

ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ



Σύνταξη: Αθ. Τσαντσάνογλου

Θεσσαλονίκη,

Νοέμβριος 2013

Το Κείμενο Εργασίας παρουσιάζει το αποτέλεσμα της ανάλυσης των δεδομένων οδικής ασφάλειας των σηράγγων της Εγνατίας Οδού, υπολογίζοντας κατάλληλους «δείκτες οδικής ασφαλείας» και επιχειρεί μια αρχική διερεύνηση τυχόν συσχέτισης κάποιων βασικών χαρακτηριστικών των σηράγγων με την ασφάλειά τους.

Η επεξεργασία και ανάλυση των πρωτογενών δεδομένων, ο υπολογισμός των Δεικτών Οδικής Ασφάλειας και η σύνταξη του Κειμένου Εργασίας πραγματοποιήθηκαν από τον Θανάση Τσαντσάνογλου, Συγκοινωνιολόγο Πολ. Μηχανικό (MSc), Τμ. Οδικής Ασφάλειας του Τομέα Λειτουργίας, Εκμετάλλευσης και Συντήρησης (ΛΕΣ) της ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.

Τα περιεχόμενα και οι τυχόν απόψεις που φιλοξενούνται στις Εκθέσεις και τα Κείμενα Εργασίας του Παρατηρητηρίου δεν αντανakλούν απαραίτητα τη σύμφωνη γνώμη της εταιρείας ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.

Επιτρέπεται η αναπαραγωγή για μη εμπορικούς σκοπούς με την προϋπόθεση ότι θα αναφέρεται η πηγή (Παρατηρητήριο – ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.).

Ευχαριστίες

Η εξασφάλιση των βέλτιστων συνθηκών ασφάλειας και άνεσης της κυκλοφορίας στην οδό και στις σήραγγες της Εγνατίας Οδού, οφείλεται τα μέγιστα στο προσωπικό των Κέντρων Ελέγχου και των Ομάδων Άμεσης Επέμβασης, που εργάζεται σε 24ωρες βάρδιες και συχνά υπό δυσμενείς, απ' όλες τις πλευρές, συνθήκες. Στο σύνολο του προσωπικού αρμόζουν ιδιαίτερες ευχαριστίες, με την επισήμανση ότι η αφανής συμβολή τους στην οδική ασφάλεια πρέπει να γνωστοποιηθεί και αναγνωρισθεί ευρύτερα.

Πολλές ευχαριστίες προς τον Δρ. Κωνσταντίνο Κηρυτόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή στη Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. και προς τον συνάδελφο Δρ. Αθανάσιο Σαραμούρση, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό, για το σχολιασμό και τις ιδέες τους επί της παρούσας σύντομης έρευνας, καθώς και προς τον συνάδελφο Βαγγέλη Βίσκο, Συγκοινωνιολόγο Μηχανικό, για τη χορήγηση και επεξεργασία των κυκλοφοριακών δεδομένων. Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες στον συνάδελφο Γρηγόρη Μελίρρυτο που σε καθημερινή βάση επεξεργάζεται τις καταγραφές των σημαντικών συμβάντων της Εγνατίας Οδού.

Σύνοψη

Η παρούσα έρευνα διερευνά το ζήτημα της ασφάλειας των σηράγγων της Εγνατίας Οδού, αξιοποιώντας τα καταγεγραμμένα στοιχεία οδικών ατυχημάτων και συμβάντων εντός των σηράγγων.

Στόχος της έρευνας είναι ο υπολογισμός συχνοτήτων και ποσοτικοποιημένων δεικτών ασφαλείας που να παρέχουν τη συγκριτική εικόνα του επιπέδου ασφαλείας των σηράγγων και να μπορούν να αξιοποιηθούν ως παράμετροι εισόδου σε μελέτες ανάλυσης επικινδυνότητας των σηράγγων. Επιπλέον, στόχος της έρευνας είναι η αποτίμηση τυχόν συσχέτισης των ατυχημάτων με τα χαρακτηριστικά της σήραγγας, τα εμπλεκόμενα οχήματα καθώς και το χρόνο του ατυχήματος.

Ο υπολογισμός των δεικτών βασίζεται σε στοιχεία ατυχημάτων παθόντων πρόσωπων και υλικών ζημιών καθώς και σε στοιχεία συμβάντων πυρκαγιάς και φθορών από όχημα σε εξοπλισμό της σήραγγας. Πηγή των στοιχείων είναι οι πρωτογενείς καταγραφές από το προσωπικό των Κέντρων Ελέγχου και των Ομάδων Άμεσης Επέμβασης της Εγνατίας Οδού.

Τα βασικά συμπεράσματα της έρευνας είναι ότι:

- Για τις σήραγγες μήκους άνω των 500 μέτρων η συχνότητα οιοδήποτε συμβάντος ανέρχεται σε 1 ανά 3,3 έτη ανά χλμ σήραγγας, ενώ η συχνότητα των συμβάντων παθόντων προσώπων ανέρχεται σε 1 ανά 28,5 έτη ανά χλμ σήραγγας.
- Ο γενικός δείκτης συμβάντων & ατυχημάτων σε όλες τις σήραγγες ανέρχεται σε 299 και για τις σήραγγες μήκους μεγαλύτερου των 500m ανέρχεται σε 275 ανά δεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα. Οι τιμές του δείκτη είναι συμβατές με αντίστοιχες έρευνες που έχουν γίνει για σήραγγες άλλων χωρών.
- Συνολικά εμφανίζεται τάση μείωσης των δεικτών ατυχημάτων με την αύξηση του μήκους της σήραγγας. Οι σήραγγες μήκους άνω των 1.000 μέτρων παρουσιάζουν μικρότερους δείκτες ατυχημάτων.
- Τέσσερα στα πέντε ατυχήματα σε σήραγγα είναι εκτροπές μεμονωμένων οχημάτων, με αποτέλεσμα την πρόσκρουσή τους σε στοιχεία της σήραγγας.
- Η εμπλοκή βαρέων οχημάτων εμφανίζεται μειωμένη στα ατυχήματα «ενός οχήματος» και αυξημένη στις ατυχήματα συγκρούσεων δύο ή περισσότερων οχημάτων.

1. Εισαγωγή

1.1 Οδική ασφάλεια σηράγγων

Σύμφωνα με τις περισσότερες έρευνες που έχουν διεξαχθεί, οι σήραγγες είναι πιο ασφαλείς σε σχέση με τα τμήματα ανοιχτής οδού, ωστόσο τα ατυχήματα των σηράγγων, εφόσον συμβούν, είναι μεγαλύτερης βαρύτητας [1,4]. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των οδικών σηράγγων, σε σχέση με το ανοιχτά οδικά τμήματα, προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στα ζητήματα ασφάλειας σηράγγων. Οι ιδιαιτερότητες των σηράγγων αφορούν τόσο τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους (περιορισμένος χώρος, πλευρικοί άκαμπτοι τοίχοι, μη φυσικός φωτισμός, μη ύπαρξη βοηθητικής λωρίδας - ΛΕΑ κτλ.) όσο και στις συνέπειες ενός πιθανού ατυχήματος (περιορισμένη δυνατότητα διαφυγής, απρόβλεπτη συμπεριφορά χρηστών, φωτιά, διασπορά καπνού, απελευθέρωση τοξικών αερίων ή υγρών, υψηλές θερμοκρασίες κτλ).

Επιπρόσθετη ιδιαιτερότητα των σηράγγων είναι η απαραίτητη εξοικείωση των χρηστών με τα ειδικά χαρακτηριστικά και τους εξοπλισμούς, τόσο υπό κανονικές όσο και σε έκτακτες συνθήκες. Στην Ελλάδα, που σχεδόν το σύνολο των μεγάλων σηράγγων έχουν αποδοθεί στην κυκλοφορία κατά την τελευταία δεκαετία, διαπιστώνεται, στην πράξη αλλά και ερευνητικά [13], ότι οι σχετικές γνώσεις των χρηστών είναι ελλιπείς και ότι είναι απαραίτητη η διεξαγωγή ενημερωτικών εκστρατειών για βελτίωση της κατάρτισης και των δεξιοτήτων τους κατά την οδήγηση σε σήραγγες.

Με αφορμή πολύνεκρα ατυχήματα πυρκαγιών βαρέων οχημάτων που συνέβησαν σε σήραγγες της Κεντρικής Ευρώπης (Mont Blanc, Tauern, St. Gotthard, Frejus) η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την Οδηγία 2004/54/EK σχετικά με τις «ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας για τις σήραγγες του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου». Η Οδηγία αφορά σήραγγες μήκους άνω των 500 μέτρων και περιλαμβάνει απαιτήσεις για το σχεδιασμό και τη δομή των σηράγγων, τον εξοπλισμό ασφαλείας τους καθώς και θέματα λειτουργίας τους, τόσο υπό κανονικές συνθήκες κυκλοφορίας όσο και σε περίπτωση έκτακτων οδικών περιστατικών. Η Οδηγία ενσωματώθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία με το Προεδρικό Διάταγμα 230/2007 (ΦΕΚ Α 264/23.11.2007).

Για την αξιολόγηση ζητημάτων ασφαλείας των σηράγγων η Οδηγία 2004/54/EK καθορίζει τη διενέργεια, εφόσον απαιτείται, Αναλύσεων Επικινδυνότητας και επίσης κατά τη διαχείριση της λειτουργίας της σήραγγας την καταγραφή και ανάλυση των σημαντικών συμβάντων και ατυχημάτων.

1.2. Δείκτες οδικής ασφαλείας

Η συλλογή των στοιχείων οδικών ατυχημάτων και συμβάντων, η στατιστική επεξεργασία και ανάλυσή τους και ο υπολογισμός αντίστοιχων δεικτών, αποτελούν απαραίτητες διαδικασίες για την αξιολόγηση των ζητημάτων οδικής ασφαλείας.

