



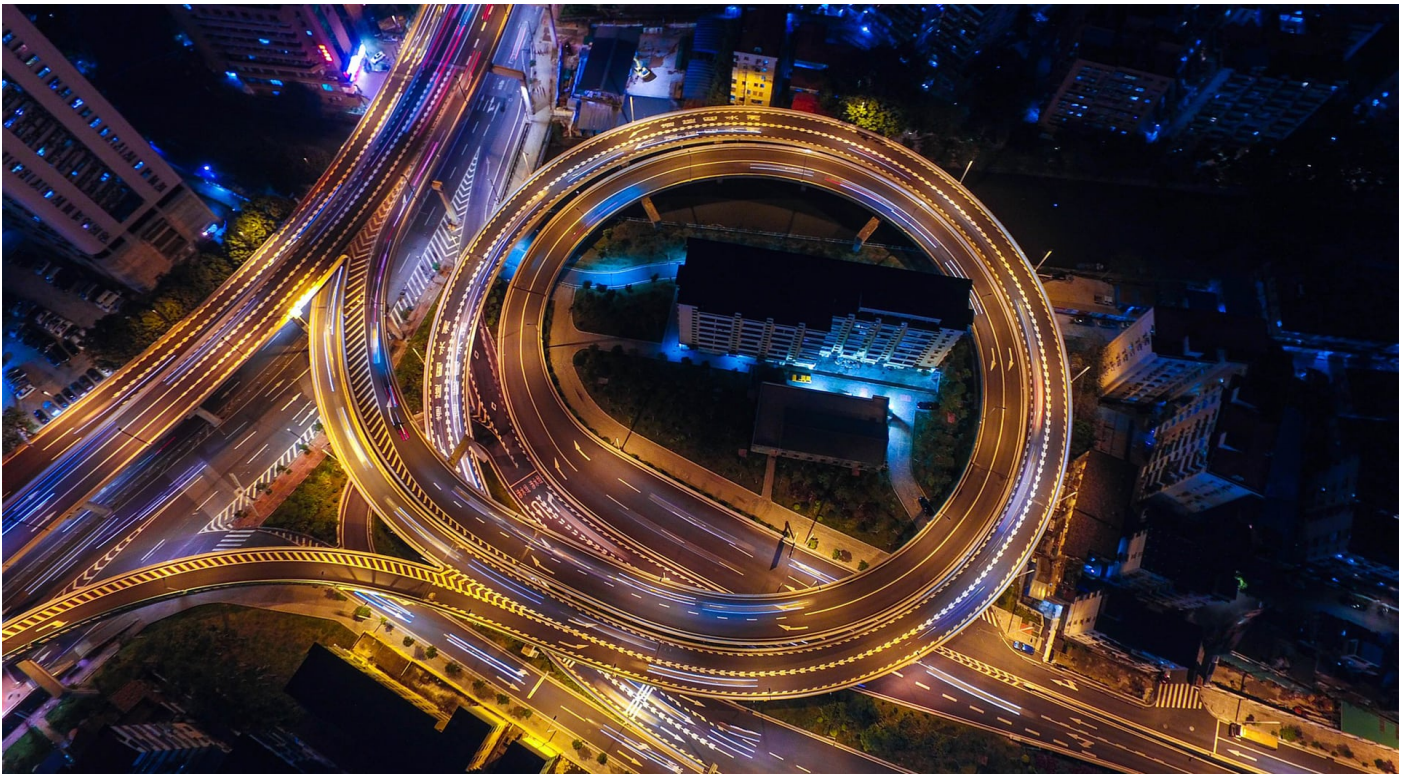
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΕ ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΘΕΣΕΙΣ
ΤΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ



ΔΑΡΣΙΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΜΗΛΙΩΤΗ, ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΕ ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΘΕΣΕΙΣ
ΤΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/Α	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΜΗΛΙΩΤΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΕΠΙΚΟΥΡΗ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ/ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ	
2	ΤΥΡΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ/ ΜΕΛΟΣ	
3	ΜΟΥΣΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ/ ΜΕΛΟΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Δαρσινός Νικόλαος του Γεωργίου με αριθμό μητρώου 44183 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς ή παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολο τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Δαρσινός Νικόλαος



UNIVERSITY OF WESTERN ATTICA

CIVIL ENGINEERING

DIRECTION STRUCTURAL ENGINEERING

DIPLOMA THESIS

**INVESTIGATION OF KINEMATIC QUANTITIES AT CRITICAL
POINTS OF THE ROAD NETWORK**

DARSINOS NIKOLAOS

Supervisor: Milioti Christina

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, κατά το έτος 2023.

Από την έναρξη των φοιτητικών μου χρόνων ακόμα, άρχισα να ανακαλύπτω το ενδιαφέρον αντικείμενο των σπουδών μου. Η σχολή μου παρείχε θεωρητική αλλά και πρακτική γνώση μέσω των μαθημάτων θεωρίας και των εργαστηρίων αντίστοιχα, που πραγματοποιούνταν σε όλα τα εξάμηνα. Αποκόμισα πλήθος εμπειριών, γνώρισα εξαιρετικούς ανθρώπους (συμφοιτητές αλλά και καθηγητές) που τους ξεχώρισα για τον ζήλο, την ευρυμάθειά τους αλλά και το ήθος τους. Ταυτόχρονα, με το πέρασμα των χρόνων, συνειδητοποιούσα όλο και περισσότερο ότι η δουλειά του Πολιτικού Μηχανικού όσο επίπονη ή δουλειά με μεγάλη ευθύνη μπορεί να είναι, τόσο όμορφη, δημιουργική και ενδιαφέρουσα μπορεί να γίνει. Έτσι, πλέον είμαι πεπεισμένος ότι διάλεξα σωστά το συγκεκριμένο Τμήμα για να φοιτήσω και ελπίζω η επιλογή μου αυτή να με δικαιώσει και στο μέλλον.

Θα ήθελα, σ' αυτό το σημείο, να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου που ο καθένας με το δικό του γνωστικό αντικείμενο προσέφερε τα δέοντα. Οφείλω όμως, ιδιαίτερες ευχαριστίες στην καθηγήτριά μου, κυρία Χριστίνα Μηλιώτη, που ήταν και η επιβλέπουσα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την πολύτιμη βοήθειά της και την καθοδήγησή της όλον αυτόν τον καιρό. Πραγματικά, η συνεισφορά της ήταν απαραίτητη προκειμένου να εκπονηθεί η εργασία μου. Την εκτιμώ βαθύτατα και ήταν ιδιαίτερη τιμή για μένα να συνεργαστώ μαζί της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη στήριξη και τη συμπαράστασή της.

Θέλω, τέλος, να τονίσω ότι όλες τις συζητήσεις, συμβουλές, παροτρύνσεις, επιτυχίες ή και απογοητεύσεις που έζησα μέσα σ' αυτή τη σχολή, τις κρατάω σα φυλαχτό στην καρδιά μου να 'ναι αρωγός στη μετέπειτα επαγγελματική μου πορεία και εξέλιξη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ανισόπεδοι κόμβοι αποτελούν βασικό στοιχείο των αυτοκινητοδρόμων, εφόσον εξυπηρετούν στην είσοδο και έξοδο των οχημάτων απ' αυτούς. Οι μεγάλες ταχύτητες με τις οποίες κινούνται τα οχήματα, ειδικά κατά την είσοδό τους ανισόπεδους κόμβους, τούς καθιστά ιδιαίτερα σημαντικούς. Η ασφάλεια εντός των κλάδων των ανισόπεδων κόμβων όμως, αν και σημαντική, δεν έχει διερευνηθεί σε βάθος.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των περιθωρίων ασφαλείας στην κίνηση οχημάτων σε συνδετήριους κλάδους ανισόπεδων κόμβων. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με όχημα κίνησης, εξοπλισμένο με επιταχυνσιόμετρο, μέσω του οποίου λήφθηκαν τα δεδομένα για την ταχύτητα και την εγκάρσια και διαμήκη επιτάχυνση. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον ανισόπεδο κόμβο της περιφερειακής οδού Αιγάλεω, ο οποίος τη συνδέει με τη Λεωφόρο Ασπροπύργου. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μεσημέρι και Σαββατοκύριακο, ώστε να υπάρχει επαρκής ορατότητα για τον οδηγό και το όχημα να μπορεί να κινηθεί ανεμπόδιστα λόγω της μειωμένης κυκλοφοριακής συμφόρησης. Ο κόμβος επιλέχθηκε καθώς διαθέτει κλάδους με διαφορετικές ακτίνες καμπυλών.

Με βάση την ανάλυση των δεδομένων που λήφθηκαν από τις μετρήσεις, παρουσιάζονται διαγράμματα τα οποία συσχετίζουν την ταχύτητα με την εγκάρσια και διαμήκη επιτάχυνση ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση του οχήματος. Επίσης, συγκρίνονται οι ταχύτητες που ανέπτυξε το όχημα κίνησης με αυτές των επιτρεπόμενων και τα όρια άνεσης με αυτά που προβλέπονται από τις ΟΜΟΕ.

Συμπερασματικά, προέκυψε πως τα οχήματα κινούμενα με μεγάλες ταχύτητες στους κλάδους των ανισόπεδων κόμβων, δημιουργούν πλευρικές επιταχύνσεις, οι οποίες πολλές φορές είναι εκτός των ορίων άνεσης. Τα όρια άνεσης και φυσικά το προφίλ οδήγησης του κάθε οδηγού, συνδέεται άμεσα με το αίσθημα ασφαλείας κατά την οδήγηση.

Λέξεις Κλειδιά :συνδετήριος κλάδος, ανισόπεδος κόμβος, διαμήκης επιτάχυνση, εγκάρσια επιτάχυνση, όρια άνεσης, όρια ταχύτητας

ABSTRACT

Interchanges are a key element of motorways, since they allow vehicles to enter and exit them. The high speeds at which vehicles travel, especially when entering interchanges, makes them particularly important. However, safety within the branches of interchanges, although important, has not been investigated in depth.

The object of this thesis is to investigate the safety margins in vehicle traffic on connecting branches of flyover junctions. The field survey was carried out in the grade junction of the Egaleo ring road, using a vehicle equipped with an accelerometer. The junction was chosen since it has branches with different radii of curves. Through this procedure data on speed and transverse and longitudinal acceleration were obtained. The data collection was done at midday and on weekends, so that there was sufficient visibility for the driver and the vehicle could move unhindered since there was little traffic congestion.

Based on the analysis of the data obtained, diagrams that relate speed to transverse and longitudinal acceleration according to the vehicle's kilometeric position are designed. In addition, the speeds that the vehicle developed are compared with those of the permitted speeds while the comfort limits are compared with those laid down in the OMVs. In conclusion, it was found that high speed developed on the branches of the intersection generated lateral accelerations that were outside the comfort limits.

Keywords : connecting branch, flyover junction, longitudinal acceleration, lateral acceleration, comfort limits, speed limits

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	3
2.1 Χάραξη Της Οδού.....	3
2.1.1 Βασικά Στοιχεία Στην Οριζοντιογραφία.....	3
2.1.2 Ευθυγραμμία.....	4
2.1.3 Κυκλικό Τόξο.....	5
2.1.4 Τόξο Συναρμογής	7
2.1.5 Κλωθοειδής Καμπύλη.....	8
2.2 Ανισόπεδοι Κόμβοι.....	10
2.2.1 Γενικά.....	10
2.2.2 Πλεονεκτήματα Ανισόπεδων Κόμβων.....	11
2.2.3 Μειονεκτήματα Ανισόπεδων Κόμβων.....	11
2.2.4 Θεμελιώδεις Αρχές Κόμβων.....	12
2.3 Ταχύτητες.....	12
2.3.1 Γενικά.....	12
2.3.2 Έρευνα De Jong	13
2.3.3 Έρευνα Brewer και Stibbe.....	14
2.3.4 Επιτρεπόμενη Ταχύτητα ($V_{\text{Επιτρ}}$).....	14
2.3.5 Ταχύτητα Μελέτης (V_e).....	15
2.3.6 Λειτουργική Ταχύτητα.....	17
2.3.7 Μελέτη FHWA	18
2.3.8 Έρευνα Universitat Politècnica de València	20
2.4 Ελικτότητα	20
2.5 Όρια Ταχύτητας.....	22
2.5.1 Γενικά.....	22

2.5.2	Μέγιστα Όρια Ταχύτητας.....	24
2.5.3	Ελάχιστα Όρια Ταχύτητας	28
2.5.4	Όρια Ταχύτητας Στους Κόμβους.....	28
2.6	Δυναμική Του Οχήματος	30
2.7	Συντελεστής Τριβής	32
2.7.1	Συντελεστής Εφαπτομενικής Τριβής.....	32
2.7.2	Συντελεστής Εγκάρσιας Τριβής	33
2.8	Όρια Άνεσης	36
3.	ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ / ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	37
3.1	Εξοπλισμός Μετρήσεων.....	37
3.2	Περιοχή Μελέτης	39
3.3	Επεξεργασία Μετρήσεων.....	48
4.	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	52
4.1	Διαγράμματα.....	52
4.2	Εγκάρσια Επιτάχυνση.....	61
4.3	Υπέρβαση Ορίων Άνεσης – Ασφαλείας.....	81
4.4	Υπέρβαση Επιτρεπόμενων Ορίων Ταχύτητας.....	82
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	84
5.1	Συμπεράσματα	84
5.2	Προτάσεις Για Διερεύνηση.....	85
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	86

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2-1: Σχέση διαδοχικών ακτινών κυκλικών τόξων κατά ΟΜΟΕ-Χ, 2001.....	7
Σχήμα 2-2 : Ελάχιστες τιμές παραμέτρου κλωθοειδούς σε συνάρτηση με την ακτίνα και την επίκεντρη γωνία του κυκλικού τόξου.....	8
Σχήμα 2-3: Διάγραμμα υπολογισμού της λειτουργικής ταχύτητας V85 σε συνάρτηση με την ελικτότητα (το τεταμένο) ΚΕ της μεμονωμένης καμπύλης και το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας b σε υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας.....	22
Σχήμα 2-4: Ανάλυση δυνάμεων ανά τροχό.....	31
Σχήμα 2-5: Ανάλυση δυνάμεων στο όχημα.....	31
Σχήμα 4-1: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 1 ^η διέλευση.....	52
Σχήμα 4-2: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 2 ^η διέλευση.....	53
Σχήμα 4-3: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 3 ^η διέλευση.....	53
Σχήμα 4-4: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 4 ^η διέλευση.....	54
Σχήμα 4-5: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 5 ^η διέλευση.....	54
Σχήμα 4-6: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 6 ^η διέλευση.....	55

Σχήμα 4-7: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 7 ^η διέλευση.....	55
Σχήμα 4-8: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 8 ^η διέλευση.....	56
Σχήμα 4-9: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 9 ^η διέλευση.....	56
Σχήμα 4-10: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 10 ^η διέλευση.....	57
Σχήμα 4-11: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 11 ^η διέλευση.....	57
Σχήμα 4-12: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 12 ^η διέλευση.....	58
Σχήμα 4-13: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 13 ^η διέλευση.....	58
Σχήμα 4-14: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 14 ^η διέλευση.....	59
Σχήμα 4-15: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 15 ^η διέλευση.....	59

Σχήμα 4-16: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 16 ^η διέλευση.....	60
Σχήμα 4-17: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 17 ^η διέλευση.....	60
Σχήμα 4-18: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 18 ^η διέλευση.....	61
Σχήμα 4-19 : Εγκάρσια Επιτάχυνση Ανάλογα με το όριο αντοχής.....	82
Σχήμα 4-20 : Ταχύτητα διέλευσης ανάλογα με το επιτρεπόμενο όριο.....	83

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3-1: ΕπιταχυνσιόμετροVC400DAQ.....	38
Εικόνα 3-1 : Γεωμετρία του κόμβου και τροχιά κίνησης του οχήματος, κατευθυνόμενο από Περιφερειακή Οδό Αιγάλεω προς Λεωφόρο Ασπροπύργου.....	39
Εικόνα 3-2: Κίνηση του οχήματος κατά την είσοδό του στον Κόμβο.....	40
Εικόνα 3-3 : Κίνηση του οχήματος στην πρώτη καμπύλη του κόμβου.....	40
Εικόνα 3-4 : Κίνηση οχήματος εντός του κυκλικού τόξου.....	41
Εικόνα 3-5 : Κίνηση σε μικρή ευθυγραμμία εντός κόμβου.....	41
Εικόνα 3-6 : Κίνηση στην καμπύλη συναρμογής, προς την έξοδο από τον κόμβο.....	43
Εικόνα 3-7 : Γεωμετρία του κόμβου και τροχιά κίνησης του οχήματος, κατευθυνόμενο από τη Λεωφόρο Ασπροπύργου προς την Περιφερειακή Οδό Αιγάλεω.....	43
Εικόνα 3-8 : Κίνηση οχήματος κατά την είσοδό του στον κόμβο.....	43
Εικόνα 3-9 : Κίνηση του οχήματος κατά την έξοδό του από τον κόμβο.....	44
Εικόνα 3-10 : Γεωμετρία του κόμβου και τροχιά κίνησης του οχήματος, κατευθυνόμενο από τη Λεωφόρο Ασπροπύργου προς την Περιφερειακή Οδό Αιγάλεω, με κατεύθυνση προς Μαρκόπουλο- Άνω Λιόσια.....	45
Εικόνα 3-11 : Κίνηση του οχήματος κατά την είσοδό του στον κόμβο (αριστερή λωρίδα).....	45
Εικόνα 3-12 : Κίνηση οχήματος σε μικρή ευθυγραμμία εντός κόμβου.....	46
Εικόνα 3-13 : Κίνηση του οχήματος στην είσοδο της καμπύλης του κόμβου.....	46
Εικόνα 3-14 : Κίνηση του οχήματος στην έξοδο του κόμβου.....	47
Εικόνα 3-15 : Στιγμιότυπο από τη διαδικασία επεξεργασίας των μετρήσεων.....	49
Εικόνα 3-16 : Στιγμιότυπο από τη διαδικασία δημιουργίας διαγράμματος.....	50
Εικόνα 3-17: Στιγμιότυπο από τη διαδικασία δημιουργίας διαγράμματος	50

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1: Ελάχιστα μήκη ευθυγραμμίων μεταξύ ομόροπων καμπυλών.....	5
Πίνακας 2-2: Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β.....	6
Πίνακας 2-3 : Ταχύτητα μελέτης (V_e), ανάλογα με την κατηγορία της οδού.....	16
Πίνακας 2-4 : Όριο ταχύτητας ανάλογα με το οδικό δίκτυο και το όχημα κίνησης.....	25
Πίνακας 2-5 : Ανώτατα όρια ταχύτητας σε διαφορετικά τμήματα του οδικού δικτύου, ανάλογα με το οδόστρωμα.....	28
Πίνακας 2-6: Όρια ταχύτητας ή συνιστώμενες ταχύτητες στις εισόδους και εξόδους συνδετήριων κλάδων συμβατών με τα όρια ταχύτητας της κυρίας οδού.....	31
Πίνακας 2-7 : Κριτήριο ασφαλείας III για οδούς των ομάδων Α και Β.....	35
Πίνακας 2-8 Επιτρεπόμενες τιμές του μέγιστου συντελεστή εφραπτομενικής (f_T) και πλευρικής τριβής (f_R) και των ελάχιστων ακτινών καμπυλών σε συνάρτηση με την ταχύτητα (V^*), την κατηγορία της οδού, το ανάγλυφο του εδάφους και τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές επίκλισης.....	36
Πίνακας 4-1: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 1 ^η διέλευση.....	62
Πίνακας 4-2: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 2 ^η διέλευση.....	62
Πίνακας 4-3: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 3 ^η διέλευση.....	62
Πίνακας 4-4: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 4 ^η διέλευση.....	63

Πίνακας 4-5: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 5 ^η διέλευση.....	63
Πίνακας 4-6: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 6 ^η διέλευση.....	63
Πίνακας 4-7: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 7 ^η διέλευση.....	64
Πίνακας 4-8: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 8 ^η διέλευση.....	64
Πίνακας 4-9: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 9 ^η διέλευση.....	64
Πίνακας 4-10: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 10 ^η διέλευση.....	65
Πίνακας 4-11: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 11 ^η διέλευση.....	65
Πίνακας 4-12: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 12 ^η διέλευση.....	65
Πίνακας 4-13: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 13 ^η διέλευση.....	66

Πίνακας 4-14: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 14 ^η διέλευση.....	66
Πίνακας 4-15: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 15 ^η διέλευση.....	66
Πίνακας 4-16: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 16 ^η διέλευση.....	67
Πίνακας 4-17: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 17 ^η διέλευση.....	67
Πίνακας 4-18: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 18 ^η διέλευση.....	67
Πίνακας 4-19: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 1 ^η διέλευση.....	68
Πίνακας 4-20: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 2 ^η διέλευση.....	69
Πίνακας 4-21: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 3 ^η διέλευση.....	70
Πίνακας 4-22: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 4 ^η διέλευση.....	71
Πίνακας 4-23: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 5 ^η διέλευση.....	71
Πίνακας 4-24: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 6 ^η διέλευση.....	72
Πίνακας 4-25: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 7 ^η διέλευση.....	73

Πίνακας 4-26: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 8 ^η διέλευση.....	74
Πίνακας 4-27: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 9 ^η διέλευση.....	74
Πίνακας 4-28: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 10 ^η διέλευση.....	75
Πίνακας 4-29: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 11 ^η διέλευση.....	76
Πίνακας 4-30: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 12 ^η διέλευση.....	77
Πίνακας 4-31: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 13 ^η διέλευση.....	77
Πίνακας 4-32: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 14 ^η διέλευση.....	78
Πίνακας 4-33: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 15 ^η διέλευση.....	79
Πίνακας 4-34: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 16 ^η διέλευση.....	79
Πίνακας 4-35: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 17 ^η διέλευση.....	80
Πίνακας 4-36: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 18 ^η διέλευση.....	81

1 . ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι κοινός τόπος πως στη σημερινή εποχή, η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει αναπόφευκτα στον εκσυγχρονισμό και τη μηχανική βελτίωση όλων των οχημάτων κίνησης. Έτσι, με την πάροδο των χρόνων, γεννήθηκε η ανάγκη για κατασκευή αυτοκινητοδρόμων, οι οποίοι θα εξυπηρετούν στην ασφαλή και ταχεία κίνηση των οχημάτων μέσα σε αυτούς. Το 1924, κατασκευάστηκε στην Ιταλία ο πρώτος ευρωπαϊκός αυτοκινητόδρομος που είχε μήκος 130 km και πλάτος 10 m. Από το 1937, που έγιναν οι πρώτες αναφορές τόξου συναρμογής έως και τις μέρες μας, η οδοποιία εξελίσσεται και οι κανονισμοί ανανεώνονται σε διεθνές επίπεδο με σκοπό την κατασκευή σύγχρονων οδικών έργων, τα οποία θα διακρίνονται πρωτίστως για την ασφάλεια, τη λειτουργικότητα, την οικονομικότητα, την άνεση της διαδρομής και την προστασία του περιβάλλοντος.

Για την εξυπηρέτηση αυτού του σκοπού κατασκευάστηκαν ανισόπεδοι κόμβοι, που έδωσαν τη δυνατότητα εισόδου και εξόδου από τους αυτοκινητοδρόμους με ασφαλή τρόπο. Ο σχεδιασμός τους έχει καθοριστικό ρόλο αφού τα οχήματα κινούνται με μεγάλη ταχύτητα κατά την είσοδό τους σε αυτούς. Οι κανονισμοί που εφαρμόζονται στην Ελλάδα αποτελούν προσχέδιο με βάση τις γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των κινηματικών μεγεθών σε κρίσιμες θέσεις του οδικού δικτύου. Πιο συγκεκριμένα στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των ταχυτήτων και των επιταχύνσεων σε συνδετήριους κλάδους ανισόπεδων κόμβων και η συσχέτισή τους με τα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας. Η διερεύνηση αυτή πραγματοποιήθηκε με την πραγματοποίηση μετρήσεων μέσω κατάλληλου εξοπλισμού (επιταχυνσιομέτρου) και την επεξεργασία αυτών καθώς και την δημιουργία διαγραμμάτων.

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο κόμβος που συνδέει την περιφερειακή οδό Αιγάλεω με τη λεωφόρο Ασπροπύργου. Η επιλογή του συγκεκριμένου κόμβου εξυπηρετούσε, καθώς σε αυτόν υπήρχαν διαφορετικής μορφής καμπύλες (ανοικτές, μέτριες και κλειστές), δηλαδή οι ακτίνες διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Επίσης ο κυκλοφοριακός φόρτος στο συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου ήταν χαμηλός, πράγμα που συνείσφερε στην ανεμπόδιστη κίνηση του οχήματος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Επίσης, ακολουθήθηκαν διαφορετικά προφίλ οδήγησης (αργό, μέτριο, γρήγορο). Τα δεδομένα

συλλέχθηκαν από ανισόπεδο κόμβο κατά τη διάρκεια της μέρας, ώστε να υπάρχει επαρκής φωτεινότητα. Οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή ήταν καλές και το οδόστρωμα στεγνό, ώστε το όχημα κατά τη διάρκεια της καταγραφής να διαθέτει την απαιτούμενη πρόσφυση ώστε οι τιμές να είναι αξιόπιστες για επεξεργασία.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η δομή της εργασίας:

2^ο Κεφάλαιο: Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το επιστημονικό υπόβαθρο για την κατανόηση των απαραίτητων όρων σχετικά με τα βασικά στοιχεία χάραξης στην οδοποιία, όπως η ευθυγραμμία, το κυκλικό τόξο της κλωθοειδούς, και τα προφίλ των ταχυτήτων όπως η λειτουργική ταχύτητα ή η ταχύτητα μελέτης.

3^ο Κεφάλαιο: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία λήψης των μετρήσεων. Παρουσιάζεται ο εξοπλισμός, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε, καθώς επίσης αναλύεται και η περιοχή μελέτης και ο κόμβος που επιλέχθηκε.

4^ο Κεφάλαιο: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η επεξεργασία των μετρήσεων που είχαν πραγματοποιηθεί στον κόμβο της περιφερειακής Οδού Αιγάλεω. Επίσης μέσω διαγραμμάτων απεικονίζεται η συσχέτιση της ταχύτητας του οχήματος με την εγκάρσια και διαμήκη επιτάχυνση κατά τις διελεύσεις που πραγματοποιήθηκαν.

5^ο Κεφάλαιο: Το τελευταίο κεφάλαιο πραγματεύεται τα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν από τη λήψη και επεξεργασία των μετρήσεων. Επίσης, παρουσιάζει προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ/ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

2.1 Χάραξη της Οδού

Η χάραξη της οδού καθορίζει όλα τα βασικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία ενός κυκλοφοριακού δρόμου, τα οποία πρέπει να εναρμονίζονται με την ταχύτητα μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, η χάραξη της οδού συμπεριλαμβάνει τα εξής στοιχεία προς μελέτη:

- Οριζοντιογραφία
- Μηκοτομή
- Επικλίσεις
- Ορατότητα

Ο σκοπός της μελέτης των παραπάνω στοιχείων, είναι η ομαλή κυκλοφορία των οχημάτων μέσα στην οδό και η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη άνεση των οδηγών. Απαραίτητη είναι η εναρμόνιση των τμημάτων της οδού (ευθυγραμμία , κόμβοι, καμπύλες κ.α) μεταξύ τους, αλλά και με τα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας , με στόχο την αποφυγή απότομων αλλαγών πορείας ή ταχύτητας από τους οδηγούς. Έτσι, επιτυγχάνεται η ασφαλής κίνηση των οχημάτων εντός του οδικού δικτύου.

