμματος φωτεινής σηματοδότησης.....	40
3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ, ΔΕΙΓΜΑ & ΠΕΡΙΟΧΗ	42
3.1 VERICOM: Ο Τρόπος Αξιοποίησης του	42
3.2 Οι Απαραίτητες Προϋποθέσεις Σωστής Μέτρησης.....	44
3.3 Το Δείγμα.....	45
3.4 Περιοχή Μελέτης	51
3.4.1 Το διαμάντι της Βαρυμπόμπης	51
4. ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ & ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ	55
4.1 Μεθοδολογία Εξαγωγής Αποτελεσμάτων	55
4.2 Σύνδεση Πλευρικής Επιτάχυνσης & Ταχύτητας.....	56
4.2.1 Σύνδεση της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης με βάση τον τύπο οχήματος.....	58
4.3 Υπέρβαση Οριακών Τιμών Πλευρικής Επιτάχυνσης	66
4.4 Ανάλυση Ταχυτήτων & Οριακές Τιμές Ασφάλειας-Άνεσης	69
4.5 Ταχύτητα και Ανθρώπινος Παράγοντας	75
4.5.1 Η ηλικία.....	76
4.5.2 Ο τύπος οχήματος.....	81
4.5.3 Η χρονολογία οχήματος.....	88

4.5.4 Το φύλο του οδηγού.....	92
5. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	97
6. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	100

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Μορφή ράμπας: Diagonal (ASSHTO, 2001).....	18
Σχήμα 2.2: Μορφή ράμπας: Loop (ASSHTO, 2001)	19
Σχήμα 2.3: Μορφή ράμπας: Semi-directional (ASSHTO, 2001)	19
Σχήμα 2.4: Μορφή ράμπας: Directional (ASSHTO, 2001)	20
Σχήμα 2.5: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: Τρομπέτα (ASSHTO, 2018)	20
Σχήμα 2.6: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: Τριφύλλι (ASSHTO, 2018)	21
Σχήμα 2.7: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: Στοίβα (ASSHTO, 2018).....	21
Σχήμα 2.8: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: Τρισκελής ή Y ή T (ASSHTO, 2018).....	22
Σχήμα 2.9: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: SPUI (ASSHTO, 2018).....	23
Σχήμα 2.10: Πιθανά σημεία σύγκρουσης μεταξύ του συμβατικού διαμαντιού και του αποκλίνοντος (Virginia Department of Transportation, 2022)	24
Σχήμα 2.11: Σύγκριση αποτελεσμάτων μέσης ροής κορεσμού σε διαμάντια συμβατικής μορφής και μονού σημείου (John, Hook and Urchurch, 1992)	25
Σχήμα 2.12: Σύγκριση αποτελεσμάτων αρχικού χαμένου χρόνου σε διαμάντια συμβατικής μορφής και μονού σημείου (John, Hook and Urchurch, 1992)	25
Σχήμα 2.13: Ποσοστά οχημάτων που υπερέβησαν το όριο ταχύτητας σε 5 διαφορετικούς τύπους δρόμων στη Μεγάλη Βρετανία (Department of Transport, 2006)	26
Σχήμα 2.14: Ποσοστά οχημάτων που υπερέβησαν το όριο ταχύτητας	27
περισσότερο από 5 ή 10 mph σε 5 διαφορετικούς τύπους δρόμων	27
στη Μεγάλη Βρετανία (Department of Transport, 2006).....	27
Σχήμα 2.15: Καταμερισμός δυνάμεων σε όχημα κινούμενο σε κεκλιμένο επίπεδο (πρώτη εικόνα) και σε οριζόντιο επίπεδο (δεύτερη εικόνα) (Bochnicek, 2020)	28
Σχήμα 2.16: Μεταβολή της μέγιστης επιτάχυνσης σε σχέση με την τιμή του λόγου h/l (Bochnicek, 2020)	29
Σχήμα 2.17: Συσχέτιση ταχύτητας πριν την καμπύλη – μέγιστης διαμήκους επιβράδυνσης (Τρακάκης, 2020)	30
Σχήμα 2.18: Ασκούμενες δυνάμεις σε όχημα κατά την κίνηση σε καμπύλη διαδρομή (Baxhuku, Koca και Doci, 2017)	31
Σχήμα 2.19: Συσχέτιση ταχύτητας διέλευσης – εγκάρσιας επιτάχυνσης σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων (Τρακάκης, 2020)	33
Σχήμα 2.20: Μεταβολή πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας καμπύλης ..	34
(De Jong, 2016)	34
Σχήμα 2.21: Εμπλοκή σε τροχαία δυστυχήματα αναλόγως την ηλικία (NHTSA, 2001) 35	
Σχήμα 2.22: Συσχέτιση ταχύτητας διέλευσης και ηλικίας οδηγών σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων (Τρακάκης, 2020)	36
Σχήμα 2.23: Συσχέτιση ταχύτητας διέλευσης και οχήματος σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων (Τρακάκης, 2020)	37

Σχήμα 2.24: Στάδια φωτεινής σηματοδότησης σε έναν κύκλο ενός κόμβου 4 σκελών (Αντωνίου και Σπυροπούλου, 2015).....	40
Σχήμα 3.1: VERICOM	42
Σχήμα 3.2: Το παράθυρο άμεσης γραφικής απεικόνισης των επιλεγμένων μεγεθών στο Profile 5	43
Σχήμα 3.3: Το παράθυρο επιλογής διαστήματος εμφάνισης δεδομένων του Profile 544	
Σχήμα 3.4: Μέγεθος δείγματος σε συνάρτηση με την ηλικία των οδηγών.....	46
Σχήμα 3.5: Καταμερισμός του δείγματος με βάση τη συμμετοχή ανδρών (1) και γυναικών (2)	46
Σχήμα 3.6: Μέγεθος δείγματος σε συνάρτηση με τον τύπο οχήματος.....	47
Σχήμα 3.7: Καταμερισμός του δείγματος με βάση την εμπειρία άνω των 2 ετών (1) και κάτω των 2 ετών (2).....	47
Σχήμα 3.8: Όχημα Micro που συμμετείχε στο πείραμα.....	48
Σχήμα 3.9: Όχημα Hatchback που συμμετείχε στο πείραμα	49
Σχήμα 3.10: Όχημα Sedan που συμμετείχε στο πείραμα	49
Σχήμα 3.11: Όχημα SUV που συμμετείχε στο πείραμα.....	50
Σχήμα 3.12: Όχημα MPV που συμμετείχε στο πείραμα	51
Σχήμα 3.13: Δορυφορική εικόνα του ανισόπεδου κόμβου Βαρυμπόμπης (κατεύθυνση από Αθήνα προς Θεσσαλονίκη)	52
Σχήμα 3.14: Γεωμετρικά στοιχεία καμπυλών στη διαδρομή των μετρήσεων	53
Σχήμα 3.15: Διάγραμμα καμπυλότητας της ακολουθούμενης διαδρομής των μετρήσεων όπως αυτή φαίνεται στο Σχήμα 3.9.....	54
Σχήμα 4.1: Γράφημα στο λογισμικό excel για την σύνδεση μεταξύ πλευρικής επιτάχυνσης και ταχύτητας στη διάρκεια μιας μέτρησης	55
Σχήμα 4.2: Συνολική σύνδεση της πλευρικής επιτάχυνσης (άξονας Y) και της ταχύτητας κίνησης (άξονας X) στην καμπύλη με ακτίνας 500m.....	56
Σχήμα 4.3: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης με την ίδια ταχύτητα.....	57
Σχήμα 4.4: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου Micro.....	58
Σχήμα 4.5: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου Hatchback.....	59
Σχήμα 4.6: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου Sedan	60
Σχήμα 4.7: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου SUV.....	61
Σχήμα 4.8: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου MPV	62
Σχήμα 4.9: Ελάχιστα ποσοστά απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης ανά τύπο οχήματος	63

Σχήμα 4.10: Μέγιστα ποσοστά απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης ανά τύπο οχήματος	64
Σχήμα 4.11: Μέσα ποσοστά απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης ανά τύπο οχήματος	65
Σχήμα 4.12: Ποσοστά υπέρβασης των ορίων ΟΜΟΕ και RAA για την πλευρική επιτάχυνση.....	67
Σχήμα 4.13: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις τιμές άνεσης και ασφάλειας των McGee et al	70
Σχήμα 4.14: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις τιμές των οδηγιών ΟΜΟΕ και RAA	71
Σχήμα 4.15: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις τιμές άνεσης και ασφάλειας των Felipe-Levinson	72
Σχήμα 4.16: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις μέγιστες τιμές πολύ άνετης, άνετης και αδιάφορης οδήγησης σύμφωνα με τους Garcia-Ramirez και Cardena.....	73
Σχήμα 4.17: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις μέγιστες τιμές άβολη και πολύ άβολης οδήγησης σύμφωνα με τους Garcia-Ramirez και Cardena.....	74
Σχήμα 4.18: Μέγιστες μετρημένες τιμές των οδηγών με βάση την ηλικία τους.....	76
Σχήμα 4.19: Ελάχιστες μετρημένες τιμές των οδηγών με βάση την ηλικία τους.....	77
Σχήμα 4.20: Μέσες τιμές των οδηγών με βάση την ηλικία τους	78
Σχήμα 4.21: Η 15% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση την ηλικία τους.....	79
Σχήμα 4.22: Η 50% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση την ηλικία τους.....	80
Σχήμα 4.23: Η 85% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση την ηλικία τους.....	81
Σχήμα 4.24: Μέγιστες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχήματος	82
Σχήμα 4.25: Ελάχιστες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχήματος	83
Σχήμα 4.26: Μέσες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχήματος.....	84
Σχήμα 4.27: Η 15% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση τον τύπο οχήματος..	85
Σχήμα 4.28: Η 50% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση τον τύπο οχήματος..	86
Σχήμα 4.29: Η 85% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση τον τύπο οχήματος..	87
Σχήμα 4.30: Μέγιστες ταχύτητες οχημάτων που κυκλοφόρησαν πριν και μετά το 2013	88
Σχήμα 4.31: Ελάχιστες ταχύτητες οχημάτων που κυκλοφόρησαν πριν και μετά το 2013.....	89
Σχήμα 4.32: Μέσες ταχύτητες οχημάτων που κυκλοφόρησαν πριν και μετά το 2013 .	89
Σχήμα 4.33: Η 15% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση την χρονολογία του οχήματος	90
Σχήμα 4.34: Η 50% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση την χρονολογία του οχήματος	91
Σχήμα 4.35: Η 85% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση την χρονολογία του οχήματος	92

Σχήμα 4.36: Μέγιστες ταχύτητες για άνδρες και γυναίκες οδηγούς	93
Σχήμα 4.37: Ελάχιστες ταχύτητες για άνδρες και γυναίκες οδηγούς	93
Σχήμα 4.38: Μέσες ταχύτητες για άνδρες και γυναίκες οδηγούς.....	94
Σχήμα 4.39: Η 15% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση το φύλο του οδηγού	95
Σχήμα 4.40: Η 50% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση το φύλο του οδηγού	95
Σχήμα 4.41: Η 85% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση το φύλο του οδηγού	96

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Επίπεδο σύγκρουσης με βάση την επιβράδυνση (Hyden, 1996)	31
Πίνακας 2.2: Εύρη πλευρικής επιτάχυνσης και χαρακτηρισμός άνεσης διέλευσης (Garcia-Ramirez και Cardena, 2021)	32
Πίνακας 2.3: Ταχύτητα σε καταστάσεις επικινδυνότητας (Horberry et al., 2006)	35
Πίνακας 2.4: Δυστυχήματα ανά έτος σε επιβατηγά και SUV οχήματα (NHTSA, 2006) .	36
Πίνακας 2.5: Στάθμη εξυπηρέτησης δρόμου ανάλογα τη μέση αναμονή οχήματος (Αντωνίου και Σπυροπούλου, 2015).....	41
Πίνακας 4.1: Ποσοστά υπέρβασης των ορίων ΟΜΟΕ και RAA για την πλευρική επιτάχυνση.....	67
Πίνακας 4.2: Χαρακτηριστικές τιμές πλευρικής επιτάχυνσης στην καμπύλη της ράμπας με ακτίνα 500m.....	68
Πίνακας 4.3: Μέγιστη, ελάχιστη και μέση ταχύτητα των οδηγών στην καμπύλη της ράμπας ακτίνας 500m.....	69
Πίνακας 4.4: Χαρακτηριστικές τιμές ταχύτητας στην καμπύλη της ράμπας ακτίνας 500m	69
Πίνακας 4.5: Μέγιστη τιμή πλευρικής επιτάχυνσης ανά κατηγορία των Garcia-Ramirez και Cardena που θα χρησιμοποιηθεί στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης	73
Πίνακας 4.6: Μέγιστες ταχύτητες για τις ηλικίες των οδηγών	76
Πίνακας 4.7: Ελάχιστες ταχύτητες για τις ηλικίες των οδηγών	77
Πίνακας 4.8: Μέσες ταχύτητες για τις ηλικίες των οδηγών	78
Πίνακας 4.9: Οι ταχύτητες του 15% για τις ηλικίες των οδηγών	79
Πίνακας 4.10: Οι ταχύτητες του 50% για τις ηλικίες των οδηγών	80
Πίνακας 4.11: Οι ταχύτητες του 85% για τις ηλικίες των οδηγών	81
Πίνακας 4.12: Μέγιστες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχημάτων	82
Πίνακας 4.13: Ελάχιστες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχημάτων	83
Πίνακας 4.14: Μέσες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχημάτων	85
Πίνακας 4.15: Οι ταχύτητες του 15% για τους τύπους οχημάτων	86
Πίνακας 4.16: Οι ταχύτητες του 50% για τους τύπους οχημάτων	87
Πίνακας 4.17: Οι ταχύτητες του 85% για τους τύπους οχημάτων	87

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υφιστάμενο Ζήτημα, Σκοπός & Στόχος

Η διερεύνηση της οδικής ασφάλειας σε ράμπες ανταλλαγής κλάδων ανισόπεδων κόμβων είναι ένα ζήτημα που έχει ενταχθεί σε πολλές διεθνείς μελέτες τα τελευταία χρόνια, ενώ παραδόξως τις προηγούμενες δεκαετίες δεν γνώριζε τόσο μεγάλη ανάπτυξη και σίγουρα δεν είχε την ανταπόκριση που του άξιζε. Ένα γεγονός που ίσως να συνηγορεί στην παραπάνω παρατήρηση είναι πως οι ράμπες ανταλλαγής καταλαμβάνουν μικρότερο ποσοστό ενός οδικού δικτύου σε σχέση με τις ευθυγραμμίες ή τις καμπύλες του κύριου οδικού άξονα. Ωστόσο αυτό δεν σημαίνει πως δεν είναι το ίδιο σημαντικές και πως το επίπεδο οδικής ασφάλειας σε αυτές είναι πάντοτε υψηλό ή πως δεν συγκεντρώνουν μελετητικό ενδιαφέρον. Το αντίθετο μάλιστα, καθώς συνδέουν δευτερεύουσες οδικές αρτηρίες με υπεραστικές οδούς ή αυτοκινητοδρόμους.

Στην Ελλάδα του 2023 έχουν κατασκευαστεί αρκετές ράμπες ανταλλαγής, είτε σε υπεραστικές Οδούς (Λ. Κηφισιάς, Λ. Κηφισού, Λ. Κύμης, κ.α.), είτε σε αυτοκινητοδρόμους (Ε.Ο. Αθηνών-Λαμίας, Ε.Ο. Αθηνών-Κορίνθου, Αττική Οδός, Ολύμπια Οδός, Εγνατία Οδός κ.α.), οι οποίες ακολουθούν και διάφορους τύπους. Με αφορμή το γεγονός πως κόμβοι διαμαντιού δεν έχουν μελετηθεί σε βάθος, σε αυτή την έρευνα θα αξιολογηθεί ο ανισόπεδος Κόμβος Βαρυμπόμπης, ο οποίος είναι μορφής συμβατικού διαμαντιού και θα εξεταστεί συγκεκριμένα η έξοδος από την Ε.Ο. Αθηνών-Λαμίας και η ανισόπεδη μετάβαση προς την περιοχή της Εκάλης μέσω μίας ανηφορικής ράμπας τριών κρίσιμων καμπυλών ακτίνας 500, 300 και 25m.

Η αξιολόγηση θα πραγματοποιηθεί βασιζόμενη σε στοιχεία 61 οδηγών διαφορετικού φύλου, ηλικίας, οδηγικής εμπειρίας, τύπου και χρονολογίας οχήματος, ενώ οι μετρήσεις αφορούν ταχύτητα διέλευσης, φυγόκεντρο και διαμήκους επιτάχυνσης. Σκοπός της μελέτης είναι η σύνδεση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων με κάποια κρίσιμα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (ακτίνα, επίκλιση, κλίση κ.α.), με τα στοιχεία της οδηγικής συμπεριφοράς (φύλο, ηλικία, εμπειρία) και την επιρροή του τύπου οχήματος με τελικό στόχο την εξέταση από γεωμετρικής πλευράς του παρεχόμενου επιπέδου οδικής ασφάλειας και πως αυτό γίνεται αντιληπτό από τους ίδιους τους διερχόμενους οδηγούς.

Όλες οι αξιολογήσεις θα συγκριθούν τόσο με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού οδών διεθνώς, αξιοποιώντας στοιχεία των Ελληνικών, Γερμανικών και Αμερικανικών Οδηγιών, όσο και με αντίστοιχα που έχουν εξαχθεί από διεθνείς μελέτες των πρόσφατων αλλά και των παλαιότερων ετών. Στο τέλος της έρευνας, θα έχουν εξαχθεί αρκετά σημαντικά συμπεράσματα για την επίδραση του διαμαντιού στην οδηγική συμπεριφορά, τα οποία θα μπορούσαν να προστεθούν σε υπάρχουσες έρευνες, όχι μόνο συμπληρωματικά αλλά αρκετά επιδραστικά.

1.2 Οδική Υποδομή & Ασφάλεια – Έννοιες Αλληλένδετες

Τα οδικά έργα αποτελούν ζήτημα μείζονος σημασίας στον στρατηγικό σχεδιασμό μίας χώρας. Σκοπεύουν στην ταχύτερη και ασφαλέστερη μετάβαση των πολιτών σε έναν προορισμό, ενώ παράλληλα σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις εθνικές δυνάμεις σε κρίσιμες περιόδους. Για τους παραπάνω λόγους, οι περισσότερες χώρες ανά τον κόσμο (μεταξύ τους και η Ελλάδα) έχουν προχωρήσει σε δημιουργία πολλών μεγάλων οδικών έργων στο παρελθόν, ενώ πραγματοποιούν μελέτες για επέκταση των υπαρχόντων ή τη δημιουργία νέων.

Η επιτυχημένη χάραξη μίας οδού δεν εξαρτάται μόνο από την εφαρμογή των κατάλληλων ή προτεινόμενων γεωμετρικών παραμέτρων, όπως των επιτρεπόμενων κατά μήκος κλίσεων στις ευθυγραμμίες, το απαιτούμενο μήκος των ευθυγραμμιών, των κατάλληλων ακτινών ή

κατά πλάτος κλίσεων στα κυκλικά τόξα καμπυλών του κύριου οδικού άξονα ή των ραμπών ανταλλαγής. Το ίδιο ισχύει όσον αφορά τις κατάλληλες κυκλοφοριακές αναλύσεις (κυκλοφοριακή ικανότητα, ροή κορεσμού, κύκλος πρασίνου, φόρτοι, επίπεδα εξυπηρέτησης και επικινδυνότητα κινήσεων), αλλά και τις επηρεαζόμενες μεταφορές όπως διαδρομές μέσω μαζικής μεταφοράς, η εξυπηρέτηση πολιτών από ένα σύνολο γειτονιών και η χωροθέτηση κατάλληλων στάσεων.

Στην ουσία η επιτυχημένη χάραξη κρίνεται στην πράξη κυρίως όσον αφορά την οδική ασφάλεια. Ο παράγοντας αυτός αποτελεί τον κρισιμότερο κριτή της αποτελεσματικότητας μίας οδικής κατασκευής. Σήμερα υπάρχουν βιβλιογραφικά αρκετοί δείκτες αξιολόγησης του παρεχόμενου επιπέδου οδικής ασφάλειας, οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού, ενώ με την πάροδο των ετών εισέρχονται και περισσότεροι που συμπεριλαμβάνουν εμπειρικές μετρήσεις ή προσομοιώσεις.

Ο ασφαλέστερος τρόπος για να αξιολογηθεί η οδική ασφάλεια μίας υπάρχουσας υποδομής είναι η πραγματοποίηση πραγματικών μετρήσεων επί τόπου, αξιολογώντας τον κρισιμότερο και ταυτόχρονα πιο αστάθμητο παράγοντα, τον άνθρωπο. Χρόνο με το χρόνο οι έρευνες ανάπτυξης και βελτίωσης των οχημάτων περιορίζουν την επιδραστικότητα του ανθρώπου κατά την οδήγησή του, εξοπλίζοντας τα οχήματα με συνεχή πρωτότυπα και καινοτόμα συστήματα ασφαλείας όπως FCW (Forward Collision Warning), AEB (Automatic Emergency Braking), HAEB (High-speed Automatic Emergency Braking), PD (Pedestrian Detection), LKA (Lane Keeping Assistance), BSW (Blind Spot Warning), RCTW (Rear Cross Traffic Warning), LCA (Lane Centering Assist), ACC (Adaptive Cruise Control) κ.α.

Παρόλα αυτά ο τρόπος με τον οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται το οδικό δίκτυο και οδηγεί σε αυτό, είναι αυτός που επιδρά περισσότερο στην οδική ασφάλεια. Αν εξαιρεθούν τα αυτόνομα οχήματα, τα οποία μέχρι και το 2023 που πραγματοποιείται η συγκεκριμένη μελέτη δεν έχουν εφαρμογή εκτός των Η.Π.Α., οι οδηγοί είναι οι κύριοι του οχήματος τους. Αυτό σημαίνει πως από τη μία μεριά οδηγοί με νεότερης χρονολογίας οχήματα έχουν σήμερα λιγότερες πιθανότητες να εμπλακούν σε μία σύγκρουση σε σύγκριση με οδηγούς παλαιότερων οχημάτων, αλλά η ατομική οδική συμπεριφορά έχει τον τελευταίο λόγο. Άρα δεν μπορεί να θεωρηθεί βέβαιο πως ένα εξοπλισμένο με προηγμένα συστήματα όχημα θα προστατέψει έναν επιθετικό οδηγό από μια σύγκρουση ή μια ανατροπή, παρά μόνο πως θα αυξήσει αισθητά τις πιθανότητες τελικής αποφυγής της σύγκρουσης ή σε περίπτωση αυτής θα μειώσει τις πιθανότητες ενός θανατηφόρου συμβάντος.

1.3 Δομή

Το πρώτο κεφάλαιο της μελέτης με διακριτικό τίτλο «ΕΙΣΑΓΩΓΗ» αφορά μια γενικότερη αφήγηση του περιεχομένου, του κυρίως ζητήματος, του σκοπού και του στόχου της έρευνας, αναδεικνύοντας τα υπαρκτά κενά στη διεθνή μελετητική κοινότητα σχετικά με τις ράμπες ανταλλαγής και συγκεκριμένα αυτού της μορφής διαμαντιού (όσον αφορά τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων και των παραγόντων επιρροής της οδηγικής συμπεριφοράς). Στην συνέχεια γίνεται μια σύντομη αλλά περιεκτική αναφορά στην χρησιμότητα της οδικής ασφάλειας για την αξιολόγηση μίας υφιστάμενης οδικής υποδομής και κυρίως στον σημαντικότερο παράγοντα επίδρασης της οδικής ασφάλειας, τον άνθρωπο ως οδηγό.

Το δεύτερο κεφάλαιο έχει τον τίτλο «ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ & ΕΥΡΗΜΑΤΑ» και περιλαμβάνει μια εκτενή αναφορά σε αντίστοιχες μελέτες που έχουν διενεργηθεί στο παρελθόν. Οι μελέτες αυτές αφορούν τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων σε ράμπες ανταλλαγής ανισόπεδων κόμβων ή καμπυλών του κύριου οδικού άξονα, τις μελέτες σχετικά με κόμβους διαμαντιών διεθνώς (περιλαμβάνουν γενικότερες πληροφορίες για τις συγκριμένες μορφές, για τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά τους χαρακτηριστικά και για πιθανές τροποποιήσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν). Επίσης το τρίτο κεφάλαιο με τίτλο

«ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ, ΔΕΙΓΜΑ & ΠΕΡΙΟΧΗ» αναφέρεται στον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε για να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα στοιχεία και στον τρόπο λειτουργίας τους και επίσης αναφέρονται κάποια χαρακτηριστικά στοιχεία για το δείγμα των οδηγών που έλαβε μέρος στην έρευνα. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην περιοχή μελέτης, στους λόγους για τους οποίους επιλέχθηκε η συγκεκριμένη περιοχή, στα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες του μελετημένου κλάδου, στους κυκλοφοριακούς φόρτους και σε κάποια επιπρόσθετα κυκλοφοριακά στοιχεία.

Το τέταρτο κεφάλαιο με τίτλο «ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ & ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ» αναφέρεται στα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά την τελική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, αλλά και σε συγκρίσεις με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών που έχουν αναφερθεί και στο δεύτερο κεφάλαιο.

Η μελέτη κλείνει με δύο εξίσου σημαντικά κεφάλαια. Το πέμπτο κεφάλαιο με τίτλο «ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ» αφορά επιγραμματικά τα συγκεντρωτικά συμπεράσματα που προέκυψαν από τη συγκεκριμένη έρευνα και περιλαμβάνει μία συζήτηση και ανάλυση τους με τη ματιά του συγγραφέα. Τέλος το έκτο κεφάλαιο με τίτλο «ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ» αφορά προτάσεις για νέες έρευνες με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από αυτή την έρευνα και ανοίγουν νέους ερευνητικούς δρόμους ή για στοιχεία που θα συμπλήρωναν αυτή την έρευνα και θα την έκαναν ακόμη πιο πλήρη.

Η δομή της εργασίας έχει καθοριστεί με βάση τις οδηγίες συγγραφής που προβλέπονται από το βοηθητικό εγχειρίδιο του Εργαστηρίου Συγκοινωνιακής Τεχνικής (Ε.Σ.Τε.) της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών με μικρές τροποποιήσεις με βάση την αναζήτηση του καλύτερου τρόπου ροής των στοιχείων.

2. ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ & ΕΥΡΗΜΑΤΑ

Το κεφάλαιο αυτό είναι σημαντικό για πολλούς λόγους, με τρεις από αυτούς να είναι οι επόμενοι. Ο πρώτος είναι πως συλλέγει δεδομένα προηγούμενων ερευνών για ράμπες ανταλλαγής και γενικότερων πληροφοριών για τους τύπους ανισόπεδων κόμβων με έμφαση στο διαμάντι, ο δεύτερος είναι πως περιέχει τα παραπάνω δεδομένα συγκεντρωτικά και μπορεί να βοηθήσει στη συλλογή δεδομένων βιβλιογραφίας και επόμενες έρευνες και ο τρίτος είναι πως για τις έρευνες αυτές τα αποτελέσματα ή θα συγκριθούν με τα αντίστοιχα της έρευνας αυτής ή θα συμπληρωθούν από της έρευνας αυτής.

2.1 Μορφές Ραμπών και Τύποι Ανισόπεδων Κόμβων

Οι μελέτες για τη σύνδεση μίας κύριας οδού με μια δευτερεύουσα μέσω μίας ράμπας ανταλλαγής έχουν προσφέρει στην κατασκευαστική κοινότητα ένα πλήθος τύπων ραμπών, ενώ σε σύνδεση με την κυκλοφοριακή ικανότητα και τη χωροταξική ανάλυση έχουν προσφέρει επίσης ένα πλήθος τύπων ανισόπεδων κόμβων.

Το πρώτο τμήμα που θα αναλυθεί αφορά τις μορφές των ραμπών ανταλλαγής. Ένας αρκετά συνηθισμένος τύπος ραμπών είναι αυτός της μορφής “diagonal” ο οποίος σχηματίζεται γεωμετρικά από μία ή περισσότερες ακτίνες και συνήθως συνδέει δύο οδικές αρτηρίες με μεγάλο φόρτο δικτύου. Το κύριο πλεονέκτημα είναι η χωρητικότητα που χαρακτηρίζει αυτή τη μορφή ράμπας, καθώς συνήθως προσδίδεται ένα ικανό πλάτος και ακτίνες μεγάλου μεγέθους που επιτρέπουν την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων διέλευσης με μεγάλη ασφάλεια.

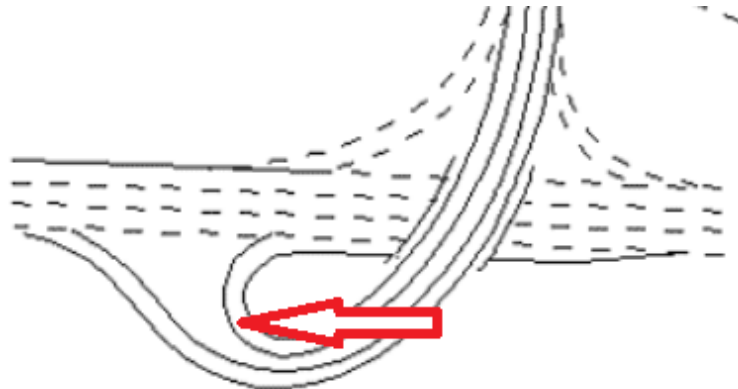
Αντίθετα το κύριο μειονέκτημα είναι το κόστος κατασκευής δεδομένου πως πρόκειται για μια ανισόπεδη κατασκευή και συνεπώς απαιτείται η κατασκευή γέφυρας και η διενέργεια στατικής μελέτης. Για να επιλεγεί ο συγκεκριμένος τύπος συνήθως απαιτούνται σύνθετες κυκλοφοριακές μελέτες ώστε να εξεταστεί σε συνθήκες ελεύθερης ροής η ταχύτητα και η κυκλοφοριακή ικανότητα των συνδεόμενων κλάδων για να εξεταστεί κατά πόσο είναι σκόπιμο η σύνδεση τους να πραγματοποιηθεί τελικά ανισόπεδα αντί για ισόπεδα. Σχεδιαστική απεικόνιση της συγκεκριμένης μορφής ράμπας παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.1 που ακολουθεί.



Σχήμα 2.1: Μορφή ράμπας: Diagonal (ASSHTO, 2001)

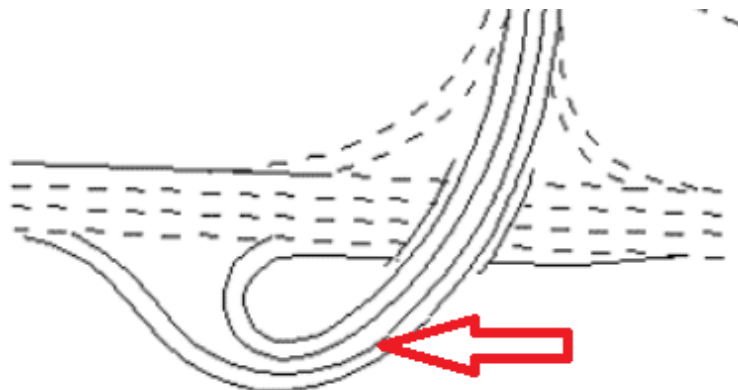
Η επόμενη μορφή ράμπας που εξετάζεται είναι η τύπου “loop”. Είναι μια ράμπα σε μορφή κουλούρας, η οποία συνδέει συνήθως δύο οδικές αρτηρίες εκ των οποίων η μία διαθέτει υψηλό φόρτο, ενώ η άλλη αρκετά χαμηλότερο. Η χρησιμότητα της εφαρμογής μίας τέτοιας ράμπας προκύπτει από τη μείωση των πιθανών σημείων σύγκρουσης σε περίπτωση που χρησιμοποιούταν μία απλή ισόπεδη διασταύρωση, η μετάβαση μπορεί να γίνεται απευθείας όταν πρόκειται για δεξιές στροφές αλλά ακόμη και για αριστερές όταν δεν υπάρχει σηματοδότηση ή σήμανση που να το εμποδίζει και όταν έχει προβλεφθεί η δημιουργία κάποιας λωρίδας επιτάχυνσης για την είσοδο στο νέο οδικό τμήμα. Τέλος προσφέρει ενεργά στην κυκλοφοριακή ικανότητα, εφόσον οι δεξιές ή οι αριστερές κινήσεις πραγματοποιούνται μέσω

μιας ράμπας χωρίς σηματοδότηση και δεν καταλαμβάνουν χώρο στο κύριο οδικό δίκτυο. Σχεδιαστική απεικόνιση της συγκεκριμένης μορφής ράμπας παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.2 που ακολουθεί.



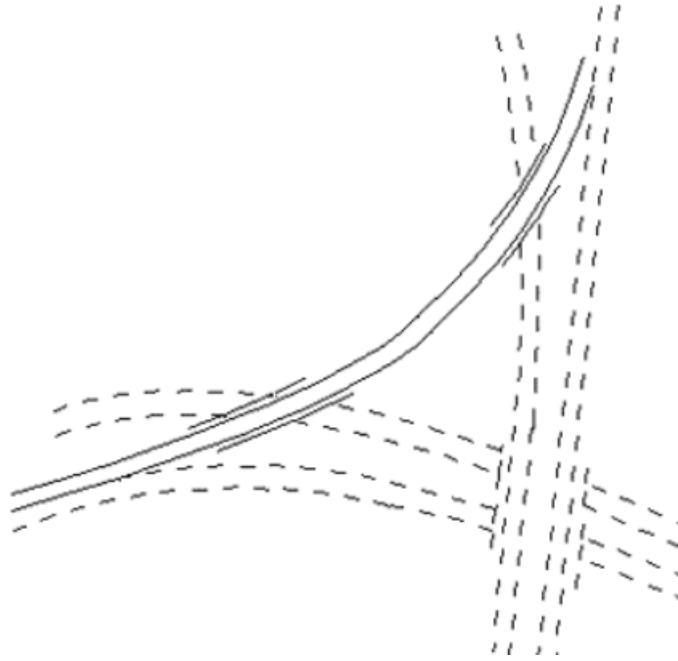
Σχήμα 2.2: Μορφή ράμπας: Loop (ASSHTO, 2001)

Στο Σχήμα 2.2 εκτός από τη ράμπια μορφής “loop” απεικονίζεται και η ράμπια μορφής “semi-directional». Οι συγκεκριμένες ράμπες εξυπηρετούν τις δεξιές στροφές για τη μετάβαση από μια οδό σε μία άλλη, ενώ έχουν συνήθως δύο λωρίδες κυκλοφορίας καθεμία από τις οποίες εξυπηρετεί διαφορετικό ρεύμα. Μεγάλο πλεονέκτημα της είναι η παροχή ορατότητας κατά τη διάρκεια των κινήσεων, ενώ ως μειονέκτημα θα μπορούσαμε να πούμε το πώς χρειάζονται αρκετό χώρο για να εγκατασταθούν, κάτι που κάποιες φορές δεν μπορεί να υποστηριχθεί ειδικά όταν πρόκειται για αστικό περιβάλλον. Στην πράξη αποτελεί μία υποομάδα των ραμπιών τύπου «directional» που αναλύεται αμέσως μετά.



Σχήμα 2.3: Μορφή ράμπας: Semi-directional (ASSHTO, 2001)

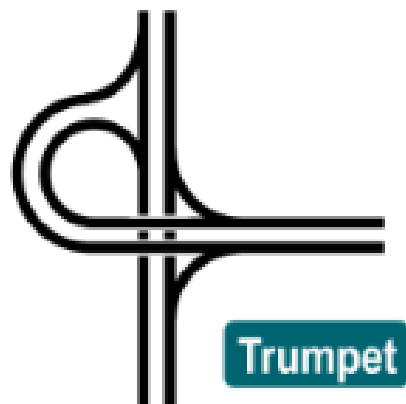
Οι ράμπες “directional” για τις οποίες μιλήσαμε προηγουμένως, είναι ράμπες αριστερής στροφής που χρησιμοποιούνται κυρίως για να ελέγξουν κινήσεις με πολύ μεγάλο φόρτο, ενώ η απόκλιση τους από τη βασική κίνηση του οδικού δικτύου μεταβάλλεται σταδιακά και χρησιμοποιώντας καμπύλες με μεγάλη ακτίνα. Το χαρακτηριστικό τους πλεονέκτημα είναι πως επιτρέπουν την εφαρμογή υψηλών ταχυτήτων συνδυαστικά με καλή ορατότητα, ενώ στα αρνητικά τους χαρακτηριστικά προστίθενται οι μεγάλες απαιτήσεις χώρου για την κατασκευή (κοινό χαρακτηριστικό με τους semi-directional) και γενικότερα το ακριβό κόστος κατασκευής.



Σχήμα 2.4: Μορφή ράμπας: Directional (ASSHTO, 2001)

Ολοκληρώνοντας μια σύντομη αλλά περιεκτική αναφορά στις γενικές μορφές ραμπών, θα προχωρήσουμε σε ανάλυση των συνηθέστερων τύπων ανισόπεδων κόμβων. Η αρχή θα γίνει με τον πιο δημοφιλή στους χώρους της οδοποιίας, την τρομπέτα. Το όνομα του κόμβου σχετίζεται με το ότι στην πραγματικότητα μοιάζει με τρομπέτα αν παρατηρηθεί από την κάτοψη του. Η χρήση τους είναι η σύνδεση οδών μεταξύ τους (είτε αυτοκινητοδρόμων μεταξύ τους, είτε οδών ταχείας κυκλοφορίας) και μπορεί να είναι δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη.

Η τρομπέτα ουσιαστικά αποτελείται από μία ράμπα μορφής “loop” και μία “semi-directional”, ενώ δεν είναι απίθανο σε ένα τμήμα του συνολικού ανισόπεδου κόμβου να συναντηθεί η ύπαρξη κάποιας ράμπας μορφής «diagonal”. Το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης αυτού του τύπου ανισόπεδου κόμβου είναι η ελεγχόμενη σύνδεση δύο οδικών τμημάτων, εκ των οποίων το ένα έχει υψηλότερο φόρτο από το άλλο, το μικρό κόστος κατασκευής σε σχέση με τους άλλους τύπους ραμπών. Αντίθετα, το κυριότερο μειονέκτημα αφορά τη ράμπα μορφής “loop” όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως ράμπα εξόδου καθώς σε οι οδηγοί πρέπει να μειώσουν αρκετά τις ταχύτητες οδήγησης για να εισέλθουν σε μία ράμπα μικρής ακτίνας.

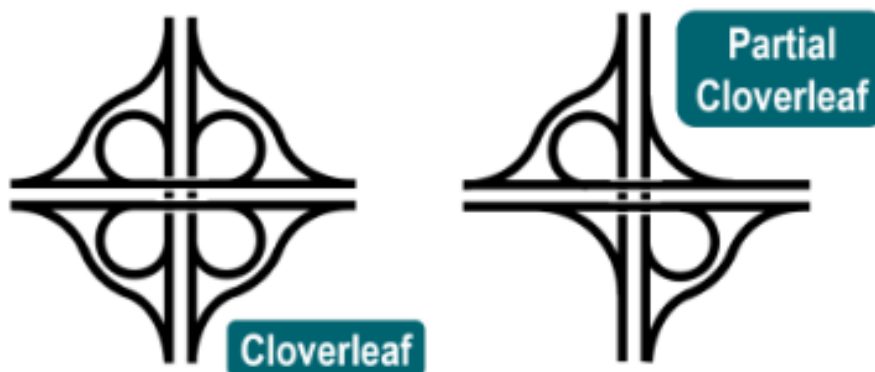


Σχήμα 2.5: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: Τρομπέτα (ASSHTO, 2018)

Ο επόμενος ανισόπεδος κόμβος είναι το τριφύλλι. Η ονομασία δίνεται και σε αυτή την περίπτωση με βάση την σχηματική απεικόνιση της κάτοψης του. Στην πλήρη του μορφή είναι

ένας κόμβος με τέσσερις κατευθύνσεις που η καθεμία χρειάζεται να γίνει ανισόπεδα. Χρησιμοποιείται για να συνδέσει κατευθύνσεις που δεν χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους. Οι απαιτήσεις συγκεκριμένου χώρου έχουν αναγκάσει τους μηχανικούς να μην χρησιμοποιούν τα τριφύλλια ακέραια (με τη μορφή ενός τετράφυλλου τριφυλλιού και δηλαδή 4 ράμπες), αλλά να τα περιορίζουν σε συνήθως 2.

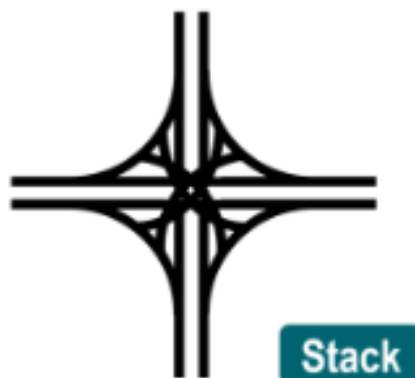
Η εφαρμογή τους ήταν πολύ συχνή τις δεκαετίες των πρώτων μεγάλων έργων ανά τον κόσμο, αλλά πλέον η χρήση τους έχει μειωθεί αρκετά, ειδικά όσον αφορά την πλήρη τους μορφή. Τα πιο σημαντικά τους πλεονέκτημα είναι η χωρητικότητα που τα χαρακτηρίζει, συνήθως κατασκευάζονται με τέτοιο πλάτος που στην πράξη θα μπορούσαν να κυκλοφορήσουν τα οχήματα σε δύο λωρίδες. Αντίθετα, χαρακτηριστικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και η όχι και τόσο ικανή οδική ασφάλεια που τα χαρακτηρίζει.



Σχήμα 2.6: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: Τριφύλλι (ASSHTO, 2018)

Ο επόμενος ανισόπεδος κόμβος είναι η στοίβα. Στην πλήρη του μορφή αποτελείται από τέσσερις κατευθύνσεις με χαρακτηριστικές μορφές ραμπών semi-directional για τις αριστερές στροφές και directional για τις δεξιές. Η λογική των κινήσεων αφορά συνήθως μια ελεύθερη σύνδεση με δεξιά ή αριστερή στροφή και σύνδεση με το άλλο οδικό δίκτυο. Η σύνδεση πραγματοποιείται με αποκλειστική λωρίδα και χωρίς τη χρήση κάποιας λωρίδας επιτάχυνσης για την ασφαλή προσάρτηση στον δρόμο.

Αυτό ήταν ένα πλεονέκτημα αυτού του τύπου, ενώ κάποια άλλα είναι η εξυπηρέτηση μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου και η μικρότερη απαίτηση για γη σε σχέση με τον τύπο τριφυλλιού. Αντίθετα, το πιο γνωστό τους μειονέκτημα είναι το κόστος τους και η ασυνήθιστη όψη τους.

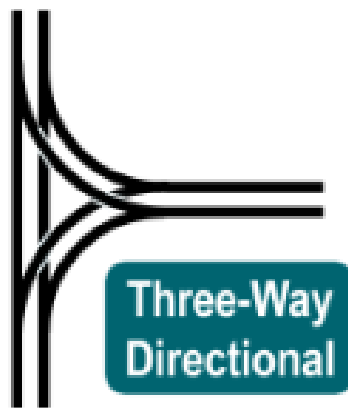


Σχήμα 2.7: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: Στοίβα (ASSHTO, 2018)

Για τον κόμβο που θα αναφερθούμε τώρα υπάρχει μια διχογνωμία όσον αφορά το επικρατέστερο όνομα. Κάποιοι τον αναφέρουν ως «Υ», κάποιοι ως «Τ» και άλλοι ως απλώς τρισκελή ανισόπεδο κόμβο. Θεωρώντας το τελευταίο όνομα ως επικρατέστερο, ένας τρισκελής ανισόπεδος κόμβος χρησιμοποιείται όταν είναι απαραίτητη μια τριπλή εναλλαγή κινήσεων

δεξιάς ή αριστερής κατεύθυνσης. Μάλιστα μπορούν να περιέχουν τις ράμπες και αριστερά και δεξιά, ενώ κάθε σκέλος μπορεί να συνδεθεί άμεσα ή έμμεσα με το κάθε άλλο. Πολλοί αναρωτιούνται γιατί να μην προτιμηθεί η χρήση ενός κόμβου τρομπέτας. Η απάντηση είναι πως ο κόμβος αυτό επιτρέπει την χρήση υψηλών ταχυτήτων κάτι το οποίο δεν επιτυγχάνεται με την χρήση κόμβου μορφής τρομπέτας, ειδικά όταν εστιάζουμε στην κυκλοφορία μέσω μίας ράμπας μορφής “loop”.

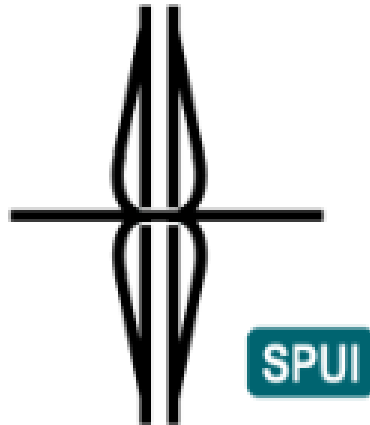
Αυτό ήταν ένα συγκριτικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου, ο οποίος γενικότερα διευκολύνει την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων εντός των ραμπών. Επίσης δεν απαιτεί πολύ μεγάλο χώρο για την κατασκευή του, ούτε το κατασκευαστικό του κόστος είναι απαγορευτικό. Από την άλλη πλευρά το πιο γνωστό του μειονέκτημα είναι πως δεν πρόκειται για ένα όμορφο στο μάτι τεχνικό έργο αν παρατηρηθεί από πλευράς κάτοψης.



Σχήμα 2.8: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: Τρισκελής ή Y ή T (ASSHTO, 2018)

Ο επόμενος κόμβος δεν έχει ακριβές ελληνικό όνομα. Για την περιγραφή του χρησιμοποιείται η λέξη SPUI (Single Point Urban Interchange). Στην περίπτωση ενός SPUI ανισόπεδου κόμβου οι ράμπες συγκλίνουν και στην πράξη συγχωνεύονται. Η προϋπόθεση για μια ασφαλή χρήση του είναι η ύπαρξη φωτεινής σηματοδότησης για τις κυκλοφοριακές ρυθμίσεις. Για το λόγο αυτό περιέχει και τη λέξη “Urban” (σ.σ. αστικός) στο όνομα του, επειδή σε έναν αυτοκινητόδρομο δεν θα μπορούσε να έχει θέση μια κυκλοφοριακή ρύθμιση με ύπαρξη φωτεινής σηματοδότησης.

Η μεγάλη χωρητικότητα σε συνδυασμό με το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας και τη ρύθμιση της κυκλοφορίας με φωτεινή σηματοδότηση είναι μερικά από τα πλεονεκτήματά τους, ενώ μειονέκτημα αποτελεί το κόστος τους και η ασυνήθιστη μορφή τους καθώς οι οδηγοί δεν δείχνουν να είναι εξοικειωμένοι πάντοτε με αυτόν τον τύπο ειδικά όταν πρόκειται να φτάσουν στο σημείο συγχώνευσης.



