

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ»



**Σανίδας Δ. Ιωάννης**  
Αγρονόμος & Τοπογράφος  
Μηχανικός Α. Π. Θ.

«Κυκλοφοριακές και περιβαλλοντικές μελέτες και μετρήσεις  
για τη Διεύθυνση Επιχειρήσεων Οδικών και Οχημάτων»

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:**  
**Ευτυχία Ναθαναήλ**  
**Δρ. Συγκοινωνιολόγος Μηχανικός - Επ. Καθηγήτρια**

**Βόλος, Σεπτέμβριος 2010**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 9049/1  
Ημερ. Εισ.: 03-11-2010  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
624.193  
ΣΑΝ

Το παρόν τεύχος εκπονήθηκε στα πλαίσια Διπλωματικής Εργασίας, που φέρει τον τίτλο **«Κυκλοφοριακές & Οικονομικές Επιπτώσεις Διέλευσης Επικίνδυνων Φορτίων Από Σήραγγες»**, στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Οποιαδήποτε έρευνα που οδηγεί σε βελτίωση της οδικής ασφάλειας, στην αποδοτικότητα του συστήματος μεταφορών και των άλλων υπηρεσιών που σχετίζονται με ένα σύστημα μεταφορών, είναι σίγουρο πως θα προσφέρει οφέλη και στον τομέα της μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων.

Η εστίαση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι στην περιγραφή της μεταφοράς επικίνδυνων υλικών και ειδικότερα υγρών καυσίμων(προϊόντα εδάφους όπως βενζίνη, πετρέλαιο, αεροπορικά καύσιμα), στο σχεδιασμό και στη διαχείριση της μεταφοράς τους διαμέσου των σήραγγων της Αττικής Οδού με επικέντρωση στο σχεδιασμό της μεταφοράς υγρών καυσίμων στις σήραγγες της Αττικής Οδού και στις προτεινόμενες εναλλακτικές διαδρομές για την αποφυγή των τμημάτων του αυτοκινητοδρόμου που περιλαμβάνουν σήραγγες, εφόσον αυτές αυξάνουν το κίνδυνο της μεταφοράς των επικίνδυνων φορτίων σε σχέση με τις εναλλακτικές διαδρομές.

Λόγω του εκπαιδευτικού χαρακτήρα που αποδίδεται στην παρούσα εργασία, κατά τη σύνταξή της ως εγχειριδίου, έγινε προσπάθεια να αναλυθούν με σαφήνεια και πληρότητα όλα τα επιμέρους στοιχεία που συλλέχθηκαν από τη σχετική βιβλιογραφία. Για το λόγο αυτό παρουσιάστηκε όλη η σχετική με τα επικίνδυνα φορτία νομοθεσία που ισχύει στο διεθνή και στον ελληνικό χώρο.

Συγκεκριμένα, στόχος της εργασίας ήταν να εξάγει αποτελέσματα χρόνων για τις διαδρομές εντός της Αττικής Οδού και για τις προτεινόμενες εναλλακτικές διαδρομές του παράπλευρου οδικού δικτύου που χρησιμοποιήθηκαν για να αποφευχθεί η διέλευση των επικίνδυνων φορτίων από τις σήραγγες, προκειμένου να υπολογιστεί το κόστος των μεταφορέων σε όλες τις περιπτώσεις.

Με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού, «emme2», έγινε η χάραξη των διαδρομών (και αυτών που περιλαμβάνουν τις σήραγγες της Αττικής Οδού και των εναλλακτικών)και μελετήθηκαν σε πρώτη φάση ως προς τους χρόνους με τους οποίους ένα βυτιοφόρο δύναται να τις διανύσει, καθώς επίσης έγινε και βαθμονόμηση του δικτύου ως προς την κατανομή των μετρημένων κυκλοφοριακών φόρτων.

Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα χρόνου των διαδρομών που επιλέχτηκαν, αξιολογήθηκαν ως προς τις διαφορές και τις καθυστερήσεις που παρουσίαζαν ανάμεσά τους, προστέθηκαν στο λογισμικό δεδομένα αξίας του χρόνου και κόστους των καθυστερήσεων και έγινε αξιολόγηση των διαδρομών εντός της Αττικής Οδού καθώς και των εναλλακτικών ως προς το κόστος που επιβαρύνει, σε πιθανή εκτροπή της κυκλοφορίας των επικίνδυνων φορτίων, τους μεταφορείς.

Πρέπει να τονιστεί ότι στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, όλα τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν στοιχεία μετρήσεων, που σημαίνει ότι ανταποκρίνονται πλήρως στις κυκλοφοριακές συνθήκες της Αττικής Οδού, γεγονός που κάνει την εργασία άμεσα εφαρμόσιμη στην πράξη, καθώς όλα τα σενάρια δεν μελετήθηκαν σε υποθετική βάση αλλά έτσι ώστε να είναι εφικτή η πρακτική εφαρμογή τους.

Μελετήθηκαν λοιπόν και αναπτύσσονται σε αντίστοιχα κεφάλαια, όλες οι επιμέρους παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη κατά το Σχεδιασμό *Μεταφοράς Υγρών Καυσίμων Για Αποφυγή Διέλευσης Των Σηράγγων*, με τη σειρά που παρουσιάζονται παρακάτω.

Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται μία εισαγωγή στις έννοιες της μεταφοράς των επικίνδυνων φορτίων και παρουσιάζονται οι στόχοι και το αντικείμενο της εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση της ισχύουσας νομοθεσίας(Ελλάδα - Ευρώπη), καθώς και ανασκόπηση των μέτρων που ισχύουν για την ασφαλή διέλευση επικίνδυνων φορτίων από τις σήραγγες. Αναλύονται τα συστήματα σχεδιασμού της μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων διαμέσου σηράγγων.

Το **τρίτο κεφάλαιο** αποτελεί εισαγωγή στην Αττική Οδό και εξέταση των σηράγγων αυτής ως προς τα γεωμετρικά, κυκλοφοριακά και λειτουργικά τους χαρακτηριστικά, καθώς επίσης παρουσιάζονται και τα μέτρα που ισχύουν για τη διέλευση των βυτιοφόρων.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται ο σχεδιασμός μεταφοράς υγρών καυσίμων διαμέσου των σηράγγων της Αττικής Οδού, γίνεται προσδιορισμός και περιγραφή των βέλτιστων εναλλακτικών διαδρομών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δρομολόγηση των βυτιοφόρων σε περίπτωση που απαγορεύεται η διέλευσή τους μέσω των σηράγγων του αυτοκινητοδρόμου.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** εξετάζεται το σχέδιο διαχείρισης της κυκλοφορίας των οχημάτων της Αττικής Οδού. Υπολογίζεται η κυκλοφοριακή ικανότητα των

τμημάτων της Οδού που περιλαμβάνουν σήραγγες καθώς και των εναλλακτικών διαδρομών για την αποφυγή αυτών, ως προς τους χρόνους διαδρομής, τις ταχύτητες και τις καθυστερήσεις.

Στο έκτο κεφάλαιο αναλύεται το κόστος ενός ατυχήματος με την εμπλοκή βυτιοφόρου σε σχέση με το κέρδος(που μειώνεται λόγω της εκτροπής της κυκλοφορίας των επικίνδυνων φορτίων και των καθυστερήσεων που συνεπάγεται ένα τέτοιο μέτρο) και την ασφάλεια. Επίσης, γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση κάποιων άλλων μέτρων βελτίωσης που μπορούν να ληφθούν πέραν της εκτροπής της κυκλοφορίας.

Στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο δίνονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν για την ασφαλή διέλευση των οχημάτων μεταφοράς υγρών καυσίμων από τις σήραγγες της Αττικής Οδού, καθώς επίσης και για το κόστος που συνεπάγεται η εκτροπή της κυκλοφορίας προς κάποια εναλλακτική διαδρομή.

**Τέλος,** θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω θερμά τη Δρ. Συγκοινωνιολόγο Μηχανικό - Επ. Καθηγήτρια κ. Ευτυχία Ναθαναήλ για την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, για την πολύτιμη βοήθειά της, τη συνεχή στήριξη και παρότρυνση, τις γνώσεις και το ήθος που μου μετέδωσε.

# A BSTRACT

The present copy was worked out in the frames of Diplomatic Work, that bring the title "Circulatory & Economic Repercussions of Passage of Dangerous Charges Through Tunnels", in the Department of Civil Engineers of Polytechnic Faculty of University of Thessaly.

Any research that leads to improvement of road safety, to the efficiency of system of transports and other services that are related with a system of transports, is sure that it will offer profits and in the sector of transport of hazardous materials.

The focus of the present diplomatic work is in the description of transport of dangerous materials and more specifically humid fuels (products of soil as petrol, oil, air fuels), in the planning and in the management of their transport through the tunnels of Attica Road with focalization in the planning of transport of humid fuels in the tunnels of Attica Road and in the proposed alternative ways for the evasion of departments of motorway that includes tunnels, provided that these increase the danger of transport of dangerous charges concerning the alternative ways.

Because of the educational character that is attributed in the present work, at her syntax as handbook, became effort to be analyzed with clarity and plenitude the all individual elements that were collected by the relative bibliography. For this reason, was presented the entire relative with the hazardous materials legislation that is in effect in international and in the Greek space.

Concretely, objective of work was to export results of times for the ways inside Attica Road and for the proposed alternative ways of adjacent road network that were used in order to avoid the passage of dangerous charges from the tunnels, so that is calculated the cost of carriers in the all cases.

With the use of suitable software, "emme2", became the mapping out of corridors (and what includes the tunnels of Attica Road and alternative) and was studied in first phase as for the times with which a tanker is able to cover them, while also became calibration of the whole road network as for the distribution of measured circulatory pressures.

Afterwards, the results of time of corridors that were selected, were evaluated as for the differences and the delays that they presented in between them, were added in the software data of value of time and cost of delays and became evaluation of corridors inside Attica Road as well as for the alternatives as for the cost that it overloads, in likely deviation of circulation of dangerous charges, the carriers.

It should be stressed that in the frames of the present work, all the elements that were used, were elements of measurements, that it means that they correspond completely in the circulatory conditions of Attica Road, fact that makes the work immediately applicable into practice, while all the scripts was not studied in hypothetical base but so as to be feasible their practical application.

They were also studied therefore and are developed in corresponding chapters, all the individual parameters that should be taken aspect at the Planning of Transport of Humid Fuels for Evasion of Passage through Tunnels, with the line that is presented below:

In the **first chapter** becomes an import in the significances of transport of dangerous charges and is presented the objectives and the object of work.

In the **second chapter** becomes a bibliographic examination of being in effect legislation (Greece - Europe), as well as examination of meters that are in effect for the sure passage of hazardous materials through the tunnels. Also, are analyzed the systems of planning of transport of hazardous materials through tunnels.

The **third chapter** constitutes import in Attica Road and examination of tunnels of this as for geometric, circulatory and functional characteristics, while also are presented and the meters that are in effect for the passage of tankers.

In the **fourth chapter** is presented the planning of transport of humid fuels through the tunnels of Attica Road, becomes determination and description of most optimal alternative corridors that can be used for the routing of tankers in the event that is prohibited their passage via the tunnels of the motorway.

In the **fifth chapter** is examined the drawing of management of circulation of vehicles of Attica of Road. It is calculated the circulatory faculty of departments of Road that includes tunnels as well as the alternative corridors for the evasion of these, as for the times and the delays.

In the **sixth chapter** is analyzed the cost of accident with the entanglement of tanker concerning the profit (that it is decreased because the

deviation of circulation of dangerous charges and delays that it involves such a meter) and the safety. Also, becomes a concise presentation of certain other meters of improvement that they can be taken except for the deviation of circulation.

In the **seventh** and last **chapter** are given the conclusions that result for the sure passage of vehicles of transport of humid fuels from the tunnels of Attica Road, as well as for the cost that involves the deviation of circulation to certain alternative ways.

**Finally**, I consider my obligation to thank Professor Mrs. Etyxia Nathanail for the entrusting of the particular diplomatic work, for her precious help, the continuous support and incentive, the knowledge and the morals that she transmitted to me.



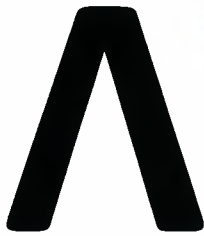


# ΕΡΙΑΧΟΜΕΝΑ

<b>1.</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>1</b>
1.1.	Γενικά	1
1.2.	Αντικείμενο και στόχοι της διπλωματικής εργασίας	4
1.3.	Δομή διπλωματικής εργασίας	4
<b>2.</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b>	<b>6</b>
2.1.	Νομοθεσία για τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων σε σήραγγες	6
2.1.1.	Η συμφωνία ADR	6
2.1.2	Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2004/54/ΕΚ	12
2.1.3	Απαιτούμενα μέτρα ασφαλείας σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2004/54/ΕΚ	13
2.2	Διεθνής Πρακτική για τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων σε σήραγγες	18
2.2.1	Εθνικοί Κανονισμοί Κρατών	18
2.2.2	Απαγορεύσεις στις ελληνικές σήραγγες	19
2.2.2.1	Οι σήραγγες στο Ελληνικό Οδικό δίκτυο	19
2.2.2.2	Απαγορεύσεις ή/ και ειδικές ρυθμίσεις	20
2.3	Σχεδιασμός Μεταφοράς Επικίνδυνων Φορτίων	20
2.3.1	Μοντέλα επιλογής εναλλακτικών διαδρομών μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων	22
2.3.2	Μοντέλα εκτίμησης επικινδυνότητας εναλλακτικών διαδρομών μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων	23
2.4	Σχέδια και Συστήματα διαχείρισης συμβάντων με επικίνδυνα φορτία σε σήραγγες	24
2.4.1	Μέτρα μείωσης επιπτώσεων συμβάντων με εμπλοκή επικίνδυνων φορτίων	26
2.4.1.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	27
2.4.1.2	ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	27
2.4.1.3	ΕΣΟΧΕΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ	30
2.4.1.4	ΕΞΟΔΟΙ ΔΙΑΦΥΓΗΣ	31
2.5	ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ – ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	32
<b>3.</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΤΗΣ</b>	<b>34</b>
3.1.	Γενικά	34
3.2.	Οι Σήραγγες της Αττικής Οδού	35
3.2.1	Κατηγοριοποίηση των σηράγγων	35
3.2.2	Τεχνικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων σηράγγων	38

3.3	Σημερινή πολιτική διέλευσης βυτιοφόρων υγρών καυσίμων από τις σήραγγες της Αττικής Οδού	42
3.3.1	Πώς γίνεται η διαχείριση ενός έκτακτου συμβάντος στην Αττική Οδό?	43
3.3.2	Πώς γίνεται η διαχείριση της κυκλοφορίας στην Αττική Οδό?	44
3.3.3	Σχέδιο Διαχείρισης Κυκλοφορίας της Αττικής Οδού	48
3.4	Κυκλοφοριακά στοιχεία για τις σήραγγες και για το συνολικό δίκτυο της Αττικής Οδού	50
3.4.1	Ανάλυση ζήτησης μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων(κυρίως υγρών καυσίμων) από την Αττική Οδό	50
3.4.2	Σύνθεση κυκλοφορίας Αττικής Οδού	51
<b>4.</b>	<b>ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ</b>	<b>53</b>
4.1	Εισαγωγή	53
4.2	Δρομολόγηση των βυτιοφόρων υγρών καυσίμων για την αποφυγή διέλευσης των εξεταζόμενων σηράγγων της Αττικής Οδού	53
4.2.1	Παράμετροι επιλογής των βέλτιστων διαδρομών για τη δρομολόγηση των βυτιοφόρων υγρών καυσίμων	53
4.2.2	Δρομολόγηση βυτιοφόρων για την αποφυγή διέλευσης τμημάτων της Αττικής Οδού που περιλαμβάνουν μεμονωμένες σήραγγες	54
4.2.2.1	Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Ελευσίνας	54
4.2.2.2	Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Μαύρης Ωρας	55
4.2.2.3	Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Λιοσίων	56
4.2.2.4	Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Ζεφυρίου	56
4.2.2.5	Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Αχαρνών	57
4.2.2.6	Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Μεταμόρφωσης	59
4.2.2.7	Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Ηρακλείου	60
4.2.2.8	Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Βριλησίων	61
4.3	Προσδιορισμός εναλλακτικών διαδρομών «προέλευσης – προορισμού» για τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων με στόχο την αποφυγή διέλευσης τμημάτων της Αττικής Οδού που περιλαμβάνουν διαδοχικό αριθμό σηράγγων.	62
4.3.1	Εναλλακτική Διαδρομή Α/Κ 5 – Α/Κ 13	62
4.3.2	Εναλλακτική Διαδρομή Α/Κ 6 – Α/Κ 8	63
4.3.3	Εναλλακτική Διαδρομή Α/Κ 0 – Α/Κ 13	63
<b>5.</b>	<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ – ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b>	<b>65</b>
5.1.	Εισαγωγή	65
5.2.	Επιλογή Εναλλακτικών Διαδρομών – Καμπύλες Επικινδυνότητας	65
5.3.	Καμπύλες F/N για τις σήραγγες της Αττικής Οδού	71
5.4	Μελέτη της Αττικής Οδού και των εναλλακτικών διαδρομών	81
5.4.1	Μελέτη των Σεναρίων	81

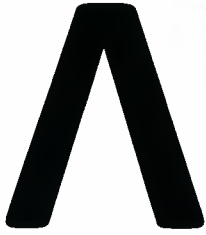
<b>6.</b>	<b>Κόστος – Όφελος– Ασφάλεια</b>	<b>108</b>
6.1	Εισαγωγή	108
6.2	Κόστος	108
6.2.1	Κόστος Ατυχήματος-Συνέπεια	108
6.2.2	Κόστος εκτροπής της κυκλοφορίας των Ε.Φ.-Πρόληψη	113
6.3	Ανάλυση του κόστους για την Αττική Οδό	114
<b>7.</b>	<b>Συμπεράσματα – Προτάσεις</b>	<b>123</b>
7.1.	Σύνοψη – Συμπεράσματα	123
7.2.	Προτάσεις	124
<b>8.</b>	<b>Βιβλιογραφικές Αναφορές</b>	<b>128</b>



## ΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση επικίνδυνων ουσιών σύμφωνα με την ADR.....	6
Πίνακας 2.2: Συνοπτικός πίνακας απαιτήσεων ασφαλείας υποδομής για σήραγγες μήκους 500 – 100μ. βάσει της κοινοτικής οδηγίας 2004/54/ΕΚ.....	14
Πίνακας 2.3: Κανονισμοί και οδηγίες σε διάφορα κράτη.....	19
Πίνακας 2.4: Οι μεγαλύτερες σήραγγες του ελληνικού οδικού δικτύου.....	20
Πίνακας 2.5: Απαγορεύσεις ή ειδικές ρυθμίσεις σε ελληνικές σήραγγες.....	21
Πίνακας 3.1: Κατηγορίες καλυμμένων οδικών τμημάτων της Αττικής Οδού.....	36
Πίνακας 3.2: Σήραγγες Αττικής Οδού(ΕΛΕΣΣ-Αεροδρόμιο) κατηγορίας Α.....	37
Πίνακας 3.3: Σήραγγες Αττικής Οδού(ΕΛΕΣΣ-Αεροδρόμιο) κατηγορίας Β.....	37
Πίνακας 3.4: Σήραγγες Αττικής Οδού(ΕΛΕΣΣ-Αεροδρόμιο) κατηγορίας Γ.....	37
Πίνακας 3.5: Σύνθεση κυκλοφορίας Αττικής Οδού.....	51
Πίνακας 3.6: Σύνθεση κυκλοφορίας οχημάτων Αττικής Οδού.....	52
Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα Μοντέλου Επικινδυνότητας.....	70
Πίνακας 5.2: Συντεταγμένες Χάραξης του οδικού δικτύου.....	81
Πίνακας 5.3: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού.....	87
Πίνακας 5.4: Ωριαία κατανομή μετακινήσεων οχημάτων Ε.Φ.....	89
Πίνακας 5.5: Ημερήσια κατανομή μετακινήσεων οχημάτων Ε.Φ.....	89
Πίνακας 5.6: Ετήσια κατανομή μετακινήσεων οχημάτων Ε.Φ.....	90
Πίνακας 5.7: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού.....	90
Πίνακας 5.8: Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	92
Πίνακας 5.9: Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	92
Πίνακας 5.10: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού.....	93
Πίνακας 5.11: Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	96
Πίνακας 5.12: Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	96
Πίνακας 5.13: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού.....	97
Πίνακας 5.14: Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	99
Πίνακας 5.15: Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	99
Πίνακας 5.16: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού.....	100
Πίνακας 5.17: Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	102

<b>Πίνακας 5.18:</b> Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	102
<b>Πίνακας 5.19:</b> Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού.....	103
<b>Πίνακας 5.20:</b> Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	106
<b>Πίνακας 5.21:</b> Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	106
<b>Πίνακας 5.22:</b> Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	107
<b>Πίνακας 6.1:</b> Ατυχήματα – Νεκροί – Τραυματίες.....	109
<b>Πίνακας 6.2:</b> ακτίνες κύκλων κινδύνου και τομείς αντίκτυπου.....	110
<b>Πίνακας 6.3:</b> Μέσος όρος κόστους σε ένα ατύχημα χωρίς νεκρούς.....	111
<b>Πίνακας 6.4:</b> Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο.....	113
<b>Πίνακας 6.5:</b> Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 2 <sup>ου</sup> Σεναρίου.....	115
<b>Πίνακας 6.6:</b> Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφορέα Από Την Εφαρμογή Του 2ου Σεναρίου.....	116
<b>Πίνακας 6.7:</b> Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου της 1ης υποπερίπτωσης(σήραγγα Αχαρνών).....	116
<b>Πίνακας 6.8:</b> Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφορέα Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου.....	117
<b>Πίνακας 6.9:</b> Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου.....	117
<b>Πίνακας 6.10:</b> Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφορέα Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου.....	118
<b>Πίνακας 6.11:</b> Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου.....	118
<b>Πίνακας 6.12:</b> Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφορέα Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου.....	119
<b>Πίνακας 6.13:</b> Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 4ου Σεναρίου.....	119
<b>Πίνακας 6.14:</b> Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφορέα Από Την Εφαρμογή Του 4ου Σεναρίου.....	120
<b>Πίνακας 6.15:</b> Σύνοψη των καθυστερήσεων και του πλεονάζοντος κόστους.....	120



## ΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1.1:</b> Εσωτερικό της σήραγγας St. Gotthard.....	1
<b>Εικόνα 3.1:</b> Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας της Αττικής Οδού.....	45
<b>Εικόνα 3.2:</b> κύριες πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων.....	46
<b>Εικόνα 3.3:</b> πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων πρόσβασης.....	47
<b>Εικόνα 3.4:</b> πινακίδες μεταβλητού ορίου ταχύτητας.....	47
<b>Εικόνα 4.1:</b> σήραγγα Ελευσίνας.....	54
<b>Εικόνα 4.2:</b> Έξοδος προς Αεροδρόμιο για αποφυγή σήραγγας Μαύρης Ώρας.....	55
<b>Εικόνα 4.3:</b> Κυκλικός κόμβος Κωνσταντινουπόλεως.....	56
<b>Εικόνα 4.4:</b> Λ. Δημοκρατίας.....	57
<b>Εικόνα 4.5:</b> Παλαμά προς Ε.Ο. Αθηνών – Λαμίας.....	58
<b>Εικόνα 4.6:</b> Αχαρνών προς Ε.Ο. Αθηνών – Λαμίας.....	58
<b>Εικόνα 4.7:</b> Βρεττού.....	59
<b>Εικόνα 4.8:</b> Αριστοτέλους.....	59
<b>Εικόνα 4.9:</b> Δροσίνη.....	59
<b>Εικόνα 4.10:</b> Παράπλευρη Α.Ο.....	59
<b>Εικόνα 4.11:</b> Τατοΐου.....	60
<b>Εικόνα 4.12:</b> Λ. Αμαρουσίου.....	61
<b>Εικόνα 4.13:</b> Λ. Ειρήνης.....	61
<b>Εικόνα 4.14:</b> Παράπλευρη οδός της σήραγγας Βριλησίων.....	62
<b>Εικόνα 5.1:</b> Αττική Οδός και εναλλακτικές διαδρομές.....	82
<b>Εικόνα 5.2:</b> Κεντροειδή του οδικού δικτύου.....	83
<b>Εικόνα 5.3:</b> Κυκλοφοριακοί φόρτοι μετρημένοι στα τμήματα της Αττικής Οδού.....	84
<b>Εικόνα 5.4:</b> Βαθμονόμηση του δικτύου-Κατανομή κυκλοφοριακών φόρτων.....	86
<b>Εικόνα 5.5:</b> Απαγόρευση διέλευσης των σηράγγων Μαύρης Ώρας, Ηρακλείου και Βριλησίων.....	91
<b>Εικόνα 5.6:</b> Απαγόρευση διέλευσης των σηράγγων Μαύρης Ώρας, Ηρακλείου Βριλησίων και Αχαρνών.....	95

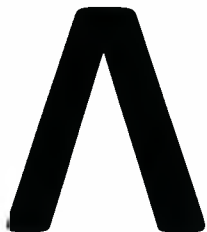
<b>Εικόνα 5.7:</b> Απαγόρευση διέλευσης των σηράγγων Μαύρης Ώρας, Ηρακλείου, Βριλησίων και Λιοσίων.....	<b>98</b>
<b>Εικόνα 5.8:</b> Απαγόρευση διέλευσης των σηράγγων Μαύρης Ώρας, Ηρακλείου, Βριλησίων και Ζεφυρίου.....	<b>101</b>
<b>Εικόνα 5.9:</b> Απαγόρευση διέλευσης όλων των σηράγγων της Αττικής Οδού.....	<b>104</b>
<b>Εικόνα 6.1:</b> περιοχές αντίκτυπου για τα υποτιθέμενα ατυχήματα.....	<b>111</b>
<b>Εικόνα 6.2:</b> περιοχές αντίκτυπου για τα υποτιθέμενα ατυχήματα.....	<b>112</b>



## ΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>ΣΧΗΜΑ 2.1:</b> Παράδειγμα σήμανσης επικίνδυνων φορτίων.....	8
<b>ΣΧΗΜΑ 2.2:</b> Σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων από τη μια πύλη στην άλλη.....	28
<b>ΣΧΗΜΑ 2.3.α:</b> Σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων με ενδιάμεση έξοδο .....	28
<b>ΣΧΗΜΑ 2.3.β:</b> Μηχανικό σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων.....	29
<b>ΣΧΗΜΑ 2.4.α:</b> Ημιεγκάρσιο σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων.....	29
<b>ΣΧΗΜΑ 2.4.β:</b> Εγκάρσιο σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων.....	30
<b>ΣΧΗΜΑ 2.5:</b> Απαιτήσεις φωτισμού ανάλογα με το μήκος της σήραγγας.....	31
<b>ΣΧΗΜΑ 2.6:</b> Εσοχές έκτακτης ανάγκης.....	32
<b>ΣΧΗΜΑ 2.7:</b> Διάταξη εξόδου διαφυγής.....	32
<b>ΣΧΗΜΑ 3.1:</b> χάραξη Αττικής Οδού .....	41





## ΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

<b>Διάγραμμα 3.1:</b> Ημερήσιες διελεύσεις Αττικής Οδού.....	34
<b>Διάγραμμα 5.1:</b> Αθροιστική συχνότητα F για N ή περισσότερους θανάτους σύμφωνα με την Αγγλική και Ολλανδική Νομοθεσία.....	71
<b>Διάγραμμα 5.2:</b> Αθροιστική συχνότητα F για N ή περισσότερους θανάτους σύμφωνα με την Νορβηγική Νομοθεσία.....	71
<b>Διάγραμμα 6.1:</b> ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους.....	109
<b>Διάγραμμα 6.2:</b> Ετήσιες καθυστερήσεις από τη σύγκριση των σεναρίων.....	121
<b>Διάγραμμα 6.3:</b> Ετήσιο συνολικό κόστος για τους μεταφορείς.....	121

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Γενικά

Η ανθρώπινη ιστορία είναι συνυφασμένη με την ιστορία των μεταφορών. Για παράδειγμα η ανάπτυξη αρχαίων πολιτισμών όπως των Φοινίκων συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με τις θαλάσσιες μεταφορές και εμπόριο. Άλλωστε πολλοί ιστορικοί τοποθετούν το τέλος του μεσαίωνα και την απαρχή της νεότερης εποχής στο 1492, ημερομηνία ανακάλυψης της Αμερικής από τον Κολόμβο.

Μεταφορά ονομάζεται γενικά η μετακίνηση επιβατών και διακίνηση φορτίων από έναν τόπο σε άλλον. Συνήθως η μετακίνηση γίνεται έναντι κάποιας αμοιβής που ονομάζεται εισιτήριο ή κόμιστρο ή ναύλος αντίστοιχα. Συνεπώς οι μεταφορές στη προκειμένη περίπτωση αποτελούν εμπορικές πράξεις. Οι μεταφορικές δραστηριότητες αποτελούν σημαντικό τομέα και παράγοντα ανάπτυξης μιας εθνικής οικονομίας. Ανάλογα του χώρου που διενεργούνται αυτές διακρίνονται σε χερσαίες, θαλάσσιες και αεροπορικές μεταφορές.

Η βιομηχανία και οι άλλες δραστηριότητες του ανθρώπου απαιτούν την καθημερινή μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων εμπορευμάτων. Τα περισσότερα δε θεωρούνται αρκετά επικίνδυνα ώστε να χρήζουν ειδικής μεταχείρισης κατά τη μεταφορά τους. Ωστόσο ορισμένα χαρακτηρίζονται από ιδιότητες που υποδηλώνουν την παρουσία ορισμένων κινδύνων κατά τη μεταφορά τους, όπως τα εκρηκτικά, τα τοξικά, τα διαβρωτικά και τα εύφλεκτα εμπορεύματα.

«Αν και η πιθανότητα ενός ατυχήματος στο οποίο εμπλέκονται οχήματα που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία είναι χαμηλή, οι συνέπειες μπορούν να είναι καταστροφικές και για τους αυτοκινητιστές στη σήραγγα, και για την ίδια τη σήραγγα, π.χ. μια μετωπική σύγκρουση δύο φορτηγών από τα οποία το ένα μετέφερε ελαστικά, 1.6 χιλιόμετρα από τη νότια είσοδο της σήραγγας του St. Gotthard,



Εικόνα 1.1: Εσωτερικό της σήραγγας St. Gotthard

προκάλεσε μια έκρηξη και εν συνεχεία ακολούθησε πυρκαγιά. Επιπλέον, μέρος της οροφής της σήραγγας κατέρρευσε σε μια απόσταση περίπου 100 μέτρων. Ο συνδυασμός αυτών των δύο γεγονότων κατέστησαν τη σήραγγα απρόσιτη λόγω των τόσο υψηλών θερμοκρασιών (1000°C) και των τμημάτων της στέγης που κατέρρεαν συνεχώς. Περίπου 40 αυτοκίνητα και φορτηγά μετατράπηκαν σε μια λειωμένη μάζα στην καρδιά της σήραγγας. Το γεγονός οδήγησε σε 11 μοιραία περιστατικά. Οι προσπάθειες διάσωσης παρακλύθηκαν από την ακραία θερμότητα και τον κίνδυνο ότι τα πρόσθετα τμήματα της στέγης της σήραγγας κατέρρεαν συνεχώς.» {23}

- **Ποια είναι όμως τελικά τα επικίνδυνα φορτία;**

Ως **επικίνδυνα φορτία** ορίζονται τα εμπορεύματα, είδη και υλικά από τα οποία μπορούν να προκύψουν κίνδυνοι για το κοινωνικό σύνολο, τη ζωή και την υγεία των ανθρώπων και των ζώων καθώς και για τη δημόσια τάξη και ασφάλεια. Οι κίνδυνοι αυτοί είναι δυνατό να οφείλονται στη φύση, τις ιδιότητες και την κατάσταση αυτών των φορτίων, καθώς και σε τυχόν ατύχημα κατά τη μεταφορά τους.{1}

Η βιομηχανία και οι άλλες δραστηριότητες του ανθρώπου απαιτούν την καθημερινή μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων επικινδύνων εμπορευμάτων. Η διακίνηση των επικινδύνων φορτίων μπορεί να οδηγήσει σε ιδιαίτερα σοβαρό ατύχημα. Ακόμα και όταν οι μεταφερόμενες ποσότητες είναι μικρές, ο κίνδυνος εμφάνισης ατυχήματος μεγάλης έκτασης είναι υπαρκτός. Άλλωστε η ίδια η φύση της μεταφοράς επιβάλλει την κυκλοφορία των επικινδύνων φορτίων σε δημόσιο χώρο (δρόμο, λιμάνι ή αεροδρόμιο), μακριά από το ελεγχόμενο περιβάλλον μιας βιομηχανικής εγκατάστασης. Υπάρχουν μάλιστα περιπτώσεις, όπου η πρόκληση ατυχήματος δεν οφείλεται σε παραλείψεις που αφορούν αυστηρά το μεταφερόμενο φορτίο, αλλά στους συνήθεις κινδύνους της κυκλοφορίας. Η μεταφορά τους στην Ελλάδα γίνεται πρωτίστως οδικώς(σε ποσοστό που υπερβαίνει το 65%).{2}

Ο ευρωπαϊκός κώδικας που διέπει τις οδικές μεταφορές είναι η «Ευρωπαϊκή Συμφωνία για την Διεθνή Οδική Μεταφορά Επικινδύνων Εμπορευμάτων ADR» και οι αναθεωρήσεις της. Η συμφωνία είναι γνωστή με τη διεθνή ονομασία της ADR από τα αρχικά των γαλλικών λέξεων "Accord Dangereux Routier". Η συμφωνία εκδίδεται από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών και αναθεωρείται κάθε δύο έτη. Από το 1999 η συμφωνία ισχύει και για τις εθνικές μεταφορές μέσα στην Ελλάδα.{1 & 3}

- **Ασφάλεια και Σήραγγες**

Οι σήραγγες είναι τμήματα οδών, με ιδιαίτερες απαιτήσεις όσον αφορά στην ασφάλεια κυκλοφορίας και έχουν υψηλό κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας. Το παρεχόμενο επίπεδο ασφαλείας σε μια σήραγγα είναι συνάρτηση πλήθους παραγόντων οι κυριότεροι εκ των οποίων συνοψίζονται στους εξής:

- χρήστης
- γεωμετρικός – λειτουργικός σχεδιασμός
- δομική διάρθρωση και συντήρηση
- συμμετοχή βαρέων οχημάτων στην κυκλοφορία

Η ασφάλεια, η οποία αποτελεί άλλωστε και τον κυρίαρχο στόχο, κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και λειτουργίας μιας σήραγγας, διαχωρίζεται σε δύο κύριους τομείς {4} :

- πρόληψη, η οποία αφορά στην αποφυγή κρίσιμων καταστάσεων
- ελαχιστοποίηση συνεπειών σε περίπτωση αστοχίας

Βασικό ερώτημα που απασχολεί πολλές χώρες στις οποίες τα ποσοστά μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων μέσα από σήραγγες αυξάνονται συνεχώς, είναι το κατά πόσο πρέπει να απαγορεύεται ή όχι η διέλευσή τους. Παρόλο που η πιθανότητα να εμφανιστεί ατύχημα με εμπλοκή επικίνδυνων φορτίων μέσα σε μια σήραγγα είναι πολύ μικρή, τα αποτελέσματά του μπορεί να είναι καταστροφικά για πολλές ανθρώπινες ζωές αλλά και για τη σήραγγα. Η προοπτική όμως μιας τέτοιας απαγόρευσης μπορεί να προκαλέσει σημαντικές οικονομικές ζημιές, αλλά να οδηγήσει επιπλέον και στην επιλογή λανθασμένων εναλλακτικών διαδρομών μέσα από κατοικημένες περιοχές αυξάνοντας έτσι τη συνολική επικινδυνότητα της όλης διαδικασίας.

Χαρακτηριστικά είναι τα παρακάτω στοιχεία σχετικά με τη δυναμική του όλου θέματος. Η αξία των μεταφερόμενων εμπορευμάτων ετησίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση αγγίζει τα 15 δις € (15% του ΑΕΠ), με ετήσιο τζίρο μεταφοράς 75 εκατομμυρίων ευρώ. Ο στόλος των οχημάτων υπερβαίνει τα 6000 οχήματα, τα οποία διανύουν ετησίως απόσταση μεγαλύτερη των 300 εκατομμυρίων χιλιομέτρων. Στον ευρύτερο κλάδο των μεταφορών απασχολούνται πάνω από 10000 άτομα, από τα οποία οι 8000 είναι οδηγοί και οι 6000 εξ αυτών έχουν πιστοποίηση ADR. Όσον αφορά στα βυτιοφόρα, η διακίνηση από τα κέντρα παραγωγής γίνεται με οχήματα χωρητικότητας 28 – 40 MT(μετρικός τόνος), το πλήθος των οποίων εκτιμάται σε 2500. Από αυτά, τα 2000 περίπου είναι δημοσίας χρήσεως βυτιοφόρα καυσίμων και τα 1800 έχουν πιστοποίηση ADR.

Η ασφαλής οδική μεταφορά των επικίνδυνων φορτίων μέσα στις σήραγγες απαιτεί ορισμένα επιπρόσθετα μέτρα τα οποία σχετίζονται μεταξύ άλλων, με τη μορφή και το σχεδιασμό της σήραγγας, τον εξοπλισμό, τη διαχείριση της κυκλοφορίας, την εκπαίδευση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, την ενημέρωση των οδηγών και την καλή(έγκαιρη-έγκυρη)επικοινωνία αρχών και υπηρεσιών.

Στις 29/4/2004 εκδόθηκε νέα οδηγία, η 2004/54/EK {6}, η οποία αφορά στη διασφάλιση ενός ομοιόμορφου επιπέδου ασφαλείας κατά τη μεταφορά από το Διευρωπαϊκό Οδικό Δίκτυο επικίνδυνων φορτίων διαμέσου σηράγγων μήκος άνω των 500μ. και αναφέρεται κυρίως σε θέματα σχεδιασμού, κατασκευής, εξοπλισμού και λειτουργίας των σηράγγων.

Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, προκειμένου να μεταφερθούν ασφαλώς επικίνδυνα φορτία μέσω οδικών σηράγγων θα πρέπει να εφαρμόζονται τα παρακάτω μέτρα :

- να εκτελείται ανάλυση επικινδυνότητας σύμφωνα με το άρθρο 13 της παραπάνω οδηγίας πριν από τη θέσπιση κανονισμών και απαιτήσεων για τη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων μέσω σηράγγων
- να εγκαθίσταται κατάλληλη σήμανση για την επιβολή των κανονισμών πριν από την τελευταία δυνατή έξοδο, ανάντι της σήραγγας και στις εισόδους της σήραγγας ώστε οι οδηγοί να οδηγούνται ή να επιλέγουν εναλλακτικές διαδρομές

- να εξετάζεται το ενδεχόμενο λήψης ειδικών μέτρων λειτουργίας με σκοπό τη μείωση των κινδύνων, τα οποία σχετίζονται με το σύνολο ή μέρος των οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία, όπως δήλωση πριν από την είσοδο η διέλευση σε φάλαγγες που θα πλαισιώνονται από οχήματα συνοδείας, κατά περίπτωση και μετά την προαναφερόμενη ανάλυση επικινδυνότητας.

## 1.2. Αντικείμενο και στόχοι της διπλωματικής εργασίας

Οποιαδήποτε έρευνα που οδηγεί σε βελτίωση της οδικής ασφάλειας, στην αποδοτικότητα του συστήματος μεταφορών και των άλλων υπηρεσιών που σχετίζονται με ένα σύστημα μεταφορών, είναι σίγουρο πως θα προσφέρει οφέλη και στον τομέα της μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων.

Η εστίαση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι στην περιγραφή της μεταφοράς επικίνδυνων υλικών και ειδικότερα υγρών καυσίμων(προϊόντα εδάφους όπως βενζίνη, πετρέλαιο, αεροπορικά καύσιμα), στο σχεδιασμό και στη διαχείριση της μεταφοράς τους διαμέσου των σήραγγων της Αττικής Οδού με επικέντρωση στο σχεδιασμό της μεταφοράς υγρών καυσίμων στις σήραγγες της Αττικής Οδού και στις προτεινόμενες εναλλακτικές διαδρομές για την αποφυγή των τμημάτων του αυτοκινητοδρόμου που περιλαμβάνουν σήραγγες, εφόσον αυτές αυξάνουν το κίνδυνο της μεταφοράς των επικίνδυνων φορτίων σε σχέση με τις εναλλακτικές διαδρομές.

Επιπλέον των όσων προαναφέρθηκαν, με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού θα γίνει η χάραξη των διαδρομών (και αυτών που περιλαμβάνουν τις σήραγγες της Αττικής Οδού και των εναλλακτικών) και θα μελετηθούν σε πρώτη φάση ως προς τους χρόνους και ως προς τις ταχύτητες με τις οποίες ένα βυτιοφόρο δύναται να τις διανύσει. Στη συνέχεια θα γίνει σύγκριση, ως προς τους χρόνους, των διαδρομών αυτών και θα αξιολογηθούν ως προς την αξία του χρόνου των εμπορευματικών οχημάτων σε σχέση πάντα με την επικινδυνότητα της κάθε διαδρομής.

## 1.3. Δομή διπλωματικής εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στις έννοιες της μεταφοράς των επικίνδυνων φορτίων και παρουσιάζονται οι στόχοι και το αντικείμενο της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση της ισχύουσας νομοθεσίας(Ελλάδα-Ευρώπη), καθώς και ανασκόπηση των μέτρων που ισχύουν για την ασφαλή διέλευση επικίνδυνων φορτίων από τις σήραγγες. Αναλύονται τα συστήματα σχεδιασμού της μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων διαμέσου σήραγγων.

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί εισαγωγή στην Αττική Οδό και εξέταση των σήραγγων αυτής ως προς τα γεωμετρικά, κυκλοφοριακά και λειτουργικά τους χαρακτηριστικά, καθώς επίσης παρουσιάζονται και τα μέτρα που ισχύουν για τη διέλευση των βυτιοφόρων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο σχεδιασμός μεταφοράς υγρών καυσίμων διαμέσου των σήραγγων της Αττικής Οδού, γίνεται προσδιορισμός και περιγραφή των

βέλτιστων εναλλακτικών διαδρομών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δρομολόγηση των βυτιοφόρων σε περίπτωση που απαγορεύεται η διέλευσή τους μέσω των σηράγγων του αυτοκινητοδρόμου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εξετάζεται το σχέδιο διαχείρισης της κυκλοφορίας των οχημάτων της Αττικής Οδού. Υπολογίζεται η κυκλοφοριακή ικανότητα των τμημάτων της Οδού που περιλαμβάνουν σήραγγες καθώς και των εναλλακτικών διαδρομών για την αποφυγή αυτών, ως προς τους χρόνους διαδρομής, τις ταχύτητες και τις καθυστερήσεις.

Στο έκτο κεφάλαιο αναλύεται το κόστος ενός ατυχήματος με την εμπλοκή βυτιοφόρου σε σχέση με το κέρδος(που μειώνεται λόγω της εκτροπής της κυκλοφορίας των επικίνδυνων φορτίων και των καθυστερήσεων που συνεπάγεται ένα τέτοιο μέτρο) και την ασφάλεια. Επίσης, γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση κάποιων άλλων μέτρων βελτίωσης που μπορούν να ληφθούν πέραν της εκτροπής της κυκλοφορίας.

Στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο δίνονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν για την ασφαλή διέλευση των οχημάτων μεταφοράς υγρών καυσίμων από τις σήραγγες της Αττικής Οδού, καθώς επίσης και για το κόστος που συνεπάγεται η εκτροπή της κυκλοφορίας προς κάποια εναλλακτική διαδρομή.

## **2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

### **2.1. Νομοθεσία για τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων σε σήραγγες**

### 2.1.1. Η συμφωνία ADR

Ο ευρωπαϊκός κώδικας που διέπει τις οδικές μεταφορές είναι η «Συμφωνία για τη Διεθνή Οδική Μεταφορά Επικινδύνων Εμπορευμάτων ADR» και οι αναθεωρήσεις της. Η συμφωνία είναι γνωστή με τη διεθνή ονομασία της ADR από τα αρχικά των γαλλικών λέξεων "Accord Dangereux Routier". Από το 1999 η συμφωνία ισχύει και για τις εθνικές μεταφορές μέσα στην Ελλάδα. Για την αναθεώρηση της συμφωνίας, κάθε δύο χρόνια εξετάζονται οι εξελίξεις στην τεχνολογία της μεταφοράς επικινδύνων εμπορευμάτων (οχήματα, εξοπλισμός, επικίνδυνες ύλες και ουσίες, συσκευασία, προστασία περιβάλλοντος και εργαζομένων) και γίνονται οι ανάλογες τροποποιήσεις. Πρόκειται επομένως για ένα "ζωντανό" εργαλείο που συνεχώς εξελίσσεται.

Σκοπός της συμφωνίας είναι η διασφάλιση της ασφαλούς μεταφοράς των επικινδύνων εμπορευμάτων, όταν αυτά διέρχονται από μία ή περισσότερες χώρες. Εάν οι μεταφορές πληρούν τις απαιτήσεις της ADR, τότε απαλλάσσονται από την τήρηση της εθνικής νομοθεσίας των συμβαλλομένων κρατών. {1}

Ως προς τις ιδιότητές τους οι επικίνδυνες ύλες ταξινομούνται σε 9 κλάσεις, Πίνακας 2.1. Ένα ειδικό χαρακτηριστικό της συμφωνίας είναι ότι η κάθε κλάση είναι είτε «περιοριστική», είτε «μη περιοριστική». **Λόγω της πληθώρας και της πολυπλοκότητας των διατάξεων, η φόρτωση πρέπει να γίνεται κάτω από την επίβλεψη ειδικευμένου προσωπικού που έχει πιστοποιηθεί ειδικά.**

Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση επικινδύνων ουσιών σύμφωνα με την ADR

Ονομασία κλάσης	Είδος ουσίας ή υλικού	Χαρακτηρισμός ως προς τον περιορισμό
Κλάση 1	Εκρηκτικές ουσίες και είδη (π.χ. πυρίτιδα, φυσίγγια, βεγγαλικά)	Περιοριστική
Κλάση 2	Αέρια: πεπιεσμένα, υγροποιημένα ή διαλυμένα υπό πίεση (π.χ. άζωτο, αμμωνία, βουτάνιο, προπάνιο κλπ)	Περιοριστική (για μερικές χώρες)
Κλάση 3	Εύφλεκτα υγρά (π.χ. βενζίνη, πετρέλαιο, κηροζίνη κλπ)	
Κλάση 4.1	Εύφλεκτα στερεά (π.χ. πριονίδι, σανός, λιγνίτης κλπ)	
Κλάση 4.2	Ουσίες υποκείμενες σε αυτογενή ανάφλεξη (π.χ. φωσφόρος, ρητίνες, κατάλοιπα πετρελαίου)	
Κλάση 4.3	Ουσίες που σε επαφή με το νερό παράγουν εύφλεκτα αέρια (π.χ. κάλιο, νάτριο, ασβέστιο,	

	ανθρακασβέστιο κλπ)	
<b>Κλάση 5.1</b>	Οξειδωτικές ουσίες (π.χ. νιτρικό αμμώνιο και λιπάσματά του κλπ)	
<b>Κλάση 5.2</b>	Οργανικά υπεροξειδία (π.χ. υπεροξειδίο διτριτοταγούς βουτυλίου κλπ)	
<b>Κλάση 6.1</b>	Τοξικές ουσίες (υδροκυανικό οξύ, ενώσεις αρσενικού, υδραργύρου κλπ)	
<b>Κλάση 6.2</b>	Απεχθείς ουσίες και ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση (π.χ. εντόσθια, κοπριά, περιττώματα κλπ)	Περιοριστική (για μερικές χώρες)
<b>Κλάση 7</b>	Ραδιενεργά υλικά	Περιοριστική
<b>Κλάση 8</b>	Διαβρωτικές ουσίες (π.χ. θειικό οξύ, νιτρικό οξύ, καυστική σόδα κλπ)	
<b>Κλάση 9</b>	Διάφορες επικίνδυνες ουσίες και είδη (π.χ. αμίαντος, PCBs (κλοφέν), συσκευές με κλοφέν κλπ).	