Η συλλογή και διαχείριση των δεδομένων οδικής ασφαλείας είναι πλέον υποχρεωτική διαδικασία για τους άξονες του διευρωπαϊκού οδικού δικτύου, βάσει της Οδηγίας 2008/96/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Νοεμβρίου 2008 (Π.Δ. 237/2011) για τη «διαχείριση της ασφαλείας των οδικών υποδομών». Η Οδηγία ορίζει ότι στο εν λειτουργία Διευρωπαϊκό οδικό δίκτυο πρέπει να αναλύονται και να κατατάσσονται τα οδικά τμήματα βάσει παραγόντων που σχετίζονται με την ασφάλεια, να εντοπίζονται τα οδικά τμήματα υψηλής συγκέντρωσης ατυχημάτων, να αξιολογούνται τα τμήματα υψηλής προτεραιότητας και να προτείνονται βελτιωτικά μέτρα.

Επιπρόσθετα, ειδικά για τις οδικές σήραγγες, οι ποσοτικοποιημένοι δείκτες οδικής ασφαλείας αποτελούν βασικά δεδομένα εισόδου για την ορθή και αξιόπιστη εκπόνηση Αναλύσεων Επικινδυνότητας και κατά συνέπεια είναι απολύτως απαραίτητη η καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων και ο υπολογισμός των δεικτών.

1.3 Εγνατία Οδός - Σήραγγες

Ο κύριος άξονας της Εγνατίας Οδού είναι αυτοκινητόδρομος, τμήμα του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου, συνολικού μήκους 658 χλμ που διασχίζει όλη τη Βόρεια Ελλάδα, από το λιμάνι της Ηγουμενίτσας μέχρι τον μεθοριακό σταθμό Κήπων στα Ελληνοτουρκικά σύνορα.

Ο κύριος άξονας της Εγνατίας Οδού διαθέτει την πλειονότητα των σηράγγων του ελληνικού διευρωπαϊκού οδικού δικτύου, ενώ σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι ένας εκ των αυτοκινητοδρόμων με τους μεγαλύτερους αριθμούς σηράγγων.

Συνολικά έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν 73 δίδυμες σήραγγες από τις οποίες οι 31 είναι μήκους άνω των 500 μέτρων. Το συνολικό μήκος των κλάδων των σηράγγων του κύριου άξονα της Εγνατίας Οδού είναι περίπου 100 χιλιόμετρα ενώ ο αριθμός των επιμέρους κλάδων σηράγγων ανέρχεται σε 137.

Το 7,5% στο σύνολο του μήκους του αυτοκινητόδρομου είναι σήραγγες. Ειδικά στα δυτικά τμήματα της Εγνατίας Οδού που διέρχονται από ορεινούς όγκους, από την Ηγουμενίτσα μέχρι τα Γρεβενά, οι σήραγγες αποτελούν το 27% του μήκους του αυτοκινητόδρομου.

Όλες οι σήραγγες του κύριου άξονα της Εγνατίας Οδού είναι μιας κατεύθυνσης και διαθέτουν 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση. Σε όλες τις σήραγγες εφαρμόζεται περιορισμός του ορίου ταχύτητας σε 80 ή 100 χλμ/ώρα (πινακίδα P-32), απαγορεύεται στα φορτηγά η προσπέραση (P-31) και επιβάλλεται ελάχιστη απόσταση μεταξύ των οχημάτων τουλάχιστον 50m (P-26).

Όλες οι σήραγγες μήκους άνω των 500 μέτρων της Εγνατίας Οδού επιτηρούνται από Κέντρα Ελέγχου και περιπολούνται από Ομάδες Άμεσης Επέμβασης (ΟΑΕ), σε 24ωρη βάση.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται ο αριθμός και τα μήκη των σηράγγων της Εγνατίας Οδού ανά γεωγραφικό τομέα και συνολικά.

→ Επισημαίνεται ότι στην παρούσα έρευνα οι δύο κλάδοι των δίδυμων σηράγγων καταγράφονται και ξεχωρίζονται σαν ξεχωριστές σήραγγες.

Πίνακας 1: Αριθμός και μήκη (m) σηράγγων (κλάδων) Εγνατίας Οδού, ανά τομέα και συνολικά

Οδικός τομέας Εγνατίας Οδού	Αριθμός (κλάδων) σηράγγων	Σήραγγες (κλάδοι) άνω των 500m	Συνολικό μήκος δεξιού κλάδου	Συνολικό μήκος αριστερού κλάδου	Συνολικό μήκος σηράγγων	Μήκος μεγαλύτερης σήραγγας
Ηγουμενίτσα-Ιωάννινα	23	14	8.788	9.728	18.517	3.347
Ιωάννινα-Παναγιά	38	20	19.694	19.744	39.438	4.581
Παναγιά-Γρεβενά	28	16	10.852	10.870	21.721	2.667
Πολύμυλος-Βέροια	28	6	6.859	7.101	13.960	2.228
Θεσσαλονίκη-Ξάνθη	20	2	2.873	3.248	6.121	1.145
Σύνολο (κλάδων) σηράγγων μήκους<500m	79	-	10.586	11.424	22.009	
Σύνολο (κλάδων) σηράγγων μήκους>500m	58	58	38.481	39.268	77.749	
ΣΥΝΟΛΟ	137	58	49.066	50.692	99.758	4.581

2. Ανάλυση ατυχημάτων & συμβάντων

2.1 Γενικά

Στις επόμενες παραγράφους αναλύονται τα δεδομένα οδικής ασφάλειας των σηράγγων της Εγνατίας Οδού, υπολογίζονται οι δείκτες ασφαλείας και επιχειρείται η αρχική διερεύνηση τυχόν συσχέτισης κάποιων βασικών χαρακτηριστικών των σηράγγων με την οδική ασφάλειά.

Η έρευνα δεν υπεισέρχεται στην αξιολόγηση της ασφάλειας μεμονωμένων σηράγγων και δεν παρουσιάζονται σχετικοί δείκτες. Ωστόσο, η γνώση των γενικών δεικτών παρέχει τη δυνατότητα συγκριτικής αξιολόγησης μεμονωμένων σηράγγων και, εφόσον εμφανίζονται σημαντικά υψηλότεροι δείκτες ατυχημάτων σε σχέση με παραπλήσιες σήραγγες, να αξιολογούνται περαιτέρω για τυχόν λήψη βελτιωτικών μέτρων.

2.2 Κατηγορίες ατυχημάτων & συμβάντων

Η ανάλυση που ακολουθεί αφορά το σύνολο των καταγεγραμμένων περιστατικών στον αυτοκινητόδρομο της Εγνατίας Οδού, για χρονικό διάστημα 22 μηνών, από το Δεκέμβριο 2011 έως και τον Σεπτέμβριο 2013. Η αρχική καταγραφή των περιστατικών γίνεται από τα Κέντρα Ελέγχου των σηράγγων και από το προσωπικό των περιπολιών του αυτοκινητόδρομου (ΟΑΕ).

Η ανάλυση που ακολουθεί επικεντρώνεται καταρχήν στα τροχαία ατυχήματα τα οποία, ανάλογα με τις επιπτώσεις τους, διακρίνονται σε:

- ατυχήματα με παθόντα πρόσωπα (θανατηφόρα ή τραυματισμών),
- ατυχήματα μόνο υλικών ζημιών σε στοιχεία της οδού και σε οχήματα και
- ατυχήματα μόνο υλικών ζημιών σε οχήματα.

Κατά την αξιολόγηση της οδικής ασφάλειας συνήθως χρησιμοποιούνται μόνο τα στοιχεία ατυχημάτων παθόντων προσώπων που κατά κανόνα είναι πιο εύκολα διαθέσιμα. Ωστόσο, η επιπρόσθετη αξιοποίηση και των στοιχείων ατυχημάτων υλικών ζημιών μπορεί να είναι εξαιρετικά χρήσιμη ώστε να βελτιωθεί το μέγεθος και η αξιοπιστία του υπό ανάλυση δείγματος. Ιδιαίτερα στους αυτοκινητόδρομους, που συνήθως τα ατυχήματα παθόντων προσώπων είναι περιορισμένα, η αξιοποίηση και των στοιχείων ατυχημάτων υλικών ζημιών μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλέστερα συμπεράσματα για την αξιολόγηση και εντοπισμό προβλημάτων οδικής ασφάλειας [14].

Επιπλέον των οδικών ατυχημάτων, παθόντων προσώπων και υλικών ζημιών, στην ανάλυση εξετάζονται και τα συμβάντα πυρκαγιάς οχημάτων που οφείλονται κυρίως σε μηχανικά αίτια του οχήματος (κινητήρας, σύστημα πέδησης κτλ.), χωρίς την πρόκληση τροχαίου ατυχήματος. Ως συμβάντα πυρκαγιάς σε σήραγγα εξετάζονται όλα τα περιστατικά εμφανούς εκδήλωσης φωτιάς καθώς και τα περιστατικά χωρίς εμφανή εκδήλωση φωτιάς αλλά μόνο εκπομπή έντονων ρύπων ή καπνού από οχήματα ακινητοποιημένα εντός σήραγγας. Δεν εξετάζονται τα περιστατικά εκπομπής έντονων ρύπων ή καπνού από οχήματα εν κινήσει που εξήλθαν της σήραγγας.

Τέλος, εξετάζονται επιπρόσθετα και τα περιστατικά φθοράς εξοπλισμών της σήραγγας από οχήματα, χωρίς την πρόκληση τροχαίου ατυχήματος.

➔ Συνοψίζοντας, στην παρούσα έρευνα εξετάζονται και υπολογίζονται συνολικά και επιμέρους οι δείκτες ατυχημάτων με παθόντα πρόσωπα, ατυχημάτων υλικών ζημιών, συμβάντων πυρκαγιάς και συμβάντων φθορών σε εξοπλισμούς της σήραγγας.

Ο συνολικός δείκτης όλων των παραπάνω ατυχημάτων και συμβάντων αποτελεί τον γενικό δείκτη (global rate) ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε Αναλύσεις Επικινδυνότητας σηράγγων. Δεδομένου όμως ότι δεν υπάρχει σαφής ορισμός για τον δείκτη ατυχημάτων που χρησιμοποιείται στις Αναλύσεις Επικινδυνότητας η ενσωμάτωση στον γενικό δείκτη και των συμβάντων υλικών ζημιών σε εξοπλισμούς της σήραγγας καθώς και των μη εμφανών

πυρκαγιών θα πρέπει να γίνεται με επιφύλαξη και κατά περίπτωση καθότι ενδέχεται να αυξάνει αδικαιολόγητα την προκύπτουσα επικινδυνότητα.

