



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
Δ.Π.Μ.Σ. «ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΩΝ»

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**
ΑΝΔΡΕΑΣ ΜΠΕΝΑΡΔΟΣ
**ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.**

**ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ
ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ ΕΛΕΝΗ**
ΑΘΗΝΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014

Copyright © Παπαδημητρίου Μαργαρίτα – Ελένη 2014
Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ραγδαία αύξηση των ατυχημάτων των τελευταίων ετών σε σήραγγες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως των MontBlanc (1999), Tauern (1999), St.Gotthard (2001), Frejus (2005), οδήγησαν σε διεθνή εγρήγορση και προβληματισμό σχετικά με τα μέτρα πρόληψης και καταστολής, με αποτέλεσμα την αύξηση των απαιτήσεων ασφάλειας και συνακόλουθα της έκτασης, της ποιότητας και της πολυπλοκότητας του εξοπλισμού.

Είναι επιτακτική, λοιπόν, η ανάγκη να υπάρξει μία ισχυρή στρατηγική για το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αναβάθμιση της ασφάλειας της σήραγγας και ταυτόχρονη αξιολόγηση των μέτρων, που έχουν ληφθεί και των συνεπειών, ώστε να μεγιστοποιηθεί η ασφάλεια της σήραγγας με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Το κλειδί για την σωστή αξιολόγηση είναι αφενός ο προσδιορισμός ενός αποδεκτού επιπέδου κινδύνου, αφετέρου η αποτελεσματικότητα των μέτρων που πρόκειται να ληφθούν σχετικά με την μείωση του κινδύνου, σε συνάρτηση, πάντα, με το κόστος τους.

Βασικό στοιχείο της στρατηγικής αυτής αποτελεί η ανάλυση της επικινδυνότητας της εκάστοτε σήραγγας, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες σχεδιασμού και τις συνθήκες κυκλοφορίας που επηρεάζουν την ασφάλεια της. Τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας, το μήκος της σήραγγας, ο αριθμός κλάδων, ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας, η κυκλοφορία μονής ή διπλής κατεύθυνσης, ο τύπος κυκλοφορίας και η γεωμετρία της σήραγγας, καθώς και ο προβλεπόμενος αριθμός διερχόμενων οχημάτων ανά ημέρα είναι κάποιοι από τους βασικούς συντελεστές στο σχεδιασμό ασφάλειας των σήραγγων. Κατ' αυτήν την ανάλυση επικινδυνότητας, λαμβάνονται, επίσης, υπόψη, τα ατυχήματα που έχουν συμβεί τόσο σε ελληνικές, όσο και διεθνείς σήραγγες και μελετώνται οι περιπτώσεις εκδήλωσης φωτιάς, ως προς το κόστος των συνεπειών τους.

Η μελέτη περιλαμβάνει πέντε σενάρια αναβάθμισης με διαφορετικά μέτρα πυρασφάλειας και συνδυασμό αυτών. Στη συνέχεια, παρατηρείται η μείωση του κόστους των ατυχημάτων και των βλαβών στη σήραγγα. Τέλος, το κάθε σενάριο αξιολογείται ξεχωριστά ως προς το λόγο οφέλους κόστους αλλά και ως προς το καθαρό όφελος που προκύπτει, ώστε να γίνει η τελική επιλογή.

Σημαντικό οικονομικό εργαλείο, του οποίου ο ρόλος είναι καθοριστικός στην αξιολόγηση του ρίσκου και τελικά στη λήψη της σωστής απόφασης, είναι η ανάλυση κόστους – οφέλους, κατά την οποία μετατρέπεται ο κίνδυνος και η θυσία σε ένα κοινό σύνολο μονάδων – τα χρήματα - έτσι ώστε να είναι συγκρίσιμα μεγέθη. Επιπλέον, η ανάλυση αυτή συντελεί στην αξιολόγηση των μέτρων ασφαλείας και στη τελική επιλογή του βέλτιστου σεναρίου.

Με το πέρας της διπλωματικής εργασίας του διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών, θα ήθελα να ευχαριστήσω, πρωτίστως τον καθηγητή μου κ. Α.Μπενάρδο για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές του και στη συνέχεια τον κ. Βαγιώκα, καθώς και τις συμφοιτήτριες μου Μ.Σαρρή και Κ.Μονεμβασιώτη, για την βοήθεια, που μου παρείχαν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	9
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	10
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	11
ABSTRACT	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ_1: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	13
1.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	14
1.1.1 ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	14
1.1.2 ΚΙΝΔΥΝΟΣ (RISK)	15
1.1.3 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ (HAZARD).....	16
1.1.3.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ.....	17
1.1.3.1.1 ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	17
1.1.3.1.2 ΠΟΣΟΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	18
1.1.3.1.2.1 ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ	19
1.1.3.1.2.2 ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ.....	20
1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	22
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	25
1.3.1 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ.....	25
1.3.1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΟΣΟΤΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	26
1.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ALARP ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	28
1.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΦΕΛΟΥΣ ΚΟΣΤΟΥΣ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ_2: ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	33

2.1	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	34
2.2	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	37
2.2.1	ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ	37
2.2.1.1	ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ	38
2.2.1.2	ΟΛΥΜΠΙΑ ΟΔΟΣ	40
2.2.1.3	ΜΟΡΕΑΣ	40
2.2.1.4	ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟΣ	41
2.2.1.5	ΠΑΘΕ	42
2.2.2	ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ.....	43
2.2.2.1	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΣΕ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ.....	44
2.2.2.2	ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΣΕ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ ..	45
2.2.2.3	ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ – ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ.....	46
2.2.2.4	ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ – ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΗΚΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ_3: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ		49
3.1	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	50
3.1.1	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΛΩΡΙΔΩΝ	51
3.1.2	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	51
3.1.2.1	ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	52
3.1.2.2	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΧΑΡΑΞΗ	52
3.1.2.3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΧΑΡΑΞΗ.....	53
3.1.3	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	53
3.1.4	ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ	56
3.1.5	ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	57
3.2	ΜΕΤΡΙΑΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ.....	58
3.2.1	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ	58
3.2.1.1	ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑ – ΚΑΛΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ	59
3.2.1.2	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ)	59

3.2.1.3	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	59
3.2.1.4	ΟΡΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	60
3.2.1.5	ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΗ ΠΡΟΣΠΕΡΑΣΗΣ	60
3.2.1.6	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	60
3.2.2	ΚΑΤΑΣΤΑΛΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ.....	60
3.2.2.1	ΕΞΟΔΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	61
3.2.2.2	ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ CCTV	61
3.2.2.3	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ.....	61
3.2.2.4	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ.....	62
3.2.2.5	ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	62
3.2.2.6	ΜΕΓΑΦΩΝΑ.....	62
3.2.2.7	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΕ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΠΑΡΟΧΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ)	63
3.2.2.8	ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ.....	63
3.2.2.9	ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ.....	63
3.3	ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΣΕ ΠΕΝΤΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ_4:ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ		66
4.1	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ μετρων ασφαλειασ	67
4.1.1	ΠΗΓΕΣ ΚΟΣΤΟΥΣ κατασκευησ εξοδων ασφαλειασ	67
4.1.2	ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΞΟΔΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	69
4.1.2.1	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	69
4.1.2.1.1	ΤΑΚΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	69
4.1.2.1.2	ΕΚΤΑΚΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	70
4.1.2.1.3	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	71
4.1.3	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ.....	71
4.1.4	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ.....	72
4.1.5	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	72
4.1.6	ΚΟΣΤΟΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ (CCTV).....	72

4.2	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	73
4.2.1	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΓΙΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΧΡΟΝΟΣ	73
4.2.2	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΓΙΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΚΑΥΣΙΜΑ	76
4.2.3	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΓΙΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ - ΔΙΟΔΙΑ.....	77
4.3	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ.....	79
4.4	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΖΗΜΙΩΝ.....	81
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ_5:ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΜΕΤΡΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΟΔΙΚΗ ΣΗΡΑΓΓΑ	82
5.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	83
5.2	ΣΕΝΑΡΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	85
5.2.1	ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	86
5.2.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	102
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ_6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	106
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110
	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	112
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	113
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2	116

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΕΝΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	15
Σχήμα 1.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	18
Σχήμα 1.3 ΕΤΗΣΙΟ ΑΤΟΜΙΚΟ ΡΙΣΚΟ (BOHNENBLUST AND TAW)	19
Σχήμα 1.4 ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ	21
Σχήμα 1.5 ΟΛΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	22
Σχήμα 1.6 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	24
Σχήμα 1.7 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ALARP	29
Σχήμα 1.8 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ (F-N) - ΑΡΧΗ ALARP	30
Σχήμα 2.1 ΕΠΙΣΗΜΗ ΝΟΜΙΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΡΟΧΑΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ(ΑΞΙΑ ΣΕ ΕΥΡΩ - ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ 2002)	36
Σχήμα 3.1 ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΜΗΚ ΣΕ ΟΔΟΥΣ ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	54
Σχήμα 3.2 ΜΟΡΦΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΝΑ ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΟ ΟΧΗΜΑ ΚΑΙ ΕΜΗΚ.....	55
Σχήμα 3.3 ΜΟΡΦΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΠΟ ΕΝΑ ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΜΗΚ	55
Σχήμα 3.4 ΜΟΡΦΗ ΣΧΕΣΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΜΗΚ.....	55
Σχήμα 5.1 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	88
Σχήμα 5.2 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	91
Σχήμα 5.3 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ 3 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	94
Σχήμα 5.4 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ 4 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	97
Σχήμα 5.5 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ 5 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	101
Σχήμα 6.1 ΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΛΟΓΟ ΟΦΕΛΟΥΣ/ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟ ΚΑΘΑΡΟ ΟΦΕΛΟΣ	110

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ DG QRAM	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ PROJECTS ΧΡΗΣΙΜΟΠΙΩΝΤΑΣ ΤΟ Β/Σ ΚΑΙ ΤΟ ΚΑΘΑΡΟ ΟΦΕΛΟΣ	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΚΗ (Μ) ΣΗΡΑΓΓΩΝ (ΚΛΑΔΩΝ) ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ, ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΑ	39
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΣΕ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ, ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΑ	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΚΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ.....	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4 ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΚΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ, ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΑ (ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΑΝΑ ΔΙΣΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ).....	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ, ΑΝΑΛΟΓΩΣ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ (ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΑΝΑ ΔΙΣΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ).....	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1. ΣΧΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 ΚΟΣΤΟΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΤΗΣ.....	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΧΡΗΣΤΩΝ ΟΔΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 ΠΟΣΟΣΤΟΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ, 2004	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 ΤΙΜΕΣ ΔΙΟΔΙΩΝ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΕ 6 ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΔΙΟΔΙΩΝ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΦΩΤΙΑΣ.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΟΔΙΚΗ ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΟΥ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ.....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΞΟΔΟΙ).....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΞΟΔΟΙ).....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 3 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΞΟΔΟΙ).....	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 4 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΞΟΔΟΙ).....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 5 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΞΟΔΟΙ).....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ (αύξηση τιμών)	103
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ (μείωση τιμών)	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ, ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ, CCTV ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ.....	105

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της υποχρεωτικής διπλωματικής εργασίας του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών, “Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπόγειων Έργων”, κατά το Ακαδημαϊκό έτος 2013-2014, υπό την επίβλεψη του επίκουρου καθηγητή κ. Μπενάρδου Ανδρέα.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση της αναβάθμισης της ασφαλείας σε υπάρχουσες οδικές σήραγγες στην Ελλάδα, αξιοποιώντας την βέλτιστη οικονομική λύση. Έτσι πιο συγκεκριμένα στο κάθε κεφάλαιο της εργασίας αυτής αναφέρονται τα ακόλουθα:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στους βασικούς ορισμούς της διαχείρισης του κινδύνου, στην ανάλυση της επικινδυνότητας καθώς και στις μεθοδολογίες αξιολόγησης της επικινδυνότητας που χρησιμοποιήθηκαν, τη μέθοδο ALARP και την ανάλυση κόστους – οφέλους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο καταγράφονται ατυχήματα σε διεθνείς οδικούς άξονες και τονίζεται η συμβολή της οικονομικής κατάστασης κάθε χώρας στην αναβάθμιση των μέτρων ασφαλείας. Στη συνέχεια αναλύονται οι ελληνικοί οδικοί άξονες και ατυχήματα, που συνέβησαν στην Εγνατία Οδό.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται οι παράμετροι που συμβάλλουν στην ασφάλεια των χρηστών μιας οδικής σήραγγας και αναλύονται τα μέτρα ασφαλείας που μπορούν να ληφθούν, κατηγοριοποιώντας τα σε προληπτικά και παρηγορητικά. Τέλος, γίνεται αναφορά σε μέτρα ασφαλείας που λαμβάνονται σε πέντε ευρωπαϊκές χώρες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία για την εκτίμηση του κόστους των ατυχημάτων, σε συνδυασμό με την κοστολόγηση των μέτρων ασφαλείας, που λαμβάνονται για την καταπολέμηση τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρατίθεται αριθμητικά η σεναριακή προσέγγιση για την αναβάθμιση των μέτρων ασφαλείας σε μια οδική σήραγγα και γίνεται ανάλυση ευαισθησίας στα βέλτιστα σενάρια.

Στο έκτο κεφάλαιο, αναλύονται τα αποτελέσματα της παραπάνω σεναριακής προσέγγισης και αξιολογούνται με τη μέθοδο ALARP και τον λόγο οφέλους- κόστους, που προκύπτει.

ABSTRACT

This paper was carried out through compulsory dissertation of postgraduate program "Design and construction of underground works" in the academic year 2013- 2014, under the supervision of Professor Mr. Mpenardos Andreas.

The aim of the thesis is the evaluation of the safety upgrade in existing road tunnels in Greece utilizing the optimum economic solution. So, more specifically in each chapter of this work, states the following.

The first chapter is a reference to the basic definitions of risk management, risk analysis and the risk assessment methodologies used, the method ALARP and cost - benefit analysis.

In the second chapter of accidents recorded in international roads and highlighting the contribution of the economic situation of each country to upgrade security measures. It then analyzes the Greek roads and accidents in Egnatia Odos.

The third section lists the parameters that contribute to the safety of users of a road tunnel and analyzes the security measures that can be taken, categorizing them into preventive and comforting. Finally, referring to security measures taken in five European countries

The fourth chapter details the procedure for estimating the cost of accidents, in conjunction with the pricing of security measures taken to combat them.

In the fifth chapter, figures out the script approach to upgrade security measures in a road tunnel and sensitivity analyzes on the best scenarios.

The sixth chapter analyzes the results of the above script approach and evaluated by the method ALARP and the benefit-cost ratio resulting.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ_1: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ
ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΣΗΡΑΓΓΩΝ**

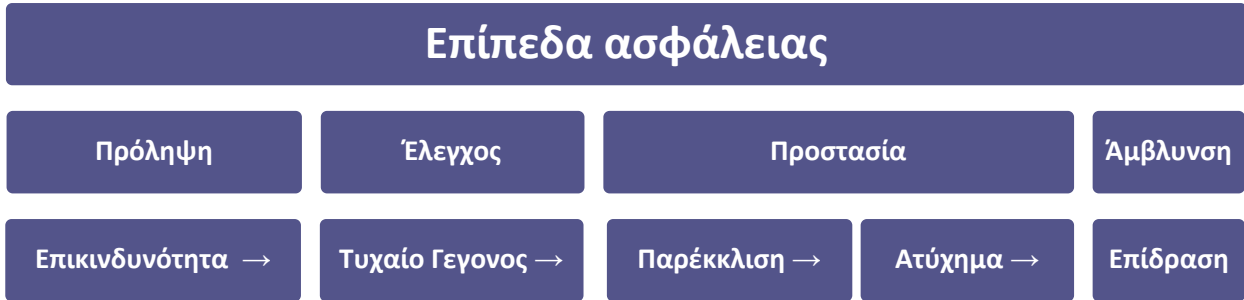
1.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Η φύση της σηραγγοποιίας σημαίνει ότι, μαζί με το ίδιο το έργο, ο υπεύθυνος για την κατασκευή και λειτουργία μίας σήραγγας, ταυτόχρονα αναλαμβάνει την πρόκληση να αντιμετωπίσει ένα σημαντικό σύνολο κινδύνων. Λόγω της αβεβαιότητας που διακρίνει τις γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες, υπάρχει κίνδυνος να προκύψουν σημαντικές υπερβάσεις του εκτιμώμενου κόστους και της εκτιμώμενης διάρκειας του έργου, καθώς και απρόβλεπτες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην περιοχή **(ΙΤΑ, 2002)**. Επίσης, η καταγραφή θεαματικών καταρρεύσεων σηράγγων, αλλά και άλλων καταστροφών στο παρελθόν έχει υποδείξει την δυνητικά μεγάλη τρωτότητα της σηραγγοποιίας σε ατυχήματα μεγάλης κλίμακας. Επιπρόσθετα, στην κατασκευή σηράγγων και λοιπών υπογείων κατασκευών σε αστικό περιβάλλον, η σημασία της πρόβλεψης και πρόληψης κινδύνων μεγεθύνεται, καθώς οι συνέπειες από πιθανά ατυχήματα πλέον επηρεάζουν τρίτα πρόσωπα, αλλά και ιδιωτική και δημόσια περιουσία.

Οι αναλύσεις κινδύνου - επικινδυνότητας αποτελούν βασικό εργαλείο των μελετητών στην προσπάθεια τους να ερευνήσουν αν ένα σύστημα είναι ασφαλές. Γενικά, κάθε ανάλυση κινδύνου σκοπό έχει να προσδιορίσει τόσο τις αρνητικές συνέπειες που μπορεί να προκαλέσει ένα σύστημα σε κατάσταση αστοχίας, όσο και τις πιθανότητες εμφάνισης αυτών των συνεπειών.

1.1.1 ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Όπου διαπιστώνεται ο κίνδυνος φθοράς, καταστροφής ή αλλοίωσης μιας υπάρχουσας κατάστασης, τότε απαιτείται μια αντίδραση στη δυναμική αυτή τάση για τη διατήρηση της κατάστασης. Η ασφάλεια εκφράζει ουσιαστικά το βαθμό αντίδρασης στη δημιουργία επικίνδυνων καταστάσεων **(σχήμα 1.1)**. Η ασφάλεια αφορά την προστασία των εργαζομένων, των εγκαταστάσεων κάθε φύσεως, του περιβάλλοντος, των υλικών και των προϊόντων **(Πανόπουλος, 1993)**. Ο χαρακτηρισμός ενός όρου, μιας κατάστασης ή μιας έννοιας ως απόλυτου δεν υφίσταται, άρα δεν είναι δυνατόν να υπάρξει ασφάλεια 100%. Αποτελεί δηλαδή την προσδοκία ότι το σύστημα, κάτω από ορισμένες συνθήκες, έχει προστατευτικά μέτρα εναντίον περιβαλλοντικών καταστροφών, ζημιών, εξοπλισμού κλπ.



ΣΧΗΜΑ 1.1 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΕΝΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

ΠΗΓΗ: ΜΠΕΝΑΡΔΟΣ 2011

1.1.2 ΚΙΝΔΥΝΟΣ (RISK)

Σύμφωνα με τη **προδιαγραφή AS4360/1999**, κίνδυνος είναι να συμβεί κάτι που θα είχε αρνητική επίδραση στα αντικείμενα. Η έννοια του κινδύνου προκύπτει από δύο κύριους παράγοντες, της συνέπειας που ενδέχεται να προέλθει από μια πηγή κινδύνου και της πιθανότητας εμφάνισεως της συνέπειας αυτής.

ΚΙΝΔΥΝΟΣ=ΣΥΝΕΠΕΙΑ * ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (RISKANALYSIS): Η Ανάλυση Κινδύνου είναι η διαδικασία του προσδιορισμού και της αποτίμησης του κινδύνου. Σε αυτήν περιλαμβάνεται η κατανόηση της σχετικής σπουδαιότητας των διαφορετικών πηγών κινδύνου και η εκτενής εξέταση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων του έργου, αλλά και των παραγόντων κινδύνου.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (RISKFACTORS): Ως Παράγοντες Κινδύνου ορίζονται οι παράγοντες που είναι πιθανόν να προκαλέσουν την πιθανότητα εκδήλωσης κάποιων επικίνδυνων συνεπειών, καθώς η πιθανότητα αυτή εξαρτάται από την ύπαρξη αυτών των παραγόντων (π.χ. πολυπλοκότητα, ταχύτητα, καινοτομία, απαιτήσεις τεχνολογίας, απαιτήσεις προσπάθειας).

ΕΠΙΠΤΩΣΗ Ή ΑΝΤΙΚΤΥΠΟ (IMPACT): Η Επίπτωση ενός παράγοντα κινδύνου είναι οι συνέπειες του παράγοντα ή το αποτέλεσμα που έχει. Αυτή μπορεί να είναι άμεση ή μακροπρόθεσμη. Η μελέτη και εξέταση της επίπτωσης, δεν θα πρέπει να περιορίζεται στα στενά όρια του έργου. Μερικές ενδιάμεσες επιπτώσεις μπορούν να επιφέρουν σημαντικές αλλοιώσεις των στόχων του συστήματος μακροπρόθεσμα, ενώ άλλες μπορεί να επηρεάσουν μη κρίσιμα σημεία και στοιχεία του συστήματος. Ως

εκ τούτου, ένας παράγοντας κινδύνου μπορεί να έχει πολλαπλές επιπτώσεις και πολλοί παράγοντες να οδηγούν στην ίδια επίπτωση, (Ε.Μ.Π, 2008).

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (RISKMANAGEMENT): Ως διαχείριση του κινδύνου ορίζονται όλες οι ενέργειες που πραγματοποιούνται από μία εταιρεία και έχουν ως απώτερο στόχο την προστασία των εργαζομένων ενός οργανισμού, αλλά και την αύξηση των κερδών του οργανισμού. Στόχος κάθε προσπάθειας Διαχείρισης Κινδύνου είναι η επίτευξη της μέγιστης δυνατής αποδοτικότητας (risk efficiency), δηλαδή, με δεδομένο το αναμενόμενο κόστος του σχεδίου να εξασφαλιστεί το χαμηλότερο δυνατό επίπεδο έκθεσης σε κίνδυνο, ή αντίστροφα, με δεδομένο το επίπεδο έκθεσης σε κίνδυνο να εξασφαλιστεί το χαμηλότερο δυνατό κόστος (Τερεζόπουλος, 2003).

1.1.3 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ (HAZARD)

Η επικινδυνότητα είναι ένας όρος αρκετά ευρύς όρος τόσο στη καθημερινή ζωή όσο και στην επιστημονική κοινότητα. Οι σημαντικές συνιστώσες της είναι οι ανεπιθύμητες συνέπειες και η αβεβαιότητα που σχετίζεται με αυτές. Συνεπώς, αν θα θέλαμε να δώσουμε ένα ορισμό για την επικινδυνότητα θα λέγαμε ότι είναι η δυνατότητα υλοποίησης ανεπιθύμητων αρνητικών συνεπειών στο μέλλον. Η επικινδυνότητα από έναν κίνδυνο εκφράζεται σε μαθηματικούς όρους, ως το γινόμενο της πιθανότητας να συμβεί ένας κίνδυνος επί των συνεπειών, αν αυτός συμβεί”, (PIARC, 2008).

ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ= ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΚΙΝΔΥΝΟΥ * ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ

Σύμφωνα με τον οργανισμό που δίνεται στη προδιαγραφή **AS4360/1999**, ως επικινδυνότητα ορίζεται, η πηγή από την οποία είναι δυνατόν να προέλθει ζημιά ή η κατάσταση από την οποία είναι δυνατόν να προκληθεί απώλεια.

Είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητό ότι οι πηγές κινδύνου είναι ως επί το πλείστον κοινές για τους διάφορους εργασιακούς χώρους και είναι πολλές. Για παράδειγμα μπορούμε να τις συναντήσουμε σε μία αίθουσα διαλέξεων (κατάρρευση οροφής, ατυχήματα από το ηλεκτρικό κύκλωμα) ή σε μια βιομηχανία και κατ επέκταση σε μία παραγωγική διαδικασία που μπορεί να υπάρχουν σημαντικές εστίες σοβαρών κινδύνων.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ: Μια συστηματικά δομημένη διαδικασία που καθορίζει την πιθανότητα να συμβεί ένας κίνδυνος και το μέγεθος των αναμενόμενων συνεπειών από μία δραστηριότητα, ενώ περιλαμβάνει επίσης τον καθορισμό των κινδύνων και την περιγραφή της επικινδυνότητας. Γενικότερα θα θεωρήσουμε ότι απαντά στο ερώτημα "Τι μπορεί να συμβεί και ποιες είναι οι συνέπειες?"

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ: Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης επικινδυνότητας με τα κριτήρια αποδοχής της επικινδυνότητας.

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ: Περιλαμβάνει την ανάλυση και αξιοπιστία της επικινδυνότητας. Αναφερόμενοι στην αξιοπιστία, εννοούμε την πιθανότητα μη αστοχίας ενός εξαρτήματος.

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ: Η επικινδυνότητα που αντιμετωπίζει ένα μεμονωμένο άτομο, το οποίο αναμένεται να υποστεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο τραυματισμού λόγω της πραγματοποίησης συγκεκριμένων κινδύνων, σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ο αριθμός των ατόμων που είναι εκτεθειμένοι στον κίνδυνο δεν επηρεάζουν την τιμή της ατομικής επικινδυνότητας (**PIARC, 2010**).

ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ: Η σχέση μεταξύ της συχνότητας πραγματοποίησης συγκεκριμένων κινδύνων και του αριθμού των ανθρώπων που δύναται να υποφέρουν από τις συνέπειες της πραγματοποίησης των κινδύνων». Εν ολίγοις κοινωνική επικινδυνότητα είναι η επικινδυνότητα προς μια ομάδα ανθρώπων λόγω του συνόλου των κινδύνων που αναδύονται από μια δραστηριότητα.

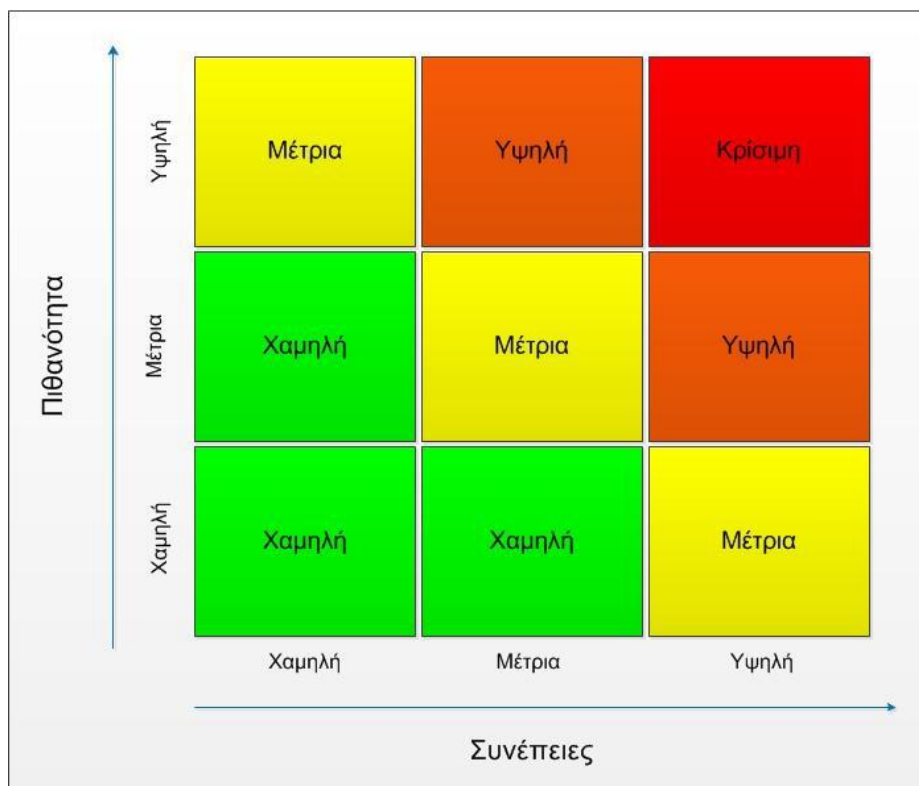
ΑΠΟΣΤΡΟΦΗΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ: Είναι η συμπεριφορά να αποτιμάται μια επικινδυνότητα ως μεγαλύτερη από τη στατιστική αναμενόμενη τιμή της.

1.1.3.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Η επικινδυνότητα μπορεί να εκφραστεί και να παρασταθεί μέσω ποιοτικών ή ποσοτικών δεικτών, ανάλογα με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται κατά την διενέργεια της ανάλυσης επικινδυνότητας (ποιοτικές ή ποσοτικές μέθοδοι). Αυτοί οι δείκτες είναι που μελετώνται κατά την διαδικασία αξιολόγησης επικινδυνότητας.

1.1.3.1.1 ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος κατηγοριοποίησης της επικινδυνότητας ποιοτικά είναι ο πίνακας επικινδυνότητας. Η μορφή ενός πίνακα επικινδυνότητας, όπου η πιθανότητα εμφάνισης μιας συνέπειας καθώς επίσης και η σοβαρότητα της κατηγοριοποιείται σε χαμηλή, μέτρια και υψηλή φαίνεται παρακάτω (**σχήμα 1.2**). Ο συνδυασμός της πιθανότητας εμφάνισης με την σοβαρότητα των συνεπειών καθορίζει ποιοτικά την επικινδυνότητα, η οποία μπορεί να είναι, χαμηλή, μέτρια, υψηλή και κρίσιμη.



ΣΧΗΜΑ 1.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

ΠΗΓΗ: PIARC, 2010

Ο καθορισμός τόσο της πιθανότητας εμφάνισης όσο και της σοβαρότητας μιας συνέπειας σε μια από τις τρεις κατηγορίες, εξαρτάται από την κρίση ειδικών. Το γεγονός ότι ο καθορισμός ποιοτικά της επικινδυνότητας βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην προσωπική ή/και ομαδική κρίση των ειδικών, εγείρει ερωτήματα για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, παρότι οι αποφάσεις τους είναι απαραίτητο να συνοδεύονται από επεξηγήσεις κατανοητές και αξιόπιστες. Ωστόσο η παραπάνω μέθοδος μπορεί να φανεί αρκετά χρήσιμη ως πρώτο βήμα κατά την διαδικασία αποτίμησης επικινδυνότητας, όπου τα στοιχεία χαμηλής επικινδυνότητας αμελούνται και δίνεται μεγαλύτερη προσοχή στα στοιχεία υψηλής επικινδυνότητας έτσι ώστε αυτά να αναλυθούν ποσοτικά, στη συνέχεια (PIARC, 2010).

1.1.3.1.2 ΠΟΣΟΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Με την χρήση ποσοτικών μεθόδων κατά την ανάλυση επικινδυνότητας, είναι δυνατός ο υπολογισμός ποσοτικά της επικινδυνότητας. Υπό αυτό το πρίσμα, η επικινδυνότητα

ορίζεται ως μια συνάρτηση της πιθανότητας p εμφάνισης ενός ανεπιθύμητου σεναρίου και των C συνεπειών του:

$$R = f(p, C)$$

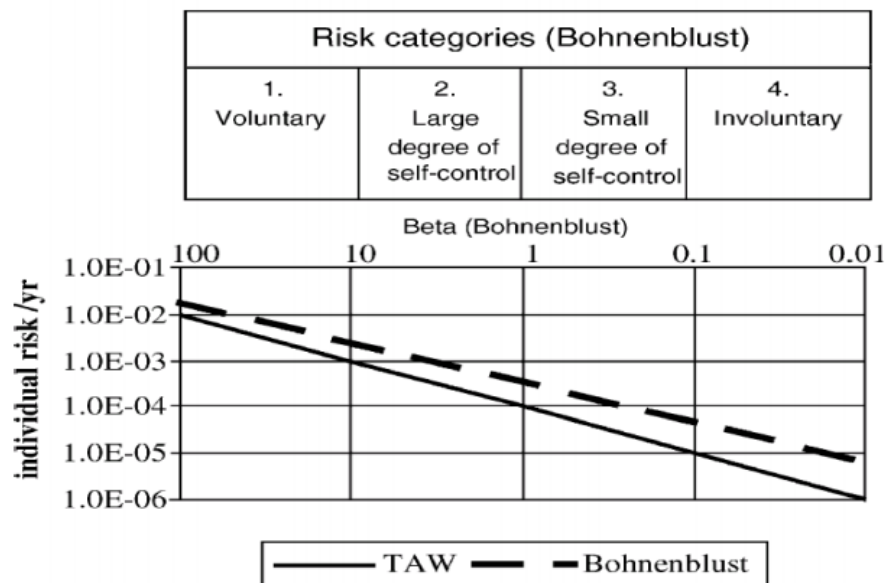
Ο μαθηματικός τύπος της συνάρτησης f εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο με τον οποίο ορίζεται και εξετάζεται η επικινδυνότητα. Συγκεκριμένα, μπορούμε να διακρίνουμε δύο τύπους επικινδυνότητας, την ατομική και την κοινωνική επικινδυνότητα (individual and societal risk).

1.1.3.1.2.1 ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

Η μαθηματική αναπαράσταση της ατομικής επικινδυνότητας IR βασίζεται στην προσθήκη, πέρα από την πιθανότητα P_s εμφάνισης ενός σεναρίου, της πιθανότητας P_e έκθεσης στο συγκεκριμένο σενάριο. Έτσι προκύπτει η εξίσωση:

$$IR = P_s \times P_e \times C_i$$

Οι συνέπειες μπορεί να εκφράζουν απώλεια ζωής, τραυματισμό ή ακόμη και υλική απώλεια. Η ατομική επικινδυνότητα είναι χρήσιμη κατά την εντοπισμό των διαφόρων ζωνών επικινδυνότητας, γύρω από μια εγκατάσταση υψηλής επικινδυνότητας.



ΣΧΗΜΑ 1.3 ΕΤΗΣΙΟ ΑΤΟΜΙΚΟ ΡΙΣΚΟ (BOHNENBLUST AND TAW)

ΠΗΓΗ: ΚΟΝΤΟΒΑΣ, 2005

Για τον περιορισμό του κινδύνου, έχουν τεθεί διάφορα όρια ανάλογα με τη χώρα και τους κανονισμούς της. Το Ministry of Housing, Spatial planning and Environment (VROM) έχει ορίσει $IR < 10^{-6}$ (το χρόνο) όπως το ίδιο όριο έχει οριστεί και από Bohnenblust and TAW (σχήμα 1.3). Αν είναι μεγαλύτερος ο κίνδυνος τότε πρέπει να ληφθούν μέτρα για να περιοριστεί όσο το δυνατόν περισσότερο (as low was reasonably achievable). Αυτός ο αριθμός έχει οριστεί για τυχαία ατυχήματα που γίνονται σε περιοχές επικίνδυνων εργασιών (Kontovas, 2005).

1.1.3.1.2.2 ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

Ωστόσο οι περισσότερες ποσοτικές αποτιμήσεις επικινδυνότητας και κυρίως οι συστημικές αποτιμήσεις επικινδυνότητας στις οδικές σήραγγες εστιάζουν στον προσδιορισμό της κοινωνικής επικινδυνότητας.

Στη δημοσίευση της HSE «Μείωση των κινδύνων, προστασία των ανθρώπων», ο κοινωνικός κίνδυνος περιγράφεται ως ακολούθως:

"... Οι κίνδυνοι ή οι απειλές από τους κινδύνους που έχουν αντίκτυπο στην κοινωνία και οι οποίοι αν πραγματοποιηθούν, θα μπορούσαν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στους φορείς που είναι αρμόδιοι για την εφαρμογή των διατάξεων και ρυθμίσεων για την προστασία των ανθρώπων, π.χ. Το Κοινοβούλιο ή η Κυβέρνηση της ημέρας. Αυτό το είδος της ανησυχίας συχνά συνδέεται με τις επικίνδυνες καταστάσεις που δημιουργούν κινδύνους που αν υλοποιηθούν, θα μπορούσαν να προκαλέσουν κοινωνικο-πολιτική αντίδραση, π.χ. κίνδυνος επεισοδίων που προκαλούν εκτεταμένες ή μεγάλης κλίμακας ζημιές ή εμφάνιση πολλαπλών θανάτων σε ένα μόνο συμβάν.

Ο συνολικός σταθμισμένος κίνδυνος (AWR), όπως περιγράφεται από τον Piers 1998, υπολογίζεται με πολλαπλασιασμό του αριθμού των σπιτιών μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή με το ατομικό επίπεδο κινδύνου IR:

$$AWR = \iint_A IR(x, y) h(x, y) dx dy$$

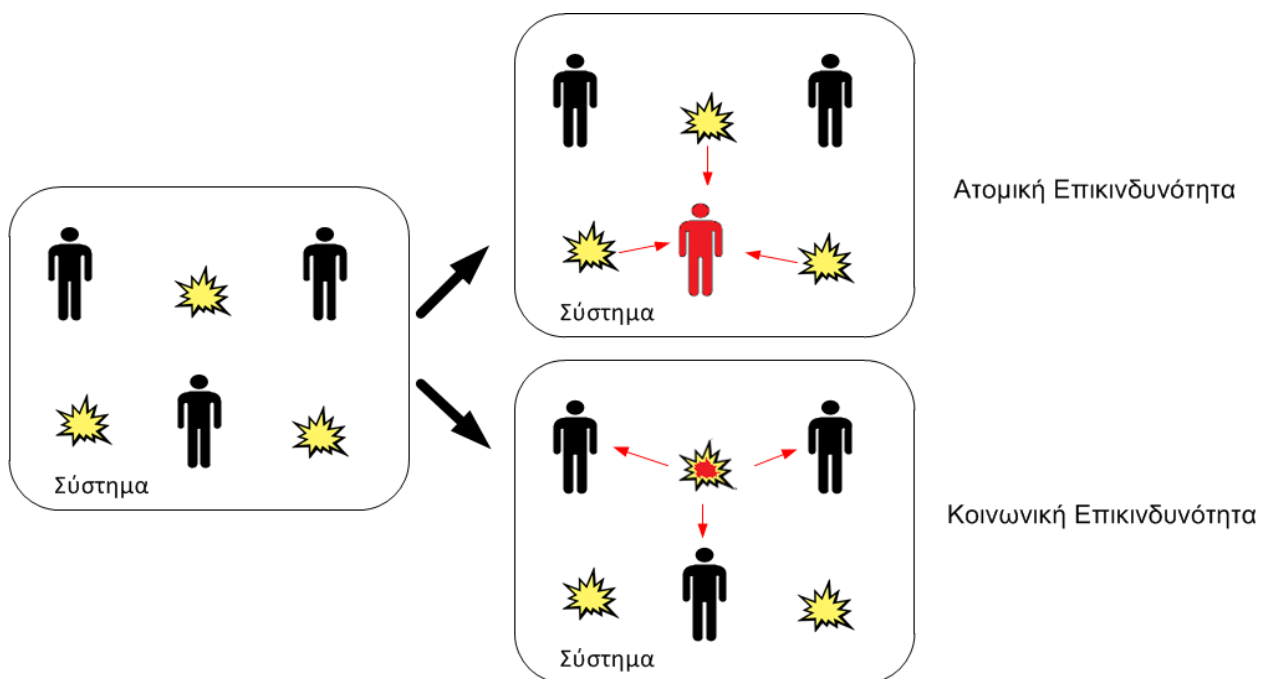
όπου:

IR (x, y) είναι ο ατομικός κίνδυνος για την τοποθεσία (x, y)

h (x, y) αριθμός των κατοικιών για την τοποθεσία (x, y) και

A είναι η περιοχή για την οποία η AWR προσδιορίζεται

Για να γίνει πλήρως κατανοητή η έννοια της κοινωνικής και της ατομικής επικινδυνότητας, παρουσιάζεται παρακάτω γραφικά η μεταξύ τους διαφορά (σχήμα 1.4).