Πηγή: Συμφωνία ADR 2001,{1}

#### **Παρατήρηση:**

Οι κλάσεις που δεν χαρακτηρίζονται ως προς τον περιορισμό, είναι μη περιοριστικές

#### **Πως γίνεται η σήμανση των επικινδύνων φορτίων;**

Η συμφωνία ADR επιβάλλει τη σήμανση των οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα με δύο είδη σημάτων:

- Πορτοκαλί πινακίδες αναγνώρισης του κινδύνου
- Ετικέτες κινδύνου

Οι πορτοκαλί πινακίδες έχουν τυποποιημένες διαστάσεις και πρέπει να φέρονται στο εμπρός και πίσω μέρος και ενδεχομένως στα πλαϊνά τμήματα του οχήματος, ανάλογα με το είδος του. Οι πινακίδες αποτελούνται από δύο αριθμούς που χωρίζονται με οριζόντια μαύρη γραμμή.

Ο επάνω αριθμός είναι ο χαρακτηριστικός αριθμός κινδύνου και δείχνει τον κίνδυνο που μπορεί να προέλθει από το υλικό, σύμφωνα με την παρακάτω έννοια:

- 1 Εκπομπή αερίων
- 2 Εύφλεκτα υγρά (ατμοί) και αέρια

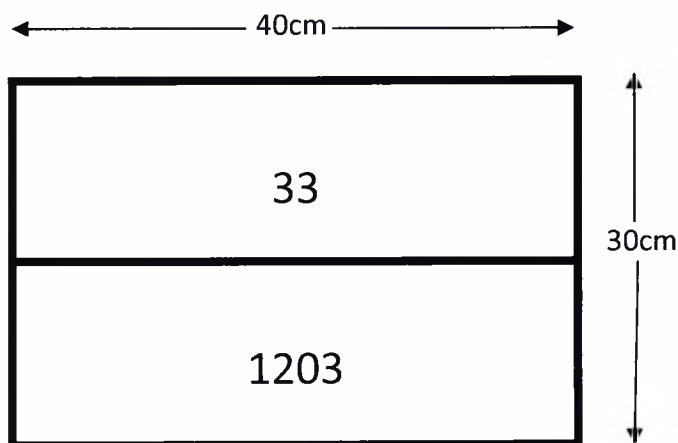


- 3 Εύφλεκτα στερεά
- 4 Οξειδωτική αντίδραση
- 5 Τοξικότητα
- 6 Διαβρωτικότητα
- 7 Κίνδυνος αιφνίδιας αντίδρασης

Ο διπλασιασμός του αριθμού δείχνει την εντατικοποίηση του συγκεκριμένου κινδύνου. Όταν αρκεί ένα ψηφίο για να καταδείξει τον κίνδυνο, τότε αυτό ακολουθείται από 0, ενώ όταν ένας αριθμός έχει μπροστά το γράμμα ‘X’, τότε το υλικό αντιδρά επικίνδυνα με το νερό.

Ο κάτω τετραψήφιος αριθμός της πινακίδας είναι ο κωδικός αριθμός αναγνώρισης του υλικού, όπως αυτός αναφέρεται στο παράρτημα Β.5 της συμφωνίας ADR. Για παράδειγμα η παρακάτω ετικέτα (33) δείχνει ότι πρόκειται για : «πολύ εύφλεκτο υγρό με θερμοκρασία ανάφλεξης κάτω από 23°C» και ο χαρακτηριστικός αριθμός αναγνώρισης του υγρού είναι: π.χ. 1203.

Σχήμα 2.1: Παράδειγμα σήμανσης επικίνδυνων φορτίων



Σχήμα 2.1: Παράδειγμα σήμανσης επικίνδυνων φορτίων  
Πηγή: Συμφωνία ADR 2001,{1}

Οι ετικέτες κινδύνου τοποθετούνται στις συσκευασίες και έχουν επίσης συγκεκριμένη μορφή και διαστάσεις, ώστε να αποτελούν μία διεθνή «γλώσσα» που απευθύνεται στον καθένα που εμπλέκεται με τη διακίνηση. Για τα ραδιενεργά υλικά ισχύουν ιδιαίτερες σημάνσεις.

Σημειώνεται ότι ισχύουν ειδικοί κανονισμοί για τη τοποθέτηση των πινακίδων στο εμπρός, πίσω και πλευρικό μέρος του οχήματος, ανάλογα με το είδος των μεταφερόμενων υλικών και του οχήματος.

**Ποιες είναι οι επιπτώσεις των ατυχημάτων;**

Ανάλογα με το είδος του φορτίου και του τρόπου μεταφοράς, οι διαρροές εύφλεκτων αερίων είναι πιθανό να οδηγήσουν σε φωτιές ή εκρήξεις νέφους αερίων, ενώ τα υγρά καύσιμα που καταλήγουν στο έδαφος, σε φωτιές λίμνης υγρού. Ο κίνδυνος της έκρηξης είναι υπαρκτός κατά τη μεταφορά ουσιών που θεωρούνται χημικά ασταθείς. Αν το μεταφερόμενο υλικό είναι τοξικό, ενδεχόμενη διαρροή του σε μεγάλες ποσότητες θα οδηγήσει σε σχηματισμό τοξικού νέφους. Οι συνηθέστερες αιτίες πρόκλησης ατυχημάτων προέρχονται από: α) Το φορτίο, β) το μεταφορέα (οδηγό) και γ) τους διάφορους χειρισμούς του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται.

Το φορτίο μπορεί να αναφλεγεί ή να εκραγεί ή να διαβρώσει τη συσκευασία του και να διαρρεύσει. Από την άλλη πλευρά ο οδηγός του οχήματος μπορεί να εμπλακεί σε τροχαίο ή σιδηροδρομικό ατύχημα (εκτροχιασμός βαγονιών), ενώ δεν είναι σπάνιες οι συγκρούσεις δεξαμενόπλοιων ή φορτηγών πλοίων στη θάλασσα. Τέλος ατύχημα μπορεί να προκληθεί από εσφαλμένους χειρισμούς κατά την φόρτωση ή την εκφόρτωση επικίνδυνων υλών.

Οι πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις ενός ατυχήματος κατά τη μεταφορά επικίνδυνων υλικών είναι:

- **Διαρροή Τοξικών υλών**
- **Φωτιά**
- **Έκρηξη**

### **Διαρροή τοξικών ουσιών.**

Η εκπομπή μεγάλης ποσότητας μιας τοξικής ουσίας σε αέρια κατάσταση που προήλθε είτε από μία στιγμιαία είτε από μία συνεχή διαρροή, μπορεί να σχηματίσει τοξικό νέφος, το οποίο ανάλογα με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, τη μορφολογία του εδάφους και ιδιαίτερα την ένταση και την κατεύθυνση του ανέμου που πνέει, μεταφέρεται με μικρές ή μεγαλύτερες ταχύτητες επηρεάζοντας την ευρύτερη περιοχή του συμβάντος. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τοξικών αερίων είναι το Χλώριο και η Αμμωνία. Αν το υλικό της διαρροής είναι υγρό, αυτό ρέει είτε με χαμηλή ταχύτητα είτε σχηματίζει υγρό πίδακα στο σημείο εκροής με αποτέλεσμα τη δημιουργία λίμνης στο έδαφος.

### **Φωτιές.**

Πιθανές αιτίες μεγαλύτερων ή και μικρότερων πυρκαγιών είναι τα τροχαία ατυχήματα, η αστοχία κάποιου ηλεκτρικού κυκλώματος, το κάπνισμα, ο στατικός ηλεκτρισμός, η τριβή, η μηχανική καταπόνηση, η πτώση κεραυνού, ισχυρές εκπομπές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ή και το ίδιο το μεταφερόμενο φορτίο λόγω χημικής αστάθειας και υψηλής αντιδραστικότητας. Η ανάφλεξη ενός ρευστού ή στερεού καύσιμου μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- α) Η παρεχόμενη για την ανάφλεξη ενέργεια παρέχεται από σπινθήρα ή μικρή φλόγα τοπικά στη μάζα του υλικού.
- β) Η μάζα του υλικού θερμαίνεται μέχρι τη θερμοκρασία όπου λαμβάνει χώρα ανάφλεξη. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως αυτανάφλεξη.

### Οι φωτιές διακρίνονται σε:

#### **Φωτιές καύσης νέφους αερίων (vapour cloud fires ή flash fires).**

Αυτού του είδους η φωτιά παρουσιάζεται όταν έχουμε ανάφλεξη νέφους αερίου που σχηματίστηκε σταδιακά εξαιτίας κάποιας διαρροής, χωρίς δημιουργία σημαντικής υπερπίεσης. Στην περίπτωση που εμφανιστεί υπερπίεση το φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως έκρηξη νέφους αερίου (vapour cloud explosion). Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας φωτιάς αποτελεί η ανάφλεξη διαρροής υγροποιημένου αερίου χαμηλής θερμοκρασίας πάνω σε νερό.

#### **Πύρινες σφαίρες (fireballs).**

Το είδος αυτό της φωτιάς συνδέεται συνήθως με τα υγροποιημένα αέρια. Εκδηλώνεται είτε κατόπιν έκρηξης δεξαμενής υπό πίεση, είτε έπειτα από ανάφλεξη εύφλεκτου αερίου νέφους. Στην πρώτη περίπτωση η έκρηξη είναι δυνατό να γίνει είτε παρουσία φωτιάς στα πλαίσια ενός φαινομένου BLEVE (boiling liquid expanding vapour explosion), είτε απουσία φωτιάς. Συμβάντα σχετιζόμενα με εκδήλωση πυρκαγιάς αυτού του είδους δεν θεωρούνται ασυνήθιστα. Εμφανίζονται σχεδόν πάντα όταν έχουμε έκρηξη δεξαμενής έπειτα από έκθεση σε φλόγες.

#### **Φωτιές λίμνης (pool fires).**

Οι φωτιές λίμνης υγρού εμφανίζονται όταν ένα εύφλεκτο υγρό διαρρέυσει στο έδαφος και αναφλεγεί. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι φωτιές μέσα σε δεξαμενές αποθήκευσης ή μέσα σε κανάλια (ορύγματα). Μια άλλη μορφή τέτοιας φωτιάς είναι δυνατό να παρουσιαστεί στην επιφάνεια εύφλεκτου υγρού που επιπλέει πάνω σε νερό.

#### **Φωτιά πυρσού (Jet flame or flare).**

Αυτός ο τύπος της φωτιάς εμφανίζεται όταν ένα εύφλεκτο αέριο υπό πίεση που εξέρχεται από ένα σωλήνα ή άλλο άνοιγμα αναφλεγεί σχηματίζοντας μία φλόγα με τη μορφή δέσμης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η φωτιά η οποία προέρχεται από ανάφλεξη ρευστού που εξέρχεται από βαλβίδα ανακούφισης πίεσης. Σε πολλές περιπτώσεις η δέσμη της φλόγας από βαλβίδες ανακούφισης έχει οδηγήσει σε υπερθέρμανση και έκρηξη γειτονικών οχημάτων (βυτιοφόρων κλπ) ή δεξαμενών καυσίμων κ.α., προκαλώντας Διαστελλόμενη Έκρηξη Αναβράζοντος Υγρού (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, or BLEVE).

### Εκρήξεις.

Ένας ακόμη σημαντικός κίνδυνος που απορρέει από πιθανό ατύχημα κατά τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων είναι η έκρηξη. Γενικά, θεωρείται ότι οι εκρήξεις διαθέτουν δυναμικό καταστροφής μεγαλύτερο από αυτό της φωτιάς, αλλά μικρότερο από αυτό της διαρροής τοξικών χημικών.

Οι εκρήξεις κατά τη μεταφορά επικίνδυνων προϊόντων κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

### **Φυσικές Εκρήξεις (Physical explosions).**

Ος Φυσικές εκρήξεις χαρακτηρίζονται αυτές που οφείλονται περισσότερο σε φυσικά (θερμοκρασία, πίεση) παρά σε χημικά αίτια. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τέτοιων εκρήξεων αποτελεί η διάρρηξη κλειστού δοχείου (δεξαμενής), η ενέργεια για την οποία προέρχεται από την ανάπτυξη υπερπίεσης στο εσωτερικό του. Όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση αυτή, τόσο ισχυρότερη είναι η έκρηξη. Τρία σενάρια αστοχιών μπορούν να διακριθούν: α) Υπερπίεση, β) Αστοχία του υλικού κατασκευής του δοχείου (μηχανική αστοχία ή σφάλμα) και γ) Φωτιά στο άμεσο περιβάλλον του δοχείου.

### **Εκρήξεις συμπυκνωμένης φάσης (Condensed phase explosions).**

Οι εκρήξεις αυτής της κατηγορίας είναι αποτέλεσμα εκτόνωσης πυρομαχικών, εμπορικών εκρηκτικών, Νιτρικού Αμμωνίου, κ.α. Κατά την εκτόνωση ενός εκρηκτικού υλικού, η απελευθέρωση της ενέργειας γίνεται σχεδόν στιγμιαία, με συνέπεια η έκρηξη να είναι καταστροφική συνοδευόμενη από ισχυρό, αλλά μικρής διάρκειας κρουστικό κύμα.

### **Εκρήξεις νέφους αερίου (Vapour cloud explosions).**

Όταν ένα νέφος εύφλεκτου ρευστού καίγεται, η καύση μπορεί να δημιουργήσει υπερπίεση και συνεπώς να προκαλέσει μία έκρηξη νέφους αερίου (VCE). Αν όμως δεν δημιουργηθεί υπερπίεση, το αποτέλεσμα θα είναι μία φωτιά νέφους αερίου. Οι εκρήξεις νέφους αερίων αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους στις μεταφορές επικίνδυνων υλών και προκαλούν συνήθως εκτεταμένες καταστροφές. Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των εκρήξεων αυτών είναι ότι το νέφος παρασύρεται σε μεγάλη απόσταση από το σημείο της αρχικής διαρροής απειλώντας με τον τρόπο αυτό πολύ μεγαλύτερες περιοχές.

### **Διαστελλόμενες Εκρήξεις αναβράζοντος υγρού (Boiling liquid expanding vapour explosions (BLEVES)).**

Η διαστελλόμενη έκρηξη αναβράζοντος υγρού είναι ένα φαινόμενο που λαμβάνει κατά κανόνα χώρα όταν ένα κλειστό δοχείο που περιέχει εύφλεκτο υγρό εκτίθεται σε φωτιά με αποτέλεσμα το μεταλλικό περίβλημα να χάσει την μηχανική αντοχή του και να υποστεί διάρρηξη. Όταν το δοχείο αυτό θερμανθεί, η πίεση των ατμών του περιεχομένου υγρού ανεβαίνει, αυξάνοντας την πίεση στο εσωτερικό του δοχείου. Σε περίπτωση που η πίεση αυξηθεί τόσο ώστε να φτάσει την τιμή της ρύθμισης της βαλβίδας ανακούφισης, η τελευταία ανοίγει. Η στάθμη του υγρού μέσα στο δοχείο υποχωρεί καθώς οι ατμοί ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Στη συνέχεια το μεταλλικό περίβλημα που δεν ψύχεται πλέον, έρχεται σε επαφή με τις φλόγες με αποτέλεσμα την υπερθέρμανσή του, την εξασθένηση της μηχανικής αντοχής του και την πιθανή διάρρηξή του. Το φαινόμενο BLEVE συνοδεύεται κατά κανόνα από πύρινη σφαίρα.

## 2.1.2 Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2004/54/ΕΚ

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με την οδηγία 2004/54/ΕΚ, οι σήραγγες του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου που είτε λειτουργούν, είτε βρίσκονται υπό κατασκευή ή στο πεδίο της μελέτης, απαιτούν τη λήψη υψηλού επιπέδου μέτρων ασφαλείας προκειμένου να εξασφαλιστεί η άνετη και ασφαλής διέλευση των οχημάτων και η προστασία των χρηστών των σηράγγων. Η ανάγκη άμεσης υλοποίησης του στόχου αυτού κρίθηκε επιτακτική προκειμένου να αποφευχθούν στο μέλλον δυστυχήματα που πιθανώς θα στοιχίσουν τη ζωή πολλών ανθρώπων όπως έχει συμβεί και στο παρελθόν σε πολλές περιπτώσεις.

Τα κράτη μέλη οφείλουν να διασφαλίσουν την ύπαρξη ελάχιστων απαιτήσεων ασφάλειας στις σήραγγες του οδικού δικτύου ευθύνης τους. Μεταξύ των παραπάνω ελάχιστων απαιτήσεων ασφάλειας συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα:

➤ Για τον καθορισμό των κατάλληλων μέτρων ασφάλειας των σηράγγων διάφοροι κρίσιμοι παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ανάμεσα στις παραπάνω παραμέτρους είναι το ποσοστό του κυκλοφοριακού φόρτου και το είδος των μεταφερόμενων επικίνδυνων φορτίων.

➤ Για τον καθορισμό των κατάλληλων εγκαταστάσεων υποδομής των σηράγγων πρέπει να ληφθεί υπόψη και η μεταφορά επικίνδυνων φορτίων. Συγκεκριμένα, στις περιπτώσεις όπου επιτρέπεται η διέλευση επικίνδυνων φορτίων, η αποστράγγιση των διαρρυσάντων εύφλεκτων και τοξικών υγρών πρέπει να γίνεται μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων αποχετεύσεων. Επιπρόσθετα, το αποχετευτικό σύστημα πρέπει να σχεδιάζεται και να συντηρείται κατά τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διασπορά των διαρρυσάντων εύφλεκτων και τοξικών υγρών μέσα στη σήραγγα ή μεταξύ των κλάδων της σήραγγας (σε περιπτώσεις διπλών σηράγγων, μία ανά κατεύθυνση).

➤ Για τον καθορισμό των κατάλληλων μέτρων λειτουργίας των σηράγγων πρέπει να εκπονηθεί ανάλυση κινδύνου πριν τον προσδιορισμό ή την τροποποίηση των κανονισμών και απαιτήσεων που πρέπει να τηρούνται κατά τη διέλευση οχημάτων μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων. Ακόμη, για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή των κανονισμών πρέπει να εξασφαλιστεί η ύπαρξη κατάλληλης σήμανσης πριν την τελευταία δυνατή έξοδο από την οδό που οδηγεί στη σήραγγα, στην είσοδο της σήραγγας καθώς επίσης και σε επιλεγμένα σημεία όπου ο οδηγός θα μπορεί να χρησιμοποιήσει εναλλακτικές διαδρομές. Επιπρόσθετα, πρέπει να εξεταστούν κατάλληλα μέτρα για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που εγκυμονεί η διέλευση επικίνδυνων φορτίων μέσα από σήραγγα, όπως η δήλωση πριν την είσοδο στη σήραγγα ή η διέλευση σε φάλαγγα φορτηγών με συνοδεία οχημάτων ασφαλείας κτλ.

Η μελέτη ανάλυσης κινδύνου κατά τη διέλευση επικίνδυνων φορτίων από σήραγγα πρέπει να εκπονείται από φορέα ο οποίος δραστηριοποιείται ανεξάρτητα από τον Διαχειριστή Σήραγγας. Η ανάλυση κινδύνου για κάθε σήραγγα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους σχεδιαστικούς παράγοντες και τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επηρεάζουν την ασφάλεια, όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, το μήκος και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κάθε σήραγγας, καθώς επίσης και την πρόβλεψη του συνολικού ημερήσιου αριθμού διερχομένων οχημάτων μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων από την κάθε σήραγγα.

Η αρμόδια αρχή θα πρέπει να αναθέτει τα έργα κατασκευής των σηράγγων με συγκεκριμένες διαδικασίες. Μεταξύ των παραπάνω διαδικασιών περιλαμβάνεται και η έγκριση του φακέλου ασφάλειας. Ο φάκελος ασφάλειας στο στάδιο μελέτης της σήραγγας, πρέπει να περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, μια περιγραφή της προγραμματιζόμενης κατασκευής και της πρόσβασης σε αυτήν, μία μελέτη πρόγνωσης της κυκλοφορίας όπου προδιαγράφονται και αιτιολογούνται οι αναμενόμενες συνθήκες μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων συμπληρωματικά με την προαναφερόμενη μελέτη ανάλυσης κινδύνου.

### **2.1.3 Απαιτούμενα μέτρα ασφαλείας σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2004/54/ΕΚ**

Σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2004/54/ΕΚ, η οποία αναφέρεται σε σήραγγες με μήκος άνω των 500μ, τα κράτη μέλη πρέπει να μεριμνούν ώστε οι σήραγγες στο έδαφός τους, οι οποίες εμπίπτουν στην εφαρμογή της οδηγίας αυτής, να ανταποκρίνονται στις στοιχειώδεις απαιτήσεις ασφαλείας που δίνονται στο Παράρτημα Ι της οδηγίας. Οι στοιχειώδεις απαιτήσεις ασφαλείας που δίνονται στο Παράρτημα Ι της οδηγίας αφορούν στην υποδομή, την λειτουργία και ενημερωτικές εκστρατείες.

Με βάση το Παράρτημα Ι της οδηγίας, τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να εφαρμόζονται σε μια σήραγγα, θα πρέπει να βασίζονται σε συστηματική εξέταση όλων των πτυχών του συστήματος, το οποίο απαρτίζεται από την υποδομή, τη λειτουργία, τους χρήστες και τα οχήματα. Οι βασικότερες παράμετροι που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τη λήψη απόφασης για τα μέτρα ασφαλείας, σύμφωνα με την οδηγία, είναι οι παρακάτω:

- το μήκος της σήραγγας,
- ο αριθμός των κλάδων,
- ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας,
- γεωμετρική μορφή της διατομής,
- η οριζόντια και η κατακόρυφη μηκοτομή,
- ο τύπος της κατασκευής,
- η κυκλοφορία μίας κατεύθυνσης ή δύο κατευθύνσεων,
- ο κυκλοφοριακός φόρτος ανά κλάδο (συμπεριλαμβανομένης της χρονικής κατανομής του),
- ο κίνδυνος συμφόρησης (ημερήσια ή εποχιακή),
- ο χρόνος πρόσβασης των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης,
- η παρουσία και το ποσοστό βαρέων φορτηγών οχημάτων,
- η παρουσία, το ποσοστό και ο τύπος των επικινδύνων φορτίων,
- τα χαρακτηριστικά των οδών προσπέλασης,
- το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας,
- ζητήματα ταχύτητας,
- γεωγραφικό και μετεωρολογικό περιβάλλον.

Σύμφωνα με την οδηγία, όταν μια σήραγγα έχει ειδικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις προαναφερόμενες παραμέτρους, διεξάγεται ανάλυση κινδύνου σύμφωνα με το άρθρο 13 αυτής, προκειμένου να προσδιοριστεί αν απαιτούνται πρόσθετα μέτρα ασφαλείας ή/ και συμπληρωματικός εξοπλισμός προκειμένου να επιτευχθεί υψηλός βαθμός ασφαλείας της

σήραγγας. Σ' αυτήν την ανάλυση κινδύνου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ενδεχόμενα ατυχήματα που σαφώς επηρεάζουν την ασφάλεια των χρηστών της οδού στις σήραγγες, τα οποία πιθανώς να συμβούν κατά το στάδιο λειτουργίας καθώς και το είδος και η έκταση των ενδεχόμενων συνεπειών τους.

Διασαφηνίζεται σχετικά με την παράμετρο «κυκλοφοριακός φόρτος» που προαναφέρθηκε παραπάνω στη λίστα με τις βασικές παραμέτρους, ότι σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία ορίζεται ως ο ετήσιος μέσος όρος της ημερήσιας κυκλοφορίας που διέρχεται από τη σήραγγα ανά λωρίδα κυκλοφορίας. Εφεξής, όπου αναφέρεται «κυκλοφοριακός φόρτος» στο κείμενο θα ισχύει ο παραπάνω ορισμός της κοινοτικής οδηγίας. Ειδικότερα, σύμφωνα με την οδηγία, αν ο αριθμός των βαρέων φορτηγών (άνω των 3,5 tn) υπερβαίνει το 15% του ετήσιου μέσου όρου της ημερήσιας κυκλοφορίας, τότε απαιτείται να υπολογιστεί επιπρόσθετος κίνδυνος για την κίνηση των βαρέων οχημάτων εντός των σηράγγων. Το παραπάνω δεν ισχύει για καμιά από τις σήραγγες της Αττικής Οδού, άρα δεν χρειάζεται να υπολογιστεί επιπρόσθετος κίνδυνος για την κίνηση των βαρέων οχημάτων εντός των σηράγγων.

Στον πίνακα 2.2 παρακάτω, δίνονται συνοπτικά οι απαιτήσεις ασφαλείας υποδομής που ορίζονται βάσει της κοινοτικής οδηγίας 2004/54/ΕΚ. Ο πίνακας αυτός αποτελεί τμήμα του «Συνοπτικού πίνακα στοιχειωδών απαιτήσεων» που δίνεται στο Παράρτημα Ι της Ευρωπαϊκής Οδηγίας. Ο πίνακας του Παραρτήματος Ι της οδηγίας αναφέρεται σε τρεις κατηγορίες σηράγγων ανάλογα με την κυκλοφορία οχημάτων ανά λωρίδα.

Πίνακας 2.2: Συνοπτικός πίνακας απαιτήσεων ασφαλείας υποδομής για σήραγγες μήκους 500 – 100μ. βάσει της κοινοτικής οδηγίας 2004/54/ΕΚ.

		Κυκλοφορία >2000 οχημάτων ανά λωρίδα	Συμπληρωματικές προϋποθέσεις που θα καταστούν υποχρεωτικές ή παρατηρήσεις
Διαρθρωτικά μέτρα	2 ή περισσότεροι κλάδοι		Υποχρεωτικό όταν η προβολή 15 ετών δείχνει ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι >10000 οχήματα/ λωρίδα
	Κλίσεις <=5%	*	Υποχρεωτικό, εκτός αν είναι αδύνατο λόγω της γεωγραφικής διαμόρφωσης
	Πεζοδρόμια έκτακτης ανάγκης	*	Υποχρεωτικό όπου δεν υπάρχει λωρίδα έκτακτης ανάγκης, εκτός αν πληρούται η προϋπόθεση της παρ. 2.3.1. Στις υφιστάμενες σήραγγες όπου δεν υπάρχει ούτε λωρίδα έκτακτης ανάγκης, ούτε πεζοδρόμιο κινδύνου, λαμβάνονται συμπληρωματικά/ ενισχυμένα μέτρα.
	Έξοδοι κινδύνου ανά 500μ τουλάχιστον	*	Η εγκατάσταση εξόδων κινδύνου στις υφιστάμενες σήραγγες θα εκτιμηθεί κατά περίπτωση.
Εγκάρσιες διασυνδέσεις για τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης ανά 1500μ	ο	Υποχρεωτικό στις σήραγγες δύο κλάδων μήκους άνω των 1500μ.	

	τουλάχιστον		
	Διάβαση μέσω της κεντρικής νησίδας πριν από κάθε είσοδο	•	Υποχρεωτικό εκτός των σηράγγων με δύο ή περισσότερους κλάδους όταν η γεωγραφική διαμόρφωση το επιτρέπει.
	Λωρίδες στάσης ανά 1000μ τουλάχιστον	○	Υποχρεωτικό στις νέες σήραγγες διπλής κατεύθυνσης >1500μ χωρίς λωρίδες έκτακτης ανάγκης. Στις υφιστάμενες σήραγγες διπλής κατεύθυνσης >1 500μ συναρτήσει της ανάλυσης. Ισχύει για τις νέες και τις υφιστάμενες σήραγγες, συναρτήσει του ωφέλιμου πλάτους της σήραγγας.
	Αποστράγγιση για τα εύφλεκτα και τα τοξικά υγρά	*	Υποχρεωτικό όπου επιτρέπεται η μεταφορά επικινδύνων εμπορευμάτων.
	Αντοχή των κατασκευών στη φωτιά	•	Υποχρεωτικό όπου τοπική κατάρρευση μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες.
Φωτισμός	Κανονικός φωτισμός	•	
	Φωτισμός ασφαλείας	•	
	Φωτισμός εκκένωσης	•	
Αερισμός	Μηχανικός αερισμός	○	
	Ειδικές διατάξεις για (ημι-) εγκάρσιο αερισμό	○	Υποχρεωτικό στις σήραγγες διπλής κατεύθυνσης που διαθέτουν κέντρο έλεγχου.
Σταθμοί έκτακτης ανάγκης	Τουλάχιστον ανά 150μ μέτρα	□	Εξοπλισμένοι με τηλέφωνο και δύο πυροσβεστήρες. Στις υφιστάμενες σήραγγες επιτρέπεται μέγιστο διάστημα 250μ.
Υδροδότηση	Τουλάχιστον ανά 250μ	•	Αν δεν υπάρχει, υποχρεωτική η παροχή ύδατος με άλλο τρόπο.
Οδική σήμανση		•	Για όλες τις εγκαταστάσεις ασφαλείας για τους χρήστες (βλέπε το Παράρτημα ΙΙΙ).
Κέντρο Ελέγχου		○	Η επιτήρηση περισσότερων της μιας σηράγγων είναι δυνατό να γίνεται συγκεντρωτικά από ένα μόνο κέντρο ελέγχου.
Συστήματα παρακολούθησης	Τηλεοπτικά συστήματα	○	Υποχρεωτικό όπου υπάρχει κέντρο ελέγχου.
	Αυτόματη ανίχνευση συμβάντων και/ή πυρκαγιάς	•	Ένα τουλάχιστον από τα δύο αυτά συστήματα είναι υποχρεωτικό για τις σήραγγες που διαθέτουν κέντρο ελέγχου.
Εξοπλισμός για το κλείσιμο της σήραγγας	Οδική σήμανση πριν από τις εισόδους	○	
	Οδική σήμανση στο εσωτερικό της σήραγγας τουλάχιστον ανά 1000μ	○	Συνιστάται εφόσον υπάρχει κέντρο ελέγχου και το μήκος υπερβαίνει τα 3000μ.



Συστήματα Επικοινωνίας	Ραδιοφωνική αναμετάδοση για τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης	○	
	Ραδιοφωνικά μηνύματα έκτακτης ανάγκης για τους χρήστες της σήραγγας	●	Υποχρεωτικό όταν προβλέπεται αναμετάδοση των ραδιοφωνικών εκπομπών για τους χρήστες της σήραγγας και όπου υπάρχει κέντρο ελέγχου.
	Μεγάφωνα στα καταφύγια και τις εξόδους	●	Υποχρεωτικό στις περιπτώσεις που οι χρήστες που εκκενώνουν τη σήραγγα πρέπει να περιμένουν πριν φθάσουν στον εξωτερικό χώρο.
Ηλεκτροδότηση επείγουσας ανάγκης		●	Για την εξασφάλιση της λειτουργίας των απαραίτητων εξοπλισμών ασφαλείας τουλάχιστον κατά την εκκένωση των χρηστών της σήραγγας.
Αντοχή των εξοπλισμών στην πυρκαγιά		●	Αποσκοπεί στη διατήρηση των απαραίτητων λειτουργιών ασφαλείας.

Πηγή: Κοινοτική Οδηγία 2004/54/ΕΚ,{6}

- υποχρεωτικό για όλες τις σήραγγες
- \* υποχρεωτικό με εξαιρέσεις
- μη υποχρεωτικό

### «Καλές πρακτικές» κατά την μεταφορά επικινδύνων φορτίων

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές αρχές «καλής πρακτικής» κατά τη διαχείριση των επικινδύνων υλών. Πρόκειται για γενικές προφυλάξεις, που πηγάζουν από τη κοινή λογική και φυσικά η απαρίθμησή τους δεν είναι εξαντλητική. Κάθε επικίνδυνη ύλη απαιτεί τη δική της ειδική διαχείριση και καλό είναι να έχει συνταχθεί εκ των προτέρων κατάλληλος «κατάλογος ενεργειών» - check list για τη συγκεκριμένη ύλη.

### Φόρτωση – Εκφόρτωση

- ✓ Ο τρόπος φόρτωσης και ασφάλισης του φορτίου είναι διαφορετικός για κάθε κλάση, εφόσον χρησιμοποιείται διαφορετικός τύπος οχήματος και διαφορετική συσκευασία (βυτίο, φιάλες κλπ). Ειδικά για βυτία να ελέγχεται ο σωστός εξαερισμός, οι σωλήνες πλήρωσης κλπ.
- ✓ Χρειάζεται προσοχή στη μέγιστη ποσότητα του μεταφερόμενου φορτίου, στη περίπτωση μεταφοράς μερικού φορτίου, διαφορετικών φορτίων κλπ. Όλα αυτά αναφέρονται στους κανονισμούς.
- ✓ Ο κινητήρας πρέπει να είναι σβηστός, εκτός αν χρησιμοποιείται για τη κίνηση αντλιών, γερανών κλπ
- ✓ Αν η μεταφερόμενη ύλη αναφλέγεται κάτω από τους 55°C, το όχημα πρέπει να γιέωνεται και ο ρυθμός πλήρωσής του να είναι αργός.

- ✓ Οι άδειες συσκευασίες που δεν έχουν καθαριστεί με τον σωστό τρόπο θεωρούνται ότι εξακολουθούν να είναι γεμάτες με την επικίνδυνη ύλη και εξακολουθούν να φέρουν τη σήμανση επικινδυνότητας.
- ✓ Οτιδήποτε αιχμηρό (καρφιά, τσέρκια κλπ) ή εύφλεκτο υλικό (χαρτιά, πανιά κλπ) πρέπει να απομακρύνεται αμέσως από τον χώρο φόρτωσης και να καθαρίζεται ο χώρος με επιμέλεια.
- ✓ Αν συμβεί διαρροή θα πρέπει να σβήσουν οι μηχανές των οχημάτων που βρίσκονται σε μικρή απόσταση και να περιμένει μέχρι να καθαρίσει ο χώρος.
- ✓ Μετά από μερική εκφόρτωση να ελεγχθεί η ισορροπία του φορτίου.
- ✓ Η στάθμευση του οχήματος να γίνεται μόνο σε ελεγχόμενο χώρο, με τραβηγμένο το χειρόφρενο, να υπάρχει πάντα άτομο που επιτηρεί το όχημα και να ειδοποιούνται οι αρχές αν συμβεί διαρροή.
- ✓ Αν απαιτηθεί στάση του αυτοκινήτου, αυτή να γίνεται σε χώρο που δεν εμποδίζει τη κυκλοφορία και να σημαδεύεται η θέση του με τρίγωνα, φώτα κλπ

### **Έλεγχοι πριν την αναχώρηση**

- ✓ Το όχημα ελέγχεται για τη καταλληλότητά του: λάδια, νερό ψυγείου και υγρά υαλοκαθαριστήρων, κύκλωμα καυσίμου λάστιχα, φώτα, φρένα, ABS, καθρέπτες κλπ
- ✓ Όλα τα απαραίτητα έγγραφα, πυροσβεστήρες, τρίγωνο, τάκοι, μέσα ατομικής προστασίας πρέπει να βρίσκονται στο όχημα
- ✓ Έλεγχος ρυμουλκούμενου, κοτσαδόρου, ηλεκτρικού συστήματος κλπ

### **Οδήγηση**

- ✓ Τήρηση κανόνων ΚΟΚ και ΑDR.
- ✓ Νηφαλιότητα του οδηγού. Ανάθεση της οδήγησης στον συνοδηγό, αν αυτό απαιτείται λόγω πολλών ωρών οδήγησης ή οποιουδήποτε άλλου λόγου.
- ✓ Η μεταφορά φορτίου, ιδίως υγρού, αλλάζει την οδική συμπεριφορά του οχήματος κατά τις στροφές, φρεναρίσματα κλπ
- ✓ Η πρόσβαση του οχήματος σε ορισμένους δρόμους περιορίζεται με τις πινακίδες P-45, P-46 και P-64. Μερικές φορές απαγορεύεται η διέλευση από σήραγγες (τούνελ).
- ✓ Κατά το σχεδιασμό του δρομολογίου, χρειάζεται να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως: Η διέλευση του οχήματος από αστικές περιοχές, οι υπεύθυνες αρχές και αν αυτές χρειάζεται να ειδοποιηθούν εκ των προτέρων, οι συνθήκες του οδοστρώματος (π.χ. λακκούβες, ολισθηρές ανηφόρες), τα πιθανά εμπόδια (π.χ. σταθμευμένα αυτοκίνητα), οι καιρικές συνθήκες κλπ.

### **Καθαρισμός**

- ✓ Πρέπει να καθαρίζονται με σχολαστικότητα τα κατάλοιπα του φορτίου και τότε μόνο να αφαιρούνται οι πινακίδες κινδύνου.
- ✓ Η επιλογή του μέσου και του τρόπου καθαρισμού εξαρτάται από την μεταφερθείσα ύλη.
- ✓ Εκτός από την προστασία των εργαζομένων με τα κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποτροπή μόλυνσης του περιβάλλοντος.

## Ενέργειες σε περίπτωση ανάγκης.

- ✓ Αποκλεισμός του χώρου
- ✓ Φροντίδα για την προσωπική ασφάλεια (γάντια, γυαλιά, φόρμα, προσωπίδες)
- ✓ Απομάκρυνση των εστιών ανάφλεξης, χωρίς όμως μακρόχρονη παραμονή κοντά στο χώρο του ατυχήματος
- ✓ Ενημέρωση των αρχών για το είδος και την έκταση του κινδύνου
- ✓ Απομάκρυνση των μη καταστρεμμένων δοχείων, βυτίων κλπ από τον χώρο.
- ✓ Σε κάθε περίπτωση, γνώση πρώτων βοηθειών, ιδίως όσον αφορά στην:
  - Προσβολή των ματιών
  - Επαφή του επικίνδυνου υλικού με το δέρμα
  - Εισπνοή τοξικών αερίων.

## 2.2 Διεθνής Πρακτική για τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων σε σήραγγες

### 2.2.1 Εθνικοί Κανονισμοί Κρατών

Τα περισσότερα κράτη έχουν θεσπίσει εθνικούς κανονισμούς και οδηγίες για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας κατά τη διέλευση οχημάτων μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων από σήραγγες. Οι παραπάνω κανονισμοί μπορεί να έχουν γενικό χαρακτήρα και να αφορούν το σύνολο των σηράγγων του συγκεκριμένου κράτους, ενώ σε πολλές περιπτώσεις έχουν εκδοθεί ειδικοί κανονισμοί και οδηγίες για κάθε σήραγγα ξεχωριστά.

Οι κανονισμοί και οδηγίες ορισμένων κρατών που αφορούν τη διέλευση οχημάτων μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων μέσα από σήραγγες μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες: {8}

- (α) ολική απαγόρευση σε ορισμένες σήραγγες
- (β) απαγόρευση ορισμένων επικίνδυνων φορτίων
- (γ) επιβολή απαγόρευσης σε πραγματικό χρόνο κατά την κρίση των αρμόδιων αρχών
- (δ) συνοδεία οχημάτων ασφαλείας
- (ε) διέλευση σε φάλαγγα
- (στ) χρήση προειδοποιητικών φανών
- (ζ) ειδικές ρυθμίσεις (τεχνικού και τεχνολογικού περιεχομένου)

Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζονται οι διάφοροι ισχύοντες κανονισμοί και οδηγίες σύμφωνα με την παραπάνω κατηγοριοποίηση καθώς επίσης και η ύπαρξη αναγγελίας των κανονισμών στην είσοδο της σήραγγας.

Πίνακας 2.3: Κανονισμοί και οδηγίες σε διάφορα κράτη

Κράτος	(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)	(στ)	(ζ)	Αναγγελία
Αυστραλία		X					X	
Αυστρία				X		X		X
Βέλγιο	X							X
Γαλλία	X			X	X		X	X
Γερμανία		X	X				X	X
Δανία							X	X
Ελβετία	X	X	X				X	X
Ηνωμένο Βασίλειο	X			X	X		X	X
Η.Π.Α.		X	X				X	
Ιαπωνία		X	X					X
Ισπανία							X	
Ιταλία	X						X	X
Καναδάς	X	X						X
Νορβηγία			X				X	
Ολλανδία	X	X					X	
Πορτογαλία							X	X
Σουηδία		X	X				X	X

Πηγή: {8}

## 2.2.2 Απαγορεύσεις στις ελληνικές σήραγγες

### 2.2.2.1 Οι σήραγγες στο Ελληνικό Οδικό δίκτυο

Τα τελευταία χρόνια, το Ελληνικό οδικό δίκτυο αναβαθμίζεται και επεκτείνεται συνεχώς. Η κατασκευή σηράγγων στην Ελλάδα συνεχώς εξελίσσεται με αποτέλεσμα να αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς το συνολικό μήκος υπόγειων διαδρομών στη χώρα μας. Η Εγνατία Οδός κατέχει τα πρωτεία αφού αν τη διασχίσει κανείς ολόκληρη θα συναντήσει πάνω από 95km σηράγγων. Σημαντικός αριθμός σηράγγων βέβαια υπάρχει και στον αυτοκινητόδρομο Πάτρας – Αθήνας – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων (ΠΑΘΕ) και στην Αττική Οδό.

Από το 2001 έχει εξαγγελθεί και η δημιουργία σήραγγας στα Τέμπη. Η σήραγγα Τεμπών θα έχει συνολικό μήκος 6,1km και θα είναι η μεγαλύτερη σήραγγα αυτοκινήτων τόσο της Ελλάδας όσο και των Βαλκανίων ξεπερνώντας τη σήραγγα Δρίσκου στην Εγνατία Οδό που έχει μήκος 4,5km.

Ακόμη, σημαντικές σήραγγες υπάρχουν ή προγραμματίζονται να κατασκευαστούν και στο υπόλοιπο εθνικό οδικό δίκτυο, όπως στην εθνική οδό Κορίνθου – Πάτρας (σήραγγα Παναγοπούλας, 4018μ.), Μέτσοβο – Παναγιά (σήραγγα Μετσόβου, 3589μ.), Δωδώνη – Πεδινή (σήραγγα Δωδώνης, 3347μ.), Πολύμυλος – Βέροια (σήραγγα Καστανιάς, 2244μ.) καθώς επίσης και η υποθαλάσσια σήραγγα Πρεβέζης – Ακτίου, 1570μ., όπως και η υποθαλάσσια αρτηρία στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης, 3398μ. Στον πίνακα 2.4 παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες σήραγγες αποτελούν μέρος του Ελληνικού οδικού δικτύου μέχρι σήμερα. {9}

Πίνακας 2.4: Οι μεγαλύτερες σήραγγες του ελληνικού οδικού δικτύου

Σήραγγες	Νομός	Μήκος (μ)	Αριθμός Σηράγγων	Αριθμός Λωρίδων	Τοποθεσία
Τεμπών	Λαρίσης	5950			Τέμπη
Δρίσκου	Ιωαννίνων	4594	2	2	Τμήμα Πεδινή-Πλατανιά
Παναγοπούλας	Αχαΐας	4018	2	2	Τμήμα Κορίνθου-Πάτρας
Μέτσοβο	Ιωαννίνων	3548			Μέτσοβο Ιωαννίνων
Λιμάνι Θεσσαλονίκης	Θεσ/νίκης	3398	2		Υποθαλάσσιο
Δωδώνη	Ιωαννίνων	3357	2	2	Τμήμα Αγία Αναστασία - Πεδινή
Μαλιακός	Φθιώτιδος	3350			Υποθαλάσσιο
Παναγιάς	Γρεβενών	2667	2	2	Τμήμα Παναγιά-Γρεβενά
Άραχθου	Ιωαννίνων	2633	2	2	Τμήμα Παμβώτιδα-Ζαγόρια
Κνημίδος	Φθιώτιδος	2500			Καμμένα Βούρλα
Καστανιάς Σ10	Βέροιας	2244	2	2	Λευκόπετρα
Αηλίου	Ιωαννίνων	2167	2	2	Τμήμα Αηλίιο-Μέτσοβο

Πηγή: {9}

### 2.2.2.2 Απαγορεύσεις ή/ και ειδικές ρυθμίσεις

Πραγματοποιήθηκε έρευνα για την αποτύπωση της παρούσας κατάστασης των απαγορεύσεων και των ειδικών ρυθμίσεων που ισχύουν στο ελληνικό οδικό δίκτυο και αφορούν στη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων μέσα από σήραγγες. Τα αποτελέσματα της συλλογής στοιχείων από τους διάφορους δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς και αρχές, παρουσιάζονται στον πίνακα 2.5. {7, 10, 11, ... , 14}

Πίνακας 2.5: Απαγορεύσεις ή ειδικές ρυθμίσεις σε ελληνικές σήραγγες

Όνομασία σήραγγας	Νομός	Απαγορεύσεις	Ειδικές ρυθμίσεις
Πρέβεζα – Άκτιο	Πρεβέζης	Μερική απαγόρευση	Διέλευση υπό προϋποθέσεις*
Εγνατίας Οδού μεταξύ Βέροιας – Πολυμύλου	Ημαθίας – Κοζάνης	Ολική απαγόρευση	Διέλευση υπό προϋποθέσεις μόνο για τα υγρά καύσιμα**
ΠΑΘΕ, θέση Κακιάς Σκάλας (7 σήραγγες)	Αττικής	Μερική απαγόρευση	Διέλευση υπό προϋποθέσεις***
<b>Αττική Οδός,</b> 1) τμήμα 4-5(σήραγγα Μαύρης Ώρας) 2) τμήμα 6-7(σήραγγα	Αττικής	Ολική απαγόρευση	-

Ζεφυρίου) 3) τμήμα 12-13(σήραγγα Βριλησίων) 4) περιφερειακή Υμηττού			
Σήραγγα Σταλίδας	Ηρακλείου	Ολική απαγόρευση	-

Πηγή: {7,10-14}

\* η διέλευση επικίνδυνων φορτίων από την υποθαλάσσια ζεύξη **Πρέβεζας – Ακτίου** πραγματοποιείται μόνο κατά τις ώρες 10.30-11.00 και 16.30-17.00 κατά τους μήνες Οκτώβριο – Απρίλιο, και κατά τις ώρες 00.30-01.00 και 06.30-07.00 κατά τους μήνες Μάιο – Σεπτέμβριο. Κατά τις ώρες διέλευσης των οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία, διακόπτεται η κυκλοφορία όλων των άλλων οχημάτων. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα διέλευσης σε προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, κατόπιν προγενέστερης συνεννόησης με το Κέντρο Ελέγχου, όπου και πάλι πραγματοποιείται διακοπή της κυκλοφορίας των υπολοίπων οχημάτων {7}.

\*\* για τις σήραγγες που βρίσκονται στο τμήμα της Εγνατίας Οδού μεταξύ του ανισόπεδου κόμβου της **Βέροιας** μέχρι τον προσωρινό ισόπεδο κόμβο **Πολυμύλου Κοζάνης**, η διέλευση των οχημάτων μεταφοράς υγρών καυσίμων, επιβάλλεται να γίνεται μόνο κατά τις ημέρες Δευτέρα έως Παρασκευή (πλην αργιών) και κατά τις ώρες 08:30 – 14:30. Επίσης ισχύει ανώτατο όριο ταχύτητας στα εξήντα (60) χλμ /ώρα. Τήρηση απόστασης ασφαλείας από τα προ αυτών κινούμενα οχήματα, τουλάχιστον πενήντα (50) μέτρων. Κίνηση στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας. Τοποθέτηση και χρήση ειδικής πρόσθετης συσκευής κίτρινου φωτός που αναβοσβήνει στην οπίσθια πλευρά των εν λόγω οχημάτων και χρήση φώτων έκτακτης ανάγκης, καθ’ όλο το μήκος των σηράγγων. {10}

\*\*\* για τις σήραγγες που βρίσκονται στη **Ν.Ε.Ο. Αθηνών – Κορίνθου** στο ρεύμα κυκλοφορίας προς Κόρινθο, επιτρέπεται η διέλευσης φορτηγών οχημάτων μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων υπό τους παρακάτω περιορισμούς – προϋποθέσεις:

- Διέλευση της ως άνω κατηγορίας οχημάτων, μόνο κατά τις ημέρες Δευτέρα έως Παρασκευή και κατά τις ώρες 06:00 – 15:00.
- Καθορισμός του ανωτάτου ορίου ταχύτητας στα 60 χλμ. την ώρα.
- Την τήρηση απόστασης από προ αυτών κινουμένων οχημάτων, τουλάχιστον 50 μέτρων.
- Κίνηση στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας.
- Τοποθέτηση και χρήση ειδικής πρόσθετης συσκευής κίτρινου φωτός που αναβοσβήνει στην οπίσθια πλευρά των βυτιοφόρων και χρήση φώτων έκτακτης ανάγκης, καθ’ όλο το μήκος των σηράγγων.
- Κατά τη διέλευσή τους, τα άδεια βυτιοφόρα, επιβάλλεται να διατηρούν ανοιχτές τις εισόδους πλήρωσης των δεξαμενών (τάπες) των βυτίων, για την απομάκρυνση τυχόν αερίων από το εσωτερικό τους. {11}

## 2.3 Σχεδιασμός Μεταφοράς Επικίνδυνων Φορτίων

Η μεταφορά επικίνδυνων υλικών αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για κάθε χώρα επειδή το ποσοστό των οδικών αλλά και σιδηροδρομικών ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται επικίνδυνα φορτία αυξάνεται με το χρόνο ,το μέγεθος των ζημιών ανά ατύχημα μεγαλώνει και η συμμόρφωσή τους με τους διεθνείς κανονισμούς είναι ελλιπής.