Επισημαίνεται ότι οι περισσότερες έρευνες που έχουν διεξαχθεί για τον υπολογισμό των δεικτών ασφαλείας σηράγγων, λαμβάνουν υπόψη μόνο τα ατυχήματα με παθόντα πρόσωπα και όχι υλικών ζημιών. Για το λόγο αυτό οποιαδήποτε σύγκριση μεταξύ δεικτών θα πρέπει να γίνεται μόνο εφόσον είναι βέβαιο ότι αναφέρονται στις ίδιες κατηγορίες συμβάντων.

2.3 Αριθμός ατυχημάτων/συμβάντων σε σήραγγες της Εγνατίας Οδού

Το σύνολο των προαναφερθεισών κατηγοριών συμβάντων εντός των σηράγγων της Εγνατίας Οδού παρουσιάζεται αριθμητικά, ανά γεωγραφικό τομέα και συνολικά, στον Πίνακα 2.

Συνολικά, κατά το εξεταζόμενο διάστημα των 22 μηνών συνέβησαν 63 οδικά ατυχήματα και συμβάντα εντός 46 σηράγγων. Σε 91 σήραγγες δεν καταγράφηκε κανένα ατύχημα ή συμβάν.

Εκ των 63 ατυχημάτων και συμβάντων τα 43 συνέβησαν σε σήραγγες μήκους άνω των 500m και τα 20 σε μικρότερες σήραγγες.

Πίνακας 2. Αριθμός ατυχημάτων/συμβάντων σε σήραγγες της Εγνατίας Οδού, ανά τομέα και συνολικά

	Αριθμός σηράγγων	Συνολικό μήκος	Θανατηφόρο ατύχημα	Ατύχημα παθόντων προσώπων	Ατύχημα υλικών ζημιών	Φωτιά / Πυκνός καπνός σε όχημα	Φθορές στη σήραγγα	Σύνολο συμβάντων
Ηγουμενίτσα-Ιωάννινα	23	18.517	0	2	11	1	2	16
Ιωάννινα-Παναγιά	38	39.438	0	2	15	2	1	20
Παναγιά-Γρεβενά	28	21.721	1	0	7	0		8
Πολύμυλος-Βέροια	28	13.960	1	1	9	0	0	11
Θεσσαλονίκη-Ξάνθη	20	6.121	0	2	6	0	0	8
Σύνολο σηράγγων μήκους<500m	79	22.009	1	3	15	0	1	20
Σύνολο σηράγγων μήκους>500m	58	77.749	1	4	33	3	2	43
ΣΥΝΟΛΟ	137	99.758	2	7	48	3	3	63

2.4 Συχνότητες ατυχημάτων/συμβάντων σε σήραγγες της Εγνατίας Οδού

Βάσει των παραπάνω στοιχείων υπολογίζονται, στον Πίνακα 3, οι συχνότητες των συμβάντων και ατυχημάτων. Ειδικά για τις σήραγγες μήκους άνω των 500 μέτρων προκύπτει ότι η συχνότητα οιοδήποτε συμβάντος ανά σήραγγα ανέρχεται σε 1 ανά 3,3 έτη ανά χλμ σήραγγας ενώ η συχνότητα των συμβάντων παθόντων προσώπων ανέρχεται σε 1 ανά 28,5 έτη ανά χλμ σήραγγας.

Πίνακας 3: Συχνότητες συμβάντων και ατυχημάτων σηράγγων Εγνατίας Οδού

	Αριθμός σηράγγων	Συνολικό μήκος (m)	Συχνότητα (έτη) συμβάντων ανά σήραγγα	Συχνότητα (έτη) ατυχημάτων παθόντων προσώπων ανά σήραγγα	Συχνότητα (έτη) θανατηφόρων ατυχημάτων ανά σήραγγα	Θάνατοι/έτος/σήραγγα (*)	Συχνότητα (έτη) συμβάντων ανά χλμ σήραγγας	Συχνότητα (έτη) ατυχημάτων παθόντων προσώπων ανά χλμ σήραγγας	Συχνότητα (έτη) θανατηφόρων ατυχημάτων ανά χλμ σήραγγας	Θάνατοι/έτος/χλμ σήραγγας (*)
Ηγουμενίτσα-Ιωάννινα	23	18.517	2,4	19,3	71,4	0,017	2,0	16,1	59,5	0,020
Ιωάννινα-Παναγιά	38	39.438	3,5	34,8	129,2	0,009	3,6	36,2	134,1	0,009
Παναγιά-Γρεβενά	28	21.721	6,4	51,3	190,4	0,006	5,0	39,8	147,7	0,008
Πολύμυλος-Βέροια	28	13.960	4,7	25,7	95,2	0,013	2,3	12,8	47,5	0,025
Θεσσαλονίκη-Ξάνθη	20	6.121	4,6	18,3	68,0	0,018	1,4	5,6	20,8	0,058
Σύνολο σηράγγων μήκους<500m	79	22.009	7,2	35,8	143	0,008	1,9	9,6	38,5	0,031
Σύνολο σηράγγων μήκους>500m	58	77.749	2,4	20,9	104,5	0,011	3,3	28,5	142,5	0,008
ΣΥΝΟΛΟ	137	99.758	3,9	27,5	123,8	0,010	2,9	20,1	90,5	0,013

(*) Λόγω περιορισμένου δείγματος ο υπολογισμός γίνεται με βάση τη μέση τιμή βαρύτητας θανατηφόρων ατυχημάτων για το σύνολο του αυτοκινητόδρομου τα έτη 2011-2013.

Στον παραπάνω Πίνακα υπολογίζεται και η τιμή του δείκτη ετήσιων θανάτων ανά σήραγγα και ανά χλμ σήραγγας. Για τις σήραγγες άνω των 500m η τιμή θάνατοι/έτος/σήραγγα ανέρχεται σε 0,011 και η τιμή θάνατοι/έτος/χλμ_σήραγγας σε 0,008.

Επισημαίνεται ότι στις «Οδηγίες εκπόνησης Ανάλυσης Επικινδυνότητας από τη διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα μέσα από σήραγγες» [12], για την αρχική αξιολόγηση της επικινδυνότητας μιας σήραγγας τίθεται ως οριακή τιμή πρόβλεψης θανάτων που οφείλονται σε δυστυχήματα μέσα στη σήραγγα μόνο με εμπλοκή επικίνδυνων εμπορευμάτων, οι 0,001 θάνατοι/έτος/σήραγγα. Παρότι η τιμή αυτή προκύπτει από μοντέλα πρόβλεψης και άρα δεν είναι άμεσα συγκρίσιμη με τους παραπάνω αντίστοιχους υπολογισθέντες δείκτες, η σύγκριση τους συμβάλλει στην κατανόηση των τάξεων μεγέθους των συχνοτήτων και του αριθμού ατυχημάτων.

Στον Πίνακα 4 συγκρίνεται ο πραγματικός αριθμός των καταγεγραμμένων ατυχημάτων στις σήραγγες της Εγνατίας Οδού (χωρίς περιστατικά φωτιάς), ανά τομέα και συνολικά, με την τιμή που προκύπτει από εξίσωση πρόβλεψης που αναπτύχθηκε με βάση τα δεδομένα 979 ατυχημάτων σε 80 σήραγγες της Γερμανίας [2]. Η βασική παράμετρος της γραμμικής εξίσωσης είναι ο συντελεστής α, ο οποίος έχει υπολογιστεί για διαφορετικές κατηγορίες σηράγγων, και πολλαπλασιάζεται με το κυκλοφοριακό έργο της σήραγγας για το εξεταζόμενο διάστημα.

Η πρόβλεψη γίνεται με την εξίσωση:

$$H_{col} = \alpha * L * DTV * T$$

όπου:

- H_{col} : Η πρόβλεψη ατυχημάτων στο υπό εξέταση οδικό τμήμα και χρονικό διάστημα.
- α : Συντελεστής με βάση τα χαρακτηριστικά της σήραγγας. Για σήραγγες μίας κατεύθυνσης χωρίς κλάδους εισόδου/εξόδου εντός της σήραγγας, ο συντελεστής α είναι $2,28 \cdot 10^{-7}$.
- L : Το μήκος του εξεταζόμενου τμήματος
- DTV : Η ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία του τμήματος (ΕΜΗΚ),
- T : Ο αριθμός ημερών του εξεταζόμενου χρονικού διαστήματος.

Πίνακας 4. Πραγματικός και προβλεπόμενος αριθμός ατυχημάτων σε σήραγγες της Εγνατίας Οδού, ανά τομέα και συνολικά

	Αριθμός σηράγγων	Συνολικό μήκος	Σύνολο καταγεγραμμένων ατυχημάτων	Πρόβλεψη ατυχημάτων H _{col} [2]	Διαφορά
Ηγουμενίτσα-Ιωάννινα	23	18.517	15	7	-53%
Ιωάννινα-Παναγιά	38	39.438	18	19	6%
Παναγιά-Γρεβενά	28	21.721	8	7	-13%
Πολύμυλος-Βέροια	28	13.960	11	11	0%
Θεσσαλονίκη-Ξάνθη	20	6.121	8	5	-38%
Σύνολο σηράγγων μήκους<500m	79	22.009	20	12	-40%
Σύνολο σηράγγων μήκους>500m	58	77.749	40	36	-10%
ΣΥΝΟΛΟ	137	99.758	60	48	-20%

Από τα στοιχεία του Πίνακα 4 προκύπτει ότι η εξίσωση πρόβλεψης με βάση τα στοιχεία ατυχημάτων σε Γερμανικές σήραγγες εφαρμόζεται με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στις σήραγγες μήκους άνω των 500m της Εγνατίας Οδού. Με την εισαγωγή μεγαλύτερου πλήθους συμβάντων στη βάση δεδομένων ατυχημάτων της Εγνατίας Οδού ή συνολικά των Ελληνικών σηράγγων, θα ήταν εφικτή η δημιουργία αντίστοιχου απλού γραμμικού μοντέλου πρόβλεψης, δηλ. η προσαρμογή των συντελεστών α, για διαφορετικές κατηγορίες σηράγγων, στα Ελληνικά δεδομένα.