Σχήμα 2.9: Τύπος ανισόπεδου κόμβου: SPUI (ASSHTO, 2018)

Για το κλείσιμο αυτής της παραγράφου αφήσαμε σκοπίμως τον ανισόπεδο κόμβο μορφής διαμαντιού, ο οποίος θα αποτελέσει και το αντικείμενο μελέτης αυτής της έρευνας. Τα διαμάντια χρησιμοποιούνται όταν θέλουμε να συνδέσουμε έναν αυτοκινητόδρομο ή μια οδό ταχείας κυκλοφορίας με έναν δρόμο χαμηλότερης κυκλοφορίας. Χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη τεσσάρων ραμπών. Οι δύο αφορούν ράμπες εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο για την σύνδεση με το δευτερεύον οδικό δίκτυο και συχνά καταλήγουν σε φωτεινή σηματοδότηση ή/και σε απλή σήμανση, ενώ οι άλλες δύο είναι ράμπες εισόδου στον αυτοκινητόδρομο και συνδέονται με τον αυτοκινητόδρομο χρησιμοποιώντας συνήθως λωρίδες επιτάχυνσης.

Επίσης ο κόμβος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως σε οδούς χαμηλότερης οδικής κυκλοφορίας και σε περιπτώσεις όπου υπάρχει μικρός απαιτούμενος χώρος για την κατασκευή ενός κόμβου. Στις Η.Π.Α. είναι πολύ συχνή η χρήση του σε αγροτικές οδούς (rural roads). Ένα μεγάλο του πλεονέκτημα σε σχέση με το τριφύλλι είναι πως αποφεύγονται οι συγχωνεύσεις κινήσεων λόγω των υπάρξεων των δύο τύπων σηματοδότησης. Πέραν αυτών έχουν εύκολη προσαρμογή σε μικρές ή μεγάλες διασταυρώσεις οδών, ενώ μπορούν να συνδεθούν και με κυκλικούς κόμβους αρκετά αποτελεσματικά. Ο σχεδιασμός ενός ανισόπεδου κόμβου διαμαντιού μπορεί να περιλαμβάνει δρόμους με πρόσοψη στον κόμβο, μπορεί όμως και όχι. Αυτό εξαρτάται από το περιβάλλον στο οποίο κατασκευάζονται. Τέλος είναι πολύ οικονομικότερο σε κόστος κατασκευής.

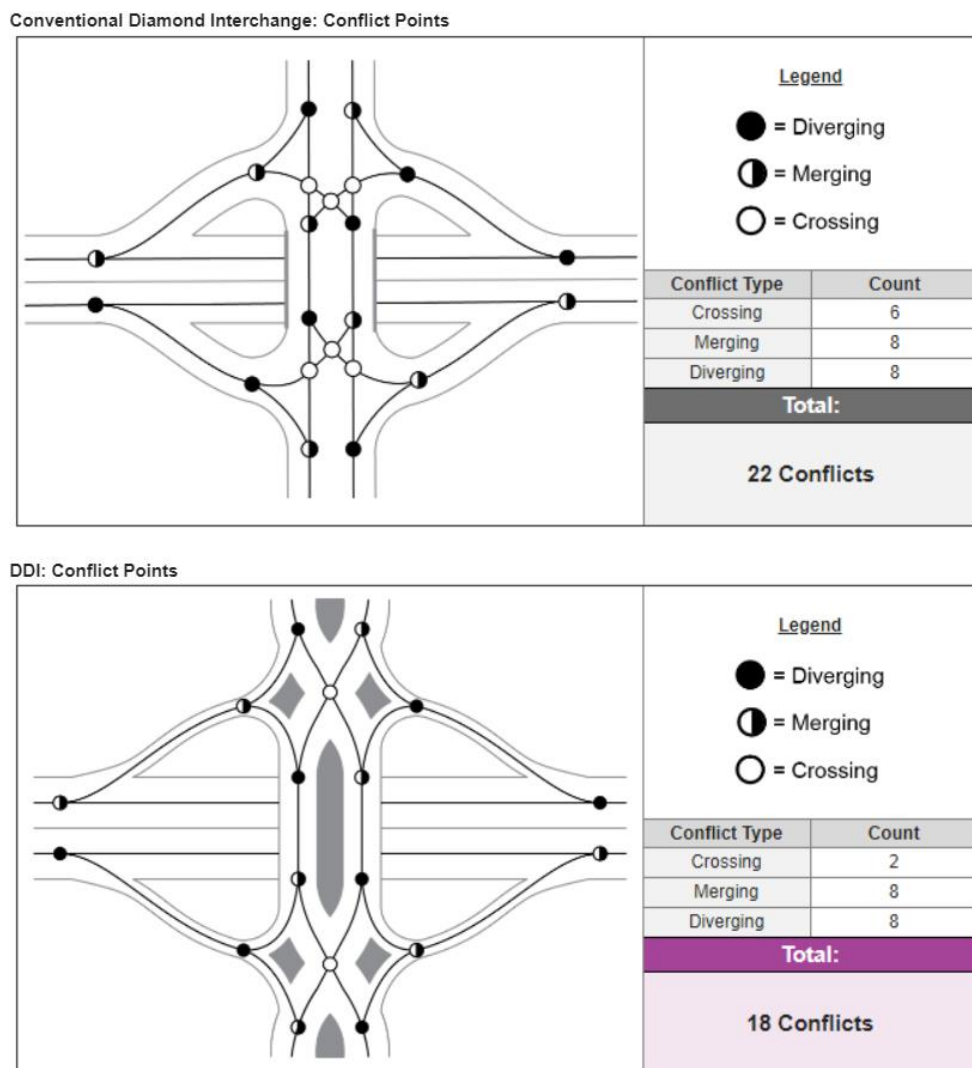
Όπως κάθε μορφή κόμβου, έτσι και το διαμάντι έχει κάποια μειονεκτήματα. Το πιο γνωστό είναι ο μεγάλος κυκλοφοριακός φόρτος που χαρακτηρίζει τις αριστερές στροφές και έχει επίπτωση ακόμα και στο κύριο οδικό δίκτυο, ειδικά σε περιπτώσεις όπου πρέπει να εξυπηρετηθούν μεγάλοι οδικοί φόρτοι. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα μπορούν να πραγματοποιηθούν κατάλληλες τροποποιήσεις στον κύκλο της φωτεινής σηματοδότησης, αυξάνοντας τον χρόνο πρασίνου όπου αυτό είναι δυνατό. Σε αντίθετη περίπτωση η λύση δίνεται τεχνικά, προσθέτοντας κάποιες λωρίδες κυκλοφορίας. Ένα πρόσθετο μειονέκτημα είναι πως μπορεί να μπερδέψει τους οδηγούς κατά την επιλογή της κατάλληλης εισόδου ή εξόδου, κάτι το οποίο είναι όμως εύκολα διαχειρίσιμο με τη χρήση διαχωριστικών νησίδων και κατάλληλης σήμανσης.

Οι ανισόπεδοι αυτοί κόμβοι συναντώνται σε 3 μορφές συνήθως. Ο πρώτος είναι το συμβατικό διαμάντι, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως στην Ελλάδα. Γενικότερα η μορφή αυτή αποτελείται είτε από μία διασταύρωση, είτε από δύο δίδυμες διασταυρώσεις. Ο δεύτερος είναι το αποκλίνων διαμάντι ή αλλιώς “Diverging” το οποίο χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια έναντι της συμβατικής μορφής. Ο τρίτος είναι το διαμάντι μονού σημείου “Single Point” το οποίο συναντιέται σπανιότερα και είναι ένας προσαρμοσμένος τύπος

διαμαντιού σε μορφή “SPUI” που αναφέρθηκε προηγουμένως με χαρακτηριστικό γνώρισμα τις μεγάλες ακτίνες που χρησιμοποιούνται για τις ράμπες του.

Ο κύριος λόγος που το αποκλίνων διαμάντι (DDI) χρησιμοποιείται περισσότερο είναι επειδή έχει λιγότερα σημεία πιθανής σύγκρουσης σε σχέση με τη συμβατική μορφή αυξάνοντας αυτόματα την προσφερόμενη οδική ασφάλεια. Το Σχήμα 2.10 μας βοηθάει να κατανοήσουμε περισσότερο αυτό που ειπώθηκε παραπάνω. Παρατηρώντας το συμβατικό διαμάντι φαίνονται κατά θέσεις 3 μικροί διαφορετικοί κύκλοι. Ο μαύρος αφορά τις θέσεις που εμφανίζονται αποκλίνουσες κινήσεις, το μισός μαύρος σε θέσεις που εμφανίζονται συγχωνεύσεις κινήσεων, ενώ ο άσπρος σε θέσεις όπου πραγματοποιούνται διασταυρώσεις κινήσεων.

Όλες αυτές οι θέσεις είναι πιθανές θέσεις σύγκρουσης, παρόλα αυτά οι συγκρούσεις μεταξύ αποκλινουσών κινήσεων είναι σπανιότερες, ενώ συχνότερες είναι οι συγκρούσεις κινήσεων που διασταυρώνονται. Αθροίζοντας τα πιθανά σημεία σύγκρουσης στο συμβατικό και στο αποκλίνων διαμάντι προκύπτει ότι στο αποκλίνων αυτά είναι κατά 4 λιγότερα. Συγκεκριμένα στην συμβατική μορφή τα πιθανά σημεία σύγκρουσης είναι 22, ενώ στο αποκλίνων 18. Στο συγκεκριμένο στοιχείο το πιο σημαντικό είναι ότι μειώνονται κατά πολύ τα σημεία σύγκρουσης μετά από διασταυρούμενες κινήσεις, κάτι το οποίο στην πράξη μειώνει από μόνο του και το σύνολο.



Σχήμα 2.10: Πιθανά σημεία σύγκρουσης μεταξύ του συμβατικού διαμαντιού και του αποκλίνοντος (Virginia Department of Transportation, 2022)

Ένας άλλος λόγος είναι το μικρότερο κόστος κατασκευής του σε σχέση με τη συμβατική μορφή. Επίσης μπορεί να προσαρμοστεί καλύτερα στο οδικό δίκτυο με τους χαμηλότερους φόρτους, χωρίς μάλιστα να δημιουργήσει ιδιαίτερα προβλήματα στην κυκλοφορία του. Όλα τα παραπάνω είναι αρκετά ώστε να ξεπεραστούν τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν από το χρήστη. Το σημαντικότερο εξ αυτών είναι να το μπέρδεμα των οδηγών κοντά στην «καρδιά» του κόμβου και ως αποτέλεσμα να εισέλθουν σε λάθος ράμπες. Επίσης ένα ακόμη πρόβλημα που συνήθως εμφανίζεται είναι η σημαντική μείωση του επιπέδου εξυπηρέτησης όταν εμφανίζονται μεγάλοι φόρτοι.

Η επόμενη σύγκριση που θα αναφερθεί είναι αυτή μεταξύ της συμβατικής μορφής και του μονού σημείου. Με βάση μια αρκετά παλιότερη έρευνα των John, Hook and Urchurch, 1992 (με στοιχεία από τη δημοσίευση του Porre, 1990) στην οποία είχαν προσπαθήσει να εντοπίσουν διαφορές στην κυκλοφοριακή ικανότητα μεταξύ της συμβατικής μορφής (CDI) και του διαμαντιού μονού σημείου (SPDI), προέκυψε πως δεν υπάρχουν ουσιαστικές κυκλοφοριακές διαφορές ανάμεσα στις δύο μορφές. Στην πράξη φάνηκε πως η μέση ροή κορεσμού είναι ελαφρώς μικρότερη στην περίπτωση της συμβατικής μορφής, είτε αν πρόκειται για αποκλειστικά αριστερές στροφές σε ράμπες.

Interchange Type	N	Mean Saturation Flow Rate (vphgpl)
Ramp Dedicated Left		
SPDI	8	2069
CDI	4	1915
Arterial Dedicated Left		
SPDI	6	2045
CDI	4	1935
Arterial Dedicated Through		
SPDI	7	1935
CDI	7	1895

Σχήμα 2.11: Σύγκριση αποτελεσμάτων μέσης ροής κορεσμού σε διαμάντια συμβατικής μορφής και μονού σημείου (John, Hook and Urchurch, 1992)

Επίσης η έρευνα για το μέγεθος του αρχικού χαμένου χρόνου δεν έδειξε σημαντικές διαφορές, παρά μόνο σε ό,τι αφορά ράμπες αποκλειστικής αριστερής στροφής χωρίς όμως να εντοπίζεται κάποια χαοτική διαφορά αφού η τιμή της περιορίζεται στα 0,35 δευτερόλεπτα.

Interchange Type	N	Start-up Lost Time (sec)
Ramp Dedicated Left		
SPDI	8	1.84
CDI	4	1.49
Arterial Dedicated Left		
SPDI	6	1.43
CDI	4	1.39
Arterial Dedicated Through		
SPDI	7	1.55
CDI	7	1.58

Σχήμα 2.12: Σύγκριση αποτελεσμάτων αρχικού χαμένου χρόνου σε διαμάντια συμβατικής μορφής και μονού σημείου (John, Hook and Urchurch, 1992)

2.2 Δυναμική της Κυκλοφορίας

Η δυναμική της κυκλοφορίας είναι ένας πολύ ιδιαίτερος παράγοντας της διατήρησης της οδικής ασφάλειας. Για την αξιολόγησή της πέραν από συγκεκριμένους δείκτες και γεωμετρικά στοιχεία, χρησιμοποιούνται και τα στοιχεία της δυναμικής των οχημάτων.

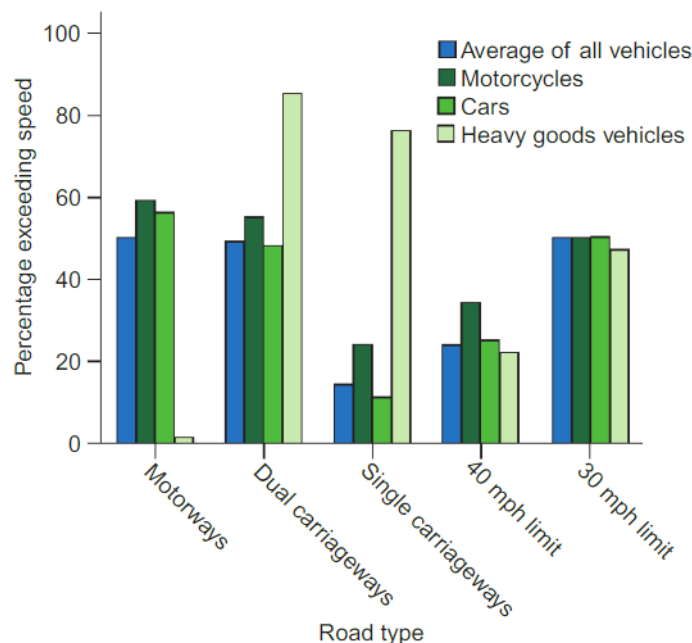
2.2.1 Ταχύτητα

Το πρώτο μέγεθος και το γνωστότερο στον κόσμο είναι η ταχύτητα. Πολλές φορές αυτό το μέγεθος είναι η αιτία για σοβαρά ατυχήματα ή δυστυχήματα. Με την πρόοδο των οχημάτων, η επίτευξη υψηλών ταχυτήτων έχει γίνει ευκολότερη προς τους οδηγούς, ενώ η αίσθηση ασφάλειας που αποπνέουν τα νέα οχήματα είναι παράγοντας επίδρασης της οδηγικής συμπεριφοράς.

Κάθε δρόμος σχεδιάζεται με βάση μια συγκεκριμένη ταχύτητα μελέτης, δηλαδή μια ταχύτητα η οποία κρίνει και την επιλογή των γεωμετρικών στοιχείων των καμπυλών όπως την ακτίνα και την επίκλιση. Αυτή η ταχύτητα είναι που ο μελετητής θέλει να είναι η ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στον δρόμο, αλλά στην πράξη οι οδηγοί στο σύνολο τους την ξεπερνούν. Η ταχύτητα αυτή καθορίζει και την οριακή ταχύτητα, δηλαδή την ταχύτητα την οποία ο Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας (Κ.Ο.Κ.) επιτρέπει ως μέγιστη και κάθε υπέρβασή της θεωρείται ως παράβαση.

Στην πράξη όμως οι ερευνητές βασίζονται τις έρευνες τους σε έναν άλλο τύπο ταχύτητας, την λειτουργική ταχύτητα, η οποία είναι αυτή που δεν ξεπερνούν οι οδηγοί σε ποσοστό 85%. Ουσιαστικά οι ερευνητές θέλουν να έχουν πραγματικά στοιχεία κίνησης για τους οδηγούς και όχι αυτά που ορίζουν οι οδηγίες ή ο Κ.Ο.Κ. ώστε να μπορούν να αξιολογήσουν την πραγματική οδική τους συμπεριφορά και να καταλήξουν σε συμπεράσματα που μπορούν να έχουν εφαρμογή ουσιαστική και όχι μόνο θεωρητική.

Μάλιστα οι υπερβάσεις των ορίων ταχύτητας είναι πολύ μεγαλύτερες από όσο μπορεί να φανταστεί κανείς. Μελετώντας την ετήσια αναφορά του Department of Transport (2006) για το έτος 2005 στη Μεγάλη Βρετανία παρατηρήθηκαν πολύ μεγάλα ποσοστά υπέρβασης των ορίων ταχύτητας σε διάφορους τύπους δρόμων (με αντίστοιχα όρια ταχύτητας) από διαφορετικούς τύπους οχημάτων.



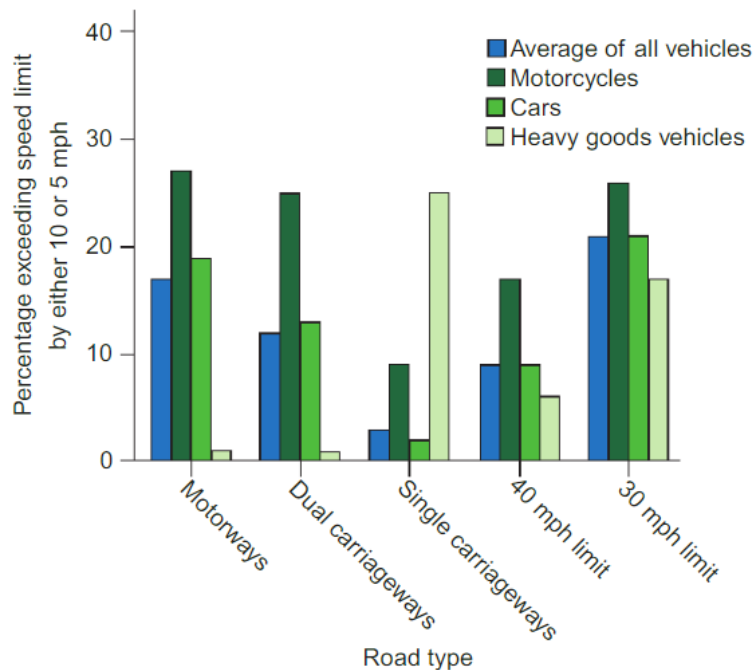
Σχήμα 2.13: Ποσοστά οχημάτων που υπερέβησαν το όριο ταχύτητας σε 5 διαφορετικούς τύπους δρόμων στη Μεγάλη Βρετανία (Department of Transport, 2006)

Είναι χαρακτηριστικό πως σε αυτοκινητοδρόμους το ποσοστό υπέρβασης πέρασε το 50% για το σύνολο των οχημάτων, ενώ για τα Ι.Χ. ήταν κοντά στο 55%, για τις μοτοσυκλέτες ήταν περισσότερο κοντά στο 60%, ενώ το ποσοστό υπέρβασης για τα βαρέα οχήματα ήταν μικρό εφόσον αυτά δεν μπορούν να φτάσουν εύκολα τα όρια ταχύτητας που ορίζονται σε αυτοκινητοδρόμους. Το πιο εντυπωσιακό και ταυτοχρόνως ανησυχητικό είναι το ποσοστό

υπέρβασης των ορίων ταχύτητας από τα βαρέα οχήματα σε δρόμους με μία ή δύο λωρίδες κυκλοφορίας. Στην πρώτη περίπτωση το ποσοστό αγγίζει το 80% και στη δεύτερη το 85%, με τα ποσοστά υπέρβασης για τις μοτοσυκλέτες και τα Ι.Χ. να είναι αισθητά μικρότερα.

Σε δρόμους με όριο ταχύτητας τα 40 mph οι μοτοσυκλέτες ξεπέρασαν περισσότερο τα όρια (κοντά στο 35%), ενώ για τα Ι.Χ. και τα βαρέα οχήματα το ποσοστό ήταν γύρω στο 20-25%. Υψηλά ποσοστά υπέρβασης παρατηρήθηκαν για όλους τους τύπους οχημάτων (κοντά στο 50%) σε δρόμους με όριο κυκλοφορίας τα 30 mph.

Από τα παραπάνω στοιχεία διαπιστώθηκαν μεγάλα ποσοστά υπέρβασης των ορίων. Όμως εκτός από αυτό μετράει και κατά πόσο ξεπεράστηκαν τα όρια. Η έρευνα εντύπησε και σε αυτό με αποτέλεσμα να συλλεχθούν τα δεδομένα στο Σχήμα 2.14.



Σχήμα 2.14: Ποσοστά οχημάτων που υπερέβησαν το όριο ταχύτητας περισσότερο από 5 ή 10 mph σε 5 διαφορετικούς τύπους δρόμων στη Μεγάλη Βρετανία (Department of Transport, 2006)

Για το παραπάνω σχήμα η αναφορά των 10 mph ή και περισσότερων γίνεται για τις 3 πρώτες κατηγορίες οδών (αυτοκινητόδρομοι και δρόμοι 1 ή 2 λωρίδων κυκλοφορίας), ενώ για τα 5 mph στις υπόλοιπες 2 κατηγορίες (δρόμοι με όριο ταχύτητας 40 και 30 mph αντίστοιχα). Τα συμπεράσματα έδειξαν πως στους αυτοκινητοδρόμους οι σημαντικές υπερβάσεις του ορίου ταχύτητας πραγματοποιήθηκαν από μοτοσυκλέτες με το ποσοστό να βρίσκεται μεταξύ 25 και 30%, με τα Ι.Χ. να καταλαμβάνουν ποσοστό μικρότερο του 20%, ενώ το ποσοστό για τα βαρέα οχήματα ήταν και πάλι χαμηλό.

Παρότι προηγουμένως παρατηρήθηκε υψηλό ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας από τα βαρέα οχήματα στους δρόμους με 2 λωρίδες κυκλοφορίας, το ποσοστό υπέρβασης κατά 10 mph είναι μηδαμινό, κάτι που αποδεικνύει πως σε αυτούς τους δρόμους η ταχύτητα είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από το όριο. Και πάλι στην κατηγορία αυτή οι μοτοσυκλέτες καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό (άνω του 25%) και τα Ι.Χ. να ακολουθούν.

Για τα βαρέα οχήματα αντίθετα είναι τα πράγματα στους δρόμους με μία λωρίδα κυκλοφορίας όπου το όριο των 10 mph υπερβαίνεται από ποσοστό μεγαλύτερο του 25% κάτι που δείχνει πως τα σημαντικά ποσοστά υπέρβασης του ορίου ταχύτητας είναι επακόλουθα υψηλών ταχυτήτων. Τέλος στους δρόμους με όριο ταχύτητα τα 40 και τα 30 mph κατά 5 mph και περισσότερο υπερέβησαν σημαντικότερα οι μοτοσυκλέτες και έπειτα τα Ι.Χ., με τα βαρέα

οχήματα να παραμένουν χαμηλά να λαμβάνουν και πάλι σημαντικό ποσοστό ιδιαίτερα στους δρόμους των 30 m/h.

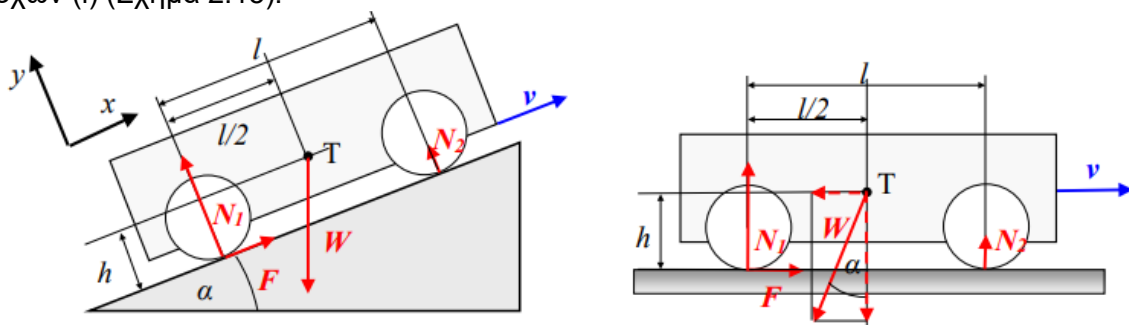
2.2.2 Κατά μήκος επιτάχυνση

Το επόμενο κρίσιμο μέγεθος είναι η επιτάχυνση κατά μήκος της πορείας των οχημάτων ή συχνά αναφερόμενη και ως διαμήκης επιτάχυνση. Το μέγεθος αυτό εκφράζει την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση που έχει ένα όχημα κάθε στιγμή της κίνησης του και είναι ακριβώς το μέγεθος που αναφέρει η απλή φυσική.

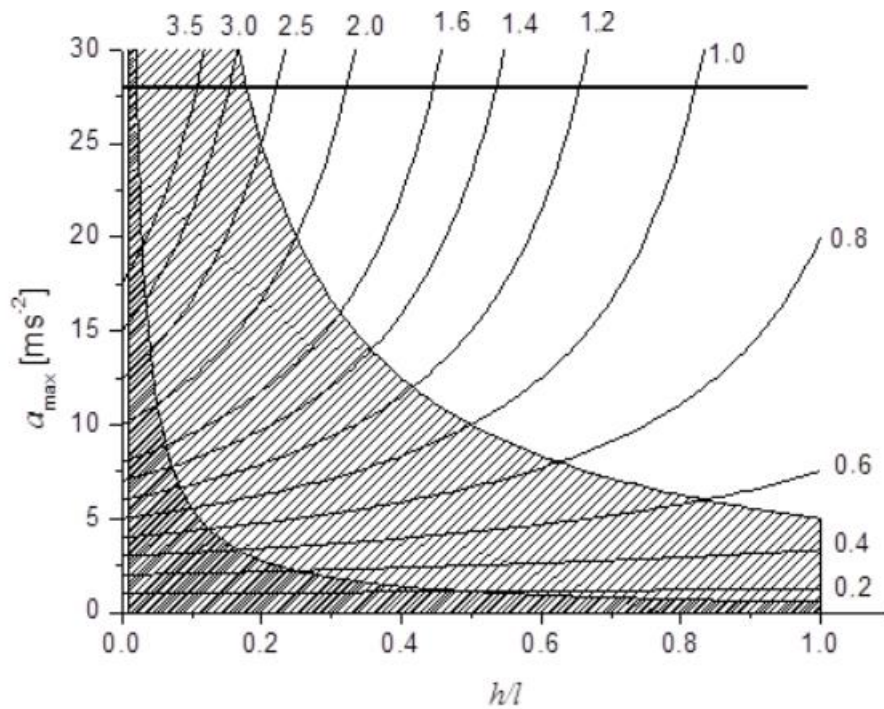
Επομένως ένα όχημα καταγράφει επιτάχυνση όταν αυξάνει διαρκώς την ταχύτητα του και θεωρώντας ομοιόμορφη αυτή την αύξηση, ώστε να υπάρχει μια τυπική τιμή επιτάχυνσης ανά ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αντίστοιχα η επιβράδυνση παρατηρείται σε μια αντίθετη εφαρμογή, όταν δηλαδή το όχημα μειώνει διαρκώς την ταχύτητα του χρησιμοποιώντας είτε τη χρήση του φρένου είτε επωφελούμενο από την θετική κλίση το δρόμου (ανηφόρα). Προφανώς η επιτάχυνση είναι μηδενική όταν το κινούμενο όχημα διατηρεί σταθερή την ταχύτητά του.

Το μέγεθος αυτό είναι αρκετά κρίσιμο σε ό,τι αφορά την οδική ασφάλεια και την ομαλή κίνηση των οχημάτων. Μία μεγάλη επιτάχυνση μπορεί να οδηγήσει σε υψηλές ταχύτητες που δύσκολα μπορούν να μετριαστούν, ενώ μία υψηλή τιμή επιβράδυνσης μπορεί και να εκτροχιάσει το όχημα αν αυτό κινείται σε κυκλική τροχιά. Συνήθως οι υψηλές τιμές επιβράδυνσης συνεπάγονται και ξαφνικά φρεναρίσματα με σκοπό την αποφυγή κάποια σύγκρουσης ή λόγω της έντονης ανησυχίας που αισθάνεται ο οδηγός όταν νιώθει πως πρέπει να μειώσει την ταχύτητα του για να είναι ασφαλής.

Για να γίνει πιο αντιληπτό πως συνδέεται η επιτάχυνση με ένα όχημα, αρκεί να ανατρέξει κανείς στην έρευνα του Bochnicek (2020). Στην έρευνα αυτή εξηγείται πως καταμερίζονται οι δυνάμεις κατά την κίνηση ενός οχήματος (Σχήμα 2.15) και πως επηρεάζεται η μέγιστη επιτάχυνση ενός οχήματος (a_{max}) από την απόσταση του κέντρου βάρους του οχήματος από το έδαφος (h) και από την απόσταση μεταξύ του κέντρου των εμπρόςθιων και των οπίσθιων τροχών (l) (Σχήμα 2.15).



Σχήμα 2.15: Καταμερισμός δυνάμεων σε όχημα κινούμενο σε κεκλιμένο επίπεδο (πρώτη εικόνα) και σε οριζόντιο επίπεδο (δεύτερη εικόνα) (Bochnicek, 2020)



Σχήμα 2.16: Μεταβολή της μέγιστης επιτάχυνσης σε σχέση με την τιμή του λόγου h/l (Bochnicek, 2020)

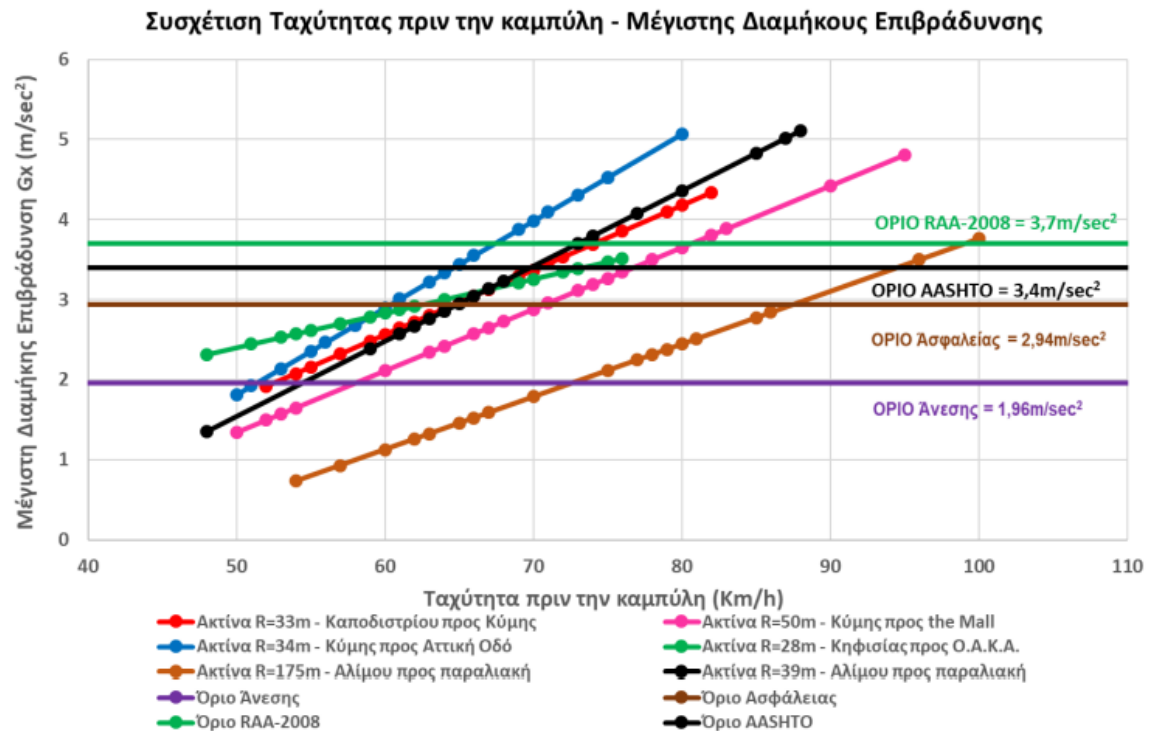
Μία μέση τιμή επιτάχυνσης έχει θεωρηθεί η τιμή $0,85 \text{ m/s}^2$, ενώ για την επιβράδυνση έχει θεωρηθεί η τιμή 1 m/s^2 . Οι περισσότερες έρευνες οδικής ασφάλειας μελετούν την επιβράδυνση και σε αυτό το μήκος κύματος θα κινηθεί και ένα τμήμα αυτής της έρευνας. Πολλοί ερευνητές ανά τον κόσμο έχουν προχωρήσει σε μελέτες για να διαπιστώσουν ποια είναι η μέγιστη ασφαλής τιμή για την κατά μήκος επιβράδυνση. Το ίδιο ενδιαφέρον έχουν δείξει και αυτοκινητοβιομηχανίες, οι οποίες ενδιαφέρονται κυρίως για τις συνθήκες γύρω από τις οποίες ένας οδηγός θα εκτελέσει το μέγιστο ασφαλές του φρενάρισμα, δηλαδή μία μέγιστη τιμή που δεν θα προκαλέσει σύγκρουση ή εκτροχιασμό.

Παρότι η έρευνα των McGee et. Al έχει πραγματοποιηθεί το 1984, μέχρι και σήμερα θεωρείται μία από τις πιο αξιόπιστες σε όλο τον κόσμο σχετικά με τις οριακές τιμές που περιγράφουν την άνεση, την ασφάλεια και την ευστάθεια. Οι τιμές αυτές περιγράφουν τόσο την κατά μήκος επιτάχυνση/επιβράδυνση όσο και την πλευρική επιτάχυνση που θα αναλύσουμε παρακάτω. Για την άνεση έχει οριστεί η τιμή $1,96 \text{ m/s}^2$, για την ασφάλεια $2,94 \text{ m/s}^2$ και για την ευστάθεια $6,87 \text{ m/s}^2$.

Εκτός από τις εμπειρικές μελέτες που έχουν εφαρμοστεί κατά διαστήματα, υπάρχουν και κάποιες προεκτιμώμενες τιμές μέγιστης επιβράδυνσης που ορίζουν οι οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού. Οι αμερικανικές (AASHTO) ορίζουν ως μέγιστη ασφαλή τιμή την $3,4 \text{ m/s}^2$, οι Γερμανικές $3,7 \text{ m/s}^2$, ενώ στις ελληνικές (ΟΜΟΕ) δεν αναφέρεται κάποια συγκριμένη τιμή και τα όρια καθορίζονται με βάση την ταχύτητα.

Οι παραπάνω έρευνες είναι αρκετά αξιόπιστες, αλλά έχουν κυρίως εφαρμογή σε κύριους δρόμους και όχι σε ανισόπεδους κόμβους, με αποτέλεσμα να μην εμπεριέχουν τον γεωμετρικό παράγοντα της ακτίνας ή της επίκλισης. Μία έρευνα που έχει συνυπολογίσει και τους παράγοντες αυτούς είναι εκείνη που πραγματοποιήθηκε από τον Τρακάκη (2020) σε 4 ανισόπεδους κόμβους της Αθήνας με 6 επιμέρους καμπύλες. Οι κόμβοι που μελέτησε ήταν μορφής τρομπέτας, τμήματος τριφυλλίου και διαμαντιού, ενώ οι ακτίνες των ραμπών ήταν μεταξύ 28 και 175m με μέση τιμή τα 60m.

Από τις τιμές των ακτινών που μελετήθηκαν και τη μορφολογία των ραμπών παρατηρήθηκε πως δόθηκε έμφαση στο να αντιπροσωπεύονται κάποιες χαρακτηριστικές μορφές ανισόπεδων κόμβων και τύπων ραμπών στο δείγμα, να υπάρχουν μικρές (κυρίως) και μεσαίες και μεγάλες τιμές ακτινών και η μελέτη να πραγματοποιείται κυρίως σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας. Η συσχέτιση που χρησιμοποιήθηκε ήταν μεταξύ της μέγιστης διαμήκου επιβράδυνσης και της ταχύτητας πριν την είσοδο στην καμπύλη και δίνεται από το Σχήμα 2.17.



Σχήμα 2.17: Συσχέτιση ταχύτητας πριν την καμπύλη – μέγιστης διαμήκου επιβράδυνσης (Τρακάκης, 2020)

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει μια γραμμική μεταβολή της μέγιστης κατά μήκος επιβράδυνσης σε σχέση με την ταχύτητα πριν την καμπύλη. Επίσης ως σταθερές τιμές το σχήμα εμπεριέχει την τιμή άνεσης και ασφάλειας που έχουν ορίσει οι McGee et Al. και τις τιμές ασφάλειας που συστήνονται από τις οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού AASHTO και RAA. Με βάση αυτές τις σταθερές τιμές παρατηρείται πως τα όρια ξεπερνιούνται σε κάποια ποσοστά, με σημαντικότερες υπερβάσεις στις καμπύλες με ακτίνες από 33 έως 50m. Προφανώς οι μεγαλύτερες υπερβάσεις αφορούν και τις μικρότερες τιμές ορίων και συνεπώς τα όρια που έχουν τεθεί από τους McGee et al. είναι αυτά που έχουν ξεπεραστεί περισσότερο.

Επίσης στο παραπάνω σχήμα μπορούν να παρατηρηθούν μερικές μέγιστες τιμές κατά μήκος επιβράδυνσης, οι οποίες υπερβαίνουν το σύνολο των τιμών ασφάλειας που έχουν αναφερθεί βιβλιογραφικά. Για παράδειγμα βλέπουμε τιμές που υπερβαίνουν τα 5 m/s², αλλά και τιμές κοντά στην τιμή αυτή. Γενικότερα παρατηρείται πλήθος τιμών μεγαλύτερες από 4 m/s², χωρίς σε καμία περίπτωση να έχει καταγραφεί κάποιο ατύχημα ή κάποια σύγκρουση.

Τα συμπεράσματα της παραπάνω έρευνας δείχνουν πως είτε στους ανισόπεδους κόμβους το επίπεδο ασφάλειας είναι διαφορετικό ή πως με την πάροδο των ετών και την πρόοδο των οχημάτων οι οδηγοί φαίνονται πιο επιθετικοί στο πως αντιμετωπίζουν το φρενάρισμα τους ως επακόλουθο των ταχυτήτων που εφαρμόζουν.

Στις προηγούμενες έρευνες που αναφέρθηκαν έρχεται να προστεθεί και αυτή του Hyden (1996) όπου σε διάφορες διασταυρώσεις δημιούργησε ένα προφίλ σύγκρουσης. Πιο συγκεκριμένα χαρακτήρισε το επίπεδο σύγκρουσης με βάση την απαιτούμενη κατά μήκος

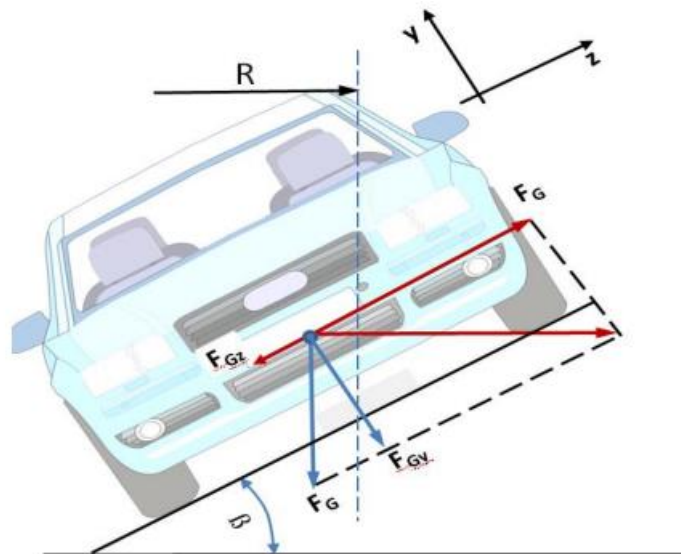
επιβράδυνση και ταυτόχρονα περιέγραψε το τι χρειάζεται για να αποφευχθεί μία τέτοια σύγκρουση. Ουσιαστικά για επιβραδύνσεις μικρότερες από 1 m/s^2 θεώρησε πως δεν μπορεί να υπάρξει συνθήκη σύγκρουσης, ενώ από 2 m/s^2 και με βήμα 2 το επίπεδο σύγκρουσης αυξάνεται κατά 1.

Πίνακας 2.1: Επίπεδο σύγκρουσης με βάση την επιβράδυνση (Hyden, 1996)

Conflict Level	Deceleration-to- Safety	Description
No Conflict	Braking Rate $\leq 0\text{ m/s}^2$	Evasive action not necessary
No Conflict	Braking Rate 0 to -1 m/s^2	Adaptation necessary
1	Braking Rate -1 to -2 m/s^2	Reaction necessary
2	Braking Rate -2 to -4 m/s^2	Considerable reaction necessary
3	Braking Rate -4 to -6 m/s^2	Heavy reaction necessary
4	Braking Rate $< -6\text{ m/s}^2$	Emergency reaction necessary

2.2.3 Πλευρική επιτάχυνση

Όταν ένα όχημα ακολουθεί μια καμπύλη διαδρομή τότε δέχεται μια φυγόκεντρο δύναμη η οποία τείνει να το βγάλει εκτός της τροχιάς του στέλλοντας το προς το εξωτερικό μέρος της καμπύλης. Για να αντισταθμιστεί αυτή η δύναμη, ασκείται μια κεντρομόλος δύναμη, η οποία παράγει επιτάχυνση. Η κεντρομόλος αυτή επιτάχυνση λέγεται και πλευρική ή εγκάρσια.



Σχήμα 2.18: Ασκούμενες δυνάμεις σε όχημα κατά την κίνηση σε καμπύλη διαδρομή (Baxhuku, Koca και Doci, 2017)

Στο παραπάνω σχήμα εμφανίζεται ένα όχημα που κινείται σε καμπύλη διαδρομή και του ασκούνται κάποιες συγκεκριμένες δυνάμεις. Βλέποντας το όχημα ακριβώς όπως το δείχνει η εικόνα, αυτό κινείται σε μία αριστερόστροφη καμπύλη και για τον λόγο αυτό είναι υπερυψωμένη η αριστερή πλευρά της καμπύλης σε σχέση με τη δεξιά. Αυτό σημαίνει πως ο δρόμος έχει σχεδιαστεί με μία επίκλιση ώστε η συνιστώσα του βάρους του στον άξονα X να αντισταθμίζει την φυγόκεντρο δύναμη (F_G) (σηματοποιούμενη με κόκκινο χρώμα). Η επίκλιση έχει συγκεκριμένες τιμές που λαμβάνει, αναλόγως το ανάγλυφο, την ταχύτητα μελέτης και την ακτίνα. Η παγκόσμια εξίσωση κίνησης συνδέει όλα τα παραπάνω μεγέθη μεταξύ τους.

$$V = \sqrt{R 127 (fr + q)}$$

Η ταχύτητα (V) που χρησιμοποιείται στον συγκεκριμένο τύπο είναι η ταχύτητα μελέτης του δρόμου, η επίκλιση (q) είναι αυτή που υπάρχει εντός του κυκλικού τόξου, ενώ ο παράγοντας fr αναφέρεται στον συντελεστή πλευρικής τριβής.

Η σημασία της πλευρικής επιτάχυνσης είναι πολύ μεγάλης σημασίας κατά τη διέλευση ενός οχήματος από μια καμπύλη. Αναλόγως την καμπύλη, η πλευρική επιτάχυνση μπορεί να λάβει συγκεκριμένες τιμές ώστε να θεωρηθεί ασφαλής. Νωρίτερα αναφέρθηκαν οι τιμές της κατά μήκος επιβράδυνσης που θεωρούνται ως σήμερα οι επικρατέστερες αναφορικά με την άνεση, την ασφάλεια και την ευστάθεια (1,96, 2,94 και 6,87 m/s² αντίστοιχα) και θεσμοθετήθηκαν από τους McGee et al. (1984).

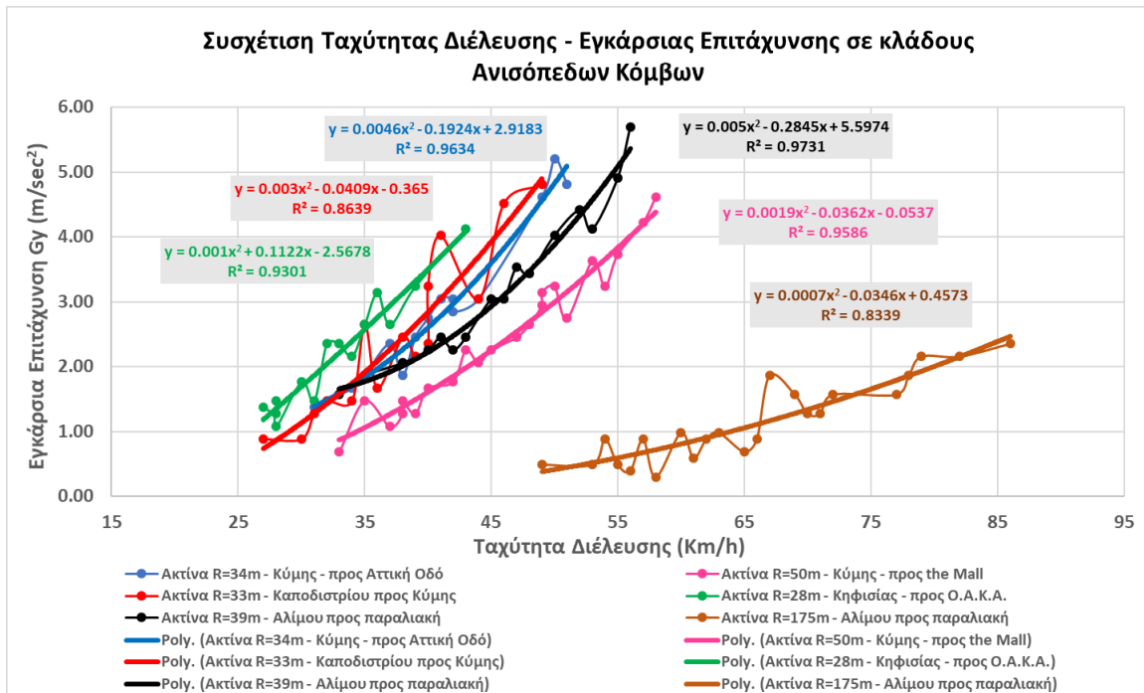
Παρότι οι τιμές αυτές προστέθηκαν στη βιβλιογραφία σχεδόν 40 χρόνια πριν, θεωρούνται ως και σήμερα οι πιο αξιόπιστες. Τα επόμενα χρόνια αρκετοί ερευνητές διεξήγαγαν μελέτες σχετικά με τις μέγιστες τιμές πλευρικής επιτάχυνσης που μπορεί να λάβει ένα όχημα κατά την κίνηση του σε καμπύλη διαδρομή, ώστε να κινείται με άνεση ή με ασφάλεια. Ο Felipe (1996) έθεσε ως τιμή άνεσης τα 3,92 m/s², τιμή που μεταγενέστερα ορίστηκε ως μέγιστη για την ασφάλεια σύμφωνα με τον Levinson (2007).

