



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ)**  
**Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπόγειων Έργων**

**Ανάλυση των διαδικασιών εκκένωσης σε υπόγειους σταθμούς του  
ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης: Η περίπτωση του σταθμού «Πλατεία  
Δημοκρατίας»**

**Αρβελάκη Βασιλική**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Ανδρέας Μπενάρδος (Λέκτορας Ε.Μ.Π)**

**Αθήνα, Ιανουάριος 2014**

## **Ευχαριστίες**

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπόγειων Έργων» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας μου κύριο Ανδρέα Μπενάρδο, Λέκτορα στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα θέμα εξαιρετικού ενδιαφέροντος. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την καθοδήγηση του και τη βοήθεια του για την εκπόνηση και ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Τάσο Καλλιανιώτη, Μηχανικό Μεταλλείων - Μεταλλουργός, ΥΔ του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την καθοριστική και ανεκτίμητη συνεισφορά του στην εκπόνηση και ολοκλήρωση της παρούσας, μεταπτυχιακής, διπλωματικής εργασίας. Η διάθεση και το ενδιαφέρον του, η αμέριστη συμπαράσταση του, η συγκροτημένη καθοδήγηση του και η μεταδοτικότητα του αποτέλεσαν σημαντικό αρωγό στην προσπάθεια μου για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας στο σύνολο της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρία Αττικό ΜΕΤΡΟ Α.Ε για την ευγενική παραχώρηση του απαραίτητου υλικού προκειμένου να είναι εφικτή η υλοποίηση του συγκεκριμένου θέματος.

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	1
2.	Σχέδιο Ασφαλείας	3
2.1.	Γενικά	3
2.2.	Περιεχόμενα του Σχεδίου Ασφαλείας	4
2.2.1.	Συνοπτική Περίληψη	4
2.2.2.	Στοιχεία Διαχείρισης των Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης	4
2.2.3.	Διαδικασίες Απόκρισης/Αντίδρασης	4
2.2.4.	Έγγραφα Υποστήριξης	5
2.2.5.	Λίστες Πληροφοριών	6
2.3.	Η Διαδικασία Εκπόνησης του Σχεδίου Ασφαλείας	6
2.3.1.	Εντοπισμός των Προκλήσεων και Ιεράρχηση των Ενεργειών	6
2.3.2.	Καταγραφή του Σχεδίου	6
2.3.3.	Θέσπιση Προγράμματος Εκπαίδευσης	6
2.3.4.	Συντονισμός με Εξωτερικούς Παράγοντες και Οργανισμούς	7
2.3.5.	Διατήρηση Επικοινωνίας με Άλλους Οργανισμούς	7
2.3.6.	Έγκριση και Διανομή του Σχεδίου	7
2.4.	Βασικά Στοιχεία του Σχεδίου Ασφαλείας	8
2.5.	Ομάδα Εκπόνησης του Σχεδίου Ασφαλείας	10
2.5.1.	Μορφή της Ομάδας Σχεδιασμού	10
2.5.2.	Καθιέρωση Ιεραρχίας και Αρμοδιοτήτων	11
2.5.3.	Στοιχεία Διαχείρισης των Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης	11
2.5.4.	Καθορισμός της Αποστολής	11
2.5.5.	Καθορισμός του Χρονοδιαγράμματος και του Προϋπολογισμού	11
2.6.	Ομάδα Διαχείρισης & Υλοποίησης του Σχεδίου Ασφαλείας	12
2.7.	Σύστημα Συναγερμού	12
3.	Σχεδιασμός Εκκένωσης	14
3.1.	Γενικά	14
3.2.	Μέσα Εξόδου	15
3.2.1.	Κατηγορίες Μέσων Εξόδου	15
3.2.2.	Χωρητικότητα των Μέσων Εξόδου	23
3.2.3.	Αριθμός Μέσων Εκκένωσης	26
3.2.4.	Διάταξη Μέσων Εξόδου	26
3.2.5.	Μέτρηση της Απόστασης Μετακίνησης ως τις Εξόδους	34
3.2.6.	Ελληνική Νομοθεσία Σχετικά με τα Μέσα Εξόδου και τις Αντίστοιχες Προδιαγραφές	38
3.3.	Τύποι Εκκένωσης	48

3.4.	Παράγοντες Εκκένωσης	48
3.4.1.	Βασικοί Παράγοντες Εκκένωσης	48
3.4.2.	Άλλοι Παράγοντες Εκκένωσης	48
3.5.	Εκκένωση και Μονάδα Έρευνας	49
3.6.	Επιπρόσθετες Παρατηρήσεις	49
3.6.1.	Περιοχές Αναφοράς	49
3.6.2.	Επιβεβαίωση Εκκένωσης	50
3.6.3.	Συντήρηση Διαδρομής Εκκένωσης	50
3.7.	Παράγοντες Αποτελεσματικότητας Εκκένωσης	50
3.7.1.	Αποφάσεις	50
3.7.2.	Χρόνος Έρευνας	51
3.7.3.	Άλλες Ενέργειες	51
3.7.4.	Εύρεση της διαδρομής εξόδου	52
3.7.5.	Συγχώνευση Συγκρούσεων	53
3.7.6.	Υπεύθυνοι Εκκένωσης	53
3.7.7.	Αυτοσυγκράτηση	54
3.7.8.	Άνιση Χρήση των Εγκαταστάσεων Εξόδου	54
4.	Υπολογισμός του Σχεδίου Εκκένωσης	55
4.1.	Βασικά Χαρακτηριστικά Μετακινήσεων	55
4.2.	Τύποι Ροής	57
4.2.1.	Ειδική Ροή	57
4.2.2.	Υπολογισθείσα Ροή	58
4.3.	Χρόνος Εκκένωσης	58
4.3.1.	Στοιχεία της Κίνησης σε Επείγουσα Κατάσταση	59
4.3.2.	Υπολογισμός του Χρόνου Καθυστέρησης	63
4.3.3.	Εξισώσεις για τον Υπολογισμό του Χρόνου Καθυστέρησης	65
4.4.	Κίνηση σε Καπνό λόγω Πυρκαγιάς	71
4.5.	Χρονικά Βασισμένη Ανάλυση Εκκένωσης	72
5.	Επισκόπηση Κτιριακών Μοντέλων Εκκένωσης	74
5.1.	Γενικά	74
5.2.	Χαρακτηριστικά των Μοντέλων Εκκένωσης	74
5.2.1.	Διαθεσιμότητα στο Κοινό	74
5.2.2.	Μέθοδος Προσομοίωσης	75
5.2.3.	Σκοπός	75
5.2.4.	Κάναβος/Δομή	75
5.2.5.	Αντίληψη του Μοντέλου/Χρήστη	76
5.2.6.	Συμπεριφορά	76
5.2.7.	Μετακίνηση	77

5.2.8.	Δεδομένα Πυρκαγιάς -----	78
5.2.9.	Σχέδια Μορφής CAD -----	78
5.2.10.	Οπτικοποίηση -----	78
5.2.11.	Επαλήθευση Αξιοπιστίας -----	79
5.3.	Πρόγραμμα Εκκένωσης PathFinder -----	80
6.	Σχεδιασμός Εκκένωσης για Υπόγειους Χώρους -----	82
6.1.	Εισαγωγή -----	82
6.2.	Υπόγειος Χώρος (Subterranean Space) -----	82
6.3.	Υπόγειοι Χώροι για τη Μεταφορά Επιβατών Μέσω Ηλεκτροκίνητων Σιδηροδρομικών Συστημάτων Σταθερής Τροχιάς Σύμφωνα με τις Προδιαγραφές του NFPA 130 -----	85
6.3.1.	Υπόγειοι Σταθμοί -----	85
6.3.2.	Υπόγεια Σιδηροδρομική Γραμμή -----	91
6.3.3.	Διαδικασίες Έκτακτης Ανάγκης -----	94
6.4.	Οδική Σήραγγα -----	96
6.4.1.	Γενικά -----	96
6.4.2.	Ελάχιστες Απαιτήσεις Ασφαλείας για τις Σήραγγες του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου -----	97
6.5.	Σιδηροδρομική Σήραγγα -----	100
6.5.1.	Γενικά -----	100
6.5.2.	Υποθαλάσσιες Σιδηροδρομικές Σήραγγες -----	102
6.5.3.	Απειλές σε Σιδηροδρομικές Σήραγγες -----	103
6.5.4.	Ελάχιστες Απαιτήσεις Ασφαλείας για τις Σήραγγες του Διευρωπαϊκού Σιδηροδρομικού Δικτύου -----	104
6.6.	Διαχείριση του Κινδύνου σε Σήραγγες -----	106
6.6.1.	Διαχείριση του Κινδύνου και Ασφάλεια κατά την Εργασία σε Σήραγγες -----	106
6.6.2.	Διαχείριση του Κινδύνου κατά τον Κύκλο Ζωής της Σήραγγας -----	107
6.7.	Η Ανθρώπινη Συμπεριφορά -----	108
6.7.1.	Χρήστες Οδικού Δικτύου -----	109
6.7.2.	Επιβάτες του Τρένου και του Μετρό -----	110
6.8.	Ελληνική Νομοθεσία για τους Υπόγειους Χώρους -----	111
6.8.1.	Στοιχεία του Κανονισμού Πυροπροστασίας (Π.Δ. 71/88) -----	111
6.8.2.	Προδιαγραφές Οδικής Σήραγγας Σύμφωνα με ΟΜΟΕ -----	112
6.9.	Περιστατικά Πυρκαγιάς κατά τη Διάρκεια Κατασκευής των Σηράγγων - Πτυχές Εκκένωσης -----	116
6.9.1.	Γενικά -----	116
6.9.2.	Εισαγωγή στην Εκκένωση Εργοταξίου Σήραγγας -----	117
6.9.3.	Φυσικό Περιβάλλον -----	118
6.9.4.	Πτυχές Διαχείρισης -----	120
6.9.5.	Εκκένωση από Ένα Μηχάνημα Διάνοιξης Σήραγγας -----	121
6.9.6.	Συνθήκες που Επηρεάζουν την Εκκένωση -----	122

6.9.7.	Σενάρια Εκκένωσης-----	124
6.9.8.	Χρόνος Αναγνώρισης και Απόκρισης-----	126
6.10.	Προηγούμενη Εμπειρία στον Υπολογισμό του Χρόνου Εκκένωσης σε Υπόγειους Σταθμούς --	127
6.10.1.	Γενικά-----	127
6.10.2.	Παραδείγματα -----	128
7.	Μετρό Θεσσαλονίκης -----	130
7.1.	Εισαγωγή -----	130
7.1.1.	Παρουσίαση του Έργου-----	130
7.1.2.	Ιστορικό -----	131
7.1.3.	Περιγραφή του Έργου -----	131
7.1.4.	Η Γεωλογία του Έργου και οι Μέθοδοι Κατασκευής -----	135
7.2.	Σταθμός Δημοκρατίας-----	137
8.	Ανάλυση Εκκένωσης -----	138
8.1.	Στοιχεία του Σταθμού Μετρό «Πλατεία Δημοκρατίας» -----	138
8.2.	Προσομοίωση με Χρήση του Προγράμματος PathFinder-----	142
8.2.1.	Γενικά-----	142
8.2.2.	Περιγραφή Λειτουργίας του Προγράμματος-----	144
8.2.3.	Κίνηση Χρηστών σε Steering Mode-----	145
8.2.4.	Κίνηση με την Επιλογή SFPE -----	147
8.2.5.	Διαδικασία Επίλυσης -----	148
8.3.	Θεωρητικός Πληθυσμός-----	148
8.4.	Ταχύτητα Κίνησης-----	150
8.5.	Συμπεριφορά Χρηστών-----	154
8.6.	Απαιτούμενος Χρόνος Εκκένωσης -----	155
8.7.	Σενάρια Εκκένωσης -----	157
8.7.1.	Σενάριο Α-----	159
8.7.2.	Σενάριο Β-----	183
8.8.	Σχολιασμός των Αναλύσεων -----	208
8.9.	Υπολογισμός Δυναμικότητας των Οδεύσεων -----	209
8.10.	Έλεγχος του Μήκους της Απροστάτευτης Οδευσης Διαφυγής -----	213
9.	Συμπεράσματα - Προτάσεις-----	220

## Σχήματα

Σχήμα 3.1: Χώροι που συνιστούν πρόσβαση στην έξοδο.....	15
Σχήμα 3.2: Διάφοροι τύποι εξόδων .....	16
Σχήμα 3.3: Χώροι που συνιστούν έξοδο της εκκένωσης.....	17
Σχήμα 3.4: Προστασία των διαδρόμων που συνιστούν πρόσβαση στην έξοδο .....	20
Σχήμα 3.5: Συγκρότημα θυρών που επιτρέπει την εύκολη είσοδο από το επίπεδο του ορόφου στο περίβλημα της εξόδου.....	21
Σχήμα 3.6: Υπολογισμός ελεύθερου ύψους .....	22
Σχήμα 3.7: Σχέση του πλάτους της πόρτας εξόδου και του διαδρόμου εξόδου.....	22
Σχήμα 3.8: Διάφορες οδεύσεις διαφυγής.....	39
Σχήμα 3.9: Στάδια οδεύσεων διαφυγής.....	43
Σχήμα 3.10: Πραγματική απόσταση Α.Ο.Δ .....	44
Σχήμα 3.11: Άμεση απόσταση Α.Ο.Δ.....	44
Σχήμα 3.12: Εναλλακτικές έξοδοι κινδύνου .....	45
Σχήμα 3.13: Οι οδεύσεις διαφυγής σχηματίζουν γωνία $>45^\circ$ .....	46
Σχήμα 3.14: Άνοιγμα πόρτας εξόδου κινδύνου .....	46
Σχήμα 3.15: Άμεση απόσταση $AB < 2/3$ (ΑΒΓ ή ΑΒΓ').....	47
Σχήμα 3.16: Τύποι ενεργειών .....	52
Σχήμα 4.1: Συσχέτιση ταχύτητας και πυκνότητας για κίνηση σε σκάλες σε ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις (Pauls 1980).....	56
Σχήμα 4.2: Συσχέτιση ροής και πυκνότητας για κίνηση σε σκάλες σε ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις (Fruin 1987) .....	56
Σχήμα 4.3: Ειδική ροή συναρτήσει της πυκνότητας .....	57
Σχήμα 4.4: Απεικόνιση του χρόνου αντίδρασης σε περίπτωση φωτιάς.....	61
Σχήμα 4.5: Υπολογισμός του ωφέλιμου πλάτους.....	66
Σχήμα 4.6: Επίδραση του πληθυσμού στην ροή σε καθοδική κίνηση σε σκάλες σε ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις.....	67
Σχήμα 4.7: Συσχέτιση του ενεργού πλάτους της σκάλας ανά άτομο και του χρόνου ροής για διάφορες γεωμετρικές σκαλοπατιών .....	68
Σχήμα 4.8: Σχηματισμός της ροής από τις εξόδους σε ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις για υψηλά κτίρια που στεγάζουν γραφεία .....	69
Σχήμα 4.9: Προβλεπόμενοι και καταγεγραμμένοι χρόνοι συνολικής εκκένωσης για υψηλά κτίρια που στεγάζουν γραφεία.....	69
Σχήμα 4.10: Προβλεπόμενοι και καταγεγραμμένοι χρόνοι συνολικής εκκένωσης για υψηλά κτίρια που στεγάζουν γραφεία ενσωματώνοντας στοιχεία από άλλους ερευνητές.....	70
Σχήμα 6.1: Κάτοψη αναπτυσσόμενου υπόγειου χώρου .....	83
Σχήμα 6.2 Εξοπλισμός ασφαλείας σηράγγων .....	98
Σχήμα 6.3: Αλληλουχίες της ανθρώπινης αντίδρασης σε πυρκαγιά .....	109
Σχήμα 6.4: Ράμπα κίνησης οχημάτων για χρήση ως όδευση εναλλακτικής διαφυγής.....	111
Σχήμα 6.5: Τυπική διαμόρφωση εξόδου διαφυγής πεζών (κάτοψη).....	113
Σχήμα 6.6: Τυπική διαμόρφωση σήραγγας προσέγγισης οχημάτων εκτάκτου ανάγκης (κάτοψη).....	113
Σχήμα 6.7: Τυπική διατομή σήραγγας προσέγγισης οχημάτων εκτάκτου ανάγκης .....	114
Σχήμα 6.8: Τυπική διατομή εξόδου διαφυγής οχημάτων .....	115
Σχήμα 6.9: Τυπική διαμόρφωση διατομής εξόδου διαφυγής πεζών .....	115
Σχήμα 6.10: Τμήματα Διάταξη μηχανήματος ολομέτωσης κοπής για διάνοιξη σηράγγων .....	121
Σχήμα 6.11: Σενάριο Α.....	125
Σχήμα 6.12: Σενάριο Β.....	126
Σχήμα 6.13: Σενάριο C .....	126

Σχήμα 7.1: Σχηματική απεικόνιση του ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης .....	130
Σχήμα 7.2: Προβλεπόμενες θέσεις στάθμευσης και η κατανομή τους ανά περιοχή για το ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης .....	133
Σχήμα 7.3: Γεωλογική τομή κατά μήκος του βασικού έργου του ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης .....	135
Σχήμα 7.4: Σχηματική απεικόνιση της καθαρής διατομής σήραγγας μονής τροχιάς.....	136
Σχήμα 8.1: Κάτοψη στάθμης 0 (επίπεδο οδού) σταθμού Δημοκρατίας .....	138
Σχήμα 8.2: Κάτοψη στάθμης -1 (επίπεδο έκδοσης εισιτηρίων) σταθμού Δημοκρατίας .....	139
Σχήμα 8.3: Κάτοψη στάθμης -2 (επίπεδο Η/Μ χώρων) σταθμού Δημοκρατίας .....	139
Σχήμα 8.4: Κάτοψη στάθμης -3 (επίπεδο αποβαθρών) σταθμού Δημοκρατίας.....	140
Σχήμα 8.5: Κάτοψη στάθμης -4 (επίπεδο τροχιών) σταθμού Δημοκρατίας .....	140
Σχήμα 8.6: Διαμήκης τομή σταθμού Δημοκρατίας.....	141
Σχήμα 8.7: Εγκάρσια τομή σταθμού Δημοκρατίας .....	141
Σχήμα 8.8: Προγραμματισμένη διαδρομή του χρήστη με τα τελικά σημεία .....	144
Σχήμα 8.9: Πέντε διευθύνσεις κίνησης .....	146
Σχήμα 8.10: Οι χρήστες κινούνται όλοι μαζί προς μία στενή έξοδο (αριστερά), οι επιβάτες κινούνται αντίθετα σε ένα γεμάτο διάδρομο (δεξιά).....	147
Σχήμα 8.11: Σκαρίφημα απεικόνισης του επιπέδου της αποβάθρας για τον υπολογισμό της δυναμικότητας της όδευσης διαφυγής .....	210
Σχήμα 8.12: Σκαρίφημα απεικόνισης του ενδιάμεσου επιπέδου για τον υπολογισμό της δυναμικότητας της όδευσης διαφυγής.....	210
Σχήμα 8.13: Σκαρίφημα απεικόνισης του επιπέδου των εκδοτηρίων για τον υπολογισμό της δυναμικότητας της όδευσης διαφυγής .....	212
Σχήμα 8.14: Σκαρίφημα απεικόνισης του επιπέδου των εκδοτηρίων για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής.....	214
Σχήμα 8.15: Σκαρίφημα απεικόνισης του επιπέδου των εκδοτηρίων για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής του ενδιάμεσου επιπέδου .....	216
Σχήμα 8.16: Σκαρίφημα απεικόνισης του ενδιάμεσου επιπέδου για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής.....	216
Σχήμα 8.17: Σκαρίφημα απεικόνισης του ενδιάμεσου επιπέδου για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής.....	217
Σχήμα 8.18: Σκαρίφημα απεικόνισης του επιπέδου της αποβάθρας για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής.....	218



## ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 2.1: Κάτοψη διαδρομών διαφυγής.....	8
Εικόνα 3.1: Χωρητικότητα συστήματος εξόδου στην περίπτωση σύγκλισης 2 ορόφων.....	25
Εικόνα 3.2: Ελάχιστος αριθμός των απαιτούμενων μέσων εξόδου για νέες κατασκευές.....	26
Εικόνα 3.3: Ατελής πρόσβαση διαδρόμου στην έξοδο.....	27
Εικόνα 3.4: Έλεγχος της μεγάλης απόστασης των προσβάσεων στην έξοδο.....	28
Εικόνα 3.5: Έλεγχος της μεγάλης απόστασης των εξόδων της εκκένωσης.....	28
Εικόνα 3.6: Έλεγχος της μεγάλης απόστασης των εξόδων της εκκένωσης για τρεις εξόδους.....	29
Εικόνα 3.7: Κανόνας διαγώνιας απόστασης για τη μεγαλύτερη απόσταση της εξόδου.....	30
Εικόνα 3.8: Κανόνας διαγώνιας απόστασης για τη μεγαλύτερη απόσταση της εξόδου και της πόρτας πρόσβασης στην έξοδο.....	30
Εικόνα 3.9: Κανόνας διαγώνιας απόστασης για τη μεγαλύτερη απόσταση της εξόδου και της πρόσβασης στην έξοδο.....	31
Εικόνα 3.10: Διαχωρισμός εξόδων και μέτρηση της διαγώνιας απόστασης.....	31
Εικόνα 3.11: Διαγώνια μέτρηση για ασυνήθιστα σχήματα επιφανειών.....	32
Εικόνα 3.12: Διαχωρισμός των εξόδων με μέτρηση κατά μήκος του μονοπατιού του διαδρόμου.....	33
Εικόνα 3.13: Παραδείγματα δύο τύπων διαδρόμων που καταλήγουν σε αδιέξοδο.....	33
Εικόνα 3.14: Παράδειγμα «κοινής διαδρομής μετακίνησης».....	34
Εικόνα 3.15: Παράδειγμα αδιεξόδου.....	34
Εικόνα 3.16: Μέτρηση της απόστασης μετακίνησης έως την έξοδο.....	37
Εικόνα 3.17: Μέτρηση της απόστασης μετακίνησης σε σκάλες.....	37
Εικόνα 3.18: Μέτρηση της απόστασης μετακίνησης κατά μήκος της φυσικής διαδρομής της μετακίνησης ...	38
Εικόνα 6.1: Πύλη συλλογής εισιτηρίου.....	90
Εικόνα 6.2: Πύλη συλλογής εισιτηρίου περιστροφικού τύπου.....	90
Εικόνα 6.3: Σήραγγα διαφυγής σε δίδυμη σήραγγα.....	93
Εικόνα 6.4: Σύστημα εξαερισμού στη σήραγγα διαφυγής.....	93
Εικόνα 6.5: Πόρτα που οδηγεί στην έξοδο κινδύνου.....	94
Εικόνα 6.6: Στάδια διαχείρισης των κινδύνων.....	101
Εικόνα 6.7: Αποτύπωση σιδηροδρομικών κινδύνων.....	101
Εικόνα 7.1: Σχέδιο ανάπτυξης γραμμών METPO.....	134
Εικόνα 8.1: Γενικό περιβάλλον εργασίας του Pathfinder.....	142
Εικόνα 8.2: Εντολή για την εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα.....	143
Εικόνα 8.3: Εντολή για την μορφή εμφάνισης των χρηστών στο πρόγραμμα.....	143
Εικόνα 8.4: Εισαγωγή συντελεστή για την αποβάθρα.....	149
Εικόνα 8.5: Εισαγωγή συντελεστή για το ενδιάμεσο επίπεδο και τα εκδοτήρια.....	149
Εικόνα 8.6: Υπολογισμός θεωρητικού πληθυσμού στην αποβάθρα.....	149
Εικόνα 8.7: Υπολογισμός θεωρητικού πληθυσμού στο ενδιάμεσο επίπεδο.....	150
Εικόνα 8.8: Υπολογισμός θεωρητικού πληθυσμού στα εκδοτήρια.....	150
Εικόνα 8.9: Προφίλ ταχύτητας 1.....	152
Εικόνα 8.10: Προφίλ ταχύτητας 2.....	152
Εικόνα 8.11: Προφίλ ταχύτητας 3.....	153
Εικόνα 8.12: Προφίλ ταχύτητας 4.....	153
Εικόνα 8.13: Κατανομή των προφίλ στους χρήστες.....	154
Εικόνα 8.14: Συμπεριφορά η οποία περιέχει την ενέργεια 1.....	154
Εικόνα 8.15: Συμπεριφορά η οποία περιέχει την ενέργεια 2.....	155
Εικόνα 8.16: Συμπεριφορά η οποία περιέχει την ενέργεια 2.....	155
Εικόνα 8.17: Επιλογή Steering Mode.....	157
Εικόνα 8.18: Παράθυρο διαλόγου της προσομοίωσης.....	219

## Πίνακες

Πίνακας 3.1: Συντελεστής Φορτίου Χρηστών .....	24
Πίνακας 3.2: Συντελεστές Χωρητικότητας .....	25
Πίνακας 3.3: (1 <sup>ο</sup> Μέρος) «Κοινές διαδρομές μετακίνησης», αδιέξοδα και όρια αποστάσεων μετακίνησης για διαφορετικές κατηγορίες χρήσης .....	35
Πίνακας 3.4: (2ο Μέρος) «Κοινές διαδρομές μετακίνησης», αδιέξοδα και όρια αποστάσεων μετακίνησης για διαφορετικές κατηγορίες χρήσης .....	36
Πίνακας 3.5: Ταξινόμηση κτιρίων σύμφωνα με τη χρήση τους .....	39
Πίνακας 3.6: Πληθυσμός ανάλογα με την κατηγορία κτιρίου .....	42
Πίνακας 3.7: Όρια μήκους απροστάτευτης όδευσης ανά κατηγορία κτιρίων (m) .....	45
Πίνακας 4.1: Μέγιστη Ειδική Ροή.....	58
Πίνακας 4.2: Διαθέσιμος χρόνος εκκένωσης υπόγειου χώρου για διαφορετικές επείγουσες καταστάσεις .....	62
Πίνακας 4.3: Παράγοντες επιρροής των επιμέρους χρόνων στην περίπτωση πυρκαγιάς .....	62
Πίνακας 4.4: Χρόνος $t_a$ για διαφορετικές κατηγορίες συστήματος συναγερμού στην περίπτωση πυρκαγιάς .....	63
Πίνακας 4.5: Χρόνοι $t_o$ και $t_i$ σε min για διαφορετικές κατηγορίες συστήματος συναγερμού στην περίπτωση πυρκαγιάς .....	63
Πίνακας 4.6: Εκτιμώμενος χρόνος καθυστέρησης για την έναρξη της διαδικασίας εκκένωσης σε min .....	65
Πίνακας 4.7: Πλάτος συνωριακών στρωμάτων .....	67
Πίνακας 4.8: Παράμετροι κίνησης του πλήθους σε διάφορους χώρους και για διάφορες καταστάσεις .....	73
Πίνακας 5.1: Συνολικά Χαρακτηριστικά των μοντέλων προσομοίωσης της εκκένωσης .....	79
Πίνακας 1.1: Χρόνος που απαιτείται για την εκκένωση κάτω από διαφορετικές συνθήκες.....	129
Πίνακας 7.1: Εξέλιξη των εργασιών κατασκευής.....	132
Πίνακας 8.1: Σύνοψη στοιχείων για τον υπολογισμό του θεωρητικού πληθυσμού .....	150
Πίνακας 8.2: Ταχύτητα κίνησης σε οριζόντια επιφάνεια .....	151
Πίνακας 8.3: Ταχύτητα κίνησης σε σκάλες .....	151
Πίνακας 8.4: Τιμές του χρόνου εκκένωσης $t_e$ ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες .....	156
Πίνακας 8.5: Συγκεντρωτικός πίνακας συμβολισμών και η αντίστοιχη ερμηνεία τους .....	158
Πίνακας 8.6: Χρόνος εκκένωσης $t_e$ με βάση την ανάλυση.....	159
Πίνακας 8.7: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο.....	160
Πίνακας 8.8: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια .....	161
Πίνακας 8.9: Χρήση εξόδων διαφυγής .....	162
Πίνακας 8.10: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης $t_e$ και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης $t_{opt}$ με βάση την ανάλυση.....	162
Πίνακας 8.11: Χρόνος εκκένωσης $t_e$ με βάση την ανάλυση.....	163
Πίνακας 8.12: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο.....	164
Πίνακας 8.13: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια .....	165
Πίνακας 8.14: Χρήση εξόδων διαφυγής .....	166
Πίνακας 8.15: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης $t_e$ και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης $t_{opt}$ με βάση την ανάλυση.....	166
Πίνακας 8.16: Χρόνος εκκένωσης $t_e$ με βάση την ανάλυση.....	167
Πίνακας 8.17: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο.....	168
Πίνακας 8.18: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια .....	169



Πίνακας 8.50: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης $t_e$ και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης $t_{απ}$ με βάση την ανάλυση.....	195
Πίνακας 8.51: Χρόνος εκκένωσης $t_e$ με βάση την ανάλυση.....	196
Πίνακας 8.52: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο.....	197
Πίνακας 8.53: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια .....	198
Πίνακας 8.54: Χρήση εξόδων διαφυγής .....	199
Πίνακας 8.55: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης $t_e$ και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης $t_{απ}$ με βάση την ανάλυση.....	199
Πίνακας 8.56: Χρόνος εκκένωσης $t_e$ με βάση την ανάλυση.....	200
Πίνακας 8.57: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο.....	201
Πίνακας 8.58: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια .....	202
Πίνακας 8.59: Χρήση εξόδων διαφυγής .....	203
Πίνακας 8.60: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης $t_e$ και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης $t_{απ}$ με βάση την ανάλυση.....	203
Πίνακας 8.61: Χρόνος εκκένωσης $t_e$ με βάση την ανάλυση.....	204
Πίνακας 8.62: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο.....	205
Πίνακας 8.63: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια .....	206
Πίνακας 8.64: Χρήση εξόδων διαφυγής .....	207
Πίνακας 8.65: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης $t_e$ και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης $t_{απ}$ με βάση την ανάλυση.....	207
Πίνακας 8.66: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων .....	208
Πίνακας 8.67: Τιμές του διαθέσιμου χρόνου εκκένωσης $t_{διαθ}$ ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες .....	208
Πίνακας 9.1: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων .....	221
Πίνακας 9.2: Συγκεντρωτικός πίνακας ποσοστιαίας μεταβολής του χρόνου εκκένωσης για κάθε ομάδα αναλύσεων.....	221



---

Γράφημα 8.48: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου..... 207

## Περίληψη

Μία από τις σημαντικές παραμέτρους που υπεισέρχονται στη μελέτη και το σχεδιασμό των υπογείων έργων είναι ο τομέας της ασφάλειας και ειδικότερα η διαδικασία εκκένωσης του υπόγειου χώρου κατά το στάδιο της λειτουργίας στην περίπτωση που προκύψει επείγουσα κατάσταση. Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται παρουσίαση του σχεδίου ασφαλείας το οποίο καταρτίζεται για τα τεχνικά έργα (περιεχόμενα, διαδικασία εκπόνησης, βασικά στοιχεία, ομάδα εκπόνησης, διαχείρισης και υλοποίησης του σχεδίου κλπ) με βάση τους υφιστάμενους κανονισμούς. Επίσης περιγράφονται τα στοιχεία που συνθέτουν τη διαδικασία της εκκένωσης, αναλύονται οι παράμετροι που επηρεάζουν και καθορίζουν την εκκένωση, ενώ ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο χρόνο της εκκένωσης που αποτελεί βασικό κριτήριο για τον έλεγχο του αποτελεσματικού σχεδιασμού της διαδικασίας. Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση της διαδικασίας μοντελοποίησης της εκκένωσης και περιγράφονται οι βασικές αρχές που χρησιμοποιούνται από σχετικά μοντέλα προσομοίωσης της συγκεκριμένης διαδικασίας.

Τα προαναφερθέντα θέματα και ειδικά οι προδιαγραφές και η διαδικασία της εκκένωσης διερευνήθηκαν στο πλαίσιο ενός συγκεκριμένου υπόγειου χώρου, του Σταθμού «Δημοκρατίας» του Μετρό Θεσσαλονίκης με το λογισμικό προσομοίωσης Pathfinder. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις με το συγκεκριμένο λογισμικό για διαφορετικά σενάρια με μεταβλητές παραμέτρους του προβλήματος τον πληθυσμό των χρηστών του χώρου, την ταχύτητα κίνησής τους, την συμπεριφορά τους, τον αριθμό των μέσων εξόδου με σκοπό τον προσδιορισμό του απαιτούμενου χρόνου εκκένωσης και τον έλεγχο της συμμόρφωσης του με τα επίπεδα του διαθέσιμου χρόνου εκκένωσης. Επίσης, διερευνήθηκε η επάρκεια και συμμόρφωση με τις κανονιστικές διατάξεις των κατασκευαστικών διατάξεων. Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκαν δύο ομάδες αναλύσεων με 6 σενάρια για κάθε ομάδα. Σε κάθε ομάδα υπάρχει το βασικό σενάριο το οποίο αποτελεί τη βάση αναφοράς και σύγκρισης για τα υπόλοιπα σενάρια που είναι παραλλαγές του. Από τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τις αναλύσεις ο μέγιστος χρόνος εκκένωσης που προέκυψε για ειδικές συνθήκες (πληρότητα πληθυσμού χρηστών, μη λειτουργία κλιμάκων ή εξόδων) είναι περίπου 13.5 min. Επίσης, ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης που υπολογίστηκε ικανοποιεί τα προβλεπόμενα όρια για το διαθέσιμο χρόνο εκκένωσης. Τέλος, ο σχεδιασμός του σταθμού κρίθηκε επαρκής και επιβεβαιώθηκε ότι οι κατασκευαστικές του διατάξεις συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις των κανονισμών (δυναμικότητα οδεύσεων, μήκος οδευσης διαφυγής).

### **Abstract**

One of the important parameters involved in the study and design of underground structures is the security sector and particularly the evacuation of underground space during the operation in the event of any emergency. In this thesis the security plan drawn up for technical projects is presented (content, process development, key data, team development, management and implementation of the plan, etc. ) under the existing regulations. Also, the elements that make up the process of evacuation are described, the parameters which influence and determine the discharge are analyzed, with emphasis on the time of evacuation which is a key criterion for the control of effective planning process. Then the modeling process of evacuation is presented and the basic principles used by simulation models on this process are described.

The above issues and especially the requirements and the process of evacuation was investigated in the context of a particular underground project, the Station "Dimokratias" in Thessaloniki Metro with the evacuation simulation software Pathfinder. Specifically, analyses were performed with this software for different scenarios with varying parameters of the issue: the population of the users of the area , the speed of their movement, their behavior, the number of means of egress. The object of the simulation was the determination of the required time for evacuation and the check of compliance with the levels of the available time for evacuation. Also the adequacy and compliance with the regulations of the construction provisions was investigated. In particular, there were two sets of analyses with 6 scenarios for each group. In each group there is the basic scenario that forms the basis for comparison and reference for other scenarios that are variations of. From the results that were exported from the analyses the maximum evacuation time incurred for special conditions (user population, non-occupancy function scales or exits) is approximately 13.5 min. Also, the required evacuation time calculated satisfies the specified limits for the available evacuation time. Finally, the design of the station was deemed adequate and confirmed that construction of the provisions comply with the requirements of the regulations (capacity routes, length of escape path).



# 1. Εισαγωγή

Η τεχνολογική εξέλιξη, η αύξηση του πληθυσμού, η αστικοποίηση και η αύξηση των δυνατοτήτων και του εύρους παρέμβασης του ανθρώπου στο περιβάλλον έχουν συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη των υπογείων έργων. Ειδικά, σε έντονα αστικοποιημένο περιβάλλον, υψηλής δόμησης τα υπόγεια έργα αποτέλεσαν εργαλείο και μοχλό για την ενίσχυση ή την βελτίωση της ποιότητας ζωής. Βασικό στοιχείο που υπεισέρχεται στη μελέτη και το σχεδιασμό των υπογείων έργων είναι ο τομέας της ασφάλειας. Συγκεκριμένα, λόγω των ειδικών χαρακτηριστικών του υπόγειου χώρου και προκειμένου να κατακτηθεί εμπιστοσύνη στο επίπεδο ασφάλειας που παρέχεται στους χρήστες τους ο τομέας της ασφάλειας αποτελεί βασική συνιστώσα που υπόκειται σε συγκεκριμένες κανονιστικές διατάξεις. Κομβικό σημείο για το επίπεδο ασφάλειας του έργου είναι η διαδικασία εκκένωσης του υπόγειου χώρου σε περίπτωση επείγουσας κατάστασης. Ενδεικτικά, ως επείγουσες καταστάσεις μπορούν να προκληθούν από: πυρκαγιά, πλημμύρα, σεισμό, κατάρρευση των επικοινωνιών, ραδιενεργό ατύχημα, έκρηξη. Η εκκένωση περιλαμβάνει τη σχεδιασμένη, ομαλή και συντονισμένη κυκλοφορία των ατόμων από μια ανασφαλή ή ενδεχομένως μη ασφαλή τοποθεσία σε μία ασφαλέστερη τοποθεσία και την ενδεχόμενη επιστροφή τους. Πρόκειται για ένα από τα πιο σημαντικά μέτρα για το μετριασμό των επιπτώσεων σε ανθρώπινες απώλειες και βλάβες υγείας από μια φυσική καταστροφή. Η σημασία της εκκένωσης είναι καθοριστική και αποτελεί βασικό παράγοντα για την επάρκεια του επιπέδου ασφάλειας. Γι' αυτό η σύνταξη ολοκληρωμένου σχεδίου εκκένωσης σε ένα υπόγειο χώρο το οποίο συμμορφώνεται με τις κανονιστικές διατάξεις συνιστά βασική υποχρέωση για το μελετητή ενός υπόγειου έργου. Οι απαιτήσεις ασφαλείας και οι προδιαγραφές της εκκένωσης στα υπόγεια έργα είναι αυξημένες λόγω των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζονται τόσο στις κατασκευαστικές διατάξεις των έργων όσο και στην διαφορετική συμπεριφορά-απόκριση των χρηστών σε σχέση με τα επίγεια τεχνικά έργα.

Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται μια εκτενής παρουσίαση στοιχείων του σχεδίου ασφαλείας και του σχεδίου εκκένωσης των υπογείων χώρων και εκτελούνται αναλύσεις για ένα συγκεκριμένο υπόγειο χώρο το Σταθμό «Δημοκρατίας» του Μετρό Θεσσαλονίκης με το λογισμικό προσομοίωσης Pathfinder.

Συγκεκριμένα, στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση του σχεδίου ασφαλείας το οποίο καταρτίζεται για τα τεχνικά έργα (περιεχόμενα, διαδικασία εκπόνησης, βασικά στοιχεία, ομάδα εκπόνησης, διαχείρισης και υλοποίησης του σχεδίου κλπ) με βάση τους υφιστάμενους κανονισμούς.

Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο παρουσιάζονται και περιγράφονται τα στοιχεία που συνθέτουν τη διαδικασία της εκκένωσης, αναλύονται οι παράμετροι που επηρεάζουν και καθορίζουν την εκκένωση, ενώ ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο χρόνο της εκκένωσης που αποτελεί βασικό κριτήριο για τον έλεγχο του αποτελεσματικού σχεδιασμού της διαδικασίας.

Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη για το σχεδιασμό της εκκένωσης και περιγράφονται τα μέσα εξόδου, οι τύποι εκκένωσης και οι παράγοντες αποτελεσματικότητας της εκκένωσης.

Στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του σχεδίου εκκένωσης και ειδικότερα, στα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων στο χώρο (ροή στο χώρο) και στο χρόνο της εκκένωσης.

Στο 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο περιγράφονται και αναφέρονται στοιχεία για τη μοντελοποίηση της διαδικασίας της εκκένωσης, τα χαρακτηριστικά των μοντέλων που προσομοιώνουν την εκκένωση, οι βασικές αρχές που χρησιμοποιούνται από τα μοντέλα για την προσομοίωση της συγκεκριμένης διαδικασίας ενώ γίνεται ειδική αναφορά στο λογισμικό Pathfinder.

Στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο γίνεται ειδική αναφορά στην εκκένωση στους υπόγειους χώρους, παρουσιάζονται παραδείγματα από διαδικασίες εκκένωσης σε υπόγεια έργα και παρατίθενται στοιχεία από τη σχετική νομοθεσία και τις διατάξεις των κανονισμών. Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση της διαδικασίας μοντελοποίησης της εκκένωσης και περιγράφονται οι βασικές αρχές που χρησιμοποιούνται από σχετικά μοντέλα προσομοίωσης της συγκεκριμένης διαδικασίας.

Στο 7<sup>ο</sup> Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο έργο του Μετρό Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα στο Σταθμό «Δημοκρατίας» για τον οποίο πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις εκκένωσης με το λογισμικό Pathfinder.

Στο 8<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, γίνεται η παρουσίαση των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν με το συγκεκριμένο λογισμικό για διαφορετικά σενάρια με μεταβλητές παραμέτρους του προβλήματος τον πληθυσμό των χρηστών του χώρου, την ταχύτητα κίνησής τους, την συμπεριφορά τους, τον αριθμό των μέσων εξόδου με σκοπό τον προσδιορισμό του απαιτούμενου χρόνου εκκένωσης και τον έλεγχο της συμμόρφωσής του με τα επίπεδα του διαθέσιμου χρόνου εκκένωσης. Επίσης, γίνεται παρουσίαση της διερεύνησης της επάρκειας και συμμόρφωσης με τις κανονιστικές διατάξεις των κατασκευαστικών διατάξεων. Για τις αναλύσεις παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τη μορφή πινάκων και γραφημάτων.

Στο 9<sup>ο</sup> Κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των συμπερασμάτων που εξήχθησαν από τη συγκεκριμένη εργασία και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

## 2. Σχέδιο Ασφαλείας

### 2.1. Γενικά

Συχνά συμβαίνουν περιστατικά τα οποία χαρακτηρίζονται είτε ως επείγουσα κατάσταση είτε ως καταστροφή. Αυτοί οι δύο όροι αν και πολλές φορές χρησιμοποιούνται εναλλακτικά για να χαρακτηρίσουν μία κατάσταση στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύουν κάτι το εντελώς διαφορετικό (Casavant, 2007). Μία επείγουσα κατάσταση (FEMA, 1993) είναι ένα απρόσμενο γεγονός το οποίο επηρεάζει αρνητικά την παραγωγή, την ασφάλεια ή το προσωπικό μιας επιχείρησης και μπορεί να προκαλέσει θάνατο ή σοβαρό τραυματισμό στους εργαζόμενους, στους πελάτες, στο κοινό ή μπορεί να κλείσει μια επιχείρηση, να διακόψει τη λειτουργία, να προκαλέσει φυσική ή περιβαλλοντική καταστροφή, να απειλήσει την οικονομική βιωσιμότητα της δραστηριότητας ή τη δημόσια εικόνα της. Ο όρος καταστροφή περιγράφει μία κατάσταση έκτακτης ανάγκης η οποία έχει εκφυλιστεί, επιδεινωθεί σε κάτι με πολύ μεγαλύτερο αντίκτυπο (Casavant, 2007).

Ο σχεδιασμός και η προετοιμασία αντιμετώπισης μιας καταστροφής αποτελεί μία ευθύνη την οποία ο καθένας αναλαμβάνει και πρέπει να μοιραστεί με τους υπόλοιπους, είτε η καταστροφή οφείλεται σε κάποια τρομοκρατική ενέργεια ή σε κάποιο φυσικό φαινόμενο (Gustin, 2007). Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός, σε συνδυασμό με την συνεχή εκπαίδευση στις διαδικασίες και τεχνικές αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, αποτελεί προσχέδιο για τις επιχειρήσεις όσον αφορά την αποτελεσματική προετοιμασία για καταστάσεις κρίσης, ελαχιστοποιώντας έτσι τυχόν απώλεια της ιδιοκτησίας και το πιο σημαντικό, ελαχιστοποιώντας την απώλεια της ανθρώπινης ζωής (Gustin, 2007). Σε μία επείγουσα κατάσταση οι επιπτώσεις είναι αρνητικές ενώ σε μία καταστροφή οι επιπτώσεις δεν είναι μόνο αρνητικές αλλά και σοβαρές. Οι επείγουσες καταστάσεις συμβαίνουν συχνότερα σε αντίθεση με τις καταστροφές, είναι περισσότερο δαπανηρές και είναι πιο πιθανό να επηρεάσουν την επιχείρηση και τους διάφορους εμπλεκόμενους. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι ένα γεγονός μπορεί για έναν οργανισμό να θεωρείται καταστροφή ενώ για έναν άλλο να είναι απλώς μια επείγουσα κατάσταση (Casavant, 2007).

Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι όλες οι καταστροφές ξεκινάνε σαν επείγουσες καταστάσεις και ανάλογα με την σοβαρότητα μετατρέπονται σε καταστροφές (Gustin, 2007). Προφανώς, πολλά γεγονότα μπορούν να αποτελέσουν επείγουσες καταστάσεις, όπως τα ακόλουθα (FEMA, 1993):

- πυρκαγιά
- επικίνδυνα υλικά για την υγεία
- πλημμύρα
- τυφώνας
- ανεμοστρόβιλος
- θύελλα
- σεισμός
- κατάρρευση των επικοινωνιών
- ραδιενεργό ατύχημα
- έκρηξη

Ο καλύτερος τρόπος διαχείρισης μιας επείγουσας κατάστασης είναι η προετοιμασία αντιμετώπισής της πριν αυτή συμβεί (OSHA 2001). Σε μια επείγουσα κατάσταση λίγοι είναι αυτοί που αντιδρούν με ψυχραιμία και σκέφτονται καθαρά και λογικά. Επομένως, είναι σημαντικό να σχεδιάζεται ο τρόπος αντιμετώπισης διεξοδικά, εκ των προτέρων, όταν οι συνθήκες είναι κατάλληλες και ο χρόνος επαρκής για ψύχραιμες και λογικές σκέψεις. Ο τρόπος αντιμετώπισης υλοποιείται με το σχέδιο ασφαλείας. Η δημιουργία ενός σχεδίου ασφαλείας δεν είναι μία απλή διαδικασία (OSHA 2001). Για την εκπόνησή του πρέπει να εκτιμηθούν οι

κίνδυνοι, να γίνουν κατανοητές οι κρίσιμες λειτουργίες της επιχείρησης για την οποία προορίζεται το σχέδιο και να σταθμίζεται η πιθανότητα πραγματοποίησης του γεγονότος που συνιστά επείγουσα κατάσταση, ώστε να καθίσταται εφικτή η ανάπτυξη σχεδίου επέμβασης (Casavant, 2007). Οι αρμοδιότητες πρέπει να καταμερίζονται με σαφή τρόπο και οι εργαζόμενοι πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι. Το σχέδιο ασφαλείας περιλαμβάνει τις καθορισμένες δράσεις που πρέπει να γίνουν από τους εργοδότες και τους εργαζόμενους, ώστε να διασφαλιστεί η ασφάλεια όλων από τις συνέπειες της επείγουσας κατάστασης (Casavant, 2007). Συγκεκριμένα, το σχέδιο ασφαλείας υπάρχει, ώστε να σώζει ζωές και να περιορίζει τραυματισμούς κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της επείγουσας κατάστασης. Καθορίζει τους τρόπους και τις μεθόδους για την επίτευξη του σχεδιασμού, της επιβίωσης και την αποκατάσταση των ζημιών. Επειδή οι ζωές, οι περιουσίες και οι επιχειρήσεις βρίσκονται σε διαρκή κίνδυνο, το σχέδιο αντιμετώπισης μίας επείγουσας κατάστασης πρέπει να αποτελεί βασικό στοιχείο του επιχειρηματικού πλάνου κάθε οργανισμού. Πρέπει να σχεδιάζεται από τα υψηλότερα ιεραρχικά επίπεδα κάθε οργανισμού (Casavant, 2007). Επειδή οι άνθρωποι και οι διαδικασίες αλλάζουν, το σχέδιο ασφαλείας πρέπει να υπόκειται σε συνεχή αξιολόγηση και στην απαιτούμενη αναθεώρηση/επικαιροποίηση.