2.1.1 Βασικά Στοιχεία Στην Οριζοντιογραφία

Στην οριζοντιογραφία εξετάζουμε τα εξής στοιχεία:

- Ευθυγραμμίες
- Κυκλικά τόξα
- Τόξα συναρμογής

2.1.2 Ευθυγραμμία

Ευθεία ονομάζεται η συντομότερη καμπύλη μεταξύ δύο σημείων. Έτσι η ευθυγραμμία αποτελούσε τον πιο διαδεδομένο τρόπο χάραξης κατά την κατασκευή ενός αυτοκινητοδρόμου. Η ευθυγραμμία επιτυγχάνει τον ελάχιστο αριθμό ελιγμών κατά την οδήγηση, κάτι που διευκολύνει και δεν κουράζει τον οδηγό του οχήματος. Από την άλλη όμως, η χάραξη ευθυγραμμίας μεγάλου μήκους, δυσκολεύει τον οδηγό στην εκτίμηση της ταχύτητας των διερχομένων οχημάτων και τον κουράζει, καθώς κινείται μονότονα σε ένα συγκεκριμένο άξονα, κάτι που καθίσταται ιδιαίτερα επικίνδυνο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η ευθυγραμμία προσφέρεται ιδιαίτερα σε τμήματα του οδικού δικτύου τα οποία διέρχονται από επίπεδες περιοχές και κοιλάδες. Επίσης, εξυπηρετεί την αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας και την εξασφάλιση των απαραίτητων μηκών ορατότητας που απαιτούνται για στάση και προσπέραση.

Οι μέγιστες τιμές μηκών, καθορίζονται από ΟΜΟΕ-Χ,2001 και είναι:

$$\max L_{\text{ευθ}} = 20 * V_e$$

όπου:

$\max L_{\text{ευθ}}$: μέγιστο μήκος ευθυγραμμίας (m)

V_e : ταχύτητα μελέτης οδού (km/h)

Μια ακόμα σημαντική παράμετρος είναι ότι στις ομόρροπες διαδοχικές καμπύλες, η ευθεία που μεσολαβεί θα πρέπει να ξεπερνά ένα συγκεκριμένο μήκος ώστε ο οδηγός να αντιλαμβάνεται τη μετάβαση από την πρώτη καμπύλη στη δεύτερη.

Οι ελάχιστες τιμές του μήκους της ευθυγραμμίας, καθορίζονται από ΟΜΟΕ-Χ,2001 και είναι :

$$\min L_{\text{ευθ}} = 6 * V_e$$

όπου:

$\min L_{\text{ευθ}}$: ελάχιστο μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσα στις καμπύλες (m)

V_e : ταχύτητα μελέτης οδού (Km/h)

Στον πίνακα 2.1, παρουσιάζονται τα μέγιστα και ελάχιστα μήκη ευθυγραμμιών, με σταθερή κατά μήκος κλίση (L_{\max}) και μεταξύ ομόρροπων καμπυλών.

Πίνακας 2-1: Ελάχιστα μήκη ευθυγραμμιών μεταξύ ομόρροπων καμπυλών

V (km/h)	RAA, 2008			RAL, 2012		
	Κλάση Οδού	L_{\min} (m)	L_{\max} (m)	Κλάση Οδού	L_{\min} (m)	L_{\max} (m)
130	EKA 1A	400	2000			
120	EKA 1B	400	2000			
110				EKL 1	600	1500
100	EKA 2	400	2000	EKL 2	600	1500
90				EKL 3	600	1500
80	EKA 3	400	2000			
70				EKL 4	400	1500

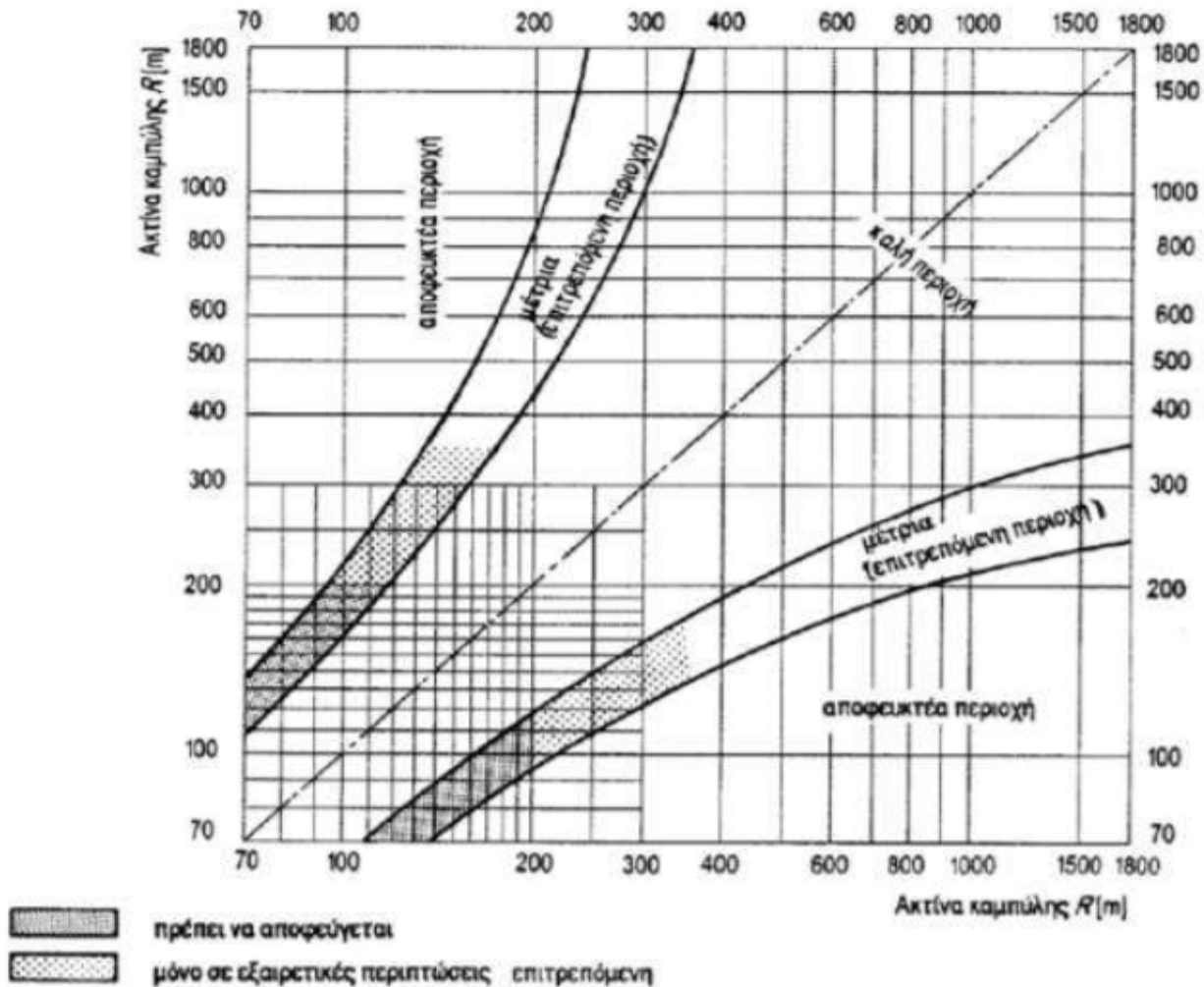
2.1.3 Κυκλικό Τόξο

Το κυκλικό τόξο είναι βασικό στοιχείο της μελέτης και χρησιμοποιείται για τη χάραξη των οριζοντιογραφικών καμπυλών. Κατά τη χρήση του κυκλικού τόξου επιλέγονται ακτίνες ικανές να επιτυγχάνουν την αλληλουχία μεταξύ αλληλοδιαδοχικών καμπυλών και μεταξύ καμπύλης και ευθείας και να εξασφαλίσουν ορατότητα για προσπέραση. Επίσης παρέχουν αρμονική σχέση ανάμεσα στη λειτουργική ταχύτητα (V_{85}) και στην ταχύτητα μελέτης (V_e). Για τις οδούς κατηγορίας A και B, οι ελάχιστες τιμές των ακτινών (R_{\min}) εξαρτώνται από την ταχύτητα μελέτης (V_e), τον βαθμό εκμετάλλευσης του συντελεστή εγκάρσιας τριβής n , τις οριακές τιμές της επίκλισης q και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2.2.

Πίνακας 2-2: Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β

V_c [km/h]	R_{min} [m]					
	Ομάδα οδών Α				Ομάδα οδών Β	
	πεδινά εδάφη		λοφώδη και ορεινά εδάφη		όλες οι κατηγορίες εδαφών	
	$q_{max}=8$ (9)%	$q_{min}=2,5\%$	$q_{max}=7\%$	$q_{min}=2,5\%$	$q_{max}=6\%$	$q_{min}=2,5\%$
	$n=45\%$	$n=10\%$	$n=40\%$	$n=10\%$	$n=60\%$	$n=30\%$
1	2	3	4	5	6	7
50	80	325	95	325	70	150
60	125 (120)	490	140	490	110	230
70	180 (170)	700	200	700	160	335
80	250 (235)	960	280	960	220	470
90	330 (310)	1.260	370	1.260	300	630
100	420 (400)	1.620	480	1.620	–	–
110	530 (500)	2.020	600	2.020	–	–
120	650 (620)	2.470	740	2.470	–	–
(130)	790 (740)	2.970	890	2.970	–	–

Οι ακτίνες στις διαδοχικές καμπύλες θα πρέπει να παρουσιάζουν μια αρμονική σχέση ώστε να διαφυλάσσεται η ασφάλεια της κυκλοφορίας. Οι ΟΜΟΕ-Χ έχουν καθορίσει τις τιμές των ακτινών αυτών σε σχέση με τις όμορές τους, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα 2-1: Σχέση διαδοχικών ακτινών κυκλικών τόξων κατά ΟΜΟΕ-Χ, 2001.

2.1.4 Τόξο Συναρμογής

Το τόξο συναρμογής πραγματοποιεί την ασφαλή και ομαλή μετάβαση του οχήματος από την ευθυγραμμία στο κυκλικό τόξο. Επίσης, μέσω αυτού επιτυγχάνεται η ομαλή μεταβολή της φυγόκεντρης επιτάχυνσης και η ανάπτυξη ομοιόμορφης λειτουργικής ταχύτητας, μέσω της προοδευτικής μεταβολής της καμπυλότητας. Αξίζει να σημειωθεί

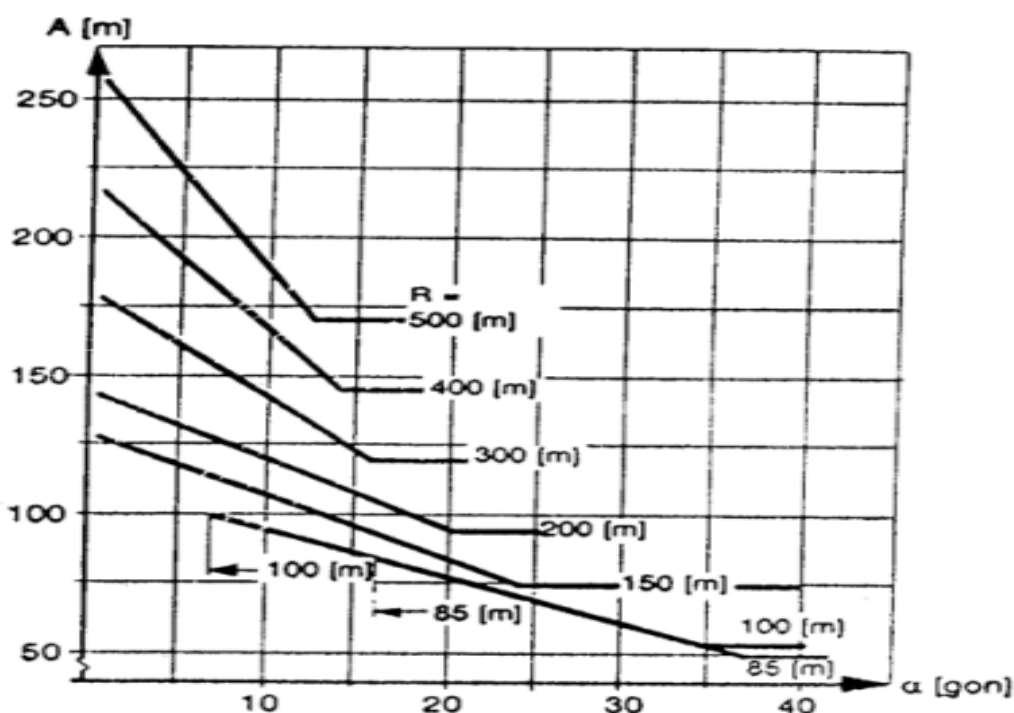
πως σε οδούς κατηγορίας A_I έως A_{IV} και B_I, B_{II}, τα τόξα συναρμογής είναι άκρως απαραίτητα.

2.1.5 Κλωθοειδής Καμπύλη

Η κλωθοειδής καμπύλη αποτελεί ένα τύπο συναρμογής στο οποίο η καμπυλότητα μεταβάλλεται γραμμικά με το μήκος του τόξου και εκφράζεται από τη σχέση:

$$A^2 = R * L$$

Η ελάχιστη παράμετρος κλωθοειδούς δίδεται από το διάγραμμα του σχήματος, ως συνάρτηση της ακτίνας του κυκλικού τόξου και της επίκεντρης γωνίας του.



Σχήμα 2-2 : Ελάχιστες τιμές παραμέτρου κλωθοειδούς σε συνάρτηση με την ακτίνα και την επίκεντρη γωνία του κυκλικού τόξου.

Σε περίπτωση που το παραπάνω διάγραμμα δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί λόγω κατασκευαστικών περιορισμών ισχύουν οι εξής σχέσεις:

$$A_{\min} = \frac{\sqrt{\alpha \cdot (qT \pm q\alpha)}}{\Delta S_{\max}} \cdot R$$

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot (qT - q\alpha)}{\Delta S_{\max} \cdot \left(\frac{1}{R_t} - \frac{1}{R_a}\right)}}$$

Όπου:

A_{\min} [m] = ελάχιστη τιμή παραμέτρου κλωθοειδούς

R [m] = ακτίνα στο πέρας της κλωθοειδούς

R_a [m] = ακτίνα κυκλικού τόξου στην αρχή του τμήματος της κλωθοειδούς

R_t [m] = ακτίνα κυκλικού τόξου στο πέρας του τμήματος της κλωθοειδούς

α [m] = απόσταση οριογραμμής οδοστρώματος από τον άξονα περιστροφής του οδοστρώματος

ΔS_{\max} [%] = μέγιστη τιμή πρόσθετης κλίσης οριογραμμών (υπερύψωσης)

$q\alpha$ [%] = επίκλιση στην αρχή του τμήματος της κλωθοειδούς

q_t [%] = επίκλιση στο πέρας του τμήματος της κλωθοειδούς (επίκλιση στο κυκλικό τόξο)

"+" = όταν επίκλιση $q\alpha$ αντίρροπη με q_t

"-" = όταν επίκλιση $q\alpha$ ομόρροπη με q_t

Η κλωθοειδής κατανέμεται σε διάφορες υποκατηγορίες όπως:

- Απλή κλωθοειδής

Χρησιμοποιείται ως τόξο συναρμογής για την εύκολη μετάβαση από την ευθυγραμμία στο κυκλικό τόξο και αντίθετα.

- Κλωθοειδής κανίστρου

Η κλωθοειδής κανίστρου αποτελείται από αλληλουχία ομόρροπων τμημάτων κλωθοειδών με διαφορετικές παραμέτρους. Στα σημεία επαφής των επιμέρους κλωθοειδών, οι ακτίνες είναι ίσες και οι εφαπτόμενες κοινές.

- Κλωθοειδής C

Η C - κλωθοειδής αποτελείται από αλληλουχία δύο ομόρροπων κλωθοειδών σε επαφή κατά τα αρχικά σημεία τους. Επειδή η περιοχή μικρής καμπυλότητας με $\tau < 3,5$ gon διαφέρει ελάχιστα από την ευθεία, προκαλείται η οπτική εντύπωση ενδιάμεσης ευθυγραμμίας. Γι' αυτόν τον λόγο πρέπει να αποφεύγεται η χρήση της.

- Κλωθοειδής κορυφής

Η κλωθοειδής κορυφής ορίζεται όταν δεν υπάρχει κυκλικό τόξο μεταξύ των καμπυλών συναρμογής, και αποτελείται από δυο ομόρροπες συνεχόμενες κλωθοειδείς, με ίδια ακτίνα καμπυλότητας στη θέση επαφής. Αξίζει να σημειωθεί πως η κλωθοειδής κορυφής, ξεκίνησε να χρησιμοποιείται μετά την αναθεώρηση του 2013 των ΟΜΟΕ-Χ, κάτι που παλαιότερα ήταν ανεπιθύμητο.

2.2 Ανισόπεδοι Κόμβοι

2.2.1 Γενικά

Ο ανισόπεδος κόμβος απαρτίζεται από συνδεδημένους κλάδους και έργα διαχωρισμού επιπέδων στο σημείο συνάντησης των οδών με σκοπό την ασφάλεια κίνησης των οχημάτων και την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας.

Οι ανισόπεδοι κόμβοι καθίστανται απαραίτητοι στις οδούς λόγω του υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου, των υψηλών ταχυτήτων κίνησης των οχημάτων και των απαιτήσεων ασφαλείας. Αξίζει να σημειωθεί πως ανισόπεδοι κόμβοι δεν

κατασκευάζονται μόνο στα σημεία συνάντησης αυτοκινητοδρόμων αλλά και στα σημεία συνάντησης των αυτοκινητοδρόμων με οδούς χαμηλότερων προδιαγραφών.

2.2.2 Πλεονεκτήματα Ανισόπεδων Κόμβων

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που διαθέτουν οι ανισόπεδοι κόμβοι είναι:

- Η χωρητικότητα των διερχόμενων οδών εκτός κόμβου, είναι ίση με τη χωρητικότητα των κλάδων.
- Η διέλευση των οχημάτων στους ανισόπεδους κόμβους πραγματοποιείται χωρίς μεγάλες μεταβολές ταχύτητας και με ομαλή κίνηση καθώς επίσης αποφεύγονται και οι στάσεις. Τα οχήματα τα οποία κινούνται στον κόμβο, επιβραδύνουν κυρίως στις καμπύλες. Ως αποτέλεσμα έχει την αδιάκοπη ροή της κίνησης κάτι που εξυπηρετεί στην οικονομία χρόνου και στην άνεση των οδηγών.
- Βάσει της μελέτης διασταύρωσης των οδών, η σύνδεση μπορεί να γίνει με οποιαδήποτε γωνία.
- Οι ανισόπεδοι κόμβοι εξυπηρετούν ιδιαίτερα τη σταδιακή κατασκευή αφού ένας κόμβος αποτελεί μια ολοκληρωμένη μονάδα και έπειτα μπορούν να δημιουργηθούν επιπλέον κλάδοι σε επόμενες φάσεις κατασκευής.

2.2.3 Μειονεκτήματα Ανισόπεδων Κόμβων

Τα περισσότερα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι ανισόπεδοι κόμβοι έχουν να κάνουν με οικονομικούς παράγοντες και με το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα ανισόπεδων κόμβων είναι :

- Οι ανισόπεδοι κόμβοι και ο διαχωρισμός των επιπέδων των οδών απαιτούν μεγάλο κόστος κατασκευής. Επίσης μεγάλο κόστος απαιτεί η μελέτη, η απαλλοτρίωση και η συντήρησή τους.
- Ορισμένοι ανισόπεδοι κόμβοι προκαλούν σύγχυση στους οδηγούς οι οποίοι δεν είναι εξοικειωμένοι με τέτοιου είδους τμήματα οδών.

- Με τον διαχωρισμό των επιπέδων της οδού, υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας κυρτών και κοίλων καμπυλών στις μηκοτομές των οδών που τέμνονται, οι οποίες είναι ανεπιθύμητες.
- Σε περιπτώσεις που απαιτείται η σύνδεση πολλών οδών πρέπει μερικές συμβολές οδών να δημιουργηθούν εκτός της κύριας περιοχής του κόμβου ή να κατασκευαστεί κόμβος με πολλαπλά επίπεδα, κάτι που εκτοξεύει το κόστος κατασκευής.

2.2.4 Θεμελιώδης Αρχές Ανισόπεδων Κόμβων

Οι ανισόπεδοι κόμβοι με την κατασκευή τους θα πρέπει:

- Να εξασφαλίζουν την ασφάλεια κίνησης των οχημάτων.
- Να παρέχουν επάρκεια κυκλοφορικής ικανότητας.
- Να υπάρχει ισορροπία μεταξύ ασφάλειας, επαρκούς ποιότητας κυκλοφοριακής ροής και κόστους κατασκευής.

Τα κριτήρια επιλογής της μορφής του ανισόπεδου κόμβου είναι τα εξής:

- Ταχύτητα Μελέτης
- Κυκλοφοριακή Ικανότητα
- Απαιτήσεις σχετικά με το ανάγλυφο της περιοχής
- Ασφάλεια
- Σύνδεση της κυκλοφορίας
- Κόστος κατασκευής

2.3 Ταχύτητες

2.3.1 Γενικά

Η ταχύτητα είναι ένα μέγεθος που αντιπροσωπεύει την απόσταση που διανύεται στην μονάδα του χρόνου. Σχετίζεται επίσης, με την αντίληψη του οδηγού αλλά και την ασφάλειά του. Όταν σε ένα οδικό δίκτυο επιτυγχάνεται σωστή του χάραξη, οι απότομες

μεταβολές της ταχύτητας μειώνονται. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι τύποι ταχυτήτων που παίζουν καθοριστικό ρόλο στη χάραξη των οδών.

2.3.2 Έρευνα de Jong

Το 2017, ο Ολλανδός Joost de Jong σε σχετικό του άρθρο με τίτλο «Evaluation of driving behaviour in horizontal curves in interchanges using floating car and meteorological data», μελέτησε την οδηγική συμπεριφορά των χρηστών της οδού στις οριζόντιες καμπύλες των κλάδων ανισόπεδων κόμβων αναφορικά με την ταχύτητα. (De Jong, J. Evaluation of driving behaviour in horizontal curves in interchanges using floating car and meteorological data. Road safety & simulation international conference, 2017).

Για τη λήψη μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε GPS μέσω τηλεφώνου είτε κατάλληλα εξοπλισμένο ελικόπτερο ώστε να μετρηθούν οι ταχύτητες.

Η έρευνα αυτή, που διήρκησε 2 μήνες, πραγματοποιήθηκε στην Ολλανδία σε 16 ανισόπεδους κόμβους και χρησιμοποίησε δεδομένα από την εφαρμογή Flitsmeister μέσω της οποίας καταγράφεται η κίνηση των οχημάτων ανά δευτερόλεπτο.

Στόχο είχε να μετρήσει τις ταχύτητες που επικρατούν στις οριζόντιες καμπύλες και τις πλευρικές επιταχύνσεις των οχημάτων κατά τη διέλευσή τους από τους κλάδους των ανισόπεδων κόμβων, ώστε να επιτευχθεί η συσχέτιση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους και τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής που μελετήθηκε.

Πρόκειται για μια αξιόπιστη μελέτη, αφού χρησιμοποιήθηκαν συνολικά πάνω από 1.000.000 μεμονωμένες μετρήσεις.

Από την έρευνα αυτή προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Η ταχύτητα V85 στους κλάδους των ανισόπεδων κόμβων είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα σχεδιασμού V_e κατά 15-25 km/h.
- Η βροχόπτωση μειώνει την ταχύτητα των οδηγών κατά 3- 4% και αυτή η μείωση αυξάνεται όσο αυξάνεται η ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης.
- Η ταχύτητα εξαρτάται από την ώρα της ημέρας, παρουσιάζοντας μείωση τις νυχτερινές ώρες κατά 3% σε σχέση με τις πρωινές ώρες.

- Η ταχύτητα V85 παρουσιάζει συσχέτιση με την ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης και αυξάνεται όσο αυξάνει η ακτίνα.
- Η μέγιστη πλευρική επιτάχυνση των οχημάτων μειώνεται όσο αυξάνεται η ακτίνα της καμπύλης.
- Η επιβράδυνση των οχημάτων στους κλάδους των ανισόπεδων κόμβων είναι μεταξύ 0.5-1.7 m/s².

2.3.3 Έρευνα Brewer και Stibbe

Κατά την έρευνα των Brewer και Stibbe πραγματοποιήθηκε ανάλυση, η οποία βασίστηκε σε 15 ράμπες εισόδου και 13 ράμπες εξόδου. Τα δεδομένα τα οποία εξήχθησαν από τις αναλύσεις των ταχυτήτων στις ράμπες εισόδου και εξόδου, ήταν πως μοντέλα με βάση Highway Safety Manual (HSM), υπερεκτιμούν τις ταχύτητες των οχημάτων στις κυρίαρχες καμπύλες. Συγκεκριμένα, στις ράμπες εισόδου, κατά 2,6 μίλια ανά ώρα στο κέντρο και κατά 1,8 μίλια ανά ώρα στο τέλος. Από την άλλη στις ράμπες εξόδου, υπερεκτιμούν τις ταχύτητες των οχημάτων κατά 10,6 μίλια ανά ώρα στην αρχή της καμπύλης και κατά 2,2 μίλια ανά ώρα στο μέσο της καμπύλης.

Οι Brewer και Stibbe επέλεξαν 100 κόμβους στην Αμερική για να εξετάσουν τις επιπτώσεις της γεωμετρίας των ραμπών στη λειτουργική ταχύτητα. Ανέπτυξαν δυο μοντέλα πρόγνωσης ταχύτητας εκ των οποίων το πρώτο μοντέλο ήταν σε ένα συγκεκριμένο σημείο της ράμπας και το άλλο μοντέλο για οποιοδήποτε σημείο της ράμπας. Έπειτα τα δεδομένα διαχωρίστηκαν σε αυτά των καμπυλών και των ευθυγραμμιών, αφού η ταχύτητα επηρεάζεται πιο πολύ εντός των καμπυλών και όχι των ευθυγραμμιών.

Με βάση τα προηγούμενα μοντέλα, οι ερευνητές προσπάθησαν να δημιουργήσουν ένα προφίλ ταχύτητας σε ολόκληρη τη ράμπα. Η αδυναμία όμως να δημιουργηθεί ένα ενιαίο προφίλ ταχύτητας, οδήγησε στην εξέταση μόνο των ακραίων σημείων κάθε τμήματος κάτι που είχε ως αποτέλεσμα την εκτίμηση των μεταβολών της ταχύτητας σε όλη τη ράμπα.

2.3.4 Επιτρεπόμενη Ταχύτητα ($V_{\text{ΕΠΙΤΡ}}$)

Οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ-Χ, 2001) ορίζουν ως επιτρεπόμενη ταχύτητα, το τοπικό ή το γενικά ισχύον μέγιστο όριο ταχύτητας. Η ταχύτητα αυτή θεωρείται καθοριστική παράλο που τα στοιχεία της μελέτης δεν προσδιορίζονται με βάση την επιτρεπόμενη ταχύτητα. Αυτό συμβαίνει διότι η ταχύτητα μελέτης (V_e), η οποία σχετίζεται άμεσα με τα στοιχεία της μελέτης της οδού, πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την επιτρεπόμενη ταχύτητα (Αποστολέρης, 2015).

2.3.5 Ταχύτητα Μελέτης (V_e)

Ταχύτητα μελέτης είναι η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει ένα όχημα για να κινηθεί με ασφάλεια στο οδικό δίκτυο. Η ταχύτητα μελέτης (V_e) λοιπόν αποτελεί ένα θεωρητικό μέγεθος που καθορίζει την ταχύτητα με την οποία μπορεί να κινηθεί ένα όχημα, αναλογιζόμενο τη γεωμετρία της οδού, που είναι προς μελέτη, και όχι άλλες παραμέτρους όπως την ηλικία του οδηγού ή του αυτοκινήτου, τις καιρικές συνθήκες ή την κυκλοφορία. Σύμφωνα με τις οδηγίες ΟΜΟΕ-Χ,2001, η ταχύτητα μελέτης εξαρτάται από οικονομικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους. Από την άλλη όμως καθορίζει τα παρακάτω:

- Τις ελάχιστες ακτίνες των οριζοντίων καμπυλών
- Τις ελάχιστες παραμέτρους των κλωθοειδών
- Τις μέγιστες κατά μήκος κλίσεις
- Τις ελάχιστες ακτίνες των κυρτών και κοίλων κατακόρυφων καμπυλών

Στον πίνακα 2.2 παρουσιάζεται η ταχύτητα μελέτης (V_e), σε σχέση με την κατηγορία του δρόμου.