Αν αφήσουμε λίγο στην άκρη τις οριακές τιμές τότε μπορούμε να αναφερθούμε και στην έρευνα των Garcia-Ramirez και Cardena (2021) οι οποίοι κατηγοριοποίησαν την πλευρική επιτάχυνση με βάση τις τιμές της, χρησιμοποιώντας ένα εύρος αυτών. Ο Πίνακας 2.2 περιέχει τα συγκεκριμένα εύρη.

Πίνακας 2.2: Εύρη πλευρικής επιτάχυνσης και χαρακτηρισμός άνεσης διέλευσης (Garcia-Ramirez και Cardena, 2021)

Χαρακτηρισμός	Εύρος πλευρικής επιτάχυνσης (m/s ²)
Πολύ άνετη	0-0,6
Άνετη	0,4-1,3
Αδιάφορη	1,8-2,9
Άβολη	2,4-6,2
Πολύ άβολη	3,1-7,5

Μία ακόμη πρόσφατη έρευνα πραγματοποιήθηκε από τον Τρακάκη (2020), ο οποίος σε συνέχεια της προηγούμενης μελέτης του για την κατά μήκος επιβράδυνση, πραγματοποίησε μετρήσεις πλευρικής επιτάχυνσης στους ίδιους ανισόπεδους κόμβους. Οι τιμές που χρησιμοποίησε στην έρευνα του, αφορούν τις μέσες τιμές επιβράδυνσης που καταγράφηκαν εντός της καμπύλης κατά την κίνηση του οχήματος. Τα αποτελέσματα του συγκεντρώθηκαν σε ένα συνολικό διάγραμμα, το οποίο και παρουσιάζεται ακολούθως.

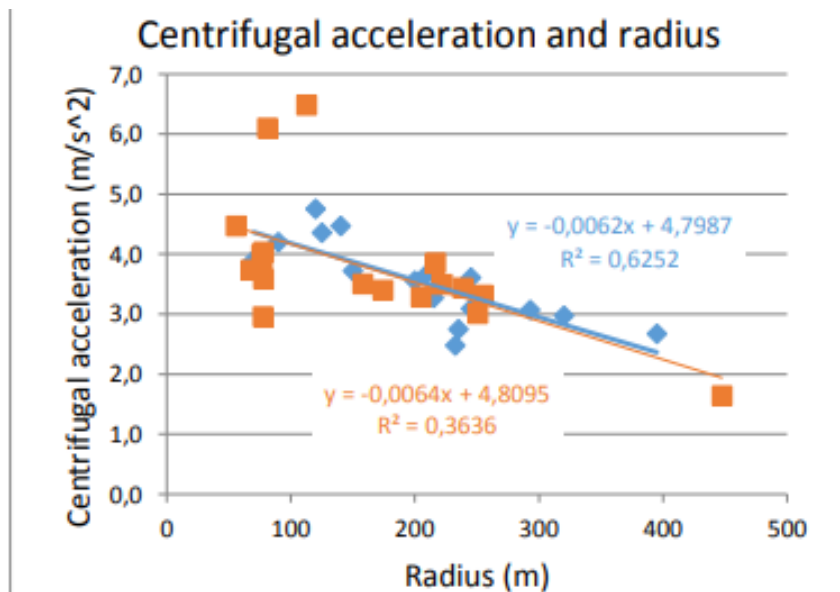


Σχήμα 2.19: Συσχέτιση ταχύτητας διέλευσης – εγκάρσιας επιτάχυνσης σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων (Τρακάκης, 2020)

Από το σχήμα φαίνεται πως στις καμπύλες με μικρότερες ακτίνες η αύξηση της πλευρικής επιτάχυνσης είναι πιο ραγδαία, σε αντίθεση με τις καμπύλες μεγαλύτερης ακτίνας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η καμπύλη ακτίνας 175m στην οποία η εφαπτόμενη της μαθηματικής καμπύλης πολυωνύμου δευτέρου βαθμού έχει ιδιαίτερα μικρή κλίση και πρακτικά μαρτυράει πως οι οδηγοί την αντιμετωπίζουν πολύ πιο συντηρητικά σε σχέση με τις δυνατότητες ασφαλούς διέλευσης που προσφέρουν τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά.

Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν να περιγράφουν με μεγάλη αξιοπιστία τη μεταβολή της πλευρικής επιτάχυνσης σε συνάρτηση της ταχύτητας, αφού ο δείκτης αξιοπιστίας λαμβάνει τιμές κοντά στη μονάδα για τους 5 από τους 6 κλάδους, ενώ και σε αυτόν με καμπύλη ακτίνας 175m ο συντελεστής είναι στατιστικά σημαντικός.

Μία ακόμη έρευνα πραγματοποιήθηκε από τον De Jong (2016) σε ράμπες ανταλλαγής στην Ολλανδία. Στη συγκεκριμένη έρευνα λήφθηκαν δεδομένα από δύο μεθόδους, η πρώτη με GPS σε εφαρμογή κινητού (μπλε) και η δεύτερη μέσω ενός ελικοπτερού που με κάμερα κατέγραφε τις διαδρομές των οχημάτων (πορτοκαλί). Ο δείκτης αξιοπιστίας που περιγράφει τις μετρήσεις του δεν έλαβε πολύ υψηλές τιμές, παρόλα αυτά οι μετρήσεις του συμπεριλαμβάνουν μεγάλο αριθμό οχημάτων.



Σχήμα 2.20: Μεταβολή πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας καμπύλης (De Jong, 2016)

Νωρίτερα αναφέρθηκαν κάποιες οριακές τιμές κατά μήκους επιβράδυνσης που ορίζουν οι οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού. Στην περίπτωση της πλευρικής επιτάχυνσης, οι ελληνικές και οι γερμανικές οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού την συνδέουν με την ταχύτητα μελέτης (V) και τον συντελεστή εκμετάλλευσης (n). Θεωρώντας πως ο συντελεστής n λαμβάνει συνήθως τιμή 40%, ο συντελεστής πλευρικής τριβής προκύπτει ως εξής.

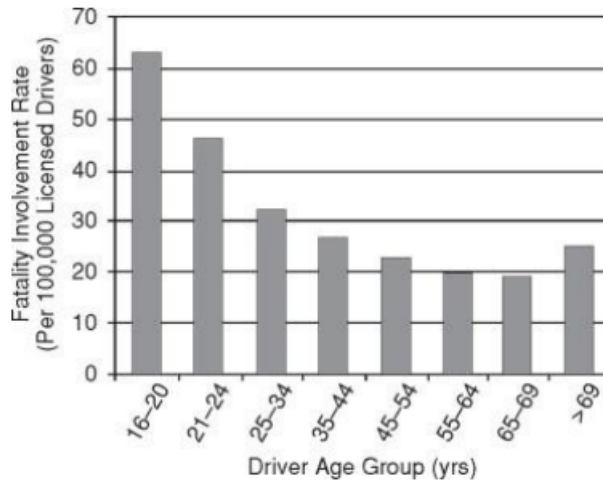
$$fr = 0,37 (0,59 - 0,00485V + 0,000015V^2)$$

Συνεπώς η πλευρική επιτάχυνση σε αυτές τις περιπτώσεις μεταβάλλεται με τη μεταβολή της ταχύτητας. Ο συγκεκριμένος συντελεστής θεωρείται ο προσφερόμενος συντελεστής με τον οποίο ένα όχημα κινείται με ασφάλεια. Η διαφοροποίηση στις τιμές μεταξύ ελληνικών και γερμανικών οδηγιών γεωμετρικού σχεδιασμού εστιάζει στη διαφοροποίηση της επίκλισης που χρησιμοποιείται στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης για τη σύγκριση μεταξύ των δύο τύπων πλευρικής τριβής. Ακριβέστερα, η επίκλιση που χρησιμοποιείται στις καμπύλες είναι συνήθως 7% στις ελληνικές οδηγίες και 6% στις γερμανικές αντίστοιχα. Τέλος οι αμερικανικές οδηγίες θεωρούν μέγιστη τιμή πλευρικής επιτάχυνσης τα $1,67 \text{ m/s}^2$ όσον αφορά την άνεση των επιβατών.

2.3 Ο Ανθρώπινος Παράγοντας και το Όχημα

Η δυναμική των οχημάτων συγκριτικά με τα στοιχεία της γεωμετρίας των δρόμων είναι ο ένας από τους δύο κρίσιμότερους παράγοντες οδικής ασφάλειας. Ο δεύτερος χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι ο ίδιος ο άνθρωπος, δηλαδή ο οδηγός των οχημάτων και ο δεύτερος το ίδιο το όχημα.

Στην παράγραφο 2.2.1 δόθηκε μια πρώτη απεικόνιση του πως ο ανθρώπινος παράγοντας επιδρά στην οδική ασφάλεια, με περιγραφή των παραβάσεων των ορίων ταχύτητας. Στην παράγραφο αυτή συμπεριλαμβάνονται κάποιες έρευνες που μελετούν την ταχύτητα διέλευσης και τα προκαλούμενα οδικά ατυχήματα και δυστυχήματα συγκριτικά με την ηλικία του οδηγού, αλλά και τον τύπο οχήματος.



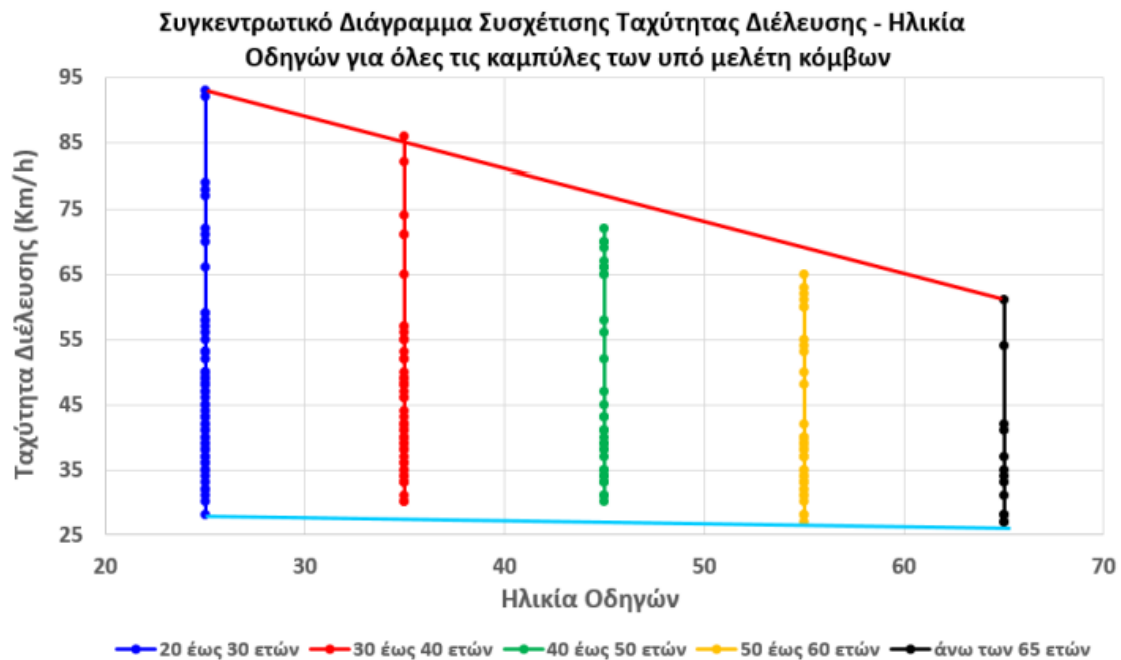
Σχήμα 2.21: Εμπλοκή σε τροχαία δυστυχήματα αναλόγως την ηλικία (NHTSA, 2001)

Το παραπάνω σχήμα δείχνει καθαρά πως η επίδραση της ηλικίας στην πρόκληση τροχαίων δυστυχημάτων είναι αρκετά εμφανής. Ουσιαστικά φαίνεται ως οι νεότεροι οδηγοί προκαλούν περισσότερα δυστυχήματα σε σχέση με κάθε γηραιότερη κατηγορία. Εξαιρέση αποτελούν οι οδηγοί άνω των 69 ετών, το ποσοστό συμμετοχής των οποίων εκτιμάται πως αυξάνεται λόγω των πολύ γηραιών οδηγών οι οποίοι συνήθως προκαλούν δυστυχήματα λόγω της έλλειψης αντανακλαστικών που χαρακτηρίζει την ηλικία τους.

Οι νεότεροι οδηγοί εμπλέκονται περισσότερο ίσως λόγω της έλλειψης οδηγικής εμπειρίας, αλλά και ίσως επειδή αναπτύσσουν συνήθως μεγαλύτερες ταχύτητες σε σχέση με τους υπόλοιπους οδηγούς. Αυτό αποδεικνύεται και από σχετικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από τους Horberry et Al. (2006) και τον Τρακάκη (2020). Η έρευνα του πρώτου αφορά μετρημένες ταχύτητες οδηγών από διάφορες ηλικίες σε συνθήκες αυξημένης επικινδυνότητας, ενώ η έρευνα του δεύτερου αφορά μετρήσεις ταχυτήτων οδηγών διαφορετικών ηλικιών κατά τη διέλευσή τους από κλάδους ανισόπεδων κόμβων.

Πίνακας 2.3: Ταχύτητα σε καταστάσεις επικινδυνότητας (Horberry et al., 2006)

Age Group	Minimum Speed
Under 25 years	32.46
30-45 years	17.23
Over 60 years	11.76



Σχήμα 2.22: Συσχέτιση ταχύτητας διέλευσης και ηλικίας οδηγών σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων (Τρακάκης, 2020)

Οι έρευνες και των δύο επιβεβαιώνουν το συμπέρασμα που αναφέραμε παραπάνω. Είτε σε καταστάσεις επικινδυνότητας, είτε σε φυσιολογικές συνθήκες κάθε νεότερη ηλικιακή ομάδα εφαρμόζει ταχύτητες υψηλότερες από την κάθε γηραιότερη. Πρακτικά αυτό δείχνει πως οι νεότεροι οδηγοί αγνοούν περισσότερο από κάθε άλλη κατηγορία τον κίνδυνο και νιώθουν περισσότερη άνεση και ασφάλεια, ενώ εφαρμόζουν υψηλές ταχύτητες. Ίσως αυτό να δημιουργεί και μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στους οδηγούς, με αποτέλεσμα να εμπλακούν συχνότερα σε κάποιο δυστύχημα.

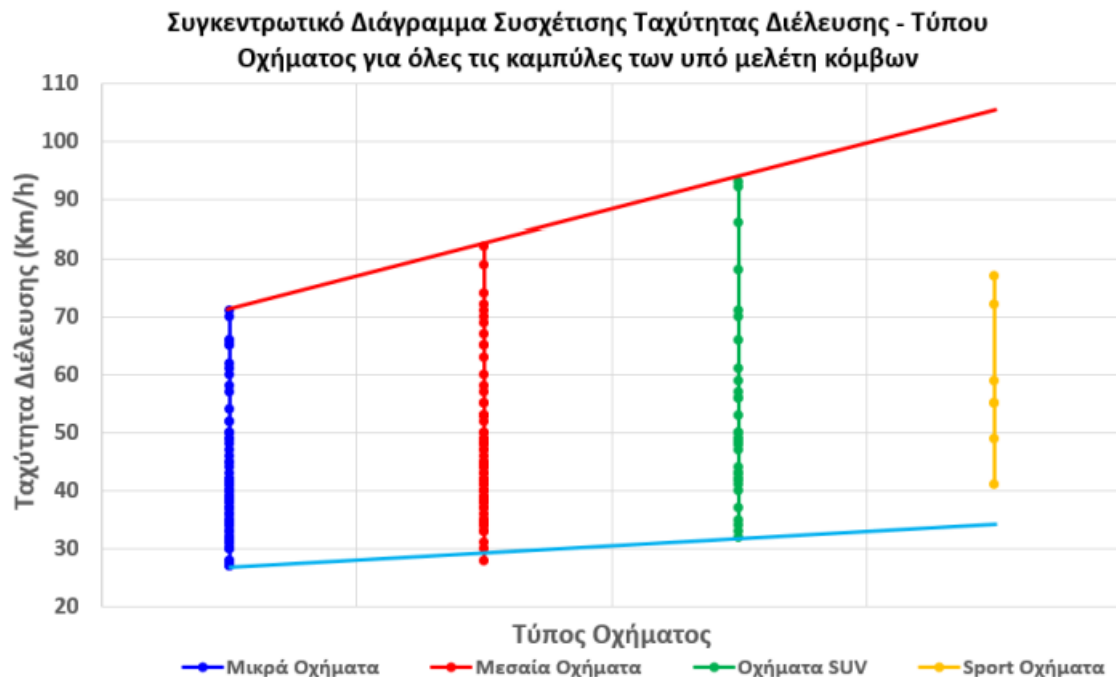
Νωρίτερα αναφέραμε πως πέραν του ανθρώπινου παράγοντα σημαντική επίδραση έχει και ο παράγοντας όχημα. Ακόμα και αν ο άνθρωπος έχει την τάση να αναπτύσσει υψηλές ταχύτητες, αν το όχημα του δεν το επιτρέπει, τότε δεν θα το καταφέρει. Όμως υπάρχει και η άλλη πλευρά. Μπορεί ο άνθρωπος να μην έχει την τάση για επιθετική και γρήγορη οδήγηση, αλλά να πράττει κάτι τέτοιο αυθόρμητα, ωθούμενος από τις δυνατότητες του οχήματος του.

Πέραν αυτών ο τύπος οχήματος επηρεάζει και την ασφάλεια. Προφανώς τα οχήματα μεγαλύτερου εύρους είναι συχνότερα πιο ασφαλή για τον οδηγό, λόγω της μορφής τους αλλά και της δυναμικής τους. Ένα τέτοιο συμπέρασμα φαίνεται να εξάγεται και από τις έρευνες του παρελθόντος. Με βάση την έρευνα του NHTSA (2006) είναι εμφανές πως τα δυστυχήματα που προκλήθηκαν σε επιβατηγά οχήματα και σε οχήματα τύπου SUV ήταν πολύ περισσότερα στην πρώτη περίπτωση σε σχέση με τη δεύτερη. Αυτό είναι ένα ασφαλές πρώτο συμπέρασμα για την ασφάλεια που προσφέρει ένα όχημα μεγαλύτερου εύρους όπως το SUV σε σχέση με οχήματα μικρότερου εύρους.

Πίνακας 2.4: Δυστυχήματα ανά έτος σε επιβατηγά και SUV οχήματα (NHTSA, 2006)

Year	Passengers Vehicles	SUV
1997	32448	2380
1998	31899	2713
1999	32127	3026
2000	32225	3358
2001	32043	3530
2002	32843	4031
2003	32271	4483
2004	31693	4735
Total	257549	28256

Τα παραπάνω στοιχεία γίνονται ακόμα πιο ενδιαφέροντα αν σε αυτά προστεθούν στοιχεία της έρευνας του Τρακάκη (2020) στους ανισόπεδους κόμβους που αναφέραμε παραπάνω. Σύμφωνα με το Σχήμα 2.23 φαίνεται πως οι οδηγοί SUV οχημάτων έχουν την τάση να αναπτύσσουν υψηλότερες ταχύτητες σε σχέση με οδηγούς μικρών και μεσαίων οχημάτων.



Σχήμα 2.23: Συσχέτιση ταχύτητας διέλευσης και οχήματος σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων (Τρακάκης, 2020)

Επομένως αν συνδυάσουμε τα ευρήματα των δύο αυτών ερευνών μπορεί να συμπεραθεί πως τα μεγαλύτερα οχήματα προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια. Είτε αυτή είναι παθητική ασφάλεια, δηλαδή μετά την συμμετοχή στο τροχαίο ατύχημα, το όχημα προστατεύει τον οδηγό με τέτοιο τρόπο που δεν κινδυνεύει η ζωή του, είτε παρά τις μεγάλες ταχύτητες είναι ικανό να κρατηθεί στην τροχιά του πιο εύκολα από άλλους τύπους, χωρίς δηλαδή να μπει σε μια διαδικασία ανατροπής εκτός από σύγκρουσης. Άλλωστε οι έρευνες του Καλτσά (2019) και του Τρακάκη (2020) αφήνουν ανοικτά παράθυρα μελέτης του ποσοστού απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης από το ίδιο το όχημα και ανάλογα τον τύπο του πριν η ίδια γίνει αισθητή στον οδηγό.

2.4 Βασικές Κυκλοφοριακές Έννοιες και Μεγέθη

Στο τελευταίο τμήμα του 2^{ου} κεφαλαίου θα αναφερθούμε στα βασικά κυκλοφοριακά μεγέθη που χαρακτηρίζουν την κυκλοφορία των οχημάτων, κάποια εκ των οποίων θα αναφερθούν εμπράκτως και θα χρησιμοποιηθούν στο κεφάλαιο της εξαγωγής αποτελεσμάτων.

2.4.1 Φόρτος, ροή κορεσμού, κυκλοφοριακή ικανότητα και βαθμός κορεσμού

Το πρώτο μέγεθος που αναλύεται είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος, ο συμβολισμός του οποίου γίνεται με το γράμμα “V” και αναφέρεται στον αριθμό των οχημάτων που διέρχονται από τον δρόμο σε μία συγκεκριμένη μονάδα χρόνου. Σε περιπτώσεις φωτεινής σηματοδότησης χρησιμοποιούνται τα μεγέθη της ροής κορεσμού “s” και της κυκλοφοριακής ικανότητας “c”. Η πρώτη αναφέρεται στον αριθμό των οχημάτων που μπορούν να διέλθουν από τον δρόμο, με την προϋπόθεση πως εκμεταλλεύονται στο 100% την πράσινη ένδειξη, ενώ το δεύτερο αναφέρεται στον αριθμό των οχημάτων που διέρχονται από τον δρόμο σε πραγματικές συνθήκες. Αυτό σημαίνει πως μετριέται ο αριθμός των οχημάτων λαμβάνοντας υπόψιν τον χαμένο χρόνο στην πράσινη ένδειξη και τον κερδισμένο χρόνο στην κόκκινη ένδειξη. Τέλος ο βαθμός κορεσμού είναι ένα χαρακτηριστικό μέγεθος για το πόσο αποτελεσματικά μπορεί να λειτουργήσει ο δρόμος που σηματοδοτείται. Είναι το πηλίκο του κυκλοφοριακού φόρτου προς την κυκλοφοριακή ικανότητα.

2.4.2 Συντελεστής Ώρας Αιχμής (Σ.Ω.Α.), Μονάδες Επιβατικού Αυτοκινήτου (Μ.Ε.Α.) και Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (Ε.Μ.Η.Κ.)

Ο Συντελεστής Ώρας Αιχμής (Σ.Ω.Α.) αναφέρεται στη διακύμανση του κυκλοφοριακού φόρτου μέσα στην ώρα αιχμής. Ουσιαστικά υπάρχουν διακυμάνσεις του κυκλοφοριακού φόρτου οι οποίες είναι ωριαίες, ημερήσιες, εβδομαδιαίες, μηνιαίες και ετήσιες και αποτελούν τμήμα μιας συγκεκριμένης περιόδου αναφοράς. Οι ωριαίες έχουν περίοδο αναφοράς την ημέρα, η ημερήσιες την εβδομάδα κ.λπ. Ο Σ.Ω.Α. αναφέρεται στην ωριαία μεταβολή του φόρτου αιχμής, με κρίσιμη τιμή τον φόρτο του μέγιστου 15λεπτου. Για να υπολογιστεί ο Σ.Ω.Α. στη διάρκεια μίας ώρας, αυτή χωρίζεται σε 4 15λεπτα για τα οποία μετριέται ο φόρτος ξεχωριστά. Το δεκαπεντάλεπτο με τον μεγαλύτερο φόρτο είναι και το κρισιμότερο και ο φόρτος του (αφότου πολλαπλασιαστεί με το 4 για να αναχθεί σε ωριαία μέτρηση) διαιρεί τον πραγματικό ωριαίο φόρτο και εξάγει την τιμή Σ.Ω.Α.

$$\Sigma. \Omega. A. = \frac{V_{\omega\rho\iota\alpha\acute{\iota}\omicron\varsigma}}{4V_{\mu\epsilon\gamma. 15'}}$$

Το επόμενο μέγεθος είναι οι Μονάδες Επιβατικού Αυτοκινήτου (Μ.Ε.Α.) και είναι η μονάδα μέτρησης του φόρτου διαιρούμενη με τη μονάδα χρόνου. Τα Μ.Ε.Α. δεν αναφέρονται σε πραγματικά οχήματα, καθώς συμπεριλαμβάνουν κάθε τύπο οχήματος όπως Ι.Χ., μοτοσυκλέτες, βαρέα οχήματα, λεωφορεία κ.λπ. Όλα τα προηγούμενα ανάγονται σε μονάδες οχημάτων (Ι.Χ.) και με έναν συντελεστή συνθέτουν τον αριθμό του φόρτου σε Μ.Ε.Α. ανά ώρα που χαρακτηρίζει κάθε δρόμο. Κριτήριο για την διαφοροποίηση μεταξύ των διαφόρων τύπων επιβατικών μέσων είναι το μέγεθος που καταλαμβάνουν στον δρόμο. Είναι προφανές πως ένα βαρύ όχημα δεν καταλαμβάνει τον ίδιο χώρο με μία μοτοσυκλέτα. Για τον λόγο αυτό όλα ανάγονται στο μέγεθος ενός μέσου Ι.Χ. οχήματος, το οποίο θεωρείται ως το σημείο αναφοράς.

Η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (Ε.Μ.Η.Κ.) αφορά τον φόρτο που χαρακτηρίζει κάθε δρόμο με περίοδο αναφοράς το ένα έτος. Πρακτικά αντιστοιχεί στον ημερήσιο κυκλοφοριακό φόρτο που χαρακτηρίζει έναν δρόμο σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο που είναι το ένα έτος. Σε περίπτωση που η ημερήσια κυκλοφορία δεν αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, τότε αναφέρεται ως Μ.Η.Κ., δηλαδή Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία.

2.4.3 Φωτεινή σηματοδότηση: βασικές έννοιες

Νωρίτερα αναφέραμε κάποιες τις έννοιες της ροής κορεσμού και της κυκλοφοριακής ικανότητας, οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή κατά την ύπαρξη και λειτουργία φωτεινής σηματοδότησης σε έναν δρόμο. Τώρα θα δούμε κάποιες βασικές έννοιες της φωτεινής σηματοδότησης και πως αυτές βρίσκουν εφαρμογή. Βασικός παράγοντας για την σωστή επιλογή τρόπου φωτεινής σηματοδότησης είναι ο διαχωρισμός των απαραίτητων κινήσεων προς εξυπηρέτηση, με προϋπόθεση να γνωρίζουμε από πόσες λωρίδες κυκλοφορίας εξυπηρετούνται αυτές οι κινήσεις και βέβαια ποιος είναι ο φόρτος που τις χαρακτηρίζει.

Ένα βασικό μέγεθος είναι η φάση της φωτεινής σηματοδότησης, η οποία περιλαμβάνει τα ρεύματα κυκλοφορίας τα οποία έχουν ταυτόχρονα την ίδια ένδειξη φωτεινής σηματοδότησης. Αυτό σημαίνει πως μπορεί να έχουν ταυτόχρονα πράσινη ένδειξη ή κόκκινη ένδειξη. Ίσως το πιο σημαντικό μέγεθος είναι το στάδιο φωτεινής σηματοδότησης, το οποίο είναι ένας βασικός γνώμονας κατά την επιλογή της λειτουργίας ενός κόμβου φωτεινής σηματοδότησης. Το στάδιο αποτελεί μία ομάδα μίας ή περισσότερων φάσεων που έχουν ταυτόχρονη πράσινη ένδειξη για ένα συγκεκριμένο διάστημα χρόνου.

Κάθε στάδιο περιλαμβάνει τις κινήσεις των οχημάτων, αλλά και των πεζών. Πρακτικά αν για παράδειγμα ένας κόμβος εξυπηρετείται σε τρία στάδια, το ιδανικό θα είναι να εξυπηρετηθούν όλες οι κινήσεις των οχημάτων και των πεζών, μέσω του κάθε σταδίου. Ο κύκλος φωτεινής σηματοδότησης περιλαμβάνει το σύνολο των σταδίων, αρκεί το καθένα να εξυπηρετηθεί μία και μόνο φορά. Στο παραπάνω παράδειγμα, ο κύκλος ξεκινάει από το πρώτο στάδιο και ολοκληρώνεται με το τέλος του τρίτου. Όταν ξεκινήσει και πάλι το πρώτο στάδιο να εξυπηρετείται ξεκινάει νέος κύκλος που διαρκεί ως το τέλος του τρίτου σταδίου και η διαδικασία όλο και επαναλαμβάνεται. Ο επίσημος ορισμός του κύκλου σηματοδότησης είναι ο χρόνος που απαιτείται για μια πλήρη διαδοχή ενδείξεων φωτεινού σηματοδότη, δηλαδή ο χρόνος μεταξύ της πρώτης πράσινης ένδειξης και της επόμενης πράσινης ένδειξης του ίδιου σταδίου.

Ο βέλτιστος κύκλος φωτεινής σηματοδότησης αναφέρεται στον ελάχιστο χρόνο που μπορεί να εξυπηρετήσει τη ζήτηση και έχει ως αποτέλεσμα την ελάχιστη μέση καθυστέρηση, στην οποία θα αναφερθούμε αργότερα. Ένας κύκλος σηματοδότησης περιλαμβάνει σε κάθε στάδιο μία διάρκεια για την πράσινη ένδειξη, μία για την κίτρινη και μία για την κόκκινη. Ο χρόνος πράσινης ένδειξης υπολογίζεται αναλόγως τον φόρτο των οχημάτων που θέλουν να εξυπηρετηθούν στο κάθε στάδιο. Το ιδανικό θα ήταν να εξυπηρετούνται όλα τα οχήματα στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης, κάτι το οποίο δεν είναι δυνατό πάντα. Η πράσινη ένδειξη συνήθως δεν διαρκεί λιγότερο από 5 δευτερόλεπτα για τους πεζούς και 7 για τα οχήματα. Πρακτικά ο χρόνος της πράσινης ένδειξης δεν είναι αληθοφανής, καθώς είναι πολύ συνηθισμένο το πρώτο όχημα να καθυστερεί στην έναρξη της πράσινης ένδειξης και συνεπώς να μειώνεται ο πρακτικός χρόνος πρασίνου.

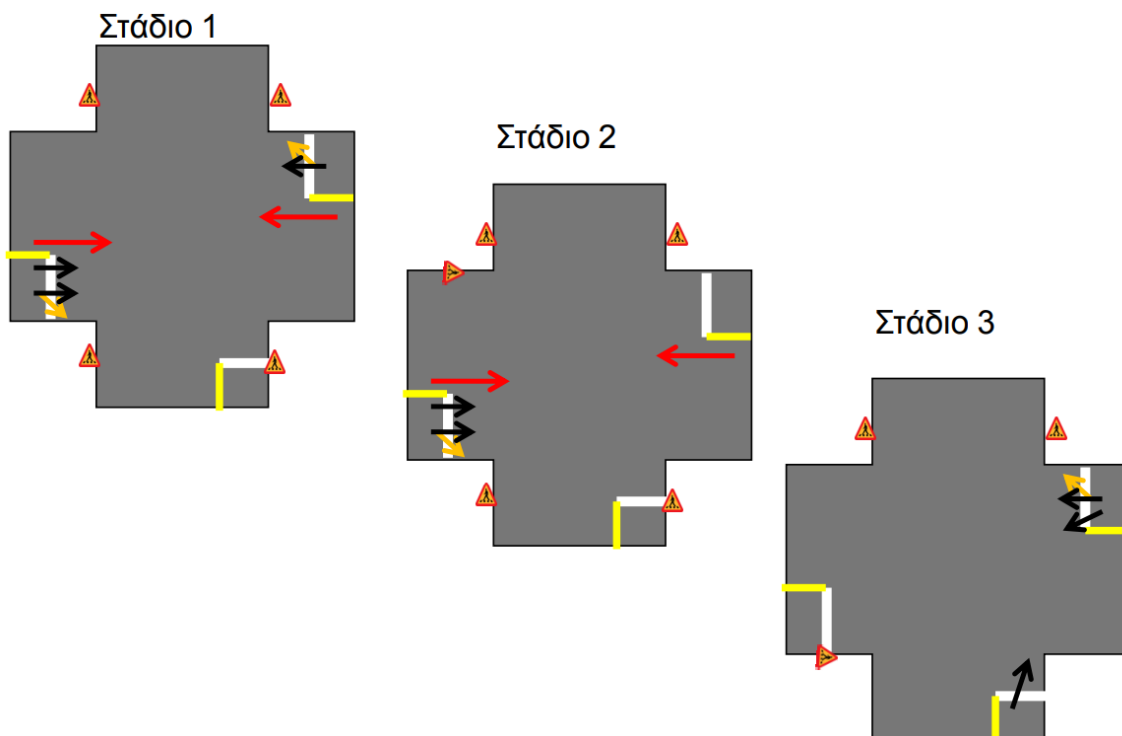
Η κίτρινη ένδειξη ακολουθεί την πράσινη ένδειξη και χρησιμοποιείται για να ενημερώσει τους οδηγούς που πλησιάζουν τον σηματοδότη πως πρέπει να σταματήσουν επειδή ακολουθεί κόκκινη ένδειξη. Παρόλα αυτά στην πράξη οι οδηγοί το εκλαμβάνουν διαφορετικά, αφού με την αλλαγή της πράσινης ένδειξης σε κίτρινη συνήθως επιταχύνουν για να προλάβουν την κόκκινη ένδειξη. Το πρόβλημα σε αυτές τις περιπτώσεις είναι πως όταν ένας οδηγός περνάει στο τέλος της κίτρινης ένδειξης τότε συνήθως δεν προλαβαίνει να εκκενώσει τον κόμβο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνθήκες επικινδυνότητας. Ο χρόνος της κίτρινης ένδειξης είναι συνήθως μεταξύ των 3 και 5 δευτερολέπτων.

Για να περιοριστούν πιθανά ατυχήματα εξαιτίας των διελεύσεων στο τέλος της κίτρινης ένδειξης επιλέγεται να δοθεί ένας κοινός χρόνος κόκκινης ένδειξης μεταξύ του προηγούμενου σταδίου και του επόμενου, ο οποίος συνήθως είναι 1 δευτερόλεπτο και προσδιορίζεται με βάση τον χρόνο που απαιτείται για να αδειάσει ο κόμβος από τα οχήματα.

Το Σχήμα 2.24 δείχνει αναλυτικά πως εξυπηρετούνται τα οχήματα σε έναν κόμβο 4 σκελών, με τρία στάδια εξυπηρέτησης. Στο πρώτο στάδιο περιλαμβάνονται οι κινήσεις από τα δυτικά προς τα ανατολικά, τα ανατολικά προς τα νότια (με αναλαμπόουσα κίτρινη ένδειξη), τα ανατολικά προς τα δυτικά και τα ανατολικά προς τα βόρεια (με αναλαμπόουσα κίτρινη ένδειξη ξανά). Αυτό σημαίνει πως οι κινήσεις των οχημάτων που αναμένουν στο δυτικό και το ανατολικό σκέλος έχουν τον μεγαλύτερο φόρτο. Τα οχήματα που βρίσκονται στο νότιο σκέλος κατά τη διάρκεια του σταδίου αυτού έχουν κόκκινη ένδειξη. Ταυτόχρονα οι πεζοί που κινούνται στο νότιο και στο βόρειο σκέλος από τα ανατολικά προς τα δυτικά (και το αντίστροφο) έχουν πράσινη ένδειξη.

Στο δεύτερο στάδιο περιλαμβάνονται οι κινήσεις από τα ανατολικά προς τα δυτικά και τα νότια, γεγονός που σημαίνει πως τα οχήματα που αναμένουν στο δυτικό σκέλος καταλαμβάνουν και το μεγαλύτερο ποσοστό φόρτου στον συγκεκριμένο κόμβο. Επίσης περιλαμβάνονται οι κινήσεις πεζών που πραγματοποιούνταν και στο προηγούμενο στάδιο, με προσθήκη των κινήσεων από τα βόρεια προς τα νότια (μέσω και του ανατολικού και του δυτικού σκέλους) μέχρι τη μέση της διαδρομής. Σε αυτή την περίπτωση προϋπόθεση είναι η ύπαρξη διαχωριστής νησίδας των ρευμάτων, για την αναμονή των πεζών έως τη στιγμή που θα έχει κόκκινη ένδειξη το δυτικό σκέλος.

Αντίστοιχα στο τρίτο στάδιο το δυτικό σκέλος έχει κόκκινη ένδειξη και αποκτάει πράσινη ένδειξη το νότιο σκέλος. Ταυτόχρονα οι πεζοί που έχουν κινηθεί από τα βόρεια προς τα νότια και αναμένουν στη νησίδα εξυπηρετούνται, ενώ εξυπηρετούνται αντίστοιχα οι πεζοί από τα νότια προς τα βόρεια.



Σχήμα 2.24: Στάδια φωτεινής σηματοδότησης σε έναν κύκλο ενός κόμβου 4 σκελών (Αντωνίου και Σπυροπούλου, 2015)

2.4.4 Αξιολόγηση του προγράμματος φωτεινής σηματοδότησης

Εφόσον προσδιορίσουμε τα βασικά στοιχεία της κυκλοφορίας που αναφέραμε παραπάνω πρέπει να αξιολογήσουμε τις επιλογές μας για το πρόγραμμα της φωτεινής σηματοδότησης. Το πρώτο μέγεθος που εξετάζεται είναι η στάθμη εξυπηρέτησης που περιγράφει το επίπεδο λειτουργίας του ρεύματος κυκλοφορίας λαμβάνοντας υπόψιν την ταχύτητα, τον χρόνο

διαδρομής, την άνεση, την ασφάλεια κ.α. Οι στάθμες εξυπηρέτησης είναι από Α έως F, με κάθε επόμενο γράμμα να εκφράζει δυσμενέστερες συνθήκες. Οι πρώτες τέσσερις αφορούν την περιοχή πριν την πλήρη κάλυψη της χωρητικότητας του δρόμου, η Ε την χωρητικότητα και η F την κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Η στάθμη εξυπηρέτησης προκύπτει μέσω ενός μεγέθους μέτρησης χρόνου, της μέσης καθυστέρησης (αναμονής). Η καθυστέρηση αντιστοιχεί αν αφαιρεθεί από τον χρόνο που πραγματικά κάνει ένα όχημα να διασχίσει έναν δρόμο, ο χρόνος διάνυσης αν αφαιρεθεί ο χρόνος που συμβάλλει στη μη απρόσκοπτη κίνηση του οχήματος, ενώ η μέση καθυστέρηση είναι ο μέσος όρος των παραπάνω τιμών για τον συγκεκριμένο δρόμο. Η σύνδεση της στάθμης εξυπηρέτησης με τη μέση καθυστέρηση προκύπτει από τον Πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.5: Στάθμη εξυπηρέτησης δρόμου ανάλογα τη μέση αναμονή οχήματος (Αντωνίου και Σπυροπούλου, 2015)

Στάθμη εξυπηρέτησης	μέση αναμονή ανά όχημα (δλ)
A	$d \leq 5.0$
B	$5.0 < d \leq 15.0$
C	$15.0 < d \leq 25.0$
D	$25.0 < d \leq 40.0$
E	$40.0 < d \leq 60.0$
F	$60.0 < d$

3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ, ΔΕΙΓΜΑ & ΠΕΡΙΟΧΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφέρουμε αναλυτικά τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήσαμε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, αλλά και τις προϋποθέσεις που τηρήθηκαν αυστηρά κατά την κάθε μέτρηση ώστε τα αποτελέσματα είναι ρεαλιστικά.

3.1 VERICOM: Ο Τρόπος Αξιοποίησης του

Το μηχάνημα VERICOM 4000RG (Σχήμα 3.1) είναι ένα πραγματικό εργαλείο στον κόσμο των μελετών οδικής ασφάλειας με βάση τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων. Είναι ένας μετρητής τριβών σε τρεις διαστάσεις X, Y και Z που ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα καταγραφής καρτεσιανών συντεταγμένων και ταχύτητας κίνησης οχήματος. Αυτό αυτόματα μετατρέπει τις μετρήσεις μας σε μετρήσεις με μεγάλο δείκτη αξιοπιστίας εφόσον μπορούμε να συνδυάζουμε τα δυναμικά μεγέθη μεταξύ τους και να γνωρίζουμε την ακριβή θέση καταγραφής τους. Με τον τρόπο αυτό η οδηγική συμπεριφορά αντικατοπτρίζεται σε βάθος στο αρχείο excel που έχουμε στα χέρια μας.



Σχήμα 3.1: VERICOM

Παρά τις σπουδαίες δυνατότητες του το VERICOM έχει και κάποια μειονεκτήματα. Το βασικό είναι πως όταν ο δρόμος έχει κατά μήκος κλίση, τότε αυτή συμπεριλαμβάνεται στον υπολογισμό της κατά μήκος τριβής. Παρόλα αυτά εφόσον γνωρίζουμε την κλίση μπορούμε να ή να την προσθέσουμε ή να την αφαιρέσουμε ανάλογα την τιμή. Δηλαδή εφόσον πρόκειται για επιτάχυνση ή επιβράδυνση σε ανηφόρα τότε προσθέτουμε τα αλγεβρικά μεγέθη, ενώ σε κατηφόρα αφαιρούμε την αλγεβρική τιμή της κλίσης. Με τον τρόπο αυτόν μπορούμε να έχουμε τις σωστές τιμές της κατά μήκος επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης και να μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε αυτούσιες στους υπολογισμούς μας.

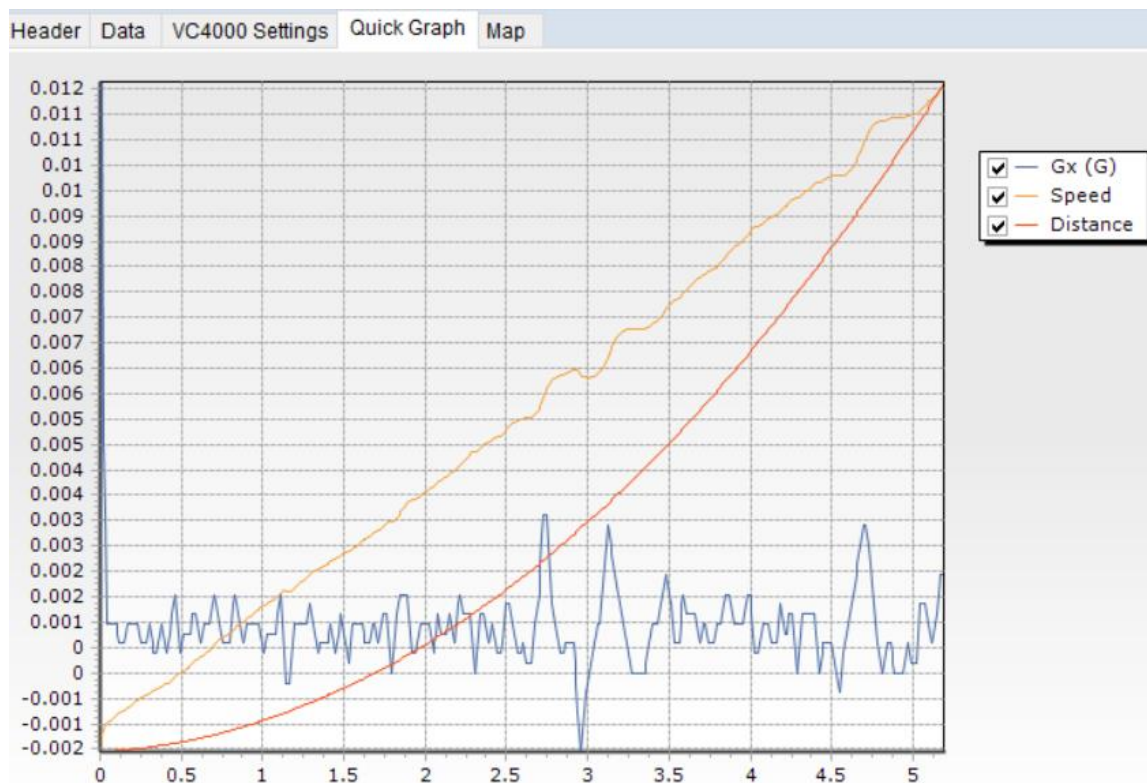
Το VERICOM για να λειτουργήσει σωστά πρέπει να τοποθετηθεί σε μια συγκεκριμένη θέση στο όχημα, να «πακτωθεί» και να κεντριστεί σωστά. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι πως πρώτα τοποθετούμε το όργανο στο όχημα με πιο συνηθισμένη θέση τοποθέτησης το παρμπρίζ ή κάποιο από τα πλευρικά τζάμια. Μετά με τη βοήθεια των χεριών μας δίνουμε προσανατολισμό στην οθόνη του μηχανήματος αφού πρώτα το έχουμε τοποθετήσει με τη χρήση της βεντούζας που έχει στο κάτω μέρος του. Μας ενδιαφέρει να εισάγουμε τη φυσαλίδα που έχει στο μπροστινό μέρος στο μεσαίο τμήμα και το ίδιο να πράξουμε για τη φυσαλίδα που έχει στο πλευρικό τμήμα.

Μόλις κάνουμε όλα αυτά το μηχάνημα είναι έτοιμο να λάβει σωστές μετρήσεις, αρκεί όλα αυτά να έχουν πραγματοποιηθεί σε έναν χώρο με μηδενική κλίση ώστε το σημείο μηδέν που λαμβάνει ως σημείο αναφοράς να αντιστοιχεί σε πραγματικές μηδενικές κλίσεις. Αν αυτό δεν

συμβεί, τότε οι μετρήσεις μας θα περιέχουν σφάλμα, το οποίο θα τις καταστήσει άχρηστες. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ένας εσωτερικός χώρος ιδιωτικής στάθμευσης που η κλίση του μετρήθηκε μηδενική.

Το VERICOM σε όλη τη διαδρομή χειρίστηκε από το συνοδηγό του οχήματος στο οποίο είχε εγκατασταθεί και μάλιστα ο συνοδηγός ήταν εντελώς εξοικειωμένος με τη διαδικασία αυτή επειδή την είχε επαναλάβει αρκετές φορές στο παρελθόν. Συνεπώς οι μετρήσεις ξεκινούσαν και ολοκληρώνονταν όταν έπρεπε, καθώς το VERICOM σε ορισμένες περιπτώσεις αργεί να ξεκινήσει τη μέτρηση μετά της εντολής μέσω του κουμπιού “ENTER”.