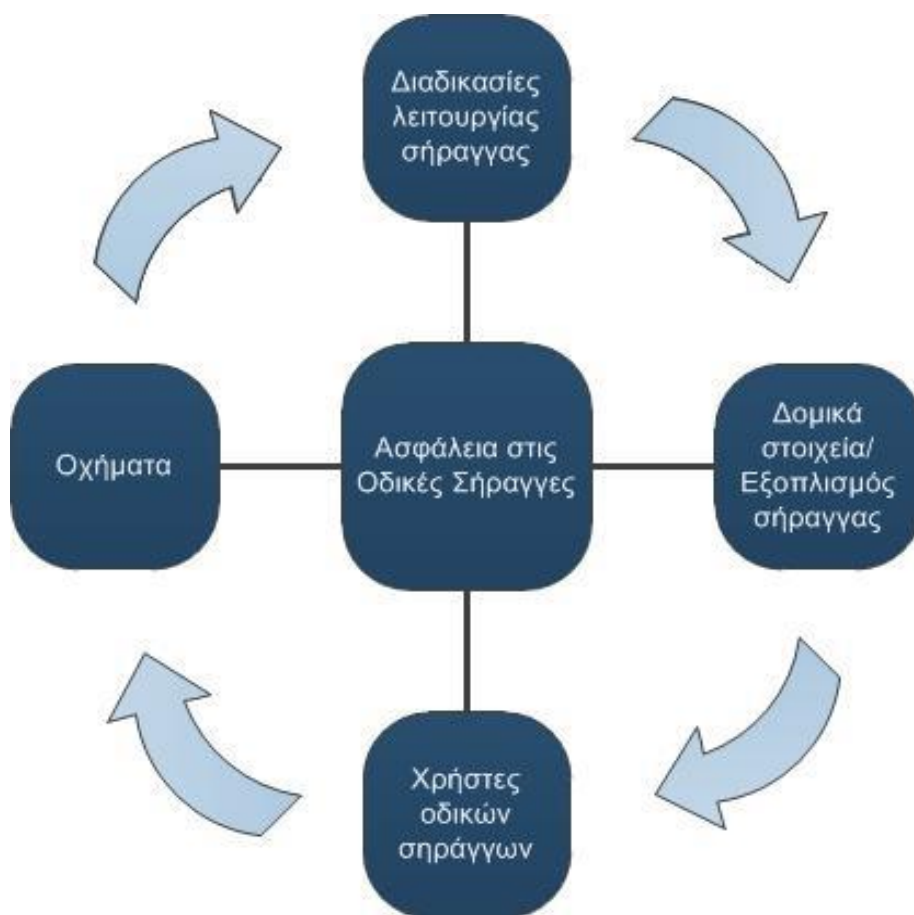
ΣΧΗΜΑ 1.4 ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

ΠΗΓΗ: PIARC, 2010

1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Λόγω των πολλαπλών οφελών των αναλύσεων κινδύνου, κρίθηκε σημαντική η χρήση τους στις οδικές σήραγγες στην προσπάθεια βελτίωσης της ασφάλειας τους. Οι αναλύσεις κινδύνου οδικών σηράγγων, αντίστοιχα με τις αναλύσεις σε άλλα πεδία, αποτελούν μέρος της διαδικασίας αποτίμησης του κινδύνου οδικών σηράγγων.

Μια γενική βασική αρχή όλων των ειδών των αναλύσεων κινδύνου οδικών σηράγγων πρέπει να είναι η ολιστική προσέγγιση (PIARC, 2008a), η οποία περιλαμβάνει τα δομικά στοιχεία/εξοπλισμό της σήραγγας, τα οχήματα, τις διαδικασίες λειτουργίας της σήραγγας και τους χρήστες των οδικών σηράγγων (σχήμα 1.5).



ΣΧΗΜΑ 1.5 ΟΛΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

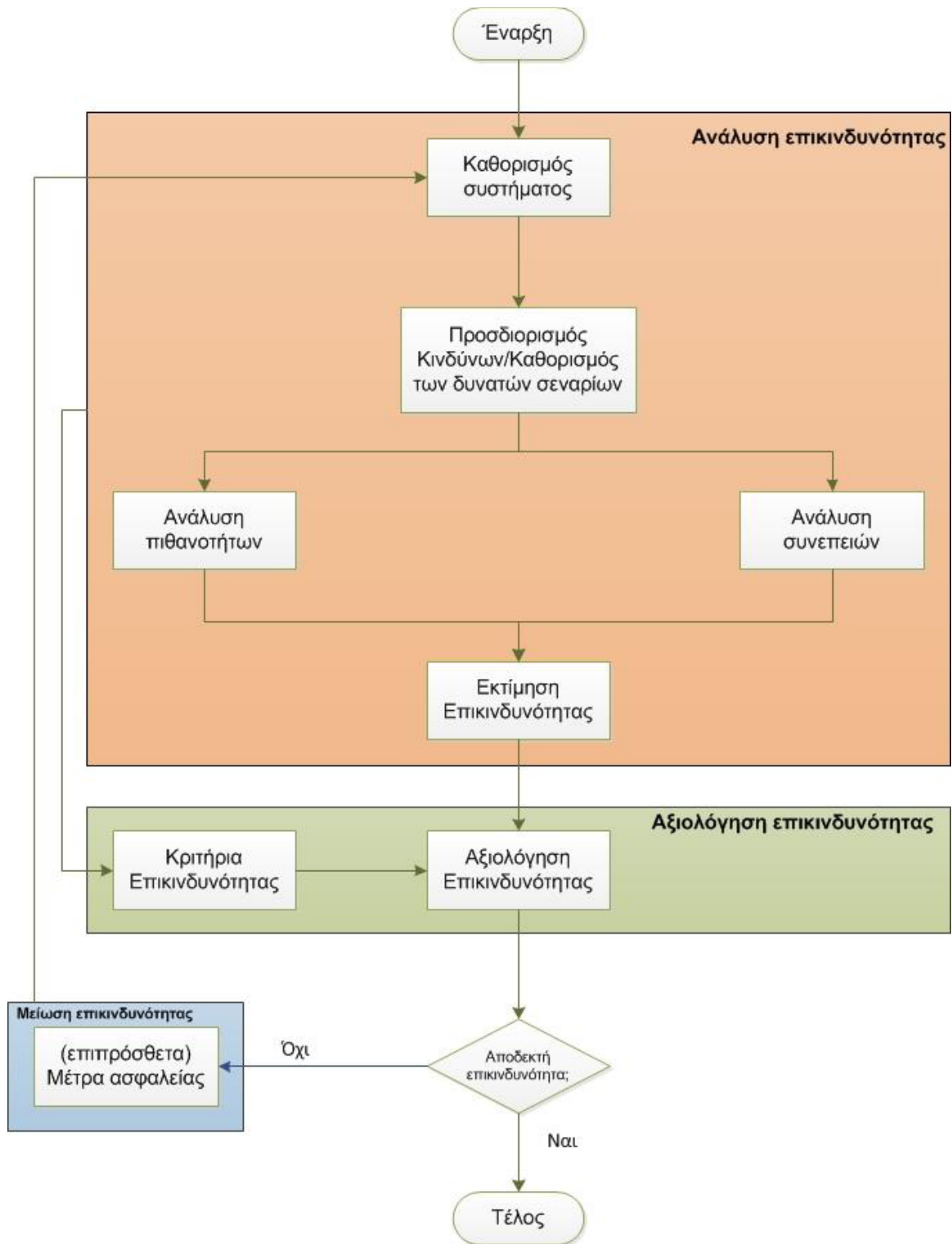
ΠΗΓΗ: PIARC, 2008

Κατά την ανάλυση του κινδύνου μελετώνται όλοι οι δυνατοί τρόποι αστοχίας της υπό μελέτη σήραγγας καθώς επίσης και οι συνέπειες τους. Στη συνέχεια, αξιολογείται κατά πόσο είναι αποδεκτός ο κίνδυνος, που έχει υπολογιστεί κατά την ανάλυση του κινδύνου και τέλος σχεδιάζονται μέτρα ασφαλείας, έτσι ώστε η επικινδυνότητα της υπό μελέτη σήραγγας να μην ξεπερνάει τα όρια επικινδυνότητας και τελικά να μετριαστεί.

Αφετηρία για την ανάλυση αυτή, αποτελεί ο καθορισμός των στόχων του κάθε έργου και ο διαχωρισμός τους σε ενέργειες και αποτελέσματα. Στη συνέχεια, επιλέγεται η μεθοδολογία ανάλυσης κινδύνου, η οποία αποτελείται από τρία στάδια:

- **Αναγνώριση Κινδύνου (Risk Identification):** Προσδιορισμός όλων των πιθανών πηγών κινδύνου που θα μπορούσε να αντιμετωπίσει ένα πρόγραμμα.
- **Εκτίμηση Κινδύνου (Risk Estimation):** Προσδιορισμός της έκθεσης σε κάθε παράγοντα κινδύνου, βασισμένος στην εκτίμηση της πιθανότητας να συμβεί και της πιθανής επίπτωσής του.
- **Αποτίμηση Κινδύνου (Risk Evaluation):** Εκτίμηση της αποδοχής κάθε παράγοντα κινδύνου, με σκοπό τη λήψη των σωστών αποφάσεων για τις ενέργειες, που πρέπει να γίνουν.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο κίνδυνος σχετίζεται άμεσα με την επικινδυνότητα (πιθανότητα κινδύνου * ανεπιθύμητες συνέπειες). Συνεπώς η διαδικασία για την αναγνώριση, τη εκτίμηση και τελικά την αποτίμηση της επικινδυνότητας (**σχήμα 1.6**) είναι μέρος της ανάλυσης του κινδύνου και ξεκινάει με τον καθορισμό του συστήματος, που είναι η περιγραφή των ορίων της μελέτης και των στόχων που τίθενται. Τα όρια της μελέτης είναι δυνατό να είναι τόσο στενά, όσο είναι η εκτίμηση της πιθανότητας αστοχίας μιας μεμονωμένης συσκευής ή τόσο ευρέα, όσο η πιθανότητα καταστροφής ενός βιομηχανικού συγκροτήματος κατά τη διάρκεια της ζωής του. Ο στόχος που τίθεται συνήθως είναι ο περιορισμός της πιθανότητας ατυχήματος κάτω από ένα ορισμένο όριο. Σε οποιαδήποτε περίπτωση πάντως απαιτείται πολύ καλή γνώση του σχεδιασμού των εγκαταστάσεων και της παραγωγικής διαδικασίας. Προκειμένου να προχωρήσει κανείς στην *αναγνώριση κινδύνων* (risk identification) προϋποτίθεται, ότι έχει αποκτήσει επαρκή εμπειρία μετά από συστηματική και σε βάθος ανάλυση συμβάντων (αστοχιών) όμοιων συστημάτων. Στη φάση αυτή, πραγματοποιείται ο εντοπισμός των πηγών κινδύνου. Εκτός από την προσωπική εμπειρία του μελετητή χρήσιμοι για το σκοπό αυτό είναι οι *κατάλογοι ελέγχου* (Checklists), που στηρίζονται στη συλλογική εμπειρία. Με αυτά τα βοηθήματα ο μελετητής προχωρεί σε συστηματικούς ελέγχους του σχεδιασμού και της λειτουργίας της εγκατάστασης.



ΣΧΗΜΑ 1.6 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

ΠΗΓΗ: PIARC, 2008A

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Οι μεθοδολογίες εκτίμησης επικινδυνότητας μπορεί να είναι, είτε ποιοτικού χαρακτήρα (qualitative risk assessment), είτε ποσοτικού χαρακτήρα (quantitative risk assessment), διαχωρισμός που βασίζεται στον τρόπο με τον οποίο εκφράζονται οι συνέπειες καθώς και οι πιθανότητες εμφάνισής τους. Στην πρώτη περίπτωση, η σοβαρότητα των συνεπειών αλλά και οι πιθανότητες εμφάνισής τους εκφράζονται ποιοτικά (υψηλή, μέτρια, χαμηλή). Αντίθετα στη περίπτωση της ποσοτικής αποτίμησης οι συνέπειες εκφράζονται αριθμητικά, όπως για παράδειγμα με αριθμό ανθρώπινων απωλειών και οι πιθανότητες εμφάνισής τους εκφράζονται μέσω πιθανοτήτων ή συχνοτήτων, όπως για παράδειγμα αριθμός εμφάνισής τους ή πιθανότητα να εμφανιστούν ανά χρονική μονάδα.

Κάθε κατηγορία εκτίμησης της επικινδυνότητας έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, τα οποία εναποτίθενται στη κρίση του εκάστοτε υπεύθυνου για την τελική επιλογή της μεθοδολογίας. Στη συγκεκριμένη εργασία, μας ενδιαφέρει η ανάλυση και αποτίμηση της επικινδυνότητας σε οδικές σήραγγες, όπου είναι αναγκαία η ακρίβεια στα αποτελέσματα μας και συνεπώς θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την ποσοτική εκτίμηση της επικινδυνότητας.

1.3.1 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Η ποσοτική ή πιθανοκρατική (probabilistic) αποτίμηση επικινδυνότητας είναι πολύ σημαντική για τον προσδιορισμό του επιπέδου ασφάλειας ενός συστήματος καθώς σύμφωνα με τους **Kaplan & Garrick (1981)** ως διαδικασία, απαντάει σε τρία ουσιώδη ερωτήματα:

- Τι μπορεί να πάει λάθος;
- Πόσο πιθανό είναι;
- Ποίες είναι οι συνέπειες;

Για κάθε ένα από αυτά τα ερωτήματα γίνεται χρήση μιας μεγάλης γκάμας μεθόδων και διαδικασιών έτσι ώστε να μπορέσουν να απαντηθούν. Για την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιούνται τόσο ιστορικά δεδομένα όσο και η κρίση των ειδικών, όπως θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια.

Κατά τον **Apostolakis (2004)**, η ποσοτική αποτίμηση επικινδυνότητας έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη επειδή:

1. Λαμβάνει υπόψη χιλιάδες σενάρια τα οποία περιλαμβάνουν πολλαπλές αστοχίες, και έτσι παρέχει μια εις βάθος κατανόηση των διαφόρων καταστάσεων αστοχίας του συστήματος.
2. Αυξάνει τις πιθανότητες προσδιορισμού των σύνθετων αλληλεπιδράσεων μεταξύ γεγονότων/συστημάτων/διαχειριστών.
3. Παρέχει μια κοινή αντίληψη του προβλήματος, που διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων ενδιαφερόμενων μερών.
4. Είναι μια ολιστική προσέγγιση, μέσω της οποίας γίνεται ορατή η ανάγκη για συνεισφορά διαφορετικών επιστημονικών κλάδων όπως των τεχνικών, των κοινωνικών και των συμπεριφορικών επιστημών.
5. Εστιάζει στην ποσοτικοποίηση των αβεβαιοτήτων και δημιουργεί μια καλύτερη εικόνα του τι η κοινότητα των επιστημόνων γνωρίζει ή δεν γνωρίζει πάνω σε ένα συγκεκριμένο θέμα. Έτσι παρέχει πολύτιμες πληροφορίες στην λήψη αποφάσεων σχετικά με την έρευνα που απαιτείται στους διάφορους επιστημονικούς κλάδους, π.χ. στα φυσικά φαινόμενα ή στα ανθρώπινα λάθη.
6. Διευκολύνει την διαχείριση επικινδυνότητας μέσω του προσδιορισμού των κυρίαρχων σεναρίων ατυχημάτων έτσι ώστε να μην σπαταλούνται πόροι σε πράγματα που συνεισφέρουν ελάχιστα στην επικινδυνότητα.

1.3.1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΟΣΟΤΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για την ποσοτική (πιθανοθεωρητική) εκτίμηση της επικινδυνότητας. Η πρώτη είναι η “ιστορική προσέγγιση” όπου η επικινδυνότητα υπολογίζεται με βάση στατιστικά στοιχεία αστοχίας μονάδων ή ολόκληρων συστημάτων. Η δεύτερη χρησιμοποιεί την ανάλυση ενός ανεπιθύμητου συμβάντος σε άλλους απλούστερους παράγοντες που συνεισφέρουν σε αυτό, χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές. Πιο αναλυτικά:

Αιτιοκρατική εκτίμηση επικινδυνότητας (deterministic risk assessment) εκτιμά το πόσο σοβαρές μπορεί να είναι οι επιπτώσεις ενός συγκεκριμένου σεναρίου (“worst-case” scenario) και συχνά χρησιμοποιείται για να καταδείξει σε ομάδες/υπηρεσίες αντιμετώπισης έκτακτων περιστατικών τις δυσχέρειες που μπορεί να προκύψουν και που θα πρέπει να αντιμετωπίσουν. Συνήθη μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι αυτά της προσομοίωσης φυσικών φαινομένων (π.χ. σε μια φωτιά, η θερμοκρασία που αναπτύσσεται, ο καπνός και η ορατότητα που επικρατεί, κλπ.), μοντέλα εκτίμησης ζημιών και φθορών, μοντέλα εκκένωσης και διαφυγής χρηστών.

Πιθανοτική εκτίμηση επικινδυνότητας (probabilistic risk assessment) εκτιμά πόσο σοβαρά και πόσο συχνά μπορεί να είναι ορισμένα συμβάντα σε σύνθετα τεχνολογικά περιβάλλοντα με σκοπό την βελτίωση της ασφάλειας και της απόδοσης των συστημάτων αυτών με λογικό κόστος.

Η DG QRAM αποτελεί μία πιθανοτική μέθοδο εκτίμησης της επικινδυνότητας, ποσοτικοποιώντας την πιθανότητα να συμβεί κάποιο γεγονός, αλλά και την σοβαρότητα των συνεπειών αν το γεγονός συμβεί. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί απλοποιημένα αλλά ρεαλιστικά σενάρια σαν βάση για την εκτίμηση του κινδύνου (**πίνακας 1.1**). Αρχικά, επιλέγεται ένας περιορισμένος αριθμός επικίνδυνων εμπορευμάτων και στη συνέχεια κάποια αντιπροσωπευτικά τυχαία σενάρια, που περιλαμβάνουν αυτά τα επικίνδυνα αγαθά με τη συνήθη μορφή τους. Στη συνέχεια ταυτοποιούνται τα φυσικά αποτελέσματα αυτών είτε πρόκειται για ανοιχτό δρόμο είτε για σήραγγα και τα ψυχολογικά αποτελέσματα που έχουν στους χρήστες των οδών ή των σιδηροδρόμων. Τέλος λαμβάνονται υπόψη οι δυνατότητες διαφυγής και προσδιορίζεται η συχνότητα εμφάνισης του κάθε σεναρίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ DG QRAM

Scenario Nr:	Description	Capacity of tank	Size of breach (mm)	Mass flow rate (kg/s)	
‘Non DG’ Fires	1	HGV fire 20 MW	-	-	
	2	HGV fire 100 MW	-	-	
	3	BLEVE of LPG in cylinder	50 kg	-	
DG pool fire	4	Motor spirit pool fire	28 tonnes	100	20.6
	5	VCE of motor spirit	28 tonnes	100	20.6
	6	Chlorine release	20 tonnes	50	45
	7	BLEVE of LPG in bulk	18 tonnes	-	-
	8	VCE of LPG in bulk	18 tonnes	50	36
	9	Torch fire of LPG in bulk	18 tonnes	50	36
	10	Ammonia release	20 tonnes	50	36
	11	Acrolein in bulk release	25 tonnes	100	24.8
	12	Acrolein in cylinder release	100 litres	4	0.02
	13	BLEVE of liquefied CO ₂	20 tonnes	-	-

ΠΗΓΗ:PIARC Seminar 2007

1.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ALARP ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Υγείας και Ασφάλειας του Ηνωμένου Βασιλείου (**HSE-Health and Safety Executive**), τα κριτήρια κινδύνου δεν οριοθετούνται από έναν μοναδικό αριθμό (και στην απαίτηση το ρίσκο από κάποια δραστηριότητα να είναι μικρότερο από τον αριθμό αυτό), άλλα αποτυπώνονται σε μια περιοχή τιμών στη λογική της μεθόδου ALARP, As Low As Reasonably Practicable (**σχήμα 1.7**).

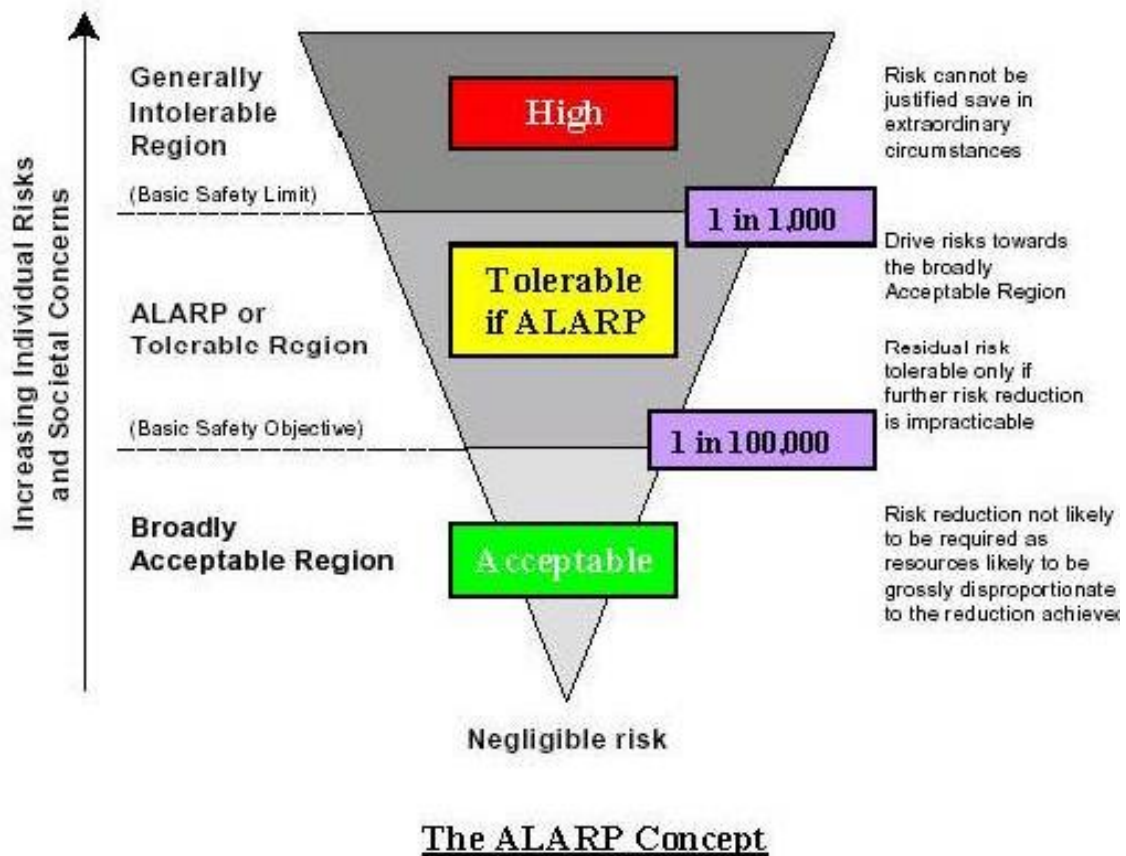
Ο κίνδυνος τοποθετείται σε τρεις περιοχές, εκ των οποίων στις δύο είναι αποδεκτός, όταν έχουμε πολύ χαμηλό ρίσκο και μη αποδεκτός, όταν απαιτείται άμεση λήψη μέτρων μείωσης του ρίσκου ή και διακοπή της δραστηριότητας και στη τρίτη, που είναι η περιοχή της φιλοσοφίας της μεθόδου, ο κίνδυνος μπορεί μεν να γίνει αποδεκτός, με δεδομένο ότι το όφελος που αποκομίζεται από τη δραστηριότητα είναι μεγάλο και ότι γίνεται ο κατάλληλος έλεγχος, ώστε να περιορίζεται κατά το δυνατόν στα χαμηλότερα επίπεδα και σαφώς κάτω από το όριο του μη- αποδεκτού.

Επειδή συχνά παρατηρείται σύγχυση στους όρους ανεκτό και αποδεκτό όριο κινδύνου, ο **Οργανισμός Υγείας και Ασφάλειας του Ηνωμένου Βασιλείου**, αναφέρει ότι δεν είναι δύο όροι ταυτόσημοι. Συγκεκριμένα αποδεκτός κίνδυνος ορίζεται ως αυτός τον οποίο, για τους σκοπούς της ζωής ή της εργασίας, είναι προετοιμασμένος να δεχθεί ο καθένας με το οποιοδήποτε αντίκτυπο, χωρίς να επέμβει στους μηχανισμούς ελέγχου του κινδύνου. Ο ανεκτός κίνδυνος είναι η έκταση του κινδύνου, με την οποία μπορεί να ζήσει μια κοινωνία έχοντας παράλληλα κάποια οφέλη. Είναι δηλαδή μια περιοχή που δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα ή που μπορεί να αγνοηθεί, αλλά μια διαρκώς ελεγχόμενη κατάσταση, κατά την οποία καταβάλλεται προσπάθεια μείωσης του κινδύνου κατά το δυνατόν πιο εφικτό.

Ως όριο για το ευρέως αποδεκτό (broadly acceptable) ρίσκο ο **HSE** προτείνει το 10^{-6} ανά έτος, θεωρώντας ότι είναι πολύ μικρό συγκρινόμενο με το αθροιστικό ρίσκο που αντιμετωπίζει κάποιος άνθρωπος από το σύνολο των δραστηριοτήτων στις οποίες εμπλέκεται καθημερινά. Η ενδιάμεση περιοχή μεταξύ ευρέως αποδεκτού και μη- αποδεκτού ρίσκου αποτελεί την περιοχή του ανεκτού (tolerable) ρίσκου στην οποία εφαρμόζεται η αρχή ALARP.

Οι δύο βασικές λέξεις που συνθέτουν αυτή την αρχή είναι το εύλογα εφικτό (reasonably practicable) για το οποίο έχουν δοθεί κατά καιρούς διάφοροι ορισμοί ένας εκ των οποίων δόθηκε από το **Court of Appeal (Εφετείο)** με δική του κρίση το **1949** και είναι: Οι λέξεις “reasonably practicable” (εύλογα εφικτό) είναι η στενότερη έννοια του όρου “physically possible” (υλικά πιθανό). Πρέπει να γίνει ένας υπολογισμός από τον υπεύθυνο στον οποίο εναποτίθεται το ρίσκο τοποθετώντας το στη μια πλευρά και στην άλλη τη θυσία που πρέπει να γίνει και την ποσότητα που

είναι αναγκαία για να εξαλειφθεί το ρίσκο (σε χρήματα, χρόνο, κόπο), ενώ αν αποδειχθεί ότι υπάρχει μια μεγάλη δυσαναλογία μεταξύ τους - ο κίνδυνος είναι ασήμαντος σε σχέση με την θυσία - οι κατηγορούμενοι αναλαμβάνουν το ρίσκο.



ΣΧΗΜΑ 1.7 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ALARP

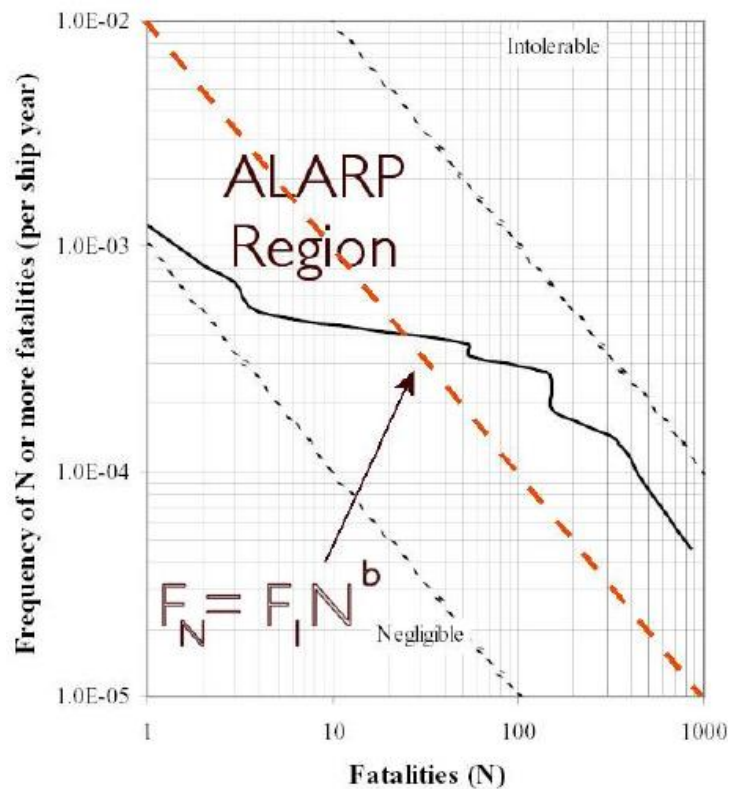
ΠΗΓΗ: <http://reasonablypracticable.info>

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα:

- Οι μη ανεκτοί κίνδυνοι (unacceptable risks) βρίσκονται κοντά στη κορυφή του τριγώνου, όπου οι κίνδυνοι είναι μη ανεκτοί, ασχέτως με τα οφέλη.
- Οι ανεκτοί κίνδυνοι (tolerable risks) βρίσκονται μεταξύ των δύο περιοχών και είναι τυπικοί κίνδυνοι από δραστηριότητες που οι άνθρωποι είναι προετοιμασμένοι να αποδεχτούν προκειμένου να έχουν κάποια οφέλη.

- Οι ευρέως αποδεκτοί κίνδυνοι, βρίσκονται κοντά στη βάση του τριγώνου και είναι ελάχιστος σημασίας και εύκολα διαχειρίσιμοι.

Πρόκειται, λοιπόν, για μια ιδιαίτερα χρήσιμη μέθοδο όσο αναφορά τον σχεδιασμό των οδικών σιράγγων, διότι αποτελεί ένα τρόπο έκφρασης της κοινωνικής επικινδυνότητας μέσω της αναμενόμενης τιμής επικινδυνότητας και ένα τρόπο αξιολόγησης της επικινδυνότητας αυτής. Βασίζεται στη σύγκριση της αναμενόμενης τιμής επικινδυνότητας, που προκύπτει με ένα προκαθορισμένο ανώτατο κατώφλι, το οποίο ορίζει το αποδεκτό επίπεδο. Συγκεκριμένα αν η αναμενόμενη τιμή επικινδυνότητας είναι μικρότερη από το κατώφλι, τότε η επικινδυνότητα της υπό μελέτης σήραγγας θεωρείται αποδεκτή, ενώ στην αντίθετη περίπτωση θεωρείται μη αποδεκτή. Το παρακάτω διάγραμμα F-N (**σχήμα1.8**) δείχνει τη σχέση μεταξύ της ετήσιας συχνότητας F των ατυχημάτων με N ή περισσότερες απώλειες ζωής. Το διάγραμμα χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει τον κοινωνικό κίνδυνο για μεγάλα αλλά και μικρά ατυχήματα που μας επιτρέπουν να εκφράσουμε την αποφυγή του κινδύνου και ταυτόχρονα βλέπουμε τον τρόπο με τον οποίο συνδυάζεται με την αρχή ALARP.



ΣΧΗΜΑ 1.8 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ (F-N) - ΑΡΧΗ ALARP

ΠΗΓΗ:KONTOVAS 2005

1.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΦΕΛΟΥΣ ΚΟΣΤΟΥΣ

Ανάλυση οφέλους κόστους ορίζεται ως μια συστηματική διαδικασία για τον υπολογισμό και τη σύγκριση των οφελών και του κόστους ενός έργου για δύο λόγους: Τα σημαντικότερα μέρη της είναι:

- η διαπίστωση για το αν μια επένδυση είναι συμφέρουσα (αιτιολόγηση – σκοπιμότητα)
- η σύγκρισή της με άλλες εναλλακτικές επενδύσεις

Η ανάλυση οφέλους – κόστους (BCA) είναι γνωστή, επίσης, ως ανάλυση κόστους οφέλους (CBA) και παρά τη διαφορά της ονοματοδοσίας πρόκειται για τις ίδιες αναλύσεις. Είναι ένα είδος οικονομικής αξιολόγησης - μια ανάλυση που αξιολογεί τη σχετική αξία ενός έργου σε νομισματοποιημένες εκτιμήσεις. Όπως υποδηλώνει και το όνομα της καθορίζει την αξία ενός έργου διαιρώντας τα οφέλη (σε χρηματικές μονάδες) που προκύπτουν από αυτό και το οριακό κόστος του εν λόγω έργου. Το αποτέλεσμα ονομάζεται σχέση οφέλους / κόστους και αποτελεί εργαλείο αξιολόγησης της οικονομικής ανάλυσης του έργου. Η σχέση αυτή μπορεί είτε να εκφράζεται ως μια αναλογία (2:1) ή μια προκύπτουσα τιμή (2). Για παράδειγμα, ένα έργο που παράγει 150.000€ σε παροχές και κοστίζουν 100.000€ θα οδηγήσει σε αναλογία B / C από 1,5: 1 ή 1.5 (150 χιλιάδες ευρώ οφέλη / 100 χιλιάδες ευρώ το κόστος).

Αν ο παραπάνω λόγος B/C είναι μεγαλύτερος της μονάδας τότε η επένδυση μας είναι συμφέρουσα, ενώ εάν είναι μικρότερος της μονάδας μη συμφέρουσα. Στη περίπτωση που ισούται με τη μονάδα τα οφέλη που προκύπτουν από το έργο είναι ίδια με το κόστος του έργου.

Σημαντικό ρόλο σε μια τέτοια ανάλυση παίζει και το καθαρό όφελος (Net Benefit), το οποίο προσδιορίζεται αθροίζοντας όλα τα οφέλη και αφαιρώντας από αυτά το άθροισμα όλων των δαπανών του έργου. Η τελική τιμή του καθαρού οφέλους δεν συμπίπτει απαραίτητα με την τιμή του λόγου οφέλους / κόστους, ως προς την επιλογή της πιο συμφέρουσας επένδυσης. Για παράδειγμα, στον **πίνακα 1.2** εμφανίζονται τρία projects, και για το καθένα αναγράφονται τα οφέλη, οι δαπάνες, ο λόγος οφέλους / κόστους και το καθαρό όφελος. Με βάση τον λόγο οφέλους κόστους θα επιλέγονταν το project 1, όπου B/C = 4 έναντι του 2 και 3 που έχουν B/C 1,5 και 2 αντίστοιχα. Όμως αν επιλέγονταν η πιο συμφέρουσα λύση με βάση το καθαρό όφελος το project 3 υπερτερεί έναντι των άλλων 2, αφού έχει καθαρό όφελος 200.000€ σε σχέση με τα 150.000€ και τα 50.000€ που έχουν τα σενάρια 1 και 2. Συνεπώς η επιλογή του κατάλληλου project εξαρτάται από τον σκοπό που έχει ο κάθε επενδυτής, δηλαδή εάν θέλει να αυξήσει την αποδοτικότητα της επένδυσης ή να μεγιστοποιήσει το συνολικό όφελος αυτής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ PROJECTS ΧΡΗΣΙΜΟΠΙΩΝΤΑΣ ΤΟ Β/С ΚΑΙ ΤΟ ΚΑΘΑΡΟ ΟΦΕΛΟΣ

	Project 1	Project 2	Project 3
Benefits	200,000€	150,000€	400,000€
Costs	50,000€	100,000€	200,000€
B/C Ratio (Benefits/Costs)	4.0	1.5	2.0
Net Benefit (Benefits – Costs)	150,000€	50,000€	200,000€

ΠΗΓΗ: <http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop12028/sec2.htm>

Η συγκεκριμένη τεχνική θα χρησιμοποιηθεί ως στοιχείο ελέγχου της ανάλυσης και της αξιολόγησης των λύσεων. Το πηλίκο του συνολικού οφέλους προς το συνολικό κόστος μιας επένδυσης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, N , με όλα τα ποσά ανηγμένα σε παρούσα αξία, αποτελεί επίσης ένα κριτήριο οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης. Ο λόγος αυτός ορίζεται από τη σχέση:

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{B_t}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+d)^t}}$$

Όπου

B_t το όφελος κατά έτος t

C_t το κόστος κατά το έτος t (η τιμή C_0 αντιστοιχεί στην αρχική επένδυση)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_2: ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

2.1 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

Σύμφωνα με αποτελέσματα από στατιστικές έρευνες στη Γαλλία, στη Γερμανία, στην Ελβετία και στην Ιταλία, τα ατυχήματα που λαμβάνουν χώρα σε ανοικτά τμήματα του οδικού δικτύου είναι συχνότερα από τα ατυχήματα σε οδικές σήραγγες (**Beard 2005**). Το συμπέρασμα αυτό οδηγεί στην εσφαλμένη πεποίθηση ότι το περιβάλλον εντός των οδικών σηράγγων είναι πιο ασφαλές από τον ανοικτό δρόμο. Η κατάσταση διαφοροποιείται εάν συνυπολογιστεί η πιθανότητα εκδήλωσης φωτιάς σε ένα ατύχημα, που είναι ίδια για τις οδικές σήραγγες και για τα ανοικτά τμήματα του οδικού δικτύου. Η πιθανότητα αυτή μπορεί να φαίνεται υπερβολικά μικρή (υπολογίζεται ένα με τρία σοβαρά ατυχήματα με εμφάνιση φωτιάς για κάθε δισεκατομμύριο διερχόμενων βαρέων οχημάτων ανά χιλιόμετρο της σήραγγας), αλλά λαμβάνοντας υπόψη τα συνολικά χιλιόμετρα του διαθέσιμου υπόγειου οδικού δικτύου και τον συνεχώς αυξανόμενο αριθμό των οδικών σηράγγων είναι προφανές ότι οι πιθανότητες είναι περισσότερες από τις αναμενόμενες (**Beard & Carvel, 2005**).