Πίνακας 2-3 : Ταχύτητα μελέτης (V_e), ανάλογα με την κατηγορία της οδού.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά οδών		Παράμετροι μελέτης και λειτουργίας οδών				
Ομάδα οδών	Κατηγορία οδού Χαρακτηρισμός οδού	Είδος οχημάτων	Επιτρεπόμενη ταχύτητα $V_{\text{επιτ}}$ [km/h]	Χαρακτηριστικά επιφάνειας κυκλοφορίας	Κόμβοι	Ταχύτητα Μελέτης V_e [km/h]
1	2	3	4	5	6	7
A οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός σχεδίου (υπεραστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση παροδίων ιδιοκτησιών <i>Σημείωση :</i> Η κατηγορία ΑΙ αφορά οδούς σύνδεσης ευρύτερων περιοχών και οι οποίες δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες	A I Αυτοκινητόδρομος	μηχ.	≤ 120	διαχωρισμένη	ανισοπ.	(130) 120 110 100
	A II Οδός μεταξύ νομών/επαρχιών	μηχ. (μηχ.) γεν.	≤ 90 (100)	διαχωρισμένη / ενιαία	(ανισοπ.) ισοπ.	(100) 90 (80)
	A III Οδός μεταξύ επαρχιών/οικισμών	μηχ. γεν.	≤ 90 ≤ 80	διαχωρισμένη ενιαία	(ανισοπ.) ισοπ.	90 80 70 (90) 80 70 (60)
	A IV Οδός μεταξύ μικρών οικισμών Συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 80	ενιαία	ισοπ.	(90) 80 70 60 (50)
	A V Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	γεν.	≤ 60 (70)	ενιαία	ισοπ.	(70) 60 50 40 καμία*
	AVI Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	50 40 καμία*
B οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός σχεδίου (ημιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση των παροδίων ιδιοκτησιών <i>Σημείωση :</i> Οι οδοί κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙΙ δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες	B I Αστικές αυτοκινητόδρομος	μηχ.	≤ 100	διαχωρισμένη	ανισοπ.	100 90 80 70
	B II Αστική οδός ταχείας κυκλοφορίας	μηχ.	≤ 90	διαχωρισμένη ενιαία	ανισοπ. (ισοπ.)	(100) 90 80 70 (60) 90 80 70 60
	B III Αστική αρτηρία	μηχ. γεν.	≤ 70 ≤ 70	διαχωρισμένη ενιαία	ισοπ. ισοπ.	(80) 70 60 (50) 70 60 (50)
	B IV Κύρια συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 60	ενιαία	ισοπ.	60 50
Γ οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός** ή εντός σχεδίου (περιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με δυνατότητα εξυπηρέτησης των παροδίων ιδιοκτησιών	Γ III Αστική αρτηρία	γεν. γεν.	50 (≤ 70) 50 (≤ 60)	διαχωρισμένη ενιαία	ισοπ. ισοπ.	(70) (60) 50 (40) (60) 50 (40)
	Γ IV Κύρια συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 50 (≤ 60)	ενιαία	ισοπ.	(60) 50 (40)
Δ οδοί σε περιοχές εντός σχεδίου (αστικές) με βασική λειτουργία την πρόσβαση	Δ IV Συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	καμία*
	Δ V Τοπική οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	καμία*
Ε οδοί σε περιοχές εντός σχεδίου (αστικές) με βασική λειτουργία την παραμονή	Ε V Τοπική οδός	γεν.	≤ 30 ταχύτητα βηματισμού	ενιαία	ισοπ.	καμία*
	Ε VI Τοπική οδός κατοικιών	γεν.	ταχύτητα βηματισμού	ενιαία	ισοπ.	καμία*

μηχ. = οχήματα με μέγιστη αναπτυσσόμενη ταχύτητα >60km/h
 γεν. = οχήματα παντός είδους (. . .) = εξαιρεση

* δεν απαιτείται καθορισμός ταχύτητας μελέτης V_e
 ** νοούνται περιπτώσεις που από την ισχύουσα νομοθεσία επιτρέπεται η δόμηση

2.3.6 Λειτουργική Ταχύτητα (V_{85})

Λειτουργική ταχύτητα είναι η ταχύτητα την οποία δεν υπερβαίνει το 85% των απρόσκοπτα κινούμενων οχημάτων σε υγρό και καθαρό οδόστρωμα. Δηλαδή το 85% όλων των παρατηρηθεισών ταχυτήτων είναι μικρότερη από την ταχύτητα V_{85} . Ο προσδιορισμός της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} εξαρτάται από το αν ο δρόμος είναι υφιστάμενος ή νέος. (Αποστολέρης, 2015).

Η λειτουργική ταχύτητα V_{85} είναι σημαντική στο γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών αφού με βάση αυτή καθορίζονται :

- Οι επικλίσεις στις οριζόντιες καμπύλες
- Οι απαιτούμενες ακτίνες των κατακόρυφων καμπυλών, ώστε να υπάρχουν τα κατάλληλα μήκη για ορατότητα των οδηγών.
- Τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας για προσπέραση
- Οι ελάχιστες οριζόντιες ακτίνες σε περίπτωση εφαρμογής αρνητικής επίκλισης
- Τα στοιχεία για την απορροή των ομβρίων

Σε περίπτωση που ο δρόμος είναι υφιστάμενος προχωράμε στη διενέργεια μετρήσεων, μέσω δύο ανιχνευτικών βρόχων, που απέχουν μεταξύ τους απόσταση L . Μέσω αυτών, καθίσταται δυνατό να μετρήσουμε το χρονικό διάστημα που θα χρειαστούν τα οχήματα για να διανύσουν την απόσταση (L) μεταξύ των δύο βρόχων.

$$V_{85} = \frac{L}{t_2 - t_1}$$

Όπου:

V_{85} : λειτουργική ταχύτητα (km/h)

L : μήκος (m)

t : χρόνος (sec)

Αυτή η μέτρηση επαναλαμβάνεται για ένα πλήθος οχημάτων. Προϋπόθεση αποτελεί, οι βρόχοι να μη γίνονται αντιληπτοί από τους οδηγούς, για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας των μετρήσεων, αφού εάν οι οδηγοί τους αντιληφθούν, θα μεταβάλλουν την ταχύτητα διέλευσης.

Σε περίπτωση που ο δρόμος είναι υπό μελέτη δεν μπορούμε να κάνουμε μετρήσεις. Γι' αυτόν τον λόγο λοιπόν, υπάρχει συσχετισμός μεταξύ ταχύτητας μελέτης (V_e) και λειτουργικής ταχύτητας (V_{85}) και καθορίζεται από ΟΜΟΕ-Χ, ανάλογα με την κατηγορία της οδού.

Για οδούς ομάδας Α με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, δηλαδή με διαχωριστική νησίδα ισχύει:

$$V_{85} = V_e + 20 \text{ χαω, για } V_e \geq 100 \text{ χαω}$$

$$V_{85} = V_e + 30 \text{ χαω, για } V_e \leq 100 \text{ χαω}$$

Για οδούς ομάδας Α με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, δηλαδή χωρίς διαχωρισμό των κυκλοφοριακών ρευμάτων, η λειτουργική ταχύτητα (V_{85}) σχετίζεται με την ελικτότητα της οδού (K_E), το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας (b) και την κατά μήκος κλίση της οδού (S), όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.

2.3.7 Μελέτη FHWA

Η έρευνα του FHWA (Federal Highway Administration), εξέτασε τη σχέση των στατιστικών μεγεθών της κατανομής ταχυτήτων και της γεωμετρίας της οδού. Η βασική υπόθεση με την οποία ασχολήθηκε είναι ότι η υψηλή διακύμανση ταχυτήτων δείχνει ότι υπάρχουν ανομοιογενή στοιχεία χάραξης, ενώ αντίθετα, στοιχεία που ανταποκρίνονται στην προσδοκία του οδηγού, χαρακτηρίζονται από χαμηλή διακύμανση.

Βασίστηκε σε 4 υποθέσεις:

Η πρώτη αφορά τη γεωμετρία της οδού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη μεγεθών της κατανομής ταχυτήτων. Αυτή η υπόθεση θεωρεί πως τα στοιχεία σχεδιασμού της οριζόντιας και κατακόρυφης χάραξης μπορούν να προβλέψουν τα στατιστικά μεγέθη της κατανομής του δείγματος ταχυτήτων. Από την έρευνα προέκυψε ότι δε βρέθηκε ιδιαίτερη συσχέτιση μεταξύ των γεωμετρικών στοιχείων χάραξης και της διακύμανσης ταχυτήτων.

Η δεύτερη επικεντρώθηκε στη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ ταχύτητας μελέτης και του ορίου ταχύτητας με τα στατιστικά μεγέθη της κατανομής ταχυτήτων. Από την έρευνα δεν προέκυψαν σημαντικές σχέσεις, επομένως η ταχύτητα μελέτης και το όριο ταχύτητας δεν μπορούν να προβλέψουν στατιστικά μεγέθη κατανομής ταχυτήτων με εγκυρότητα.

Η τρίτη υπόθεση διατυπώνει τη θεωρία ότι τα μεγέθη κατανομής ταχυτήτων έχουν σχέση με την αντίληψη των αλλαγών της γεωμετρίας της οδού από τους οδηγούς. Τα δεδομένα των αναλύσεων έδειξαν πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του συντελεστή μεταβλητότητας, της ασυμμετρίας και της κύρτωσης μιας καμπύλης και των αντίστοιχων μεγεθών της προηγούμενης της καμπύλης ευθυγραμμίας.

Η τέταρτη υπόθεση στηρίζεται στο γεγονός ότι η αυξημένη διακύμανση της ταχύτητας μπορεί να αναδείξει την ύπαρξη ανομοιογένειας στον σχεδιασμό. Όσο πιο υψηλή είναι η διακύμανση της ταχύτητας, τόσο πιο αυξημένος είναι ο κίνδυνος τροχαίου ατυχήματος. Σ' αυτό βέβαια διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και η γεωμετρία της οδού.

Από επιπρόσθετη διερεύνηση που έγινε προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Οι μέσες ταχύτητες στις οριζόντιες καμπύλες είναι χαμηλότερες από ότι στις προηγούμενες των καμπυλών ευθυγραμμίες.

- Η μέση ταχύτητα στην οριζόντια καμπύλη είναι κατά μέσο όρο 2.8 km/h πιο μειωμένη απ' ότι στην ευθυγραμμία.
- Η V85 ήταν 3.0 km/h πιο μειωμένη στην οριζόντια καμπύλη απ' ότι στην ευθυγραμμία.

Η διακύμανση της ταχύτητας ήταν 9.5% πιο μειωμένη στην καμπύλη απ' ότι στην ευθυγραμμία.

Επίσης, παρουσιάζεται το πως επηρεάζεται η λειτουργική ταχύτητα V85, από την οριζόντια ακτίνα, για τέσσερις διαφορετικές συνθήκες κατά μήκους κλίσης.

- Ανωφέρειες με κλίση μεγαλύτερη από 4 %
- Ανωφέρειες με κλίση από 0 έως 4 %
- Κατωφέρειες με κλίση από 0 έως -4%
- Κατωφέρειες με κλίση μεγαλύτερη του -4 %

2.3.8 Έρευνα Universitat Politècnica de València

Το Πολυτεχνείο της Βαλένθια το 2010, πραγματοποίησε έρευνα τις καθημερινές μέρες με διάρκεια έξι μηνών, από τον Φεβρουάριο έως και τον Ιούλιο, λαμβάνοντας δείγματα συλλογής δεδομένων από τις 8:30 π.μ έως τις 14:00 μ.μ, εξασφαλίζοντας την ανεμπόδιστη διέλευση του οχήματος και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν δεν αφορούσαν τη στιγμιαία ταχύτητα αλλά συνεχή δεδομένα.

Στην έρευνα αυτή συσχετίστηκε η ακτίνα καμπύλης με την μεταβολή της λειτουργικής ταχύτητας (V_{85}) και προέκυψαν:

- $V_{85}=97.4254 - 3310.94/R$
- $V_{85}=102.048 - 3990.26/R$, για ακτίνα μικρότερη των 400m.

2.4 Ελικτότητα

Η λειτουργική ταχύτητα V_{85} που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ελικτότητα. Η ελικτότητα μεμονωμένης καμπύλης είναι συνάρτηση της γωνίας αλλαγής κατεύθυνσης και του συνολικού μήκους της καμπύλης, που αποτελείται από το μήκος του κυκλικού τόξου και τα μήκη των εκατέρωθεν τόξων συναρμογής (ΟΜΟΕ-Χ, 2001) και δίνεται από τη σχέση :

$$K_E = \frac{\gamma}{L}$$

Όπου :

K_E (gon/km): ελικτότητα μεμονωμένης καμπύλης

γ (gon): γωνία αλλαγής κατεύθυνσης σε κάθε μια καμπύλη

L (km): συνολικό μήκος της καμπύλης

Η ελικτότητα υπολογίζεται ανάλογα με το πλάτος και την κατά μήκος κλίση της οδού

Δηλαδή:

- για κατά μήκος κλίση $s \leq 5\%$ ή $s > 5\%$ εφόσον το μήκος της είναι $< 250\text{m}$:

$$V_{85} = \left(\frac{10^6}{10150.1 + 8.529 * K_E} \right) + ((b - 3.5) * 20)$$

b : πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας.

- για $s > 5\%$ επί μήκους $\geq 250\text{m}$, ανεξαρτήτως του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας:

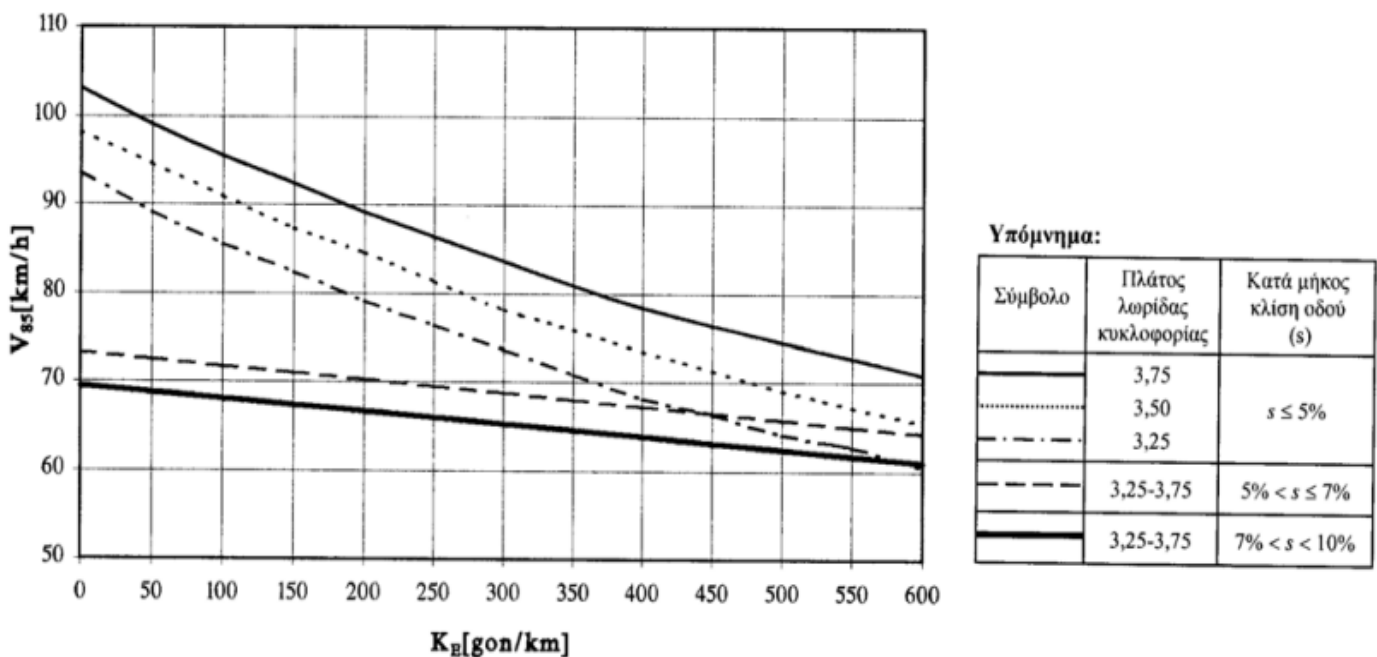
- για $5\% < s \leq 7\%$

$$V_{85} = 73.26 - 0.015 * K_E$$

- για $7\% < s < 10\%$

$$V_{85} = 69.456 - 0.014 * K_E$$

Στο παρακάτω σχήμα 2-3 παρουσιάζεται η συσχέτιση της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} με την ελικτότητα K_E .



Σχήμα 2-3: Διάγραμμα υπολογισμού της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} σε συνάρτηση με την ελικτότητα (το τεταμένο) K_E της μεμονωμένης καμπύλης και το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας b σε υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας.

2.5 Όρια Ταχύτητας

2.5.1 Γενικά

Ένας σημαντικός παράγοντας για την ύπαρξη οδικής ασφάλειας και την αποφυγή τροχαίων ατυχημάτων είναι η τήρηση των ορίων ταχύτητας. Σε λεωφόρους, αυτοκινητόδρομους, οδούς ταχείας κυκλοφορίας και σε επαρχιακούς δρόμους υπάρχει σήμανση, η οποία αναγράφει το ανώτερο επιτρεπόμενο όριο. Η παραβίαση των ορίων αυτών, που διαφέρουν κατά περίπτωση, καθιστά τον οδηγό επικίνδυνο όχι μόνο για τον εαυτό του αλλά και για οιονδήποτε άλλο. Εκτός από πρόκληση σωματικής βλάβης στον ίδιο, μπορεί να προκαλέσει τραύμα –θανατηφόρο ή μη- σε άλλον άνθρωπο. Ο παραβάτης ανά πάσα ώρα μπορεί να έρθει αντιμέτωπος με τον νόμο και την Τροχαία Αστυνομία μέσω των καμερών ασφαλείας που βρίσκονται στις εθνικές οδούς και καταγράφουν την ταχύτητα του κάθε διερχόμενου οχήματος.

Οι παράγοντες που καθορίζουν τα όρια ταχύτητας είναι οι εξής:

- Οδική Ασφάλεια
- Περιβαλλοντικοί Παράγοντες
- Κυκλοφοριακή Παράγοντες

Τα όρια ταχύτητας διαχωρίζονται ανάλογα με τη διάρκεια ισχύος τους σε μόνιμα, προσωρινά και μεταβλητά. Τα μόνιμα όρια ταχύτητας είναι αυτά τα οποία έχουν μόνιμη ισχύ. Τα προσωρινά όρια ταχύτητας είναι αυτά τα οποία έχουν περιορισμένη διάρκεια ισχύος όπως ορισμένες ώρες ή μέρες, αφού για παράδειγμα ορίζονται κατά τη διάρκεια έργων επί της οδού. Τέλος τα μεταβλητά όρια ταχύτητας είναι αυτά τα οποία μεταβάλλονται στη διάρκεια της μέρας και εξυπηρετούν στη διασφάλιση της ομαλής κυκλοφορίας των οχημάτων, σε περίπτωση ατυχήματος, έργων συντήρησης κ.ά.

Επίσης, με βάση μελέτες που έχουν εκπονηθεί ή εγκριθεί από τις αρμόδιες Τεχνικές Υπηρεσίες των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης και με απόφαση του οικείου Περιφερειακού, Δημοτικού ή Κοινοτικού Συμβουλίου, δύνανται να καθορίζονται και να μεταβάλλονται τα ανώτατα όρια ταχύτητας στις οδούς για τις οποίες έχουν την αρμοδιότητα επίβλεψης και συντήρησης, τα οποία πρέπει να είναι κατώτερα των ανωτάτων ορίων που προβλέπονται.

Ειδικά για τους αυτοκινητοδρόμους, τους δρόμους ταχείας κυκλοφορίας και το πρωτεύον εθνικό οδικό δίκτυο, όπως αυτό ορίζεται με τις σχετικές αποφάσεις του Υπουργού Υποδομών και Μεταφορών, τα όρια ταχύτητας, εκτός των ανωτάτων επιτρεπόμενων ορίων, που προβλέπονται, καθορίζονται και μεταβάλλονται ύστερα από μελέτη και μόνο

με απόφαση του Υπουργού Υποδομών και Μεταφορών. Τα όρια αυτά τίθενται σε ισχύ μετά την τοποθέτηση των οικείων πινακίδων στις οδούς. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Προστασίας του Πολίτη και Υποδομών και Μεταφορών μπορούν να μεταβάλλονται τα υπό του άρθρου αυτού οριζόμενα όρια ταχύτητας. Ο έλεγχος της ταχύτητας των οδικών οχημάτων μπορεί να γίνεται από τις αρμόδιες αστυνομικές αρχές και με ειδικές συσκευές. Με κοινή απόφαση των υπουργών Προστασίας του Πολίτη και Υποδομών και Μεταφορών καθορίζονται οι τεχνικές προδιαγραφές των ειδικών αυτών συσκευών ως και κάθε άλλη λεπτομέρεια αναγκαία για την εφαρμογή της διάταξης αυτής.

Πηγές: Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, Διαδικτυακός Τόπος Διαβουλεύσεων (<http://www.opengov.gr/yme/>), (source ©: www.glavopoulos.gr)

(Νόμος Ν.2696/23.03.1999 ΦΕΚ.57α και αναπροσαρμογή Νόμων Ν.3542/02.03.2007/ΦΕΚ.50Α' & Ν.4530/30.03.2018/ΦΕΚ.59Α')

2.5.2 Μέγιστα Όρια Ταχύτητας

Παρακάτω αναγράφονται τα όρια ταχύτητας, έτσι όπως ορίζονται από τον νόμο κατά περίπτωση.

Άρθρο 16 Όρια ταχύτητας των Ε.Π.Η.Ο. – Τροποποίηση του άρθρου 20 του Κ.Ο.Κ.

Στο άρθρο 20 του ν. 2696/1999 (Α' 57) προστίθενται παρ. 5Α και 15 και το άρθρο διαμορφώνεται ως εξής:

Άρθρο 20:

Όρια ταχύτητας

- Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας των αυτοκινήτων οχημάτων, μέσα στις κατοικημένες περιοχές, ορίζεται σε 50 χιλιόμετρα την ώρα, εκτός αν άλλως ορίζεται με ειδική σήμανση.
- Εκτός κατοικημένων περιοχών τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας, για τις διάφορες κατηγορίες αυτοκινήτων οχημάτων και των συνδυασμών αυτών, ορίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας 2-4 στον οποίο αναφέρονται τα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας, ανάλογα με το οδικό δίκτυο και το όχημα κίνησης.

Πίνακας 2-4 : Όριο ταχύτητας ανάλογα με το οδικό δίκτυο και το όχημα κίνησης.

<u>Κατηγορία οχήματος</u>	<u>Αυτοκινητόδρομοι</u>	<u>Οδοί</u> <u>ταχείας</u>	<u>Άλλο οδικό Δίκτυο</u>
		<u>κυκλοφορίας</u>	
Επιβατηγά	130	110	90
Επιβατηγά με ελαφρό ρυμουλκούμενο	100	90	80
Επιβατηγά με ρυμουλκούμενο	90	80	80
Λεωφορεία	100	90	80
Λεωφορεία με Ελαφρό	80	80	80

ρυμουλκούμενο			
Αρθρωτά λεωφορεία	70	70	70
Διώροφα λεωφορεία	80	80	70
Λεωφορεία μεταφοράς μαθητών	80	80	60
Φορτηγά αυτοκίνητα επιτρεπόμενου μέγιστου βάρους μέχρι 3.500 χλγ.	100	90	80
Φορτηγά αυτοκίνητα επιτρεπόμενου μέγιστου βάρους μέχρι 3.500 χλγ. με ελαφρό ρυμουλκούμενο	85	85	80
Φορτηγά αυτοκίνητα επιτρεπόμενου μέγιστου βάρους μέχρι 3.500 χλγ. με ρυμουλκούμενο	80	80	70
Φορτηγά αυτοκίνητα επιτρεπόμενου μέγιστου βάρους μεγαλύτερου των 3.500 χλγ.	85	80	80
Φορτηγά αυτοκίνητα	80	70	70

επιτρεπόμενου μέγιστου βάρους μεγαλύτερου των 3.500 χλγ. με ελαφρό ρυθμολκούμενο ή ρυθμολκούμενο			
Συνδυασμός φορτηγών	80	70	70
Μοτοσικλέτες πάνω από 125 κ.ε.	130	110	90
Μοτοσικλέτες μέχρι 125 κ.ε.	80	80	70
Μοτοσικλέτες με καλάθι	70	70	60

- Για τα φορτηγά αυτοκίνητα που μεταφέρουν πρόσωπα, το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας ορίζεται σε 40 χλμ/ώρα μέσα σε κατοικημένες περιοχές και σε 50 χλμ/ώρα έξω από αυτές.
- Για τα φορτηγά αυτοκίνητα και τους συνδυασμούς αυτών, που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία, με απόφαση του Υπουργού Υποδομών και Μεταφορών, καθορίζονται ανώτατα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας, χαμηλότερα των πιο πάνω οριζομένων, αναλόγως της επικινδυνότητας του μεταφερομένου φορτίου και των τεχνικών προδιαγραφών του μεταφορικού μέσου.
- Για τα μοτοποδήλατα, τα αγροτικά μηχανήματα και τα μηχανήματα έργων, το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας ορίζεται σε 40 χλμ/ώρα, αν δε τα αγροτικά μηχανήματα, τα μηχανήματα έργων ή τα υπ' αυτών ρυμολκούμενα στερούνται ελαστικών με αεροθάλαμο, σε 15 χιλιόμετρα την ώρα.

Για τα Ε.Π.Η.Ο.:

α) Ορίζεται ως ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας τα 25 χλμ/ώρα.

β) Απαγορεύεται να κυκλοφορούν σε οδούς όπου το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας των αυτοκινήτων οχημάτων υπερβαίνει τα 50 χλμ/ώρα»

Στον παρακάτω πίνακα 2-5, παρουσιάζονται τα ανώτατα όρια ταχύτητας σε διαφορετικά τμήματα του οδικού δικτύου, ανάλογα με το οδόστρωμα.

Πίνακας 2-5 : Ανώτατα όρια ταχύτητας σε διαφορετικά τμήματα του οδικού δικτύου, ανάλογα με το οδόστρωμα

Αυτοκινητόδρομοι με υγρό οδόστρωμα – βροχή	110
Οδοί Ταχείας Κυκλοφορίας με υγρό οδόστρωμα – βροχή	90
Άλλο Οδικό Δίκτυο με υγρό οδόστρωμα – βροχή	80
Γέφυρες σε Αυτοκινητοδρόμους και οδούς Ταχείας Κυκλοφορίας	100
Σήραγγες σε Αυτοκινητοδρόμους και Οδούς Ταχείας Κυκλοφορίας	100

2.5.3 Ελάχιστα Όρια Ταχύτητας

Τα ελάχιστα όρια ταχύτητας απαγορεύουν την κίνηση των οχημάτων κάτω από μία καθορισμένη ταχύτητα. Έτσι η χρήση της οδού, στην οποία έχουν επιβληθεί κατώτατα όρια ταχύτητας αποφεύγονται από οδηγούς οχημάτων που δεν μπορούν να κινηθούν βάσει αυτών λόγω έλλειψης ιπποδύναμης. Η ελάχιστη ταχύτητα επιβάλλεται κατά κύριο λόγο σε τμήματα της οδού τα οποία προηγούνται τμήματος μεγάλου μήκους ανωφέρειας.

