ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗ ΤΡΟΧΑΙΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΩΠΙΚΗΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Βασιλοπούλου Παναγιώτα-Ιωάννα

246916

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΘΩΜΑΣ Γ.ΧΟΝΔΡΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Διπλωματική εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών του

Πανεπιστημίου Πατρών

ΠΑΤΡΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2021

Πανεπιστήμιο Πατρών- Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών
Βασιλοπούλου Παναγιώτα-Ιωάννα -©[2021] –Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάστηκε

Από την

Βασιλοπούλου Παναγιώτα-Ιωάννα

246916

την 15η Ιουλίου 2021

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας δεν υποδηλοί την αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα. Κατά τη συγγραφή τηρήθηκαν οι αρχές της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗ ΤΡΟΧΑΙΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΩΠΙΚΗΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Βασιλοπούλου Παναγιώτα-Ιωάννα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα ερευνηθούν και θα αναλυθούν οι συνθήκες και τα αίτια που οδήγησαν στο τροχαίο ατύχημα με μετωπική σύγκρουση επιβατικών οχημάτων και στο θανάσιμο τραυματισμό του συνοδηγού του ενός και θα γίνει η πλήρης ανασύνθεση του. Θα παρατεθούν όλα τα διαθέσιμα στοιχεία από το χώρο του ατυχήματος με φωτογραφίες από την επιτόπια έρευνα των αρμόδιων αρχών και θα αξιοποιηθούν συγχρόνως τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε οχήματος. Η τελική ανασύνθεση θα πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας επιστημονικές μεθόδους διαθέσιμες στους μηχανικούς από τη διεθνή βιβλιογραφία. Η μέθοδος που παρουσιάζεται είναι πολύ σημαντική και καταλυτική για τη συστηματοποίηση ανασύνθεσης παρόμοιων ατυχημάτων.

Λέξεις κλειδιά [ανασύνθεση ατυχήματος ,ισοζύγιο ορμής, αυτοκίνητο ,σύγκρουση , ταχύτητα ,παραμόρφωση]

ACCIDENT RECONSTRUCTION OF PASSENGER VEHICLES FRONTAL COLLISION

Panagiota - Ioanna Vasilopoulou

ABSTRACT

In the present dissertation, an expert report was investigated regarding the frontal collision of two passenger vehicles and the deadly injury of the one co-driver , so that the conditions that led to the accident can be explained. Optical and geographical data recorders are used for the reconstruction as long as the technical characteristics of each car. For the final reconstruction scientific methods will be used, available at the global bibliography for a mechanical engineer. From the analysis of the preceding methodology, a systematic algorithm for the reconstruction of similar accidents can be created and developed.

Key-words

[Accident reconstruction, momentum equilibrium, vehicle, collision, speed, deformation]

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σχήμα 1. Θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα συναρτήσει ηλικιακού εύρους και χρονολογίας ~ σελ..24

Σχήμα 2. Χάρτης οδικού δικτύου με τις γεωγραφικές θέσεις συχνότερων τροχαίων ατυχημάτων ~ σελ. 25

Σχήμα 3. Η σκηνή του ατυχήματος στη ΧΘ 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου ~ σελ.33

Σχήμα 4. Η σκηνή του ατυχήματος και το σημείο σύγκρουσης στη ΧΘ 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, όπως αποτυπώθηκε από τους αξιωματικούς της Τροχαίας .~ σελ. 34

Σχήμα 5. Πινακίδες κατακόρυφης σήμανσης επικίνδυνη δεξιά στροφή, προσέγγιση σε ισόπεδο κόμβο, οι πινακίδες παρεμποδιζόμενες από την βλάστηση και την ελλιπή συντήρηση της οδού ~ σελ.36

Σχήμα 6. Η προσέγγιση στη σκηνή του ατυχήματος : Πινακίδες κατακόρυφης σήμανσης- Όριο ταχύτητας 60 χλμ ~ σελ. 36

Σχήμα 7. Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4: Η προσπάθεια του οδηγού για ανάγνωση της σήμανσης είναι κρίσιμη για την οδική ασφάλεια στον κόμβο.~ σελ.37

Σχήμα 8. Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 : Η προσπάθεια του οδηγού για ανάγνωση της σήμανσης είναι κρίσιμη για την οδική ασφάλεια στον κόμβο. ~ σελ. 38

Σχήμα 9. Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 : Νέα πινακίδα κατακόρυφης σήμανσης εμφανίζεται ξαφνικά - Η έκπληξη και η προσπάθεια του οδηγού για ανάγνωση είναι τώρα ακόμα πιο κρίσιμες για την οδική ασφάλεια στον κόμβο. ~ σελ.39

Σχήμα 10. Η προσέγγιση στη σκηνή του ατυχήματος στην κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 ~ σελ. 39

Σχήμα 11. Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 : Επίθεση νέου ασφαλτοτάπητα. ~ σελ.40

Σχήμα 12. Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 : Νέα πινακίδα σήμανσης ορίου ταχύτητας ~ σελ. 41

Σχήμα 13. Προσέγγιση στη σκηνή του ατυχήματος - Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 ~ σελ. 42

Σχήμα 14. Αλλαγή του συντελεστή τριβής στο οδόστρωμα - Σημείο πρώτης επαφής του SUZUKI SX με το μεταλλικό στηθαίο**.** ~ σελ. 42

Σχήμα 15. Ασφαλτοτάπητας επισκευής διαφορετικού συντελεστή τριβής από το αρχικό οδόστρωμα-Σημείο σύγκρουσης των οχημάτων. ~ σελ.43

Σχήμα 16. Το σημείο σύγκρουσης των οχημάτων, όπως φαίνεται από την κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4. ~ σελ. 44

Σχήμα 17. Η διέλευση μετά τη σκηνή του ατυχήματος ~ σελ. 44

Σχήμα 18. Η προσέγγιση στη σκηνή του ατυχήματος, όπως φαίνεται από την κατεύθυνση κίνησης του HYUNDAI ATOS . ~ σελ.45

Σχήμα 19. Σημειώνονται με βέλη ο πυλώνας ηλεκτροφωτισμού που ελήφθη ως αρχή συντεταγμένων για τις μετρήσεις, το σημείο πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 επί του μεταλλικού στηθαίου και το σημείο σύγκρουσης των δυο οχημάτων επί του οδοστρώματος στο ρεύμα κίνησης Πατρών-Πύργου, κάτω αριστερά. ~ σελ.46

Σχήμα 20. Η σκηνή του ατυχήματος στη ΧΘ 34,000 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, κατεύθυνση κίνησης του HYUNDAI ATOS Πάτρα – Πύργος ~ σελ.47

Σχήμα 21. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, οι ορθοστάτες του μεταλλικού στηθαίου είναι οι τρίτοι κατά σειρά εγκατάστασης, η φορά κάμψης των παλαιότερων ορθοστατών ακολουθεί την κατεύθυνση Πύργος-Πάτρα ~ σελ. 47

Σχήμα 22. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το πρώτο σημείο πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 στο μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Απόσταση 28,50 μέτρα από τον ιστό ηλεκτροφωτισμού. ~ σελ. 48

Σχήμα 23. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, δεύτερη ομάδα ιχνών πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 στο μεταλλικό στηθαίο, ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Απόσταση 4,20 μέτρα από τα προηγούμενα ίχνη. ~ σελ. 49

Σχήμα 24. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, συνέχεια των ιχνών πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 στο μεταλλικό στηθαίο, ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. ~ σελ. 49

Σχήμα 25. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, αγκιστρωμένα μεταλλικά και πλαστικά τμήματα του SUZUKI SX 4x4 στο μεταλλικό στηθαίο, ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. ~ σελ.50

Σχήμα 26. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Παρατηρητής με μέτωπο προς Πύργο. Απόσταση του κεκλιμμένου ορθοστάτη (άνω) από τον πυλώνα ηλεκτροφωτισμού 56,55 μ. ~ σελ. 51

Σχήμα 27. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. ~ σελ. 51

Σχήμα 28. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Παρατηρητής με μέτωπο προς Πάτρα. ~ σελ. 52

Σχήμα 29. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. ~ σελ. 53

Σχήμα 30. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. ~ σελ. 54

Σχήμα 31. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. ~ σελ. 54

Σχήμα 32. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. ~ σελ. 55

Σχήμα 33. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το HYUNDAI ATOS, στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Απόσταση από τον κεκλιμμένο ορθοστάτη 9,70 μ ~ σελ. 56

Σχήμα 34. Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Παρατηρητής με μέτωπο πρός Πάτρα. ~ σελ. 56

Σχήμα 35. Δύο ομάδες ιχνών λιπαντικών επί του οδοστρώματος που αντιστοιχούν στις τελικές θέσεις των δύο οχημάτων επί του οδοστρώματος της ΝΕΟ Πατρών – Πύργου, Χ.Θ. 34,200. ~ σελ. 57

Σχήμα 36. Suzuki SX4 1.6 5-door 2006-2012, Γενικές διαστάσεις - 4140x1755x1650 χιλ., μεταξόνιο 2500 χιλ. ~ σελ. 58

Σχήμα 37. Hyundai Atos 1.0 5-door παραγωγής 2001-2012. Γενικές διαστάσεις - 3500x1500x1621 χιλ., μεταξόνιο 2380 χιλ. ~ σελ. 59

Σχήμα 38. Suzuki SX4 η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά και η επιφάνεια σύγκρουσης με το Hyundai Atos. ~ σελ. 61

Σχήμα 39. Suzuki SX4 η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά και πλάτος επιφάνειας σύγκρουσης με το Hyundai Atos 1000 χιλ. ~ σελ. 61

Σχήμα 40. Suzuki SX4 η εμπρόσθια αριστερή πλευρά του προφυλακτήρα και αποτύπωμα της πινακίδας του Hyundai Atos P-940 (ανάστροφα) από τα ψηφία AXP9407. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονά του. ~ σελ. 62

Σχήμα 41. Suzuki SX4 η εμπρόσθια αριστερή πλευρά του προφυλακτήρα και αποτύπωμα της πινακίδας του Hyundai Atos P-940 (ανάστροφα) από τα ψηφία AXP9407. ~ σελ. 62

Σχήμα 42. Suzuki SX4 εμπρόσθιος αριστερός τροχός και κίτρινο χρώμα από τη σύγκρουση με το Hyundai Atos. ~ σελ. 63

Σχήμα 43. Suzuki SX4 αριστερή και οπίσθια πλευρά, πρώτη επαφή με το μεταλλικό προστστευτικό στηθαίο στο ύψος του οπίσθιου προφυλακτήρα πρίν την ανατροπή. ~ σελ. 63

Σχήμα 44. Σχήμα 1 Suzuki SX4 αριστερή και οπίσθια πλευρά, σύγκρουση με το μεταλλικό προστστευτικό στηθαίο στην οροφή και την οπίσθια αριστερή γωνία του αμαξώματος μετά την ανατροπή. ~ σελ.64

Σχήμα 45. Suzuki SX4 αριστερός οπίσθιος εφεδρικός τροχός. ~ σελ. 64

Σχήμα 46. Suzuki SX4 αριστερός οπίσθιος εφεδρικός τροχός. Μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτης 80 χλμ./ώρα. ~ σελ. 65

Σχήμα 47. Suzuki SX4 οπίσθιος προφυλακτήρας αριστερά. Πρώτη επαφή με το μεταλλικό στηθαίο. ~ σελ. 65

Σχήμα 48. Suzuki SX4 η οπίσθια και δεξιά πλευρά και η επιφάνεια σύγκρουσης με το μεταλλικό στηθαίο άνω αριστερά μετά την ανατροπή. ~ σελ. 66

Σχήμα 49. Suzuki SX4 η οπίσθια δεξιά πλευρά και παραμορφώσεις από την επαφή με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή. ~ σελ. 66

Σχήμα 50. Suzuki SX4 η δεξιά πλευρά και ίχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή. ~ σελ. 67

Σχήμα 51. Suzuki SX4 η δεξιά πλευρά και ίχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή. ~ σελ. 67

Σχήμα 52. Suzuki SX4 η δεξιά δοκός-Α ο εμπρόσθιος ανεμοθώραξ και ίχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή. Ανατροπή περί το διαμήκη άξονα του αμαξώματος. ~ σελ.68

Σχήμα 53. Suzuki SX4 κάλυμα κινητήρα και εμπρόσθιου τροχού στη δεξιά πλευρά. Ιχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή. ~ σελ. 69

Σχήμα 54. . Suzuki SX4 εμπρόσθιος δεξιός τροχός και ίχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή. ~ σελ. 69

Σχήμα 55. Suzuki SX4 θέση οδηγού ενεργοποίηση αερόσακων και εφαρμογή της ζώνης ασφαλείας πρίν τη σύγκρουση. ~ σελ. 70

Σχήμα 56. Suzuki SX4 πίναξ οργάνων, ένδειξη ταχύτητας 108 χλμ./ώρα. ~ σελ. 70

Σχήμα 57. Hyundai Atos η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονα του Hyundai Atos. ~ σελ. 72

Σχήμα 58. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονα του Hyundai Atos. ~ σελ. 73

Σχήμα 59. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η εμπρόσθια και δεξιά πλευρά. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονα του Hyundai Atos. ~ σελ. 73

Σχήμα 60. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονα του Hyundai Atos. ~ σελ. 74

Σχήμα 61. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η εμπρόσθια δεξιά πλευρά. Προοδευτική υποχώρηση κατά την έξέλιξη της σύγκρουσης. ~ σελ. 74

Σχήμα 62. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η εμπρόσθια και δεξιά πλευρά. ~ σελ. 75

Σχήμα 63. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η εμπρόσθια δεξιά πλευρά. ~ σελ. 75

Σχήμα 64. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η οπίσθια δεξιά πλευρά. Παραμόρφωση της διαμήκους δοκού κάτω από την οπίσθια δεξιά θύρα. ~ σελ. 76

Σχήμα 65. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η οπίσθια και δεξιά πλευρά. ~ σελ.76

Σχήμα 66. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 ελαστικό εμπρός αριστερά εβδομάδα παραγωγής 45/2012. ~ σελ. 77

Σχήμα 67. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 ελαστικό πίσω δεξιά. ~ σελ. 78

Σχήμα 68. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 θέση οδηγού, ενεργοποίηση αερόσακου και εφαρμογή της ζώνης ασφαλείας πρίν τη σύγκρουση. ~ σελ. 79

Σχήμα 69. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 θέση συνοδηγού, περιορισμός του διαθέσιμου χώρου λόγω της σύγκρουσης. ~ σελ.79

Σχήμα 70. Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 θέση οδηγού, ο πίναξ οργάνων. ~ σελ.80

Σχήμα 71. Τρίπολη Μεγαλόπολη Κυπαρισσία, 343 χλμ., προβλεπόμενος χρόνος 4 ώρες και 30 λεπτά. ~ σελ. 81

Σχήμα 72. Νεστάνη - Λεβίδι - Αρχ Ολυμπία, 327 χλμ., προβλεπόμενος χρόνος 4 ώρες 28 λεπτά. ~ σελ. 82

Σχήμα 73. Μετά τη Νεστάνη απο Ε65 προς Λεβίδι Δάφνη Λαμπεια Απιδεώνα 286 χλμ., προβλεπόμενος χρόνος 3 ώρες 49 λεπτα. ~ σελ. 82

Σχήμα 74. Επαφή με το μεταλλικό στηθαίο, ύψος στο σημείο πρώτης επαφής, ύψος 350 χιλ. ~ σελ.83

Σχήμα 75. Suzuki SX4 Επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο, ύψος στο σημείο πρώτης επαφής 350 χιλ. ~ σελ.84

Σχήμα 76. Επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο, ύψος στο σημείο επαφής 640 χιλ. ~ σελ. 85

Σχήμα 77. Suzuki SX4, επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο, ύψος στο σημείο επαφής 640 χιλ**.** ~ σελ. 85

Σχήμα 78. Επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο. ~ σελ.86

Σχήμα 79. Επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο. ~ σελ. 86

Σχήμα 80. Suzuki SX4, αγκίστρωση του οπίσθιου προφυλακτήρα στο μεταλλικό στηθαίο. ~ σελ. 87

Σχήμα 81. Αγκίστρωση του οπίσθιου σωληνωτού προφυλακτήρα στο μεταλλικό στηθαίο. ~ σελ.88

Σχήμα 82. Suzuki SX4, αγκίστρωση του οπίσθιου σωληνωτού προφυλακτήρα στο μεταλλικό στηθαίο και έναρξη ανατροπής. ~ σελ. 88

Σχήμα 83. Suzuki SX4, σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό στηθαίο και έναρξη ανατροπής ~ σελ. 89

Σχήμα 84. Suzuki SX4, σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό στηθαίο και υποχώρηση 250 χιλ. ~ σελ. 89

Σχήμα 85. Suzuki SX4, σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό στηθαίο, πλάτος ιχνών ιχνών μεταλλικού στηθαίου 200 χιλ. ~ σελ. 90

Σχήμα 86. Suzuki SX4, σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό ορθοστάτη (Σχ. 81), η οροφή στο έδαφος και οι τροχοί στον αέρα. ~ σελ. 90

Σχήμα 87. Μετωπική σύγκρουση και οι τελικές θέσεις των δύο οχημάτων. ~ σελ. 91

Σχήμα 88. Αναπαράσταση του ελιγμού στροφής πριν την απώλεια ελέγχου του Suzuki ~ σελ. 93

Σχήμα 89. Η στροφή πριν την απώλεια ελέγχου του Suzuki και η εναλλαγη του συντελεστή τριβής. ~ σελ. 93

Σχήμα 90. Σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό στηθαίο και έναρξη περιστροφής προς τη θέση με τροχούς στο οδόστρωμα πριν τη σύγκρουση . ~ σελ. 94

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

- *g (m/s^2) – επιτάχυνση της βαρύτητας*
- *R (m) – ακτίνα καμπυλότητας οδού*
- *c(m) – μήκος χορδής τόξου*
- *h(m) – ύψος χορδής – μέσου τόξου*
- *V (m/s) – κρίσιμη ταχύτητα κέντρου βάρους οχήματος, για την εκτέλεση ομοιόμορφης καμπύλης τροχιάς*
- *μ (-) – συντελεστής τριβής ελαστικού – οδοστρώματος*
- *E (joule) – απορροφούμενη ενέργεια για παραμόρφωση οροφής επιβατικού οχήματος*
- *M (N m) – ροπή πειραματικής πλάκας φόρτισης*
- *φ (μοίρες) – γωνία περιστροφής πλάκας φόρτισης*
- *Es_1 (joule) – ενέργεια τριβής Suzuki SX4*
- *f (-) – κινητικός συντελεστής τριβής*
- *M_B (kg) – μάζα οχήματος*
- *Ls (m) – απόσταση ολίσθησης οχήματος*
- *Es_2 (joule) – ενέργεια ολίσθησης Suzuki SX4*
- *Es_3 (joule) – ενέργεια ολίσθησης κατά την ανατροπή του Suzuki SX4*
- *Es_4 (joule) – ενέργεια τριβής Suzuki SX4, κατά την ολίσθηση επί του μεταλλικού στηθαίου μετά την ανατροπή*
- *Es_5 (joule) – ενέργεια ολίσθησης Suzuki SX4 επί του οδοστρώματος μέχρι τη σύγκρουση*