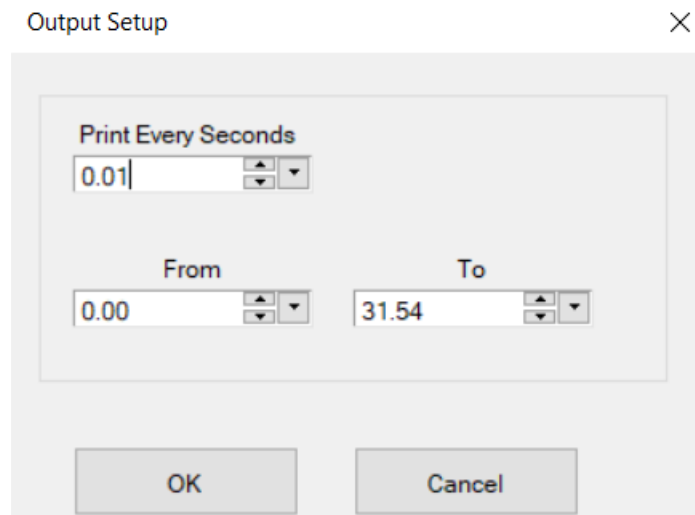
Τα δεδομένα καταγραφής αποθηκεύονται αρχικά στην μνήμη του VERICOM, η οποία βέβαια είναι περιορισμένη. Για το λόγο αυτό συνοδεύεται και από μία κάρτα στην οποία αποθηκεύονται τα δεδομένα των μετρήσεων και μεταφέρονται σε έναν υπολογιστή με σκοπό να σβηστούν από το μηχάνημα και να μηδενιστεί ο κατειλημμένος σε αυτό χώρος μνήμης για να συνεχιστούν οι μετρήσεις. Για να μπορέσουν οι μετρήσεις να τρέξουν στον υπολογιστή και να έχουν επεξεργάσιμο χαρακτήρα χρησιμοποιείται το λογισμικό Profile 5, το οποίο μετατρέπει όλα τα αρχεία σε μορφή που είναι δυνατή να εξαχθεί σε περιβάλλον excel και να επεξεργαστεί. Η ίδια η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα άμεσης γραφικής αναπαράστασης των επιλεγμένων δεδομένων πριν ακόμη αυτά εξαχθούν σε μορφή αναγνώσιμη στο excel. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε άμεσα για τα στοιχεία που έχουν καταγραφεί κατά τη διάρκεια μίας μέτρησης και να έχουμε μια πρώτη εικόνα σχετικά με την εξαγωγή συμπερασμάτων.



Σχήμα 3.2: Το παράθυρο άμεσης γραφικής απεικόνισης των επιλεγμένων μεγεθών στο Profile 5

Το VERICOM καταγράφει όλα τα δεδομένα με διάστημα 0,01 δευτερολέπτων, ενώ το λογισμικό Profile 5 δίνει την επιλογή στον χρήστη να επιλέξει το διάστημα αναγραφής των καταγεγραμμένων δεδομένων. Στην έρευνα αυτή επιλέξαμε το διάστημα των 0,01 δευτερολέπτων για να μεγιστοποιήσουμε την ακρίβεια και την αξιοπιστία, παρόλα αυτά θα μπορούσαμε να είμαστε λιγότερο λεπτομερείς και να επιλέξουμε διάστημα 0,1 δευτερολέπτων ή και 1 δευτερολέπτου. Ωστόσο η συγκεκριμένη έρευνα απαιτεί μεγάλη ακρίβεια και ο

ακριβέστερος τρόπος μόνο υπέρ της θα μπορούσε να συνηγορήσει. Στο Σχήμα 3.3 φαίνεται αυτή η επιλογή που δίνει το VERICOM, ενώ το παράθυρο συμπληρώνεται με το διάστημα στο οποίο θέλουμε να εξαχθούν τα αποτελέσματα. Στην περίπτωση αυτήν επιλέχθηκε το διάστημα από 0 έως 31,54 δευτερόλεπτα που ήταν το σύνολο της διαδρομής. Αυτή η μέτρηση των 31,54 δευτερολέπτων αφορούσε τη δοκιμαστική μέτρηση που πραγματοποιήθηκε για να ελεγχθεί αν το μηχάνημα λειτουργεί σωστά.



Σχήμα 3.3: Το παράθυρο επιλογής διαστήματος εμφάνισης δεδομένων του Profile 5

3.2 Οι Απαραίτητες Προϋποθέσεις Σωστής Μέτρησης

Στην προηγούμενη παράγραφο αναλύσαμε τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να στηθεί το μηχάνημα και την διαδικασία που περιγράφει αναλυτικώς τον τρόπο αυτό, ώστε και να βοηθάει τον αναγνώστη να καταλάβει πως λειτουργήσαμε στο πείραμα αλλά και να βοηθήσει και ενθαρρύνει μελλοντικές προσπάθειες νέων ερευνητών. Στην παράγραφο αυτή θα εστιάσουμε στους εξωτερικούς παράγοντες τους οποίους προσέξαμε και επιμεληθήκαμε κατάλληλα ώστε οι μετρήσεις μας να είναι αξιόπιστες.

Προφανώς η έρευνα εστιάζει στην καταγραφή των μεγεθών της δυναμικής των οχημάτων σε σχέση με τη γεωμετρία των ραμπών ανταλλαγής σε συνθήκες ελεύθερης ροής. Μόνο τότε υπάρχει επικινδυνότητα για τα οχήματα όσον αφορά συνθήκες ευστάθειας και μόνο τότε μπορούμε να εξετάσουμε την οδική συμπεριφορά των οδηγών. Σε συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης ή σε συνθήκες όπου το επίπεδο εξυπηρέτησης είναι από Β και κάτω, τότε τα ατυχήματα που συμβαίνουν δεν εστιάζουν στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων αλλά σε συγκρούσεις που προέρχονται από την έντονη παρουσία οχημάτων στο δίκτυο.

Για τον λόγο αυτό έπρεπε να βρεθεί η κατάλληλη φόρμουλα, δηλαδή ένας τρόπος που οι κυκλοφοριακές συμφορήσεις θα αποφεύγονταν και οι οδηγοί θα έφταναν τις ταχύτητες που ήθελαν, θα οδηγούσαν όσο επιθετικά ήθελαν και θα είχαν την αίσθηση του κινδύνου στον βαθμό στον οποίο τον καταλάβαιναν οι ίδιοι. Η φόρμουλα αυτή βρέθηκε εμπειρικά και οι μετρήσεις αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν με το που ξημέρωνε και μόνο Σαββατοκύριακα και αργίες. Έτσι οι δρόμοι είχαν μικρό φόρτο που δεν ήταν ικανός να εμποδίσει την σωστή πραγματοποίηση των μετρήσεων. Σε περιπτώσεις που κάποιο όχημα εμπόδιζε τις διελεύσεις μας, αυτές αμέσως ακυρώθηκαν.

Η έρευνα έγινε μεταξύ του διαστήματος Οκτωβρίου 2022 και Ιανουαρίου 2023 και ολοκληρώθηκε όταν εκτιμήθηκε πως ο αριθμός των μετρήσεων ήταν επαρκής για να έχει στατιστική σημαντικότητα το δείγμα. Στο διάστημα των μετρήσεων υπήρξαν ημέρες όπου οι

μετρήσεις ξεκίνησαν ομαλά, αλλά ολοκληρώθηκαν απότομα επειδή ο φόρτος αυξήθηκε ξαφνικά και οι συνθήκες ελεύθερης ροής δεν θα μπορούσαν να επιτευχθούν.

Στην παραπάνω φόρμουλα δεν μπορούσαν να περιλαμβάνονται μόνο οι συνθήκες ελεύθερης ροής, αλλά και οι καιρικές συνθήκες. Το VERICOM καταγράφει τριβές που τις μετατρέπουμε σε επιταχύνσεις. Για να έχουν πραγματικές τιμές οι τριβές αυτές θα πρέπει το οδόστρωμα να είναι στεγνό και όχι υγρό ή με πάγο γιατί αυτές οι συνθήκες αυτομάτως μειώνουν τον συντελεστή τριβής και διαφοροποιούν τελείως το ύψος της έρευνας. Άρα η φόρμουλα που έπρεπε να βρεθεί ήταν η τομή μεταξύ συνθηκών ελεύθερης ροής και καλών καιρικών φαινομένων. Αυτομάτως τα Σαββατοκύριακα και οι αργίες έπρεπε να συνοδεύονται από καλά καιρικά φαινόμενα.

Εύκολα καταλαβαίνει κανείς πως το επίπεδο δυσκολίας για την επιτυχία των μετρήσεων ήταν αυξημένο. Υπήρξαν ημέρες που η πρόγνωση του καιρού έδινε βροχές, αλλά κάτι τέτοιο δεν συνέβη και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν. Βέβαια υπήρξαν και ημέρες που η πρόγνωση του καιρού έδειχνε βροχές αργότερα μέσα στην ημέρα, αλλά αυτές εμφανίστηκαν τις πρωινές ώρες με αποτέλεσμα οι μετρήσεις να ακυρωθούν.

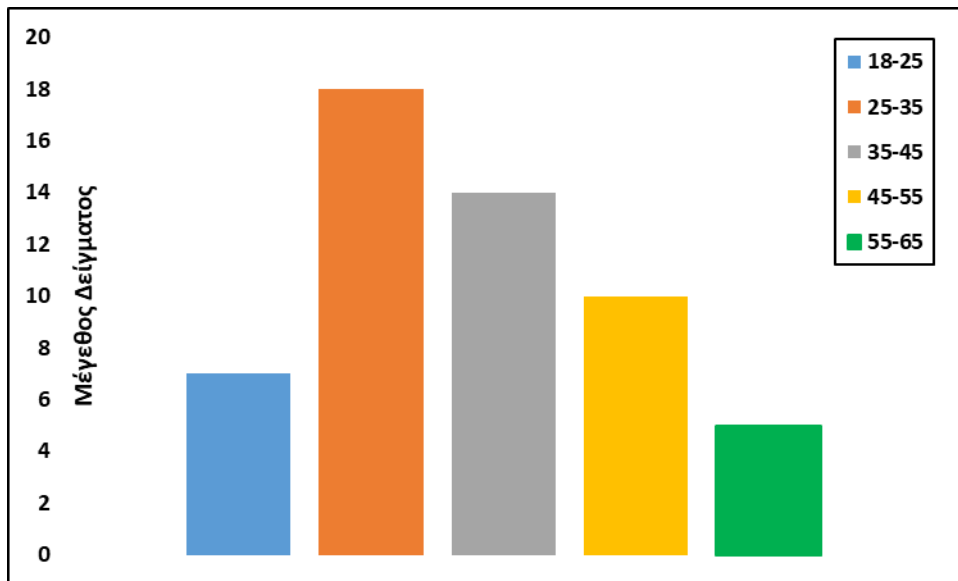
Ένα άλλο ζήτημα ήταν η εκπαίδευση των οδηγών. Το πείραμα γενικότερα πραγματοποιήθηκε ως εξής. Ζητήθηκε από οδηγούς διαφορετικών ηλικιών και με διαφορετικούς τύπους οχημάτων να συμμετέχουν στο πείραμα με τα δικά τους οχήματα ή με τα οχήματα μελών του εργαστηρίου της σχολής. Οι περισσότεροι από αυτούς ήταν θετικοί και συμμετείχαν. Τα άτομα αυτά ανήκαν στο οικογενειακό και εργασιακό περιβάλλον των μελών του εργαστηρίου. Παρόλα αυτά το μόνο που τους εξηγήθηκε ήταν το πώς θα πραγματοποιήσουν την μέτρηση.

Για την ακρίβεια εξηγήθηκε στον κάθε οδηγό πως θα πρέπει να οδηγήσει το αυτοκίνητο του σαν να το οδηγούσε μόνος του και να διάσχιζε τον συγκεκριμένο δρόμο και μετά την ράμπα ανταλλαγής που ακολουθεί. Σε κανέναν οδηγό δεν ζητήθηκε να κάνει κάτι εξεζητημένο ούτε του δόθηκαν κατευθύνσεις και οδηγίες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την οδική του συμπεριφορά. Άρα ο οδηγός απλώς έπρεπε να οδηγεί το όχημα και να εκφράζει στο 100% τον χαρακτήρα του. Κάθε διέλευση του είχε έναν συνοδηγό, εκπαιδευμένο και έμπειρο στη διαδικασία ο οποίος χειριζόταν το όργανο και σημείωνε οτιδήποτε θεωρούσε ενδιαφέρον και προς αξιοποίηση κατά την κίνηση του οδηγού.

3.3 Το Δείγμα

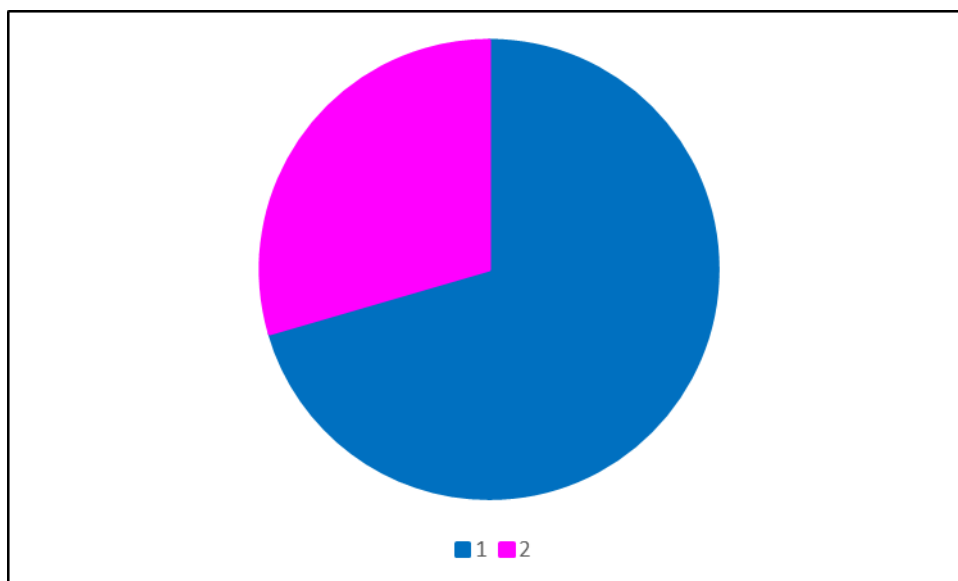
Συνολικά οι οδηγοί που συμμετείχαν ήταν 61 και τα οχήματα τους ήταν διαφορετικού εύρους και νέα σε χρονολογία. Κάποια οχήματα τέθηκαν στη διάθεση και συμμετεχόντων που δεν μπόρεσαν να συμμετέχουν με το δικό τους όχημα γιατί δεν κάλυπτε συνήθως τις προϋποθέσεις. Για να συμβεί αυτό οι οδηγοί εκπαιδεύτηκαν και εξοικειώθηκαν σε συγκεκριμένο όχημα, σε διαδρομές διαφορετικές από αυτή που ακολούθησαν στη μέτρηση ώστε να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν τη διέλευση τους σαν να οδηγούσαν το δικό τους όχημα, με την ίδια άνεση και τις ίδιες συνθήκες επικινδυνότητας.

Για να δοθούν συνολικά τα στοιχεία του δείγματος, το τελευταίο χωρίστηκε σε κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορούσε την ηλικία των οδηγών. Αυτή χωρίστηκε σύμφωνα με τα πρότυπα των ερευνών που παρουσιάστηκαν στην βιβλιογραφία. Η νεότερη ομάδα ατόμων σχετιζόταν με ηλικίες μεταξύ 18 και 25 ετών και έπειτα το εύρος ανέβαινε κατά 10 έτη για την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή. Το σύνολο των συμμετεχόντων δεν εμπεριείχε οδηγούς άνω των 65 ετών επειδή δεν ήταν δυνατό να βρεθεί και να συμμετέχει αυτό το ηλικιακό εύρος. Αυτό είναι και ένα μικρό μειονέκτημα αυτής της έρευνας, αλλά σε καμία περίπτωση δεν διακινδυνεύει την αξιοπιστία της. Η κατανομή του αριθμού δείγματος και της ηλικίας δίδεται από το Σχήμα 3.4.



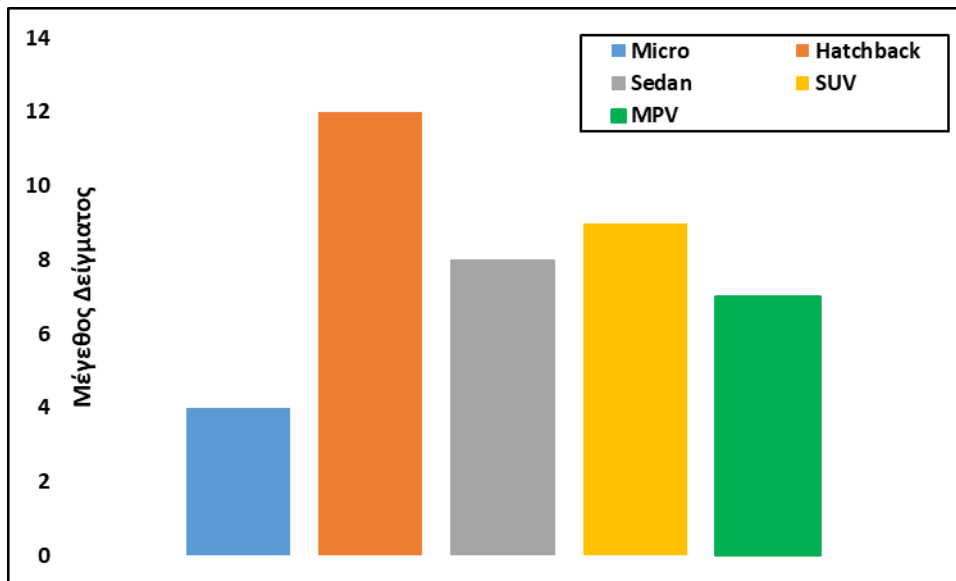
Σχήμα 3.4: Μέγεθος δείγματος σε συνάρτηση με την ηλικία των οδηγών

Μετά την διαίρεση του δείγματος με βάση την ηλικία ακολούθησε διαίρεση του δείγματος με βάση το φύλο. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες ήταν άντρες, ενώ οι γυναίκες που πήραν μέρος στη μελέτη ήταν λιγότερες. Το επιθυμητό θα ήταν να έπαιρναν μέρος περισσότερες γυναίκες, όμως και στην πραγματικότητα οι άνδρες τακτικοί οδηγοί είναι περισσότεροι από τις γυναίκες τακτικούς οδηγούς. Άρα η βαρύτητα των ανδρών δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα και την αξιοπιστία του αφού φαίνεται πως αντιστοιχεί στις πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας. Το Σχήμα 3.5 έχει την σχετική πληροφορία.



Σχήμα 3.5: Καταμερισμός του δείγματος με βάση τη συμμετοχή ανδρών (1) και γυναικών (2)

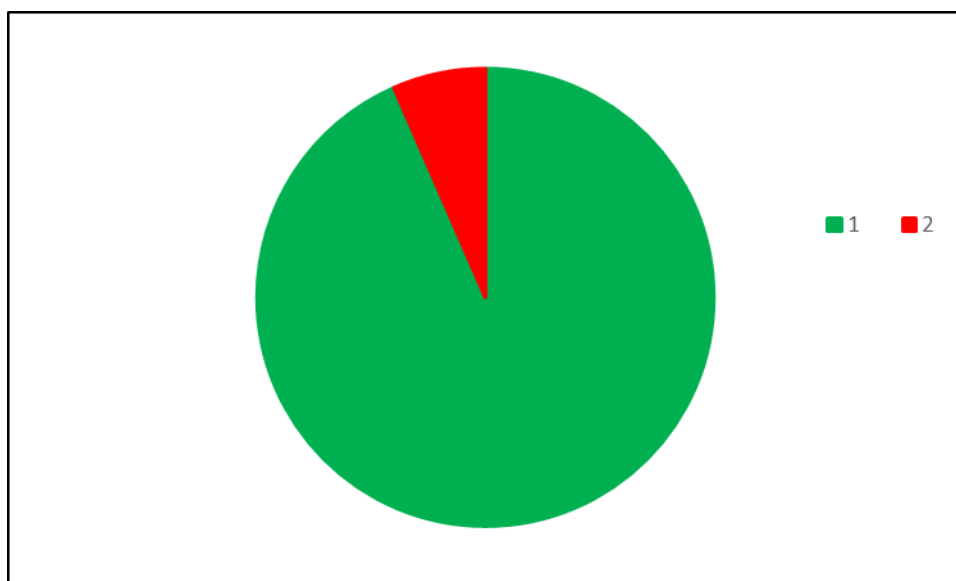
Αφού δόθηκαν κάποιες βασικές πληροφορίες για το φύλο των οδηγών, ακολούθησαν διαιρέσεις του δείγματος με βάση τον τύπο οχήματος που χρησιμοποίησαν. Οι τύποι που έλαβαν μέρος είναι οι 5 πιο συνηθισμένοι για Ι.Χ. οχήματα με το μικρότερο όχημα να ανήκει στην κατηγορία micro και το μεγαλύτερο στην κατηγορία SUV ή MPV. Εφόσον πρόκειται για Ι.Χ. οχήματα τότε το εύρος της έρευνας θεωρείται πολύ ικανοποιητικό σε ό,τι αφορά τους διάφορους τύπους οχημάτων. Το Σχήμα 3.6 αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη υποδιαίρεση.



Σχήμα 3.6: Μέγεθος δείγματος σε συνάρτηση με τον τύπο οχήματος

Τελευταία κατηγορία διαίρεσης του δείγματος ήταν αυτή που αξιολογούσε την εμπειρία των οδηγών. Η εμπειρία είναι πάντοτε μία κρίσιμη παράμετρος σε όλες τις πτυχές της καθημερινότητας. Το ίδιο ισχύει και στην οδήγηση που είναι μάλιστα ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για το πως η εμπειρία μπορεί να έχει εφαρμογή στην οδική ασφάλεια και στην συμπεριφορά των οδηγών.

Ως τιμή αναφοράς θεωρήθηκαν τα 2 έτη, δηλαδή θεωρήθηκε πως εντός του διαστήματος αυτού (και με προϋπόθεση πως η οδήγηση είναι τακτική από τη στιγμή λήψης του διπλώματος) οι οδηγοί είναι πλήρως έμπειροι, έχουν πραγματοποιήσει διαδρομές τόσο εντός του αστικού ιστού όσο και εκτός, έχουν ανεπτυγμένο το αίσθημα του κινδύνου και ταυτόχρονα αισθάνονται τη λιγότερη δυνατή ασφάλεια και έχουν τον πλήρη έλεγχο του οχήματος τους. Οι περισσότεροι οδηγοί είχαν εμπειρία μεγαλύτερη των 2 ετών, ενώ οι υπόλοιποι οδηγοί είχαν εμπειρία μεταξύ 1 και 1,5 έτους. Πάντως κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και οι πιο άπειροι οδηγοί φάνηκαν να χειρίζονται με άνεση το όχημα και να μην εκφράζουν προβληματισμούς ανύπαρκτου κινδύνου. Ο καταμερισμός φαίνεται μέσα από το Σχήμα 3.7.



Σχήμα 3.7: Καταμερισμός του δείγματος με βάση την εμπειρία άνω των 2 ετών (1) και κάτω των 2 ετών (2)

Προηγουμένως αναφέραμε κάποιους τύπους οχημάτων που συμμετείχαν στο πείραμα μας και που θα μας απασχολήσουν πάρα πολύ στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων. Για να γίνει εντελώς κατανοητό τι σημαίνει στην πράξη ο κάθε τύπος θα δοθεί ένα παράδειγμα για κάθε τύπο οχήματος μέσω μιας εικόνας από οχήματα που συμμετείχαν στο πείραμα.

Τα οχήματα Micro είναι τα μικρότερα οχήματα της αγοράς, τα οχήματα που είναι ιδανικά για κίνηση εντός της πόλης και γύρω αυτής. Χαρακτηρίζονται από μικρό μήκος και πλάτος αλλά και ύψος στις περισσότερες περιπτώσεις. Άρα το κέντρο βάρους τους είναι αρκετά χαμηλό. Συνήθως στην αγορά εμφανίζονται με 3 θύρες (2 μπροστινές και 1 οπίσθια, δηλαδή του οδηγού, του συνοδηγού και το πορτπαγκάζ). Από μηχανικές δυνατότητες δεν είναι κάτι το σπουδαίο αλλά βασίζονται στο μικρό βάρος τους που δίνει τη δυνατότητα για πιο εύκολη επιτάχυνση και ανάπτυξη ταχύτητας.



Σχήμα 3.8: Όχημα Micro που συμμετείχε στο πείραμα

Τα οχήματα Hatchback είναι τα κλασικά οχήματα πόλης που είναι είτε 3θυρα είτε 5θυρα. Είναι μεγαλύτερα από τα Micro και χαρακτηρίζονται από μακρύ μπροστινό μέρος και μικρό πίσω μέρος. Το κέντρο βάρους τους παραμένει χαμηλό. Παρά το γεγονός πως δεν είναι πολύ μεγάλα οχήματα διαθέτουν αρκετά καλές μηχανικές ιδιότητες ειδικά όσα έχουν κατασκευαστεί και κυκλοφορήσει μετά το 2015. Είναι τα πιο συχνά εμφανιζόμενα στο δίκτυο εντός πόλεων αλλά και εκτός αυτών.



Σχήμα 3.9: Όχημα Hatchback που συμμετείχε στο πείραμα

Τα οχήματα Sedan είναι τα οχήματα κούρσας όπως συχνά αναφέρονται και είναι τα δεύτερα πιο συχνά εμφανιζόμενα στο οδικό δίκτυο μετά τα Hatchback. Είναι οχήματα με μεγάλο μπροστινό μέρος και μεγάλο πίσω μέρος επίσης. Το κέντρο βάρους τους είναι χαμηλό γιατί εκτός από το μεγάλο μήκος τους χαρακτηρίζονται από μέτριο ύψος. Εμφανίζονται σε πολύ μεγάλο ποσοστό με 5θυρες και χαρακτηρίζονται επίσης από το σημαντικό πλάτος τους για οχήματα πόλης.



Σχήμα 3.10: Όχημα Sedan που συμμετείχε στο πείραμα

Τα SUV οχήματα είναι τα πιο συνήθη οχήματα μεγάλου κυβισμού που μπορεί να συναντήσει κάποιος τόσο εντός όσο και εκτός πόλης. Είναι οχήματα μεγάλου εύρους (μήκους, πλάτους και ύψους) με μεγάλο μπροστινό μέρος και μέτριο πίσω μέρος. Το κέντρο βάρους τους είναι το ψηλότερο από τα οχήματα που κυκλοφορούν και συμμετείχαν στο πείραμα. Σπάνια θα εμφανιστούν με λιγότερες από 5 θύρες, ενώ τα τελευταία χρόνια τα συστήματα ασφαλείας για την διατήρηση των οχημάτων αυτών σε κυκλικές τροχιές έχουν αναπτυχθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό.



Σχήμα 3.11: Όχημα SUV που συμμετείχε στο πείραμα

Τα MPV οχήματα (γνωστά και ως πολυμορφικά οχήματα) συγκρίνονται πολύ συχνά με τα SUV όμως οι διαφορές τους είναι εμφανείς. Τα MPV είναι ελαφρώς χαμηλότερα σε ύψος και μακρύτερα σε μήκος ενώ στο πλάτος τους δεν διαφέρουν ιδιαίτερα. Το κέντρο βάρους του είναι χαμηλότερο από αυτό των SUV αλλά είναι ψηλότερο σε σχέση με τα άλλα οχήματα που αναφέραμε προηγουμένως. Εμφανίζονται πάντα με 5 θύρες και έχουν μεγάλο μπροστινό και πίσω μέρος. Πολλά εξ αυτών χρησιμοποιούν το πίσω μέρος για έξτρα θέσεις γίνοντας 7θέσια ή 8θέσια.



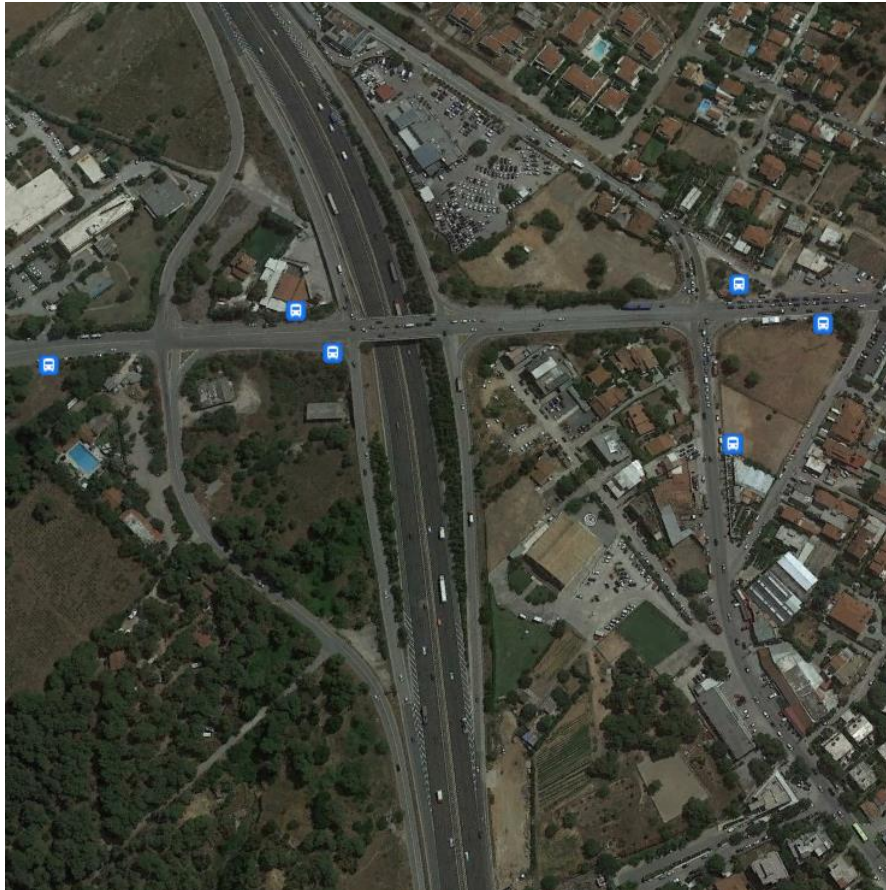
Σχήμα 3.12: Όχημα MPV που συμμετείχε στο πείραμα

3.4 Περιοχή Μελέτης

Για να δημιουργηθεί μια έρευνα που θα δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα αλλά και θα έχει πραγματική ουσία έπρεπε να επιλεγθεί ο κατάλληλος ανισόπεδος κόμβος διαμαντιού και να βρεθεί ποιες ράμπες θα επιλεγθούν για εξέταση και εφαρμογή. Οι παρακάτω παράγραφοι είναι αφιερωμένες στο να εξηγηθεί αναλυτικά το σκεπτικό γύρω από την επιλογή του συγκεκριμένου κόμβου και των συγκεκριμένων ραμπών ανταλλαγής μέσω αναλυτικών περιγραφών.

3.4.1 Το διαμάντι της Βαρυμπόμπης

Στόχος αυτής της μελέτης είναι να δημιουργηθεί ένα προφίλ κατά μήκος επιβράδυνσης, πλευρικής επιτάχυνσης, ταχύτητας, οδικής συμπεριφοράς και μερικών κυκλοφοριακών στοιχείων σε έναν ανισόπεδο κόμβο μορφής διαμαντιού. Το διαμάντι του κόμβου Βαρυμπόμπης είναι ιδανικό, από τη στιγμή που βρίσκεται σε τμήμα του αυτοκινητοδρόμου 1 ή αλλιώς E75 και επιτρέπει την εφαρμογή ταχύτητας που επιθυμεί ο κάθε οδηγός (από μικρές για συντηρητικούς μέχρι πολύ υψηλές για επιθετικούς οδηγούς), διαθέτει δύο δίδυμες διασταυρώσεις, αυξάνοντας έτσι τους βαθμούς ελευθερίας για την επιλογή των μελετώμενων ραμπών μετά την έξοδο και δεν συγκεντρώνει πολύ υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους τις ημέρες και τις ώρες που έχει προγραμματιστεί να γίνει η έρευνα. Το Σχήμα 3.13 απεικονίζει τον κόμβο αυτό μέσω δορυφορικής εικόνας.



Σχήμα 3.13: Δορυφορική εικόνα του ανισόπεδου κόμβου Βαρυμπόμπης (κατεύθυνση από Αθήνα προς Θεσσαλονίκη)

Η δορυφορική εικόνα περιλαμβάνει τις εξόδους από και τις εισόδους στον αυτοκινητόδρομο προς και από τις συλλέκτριες οδούς αντίστοιχα. Ουσιαστικά ο αυτοκινητόδρομος διαθέτει δύο εξόδους στα δεξιά (μία για κάθε ρεύμα κυκλοφορίας) που τον συνδέουν με τη συλλέκτρια οδό. Στο τέλος της ράμπας ανταλλαγής μετά την έξοδο από το ρεύμα Αθήνα-Θεσσαλονίκη υπάρχει σήμανση για όσους θέλουν να επιχειρήσουν δεξιά ή αριστερή στροφή. Αντίστοιχα για το ρεύμα Θεσσαλονίκη-Αθήνα η ράμπα ανταλλαγής οδηγεί σε υποχρεωτική φωτεινή σηματοδότηση για όσους θέλουν να κινηθούν προς τα αριστερά ή τα δεξιά της συλλέκτριας οδού. Τις καθημερινές αυτές οι εξόδους χαρακτηρίζονται από υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, κυρίως σε ό,τι αφορά την αριστερή στροφή του ρεύματος Αθήνα-Θεσσαλονίκη. Τα σαββατοκύριακα και τις αργίες η κατάσταση τροποποιείται εμφανώς λόγω της μείωσης του φόρτου σε αυτοκινητόδρομο και συλλέκτρια οδό.

Αντίστοιχα η είσοδος στον αυτοκινητόδρομο γίνεται από τη συλλέκτρια οδό μέσω ραμπών ανταλλαγής που ακολουθούνται από λωρίδες επιτάχυνσης μεγάλου μήκους. Μάλιστα οι εισοδοί στην ράμπα ανταλλαγής γίνονται με προτεραιότητα κίνησης και λωρίδες επιβράδυνσης.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία επιλέχθηκε να μελετηθεί η έξοδος από το ρεύμα Αθήνα-Θεσσαλονίκη με κατεύθυνση προς τα δεξιά, το οποίο προσέφερε ευκολότερη διαδρομή επανένταξης των οχημάτων στον χώρο μαζικής συγκέντρωσης. Το βασικό που ενδιαφέρει είναι να μελετηθεί η έξοδος από τον αυτοκινητόδρομο και η είσοδος των οχημάτων στη ράμπα ανταλλαγής μέσω της καμπύλης μεγάλης ακτίνας.

Επομένως στόχος είναι να μελετηθούν τα μεγέθη δυναμικής της κυκλοφορίας και να εξαχθούν συμπεράσματα για έναν τέτοιο τύπο ανισόπεδου κόμβου, ενώ η μικρότερη καμπύλη

προστίθεται ευκαιριακά. Αυτό σημαίνει πως η καμπύλη αυτή θα μετρηθεί σε ελάχιστες διαδρομές (κατάφεραν να είναι 3 στο σύνολο), γιατί όπως έχουμε πει έχει σήμανση “STOP” με αποτέλεσμα οι οδηγοί να πρέπει να επιβραδύνουν και να ελέγχουν πριν εισέλθουν ή και να ακινητοποιούνται έως ότου αδειάσει ο κόμβος (συνέβη σε μόλις δύο περιπτώσεις).

Το Σχήμα 3.14 εμπεριέχει όλη τη διαδρομή που ακολουθήθηκε στη διάρκεια της μέτρησης, στην οποία με πράσινο χρώμα φαίνονται οι ευθυγραμμίες και με κόκκινο χρώμα οι καμπύλες. Για τις καμπύλες μάλιστα μέσω του προγράμματος AutoCAD έχει πραγματοποιηθεί γεωμέτρηση τους με αρκετά ικανοποιητική προσέγγιση και επομένως έχουν ληφθεί οι τιμές των ακτινών τους. Με βάση τις τιμές των ακτινών θα πραγματοποιηθεί και η ανάλυση στο επόμενο κεφάλαιο.

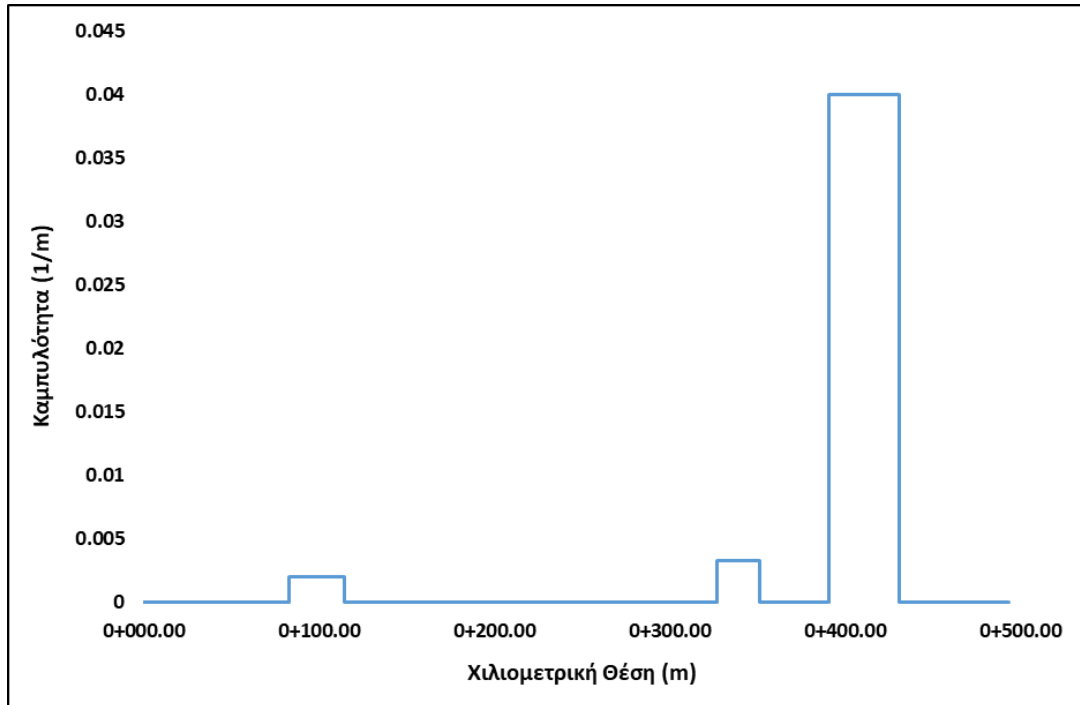


Σχήμα 3.14: Γεωμετρικά στοιχεία καμπυλών στη διαδρομή των μετρήσεων

Όπως φαίνεται και στο προηγούμενο σχήμα οι καμπύλες τις οποίες διέσχισαν τα οχήματα των εξεταζόμενων οδηγών στην ράμπτα εξόδου είχαν τιμές 500, 300 και 25m κατά τη φορά κίνησης των οχημάτων. Κατανοεί λοιπόν κανένας πως πρόκειται για δύο αρκετά μεγάλες ακτίνες καμπυλών, οι οποίες θα συνηγορούν και στην ανάπτυξη πολύ υψηλών ταχυτήτων κίνησης από τους οδηγούς, ενώ η καμπύλη με ακτίνα 25m στο τέλος της ράμπας εκτιμάται πως θα τους αναγκάζει να μειώνουν άμεσα τις ταχύτητες κίνησης.

Μάλιστα οι 2 πρώτες καμπύλες έχουν αρκετά μικρή καμπυλότητα (συγκεκριμένα 0,002 η 500m και 0,0033 η 300m) με αποτέλεσμα κάποιοι οδηγοί να μην αντιλαμβάνονται στην πράξη διαφορά από τις ευθυγραμμίες. Η καμπύλη που θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο θα είναι μόνη η αυτή των 500m ακτίνας. Οι λόγοι που η δεύτερη (300m) δεν θα αναλυθεί είναι γιατί οι ταχύτητες κίνησης έχουν επηρεαστεί από την πρώτη καμπύλη, ενώ για την τρίτη (25m) οι λόγοι αναφέρθηκαν νωρίτερα.

Τέλος, το Σχήμα 3.15 αποτελεί το διάγραμμα καμπυλότητας της διαδρομής στο Σχήμα 3.14, με την παραδοχή πως οι καμπύλες που μετρήθηκαν στο AutoCAD συνδέονται με τις ευθυγραμμίες χωρίς να μεσολαβούν κλωθοειδείς καμπύλες. Η χιλιομετρική θέση είναι συμβατική με θεώρηση πως το σημείο 0 αφορά την έναρξη της πράσινης γραμμής στο Σχήμα 3.14.



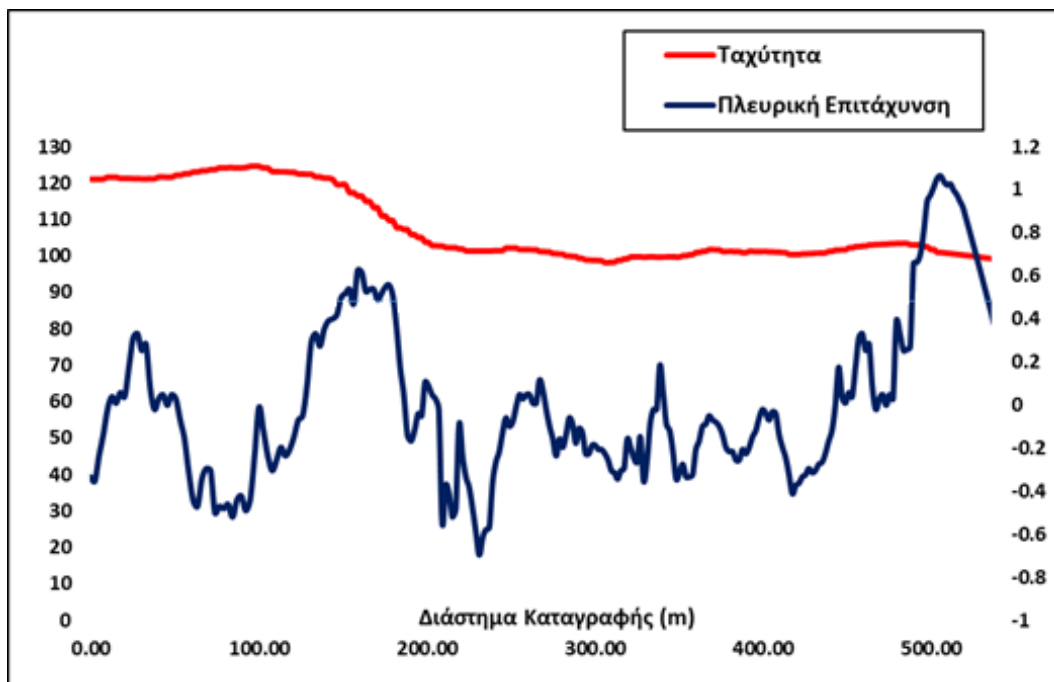
Σχήμα 3.15: Διάγραμμα καμπυλότητας της ακολουθούμενης διαδρομής των μετρήσεων όπως αυτή φαίνεται στο Σχήμα 3.9

4. ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ & ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ

Το κεφάλαιο αυτό είναι το σημαντικότερο όλων γιατί στην πράξη θα ακολουθήσει ότι πραγματεύεται ο τίτλος του. Στην αρχή θα δοθούν όλα τα αποτελέσματα που βγήκαν από αυτή την έρευνα και μετά τα αποτελέσματα αυτά θα συγκριθούν με αντίστοιχες έρευνες που αναφέρθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο.

4.1 Μεθοδολογία Εξαγωγής Αποτελεσμάτων

Ο τρόπος που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των δεδομένων από το VERICOM αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η μεθοδολογία που θα αναφερθεί σύντομα εδώ σχετίζεται με τον τρόπο που εξάχθηκε το κάθε αποτέλεσμα. Για να γίνει κατανοητός ο τρόπος αρχικά δίνεται ένα παράδειγμα γραφήματος στο λογισμικό excel.



Σχήμα 4.1: Γράφημα στο λογισμικό excel για την σύνδεση μεταξύ πλευρικής επιτάχυνσης και ταχύτητας στη διάρκεια μιας μέτρησης

Στο Σχήμα 4.1 φαίνεται με κόκκινη γραμμή η ταχύτητα διέλευσης που μετρήθηκε από το VERICOM σε συνάρτηση της πλευρικής επιτάχυνσης. Οι έντονες διαφοροποιήσεις στις τιμές αφορούν κάποια μεταβολή στη γεωμετρία, εφόσον ο παράγοντας της παρεμπόδισης από άλλο όχημα έχει απορριφθεί. Για τον συγκεκριμένο οδηγό λοιπόν ισχύουν τα εξής:

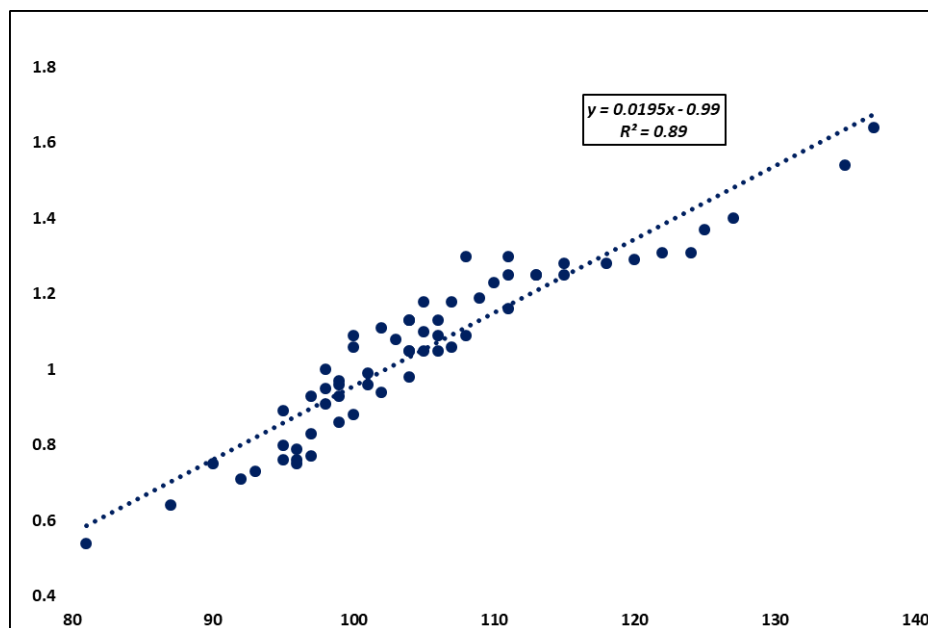
- ✓ Διέρχεται από τα προηγούμενα οδικά τμήματα ευθυγραμμίας με ταχύτητα περίπου 120 km/h
- ✓ Μειώνει την ταχύτητα αυτή στην πρώτη καμπύλη του οδικού τμήματος που συναντά, ρίχνοντας την στα 100 km/h
- ✓ Από το οδικό τμήμα αυτό λαμβάνει μία πλευρική επιτάχυνση της τάξεως των $0,50 \text{ m/s}^2$
- ✓ Διατηρεί μια σταθερή ταχύτητα στην ευθυγραμμία της τάξης των 100 km/h
- ✓ Με την ταχύτητα των 100 km/h μπαίνει στην καμπύλη ακτίνας 500m την οποία διασχίζει με ταχύτητα ελάχιστα μικρότερη από τα 100 km/h
- ✓ Στην καμπύλη αυτή λαμβάνει μέση πλευρική επιτάχυνση $1,06 \text{ m/s}^2$
- ✓ Στη συνέχεια ακολουθεί τη διαδρομή ευθυγραμμίας μέχρι τις επόμενες καμπύλες, τις οποίες όμως δεν παρουσιάζουμε γιατί δεν θα προβούμε στην μελέτη τους για τους λόγους που αναφέραμε στο κεφάλαιο 3

- ✓ Σε γενικές γραμμές η πλευρική επιτάχυνση καθορίστηκε από το πώς ο ίδιος ο οδηγός διαχειρίστηκε το τιμόνι του αυτοκινήτου του. Για τον λόγο αυτό ζητήθηκε να ακολουθηθεί η οριογραμμή του δρόμου και ο υπάρχοντας γεωμετρικός σχεδιασμός ώστε η παραπάνω καμπύλη των 500m ακτίνας να μην αντιμετωπιστεί ως μια ενιαία ευθυγραμμία
- ✓ Η μέγιστη πλευρική επιτάχυνση σε όλες τις μετρήσεις διέφερε ελάχιστα από τη μέση τιμή πιθανώς λόγω των συνθηκών οδήγησης που ορίσαμε στην προηγούμενη σημείωση

Στο ίδιο διάγραμμα συνυπήρχε και η κατά μήκος επιβράδυνση την οποία θα δούμε παρακάτω, αν και στην ουσία δεν είχε κάτι να επιφέρει μιας και η πλειονοψηφία των οδηγών δεν επιχείρησε κανένα φρενάρισμα κατά τη μεταβολή της κίνησης από την ευθυγραμμία στην καμπύλη μεγάλης ακτίνας.