2.5.4 Όρια Ταχύτητας Στους Κόμβους

Στους κόμβους είναι απαραίτητη η θέσπιση τοπικών ορίων ταχύτητας για τη διασφάλιση της ασφαλούς κίνησης των οχημάτων εντός αυτών.

Πιο συγκεκριμένα τα όρια στις ζώνες ταχύτητας εφαρμόζονται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Ισόπεδοι Κόμβοι

Κατά κανόνα το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας εντός των ισόπεδων κόμβων θα πρέπει να είναι 70 km/h. Αυτό ισχύει σε κόμβους σηματοδοτημένους και μη. Έτσι επιτυγχάνεται η εξασφάλιση της έγκαιρης μείωσης ταχύτητας των οχημάτων σε περίπτωση κινδύνου. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα αντίληψης της ταχύτητας των οχημάτων με προτεραιότητα κατά την κίνηση προς την έξοδο του κόμβου.

- Ανισόπεδοι Κόμβοι

Οι ταχύτητες που αναπτύσσονται στην περιοχή ενός ανισόπεδου κόμβου εν γένει καθορίζονται από τη διαμόρφωσή του και τις καθοριστικές ταχύτητες σχεδιασμού (ταχύτητα μελέτης/κόμβου, λειτουργική ταχύτητα, μεταβατικές ταχύτητες εισόδου-εξόδου). Το συνιστώμενο όριο ταχύτητας δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$V_{ασφαλειας} = \sqrt{127 * (f_{διατιθ} + q) * R_{εσωτ}}$$

Όπου:

$f_{διατιθ}$: ο διατιθέμενος εγκάρσιος συντελεστής τριβής [-]

$f_{διατιθ}$: 0.50*0.925*f_{max} για επιβατηγά οχήματα

$f_{διατιθ}$: 0.35*0.925*0.91*f_{max} για βαρέα οχήματα

f_{max} =μέγιστος διατιθέμενος συντελεστής τριβής κατά ΟΜΟΕ-Χ για επιβατηγά οχήματα

όπου : γ/g όπου γ η μέγιστη επιτρεπόμενη επιβράδυνση ενός επιβατηγού οχήματος και

g =9.81 m/sec²

$R_{εσωτ}$ = η ακτίνα καμπύλης της εσωτερικής οριογραμμής για $S \leq 5\%$ [m] =

M_E : $R_{εσωτ} * (1+(s-5)/10)$ για $S > 5\%$

s : κατά μήκος κλίση άνω του 5% [%]

q : επίκλιση συνδετήριου κλάδου [%/100]

Για τα βαρέα οχήματα πρέπει επιπλέον να γίνεται έλεγχος σε ανατροπή, δηλαδή:

$$V_{\text{ανατρ}} = \sqrt{g * Rεσ\omega\tau * \frac{b+w*q}{h-b*q}}$$

Όπου :

$V_{\text{ανατρ}}$ = ταχύτητα ανατροπής [m/sec]

$V_{\text{ανατρ}} * 3.6$ [km/h]

b = ημιαπόσταση μετατροχίου (συνήθως 2.60/2) [m]

h = ύψος κέντρου βάρους οχήματος σχεδιασμού

με: 2.67m για οχήματα μεταφοράς στερεών φορτίων

2.25m για βυτιοφόρα οχήματα μεταφοράς καυσίμων

2.54m για λοιπά βυτιοφόρα οχήματα

Στον παρακάτω πίνακα 2-6, παρουσιάζονται τα Όρια ταχύτητας ή συνιστώμενες ταχύτητες στις εισόδους και εξόδους συνδετήριων κλάδων συμβατών με τα όρια ταχύτητας της κυρίας οδού.

Πίνακας 2-6: Όρια ταχύτητας ή συνιστώμενες ταχύτητες στις εισόδους και εξόδους συνδετήριων κλάδων συμβατών με τα όρια ταχύτητας της κυρίας οδού

Όριο Ταχύτητας Κυρίας Οδού [km/h]	Όριο Ταχύτητας ή Συνιστώμενη Ταχύτητα στην Είσοδο ή Έξοδο ενός Συνδετήριου Κλάδου [km/h]
130-120	110-100
110-100	90
90-80	70
80-70	60

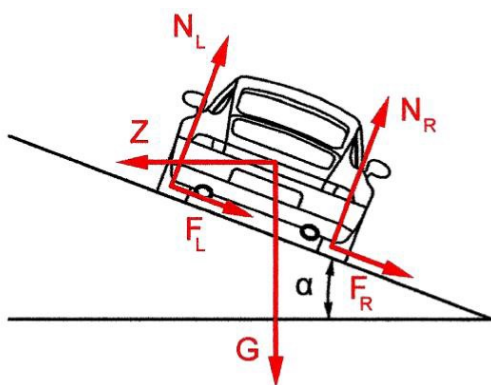
2.6 Δυναμική Του Οχήματος

Όταν ένα όχημα με μάζα (m) κινείται πάνω σε ένα κυκλικό τόξο ακτίνας (R) με ταχύτητα (V), τότε δέχεται μια φυγόκεντρη δύναμη (Z), η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

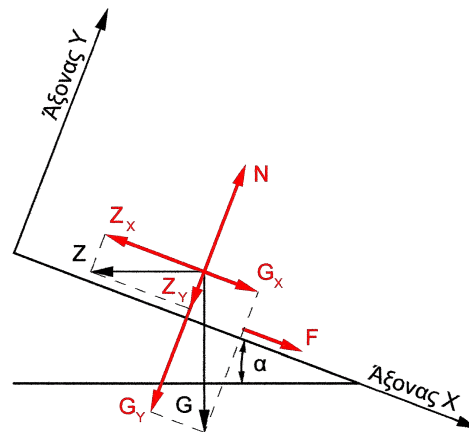
$$Z = m \frac{v^2}{R} = G/g * \frac{v^2}{R}$$

Όπου, $Z(Nt)$	η φυγόκεντρη δύναμη
$G(Nt)$	το βάρος του οχήματος
$g (\mu/\delta\lambda^2)$	η επιτάχυνση της βαρύτητας ($9,81 \mu/\delta\lambda^2$)
$v (\mu/\delta\lambda)$	η ταχύτητα του οχήματος
$R(\mu)$	η ακτίνα του κυκλικού τόξου

Η φυγόκεντρη δύναμη αντισταθμίζεται με μια κατά μήκος κλίση. Αυτό επιτυγχάνεται εφόσον υπερψώσουμε τη μια οριογραμμή σε σχέση με την άλλη. Η μέγιστη επιτρεπόμενη επίκλιση στην Ελλάδα, με βάση τους κανονισμούς είναι 7% για ορεινά εδάφη και 8% για πεδινά.



Σχήμα 2-4: Ανάλυση δυνάμεων ανά τροχό



Σχήμα 2-5: Ανάλυση δυνάμεων στο όχημα

Η δυναμική του οχήματος συνδέει τέσσερα βασικά μεγέθη όπως την ακτίνα καμπύλης, τον συντελεστή ακτινικής τριβής, την ταχύτητα της κίνησης και την επίκλιση στην καμπύλη. Αυτά συνδέονται με την ακόλουθη σχέση:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(f_r + \max q)}$$

Όπου: $R(\mu)$: Η ακτίνα της καμπύλης

$f_r (-)$: Ο συντελεστής ακτινικής τριβής

v (χαω): Η ταχύτητα κίνησης

$q (-)$: Η επίκλιση στην καμπύλη

2.7 Συντελεστής Τριβής

Η τριβή υποδηλώνει την αντίσταση που εκδηλώνει ένα σώμα σε οποιαδήποτε μετακίνηση ή τη σχετική κίνηση δύο σωμάτων που οι επιφάνειές τους εφάπτονται. Το ποσοστό της αντίστασης αυτής, ως προς το βάρος του σώματος, ορίζεται ως συντελεστής

τριβής, και οι τιμές που παίρνει είναι μεταξύ 0 και 1. Εύκολα μπορούμε να καταλάβουμε πόσο σημαντικός παράγοντας είναι αυτός στο κομμάτι της οδοποιίας, αφού υποδεικνύει την τριβή ανάμεσα στα ελαστικά ενός οχήματος και στο οδόστρωμα. Ο συντελεστής τριβής αναλύεται σε δυο κατηγορίες. Τον εφαπτομενικό συντελεστή τριβής f_t (Tangent) που είναι η συνιστώσα παράλληλα με την κίνηση (τον άξονα του δρόμου) και τον ακτινικό συντελεστή τριβής f_r (Radial) που είναι η συνιστώσα κάθετα προς την κίνηση (τον άξονα του δρόμου).

2.7.1 Συντελεστής Εφαπτομενικής Τριβής

Για τον ορισμό του συντελεστή εφαπτομενικής τριβής, λήφθηκαν δεδομένα από τους κανονισμούς συγκεκριμένων χωρών (Γαλλίας, Γερμανίας, Ελβετίας, ΗΠΑ και Σουηδίας). Με τη μελέτη των δεδομένων αυτών και την ανάλυσή τους, προέκυψε συσχετισμός ανάμεσα στην ταχύτητα και τον συντελεστή εφαπτομενικής τριβής.

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

Όπου:

$\max f_{T_{\text{επιτρ}}}$: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής εφαπτομενικής τριβής

V : Ταχύτητα (Km/h)

Οι μετρήσεις ολισθηρότητας γίνονται στις ταχύτητες 40,60,80 (Km/h) και από εκεί προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές του συντελεστή τριβής σε σχέση με τις ταχύτητες αυτές είναι:

$$\max f_{T_{\text{επιτρ}}} = 0,42 \text{ για } V = 40 \text{ km/h}$$

$$\max f_{T_{\text{επιτρ}}} = 0,35 \text{ για } V = 60 \text{ km/h}$$

$$\max f_{T_{\text{επιτρ}}} = 0,30 \text{ για } V = 80 \text{ km/h}$$

2.7.2 Συντελεστής Εγκάρσιας Τριβής

Ο συντελεστής εγκάρσιας τριβής κυμαίνεται μεταξύ $n = 40\%$ και $n = 50\%$ για οδούς ομάδας Α. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή εγκάρσιας τριβής $f_{R_{\text{επιτρ}}}$ υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\max f_{R_{\text{επιτρ}}} = n \cdot 0,925 \cdot \max f_{T_{\text{επιτρ}}}$$

Όπου:

$\max f_{R_{\text{επιτρ}}}$: μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής

$\max f_{T_{\text{επιτρ}}}$: μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής εφαπτομενικής τριβής

n : συντελεστής εκμετάλλευσης της τιμής του συντελεστή εγκάρσιας τριβής

0,925 : συντελεστής μείωσης, συσχετιζόμενος με τα χαρακτηριστικά των ελαστικών

Η μέγιστη τιμή επιτρεπόμενου συντελεστή εγκάρσιας τριβής, με μέγιστη επίκλιση $q_{\max} = 8\%$ (9%), σε πεδινά εδάφη και οδούς κατηγορίας Α είναι:

$$\max f_{R_{\text{επιτρ}}} = 0,245 - 2,018 \cdot 10^{-3} \cdot V + 0,628 \cdot 10^{-5} \cdot V^2$$

Η μέγιστη τιμή επιτρεπόμενου συντελεστή εγκάρσιας τριβής, με μέγιστη επίκλιση $q_{\max} = 7\%$, σε ορεινά εδάφη και οδούς κατηγορίας Α είναι:

$$\max f_{R_{\text{επιτρ}}} = 0,218 - 1,795 \cdot 10^{-3} \cdot V + 0,559 \cdot 10^{-5} \cdot V^2$$

Η μέγιστη τιμή επιτρεπόμενου συντελεστή εγκάρσιας τριβής στην ευθυγραμμία και στο κυκλικό τόξο, για λόγους καλής απορροής ομβρίων με ελάχιστη επίκλιση $q_{\min}=2,5\%$, είναι:

$$\max f_{R \text{ επιτρ}} = 0,055 - 0,451 \cdot 10^{-3} \cdot V + 0,14 \cdot 10^{-5} \cdot V^2$$

Η μέγιστη τιμή επιτρεπόμενου συντελεστή εγκάρσιας τριβής, με μέγιστη επίκλιση $q_{\max}=6\%$ και οδούς κατηγορίας B είναι:

$$\max f_{R \text{ επιτρ}} = 0,327 - 2,692 \cdot 10^{-3} \cdot V + 0,838 \cdot 10^{-5} \cdot V^2$$

Η μέγιστη τιμή επιτρεπόμενου συντελεστή εγκάρσιας τριβής, με ελάχιστη επίκλιση $q_{\min}=2,5\%$ και οδούς κατηγορίας B είναι:

$$\max f_{R \text{ επιτρ}} = 0,164 - 1,348 \cdot 10^{-3} \cdot V + 0,42 \cdot 10^{-5} \cdot V^2$$

Στον παρακάτω Πίνακα 2-7, παρουσιάζεται το κριτήριο ασφαλείας III για οδούς ομάδων A και B.

Πίνακας 2-7 : Κριτήριο ασφαλείας III για οδούς των ομάδων A και B

<p>Περίπτωση 1 : Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού</p> $f_R - f_{RA} \geq 0,00$ <p>Σε αυτά τα καμπύλα τμήματα πιθανότατα η πρόσφυση είναι επαρκής. Δεν απαιτούνται προσαρμογές ή βελτιώσεις στη μελέτη της οδού.</p>
<p>Περίπτωση 2 : Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού</p> $- 0,04 \leq f_R - f_{RA} < 0,00$ <p>Σε αυτά τα καμπύλα τμήματα πρέπει :</p> <ol style="list-style-type: none">(1) να περιορισθεί η ταχύτητα των οχημάτων με μείωση του ορίου ταχύτητας ή/και με άλλες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις ή και κατασκευαστικές επεμβάσεις.(2) να επαναυπολογισθούν οι επικλίσεις με βάση την ταχύτητα V_{85} , προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι ο διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής f_R θα προσεγγίζει την τιμή του απαιτούμενου συντελεστή εγκάρσιας τριβής f_{RA} , ιδιαίτερα σε περιπτώσεις ανακατασκευής και βελτίωσης οδικών τμημάτων.(3) να τεθούν υψηλές ποιοτικές απαιτήσεις στην αντιολισθηρότητα των οδοστρωμάτων κατά την ανανέωση του ασφαλτοτάπητα.
<p>Περίπτωση 3 : Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού</p> $f_R - f_{RA} < - 0,04$ <p>Σε αυτά τα καμπύλα τμήματα πιθανότατα η διατιθέμενη πρόσφυση του οδοστρώματος είναι ανεπαρκής, ιδιαίτερα με υγρά οδοστρώματα, πράγμα που μπορεί να αυξήσει την επικινδυνότητα της οδού και τη σοβαρότητα των αναμενόμενων ατυχημάτων. Πρέπει να εξετάζεται η πιθανότητα λήψης κατασκευαστικών μέτρων πάντοτε με κριτήριο τις κατά περίπτωση συνθήκες ατυχημάτων. Κατά κανόνα σε αυτά τα τμήματα απαιτούνται κατασκευαστικές επεμβάσεις. Οποσδήποτε είναι απαραίτητη η λήψη διορθωτικών μέτρων.</p>

Στον παρακάτω Πίνακα 2-8, παρουσιάζονται οι Επιτρεπόμενες τιμές του μέγιστου συντελεστή επαπτομενικής (f_T) και πλευρικής τριβής (f_R) και των ελάχιστων ακτινών καμπυλών σε συνάρτηση με την ταχύτητα (V^*), την κατηγορία της οδού, το ανάγλυφο του εδάφους και τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές επίκλισης.

Πίνακας 2-8 : Επιτρεπόμενες τιμές του μέγιστου συντελεστή εφραπτομενικής (f_T) και πλευρικής τριβής (f_R) και των ελάχιστων ακτινών καμπυλών σε συνάρτηση με την ταχύτητα (V^*), την κατηγορία της οδού, το ανάγλυφο του εδάφους και τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές επίκλισης

V^* [km/h]	$\max f_{\text{Τεπιτρ}}$ [-]	$\max f_{\text{Rεπιτρ}}$ [-] και R_{min} [m] για οδούς της ομάδας									
		Α						Β			
		πεδινά εδάφη		ημιορεινά και ορεινά εδάφη		όλες οι κατηγορίες εδαφών		όλες οι κατηγορίες εδαφών			
		$q_{\text{max}}=8$ (9)%		$q_{\text{max}}=7\%$		$q_{\text{min}}=2,5\%$		$q_{\text{max}}=6\%$		$q_{\text{min}}=2,5\%$	
		$n=45\%$		$n=40\%$		$n=10\%$		$n=60\%$		$n=30\%$	
		$\max f_{\text{Rεπιτρ}}$	R_{min}	$\max f_{\text{Rεπιτρ}}$	R_{min}	$\max f_{\text{Rεπιτρ}}$	R_{min}	$\max f_{\text{Rεπιτρ}}$	R_{min}	$\max f_{\text{Rεπιτρ}}$	R_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	0,385	0,160	82 (79)	0,143	93	0,036	325	0,214	72	0,107	149
60	0,353	0,147	125 (120)	0,131	141	0,033	491	0,196	111	0,098	230
70	0,324	0,135	179 (171)	0,120	203	0,030	701	0,180	161	0,090	335
80	0,299	0,124	247 (235)	0,110	279	0,028	958	0,166	223	0,083	467
90	0,276	0,115	327 (311)	0,102	371	0,026	1.263	0,153	299	0,077	628
100	0,256	0,107	422 (401)	0,095	478	0,024	1.618	0,142	390	0,071	820
110	0,239	0,100	531 (503)	0,089	601	0,022	2.022	0,133	494	0,066	1.043
120	0,225	0,094	652 (617)	0,083	739	0,021	2.473	-	-	-	-
130	0,215	0,089	786 (742)	0,079	890	0,020	2.966	-	-	-	-
140	0,207	0,086	929 (876)	0,077	1053	0,019	3.496	-	-	-	-

2.8 Όρια Άνεσης

Με τον όρο, όρια άνεσης, εκφράζεται η τιμή της πλευρικής επιτάχυνσης την οποία όταν δέχεται ο οδηγός δε νιώθει δυσφορία, κατά την οδήγησή του σε μια καμπύλη. Τα όρια αυτά αφορούν τις πλευρικές επιταχύνσεις στις οποίες οι οδηγοί αρχίζουν να νιώθουν δυσφορία εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας με την οποία κινούνται στη καμπύλη. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα, τόσο λιγότερη πλευρική επιτάχυνση και πλευρική τριβή ανέχεται ο οδηγός.

Πιο συγκεκριμένα τα όρια άνεσης είναι τα εξής:

- Μέγιστο όριο άνεσης του οδηγού: 0,2·g
- Μέγιστο όριο αντοχής-ασφαλείας του οδηγού: 0,3·g
- Μέγιστο όριο ικανότητας επιβατικού αυτοκινήτου: 0,7·g

Οι αμερικάνικες οδηγίες AASHTO, για τον σχεδιασμό οριζόντιας καμπύλης σε αυτοκινητόδρομο, δίνουν μέγιστο όριο για την άνεση του οδηγού: $0.17 \cdot g = 1.67 \text{ m / s}^2$ για την προβλεπόμενη ταχύτητα.

3.ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ/ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση της περιοχής μελέτης και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων που είναι απαραίτητα για τον στόχο της διπλωματικής εργασίας. Γίνεται αναλυτική παρουσίαση για τον τρόπο μέτρησης επιταχύνσεων και ταχυτήτων, την επεξεργασία αυτών, καθώς και του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν δεκαοκτώ (18) διελεύσεις στην περιφερειακή οδό Αιγάλεω. Βασική προϋπόθεση για την αξιοπιστία των μετρήσεων ήταν η ανεμπόδιστη κίνηση του οχήματος μέσα στον ανισόπεδο κόμβο.

3.1 Εξοπλισμός Μετρήσεων

Βασικό εργαλείο για τη μέτρηση των επιταχύνσεων αποτέλεσε το επιταχυνσιόμετρο Vericom VC400DAQ. Το επιταχυνσιόμετρο είναι μια ηλεκτρομηχανική συσκευή που έχει την ικανότητα να μετρά επιταχύνσεις κατά τους άξονες (X, Y, Z) ανά 0,01 δευτερόλεπτα. Η επιτάχυνση καταγράφεται στο όργανο μέτρησης ως ποσοστό επιτάχυνσης της βαρύτητας. Επίσης το μηχάνημα διαθέτει gps άρα υπήρχε η δυνατότητα καταμέτρησης των ταχυτήτων ανά 0,1 δευτερόλεπτα. Αυτό τοποθετήθηκε σε όχημα κίνησης Citroen C5 μέσω δύο μοχλών που έσφιζαν πάνω στο παρμπρίζ του. Έπειτα ακολούθησε η κέντρωση του Vericom VC400DAQ πράγμα που απαιτούσε μηδενική κλίση εδάφους ώστε να ευθυγραμμιστούν και οι φυσαλίδες του μηχανήματος. Με αυτή τη διαδικασία που ακολουθήθηκε, εξασφαλίστηκε η αξιοπιστία των μετρήσεων που ακολούθησαν. Το επιταχυνσιόμετρο ξεκινούσε την καταγραφή εφόσον, μέσω των εντολών που πληκτρολογούνται, δοθεί αυτή η οδηγία και πιο συγκεκριμένα πατώντας κατά σειρά «Tools, Monitor, Gforce, Write in memory». Στο μηχάνημα αυτό υπήρχε κάρτα μνήμης για την αποθήκευση ταχυτήτων και επιταχύνσεων και μέσω αυτής τα δεδομένα μεταφέρθηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και τέθηκαν προς ανάλυση. Η έναρξη της καταγραφής πραγματοποιούνταν περίπου τριακόσια μέτρα πριν την είσοδο

του οχήματος στην καμπύλη και το πέρας της καταγραφής περίπου τριακόσια μέτρα μετά την έξοδο του οχήματος από την καμπύλη.



Εικόνα 3-1:

Επιταχυνσιόμετρο VC400DAQ (<https://vericomcomputers.com/cmsfiles/vc4000daqmanual.0.pdf>)

3.2 Περιοχή Μελέτης

Οι μετρήσεις μέσω του επιταχυνσιομέτρου έλαβαν χώρα στην περιοχή του Ασπροπύργου, σε τοποθεσία βορειοανατολικά των δυλιστηρίων και πιο συγκεκριμένα στον κόμβο που συνδέει την περιφερειακή Αιγάλεω με τη λεωφόρο Ασπροπύργου μέσω της εξόδου 5Α. Ο Ασπρόπυργος υπάγεται στη μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας, είναι

κωμόπολη και δήμος της περιφερειακής ενότητας Δυτικής Αττικής και βρίσκεται 15 χλμ βορειοδυτικά του κέντρου της Αθήνας στον Θριάσιο Κάμπο. Επίσης απέχει 5 χλμ βορειοανατολικά της Ελευσίνας και είναι προσβάσιμος από τον αυτοκινητόδρομο 6 (Ελευσίνα - Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών), από τον αυτοκινητόδρομο Α6 (έξοδος 4) και τον Αυτοκινητόδρομο 65 (Ανω Λιόσια - Ασπρόπυργος), στον οποίο μάλιστα πραγματοποιήθηκαν και οι μετρήσεις ταχυτήτων και επιταχύνσεων. Ο συγκεκριμένος ανισόπεδος κόμβος επιλέχθηκε καθώς διαθέτει τρεις καμπύλες σε κάθε του κατεύθυνση (Περιφερειακή οδός Αιγάλεω - Λεωφόρος Ασπρόπυργου στην έξοδο 5Α, Λεωφόρος Ασπρόπυργου - περιφερειακή οδός Αιγάλεω και Λεωφόρος Ασπρόπυργου – περιφερειακή οδός Αιγάλεω , στην έξοδο προς Μαρκόπουλο). Έτσι δόθηκε η δυνατότητα να εξετάσουμε καμπύλες τριών διαφορετικών ακτινών.

Παρακάτω παρουσιάζεται η γεωμετρία του κόμβου της περιφερειακής Αιγάλεω, κατά την κίνηση του οχήματος προς τη λεωφόρο Ασπρόπυργου.



Εικόνα 3-1 : Γεωμετρία του κόμβου και τροχιά κίνησης του οχήματος, κατευθυνόμενο από Περιφερειακή Οδό Αιγάλεω προς Λεωφόρο Ασπρόπυργου

Εικόνα 3-2: Κίνηση του οχήματος κατά την είσοδό του στον Κόμβο.



Εικόνα 3-3 : Κίνηση του οχήματος στην πρώτη καμπύλη του κόμβου.



Εικόνα 3-4 : Κίνηση οχήματος εντός του κυκλικού τόξου



Εικόνα 3-5 : Κίνηση σε μικρή ευθυγραμμία εντός κόμβου



Εικόνα 3-6 : Κίνηση στην καμπύλη συναρμογής, προς την έξοδο από τον κόμβο

Η καταγραφή των μετρήσεων ξεκίνησε κατά την είσοδο του οχήματος εντός του κόμβου, στην έξοδο 5A της περιφερειακής οδού Αιγάλεω. Ο κόμβος που χρησιμοποιήθηκε συνδέει την περιφερειακή οδό Αιγάλεω, με τη λεωφόρο Ασπροπύργου. Αποτελείται από τη ράμπα εισόδου, μια αριστερή καμπύλη, στη συνέχεια από μία μικρή ευθυγραμμία και τέλος τη ράμπα εξόδου. Τα όρια επιτρεπόμενης ταχύτητας είναι 50 km/h στην είσοδο του κόμβου, ενώ στην έξοδο του κόμβου είναι 60 km/h.

Στη συνέχεια οι μετρήσεις που ακολούθησαν ήταν σε διαφορετική καμπύλη του ίδιου κόμβου.

Παρακάτω παρουσιάζεται η γεωμετρία και οι θέσεις κίνησης του οχήματος μέσα στον ανισόπεδο κόμβο.



Εικόνα 3-7 : Γεωμετρία του κόμβου και τροχιά κίνησης του οχήματος, κατευθυνόμενο από τη Λεωφόρο Ασπροπύργου προς την Περιφερειακή Οδό Αιγάλεω.



Εικόνα 3-8 : Κίνηση οχήματος κατά την είσοδό του στον κόμβο



Εικόνα 3-9 : Κίνηση του οχήματος κατά την έξοδό του από τον κόμβο

Η καταγραφή των μετρήσεων ακολούθησε σε διαφορετική κατεύθυνση από τη Λεωφόρο Ασπροπύργου προς την περιφερειακή Αιγάλεω. Κινούμενο το όχημα κατευθύνθηκε στην έξοδο προς Σκαρμαγκά στον αυτοκινητόδρομο 65. Τα επιτρεπόμενα όρια στο συγκεκριμένο σημείο του κόμβου είναι 60 km/h.

Στη συνέχεια, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικό σημείο του κόμβου.

Παρακάτω παρουσιάζεται η γεωμετρία και οι θέσεις κίνησης του οχήματος μέσα στον ανισόπεδο κόμβο.



Εικόνα 3-10 : Γεωμετρία του κόμβου και τροχιά κίνησης του οχήματος, κατευθυνόμενο από τη Λεωφόρο Ασπροπύργου προς την Περιφερειακή Οδό Αιγάλεω, με κατεύθυνση προς Μαρκόπουλο- Άνω Λιόσια.



Εικόνα 3-11 : Κίνηση του οχήματος κατά την είσοδό του στον κόμβο (αριστερή λωρίδα).



Εικόνα 3-12 : Κίνηση οχήματος σε μικρή ευθυγραμμία εντός κόμβου.



Εικόνα 3-13 : Κίνηση του οχήματος στην είσοδο της καμπύλης του κόμβου.



Εικόνα 3-14 : Κίνηση του οχήματος στην έξοδο του κόμβου.