- *E_T (joule) – συνολική αρχική κινητική ενέργεια Suzuki SX4 πριν τη σύγκρουση*
- *V1 (m/s) – ταχύτητα Suzuki SX4 πριν τη σύγκρουση*
- *Va (m/s) – ταχύτητα σύγκρουσης Hyundai Atos σε ημιελαστικό εμπόδιο*
- *Cr (m) – απομένουσα παραμόρφωση*
- *Mr (kg) – μάζα παραμένοντος απαραμόρφωτου οχήματος*
- *Lo (m) – αρχικό μήκος απαραμόρφωτου οχήματος*
- *Ec_1 (joule) – κινητική ενέργεια Hyundai Atos που αναλώθηκε κατά τη σύγκρουση*
- *E_R (joule) – κινητική ενέργεια περιστροφής του Suzuki SX4*
- *I (kg m^2) – ροπή αδράνειας του Suzuki SX4*
- *WB (m) – μεταξόνιο οχήματος*
- *θ (rad) – γωνία περιστροφής του Suzuki SX4*
- *Ess (joule) – ενέργεια ολίσθησης του Suzuki SX4 μετά τη σύγκρουση*
- *Esh (joule) – ενέργεια ολίσθησης του Hyundai Atos μετά τη σύγκρουση*
- *Vs (m/s) – ταχύτητα Hyundai Atos μετά τη σύγκρουση και κατά την έναρξη της ολίσθησης του*
- *E_{T2} (joule) – συνολική αρχική κινητική ενέργεια του Hyundai Atos πριν τη σύγκρουση*
- *V_B (m/s) – αρχική ταχύτητα του Hyundai Atos πριν τη σύγκρουση*

ΠΕΡΙΕΧΌΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... 4

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ..... 6

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ..... 15

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... 21

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ-ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗ ΤΡΟΧΑΙΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ – ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ..... 22

1.1.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΡΟΧΑΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ 23

1.1.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ..... 25

1.1.3 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΡΟΧΑΙΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ 28

2.0 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ..... 31

2.1 Η ΣΚΗΝΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ..... 31

2.2 ΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΜΠΛΕΚΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΤΡΟΧΑΙΟ ΑΤΥΧΗΜΑ..... 57

2.2.1 . Suzuki SX4 IXE 2006-2012 57

2.2.2. Hyundai Atos 5-door 2001-2012 59

2.2.3 ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ SUZUKI SX4 60

2.2.4 ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ HYUNDAI ATOS EIX..... 72

3.0 ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ 80

3.1 Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΛΕΥΣΙΝΑ ΣΤΗ ΣΚΗΝΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ 80

3.2 Η ΣΚΗΝΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ 83

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΣΚΗΝΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ 91

3.3.1 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΠΥΛΗ ΤΡΟΧΙΑ 92

3.3.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΕΠΙ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΤΗΘΑΙΟΥ 94

3.3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΕΠΙ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΤΗΘΑΙΟΥ 95

3.3.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4 95

3.3.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΕΠΙ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΤΗΘΑΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΤΡΟΠΗ 96

3.3.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΕΠΙ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΜΕΧΡΙ ΤΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΜΕ ΤΟ HYUNDAI ATOS 96

3.3.7 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΠΡΟ ΤΗΣ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ 97

3.3.8 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΤΟΥ HYUNDAI ATOS 97

3.3.9 ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ SUZUKI SX4 4x4 ΠΕΡΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΞΟΝΑ ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ 98

3.3.10 Η ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ 99

3.3.11 Η ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΤΟΥ HYUNDAI ATOS 100

3.3.12 Η ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ HYUNDAI ATOS 101

4.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ 102

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 107

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται σε ένα αντικείμενο που από την πρώτη στιγμή που το άκουσα από τον καθηγητή μου Θωμά Χόνδρο μου κέντρισε το ενδιαφέρον. Από το πρώτο μάθημα στο οποίο μας παρουσίασε την ανασύνθεση ενός τροχαίου ατυχήματος με συνεπήρε το πώς μπορούν να εφαρμοστούν συγχρόνως όλες οι θεωρίες της φυσικής, της μηχανικής, της αντοχής υλικών και των τεχνικών που διδασκόμαστε σε όλα τα έτη. Και έφτασε η στιγμή που σε πρωτοφανείς συνθήκες μιας παγκόσμιας πανδημίας και όταν η εκπαίδευση θεωρείται εφικτό να γίνεται μέσω μιας απρόσωπης οθόνης υπολογιστή, μου δόθηκε η ευκαιρία μέσω αυτής της εργασίας να έρθω σε επαφή στην πράξη με ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο μελέτης και της σπουδαιότητας του ρόλου ενός μηχανολόγου μηχανικού σε αυτό. Τέλος εκτός από το Πανεπιστήμιο Πατρών και τους καθηγητές μου, θέλω να ευχαριστήσω και την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου που με πίστη, υπομονή και αυτοθυσία με βοήθησαν όλα αυτά τα χρόνια στον αγώνα μου να σπουδάσω και να γίνω ένας παραγωγικός άνθρωπος και επιστήμονας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τροχαία ατυχήματα, , έχουν αποτελέσει μία μάστιγα στη χώρα μας. Τα οδικά ατυχήματα αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό ατυχημάτων στις μεταφορές. Η πυκνότητα τους και οι συχνά τραγικές συνέπειες για τους εμπλεκόμενους απασχολούν και ανησυχούν ολόκληρη την κοινωνία. Είναι λοιπόν χρέος κάθε μηχανολόγου μηχανικού που δραστηριοποιείται στη μελέτη τέτοιων ατυχημάτων να αξιοποιήσει τα διαθέσιμα επιστημονικά μέσα και τη σύγχρονη τεχνολογία, ώστε να εξάγει χρήσιμα συμπεράσματα για τα αίτια αυτών αλλά και να προτείνει τρόπους ώστε να καταστεί πιο ασφαλής η οδήγηση υπό ακραίες καιρικές η άλλες συνθήκες και να προστατευθεί η ανθρώπινη ζωή και η ποιότητα αυτής. Για το λόγο αυτό παρακάτω θα αναλυθούν όλα τα διαθέσιμα στοιχεία του συγκεκριμένου ατυχήματος και θα γίνει προσπάθεια να απαντηθούν τα εξής ερωτήματα:

1.Σε ποια μέρη του οχήματος υπάρχει βλάβη ;

2.Ποιο είναι το μέγεθος της βλάβης ;

3.Προϋπήρχε η βλάβη του ατυχήματος ή προκλήθηκε ένεκα αυτού;

4.Ποια η σχέση της προς το ατύχημα;

5.Αν όλα τα συστήματα, όργανα, εξαρτήματα και λοιπά μέρη των οχημάτων βρίσκονταν προ του ατυχήματος σε καλή κατάσταση και λειτουργία.

6.Εάν το ατύχημα οφείλεται σε προϋπάρχουσα μηχανική βλάβη του οχήματος.

7.Εάν προηγήθηκε σύγκρουση με άλλο όχημα – αντικείμενο – πεζό εν μέση οδώ

8.Εάν λειτουργούσαν κανονικά προ του τροχαίου ατυχήματος το σύστημα διεύθυνσης και τροχοπέδησης.

9.Ποια η κατάσταση των ελαστικών των τροχών ;

10.Ποια ήταν η διεύθυνση των δυνάμεων σύγκρουσης ;

11.Ποια η ταχύτητα του οχήματος τη στιγμή του ατυχήματος ;

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ-ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗ ΤΡΟΧΑΙΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ – ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Τα τροχαία ατυχήματα προκαλούνται ως αποτέλεσμα μιας σύνθετης διαδικασίας που αφορά στην αλληλεπίδραση παραγόντων του οδικού και κυκλοφοριακού συστήματος όπως η οδός, οι κυκλοφοριακές συνθήκες, το όχημα, ο οδηγός, το περιβάλλον και άλλοι αστάθμητοι παράγοντες. Οι παράγοντες που οδηγούν στο τροχαίο ατύχημα συνήθως δεν είναι τυχαίοι, ενώ ο συνδυασμός των παραγόντων αυτών είναι τυχαίος αλλά προβλέψιμος. Τα τροχαία ατυχήματα θα συνεχίσουν να αποτελούν μεγάλο κίνδυνο στην κυκλοφορία και ο ρόλος των μηχανικών στην τεχνική εξέταση τροχαίων ατυχημάτων θα γίνεται όλο και περισσότερο καθοριστικός.

Η ανασύνθεση τροχαίου ατυχήματος είναι ένα πρόβλημα που απασχολεί αρκετές δεκαετίες την επιστημονική κοινότητα. Σε βάθος σχεδόν μισού αιώνα έχουν αναπτυχθεί αρκετά μοντέλα για την προσέγγιση ενός ατυχήματος ως προς τις ταχύτητες προ και μετά τη σύγκρουση. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι κατά κύριο λόγο εμπειρικά, οπότε η σωστή καταγραφή όλων των παραμέτρων που προκάλεσαν το ατύχημα είναι υψίστης σημασίας για να έχουμε όσο το δυνατόν περισσότερα στοιχεία για να οδηγηθούμε σε σωστότερα αποτελέσματα.

Η αναπαράσταση αυτοκινητιστικών ατυχημάτων αποτελεί την εφαρμογή του συνδυασμού της επιστημονικής γνώσης και μεθοδολογίας με σκοπό τον καθορισμό του τι ακριβώς συνέβη στο κάθε ατύχημα. Ακόμα, σημαντικά στοιχεία αποτελούν τόσο ο τόπος του

ατυχήματος όσο και τα στοιχεία και οι αναφορές από τυχόν αυτόπτες μάρτυρες. Συχνά, οι παράγοντες που πρέπει να προσδιοριστούν αναφέρονται στην ταχύτητα των οχημάτων κατά την πρόσκρουση, την ταχύτητα πριν την πέδηση, τις αρχικές διευθύνσεις των διανυσμάτων της ταχύτητας, το οπτικό πεδίο των οδηγών, την τοποθεσία και την κατάσταση των οχημάτων καθώς και το χρόνο μέσα στον οποίο πραγματοποιήθηκε το ατύχημα.

Οι νόμοι της φυσικής που αξιοποιούνται προκειμένου να γίνει η αναπαράσταση του ατυχήματος, καλύπτει τομείς όπως εκείνων της κινηματικής, της δυναμικής, της μηχανική των υλικών, του σχεδιασμού μηχανών, της εργομετρίας και της οδικής μηχανικής Αυτές οι αρχές, που αφορούν τις παραπάνω κατηγορίες, αποτελούν τμήματα της μηχανολογίας και της επιστήμης των πολιτικών μηχανικών.

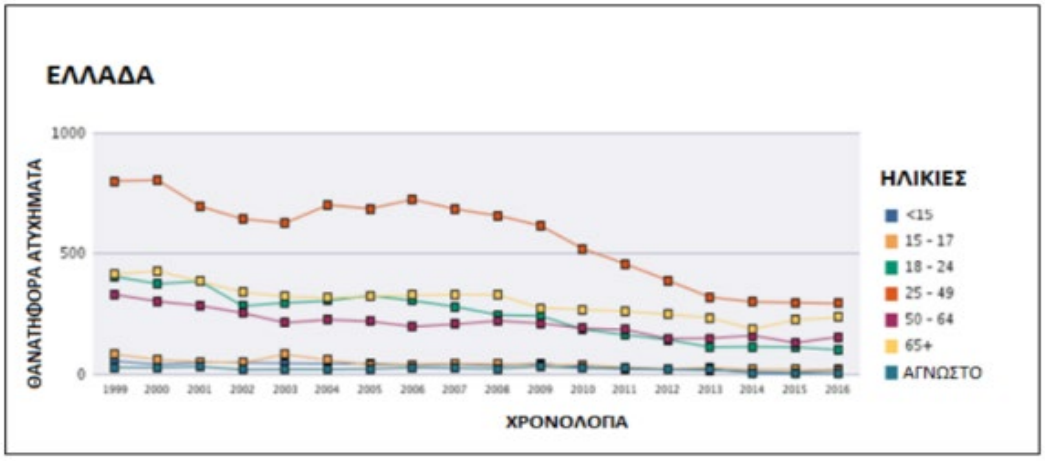
1.1.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΡΟΧΑΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Στις μέρες μας, ένας από τους κυριότερους λόγους θνησιμότητας των ανθρώπων είναι τα αυτοκινητιστικά ατυχήματα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες περίπου 50,000 άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο λόγω αυτοκινητιστικού ατυχήματος. Το 1986, ο συνολικός ρυθμός θανάτων στις ΗΠΑ ήταν 8,8 ανά 1000 άτομα ενώ ο αντίστοιχος ρυθμός για ατυχήματα μόνο με οχήματα έχει βρεθεί 0,26 ανά 1000 άτομα. Μόνο από αυτό μπορούμε να αντιληφθούμε ότι 3% των θανάτων στις ΗΠΑ οφείλεται στα αυτοκινητιστικά ατυχήματα.

Η συλλογή και χρήση επαρκών και αναλυτικών δεδομένων σχετικά με τα ατυχήματα που γίνονται στους δρόμους αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την διαχείριση ασφάλειας στους δρόμου. Τα παρακάτω δεδομένα δεν είναι χρήσιμα μόνο για στατιστικές αναλύσεις αλλά

χρησιμοποιούνται και στην έρευνα για την εύρεση των αιτιών που οδηγούν σε τέτοια ατυχήματα.

Τι γίνεται όμως με τα τροχαία ατυχήματα στην Ελλάδα ; Παρόλο που τις τελευταίες δεκαετίες η εξέλιξη των οχημάτων με την προσθήκη παθητικών και ενεργητικών μέτρων προστασίας του ανθρώπου είναι μεγάλη, τα θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα. Αρχικά η αύξηση των ατυχημάτων οφείλεται λόγω της ραγδαίας αύξησης των οχημάτων που κυκλοφορούν αλλά και στο ότι τα αυτοκίνητα που έχουμε σήμερα έχουν την δυνατότητα να αναπτύσσουν τρομερά μεγάλες ταχύτητες που μπορούν να αποβούν μοιραίες. Στην συνέχεια ακολουθεί ένα γράφημα που αναφέρεται στα θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα που έχουν γίνει στην Ελλάδα σε βάθος χρόνου. Τα δεδομένα αυτά αντλήθηκαν από έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ως προς τις μεταφορές και την ασφάλεια.[1]



Σχήμα 2 Θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα συναρτήσει ηλικιακού εύρους και χρονολογίας

Στο προηγούμενο σχήμα παρατηρείται ότι σε βάθος εικοσαετίας τα τροχαία ατυχήματα έχουν μειωθεί σημαντικά λόγω της συνεχούς εξέλιξης των οχημάτων ως προς τα μέτρα προστασίας. Αξίζει να αναφέρουμε ότι τα περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα είναι μεταξύ 25-49 χρονών οι οδηγοί και αρκετά κοντά είναι και οι οδηγοί άνω των 65.Ωστόσο, πιο

συγκεκριμένα, ο αριθμός των τροχαίων ατυχημάτων κυμαίνεται κατά μέσο όρο στα 11.000 ετησίως, βάσει στοιχείων της τροχαίας , ενώ οι θάνατοι λόγω αυτών ξεπερνάνε κάθε χρόνο τους 700. [2]

Τέλος, στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τις συχνότερες γεωγραφικές θέσεις των τροχαίων ατυχημάτων στη χώρα μας. Μία από αυτές είναι και η Ν.Ε.Ο. Πύργου – Πατρών στην οποία συνέβη το ατύχημα που θα μελετήσουμε στην παρούσα εργασία.

Σχήμα 3 Χάρτης οδικού δικτύου με τις γεωγραφικές θέσεις συχνότερων τροχαίων ατυχημάτων

1.1.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Τα τροχαία ατυχήματα αποτελούνται από μια ευρεία διασπορά περιστατικών, επομένως δεν είναι εφικτή η προσομοίωση μόνο ενός μοντέλου ανάλυσης που να τα περιγράφει. Μπορεί να συμβεί μετωπική σύγκρουση όπου εκεί τα πράγματα είναι πιο απλουστευμένα για τον ειδικό,

ή σύγκρουση και με τρίτο όχημα, σύγκρουση και ανατροπή του αυτοκινήτου, οπότε ο βαθμός δυσκολίας από ατύχημα σε ατύχημα είναι μεγάλος. Τα τροχαία ατυχήματα ομαδοποιούνται και σε άλλες διακριτές περιπτώσεις που έχουν μελετηθεί εκτενώς και παρουσιάζονται στην διεθνή βιβλιογραφία. Έχουν αναπτυχθεί εμπορικά προγράμματα αναπαράστασης τροχαίων ατυχημάτων. Είναι όμως συνήθως δύσχρηστα, δεν δίνουν επαρκή εποπτεία στην χρήση των μηχανισμών και της θεωρητικής προσέγγισης της μεθόδου που υιοθετούν και κοστίζουν ακριβά.

1.1.2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ

Ορίζουμε την γραμμική ορμή ως το γινόμενο του βάρους του οχήματος με την ταχύτητα του οχήματος σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η βασική αρχή της μεθόδου ορμής είναι ότι η γραμμική μετά από μια σύγκρουση, είναι ίδια με την ορμή πριν την σύγκρουση. Όποια ορμή χάνει ένα όχημα την κερδίζει το άλλο. Μια τυπική γραμμική ανάλυση ορμής ακολουθεί τα παρακάτω βήματα :

- Ο πραγματογνώμων μηχανολόγος μηχανικός θα πρέπει να βρει τα βάρη των οχημάτων τα οποία, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν αλλάζουν δραματικά κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης.
- Την εύρεση της θέσης της σύγκρουσης και τις τελικές θέσεις των οχημάτων.
- Την εύρεση της κατεύθυνσης μετά την σύγκρουση η οποία μπορεί να αποκτηθεί από φυσικά στοιχεία όπως σημάδια ελαστικών στο οδόστρωμα ή άλλα σημάδια στην γενική κατεύθυνση από το σημείο της σύγκρουσης μέχρι το τελικό σημείο.
- Οι επιβραδύνσεις από το σημείο της σύγκρουσης μέχρι το τελικό σημείο υπολογίζονται. Ο υπολογισμός αυτός βασίζεται στο φρενάρισμα μετά την σύγκρουση, την περιστροφή, την επαφή με εμπόδια κλπ. που εντοπίζονται στην περιοχή ανάμεσα στο σημείο της

σύγκρουσης και το τελικό σημείο. Από τις επιβραδύνσεις και την απόσταση ανάμεσα στο σημείο της σύγκρουσης και το τελικό σημείο, μπορούν να υπολογιστούν οι ταχύτητες μετά την σύγκρουση. Αυτό είναι το κομμάτι της ενέργειας της μεθόδου.