Η εκδήλωση φωτιάς διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στον τρόπο που θα εξελιχθεί ένα ατύχημα και συντελεί στην κλιμάκωση των συνθηκών που ευνοούν την πρόκληση μεγάλων καταστροφών. Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός του περιορισμένου χώρου με τις υψηλές θερμοκρασίες και την έντονη έκλυση καπνού από τα αρχικά στάδια γένεσης της φωτιάς είναι ικανός να δημιουργήσει θανάσιμες συνθήκες σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Παρόλα αυτά, το στοιχείο της φωτιάς δεν είναι αποκλειστικά υπεύθυνο για τα πολύνεκρα ατυχήματα που έχουν συμβεί κατά καιρούς στις οδικές σήραγγες. Σύμφωνα με έρευνες, τα ατυχήματα χωρίς εκδήλωση φωτιάς είναι περισσότερα από αυτά με εμφάνιση φωτιάς, ενώ τα δύο τρίτα των ατυχημάτων με θάνατο αφορούν ατυχήματα χωρίς εμφάνιση φωτιάς, δηλαδή συνηθισμένα αυτοκινητιστικά ατυχήματα (**Beard & Cope, 2008**).

Λαμβάνοντας υπόψη τα ατυχήματα των τελευταίων δεκαετιών και το μέγεθος των καταστροφών που προκλήθηκαν, επιβεβαιώνονται τα όσα προαναφέρθηκαν και αποδεικνύεται η επικινδυνότητα των οδικών σηράγγων. Αυτός είναι και ο λόγος που έχουν απασχολήσει τόσο έντονα την επιστημονική κοινότητα και έχουν γίνει αντικείμενο πολλών ερευνών. Το ενδιαφέρον δεν είναι μόνο ερευνητικό αλλά και πολιτικό, καθώς οι καταστροφές στις οποίες εξελίχθηκαν πολλά από τα μεγάλα ατυχήματα κόστισαν αφενός βαρύτατα σε ανθρώπινες ζωές, αλλά ταυτόχρονα είχαν οδυνηρές συνέπειες στην οικονομία. Η μελέτη των ατυχημάτων επικεντρώνεται στον εντοπισμό και στην ανάλυση των αιτιών που προκάλεσαν τις μεγάλες αυτές καταστροφές με απώτερο σκοπό τη λήψη μέτρων και την εκτέλεση ενεργειών που θα αποτρέψουν παρόμοια περιστατικά στο μέλλον.

Στο **παράρτημα 2** παρατίθεται ένας πίνακας που αναφέρει συνοπτικά καταγεγραμμένα ατυχήματα, που συνέβησαν σε οδικές σήραγγες ανά τον κόσμο καθώς και βασικά στοιχεία για το καθένα από αυτά. Τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνουν την ημερομηνία και τη χώρα που συνέβη, το όνομα και το μήκος της σήραγγας, τον αριθμό των θυμάτων και εάν υπήρξε εκδήλωση φωτιάς.

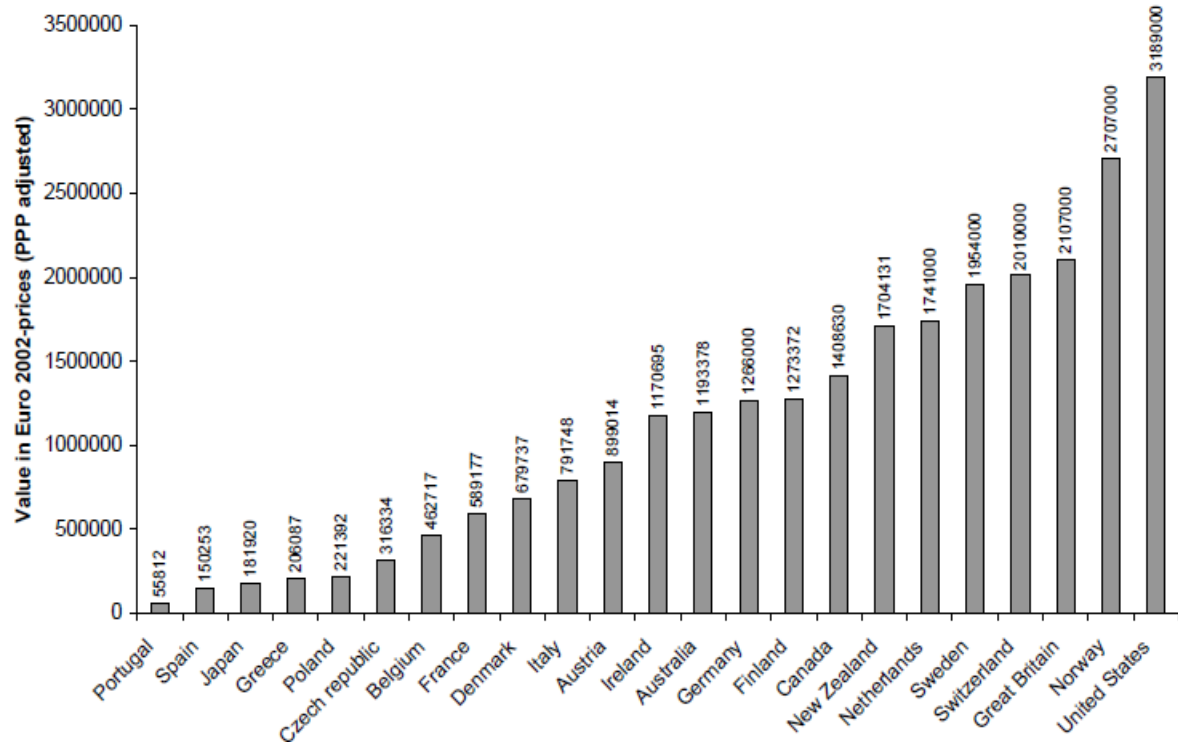
Προφανώς, τα ατυχήματα που έχουν συμβεί σε οδικές σήραγγες είναι πολύ περισσότερα από αυτά που αναφέρονται στον πίνακα, αλλά τα στοιχεία αυτά είναι προσβάσιμα στο κοινό μόνο εάν υπάρξει συνεργασία με την αρμόδια αρχή κάθε χώρας. Συνεπώς, η λίστα που παρουσιάζεται δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι περιλαμβάνει το σύνολο των ατυχημάτων που έχουν προκληθεί σε σήραγγες.

Ωστόσο, τα ατυχήματα που καταγράφονται είναι αυτά που δόθηκαν στη δημοσιότητα ή έχουν αναφερθεί σε παλαιότερες μελέτες και προσέλκυσαν το ενδιαφέρον της κοινής γνώμης λόγω των συνθηκών που τα προκάλεσαν και της σοβαρότητας των συνεπειών τους. Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως σε ατυχήματα με ανθρώπινες απώλειες (νεκρούς ή τραυματίες), υλικές ζημιές σε οχήματα και την υποδομή της σήραγγας και περιβαλλοντικές ή οικονομικές επιπτώσεις λόγω κλεισίματος της σήραγγας.

Στο σημείο αυτό, μιας και αναφερόμαστε σε παγκόσμιας κλίμακας ατυχήματα, αξίζει να σημειωθεί η διαφορά, που παρουσιάζεται από χώρα σε χώρα, της μετατροπής της ανθρώπινης απώλειας σε χρηματικές μονάδες, γεγονός που οφείλεται σαφώς στην οικονομική κατάσταση της εκάστοτε χώρας αλλά και στην επιθυμία των πολιτών, αλλά και του ίδιου του κράτους, να επενδύσουν χρήματα στην αναβάθμιση της οδικής τους ασφάλειας. Οι τιμές αυτές φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα (**σχήμα 2.1**).

Για παράδειγμα χώρες οικονομικά ανεπτυγμένες, όπως η Νορβηγία, η Σουηδία, η Μεγάλη Βρετανία επενδύουν υψηλά ποσά χρημάτων για την πρόληψη των ατυχημάτων και συνεπώς κοστολογούν πολύ ακριβότερα την ανθρώπινη απώλεια (περίπου 2 - 3 εκατομμύρια ευρώ) σε σχέση με χώρες οικονομικά υποδεέστερες, όπως η Πορτογαλία και η Ισπανία, οι οποίες κοστολογούν την ανθρώπινη ζωή 55000-150000 ευρώ.

Επομένως, ζωτικής σημασίας για την αναβάθμιση των μέτρων ασφαλείας στην οδική μεταφορά είναι η οικονομική κατάσταση κάθε χώρας, που καθορίζει και την επιθυμία των πολιτών της να επενδύσουν χρήματα σε αυτή.



ΣΧΗΜΑ 2.1 ΕΠΙΣΗΜΗ ΝΟΜΙΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΘΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΡΟΧΑΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ(ΑΞΙΑ ΣΕ ΕΥΡΩ - ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ 2002)

ΠΗΓΗ: OFFICIAL NORWEGIAN REPORTS, 2012

2.2 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σε πολλές χώρες είναι διαθέσιμες λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τα ατυχήματα που έχουν συμβεί σε οδικές σήραγγες και βάσει αυτών έχουν πραγματοποιηθεί πληθώρα μελετών, που είναι διαθέσιμες στο ευρύ κοινό. Αντίθετα στην Ελλάδα, παρόλο που πραγματοποιείται καταγραφή των ατυχημάτων που συμβαίνουν στις οδικές σήραγγες των αυτοκινητοδρόμων, τα στοιχεία αυτά δεν είναι διαθέσιμα στο ευρύ κοινό. Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας έγινε εκτενής αναζήτηση για την ανεύρεση επίσημων καταγεγραμμένων στοιχείων, αλλά όπως φαίνεται τα δεδομένα αυτά δεν είναι εύκολα προσβάσιμα. Μάλιστα, προκύπτει ότι τα στοιχεία των ατυχημάτων καταγράφονται ξεχωριστά στον κάθε αυτοκινητόδρομο ανάλογα με τις σήραγγες που διαθέτει και δεν ακολουθεί συγκέντρωση των στοιχείων σε εθνικό επίπεδο. Προφανώς, το γεγονός αυτό δυσχεραίνει την επιστημονική έρευνα και κατ' επέκταση δεν ευνοεί τη βελτίωση του επιπέδου ασφάλειας των οδικών σηράγγων.

Κατά την αναζήτηση των ατυχημάτων που έχουν λάβει χώρα σε οδικές σήραγγες στην Ελλάδα, κατέστη δυνατή η συγκέντρωση στοιχείων για καταγεγραμμένα περιστατικά στον αυτοκινητόδρομο της Εγνατίας Οδού, που όμως αποτελούν μόνο ένα μέρος του συνόλου των ατυχημάτων που έχουν συμβεί τον ελληνικό χώρο. Η ανάλυση που ακολουθεί στο υποκεφάλαιο 2.2.2 αφορά το σύνολο των περιστατικών για χρονικό διάστημα 22 μηνών, από το Δεκέμβριο του 2011 έως και το Σεπτέμβριο του 2013. Η αρχική καταγραφή των περιστατικών γίνεται από τα Κέντρα Ελέγχου των σηράγγων και από το προσωπικό των περιπολιών του αυτοκινητόδρομου (ΟΑΕ).

2.2.1 ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Η κατασκευή και χρήση οδικών σηράγγων έχει γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία έτη λόγω της υλοποίησης μεγάλων αναπτυξιακών έργων, όπως η Εγνατία Οδός, η Αττική Οδός και ο ΠΑΘΕ. Ωστόσο, η Ελλάδα μέχρι το 1999 είχε ελάχιστες οδικές σήραγγες, με πλέον γνωστή τη σήραγγα Αρτεμισίου (μονού κλάδου, αμφίδρομης κυκλοφορίας, μήκους 1,36 χιλιομέτρων). Με την ανάπτυξη που έχει γνωρίσει ο τομέας της κατασκευής οδικών σηράγγων, το μήκος των εν λειτουργία σηράγγων έχει πολλαπλασιαστεί με αποτέλεσμα να είναι η τέταρτη σε ιεράρχηση χώρα στην Ε.Ε. με βάση τον αριθμό των σηράγγων μεγαλύτερων των 500 μέτρων (**Kirytopoulos et al. 2010**). Στην παρούσα κατάσταση το συνολικό μήκος των οδικών σηράγγων στην Ελλάδα εκτιμάται περίπου στα 130 χιλιόμετρα (ανηγμένα σε

μονό κλάδο) με την Εγνατία Οδό να διαθέτει πάνω από 30 σήραγγες άνω των 500 μέτρων.

2.2.1.1 ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ

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

Ο κύριος άξονας της Εγνατίας Οδού διαθέτει την πλειονότητα των σηράγγων του ελληνικού διευρωπαϊκού οδικού δικτύου, ενώ σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι ένας εκ των αυτοκινητοδρόμων με τους μεγαλύτερους αριθμούς σηράγγων. Συνολικά έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν 73 δίδυμες σήραγγες από τις οποίες οι 31 είναι μήκους άνω των 500 μέτρων. Το συνολικό μήκος των κλάδων των σηράγγων του κύριου άξονα της Εγνατίας Οδού είναι περίπου 100 χιλιόμετρα ενώ ο αριθμός των επιμέρους κλάδων σηράγγων ανέρχεται σε 137.

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

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

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

Παρακάτω, παρουσιάζονται ο αριθμός και τα μήκη των σηράγγων της Εγνατίας Οδού ανά γεωγραφικό τομέα και συνολικά (**πίνακας 2.1**).Επισημαίνεται ότι στην παρούσα έρευνα οι δύο κλάδοι των δίδυμων σηράγγων καταγράφονται και εξετάζονται σαν ξεχωριστές σήραγγες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1. ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΚΗ (Μ) ΣΗΡΑΓΓΩΝ (ΚΛΑΔΩΝ) ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ, ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΑ

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	ΣΗΡΑΓΓΕΣ (ΚΛΑΔΟΙ) ΑΝΩ ΤΩΝ 500m	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΔΕΞΙΟΥ ΚΛΑΔΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΑΡΙΣΤΕΡΟΥ ΚΛΑΔΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	ΜΗΚΟΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ - ΙΩΑΝΝΙΝΑ	23	14	8.788	9.728	18.517	3.347
ΩΑΝΝΙΝΑ- ΠΑΝΑΓΙΑ	38	20	19.694	19.744	39.438	4.581
ΠΑΝΑΓΙΑ - ΓΡΕΒΕΝΑ	28	16	10.852	10.870	21.721	2.667
ΠΟΛΥΜΥΛΟΣ – ΒΕΡΟΙΑ	28	6	6.859	7.101	13.960	2.228
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ – ΞΑΝΘΗ	20	2	2.783	3.248	6.121	1.145
ΣΥΝΟΛΟ ΣΗΡΑΓΓΩΝ (L> 500m)	79	-	10.586	11.424	22.009	
ΣΥΝΟΛΟ ΣΗΡΑΓΓΩΝ (L< 500m)	58	58	38.481	39.268	77.749	
ΣΥΝΟΛΟ	137	58	49.066	50.692	99.758	4.581

Η Εγνατία Οδός διαθέτει συνολικά 31 κατασκευασμένες σήραγγες άνω των 500 μέτρων, εκ των οποίων οι σημαντικότερες είναι:

- **Σήραγγα Δρίσκου** (η μεγαλύτερη της Εγνατίας Οδού)
Μήκος 4,58 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Μετσόβου**
Μήκος 3,57 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Δωδώνης**
Μήκος 3,35 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Σ1 (Παναγίας)**
Μήκος 2,67 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)

- **Σήραγγα Τ8 (Περιστερίου)**
Μήκος 2,62 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Σ10 (Βέρμιου)**
Μήκος 2,23 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Ανήλιου**
Μήκος 2,2 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)

2.2.1.2 ΟΛΥΜΠΙΑ ΟΔΟΣ

Ο οδικός άξονας Ελευσίνα – Κόρινθος – Πάτρα και Πάτρα – Πύργος – Τσάκωνα είναι ένα έργο στρατηγικής σημασίας για την ανάπτυξη της Πελοποννήσου, της Δυτικής Ελλάδας και της Ηπείρου, με προϋπολογισμό τριπλάσιο από αυτόν του έργου της ζεύξης Ρίου – Αντιρρίου. Το συνολικό μήκος της οδού είναι 365,4 χιλιόμετρα, από τα οποία τα 283,7 χιλιόμετρα αφορούν την κατασκευή νέων τμημάτων, ενώ τα υπόλοιπα τη συμπλήρωση και βελτίωση υφιστάμενων τμημάτων του αυτοκινητοδρόμου. Οι οδικές σήραγγες καλύπτουν τα 17,5 χιλιόμετρα του έργου.

Οι σημαντικότερες κατασκευασμένες είναι:

- **Σήραγγα Παναγοπούλα**
Μήκος 4,02 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Πλάτανος**
Μήκος 1,93 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Ευπαλίνου**
Μήκος 1,71 χιλιόμετρα (μονού κλάδου)
- **Σήραγγα Μαύρα Λιθάρια**
Μήκος 1,22 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Αίθρας**
Μήκος 1,16 χιλιόμετρα (μονού κλάδου)

2.2.1.3 ΜΟΡΕΑΣ

Ο αυτοκινητόδρομος καλύπτει τον οδικό άξονα Κόρινθο - Τρίπολη - Καλαμάτα και τον κλάδο Λεύκτρο – Σπάρτη και αναμένεται στο τέλος της κατασκευής του να έχει μήκος 205 χιλιόμετρα. Με την ταχύτερη οδική σύνδεση των νομών της Πελοποννήσου με την Αθήνα και μεταξύ τους, επιτυγχάνεται αποδοτικότερη και ορθολογικότερη λειτουργία της τοπικής οικονομίας, προσέλκυση επενδύσεων σε όλους τους τομείς

της οικονομίας, καθώς και προσέλκυση επισκεπτών, παραθεριστών και τουριστών. Συνεπώς, ευνοείται η πληθυσμιακή και οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Τα οφέλη αναμένεται να είναι εντονότερα στο νότιο τμήμα της Πελοποννήσου που κατά το παρελθόν στερείτο αξιόπιστων οδικών συνδέσεων.

Οι σημαντικότερες κατασκευασμένες σήραγγες είναι:

- **Σήραγγα Αρτεμισίου (αναβάθμιση υφιστάμενου μονού κλάδου και κατασκευή β' κλάδου)**
Μήκος 1,4 χιλιόμετρα
- **Σήραγγα Ραφομάτη**
Μήκος 1,35 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Στέρνας**
Μήκος 0,94 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Νεοχωρίου**
Μήκος 0,75 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Καλογερικού**
Μήκος 0,75 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)

2.2.1.4 ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟΣ

Η Αττική Οδός είναι ένας σύγχρονος αυτοκινητόδρομος 65 χιλιομέτρων και ένα από τα μεγαλύτερα συγχρηματοδοτούμενα έργα της Ευρώπης. Αποτελεί τον περιφερειακό δακτύλιο της ευρύτερης μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας και τη σπονδυλική στήλη του οδικού δικτύου ολόκληρου του νομού Αττικής. Επίσης, ο αυτοκινητόδρομος της Αττικής Οδού αποτελεί το συνδετικό κρίκο του οδικού άξονα ΠΑΘΕ (Πάτρα – Αθήνα – Θεσσαλονίκη - Εύζωνοι), καθώς συνδέει την Εθνική Οδό Αθηνών – Λαμίας με την Εθνική Οδό Αθηνών – Κορίνθου, παρακάμπτοντας τα κέντρα της Αθήνας.

Τα οφέλη που προέκυψαν τόσο από την κατασκευή όσο και από τη λειτουργία της Αττικής Οδού είναι πολλά και σημαντικά. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ο αυτοκινητόδρομος:

- Δημιουργεί το βασικό κορμό διασύνδεσης όλων των μεταφορικών μέσων και υποδομών της Αττικής: οδικών, εναέριων, σταθερής τροχιάς (Μετρό, Τραμ, Σιδηρόδρομος, Προαστιακός κ.ά.) και λιμανιών.

- Μειώνει σημαντικά τον κυκλοφοριακό φόρτο της πρωτεύουσας, αφού υπολογίζεται ότι έχει απορροφήσει σημαντικό ποσοστό της συνολικής καθημερινής διαμπερούς κίνησης των οχημάτων στο Λεκανοπέδιο.
- Συντελεί στην ανάπτυξη και ολοκλήρωση του χωροταξικού και πολεοδομικού σχεδιασμού του Νομού Αττικής.
- Βοηθά στη στρατηγική αναδιάρθρωση των δικτύων ενέργειας και τηλεπικοινωνιών.
- Συμβάλλει στην οικιστική και επιχειρηματική ανάπτυξη των απομακρυσμένων περιοχών του Νομού.

Η Αττική Οδός διαθέτει 56 σήραγγες και πλήρως υπογειοποιημένα τμήματα cut and cover που το συνολικό τους μήκος υπερβαίνει τα 15 χιλιόμετρα, εκ των οποίων άνω των 500 μέτρων είναι τα εξής:

- **Σήραγγα Βριλησίων**
Μήκος 0,94 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **«Cut&Cover» Παναγούλη**
Μήκος 0,5 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Κολλεγίου**
Μήκος 0,64 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)

2.2.1.5 ΠΑΘΕ

Η Νέα Οδός διαχειρίζεται το τμήμα του αυτοκινητόδρομου ΠΑΘΕ μήκους περίπου 172,5 χλμ. με αρχή την περιοχή του Ανισόπεδου Κόμβου Μεταμόρφωσης (περιοχή Αττικής Οδού) έως την περιοχή της Σκάρφειας - μετά τα Καμένα Βούρλα - και το συνδετήριο κλάδο του ΠΑΘΕ Σχηματάρι – Χαλκίδα μήκους 11 χλμ. Στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ έχουν ολοκληρωθεί όλες σχεδόν οι προβλεπόμενες εργασίες αποπεράτωσης και αναβάθμισης και σήμερα είναι ένας από τους πλέον σύγχρονους και ασφαλείς αυτοκινητοδρόμους της χώρας.

Στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ έχουν κατασκευαστεί δύο σήραγγες άνω των 500 μέτρων:

- **Σήραγγα Διχαλορέματος**
Μήκος 0,69 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)
- **Σήραγγα Κνημίδος**
Μήκος 2,49 χιλιόμετρα (διπλού κλάδου)

2.2.2 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

Η ανάλυση που ακολουθεί (Τσαντσάνογλου, 2013) επικεντρώνεται καταρχήν στα τροχαία ατυχήματα τα οποία, ανάλογα με τις επιπτώσεις τους, διακρίνονται σε:

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

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

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

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

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

επιφύλαξη και κατά περίπτωση καθότι ενδέχεται να αυξάνει αδικαιολόγητα την προκύπτουσα επικινδυνότητα.

2.2.2.1 ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΣΕ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

Το σύνολο των προαναφερθεισών κατηγοριών συμβάντων εντός των σηράγγων της Εγνατίας Οδού παρουσιάζεται αριθμητικά, ανά γεωγραφικό τομέα και συνολικά (**Πίνακας 2.2**). Συνολικά, κατά το εξεταζόμενο διάστημα των 22 μηνών συνέβησαν 63 οδικά ατυχήματα και συμβάντα εντός 46 σηράγγων. Σε 91 σήραγγες δεν καταγράφηκε κανένα ατύχημα ή συμβάν. Εκ των 63 ατυχημάτων και συμβάντων τα 43 συνέβησαν σε σήραγγες μήκους άνω των 500m και τα 20 σε μικρότερες σήραγγες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΣΕ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ, ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΑ

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (m)	ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΟ ΑΤΥΧΗΜΑ	ΑΤΥΧΗΜΑ ΠΑΘΟΝΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΩΝ	ΑΤΥΧΗΜΑ ΥΛΙΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ	ΦΩΤΙΑ / ΠΥΚΝΟΣ ΚΑΠΝΟΣ ΣΕ ΟΧΗΜΑ	ΦΘΟΡΕΣ ΣΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ - ΙΩΑΝΝΙΝΑ	23	18.517	0	2	11	1	2	16
ΩΑΝΝΙΝΑ- ΠΑΝΑΓΙΑ	38	39.438	0	2	15	2	1	20
ΠΑΝΑΓΙΑ - ΓΡΕΒΕΝΑ	28	21.721	1	0	7	0	0	8
ΠΟΛΥΜΥΛΟΣ – ΒΕΡΟΙΑ	28	13.960	1	1	9	0	0	11
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ – ΞΑΝΘΗ	20	6.121	0	2	6	0	0	8
ΣΥΝΟΛΟ ΣΗΡΑΓΓΩΝ (L > 500m)	79	22.009	1	3	15	0	1	20
ΣΥΝΟΛΟ ΣΗΡΑΓΓΩΝ (L < 500m)	58	77.749	1	4	33	3	2	43
ΣΥΝΟΛΟ	137	99.758	2	7	48	3	3	63

2.2.2.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΣΕ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

Βάσει των παραπάνω στοιχείων υπολογίζονται, οι συχνότητες των συμβάντων και ατυχημάτων (Πίνακας 2.3). Ειδικά για τις σήραγγες μήκους άνω των 500 μέτρων προκύπτει ότι η συχνότητα οποιοουδήποτε συμβάντος ανά σήραγγα ανέρχεται σε 1 ανά 3,3 έτη ανά χλμ σήραγγας ενώ η συχνότητα των συμβάντων παθόντων προσώπων ανέρχεται σε 1 ανά 28,5έτη ανά χλμ σήραγγας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3. ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΚΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ(m)	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΕΤΗ) ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΑΝΑ ΣΗΡΑΓΓΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΕΤΗ) ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΠΑΘΟΝΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΩΝ ΑΝΑ ΣΗΡΑΓΓΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΕΤΗ) ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΣΗΡΑΓΓΑ	ΘΑΝΑΤΟΙ/ΕΤΟΣ/ΣΗΡΑΓΓΑ (*)	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΕΤΗ) ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΑΝΑ ΧΛΜ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΕΤΗ) ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΠΑΘΟΝΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΩΝ ΑΝΑ ΧΛΜ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΕΤΗ) ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΧΛΜ	ΘΑΝΑΤΟΙ/ΕΤΟΣ/ΧΛΜ ΣΗΡΑΓΓΑΣ(*)
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ - ΙΩΑΝΝΙΝΑ	23	18.517	2,4	19,3	71,4	0,017	2,0	16,1	59,5	0,020
ΙΩΑΝΝΙΝΑ - ΠΑΝΑΓΙΑ	38	39.438	3,5	34,8	129,2	0,009	3,6	36,2	134,1	0,009
ΠΑΝΑΓΙΑ - ΓΡΕΒΕΝΑ	28	21.721	6,4	51,3	190,4	0,006	5,0	39,8	147,7	0,008
ΠΟΛΥΜΥΛΟΣ – ΒΕΡΟΙΑ	28	13.960	4,7	25,7	95,2	0,013	2,3	12,8	47,5	0,025
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ – ΞΑΝΘΗ	20	6.121	4,6	18,3	68,0	0,018	1,4	5,6	20,8	0,058
ΣΥΝΟΛΟ ΣΗΡΑΓΓΩΝ L> 500m	79	22.009	7,2	35,8	143	0,008	1,9	9,6	38,5	0,031
ΣΥΝΟΛΟ ΣΗΡΑΓΓΩΝ L< 500m	58	77.749	2,4	20,9	104,5	0,011	3,3	28,5	142,5	0,008
ΣΥΝΟΛΟ	137	99.758	3,9	27,5	123,8	0,010	2,9	20,1	90,5	0,013

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

Στον παραπάνω Πίνακα υπολογίζεται και η τιμή του δείκτη ετήσιων θανάτων ανά σήραγγα και ανά χλμ σήραγγας. Για τις σήραγγες άνω των 500m η τιμή θάνατοι/έτος/σήραγγα ανέρχεται σε 0,008 και η τιμή θάνατοι/έτος/χλμ σήραγγας σε 0,031.

Επισημαίνεται ότι για την αρχική αξιολόγηση της επικινδυνότητας μιας σήραγγας τίθεται ως οριακή τιμή πρόβλεψης θανάτων που οφείλονται σε δυστυχήματα μέσα στη σήραγγα μόνο με εμπλοκή επικίνδυνων εμπορευμάτων, οι 0,001 θάνατοι/έτος/σήραγγα (**ΔΑΣ, 2011**). Παρότι η τιμή αυτή προκύπτει από μοντέλα πρόβλεψης και άρα δεν είναι άμεσα συγκρίσιμη με τους παραπάνω αντίστοιχους υπολογισθέντες δείκτες, η σύγκριση τους συμβάλλει στην κατανόηση των τάξεων μεγέθους των συχνοτήτων και του αριθμού ατυχημάτων.

2.2.2.3 ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ – ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

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

Οι δείκτες ατυχημάτων και συμβάντων της παρούσας έρευνας είναι εξεφρασμένοι ανά 1.000.000.000 (10^9) οχηματοχιλιόμετρα (veh x km). Για τον υπολογισμό των Δεικτών χρησιμοποιήθηκαν, για κάθε σήραγγα για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα, η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ) ανά κατεύθυνση καθώς και το μήκος κάθε κλάδου σήραγγας. Παρακάτω παρουσιάζονται οι γενικοί Δείκτες συμβάντων και ατυχημάτων των σηράγγων της Εγνατίας Οδού, ανά γεωγραφικό τομέα και συνολικά (**πίνακας 2.4**).

Προκύπτει ότι ο γενικός δείκτης συμβάντων & ατυχημάτων σε όλες τις σήραγγες ανέρχεται σε 299 ανά 10^9 οχηματοχιλιόμετρα. Ο αντίστοιχος δείκτης για τις σήραγγες μήκους μεγαλύτερου των 500m ανέρχεται σε 275 ανά 10^9 οχηματοχιλιόμετρα.

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

και δεν οδηγούν πάντα σε ασφαλή συμπεράσματα, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις συγκέντρωσης ατυχημάτων υλικών ζημιών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4. ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΚΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ, ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΑ (ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΑΝΑ ΔΙΣΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ)

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΝΩ ΤΩΝ 500 m	ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΠΑΘΟΝΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΩΝ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΦΩΤΙΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΘΟΡΩΝ ΣΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑ	ΓΕΝΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ	
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ - ΙΩΑΝΝΙΝΑ	-	23	14	63	346	31	63	503
ΙΩΑΝΝΙΝΑ- ΠΑΝΑΓΙΑ	38	20	24	183	24	12	245	
ΠΑΝΑΓΙΑ - ΓΡΕΒΕΝΑ	28	16	34	235	0	0	269	
ΠΟΛΥΜΥΛΟΣ – ΒΕΡΟΙΑ	28	6	42	189	0	0	231	
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ – ΞΑΝΘΗ	20	2	101	303	0	0	404	
ΣΥΝΟΛΟ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΗΚΟΥΣ > 500m	79	-	74	276	0	18	368	
ΣΥΝΟΛΟ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΗΚΟΥΣ < 500m	58	58	32	211	19	13	275	
ΣΥΝΟΛΟ	137	58	43	228	14	14	299	

2.2.2.4 ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ – ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΗΚΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι Δείκτες συμβάντων και ατυχημάτων των σηράγγων της Εγνατίας Οδού, ανάλογα των μηκών τους, ομαδοποιημένων σε τρεις κατηγορίες (πίνακας 2.5).

Συνολικά εμφανίζεται τάση μείωσης των δεικτών ατυχημάτων με την αύξηση του μήκους της σήραγγας. Προκύπτει ότι σε σχέση με τις σήραγγες μικρού μήκους ο δείκτης ατυχημάτων παθόντων προσώπων μειώνεται σημαντικά στις σήραγγες μήκους άνω των 1000m. Εξάγεται, λοιπόν, το συμπέρασμα ότι τα περισσότερα ατυχήματα σηράγγων γίνονται στο στόμιο και στη ζώνη εισόδου, γεγονός που αυξάνει τους δείκτες στις μικρότερες σήραγγες.

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5. ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ, ΑΝΑΛΟΓΩΣ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ (ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΑΝΝΑ ΔΙΣΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΟ ΟΧΗΜΑΤΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ)

ΜΗΚΟΣ L ΣΗΡΑΓΓΑΣ (m)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΝΩ ΤΩΝ 500 m	ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΠΑΘΟΝΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΩΝ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΦΩΤΙΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΘΟΡΩΝ ΣΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑ	ΓΕΝΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ
L < 500	79	-	74	276	0	18	368
500 < L < 1000	35	35	41	345	0	0	385
L > 1000	23	23	28	150	28	19	224
ΣΥΝΟΛΟ	137	58	43	228	14	14	299

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_3: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

3.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

Η βάση για τη λήψη μιας απόφασης για τα μέτρα ασφαλείας σε μια οδική σήραγγα είναι η συστηματική εξέταση όλων των πτυχών του συστήματος, που απαρτίζεται από την υποδομή, τη λειτουργία, τους χρήστες και τα οχήματα. Συνεπώς σημαντική είναι η γνώση των ακόλουθων παραμέτρων (ΠΔ 230/2007), που είναι:

- 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

3.1.1 ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΛΩΡΙΔΩΝ

Τα κύρια κριτήρια για να αποφασισθεί αν η προς κατασκευή σήραγγα θα έχει έναν ή δύο κλάδους, είναι η προβολή του κυκλοφοριακού φόρτου και η ασφάλεια. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως το ποσοστό των βαρέων φορτηγών, η κλίση και το μήκος.

Σε κάθε περίπτωση, για τις σήραγγες στο στάδιο της μελέτης, εάν η πρόβλεψη για μια 15ετία δείχνει ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος θα υπερβεί τα 10000 οχήματα, θα προβλέπεται σήραγγα δύο κλάδων, μόνης κατεύθυνσης κυκλοφορίας ανά κλάδο, όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος θα υπερβεί την τιμή αυτή.

Με την εξαίρεση της λωρίδας έκτακτης ανάγκης, εντός και εκτός της σήραγγας διατηρείται ο ίδιος αριθμός λωρίδων. Οποιαδήποτε αλλαγή του αριθμού των λωρίδων γίνεται σε επαρκή απόσταση πριν από την είσοδο της σήραγγας. Η απόσταση αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση προς την απόσταση που διανύει όχημα κινούμενο με την ανώτατη επιτρεπόμενη ταχύτητα σε δέκα δευτερόλεπτα. Αν, λόγω των γεωγραφικών συνθηκών, δεν είναι δυνατό να τηρηθεί η απόσταση αυτή, λαμβάνονται πρόσθετα ή και ενισχυμένα μέτρα για τη βελτίωση της ασφαλείας.

3.1.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Κατά το σχεδιασμό της γεωμετρίας της διατομής, της οριζοντιογραφίας και μηκοτομής μιας σήραγγας και των οδών προσπέλασης της, λαμβάνεται ιδιαίτερως υπόψη η ασφάλεια, δεδομένου ότι οι παράμετροι αυτές έχουν μεγάλη επίδραση επί της πιθανότητας και της σοβαρότητας των ατυχημάτων.

Οι κατά μήκος κλίσεις άνω του 5 % δεν επιτρέπονται σε νέες σήραγγες, εκτός εάν δεν υπάρχει καμία άλλη γεωγραφικώς εφικτή λύση. Σε σήραγγες με κλίση άνω του 3 %, λαμβάνονται πρόσθετα ή και ενισχυμένα μέτρα για τη βελτίωση της ασφαλείας βάσει ανάλυσης επικινδυνότητας. Όταν το πλάτος της λωρίδας βραδείας κυκλοφορίας είναι μικρότερο από 3,5 μέτρα και επιτρέπεται η κυκλοφορία βαρέων φορτηγών, λαμβάνονται πρόσθετα ή και ενισχυμένα μέτρα για τη βελτίωση της ασφαλείας βάσει ανάλυσης επικινδυνότητας.

Τέλος, η επίκλιση στην ευθυγραμμία είναι απαραίτητη ώστε σε συνδυασμό με την κατά μήκος κλίση, να επιτυγχάνεται ταχεία απορροή των όμβριων υδάτων. Η απορροή των όμβριων υδάτων μόνο κατά μήκος της οδού δεν είναι αρκετή λόγω της μεγάλης διαδρομής απορροής, που έχει σαν αποτέλεσμα την υδρολίσθηση, τον σχηματισμό πάγου και τον αντικατοπτρισμό. Η επίκλιση της οδού προς το εσωτερικό της καμπύλης χρησιμεύει για να εξισορροπεί μέσω της συνιστώσας του βάρους του οχήματος μέρος της φυγόκεντρης δύναμης και να παρέχει οπτικά στον οδηγό

αίσθημα ασφάλειας. Η καμπύλη συναρμογής μεταξύ ευθυγραμμιών και καμπύλων είναι ένα γεωμετρικό χαρακτηριστικό, που εξασφαλίζει την ομαλή πορεία του οχήματος κατά την μετάβασή του από την ευθυγραμμία στην καμπύλη. Για την ασφαλή οδήγηση, πρέπει να εξασφαλίζεται στον οδηγό πλήρης ορατότητα για ένα μήκος της οδού έτσι ώστε, να μπορεί να αντιδράσει εγκαίρως σε κάθε περίπτωση.

3.1.2.1 ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της κατάλληλης διατομής μιας σήραγγας είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος και η γεωλογία της περιοχής. Εκτός όμως από τα στοιχεία του καταστρώματος μίας σήραγγας, σημαντικό ρόλο παίζουν εν προκειμένω οι διαστάσεις του περιτυπώματος και του πρόσθετου χώρου για τον λειτουργικό εξοπλισμό της σήραγγας.

Το περιτύπωμα είναι ο χώρος της διατομής της οδού στον οποίο δεν πρέπει να υπεισέρχονται σταθερά εμπόδια. Αποτελείται από τον κυκλοφοριακό χώρο, τον άνω και τον πλευρικό χώρο ελευθερίας κινήσεων. Το συνολικό πλάτος του περιτυπώματος προκύπτει από την εκάστοτε διατομή οδού της σήραγγας.

Το ελάχιστο απαιτούμενο ελεύθερο ύψος για μηχανοκίνητη κυκλοφορία ανέρχεται σε 4,50m. Τα πλευρικά όρια του χώρου κυκλοφορίας πρέπει να είναι κάθετα στο οδόστρωμα. Έτσι σε περίπτωση εφαρμογής των μέγιστων τιμών επικλίσεων μπορεί να απαιτηθεί διαπλάτυνση του πλευρικού χώρου ελευθερίας των κινήσεων, ώστε σε κάθε περίπτωση να διατίθεται ο αναγκαίος χώρος ελεύθερων εμποδίων. Το απαιτούμενο πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης στις ευθυγραμμίες είναι 0,25m. Στις καμπύλες κυμαίνεται από 0,25 έως 0,50m.