Η καταγραφή των μετρήσεων ακολούθησε σε διαφορετική κατεύθυνση από τη Λεωφόρο Ασπροπύργου προς Μαρκόπουλο και Άνω Λιόσια μέσω της περιφερειακής οδού Αιγάλεω. Τα επιτρεπόμενα όρια στο συγκεκριμένο σημείο του κόμβου είναι 40 km/h.

3.3 Επεξεργασία Μετρήσεων

Στον κόμβο της περιφερειακής οδού Αιγάλεω, πραγματοποιήθηκαν συνολικά δεκαεννέα διελεύσεις. Σκοπός ήταν η λεπτομερής καταγραφή επιταχύνσεων και ταχυτήτων μέσω επιταχυνσιομέτρου οργάνου με διαφορετικά προφίλ οδήγησης (αργό, μέτριο, γρήγορο). Τα δεδομένα που καταγράφηκαν από το επιταχυνσιόμετρο και τον δέκτη GPS περιέχουν πληροφορίες σχετικά με:

- Την επιτάχυνση στον άξονα X ως ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας g
- Την επιτάχυνση στον άξονα Y ως ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας g
- Την επιτάχυνση στον άξονα Z ως ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας g
- Την ταχύτητα σε μίλια ανά ώρα
- Τη χρονική στιγμή της καταγραφής

Η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν ξεκίνησε με τη μετατροπή της ταχύτητας του επιταχυνσιομέτρου, η οποία ήταν mph σε km/h. Έτσι χρησιμοποιήθηκε ο τύπος :

- $V(\text{km/h}) = 1.609 * \text{GPS Speed (MPH)}$

Στη συνέχεια μετατράπηκε η επιτάχυνση στον άξονα y και x σε m/s^2 . Δηλαδή:

- $G_y (\text{m/s}^2) = 9.81 * g_y (g)$, 9.81 : Συντελεστής βαρύτητας
- $G_x (\text{m/s}^2) = 9.81 * \text{accel} (g)$

Παρακάτω παρουσιάζεται στιγμιότυπο από τη διαδικασία επεξεργασίας μετρήσεων που περιλαμβάνει μεγέθη όπως:

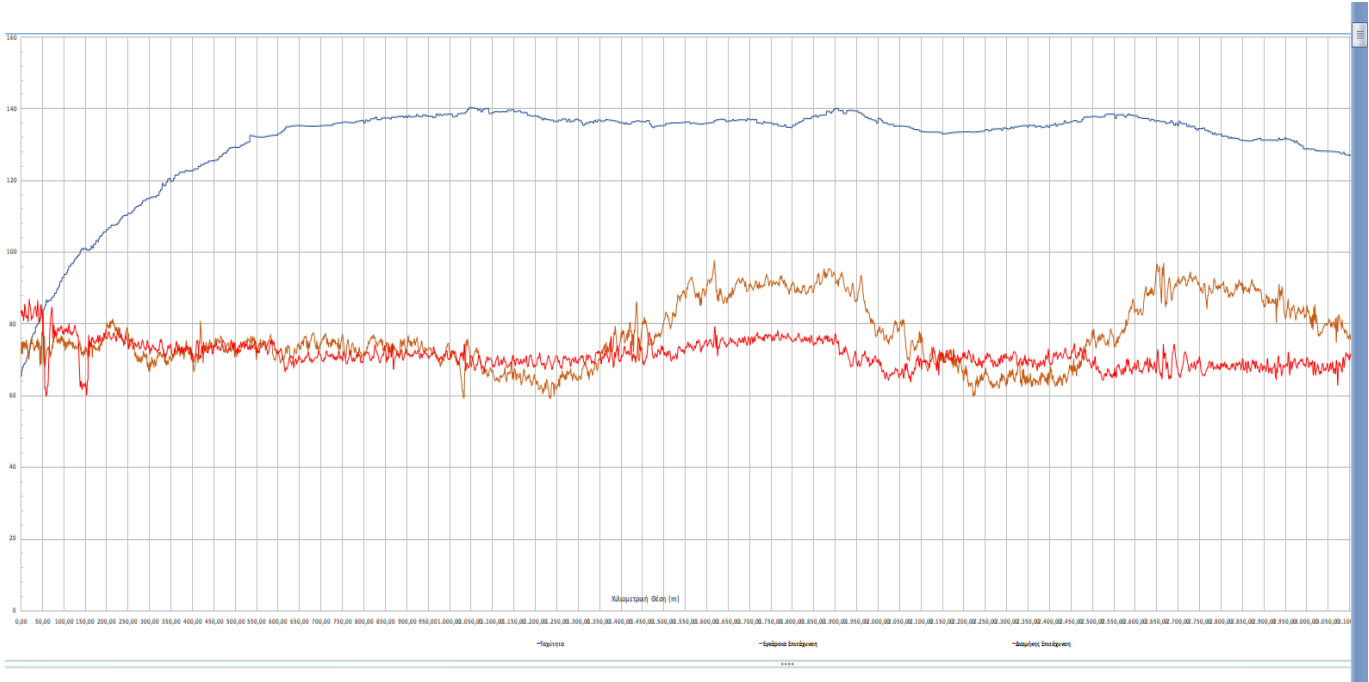
- Ταχύτητα (V)
- Επιτάχυνση (g_y, g_x, g_z)
- Απόσταση (GPS dist)

Accel	Speed	Dist	HP SL	Torque	Gear	Gy	Gz	Gz	Gyro-Pitch	Gyro-Pitch	Gyro-Yaw	Gyro-Yaw	Compass	GPS Speed	GPS Dist	GPS Lat	GPS Long	GPS Alt	GPS D-Lat	GPS D-Lon	Gy (m/s ²)	Gx (m/s ²)	V (km/h)	X0 (m)
G	MPH	ft.	hp	ft/lbs.	Rev/Ft	G	G	G	deg/sec	deg	deg/sec	deg	deg	MPH	ft	deg	deg	ft	ft	ft	9.81*gy	9.81*gx	1.609*GPS Speed	X0 προηγ. +0.01*V/3
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38,08323	23,68104	617	0	0				
6	0,021	0	0	0	0	0,026	-0,005	0	-0,1	0	0,5	0	205	11,89	0	38,08323	23,68104	617	0	0	0,25506	0,20601	19,13101	0,053141
7	0,016	0,01	0	0	0	0,025	0	0	0,2	0	0,5	0	205	11,89	0	38,08323	23,68104	617	0	0	0,24525	0,15696	19,13101	0,106283
8	0,013	0,01	0	0	0	0,024	0,004	0	0,1	0	0,5	0	204,9	11,89	0	38,08323	23,68104	617	0	0	0,23544	0,12753	19,13101	0,159425
9	0,009	0,01	0	0	0	0,022	0,007	0	0	0	0,5	0	204,8	11,89	0	38,08323	23,68104	617	0	0	0,21582	0,08829	19,13101	0,212566
10	0,005	0,01	0	0	0	0,02	0,01	0	-0,1	0	0,5	0	204,8	11,89	0	38,08323	23,68104	617	0	0	0,1962	0,04905	19,13101	0,265708
11	0,003	0,01	0	0	0	0,018	0,01	0	-0,1	0	0,5	0	204,7	11,89	0	38,08323	23,68104	617	0	0	0,17658	0,02943	19,13101	0,318850
12	0,001	0,01	0	0	0	0,015	0,01	0	-0,2	0	0,6	0	204,7	11,89	0	38,08323	23,68104	617	0	0	0,14715	0,00981	19,13101	0,371991
13	-0,001	0,01	0	0	0	0,012	0,01	0	-0,3	0	0,5	0	204,6	12,46	2,01	38,08322	23,68104	617	-2	-1	0,11772	-0,00981	20,04814	0,427681
14	-0,001	0,01	0	0	0	0,015	0,006	0	-0,3	0	0,6	0	204,6	12,46	2,3	38,08322	23,68104	617	-2	-1	0,14715	-0,00981	20,04814	0,483370
15	0	0,01	0	0	0	0,018	0,002	0	-0,3	0	0,6	0,1	204,6	12,46	2,58	38,08322	23,68104	617	-2	-1	0,17658	0	20,04814	0,539059
16	0,001	0,01	0	0	0	0,021	-0,002	0	-0,4	0	0,6	0,1	204,6	12,46	2,86	38,08322	23,68104	617	-2	-1	0,20601	0,00981	20,04814	0,594748
17	0,003	0,02	0	0	0	0,028	-0,008	0	-0,3	0	0,6	0,1	204,6	12,46	3,14	38,08322	23,68104	617	-2	-1	0,27468	0,02943	20,04814	0,65043
18	0,006	0,02	0	0	0	0,035	-0,014	0	-0,3	0	0,5	0,1	204,6	12,46	3,43	38,08322	23,68104	617	-2	-1	0,34335	0,05886	20,04814	0,706127
19	0,008	0,02	0	0	0	0,035	-0,016	0	-0,3	0	0,5	0,1	204,6	12,46	3,71	38,08322	23,68104	617	-2	-1	0,34335	0,07848	20,04814	0,761816
20	0,011	0,02	0	0	0	0,035	-0,018	0	-0,3	0	0,5	0,1	204,6	12,46	3,99	38,08322	23,68104	617	-2	-1	0,34335	0,10791	20,04814	0,817506
21	0,014	0,02	0	0	0	0,035	-0,021	0	-0,3	0	0,5	0,1	204,6	12,46	4,27	38,08322	23,68104	617	-2	-1	0,34335	0,13734	20,04814	0,873195
22	0,016	0,03	0	0	0	0,026	-0,021	0	-0,3	0	0,5	0,1	204,6	12,46	4,55	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,25506	0,15696	20,04814	0,928884
23	0,019	0,03	0	0	0	0,017	-0,021	0	-0,2	0	0,5	0,1	204,6	13,22	4,76	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,16677	0,18639	21,27098	0,987970
24	0,019	0,04	0	0	0	0,012	-0,02	0	-0,3	0	0,5	0,1	204,6	13,22	4,96	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,11772	0,18639	21,27098	1,04705
25	0,019	0,04	0,01	0	0	0,008	-0,019	0	-0,2	0	0,5	0,1	204,6	13,22	5,16	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,07848	0,18639	21,27098	1,106142
26	0,019	0,04	0,01	0	0	0,003	-0,018	0	-0,2	0	0,6	0,1	204,5	13,22	5,37	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,02943	0,18639	21,27098	1,165228
27	0,018	0,05	0,01	0	0	0,009	-0,019	0	-0,3	0	0,6	0,1	204,4	13,22	5,57	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,08829	0,17658	21,27098	1,224314
28	0,018	0,05	0,01	0	0	0,015	-0,02	0	-0,3	0	0,6	0,1	204,3	13,22	5,77	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,14715	0,17658	21,27098	1,283400
29	0,017	0,06	0,01	0	0	0,021	-0,021	0	-0,4	-0,1	0,7	0,1	204,2	13,22	5,97	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,20601	0,16677	21,27098	1,342487
30	0,016	0,06	0,01	0	0	0,024	-0,021	0	-0,3	-0,1	0,7	0,1	204	13,22	6,18	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,23544	0,15696	21,27098	1,401573
31	0,015	0,06	0,01	0	0	0,027	-0,02	0	-0,4	-0,1	0,7	0,1	203,9	13,22	6,38	38,08322	23,68103	617	-4	-2	0,26487	0,14715	21,27098	1,460659
32	0,014	0,07	0,01	0	0	0,026	-0,018	0	-0,4	-0,1	0,7	0,2	203,8	13,22	6,58	38,08321	23,68103	617	-6	-3	0,25506	0,13734	21,27098	1,519745
33	0,011	0,07	0,01	0	0	0,024	-0,012	0	-0,3	-0,1	0,7	0,2	203,7	13,22	6,81	38,08321	23,68103	617	-6	-3	0,23544	0,10791	21,27098	1,57883
34	0,008	0,07	0,01	0	0	0,023	-0,006	0	-0,4	-0,1	0,8	0,2	203,6	13,67	7,04	38,08321	23,68103	617	-6	-3	0,22563	0,07848	21,99503	1,639228
35	0,002	0,07	0,01	0	0	0,023	0	0	-0,4	-0,1	0,8	0,2	203,6	13,67	7,27	38,08321	23,68103	617	-6	-3	0,22563	0,01962	21,99503	1,701025
36	-0,003	0,07	0,01	0	0	0,023	0,005	0	-0,3	-0,1	0,8	0,2	203,6	13,67	7,5	38,08321	23,68103	617	-6	-3	0,22563	-0,02943	21,99503	1,762123
37	-0,008	0,07	0,02	0	0	0,023	0,011	0	-0,4	-0,1	0,8	0,2	203,7	13,67	7,73	38,08321	23,68103	617	-6	-3	0,22563	-0,07848	21,99503	1,823220
38	-0,013	0,06	0,02	0	0	0,022	0,012	0	-0,4	-0,1	0,8	0,2	203,8	13,67	7,96	38,08321	23,68103	617	-6	-3	0,21582	-0,12753	21,99503	1,884317
39	-0,017	0,06	0,02	0	0	0,021	0,014	0	-0,4	-0,1	0,8	0,2	203,8	13,67	8,19	38,08321	23,68103	617	-6	-3	0,20601	-0,16677	21,99503	1,945415

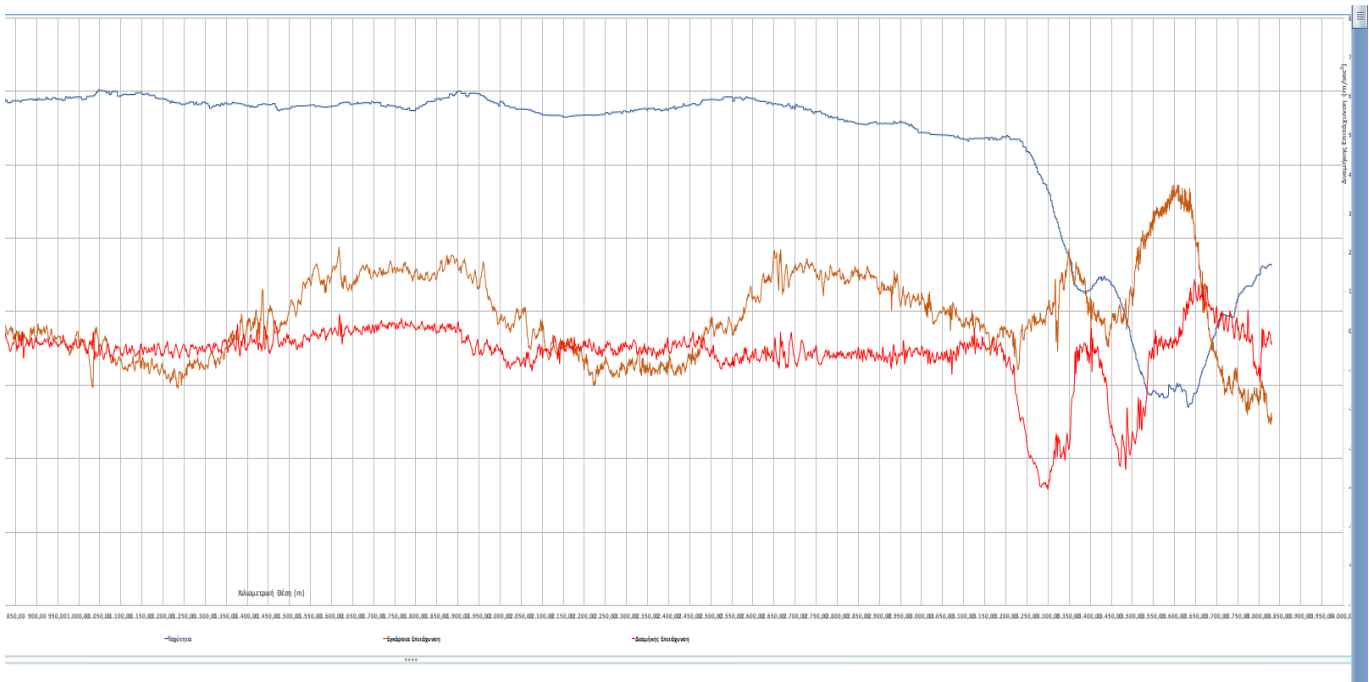
Εικόνα 3-15 : Στιγμιότυπο από τη διαδικασία επεξεργασίας των μετρήσεων.

Γνωρίζοντας τα δεδομένα τα οποία έχουν ληφθεί από το επιταχυνσιόμετρο δημιουργήθηκε:

- Συγκεντρωτικό διάγραμμα ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης , σε σχέση με τη χιλιομετρική θέση της μέτρησης για κάθε διέλευση
- Διάγραμμα ταχύτητας, εγκάρσιας επιτάχυνσης στις ακραίες τιμές



Εικόνα 3-16 : Στιγμιότυπο από τη διαδικασία δημιουργίας διαγράμματος



Εικόνα 3-17 : Στιγμιότυπο από τη διαδικασία δημιουργίας διαγράμματος

Από τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν, αξίζει να σημειωθεί πως παρατηρούμε τα εξής :

- Στην ευθυγραμμία οι πλευρικές επιταχύνσεις προσέγγιζαν την τιμή μηδέν (0 m/s^2)
- Κατά την είσοδο του οχήματος στην καμπύλη, οι επιταχύνσεις διαφέρουν από τη μηδενική τιμή και το διάγραμμα μεταβάλλεται
- Μέγιστη επιτάχυνση παρατηρείται όταν το όχημα τοποθετείται στη κορυφή της καμπύλης

Για κάθε διέλευση που πραγματοποιήθηκε στον κόμβο της περιφερειακής Αιγάλεω, συλλέχθηκαν οι ταχύτητες που είχε αναπτύξει ο οδηγός στις καμπύλες του κόμβου. Στα ακρότατα της καμπύλης της εγκάρσιας επιτάχυνσης βρέθηκε η ταχύτητα του οχήματος. Έτσι δόθηκε η δυνατότητα κατασκευής διαγράμματος της ταχύτητας στις καμπύλες σε σχέση με την εγκάρσια επιτάχυνση με σκοπό την αξιολόγηση των επιτρεπόμενων ορίων ταχύτητας στον κόμβο.

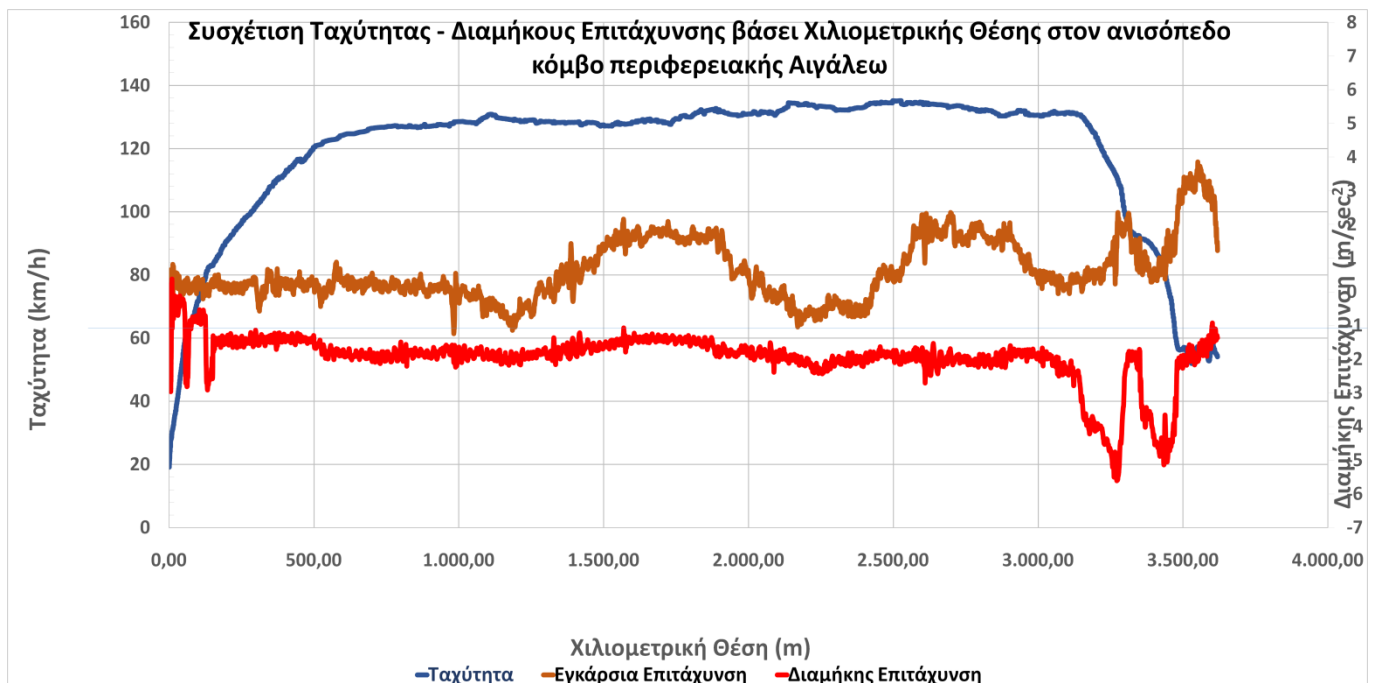
4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Έπειτα από τη μεθοδολογία λήψης των μετρήσεων, σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η επεξεργασία των αποτελεσμάτων και διαγραμμάτων τα οποία προέκυψαν σχετικά με την εγκάρσια και διαμήκη επιτάχυνση αλλά και με την ταχύτητα κίνησης .

4.1 Διαγράμματα

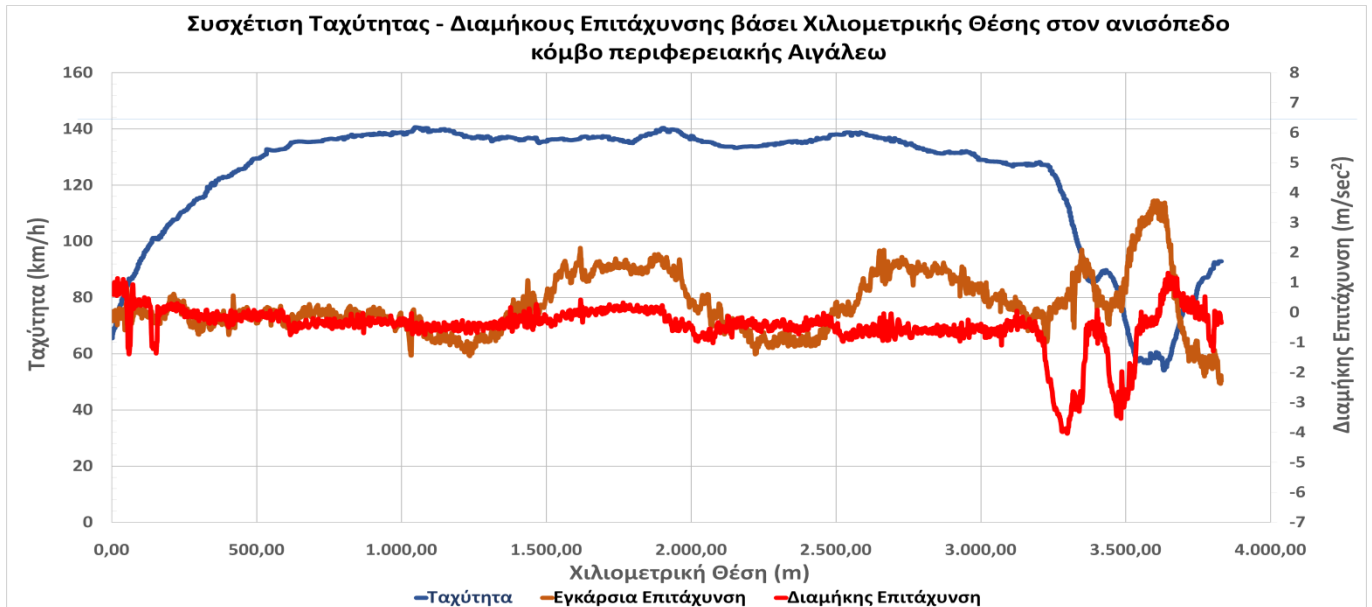
Κατά την επεξεργασία των μετρήσεων που λήφθηκαν, δημιουργήθηκαν διαγράμματα τα οποία σχετίζουν την ταχύτητα κίνησης με την εγκάρσια και διαμήκη επιτάχυνση ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση στην οποία κινείται το όχημα και παρουσιάζονται παρακάτω από Σχήμα 4-1 έως Σχήμα 4-18. Για κάθε διέλευση σχηματίστηκε και το ανάλογο διάγραμμα.

1^η Διέλευση



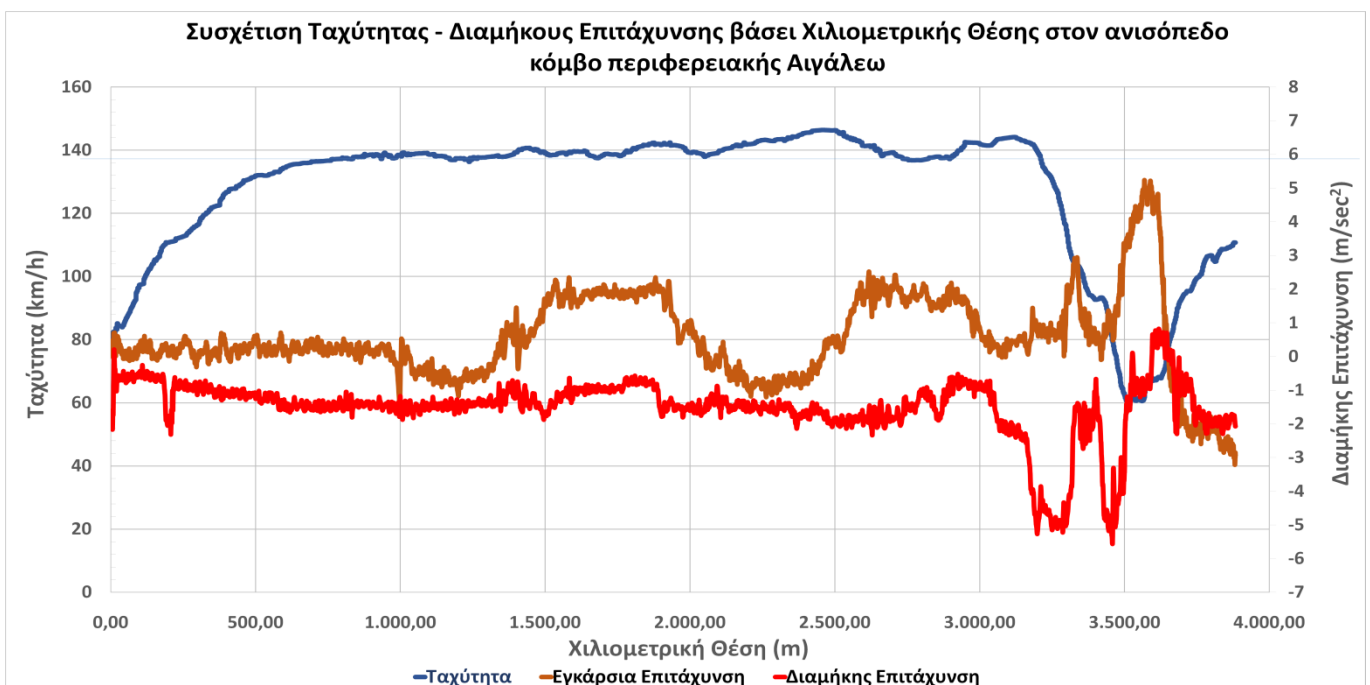
Σχήμα 4-1: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 1^η διέλευση.