4.2 Σύνδεση Πλευρικής Επιτάχυνσης & Ταχύτητας

Πράττοντας με την ίδια διαδικασία σε καθένα από τα αρχεία excel που συγκεντρώθηκαν για τον κάθε οδηγό συγκεντρώθηκαν οι τιμές πλευρικής επιτάχυνσης εντός της καμπύλης και οι ταχύτητες που συνόδευαν τις πλευρικές επιταχύνσεις αυτές. Για κάθε οδηγό το διάγραμμα που προέκυπτε δεν διέφερε σημαντικά με το Σχήμα 4.1. Έτσι οι επιμέρους τιμές συγκεντρώθηκαν και δημιούργησαν το Σχήμα 4.2.



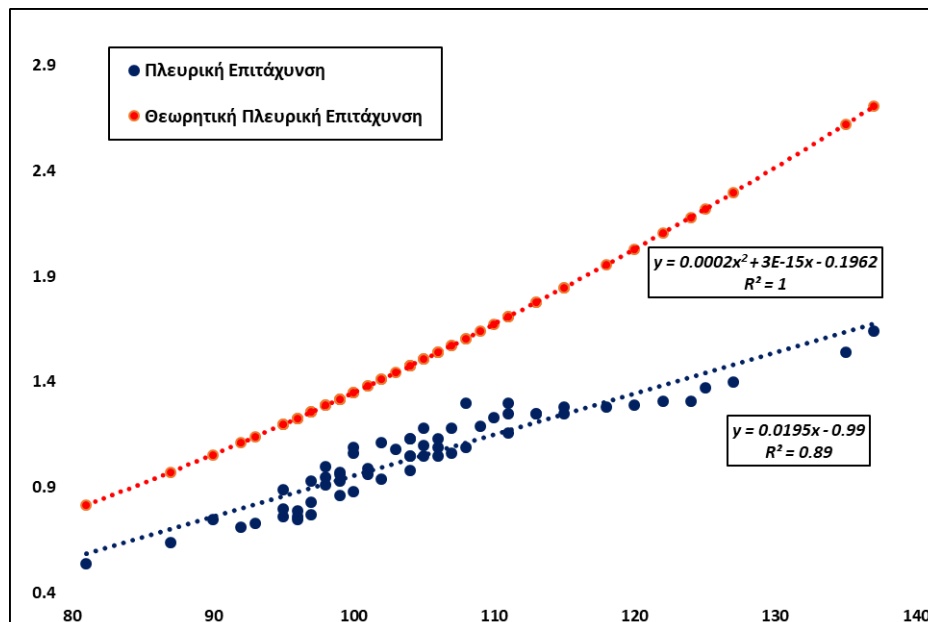
Σχήμα 4.2: Συνολική σύνδεση της πλευρικής επιτάχυνσης (άξονας Y) και της ταχύτητας κίνησης (άξονας X) στην καμπύλη με ακτίνας 500m

Από το σχήμα και τα στοιχεία του βλέπουμε πως:

- ✓ Η μέγιστη μέση τιμή πλευρικής επιτάχυνσης που μετρήθηκε ήταν 1,64 m/s²
- ✓ Η μέγιστη ταχύτητα που μετρήθηκε και αντιστοιχεί στην πλευρική επιτάχυνση αυτήν ήταν 137 km/h
- ✓ Η ελάχιστη πλευρική επιτάχυνση είχε τιμή 0,54 m/s² και αντιστοιχούσε σε ταχύτητα 81 km/h
- ✓ Η σχέση που σύνδεσε καλύτερα τα αυτά μεγέθη της δυναμικής των οχημάτων ήταν γραμμική, κάτι το οποίο ενισχύει ακολουθεί τις πρόσφατες προτάσεις στη βιβλιογραφία
- ✓ Ο συντελεστής αξιοπιστίας λαμβάνει τιμή κοντά στο 0,90, κάτι που χαρακτηρίζει αξιόπιστα τα αποτελέσματα ενός ικανοποιητικού αριθμού δειγμάτων 61 ατόμων

- ✓ Εκτός από γραμμική σχέση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και πολυωνυμική μιας και ο συντελεστής αξιοπιστίας και σε αυτή την περίπτωση ήταν κοντά στο 0,90 αλλά μικρότερος από τον αντίστοιχο για την γραμμική σχέση
- ✓ Παρότι η ταχύτητα και η πλευρική επιτάχυνση συνδέονται με την επίκλιση και την ακτίνα μέσω πολυωνυμικής σχέσης δευτέρου βαθμού, η μεταξύ τους σχέση φαίνεται πως είναι γραμμική τουλάχιστον όσον αφορά την καμπύλη ακτίνας 500 m και ίσως καμπύλες με μεγάλες ακτίνες
- ✓ Οι ταχύτητες διάσχισης της καμπύλης είναι έντονα εμφανιζόμενες στο διάστημα μεταξύ 95 και 110 km/h

Αφού η πρώτη σύνδεση των μεγεθών αυτών πραγματοποιήθηκε το ενδιαφέρον συγκεντρώθηκε στη σύνδεση της πλευρικής επιτάχυνσης των μετρήσεων με τη θεωρητική τιμή της που ορίζει η παγκόσμια εξίσωση κίνησης, όπως την αναλύσαμε στο κεφάλαιο της βιβλιογραφίας και την αναφέραμε και προηγουμένως συνοπτικά. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε και ένα συγκεντρωτικό σχήμα που περιέχει δύο ξεχωριστά γραφήματα. Το πρώτο είναι ίδιο με αυτό στο Σχήμα 4.2 και το δεύτερο χρησιμοποιεί την ταχύτητα κίνησης εντός της καμπύλης, την ακτίνα της καμπύλης (500 m) την επίκλιση στο συγκεκριμένο τμήμα (εκτιμήθηκε 2,5%) για να προκύψει η θεωρητική πλευρική επιτάχυνση.



Σχήμα 4.3: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης με την ίδια ταχύτητα

Από το Σχήμα 4.3 συμπεραίνουμε πως:

- ✓ Η θεωρητική πλευρική επιτάχυνση είναι σοβαρά μεγαλύτερη από την μετρημένη πλευρική επιτάχυνση στη διάρκεια της διερεύνησης αυτής
- ✓ Η διαφορά φαίνεται να ανοίγει με την αύξηση της ταχύτητας διάσχισης της καμπύλης από τους οδηγούς
- ✓ Τα προηγούμενα δύο συμπεράσματα δεν οδηγούν στο συμπέρασμα πως υπάρχει σφάλμα στις μετρήσεις μας.
- ✓ Αντιθέτως ανοίγουν ξανά μια συζήτηση που έχει ξαναγίνει και στα τελικά συμπεράσματα ερευνών προηγούμενων ετών. Η πλευρική επιτάχυνση που φτάνει στο όχημα και καταγράφεται από το VERICOM είναι χαμηλότερη από αυτή που αντιστοιχεί στην ταχύτητα διέλευσης. Η παρατήρηση αυτή θα γίνει αφορμή για επιπλέον ανάλυση.

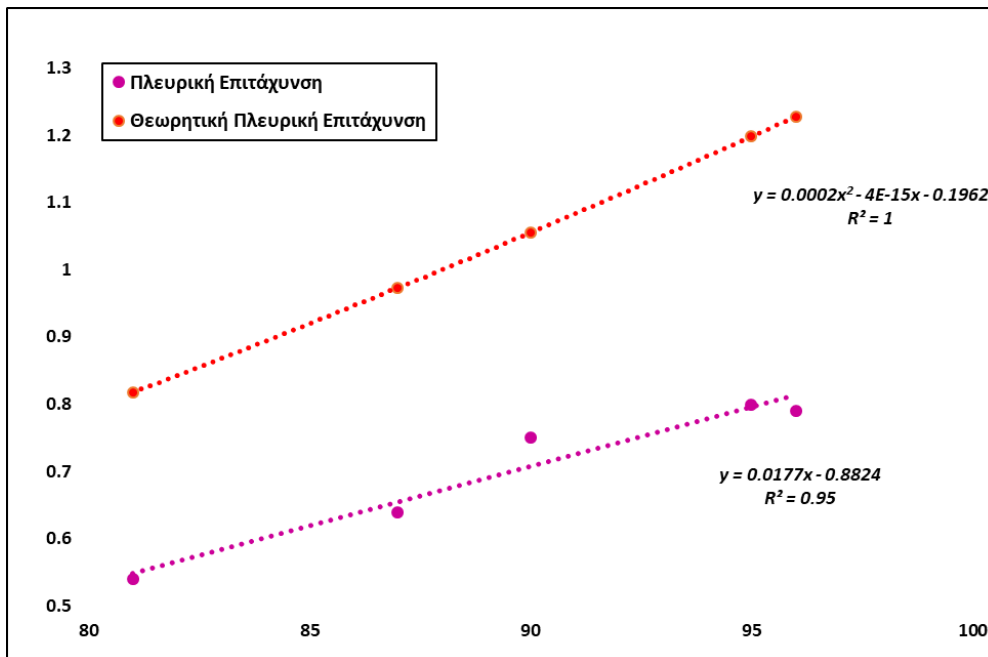
- ✓ Η σχέση που χρησιμοποιήθηκε ήταν προφανώς πολυωνυμικής μορφής όπως και είναι λογικό αφού διατηρεί τη μορφή της παγκόσμιας εξίσωσης κίνησης και τα μεγέθη που συνδέει
- ✓ Προφανώς η γραμμή τάσης, η εξίσωση και ο συντελεστής αξιοπιστίας είναι τυπικά στο σχήμα, αφού η τιμή της πλευρικής επιτάχυνσης έχει προκύψει από όλα τα συνδεόμενα μεγέθη και ο συντελεστής θα είναι πάντα 1
- ✓ Σημεία που η ταχύτητα είναι ίδια αλληλοκαλύπτονται στο σχήμα

4.2.1 Σύνδεση της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης με βάση τον τύπο οχήματος

Η σημαντική διαφορά ανάμεσα σε θεωρητική πλευρική επιτάχυνση και μετρημένη πλευρική επιτάχυνση οδηγεί στο συμπέρασμα πως τα οχήματα απορροφούν ένα τμήμα της πλευρικής επιτάχυνσης κατά τη μεταφορά της τριβής από το ελαστικό στο ίδιο το όχημα. Η ουσία όμως είναι να δούμε τι συνεπάγεται αυτό για το ίδιο το όχημα και συγκεκριμένα για τον τύπο του οχήματος.

Οχήματα Micro:

Έτσι αποφασίστηκε τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν να διαχωριστούν με βάση τον τύπο του οχήματος και να παρουσιαστούν σε ξεχωριστά διαγράμματα.



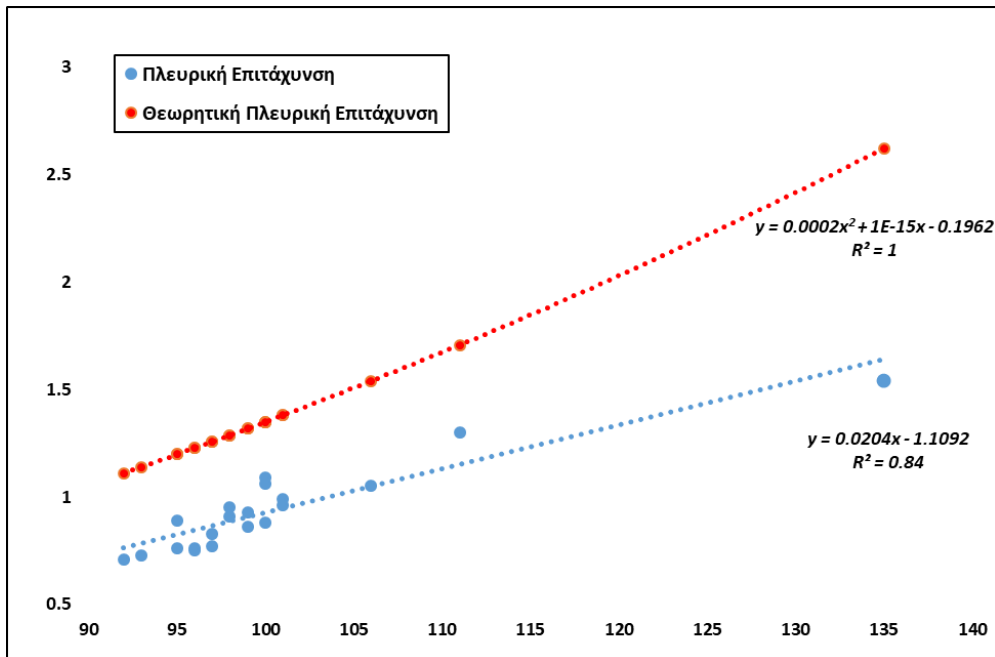
Σχήμα 4.4: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου Micro

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά στα Micro οχήματα είναι από 0,25 ως 0,45 m/s² για την ελάχιστη και τη μέγιστη μετρημένη ταχύτητα.
- ✓ Οι τιμές πλευρικής επιτάχυνσης και ταχύτητας εμφανίζουν διασπορά ως προς το κάθε μέγεθος ξεχωριστά.
- ✓ Η μέγιστη τιμή είναι περί των 0,75 m/s² για την κατηγορία αυτή.
- ✓ Ο συντελεστής αξιοπιστίας για τη σύνδεση των μεγεθών είναι πολύ ψηλός και μάλιστα μεγαλύτερος από τον γενικό που αφορούσε τη συγκεντρωτική σύνδεση στο Σχήμα 4.2 και 4.3
- ✓ Βέβαια το μέγεθος του δείγματος για τους οδηγούς που χρησιμοποίησαν όχημα Micro είναι μικρό και περιορίζεται στους 5.

- ✓ Η γραμμική εξίσωση ήταν εξίσου αξιόπιστη με τη πολυωνυμική δευτέρου βαθμού όπως και στα προηγούμενα σχήματα.

Οχήματα Hatchback:

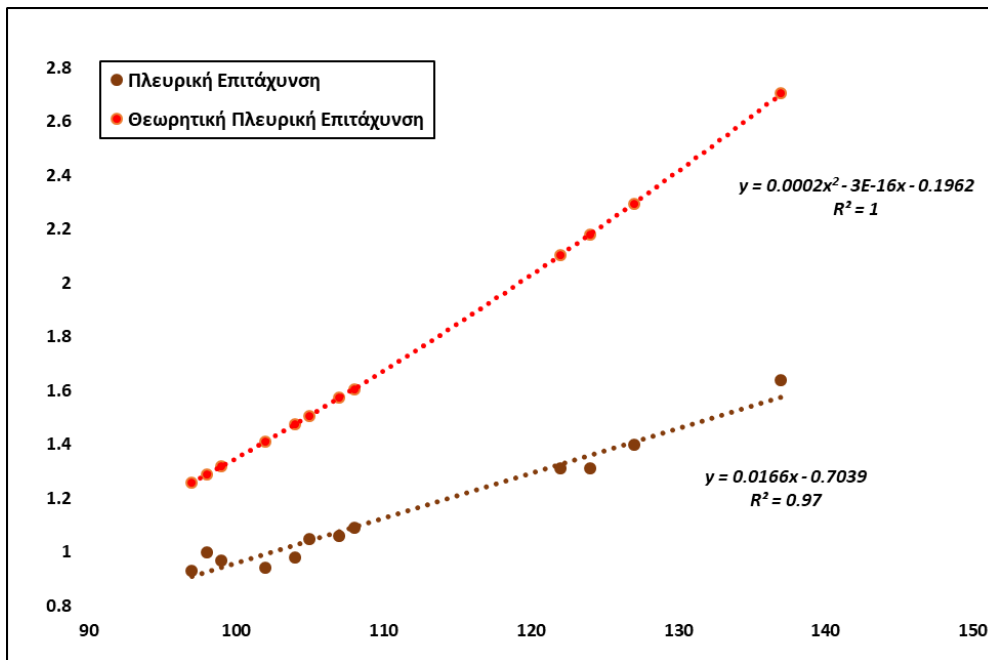


Σχήμα 4.5: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου Hatchback

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά στα Hatchback οχήματα είναι από 0,40 ως 1,10 m/s² όσον αφορά την ελάχιστη και τη μέγιστη μετρημένη ταχύτητα.
- ✓ Οι τιμές της πλευρικής επιτάχυνσης στο μεγαλύτερο ποσοστό δεν υπερβαίνουν την τιμή 1 m/s² και την ταχύτητα των 100 km/h.
- ✓ Η τιμή των 2,62 m/s² σε συνδυασμό με την ταχύτητα των 135 km/h είναι μια σημαντική εξαίρεση στον κανόνα που φαίνεται να χαρακτηρίζει τους οδηγούς αυτού του τύπου οχήματος.
- ✓ Ο συντελεστής αξιοπιστίας που χαρακτηρίζει τη σχέση πλευρικής επιτάχυνσης και ταχύτητας είναι ικανοποιητικός, αν και είναι μικρότερος από τον γενικό που αφορούσε τα Σχήματα 4.2 και 4.3.
- ✓ Το μέγεθος του δείγματος για τους οδηγούς που χρησιμοποίησαν όχημα Hatchback ήταν και το ψηλότερο, αφού 18 οδηγοί με το δικό τους όχημα ή με άλλου οδηγού διέσχισαν την καθορισμένη διαδρομή.
- ✓ Και σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί πολυωνυμική εξίσωση χωρίς κραυγαλέα μεταβολή του δείκτη αξιοπιστίας.

Οχήματα Sedan:

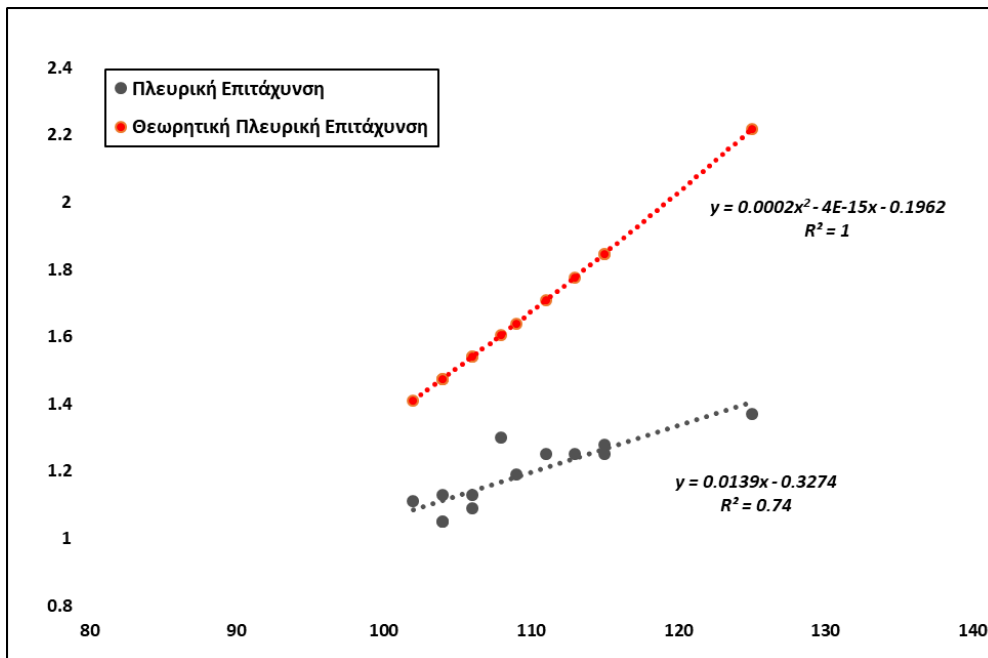


Σχήμα 4.6: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου Sedan

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά στα Sedan οχήματα είναι από 0,30 ως 1 m/s² όσον αφορά την ελάχιστη και τη μέγιστη μετρημένη ταχύτητα.
- ✓ Οι τιμές της πλευρικής επιτάχυνσης εμφανίζουν μεγαλύτερη μεταβλητή σχέση από ότι οι προηγούμενες δύο κατηγορίες.
- ✓ Στο μεγαλύτερο ποσοστό συγκεντρώνονται κοντά την τιμή 1,1 m/s² και σε ταχύτητα που δεν υπερβαίνει τα 110 km/h.
- ✓ Η δεύτερη ομαδοποίηση γίνεται μεταξύ των τιμών 1,20 και 1,35 m/s² και ταχύτητες μεταξύ 120 και 130 km/h.
- ✓ Ο συντελεστής αξιοπιστίας που χαρακτηρίζει τη σχέση πλευρικής επιτάχυνσης και ταχύτητας είναι ο μεγαλύτερος όλων των τμηματικών σχέσεων, αισθητά μεγαλύτερος και από τον γενικό που αφορούσε τα Σχήματα 4.2 και 4.3. Τα Sedan οχήματα φαίνεται να ανταποκρίνονται με ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις σε σχέση με τα οχήματα μικρότερου μεγέθους.
- ✓ Το μέγεθος του δείγματος για τους οδηγούς που χρησιμοποίησαν όχημα Sedan ήταν 12 και αφορούσε οδηγούς με δικό τους όχημα ή που χρησιμοποίησαν τον συγκεκριμένο τύπο στις μετρήσεις.
- ✓ Η γραμμική σχέση δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, με διαφορά που παρατηρείται σε σχέση με τις πολυωνυμικές εξισώσεις.

Οχήματα SUV:

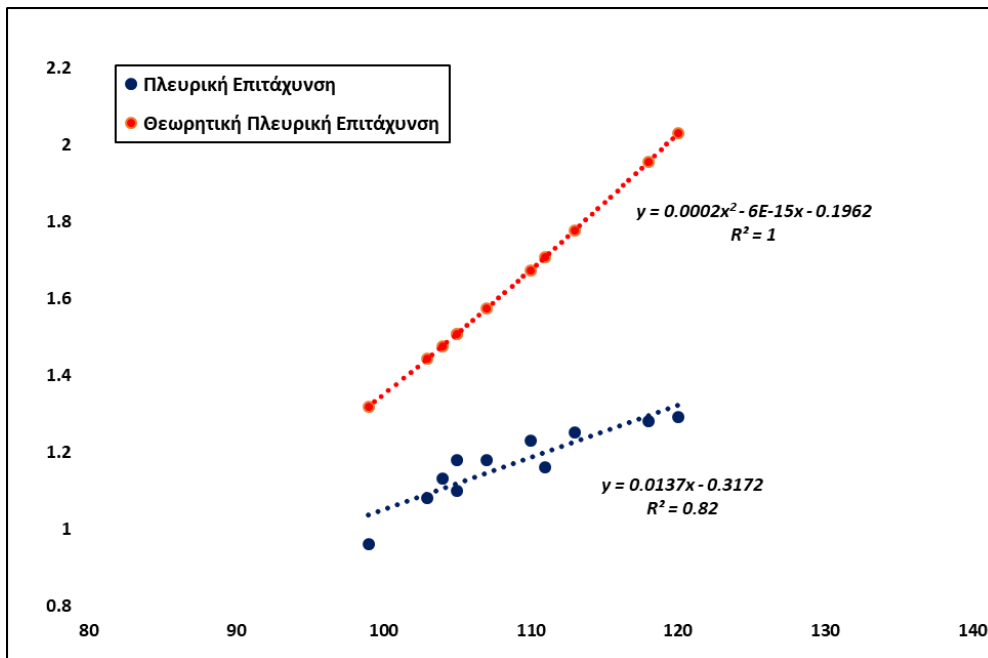


Σχήμα 4.7: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου SUV

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά στα SUV οχήματα είναι από 0,40 ως 0,85 m/s² όσον αφορά την ελάχιστη και τη μέγιστη μετρημένη ταχύτητα.
- ✓ Η πλευρική επιτάχυνση εμφανίζει μεταβλητή σχέση ομοιόμορφη μέχρι την ταχύτητα των 115 km/h και τιμές που δεν υπερβαίνουν τα 1,20 m/s².
- ✓ Η τιμή των 1,37 m/s² και ταχύτητα που υπολογίζεται στα 125 km/h φαίνεται πως είναι εξαίρεση στον γενικότερο κανόνα που χαρακτηρίζει τις κινήσεις των οχημάτων της κατηγορίας αυτής.
- ✓ Ο συντελεστής αξιοπιστίας που χαρακτηρίζει τη σχέση πλευρικής επιτάχυνσης και ταχύτητας είναι ο μικρότερος όλων των τμηματικών σχέσεων, σημαντικά μικρότερος και από τον γενικό που αφορούσε τα Σχήματα 4.2 και 4.3.
- ✓ Αυτό βέβαια δεν λέει κάτι από μόνο του, γιατί στην πράξη μια τιμή είναι που βγαίνει εκτός της γραμμικής σχέσης κατά πολύ και συνεπώς μειώνει σημαντικά τον δείκτη με βάση το μέγεθος του δείγματος.
- ✓ Το παραπάνω (μέγεθος δείγματος) για τους οδηγούς που χρησιμοποίησαν όχημα SUV ήταν 13 και αφορούσε οδηγούς με δικό τους όχημα ή που χρησιμοποίησαν τον συγκεκριμένο τύπο στις μετρήσεις.
- ✓ Μια πολυωνυμική σχέση δευτέρου βαθμού θα διόρθωνε το πρόβλημα με τον δείκτη αξιοπιστίας, γιατί θα συμπεριλάμβανε στην καμπυλότητα της και την τιμή που ξεφεύγει αρκετά από τη γραμμική σχέση.

Οχήματα MPV:



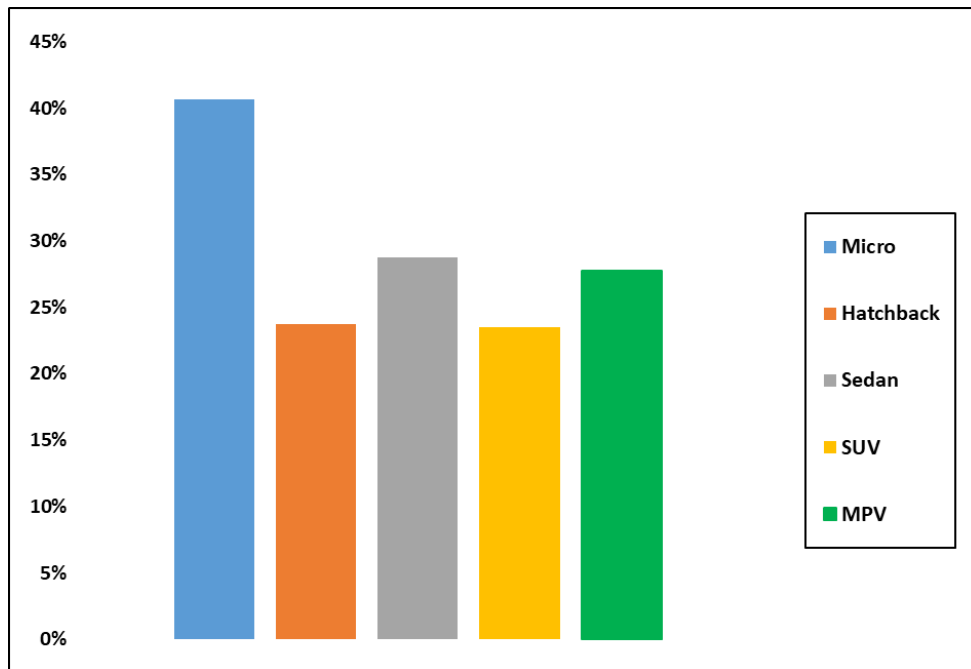
Σχήμα 4.8: Ενιαίο γράφημα παρουσίασης της τιμής της θεωρητικής πλευρικής επιτάχυνσης και της μετρημένης για οχήματα τύπου MPV

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά στα MPV οχήματα είναι από 0,40 ως 0,80 m/s² όσον αφορά την ελάχιστη και τη μέγιστη μετρημένη ταχύτητα.
- ✓ Η πλευρική επιτάχυνση εμφανίζει μεταβλητή σχέση ομοιόμορφη στο σύνολο των μετρημένων ταχυτήτων.
- ✓ Η τιμή των 0,90 m/s² για ταχύτητα μικρότερη των 100 km/h απομακρύνεται από την ομοιόμορφη ροή που σχηματίζει αυτό το μοντέλο με βάση την γραμμική σχέση σύνδεσης των μεγεθών.
- ✓ Ο συντελεστής αξιοπιστίας που χαρακτηρίζει τη σχέση πλευρικής επιτάχυνσης και ταχύτητας είναι ο δεύτερος μικρότερος σε σύγκριση με όλων των τμηματικών σχέσεων και ήπια μικρότερος σε σχέση με τον υπολογισμένο όσον αφορά τα Σχήματα 4.2 και 4.3.
- ✓ Το παραπάνω (μέγεθος δείγματος) για τους οδηγούς που χρησιμοποίησαν όχημα SUV ήταν 11 και αφορούσε οδηγούς με δικό τους όχημα ή που χρησιμοποίησαν τον συγκεκριμένο τύπο στις μετρήσεις.
- ✓ Μια πολυωνυμική σχέση δευτέρου βαθμού δεν θα μπορούσε να διορθώσει τον δείκτη αξιοπιστίας με βάση τη δομή του διαγράμματος και τη θέση της αποκλίνουσας τιμής από το καθορισμένο τμήμα επίδρασης.

Τα παραπάνω διαγράμματα έθεσαν επί τάπητος το ζήτημα της απορρόφησης ενός μέρους της πλευρικής επιτάχυνσης από το σύστημα κίνησης των τροχών πριν η τριβή των ελαστικών γίνει αισθητή στο όχημα. Τα διαγράμματα που ακολουθούν θα στοχεύσουν περισσότερο στην κατανομή της απορρόφησης με βάση τον τύπο οχήματος και θα αποτελέσουν την συνέχεια των προηγούμενων διαγραμμάτων.

Η αρχή θα γίνει με το διάγραμμα που αναδεικνύει τα ελάχιστα ποσοστά απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης σε συνάρτηση με τον τύπο οχήματος που εξετάστηκε στο σύνολο της έρευνας αυτής.

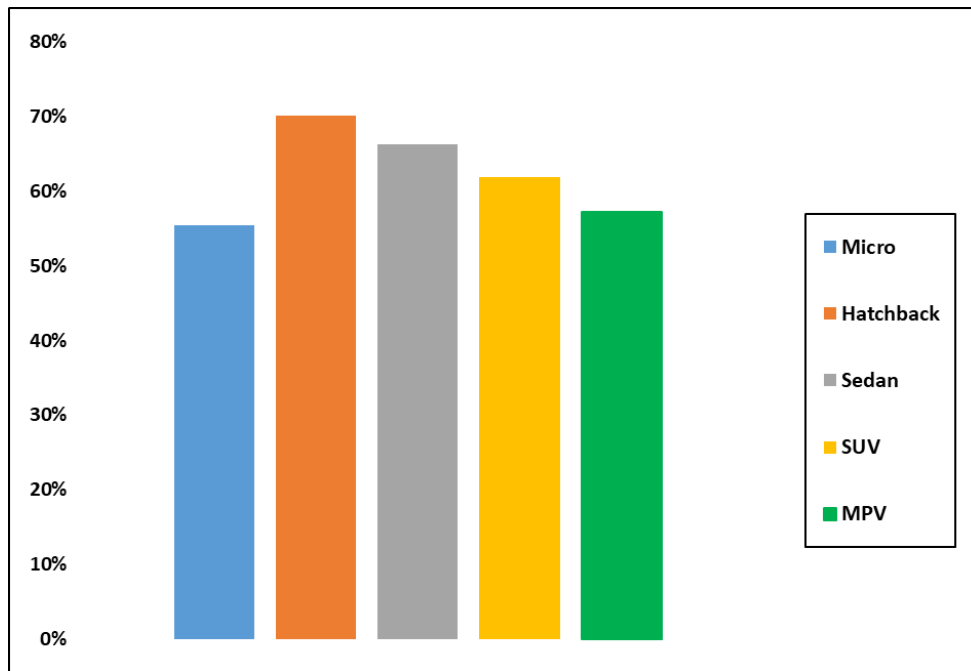


Σχήμα 4.9: Ελάχιστα ποσοστά απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης ανά τύπο οχήματος

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Τα Micro οχήματα ως ελάχιστη τιμή απορρόφησης δέχονται την τιμή 40%, μια πραγματικά πολύ υψηλή τιμή.
- ✓ Τα Hatchback οχήματα καταλαμβάνουν μια τιμή κοντά στο 24%, η μικρότερη από τις ελάχιστες μαζί με αυτή που αναφέρεται στα SUV οχήματα.
- ✓ Τα Sedan οχήματα κατέχουν την δεύτερη μεγαλύτερη από τις ελάχιστες τιμές απορρόφησης (29%)
- ✓ Τα MPV οχήματα έχουν την τρίτη υψηλότερη από τις ελάχιστες τιμές, με ποσοστό 28%.
- ✓ Οι τιμές με κριτήριο την ελάχιστη είναι σε λογικά πλαίσια, με εξαίρεση πιθανότατα αυτή που αντιστοιχεί στα Micro οχήματα. Η τιμή είναι αρκετά υψηλή, κάτι το οποίο πιθανώς οφείλεται στο μικρό δείγμα που έχει παρθεί για την ομάδα αυτή.

Μετά το διάγραμμα των ελαχίστων ποσοστών απορρόφησης ακολουθεί το διάγραμμα των μέγιστων ποσοστών.



Σχήμα 4.10: Μέγιστα ποσοστά απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης ανά τύπο οχήματος

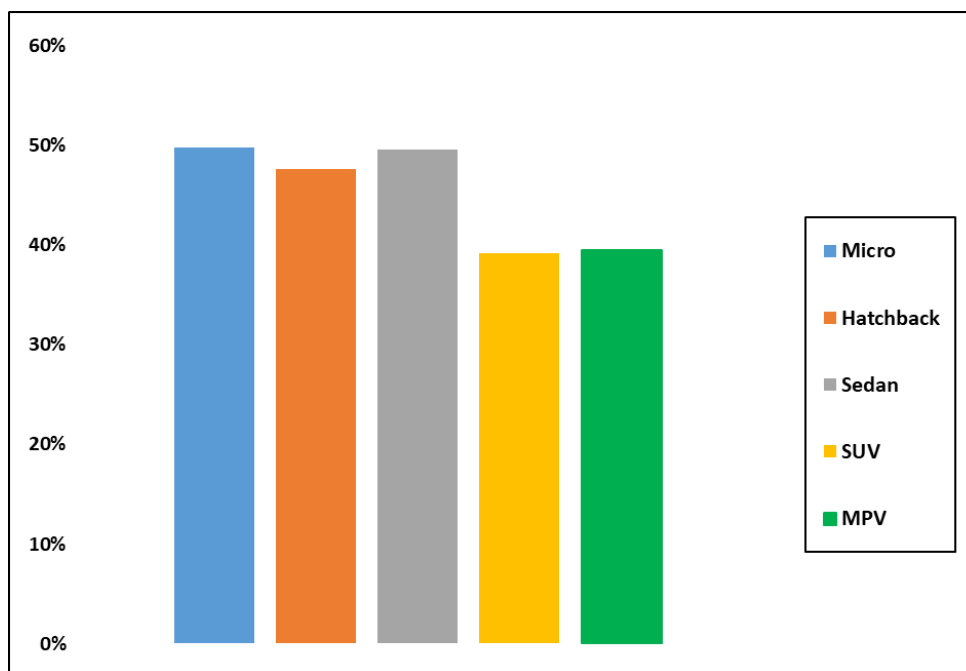
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Τα Micro οχήματα σε αυτή την ανάλυση βρίσκονται να έχουν το χαμηλότερο από τα μέγιστα ποσοστά απορρόφησης πλευρικής επιτάχυνσης αφού η τιμή του περιορίζεται στο 55%.
- ✓ Τα Hatchback οχήματα που στην κατηγοριοποίηση του ελάχιστου ποσοστού απορρόφησης έλαβαν την τελευταία θέση, τώρα στην ανάλυση του μέγιστου ποσοστού καταλαμβάνουν την πρώτη με τιμή 70%.
- ✓ Τα Sedan οχήματα κατέχουν την δεύτερη μεγαλύτερη από τις μέγιστες τιμές απορρόφησης με τιμή 66%. Αξιοσημείωτο είναι πως τα Sedan οχήματα βρίσκονται και σε αυτή την κατηγορία στην δεύτερη θέση, κάτι που παρατηρήθηκε και στην ανάλυση των ελάχιστων ποσοστών.
- ✓ Τα SUV οχήματα βρίσκονται στην τρίτη θέση με τα συγκεκριμένα ποσοστά, έχοντας τιμή 62%.
- ✓ Τα MPV οχήματα ακολουθούν με ποσοστό 57%.
- ✓ Οι τιμές με κριτήριο την μέγιστη απορρόφηση της πλευρικής επιτάχυνσης διαφοροποίησαν τα δεδομένα σε σχέση με αυτά που προέκυψαν έχοντας ως κριτήριο την ελάχιστη. Οι τιμές φαίνονται λογικές, ενώ το μικρό δείγμα των Micro οχημάτων είναι ίσως το κριτήριο που τα καθιστά στην τελευταία θέση με εμφανή διαφορά από τις μέγιστες τιμές των υπόλοιπων κατηγοριών.

Κι αν οι προηγούμενες δύο αναλύσεις έδειξαν ενδιαφέροντα στοιχεία, η επόμενη είναι η πιο ενδιαφέρουσα και ουσιώδης. Το ελάχιστο και το μέγιστο ποσοστό απορρόφησης μπορεί να δείξει πολλά στοιχεία ή και καθόλου. Αυτό συμβαίνει γιατί υπό την πρώτη συνθήκη ακολουθεί την τάση των οχημάτων αυτών αλλά υπό την δεύτερη συνθήκη αφορά οριακές τιμές που μπορούν να οφείλονται σε μεμονωμένους οδηγούς.

Σε κάθε περίπτωση τα διαγράμματα 4.3 έως 4.8 επιβεβαίωσαν την τελευταία πρόταση, γιατί είδαμε πως μία τιμή ξέφυγε από τη σχέση σύνδεσης κυρίως στη μέγιστη τιμή ταχύτητας αλλά και στην ελάχιστη σε ορισμένες περιπτώσεις. Το Σχήμα 4.11 έρχεται να παίξει ρόλο καταλύτη στις αμφιβολίες που μπορούν να δημιουργηθούν από τα Σχήματα 4.9 και 4.10 και να οριστικοποιήσει τα συμπεράσματα γύρω από το ποσοστό

απορρόφησης με βάση τον τύπο οχήματος. Η σχέση που περιγράφει είναι μεταξύ του μέσου ποσοστού απορρόφησης και του τύπου οχήματος για όλα τα οχήματα που έλαβαν μέρος στην έρευνα αυτή.



Σχήμα 4.11: Μέσα ποσοστά απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης ανά τύπο οχήματος

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Τα Micro οχήματα κατέχουν τελικά το μεγαλύτερο ποσοστό απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης, μαζί με τα Sedan. Η τιμή του είναι 50% και είναι αρκετά υψηλό αν αναλογιστεί κανείς πως σε αυτούς τους τύπους οχημάτων η μισή τριβή που δημιουργείται μεταξύ οδοστρώματος και ελαστικών δεν φτάνει ποτέ στο ίδιο το όχημα και τον οδηγό του.
- ✓ Τα Hatchback οχήματα είναι στη δεύτερη θέση με μέσο ποσοστό 48%, πολύ κοντά στο μέγιστο ποσοστό που αναφέραμε παραπάνω, επιβεβαιώνοντας πως το μικρότερο ποσοστό στην ανάλυση της ελάχιστης απορρόφησης ήταν μεμονωμένη περίπτωση και δεν ανταποκρινόταν στην πραγματική απορρόφηση που προσφέρουν τα οχήματα αυτής της μορφής.
- ✓ Τα MPV οχήματα κατέχουν ποσοστό της τάξης του 40%. Το ποσοστό αυτό είναι επίσης υψηλό αν σκεφτεί κανείς πως τα οχήματα αυτά έχουν μεγάλο ύψος για επιβατικό όχημα και ότι οι οδηγοί τους τείνουν να αναπτύξουν υψηλές ταχύτητες όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.
- ✓ Τελευταία στην κατηγορία είναι τα SUV οχήματα με ποσοστό 39%. Όπως και για τα MPV, το ποσοστό των SUV είναι αρκετά υψηλό αφού συνήθως είναι τα ψηλότερα επιβατικά οχήματα και εκτός αυτού και οι οδηγοί των οχημάτων αυτού του τύπου κινούνται σε υψηλές ταχύτητες κατά τη διάσχιση των οδικών τμημάτων. Το συμπέρασμα αυτό θα εξακριβωθεί και στη συνέχεια.
- ✓ Τα συμπεράσματα που βγήκαν από αυτό το γράφημα είναι αρκετά λογικά και ακολουθούν ένα συγκεκριμένο τύπο. Αυτός αναφέρεται στο κέντρο βάρους του οχήματος. Τα οχήματα τύπου micro είναι χαμηλά οχήματα, όπως και τα sedan. Η διαφορά τους είναι το μήκος τους. Τα Sedan είναι κατά πολύ μακρύτερα από τα Micro. Ωστόσο το κέντρο βάρους των τύπων αυτών είναι αρκετά χαμηλά, γεγονός που φαίνεται να είναι καθοριστικό στην απορρόφηση της πλευρικής επιτάχυνσης. Το ίδιο

συμπέρασμα ισχύει και για τα Hatchback οχήματα, κάποια εκ των οποίων είναι συνήθως ανεπαίσθητα ψηλότερα από τα Micro και τα Sedan, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται ανάμεσα στις δύο αυτές κατηγορίες.

- ✓ Το κέντρο βάρους λειτουργεί αποτελεσματικά ως παράγοντας επιρροής και στα μακριά, αλλά πολύ ψηλότερα οχήματα. Αυτά είναι τα MPV και τα SUV για τα οποία είδαμε πως το ποσοστό απορρόφησης ήταν αισθητά μικρότερο σε σχέση με τις προηγούμενες κατηγορίες. Το κέντρο βάρους σε αυτά τα οχήματα είναι ψηλότερο, επομένως η αίσθηση στον οδηγό είναι διαφορετική μιας και η πλευρική επιτάχυνση δεν απορροφάται αποτελεσματικά.

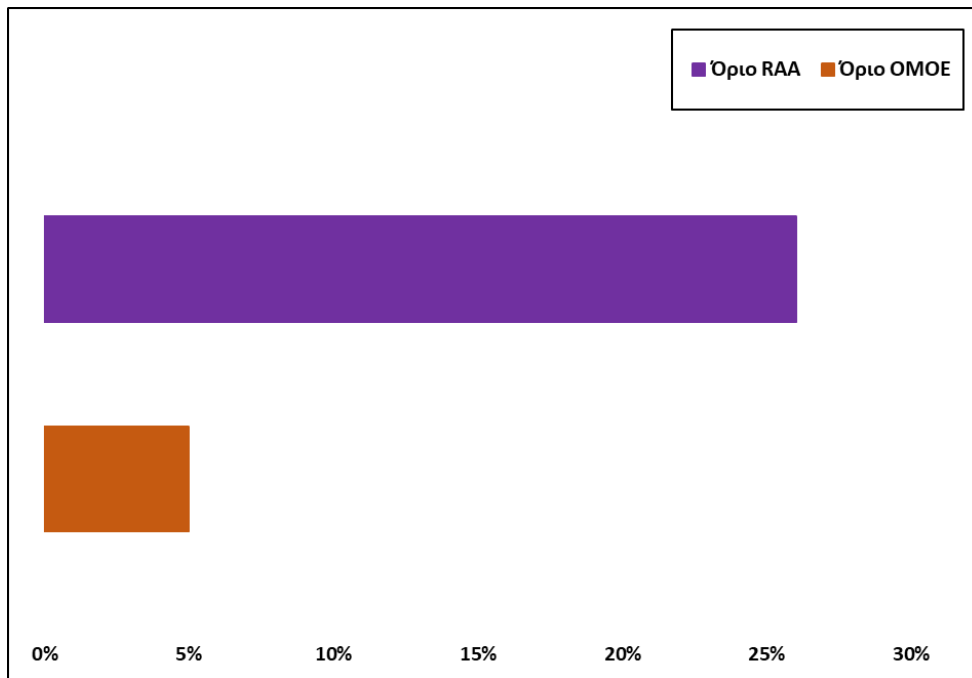
4.3 Υπέρβαση Οριακών Τιμών Πλευρικής Επιτάχυνσης

Στο 2^ο κεφάλαιο αναφέρθηκαν ορισμένες τιμές πλευρικής επιτάχυνσης που έχουν κατά καιρούς οριστεί ως οι καταλληλότερες για να περιγράψουν την άνεση και την ασφάλεια των επιβατών αλλά και την ευστάθεια του ίδιου του οχήματος. Άλλες έρευνες έχουν συνδέσει την πλευρική επιτάχυνση με την ακτίνα της καμπύλης ακολουθώντας το μοτίβο της παγκόσμιας εξίσωσης κίνησης.

Στόχος του συγκεκριμένου τμήματος της έρευνας είναι να μπορέσουμε να διαπιστώσουμε τι είναι καλύτερο όσον αφορά τις μεθοδολογίες που έχουν προταθεί από τη βιβλιογραφία στο σύνολο των ετών. Τα όρια που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα προερχόμενα από τους McGee et al., Felipe και Levinson, ενώ το μοντέλο που συνδυάζει και την ακτίνα θα είναι του De Jong. Από τη μεριά των οδηγίων γεωμετρικού σχεδιασμού θα χρησιμοποιηθούν οι οριακές τιμές που προκύπτουν για ακτίνα 500m από τις OMOE και RAA.