3.1.2.2 ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΧΑΡΑΞΗ

Διάφορες μελέτες έδειξαν ότι οι δείκτες ατυχημάτων μπορεί να είναι 1,5 με 4 φορές υψηλότεροι στις καμπύλες σε σχέση με τα ευθύγραμμα οδικά τμήματα. Συνεπώς, η τοποθέτηση και ο σχεδιασμός των καμπύλων τμημάτων καθώς επίσης και η συνέπεια στον σχεδιασμό των καμπύλων είναι σημαντικές για την αύξηση της οδικής ασφάλειας. Ωστόσο αυτό δεν σημαίνει ότι τα καμπύλα τμήματα θα πρέπει να αποφεύγονται εντελώς. Στις οριζόντιες καμπύλες, λόγω μειωμένης ορατότητας αλλά και λόγω αυξημένης πιθανότητας εκτροπής των οχημάτων, παρατηρούνται υψηλοί δείκτες ατυχημάτων. Οι δείκτες αυτοί είναι υψηλότεροι όσο οι ακτίνες καμπύλης είναι μικρότερες, παρουσιάζουν δε απότομη αύξηση για ακτίνες μικρότερες των 200 περίπου μέτρων. Σημαντική επιρροή στην επικινδυνότητα μιας καμπύλης έχει επίσης η συχνότητα των καμπύλων σε ένα τμήμα δρόμου. Γενικά ο δείκτης ατυχημάτων αυξάνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα των καμπυλών.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα αποτελέσματα μελέτης σχετικά με τις εκτροπές οχημάτων σε δεξιές και αριστερές καμπύλες. Το ποσοστό των οχημάτων που εκτρέπονται στην εξωτερική πλευρά της καμπύλης αυξάνεται όσο μειώνεται η ακτίνα της καμπύλης, ενώ στην ευθεία οι δύο στις τρεις εκτροπές γίνονται προς τα δεξιά, για λόγους προφανώς αποφυγής σύγκρουσης με αντιθέτως ερχόμενα οχήματα.

3.1.2.3 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΧΑΡΑΞΗ

Η μηκοτομή μιας οδού αποτελείται από τμήματα με σταθερή κατά μήκος κλίση και από τις καμπύλες προσαρμογής που συνδέουν τα παραπάνω τμήματα. Όσον αφορά τα τμήματα αυτά ο δείκτης ατυχημάτων αυξάνεται όσο αυξάνεται η κατά μήκος κλίση. Στις καμπύλες η επιρροή της κατά μήκος κλίσης στην επικινδυνότητα εξαρτάται από την ακτίνα της καμπύλης, δηλαδή ο δείκτης ατυχημάτων αυξάνεται όσο αυξάνεται η κατά μήκος κλίση και όσο μειώνεται η ακτίνα της καμπύλης. Επίσης, έχει προκύψει από μελέτες ότι οι δείκτες ατυχημάτων είναι μεγαλύτεροι στις κοίλες απ' ότι στις κυρτές καμπύλες και ο δείκτης ατυχημάτων είναι μεγαλύτερος κατά την είσοδο στην καμπύλη και μικρότερος κατά την έξοδο, τόσο για τις κυρτές όσο και για τις κοίλες καμπύλες.

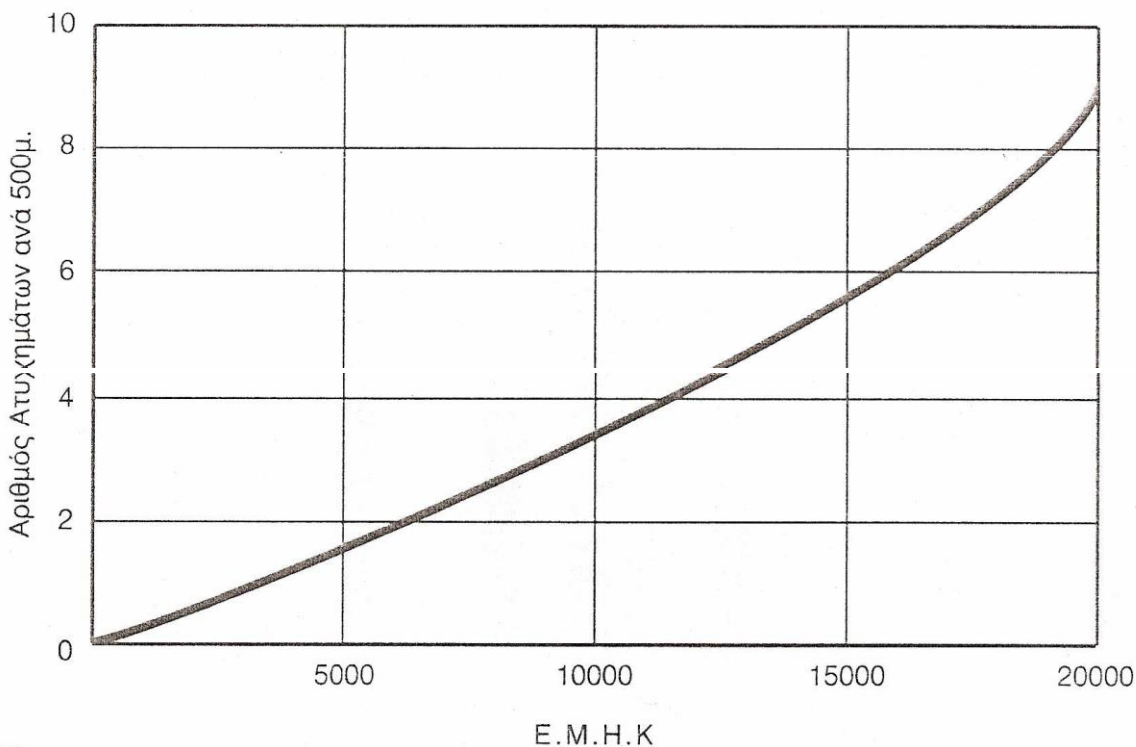
3.1.3 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο αριθμός των ατυχημάτων σε μία οδό είναι άμεσα συσχετισμένος με τον κυκλοφοριακό φόρτο της οδού, που επηρεάζει την ταχύτητα, τις λοιπές κυκλοφοριακές παραμέτρους αλλά και την «πίεση» κάτω από την οποία γίνεται η οδήγηση. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, ως «κυκλοφοριακός φόρτος» νοείται ο ετήσιος μέσος φόρτος της ημερήσιας κυκλοφορίας που διέρχεται από τη σήραγγα ανά λωρίδα κυκλοφορίας. Για τον καθορισμό του κυκλοφοριακού φόρτου κάθε μηχανοκίνητο όχημα υπολογίζεται ως μια μονάδα.

Ο αριθμός των ατυχημάτων αυξάνεται σημαντικά όσο αυξάνεται η ΕΜΗΚ(Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία) της οδού. Τα αποτελέσματα σχετικής μελέτης για οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας στις ΗΠΑ φαίνονται στο **σχήμα 3.1**. Παρόμοιες σχέσεις παρατηρούνται και σε οδούς με περισσότερες λωρίδες.

Το πιο συνηθισμένο μέτρο της επικινδυνότητας της οδού που σχετίζεται με τον κυκλοφοριακό φόρτο είναι ο δείκτης ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα μιας σειράς σχετικών μελετών υποδεικνύουν ότι υπάρχει σχέση μεταξύ του δείκτη ατυχημάτων με εμπλοκή ενός οχήματος καθώς και του δείκτη ατυχημάτων με εμπλοκή δύο τουλάχιστον οχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου εκφρασμένου σε ΕΜΗΚ. Αν και οι ακριβείς τιμές εξαρτώνται από τις άλλες παραμέτρους που επηρεάζουν την επικινδυνότητα, η μορφή των σχέσεων φαίνεται στα **σχήματα 3.2** και **3.3**. Ο δείκτης

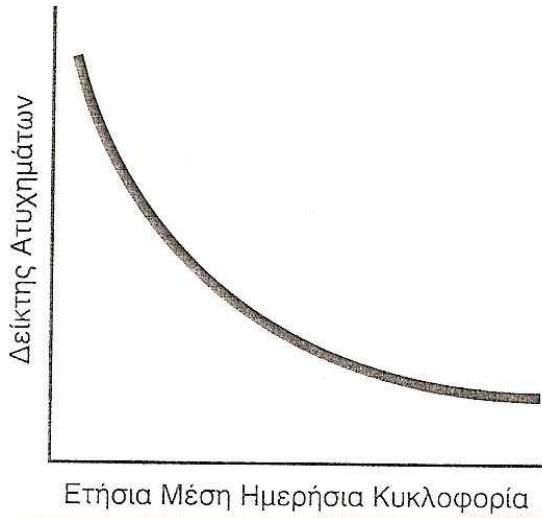
ατυχημάτων με εμπλοκή ενός μόνον οχήματος μειώνεται όσο αυξάνεται η ΕΜΗΚ ενώ ο δείκτης ατυχημάτων για εμπλοκή περισσότερων του ενός οχημάτων αυξάνεται μέχρι κάποια τιμή της ΕΜΗΚ στη συνέχεια δε παρουσιάζει τάσεις μείωσης.



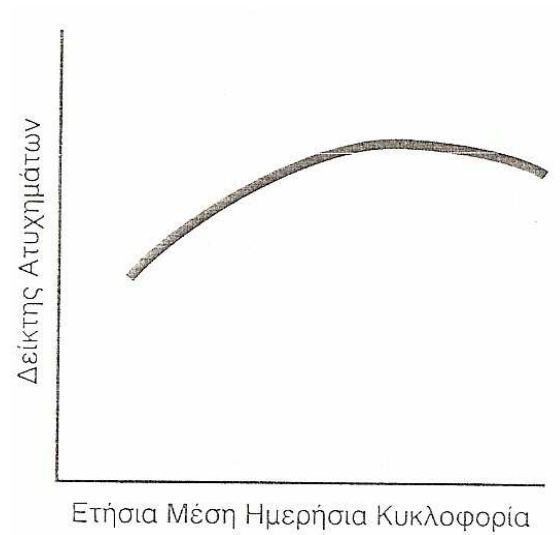
ΣΧΗΜΑ 3.1 ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΜΗΚ ΣΕ ΟΔΟΥΣ ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Η μορφή βέβαια της σχέσης μεταξύ του δείκτη του συνόλου των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου σε ΕΜΗΚ εξαρτάται από την αναλογία των διαφορετικών τύπων ατυχημάτων, η οποία εξαρτάται και από άλλους παράγοντες. Μια πιθανή μορφή που προέκυψε από σχετική μελέτη στις ΗΠΑ φαίνεται στα **σχήμα 3.4**. Στους χαμηλούς φόρτους επικρατούν τα ατυχήματα με ένα όχημα ενώ στους υψηλότερους φόρτους επικρατούν τα ατυχήματα με περισσότερα του ενός οχήματα.

Μια διαφορετική προσέγγιση συσχετίζει το δείκτη ατυχημάτων με τον ωριαίο κυκλοφοριακό φόρτο. Σχετικές μελέτες έδειξαν ότι για οδούς 4 λωρίδων με νησίδα η μορφή της σχέσης του δείκτη του συνόλου των ατυχημάτων και του ωριαίου κυκλοφοριακού φόρτου είναι μια καμπύλη U, στην οποία οι μικρότερες τιμές δεικτών αντιστοιχούν σε τιμές φόρτων από 600 μέχρι 1300 οχήματα την ώρα. Παρατηρήθηκε επίσης ότι ο δείκτης ατυχημάτων ενός οχήματος μειώνεται όσο αυξάνεται ο φόρτος ενώ το αντίθετο συμβαίνει για το δείκτη ατυχημάτων με περισσότερα του ενός οχήματα.



ΣΧΗΜΑ 3.2 ΜΟΡΦΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΝΑ ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΟ ΟΧΗΜΑ ΚΑΙ ΕΜΗΚ



ΣΧΗΜΑ 3.3 ΜΟΡΦΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΠΟ ΕΝΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΜΗΚ



ΣΧΗΜΑ 3.4 ΜΟΡΦΗ ΣΧΕΣΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΜΗΚ

ΠΗΓΗ: ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ 2008

Όσο αναφορά τη παρούσα διπλωματική εργασία πρέπει να βρεθεί η ΕΜΗΚ κατά μέσο όρο σε μία οδική σήραγγα στην Ελλάδα. Η **Εγνατία Οδός Α.Ε.** έχει παρουσιάσει στατιστικά δεδομένα **(2006)**, που αφορούν όλο το μήκος του αυτοκινητοδρόμου, το οποίο λόγω και του μεγάλου μήκους του παρουσιάζει αρκετές διαφοροποιήσεις από τμήμα σε τμήμα, ανάλογα με τους πληθυσμούς και τις ανάγκες που εξυπηρετεί. Έτσι για τμήματα σε περιοχές με μικρό πληθυσμό και λίγες μετακινήσεις (π.χ. Ηγουμενίτσα) η Ε.Μ.Η.Κ. παρουσιάζεται από 2.600 έως 5.000 οχήματα, ενώ για τμήματα που βρίσκονται κοντά στη Θεσσαλονίκη η Ε.Μ.Η.Κ. ανέρχεται στις 40.000 και μπορεί να φτάσει μέχρι και τις 61.000 οχήματα. Βέβαια ο μέσος όρος των μετρήσεων που αφορούν συνολικά τον αυτοκινητόδρομο είναι σαφώς μικρότερος και κυμαίνεται από 8.000 έως 15.000 οχήματα ημερησίως.

Επίσης, στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας του **Στάθης (ΕΜΠ-2006)** και μετά από έρευνα που πραγματοποίησε, παρουσιάστηκαν στατιστικά δεδομένα για το τμήμα Τσάκωνα-Καλαμάτα όπου η Ε.Μ.Η.Κ. είναι στα 12.144 οχήματα, για το τμήμα Πύργος-Τσακώνα όπου η Ε.Μ.Η.Κ. είναι στα 13.496 οχήματα και για το τμήμα Πάτρα-Κόρινθος όπου η Ε.Μ.Η.Κ. κυμαίνεται από 15.000 έως 16.500 οχήματα.

Τέλος, από στατιστικά δεδομένα ευρωπαϊκών στατιστικών υπηρεσιών (**europa.eu**) για το τμήμα της εθνικής οδού Αθηνών-Θεσσαλονίκης (ΠΑΘΕ) και συγκεκριμένα για το τμήμα Άγιος Κωνσταντίνος-Καμένα Βούρλα η ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία (Ε.Μ.Η.Κ.) ανέρχεται στα 15.283 οχήματα (**Πετρόπουλος 2014**).

Συνεπώς έχοντας τα παραπάνω δεδομένα που αφορούν μεγάλα οδικά τμήματα της Ελλάδας, μια αντιπροσωπευτική τιμή για την ΕΜΗΚ είναι 10000 – 15000 οχήματα ημερησίως.

3.1.4 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ

Στις σήραγγες δύο κλάδων, εφόσον οι δύο κλάδοι βρίσκονται στο ίδιο ή σχεδόν στο ίδιο επίπεδο, οι διασυνδέσεις πρέπει να είναι κατάλληλες για τη διέλευση των οχημάτων των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης τουλάχιστον κάθε 1.500 μέτρα. Όταν είναι εφικτό από άποψη γεωγραφικής διαμόρφωσης, πρέπει να είναι δυνατή η διέλευση μέσω της κεντρικής νησίδας (μεσαία λωρίδα), έξω από σήραγγα δύο ή περισσότερων κλάδων, κοντά στις εισόδους, ούτως ώστε οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης να έχουν άμεση προσπέλαση και στους δύο κλάδους.

3.1.5 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Οι δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η ομίχλη, η βροχή και το χιόνι προκαλούν μείωση της ορατότητας, η οποία δυσκολεύει την οδήγηση. Η επίδραση της ομίχλης στην οδική ασφάλεια έχει δύο σκέλη, αφ' ενός μεν αυξάνει το δείκτη ατυχημάτων αφ' ετέρου δε αυξάνει τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Η αύξηση του δείκτη του συνόλου των ατυχημάτων είναι της τάξεως του 40% έως 50% ενώ η αύξηση του δείκτη των ατυχημάτων με παθόντες είναι μεγαλύτερη. Όσον αφορά τη σοβαρότητα των ατυχημάτων ο αριθμός των παθόντων ανά ατύχημα αυξάνεται κατά 40% περίπου, ενώ της ίδιας τάξης είναι και η αύξηση του λόγου των θανατηφόρων ατυχημάτων προς το σύνολο των ατυχημάτων

Σημειώνεται ότι μεγαλύτερη είναι η σοβαρότητα των ατυχημάτων που συμβαίνουν τόσο σε χιονοπτώσεις όσο και σε οδόστρωμα με πάγο. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων στην Ελλάδα ο λόγος των θανατηφόρων ατυχημάτων προς το σύνολο των ατυχημάτων με παθόντες είναι 0.14 για ατυχήματα σε χιονοπτώσεις έναντι 0.06 για ατυχήματα με αίθριο καιρό ενώ για ατυχήματα σε οδόστρωμα με πάγο είναι 0.11 έναντι 0.06 για ατυχήματα σε στεγνό οδόστρωμα.

Η βροχή και το υγρό οδόστρωμα είναι από τις πιο συνηθισμένες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που αυξάνουν την επικινδυνότητα της οδού. Ο δείκτης ατυχημάτων σε υγρό οδόστρωμα είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο σε στεγνό οδόστρωμα σε ποσοστό που κυμαίνεται από 50% μέχρι 300%, ανάλογα με την κατάσταση του οδοστρώματος και το είδος της οδού.

Όταν πρόκειται για οδικές σήραγγες, η επικινδυνότητα είναι αυξημένη στα στόμια αυτών, τα οποία επηρεάζονται από εξωγενείς παράγοντες, όπως δυσμενή περιβαλλοντικά φαινόμενα. Για το λόγο αυτό τα στόμια θα πρέπει να κατασκευάζονται σύμφωνα με αυστηρά περιβαλλοντικά κριτήρια για την ελαχιστοποίηση των παρεμβάσεων από το φυσικό περιβάλλον και να τοποθετείται σήμανση που προειδοποιεί έγκαιρα σε περίπτωση ύπαρξης ολισθηρότητας λόγω πάγου ή βροχής, έτσι ώστε τελικά να επιτευχθεί μείωση του δείκτη ατυχημάτων .

3.2 ΜΕΤΡΙΑΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

Σε οποιαδήποτε περιοχή του φυσικού κόσμου. (δομημένου ή άκτιστου χώρου) για την αντιμετώπιση των κινδύνων πυρκαγιάς πρέπει να έχουν ληφθεί μέτρα και εγκατασταθεί μέσα πυρασφάλειας μέσα και μέτρα πυρασφάλειας είναι δυνατό να ταξινομηθούν σε κατηγορίες. Βιβλιογραφικά, επιδιώκεται η ομαδοποίηση αυτή να είναι πλατιά για να καλύψει όσο γίνεται περισσότερες εφαρμογές η οποιαδήποτε διάκριση δεν είναι απόλυτη, γιατί μερικές φορές τα μέτρα και μέσα πυρασφάλειας αλληλοκαλύπτονται. Έχουν προταθεί διάφορες κατατάξεις, π.χ. των μέτρων πυροπροστασίας κτιρίων σε παθητικά (οδεύσεις διαφυγής, πυροδιαμερίσματα κ.λπ.) και ενεργητικά (π.χ. πυρανίχνευση, συναγερμός, πυρόσβεση).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο κίνδυνος είναι η συνέπεια επί την πιθανότητα να συμβεί ένα ατύχημα. Επομένως για τον περιορισμό του, πρέπει να μειωθούν είτε η πιθανότητα να συμβεί ένα ατύχημα, είτε οι συνέπειες που θα έχει αυτό, είτε και οι δύο αυτές παράμετροι. Πρέπει λοιπόν να βρεθεί η συχνότητα που συμβαίνουν τα διάφορα σενάρια ανάλογα με τη θέση της διαδρομής, που μελετάται. Γι αυτό το λόγο, η διαδρομή διαιρείται σε ομοιογενή τμήματα ανάλογα με τα στοιχεία του δρόμου, την κίνηση, τα επικίνδυνα προϊόντα που μεταφέρονται, τις περιβαλλοντικές και καιρικές συνθήκες. Ο κίνδυνος μπορεί να περιοριστεί είτε κατά τη μελέτη, δηλαδή προληπτικά, είτε μετά την κατασκευή, δηλαδή κατασταλτικά. Επειδή το πλέγμα: πρόληψη-καταστολή πυρκαγιών χρησιμεύει ως αφετηρία σκέψεων για τη λήψη πολλών αποφάσεων, εξακολουθεί να είναι επικρατέστερη η διάκριση των μέτρων και μέσων πυρασφάλειας σε προληπτικά και κατασταλτικά, **(OECD, 2011)**.

3.2.1 ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Προληπτικά μέσα πυρασφάλειας είναι τα μέσα που προϋδεάζουν για κινδύνους πυρκαγιών, αποσκοπούν σε ενεργοποίηση για αποφυγή και αντιμετώπιση ατυχημάτων, εγγυούνται προληπτική προστασία - ιδιαίτερα των εργασιακών χώρων. Με τη συνδρομή της τεχνολογίας η προληπτική προστασία στον τομέα της πυρασφάλειας μπορεί να γίνεται αυτόματα. Η αυτόματη αυτή προληπτική προστασία παραμερίζει τον συγκινησιακό παράγοντα που κατέχει συχνά τον άνθρωπο στη θέα της φωτιάς και έχει ορισμένα πλεονεκτήματα (π.χ. αποφυγή λαθών). Θα επικεντρωθούμε στα πιο σημαντικά προληπτικά μέτρα περιορισμού του κινδύνου, όπως αυτά περιγράφονται από την **OECD 2011**.

3.2.1.1 ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑ

Στην ασφάλεια παίζουν ρόλο πολλά στοιχεία της συνδετήριας σήραγγας. Ο αριθμός των σηράγγων και των λωρίδων κυκλοφορίας ανά σήραγγα έχουν ξεκάθαρη επιρροή στη συχνότητα και τις συνέπειες των ατυχημάτων. Το πλάτος των λωρίδων μπορεί να επηρεάσει το ποσοστό των ατυχημάτων. Οι κλίσεις επηρεάζουν την απορροή των υδάτων και συνεπώς τις συνέπειες μιας επικίνδυνης διαρροής υγρού. Τα ερείσματα μπορούν επίσης να βοηθήσουν στην μείωση της συχνότητας των ατυχημάτων, αλλά έχουν φτιαχτεί κυρίως για την πρόσβαση των ομάδων έκτακτης ανάγκης για τον περιορισμό των συνεπειών. Επίσης, τα στηθαία ασφαλείας μεταξύ οδοστρώματος και πεζοδρομίου μπορούν να έχουν θετική επιρροή στην καταστροφικότητα του ατυχήματος, παρά το γεγονός ότι έχουν αρνητική επίδραση στην διαφυγή και διάσωση. Χρήσιμες είναι και οι λωρίδες στάσης lay-bys για έκτακτη στάθμευση σε περίπτωση βλάβης ενός οχήματος μπορεί να μειώσει την πιθανότητα συμφόρησης στη σήραγγα. Η οπτική αντίληψη του οδηγού είναι αυτή που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την άνεση και την ταχύτητα οδήγησης, η οποία με τη σειρά της θα συμβάλει στην ασφάλεια. Η κλίση του οδοστρώματος και ο φωτισμός είναι τα σημεία κλειδιά για την ασφάλεια. Παρόλα αυτά για ένα πιο ολοκληρωμένο αποτέλεσμα, πρέπει να ληφθούν υπόψη το σχήμα και το χρώμα της σήραγγας.

3.2.1.2 ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ)

Τα ποσοστά των ατυχημάτων είναι υψηλότερα στις εισόδους των σηράγγων εξαιτίας των προβλημάτων ορατότητας κατά την μετάβαση από μια περιοχή με έντονο φωτισμό (εξωτερικό περιβάλλον) σε μια περιοχή πολύ σκοτεινότερη (εσωτερικό της σήραγγας). Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητος ο επαρκής φωτισμός κατά τη διάρκεια της ημέρας στην περιοχή της μετάβασης, το οποίο θα πρέπει σταδιακά να μειώνεται μέσα στη σήραγγα. Εθνικές ή διεθνείς συστάσεις καθορίζουν τα επίπεδα του φωτισμού αυτού και τονίζεται ότι τα πολύ υψηλά επίπεδα φωτισμού δεν συνεπάγονται βελτίωση της ασφάλειας. Φώτα σήμανσης μπορούν να τοποθετηθούν σε ύψος ένα μέτρο από το δάπεδο. Αυτό διευκολύνει την εκκένωση σε περίπτωση που ο καπνός επισκιάζει τον φυσικό φωτισμό.

3.2.1.3 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η ανεπαρκής συντήρηση, όπως για παράδειγμα ένα ελάττωμα στο οδόστρωμα, ελλιπής καθαρισμός της σήραγγας κλπ, συνεπάγεται μειωμένη ασφάλεια για τους οδηγούς. Αντιθέτως μια αξιόλογη συντήρηση, είναι καθοριστική στη μείωση της πιθανότητας ενός ατυχήματος.

3.2.1.4 ΟΡΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Ένα μικρό όριο ταχύτητας στην είσοδο είτε μέσα στη σήραγγα μπορεί να έχει σοβαρά μειονεκτήματα, όπως τη δημιουργία συμφόρησης σε δρόμους με μεγάλη κυκλοφορία. Επίσης και σε μερική κυκλοφορία, φορτηγά ή άλλα μεγάλα οχήματα αυξάνουν τη διαφορά ταχύτητας μεταξύ των οχημάτων με αποτέλεσμα να δημιουργείται πάλι πρόβλημα συμφόρησης. Όπως και να έχει, η μείωση της ταχύτητας θεωρείται παγκοσμίως ότι μειώνει την συχνότητα και την σοβαρότητα των ατυχημάτων. Η μείωση της ταχύτητας θεωρείται ένα από τα πιο οικονομικώς αποδοτικά μέτρα.

3.2.1.5 ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΗ ΠΡΟΣΠΕΡΑΣΗΣ

Η προσπέραση γενικά απαγορεύεται σε σήραγγες διπλής κυκλοφορίας με μια λωρίδα ανά κατεύθυνση. Σε σήραγγες μονής κατεύθυνσης γενικά, επιτρέπεται η προσπέραση οχημάτων για τα επιβατικά οχήματα. Προτείνεται να απαγορεύεται η προσπέραση από τα βαρέα οχήματα.

3.2.1.6 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Μια επαρκής απόσταση μεταξύ των κινούμενων οχημάτων μειώνει την πιθανότητα ατυχημάτων από κοντινή απόσταση. Ένα μειονέκτημα είναι ότι επίσης μειώνει την χωρητικότητα της σήραγγας και μπορεί να οδηγήσει σε συμφόρηση όταν η κίνηση είναι αυξημένη. Μια επαρκής απόσταση μεταξύ οχημάτων που έχουν σταματήσει στη σήραγγα εξαιτίας ενός ατυχήματος μπορεί να μειώσει τις συνέπειες επειδή λιγότεροι άνθρωποι θα βρίσκονται κοντά στην περιοχή της φωτιάς κι αυτή δε θα μπορεί να εξαπλωθεί εύκολα. Παρ' όλα αυτά, η απόσταση μεταξύ των οχημάτων, είτε των κινούμενων είτε των σταματημένων, είναι δύσκολο να επιβληθεί στους οδηγούς.

3.2.2 ΚΑΤΑΣΤΑΛΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Κατασταλτικά μέτρα πυρασφάλειας είναι τα μέτρα που σε περίπτωση φωτιάς αποδυναμώνουν την πυρκαγιά ή βοηθούν στην αποφυγή της. Τα μέτρα αυτά μπορεί να έχουν ληφθεί από το στάδιο της πρόληψης πυρκαγιών ή λαμβάνονται από τους υπεύθυνους της πυρόσβεσης στη φάση της καταπολέμησης πυρκαγιάς. Στη δεύτερη περίπτωση χρειάζονται γνώσεις, εμπειρία, ψυχραιμία —δυνατότητες ανάπτυξης της πρόβλεψης στρατηγικής (πρωτοβουλιών) κ.λπ. Συνεπώς ως κατασταλτικά μέτρα πυρασφάλειας θα χαρακτηρίζαμε γενικότερα οτιδήποτε συντελεί στην μετρίαση των συνεπειών της φωτιάς με βασικό τον ρόλο των μέσων πυρόσβεσης, τα οποία πρέπει να αποτελούν « προϊόν » ορθής εκτίμησης των κινδύνων πυρκαγιάς. Τα πλέον σημαντικότερα αναλύονται παρακάτω, με βάση την **OECD 2011**.

3.2.2.1 ΕΞΟΔΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Υπάρχουν οι ακόλουθες πιθανότητες εκκένωσης:

- Έξοδος με τα πόδια (ή με αυτοκίνητο σε χαμηλή ταχύτητα σε σήραγγες διπλής κυκλοφορίας)
- Απευθείας επικοινωνία με τον έξω χώρο (από μικρές σήραγγες)
- Συνδετήριες σήραγγες (σε σήραγγες με 2 ή περισσότερους κλάδους)
- Ειδικούς διαδρόμους ή στοές (σε βαθιές σήραγγες) διαφυγής
- Καταφύγια (σε βαθιές σήραγγες μονής κυκλοφορίας, ασφαλή αεριζόμενα αντιπυρικά δωμάτια με τηλέφωνο που συχνά συνδέονται με τον εξωτερικό χώρο μέσω ενός αγωγού μεταφοράς καθαρού αέρα για παράδειγμα)

Οι έξοδοι κινδύνου, χρησιμεύουν στον περιορισμό της έκθεσης των χρηστών της σήραγγας σε ένα επικίνδυνο περιβάλλον που μπορεί να δημιουργηθεί σε περίπτωση ατυχήματος, ειδικά αν περιλαμβάνονται και επικίνδυνα υλικά.

3.2.2.2 ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ CCTV

Η πλειοψηφία των σηράγγων διαθέτει κύκλωμα CCTV που καλύπτει όλο το μήκος της σήραγγας και τις περιοχές γύρω από τα στόμια. Ο σκοπός είναι διπλός, να καταγράψουν το φόρτο των οχημάτων και πιθανόν και των μεγάλων φορτηγών και να ανιχνεύσουν ή τουλάχιστον να αναγνωρίσουν κάθε περιστατικό ή ατύχημα και να πάρουν την πληροφορία που χρειάζονται για να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα. Γενικά, δεν καταγράφεται μόνιμα όλο το μήκος της σήραγγας, αλλά κάθε γεγονός που τραβάει την προσοχή του χειριστή ο οποίος γυρνάει την κάμερα στο σημείο αυτό.

3.2.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

Το αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης διευκολύνει τη γρήγορη δράση σε περίπτωση φωτιάς. Αισθητήρες εντοπισμού του μονοξειδίου του άνθρακα και της ομίχλης έχουν εφαρμοστεί σε αεριζόμενες σήραγγες: Αυτοί ανιχνεύσουν τα προϊόντα της φωτιάς, αλλά δεν μπορούν να τα διαχωρίσουν από τους ρύπους που φυσιολογικά παράγονται από τα οχήματα. Αυτό μπορεί να συνδυαστεί και με την CCTV.

3.2.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ

Σε όλες τις σήραγγες υπάρχει διαθέσιμος εξοπλισμός πυρόσβεσης για τους αυτοκινητιστές, όπως πυροσβεστήρες που τοποθετούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα αλλά και πυροσβεστικές φωλιές με μάνικες (σε ορισμένες χώρες). Όλες οι μεγάλες σήραγγες έχουν πυροσβεστικούς κρουνούς αλλά και μάνικες για χρήση από τους πυροσβέστες οι οποίοι τροφοδοτούνται από δεξαμενές νερού ή το τοπικό σύστημα ύδρευσης. Τα αυτόματα συστήματα πυρόσβεσης (sprinklers) δεν συνιστώνται σαν εξοπλισμός ασφαλείας σε σήραγγες γιατί μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στους ανθρώπους που βρίσκονται στη φωτιά και τη ζώνη καπνού. Μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν για την προστασία της σήραγγας όταν αυτή έχει εκκενωθεί.

3.2.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Ο έλεγχος καπνού γίνεται συνήθως από το σύστημα αερισμού της σήραγγας. Λαμβάνοντας υπ όψιν τις αυξημένες εκπομπές ρύπων από τα οχήματα, η επιλογή και ο σχεδιασμός του συστήματος αερισμού, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ανάγκες σε περίπτωση φωτιάς. Ο διαμήκης αερισμός σκοπεύει στη δημιουργία ρεύματος αέρα κατά μήκος της σήραγγας χρησιμοποιώντας συνήθως μωζητικούς ανεμιστήρες. Σε περίπτωση φωτιάς, ο καπνός διοχετεύεται σε μια έξοδο. Αυτός ο τύπος αερισμού είναι καλός για σήραγγες μονής κατεύθυνσης χωρίς έντονη κυκλοφορία οχημάτων. Στις άλλες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ημιεγκάρσιος ή ο εγκάρσιος αερισμός. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, αγωγοί αέρα φέρνουν καθαρό αέρα μέσα στη σήραγγα, ενώ άλλοι αγωγοί μπορεί να χρησιμοποιούνται για να διώξουν τον μολυσμένο αέρα. Σε περίπτωση φωτιάς, ο εξοπλισμός λειτουργεί με τρόπο που να περιορίζει το διαμήκες κύμα αέρα έτσι ώστε να βοηθήσει τον καπνό να σχηματίσει ένα στρώμα στην οροφή αφήνοντας το κάτω τμήμα να έχει καθαρό αέρα. Την ίδια στιγμή, ο καπνός εξάγεται με τη βοήθεια ανοιγμάτων στην οροφή. Τα ανοίγματα αυτά σχεδιάζονται συνήθως για φωτιά σε μεγάλο όχημα πχ. φορτηγό κι όχι για φωτιά σε φορτηγά που περιέχουν επικίνδυνα αγαθά.

3.2.2.6 ΜΕΓΑΦΩΝΑ

Πολλές χώρες τοποθετούν μεγάφωνα στις οδικές σήραγγες. Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν οδηγίες σε έναν οδηγό ή σε πολλούς σε περίπτωση ανάγκης. Παρ' όλα αυτά, έχει προκύψει ένα σύνολο προβλημάτων κατά τη χρήση των μεγαφώνων, κυρίως εξαιτίας της κακής ακουστικής μέσα στη σήραγγα, όπου ο περιβάλλον θόρυβος των οχημάτων και του αερισμού δυσχεραίνει την

ακουστική αλλά και εξαιτίας του αριθμού των γλωσσών που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να καταλάβουν όλοι οι οδηγοί το μήνυμα.

3.2.2.7 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΕ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΠΑΡΟΧΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ)

Τα σήματα του ραδιοφώνου δεν μεταδίδονται σ υπόγειες κατασκευές. Όλο και περισσότερες σήραγγες έχουν συστήματα αναμετάδοσης που στοχεύουν σε όλους ή σε μερικούς χρήστες:

- Παροχές ασφαλείας, επιτρέπουν την επικοινωνία με το κέντρο ελέγχου
- Οι χειριστές σε περίπτωση ανάγκης μπορούν να εισέλθουν στις συχνότητες αυτές και να παρέχουν την πληροφορία στους χρήστες καθώς και οδηγίες ασφαλείας.
- Το προσωπικό της σήραγγας μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των ομάδων συντήρησης και ασφαλείας

3.2.2.8 ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ

Συστήματα αποχέτευσης υπάρχουν συχνά στις σήραγγες έτσι ώστε να απομακρύνονται τα μολυσμένα νερά από το οδόστρωμα και (συχνά χωριστά) να καθαρίζουν το νερό από το έδαφος. Το σύστημα αυτό είναι επίσης απαραίτητο για την εκκένωση ενός επικίνδυνου υγρού σε περίπτωση διαρροής. Για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητά του, σε περίπτωση αιφνίδιας και σημαντικής διαρροής, η απόσταση μεταξύ των εισόδων του υγρού πρέπει να μειωθεί ή να χρησιμοποιηθεί κάποια υδρορροή. Επίσης μπορούν να δημιουργηθούν σιφώνια για την αποφυγή της εξάπλωσης της φλόγας και των εκρήξεων στο σύστημα που βρίσκεται υπόγεια σε περίπτωση εύφλεκτου υγρού.

3.2.2.9 ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ

Ένα σχέδιο εκτάκτου ανάγκης ή σχέδιο δράσης είναι απαραίτητο για την γρήγορη αντίδραση και την διαβεβαίωση της σωστής συνεργασίας μεταξύ πολλών εμπλεκόμενων ομάδων σε περίπτωση σοβαρού ατυχήματος. Το σχέδιο πρέπει να περιγράφει τις κινήσεις που πρέπει αν γίνουν από τον χειριστή και τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης αλλά και την επικοινωνία μεταξύ τους. Η προετοιμασία του πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις ομάδες που εμπλέκονται και να βασίζεται σε ένα αριθμό διαφορετικών σεναρίων. Το σχέδιο έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να ανανεώνεται συνεχώς έτσι ώστε να λαμβάνει υπόψιν όλες τις αλλαγές στη σήραγγα, την κυκλοφορία και το περιβάλλον.

Τα μέτρα πυρασφάλειας, είτε αυτά είναι προληπτικά, είτε παρηγορητικά χρησιμοποιούνται ή για να μειώσουν την πιθανότητα να συμβεί το ατύχημα ή για να ελαττώσουν τις συνέπειες αυτού ή και τα δύο μαζί. Στον πίνακα 3.1 φαίνεται η επίδραση του κάθε μέτρου στη μείωση του κινδύνου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

ΜΕΙΩΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ			
	ΜΕΣΑ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ
Π Ρ Ο Λ Η Π Τ Ι Κ Α	ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑ		x
	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	x	
	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	x	
	ΟΡΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	x	x
	ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΗ ΠΡΟΣΠΕΡΑΣΗΣ	x	
	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	x	x
	ΕΞΟΔΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ		
Π Α Ρ Η Γ Ο Ρ Η Τ Ι Κ Α	ΚΥΚΛΩΜΑ CCTV		x
	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ		x
	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ		x
	ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ		x
	ΜΕΓΑΦΩΝΑ	x	x
	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΕ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ		x
	ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ	x	x
	ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ	x	x

3.3 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΣΕ ΠΕΝΤΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ

Για να εξασφαλισθεί υψηλό επίπεδο ασφάλειας στους δρόμους που βρίσκονται εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα κράτη μέλη θα πρέπει να εφαρμόσουν κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση της ασφάλειας των υποδομών. Η κοινοποίηση των κατευθυντήριων γραμμών αυτών στην Επιτροπή και οι τακτικές εκθέσεις τους σχετικά με την εφαρμογή τους θα πρέπει να θέσουν τα θεμέλια για τη συστηματική βελτίωση της ασφάλειας των υποδομών σε κοινοτικό επίπεδο και να επιτρέψουν την εξέλιξη προς ένα αποτελεσματικότερο σύστημα σε εύθετο χρόνο. Οι εκθέσεις για την εφαρμογή τους θα πρέπει εξάλλου να επιτρέψουν στα υπόλοιπα κράτη μέλη να εντοπίζουν τις πλέον αποτελεσματικές λύσεις, ενώ η συστηματική συλλογή δεδομένων από προηγούμενες/επόμενες μελέτες θα πρέπει να επιτρέψει την επιλογή των πλέον αποτελεσματικών μέτρων ενόψει μελλοντικής δράσης.