2^η Διέλευση



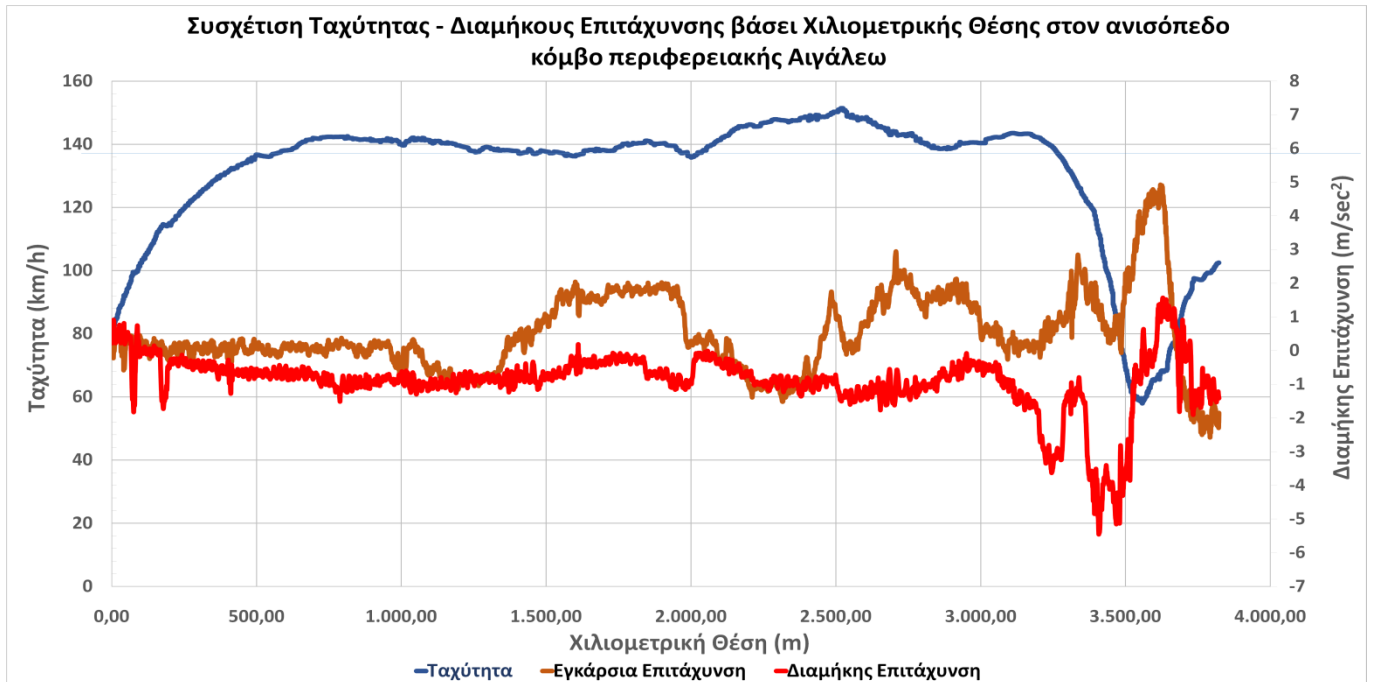
Σχήμα 4-2: Συσχέτιση ταχύτητας ,διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδοσ Αιγάλεω κατά τη 2^η διέλευση.

3^η Διέλευση



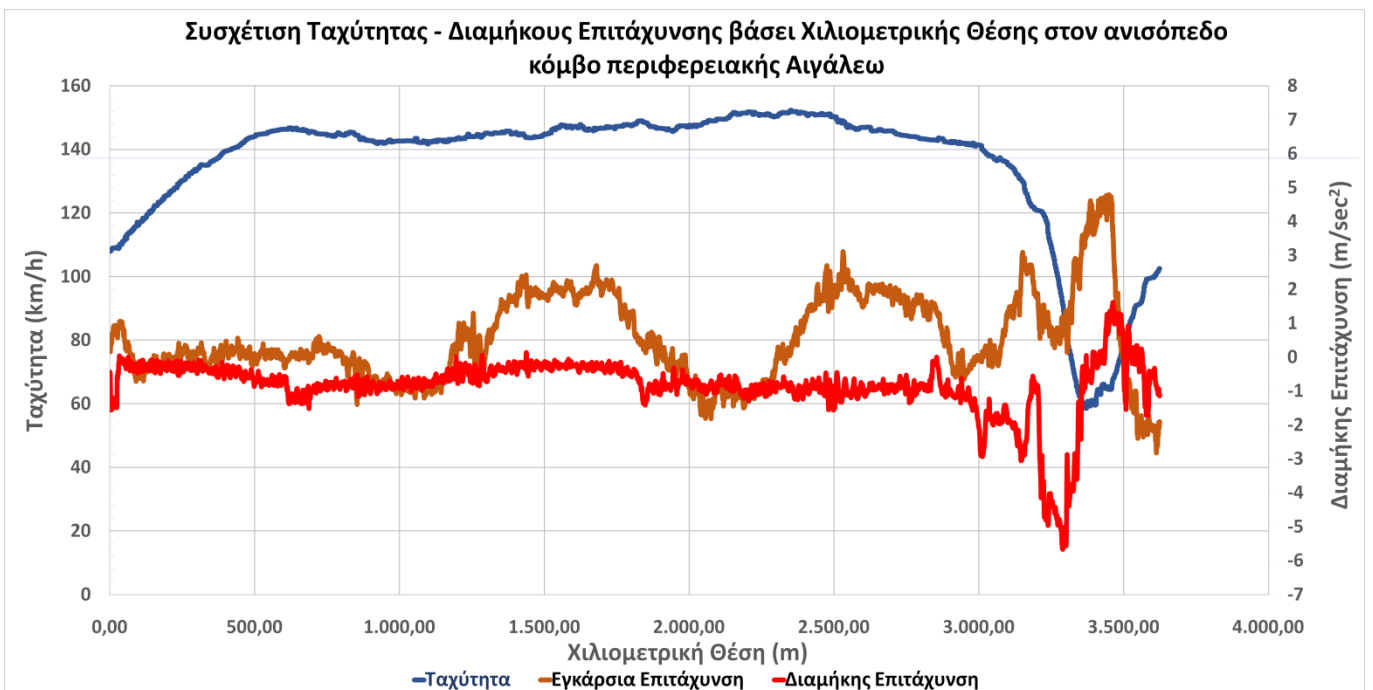
Σχήμα 4-3: Συσχέτιση ταχύτητας ,διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδοσ Αιγάλεω κατά την 3^η διέλευση.

4^η Διέλευση



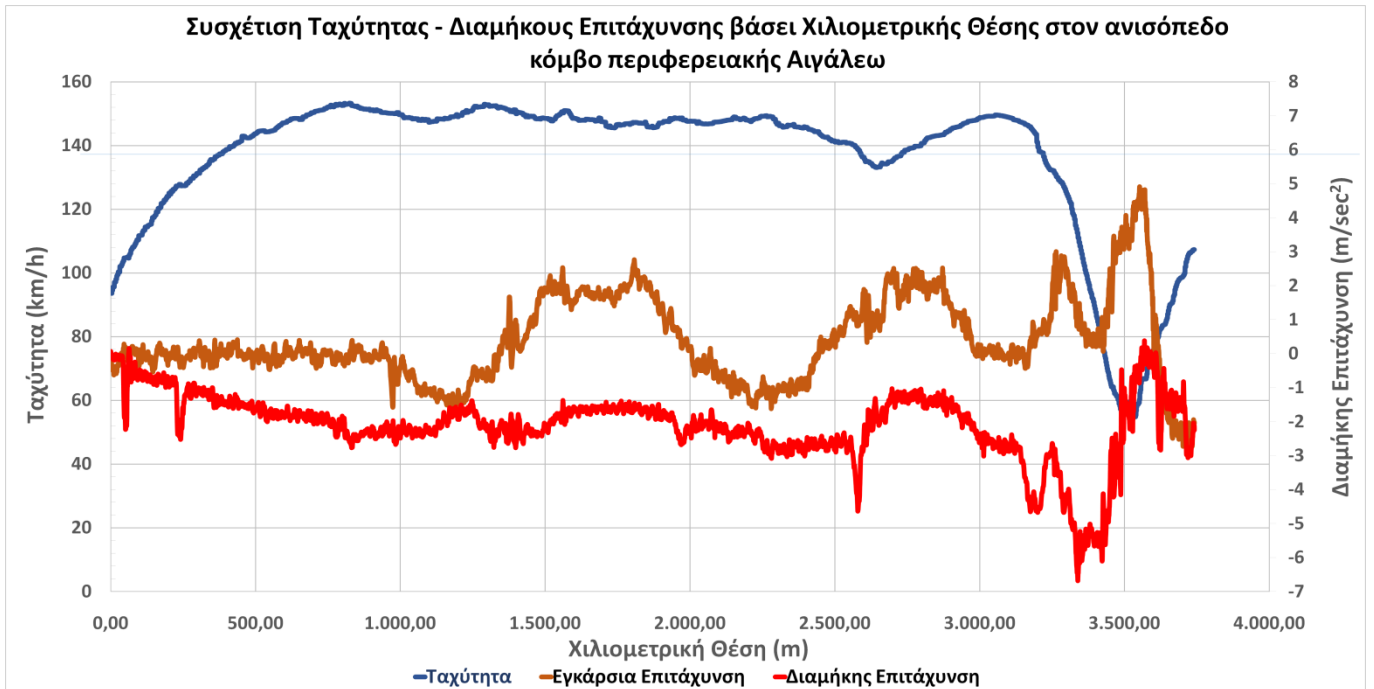
Σχήμα 4-4: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 4^η διέλευση.

5^η Διέλευση



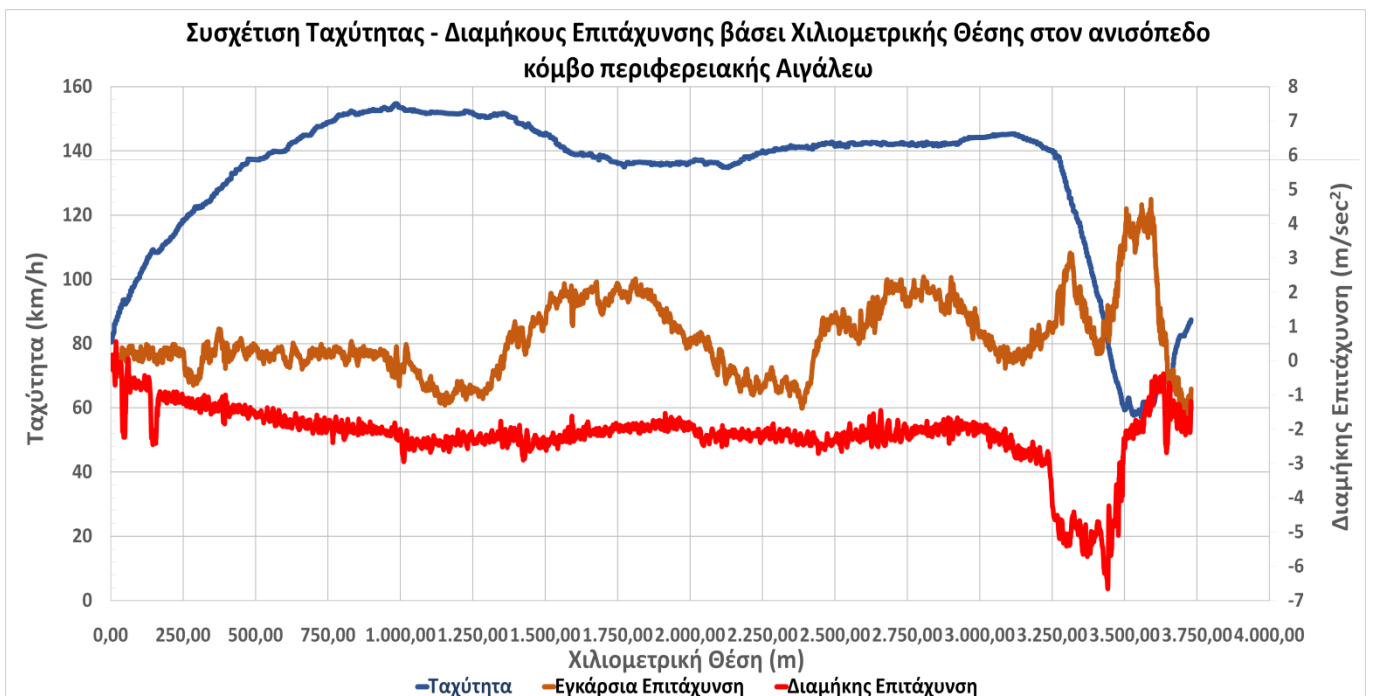
Σχήμα 4-5: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 5^η διέλευση.

6^η Διέλευση



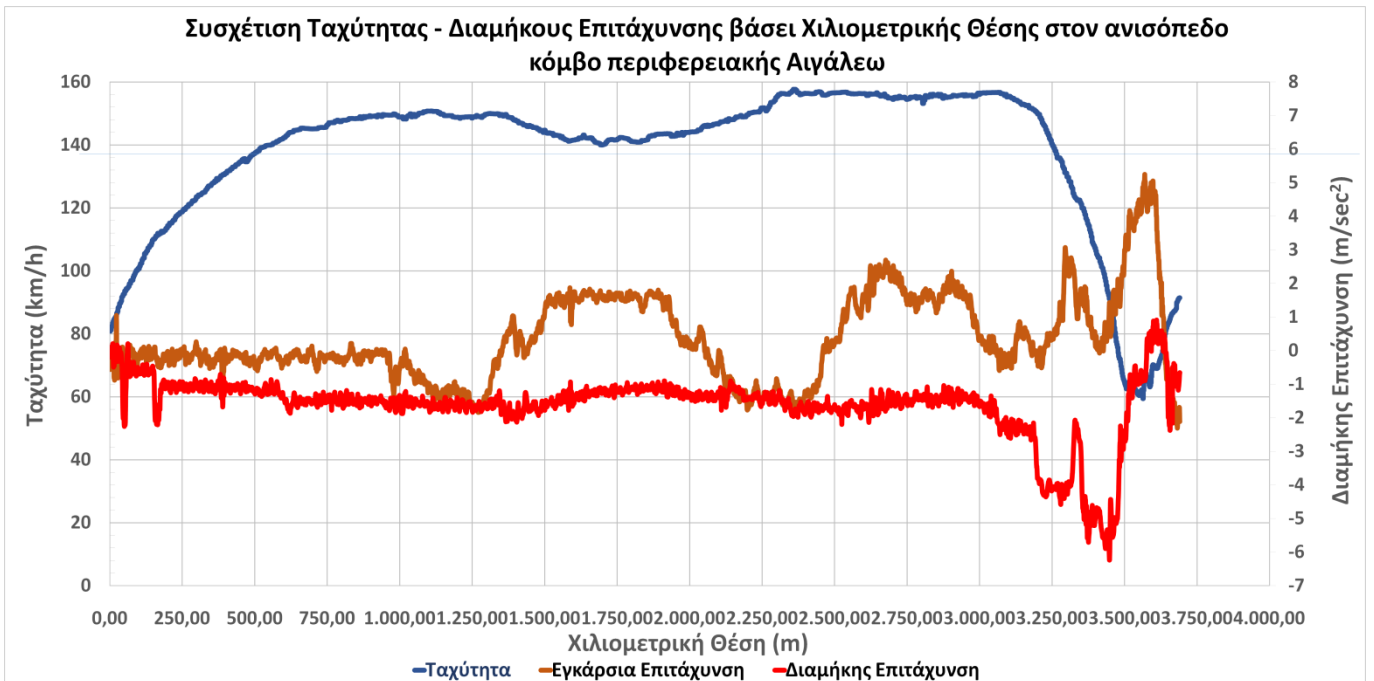
Σχήμα 4-6: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 6^η διέλευση.

7^η Διέλευση



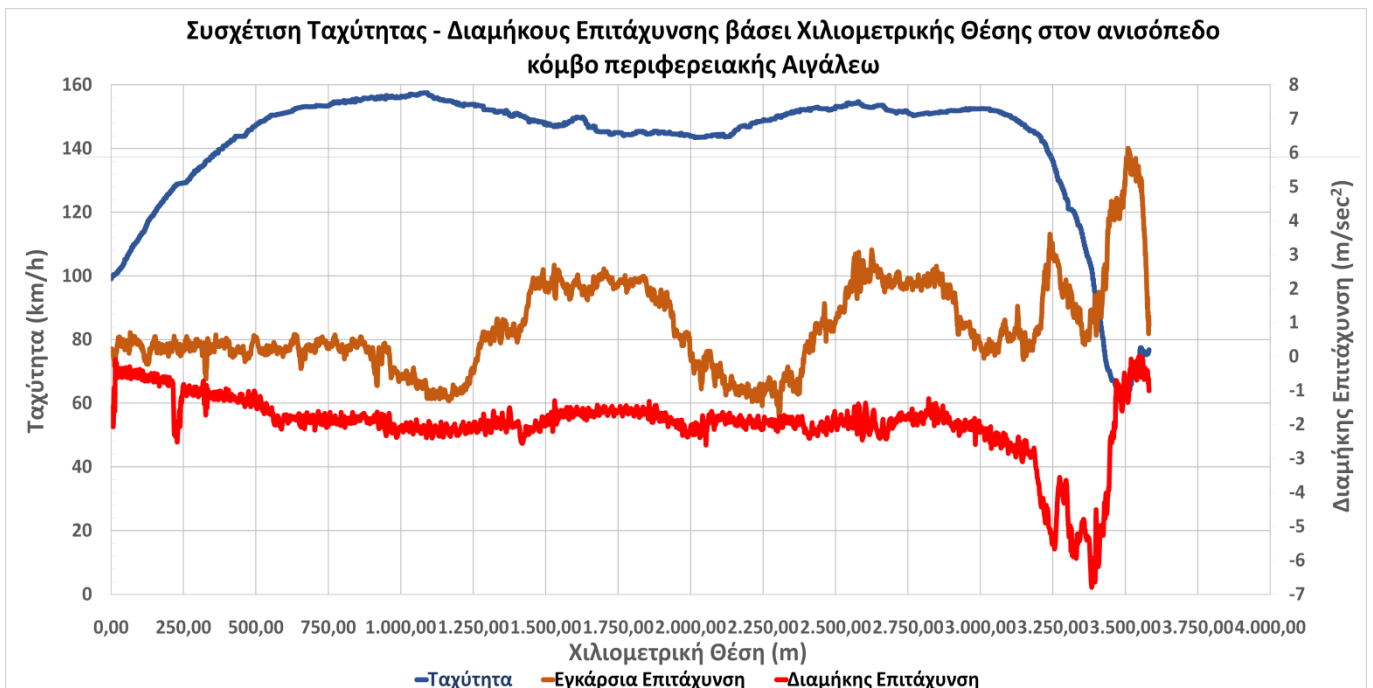
Σχήμα 4-7: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 7^η διέλευση.

8^η Διέλευση



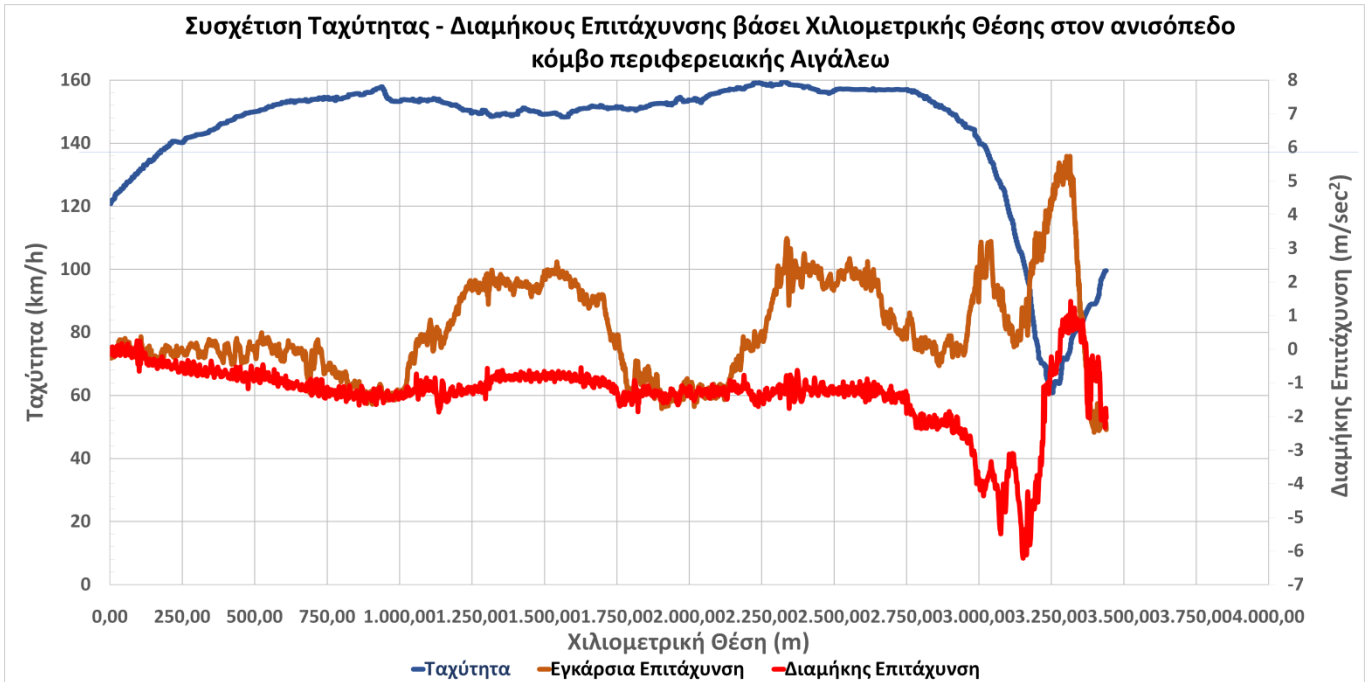
Σχήμα 4-8: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 8^η διέλευση.

9^η Διέλευση



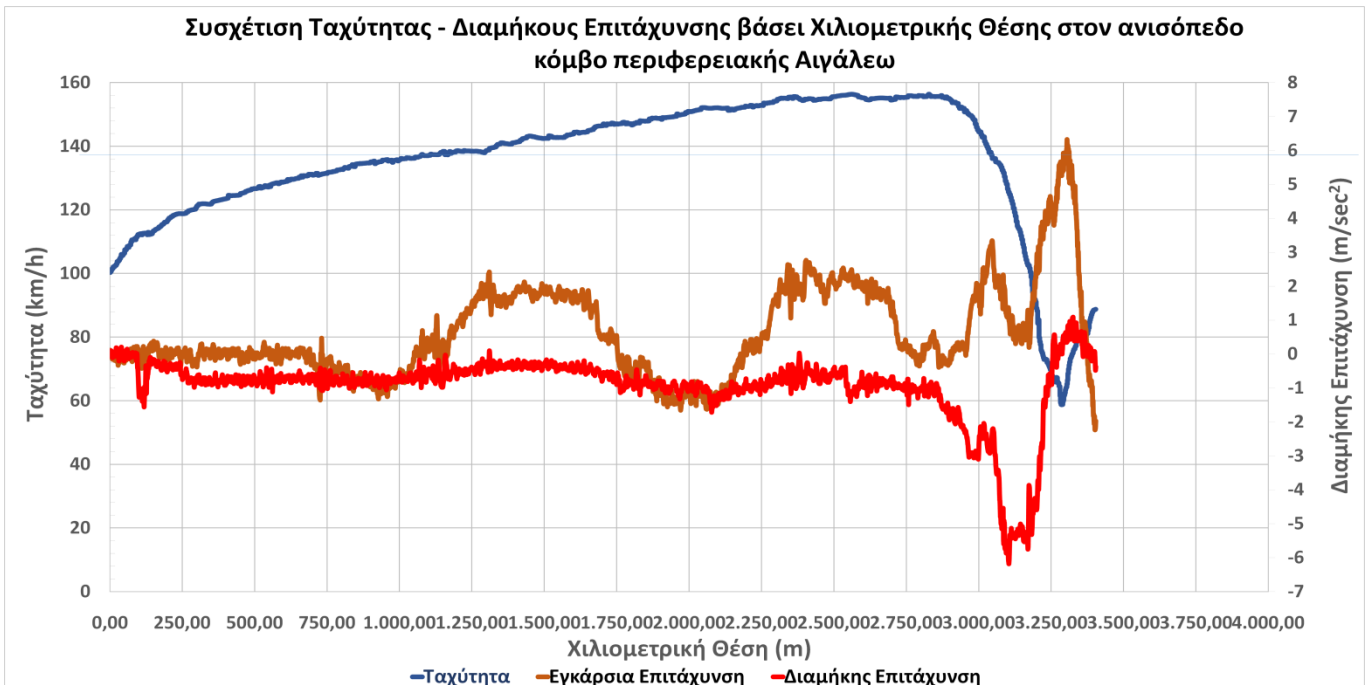
Σχήμα 4-9: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 9^η διέλευση.

10^η Διέλευση



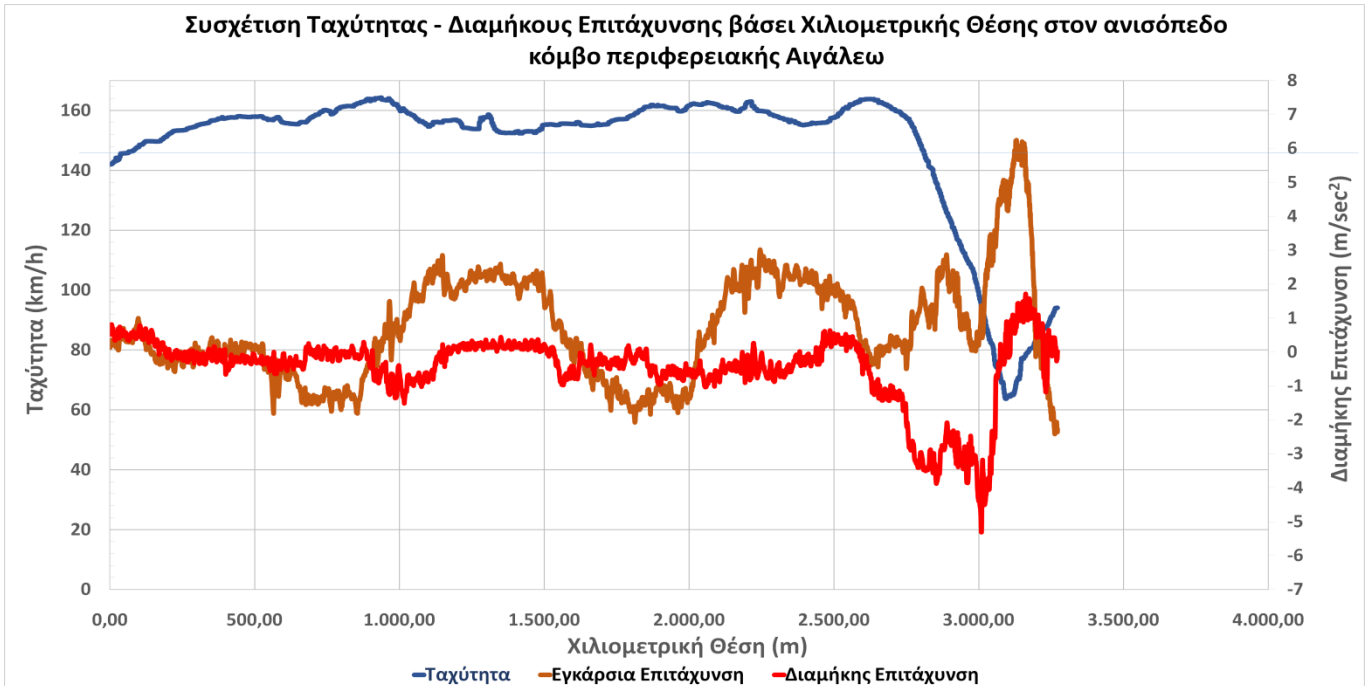
Σχήμα 4-10: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά τη 10^η διέλευση.