## 2.2. Περιεχόμενα του Σχεδίου Ασφαλείας

Τα βασικά στοιχεία (OSHA 2001) του σχεδίου διαχείρισης της καταστροφής και έκτακτης ανάγκης είναι τα εξής: η συνοπτική περίληψη, τα στοιχεία διαχείρισης των καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, οι διαδικασίες αντιμετώπισης, τα έγγραφα υποστήριξης και οι λίστες πληροφοριών.

### 2.2.1. Συνοπτική Περίληψη

Η συνοπτική περίληψη παρέχει μία σύντομη επισκόπηση του σχεδίου: την πολιτική διαχείρισης της καταστροφής/έκτακτης ανάγκης της εγκατάστασης, αρμοδιότητες και εξουσιοδοτήσεις των στελεχών, τους τύπους των καταστροφών και των καταστάσεων έκτακτης ανάγκης που μπορούν να συμβούν και σε ποιες περιπτώσεις θα χρειαστεί να εφαρμοστούν οι λειτουργίες αντιμετώπισης.

### 2.2.2. Στοιχεία Διαχείρισης των Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης

Αυτό το τμήμα του σχεδίου περιγράφει συνοπτικά την προσέγγιση της διοίκησης του χώρου ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά της διαχείρισης της καταστροφής/έκτακτης ανάγκης τα οποία είναι τα εξής (OSHA 2001):

- κατεύθυνση και έλεγχος
- επικοινωνίες
- ασφάλεια της ζωής
- προστασία της περιουσίας
- αποκατάσταση

Αυτά τα στοιχεία είναι η βάση των διαδικασιών που η διοίκηση του χώρου πρέπει να ακολουθήσει για να προστατεύσει τους παρευρισκόμενους, τον εξοπλισμό και τη συνέχιση της λειτουργίας.

### 2.2.3. Διαδικασίες Απόκρισης/Αντίδρασης

Οι διαδικασίες διευκρινίζουν τον τρόπο ανταπόκρισης σε καταστάσεις καταστροφής/έκτακτης ανάγκης. Όποτε είναι δυνατόν οι διαδικασίες αυτές πρέπει να αναπτύσσονται με τη μορφή λίστας ελέγχου που θα μπορούν να είναι προσβάσιμες από τα ανώτερα στελέχη της διοίκησης, από τους προϊσταμένους των

επιμέρους τμημάτων, από το προσωπικό απόκρισης και από τους υπόλοιπους εργαζόμενους. Οι συγκεκριμένες διαδικασίες θα πρέπει να περιγράφουν λεπτομερώς τις ενέργειες που είναι απαραίτητες και ειδικότερα (OSHA 2001):

1. εκτίμηση της κατάστασης
2. προστασία των εργαζομένων, των παρευρισκομένων χρηστών των υπηρεσιών, του εξοπλισμού, των ζωτικής σημασίας αρχείων και άλλων περιουσιακών στοιχείων
3. επαναφορά σε λειτουργία των δραστηριοτήτων και υπηρεσιών του χώρου

Συγκεκριμένες διαδικασίες ενδέχεται να χρειαστούν σε διάφορες καταστάσεις και λειτουργίες όπως (OSHA 2001):

- η προειδοποίηση των εργαζομένων και των χρηστών των υπηρεσιών
- η επικοινωνία με το προσωπικό απόκρισης και τις τοπικές αρχές
- η διεξαγωγή εκκένωσης και καταμέτρησης όλων των ατόμων που βρίσκονται στην εγκατάσταση
- η διαχείριση των ενεργειών απόκρισης
- η ενεργοποίηση και η λειτουργία ενός κέντρου επιχειρήσεων
- η κατάσβεση πυρκαγιάς
- ο τερματισμός λειτουργιών
- η προστασία ζωτικής σημασίας αρχείων
- η αποκατάσταση των λειτουργιών

#### 2.2.4. Έγγραφα Υποστήριξης

Τα έγγραφα που μπορεί να χρειαστούν σε μία καταστροφή ή έκτακτη ανάγκη περιλαμβάνουν τα εξής (OSHA 2001):

- λίστες έκτακτης ανάγκης όλων των ατόμων εντός κι εκτός του χώρου που πρόκειται να λάβουν μέρος στην αντιμετώπιση της καταστροφής ή έκτακτης ανάγκης, τις αρμοδιότητές του και τον τρόπο επικοινωνίας μαζί τους για ολόκληρη τη διάρκεια του 24ώρου
- χάρτες της τοποθεσίας και σχέδια του χώρου που υποδεικνύουν (Casavant, 2007):
  - ✓ διακόπτες των παροχών των δικτύων κοινής ωφέλειας
  - ✓ κύριες βαλβίδες παροχής νερού
  - ✓ κύριες βαλβίδες παροχής αερίου
  - ✓ διακόπτες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας
  - ✓ αποχετευτικό δίκτυο
  - ✓ κατόψεις
  - ✓ πυροσβεστήρες
  - ✓ έξοδοι
  - ✓ καθορισμένες διαδρομές διαφυγής
  - ✓ υψηλής αξίας εξοπλισμός
  - ✓ γεωγραφική και χωροταξική τοποθεσία του χώρου
  - ✓ πυροσβεστικοί κρουνοί
  - ✓ υποσταθμοί παροχής ηλεκτρικής ενέργειας
  - ✓ σύστημα συναγερμών

- ✓ συστήματα κατάσβεσης πυρκαγιάς
- ✓ κλιμακοστάσια
- ✓ ζώνες περιορισμένης πρόσβασης
- ✓ επικίνδυνα υλικά (περιλαμβάνονται υλικά καθαριότητας και χημικές ουσίες)

### 2.2.5. Λίστες Πληροφοριών

Οι συγκεκριμένοι κατάλογοι περιλαμβάνουν πληροφορίες που θα μπορούσαν να χρειαστούν σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή καταστροφής. Οι κατάλογοι αυτοί παρέχουν πληροφορίες οι οποίες εντοπίζουν σημαντικούς πόρους (εξοπλισμός, προμήθειες, υπηρεσίες) καθώς και οποιεσδήποτε συμφωνίες αμοιβαίας βοήθειας ή ενίσχυσης με άλλους οργανισμούς και υπηρεσίες.

## 2.3. Η Διαδικασία Εκπόνησης του Σχεδίου Ασφαλείας

Η διαδικασία ανάπτυξης του σχεδίου ασφαλείας περιλαμβάνει: τον εντοπισμό των προκλήσεων και την ιεράρχηση των προτεραιοτήτων ως προς τις ενδεδιγμένες ενέργειες, καταγραφή του σχεδίου, θέσπιση προγράμματος εκπαίδευσης και συντονισμός ενεργειών με εξωτερικούς παράγοντες και οργανισμούς. Κατά την εκπόνηση του σχεδίου ασφαλείας (OSHA, 2001) συνίσταται να διερευνάται το σύνολο των δυνητικών καταστάσεων έκτακτης ανάγκης που μπορεί να συμβούν στον εκάστοτε χώρο εργασίας. Επίσης, θα πρέπει να προσαρμοστεί το σχέδιο στο χώρο εργασίας, ώστε να περιέχει πληροφορίες σχετικά με όλες τις δυνητικές πηγές εκτάκτων καταστάσεων. Η εκπόνηση ενός σχεδίου αντιμετώπισης μιας έκτακτης ανάγκης προϋποθέτει την διεξαγωγή ευρείας αξιολόγησης επικινδυνότητας, ώστε να προσδιοριστεί ποιοι φυσικοί ή χημικοί κίνδυνοι, αν υφίστανται, μπορούν να προκαλέσουν επείγουσα κατάσταση (OSHA, 2001).

### 2.3.1. Εντοπισμός των Προκλήσεων και Ιεράρχηση των Ενεργειών

Για τον καθορισμό των συγκεκριμένων στόχων και των ορόσημων που πρέπει να επιτευχθούν, πρέπει να δημιουργηθεί μία λίστα των εργασιών που πρέπει να πραγματοποιηθούν. Επίσης, τα άτομα που θα προβούν στις συγκεκριμένες εργασίες, όπως επίσης και ο χρόνος στον οποίο θα πραγματοποιηθούν τις συγκεκριμένες εργασίες, θα πρέπει επίσης να προσδιορίζονται. Οι διαδικασίες για την αντιμετώπιση των προβληματικών περιοχών και της έλλειψης των πόρων που προσδιορίστηκαν μέσω ανάλυσης τρωτότητας πρέπει επίσης να αναπτυχθούν (FEMA, 1993).

### 2.3.2. Καταγραφή του Σχεδίου

Σε κάθε μέλος της ομάδας εκπόνησης του σχεδίου θα πρέπει να ανατεθεί ένα συγκεκριμένο τμήμα του οποίου την καταγραφή θα αναλάβει. Αυστηρά χρονοδιαγράμματα με συγκεκριμένους στόχους θα πρέπει να προκαθοριστούν. Το χρονοδιάγραμμα θα πρέπει να περιγράφει ρεαλιστικά χρονικά πλαίσια που περιλαμβάνουν ημερομηνίες στόχους για το πρώτο προσχέδιο, τις εκθέσεις, το δεύτερο προσχέδιο, τις ασκήσεις προσομοίωσης, το τελικό προσχέδιο και την εκτύπωση και τη διανομή (FEMA, 1993).

### 2.3.3. Θέσπιση Προγράμματος Εκπαίδευσης

Σε ένα συγκεκριμένο πρόσωπο ή τμήμα θα πρέπει να ανατεθεί η ευθύνη για την ανάπτυξη ενός προγράμματος κατάρτισης και εκπαίδευσης (FEMA, 1993).

### 2.3.4. Συντονισμός με Εξωτερικούς Παράγοντες και Οργανισμούς

Περιοδικές συναντήσεις με τους κατάλληλους κυβερνητικούς φορείς πρέπει να πραγματοποιούνται. Αν και η επίσημη έγκριση τους δεν μπορεί να απαιτηθεί μπορούν να συμβάλλουν με την προσφορά πολύτιμων γνώσεων και πληροφοριών (Gustin, 2007). Ο καθορισμός των ισχυουσών διατάξεων για καταστροφές ή περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης πρέπει να ενσωματωθούν στις διαδικασίες, όπως επίσης και ο καθορισμός πρωτοκόλλων για την εκχώρηση της εποπτείας και του ελέγχου σε εξωτερικούς φορείς. Μερικά από τα θέματα που μπορεί να χρειαστεί να εξεταστούν είναι (FEMA, 1993):

- η πύλη ή η είσοδος που θα χρησιμοποιήσουν οι μονάδες ανταπόκρισης
- που και σε ποιον θα αναφέρονται
- πως θα αναγνωρίζονται
- πως το προσωπικό της εγκατάστασης θα επικοινωνεί με τις εξωτερικές μονάδες ανταπόκρισης
- ποιος θα τεθεί επικεφαλής για τις ενέργειες επέμβασης

Ένα επιπρόσθετο θέμα το οποίο θα πρέπει να καθοριστεί είναι η επανείσοδος στο χώρο μετά την καταστροφή ή την κατάσταση έκτακτης ανάγκης (Gustin, 2007). Το είδος της αναγνώρισης που οι αρχές απαιτούν από το προσωπικό σε θέσεις κλειδιά που μπορεί να χρειαστεί να εισέλθει εκ νέου στο χώρο θα πρέπει να οριστεί. Μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τις ανάγκες των A.M.E.A. και για όσους δεν καταλαβαίνουν τη γλώσσα (FEMA, 1993). Οι προτεραιότητες του σχεδίου έκτακτης ανάγκης μπορεί να επηρεάζονται από κυβερνητικούς κανονισμούς. Για να συμμορφώνεται το σχέδιο με τους προαναφερθέντες κανονισμούς, η ομάδα εκπόνησης του σχεδίου μπορεί να χρειαστεί να ενσωματώσει συγκεκριμένα στοιχεία και λειτουργίες που διαφορετικά μπορεί να θεωρούνταν χαμηλής προτεραιότητας (Gustin, 2007).

### 2.3.5. Διατήρηση Επικοινωνίας με Άλλους Οργανισμούς

Είναι σημαντική η επικοινωνία με άλλα γραφεία ή τμήματα οργανισμών για ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τον προσδιορισμό των διαδικασιών προειδοποίησης για την αντιμετώπιση καταστροφών ή καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, για τον προσδιορισμό των συνθηκών στις οποίες αμοιβαία συνδρομή θα είναι απαραίτητη, για τον τρόπο που οι δύο οργανισμοί θα αλληλοϋποστηριχτούν και για τα ονοματεπώνυμα και τα στοιχεία επικοινωνίας του προσωπικού που καταλαμβάνει θέσεις κλειδιά (FEMA, 1993).

Όταν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες έχουν ενσωματωθεί στις διαδικασίες, το αρχικό προσχέδιο είναι έτοιμο για αξιολόγηση και αναθεώρηση. Η διαδικασία της αναθεώρησης επιτρέπει τον εντοπισμό των ενδεχόμενων περιοχών σύγχυσης που πρέπει να αποσαφηνιστούν ή να τροποποιηθούν πριν την εφαρμογή του σχεδίου (Gustin, 2007).

### 2.3.6. Έγκριση και Διανομή του Σχεδίου

Η γραπτή έγκριση του σχεδίου από τον διευθύνοντα σύμβουλο του οργανισμού προηγείται της διανομής του σχεδίου. Κάθε άτομο που λαμβάνει αντίγραφο του εγκεκριμένου σχεδίου οφείλει να υπογράψει γι' αυτό και να αναλάβει την ευθύνη για όλες τις μεταγενέστερες αλλαγές. Το τελικό σχέδιο θα πρέπει να διανεμηθεί στους κόλπους του οργανισμού (FEMA, 1993):

- στο διευθύνοντα σύμβουλο και τα ανώτερα διευθυντικά στελέχη
- στα βασικά μέλη της ομάδας απόκρισης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης
- στην έδρα του οργανισμού
- στις υπηρεσίες και τους φορείς ανταπόκρισης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης

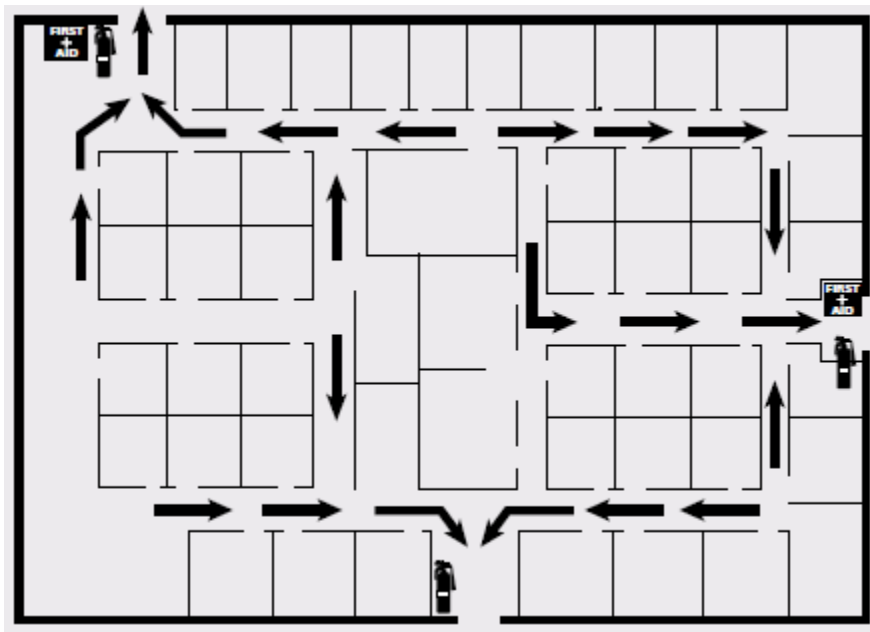
Επιπρόσθετα, αντίγραφα θα πρέπει να είναι διαθέσιμα στα βασικά στελέχη του οργανισμού, στα οποία προτείνεται να διατηρούν επιπλέον αντίγραφο εκτός του γραφείου γιατί σε περίπτωση ανάγκης μπορεί η πρόσβαση στο γραφείο να μην είναι εφικτή (Gustin, 2007).

Το σχέδιο ασφαλείας πρέπει να περιέχει όλες τις συναφείς πληροφορίες που επιτρέπουν το σχεδιασμό, την επιβίωση και την αποκατάσταση των ζημιών από μια επείγουσα κατάσταση. Η συγκεκριμένη διαδικασία απαιτεί την αξιολόγηση του χώρου, του είδους της δραστηριότητας και την γεωγραφική χωροθέτηση. Το σχέδιο πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομερή στοιχεία για να επιτυγχάνεται η επικοινωνία με τους επιφορτισμένους να προσφέρουν βοήθεια στην περίπτωση επείγουσας κατάστασης.

## 2.4. Βασικά Στοιχεία του Σχεδίου Ασφαλείας

Το σχέδιο αντιμετώπισης μίας επείγουσας κατάστασης, κατ' ελάχιστο, πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία (OSHA, 2001):

- μία προτεινόμενη/προκαθορισμένη μεθοδολογία για την αναφορά πυρκαγιάς ή άλλης επείγουσας κατάστασης
- μία πολιτική εκκένωσης και τη διαδικασία πραγματοποίησής της
- διαδικασίες επείγουσας διαφυγής και καθορισμένες (χαραγμένες) διαδρομές διαφυγής Εικόνα 2.1, όπως σχέδια κατόψεων, σχέδια κατόψεων του χώρου εργασίας και ασφαλείς περιοχές ή καταφύγια



Εικόνα 2.1: Κάτοψη διαδρομών διαφυγής  
[Πηγή: OSHA, 2001]

- ονοματεπώνυμα, τίτλους, τμήματα και τηλεφωνικούς αριθμούς των εμπλεκόμενων προσώπων, τόσο εκτός όσο και εντός του χώρου εργασίας, ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία για επιπλέον πληροφορίες και πρόσθετες εξηγήσεις για τα καθήκοντα (τις αρμοδιότητες) και τις ευθύνες στο πλαίσιο του σχεδίου έκτακτης ανάγκης
- διαδικασίες για τους εργαζόμενους που παραμένουν για την εκτέλεση ή τον τερματισμό κρίσιμων λειτουργιών των εγκαταστάσεων, για την εκτέλεση επιχειρήσεων κατάσβεσης πυρκαγιών ή για την



εκτέλεση άλλων σημαντικών εργασιών που δεν μπορούν να τερματιστούν για κάθε συναγερμό έκτακτης ανάγκης πριν την ολοκλήρωση της διαδικασίας της εκκένωσης

- αρμοδιότητες στους εργαζόμενους που έχουν επιφορτιστεί με την ευθύνη για την πραγματοποίηση επιχειρήσεων διάσωσης και παροχής πρώτων βοηθειών

Επίσης, μπορεί να περιλαμβάνεται στο σχέδιο ασφαλείας ο καθορισμός της θέσης συγκέντρωσης και των διαδικασιών στις οποίες πρέπει να προβούν οι εργαζόμενοι μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της εκκένωσης. Επιπρόσθετα, προαιρετικά στοιχεία που μπορούν να περιληφθούν στο σχέδιο ασφαλείας είναι (OSHA, 2001):

- η τοποθεσία ενός εφεδρικού κέντρου επικοινωνιών το οποίο θα χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση πυρκαγιάς και/ή έκρηξης
- ένας ασφαλής χώρος εντός ή εκτός του χώρου εργασίας για την αποθήκευση των πρωτότυπων ή αντίγραφων λογιστικών, νομικών και άλλων σημαντικών εγγράφων

Ειδικότερα, στην περίπτωση που η επείγουσα κατάσταση είναι η πυρκαγιά υπάρχουν επιπρόσθετα στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνονται στο σχέδιο ασφαλείας (Casavant, 2007). Συγκεκριμένα, για κάθε εγκατάσταση πρέπει να έχει εκπονηθεί ένα σχέδιο πρόληψης της εκδήλωσης πυρκαγιάς. Το συγκεκριμένο σχέδιο πρέπει να είναι προσαρμοσμένο για την περίπτωση πυρκαγιάς. Οι εργαζόμενοι πρέπει να είναι εκπαιδευμένοι σε πτυχές του σχεδίου που αφορά την έκθεσή τους στη συγκεκριμένη απειλή. Τα στοιχεία που πρέπει να συγκροτούν το εξειδικευμένο σχέδιο αντιμετώπισης της επείγουσας κατάστασης λόγω πυρκαγιάς είναι (Casavant, 2007):

- ένας κατάλογος με τους παράγοντες επικινδυνότητας ως προς την πρόκληση πυρκαγιάς που υπάρχουν στον χώρο εργασίας
- τα στοιχεία των υπαλλήλων που είναι υπεύθυνοι για τον εντοπισμό των επικίνδυνων πηγών για πρόκληση πυρκαγιάς
- τα στοιχεία των υπαλλήλων που είναι υπεύθυνοι για τον εξοπλισμό πυρόσβεσης και τη σήμανση σχετικού συναγερμού για την πυρκαγιά
- τις διαδικασίες καθαριότητας που περιορίζουν την επικινδυνότητα των εύφλεκτων υλικών και των καυσίμων
- τις τεχνικές και τη συχνότητα κατάρτισης των εργαζομένων

Σε ένα σχέδιο ασφαλείας ένας συγκεκριμένος αριθμός εργαλείων (Casavant, 2007). μπορούν να βοηθήσουν τις ομάδες έρευνας και διάσωσης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τα περισσότερα από τα συγκεκριμένα εργαλεία είναι άμεσα διαθέσιμα στους σχεδιαστές του σχεδίου ασφαλείας όπως είναι οι κατόψεις στις οποίες σημειώνονται οι έξοδοι, οι θέσεις του εξοπλισμού πυρόσβεσης και του εξοπλισμού πρώτων βοηθειών. Κατά την έναρξη του σχεδιασμού του σχεδίου ασφαλείας το πρώτο βήμα πρέπει να είναι η απόκτηση ενός επικαιροποιημένου αντιγράφου των κατόψεων. Ο στόχος των κατόψεων είναι να προσδιοριστούν παράθυρα, πόρτες, έξοδοι κινδύνου, πίνακες συναγερμού, πυροσβεστικές φωλιές και άλλα στοιχεία που χρησιμεύουν σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Κατά την εκπόνηση μίας κάτοψης έκτακτης ανάγκης πρέπει να συμπεριλαμβάνονται λεπτομέρειες και πληροφορίες όπως οι ακόλουθες (Gustin, 2007):

- σύστημα απορροής: αποχέτευση όμβριων
- έξοδοι διαφυγής: καθορισμένες οδοί διαφυγής, σκάλες, παράθυρα, πόρτες, έξοδοι κινδύνου, περιοχές που χρησιμοποιούνται στα στάδια της διαδικασίας της εκκένωσης

- πυρασφάλεια: σταθμοί έναρξης συναγερμού πυρκαγιάς, εξοπλισμός κατάσβεσης, ανιχνευτές καπνού, βαλβίδες ελέγχου ψεκασμού και εκτόξευσης νερού, πίνακες συναγερμού
- πρώτες βοήθειες: κουτιά και σταθμοί πρώτων βοηθειών
- ειδικές περιοχές/εγκαταστάσεις: δωμάτια εξοπλισμού, δωμάτια τηλεπικοινωνιών, ζώνες περιορισμένης πρόσβασης, αποθηκευτικοί χώροι
- δίκτυα κοινής ωφέλειας: δίκτυο και βαλβίδες φυσικού αερίου, δίκτυο και βαλβίδες νερού, αποχετευτικό σύστημα
- σύστημα παροχής ενέργειας: θέσεις γεννητριών και διακοπών ενεργοποίησης, τοποθεσία συστήματος αδιάλειπτης παροχής ενέργειας

## 2.5. Ομάδα Εκπόνησης του Σχεδίου Ασφαλείας

Για την εκπόνηση του σχεδίου ασφαλείας πρέπει να υπάρχει, είτε ένα άτομο, είτε μία ομάδα ατόμων που να έχει την ευθύνη της ανάπτυξης του σχεδίου διαχείρισης και αντιμετώπισης της έκτακτης ανάγκης και του σχεδίου αποκατάστασης (FEMA, 1993):. Τα παρακάτω αποτελούν στοιχεία για τον τρόπο με βάση τον οποίο προτείνεται να συγκροτηθεί η ομάδα σχεδιασμού.

### 2.5.1. Μορφή της Ομάδας Σχεδιασμού

Το μέγεθος της ομάδας σχεδιασμού εξαρτάται από τη λειτουργία, τις απαιτήσεις και τους πόρους της εγκατάστασης για την οποία προορίζεται το σχέδιο. Εμπλέκοντας μία ομάδα ανθρώπων είναι ιδιαίτερα αποδοτικό γιατί (FEMA, 1993):

- ενθαρρύνει τη συμμετοχή και προσελκύει περισσότερα άτομα να έχουν ενεργό εμπλοκή στη διαδικασία
- αυξάνει το μέγεθος του χρόνου και της ενέργειας που οι συμμετέχοντες είναι διατεθειμένοι να προσφέρουν
- ενισχύει και βελτιώνει τη διαφάνεια και το κύρος της διαδικασίας σχεδιασμού
- παρέχει μία σφαιρικότερη και ευρύτερη αντίληψη των θεμάτων που υπεισέρχονται στο σχέδιο ασφαλείας

Μολονότι κάποια άτομα θα προσφέρουν τις υπηρεσίες τους ως ενεργά μέλη, ενώ άλλα θα λειτουργήσουν συμβουλευτικά, δεδομένα από όλα τα τμήματα του συγκεκριμένου χώρου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Τα συγκεκριμένα τμήματα είναι τα εξής (FEMA, 1993):

- ανώτερα ιεραρχικά κλιμάκια της διοίκησης
- ενδιάμεσα κλιμάκια της διοίκησης
- εργαζόμενοι
- διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού
- ασφάλεια, υγεία, περιβαλλοντικά θέματα
- δημόσιες σχέσεις και πληροφορίες
- ασφάλεια
- πωλήσεις και marketing
- νομική υπηρεσία

- χρηματοοικονομικά και αγορά

Ανεξάρτητα από το ρόλο που εξυπηρετούν όλα τα μέλη της ομάδας σχεδιασμού, θα πρέπει να καθοριστούν γραπτώς από τα ανώτερα ιεραρχικά κλιμάκια της διοίκησης. Οι περιγραφές των θέσεων εργασίας τους θα μπορούσαν να αντικατοπτρίζουν την αποστολή τους.

### 2.5.2. Καθιέρωση Ιεραρχίας και Αρμοδιοτήτων

Βασικό στοιχείο αποτελεί να αποδεικνύεται η δέσμευση της διοίκησης και η προώθηση κλίματος συνεργασίας, εξουσιοδοτώντας την ομάδα σχεδιασμού να λάβει τα αναγκαία μέτρα για την κατάρτιση του σχεδίου. Η ομάδα σχεδιασμού θα πρέπει να καθοδηγείται από τον επικεφαλής της ο οποίος μπορεί να είναι ο διευθύνων σύμβουλος ή ο διευθυντής του προγράμματος. Πρέπει να καθιερώνονται σαφή όρια αρμοδιοτήτων μεταξύ της ηγεσίας και των μελών της ομάδας, χωρίς ωστόσο οι διαχωριστικές γραμμές των ορίων να είναι πολύ άκαμπτες, ώστε να μην παρεμποδίζεται η ελεύθερη ροή ιδεών (FEMA, 1993).

### 2.5.3. Στοιχεία Διαχείρισης των Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης

Αυτό το τμήμα του σχεδίου περιγράφει συνοπτικά την προσέγγιση της διοίκησης του χώρου ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά της διαχείρισης της καταστροφής/έκτακτης ανάγκης τα οποία είναι τα εξής (FEMA, 1993):

- κατεύθυνση και έλεγχος
- επικοινωνίες
- ασφάλεια της ζωής
- προστασία της περιουσίας
- αποκατάσταση

Αυτά τα στοιχεία είναι η βάση των διαδικασιών που η διοίκηση του χώρου πρέπει να ακολουθήσει για να προστατεύσει τους παρευρισκόμενους, τον εξοπλισμό και για τη συνέχιση της λειτουργίας.

### 2.5.4. Καθορισμός της Αποστολής

Ο διευθύνων σύμβουλος ή ο διευθυντής του προγράμματος θα πρέπει να καθορίσει την αποστολή της ομάδας, αποδεικνύοντας έτσι τη δέσμευση του οργανισμού στην προσπάθεια αποκατάστασης των καταστροφών. Η αποστολή πρέπει να περιέχει τα εξής (FEMA, 1993):

- να καθορίζει το σκοπό του σχεδίου και να καταδεικνύει ότι συμπεριλαμβάνει ολόκληρο τον οργανισμό
- να καθορίζει τη διάρθρωση και τις αρμοδιότητες της ομάδας

### 2.5.5. Καθορισμός του Χρονοδιαγράμματος και του Προϋπολογισμού

Ένα χρονοδιάγραμμα των εργασιών και οι προθεσμίες σχεδιασμού θα πρέπει να καθοριστούν. Τα χρονικά περιθώρια μπορούν να υπόκεινται σε τροποποίηση καθώς οι προτεραιότητες αποσαφηνίζονται περισσότερο (FEMA, 1993). Ένας προκαταρκτικός προϋπολογισμός πρέπει να αναπτυχθεί για να καλύψει τις δαπάνες που προκύπτουν από την έρευνα, την εκτύπωση, τα σεμινάρια, τις συμβουλευτικές υπηρεσίες και άλλες δαπάνες που μπορεί να είναι αναγκαίες κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξης του σχεδίου ασφαλείας.

## 2.6. Ομάδα Διαχείρισης & Υλοποίησης του Σχεδίου Ασφαλείας

Κάθε καλό σχέδιο ασφαλείας πρέπει να υποστηρίζεται από μία ομάδα αφοσιωμένων ανθρώπων (Casavant, 2007). Το σχέδιο ασφαλείας είναι απλά ένα εγχειρίδιο αναφοράς. Υπάρχουν αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν. Κατευθύνσεις πρέπει να δίνονται. Η αλληλεπίδραση των ανθρώπων και της ηγεσίας είναι απαραίτητη. Το σχέδιο ασφαλείας λαμβάνει σάρκα και οστά όταν κάποιος το παραλάβει και το χρησιμοποιήσει. Επιπρόσθετα, η λειτουργία της διαχείρισης του σχεδίου έκτακτης ανάγκης δεν είναι υπόθεση ενός μόνο ανθρώπου. Αντίθετα, εμπλέκεται μία ομάδα ανθρώπων, εκ των οποίων καθένας έχει συγκεκριμένο σκοπό (Casavant, 2007).

Η δημιουργία μίας ομάδας διαχείρισης του σχεδίου ασφαλείας είναι απαραίτητη στα πρώτα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού. Ειδικοί θα χρειαστούν από όλα τα τμήματα του οργανισμού. Αν η ομάδα διαχείρισης του σχεδίου αποτελείται από υπαλλήλους με παρόμοιο υπόβαθρο, μόρφωση, καθήκοντα που προέρχονται από το ίδιο τμήμα τότε το σχέδιο που θα γραφτεί θα είναι μονόπλευρο και ενδεχομένως ανεπαρκές. Πολύτιμοι ειδικοί εκτός του τμήματος δεν θα αξιοποιηθούν, επομένως πρέπει να συσταθεί μια ευρεία, αντιπροσωπευτική και πολυσυλλεκτική ομάδα εργαζομένων στην ομάδα. Η συγκεκριμένη ομάδα θα παρουσιάζει την τάση να αυξάνεται καθώς το σχέδιο θα γίνεται πραγματικότητα (Casavant, 2007).

Το χρονικό διάστημα για το οποίο το κάθε μέλος θα παραμένει στη συγκεκριμένη ομάδα είναι υποκειμενικό. Σε πολλούς οργανισμούς γίνεται εναλλαγή των εργαζομένων που συμμετέχουν στην ομάδα σε ετήσια βάση. Η στόχευση της συγκεκριμένης πολιτικής πηγάζει από την πεποίθηση ότι παρέχοντας τη δυνατότητα σε περισσότερους εργαζομένους να συμμετέχουν στην ομάδα γίνεται εφικτό για μεγαλύτερο αριθμό εργαζομένων να σέβεται το σχέδιο ασφαλείας και να είναι σε θέση να αντιδράσει κατά τη διάρκεια μίας κρίσης (Casavant, 2007). Επίσης, θεωρείται ότι στην περίπτωση που μέλος της ομάδας εγκαταλείπει τον οργανισμό, η κενή θέση μπορεί να καλυφθεί άμεσα. Ωστόσο, η συγκεκριμένη πολιτική, έχει ορισμένες αρνητικές επιπτώσεις. Αν οι ειδικοί της ομάδας, φεύγουν κάθε χρόνο και αναλαμβάνουν στη θέση τους εργαζόμενοι που δεν είναι έμπειροι και ενδεχομένως χωρίς κίνητρα τότε χάνεται η συνοχή και η συνέχεια της ομάδας. Προκειμένου, να αποφευχθεί ένα τέτοιο ενδεχόμενο αντί της εναλλαγής στο σύνολο των μελών της ομάδας, μπορεί η εναλλαγή να περιοριστεί σε λιγότερες θέσεις της ομάδας (Casavant, 2007). Με το συγκεκριμένο τρόπο ο κορμός της ομάδας παραμένει σταθερός, ενώ παράλληλα εργαζόμενοι με νέες ιδέες και οπτικές μπορούν να εισάγονται.

## 2.7. Σύστημα Συναγερμού

Το σύστημα συναγερμού και ειδοποίησης (Casavant, 2007) είναι αναπόσπαστο στοιχείο του συνολικού συστήματος διαχείρισης του σχεδίου ασφαλείας. Το σύστημα πρέπει να είναι λειτουργικό και διαθέσιμο όλες τις ώρες της ημέρας και της νύχτας. Πρέπει να συντηρείται συχνά και να ελέγχεται σε τακτική βάση. Η σε βάθος κατανόηση του συστήματος συναγερμού συνιστά βασικό πλεονέκτημα που συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Το σύστημα συναγερμού (Casavant, 2007) πρέπει να μπορεί να γίνει αντιληπτό υπερκαλύπτοντας το μέγιστο επίπεδο θορύβου στο χώρο εργασίας. Σε συγκεκριμένα τμήματα που κάτι τέτοιο δεν μπορεί να επιτευχθεί, λόγω υψηλού επιπέδου θορύβου, συνιστάται η τοποθέτηση ενός επιπρόσθετου δευτερεύοντος συστήματος συναγερμού το οποίο ενδεχομένως να ενσωματώνει στοιχεία οπτικής ειδοποίησης. Ένας ηχητικός συναγερμός σε συνδυασμό με οπτικό σήμα παρέχει καλύτερη προστασία.

Το σχέδιο ασφαλείας πρέπει να περιλαμβάνει ένα τρόπο ειδοποίησης των εργαζομένων, συμπεριλαμβανομένων και αυτών με ειδικές ανάγκες, να προχωρήσουν σε εκκένωση ή να προβούν σε άλλες ενέργειες και τον τρόπο αναφοράς καταστάσεων έκτακτης ανάγκης όπως απαιτείται. Μεταξύ των μέτρων που πρέπει να ληφθούν είναι τα ακόλουθα (OSHA 2001):

- η βεβαίωση ότι οι συναγερμοί είναι διακριτοί και αναγνωρίζονται από όλους τους εργαζόμενους ως ένα σήμα για την εκκένωση του χώρου εργασίας ή για την εκτέλεση σχετικών ενεργειών όπως αυτές έχουν προσδιοριστεί στο σχέδιο
- η διαθεσιμότητα ενός συστήματος επικοινωνίας έκτακτης ανάγκης όπως ένα δημόσιο σύστημα επικοινωνιών, ένα σύστημα φορητής επικοινωνίας ή άλλο μέσο για την ειδοποίηση των εργαζομένων καθώς και την επικοινωνία με την αστυνομία, την πυροσβεστική υπηρεσία και άλλους συναρμόδιους φορείς
- η διασφάλιση ότι η ειδοποίηση για την έκτακτη ανάγκη θα είναι εφικτό να ακουστεί, να είναι ορατή ή να γίνει αντιληπτή από όλους στο χώρο εργασίας. Επίσης, μπορεί να υπάρχει εγκατεστημένο βοηθητικό σύστημα παροχής ισχύος για την περίπτωση που προκληθεί διακοπή της ηλεκτρικής ενέργειας

Σημαντικό στοιχείο του συστήματος συναγερμού και ειδοποίησης είναι η αξιολόγησή του (Casavant, 2007). Ένα σύστημα που λειτουργεί για περισσότερα από πέντε έτη πρέπει να διερευνάται για δυνητικές βλάβες. Αν το σύστημα λειτουργεί για περισσότερα από δέκα έτη είναι ευάλωτο σε συχνές και δαπανηρές βλάβες. Εξοπλισμός ειδοποίησης για περισσότερο από είκοσι έτη πρέπει να αξιολογείται και να δρομολογείται η διαδικασία αντικατάστασής του.

### 3. Σχεδιασμός Εκκένωσης

#### 3.1. Γενικά

Βασικό στοιχείο του σχεδίου ασφαλείας αποτελεί το σχέδιο εκκένωσης, καθώς η έγκαιρη και οργανωμένη απομάκρυνση του πληθυσμού, από την περιοχή εμφάνισης ενός κρίσιμου συμβάντος, είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος μείωσης των επιπτώσεων και συνεπώς του συνολικού κινδύνου (OSHA, 2001). Συγκεκριμένα, σε περίπτωση πυρκαγιάς, μία άμεση εκκένωση σε μια προκαθορισμένη περιοχή μακριά από την εγκατάσταση μπορεί να είναι αναγκαία. Μία ανοργάνωτη διαδικασία εκκένωσης μπορεί να οδηγήσει σε σύγχυση, στην αύξηση του απαιτούμενου χρόνου, σε εγκλωβισμό, τραυματισμούς και υλικές ζημιές (OSHA, 2001). Επομένως, αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο κατά την εκπόνηση του σχεδίου έκτακτης ανάγκης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα (OSHA, 2001):

- οι προϋποθέσεις στις οποίες η εκκένωση κρίνεται αναγκαία
- η δημιουργία μίας σαφώς καθορισμένης αλυσίδας εντολών. Προσδιορισμός του προσωπικού που είναι εξουσιοδοτημένο να δώσει εντολή για την έναρξη διαδικασίας εκκένωσης ή τη διακοπή της λειτουργίας του χώρου. Καθορισμός εποπτών εκκένωσης για να βοηθούν τους άλλους, να καθοδηγούν τη διαδικασία εκκένωσης και να παρακολουθούν το προσωπικό
- ο καθορισμός συγκεκριμένων διαδικασιών εκκένωσης συμπεριλαμβανομένων των διαδρομών και των εξόδων. Οι συγκεκριμένες διαδικασίες και ακολουθίες εκκένωσης πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμες σε όλους τους εργαζομένους. Καθορισμός ενός συστήματος παρακολούθησης, μέτρησης και μετακίνησης του προσωπικού
- ο καθορισμός διαδικασιών για την βοήθεια των Α.Μ.Ε.Α. και αυτών που δεν καταλαβαίνουν τη γλώσσα
- η ανάρτηση των διαδικασιών και των σταδίων της εκκένωσης σε εμφανή σημεία
- η εξουσιοδότηση προσωπικού για τη συνέχεια ή τον τερματισμό κρίσιμων λειτουργιών, ενώ η εκκένωση είναι σε εξέλιξη. Το συγκεκριμένο προσωπικό πρέπει να είναι ικανό να αναγνωρίσει πότε πρέπει να εγκαταλείψει τη συγκεκριμένη λειτουργία και να προχωρήσουν σε εγκατάλειψη του χώρου, δηλαδή να ακολουθήσουν τη διαδικασία εκκένωσης
- ο συντονισμός με τον αρμόδιο τοπικό φορέα πολιτικής προστασίας

Σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης μπορεί να κριθεί απαραίτητη η εκκένωση ενός χώρου. Η εύρυθμη και ολοκληρωμένη εκκένωση όλων των εμπλεκόμενων (εργαζόμενων, επισκεπτών, χρηστών υπηρεσιών) ατόμων απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και πρόληψη για διαδρομές διαφυγής και σύστημα καταμέτρησης όλων των ατόμων μετά τη διαδικασία της εκκένωσης. Με τον κατάλληλο σχεδιασμό που λαμβάνει υπόψη όλους τους παράγοντες, γρήγορες και εύρυθμες διαδικασίες εκκένωσης μπορούν να πραγματοποιηθούν με ελάχιστα προβλήματα.

Το είδος της κατάστασης έκτακτης ανάγκης και η δυνητική απειλή ως προς την ασφάλεια των ατόμων αποτελούν τα βασικά κριτήρια που καθορίζουν το αν θα δοθεί εντολή εκκένωσης. Ένα γραπτό σχέδιο εκκένωσης είναι απαραίτητο για δύο λόγους. Πρώτον, γιατί ένα γραπτό σχέδιο παρέχει σε όλους τους ευρισκόμενους σε ένα χώρο συγκεκριμένες πληροφορίες για εύρυθμη εκκένωση σε περίπτωση που συνιστά έκτακτη ανάγκη και δεύτερον, γιατί το γραπτό σχέδιο εκκένωσης ικανοποιεί τις προϋποθέσεις για ένα ασφαλές και υγιεινό εργασιακό περιβάλλον.

## 3.2. Μέσα Εξόδου

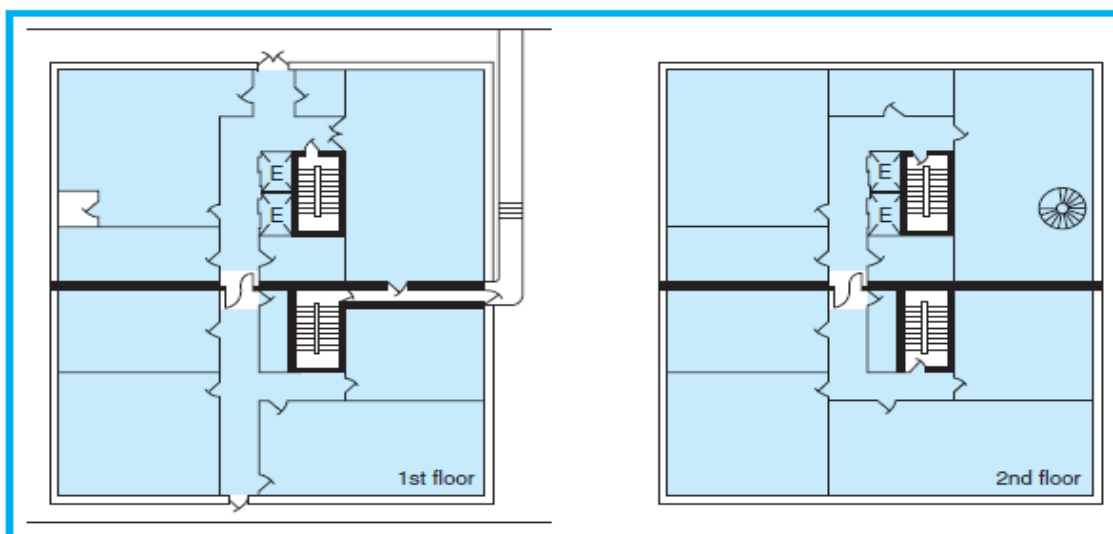
### 3.2.1. Κατηγορίες Μέσων Εξόδου

Ως μέσα εξόδου νοούνται οι συνεχείς και απρόσκοπτοι δρόμοι μετακίνησης από ένα σημείο ενός συγκεκριμένου χώρου σε ένα δημόσιο δρόμο που αποτελούνται από τρεις ξεχωριστές και διακριτές συνιστώσες και πρέπει να παρέχονται από κάθε θέση εντός της εγκατάστασης (Gustin, 2007). Είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται προέρχονται από τις εκκενώσεις κτιριακών εγκαταστάσεων. Οι συγκεκριμένες συνιστώσες είναι (Gustin, 2007):

- η πρόσβαση στην έξοδο
- η έξοδος
- η έξοδος της εκκένωσης

**Πρόσβαση στην έξοδο:** Η πρόσβαση στην έξοδο είναι εκείνη η συνιστώσα που οδηγεί σε μία έξοδο (OSHA, 2003). Για παράδειγμα, η πρόσβαση στην έξοδο περιλαμβάνει αίθουσες και χώρους που καταλαμβάνουν άνθρωποι, καθώς επίσης πόρτες, διαδρόμους, σκάλες και ράμπες που πρέπει να διανυθούν για την προσέγγιση μίας εξόδου (Gustin, 2007).

Διάφοροι χώροι που συνιστούν χώρους πρόσβασης στην έξοδο παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1 με τη μορφή σκιαγραφημένων περιοχών. Όλοι οι χώροι που καταλαμβάνονται και διασχίζονται μέχρι την κατάληξη σε μία έξοδο θεωρούνται τμήμα της πρόσβασης στην έξοδο, των μέσων εξόδου (Cote, Harrington, 2009). Η σκιαγράφηση που φαίνεται στο Σχήμα 3.1 υποδεικνύει ότι η πρόσβαση στην έξοδο αποτελείται από περισσότερες επιφάνειες δαπέδου σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο συστατικό των υπολοίπων μέσων εξόδου. Σημειώνεται ότι οι ανελκυστήρες είναι σκιαγραφημένοι προκειμένου να καταδειχθεί ότι είναι εντός της πρόσβασης στην έξοδο. Οι ανελκυστήρες δεν επιτρέπεται να χρησιμεύσουν ως συνιστώσες των μέσων του συστήματος εξόδου. Οι παρευρισκόμενοι στο χώρο πρέπει να εφοδιάζονται με στοιχεία εξόδου ανεξάρτητα από τους ανελκυστήρες. Παρ' όλα αυτά τα άτομα που βρίσκονται στους ανελκυστήρες κατά την εκδήλωση της έκτακτης ανάγκης πρέπει να εξέλθουν και η μετακίνηση από τον ανελκυστήρα στο διάδρομο είναι η πρόσβαση στην έξοδο για τα συγκεκριμένα άτομα. Επίσης, άτομα που βρίσκονται στην κυκλική σκάλα κατά την εκδήλωση της έκτακτης ανάγκης πρέπει να προβούν στις ίδιες ενέργειες και θεωρείται ότι η μετακίνηση από την κυκλική σκάλα στο διάδρομο είναι η πρόσβαση στην έξοδο (Cote, Harrington, 2009).