- Αν και εφόσον, είναι γνωστή η κατεύθυνση των οχημάτων πριν την σύγκρουση, η μέθοδος της ορμής μπορεί να υπολογίσει την ταχύτητα του κάθε οχήματος. Σε αντίθετη περίπτωση, αν είναι γνωστή η ταχύτητα ενός οχήματος, δύναται να υπολογιστεί η ταχύτητα και η κατεύθυνση του δεύτερου οχήματος.
- Το τελευταίο τμήμα της ανάλυσης είναι ένα ακόμη ενεργειακό στάδιο (το μήκος από τα σημάδια των ελαστικών λόγω φρεναρίσματος στο οδόστρωμα), το οποίο συμπεριλαμβάνει οποιαδήποτε επιβράδυνση πριν σύγκρουσης.

1.1.2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ

Η βασική αρχή της ανάλυσης βλαβών είναι πως οι δυνάμεις οι οποίες προκαλούν τη βλάβη της σύγκρουσης δύνανται να εκτιμηθούν συγκρίνοντας το προφίλ βλαβών που έχει το τυχαίο όχημα με το προφίλ των βλαβών που θα δημιουργηθεί έπειτα από ένα ελεγχόμενο πείραμα. Η παραπάνω βασική αρχή έχει ευρέως επιβεβαιωθεί και τεκμηριωθεί. Με αυτόν τον τρόπο παράγεται ένα εύκολα υπολογίσιμο προφίλ βλάβης σε αντίθεση με τις πραγματικές συγκρούσεις των οποίων τα προφίλ είναι πολύ πιο δύσκολο να υπολογισθούν με ακρίβεια.

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν πολλές διαθέσιμες μέθοδοι ανασύνθεσης όπως για παράδειγμα αυτή του υπολογισμού της εναπομείνουσας ενέργειας παραμόρφωσης βάσει γνωστών συντελεστών που έχουν αντληθεί από την ομαδοποίηση πειραμάτων με διάφορα προφίλ συγκρούσεων. Ωστόσο, αυτές οι μέθοδοι μπορούν να υπολογίσουν μόνο τη μεταβολή

του διανύσματος της ταχύτητας, δηλαδή του μέτρου και της κατεύθυνσης της. Η ταχύτητα του οχήματος πριν και μετά τη σύγκρουση υπολογίζεται ανεξάρτητα και συνήθως με χρήση των απλών ισοζυγίων ορμής και ενέργειας που είναι γνωστά από τη δυναμική ανάλυση.

1.1.3 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΡΟΧΑΙΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Η διαδικασία ενός τροχαίου ατυχήματος βασίζεται σε τρία στάδια:

I. Το στάδιο μετά τη σύγκρουση που αποτελεί συνήθως και το σημείο αφετηρίας της ανασύνθεσης. Τα διαθέσιμα στοιχεία εντοπίζονται στη σκηνή του ατυχήματος.

II. Το στάδιο της σύγκρουσης στο οποίο πρέπει να υπολογιστούν οι ταχύτητες και οι διευθύνσεις των εμπλεκόμενων οχημάτων και να καθοριστεί το σημείο σύγκρουσης.

III. Το στάδιο προ της σύγκρουσης για το οποίο πρέπει να υπολογιστούν οι ταχύτητες και οι διευθύνσεις των οχημάτων, που συνήθως είναι άγνωστες.

Η βασική μεθοδολογία ανάλυσης τροχαίων ατυχημάτων βασίζεται στον καθορισμό των κινήσεων των οχημάτων κατά το στάδιο της σύγκρουσης , από τις θέσεις ανάπαυσης αυτών μετά τη σύγκρουση και από αυτές την κίνηση των οχημάτων προ της σύγκρουσης.

Οι αξιωματικοί της Τροχαίας είναι υποχρεωμένοι να παραδώσουν την οδό στην κυκλοφορία, πριν επισκεφθεί ο ειδικός πραγματογνώμονας το σημείο του ατυχήματος. Για το λόγο αυτό δίνουν μεγάλη προσοχή στο περιβάλλον και καταγράφονται όλα τα περιστατικά, για τον προσδιορισμό των συνθηκών και της φύσης της μετακίνησης των ατόμων που εμπλέκονται στο ατύχημα. Ο τόπος του ατυχήματος με τα ίχνη και αντικείμενα που βρέθηκαν, π.χ θραύσματα

γυαλιών, ίχνη πεδήσεως, εξαρτήματα και άλλες πληροφορίες σημειώνονται σχηματικά υπό κλίμακα σε σκαρίφημα.

Η εξέταση της σκηνής περιλαμβάνει την ακριβή περιγραφή και τα χαρακτηριστικά του οδοστρώματος: σχέδιο της οδού, ιδιότητες τριβής, δομικά υλικά, ποιότητα οδοστρώματος, πλάτος, κλίση, ανύψωση, οριζόντια και κάθετη κυρτότητα, επίπεδο συντήρησης, μέση καθημερινή κυκλοφορία και δομική ακεραιότητα. Η τεκμηρίωση της κατάστασης του οδοστρώματος είναι καίρια στις περισσότερες περιπτώσεις αναπαράστασης τροχαίων ατυχημάτων, αφού συχνά το ίδιο το οδόστρωμα και η ποιότητα του είναι καθοριστικός παράγοντας πρόκλησης ατυχήματος .

Ο περιβαλλοντικός και τεχνητός φωτισμός, η υγρασία, η οδική σήμανση, η απόχρωση οδοστρώματος, η αντανάκλαση φωτισμού από το οδόστρωμα και την οριζόντια σήμανση, είναι μόνο μερικοί από τους παράγοντες που καθορίζουν την ορατότητα στη σκηνή του ατυχήματος. Τα αρχικά στοιχεία της εξέτασης προκύπτουν από επιθεώρηση του τόπου του ατυχήματος, λεπτομερή καταγραφή των παραμορφώσεων-ζημιών των οχημάτων, ανάκριση των συμμετεχόντων και μαρτυρίες τρίτων. Αποτελούν τη βάση για την ακριβή αναπαράσταση του ατυχήματος, γεγονός που προϋποθέτει την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη συλλογή δεδομένων από τη σκηνή του ατυχήματος.

Η τροχαία συνήθως επαναφέρει την κυκλοφορία των οχημάτων στην θέση του ατυχήματος πριν μπορέσει να ερευνήσει τη σκηνή ο πραγματογνώμων. Συνεπώς, οι δύο πολύτιμες πηγές πληροφοριών σχετικά με τον τόπο του ατυχήματος είναι η έκθεση και οι φωτογραφίες της αστυνομίας. Τα στοιχεία αυτά είναι και κατά κανόνα οι πρώτες πληροφορίες που παίρνει στα χέρια του ο πραγματογνώμονας. Η ποιότητα και η ποσότητα των φωτογραφιών ενδέχεται να επηρεάσει τον πραγματογνώμονα στην αναπαράσταση του ατυχήματος.. Η έρευνα

του αξιωματικού που έφτασε πρώτος στο σημείο, περιέχει συνήθως σημαντικά αποδεικτικά στοιχεία, όπως η θέση ανάπαυσης του οχήματος, τα ίχνη των ελαστικών και σημαντικά τμήματα του οχήματος που αποκολλήθηκαν από αυτό. Τα σημεία αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν για την αρχική έρευνα της αστυνομίας πρέπει να εντοπισθούν και να σημειωθούν κατά τη διάρκεια της επιτόπιας επιθεώρησης του πραγματογνώμονα και στην τελική του έκθεση μετέπειτα.

Γενικότερα, ανάλογα με το είδος της σύγκρουσης και τις συνθήκες αυτής ποικίλουν οι μέθοδοι ανάλυσης που έχει στη διάθεση του ο μηχανικός. Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνήθηκε έκθεση πρόσφατης πραγματογνωμοσύνης που συνέταξε ο επιβλέπων καθηγητής μου σχετικά με μετωπική σύγκρουση επιβατικών οχημάτων, με προγενέστερη ανατροπή του ενός. Αναλύονται όλα τα διαθέσιμα στοιχεία και χρησιμοποιούνται αναλυτικές και εμπειρικές μέθοδοι για την εύρεση των ταχυτήτων των οχημάτων πριν και μετά τη συγκρουση.

2.0 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

2.1 Η ΣΚΗΝΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Το τροχαίο ατύχημα που θα μελετηθεί συνέβη στη Ν.Ε.Ο. Πατρών – Πύργου την 31η /8/2014 και περί ώρα 21.05 στη Χ.Θ. 34,200, με εκτροπή-ανατροπή επιβατικού ιδιωτικής χρήσης (ΕΙΧ), σύγκρουση με επερχόμενο επιβατικό όχημα και θανάσιμο τραυματισμό του συνοδηγού του ενός . Το επιβατικό αυτοκίνητο ιδιωτικής χρήσεως (ΕΙΧ) εργοστασίου κατασκευής SUZUKI SX 4x4 έτους κατασκευής 2008, χρώματος μπλε, με κατεύθυνση από Πύργο προς Πάτρα, εξετράπη της πορείας του προς το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, συγκρούσθηκε με το προστατευτικό μεταλλικό στηθαίο στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, ανετράπη, ήρθε σε επαφή με το προστατευτικό μεταλλικό στηθαίο στην οροφή πίσω αριστερά και κατά την επαναφορά του με τους τροχούς στο οδόστρωμα συγκρούσθηκε μετωπικά με το επερχόμενο (ΕΙΧ) HYUNDAI ATOS. Τα δύο οχήματα μετά τη σύγκρουση ακινητοποιήθηκαν στο μέσο της οδού με μέτωπο προς Πύργο. Από τη σύγκρουση τραυματίσθηκε θανάσιμα ο συνοδηγός του HYUNDAI ATOS, τραυματίσθηκαν οι δύο οδηγοί και τα δύο οχήματα καταστράφηκαν ολοσχερώς

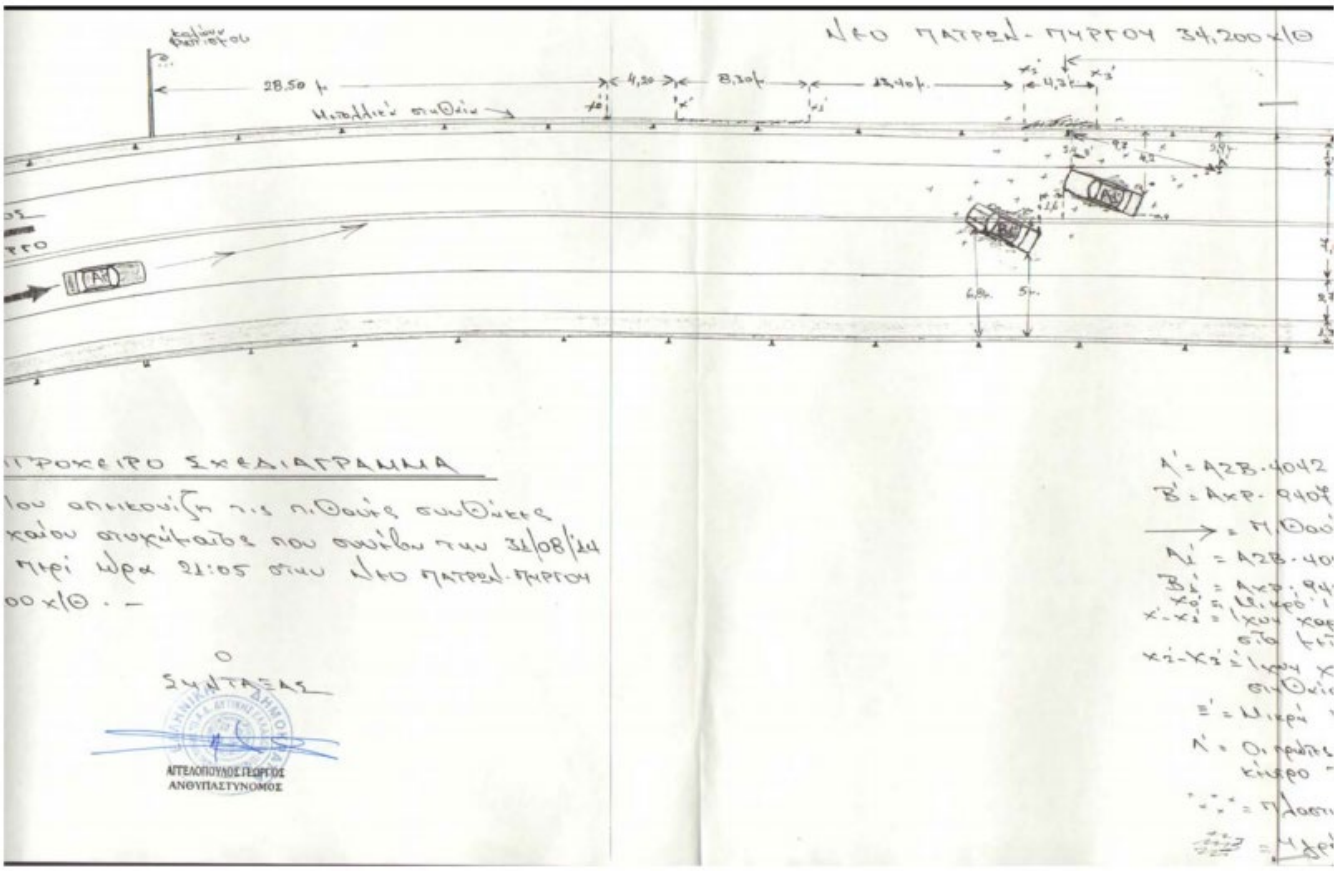
Για την τεκμηρίωση των φάσεων ενός τροχαίου ατυχήματος είναι σημαντική η ακριβής αποτύπωσης της σκηνής του ατυχήματος και η λεπτομερής εξέταση των εμπλεκομένων οχημάτων των σημείων επαφής και του μεγέθους των βλαβών ώστε να προσδιοριστεί η

κατεύθυνση κίνησης, η ταχύτητα κίνησης, οι αποστάσεις πέδησης και ακινητοποίησης. Τα αρχικά στοιχεία βρίσκονται από τους αξιωματικούς της Τροχαίας που φθάνουν πρώτοι και περιλαμβάνουν επιθεώρηση του τόπου του ατυχήματος, των οχημάτων, ανάκριση των συμμετεχόντων και μαρτυρίες τρίτων. Επιπλέον, στοιχεία από το περιβάλλον και τη σκηνή του ατυχήματος, κάθε είδους ίχνη και αντικείμενα που βρέθηκαν, θραύσματα υάλων, μεταλλικών και πλαστικών εξαρτημάτων των οχημάτων, ίχνη πεδήσεως, και άλλες πληροφορίες που σημειώνονται σχηματικά, παρατηρήσεις των συνθηκών και της φύσης της μετακίνησης των ατόμων που εμπλέκονται στο ατύχημα, βοηθούν στον προσδιορισμό των αιτίων και της εξέλιξης του ατυχήματος [5-14]. Η αξιόπιστη αναπαράσταση του τροχαίου ατυχήματος εξαρτάται κυρίως από τη δυνατότητα συλλογής και ανάλυσης των στοιχείων στο σημείο της σύγκρουσης. Οι αξιωματικοί της Τροχαίας είναι υποχρεωμένοι να παραδώσουν την οδό στην κυκλοφορία, πριν επισκεφθεί ο ερευνητής το σημείο του ατυχήματος. Επομένως, οι κύριες πηγές πληροφοριών για την αναπαράσταση του ατυχήματος αποτελούν μετρήσεις και φωτογραφίες στο σημείο του ατυχήματος από τους αξιωματικούς της Τροχαίας που επιλαμβάνονται της πρώτης αυτοψίας και μεταγενέστερες επισκέψεις στη σκηνή του ατυχήματος για τη διενέργεια λεπτομερών μετρήσεων και η εξέταση των εμπλεκομένων οχημάτων στο χώρο φύλαξης [5-14].

Στο Σχήμα 1 φαίνεται η σκηνή του ατυχήματος στη ΧΘ 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου (Google Maps), το σημείο σύγκρουσης υποδεικνύεται με βέλος.

Σχήμα 4 Η σκηνή του ατυχήματος στη ΧΘ 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου

Στο Σχήμα 2 φαίνεται η σκηνή του ατυχήματος στη ΧΘ 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου και το σημείο σύγκρουσης όπως αποτυπώθηκαν από τους αξιωματικούς της Τροχαίας [3]. Στο Σχήμα 2 φαίνεται το σημείο σύγκρουσης και οι τελικές θέσεις των δύο οχημάτων. Το SUZUKI SX 4x4 ακινητοποιήθηκε σε απόσταση 6 μ. από το σημείο συγκρούσεως ενώ το HYUNDAI ATOS σε απόσταση 11 μ. από το σημείο συγκρούσεως και τα δύο οχήματα με μέτωπο προς Πύργο.



Σχήμα 5 Η σκηνή του ατυχήματος και το σημείο σύγκρουσης στη ΧΘ 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, όπως αποτυπώθηκε από τους αξιωματικούς της Τροχαίας .