2.5 Δείκτες συμβάντων/ατυχημάτων

2.5.1 Γενικοί Δείκτες

Η χρήση μόνο των απόλυτων αριθμών ατυχημάτων για τη συγκριτική αξιολόγηση των θεμάτων ασφαλείας έχει το βασικό μειονέκτημα ότι δεν λαμβάνει υπόψη τις κατά περίπτωση κυκλοφοριακές συνθήκες, δηλαδή την έκθεση στον κίνδυνο. Η πλέον αξιόπιστη μέθοδος αξιολόγησης των θεμάτων οδικής ασφαλείας είναι η χρήση των δεικτών επικινδυνότητας που λαμβάνει υπόψη τα διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα.

Οι δείκτες ατυχημάτων και συμβάντων της παρούσας έρευνας είναι εκπεφρασμένοι ανά 1.000.000.000 (10⁹) οχηματοχιλιόμετρα (veh x km). Για τον υπολογισμό των Δεικτών χρησιμοποιήθηκαν, για κάθε σήραγγα για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα, η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ) ανά κατεύθυνση καθώς και το μήκος κάθε κλάδου σήραγγας.

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι γενικοί Δείκτες συμβάντων και ατυχημάτων των σηράγγων της Εγνατίας Οδού, ανά γεωγραφικό τομέα και συνολικά.

Προκύπτει ότι ο γενικός δείκτης συμβάντων & ατυχημάτων σε όλες τις σήραγγες ανέρχεται σε 299 ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα. Ο αντίστοιχος δείκτης για τις σήραγγες μήκους μεγαλύτερου των 500m ανέρχεται σε 275.

Συγκρίνοντας τα οδικά τμήματα προκύπτει ότι στο τμήμα «Ηγουμενίτσα-Ιωάννινα» ο Γενικός Δείκτης είναι αυξημένος (503). Ελέγχοντας τους επιμέρους δείκτες του ίδιου τμήματος προκύπτει ότι η διαφοροποίηση οφείλεται κυρίως στους αυξημένους δείκτες ατυχημάτων υλικών ζημιών και συμβάντων φθορών. Εξετάζοντας περαιτέρω τους δείκτες, σε επίπεδο μεμονωμένων σηράγγων, προκύπτει ότι η διαφοροποίηση οφείλεται στη συγκέντρωση ατυχημάτων υλικών ζημιών σε 2 συγκεκριμένους κλάδους σηράγγων, γεγονός που μπορεί να δώσει το έναυσμα για την περαιτέρω εξέταση των συγκεκριμένων σηράγγων. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να επισημανθεί ότι σε επίπεδο μεμονωμένων σηράγγων τα εξεταζόμενα δείγματα είναι πολύ μικρά και δεν οδηγούν πάντα σε ασφαλή συμπεράσματα, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις συγκέντρωσης ατυχημάτων υλικών ζημιών, όπως επισημαίνεται στην παρ. 2.9.

Πίνακας 5. Δείκτες συμβάντων και ατυχημάτων ανά κατηγορία, ανά τομέα και συνολικά (αριθμός συμβάντων ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα)

	Αριθμός σηράγγων	Σήραγγες άνω των 500m	Δείκτης ατυχημάτων παθόντων προσώπων	Δείκτης Ατυχημάτων Υλικών Ζημιών	Δείκτης περιστατικών φωτιάς	Δείκτης Φθορών Σήραγγας	Γενικός Δείκτης
Ηγουμενίτσα-Ιωάννινα	23	14	63	346	31	63	503
Ιωάννινα-Παναγιά	38	20	24	183	24	12	245
Παναγιά-Γρεβενά	28	16	34	235	0	0	269
Πολύμυλος-Βέροια	28	6	42	189	0	0	231
Θεσσαλονίκη-Ξάνθη	20	2	101	303	0	0	404
Σύνολο σηράγγων μήκους<500m	79	-	74	276	0	18	368
Σύνολο σηράγγων μήκους>500m	58	58	32	211	19	13	275
ΣΥΝΟΛΟ	137	58	43	228	14	14	299

2.5.2 Σύγκριση δεικτών συμβάντων/ατυχημάτων σηράγγων & ανοιχτής οδού

Στον πίνακα 6 παρατίθενται συγκριτικά οι δείκτες ασφάλειας για τα τμήματα ανοιχτής οδού του αυτοκινητόδρομου και για τις σήραγγες. Η σύγκριση αφορά αποκλειστικά τους δείκτες ατυχημάτων και όχι τα συμβάντα πυρκαγιάς ή φθορών τα οποία έχουν ειδικό ενδιαφέρον μόνο για τις σήραγγες.

Προκύπτει ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ ανοιχτής οδού και σηράγγων. Ο δείκτης ατυχημάτων παθόντων προσώπων εμφανίζεται μικρότερος στις σήραγγες ενώ ο δείκτης υλικών ζημιών λίγο μεγαλύτερος.

Πίνακας 6. Δείκτες ατυχημάτων ανοιχτής οδού και σηράγγων (αριθμός ατυχημάτων ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα)

	Δείκτης ατυχημάτων παθόντων προσώπων	Δείκτης Ατυχημάτων Υλικών Ζημιών	Συνολικός Δείκτης Ατυχημάτων*
Ανοιχτή Οδός	62,7	206,9	269,5
Σήραγγες	42,7	228	270,7

* Για λόγους συγκρισιμότητας μεταξύ σηράγγων και ανοιχτής οδού ο συνολικός δείκτης περιλαμβάνει μόνο ατυχήματα και όχι περιστατικά φωτιάς ή φθοράς σε στοιχείο της οδού.

Εδώ θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι, σε αντίθεση με τις σήραγγες, η πλειονότητα των ανοιχτών οδικών τμημάτων δεν επιτηρείται διαρκώς με κάμερες, με αποτέλεσμα την πιθανή ελλιπή καταγραφή των ατυχημάτων υλικών ζημιών πολύ μικρής εμβέλειας (παρ. 2.9).

2.5.3 Σύγκριση δεικτών ατυχημάτων σηράγγων Εγνατίας Οδού και άλλων χωρών

Στο Παράρτημα παρουσιάζεται η βιβλιογραφική σύνοψη των δεικτών ατυχημάτων σηράγγων & οδών (αριθμός ατυχημάτων ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα) από άλλες χώρες.

Για τη σύγκριση των δεικτών του πίνακα του Παραρτήματος πρέπει να συναξιολογούνται:

- Το χρονικό διάστημα των δεδομένων (στην Ευρώπη υπάρχει σημαντικότερη τάση μείωσης των ατυχημάτων την τελευταία 15ετία).
- Τα χαρακτηριστικά της σήραγγας (μίας ή δύο κατευθύνσεων, αστική ή υπεραστική, με κλάδους εισόδου/εξόδου κτλ.).

- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της σήραγγας (οι νεότερες σήραγγες διαθέτουν πολύ περισσότερους εξοπλισμούς ασφαλείας).
- Πιθανές διαφορετικές μεθοδολογίες υπολογισμού των δεικτών.

Οι σήραγγες της Εγνατίας Οδού εμφανίζουν χαμηλότερους δείκτες ατυχημάτων παθόντων προσώπων σε σχέση με σήραγγες κάποιων χωρών της κεντρικής Ευρώπης, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο ότι οι σήραγγες της Εγνατίας Οδού έχουν κατασκευαστεί την τελευταία 10ετία με σύγχρονες προδιαγραφές, με εξοπλισμούς ασφαλείας, ενημέρωσης των χρηστών και διαχείρισης κυκλοφορίας και με 24ωρη επιτήρηση από κέντρα ελέγχου.

Συνολικά συμπεραίνεται ότι παρότι το ερευνώμενο δείγμα ατυχημάτων και συμβάντων στις σήραγγες της Εγνατίας Οδού είναι αρκετά μικρό, τα αποτελέσματα είναι συστηματικά και συμβατά με αντίστοιχες έρευνες που έχουν γίνει για σήραγγες άλλων χωρών.

2.5.4 Δείκτες συμβάντων/ατυχημάτων και μηκοτομική κλίση σήραγγας

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι Δείκτες συμβάντων και ατυχημάτων των σήραγγων μήκους άνω των 500 μέτρων της Εγνατίας Οδού, σε σχέση με τη μηκοτομική τους κλίση (κατά τη φορά της κυκλοφορίας). Επίσης, παρουσιάζονται οι ίδιοι Δείκτες για τις σήραγγες σε ανωφέρεια και σε κατωφέρεια.

Συνολικά, εμφανίζεται σχετικά αυξημένος δείκτης των ατυχημάτων σε ανωφέρειες χωρίς ωστόσο σημαντική διαφορά ώστε να μπορεί να εξαχθεί σχετικό συμπέρασμα.

Πίνακας 7. Δείκτες συμβάντων ανά κατηγορία, αναλόγως της μηκοτομικής κλίσης της σήραγγας (αριθμός συμβάντων ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα)

Μηκοτομική Κλίση	Σήραγγες άνω των 500m	Δείκτης ατυχημάτων παθόντων προσώπων	Δείκτης Ατυχημάτων Υλικών Ζημιών	Δείκτης περιστατικών φωτιάς	Δείκτης Φθορών Σήραγγας	Γενικός Δείκτης
<-3%	15	0	202	0	40	243
-3%<3%	28	28	205	28	9	270
>3%	15	82	247	0	0	329
Ανωφέρεια	29	64	192	38	13	308
Κατωφέρεια	29	0	230	0	13	243
ΣΥΝΟΛΟ	58	43	228	14	14	299

2.5.5 Δείκτες συμβάντων/ατυχημάτων και μήκη σήραγγων

Στον Πίνακα 8 και στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι Δείκτες συμβάντων και ατυχημάτων των σήραγγων της Εγνατίας Οδού, ανάλογα των μηκών τους ομαδοποιημένων σε 3 κατηγορίες.