Σχήμα 3.1: Χώροι που συνιστούν πρόσβαση στην έξοδο

[Πηγή: [Cote, Harrington, 2009]]

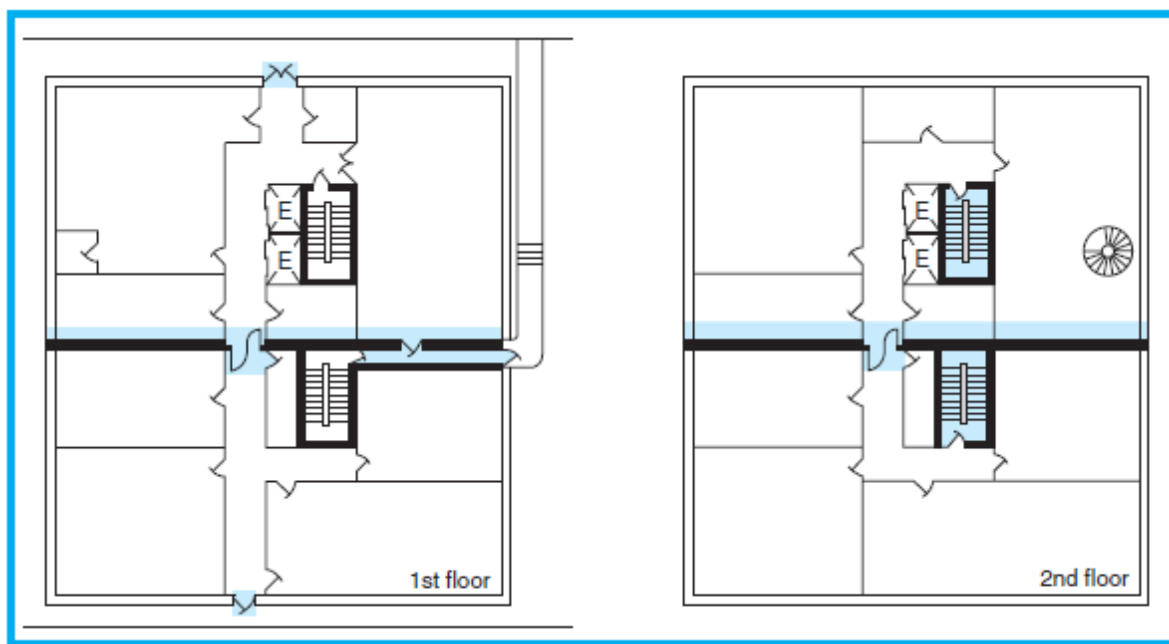
**Έξοδος:** Η έξοδος είναι εκείνη η συνιστώσα που είναι ξεχωριστή από όλους τους άλλους χώρους, είτε από την κατασκευή της - η οποία πρέπει να έχει τον ελάχιστο απαιτούμενο βαθμό αντοχής σε πυρκαγιά - , είτε από τον εξοπλισμό της έτσι ώστε να παρέχεται ένας προστατευμένος τρόπος μετακίνησης στο σημείο εξόδου της εκκένωσης (Gustin, 2007). Η έξοδος μπορεί να περιλαμβάνει διατάξεις θυρών, σκάλες, ράμπες, πυράντοχα περιβλήματα, διόδους εξόδου και εξωτερικά μπαλκόνια. Σε κάθε περίπτωση τα στοιχεία εξόδου απαιτείται να συμμορφώνονται στις προδιαγραφές των κανονισμών για την πυροπροστασία, τις διαστάσεις και τη διάταξη. Στην απλούστερη μορφή της μία έξοδος είναι μία πόρτα ή μία μορφή θύρας που ανοίγει κατευθείαν προς τα έξω (Cote, Harrington, 2009). Τέτοιου είδους πόρτες ή ανοίγματα παρέχουν τον απαιτούμενο προστατευμένο τρόπο μετακίνησης μέχρι την έξοδο της εκκένωσης. Μία έξοδος, εκτός από μία πόρτα που ανοίγει προς τα έξω, πρέπει να παρέχει μία προστατευμένη διαδρομή.

Στην περίπτωση των κλιμακοστασίων η έξοδος περιλαμβάνει την πόρτα του συγκροτήματος που οδηγεί στο κλιμακοστάσιο, το περίβλημα της σκάλας, τα σκαλοπάτια και τα πλατύσκαλα και την πόρτα του συγκροτήματος από το περίβλημα στο εσωτερικό ή εξωτερικό της εξόδου της εκκένωσης (Cote, Harrington, 2009).

Η είσοδος σε ένα περίβλημα εξόδου είναι μέρος της εξόδου και συνήθως αποτελείται από μία πυράντοχη πόρτα που διασφαλίζει την προστατευμένη είσοδο σε μία προστατευμένη περιοχή. Μία πυράντοχη πόρτα ενός συγκροτήματος δεν αποτελεί πάντα ένδειξη της εισόδου σε μία έξοδο.

Διάφορα χαρακτηριστικά των κτιρίων, όταν είναι κατασκευασμένα και διαρρυθμισμένα κατάλληλα, μπορούν να αποτελέσουν μία έξοδο.

Διάφοροι τύποι εξόδων που μπορεί να προκύψουν παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.2 με τη μορφή σκιαγραφημένων περιοχών.



Σχήμα 3.2: Διάφοροι τύποι εξόδων  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Αναλύοντας το Σχήμα 3.2 βλέπουμε ότι στο δεύτερο όροφο οι εξοδοί περιλαμβάνουν:

- δύο σκάλες εξόδου, οι οποίες περικλείονται από υλικά με υψηλή αντίσταση σε πυρκαγιά που έχουν αξιολογηθεί ως πυράντοχα, με πόρτες που κλείνουν αυτόματα
- οριζόντιες εξόδους, οι οποίες αποτελούνται από υλικά με υψηλή αντίσταση σε πυρκαγιά και περιλαμβάνουν δύο κάθετες στο διάδρομο πυράντοχες πόρτες που κλείνουν αυτόματα και διαχωρίζουν πλήρως το επίπεδο σε δύο διαμερίσματα ως προς την πυρκαγιά

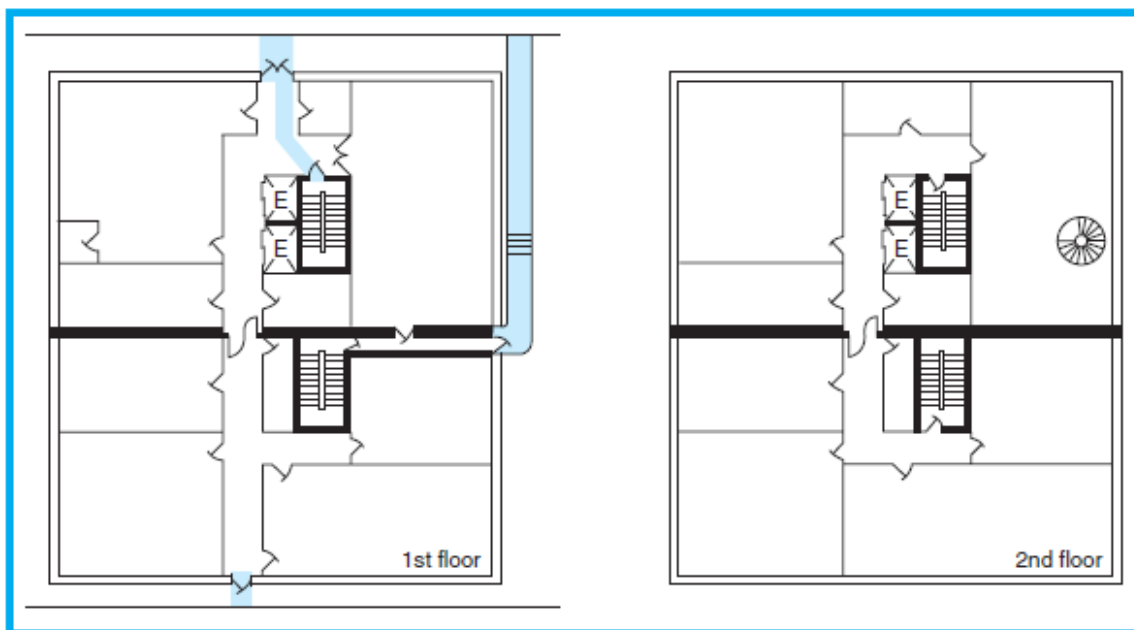


Στον πρώτο όροφο οι εξοδοι περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- δύο θύρες συγκροτημάτων από το διάδρομο κατευθείαν προς τα έξω
- οριζόντια εξόδος που είναι μία κατακόρυφη προέκταση και ως εκ τούτου παρόμοια με την ανάλογη έξοδο που βρίσκεται στον ανώτερο όροφο
- μία δίοδος εξόδου που συνδέει μία από τις σκάλες των εξόδων του δεύτερου ορόφου απευθείας με εξωτερικό χώρο και διαχωρίζεται από το υπόλοιπο του πρώτου ορόφου από πυράντοχα υλικά και αυτόματες θύρες εκτός από τη θύρα του συγκροτήματος που οδηγεί σε εξωτερικό χώρο

**Έξοδος της εκκένωσης:** Η τρίτη συνιστώσα από την οποία αποτελείται ένα μέσο εξόδου είναι η έξοδος της εκκένωσης, ή η πορεία της διαδρομής από τη λήξη της εξόδου σε ένα δημόσιο δρόμο (OSHA 2003). Δεδομένου ότι κάποιες εξοδοι δεν καταλήγουν απευθείας σε δημόσιο δρόμο, η πορεία της διαδρομής μπορεί να είναι εντός ή εκτός του ίδιου χώρου. Σε κάθε περίπτωση ο σκοπός είναι να παρέχονται στους παρευρισκόμενους στο χώρο τα μέσα για να ενεργήσουν με ασφάλεια (Gustin, 2007).

Οι μορφές εξόδου της εκκένωσης παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.3 με τη μορφή σκιαγραφημένων περιοχών. Επειδή οι χρήστες εξέρχονται από το κτίριο στον πρώτο όροφο δεν υπάρχει έξοδος της εκκένωσης στο δεύτερο όροφο.



Σχήμα 3.3: Χώροι που συνιστούν έξοδο της εκκένωσης  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Οι εξοδοι εκκένωσης στον πρώτο όροφο περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- τον εξωτερικό χώρο που αρχίζει στην έξοδο των θυρών του συγκροτήματος από το διάδρομο και συνεχίζεται στο δημόσιο δρόμο
- τον εξωτερικό διάδρομο κατά μήκος της πλευράς του κτιρίου που αρχίζει από την πόρτα του συγκροτήματος στη δίοδο εξόδου και συνεχίζεται στο δημόσιο δρόμο
- την εσωτερική διαδρομή της μετάβασης στην έξοδο που γίνεται από τη σκάλα του δεύτερου ορόφου διαμέσου ενός τμήματος του διαδρόμου του πρώτου ορόφου

Ένα τμήμα του πρώτου ορόφου μέσω του οποίου ένας χρήστης του δεύτερου ορόφου χρειάζεται να διασχίσει θεωρείται έξοδος της εκκένωσης, γιατί ο χρήστης φτάνει στην απαιτούμενη έξοδο στο δεύτερο όροφο και στη συνέχεια αναγκάζεται να εγκαταλείψει την προστατευόμενη περιοχή μετά τη μετάβαση διαμέσου του κλιμακοστασίου του οποία η πόρτα ανοίγει στον πρώτο όροφο (Cote, Harrington, 2009). Ωστόσο, ο χρήστης του πρώτου ορόφου που κινείται στον ίδιο χώρο, θεωρείται ότι κινείται στην περιοχή της πρόσβασης στην έξοδο και είναι καθ' οδών στην εύρεση μίας εξόδου.

Ένα μέσο εξόδου θεωρείται προσβάσιμο εφόσον πληροί ένα από τα ακόλουθα κριτήρια (Cote, Harrington, 2009):

- ένα πρόσωπο που κινείται με αναπηρικό καροτσάκι πρέπει να είναι σε θέση να μετακινηθεί χωρίς βοήθεια μέσω της πρόσβασης στην έξοδο, της εξόδου και της εξόδου της εκκένωσης σε ένα δημόσιο χώρο. Προκειμένου να είναι προσβάσιμα τα μέσα εξόδου πρέπει στις υψομετρικές διαφορές να υπάρχουν ράμπες και όχι σκαλιά
- ένα πρόσωπο που κινείται με αναπηρικό καροτσάκι πρέπει να είναι σε θέση να μετακινηθεί χωρίς βοήθεια μέσω εκείνου του τμήματος της πρόσβασης στην έξοδο που είναι απαραίτητο ώστε να φτάσει σε ασφαλή περιοχή

### 3.2.1.1. Σχεδιαστικά και Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά των Μέσων Εξόδου

Μερικές σχεδιαστικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις για τις διαδρομές εξόδου είναι οι εξής (OSHA, 2003):

- οι διαδρομές εξόδου πρέπει να είναι μόνιμα τμήματα του χώρου εργασίας
- οι έξοδοι της εκκένωσης πρέπει να οδηγούν απευθείας εκτός ή σε κάποιο δρόμο, διάδρομο, ασφαλή περιοχή, δημόσιο χώρο ή ανοιχτό χώρο. Αυτές οι περιοχές στις οποίες οδηγεί η έξοδος της εκκένωσης πρέπει να είναι αρκετά μεγάλες ώστε να φιλοξενήσουν τους χρήστες του χώρου που ενδέχεται να χρησιμοποιήσουν τη διαδρομή εξόδου
- οι σκάλες εξόδου που συνεχίζουν εκτός του επιπέδου που οριοθετείται η έξοδος της εκκένωσης πρέπει να διακόπτονται στο συγκεκριμένο επίπεδο από πόρτες, χωρίσματα ή άλλα αποτελεσματικά μέσα που καταδεικνύουν με σαφήνεια την κατεύθυνση της διαδρομής που οδηγεί στην έξοδο της εκκένωσης
- οι πόρτες των διαδρομών εξόδου πρέπει να είναι ξεκλειδωτές από την εσωτερική πλευρά και πρέπει να είναι απαλλαγμένες από συσκευές ή συναγερμούς που θα μπορούσαν να περιορίσουν τη χρήση της διαδρομής εξόδου αν η συσκευή ή ο συναγερμός δε λειτουργήσει
- πλευρικά ανοιγόμενες πόρτες εξόδου πρέπει να χρησιμοποιούνται για να συνδέουν τους χώρους των εγκαταστάσεων με τις διαδρομές εξόδου. Αυτές οι πόρτες πρέπει να ανοίγουν προς την κατεύθυνση της διαδρομής εξόδου αν ο χώρος πρόκειται να καταληφθεί από περισσότερα από 50 άτομα ή αν το δωμάτιο είναι μία περιοχή υψηλής επικινδυνότητας
- οι διαδρομές εξόδου πρέπει να υποστηρίζουν το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο των ατόμων που εξυπηρετούνται σε κάθε όροφο και η χωρητικότητα μίας διαδρομής εξόδου δεν πρέπει να μειώνεται στην κατεύθυνση της διαδρομής μετάβασης στην έξοδο της εκκένωσης
- τα ανώτατα όρια των διαδρομών εξόδου πρέπει να είναι τουλάχιστον 7ft και 6in στο ύψος (2.28m)
- μία είσοδος στη διαδρομή εξόδου πρέπει να είναι τουλάχιστον 28in (0.84m) πλατιά σε όλα τα σημεία. Όπου υπάρχει μία μόνο είσοδος που οδηγεί στην έξοδο ή στην έξοδο της εκκένωσης το πλάτος της

εξόδου και της εξόδου εκκένωσης πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το πλάτος της πρόσβασης στην έξοδο. Αντικείμενα που εξέρχουν στην έξοδο, δεν πρέπει να μειώνουν το πλάτος της

- οι εξωτερικές διαδρομές εξόδου επιτρέπονται, αλλά πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις για ελάχιστο ύψος και πλάτος που προβλέπονται για τις εσωτερικές διαδρομές εξόδου και ειδικότερα πρέπει:
  - ✓ να έχουν προστατευτικά κιγκλιδώματα για την προστασία των ανοιχτών πλευρών αν εγκυμονεί κίνδυνος πτώσης
  - ✓ να καλύπτονται αν είναι πιθανό να συσσωρευτεί χιόνι ή πάγος εκτός αν ο εργοδότης μπορεί να αποδείξει ότι η συσσώρευση θα αφαιρεθεί πριν να υπάρξει κίνδυνος ολίσθησης
  - ✓ να είναι αρκετά ευθύγραμμη και να έχει ομαλούς, στερεούς και ουσιαστικά επίπεδους διαδρόμους
  - ✓ να μην έχουν αδιέξοδο μεγαλύτερο από 20ft (6m)

Ορισμένες προδιαγραφές για τις εξόδους είναι οι ακόλουθες (OSHA, 2003):

- οι εξοδοί πρέπει να διαχωρίζονται από πυράντοχα υλικά, δηλαδή να έχουν μία ώρα αντοχή σε πυρκαγιά, αν η έξοδος συνδέει τρεις ή λιγότερους ορόφους και να έχουν δύο ώρες αντοχή σε πυρκαγιά αν η έξοδος συνδέει περισσότερους από τρεις ορόφους
- οι εξοδοί επιτρέπεται να έχουν μόνο εκείνα τα ανοίγματα που είναι απαραίτητα για να επιτρέπουν την πρόσβαση προς την έξοδο από κατεχόμενες περιοχές του χώρου εργασίας ή προς την έξοδο της εκκένωσης. Τα ανοίγματα πρέπει να προστατεύονται από αυτόματο μηχανισμό κλεισίματος, εγκεκριμένες πυράντοχες πόρτες που παραμένουν κλειστές ή κλείνουν αυτόματα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης

Ορισμένα στοιχεία σχετικά με τη συντήρηση, τη διαφύλαξη και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των διαδρομών εξόδου (OSHA, 2003):

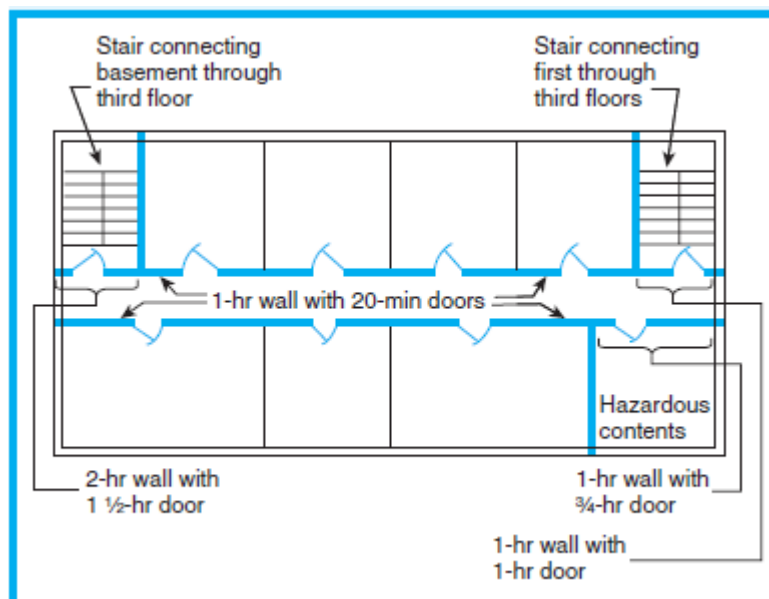
- η διατήρηση των διαδρομών εξόδου χωρίς εκρηκτικά ή εύφλεκτα έπιπλα ή άλλα διακοσμητικά
- διάρθρωση των διαδρομών εξόδου έτσι ώστε οι εργαζόμενοι να μην χρειάζεται να μετακινηθούν προς τη κατεύθυνση μίας περιοχής υψηλού κινδύνου εκτός αν η διαδρομή της μετάβασης είναι αποτελεσματικά προστατευμένη από την περιοχή υψηλού κινδύνου
- η βεβαίωση ότι οι διαδρομές εξόδου είναι ανεμπόδιστες όπως από υλικά, εξοπλισμό, κλειδωμένες πόρτες ή αδιέξοδα
- η βεβαίωση ότι τα μέτρα που έχουν θεσπιστεί για τη προστασία των εργαζομένων κατά τη διάρκεια μίας έκτακτης ανάγκης παραμένουν σε καλή κατάσταση λειτουργίας
- η παροχή φωτισμού των διαδρομών εξόδου που να είναι επαρκής για τους εργαζόμενους με κανονική όραση
- η διατήρηση των θυρών των διαδρομών εξόδου χωρίς διακοσμήσεις ή σημεία που επισκιάζουν την ορατότητα των θυρών
- η τοποθέτηση πινακίδων κατά μήκος της πρόσβασης σε έξοδο που να υποδεικνύουν την κατεύθυνση της διαδρομής στην πλησιέστερη έξοδο και την έξοδο της εκκένωσης αν η κατεύθυνση δεν είναι άμεσα εμφανής. Επίσης, η οπτική επαφή σε ένα σήμα εξόδου πρέπει να είναι σαφώς ορατή

- η επισήμανση θυρών ή περασμάτων κατά μήκος της πρόσβασης σε έξοδο που θα μπορούσε να εκληφθεί από λάθος ως έξοδος με την έκφραση «Όχι Έξοδος» ή με ένα σημάδι προσδιορισμού της χρήσης του
- η τοποθέτηση πινακίδων εξόδου σε απλά ευανάγνωστα γράμματα με την έκφραση «ΕΞΟΔΟΣ»
- η ανανέωση χρωματισμού επικάλυψης που λειτουργεί επιβραδυντικά στην εξέλιξη της πυρκαγιάς ή άλλες λύσεις επαρκείς για να διατηρήσουν τις ιδιότητες επιβράδυνσης της πυρκαγιάς
- η διατήρηση των διαδρομών εξόδου κατά τη διάρκεια κατασκευής, επισκευής ή μετατροπών
- η παροχή ενός συστήματος έκτακτης ανάγκης για την προειδοποίηση των εργαζομένων, εκτός αν οι εργαζόμενοι μπορούν να δουν άμεσα ή να αντιληφθούν μέσω της όσφρησης την πυρκαγιά ή άλλου είδους κίνδυνο σε κατάλληλο χρόνο που να επαρκεί για να αντιδράσουν με ασφάλεια

### 3.2.1.2. Διαχωρισμός των Μέσων Εξόδου

Οι διάδρομοι που χρησιμοποιούνται ως πρόσβαση στην έξοδο και εξυπηρετούν μία περιοχή που έχει φορτίο χρηστών περισσότερο από 30 άτομα θα πρέπει να διαχωρίζονται από τα άλλα μέρη του χώρου με τοιχώματα που έχουν τουλάχιστον μία ώρα αντοχής σε πυρκαγιά (Cote, Harrington, 2009).

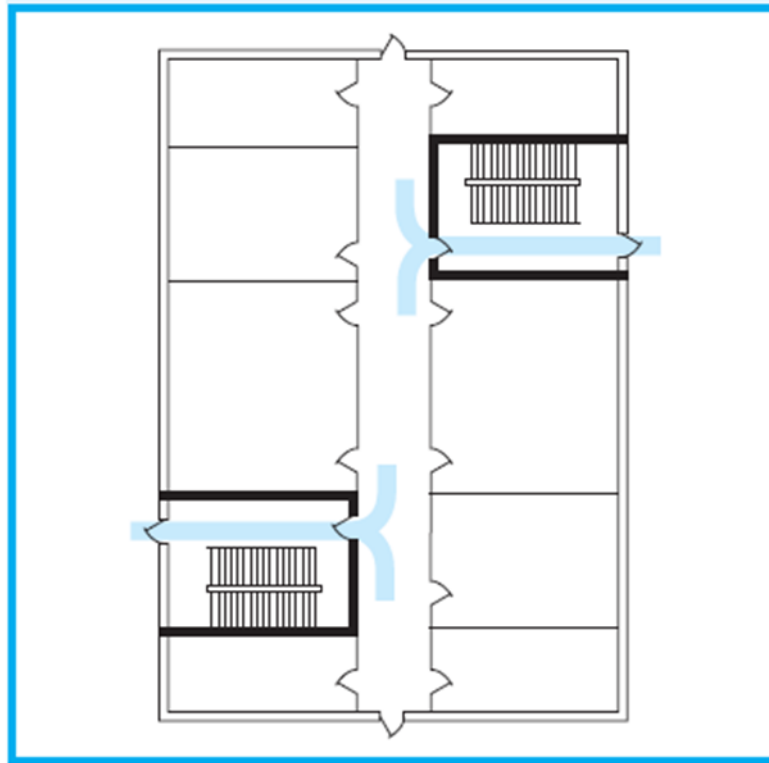
Ενδεικτικά, στο Σχήμα 3.4 παρουσιάζεται η προστασία των διαδρόμων που συνιστούν πρόσβαση στην έξοδο. Πρέπει, να σημειωθεί η διαφορά στην απαιτούμενη προστασία για τα τοιχώματα των διαδρόμων που λειτουργούν επίσης για την προστασία από περιοχές με επικίνδυνα περιεχόμενα και ως μέρος του κελύφους μίας εξόδου.



Σχήμα 3.4: Προστασία των διαδρόμων που συνιστούν πρόσβαση στην έξοδο  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Οι εξοδοί πρέπει να παρέχουν προστασία από την πυρκαγιά που προέρχεται εντός ή εκτός της εξόδου. Η προστασία από τη πυρκαγιά που προέρχεται από το εξωτερικό του περιβλήματος της εξόδου επιτυγχάνεται με την κατασκευή διαχωριστικών στοιχείων που διαθέτουν τον απαιτούμενο συγκεκριμένο βαθμό αντοχής στην πυρκαγιά και με τον προσεκτικό έλεγχο των ανοιγμάτων εντός του περιβλήματος της εξόδου (Cote, Harrington, 2009). Τα μοναδικά ανοίγματα που επιτρέπονται στα στοιχεία πυραντίστασης μεταξύ της εξόδου και των χώρων του κτιρίου είναι εκείνα που χρησιμοποιούνται για την είσοδο στην έξοδο από κάθε κανονικά χρησιμοποιούμενο χώρο ή διάδρομο και εκείνα που χρησιμοποιούνται για την εγκατάλειψη της εξόδου και

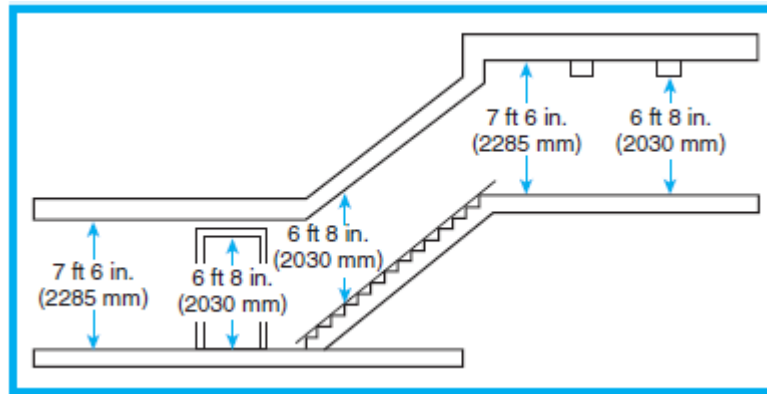
την προσέγγιση της εξόδου της εκκένωσης. Με άλλα λόγια επιτρέπονται μόνο ανοίγματα που προορίζονται για την είσοδο και την έξοδο του χρήστη στο προστατευμένο περιβλήμα.



Σχήμα 3.5: Συγκρότημα θυρών που επιτρέπει την εύκολη είσοδο από το επίπεδο του ορόφου στο περιβλήμα της εξόδου [Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Στο Σχήμα 3.5 απεικονίζεται μία διάταξη εξόδου στο ισόγειο ενός κτιρίου όπου οι χρήστες του συγκεκριμένου επιπέδου μπορούν να εισέλθουν στα περιβλήματα των δύο κλιμακοστασίων εξόδου, αν και οι συγκεκριμένες διατάξεις θυρών δεν απαιτούνται γιατί οι διατάξεις των θυρών στο τέλος του διαδρόμου που οδηγούν σε απευθείας εκκένωση σε εξωτερικό χώρο αποτελούν τα απαιτούμενα μέσα εξόδου για τους χρήστες του χώρου.

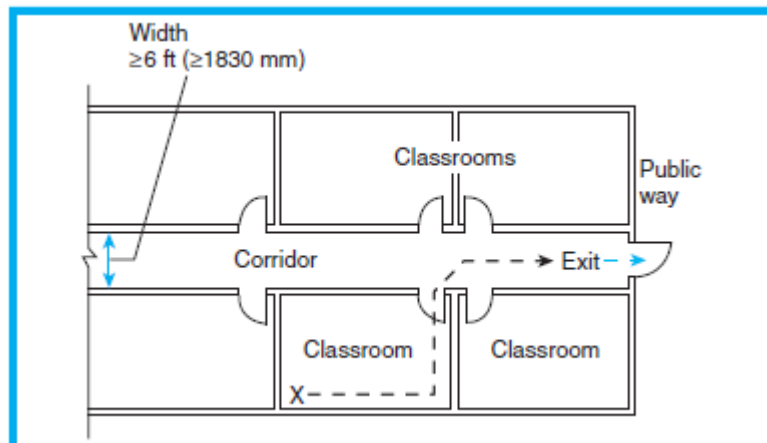
Όλα τα μέσα εξόδου στην εγκατάσταση πρέπει να επιθεωρούνται συστηματικά και να συντηρούνται σε τακτική βάση, ώστε να διασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή λειτουργικότητα και χρησιμότητα από τους παρευρισκόμενους που επιζητούν την ασφάλεια. Τα μέσα εξόδου πρέπει να σχεδιάζονται και να συντηρούνται ώστε να εναρμονίζονται με τις προδιαγραφές του κανονισμού. Συγκεκριμένα, όπως παρουσιάζεται και στο Σχήμα 3.6 το ελεύθερο ύψος πρέπει να είναι τουλάχιστον 7ft και 6in (2285mm) ή αν υπάρχουν προεξοχές το ελεύθερο ύψος να περιορίζεται το πολύ σε 6ft και 8in (2030mm). Επίσης, το ελεύθερο ύψος της σκάλας δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 6ft και 8in (2030mm) και μετράται κατακόρυφα από το επίπεδο της οροφής έως το επίπεδο που είναι παράλληλο και εφαπτόμενο στο ίχνος των σκαλιών του κλιμακοστασίου (Cote, Harrington, 2009).



Σχήμα 3.6: Υπολογισμός ελεύθερου ύψους  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Σε γενικές γραμμές διάφορες πόρτες θεωρούνται κατά τη μετακίνηση των ατόμων ως μέσα της διαδρομής εξόδου. Κάθε άνοιγμα της πόρτας πρέπει να έχει επαρκές πλάτος ώστε η χωρητικότητα της εξόδου να μπορεί να εξυπηρετεί τον αριθμό των ατόμων που αναμένεται να διέλθουν από το άνοιγμα της πόρτας κατά τη διάρκεια της εξόδου λόγω έκτακτης ανάγκης και πρέπει να πληρούν τα ελεύθερα πλάτη που καθορίζονται από διατάξεις του κανονισμού. Το απαραίτητο πλάτος της πόρτας υπολογίζεται από το φορτίο των χρηστών που εξυπηρετεί και τους παράγοντες χωρητικότητας που ισχύουν για τις συνιστώσες της εξόδου στο συγκεκριμένο επίπεδο. Ανεξάρτητα από το εξυπηρετούμενο φορτίο των χρηστών και την αντίστοιχη, ελάχιστη, απαιτούμενη χωρητικότητα του πλάτους της εξόδου τα νέα ανοίγματα θυρών γενικά δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερα από 32in (0.96m) σε ελεύθερο πλάτος (Cote, Harrington, 2009).

Με βάση τις διατάξεις του κανονισμού (Cote, Harrington, 2009) το άνοιγμα της πόρτας δεν πρέπει να δημιουργεί στένωση υπό την έννοια της εξόδου, εμποδίζοντας την ομαλή ροή των ατόμων. Μερικές φορές μία άλλη συνιστώσα των μέσων της εξόδου μπορεί να είναι μεγαλύτερη από ότι απαιτείται δημιουργώντας την ψευδαίσθηση της συμφόρησης σε ένα κατάλληλα διαστασιολογημένο άνοιγμα της πόρτας. Ένα άνοιγμα πόρτας που εξυπηρετεί ένα διάδρομο συχνά δεν είναι τόσο ευρύ όσο ο διάδρομος, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.7. Επειδή τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της πληρότητας εκτός από το φορτίο των χρηστών είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό του πλάτους του διαδρόμου, ο διάδρομος μπορεί να είναι πλατύτερος από το άνοιγμα της πόρτας εξόδου που εξυπηρετεί το διάδρομο.



Σχήμα 3.7: Σχέση του πλάτους της πόρτας εξόδου και του διαδρόμου εξόδου  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

### 3.2.2. Χωρητικότητα των Μέσων Εξόδου

#### 3.2.2.1. Φορτίο Χρηστών

Η συνολική χωρητικότητα των μέσων εξόδου για κάθε όροφο, μπαλκόνι, ή άλλο κατεχόμενο χώρο, πρέπει να είναι επαρκής για το φορτίο των επιβατών αυτών (Cote, Harrington, 2009).

Για άλλα εκτός από τα υπάρχοντα μέσα εξόδου, όπου περισσότερα από ένα μέσα εξόδου απαιτούνται, τα μέσα εξόδου πρέπει να είναι τέτοιου πλάτους και χωρητικότητας έτσι ώστε η απώλεια οποιουδήποτε μέσου εξόδου αφήνει διαθέσιμη όχι λιγότερο από 50 τοις εκατό από την απαιτούμενη χωρητικότητα (Cote, Harrington, 2009).

Τα μέσα εξόδου έχουν σαν σκοπό να εξυπηρετήσουν όλους τους ανθρώπους που χρησιμοποιούν το χώρο. Η ταξινόμηση κατά μέγεθος επιτυγχάνεται μέσω μιας καθορισμένης μεθόδου ταιριάζοντας το φορτίο των χρηστών του ορόφου έναντι της υπολογισμένης χωρητικότητας εξόδου των στοιχείων της εξόδου που εξυπηρετούν τον όροφο. Τα κριτήρια μεγέθους δεν εξασφαλίζουν ότι όλοι οι χρήστες μπορούν να φύγουν αμέσως, αλλά παρέχουν επαρκή γρήγορη κίνηση χωρίς απaráδεκτες ουρές (Cote, Harrington, 2009).

Η γεωμετρία του κτιρίου, η πληρότητά του και το σχετιζόμενο φορτίο των χρηστών, και η απόσταση μετακίνησης στις εξόδους υπαγορεύουν, σε μεγάλο βαθμό, τη θέση των εξόδων, τον αριθμό των εξόδων, καθώς και την χωρητικότητα των εξόδων και την πρόσβαση σε αυτές. Κατά συνέπεια, οι ίδιοι οι έξοδοι επηρεάζουν το σχέδιο και τη διάταξη του συνόλου των μέσων του συστήματος εξόδου (Cote, Harrington, 2009). Ο αριθμός των ανθρώπων που τα μέσα του συστήματος εξόδου μπορούν να εξυπηρετήσουν δεν καθορίζεται αποκλειστικά και μόνο από την ικανότητα των εξόδων, αλλά και από τον αριθμό των ατόμων που μπορεί να εξυπηρετήσει κάθε συστατικό της πρόσβασης εξόδου και της εξόδου εκκένωσης. Διάδρομοι με πολύ μεγάλο πλάτος που οδηγούν σε πολύ πλατιά συγκροτήματα πορτών εξόδου για σκάλες που στη συνέχεια οδηγούν σε πολύ στενότερες σκάλες παρέχουν ένα σύστημα συγκρίσιμο με μέσου πλάτους διαδρόμους που οδηγούν σε μέσου πλάτους συγκροτήματα πορτών εξόδου για σκάλες που στη συνέχεια οδηγούν σε μέσου πλάτους σκάλες (Cote, Harrington, 2009). Ένα μέσο του συστήματος εξόδου είναι μόνο τόσο καλό όσο το πιο περιοριστικό του στοιχείο.

Ο αριθμός των ατόμων ή το φορτίο των χρηστών για το οποίο το μέσο του συστήματος εξόδου πρέπει να παρέχει χωρητικότητα εξόδου υπολογίζεται ή αλλιώς καθορίζεται. Το φορτίο των χρηστών αντανακλά το μέγιστο αριθμό των ατόμων που αναμένεται να καταλάβουν τα δωμάτια του κεντρικού κτιρίου ή χώρους σε κάθε δεδομένη στιγμή και κάτω από όλες τις πιθανές καταστάσεις. Το φορτίο των επιβατών δεν πρέπει να βασίζεται μόνο σε κανονική πληρότητα (Cote, Harrington, 2009).

Τα νέα συστήματα εξόδου που χρησιμοποιούν δύο μέσα εξόδου πρέπει να είναι με βάση το μέγεθος, έτσι ώστε κάθε διαδρομή εξόδου να φιλοξενεί τουλάχιστον το ήμισυ του φορτίου επιβατών του ορόφου. Επίσης τα νέα συστήματα εξόδου που απασχολούν περισσότερα από δύο μέσα εξόδου να είναι τέτοιου μεγέθους, έτσι ώστε καμία διαδρομή εξόδου να μην επιφορτίζεται με την εξυπηρέτηση πάνω από το ήμισυ του φορτίου επιβατών του ορόφου. Η απαίτηση αυτή αποσκοπεί στην πρόληψη μιας κατάστασης όπου η απώλεια οποιαδήποτε διαδρομής εξόδου, μειώνει την υπόλοιπη χωρητικότητα εξόδου σε λιγότερο από το ήμισυ αυτής που χρειάζεται για να φιλοξενήσει το φορτίο των χρηστών του ορόφου (Cote, Harrington, 2009).

Το φορτίο των χρηστών δεν πρέπει να είναι μικρότερο από τον αριθμό των ατόμων που καθορίζεται διαιρώντας το εμβαδόν του ορόφου που αντιστοιχεί στην εν λόγω χρήση με τον συντελεστή φορτίου των χρηστών για τη συγκεκριμένη χρήση (Cote, Harrington, 2009). Στον Πίνακα 3.1 δίνεται ο συντελεστής φορτίου ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

Use	(ft <sup>2</sup> per person) <sup>a</sup>	(m <sup>2</sup> per person) <sup>a</sup>
<b>Assembly Use</b>		
Concentrated use, without fixed seating	7 net	0.65 net
Less concentrated use, without fixed seating	15 net	1.4 net
Bench-type seating	1 person/18 linear in.	1 person/455 linear mm
Fixed seating	Number of fixed seats	Number of fixed seats
Waiting spaces	See 12.1.7.2 and 13.1.7.2.	See 12.1.7.2 and 13.1.7.2.
Kitchens	100	9.3
Library stack areas	100	9.3
Library reading rooms	50 net	4.6 net
Swimming pools	50 (water surface)	4.6 (water surface)
Swimming pool decks	30	2.8
Exercise rooms with equipment	50	4.6
Exercise rooms without equipment	15	1.4
Stages	15 net	1.4 net
Lighting and access catwalks, galleries, gridirons	100 net	9.3 net
Casinos and similar gaming areas	11	1
Skating rinks	50	4.6
<b>Educational Use</b>		
Classrooms	20 net	1.9 net
Shops, laboratories, vocational rooms	50 net	4.6 net
<b>Day-Care Use</b>	35 net	3.3 net
<b>Health Care Use</b>		
Inpatient treatment departments	240	22.3
Sleeping departments	120	11.1
Ambulatory health care	100	9.3
<b>Detention and Correctional Use</b>	120	11.1
<b>Residential Use</b>		
Hotels and dormitories	200	18.6
Apartment buildings	200	18.6
Board and care, large	200	18.6
<b>Industrial Use</b>		
General and high hazard industrial	100	9.3
Special-purpose industrial	NA	NA
<b>Business Use (other than below)</b>	100	9.3
Air traffic control tower observation levels	40	3.7
<b>Storage Use</b>		
In storage occupancies	NA	NA
In mercantile occupancies	300	27.9
In other than storage and mercantile occupancies	500	46.5
<b>Mercantile Use</b>		
Sales area on street floor <sup>b,c</sup>	30	2.8
Sales area on two or more street floors <sup>c</sup>	40	3.7
Sales area on floor below street floor <sup>c</sup>	30	2.8
Sales area on floors above street floor <sup>c</sup>	60	5.6
Floors or portions of floors used only for offices	See business use.	See business use.
Floors or portions of floors used only for storage, receiving, and shipping, and not open to general public	300	27.9
Mall buildings <sup>d</sup>	Per factors applicable to use of space <sup>e</sup>	

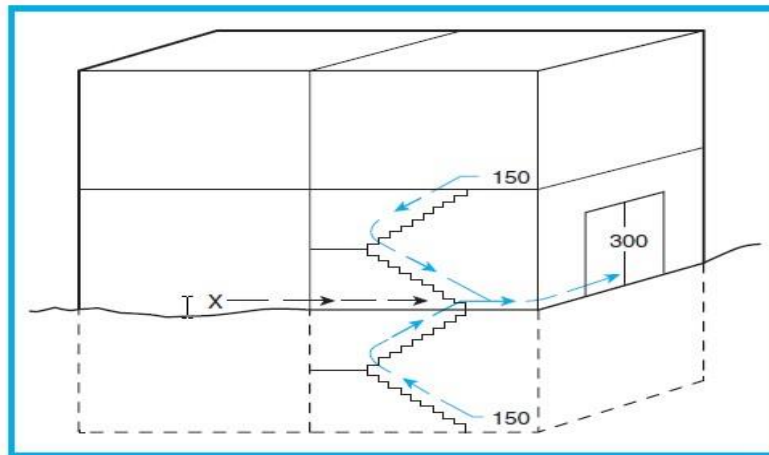
Πίνακας 3.1: Συντελεστής Φορτίου Χρηστών  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Ο συντελεστής φορτίου επιβατών, ως παράγοντας πυκνότητας, προϋποθέτει την παρουσία τουλάχιστον ενός ατόμου για κάθε καθορισμένη μονάδα περιοχής. Όταν δίνονται τόσο η μεικτή όσο και η καθαρή έκταση για την ίδια χωρητικότητα, οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας και τους δύο συντελεστές εφαρμόζοντας τους στην αντίστοιχη περιοχή του χώρου που εξετάζεται. Το ποσοστό της μεικτής περιοχής ισχύει για την κατασκευή στο σύνολό της (η περιοχή εντός των περιμετρικών τοιχωμάτων του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των περιοχών που καταλαμβάνονται από στοιχεία που οι άνθρωποι δεν χρησιμοποιούν), ενώ το ποσοστό της καθαρής περιοχής ισχύει για τον πραγματικά κατειλημμένο χώρο, όπως είναι οι αίθουσες, και δεν περιλαμβάνει τους διαδρόμους, την περιοχή που καταλαμβάνεται από τοίχους ή άλλες ελεύθερες περιοχές (Cote, Harrington, 2009).

Το κανονικό φορτίο των χρηστών δεν είναι απαραίτητα κατάλληλο κριτήριο, διότι ο μεγαλύτερος κίνδυνος μπορεί να συμβεί όταν ένα ασυνήθιστα μεγάλο πλήθος είναι παρών, που είναι μια δύσκολη κατάσταση για τις αρμόδιες αρχές.

Όταν μια έξοδος εξυπηρετεί περισσότερα από ένα πατώματα, μόνο το φορτίο του κάθε πατώματος μεμονωμένο πρέπει να χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της απαιτούμενης χωρητικότητας της εξόδου σε αυτό το πάτωμα, υπό την προϋπόθεση ότι η απαιτούμενη χωρητικότητα της εξόδου δεν μειώνεται στην κατεύθυνση της εξόδου (Cote, Harrington, 2009). Σε περίπτωση που τα μέσα εξόδου από έναν όροφο πάνω και έναν όροφο κάτω συγκλίνουν σε ένα ενδιάμεσο πάτωμα, η ικανότητα των μέσων εξόδου από το σημείο της σύγκλισης δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το άθροισμα της δυναμικότητας των δύο μέσων εξόδου, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.1.





Εικόνα 3.1: Χωρητικότητα συστήματος εξόδου στην περίπτωση σύγκλισης 2 ορόφων  
[Πηγή: Cote, Harrington 2009]

### 3.2.2.2. Χωρητικότητα Εκκένωσης

Η χωρητικότητα της εκκένωσης βασίζεται στους συντελεστές χωρητικότητας οι οποίοι παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2. Οι συγκεκριμένοι συντελεστές έχουν σχέση με το είδος του χώρου και το μέσο που χρησιμοποιείται για την εκκένωση.

Area	Stairways (width per person)		Level Components and Ramps (width per person)	
	in.	mm	in.	mm
Board and care	0.4	10	0.2	5
Health care, sprinklered	0.3	7.6	0.2	5
Health care, nonsprinklered	0.6	15	0.5	13
High hazard contents	0.7	18	0.4	10
All others	0.3	7.6	0.2	5

Πίνακας 3.2: Συντελεστές Χωρητικότητας  
[Πηγή: Cote, Harrington 2009]

Για κλιμακοστάσια πλάτους μεγαλύτερο από 44in (1120mm) που υπόκεινται σε συντελεστή χωρητικότητας 0.3in (7.6mm) πλάτος ανά άτομο, η χωρητικότητα θα πρέπει να επιτρέπεται να αυξηθεί χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση (Cote, Harrington, 2009):

$$C = 146.7 + \left( \frac{W_n - 44}{0,218} \right)$$

όπου:

C = χωρητικότητα, σε άτομα

$W_n$  = ονομαστικό πλάτος της κλίμακας σε in

Η απαιτούμενη χωρητικότητα ενός διαδρόμου πρέπει να είναι το φορτίο των ατόμων που χρησιμοποιεί το διάδρομο για την πρόσβαση στην έξοδο διαιρώντας το με τον απαιτούμενο αριθμό των εξόδων τις οποίες ο διάδρομος συνδέει, αλλά η χωρητικότητα του διαδρόμου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την απαιτούμενη χωρητικότητα της εξόδου στην οποία ο διάδρομος οδηγεί. Ο διάδρομος δεν επιτρέπεται να δημιουργεί μία στένωση η οποία δυσχεραίνει και εμποδίζει τη ροή των ατόμων προς το άνοιγμα της πόρτας εξόδου.