Η οδός στο σημείο του ατυχήματος Χ.Θ. 34,200 είναι ευθεία, διπλής κατεύθυνσης, μιας λωρίδας κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση πλάτους 3,80 μ. εκάστη και λωρίδες έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) πλάτους 1,80 μ. στην κατεύθυνση Πάτρα - Πύργος, 2,70 μ. στην κατεύθυνση Πύργος - Πάτρα (Σχήμα 2) [4]. Το ευθύγραμμο τμήμα της οδού στην κατεύθυνση Πύργος – Πάτρα προς τη Χ.Θ. 34,200 ακολουθεί την καμπύλη τροχιά που φαίνεται στα Σχήματα 1 και 2. Το ευθύγραμμο τμήμα της οδού στην κατεύθυνση Πάτρα – Πύργος προς τη Χ.Θ. 34,200 αποτελεί συνέχεια μακρού ευθύγραμμου τμήματος μήκους περί το 1 χιλιόμετρο. Κατά την ώρα του ατυχήματος 21.05 το οδόστρωμα ήταν στεγνό και η ορατότης ως και η αντίληψη της κυκλοφορίας από τους οδηγούς ήταν δύσκολη λόγω των συνθηκών λυκόφωτος και της διακοπής

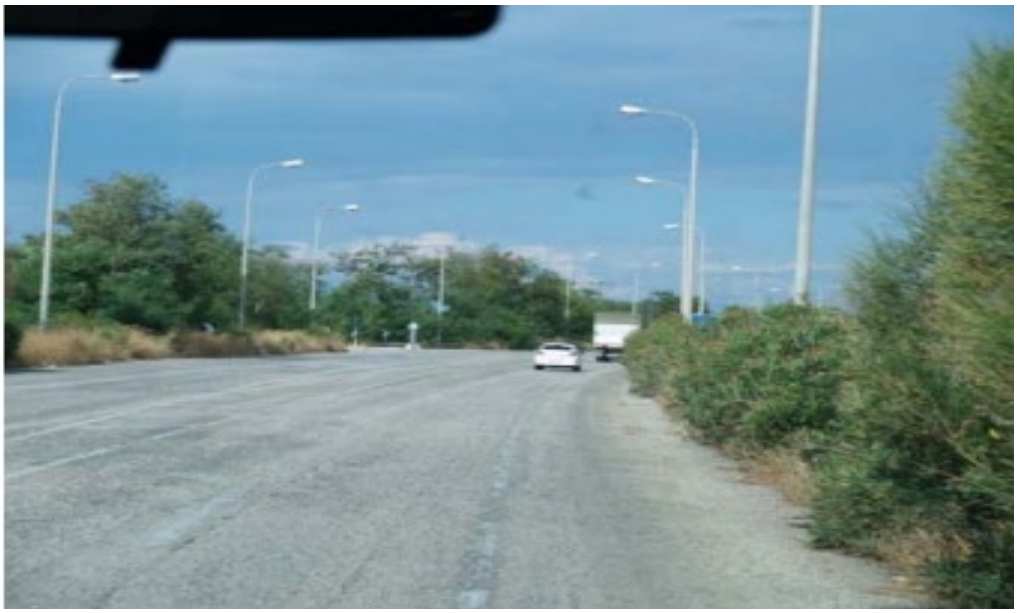
του τεχνητού φωτισμού της οδού για διάστημα περί τα 50 μ. ένθεν κακείθεν του σημείου του ατυχήματος. Επειδή στη σκηνή του ατυχήματος διαπιστώθηκαν πληθώρα εκτροπών στο ίδιο σημείο εξετάσθηκε λεπτομερώς η προσέγγιση προς το σημείο του ατυχήματος όπως φαίνεται στις φωτογραφίες που ακολουθούν.

Πριν το σημείο του ατυχήματος στην κατεύθυνση Πύργος - Πάτρα υπάρχουν πινακίδες κατακόρυφης σήμανσης που ενημερώνουν για το χιλιομετρικό σημείο 35, προειδοποιούν για επικίνδυνη δεξιά στροφή και προσέγγιση σε ισόπεδο κόμβο (Σχήματα 3-5). Ακολουθεί κατακόρυφη πινακίδα ορίου ταχύτητας 60 χλμ./ώρα (Σχήμα 4). Η πινακίδα εμφανίζεται μέσα από τις δάφνες που φύονται παρά την οδό και η κουρά τους την περίοδο που εξετάζεται πραγματοποιείται από τα διερχόμενα οχήματα. Ακολουθεί νέα πινακίδα με πληροφορίες για την επιλογή κατευθύνσεων στον κόμβο, για Πάτρα, Καλογριά, Άραξο κτλ. (Σχήματα 6-7). Η προσπάθεια των οδηγών για ανάγνωση των πινακίδων διαμέσου της βλάστησης είναι κρίσιμη για την οδική ασφάλεια στον κόμβο.

Σχήμα 6 Πινακίδες κατακόρυφης σήμανσης επικίνδυνη δεξιά στροφή, προσέγγιση σε ισόπεδο κόμβο, οι πινακίδες παρεμποδιζόμενες απο την βλάστηση και την ελλιπή συντήρηση της οδού

Σχήμα 7 Η προσέγγιση στη σκηνή του ατυχήματος : Πινακίδες κατακόρυφης σήμανσης- Όριο ταχύτητας 60 χλμ

Στα Σχήματα 6-8 φαίνεται η συνέχεια της προσέγγισης προς τη σκηνή του ατυχήματος από τη Χ.Θ. 35,000 στη Χ.Θ. 34,200. Πληροφοριακές πινακίδες προορισμών και σήμανσης που εμφανίζονται ξαφνικά μέσα9 από την παρόδια βλάστηση, δυσχεραίνουν τη συγκέντρωση των οδηγών και υποβαθμίζουν την οδική ασφάλεια.



Σχήμα 8 Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4: Η προσπάθεια του οδηγού για ανάγνωση της σήμανσης είναι κρίσιμη για την οδική ασφάλεια στον κόμβο.

Σχήμα 9 Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 : Η προσπάθεια του οδηγού για ανάγνωση της σήμανσης είναι κρίσιμη για την οδική ασφάλεια στον κόμβο.

Σχήμα 10 Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 : Νέα πινακίδα κατακόρυφης σήμανσης εμφανίζεται ξαφνικά - Η έκπληξη και η προσπάθεια του οδηγού για ανάγνωση είναι τώρα ακόμα πιο κρίσιμες για την οδική ασφάλεια στον κόμβο.

Σχήμα 11 Η προσέγγιση στη σκηνή του ατυχήματος στην κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4.

Σχήμα 12 Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 : Επίθεση νέου ασφαλτοτάπητα.

Στο Σχήμα 10 φαίνεται νέα κατακόρυφη πινακίδα ορίου ταχύτητας 50 χλμ./ώρα. Η νέα προειδοποίηση μείωσης ταχύτητας (Σχήμα 10) αναφέρεται στην προσέγγιση του επόμενου ισόπεδου κόμβου, που φαίνεται στη συνέχεια στα Σχήματα 14 και 15. Στο Σχήμα 11 φαίνεται η προσέγγιση προς τη σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, όπως φαίνεται από την κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4, Πύργος – Πάτρα. Το τμήμα της οδού που φαίνεται στα Σχήματα 11-14 περιλαμβάνει ασφαλτοτάπητα επισκευής που έχει λειανθεί από την κυκλοφορία και επομένως χαμηλότερου συντελεστή τριβής απ’ ότι το αρχικό οδόστρωμα.

Εξετάσθηκε με προσοχή το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πύργος-Πάτρα που φαίνεται στα Σχήματα 10 έως 14 για την ανίχνευση σημείων επαφής του SUZUKI SX 4x4 που να συσχετίζονται με την εκτροπή του προς το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Δεν

εντοπίσθηκαν ίχνη επαφής επί του μεταλλικού στηθαίου ούτε ίχνη 12 ελαστικών επί του οδοστρώματος στο ρεύμα κυκλοφορίας Πύργος - Πάτρα που να συναρτώνται με το ατύχημα που εξετάζεται. Στο Σχήμα 12 φαίνεται η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, όπως φαίνεται από την κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 Πύργος-Πάτρα. Με βέλος σημειώνεται το σημείο πρώτης πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 επί του μεταλλικού στηθαίου της οδού.

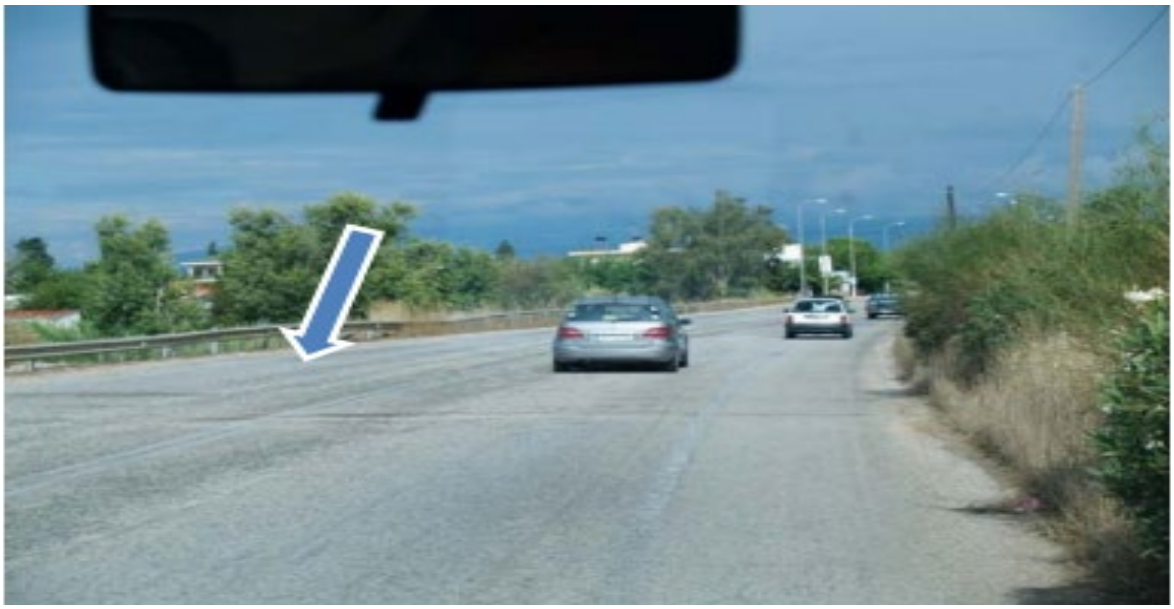
Σχήμα 13 Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 : Νέα πινακίδα σήμανσης ορίου ταχύτητας.

Σχήμα 14 Η Προσέγγιση στη σκηνή του ατυχήματος - Κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4

Σχήμα 15 Αλλαγή του συντελεστή τριβής στο οδόστρωμα - Σημείο πρώτης επαφής του SUZUKI SX με το μεταλλικό στηθαίο.

Στο Σχήμα 13 φαίνεται η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, όπως φαίνεται από την κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4 Πύργος-Πάτρα. Με βέλος σημειώνεται το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το HYUNDAI ATOS και η πρόσκρουση του SUZUKI SX 4x4 επί του μεταλλικού στηθαίου. Στα Σχήματα 12 και 13 διακρίνεται η αλλαγή της επιφάνειας του ασφαλτοτάπητα σε σχέση με το σημείο σύγκρουσης των οχημάτων. Στο Σχήμα 14 φαίνεται η διέλευση από τη σκηνή του ατυχήματος, όπως φαίνεται από το ρεύμα κυκλοφορίας Πύργος-Πάτρα, το σημείο σύγκρουσης βρίσκεται αριστερά στη φωτογραφία. Στο Σχήμα 15 φαίνεται η διέλευση από τη σκηνή του ατυχήματος, όπως φαίνεται από το ρεύμα κυκλοφορίας Πύργος-Πάτρα καθοδόν προς τον κόμβο Μποταίικων .

Σχήμα 16 Ασφαλτοτάπητας επισκευής διαφορετικού συντελεστή τριβής από το αρχικό οδόστρωμα-Σημείο σύγκρουσης των οχημάτων.



Σχήμα 17 Το σημείο σύγκρουσης των οχημάτων, όπως φαίνεται από την κατεύθυνση κίνησης του SUZUKI SX 4x4

Σχήμα 18 Η διέλευση μετά τη σκηνή του ατυχήματος

Στο Σχήμα 16 φαίνεται η προσέγγιση προς τη σκηνή του ατυχήματος προς τη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, όπως φαίνεται από την κατεύθυνση κίνησης του

HYUNDAI ATOS, Πάτρα – Πύργος και ο παρατηρητής βρίσκεται στην κατεύθυνση Πάτρα-Πύργος του προηγούμενου Σχήματος 15.

Σχήμα 19 Η προσέγγιση στη σκηνή του ατυχήματος, όπως φαίνεται από την κατεύθυνση κίνησης του HYUNDAI ATOS .

Στα Σχήματα 17-19 φαίνεται η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου από το ρεύμα κίνησης ΠατρώνΠύργου. Ο πυλώνας ηλεκτροφωτισμού και η παρακείμενη πινακίδα ξενοδοχείου χρησιμοποιήθηκαν ως αρχές συντεταγμένων για την αποτύπωση της σκηνής του ατυχήματος (Σχήμα 12).

Σχήμα 20 Σημειώνονται με βέλη ο πυλώνας ηλεκτροφωτισμού που ελήφθη ως αρχή συντεταγμένων για τις μετρήσεις, το σημείο πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 επί του μεταλλικού στηθαίου και το σημείο σύγκρουσης των δυο οχημάτων επί του οδοστρώματος στο ρεύμα κίνησης Πατρών-Πύργου, κάτω αριστερά.

Παρατηρώντας το μεταλλικό στηθαίο από το πίσω μέρος διαπιστώνεται ότι οι συγκρούσεις στο σημείο δεν είναι σπάνιες (Σχήμα 19). Στο Σχήμα 19 φαίνεται ότι οι ορθοστάτες του μεταλλικού στηθαίου είναι οι τρίτοι κατά σειρά εγκατάστασης, αξίζει δε να σημειωθεί ότι η φορά κάμψης των παλαιότερων ορθοστατών ακολουθεί την κατεύθυνση Πύργος-Πάτρα, δηλαδή οι εκτροπές στο σημείο προέρχονται από οχήματα που εξέρχονται της στροφής που φαίνεται στα Σχήματα 18 και 19, με κατεύθυνση ίδια με του SUZUKI SX 4x4 που εξετάζεται εδώ.

Σχήμα 21 Η σκηνή του ατυχήματος στη ΧΘ 34,000 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, κατεύθυνση κίνησης του HYUNDAI ATOS Πάτρα – Πύργος

Σχήμα 22 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, οι ορθοστάτες του μεταλλικού στηθαίου είναι οι τρίτοι κατά σειρά εγκατάστασης, η φορά κάμψης των παλαιότερων ορθοστατών ακολουθεί την κατεύθυνση Πύργος-Πάτρα

Στη σκηνή του ατυχήματος δεν εντοπίσθηκαν ίχνη πλαγιολίσθησης ή πέδησης ελαστικών. Στο παράπλευρο μεταλλικό στηθαίο στην κατεύθυνση Πάτρα – Πύργος διακρίνονται ίχνη επαφής και ολίσθησης του SUZUKI SX 4x4. Από την εξέταση του μεταλλικού προστατευτικού στηθαίου προκύπτουν μετρήσεις που αντιστοιχούν επακριβώς στην καταγραφή που περιγράφεται στο Σκαρίφημα της Τροχαίας (Σχήμα 2). Σε απόσταση 28,50 μ. από τον ιστό ηλεκτροφωτισμού ανιχνεύεται η πρώτη επαφή του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο (Σχήμα 20). Μετά από 4,20 μέτρα εμφανίζεται δεύτερη ομάδα ιχνών του SUZUKI SX 4x4 μήκους 8,30 μέτρων (Σχήματα 21 και 22).

Σχήμα 23 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το πρώτο σημείο πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 στο μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Απόσταση 28,50 μέτρα από τον ιστό ηλεκτροφωτισμού.

Η κατεύθυνση των ιχνών είναι από Πύργο προς Πάτρα, δηλαδή το SUZUKI SX 4x4 κινείται σε επαφή με το μεταλλικό προστατευτικό στηθαίο και με κατεύθυνση προς Πάτρα στο ρεύμα Πάτρα-Πύργος.

Σχήμα 24 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, δεύτερη ομάδα ιχνών πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 στο μεταλλικό στηθαίο, ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Απόσταση 4,20 μέτρα από τα προηγούμενα ίχνη.

Σχήμα 25 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, συνέχεια των ιχνών πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 στο μεταλλικό στηθαίο, ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος.

Στο τέλος της προηγούμενης ομάδας ιχνών και στο σημείο σύνδεσης των οριζόντιων στοιχείων του μεταλλικού στηθαίου φαίνονται αγκιστρωμένα μεταλλικά και πλαστικά τμήματα του SUZUKI SX 4x4 (Σχήμα 23). Ακολουθεί νέο κενό ιχνών μήκους 13,40 μέτρων ακολουθούμενο από νέα ίχνη μήκους 4,30 μέτρων και υποχώρηση του μεταλλικού στηθαίου (Σχήμα 24).

Σχήμα 26 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, αγκιστρωμένα μεταλλικά και πλαστικά τμήματα του SUZUKI SX 4x4 στο μεταλλικό στηθαίο, ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος.

Σε απόσταση 56,55 μ. από τον πυλώνα ηλεκτροφωτισμού βρίσκεται το σημείο σύγκρουσης με το μεταλλικό στηθαίο που προκάλεσε την υποχώρηση του ορθοστάτη προς το πρανές (Σχήματα 24-25). Στο Σχήμα 24 ο παρατηρητής βρίσκεται με μέτωπο προς Πύργο.

Σχήμα 27 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Παρατηρητής με μέτωπο πρός Πύργο. Απόσταση του κεκλιμμένου ορθοστάτη (άνω) από τον πυλώνα ηλεκτροφωτισμού 56,55 μ.

Σχήμα 28 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Παρατηρητής με μέτωπο πρός Πύργο. Απόσταση του κεκλιμμένου ορθοστάτη (άνω) από τον πυλώνα ηλεκτροφωτισμού 56,55 μ.

Στα Σχήματα 26 και 27 διακρίνεται χρώμα του SUZUKI SX 4x4 επί του μεταλλικού στηθαίου, κάλυμμα οπίσθιου φανού επί του κεκλιμένου ορθοστάτη, κάλυμμα εξωτερικού κατόπτρου, δοκός οροφής αλουμινίου, γκρι πλαστικό στοιχείο της εσωτερικής διακόσμησης παρά τον οπίσθιο ανεμοθώρακα του SUZUKI SX 4x4 και το σημείο σύγκρουσης επί του οδοστρώματος. Στο Σχήμα 25, ο παρατηρητής βρίσκεται με μέτωπο προς Πάτρα.

Σχήμα 29 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Παρατηρητής με μέτωπο πρός Πάτρα.

Σχήμα 30 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος.

Στα Σχήματα 28, 29 και 30 φαίνεται η σκηνή του ατυχήματος και το σημείο πρόσκρουσης του SUZUKI SX 4x4 επί του μεταλλικού στηθαίου. Διακρίνεται το κάλυμμα του Πίνακα οργάνων του HYUNDAI ATOS και εξέχων μεταλλικός ορθοστάτης κεκλιμένος στο έδαφος.