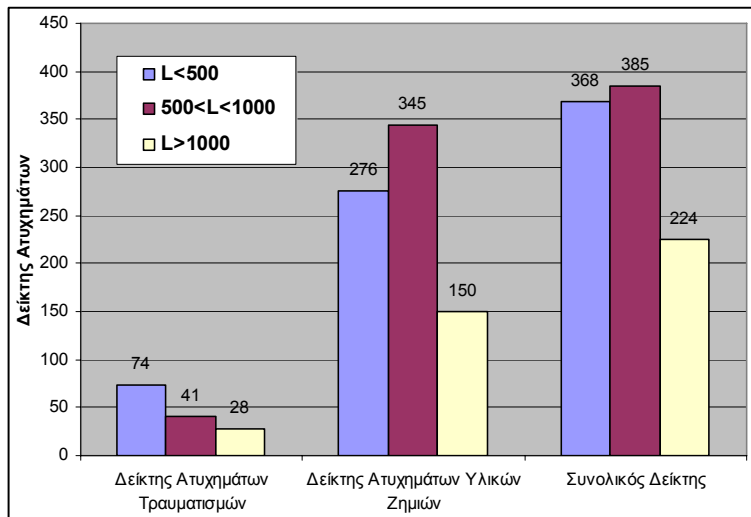
Συνολικά εμφανίζεται τάση μείωσης των δεικτών ατυχημάτων με την αύξηση του μήκους της σήραγγας. Προκύπτει ότι σε σχέση με τις σήραγγες μικρού μήκους ο δείκτης ατυχημάτων παθόντων προσώπων μειώνεται σημαντικά στις σήραγγες μήκους άνω των 1000m. Το εύρημα είναι συμβατό με άλλες αντίστοιχες αναλύσεις [1] από τις οποίες εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα περισσότερα ατυχήματα σήραγγων γίνονται στο στόμιο και στη ζώνη εισόδου, γεγονός που αυξάνει τους δείκτες στις μικρές σήραγγες.

Ο δείκτης ατυχημάτων υλικών ζημιών σε σχέση με το μήκος της σήραγγας εμφανίζεται επίσης σημαντικά μικρότερος στις σήραγγες μήκους άνω των 1000m. Ο εμφανιζόμενος χαμηλότερος δείκτης για τις σήραγγες μήκους κάτω των 500m οφείλεται στο ότι οι περισσότερες μικρές σήραγγες δεν επιτηρούνται από κέντρα ελέγχου με αποτέλεσμα να υπάρχουν ελλείψεις στην καταγραφή των ατυχημάτων υλικών ζημιών μικρής εμβέλειας.

Πίνακας 8. Δείκτες συμβάντων ανά κατηγορία, αναλόγως του μήκους της σήραγγας (αριθμός συμβάντων ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα)

Μήκος L σήραγγας (m)	Αριθμός σηράγγων	Σήραγγες άνω των 500m	Δείκτης ατυχημάτων παθόντων προσώπων	Δείκτης Ατυχημάτων Υλικών Ζημιών	Δείκτης περιστατικών φωτιάς	Δείκτης Φθορών Σήραγγας	Γενικός Δείκτης
L<500	79	-	74	276	0	18	368
500<L<1000	35	35	41	345	0	0	385
L>1000	23	23	28	150	28	19	224
ΣΥΝΟΛΟ	137	58	43	228	14	14	299

Σχήμα 1. Δείκτες συμβάντων ανά κατηγορία, αναλόγως του μήκους της σήραγγας



2.5.6 Δείκτες συμβάντων/ατυχημάτων βαρέων οχημάτων HGV

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται οι υπολογισμοί των Δεικτών συμβάντων και ατυχημάτων των σηράγγων της Εγνατίας Οδού, μόνο για τα βαρέα οχήματα HGV.

Ο συνολικός δείκτης ατυχημάτων & συμβάντων σε σήραγγα με εμπλοκή βαρέος οχήματος HGV ανέρχεται σε 295 ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα. Ο δείκτης μειώνεται σε 258 για σήραγγες μήκους άνω των 500 μέτρων. Εξετάζοντας τους επιμέρους δείκτες προκύπτει η υπερεκπροσώπηση περιστατικών φωτιάς με εμπλοκή HGV σε σήραγγες μήκους άνω των 500 μέτρων.

Επισημαίνεται ότι ο υπολογισμός του συγκεκριμένου δείκτη βασίζεται σε περιορισμένο δείγμα που ανέρχεται συνολικά σε 12 ατυχήματα & συμβάντα, εκ των οποίων τα 8 εντός σηράγγων μήκους άνω των 500 μέτρων.

Πίνακας 9. Δείκτες συμβάντων και ατυχημάτων HGV ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα)

	Αριθμός σηράγγων	Σήραγγες άνω των 500m	Δείκτης ατυχημάτων παθόντων προσώπων	Δείκτης Ατυχημάτων Υλικών Ζημιών	Δείκτης περιστατικών φωτιάς	Δείκτης Φθορών Σήραγγας	Γενικός Δείκτης
Σύνολο σηράγγων μήκους<500m	79	-	103	206	0	103	412
Σύνολο σηράγγων μήκους>500m	58	58	32	64	97	64	258
ΣΥΝΟΛΟ	137	58	49	98	73	49	295

2.6 Τυπολογία ατυχημάτων

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή του τύπου των ατυχημάτων για τις σήραγγες και την ανοιχτή οδό. Συνολικά δεν προκύπτουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στην τυπολογία των ατυχημάτων μεταξύ των σηράγγων και της ανοιχτής οδού.

Η μεγάλη πλειοψηφία των ατυχημάτων στις σήραγγες αποτελούν εκτροπές (77%) με κύρια διαφοροποίηση, σε σχέση με την ανοιχτή οδό, ότι οι περισσότερες εκτροπές γίνονται προς τη δεξιά κατεύθυνση. Το σύνηθες αποτέλεσμα της εκτροπής στη σήραγγα είναι η πρόσκρουση στο κράσπεδο του πεζοδρομίου, στα τοιχώματα ή σε εξοπλισμούς της σήραγγας. 1 στα 8 ατυχήματα σε σήραγγες, αλλά και στην ανοιχτή οδό, είναι νωτομετωπικές συγκρούσεις, οι οποίες συνήθως προκαλούν βαρύτερες συνέπειες στους επιβαίνοντες.

Επίσης, στις σήραγγες εμφανίζεται υψηλότερο ποσοστό ατυχημάτων πλάγιας σύγκρουσης (5,2%), που εκτιμάται ότι οφείλεται σε λανθασμένους χειρισμούς και εκτιμήσεις κατά τους ελιγμούς προσπέρασης υπό τις περιορισμένες συνθήκες της σήραγγας.

Πίνακας 10. Κατανομή του τύπου των ατυχημάτων για τις σήραγγες και την ανοιχτή οδό

Τύπος ατυχήματος α' σύγκρουσης	Σήραγγες	Ανοιχτή Οδός
Εκτροπή προς δεξιά	56,9%	39,1%
Εκτροπή προς αριστερά	20,7%	35,7%
Ανατροπή στην οδό	0,0%	1,1%
Πλάγια σύγκρουση	5,2%	1,1%
Καραμπόλα (>3 οχήματα)	0,0%	2,3%
Νωτομετωπική σύγκρουση (από πίσω)	13,8%	11,8%
Πρόσκρουση σε ακινητοποιημένο όχημα	0,0%	2,5%
Πρόσκρουση σε αντικείμενο στην οδό	3,4%	1,6%
Πρόσκρουση σε στύλο/κτίσμα ή άλλο σταθερό αντικείμενο	0,0%	1,6%
Παράσυρση πεζού	0,0%	0,5%
Παράσυρση ζώου	0,0%	2,1%
Πυρκαγιά	0,0%	0,1%
Άλλος	0,0%	0,5%

2.7 Ατυχήματα σηράγγων και κατηγορίες οχημάτων

2.7.1 Αριθμός εμπλεκόμενων οχημάτων

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των ατυχημάτων αναλόγως του αριθμού των εμπλεκόμενων οχημάτων. Προκύπτει ότι στα 4 από τα 5 ατυχήματα στις σήραγγες εμπλέκεται μόνο ένα όχημα. Ακριβώς το ίδιο είναι και το αντίστοιχο ποσοστό και στην ανοιχτή οδό.

Πίνακας 11. Κατανομή των ατυχημάτων αναλόγως του αριθμού των εμπλεκόμενων οχημάτων

Αριθμός εμπλεκόμενων οχημάτων	Σήραγγες	Ανοιχτή Οδός
Ένα όχημα	81%	80%
2 ή περισσότερα οχήματα	19%	20%

2.7.2 Εμπλεκόμενα οχήματα σε ατυχήματα «ενός οχήματος»

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζεται το είδος των οχημάτων που εμπλέκονται σε ατυχήματα «ενός οχήματος». Τόσο στις σήραγγες όσο και στην ανοιχτή οδό, στα 9 από τα 10 ατυχήματα «ενός οχήματος» το εμπλεκόμενο όχημα είναι μικρό επιβατικό.

Σε σχέση με την ανοιχτή οδό στις σήραγγες εμφανίζεται μικρότερη συμμετοχή στα ατυχήματα «ενός οχήματος» των βαρέων οχημάτων. Συνολικά, τα ποσοστά συμμετοχής των βαρέων οχημάτων σε ατυχήματα «ενός οχήματος» είναι σημαντικά μικρότερα από τη συμμετοχή τους στην κυκλοφορία (~15%), γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στο ότι αφενός οδηγούνται από επαγγελματίες οδηγούς και αφετέρου κινούνται εκ κατασκευής με μικρότερες ταχύτητες.