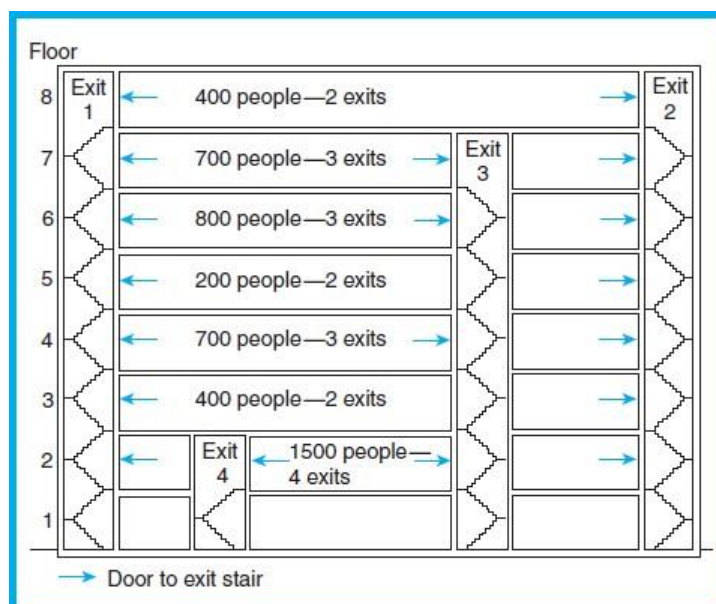
### 3.2.3. Αριθμός Μέσων Εκκένωσης

Κανονικά ένας χώρος εργασίας πρέπει να έχει τουλάχιστο δύο διαδρομές εξόδου ώστε να επιτρέπεται η άμεση εκκένωση των εργαζομένων και των υπόλοιπων παρευρισκόμενων στο χώρο σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης (OSHA, 2003). Ωστόσο, περισσότεροι από δύο εξοδοί απαιτούνται, αν ο αριθμός των εργαζομένων, το μέγεθος του χώρου ή η διευθέτηση του χώρου εργασίας δεν επιτρέπουν στους εργαζόμενους να προχωρήσουν σε εκκένωση με ασφάλεια. Οι διαδρομές της εξόδου πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση τέτοια ώστε η πρόσβαση στην καθεμία να είναι κατά το δυνατό ευκολότερη σε περίπτωση που η άλλη έξοδος έχει αποκλειστεί από πυρκαγιά ή καπνό. Ωστόσο, αν ο αριθμός των εργαζομένων, το μέγεθος του χώρου ή η χρήση ή η διευθέτηση του χώρου εργασίας επιτρέπουν στους εργαζόμενους να προχωρήσουν σε εκκένωση με ασφάλεια σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης τότε επιτρέπεται η ύπαρξη μίας διαδρομής εξόδου. Συγκεκριμένα, ανάλογα με το φορτίο των χρηστών ο αριθμός των μέσων εξόδου καθορίζεται ως εξής (Cote, Harrington, 2009):

- Για φορτίο χρηστών πάνω από 500 αλλά όχι περισσότερο από 1000, όχι λιγότερες από 3 εξόδους
- Για φορτίο χρηστών άνω των 1000, όχι λιγότερες από 4 εξόδους

Προσβάσιμα μέσα εξόδου που δεν χρησιμοποιούν ανελκυστήρες επιτρέπεται να χρησιμεύσουν και να λειτουργούν ως μέρος του ελάχιστου απαιτούμενου αριθμού των μέσων εξόδου ή να αποτελούν το συνολικό σύστημα του ελάχιστου απαιτούμενου αριθμού των μέσων εξόδου (Cote, Harrington, 2009).

Το φορτίο των χρηστών κάθε ορόφου που καθορίζεται μεμονωμένα θα πρέπει να απαιτείται να χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του αριθμού των μέσων εξόδου σε κάθε όροφο, διασφαλίζοντας ότι ο απαιτούμενος αριθμός των μέσων εξόδου δε μειώνεται στην κατεύθυνση της διαδρομής εκκένωσης.

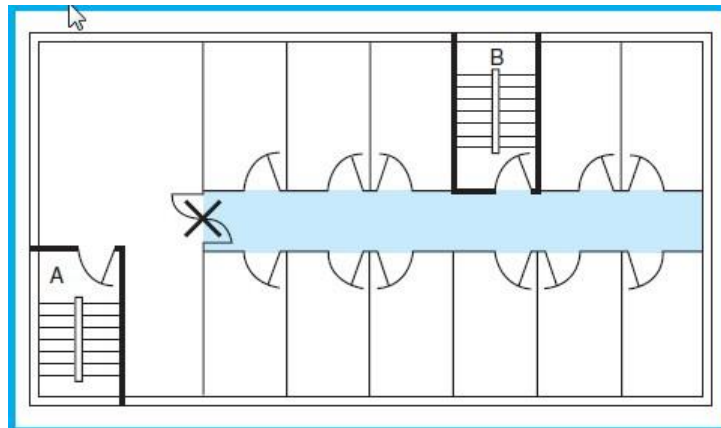


Εικόνα 3.2: Ελάχιστος αριθμός των απαιτούμενων μέσων εξόδου για νέες κατασκευές [Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

### 3.2.4. Διάταξη Μέσων Εξόδου

Οι εξοδοί και οι προσβάσεις στην έξοδο πρέπει να είναι διατεταγμένες στο χώρο με τέτοιο τρόπο, ώστε οι εξοδοί να είναι άμεσα προσβάσιμες ανά πάσα στιγμή (Cote, Harrington, 2009). Όπου οι εξοδοί δεν είναι άμεσα προσβάσιμες από μια περιοχή με ανοιχτό δάπεδο, συνεχείς δίοδοι, κεντρικοί διάδρομοι ή διάδρομοι που οδηγούν απευθείας σε κάθε έξοδο, πρέπει να προβλέπονται και πρέπει να είναι διατεταγμένοι έτσι,

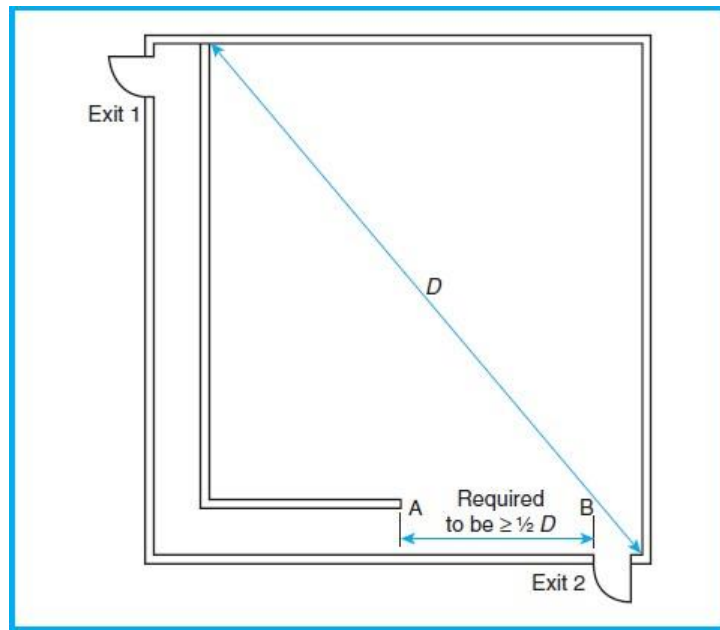
ώστε να παρέχουν πρόσβαση για κάθε χρήστη σε όχι λιγότερες από δύο εξόδους μέσω ξεχωριστών διαδρομών. Οι διάδρομοι πρόσβασης στην έξοδο θα πρέπει να παρέχουν πρόσβαση σε όχι λιγότερες από δύο εγκεκριμένες εξόδους. Ειδικότερα, στην Εικόνα 3.3 παρουσιάζεται διάδρομος με ατελή πρόσβαση στην έξοδο καθώς ο διάδρομος δεν εκτείνεται και στις δύο εξόδους. Οι συγκεκριμένοι διάδρομοι πρέπει να παρέχουν πρόσβαση στην έξοδο χωρίς να διέρχονται μέσα από άλλους χώρους εκτός από χώρους που βάσει των προδιαγραφών επιτρέπεται να είναι ανοιχτοί στους διαδρόμους. Οι διάδρομοι που δεν απαιτείται να είναι κατασκευασμένοι με προδιαγραφές πυραντοχής και πυραντίστασης επιτρέπεται να οδηγούν σε ανοιχτούς χώρους.



Εικόνα 3.3: Ατελής πρόσβαση διαδρόμου στην έξοδο  
[Πηγή: Cote, Harrington 2009]

Βασικό στοιχείο στους χώρους είναι ο καθορισμός των μεγάλων αποστάσεων να συμμορφώνεται με συγκεκριμένες προδιαγραφές (Cote, Harrington, 2009).

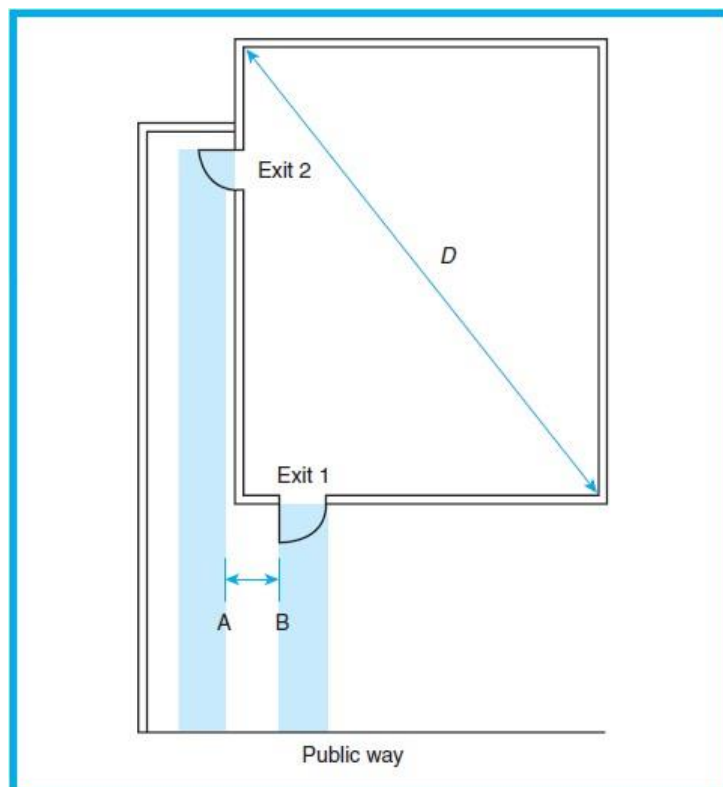
Η έννοια της μεγάλης απόστασης των προσβάσεων στην έξοδο, παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.4. Οι εξοδοί 1 και 2 που βρίσκονται όσο πιο μακριά γίνεται μεταξύ τους συμμορφώνονται εύκολα με το κριτήριο διαχωρισμού της απόστασης της μισής διαγωνίου που προβλέπεται για εξόδους. Ακόμα και ο διαχωρισμός τύπου L γύρω από τον οποίο οι χρήστες πρέπει να μετακινηθούν, ώστε να φτάσουν στην έξοδο 2, έχει την επίδραση να κάνει τις προσβάσεις στις εξόδους λιγότερο απομακρυσμένες μεταξύ τους σε σχέση με τις εξόδους γιατί όλοι οι χρήστες πρόκειται να κινηθούν κατά μήκος της εξόδου 2 πριν φθάσουν στο σημείο A από το οποίο είναι εφικτή η πρόσβαση στην έξοδο 1. Η απόσταση από το σημείο A στο σημείο B προσδιορίζει την απόσταση διαχωρισμού ανάμεσα στις προσβάσεις στις εξόδους με βάση τις προδιαγραφές από τους κανονισμούς.



Εικόνα 3.4: Έλεγχος της μεγάλης απόστασης των προσβάσεων στην έξοδο  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Χωρίς να χρειάζεται να καταφύγει κανείς στη μέτρηση υπό κλίμακα είναι προφανές ότι οι προσβάσεις στις εξόδους δεν πληρούν την ελάχιστη απαίτηση για την μισή διαγώνιο. Δεν είναι προφανές αν η απόσταση από το σημείο A έως το σημείο B παρέχει επαρκή διαχωρισμό ανάμεσα στις προσβάσεις στις εξόδους, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα περισσότερες από μία προσβάσεις προς την έξοδο να μπλοκαριστούν από πυρκαγιά ή άλλη επείγουσα κατάσταση (Cote, Harrington, 2009).

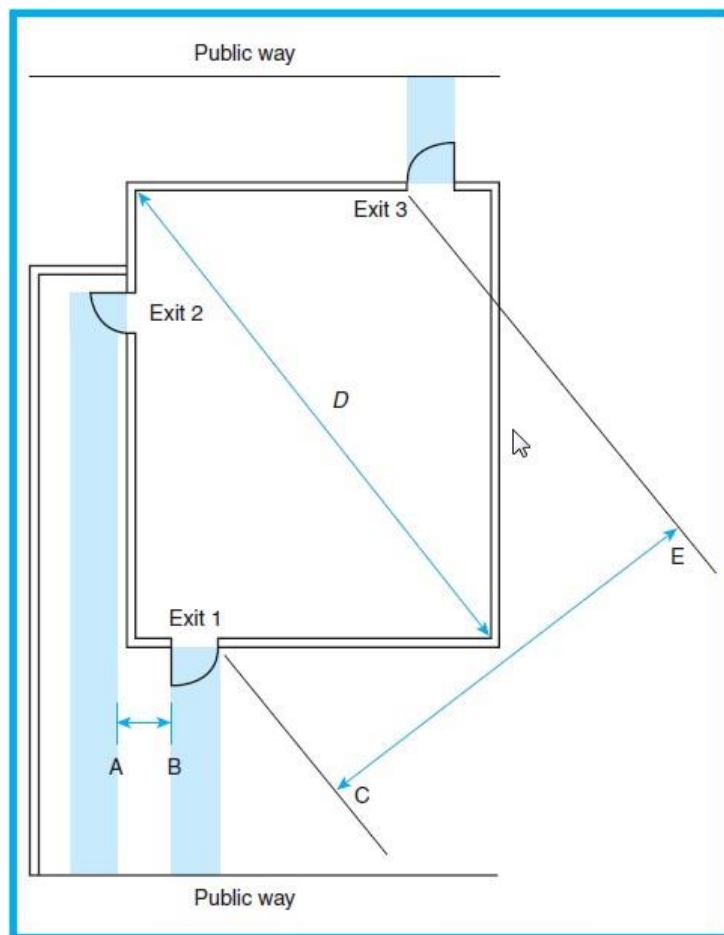
Οι προβλέψεις, εκτός από τον καθορισμό των μεγάλων αποστάσεων των προσβάσεων στις εξόδους και των εξόδων, απαιτούν και οι εξοδοί της εκκένωσης να απέχουν συγκεκριμένες αποστάσεις η μία από την άλλη. Η έννοια της μεγάλης απόστασης των εξόδων της εκκένωσης, παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.5.



Εικόνα 3.5: Έλεγχος της μεγάλης απόστασης των εξόδων της εκκένωσης  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Τα σκιαγραφημένα μονοπάτια εκτός του χώρου είναι οι εξόδοι της εκκένωσης. Καθεμία παρέχει την έξοδο της εκκένωσης από την έξοδο στο δημόσιο δρόμο. Η εγγύτητα των δύο μονοπατιών των εξόδων της εκκένωσης, μετρούμενη ως η απόσταση ανάμεσα στο σημείο A και το σημείο B, είναι ανεπαρκής ώστε να πληροί το κριτήριο της μισής διαγωνίου. Μολονότι η έξοδος 1 είναι επαρκώς απομακρυσμένη από την έξοδο 2, ώστε να συμμορφώνεται με τις κανονιστικές διατάξεις, εντούτοις οι εξόδοι της εκκένωσης δεν είναι επαρκώς απομακρυσμένες (Cote, Harrington, 2009).

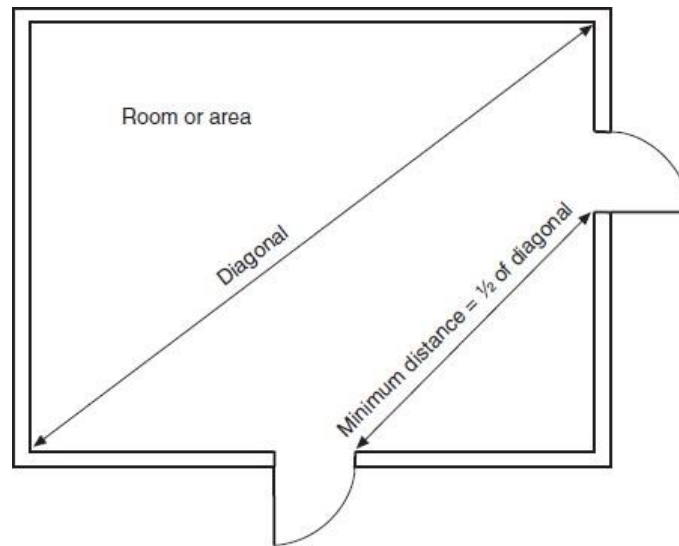
Στην Εικόνα 3.6 παρουσιάζεται η περίπτωση του ελέγχου της μεγαλύτερης απόστασης των εξόδων της εκκένωσης όταν παρέχονται τρεις εξόδοι. Η κανονιστική διάταξη προβλέπει ότι τουλάχιστον δύο από τις απαιτούμενες εξόδους της εκκένωσης πρέπει να είναι απομακρυσμένες μεταξύ τους. Η κανονιστική διάταξη (Cote, Harrington, 2009) ορίζει κάθε επιπρόσθετη απαιτούμενη έξοδος της εκκένωσης να είναι τοποθετημένη έτσι ώστε, αν κάποια από τις απαιτούμενες εξόδους της εκκένωσης τεθεί εκτός λόγω μπλοκαρίσματος τότε οι υπόλοιπες να είναι διαθέσιμες. Η απόσταση διαχωρισμού μεταξύ των εξόδων της εκκένωσης από τις εξόδους 1 και 3, μετρούμενη ως η απόσταση μεταξύ των σημείων C και E, είναι επαρκής για να ικανοποιεί το κριτήριο της απόστασης της μισής διαγωνίου. Επομένως, οι δύο από τις τρεις εξόδους της εκκένωσης είναι απομακρυσμένες μεταξύ τους όπως απαιτείται από τους κανονισμούς.



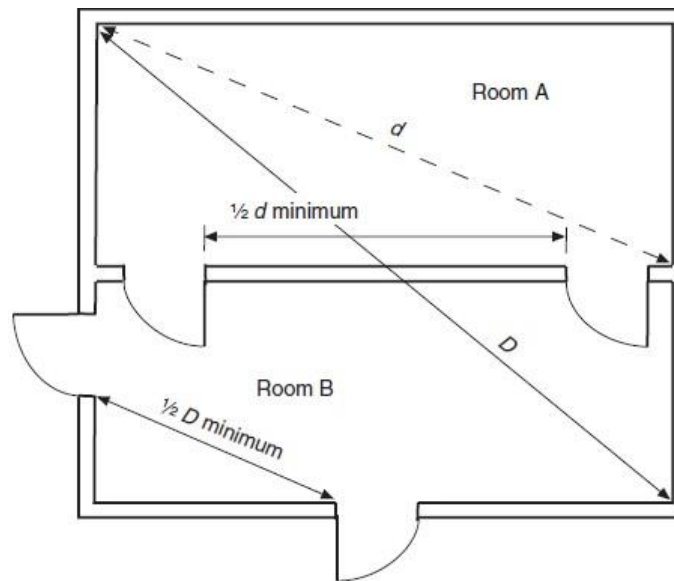
Εικόνα 3.6: Έλεγχος της μεγάλης απόστασης των εξόδων της εκκένωσης για τρεις εξόδους  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Όπου απαιτούνται δύο εξόδοι, δύο προσβάσεις στις εξόδους και δύο εξόδοι της εκκένωσης, θα πρέπει να τοποθετούνται στο χώρο σε μία απόσταση μεταξύ τους όχι μικρότερη από μισή φορά το μήκος της μέγιστης διαγώνιας απόστασης του κτιρίου ή του χώρου, μετρούμενη σε μία ευθεία γραμμή μεταξύ της κοντινότερης γωνίας της εξόδου, της πρόσβασης στην έξοδο ή της εξόδου της εκκένωσης εκτός αν ορίζεται διαφορετικά (Cote, Harrington, 2009).

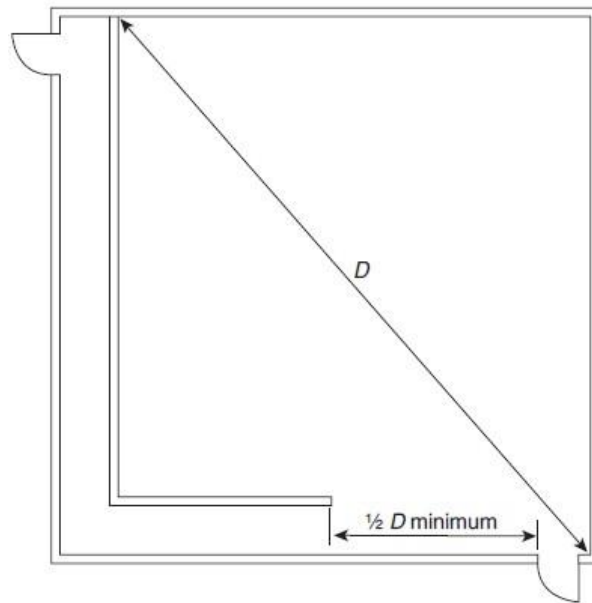
Σε κτίρια ή χώρους που προστατεύονται από εγκεκριμένο σύστημα επίβλεψης και αντιμετώπισης πυρκαγιάς τότε η προαναφερθείσα ελάχιστη απόσταση δε μπορεί να είναι μικρότερη από το 1/3 της μέγιστης διαγώνιας απόστασης του κτιρίου ή του χώρου.



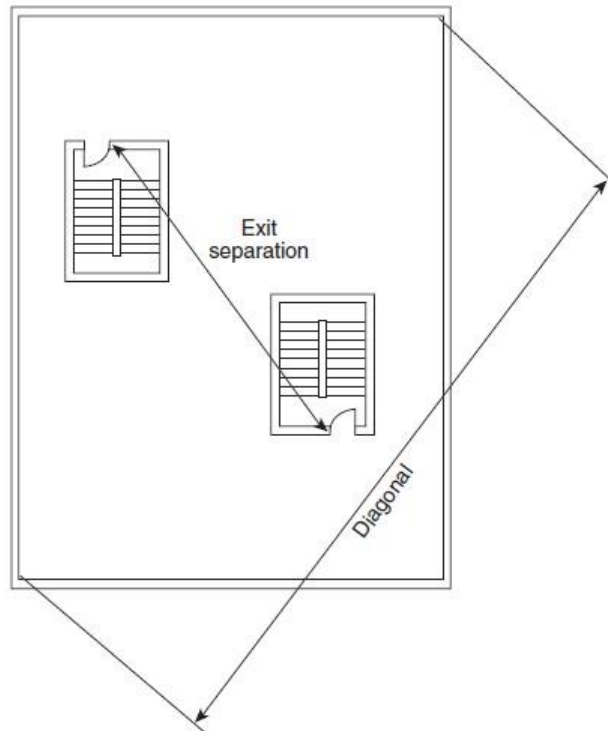
Εικόνα 3.7: Κανόνας διαγώνιας απόστασης για τη μεγαλύτερη απόσταση της εξόδου  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]



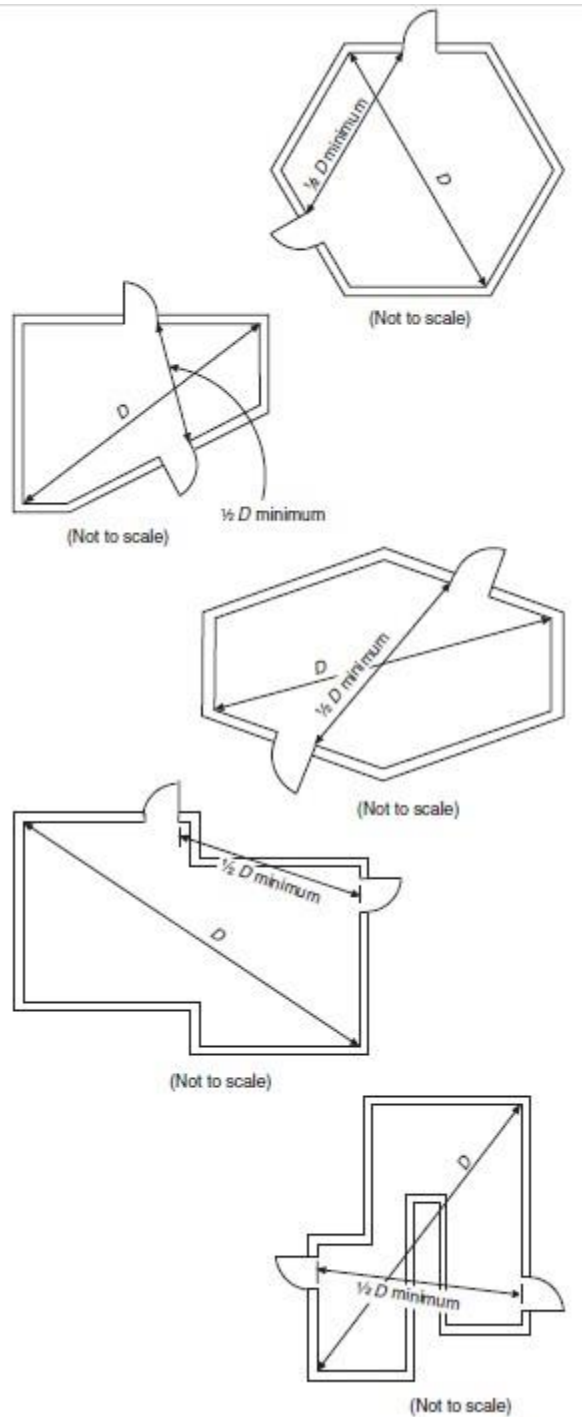
Εικόνα 3.8: Κανόνας διαγώνιας απόστασης για τη μεγαλύτερη απόσταση της εξόδου και της πόρτας πρόσβασης στην έξοδο  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]



Εικόνα 3.9: Κανόνας διαγώνιας απόστασης για τη μεγαλύτερη απόσταση της εξόδου και της πρόσβασης στην έξοδο  
 [Πηγή: Cote, Harrington, 2009]



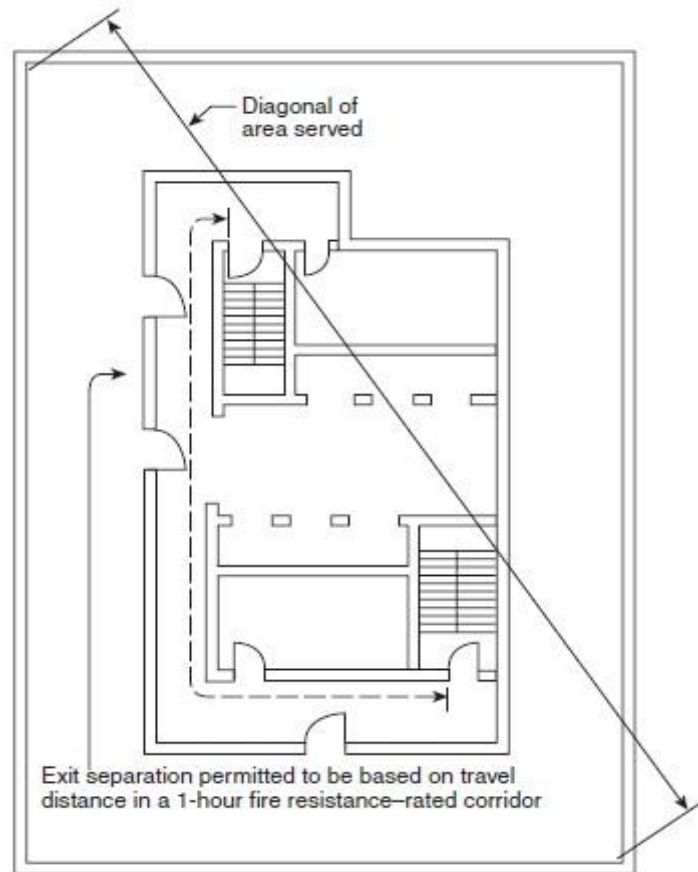
Εικόνα 3.10: Διαχωρισμός εξόδων και μέτρηση της διαγώνιας απόστασης  
 [Πηγή: Cote, Harrington, 2009]



Εικόνα 3.11: Διαγώνια μέτρηση για ασυνήθιστα σχήματα επιφανειών  
 [Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Σε χώρους που περικλείστες εξόδοι παρέχονται και συνδέονται με διάδρομο με πυραντίσταση όχι λιγότερη από μία ώρα, η απόσταση διαχωρισμού της εξόδου θα πρέπει να μετράται κατά μήκος της ελάχιστης γραμμής μετακίνησης διαμέσου του διαδρόμου όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.12.

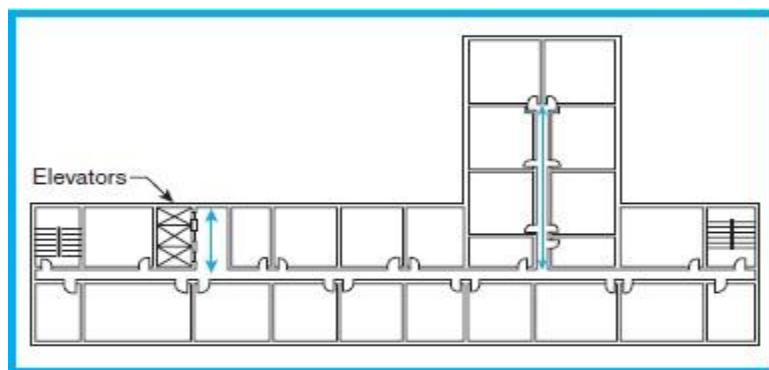




Εικόνα 3.12: Διαχωρισμός των εξόδων με μέτρηση κατά μήκος του μονοπατιού του διαδρόμου [Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Συνοψίζοντας, οι κανονιστικές διατάξεις (NFPA 101, 2009) (Cote, Harrington, 2009) χρησιμοποιούν και θεωρούν τον κανόνα της απόστασης της μιάμιση διαγωνίου προκειμένου να ποσοτικοποιήσουν τη μεγαλύτερη απόσταση και να προσδιορίσουν με σαφήνεια ότι οι προσβάσεις στις εξόδους, οι εξοδοί και οι έξοδοι της εκκένωσης πρέπει να είναι επαρκώς απομακρυσμένες, ώστε να διασφαλίζεται με εύλογη βεβαιότητα ότι η ίδια πυρκαγιά δεν θα προκαλέσει εμπόδια στην προσπέλαση πολλαπλών διαδρομών εκκένωσης.

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι η πρόσβαση στην έξοδο πρέπει να είναι διατεταγμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην υπάρχουν αδιέξοδα στους διαδρόμους. Αδιέξοδο υπάρχει όταν σε ένα διάδρομο όπου ο διάδρομος εξακολουθεί να συνεχίζει μετά από μία έξοδο και δημιουργεί ένα θύλακα μέσα στον οποίο μπορεί να κινηθεί κάποιος χρήστης. Ο χρήστης στη συνέχεια αναγνωρίζει ότι δεν υπάρχει έξοδος στο τέλος του θύλακα και εξαναγκάζεται να ανιχνεύσει πάλι την αρχική διαδρομή για να φτάσει στην έξοδο. Παραδείγματα δύο τύπων διαδρόμων που καταλήγουν σε αδιέξοδο παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.13.

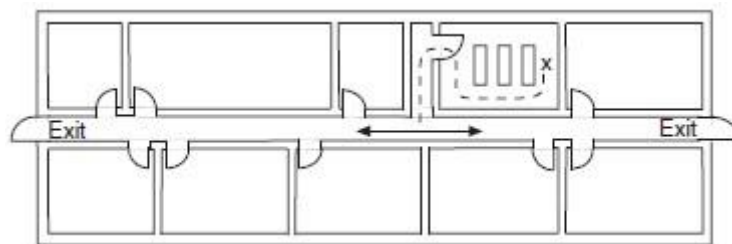


Εικόνα 3.13: Παραδείγματα δύο τύπων διαδρόμων που καταλήγουν σε αδιέξοδο [Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

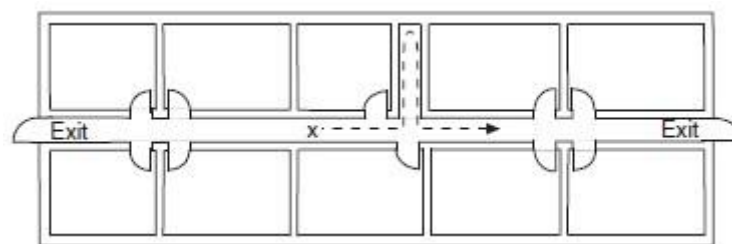
Οι όροι αδιέξοδο και «κοινή διαδρομή μετακίνησης» συνήθως χρησιμοποιούνται εναλλακτικά (Cote, Harrington, 2009). Μολονότι, οι έννοιες των δύο είναι στην πράξη ίδιες, ωστόσο συνιστούν δύο διαφορετικές έννοιες. Η «κοινή διαδρομή μετακίνησης» υπάρχει όταν ένας χώρος είναι διατεταγμένος έτσι ώστε οι χρήστες μέσα στο χώρο έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν μόνο προς μία κατεύθυνση, ώστε να φτάσουν σε κάποια από τις εξόδους ή να φτάσουν στο σημείο όπου οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα επιλογής δύο οδών μετακίνησης προς απομακρυσμένες εξόδους.

Αν και ένα αδιέξοδο είναι παρόμοιο με μια «κοινή διαδρομή μετακίνησης», ένα αδιέξοδο μπορεί να υπάρχει μόνο αν δεν υπάρχει οδός μετακίνησης από έναν κατειλημμένο χώρο, αλλά μπορεί επίσης να υπάρχει αν όταν σε ένα διάδρομο που εξακολουθεί να συνεχίζει μετά από μία έξοδο και δημιουργεί ένα θύλακα μέσα στον οποίο μπορεί να κινηθεί κάποιος χρήστης, ο χρήστης εισέλθει και στη συνέχεια αναγνωρίζει ότι δεν υπάρχει έξοδος στο τέλος του θύλακα και εξαναγκάζεται να ανιχνεύσει πάλι την αρχική διαδρομή για να φτάσει στην έξοδο (Cote, Harrington, 2009).

Στην Εικόνα 3.14 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα «κοινής διαδρομής μετακίνησης» ενώ στην Εικόνα 3.15 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα αδιεξόδου.



Εικόνα 3.14: Παράδειγμα «κοινής διαδρομής μετακίνησης»  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]



Εικόνα 3.15: Παράδειγμα αδιεξόδου  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

### 3.2.5. Μέτρηση της Απόστασης Μετακίνησης ως τις Εξόδους

Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζεται μια συλλογή των απαιτήσεων και των προδιαγραφών για μεμονωμένες χρήσεις χώρων για τα επιτρεπόμενα μήκη των «κοινών διαδρομών μετακίνησης», των αδιεξόδων διαδρόμων και των αποστάσεων μετακίνησης για όχι λιγότερες από μία απαιτούμενες εξόδους.

Οι κανονισμοί (Cote, Harrington, 2009) εξειδικεύουν τη μέγιστη απόσταση που οι χρήστες επιτρέπεται να διανύσουν από τη θέση τους σε ένα χώρο έως την κοντινότερη έξοδο. Δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος τύπος με βάση τον οποίο μπορεί να καθοριστεί αυτή η απόσταση.

Οι μέγιστες αποστάσεις μετακίνησης βασίζονται σε παράγοντες που περιλαμβάνουν τα εξής (Cote, Harrington, 2009):

- τον αριθμό, την ηλικία και τη φυσική κατάσταση των χρηστών του χώρου και τον ρυθμό με βάση τον οποίο προσδοκείται ότι μπορούν να κινηθούν
- τον τύπο και τον αριθμό των εμποδίων γύρω από τα οποία πρέπει να κινηθούν οι χρήστες
- τον αριθμό των χρηστών σε κάθε δωμάτιο ή χώρο και την απόσταση από το πιο απομακρυσμένο σημείο σε αυτό το δωμάτιο από ο άνοιγμα της πόρτας

- το μέγεθος και τη φύση των καυσίμων που αναμένονται να υπάρχουν σε κάθε χρήση
- την ταχύτητα με την οποία μπορεί να εξαπλωθεί η πυρκαγιά (η οποία είναι συνάρτηση του τύπου της κατασκευής, των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, του βαθμού της διαμερισματοποίησης και της ύπαρξης ή της έλλειψης αυτόματου συστήματος ανίχνευσης πυρκαγιάς και συστήματος πυρόσβεσης)

Type of Occupancy	Common Path Limit				Dead-End Limit				Travel Distance Limit			
	Unsprinklered		Sprinklered		Unsprinklered		Sprinklered		Unsprinklered		Sprinklered	
	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m
<b>Assembly</b>												
New	20/75	6.1/23 <sup>a</sup>	20/75	6.1/23 <sup>a</sup>	20	6.1 <sup>b</sup>	20	6.1 <sup>b</sup>	200	61 <sup>c</sup>	250	76 <sup>c</sup>
Existing	20/75	6.1/23 <sup>a</sup>	20/75	6.1/23 <sup>a</sup>	20	6.1 <sup>b</sup>	20	6.1 <sup>b</sup>	200	61 <sup>c</sup>	250	76 <sup>c</sup>
<b>Educational</b>												
New	75	23	100	30	20	6.1	50	15	150	45	200	61
Existing	75	23	100	30	20	6.1	50	15	150	45	200	61
<b>Day Care</b>												
New	75	23	100	30	20	6.1	50	15	150	45 <sup>d</sup>	200	61 <sup>d</sup>
Existing	75	23	100	30	20	6.1	50	15	150	45 <sup>d</sup>	200	61 <sup>d</sup>
<b>Health Care</b>												
New	NR	NR	NR	NR	30	9.1	30	9.1	NA	NA	200	61 <sup>d</sup>
Existing	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	150	45 <sup>d</sup>	200	61 <sup>d</sup>
<b>Ambulatory Health Care</b>												
New	75	23 <sup>e</sup>	100	30 <sup>e</sup>	20	6.1	50	15	150	45 <sup>d</sup>	200	61 <sup>d</sup>
Existing	75	23 <sup>e</sup>	100	30 <sup>e</sup>	50	15	50	15	150	45 <sup>d</sup>	200	61 <sup>d</sup>
<b>Detention and Correctional</b>												
New — Use Condition II, III, IV	50	15	100	30	50	15	50	15	150	45 <sup>d</sup>	200	61 <sup>d</sup>
New — Use Condition V	50	15	100	30	20	6.1	20	6.1	150	45 <sup>d</sup>	200	61 <sup>d</sup>
Existing — Use Condition II, III, IV, V	50	15 <sup>f</sup>	100	30 <sup>f</sup>	NR	NR	NR	NR	150	45 <sup>d</sup>	200	61 <sup>d</sup>
<b>Residential</b>												
One- and two-family dwellings	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Lodging or rooming houses	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Hotels and dormitories												
New	35	10.7 <sup>g,h</sup>	50	15 <sup>g,h</sup>	35	10.7	50	15	175	53 <sup>h,i</sup>	325	99 <sup>h,i</sup>
Existing	35	10.7 <sup>g</sup>	50	15 <sup>g</sup>	50	15	50	15	175	53 <sup>h,i</sup>	325	99 <sup>h,i</sup>
Apartments												
New	35	10.7 <sup>g</sup>	50	15 <sup>g</sup>	35	10.7	50	15	175	53 <sup>h,i</sup>	325	99 <sup>h,i</sup>
Existing	35	10.7 <sup>g</sup>	50	15 <sup>g</sup>	50	15	50	15	175	53 <sup>h,i</sup>	325	99 <sup>h,i</sup>
Board and care												
Small, new and existing	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Large, new	NA	NA	125	38 <sup>h</sup>	NA	NA	30	9.1	NA	NA	325	99 <sup>h,i</sup>
Large, existing	110	33	160	49	50	15	50	15	175	53 <sup>h,i</sup>	325	99 <sup>h,i</sup>
<b>Mercantile</b>												
Class A, B, C												
New	75	23	100	30	20	6.1	50	15	150	45	250	76
Existing	75	23	100	30	50	15	50	15	150	45	250	76
Open air	NR	NR	NR	NR	0	0	0	0	NR	NR	NR	NR
Mall												
New	75	23	100	30	20	6.1	50	15	150	45	400	120 <sup>j</sup>
Existing	75	23	100	30	50	15	50	15	150	45	400	120 <sup>j</sup>
<b>Business</b>												
New	75	23 <sup>k</sup>	100	30 <sup>k</sup>	20	6.1	50	15	200	61	300	91
Existing	75	23 <sup>k</sup>	100	30 <sup>k</sup>	50	15	50	15	200	61	300	91

Πίνακας 3.3: (1<sup>ο</sup> Μέρος) «Κοινές διαδρομές μετακίνησης», αδιέξοδα και όρια αποστάσεων μετακίνησης για διαφορετικές κατηγορίες χρήσης  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Type of Occupancy	Common Path Limit				Dead-End Limit				Travel Distance Limit			
	Unsprinklered		Sprinklered		Unsprinklered		Sprinklered		Unsprinklered		Sprinklered	
	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m
<b>Industrial</b>												
General	50	15	100	30	50	15	50	15	200	61 <sup>1</sup>	250	75 <sup>m</sup>
Special purpose	50	15	100	30	50	15	50	15	300	91	400	122
High hazard	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	23
Aircraft servicing hangars, finished ground level floor	50	15 <sup>a</sup>	100	30 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	note 1	note 1	note 1	note 1
Aircraft servicing hangars, mezzanine floor	50	15 <sup>a</sup>	75	23 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	75	23	75	23
<b>Storage</b>												
Low hazard	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Ordinary hazard	50	15	100	30	50	15	100	30	200	61	400	122
High hazard	0	0	0	0	0	0	0	0	75	23	100	30
Parking structures, open <sup>b</sup>	50	15	50	15	50	15	50	15	300	91	400	122
Parking structures, enclosed	50	15	50	15	50	15	50	15	150	45	200	60
Aircraft storage hangars, finished ground level floor	50	15 <sup>a</sup>	100	30 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	note 1	note 1	note 1	note 1
Aircraft servicing hangars, mezzanine floor	50	15 <sup>a</sup>	75	23 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	75	23	75	23
Underground spaces in grain elevators	50	15 <sup>a</sup>	100	30 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	100	30 <sup>a</sup>	200	61	400	122

Πίνακας 3.4: (2ο Μέρος) «Κοινές διαδρομές μετακίνησης», αδιέξοδα και όρια αποστάσεων μετακίνησης για διαφορετικές κατηγορίες χρήσης  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

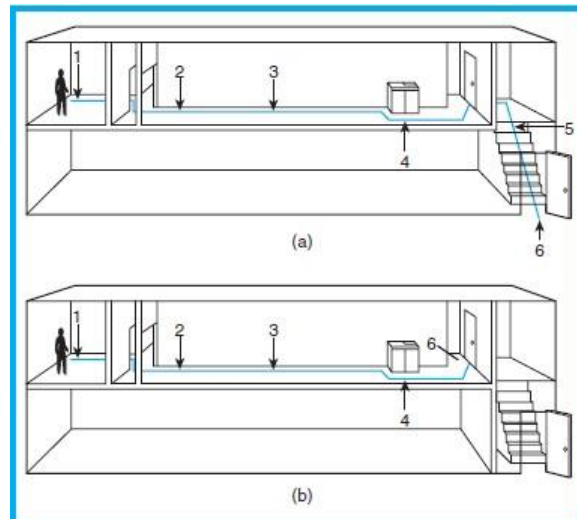
Η απόσταση μετακίνησης έως μια έξοδο θα πρέπει να μετράται στο δάπεδο ή σε άλλη επιφάνεια βαδίσματος ως εξής (Cote, Harrington, 2009):

- κατά μήκος της κεντρικής γραμμής της φυσικής οδού μετακίνησης, ξεκινώντας από το πιο απομακρυσμένο σημείο ανάλογα με τη χρήση
- με καμπύλη γραμμή γύρω από γωνίες ή εμπόδια με ένα κενό από αυτά 12in (305mm)
- καταλήγοντας σε ένα από τα επόμενα σημεία
  - ✓ στο κέντρο της πόρτας
  - ✓ σε άλλο σημείο που αρχίζει η έξοδος
  - ✓ σε φράγμα καπνού αν υπάρχει στη συγκεκριμένη χρήση

Η φυσική πρόσβαση στην έξοδο (μονοπάτι της μετακίνησης) επηρεάζεται από τα περιεχόμενα και τη χρήση του χώρου. Έπιπλα, εξοπλισμός ή αποθηκευτικός χώρος μπορούν να λειτουργήσουν αυξάνοντας το μήκος της μετακίνησης. Συνίσταται ως καλή πρακτική κατά το σχεδιασμό των χώρων να αναγνωρίζεται η επίδραση των περιεχομένων και των χρήσεων και να τοποθετούνται έξοδοι σε συντομότερα διαστήματα από αυτά που απαιτούνται και επομένως να μειώνεται ο κίνδυνος υπερβολικά μεγάλων μετακινήσεων (Cote, Harrington, 2009).

Στην Εικόνα 3.16 απεικονίζεται η διαδρομή κατά μήκος της οποίας η απόσταση μετακίνησης έως την έξοδο μετράται. Συγκεκριμένα, στο πάνω μέρος της εικόνας η σκάλα δεν είναι κατάλληλα κλειστή ώστε να αξιολογείται ως έξοδος: η μέτρηση της απόστασης μετακίνησης του δευτέρου επιπέδου συνεχίζεται ως το πρώτο επίπεδο στην έξοδο της πόρτας προς τον εξωτερικό χώρο. Επιπρόσθετα, στο κάτω μέρος της εικόνας η σκάλα είναι κατάλληλα κλειστή και αποτελεί έξοδο: η μέτρηση της απόστασης μετακίνησης τελειώνει στο δεύτερο επίπεδο στην είσοδο του ανοίγματος της πόρτας στην περικλειστή σκάλα εξόδου. Η διαδρομή της μετακίνησης σημειώνεται από το 1 έως το 6 και δείχνει ότι η απόσταση μετακίνησης μετράται ως εξής:

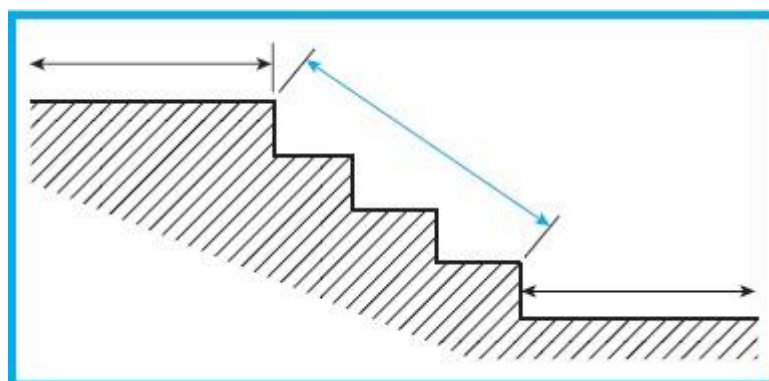
1. ξεκινάει από το περισσότερο απομακρυσμένο σημείο ανάλογα με τη χρήση του χώρου
2. συνεχίζει στο πάτωμα ή άλλη επιφάνεια βαδίσματος
3. κατά μήκος της κεντρικής γραμμής της φυσική διαδρομής της μετακίνησης
4. με καμπύλη γραμμή γύρω από γωνίες και εμπόδια με ένα κενό 12in (305mm)
5. πάνω από ανοιχτές ράμπες πρόσβασης στην έξοδο και ανοιχτές σκάλες πρόσβασης στην έξοδο στο επίπεδο του πέλματος
6. τελειώνει εκεί που αρχίζει η έξοδος



Εικόνα 3.16: Μέτρηση της απόστασης μετακίνησης έως την έξοδο  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Η απόσταση μετακίνησης είναι αυτό το μήκος μετακίνησης μέχρι το άνοιγμα μιας πόρτας εξόδου σε εξωτερικό χώρο, σε ένα περικλειστο κλιμακοστάσιο εξόδου, μια διαδρομή εξόδου ή μία οριζόντια έξοδο. Περιλαμβάνει όλες τις μετακινήσεις μέσα στον κατειλημμένο χώρο μέχρις ότου ένας χρήστης φτάσει στο επίπεδο προστασίας που παρέχεται από την κοντινότερη έξοδο. Ως εκ τούτου, όταν σκάλες αποτελούν μέρος μίας πρόσβασης στην έξοδο αντί για μια έξοδο, η μετακίνηση κατά μήκος τέτοιων σκαλών συμπεριλαμβάνεται στη μέτρηση της απόστασης μετακίνησης (Cote, Harrington, 2009).