11^η Διέλευση



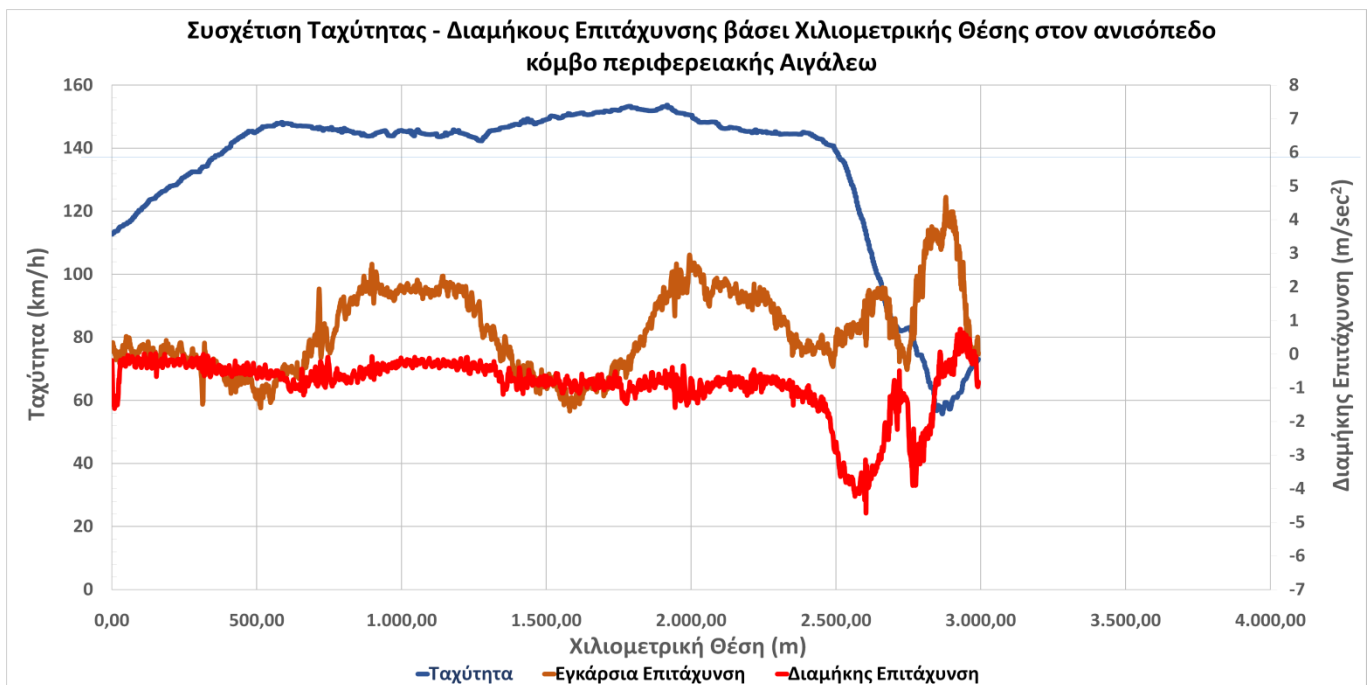
Σχήμα 4-11: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά την 11^η διέλευση.

12^η Διέλευση



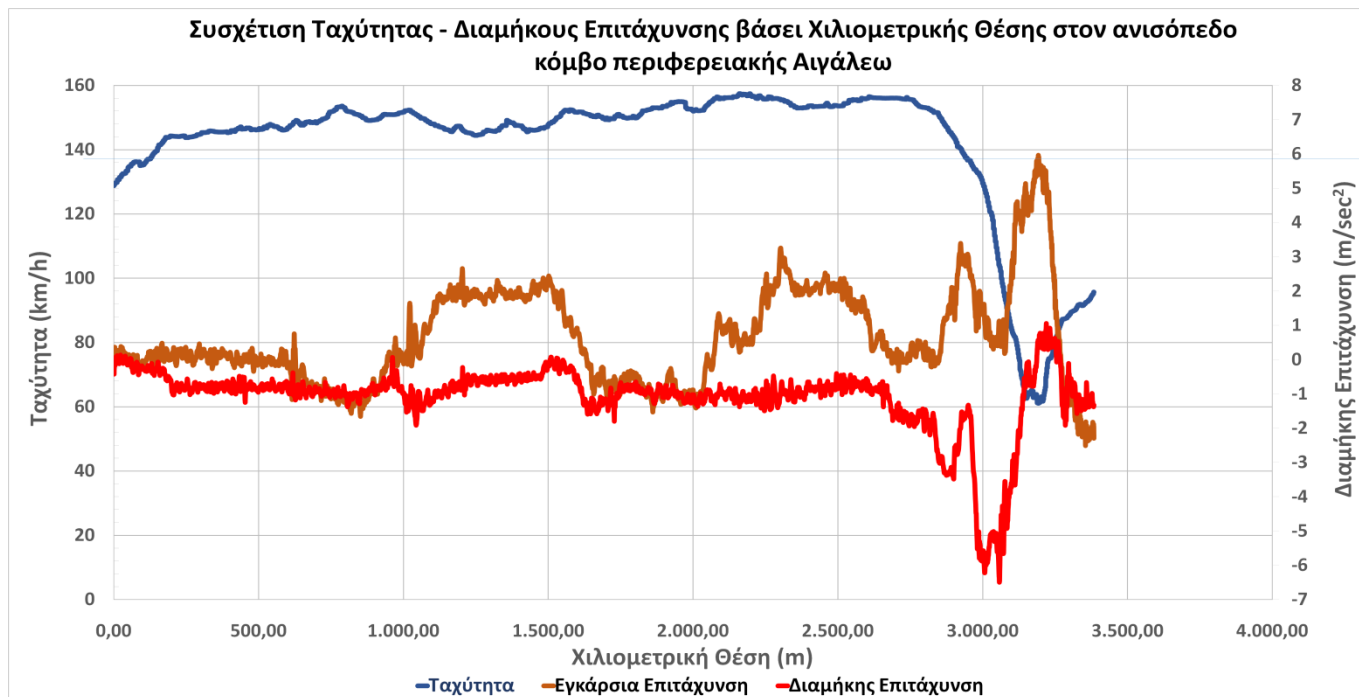
Σχήμα 4-12: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά τη 12^η διέλευση.

13^η Διέλευση



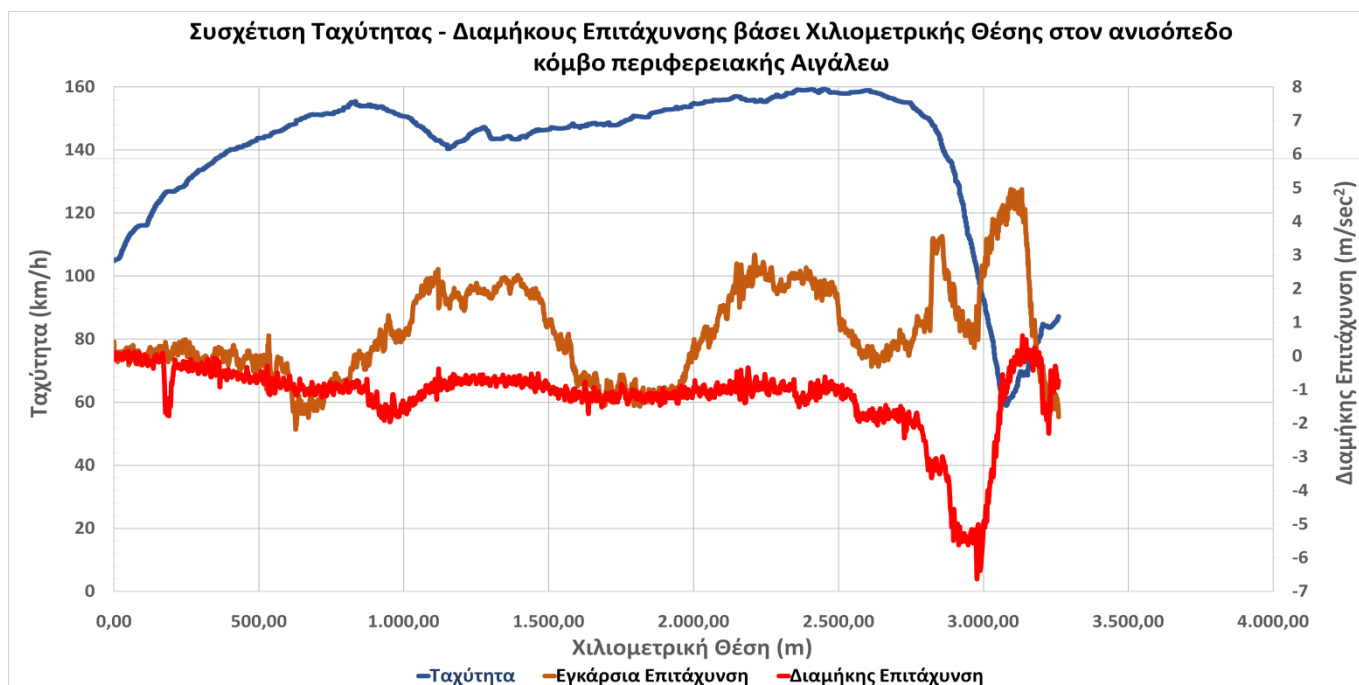
Σχήμα 4-13: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά τη 13^η διέλευση.

14^η Διέλευση



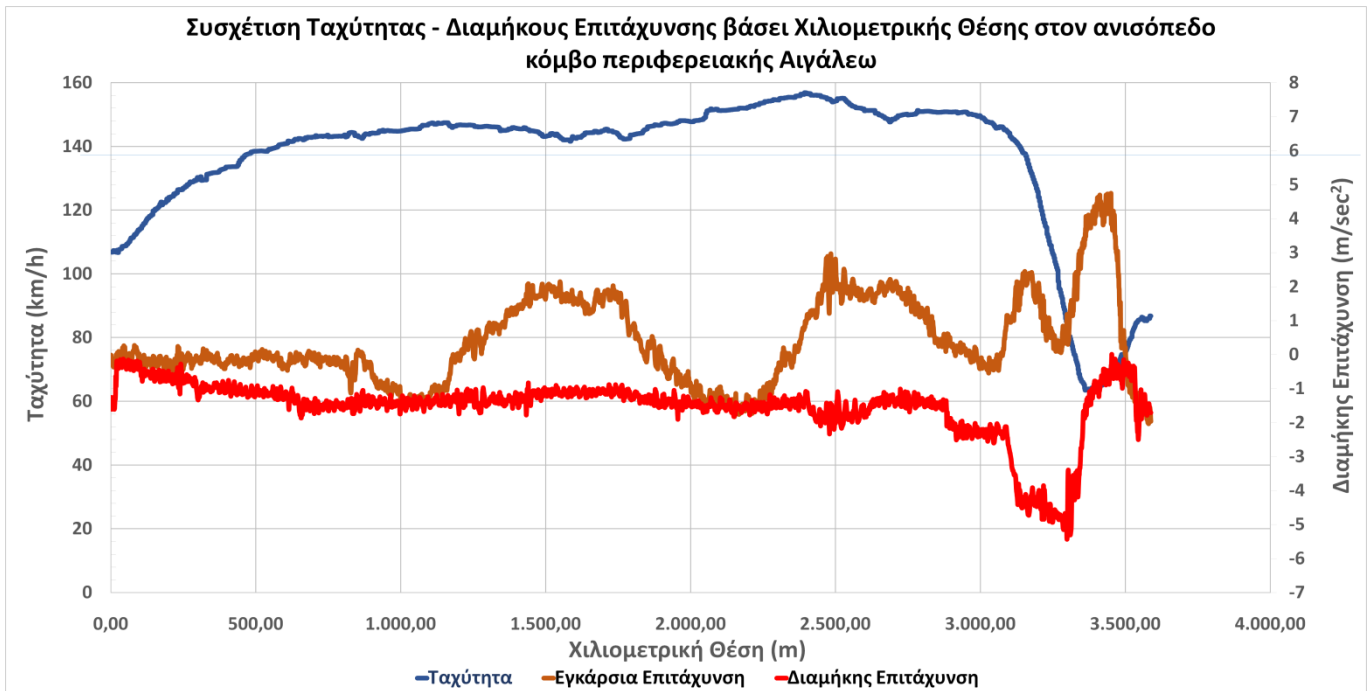
Σχήμα 4-14: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά τη 14^η διέλευση.

15^η Διέλευση



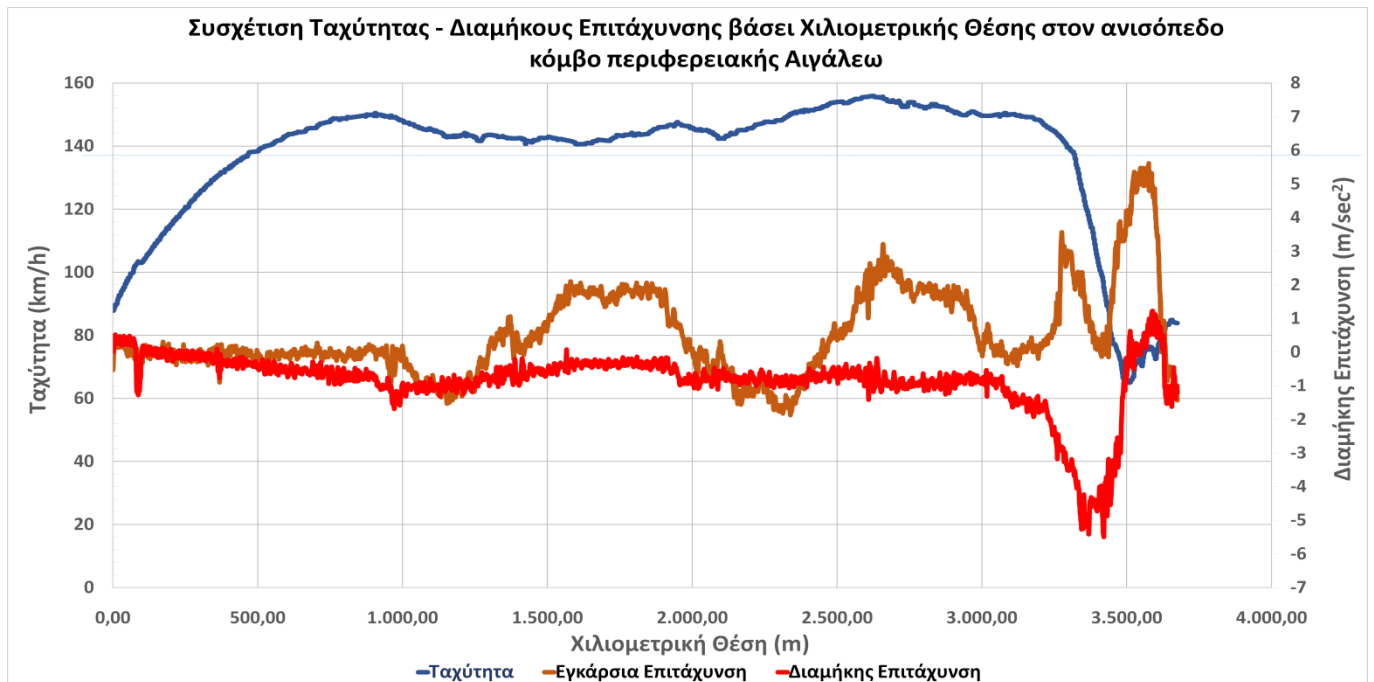
Σχήμα 4-15: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά τη 15^η διέλευση.

16^η Διέλευση



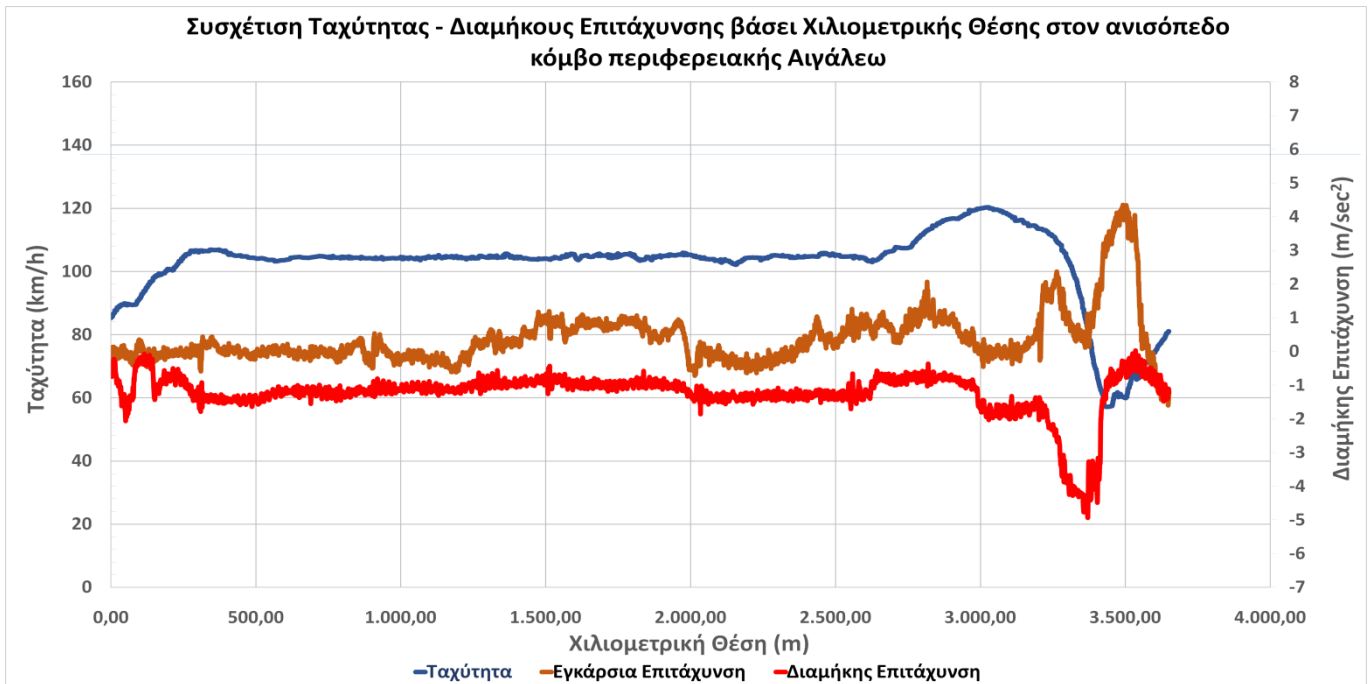
Σχήμα 4-16: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά τη 16^η διέλευση.

17^η Διέλευση



Σχήμα 4-17: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκουσ και εγκάρσιασ επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Αιγάλεω κατά τη 17^η διέλευση.

18^η Διέλευση



Σχήμα 4-18: Συσχέτιση ταχύτητας, διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης βάσει χιλιομετρικής θέσης στον ανισόπεδο κόμβο περιφερειακής Οδού Αιγάλεω κατά τη 18^η διέλευση.

4.2 Εγκάρσια Επιτάχυνση

Η εγκάρσια επιτάχυνση αποτελεί πολύ σημαντικό μέγεθος αφού επηρεάζει τη δυναμική κίνηση του οχήματος. Επίσης, η διαχείρισή της καθορίζει και την οδική ασφάλεια. Εφόσον η εγκάρσια επιτάχυνση παραμένει εντός συγκεκριμένων και αποδεκτών ορίων, τότε εξασφαλίζεται η σωστή οδηγική συμπεριφορά και η άνεση των επιβατών των οχημάτων. Η εγκάρσια επιτάχυνση εξισορροπείται από την επίκλιση της οδού καθώς και από τον παρεχόμενο συντελεστή εγκάρσιας τριβής που εμφανίζεται μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος.

Στην αποτύπωση του διαγράμματος που συσχετίζει την ταχύτητα με την εγκάρσια επιτάχυνση ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση του οχήματος, παρατηρούμε πως η αλλαγή τιμής της επιτάχυνσης μας υποδηλώνει την ύπαρξη καμπύλης. Επίσης όσο μεγαλύτερη είναι η αλλαγή τιμής της επιτάχυνσης τόσο πιο μικρή είναι η ακτίνα της καμπύλης, δηλαδή τόσο πιο απότομη είναι.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν διάφορες τιμές στα ακρότατα του διαγράμματος εγκάρσιας επιτάχυνσης σε σχέση με την ταχύτητα διέλευσης και τη χιλιομετρική θέση του οχήματος στους Πίνακες 4-1 έως 4-18.

Πίνακας 4-1: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 1^η διέλευση.

1 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1568	2,15	129
2690	2,35	133
3300	2,17	98
3550	3,85	56

Πίνακας 4-2: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 2^η διέλευση.

2 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1617	2,15	137
2665	2,08	136
3300	2,09	98
3590	3,72	60

Πίνακας 4-3: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 3^η διέλευση.

3 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1581	2,34	139
2620	2,50	141
3320	2,92	106
3590	5,17	60

Πίνακας 4-4: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 4^η διέλευση.

4 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1600	2,04	136
2700	2,89	145
3330	2,84	128
3620	4,92	67

Πίνακας 4-5: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 5^η διέλευση.

5 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1680	2,69	145
2530	3,10	149
3150	3,07	131
3385	4,61	59

Πίνακας 4-6: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 6^η διέλευση.

6 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1800	2,76	146
2770	2,45	139
3260	3,00	132
3550	4,89	54

Πίνακας 4-7: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 7^η διέλευση.

7 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1800	2,38	136
2800	2,44	142
3300	3,10	127
3560	4,55	61

Πίνακας 4-8: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 8^η διέλευση.

8 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1720	1,74	141
2680	2,69	155
3300	3,00	131
3570	5,24	59

Πίνακας 4-9: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 9^η διέλευση.

9 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1530	2,68	147
2630	3,13	153
3230	3,47	136
3500	6,13	64

Πίνακας 4-10: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 10^η διέλευση.

10 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1540	2,59	149
2330	3,29	159
3030	3,15	131
3300	5,71	74

Πίνακας 4-11: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά την 11^η διέλευση.

11 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1300	2,42	138
2400	2,72	154
3040	3,31	136
3300	6,32	59

Πίνακας 4-12: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 12^η διέλευση.

12 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1150	2,85	156
2250	3,02	160
2890	2,89	125
3130	6,22	64

Πίνακας 4-13: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 13^η διέλευση.

13 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1140	2,31	143
2000	2,94	150
2660	1,98	97
2880	4,66	58

Πίνακας 4-14: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 14^η διέλευση.

14 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1200	2,65	146
2300	3,21	155
2920	3,34	140
3190	5,92	62

Πίνακας 4-15: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 15^η διέλευση.

15 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1120	2,58	143
2200	2,99	155
3860	3,54	139
3100	4,95	62

Πίνακας 4-16: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 16^η διέλευση.

16 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1550	2,14	143
2480	2,97	153
3170	2,37	132
3400	4,69	64

Πίνακας 4-17: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 17^η διέλευση.

17 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1760	2,02	143
2658	3,20	155
3280	3,54	142
3526	5,35	66

Πίνακας 4-18: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με τη χιλιομετρική θέση, στις ακραίες τιμές επιτάχυνσης κάθε καμπύλης κατά τη 18^η διέλευση.

18 ^η Διέλευση		
Χιλιομετρική θέση (km)	Εγκάρσια Επιτάχυνση(m/s ²)	Ταχύτητα (km/h)
1625	1,09	105
2820	2,06	113
3260	2,37	100
3500	4,30	60

Οι παραπάνω πίνακες φανερώνουν τις τιμές ταχύτητας και εγκάρσιας επιτάχυνσης που λαμβάνει το όχημα εντός του κόμβου. Οι τιμές εγκάρσιας επιτάχυνσης που απεικονίζονται είναι οι μεγαλύτερες για κάθε καμπύλη που κινήθηκε το όχημα. Παρατηρείται πως αν και το όχημα λαμβάνει μεγάλες τιμές εγκάρσιας επιτάχυνσης, η ταχύτητα με την οποία κινείται, ξεπερνά το όριο επιτρεπόμενης ταχύτητας.

Αξίζει να σημειωθεί πως εγκάρσια επιτάχυνση μεγαλύτερη από το όριο άνεσης, παρατηρείται σε καμπύλες με μικρές ακτίνες, στις οποίες το όχημα προερχόμενο από μικρές ευθυγραμμίες, αναπτύσσει ταχύτητες άνω των επιτρεπόμενων ορίων τις οποίες δε μπορεί στη συνέχεια να διαχειριστεί ο οδηγός.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τιμές ταχύτητας και εγκάρσιας επιτάχυνσης που μετρήθηκαν, ανάλογα με το οδικό τμήμα που βρισκόταν το όχημα και την ακτίνα της καμπύλης στους Πίνακες 4-19 έως 4-36.