Ο σκοπός των συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας στις οδικές σήραγγες είναι να παρασχεθεί η ασφαλής, αποδοτική και τακτική μετακίνηση της κυκλοφορίας, καθώς επίσης και να ελαχιστοποιηθούν οι καθυστερήσεις και η συμφόρηση υπό φυσιολογικές συνθήκες κυκλοφορίας. Το σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας γενικά αποτελείται από την ανίχνευση, την επαλήθευση και συσκευές ελέγχου των κυκλοφοριακών συμβάντων ,εγκατεστημένες στο εσωτερικό των σηράγγων/ κατά μήκος των οδοστρωμάτων, και στρατηγικές/σχέδια ελέγχου της κυκλοφορίας για να αποκριθούν στα συμβάντα.

Γενικά, τα συστήματα διαχείρισης συμβάντων σε σήραγγες δεν είναι υποχρεωτικά. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για να αποφασιστεί εάν πρέπει να χρησιμοποιηθεί τέτοιου είδους σύστημα παρατίθενται παρακάτω. Οι παράμετροι απαριθμούνται από το επίπεδο σπουδαιότητας όπως υποδεικνύονται από τις χώρες μέλη

- μήκος σηράγγων
- μονές ή δίδυμες σήραγγες
- μονόδρομη ή αμφίδρομη κυκλοφορία
- όγκος κυκλοφορίας (μέση ετήσια καθημερινή κυκλοφορία - AADT)
- αστικές ή αγροτικές
- σχεδιασμένη ταχύτητα κυκλοφορίας
- γεωμετρία οδοστρωμάτων
- διαχείριση επικίνδυνων αγαθών
- υποθαλάσσιες σήραγγες
- διόδια ή όχι

Τα συστήματα διαχείρισης συμβάντων σηράγγων ποικίλλουν ανάλογα με τις μεμονωμένες απαιτήσεις σε κάθε σήραγγα. Η ανίχνευση μπορεί να αρχίσει αυτόματα μέσω των αισθητήρων ή των οργάνων ελέγχου που βρίσκονται στη σήραγγα ή χειροκίνητα από τα τηλέφωνα έκτακτης ανάγκης, τα κινητά τηλέφωνα των οδηγών ή από το προσωπικό που τοποθετείται κατά μήκος του οδοστρώματος. Μόλις προειδοποιηθούν, οι χειριστές του κέντρου ελέγχου μπορούν να ελέγξουν το γεγονός και να εφαρμόσουν τις διαθέσιμες απαντήσεις. Τα συστήματα μπορούν να ρυθμιστούν τοπικά ή σε μεγαλύτερη απόσταση.

Τα παραπάνω μοντέλα ενσωματώνονται σε ορισμένες περιπτώσεις με συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) ,προκειμένου να διαμορφωθεί ένα πλήρες σύστημα σε γραφικό περιβάλλον, φιλικό προς το χρήστη για την επιλογή των εναλλακτικών διαδρομών των επικίνδυνων φορτίων.

Σε πολλές ευρωπαϊκές και ιαπωνικές σήραγγες τα συστήματα διαχείρισης συμβάντων χρησιμοποιούνται από τα κέντρα ελέγχου που βρίσκονται κεντρικά και είναι αρμόδια για την επίβλεψη όλων των σηράγγων μέσα σε μια οριζόμενη περιοχή. Σε άλλες περιπτώσεις (απομονωμένες σήραγγες, σήραγγες U.S, κ.λπ.), τα κέντρα ελέγχου είναι τοπικά στη σήραγγα. Η πρόσβαση σε άλλα συστήματα σηράγγων συμπεριλαμβανομένης της πυρόσβεσης, τα τηλέφωνα έκτακτης ανάγκης ,τα συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας, τα σύστημα σηματοδότησης, τον εξαερισμό και τα ηλεκτρικά συστήματα είναι διαθέσιμη στα περισσότερα κέντρα ελέγχου. Το προσωπικό αστυνομίας χρησιμοποιείται σε διάφορες

χώρες για να παρέχει τον έλεγχο και την παρακολούθηση των οδικών σηράγγων. Όταν προειδοποιούνται, οι χειριστές έχουν την ικανότητα να έρθουν σε επαφή με τις υπηρεσίες ρυμούλκησης και τις μονάδες επείγουσας βοήθειας σβήνοντας την πυρκαγιά και απομακρύνοντας το επικίνδυνο υλικό που έχει χυθεί μακριά από τις σήραγγες.

Η φιλοσοφία ενός αυτοκινητοδρόμου όσον αφορά στα παραπάνω ζητήματα και σε γενικές γραμμές γιατί εκτενέστερα θα αναφερθούμε στη συνέχεια είναι να διευκολύνει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων για τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων, παρέχοντας τη δυνατότητα:

- Προσδιορισμού των εναλλακτικών διαδρομών μεταξύ δύο σημείων – ζευγών προέλευσης προορισμού
- Υπολογισμού της επικινδυνότητας της μεταφοράς σε όλες τις εναλλακτικές διαδρομές
- Αξιολόγησης των εναλλακτικών διαδρομών και προσδιορισμού της καταλληλότερης διαδρομής βάσει του δείκτη επικινδυνότητας
- Εκτίμησης κόστους επιλογής διαδρομής.

### 2.3.1 Μοντέλα επιλογής εναλλακτικών διαδρομών μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος που σχετίζεται με την μεταφορά επικίνδυνων φορτίων κατά μήκος ενός οδικού τμήματος και μέσα από πόλεις και κατοικημένες περιοχές, έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα επιλογής εναλλακτικών διαδρομών. Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στη πόλη του Dallas στις Ηνωμένες Πολιτείες {15}, αναπτύχθηκε μια αναλυτική μέθοδος αξιολόγησης εναλλακτικών διαδρομών, η οποία στηρίζεται στα αποτελέσματα ενός μοντέλου εκτίμησης επικινδυνότητας.

Βασικός στόχος της μελέτης αυτής, είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος εναλλακτικών διαδρομών τις οποίες θα ακολουθούν τα οχήματα που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία, προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα έκθεσης του πληθυσμού σε διαρρέοντα επικίνδυνα υλικά τα οποία μεταφέρονται οδικώς και εμπλέκονται σε ένα οδικό ατύχημα. Η μελέτη αυτή στηρίχθηκε σε τρεις σημαντικές παραδοχές σχεδιασμού:

1. Ο καθορισμός των εναλλακτικών διαδρομών δρομολόγησης οχημάτων μεταφοράς ΕΦ είναι αρμοδιότητα των τοπικών φορέων, και τα αποτελέσματα της μελέτης θα αποσκοπούν στην αύξηση της ασφάλειας σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης.
2. Μια αποδεκτή εναλλακτική διαδρομή ή μια ομάδα εναλλακτικών διαδρομών θα ισχύει για τη μεταφορά όλων των ειδών των επικίνδυνων φορτίων βάσει των διεθνών κανονισμών.
3. Η μεθοδολογία εκτίμησης της επικινδυνότητας θα αναγνωρίζει τις διαδρομές εκείνες οι οποίες έχουν τον μικρότερο βαθμό κινδύνου σύμφωνα με τις οδηγίες της Ομοσπονδίας Αυτοκινητόδρομων της Αμερικής (Federal Highway Administration) και άσχετα με τη συχνότητα, είδος και όγκο των μεταφερόμενων επικίνδυνων φορτίων.

Ο εντοπισμός των διαδρομών στηρίζεται σε τρία κριτήρια:

1. Όλοι οι αυτοκινητόδρομοι θεωρούνται ως πιθανές διαδρομές για επιλογή.



2. Διαδρομές που περιλαμβάνουν εισόδους και εξόδους από μεγάλα αστικά κέντρα πρέπει να συνδέονται άμεσα μεταξύ τους και να υπάρχουν εγκαταστάσεις ελέγχους της πρόσβασης, όπου αυτό είναι δυνατό.
3. Οι διαδρομές δεν θα πρέπει να περιλαμβάνουν διόδια.

### 2.3.2 Μοντέλα εκτίμησης επικινδυνότητας εναλλακτικών διαδρομών μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων

Η ανάπτυξη τέτοιων μοντέλων προϋποθέτει τη διαθεσιμότητα εκτενών ιστορικών στοιχείων ατυχημάτων με οχήματα που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία. Επειδή όμως είναι σύνηθες σε πολλές χώρες τέτοια στοιχεία να μην καταγράφονται, έχουν μελετηθεί μοντέλα εκτίμησης επικινδυνότητας τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν κάτω από συνθήκες περιορισμένων δεδομένων.

Από σχετική έρευνα {16} αποδείχτηκε ότι ο υπολογισμός επικινδυνότητας είναι ιδιαίτερα δύσκολος όταν υπάρχουν ελάχιστα και κακής ποιότητας εμπειρικά στοιχεία. Το πρόβλημα αυτό που αφορά στα στοιχεία είναι σημαντικότερο όταν πρόκειται για τον υπολογισμό σπανίων και καταστροφικών γεγονότων που απασχολούν κατά κύριο λόγο το κοινό. Για αυτό το λόγο, αναπτύχθηκαν διάφορες εναλλακτικές μεθοδολογίες εκτίμησης επικινδυνότητας, μερικές από τις οποίες είναι:

- Θεώρηση στατιστικών συμπερασμάτων
- Μοντέλο δέντρου σφάλματος/ γεγονότων
- Αναλυτικές τεχνικές και τεχνικές προσομοίωσης
- Υποκειμενικό υπολογισμό
- Bayesian ανάλυση

Παράλληλα, σε περιπτώσεις που η ανάλυση εστιάζεται στην γραφική απεικόνιση των μοντέλων με εφαρμογές GIS {17}, υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης μοντέλου εκτίμησης επικινδυνότητας, το οποίο υπολογίζει την τιμή:

- του πιθανού κινδύνου (όταν δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα ατυχημάτων) και
- του παρατηρούμενου κινδύνου (από διαθέσιμα δεδομένα ατυχημάτων)

Η εκτίμηση επικινδυνότητας υπολογίζεται βάσει της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος και των επιπτώσεων του ατυχήματος αυτού. Μια παραδοχή που έχει γίνει και η οποία είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα ατυχημάτων, είναι ότι **το ποσοστό ατυχημάτων με βαρέα οχήματα που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία έχει ληφθεί ίσο με το ποσοστό ατυχημάτων των βαρέων οχημάτων γενικώς**. Οι επιπτώσεις προσδιορίζονται βάσει του αριθμού ή της ποσότητας της έκθεσης στο επικίνδυνο φορτίο που διασπείρεται, και διαχωρίζεται σε πληθυσμιακή έκθεση, σε έκθεση του περιβάλλοντος, και σε έκθεση περιουσίας. Για κάθε μία από τις παραπάνω εκθέσεις υπολογίζεται και ο σχετικός δείκτης επικινδυνότητας και απεικονίζεται γραφικά πάνω σε κάθε οδικό τμήμα της υπό ανάλυσης διαδρομής. Έτσι είναι δυνατός ο εντοπισμός των οδικών τμημάτων που εμφανίζουν μεγάλη επικινδυνότητα.

Τέλος, βάσει των δεικτών επικινδυνότητας κάθε οδικού τμήματος, υπολογίζεται και η συνολική επικινδυνότητα κάθε εναλλακτικής διαδρομής.

Παρόμοιες εφαρμογές {18, 19} στοχεύουν στη βελτίωση του επιπέδου ασφάλειας κατά τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων και δίνουν τη δυνατότητα σύγκρισης εναλλακτικών διαδρομών και επιλογής αυτών που εμφανίζουν τον ελάχιστο βαθμό επικινδυνότητας.

Στις εφαρμογές αυτές ο προσδιορισμός των ροών των επικίνδυνων φορτίων στηρίζεται σε δύο παράγοντες:

- στην κλάση στην οποία υπάγεται το επικίνδυνο φορτίο και
- στον όγκο που μεταφέρεται ανά διαδρομή.

Οι ροές που προκύπτουν στηρίζονται σε ετήσιες τάσεις.

Η πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος υπολογίζεται για κάθε μία από τις διαδρομές, πολλαπλασιάζοντας το ποσοστό ατυχημάτων με τον αριθμό των συνολικών χιλιομέτρων που εκτίθενται στα επικίνδυνα φορτία.

Όσον αφορά στην έκταση που εκτίθεται στο επικίνδυνο φορτίο σε περίπτωση ατυχήματος, αυτή προσδιορίζεται από τον συνολικό φόρτο ανά κλάση επικίνδυνου υλικού πάνω σε κάθε μια συγκεκριμένη διαδρομή, και από τα συνολικά χιλιόμετρα που διανύονται ετησίως από οχήματα που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία πάνω σε κάθε εξεταζόμενη διαδρομή.

Σε παρόμοια εφαρμογή, η πρόβλεψη της αντικειμενικής έκθεσης σε κίνδυνο πραγματοποιείται με την χρησιμοποίηση των παρατηρούμενων ποσοστών ατυχημάτων, με ανάλυση δέντρου σφάλματος για τον υπολογισμό τη πιθανότητα ζημιών, και διάφορων σχέσεων διάδοσης ζημιών {20}.

Ο υπολογισμός της έκθεσης σε κίνδυνο στηρίζεται σε τέσσερις παράγοντες:

- Στο ποσοστό ατυχημάτων ανά κίνηση
- Στην πιθανότητα εμφάνισης ζημιών από διαρροή ανά ατύχημα
- Στην έκταση επίδρασης της διαρροής
- Στον πληθυσμό που εκτίθεται μέσα στην έκταση επίδρασης της διαρροής

Όταν σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως είναι το κόστος μεταφοράς (χρόνος μεταφοράς), τότε μπορεί να λειτουργήσει το εξής μοντέλο {21}, που έχει δύο αντικειμενικούς στόχους:

- Την ελαχιστοποίηση πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος (ή μείωση οχηματοχιλιομέτρων οχημάτων μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων
- Την ελαχιστοποίηση του μέγιστου αριθμού πληθυσμού που εκτίθεται σε κίνδυνο, αποφεύγοντας μεγάλα πληθυσμιακά κέντρα κατά τη διαδικασία επιλογής διαδρομής.

Οι απαιτήσεις που υπάρχουν προκειμένου να δημιουργηθεί αυτό το μοντέλο περιλαμβάνουν στοιχεία που αναφέρονται στο πληθυσμό (χώρου και χρόνου), καθώς και γεωμετρικά και λειτουργικά στοιχεία του οδικού δικτύου.

Το μοντέλο αυτό λόγω της ικανότητάς του να ποσοτικοποιεί τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των αντικειμενικών στόχων που του αποδίδονται, και της δυνατότητας του να δημιουργεί πολλαπλές διαδρομές για ένα φορτίο, μπορεί να αποκτήσει ένα ρόλο υποστήριξης αποφάσεων για τον σχεδιασμό διαδρομών μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων.

Σημαντικού ενδιαφέροντος για το σχεδιασμό της μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων είναι και η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Από μια σχετική μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί {22}, αναπτύχθηκε μοντέλο αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταφοράς επικίνδυνων αποβλήτων σε διασυνοριακές περιοχές, όπου δεν υπάρχει βάση δεδομένων που αφορά τον ακριβή αριθμό αποβλήτων που μεταφέρονται, καθώς και τον τρόπο μεταφοράς τους. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε αυτή την ανάλυση μπορεί να εφαρμοστεί ως χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση διαφόρων σεναρίων μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων σε διασυνοριακές περιοχές.

Τα 4 βασικά στάδια της μεθοδολογίας περιλαμβάνουν:

- Την δημιουργία της βάσης δεδομένων
- Την ανάπτυξη του μοντέλου εκτίμησης επικινδυνότητας
- Την ανάλυση διάφορων σεναρίων διαχείρισης
- Την ανάπτυξη ενός μοντέλου για τον υπολογισμό των πραγματικών ποσοτήτων που μεταφέρονται

Βασική παραδοχή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι η θεώρηση ότι όλος ο πληθυσμός κατά μήκος ενός οδικού τμήματος της διαδρομής των επικίνδυνων αποβλήτων εκτίθεται στον ίδιο βαθμό επικινδυνότητας.

## **2.4 Σχέδια και Συστήματα διαχείρισης συμβάντων με επικίνδυνα φορτία σε σήραγγες**

Παρά το γεγονός ότι η πιθανότητα ατυχήματος στο οποίο εμπλέκονται οχήματα που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία είναι πολύ μικρή, οι επιπτώσεις σε μια τέτοια περίπτωση είναι πολύ σοβαρές, π. χ. ένα τέτοιο ατύχημα μέσα σε σήραγγα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τον θάνατο πολλών ανθρώπων και τη μερική καταστροφή της σήραγγας.

Στόχος ενός καλού συστήματος διαχείρισης έκτακτων περιστατικών με την εμπλοκή επικίνδυνων φορτίων, πρέπει να είναι η είναι η διευκόλυνση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων σε σχέση με τη μείωση των πιθανών επιπτώσεων που μπορεί να προκύψουν από αυτά.

### **Τι απαιτείται σύμφωνα με την οδηγία 2004/54/EK για την αντιμετώπιση έκτακτων συμβάντων {6}**

- όλες οι σήραγγες πρέπει να διαθέτουν σχέδια για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών
- σε όλες τις σήραγγες για τις οποίες απαιτείται κέντρο ελέγχου, σε κάθε δεδομένη στιγμή τον πλήρη έλεγχο τον έχει ένα μόνο κέντρο, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που αρχίζουν και τελειώνουν σε διαφορετικά κράτη
- στην περίπτωση κλεισίματος της σήραγγας, οι χρήστες ενημερώνονται για τις καλύτερες εναλλακτικές διαδρομές
- το αν θα επιτρέπεται στα βαριά οχήματα να προσπερνούν μέσα σε σήραγγες πολλαπλών λωρίδων κυκλοφορίας πρέπει να αποφασίζεται μετά από ανάλυση κινδύνου
- οι χρήστες της σήραγγας πρέπει να ενημερώνονται για τις κατάλληλες ταχύτητες και τις αποστάσεις που πρέπει να τηρούν.
- πρέπει να δίνονται οδηγίες για τον τρόπο κλεισίματος της σήραγγας σε περίπτωση σοβαρού συμβάντος

#### **2.4.1 Μέτρα μείωσης επιπτώσεων συμβάντων με εμπλοκή επικίνδυνων φορτίων**

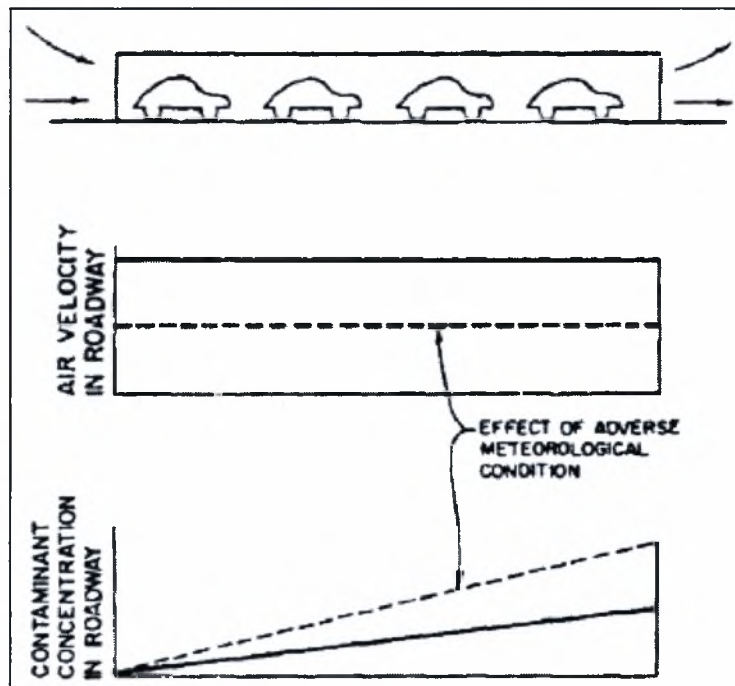
Υπάρχουν πολλά μέτρα που μπορούμε να αναφέρουμε και που μπορούν να συνεισφέρουν στη μείωση των επιπτώσεων ενός πιθανού ατυχήματος με την εμπλοκή επικίνδυνου φορτίου εντός κάποιας σήραγγας, που αφορούν στον τρόπο κατασκευής και στον εξοπλισμό των σηράγγων.

#### 2.4.1.1 Συστήματα εξαερισμού οδικών σηράγγων

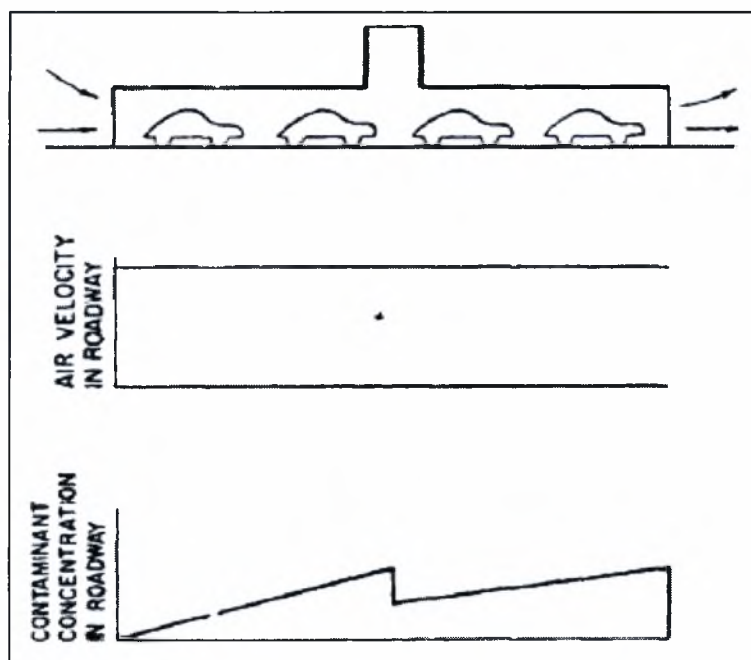
Οι τρόποι αερισμού των οδικών σηράγγων διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες. Έτσι διακρίνονται στα συστήματα με φυσικό αερισμό, με διαμήκη αερισμό, εγκάρσιο αερισμό και ημiegκάρσιο αερισμό. Σημειώνεται ότι στις περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, όπως είναι η πυρκαγιά, χρησιμοποιούνται και κινητές μονάδες εξαερισμού.

- Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στο **φυσικό αερισμό** της οδικής σήραγγας. Οι οδικές σήραγγες με φυσικό αερισμό βασίζονται πρωτίστως στις *μετεωρολογικές συνθήκες*.

Η ροή του αέρα στις σήραγγες φυσικού αερισμού μπορεί να είναι είτε από τη μία πύλη στην άλλη πύλη είτε με μία ενδιάμεση έξοδο του αέρα.

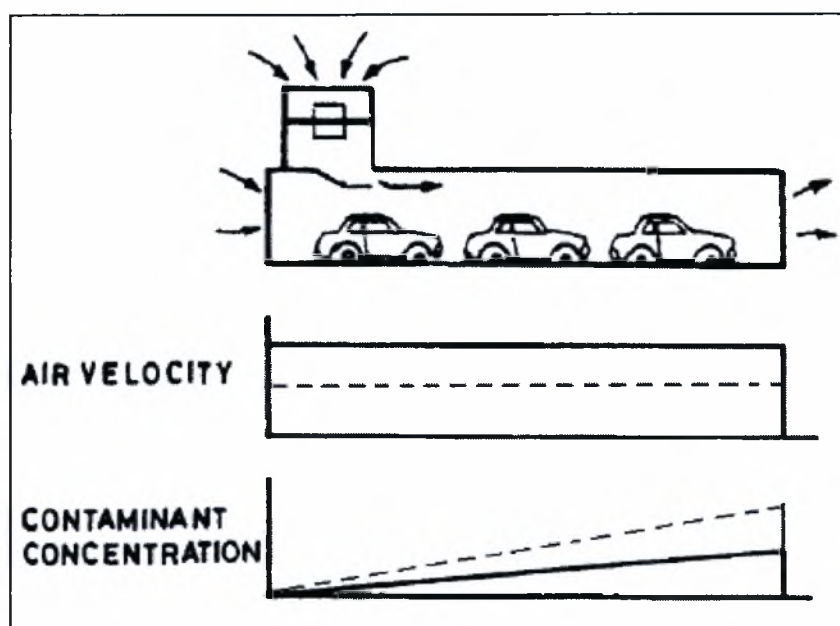


ΣΧΗΜΑ 2.2: Σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων από τη μια πύλη στην άλλη



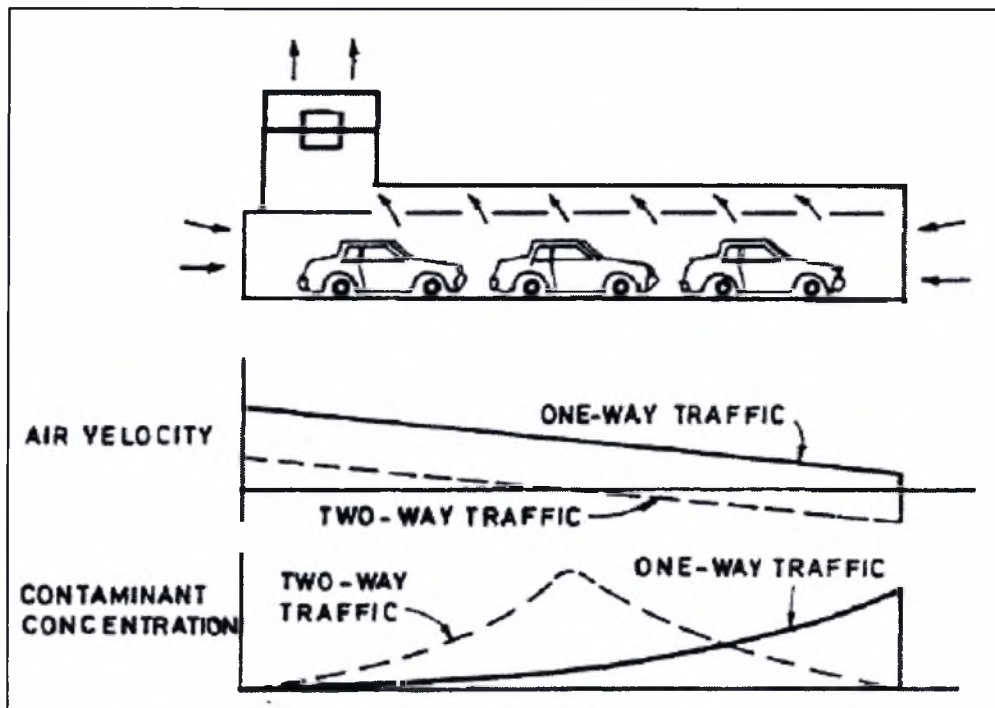
ΣΧΗΜΑ 2.3.α: Σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων με ενδιάμεση έξοδο

- Το πρώτο μηχανικό σύστημα εξαερισμού της σήραγγας είναι ο *διαμήκης εξαερισμός* (longitudinal ventilation), όπου αποτελεί ένα σύστημα όπου ο αέρας εισάγεται ή αφαιρείται από την οδική σήραग्ga σε κάποια συγκεκριμένα σημεία, οπότε δημιουργείται μία συγκεκριμένη ροή αέρα μέσα στον αυτοκινητόδρομο.



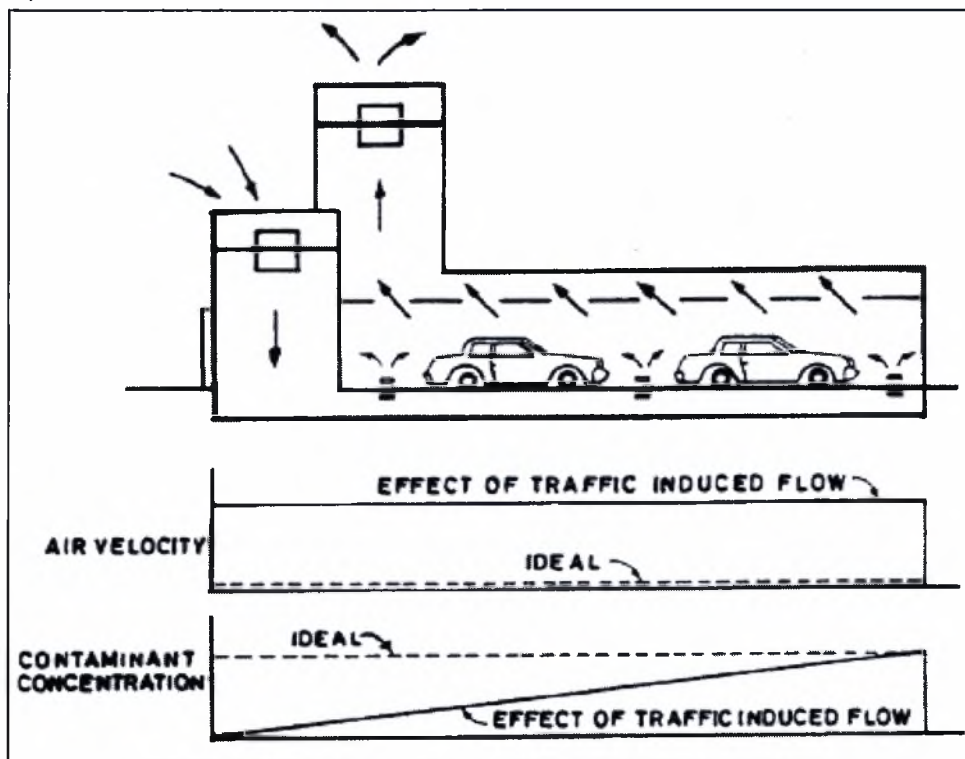
ΣΧΗΜΑ 2.3.β: Μηχανικό σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων

- Άλλο σύστημα εξαερισμού είναι το ημιεγκάρσιο σύστημα. Βασικό χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι η ομοιόμορφη διανομή ή συλλογή του αέρα κατά το μήκος της σήραγγας.



ΣΧΗΜΑ 2.4.α: Ημιεγκάρσιο σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων

- Για πολύ μεγαλύτερου μήκους σηράγγες χρησιμοποιούνται τα εγκάρσια συστήματα εξαερισμού.



ΣΧΗΜΑ 2.4.β: Εγκάρσιο σύστημα εξαερισμού οδικών σηράγγων

#### 2.4.1.2 Φωτισμός οδικών σηράγγων

Σκοπός του φωτισμού σήραγγας είναι να εξασφαλίσει ότι τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και τη νύχτα, τα οχήματα θα πλησιάσουν, θα διασχίσουν και θα βγουν από τη σήραγγα, με τη σχεδιασμένη ταχύτητα, άνεση και ασφάλεια που θα είχαν σε έναν ανοιχτό δρόμο.

Σε αντίθεση με το φωτισμό των οδών ο φωτισμός της σήραγγας είναι περισσότερο κρίσιμος κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς το οπτικό σύστημα του ανθρώπου δεν μπορεί αυτόματα να αναγνωρίζει τις διάφορες λεπτομέρειες στο χώρο κάτω από επίπεδα φωτεινότητας τόσο διαφορετικά.

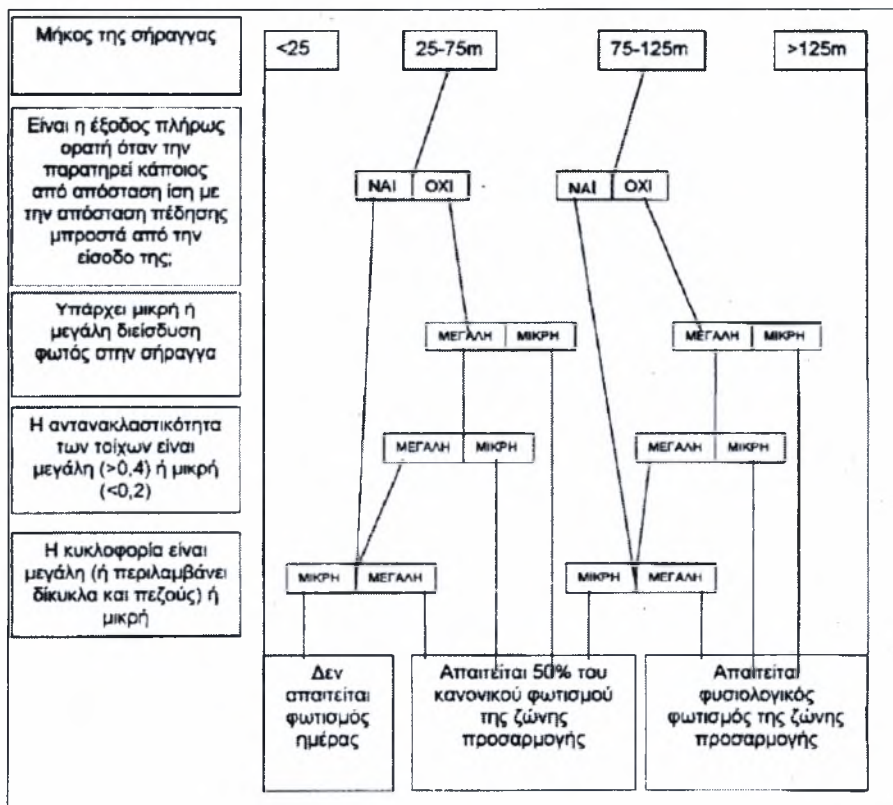
Βασική ταξινόμηση των σηράγγων είναι σε δύο κατηγορίες:

**(1) Μακριά σήραγγα.**

**(2) Κοντή σήραγγα.**

Μία σήραγγα λέγεται μακριά (μακρύ τούνελ) όταν ανεξάρτητα από το μέγεθος της η έξοδος της και το αμέσως μετά από αυτή τμήμα του δρόμου δεν είναι ορατά με τις κανονικές συνθήκες κυκλοφορίας, από ένα σημείο κοντά στην είσοδο. Μία σήραγγα που δεν είναι μακριά λέγεται κοντή. Στη κοντή σήραγγα από τη ζώνη προσέγγισης είναι ορατά τα εμπόδια στην έξοδο κατά την ημέρα.

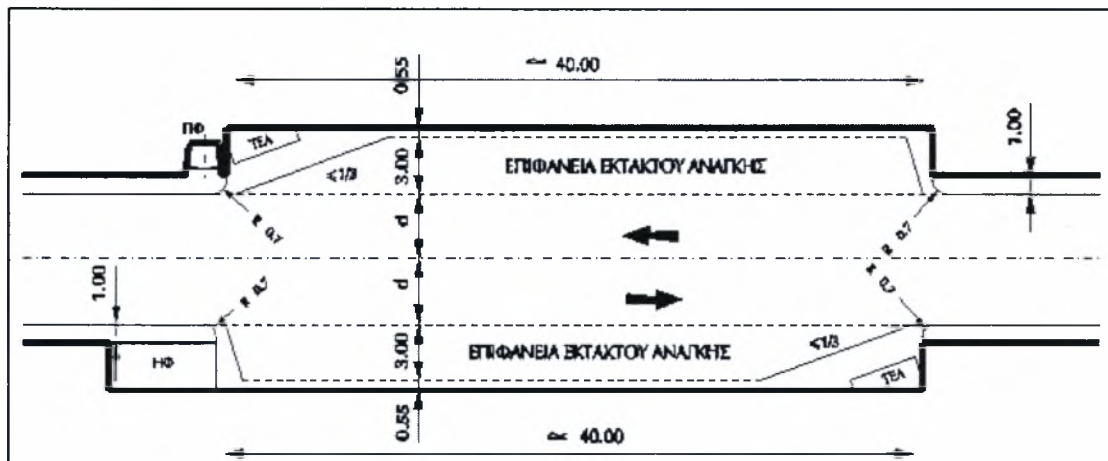
Ανάλογα με το αν μία σήραγγα είναι μακριά ή κοντή καθορίζεται και η απαίτηση για φωτισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Γενικά μία σήραγγα ή υπόγεια διάβαση δεν απαιτεί επιπλέον φωτισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας αν η έξοδος καταλαμβάνει ένα μεγάλο μέρος του πεδίου όρασης, από απόσταση ίση με την απόσταση πεδήσεως από την είσοδο. Αντίθετα μία σήραγγα απαιτεί επιπλέον φωτισμό όταν η έξοδος από την ίδια απόσταση παρουσιάζεται σαν ένα σκοτεινό πλαίσιο μέσα στο οποίο τα αντικείμενα, π.χ. οχήματα μπορεί να είναι κρυμμένα.



ΣΧΗΜΑ 2.5: Απαιτήσεις φωτισμού ανάλογα με το μήκος της σήραγγας

### 2.4.1.3 Εσοχές έκτακτης στάθμευσης

Οι εσοχές έκτακτης ανάγκης προβλέπονται όταν για λόγους οικονομίας δεν κατασκευάζονται λωρίδες πολλαπλών χρήσεων. Σε σήραγγες διπλής κατεύθυνσης, πρέπει να διατάσσονται αντικριστά ή μία από την άλλη ώστε να είναι δυνατή η αναστροφή των οχημάτων.



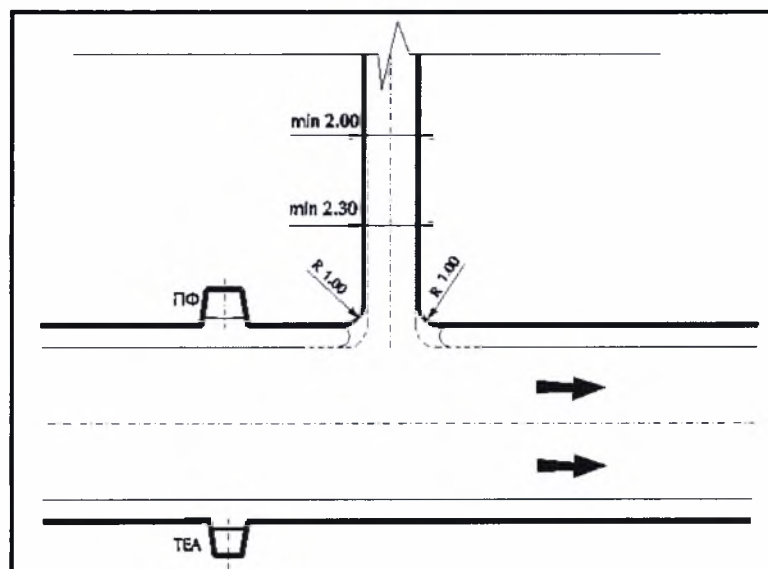
ΣΧΗΜΑ 2.6: Εσοχές έκτακτης ανάγκης

### 2.4.1.4 Έξοδοι διαφυγής

Σε σήραγγες των οποίων το μήκος υπερβαίνει τα 700μ.πρέπει να διατάσσονται εγκάρσιες έξοδοι διαφυγής ανά 350μ.,εφόσον το σύστημα εξαερισμού της σήραγγας δεν παρέχει αρκετή ασφάλεια.

Σε σήραγγες διπλού κλάδου οι εγκάρσιες έξοδοι διαφυγής οδηγούν κατά κανόνα από τη μια σήραγγα στην άλλη.





ΣΧΗΜΑ 2.7: Διάταξη εξόδου διαφυγής

## 2.5 Αποχέτευση – αποστράγγιση καταστρώματος

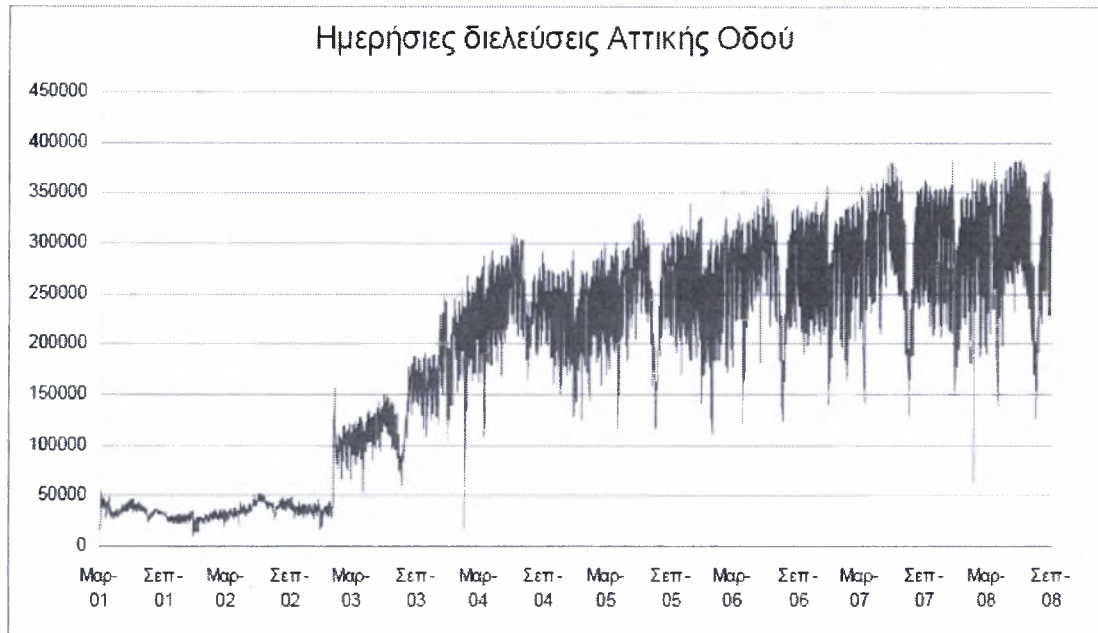
Κατά τη μελέτη αποχέτευσης-αποστράγγισης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής :

- Τα όμβρια νερά από τα ανοικτά τμήματα της σήραγγας δεν πρέπει να απορρέουν επιφανειακά εντός της σήραγγας και να αποχετεύονται από τα αποχετευτικά στόμια αυτής.
- Το σύστημα αποχέτευσης της σήραγγας θα είναι σχεδιασμένο ώστε να διαχωρίζει πλήρως τα υπόγεια νερά από τα νερά και άλλα υγρά του καταστρώματος.
- Το σύστημα αποχέτευσης της σήραγγας πρέπει να προβλέπει για τα υγρά και τα νερά του καταστρώματος που προέρχονται από διάφορες πηγές(όμβρια από τα στόμια – όμβρια που παρασύρονται από τα οχήματα – υγρά και διαλύματα καθαρισμού – καύσιμα που διέφυγαν λόγω ατυχήματος – υγρά για την από πλύση των προηγούμενων – υγρά από τη λειτουργία του συστήματος πυρόσβεσης – διάφορα υγρά που μεταφέρονται από οχήματα και μπορεί να διαφύγουν λόγω ατυχήματος)
- Το σύστημα αποχέτευσης της σήραγγας πρέπει να προβλέπει κατάλληλες διατάξεις για τη μη μετάδοση φωτιάς από εύφλεκτα υγρά στον κεντρικό αποχετευτικό αγωγό.

### **3. Περιγραφή της Αττικής Οδού και των σηράγγων της**

#### **3.1. Γενικά**

Η Αττική Οδός είναι ένας σύγχρονος αστικός/περιαστικός αυτοκινητόδρομος μήκους 65χλμ. Λειτουργήσε τμηματικά αρχής γενομένης από το Μάρτιο του 2001 και περατώθηκε πλήρως τον Ιούνιο του 2004. Έχει μέση ημερήσια κυκλοφορία ίση με 390.000, 39 σταθμούς διοδίων και 195 λωρίδες διοδίων. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα που ακολουθεί οι ημερήσιες διελύσεις της Αττικής Οδού εμφανίζουν μια συνεχώς αυξανόμενη τάση, γεγονός που καταδεικνύει τη σημαντικότητα του αυτοκινητοδρόμου και την επιτακτική ανάγκη για καλή λειτουργία και συντήρηση των τμημάτων που τον απαρτίζουν.



Διάγραμμα 3.1: Ημερήσιες διελεύσεις Αττικής Οδού  
Πηγή: ΕΣΥΕ{31}

Ο εξοπλισμός της Αττικής Οδού όσον αφορά σε αυτοματοποιημένα συστήματα έχει ως εξής:

ΚΑΜΕΡΕΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ	217
ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ	15
ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΚΑΛΥΠΤΟΥΝ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΠΡΟΣΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟ	57
ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΔΙΟΔΩΝ	61
ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	586
ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΛΩΡΙΔΑΣ	540
ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	366
ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΥΠΕΡΒΑΣΗΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟΥ ΥΨΟΥΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΕΙΣΟΔΟΥΣ	44
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕΓΕΘΩΝ ΟΠΩΣ: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΑΝΕΜΟΥ, ΥΓΡΑΣΙΑ, ΠΙΕΣΗΣ ΑΕΡΟΣ	11



VSL5



Tunnel fans



LCS



OHV Detectors



590 VDS

Πηγή: Αττικές Διαδρομές{32}

Αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του Διευρωπαϊκού Δικτύου Πάτρα-Εύζωνοι αφού ενώνει την Εθνική Οδό από Πάτρα με την Εθνική Οδό προς Θεσσαλονίκη παρακάμπτοντας την Αθήνα. Επίσης εξυπηρετεί την κυκλοφορία από και προς το Νέο Διεθνές Αερολιμένα. Η Αττική Οδός απαρτίζεται από την Ελεύθερη Λεωφόρο Ελευσίνιας-Σταυρού-Σπάτων(ΕΛΕΣΣ) και τη Δυτική Περιφερειακή Λεωφόρο Υμηττού. Σε όλη τη διαδρομή υπάρχουν σαράντα ένα σκεπαστά τμήματα(σήραγγες και cut and covers). Το μήκος των σηράγγων κυμαίνεται από 48μ. έως 940μ., με συνολικό μήκος περίπου 15.36χλμ, περίπου δηλ. το 23% του συνολικού μήκους του αυτοκινητοδρόμου.

## 3.2. Οι Σήραγγες της Αττικής Οδού

### 3.2.1 Κατηγοριοποίηση των σηράγγων

Τα καλυμμένα οδικά τμήματα της Αττικής Οδού χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση της Εταιρείας Λειτουργίας της Αττικής Οδού (Αττικές Διαδρομές Α.Ε.), βάσει του εξοπλισμού που φέρει η κάθε κατηγορία:

- **Κατηγορία Α:** Μικρά σκεπαστά τμήματα, μήκους μικρότερου των 100μ.
- **Κατηγορία Β:** Μικρές σήραγγες, σκεπαστές (cut-and-cover) ή κατασκευασμένες με διάτρηση, με μήκος μεταξύ 100μ. και 240μ.
- **Κατηγορία Γ:** Σήραγγες μήκους άνω των 240μ.

Σύμφωνα με την Εταιρεία Λειτουργίας της Αττικής Οδού, ο όρος «σήραγγα» αναφέρεται μόνο στα καλυμμένα οδικά τμήματα των κατηγοριών Β και Γ.

Πίνακας 3.1: Κατηγορίες καλυμμένων οδικών τμημάτων της Αττικής Οδού

Κατηγορία Α	Κατηγορία Β	Κατηγορία Γ
-------------	-------------	-------------

<100μ	100μ-240μ	>240μ -500μ	>= 500μ
Αχαρνών (Ε)	Ελευσίνας (Α)	Μαύρης Ώρας (Α)	Βριλησίων (Α)
Υμηττού ανατολικά (Χ)	Ελευσίνας (Ε)	Μαύρης Ώρας (Ε)	Βριλησίων (Ε)
Δημοκρίτου νότια (Κ)	Αχαρνών (Α)	Λιοσίων	Παναγούλη (Β)
Παπάγου (Κ)	Μεταμόρφωσης (Α)	Ζεφυρίου (Α)	Παναγούλη (Υ)
	Μεταμόρφωσης (Ε)	Ζεφυρίου (Ε)	Κολλεγίου (Μ)
	Κοντόπευκου (Β)	Ηρακλείου (Α)	Κολλεγίου (Κ)
	Κοντόπευκου (Υ)	Ηρακλείου (Ε)	
	Κλεισθένους (Υ)	Κλεισθένους (Β)	
	Υμηττού ανατολικά (Ρ)	Αγ. Παρασκευή (Ρ)	
	Αγ. Παρασκευή (Β)	Δημοκρίτου βόρεια (Μ)	
	Αγ. Παρασκευή (Κ)*	Δημοκρίτου βόρεια (Κ)	
	Έξοδος Αγ. Παρασκευής	Είσοδος Δημοκρίτου	
	Χολαργού (Μ)	Έξοδος Δημοκρίτου	
	Χολαργού (Κ)	Δημοκρίτου (Μ)	
	Παπάγου (Μ)	Δημοκρίτου (Κ)	
	Κατεχάκη	Δημοκρίτου νότια (Μ)	

Πηγή: {32}

Θα αναλύσουμε μόνο τις σήραγγες που θα εξεταστούν στην παρούσα διπλωματική εργασία και είναι αυτές οι οποίες ανήκουν στο τμήμα ΕΛΕΣΣ – Αεροδρόμιο, επειδή χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον από τα βυτιοφόρα, δηλαδή:

- ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
- ΜΑΥΡΗΣ ΩΡΑΣ
- ΛΙΟΣΙΩΝ
- ΖΕΦΥΡΙΟΥ
- ΑΧΑΡΝΩΝ
- ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ
- ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
- ΒΡΙΛΗΣΣΙΩΝ

– Στην κατηγορία Α ανήκουν σκεπαστά τμήματα μήκους κάτω των 100μ. Τα τμήματα αυτά δεν θεωρούνται σήραγγες, σύμφωνα με την Εταιρεία Λειτουργίας της Αττικής Οδού. Ο λόγος που παρουσιάζονται είναι επειδή αποτελούν ζεύγος με άλλο σκεπαστό τμήμα, το οποίο υπερβαίνει τα 100μ (και το οποίο θεωρείται σήραγγα).