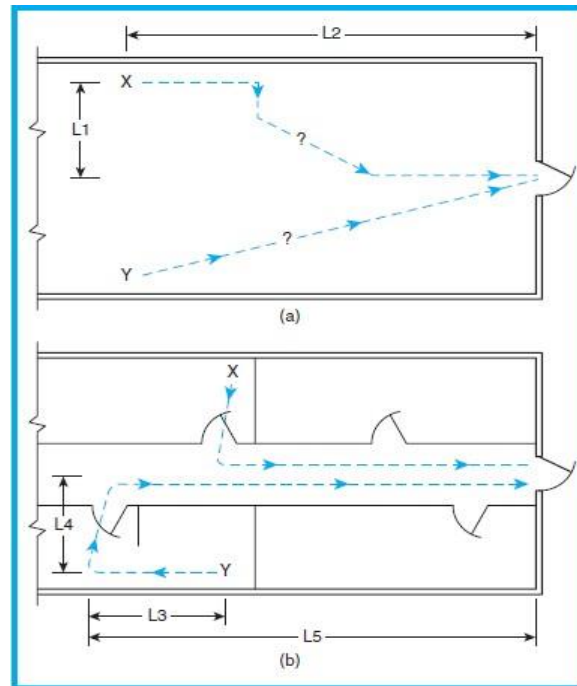
Η μέτρηση της απόστασης μετακίνησης κατά μήκος σκαλών πρέπει να γίνεται στο επίπεδο του πέλματος και όχι κατά μήκος κάθε ριχτιού και πατήματος. Η συγκεκριμένη μέτρηση παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.17.



Εικόνα 3.17: Μέτρηση της απόστασης μετακίνησης σε σκάλες  
[Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Κατά την αξιολόγηση σχεδίων σχετικά με τη συμμόρφωσή τους ως προς τα όρια των αποστάσεων μετακίνησης, είναι σημαντικό να είναι γνωστά η φυσική διαδρομή της εξόδου και τα εμπόδια που υπάρχουν. Στην Εικόνα 3.18, τόσο το πάνω, όσο και το κάτω μέρος απεικονίζουν τον ίδιο χώρο. Στο πάνω μέρος της

εικόνας τα σημεία X και Y βρίσκονται στην ίδια φυσική απόσταση από το άνοιγμα της κοντινότερης πόρτας εξόδου. Χωρίς περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με το σχέδιο των επίπλων ή των χωρισμάτων, δεν είναι σαφές αν ο χρήστης θα μπορεί να σε ευθεία γραμμή όπως φαίνεται από το σημείο Y έως το άνοιγμα της πόρτας εξόδου ή θα χρειαστεί να ακολουθήσει μια μεγαλύτερη διαδρομή με ελιγμούς γύρω από εμπόδια από το σημείο X έως το άνοιγμα της πόρτας εξόδου. Κατά συνέπεια ο μελετητής θα εκτιμούσε την απόσταση μετακίνησης να είναι τουλάχιστον η απόσταση που υπολογίζεται ως το άθροισμα των επιμέρους τμημάτων μετακίνησης L1 και L2 (Cote, Harrington, 2009).



Εικόνα 3.18: Μέτρηση της απόστασης μετακίνησης κατά μήκος της φυσικής διαδρομής της μετακίνησης [Πηγή: Cote, Harrington, 2009]

Στο κάτω μέρος της εικόνας η παρουσία των χωρισμάτων φαίνεται στο σχέδιο. Ο χρήστης δε μπορεί να μετακινηθεί σε ευθεία γραμμή προς το άνοιγμα της πόρτας εξόδου, είτε από το σημείο A, είτε από το σημείο B, καθώς τα χωρίσματα το αποκλείουν. Κατά συνέπεια ο μελετητής θα εκτιμούσε την απόσταση μετακίνησης να είναι τουλάχιστον η απόσταση που υπολογίζεται ως το άθροισμα των επιμέρους τμημάτων μετακίνησης L3, L4 και L5.

### 3.2.6. Ελληνική Νομοθεσία Σχετικά με τα Μέσα Εξόδου και τις Αντίστοιχες Προδιαγραφές

Ο Ελληνικός Κανονισμός Πυροπροστασίας (Π.Δ 71/88) χρησιμοποιείται για τον καθορισμό:

- του αριθμού των κλιμακοστασίων και ανελκυστήρων στο κτίριο
- του πλάτους της σκάλας
- του πλάτους και του μήκους των διαδρόμων
- των μέγιστων διαστάσεων των χώρων
- των πυροδιαμερισμάτων του κτιρίου και των διαστάσεων τους
- των διαστάσεων των ανοιγμάτων και των αποστάσεων τους από τα όρια
- του φωτισμού



Ανεξάρτητα από τη χρήση του, ένα κτίριο ή ένα τμήμα κτιρίου μπορεί να χαρακτηριστεί υψηλού βαθμού κινδύνου από τη φύση των περιεχομένων του. Συγκεκριμένα, όταν τα περιεχόμενα παρουσιάζουν μεγάλη αναφλεξιμότητα, ταχύτητα επιφανειακής εξάπλωσης της φλόγας και έκλυση θερμότητας ή παράγουν πολλά τοξικά καυσαέρια ή έχουν κίνδυνο έκρηξης.

Η παροχή της όδευσης διαφυγής καθορίζεται από την ειδική χρήση του κάθε κτιρίου και υπολογίζεται για κάθε όροφο ανάλογα με τον θεωρητικό πληθυσμό του. Ο θεωρητικός πληθυσμός ανά κατηγορία κτιρίου δίνεται στον Πίνακα 3.6. Η παροχή της όδευσης διαφυγής είναι ο αριθμός των ατόμων που είναι δυνατό να διαφύγει έγκαιρα, σε περίπτωση πυρκαγιάς, χρησιμοποιώντας αυτήν την όδευση. Η παροχή της κατακόρυφης όδευσης (κλιμακοστασίου) καθορίζεται από τον όροφο με τον μεγαλύτερο αριθμό χρηστών, ενώ στην περίπτωση κτιρίου με περισσότερους από 6 ορόφους ισούται με το άθροισμα των παροχών 2 διαδοχικών ορόφων. Το πλάτος των τελικών εξόδων στον όροφο ή το επίπεδο εκκένωσης πρέπει να επαρκεί για το άθροισμα των παροχών  $\alpha + \beta + \gamma$  όπου:

- $\alpha$  = παροχή κλιμακοστασίων + ραμπών από υπερκείμενους ορόφους ή επίπεδα
- $\beta$  = παροχή κλιμακοστασίων + ραμπών από υποκείμενους ορόφους ή επίπεδα
- $\gamma$  = παροχή από τον ίδιο όροφο ή το επίπεδο εκκένωσης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ		τ.μ. μεικτού εμβαδού κάτοψης/ 1 άτομο	τ.μ. καθαρού εμβαδού κάτοψης/ 1 άτομο	άλλο	παρατηρήσεις
Κατοικίες	Μονοκατοικίες	18,00			
	Πολυκατοικίες		18,00		
Ξενοδοχεία		15,00		Αριθμός κλινών και μόνιμο προσωπικό	Λαμβάνεται υπ' όψη ο μεγαλύτερος πληθυσμός
Εκπαιδευτήρια	Αίθουσες διδασκαλίας		2,00	Πληθυσμός που ορίζουν οι προδιαγραφές του φορέα.	Λαμβάνεται υπ' όψη ο μεγαλύτερος πληθυσμός
	Εργαστήρια		4,50		
	Λοιποί χώροι		6,00		
Γραφεία	Μεμονωμένα γραφεία $\leq 50$ τ.μ.		9,00		
	Ενιαίες αίθουσες γραφείων άνω των 50 τ.μ.		5,00		
Κτίρια εμπορικών δραστηριοτήτων	Χώροι πωλήσεων	6,00			
	Χώροι έκθεσης, πωλήσεων υπεραγορών και εμπορικών κέντρων	Ισόγειο	3,00		
		Υπόγειο	3,00		
	Όροφοι πάνω από το ισόγειο	6,00			
Κυλικεία & εστιατόρια καταστημάτων		1,40			



	Χώροι αποθήκευσης & στάθμευσης		30,00			
Χώροι συνάθροισης κοινού	Χώροι με σταθερές θέσεις	με ατομικά καθίσματα	ίσος με τον αριθμό καθισμάτων			Οι επιφάνειες αυτές περιλαμβάνουν τους χώρους που προορίζονται μόνο για την συγκεκριμένη χρήση.
		με πάγκους	1 άτομο/ 0,45 μ. μήκους πάγκου			
	Χώροι χωρίς σταθερές θέσεις	Βιβλιοστάσια	10,00			
		Χώροι ανάγνωσης βιβλιοθηκών		4,50		
		αμφιθέατρο, χώρος συναυλιών - διαλέξεων - διδασκαλίας, συνεδρίασης δικαστηρίου, θέατρο, κινηματογράφο, θεατές σε χώρους αθλητικών εκδηλώσεων, νασί, κέντρα διασκέδασης, BAR και συναφείς με τα προηγούμενα συναθροίσεις		0,65		
		Κουζίνες	10,00			
		εστιατόρια, καφενεία, ζαχαροπλαστεία, λέσχες, αίθουσες συνεδριάσεων, μουσεία, βιβλιοθήκες, μόνιμα εκθεσιακά κέντρα, αποδυτήρια και συναφείς με τα προηγούμενα συναθροίσεις	I	1,40		
Σκηνή θεάτρου		1,40				
χώροι αναμονής συγκοινωνιακών μέσων, προσωρινών εκθέσεων και χώροι πιθανής συνάθροισης ορθίων ατόμων (π.χ. foyer θεάτρων)		0,30				

		αθλούμενοι σε χώρους άσκησης και αθλοπαιδιών, όπως σε αγωνιστικούς χώρους γυμναστηρίων, σε αίθουσες γυμναστικής με όργανα		5,00		
		αθλούμενοι σε αίθουσες γυμναστικής χωρίς όργανα		1,40		
		αθλούμενοι σε αίθουσες δεξαμενών και κολυμβητηρίων		1 άτομο/ 5 τ.μ. επιφάνειας νερού		
	Υπαίθριοι αγωνιστικοί χώροι			5,00		
Βιομηχανίες - Βιοτεχνίες			10,00			
Αποθήκες			30,00			
Κτίρια κοινωνικής πρόνοιας	Νοσηλευτικές μονάδες και μονάδες διαμονής μη αυτοεξυπηρετούμενων ατόμων		I	11,00		
	Διάδρομοι διακλωφορίας κεντρικών αποθηκών, Η.Μ. εγκαταστάσεων			30,00		

		αθλούμενοι σε χώρους άσκησης και αθλοπαιδιών, όπως σε αγωνιστικούς χώρους γυμναστηρίων, σε αίθουσες γυμναστικής με όργανα		5,00	
		αθλούμενοι σε αίθουσες γυμναστικής χωρίς όργανα		1,40	
		αθλούμενοι σε αίθουσες δεξαμενών και κολυμβητηρίων	1 άτομο/ 5 τ.μ. επιφάνειας νερού		
	Υπαίθριοι αγωνιστικοί χώροι			5,00	
Βιομηχανίες - Βιοτεχνίες			10,00		
Αποθήκες			30,00		
Κτίρια κοινωνικής πρόνοιας	Νοσηλευτικές μονάδες και μονάδες διαμονής μη αυτοεξυπηρετούμενων ατόμων		11,00		
	Διάδρομοι διατηρηματικής κυκλοφορίας κεντρικών αποθηκών, Η.Μ. εγκαταστάσεων		30,00		
	Λοιποί χώροι		22,00		

Κτίρια σωφρονισμού			11,00		το άθροισμα του μεγίστου προβλεπόμενου από τον φορέα αριθμού κρατουμένων, του αριθμού του προσωπικού και του μεγίστου επιτρεπόμενου αριθμού επισκεπτών εφ' όσον είναι μεγαλύτερο από τον πληθυσμό που προκύπτει με βάση την αναλογία ενός ατόμου ανά 11 τ. μέτρα μικτού εμβαδού κάτοψης.
Αεροδρόμια	Χώροι διακίνησης κοινού			9,00	
	Παραλαβή αποσκευών			2,00	
	Παράδοση αποσκευών			2,00	
	Χώροι αναμονής			1,40	
	Χώρος διαχείρισης αποσκευών			30,00	
Χώροι στάθμευσης οχημάτων & πρατήρια υγρών καυσίμων - Πλυντήρια αυτοκινήτων	Δημόσιος χώρος στάθμευσης		2 άτομα/ επιφάνεια στάθμευσης 1 αυτοκινήτου		
	Ιδιωτικός χώρος στάθμευσης		1 άτομο/ επιφάνεια στάθμευσης 1 αυτοκινήτου		

Πίνακας 3.6: Πληθυσμός ανάλογα με την κατηγορία κτιρίου [Πηγή: Παπαϊωάννου, et al, 2011]

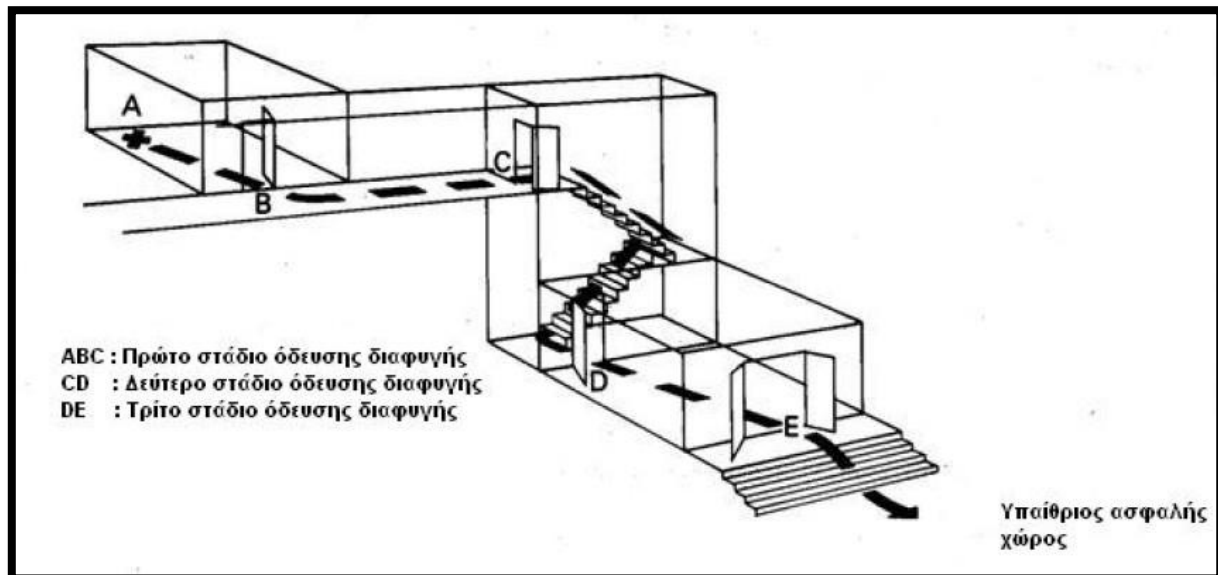
Ως πλάτος της όδευσης διαφυγής θεωρείται το ελεύθερο πλάτος στο στενότερο σημείο της και μέχρι ύψους 2.00m. Το ελάχιστο πλάτος όδευσης δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 0.70m. Το απαιτούμενο πλάτος της όδευσης εξαρτάται από τον αριθμό των ενοίκων και τη χρήση του κτιρίου και εκφράζεται σε μονάδες πλάτους (0.60m) ενώ όπου απαιτείται προστίθεται μισή μονάδα πλάτους (0.30m).

Το ελεύθερο ύψος των χώρων που περνά η όδευση διαφυγής πρέπει να είναι τουλάχιστον 2.20m ενώ για τις σκάλες, δοκούς, ανώφλια θυρών μπορεί να είναι 2.00m. Περιοχές που παρουσιάζουν υψομετρικές διαφορές στο δάπεδο μέχρι 40cm, εξυπηρετούνται με σκαλοπάτια ή ράμπες και μπορούν να συμπεριληφθούν στις οριζόντιες οδεύσεις διαφυγής.

### 3.2.6.2. Στάδια των Οδεύσεων Διαφυγής

Υπάρχουν τρία στάδια όπως φαίνονται και στο Σχήμα 3.9 (Παπαϊωάννου, et al, 2011):

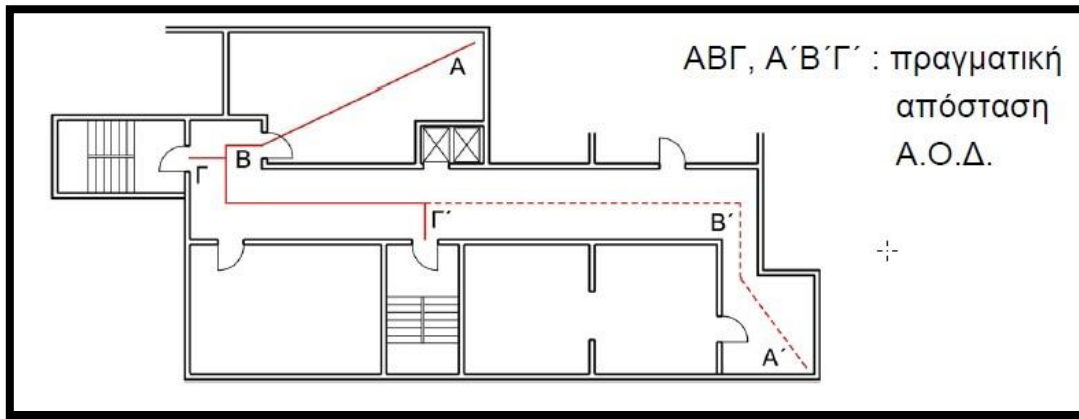
- απροστάτευτη όδευση διαφυγής: περιβάλλεται από δομικά στοιχεία χωρίς ειδικές απαιτήσεις πυραντίστασης και καταλήγει σ' έναν χώρο σχετικά ή απόλυτα ασφαλή.
- πυροπροστατευμένη όδευση διαφυγής: το τμήμα της όδευσης (κλιμακοστάσιο, διάδρομος, προθάλαμος, κλπ) που περικλείεται από πυράντοχα δομικά στοιχεία με προκαθορισμένο δείκτη πυραντίστασης
- τελική έξοδος: η κατάληξη μιας όδευσης διαφυγής από ένα κτίριο, που οδηγεί σε μια οδό ή σ' ένα ανοιχτό χώρο ασφαλή από τον κίνδυνο της φωτιάς ή του καπνού



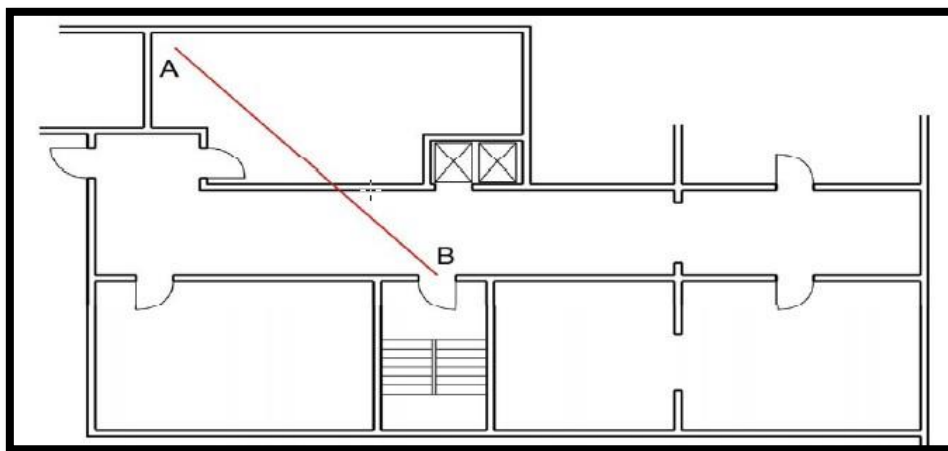
Σχήμα 3.9: Στάδια οδεύσεων διαφυγής  
 [Πηγή: Παπαϊωάννου, et al, 2011]

Για το στάδιο της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής ισχύουν οι παρακάτω διατάξεις (Παπαϊωάννου, et al, 2011):

Η πραγματική απόσταση, Σχήμα 3.10 όπως και η άμεση απόσταση Σχήμα 3.11 απροστάτευτης όδευσης, αναφέρονται συνήθως σε οριζόντια διαδρομή. Όταν όμως παρεμβάλλεται στην όδευση απροστάτευτο κλιμακοστάσιο, προστίθεται το μήκος της γραμμής ανάβασης επαυξημένο κατά 50%. Το μήκος της πραγματικής απόστασης είναι η πραγματική πορεία μη συμπεριλαμβανομένων των κινητών επίπλων, που πρέπει να διασχίσει το άτομο από κάποιο σημείο της κάτοψης του κτιρίου, μέχρι να φτάσει στην πιο κοντινή έξοδο κινδύνου, δηλαδή στην αρχή μιας πυροπροστατευμένης όδευσης διαφυγής. Το μήκος της άμεσης απόστασης είναι το μήκος της ευθείας γραμμής από κάποιο σημείο ενός ορόφου, μετρούμενο μέσα στο περίγραμμα του κτιρίου, προς την πλησιέστερη έξοδο κινδύνου, αγνοώντας τα ενδιάμεσα χωρίσματα και τους τοίχους, εκτός από αυτούς του πυροπροστατευμένου κλιμακοστασίου.



Σχήμα 3.10: Πραγματική απόσταση Α.Ο.Δ  
[Πηγή: Παπασωτηρίου, 2010]



Σχήμα 3.11: Άμεση απόσταση Α.Ο.Δ  
[Πηγή: Παπασωτηρίου, 2010]

Τα μέγιστα, κατά περίπτωση, επιτρεπόμενα μήκη των παραπάνω αποστάσεων καθορίζονται από τις αντίστοιχες Ειδικές Διατάξεις (Π.Δ. 71/88) ανάλογα με την χρήση του κτιρίου και εμφανίζονται στον Πίνακα 3.7. Κάθε σημείο της κάτοψης πρέπει να μην απέχει περισσότερο από την αναγραφόμενη στον Πίνακα 3.7 απόσταση από την πλησιέστερη έξοδο κινδύνου (δηλαδή είσοδο σε πυροπροστατευμένη όδευση, όμορο πυροδιαμέρισμα ή τελική έξοδο). Στην περίπτωση που υπάρχει μία μόνο πορεία διαφυγής, το αναφερόμενο πιο πάνω μέγιστο όριο απροστάτευτης όδευσης είναι μικρότερο και καθορίζεται από τις αντίστοιχες ειδικές διατάξεις. Οι άμεσες αποστάσεις δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερες των 2/3 των τιμών της τελευταίας στήλης.

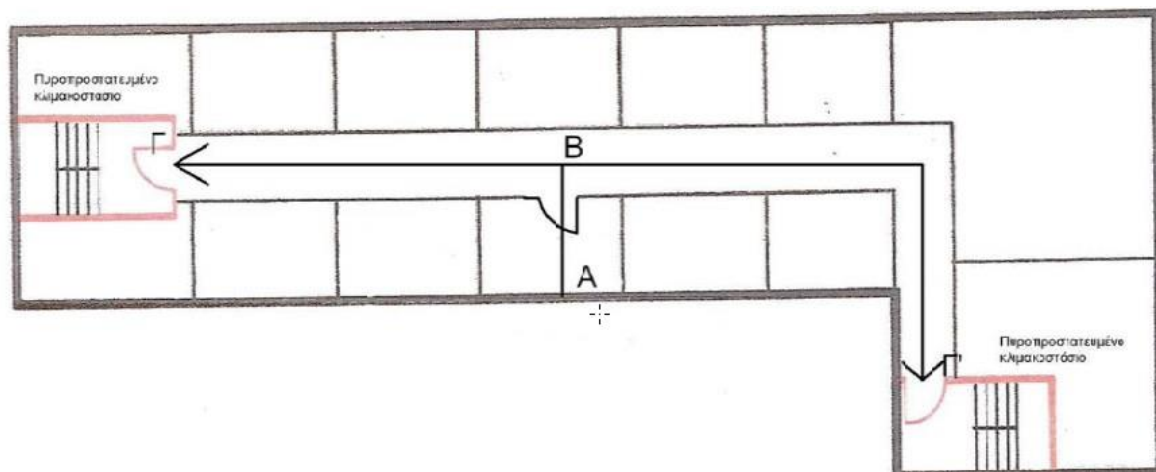
ΑΡΘΡΟ	ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΜΙΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ*	ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ**
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ			
5	ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	25	35
	ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	18	35
6	ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ	18	35
7	ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ	18	35
8	ΓΡΑΦΕΙΑ	18	45
9	ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ	18	45
ΧΩΡΟΙ ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗΣ ΚΟΙΝΟΥ			
10	Με σταθερά καθίσματα	15	32
	Σε άλλους χώρους	18	45
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ-ΒΙΟΤΕΧΝΙΕΣ-ΑΠΟΘΗΚΕΣ			
11	Μικρού και μεσαίου κινδύνου (Z1, Z2)	25	45
	Υψηλού κινδύνου (Z3)	12	25
12	Κτίρια υγείας και πρόνοιας	15	35
13	Κτίρια σωφρονισμού	15	35
14	Χώροι στάθμευσης οχημάτων	15	45
5 έως 14	Επικίνδυνοι χώροι***	9	18

Πίνακας 3.7: Όρια μήκους απροστάτευτης όδευσης ανά κατηγορία κτιρίων (m)  
[Πηγή: Παπαϊωάννου, et al, 2011]

Αν ένα τμήμα ανήκει σε κοινόχρηστο διάδρομο μερικά πυροπροστατευμένο (με δείκτη πυραντίστασης τουλάχιστον 30 λεπτών), στον υπολογισμό της πραγματικής απόστασης αυτό το τμήμα λαμβάνεται ίσο με το μισό του πραγματικού του μήκους (Παπαϊωάννου, et al, 2011).

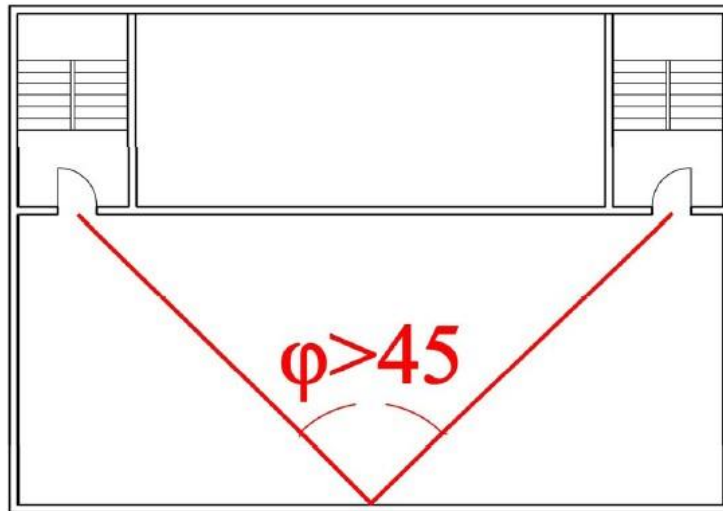
Όταν υπάρχει αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης, πυρόσβεσης, ή και τα δύο τότε η απροστάτευτη απόσταση διαφυγής επιτρέπεται να αυξάνεται κατά 20%, 40% ή 50% αντιστοίχως (Παπαϊωάννου, et al, 2011).

Γενικά πρέπει να επιδιώκεται η προσπέλαση προς δύο τουλάχιστον εναλλακτικές εξόδους κινδύνου, από χώρους με πληθυσμό περισσότερο των 10 ατόμων ή όροφο με πληθυσμό περισσότερο των 50 ατόμων όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.12. Οι εξοδοί κινδύνου από κάθε σημείο του χώρου πρέπει να τοποθετούνται σε θέσεις σαφώς αντιληπτές από τους ενοίκους.



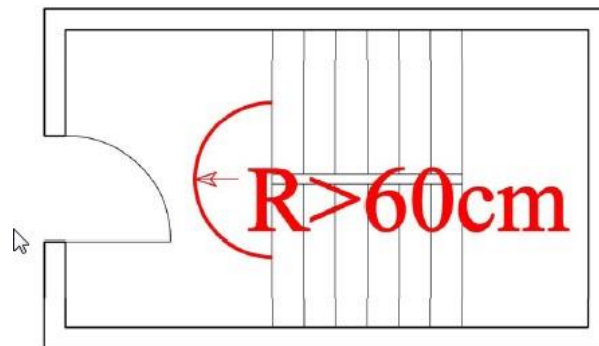
Σχήμα 3.12: Εναλλακτικές εξοδοί κινδύνου  
[Πηγή: Παπαϊωάννου, et al, 2011]

Οι οδεύσεις διαφυγής από τυχόν σημείο ενός ανοικτού χώρου προς δύο εναλλακτικές εξόδους πρέπει να σχηματίζουν γωνία τουλάχιστον  $45^\circ$  (Παπασωτηρίου, 2010) όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.13 για να θεωρηθεί ότι αποτελούν δύο ξεχωριστής κατεύθυνσης οδεύσεις.



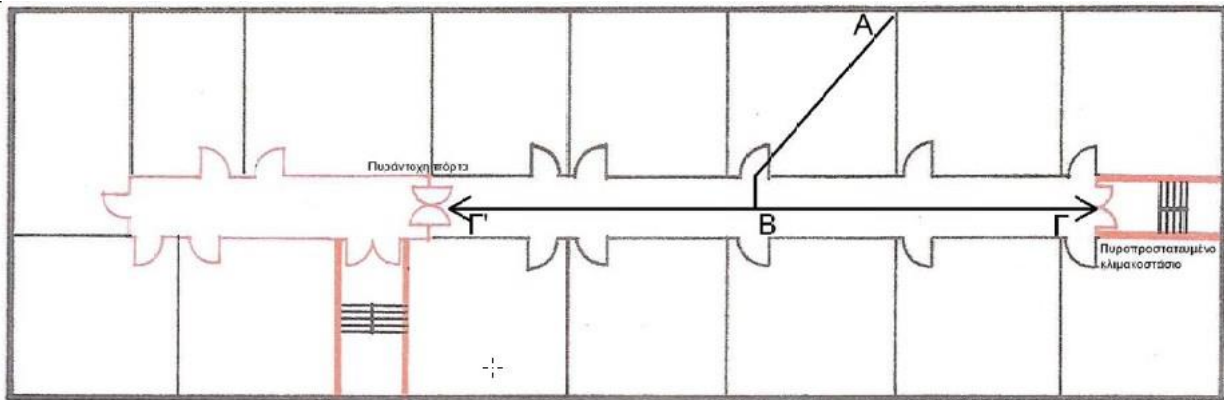
Σχήμα 3.13: Οι οδεύσεις διαφυγής σχηματίζουν γωνία  $>45^\circ$   
[Πηγή: Παπασωτηρίου, 2010]

Οι πόρτες των εξόδων κινδύνου Σχήμα 3.14 πρέπει να ανοίγουν υποχρεωτικά προς την κατεύθυνση της όδευσης διαφυγής, όταν στο χώρο του κτιρίου αντιστοιχεί πληθυσμός μεγαλύτερος από 50 άτομα ή ο χώρος παρουσιάζει υψηλό βαθμό κινδύνου (Π.Δ. 71/88). Γενικά οι οδεύσεις διαφυγής δεν πρέπει να περνάνε κοντά από τμήματα του κτιρίου που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό κινδύνου εκτός και αν συντρέχουν κάποιιοι λόγοι.



Σχήμα 3.14: Άνοιγμα πόρτας εξόδου κινδύνου  
[Πηγή: Παπασωτηρίου, 2010]

Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να προβλέπεται και επιπλέον ελάχιστο όριο για την απόσταση του πλέον απομακρυσμένου σημείου της αίθουσας από την είσοδο σε διάδρομο Σχήμα 3.15. Σε κάθε περίπτωση η άμεση αυτή απόσταση πρέπει να είναι μικρότερη από τα  $2/3$  του επιτρεπόμενου μήκους της πραγματικής απόστασης απροστάτευτης όδευσης διαφυγής (Παπαϊωάννου, et al, 2011).



Σχήμα 3.15: Άμεση απόσταση  $AB < 2/3$  ( $AB\Gamma$  ή  $AB\Gamma'$ )  
[Πηγή: Παπαϊωάννου, et al, 2011]

Η οδευση διαφυγής μπορεί να περνάει από εξωτερικούς εξώστες ή υπαίθρια τμήματα (δώματα, βεράντες) υπό τον όρο ότι το μέγιστο μήκος το υπαίθριου τμήματος είναι το μισό της συνολικής επιτρεπόμενης απόστασης, προκειμένου για απροστάτευτη οδευση και δεν δημιουργεί αδιέξοδα.

### 3.2.6.3. Κατασκευαστικά Στοιχεία των Οδεύσεων Διαφυγής

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Πυροπροστασίας (Π.Δ 71/88) ορίζονται οι κατασκευαστικές προδιαγραφές των στοιχείων της οδευσης, τα οποία αφορούν πόρτες και σκάλες και οι διατάξεις σχετικά με τον φωτισμό και τη σήμανση της οδευσης διαφυγής. Όλα αυτά αναλύονται στη συνέχεια.

Κάθε πόρτα που θα χρησιμοποιηθεί ως έξοδος κινδύνου πρέπει να είναι σε κατάλληλη θέση ώστε η πορεία διαφυγής να είναι εύκολη. Σε κάθε άνοιγμα πόρτας, απ' όπου περνά οδευση διαφυγής, πρέπει να υπάρχει τουλάχιστο ένα θυρόφυλλο με πλάτος ίσο ή μεγαλύτερο από 0.70m. Κανένα θυρόφυλλο, από το οποίο περνά οδευση διαφυγής, δεν επιτρέπεται να έχει πλάτος μεγαλύτερο από 1.20m. Το δάπεδο και από τις δύο πλευρές κάθε πόρτας πρέπει να είναι επίπεδο και να βρίσκεται στην ίδια στάθμη. Κατ' εξαίρεση, όταν η πόρτα οδηγεί προς στο ύπαιθρο ή προς εξωτερικό εξώστη ή προς την τελική έξοδο, επιτρέπεται η στάθμη του δαπέδου στην εξωτερική πλευρά της πόρτας να βρίσκεται μέχρι και 0.20 μέτρου χαμηλότερα σε σχέση με την εσωτερική στάθμη.

Κάθε πόρτα που προβλέπεται να παραμένει κλειστή σε περίπτωση πυρκαγιάς (πχ πόρτα σε περίβλημα κλιμακοστασίου), πρέπει να είναι αυτοκλειόμενη και δεν επιτρέπεται να στερεώνεται σε θέση ανοιχτή. Απαγορεύεται η περιστρεφόμενη πόρτα γύρω από κεντρικό άξονα σε οδεύσεις διαφυγής, εκτός από περιπτώσεις ειδικών κτιρίων όπου οι πόρτες αυτές καλύπτουν ποσοστό μικρότερο ή ίσο του 50% από το σύνολο των απαιτούμενων μονάδων πλάτους οδευσης. Για κάθε περιστρεφόμενη πόρτα υπολογίζεται μόνο μισή μονάδα πλάτους, κατά τον υπολογισμό των μονάδων της οδευσης διαφυγής.

Οι σκάλες, τα πλατύσκαλα, οι εξώστες, οι ράμπες, που αποτελούν τμήματα οδεύσεων διαφυγής πρέπει να είναι κατάλληλα προστατευμένα με στηθαία στις ανοιχτές πλευρές. Τα στηθαία και οι κουπαστές πρέπει να είναι συνεχή σε όλο το μήκος του κλάδου της σκάλας ή της ράμπας. Σε κάθε σκάλα, όπου απαιτείται πλάτος μεγαλύτερο από 1.80m, πρέπει να τοποθετούνται ενδιάμεσες κουπαστές, έτσι ώστε το μέγιστο άνοιγμα κάθε τμήματος της σκάλας να είναι 1.80m, εφόσον χρησιμοποιείται ως οδευση διαφυγής.

Ο φωτισμός των οδεύσεων διαφυγής (τεχνητός ή φυσικός) πρέπει να είναι συνεχής στο χρονικό διάστημα που το κτίριο βρίσκεται σε λειτουργία, παρέχοντας την ελάχιστη ένταση φωτισμού. Σε περίπτωση απώλειας τάσης πρέπει να υπάρχει βοηθητική πηγή ενέργειας και σε περίπτωση διακοπής του κανονικού φωτισμού το σύστημα του φωτισμού ασφαλείας πρέπει να εξασφαλίζει ικανοποιητικό φωτισμό στον χώρο για τουλάχιστον μιάμιση ώρα.

Για την σήμανση των οδύσεων διαφυγής χρησιμοποιούνται κατάλληλα σήματα και επιγραφές τοποθετημένα σε τέτοια σημεία ώστε να γίνονται άμεσα ορατά από τους χρήστες. Στα σημεία που δεν ανήκουν σε όδευση διαφυγής τοποθετείται πινακίδα η οποία δίνει πληροφορίες σχετικά με την κατεύθυνση της πλησιέστερης εξόδου.

### 3.3. Τύποι Εκκένωσης

Υπάρχουν δύο τύποι εκκένωσης (Gustin, 2007): μερική εκκένωση, πλήρης ή συνολική εκκένωση. Μολονότι, η φύση της καταστροφής ή της έκτακτης ανάγκης, καθώς και η δυνητική απειλή για την ασφάλεια των ευρισκόμενων στο χώρο καθορίζει τον τύπο της εκκένωσης που διεξάγεται, πρέπει να εξετάζεται και να συνεκτιμάται η αμεσότητα της απειλής.

**Μερική εκκένωση:** Σε μία μερική εκκένωση, οι παρευρισκόμενοι που επηρεάζονται ή η ασφάλεια των οποίων μπορεί να τεθεί σε κίνδυνο λόγω του συμβάντος, μετακινούνται από την απειλούμενη ζώνη σε μία ασφαλή ή εξασφαλισμένη/προστατευμένη περιοχή. Η εξασφαλισμένη/προστατευμένη περιοχή μπορεί να βρίσκεται, είτε εντός, είτε εκτός της εγκατάστασης. Για παράδειγμα όταν ανιχνευθεί φωτιά σε μία πολυώροφη εγκατάσταση ή σε ένα υψηλό κτίριο, οι παρευρισκόμενοι που βρίσκονται στα επίπεδα πάνω και κάτω από την πηγή της πυρκαγιάς πρέπει να προβούν σε άμεση εκκένωση (Gustin, 2007).

**Πλήρης/Συνολική εκκένωση:** Σε μία πλήρη/συνολική εκκένωση, όλοι οι παρευρισκόμενοι απαιτείται να εκκενώσουν τις εγκαταστάσεις με την ενδεχόμενη εξαίρεση από τους προαναφερθέντες, αυτών που συγκροτούν την ομάδα αντιμετώπισης της έκτακτης ανάγκης ή καταστροφής. Σε κάποιες περιπτώσεις, και πάλι ανάλογα με τη φύση και αμεσότητα της καταστροφής ή της έκτακτης ανάγκης τα μέλη της ομάδας μπορούν να παραμείνουν για να διασφαλίσουν ότι όλοι οι παρευρισκόμενοι έχουν εγκαταλείψει το χώρο και/ή να διασφαλίσουν τις κρίσιμες περιοχές και λειτουργίες του χώρου (Gustin, 2007).

### 3.4. Παράγοντες Εκκένωσης

#### 3.4.1. Βασικοί Παράγοντες Εκκένωσης

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον προσδιορισμό του τύπου εκκένωσης που θα εφαρμοστεί. Αυτοί οι παράγοντες είναι οι ακόλουθοι (Gustin, 2007):

- η φύση του συμβάντος έκτακτης ανάγκης ή καταστροφής
- η δυνητική απειλή για την ασφάλεια των παρευρισκόμενων, όπως εκτιμάται από τη σοβαρότητα του περιστατικού

Καθένας από αυτούς τους παράγοντες με τη σειρά του καθορίζει την αμεσότητα της ανάγκης εκκένωσης.

#### 3.4.2. Άλλοι Παράγοντες Εκκένωσης

Υπάρχει μία σειρά άλλων κρίσιμων παραγόντων που σχετίζονται με την εκκένωση οι οποίοι πρέπει να εξεταστούν και να συνεκτιμηθούν στην ανάπτυξη στρατηγικών εκκένωσης. Οι συγκεκριμένοι παράγοντες περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών που έχουν σχέση με (Gustin, 2007):

- εσωτερικά επίπεδα ευθυνών και αρμοδιοτήτων για την εντολή έναρξης και την επίβλεψη της διαδικασίας της εκκένωσης. Ανάλογα με τη φύση και τη σοβαρότητα του συμβάντος, η εντολή



εκκένωσης μπορεί να δοθεί, είτε από το εξουσιοδοτημένο άτομο της εγκατάστασης, ή από την τοπική πυροσβεστική υπηρεσία ή άλλη αρμόδια αρχή, ή κι από τις δύο

- χρόνος της εντολής. Ανάλογα με τη δυνητική απειλή για την ασφάλεια των παρευρισκομένων, η απόφαση για εντολή εκκένωσης μπορεί να χρειαστεί να δοθεί αμέσως
- διάφορα είδη βοήθειας πρέπει να είναι στην διάθεση των Α.Μ.Ε.Α.. Η βοήθεια μπορεί να προέρχεται από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό που εργάζεται στην εγκατάσταση και/ή το προσωπικό της πυροσβεστικής υπηρεσίας ή το προσωπικό των σωστικών συνεργείων

Ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί και να συνεκτιμηθεί είναι η απειλή για βόμβες και εκρηκτικές ύλες που σχετίζονται με περιστατικά βίας.

### 3.5. Εκκένωση και Μονάδα Έρευνας

Κατά την εκπόνηση στρατηγικών εκκένωσης οι διαχειριστές/διοικητές των εγκαταστάσεων και τα μέλη της ομάδας αντιμετώπισης της καταστροφής και σχεδιασμού της αποκατάστασης θα πρέπει να εξετάσουν το ενδεχόμενο σχηματισμού μονάδας εσωτερικής εκκένωσης και έρευνας (Gustin, 2007). Συγκροτούμενη από επιλεγμένα διευθυντικά και επιβλέποντα στελέχη, η μονάδα εσωτερικής εκκένωσης της συγκεκριμένης ομάδας μπορεί να κατευθύνει την εύρυθμη εκκένωση και μετακίνηση των παρευρισκομένων όταν μία τέτοια ενέργεια καθίσταται απαραίτητη. Μία μονάδα εκκένωσης που είναι ειδικά εκπαιδευμένη σε διαδικασίες εκκένωσης καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης λόγω απειλής βομβιστικής ενέργειας.

### 3.6. Επιπρόσθετες Παρατηρήσεις

Υπάρχουν αρκετές άλλες επισημάνσεις (Gustin, 2007) σχετικά με την εκκένωση που πρέπει να αναφέρονται στο σχέδιο αντιμετώπισης της καταστροφής. Αυτές περιλαμβάνουν τις θέσεις στις οποίες θα αναφέρονται οι παρευρισκόμενοι μετά την ολοκλήρωση της μερικής ή της πλήρους/ολικής εκκένωσης, την επιβεβαίωση της επιτυχημένης εκκένωσης και την συντήρηση των διαδρομών εκκένωσης.

#### 3.6.1. Περιοχές Αναφοράς

Ανεξάρτητα από το είδος της εκκένωσης που μπορεί να πραγματοποιηθεί, μία περιοχή αναφοράς (Gustin, 2007) πρέπει να προσδιοριστεί. Στις περιπτώσεις στις οποίες αιτιολογείται μια μερική εκκένωση, πρέπει να επισημαίνεται και να ορίζεται ποια περιοχή θα διατίθεται για την εκκένωση των εργαζομένων. Περιοχές εντός της εγκατάστασης στις οποίες η πρόσβαση είναι ελεγχόμενη ή περιορισμένη για λόγους ασφαλείας δεν αποτελούν ενδεδειγμένες επιλογές (Gustin, 2007). Δεν αποτελούν λογικές επιλογές οι περιοχές κρίσιμων λειτουργιών οι οποίες δεν πρέπει να διαταραχθούν από μία αιφνίδια εισροή ατόμων. Η στρατηγική εκκένωσης πρέπει να αντιμετωπίζει τα θέματα χωροταξίας, ώστε να αποτρέπεται η εμφάνιση περιπτώσεων προβλημάτων κατά τη διάρκεια ενός πραγματικού περιστατικού.

Η στρατηγική της εκκένωσης πρέπει να αντιμετωπίζει το ζήτημα πλήρους/ολικής εκκένωσης του χώρου. Μία περιοχή εκτός του χώρου πρέπει να προσδιοριστεί. Η συγκεκριμένη τοποθεσία που θα επιλεγεί θα πρέπει να παρέχει ασφάλεια και θα πρέπει να είναι επαρκώς μεγάλη ώστε να φιλοξενήσει το συνολικό αριθμό όσων έχουν εγκαταλείψει το χώρο (Gustin, 2007). Χωρίς ένα προσδιορισμένο προορισμό, η ασφάλεια των ατόμων που εγκαταλείπουν το χώρο θα μπορούσε να τεθεί σε κίνδυνο. Πτώση υλικού από την περιοχή του χώρου που έχει πληγεί θα μπορούσε να έχει προκαλέσει τον τραυματισμό όσων έχουν απομείνει εκεί. Επίσης, η αποτελεσματικότητα των συνεργείων πυρόσβεσης και των σωστικών συνεργείων θα περιοριζόταν καθώς θα δυσχεραινόταν η επέμβασή τους λόγω του μεγάλου αριθμού ατόμων που εγκαταλείπει το χώρο και λειτουργεί ως εμπόδιο (Gustin, 2007).

### 3.6.2. Επιβεβαίωση Εκκένωσης

Ουσιαστικά, υπάρχουν δύο μέθοδοι (Gustin, 2007) που μπορούν να εφαρμοστούν για τη διαδικασία επιβεβαίωσης της εκκένωσης, η μέθοδος της ονομαστικής κλήσης και η μέθοδος της έρευνας. Καθεμία από αυτές έχει τα δικά της ξεχωριστά πλεονεκτήματα ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος της εγκατάστασης.

**Μέθοδος της ονομαστικής κλήσης:** Για αυτές τις εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν ένα σχετικά μικρό αριθμό μόνιμων χρηστών, η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την επαλήθευση της εκκένωσης. Ο εποπτεύων τη διαδικασία της εκκένωσης ή ο εξουσιοδοτημένος σχετικά με αυτή τη διαδικασία μπορεί, είτε να προβεί στην καταμέτρηση «κεφαλιών» με βάση τη λίστα των χρηστών, ή να απαιτήσει την ηχητική επιβεβαίωση των μελών της λίστας ώστε να διασφαλιστεί η επιτυχημένη εκκένωση όλων των ατόμων (Gustin, 2007).

**Μέθοδος της έρευνας:** Για αυτές τις εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν ένα σχετικά μεγάλο αριθμό χρηστών, η μέθοδος της ονομαστικής κλήσης δεν είναι πρακτική. Σε μία πλήρη/ολική εκκένωση τέτοιων εγκαταστάσεων είναι σχεδόν αδύνατο να χρησιμοποιηθεί για κάθε άτομο. Σε αυτές τις περιπτώσεις η μέθοδος της αναζήτησης είναι η πιο αποτελεσματική (Gustin, 2007).

Μετά από έγκριση από την αρμόδια υπηρεσία για εκ νέου είσοδο στον χώρο στον οποίο έχει πραγματοποιηθεί εκκένωση, η μέθοδος της αναζήτησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει το βαθμό επιτυχίας της εκκένωσης. Στις περιπτώσεις στις οποίες η προαναφερθείσα έγκριση δεν παρέχεται άμεσα, η αρμόδια υπηρεσία μπορεί να κληθεί να διενεργήσει την αναζήτηση μετά την εκκένωση.