Η έρευνα είναι κεφαλαιώδους σημασίας για τη βελτίωση της ασφάλειας στους δρόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η ανάπτυξη και επίδειξη συστατικών στοιχείων, μέτρων και μεθόδων και η διάδοση των αποτελεσμάτων της έρευνας διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση της ασφάλειας των οδικών υποδομών.

Στόχος μιας τέτοιας δράσης είναι η επίτευξη ομοιόμορφου, σταθερού και υψηλού επιπέδου προστασίας όλων των ευρωπαίων πολιτών στις οδικές σήραγγες. Για την επίτευξη της ασφάλειας, λοιπόν, μέσα στις σήραγγες απαιτούνται ορισμένα μέτρα τα οποία σχετίζονται, μεταξύ άλλων, με τη μορφή και τον σχεδιασμό της σήραγγας, τον εξοπλισμό ασφαλείας ο οποίος περιλαμβάνει την οδική σήμανση, τη διαχείριση της κυκλοφορίας, την εκπαίδευση των υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης, τη διαχείριση των περιστατικών, την ενημέρωση των οδηγών για τον καλύτερο τρόπο συμπεριφοράς τους μέσα σε σήραγγες, και την καλύτερη επικοινωνία μεταξύ αρμοδίων αρχών και υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης όπως είναι η αστυνομία, τα πυροσβεστικά σώματα και τα σωστικά συνεργεία. Για τη διατήρηση υψηλού επιπέδου ασφάλειας μέσα στις οδικές σήραγγες, απαιτείται εκτός όλων των παραπάνω και η ορθή συντήρηση των εγκαταστάσεων ασφαλείας μέσα στις σήραγγες. Θα πρέπει να οργανωθεί η συστηματική ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τις σύγχρονες τεχνικές ασφαλείας και τα δεδομένα ατυχημάτων/περιστατικών μεταξύ των κρατών μελών.

Στο **παράρτημα 1** παρουσιάζεται πίνακας με τους κανονισμούς πέντε ευρωπαϊκών χωρών όσο αναφορά τις προβλέψεις των μέτρων ασφαλείας στις οδικές σήραγγες της εκάστοτε χώρας.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ_4:ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ
ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ**

4.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Σημαντικό ρόλο για να συνεχιστεί η αξιολόγηση των κατάλληλων μέτρων προστασίας, που πρέπει να ληφθούν σε μία υπάρχουσα οδική σήραγγα, ώστε να μειωθούν τα ατυχήματα στο βέλτιστο βαθμό με το ελάχιστο δυνατό κόστος, είναι ο προσδιορισμός, αρχικά του κόστους των μέτρων ασφαλείας που θα τοποθετηθούν στην υπό εξέταση σήραγγα. Είναι σημαντικό για τη παρούσα μελέτη τα κόστη αυτά να προσδιορισθούν κατά το δυνατόν ακριβέστερα και για το λόγο αυτό έγινε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση αναζητώντας την κατάλληλη διαδικασία εκτίμησης αυτών. Στη συνέχεια θα γίνουν και συνδυασμοί των μέτρων αυτών ώστε να καταλήξουμε στον πλέον κατάλληλο συνδυασμό που θα επιλεγεί για την ριζική μείωση των ατυχημάτων, σε ήδη υπάρχουσες σήραγγες, με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Εφόσον αναφερόμαστε σε σήραγγες που ήδη λειτουργούν τα μέτρα που επιλέχθηκαν έχουν κατασταλτικό χαρακτήρα και είναι τα εξής: 1) Έξοδοι ασφαλείας, 2) Κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης cctv, 3) Σύστημα πυρανίχνευσης, 4) Σύστημα πυρόσβεσης 5) Σύστημα ραδιοεπικοινωνιών.

4.1.1 ΠΗΓΕΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΞΟΔΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Κυρίαρχος παράγοντας στη κατασκευή μιας σήραγγας είναι οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής, μέσω των οποίων καθορίζεται το κόστος της διάτρησης, που προφανώς όσο δυσμενέστερες, είναι τόσο το κόστος αυξάνεται. Το δυσκολότερο κομμάτι, που αφορά το κόστος κατασκευής μιας σήραγγας είναι η πρόβλεψη των συνθηκών αυτών και κατ' επέκταση ο προϋπολογισμός του κόστους του υπόγειου έργου. Έτσι θα πρέπει να γίνεται εκτενής μελέτη του γεωτεχνικού περιβάλλοντος και επαρκείς γεωτρήσεις για την ανίχνευση των συνθηκών, αλλά ακόμα και τότε δεν αποκλείεται κατά μήκος της χάραξης οι γεωλογικές συνθήκες να αλλάξουν.

Χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων της κατασκευής των σηράγγων της Εγνατίας Οδού, η οποία αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό κομμάτι της ελληνικής σηραγγοποιίας, καταφέραμε να προσεγγίσουμε τα κόστη για τη κατασκευή σηράγγων, βασιζόμενοι στην αξιοπιστία που προσφέρει λόγω του πλήθους αυτών που διατρήθηκαν κατά μήκος της.

Συνεπώς με βάση τον **Λαμπρόπουλο et al., 2005**, το κόστος για τη διάνοιξη των σηράγγων (εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη) καλύπτει κατά μέσο όρο το 62% του συνολικού κόστους. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις με πολύ δύσκολη γεωλογία μπορεί να φτάσει έως και 73% του συνολικού κόστους (π.χ. Σήραγγα Ανθοχωρίου). Το κόστος της τελικής επένδυσης, που αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα μεταβλητού πάχους ανάλογα με την ποιότητα της βραχώμαζας, είναι κατά μέσο όρο 17% του συνολικού κόστους. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι και το κόστος για την

εγκατάσταση των ηλεκτρομηχανολογικών και τηλεματικών συστημάτων για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία της σήραγγας, που είναι της τάξεως του 14%. Τέλος, το κόστος κατασκευής των στομιών των σιηράγγων ανέρχεται στο 3%, ενώ το κόστος που αφορά στις συνδετήριες στοές, στα φρέατα εξαερισμού, στην οδοστρωσία, στις ασφαλτικές εργασίες και στα κτίρια ελέγχου στο 4%.

Η ίδια μελέτη (**Λαμπρόπουλος 2005**), που αφορά την Εγνατία Οδό, κατέληξε ότι για κάθε διανοιγμένο μέτρο το κόστος ανήλθε από 8000€ έως 30000€ / μέτρο, συνυπολογίζοντας πάντα τις διαφορετικές συνθήκες που επικρατούν από περιοχή σε περιοχή. Συνεπώς, κρίνεται αναγκαίο να δημιουργηθεί μία σχέση μεταξύ του κόστους και της ποιότητας της βραχώμαζας της εκάστοτε περιοχής που κατασκευάζεται μια σήραγγα, ώστε να υπάρξει μια αξιόπιστη τιμή για το συνολικό κόστος κατασκευής μιας σήραγγας.

Σε μελέτη που έγινε από τους **Παρασκευοπούλου και Μπενάρδο το 2012**, η ποιότητα ελέγχεται κατά GSI αλλά και κατά RMR και αναλόγως με τη βαθμονόμηση που λαμβάνει, κατηγοριοποιείται σε πέντε διαφορετικές κατηγορίες (A-B-C-D-E) με φθίνουσα σειρά ποιότητας. Λαμβάνονται με τη μέθοδο υπαρχόντων έργων (back analysis) στατιστικά στοιχεία από περατωμένα έργα στον ελλαδικό χώρο, και καταλήγουν σε δύο λογαριθμικές σχέσεις η μια για την ποιότητα σε GSI και η δεύτερη για την ποιότητα σε RMR.

$$\text{Σχέση (A) } 3 \text{ Cost (€ / m)} = -55.91 \times \ln(\text{GSI}) + 259,1$$

$$\text{Σχέση (B) } 3 \text{ Cost (€ / m)} = -63.41 \times \ln(\text{RMR}) + 295,2$$

Την προσπάθεια αυτή τελειοποίησαν οι ίδιοι (**Παρασκευοπούλου και Μπενάρδος, το 2013**), εξετάζοντας στατιστικά αποτελέσματα από 25 συνολικά σιηράγγες που κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα, καταλήγοντας στις κατηγορίες που φαίνονται παρακάτω (**πίνακας 4.1**).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1. ΣΧΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ €/m προχώρησης	ΚΟΣΤΟΣ €/m ³ εξορυγμένου υλικού
A: GSI=55-100	4.665,1	30,2
B: GSI=35-55	6779,3	58
C: GSI=15-35	12.917,5	96,3
D: GSI<15	17.986,6	109,7
E: ΕΔΑΦΟΣ	19.267,3	138,3

4.1.2 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΞΟΔΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Οι τιμές που υπολογίστηκαν για την κατασκευή σήραγγας (120m²) κυμαίνονται από 4.665€/m προχώρησης–19.267€/m προχώρησης. Επειδή η γεωμορφολογία των εδαφών στην Ελλάδα σπάνια ευνοεί την εκσκαφή και διάτρηση θα επιλεγθεί μια τιμή κοντά στα ανώτερα όρια, που θα αντιπροσωπεύει την κατασκευή εξόδων ασφαλείας σε δυσμενείς σχετικά συνθήκες. Σύμφωνα και με την Εγνατία Οδό μια καλή τιμή είναι 18.000€/m προχώρησης. Όμως η τυπική διατομή μίας στοάς διαφυγής είναι 25m², οπότε διαμορφώνουμε τη τιμή του μέτρου προχώρησης της σε αναλογία με την παραπάνω τιμή, δηλαδή περίπου 2750€/m προχώρησης.

4.1.2.1 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Σε μια σήραγγα, ζωτικής σημασίας για την ομαλή λειτουργία της και την αξιοποίηση του χρόνου ζωής της είναι η συντήρηση της, αφού είναι αυτή η οποία θα διατηρήσει τις αρχικές προδιαγραφές που επιλέχθηκαν. Οι εργασίες που γίνονται για την συντήρηση μιας σήραγγας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, την τακτική συντήρηση – ανά τακτά χρονικά διαστήματα και την έκτακτη συντήρηση – για επιδιορθώσεις βλαβών και αποκαταστάσεις φθορών, (**Εγνατία Οδός, 2006**).

4.1.2.1.1 ΤΑΚΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Η τακτική συντήρηση μιας σήραγγας περιλαμβάνει την συντήρηση του εξοπλισμού που είναι εγκατεστημένος σε αυτήν και τη συχνότητα πλυσίματος των τοιχωμάτων της, για την οποία απαιτείται κλείσιμο του κλάδου της σήραγγας με αποτέλεσμα να επηρεάζονται διάφοροι παράγοντες, όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος. Για το λόγο αυτό το πρόγραμμα της συντήρησης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλες τις συνθήκες που επικρατούν σε μια σήραγγα, όπως για παράδειγμα να μην γίνεται σε ώρες αιχμής ή αργίες. Ειδικότερα σε σήραγγες μονού κλάδου, σε περιόδους συντήρησης, θα πρέπει να υπάρχει εναλλακτική διαδρομή για τους χρήστες.

Η συντήρηση του εξοπλισμού είναι από τα βασικά κομμάτια της τακτικής συντήρησης και αποτελείται από:

- Έλεγχο φωτισμού και ηλεκτρικών κυκλωμάτων-πινάκων, ηλεκτρικού εξοπλισμού ανά 12 μήνες.
- Τη βασική κύρια συντήρηση του συστήματος αερισμού στα 5 έως 7 χρόνια λειτουργίας και ανά 6 μήνες τη λίπανση των εξαρτημάτων και τον γενικό έλεγχο λειτουργικότητας.

- Καθαρισμό των πυράντοχων πορτών, των περιστρεφόμενων φάρων και κυρίως των πινακίδων σήμανσης, των οδεύσεων διαφυγής ανά 3 μήνες και αντικατάσταση των λαμπτήρων σήμανσης ανά 12 μήνες.
- Έλεγχος των φορητών πυροσβεστήρων ανά 3 μήνες, αν υπάρχει διαρκής εποπτεία της σήραγγας και ανά 1 μήνα, αν δεν υπάρχει κέντρο ελέγχου και αναγόμωση τους ανά 12 μήνες.
- Επιθεώρηση του μόνιμου δικτύου πυρόσβεσης ανά 3 μήνες και έλεγχο για τυχόν διαρροές, όπου σε περίπτωση που υφίστανται απαιτείται η άμεση επισκευή τους.
- Επιθεώρηση συστημάτων επικοινωνιών και διαχείρισης κυκλοφορίας ανά 3 μήνες και αυτών που βρίσκονται εκτός σήραγγας κάθε φορά που υπάρχουν ακραία καιρικά φαινόμενα, ώστε να διαπιστώνεται η ομαλή λειτουργία τους. Η συντήρηση και τυχόν αντικαταστάσεις όλων των συστημάτων ανά 12-24 μήνες.
- Έλεγχος συστημάτων εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων κάθε 6 μήνες και καθαρισμός όλων των συστημάτων συλλογής πληροφοριών (αισθητήρες) ανά 3 μήνες. Γενική συντήρηση όλων των συστημάτων μία φορά το χρόνο.

4.1.2.1.2 ΕΚΤΑΚΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας μιας σήραγγας ενδέχεται να υπάρξουν περιπτώσεις πλήρους αστοχίας (βλάβες, φθορές), γεγονός που απαιτεί άμεση επιθεώρηση και εκτίμηση της κατάστασης από το προσωπικό συντήρησης, το οποίο οφείλει να είναι πάντοτε σε ετοιμότητα.

Για την έκτακτη συντήρηση μιας σήραγγας υπάρχει συνήθως ένα σύστημα κατά το οποίο οι φθορές και οι βλάβες εντάσσονται σε κατηγορίες καθώς και χρόνοι απόκρισης και αποκατάστασης ανάλογα με την κάθε κατηγορία, τους οποίους το προσωπικό συντήρησης πρέπει να τηρεί.

Συνεπώς τίθενται τρία βασικά ερωτήματα τα οποία είναι, σε πόσο χρονικό διάστημα πρέπει να προσέλθει ο συντηρητής, ποιες βλάβες και φθορές χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης και για ποιες υπάρχει το περιθώριο να επιδιορθωθούν, είτε κατά την επόμενη βάρδια είτε κατά την επόμενη τακτική συντήρηση. Για να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι επιπτώσεις που θα έχουμε εάν κάποιο από τα συστήματα δε λειτουργεί ή έχει κάποια φθορά.

4.1.2.1.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Από μελέτη που εκπονήθηκε το 2006 για την Ολυμπία Οδό (**Στάθης, 2006**) οι τιμές που παρουσιάζονται για τις εργασίες συντήρησης για την αντικατάσταση του φωτισμού, για την αντικατάσταση του συστήματος αερισμού και για την ανανέωση του υλικού και των συστημάτων της αίθουσας ελέγχου (αίθουσα-κάμερες- συστήματα ειδοποίησης) ανέρχονται σε 740.000€ ευρώ. Από τις τιμές αυτές με τις σχετικές αναγωγές στην σημερινή οικονομία (2014) λαμβάνεται η τελική που υπολογίζεται σε 1.000.000€ ευρώ. Να σημειωθεί ότι οι προαναφερθείσες επισκευές και συντηρήσεις πραγματοποιούνται ανά 15 χρόνια λειτουργίας της σήραγγας.

Πέρα όμως από τις περιοδικές εργασίες υπάρχουν και οι τακτικοί έλεγχοι και εργασίες οι οποίοι έχουν ετήσια βάση και εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη λειτουργία της σήραγγας. Στον **πίνακα 4.2** φαίνονται οι τιμές για τις ετήσιες δαπάνες ανά έτος και αναλόγως με το μήκος της σήραγγας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2. ΚΟΣΤΟΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΤΗΣ

ΜΗΚΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΚΑΙ ΣΗΡΑΓΓΑ
Μικρότερο από 300 m	11.738,81€
Από 300 m έως 2000 m	26.412,33€
Πάνω από 2000 m	55.759,35€

4.1.3 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

Σύμφωνα με το **άρθρο Z-3 του τιμολογίου μελέτης της Εγνατίας Οδού, 2009**, διαμορφώνεται η τιμή, για την προμήθεια, μεταφορά επί τόπου, την εγκατάσταση και δοκιμή ενός πλήρους συστήματος πυρανίχνευσης. Η τελική τιμή με αναγωγή για το 2013 είναι 51.000€ ανά τεμάχιο πλήρους συστήματος πυρανίχνευσης.

Σύμφωνα με τον **πίνακα 2 του κεφαλαίου 2.3 (προβλέψεις μέτρων ασφαλείας σε πέντε ευρωπαϊκές χώρες)**, κατά μέσο όρο τοποθετούνται συστήματα πυρανίχνευσης ανά 400m. Συνεπώς ανάλογα με το μήκος της σήραγγας, υπολογίζεται ο αριθμός των συστημάτων πυρανίχνευσης που υπάρχουν σε αυτή και στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με την τιμή ανά τεμάχιο, που προέκυψε παραπάνω.

4.1.4 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ

Σύμφωνα με τα άρθρα Z-4, Z-5, Z-6, Z-7 του τιμολογίου μελέτης της Εγνατίας Οδού, 2009, διαμορφώνεται η τιμή, για την προμήθεια, μεταφορά και εγκατάσταση σταθμού μείωσης πίεσεως, πλήρους πιεστικού συγκροτήματος αντλιών πυροσβέσεως, ειδικών τεμαχίων εξοπλισμού υπόγειας δεξαμενής νερού πυροσβέσεως και πλήρους διάταξης για την παραλαβή μετατοπίσεων σωλήνων πυρόσβεσης σύμφωνα με τη μελέτη, τις Τεχνικές Προδιαγραφές, τα Π.Κ.Ε και τους λοιπούς όρους δημοπράτησης. Η τελική τιμή με αναγωγή για το 2013 μαζί με το κόστος των δικτύων είναι 230.000 €.

Σύμφωνα με το παράρτημα 1 (προβλέψεις μέτρων ασφαλείας σε πέντε ευρωπαϊκές χώρες), κατά μέσο όρο τοποθετούνται συστήματα πυρόσβεσης ανά 200m. Συνεπώς ανάλογα με το μήκος της σήραγγας, υπολογίζεται ο αριθμός των συστημάτων πυρόσβεσης που υπάρχουν σε αυτή και στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με την τιμή ανά τεμάχιο, που προέκυψε παραπάνω.

4.1.5 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Σύμφωνα με το άρθρο Γ-4 του τιμολογίου μελέτης της Εγνατίας Οδού, 2009, διαμορφώνεται η τιμή, για την προμήθεια, μεταφορά, εγκατάσταση ενός πλήρους συστήματος ραδιοεπικοινωνιών μέσα στη σήραγγα, το οποίο θα εξυπηρετεί το Πυροσβεστικό Σώμα, την Ελληνική Αστυνομία, το ΕΚΑΒ, το προσωπικό συντήρησης, ικανό να μεταδίδει 6 προγράμματα ραδιοφώνου FM και με δυνατότητα παρεμβολής στις εκπομπές για μετάδοση ηχητικών μηνυμάτων, σύμφωνα με τη Μελέτη και τους λοιπούς όρους δημοπράτησης. Η τελική τιμή με αναγωγή για το 2013 είναι 350.000€ πλήρους συστήματος ραδιοεπικοινωνιών.

4.1.6 ΚΟΣΤΟΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ (CCTV)

Σύμφωνα με το άρθρο Β-3 του τιμολογίου μελέτης της Εγνατίας Οδού, 2009, διαμορφώνεται η τιμή, για την προμήθεια, μεταφορά επί τόπου, την εγκατάσταση και δοκιμή πλήρους έγχρωμης σταθερής μηχανής λήψης Κλειστού κυκλώματος Τηλεόρασης (cctv fixed camera). Η τελική τιμή με αναγωγή για το 2013 είναι 4193€ ανά τεμάχιο πλήρους σταθερής μηχανής λήψης κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης σήραγγας.

Σύμφωνα με την Αττική Οδό το κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης τοποθετείται ανά 100m (εισόδους- εξόδους). Συνεπώς ανάλογα με το μήκος της σήραγγας, υπολογίζεται ο αριθμός των συστημάτων cctv που υπάρχουν σε αυτή και στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με την τιμή ανά τεμάχιο, που προέκυψε παραπάνω.

4.2 ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Για την αναβάθμιση των μέτρων ασφαλείας σε μία σήραγγα είναι αναγκαίο να κλείσει για κάποιο χρονικό διάστημα μέσα στην ημέρα ή και για κάποιες μέρες συνεχόμενα, ανάλογα με το είδος της αναβάθμισης, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι οι χρήστες θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν μια εναλλακτική διαδρομή (παρακαμπτήριο δρόμο) με αποτέλεσμα την απώλεια χρόνου και καυσίμων των χρηστών και των διοδίων είτε για το κράτος εάν ανήκει σε δημόσιο φορέα, είτε για τον ιδιώτη σε περίπτωση ιδιωτικής εταιρείας. Όλα αυτά τα κόστη θα πρέπει να συνυπολογιστούν στην τελική απόφαση της αξιολόγησης των μέτρων ασφαλείας.

4.2.1 ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΓΙΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΧΡΟΝΟΣ

Η σήραγγα χρησιμοποιείται για διαδρομές, που οφείλονται είτε σε επαγγελματικούς λόγους, είτε σε λόγους ψυχαγωγίας. Παρακάτω, σύμφωνα με έρευνα του **Πετρόπουλου, 2014** φαίνεται η μετατροπή της απώλειας χρόνου σε χρηματικές μονάδες.

Το ύψος της χρηματικής αποζημίωσης για απώλεια χρόνου εργασίας είναι μέγεθος ανάλογο με τις μισθολογικές αποζημιώσεις που ορίζονται από τις εκάστοτε συλλογικές συμβάσεις εργασίας και υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα δεδομένα (**Ε.Γ.Σ.Σ.Ε., 2013**). Για διάφορες εργασιακές κατηγορίες τα δεδομένα παρουσιάζονται παρακάτω :

- Κατώτερη αποζημίωση το 2013: 3,70€ ευρώ την ώρα.
- Κατώτερος μισθός πρόσληψης τεχνιτών: 3,30€ ευρώ την ώρα.
- Αποζημίωση μηχανικού με προϋπηρεσία 30 έτη: 8,30€ ευρώ την ώρα.
- Κατώτερος μισθός εργάτη σε οικοδομικές εργασίες: 5,65€ ευρώ την ώρα.

Και από τις τιμές που παρατέθηκαν, υπολογίζεται μια μέση ωριαία αποζημίωση για τους χρήστες του οδικού έργου η οποία είναι 5,20 ευρώ ανά ώρα και χρήστη (€/hour&user).

Από την άλλη πλευρά ο χρόνος των χρηστών, που πραγματοποιούν μια διαδρομή αναψυχής δεν μπορεί να έχει την ίδια αποτίμηση με το χρόνο που ο χρήστης στερείται από την εργασία του. Έτσι επιλέγεται, σε συμφωνία με παρόμοιες μελέτες, η αποζημίωση να ανέρχεται στο ένα τρίτο (1/3) της αξίας που υπολογίσαμε νωρίτερα. Για τη συγκεκριμένη μελέτη η αξία του χρόνου για διαδρομές αναψυχής θα είναι 1,75(€/hour&user) ευρώ ανά ώρα ανά χρήστη.

Η Μελέτη Ανάπτυξης του Μετρό(MAM) με εκτεταμένη έρευνα δεδηλωμένης επιλογής 600 μετακινούμενων, εκτίμησε ότι στην Αθήνα η αξία του χρόνου ανέρχεται στο 39% του μέσου ωριαίου εισοδήματος, περιλαμβανομένων των ασφαλιστικών εισφορών των εργαζομένων. Το εισόδημα αυτό ανέρχεται σε 9,4 €/hr (2006) οπότε η $AtX = 0,39 * 9,4 = 3,67$ €/hr (**Κωτσαρέλη, 2009**). Πραγματοποιώντας τη σχετική τιμαριθμική αναπροσαρμογή για το 2013 το ποσό αυτό μετατρέπεται σε 4,49 € €/hr.

Πέρα από την καθαρή αξία που έχει το ωρομίσθιο ενός εργαζομένου, υπάρχει ακόμη μια μέθοδος για την αξιολόγηση του χρόνου, που καταναλώνεται σε μια μετακίνηση. Η μέθοδος αυτή αφορά την επιθυμία του χρήστη να φτάσει στον προορισμό του γρηγορότερα, και την προθυμία του να πληρώσει παραπάνω για τον κερδισμένο χρόνο του (willingnesstopay), ξεπερνώντας τις περισσότερες φορές την εργασιακή του αποζημίωση.

Η προθυμία του χρήστη να πληρώσει και η αναζήτηση του ύψους του χρηματικού ποσού αυτού, έχει απασχολήσει πολλές ερευνητικές προσπάθειες παγκοσμίως. Σε αμερικανική μελέτη του **2013 (Transportation CBA - Traveltimecost, VTPI)**, υπολογίζεται κατά μέσο όρο η προθυμία του μετακινούμενου να πληρώσει 22\$ για κάθε εργάσιμη ώρα και 12\$ για κάθε ώρα αναψυχής. Πραγματοποιώντας τις κατάλληλες αναγωγές, και ως προς το κατά κεφαλήν εισόδημα των ΗΠΑ και της Ελλάδας (1,64 φορές υψηλότερο στις ΗΠΑ) και ως προς την ισοτιμία των δύο νομισμάτων, προκύπτει η αντιστοιχία των 10€ ευρώ για κάθε εργάσιμη ώρα και 5,50€ ευρώ για κάθε ώρα αναψυχής.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω μελέτες για την αξία του χρόνου και επιθυμώντας να προσδώσουμε μερίδιο όχι μόνο στην καθαρή αποτίμηση του χρόνου αλλά και στη διάθεση του χρήστη να πληρώσει κάποιο τίμημα υπολογίζεται η τελική τιμή. Έτσι λαμβάνεται για τους υπολογισμούς η τιμή των 7,50€ ευρώ για αποζημίωση εργατικού χρόνου και η τιμή των 2,50€ ευρώ για αποζημίωση χρόνου αναψυχής.

Συμφώνα με στατιστικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για την Ολυμπία Οδό το 2006 με τη χρήση ερωτηματολογίου (**Στάθης, 2006**), το ποσοστό των χρηστών που πραγματοποιούν μετακινήσεις για επαγγελματικούς λόγους ανέρχεται σε 38%. Εξάλλου από την **Νέα Εθνική Έρευνα Προέλευσης Προορισμού, 2006** εκτιμάται ότι οι σκοποί του ταξιδιού είναι 46% για εργασία. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα ποσοστά αυτά είναι κατά πολύ μεγαλύτερα για τις περιπτώσεις των φορτηγών όπου η εργασία αποτελεί το σκοπό της μετακίνησης καθ' ολοκληρία. Βέβαια το ποσοστό με το οποίο συμμετέχουν τα φορτηγά στο φόρτο κυκλοφορίας είναι μικρό (περίπου 10%), με αποτέλεσμα να μην επηρεάζουν σημαντικά τα παραπάνω ποσοστά. Για τη συγκεκριμένη μελέτη, θα χρησιμοποιηθεί το 45% του αριθμού των χρηστών σαν επαγγελματική μετακίνηση, και το 55% σαν μετακίνηση ψυχαγωγίας. Σημειώνεται

πάντα πως τα ποσοστά αυτά μπορεί να αλλάζουν αρκετά, αναλόγως με την περιοχή που εξυπηρετεί το οδικό έργο.

Υπολογίζεται, λοιπόν, ο συνολικός αριθμός των χρηστών μιας οδικής σήραγγας, ώστε να συνυπολογιστεί ο χρόνος που θα χαθεί σε χρηματικές μονάδες, σε περίπτωση που κλείσει η σήραγγα για αναβάθμιση μέτρων ασφαλείας. Για τον υπολογισμό του αριθμού των χρηστών θα χρειαστούν ορισμένες παραδοχές, κυρίως για τον αριθμό των επιβαινόντων σε κάθε όχημα.

Για τα φορτηγά καθώς και για τα δίκυκλα θεωρούμε πως ο αριθμός των επιβαινόντων είναι ένας (1) επιβάτης ανά όχημα. Άλλωστε η ποσόστωση τους είναι μικρή και δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το τελικό αποτέλεσμα. Τα επιβατικά αυτοκίνητα μπορούν να εξυπηρετήσουν από 1 έως 5 άτομα σε κάθε διαδρομή. Λαμβάνοντας υπόψη πως πολλές μετακινήσεις λόγω επαγγελματικών υποχρεώσεων γίνονται και από 1 μόνο άτομο θεωρούμε πως ένας συντελεστής από 1,5 έως 2,5 είναι επαρκής με καταλληλότερη την τιμή δύο (2). Τέλος, τα υπεραστικά λεωφορεία έχουν μέγιστη χωρητικότητα έως 50 άτομα. Θεωρώντας πως κατά μέσο όρο ταξιδεύουν με πληρότητα που κυμαίνεται από 50% έως 70%, γεγονός που μεταφράζεται σε 25 με 35 άτομα ανά όχημα, λαμβάνεται για κάθε λεωφορείο η τιμή των 30 ατόμων ανά όχημα.

Στη συνέχεια είναι απαραίτητα η γνώση του το ποσοστού του είδους των οχημάτων (μηχανάκια, αυτοκίνητα, φορτηγά, λεωφορεία) που διέρχονται από τη σήραγγα. Σύμφωνα με μελέτες της εταιρείας λειτουργίας και διαχείρισης των έργων, στην Εγνατία Οδό, παρουσιάζονται στοιχεία από όλο το μήκος του αυτοκινητοδρόμου, δίνοντας μας ένα αντιπροσωπευτικό αριθμό για το ποσοστό των οχημάτων ανά είδος που διέρχονται από αυτόν. Ο διαχωρισμός που γίνεται είναι για ελαφρά (Ι.Χ. επιβατικά και δίκυκλα) και βαρέα (φορτηγά και λεωφορεία, αρθρωτά και μη) οχήματα και κυμαίνεται από 81%-94% και 19% - 6% αντίστοιχα (**πίνακας 4.4**), αναλόγως το τμήμα από το οποίο λαμβάνονται τα στοιχεία, (**ΕΝ ΚΙΝΗΣΕΙ, 2004**). Σε έρευνα που αφορούσε το τμήμα Πύργος-Καλαμάτα οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν ήταν περισσότερες, έγινε διαχωρισμός και τα ποσοστά που προέκυψαν είναι : Ι.Χ. επιβατικά 87,25% , δίκυκλα 1,69% , φορτηγά – λεωφορεία 9,19% και αρθρωτά λεωφορεία – φορτηγά > 3 άξονες 1,87%.

Για την απλοποίηση της διαδικασίας αυτής, στρογγυλοποιήθηκαν τα παραπάνω ποσοστά και έτσι έχουμε, 87% Ι.Χ. επιβατικά, 2% δίκυκλα, 9% φορτηγά και 2% λεωφορεία.

Συνεπώς, μαζί με το κυκλοφοριακό φόρτο της σήραγγας στο παράδειγμα που παρατίθεται σε επόμενο κεφάλαιο, υφίστανται όλα τα στοιχεία ώστε να υπολογιστεί κατά μέσο όρο ο αριθμός των χρηστών της σήραγγας (**πίνακας 4.3**),

πολλαπλασιάζοντας το ποσοστό των οχημάτων κάθε είδους που διέρχεται από τη σήραγγα, με το μέσο όρο των επιβατών σε κάθε ένα από αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΧΡΗΣΤΩΝ ΟΔΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Ποσοστά Οχημάτων	Επιβάτες / Όχημα	Επιβάτες / κατηγορία οχημάτων
2% Δικυκλα	1	1*2% Δικυκλα
87% ΙΧ	2	2*87% ΙΧ
9% Φορτηγα	1	1*9% Φορτηγα
2% Λεωφορεία	30	30*2% Λεωφορεία
		Σύνολο χρηστών οδικης σήραγγας

4.2.2 ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΓΙΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΚΑΥΣΙΜΑ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω για την αναβάθμιση μιας σήραγγας ως προς την ασφάλεια, απαιτείται η διακοπή λειτουργίας της, για κάποιες ώρες ή και ημέρες, γεγονός που οδηγεί εκτός από την απώλεια χρόνου των χρηστών και στην αύξηση του κόστους των καυσίμων, χρησιμοποιώντας την παρακαμπτήρια οδό. Συνεπώς, για τον υπολογισμό των επιπρόσθετων εξόδων σε καύσιμα, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα επιπλέον χιλιόμετρα που θα κάνει ο χρήστης και το χρονικό διάστημα για το οποίο η σήραγγα θα παραμείνει κλειστή.

Η τιμή της βενζίνης τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα είναι κατά μέσο όρο 1,65€/λίτρο και ένα μέσο αυτοκίνητο καταναλώνει περίπου 8 λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα. Συνεπώς στο 1km η κατανάλωση είναι 0,08 λίτρα βενζίνης και κόστος 0,132€/km. Για να υπολογιστεί λοιπόν το επιπλέον κόστος σε καύσιμα, θα πρέπει πρώτα να συνυπολογιστούν, στο βασικό παράδειγμά, τα παραπάνω χιλιόμετρα, που αναγκάζεται να κάνει ο χρήστης, λόγω της εναλλακτικής διαδρομής και να πολλαπλασιαστούν με το κόστος των καυσίμων ανά χιλιόμετρο.

4.2.3 ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΓΙΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ - ΔΙΟΔΙΑ

Στη περίπτωση που η σήραγγα κλείσει για οποιοδήποτε λόγο, υπάρχει μια απώλεια χρημάτων, όσο αναφορά τα διόδια. Οι χρήστες αναγκάζονται να ακολουθήσουν την εναλλακτική διαδρομή με αποτέλεσμα να μην τα πληρώνουν, για το διάστημα που θα παραμείνει κλειστή. Ο υπολογισμός των χρημάτων που χάνονται από τα διόδια εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες. Από τις ώρες κατά τις οποίες θα κλείσει η σήραγγα (όχι ώρες αιχμής), από τον κυκλοφοριακό φόρτο, αλλά και από το ποσοστό του είδους των οχημάτων (μηχανάκια, αυτοκίνητα, φορτηγά, λεωφορεία) που διέρχονται από αυτά (πίνακας 4.4).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 ΠΟΣΟΣΤΟΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ, 2004

Πίνακας 2: Κυκλοφοριακοί Φόρτοι 2004		ΕΜΗΚ 2004 (Οχήματα / ημέρα)	% Ελαφρά Οχήματα	% Βαρέα Οχήματα
Α/Α	Τμήμα			
1	Ελευθεροχώρι και Α/Κ Σελλών	800	-	-
2	Α/Κ Σιάτιστας - Α/Κ Καθαμιάς	7.000	85%	15%
3	Α/Κ Καθαμιάς - Α/Κ Κοζάνης	5.200	80%	20%
4	Α/Κ Βεροίας - Α/Κ Κουλούρας	13.000	89%	11%
5	Α/Κ Νησελλίου - Α/Κ Κλειδίου	13.600	89%	11%
6	Α/κ Διαβατών (Κ2) - Α/Κ Ευκαρπίας (Κ4)	16.400	85%	15%
7	Α/Κ Ευκαρπίας (Κ4) - Α/Κ Σερρών	54.100	84%	16%
8	Α/Κ Σερρών - Α/Κ Προφήτη *	10.800	99%	1%
9	Α/Κ Αγ. Σύλλα - Α/Κ Λευκής Άμμου	10.500	81%	19%
10	Α/Κ Ίασμου - Δυτικός Α/Κ Κομοτηνής	8.700	87%	13%
11	Δυτ. Α/Κ Κομοτηνής- Ανατ. Α/Κ Κομοτηνής	6.350	82%	18%
12	Α/Κ Αλεξανδρούπολης-Α/Κ ΒΙ.ΠΕ Αλεξ/πολης	4.630	85%	15%
13	Α/Κ ΒΙ.ΠΕ Αλεξ/πολης-Α/Κ Αρδάνου	4.900	88%	12%

ΠΗΓΗ : ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ "ΕΝ ΚΙΝΗΣΕΙ" 2004

Για να υπολογιστούν, λοιπόν, τα έσοδα των διοδίων ανά ημέρα, θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν τα ποσοστά των οχημάτων ανά είδος, που διέρχονται από το έργο, με το αντίστοιχο ποσό χρημάτων που πληρώνει το καθένα, κατά τη διέλευση του από τα διόδια. Σύμφωνα με 6 σταθμούς διοδίων της Εγνατίας Οδού, στην Τύρια, στο Μαλακάσι, στον Πολύμυλο, στην Ανάληψη, στο Μουσθέρι και στον Ίασμο οι τιμές των διοδίων διαμορφώνονται στον **πίνακα 4.5**.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 ΤΙΜΕΣ ΔΙΟΔΙΩΝ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΕ 6 ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΔΙΟΔΙΩΝ ΤΗΣ
ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΝΤΙΤΙΜΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	1,70 €	Δίκυκλα, τρίκυκλα	
2	2,40 €	Ελαφρά και επαγγελματικά οχήματα	Οχήματα με ή χωρίς ρυμουλκούμενο(α) και ύψος μέχρι 2,20 m
3	6,00 €	Επαγγελματικά οχήματα, φορτηγά, λεωφορεία	Οχήματα με ή χωρίς ρυμουλκούμενο(α) με δύο ή μέχρι τρεις άξονες και ύψος μεγαλύτερο από 2,20 m
4	8,40 €	Αρθρωτά λεωφορεία και βαρέα οχήματα	Οχήματα με ή χωρίς ρυμουλκούμενο(α) με τέσσερις ή περισσότερους άξονες και ύψος μεγαλύτερο από 2,20 m

ΠΗΓΗ: www.egnatia.eu

Ένα από τα ζητούμενα της παρούσας διπλωματικής είναι το ποσό των χρημάτων, που θα χαθούν από τα διόδια, εξαιτίας της διακοπής λειτουργίας της σήραγγας, κατά τη διάρκεια των εργασιών αναβάθμισης της ασφάλειας της. Αυτό θα υπολογιστεί στο παράδειγμά μας παρακάτω ανάλογα με τις ημέρες που θα κλείσει η σήραγγα στα διάφορα σενάρια που θα ληφθούν και φυσικά ανάλογα με τον ημερήσιο κυκλοφοριακό φόρτο του οδικού έργου. Στη συνέχεια ο αριθμός των αυτοκινήτων κάθε κατηγορίας θα πολλαπλασιαστεί με το αντίστοιχο αντίτιμο των διοδίων και με τις ημέρες, που η σήραγγα θα παραμείνει κλειστή μέσα στο χρόνο.