Αναφορικά με τα όρια των McGee et al. δεν διαφαίνεται καμία υπέρβαση. Η μέγιστη τιμή πλευρικής επιτάχυνσης που έχει μετρηθεί από την έρευνα αυτή είναι σημαντικά μικρότερη από την ελάχιστη των McGee et al. Συγκεκριμένα από την έρευνα αυτή προέκυψε ως μέγιστη τιμή η $1,64 \text{ m/s}^2$, ενώ η ελάχιστη για τη συγκεκριμένη βιβλιογραφία ήταν $1,96 \text{ m/s}^2$.

Αναφορικά με την οριακή τιμή που δόθηκε από τον Felipe για την άνεση και των Levinson για την ασφάλεια ($3,92 \text{ m/s}^2$), προφανώς δεν υπερέβη σε καμία περίπτωση μιας και είναι μεγαλύτερη από την τιμή άνεσης των McGee et al. Άρα η μελέτη θα συγκεντρωθεί γύρω από τις οριακές τιμές που δίνουν τα στοιχεία των OMOE και RAA και του μοντέλου του De Jong. Το Σχήμα 4.12 και ο Πίνακας 4.1 αντικατοπτρίζουν τα ποσοστά υπέρβασης αυτών των ορίων. Βέβαια είναι κομβικό να αναφερθεί πως σύμφωνα με τη σχέση σύνδεσης της ταχύτητας και της πλευρικής επιτάχυνσης από τις οδηγίες OMOE και την παγκόσμια εξίσωση κίνησης η οριακή τιμή για τις OMOE είναι $1,38 \text{ m/s}^2$ και για τις RAA $1,20 \text{ m/s}^2$.



Σχήμα 4.12: Ποσοστά υπέρβασης των ορίων ΟΜΟΕ και RAA για την πλευρική επιτάχυνση

Πίνακας 4.1: Ποσοστά υπέρβασης των ορίων ΟΜΟΕ και RAA για την πλευρική επιτάχυνση

Οδηγίες Σχεδιασμού	Ποσοστό Υπέρβασης
ΟΜΟΕ	5%
RAA	26%

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό, αλλά και τις οριακές τιμές που συζητήθηκαν παραπάνω είναι:

- ✓ Οι οριακές τιμές που προέκυψαν από τις οδηγίες σχεδιασμού οδών είναι από μόνες τους χαμηλές. Τόσο χαμηλές μάλιστα που έχουν μεγάλη απόσταση από την τιμή που βιβλιογραφικά καθορίζει την άνεση εδώ και αρκετές δεκαετίες.
- ✓ Τα ποσοστά υπέρβασης στην περίπτωση των ΟΜΟΕ είναι χαμηλά, με μέσο ποσοστό υπέρβασης το 5%. Αυτό υποδεικνύει πως οι οδηγοί θεώρησαν ως όριο ασφάλειας μία πολύ χαμηλότερη τιμή από την $1,38 \text{ m/s}^2$ και σίγουρα ως άνεσης μία ακόμη χαμηλότερη.
- ✓ Τα ποσοστά για τις RAA είναι 5 φορές μεγαλύτερα και γενικά καταλαμβάνουν μία μέση τιμή. Δεν μπορούν να θεωρηθούν πολύ υψηλά αλλά δεν μπορούν και να αγνοηθούν από την έρευνα.
- ✓ Οι οριακές τιμές από μόνες τους δεν φαίνεται να λένε πάντα την αλήθεια. Οι τιμές που προέκυψαν από τους ερευνητές δεν αμφισβητούνται αλλά φαίνεται να έχουν μειονέκτημα όταν πρόκειται για μεγάλες ακτίνες. Η ακτίνα των 500 m είναι μεγάλη ακτίνα που στο μάτι του οδηγού μοιάζει και με ευθυγραμμία κάποιες φορές. Αυτό δεν σημαίνει πως δεν είναι ακτίνα όμως, ειδικά από τη στιγμή που δρα πλευρική επιτάχυνση στο τμήμα αυτό. Άρα οι μεμονωμένες τιμές δεν φαίνεται να μπορούν να περιγράψουν τις μεγάλες ακτίνες και να δώσουν ασφαλή συμπεράσματα άνεσης και ασφάλειας.
- ✓ Οι οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού χαρακτηρίζονται από μια γενικότερη συντηρητικότητα τα τελευταία χρόνια. Αυτό και μόνο δείχνει πως οι καμπύλες με μεγάλες ακτίνες πρέπει σίγουρα να αντιμετωπίζονται με βάση τον παράγοντα της

ακτίνας όσον αφορά την πλευρική επιτάχυνση. Τα χαμηλά ποσοστά υπέρβασης (κυρίως των ΟΜΟΕ) συνηγορούν στο παραπάνω συμπέρασμα. Η τιμή της πλευρικής επιτάχυνσης φθίνει με την ακτίνα και μάλιστα φαίνεται στις μεγάλες ακτίνες να εξομαλύνεται μεταξύ των μεγάλων τιμών ακτινών.

Μετά από αυτές τις παρατηρήσεις θα ήταν ωφέλιμο να δούμε του De Jong τα δύο μοντέλα για την πρόβλεψη της πλευρικής επιτάχυνσης σε σχέση με την ακτίνα της καμπύλης. Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει ιδιαίτερη βαρύτητα αφού αναφέρεται σε ράμπες ανταλλαγής, αν και έχει χαρακτηριστεί από την επιθετική οδική συμπεριφορά των οδηγών που έλαβαν μέρος λόγω των αυξημένων ταχυτήτων κίνησης.

Τα δύο μοντέλα έχουν παρόμοια σύσταση και μορφή, το πρώτο (εφαρμογή κινητού τηλεφώνου) για ακτίνα 500m έδωσε τιμή πλευρικής επιτάχυνσης $1,70 \text{ m/s}^2$ και το δεύτερο (μετρήσεις μέσω κάμερας ελικοπτέρου) έδωσε τιμή $1,61 \text{ m/s}^2$. Το πρώτο δεν υπερβαίνεται από καμία τιμή πλευρικής επιτάχυνσης, ενώ το δεύτερο υπερβαίνεται μόνο από τη μέγιστη και συνολικά σε ποσοστό 1,6%.

Από αυτά βλέπουμε λοιπόν πως τα μοντέλα αυτά αν και λαμβάνουν υπόψιν τον παράγοντα ταχύτητας δεν εκτιμούν την πλευρική επιτάχυνση με ακρίβεια, αφού τα ποσοστά υπέρβασης των τιμών του μοντέλου με βάση τις μετρήσεις είναι στην πράξη μηδενικά. Παρόλα αυτά οι προκύπτουσες τιμές είναι αισθητά πιο κοντά στις μετρήσεις σε σχέση με τις τιμές που ορίζουν ως αυτούσιες τα άλλα βιβλιογραφικά στοιχεία. Αυτό και μόνο ενισχύει τον παράγοντα της ακτίνας και πόσο μάλλον για ένα μοντέλο που υπενθυμίζεται πως έχει χαρακτηριστεί από επιθετική οδική συμπεριφορά και πολύ υψηλές ταχύτητες κίνησης.

Για να ακολουθηθούν τα πρότυπα που ορίζει η βιβλιογραφία, επιλέχθηκε η πλευρική επιτάχυνση να αναλυθεί σε 3 υποπεριπτώσεις. Αυτές ήταν:

- ✓ Η πλευρική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην τιμή του 15% των οδηγών θέτοντας τις τιμές με αύξουσα σειρά.
- ✓ Η πλευρική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στο 50% σύμφωνα με την πρώτη περίπτωση.
- ✓ Η πλευρική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στο 85% σύμφωνα με την πρώτη περίπτωση.

Οι τιμές που βρέθηκαν να αντιστοιχούν στις πλευρικές αυτές επιταχύνσεις ήταν:

Πίνακας 4.2: Χαρακτηριστικές τιμές πλευρικής επιτάχυνσης στην καμπύλη της ράμπας με ακτίνα 500m

Κατηγορία	Τιμή (m/s^2)
15%	0,77
50%	1,10
85%	1,28

Αν χρησιμοποιήσουμε τις συγκεκριμένες τιμές για την σύγκριση με τις οριακές τιμές θα παρατηρηθεί πως η τιμή των οδηγίων ΟΜΟΕ δεν υπερβαίνεται σε καμία υποκατηγορία, ενώ των RAA υπερβαίνεται μόνο από την τιμή του 85%.

Μία επόμενη σύνδεση με βιβλιογραφία που πρέπει να γίνει είναι με το μοντέλο των Garcia-Ramirez και Cardena, το οποίο οριοθετεί και ομαδοποιεί την πλευρική επιτάχυνση. Με βάση αυτό και τις χαρακτηριστικές τιμές η οδήγηση στην καμπύλη της ράμπας μπορεί να θεωρηθεί πολύ άνετη κάτι που επιβεβαιώνει η γενικότερη συμπεριφορά των οδηγών. Η λογική του βιβλιογραφικού μοντέλου είναι να αναλύσει τις τιμές κατά απόλυτη τιμή, αλλά δεν λαμβάνει υπόψη κάπου την ακτίνα της καμπύλης. Αυτό προφανώς δεν το χαρακτηρίζει λανθασμένο, αλλά τονίζει τη διαφορετική φιλοσοφία ανάμεσα στις βάσεις που έχουν θέσει οι έρευνες.

Σε γενικές γραμμές ένα πρώτο συμπέρασμα είναι πως οι τιμές της έρευνας αυτής προέρχονται από ένα σημαντικό δείγμα ατόμων, το οποίο μπορεί να τις χαρακτηρίσει αξιόπιστες. Για να ολοκληρωθεί ο παραπάνω πίνακας εκτιμάται πως ένα σύνολο οδηγών 100+ ατόμων θα ήταν ιδανικό και δεν θα άφηνε περιθώριο καμίας αμφιβολίας.

4.4 Ανάλυση Ταχυτήτων & Οριακές Τιμές Ασφάλειας-Άνεσης

Ένα άλλο ζήτημα που απασχόλησε την μελέτη, ήταν οι ταχύτητες με τις οποίες κινούνταν οι οδηγοί. Είδαμε προηγουμένως πως η ταχύτητα είναι πολύ σημαντική στον τρόπο καταγραφής της πλευρικής επιτάχυνσης και είναι γνωστό ακόμη και σε ανθρώπους που δεν ασχολούνται με το αντικείμενο πως η ταχύτητα καθορίζεται με βάση τα χαρακτηριστικά του οδηγού.

Το πρώτο πράγμα το οποίο θα μελετηθεί είναι η μέγιστη η ελάχιστη και η μέση ταχύτητα κίνησης στην συγκεκριμένη ράμπα, στον συγκεκριμένο κόμβο από τους συγκεκριμένους οδηγούς που έλαβαν μέρος στην έρευνα. Τα αποτελέσματα βρίσκονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3: Μέγιστη, ελάχιστη και μέση ταχύτητα των οδηγών στην καμπύλη της ράμπας ακτίνας 500m

Ταχύτητα	Τιμή (km/h)
Μέγιστη	137
Ελάχιστη	81
Μέση	105

Ο Πίνακας δείχνει ένα εύρος 56 km/h ανάμεσα στην μέγιστη και την ελάχιστη ταχύτητα. Το εύρος αυτό είναι αρκετά μεγάλο, αλλά δείχνει πως οι στόχοι της έρευνας καλύφθηκαν. Οι οδηγοί που συμμετείχαν είχαν αρκετά διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους όπως φάνηκε και από το κεφάλαιο 3. Η μέση τιμή είναι πιο κοντά στην ελάχιστη, μιας και ήταν πραγματική αλήθεια πως οι ταχύτητες που εμφανίστηκαν περισσότερο στο πείραμα ήταν μεταξύ 100 και 110 km/h.

Η βιβλιογραφία έχει δείξει πως η μέγιστη και η ελάχιστη ταχύτητα δεν λένε πάντα την αλήθεια. Για τον λόγο αυτό έχουν καθιερωθεί υποκατηγορίες ταχυτήτων που έχουν την ίδια νοοτροπία με την πλευρική επιτάχυνση. Ουσιαστικά οι ταχύτητες που καταγράφηκαν ομαδοποιούνται και μπαίνουν σε αύξουσα σειρά. Από εκεί και πέρα βρίσκονται:

- ✓ Η ταχύτητα που αντιστοιχεί στο 15% των οδηγών
- ✓ Η ταχύτητα για το 50% των οδηγών
- ✓ Η ταχύτητα για το 85% των οδηγών

Πίνακας 4.4: Χαρακτηριστικές τιμές ταχύτητας στην καμπύλη της ράμπας ακτίνας 500m

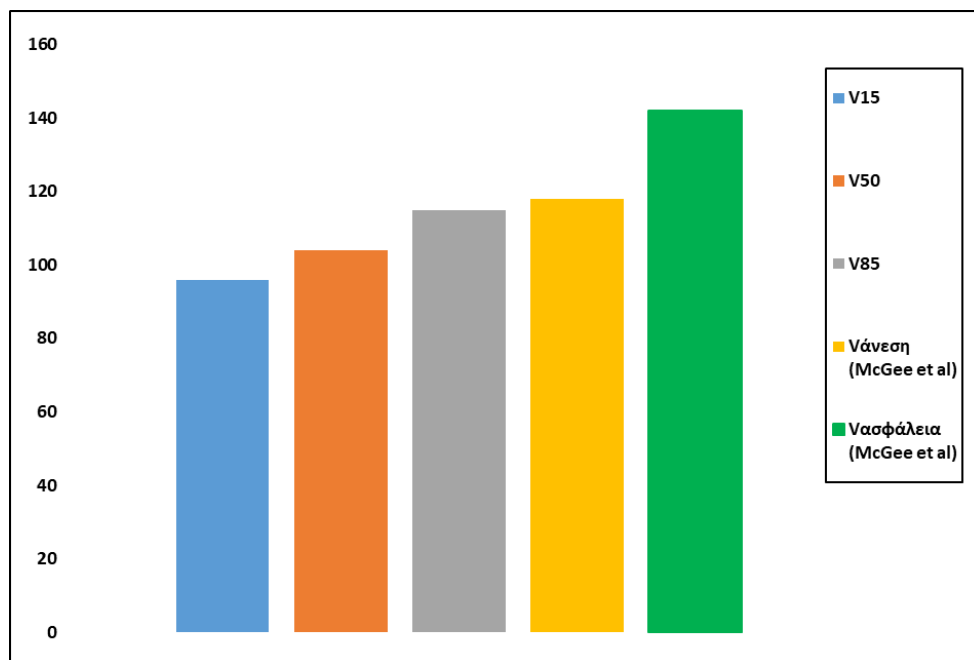
Κατηγορία	Τιμή (km/h)
15%	96
50%	104
85%	115

Η διαφορά που εμφανίστηκε ανάμεσα στη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή και δόθηκε στον Πίνακα 4.3 φαίνεται να περιορίζεται με βάση αυτόν τον Πίνακα. Γενικότερα ο Πίνακας αυτός φαίνεται να ομαδοποιεί καλύτερα και να διαχωρίζει με σαφήνεια τα δεδομένα. Η μέγιστη ταχύτητα που θα μπορούσε να θεωρηθεί είναι τα 115 km/h και η ελάχιστη τα 96 km/h. Η μέση ταχύτητα συμβαδίζει στην πράξη με τον μέσο όρο που βρέθηκε παραπάνω.

Για να είμαστε βέβαιοι ακριβείς στα λεγόμενα μας οι παραπάνω ταχύτητες εκφράζουν τις πρακτικές ελάχιστες και μέγιστες τιμές, δηλαδή που με βάση την κατανομή του πλήθους είναι συχνότερα εμφανιζόμενες μεταξύ οδηγών.

Προηγουμένως αλλά και στο κεφάλαιο της βιβλιογραφίας έγινε εκτενής αναφορά σε κάποιες οριακές τιμές πλευρικής επιτάχυνσης που ορίζουν την άνεση και την ασφάλεια. Οι τιμές αυτές προέρχονταν από έρευνες όμοιου περιεχομένου με αυτή αλλά και από τις οδηγίες σχεδιασμού οδών. Επίσης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην παγκόσμια εξίσωση και να προκύψουν οι προσαρμοσμένες τιμές ταχύτητας για την καμπύλη της ράμπας με ακτίνα 500m με βάση όλα τα υπόλοιπα γεωμετρικά δεδομένα.

Τα παρακάτω σχήματα αφορούν τις συγκρίσεις μία προς μία. Η αρχή θα γίνει με τη σύγκριση των χαρακτηριστικών ταχυτήτων με τις ταχύτητες που έχουν βγει ως αποτέλεσμα στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης αν σαν πλευρική τριβή χρησιμοποιηθούν οι τιμές που έχουν οριστεί από την έρευνα των McGee et al και μέχρι σήμερα φαίνεται να είναι οι πιο συχνά αναφερόμενες σε παρόμοιες έρευνες και λοιπές μελέτες.



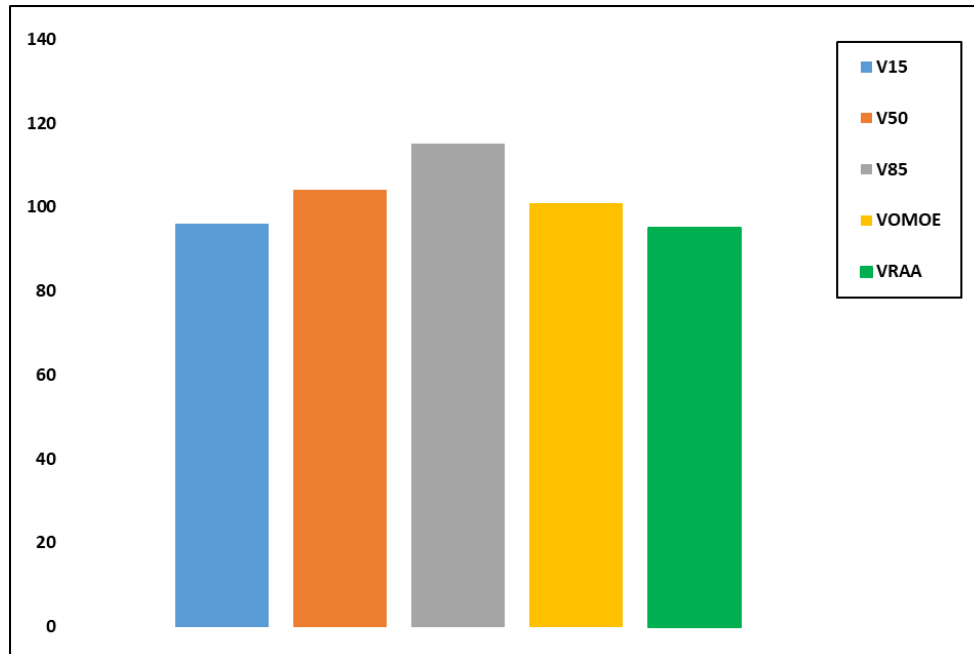
Σχήμα 4.13: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις τιμές άνεσης και ασφάλειας των McGee et al

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Φαίνεται να υπάρχει μια γραμμική μεταβολή των τιμών μέχρι και την ταχύτητα άνεσης με βάση τις τιμές πλευρικής επιτάχυνσης.
- ✓ Η γραμμικότητα αυτή αλλάζει στην ταχύτητα ασφάλειας που είναι πολύ αυξημένη σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες.
- ✓ Η ταχύτητα του 15% των οδηγών είναι μεγαλύτερη των 95 km/h και παρόλα αυτά είναι σχεδόν 45 km/h μικρότερη από την ταχύτητα ασφάλειας.
- ✓ Η ταχύτητα άνεσης μοιάζει να είναι η ταχύτητα του 85% των οδηγών, κάτι που φανερώνει την ευελιξία των ταχυτήτων με τις οποίες μπορούν να κινηθούν άνετα οι οδηγοί στην καμπύλη αυτή.
- ✓ Η μέση ταχύτητα κατά το 50% των οδηγών δείχνει πως η άνεση και η ασφάλεια σύμφωνα με τους McGee et al απέχουν πολύ από τη μέση συμπεριφορά των οδηγών σε μια καμπύλη μεγάλης ακτίνας.
- ✓ Σε μια ακόμη εικόνα οι οριακές τιμές ταχυτήτων δείχνουν πως τα όρια της πλευρικής επιτάχυνσης δεν περιγράφουν αποτελεσματικά την άνεση και την ασφάλεια όταν πρόκειται για καμπύλες και μάλιστα σε περιπτώσεις που το σημείο αναφοράς είναι μία ράμπα ανταλλαγής.

- ✓ Η ακριβής τιμή του ορίου άνεσης των McGee et al είναι 118 km/h και του ορίου ασφάλειας 142 km/h.

Το επόμενο σχήμα θα χρησιμοποιήσει τις κρίσιμες τιμές ταχύτητας και τις ταχύτητες που προκύπτουν αν χρησιμοποιηθούν τα όρια άνεσης και ασφάλειας της πλευρικής επιτάχυνσης στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης ώστε να προκύψουν οι τιμές ταχύτητας σύμφωνα με όλα τα δεδομένα γεωμετρίας της ράμπας.



Σχήμα 4.14: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις τιμές των οδηγιών OMOE και RAA

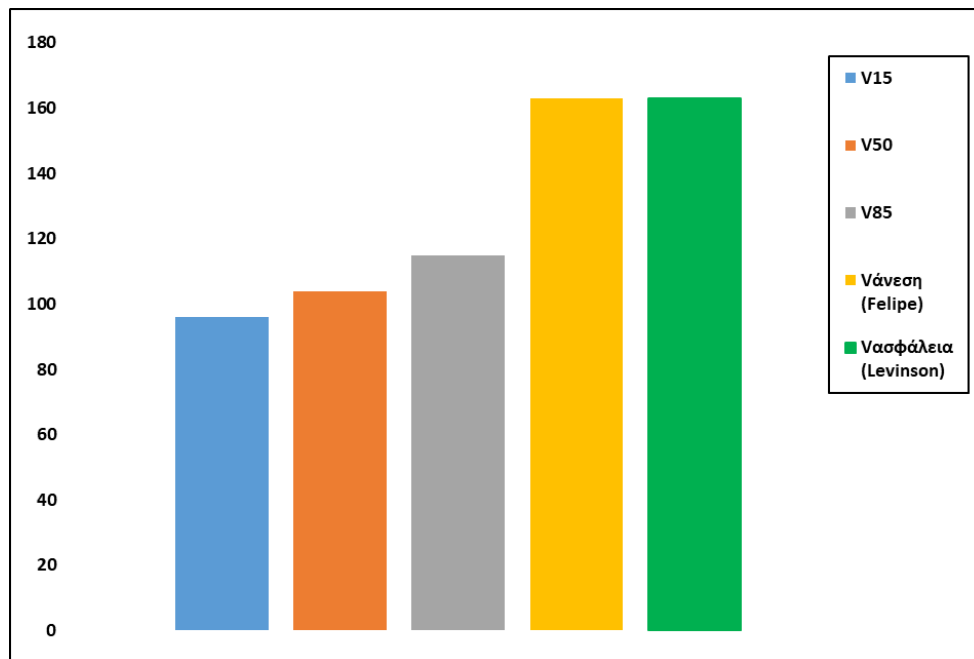
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Μπορεί οι χαρακτηριστικές τιμές πλευρικής επιτάχυνσης να μην υπερέβηκαν κατά πολύ τις τιμές των οδηγιών αλλά στις ταχύτητες τα αποτελέσματα δείχνουν να έχουν εμφανή διαφορά.
- ✓ Αυτό δεν πρέπει να παραξενέψει, γιατί είπαμε προηγουμένως πως είναι άλλη η πλευρική επιτάχυνση που καταγράφεται και άλλη αυτή που αναμένεται. Προφανώς υπάρχει σύνδεση με την ταχύτητα, αλλά αυτό δεν επηρεάζει στην συγκεκριμένη περίπτωση.
- ✓ Το παραπάνω σημαίνει πως μπορεί η επιτάχυνση που μετρήθηκε από το όργανο να είναι αυτή του 15% των οδηγών αλλά η ταχύτητα να είναι υψηλότερη από αυτή του 15% των οδηγών. Άλλωστε να μην ξεχνάμε πως η σχέση που δόθηκε και περιγράφει την σχέση πλευρικής επιτάχυνσης και ταχύτητας είναι γραμμική και όχι πολυωνυμική όπως αυτή που περιγράφει την θεωρητική πλευρική επιτάχυνση και την ταχύτητα σύμφωνα με την παγκόσμια εξίσωση κίνησης.
- ✓ Το όριο των OMOE είναι λίγο ψηλότερο από αυτό των RAA όπως συνέβη και με την πλευρική επιτάχυνση, αλλά είναι μικρότερο από αυτό του 50% και του 85% των οδηγών.
- ✓ Το ότι είναι ελάχιστα μεγαλύτερο από το 15% των οδηγών επιβεβαιώνει πως στο θέμα των ταχυτήτων οι οδηγίες OMOE φαίνεται να είναι αρκετά πιο πίσω κάτι που δεν φάνηκε να ισχύει στο θέμα των πλευρικών επιταχύνσεων.
- ✓ Οι οδηγίες RAA φαίνεται να είναι ακόμη περισσότερο πίσω αφού το 50% και το 85% των οδηγών τις υπερβαίνουν αρκετά και η διαφορά γίνεται αντιληπτή με γυμνό μάτι,

ενώ ακόμη και με το 15% των οδηγών βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο τιμής σε σχέση με το όριο αυτό.

- ✓ Η ακριβής τιμή του ορίου των ΟΜΟΕ είναι 101 km/h και του ορίου των RAA είναι 95 km/h

Μετά τις συγκρίσεις με τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα όρια ακολουθεί σύγκριση με την τιμή άνεσης που προσέφερε στη βιβλιογραφία ο Felipe και την τιμή ασφάλειας που προσέφερε ο Levinson. Βέβαια όπως έχει ήδη γραφτεί στο δεύτερο κεφάλαιο οι τιμές αυτές είναι ίδιες παρότι οι έρευνες δεν σχετίστηκαν μεταξύ τους, ούτε και δημοσιεύτηκαν το ίδιο χρονικό διάστημα.



Σχήμα 4.15: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις τιμές άνεσης και ασφάλειας των Felipe-Levinson

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Καταρχήν οι τιμές των ορίων είναι ίδιες όπως ξαναείπαμε, γιατί έχουν την ίδια πλευρική επιτάχυνση τα δύο μοντέλα.
- ✓ Οι διαφορές που προκύπτουν σε σχέση με τις τιμές που έχουν καταγραφεί είναι πραγματικά τεράστιες και αναμφισβήτητα ίσως και εκτός πραγματικότητας σε ένα δίκτυο που κυκλοφορούν διαφορετικοί οδηγοί ως προς την ηλικία και το όχημα που οδηγούν.
- ✓ Χαρακτηριστική είναι πως ακόμα και η διαφορά από την ταχύτητα του 85% των οδηγών είναι ελάχιστα λιγότερη από τα 50 km/h.
- ✓ Για να γίνει αντιληπτό τι σημαίνει το μέγεθος αυτό αρκεί να αναλογιστεί κανείς ότι η διαφορά των 50 km/h είναι μεγαλύτερη από το μισό της ταχύτητας του 15% των οδηγών που έλαβαν μέρος στο πείραμα.
- ✓ Αν πιαστούμε από το όριο του Levinson που σχετίζεται με την ασφάλεια τότε το αποτέλεσμα φαίνεται πιο λογικό. Όχι συχνά εμφανιζόμενο, αλλά τουλάχιστον εντός ενός λογικού πλαισίου στην ακραία του μορφή όμως.
- ✓ Το όριο όμως άνεσης του Felipe δεν φαίνεται να έχει σχέση με την πραγματικότητα. Δεν μπορεί να θεωρηθεί ταχύτητα που ξεπερνά τα 160 km/h την ώρα ως λογική ταχύτητα άνεσης ακόμα και αν πρόκειται για μία ράμπα ανταλλαγής με μεγάλη ακτίνα και ακόμη και αν αποτελεί τμήμα ενός ανισόπεδου κόμβου ενός πολυσύχναστου αυτοκινητόδρομου.

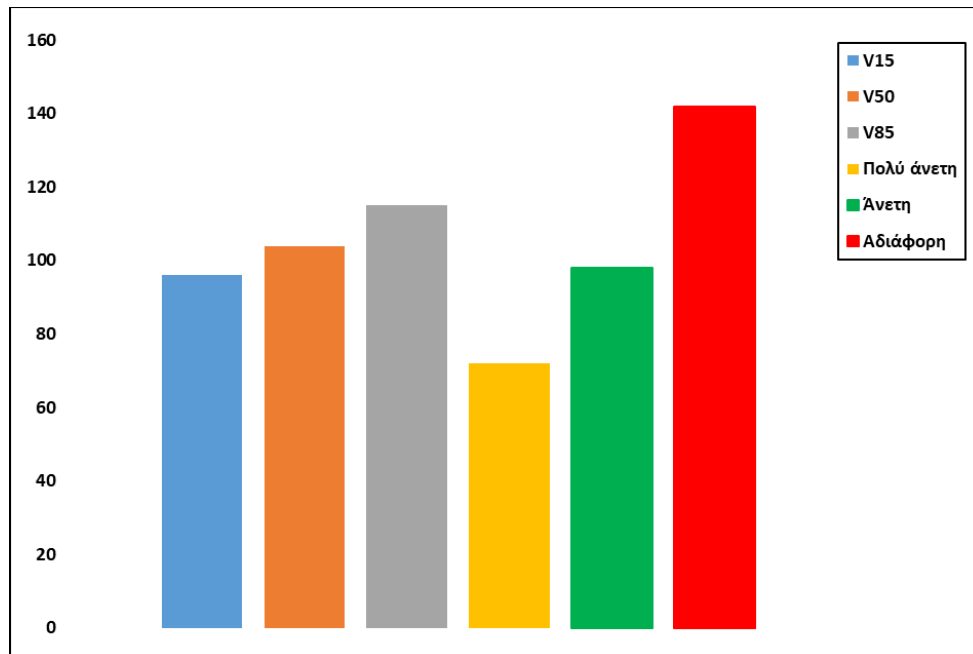
- ✓ Βέβαια υπενθυμίζεται και τονίζεται με έντονα γράμματα πως ο Levinson και ο Felipe **ΔΕΝ ΕΧΟΥΝ ΠΡΟΤΕΙΝΕΙ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΑΥΤΕΣ ΩΣ ΤΙΜΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΣΗΣ** και απλά είναι οι ταχύτητες που προκύπτουν από επεξεργασία να χρησιμοποιηθούν στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης οι τιμές ασφάλειας και άνεσης που πρότειναν για την πλευρική επιτάχυνση.
- ✓ Η ακριβής τιμή του ορίου ασφάλειας του Levinson και αυτή της άνεσης του Felipe προκύπτει 163 km/h.

Τα επόμενα σχήματα εμπνεύστηκαν από το εύρος της πλευρικής επιτάχυνσης και τον χαρακτηρισμό της κίνησης των οδηγών σύμφωνα με την μελέτη των Garcia-Ramirez και Cardena. Για κάθε χαρακτηρισμό χρησιμοποιήθηκε η μέγιστη τιμή που μπορεί να τον ορίσει και αντικαταστάθηκε στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης για να προκύψει η αντίστοιχη τιμή ταχύτητας. Ο Πίνακας 4.5 δείχνει ακριβώς τις τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε μία κατηγορία.

Πίνακας 4.5: Μέγιστη τιμή πλευρικής επιτάχυνσης ανά κατηγορία των Garcia-Ramirez και Cardena που θα χρησιμοποιηθεί στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης

Χαρακτηρισμός	Εύρος πλευρικής επιτάχυνσης (m/s ²)
Πολύ άνετη	0,6
Άνετη	1,3
Αδιάφορη	2,9
Άβολη	6,2
Πολύ άβολη	7,5

Το Σχήμα 4.16 περιλαμβάνει τα πρώτα 3 όρια από τα 5 συνολικά και το Σχήμα 4.17 περιλαμβάνει τα υπόλοιπα 2.

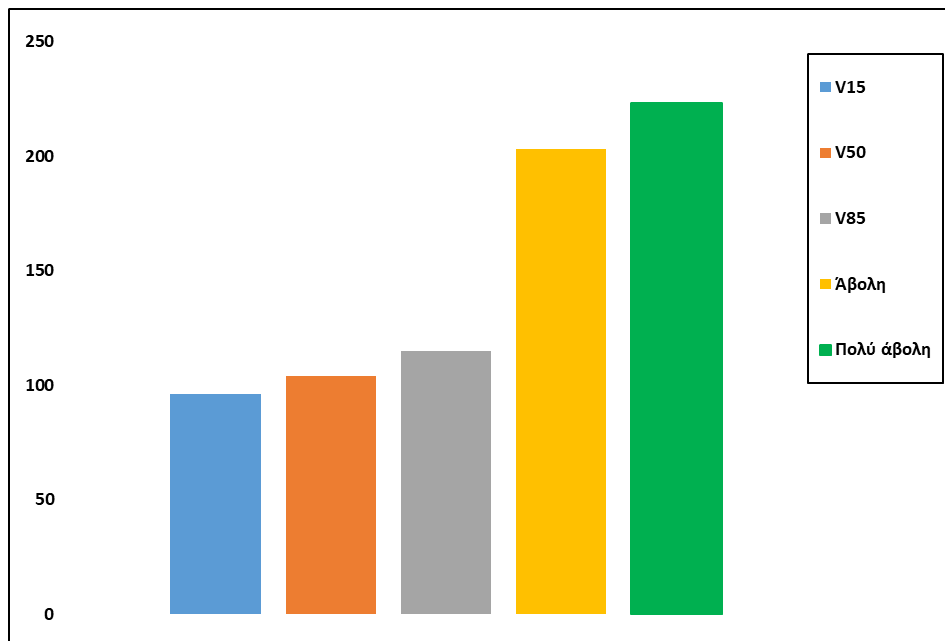


Σχήμα 4.16: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις μέγιστες τιμές πολύ άνετης, άνετης και αδιάφορης οδήγησης σύμφωνα με τους Garcia-Ramirez και Cardena

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η πολύ άνετη οδήγηση έχει τιμή κατά πολύ μικρότερη από την ταχύτητα του 15% των οδηγών. Η τιμή μπορεί να είναι αρκετά χαμηλή για μία καμπύλη ακτίνας 500m. Θα μπορούσε να είναι λογική αν αναφερόταν σε κάποια συγκεκριμένη ομάδα ατόμων, αλλά για το γενικότερο σύνολο αυτών φαίνεται να μην έχει εφαρμογή στην συγκεκριμένη περίπτωση που εξετάζεται όσο άνετα αν θεωρήσει κανείς πως μπορεί να κινείται ένας οδηγός και φυσικά χωρίς να ληφθεί υπόψη ότι αυτή η κατηγορία αναφέρεται σε οδηγούς που η προσοχή τους αποσπάται από άλλους παράγοντες.
- ✓ Περισσότερο αληθοφανής είναι η μέγιστη τιμή για την άνετη οδήγηση η οποία είναι πολύ κοντά στο 15% των οδηγών. Η τιμή αυτή φαίνεται να προσαρμόζεται σωστά στην οδική συμπεριφορά που ακολουθεί το μοντέλο αυτής της έρευνας. Η προσαρμογή αυτή δεν γίνεται μόνο γραφικά αλλά και με την λογική των αριθμών, μιας και οι τιμές ταιριάζουν στα προφίλ της άνετης οδήγησης.
- ✓ Η αδιάφορη κατάσταση φαίνεται να βγαίνει όμως πραγματικά εκτός πραγματικότητας. Σίγουρα μία ταχύτητα μεγαλύτερη των 140 km/h δεν μπορεί να είναι αδιάφορη για έναν οδηγό. Μπορεί η καμπύλη να έχει μικρή καμπυλότητα που στο μάτι των οδηγών να μην ξεχωρίζει εύκολα από την ευθυγραμμία, όμως η ταχύτητα αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί λογική ως ενδιάμεση μεταξύ άνετης και όχι άνετης οδήγησης. Ακόμη και συγκεκριμένες κατηγορίες οδηγών, που συνηθίζουν τις μεγάλες ταχύτητες, δεν θα χαρακτήριζαν την τιμή αυτή αδιάφορη.
- ✓ Η τιμή που θεωρείται ως αδιάφορη είναι ίση με την τιμή ασφάλειας που έχουν θέσει οι McGee et al και για την οποία αναφερθήκαμε στη σύγκριση μας στο πρώτο κομμάτι της μελέτης αυτής. Βέβαια η τιμή ασφάλειας είναι προφανώς πολύ πιο λογική σε σχέση με τον χαρακτηρισμό μιας τέτοιας ταχύτητας ως αδιάφορη.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές είναι 72, 98 και 142 km/h για την πολύ άνετη, την άνετη και την αδιάφορη οδήγηση και βέβαια υπενθυμίζεται πως είναι οι ταχύτητες που βγήκαν ως αποτέλεσμα αφού χρησιμοποιήθηκαν στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης οι προτεινόμενες μέγιστες τιμές πλευρικής επιτάχυνσης σύμφωνα με το μοντέλο αυτό.

Ακολουθεί το Σχήμα 4.17.



Σχήμα 4.17: Συγκρίσεις ταχυτήτων της έρευνας και αποτελεσμάτων με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης και τις μέγιστες τιμές άβολη και πολύ άβολης οδήγησης σύμφωνα με τους Garcia-Ramirez και Cardena

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των μέγιστων τιμών των κατηγοριών άβολης και πολύ άβολης οδήγησης ξεφεύγουν κατά πάρα πολύ και από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας αλλά και από τα λογικά και αναμενόμενα.
- ✓ Η τιμή της άβολης οδήγησης με το 15% των οδηγών είναι παραπάνω διπλάσια. Αυτό από μόνο του λέει πάρα πολλά, αλλά η διαφορά των 107 km/h λέει ακόμα περισσότερα από αυτό.
- ✓ Αρκεί να σκεφτεί κανείς πως η διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές ταχύτητες είναι μεγαλύτερη από την τιμή της μίας από αυτές, δηλαδή του 15% των οδηγών του πειράματος μας.
- ✓ Την τιμή της άβολης οδήγησης δεν μπορεί να ακολουθήσει καν η ταχύτητα του 85% των οδηγών του πειράματος μας, με τη διαφορά να είναι στα 85 km/h, δηλαδή σε μία τιμή πιο κοντά στην τιμή του 15%.
- ✓ Από την άλλη η ταχύτητα του 50% βρίσκεται ακριβώς στη μέση, κάτι που σημαίνει πως όση είναι η τιμή της άλλης τόση είναι και η διαφορά της από την ταχύτητα που προκύπτει ως άβολη.
- ✓ Φυσικά για την πολύ άβολη τα πράγματα ξεφεύγουν ακόμα περισσότερο. Αρκεί να δούμε πως η ταχύτητα του 85% είναι σχεδόν η μισή από αυτήν, η διαφορά της από το 15% των οδηγών είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του 85% και πως η διαφορά της από το 50% είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του 85% των οδηγών.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές είναι 203 και 223 km/h (άβολη και πολύ άβολη οδήγηση).
- ✓ Οι παραπάνω τιμές από μόνες τους είναι εκτός πραγματικότητας και αυτό είναι κάτι που μπορεί να διακρίνει ο οποιοσδήποτε ακόμη και αν δεν ασχολείται με το συγκεκριμένο θέμα. Σε καμία περίπτωση το όριο της άβολης και της πολύ άβολης οδήγησης δεν μπορεί να είναι τόσο υψηλό σε ένα οδικό δίκτυο, όποιο κι αν είναι αυτό. Οι τιμές αυτές παραπέμπουν σε αγωνιστική οδήγηση σε ειδικές πίστες και σίγουρα όχι από μη εξειδικευμένους οδηγούς.
- ✓ Οι παραπάνω σχολιασμοί δεν κατακρίνουν το μοντέλο των Garcia-Ramirez και Cardena, όπως δεν κατέκριναν και κανένα μοντέλο. Αυτό συνέβη γιατί καμία από τις προηγούμενες μελέτες δεν αναφέρθηκε σε ταχύτητες αλλά σε οριακές πλευρικές επιταχύνσεις. Το γεγονός πως οι τιμές αυτές χρησιμοποιήθηκαν από την έρευνα αυτή για να εξαχθούν ταχύτητες με βάση την παγκόσμια εξίσωση κίνησης δεν σχετίζεται με την πρωτότυπη μορφή τους και ούτε φυσικά θέτουν υπό αμφισβήτηση την αξιοπιστία τους.
- ✓ Όλες οι σχέσεις που έχουν γίνει μέχρι στιγμής δείχνουν να οδηγούν σε ένα ασφαλές συμπέρασμα: οι οριακές τιμές πρέπει να συσχετίζονται πρωτίστως με την ακτίνα της καμπύλης της ράμπας ανταλλαγής και να μην είναι απόλυτες.

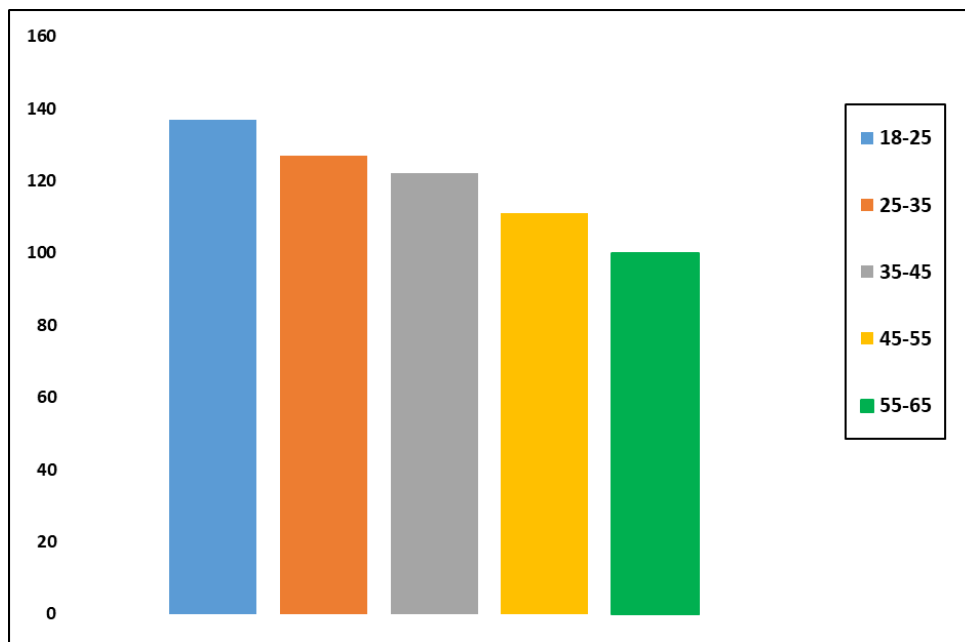
4.5 Ταχύτητα και Ανθρώπινος Παράγοντας

Στο διάστημα της προηγούμενης ανάλυσης είδαμε την μέγιστη, την ελάχιστη και την μέση ταχύτητα που μετρήθηκε στην ράμπα ανταλλαγής του ενδιαφέροντος της μελέτης. Επίσης είδαμε τις ταχύτητες που προσομοιάζουν καλύτερα την μέγιστη, την ελάχιστη και τη μέση σύμφωνα με το 85%, 15% και 50% των οδηγών. Μετά είδαμε τις οριακές ταχύτητες που προέκυψαν αν χρησιμοποιηθούν οι οριακές πλευρικές επιταχύνσεις των μοντέλων στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης.

Στο σημείο αυτό είναι η κατάλληλη στιγμή οι ταχύτητες να αναλυθούν με βάση την ηλικία των οδηγών, τον τύπο οχήματος, την ηλικία του οχήματος και το φύλο του οδηγού. Μετά την ανάλυση αυτή θα έχει προκύψει ένα ολοκληρωμένο συμπέρασμα για τα προφίλ ταχύτητας στην συγκεκριμένη ράμπα, αλλά και για γενικότερα στοιχεία του ανθρώπινου παράγοντα αφού οι τιμές που θα προκύψουν θα δείξουν γενικότερα στοιχεία που αφορούν κοινές ομάδες οδηγών αλλά ακόμη και κοινούς τύπους οχημάτων.

4.5.1 Η ηλικία

Το Σχήμα 4.18 αναλύει τις μέγιστες τιμές ταχύτητας ανά ηλικία των οδηγών του πειράματος που διεξάχθηκε.



Σχήμα 4.18: Μέγιστες μετρημένες τιμές των οδηγών με βάση την ηλικία τους

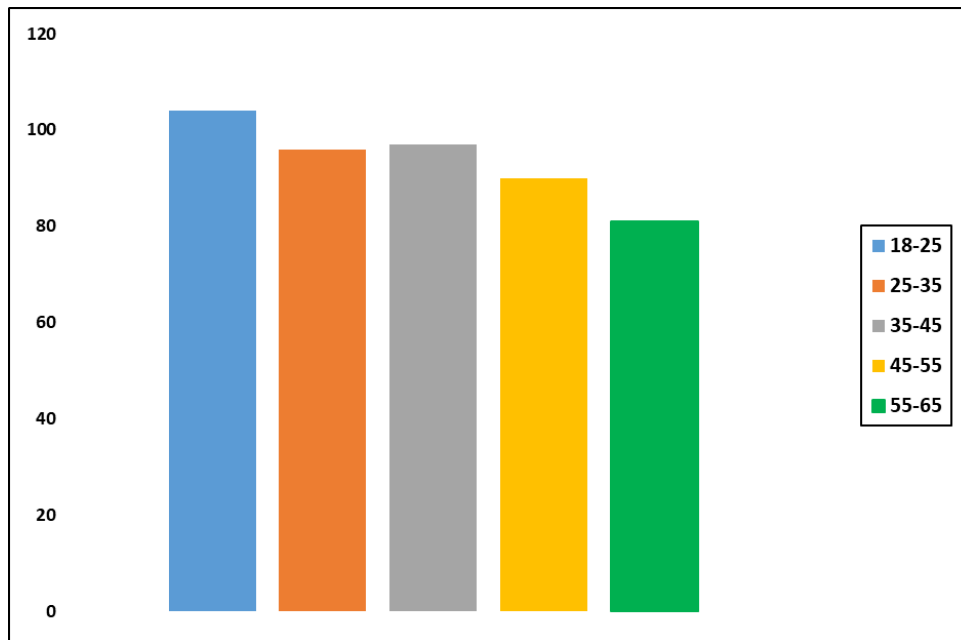
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Οι οδηγοί μεταξύ 18 και 25 χρονών είναι οι γρηγορότεροι όσον αφορά τη μέγιστη ταχύτητα, κάτι το οποίο είναι λογικό και ήταν αναμενόμενο με βάση και τα στοιχεία της έρευνας του Τρακάκη.
- ✓ Εκτός από αυτό, φαίνεται πως κάθε νεότερη ηλικιακή κατηγορία είναι και πιο γρήγορη σε σχέση με την αμέσως επόμενη μεγαλύτερης ηλικίας.
- ✓ Η μεταβολή δείχνει ομαλή από κατηγορία σε κατηγορία και πιθανότατα μία μικρή διαφοροποίηση σε αυτό να είναι για τους οδηγούς 55 έως 65 ετών που φαίνεται πως η μεταβολή γίνεται πιο σύντομα.
- ✓ Η διαφορά από τη διαφορετική κατηγορία ομάδας στην επόμενη ή και την προηγούμενη είναι εμφανής, εκτός από τους οδηγούς 25-35 και 35-45 που φαίνεται πως η μεταβολή είναι μικρή και οι τιμές είναι αρκετά κοντά.
- ✓ Αυτό πιθανότατα να έχει συμβεί γιατί οι οδηγοί που ανήκαν στην 25-35 κατηγορία ήταν πιο κοντά στα 35 από ότι στα 25 και αυτοί που ανήκαν στην 35-45 ήταν πιο κοντά στα 35 επίσης από όσο στα 45.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές των μέγιστων τιμών ταχύτητας φαίνονται στον Πίνακα 4.6:

Πίνακας 4.6: Μέγιστες ταχύτητες για τις ηλικίες των οδηγών

Ηλικία	Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)
18-25	137
25-35	127
35-45	122
45-55	111
55-65	100

Το Σχήμα 4.19 αναλύει τις ελάχιστες τιμές ταχύτητας που έχουν μετρηθεί με βάση την ηλικία των οδηγών.