Πίνακας 12: Είδος οχημάτων εμπλεκόμενα σε ατυχήματα «ενός οχήματος» στις σήραγγες και στην ανοιχτή οδό

Όχημα 1	Σήραγγα	Ανοιχτή Οδός
Δίκυκλο	2,1%	1,9%
Επιβατικό ΙΧ	89,4%	89,3%
Βαν	2,1%	0,5%
Ημιφορηγό-Αγροτικό	0,0%	1,5%
Μικρό φορηγό	2,1%	0,7%
Μεγάλο φορηγό (>2 άξονες)	2,1%	5,2%
Βυτιοφόρο	0,0%	0,4%
Λεωφορείο	2,1%	0,3%

2.7.3 Εμπλεκόμενα οχήματα σε ατυχήματα με 2 ή περισσότερα οχήματα

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζεται το είδος των οχημάτων που εμπλέκονται σε ατυχήματα 2 ή περισσότερων οχημάτων εντός σήραγγων. Παρότι το δείγμα είναι μικρό (11 ατυχήματα) για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, προκύπτει συμμετοχή βαρέων οχημάτων σε ποσοστό σημαντικά μεγαλύτερο από τη συμμετοχή τους στην κυκλοφορία (~15%). Συγκεκριμένα, σε 5 εκ των 11 (45,5%) ατυχημάτων σε σήραγγα ενεπλάκη βαρύ όχημα και σε 2 εκ των 11 (18,2%) μικρό φορηγό.

Πίνακας 13: Είδος α' και β' εμπλεκόμενου οχήματος σε ατυχήματα συγκρούσεων 2 ή περισσότερων οχημάτων σε σήραγγες

	Επιβατικό ΙΧ	Μικρό φορηγό	Μεγάλο φορηγό (>2 άξονες)	Βυτιοφόρο
Αγροτικό όχημα			9,1%	
Επιβατικό ΙΧ	36,4%	18,2%		
Μικρό φορηγό				9,1%
Μεγάλο φορηγό (>2 άξονες)			9,1%	
Λεωφορείο			9,1%	
Μεγάλο φορηγό	9,1%			

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζεται το είδος των οχημάτων που εμπλέκονται σε ατυχήματα 2 ή περισσότερων οχημάτων στην ανοιχτή οδό, για σύγκριση σε σχέση με τις σήραγγες. Σε δείγμα 210 συμβάντων προκύπτει ότι τα βαρέα οχήματα συμμετείχαν στο 31,9% των ατυχημάτων 2 ή περισσότερων οχημάτων, ποσοστό επίσης σημαντικά μεγαλύτερο από τη συμμετοχή τους στην κυκλοφορία (~15%).

Πίνακας 14: Είδος α' και β' εμπλεκόμενου οχήματος σε ατυχήματα συγκρούσεων 2 ή περισσότερων οχημάτων στην ανοιχτή οδό

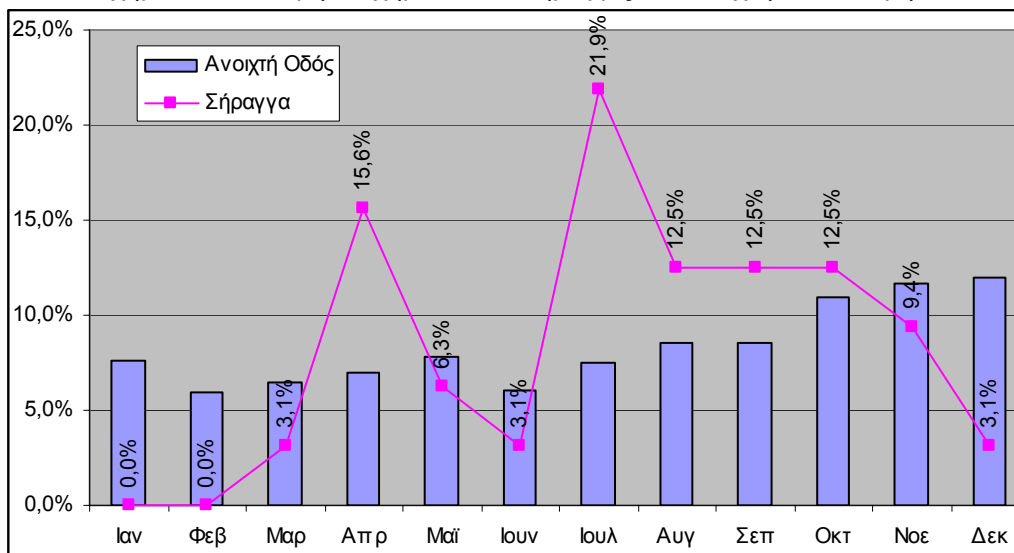
	Δίκυκλο	Επιβατικό ΙΧ	Βαν	Ημιφορτηγό-Αγροτικό	Μικρό φορτηγό	Μεγάλο φορτηγό (>2 άξονες)	Βυτιοφόρο	Λεωφορείο	Άλλο
Δίκυκλο		2,4%							
Επιβατικό ΙΧ	1,4%	59,0%	0,5%	2,4%	2,9%	11,0%	2,9%	1,9%	1,5%
Βαν		0,5%				0,5%			
Ημιφορτηγό-Αγροτικό	0,5%	1,0%				1,0%			
Μικρό φορτηγό		0,5%			0,5%	0,5%			
Μεγάλο φορτηγό (>2 άξονες)		1,9%		0,5%		3,3%	0,5%		
Λεωφορείο	0,5%	0,5%				0,5%			
Βυτιοφόρο		1,0%		0,5%		0,5%			
Άλλο		0,5%							

2.8 Χρονική κατανομή ατυχημάτων

Παρακάτω εξετάζεται η κατανομή των ατυχημάτων σε σχέση με τον μήνα, την ημέρα της εβδομάδας και την ώρα που συνέβησαν.

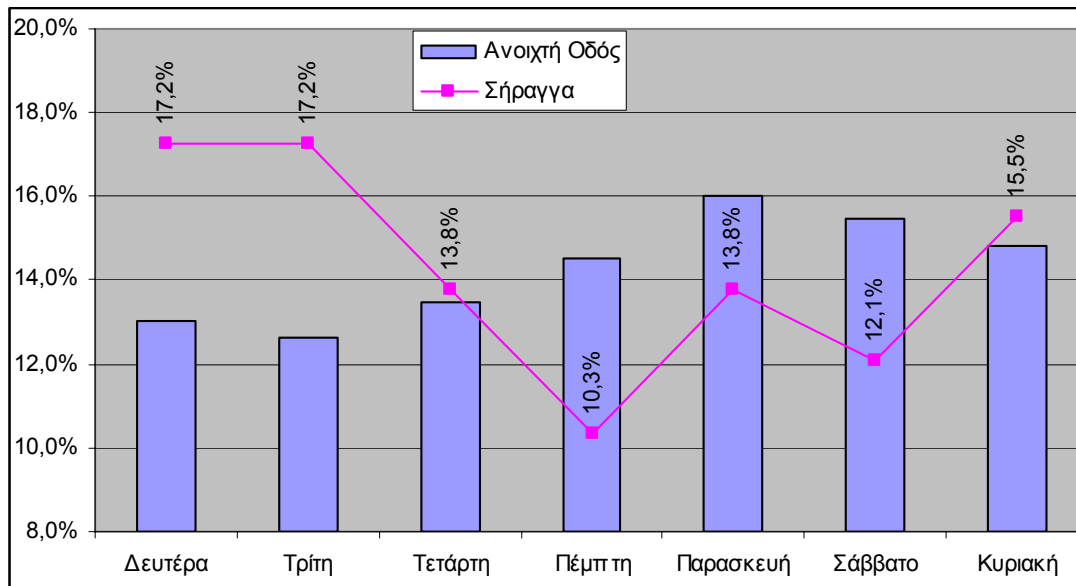
Στον Σχήμα 2 συγκρίνεται η μηνιαία κατανομή των ατυχημάτων στις σήραγγες και στην ανοιχτή οδό. Προκύπτει ότι περισσότερα ατυχήματα σε σήραγγες συμβαίνουν τον Ιούλιο και ότι κατά το διάστημα από Ιούλιο μέχρι Οκτώβριο η αναλογία των ατυχημάτων σε σήραγγες είναι αυξημένη σε σχέση με τα ατυχήματα στο σύνολο της ανοιχτής οδού. Επίσης, κατά τους χειμερινούς μήνες, Δεκέμβριο μέχρι και Μάρτιο, η αναλογία των ατυχημάτων σε σήραγγες εμφανίζεται μειωμένη έως και μηδενική. Τα στοιχεία είναι ενδεικτικά καθότι για την αξιολόγηση της χρονικής κατανομής των ατυχημάτων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η αντίστοιχη διακύμανση της κυκλοφορίας, ανά κατηγορία οχημάτων.

Σχήμα 2: Κατανομή ατυχημάτων σε σήραγγες και ανοιχτή οδό ανά μήνα



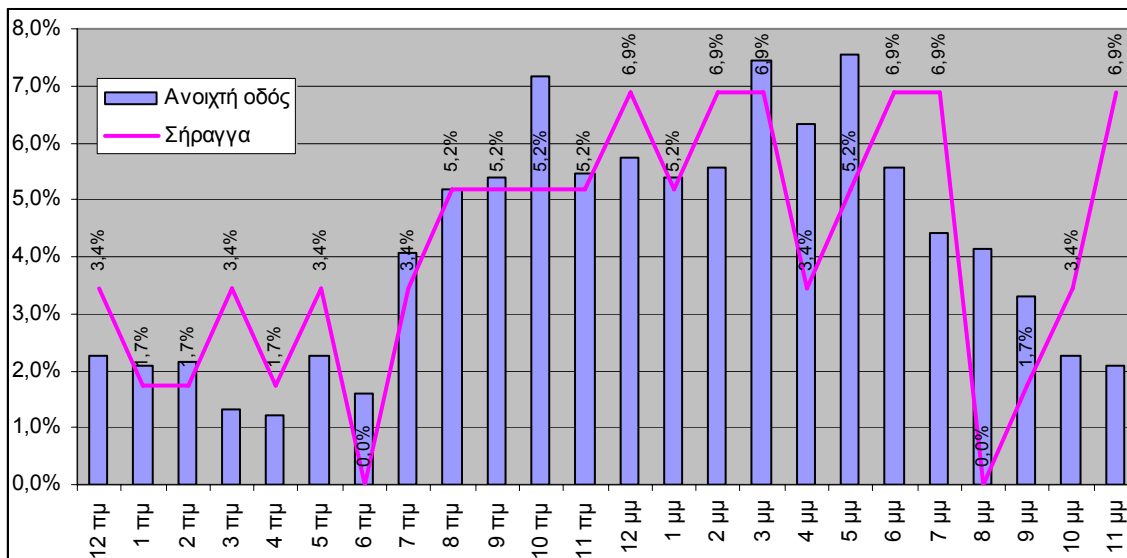
Στον Σχήμα 3 παρουσιάζεται η κατανομή των ατυχημάτων στις σήραγγες και στην ανοιχτή οδό ανά ημέρα της εβδομάδας.