### 3.6.3. Συντήρηση Διαδρομής Εκκένωσης

Ένα τελευταίο άλλα όχι λιγότερο σημαντικό θέμα, είναι το ζήτημα της συντήρησης της διαδρομής εκκένωσης. Ως μέρος της διαδικασίας ελέγχου και επιθεώρησης και του προγράμματος συντήρησης, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις καθορισμένες διαδρομές εκκένωσης (Gustin, 2007).

Από κανονιστικής πλευράς, όλες οι καθορισμένες διαδρομές που χρησιμοποιούνται στην εκκένωση πρέπει να συντηρούνται κατάλληλα. Επιπρόσθετα, όλα τα στοιχεία του χώρου πρέπει να είναι λειτουργικά και διαθέσιμα προς χρήση στην περίπτωση που κριθεί απαραίτητο να δοθεί εντολή εκκένωσης. Αυτά τα στοιχεία του χώρου περιλαμβάνουν συστήματα φωτισμού και συστήματα φωτισμού έκτακτης ανάγκης, ανελκυστήρες, υλικό αντοχής σε πυρκαγιά σε τοίχους του χώρου και μηχανικά συστήματα δημιουργίας υπερπίεσης και εξαερισμού στο κλιμακοστάσιο (Gustin, 2007). Επιπρόσθετα, όπως προαναφέρθηκε - η πρόσβαση στην έξοδο, η έξοδος, η έξοδος της εκκένωσης - πρέπει να συντηρούνται κατάλληλα ώστε να διασφαλίζεται η χρησιμότητά τους και οι παρευρισκόμενοι να είναι ασφαλείς.

## 3.7. Παράγοντες Αποτελεσματικότητας Εκκένωσης

### 3.7.1. Αποφάσεις

Οι άνθρωποι χρειάζονται χρόνο για να λάβουν αποφάσεις. Σε γενικές γραμμές οι άνθρωποι είναι διστακτικοί να αναλάβουν τη διεξαγωγή προφανών ενεργειών εκτός αν σαφώς αποδεχτούν την ανάγκη για μια τέτοια ενέργεια (SFPE, 2002). Σε ομαδικές περιπτώσεις η αλληλεπίδραση της ομάδας είναι εξαιρετικά σημαντική για τη λήψη αποφάσεων. Συγκεκριμένα, έχει επισημανθεί η τάση πολλών ανθρώπων να αναβάλουν τη λήψη επείγουσας απόφασης, μέχρι να γίνει σαφές ότι απαιτείται δράση. Επίσης, από έρευνες έχει καταγραφεί και ποσοτικοποιηθεί ένας παράγοντας που ονομάζεται «συνειρμικός» παράγοντας. Ειδικότερα, έχει σημειωθεί ότι άτομα σε ομάδες καθυστερούν να αντιδράσουν σε ένα προειδοποιητικό συναγερμό έως ότου είναι σαφές ότι η ομάδα αποδέχεται την ανάγκη να ληφθούν μέτρα έκτακτης δράσης (SFPE, 2002). Η έγκαιρη

εκπαίδευση, η οργάνωση και η πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο για ένα περιστατικό έκτακτης ανάγκης μπορεί να συμβάλει στη μείωση της χρονικής καθυστέρησης για την ανάληψη επείγουσας δράσης.

Ο Levin (1985) αναλύοντας δεδομένα από πολλές πηγές που σχετίζονται με ενέργειες επείγουσας ανάγκης σε κατοικίες, έχει προτείνει την ταξινόμηση της ταχύτητας αντίδρασης σε τέσσερις κατηγορίες. Αυτές οι κατηγορίες που ορίζονται ως διακριτές κλάσεις, βασίζονται στην αρχική ερμηνεία των ενδείξεων από τα μεμονωμένα εμπλεκόμενα άτομα. Οι κλάσεις που έχουν προταθεί είναι οι εξής (SFPE, 2002):

- A: το άτομο πιστεύει ότι μπορεί να υπάρχει μία πυρκαγιά (αλλά δεν είναι βέβαιο)
- B: το άτομο πιστεύει ότι είναι πιθανό να υπάρχει μία πυρκαγιά
- Γ: το άτομο είναι σίγουρο ότι υπάρχει μία πυρκαγιά και έχει δει επαρκή καπνό για να πιστεύει ότι η πυρκαγιά είναι επικίνδυνη
- Δ: το άτομο έχει δει φλόγες

Με μία σημαντική εξαίρεση η καθολική απόκριση, σε μία αμφίβολη περίπτωση της κατηγορίας A, είναι η αναζήτηση πληροφοριών. Η εξαίρεση από το γενικό κανόνα συνέβη με αυτούς που είναι υπεύθυνοι για άτομα που δε μπορούν να φροντίσουν τον εαυτό τους (π.χ. μικρά παιδιά, A.M.E.A.). Αυτά τα άτομα ανέλαβαν δράση για να προχωρήσουν σε εκκένωση ή να παρέχουν προστασία.

Αντίθετα, σε μία αμφίβολη κατάσταση της κατηγορίας Δ, δράση έκτακτης ανάγκης λαμβάνεται πάντα.

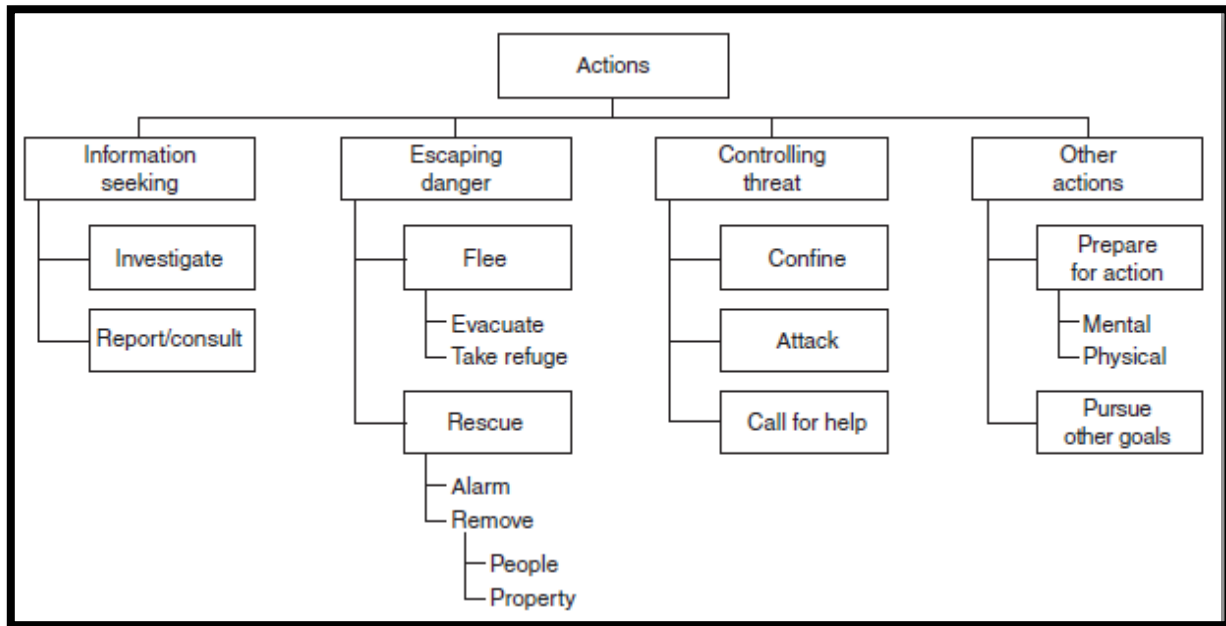
Σε αμφίβολες καταστάσεις των κατηγοριών B και Γ ορισμένα άτομα συνέχιζαν να αναζητούν πληροφορίες, ενώ άλλα ανέλαβαν άλλες μορφές δράσης έκτακτης ανάγκης. Οι ενέργειες αυτές περιλαμβάνουν, αντιμετώπιση της πυρκαγιάς, κλήση της πυροσβεστικής υπηρεσίας και εκκένωση του χώρου. Για τις περιπτώσεις που τα άτομα κατατάχθηκαν στις κατηγορίες B και Γ, το ποσοστό των ατόμων που αναζήτησαν πληροφορίες αντί να προβούν σε ενέργειες έκτακτης ανάγκης ήταν περίπου 50 % από την κατηγορία B και 35 % από την κατηγορία Γ.

### 3.7.2. Χρόνος Έρευνας

Τα μεμονωμένα άτομα συχνά αναζητούν πληροφορίες για να αποσαφηνίσουν τις αμφιβολίες που δημιουργούνται σε περιπτώσεις πυρκαγιών (SFPE, 2002). Αυτή η αντίδραση είναι η περίπτωση που αντιστοιχεί σε μεμονωμένα άτομα ή μικρές ομάδες ατόμων. Από καταγραφή ατόμων που έχουν εμπλακεί σε περιπτώσεις πυρκαγιάς σε ξενοδοχείο προέκυψαν στοιχεία που δείχνουν σημαντικό αριθμό εμφανών αντιπαραγωγικών κινήσεων. Μία κίνηση αυτού του είδους υποτίθεται ότι εμφανίζεται από άτομα που αναζητούν πληροφορίες για τις οποίες αισθάνονται ότι είναι απαραίτητες ώστε να λάβουν την κατάλληλη απόφαση. Από την σκοπιά της μηχανικής, αυτή η αντίδραση τονίζει τις δυνατότητες αύξησης της απόδοσης της εκκένωσης παρέχοντας σαφή πληροφόρηση στους χρήστες του κτιρίου σχετικά με την εμφάνιση και τη θέση της πυρκαγιάς καθώς και για την κατάσταση των οδών διαφυγής.

### 3.7.3. Άλλες Ενέργειες

Όταν ένα μεμονωμένο άτομο έχει αποφασίσει να αναλάβει δράση για την αντιμετώπιση κινδύνου πυρκαγιάς που έχει γίνει αντιληπτός, αυτή η ενέργεια μπορεί ή δεν μπορεί να συμβάλει σε μία ταχεία εκκένωση (SFPE, 2002). Στο Σχήμα 3.16 παρουσιάζεται με τη μορφή διαγράμματος μία ποικιλία τέτοιου είδους ενεργειών που είναι πιθανό να συμβούν.



Σχήμα 3.16: Τύποι ενεργειών  
[Πηγή: SFPE, 2002]

Σε πραγματικές συνθήκες πυρκαγιάς πολλά άτομα αναλαμβάνουν δράσεις που πιστεύουν ότι θα μετριάσουν την πυρκαγιά, θα βοηθήσουν τα υπόλοιπα άτομα ή θα συνεισφέρουν στη λήψη αποφάσεων (SFPE, 2002). Συχνά, αυτές οι ενέργειες δε συμβάλλουν στην εκκένωση: αυτές οι εναλλακτικές ενέργειες μπορεί να συμβάλλουν στην ασφάλεια, μπορεί να αποβούν επιζήμιες για την ασφάλεια και μπορεί να είναι σωστές ή εσφαλμένες. Όλες οι ενέργειες όμως επηρεάζουν την αποδοτικότητα της εκκένωσης.

Παρέχοντας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στους χρήστες του κτιρίου και εξασφαλίζοντας την άμεση ανταπόκριση των δυνάμεων έκτακτης ανάγκης μπορούν να περιοριστούν οι καθυστερήσεις με ελάχιστο αντίκτυπο στα επιθυμητά αποτελέσματα των ενεργειών που δεν αποτελούν μέρος της εκκένωσης.

#### 3.7.4. Εύρεση της διαδρομής εξόδου

Η εύρεση της διαδρομής εξόδου είναι πολύ σημαντική σε καταστάσεις που αφορούν ένα σχετικά μικρό αριθμό ατόμων που προβαίνουν σε εκκένωση μίας τοποθεσίας τα οποία δεν είναι εξοικειωμένα με το σύστημα εξόδου έκτακτης ανάγκης (SFPE, 2002). Αυτή η κατάσταση συνήθως συμβαίνει σε ξενοδοχεία, κτίρια γραφείων πολλαπλών χρήσεων, και παρόμοιες κατασκευές όπου τα άτομα σπάνια χρησιμοποιούν τις σκάλες.

Η τυπική λύση στο πρόβλημα της εύρεσης της διαδρομής εξόδου είναι η παροχή πινακίδων σήμανσης εξόδου και πινακίδων κατεύθυνσης εξόδου. Η ικανότητα ενός ατόμου να βρει τη διαδρομή εξόδου σχετίζεται με το πόσο καλά το άτομο αντιλαμβάνεται τη θέση του και το περιβάλλον (SFPE, 2002). Ο όρος που χρησιμοποιείται συχνά είναι γνωστική χαρτογράφηση. Οι περισσότεροι άνθρωποι διατηρούν τις γνωστικές εικόνες της χαρτογράφησης, σε απλές, τυποποιημένες μορφές όπως ευθείες γραμμές και ορθογώνια. Υπό αυτή την έννοια οι πινακίδες σήμανσης εξόδου είναι μόνο ένα μέρος της συνολικής ικανότητας του ατόμου να αντιλαμβάνεται έναν κατάλληλο γνωστικό χάρτη.

Άλλοι παράγοντες που έχουν αξιολογηθεί ως υψηλής σημασίας για την εξεύρεση της διαδρομής εξόδου περιλαμβάνουν (SFPE, 2002):

- την πολυπλοκότητα του χώρου που σχετίζεται με κοινές διατάξεις ή παρόμοιους τύπους κτιρίων
- την ύπαρξη διακριτών σημαδιών ή άλλων ενδείξεων των σημείων ιδιαίτερης προσοχής

Ιδιαίτερης σημασίας είναι τόσο οι διαδρομές εξόδου, όσο και τα αδιέξοδα, ή άλλοι χώροι στους οποίους δεν πρέπει να γίνει είσοδος κατά τη διαδικασία εξόδου των ατόμων από το κτίριο.

Η εύρεση της διαδρομής εξόδου επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της εκκένωσης σε εγκαταστάσεις όπου η πυκνότητα του πληθυσμού είναι χαμηλή και τα άτομα δεν είναι εξοικειωμένα με τις διαδρομές εξόδου. Σε τέτοιες εγκαταστάσεις η απόδοση είναι μεγαλύτερη όταν (SFPE, 2002):

- οι διαδρομές είναι απλές
- τα σημεία εξόδου είναι εμφανή ως προς την τοποθεσία τους και παρέχουν εξασφάλιση στο μετακινούμενο ότι πράγματι πρόκειται να οδηγήσει στην ασφάλεια του

Η αποτελεσματικότητα της εύρεσης εξόδου μειώνεται όσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα της διαρρύθμισης του χώρου. Μερικοί παράγοντες (SFPE, 2002) που αυξάνουν την πολυπλοκότητα είναι ασυνήθιστες διατάξεις των διαδρόμων, αμβλείες γωνίες, ομόκεντροι διάδρομοι και θύρες πρόσβασης στην έξοδο που εμφανίζονται να είναι ίδιες με τις υπόλοιπες πόρτες.

Αντιστρόφως, όλες οι πτυχές που τείνουν να απλοποιήσουν και να προσδιορίσουν τη διαδρομή εξόδου μειώνουν το χρόνο που απαιτείται για την εύρεση της διαδρομής εξόδου.

### 3.7.5. Συγχώνευση Συγκρούσεων

Οι υπολογισμοί του χρόνου εκκένωσης μέσω αναλύσεων υποθέτουν ότι η ροή των ανθρώπων είναι παρόμοια με αυτή της υδραυλικής ροής (SFPE, 2002). Ως εκ τούτου, η συγχώνευση των δύο ροών (άτομα που εισέρχονται από ένα χώρο στο κλιμακοστάσιο στο οποίο υπάρχει ήδη ροή ατόμων από υψηλότερους ορόφους) θεωρείται ότι αυτορυθμίζεται σύμφωνα με τις δυνατότητες του κλιμακοστασίου και την ποσότητα της ροής από κάθε πηγή.

Σε περιπτώσεις ασκήσεων εκκένωσης λόγω έκτακτης ανάγκης έχει παρατηρηθεί σημαντική διακοπή της συνέχειας της ροής, όταν μία ροή σταματάει, μία άλλη ξεκινάει σε ένα σημείο συγκέντρωσης. Η μεγαλύτερη απόδοση στη συγκέντρωση της ροής συμβαίνει όταν μία ροή χρησιμοποιεί μία διαδρομή εξόδου στη μέγιστη χωρητικότητά της, μπλοκάρει κάθε άλλη είσοδο μέχρι να ολοκληρωθεί η ροή πέρα από το σημείο συγχώνευσης των ροών (SFPE, 2002). Σε πραγματικές εκκενώσεις, ωστόσο, υπάρχει συνήθως η κατανομή της πρόσβασης στα σημεία των συγκεντρώσεων. Αυτή η κατάσταση προκαλεί διακοπές στη ροή εξόδου οι οποίες μπορεί να έχουν μία σημαντική επίπτωση στη χωρητικότητα της διατομής εξόδου. Συγκεκριμένα, έχουν παρατηρηθεί επιδράσεις τόσο υψηλές όσο 30-50% μείωση στη ροή σε κλιμακοστάσιο μόνο από τη συγκεκριμένη αιτία.

### 3.7.6. Υπεύθυνοι Εκκένωσης

Από αποτελέσματα ερευνών (MacLennan's, 1986) προέκυψε ότι η πιο αποτελεσματική ροή εμφανίζεται σε μία κατάσταση όπου όλα τα άτομα είναι πλήρως εκπαιδευμένα και προβαίνουν σε άμεση εκκένωση κατόπιν σχετικού σήματος χωρίς τη βοήθεια των υπεύθυνων εκκένωσης (SFPE, 2002).

Όταν τα άτομα δεν είναι τόσο εκπαιδευμένα είναι συχνά απαραίτητο να υπάρχει καλά εκπαιδευμένο προσωπικό υπεύθυνο για την εκκένωση. Παρ' όλο που αυτό το συγκεκριμένο προσωπικό είναι απαραίτητο, παρατηρήθηκε ότι οι υπεύθυνοι εκκένωσης προκαλούν μείωση στην αποτελεσματικότητα της εκκένωσης (SFPE, 2002). Το εύρος της μείωσης εξαρτάται από το είδος του οργανισμού και από τις διαδικασίες της εκκένωσης. Οι επιπτώσεις στην αποδοτικότητα της εκκένωσης είναι μεγαλύτερες όταν οι υπεύθυνοι κρατάνε τα άτομα σε κατάσταση ετοιμότητας μέχρις ότου οι υπεύθυνοι εκκένωσης να έρθουν από ένα άλλο σημείο για την έναρξη της εκκένωσης.

### 3.7.7. Αυτοσυγκράτηση

Σε καταστάσεις υψηλής πυκνότητας (πολυπληθή γραφεία ή αμφιθέατρα) τα άτομα παραμένουν σε κατάσταση αναμονής και απέχουν από τη διαδικασία της εκκένωσης μέχρι να μειωθεί το πλήθος (μείωση της πυκνότητας) (SFPE, 2002). Όταν αυτά τα άτομα φτάνουν σε κρίσιμα σημεία εξόδου όπως η κύρια πολυπληθής διαδρομή, που είναι συνήθως το κλιμακοστάσιο, τροφοδοτείται συνεχώς από μία μικρή ουρά αναμονής, η δράση των ατόμων δεν θα έχει κάποιο αντίκτυπο. Ωστόσο, όταν μία καθυστέρηση προκύπτει από ένα μεμονωμένο άτομο, η τροφοδοσία στα κρίσιμα σημεία μειώνεται και προκαλείται μείωση στην αποτελεσματικότητα της εκκένωσης.

### 3.7.8. Άνιση Χρήση των Εγκαταστάσεων Εξόδου

Αν κάποιες εγκαταστάσεις εξόδου χρησιμοποιούνται περισσότερο από άλλες, η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξόδου θα μειωθεί. Μερικές διαδρομές εξόδου θα χρησιμοποιούνται ενώ άλλες θα υπερφορτώνονται.

Η επίδραση της άνισης χρήσης των εγκαταστάσεων εξόδου μπορεί να εκτιμηθεί ως συνάρτηση (SFPE, 2002):

- της κατανομής των εξόδων σε σχέση με την κατανομή του πληθυσμού
- του βαθμού που οι εξοδοί θα χρησιμοποιηθούν είτε για είσοδο στο κτίριο ή για κοινή χρήση εντός της κατασκευής
- του συνόλου των γνωστικών παραγόντων χαρτογράφησης

## 4. Υπολογισμός του Σχεδίου Εκκένωσης

### 4.1. Βασικά Χαρακτηριστικά Μετακινήσεων

Η μετακίνηση των ατόμων μπορεί να καθοριστεί ποσοτικά με τη χρήση τριών θεμελιωδών παραμέτρων, οι οποίες εκφράζονται με τη μορφή ποσοστών. Οι συγκεκριμένες παράμετροι είναι η πυκνότητα, η ταχύτητα και η ροή (SFPE, 2002). Ως πυκνότητα ορίζεται ο αριθμός των ατόμων σε μία μονάδα επιφάνειας διάβασης πεζών (π.χ. 2 άτομα/m<sup>2</sup>). Συχνά, αυτή η παράμετρος αναφέρεται με τη χρήση του αντιστρόφου της πυκνότητας, δηλαδή, η επιφάνεια ανά άτομο ή μονάδα πεζών (π.χ. 0.5m<sup>2</sup>/άτομο). Ως ταχύτητα ορίζεται η απόσταση που καλύπτεται από ένα άτομο που κινείται στη μονάδα του χρόνου (π.χ. 1m/s). Ο όρος ροή χρησιμοποιείται συχνά σε μια απλή, μη τεχνική προσέγγιση, όταν υπονοείται ο γενικός όρος της κίνησης ή όταν η ταχύτητα είναι αυτή που καθορίζεται στην πραγματικότητα. Η ροή, συγκεκριμένα, είναι ο αριθμός των ατόμων που διέρχονται από ένα σημείο αναφοράς σε μία μονάδα του χρόνου (π.χ. 2 άτομα/s). Αυτές οι τρεις παράμετροι σχετίζονται, μαζί με το πλάτος της διατομής, στη παρακάτω θεμελιώδη εξίσωση (SFPE, 2002):

$$\text{ροή} = \text{ταχύτητα} \cdot \text{πυκνότητα} \cdot \text{πλάτος}$$

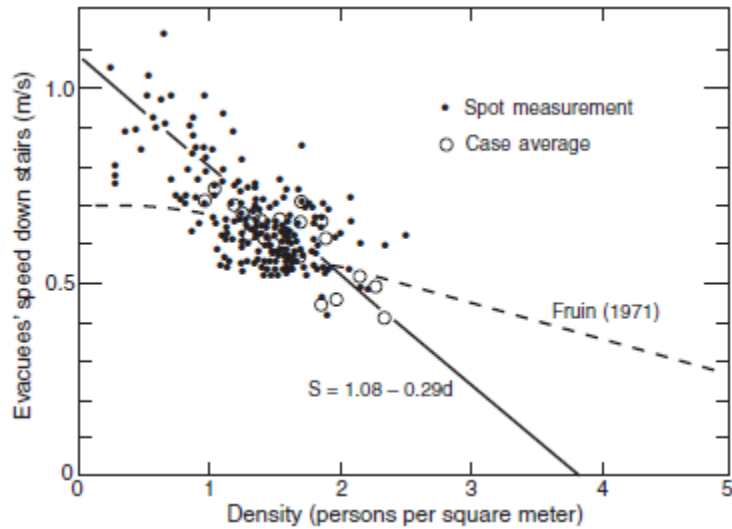
Για να επιτυγχάνεται η ορθότητα των αποτελεσμάτων πρέπει να χρησιμοποιούνται σταθερές μονάδες και η ταχύτητα πρέπει να καταμετράται κατά μήκος της κλίσης του διαδρόμου.

Είναι, επίσης σημαντικό το ότι η ταχύτητα εξαρτάται από την πυκνότητα. Τα άτομα μπορούν να κινηθούν ταχύτερα με κανονικό βήδισμα αν υπάρχει μεγαλύτερος χώρος ανάμεσα τους. Αντίθετα, όσο πιο κοντά είναι μεταξύ τους, τόσο πιο περιορισμένη είναι η κίνηση τους μέχρι το σημείο που όταν βρεθούν πολύ κοντά κινούνται ακανόνιστα, αργά και ανακατεύονται. Εκφράζοντας τα προαναφερθέντα με ποσοτικό τρόπο, όταν η πυκνότητα των πεζών είναι μικρότερη από 0.5 άτομα/m<sup>2</sup>, τα άτομα είναι σε θέση να κινηθούν κατά μήκος του διαδρόμου με ταχύτητα 1.25m/s, μία μέση ταχύτητα ώστε να κινηθούν ανεμπόδιστα (SFPE, 2002). Με μεγαλύτερη πυκνότητα, η ταχύτητα μειώνεται και συγκεκριμένα μειώνεται σημαντικά για πολύ υψηλές πυκνότητες φτάνοντας την κατάσταση στασιμότητας όταν η πυκνότητα φτάσει τα 4-5 άτομα/m<sup>2</sup>, που ισοδυναμεί με την κατάσταση ενός αρκετά γεμάτου ανελκυστήρα (SFPE, 2002). Οι ταχύτητες της κίνησης μεταβάλλονται περισσότερο σε χαμηλές συχνότητες. Όταν η πυκνότητα είναι χαμηλή, δεν είναι απαραίτητα ακριβής ο υπολογισμός κίνησης με υψηλές ταχύτητες. Στην πραγματικότητα, οι κύριοι παράγοντες που θα διαμορφώσουν την ταχύτητα ενδέχεται να είναι τα χαρακτηριστικά των παρευρισκομένων όπως η ηλικία, οι περιορισμοί και η ομαδοποίηση (π.χ. μία οικογένεια πρόκειται να κινηθεί με την ταχύτητα του πιο αργού μέλους της που μπορεί να είναι ένα παιδί ή ένας ηλικιωμένος) (SFPE, 2002).

Στις σκάλες, οι ταχύτητες της κίνησης είναι ελαφρώς χαμηλότερες. Ενδεικτικά, μία σχέση δεδομένων ταχύτητας-πυκνότητας σε ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.1 από σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Pauls (1980). Μία ανάλογη καμπύλη συσχέτισης δεδομένων ταχύτητας-πυκνότητας παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.2. από σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Fruin (1987). Σημειώνεται, ωστόσο ότι τα δεδομένα της έρευνας του Fruin δεν προέρχονται από παρακολούθηση εκκενώσεων κτιρίων σε αντίθεση με τα δεδομένα της έρευνας του Pauls που προέρχονται από ολικές/πλήρεις εκκενώσεις υψηλών κτιρίων (στα οποία συνήθως στεγάζονται γραφεία).

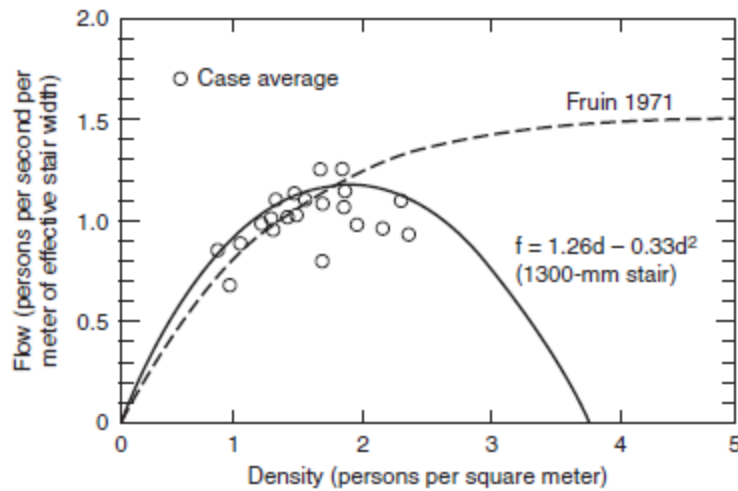
Από τα διαγράμματα προκύπτει ότι υπάρχει μία σχετικά περίπλοκη συσχέτιση μεταξύ ροής και πυκνότητας. Όπως προκύπτει από το Σχήμα 4.2 η ροή είναι μικρή, τόσο για χαμηλές, όσο και για υψηλές πυκνότητες, αλλά λαμβάνει μία μέγιστη ή βέλτιστη τιμή, για μία ενδιάμεση πυκνότητα, η οποία κυμαίνεται περίπου στα 2 άτομα/m<sup>2</sup> και εξαρτάται από το αν τα άτομα κινούνται σε σκάλα ή σε επίπεδο διάδρομο. Η παρακάτω εξίσωση (SFPE, 2002) περιγράφει την εμπειρική σχέση ροής-πυκνότητας, η οποία αντιστοιχεί σε για κίνηση σκάλες σε ολικές/πλήρεις εκκενώσεις υψηλών κτιρίων (στα οποία συνήθως στεγάζονται γραφεία).

$$\text{ροή} = 1.26 \cdot \text{πυκνότητα} - 0.33 \cdot \text{πυκνότητα}^2$$



Σχήμα 4.1: Συσχέτιση ταχύτητας και πυκνότητας για κίνηση σε σκάλες σε ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις (Pauls 1980)

[Πηγή: SFPE, 2002]



Σχήμα 4.2: Συσχέτιση ροής και πυκνότητας για κίνηση σε σκάλες σε ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις (Fruin 1987)

[Πηγή: SFPE, 2002]

Αυτά τα βασικά χαρακτηριστικά και οι σχέσεις συχνά περιγράφονται σε δημοσιεύσεις για την κίνηση πεζών. Δεν θα πρέπει να δοθεί πολύ σημασία στις διαφορές των καμπυλών που παρουσιάζονται για μεγάλες πυκνότητες που προκύπτουν στο Σχήμα 4.2. Εξάλλου, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.1 αυτές οι συνθήκες παρατηρούνται σπάνια ή δεν παρατηρούνται ποτέ.

Με απλά λόγια, οι βέλτιστες συνθήκες ροής που παρατηρούνται σε μία ανεξέλεγκτη ολική/πλήρη εκκένωση, κατά την εξέλιξη άσκηση εκκένωσης, για μια τυπική σκάλα εξόδου (1120mm) σε ένα γεμάτο κτίριο γραφείων είναι οι ακόλουθες (SFPE, 2002):

- κάθε άτομο θα καταλάβει ελαφρά λιγότερο από δύο σκαλοπάτια
- θα υπάρχει κάθοδος του κάθε ορόφου κάθε 15 δευτερόλεπτα
- ένα άτομο/s θα διέρχεται από ένα σταθερό σημείο

Προχωρώντας περαιτέρω, για ένα τέτοιο ιδανικά φορτωμένο κλιμακοστάσιο θα υπάρχει ένας μετακινούμενος για κάθε σκάλα που θα κινείται με εναλλαγές δεξιά και αριστερά.



Εκφρασμένες ποσοτικά, οι βέλτιστες συνθήκες ροής για εκκένωση σε κατώτερο όροφο είναι οι εξής (SFPE, 2002):

- πυκνότητα 2 άτομα/m<sup>2</sup>
- ταχύτητα 0.5 m/s κατά μήκος της κλίσης της σκάλας
- ροή 1.18 άτομα/(m\*s) στο ενεργό πλάτος της σκάλας

Το ενεργό πλάτος της σκάλας είναι 300mm μικρότερο από το ονομαστικό πλάτος.

## 4.2. Τύποι Ροής

### 4.2.1. Ειδική Ροή

Η ειδική ροή,  $F_s$ , είναι η ροή της εκκένωσης ατόμων που διέρχονται από ένα σημείο της διαδρομής εξόδου ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα ενεργού πλάτους,  $W_e$ , της εξεταζόμενης διαδρομής. Η ειδική ροή εκφράζεται σε άτομα/s/m ενεργού πλάτους. Η εξίσωση για την ειδική ροή είναι η εξής (SFPE, 2002):

$$F_s = S \cdot D$$

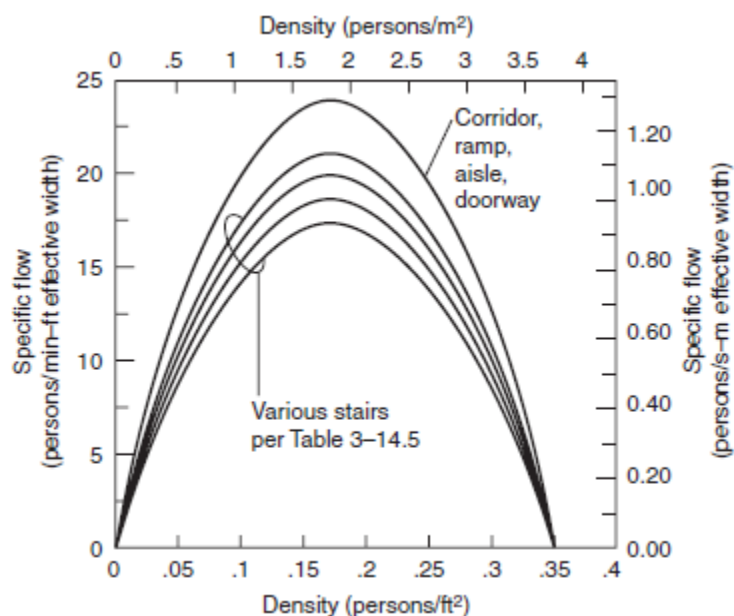
όπου:

$F_s$ : η ειδική ροή (άτομα/s/m<sup>2</sup>)

$S$ : η ταχύτητα κίνησης (m/s)

$D$ : η πυκνότητα (άτομα/m<sup>2</sup>)

Η σχέση μεταξύ της ειδικής ροής και της πυκνότητας παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.3. Σε κάθε περίπτωση η μέγιστη ειδική ροή εμφανίζεται για πυκνότητα 1.9 άτομα/m<sup>2</sup> του χώρου της διαδρομής εξόδου. Υπάρχει μία μέγιστη ειδική ροή η οποία σχετίζεται με τα στοιχεία της διαδρομής εξόδου και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1.



Σχήμα 4.3: Ειδική ροή συναρτήσει της πυκνότητας  
[Πηγή: SFPE, 2002]

Exit Route Element	Maximum Specific Flow		
	Persons/min/ft of Effective Width	Persons/s/m of Effective Width	
Corridor, Aisle, Ramp, Doorway	24.0	1.3	
Stairs			
Riser (in.)	Tread (in.)		
7.5	10	17.1	0.94
7.0	11	18.5	1.01
6.5	12	20.0	1.09
6.5	13	21.2	1.16

Πίνακας 4.1: Μέγιστη Ειδική Ροή  
[Πηγή: SFPE, 2002]

#### 4.2.2. Υπολογισθείσα Ροή

Η υπολογιζόμενη ροή,  $F_c$ , είναι ο προβλεπόμενος ρυθμός ροής των ατόμων που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο μίας διαδρομής διαφυγής. Η εξίσωση για την πραγματική ροή είναι (SFPE, 2002):

$$F_c = F_s \cdot W_e$$

όπου:

$F_c$ : η υπολογιζόμενη ροή

$F_s$ : η ειδική ροή

$W_e$ : το ενεργό πλάτος

#### 4.3. Χρόνος Εκκένωσης

Η πρόβλεψη της μετακίνησης των παρευρισκόμενων κατά τη διάρκεια της διαφυγής είναι μία σημαντική πτυχή των βασισμένων στην αποδοτικότητα μεθόδων ανάλυσης της πυρασφάλειας των κτιρίων. Σε γενικές γραμμές η ασφάλεια της ζωής λόγω πυρκαγιάς επιτυγχάνεται εφόσον ο απαιτούμενος χρόνος (RSET) για ασφαλή έξοδο είναι μικρότερος από τον διαθέσιμο χρόνο (ASET) για ασφαλή έξοδο, όπου ως ASET ορίζεται ο χρόνος στον οποίο οι συνθήκες που αναπτύσσονται σε ένα χώρο λόγω πυρκαγιάς καθίστανται ανυπόφορες. Ο RSET μπορεί να υποδιαιρεθεί σε ένα αριθμό διακριτών χρονικών διαστημάτων, το άθροισμα των οποίων συγκροτούν το συνολικό RSET και παρουσιάζονται στην παρακάτω εξίσωση (SFPE, 2002):

$$RSET = t_d + t_a + t_o + t_i + t_e$$

όπου:

$t_d$ : είναι ο χρόνος από την ανάφλεξη της πυρκαγιάς έως την ανίχνευση

$t_a$ : είναι ο χρόνος από τον εντοπισμό έως την ειδοποίηση των ατόμων για πυρκαγιά

$t_o$ : είναι ο χρόνος από τη γνωστοποίηση έως την απόφαση των ατόμων να λάβουν μέτρα

$t_i$ : είναι ο χρόνος από την απόφαση για δράση έως την έναρξη της διαδικασίας της εκκένωσης

$t_e$ : είναι ο χρόνος από την έναρξη της εκκένωσης έως την ολοκλήρωση της διαδικασίας της εκκένωσης

Τα στοιχεία του RSET  $t_d$  και  $t_a$  περιλαμβάνουν εξοπλισμό όπως συσκευές πυρανίχνευσης και συναγερμού και την ανθρώπινη αντίδραση, όπως την ανακάλυψη της πυρκαγιάς ή άλλη ένδειξη της πυρκαγιάς και την

ενεργοποίηση του συναγερμού. Τα στοιχεία του RSET  $t_o$  και  $t_i$  αφορούν τις ατομικές και συλλογικές αντιδράσεις των ατόμων μέχρι την έναρξη της εκκένωσης.

#### 4.3.1. Στοιχεία της Κίνησης σε Επείγουσα Κατάσταση

Τα τελευταία χρόνια έχουν προκύψει αρκετές μέθοδοι, που βασίζονται σε έρευνες, για την πρόβλεψη της ροής ομάδων ανθρώπων σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Οι κύριοι συντελεστές και διαμορφωτές των συγκεκριμένων μεθόδων είναι οι Predtechenskii, Milinskii, Fruin και Pauls. Οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν είναι στις περισσότερες περιπτώσεις, συμβατές και αλληλοϋποστηρίζονται. Όλες βασίζονται στη σχέση μεταξύ της ταχύτητας κίνησης και της πυκνότητας του πληθυσμού του ρεύματος εκκένωσης των ατόμων. Σε γενικές γραμμές αυτές οι μέθοδοι διέπονται από τις εξής υποθέσεις (SFPE, 2002):

- όλα τα άτομα θα αρχίσουν τη διαδικασία της εκκένωσης την ίδια χρονική στιγμή
- η ροή των ατόμων δεν συμπεριλαμβάνει διακοπές που προκαλούνται από αποφάσεις μεμονωμένων ατόμων που εμπλέκονται
- όλα ή τα περισσότερα εμπλεκόμενα άτομα δεν παρουσιάζουν αναπηρία που θα παρεμπόδιζε σημαντικά την ικανότητα τους να συμβαδίζουν με την κίνηση των υπόλοιπων ατόμων

Η συγκεκριμένη προσέγγιση αναφέρεται συχνά ως ένα υδραυλικό μοντέλο διαφυγής σε περίπτωση επείγουσας κατάστασης.

Το αποτέλεσμα των υπολογισμών του υδραυλικού μοντέλου ορίζεται ως μοντελοποίηση του χρόνου εκκένωσης. Ο πραγματικός χρόνος διαφυγής είναι ο χρόνος που απαιτείται για τα άτομα ώστε να εγκαταλείψουν το χώρο (SFPE, 2002). Γενικά, ο πραγματικός χρόνος διαφυγής υπερβαίνει το χρόνο που προκύπτει από την ανάλυση. Δεδομένου ότι ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι μία προσέγγιση που βασίζεται σε δεδομένα από ασκήσεις εκκένωσης και εμπειρία σε περιπτώσεις αντιμετώπισης πυρκαγιάς, είναι επομένως πιθανό ο χρόνος εκκένωσης που εκτιμάται με βάση την ανάλυση να υπερβαίνει τον πραγματικό χρόνο εκκένωσης. Η διαφορά μεταξύ του υπολογισμένου με βάση την ανάλυση χρόνου εκκένωσης και του πραγματικού χρόνου εκκένωσης μπορεί να εκφραστεί με όρους φαινομενικής αποδοτικότητας της εκκένωσης χρησιμοποιώντας τη σχέση (SFPE, 2002):

$$t_e = t_{me} \cdot e$$

όπου:

$t_{me}$ : χρόνος εκκένωσης όπως υπολογίζεται με βάση την ανάλυση

$e$ : φαινομενική αποδοτικότητα εκκένωσης

Η φαινομενική αποδοτικότητα εκκένωσης,  $e$ , είναι μία συνάρτηση των στοιχείων που υπεισέρχονται στο μοντέλο της υδραυλικής ροής εκκένωσης. Τυπικά παραδείγματα των στοιχείων αποδοτικότητας είναι (SFPE, 2002):

- οι καθυστερήσεις που προκαλούνται από δραστηριότητες διαχείρισης της διαφυγής από φύλακες ή άλλους που κατευθύνουν την εκκένωση
- οι χρονικές καθυστερήσεις που συμπεριλαμβάνονται στη διακοπή και την επανεκκίνηση των ροών στα σημεία συγκέντρωσης
- οι καθυστερήσεις μεμονωμένων ατόμων τα οποία καθυστερούν το ξεκίνημά τους ή επιβραδύνουν το ρυθμό της κίνησής τους

- ανεπαρκής κατανομή στη χρήση των εγκαταστάσεων εξόδου, όπου κάποιες διαδρομές έκτακτης ανάγκης υπερφορτώνονται, ενώ άλλες υποχρησιμοποιούνται

Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορεί να μειώσουν την αποτελεσματικότητα της εκκένωσης. Ωστόσο, τα στοιχεία αυτά σπάνια θα εμφανιστούν όλα σε μία εκκένωση.

Το πρώτο βήμα για την εκτίμηση της κίνησης έκτακτης ανάγκης συνήθως είναι ο υπολογισμός του χρόνου διαφυγής όπως προκύπτει από ανάλυση που βασίζεται στο υδραυλικό μοντέλο ροής. Η χρήση των υπολογισμών των μοντέλων παρέχει μία βάση αναφοράς στην εκτίμηση του αντίκτυπου των ολικών συστημάτων, των μεμονωμένων στοιχείων ή μεταβολών των συστημάτων. Αν, ωστόσο, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από ανάλυση, πρόκειται να συγκριθούν με ένα ρεαλιστικά εκτιμώμενο χρόνο εκκένωσης ή με το αναμενόμενο χρόνο ανάπτυξης της πυρκαγιάς, είναι σημαντικό ο χρήστης να καταλάβει ότι ο χρόνος εκκένωσης όπως εκτιμάται από την ανάλυση σπάνια επιτυγχάνεται στην πραγματικότητα. Η ακριβής εκτίμηση του αναμενόμενου χρόνου εκκένωσης απαιτεί τον υπολογισμό του χρόνου εκκένωσης μέσω ανάλυσης και την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της εκκένωσης (SFPE, 2002). Ο πραγματικός χρόνος από την έναρξη της πυρκαγιάς έως την εκκένωση περιλαμβάνει τον αναμενόμενο χρόνο κίνησης,  $t_e$ , και τα άλλα στοιχεία που συνθέτουν τον απαιτούμενο χρόνο RSET.

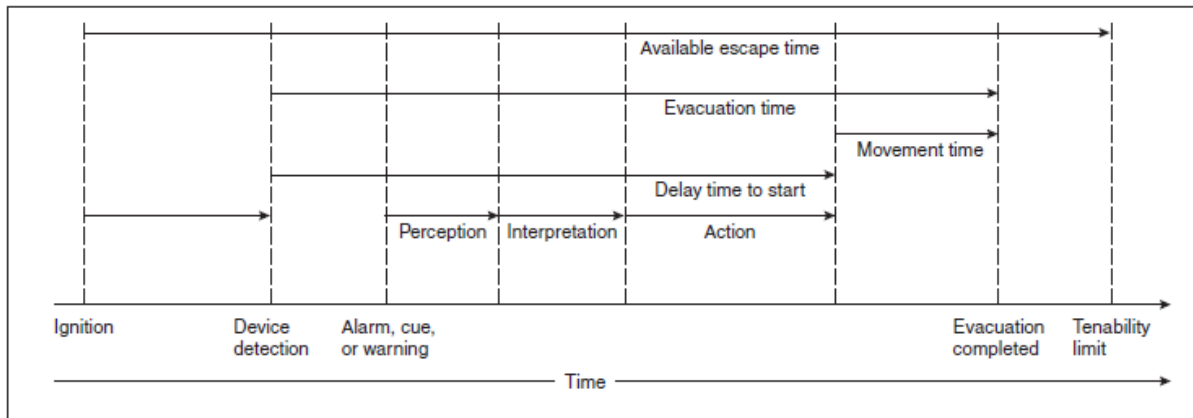
Πολύ σημαντικό στοιχείο της διαδικασίας εκκένωσης είναι ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της εκκένωσης (SFPE, 2002). Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για τα άτομα για να μετακινηθούν πέρα από ή διαμέσου ενός τμήματος της κυκλοφορίας, ο οποίος είναι ο χρόνος ροής πρέπει να διακρίνεται από το χρόνο κίνησης, ο οποίος είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να κινηθεί από ένα σημείο προέλευσης σε ένα σημείο προορισμού, όπως είναι ένα απομακρυσμένο ασφαλές μέρος. Ο χρόνος ροής είναι απλά μια συνάρτηση της ικανότητας ροής του πλήθους που αντιστοιχεί στο ωφέλιμο πλάτος ενός συγκεκριμένου στοιχείου της κυκλοφορίας και του πληθυσμού ή του αριθμού των ατόμων που πρόκειται να κινηθεί μέσα από αυτό. Ο πληθυσμός, η ικανότητα και ο χρόνος ροής σχετίζονται ως εξής (SFPE, 2002):

πληθυσμός = ικανότητα ροής · χρόνος ροής

Ο χρόνος εκκένωσης είναι σχετικά περίπλοκος και είναι σχετικά πιο δύσκολο να ελεγχθεί και να εκτιμηθεί ή να προβλεφθεί σε σχέση με το χρόνο ροής. Ο χρόνος εκκένωσης περιλαμβάνει δύο κύριους παράγοντες:

- το χρόνο καθυστέρησης για να αρχίσει η διαδικασία μετακίνησης
- τον χρόνο που χρειάζεται για τη μετάβαση σε ένα ασφαλές μέρος

Ο χρόνος για μία ασφαλή εκκένωση των παρευρισκομένων σε περίπτωση πυρκαγιάς περιορίζεται στο χρόνο μέσα στον οποίο δεν προκύπτουν συμβάντα τα οποία δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν. Ένας τρόπος ώστε να απεικονιστεί ο χρόνος διαφυγής είναι το Σχήμα 4.4, στο οποίο παρουσιάζονται τα διαφορετικά στοιχεία του διαθέσιμου χρόνου.