Σχήμα 4.19: Ελάχιστες μετρημένες τιμές των οδηγών με βάση την ηλικία τους

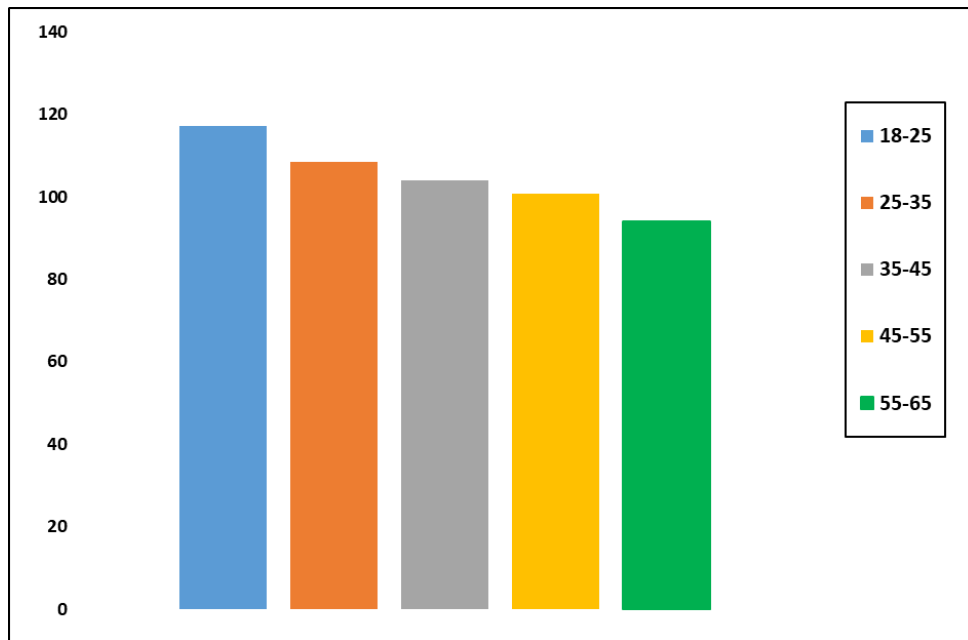
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Οι οδηγοί μεταξύ 18 και 25 χρονών είναι οι γρηγορότεροι όσον αφορά και την ελάχιστη ταχύτητα. Η διαφορά από τις υπόλοιπες κατηγορίες είναι εμφανής και σε αυτή την περίπτωση.
- ✓ Η ελάχιστη ταχύτητα των οδηγών 18-25 είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη των οδηγών 55-65.
- ✓ Στη δεύτερη θέση αυτήν την φορά δεν βρίσκονται οι οδηγοί μεταξύ 25 και 35 χρονών αλλά οι 35-45. Η διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών δεν ήταν μικρή βέβαια αλλά το συμπέρασμα είναι αυτό που είναι και έχει μεταβολή σε σχέση με αυτό που είδαμε στο Σχήμα 4.20.
- ✓ Στην τέταρτη θέση βρίσκονται οι οδηγοί 45-55 χρονών και στην πέμπτη οι 55-65 χωρίς μεταβολή σε σχέση με το προηγούμενο σχήμα.
- ✓ Η γραμμικοποίηση στην μεταβολή της ταχύτητας με την αύξηση της ηλικίας είναι ακόμη σε εφαρμογή αν εξαιρεθεί η κατηγορία των 35-45 που χαλαίει την εναρμόνιση των αποτελεσμάτων.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές των ελάχιστων τιμών ταχύτητας φαίνονται στον Πίνακα 4.7:

Πίνακας 4.7: Ελάχιστες ταχύτητες για τις ηλικίες των οδηγών

Ηλικία	Ελάχιστη Ταχύτητα (km/h)
18-25	104
25-35	96
35-45	97
45-55	90
55-65	81

Επόμενο Σχήμα το Σχήμα 4.20 στο οποίο η διαδικασία διαφοροποιείται μόνο στο ότι χρησιμοποιεί τις μέσες τιμές ταχύτητας που προέκυψαν.



Σχήμα 4.20: Μέσες τιμές των οδηγών με βάση την ηλικία τους

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

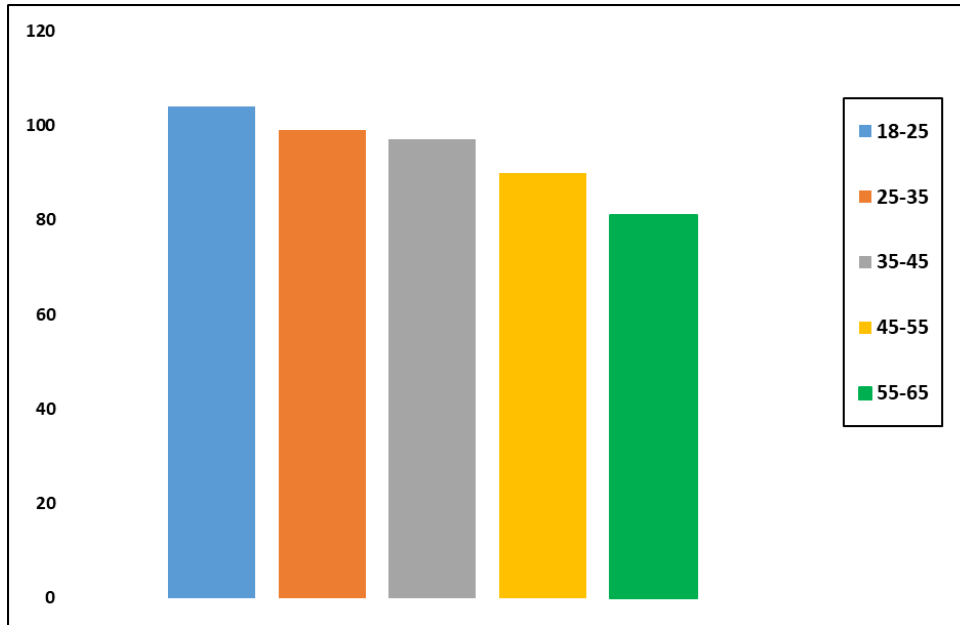
- ✓ Οι οδηγοί μεταξύ 18 και 25 χρονών είναι οι γρηγορότεροι όσον αφορά και την μέση ταχύτητα, η οποία προέκυψε ως ο αριθμητικός μέσος για το σύνολο των οδηγών κάθε ηλικίας.
- ✓ Σε σύνδεση με το Σχήμα 4.18 και πάλι κάθε ηλικιακή ομάδα έχει μέσες ταχύτητες μεγαλύτερες από κάθε μεγαλύτερη και μικρότερες από κάθε νεότερη, όπου αυτό είναι δυνατό.
- ✓ Η γραμμικοποίηση εφαρμόζεται και αυτή τη φορά, με καλύτερη εφαρμογή από τους 25-35 και μετά χωρίς αυτό να σημαίνει πως οι 18-25 χαλάνε εμφανώς την μορφή της τάσης αυτής.
- ✓ Οι οδηγοί μέχρι 35 χρονών δείχνουν να έχουν την καλύτερη αντοχή σε υψηλές ταχύτητες όπως δείχνουν τα 3 ξεχωριστά διαγράμματα που δόθηκαν στο σημείο αυτό της μελέτης.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές των μέσων τιμών ταχύτητας φαίνονται στον Πίνακα 4.8:

Πίνακας 4.8: Μέσες ταχύτητες για τις ηλικίες των οδηγών

Ηλικία	Μέση Ταχύτητα (km/h)
18-25	117
25-35	109
35-45	104
45-55	101
55-65	94

- ✓ Η μέση ταχύτητα των 18-25 είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη των 45-65.
- ✓ Η ελάχιστη ταχύτητα των 18-25 είναι μεγαλύτερη από τη μέση των 45-55 και ίση με τη μέση των 35-45.

Το τελευταίο που θα εξετάσουμε είναι η κατανομή της ταχύτητας του 15, 50 και 85% των οδηγών κάθε διαφορετικού γκρουπ ηλικιών. Τα στοιχεία αυτά είναι τα πιο ασφαλή για άμεση προσαρμογή με τις μέγιστες, ελάχιστες και μέσες ταχύτητες. Τα αποτελέσματα ακολουθούν με αρχή το Σχήμα 4.21 για το 15%.



Σχήμα 4.21: Η 15% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση την ηλικία τους

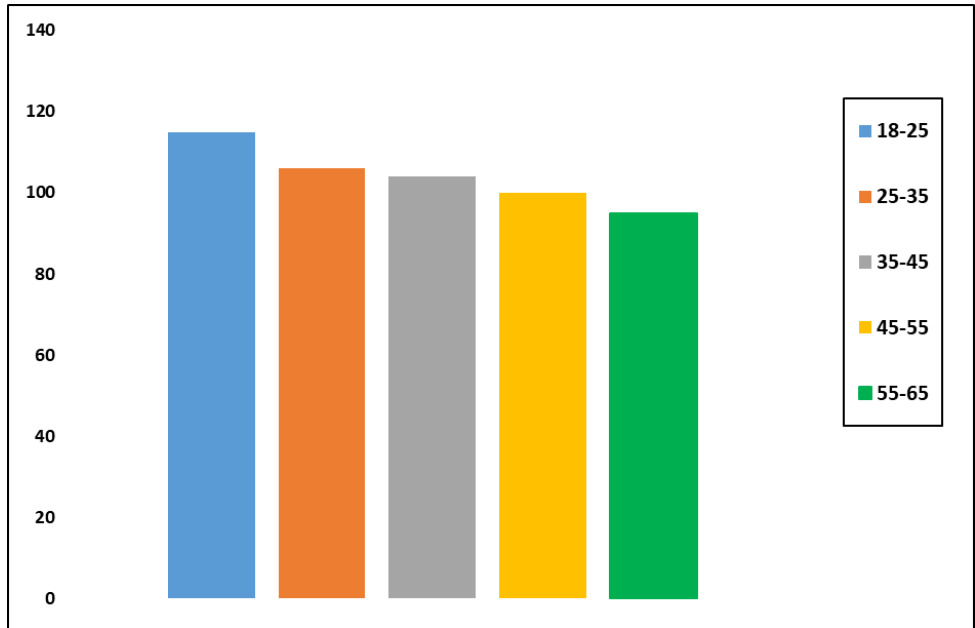
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Στην μορφή των αποτελεσμάτων υπάρχει μία διαφορά σε σχέση με την ελάχιστη ταχύτητα, γιατί οι 35-45 έχουν μικρότερη ελάχιστη ταχύτητα σε σχέση με τους οδηγούς 25-35.
- ✓ Η διαφορά αυτή γίνεται εξαιτίας του μεγαλύτερου πλήθους οδηγών 25-35 που συμμετείχαν στο πείραμα κάτι που δεν είναι σε καμία περίπτωση μεροληπτικό και μάλιστα είναι πιο αντιπροσωπευτικός τρόπος παρουσίασης και αξιολόγησης αποτελεσμάτων από τις ελάχιστες τιμές.
- ✓ Η γραμμική μεταβολή εφαρμόζεται σε αυτήν την περίπτωση αλλά γίνεται πιο έντονη για οδηγούς 45 χρονών και περισσότερο.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές δίνονται στον Πίνακα 4.9 και είναι προφανές πως σε σχέση με τις τιμές του Πίνακα 4.7 τα αποτελέσματα είναι κατά 4/5 τα ίδια, με τη διαφορά να αφορά την κατηγορία που αναφέραμε προηγουμένως.

Πίνακας 4.9: Οι ταχύτητες του 15% για τις ηλικίες των οδηγών

Ηλικία	Ταχύτητα (km/h)
18-25	104
25-35	99
35-45	97
45-55	90
55-65	81

Ακολουθεί το Σχήμα 4.22 για το 50%.



Σχήμα 4.22: Η 50% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση την ηλικία τους

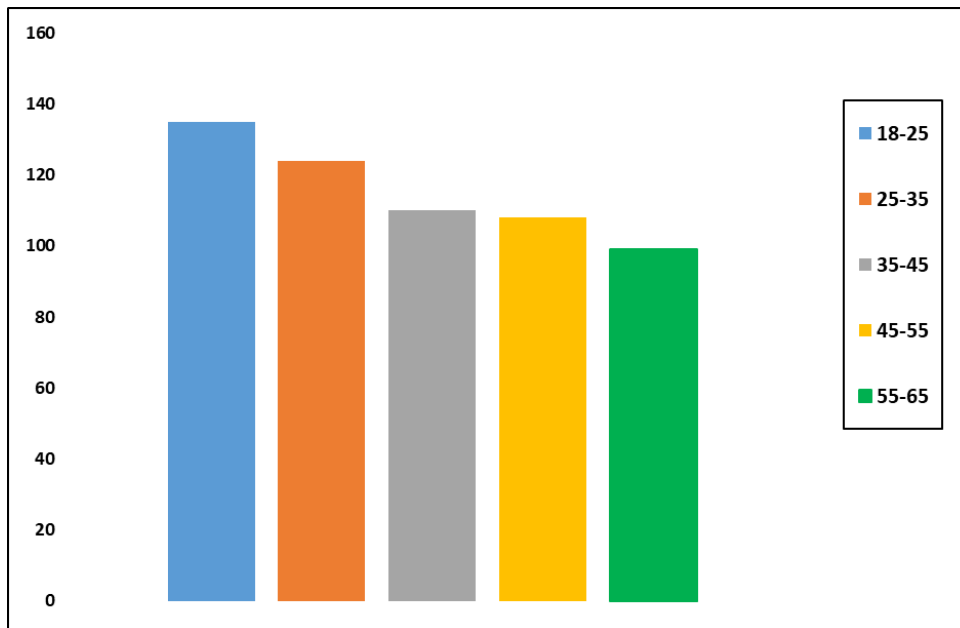
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η οπτική εικόνα του σχήματος δεν διαφέρει από αυτήν του 4.20 το οποίο είναι και «καθρέφτης» του σχήματος αυτού.
- ✓ Η γραμμική μεταβολή παραμένει και από τους οδηγούς 25 ετών και μεγαλύτερους είναι εντελώς ομαλή.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές φαίνονται στον Πίνακα 4.10. Με εξαίρεση τις τιμές ταχύτητας για τους οδηγούς 35-45 χρονών όλες οι άλλες τιμές έχουν ελάχιστα μεταβληθεί σε σχέση με τις τιμές του Πίνακα 4.8. Μάλιστα οι τιμές στα 3/4 εμφανίζονται μειωμένες και αυξάνει ελάχιστα η ταχύτητα των 55-65.

Πίνακας 4.10: Οι ταχύτητες του 50% για τις ηλικίες των οδηγών

Ηλικία	Ταχύτητα (km/h)
18-25	115
25-35	106
35-45	104
45-55	100
55-65	95

Ακολουθεί το Σχήμα 4.22 για το 85%.



Σχήμα 4.23: Η 85% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση την ηλικία τους

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η οπτική εικόνα του σχήματος διαφέρει μερικώς από αυτήν του 4.18 που αντιστοιχίζεται με τις μέγιστες ταχύτητες.
- ✓ Η διαφορά έχει να κάνει με την γραμμικότητα που χαρακτηρίζει τις μεταβολές η οποία φαίνεται να χωρίζεται σε 3 υποπεριπτώσεις. Η πρώτη για τους οδηγούς 18-35. Η δεύτερη για τους 35-55 και η τρίτη για τους 55-65 χρονών.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές φαίνονται στο Πίνακα 4.11 και τα δείχνουν πως σημαντικές μεταβολές υπάρχουν για τους οδηγούς 35-45 χρονών για τους οποίους η μέγιστη τιμή δεν είχε καμία σχέση με την 85% ταχύτητα. Σε όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες υπάρχει διαφορά αλλά όχι σημαντική και περιορίζεται σε μικροδιαφορές προς τα κάτω σε σύγκριση με τις μέγιστες.
- ✓ Σαν γενικότερο συμπέρασμα πρέπει να κρατηθεί πως οι πιο αντιπροσωπευτικές τιμές είναι η ταχύτητα του 50% και οι ταχύτητες των 15% και 85% ειδικά όταν το δείγμα είναι επαρκές και ο αριθμητικός μέσος των τιμών εφόσον το δείγμα έχει ομοιόμορφες τιμές ή αν το μέγεθος του είναι μεγάλο και οι ακραίες τιμές επηρεάζουν το ελάχιστον δυνατό το τελικό αποτέλεσμα.

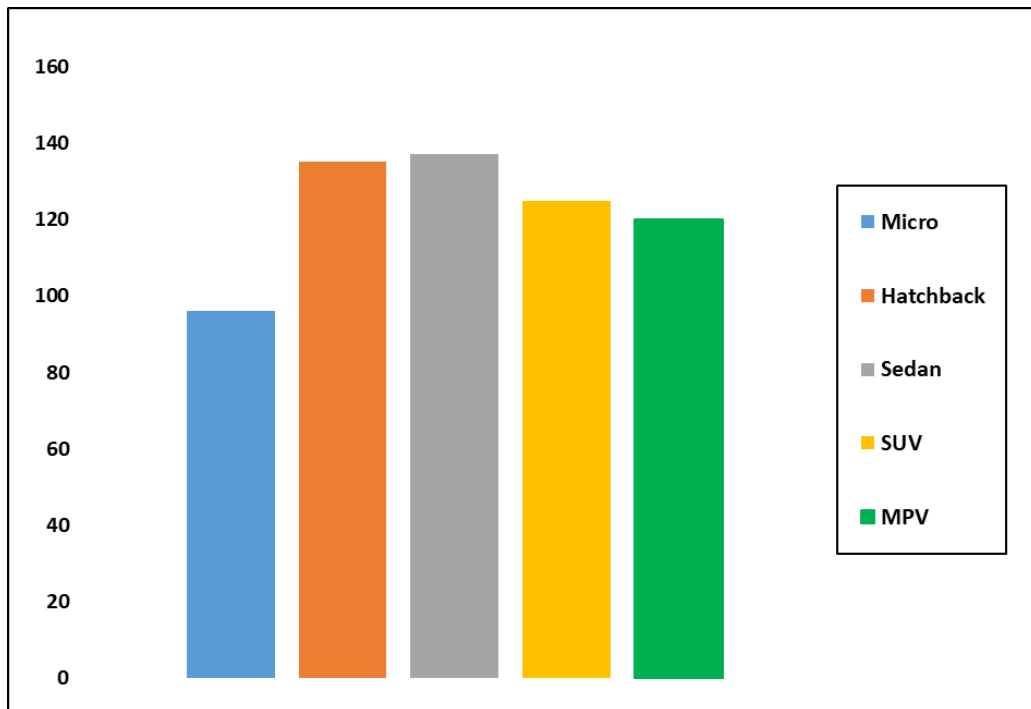
Πίνακας 4.11: Οι ταχύτητες του 85% για τις ηλικίες των οδηγών

Ηλικία	Ταχύτητα (km/h)
18-25	135
25-35	124
35-45	110
45-55	108
55-65	99

4.5.2 Ο τύπος οχήματος

Η επόμενη διαφοροποίηση θα γίνει με κριτήριο τον τύπο του οχήματος. Για την κατηγοριοποίηση αυτή θα δοθούν 3 νέα σχήματα με περιεχόμενο τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες ταχύτητες που μετρήθηκαν και υπολογίστηκαν για τον κάθε διαφορετικό τύπο.

Το Σχήμα 4.24 αναφέρεται στις μέγιστες τιμές.



Σχήμα 4.24: Μέγιστες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχήματος

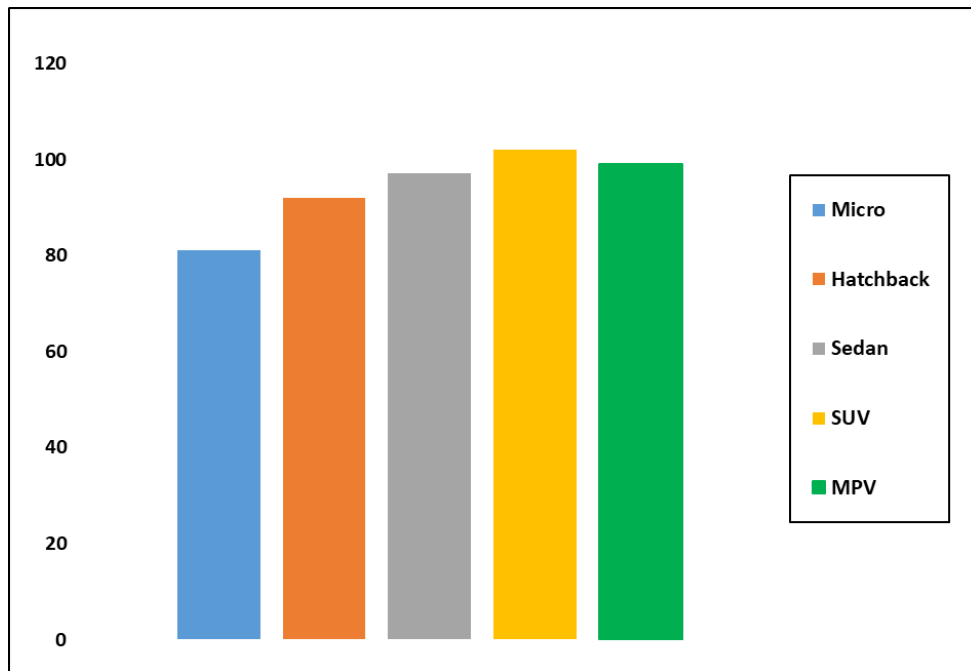
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Οι οδηγοί των οχημάτων Micro ανέπτυξαν τις μικρότερες μέγιστες ταχύτητες σε σχέση με τους οδηγούς όλων των υπόλοιπων οχημάτων. Οι διαφορές μάλιστα είναι τόσο εμφανείς που διακρίνονται με γυμνό μάτι.
- ✓ Οι πιο γρήγοροι όσον αφορά τις μέγιστες ταχύτητες ήταν οι οδηγοί των Sedan οχημάτων.
- ✓ Δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια γραμμικοποίηση με βάση το μέγεθος στις τιμές, όπως συνέβη στην ανάλυση που αφορούσε τις διάφορες ηλικίες των οδηγών και τις ταχύτητες τους.
- ✓ Οι αμέσως γρηγορότεροι ως προς τη μέγιστη τιμή ήταν οι οδηγοί των Hatchback, κάτι το οποίο προκαλεί μικρή έκπληξη και δεν θα μπορούσαμε να πούμε πως ήταν στα αναμενόμενα αποτελέσματα.
- ✓ Το ίδιο ισχύει για τους οδηγούς των SUV και MPV οχημάτων που βρέθηκαν στην τρίτη και τέταρτη θέση στην κατηγορία αυτή.
- ✓ Βέβαια οι μέγιστες ταχύτητες δεν λένε πάντα την αλήθεια, γιατί μία τιμή μπορεί να εμφανίζεται στο δείγμα αλλά να απέχει κατά πολύ από τις τιμές γύρω από τις οποίες συγκεντρώνεται το σύνολο του δείγματος.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές των μέγιστων τιμών ταχύτητας φαίνονται στον Πίνακα 4.12:

Πίνακας 4.12: Μέγιστες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχημάτων

Όχημα	Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)
Micro	96
Hatchback	135
Sedan	137
SUV	125
MPV	120

Το Σχήμα 4.25 αναφέρεται στις ελάχιστες τιμές.



Σχήμα 4.25: Ελάχιστες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχήματος

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

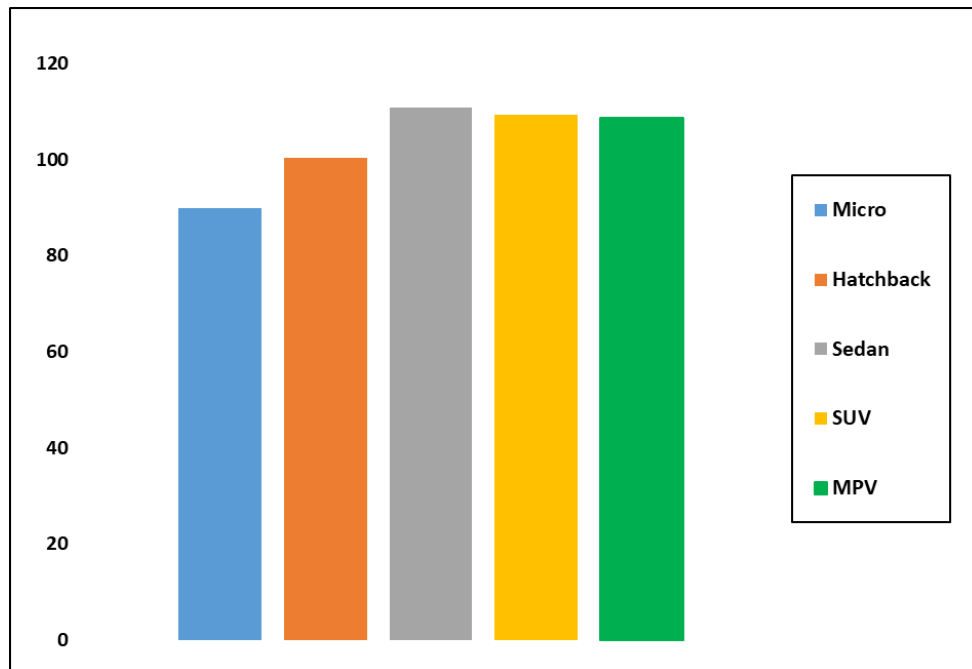
- ✓ Οι οδηγοί των οχημάτων Micro ανέπτυξαν τις μικρότερες ελάχιστες ταχύτητες σε σχέση με τους οδηγούς όλων των υπόλοιπων οχημάτων, όπως ακριβώς συνέβη και στην ανάλυση των μεγίστων ταχυτήτων. Οι διαφορές παραμένουν εμφανείς και εύκολα αντιληπτές.
- ✓ Σε αυτή την περίπτωση φαίνεται να εφαρμόζεται διαφοροποίηση με βάση το μέγεθος και σε γραμμική μορφή. Τα SUV και τα MPV οχήματα δεν αποτελούν εξαίρεση, το μέγεθος διαφοροποιείται με βάση το όχημα ατομικά και άλλες φορές θα μπορούσαν να μπουν και σε μία κατηγορία και οι δύο τύποι με μοναδικό κριτήριο το μέγεθος τους και κανένα επιπλέον.
- ✓ Οι μεγαλύτερες ελάχιστες τιμές αφορούν τους οδηγούς των SUV οχημάτων, οι οποίοι στην προηγούμενη ανάλυση για τις μέγιστες ταχύτητες ήταν τρίτοι.
- ✓ Τέταρτοι προηγουμένως ήταν οι οδηγοί των MPV οχημάτων που πλέον βρίσκονται στην δεύτερη θέση.
- ✓ Οι οδηγοί των Sedan είναι τρίτοι ταχύτεροι όσον αφορά την ελάχιστη μετρημένη ταχύτητα με βάση τον τύπο οχήματος, ενώ στην μέγιστη μετρημένη ταχύτητα βρίσκονταν στην πρώτη θέση.
- ✓ Διαφοροποίηση υπάρχει και στους οδηγούς των Hatchback που προηγουμένως ήταν στην δεύτερη θέση με την μεγαλύτερη από τις μέγιστες ταχύτητες και τώρα βρίσκονται στην τέταρτη των ελαχίστων.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές των ελαχίστων τιμών ταχύτητας φαίνονται στον Πίνακα 4.13:

Πίνακας 4.13: Ελάχιστες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχημάτων

Όχημα	Ελάχιστη Ταχύτητα (km/h)
Micro	81
Hatchback	92
Sedan	97
SUV	102
MPV	99

- ✓ Η ελάχιστη ταχύτητα των Sedan, MPV και SUV είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ταχύτητα των Micro.

Το Σχήμα 4.26 αναφέρεται στις μέσες τιμές που προέκυψαν ως ο αριθμητικός μέσος όλων των τιμών που μετρήθηκαν.



Σχήμα 4.26: Μέσες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχήματος

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Οι οδηγοί των οχημάτων Micro είναι στην τελευταία θέση, με τις μικρότερες τιμές όπως και αναμενόταν αλλά και είχε φανεί από τα δύο προηγούμενα σχήματα. Τα οχήματα αυτά μπορεί να έχουν μικρότερο βάρος σε σχέση με τα υπόλοιπα όμως είναι φτωχότερα και σε μηχανικά χαρακτηριστικά. Αυτά τα στοιχεία φαίνεται πως επηρεάζουν τους οδηγούς μιας και δεν μπορούν να πιάσουν τις επιθυμητές ταχύτητες ή/και δεν νιώθουν άνετοι στο να το κάνουν.
- ✓ Οι οδηγοί των Hatchback είναι στην τέταρτη θέση, η θέση την οποία κατείχαν και στην ανάλυση για τις ελάχιστες τιμές. Φαίνεται πως η δεύτερη θέση που είχαν στην ανάλυση για τις μέγιστες τιμές και μάλιστα με μικρή διαφορά από την πρώτη, ήταν η εξαίρεση στον κανόνα που φαίνεται να ισχύει για τις κατηγορίες αυτές. Μπορεί τα οχήματα αυτά να είναι πιο πλούσια σε μηχανικά χαρακτηριστικά από τα Micro αλλά και πάλι το αποτέλεσμα δεν είναι κάτι που ξεπερνάει τα αναμενόμενα.
- ✓ Στην πρώτη θέση συνολικά βρίσκονται τα Sedan οχήματα, κάτι που δεν προκαλεί έκπληξη. Τα οχήματα αυτά αν και έχουν χαμηλό κέντρο βάρους για μεγάλο βάρος είναι αρκετά πλούσια σε μηχανικά χαρακτηριστικά, με αρκετή ιπποδύναμη. Πολλές από τις μορφές αυτών βγαίνουν και σε σπορ εκδόσεις. Το χαμηλό κέντρο βάρους, το οποίο έδειξε πως παίζει σημαντικό βαθμό στην απορρόφηση της πλευρικής επιτάχυνσης δρα υπέρ τους, αφού «ξεφορτώνονται» μέρος ενός από τους πιο ενοχλητικούς παράγοντες κατά την κίνηση σε καμπύλη, την πλευρική τριβή.
- ✓ Στην δεύτερη βρίσκονται μαζί τα οχήματα SUV και MPV που στο σύνολο της μελέτης συμβαδίζουν στις περισσότερες αναλύσεις. Τα οχήματα αυτά είναι επίσης πολύ πλούσια σε μηχανικά χαρακτηριστικά και με σημαντική ιπποδύναμη. Το ψηλότερο κέντρο βάρους τους φαίνεται πως είναι ο αδύναμος παράγοντας τους.

- ✓ Είδαμε πως τα οχήματα αυτά απορροφούν πλευρική επιτάχυνση μικρότερη από τους άλλους τύπους και η βιβλιογραφία έχει δείξει πως τα οχήματα αυτά κινδυνεύουν περισσότερο σε καμπύλες.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές των μέσων τιμών ταχύτητας φαίνονται στον Πίνακα 4.14:

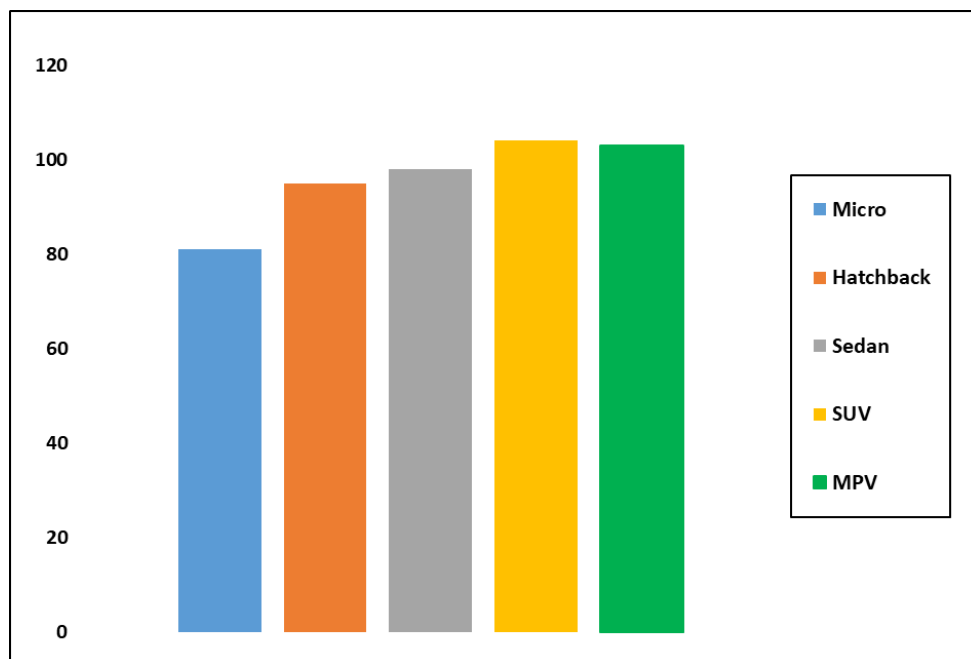
Πίνακας 4.14: Μέσες ταχύτητες με βάση τον τύπο οχημάτων

Όχημα	Μέση Ταχύτητα (km/h)
Micro	90
Hatchback	100
Sedan	111
SUV	109
MPV	109

- ✓ Η μέση ταχύτητα των Micro είναι μικρότερη από την ελάχιστη ταχύτητα των άλλων 4 κατηγοριών οχημάτων.

Όπως και στην περίπτωση της ηλικίας δόθηκαν τα διαγράμματα με βάση τις ταχύτητες του 15,50 και 85% το ίδιο θα συμβεί και στην περίπτωση που εξετάζεται ο τύπος του οχήματος μελέτης.

Η αρχή γίνεται με το 15%.



Σχήμα 4.27: Η 15% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση τον τύπο οχήματος

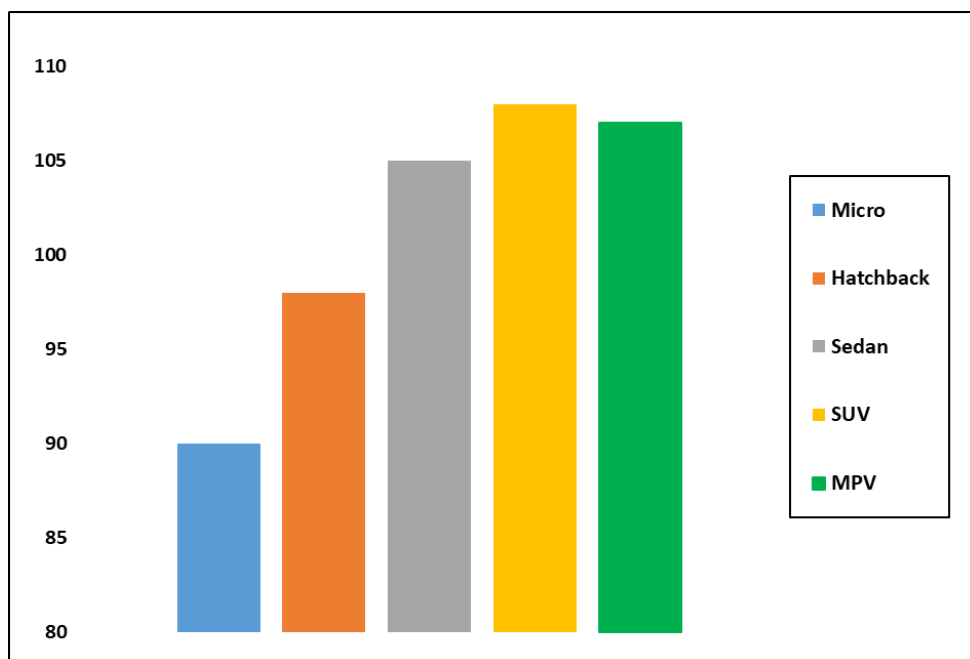
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η μορφή του διαγράμματος δεν διαφοροποιείται σε σχέση με αυτό που είδαμε στο Σχήμα 4.25 σχετικά με τις ελάχιστες τιμές.
- ✓ Βέβαια η διαφορά ανάμεσα στα οχήματα SUV και MPV μικραίνει όπως και αυτή μεταξύ των Hatchback και Sedan.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές φαίνονται στο Πίνακα 4.15. Οι τιμές είναι κοντά σε αυτές του Πίνακα 4.12 αλλά είναι σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερες με χαρακτηριστικά παραδείγματα τις τιμές των Hatchback και MPV.

Πίνακας 4.15: Οι ταχύτητες του 15% για τους τύπους οχημάτων

Όχημα	Ταχύτητα (km/h)
Micro	81
Hatchback	95
Sedan	97
SUV	104
MPV	103

Το επόμενο αφορά το 50%.



Σχήμα 4.28: Η 50% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση τον τύπο οχήματος

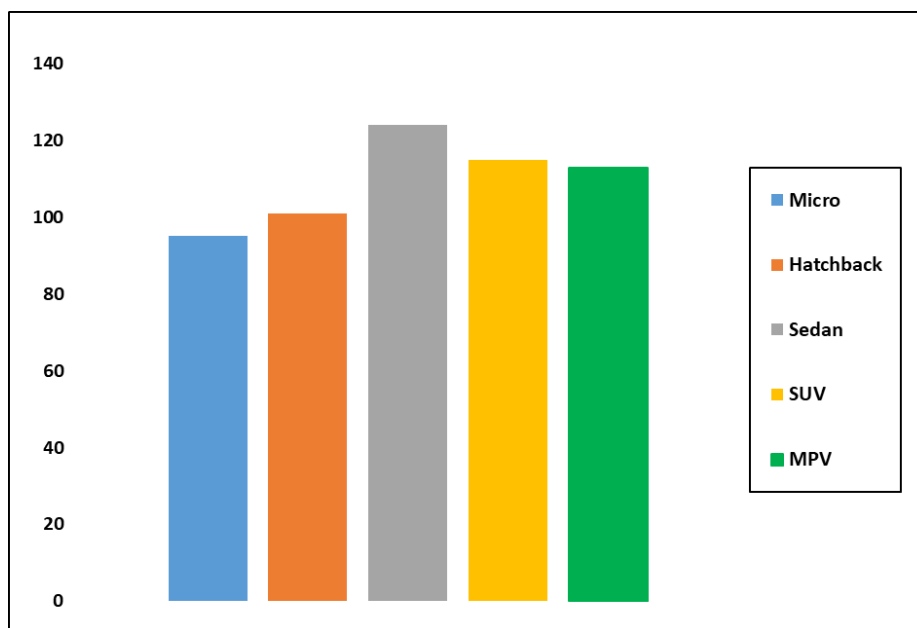
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η μορφή του διαγράμματος έχει εμφανείς διαφοροποιήσεις σε σχέση με αυτό που είδαμε στο Σχήμα 4.26 σχετικά με τις μέσες τιμές.
- ✓ Τα Sedan οχήματα δεν είναι τα γρηγορότερα, αλλά τα δεύτερα πιο γρήγορα σε αυτήν την κατηγορία.
- ✓ Τα πιο γρήγορα είναι τα SUV που στη μέση τιμή ήταν μαζί με τα MPV στην δεύτερη θέση.
- ✓ Αυτό δείχνει κάτι που δεν ήταν τόσο αναμενόμενο από την στιγμή που η μέση ταχύτητα και αυτή του 50% συνήθως συμβαδίζουν. Αυτό είναι πως για το δείγμα υπήρχε μεγάλη διασπορά όσον αφορά τις τιμές για τα Sedan οχήματα. Δηλαδή οι τιμές είχαν αποστάσεις μεταξύ τους και σε συνδυασμό με τον ατομικό μικρό σχετικά αριθμό δειγμάτων ανά κατηγορία οι επιδράσεις έγιναν εμφανείς και προφανείς στις περιπτώσεις Sedan σε σχέση με τα τελικά στοιχεία των οχημάτων τύπου SUV τα οποία και τους έδωσαν την πρώτη θέση στην κατηγορία αυτήν.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές φαίνονται στον Πίνακα 4.16 και επιβεβαιώνουν όσα είπαμε και προηγουμένως. Οι τιμές παραμένουν σχεδόν ίδιες σε όλες τις κατηγορίες με μοναδικές μικροαποκλίσεις, ενώ για τα Sedan η τιμή έχει πέσει κατά 6 km/h την στιγμή που οι κατηγορίες των SUV και MPV είναι στην πράξη σχεδόν αμετάβλητες.

Πίνακας 4.16: Οι ταχύτητες του 50% για τους τύπους οχημάτων

Όχημα	Ταχύτητα (km/h)
Micro	90
Hatchback	98
Sedan	105
SUV	108
MPV	107

Ακολουθεί γράφημα για το 85%.



Σχήμα 4.29: Η 85% μεγαλύτερη ταχύτητα των οδηγών με βάση τον τύπο οχήματος

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η μορφή του διαγράμματος έχει εμφανείς διαφοροποιήσεις σε σχέση με αυτό που είδαμε στο Σχήμα 4.24 σχετικά με τις μέγιστες τιμές.
- ✓ Οι διαφοροποιήσεις στην μορφή έχουν να κάνουν με την μείωση της διαφοράς μεταξύ Sedan και Hatchback οχημάτων κάτι που είναι πιο λογικό και πλησιάζει περισσότερο τα στοιχεία της έρευνας που έχουν προκύψει μέχρι τώρα.
- ✓ Εκτός αυτού φαίνεται πως η παραφωνία για τα Sedan οχήματα που προέκυψε για το 50% διορθώνεται κάτι που επιβεβαιώνει πως η διαφοροποίηση οφειλόταν σε διασπορά γύρω από την τιμή του 50%. Βέβαια η διασπορά φαίνεται να διογκώνεται στις μεγάλες ταχύτητες.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές δίνονται στον Πίνακα 4.17 και εμφανίζουν σαφείς διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις μέγιστες τιμές, δηλαδή είναι σαφώς μικρότερες στα 4/5 με διαφορές που πλησιάζουν και τα 35 km/h. Στην πράξη αμετάβλητη παραμένει μόνο η τιμή ταχύτητας των Micro οχημάτων.

Πίνακας 4.17: Οι ταχύτητες του 85% για τους τύπους οχημάτων

Όχημα	Ταχύτητα (km/h)
Micro	95
Hatchback	101
Sedan	124
SUV	115
MPV	113

4.5.3 Η χρονολογία οχήματος

Μετά τον τύπο του οχήματος θα γίνει παρόμοια ανάλυση για την χρονολογία του οχήματος. Για να γίνει αυτό τα οχήματα της έρευνας χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη έχει οχήματα που έχουν κυκλοφορήσει πριν το 2013 και η δεύτερη μετά. Η χρονολογία δεν είναι τυχαία και το διάστημα αφορά στην πράξη οχήματα σε χρήση πάνω ή κάτω από μια δεκαετία.

Το Σχήμα 4.30 δίνει τη μέγιστη μετρημένη ταχύτητα για τις δύο κατηγορίες οχημάτων που αναφέραμε.



Σχήμα 4.30: Μέγιστες ταχύτητες οχημάτων που κυκλοφόρησαν πριν και μετά το 2013

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά όσον αφορά την μέγιστη ταχύτητα είναι εμφανής, αφού για τα οχήματα πριν από το 2013 η μέγιστη τιμή είναι 122 km/h και για αυτά μετά το 2013 είναι 137 km/h. Το γράφημα έχει απόσταση 5km/h από τιμή σε τιμή στον άξονα της ταχύτητας και η διαφορά φαίνεται μεγαλύτερη από την πραγματικότητα.
- ✓ Οι μέγιστες τιμές έχουν δείξει πως μπορεί να μην είναι χαρακτηριστικές, αλλά από την άλλη πλευρά δείχνουν ένα ανώτατο όριο που μπορεί να πιαστεί από το όχημα κάθε κατηγορίας.
- ✓ Προφανώς η τιμή των 137 km/h είναι αυτή που αντιστοιχεί στη μέγιστη ταχύτητα που μετρήθηκε σε όλο το πείραμα.

Μετά από τις μέγιστες τιμές έχουμε συνηθίσει να δίνουμε και τις ελάχιστες. Το Σχήμα 4.31 λοιπόν δίνει τις ελάχιστες τιμές με βάση τον παράγοντα χρονολογίας οχήματος.



Σχήμα 4.31: Ελάχιστες ταχύτητες οχημάτων που κυκλοφόρησαν πριν και μετά το 2013

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά ανάμεσα στις ελάχιστες τιμές είναι και πάλι εμφανής, με την μικρότερη τιμή να αντιστοιχεί και σε αυτή την περίπτωση στα οχήματα που κυκλοφόρησαν πριν το 2013.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές είναι 81 και 102 km/h για τα οχήματα πριν και μετά το 2013.
- ✓ Η ελάχιστη τιμή (όπως και η μέγιστη) μπορεί να λένε πολλά αλλά μπορεί και τίποτα. Σίγουρα όμως δείχνουν τα κατώτατα και τα ανώτατα όρια που στην πράξη έχουν επιτευχθεί από τα οχήματα.
- ✓ Η τιμή των 81 km/h που εμφανίζεται και ως η ελάχιστη για το δείγμα των οχημάτων με κυκλοφορία πριν το 2013 είναι και η ελάχιστη που μετρήθηκε.

Το Σχήμα 4.32 είναι το τελευταίο που σχετίζεται με την χρονολογία του οχήματος και αφορά τον αριθμητικό μέσο όρο των ταχυτήτων που έχουν μετρηθεί για κάθε μια κατηγορία.