Τα σκεπαστά τμήματα που ανήκουν στην κατηγορία Α είναι: Αχαρνών (Ε).

Στα σκεπαστά τμήματα της κατηγορίας Α υπάρχουν εγκαταστάσεις φωτισμού, και τεχνικά δωμάτια εξοπλισμού σηράγγων (ΤΕΡ) (τα τελευταία υπάρχουν επειδή οι σήραγγες αυτές αποτελούν ζεύγος με άλλες σήραγγες μήκους άνω των 100μ).

Πίνακας 3.2: Σήραγγες Αττικής Οδού(ΕΛΕΣΣ-Αεροδρόμιο) κατηγορίας Α

Κατηγορία Α (<100μ)							
	Τύπος διάτρησης	Μήκος (μ)	Χ.Θ. Εισόδου	Λωρίδες εισόδου	ΛΕΑ	Κλίση % (μ.ο.)	Πλάτος λωρίδας (Μ)
Αχαρνών (Ε)	C&C(Cut)	85	E22,2	3	ΟΧΙ	-1,4	3,5

& Cover)						
----------	--	--	--	--	--	--

Πηγή: {32}

– Στην κατηγορία Β ανήκουν μικρές σήραγγες, σκεπαστές (cut-and-cover) ή κατασκευασμένες με διάτρηση, με μήκος μεταξύ 100μ. και 240μ. Της οι σήραγγες της κατηγορίας της φέρουν τον εξής υποχρεωτικό εξοπλισμό (επιπλέον του εξοπλισμού των σκεπαστών τμημάτων της κατηγορίας Α).

- Ανιχνευτές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και ορατότητας (opacity)
- Διαμήκη εξαερισμό (πλην μεμονωμένων περιπτώσεων)
- Σύστημα πυρόσβεσης
- Σηματοδότηση σήραγγας
- Πυκνότερη, σε σχέση με τα ανοικτά τμήματα αυτοκινητοδρόμου, τοποθέτηση καμερών CCTV και επαγωγικών βρόγχων κυκλοφορίας
- Ενίσχυση σήματος TETRA, VHF, κινητής τηλεφωνίας
- Αναστροφές έκτακτης ανάγκης (ΑΕΑ) (της από της σήραγγες της κατηγορίας της)

Πίνακας 3.3: Σήραγγες Αττικής Οδού(ΕΛΕΣΣ-Αεροδρόμιο) κατηγορίας Β

Σήραγγες κατηγορίας Β (μεταξύ 100μ-240μ)							
Ονομασία σήραγγας	Τύπος διάτρησης	Μήκος (μ)	Χ.Θ. Εισόδου	Λωρίδες εισόδου	ΛΕΑ	Κλίση % (μ.ο.)	Πλάτος λωρίδας (Μ)
Ελευσίνας (Α)	C&C	176	Εκτός χλμ	2	ΤΗΣ	-4,50	3,75
Ελευσίνας (Ε)	C&C	190	Εκτός χλμ	2	ΤΗΣ	-1,00	3,75
Αχαρνών (Α)	C&C	155	A22,1	3	ΝΑΙ		3,50
Μεταμόρφωσης(Α)	C&C	207	A23,7	5	ΝΑΙ	0,24	3,5
Μεταμόρφωσης (Ε)	C&C	207	E23,9	4	ΝΑΙ	-0,24	3,5

Πηγή: {32}

– Στην κατηγορία Γ ανήκουν οι σήραγγες μήκους άνω τω 240μ.

Πίνακας 3.4: Σήραγγες Αττικής Οδού(ΕΛΕΣΣ-Αεροδρόμιο) κατηγορίας Γ

Σήραγγες κατηγορίας Γ (> 240μ)							
Ονομασία σήραγγας	Τύπος διάτρησης	Μήκος (μ)	Χ.Θ. Εισόδου	Λωρίδες εισόδου	ΛΕΑ	Κλίση % (μ.ο.)	Πλάτος λωρίδας (Μ)
Μαύρης Ώρας(Α)	σήραγγα	393	A15,6	3	ΤΗΣ	-0,50	3,75
Μαύρης Ώρας(Ε)	σήραγγα	395	E16,0	3	ΤΗΣ	0,50	3,75
Λιοσίων	C&C	255	A18,4	3	ΝΑΙ	-0,75	3,5
Ζεφυρίου (Α)	C&C	440	A19,8	4	ΝΑΙ	1,40	3,5
Ζεφυρίου (Ε)	C&C	440	E20,2	3	ΤΗΣ	-0,50	3,5
Ηρακλείου (Α)	C&C	261	A25,6	4	ΟΧΙ	0,10	3,5
Ηρακλείου (Ε)	C&C	261	E25,6	4	ΟΧΙ	1,34	3,5
Βριλησίων (Α)	C&C	940	A30,5	3+1	ΟΧΙ	-2,00	3,5
Βριλησίων (Ε)	C&C	730	E31,2	4	ΟΧΙ	0,70	3,5

Πηγή: {32}

Στις σήραγγες της κατηγορίας Γ, επιπλέον του υποχρεωτικού εξοπλισμού των σηράγγων των κατηγοριών Α και Β, υπάρχουν:

- Πυράντοχες καλωδιώσεις
- Σύστημα ανίχνευσης οξειδίων του αζώτου (Nox)
- Εγκάρσιες διαβάσεις πεζών και αναστροφές εκτάκτου ανάγκης (ΑΕΑ) (σε ορισμένες σήραγγες)

Γενικά, τα δομικά στοιχεία των σηράγγων είναι πυράντοχα. Ειδικότερα για την κατηγορία Γ, είναι πυράντοχες και οι καλωδιώσεις.

### 3.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων σηράγγων

→ **Η σήραγγα της Ελευσίνας** έχει δυο κλάδους και βρίσκεται πριν από την επίσημη χιλιομέτρηση του οδικού δικτύου της Αττικής Οδού. Έχει μήκος 176μ και στις δυο κατευθύνσεις. Ανήκει στην κατηγορία Β των σηράγγων της Αττικής Οδού (σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των σηράγγων που έχει κάνει η Εταιρεία Λειτουργίας της οδού, Αττικές Διαδρομές Α.Ε.), που σημαίνει ότι είναι εξοπλισμένη με διαμήκη εξαερισμό, ανιχνευτές διοξειδίου του άνθρακα και ορατότητας, πυροσβεστικές φωλιές με τηλέφωνο έκτακτης ανάγκης, είναι σηματοδοτημένη με πινακίδες μεταβλητής ταχύτητας και αλλαγής λωρίδας, έχει ενίσχυση σήματος TETRA, VHF και κινητής τηλεφωνίας και τέλος έχει πυκνότερη, σε σχέση με τα ανοικτά τμήματα του αυτοκινητοδρόμου, τοποθέτηση καμερών CCTV και επαγωγικών βρόχων κυκλοφορίας.

Η σήραγγα της Ελευσίνας βρίσκεται σε μη κατοικημένη περιοχή. Με την παρούσα νομοθεσία, επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή.

→ **Η σήραγγα της Μαύρης Ώρας** έχει δυο κλάδους, βρίσκεται στο 15,6 χλμ του οδικού δικτύου της Αττικής Οδού (κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο) και έχει μήκος 393μ προς Αεροδρόμιο και 395μ. προς Ελευσίνα. Ανήκει στην κατηγορία Γ των σηράγγων της Αττικής Οδού (σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των σηράγγων που έχει κάνει η εταιρεία λειτουργίας της οδού, Αττικές Διαδρομές Α.Ε.). Αυτό σημαίνει ότι είναι εξοπλισμένη, επιπλέον του υποχρεωτικού εξοπλισμού των σηράγγων κατηγορίας Β, με πυράντοχες καλωδιώσεις και εγκάρσια διάβαση πεζών (συνδετήρια στοά) στο μέσο του μήκους των δυο κλάδων της σήραγγας.

Η σήραγγα της Μαύρης Ώρας βρίσκεται σε μη κατοικημένη περιοχή και υπάρχουν μερικές βιομηχανίες μικρής όχλησης. Με την παρούσα νομοθεσία, δεν επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή.

→ **Η σήραγγα Λιοσίων** έχει μόνο έναν κλάδο μήκους 255μ, προς Αεροδρόμιο, και βρίσκεται στο 18,7 χλμ του οδικού δικτύου της Αττικής Οδού. Ανήκει στην κατηγορία Γ των σηράγγων της Αττικής Οδού και δεν έχει ούτε εξόδους κινδύνου ούτε εγκάρσιες διασυνδέσεις.

Η σήραγγα Λιοσίων βρίσκεται σε ημιαστική περιοχή. Με την παρούσα νομοθεσία, δεν επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή, αλλά εξαιρείται η διέλευση βυτιοφόρων υγρών καυσίμων.

→ **Η σήραγγα Ζεφυρίου** έχει δυο κλάδους μήκους 440μ και οι δυο και βρίσκεται στο 20,2 χλμ του οδικού δικτύου της Αττικής Οδού (κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο). Ανήκει στην κατηγορία Γ των σηράγγων της Αττικής Οδού και δεν έχει ούτε εξόδους κινδύνου ούτε εγκάρσιες διασυνδέσεις. Αυτό οφείλεται ότι υπάρχει σταθμός του Προαστιακού Σιδηρόδρομου στη μέση της σήραγγας.

Η σήραγγα Ζεφυρίου βρίσκεται σε κατοικημένη περιοχή χαμηλής δόμησης. Με την παρούσα νομοθεσία, επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή.

→ **Η σήραγγα Αχαρνών** έχει δυο κλάδους, βρίσκεται στο 22,1 χλμ του οδικού δικτύου της Αττικής Οδού (κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο) και έχει μήκος 155μ προς Αεροδρόμιο και 85μ. προς Ελευσίνα. Ο κλάδος προς Αεροδρόμιο ανήκει στην κατηγορία Β των σηράγγων της Αττικής Οδού ενώ ο κλάδος προς Ελευσίνα στην κατηγορία Α (δηλαδή υπάρχει μόνο εγκατάσταση φωτισμού).

Η σήραγγα Αχαρνών βρίσκεται σε κατοικημένη περιοχή. Με την παρούσα νομοθεσία, δεν επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή, αλλά εξαιρείται η διέλευση βυτιοφόρων υγρών καυσίμων.

→ **Η σήραγγα Μεταμόρφωσης** έχει δυο κλάδους μήκους 207μ και οι δυο και βρίσκεται στο 23,7 χλμ του οδικού δικτύου της Αττικής Οδού (κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο). Ανήκει στην κατηγορία Β των σηράγγων της Αττικής Οδού και δεν έχει ούτε εξόδους κινδύνου ούτε εγκάρσιες διασυνδέσεις.

Η σήραγγα Μεταμόρφωσης βρίσκεται σε κατοικημένη περιοχή υψηλής δόμησης και εμπορικά καταστήματα. Με την παρούσα νομοθεσία, επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή.

→ **Η σήραγγα Ηρακλείου** έχει δυο κλάδους μήκους 261μ και οι δυο και βρίσκεται στο 25,6 χλμ του οδικού δικτύου της Αττικής Οδού (κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο). Ανήκει στην κατηγορία Γ των σηράγγων της Αττικής Οδού και δεν έχει ούτε εξόδους κινδύνου ούτε εγκάρσιες διασυνδέσεις.

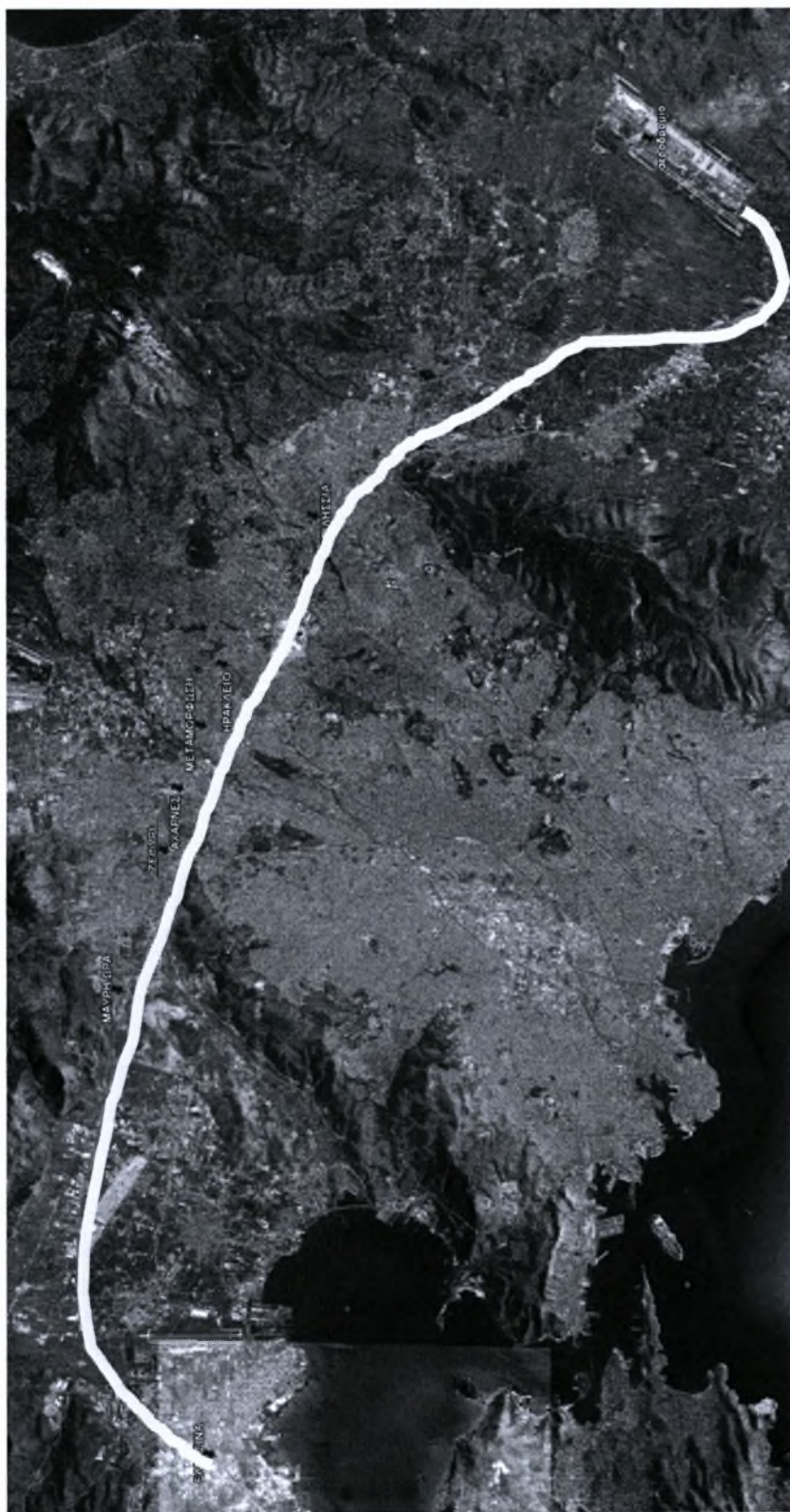
Η σήραγγα Ηρακλείου βρίσκεται σε κατοικημένη περιοχή χαμηλής δόμησης και εμπορικά καταστήματα. Με την παρούσα νομοθεσία, επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή.

→ **Η σήραγγα Βριλησίων** έχει δυο κλάδους, βρίσκεται στο 30,5 χλμ του οδικού δικτύου της Αττικής Οδού (κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο) και έχει μήκος 940μ προς Αεροδρόμιο και 730μ. προς Ελευσίνα. Η σήραγγα ανήκει στην κατηγορία Γ των σηράγγων της Αττικής Οδού και δεν έχει εγκάρσιες διασυνδέσεις. Ωστόσο υπάρχει μια έξοδος κινδύνου με τρεις ανεξάρτητες πόρτες στο δεξί πεζοδρόμιο 150μ πριν την έξοδο του κλάδου προς Ελευσίνα.

Η σήραγγα Βριλησίων βρίσκεται σε αμιγώς κατοικημένη περιοχή με 4οροφες πολυκατοικίες. Με την παρούσα νομοθεσία, δεν επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή.







Σχήμα 3.1: χάραξη Αττικής Οδού

Πηγή: Google Earth

### 3.3 Σημερινή πολιτική διέλευσης βυτιοφόρων υγρών καυσίμων από τις σήραγγες της Αττικής Οδού

Για τις σήραγγες για τις οποίες επιτρέπεται η διέλευση βυτιοφόρων υγρών καυσίμων δεν υπάρχουν οδηγίες ούτε ισχύουν περιορισμοί σχετικά με τον τρόπο μεταφοράς και διέλευσης των οχημάτων αυτών (όπως ισχύει για άλλες σήραγγες της Ελλάδας και του εξωτερικού, οι απαγορεύσεις αυτές έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά στο πρώτο παραδοτέο).

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο Εγχειρίδιο Λειτουργίας Αριθ.05, αναφέρονται οδηγίες για προγραμματισμένη διέλευση οχημάτων με βάρος, διαστάσεις και προεξέχον φορτίο που υπερβαίνει τα νόμιμα όρια κατά ΚΟΚ (άρθρα 32 και 53 αυτού) και για στρατιωτική ή άλλη πομπή όπως ορίζεται στο άρθρο 41 του ΚΟΚ.

Σχετικά με την καταβολή κομίστρου των οχημάτων που εξέρχονται και εισέρχονται εκ νέου στην Αττική Οδό μετά το τμήμα απαγόρευσης διέλευσης ισχύουν τα παρακάτω:

1. Όταν ο οδηγός οχήματος μεταφοράς επικινδύνων υλικών εισέλθει στην Αττική Οδό, πρέπει οπωσδήποτε να δηλώσει στον εισπράκτορα των διοδίων ότι επιθυμεί να επανεισέλθει στην Αττική Οδό μετά την απαγορευμένη ζώνη.
2. Ο οδηγός καταβάλλει το τέλος διοδίων και ο εισπράκτορας σφραγίζει την απόδειξη συναλλαγής με την ειδική σφραγίδα.
3. Ο οδηγός πρέπει να επιβεβαιώσει ότι η απόδειξη έχει σφραγιστεί ώστε να του επιτραπεί η επανείσοδος στην Αττική Οδό.
4. Η ευθύνη σφράγισης της απόδειξης βαρύνει τον οδηγό ο οποίος πρέπει να το ζητήσει από τον εισπράκτορα.
5. Η εκ νέου είσοδος πρέπει να γίνεται αποκλειστικά προς την ίδια κατεύθυνση και εντός δυο ωρών από τον πρώτη είσοδο.
6. Όταν ο οδηγός εισέλθει εκ νέου στην Αττική Οδό πρέπει οπωσδήποτε να παρουσιαστεί μόνο σε λωρίδα με εισπράκτορα και να δώσει στον εισπράκτορα την σφραγισμένη απόδειξη.
7. Ο εισπράκτορας θα εγγράψει την συναλλαγή ως «παράβαση» και θα καταγράψει στο αντίστοιχο πεδίο του παραθύρου τον αριθμό της σφραγισμένης απόδειξης και τον αριθμό κυκλοφορίας του οχήματος. Ο εισπράκτορας σφραγίζει για πρώτη ή δεύτερη ή Τρίτη φορά την απόδειξη (ανάλογα με πόσους επανεισόδους έχει κάνει το βυτιοφόρο υγρών καυσίμων) και επιστρέφει την σφραγισμένη απόδειξη στον χρήστη και θα κρατήσει την απόδειξη συναλλαγής παράβασης στο πίσω μέρος της οποίας θα γράψει την λέξη «βυτιοφόρο». Τέλος ο εισπράκτορας διοδίων ενημερώνει τον επόπτη, ο οποίος καταγράφει το συμβάν στο «βιβλίο συμβάντων».

Επισημαίνεται ότι η παραπάνω διαδικασία εφαρμόζεται μόνο όταν η απόδειξη είναι σφραγισμένη και όταν η διαδρομή γίνεται αποκλειστικά προς μια κατεύθυνση και μόνο για εισόδους και επανεισόδους πριν και μετά την απαγορευμένη ζώνη μέσα σε διάστημα δύο ωρών από την πρώτη είσοδο.

#### 3.3.1 Πώς γίνεται η διαχείριση ενός έκτακτου συμβάντος στην Αττική Οδό?

Η Αττική Οδός δίνει σαφείς οδηγίες για τον τρόπο διαχείρισης των έκτακτων ατυχημάτων και κυρίως σε σχέση με εκείνα που εμπλέκουν επικίνδυνα φορτία, και της επέμβασης των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης μέσω εγχειριδίων, πρωτοκόλλων και κανονισμών λειτουργίας που έχει εκπονήσει με στόχο τη ομαλή λειτουργία της οδού.

Το εγχειρίδιο λειτουργίας #06# έχει σκοπό: **α)** να εξασφαλίζει την ετοιμότητα και την ικανότητα του Αναδόχου Παραχώρησης και της Εταιρείας Λειτουργίας να ανταποκριθούν και να βοηθήσουν τις εμπλεκόμενες εξωτερικές υπηρεσίες, κατά τη διάρκεια έκτακτου περιστατικού στην Αττική Οδό, **β)** να ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο εμφάνισης περιστατικού έκτακτης ανάγκης στην Αττική Οδό και **γ)** να καθορίσει τη φύση των έκτακτων περιστατικών που εξετάζονται στην Αττική οδό, των εγγράφων και των διαδικασιών αναφοράς, διαχείρισης και αποκατάστασης, σε περίπτωση έκτακτου συμβάντος.

Οι αρμοδιότητες διαχείρισης έκτακτων περιστατικών στην Αττική Οδό, ασκούνται από την Εταιρεία Λειτουργίας και από τον Ανάδοχο και περιλαμβάνουν την πρόληψη, ανταπόκριση και αποκατάσταση ενός έκτακτου περιστατικού. Ως έκτακτο περιστατικό, ορίζεται μια μη προγραμματισμένη διατάραξη της κατάστασης της κυκλοφορίας, η οποία είναι εντός του πεδίου ελέγχου της Εταιρείας Λειτουργίας. Τα έκτακτα περιστατικά ανήκουν στην κατηγορία των συμβάντων, ή των γεγονότων δυσμενών καιρικών συνθηκών.

Η πρόληψη έγκειται στην αποτελεσματική διαχείριση της οδού για την υποστήριξη της ασφάλειας και της αποδοτικής λειτουργίας, καθώς επίσης και στην έγκαιρη παροχή συμβουλών στον Ανάδοχο Παραχώρησης, την επιβολή διοδίων, τις επισκευές, τις αντικαταστάσεις, τις βελτιώσεις και την πολιτική επέκτασης της οδού.

Η διαχείριση των έκτακτων περιστατικών ακολουθεί τα πέντε στάδια, όπως αυτά περιγράφονται στο εγχειρίδιο λειτουργίας #05# :

1. Ανίχνευση και επιβεβαίωση
2. Ανταπόκριση
3. Κατά τη διάρκεια του Έκτακτου Περιστατικού
4. Λήξη του Έκτακτου Περιστατικού
5. Εκθέσεις και Διοικητική Διαχείριση

Σύμφωνα με την Ειδική Συγγραφή Υποχρεώσεων (ΕΣΥ), άρθρο 29, τα έκτακτα περιστατικά θα πρέπει να ανιχνεύονται εντός 5 λεπτών από τη στιγμή που έλαβαν χώρα. Αυτό θα επιτυγχάνεται μέσω του συνδυασμού των αυτόματων και μη αυτόματων μέσων που διαθέτει η Αττική Οδός για την ανίχνευση και επιβεβαίωση έκτακτων περιστατικών.

Η ανταπόκριση της Αστυνομίας και άλλων εξωτερικών φορέων, σύμφωνα με την ΕΣΥ, άρθρο 29, δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 10 λεπτά από την στιγμή που το έκτακτο περιστατικό έλαβε χώρα. Για το προσωπικό λειτουργίας ορίζονται επίσης τα 10 λεπτά, εκτός για περιπτώσεις πυρόσβεσης σε σήραγγα χωρίς αυτόματα συστήματα πυρόσβεσης, όπου ο χρόνος μειώνεται στα 3 λεπτά{27}.

Έχουν οριστεί 3 επίπεδα έκτακτης ανάγκης ανάλογα με τη φύση του έκτακτου περιστατικού:

1. Επίπεδο I: έκτακτη ανάγκη ελάσσονος σημασίας, με ελάχιστες απαιτήσεις ανταπόκρισης (συνήθως συντονίζεται από τον Χειριστή του ΚΔΚ, π.χ. εγκαταλελειμμένο όχημα, βλάβη οχήματος, ατύχημα με υλικές ζημιές μόνο, κλπ)
2. Επίπεδο II: περιστατικό έκτακτου ανάγκης σχετικά μείζονος σημασίας, που δεν επιφέρει τον αποκλεισμό του αυτοκινητοδρόμου ή ενός κλάδου Α.Κ. (ο Υπάλληλος σε Ετοιμότητα συντονίζει το προσωπικό της Εταιρείας Λειτουργίας και συνεργάζεται με τις Υπηρεσίες Άμεσης Επέμβασης, π.χ. θανατηφόρο ατύχημα, ατύχημα σε σήραγγα, πυρκαγιά, κλπ)
3. Επίπεδο III: περιστατικό έκτακτου ανάγκης μείζονος σημασίας, που επιφέρει τον αποκλεισμό ενός τμήματος του αυτοκινητοδρόμου ή ενός κλάδου Α.Κ. (ο Διευθυντής σε Ετοιμότητα συντονίζει το προσωπικό της Εταιρείας Λειτουργίας και συνεργάζεται με τις Υπηρεσίες Άμεσης Επέμβασης).

Η ανίχνευση και η επιβεβαίωση των έκτακτων περιστατικών γίνεται μέσω αυτόματων και μη αυτόματων μέσων{26}.

#### **ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ**

##### **αυτόματα μέσα :**

- αυτόματο σύστημα ανίχνευσης συμβάντων(AIDS)
- υποσύστημα μετεωρολογίας
- SCADA
- ανίχνευση οχημάτων υπερβάλλοντος ύψους(OHVD)

##### **μη αυτόματα μέσα:**

- κλήση από το χρήστη από τον αριθμό τηλεφώνου έκτακτης ανάγκης
- κλήση από το χρήστη από τα TEA
- περιπολίες, ομάδα επέμβασης και λοιπό προσωπικό της εταιρείας
- αστυνομία, πυροσβεστική, ΕΚΑΒ, μονάδα περισυλλογής
- οπτική παρακολούθηση από CCTV, GUI, κλπ

#### **ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ**

##### **μη αυτόματα μέσα:**

- περιπολίες, ομάδα επέμβασης και λοιπό προσωπικό της εταιρείας
- αστυνομία, πυροσβεστική, ΕΚΑΒ, μονάδα περισυλλογής
- οπτική παρακολούθηση από CCTV, GUI, κλπ

### **3.3.2 Πώς γίνεται η διαχείριση της κυκλοφορίας στην Αττική Οδό?**

Η Αττική Οδός χρησιμοποιεί ένα αυτοματοποιημένο σύστημα λειτουργίας του αυτοκινητοδρόμου(Σύστημα Διαχείρισης της Κυκλοφορίας).

Το Σύστημα Διαχείρισης της Κυκλοφορίας(ΣΔΚ) είναι εγκατεστημένο στην αίθουσα ελέγχου του Κέντρου Διαχείρισης της Κυκλοφορίας(ΚΔΚ) το οποίο αποτελείται από την Αίθουσα Ελέγχου, το Γραφείο Υπευθύνου και την Αίθουσα Συσκέψεων.



Εικόνα 3.1: Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας της Αττικής Οδού  
Πηγή: {30}

Το ΣΔΚ αποτελείται από το κεντρικό υποσύστημα και το υποσύστημα πεδίου. Το κεντρικό υποσύστημα είναι εγκατεστημένο στο κεντρικό λογισμικό του συστήματος και παρακολουθεί και ελέγχει τις λειτουργίες των συσκευών πεδίου. Το κεντρικό υποσύστημα περιλαμβάνει ένα Κεντρικό Σύστημα Υπολογιστή (CCS) ώστε να παρέχεται η κεντρική επεξεργασία που απαιτείται από την παρακολούθηση της κυκλοφορίας, τον εντοπισμό και την ανταπόκριση σε συμβάν.

Το υποσύστημα πεδίου αποτελείται από μια ποικιλία συσκευών πεδίου, οι οποίες είναι εγκατεστημένες σε σήραγγες και ανοικτά τμήματα της Αττικής Οδού. Οι συσκευές αυτές υποστηρίζουν τις κεντρικές λειτουργίες παρακολούθησης και ελέγχου και είναι οι παρακάτω:

- Ελεγκτής Κυκλοφορίας Προηγμένης Τεχνολογίας (ATC)
- Σταθμοί Ανίχνευσης Οχημάτων (ΣΑΟ)
- Κάμερες Κλειστού Κυκλώματος Τηλεόρασης (ΚΚΤ ή CCTV)
- Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων (ΠΜΜ)
- Πινακίδες Μεταβλητού Ορίου Ταχύτητας (VSLS) και Πινακίδες Ελέγχου Λωρίδας (LCS)
- Τηλέφωνα Έκτακτης Ανάγκης (ΤΕΑ)
- Ανιχνευτές Οχημάτων Υπερβάλλοντος Ύψους (ΟΗΥΔ)
- Μετεωρολογικοί Σταθμοί (ΜΕΤΕΟ)
- Ελεγκτές Κυκλοφορίας (ΤC)
- Σταθμοί Ανίχνευσης Επιπέδων CO/ ορατότητας.

Το Σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας μπορεί και εκτελεί και έχει στόχο να φέρει εις πέρας τις παρακάτω λειτουργίες:

1. Παρακολούθηση κυκλοφορίας και ανίχνευση συμβάντος
2. Παρακολούθηση και έλεγχος συσκευών τμήματος
3. Ανταπόκριση σε συμβάν, σε ανοικτά τμήματα της Αττικής Οδού και σήραγγες
4. Μετάδοση πληροφοριών, για την παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας στους χρήστες της οδού.

Για την πρώτη λειτουργία χρησιμοποιείται το Υποσύστημα Ανίχνευσης Συμβάντος(Incident Detection System-IDS).Η ανίχνευση γίνεται μέσω δύο υποσυστημάτων:

- a) το AIDS (Αυτόματο Σύστημα Ανίχνευσης Συμβάντων)
- και
- b) το NAIDS (Μη Αυτόματο Σύστημα Ανίχνευσης Συμβάντων)

Το AIDS χρησιμοποιεί κυκλοφοριακά δεδομένα από τους ΣΑΟ(Σταθμούς Ανίχνευσης Οχημάτων) οι οποίοι είναι τοποθετημένοι ανά 500μ. στα ανοικτά τμήματα της οδού και ανά 60μ. στις σήραγγες, και συναγερούς προερχόμενους από το υποσύστημα SCADA, το υποσύστημα του μετεωρολογικού σταθμού και τις ενδείξεις από τους ΟVHD(Ανίχνευση Οχημάτων Υπερβάλλοντος Ύψους).

Το NAIDS λαμβάνει στοιχεία από τα τηλέφωνα εκτάκτου ανάγκης, από το κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης, από τον τηλεφωνικό αριθμό εκτάκτου ανάγκης, από τις ομάδες περιπολίας ή άλλο μέλος του προσωπικού της Εταιρείας Λειτουργίας και από τις Υπηρεσίες Έκτακτης Ανάγκης και λοιπούς εξωτερικούς φορείς.

Κατά την ανίχνευση του συμβάντος, το ΣΔΚ παράγει αυτόματα μια ανταπόκριση, η οποία αποτελείται από τη σήμανση και τη συνδρομή των εξωτερικών φορέων.

Η σήμανση αποτελείται από :

- κύριες πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων(ΚΠΜΜ)



Εικόνα 3.2: κύριες πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων

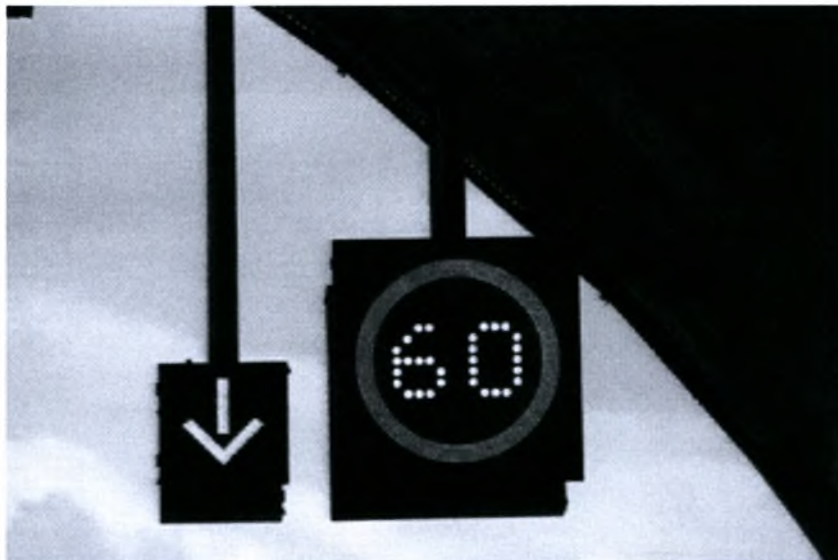
Πηγή: {30}

- πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων πρόσβασης(ΠΜΜΠ),που τοποθετούνται πριν από όλα τα σημεία πρόσβασης στη βασική γραμμή του δικτύου ΣΔΚ. Είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να περιλαμβάνουν ένα μεταβλητό στοιχείο που θα χρησιμοποιείται για την παροχή πληροφοριών σχετικά με τα τέλη διοδίων και ένα άλλο μεταβλητό στοιχείο για την παροχή πληροφοριών σχετικά με τις κυκλοφοριακές συνθήκες.



Εικόνα 3.3: πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων πρόσβασης  
Πηγή: {30}

- πινακίδες μεταβλητού ορίου ταχύτητας(VSLS) και πινακίδες ελέγχου λωρίδας(LCS),οι οποίες υποδεικνύουν τη χρήση των λωρίδων ή τα όρια ταχύτητας.



Εικόνα 3.4: πινακίδες μεταβλητού ορίου ταχύτητας  
Πηγή: {30}

Η μετάδοση των πληροφοριών γίνεται από το ΣΔΚ το οποίο παράγει μηνύματα, τα οποία προβάλλονται από τις ΠΜΜ. Εκτός από την παροχή υπηρεσιών στους χρήστες της οδού, το ΣΔΚ συλλέγει στοιχεία για τον καιρό από συσκευές που είναι τοποθετημένες κατά μήκος της οδού. Τα δεδομένα του συστήματος των διοδίων καθώς και τα καιρικά δεδομένα



είναι διαθέσιμα για προβολή στο χάρτη διασύνδεσης του ΚΔΚ και είναι ενσωματωμένα στα δεδομένα ανίχνευσης συμβάντος, στα αρχειοθετημένα στοιχεία και στα χαρακτηριστικά παραγωγής αναφοράς του κεντρικού λογισμικού συστήματος.

### 3.3.3 Σχέδιο Διαχείρισης Κυκλοφορίας της Αττικής Οδού

Το Εγχειρίδιου Λειτουργίας αριθ. 5 ορίζει τις διαδικασίες που εφαρμόζονται σχετικά με τη διαχείριση κυκλοφοριακών προβλημάτων που επηρεάζουν την κυκλοφοριακή ροή ή/και την ασφάλεια στην Αττική Οδό.

Τα κυκλοφοριακά προβλήματα ορίζονται ως «συμβάντα», «ουρές οχημάτων» και «χρόνος μετακίνησης».

Η κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού μπορεί να μειωθεί στη περίπτωση που :

- ένα συμβάν έχει ως αποτέλεσμα τον αποκλεισμό μιας ή περισσότερων λωρίδων
- ένα σοβαρό έκτακτο περιστατικό έχει ως αποτέλεσμα τον αποκλεισμό της οδού και την εκτροπή της κυκλοφορίας μέσω των εξόδων.

Για τη διαχείριση των παραπάνω προβλημάτων ακολουθείται μια τυποποιημένη διαδικασία που αποτελείται από πέντε βήματα :

- i. Ανίχνευση και επιβεβαίωση
- ii. Ανταπόκριση
- iii. Κατά τη διάρκεια του προβλήματος
- iv. Λήξη προβλήματος
- v. Εκθέσεις και διοικητική διαχείριση

Κατά κανόνα, πριν την εφαρμογή του σχεδίου ανταπόκρισης απαιτείται επιβεβαίωση, η οποία επιτυγχάνεται με τις κάμερες κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης(CCTV) και από κλήσεις από υπαλλήλους περιπολίας.

#### ❖ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ

- **Τι σημαίνει?**  
Άμεση ειδοποίηση του κατάλληλου προσωπικού μέσω φωνητικής επικοινωνίας.  
Άμεση πληροφόρηση των χρηστών της οδού.  
Άμεση γνωστοποίηση του προβλήματος στους κατάλληλους εξωτερικούς φορείς
- **Τι πληροφορίες χρειάζονται?**  
ο τύπος του προβλήματος  
η τοποθεσία  
αν και πόσες λωρίδες επηρεάζονται  
τυχόν τραυματισμοί  
πρόσβαση για επέμβαση στο σημείο

- **Ποιοι φορείς εμπλέκονται στο σχέδιο?**
  - υπάλληλοι περιπολίας
  - αστυνομία
  - άλλοι φορείς(πυροσβεστική, ΕΚΑΒ κλπ)
  
- **Πώς γίνεται η ενημέρωση των χρηστών?**
  - κύριες πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων
  - πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων πρόσβασης
  - πινακίδες ελέγχου λωρίδας
  - πινακίδες μεταβλητού ορίου ταχύτητας

Για κάθε ένα κυκλοφοριακό πρόβλημα που συμβαίνει κατά μήκος της οδού ή εντός των σηράγγων υπάρχει ένα φύλλο ελέγχου, το οποίο περιγράφει την ισχύουσα διαδικασία για τη διαχείρισή του. Ειδικότερα, στο φύλλο αυτό, ορίζεται το πρόβλημα, περιγράφονται λεπτομερώς τα 5 παραπάνω βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για τη διαχείριση του προβλήματος, καθώς και οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις που ισχύουν για κάθε ένα βήμα.

Φύλλα ελέγχου που αναφέρονται και σε περίπτωση που το συμβάν παρουσιαστεί σε σήραγγα είναι τα:

- 4A – Εμπόδιο/ εκροή
- 4B – Εγκαταλελειμμένο όχημα
- 4C – Όχημα με βλάβη
- 4D – Τροχαίο ατύχημα
- 4E – Μη εξουσιοδοτημένος χρήστης
- 4F – Κινούμενοι κίνδυνοι
- 4G – Λοιπά συμβάντα που αφορούν την Αστυνομία
- 4H – Πρόβλημα στην υποδομή/ τον εξοπλισμό του αυτοκινητοδρόμου
- 4I – Μη προγραμματισμένα ελαφρά έργα
- 4L – Πυρκαγιά σε υποδομή/ εξοπλισμό του αυτοκινητοδρόμου
- 4M – Πυρκαγιά και επικίνδυνα υλικά
- 4X – Αντίθετη φορά για έκτακτη ανάγκη

Σύμφωνα με το Εγχειρίδιο Λειτουργίας, τα φύλλα ελέγχου 4J – Επικίνδυνα υλικά (αναφέρεται σε εκροές χωρίς πυρκαγιά), 4K – Πυρκαγιά σε όχημα αν και δεν κάνουν σαφή αναφορά σε περίπτωση που το συμβάν παρουσιαστεί εντός σήραγγας, ωστόσο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Στα φύλλα ελέγχου 4N – Φορτηγό όχημα, και 4O – Λεωφορείο, αναφέρεται ότι οι διαδικασίες αυτές δεν θα πρέπει να διεξάγονται σε σήραγγα, εφόσον αυτό είναι δυνατόν. Σε περίπτωση που πρέπει να διεξαχθούν εντός σήραγγας θα πρέπει να ακολουθηθεί η διαδικασία 4T.

### 3.4 Κυκλοφοριακά στοιχεία για τις σήραγγες και για το συνολικό δίκτυο της Αττικής Οδού

#### 3.4.1 Ανάλυση ζήτησης μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων(κυρίως υγρών

### καυσίμων) από την Αττική Οδό

Στην Ελλάδα για εμπορικούς λόγους τα βυτιοφόρα καυσίμων έχουν μέχρι και 11 διαμερίσματα διαφόρων μεγεθών από 2400 λίτρα μέχρι 7000 λίτρα, συνηθέστερα 4000 λίτρα μέσο όρο διαμερίσματος, αντίθετα με την υπόλοιπη Ευρώπη που συνήθως έχουν 6 διαμερίσματα των 5800 λίτρων κατά μέσο όρο περίπου. Η μέγιστη ποσότητα μεταφερόμενου καυσίμου καθορίζεται από το μέγιστο μικτό βάρος (40 τόνοι) και από το είδος καυσίμου (διαφορετικές πυκνότητες). Για την Ελλάδα το μέγιστο επιτρεπόμενο μικτό βάρος είναι τέτοιο που για το επικινδυνότερο καύσιμο (βενζίνη) επιτρέπει μέγιστη χωρητικότητα 35000 λίτρων (για τα πετρέλαια θα ήταν 32000 λίτρα). Τα βαρύτερα κλάσματα (μαζούτ) είναι λίγα φορτία και όχι ψηλής επικινδυνότητας για να ληφθούν υπόψη στην εκτίμηση κινδύνου.

Την Αττική Οδό χρησιμοποιούν βυτιοφόρα που εξυπηρετούν την Δυτική Αθήνα, Ανατολική Αθήνα και Ανατολική Αττική αλλά και όσα βυτιοφόρα κατευθύνονται προς βορρά (Βοιωτία, Εύβοια, Φθιώτιδα, Φωκίδα κ.λ.π.). Όπως προαναφέραμε τα βυτιοφόρα φορτώνουν είτε στα Διυλιστήρια (Ασπρόπυργος, Ελευσίνα κυρίως) είτε σε εγκαταστάσεις εταιρειών εμπορίας που είναι στις περιοχές Ασπροπύργου, Περάματος και Σκαραμαγκά, ήτοι το 90 % περίπου του όγκου πωλήσεων προέρχεται από τα σημεία αυτά ενώ το υπόλοιπο 10% προέρχεται από τα Διυλιστήρια Κορίνθου. Η ζήτηση σε καύσιμα και απαιτούμενες διαδρομές βυτιοφόρων έγινε με χρήση στοιχείων από τα Τμήματα Δρομολόγησης των εταιριών Εμπορίας που γνωρίζουν ακριβή αριθμό διαδρομών από Διυλιστήρια και εγκαταστάσεις φόρτωσης σε πελάτες. Τα ίδια τμήματα γνωρίζουν τις διελεύσεις από την Αττική οδό ελέγχοντας και πληρώνοντας τα διόδια των βυτιοφόρων που μεταφέρουν για λογαριασμό των εταιρειών εμπορίας (νόμιμο τμήμα διακίνησης καυσίμων).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκε ότι ο ετήσιος αριθμός διελεύσεων βυτιοφόρων οχημάτων από την Αττική Οδό ανέρχεται σε 72000, με ημερήσιο μέσο όρο 240 διελεύσεις (το έτος υπολογίζεται σε 300 ημέρες). Τα βυτιοφόρα που προέρχονται από τις περιοχές Ασπροπύργου, Περάματος και Σκαραμαγκά και Ελευσίνας (δηλ. περίπου το 90% του συνόλου) εισέρχονται κατευθείαν στην Αττική Οδό από τον κόμβο 5 (Περιφερειακή Αιγάλεω) ενώ τα βυτιοφόρα που προέρχονται από Κόρινθο (δηλ. το υπόλοιπο 10%) εισέρχεται στην Αττική Οδό από την αρχή της, εξέρχονται στον κόμβο 4 (Ασπρόπυργος) λόγω της απαγόρευσης της διέλευσης της Μαύρης Ώρας και επανεισέρχονται στον κόμβο 5 (Περιφερειακή Αιγάλεω) της Αττικής Οδού.






#### 3.4.2 Σύνθεση κυκλοφορίας Αττικής Οδού

Για τα στοιχεία κυκλοφοριακών φόρτων που αφορούσαν στην Αττική Οδό, η κατανομή των φόρτων έγινε βάση της σύνθεσης της κυκλοφορίας που χρησιμοποιεί η Εταιρεία Λειτουργία της οδού, η οποία βασίζεται στην τιμολογιακή πολιτική της, δηλ. η τιμή διοδίου ορίζεται ανάλογα με την κατηγορία οχήματος, στο σύνολο έξι κατηγορίες. Η

κατηγορία 4 χωρίστηκε σε 2 υποκατηγορίες επειδή τα αυτοκίνητα με τροχόσπιτα είναι πολύ μικρότερα σε αριθμό σε σχέση με τα λεωφορεία, τα μικρότερα των 15 θέσεων που κυκλοφορούν στην Αττική Οδό και εν γένει στο οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής, ενώ η κατηγορία 5 χωρίστηκε επίσης σε δυο υποκατηγορίες επειδή θα έπρεπε να διαχωριστούν τα λεωφορεία (δημόσιας συγκοινωνίας και ιδιωτικά) από τα μεγάλα φορτηγά (στην τελευταία αυτή κατηγορία ανήκουν και τα φορτηγά που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία και ειδικότερα και τα βυτιοφόρα μεταφοράς υγρών καυσίμων). Έτσι, στο σύνολο προέκυψαν οκτώ κατηγορίες στην σύνθεση κυκλοφορίας των οχημάτων.

Η τιμή του διοδίου για κάθε όχημα εξαρτάται από την κατηγορία στην οποία ανήκει, η οποία προσδιορίζεται με βάση το ύψος και τον αριθμό των αξόνων του. Οι κατηγορίες των οχημάτων και η αντίστοιχη τιμή του διοδίου, καθορίζονται στη σύμβαση παραχώρησης, η οποία κυρώθηκε με το νόμο 2445/96.

Πίνακας 3.5: Σύνθεση κυκλοφορίας Αττικής Οδού

Κατηγορία	Ενδεικτική Απεικόνιση	Περιγραφή κατηγορίας οχήματος (σύμφωνα με τη Σύμβαση Παραχώρησης / νόμος 2445/96)
1		Μοτοποδήλατα, δίκυκλες μοτοσυκλέτες ενός τροχού ανά άξονα
2		Επιβατικά (Ι.Χ.) ίδιας χρήσης περιλαμβανομένων επιβατικών με μικρό trailer και σχάρα, με ύψος μικρότερο του 1,30m επάνω από τον πρώτο άξονα, δύο αξόνων με ύψος μικρότερο του 1,30m ή επάνω από τρίτο άξονα
3		Ελαφρά εμπορικά οχήματα με ύψος μικρότερο του 1,30m επάνω από τον πρώτο άξονα και συνολικό ύψος μικρότερο των 2,70m
4		Αυτοκίνητα με τροχόσπιτα με ύψος μικρότερο του 1,30m επάνω από τον πρώτο άξονα και συνολικό ύψος μικρότερο του 2,70m με τρεις το πολύ άξονες και λεωφορεία (κάτω των 15 θέσεων)
5		Μικρά και μεσαία φορτηγά, συνολικού ύψους μεγαλύτερου των 2,70m με 2 ή 3 άξονες και μεγάλα λεωφορεία (άνω των 15 θέσεων)

6



Μεγάλα φορτηγά με ή χωρίς ρυμουλκούμενο, συνολικού ύψους μεγαλύτερου των 2,70m με 4 άξονες και πάνω

Πηγή: {30}

Πίνακας 3.6: Σύνοψη κυκλοφορίας οχημάτων Αττικής Οδού

Κατηγορίες	Είδος οχημάτων	Κατανομή (%)
1	μοτοσικλέτες	3,2
2	ΙΧ	85,8
3	ελαφρά εμπορικά	5,6
4	αυτοκίνητα με τροχόσπιτα και λεωφορεία <15 θέσεων	0,2
5	μικρά και μεσαία φορτηγά και λεωφορεία >15 θέσεων	3,4
6	μεγάλα φορτηγά	1,8

Πηγή: {30}

## 4 Σχεδιασμός της μεταφοράς υγρών καυσίμων για την αποφυγή διέλευσης των σηράγγων της Αττικής Οδού.

### 4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει περιγραφή του σχεδιασμού της μεταφοράς των βυτιοφόρων με στόχο την αποφυγή κάποιων σηράγγων της Αττικής Οδού. Συνήθως, ένας σχεδιασμός μεταφοράς τέτοιου είδους, βασίζεται σε μαθηματικά μοντέλα, μέσω των οποίων και έπειτα από διαδοχικές δοκιμές :

- γίνεται προσδιορισμός μιας ή και περισσότερων εναλλακτικών διαδρομών μεταξύ δύο σημείων(προέλευση-προορισμός)
- υπολογίζεται η επικινδυνότητα των παραπάνω εναλλακτικών διαδρομών
- επιλέγεται η βέλτιστη

Δε θα ασχοληθούμε όμως μ'αυτή τη μεθοδολογία, γιατί ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν είναι να προτείνει εναλλακτικές διαδρομές αλλά να αξιολογήσει αυτές που ήδη έχουν προταθεί και να εκτιμηθεί το κόστος επιλογής αυτών.