Σχήμα 3. Κατανομή ατυχημάτων σε σήραγγες και ανοιχτή οδό ανά ημέρα εβδομάδας



Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η κατανομή των ατυχημάτων στις σήραγγες και στην ανοιχτή οδό ανά ώρα της ημέρας. Προκύπτει ότι σε γενικές γραμμές η κατανομή των ατυχημάτων σε σήραγγες και στην ανοιχτή οδό είναι παραπλήσια, με εξαίρεση τις νυχτερινές ώρες (22:00-01:00 και 03:00-05:00) που εμφανίζεται τάση υπερεκπροσώπησης των ατυχημάτων σε σήραγγες.

Σχήμα 4. Κατανομή ατυχημάτων σε σήραγγες και ανοιχτή οδό ανά ώρα



2.9 Περιορισμοί στην ακρίβεια των στοιχείων οδικών ατυχημάτων και συμβάντων

Σε κάθε περίπτωση, όταν επιχειρείται η συγκριτική αποτίμηση δεδομένων οδικής ασφάλειας θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τυχόν ανακρίβειες των στοιχείων που μπορεί να οφείλονται στη μη καταγραφή κάποιων ατυχημάτων. Η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα ατυχήματα υλικών ζημιών τα οποία δεν είναι εφικτό να καταγράφονται στο σύνολο τους. Ο βαθμός καταγραφής των οδικών ατυχημάτων διαφοροποιείται μεταξύ διαφορετικών οδών αλλά και διαφορετικών υπηρεσιών συντήρησης και αστυνόμευσης [14].

Επιπλέον, ειδικά στα ατυχήματα υλικών ζημιών μικρής εμβέλειας, που αποτελούν την πλειοψηφία των συμβάντων, υπεισέρχεται ο παράγοντας της υποκειμενικής κρίσης του προσωπικού επιτήρησης της οδού για το αν θα πρέπει να καταγραφούν ή όχι. Ειδικά για σήραγγες που επιτηρούνται σε 24ωρη βάση με κάμερες, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η εισαγωγή στο αναλυόμενο δείγμα των συμβάντων πολύ μικρής εμβέλειας ενδέχεται να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα αναφορικά με το επίπεδο ασφάλειας, ιδιαίτερα αν τα εξεταζόμενα δείγματα είναι μικρά σε πλήθος.

Βιβλιογραφικά, εκτιμάται ότι η υποεκπροσώπηση των καταγεγραμμένων συμβάντων μπορεί να ανέρχεται μέχρι και 70% για συμβάντα υλικών ζημιών και 50% για συμβάντα ελαφριών τραυματισμών [11]. Η πληρότητα της καταγραφής τους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η διεξαγωγή περιπολιών επιτήρησης και η συχνότητά τους, η διαθεσιμότητα και η εγγύτητα προσωπικού και οχημάτων των Υπηρεσιών Άμεσης Επέμβασης, τη βαρύτητα του ατυχήματος, αν το όχημα είναι ανασφάλιστο κτλ.

Για όλους τους παραπάνω λόγους θεωρείται ότι ενώ στις σήραγγες που επιτηρούνται από ηλεκτρονικά συστήματα, κάμερες και εποχούμενες περιπολίες, υφίσταται ελάχιστη υποεκπροσώπηση των καταγεγραμμένων συμβάντων, στα τμήματα ανοιχτής οδού η υποεκπροσώπηση των καταγραφών ενδέχεται να είναι σημαντική. Για το λόγο αυτό και για να είναι πιο αξιόπιστη οποιαδήποτε αξιολόγηση και σύγκριση, είναι σκόπιμο στα οδικά τμήματα που εκτιμάται ότι υπάρχει σημαντικό ποσοστό μη καταγραφής ατυχημάτων να εφαρμόζονται διορθωτικοί συντελεστές [11].

Τέλος, είναι απαραίτητο να επισημανθεί εκ νέου ότι οι υπολογισμοί των δεικτών οδικής ασφάλειας της παρούσας έρευνας αφορούν αποκλειστικά σήραγγες του αυτοκινητόδρομου της Εγνατίας Οδού. Εξυπακούεται ότι για να είναι εφικτή οποιαδήποτε σύγκριση ή αξιοποίησή τους για άλλες σήραγγες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο τα τεχνικά (γεωμετρία, εξοπλισμοί κτλ.) όσο και τα λειτουργικά (κέντρα ελέγχου, χρόνοι απόκρισης περιπολιών κτλ.) και τα κυκλοφοριακά (ΕΜΗΚ, σύνθεση κτλ) χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων σηράγγων.

2.10 Περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα εργασία υπολογίζει τους βασικούς δείκτες ασφαλείας και τις επιπτώσεις κάποιων χαρακτηριστικών των σηράγγων και της κυκλοφορίας στην οδική ασφάλεια.

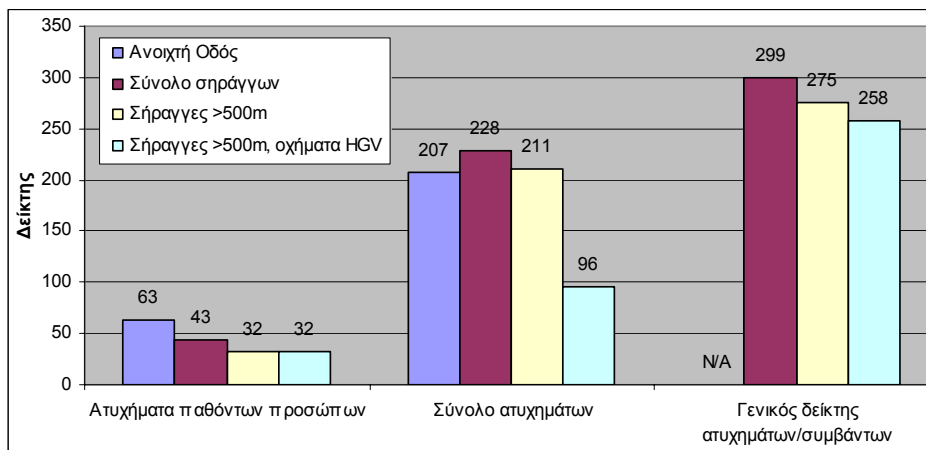
Αξιολογώντας τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας αλλά και της αντίστοιχης σχετικής βιβλιογραφίας προτείνεται η συνέχιση και περαιτέρω έρευνα και εμβάθυνση σε σχετικά αντικείμενα όπως:

- συσχέτιση του δείκτη ατυχημάτων με την ΕΜΗΚ και τη σύνθεση κυκλοφορίας,
- συσχέτιση του δείκτη ατυχημάτων με οριζοντιογραφικά χαρακτηριστικά,
- εξέταση της ασφαλείας σε επιμέρους ζώνες της σήραγγας (π.χ. στόμιο, είσοδος, κύριο τμήμα, έξοδος).

3. Συμπεράσματα

- Στόχος της έρευνας είναι η ανάλυση των δεδομένων οδικής ασφάλειας των σηράγγων της Εγνατίας Οδού, ο υπολογισμός των δεικτών ασφαλείας και η αρχική διερεύνηση τυχόν συσχέτισης κάποιων βασικών χαρακτηριστικών των σηράγγων με την ασφάλειά τους.

- Συνολικά, υπολογίζονται οι επιμέρους δείκτες ανά σήραγγα για ατυχήματα παθόντων προσώπων, ατυχήματα υλικών ζημιών, συμβάντα πυρκαγιάς και συμβάντα φθορών σε εξοπλισμούς της σήραγγας και βάσει αυτών υπολογίζεται ο γενικός δείκτης.
- Στις δίδυμες σήραγγες κάθε κλάδος εξετάζεται χωριστά. Συνολικά, η έρευνα βασίζεται σε δεδομένα που αφορούν 137 κλάδους σηράγγων για διάστημα των 22 μηνών. Κατά το διάστημα αυτό συνέβησαν 63 οδικά ατυχήματα και συμβάντα εντός 46 σηράγγων. Σε 91 εκ των 137 σηράγγων δεν καταγράφηκε κανένα ατύχημα ή συμβάν.
- Παρότι το δείγμα των ατυχημάτων είναι αρκετά μικρό τα αποτελέσματα είναι συστηματικά και παραπλήσια μεταξύ διαφορετικών οδικών τμημάτων και επίσης είναι συμβατά με αντίστοιχες έρευνες που έχουν γίνει για σήραγγες άλλων χωρών.
- Κατά τη συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ενώ στις σήραγγες μήκους άνω των 500 μέτρων, που επιτηρούνται από συστήματα εποπτείας, καταγράφεται το σύνολο των συμβάντων και ατυχημάτων, σε μικρές σήραγγες και στην ανοιχτή οδό ενδέχεται να μην καταγράφεται μέρος των συμβάντων και ιδιαίτερα αυτών με υλικές ζημιές μικρής εμβέλειας.
- Για τις σήραγγες μήκους άνω των 500 μέτρων προκύπτει ότι η συχνότητα οιοδήποτε συμβάντος ανά σήραγγα ανέρχεται σε 1 ανά 3,3 έτη ανά χλμ σήραγγας ενώ η συχνότητα των συμβάντων παθόντων προσώπων ανέρχεται σε 1 ανά 28,5 έτη ανά χλμ σήραγγας.
- Με την αύξηση του δείγματος συμβάντων στη βάση δεδομένων ατυχημάτων της Εγνατίας Οδού ή συνολικά των Ελληνικών σηράγγων θα μπορεί να δημιουργηθεί ένα βασικό μοντέλο συσχέτισης του αριθμού συμβάντων και ατυχημάτων της σήραγγας με το κυκλοφοριακό έργο. Ο συντελεστή συσχέτισης $\alpha = 2,28 \cdot 10^{-7}$, που έχει προκύψει για σήραγγες της Γερμανίας, μίας κατεύθυνσης και χωρίς κλάδους εισόδου/εξόδου εντός της σήραγγας, εφαρμόζεται επιτυχώς στις αντίστοιχες σήραγγες μήκους άνω των 500m της Εγνατίας Οδού.
- Ο γενικός δείκτης συμβάντων & ατυχημάτων σε όλες τις σήραγγες της Εγνατίας Οδου ανέρχεται σε 299 ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα. Ο αντίστοιχος δείκτης για τις σήραγγες μήκους μεγαλύτερου των 500m ανέρχεται σε 275.
- Ο γενικός δείκτης συμβάντων & ατυχημάτων βαρέων οχημάτων HGV σε όλες τις σήραγγες ανέρχεται σε 295 ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα. Ο αντίστοιχος δείκτης για τις σήραγγες μήκους μεγαλύτερου των 500m ανέρχεται σε 258.
- Συγκρίνοντας τις σήραγγες με την ανοιχτή οδό, όσον αφορά μόνο τα ατυχήματα, οι σήραγγες είναι πιο ασφαλείς στα ατυχήματα παθόντων προσώπων ενώ φαίνεται να μην υπάρχει διαφοροποίηση στα ατυχήματα υλικών ζημιών. Εφόσον όμως ληφθεί υπόψη το γεγονός της μη καταγραφής μέρους των ατυχημάτων υλικών ζημιών στην ανοιχτή οδό, προκύπτει ότι συνολικά οι σήραγγες είναι πιο ασφαλείς σε σχέση με την ανοιχτή οδό.
- Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η σύνοψη των βασικών δεικτών ασφαλείας που υπολογίστηκαν στην παρούσα έρευνα. Ο Γενικός δείκτης περιλαμβάνει εκτός από τα ατυχήματα και τα συμβάντα πυρκαγιών και φθορών σε εξοπλισμούς σήραγγας.