Σχήμα 31 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος.

Σχήμα 32 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος.

Σχήμα 33 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος.

Στο Σχήμα 31 φαίνεται το σημείο σύγκρουσης που απέχει 9,70 μ. από τον κεκλιμένο ορθοστάτη που φαίνεται στα Σχήματα 27-30 και επί της διαχωριστικής γραμμής της ΛΕΑ. Επί του οδοστρώματος διακρίνονται δύο ομάδες ιχνών λιπαντικών που αποτυπώνουν τις τελικές θέσεις των δύο οχημάτων επί του οδοστρώματος της ΝΕΟ Πατρών – Πύργου όπως περιγράφεται και στο Σκαρίφημα της Τροχαίας (Σχήματα 32-33).

Σχήμα 34 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το HYUNDAI ATOS, στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Απόσταση από τον κεκλιμμένο ορθοστάτη 9,70 μ

Σχήμα 35 Η σκηνή του ατυχήματος στη Χ.Θ. 34,200 της Ν.Ε.Ο. Πατρών-Πύργου, το σημείο σύγκρουσης του SUZUKI SX 4x4 με το μεταλλικό στηθαίο στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα – Πύργος. Παρατηρητής με μέτωπο πρός Πάτρα.

Σχήμα 36 Δύο ομάδες ιχνών λιπαντικών επί του οδοστρώματος που αντιστοιχούν στις τελικές θέσεις των δύο οχημάτων επί του οδοστρώματος της ΝΕΟ Πατρών – Πύργου, Χ.Θ. 34,200.

2.2 ΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΜΠΛΕΚΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΤΡΟΧΑΙΟ ΑΤΥΧΗΜΑ

2.2.1 . Suzuki SX4 IXE 2006-2012

Το επιβατικό όχημα τύπου Suzuki Vitara SX4 1.6 5-θυρο παραγωγής 2006-2012 φαίνεται στο Σχήμα 34 [14]. Στο Σχήμα 34 φαίνεται σκαρίφημα του οχήματος και οι γενικές διαστάσεις του Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος που εμπλέκεται στο τροχαίο ατύχημα περιγράφονται στη συνέχεια. Το Suzuki SX4 IXE έτους κατασκευής 2008, χρώματος μπλέ μεταλλικού, που εμπλέκεται στο ατύχημα που εξετάζεται, είναι καταλυτικής τεχνολογίας, διαθέτει σύστημα αντιεμπλοκής των τροχών κατά την πέδηση, είναι εφοδιασμένο με σύστημα προστασίας των επιβατών κατά τη σύγκρουση, προεντατήρες ζωνών ασφαλείας, πλευρικές δοκούς προστασίας και αερόσακους.

Σχήμα 37 Suzuki SX4 1.6 5-door 2006-2012, Γενικές διαστάσεις - 4140x1755x1650 χιλ., μεταξόνιο 2500 χιλ. [14]

Εργοστάσιο κατασκευής: Suzuki

Παραγωγή: 2006-2012

Τύπος: SX4 1.6 μικρό ελευθέρου χρόνου 5-θυρών

Κινητήρας: 1.6 L 16V (107HP-79 kW/5600 RPM, 147 Nm/4000 RPM)

Κιβώτιο ταχυτήτων: Χειροκίνητο 5 σχέσεων

Αερόσακοι: πλευρικοί και μετωπικοί

Διαστάσεις (ΜήκοςxΠλάτος x Ύψος): 4140x1755x1605 χιλ.

Μεταξόνιο: 2500 χιλ.

Μετατρόχιο εμπρός: - χιλ. πίσω: - χιλ.

Διάμετρος κύκλου στροφής: 10,80 μ.

Ελαστικά: 205/60-R16

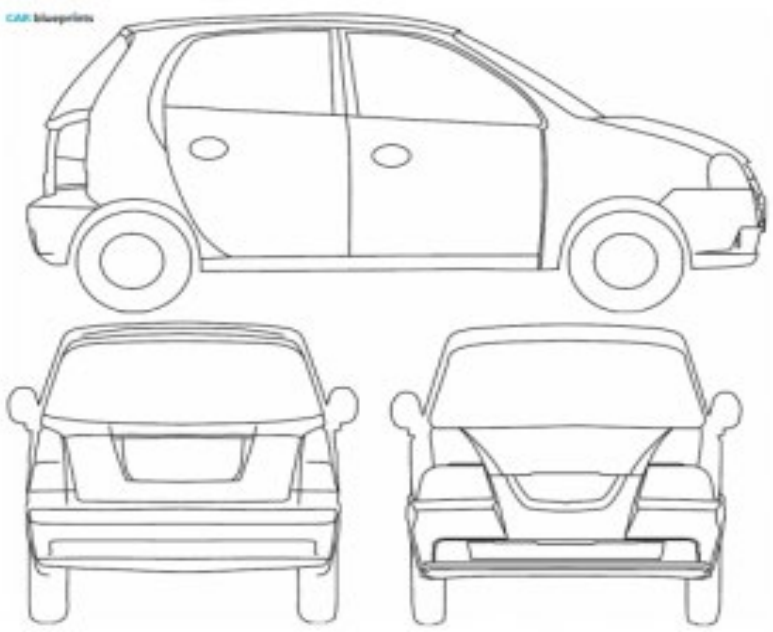
Τελική ταχύτητα: 170 km/h (106 μαω)

Επιτάχυνση 0-100 km/h (60 μαω): 11,8 s Μάζα: 1265 Kg

Πέδηση: ABS

2.2.2. Hyundai Atos 5-door 2001-2012

Το επιβατικό όχημα τύπου Hyundai Atos 1.0 5-door παραγωγής 2001-2012 φαίνεται στο Σχήμα 35 [14]. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος που εμπλέκεται στο τροχαίο ατύχημα ακολουθούν στη συνέχεια.



Σχήμα 38 Hyundai Atos 1.0 5-door παραγωγής 2001-2012. Γενικές διαστάσεις - 3500x1500x1621 χιλ., μεταξόνιο 2380 χιλ. [14]

Εργοστάσιο κατασκευής : Hyundai

Παραγωγή: 2000-2012 (2001)

Τύπος: ATOS 1.0 μικρό 5-θυρών

Κινητήρας: 1.0 L (55HP-40 kW/5500 RPM, 82 Nm/3100 RPM)

Κιβώτιο ταχυτήτων: Χειροκίνητο 5 σχέσεων

Αερόσακοι: μετωπικοί

Διαστάσεις (ΜήκοςxΠλάτος x Ύψος): 3500x1500x1621 χιλ.

Μεταξόνιο: 2380 χιλ.

Μετατρόχιο εμπρός: 1341 χιλ. πίσω: 1341 χιλ.

Διάμετρος κύκλου στροφής: 10,80 μ.

Ελαστικά: 155/70-TR13

Τελική ταχύτητα: 142 km/h (92 μαω)

Επιτάχυνση 0-100 km/h (60 μαω): 15,1 s Μάζα: 785 Kg

Πέδηση: Δίσκοι εμπρός – ταμπούρα πίσω.

2.2.3 ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ SUZUKI SX4

Στα Σχήματα που ακολουθούν φαίνονται οι βλάβες του SUZUKI SX4 IXE. Από την πρώτη παρατήρηση οι βλάβες και οι παραμορφώσεις καταδεικνύουν ανατροπή και μετωπική σύγκρουση. Στο Σχήμα 36 φαίνεται σε κάτοψη η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά του οχήματος. Στο Σχήμα 37 φαίνεται η μετωπική επιφάνεια σύγκρουσης του SUZUKI SX4 με το Hyundai Atos. Το πλάτος της επιφάνειας σύγκρουσης με το Hyundai Atos μετρήθηκε 1150 χιλ. Η σύγκρουση των δύο οχημάτων έγινε στο ρεύμα κυκλοφορίας Πάτρα-Πύργος παρά τη Λ.Ε.Α. και ενώ το SUZUKI SX4 βρισκόταν υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονα της οδού και με κατεύθυνση Πύργος-Πάτρα (Σχήματα 37 - 39). Το μεταξόνιο μετρήθηκε 2380 χιλ. αριστερά και 2550 χιλ. δεξιά. Σημειώθηκε υποχώρηση του μεταξονίου 170 χιλ. αριστερά και καμιά

υποχώρηση δεξιά. Το μήκος του αυτοκινήτου μετρήθηκε 3500 χιλ. αριστερά και 3480 χιλ. δεξιά. Σημειώθηκε μείωση του μήκους οχήματος 640 χιλ. αριστερά και 642 χιλ. δεξιά.

Σχήμα 39 Suzuki SX4 η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά και η επιφάνεια σύγκρουσης με το Hyundai Atos.

Σχήμα 40 Suzuki SX4 η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά και πλάτος επιφάνειας σύγκρουσης με το Hyundai Atos 1000 χιλ.

Σχήμα 41 Suzuki SX4 η εμπρόσθια αριστερή πλευρά του προφυλακτήρα και αποτύπωμα της πινακίδας του Hyundai Atos P-940 (ανάστροφα) από τα ψηφία AXP9407. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονά του.

Σχήμα 42 Suzuki SX4 η εμπρόσθια αριστερή πλευρά του προφυλακτήρα και αποτύπωμα της πινακίδας του Hyundai Atos P-940 (ανάστροφα) από τα ψηφία AXP9407.

Σχήμα 43 Suzuki SX4 εμπρόσθιος αριστερός τροχός και κίτρινο χρώμα από τη σύγκρουση με το Hyundai Atos.

Σχήμα 44 Suzuki SX4 αριστερή και οπίσθια πλευρά, πρώτη επαφή με το μεταλλικό προστστευτικό στηθαίο στο ύψος του οπίσθιου προφυλακτήρα πρίν την ανατροπή.

Σχήμα 45 Suzuki SX4 αριστερή και οπίσθια πλευρά, σύγκρουση με το μεταλλικό προστστευτικό στηθαίο στην οροφή και την οπίσθια αριστερή γωνία του αμαξώματος μετά την ανατροπή.

Σχήμα 46 Suzuki SX4 αριστερός οπίσθιος εφεδρικός τροχός.

Σχήμα 47 Suzuki SX4 αριστερός οπίσθιος εφεδρικός τροχός. Μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτης 80 χλμ./ώρα.

Σχήμα 48 Suzuki SX4 οπίσθιος προφυλακτήρας αριστερά. Πρώτη επαφή με το μεταλλικό στηθαίο.

Σχήμα 49 Suzuki SX4 η οπίσθια και δεξιά πλευρά και η επιφάνεια σύγκρουσης με το μεταλλικό στηθαίο άνω αριστερά μετά την ανατροπή.

Σχήμα 50 Suzuki SX4 η οπίσθια δεξιά πλευρά και παραμορφώσεις από την επαφή με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή.

Σχήμα 51 Suzuki SX4 η δεξιά πλευρά και ίχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή.

Σχήμα 52 Suzuki SX4 η δεξιά πλευρά και ίχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή.

Σχήμα 53 Suzuki SX4 η δεξιά δοκός-Α ο εμπρόσθιος ανεμοθώραξ και ίχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή. Ανατροπή περί το διαμήκη άξονα του αμαξώματος.

Σχήμα 54 . Suzuki SX4 κάλυμα κινητήρα και εμπρόσθιου τροχού στη δεξιά πλευρά. Ιχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή.

Σχήμα 55 . Suzuki SX4 εμπρόσθιος δεξιός τροχός και ίχνη επαφής με το οδόστρωμα κατά την ανατροπή.

Σχήμα 56 Suzuki SX4 θέση οδηγού ενεργοποίηση αερόσακων και εφαρμογή της ζώνης ασφαλείας πρίν τη σύγκρουση.

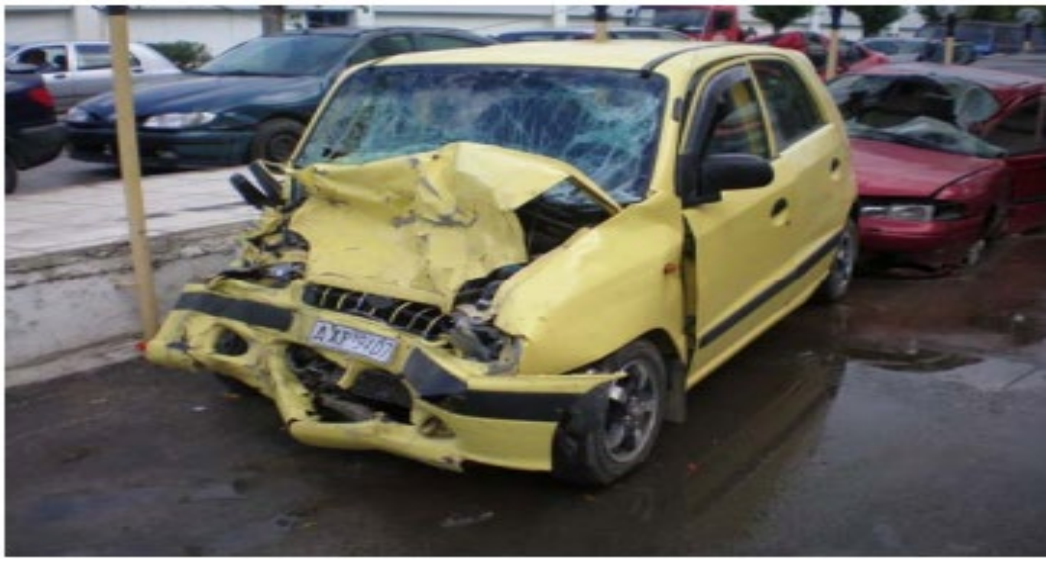
Σχήμα 57 Suzuki SX4 πίναξ οργάνων, ένδειξη ταχύτητας 108 χλμ./ώρα.

Οι τύποι ελαστικών και οι αντίστοιχες πιέσεις που μετρήθηκαν αναφέρονται στη συνέχεια ως: εμπρός αριστερά – GOODYEAR 205 60 16 υπέστη πλήρη καταστροφή κατά τη σύγκρουση, εμπρός δεξιά – GOODYEAR 205 60 16, κατασκευή 47η εβδομάδα 2008 σε καλή κατάσταση, πίεση 27 psi, πίσω αριστερά – εφεδρικός τροχός, φθαρμένο πέλμα στο κέντρο, χαμηλή πίεση 18 psi, πίσω δεξιά – MICHELIN ENERGY 205 60 16, κατασκευή 37η εβδομάδα 2010, φθαρμένο, πίεση 39 30 psi. Διαπιστώνεται εφαρμογή διαφορετικών ελαστικών στον οπίσθιο άξονα. Από την εξέταση του SUZUKI SX4 που περιγράφεται στα Σχήματα 36-44, διακρίνονται τέσσερις φάσεις εξέλιξης της πορείας του μετά την εκτροπή προς το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας: 1. επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο (Σχήματα 20-23), 2. ανατροπή κατά το διαμήκη άξονα του οχήματος μήκους διαδρομής 13,40 μ. (Σχήματα 22-23), 3. πρόσκρουση της οροφής επί του μεταλλικού στηθαίου (Σχήματα 24-30), 4. επαναφορά των τροχών στο έδαφος και κίνηση υπό γωνία 45ο προς το επερχόμενο Hyundai Atos και σύγκρουση των δύο οχημάτων (Σχήμα 2). Οι διατάξεις προστασίας επιβατών του SUZUKI SX4 λειτούργησαν επιτυχώς. Στον πίνακα οργάνων η ένδειξη ταχυμέτρου βρέθηκε στα 110 χιλιόμετρα/ώρα (Σχήμα 54). Το όχημα ανυψώθηκε και ελέγχθηκε ο οπίσθιος άξονας. Δεν διαπιστώθηκε εμπλοκή των τροχών του οπίσθιου άξονα και του διαφορικού μηχανισμού που φέρει λόγω της τετρακίνησης. Οι οπίσθιοι τροχοί περιστρέφονταν κανονικά. Ο έλεγχος έγινε για να αποκλεισθεί βλάβη του διαφορικού λόγω υπερθέρμανσης εκ της διαφοράς διαμέτρου των οπίσθιων τροχών λόγω της εφαρμογής του εφεδρικού τροχού πίσω αριστερά. Η μετρηθείσα διαφορά διαμέτρου των οπίσθιων τροχών ήταν 15 χιλιοστά του μέτρου, σημαντική αιτία υπερθέρμανσης του μηχανισμού από τη συνεχή λειτουργία του διαφορικού.

2.2.4 ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ HYUNDAI ATOS ΕΙΧ

Το μεταξόνιο του Hyundai Atos μετρήθηκε αριστερά 2340 χιλ. και δεξιά 1950 χιλ. Σημειώθηκε υποχώρηση του μεταξονίου 40 χιλ. αριστερά και 430 χιλ. δεξιά. Το μήκος του Hyundai Atos μετρήθηκε 3200 χιλ. αριστερά και 2550 χιλ. δεξιά. Σημειώθηκε μείωση του μήκους οχήματος 300 χιλ. αριστερά και 950 χιλ. δεξιά.

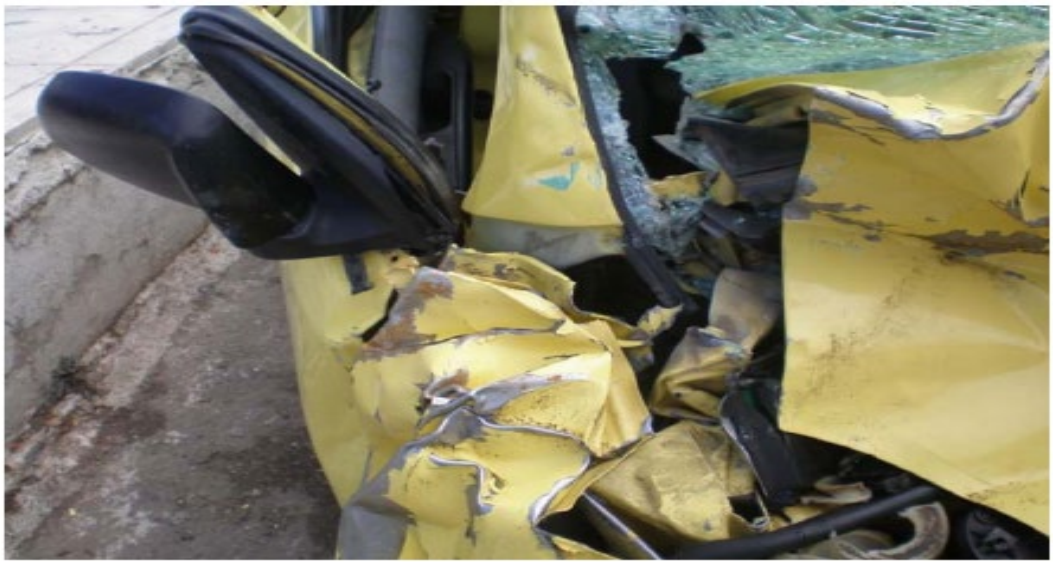
Σχήμα 58 Hyundai Atos η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονα του Hyundai Atos.