Θα επικεντρωθούμε αποκλειστικά στην αξιολόγηση κάποιων διαδρομών με σκοπό την αποφυγή διέλευσης των σηράγγων της Αττικής Οδού στο τμήμα ΕΛΕΣΣ, από και προς τις δύο κατευθύνσεις(Ελευσίνα-Αεροδρόμιο και αντίστροφα), με σκοπό την εξαγωγή αποτελεσμάτων χρόνου, και σε συνέχεια σε συγκρίσεις χρόνου-κόστους προκειμένου να μελετήσουμε διεξοδικά και από όλες τις απόψεις το μείζον ζήτημα της απαγόρευσης διέλευσης των επικίνδυνων φορτίων από κάποιες σήραγγες που αποτελεί θέμα ηθικό, οικονομικό και ασφαλείας.

#### **4.2 Δρομολόγηση των βυτιοφόρων υγρών καυσίμων για την αποφυγή διέλευσης των εξεταζόμενων σηράγγων της Αττικής Οδού**

Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται και περιγράφονται οι εναλλακτικές διαδρομές που προτείνονται για τη Δρομολόγηση των βυτιοφόρων υγρών καυσίμων για την αποφυγή διέλευσης των εξεταζόμενων σηράγγων της Αττικής Οδού, είτε λόγω συμβάντος είτε λόγω απαγόρευσης της αστυνομίας.

##### **4.2.1 Παράμετροι επιλογής των βέλτιστων διαδρομών για τη δρομολόγηση των βυτιοφόρων υγρών καυσίμων**

Η επιλογή της βέλτιστης εναλλακτικής διαδρομής είναι το πιο σημαντικό τμήμα ενός σωστού σχεδιασμού μεταφοράς των επικίνδυνων φορτίων. Για το λόγο αυτό, ο προσδιορισμός μιας τέτοιας διαδρομής βασίζεται στο συνδυασμό ενός αριθμού παραμέτρων όπως :

- ✓ στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του τοπικού οδικού δικτύου
  1. κατηγορία οδού
  2. τύπος οδού
  3. περιβάλλον οδού
  4. πλάτος οδού

- ✓ στα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του τοπικού οδικού δικτύου
  1. κυκλοφοριακός φόρτος κατά τη διάρκεια της ημέρας
  2. κυκλοφοριακός φόρτος αιχμής
  3. κυκλοφοριακή συμφόρηση
  4. σύνθεση της κυκλοφορίας
- ✓ στο μήκος των οδών
- ✓ σε τυχόν απαγορεύσεις που ισχύουν για το τοπικό οδικό δίκτυο εκατέρωθεν του κεντρικού άξονα(Αττική Οδός) για την κυκλοφορία των φορτηγών

#### 4.2.2 Δρομολόγηση βυτιοφόρων για την αποφυγή διέλευσης τμημάτων της Αττικής Οδού που περιλαμβάνουν μεμονωμένες σήραγγες

##### 4.2.2.1 Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Ελευσίνας

###### i. προς Αεροδρόμιο

Η εναλλακτική διαδρομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας της Ελευσίνας με κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο χρησιμοποιεί το κύριο οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με χρήση της Ν. Ε. Ο. Αθηνών-Κορίνθου, Π.Ε.Ο. Αθηνών-Θηβών και είσοδος στην Αττική Οδό από τον κόμβο 1.

Το δίκτυο των οδών που χρησιμοποιείται δεν διέρχεται από κατοικημένες περιοχές αλλά από βιομηχανική περιοχή μικρής όχλησης.

###### ii. προς Ελευσίνα

Η εναλλακτική διαδρομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας της Ελευσίνας με κατεύθυνση προς Ελευσίνα χρησιμοποιεί το κύριο οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό από τον κόμβο 1, χρήση της Π.Ε.Ο. Αθηνών-Θηβών και είσοδος στην Ν. Ε. Ο. Αθηνών-Κορίνθου.

Το δίκτυο των οδών που χρησιμοποιείται δεν διέρχεται από κατοικημένες περιοχές αλλά από βιομηχανική περιοχή μικρής όχλησης.



Εικόνα 4.1: σήραγγα Ελευσίνας

##### 4.2.2.2 Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Μαύρης Ώρας

###### i. προς Αεροδρόμιο

Η εναλλακτική διαδρομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας της Μαύρης Ώρας με κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο χρησιμοποιεί το τοπικό

οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με είσοδο στην Αττική Οδό από την Ν. Ε. Ο. Αθηνών-Κορίνθου, έξοδο από την Α.Ο. κόμβος 4, Θρασύβουλου (περιφερειακή οδός του Θριάσιου Πεδίου, εγκαταστάσεις ΟΣΕ), Λ. Νάτο, Περιφερειακή Αιγάλεω και είσοδος στην Αττική Οδό από τον κόμβο 5.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται δεν διέρχεται από κατοικημένες περιοχές αλλά από βιομηχανική περιοχή μεγάλης όχλησης.

#### ii. προς Ελευσίνα

Η εναλλακτική διαδρομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας της Μαύρης Ώρας με κατεύθυνση προς Ελευσίνα χρησιμοποιεί την ακριβώς αντίστροφη διαδρομή της εναλλακτικής με κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο. Δηλαδή, έξοδος από την Αττική Οδό, κόμβος 5, Περιφερειακή Αιγάλεω, Λ. Νάτο, Θρασύβουλου και είσοδος στην Α.Ο. από τον κόμβο 4.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται δεν διέρχεται από κατοικημένες περιοχές αλλά από βιομηχανική περιοχή μεγάλης όχλησης.



Εικόνα 4.2: Έξοδος προς Αεροδρόμιο για αποφυγή σήραγγας Μαύρης Ώρας

#### 4.2.2.3 Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Λιοσίων

##### i. προς Αεροδρόμιο

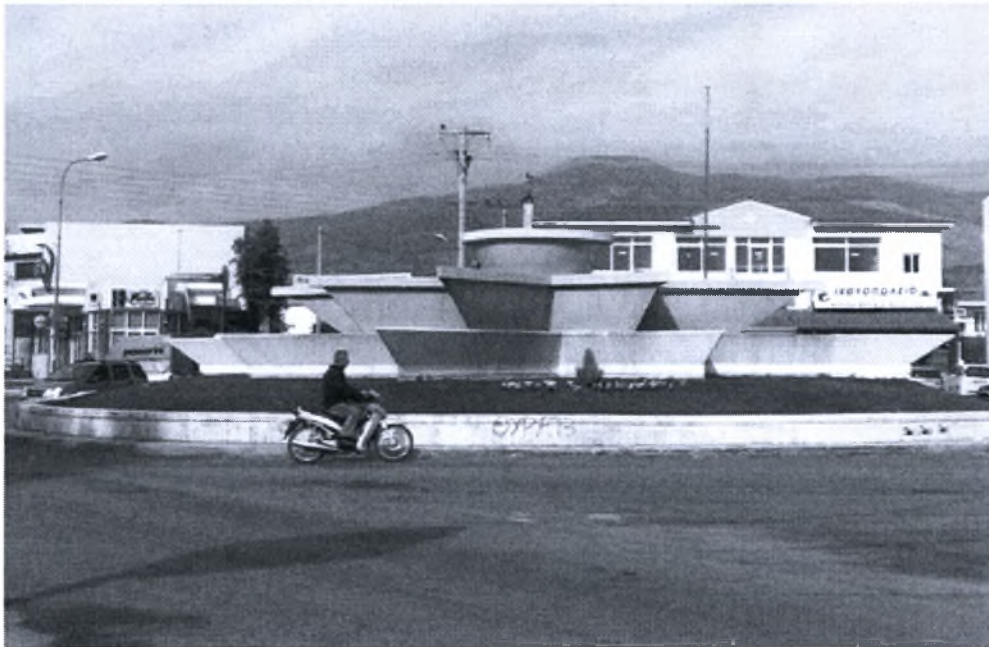
Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Λιοσίων χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από



την Αττική Οδό, κόμβος 5, Δ.Π. Αιγάλεω βόρεια της Αττικής Οδού, Υλίκης, Βοσπόρου, Κωνσταντινουπόλεως, Φυλής και είσοδος στην Α.Ο. κόμβος 6.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται διέρχεται από αραιοκατοικημένες περιοχές, χαμηλής δόμησης.

ii. προς Ελευσίνα



Εικόνα 4.3: Κυκλικός κόμβος Κωνσταντινουπόλεως

#### 4.2.2.4 Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Ζεφυρίου

i. προς Αεροδρόμιο

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Ζεφυρίου χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 6, Φυλής (νότια της Α.Ο.), Παναγίας Γρηγορούσας, 28ης Οκτωβρίου/ Παλαμά, Λ. Δημοκρατίας, και είσοδος στην Α.Ο. κόμβος 7.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται διέρχεται από κατοικημένες περιοχές, χαμηλής δόμησης.



Εικόνα 4.4: Λ. Δημοκρατίας

#### ii. προς Ελευσίνα

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Ζεφυρίου με κατεύθυνση προς Ελευσίνα, χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 7, Δημοκρατίας/ Αθηνών (βόρεια της Αττικής Οδού), Μπόσδα, Βαρελά, Δέδε, Λιοσίων, Αχαρνών, Αιγ. Πελάγους, Φυλής και είσοδος στη Α.Ο. στον κόμβο 6.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται διέρχεται από κατοικημένες περιοχές, χαμηλής δόμησης και εμπορικά καταστήματα.

#### 4.2.2.5 Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Αχαρνών

##### i. προς Αεροδρόμιο

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Αχαρνών χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 7, Λ. Δημοκρατίας (νότια της Αττικής Οδού), Αγ. Αναργύρων, Οδυσσεώς, Αχαρνών, Ε.Ο. Αθηνών-Λαμίας, και είσοδος στην Α.Ο. κόμβος 8.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται διέρχεται από κατοικημένες περιοχές, χαμηλής δόμησης και εμπορικά καταστήματα (ειδικά η Αγ. Αναργύρων που αποτελεί την εμπορική οδό της ομώνυμης περιοχής). Η παραπάνω εναλλακτική διαδρομή που προτείνεται είναι η μεγαλύτερη σε μήκος σε σχέση με άλλες εναλλακτικές οδούς που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για έξοδο στην Ε.Ο. Αθηνών-Λαμίας, αλλά είναι η μόνη που επιτρέπεται η διέλευση φορτηγών μεγαλύτερων των 5t .

Ειδικότερα, η συντομότερη διαδρομή είναι διαμέσου της οδού Παλαμά, στην διασταύρωση της οποίας με την Λ. Δημοκρατίας υπάρχει πινακίδα σήμανσης προς Ε.Ο.

Αθηνών-Λαμίας, αλλά δεν επιτρέπει τη διέλευση φορτηγών >3,5 τόνων, άρα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική διαδρομή. Η διαδρομή που θα ακολουθείτο θα ήταν Παλαμά, Φιλαδελφείας/ Πίνδου (κάτω από την Ε.Ο.), Τυάνων και Λ. Δεκελείας.

Επίσης απαγορεύεται η διέλευση φορτηγών άνω των 2,5 τόνων από την οδό Ευβοίας, αλλά η απαγόρευση αυτή δεν τηρείται τουλάχιστον από τα φορτηγά χωματουργικών εργασιών όπως απέδειξε η επιτόπια επίσκεψη.



Εικόνα 4.5: Παλαμά προς Ε.Ο. Αθηνών - Λαμίας

Τέλος, ούτε η οδός Μεσολογγίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έξοδο στην Ε.Ο. Αθηνών-Λαμίας επειδή έχει κατασκευαστεί πρόσφατα νησίδα επί της Λ. Δημοκρατίας που απαγορεύει/ αποτρέπει την αριστερή στροφή προς αυτήν. Ωστόσο ακόμα και στην περίπτωση που επιτρεπόταν η αριστερή στροφή, η υπόλοιπη διαδρομή στο αστικό δίκτυο της περιοχής μέχρι την έξοδο στην Ε.Ο. είναι απαγορευτική για τα βυτιοφόρα υγρών καυσίμων, όχι μόνο λόγω της απαγόρευσης από τις οδούς αυτές φορτηγών >2,5 τόνων αλλά και λόγω του ιδιαίτερα μικρού πλάτους των οδών αυτών (Πιπίνου και Λευκωσίας)



Εικόνα 4.6: Αχαρνών προς Ε.Ο. Αθηνών - Λαμίας

## ii. προς Ελευσίνα

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Αχαρνών με κατεύθυνση προς Ελευσίνα, χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 8, Ε.Ο. Αθηνών-Λαμίας, κόμβος.

Μεταμόρφωσης, Τατοΐου/ Κ. Καραμανλή, Βρεττού, Αριστοτέλους, Λιοσίων, Σαλαμίνας, Φ. Δέδε, Αθηνών/ Λ. Δημοκρατίας και είσοδος στη Α.Ο. στον κόμβο 7.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται διέρχεται από κατοικημένες περιοχές, χαμηλής δόμησης και εμπορικά καταστήματα (εμπορική περιοχή Δ. Αχαρνών), βιοτεχνίες και δασικές εκτάσεις.



Εικόνα 4.7: Βρεττού



Εικόνα 4.8: Αριστοτέλους

#### 4.2.2.6 Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Μεταμόρφωσης

##### i. προς Αεροδρόμιο

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Μεταμόρφωσης χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 8, Ε.Ο. Αθηνών/ Λαμίας, Τατοΐου, Δροσίνη, Μπιζανίου, Πευκών, παράπλευρη Α.Ο., Ελευσινίων/ Αισχύλου/ Πυθαγόρα, Ορφέως και είσοδος στην Α.Ο. κόμβος 9.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται διέρχεται από κατοικημένες περιοχές χαμηλής δόμησης, γειτονιές και εμπορικά καταστήματα.



Εικόνα 4.9: Δροσίνη



Εικόνα 4.10: Παράπλευρη Α.Ο.

##### ii. προς Ελευσίνα

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Μεταμόρφωσης με κατεύθυνση προς Ελευσίνα, χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 9, Ηρακλείου, Ιφιγένειας, Τατοΐου, ράμπα για Ε.Ο Αθηνών/ Λαμίας και είσοδος στη Α.Ο. στον κόμβο 8.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται διέρχεται από κατοικημένες περιοχές χαμηλής δόμησης, και εμπορικά καταστήματα.



Εικόνα 4.11: Τατοΐου

#### 4.2.2.7 Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Ηρακλείου

##### i. προς Αεροδρόμιο

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Ηρακλείου χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 9, Λ. Ηρακλείου, Λ. Αμαρουσίου/ Λ. Ειρήνης, Αυτ. Ηρακλείου, Βύρωνος/ Πλαπούτα και είσοδος στην Α.Ο. κόμβος 10.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται διέρχεται από κατοικημένες περιοχές υψηλής δόμησης, γειτονιές και εμπορικά καταστήματα.

Οι Λ. Ηρακλείου και Λ. Αμαρουσίου/ Λ. Ειρήνης πρόκειται για βασικές αρτηρίες του δήμου Ηρακλείου, η Βύρωνος/ Πλαπούτα είναι συλλεκτήρια οδός ενώ ο Αυτ. Ηρακλείου είναι τοπική οδός με πολύ χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο, αμιγούς κατοικίας.

Στον κόμβο της Λ. Ηρακλείου με Λ. Αμαρουσίου υπάρχουν φωτεινοί σηματοδότες καθώς και πινακίδες σήμανσης της Αττικής Οδού που κατευθύνουν τους αυτοκινητιστές προς τον κόμβο 9 της Αττικής Οδού. Η Λ. Αμαρουσίου για περίπου 1 χλμ έχει μικρό πλάτος, είναι μιας λωρίδας ανά κατεύθυνση και μετά φαρδαίνει και γίνεται με νησίδα στη μέση, οπότε και μετονομάζεται σε Λ. Ειρήνης.



Εικόνα 4.12: Λ. Αμαρουσίου



Εικόνα 4.13: Λ. Ειρήνης

#### ii. προς Ελευσίνα

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Ηρακλείου με κατεύθυνση προς Ελευσίνα, χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 10, Κύμης, Παναγούλη/Κασταμονής, Λ. Ηρακλείου και είσοδος στη Αττική Οδό, στον κόμβο 9.

Το δίκτυο των τοπικών οδών που χρησιμοποιείται διέρχεται από κατοικημένες περιοχές χαμηλής δόμησης, και εμπορικά καταστήματα.

#### 4.2.2.8 Εναλλακτική διαδρομή αποφυγής διέλευσης σήραγγας Βριλησίων

##### i. προς Αεροδρόμιο

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Βριλησίων χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο της περιοχής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 12, παράπλευρη οδός στην Α.Ο. και είσοδος στην Α.Ο., κόμβος 13.

Η παράπλευρη οδός που χρησιμοποιείται βρίσκεται σε αμιγώς κατοικημένη περιοχή, όχι πυκνοδομημένη, με 4οροφες πολυκατοικίες στο τμήμα κοντά στα διόδια εισόδου της Αττική Οδού, κόμβος 13. Το τμήμα της εναλλακτικής διαδρομής είναι σχεδόν το ίδιο ακριβώς σε μήκος με το μήκος της σήραγγας των Βριλησίων.

##### ii. προς Ελευσίνα

Η εναλλακτική διαδρομή για αποφυγή διέλευσης της σήραγγας Βριλησίων χρησιμοποιεί το τοπικό οδικό δίκτυο της περιοχής. Η παράκαμψη γίνεται με έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 13, παράπλευρη οδός στην Α.Ο. και είσοδος στην Α.Ο. κόμβος 12.

Η παράπλευρη οδός που χρησιμοποιείται βρίσκεται σε αμιγώς κατοικημένη περιοχή, όχι πυκνοδομημένη, με 4οροφες πολυκατοικίες κοντά στα διόδια εισόδου του κόμβου 13.



Εικόνα 4.14: Παράπλευρη οδός της σήραγγας Βριλησίων

### **4.3 Προσδιορισμός εναλλακτικών διαδρομών «προέλευσης – προορισμού» για τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων με στόχο την αποφυγή διέλευσης τμημάτων της Αττικής Οδού που περιλαμβάνουν διαδοχικό αριθμό σηράγγων.**

Στις παρακάτω παραγράφους περιγράφονται οι εναλλακτικές διαδρομές για τις περιπτώσεις όπου τα βυτιοφόρα υγρών καυσίμων έχουν ως προορισμό τα πρατήρια υγρών καυσίμων που βρίσκονται στην περιοχή εκατέρωθεν του εκάστοτε από τους κόμβους της Αττικής Οδού, καθώς και όταν επιστρέφουν στα διυλιστήρια. Οι πρώτοι τέσσερις κόμβοι δεν εξετάζονται αφού στην περιοχή τα πρατήρια υγρών καυσίμων, όσα υπάρχουν, εξυπηρετούνται αποκλειστικά από το τοπικό οδικό δίκτυο της περιοχής, η ΔΠΛΥ δεν εξετάζεται αφού δεν υπάρχει ζήτηση για τη διακίνηση υγρών καυσίμων στο τμήμα αυτό της Αττικής Οδού, ενώ οι κόμβοι Α/Κ 14 ως και Α/Κ 19, εξυπηρετούνται ως ενδιάμεσοι κόμβοι της διαδρομής από τα διυλιστήρια μέχρι τον κόμβο Α/Κ 20 του αεροδρομίου ο οποίος αποτελεί και τον κόμβο τερματισμού. Ως αφετηρία θεωρείται το σημείο όπου η Ν.Ε.Ο. Αθηνών – Κορίνθου συναντά την Αττική Οδό στον κόμβο της Ελευσίνας που χαρακτηρίζεται ως Α/Κ 0.

#### **4.3.1 Εναλλακτική Διαδρομή Α/Κ 5 – Α/Κ 13**

Η εναλλακτική αυτή διαδρομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποφυγή διέλευσης των σηράγγων Μαύρης Ώρας, Ηρακλείου και Βριλησίων δηλαδή σήραγγες για τις οποίες είτε δεν επιτρέπεται η διέλευση επικινδύνων φορτίων (Μαύρη Ώρα/Βριλησσία), είτε δεν εξυπηρετούν τα βυτιοφόρα και έτσι κι αλλιώς δεν τις χρησιμοποιούν (Ηράκλειο).

Η διαδρομή που επιλέχθηκε είναι η εξής :

ι. **προς Αεροδρόμιο** : έξοδος από την Α.Ο. κόμβος 4, Θρασύβουλου (περιφερειακή οδός του Θριάσιου Πεδίου, εγκαταστάσεις ΟΣΕ), Λ. Νάτο, Περιφερειακή Αιγάλεω και είσοδος στην Αττική Οδό από τον κόμβο 5.Επειτα, έξοδος από την Αττική Οδό, κόμβος 9, Λ. Ηρακλείου, Λ. Αμαρουσίου/ Λ. Ειρήνης, Αυτ. Ηρακλείου, Βύρωνος/ Πλαπούτα, παράπλευρη οδός στην Α.Ο. και είσοδος στην Α.Ο. κόμβος 13.

ii. **προς Ελευσίνα** : έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 13, παράπλευρη οδός στην Α.Ο., Κύμης, Παναγούλη/ Κασταμονής, Λ. Ηρακλείου και είσοδος στη Αττική Οδό, στον κόμβο 9.Επειτα, έξοδος από την Αττική Οδό, κόμβος 5, Περιφερειακή Αιγάλεω, Λ. Νάτο, Θρασύβουλου και είσοδος στην Α.Ο. από τον κόμβο 4.

#### 4.3.2 Εναλλακτική Διαδρομή Α/Κ 6 – Α/Κ 8

Η εναλλακτική αυτή διαδρομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποφυγή διέλευσης των σηράγγων Λιοσίων, Ζεφυρίου και Αχαρνών, σήραγγες στις οποίες επιτρέπεται αλλά υπό προϋποθέσεις η διέλευση των βυτιοφόρων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία. Στη μελέτη, η σήραγγα Λιοσίων θα ληφθεί υπόψη μόνο προς μία κατεύθυνση αφού έχει μόνο έναν κλάδο, αυτόν προς Αεροδρόμιο.

Η διαδρομή που επιλέχθηκε είναι η εξής :

ι. **προς Αεροδρόμιο** : έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 5, Δ.Π. Αιγάλεω βόρεια της Αττικής Οδού, Υλίκης, Βοσπόρου, Κωνσταντινουπόλεως, Φυλής, Παναγίας Γρηγορούσας, 28ης Οκτωβρίου/ Παλαμά, Λ. Δημοκρατίας,, Αγ. Αναργύρων, Οδυσσέως, Αχαρνών, Ε.Ο. Αθηνών-Λαμίας, και είσοδος στην Α.Ο. κόμβος 8.

ii. **προς Ελευσίνα** : έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 8, Ε.Ο. Αθηνών-Λαμίας, κόμβος. Μεταμόρφωσης, Τατοΐου/ Κ. Καραμανλή, Βρεττού, Αριστοτέλους, Λιοσίων, Σαλαμίνας, Φ. Δέδε, Αθηνών/ Λ. Δημοκρατίας, Μπόσδα, Βαρελά, Δέδε, Λιοσίων, Αχαρνών, Αιγ. Πελάγους, Φυλής και είσοδος στη Α.Ο. στον κόμβο 6.

#### 4.3.3 Εναλλακτική Διαδρομή Α/Κ 0 – Α/Κ 13

Η εναλλακτική αυτή διαδρομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποφυγή των σηράγγων Ελευσίνας, Μαύρης Ύρας, Λιοσίων, Ζεφυρίου, Αχαρνών, Μεταμόρφωσης, Ηρακλείου και Βριλησίων, δηλαδή όλων των σηράγγων της Αττικής Οδού.

Από τον κόμβο Α/Κ 13 της Αττικής Οδού εξυπηρετούνται κυρίως τα πρατήρια υγρών καυσίμων που βρίσκονται στις περιοχές Χαλανδρίου και Γέρακα. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι λόγω της πολυπλοκότητας του κόμβου και της σύνδεσής του με τη Δυτική Περιφερειακή Λεωφόρο Υμηττού, ο κόμβος αυτός ε χρησιμοποιείται σχεδόν καθόλου από τους μεταφορείς για να εξυπηρετήσουν τα πρατήρια υγρών καυσίμων των εκεί περιοχών.

Η εναλλακτική διαδρομή που επιλέχθηκε είναι η εξής :

ι. **προς Αεροδρόμιο** : Ν. Ε. Ο. Αθηνών-Κορίνθου, Θρασύβουλου (περιφερειακή οδός του Θριάσιου Πεδίου, εγκαταστάσεις ΟΣΕ), Λ. Νάτο, Περιφερειακή Αιγάλεω, Υλίκης, Βοσπόρου, Κωνσταντινουπόλεως, Φυλής, Παναγίας Γρηγορούσας, 28ης Οκτωβρίου/ Παλαμά, Λ. Δημοκρατίας,, Αγ. Αναργύρων, Οδυσσέως, Αχαρνών, Ε.Ο. Αθηνών-Λαμίας, Μπιζανίου, Πευκών, παράπλευρη Α.Ο., Τατοΐου, Δροσίνη, και είσοδος στην Α.Ο., κόμβος 13.



ii. **προς Ελευσίνα** : έξοδο από την Αττική Οδό, κόμβος 13, παράπλευρη οδός στην Α.Ο.,Ε.Ο.ΑθηνώνΛαμίας,κόμβοςΜεταμόρφωσης,Τατοΐου/Κ.,Καραμανλή,Βρεττού,Αριστοτέλους, Λιοσίων, Σαλαμίνας, Φ. Δέδε, Αθηνών/ Λ. Δημοκρατίας, Μπόσδα, Βαρελά, Δέδε, Λιοσίων, Αχαρνών, Αιγ. Πελάγους, Φυλής ,Περιφερειακή Αιγάλεω, Λ. Νάτο, Θρασύβουλου ,Π.Ε.Ο. Αθηνών-Θηβών και είσοδος στην Ν. Ε. Ο. Αθηνών-Κορίνθου.

## 5 Αξιολόγηση εναλλακτικών διαδρομών – εξαγωγή αποτελεσμάτων

### 5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξεταστεί και θα αξιολογηθεί η μεταφορά των επικίνδυνων φορτίων. Θα εξεταστεί σε πρώτη φάση η διέλευσή τους μέσω των σηράγγων της Αττικής Οδού προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα χρόνου που θα παράγει η παραπάνω αξιολόγηση στην εξέταση των εναλλακτικών διαδρομών που θα γίνει στη συνέχεια, με απώτερο στόχο την εκτίμηση του κόστους (του μεταφορέα).

### 5.2 Επιλογή Εναλλακτικών Διαδρομών – Καμπύλες Επικινδυνότητας

#### Το γενικό πλαίσιο λήψης της απόφασης

Η αξιολόγηση του κινδύνου είναι ο προσδιορισμός της ποσότητας των επιδράσεων της μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων κατά μήκος των εναλλακτικών διαδρομών. Δεδομένου ότι η απελευθέρωση των επικίνδυνων ουσιών διαδίδεται άμεσα σε μια απόσταση από την πηγή απελευθέρωσης, απαιτείται η εκτίμηση της περιοχής στην οποία θα έχει αντίκτυπο.

Η γενική διαδικασία λήψης απόφασης για τον προγραμματισμό της μεταφοράς των επικίνδυνων υλικών, που λαμβάνει υπόψη το σχετικό κίνδυνο αποτελείται από τρεις κύριες λειτουργίες:

- Προσδιορισμός των εναλλακτικών διαδρομών για τη μεταφορά των οχημάτων που φέρνουν Ε.Φ.
- Προσδιορισμός της ποσότητας των επιδράσεων που συνδέονται με τα ατυχήματα που περιλαμβάνουν Ε.Φ.
- Αξιολόγηση των εναλλακτικών διαδρομών

Όπως έχει δείξει η βιβλιογραφία, οι επιδράσεις που πρέπει να υπολογιστούν είναι ποικίλες και μερικές φορές αντιφατικές:

- 1 Επιδράσεις πληθυσμού. Αυτές περιλαμβάνουν τον αριθμό των εκτεθειμένων ανθρώπων που ζουν ή εργάζονται μέσα στην επηρεασθείσα ζώνη, καθώς επίσης και των αυτοκινητιστών στο οδικό δίκτυο.
- 2 Ζημιές ιδιοκτησιών κατά μήκος της διαδρομής, συμπεριλαμβανομένου:
  - Αριθμό κατοικιών.
  - Αριθμό οχημάτων.
  - Αριθμό στρεμμάτων από τη χρήση γης.
- 3 Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις υπολογίζονται για τις οικολογικά ευαίσθητες περιοχές.
- 4 Ο δείκτης κατασκευών απεικονίζει την ύπαρξη των σηράγγων και των γεφυρών και του τρόπου που αυτές οι δομές έχουν επιπτώσεις στον κίνδυνο κατά τη διάρκεια της μεταφοράς Ε.Φ. Ο δείκτης υπολογίζεται βάσει των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των γεφυρών και των σηράγγων, δηλ. μήκος, τύπος, εγγύτητα σε άλλες δομές κ.λπ.
- 5 Το κόστος του μεταφορέα αφορά στο κόστος που σχετίζεται με τη μεταφορά των υλικών κατά μήκος των εναλλακτικών διαδρομών, συμπεριλαμβανομένων των διοδίων.

- 6 Το κόστος δικτύων είναι χωρισμένο σε τρεις κατηγορίες:
- Κόστος κατασκευής, το οποίο αφορά στο κόστος που σχετίζεται με τις απαραίτητες εργασίες που πρέπει να γίνουν, προκειμένου μια διαδρομή να γίνει ελκυστική στη μεταφορά των βαρέων οχημάτων και των Ε.Φ. Περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και το κόστος για τη σήμανση, το φωτισμό, και τις δαπάνες εξοπλισμού.
  - Κόστος συντήρησης, το οποίο περιλαμβάνει τις δαπάνες για τη συντήρηση των πεζοδρομίων, και άλλων στοιχείων του οδοστρώματος (εξωραϊσμός, κ.λπ.)
  - Τα έσοδα από τα διόδια περιλαμβάνουν όχι μόνο τις απώλειες από τα διόδια αλλά επίσης και του οδηγού από την εκτροπή των βαρέων οχημάτων που μεταφέρουν Ε.Φ. σε μεγαλύτερες και πιο αργές διαδρομές.

Η κύρια παραδοχή της μεθοδολογίας είναι ότι η μεταφορά Ε.Φ. προγραμματίζεται αρχικά να γίνεται εξολοκλήρου στο κύριο δίκτυο αυτοκινητόδρομων, το οποίο σχεδιάζεται για να αποφύγει τις κατοικημένες και άλλες ευαίσθητες περιοχές. Εντούτοις, το επίπεδο ασφάλειας, όπως ορίζεται στην οδηγία 2004/54/EC {6}, διακυβεύεται από την ύπαρξη των σήραγγων, η οποία μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο μιας διαδρομής σε απαράδεκτα επίπεδα. Λόγω της πολυπλοκότητας που εισάγεται με την παράλληλη εκτίμηση όλων των πιθανών επιδράσεων από τη δρομολόγηση Ε.Φ., αυτή η μεθοδολογία είναι βασισμένη στην υπόθεση ότι ο δείκτης που μπορεί να ποσοτικοποιήσει τον κίνδυνο συνδέεται με τον πληθυσμό. Οι εκτιμήσεις που υιοθετούνται θεωρούν τον κοινωνικό δείκτη κινδύνου (SR) για να αντιπροσωπεύσουν καλύτερα την επίδραση ενός πιθανού γεγονότος με ανάμειξη Ε.Φ. επάνω στον πληθυσμό.

Η σειρά των βημάτων που αναπτύσσονται στη μεθοδολογία αξιολόγησης του κινδύνου παρουσιάζεται παρακάτω. {24,25,26}

**Βήμα 1:** Εκτιμάται ο κίνδυνος μεταφοράς Ε.Φ. μέσω της σήραγγας.

**Βήμα 2:** Ο κίνδυνος που συνδέεται με τη μεταφορά Ε.Φ. μέσω της σήραγγας συγκρίνεται με κάποιες οριακές τιμές, που καθορίζονται συνήθως από δύο τιμές, μια χαμηλότερη και μια υψηλότερη. Όταν ο δείκτης κινδύνου είναι κάτω από τη χαμηλότερη τιμή, θεωρείται ότι η σήραγγα είναι ασφαλής για τη μεταφορά Ε.Φ. Όταν είναι πάνω από την υψηλότερη τιμή, η σήραγγα είναι αναγκαίο να απαγορευτεί ως προς τη διέλευση Ε.Φ.. Όταν ο δείκτης κινδύνου κινείται στη ζώνη μεταξύ της χαμηλότερης και της υψηλότερης τιμής, τότε πρέπει να εφαρμοστούν ορισμένα μέτρα για την αύξηση του επιπέδου ασφάλειας της σήραγγας με την βελτίωση της υποδομής της π.χ. αποστραγγιστικό σύστημα για τα καύσιμα σε περίπτωση διαρροής και μέτρα ασφάλειας κατά την διέλευση όπως καθορισμένα χρονικά διαστήματα χρήσης, αποστάσεις ασφάλειας οχημάτων, μείωση ορίων ταχύτητας κλπ, ώστε να μειωθεί το επίπεδο επικινδυνότητας έτσι ώστε να είναι αποδεκτή η διέλευση των βυτιοφόρων από τις σήραγγες αυτές.

**Βήμα 3:** Εάν ο δείκτης κινδύνου της σήραγγας είναι επάνω από το ανώτερο όριο, πρέπει να προσδιοριστούν εναλλακτικές διαδρομές για τη μεταφορά των επικίνδυνων φορτίων.

**Βήμα 4:** Εκτίμηση ενός δείκτη κινδύνου που να συνδέεται με τη μεταφορά Ε.Φ. μέσω όλων των εναλλακτικών διαδρομών.

**Βήμα 5:** Εάν ο δείκτης κινδύνου της μεταφοράς Ε.Φ. μέσω της σήραγγας είναι επάνω από την υψηλότερη τιμή των οριακών τιμών, τότε ενθαρρύνεται για να απαγορεύσει τη

μεταφορά Ε.Φ., και μια από τις εναλλακτικές διαδρομές συστήνεται, αυτή με το χαμηλότερο γενικό δείκτη κινδύνου.

**Βήμα 6:** Εάν ο κίνδυνος από τη διέλευση Ε.Φ. μέσω της σήραγγας είναι χαμηλότερος από την υψηλότερη τιμή, τότε εάν υπάρχει μια εναλλακτική διαδρομή με δείκτη κινδύνου χαμηλότερο από αυτόν στη διαδρομή με τη σήραγγα, η εναλλακτική διαδρομή συστήνεται για τη μεταφορά Ε.Φ.

**Βήμα 7:** Εάν ο κίνδυνος της βέλτιστης εναλλακτικής διαδρομής είναι υψηλότερος από τον κίνδυνο της διαδρομής με τη σήραγγα (που επιβάλλει έναν υψηλό αλλά υπό όρους αποδεκτό κίνδυνο, σύμφωνα με το αποτέλεσμα των βημάτων 1 και 2), τότε προτείνονται μέτρα μείωσης του κινδύνου για τη σήραγγα. Η μέθοδος αξιολόγησης του κινδύνου εφαρμόζεται στη σήραγγα του υπό όρους αποδεκτού κινδύνου, προκειμένου να προσδιοριστούν τα μέτρα εκείνα που θα μειώσουν το δείκτη κινδύνου σε ένα αποδεκτό επίπεδο.

### Εκτίμηση του δείκτη επικινδυνότητας

Ο προσδιορισμός των κινδύνων ολοκληρώνεται με την εφαρμογή τεσσάρων μοντέλων, δηλ. με την πηγή του κινδύνου, την έκθεση στον κίνδυνο, τις συνέπειες, και το μοντέλο δεικτών κινδύνου. {24}

Το **μοντέλο υλικής απελευθέρωσης** υπολογίζει την πιθανότητα του ατυχήματος με τη συμμετοχή οχημάτων με Ε.Φ., την πιθανότητα απελευθέρωσης και την πιθανότητα του σεναρίου, σχετικά με την κατάσταση που μπορεί να δημιουργηθεί λόγω του ατυχήματος και της υλικής απελευθέρωσης. Η συχνότητα της συμμετοχής ενός οχήματος Ε.Φ. σε ένα ατύχημα υπολογίζεται ως εξής:

$$F_{DG} = R * x_{DG} * L * ADT * 365 \quad (1)$$

όπου,

$F_{DG}$  = Συχνότητα τροχαίων ατυχημάτων/έτος.

$R$  = Ο δείκτης τροχαίου ατυχήματος για το οδόστρωμα ή η ύπαρξη σήραγγας στο ατύχημα/οχ.-χλμ.

$x_{DG}$  = Ποσοστό των οχημάτων Ε.Φ. στη γενική κυκλοφορία (%).

$L$  = Μήκος αυτοκινητοδρόμου σε χμ.

$ADT$  = Η ετήσια καθημερινή κυκλοφορία του οδοστρώματος ή της σήραγγας οχήματα/ημέρα.

Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης – ΟΟΣΑ, (Organization for Economic Co-operation and Development - OECD){27}, τα Ε.Φ. πρέπει να ομαδοποιηθούν σε έναν μικρό αριθμό ομάδων, έτσι ώστε οι ίδιοι περιορισμοί να ισχύουν για όλα τα υλικά που ανήκουν στην ίδια

κατηγορία. Προκειμένου να προσδιοριστούν οι ομάδες, πρέπει να καθοριστούν πρώτα τα σενάρια αντίκτυπου, ενός ατυχήματος και μιας υλικής απελευθέρωσης. Αυτά τα σενάρια έχουν καθοριστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο {Κεφ.2/Παρ.2.1.1}.

Επιγραμματικά και χάριν ευκολίας αναφέρονται παρακάτω:

- **Hot BLEVE (Hot Boiling Liquid Expandable Vapor Explosion - καυτό υγρό με εκτάσιμη έκρηξη ατμού)**
- **Cold BLEVE (Vapor cloud explosion - έκρηξη σύννεφων ατμού)**
- **Πυρκαγιά λάμψης**
- **Τοξική διαρροή αερίου**
- **Πυρκαγιά «λίμνη»**

Με βάση τα ανωτέρω σενάρια, η παγκόσμια ένωση δρόμων (PIARC){27} καθόρισε ένδεκα κατηγορίες αντίκτυπου που θεωρούνται σαν συνέπειες των ατυχημάτων της μεταφοράς Ε.Φ., παράλληλα με τις υποθέσεις για την ποσότητα του υλικού που απελευθερώνεται, το μέγεθος και το ποσοστό διαρροής:

1. Εμφιαλωμένο υγρό αέριο
2. Πυρκαγιά λιμνών βενζολίου
3. Έκρηξη σύννεφων ατμού βενζολίου
4. Διαρροή Χλωρίου
5. Συσκευασμένο υγρό αέριο
6. Έκρηξη σύννεφων ατμού συσκευασμένου υγρού αερίου
7. Πυρκαγιά συσκευασμένη υγρού αερίου
8. Διαρροή συσκευασμένης αμμωνίας
9. Διαρροή συσκευασμένης ακρολείνης
10. Διαρροή τοποθετημένης σε σωλήνες ακρολείνης
11. Συσκευασμένο διοξειδίο του άνθρακα ή έκρηξη από υπερπίεση

Εάν περισσότερα από ένα επικίνδυνα υλικά μεταφέρονται, το γενικό φορτίο είναι ταξινομημένο κάτω από την ομάδα με τους πιο αυστηρούς περιορισμούς.

Το **μοντέλο έκθεσης** υπολογίζει το μέγεθος του τομέα αντίκτυπου των ένδεκα σεναρίων προκειμένου να το συσχετίσει με τον επηρεασθέντα πληθυσμό, την περιοχή κ.λπ., και τη δόση που απελευθερώνεται, ανάλογα με την απόσταση από την πηγή. Μαθηματικά πρότυπα χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση καθενός από τα ανωτέρω σενάρια, και υπολογίζονται οι ακόλουθοι δείκτες σε μια απόσταση  $X$  από την πηγή:

- θερμική ακτινοβολία ( $q''$ )
- υπερπίεση ( $p_0$ )
- θερμοκρασία καπνού ( $\tau$ )
- συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα ( $\gamma$ )
- συγκεντρώσεις τοξικών αερίων (αμμώνιο, χλώριο, ακρολείνη) ( $\gamma$ )

Το **μοντέλο συνέπειας**, όπως εφαρμόζεται στην εκτίμηση του κοινωνικού δείκτη κινδύνου (SR), αναφέρεται στον εκτεθειμένο πληθυσμό που θα τραυματιστεί μοιραία,

ανάλογα με τη δόση της θερμικής ακτινοβολίας, υπερβολικής πίεσης, θερμοκρασίας καπνού και συγκέντρωσης των αερίων.

Ο πιο κοινός τρόπος στην έκφραση της επίδρασης της θερμικής ακτινοβολίας στον πληθυσμό (τραυματισμοί) είναι μέσω της εκτίμησης της δόσης της θερμικής ακτινοβολίας, ως εξίσωση της θερμικής ακτινοβολίας, του χρόνου αντίδρασης και του χρόνου διαφυγών. Η δόση της θερμικής ακτινοβολίας, η υπερβολική πίεση, η θερμοκρασία καπνού, και η συγκέντρωση αερίου χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό ενός δείκτη που σχετίζεται με το ποσοστό των μοιραίων τραυματισμών, οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη τις ενδεικτικές οριακές τιμές της έκθεσης εργαζομένων στους χημικούς, φυσικούς και βιολογικούς παράγοντες όπως καθιερώνονται στις οδηγίες 91/322/EU και 96/94/EC της ΕΕ.

Ο συνολικός αριθμός των μοιραίων τραυματισμών (ν) υπολογίζεται ως εξής:

$$N = D_{pop} * [0.95 * A_{90} + 0.70 (A_{50} - A_{90}) + 0.30 * (A_{10} - A_{50})] \quad (2)$$

όπου :

$D_{pop}$  Πυκνότητα πληθυσμού (πρόσωπα/τετρ. μέτρο).

$A_y$  Περιοχή όπου η δόση οδηγεί σε ένα γ% των μοιραίων τραυματισμών (τετρ. μέτρο).

Για τη διευκόλυνση της διαδικασίας, τρεις καμπύλες συγκέντρωσης μοιραίων τραυματισμών έχουν ληφθεί υπόψη, δημιουργώντας τρεις ζώνες. Η πρώτη ζώνη αφορά τα μοιραία περιστατικά από 90% έως 100%, η δεύτερη από 50% σε 90% και η τρίτη από 10% σε 50%. Ένα μέσο ποσοστό μοιραίων τραυματισμών υποτίθεται για κάθε ζώνη, συγκεκριμένα, 95% για την πρώτη, 70% για τη δεύτερη, και 30% για την τρίτη.

Το **μοντέλο δεικτών κινδύνου** υπολογίζει τον κοινωνικό δείκτη κινδύνου (SR). Η ανωτέρω μεθοδολογία εφαρμόζεται και για τα ένδεκα σενάρια, και τα σενάρια, οι συχνότητες τους, καθώς επίσης και ο σχετικός αριθμός μοιραίων τραυματισμών ταξινομούνται σε πίνακες σε αύξουσα ή φθίνουσα σειρά. Κατόπιν υπολογίζεται η συσσωρευτική συχνότητα των μοιραίων τραυματισμών.

Ο δείκτης κινδύνου παρέχεται έπειτα μέσω της καμπύλης F/N με τα αποτελέσματα από τις εξισώσεις (1) και (2). Οι καμπύλες εκτίμησης για μια συγκεκριμένη διαδρομή σχεδιάζονται έπειτα στο διάγραμμα F/N και συγκρίνονται με τις τιμές των κατώτατων ορίων. Οι καθορισμένες τιμές κατώτατων ορίων είναι διαθέσιμες από το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ολλανδία και τη Νορβηγία. Αυτές οι προδιαγραφές δείχνουν μια ζώνη στο διάγραμμα, που ονομάζεται «As Low As Reasonably Practicable» ή «ζώνη ALARP», η οποία καθορίζεται από μια προεπιλεγμένη χαμηλότερη και μια υψηλότερη καμπύλη F/N.

Οποιαδήποτε καμπύλη F/N που προκύπτει από την εφαρμογή μιας μεθόδου αξιολόγησης του κινδύνου συγκρίνεται με τη ζώνη ALARP. Σε περίπτωση που η καμπύλη είναι κάτω από τη ζώνη ALARP (αμελητέος κίνδυνος), τότε η μεταφορά Ε.Φ. επιτρέπεται. Εάν είναι πάνω (ζώνη ανοχής), τότε απαγορεύεται. Εάν μέρος της καμπύλης F/N εμπίπτει στη ζώνη ALARP, τότε πρέπει να ληφθούν κάποια μέτρα, προκειμένου να μειωθεί ο δείκτης κινδύνου κάτω από τη ζώνη, προτού η μεταφορά Ε.Φ. επιτραπεί.

Το μοντέλο υπολογισμού των δεικτών επικινδυνότητας υπολογίζει την αθροιστική συχνότητα  $F$  για  $N$  ή περισσότερους θανάτους.

Με βάση τα αποτελέσματα του πρώτου μοντέλου, υπολογίστηκαν η συχνότητα εμπλοκής βυτιοφόρου υγρών καυσίμων σε ατύχημα και οι πιθανότητες εμφάνισης κάποιου σεναρίου ( $S_i$ ) ανάλογα με το μέγεθος διαρροής, τον χρόνο ανάφλεξης και την ύπαρξη ή μη πολλαπλασιαστικών φαινομένων. Πολλαπλασιάζοντας την συχνότητα με τις πιθανότητες προκύπτει η συχνότητα εμφάνισης κάθε σεναρίου ανά έτος ( $f_i$ ).

Επίσης, από το μοντέλο έκθεσης του πληθυσμού στις παραπάνω περιπτώσεις σεναρίων, υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες δόσεις των βλαπτικών επιπτώσεων στον ανθρώπινο οργανισμό (θερμική ακτινοβολία, υπερπίεση, θερμοκρασία καπνού, αέρια καύσης). Χρησιμοποιώντας το μοντέλο συνεπειών/ θανάσιμων τραυματισμών και με βάση τις παραπάνω υπολογισθείσες, αναλόγως του σεναρίου, δόσεις, προέκυψε το ποσοστό του πληθυσμού που θα τραυματιστεί θανάσιμα.

Έτσι, από τα αποτελέσματα των προηγούμενων μοντέλων συμπληρώνονται τα πεδία του ακόλουθου πίνακα για κάθε σήραγγα, κατά αύξοντα αριθμό θανάσιμων τραυματισμών, έτσι ώστε  $N_1 < N_2 < N_3 < N_4$ .

Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα Μοντέλου Επικινδυνότητας

Σενάριο	Συχνότητα	Αριθμός Θανάτων (N)	Αθροιστική Συχνότητα (F)
S1: Pool fire (500lt)	$f_1$	$N_1$	$F_1 (f_1+f_2+f_3+f_4)$
S2: Flash fire	$f_2$	$N_2$	$F_2 (f_2+f_3+f_4)$
S3: Pool fire (5.541lt)	$f_3$	$N_3$	$F_3 (f_3+f_4)$
S4: BLEVE	$f_4$	$N_4$	$F_4 (f_4)$

Πηγή: {24, 25, 26}

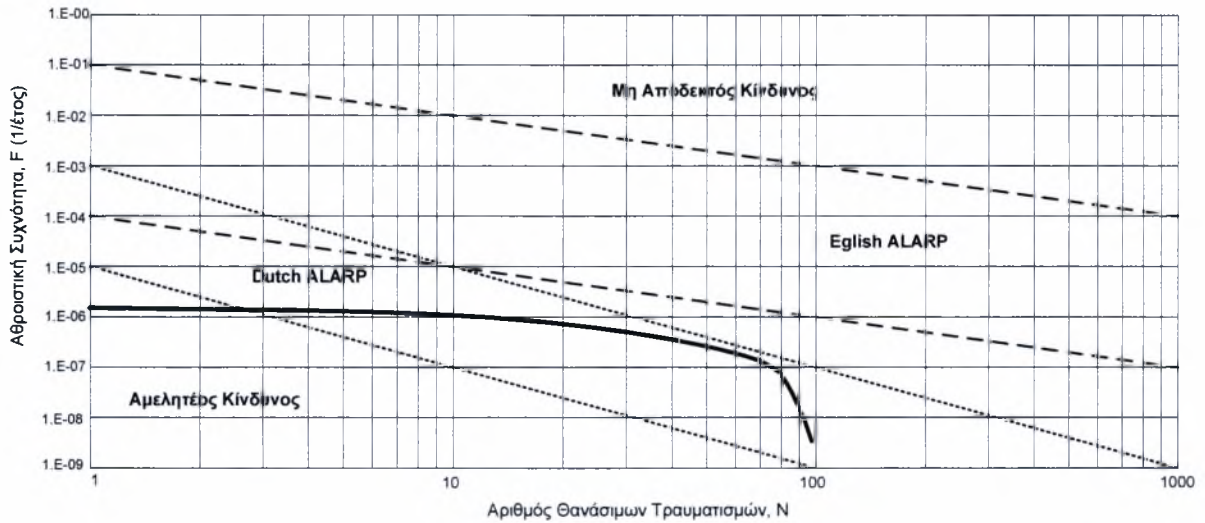
Το διάγραμμα της αθροιστικής συχνότητας  $F$  για  $N$  ή περισσότερους θανάτους σε λογαριθμική κλίμακα, σχηματίζει την καμπύλη  $F/N$  και αποτελεί το δείκτη της κοινωνικής διακινδύνευσης  $SR$  (Societal Risk).

Τα κράτη μέλη που έχουν θεσπίσει όρια για την κοινωνική διακινδύνευση (Societal Risk,  $F/N$  curves) είναι το Ηνωμένο Βασίλειο (HB), η Ολλανδία και η Νορβηγία. Τα όρια αυτά παρουσιάζονται στο διάγραμμα 5.1 για το HB και την Ολλανδία και στο διάγραμμα 5.2 για την Νορβηγία.

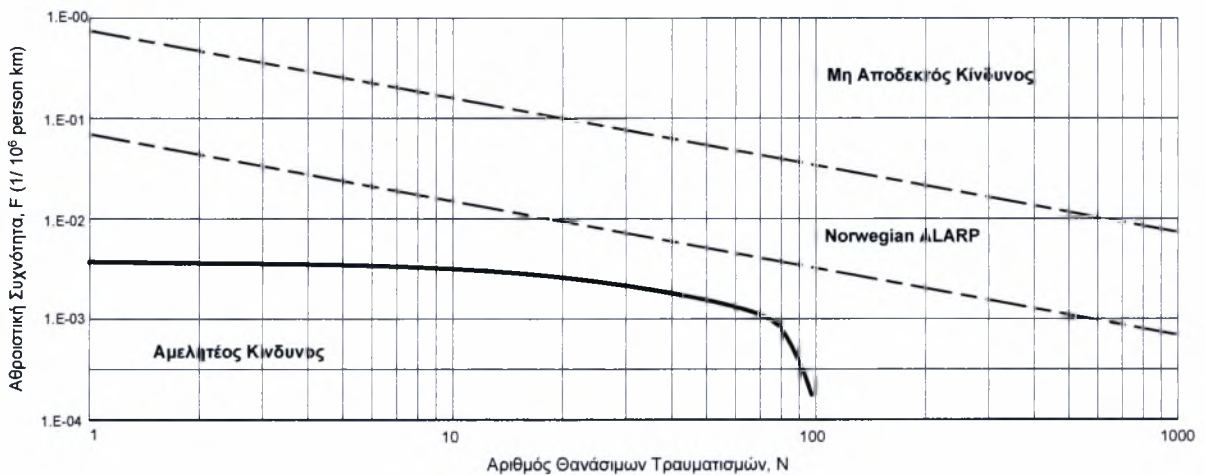
Πρέπει να σημειωθεί ότι η αθροιστική συχνότητα εμφάνισης συμβάντος με  $N$  ή περισσότερους θανάσιμους τραυματισμούς εκφράζεται σε γεγονότα ανά έτος για το HB και την Ολλανδία, ενώ εκφράζεται σε γεγονότα ανά  $10^6$  ανθρωποχιλιόμετρα για την Νορβηγία.

Το διάγραμμα χωρίζεται σε τρεις περιοχές. Την περιοχή «Μη Αποδεκτού Κινδύνου», όπου στην περίπτωση που κάποιο τμήμα της καμπύλης  $F/N$  βρίσκεται σε αυτή, η συγκεκριμένη δραστηριότητα διέλευσης οχημάτων μεταφοράς υγρών καυσίμων, εγκυμονεί μη αποδεκτούς κινδύνους από πλευράς συχνότητας εμφάνισής τους. Την περιοχή «Αμελητέου Κινδύνου», όπου στην περίπτωση που ολόκληρη η καμπύλη  $F/N$  βρίσκεται μέσα σε αυτήν, η συγκεκριμένη δραστηριότητα χαρακτηρίζεται ως αποδεκτή από πλευράς συχνότητας εμφάνισης κινδύνων οδικών ατυχημάτων με την εμπλοκή του επικίνδυνου εμπορεύματος. Την περιοχή «ALARP», όπου στην περίπτωση που κάποιο τμήμα της καμπύλης  $F/N$  βρίσκεται σε αυτή, η συγκεκριμένη δραστηριότητα διέλευσης οχημάτων

μεταφοράς υγρών καυσίμων, εγκυμονεί κινδύνους για τους οποίους θα πρέπει να ληφθούν αποτελεσματικά μέτρα, όπου αυτό είναι πρακτικά δυνατό, για τη μείωση της συχνότητας εμφάνισής τους στην περιοχή «Αμελητέου Κινδύνου».



Διάγραμμα 5.1: Αθροιστική συχνότητα F για N ή περισσότερους θανάτους σύμφωνα με την Αγγλική και Ολλανδική Νομοθεσία



Διάγραμμα 5.2: Αθροιστική συχνότητα F για N ή περισσότερους θανάτους σύμφωνα με την Νορβηγική Νομοθεσία

Πηγή: {30}

### 5.3 Καμπύλες F/N για τις σήραγγες της Αττικής Οδού

Συγκεκριμένα, αναλύθηκαν οι επιπτώσεις των εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης για όλα τα τμήματα με σήραγγα, πάνω στον κύριο κλάδο της Αττικής Οδού, δηλαδή τα τμήματα με τις:

1. Σήραγγα Ελευσίνας
2. Σήραγγα Μαύρης Ώρας



3. Σήραγγα Λιοσίων
4. Σήραγγα Ζεφυρίου
5. Σήραγγα Αχαρνών
6. Σήραγγα Μεταμόρφωσης
7. Σήραγγα Ηρακλείου
8. Σήραγγα Βριλησίων

Σημειώνεται ότι η ανάλυση έγινε και για τους δύο κλάδους των σηράγγων, η μία με κατεύθυνση προς Αεροδρόμιο (σημειωμένη με Α) και η άλλη προς Ελευσίνα (σημειωμένη με Ε). Εξαιρείται η σήραγγα Λιοσίων, η οποία έχει μόνο έναν κλάδο (προς Αεροδρόμιο).

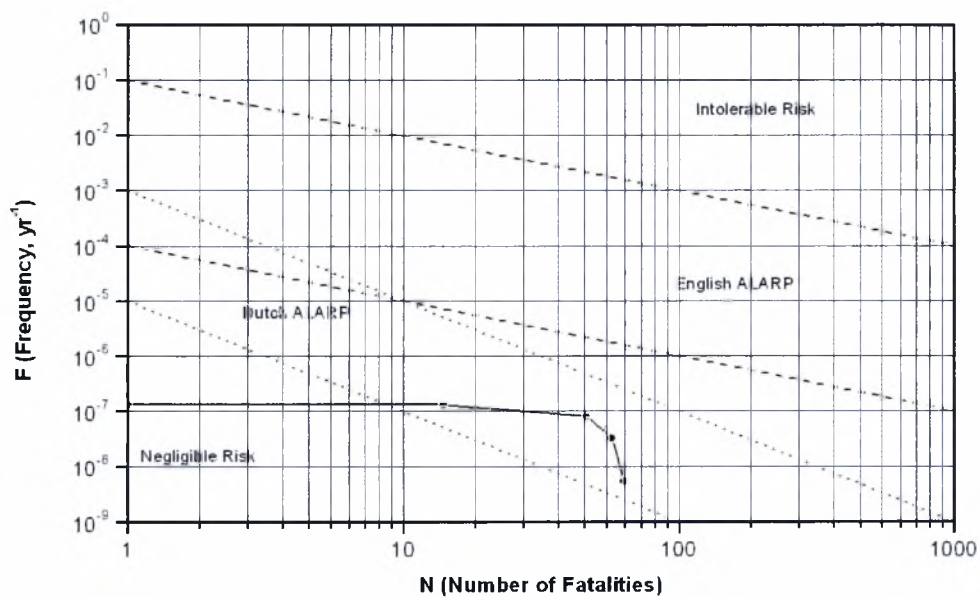
Η ΔΠΛΥ δεν εξετάζεται λόγω του ότι δεν προβλέπεται να εξυπηρετεί τη μετακίνηση επικίνδυνων φορτίων.

Εξετάζοντας όλες τις σήραγγες της Αττικής Οδού μεμονωμένα, και βάσει των Αγγλικών ορίων, παρατηρείται από τα διαγράμματα που ακολουθούν, ότι οι καμπύλες F/N για όλες τις σήραγγες, βρίσκονται στην περιοχή «Αμελητέου Κινδύνου», και συμπεραίνεται ότι η διέλευση οχημάτων μεταφοράς υγρών καυσίμων εγκυμονεί αποδεκτούς κινδύνους, από πλευράς κοινωνικής διακινδύνευσης (Societal Risk) για τη κάθε μεμονωμένη σήραγγα ξεχωριστά.

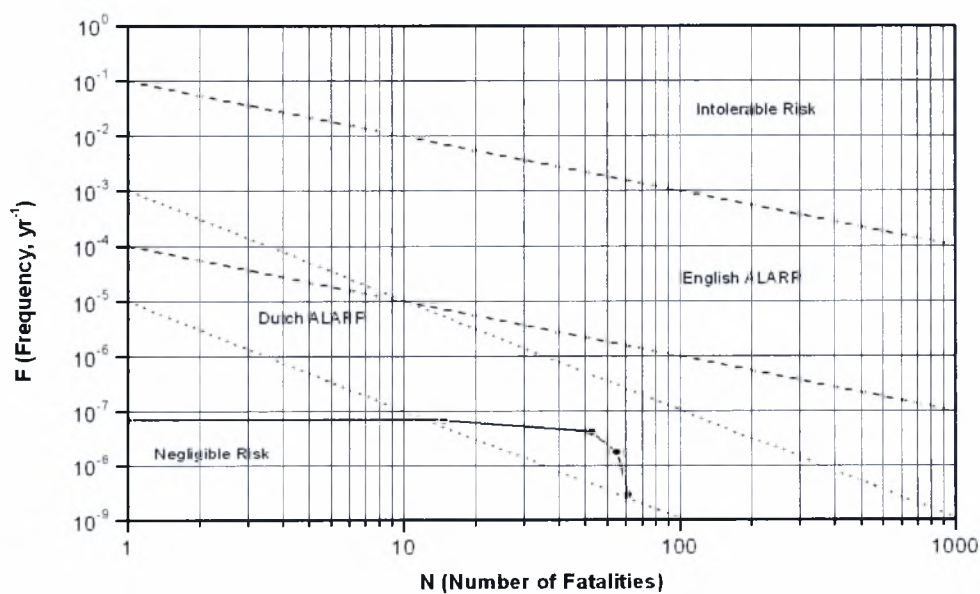
Αντιθέτως, εξετάζοντας πάλι όλες τις σήραγγες της Αττικής Οδού μεμονωμένα, αλλά βάσει των Ολλανδικών ορίων, παρατηρούνται από τα παρακάτω διαγράμματα τα ακόλουθα για τις τρεις περιοχές κινδύνου:

- περιοχή ALARP: τέμνεται από τις καμπύλες των σηράγγων Αχαρνών (Α) & (Ε), Ελευσίνας (Α) & (Ε), Μαύρης Ώρας (Α) & (Ε), Μεταμόρφωσης (Α) & (Ε) (οριακά στο άνω όριο), Ηρακλείου (Α) & (Ε) (οριακά στο άνω όριο), Μεταμόρφωσης (Α) & (Ε) (οριακά στο άνω όριο), και Ζεφυρίου (Α) (οριακά στο άνω όριο) & (Ε).
- περιοχή Μη Αποδεκτού Κινδύνου: Βριλησίων (Α) & (Ε)

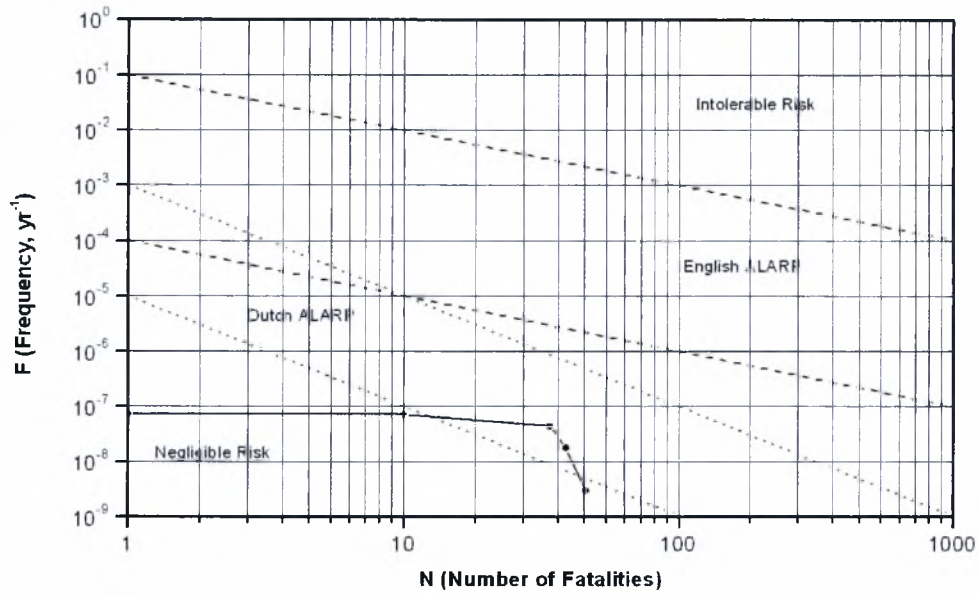
### ACHARNON [A]



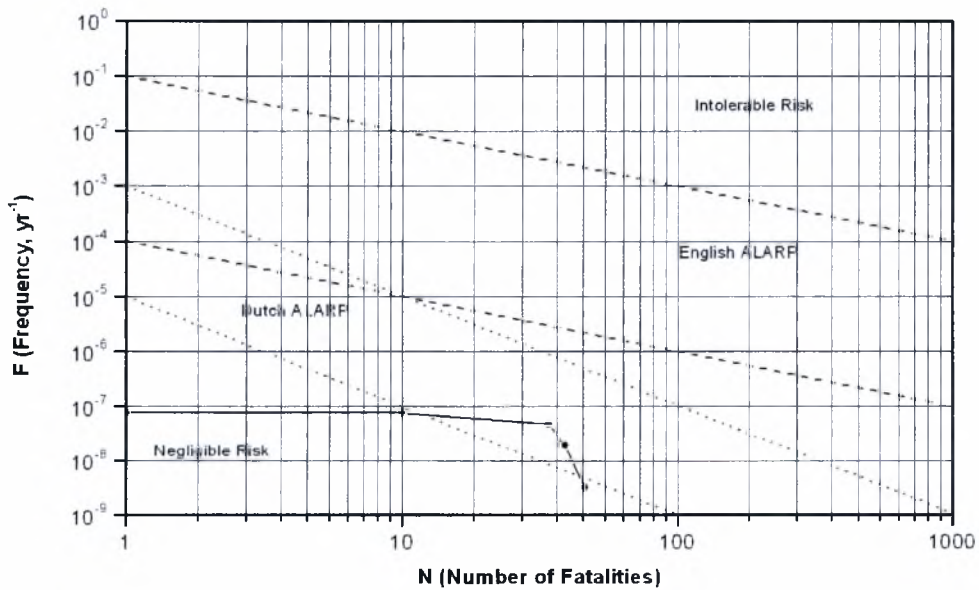
### ACHARNON [E]



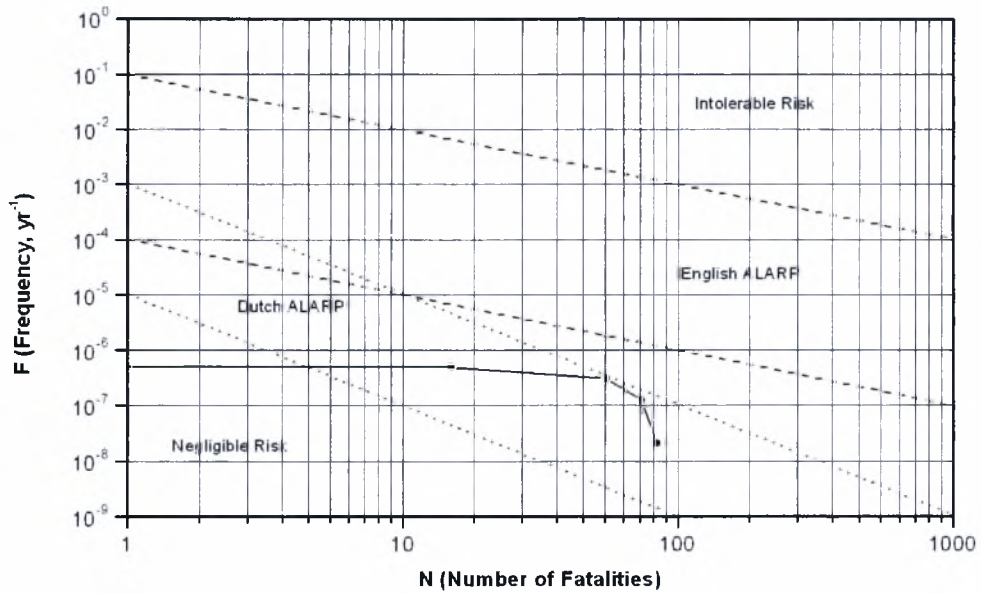
### ELEFSINA [A]



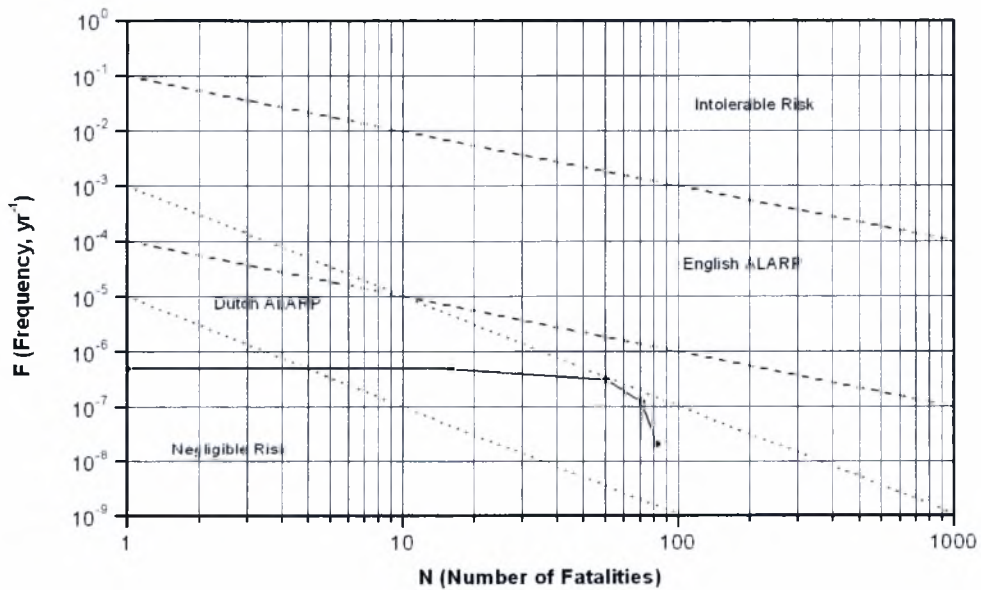
### ELEFSINA [E]



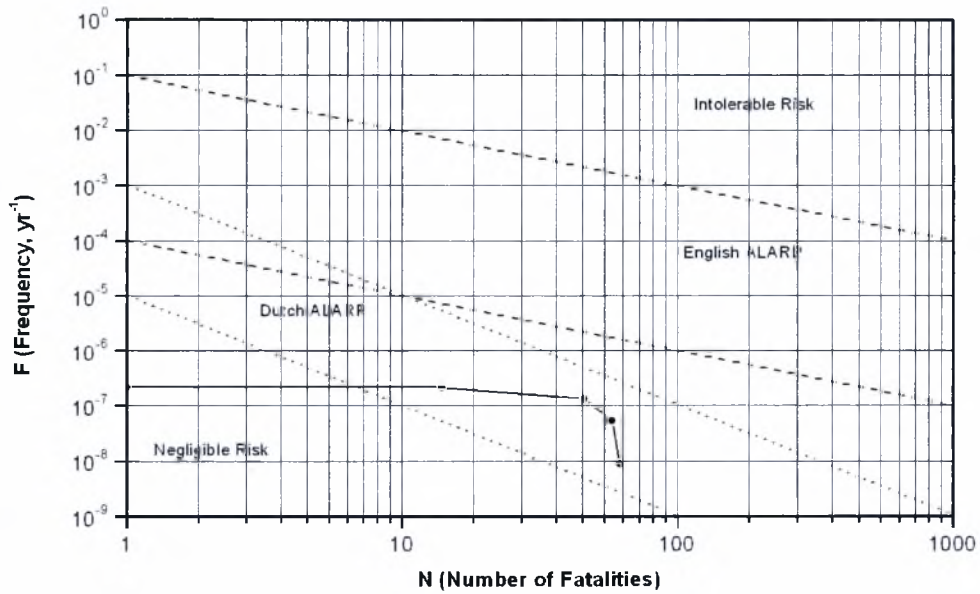
### ΗΡΑΚΛΙΟ [Α]



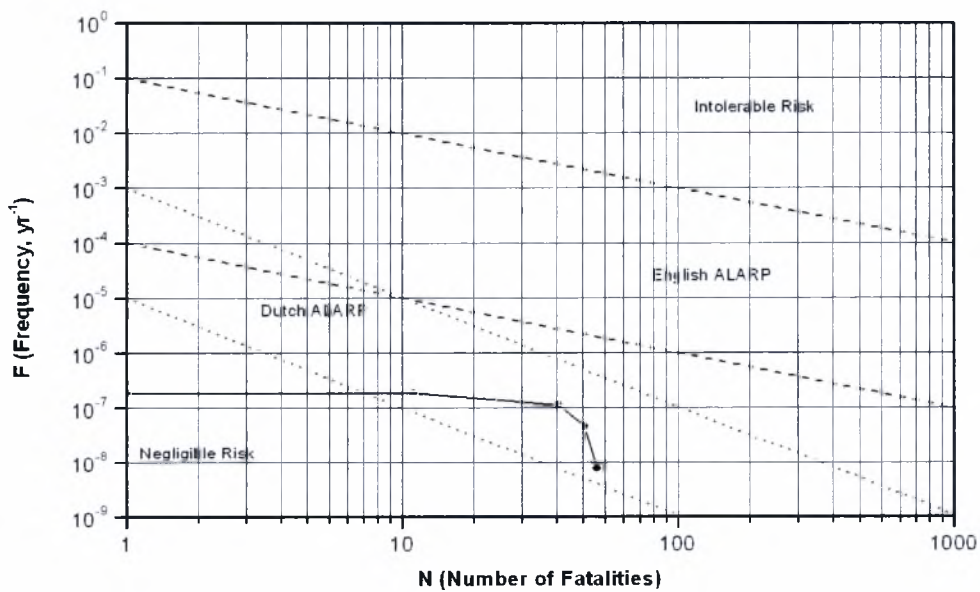
### ΗΡΑΚΛΙΟ [Ε]



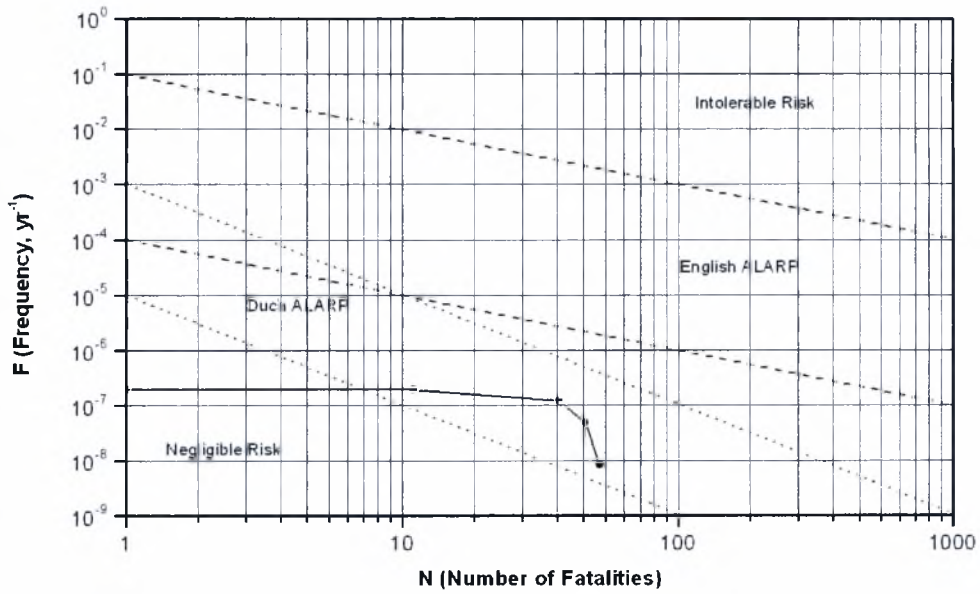
### LIOSION [A]



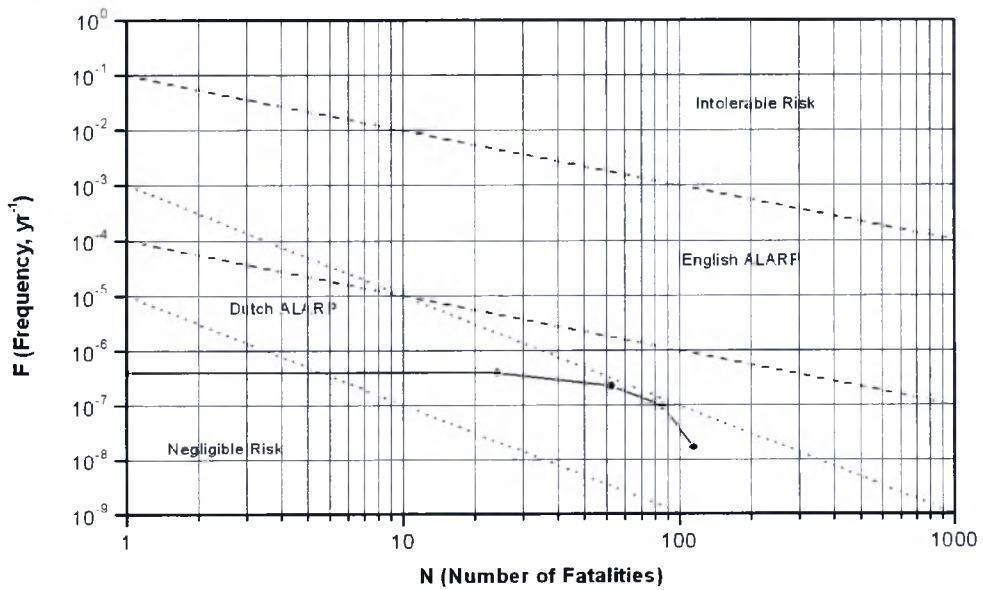
### MAVRI ORA [A]



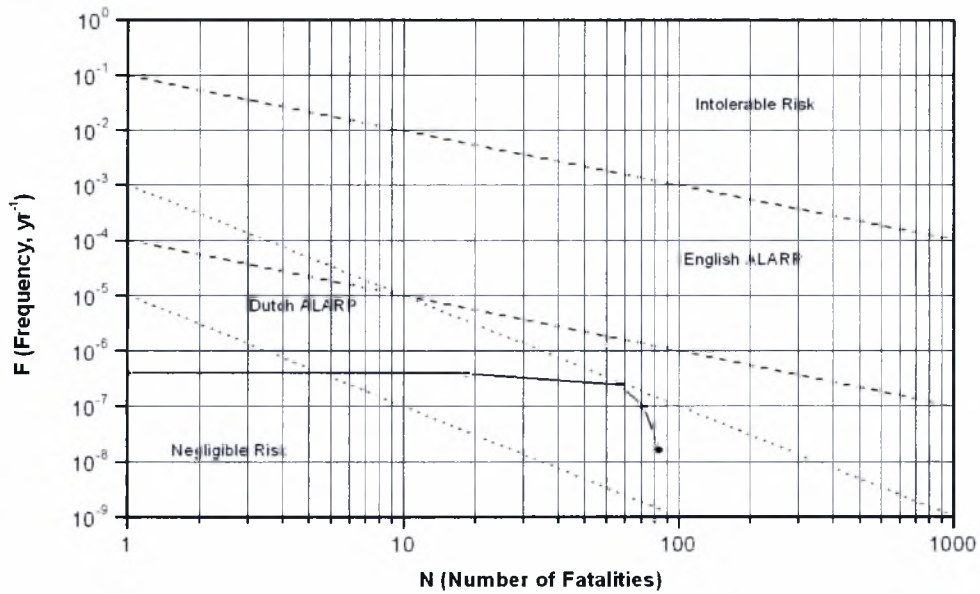
### ΜΑΥΡΙ ΟΡΑ [E]



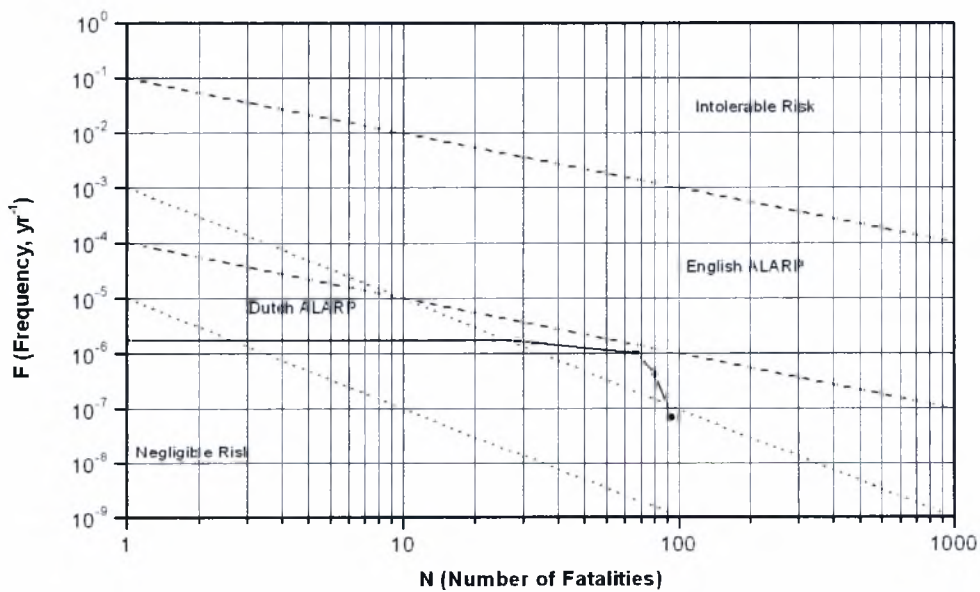
### METAMORFOSI [A]



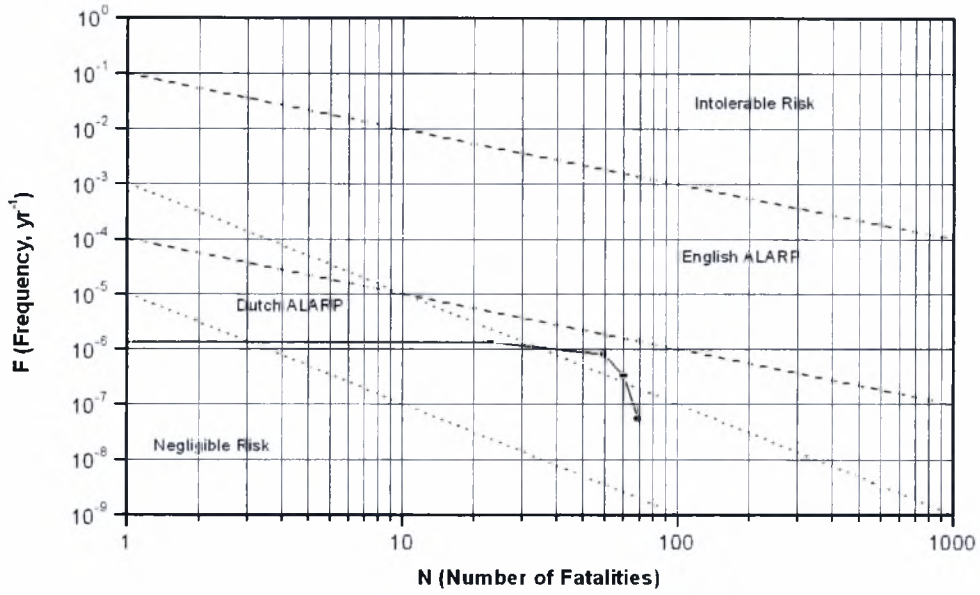
### ΜΕΤΑΜΟΡΦΟΣΙ [E]



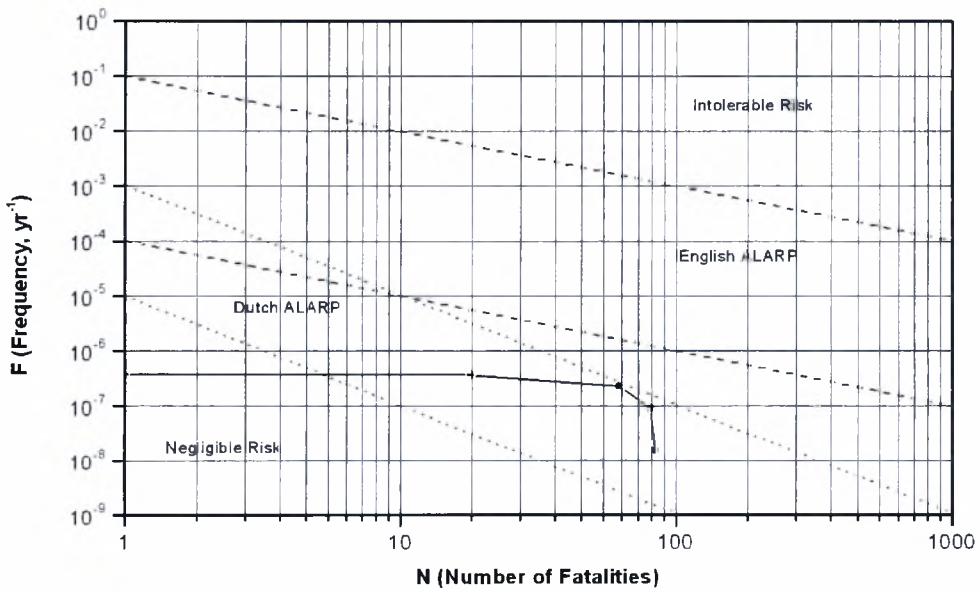
### VRILISSIA [A]



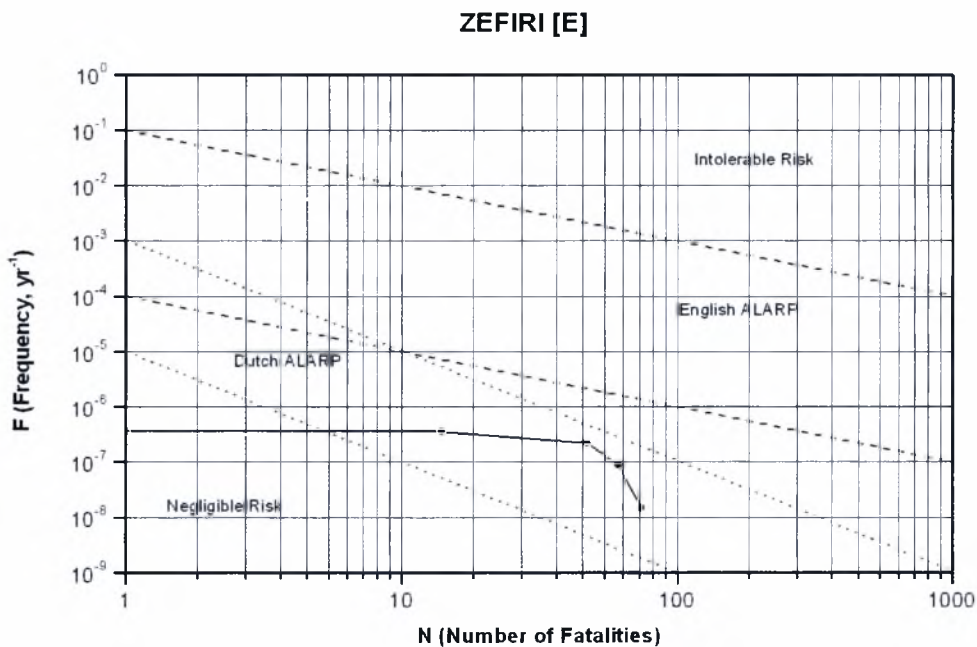
### VRILISSIA [E]



### ZEFIRI [A]







Πηγή: [30]

Καταλήξαμε λοιπόν στα παρακάτω σενάρια τα οποία αφορούν στην εκτροπή της κυκλοφορίας των Ε.Φ. εξαιτίας των απαγορεύσεων που ισχύουν ή που θα έπρεπε να ισχύουν σύμφωνα με τις καμπύλες  $F/N$  για κάποια συγκεκριμένα τμήματα της Αττικής Οδού τα οποία περιέχουν και σήραγγες.

1. “do nothing”: Βαθμονόμηση του οδικού δικτύου και εξαγωγή αποτελεσμάτων στην περίπτωση που δεν ισχύει καμία απαγόρευση διέλευσης των Ε.Φ. από καμία σήραγγα της Αττικής Οδού.
2. Εκτροπή της κυκλοφορίας για τα τμήματα που περιέχουν σήραγγες στις οποίες απαγορεύεται η διέλευση ή που δεν εξυπηρετούν τα βυτιοφόρα υγρών καυσίμων
3. Εκτροπή της κυκλοφορίας για τα τμήματα που περιέχουν σήραγγες στις οποίες απαγορεύεται η διέλευση Ε.Φ. και σήραγγες οι οποίες χρήζουν ανάγκης λήψης μέτρων ασφαλείας – μελέτη του κάθε τμήματος ξεχωριστά.
4. Εκτροπή της κυκλοφορίας για όλες τις υπό μελέτη σήραγγες – ενιαία απαγόρευση εισόδου των Ε.Φ. σε όλες τις σήραγγες

Τα παραπάνω σενάρια μελετήθηκαν ως προς τους χρόνους και τις ταχύτητες με τη χρήση του λογισμικού «emte2» και η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

## 5.4 Μελέτη της Αττικής Οδού και των εναλλακτικών διαδρομών

Για τη μελέτη όλων των σεναρίων και τη γενικότερη ανάλυση των κυκλοφοριακών συνθηκών της Αττικής Οδού καθώς και των εναλλακτικών διαδρομών που τελικά επιλέχθηκαν για τη διοχέτευση των Ε.Φ. χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που συλλέχτηκαν για τη Αττική Οδό. Η προσομοίωση έγινε σε πραγματικό περιβάλλον αφού το στήσιμο του δικτύου της Αττικής Οδού καθώς επίσης και του παράπλευρου οδικού δικτύου έγινε βάση των οριζοντιογραφικών σχεδίων των οδών που είχαμε στη διάθεσή μας.

Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τα κυκλοφοριακά στοιχεία που και αυτά προέρχονται από μετρήσεις και είναι και αυτά μια προσομοίωση της πραγματικής κατάστασης μας έδωσαν τη δυνατότητα να στήσουμε ένα ρεαλιστικό δίκτυο με σκοπό να καταλήξουμε σε αποτελέσματα όσο το δυνατόν πιο ακριβή, έγκυρα και άμεσα υλοποιήσιμα.

### 5.4.1 Μελέτη των Σεναρίων

Η αρχική παραλαβή του δικτύου ήταν σε περιβάλλον GIS. Ένα αρχείο αρκετά βαρύ δεδομένου ότι περιείχε σχεδόν όλο το οδικό δίκτυο του Ν. Αττικής.

Με κατάλληλη ψηφιοποίηση και επεξεργασία του παραπάνω αρχείου GIS διαμορφώσαμε το δίκτυο που μας ενδιέφερε για τη συγκεκριμένη μελέτη, κρατώντας μόνο τα τμήματα των οδών που ήταν προς μελέτη.

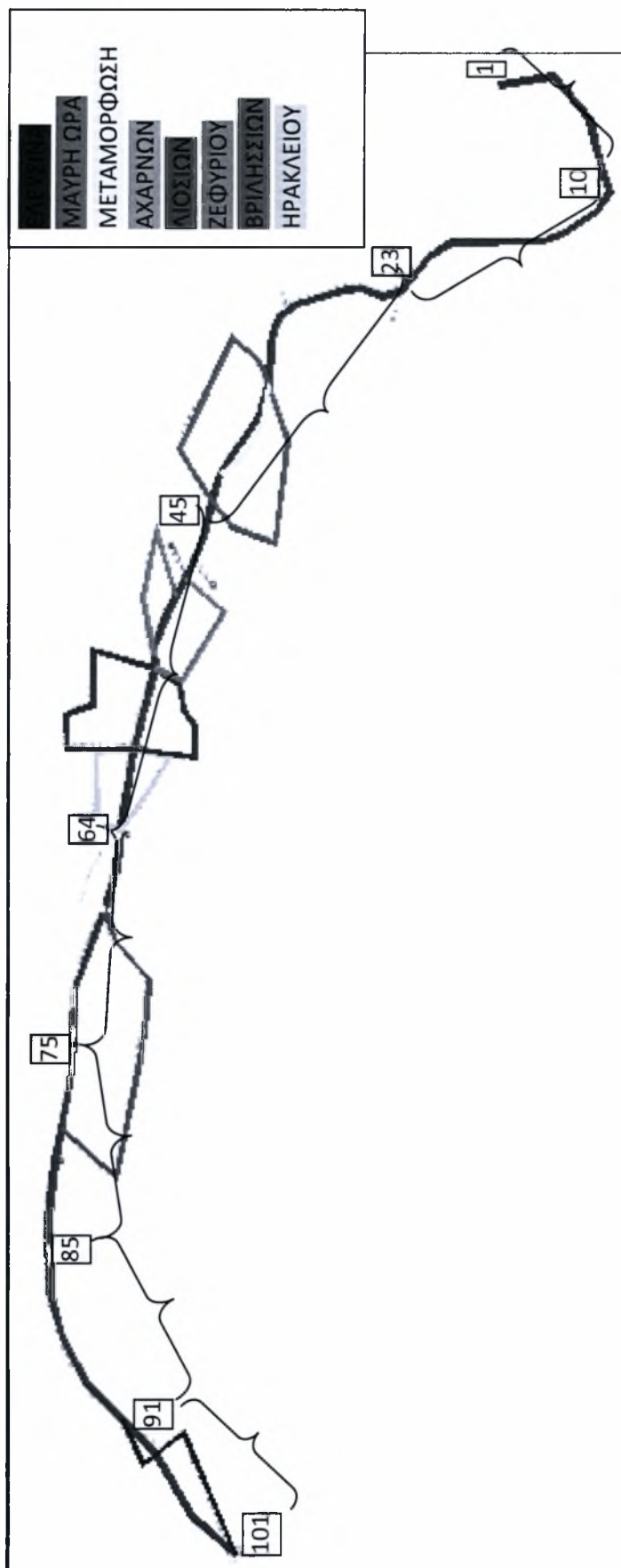
Πίνακας 5.2: Συντεταγμένες Χάραξης του οδικού δικτύου

ptID	XCOORD	YCOORD
1	490641.1875	4194813.5001
2	490647.5233	4194821.2369
3	490647.5233	4194821.2369
4	490700.9687	4194886.4999
5	490756.1875	4194951.0001
6	490833.4375	4195031.5001
...	490896.0313	4195090.0001
...	490975.1545	4195152.4175
...	491320.0625	4194926.4999
20229	491264.1563	4195007.0001
20230	491194.1773	4195111.6683
20231	491320.0625	4194926.4999
20232	491307.8749	4194951.5001
20233	491296.1563	4194979.5001

Η εισαγωγή του δικτύου στο "emme2", έγινε στο σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ87 με σημεία(X,Y), από τη χάραξη των αξόνων των οδών.

Στην παρούσα φάση δόθηκε μεγάλη βαρύτητα στο στήσιμο του δικτύου, προκειμένου να πετύχουμε την καλύτερη δυνατή προσέγγιση της πραγματικότητας με απώτερο στόχο να καταφέρουμε να μιλάμε για πραγματικές αποστάσεις, πραγματικές θέσεις και πραγματικές ταχύτητες και χρόνους που θα ανταποκρίνονται πλήρως στις μετρημένες τιμές των παραπάνω μεγεθών.

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν τα τμήματα με τις σήραγγες και οι εναλλακτικές διαδρομές, όπως φαίνονται στο παρακάτω σχήμα με ξεχωριστό χρωματισμό η κάθε διαδρομή.



Εικόνα 5.1: Αττική Οδός και εναλλακτικές διαδρομές

Πηγή: emme2

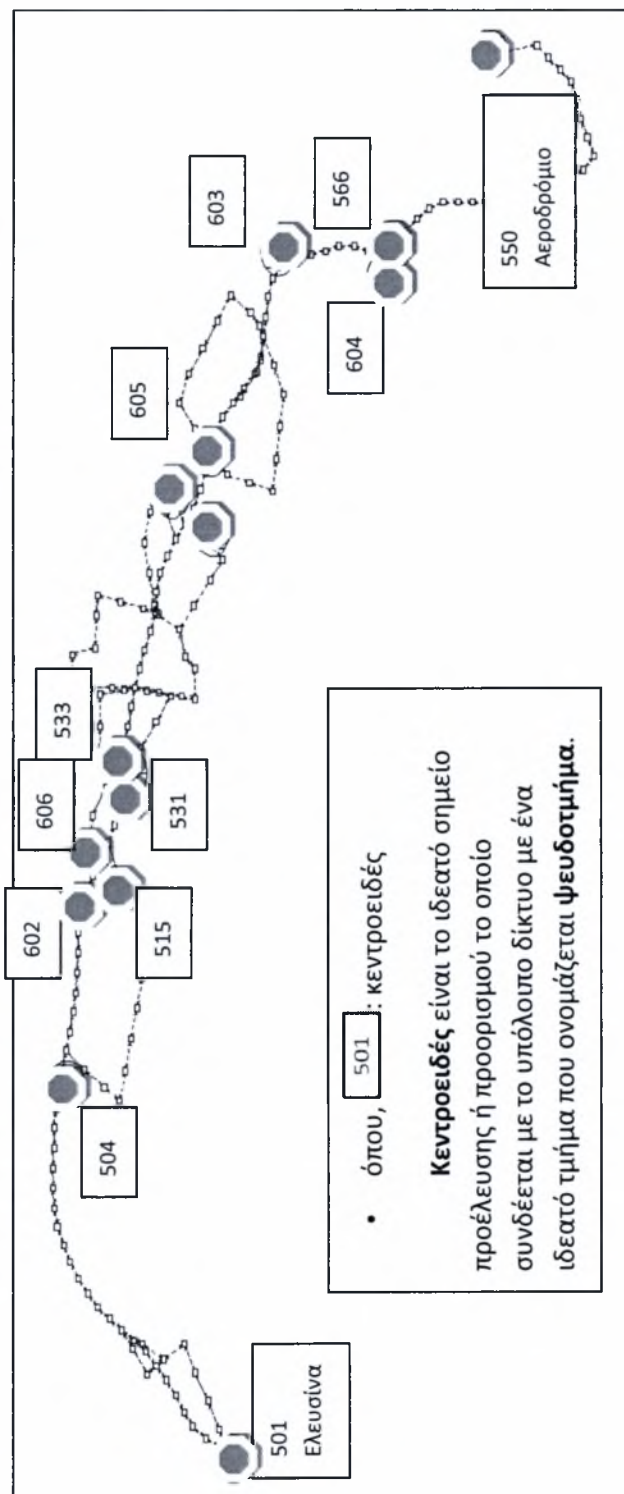
όπου, [1] : αριθμός αρχής/τέλους τμήματος της Αττικής Οδού

**Σημείωση:** η Αττική Οδός έχει χωριστεί σε τμήματα από το «1»(ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ) έως το «101»(ΕΛΕΥΣΙΝΑ), των 900 περίπου μέτρων το καθένα γιατί αλλιώς δεν ήταν εφικτή η επεξεργασία της στο "emme2"

Ήμαστε πλέον σε θέση να προσθέσουμε κυκλοφοριακά στοιχεία(φόρτους – αρ. λωρίδων – κατευθύνσεις – απαγορεύσεις κτλ) προκειμένου να λειτουργήσει το δίκτυό μας. Αφού λοιπόν σε κάθε σημείο εισόδου-εξόδου της Αττικής Οδού εισάγουμε τα παραπάνω στοιχεία, πρέπει να τα διανεμήσουμε πάνω στο δίκτυο κατά τρόπο τέτοιο ώστε να πετύχουμε τη βέλτιστη προσομοίωση με την πραγματικότητα.