Σχήμα 4.32: Μέσες ταχύτητες οχημάτων που κυκλοφόρησαν πριν και μετά το 2013

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά ανάμεσα στις μέσες τιμές είναι μικρότερη από την διαφορά που βρέθηκε για τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές ανάμεσα στις δύο κατηγορίες.
- ✓ Το Σχήμα ίσως είναι παραπλανητικό σε πρώτη εικόνα γιατί δείχνει μια μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις δύο κατηγορίες. Όταν όμως διαβαστεί προσεκτικά και εντοπιστεί πως η απόσταση από τιμή ταχύτητας στην επόμενη ή την προηγούμενη τιμή είναι 2 km/h η σωστή εικόνα αποκαθίσταται.
- ✓ Η μέση τιμή για τα οχήματα με κυκλοφορία πριν το 2013 ήταν 106 km/h και για αυτά μετά το 2013 114 km/h.
- ✓ Το γενικότερο συμπέρασμα είναι πως τα αποτελέσματα είναι λογικά και αναμενόμενα. Τα πιο σύγχρονα οχήματα προσφέρουν περισσότερες καινοτομίες, έχουν πολύ προχωρημένα συστήματα και μηχανικό εξοπλισμό. Είναι άλλωστε αλήθεια πως κάθε χρόνο τα ατυχήματα όλο και μειώνονται.
- ✓ Άρα είναι και λογικό ένας οδηγός να νιώθει περισσότερο άνετος και ασφαλής όταν αναπτύσσει μεγάλη ταχύτητα εντός ενός οχήματος το οποίο είναι καλύτερα εξοπλισμένο και του παρέχει και επί τόπου και στιγμής διάφορα συστήματα άμεσης εφαρμογής για την ασφάλεια του και την αποφυγή κινδύνου.
- ✓ Από την αντίθετη πλευρά ένας οδηγός που οδηγεί ένα όχημα παλιότερης τεχνολογίας χωρίς πρόσθετα λειτουργικά συστήματα ασφαλείας είναι σίγουρα πιο συντηρητικός στην κίνηση του και στις ταχύτητες που αναπτύσσει. Ο βαθμός και η αίσθηση ασφαλείας και άνεσης δεν μπορεί να συγκριθεί όταν ένα όχημα είναι π.χ. του 2010 και το άλλο του 2020.

Συνεχίζουμε με τις ταχύτητες του 15,50 και 85% με αρχή από την πρώτη.



Σχήμα 4.33: Η 15% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση την χρονολογία του οχήματος

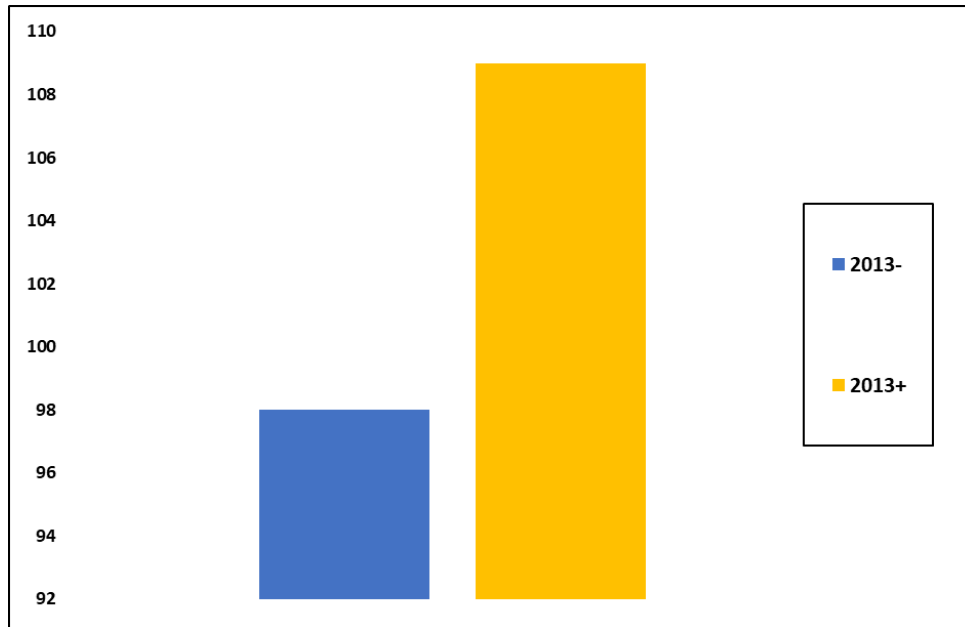
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η εικόνα του γραφήματος είναι διαφορετική σε σχέση με αυτή του 4.25, πρώτον επειδή το διάστημα μεταβολής της τιμής του άξονα των τεταγμένων είναι ανά 2 km/h αλλά και επειδή οι τιμές των κατηγοριών διαφέρουν.
- ✓ Η τιμή για τα οχήματα που κυκλοφόρησαν πριν το 2013 είναι αρκετά μεγαλύτερη από την ελάχιστη τιμή του δείγματος για την κατηγορία αυτή και η τιμή για τα οχήματα με

κυκλοφορία από το 2013 και μετά είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από την ελάχιστη για την κατηγορία αυτή.

- ✓ Οι τιμές είναι 90 και 105 km/h αντίστοιχα και παρατηρείται στην πρώτη αύξηση κατά 9 km/h και στην δεύτερη μείωση κατά 4 km/h.

Συνεχίζουμε με το 50%.



Σχήμα 4.34: Η 50% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση την χρονολογία του οχήματος

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Είναι εμφανές πως υπάρχει διαφοροποίηση σε σχέση με το Σχήμα 4.32 που αναπαριστά τις μέσες τιμές.
- ✓ Η διαφορά έχει να κάνει με την τιμή και των δύο κατηγοριών. Για τα οχήματα με κυκλοφορία πριν το 2013 η τιμή είναι 98 km/h και για αυτά από το 2013 και μετά είναι 109 km/h.
- ✓ Αυτό σημαίνει πως υπάρχει μείωση στην πρώτη κατηγορία κατά 8 km/h και στην δεύτερη κατά 7 km/h.
- ✓ Η εξήγηση είναι απλή για το λόγο που εμφανίζεται απόκλιση προφανής. Το δείγμα είναι μικρό για την κάθε κατηγορία και επομένως οι ακραίες του τιμές δεν μπορούν να ομαλοποιηθούν από άλλες εύκολα. Ο αριθμητικός μέσος επηρεάζεται από τις ακραίες τιμές, ενώ το 50% εστιάζει απευθείας στην ταχύτητα του μέσου δείγματος που έχει μετρηθεί.

Η ενότητα αυτή ολοκληρώνεται με το 85%.



Σχήμα 4.35: Η 85% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση την χρονολογία του οχήματος

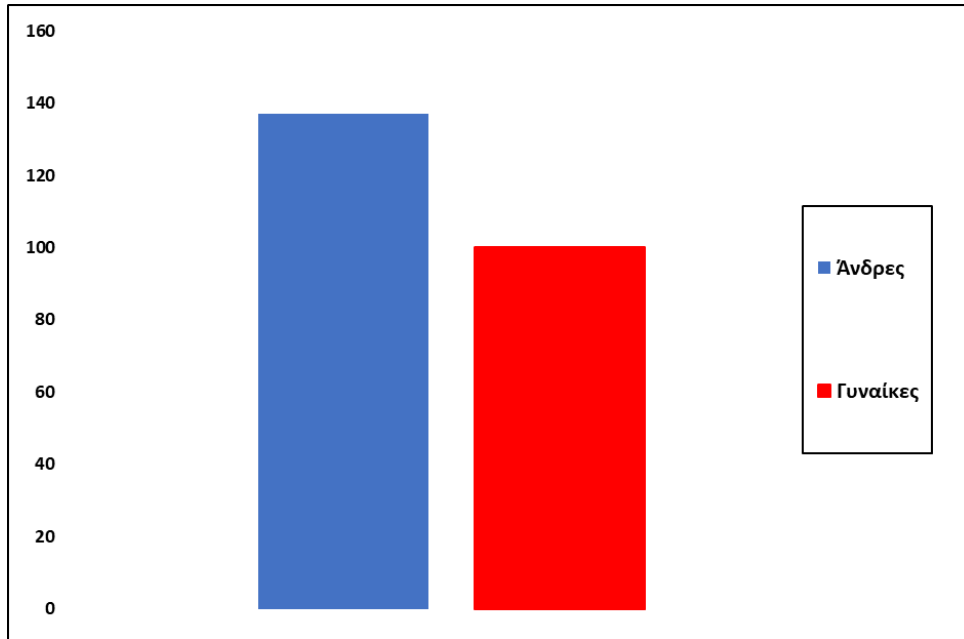
Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η εικόνα του σχήματος προδίδει πως υπάρχει διαφοροποίηση σε σχέση με το σχήμα των μεγίστων τιμών.
- ✓ Για τα οχήματα με κυκλοφορία πριν το 2013 η τιμή 108 km/h και για αυτά από το 2013 και μετά είναι 122 km/h.
- ✓ Σε σύγκριση με τις μέγιστες τιμές έχουμε πτώση κατά 14 km/h στην πρώτη περίπτωση και κατά 17 km/h στην δεύτερη περίπτωση. Είναι μάλιστα χαρακτηριστικό πως η τιμή του 85% για τα οχήματα με κυκλοφορία από το 2013 και μετά είναι μικρότερη από την μέγιστη τιμή για τα οχήματα με κυκλοφορία πριν το 2013 που φαίνεται στο Σχήμα 4.30.

4.5.4 Το φύλο του οδηγού

Το τελευταίο χαρακτηριστικό του ανθρώπινου παράγοντα στο οποίο εστιάζει αυτή η έρευνα είναι το φύλο του οδηγού. Το δείγμα που είχαμε διαθέσιμο ήταν αρκετά πιο μεγάλο για τους άντρες από τις γυναίκες, αλλά αυτό δεν σημαίνει πως δεν θα μπορούσαν να βγουν κάποια συμπεράσματα από τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα και έχουν προέλθει από μετρήσεις με ακριβή όργανα.

Το Σχήμα 4.36 δίνει τις μέγιστες ταχύτητες που έχουν μετρηθεί για τους άνδρες και τις γυναίκες αυτής της έρευνας.

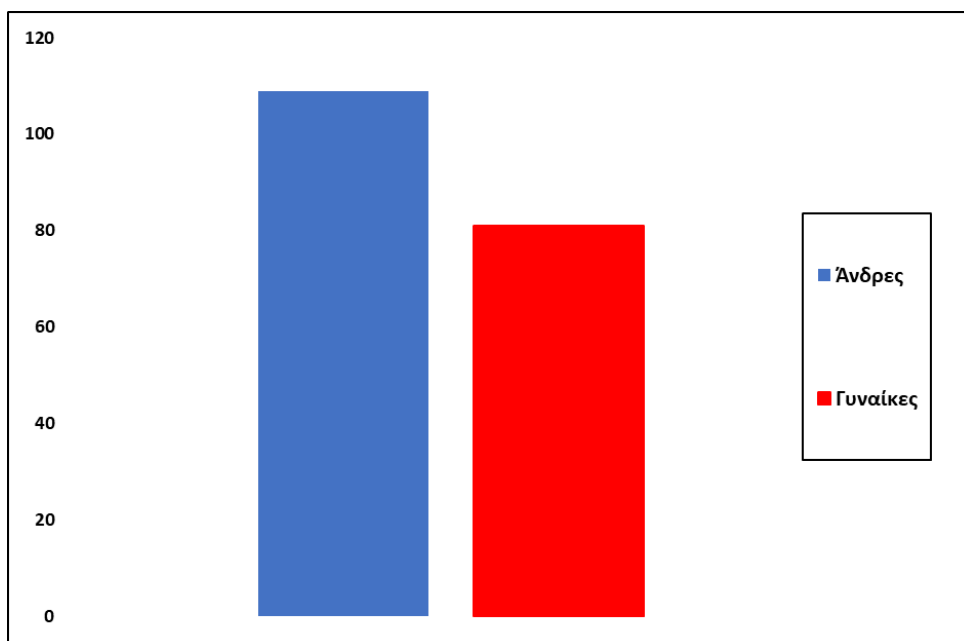


Σχήμα 4.36: Μέγιστες ταχύτητες για άνδρες και γυναίκες οδηγούς

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά ανάμεσα στις μέγιστες τιμές για τους άντρες και τις γυναίκες είναι εμφανής και αρκετά μεγάλη.
- ✓ Αυτό βέβαια δεν έρχεται σε αντίφαση με αυτό που έχει δείξει η βιβλιογραφία μέχρι σήμερα, γιατί οι άντρες έχουν χαρακτηριστικοί πιο επιθετικοί οδηγοί από τις γυναίκες και σε σχέση με τις ταχύτητες με τις οποίες κινούνται, με βάση τα όρια ταχύτητας που συνήθως υπερβαίνουν αλλά και γενικότερα τις παραβάσεις του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές ήταν 137 και 100 km/h για τους άντρες και για τις γυναίκες κατά αντιστοιχία.
- ✓ Η τιμή των 137 km/h είναι και η μέγιστη που μετρήθηκε και ανήκει σε άντρα οδηγό.

Το Σχήμα 4.37 δίνει τις ελάχιστες ταχύτητες με βάση το φύλο του οδηγού.

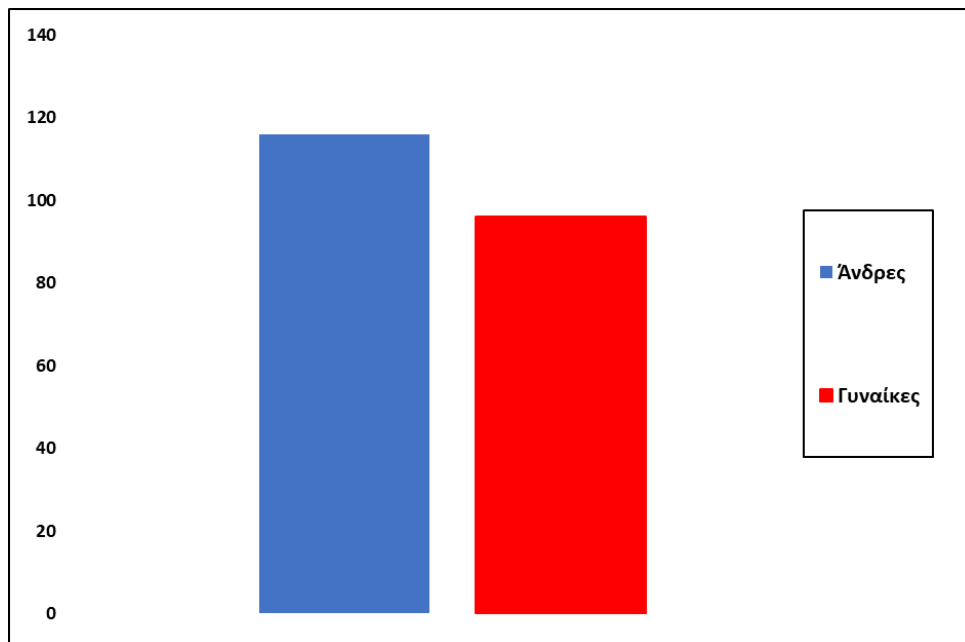


Σχήμα 4.37: Ελάχιστες ταχύτητες για άνδρες και γυναίκες οδηγούς

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η διαφορά ανάμεσα στις μέγιστες τιμές για τους άντρες και τις γυναίκες είναι εμφανής και αρκετά μεγάλη και στην περίπτωση των ελάχιστων τιμών ταχυτήτων αλλά μικρότερη σε σχέση με την διαφορά ανάμεσα στις μέγιστες τιμές.
- ✓ Όπως είπαμε και πριν το αποτέλεσμα συμβαδίζει με τα μέχρι σήμερα στοιχεία της βιβλιογραφίας για τον τρόπο οδήγησης των ανδρών και των γυναικών και την γενικότερη οδηγική τους συμπεριφορά.
- ✓ Οι ακριβείς τιμές είναι 109 km/h για τους άντρες και 81 km/h για τις γυναίκες.
- ✓ Η τιμή των 81 km/h είναι η μικρότερη που μετρήθηκε και ανήκει σε γυναίκα οδηγό.

Το Σχήμα 4.38 αντιστοιχεί στους αριθμητικούς μέσους των ταχυτήτων που μετρήθηκαν στο σύνολο της έρευνας και αφορούσαν άντρες και γυναίκες.

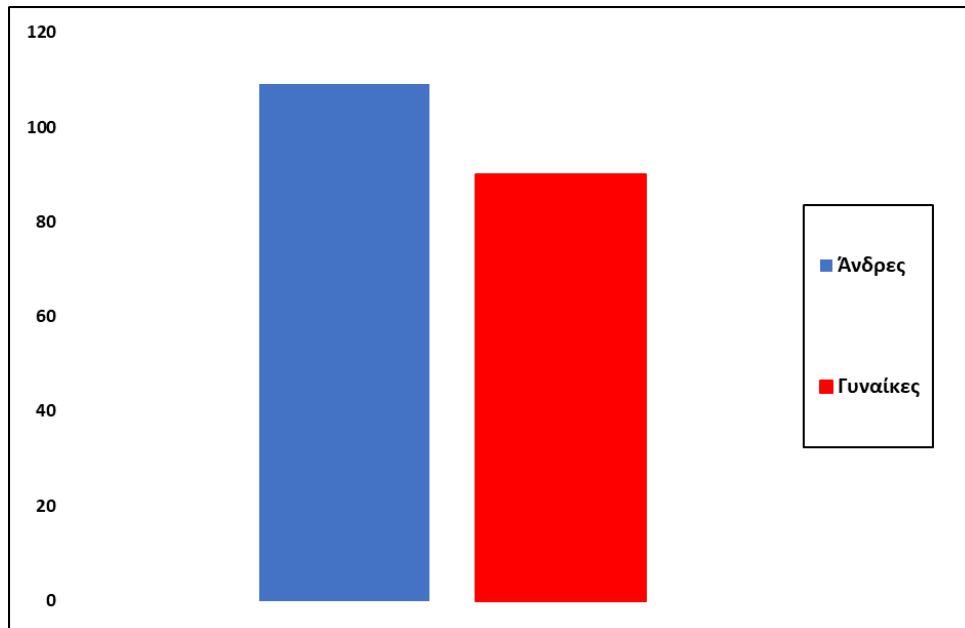


Σχήμα 4.38: Μέσες ταχύτητες για άνδρες και γυναίκες οδηγούς

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Οι μέσες τιμές επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα που βγήκαν από τις μέγιστες και τις ελάχιστες. Οι άντρες οδηγοί κινούνται πολύ πιο γρήγορα σε σχέση με τις γυναίκες οδηγούς.
- ✓ Επίσης οι άντρες οδηγοί φάνηκε να έχουν μεγαλύτερη αντοχή στις μεγάλες ταχύτητες σε σχέση με τις γυναίκες και μάλιστα να μην φοβούνται στην ανάπτυξη των τιμών αυτών.
- ✓ Από την άλλη οι γυναίκες ήταν περισσότερο προσεκτικές στις ταχύτητες με τις οποίες κινούνταν και μάλιστα κατά την διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκε πως έλεγχαν αρκετά συχνά την ταχύτητα με την οποία κινούνταν και οι μεγαλύτερες μεταβολές από την ευθυγραμμία στην καμπύλη παρατηρήθηκαν για εκείνες.
- ✓ Οι ακριβείς μέσες τιμές είναι 116 km/h για τους άντρες οδηγούς και 96 km/h για τις γυναίκες, κάτι που σημαίνει πως η διαφορά ανάμεσα στα δύο φύλα είναι 20 km/h.
- ✓ Βέβαια είναι αλήθεια πως οι άντρες του πειράματος είχαν πιο σύγχρονα οχήματα από τις γυναίκες κάτι το οποίο σίγουρα είναι ένας παράγοντας που έχει επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα. Πάντως ακόμα και αυτός ο παράγοντας είναι κάτι που υποδηλώνει την διαφορετική νοοτροπία των ανδρών και επιβεβαιώνει όσα έχουν προκριθεί από άλλες έρευνες και έχουν επιβεβαιωθεί από την έρευνα αυτή.

Μετά τις μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές θα δοθούν αυτές του 15, 50 και 85% όπως έγινε και σε όλες τις αναλύσεις προηγουμένως. Η αρχή γίνεται με αυτή του 15% στο γράφημα που φαίνεται παρακάτω.

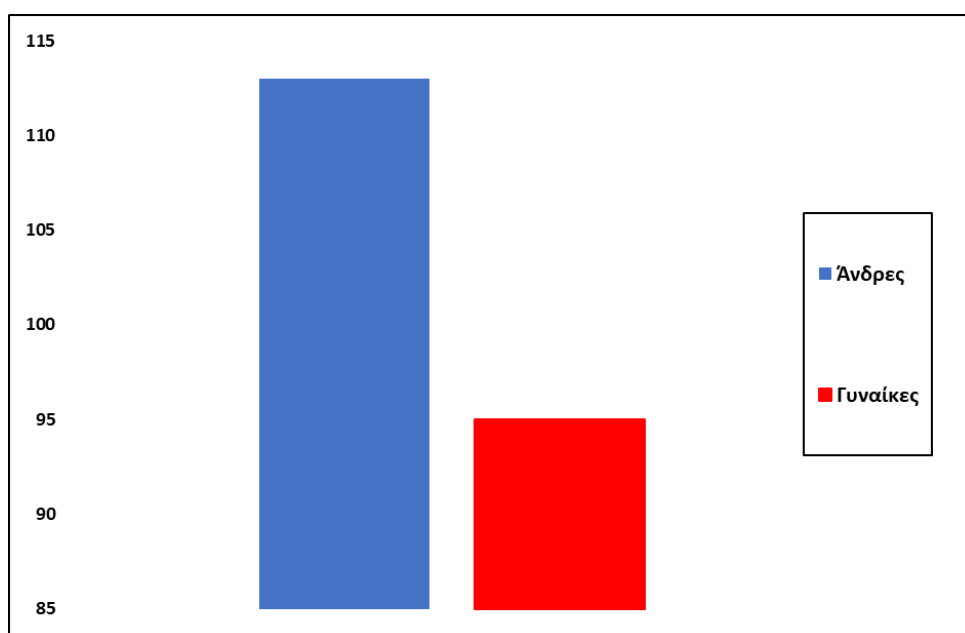


Σχήμα 4.39: Η 15% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση το φύλο του οδηγού

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Προφανώς οι ισορροπίες δεν μπορούσαν να αλλάξουν, οι άντρες παραμένουν οι πιο γρήγοροι οδηγοί. Όμως οι τιμές σε σχέση με τις ελάχιστες έχουν διαφοροποιηθεί και για τις δύο κατηγορίες.
- ✓ Για τους άντρες η τιμή είναι 109 km/h δηλαδή αυξημένη κατά 2 km/h και για τις γυναίκες είναι 90 km/h δηλαδή αυξημένη κατά 9 km/h.
- ✓ Το 15% δείχνει την αξιοπιστία του σε σχέση με την ελάχιστη τιμή στο παράδειγμα των γυναικών.

Για το 50% έχουμε το Σχήμα 4.40.

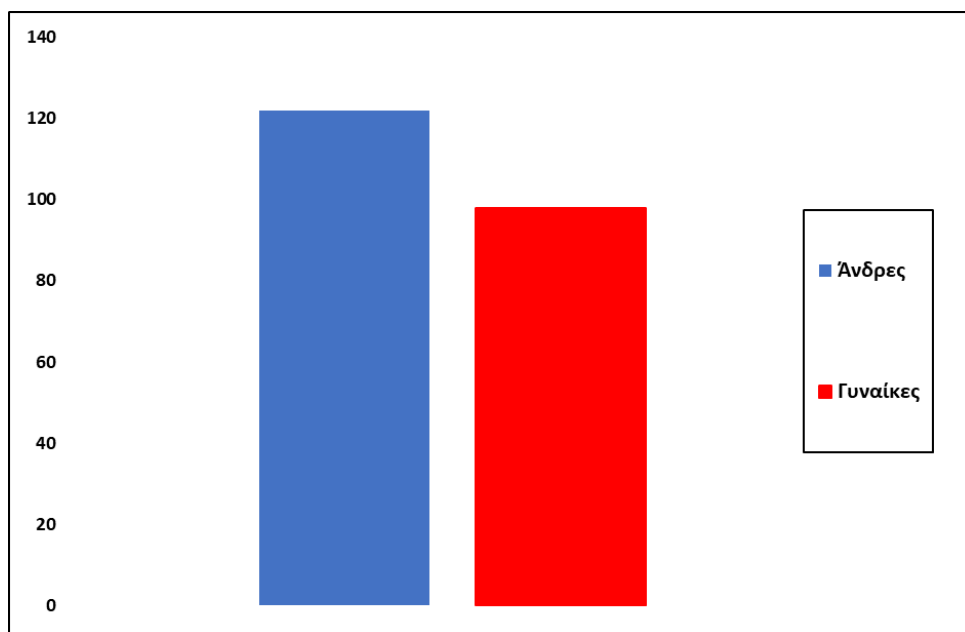


Σχήμα 4.40: Η 50% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση το φύλο του οδηγού

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Η εικόνα είναι παρόμοια με αυτήν του προηγούμενου σχήματος. Οι άντρες παραμένουν πρώτοι με σημαντική διαφορά σε σχέση με τις γυναίκες σε ότι αφορά την ταχύτητα του 50%.
- ✓ Όμως οι τιμές διαφέρουν και πάλι σε σχέση με τους αριθμητικούς μέσους, κυρίως στο θέμα των αντρών. Οι γυναίκες διατηρούν παρόμοια τιμή (95 km/h στο 50% και 96 km/h στον αριθμητικό μέσο) όμως οι άντρες έχουν μείωση από τα 116 km/h στον αριθμητικό μέσο στα 113 km/h στο 50%.
- ✓ Όπως και στην περίπτωση της χρονολογίας του οχήματος, ο αριθμητικός μέσος μειονεκτεί λόγω του μικρού δείγματος το οποίο περιλαμβάνει κάποιες ακραίες τιμές που δεν ομαλοποιούνται.

Το κεφάλαιο αυτό κλείνει με το Σχήμα 4.41 για το 85% των οδηγών και τα σύντομα συμπεράσματα που το χαρακτηρίζουν.



Σχήμα 4.41: Η 85% μεγαλύτερη ταχύτητα με βάση το φύλο του οδηγού

Σύντομες παρατηρήσεις για το γράφημα αυτό είναι:

- ✓ Προφανώς δεν αλλάζει τίποτα στην τελική εικόνα και στο ποσοστό του 85%. Οι άντρες παραμένουν εμφανώς πιο γρήγοροι από τις γυναίκες όπως έχουν δείξει και όλες οι αναλύσεις που δόθηκαν προηγουμένως.
- ✓ Οι τιμές πάντως είναι και πάλι διαφορετικές από τις μέγιστες όπως και είναι αναμενόμενο. Στις μέγιστες τιμές είχαμε 137 km/h για τους άντρες και 100 km/h για τις γυναίκες. Στο 85% οι τιμές γίνονται 122 και 98 km/h για άντρες και γυναίκες κατά αντιστοιχία.
- ✓ Το 85% είναι σίγουρα πολύ πιο ασφαλές από την μέγιστη τιμή και στην περίπτωση ανάλυσης που αφορά το φύλο του οδηγού.

5. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα συμπεράσματα έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων στον μεγαλύτερο βαθμό. Στο κεφάλαιο αυτό θα συγκεντρωθούν και θα αναφερθούν πιο εμπειριστατωμένα και επίσης θα γίνει σύντομη συζήτηση για αυτά.

- ✓ Ένα δείγμα πρέπει να περιέχει αρκετό αριθμό ατόμων αλλά και ατόμων με διαφορετικά χαρακτηριστικά ταυτόχρονα. Αυτό η έρευνα αυτή το πέτυχε. Συμμετείχαν αρκετοί οδηγοί (61 στο σύνολο) διαφορετικών ηλικιών, διαφορετικού φύλου και οδηγικής εμπειρίας και ακόμα και τα οχήματα τους ήταν διαφορετικού τύπου και με διάφορες ημερομηνίες πρώτης κυκλοφορίας.
- ✓ Οι συνθήκες για μετρήσεις είναι ιδανικές όταν το οδόστρωμα είναι στεγνό και η κυκλοφορία στους δρόμους είναι τόσο περιορισμένη, ώστε ένας οδηγός να αισθάνεται πως οδηγεί εντελώς ανεμπόδιστα. Και αυτό το πέτυχε η έρευνα αυτή, βασιζόμενη στις καλές καιρικές συνθήκες και στις ημέρες του Σαββατοκύριακου και τις πρωινές ώρες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.
- ✓ Προχωρώντας με τα αποτελέσματα, επιβεβαιώθηκε η ισχυρή σχέση που συνδέει ταχύτητα και πλευρική επιτάχυνση εντός των καμπυλών των ραμπών ανταλλαγής. Η σχέση που περιγράφει την μεταξύ τους σύνδεση είναι γραμμική, ενώ και η πολυωνυμικής μορφής με μικρή καμπυλότητα είναι αρκετά κοντά.
- ✓ Η πλευρική επιτάχυνση που μετρήθηκε διέφερε σημαντικά από την θεωρητική πλευρική επιτάχυνση που θα έπρεπε να προκύψει για την καμπύλη αν στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης χρησιμοποιούταν η ταχύτητα κίνησης των οδηγών, η ακτίνα και η επίκλιση της καμπύλης.
- ✓ Η διαφορά αυτή οδήγησε σε ένα συμπέρασμα που λίγο πολύ είχε αφεθεί να εννοηθεί και από προηγούμενες μελέτες. Πως ένα μέρος της πλευρικής επιτάχυνσης απορροφάται από το σύστημα ανάρτησης και ελαστικών του οχήματος και δεν φτάνει ποτέ στον οδηγό, δεν γίνεται αντιληπτή από τον ίδιο αλλά και από το VERICOM που μετράει τα στοιχεία.
- ✓ Το συμπέρασμα αυτό γέννησε μία νέα έρευνα. Η πλευρική επιτάχυνση απορροφάται από το όχημα. Αλλά μήπως ο τύπος του οχήματος έχει σχέση με το ποσοστό απορρόφησης; Η μελέτη που έγινε στο συγκεκριμένο θέμα έδωσε θετική απάντηση στην ερώτηση. Τα οχήματα μελετήθηκαν με βάση τον τύπο και φάνηκε πως τα Sedan, τα Hatchback και τα Micro απορροφούσαν αισθητά μεγαλύτερο ποσοστό πλευρικής επιτάχυνσης σε σχέση με τα SUV και τα MPV. Η συγκεκριμένη παρατήρηση σχετίστηκε με το κέντρο βάρους του οχήματος. Για τις 3 πρώτες κατηγορίες, το κέντρο βάρους είναι χαμηλό κάτι που είναι σε αντίθεση με τις 2 τελευταίες που είναι εμφανώς πολύ πιο ψηλό.
- ✓ Οι τιμές πλευρικής επιτάχυνσης που μετρήθηκαν από την έρευνα δεν υπερέβαιναν τα όρια άνεσης, ασφάλειας και ευστάθειας σύμφωνα με τις τιμές που κατέχουν στην βιβλιογραφία από τότε που τα παρουσίασε ο McGee (1984). Αυτό δεν σημαίνει πως οι οδηγοί είχαν μία εντελώς άνετη διέλευση αλλά πως για μία τέτοια μεγάλη ακτίνα τα όρια δεν μπορούν να ακολουθούν τιμές απόλυτες και προκαθορισμένες.
- ✓ Επίσης τα όρια που ορίζονται από τις Γερμανικές Οδηγίες και τις Ελληνικές έγιναν υπερβατά για όχι σημαντικό ποσοστό. Οι πρώτες υπερέβηκαν από το 26%, ποσοστό αισθητό αλλά όχι σημαντικό και οι δεύτερες από το 5%, ποσοστό μη σημαντικό σε κάθε περίπτωση.
- ✓ Οι ταχύτητες που εξετάστηκαν για σύγκριση των οριακών ταχυτήτων της έρευνας αυτής με αυτές των οδηγών και των μοντέλων πλευρικής επιτάχυνσης ήταν αυτές που αντιστοιχούσαν στο 15, 50 και 85% των οδηγών σε μία αντιστοιχία με την ελάχιστη, την μέση και την μέγιστη.

- ✓ Τα αποτελέσματα έδειξαν πως για το 15% και 50% είναι αρκετά χαμηλότερες από την οριακή ταχύτητα που αφορά την άνεση.
- ✓ Το 85% πλησιάζει την οριακή ταχύτητα άνεσης με μια μικρή διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές περιπτώσεις.
- ✓ Η οριακή ταχύτητα ασφάλειας απέχει αρκετά από τις ταχύτητες του 15,50 και 85% των οδηγών.
- ✓ Για τις οριακές ταχύτητες με βάση τις οδηγίες τα αποτελέσματα διαφέρουν. Το όριο για τις Γερμανικές είναι χαμηλότερο από την ταχύτητα του 15% και το όριο των Ελληνικών είναι ανάμεσα στο 15% και το 50%. Το 85% απέχει αρκετά από αυτά τα όρια δείγμα που δείχνει μια συντηρητικότητα των οδηγίων και συμφωνεί με συμπεράσματα άλλων ερευνών της βιβλιογραφίας που έχουν γίνει και δημοσιευτεί τα τελευταία χρόνια και αφορούν ράμπες.
- ✓ Μια καλή ερώτηση είναι: Πώς γίνεται τα όρια που αφορούν την πλευρική επιτάχυνση των οδηγίων να έχουν μικρή υπέρβαση και τελικά οι ταχύτητες του 15,50 και 85% να είναι μεγαλύτερες από σχεδόν κάθε όριο. Η απάντηση είναι απλή. Οι τιμές πλευρικής επιτάχυνσης που αφορούν τις οδηγίες όντως χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια εξίσωση κίνησης και δίνουν τις οριακές ταχύτητες. Όμως οι ταχύτητες που έχουν μετρηθεί για την ακτίνα που μας ενδιαφέρει είναι μεγαλύτερες από αυτές που θα έπρεπε να αντιστοιχούν στην πλευρική επιτάχυνση που έχει μετρηθεί. Αν ανατρέξει κανείς λίγο πιο πάνω θα αντιληφθεί πως η απορρόφηση πλευρικής επιτάχυνσης εκφράζει αυτό ακριβώς. Δηλαδή πως οι ταχύτητες αυτές αντιστοιχούν σε τιμές πλευρικής επιτάχυνσης πιο ψηλές ή αλλιώς οι τιμές πλευρικής επιτάχυνσης αυτές αντιστοιχούν σε μικρότερες ταχύτητες πάντα με εφαρμογή της παγκόσμιας εξίσωσης κίνησης.
- ✓ Οι προηγούμενες έρευνες επιβεβαιώθηκαν και σε ότι έχει να κάνει με την ταχύτητα κίνησης και την ηλικία. Οι οδηγοί 18 έως 25 ετών και έως τα 35 χρόνια γενικότερα κινήθηκαν πολύ πιο γρήγορα από τους οδηγούς μεγαλύτερων ηλικιών. Μάλιστα στη διάρκεια του πειράματος δεν έδειξαν κάποιον φόβο στην κίνηση με αυτόν τον τρόπο. Πιο προβληματισμένοι ήταν οι οδηγοί πάνω από 55 χρονών που φάνηκαν να προσπαθούν να ελέγχουν πάντα την ταχύτητα με την οποία κινούνταν στο βασικό δίκτυο και στην ράμπα ανταλλαγής.
- ✓ Οι άντρες οδηγοί κινήθηκαν με πολύ πιο μεγάλες ταχύτητες σε σχέση με τις γυναίκες και ιδιαίτερα οι άντρες των μικρών ηλικιών ήταν πολύ επιθετικοί στην διάρκεια των μετρήσεων. Αυτό βέβαια έρχεται σε συμφωνία με μελέτες που χαρακτηρίζουν τους άντρες οδηγούς πιο επιθετικούς και με λιγότερους δισταγμούς. Επίσης οι μελέτες έχουν δείξει πως οι άντρες εμπλέκονται πιο συχνά σε οδικά ατυχήματα και παρανομούν σαφώς περισσότερο από τις γυναίκες. Αν κριθεί η ταχύτητα με την οποία κινήθηκαν, τότε τα προηγούμενα συμπεράσματα φαίνεται να είναι εντελώς λογικά και αξιόπιστα με βάση το δείγμα των μετρήσεων.
- ✓ Οι κάτοχοι οχημάτων Sedan πρώτοι και των SUV και MPV στην συνέχεια ήταν μακράν οι πιο γρήγοροι των μετρήσεων. Αυτοί οι τύποι οχημάτων συνήθως διαθέτουν και αρκετή ιπποδύναμη και έτσι είναι εύκολο οι οδηγοί τους να φτάσουν σε υψηλές ταχύτητες και άμεσα επίσης. Εκτός αυτού για τα Sedan οχήματα είδαμε πως το ποσοστό απορρόφησης της πλευρικής επιτάχυνσης είναι το μεγαλύτερο άρα και η διέλευση γίνεται πολύ πιο εύκολα με μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με τους οδηγούς των άλλων τύπων. Βλέπουμε βέβαια πως παρότι η απορρόφηση πλευρικής επιτάχυνσης είναι η μικρότερη στους τύπους SUV και MPV οι ταχύτητες με τις οποίες κινούνται οι οδηγοί είναι αρκετά μεγάλες. Αυτό ίσως δείχνει πως εντός αυτών των οχημάτων οι οδηγοί νιώθουν αρκετά ασφαλείς ίσως και περισσότερο από ό,τι στην πραγματικότητα είναι.

- ✓ Για την χρονολογία του οχήματος τα αποτελέσματα ήταν και πάλι αναμενόμενα και σύμφωνα με όσα έχει δείξει μέχρι σήμερα η βιβλιογραφία. Προφανώς πιο γρήγοροι ήταν οι οδηγοί των πιο σύγχρονων οχημάτων. Τα οχήματα χωρίστηκαν με κριτήριο την χρονολογία της πρώτης κυκλοφορίας τους σε πριν το 2013 και μετά. Οχήματα μίας δεκαετίας και λιγότερο κρίθηκαν νέα οχήματα με βάση την εξέλιξη της τεχνολογίας. Για οχήματα από το 2013 και μετά οι ταχύτητες κίνησης ήταν εμφανώς μεγαλύτερες σε σχέση με τα οχήματα πριν το 2013.
- ✓ Για την ανάλυση της ταχύτητας και την σύνδεση του ανθρώπινου παράγοντα χρησιμοποιήθηκαν και οι ελάχιστες, μέσες και μέγιστες ταχύτητες αλλά και αυτές του 15,50 και 85% των οδηγών. Οι τελευταίες 3 είναι οι πιο ασφαλείς για συμπεράσματα και αυτές που χρησιμοποιούνται περισσότερο στην βιβλιογραφία γιατί αποφεύγουν τις ακραίες τιμές που μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικές για το δείγμα. Οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές δεν είναι πάντοτε ασφαλείς, γιατί μπορεί και να είναι ακραίες τιμές που δεν ακολουθούν το υπόλοιπο δείγμα. Η μέση τιμή είναι πιο ασφαλής, αρκεί οι ακραίες τιμές του δείγματος να μην έχουν έντονη διαφοροποίηση από τις περισσότερες τιμές αυτού και αρκεί το δείγμα να μην είναι μικρό σε αριθμό.

6. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Τέλος θα προτείνουμε μερικές μελλοντικές έρευνες που θα μπορούσαν να δώσουν χρήσιμα στοιχεία στην διεθνή βιβλιογραφία.

- ✓ Να γίνει μελέτη με μεγαλύτερο δείγμα, δηλαδή με ένα δείγμα περίπου 100 και περισσότερων ατόμων. Αυτός ο τρόπος θα διασφαλίσει στο απόλυτο τα αποτελέσματα και την αξιοπιστία αν και το δείγμα της έρευνας αυτής έχει καταταξιωθεί με τέτοιο τρόπο που δεν αναμένονται σημαντικές διαφορές στην μορφή των βασικών αποτελεσμάτων.
- ✓ Να διατεθούν τα δεδομένα της έρευνας αυτής σε ενδιαφερόμενους που θα κάνουν ακόμη πιο σύνθετες αναλύσεις όπως για παράδειγμα θα «παντρέψουν» την ηλικία του οδηγού με το φύλο και το όχημα και θα φτιάξουν γραφήματα με μίξεις των υπαρχόντων.
- ✓ Να συμπληρωθεί ερωτηματολόγιο από τους οδηγούς για το αν θα άλλαζαν κάτι στην οδική τους συμπεριφορά γενικότερα και γιατί δεν το έχουν αλλάξει μέχρι σήμερα αυτό.
- ✓ Χρήσιμη θα ήταν και μια κυκλοφοριακή ανάλυση του συγκεκριμένου κόμβου και πιο συγκεκριμένα των διασταυρώσεων με σηματοδότηση και χωρίς σηματοδότηση.
- ✓ Να γίνουν ενέργειες για να μετρηθεί η καμπύλη 25m ανεμπόδιστα, κλείνοντας ίσως την κυκλοφορία στην συλλέκτρια οδό που διασχίζει ανισόπεδα και πλευρικά την Εθνική Οδό.
- ✓ Μια έρευνα με αυτόνομα οχήματα και αλληπάλληλες συγκρίσεις με τα οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα αυτή θα είχε πραγματικά πολύ μεγάλο ενδιαφέρον αν και είναι κάτι που φαντάζει μακρινό ακόμη.
- ✓ Θα μπορούσαν οι μετρήσεις που υπάρχουν από την έρευνα αυτή και αφορούν και κίνηση στο βασικό οδικό δίκτυο να δοθούν σε όποιον ενδιαφέρεται να μελετήσει τα οδικά τμήματα πριν την διασταύρωση της Εθνικής Οδού με τον ανισόπεδο κόμβο Βαρυμπόμπης.

REFERENCES

1. Alzoubaidi, Mutasem, Amirarsalan Mehrara Molan, and Khaled Ksaibati. "Comparing the efficiency of the super diverging diamond interchange to other innovative interchanges'." *Simulation Modelling Practice and Theory* 106 (2021): 102174.
2. Alzoubaidi, Mutasem, and Milan Zlatkovic. "Conventional Diamond, Diverging Diamond, and Single Point Diamond Interchanges: A Comparative Operational Performance Evaluation in the Era of Connected Vehicles." *Journal of Road and Traffic Engineering* 68.3 (2022): 1-9.
3. Antonios, Trakakis E., Apostoleris Konstantinos, and Psarianos Basil. "Vehicles lateral acceleration and speed profiles investigation at the entry area of interchange ramps as a criterion of geometric road design." *Transportation research procedia* 69 (2023): 13-20.
4. Bauer, Karin M., and Douglas W. Harwood. *Statistical models of accidents on interchange ramps and speed-change lanes*. No. FHWA-RD-97-106. United States. Federal Highway Administration, 1997.
5. Chlewicki, Gilbert. "New interchange and intersection designs: The synchronized split-phasing intersection and the diverging diamond interchange." *2nd Urban Street Symposium, Anaheim, California*. 2003.
6. Claros, Boris R., et al. "Safety evaluation of diverging diamond interchanges in Missouri." *Transportation Research Record* 2486.1 (2015): 1-10.
7. De Jong, J. Evaluation of driving behaviour in horizontal curves in interchanges using floating car and meteorological data. Road safety & simulation international conference, 2017.
8. Engelbrecht, Roelof J., and Kirk E. Barnes. "Advanced traffic signal control for diamond interchanges." *Transportation research record* 1856.1 (2003): 231-238.
9. Fang, Fang Clara, and Lily Elefteriadou. "Development of an optimization methodology for adaptive traffic signal control at diamond interchanges." *Journal of Transportation Engineering* 132.8 (2006): 629-637.
10. Gates, Timothy J., et al. "Evaluation of alternative messages and sign locations on driver response to a dynamic speed feedback sign on a freeway interchange ramp." *Transportation research record* 2674.12 (2020): 530-541.
11. Hummer, Joseph E., et al. "Safety evaluation of seven of the earliest diverging diamond interchanges installed in the United States." *Transportation research record* 2583.1 (2016): 25-33.
12. Hunter, Michael, et al. "Operating performance of diverging diamond interchanges." *Transportation research record* 2673.11 (2019): 801-812.
13. In International Conference Road Safety and Simulation. Athens 2022.
14. Jagelčák, Juraj, et al. "Determination of Turning Radius and Lateral Acceleration of Vehicle by GNSS/INS Sensor." *Sensors* 22.6 (2022): 2298.
15. Lamm, Ruediger, Basil Psarianos, and Theodor Mailaender. *Highway design and traffic safety engineering handbook*. 1999.
16. Liapis, Evangelos D., Basil Psarianos, and Eva Kasapi. "Speed behavior analysis at curved ramp sections of minor interchanges." *Transportation research record* 1751.1 (2001): 35-43.
17. Nye, Timothy S., Christopher M. Cunningham, and Elizabeth Byrom. "National-level safety evaluation of diverging diamond interchanges." *Transportation research record* 2673.7 (2019): 696-708.
18. OMOE-AK, 2013. Road Project Studies Instructions, Issue 9: Interchange Ramps.
19. OMOE-X., 2001. Road Project Studies Instructions, Issue 3: Engravings.
20. Pasiás P., Matragos V., Apostoleris K., Mertzanis F. and Mavromatis S. "Vehicle Data Collection for Predicting Driving Behavior on Interchanges"
21. Portera, Alberto, and Marco Bassani. "Experimental investigation into driver behavior along curved and parallel diverging terminals of exit interchange ramps." *Transportation research record* 2675.8 (2021): 254-267.
22. RAA, 2008. Richtlinien fuer die Anlage von Autobahnen RAA (German Guideline for the Design of Motorways), FGSV.
23. RAL, 2012. Richtlinien fuer die Anlage von Landstraßen RAL (German guideline for the Design of Rural Roads), FGSV.

24. Reymond, Gilles, et al. "Role of lateral acceleration in curve driving: Driver model and experiments on a real vehicle and a driving simulator." *Human factors* 43.3 (2001): 483-495.
25. Sharma, Siddharth, and Indrajit Chatterjee. "Performance evaluation of the diverging diamond interchange in comparison with the conventional diamond interchange." *2007 Transportation Scholars Conferencelowa State University, Ames*. 2007.
26. Soudbakhsh, Damoon, Azim Eskandarian, and David Chichka. "Vehicle collision avoidance maneuvers with limited lateral acceleration using optimal trajectory control." *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control* 135.4 (2013): 041006.
27. Torbic, Darren J., et al. "Safety analysis of interchanges." *Transportation research record* 2092.1 (2009): 39-47.
28. Twomey, James M., et al. "Accidents and safety associated with interchanges." *Transportation Research Record* 1385 (1993).
29. Wada, Takahiro, et al. "Can passengers' active head tilt decrease the severity of carsickness? Effect of head tilt on severity of motion sickness in a lateral acceleration environment." *Human factors* 54.2 (2012): 226-234.
30. Wang, Ling, and Mohamed Abdel-Aty. "Microscopic safety evaluation and prediction for freeway-to-freeway interchange ramps." *Transportation Research Record* 2583.1 (2016): 56-64.
31. Xu, Jin, et al. "An experimental study on lateral acceleration of cars in different environments in Sichuan, Southwest China." *Discrete Dynamics in nature and Society* 2015 (2015).
32. Yeom, Chunho, et al. "Empirical before-after comparison of the operational performance of diverging and conventional diamond interchanges." *Journal of Transportation of the Institute of Transportation Engineers* 7.1 (2015).
33. Zhao, Jing, Yue Liu, and Xiaoguang Yang. "Operation of signalized diamond interchanges with frontage roads using dynamic reversible lane control." *Transportation research part C: emerging technologies* 51 (2015): 196-209.