Σχήμα 59 Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονα του Hyundai Atos.

Σχήμα 60 Hyundai Atos ΑΧΡ-9407 η εμπρόσθια και δεξιά πλευρά. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονα του Hyundai Atos.

Σχήμα 61 Hyundai Atos AXP-9407 η εμπρόσθια και αριστερή πλευρά. Σύγκρουση υπό γωνία 45ο ως προς το διαμήκη άξονα του Hyundai Atos.



Σχήμα 62 Hyundai Atos AXP-9407 η εμπρόσθια δεξιά πλευρά. Προοδευτική υποχώρηση κατά την έξέλιξη της σύγκρουσης.

Σχήμα 63 . Hyundai Atos AXP-9407 η εμπρόσθια και δεξιά πλευρά.

Σχήμα 64 Hyundai Atos AXP-9407 η εμπρόσθια δεξιά πλευρά.

Σχήμα 65 Hyundai Atos AXP-9407 η οπίσθια δεξιά πλευρά. Παραμόρφωση της διαμήκους δοκού κάτω από την οπίσθια δεξιά θύρα.

Σχήμα 66 Hyundai Atos AXP-9407 η οπίσθια και δεξιά πλευρά.

Στα Σχήματα 64 και 65 φαίνονται τα ελαστικά του Hyundai Atos. Τα ελαστικά εμπρός αριστερά, εμπρός δεξιά και πίσω αριστερά ήταν τύπου petlas elegant, εβδομάδα κατασκευής 45/2012 και Dunlop πίσω δεξιά. η διάστασή τους ήταν 155/70/13, όπως προβλέπεται από τον κατασκευαστή του οχήματος. Η πίεση των ελαστικών μετρήθηκε μεταξύ 22 psi και 30 psi στα τρία ελαστικά που διέθεταν πίεση μετά τη σύγκρουση. Τα ελαστικά βρέθηκαν σε κακή κατάσταση, παρουσίαζαν σημαντικές πλευρικές φθορές. Στο πέλμα των ελαστικών οι αυλακώσεις ήταν ορατές αλλά η φθορά σημαντική. Στον οπίσθιο άξονα του Hyundai Atos εφαρμόζονται ελαστικά διαφορετικών κατασκευαστών.

Σχήμα 67 . Hyundai Atos AXP-9407 ελαστικό εμπρός αριστερά εβδομάδα παραγωγής 45/2012.

Σχήμα 68 Hyundai Atos AXP-9407 ελαστικό πίσω δεξιά.

Στα Σχήματα 66 και 67 φαίνεται ο θάλαμος επιβατών και η θέση του οδηγού. Εντός του θαλάμου επιβατών βρέθηκε υπόδημα τύπου εμβαδίου No 44 DENIM. Αν το έφερε ο οδηγός δεν ήταν ο ενδεδειγμένος τύπος υποδήματος ώστε να εγγυάται συνθήκες ασφαλούς οδηγήσεως και έγκαιρης πέδησης.

Σχήμα 69 Hyundai Atos AXP-9407 θέση οδηγού, ενεργοποίηση αερόσακου και εφαρμογή της ζώνης ασφαλείας πρίν τη σύγκρουση.

Σχήμα 70 Hyundai Atos AXP-9407 θέση συνοδηγού, περιορισμός του διαθέσιμου χώρου λόγω της σύγκρουσης.

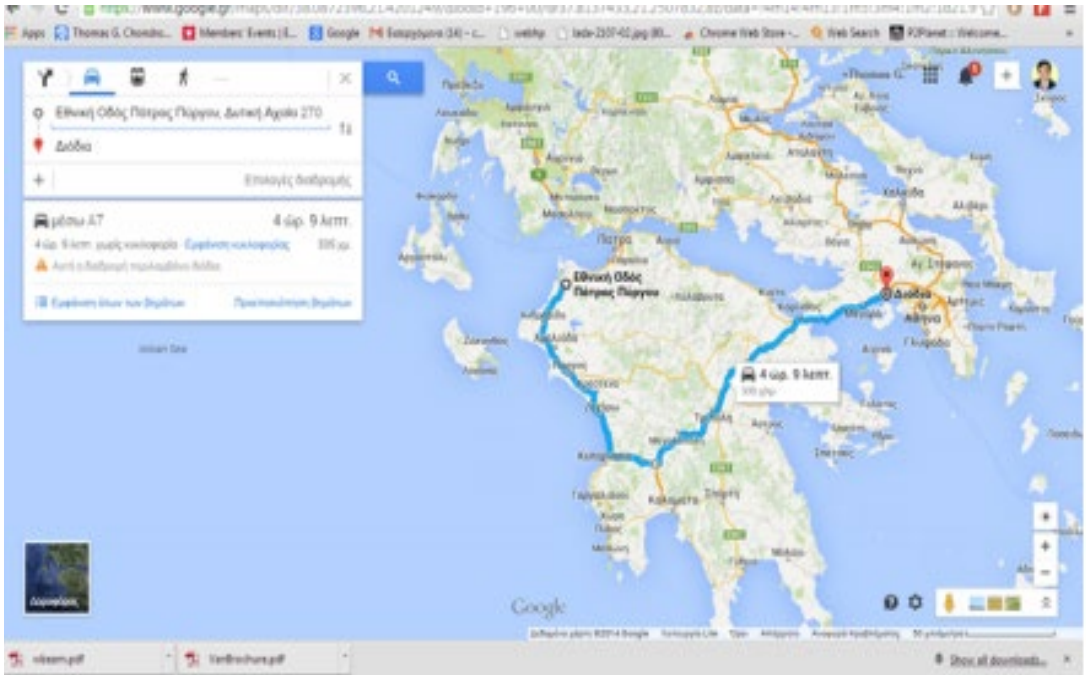
Σχήμα 71 Hyundai Atos AXP-9407 θέση οδηγού, ο πίναξ οργάνων.

3.0 ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

3.1 Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΛΕΥΣΙΝΑ ΣΤΗ ΣΚΗΝΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

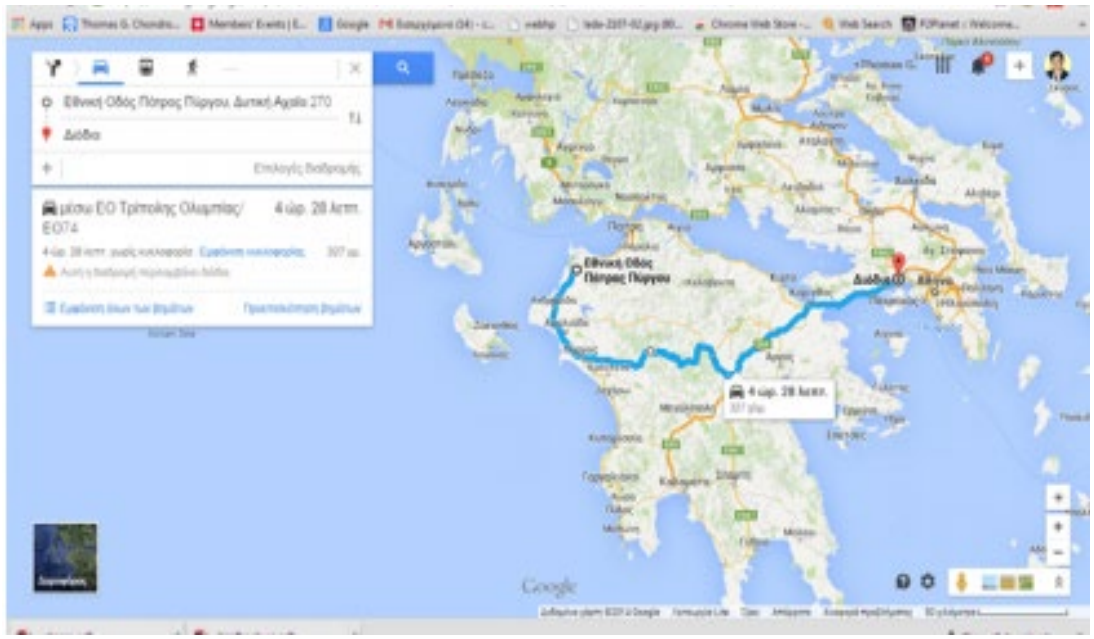
Η σκηνή του ατυχήματος περιγράφεται στα Σχήματα 1 έως 33. Το ZAB 2950 SUZUKI SX4 4x4 την ημέρα του ατυχήματος 31/8/2014 διήλθε από τα διόδια Ελευσίνας στις 16.32, από τα διόδια Ισθμού προς Κόρινθο στις 16.58, από το σταθμό διοδίων Σπαθοβουνίου στις 17.13 και από το σταθμό διοδίων Νεστάνης στις 18.25. Η απόσταση από τα διόδια Ελευσίνας είναι 135 χιλιόμετρα και ο χρόνος που περιγράφεται στην αντίστοιχη διαδικτυακή εφαρμογή είναι 2 ώρες που σημαίνει ότι το SUZUKI SX4 κινείται με κανονική ταχύτητα για τη διαδρομή που εξετάζεται μεταξύ των διοδίων Ελευσίνας-Νεστάνης. Στις 21.05 το ZAB 2950 SUZUKI SX4 βρίσκεται στο σημείο του ατυχήματος 35 χιλιόμετρα από την Πάτρα. Για τη διαδρομή από τα

διόδια Ελευσίνας μέχρι το σημείο του ατυχήματος υπάρχουν τρείς εναλλακτικές διαδρομές που φαίνονται στη συνέχεια. Ο μικρότερος χρόνος απαιτείται για τη διαδρομή μετά τη Νεστάνη προς Λεβίδι-ΔάφνηΛαμπεία-Απιδεώνα, συνολικής απόστασης 286 χλμ. και διάρκειας ταξιδιού 3 ώρες και 49 λεπτά.

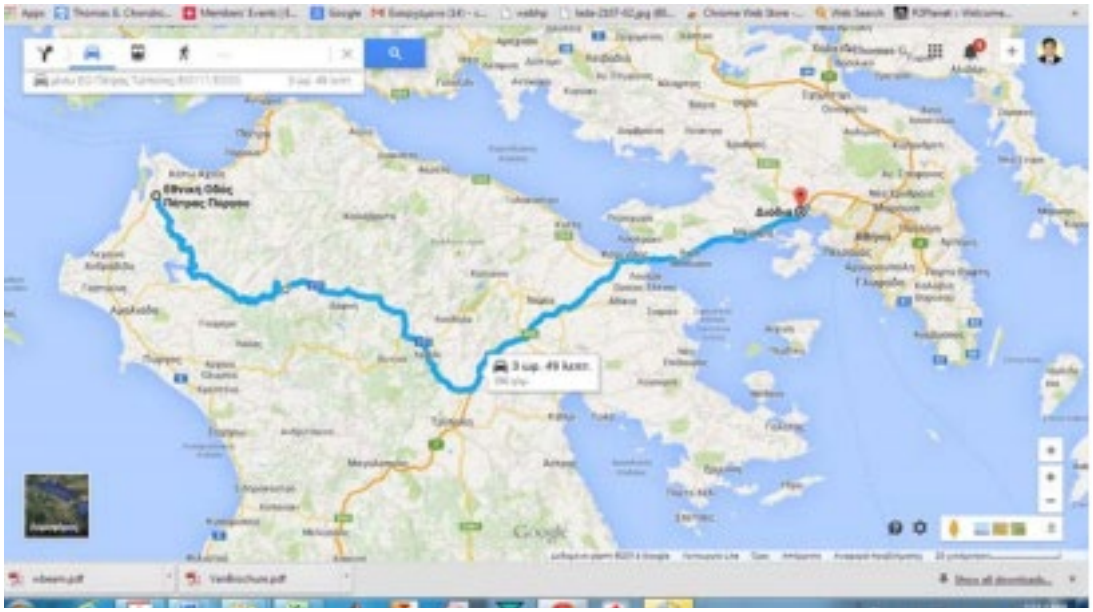


Σχήμα 72 Τριπολη Μεγαλοπολη Κυπαρισσια, 343 χλμ., προβλεπόμενος χρόνος 4 ώρες και 30 λεπτά.

Οι άλλες διαδρομές αποστάσεων 327 και 343 χλμ. απαιτούν διάρκεια ταξιδιού 4 ώρες και 30 λεπτά. Επομένως το Suzuki sx4 διανύει από τη Νεστάνη μέχρι το σημείο του ατυχήματος από 150 έως 190 χιλιόμετρα σε 2 ώρες και 30 λεπτά περίπου και αντιστοιχεί σε οδήγηση με κανονική έως και χαμηλή ταχύτητα.



Σχήμα 73 Νεστανη - Λεβιδι - Αρχ Ολυμπία, 327 χλμ., προβλεπόμενος χρόνος 4 ώρες 28 λεπτά.



Σχήμα 74 Μετά τη Νεστάνη απο Ε65 προς Λεβίδι Δάφνη Λαμπεια Απιδεώνα 286 χλμ., προβλεπόμενος χρόνος 3 ώρες 49 λεπτα.

Η οδηγός του SUZUKI SX4 4x4 είχε διανύσει πριν το ατύχημα 280- 340 χιλιόμετρα από το σταθμό διοδίων Ελευσίνας σε 4 ώρες και 30 λεπτά που θεωρείται κανονικός χρόνος για τη διαδρομή όπως αναλύθηκε ανωτέρω.

3.2 Η ΣΚΗΝΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Στην πορεία από Πύργο προς Πάτρα και στη ΧΘ 34,200 στη Ν.Ε.Ο. Πατρών – Πύργου έχασε τον έλεγχο του οχήματος και βρέθηκε με το οπίσθιο αριστερό μέρος του προφυλακτήρα επί της πλευρικής προστατευτικής δοκού στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Στα Σχήματα 72 και 73 φαίνεται η επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα του SUZUKI SX4 με το μεταλλικό στηθαίο και το αντίστοιχο τεμάχιο του προφυλακτήρα επί του στηθαίου σε ύψος 350 χιλ. από το οδόστρωμα. Στα Σχήματα 74 και 75 φαίνονται σημεία εμπλοκής του ανώτερου μέρους του οπίσθιου προφυλακτήρα στα στοιχεία του μεταλλικού στηθαίου και σε ύψος 640 χιλ. στο στηθαίο και τον προφυλακτήρα αντίστοιχα.

Σχήμα 75 Επαφή με το μεταλλικό στηθαίο, ύψος στο σημείο πρώτης επαφής, ύψος 350 χιλ.

Σχήμα 76 Suzuki SX4 Επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο, ύψος στο σημείο πρώτης επαφής 350 χιλ.

Σχήμα 77 Επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο, ύψος στο σημείο επαφής 640 χιλ.

Σχήμα 78 Suzuki SX4, επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο, ύψος στο σημείο επαφής 640 χιλ.

Στα Σχήματα 76 και 77 φαίνονται στοιχεία εμπλοκής του μέρους του οπίσθιου προφυλακτήρα στα στοιχεία του μεταλλικού στηθαίου

Σχήμα 79 Επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο.

Σχήμα 80 Επαφή του οπίσθιου προφυλακτήρα με το μεταλλικό στηθαίο.

Στα Σχήματα 78 και 79-80 φαίνεται πως οι εσωτερικές μεταλλικές δοκοί του οπίσθιου προφυλακτήρα αγκιστρώθηκαν στα επάλληλα στοιχεία του μεταλλικού στηθαίου στα σημεία σύνδεσης. Η αγκίστρωση του οπίσθιου προφυλακτήρα στο μεταλλικό στηθαίο προκάλεσε την

απαρχή ανατροπής του SUZUKI SX4. Το SUZUKI SX4 ανατρέπεται με μέτωπο την αριστερή πλευρά του. Η ανατροπή γίνεται προ του μεταλλικού στηθαίου σε μήκος 13,40 μ. στο οποίο δεν υπάρχουν ίχνη επαφής. Το SUZUKI περιστρέφεται περί το διαμήκη άξονά του υπό γωνία προς τον άξονα της οδού ολοκληρώνοντας μια πλήρη περιστροφή, συγκρούεται με την οπίσθια αριστερή πλευρά της οροφής με το μεταλλικό στηθαίο (Σχήματα 81-79). Στη συνέχεια επανέρχεται στο53 οδόστρωμα επί των τροχών του με μέτωπο προς την κατεύθυνση Πύργος-Πάτρα και υπό γωνία 45 μοιρών (Σχήμα 80)

Σχήμα 81 Suzuki SX4, αγκίστρωση του οπίσθιου προφυλακτήρα στο μεταλλικό στηθαίο.

Σχήμα 82 Αγκίστρωση του οπίσθιου σωληνωτού προφυλακτήρα στο μεταλλικό στηθαίο.

Σχήμα 83 Suzuki SX4, αγκίστρωση του οπίσθιου σωληνωτού προφυλακτήρα στο μεταλλικό στηθαίο και έναρξη ανατροπής.

Σχήμα 84 Suzuki SX4, σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό στηθαίο και έναρξη ανατροπής.

Σχήμα 85 Suzuki SX4, σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό στηθαίο και υποχώρηση 250 χιλ.

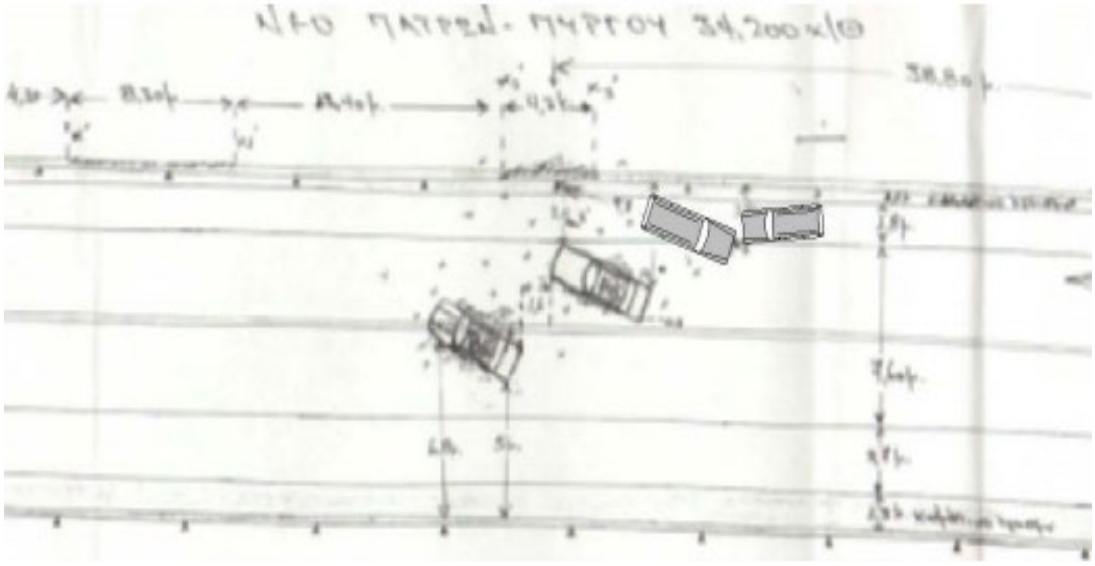
Σχήμα 86 Suzuki SX4, σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό στηθαίο, πλάτος ιχνών ιχνών μεταλλικού στηθαίου 200 χιλ.