**ΣΕΝΑΡΙΟ #1# - “do nothing”:** Βαθμολόγηση του οδικού δικτύου και εξαγωγή αποτελεσμάτων στην περίπτωση που δεν ισχύει καμία απαγόρευση διέλευσης των Ε.Φ. από καμία σήραγγα της Αττικής Οδού.

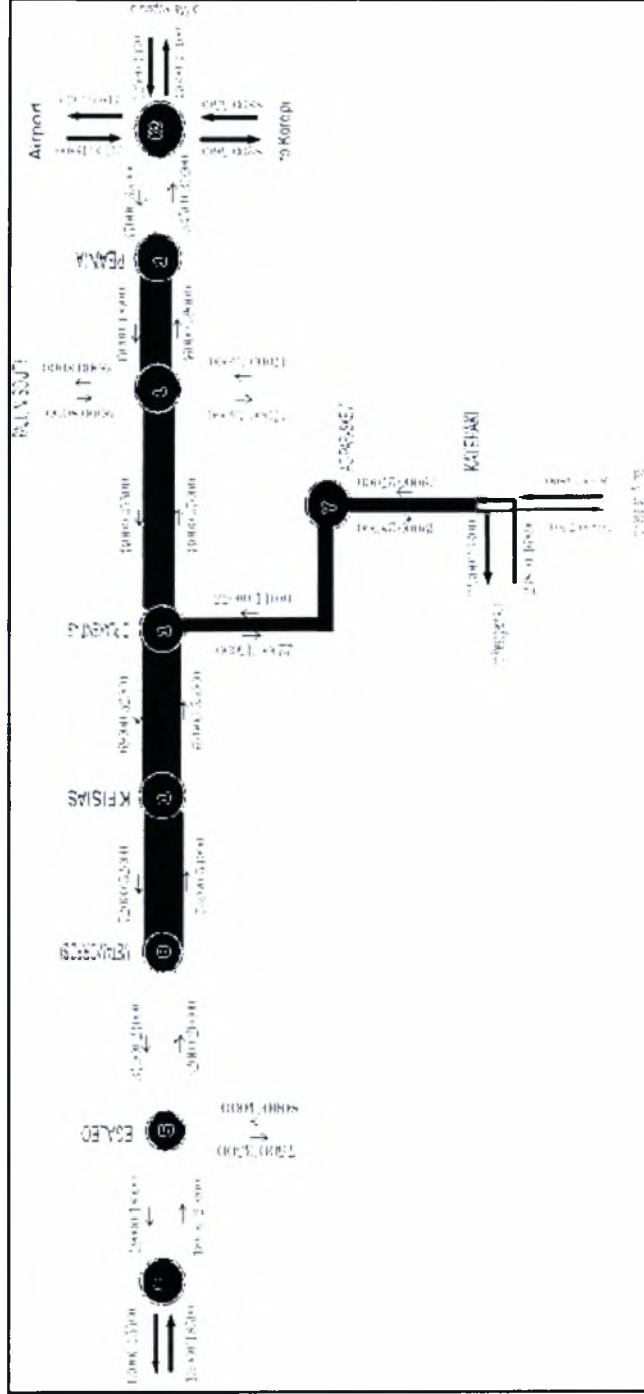
Σε πρώτη φάση εισήχθησαν στο δίκτυο οι κυκλοφοριακές ζώνες(προέλευση-προορισμός) της Αττικής Οδού.



Εικόνα 5.2: Κεντροειδή του οδικού δικτύου

Πηγή: emme2

Στα σημεία εισόδων – εξόδων του αυτοκινητοδρόμου, προσθέτουμε στη συνέχεια τους κυκλοφοριακούς φόρτους. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν οι φόρτοι για τα έξι βασικά τμήματα κατά μήκος της Οδού, που αφορούν μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων(Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία-ΕΜΗΚ). Επίσης προσθέτουμε τους κυκλοφοριακούς φόρτους για τις εξεταζόμενες εναλλακτικές διαδρομές, με την παραδοχή ότι η κάθε εξεταζόμενη εναλλακτική διαδρομή απαρτίζεται από τη ράμπτα εισόδου-εξόδου στην και από την Αττική Οδό και τα τμήματα των οδών στο τοπικό οδικό δίκτυο. Οι κυκλοφοριακοί φόρτοι των εναλλακτικών διαδρομών και των τμημάτων της Αττικής Οδού παρουσιάζονται αναλυτικά στο τέλος της εργασίας, στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Ι».



Εικόνα 5.3: Κυκλοφοριακοί φόρτοι μετρημένοι στα τμήματα της Αττικής Οδού  
Πηγή: (30)

Στη συνέχεια, προχωρήσαμε στη βαθμονόμηση (calibration) του δικτύου. Στόχος η κατανομή των φόρτων στο δίκτυο να έχει ελάχιστες αποκλίσεις από την πραγματικότητα, να προσομοιώσει δηλαδή το δίκτυο που έχουμε στήσει με την Αττική Οδό και τις παράπλευρες οδούς τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στην πραγματικότητα.

Για να γίνει αυτό, έπρεπε να επιλεγούν οι κατάλληλες εξισώσεις χρόνου και να προσαρμοστούν στα δεδομένα που είχαμε. Οι αρχικές εξισώσεις προήλθαν από το εγχειρίδιο του προγράμματος και λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως, αρ. λωρίδων, μήκος, κυκλ. φόρτους {2}, και με διαδοχικές επαναλήψεις ως προς τους συντελεστές των εξισώσεων καταλήξαμε στις δύο παρακάτω. Η πρώτη αφορά στην Αττική Οδό και η άλλη στο παράπλευρο οδικό δίκτυο.

i.  $fd1 = (length/2865)*(1.5+(0.0001*(volau+volad)/lanes+1)^{0.8409}$

ii.  $fd2 = (length/3800)*(1.6997+(0.0001854*(volau+volad)/lanes+1)^{0.8226}$

όπου,

**length:** μήκος τμήματος

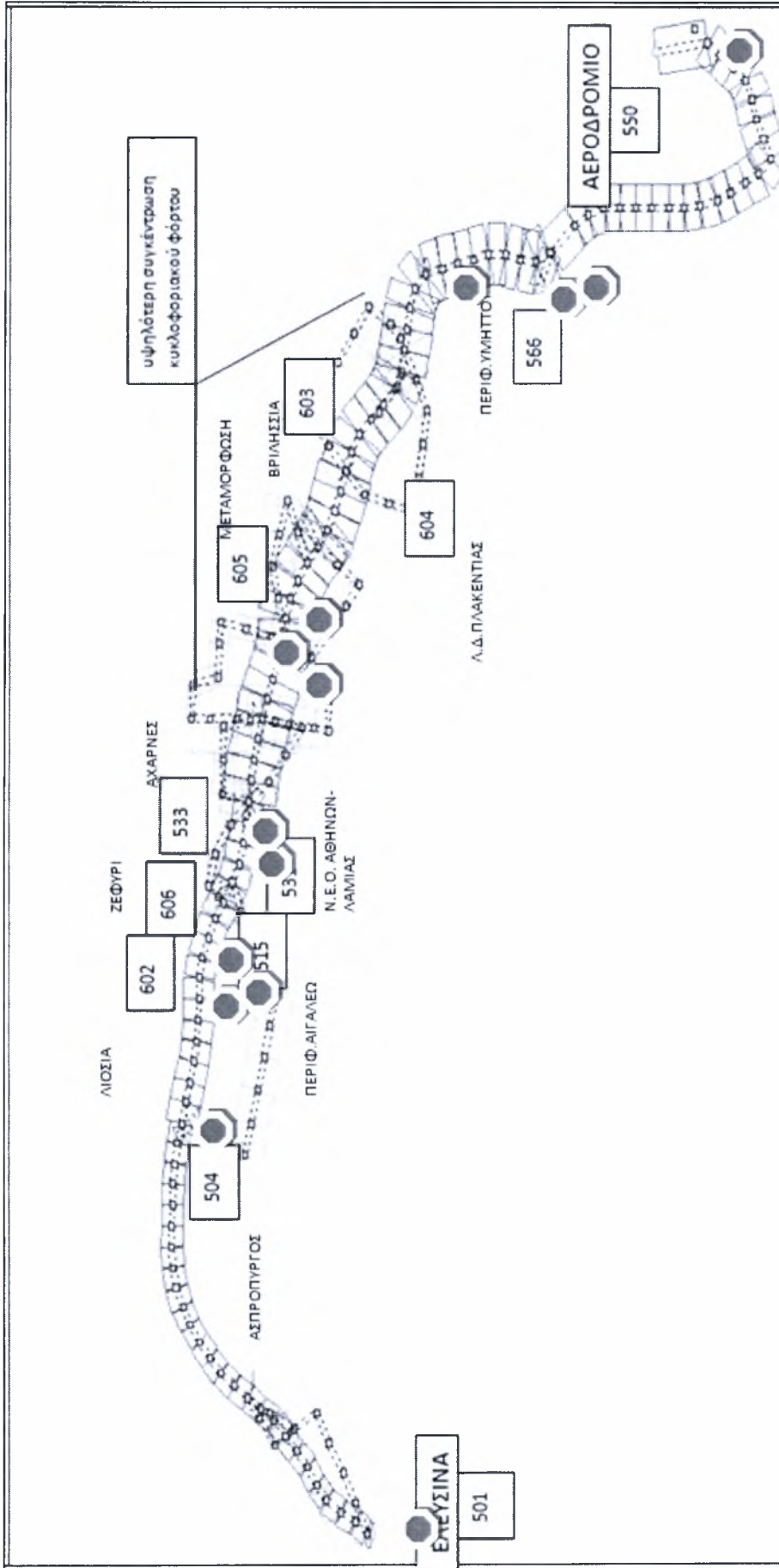
**volau:** κυκλοφοριακός φόρτος

**volad:** προστιθέμενος κυκλοφοριακός φόρτος από παράπλευρο οδ. δίκτυο

**lanes:** αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας

Απώτερος στόχος σ' αυτή τη φάση ήταν να γίνει σωστή βαθμονόμηση του οδικού δικτύου(Αττική Οδός-παράπλευρο οδικό δίκτυο), χωρίς καμιά διορθωτική επέμβαση, χωρίς καμιά εκτροπή της κυκλοφορίας και γενικότερα χωρίς καμιά απαγόρευση.

Τα αποτελέσματα που πήραμε φαίνονται παρακάτω. Στην πρώτη εικόνα (snapshot) φαίνεται η κατανομή του κυκλοφοριακού φόρτου πάνω στην Αττική Οδό ενώ στη δεύτερη εικόνα η κατανομή πάνω στο παράπλευρο οδικό δίκτυο. Η κατανομή ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα(στους μετρημένους φόρτους)με μια μικρή αμελεητέα απόκλιση σε ορισμένα τμήματα του δικτύου.



Εικόνα 5.4: Βαθμονόμηση του δικτύου-Κατανομή κυκλοφοριακών φόρτων  
Πηγή: emme2

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται αναλυτικά οι χρόνοι που απαιτούνται για την πραγματοποίηση μιας συγκεκριμένης διαδρομής χωρίς καμιά εκτροπή της κυκλοφορίας. Οι χρόνοι έχουν υπολογιστεί σε λεπτά.

Πίνακας 5.3: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού χωρίς καμία απαγόρευση με μεταφορικό μέσο το αυτοκίνητο

A/K	501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	504 ΜΑΥΡΗ ΠΡΑ	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	566	602 ΜΑΥΡΗ ΠΡΑ	603 ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	604 ΒΡΙΑΗΣΣΙΩΝ	605 ΜΕΤΑΜΟΡ ΦΩΣΗ	606
501	0	8.898	14.958	22.23	21.4476	41.3556	32.0676	14.7156	28.5936	32.6436	25.1556	15.2016
504	8.898	0	6.606	13.878	13.0956	33.0036	23.7156	6.3648	20.2416	24.2916	16.8036	6.8448
515	14.958	6.606	0	7.794	7.0068	26.91	17.622	0.2796	14.1576	18.2076	10.7196	0.7584
531	22.23	13.878	7.794	0	1.4376	20.3496	11.0616	7.5528	7.5876	11.6376	4.1508	8.0328
533	21.4476	13.0956	7.0068	1.4376	0	20.556	11.268	6.7656	7.8	11.8536	4.362	7.2456
550	41.3556	33.0036	26.91	20.3496	20.556	0	9.2976	26.676	13.2036	9.8736	17.3616	27.1536
566	32.0676	23.7156	17.622	11.0616	11.268	9.2976	0	17.388	3.9156	0.5868	8.0748	17.8656
602	14.7156	6.3648	0.2796	7.5528	6.7656	26.676	17.388	0	13.914	17.964	10.476	0.5172
603	28.5936	20.2416	14.1576	7.5876	7.8	13.2036	3.9156	13.914	0	4.4976	4.6056	14.3916
604	32.6436	24.2916	18.2076	11.6376	11.8536	9.8736	0.5868	17.964	4.4976	0	8.6568	18.45
605	25.1556	16.8036	10.7196	4.1508	4.362	17.3616	8.0748	10.476	4.6056	8.6568	0	10.962
606	15.2016	6.8448	0.7584	8.0328	7.2456	27.1536	17.8656	0.5172	14.3916	18.45	10.962	0

Πηγή: emme2



Αφού λοιπόν δημιουργήσαμε το κατάλληλο υπόβαθρο και εξασφαλίσαμε την ορθότητα του, είμαστε πλέον έτοιμοι να προχωρήσουμε στην εφαρμογή των σεναρίων στα οποία καταλήξαμε προηγουμένως.

Την Αττική Οδό χρησιμοποιούν βυτιοφόρα που εξυπηρετούν τη Δυτική Αθήνα, Ανατολική Αθήνα και Ανατολική Αττική αλλά και όσα βυτιοφόρα κατευθύνονται προς βορρά (Βοιωτία, Εύβοια, Φθιώτιδα, Φωκίδα κ. λ. π.). Όπως προαναφέραμε, τα βυτιοφόρα φορτώνουν είτε στα Διυλιστήρια (Ασπρόπυργος, Ελευσίνα κυρίως) είτε σε εγκαταστάσεις εταιρειών εμπορίας που είναι στις περιοχές Ασπρόπυργου, Περάματος και Σκαρामαγκά, ήτοι το 90 % περίπου του όγκου πωλήσεων προέρχεται από τα σημεία αυτά ενώ το υπόλοιπο 10% προέρχεται από τα Διυλιστήρια Κορίνθου.

Η ζήτηση σε καύσιμα και απαιτούμενες διαδρομές βυτιοφόρων έγινε με χρήση στοιχείων από τα Τμήματα Δρομολόγησης των εταιριών Εμπορίας που γνωρίζουν ακριβή αριθμό διαδρομών από Διυλιστήρια και εγκαταστάσεις φόρτωσης σε πελάτες. Τα ίδια τμήματα γνωρίζουν τις διελεύσεις από την Αττική οδό ελέγχοντας και πληρώνοντας τα διόδια των βυτιοφόρων που μεταφέρουν για λογαριασμό των εταιρειών εμπορίας (νόμιμο τμήμα διακίνησης καυσίμων).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκε ότι ο ετήσιος αριθμός διελεύσεων βυτιοφόρων οχημάτων από την Αττική Οδό ανέρχεται σε 72000, με ημερήσιο μέσο όρο **240** διελεύσεις (το έτος υπολογίζεται σε 300 ημέρες). Τα βυτιοφόρα που προέρχονται από τις περιοχές Ασπρόπυργου, Περάματος και Σκαρामαγκά και Ελευσίνας (δηλ. περίπου το 90% του συνόλου) εισέρχεται κατευθείαν στην Αττική Οδό από τον κόμβο 5-**κυκλοφοριακή ζώνη 602** (Περιφερειακή Αιγάλεω) ενώ τα βυτιοφόρα που προέρχονται από Κόρινθο (δηλ. το υπόλοιπο 10%) εισέρχεται στην Αττική Οδό από την αρχή της **κυκλοφοριακή ζώνη 501**, εξέρχονται στον κόμβο 4- **κυκλοφοριακή ζώνη 504**, (Ασπρόπυργος) λόγω της απαγόρευσης της διέλευσης της Μιάυρης Ώρας και επανεισέρχονται στον κόμβο 5- **κυκλοφοριακή ζώνη 602**, (Περιφερειακή Αιγάλεω) της Αττικής Οδού.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των βυτιοφόρων υγρών καυσίμων εξέρχεται από τον κόμβο 8- **κυκλοφοριακή ζώνη 533** (Αθηνών-Λαμίας ή κόμβος **Μεταμόρφωσης**), ενώ περίπου το **50%** των βυτιοφόρων έχει εξέλθει από την Αττική Οδό **μέχρι τον κόμβο αυτόν**.

Κόμβοι της Αττικής Οδού που δεν χρησιμοποιούνται καθόλου από τους βυτιοφορείς για διανομή βενζίνης και πετρελαίου στα πρατήρια υγρών καυσίμων των γειτονικών περιοχών είναι οι κόμβοι Ηρακλείου, και Λεονταρίου.

Πίνακας 5.4: Ωριαία κατανομή μετακινήσεων οχημάτων Ε.Φ.

```

Matrix mf06: danger (hourly dangerous volume
-----
2 origins 4 destinations
-----
origin      destination      533      550      sum
zone501    5:6              1        2        2.4
602        5:4              9        2        21.4
sum                               10
-->
    
```

Πίνακας 5.5: Ημερήσια κατανομή μετακινήσεων οχημάτων Ε.Φ.

```

Matrix mf03: (
-----
2 origins 4 destinations
-----
origin      destination      533      550      sum
zone501    6              10        2        24
602        5:4            90        18        216
sum                               100
-->
    
```

Πίνακας 5.6: Ετήσια κατανομή μετακινήσεων οχημάτων Ε.Φ.

Matrix mf08:		(			
2 origins		4 destinations			
origin zones	515	531	533	550	sum
501	1800	1800	3000	600	7200
602	16200	16200	27000	5400	64800
sum	18000	18000	30000	6000	72000

Πίνακας 5.7: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού χωρίς καμία απαγόρευση για τα επικίνδυνα φορτία

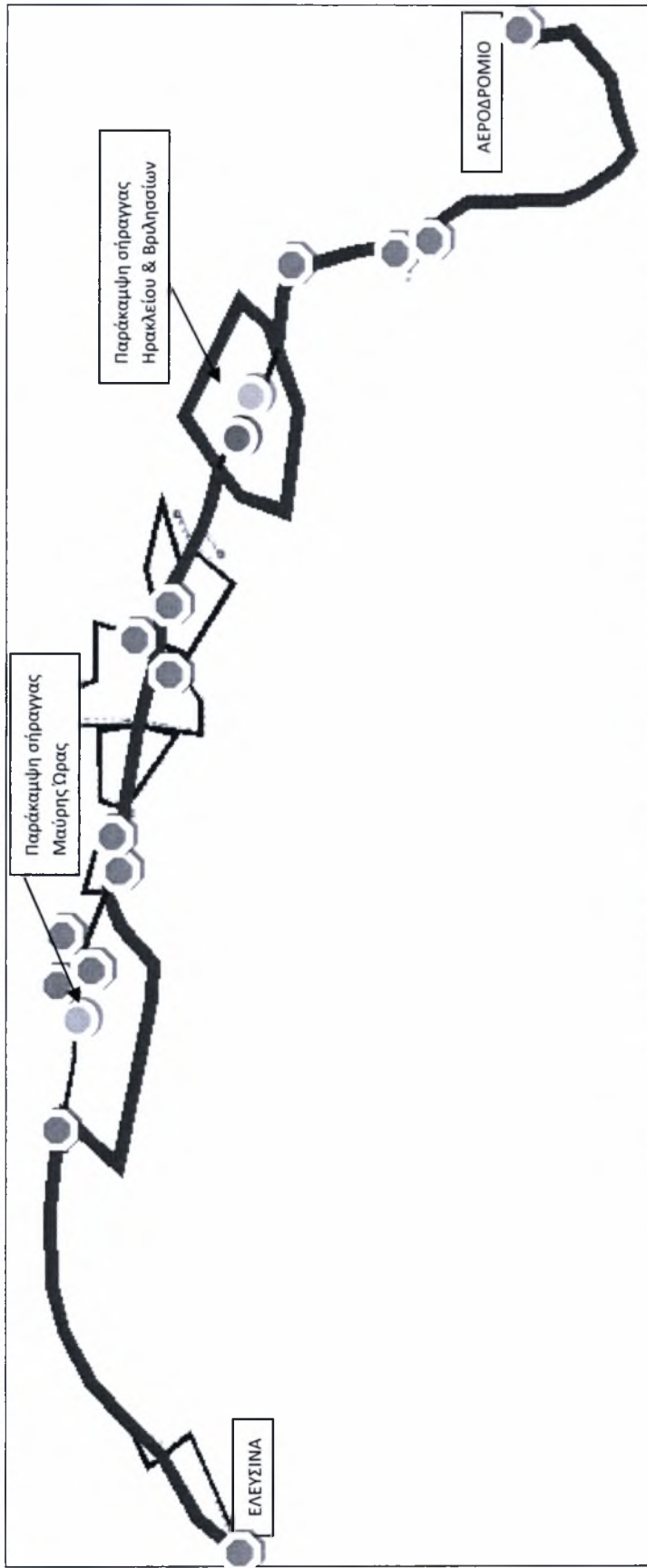
A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	14.958	22.23	21.4476	41.3556
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.2796	7.5528	6.7656	26.676

Πηγή: emme2

## ΣΕΝΑΡΙΟ #2# : Εκτροπή της κυκλοφορίας για τα τμήματα που περιέχουν σήραγγες στις οποίες απαγορεύεται η διέλευση ή που δεν εξυπηρετούν τα βυτιοφόρα υγρών καυσίμων

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, απαγορεύεται η διέλευση επικίνδυνων φορτίων από τις σήραγγες της Μαύρης Ωρας και των Βρυλησίων ενώ δε χρησιμοποιείται από τα βυτιοφόρα καθόλου η σήραγγα του Ηρακλείου.

Σε πρώτη φάση λυτόν στέλνουμε τους μεταφορείς υγρών καυσίμων από τις εναλλακτικές διαδρομές που επιλέξαμε και στις οποίες καταλήξαμε προηγουμένως με σκοπό την παράκαμψη και κατά συνέπεια την απαγόρευση εισόδου στις παραπάνω τρεις σήραγγες του αυτοκινητοδρόμου της Αττικής Οδού. Η διαδρομή που θα ακολουθήσουν αναγκαστικά φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 5.5: Απαγόρευση διέλευσης των σηράγγων Μαύρης Ωρας, Ηρακλείου και Βρυλησίων

Πίνακας 5.8: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού για τα επικίνδυνα φορτία – Αποτελεσμα 2<sup>ο</sup> Σενάριο

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	22.500	29.110	28.340	51.019
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.285	6.900	6.130	28.810

Οι χρόνοι που υπολογίστηκαν στο 2<sup>ο</sup> Σενάριο παρουσιάζουν αύξηση(αναμενόμενο) συγκριτικά με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο. Τα συγκριτικά αποτελέσματα αναφορικά με τις καθυστερήσεις στους χρόνους των επικίνδυνων φορτίων που παρατηρούνται σε κάθε ζεύγος προέλευσης – προορισμού παρουσιάζονται αναλυτικά στους .

Πίνακας 5.9: Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	7.542	6.880	6.892	9.663
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.005	-0.653	-0.636	2.134

Πίνακας 5.10: Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

A/K	515 ΛΙΘΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	33.52%	23.63%	24.32%	18.94%
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	1.89%	-9.46%	-10.37%	7.41%

- Κατά μέσο όρο, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η αύξηση στους χρόνους των επικίνδυνων φορτίων είναι της τάξης του 11.3%

**ΣΕΝΑΡΙΟ #3# : Εκτροπή της κυκλοφορίας για τα τμήματα που περιέχουν σήραγγες στις οποίες απαγορεύεται η διέλευση Ε.Φ. και σήραγγες οι οποίες χρήζουν ανάγκης λήψης μέτρων ασφαλείας – μελέτη του κάθε τμήματος ξεχωριστά**

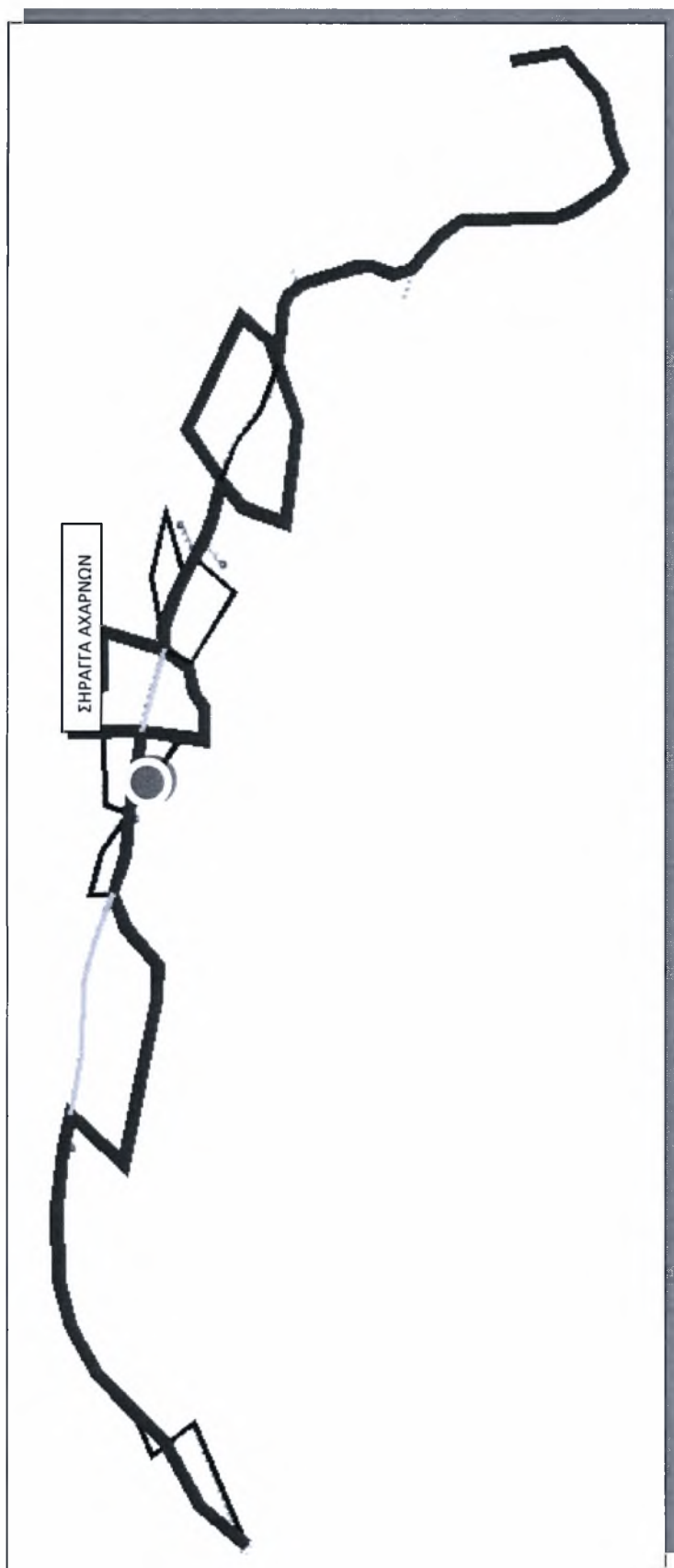
Στο πρώτο σενάριο εκτρέψαμε την κυκλοφορία των βυτιοφόρων υγρών καυσίμων με στόχο την αποφυγή διέλευσης των σηράγγων Μαύρης Ωρας, Ηρακλείου και Βρληρσίων, σηράγγων δηλαδή για των οποίων εκ των πραγμάτων απαγορεύεται η διέλευση επικίνδυνων φορτίων και υγρών καυσίμων σύμφωνα με τη νομοθεσία και τις καμπύλες F/N που εξετάστηκαν παραπάνω.

Στη δεύτερη αυτή φάση θα υποθέσουμε ότι στις τρεις σήραγγες που μελετήσαμε προηγουμένως συνεχίζει να ισχύει η απαγόρευση διέλευσης των βυτιοφόρων υγρών καυσίμων αλλά επιπλέον θα εκτρέψουμε την κυκλοφορία και από τις υπόλοιπες, οι οποίες όμως θα μελετηθούν ξεχωριστά. Οι σήραγγες λοιπόν που θα προστεθούν, η κάθε μία ξεχωριστά βέβαια στο μοντέλο μας είναι η σήραγγα Αχαρνών, Λιοσίων και Ζεφυρίου, οι οποίες όπως προείπαμε χρήζουν ανάγκης λήψης μέτρων αφού μπορεί να μην είναι στην απαγορευμένη ζώνη αλλά είναι στα όρια της περιοχής ALARP.

**3.1 Η σήραγγα Αχαρνών** βρίσκεται σε κατοικημένη περιοχή. Με την παρούσα νομοθεσία, δεν επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή, αλλά εξαιρείται η διέλευση βυτιοφόρων υγρών καυσίμων.

Επωνυμία:	ΑΧΑΡΝΩΝ (Ε)	ΑΧΑΡΝΩΝ (Α)
Αριθμός Λωρίδων:	3 (+πεζοδρόμιο δεξιά)	3 (+πεζοδρόμιο δεξιά)
Συνολικό Μήκος (μ):	85	155
Μορφή Διατομής:	Π √	Π √

Απαγορεύοντας λοιπόν τη διέλευση των βυτιοφόρων από τη σήραγγα των Αχαρνών η διαδρομή που αναγκαστικά πρέπει να ακολουθήσουν τα βυτιοφόρα έχει ως εξής :



Εικόνα 5.6: Απαγόρευση διέλευσης των σηραγγών Μαυρης Ωρας, Ηρακλείου, Βριλησίων και Αχαρνών  
Πηγή: emme2



Οι χρόνοι που υπολογίστηκαν στο 3<sup>ο</sup> Σενάριο, στην 1<sup>η</sup> υποπερίπτωση, παρουσιάζουν αύξηση(αναμενόμενο) συγκριτικά με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο. Τα συγκριτικά αποτελέσματα αναφορικά με τις καθυστερήσεις στους χρόνους που παρατηρούνται σε κάθε ζεύγος προέλευσης – προορισμού παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.11: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού για τα επικίνδυνα φορτία από την εφαρμογή του 3<sup>ου</sup> Σεναρίου (1<sup>ης</sup> υποπερίπτωσης)

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	22.493	32.305	31.531	54.207
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.285	10.097	9.323	31.999

Πίνακας 5.12: Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	7.535	10.075	10.083	12.851
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.005	2.544	2.557	5.323

Πίνακας 5.13: Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

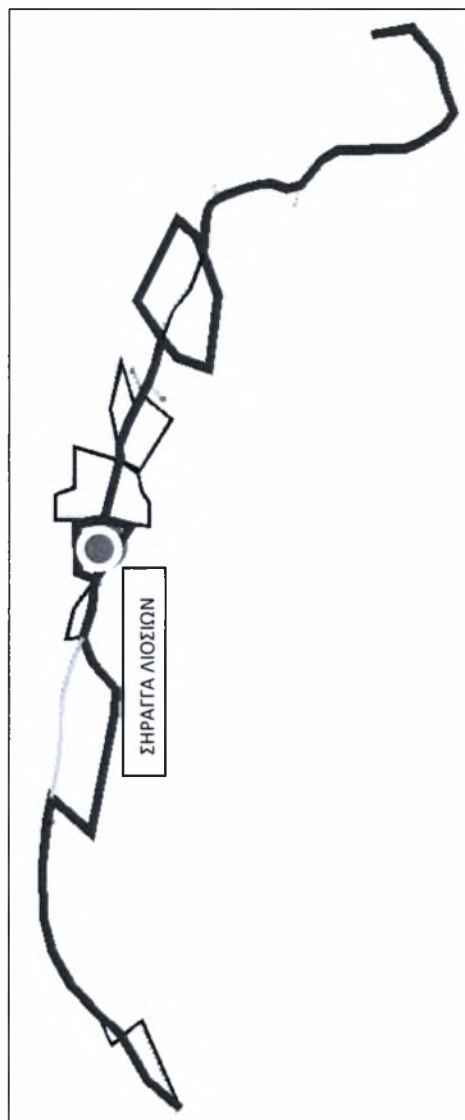
A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	33.50%	31.19%	31.98%	23.71%
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	1.89%	25.20%	27.43%	16.63%

- Κατά μέσο όρο, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η αύξηση στους χρόνους των επικίνδυνων φορτίων είναι της τάξης του 19%

Στη συνέχεια ανοίγουμε την Αχαρνών και απαγορεύουμε τη διέλευση από τη σήραγγα Λιοσίων. Η απόσταση που πρέπει να διανύσουν τα βυτιοφόρα γίνεται μικρότερη απ'ότι προηγουμένως και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η περιοχή που διανύει η εναλλακτική διαδρομή είναι ημιαστική και όχι κατοικημένη, πρέπει να περιμένουμε χρόνους μικρότερους από το προηγούμενο βήμα.

**3.2 Η σήραγγα Λιοσίων** βρίσκεται σε ημιαστική περιοχή. Με την παρουσία νομοθεσία, δεν επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή, αλλά εξαιρείται η διέλευση βυτιοφόρων υγρών καυσίμων.

Επωνυμία:	ΛΙΟΣΙΩΝ (Ε)	ΛΙΟΣΙΩΝ (Α)
Αριθμός Λωρίδων:	---	3 (+πεζοδρόμιο δεξιά)
Συνολικό Μήκος (μ):	---	255
Μορφή Διατομής:	---	Π √



Εικόνα 5.7: Απαγόρευση διέλευσης των σπράγγων Μαύρης Ωρας, Ηρακλείου, Βριλησίων και Λιοσίων  
Πηγή: emme2

Οι χρόνοι που υπολογίστηκαν στο 3<sup>ο</sup> Σενάριο, στην 2<sup>η</sup> υποπερίπτωση, παρουσιάζουν αύξηση(αναμενόμενο) συγκριτικά με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο. Τα συγκριτικά αποτελέσματα αναφορικά με τις καθυστερήσεις στους χρόνους των επικίνδυνων φορτίων που παρατηρούνται σε κάθε ζεύγος προέλευσης – προορισμού παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.14: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού για τα επικίνδυνα φορτία από την εφαρμογή του 3<sup>ου</sup> Σεναρίου (2<sup>η</sup> υποπερίπτωσης)

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	22.493	31.005	30.231	52.907
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.285	8.797	8.023	30.699

Πίνακας 5.15: Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	7.535	8.775	8.783	11.551
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.005	1.244	1.257	4.023

Πίνακας 5.16: Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

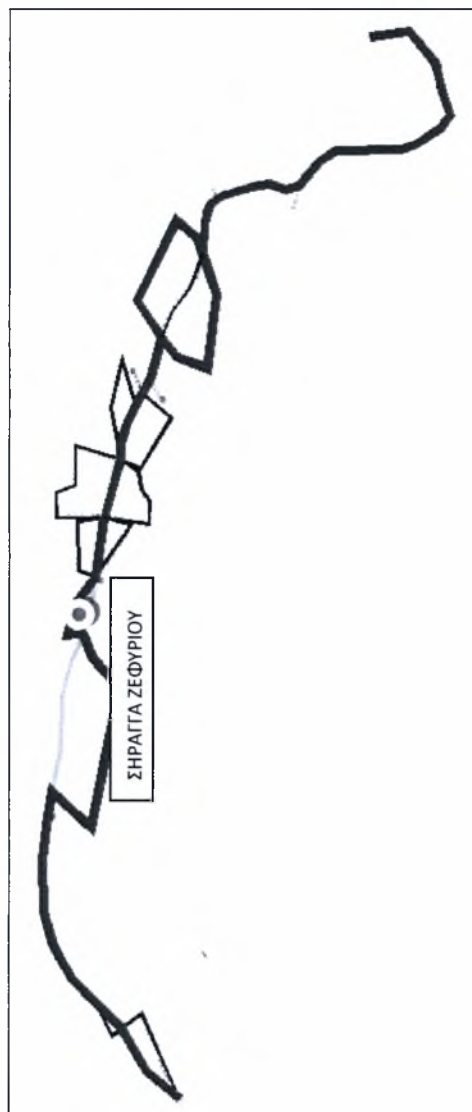
A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	33.50%	28.30%	29.05%	21.83%
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	1.89%	14.14%	15.67%	13.10%

- Κατά μέσο όρο, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η αύξηση στους χρόνους των επικίνδυνων φορτίων είναι της τάξης του 16.63%

Η τρίτη σήραγγα που θα εξεταστεί είναι αυτή του Ζεφυρίου. Η εναλλακτική διαδρομή που έχει επιλεγεί για μελέτη είναι η μικρότερη σε απόσταση από όλες τις προηγούμενες.

**3.3 Η σήραγγα Ζεφυρίου** βρίσκεται σε κατοικημένη περιοχή χαμηλής δόμησης. Με την παρούσα νομοθεσία, δεν επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από την σήραγγα αυτή, αλλά εξαιρείται η διέλευση βυτιοφόρων υγρών καυσίμων.

Επωνυμία:	ΖΕΦΥΡΙΟΥ (Ε)	ΖΕΦΥΡΙΟΥ (Α)
Αριθμός Λωρίδων:	3 (+πεζοδρόμιο δεξιά)	4 (+πεζοδρόμιο δεξιά)
Συνολικό Μήκος (μ):	440	440
Μορφή Διατομής:	Π √	Π √



Εικόνα 5.8: Απαγόρευση διέλευσης των σπράγγων Μαύρης Ώρας, Ηρακλείου, Βριλησίων και Ζεφυρίου  
Πηγή: emme2

Οι χρόνοι που υπολογίστηκαν στο 3<sup>ο</sup> Σενάριο, στην 2<sup>η</sup> υποπερίπτωση, παρουσιάζουν αύξηση(αναμενόμενο) συγκριτικά με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο. Τα συγκριτικά αποτελέσματα αναφορικά με τις καθυστερήσεις στους χρόνους που παρατηρούνται σε κάθε ζεύγος προέλευσης – προορισμού παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.17: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού για τα επικίνδυνα φορτία από την εφαρμογή του 3<sup>ου</sup> Σεναρίου (3<sup>ης</sup> υποπερίπτωσης)

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	23.964	30.588	29.814	52.490
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.285	6.909	6.135	28.811

Πίνακας 5.18: Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	9.006	8.358	8.366	11.134
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.005	-0.644	-0.631	2.135

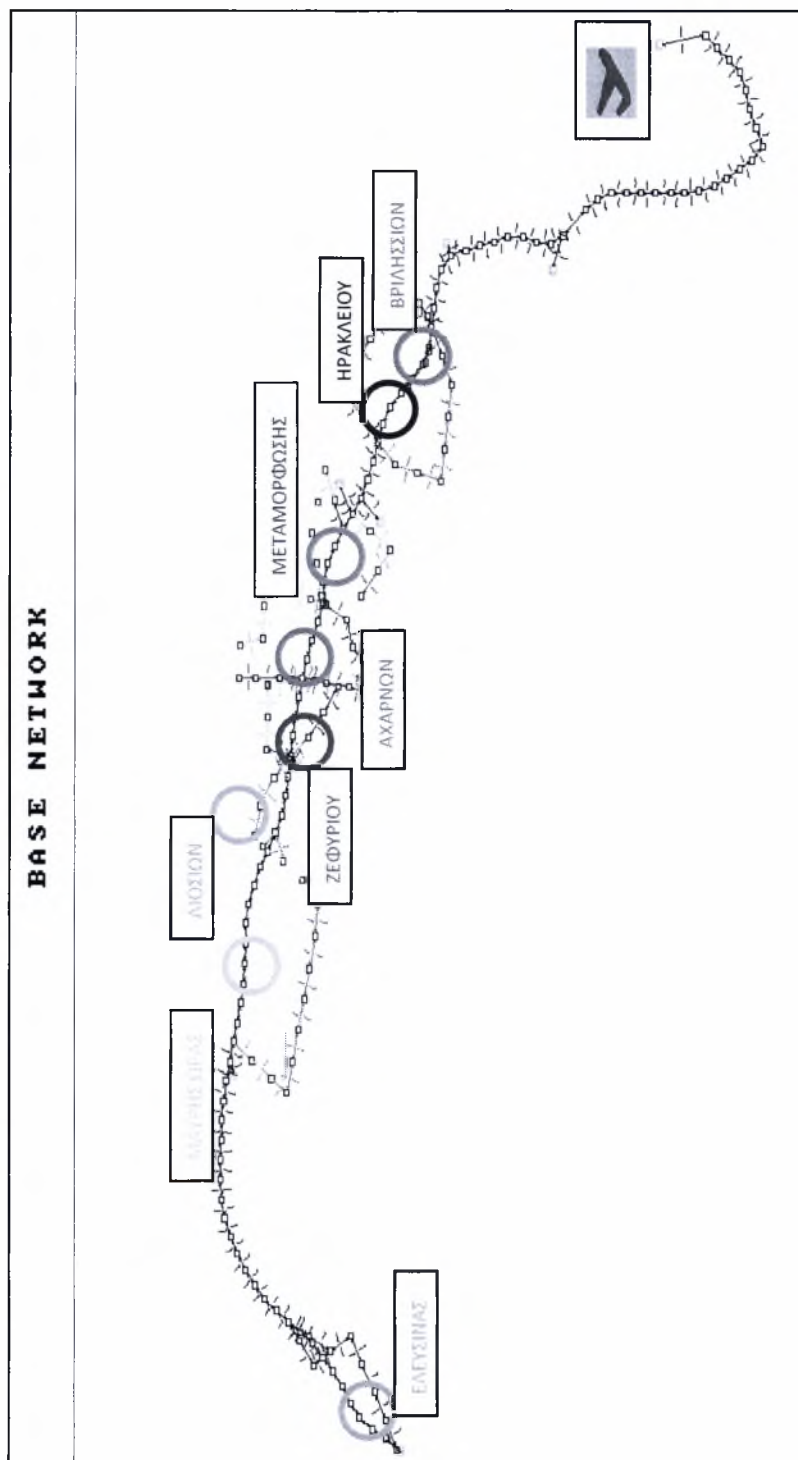
Πίνακας 5.19: Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	37.58%	27.32%	28.06%	21.21%
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	1.89%	-9.32%	-10.28%	7.41%

- Κατά μέσο όρο, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η αύξηση στους χρόνους των επικίνδυνων φορτίων είναι της τάξης του 12.92%



## ΣΕΝΑΡΙΟ #4# : Εκτροπή της κυκλοφορίας για όλες τις υπό μελέτη σήραγγες – ενιαία απαγόρευση εισόδου των Ε.Φ. σε όλες τις σήραγγες



Εικόνα 5.9: Απαγόρευση διέλευσης όλων των σπράγγων της Αττικής Οδού  
Πηγή: emme2

Το τελευταίο σενάριο που θα εξεταστεί αφορά στην καθολική απαγόρευση διέλευσης των βυτιοφόρων από όλες τις υπό μελέτη σήραγγες της Αττικής Οδού. Όπως φαίνεται στην πιο πάνω εικόνα(περιβάλλον επμε2), τα βυτιοφόρα για όλες τις σήραγγες υποχρεούνται να ακολουθήσουν την εναλλακτική διαδρομή.

Στις παραπάνω σήραγγες, προστέθηκαν κι αυτές της Ελευσίνας και της Μεταμόρφωσης, για τις οποίες η νομοθεσία επιτρέπει τη διέλευση επικίνδυνων φορτίων, υπέρχει όμως η ανάγκη λήψης κάποιων μέτρων.

Επωνυμία:	ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ (Ε)	ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ (Α)
Αριθμός Λωρίδων:	2 (+πεζοδρόμιο κατέρωθεν)	2 (+πεζοδρόμιο εκατέρωθεν)
Συνολικό Μήκος (μ):	190	176
Μορφή Διατομής:	Π √	Π √

Επωνυμία:	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (Ε)	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (Α)
Αριθμός Λωρίδων:	4 (+πεζοδρόμιο δεξιά)	5 (+πεζοδρόμιο δεξιά)
Συνολικό Μήκος (μ):	207	207
Μορφή Διατομής:	Π √	Π √

Οι χρόνοι που υπολογίστηκαν στο 3<sup>ο</sup> Σενάριο, στην 2<sup>η</sup> υποπερίπτωση, παρουσιάζουν αύξηση(αναμενόμενο) συγκριτικά με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο. Τα συγκριτικά αποτελέσματα αναφορικά με τις καθυστερήσεις στους χρόνους που παρατηρούνται σε κάθε ζεύγος προέλευσης – προορισμού παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.20: Χρόνοι μεταξύ των ζωνών προέλευσης-προορισμού για τα επικίνδυνα φορτία από την εφαρμογή του 4<sup>ου</sup> Σεναρίου

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	26.063	38.879	37.869	65.591
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.401	13.126	12.124	39.880

Πίνακας 5.21: Καθυστερήσεις σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

A/K	515 ΛΙΟΣΙΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	11.105	16.649	16.421	24.235
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	0.121	5.573	5.359	13.204

Πίνακας 5.22: Καθυστερήσεις σε ποσοστά σε σύγκριση με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο

A/K	515 ΛΙΟΣΙΔΩΝ	531 ΑΧΑΡΝΩΝ	533 ΖΕΦΥΡΙΟΥ	550 ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ
501 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	42.61%	42.82%	43.36%	36.95%
602 ΑΙΓΑΛΕΩ	30.24%	42.46%	44.20%	33.11%

- Κατά μέσο όρο, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η αύξηση στους χρόνους των επικίνδυνων φορτίων είναι της τάξης του 31.95% Γενικότερα, από την εφαρμογή απαγορεύσεων διέλευσης των επικίνδυνων φορτίων από κάποιες μεμονωμένες σήραγγες της Αττικής Οδού καθώς επίσης και από το σύνολο των σηράγγων αυτής, παρατηρείται μια αύξηση στους χρόνους των διαδρομών των επικίνδυνων φορτίων, γεγονός αναμενόμενο αφού οι διαδρομές που αναγκάζονται να διανύσουν είναι μεγαλύτερες σε μήκος και χαμηλότερων γεωμετρικών χαρακτηριστικών από τον αυτοκινητόδρομο της Αττικής Οδού.

Οι χρόνοι των αυτοκινήτων δεν επηρεάζονται καθόλου γιατί δε γίνεται καμία επέμβαση στη διαδρομή που ακολουθούν καθώς επίσης και το ποσοστό των επικίνδυνων φορτίων σε σχέση με το σύνολο του κυκλοφοριακού φόρτου είναι αμελητέο οπότε δεν επιδρά ούτε θετικά ούτε αρνητικά στις κυκλοφοριακές συνθήκες του οδικού δικτύου που μελετούμε με αποτέλεσμα να μην έχουμε μεταβολές στους χρόνους των αυτοκινήτων.