- Συνολικά εμφανίζεται τάση μείωσης των δεικτών ατυχημάτων με την αύξηση του μήκους της σήραγγας. Οι σήραγγες μήκους άνω των 1.000 μέτρων παρουσιάζουν μικρότερους δείκτες ατυχημάτων.
- Τέσσερα στα πέντε ατυχήματα σε σήραγγα είναι εκτροπές μεμονωμένων οχημάτων με αποτέλεσμα την πρόσκρουσή τους στο κράσπεδο του πεζοδρομίου, στα τοιχώματα ή σε εξοπλισμούς της σήραγγας. Ένα στα οκτώ ατυχήματα σε σήραγγα είναι νωτομετωπικές συγκρούσεις μεταξύ οχημάτων, οι οποίες συνήθως προκαλούν βαρύτερες συνέπειες στους επιβαίνοντες.
- Στα ατυχήματα «ενός οχήματος», που αποτελούν το 80% των ατυχημάτων σε σήραγγες, τα βαρέα οχήματα δημιουργούν μικρότερη επικινδυνότητα σε σχέση με τα μικρά επιβατικά. Αντίθετα, στα ατυχήματα σύγκρουσης οχημάτων, δύο ή περισσότερων, προκύπτει συμμετοχή βαρέων οχημάτων σε ποσοστό σημαντικά μεγαλύτερο από τη συμμετοχή τους στην κυκλοφορία.
- Συγκρίνοντας τη μηνιαία κατανομή των ατυχημάτων σε σήραγγες και στην ανοιχτή οδό προκύπτει ότι κατά το διάστημα από Ιούλιο μέχρι Οκτώβριο η αναλογία των ατυχημάτων σε σήραγγες εμφανίζεται αυξημένη. Κατά τους χειμερινούς μήνες, Δεκέμβριο μέχρι και Μάρτιο, η αναλογία των ατυχημάτων σε σήραγγες εμφανίζεται μειωμένη έως και μηδενική.
- Κατά τη διάρκεια της ημέρας η κατανομή των ατυχημάτων σε σήραγγες και στην ανοιχτή οδό είναι παραπλήσια, με εξαίρεση τις νυχτερινές ώρες (22:00-01:00 και 03:00-05:00) που εμφανίζεται τάση υπερεκπροσώπησης των ατυχημάτων σε σήραγγες.
- Η καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων ασφάλειας των σηράγγων πρέπει να διενεργείται σε συστηματική βάση ώστε αφενός να υπάρχει διαρκής παρακολούθηση των δεικτών ασφάλειας και τυχόν αξιοσημείωτων μεταβολών τους και αφετέρου η βάση δεδομένων να εμπλουτίζεται με μεγαλύτερο όγκο ιστορικών στοιχείων για την παροχή των κατά το δυνατόν πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων.
- Κρίνεται σκόπιμη η προσθήκη στο σύστημα των συγκοινωνιακών Δεικτών του Παρατηρητηρίου της Εγνατίας Οδού των «Δεικτών Ασφάλειας σηράγγων μήκους των άνω 500 μέτρων» της Εγνατίας Οδού, ως αριθμού ατυχημάτων και συμβάντων ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα. Οι Δείκτες είναι σκόπιμο να υπολογίζονται σε ετήσια βάση καθώς και ως κυλιόμενες τιμές πενταετίας.

Βιβλιογραφία

- [1] F.H. Amundsen & A. Engelbrektsen, Studies on Norwegian road tunnels II. An analysis on traffic accidents in road tunnels 2001-2006., Oslo: Vegdirektoratet, Roads and Traffic Department, Traffic Safety Section, 2009
- [2] Ernst Basler und Partner, Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln (Assessing the safety of road tunnels), BAST, HEFT 66, 2009
- [3] C. Caliendo, M.L.De Guglielmo , Accident Rates in Road Tunnels and Social Cost Evaluation, SIIV - 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures, PROCEDIA, 2012
- [4] FIS Forschungs-Informationssystem, Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS), <http://www.forschungsinformationssystem.de>
- [5] K. Lemke, Verkehrssicherheit von Straßentunneln (Traffic safety in road tunnels), Straßenverkehrstechnik 43, 1999
- [6] Road traffic accidents in tunnels by tunnel and severity, Transport Department - The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, http://www.td.gov.hk/filemanager/en/content_4636/f2.14.pdf, 2012
- [7] Z. Ma et al, Characteristics of traffic accidents in Chinese freeway tunnels, Tunnelling and Underground Space Technology 24, 2009
- [8] Z. Ma et al, The Method to Identify Black Spots of Long Highway Tunnel, ICCTP, 2009
- [9] Karl Melby et al, Subsea road tunnels in Norway, Norwegian Public Roads Administration, Oslo, 2002
- [10] C. Nussbaumer, Comparative Analysis of Safety in Tunnels, Austrian Road Safety Board, Young Researchers Seminar, Brno, 2007
- [11] A. Saramourtsis, A. Tsantsanoglou, E.Viskos, I. Benekos, Traffic Control Centres – Organization and role in traffic risk and incident reduction, Submitted to Routes/Roads Magazine - World Road Association (PIARC), 2013
- [12] ΔΑΣ - Διοικητική Αρχή Σηράγγων, Οδηγίες για την εκπόνηση Ανάλυσης Επικινδυνότητας από τη Διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα μέσα από οδικές σήραγγες, Διοικητική Αρχή Σηράγγων, ΓΓΔΕ/Υπ.Υπο.Με.Δι., 2011
- [13] Κ. Κυρητόπουλος, Κ. Καζάρας, Π. Παπαπαύλου, Γ. Χατζηστέλιος, Αποτελέσματα έρευνας αναφορικά με τις απαιτούμενες γνώσεις ασφάλειας των χρηστών οδικών σηράγγων, Εργαστήριο Οργάνωσης Παραγωγής, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012
- [14] Αθ. Τσαντσάνογλου, Δ. Ευαγγελίδης, Ατυχήματα υλικών ζημιών, αξιώσεις αποκατάστασης και διαχείριση οδικής ασφάλειας, 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Βόλος 2012

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Βιβλιογραφική σύνοψη δεικτών ατυχημάτων σήραγγων & οδών (αριθμός ατυχημάτων ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα)

Πηγή	Χώρα	Έτη αναφοράς	Τύποι σήραγγας	Σήραγγες			Ανοιχτή οδός		Σχόλια
				Θανατηφόρα ατυχήματα	Ατυχήματα παθόντων προσώπων	Global rate (με υλικές ζημιές)	Ατυχήματα παθόντων προσώπων	Global rate (με υλικές ζημιές)	
Παρούσα έρευνα	Ελλάδα-Εγνατία All vehicles	2011-2013	rural unidirectional 2x2 ανεξαρτήτως μήκους	0,0095	0,043	0,299	0,063	0,208	Ο συνολικός δείκτης σήραγγων (global rate) περιλαμβάνει και συμβάντα πυρκαγιάς και φθοράς σε στοιχεία της οδού
	Ελλάδα-Εγνατία HGV	2011-2013			0,049	0,295			
PIARC QRA Default Values	Γαλλία All Vehicles	<1998	rural unidirectional 2x2		0,09	0,51	0,07		Βασικές τιμές προσομοιώματος QRAM (Quantitative Risk Assessment Model) για τη Γαλλία
	Γαλλία HGV	<1999			0,121	0,73	0,049	0,324	
[9]	Νορβηγία	1995-1999	subsea		0,13		0,15 - 0,20		
[1]	Νορβηγία	2001-2006	uni & bidirectional		0,13 rural 2 tube:0,09				
[3]	Ιταλία	2009	unidirectional		0,13				
			motorway		0,087				
[10]	Αυστρία	2002-2003	unidirectional	0,007	0,09				
			bidirectional	0,017	0,07				
[5]	Γερμανία	1994-1997	uni & bidirectional		0,074	0,328	0,147	0,619	
[6]	Honk Kong	2012	urban unidirectional		0,28		1,28		
[7]	Κίνα	2003-2004	Freeway tunnels			0,51			
[8]	Κίνα	2003-4	σήραγγα Kaoyishan (motorway)		0,12				