Σχήμα 4.4: Απεικόνιση του χρόνου αντίδρασης σε περίπτωση φωτιάς  
[Πηγή: SFPE, 2002]

Ο χρόνος της ανάφλεξης είναι ο χρόνος έναρξης του γεγονότος της εκδήλωσης της πυρκαγιάς (SFPE, 2002). Στη συνέχεια ένας χρόνος θα πρέπει να υπολογίζεται μέχρι να πραγματοποιηθεί η ανίχνευση (SFPE, 2002). Η ανίχνευση μπορεί να διαρκέσει από μερικά δευτερόλεπτα έως μερικές ώρες, ανάλογα με τον τύπο της πυρκαγιάς και τις συσκευές ανίχνευσης που έχουν τοποθετηθεί στο χώρο. Ένας χρόνος μεταξύ της ανίχνευσης και της ενεργοποίησης του συναγερμού πρέπει να υπολογίζεται (SFPE, 2002). Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτά τα δύο γεγονότα είναι σχεδόν ταυτόχρονα, αλλά θα μπορούσε να υπάρχει μία καθυστέρηση. Όταν το σήμα του συναγερμού πυρκαγιάς έχει γίνει αντιληπτό, τότε ο χρόνος έναρξης πρέπει να ξεκινά να υπολογίζεται (SFPE, 2002). Ο συναγερμός της πυρκαγιάς μπορεί να μην ενεργοποιηθεί ή να μη λειτουργεί κι επομένως οι παρευρισκόμενοι θα αντιληφθούν ενδείξεις πυρκαγιάς ή θα λάβουν προειδοποιήσεις από άλλους. Ο χρόνος καθυστέρησης (SFPE, 2002) για την έναρξη αποτελείται από τρεις επιμέρους συνιστώσες: την αντίληψη, την ερμηνεία και τη δράση. Η αντίληψη είναι ο χρόνος που τα άτομα θα χρειαστούν, ώστε να αντιληφθούν το σήμα του συναγερμού πυρκαγιάς ή την ένδειξη της πυρκαγιάς ή την προειδοποίηση από άλλους. Η ερμηνεία αυτών των πληροφοριών θα χρειαστεί κάποιο χρόνο και διαφορετικές ενέργειες θα πρέπει να γίνουν για την έρευνα ή την αναζήτηση περισσότερων πληροφοριών προτού ληφθεί η απόφαση για εκκένωση. Αφού ληφθεί η απόφαση για εκκένωση, οι παρευρισκόμενοι θα προχωρήσουν σε άλλες ενέργειες πριν εγκαταλείψουν το χώρο, όπως είναι το ντύσιμο, η συγκέντρωση των παιδιών. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της αντίληψης-ερμηνείας-δράσης τότε τα άτομα θα αρχίσουν να κινούνται. Ο χρόνος κίνησης θα πρέπει να υπολογίζεται από το χρόνο της ροής μέσω διαφόρων στοιχείων του συστήματος εξόδου και του χρόνου μετακίνησης κατά μήκος των διαδρομών εξόδου. Ο χρόνος εκκένωσης υπολογίζεται από τη στιγμή της ενεργοποίησης του συστήματος συναγερμού μέχρι τη στιγμή που το τελευταίο άτομο θα φτάσει σε ασφαλή περιοχή. Αυτός ο χρόνος θα πρέπει να είναι μικρότερος από το χρόνο στον οποίο αρχίζουν να εκτυλίσσονται συμβάντα που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν.

Ο διαθέσιμος χρόνος (ASET) για ασφαλή έξοδο και ολοκλήρωση της εκκένωσης παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2 για διαφορετικές περιπτώσεις επείγουσών καταστάσεων και συμβάντων. Οι τιμές του διαθέσιμου χρόνου που παρουσιάζονται αναφέρονται σε υπόγεια έργα.

Επείγουσα Κατάσταση	ASET (min)	
Πυρκαγιά	Ύπαρξη ανιχνευτών, χωρίς ειδικά μέσα πρόληψης	15
	Με χρήση συστήματος αερισμού εκτροπής και περιορισμού της εξάπλωσης της πυρκαγιάς	30
	Με εσωτερικούς διαχωρισμούς πυροπροστασίας και πυροφραγμούς	45
Διαρροή τοξικών χημικών ουσιών	Ύπαρξη ανιχνευτών	15
	Με χρήση συστήματος αερισμού εκτροπής και περιορισμού της εξάπλωσης της διαρροής	30
Πλημμύρα, υδάτινες εισροές	45	
Διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας	60	
Σεισμική δόνηση	30	
Γενική απειλή: π.χ. απειλή για έκρηξη βόμβας	15-30	

Πίνακας 4.2: Διαθέσιμος χρόνος εκκένωσης υπόγειου χώρου για διαφορετικές επείγουσες καταστάσεις  
[Πηγή: Κυρίτσης, 2010]

Οι επιμέρους χρόνοι από τους οποίους αποτελείται ο απαιτούμενος χρόνος για την πραγματοποίηση της εκκένωσης επηρεάζονται και καθορίζονται από διάφορους παράγοντες (Κυρίτσης, 2010). Ενδεικτικά, παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3 για την περίπτωση πυρκαγιάς οι παράγοντες επιρροής του  $t_d$  που είναι ο χρόνος από την ανάφλεξη της πυρκαγιάς έως την ανίχνευση, του  $t_a$  που είναι ο χρόνος από τον εντοπισμό έως την ειδοποίηση των ατόμων για πυρκαγιά, του  $t_o$  που είναι ο χρόνος από τη γνωστοποίηση έως την απόφαση των ατόμων να λάβουν μέτρα, του  $t_i$  που είναι ο χρόνος από την απόφαση για δράση έως την έναρξη της διαδικασίας της εκκένωσης και του  $t_e$  που είναι ο χρόνος από την έναρξη της εκκένωσης έως την ολοκλήρωση της διαδικασίας της εκκένωσης.

Επιμέρους κατηγορία χρόνου	Παράγοντες Επιρροής
$t_d, t_a$	ανιχνευτές - αισθητήρες, θερμοκρασία ενεργοποίησης ανιχνευτών, εμβέλεια ανιχνευτών, πυκνότητα πληθυσμού, είδος δραστηριοτήτων του χώρου, χαρακτηριστικά πυρκαγιάς
$t_o, t_i$	εκπαίδευση πληθυσμού, βαθμός εξοικείωσης με διαδικασία εκκένωσης σύστημα συναγερμού
$t_e$	χώρος πυρκαγιάς, αριθμός εξόδων, μήκη διαδρόμων, πλάτη εξόδων, πληθυσμός, συμπεριφορά και απόκριση πληθυσμού, ταχύτητα πληθυσμού, διατάξεις διάσωσης, βάθος υπόγειου χώρου

Πίνακας 4.3: Παράγοντες επιρροής των επιμέρους χρόνων στην περίπτωση πυρκαγιάς  
[Πηγή: Κυρίτσης, 2010]

Ο χρόνος ανίχνευσης της πυρκαγιάς  $t_d$ , όταν υπάρχει αυτόματος μηχανισμός ανίχνευσης λαμβάνεται 1 min, ενώ στην περίπτωση που δεν υπάρχει τέτοιο σύστημα τότε λαμβάνεται 2 min.

Ο χρόνος ειδοποίησης του πληθυσμού  $t_a$  εξαρτάται από το σχεδιασμό αντίδρασης του συστήματος και τον τρόπο που προβλέπεται η εκπομπή του σήματος της εκκένωσης (Κυρίτσης, 2010). Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος διακρίνονται τρεις επιμέρους κατηγορίες. Στην κατηγορία 1 το σύστημα ανιχνευτών αισθητήρων εντοπίζει καπνό, θερμότητα ή άλλες χημικές ενώσεις, τα στοιχεία μεταφέρονται σε κεντρικό υπολογιστικό κέντρο και με μέσω ειδικού λογισμικού σημαίνει συναγερμός. Στην κατηγορία 2 ο εντοπισμός γίνεται με τον ίδιο τρόπο, αλλά η σήμανση του συναγερμού γίνεται κατόπιν αξιολόγησης της επείγουσας κατάστασης με βάση τη στρατηγική αντιμετώπισης και διαχείρισης τέτοιων συμβάντων όπως αυτή έχει καθοριστεί. Στην κατηγορία 3 η σήμανση συναγερμού γίνεται με χειροκίνητο σύστημα από τοπικό χειριστήριο πλησίον του συμβάντος από άτομο του χώρου που αντιλαμβάνεται το συμβάν. Οι τιμές του χρόνου ειδοποίησης του πληθυσμού  $t_a$  παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.4.

Κατηγορία συστήματος συναγερμού	$t_a$ (min)
Κατηγορία 1	0
Κατηγορία 2	2-5
Κατηγορία 3	5-6

Πίνακας 4.4: Χρόνος  $t_a$  για διαφορετικές κατηγορίες συστήματος συναγερμού στην περίπτωση πυρκαγιάς [Πηγή: Κυρίτσης, 2010]

Ο χρόνος από τη γνωστοποίηση έως την απόφαση των ατόμων να λάβουν μέτρα  $t_o$  και ο χρόνος από την απόφαση για δράση έως την έναρξη της διαδικασίας της εκκένωσης  $t_i$  διακρίνονται με βάση το σύστημα συναγερμού σε τρεις κατηγορίες (Κυρίτσης, 2010). Στην κατηγορία 1, οι οδηγίες παρέχονται σε πραγματικό χρόνο με φωνητικά μηνύματα από το κέντρο ελέγχου και διαχείρισης επείγουσών καταστάσεων ή παρέχονται από μαγνητοφωνημένα μηνύματα σε συνδυασμό με προσωπικό που κατευθύνει τα άτομα. Στην κατηγορία 2, οι οδηγίες παρέχονται μόνο με μαγνητοφωνημένα μηνύματα. Στην κατηγορία 3, οι οδηγίες παρέχονται από σύστημα συναγερμού και σειρήνες με προσωπικό το οποίο όμως δεν είναι ειδικά εκπαιδευμένο. Οι τιμές των συγκεκριμένων χρόνων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.5.

Τύπος χώρου	Κατηγορία 1 (min)	Κατηγορία 2 (min)	Κατηγορία 3 (min)
Γραφεία σε υπόγειο χώρο	1	3	4-5
Αποθήκες σε υπόγειο χώρο	2	3	5-6
Χώρος Κοινού Επισκεπτών (Αραιά)	1	3	5
Χώρος Κοινού Επισκεπτών (Πυκνά)	1	3	4-5

Πίνακας 4.5: Χρόνοι  $t_o$  και  $t_i$  σε min για διαφορετικές κατηγορίες συστήματος συναγερμού στην περίπτωση πυρκαγιάς [Πηγή: Κυρίτσης, 2010]

#### 4.3.2. Υπολογισμός του Χρόνου Καθυστερήσης

Για τον υπολογισμό του συνολικού χρόνου εκκένωσης πρέπει να υπολογιστεί ένας χρόνος καθυστέρησης μέχρι την έναρξη της κίνησης κατά την εκκένωση (SFPE, 2002). Όλοι οι ερευνητές στον τομέα της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε πυρκαγιά είναι επιφυλακτικοί στο να προτείνουν αριθμούς λόγω των περιορισμένων ευρημάτων στο συγκεκριμένο τομέα. Παρ' όλα αυτά, λόγω της γρήγορης ανάπτυξης της προσέγγισης που είναι βασισμένη στην απόδοση, για την εξέταση νέων πρωτοποριακών συστημάτων σχεδιασμού πυρασφάλειας, ορισμένα δεδομένα για την εκτίμηση του χρόνου καθυστέρησης μέχρι να ξεκινήσει η εκκένωση από τα άτομα είναι ουσιώδη.

Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται, με βάση τους βρετανικούς κανονισμούς πυρασφάλειας, προτεινόμενοι χρόνοι καθυστέρησης για την έναρξη της εκκένωσης, για διαφορετικές πληρότητες, σύμφωνα με τα συστήματα προειδοποίησης που είναι διαθέσιμα στο κτίριο. Ο χρόνος για την έναρξη της εκκένωσης εξαρτάται κυρίως από τον τύπο του συστήματος προειδοποίησης, το είδος της πληρότητας και τα χαρακτηριστικά των ατόμων.

Τα άτομα που παρευρίσκονται σε ένα χώρο είναι πιθανό να ανταποκρίνονται ταχύτερα με ένα σύστημα προειδοποίησης που θα παρέχει περισσότερες πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων. Για να συμπεριληφθεί η εξέλιξη της πυρκαγιάς, οι τιμές του Πίνακα 4.6 είναι προσαρμοσμένες στο ρυθμό αύξησης της πυρκαγιάς. Συγκεκριμένα, προτείνονται τα εξής:

- για άτομα που βρίσκονται σε μικρό δωμάτιο/χώρο και η πηγή της πυρκαγιάς είναι εντός του συγκεκριμένου δωματίου/χώρου και μπορούν να δουν καθαρά καπνό και φλόγες σε μία απόσταση, υιοθετείται ο σχετικός χρόνος που αντιστοιχεί στο σύστημα ειδοποίησης Warning 1 (W1)
- για άτομα που βρίσκονται σε μεγάλο δωμάτιο/χώρο και η πηγή της πυρκαγιάς είναι εντός του συγκεκριμένου δωματίου/χώρου και μπορούν να δουν καθαρά καπνό και φλόγες σε μία απόσταση, υιοθετείται ο σχετικός χρόνος που αντιστοιχεί στο σύστημα ειδοποίησης Warning 2 (W2), εκτός αν το σύστημα ειδοποίησης Warning 1 (W1) είναι σε λειτουργία
- για άτομα που βρίσκονται σε δωμάτιο/χώρο και η πηγή της πυρκαγιάς είναι εκτός του συγκεκριμένου δωματίου/χώρου και δεν μπορούν να δουν καθαρά καπνό και φλόγες σε μία απόσταση, υιοθετείται ο σχετικός χρόνος που αντιστοιχεί στο σύστημα προειδοποίησης που είναι σε λειτουργία

Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί ότι σε εγκαταστάσεις με εξοπλισμό παραγωγής ή ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, κάποιος χρόνος για τον τερματισμό της λειτουργίας του εξοπλισμού πρέπει να προστεθεί στον προτεινόμενο χρόνο του Πίνακα 4.6.



Occupancy Type	W1 (min)	W2 (min)	W3 (min)
Offices, commercial and Industrial buildings, schools, colleges and universities (Occupants awake and familiar with the building, the alarm system, and evacuation procedure.)	< 1	3	> 4
Shops, museums, leisure-sport centers, and other assembly buildings (Occupants awake but may be unfamiliar with building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	3	> 6
Dormitories, residential mid-rise and high-rise (Occupants may be asleep but are predominantly familiar with the building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	4	> 5
Hotels and boarding houses (Occupants may be asleep and unfamiliar with the building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	4	> 6
Hospitals, nursing homes, and other institutional establishment (A significant number of occupants may require assistance.)	< 3	5	> 8

W1: live directives using a voice communication system from a control room with closed-circuit television facility, or live directives in conjunction with well-trained, uniformed staff that can be seen and heard by all occupants in the space

W2: nondirective voice messages (prerecorded) and/or informative warning visual display with trained staff

W3: warning system using fire alarm signal and staff with no relevant training

Source: Adapted from *Fire Safety Engineering in Buildings, Part 1: Guide to the Application of Fire Safety Engineering Principles*, Table 21, British Standard Institution, DD240, London, 1997.

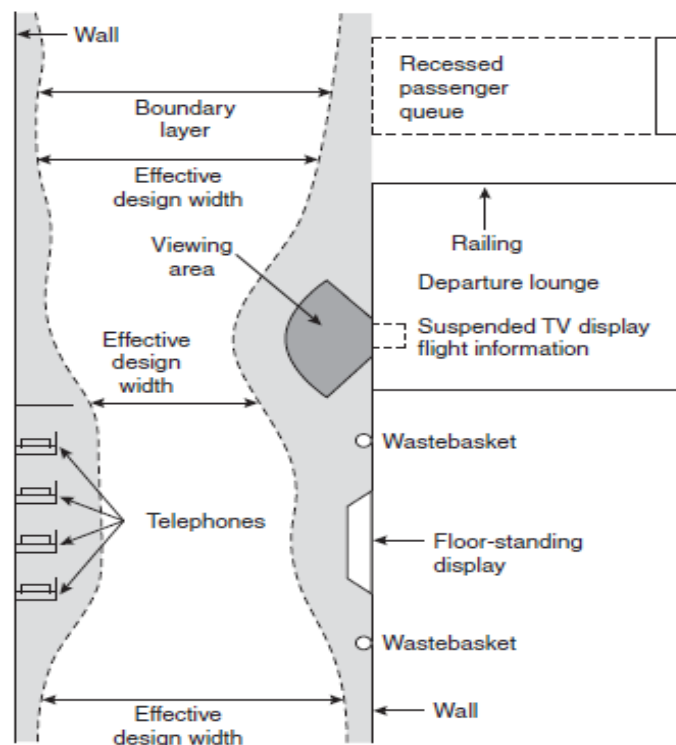
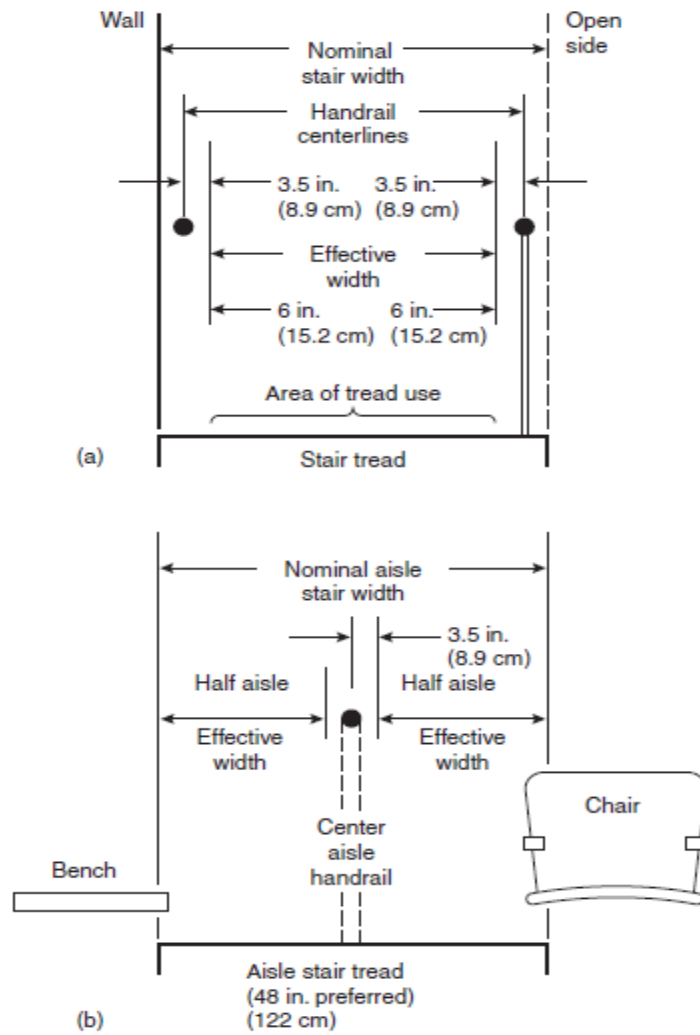
Πίνακας 4.6: Εκτιμώμενος χρόνος καθυστέρησης για την έναρξη της διαδικασίας εκκένωσης σε min  
[Πηγή: SFPE, 2002]

### 4.3.3. Εξισώσεις για τον Υπολογισμό του Χρόνου Καθυστέρησης

Τα άτομα που κινούνται κατά μήκος των διαδρομών εξόδου ενός οποιοδήποτε χώρου διατηρούν μία οριακή απόσταση από τους τοίχους και τα άλλα σταθερά εμπόδια που συναντούν (SFPE, 2002). Αυτή η απόσταση είναι αναγκαία για την «παραλαβή» της πλευρικής ταλάντωσης των σωμάτων των ατόμων και για την εξασφάλιση της ισορροπίας. Με βάση την έρευνα του Paul (1984) βασικό στοιχείο που πρέπει να προσδιοριστεί είναι το ωφέλιμο πλάτος για την κίνηση του πλήθους. Στο εμπειρικό μοντέλο που προτείνεται από τον Paul, η ροή περιγράφεται ως γραμμική συνάρτηση του ωφέλιμου πλάτους μίας σκάλας, το οποίο ορίζεται ως το πλάτος που απομένει αν αφαιρεθούν οι επιδράσεις των άκρων (150mm από κάθε διαχωριστικό τοίχιο και 90mm από τον άξονα κάθε κουπαστής). Ειδικότερα, το ενεργό πλάτος οποιουδήποτε τμήματος μίας διαδρομής εξόδου είναι το καθαρό πλάτος του εν λόγω τμήματος της διαδρομής εκτός του αθροίσματος των συνοριακών στρωμάτων. Το ενεργό πλάτος υπολογίζεται ως εξής (SFPE, 2002):

- από τοίχο σε τοίχο σε διαδρόμους και προθαλάμους
- το πλάτος των σκαλοπατιών σε σκάλες
- το πραγματικό πλάτος διέλευσης μίας πόρτας όταν αυτή είναι σε ανοιχτή θέση
- ο χώρος μεταξύ των καθισμάτων κατά μήκος των διαδρόμων σε χώρους συνάθροισης
- ο χώρος μεταξύ των καθισμάτων που προεξέχουν περισσότερο σε μία σειρά καθισμάτων σε χώρους συνάθροισης

Τα προαναφερθέντα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5: Υπολογισμός του ωφέλιμου πλάτους [Πηγή: SFPE, 2002]

Η προεξοχή της χειρολαβής προσδιορίζεται με τη σύγκριση του ενεργού πλάτους χωρίς τις χειρολαβές με το ενεργό πλάτος χρησιμοποιώντας ένα καθαρό πλάτος από την άκρη της χειρολαβής (SFPE, 2002). Το μικρότερο από τα δύο ενεργά πλάτη εφαρμόζεται στη συνέχεια. Χρησιμοποιώντας τις τιμές του Πίνακα 4.7, μόνο οι χειρολαβές που προεξέχουν περισσότερο από 2.5in (7.5cm) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Όπου η διατομή γίνεται πλατύτερη ή στενότερη, μόνο το συγκεκριμένο τμήμα της διαδρομής διαθέτει το κατάλληλο μεγαλύτερο ή μικρότερο ενεργό πλάτος.

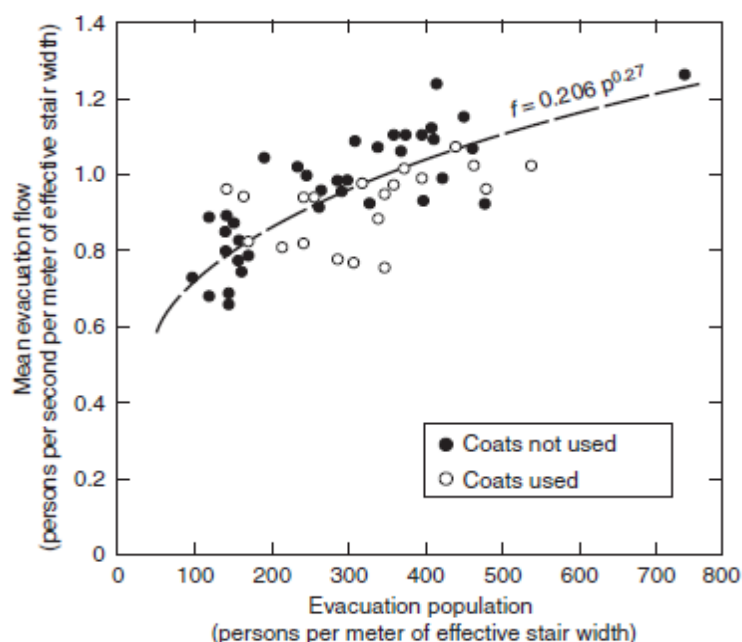
Exit Route Element	Boundary Layer	
	(in.)	(cm)
Stairways—wall or side of tread	6	15
Railings, handrails <sup>a</sup>	3.5	9
Theater chairs, stadium benches	0	0
Corridor, ramp walls	8	20
Obstacles	4	10
Wide concourses, passageways	<18	46
Door, archways	6	15

<sup>a</sup>Where handrails are present, use the value if it results in a lesser effective width.

Πίνακας 4.7: Πλάτος συνοριακών στρωμάτων  
[Πηγή: SFPE 2002]

Το εμπειρικό μοντέλο του ωφέλιμου πλάτους λαμβάνει υπόψη την τάση των ατόμων να κινούνται ταλαντευόμενοι πλευρικά, ειδικά όταν κινούνται αργά σε μεγάλο πλήθος, και ως εκ τούτου να τους οργανώσει σε κλιμακωτή διάταξη και όχι σε τακτικές λωρίδες, όπως εκτιμάται στο παραδοσιακό μοντέλο μονάδα-πλάτος το οποίο βασίζεται σε στατικές διαστάσεις των ώμων των ατόμων (SFPE, 2002).

Ένα επιπρόσθετο εύρημα που υπογραμμίζει την προσέγγιση του ωφέλιμου πλάτους είναι ότι η μέση ροή εκκένωσης (ανά τρέχον μέτρο του ωφέλιμου πλάτους της σκάλας) μεταβάλλεται με ένα μη γραμμικό τρόπο με τον πληθυσμό εκκένωσης (ανά τρέχον μέτρο του ωφέλιμου πλάτους της σκάλας) όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.6. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη μέση ροή εκκένωσης είναι η χρήση επιπλέον ενδυμάτων από τα άτομα, καθώς και διάφοροι παράγοντες σχεδιασμού και χρήσης των κτιρίων (SFPE, 2002). Όσον αφορά το σχεδιασμό των κτιρίων η υποτιθέμενη επιρροή της γεωμετρίας της σκάλας στη ροή του πλήθους εξετάζεται στη συνέχεια.

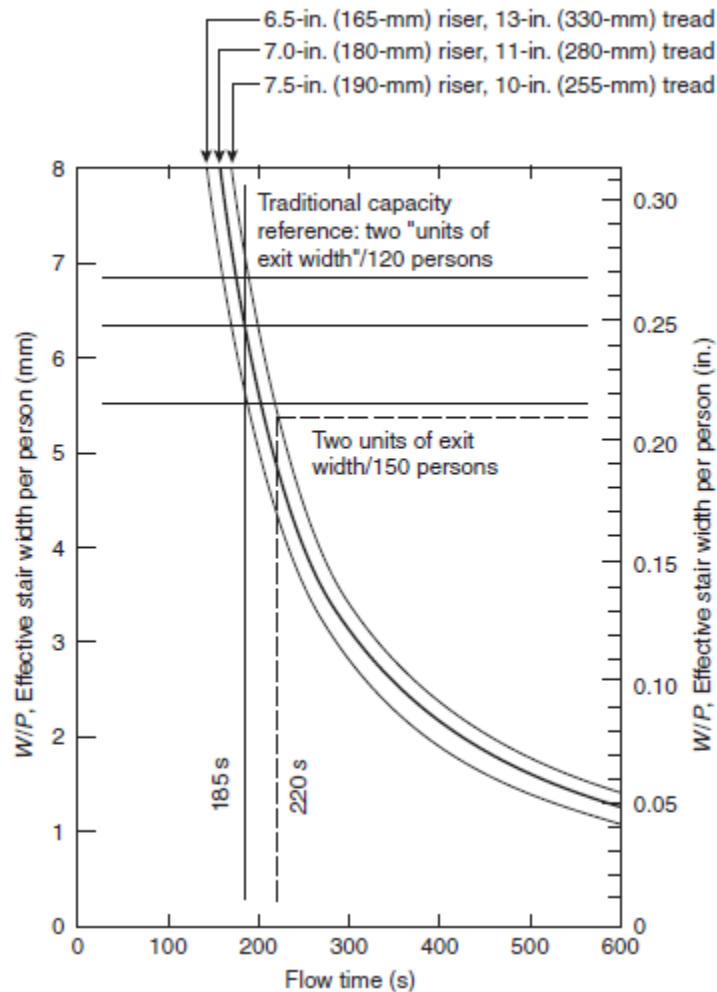


Σχήμα 4.6: Επίδραση του πληθυσμού στην ροή σε καθοδική κίνηση σε σκάλες σε ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις  
[Πηγή: SFPE, 2002]

Η εξίσωση που παρουσιάζεται στη συνέχεια (SFPE, 2002) συσχετίζει το ενεργό πλάτος των σκαλοπατιών,  $w$ , εκφρασμένο σε mm τον πραγματικό συνολικό πληθυσμό,  $P$ , και τον αναμενόμενο χρόνο ροής,  $t$ , εκφρασμένο σε s.

$$w = \frac{8040}{t^{1.37}} \cdot P$$

Η συγκεκριμένη εξίσωση μπορεί να μετατραπεί σε μία κάπως πιο εύχρηστη μορφή με την γραφική της απεικόνιση όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.7 και συσχετίζει το ενεργό πλάτος των σκαλοπατιών ανά άτομο και το χρόνο ροής που προκύπτει για άτομα που κινούνται καθοδικά σε σκάλες.

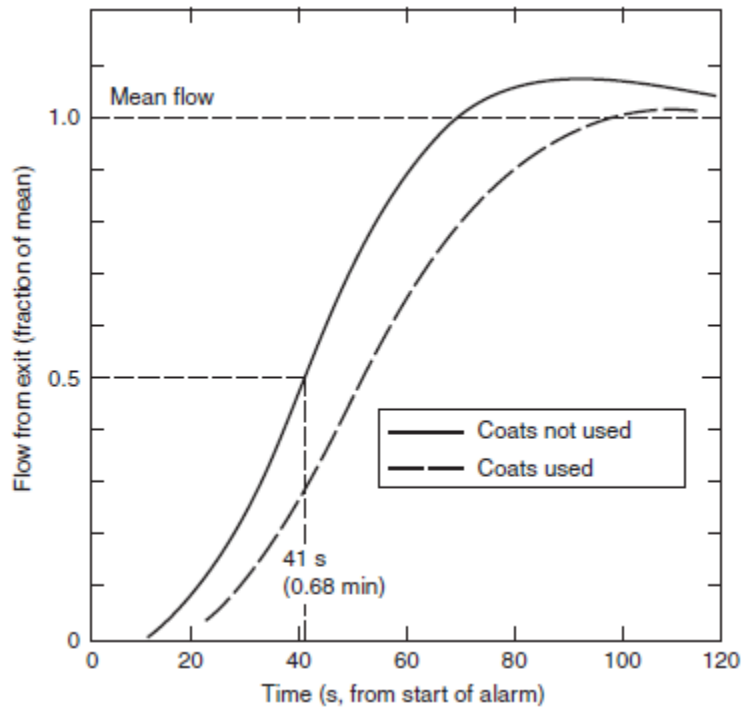


Σχήμα 4.7: Συσχέτιση του ενεργού πλάτους της σκάλας ανά άτομο και του χρόνου ροής για διάφορες γεωμετρίες σκαλοπατιών  
[Πηγή: SFPE, 2002]

Στο Σχήμα 4.7 παρέχονται τρεις καμπύλες για να δείξουν την υποτιθέμενη επίδραση των διαφόρων γεωμετριών του βήματος στην αποτελεσματικότητα της κίνησης του πλήθους.

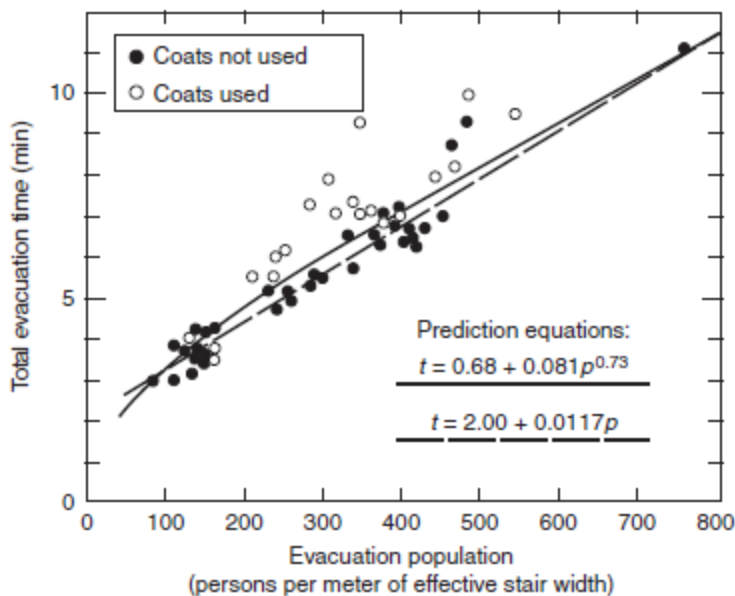
Σε ότι αφορά την πρόβλεψη του χρόνου εκκένωσης, οι προαναφερθείσες εξισώσεις και τα διαγράμματα έχουν ασχοληθεί αποκλειστικά με το χρόνο ροής. Για ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις υψηλών κτιρίων που στεγάζουν γραφεία, υπάρχει ένας απλός τρόπος για την πρόβλεψη του χρόνου που απαιτείται για την ανάπτυξη μέχρι το ήμισυ της μέσης ροής (SFPE, 2002). Αυτός ο εμπειρικά εξαγόμενος τρόπος παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.8. Όταν προστίθεται στο χρόνο ροής, βασισμένος στην εμπειρικά προσδιοριζόμενη μέση ροή, ο χρόνος των 41s, αντιπροσωπεύει το χρόνο της διαδρομής και όλων ή μέρους των άλλων στοιχείων των συνιστωσών του ελάχιστου χρόνου εκκένωσης. Ο βαθμός στον οποίο ο χρόνος των 41s εξαρτάται από την εμπειρία των χρηστών του κτιρίου και στο τρόπο που η διαδικασία της

εκκένωσης ενεργοποιείται και εκτελείται (SFPE, 2002). Οι εκκενώσεις σε περιπτώσεις πυρκαγιάς ή άλλων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης έχει υποθεθεί ότι πρόκειται να διαρκέσουν περισσότερο.



Σχήμα 4.8: Σχηματισμός της ροής από τις εξόδους σε ανεξέλεγκτες ολικές/πλήρεις εκκενώσεις για υψηλά κτίρια που στεγάζουν γραφεία [Πηγή: SFPE, 2002]

Από τα προαναφερθέντα στοιχεία έχουν παραχθεί εξισώσεις οι οποίες παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.9 και εφαρμόζονται σε περιπτώσεις για τις οποίες δεν υπάρχουν περισσότερα από 800 άτομα ανά μέτρο ενεργού πλάτους της σκάλας.



Σχήμα 4.9: Προβλεπόμενοι και καταγεγραμμένοι χρόνοι συνολικής εκκένωσης για υψηλά κτίρια που στεγάζουν γραφεία [Πηγή: SFPE, 2002]

Πρέπει να σημειωθεί ότι προκύπτει μία καλή συσχέτιση μεταξύ της καμπύλης πρόβλεψης και των καταγεγραμμένων συνολικών χρόνων εκκένωσης για ανεξέλεγκτες εκκενώσεις, ειδικά στις περιπτώσεις που

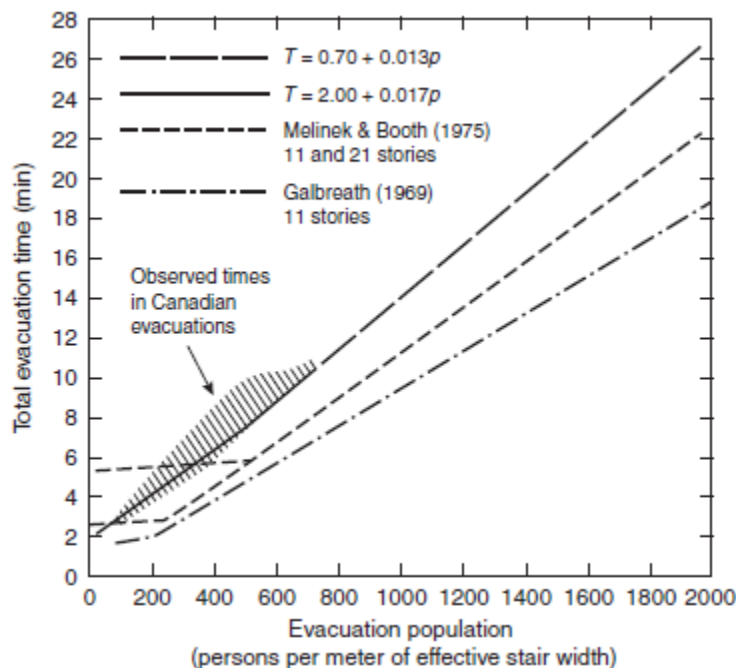
δε χρησιμοποιήθηκε πρόσθετη εξωτερική ενδυμασία. Οι εξισώσεις που παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.9 είναι οι ακόλουθες (SFPE, 2002):

$$T = 0.68 + 0.281 \cdot p^{0.73}$$

$$T = 2.00 + 0.117 \cdot p$$

όπου  $T$  είναι ο ελάχιστος χρόνος σε min για να ολοκληρωθεί μια ανεξέλεγκτη διαδικασία ολικής/πλήρους εκκένωσης από τις σκάλες και  $p$  είναι ο πραγματικός πληθυσμός της εκκένωσης ανά μέτρο του ενεργού πλάτους της σκάλας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.10 για περισσότερα από 800 άτομα ανά μέτρο ενεργού πλάτους της σκάλας τα αντίστοιχα αποτελέσματα.



Σχήμα 4.10: Προβλεπόμενοι και καταγεγραμμένοι χρόνοι συνολικής εκκένωσης για υψηλά κτίρια που στεγάζουν γραφεία ενσωματώνοντας στοιχεία από άλλους ερευνητές [Πηγή: SFPE, 2002]

Μία αξιοπρόσεκτη σημείωση πρέπει να δοθεί σχετικά με την πρόβλεψη των πραγματικών πληθυσμών σε κτίρια. Σε πολλά κτίρια με πληρότητα ως προς τη χωρητικότητα, η πρόβλεψη του μέγιστου πληθυσμού είναι σχετικά απλή με βάση τον αριθμό των θέσεων και το εύρος του χώρου αναμονής (ένα εύρος τιμών από 0.3-0.6m<sup>2</sup>/άτομο είναι μία λογική υπόθεση) (SFPE, 2002). Ωστόσο, μελέτες προερχόμενες από τον Καναδά για κτίρια που στεγάζουν χώρους γραφείων υποστηρίζουν σθεναρά την παραδοχή ότι σε κάθε πραγματικό χρήστη του κτιρίου αντιστοιχούν 25m<sup>2</sup> του μεικτού χώρου που παραχωρείται προς εκμίσθωση. Η συγκεκριμένη υπόθεση έρχεται σε έντονη αντίθεση με την παραδοσιακή προσέγγιση που παρουσιάζεται στα πρότυπα και τους κανονισμούς τα οποία ορίζουν ότι σε κάθε πραγματικό χρήστη του κτιρίου αντιστοιχούν 9.3m<sup>2</sup> του μεικτού χώρου που παραχωρείται προς εκμίσθωση. Οι κανονισμοί και τα πρότυπα δίνουν προβλέψεις που μπορεί να είναι εσφαλμένες κατά ένα συντελεστή μεγαλύτερο από δύο (2). Τυπικοί χώροι εργασίας, ωστόσο, υπερεκτιμούν τον πληθυσμό (μερικές φορές κατά 15%).

#### 4.4. Κίνηση σε Καπνό λόγω Πυρκαγιάς

Για πολύ καιρό θεωρούνταν ότι κατά τη διάρκεια μίας διαδικασίας εκκένωσης, όταν οι παρευρισκόμενοι έρχονται αντιμέτωποι με καπνό, θα σταματούσαν, θα γύριζαν πίσω και θα προσπαθούσαν να βρουν άλλη έξοδο. Είναι πλέον αναγνωρισμένο ότι οι περισσότεροι άνθρωποι να κινηθούν στον καπνό. Εκτιμάται ότι πάνω από το 60% των ατόμων που προβαίνουν σε εκκένωση σε μικρά κτίρια κατοικιών διέρχονται μέσα από τον καπνό κατά την εκκένωση (SFPE, 2002). Στην πραγματικότητα η κίνηση διαμέσου καπνού είναι ένα επαναλαμβανόμενο γεγονός σε περιστατικά πυρκαγιών. Το γεγονός ότι η κίνηση μέσα από καπνό είναι τόσο διαδεδομένη κατά τη διάρκεια εκκένωσης λόγω πυρκαγιάς μπορεί να εξηγηθεί από την ταυτόχρονη κίνηση ενός μεγάλου αριθμού των χρηστών. Οι χρήστες του ορόφου που εκτυλίσσεται η πυρκαγιά και απομακρύνονται από τον συγκεκριμένο όροφο θα οδηγήσουν στην διάχυση του καπνού στο κλιμακοστάσιο κατά το άνοιγμα των θυρών για τη διαφυγή τους (SFPE, 2002). Ακόμα, και αν το κλιμακοστάσιο είναι σε καθεστώς μεγαλύτερης πίεσης, η επαναλαμβανόμενη κίνηση των χρηστών από τον όροφο εκδήλωσης της πυρκαγιάς στο κλιμακοστάσιο στο οποίο ανοίγουν οι θύρες διαφυγής κι από τους χρήστες όλων των υψηλότερων ορόφων θα οδηγήσει στην μόλυνση του κλιμακοστασίου. Υπό αυτό το πρίσμα, το κλιμακοστάσιο σε ένα πολυώροφο κτίριο μπορεί να είναι το αμέσως πιο επικίνδυνο μέρος κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς για τους χρήστες, μετά το χώρο εκδήλωσης της πυρκαγιάς και τον όροφο εξέλιξης της πυρκαγιάς (SFPE, 2002).

Μολονότι, φαίνεται ότι είναι γνωστό στο κοινό ότι ο καπνός προκαλεί το θάνατο των ανθρώπων, οι χρήστες είναι προετοιμασμένοι να κινηθούν διαμέσου καπνού για να φτάσουν σε ασφάλεια. Η γνώση στο κοινό ότι ο καπνός προκαλεί το θάνατο, δε σημαίνει ότι το κοινό είναι καλός κριτής της πιθανής θανατηφόρας επιρροής του καπνού (SFPE, 2002). Τα θύματα αναφέρουν ότι κατάφεραν να επιβιώσουν διαμέσου καπνού γιατί κινούνταν πολύ γρήγορα ή ανέπνεαν μέσω ενός πανιού ή κρατώντας την αναπνοή τους για να προστατευτούν. Στην πραγματικότητα τα συγκεκριμένα άτομα ήταν ιδιαίτερα τυχερά γιατί ο καπνός προκαλεί θάνατο και μάλιστα ταχύ (ακόμα και δύο προσπάθειες αναπνοής μπορούν να προκαλέσουν απώλεια αισθήσεων).

Το βασικό κίνητρο για να κινηθεί κάποιος μέσα από τον καπνό ήταν ή γνώση μίας περιοχής εξόδου και η ικανότητα εκτίμησης της απόστασης μέχρι την έξοδο (SFPE, 2002). Ένα άλλο κίνητρο, το οποίο μπορεί να προκύψει σε πολυώροφα κτίρια είναι η έντονη επιθυμία των χρηστών να φτάσουν στο επίπεδο του εδάφους. Επίσης, όταν οι ένοικοι αρχίζουν την εκκένωση είναι πιθανό να μην είναι ορατός, αλλά τελικά κατά την κάθοδο τους η κατάσταση άλλαξε. Υπό αυτές τις συνθήκες, κάποιοι χρήστες μπορεί να επιμείνουν να κινηθούν προς τα κάτω, άλλοι θα γυρίσουν πίσω, ενώ κάποιοι άλλοι θα ψάξουν για καταφύγιο.

Η παρουσία καπνού έχει σημαντική επίδραση στην ταχύτητα κίνησης των ατόμων. Από την έρευνα του Jin (1997) προέκυψε ότι στο αρχικό στάδιο της πυρκαγιάς η ταχύτητα κίνησης των ατόμων ήταν πάνω από 1m/s, η οποία κατά την εξέλιξη της πυρκαγιάς μειώθηκε σημαντικά σε 0.5 m/s. Αυτό οφείλεται στη μείωση της ορατότητας, λόγω του καπνού που από λευκός, εξελίσσεται σε μαύρο και περισσότερο πυκνό.

Από την έρευνα του Jensen (1993) που πραγματοποιήθηκε σχετικά με την επίδοση διαφορετικών συστημάτων καθοδήγησης διαμέσου καπνού, έδειξε ότι η ταχύτητα κίνησης κυμαίνεται σε 0.2-0.4m/s ανεξάρτητα από οποιοδήποτε σύστημα πληροφοριών που χρησιμοποιείται. Όσοι, έχουν επιβιώσει από καταστροφικές πυρκαγιές κινήθηκαν κατά μέσο όρο μόλις 10m σε βαρύ καπνό. Για ταχύτητα 0.2m/s, αυτό ισοδυναμεί με έκθεση σε καπνό για 50s.

Μελέτες έχουν καταδείξει ότι η κίνηση των ατόμων διαμέσου καπνού πριν καταστούν ανίκανοι να επιβιώσουν εντός του καπνού εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων, (SFPE, 2002) όπως είναι το βάρος, η φυσική κατάσταση, η δραστηριότητα των ατόμων και το μείγμα και η συγκέντρωση των αερίων που αναπνύσσονται από τη φωτιά. Γενικά, οι χρήστες έχουν στη διάθεση τους λίγα λεπτά για να κινηθούν πριν καταστεί αδύνατη η κίνησή τους διαμέσου καπνού. Αν και η εκπαίδευση, η κατάρτιση και οι διαδικασίες εκκένωσης συνιστούν να αποφεύγεται η κίνηση στον καπνό, τα άτομα εξακολουθούν να κινούνται εντός του καπνού.

Ένα άλλο πρόβλημα της κίνησης διαμέσου καπνού είναι η ταχεία κάλυψη των συστημάτων φωτισμού της οροφής που δημιουργεί την εντύπωση της πλήρους συσκότισης (SFPE, 2002). Από συνεντεύξεις

πυρόπληκτων που κινήθηκαν εντός του καπνού προκύπτουν σταθερά συμπεράσματα: τα άτομα επιμένουν ότι το ρεύμα κατά τη διάρκεια της εκκένωσης ήταν εκτός λειτουργίας ακόμη κι αν μετά την πυρκαγιά δεν εντοπίστηκε κάποιο σφάλμα στο σύστημα ηλεκτρισμού. Κατά συνέπεια, η πυκνότητα του καπνού ήταν εκείνη που επισκίαζε τα συστήματα φωτισμού. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της κίνησης σε συνθήκες συσκότισης, η εγκατάσταση ενός συστήματος καθοδήγησης από φωσφορίζον υλικό γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλές. Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου υλικού που χρησιμοποιείται στο σύστημα καθοδήγησης για την αποτελεσματική καθοδήγηση των ατόμων στο σκοτάδι είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντα. Αυτό το υλικό θα μπορούσε να παρέχει υποστήριξη στα άτομα που πραγματοποιούν εκκένωση στην περίπτωση που ο τυπικός φωτισμός και ο φωτισμός έκτακτης ανάγκης έχουν αποτύχει. Στην έρευνα του Jensen (1993), φωσφορίζον υλικό τοποθετήθηκε ως μία συνεχής γραμμή στο επίπεδο του δαπέδου και σε απόσταση ενός μέτρου από το δάπεδο και λειτούργησε καλύτερα και πιο αποτελεσματικά από διατάξεις φωτισμού για να καθοδηγήσουν τα άτομα σε συνθήκες καπνού. Σε μία έρευνα πεδίου που πραγματοποιήθηκε από τον Ρουλκ (2001), διαπιστώθηκε ότι οι ταχύτητες κίνησης σε ένα κλιμακοστάσιο, με φωσφορίζον σύστημα καθοδήγησης, σε συνθήκες συσκότισης, ήταν συγκρίσιμες με ταχύτητες για πλήρως φωτισμένο κλιμακοστάσιο.