## 6 Κόστος – Όφελος– Ασφάλεια

### 6.1 Εισαγωγή

Τα τροχαία ατυχήματα είναι ένα σημαντικό θέμα στις πολιτικές μεταφορών σε όλο τον κόσμο. Παραδείγματος χάριν, στην Ευρώπη περίπου 40.000 μοιραία περιστατικά εμφανίζονται στα τροχαία ατυχήματα κάθε έτος. Επιπλέον, ο αριθμός των μη-θανατηφόρων ατυχημάτων ανέρχεται σε πολλαπλάσιο αυτού του αριθμού. Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων λίγων δεκαετιών, η μακροπρόθεσμη τάση στα τροχαία ατυχήματα έχει παρουσιάσει μειωμένο αριθμό θυμάτων, ακόμα κι αν οι όγκοι μεταφορών έχουν αισθητά αυξανόμενους ρυθμούς. Ίσως η εφαρμογή μιας ευρείας σειράς μέτρων ασφαλείας εντός του οχήματος, υποδομή καθώς επίσης και η βελτίωση στην οδική συμπεριφορά εξηγεί αυτή τη σχετική αύξηση στην οδική ασφάλεια. Προφανώς, δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι αυτές οι βελτιώσεις στα ποσοστά ατυχήματος θα συνεχίσουν να εμφανίζονται, επειδή μεταξύ άλλων η εισαγωγή και η υιοθέτηση κάποιων πρόσθετων μέτρων ασφαλείας, επιβάλλουν ένα αυξανόμενο φορτίο και στους οικογενειακούς και στους κυβερνητικούς προϋπολογισμούς. Ως εκ τούτου, μια προσέγγιση κόστους-κέρδους μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση της οικονομικής αποδοτικότητας των πρόσθετων δαπανών στην οδική ασφάλεια βελτιώνοντας και αυξάνοντας τα πολιτικά μέτρα.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν μελετηθεί πολλά μέτρα για να βελτιωθεί η οδική ασφάλεια. Προκειμένου οι αρμόδιοι να είναι σε θέση να επιλέξουν ποια θα εφαρμοστούν και ποια όχι, θα πρέπει να αξιολογηθούν σαφώς. Εκτός από το να λάβουν υπόψη τα αποτελέσματα οδικής ασφάλειας, πρέπει επίσης να εξεταστούν οι κυκλοφοριακές συνθήκες και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Δεδομένου ότι οι κυβερνητικοί προϋπολογισμοί μειώνονται γενικά, πρέπει συχνά να γίνει μια επιλογή μεταξύ των διάφορων επενδύσεων. Λόγω της αυξανόμενης διοικητικής αποκέντρωσης, αυτές οι επιλογές πρέπει να γίνουν συχνότερα στο περιφερειακό επίπεδο. Αυτό οδηγεί στην αυξανόμενη ανεξαρτησία επένδυσης. Υπάρχει, επομένως, μια ανάγκη για ένα σαφές πλαίσιο για ολοκληρωτικά ποικίλα μέτρα. Επομένως η προσέγγιση δε θα πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι μόνο μια προσέγγιση κόστους-κέρδους αλλά μια «κοινωνική» κόστους-κέρδους προσέγγιση.

### 6.2 Κόστος

Υπάρχουν δύο έννοιες που αντιπροσωπεύουν το κόστος και που πρέπει να συζητηθούν και οι δύο. Είναι δύο αντικρουόμενες έννοιες αλλά αν μελετηθούν και αξιολογηθούν σωστά και καταλάβουμε σωστά τη σημασία και των δύο μπορούν να συμπλεύσουν και το αποτέλεσμα μόνο έτσι θα μπορεί να είναι αυτό που θα μειώσει στο ελάχιστο τις συνέπειες και θα προσδώσει τα μέγιστα οφέλη.

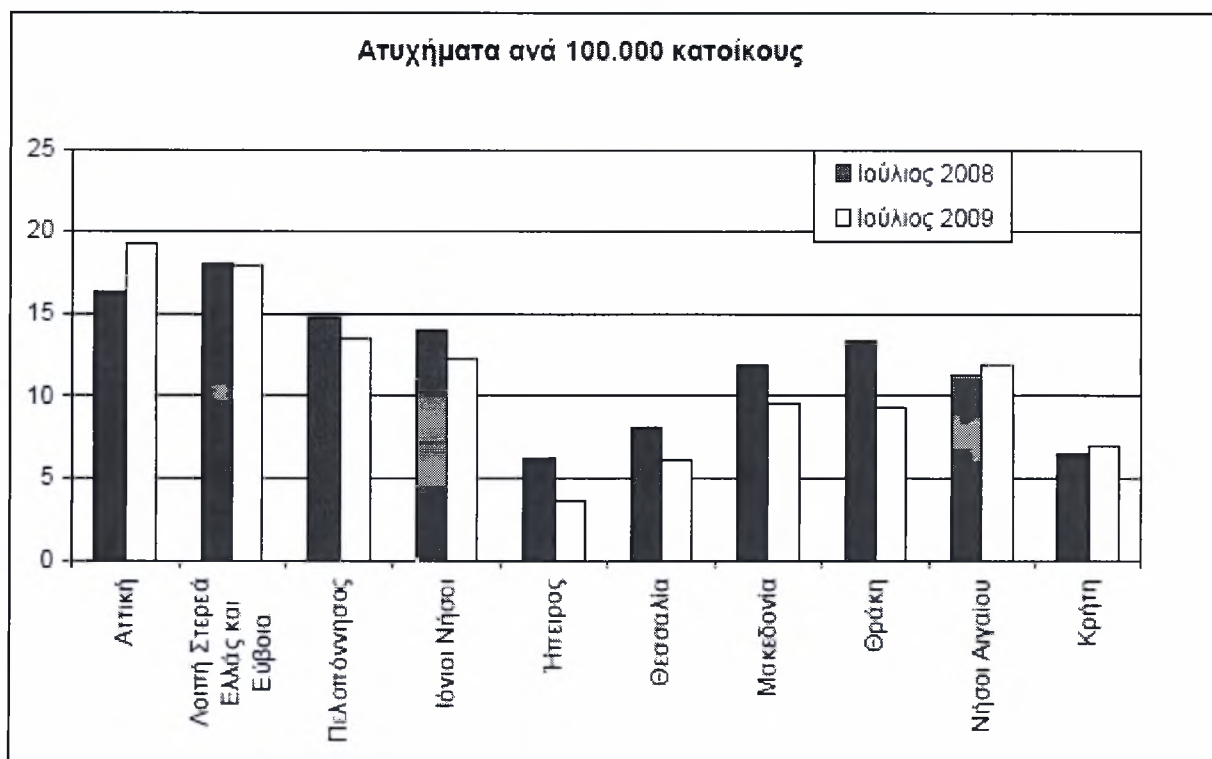
#### 6.2.1 Κόστος Ατυχήματος-Συνέπεια

Κατά το μήνα Ιούλιο του έτους 2009, τα Οδικά Τροχαία Ατυχήματα, που συνέβησαν σε ολόκληρη τη Χώρα και προκάλεσαν το θάνατο ή τον τραυματισμό

ατόμων, αυξήθηκαν κατά 0,7% σε σύγκριση με τον αντίστοιχο μήνα του 2008, ανήλθαν δε σε 1.533 έναντι 1.522 τον Ιούλιο του 2008.

Στα ατυχήματα αυτά είχαμε 154 νεκρούς (ποσοστό μείωσης 3,1%), 179 βαριά τραυματίες (ποσοστό μείωσης 10,9%) και 1.740 ελαφρά τραυματίες (ποσοστό μείωσης 0,3%) έναντι 159 νεκρών, 201 βαριά τραυματιών και 1.745 ελαφρά τραυματιών, τον Ιούλιο του 2008.

Τα αντίστοιχα μεγέθη κατά την περίοδο Ιανουαρίου-Ιουλίου των ετών 2007, 2008 και 2009 παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.



Διάγραμμα 6.1: ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους  
 Πηγή: ΕΣΥΕ

Πίνακας 6.1: Ατυχήματα – Νεκροί – Τραυματίες  
 Πηγή: ΕΣΥΕ

Χρονική Περίοδος	Ατυχήματα	Νεκροί	Τραυματίες		
			Σύνολο	Βαριά	Ελαφρά
Ιανουάριος-Ιούλιος 2009	8.870	838	10.978	993	9.985
Ιανουάριος-Ιούλιος 2008	8.592	863	10.669	1.049	9.620
Ιανουάριος-Ιούλιος 2007	8.876	890	11.054	1.044	10.010
<b>Ποσοστό μεταβολής %</b>					
2009/2008	3,2	-2,9	2,9	-5,3	3,8
2008/2007	-3,2	-3,0	-3,5	0,5	-3,9

Με μια γρήγορη ματιά στα παραπάνω στατιστικά στοιχεία, τα οποία μπορεί να φαίνονται κάπως ενθαρρυντικά ως προς το γεγονός ότι τα ποσοστά των μοιραίων περιπτώσεων σε ατυχήματα μειώνονται, δεν παύει όμως να χάνει τη σημασία του το προφανές-η απώλεια πολλών ανθρώπινων ζωών που φτάνουν για το μήνα Ιούλιο του 2009 τους 154!!!

Όμως και ένα απλό ατύχημα με απλές ζημιές όταν εμπλέκονται οχήματα που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία έχει υψηλό κόστος π.χ. **Ατύχημα στη Ραψάνη στις 8/3/2005**: σύγκρουση βυτιοφόρου με επιβατηγό με μόνο υλικές ζημιές Η αποτίμηση ζημιάς 90.000 €, τα 45.000 € από άμεσα κόστη από ζημιές οχημάτων, δαπάνες περισυλλογής καυσίμων και αποκατάστασης κυκλοφορίας και 45.000 € έμμεσα λόγω καθυστερήσεων και συμφόρησης στο εθνικό δίκτυο εξαιτίας μέτρων προστασίας κοινού και περιβάλλοντος. Συγκριτικά μπορούμε να πούμε ότι αν στο ατύχημα αυτό δεν είχε εμπλακεί βυτιοφόρο αλλά φορτηγό τότε το κόστος θα ήταν το πολύ το ένα τρίτο.

Η μεταφορά του επικίνδυνου υλικού για την κατασκευή και τη διανομή των προϊόντων είναι μια πολύ κοινή βιομηχανική δραστηριότητα. Εντούτοις, η μεταφορά τους είναι ιδιαίτερα πιθανή για να προκαλέσει τον κίνδυνο για τους ανθρώπους που θα είναι παρόντες σε και κατά μήκος της διαδρομής και για το περιβάλλον.

Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να κάνουμε κατανοητή την έκταση της επικινδυνότητας ενός τέτοιου είδους ατυχήματος για τους ανθρώπους και για το περιβάλλον.

- Για τις διαρροές, λάβαμε τρεις περιοχές αντίκτυπου με τα διαφορετικά επίπεδα τοξικότητας με τη βοήθεια των προτύπων διασποράς (USEPA, 2007).
- Για την έκρηξη και την πυρκαγιά, λάβαμε τρεις ομόκεντρους κύκλους του κινδύνου με τη διαφορετική θερμική ακτινοβολία (kw/sqm). Τα αποτελέσματα της θερμικής ακτινοβολίας στους ανθρώπους εξαρτώνται από το χρόνο έκθεσης σε ένα συγκεκριμένο θερμικό επίπεδο ακτινοβολίας, ενώ η μακροχρόνια έκθεση, ακόμη και σε χαμηλότερο θερμικό επίπεδο ακτινοβολίας, μπορεί να παράγει σοβαρότατα αποτελέσματα.
- Για το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου, τρεις ομόκεντροι κύκλοι του κινδύνου παρήχθησαν επειδή η χημική ουσία δραπετεύει από τη δεξαμενή και προκαλεί εγκαύματα όπως μια αεριοθυμένη πυρκαγιά.

Πίνακας 6.2: ακτίνες κύκλων κινδύνου και τομείς αντίκτυπου

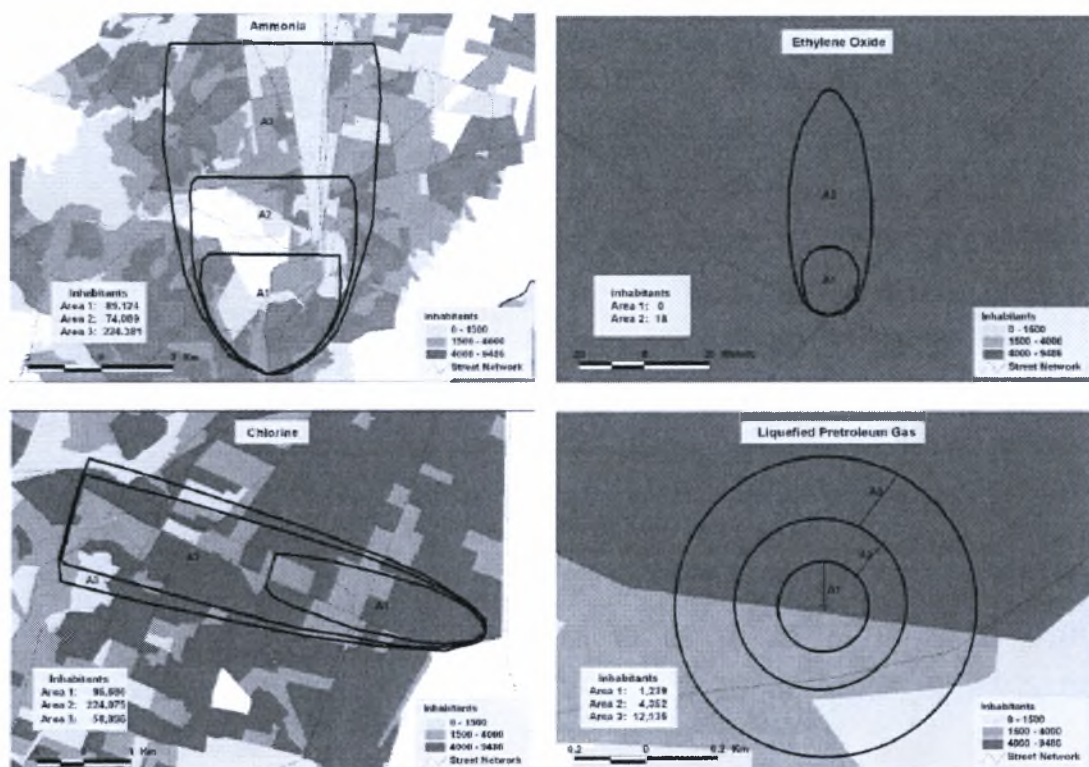
Hazmat	Volume (liters)	Threat Zone	Distance from the source (km)	Estimated concentration (ppm)	Area of the threat zone (km <sup>2</sup> )	Exposed inhabitants	Exposed travelers in 15 minutes	Exposed population	People to be evacuated
Ammonia (IDLH 300ppm)	45.000	Red	3.5	750	12.74	89.124	52.250	141.374	570.049
		Orange	5.9	150	13.19	74.009	44.962	118.971	
		Yellow	>10	25	31.51	224.381	85.323	309.704	
Chlorine (IDLH 10ppm)	45.000	Red	5.2	20	5.97	96.686	17.083	113.769	449.274
		Orange	> 10	2	12.59	224.075	43.830	267.905	
		Yellow	> 10	0.5	4.33	58.896	8.704	67.600	
Ethylene oxide (IDLH 800ppm)	35.000	Red	0.011	500	2.9 x10 <sup>-4</sup>	0	0	0	663
		Orange	0.06	50	1.1x10 <sup>-3</sup>	18	645	663	

Πηγή:{33}

Πίνακας 6.3: ακτίνες κύκλων κινδύνου και τομείς αντίκτυπου

Hazmat	Volume	Zone	Radius (meters)	Level of dangerous (kw/sqm)	Area of the threat zone (km <sup>2</sup> )	Exposed inhabitants	Exposed travelers in 15 minutes	Exposed population	People to be evacuated
Liquefied petroleum gas	35.000 L	Internal	141	10	0.06	1,239	520	1,759	39.767
		Middle	252	5	0.22	4,352	14,589	18,941	
		External	432	2	0.70	12,135	6,932	19,067	
Kerosene	45.000 L	Internal	300	N/A	0.28	3,430	6,526	9,956	22.337
		External	800	N/A	2.01	13,445	8,892	22,337	
Trichloro-s-triazinetrone, dry	16 tons	Internal	100	N/A	0.03	215	3,308	3,523	56.974
		External	800	N/A	2.01	17,477	39,497	56,974	

Πηγή: {33}



Εικόνα 6.1: περιοχές αντίκτυπου για τα υποτιθέμενα ατυχήματα

Πηγή: {33}

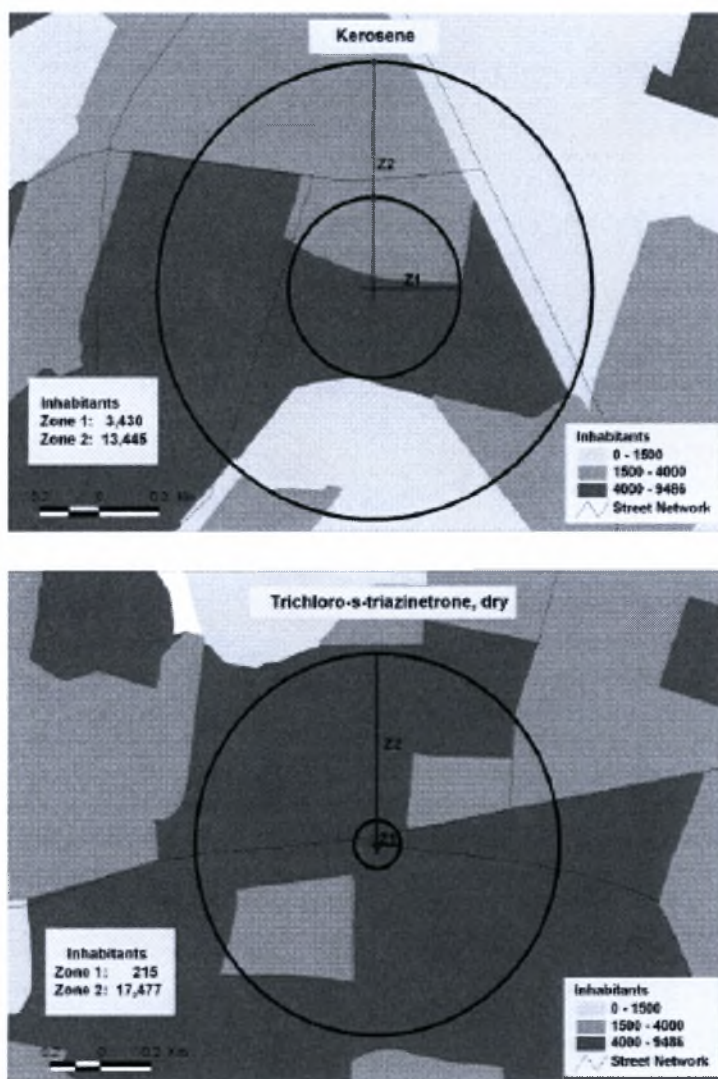
Ο τομέας αντίκτυπου ενός ατυχήματος κηροζίνης λήφθηκε με τη χρησιμοποίηση δύο ανεξάρτητων κύκλων του κινδύνου, για μια μεγάλη διαρροή και μια πυρκαγιά (ατμός) αντίστοιχα.

Οι εικόνες 6.1 και 6.2 παρουσιάζουν περιοχές αντίκτυπου για τα υποτιθέμενα ατυχήματα.

Ο πίνακας 6.2 παρουσιάζει την απόσταση από την πηγή, την κατ' εκτίμηση συγκέντρωση της τοξικότητας, και τον τομέα κάθε ζώνης απειλής (περιοχή αντίκτυπου), για τα ατυχήματα οξειδίων αμμωνίας, χλωρίου και αιθυλενίου. Ενώ οι ζώνες είναι της τάξης των μερικών χιλιομέτρων για την αμμωνία και το χλώριο, οι ζώνες για το οξείδιο αιθυλενίου είναι της τάξης των μέτρων.



Ο πίνακας 6.3 παρουσιάζει την ακτίνα των κύκλων του κινδύνου και του τομέα κάθε ζώνης απειλής για το υγροποιημένο αέριο, την κηροζίνη και το πετρέλαιο. Οι πιθανές επιπτώσεις στην υγεία σε κάθε ζώνη απειλής για κάθε επικίνδυνο φορτίο παρουσιάζονται στον πίνακα 4.



Εικόνα 6.2: περιοχές αντίκτυπου για τα υποτιθέμενα ατυχήματα  
Πηγή: {33}

Από την άλλη σημαντικό είναι και το κόστος από τις υλικές ζημιές που μπορεί να προκληθούν από ένα ατύχημα κατά τη μεταφορά Ε.Φ.

Ενδεικτικά μπορούμε να κατατάξουμε τις υλικές ζημιές και το κόστος που επιφέρουν σε τέσσερις κατηγορίες {34}:

1. Ιατρικές Δαπάνες. Αυτές προκύπτουν από την ανάγκη των θυμάτων για φροντίδα, π.χ. δαπάνες νοσοκομείου, αποκατάστασης, φαρμάκων και προσαρμογής των ατόμων με ειδικές ανάγκες.
2. Απώλεια παραγωγής. Αυτές οι δαπάνες προκύπτουν από την προσωρινή ή μόνιμη ανικανότητα των τραυματισμένων να προσφέρουν, και την πλήρη απώλεια από την παραγωγή των μοιραίων περιστατικών.

3. Ζημία ιδιοκτησιών. Αυτές οι δαπάνες προκύπτουν από ζημιές στα αγαθά όπως τα οχήματα, τα εμπορεύματα, το οδικό δίκτυο και σταθερά αντικείμενα στα πλαϊνά του δρόμου.

4. Δαπάνες τακτοποίησης. Αυτές οι δαπάνες προκύπτουν από την τακτοποίηση των συντριβών και των προκυπτουσών δαπανών που υφίστανται από οργανισμούς όπως η πυροσβεστική, η αστυνομία, τα δικαστήρια και οι ασφαλιστικές.

Ένας μέσος όρος του κόστους που προκύπτει από μία σύγκρουση μόνο με σοβαρούς ή λιγότερο σοβαρούς τραυματισμούς αναλύεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.4: Μέσος όρος κόστους σε ένα ατύχημα χωρίς νεκρούς

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	ΖΗΜΙΕΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΩΝ	ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΣΤΥΝΟΜΙΑΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑ ΑΤΥΧΗΜΑ
6.632	34.914	3.524	3.445	130	91	48.736

Πηγή: {34}

Γενικότερα το 10%-40% καθυστέρησης όλης της κυκλοφορίας και της συμμόρφωσης, σχετίζονται με κάποιο ατύχημα.

Γίνεται λοιπόν σαφές ότι το κόστος που προκύπτει από ένα ατύχημα κατά τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων είναι πολύ μεγάλο και για τον άνθρωπο και για το περιβάλλον. Συν τοις άλλοις, αν συμβεί εντός κάποιας σήραγγας πολλαπλασιάζει την επικινδυνότητα και έμμεσα την πιθανότητα εμφάνισης μοιραίων περιστατικών.

### 6.2.2 Κόστος εκτροπής της κυκλοφορίας των Ε.Φ.-Πρόληψη

Ειδικότερα αν σε έναν αυτοκινητόδρομο όπως η Αττική Οδός εκτρέψουμε την κυκλοφορία των βαρέων και επικίνδυνων οχημάτων, άμεσα τους αναγκάζουμε να διανύσουν μια απόσταση μεγαλύτερη σε δίκτυο χαμηλότερων γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών, με αποτέλεσμα να έχουμε καθυστέρηση στο χρόνο.

Ο ιδανικός χρόνος ταξιδιού έναντι του οποίου μετριέται η καθυστέρηση πρέπει να ορίζεται από τους φορείς ενός αυτοκινητοδρόμου. Είναι δυνατοί διάφοροι ορισμοί του ιδανικού χρόνου ταξιδιού, όπως:

- Μια άποψη θα ήταν να ληφθεί ο «χωρίς κανένα άλλο αυτοκίνητο στο δρόμο» χρόνος ταξιδιού ως ο ιδανικός χρόνος ταξιδιού. Αυτή η μέθοδος θα υπέθετε ότι όλα τα σήματα είναι πράσινα, έτσι ώστε όλο το ταξίδι θα είναι στο PSL (peak speed level). Αυτό καλείται συχνά FFS ή μηδενικής ροής χρόνος ταξιδιού.
- Ο FFS εντούτοις δεν είναι εύκολα μετρήσιμος στην πράξη. Εκτιμάται βάσει του μήκους και της ταχύτητας ελεύθερης ροής που μπορεί να θεωρηθεί ίση με την ταχύτητα μελέτης. {29}

Η καθυστέρηση είναι η διαφορά μεταξύ του πραγματικού και του ιδανικού χρόνου ταξιδιού.

$$d = T_a - T_o$$

όπου,

$d$  = καθυστέρηση (hr:min:sec);

$T_o$  = πραγματικός χρόνος ταξιδιού (hr:min:sec); and

$T_a$  = ιδανικός χρόνος ταξιδιού (hr:min:sec).

### 6.3 Ανάλυση του κόστους για την Αττική Οδό

Ο χρόνος είναι πολύτιμος στους ανθρώπους επειδή μπορούν να αφιερώσουν αυτόν για να κερδίσουν εισόδημα ή να χρησιμοποιήσουν αυτόν για δραστηριότητες αναψυχής. Για να ταξιδέψει κάποιος θυσιάζει χρόνο που θα ήταν προτιμότερο να ξοδευτεί υπό άλλες μορφές. Επιπλέον ο χρόνος διαδρομής μπορεί να έχει ένα επιπρόσθετο κόστος, επειδή υπό συνθήκες μπορεί να σπαταλιέται με τρόπο που οι ταξιδιώτες να βρίσκουν ανεπιθύμητο, όπως να περπατούν, να περιμένουν, να επιβαίνουν σε ένα συνωστισμένο όχημα ή να ταξιδεύουν μέσα στην κίνηση.

**Κόστος χρόνου διαδρομής** αναφέρεται στην αξία του χρόνου που ξοδεύουμε στις μεταφορές, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου που αφιερώνουμε στο να περιμένουμε, να έχουμε πρόσβαση στα οχήματα, να παρκάρουμε κλπ. Περιλαμβάνει κόστη των καταναλωτών για προσωπικό χρόνο που δαπανάται στο ταξίδι (και δεν πληρώνεται) και κόστη στις επιχειρήσεις για το χρόνο των υπαλλήλων, οχημάτων και αγαθών. **Εξοικονομήσεις χρόνου διαδρομής** είναι τα οφέλη που απορρέουν από τη μείωση του χρόνου διαδρομής.

Δεν υπάρχει αγορά με τη συνηθισμένη έννοια για να αγοράσει ή να πουλήσει κάποιος χρόνο, συνεπώς για να προσδιοριστεί η αξία του χρόνου πρέπει να γίνει με έμμεσο τρόπο. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1960, οι οικονομολόγοι έχουν επινοήσει διάφορες έμμεσες μεθόδους για να υπολογίσουν την αξία του χρόνου. Εντούτοις οι μέθοδοι αυτοί, ως στο σημείο που έχουν εξελιχθεί σήμερα, έχουν κάποιους σοβαρούς περιορισμούς. Το συνηθισμένο πρόβλημα είναι η αδυναμία να απομονώσουν τις εξοικονομήσεις χρόνου από άλλους παράγοντες που οι ταξιδιώτες λαμβάνουν υπόψη.

Σύμφωνα με μελέτη που διενεργήθηκε σχετικά με τον υπολογισμό της μέσης αξίας του χρόνου για οδικές μεταφορές {28}, η μέση αξία του χρόνου για οδικές μεταφορές υπολογίστηκε περίπου στο 1.50 € για κάθε μετρικό τόνο για κάθε ώρα.

Για την αξία του χρόνου και την εξαγωγή αποτελεσμάτων κόστους χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση:

- $f = 1.5(\text{€}) \times \text{χρόνος}(\text{ώρες}) \times \text{βάρος φορτίου}(\text{MT})$

όπου,

**MT = Μετρικός Τόνος**

Το μέγιστο μεικτό βάρος των βυτιοφόρων για την Ελλάδα και για τη μεταφορά βενζίνης είναι ίσο με 35 Μετρικούς Τόνους και με αυτήν την τιμή θα γίνουν οι υπολογισμοί.

Οι υπολογισμοί και οι συγκρίσεις έγιναν σε ετήσια βάση, με τα αποτελέσματα χρόνων μετρημένα να έχουν υπολογιστεί σε ώρες και το κόστος σε ευρώ. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά σε πίνακες όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και δίνεται έμφαση στην ετήσια χρονική καθυστέρηση που προκύπτει από την επιλογή του ενός ή του άλλου σεναρίου καθώς επίσης και στο πλεονάζον κόστος για το μεταφορέα σε ετήσια βάση σε συνέπεια της εφαρμογής των παραπάνω σεναρίων και σε σύγκριση πάντα με το αρχικό σενάριο όπου η διέλευση των Ε.Φ. επιτρέπεται από όλες τις σήραγγες της Αττικής Οδού.

- **Σύγκριση 2<sup>ου</sup> με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο**

Πίνακας 6.5: Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου

ptID	515	531	533	550	sum
501	226.26	206.40	344.62	96.63	873.91
602	1.46	-176.26	-286.02	192.06	-268.76
sum	227.72	30.14	58.60	288.69	605.16

Πίνακας 6.6: Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφορέα Από Την Εφαρμογή Του 2ου Σεναρίου

ptID	515	531	533	550	sum
501	11,878.65€	10,836.00€	18,092.55€	5,073.29€	45,880.49€
602	76.54€	- 9,253.44€	-15,016.05 €	10,083.15€	-14,109.80 €
sum	11,955.20€	1,582.56€	3,076.50€	15,156.44€	31,770.69€

- Σύγκριση 3<sup>ου</sup> Σεναρίου / 1<sup>ης</sup> υποπερίπτωσης με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο**

Πίνακας 6.7: Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου της 1ης υποπερίπτωσης (σήραγγα Αχαρνών)

ptID	515	531	533	550	sum
501	169.5375	226.6875	378.1275	96.3855	870.738
602	1.0935	515.2005	863.1225	359.3025	1738.719
sum	170.631	741.888	1241.25	455.688	2609.457

ptID	515	531	533	550	sum
------	-----	-----	-----	-----	-----

<b>501</b>	8,900.72	11,901.09 €	19,851.69 €	5,060.24 €	45,713.75€
<b>602</b>	57.41 €	27,048.03 €	45,313.93 €	18,863.38 €	91,282.75€
<b>sum</b>	8,958.13 €	38,949.12 €	65,165.63 €	23,923.62 €	136,996.49€

Πίνακας 6.8: Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφορέα Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου, της 1<sup>ης</sup> υποπερίπτωσης

- **Σύγκριση 3<sup>ου</sup> Σεναρίου / 2<sup>ης</sup> υποπερίπτωσης με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο**

Πίνακας 6.9: Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου της 2ης υποπερίπτωσης (σήραγγα Λιοσίων)

<b>ptID</b>	<b>515</b>	<b>531</b>	<b>533</b>	<b>550</b>	<b>sum</b>
<b>501</b>	226.05	263.25	439.17	115.51	1043.98
<b>602</b>	1.46	335.93	565.83	362.07	1265.29
<b>sum</b>	227.51	599.18	1005.00	477.58	2309.28

Πίνακας 6.10: Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφορέα Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου, της 2<sup>ης</sup>

<b>ptID</b>	<b>515</b>	<b>531</b>	<b>533</b>	<b>550</b>	<b>sum</b>
-------------	------------	------------	------------	------------	------------

<b>501</b>	11,867.63 €	13,820.63 €	23,056.43 €	6,064.49 €	54,809.16 €
<b>602</b>	76.54 €	17,636.54 €	29,706.08 €	19,008.68 €	66,427.83 €
<b>sum</b>	11,944.17 €	31,457.16 €	52,762.50 €	25,073.16 €	121,236.99 €

υποπερίπτωσης

- **Σύγκριση 3<sup>ου</sup> Σεναρίου / 3<sup>ης</sup> υποπερίπτωσης με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο**

Πίνακας 6.11: Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου της 3ης υποπερίπτωσης (σήραγγα Ζεφυρίου)

<b>ptID</b>	<b>515</b>	<b>531</b>	<b>533</b>	<b>550</b>	<b>sum</b>
<b>501</b>	270.18	250.74	418.32	111.34	1050.58
<b>602</b>	1.46	-173.83	-283.77	192.15	-263.99
<b>sum</b>	271.64	76.91	134.55	303.49	786.60

Πίνακας 6.12: Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφορέα Από Την Εφαρμογή Του 3ου Σεναρίου, της 3<sup>ης</sup>

<b>ptID</b>	<b>515</b>	<b>531</b>	<b>533</b>	<b>550</b>	<b>sum</b>
-------------	------------	------------	------------	------------	------------

<b>501</b>	14,184.45 €	13,163.85 €	21,961.80 €	5,845.56 €	55,155.66 €
<b>602</b>	76.54 €	- 9,125.87 €	- 14,897.93 €	10,087.88 €	- 13,859.37 €
<b>sum</b>	14,261.00 €	4,037.98 €	7,063.88 €	15,933.44 €	41,296.29 €

υποπερίπτωσης

- **Σύγκριση 4<sup>ου</sup> Σεναρίου με το 1<sup>ο</sup> Σενάριο**

Πίνακας 6.13: Ετήσιες Συνολικές Καθυστερήσεις Από Την Εφαρμογή Του 4ου Σεναρίου

ptID	515	531	533	550	sum
<b>501</b>	333.15	499.46	821.05	242.35	1896.01
<b>602</b>	32.72	1504.82	2411.37	1188.32	1896.01
<b>sum</b>	365.87	2004.28	3232.42	1430.68	3792.02

Πίνακας 6.14: Ετήσιο Πλεονάζον Κόστος Μεταφοράς Από Την Εφαρμογή Του 4ου Σεναρίου

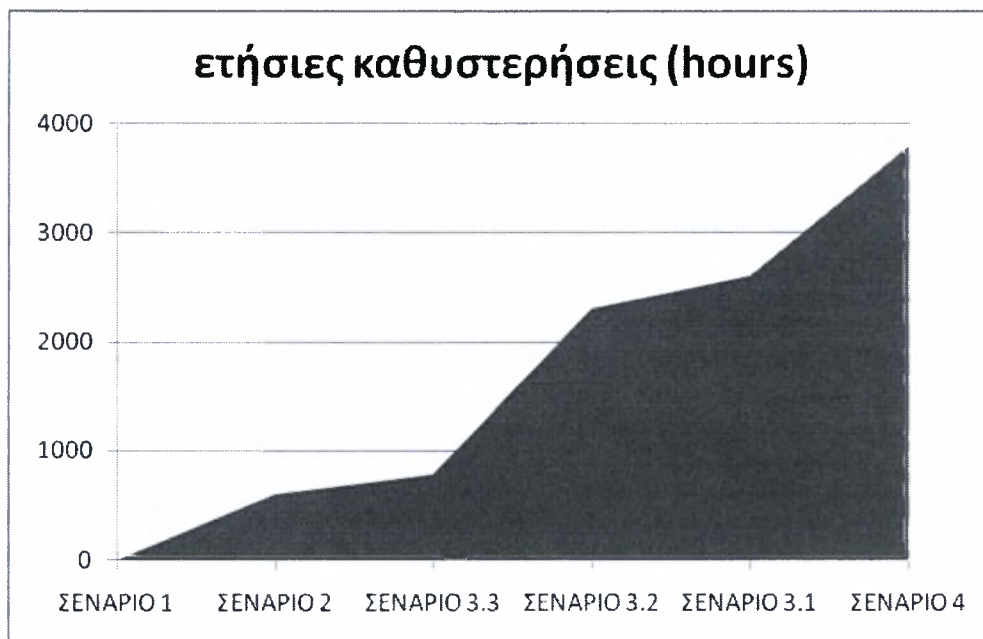
ptID	515	531	533	550	sum



<b>501</b>	17,490.41 €	26,221.55 €	43,105.09 €	12,723.54 €	99,540.59 €
<b>602</b>	1,718.01 €	79,002.95 €	126,596.93 €	62,387.01 €	269,704.89 €
<b>sum</b>	19,208.42 €	105,224.49 €	169,702.01 €	75,110.55 €	369,245.48 €

Πίνακας 6.15: Σύνοψη των καθυστερήσεων και του πλεονάζοντος κόστους

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ετήσιες συνολικές καθυστερήσεις (h)	Ετήσιο πλεονάζον κόστος μεταφορέα (€)
<b>ΣΕΝΑΡΙΟ 1</b>	---	---
<b>ΣΕΝΑΡΙΟ 2</b>	605.16	31,770.69
<b>ΣΕΝΑΡΙΟ 3.1</b>	2609.457	182,661.99
<b>ΣΕΝΑΡΙΟ 3.2</b>	2309.28	121,236.99
<b>ΣΕΝΑΡΙΟ 3.3</b>	786.60	41,296.29
<b>ΣΕΝΑΡΙΟ 4</b>	3792.02	369,245.48



Διάγραμμα 6.2: Ετήσιες καθυστερήσεις από τη σύγκριση των σεναρίων



Διάγραμμα 6.3: Ετήσιο συνολικό κόστος για τους μεταφορείς

Όπως φαίνεται λοιπόν από τον τελευταίο πίνακα για το σύνολο των σεναρίων που μελετήθηκαν, παρατηρείται σύμφωνα με την εφαρμογή του μοντέλου μια σημαντική ετήσια καθυστέρηση όσον αφορά στους χρόνους και κατά συνέπεια ένα σημαντικό πλεονάζον κόστος για το μεταφορέα.

Είναι ένα κόστος όμως, που αν το αντιπαραβάλλουμε με τα αποτελέσματα του ελέγχου επικινδυνότητας και τα αποτελέσματα των καμπυλών F/N {30}, το μέγεθός του μοιάζει ασήμαντο.

Όσον αφορά λοιπόν στα αποτελέσματα των καμπυλών επικινδυνότητας για τις εναλλακτικές διαδρομές που χρησιμοποιήθηκαν σε σχέση με τις διαδρομές εντός της Αττικής Οδού, σύμφωνα με τα παραδοτέα τεύχη της Αττικής Οδού με τίτλο «**Σύνταξη σχεδίων αναγκαίων κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων για τη διέλευση επικίνδυνων φορτίων μέσα από σήραγγες της Αττικής Οδού**»{30}, έδειξαν ότι η συχνότητα F στις διαδρομές εντός της Αττικής Οδού είναι μικρότερη, γεγονός που οφείλεται στη μικρότερη απόσταση μεταξύ των κόμβων και στην μικρότερη πιθανότητα ατυχήματος (δείκτης ατυχημάτων) από ότι στην εναλλακτική διαδρομή. Ειδικότερα, ο δείκτης ατυχημάτων της Αττικής Οδού είναι μικρότερος από το δείκτη ατυχημάτων στην εναλλακτική διαδρομή του υπόλοιπου αστικού δικτύου του Ν. Αττικής, δηλαδή 6,27 ανά 100 εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα για την Αττική Οδό και 31,9 ανά 100 εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα για το υπόλοιπο δίκτυο του Ν. Αττικής, με τη διαφορά όμως πως παρόλο που η συχνότητα μπορεί να είναι μικρότερη, οι απώλειες σε ανθρώπινες ζωές είναι πολύ περισσότερες.

## 7. Συμπεράσματα – Προτάσεις

### 7.1 Σύνοψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκε ο σχεδιασμός της μεταφοράς υγρών καυσίμων σε εναλλακτικές διαδρομές για την αποφυγή διέλευσης των σηράγγων της Αττικής Οδού και έγινε αξιολόγηση των εναλλακτικών διαδρομών ως προς τις συνολικές καθυστερήσεις και το πλεονάζον κόστος για τους μεταφορείς από τη λήψη ενός τέτοιου μέτρου.

Σχετικά με το σχεδιασμό της μεταφοράς υγρών καυσίμων στις εναλλακτικές διαδρομές και τη δρομολόγησή τους στις βέλτιστες, παρουσιάστηκαν οι παράμετροι βάσει των οποίων επιλέγονται οι διαδρομές αυτές και αναλύθηκε ο τρόπος με τον οποίο έγινε η επιλογή των προς μελέτη διαδρομών του παρόντος τεύχους.

Αναπτύχθηκε στη συνέχεια το κυκλοφοριακό μοντέλο της Αττικής Οδού σε πρόγραμμα μακροσκοπικής προσομοίωσης κυκλοφορίας (EMME), έγινε βαθμονόμηση του συνολικού οδικού δικτύου και αναπτύχθηκαν τέσσερα βασικά σενάρια τα οποία και αναλύθηκαν ως προς το χρόνο - κόστος διαδρομής οχημάτων μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων.

Τα τέσσερα αυτά σενάρια, συγκρίθηκαν στη συνέχεια μεταξύ τους προκειμένου να υπολογιστούν οι συνολικές καθυστερήσεις και το συνολικό πλεονάζον κόστος του κάθε σεναρίου για τους μεταφορείς σε σχέση πάντα με το αρχικό σενάριο κατά το οποίο προβλεπόταν ότι τα επικίνδυνα φορτία ήταν ελεύθερα να κινούνται σε όλο το μήκος της Αττικής Οδού.

Οι χρόνοι των διαδρομών συγκρίθηκαν με τους αντίστοιχους χρόνους εντός της Αττικής Οδού και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά μέσο όρο ο χρόνος διαδρομής για τις εναλλακτικές διαδρομές είναι κατά περίπου 18% μεγαλύτερος από το χρόνο διαδρομής εντός της Αττικής Οδού.

Τα αποτελέσματα χρόνου, στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν για να αξιολογηθεί το κόστος της κάθε διαδρομής και κατά συνέπεια το πλεονάζον κόστος για το μεταφορέα μέσω της σύγκρισης με τη διαδρομή εντός της Αττικής Οδού. Τα αποτελέσματα λοιπόν έδειξαν ότι το πλεονάζον κόστος για τους μεταφορείς αυξάνεται σχεδόν ανάλογα με την αύξηση του χρόνου διαδρομής και πως κατά μέσο όρο οι καθυστερήσεις ανέρχονται στις **2000** οχηματοώρες ετησίως και το πλεονάζον κόστος κατά μέσο όρο στις **150.000€**.

### 7.2 Προτάσεις

Εξετάζοντας το σχεδιασμό της μεταφοράς των βυτιοφόρων υγρών καυσίμων από μια άλλη οπτική σε σχέση με αυτή που εξετάστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα είχε ενδιαφέρον η χρήση κάποιων μοντέλων τα οποία θα υπολόγιζαν την επικινδυνότητα της κάθε διαδρομής, τόσο αν αυτή γινόταν πάνω στην Αττική Οδό, όσο και σε ένα εναλλακτικό οδικό δίκτυο. Ενδιαφέρον θα ήταν σε αυτήν την περίπτωση, το μοντέλο να είχε τη δυνατότητα να συγκρίνει ταυτόχρονα όλες τις πιθανές εναλλακτικές διαδρομές μέσα από μια ψηφιακή βάση δεδομένων, και να προτείνει τη βέλτιστη.

Ιδανικό σε μια τέτοια περίπτωση θα ήταν καταρχήν η δημιουργία μιας πλήρους βάσης δεδομένων η οποία θα περιέχει ολόκληρο το οδικό δίκτυο, κυκλοφοριακά στοιχεία για όλα τα τμήματα του δικτύου, γεωμετρικά χαρακτηριστικά όλων των οδών, πληθυσμιακά και περιβαλλοντικά στοιχεία καθώς επίσης θα είχε και τη δυνατότητα της συνεχούς ενημέρωσης και αναβάθμισης.

Έτσι, όλες οι πληροφορίες θα ήταν ανά πάσα στιγμή έγκυρες και έγκαιρες και άμεσα διαθέσιμες σε έναν αριθμό εξουσιοδοτημένων και ειδικά εκπαιδευμένων χρηστών, με τη βοήθεια των οποίων θα μπορούσε συνεχώς το μοντέλο να προτείνει τις βέλτιστες εναλλακτικές διαδρομές που θα ικανοποιούσαν όλες τις απαιτήσεις για τη δρομολόγηση των βυτιοφόρων.

Μια άλλη προσέγγιση θα ήταν επίσης, η παράλληλη και διεξοδική ανάλυση κάποιων άλλων μέτρων που ενδεχομένως θα μπορούσαν να ληφθούν για τη μείωση των επιπτώσεων στους χρήστες της οδού λόγω κάποιου συμβάντος με τη συμμετοχή βυτιοφόρου. Τέτοιου είδους μέτρα μπορεί να αφορούν στον τρόπο κατασκευής και στον εξοπλισμό των σηράγγων, όπως για παράδειγμα αποστραγγιστικά έργα, αποχετευτικά συστήματα, συστήματα εξαερισμού, βελτίωση του φωτισμού, εγκατάσταση εξόδων κινδύνου κτλ. Θα μπορούσε λοιπόν να γίνει μια αξιολόγηση αυτών των μέτρων και ως προς το κόστος και ως προς το βαθμό ασφαλείας που παρέχουν, να συγκριθούν τα αποτελέσματα με τα αντίστοιχα του μέτρου της εκτροπής της κυκλοφορίας και να προταθεί εντέλει το βέλτιστο.

## 8. Βιβλιογραφικές Αναφορές

- {1}. Συμφωνία ADR 2001
- {2}. Σχεδιασμός των Μεταφορών, Σ. Μπάσμπας, Χ. Ταξιλάρης, Α.Π.Θ – ΤΑΤΜ
- {3}. Συμφωνία ADR 2005
- {4}. Economic Commission for Europe, 2001
- {5}. Μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων στην Ελλάδα, προκλήσεις και λύσεις, Σ. Ζαχαρή
- {6}. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2004/54/ΕΚ
- {7}. Υποθαλάσσια σήραγγα Πρέβεζας – Ακτίου
- {8}. “ERS2 - Transport of Dangerous Goods through road tunnels: Technical Reports on current national and international regulations – Missions 1 & 2”, (1996), Det Norske Veritas (DNV), OECD/PIARC.
- {9}. <http://www.lotsberg.net>
- {10}. <http://www.egnatia.gr>
- {11}. <http://www.minenv.gr>
- {12}. <http://www.crete.gov.gr>
- {13}. “Αττικές Διαδρομές Α.Ε.»
- {14}. Ελληνική επιτροπή σήραγγων και υπόγειων έργων - <http://www.eesyge.gr>
- {15}. Tools for tunnels safety management, PIARC Committee 3.3
- {16}. Johnson, H.D. Motorway Accidents in Fog and Darkness, TRRL Report No. LR-573, Transport and Road Research Laboratory, 1973.
- {17}. Codling, P.J. Weather and Road Accidents, Climatic Resources and Economic Activity, Newton Abbot, 1974.
- {18}. Belangie, M.C. Overview of Some of the Factors Influencing Snow and Ice Control and The Resultant Impacts of Their Implementation, Snow Removal and Ice Control Research, Special Report No. 185, Transportation Research Board, 1979.
- {19}. Turner D.B., “Workbook of atmospheric Dispersion Estimates”, US Dpt. Of Health, Education and Welfare (1969)
- {20}. Pasquill F., Smith F.B., “Atmospheric diffusion”, Ellis Horwood Ltd., Chichester, 1983
- {21}. The Netherlands organization of applied scientific research, “Methods for the calculation of physical effects”, CPR14E, TNO, 1998
- {22}. Frank P.Lee, “Loss prevention in the process industries”, Butterworth-Heinemann
- {23}. Considine G., “The model of heat radiation from hydrocarbon flames”, SRD R297, 1984
- {24}. Hymes I., “The physiological and pathological effects of thermal radiation”, SRD R275, 1983
- {25}. Major hazards assessment panels, Overpressure working party “The effects of explosions in the process industries” (I&M overpressure monograph), I&M, 1989

- {26}. [http://:www.blick.ch](http://www.blick.ch)
- {27}. Jari Kurri et al (2005)
- {28}. OECD (2001). “Safety in Tunnels: Transportation of Dangerous Goods through road tunnels”.
- {29}. Παραδοτέα Τεύχη Αττικής Οδού για τα επικίνδυνα φορτία
- {30}. Costs Benefit Analysis of Road Safety Improvements, ICF Consulting, Ltd, 2003
- {31}. The value of statistical life in Road safety, Arianne de Blaeij, Piet Rietveld, Erik Verhoef
- {32}. Εγχειρίδιο Λειτουργίας Αριθ. 6, Αττική Οδός Α.Ε., 2000
- {33}. Εγχειρίδιο Ασφαλείας Σηράγγων, Αττική Οδός Α.Ε., 2004
- {34}. Εγχειρίδιο Λειτουργίας Αριθ. 5, «Σχέδιο Διαχείρισης Κυκλοφορίας», Αττική Οδός Α.Ε., 2000

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000104196