4.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Εκτός από τα κόστη κατασκευής και λειτουργίας της σήραγγας καθώς και αυτών που θα προκύψουν σε περίπτωση που την κλείσουμε για αναβάθμιση των μέτρων ασφαλείας, ζωτικής σημασίας είναι και η σωστή εκτίμηση του κόστους των ατυχημάτων που μπορεί να συμβούν σε αυτήν. Οι συνέπειες ενός ατυχήματος μπορεί να είναι είτε υλικές ζημιές ανά εμπλεκόμενο όχημα , είτε τραυματισμός ή και θάνατος των εμπλεκόμενων ατόμων στο ατύχημα. Οι συνέπειες αυτές πρέπει να μετατραπούν σε χρηματικές μονάδες για την διαμόρφωση της αποζημίωσης, που θα πρέπει να δοθεί. Το πρώτο σκέλος των συνεπειών, οι υλικές ζημιές, είναι σαφώς ευκολότερα μετατρέψιμο σε χρήμα, σε αντίθεση με το δεύτερο σκέλος, για το οποίο πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες.

Αρχικά θα πρέπει να ληφθεί ένα δείκτης ατυχημάτων ανά ένα εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα. Επειδή στην Ελλάδα δεν υπάρχουν ξεχωριστά δεδομένα για τα ατύχημα τα που συμβαίνουν στις σήραγγες, βάση θα αποτελέσουν δεδομένα από σήραγγες σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο μέσος όρος που προκύπτει από 8 χώρες παγκοσμίως είναι 0,66 ατυχήματα ανά 10^6 οχηματοχιλιόμετρα (**Παπαδήμα, 2012**), αριθμός ο οποίος μεταβάλλεται σε ευρωπαϊκό επίπεδο σε 0,39 ατυχήματα ανά 10^6 οχηματοχιλιόμετρα. Σύμφωνα με το **eurostat το 2010**, τα ατυχήματα στην Ελλάδα παρουσιάζουν μία αύξηση 10%-20% σε σχέση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες, συνεπώς για την Ελλάδα ο δείκτης ατυχημάτων ανέρχεται σε 0,45 ατυχήματα ανά 10^6 οχηματοχιλιόμετρα (**Πετρόπουλος 2014**).

Σύμφωνα με την ανάλυση κόστους - οφέλους του **E.R.S.O, 2006** και την **έκθεση της Ιόνιας Οδού, 2007** με προσαρμογή σε τιμές του 2014 προέκυψαν οι παρακάτω τιμές, όσο αναφορά την Ελλάδα.

- **Κόστος θανάτου:** 836.000€ ευρώ
- **Κόστος βαριά τραυματισμένου:** 109.500€
- **Κόστος ελαφρά τραυματισμένου:** 8.400€
- **Κόστος υλικών ζημιών:** 12.635€

Για τον υπολογισμό του συνόλου θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί το κάθε ατύχημα με έναν συντελεστή. Σύμφωνα με τον **Στάθη (2006)** οι συντελεστές αυτοί είναι: 0,18 για το θάνατο, 1,6 για τραυματισμό (δεν υπάρχει διαχωρισμός για ελαφρύ και βαρύ) και 1,8 για υλικές ζημιές. Για τις περιπτώσεις των τραυματιών, επειδή δεν διαχωρίζονται σε ποσοστά θα ληφθεί η μέση τιμή του κόστους στα 58.950€.

Το ποσοστό ατυχημάτων, όπως προαναφέρθηκε, είναι **0,45 ατυχήματα/10⁶οχημ.km** δηλαδή 0,45 ατυχήματα σε 1.000.000 οχημ.km ή 1 ατύχημα ανά 2.220.000 οχημ.Km περίπου. Ο υπολογισμός των ατυχημάτων το χρόνο γίνεται ως εξής: ο φόρτος είναι 15.000 οχήματα ημερησίως ανά κατεύθυνση, δηλαδή 60.000 οχήμ.km. Km την ημέρα X 365 ημέρες/χρόνο /2.220.000 = **9,86 ατυχήματα/χρόνο**.

Σύμφωνα με τον πίνακα του **παραρτήματος 2**, το 60,7% των ατυχημάτων οδήγησε σε εκδήλωση φωτιάς (**5,98 ατυχήματα/χρόνο**). Θεωρώντας ότι συγκεκριμένο ποσοστό ισχύει και στην περίπτωση που εξετάζεται, προκύπτει ότι το συνολικό κόστος ατυχημάτων με εκδήλωση φωτιάς εκτιμάται στο ποσό των 1,6 εκ. €.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΦΩΤΙΑΣ

Συνέπεια ατυχήματος	Συντελεστής ατυχήματος	Κόστος συνέπειας σε €	Κόστος ατυχήματος / συνέπεια σε €
Θάνατος	0,18	836.000	150.480
Τραυματισμός	1,6	58.950	94.320
Υλικές Ζημιές	1,8	12.635	22.743
Συνολικό κόστος ανά ατύχημα			267.543
Ατυχήματα με εκδήλωση φωτιάς / έτος			5,98
Ετήσιο κόστος ατυχημάτων με εκδήλωση φωτιάς			1.599.907

4.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΖΗΜΙΩΝ

Σημαντικό είναι και το κόστος που προκύπτει από την αποκατάσταση των ζημιών της ίδιας της σήραγγας σε περίπτωση πυρκαγιάς. Οι παράγοντες που συντελούν στην τελική διαμόρφωση του κόστους αυτού είναι το μήκος της σήραγγας, η διάρκεια κατά την οποία καίει η φωτιά, το πάχος του σκυροδέματος που καταστρέφεται και φυσικά ο χρόνος κατά τον οποίο η σήραγγα θα παραμείνει κλειστή ώστε να αποκατασταθούν οι βλάβες της.

Σύμφωνα με τους **Σακκάς et al. (2010)**, η σήραγγα Tauern (Αυστρία) μήκους 6km για 3 μήνες που έκλεισε σε ατύχημα το 1999, όπου καταστράφηκαν 35cm σκυροδέματος, κόστισε 30.000.000 ευρώ.

Επίσης, η σήραγγα Mont Blanc (Γαλλία – Ιταλία) μήκους 11,6km, έκλεισε για 3 χρόνια σε ατύχημα του 1999, όπου καταστράφηκαν 40cm σκυροδέματος και κόστισε 450.000.000 ευρώ (**Duffé&Marec, 1999**).

Η σήραγγα Caldecott (ΗΠΑ) μήκους 1,03km, στην οποία προκλήθηκαν ζημιές σε πάνω από 580 μέτρα της επένδυσής της στο ατύχημα του 1982, έκλεισε για αρκετούς μήνες και κόστισε η αποκατάστασή της 2.170.200 ευρώ (**Beard and Carvel, 2005; Amundsen, 2000**).

Λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη στοιχείων κόστους επιδιόρθωσης ελληνικών σηράγγων μετά από πυρκαγιά, ο υπολογισμός θα γίνει σύμφωνα με τα παραπάνω οικονομικά στοιχεία. Υποθέτοντας μια πυρκαγιά 5 ωρών κατά την οποία καταστράφηκαν 35cm σκυροδέματος και χρειάστηκε η σήραγγα να κλείσει για ένα μήνα. Γίνεται αναγωγή του κόστους επιδιόρθωσης της σήραγγας Tauern στα παραπάνω δεδομένα.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ_5:ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ
ΜΕΤΡΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΟΔΙΚΗ
ΣΗΡΑΓΓΑ**

5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Με σκοπό την αξιολόγηση προτεινόμενων μέτρων αναβάθμισης υπαρχουσών σηράγγων, μελετάται μονή σήραγγα 2 km, διπλής κατεύθυνσης, που αντιπροσωπεύει μια τυπική σήραγγα σε μεγάλα ελληνικά οδικά δίκτυα..

Για τη συνέχεια της παρούσας μελέτης, είναι απαραίτητη η γνώση κάποιων βασικών στοιχείων για τη σήραγγα αυτή, τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο στα αποτελέσματα που θα προκύψουν και αναφέρονται παρακάτω.

- Όπως αναφέρθηκε στο **κεφάλαιο 2.1.3**, βασιζόμενοι σε ευρωπαϊκά δεδομένα, για μεγάλα οδικά τμήματα της Ελλάδας, ο φόρτος εξυπηρέτησης (ΕΜΗΚ) κυμαίνεται στα 10.000-15.000 οχήματα/κατεύθυνση ημερησίως. Στη σήραγγα του παραδείγματος χρησιμοποιείται η ακραία τιμή, 15000 οχήματα/κατεύθυνση ημερησίως.
- Σύμφωνα με το κεφάλαιο 4.1.3, το ποσοστό των ελαφριών οχημάτων υπολογίζεται στο 89% και των βαρέων οχημάτων στο 11% σε ένα τυπικό ελληνικό οδικό άξονα.
- Μία μέση ταχύτητα για τα ελαφριά οχήματα είναι 100km/h και για βαριά οχήματα είναι 80km/h.
- Το 45% του αριθμού των χρηστών χρησιμοποιούν την οδό για επαγγελματική μετακίνηση και θα αποζημιωθούν για κάθε εργατική ώρα που θα χάσουν 7,50€, και το 55% για μετακίνηση ψυχαγωγίας και θα αποζημιωθούν για κάθε ώρα που θα χάσουν με 2,50€.
- Σύμφωνα με τον **Πετρόπουλο (2014)**, η χιλιομετρική σχέση μιας τυπική σήραγγας (για τα ελληνικά δεδομένα) με την παρακαμπτήρια οδό για κυκλοφοριακό φόρτο 15.000 οχήματα είναι περίπου 2. Άρα η παρακαμπτήρια οδός είναι 4 km. Συνεπώς τα επιπλέον χιλιόμετρα είναι 2.
- Σύμφωνα με μελέτες της **Εγνατίας Οδού Α.Ε** η τεχνική διάρκεια ζωής μιας οδικής σήραγγας ορίζεται στα 100 χρόνια.
- Ο συνολικός αριθμός των χρηστών της σήραγγας υπολογίζεται από τον **πίνακα 4.3** σε 57.300.
- Με βάση τη μέση ταχύτητα και τα ποσοστά των οχημάτων, όπως αναφέρθηκε για τα 4km παραπάνω, συμπεριλαμβανομένης και της επιστροφής, ο επιπλέον χρόνος που κάνουν τα ελαφριά οχήματα, αν χρησιμοποιήσουν την εναλλακτική

διαδρομή, είναι 2,4 λεπτά και τα βαριά 3 λεπτά, για τα οποία λεπτά πρέπει να αποζημιωθούν.

- Τα ατυχήματα που περιλαμβάνουν την εκδήλωση της φωτιάς στη σήραγγα του παραδείγματός είναι 5,98 ετησίως και το κόστος τους 1.600.000€.
- Το κόστος επιδιόρθωσης ζημιών με αναγωγή στα 2km, για φωτιά που έκαιγε 5 ώρες, καταστράφηκαν 35cm σκυροδέματος και χρειάστηκε να κλείσει για 1 μήνα προκύπτει 2.199.924 ευρώ/1 μήνα που έκλεισε.

5.2 ΣΕΝΑΡΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Θα παρουσιαστούν πέντε διαφορετικοί συνδυασμοί μέτρων αναβάθμισης της ασφάλειας της σήραγγας, έναντι φωτιάς (**πίνακας 5.1**). Γίνεται η υπόθεση βασικού σεναρίου, κατά το οποίο η σήραग्ga δεν διαθέτει κανένα μέτρο προστασίας από φωτιά, για την αποτελεσματικότερη σύγκριση των συνδυασμών αναβάθμισης. Σκοπός είναι η αξιολόγηση των σεναρίων αυτών μέσω της βελτίωσης που επιφέρουν στο ποσοστό των ατυχημάτων και των ζημιών και κατά συνέπεια στη μείωση του κόστους τους. Τέλος θα γίνει η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου τόσο σε οικονομικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο αποτελεσματικότητας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΟΔΙΚΗ ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΟΥ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ	ΚΕΦΑΛΑΙΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)
1)Πλευρικές έξοδοι	108 ημέρες	6.600.000
2)Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς	14 βράδια	295.000
3)Σύστημα πυρόσβεσης	5 ημέρες	547.000
4)Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς και σύστημα πυρόσβεσης	5 ημέρες και 14 βράδια	842.500
5)Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς, σύστημα πυρόσβεσης, σύστημα CCTV και σύστημα ραδιοεπικοινωνιών	8 ημέρες και 14 βράδια	1.529.000

5.2.1 ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

1ο σενάριο: Πλευρικές εξόδους

Παρουσίαση: Κατασκευάζονται πλευρικές εξόδους διαφυγής ανά 350m, δηλαδή κατασκευάζονται συνολικά 6 εξόδους διαφυγής. Το μέσο μήκος των εξόδων διαφυγής είναι 400m, συνεπώς απαιτούνται συνολικά 2.400m σηράγγων εξόδου. Εκτιμάται ότι η μείωση των ατυχημάτων θα είναι της τάξης του 20% (**UPTUN 2008**).

Κόστος κεφαλαίου

Με μέσο κόστος κατασκευής 2.750€/μμ απαιτείται μια επένδυση της τάξης των 6.600.000 €

Κόστος λειτουργίας

Εκτιμάται με βάση τα στοιχεία κόστους λειτουργίας σηράγγων (**πίνακας 4.2**) ότι σε ετήσια βάση απαιτούνται περίπου 15.000€ *6=90.000€.

Διακοπή για αναβάθμιση – χρόνος

Η σήραγγα θα κλείσει για τα σαββατοκύριακα ενός χρόνου (108 ημέρες) και θα πρέπει να υπολογιστεί σε χρηματικές μονάδες ο χρόνος των χρηστών, που θα χαθεί χρησιμοποιώντας την εναλλακτική διαδρομή.

Για τα ελαφριά οχήματα: $2,4 \cdot 108 = 259,2$ λεπτά θα κάνει το κάθε όχημα παραπάνω για τις 108 ημέρες, δηλαδή 4,32 ώρες. Οι δικυκλιστές στη σήραγγα του παραδείγματος και οι επιβάτες των ΙΧ είναι 52.800. Άρα, $23.760 \cdot 7,50 = 178.200€$ * 4,32 ώρες = 769.824€ για χαμένο επαγγελματικό χρόνο των χρηστών της σήραγγας και $29.040 \cdot 2,50 = 72.600€$ * 4,32 ώρες = 313.632€ για τον χαμένο ψυχαγωγικό χρόνο.

Για τα βαριά οχήματα: $3 \cdot 108 = 324$ λεπτά θα κάνει το κάθε όχημα παραπάνω για τις 108 ημέρες, δηλαδή 5,4 ώρες. Οι επιβάτες λεωφορείων στη σήραγγα και οι επιβάτες των φορτηγών είναι 4.500. Άρα, $2.025 \cdot 7,50 = 15.187,5€$ * 5,4 ώρες = 82.012,5€ για τον χαμένο επαγγελματικό χρόνο των χρηστών και $2.475 \cdot 2,50 = 6.187,5€$ * 5,4 ώρες = 33.412,5€ για τον χαμένο ψυχαγωγικό χρόνο.

Το συνολικό ποσό δηλαδή που θα ληφθεί υπόψη για το χαμένο χρόνο των χρηστών της σήραγγας είναι 1.198.881€ για τις 108 ημέρες.

Διακοπή για αναβάθμιση – καύσιμα

Τα επιπλέον χιλιόμετρα από την παράκαμψη συνυπολογίζοντας την επιστροφή είναι 4 και τα καύσιμα υπολογίζονται $0,132 \cdot 30.000 \cdot 4 = 15.840€$ /ημέρα. Για 108 ημέρες που θα είναι κλειστή η σήραγγα προκύπτουν 1.710.720€.

Διακοπή για αναβάθμιση – διόδια

Τα έσοδα που χάνονται από τη διακοπή λειτουργίας της σήραγγας και κατ επέκταση των διοδίων είναι $(1,7*600)+(2,4*52.200)+(6*3900)+(8,4*600)=154.740\text{€}$ /ημέρα και για 108 ημέρες που θα είναι κλειστή η σήραγγα προκύπτουν 16.711.920€.

Κόστος ατυχημάτων

Θεωρείται ότι με τις εξόδους διαφυγής τα ατυχήματα θα μειωθούν κατά 20% και άρα το κόστος τους είναι 1.282.066 € /χρόνο **(UPTUN 2008)**.

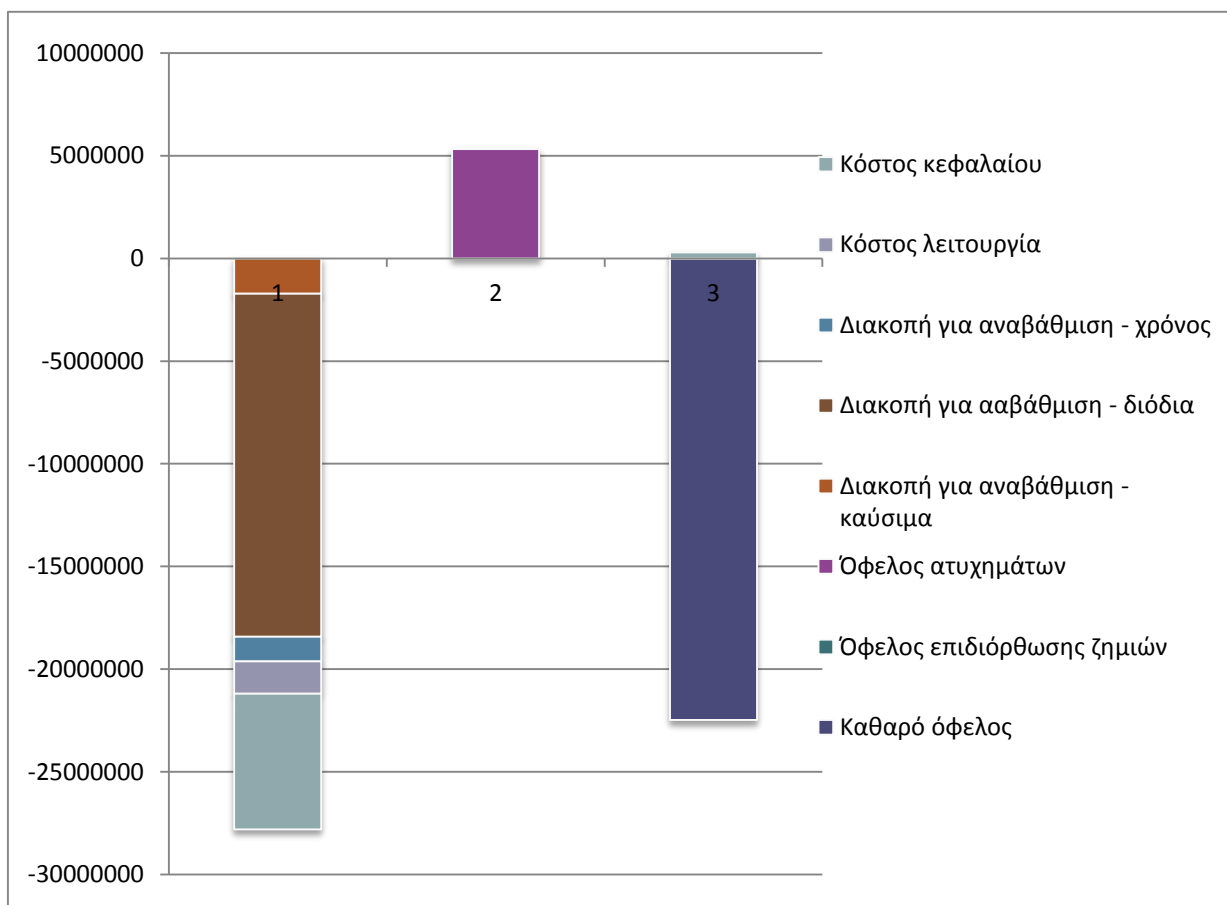
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών

Οι έξοδοι κινδύνου δεν περιορίζουν την πρόκληση ζημιών από φωτιά. Κατά συνέπεια δεν περιορίζει την ζημιά άρα το κόστος της παραμένει σταθερό, 2.199.924€ το χρόνο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 1^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΞΟΔΟΙ)

Λεπτομέρειες δοκιμής			
Σήραγγα	Βασικό Παράδειγμα		
Σενάριο αναβάθμισης	Πλευρικές έξοδοι		
Μικροοικονομικά αποτελέσματα δοκιμών τιμές 2013			
Σύνοψη κόστους περάτωση	Μηδενική λύση	Σενάριο	Διαφορά
Κόστος κεφαλαίου	0 €	-6.600.000 €	-6.600.000 €
Κόστος λειτουργίας	0 €	-1.578.667 €	-1.578.667 €
Συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος	0 €	-8.178.667 €	-8.178.667 €
Διακοπή για αναβάθμιση - χρόνος	0 €	-1.198.881 €	-1.198.881 €
Διακοπή για αναβάθμιση - διόδια	0 €	-16.711.920 €	-16.711.920 €
Διακοπή για αναβάθμιση - καύσιμα	0 €	-1.710.720 €	-1.710.720 €
Κόστος ατυχημάτων	-26.630.990 €	-21.304.792 €	5.326.198 €
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών	-36.557.339 €	-36.557.339 €	0 €
Συνολικό όφελος διακοπής και ατυχημάτων	-63.188.329 €	-77.483.652 €	-14.295.323 €
Λόγος οφέλους - κόστους			(-)1,75
Καθαρό όφελος			-22.473.990 €

Από τον **πίνακα 5.2** φαίνεται ότι ο λόγος οφέλους - κόστους είναι αρνητικός συνεπώς και το καθαρό όφελος. Αυτό συμβαίνει διότι το κόστος του κεφαλαίου για την κατασκευή, κυρίως, αλλά και τη συντήρηση των εξόδων διαφυγής είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με τη μείωση του κόστους των ατυχημάτων και τη μηδενική μείωση στο κόστος επιδιόρθωσης των ζημιών της σήραγγας. Επιπλέον, το χρονικό διάστημα που κλείνει η σήραग्γα, ώστε να κατασκευαστούν οι έξοδοι διαφυγής είναι αρκετά μεγάλο με αποτέλεσμα την αντίστοιχη απώλεια χρημάτων. Στο **σχήμα 5.1** φαίνεται γραφικά τα κόστη για να υλοποιηθεί το σενάριο αναβάθμισης με εξόδους διαφυγής, τα οφέλη που προκύπτουν από αυτό καθώς και το καθαρό όφελος του.



ΣΧΗΜΑ 5.1 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 1^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ

2ο σενάριο: Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς

Παρουσίαση: Τοποθετούνται συστήματα πυρανίχνευσης ανά 400m, δηλαδή τοποθετούνται συνολικά 5 συστήματα. Τα συστήματα πυρανίχνευσης έχουν διάρκεια ζωής 25 χρόνια και μειώνουν το κόστος των ατυχημάτων κατά 15% (**UPTUN 2008**)

Κόστος κεφαλαίου

Το κάθε τεμάχιο ενός πλήρους συστήματος κοστίζει 51.000€, άρα το συνολικό κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα $5 \cdot 51.000 = 255.000$ € για τα 25 χρόνια. Η διάρκεια ζωής της σήραγγας είναι 100 χρόνια, άρα με πληθωρισμένη την αξία του κεφαλαίου το τελικό κόστος είναι 295.194 €.

Κόστος λειτουργίας

Αναλογικά με μελέτη του **UPTUN 2008**, το κόστος συντήρησης των συστημάτων αυτών, είναι περίπου 12.750€ το χρόνο.

Διακοπή για αναβάθμιση – χρόνος

Η σήραγγα θα κλείσει για 14 βράδια και συνεπώς θα πρέπει να υπολογιστεί σε χρηματικές μονάδες ο χρόνος των χρηστών, που θα χαθεί χρησιμοποιώντας την εναλλακτική διαδρομή.

Για τα ελαφριά οχήματα: $2,4 \cdot 14 = 33,6$ λεπτά θα κάνει το κάθε όχημα παραπάνω για τις 14 ημέρες, δηλαδή 0,56 ώρες. Οι δικυκλιστές στη σήραγγα και οι επιβάτες των ΙΧ, είναι 52.800. Άρα, $23.760 \cdot 7,50 = 178.200$ € * 0,56 ώρες = 99.792€ για τον χαμένο επαγγελματικό χρόνο των χρηστών της σήραγγας και $29.040 \cdot 2,50 = 72.600$ € * 0,56 ώρες = 40.656€ για χαμένο ψυχαγωγικό χρόνο.

Για τα βαριά οχήματα: $3 \cdot 14 = 42$ λεπτά θα κάνει το κάθε όχημα παραπάνω για τις 14 ημέρες, δηλαδή 0,7 ώρες. Οι επιβάτες λεωφορείων στη σήραγγα και οι επιβάτες των φορτηγών είναι 4.500. Άρα, $2.025 \cdot 7,50 = 15.187,5$ € * 0,7 ώρες = 10.631,25€ για τον χαμένο επαγγελματικό χρόνο των χρηστών και $2.475 \cdot 2,50 = 6.187,5$ € * 0,7 ώρες = 4.331,25€ για χαμένο ψυχαγωγικό χρόνο.

Το συνολικό ποσό δηλαδή που θα που θα ληφθεί υπόψη για το χαμένο χρόνο των χρηστών της σήραγγας είναι 155.410€ για τις 14 ημέρες. Η σήραγγα θα κλείσει για 14 βράδια, οπότε το παραπάνω ποσό μειώνεται κατά 70%, δηλαδή στα 46.623€.

Διακοπή για αναβάθμιση – καύσιμα

Τα επιπλέον χιλιόμετρα από την παράκαμψη συνυπολογίζοντας την επιστροφή είναι 4 και τα καύσιμα υπολογίζονται: $0,132 \cdot 30.000 \cdot 4 = 15.840$ € και για 14 βράδια που θα

κλείσει η σήραγγα προκύπτουν, 221.760€. Το ποσό θα μειωθεί κατά 70% λόγω της μείωσης της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων τις βραδινές ώρες, άρα 66.528€

Διακοπή για αναβάθμιση – διόδια

Τα έσοδα που χάνονται από τη διακοπή λειτουργίας της σήραγγας και κατ επέκταση των διοδίων είναι $(1,7*600)+(2,4*52.200)+(6*3900)+(8,4*600)=154.740€$ και για τις 14 ημέρες ανάγονται σε 2.166.360€. Για λόγους που προαναφέρθηκαν και με μείωση 70% έχουμε το τελικό ποσό των 649.908€.

Κόστος ατυχημάτων

Θεωρείται ότι με το σύστημα πυρανίχνευσης τα ατυχήματα θα μειωθούν κατά 15% και άρα το κόστος τους 1.362.195 €/χρόνο (UPTUN, 2008).

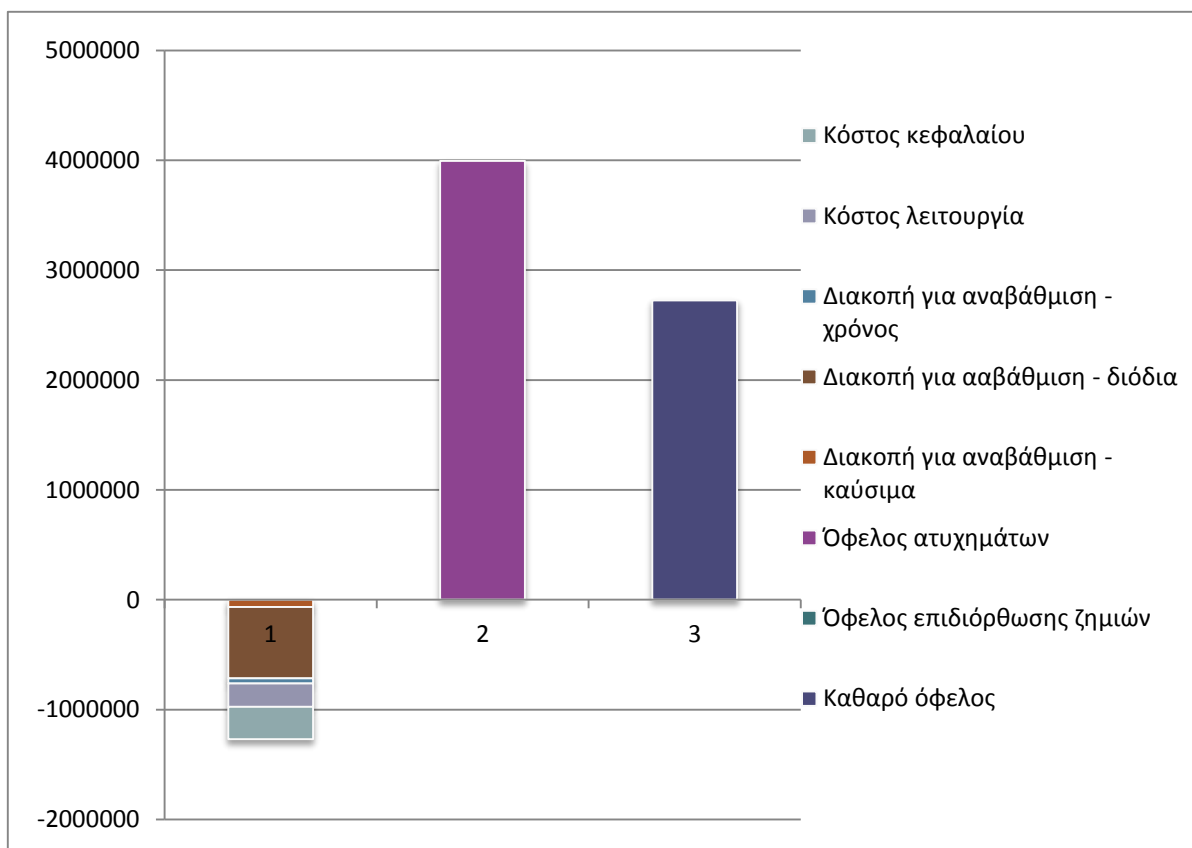
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών

Το σύστημα πυρανίχνευσης δεν περιορίζει την πρόκληση ζημιών από φωτιά, άρα το κόστος αυτό παραμένει σταθερό, 2.199.924 ευρώ. Η περίπτωση αυτή είναι η χειρότερη δυνατή, καθώς η έγκαιρη διαπίστωση ύπαρξης φωτιάς στην σήραγγα θα έχει και ως αποτέλεσμα την πιο ευχερή και γρήγορη αντιμετώπισή της.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 2^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΦΩΤΙΑΣ)

Σήραγγα		Βασικό Παράδειγμα	
Σενάριο αναβάθμισης		Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς	
Μικροοικονομικά αποτελέσματα δοκιμών τιμές 2013			
Σύνοψη κόστους περάτωση	Μηδενική λύση	Σενάριο	Διαφορά
Κόστος κεφαλαίου	0 €	-295.194 €	-295.194 €
Κόστος λειτουργίας	0 €	-211.874 €	-211.874 €
Συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος	0 €	-507.068 €	-507.068 €
Διακοπή για αναβάθμιση - χρόνος	0 €	-46.623 €	-46.623 €
Διακοπή για αναβάθμιση - διόδια	0 €	-649.908 €	-649.908 €
Διακοπή για αναβάθμιση - καύσιμα	0 €	-66.528 €	-66.528 €
Κόστος ατυχημάτων	-26.630.990 €	-22.636.341 €	3.994.648 €
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών	-36.557.339 €	-36.557.339 €	0 €
Συνολικό όφελος διακοπής και ατυχημάτων	-63.188.329 €	-59.956.739 €	3.231.589 €
Λόγος οφέλους - κόστους			6,37
Καθαρό όφελος			2.724.521 €

Από τον **πίνακα 5.3** φαίνεται ότι ο λόγος οφέλους - κόστους είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Φαίνεται ότι υπάρχει μείωση στο κόστος των ατυχημάτων αλλά επειδή πρόκειται για ένα σύστημα που έχει προειδοποιητικό χαρακτήρα και όχι κατασταλτικό, η μείωση στο κόστος των ατυχημάτων δεν είναι η μεγαλύτερη δυνατή και δεν υπάρχει καμία μεταβολή στο κόστος επιδιόρθωσης των ζημιών. Συνεπώς είναι ένα σενάριο συμφέρον οικονομικά αλλά όχι η βέλτιστη δυνατή αναβάθμιση που μπορεί να γίνει. Στο **σχήμα 5.2** φαίνεται γραφικά τα κόστη για να υλοποιηθεί το σενάριο αναβάθμισης με πυρανίχνευση, τα οφέλη που προκύπτουν από αυτό καθώς και το καθαρό όφελος του.



ΣΧΗΜΑ 5.2 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 2^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ

3ο σενάριο: Σύστημα πυρόσβεσης

Παρουσίαση: Τοποθετούνται συστήματα πυρόσβεσης ανά 200m, δηλαδή συνολικά 10 συστήματα. Τα συστήματα πυρόσβεσης έχουν διάρκεια ζωής 25 χρόνια και μειώνουν το κόστος των ατυχημάτων κατά 15% και το κόστος επιδιόρθωσης ζημιών κατά 92% (**UPTUN 2008**).

Κόστος κεφαλαίου

Το κάθε τεμάχιο ενός πλήρους συστήματος κοστίζει 30.000€, άρα το συνολικό κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα $10 \cdot 30.000 = 300.000\text{€}$ για τα 25 χρόνια. Η διάρκεια ζωής της σήραγγας είναι 100 χρόνια, άρα με πληθωρισμένη την αξία όλων των τεμαχίων και συνυπολογίζοντας το κόστος των δικτύων, που είναι 200.000€ το τελικό κόστος του κεφαλαίου είναι 547.288 €.

Κόστος λειτουργίας

Το κόστος συντήρησης των συστημάτων αυτών, είναι περίπου 25.000€ το χρόνο (**UPTUN 2008**).

Διακοπή για αναβάθμιση – χρόνος

Η σήραγγα θα κλείσει για 5 ημέρες και συνεπώς θα πρέπει να υπολογιστεί σε χρηματικές μονάδες ο χρόνος των χρηστών, που θα χαθεί χρησιμοποιώντας την εναλλακτική διαδρομή.

Για τα ελαφριά οχήματα: $2,4 \cdot 5 = 12$ λεπτά θα κάνει το κάθε όχημα παραπάνω για τις 5 ημέρες, δηλαδή επιπλέον 0,2 ώρες. Οι δικυκλιστές στη σήραγγα και οι επιβάτες των ΙΧ είναι 52.800. Άρα, $23.760 \cdot 7,50 = 178.200\text{€}$ * 0,2 ώρες = 35.640€ για τον χαμένο επαγγελματικό χρόνο των χρηστών και $29.040 \cdot 2,50 = 72.600\text{€}$ * 0,2 ώρες = 14.520€ για χαμένο ψυχαγωγικό χρόνο.

Για τα βαριά οχήματα: $3 \cdot 5 = 15$ λεπτά θα κάνει το κάθε όχημα παραπάνω για τις 5 ημέρες, δηλαδή 0,25 ώρες. Οι επιβάτες λεωφορείων στη σήραγγα και οι επιβάτες των φορτηγών είναι 4.500. Άρα, $2.025 \cdot 7,50 = 15.187,5\text{€}$ * 0,25 ώρες = $3.796,875\text{€}$ για τον χαμένο επαγγελματικό χρόνο των χρηστών και $2.475 \cdot 2,50 = 6.187,5\text{€}$ * 0,25 ώρες = $1.546,875\text{€}$ για τον χαμένο ψυχαγωγικό χρόνο.

Το συνολικό ποσό δηλαδή που θα ληφθεί υπόψη για το χαμένο χρόνο των χρηστών της σήραγγας είναι 55.000€ για τις 5 ημέρες.

Διακοπή για αναβάθμιση – καύσιμα

Τα επιπλέον χιλιόμετρα από την παράκαμψη συνυπολογίζοντας την επιστροφή είναι

4 και τα καύσιμα υπολογίζονται: $0,132 \cdot 30.000 \cdot 4 = 15.840 \text{€}$ και για 5 ημέρες που θα είναι κλειστή η σήραγγα προκύπτουν 79.200€.

Διακοπή για αναβάθμιση – διόδια

Τα έσοδα που χάνονται από τη διακοπή λειτουργίας της σήραγγας και κατ επέκταση των διοδίων είναι $(1,7 \cdot 600) + (2,4 \cdot 52.200) + (6 \cdot 3900) + (8,4 \cdot 600) = 154.740 \text{€}$ και για τις 5 ημέρες ανάγονται σε 773.700€.

Κόστος ατυχημάτων

Θεωρείται ότι με το σύστημα πυρόσβεσης τα ατυχήματα θα μειωθούν κατά 15% κι άρα το κόστος τους είναι 1.362.195€/χρόνο (UPTUN, 2008).