Σχήμα 87 Suzuki SX4, σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό ορθοστάτη (Σχ. 81), η οροφή στο έδαφος και οι τροχοί στον αέρα.

Το επερχόμενο ATOS συγκρούεται πλαγιομετωπικά με το SUZUKI, το περιστρέφει περί τον κατακόρυφο άξονά του και τα δύο οχήματα καταλήγουν μετά τη σύγκρουση όπως φαίνεται στο Σχήμα 85, με μέτωπο την κατεύθυνση Πάτρα-Πύργος στις θέσεις που απεικονίζονται στο Σκαρίφημα της Τροχαίας (Σχήμα 2).

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΣΚΗΝΗ ΤΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Η διερεύνηση του ατυχήματος απαιτεί την εκτίμηση των ταχυτήτων των δύο οχημάτων κατά την εξέλιξη των διαφόρων φάσεων του ατυχήματος. Για την ανάλυση θα εξετασθούν: 1. η κρίσιμη ταχύτητα εισόδου του Suzuki SX4 για την εκτέλεση ομοιόμορφης καμπύλης τροχιάς πριν την απώλεια ελέγχου, 2. οι παραμορφώσεις οροφής του Suzuki SX4 για να υπολογισθεί η ισοδύναμη ταχύτητα σύγκρουσης επί του μεταλλικού στηθαίου, 3. η ταχύτητα για την έναρξη ανατροπής του Suzuki SX4, 4. η ολίσθηση του Suzuki SX4 επί του μεταλλικού στηθαίου για τον υπολογισμό της ταχύτητας κατά την απώλεια ελέγχου, 5. οι παραμορφώσεις του Hyundai Atos ώστε να υπολογισθεί η ισοδύναμη ταχύτητα σύγκρουσης, 6. η κινητική ενέργεια την οποία έλαβε το SUZUKI SX4 από το HYUNDAI ATOS για να περιστραφεί περί κατακόρυφο άξονα, 7. η ολίσθηση του SUZUKI SX4 μέχρι τη θέση ανάπαυσης και 8. η ολίσθηση του Hyundai Atos μέχρι την τελική θέση ανάπαυσης.



Σχήμα 88 Μετωπική σύγκρουση και οι τελικές θέσεις των δύο οχημάτων.

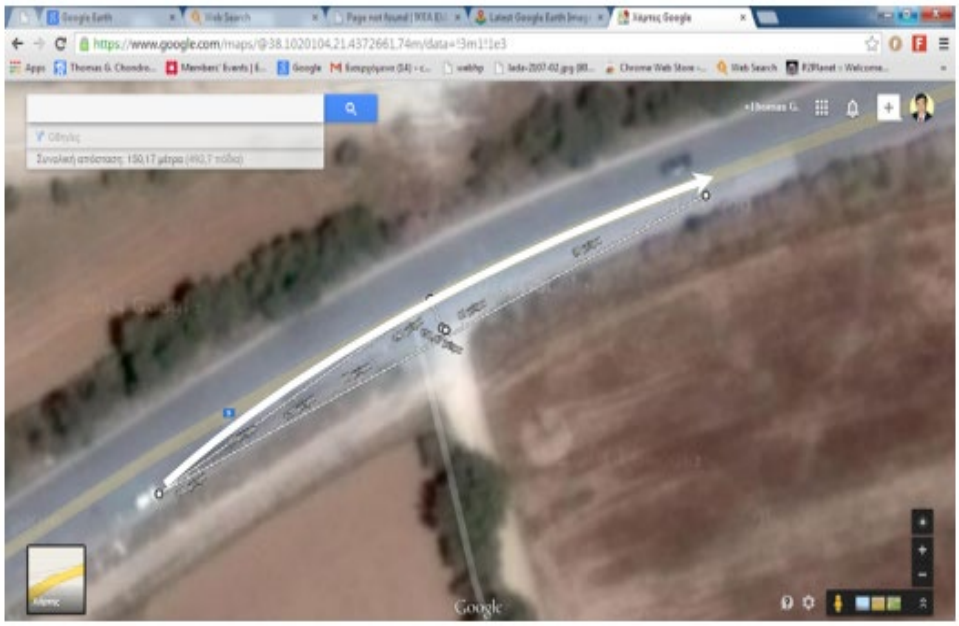
3.3.1 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΕ ΚΑΜΠΥΛΗ ΤΡΟΧΙΑ

Στο τόξο διέλευσης που σημειώνεται στο Σχήμα 86 και αντιστοιχεί στην τροχιά του Suzuki SX4 πριν την απώλεια ελέγχου η ακτίνα καμπυλότητας κυμαίνεται από 84 έως 112 μ. Ο υπολογισμός της ακτίνας καμπυλότητας της οδού γίνεται από το μήκος χορδής τόξου c και το ύψος χορδής-μέσου τόξου h ως $\boldsymbol{R = \frac{C^2}{8h} + \frac{h}{2}}$ [5]

Η επιτυχής διέλευση από τη συγκεκριμένη στροφή χωρίς κίνδυνο πλάγιας ολίσθησης, προϋποθέτει ταχύτητα εισόδου που εξασφαλίζει ότι η πλευρικές δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω της φυγόκεντρης δύναμης αντισταθμίζονται από τις δυνάμεις τριβής των ελαστικών. Η κινηματική εξίσωση για τον υπολογισμό της κρίσιμης ταχύτητας του κέντρου βάρους οχήματος κατά την εκτέλεση ομοιόμορφης καμπύλης τροχιάς σε τόξο ακτίνας R υπολογίζεται ως [5]:

$$\boldsymbol{V = \sqrt{R\mu g}} \quad (1)$$

όπου R η ακτίνα του τόξου κυκλικής τροχιάς, μ ο συντελεστής τριβής ελαστικού-οδοστρώματος και g επιτάχυνση της βαρύτητας. Από την επίλυση της Εξίσωσης (1) η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα V για ακτίνες καμπυλότητας των ανωτέρω εκδοχών διέλευσης της στροφής υπολογίζεται ως 84-114 χλμ./ώρα. Στο σημείο πριν την πλαγιολίσθηση φαίνεται ότι το SUZUKI διέρχεται από σημείο της οδού με διαφορετικό συντελεστή τριβής που ήταν κρίσιμο για την έναρξη πλαγιολίσθησης και απώλειας ελέγχου. (Σχήμα 87). Στο Σχήμα 88 φαίνεται ότι κατά τη φάση πρόσκρουσης της οροφής επί του μεταλλικού στηθαίου ακολουθεί η επαναφορά του SUZUKI σε θέση με τους τροχούς στο έδαφος. Στο Σχήμα 88 διακρίνεται καθαρά η περιστροφική κίνηση του SUZUKI προς την θέση με τους τροχούς στο οδόστρωμα.



Σχήμα 89 Αναπαράσταση του ελιγμού στροφής πριν την απώλεια ελέγχου του Suzuki.

Σχήμα 90 Η στροφή πριν την απώλεια ελέγχου του Suzuki και η εναλλαγη του συντελεστή τριβής.

Στο σημείο πριν την πλαγιολίσθηση φαίνεται ότι το SUZUKI διέρχεται από σημείο της οδού με διαφορετικό συντελεστή τριβής που ήταν κρίσιμο για την έναρξη πλαγιολίσθησης και απώλειας ελέγχου (Σχήμα 87). Στο Σχήμα 88 φαίνεται το σημείο σύγκρουσης της οροφής στο μεταλλικό στηθαίο και έναρξη περιστροφής προς τη θέση με τροχούς στο οδόστρωμα πριν τη σύγκρουση (Σχήμα 85).

Σχήμα 91 Σύγκρουση της οροφής στο μεταλλικό στηθαίο και έναρξη περιστροφής προς τη θέση με τροχούς στο οδόστρωμα πριν τη σύγκρουση .

3.3.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΕΠΙ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΤΗΘΑΙΟΥ

Σύμφωνα με υπολογιστικές προσομοιώσεις και πειραματικές δοκιμές η απορροφούμενη ενέργεια για τις παραμορφώσεις της οροφής επιβατικών αυτοκινήτων κατά την ανατροπή υπολογίζεται ως [15] $\boldsymbol{E = \int_{\Phi O}^{\Phi 1} M(\varphi) d\varphi}$ (2) , όπου Μ είναι η ροπή της πειραματικής πλάκας φόρτισης που εφαρμόζεται επί της οροφής του επιβατικού αυτοκινήτου και φ η γωνία περιστροφής της πλάκας φόρτισης. Από τα αριθμητικά και πειραματικά αποτελέσματα για παραμόρφωση οροφής 250 χιλ. προκύπτει ενέργεια παραμόρφωσης 5500 J.

3.3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΕΠΙ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΤΗΘΑΙΟΥ

Η ενέργεια τριβής που αναλώνεται κατά την ολίσθηση του SUZUKI SX4 4x4 επί του μεταλλικού στηθαίου υπολογίζεται ως [5-8]

$Es_1 = f\ (M_B)\ g\ L_S$ (3) όπου f=0,55 ο κινηματικός συντελεστής τριβής του πλαστικού προφυλακτήρα επί του μεταλλικού στηθαίου M_B=1340 Kg, η μάζα του οχήματος και της οδηγού, L_S = 12,50m, η απόσταση ολίσθησης και g=9.81 m/s2 . Η Εξίσωση (3) δίνει την ενέργεια ολίσθησης

$Es_2 = 90374$ *Joule*

3.3.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4

Η ενέργεια τριβής που αναλώνεται κατά την ολίσθηση του SUZUKI SX4 επί του εδάφους μετά την ανατροπή υπολογίζεται από την Εξίσωση (3) ως ανωτέρω. Τιμές του συντελεστή τριβής του οχήματος που ανετράπη κατά τη διάρκεια της κύλισης μετά την ανατροπή βρίσκονται στη βιβλιογραφία και κυμαίνονται από 0,4 έως 0,5. Λαμβάνοντας συντελεστή τριβής 0,50 και απόσταση ολίσθησης κατά την ανατροπή 13,40 μέτρα, M_B=1340 Kg, μάζα του οχήματος και της οδηγού, L_S = 13,40m, η απόσταση ολίσθησης και g=9.81 m/s2 , η Εξίσωση (3) δίνει την ενέργεια ολίσθησης κατά την ανατροπή $Es_3 = 88074$ *Joule*

3.3.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΕΠΙ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΤΗΘΑΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΤΡΟΠΗ

Η ενέργεια τριβής που αναλώνεται κατά την ολίσθηση του SUZUKI SX4 επί του μεταλλικού στηθαίου μετά την ανατροπή υπολογίζεται και πάλι από την Εξίσωση (3). Λαμβάνοντας συντελεστή τριβής του αμαξώματος επί του μεταλλικού στηθαίου 0,40 και απόσταση ολίσθησης μετά την ανατροπή L_S =4,30 μέτρα, M_B=1340 Kg, μάζα του οχήματος και της οδηγού και g=9.81 m/s2 , η Εξίσωση (3) δίνει την ενέργεια ολίσθησης κατά την ανατροπή

Es_4 = 22610 Joule

3.3.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΕΠΙ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΜΕΧΡΙ ΤΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΜΕ ΤΟ HYUNDAI ATOS

Η ενέργεια τριβής που αναλώνεται κατά την ολίσθηση του SUZUKI SX4 επί του οδοστρώματος μετά την επαναφορά του στο οδόστρωμα μετά τον αποχωρισμό του από το μεταλλικό στηθαίο υπολογίζεται και πάλι από την Εξίσωση (3). Λαμβάνοντας συντελεστή τριβής του αμαξώματος επί του οδοστρώματος 0,75 και απόσταση ολίσθησης μετά την ανατροπή L_S =9,70 μέτρα, M_B=1340 Kg, μάζα του οχήματος και της οδηγού και g=9.81 m/s2 , η Εξίσωση (3) δίνει την αντίστοιχη ενέργεια ολίσθησης ως ***Es_5 = 95632 Joule***

3.3.7 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΠΡΟ ΤΗΣ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ

Η αρχική κινητική ενέργεια Ετ του SUZUKI SX4 καταναλώθηκε: για την αρχική ολίσθηση του SUZUKI SX4 επί του μεταλλικού στηθαίου, ενέργεια τριβής που αναλώνεται κατά την ολίσθηση του SUZUKI SX4 επί του εδάφους μετά την ανατροπή, ενέργεια που αναλώνεται κατά την σύγκρουση με το μεταλλικό στηθαίο και για την ολίσθηση του SUZUKI SX4 μέχρι την τελική του θέση στο οδόστρωμα σε απόσταση 9,70 μέτρων από το σημείο σύγκρουσης,. Δηλαδή

$$E_T = Es_1 + Es_2 + Es_3 + Es_4 + Es_5 \quad (4)$$ άρα

$$E_T = 5500 + 90374 + 88074 + 22610 + 95632 \text{ Joule} = 302191 \text{ Joule}$$

Η αρχική ταχύτητα του SUZUKI SX4, υπολογίζεται από τη συνολική κινητική ενέργεια Ετ που διέθετε πριν την επαφή με το μεταλλικό στηθαίο ως $\boldsymbol{V1} = \left(\frac{2E_T}{M}\right)^{1/2}$ (5)

όπου M=1340 Kg. Επομένως η αρχική ταχύτητα υπολογίζεται ως

$$V_1 = 21{,}24 \text{ m/s} = 76{,}46 \text{ χλμ/ώρα}$$

3.3.8 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΤΟΥ HYUNDAI ATOS

Θεωρώντας ότι η ταχύτητα του SUZUKI εκμηδενίσθηκε μετά την ολίσθηση επί του προστατευτικού μεταλλικού στηθαίου και την ανατροπή, θα θεωρηθεί ως ακίνητο εμπόδιο για το επερχόμενο HYUNDAI ATOS. Η ταχύτητα προσέγγισης κατά τη μετωπική σύγκρουση επιβατικού οχήματος με ολόκληρο το πλάτος του επί ημιελαστικού εμποδίου υπολογίζεται από την ακόλουθη εμπειρική εξίσωση [5-6] $\mathbf{v_a}\left(\frac{\mathbf{km}}{\mathbf{h}}\right) = \mathbf{7,41 + 192}\left(\mathbf{C_r}/\mathbf{L_0}\right)^{2/3}$ (5)

όπου Cr η απομένουσα παραμόρφωση και Lo το μήκος του απαραμόρφωτου οχήματος. Εξιδανικεύοντας τα αυτοκίνητα ως στερεά σώματα με ομοιόμορφα κατανεμημένη μάζα, ο λόγος μάζας του παραμένοντος απαραμόρφωτου οχήματος (Mr) ως προς τη συνολική μάζα (Mo) είναι ισοδύναμος με το λόγο μήκους του υπόλοιπου ελαστικά παραμορφούμενου τμήματος του αυτοκινήτου (Le) σε σχέση με το αρχικό μήκος (Lo). Στο όχημα που εξετάζεται, ο λόγος (Mr/Mo) = 0.65 και το συνολικό μήκος του απαραμόρφωτου οχήματος Lo=3,50 μ. Από την Εξίσωση (5) υπολογίζεται η ισοδύναμη ταχύτητα σύγκρουσης του HYUNDAI ATOS σε ημιελαστικό εμπόδιο ως, v_a =28,55 m/s ή v_a = 102 χλμ./ώρα. Η αντίστοιχη κινητική ενέργεια του HYUNDAI ATOS που αναλώθηκε κατά τη σύγκρουση υπολογίζεται ως

$$E_{C1} = 0,5\, M\, v_a^2 \quad (6)$$

όπου M = kg η μάζα του HYUNDAI ATOS και των δύο επιβατών. Επομένως η κινητική ενέργεια του HYUNDAI ATOS κατά τη σύγκρουση υπολογίζεται ως Ec_1 = 319838 Joule

Η ανωτέρω θεώρηση προϋποθέτει ακινητοποίηση του HYUNDAI ATOS με το πέρας της σύγκρουσης. Το HYUNDAI ATOS με το πέρας της σύγκρουσης προκαλεί την περιστροφή του SUZUKI SX4 την ολίσθησή του SUZUKI SX4 επί του οδοστρώματος και την ολίσθησή του HYUNDAI ATOS μέχρι τις τελικές θέσεις τους.

3.3.9 ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ SUZUKI SX4 4x4 ΠΕΡΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΞΟΝΑ ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ

Επειδή για τη φάση περιστροφής του SUZUKI SX4 που ακολουθεί τη σύγκρουση των δύο οχημάτων θα υπολογισθεί η απαιτούμενη κινητική ενέργεια την οποία έλαβε από το HYUNDAI ATOS. Για ένα σώμα που εκτελεί περιστροφική κίνηση, η απαιτούμενη κινητική

ενέργεια είναι [3- 6]: $\boldsymbol{E_R = {}^{1}/_{2}\, I\, \omega^2}$ (7) όπου I η ροπή αδράνειας του σώματος και ω η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής.

Η ροπή αδρανείας I του SUZUKI SX4 4x4 μπορεί να υπολογισθεί με προσεγγιστική μέθοδο [16] ως ακολούθως*: **I = 2.86 M - 1315 kg m²*** όπου M = 1265 kg η μάζα του SUZUKI SX4 και επομένως η ροπή αδρανείας υπολογίζεται ως ***I = 2302 kg m²***

Όμως, ισχύει ότι η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής περί τον κατακόρυφο άξονα [16] είναι*: $\boldsymbol{\omega^2 = {}^{4gf\theta}/_{WB}}$* (8) όπου f = 0.75, συντελεστής τριβής για στεγνό οδόστρωμα, WB = 2,50 μ. μεταξόνιο.