Πίνακας 4-19: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 1^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	126		0,00
Κλωθοειδής Εισόδου	128		1,40
Κυκλικό Τόξο	129	650	2,08
Κλωθοειδής Εξόδου	131		0,68
Ευθυγραμμία	132		0,00
Κλωθοειδής Εισόδου	135		1,12
Κυκλικό Τόξο	133	635	2,95
Κλωθοειδής Εξόδου	130		1,11
Ευθυγραμμία	125		0,00
Κλωθοειδής Εισόδου	112		0,98
Καμπύλη Ράμπας	100	300	2,31
Κλωθοειδής Εξόδου	91		1,03
Ευθυγραμμία	88		0,00
Κλωθοειδής Εισόδου	57		2,37
Καμπύλη Ράμπας	53	80	3,80
Κλωθοειδής Εξόδου	57		2,43

Πίνακας 4-20: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 2^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα (km/h)	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση (m/s ²)
Ευθυγραμμία	137		0
Κλωθοειδής Εισόδου	136		0,77
Κυκλικό Τόξο	135	650	1,76
Κλωθοειδής Εξόδου	138		0,79
Ευθυγραμμία	135		0
Κλωθοειδής Εισόδου	136		0,56
Κυκλικό Τόξο	131	635	1,65
Κλωθοειδής Εξόδου	128		0,44
Ευθυγραμμία	125		0
Κλωθοειδής Εισόδου	105		0,67
Καμπύλη Ράμπας	98	300	2,09
Κλωθοειδής Εξόδου	86		0,71
Ευθυγραμμία	88		0
Κλωθοειδής Εισόδου	67		1,88
Καμπύλη Ράμπας	59	80	3,71
Κλωθοειδής Εξόδου	68		0,15

Πίνακας 4-21: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 3^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα (km/h)	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση (m/s ²)
Ευθυγραμμία	137		0
Κλωθοειδής Εισόδου	139		0,81
Κυκλικό Τόξο	138	650	2,09
Κλωθοειδής Εξόδου	138		0,52
Ευθυγραμμία	143		0
Κλωθοειδής Εισόδου	146		0,48
Κυκλικό Τόξο	135	635	2,12
Κλωθοειδής Εξόδου	142		1,07
Ευθυγραμμία	134		0
Κλωθοειδής Εισόδου	110		1,54
Καμπύλη Ράμπας	106	300	2,91
Κλωθοειδής Εξόδου	99		1,34
Ευθυγραμμία	92		0
Κλωθοειδής Εισόδου	64		2,73
Καμπύλη Ράμπας	67	80	5,04
Κλωθοειδής Εξόδου	70		1,42

Πίνακας 4-22: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 4^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα (km/h)	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια (m/s ²)	Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	141		0	
Κλωθοειδής Εισόδου	137		0,98	
Κυκλικό Τόξο	140	650	1,94	
Κλωθοειδής Εξόδου	137		0,80	
Ευθυγραμμία	147		0	
Κλωθοειδής Εισόδου	146		0,84	
Κυκλικό Τόξο	142	635	2,21	
Κλωθοειδής Εξόδου	140		1,15	
Ευθυγραμμία	143		0	
Κλωθοειδής Εισόδου	129		1,32	
Καμπύλη Ράμπας	126	300	2,79	
Κλωθοειδής Εξόδου	110		1,22	
Ευθυγραμμία	95		0	
Κλωθοειδής Εισόδου	59		2,73	
Καμπύλη Ράμπας	65	80	4,81	
Κλωθοειδής Εξόδου	75		1,67	

Πίνακας 4-23: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 5^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα (km/h)	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια (m/s ²)	Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	144		0	
Κλωθοειδής Εισόδου	145		1,17	
Κυκλικό Τόξο	147	650	2,20	
Κλωθοειδής Εξόδου	147		1,18	
Ευθυγραμμία	149		0	
Κλωθοειδής Εισόδου	151		1,01	

Κυκλικό Τόξο	145	635	2,03
Κλωθοειδής Εξόδου	142		0,94
Ευθυγραμμία	139		0
Κλωθοειδής Εισόδου	133		1,32
Καμπύλη Ράμπας	126	300	3,03
Κλωθοειδής Εξόδου	121		1,78
Ευθυγραμμία	96		0
Κλωθοειδής Εισόδου	67		2,64
Καμπύλη Ράμπας	67	80	4,76
Κλωθοειδής Εξόδου	73		1,51

Πίνακας 4-24: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 6^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	150		0
Κλωθοειδής Εισόδου	149		0,52
Κυκλικό Τόξο	147	650	1,95
Κλωθοειδής Εξόδου	148		0,65
Ευθυγραμμία	146		0
Κλωθοειδής Εισόδου	141		0,63
Κυκλικό Τόξο	139	635	2,45
Κλωθοειδής Εξόδου	146		1,10
Ευθυγραμμία	149		0
Κλωθοειδής Εισόδου	132		1,18
Καμπύλη Ράμπας	130	300	2,97
Κλωθοειδής Εξόδου	108		1,40
Ευθυγραμμία	88		0
Κλωθοειδής Εισόδου	73		2,38
Καμπύλη Ράμπας	66	80	4,88
Κλωθοειδής Εξόδου	70		1,70

Πίνακας 4-25: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 7^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	148		0
Κλωθοειδής Εισόδου	148		0,62
Κυκλικό Τόξο	136	650	2,24
Κλωθοειδής Εξόδου	135		0,98
Ευθυγραμμία	139		0
Κλωθοειδής Εισόδου	141		0,64
Κυκλικό Τόξο	140	635	2,29
Κλωθοειδής Εξόδου	144		0,89
Ευθυγραμμία	143		0
Κλωθοειδής Εισόδου	135		1,54
Καμπύλη Ράμπας	122	300	3,12
Κλωθοειδής Εξόδου	109		1,41
Ευθυγραμμία	93		0
Κλωθοειδής Εισόδου	66		2,39
Καμπύλη Ράμπας	61	80	4,55
Κλωθοειδής Εξόδου	70		1,16

Πίνακας 4-26: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 8^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	146		0
Κλωθοειδής Εισόδου	146		0,12
Κυκλικό Τόξο	141	650	1,69
Κλωθοειδής Εξόδου	146		0,15
Ευθυγραμμία	151		0
Κλωθοειδής Εισόδου	156		0,30
Κυκλικό Τόξο	155	635	1,18
Κλωθοειδής Εξόδου	156		0,54
Ευθυγραμμία	150		0
Κλωθοειδής Εισόδου	135		0,06
Καμπύλη Ράμπας	129	300	3,06
Κλωθοειδής Εξόδου	114		1,37
Ευθυγραμμία	99		0
Κλωθοειδής Εισόδου	68		2,58
Καμπύλη Ράμπας	39	80	5,24
Κλωθοειδής Εξόδου	81		1,55

Πίνακας 4-27: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 9^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	154		0
Κλωθοειδής Εισόδου	150		0,57
Κυκλικό Τόξο	145	650	2,58
Κλωθοειδής Εξόδου	144		0,80
Ευθυγραμμία	144		0
Κλωθοειδής Εισόδου	152		1,20
Κυκλικό Τόξο	151	635	2,47

Κλωθοειδής Εξόδου	151		1,19
Ευθυγραμμία	146		0
Κλωθοειδής Εισόδου	139		1,59
Καμπύλη Ράμπας	135	300	3,60
Κλωθοειδής Εξόδου	121		1,66
Ευθυγραμμία	108		0
Κλωθοειδής Εισόδου	64		3,21
Καμπύλη Ράμπας	70	80	6,13
Κλωθοειδής Εξόδου	71		3,17

Πίνακας 4-28: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 10^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	153		0
Κλωθοειδής Εισόδου	151		0,73
Κυκλικό Τόξο	150	650	2,33
Κλωθοειδής Εξόδου	151		0,51
Ευθυγραμμία	153		0
Κλωθοειδής Εισόδου	158		1,09
Κυκλικό Τόξο	157	635	2,69
Κλωθοειδής Εξόδου	153		0,86
Ευθυγραμμία	150		0
Κλωθοειδής Εισόδου	142		1,37
Καμπύλη Ράμπας	129	300	3,16
Κλωθοειδής Εξόδου	123		1,28
Ευθυγραμμία	119		0
Κλωθοειδής Εισόδου	83		3,24
Καμπύλη Ράμπας	72	80	5,71
Κλωθοειδής Εξόδου	79		2,25

Πίνακας 4-29: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά την 11^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	136		0
Κλωθοειδής Εισόδου	138		0,94
Κυκλικό Τόξο	142	650	2,03
Κλωθοειδής Εξόδου	146		0,48
Ευθυγραμμία	150		0
Κλωθοειδής Εισόδου	152		0,48
Κυκλικό Τόξο	155	635	2,33
Κλωθοειδής Εξόδου	155		0,75
Ευθυγραμμία	154		0
Κλωθοειδής Εισόδου	150		1,05
Καμπύλη Ράμπας	137	300	3,28
Κλωθοειδής Εξόδου	129		1,62
Ευθυγραμμία	106		0
Κλωθοειδής Εισόδου	88		2,85
Καμπύλη Ράμπας	65	80	5,27
Κλωθοειδής Εξόδου	76		3,25

Πίνακας 4-30: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 12^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	157		0
Κλωθοειδής Εισόδου	157		1,25
Κυκλικό Τόξο	158	650	2,34
Κλωθοειδής Εξόδου	155		0,73
Ευθυγραμμία	161		0
Κλωθοειδής Εισόδου	161		1,14
Κυκλικό Τόξο	156	635	2,51
Κλωθοειδής Εξόδου	163		1,04
Ευθυγραμμία	158		0
Κλωθοειδής Εισόδου	148		1,28
Καμπύλη Ράμπας	125	300	2,77
Κλωθοειδής Εξόδου	111		1,48
Ευθυγραμμία	103		0
Κλωθοειδής Εισόδου	71		3,42
Καμπύλη Ράμπας	78	80	6,01
Κλωθοειδής Εξόδου	82		2,97

Πίνακας 4-31: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 13^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	146		0
Κλωθοειδής Εισόδου	146		0,94
Κυκλικό Τόξο	146	650	2,12
Κλωθοειδής Εξόδου	146		0,76
Ευθυγραμμία	8		0
Κλωθοειδής Εισόδου	150		0,78
Κυκλικό Τόξο	146	635	2,19

Κλωθοειδής Εξόδου	144		0,89
Ευθυγραμμία	141		0
Κλωθοειδής Εισόδου	116		1,25
Καμπύλη Ράμπας	97	300	1,89
Κλωθοειδής Εξόδου	84		0,78
Ευθυγραμμία	82		0
Κλωθοειδής Εισόδου	74		2,39
Καμπύλη Ράμπας	53	80	4,58
Κλωθοειδής Εξόδου	68		1,84

Πίνακας 4-32: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 14^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	148		0
Κλωθοειδής Εισόδου	148		0,78
Κυκλικό Τόξο	148	650	2,26
Κλωθοειδής Εξόδου	150		0,60
Ευθυγραμμία	150		0
Κλωθοειδής Εισόδου	157		0,71
Κυκλικό Τόξο	151	635	2,44
Κλωθοειδής Εξόδου	155		1,15
Ευθυγραμμία	151		0
Κλωθοειδής Εισόδου	144		1,61
Καμπύλη Ράμπας	140	300	3,34
Κλωθοειδής Εξόδου	126		1,56
Ευθυγραμμία	109		0
Κλωθοειδής Εισόδου	79		3,50
Καμπύλη Ράμπας	62	80	5,46
Κλωθοειδής Εξόδου	77		2,39

Πίνακας 4-33: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 15^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	144		0
Κλωθοειδής Εισόδου	153		0,12
Κυκλικό Τόξο	146	650	2,11
Κλωθοειδής Εξόδου	146		0,49
Ευθυγραμμία	150		0
Κλωθοειδής Εισόδου	155		0,83
Κυκλικό Τόξο	155	635	2,55
Κλωθοειδής Εξόδου	158		1,44
Ευθυγραμμία	156		0
Κλωθοειδής Εισόδου	149		1,83
Καμπύλη Ράμπας	141	300	3,50
Κλωθοειδής Εξόδου	132		1,82
Ευθυγραμμία	111		0
Κλωθοειδής Εισόδου	81		3,42
Καμπύλη Ράμπας	61	80	4,78
Κλωθοειδής Εξόδου	69		2,40

Πίνακας 4-34: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 16^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	143		0
Κλωθοειδής Εισόδου	143		0,47
Κυκλικό Τόξο	143	650	2,10
Κλωθοειδής Εξόδου	143		0,24
Ευθυγραμμία	151		0

Κλωθοειδής Εισόδου	153		0,49
Κυκλικό Τόξο	150	635	2,03
Κλωθοειδής Εξόδου	150		1,05
Ευθυγραμμία	147		0
Κλωθοειδής Εισόδου	145		0,97
Καμπύλη Ράμπας	131	300	2,39
Κλωθοειδής Εξόδου	117		1,10
Ευθυγραμμία	101		0
Κλωθοειδής Εισόδου	74		2,93
Καμπύλη Ράμπας	65	80	4,67
Κλωθοειδής Εξόδου	69		2,41

Πίνακας 4-35: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 17^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	149		0
Κλωθοειδής Εισόδου	141		0,24
Κυκλικό Τόξο	143	650	1,83
Κλωθοειδής Εξόδου	145		0,31
Ευθυγραμμία	145		0
Κλωθοειδής Εισόδου	152		0,50
Κυκλικό Τόξο	155	635	2,66
Κλωθοειδής Εξόδου	149		1,38
Ευθυγραμμία	147		0
Κλωθοειδής Εισόδου	142		1,55
Καμπύλη Ράμπας	138	300	2,94
Κλωθοειδής Εξόδου	122		1,44
Ευθυγραμμία	93		0
Κλωθοειδής Εισόδου	70		3,44
Καμπύλη Ράμπας	74	80	5,38
Κλωθοειδής Εξόδου	76		3,32

Πίνακας 4-36: Συσχέτιση εγκάρσιας επιτάχυνσης και ταχύτητας ανάλογα με το τμήμα του οδικού δικτύου και την ακτίνα της κάθε καμπύλης κατά τη 18^η διέλευση.

Οδικό Τμήμα	Ταχύτητα	Ακτίνα (m)	Εγκάρσια Επιτάχυνση
Ευθυγραμμία	104		0
Κλωθοειδής Εισόδου	104		0,22
Κυκλικό Τόξο	104	650	0,62
Κλωθοειδής Εξόδου	104		0,38
Ευθυγραμμία	104		0
Κλωθοειδής Εισόδου	104		0,80
Κυκλικό Τόξο	112	635	2,06
Κλωθοειδής Εξόδου	119		0,41
Ευθυγραμμία	116		0
Κλωθοειδής Εισόδου	113		0,77
Καμπύλη Ράμπας	109	300	2,34
Κλωθοειδής Εξόδου	102		0,84
Ευθυγραμμία	88		0
Κλωθοειδής Εισόδου	64		2,39
Καμπύλη Ράμπας	63	80	4,24
Κλωθοειδής Εξόδου	67		1,80

4.3 Υπέρβαση ορίων Άνεσης – Ασφαλείας

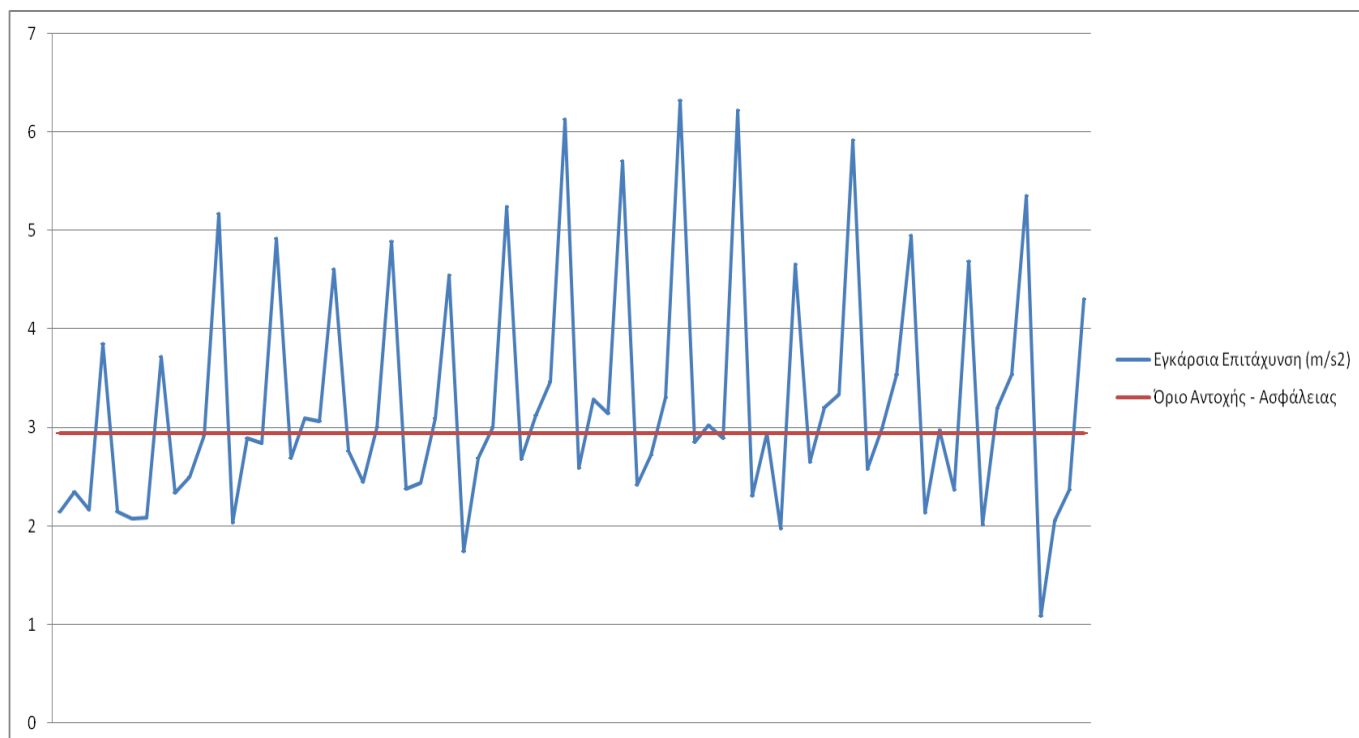
Τα όρια άνεσης – ασφαλείας αφορούν πλευρικές επιταχύνσεις και καθορίζουν τον βαθμό στον οποίο ο οδηγός νιώθει δυσφορία εξαιτίας υψηλής ταχύτητας, κινούμενος σε μια καμπύλη.

Τα όρια άνεσης είναι τα εξής :

- Μέγιστο όριο άνεσης του οδηγού : 0,2·g
- Μέγιστο όριο αντοχής-ασφαλείας του οδηγού : 0,3·g
- Μέγιστο όριο ικανότητας επιβατικού αυτοκινήτου : 0,7·g

Οι παραπάνω τιμές καθορίζουν πότε η κίνηση του οχήματος εντός καμπυλών ξεκινά να γίνεται επικίνδυνη και η οδήγηση να μην είναι άνετη.

Με βάση τα παραπάνω δημιουργήθηκε διάγραμμα (Σχήμα 4-19), το οποίο παρουσιάζει την κίνηση του οχήματος στις καμπύλες σχετικά με το όριο άνεσης. Για τη δημιουργία του διαγράμματος έχουν επιλεγεί οι ακραίες τιμές εγκάρσιας επιτάχυνσης σε κάθε καμπύλη για να εξεταστούν.



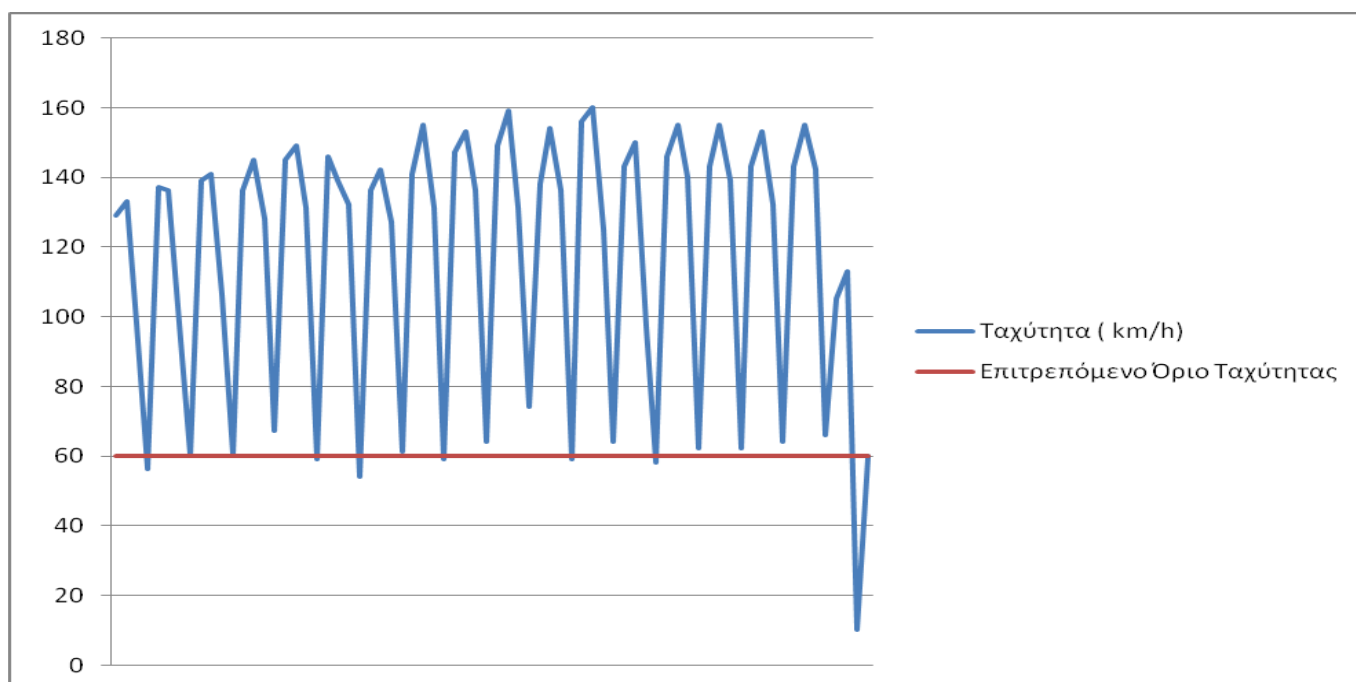
Σχήμα 4-19 : Εγκάρσια Επιτάχυνση Ανάλογα με το όριο αντοχής

Από τη συσχέτιση του ορίου άνεσης με τις ακραίες τιμές επιτάχυνσης παρατηρούμε ότι το όχημα κατά τη λήψη των μετρήσεων και ακολουθώντας διάφορα προφίλ οδηγικής συμπεριφοράς, ξεπερνούσε πολλές φορές το όριο άνεσης. Το όχημα κίνησης δεν ακολουθούσε τα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας κατά τις διελεύσεις από τον ανισόπεδο κόμβο. Επίσης κατά τη λήψη μετρήσεων ο οδηγός του οχήματος πράγματι ένιωθε δυσφορία λόγω της μεγάλης ταχύτητας κίνησης. Αξίζει να σημειωθεί πως το όριο ικανότητας επιβατικού αυτοκινήτου σαφώς δεν προσεγγίστηκε.

4.4 Υπέρβαση Επιτρεπόμενων Ορίων Ταχύτητας

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στην περιφερειακή οδό Αιγάλεω, το όχημα κινήθηκε με ταχύτητα μεγαλύτερη των επιτρεπόμενων εντός του κόμβου. Το ανώτατο όριο ταχύτητας ήταν 60 km/h .

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 4-20), παρουσιάζεται ο συσχετισμός των ταχυτήτων που ανέπτυξε το όχημα κατά τη διάρκεια λήψης των μετρήσεων σε σχέση με το επιτρεπόμενο όριο. Οι τιμές των ταχυτήτων είναι ενδεικτικές με βάση αυτές που ανέπτυξε το όχημα στις καμπύλες στις οποίες κινήθηκε και ταυτόχρονα είχε τη μέγιστη πλευρική επιτάχυνση.



Σχήμα 4-20 : Ταχύτητα διέλευσης ανάλογα με το επιτρεπόμενο όριο

Παρατηρούμε πως το όχημα, κινούμενο στον ανισόπεδο κόμβο ξεπερνούσε κατά βάση το επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας εκτός από ορισμένες περιπτώσεις. Βέβαια αυτό συνδέεται άμεσα με την υπέρβαση του ορίου άνεσης. Δηλαδή για να επιτύχει ο οδηγός τέτοιες ταχύτητες κινούμενος στον ανισόπεδο κόμβο, δεν είχε το αίσθημα της ασφάλειας και σιγουριάς κατά τις διελεύσεις που πραγματοποιήθηκαν.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσης εργασίας παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, αλλά και με τη βιβλιογραφία καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

5.1 Συμπεράσματα

Το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αναφέρεται στα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διαδικασία λήψης μετρήσεων στον κόμβο της περιφερειακής Αιγάλεω. Από την ανάλυση των δεδομένων, προέκυψαν κάποια συμπεράσματα αναφορικά με το συσχετισμό των ορίων ταχύτητας, τα όρια άνεσης και την εγκάρσια επιτάχυνση.

- Η ταχύτητα που αναπτύσσει ένα όχημα κινούμενο εντός καμπύλης διαφέρει ανάλογα με την ακτίνα της. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα της καμπύλης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα που αναπτύσσεται και το αντίστροφο.
- Παρατηρείται πως σε μεγάλες ακτίνες καμπύλης, παρουσιάζονται μικρές τιμές πλευρικής επιτάχυνσης, πράγμα που δείχνει πως οι οδηγοί, κινούμενοι με χαμηλή ταχύτητα, αισθάνονται πιο ασφαλείς και σίγουροι να δεχτούν μεγαλύτερες τιμές πλευρικής επιτάχυνσης. Το αίσθημα ασφάλειας σχετίζεται με ενδεχόμενο οδηγικό λάθος, το οποίο πιστεύουν πως δεν θα έχει μεγάλες επιπτώσεις σε χαμηλές ταχύτητες.
- Παρατηρείται πως σε μικρές ακτίνες καμπύλης, παρουσιάζονται μεγάλες τιμές πλευρικής επιτάχυνσης, πράγμα που δείχνει πως οι οδηγοί, κινούμενοι με μεγάλη ταχύτητα, δεν αισθάνονται ασφάλεια και άνεση να δεχτούν μεγάλες τιμές πλευρικής επιτάχυνσης προκειμένου να αντιμετωπίσουν κάποιο οδηγικό λάθος το οποίο θα έχει μεγάλες επιπτώσεις.
- Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων παρατηρήθηκε πως το όχημα κινήθηκε άνω των ορίων άνεσης. Συνεπώς οι οριακές τιμές που προβλέπονται από τις οδηγίες

γεωμετρικού σχεδιασμού, καθώς επίσης και οι οριακές τιμές που καθορίζουν τα όρια άνεσης και ασφάλειας, θα πρέπει να επαναξιολογηθούν.

- Η μέγιστη ταχύτητα με την οποία μπορεί να κινηθεί ένα όχημα εντός καμπύλης κόμβου μπορεί να επιφέρει επιταχύνσεις μεγαλύτερες του ορίου ασφαλείας αλλά σαφώς, όχι μεγαλύτερες του ορίου αντοχής.
- Το ποσοστό υπέρβασης του ορίου αντοχής του οδηγού εξαρτάται από τις δεξιότητές του και την κατάσταση του οχήματος, γι' αυτόν τον λόγο και δεν ενδείκνυται η υπέρβαση αυτή.
- Ανάλογα με το προφίλ οδήγησης που ακολουθεί ο εκάστοτε οδηγός διαφοροποιούνται και οι επιβραδύνσεις εντός καμπύλης. Δηλαδή, ένας οδηγός με επιθετικό προφίλ οδήγησης παρατηρείται πως θα πραγματοποιήσει μεγαλύτερες επιβραδύνσεις σε μικρό χρονικό διάστημα. Ένας οδηγός που ακολουθεί προφίλ μέσης οδηγικής συμπεριφοράς, θα πραγματοποιήσει μικρές επιβραδύνσεις, αφού θα προσαρμοστεί αρμονικά στην ταχύτητα στην οποία νιώθει ασφαλής.

5.2 Προτάσεις Για Διερεύνηση

Από την ανάλυση των δεδομένων και των μετρήσεων, προέκυψαν κάποια στοιχεία για διερεύνηση, όπως :

- Πραγματοποίηση περισσότερων διελεύσεων σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων, ώστε να διερευνηθεί εκτενέστερα η συσχέτιση ταχύτητας και πλευρικής επιτάχυνσης.
- Διερεύνηση της ασφαλούς κίνησης των βαρέων οχημάτων στους κλάδους ανισόπεδων κόμβων διότι υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος για ανατροπή.
- Πραγματοποίηση μετρήσεων και με άλλους τύπους οχημάτων, προκειμένου να αξιολογηθεί το ποσοστό της πλευρικής επιτάχυνσης που φαίνεται να απορροφάται από τις αναρτήσεις των οχημάτων ανάλογα με τον τύπο του οχήματος.
- Να διεξαχθεί παρόμοια έρευνα στους ίδιους ή σε διαφορετικούς κόμβους σε συνθήκες υγρού οδοστρώματος ή κατά τη διάρκεια της νύχτας.

- Να αξιολογηθεί η επιρροή της κατά μήκος κλίσης επί της οριζοντιογραφικής καμπύλης στην ταχύτητα διάχυσης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

1. Αποστολέρης Α., 2015. *Οδοποιία Ι - Χαράξεις και υπολογισμός χωματισμών θεωρία και πρακτική.*
2. ΟΜΟΕ-Χ., 2001. *Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 3: Χαράξεις (ΟΜΟΕ-Χ).* Στο Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων. ΝΑΜΑ ΑΕ.
3. Καλτσάς Λ., 2018. Διπλωματική Εργασία. *ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΟΔΟΥ ΒΑΣΕΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ – ΕΦΑΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΟ3 (ΤΜΗΜΑ ΛΑΜΙΑ – ΔΟΜΟΚΟΣ).* Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
4. Πασιάς Π., 2019. Διπλωματική Εργασία. *Διερεύνηση ασφάλειας κίνησης οχημάτων σε συνδεδημένους κλάδους ανισόπεδων κόμβων.*
5. Αποστολέρης Κ., 2018. *Αξιολόγηση ασφάλειας υφιστάμενης οδού βάσει εγκάρσιων επιταχύνσεων και δυναμικής της κυκλοφορίας.*
6. Τρακάκης Α., 2020. *ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΙΣΟΔΟΥΣ ΑΝΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΩΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ.*
7. ΟΜΟΕ-ΑΚ., 2003. *Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 9: Ανισόπεδοι κόμβοι (ΟΜΟΕ-ΑΚ).* Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων.

Διεθνής

1. Stibbe, J. and Brewer M.A. Processing SHRP2 Time Series Data to Facilitate Analysis of Relationships Between Speed and Roadway Characteristics. Compendium of Technical Papers, *98th Annual Meeting, Transportation Research Board*, Washington, DC. January 2019.
2. De Jong, J. Evaluation of driving behaviour in horizontal curves in interchanges using floating car and meteorological data. *Road safety & simulation international conference*, 2017.
3. AASHTO, 2018. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, DC.
4. AASHTO, 2014. *Highway Safety Manual (Supplement)*. Washington, DC.