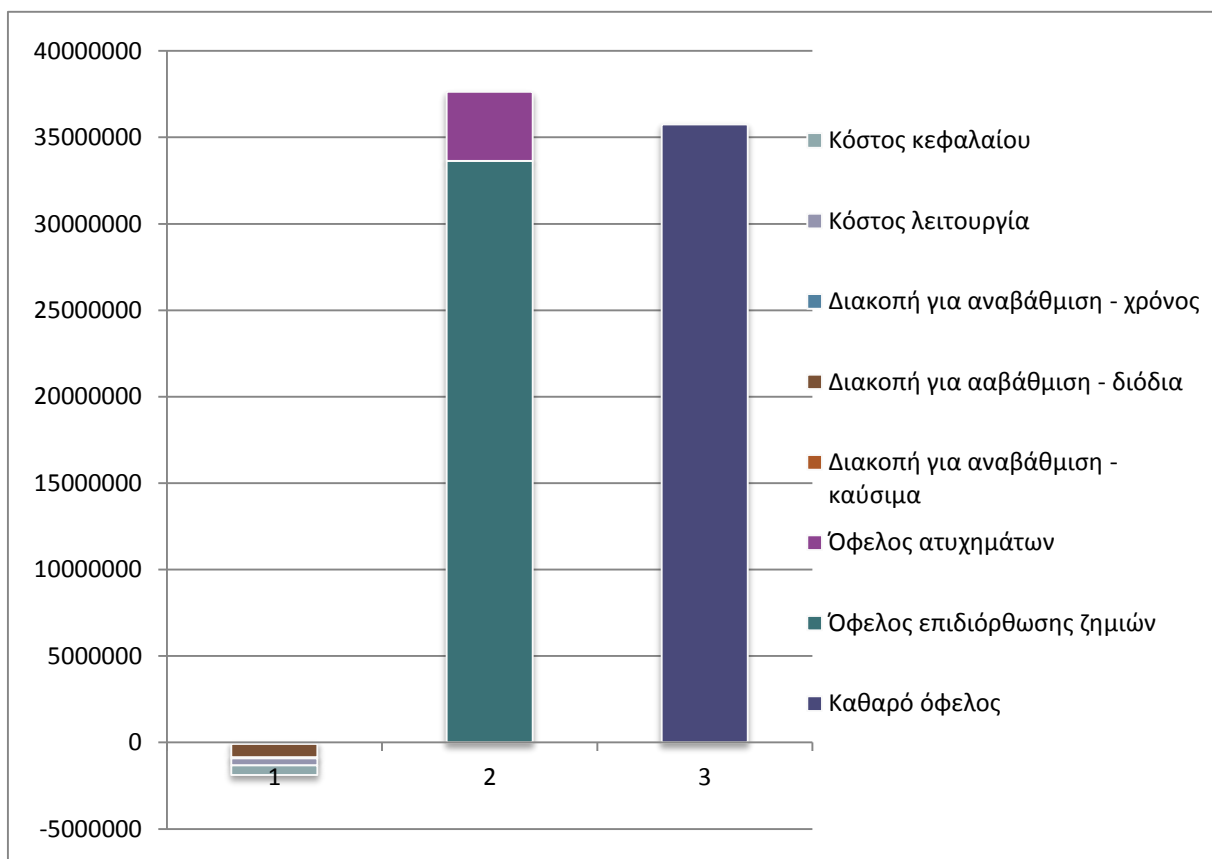
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών

Το σύστημα πυρόσβεσης περιορίζει και την πρόκληση ζημιών από φωτιά. Κατά συνέπεια το κόστος επιδιόρθωσης ελαττώνεται σε μεγάλο βαθμό. Οι ζημιές λοιπόν περιορίζονται στο 8% του βασικού σεναρίου (UPTUN 2008 για εγκατάσταση των ίδιων συστημάτων σε διπλή σήραγγα 2km) και το κόστος είναι 175.994€.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 3^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ)

Σήραγγα		Βασικό Παράδειγμα		
Σενάριο αναβάθμισης		Σύστημα πυρόσβεσης		
Μικροοικονομικά αποτελέσματα δοκιμών τιμές 2013				
Σύνοψη κόστους περάτωση	Μηδενική λύση	Σενάριο	Διαφορά	
Κόστος κεφαλαίου	0 €	-547.288 €	-547.288 €	
Κόστος λειτουργίας	0 €	-415.439 €	-415.439 €	
Συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος	0 €	-962.726 €	-962.726 €	
Διακοπή για αναβάθμιση - χρόνος	0 €	-55.500 €	-55.500 €	
Διακοπή για αναβάθμιση - διόδια	0 €	-773.700 €	-773.700 €	
Διακοπή για αναβάθμιση - καύσιμα	0 €	-79.200 €	-79.200 €	
Κόστος ατυχημάτων	-26.630.990 €	-22.636.341 €	3.994.648 €	
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών	-36.557.339 €	-2.924.587 €	33.632.752 €	
Συνολικό όφελος διακοπής και ατυχημάτων	-63.188.329 €	-26.469.329 €	36.719.000 €	
Λόγος οφέλους - κόστους			38,14	
Καθαρό όφελος			35.756.274 €	

Από τον **πίνακα 5.4** αποκομίζεται ότι το σενάριο αυτό οικονομικά είναι το βέλτιστο. Η διαφορά σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σενάρια στο λόγο οφέλους κόστους έγκειται στην μεγάλη μεταβολή του κόστους επιδιόρθωσης των ζημιών στη σήραγγα, μόλις στο 8% του βασικού σεναρίου. Η εγκατάσταση συστήματος πυρόσβεσης έχει κατασταλτικό χαρακτήρα και επιφέρει ριζική μείωση των συνεπειών ενός ατυχήματος. Αξιοσημείωτο είναι ότι παρά το οικονομικό όφελος δεν μειώνονται τα ατυχήματα σε μεγάλο ποσοστό, αλλά οι ζημιές που προκαλεί η φωτιά. Στο **σχήμα 5.3** φαίνεται γραφικά τα κόστη για να υλοποιηθεί το σενάριο αναβάθμισης με πυρόσβεση, τα οφέλη που προκύπτουν από αυτό καθώς και το καθαρό όφελος του.



ΣΧΗΜΑ 5.3 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 3^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ

4ο σενάριο: Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς και σύστημα πυρόσβεσης

Παρουσίαση: Ο συνδυασμός των δύο αυτών μέτρων ασφαλείας μειώνει το κόστος των ατυχημάτων κατά 25% και το κόστος επιδιόρθωσης ζημιών κατά 92%.

Κόστος κεφαλαίου

Τα δύο αυτά συστήματα ασφαλείας αναλύθηκαν στα σενάρια 2 και 3 και το συνολικό κόστος του κεφαλαίου είναι 842.482€.

Κόστος λειτουργίας

Επίσης το κόστος λειτουργίας για το κάθε σύστημα έχει υπολογιστεί παραπάνω και το συνολικό κόστος ανέρχεται στις 37.750€ το χρόνο.

Διακοπή για αναβάθμιση – χρόνος

Με βάση τα σενάρια 2 και 3 η σήραγγα θα κλείσει για 5 ημέρες και 14 βράδια και συνεπώς θα πρέπει να υπολογιστεί σε χρηματικές μονάδες ο χρόνος των χρηστών, που θα χαθεί χρησιμοποιώντας την εναλλακτική διαδρομή. Το συνολικό κόστος για το χρόνο αυτό προκύπτει 102.123€.

Διακοπή για αναβάθμιση – καύσιμα

Από τα σενάρια 2 και 3 το κόστος των καυσίμων για τα επιπλέον χιλιόμετρα που θα κάνουν οι χρήστες είναι 145.728€.

Διακοπή για αναβάθμιση – διόδια

Από τα σενάρια 2 και 3 τα έσοδα που θα χαθούν από τα διόδια, όσο η σήραγγα θα παραμείνει κλειστή, είναι 1.423.608€.

Κόστος ατυχημάτων

Θεωρείται ότι με το συνδυασμό των συστημάτων πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης τα ατυχήματα θα μειωθούν κατά 25% κι άρα το κόστος τους είναι 464.512€ / χρόνο (αντίστοιχα με το UPTUN, 2006).

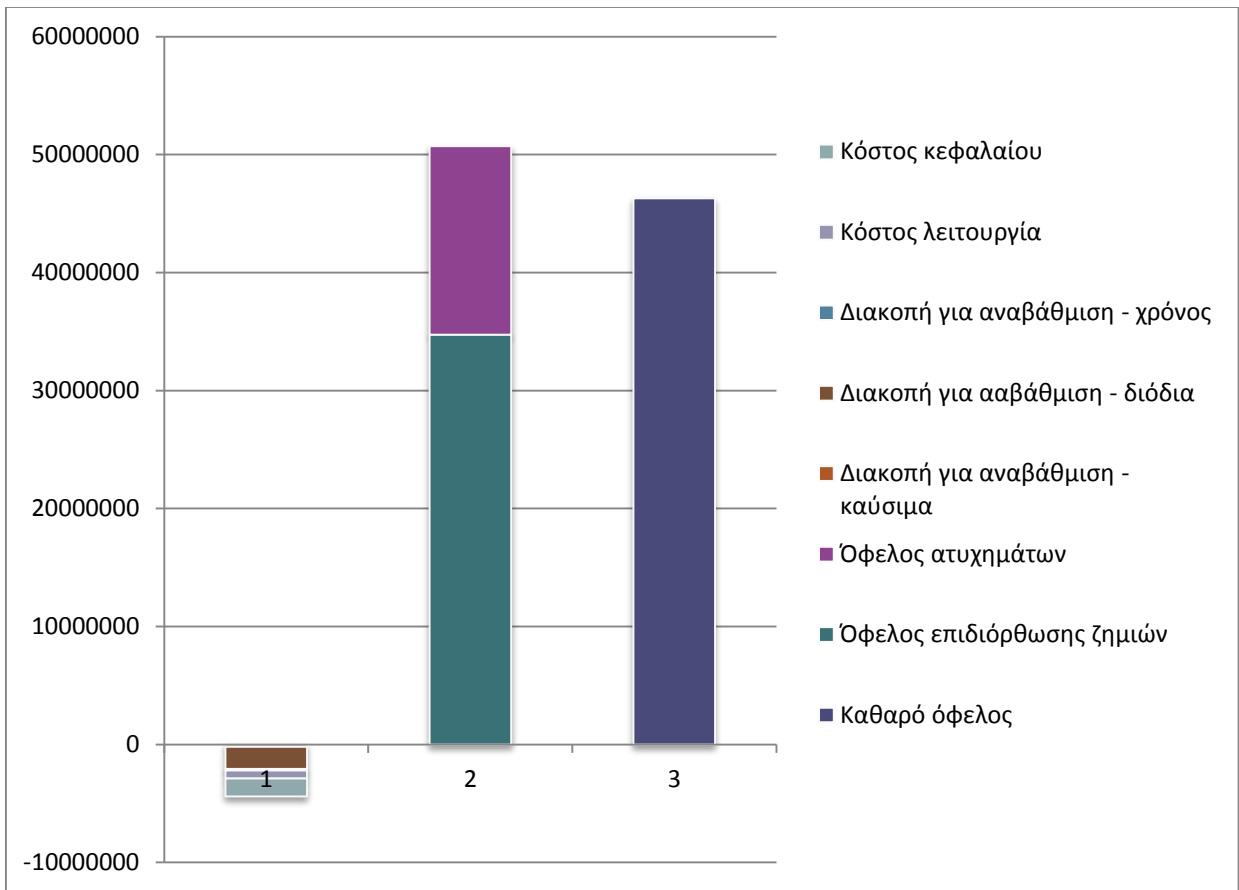
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών

Το σύστημα πυρανίχνευσης δεν μειώνει την πρόκληση των ζημιών ενώ το σύστημα πυρόσβεσης περιορίζει την πρόκληση ζημιών από φωτιά. Οπότε λαμβάνοντας υπόψη τον υπολογισμό των ζημιών του σεναρίου 3 οι ζημιές περιορίζονται στο 8% του βασικού παραδείγματος (**UPTUN 2006 για εγκατάσταση των ίδιων συστημάτων σε διπλή σήραγγα 2km**) και έχουμε κόστος, 175.994€.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 4^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΦΩΤΙΑΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ)

Σήραγγα	Βασικό Παράδειγμα		
Σενάριο αναβάθμισης	Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς και πυρόσβεσης		
Μικροοικονομικά αποτελέσματα δοκιμών τιμές 2013			
Σύνοψη κόστους περάτωση	Μηδενική λύση	Σενάριο	Διαφορά
Κόστος κεφαλαίου	0 €	-842.482 €	-842.482 €
Κόστος λειτουργίας	0 €	-627.312 €	-627.312 €
Συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος	0 €	-1.469.794 €	-1.469.794 €
Διακοπή για αναβάθμιση - χρόνος	0 €	-102.123 €	-102.123 €
Διακοπή για αναβάθμιση - διόδια	0 €	-1.423.608 €	-1.423.608 €
Διακοπή για αναβάθμιση - καύσιμα	0 €	-145.728 €	-145.728 €
Κόστος ατυχημάτων	-26.630.990 €	-19.973.242 €	6.657.747 €
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών	-36.557.339 €	-2.924.587 €	33.632.752 €
Συνολικό όφελος διακοπής και ατυχημάτων	-63.188.329 €	-24.569.289 €	38.619.040 €
Λόγος οφέλους- κόστους			26,28
Καθαρό όφελος			37.149.246 €

Από τον **πίνακα 5.5** το τέταρτο σενάριο είναι, επίσης, αρκετά ευνοϊκό οικονομικά. Σε αυτή τη περίπτωση τα δύο συστήματα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης είναι παραπάνω αποδοτικά σε συνδυασμό για τη μείωση των ατυχημάτων, απ' ότι το καθένα μεμονωμένα. Υπάρχει μείωση στον λόγο οφέλους κόστους σε σχέση με το σενάριο της πυρόσβεσης, διότι είναι μεγαλύτερο το κεφάλαιο που επενδύεται καθώς και το κόστος λειτουργίας. Καθοριστικό ρόλο στη μείωση αυτή έχει και ο χρόνος που διακόπτει η σήραγγα τη λειτουργία της για να τοποθετηθούν τα δύο αυτά συστήματα, που προφανώς είναι περισσότερες. Στο **σχήμα 5.4** φαίνεται γραφικά τα κόστη για να υλοποιηθεί το σενάριο αναβάθμισης με πυρανίχνευση και πυρόσβεση, τα οφέλη που προκύπτουν από αυτό καθώς και το καθαρό όφελος του.



ΣΧΗΜΑ 5.4 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 4^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ

5ο σενάριο: Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς, σύστημα πυρόσβεσης, κλειστό κύκλωμα cctv και σύστημα ραδιοεπικοινωνιών

Παρουσίαση: Στον συνδυασμό αυτών των μέτρων ασφαλείας, παρουσιάζονται δύο νέα συστήματα. Το κλειστό κύκλωμα από κάμερες, CCTV, οι οποίες τοποθετούνται ανά 100m (και στην είσοδο και έξοδο) , οπότε στη σήραγγα του παραδείγματος υπάρχουν 22 κάμερες και το σύστημα ραδιοεπικοινωνιών. Τα δύο αυτά συστήματα έχουν διάρκεια ζωής 10 χρόνια. Στο σενάριο αυτό η μείωση του κόστους των ατυχημάτων ανέρχεται στο 60% και το κόστος επιδιόρθωσης ζημιών στο 95%.

Κόστος κεφαλαίου

Τα δύο πρώτα συστήματα έχουν συνολικό κόστος 842.482€. Οι κάμερες CCTV έχουν κόστος ανά τεμάχιο 4.193€, άρα το συνολικό κόστος εγκατάστασης τους ανέρχεται στα $22 \cdot 4193 = 92.246\text{€}$ και του συστήματος ραδιοεπικοινωνιών στα 350.000€ για τα 10 χρόνια. Η διάρκεια ζωής της σήραγγας είναι 100 χρόνια, άρα με πληθωρισμένη την αξία των συστημάτων cctv και ραδιοεπικοινωνιών τα κόστη είναι 143.104€ και 542.965€ αντίστοιχα. Το συνολικό κόστος κεφαλαίου είναι 1.528.551€.

Κόστος λειτουργίας

Επίσης το κόστος λειτουργίας για τα δύο πρώτα συστήματα έχουν υπολογιστεί 37.750 και σύμφωνα με τον κ. Βαγιώκα τα συστήματα cctv έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας – συντήρησης, καθώς τα αλλάζουν κάθε 7-11 χρόνια ή ένα ελάχιστο κόστος, οπότε παρουσιάσουν βλάβη. Άρα για το σενάριο αυτό το κόστος λειτουργίας είναι 40.000€ το χρόνο.

Διακοπή για αναβάθμιση – χρόνος

Τα συστήματα cctv και των ραδιοσυχνοτήτων τοποθετούνται σε χρονικό διάστημα 3 ημερών (ταυτόχρονη τοποθέτηση). Άρα η χρονική διάρκεια για να τοποθετηθούν τα τέσσερα συστήματα του σεναρίου είναι 14 βράδια και 8 ημέρες. Στο σενάριο 4 υπολογίστηκε ο χρόνος που θα χαθεί για τα δύο πρώτα συστήματα (14 βράδια και 5 ημέρες), στα 102.123€. Συνεπώς πρέπει να υπολογιστεί και ο χρόνος που θα χαθεί για τις επιπλέον 3 ημέρες, που χρειάζονται για την τοποθέτηση των υπόλοιπων συστημάτων.

Για τα ελαφριά οχήματα: $2,4 \cdot 3 = 7,2$ λεπτά θα κάνει το κάθε όχημα παραπάνω για τις 3 ημέρες, δηλαδή 0,12 ώρες. Οι δικυκλιστές στη σήραγγα και οι επιβάτες των ΙΧ είναι 52.800. Άρα, $23.760 \cdot 7,50 = 178.200\text{€}$ * 0,12 ώρες = 21.384€ για τον χαμένο επαγγελματικό χρόνο των χρηστών της σήραγγας και $29.040 \cdot 2,50 = 72.600\text{€}$ * 0,12 ώρες = 8.712€ για τον χαμένο ψυχαγωγικό χρόνο.

Για τα βαριά οχήματα: $3 \cdot 3 = 9$ λεπτά θα κάνει το κάθε όχημα παραπάνω για τις 3 ημέρες, δηλαδή επιπλέον 0,15 ώρες. Οι επιβάτες λεωφορείων στη σήραγγα και οι επιβάτες των φορτηγών, είναι 4.500. Άρα, $2.025 \cdot 7,50 = 15.187,5€$ * 0,15 ώρες = 2.278,125€ για τον χαμένο επαγγελματικό χρόνο των χρηστών και $2475 \cdot 2,50 = 6187,5€$ * 0,15 ώρες = 928,125€ για χαμένο ψυχαγωγικό χρόνο.

Το συνολικό ποσό δηλαδή που θα που θα ληφθεί υπόψη για το χαμένο χρόνο των χρηστών της σήραγγας για το διάστημα των 3 ημερών είναι περίπου 33.300€ και άρα το τελικό κόστος για το διάστημα των 14 βραδίων και 8 ημερών είναι 135.123€.

Διακοπή για αναβάθμιση – καύσιμα

Για το χρονικό διάστημα των 14 βραδίων και 8 ημερών το κόστος για τα καύσιμα είναι 193.248€, σύμφωνα με υπολογισμούς στα παραπάνω σενάρια.

Διακοπή για αναβάθμιση – διόδια

Για το χρονικό διάστημα των 14 βραδίων και 8 ημερών τα έσοδα που χάνονται από τα διόδια είναι περίπου 1.890.000€, σύμφωνα με υπολογισμούς στα παραπάνω σενάρια.

Κόστος ατυχημάτων

Το κόστος των ατυχημάτων στη περίπτωση των τριών αυτών συστημάτων μειώνεται κατά 60% (προσωπική υπόθεση) εφόσον υπάρχουν περισσότερα συστήματα προειδοποίησης και δράσης και είναι 232.256€.

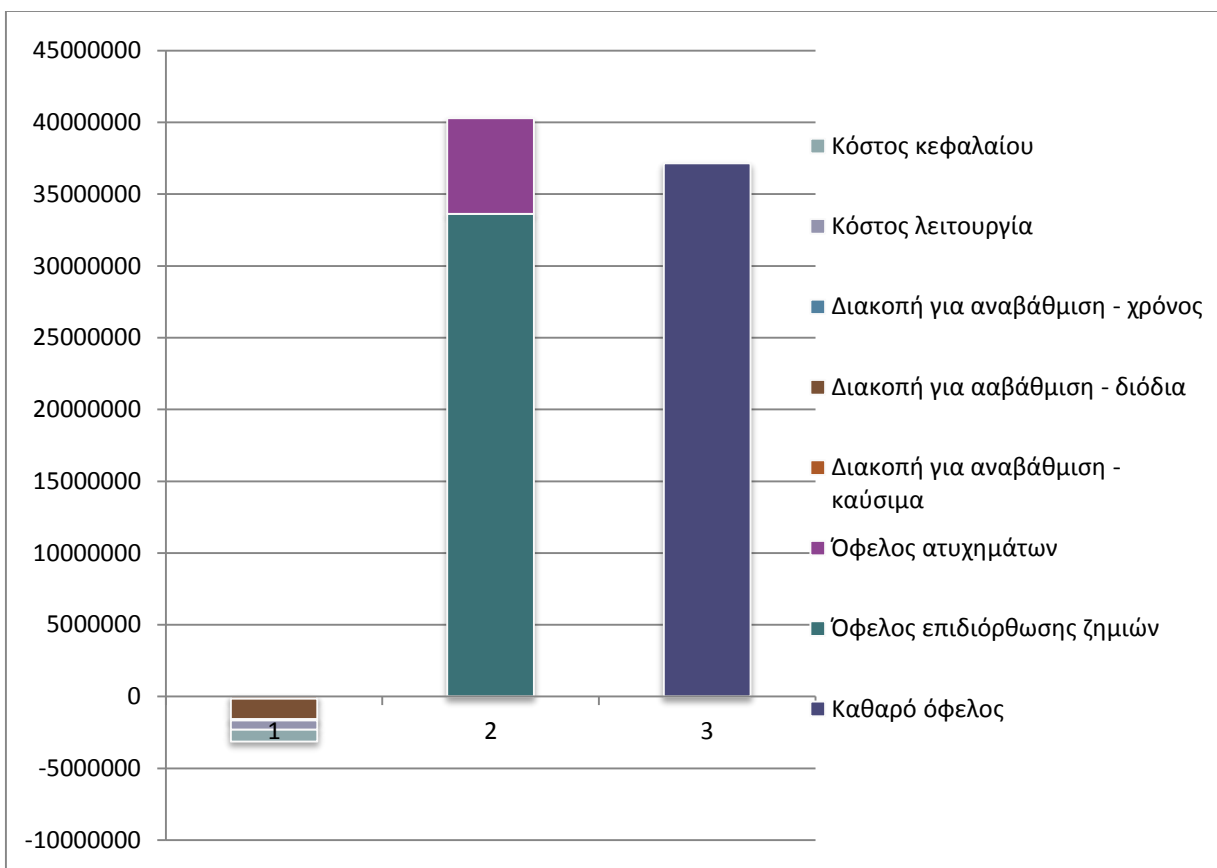
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών

Το συγκεκριμένο κόστος μειώνεται στο 5% της μηδενικής λύσης, εξαιτίας του συστήματος πυρόσβεσης, που προλαμβάνει ζημιές, που δημιουργεί η φωτιά στη σήραγγα και είναι 109.996€.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 5^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΦΩΤΙΑΣ, ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΚΑΙ CCTV)

Σήραγγα Βασικό Παράδειγμα Σενάριο αναβάθμισης Σύστημα πυρανίχνευσης, πυρόσβεσης, cctv, ραδιοσυχνοτήτων			
Μικροοικονομικά αποτελέσματα δοκιμών τιμές 2013			
Σύνοψη κόστους περάτωση	Μηδενική λύση	Σενάριο	Διαφορά
Κόστος κεφαλαίου	0 €	-1.528.551 €	-1.528.551 €
Κόστος λειτουργίας	0 €	-664.702 €	-664.702 €
Συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος	0 €	-2.193.252 €	-2.193.252 €
Διακοπή για αναβάθμιση - χρόνος	0 €	-135.123 €	-135.123 €
Διακοπή για αναβάθμιση - διόδια	0 €	-1.890.000 €	-1.890.000 €
Διακοπή για αναβάθμιση - καύσιμα	0 €	-193.248 €	-193.248 €
Κόστος ατυχημάτων	-26.630.990 €	-10.652.396 €	15.978.594 €
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών	-36.557.339 €	-1.827.867 €	34.729.472 €
Συνολικό όφελος διακοπής και ατυχημάτων	-63.188.329 €	-14.698.634 €	48.489.695 €
Λόγος οφέλους- κόστους			22,11
Καθαρό όφελος			46.296.442 €

Από τον **πίνακα 5.6** φαίνεται ότι το σενάριο αυτό, που περιλαμβάνει περισσότερα συστήματα προειδοποίησης, μειώνει κατακόρυφα των αριθμών των ατυχημάτων, κάτι το οποίο δεν έχει συμβεί σε όλα τα προηγούμενα σενάρια. Με βάση τον λόγο οφέλους κόστους, εμφανίζεται λιγότερο συμφέρον από τα δύο προηγούμενα, εξαιτίας της μεγάλης αύξησης του κεφαλαίου. Στο **σχήμα 5.5** φαίνεται γραφικά τα κόστη για να υλοποιηθεί το σενάριο αναβάθμισης με πυρανίχνευση, τα οφέλη που προκύπτουν από αυτό καθώς και το καθαρό όφελος του.



ΣΧΗΜΑ 5.5 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 5^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	ΚΑΘΑΡΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	ΛΟΓΟΣ ΟΦΕΛΟΥΣ ΚΟΣΤΟΥΣ
1)Πλευρικές έξοδοι	-22.473.990	-1,75
2)Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς	2.724.521	6,37
3)Σύστημα πυρόσβεσης	35.756.274	38,14
4)Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς και σύστημα πυρόσβεσης	34.355.403	26,28
5)Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς, σύστημα πυρόσβεσης, σύστημα CCTV και σύστημα ραδιοεπικοινωνιών	49.090.285	22,11

5.2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Ανάλυση ευαισθησίας είναι η τεχνική μεταβολής των τιμών ορισμένων επιλεκτικών μεταβλητών, για να διερευνηθεί η επίπτωσή τους σε ορισμένες άλλες μεταβλητές, που έχουν αποφασιστική σημασία στην αξιολόγηση ή επιλογή των επενδύσεων. Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο θα γίνει μεταβολή των τιμών στα ποσοστά της μείωσης του κόστους ατυχημάτων και επιδιόρθωσης ζημιών, στα τρία βέλτιστα σενάρια, ανά δύο, έτσι ώστε να αξιολογηθεί το πιο συμφέρον σενάριο, ανάλογα με την μεταβολή του λόγου οφέλους – κόστους και τελικά καθαρού οφέλους του έργου.

Τα πρώτα δύο σενάρια που διασφαλίζουν περισσότερο τη χρήση των σηράγγων και παράλληλα έχουν το πιο συμφέρον οικονομικό αντίκτυπο ως προς τον λόγο οφέλους / κόστους είναι το σενάριο 3, δηλαδή η πυρόσβεση και το σενάριο 4, δηλαδή ο συνδυασμός πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης.

Στην πρώτη περίπτωση (βέλτιστο σενάριο), όπου για την αναβάθμιση της σήραγγας τοποθετείται σύστημα πυρόσβεσης, μεταβάλλεται το ποσοστό της μείωσης του κόστους των ατυχημάτων από 15% σε 10% και το ποσοστό της μείωσης του κόστους επιδιόρθωσης ζημιών στη σήραγγα από 92% σε 84%. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής φαίνονται στον **πίνακα 5.8**.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ

Σήραγγα Βασικό Παράδειγμα Σενάριο αναβάθμισης Σύστημα πυρόσβεσης			
Μικροοικονομικά αποτελέσματα δοκιμών τιμές 2013			
Σύνοψη κόστους περάτωση	Μηδενική λύση	Σενάριο	Διαφορά
Κόστος κεφαλαίου	0 €	-547.288 €	-547.288 €
Κόστος λειτουργίας	0 €	-415.439 €	-415.439 €
Συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος	0 €	-962.726 €	-962.726 €
Διακοπή για αναβάθμιση - χρόνος	0 €	-55,500 €	-55,500 €
Διακοπή για αναβάθμιση - διόδια	0 €	-773,700 €	-773,700 €
Διακοπή για αναβάθμιση - καύσιμα	0 €	-79,200 €	-79,200 €
Κόστος ατυχημάτων	-26.630.990 €	-23.967.891 €	2.663.099 €
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών	-36.557.339 €	-5.849.174 €	30.708.165 €
Συνολικό όφελος διακοπής και ατυχημάτων	-63.188.329 €	-30.725.465 €	32.462.864 €
Λόγος οφέλους- κόστους			33,72
Καθαρό όφελος			31.500.137 €

Παράλληλα στη δεύτερη περίπτωση όπου τοποθετείται συνδυασμός συστήματος πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης, θα γίνει αντίστροφη μεταβολή των αποτελεσμάτων. Η μείωση του ποσοστού του κόστους των ατυχημάτων θα αυξηθεί από 25% στο 30% και του ποσοστού της επιδιόρθωσης των ζημιών από 92% στο 96%. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο **πίνακα 5.9**.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ (αύξηση τιμών)

Σήραγγα		Βασικό Παράδειγμα	
Σενάριο αναβάθμισης		Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς και πυρόσβεσης	
Μικροοικονομικά αποτελέσματα δοκιμών τιμές 2013			
Σύνοψη κόστους περάτωση	Μηδενική λύση	Σενάριο	Διαφορά
Κόστος κεφαλαίου	0 €	-842.482 €	-842.482 €
Κόστος λειτουργίας	0 €	-627.312 €	-627.312 €
Συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος	0 €	-1.469.794 €	-1.469.794 €
Διακοπή για αναβάθμιση - χρόνος	0 €	-102,123 €	-102,123 €
Διακοπή για αναβάθμιση - διόδια	0 €	-1,423,608 €	-1,423,608 €
Διακοπή για αναβάθμιση - καύσιμα	0 €	-145,728 €	-145,728 €
Κόστος ατυχημάτων	-26.630.990 €	-18.641.693 €	7.989.297 €
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών	-36.557.339 €	-1.462.294 €	35.095.045 €
Συνολικό όφελος διακοπής και ατυχημάτων	-63.188.329 €	-21.775.446 €	41.412.883 €
Λόγος οφέλους- κόστους			28,18
Καθαρό όφελος			39.943.089 €

Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση ευαισθησίας στο δεύτερο και τρίτο καλύτερο σενάριο, δηλαδή στο σενάριο της πυρόσβεσης και πυρανίχνευσης και στο σενάριο της πυρόσβεσης, πυρανίχνευσης, cctv και ραδιοσυχνοτήτων αντίστοιχα.

Αυτή τη φορά στο σενάριο, όπου η αναβάθμιση της ασφάλειας γίνεται με τον συνδυασμό του συστήματος πυρόσβεσης και πυρανίχνευσης, θα μεταβάλλουμε το ποσοστό της μείωσης του κόστους των ατυχημάτων από 25% σε 20% και το ποσοστό της μείωσης του κόστους επιδιόρθωσης των ζημιών από 92% σε 88%. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον **πίνακα 5.10**.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ (μείωση τιμών)**

Σήραγγα		Βασικό Παράδειγμα	
Σενάριο αναβάθμισης		Σύστημα ανίχνευσης φωτιάς και πυρόσβεσης	
Μικροοικονομικά αποτελέσματα δοκιμών τιμές 2013			
Σύνοψη κόστους περάτωση	Μηδενική λύση	Σενάριο	Διαφορά
Κόστος κεφαλαίου	0 €	-842.482 €	-842.482 €
Κόστος λειτουργίας	0 €	-627.312 €	-627.312 €
Συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος	0 €	-1.469.794 €	-1.469.794 €
Διακοπή για αναβάθμιση - χρόνος	0 €	-102,123 €	-102,123 €
Διακοπή για αναβάθμιση - διόδια	0 €	-1,423,608 €	-1,423,608 €
Διακοπή για αναβάθμιση - καύσιμα	0 €	-145,728 €	-145,728 €
Κόστος ατυχημάτων	-26.630.990 €	-21.304.792 €	5.326.198 €
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών	-36.557.339 €	-4.386.881 €	32.170.458 €
Συνολικό όφελος διακοπής και ατυχημάτων	-63.188.329 €	-27.363.132 €	35.825.197 €
Λόγος οφέλους- κόστους			24,37
Καθαρό όφελος			34.355.403 €

Παράλληλα στην περίπτωση της αναβάθμισης της ασφαλείας με το σενάριο της πυρόσβεσης, πυρανίχνευσης, cctv και ραδιοσυχνοτήτων θα γίνει αντίστροφη μεταβολή των αποτελεσμάτων. Η μείωση του ποσοστού του κόστους των ατυχημάτων θα αυξηθεί από 60% στο 65% και του ποσοστού της επιδιόρθωσης των ζημιών από 95% στο 99%. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο **πίνακα 5.11**.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ, ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ, CCTV ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ**

Σήραγγα Βασικό Παράδειγμα			
Σενάριο αναβάθμισης Σύστημα πυρανίχνευσης, πυρόσβεσης, cctv, ραδιοσυχνοτήτων			
Μικροοικονομικά αποτελέσματα δοκιμών τιμές 2013			
Σύνοψη κόστους περάτωση	Μηδενική λύση	Σενάριο	Διαφορά
Κόστος κεφαλαίου	0 €	-1.528.551 €	-1.528.551 €
Κόστος λειτουργίας	0 €	-664.702 €	-664.702 €
Συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος	0 €	-2.193.252 €	-2.193.252 €
Διακοπή για αναβάθμιση - χρόνος	0 €	-135.123 €	-135.123 €
Διακοπή για αναβάθμιση - διόδια	0 €	-1.890.000 €	-1.890.000 €
Διακοπή για αναβάθμιση - καύσιμα	0 €	-193.248 €	-193.248 €
Κόστος ατυχημάτων	-26.630.990 €	-9.320.846 €	17.310.143 €
Κόστος επιδιόρθωσης ζημιών	-36.557.339 €	-365.573 €	36.191.765 €
Συνολικό όφελος διακοπής και ατυχημάτων	-63.188.329 €	-11.904.791 €	51.283.538 €
Λόγος οφέλους- κόστους			23,38
Καθαρό όφελος			49.090.285 €

Με το πέρας της ανάλυσης αυτής, μεταβάλλοντας αναλογικά τις τιμές της μείωσης του κόστους των ατυχημάτων και επιδιόρθωσης ζημιών, προς τα κάτω στα πιο συμφέροντα σενάρια και προς τα επάνω στα λιγότερο συμφέροντα, παρατηρείται ότι δεν σημειώνονται αλλαγές ως προς το τελικό αποτέλεσμα. Ως προς τον λόγο οφέλους κόστους το σενάριο της πυρόσβεσης παραμένει το βέλτιστο σενάριο και "ηθικά" ως βέλτιστο σενάριο χαρακτηρίζεται το σενάριο με τα περισσότερα μέσα προειδοποίησης.

Παρ' όλα αυτά στη δεύτερη περίπτωση, όπου μεταβλήθηκαν αρνητικά οι τιμές του κόστους των ατυχημάτων και της επιδιόρθωσης ζημιών στο σενάριο του συνδυασμού πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης και θετικά στο σενάριο των πολλαπλών μέτρων φαίνεται ότι οι λόγοι οφέλους κόστους σχεδόν εξισώθηκαν. Συνεπώς στην τελική επιλογή ενός εκ των δύο αυτών σεναρίων η συγκεκριμένη ανάλυση ευαισθησίας θα πρέπει να συνυπολογιστεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επίτευξη της μέγιστης δυνατής ασφάλειας στις οδικές αρτηρίες και ιδιαίτερα στις οδικές σήραγγες είναι κάτι που χρειάζεται να επιδιώκεται. Όσο αποδοτικότερα είναι τα μέτρα που θα ληφθούν κατά το στάδιο του σχεδιασμού της, τόσο διασφαλίζεται η ομαλή και ασφαλής διέλευση των οχημάτων και κατ' επέκταση και των χρηστών. Ταυτόχρονα, σε οικονομικό επίπεδο υφίσταται τεράστιο όφελος μακροπρόθεσμα, καθώς μειώνονται σε σημαντικό βαθμό τα ατυχήματα και συνεπώς και τα κόστη, που προκύπτουν από τις συνέπειες αυτών. Στην περίπτωση που κατά το σχεδιασμό δεν έχουν ληφθεί τα επαρκή μέτρα για την ασφάλεια της σήραγγας, υπάρχει η δυνατότητα αναβάθμισής τους, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της σήραγγας. Σε μια μελέτη αναβάθμισης μέτρων ασφαλείας σε οδικές σήραγγες, βασικό ρόλο παίζει η οικονομική ανάλυση των επιλογών που είναι διαθέσιμες και η ορθή αξιολόγηση τους για την τελική επιλογή του σεναρίου.

Πρωτεύουσας σημασίας στην οικονομική ανάλυση ενός σεναρίου είναι η αξιοπιστία των οικονομικών εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν, όπως επίσης και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, που θα προκύψουν. Στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ως οικονομικό εργαλείο η ανάλυση οφέλους κόστους με βάση την οποία αναδείχθηκαν τα πλέον συμφέροντα σενάρια και για την αξιολόγηση τους καθοριστικό ρόλο έπαιξε η αρχή ALARP.

Για την ορθότητα της οικονομικής ανάλυσης κάθε σεναρίου αναβάθμισης, διαχωρίστηκαν τα κόστη σε τρεις κατηγορίες:

- Τα κεφαλαιακά κόστη και κόστη συντήρησης – λειτουργίας
- Τα κόστη από τη διακοπή της λειτουργίας της σήραγγας για την αναβάθμιση της (χρόνος, καύσιμα, διόδια)
- Τα κόστη των ατυχημάτων και της επιδιόρθωσης των βλαβών στη σήραγγα

Έτσι με το διαχωρισμό αυτό είναι κατηγοριοποιημένα τα σταθερά κόστη, τα κόστη που προκύπτουν λόγω της αναβάθμισης αλλά και τα κόστη των συνεπειών των ατυχημάτων, με αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση της οικονομικής ανάλυσης.