Θεωρώντας γωνία περιστροφής του SUZUKI SX4 4x4 ***θ = 120º ή θ = 2,091 rad***, η Εξ. (8) δίνει ***ω= 4.96 rad/s*** και η ενέργεια που αναλώνεται για την περιστροφή υπολογίζεται από την Εξ. (7) ως: $\boldsymbol{E_R}$ ***= 28390 Joule***

3.3.10 Η ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΤΟΥ SUZUKI SX4 ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ

Το SUZUKI SX4 4x4, μετά την σύγκρουση με το επερχόμενο HYUNDAI ATOS και την περιστροφή του περί κατακόρυφο άξονα ακολουθεί διαγώνιο πορεία μήκους 5 μέτρων μέχρι το σημείο ανάπαυσης όπως φαίνεται στο Σκαρίφημα της Τροχαίας, Σχήμα 2. Η ενέργεια τριβής που αναλώνεται κατά την ολίσθηση του SUZUKI SX4 4x4 επί του οδοστρώματος υπολογίζεται ως [5-8] $\boldsymbol{E_{SS} = f\,(M_B) g\, L_S}$ (9) όπου f=0,75 ο κινηματικός συντελεστής τριβής για στεγνό οδόστρωμα M_B=1340 Kg, η μάζα του οχήματος και της οδηγού, Ls = 5,00 m, η απόσταση ολίσθησης και g=9,81 m/s2 . Η εξίσωση (9) δίνει την ενέργεια ολίσθησης ***Ess = 49295 Joule***

3.3.11 Η ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΤΟΥ HYUNDAI ATOS

Το HYUNDAI ATOS μετά την απεμπλοκή του από το SUZUKI SX4 4x4 έχει υποστεί ζημιές στους εμπρόσθιους τροχούς που ενσφηνώνονται στο αμάξωμα και ακινητοποιούνται. Οι ακινητοποιημένοι τροχοί προκαλούν ελεγχόμενη πέδηση στο HYUNDAI ATOS που ακινητοποιείται σε απόσταση 10 μέτρων από το σημείο σύγκρουσης.

Εάν M_B = 935 Kg η μάζα του HYUNDAI ATOS με `την οδηγό, το έργο που παράγεται κατά την ολίσθησή του υπολογίζεται από την Εξίσωση (9) για απόσταση ολίσθησης L_S = 10 μ. ως $\boldsymbol{Es_H = 68792\ Joule}$

Το έργο που παράγεται κατά την ολίσθηση είναι ίσο με την κινητική ενέργεια που είχε το HYUNDAI ATOS όταν αυτό άρχισε να ολισθαίνει, δηλαδή ισχύει ότι:

$\boldsymbol{f(M_B)g\,L_S = (M_B)\,V_S^2/2}$ (10) όπου Vs η ταχύτητα πριν την έναρξη ολίσθησης του HYUNDAI ATOS.

Η προηγούμενη εξίσωση (10) δίνει: $\boldsymbol{V_S = (2fgL_S)^{1/2}}$ (11)

Ο κινηματικός συντελεστής τριβής για ξηρό οδόστρωμα λαμβάνεται κατά προσέγγιση [3-6] f = 0.80. Επειδή η θεωρούμενη δύναμη τριβής δεν προκύπτει από πέδηση όλων των τροχών αλλά από την ακινητοποίηση των εμπρόσθιων τροχών λόγω της σύγκρουσης, η επιβράδυνση λόγω τριβής θα θεωρηθεί 75% της αντίστοιχης με πέδηση όλων των τροχών. Επομένως ,η ταχύτητα του HYUNDAI ATOS μετά τη σύγκρουση κατά τη στιγμή της έναρξης της ολίσθησης προς την τελική θέση του στο οδόστρωμα, υπολογίζεται ως: $\boldsymbol{V_S =}$ $\boldsymbol{(2\,0{,}75\,f\,g\,L_s)^{1/2}}$ (12) άρα $\boldsymbol{Vs= 19.2\ m/s\ \ ή\ 69{,}18\ χλμ\ /ώρα.}$

3.3.12 Η ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ HYUNDAI ATOS

Η αρχική κινητική ενέργεια E_{T2} του HYUNDAI ATOS καταναλώθηκε: κατά την σύγκρουση με το SUZUKI SX4, για την περιστροφή του SUZUKI SX4 περί τον κατακόρυφο άξονά του (E_{RS}) και για την ολίσθηση του SUZUKI SX4 μέχρι την τελική του θέση στο οδόστρωμα σε απόσταση 5 μέτρων από το σημείο σύγκρουσης (E_{SS}) και για την ολίσθηση του HYUNDAI ATOS μέχρι την τελική του θέση στο οδόστρωμα σε απόσταση 10 μέτρων από το σημείο σύγκρουσης (E_{SH}). Δηλαδή

$$\boldsymbol{E_{T2} = Ec_1 + E_{RS} + E_{SS} + E_{SH}}\ (13)\ \text{άρα}$$

$$\boldsymbol{E_{T2} = 319838 + 28389 + 49295 + 68792\ Joule = 527431\ Joule}$$

Η αρχική ταχύτητα του HYUNDAI ATOS, υπολογίζεται από τη συνολική κινητική ενέργεια E_T που διέθετε πριν τη σύγκρουση ως:

$$\boldsymbol{V_B} = \left(\frac{\boldsymbol{2E_T}}{\boldsymbol{M}}\right)^{\boldsymbol{1/2}}\ (14)\ \text{όπου M=935 Kg και επομένως}$$

$$\boldsymbol{V_B = 33{,}58\ m/s = 120{,}91\ \chi\lambda\mu/\omega\rho\alpha}$$

4.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Από την αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων στοιχείων και βάσει της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, μπορούμε να αποσαφηνίσουμε τις συνθήκες και τα αίτια του τροχαίου ατυχήματος. Τα οχήματα που εμπλέκονται στο Τροχαίο ατύχημα περιγράφονται λεπτομερώς στην ενότητα 2 της παρούσης. Δεν διαπιστώθηκαν αλλαγές κυρίων χαρακτηριστικών των οχημάτων που εξετάζονται. Το Hyundai Atos διέθετε καύσιμο υγραέριο που είχε δηλωθεί στην άδεια κυκλοφορίας.

Αμφότερα τα οχήματα διέθεταν συστήματα παθητικής προστασίας επιβατών που λειτούργησαν ικανοποιητικά κατά το ατύχημα. Το Hyundai Atos διέθετε αερόσακο μόνο στη θέση του οδηγού. Ο οδηγός του Hyundai Atos διασώθηκε, αλλά όχι και ο συνοδηγός. Κρίνοντας από την παραμόρφωση του θαλάμου επιβατών στη θέση συνοδηγού του Hyundai Atos η επιβίωση του συνεπιβάτη ήταν εφικτή αν το όχημα διέθετε αερόσακο και στη θέση του συνοδηγού.

Δεν προϋπήρχε εμφανής μηχανική ή άλλη βλάβη προ του ατυχήματος. Οι βλάβες στα εμπλεκόμενα οχήματα προκλήθηκαν συνεπεία του ατυχήματος. Η καλή λειτουργία των συστημάτων οργάνων και συσκευών των οχημάτων ήταν αδύνατο να επιβεβαιωθεί λόγω των βλαβών που υπέστησαν κατά το ατύχημα.

Η καλή λειτουργία των συστημάτων διεύθυνσης και τροχοπέδησης του οχήματος ήταν αδύνατο να επιβεβαιωθεί λόγω των βλαβών που υπέστησαν κατά το ατύχημα και επομένως δεν είναι δυνατό να αξιολογηθεί η λειτουργική κατάσταση των συστημάτων αυτών.

Η καλή λειτουργία των συστημάτων διεύθυνσης και τροχοπέδησης του οχήματος ήταν αδύνατο να επιβεβαιωθεί λόγω των βλαβών που υπέστησαν κατά το ατύχημα και επομένως δεν είναι δυνατό να αξιολογηθεί η λειτουργική κατάσταση των συστημάτων αυτών.

Τα ελαστικά και των δύο οχημάτων δεν ήταν σε καλή κατάσταση, εφαρμόζονται διαφορετικά ελαστικά στον ίδιο άξονα και στα δύο οχήματα. Η κατάσταση των ελαστικών συσχετίζεται με το ατύχημα που εξετάζεται.

Δεν προηγήθηκε σύγκρουση με άλλο όχημα – αντικείμενο – πεζό του ατυχήματος που εξετάζεται.

Οι βλάβες των οχημάτων προκλήθηκαν λόγω του ατυχήματος. Οι βλάβες του SUZUKI SX4 οφείλονται στην επαφή με το μεταλλικό στηθαίο, την ανατροπή και τη σύγκρουση με HYUNDAI ATOS που ακολούθησε. Οι βλάβες του HYUNDAI ATOS οφείλονται αποκλειστικά στη σύγκρουση με το SUZUKI SX4. Τα οχήματα δεν είναι επισκευάσιμα και πρέπει να αποσυρθούν για ανακύκλωση.

Η ταχύτητα του HYUNDAI ATOS πριν τη σύγκρουση υπολογίσθηκε ως V=33,58 m/s ή V=120,91 χλμ/ώρα. Η ταχύτητα του SUZUKI SX4 κατά τη σύγκρουση είχε εκμηδενιστεί λόγω της ανατροπής. Η ταχύτητα του SUZUKI SX4 πριν την επαφή με το μεταλλικό στηθαίο υπολογίσθηκε ως V=21,24 m/s = 76,46 χλμ/ώρα

Το σημείο 34,200 βρίσκεται μεταξύ δύο κρίσιμων οδικών κόμβων, τη διασταύρωση προς Άραξο –Μετόχι και τον κόμβο Μποταίικων. Από την παρατήρηση της οδού για τη διερεύνηση του Τροχαίου ατυχήματος που εξετάζεται, προκύπτει ότι η σήμανση και η συντήρηση του

τμήματος της οδού και των παρακείμενων οδικών κόμβων, χρειάζονται επανασχεδιασμό και τακτική συντήρηση.

Το οδικό δίκτυο της Ν.Ε.Ο Πατρών-Πύργου που συνέβη το ατύχημα έχει απασχολήσει πολλές φορές τα μέσα ενημέρωσης με πληθώρα τροχαίων τα τελευταία χρόνια. Οι περισσότερες συγκρούσεις ήταν μετωπικές και προκλήθηκαν από απώλεια ελέγχου των οχημάτων σε στροφές ή σε συνθήκες κακών καιρικών συνθηκών. Η μη σωστά τοποθετημένη ή ελλιπής σήμανση,η κακή ποιότητα του οδοστρώματος, παραδείγματος χάριν η απότομη αλλαγή συντελεστή τριβής με διαφορετικά κομμάτια ασφαλτοτάπητα όπως είδαμε στο συγκεκριμένο ατύχημα, σε συνδυασμό με την πιθανώς απρόσεχτη οδήγηση και τη μη συνεπή συντήρηση των οχημάτων, αποτελούν πάντα κίνδυνο για την οδική ασφάλεια όλων. Για το λόγο αυτό αποδεικνύονται επιτακτικά αναγκαίες και πολύ χρήσιμες στα χέρια του μηχανολόγου μηχανικού, οι μέθοδοι που χρησιμοποιήσαμε παραπάνω , καθώς επίσης και άλλες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως το ισοζύγιο ενέργειας ορμής , αφού οδηγούν σε ακριβή αποτελέσματα για τις συνθήκες και τα αίτια ενός τροχαίου αποτελέσματος. Στοιχεία που αν αναλυθούν περαιτέρω μπορούν να αποτελέσουν σπουδαίο μέσο στη μείωση των τροχαίων και τη βελτίωση των συνθηκών και της ασφάλειας οδήγησης στη χώρα μας

Από την έκθεση ανασύνθεσης του τροχαίου ατυχήματος που μελετήθηκε ανωτέρω προκύπτουν παράλληλα σημαντικές παρατηρήσεις για τις εφαρμοζόμενες τεχνικές ανασύνθεσης και τις αναλυτικές και εμπειρικές μεθόδους που αξιοποιούνται κάθε φορά. Η ασφάλεια του σχεδιασμού προϊόντων και συστημάτων και συνεπώς αυτά των μεταφορών ενέχουν πάντοτε μια λαθεμένη υπερεκτίμηση, όπως άλλωστε και κάθε άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα. Η ευθύνη, ωστόσο, του μηχανικού είναι να προβλέψει και να εφαρμόσει όλες τις διαθέσιμες μέχρι την ώρα

του σχεδιασμού πρακτικές, προδιαγραφές, αρχές και περιορισμούς που εφαρμόζονται στη διεθνή βιβλιογραφία ή είναι διαθέσιμα με τη μορφή διεθνών ή εθνικών νόμων και κανονισμών.

Όσο για τη βελτίωση της ακρίβειας στους υπολογισμούς των μαθηματικών μεθόδων που αξιοποιούνται, συνίσταται η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή και των αντίστοιχων προγραμμάτων του. Συγχρόνως, είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπ΄όψιν όλα τα δυσμενή χαρακτηριστικά στο σημείο του ατυχήματος ως προς το οδόστρωμα, την κίνηση που υπήρχε την παρούσα στιγμή αλλά και τις καιρικές συνθήκες και να μορφοποιούνται ανάλογα οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται. Επιπρόσθετα, στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούμε τιμές και σταθερές από την ανάλυση άλλων τροχαίων ατυχημάτων, διαθέσιμων στη βιβλιογραφία, θα πρέπει το συγκεκριμένο όχημα και η αντίστοιχη παραμόρφωση να ομοιάζουν όσο το δυνατόν περισσότερο με αυτά που καλούμαστε να μελετήσουμε.

Εξίσου σημαντικό αρωγό στην ανασύνθεση ενός τροχαίου ατυχήματος αποτελούν και οι βάσεις δεδομένων τόσο των κατασκευαστών για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των οχημάτων όσο και αυτές προγενέστερων ατυχημάτων. Για την ομαδοποίηση των στοιχείων από άλλα ατυχήματα θα πρέπει η συλλογή τους να γίνεται με ομοιόμορφο τρόπο, έτσι ώστε να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους και εύχρηστα στα χέρια τόσο της τροχαίας, όσο και του μηχανικού πραγματογνώμονα.

Έτσι, κλείνοντας, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η άμεση λήψη οπτικού υλικού από τη σκηνή του ατυχήματος, η κατά το δυνατόν μικρότερη αλλοίωση της και η προσεχτική και λεπτομερής καταγραφή όλων των διαθέσιμων στοιχείων από τις αρμόδιες αρχές αποτελεί το βασικό ζήτημα για την ασφαλή διεκπεραίωση αλλά και για τη μελλοντική βελτίωση της μεθοδολογίας με την οποία ανασυντίθεται ένα τροχαίο ατύχημα

Ο δρόμος και τα αυτοκίνητα φτιάχτηκαν για να βελτιώνουν την ποιότητα της ανθρώπινης ζωής και όχι για να βάζουν ένα άδοξο τέλος σε αυτήν. Ας κάνουμε λοιπόν όλοι, από τον απλό πολίτη έως τις αρχές τις πολιτείας , από το μηχανικό που συντηρεί τα αυτοκίνητα και το μηχανολόγο μηχανικό που τα σχεδιάζει, έως κάθε άλλο αρμόδιο για τις υποδομές, τη σήμανση, την οδοποιία κ.α. όλα όσα οφείλουμε ώστε να καταστεί η οδήγηση στη χώρα μας απολύτως ασφαλής.

Ακούραστο σύμμαχο σε αυτήν την προσπάθεια θα αποτελεί πάντα η τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της μηχανικής και η πρακτική εκπαίδευση κάθε μηχανικού με ρεαλιστικά δεδομένα. Στο Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών διδάσκονται διεξοδικά οι αρχές ασφαλούς σχεδιασμού συστημάτων και σε μαθήματα του επιβλέποντος καθηγητή μου ,όπως η κινηματική και δυναμική ανάλυση οχημάτων, εφαρμόζονται ήδη από το τρίτο έτος όλες οι διαθέσιμοι μέθοδοι και παρουσιάζονται ανασυνθέσεις πραγματικών τροχαίων, γεγονός που προσφέρει σε κάθε μελλοντικό πτυχιούχο μηχανολόγο μηχανικό την αυτοπεποίθηση της γνώσης και της εμπειρίας για την ανασύνθεση τροχαίων ατυχημάτων και την ανάλυση των αιτίων και των συνθηκών που οδήγησαν σε αυτά.

…….

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΟΚ Πίνακας

2. Ελληνική Αστυνομία (2019), Στατιστικά στοιχεία τροχαίας για το 2019, http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo_content&lang=&perform=view&id=93708Itemid%3D2425&fbclid=IwAR1gZ1XpHQonZ3zoe5jdBQng_L5v4tpNSGKZjz6ecSGksQ10WtCuM1mSI78 [πρόσβαση 7/2021]

3. Έκθεση Διορισμού Πραγματογνωμώνων Τροχαίου Ατυχήματος του Τμήματος Τροχαίας Πατρών 2514/9/140-Α, 20/4/2013

4. Πρόχειρο Σχεδιάγραμμα της σκηνής του ατυχήματος της Τροχαίας Πατρών 20/4/2013

5. ΧΟΝΔΡΟΣ Θ. Δυναμική Ανάλυση Οχημάτων Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Πάτρα 2012.

6. Brach R. and M. Brach 2005 Vehicle Accident Analysis and Reconstruction Methods SAE International.

7. R. Elvik, Truls Vaa 2004 The Handbook of Road Safety Measures Elsevier.

8. Artamonov M.D., V.A. Ilarionov and M. M. Morin, 1976, Motor Vehicles, Fundamentals and Design, MIR Publishers, Moscow.

9. T. D. Gillespie 1992 Fundamentals of Vehicle Dynamics. SAE International.

10. W. Poplin 2009 Tiremarks, where the rubber meets the road. Poplin Engineering, Engineering analysis of accidents. 1-3.

11. Society of Automotive Engineers (SAE), 1989 Reconstruction of Motor Vehicles Accidents, A Technical Compendium PT 34.

12. Franck H and Franck D., 2010, Mathematical Methods for Accident Reconstruction, A Forensic Engineering Perspective, Taylor and Francis Group, Boca Raton FL.

13. Dimarogonas, A.D., 2001. Computer Aided Machine Design A CAD Approach. Wiley Interscience, N.Y.

14. auto.atlas

15. Chen, T., E.C. Chiwra, M. Mao, J. Latchford, 2007 Rollover far side roof strength test and simulation International Journal of Crashworthiness.

16. Maclnnis D.D., Cliff W.E., and K.W.Q. Ising 1997 A Comparison of Moment of Inertia Estimation Techniques for Vehicles Dynamics Simulation, 970951, SAE SP 1237.