Το σενάριο της αναβάθμισης μιας σήραγγας διπλής κατεύθυνσης με εξόδους διαφυγής είναι το πιο ασύμφορο οικονομικά, εξαιτίας του μεγάλου κεφαλαιακού κόστους που έχει αλλά και της χρονικής διάρκειας, που απαιτείται να κλείσει η σήραγγα για την κατασκευή τους. Συμπερασματικά δύο είναι οι πιθανές λύσεις για την κατασκευή εξόδων ασφαλείας σε μια οδική σήραγγα. Η μία είναι να ληφθεί σαν μέτρο κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, ώστε να αποφευχθούν όλα τα κόστη που προκύπτουν από το κλείσιμο της σήραγγας και η δεύτερη είναι , ειδικά στην περίπτωση του βασικού παραδείγματος όπου ο ΕΜΗΚ είναι 15.000 οχήματα ανά

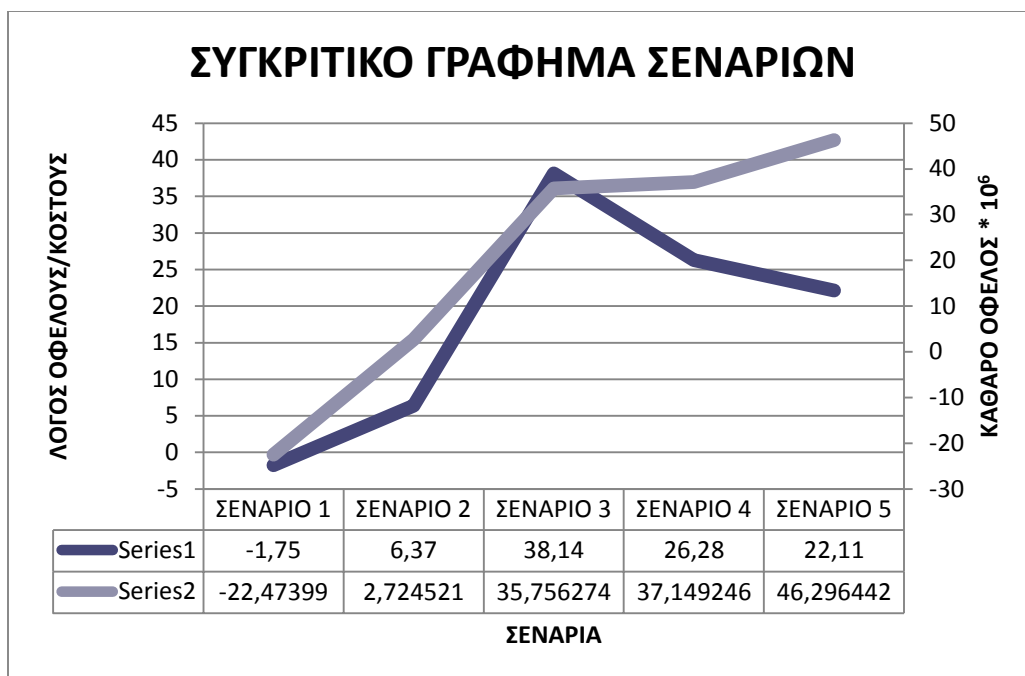
κατεύθυνση, να κατασκευαστεί εξ' αρχής δίδυμη σήραγγα με διασυνδετήριες οδεύσεις διαφυγής

Το σενάριο της πυρανίχνευσης σαν αναβάθμιση σε μία οδική σήραγγα ευσταθεί μόνο του οικονομικά, αλλά δεν επιφέρει καμία μείωση στο κόστος επιδιόρθωσης των ζημιών της σήραγγας, που αποτελεί μια σημαντική οικονομική απώλεια. Αντίθετα, με το σενάριο της πυρόσβεσης, που φαίνεται το βέλτιστο οικονομικά, αφενός, διότι μειώνει το κόστος των ατυχημάτων, αφετέρου διότι μειώνει σε μεγάλο βαθμό το κόστος επιδιόρθωσης των ζημιών στη σήραγγα (μόλις στο 8% του βασικού σεναρίου). Συνεπώς, ένα αρκετά οικονομικό μέτρο που θα έπρεπε να υπάρχει σε όλες τις ελληνικές οδικές σήραγγες είναι η πυρανίχνευση, η οποία δεν προϋποθέτει μεγάλο κεφάλαιο και παράλληλα είναι αρκετά αποδοτική, ως προς τη μείωση των ατυχημάτων.

Ο συνδυασμός των μέτρων ασφαλείας, όπως φαίνεται από τα σενάρια 4 και 5 αποτελεί μία μέση λύση οικονομικά, αφού μειώνει μεν κατά κόρον τα ατυχήματα και κατ' επέκταση και το κόστος των συνεπειών τους, αλλά αυξάνει δε αρκετά το κεφαλαιακό κόστος, που πρέπει να επενδυθεί. Στις περιπτώσεις αυτές η χρησιμότητα της μεθόδου ALARP καθίσταται αναγκαία, όπου η αξιολόγηση του σεναρίου είναι υποκειμενική (μεσαία περιοχή). Αυτό σημαίνει ότι μπορεί κάποιος να επιλέξει να μην λάβει για άμεσους οικονομικούς λόγους (κεφαλαιακό κόστος) κάποιο συνδυασμό μέτρων ασφαλείας, τη στιγμή που κάποιος άλλος θεωρεί ότι μακροπρόθεσμα θα τον ευνοήσει οικονομικά (περίπτωση ατυχημάτων σε εύρος χρόνου).

Φυσικά η επιλογή των κατάλληλων μέτρων προστασίας σχετίζεται κατά μεγάλο ποσοστό και με τη κρισιμότητα της υποδομής που πρόκειται να γίνει ή που έχει γίνει. Στην περίπτωση που η σήραγγα είναι μεγάλου μήκους και ζωτικής σημασίας (Mont Blanc, που συνδέει Γαλλία – Ιταλία), χρησιμοποιούνται πιο βαριά μέτρα ασφαλείας προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος, ανεξάρτητα με την βέλτιστη οικονομικά λύση.

Στο **σχήμα 6.1** φαίνονται, συγκριτικά τα αποτελέσματα των σεναρίων, ως προς το καθαρό όφελος στα 100 χρόνια ζωής του έργου καθώς και ως προς τον λόγο οφέλους / κόστους. Παρατηρείται ότι με βάση το καθαρό όφελος που προκύπτει το σενάριο 5 είναι το βέλτιστο, ενώ αποδοτικότερο, συνολικά, με βάση τον λόγο οφέλους κόστους φαίνεται το σενάριο 3.



ΣΧΗΜΑ 6.1 ΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΛΟΓΟ ΟΦΕΛΟΥΣ/ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟ ΚΑΘΑΡΟ ΟΦΕΛΟΣ ΣΤΑ 100 ΧΡΟΝΙΑ

Συνοπτικά, τα συμπεράσματα που εξάγονται από την αξιολόγηση των σεναρίων είναι τα ακόλουθα. Πρώτον, οι έξοδοι διαφυγής είναι ένα μέτρο που πρέπει να λαμβάνεται κατά το σχεδιασμό και όχι κατά τη λειτουργία μιας οδικής σήραγγας και μάλιστα εάν ο φόρτος κυκλοφορίας, αγγίζει τα 15000 οχήματα ανά κατεύθυνση, να κατασκευάζεται εξ' αρχής δίδυμη σήραγγα με διασυνδετήριες οδούς διαφυγής.

Επίσης, κάθε σήραγγα πρέπει να διαθέτει σύστημα πυρανίχνευσης, ένα μέτρο χωρίς μεγάλο κεφαλαιακό κόστος και με καλή απόδοση ως προς τη μείωση του κόστους των ατυχημάτων.

Όταν το κεφαλαιακό κόστος δεν αποτελεί άμεσο πρόβλημα, το σενάριο του συνδυασμού πολλών συστημάτων προειδοποίησης και καταστολής είναι το καταλληλότερο, γιατί μακροπρόθεσμα η καθαρή του αξία είναι πολύ μεγάλη και επιπλέον είναι το αποδοτικότερο, όσο αναφορά τη μείωση των ατυχημάτων. Αμέσως μετά στη κατηγορία αυτή εντάσσεται και ο συνδυασμός πυρόσβεσης και πυρανίχνευσης.

Τέλος, μία ενδιάμεση λύση που έχει το βέλτιστο λόγο οφέλους / κόστους συνολικά, είναι η τοποθέτηση συστήματος πυρόσβεσης, το οποίο μειώνει σε ικανοποιητικό βαθμό το κόστος των ατυχημάτων και σε πολύ μεγάλο βαθμό το κόστος, που προκύπτει από βλάβες στη σήραγγα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]Amundsen F.H., (2000) "Data on large tunnel fires", Norwegian Public Roads Administration, Oslo
- [2]Apostolakis G. E., (2004) "How useful is quantitative risk assessment? Risk Analysis"
- [3]Beard A. –Carvel R., (2005) "A History of Fire Incidents in Tunnels"
- [4]Beard, A. - Cope, D., (2008) "Assessment of the Safety of Tunnels"
- [5]Duffé P. – Marec M., (1999) "Task Force for Technical Investigation of the 24 March 1999 Fire in the Mont Blanc Vehicular Tunnel"
- [6]ΔΑΣ, (2011) " Οδηγίες εκπόνησης Ανάλυσης Επικινδυνότητας από τη διέλευση οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα μέσα από σήραγγες"
- [7]Edwards V. (AllER 743), (1949) "National Coal Board"
- [8]Eurostat, (2013) "Regional yearbook 2013"
- [9]Ε.Γ.Γ.Σ.Ε., (2013) "Πίνακες Μισθών – Ημερομισθίων "
- [10]ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ, (2006) "Στοιχειώδης συντήρηση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων σηράγγων"
- [11]ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ, (2009) "Ανάπτυξη εφαρμογών SCADA/TMS και εκτέλεση υπολειπόμενων Η/Μ εργασιών στο τμήμα Α/Κ Ηγουμενίτσα έως Α/Κ Ιωαννίνων"
- [12]ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ, (2009) "Τιμολόγιο μελέτης της Εγνατίας Οδού στο τμήμα Α/Κ Ηγουμενίτσας έως Α/Κ Ιωαννίνων"
- [13]ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ, (2012) "TRA02 – Σύθεση κυκλοφορίας", Παρατηρητήριο Οκτώβριος
- [14]Ε.Μ.Π (ΕΥΔ/ΕΠ-ΟΑΛΛΑ), (2008) "Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Κινδύνων"
- [15]International Tunnel Association (ITA-AITES), (2013) "Environmental and sustainable development reasons for going underground"
- [16]Kaplan S. - Garrick B.J., (1981) "On the quantitative definition of risk"
- [17]Ken Madill (AS/NZS 4360), (1999) "Risk management",

- [18]Kirytopoulos K. - Rentizelas A. - Tatsiopoulou I. & Papadopoulos G., (2010) "Quantitative risk analysis for road tunnels complying with EU regulations", Journal of Risk Research, vol. 13, pp. 1027-1041"
- [19]Kontovas C., (2005) "Formal safety assessment, critical review and future role"
- [20]Κωτσαρέλη Μ., (2011) "Κοινωνική ανάλυση κόστους οφέλους της επέκτασης γραμμής 3 του Μετρό (Αιγάλεω – Χαϊδάρη)"
- [21]Λαμπρόπουλος Σ. & Συνεργάτες, (2005) "Διαχείριση Κόστους και Χρόνου Κατασκευής Μεγάλων Τεχνικών Έργων στην Εγνατία Οδό"
- [22] Μπενάρδος (2011) "Εκτίμηση Κινδύνου Κατά τη Λειτουργία των Υπογείων Χώρων"
- [23]OECD, (2011) "Safety in tunnels: transport of dangerous goods through road tunnels"
- [24]Official Norwegian Reports, (2012) "Valuation Of Life And Health"
- [25]Οδική Ασφαλεία Σε Σχέση Με Τα Χαρακτηριστικά Της Οδού (2008)
- [26]Paraskevoudou C. – Mpenardos A., (2012) "Construction Cost Estimation for Greek Road Tunnels in Relation to the Geotechnical Conditions"
- [27]Paraskevoudou C. – Mpenardos A., (2013) "Assessing and benchmarking the construction cost of tunnels"
- [28]Paraskevoudou C. – Mpenardos A., (2013) "Assessing the construction cost of Greek transportation tunnel projects"
- [29]PIARC Seminar (2007), "Overview of DG-QRAM"
- [30]PIARC Technical Committee C3.3, (2008) "Road tunnel Operation, Risk Analysis for Road tunnels"
- [31]PIARC Technical Committee C3.2, (2010) "Risk management for roads, towards development of a risk management approach"
- [32]Piers M., (1998) "Methods and models for the assessment of third party risk due to aircraft accidents in the vicinity of airports and their implications for societal risk, In: R.E. Jorissen, P.J.M. Stallen (Eds.), Quantified Societal Risk and Policy Making, Kluwer Academic Publishers"
- [33]Πανόπουλος Γ., (1993) "Εισαγωγική Προσέγγιση στη Μηχανική Ασφάλεια"

- [34] Παπαδήμα Μ., (2012) “Ανάλυση ατυχημάτων σε υπόγεια δίκτυα μεταφοράς”
- [35] ΠΔ 230/2007, Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στην Οδηγία 2004/54/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29-04-2004 σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας για τις σήραγγες του διευρωπαϊκού οδικού δικτύου
- [36] Πετρόπουλος Κ., (2014) “Τεχνική και οικονομική αξιολόγηση έργων υποδομής: Σύγκριση μεταξύ υπόγειας και επιφανειακής χάραξης”
- [37] Σακκάς Κ.Μ.Γ. - Νομικός Π.Π. - Πάνιας Δ. - Σοφινός Α.Ι., (2010) “Προστασία Σηράγγων από Πυρκαγιά”, 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής
- [38] Στάθης Χ. Δοξιάδης, (2006) “Νέα Εθνική Έρευνα Προέλευσης Προορισμού”
- [39] Στάθης Χ., (2006) “Μελέτη αυτοχρηματοδότησης οδικού τμήματος « ΠΥΡΓΟΣ-ΚΑΛΑΜΑΤΑ»”
- [40] Τερεζόπουλος Ν., (2003) “Διαχείριση του Κινδύνου σε θέματα Υγείας και Ασφάλειας”
- [41] Τσαντσάνογλου Α., (2013) “Δείκτες ασφαλείας σηράγγων Εγνατίας Οδού”
- [42] UPTUN WP5 D54d, (2008) “Evaluation of safety levels and upgrading of existing tunnels”
- [43] Victoria Transport Policy Institute, (2013) “Transportation Cost and Benefit Analysis - Travel Time Costs”

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<http://hse.gov.uk>

<http://publicprocurementguides.treasury.gov.cy>

<http://reasonablypracticable.info>

<http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop12028/sec2.htm>

www.egnatia.eu

<http://www.eesy.gr>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	ΓΕΡΜΑΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ RABT	ΑΥΣΤΡΙΑΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ RVS	ΓΑΛΛΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	ΝΟΡΒΗΓΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	ΑΓΓΛΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ BD 78/99
ΕΞΟΔΟΙ ΔΙΑΦΥΓΗΣ	ANA350m	ANA 500m ΚΑΙ ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥ Ν ΕΠΙΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	ANA 400m ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ > 500m ΚΑΙ ΓΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ANA 800m	ANA 250m	ANA 100m ΓΙΑ ΠΕΖΟΥΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΟΧΗΜΑΤΑ
ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΕΣ ΦΩΛΙΕΣ	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ >1000m ΚΑΙ ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ 70D÷1050m	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ >500m ΠΡΟ ΤΩΝ ΣΤΟΜΙΩΝ ΚΑΙ ANA 250m	ANA 200m ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΤΩΝ 500m	ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ B,C,D,E	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΑ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΙΣ Α,Β,Σ ΑΝ ΖΗΤΗΘΟΥΝ ΕΙΔΙΚΑ
ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ >950m ΚΑΙ ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ANA 175m	ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣIII, IVΚΑΙ ΑΝ ΑΠΑΙΤΗΘΕΙ ΓΙΑ ΤΙΣ I, II	ANA 200m	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ANA 50÷350m ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΥΣ	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΑ ΚΑΙ Α,Β ΚΑΙ Σ ΑΝ ΖΗΤΗΘΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΚΟΜΒΙΑ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ > 350m ΚΑΙ ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ ΜΙΚΡΕΣ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	ΔΥΝΗΤΙΚΙΑ	*	*
ΤΗΛΕΦΩΝΑ ΑΝΑΓΚΗΣ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ > 350m ANA 175m ΚΑΙ ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ ΜΙΚΡΕΣ	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ >500m ANA 250m	ANA 200m	ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ Β,Σ,D,ΕΚΑΙ ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ Α ANA 100÷500m ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΑ ΚΑΙ Α,Β,Σ ΚΑΙ D ΑΝ ΑΠΑΙΤΗΘΕΙ ΑΠΟ ΤΟΠΙΚΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ CIE,CEN	ΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ	ΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ	ΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ CIE	ΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ

ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	ΝΑΙ ΚΑΤΑ ΤΑ ΡΙΑΡC	ΝΑΙ ΚΑΤΑ ΤΑ ΡΙΑΡC	ΝΑΙ ΚΑΤΑ ΤΑ ΡΙΑΡC	ΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΝΟΡΒΗΓΙΚΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΑ ΚΑΙ Α,Β,Γ ΚΑΙ D ΑΝ ΖΗΤΗΘΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΑΕΡΑ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΩΤΙΑΣ	4m/sec	3m/sec	3m/sec	*	3÷5 m/sec
ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΑΝΑΓΚΗΣ	ΝΑΙ ΟΠΟΥ Η ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΕΙΝΑΙ ΕΠΙΣΦΑΛΗΣ	ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ I, II, III ΑΝ ΖΗΤΗΘΕΙ ΕΙΔΙΚΑ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΑ ΓΙΑ IV	*	ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	ΝΑΙ ΟΠΟΥ ΚΡΙΘΕΙ ΑΝΑΓΚΑΙΟ
ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΔΙΑΛΕΙΠΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΝΑΙ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ IV ΚΑΙ ΑΝ ΑΠΑΙΤΗΘΕΙ ΓΙΑ II, III	ΝΑΙ ΓΙΑ ½ ΩΡΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΑΝΑΓΚΗΣ	*	ΝΑΙ ΓΙΑ 2 ΩΡΕΣ
ΘΕΣΕΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ	ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ	*	*	ΜΠΟΡΟΥΝ ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΣΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΟΝΤΑ ΣΤΙΣ Π.Φ.
ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ CO ₂ NO _x ΚΑΠΝΟΥ, ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ	ΝΑΙ ΟΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	ΝΑΙ ΟΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	*	ΝΑΙ ΟΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	ΝΑΙ ΟΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ
ΣΥΣΤΗΜΑ CCTV	ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ > 1050m	ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ III, IV ΑΝΑ 20D÷30Dm ΚΑΙ ΑΝ ΑΠΑΙΤΗΘΕΙ ΓΙΑ I, II	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΠΟΥ ΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ	ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ D, E	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΑ ΚΑΙ Α,Β,Γ ΚΑΙ D ΑΝ ΖΗΤΗΘΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	*	ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ III, IV ΚΑΙ ΑΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΛΛΕΣ	*	ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΜΕ ΑΕΡΙΣΜΟ	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΑ ΚΑΙ Α,Β,Γ ΚΑΙ D ΑΝ ΖΗΤΗΘΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΦΩΤΕΙΝΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΕΣ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	*	ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ III ΚΑΙ ΑΝ ΖΗΤΗΘΕΙ ΕΙΔΙΚΑ ΓΙΑ IV	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ > 800m ΑΝΑ 400m	ΝΑΙ ΓΙΑ ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΑ,Α,Β,Σ ΚΑΙ ΑΝ ΖΗΤΗΘΕΙ ΑΠΟ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΓΙΑ D
ΣΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	*	ΑΝ ΖΗΤΗΘΟΥΝ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ III,IV	ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ	ΜΟΝΟ ΓΙΑ ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ
ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ	*	ΑΝ ΖΗΤΗΘΟΥΝ ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ II,III,IV	ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ	ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ D,E ΚΑΙ ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ C	ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ
ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΥΨΟΥΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΝΑΙ ΟΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΟ	ΝΑΙ ΟΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΟ	*	ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ E ΚΑΙ ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ Α,Β,Σ,D	ΟΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ (ΠΑΓΕΤΟΣ)	*	*	*	*	*
ΣΥΣΤΗΜΑ SCADA	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	*	ΝΑΙ
ΜΕΓΑΦΩΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ > 1050m	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΑΝ ΖΗΤΗΘΕΙ	*	*	*
ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ > 1050m	ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ II,III,IV	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ > 800m	*	ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ C,D, E ΚΑΙ ΠΡΟΕΡΑΙΤΙΚΑ ΓΙΑ Α,Β
ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ > 350m	ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	ΟΤΑΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	*	*

(*) ΔΕΝ ΥΠΗΡΞΑΝ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

ΠΗΓΗ: <http://www.eesy.gr>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΝΟΜΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	ΜΗΚΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ (ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ)	ΧΩΡΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΝΕΚΡΩΝ	ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΦΩΤΙΑΣ
13/05/1949	HOLLAND	2,55	ΝΕΑ ΥΟΡΚΗ, ΗΠΑ	66	0	ΝΑΙ
1/01/1965	BLUE MOUNTAIN	1,30	ΗΠΑ	0	0	ΝΑΙ
6/03/1967	SUZAKA	0,24	ΙΑΠΩΝΙΑ	2	0	ΝΑΙ
31/08/1968	MOORFLEET	0,21	ΑΜΒΟΥΡΓΟ, ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0	0	ΝΑΙ
1/10/1970	WALLACE	1,00	ΑΛΑΒΑΜΑ, ΗΠΑ	0	0	ΝΑΙ
28/01/1974	MONT BLANC	11,60	ΓΑΛΛΙΑ-ΙΤΑΛΙΑ	1	0	ΝΑΙ
3/04/1974	CHESAPEAK BAY	1,60	ΗΠΑ	1	0	ΝΑΙ
14/08/1975	GUADARRAMA	3,30	ΙΣΠΑΝΙΑ	0	0	ΝΑΙ
11/08/1976	CROSSING BP – A6	0.43	ΠΑΡΙΣΙ-ΓΑΛΛΙΑ	12	0	ΝΑΙ
21/09/1976	SAN BEMARDINO	6.60	ΕΛΒΕΤΙΑ	0	0	ΝΑΙ
23/03/1978	BALTIMORE HARBOUR FREEWAY		ΗΠΑ	0	0	ΝΑΙ
15/04/1978	MONT BLANC	11.60	ΓΑΛΛΙΑ-ΙΤΑΛΙΑ	0	0	ΝΑΙ
11/08/1978	VELSEN	0.77	HAARLEM, ΟΛΛΑΝΔΙΑ	5	0	ΝΑΙ
11/07/1979	NIHONZAKA	2.05	SHITZUOKA, ΙΑΠΩΝΙΑ	2	7	ΝΑΙ

17/04/1980	KAJIWARA	0.74	ΙΑΠΩΝΙΑ	0	1	NAI
15/07/1980	SAKAI	0.46	ΙΑΠΩΝΙΑ	5	5	NAI
17/09/1981	MONT BLANC	11.60	ΓΑΛΛΙΑ-ΙΤΑΛΙΑ	0	0	NAI
1982	LAFONTAINE	1.39	CANADA	0	1	NAI
7/04/1982	CAIDECOTT	1.03	ΟΑΚΛΑΝΔ, ΗΠΑ	2	7	NAI
3/11/1982	SALANG	2.60	MAZAR-E- SHARIF KABUL, ΑΦΓΑΝΙΣ ΤΑΝ	0	2000	NAI
1/02/1983	PECORILA GALLERIA	0.66	GENEW, ΙΤΑΛΙΑ	22	9	NAI
3/02/1983	FREJUS	12.90	ΓΑΛΛΙΑ	1	0	NAI
1/07/1984	FELBERTAUERN	5.13	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	0	NAI
2/04/1984	ST GOTTHARD	16.90	ΕΛΒΕΤΙΑ	0	0	NAI
9/09/1986	L' ARME	1.11	NICE, ΓΑΛΛΙΑ	5	3	NAI
30/12/1986	HERZOGBERG	2.00	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	0	NAI
18/02/1987	GUMEFENS	0.34	BERNE, ΕΛΒΕΤΙΑ	5	2	NAI
15/05/1987	MUNDEN	1.20	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0	0	NAI
2/07/1987	TANZENBERG	2.40	ΑΥΣΤΡΙΑ	1	0	NAI
2/09/1988	MONT BLANC	11.60	ΓΑΛΛΙΑ-ΙΤΑΛΙΑ	0	0	NAI
18/05/1989	BRENNER	0.41	ΑΥΣΤΡΙΑ	9	2	NAI

11/01/1990	MONT BLANC	11.60	ΓΑΛΛΙΑ –ΙΤΑΛΙΑ	2	0	ΝΑΙ
19/08/1990	ROLDAL	4.66	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	1	0	ΝΑΙ
1/02/1993	SERRA RIPOLI	0.44	BOLOGNE- FLORENCE, ΙΤΑΛΙΑ	4	4	ΝΑΙ
1/06/1993	VARDO	2.90	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0	0	ΝΑΙ
13/06/1993	HOVDEN	1.29	HOYANGER, ΝΟΡΒΗΓΙΑ	5	0	ΝΑΙ
27/02/1994	HUGUENOT	3.91	ΠΛΗΣΙΟΝ ΡΑΑΡΛ, ΝΟΤΙΑ ΑΦΡΙΚΗ	28	1	ΝΑΙ
14/04/1994	CASTELLAR	0.57	ΓΑΛΛΙΑ	0	0	ΝΑΙ
5/07/1994	ST GOTTHARD	16.90	ΠΛΗΣΙΟΝ, ΑΙΡΟΛΟ, ΕΛΒΕΤΙΑ	0	0	ΝΑΙ
15/10/1994	KINGSWAY	2.00	LIVERPOOL, ΑΓΓΛΙΑ	0	0	ΝΑΙ
21/01/1995	HITRA	5.60	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0	0	ΝΑΙ
10/04/1995	PFANDER	6.72	ΑΥΣΤΡΙΑ	4	3	ΝΑΙ
18/03/1996	ISOLA DELLE FEMMINE	0.15	ΠΛΗΣΙΟΝ ΠΑΛΕΡΜΟ, ΙΤΑΛΙΑ	34	5	ΝΑΙ
21/08/1996	EKEBERG	1.60	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0	0	ΝΑΙ
13/01/1997	PRAPONTIN	4.90	ΠΛΗΣΙΟΝ SUSΑ, ΙΤΑΛΙΑ	5	0	ΝΑΙ
17/09/1997	ST GOTTHARD	16,90	ΕΛΒΕΤΙΑ	0	0	ΝΑΙ
31/10/1997	ST GOTTHARD	16,90	ΕΛΒΕΤΙΑ	1	0	ΝΑΙ
8/09/1998	GLEINALM	8.30	ΠΛΗΣΙΟΝ GRAZ,	0	0	ΝΑΙ

			ΑΥΣΤΡΙΑ			
24/03/1999	MONT BLANC	11.60	ΓΑΛΛΙΑ – ΙΤΑΛΙΑ	0	39	ΝΑΙ
29/05/1999	TAUERN	6.40	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	12	ΝΑΙ
29/06/1999	OSLOFJORD	7.20	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	15	2	ΝΑΙ
30/08/1999	CANDID	0.25	ΜΟΝΑΧΟ, ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0	0	ΝΑΙ
10/01/2000	TAUERN	6.40	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	0	ΝΑΙ
1/02/2000	TOULON	2.97	ΓΑΛΛΙΑ	0	0	ΝΑΙ
4/03/2000	LERMOOS	3.20	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	0	ΝΑΙ
26/04/2000	L' EMS	1.00	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0	0	ΝΑΙ
29/05/2000	CROSS-HARBOUR	2.00	HONG KONG	0	0	ΝΑΙ
14/07/2000	SELJESTAD	1.27	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	20	0	ΝΑΙ
29/07/2000	ROTSETHHORN	1.20	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0	0	ΝΑΙ
24/08/2000	SAUKOPFTUNNEL	2.70	WEINHEIM, ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0	0	ΝΑΙ
28/09/2000	OSLOFJORD	7.20	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0	0	ΝΑΙ
27/11/2000	LAERDAL	24.50	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0	0	ΝΑΙ
2001	VILLE MARIE	8.40	CANADA	0	0	ΝΑΙ
12/04/2001	HELBESBERG	0.80	ΑΥΣΤΡΙΑ	2	10	ΟΧΙ
28/05/2001	PRAPONTIN	4.41	ΠΛΗΣΙΟΝ SUSA, ΙΤΑΛΙΑ	19	0	ΝΑΙ

10/07/2001	TAUERN	6.40	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	0	ΝΑΙ
29/07/2001	GLEINALM	8.32	ΠΛΗΣΙΟΝ GRAZ, ΑΥΣΤΡΙΑ	0	0	ΝΑΙ
6/08/2001	GLEINALM	8.32	ΠΛΗΣΙΟΝ GRAZ, ΑΥΣΤΡΙΑ	4	5	ΝΑΙ
8/08/2001	AMBERG	2.98	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	3	ΟΧΙ
13/08/2001	REIGERSDORF	0.30	ΑΥΣΤΡΙΑ	24	0	ΟΧΙ
26/08/2001	ST GOTTHARD	16.90	ΕΛΒΕΤΙΑ	6	0	ΟΧΙ
31/08/2001	SONNSTEIN	1.09	ΑΥΣΤΡΙΑ	1	0	ΟΧΙ
31/08/2001	LAINBERG	2.20	ΑΥΣΤΡΙΑ	2	2	ΟΧΙ
31/08/2001	KATSCHBERG	5.44	ΑΥΣΤΡΙΑ	6	0	ΟΧΙ
3/09/2001	GLEINALM	8.32	ΠΛΗΣΙΟΝ GRAZ, ΑΥΣΤΡΙΑ	0	0	ΝΑΙ
17/10/2001	GULDBORGSUND	0.50	ΔΑΝΙΑ	9	5	ΟΧΙ
24/10/2001	ST GOTTHARD	16.90	ΕΛΒΕΤΙΑ	0	11	ΝΑΙ
2002	-	0.62	ΣΤΟΝ Α 86, ΓΑΛΛΙΑ	0	2	ΝΑΙ
18/01/2002	TAUERN	6.40	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	1	ΝΑΙ
20/03/2002	VALDEROY	4.20	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0	0	ΝΑΙ
19/05/2002	TED WILLIAMS	2.60	ΒΟΣΤΩΝΗ, ΗΠΑ	0	0	ΝΑΙ
20/05/2002	96 – FRANCE	4.10	ΓΑΛΛΙΑ	1	0	ΝΑΙ
2/06/2002	80 – NORTH TUBE	1.84	ΓΑΛΛΙΑ	0	0	ΟΧΙ

7/06/2002	52 – INTERIOR TUBE	0.66	ΓΑΛΛΙΑ	2	0	NAI
3/11/2002	HORNER	1.20	ΝΕΑ ΖΗΛΑΝΔΙΑ	4	0	NAI
15/05/2003	BRETELLE DE MONACO	1.59	ΓΑΛΛΙΑ	1	0	OXI
14/04/2003	BAREGG	1.39	ΕΛΒΕΤΙΑ	21	2	NAI
7/06/2003	BERICI	-	ΠΛΗΣΙΟΝ VICENZA, ΙΤΑΛΙΑ	6	38	OXI
7/06/2003	ERZINCAN	-	ΤΟΥΡΚΙΑ	0	27	OXI
30/06/2003	44 – FRANCE	0.62	ΓΑΛΛΙΑ	0	2	NAI
24/07/2003	PRUDENTIAL	-	ΓΑΛΛΙΑ	0	0	NAI
25/07/2003	LOCICA	0.80	ΣΛΟΒΕΝΙΑ	0	0	NAI
16/08/2003	ST GOTTHARD	16.90	ΕΛΒΕΤΙΑ	5	1	OXI
25/09/2003	MONT BLANC	11.60	ΓΑΛΛΙΑ - ΙΤΑΛΙΑ	2	0	NAI
10/11/2003	FLOYFJELL	3.10	BERGEN, ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0	0	NAI
20/12/2003	GOLOVEC	0.70	LJUBLJANA, ΣΛΟΒΕΝΙΑ	0	0	NAI
2004	BAREGG	1.39	ΕΛΒΕΤΙΑ	1	1	NAI
2004	NAXBERG	0.52	ΕΛΒΕΤΙΑ	1	0	NAI
18/01/2004	DULLIN	1.55	ΓΑΛΛΙΑ	0	0	NAI
3/02/2004	KINKEMPOIS	0.60	ΠΛΗΣΙΟΝ ΛΙΕΓΗΣ, ΒΕΛΓΙΟ	0	0	NAI
21/02/2004	FREJUS	12.90	ΓΑΛΛΙΑ - ΙΤΑΛΙΑ	0	0	NAI

4/06/2005	FREJUS	12.90	ΓΑΛΛΙΑ - ΙΤΑΛΙΑ	21	2	ΝΑΙ
6/06/2005	HAMBURGS ELB	2.60	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	24	0	ΟΧΙ
17/08/2005	ROPENER	5.10	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	1	ΟΧΙ
20/08/2005	ISLA-BELLA	2.45	ΕΛΒΕΤΙΑ	2	1	ΟΧΙ
25/12/2005	-	-	ΣΤΟΝ Β 31 ΠΛΗΣΙΟΝ ERISKIRCH, ΓΕΡΜΑΝΙΑ	20	5	ΝΑΙ
28/07/2006	LEDENIK	0.74	ΚΡΟΑΤΙΑ	0	4	ΟΧΙ
25/07/2006	SPERING	2.85	ΑΥΣΤΡΙΑ	1	1	ΟΧΙ
16/09/2006	VIAMALA	0.75	ΕΛΒΕΤΙΑ	6	9	ΝΑΙ
26/10/2006	EIDSVOLL	1.20	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	1	1	ΝΑΙ
2/11/2006	ST GOTTHARD	16.90	ΕΛΒΕΤΙΑ	2	1	ΟΧΙ
9/11/2006	HAMBURGS ELB	2.60	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	8	0	ΟΧΙ
17/12/2006	TAUERN	6.40	ΑΥΣΤΡΙΑ	30	0	ΟΧΙ
24/12/2006	FARCHANTER	2.40	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0	1	ΟΧΙ
2007	CALDECOTT	1.03	ΟΑΚΛΑΝΔ, ΗΠΑ	0	0	ΝΑΙ
19/01/2007	EHRENTALERBERG	3.35	ΑΥΣΤΡΙΑ	12	0	ΟΧΙ
23/03/2007	BURNLEY	3.40	ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	3	3	ΝΑΙ
10/05/2007	PFANDER	6.72	ΑΥΣΤΡΙΑ	4	0	ΟΧΙ
27/08/2007	TARVISIO	2.30	ΙΤΑΛΙΑ	3	1	ΟΧΙ

10/09/2007	SAN MARTINO	4.80	ΙΤΑΛΙΑ	10	2	ΝΑΙ
18/09/2007	EHRENTALERBERG	3.35	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	0	ΟΧΙ
12/10/2007	NEWHALL PASS	0.17	ΣΤΟΝ Ι-5, ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑ	23	3	ΝΑΙ
3/11/2007	WAASLAND	1.73	ΒΕΛΓΙΟ	3	0	ΟΧΙ
29/11/2007	CROSSLIEDL	0.43	ΑΥΣΤΡΙΑ	1	0	ΟΧΙ
2008	BAY AQUA LINE	9.58	ΙΑΠΩΝΙΑ	2	1	ΟΧΙ
18/01/2008	OFENAUER	1.39	ΑΥΣΤΡΙΑ	17	0	ΟΧΙ
23/02/2008	GLEINALM	8.32	ΠΛΗΣΙΟΝ GRAZ, ΑΥΣΤΡΙΑ	3	0	ΟΧΙ
29/06/2008	BANZOLE	1.29	ΙΤΑΛΙΑ	0	0	ΝΑΙ
5/07/2008	PLABUTSCH	10.00	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	2	ΟΧΙ
6/07/2008	VOSENDORF	0.82	ΑΥΣΤΡΙΑ	1	1	ΟΧΙ
7/07/2008	AMBERG	2.98	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	1	ΟΧΙ
20/07/2008	AMBERG	2.98	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	1	ΟΧΙ
7/11/2008	MONA-LIZA	0.80	ΑΥΣΤΡΙΑ	3	0	ΟΧΙ
17/12/2008	BOSRUCK	5.50	ΑΥΣΤΡΙΑ	2	0	ΟΧΙ
18/01/2009	BRITZER	1.71	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	1	0	ΟΧΙ
18/01/2009	TIERGARTEN	2.90	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	1	0	ΟΧΙ
25/02/2009	GUBRIST	3.20	ΕΛΒΕΤΙΑ	4	0	ΝΑΙ

27/02/2009	AMBERG	2.98	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	1	OXI
2/03/2009	PLABUTSCH	10.00	ΑΥΣΤΡΙΑ	0	1	OXI
23/03/2009	MAPPO-MORETTINA	5.00	ΕΛΒΕΤΙΑ	1	1	OXI
24/03/2009	GUBRIST	3.20	ΕΛΒΕΤΙΑ	2	0	OXI
27/03/2009	MUNICHS PETUEL	1.55	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	2	0	OXI
12/05/2009	PFANDER	6.72	ΑΥΣΤΡΙΑ	2	0	OXI
16/03/2009	ST GOTTHARD	16.90	ΕΛΒΕΤΙΑ	4	0	OXI
26/05/2009	NOLLINGER BERG	1.23	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	1	0	OXI
28/06/2009	EIKSUND	7.70	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	0	5	ΝΑΙ
26/07/2009	KOHLBERG	0.60	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	1	1	OXI
9/09/2009	BOSRUCK	5.00	ΑΥΣΤΡΙΑ	2	0	OXI
14/09/2009	ARLBERG	13.98	ΑΥΣΤΡΙΑ	2	1	OXI
2010	ST GOTTHARD	16.90	ΕΛΒΕΤΙΑ	0	11	ΝΑΙ
2010	ST BERHARD	5.80	ΕΛΒΕΤΙΑ	0	1	OXI
2010	BAY AQUA-LINE	9.58	ΙΑΠΩΝΙΑ	0	2	OXI
2010	TROJANE	0.89	ΣΛΟΒΕΝΙΑ	5	0	ΝΑΙ
2010	WUXI LIHU	-	ΚΙΝΑ	19	24	ΝΑΙ
29/01/2010	HESLACHER	2.30	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	2	0	OXI

29/01/2010	HESLACHER	2.30	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	1	0	OXI
10/02/2010	GUBRIST	3.20	ΕΛΒΕΤΙΑ	0	0	OXI
10/02/2010	HOCHI	-	ΕΛΒΕΤΙΑ	0	0	OXI
10/02/2010	HOCHI	-	ΕΛΒΕΤΙΑ	1	0	OXI
11/02/2010	ECHINGER	0.41	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	4	0	OXI
13/02/2010	SEELISBERG	9.00	ΕΛΒΕΤΙΑ	5	0	OXI
11/03/2010	SCHONBUCH	0.60	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	2	0	OXI
28/03/2010	ISLISBERG	4.95	ΕΛΒΕΤΙΑ	2	0	OXI
27/05/2010	AMBERG	2.98	ΑΥΣΤΡΙΑ	1	0	OXI
2011	SUMMER	1.72	ΒΟΣΤΩΝΗ, ΗΠΑ	0	1	OXI
27/01/2011	ALBERG	13.98	ΑΥΣΤΡΙΑ	4	1	OXI
24/02/2011	LINCOLN	13.98	ΝΕΑ ΥΟΡΚΗ, ΗΠΑ	59	0	OXI
31/03/2011	HAMBURGS ELB	2.60	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	2	0	NAI
14/06/2011	TAUERN	6.40	ΑΥΣΤΡΙΑ	3	0	OXI
17/07/2011	GERNSBACH	1.53	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	8	0	OXI
12/12/2011	EGGFLUH	0.69	ΕΛΒΕΤΙΑ	5	1	NAI
30/12/2011	HAMBURGS ELB	2.60	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	3	0	NAI
13/03/2012	SIERRE	2.46	ΕΛΒΕΤΙΑ	24	28	OXI

24/03/2012	WATTKOPF	1.95	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0	1	ΝΑΙ
7/05/2012	DALAAS	1.81	ΑΥΣΤΡΙΑ	1	1	ΟΧΙ
29/07/2012	TAUERN	6.40	ΑΥΣΤΡΙΑ	1	1	ΟΧΙ

ΠΗΓΕΣ:1. (BEARD & Carvel 2005)
 2. (Fire Accidents 2008)
 3. (Projects & Campaigns – EuroTAP 2012)
 4. (Transportation Research Board 2011)

5. (Papaioannou & Georgiou 2008)
 6. (Bird, Potter & Gilard 2006)
 7. (Amundsen 2000)