#### 4.5. Χρονικά Βασισμένη Ανάλυση Εκκένωσης

Η ανάγκη, να υπάρχουν ρεαλιστικές και επαληθεύσιμες εκτιμήσεις, για τα κριτήρια του χρόνου εξόδου και για τις συνοδευτικές υποθέσεις της κίνησης, θα πρέπει να αναγνωρίζεται από τους μηχανικούς πυρασφάλειας και άλλους συμβούλους που διεξάγουν χρονικά βασισμένες αναλύσεις εκκένωσης (οι συγκεκριμένες αναλύσεις μερικές φορές ονομάζονται χρονομετρημένες αναλύσεις εξόδου ή δυναμικές αναλύσεις εξόδου). Αυτές οι αναλύσεις προετοιμάζονται για να βοηθήσουν τη λήψη επίσημης έγκρισης για το σχεδιασμό ενός κτιρίου, διαφορετικά δε θα μπορεί ο σχεδιασμός να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις για τις εξόδους που προβλέπονται στους κανονισμούς. Σε μερικές περιπτώσεις, οι παραδοχές και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις αναλύσεις θα πρέπει να αμφισβητούνται σοβαρά. Τη στιγμή που οι αρχές έχουν τέτοιες αναλύσεις προς έγκριση, μπορεί να δυσκολεύονται να κρίνουν την αξία τους: μπορούν μόνο να βασιστούν στη φήμη της εταιρείας συμβούλων και/ή στο μεγαλύτερο μέρος της έκθεσης και στην προφανή πολυπλοκότητα των υπολογισμών της.

Οι χρονικά βασισμένες αναλύσεις εξόδου υπολογίζουν το συνολικό χρόνο εκκένωσης ενός χώρου, ως το άθροισμα του χρόνου ροής και του χρόνου μετάβασης (SFPE, 2002). Σε κάποιες περιπτώσεις, ο χρόνος μετάβασης είναι απλά ο χρόνος που χρειάζεται το άτομο που βρίσκεται πλησιέστερα προς την έξοδο, να μετακινηθεί από το σημείο που βρίσκεται προς το σημείο το οποίο θεωρείται ασφαλές ή καταφύγιο. Προσεκτική κρίση απαιτείται για να προβλεφθεί η ταχύτητα και η πραγματική ροή αυτών που ακολουθούν μετά το πρώτο άτομο. Μία απλή, συντηρητική προσέγγιση θα μπορούσε να υποθέσει μία μέτρια ταχύτητα για το πρώτο πρόσωπο και μία ταχύτητα παρόμοια με αυτή που αντιστοιχεί σε κατάσταση συμφόρησης για αυτούς που ακολουθούν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι λογικό να προβλεφθεί ο ελάχιστος συνολικός χρόνος εκκένωσης (χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι χρόνοι επικοινωνίας και λήψης απόφασης), ως το άθροισμα του χρόνου μετάβασης του πρώτου ατόμου και του χρόνου ροής αυτών που ακολουθούν βασιζόμενοι στην υπόθεση και τον υπολογισμό μίας μέσης ροής (SFPE, 2002).

Ένα από τα σφάλματα σε μερικές χρονικά βασισμένες αναλύσεις εκκένωσης, συμβαίνει καθώς ασυνεπείς, μη ρεαλιστικές παραδοχές γίνονται σχετικά με ταυτόχρονη υψηλή ταχύτητα και υψηλή πυκνότητα της κίνησης του πλήθους, ένας συνδυασμός που προκύπτει από τη θεμελιώδη εξίσωση κίνησης που περιγράφει τη ροή ως το αποτέλεσμα της ταχύτητας, της πυκνότητας και του πλάτους.

Όπως έχει αναφερθεί για άτομα που απέχουν μεταξύ τους λίγο, υψηλές πυκνότητες δεν επιτρέπουν υψηλές ταχύτητες κίνησης. Εξάλλου, η βέλτιστη ροή επιτυγχάνεται για ταχύτητες που είναι περίπου το 60% των ταχυτήτων με τις οποίες μπορούν να κινηθούν ελεύθερα τα μεμονωμένα άτομα.

Οι ενδιάμεσες συνθήκες, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.8, αποτελούν λογικές προσεγγίσεις για την πρόβλεψη ταχυτήτων, πυκνοτήτων και ροών κατά τους υπολογισμούς των ελάχιστων χρόνων εξόδου για πολλές καταστάσεις. Τα στοιχεία που προτείνονται για διαδρόμους ισχύουν για όλους τους διαδρόμους που



είναι επίπεδοι ή έχουν κλίση μικρότερη από 1:12. Τα στοιχεία για σκάλες υποθέτουν μία σχετικά καλή γεωμετρία σκαλοπατιού και ύπαρξη κουπαστής.

Facility	Crowd Condition	Density (ft <sup>2</sup> )	Speed (ft/min)	Flow (min/ft)
Stair	Minimum	<0.05	150	<5
Stair	Moderate	0.10	120	14
Stair	Optimum	0.19	95	18
Stair	Crush	0.30	<40	<12
Corridor	Minimum	<0.05	250	<12
Corridor	Moderate	0.10	200	20
Corridor	Optimum	0.20	120	24
Corridor	Crush	0.30	<60	<18
Doorway	Moderate	0.10	170	
Doorway	Optimum	0.22	120	
Doorway	Crush	0.30	<50	

For SI units: 1 ft = 0.3048 m; 1 ft<sup>2</sup> = 0.093 m<sup>2</sup>.

Πίνακας 4.8: Παράμετροι κίνησης του πλήθους σε διάφορους χώρους και για διάφορες καταστάσεις [Πηγή: SFPE, 2002]

## 5. Επισκόπηση Κτιριακών Μοντέλων Εκκένωσης

### 5.1. Γενικά

Οι υπολογισμοί για την εκκένωση γίνονται όλο και περισσότερο μέρος της ανάλυσης που βασίζεται στην απόδοση για την αξιολόγηση του επιπέδου ασφάλειας της ανθρώπινης ζωής που παρέχεται από μία κτιριακή εγκατάσταση. Σε μερικές περιπτώσεις, οι μηχανικοί χρησιμοποιούν χειρόγραφους υπολογισμούς με βάση προδιαγραφές που ορίζονται σε Κανονισμούς και Πρότυπα για να αξιολογήσουν την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής και σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιούν μοντέλα εκκένωσης. Οι χειρόγραφοι υπολογισμοί συνήθως γίνονται με εξισώσεις που υπολογίζουν τη μαζική εκκένωση της ροής από οποιοδήποτε ύψος του κτιρίου. Οι χρήστες του κτιρίου θεωρείται ότι βρίσκονται στο διάδρομο που καταλήγει στη θύρα εισόδου του κλιμακοστασίου κάθε ορόφου καθώς ξεκινάει η εκκένωση. Οι υπολογισμοί επικεντρώνονται συνήθως σε σημεία στένωσης στο κτίριο (συνήθως η θύρα που οδηγεί σε εξωτερικό χώρο) και υπολογίζουν το χρόνο που χρειάζονται οι χρήστες για να διέλθουν από αυτά τα σημεία και στον εξωτερικό χώρο.

Για την επίτευξη πιο ρεαλιστικού υπολογισμού της εκκένωσης οι μηχανικοί στρέφονται προς υπολογιστικά μοντέλα εκκένωσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για την αξιολόγηση της ασφάλειας της ανθρώπινης ζωής. Υπάρχει ένας αριθμός μοντέλων εκκένωσης προς επιλογή, το καθένα με ξεχωριστά χαρακτηριστικά και εξειδικεύσεις. Στη συνέχεια παρατίθεται μία παρουσίαση των μοντέλων εκκένωσης για παρόντες και μελλοντικούς χρήστες (Kuligowski, Peacock 2005). Τα μοντέλα κατηγοριοποιούνται αρχικά με βάση τη διαθεσιμότητα (π.χ. αν είναι ελεύθερα διαθέσιμα στο κοινό, αν είναι διαθέσιμα μέσω μελετητικής βάσης, αν δεν έχουν διατεθεί προς πώληση στην αγορά και αν δεν χρησιμοποιούνται πλέον) και στη συνέχεια παρουσιάζονται στοιχεία για διάφορα χαρακτηριστικά των μοντέλων όπως είναι η μέθοδος μοντελοποίησης, ο σκοπός, η δομή του μοντέλου και η προοπτική του, οι μέθοδοι για την προσομοίωση της κίνησης και της συμπεριφοράς, τα αποτελέσματα, η χρήση των δεδομένων για πυρκαγιά και η χρήση της οπτικοποίησης και των σχεδίων μορφής CAD. Επίσης παρέχονται λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με χαρακτηριστικά των μοντέλων, την εσωτερική λειτουργία του κάθε μοντέλου και τις διαδικασίες επαλήθευσης της αξιοπιστίας κάθε μοντέλου και τους περιορισμούς του. Με αυτές τις πληροφορίες, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το μοντέλο ή μοντέλα που είναι κατάλληλα για την σχεδίαση μιας εκκένωσης.

### 5.2. Χαρακτηριστικά των Μοντέλων Εκκένωσης

#### 5.2.1. Διαθεσιμότητα στο Κοινό

Η διαθεσιμότητα στο κοινό χρησιμοποιείται ως η βασική κατηγορία της ανασκόπησης γιατί ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει πρώτα πως μπορεί να έχει πρόσβαση σε ένα μοντέλο που είναι απαραίτητο για μία συγκεκριμένη μελέτη που πρόκειται να εκπονήσει (Kuligowski, Peacock 2005). Αν και υπάρχει σημαντικής έκτασης βιβλιογραφία για κάποια μοντέλα, αυτά μπορεί να μην έχουν κυκλοφορήσει ακόμα ή να έχουν αποσυρθεί από την αγορά και να μην είναι πλέον σε χρήση. Επίσης, είναι σημαντικό για το χρήστη να γνωρίζει αν θα μπορεί να αγοράσει το μοντέλο για προσωπική χρήση ή αν το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την εταιρεία εκπόνησης του μοντέλου μόνο σε συμβουλευτική βάση. Σε αυτή την κατηγορία πολλά μοντέλα είναι διαθέσιμα δωρεάν στο κοινό ή παρέχονται με κάποια χρέωση και σημαίνονται ως (Υ). Άλλα μοντέλα, δεν είναι διαθέσιμα λόγω των ακόλουθων περιπτώσεων: η εταιρεία χρησιμοποιεί το μοντέλο για τον πελάτη σε συμβουλευτική βάση (N1), το μοντέλο δεν έχει τεθεί σε κυκλοφορία (N2), το μοντέλο δεν είναι πλέον σε χρήση (N3). Αν η κατάσταση του μοντέλου είναι άγνωστη σημαίνεται ως (U).

### 5.2.2. Μέθοδος Προσομοίωσης

Σε προηγούμενες εκτιμήσεις τα μοντέλα εκκένωσης κατηγοριοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας μια κύρια κατηγορία στην οποία δόθηκε ο τίτλος μέθοδος προσομοίωσης. Η συγκεκριμένη κατηγορία περιγράφει τη μέθοδο προσομοίωσης και τη φιλοσοφία που κάθε μοντέλο χρησιμοποιεί για τον υπολογισμό του χρόνου εκκένωσης των κτιρίων. Με βάση την κατηγοριοποίηση ως προς τη μέθοδο προσομοίωσης, στα μοντέλα αποδίδονται ένας από τους παρακάτω τρεις τίτλους (Kuligowski, Peacock 2005):

- μοντέλα συμπεριφοράς (B): τα συγκεκριμένα μοντέλα ενσωματώνουν την υλοποίηση των δράσεων των χρηστών εκτός από την κίνηση προς ένα καθορισμένο στόχο. Αυτά τα μοντέλα επίσης ενσωματώνουν τη λήψη αποφάσεων από τους χρήστες και τις ενέργειες που γίνονται λόγω των συνθηκών που επικρατούν στο κτίριο. Για εκείνα τα μοντέλα που εμπεριέχουν δυνατότητες εκτίμησης του κινδύνου χρησιμοποιείται ο τίτλος (B-RA)
- μοντέλα κίνησης (M): τα συγκεκριμένα μοντέλα περιγράφουν την κίνηση των χρηστών από ένα σημείο του κτιρίου σε κάποιο άλλο (συνήθως στην έξοδο ή σε μία ασφαλή περιοχή). Αυτά τα μοντέλα είναι κατάλληλα για την παρουσίαση των περιοχών συμφόρησης, τις ουρές και τις περιοχές στένωσης στο κτίριο που προσομοιώνεται. Για εκείνα τα μοντέλα που είναι εξειδικευμένα μοντέλα βελτιστοποίησης (μοντέλα που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση του χρόνου εκκένωσης χρησιμοποιείται ο τίτλος (M-O)
- μοντέλα μερικής συμπεριφοράς (PB): τα συγκεκριμένα μοντέλα πρωταρχικά υπολογίζουν την κίνηση των χρηστών, αλλά επίσης προσομοιώνουν βασικά χαρακτηριστικά συμπεριφοράς. Πιθανές συμπεριφορές θα μπορούσαν εμμέσως να προσομοιωθούν με προ-κινήσεις των χρηστών σε συγκεκριμένες χρονικές κατανομές, με μοναδικά χαρακτηριστικά των χρηστών και με την εισαγωγή του καπνού ή των επιδράσεων του καπνού στους χρήστες. Αυτά είναι μοντέλα που είναι ικανά να προσομοιώσουν ολόκληρο το κτίριο και τις κινήσεις των χρηστών μέσα στο μοντέλο βασίζονται σε δεδομένα από την παρατήρηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς

### 5.2.3. Σκοπός

Τα μοντέλα εκκένωσης κατηγοριοποιούνται ως προς το σκοπό, δηλαδή αν θα χρησιμοποιηθούν για ένα συγκεκριμένο τύπο κτιρίου ή σε όλους τους τύπους των κτιρίων. Ο βασικός λόγος για τη χρήση του σκοπού ως κατηγορία είναι η κατανόηση για το αν το μοντέλο μπορεί να προσομοιώσει το επιλεγμένο κτίριο.

Οι υπάρχουσες κατηγορίες ως προς το σκοπό, περιλαμβάνουν: μοντέλα που μπορούν να προσομοιώσουν κάθε τύπο κτιρίου (1), μοντέλα που εξειδικεύονται σε εξοχικές κατοικίες (2), μοντέλα που προορίζονται για σταθμούς δημοσίων συγκοινωνιών (3), μοντέλα που έχουν τη δυνατότητα να προσομοιώνουν χαμηλά κτίρια (4) και μοντέλα που προσομοιώνουν μόνο μία διαδρομή/έξοδο του κτιρίου.

### 5.2.4. Κάνναβος/Δομή

Ο κάνναβος/δομή του μοντέλου προσομοίωσης χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της μεθόδου μετακίνησης του χρήστη διαμέσου του κτιρίου (Kuligowski, Peacock 2005). Ένα μοντέλο με πυκνό δίκτυο (F) διαιρεί το επίπεδο ενός ορόφου σε ένα αριθμό μικρών κελιών στα οποία οι χρήστες μετακινούνται. Ένα μοντέλο με αραιό δίκτυο διαιρεί το επίπεδο ενός ορόφου σε δωμάτια, διαδρόμους, κλιμακοστάσια κλπ όπου οι χρήστες μετακινούνται από τον ένα χώρο στον άλλο. Ένα μοντέλο με συνεχές (Co.) δίκτυο εφαρμόζει ένα δισδιάστατο συνεχή χώρο στο επίπεδο του ορόφου της κατασκευής, επιτρέποντας στους χρήστες τη

μετακίνηση από ένα σημείο του χώρου σε ένα άλλο μες στο κτίριο. Πυκνά και συνεχή δίκτυα έχουν τη δυνατότητα να προσομοιώνουν την ύπαρξη εμποδίων και φραγμών στους χώρους του κτιρίου που επηρεάζουν την ατομική επιλογή της διαδρομής, ενώ τα αραιά δίκτυα «μετακινούν» τους χρήστες από ένα σημείο του κτιρίου σε ένα άλλο.

### 5.2.5. Αντίληψη του Μοντέλου/Χρήστη

Κατηγοριοποιώντας ένα μοντέλο προσομοίωσης ως προς την αντίληψη ουσιαστικά γίνεται αναφορά στο πως (1) το μοντέλο «βλέπει» (αντιλαμβάνεται) τους χρήστες, και στο πως (2) οι χρήστες «βλέπουν» (αντιλαμβάνονται) το κτίριο (Kuligowski, Peacock 2005):

- Υπάρχουν δύο τρόποι με βάση τους οποίους το μοντέλο μπορεί να αντιληφθεί το χρήστη: καθολικά (G) και μεμονωμένα (I). Μία μεμονωμένη αντίληψη του μοντέλου προς το χρήστη υπάρχει όταν το μοντέλο παρακολουθεί την κίνηση των ατόμων καθόλη την προσομοίωση και μπορεί να παρέχει πληροφορίες για το κάθε μεμονωμένο άτομο (π.χ. τη θέση τους στα σημεία κατά το χρόνο εξέλιξης της εκκένωσης). Όταν το μοντέλο λειτουργεί με καθολική αντίληψη των χρηστών του μοντέλου, τότε το μοντέλο αντιλαμβάνεται τους χρήστες ως μία ομογενή ομάδα ατόμων που κινούνται προς τις εξόδους. Είναι σαφές ότι η μεμονωμένη αντίληψη των χρηστών είναι περισσότερο λεπτομερής, αλλά εξαρτάται από το σκοπό της προσομοίωσης, αναλόγως ποια εναλλακτική είναι καλύτερη. Αν ο χρήστης δεν ενδιαφέρεται να γνωρίζει τη θέση του κάθε χρήστη ή να αναθέσει ατομικά χαρακτηριστικά στον πληθυσμό τότε η προσέγγιση της καθολικής αντίληψης είναι επαρκής.
- Ο χρήστης μπορεί να αντιλαμβάνεται το κτίριο είτε με καθολικό (G) είτε με μεμονωμένο (I) τρόπο. Μία μεμονωμένη αντίληψη του χρήστη για το χώρο είναι όταν ο χρήστης δεν είναι γνώστης όλων των διαδρόμων εξόδου του κτιρίου και αποφασίζει την διαδρομή του από τις πληροφορίες που παρέχονται στο επίπεδο του ορόφου, από την προσωπική του εμπειρία και σε κάποια μοντέλα από τις πληροφορίες από τα άτομα που βρίσκονται γύρω του. Μία καθολική προσέγγιση του χρήστη είναι όταν ο χρήστης γνωρίζει τη βέλτιστη διαδρομή εξόδου και δείχνει να έχει μία ολόπλευρη γνώση για το κτίριο.

### 5.2.6. Συμπεριφορά

Η συμπεριφορά των χρηστών στη συγκεκριμένη μελέτη των Kuligowski και Peacock (2005) προσομοιώνεται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους από τα μοντέλα εκκένωσης. Επομένως η λειτουργία της συμπεριφοράς σε ένα μοντέλο προσομοίωσης μπορεί να περιλαμβάνει τις παρακάτω διακρίσεις:

- χωρίς συμπεριφορά (N) που σημαίνει ότι γίνεται η προσομοίωση μόνο της κίνησης κατά την εκκένωση
- έμμεση συμπεριφορά (I) που αντιπροσωπεύει εκείνα τα μοντέλα που προσπαθούν να μοντελοποιήσουν τη συμπεριφορά έμμεσα με την απόδοση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών καθυστέρησης ή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των χρηστών που επηρεάζουν την κίνηση κατά τη διάρκεια της εκκένωσης
- υποθετική συμπεριφορά (C) που αντιπροσωπεύει μοντέλα που αποδίδουν συγκεκριμένες δράσεις σε άτομα ή σε ομάδα ατόμων που επηρεάζονται από τις δομικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες της εκκένωσης

- τεχνητή νοημοσύνη (AI) που αντιπροσωπεύει τα μοντέλα που προσπαθούν να προσομοιώσουν την ανθρώπινη νοημοσύνη κατά τη διάρκεια της εκκένωσης
- στοχαστική ή πιθανοτική συμπεριφορά (P) που υποθέτει ότι πολλές από τις αποφάσεις και παραδοχές της συμπεριφοράς του κοινού είναι στοχαστικές λαμβανομένων υπόψη των διακυμάνσεων στα αποτελέσματα κατά την επανάληψη ορισμένων προσομοιώσεων

Κάποια μοντέλα έχουν τη δυνατότητα της απόδοσης συγκεκριμένων πιθανοτήτων για την εμφάνιση συγκεκριμένων συμπεριφορών σε συγκεκριμένες ομάδες ατόμων. Πολλά από τα μοντέλα μερικής προσομοίωσης της συμπεριφοράς επιτρέπουν την πιθανοτική κατανομή (P) του χρόνου πριν την έναρξη της εκκένωσης, των χρόνων των μετακινήσεων και την ευαισθησία στον καπνό.

### 5.2.7. Μετακίνηση

Η μετακίνηση αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο τα μοντέλα μετακινούν τους χρήστες διαμέσου του κτιρίου. Στα περισσότερα μοντέλα στους χρήστες αποδίδεται μία συγκεκριμένη απρόσκοπτη ταχύτητα (χαμηλής πυκνότητας) από το χρήστη ή από το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί το μοντέλο. Οι διαφορές στα μοντέλα συμβαίνουν όταν οι χρήστες κινούνται σε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ τους σε καταστάσεις υψηλής πυκνότητας με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ουρών και συμφόρησης μέσα στο κτίριο. Οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους τα μοντέλα αναπαριστούν την κίνηση των χρηστών και την περιορισμένη ροή μέσα στο κτίριο παρατίθενται στη συνέχεια (Kuligowski, Peacock 2005):

- συσχετισμός πυκνότητας (D): το μοντέλο αποδίδει μια συγκεκριμένη ταχύτητα και ροή σε μεμονωμένα άτομα ή ομάδες ατόμων με βάση την πυκνότητα του χώρου
- επιλογή του χρήστη (UC): ο χρήστης καθορίζει την ταχύτητα, τη ροή και την πυκνότητα σε συγκεκριμένους χώρους του κτιρίου
- απόσταση των ατόμων (ID): κάθε μεμονωμένο άτομο περιβάλλεται από μία ιδεατή περιοχή 360 μοίρες γύρω του που του επιτρέπει να μία συγκεκριμένη ελάχιστη απόσταση από άλλους χρήστες, εμπόδια και στοιχεία του κτιρίου
- δυναμικά (P): σε κάθε κελί του καννάβου του χώρου δίνεται μία συγκεκριμένη αριθμητική τιμή, ή δυναμική, από ένα συγκεκριμένο σημείο του κτιρίου που θα μετακινεί τους χρήστες στο χώρο προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση. Οι χρήστες ακολουθούν ένα δυναμικό χάρτη. Ο δυναμικός χάρτης της διαδρομής μπορεί να τροποποιηθεί με τέτοιες μεταβλητές όπως η υπομονή του χρήστη, η ελκυστικότητα της εξόδου, η εξοικείωση του χρήστη με το κτίριο
- κενό του επόμενου κελίου του καννάβου (E): σε κάποια μοντέλα ο χρήστης δε θα μετακινηθεί σε ένα κελί του καννάβου που ήδη καταλαμβάνεται από έναν άλλο χρήστη. Ως εκ τούτου ο χρήστης θα περιμένει μέχρι να είναι κενό το επόμενο κελί, ενώ αν περισσότεροι από ένας χρήστες περιμένουν τότε το μοντέλο θα επιλύσει τις ενδεχόμενες συγκρούσεις που μπορεί να ανακύψουν όταν αποφασίζεται ποιος χρήστης θα προχωρήσει πρώτος
- υποθετικά (C): με τα υποθετικά μοντέλα, η κίνηση μέσα στο κτίριο εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, τη δομή, τα άλλα άτομα που προβαίνουν σε εκκένωση και/ή την κατάσταση πυρκαγιάς. Για το συγκεκριμένο προσδιορισμό μόνο δε δίνεται μεγάλη έμφαση στη συμφόρηση μέσα στο χώρο

- λειτουργική αναλογία (FA): οι χρήστες ακολουθούν τις εξισώσεις κίνησης του μοντέλου που συγκεκριμενοποιούνται από την τοπική περιοχή. Σε κάποιες περιπτώσεις οι συνθήκες εξαρτώνται από την πυκνότητα του χώρου
- άλλο μοντέλο σύνδεσμος (OML): η κίνηση των χρηστών υπολογίζεται από άλλο μοντέλο που συνδέεται με το μοντέλο εκκένωσης
- απόκτηση γνώσης (Ac K): η κίνηση βασίζεται αποκλειστικά στο μέγεθος της γνώσης που αποκτάται κατά τη διαδικασία της εκκένωσης. Για αυτά τα μοντέλα δεν υπάρχει πραγματικός αλγόριθμος κίνησης επειδή ο χρόνος εκκένωσης δεν υπολογίζεται: μόνο περιοχές συμφόρησης, περιοχές στένωσης κλπ
- ανεμπόδιστη ροή (Un F): γι' αυτά τα μοντέλα μόνο η ανεμπόδιστη κίνηση των χρηστών υπολογίζεται. Από τον υπολογισμένο χρόνο εκκένωσης, καθυστερήσεις και χρόνοι βελτίωσης προστίθενται ή αφαιρούνται για να παραχθεί το τελικό αποτέλεσμα του χρόνου εκκένωσης
- αυτόματα κελιά (CA): σε αυτά τα μοντέλα οι χρήστες από κελί σε κελί του καννάβου από την προσομοίωση της ρίψης μίας σταθμισμένης μήτρας

### 5.2.8. Δεδομένα Πυρκαγιάς

Τα μοντέλα κατηγοριοποιούνται ως προς το αν είναι εφικτή η ενσωμάτωση των επιδράσεων της πυρκαγιάς στην προσομοίωση της εκκένωσης. Ωστόσο, τα μοντέλα ενσωματώνουν τα δεδομένα της πυρκαγιάς με μία ευρεία ποικιλία τρόπων και είναι σημαντικό για το χρήστη να κατανοήσει την πολυπλοκότητα του συνδυασμού. Τα μοντέλα μπορούν να ενσωματώσουν δεδομένα πυρκαγιάς με τους ακόλουθους τρόπους (Kuligowski, Peacock 2005): την εισαγωγή δεδομένων πυρκαγιάς από ένα άλλο μοντέλο (Y1), την εισαγωγή από το χρήστη δεδομένων πυρκαγιάς σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της εκκένωσης (Y2), το μοντέλο μπορεί να περιλαμβάνει το δικό του μοντέλο πυρκαγιάς (Y3). Αν το μοντέλο δε μπορεί να ενσωματώσει δεδομένα πυρκαγιάς, απλά εκτελεί όλες τις προσομοιώσεις σε κατάσταση άσκησης πυρκαγιάς ή χωρίς πυρκαγιά (N). Η κατάσταση άσκησης πυρκαγιάς είναι η ισοδύναμη κατάσταση με πυρκαγιά που λαμβάνει χώρα σε ένα κτίριο, χωρίς την ύπαρξη πυρκαγιάς. Ο σκοπός για αυτά τα μοντέλα εκκένωσης είναι για την ενσωμάτωση τέτοιων στοιχείων για την αξιολόγηση των χρηστών που μετακινούνται μέσω αντίξωων συνθηκών.

### 5.2.9. Σχέδια Μορφής CAD

Αν το μοντέλο επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει σχέδια σε μορφή CAD από σχετικό πρόγραμμα. Σε πολλές περιπτώσεις η ύπαρξη της συγκεκριμένης δυνατότητας είναι πιο ακριβής και εξοικονομεί χρόνο. Αν ο χρήστης μπορεί να βασίζεται σε ακριβή σχέδια CAD, αντί να σχεδιάζει το σχέδιο στο πρόγραμμα, τότε περιορίζονται οι πιθανότητες για σφάλμα. Αν το μοντέλο επιτρέπει στο χρήστη την εισαγωγή σχεδίων μορφής CAD τότε χρησιμοποιείται ο συμβολισμός (Y). Αντίθετα, ο συμβολισμός (N) χρησιμοποιείται αν το μοντέλο δεν έχει αυτή τη δυνατότητα. Σε κάποιες περιπτώσεις που το μοντέλο βρίσκεται σε διαδικασία αναβάθμισης ώστε να υποστηρίζει αυτή τη δυνατότητα αποδίδεται ο συμβολισμός (F).

### 5.2.10. Οπτικοποίηση

Το μοντέλο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να οπτικοποιήσει το αποτέλεσμα της εκκένωσης από την κατασκευή. Οι οπτικοποιήσεις των ροών της εκκένωσης δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να δει τις περιοχές και τα σημεία που εντοπίζονται οι στενώσεις και οι συμφορήσεις στο χώρο. Ορισμένα μοντέλα επιτρέπουν τουλάχιστον δισδιάστατη οπτικοποίηση, ενώ πρόσφατα έχουν κυκλοφορήσει εκδόσεις που

συνεργάζονται με άλλα ψηφιακά προγράμματα που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα τρισδιάστατα. Άλλα μοντέλα δεν έχουν τη δυνατότητα οπτικοποίησης και σημαίνονται με την ετικέτα (N).

### 5.2.11. Επαλήθευση Αξιοπιστίας

Τα μοντέλα επίσης κατηγοριοποιούνται με βάση τη μέθοδο επαλήθευσης της αξιοπιστίας τους. Οι τρόποι επαλήθευσης της αξιοπιστίας των μοντέλων παρατίθενται στη συνέχεια (Kuligowski, Peacock 2005): επαλήθευση έναντι των απαιτήσεων για τους κώδικες (C), επαλήθευση έναντι ασκήσεων πυρκαγιάς ή άλλων δοκιμών μετακινήσεων ατόμων (FD), επαλήθευση έναντι βιβλιογραφίας από προηγούμενες δοκιμές εκκένωσης (PE), επαλήθευση έναντι άλλων μοντέλων (OM), ανεξάρτητη επαλήθευση τρίτων (3P). Για κάποια μοντέλα δεν παρέχονται πληροφορίες και ενδείξεις επαλήθευσης (N). Κάποια από τα μοντέλα που ενσωματώνουν στοιχεία συμπεριφοράς εκτελούν ποιοτικές αναλύσεις συμπεριφοράς των ατόμων του πληθυσμού. Αν και προβληματικά, υπό την έννοια ότι οι συμπεριφορές των χρηστών είναι δύσκολο να σκιαγραφηθούν σε ασκήσεις πυρκαγιάς, τα στοιχεία από ασκήσεις πυρκαγιών και προηγούμενες έρευνες συνήθιζεται να χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τα μοντέλα.

Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά των μοντέλων προσομοίωσης της εκκένωσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1.

Model	Available to public	Modeling Method	Purpose	Grid/ Structure	Perspective of M/O	Behavior	Movement	Fire data	CAD	Visual	Valid
FPETool	Y	M	1	N/A	G	N	UC	N	N	N	N
EVACNET4	Y	M-O	1	C	G	N	UC	N	N	N	FD
TIMTEX	Y	M	4	C	G/I	N	D	N	N	N	PE
WAYOUT	Y	M	5	C	G	N	D	N	N	2-D	FD
STEPS	Y	M/PB	1	F	I	NI	P, E	N	Y	3-D	C
PedGo	Y	M/PB	1	F	I	I	P, E (CA)	N	Y	2-D	FD
PED/PAX	Y/N3	PB	3	C	G	I	D	N	Y	2,3-D	N
Simulx	Y	PB	1	Co.	I	I	ID	N	Y	2-D	FD, PE
GridFlow	Y	PB	1	Co.	I	I	D	N	Y	2,3-D	FD, PE
ASERI	Y	B-RA	1	Co.	I	R/C, P	ID	Y1,2	N, F	2,3-D	FD
BldEXO	Y	B	1	F	I	R/C, P	P, E	Y1,2	Y	2,3-D	FD
EXITT	Y	B	2	C	I	R/C	C	Y1,2	N	2-D	N
Legion	Y	B	1	Co.	I	AI	D, C	Y2	Y	2,3-D	FD, OM
PathFinder	N1	M	1	F	I/G	N	D	N	Y	2-D	N
EESCAPE	N1	M	5	C	G	N	D	N	N	N	FD
Myriad	N1	M	1	N/A	I	N	D	N	Y	2-D	3P
ALLSAFE	N1	PB	5	C	G	I	Un F	Y1,2	N	2-D	OM
CRISP	N1	B-RA	1	F	I	R/C, P	E, D	Y3	Y	2,3-D	FD
EGRESS 2002	N1	B	1	F	I	R/C, P	P, D (CA)	Y2	N	2-D	FD
SGEM	N2	M/PB	1	F	I	NI	E, D (CA)	N	Y	2-D	FD, OM
Egress Complexity	N2	M/PB	5	C	G/I	N	Ac K, FA	N	N	N	OM
EXIT89	N2	PB	1	C	I	I/C(smkl)	D	Y1	N	N	FD
BGRAf	N2	B	1	F	I	R/C, P	UC?	Y1,2	N, F	2-D?	FD
EvacSim	N2	B	1	F	I	R/C, P	D	Y2	N	N	N
Takahashi's Fluid	N3	M-O	1	C	G	N	FA-D	N	N	2-D	FD
EgressPro	N3	M	5	C	G	N	D	Y2	N	N	N
BFIRES- 2	N3/U	B-RA	4	F	I	R/C, P	UC	Y2	N	N	N
VEgAS	N3/U	B	1	F	I	AI	ID	Y1?	Y	3-D	N
Magnetic Model	U	M	1	F	I	I	FA	N	N	2-D	N
E-SCAPE	U	B	1	C	I	R/C, P	OML	Y2	N	2-D	N

Πίνακας 5.1: Συνολικά Χαρακτηριστικά των μοντέλων προσομοίωσης της εκκένωσης  
[Πηγή: Kuligowski, Peacock, 2005]

Από τον πίνακα προκύπτει ότι υπάρχουν 13 μοντέλα τα οποία είναι διαθέσιμα στο κοινό και 6 τα οποία χρησιμοποιούνται μόνο σε συμβουλευτική βάση. Από τα μοντέλα που είναι διαθέσιμα στο κοινό, υπάρχουν 6 μοντέλα κίνησης, 3 μερική συμπεριφοράς, και 4 μοντέλα συμπεριφοράς ενώ κάποια από αυτά όπως το STEPS και το PedGo μπορούν να έχουν δύο χαρακτηρισμούς ως προς την μέθοδο προσομοίωσης. Από τα μοντέλα που είναι διαθέσιμα σε συμβουλευτική βάση, υπάρχουν 3 μοντέλα κίνησης, 1 μερική συμπεριφοράς, και 2 μοντέλα συμπεριφοράς. Αν και τα περισσότερα μοντέλα προσομοίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οποιοδήποτε είδος κτιρίου υπάρχουν κάποια τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπόγειους χώρους, σε σταθμούς μετρό και σε σιδηροδρομικούς σταθμούς όπως τα εξής: PedGo, PEDROUTE and PAXPORT, ASERI, buildingEXODUS, Legion, PathFinder, EGRESS.

### 5.3. Πρόγραμμα Εκκένωσης PathFinder

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα βασίζεται στη ροή και στην κίνηση. Χρησιμοποιεί ένα δίκτυο κόμβων οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τα στοιχεία ενός χώρου τα οποία όλα μαζί αποτελούν μια ενιαία δομή από την οποία γίνεται η εκκένωση. Ο μελετητής καθορίζει την παροχή κάθε κόμβου όπως επίσης και τα σημεία προορισμού. Από κάθε κόμβο αφαιρούνται τα εμπόδια και έτσι προκύπτει η χρησιμοποιούμενη επιφάνεια, στη συνέχεια γίνονται υπολογισμοί μεταξύ κόμβων για την δημιουργία ροής ή ουράς αναμονής με σκοπό την ελαχιστοποίηση του χρόνου εκκένωσης (Pathfinder Technical Reference 2013). Στη συνέχεια παρατίθενται τα χαρακτηριστικά του προγράμματος σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίστηκαν παραπάνω (Kuligowski, Peacock 2005):

**Σκοπός:** Ο σκοπός της ανάπτυξης του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η παροχή ενός εργαλείου προσομοίωσης της διαφυγής το οποίο θα μπορούσε να συνδυαστεί με ένα εξωτερικό μοντέλο προσομοίωσης πυρκαγιάς ώστε να διαμορφωθεί ένα τμήμα της ανάλυσης κινδύνου.

**Διαθεσιμότητα προς χρήση για το κοινό:** Το μοντέλο είναι ένα λογισμικό πρόγραμμα που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε από την εταιρεία RJA Group.

**Μέθοδος προσομοίωσης:** Μοντέλο προσομοίωσης της κίνησης.

**Δομή του μοντέλου:** Το πρόγραμμα λειτουργεί με ένα δίκτυο πυκνού καννάβου. Το μοντέλο παρέχει την προσομοίωση της εκκένωσης με την οπτικοποίηση της κίνησης των χρηστών συναρτήσει του χρόνου.

**Αντίληψη του μοντέλου και του χρήστη:** Το μοντέλο αντιλαμβάνεται τους χρήστες μεμονωμένα. Το μοντέλο έχει τη δυνατότητα παρακολούθησης των κινήσεων και των θέσεων των μεμονωμένων ατόμων κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Το μοντέλο αντιλαμβάνεται τον πληθυσμό καθολικά μόνο για να αξιολογήσει την πυκνότητα συγκεκριμένων περιοχών του κτιρίου. Οι χρήστες από την άλλη μεριά έχουν καθολική αντίληψη του χώρου εξαιτίας της επιλογής της διαδρομής εξόδου. Μπορούν να επιλέξουν την συντομότερη διαδρομή προς την έξοδο ή την συντομότερη ουρά της διαδρομής.

**Συμπεριφορά του χρήστη:** Χωρίς συμπεριφορά.

**Μετακίνηση του χρήστη:** Οι χρήστες κινούνται κατά μήκος των εξόδων και συγκεκριμένα ενσωματώνονται μειώσεις στην ταχύτητα με βάση την πυκνότητα του χώρου και την χωρητικότητα των θυρών και των κλιμακοστασίων. Οι πρωταρχικές περιοχές της ανάλυσης επικεντρώνονται στους ανοιχτούς χώρους, στα κλιμακοστάσια και διαμέσου των θυρών. Ο χρήστης του προγράμματος διαμορφώνει το αρχικό φορτίο των χρηστών του χώρου καθορίζοντας την πυκνότητα σε συγκεκριμένες περιοχές ή δίνοντας διακριτό αριθμό χρηστών.

**Αποτέλεσμα:** Παραδείγματα του αποτελέσματος είναι ο αριθμός των ατόμων που έχουν χρησιμοποιήσει μία έξοδο: ελάχιστος, μέγιστος και μέσος χρόνος για ανθρώπους να διαφύγουν από ένα συγκεκριμένο χώρο: οι χρόνοι που ένας διάδρομος, ένα δωμάτιο ή ένα κλιμακοστάσιο είναι άδεια: ο χρόνος που το επίπεδο ενός ορόφου είναι άδεια: ο συνολικός χρόνος εκκένωσης.

**Χρήση δεδομένων πυρκαγιάς:** Καμία.

**Εισαγωγή σχεδίων σε μορφή CAD:** Σχέδια σε μορφή CAD μπορούν να εισαγονται στο μοντέλο ή ο χρήστης μπορεί να διαμορφώσει την κάτοψη του επιπέδου ενός ορόφου στο πρόγραμμα PathFinder.



**Δυνατότητες οπτικοποίησης:** Παρέχεται η δυνατότητα στις δύο διαστάσεις.

**Μελέτες επαλήθευσης της αξιοπιστίας:** Δεν υπάρχουν στη βιβλιογραφία.

**Ειδικά χαρακτηριστικά:** Επιλογή της διαδρομής διαφυγής των χρηστών/Κατανομή των χρηστών – 2 επιλογές: συντομότερη απόσταση ή συντομότερη ουρά.

**Περιορισμοί:** Δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί στην δυναμικότητα του μοντέλου.

## 6. Σχεδιασμός Εκκένωσης για Υπόγειους Χώρους

### 6.1. Εισαγωγή

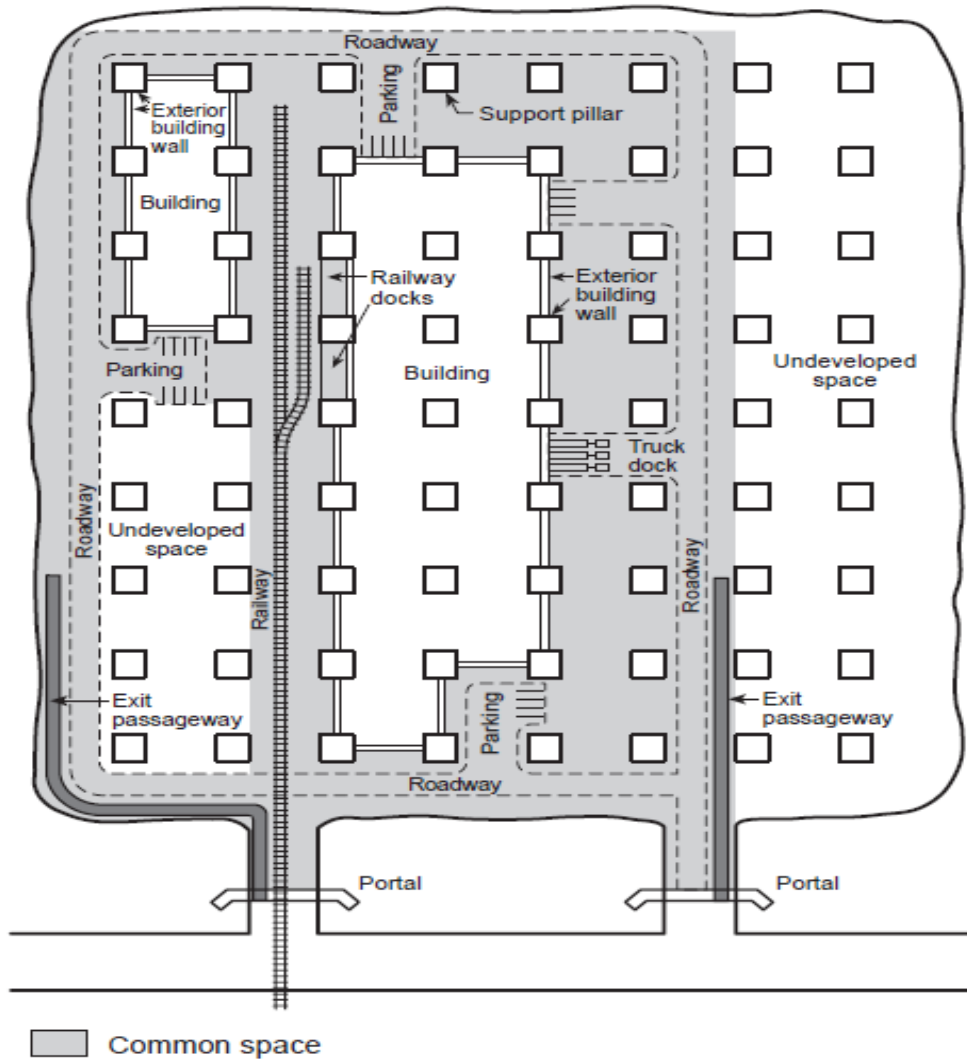
Ο υπόγειος χώρος αποτελεί μια ιδιαίτερη κατηγορία χώρων που βρίσκεται κάτω από το έδαφος εκεί όπου η αίσθηση του προσανατολισμού είναι μειωμένη ενώ δεν υπάρχει φυσικός φωτισμός και αερισμός. Οι συνθήκες εκκένωσης για τους ανθρώπους που βρίσκονται σε έναν χώρο αυτής της κατηγορίας είναι πολύ διαφορετικές σε σχέση με τις συνθήκες που μπορεί να αναμένονται σε δημόσια κτίρια, για αυτό ο σχεδιασμός εκκένωσης σε έναν υπόγειο χώρο χρήζει διαφορετικής προσέγγισης. Ένας υπόγειος χώρος χαρακτηρίζεται από ιδιαιτερότητες οι οποίες επηρεάζουν την διαδικασία της εκκένωσης. Ενδεικτικά αναφέρονται οι σημαντικότερες από αυτές (Κυρίτσης, 2010):

- η κίνηση στα κλιμακοστάσια είναι ανοδική
- ο καπνός κινείται προς τις εξόδους διαφυγής
- παρατηρείται ταχεία αύξηση της θερμότητας της καύσιμης ύλης
- τα άτομα αισθάνονται αποπροσανατολισμένα
- τα άτομα τείνουν να βγουν από εκεί που μπήκαν
- τα άτομα διακατέχονται από ένα αίσθημα κούρασης κατά την κίνησή τους σε σκάλες και ράμπες
- καθυστέρηση στην έναρξη της εκκένωσης

Όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα σχετικά με τον σχεδιασμό της εκκένωσης ισχύουν και για τους υπόγειους χώρους, αλλά λόγω του ιδιαίτερου χαρακτήρα τους πρέπει επιπλέον να ληφθούν υπόψη οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις που περιέχονται σε αντίστοιχους κανονισμούς (NFPA 520, NFPA 130) και οδηγίες (Οδηγία 2001/16/ΕΚ, Οδηγία 2004/54/ΕΚ, Οδηγία 96/48/ΕΚ). Στοιχεία για τις προδιαγραφές που εισάγουν οι παραπάνω κανονισμοί και οδηγίες αναλύονται στη συνέχεια για την σφαιρική προσέγγιση της διαδικασίας της εκκένωσης σε υπόγειους χώρους και έργα.

### 6.2. Υπόγειος Χώρος (Subterranean Space)

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνει ο Αμερικάνικος Κανονισμός NFPA 520 (1999) ο υπόγειος χώρος είναι ένα κοίλωμα αρκετά μεγάλο που έχει προκύψει από την εξαγωγή του υλικού κάτω από το έδαφος, με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η επιφάνεια της ιδιοκτησίας δεν επηρεάζεται παρά μόνο στην περιοχή των εισόδων και των ανοιγμάτων των αεραγωγών. Οι χώροι αυτοί μπορεί να είναι μεταβλητού μεγέθους και χρησιμοποιούνται πολλές φορές για εμπορική χρήση αφού έχουν τροποποιηθεί κατάλληλα. Για τη διαμόρφωση ενός τέτοιου χώρου χρησιμοποιούνται κατάλληλοι πυλώνες στήριξης οι οποίοι περικλείονται περιμετρικά από τοίχωμα. Στους χώρους αυτούς επιτρέπεται η εγκατάσταση επιχειρήσεων, βιομηχανιών, κατοικιών καθώς και άλλων μορφών δραστηριοτήτων όπως επίσης και η αποθήκευση υλικών υψηλής επικινδυνότητας. Η περιοχή ενός τέτοιου αναπτυσσόμενου υπόγειου χώρου η οποία περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται σε αυτοκινητόδρομους, αποβάθρες φόρτωσης, σιδηροδρόμους και εισόδους ονομάζεται κοινός χώρος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.1.



Σχήμα 6.1: Κάτοψη αναπτυγμένου υπόγειου χώρου  
[Πηγή: NFPA 520, 1999]

Ο ιδιοκτήτης ή ο εκπρόσωπος του ιδιοκτήτη ενός τέτοιου χώρου πρέπει να φροντίζει για την καθιέρωση, την εφαρμογή και την διατήρηση ενός σχεδίου αντιμετώπισης μίας επείγουσας κατάστασης το οποίο θα είναι ελεγμένο και αποδεκτό από την αρμόδια αρχή. Σε έναν τέτοιο χώρο πρέπει να έχουν οριστεί τα κατάλληλα μέσα εξόδου, τα οποία στην περίπτωση του κοινού χώρου πρέπει να συμμορφώνονται με τις ακόλουθες απαιτήσεις (NFPA 520, 1999):

- οι εξοδοί πρέπει να διατάσσονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να υπάρχουν τουλάχιστον δύο ξεχωριστά μέσα εξόδου προς το εξωτερικό του υπόγειου χώρου
- οι απαραίτητοι εξοδοί από τον υπόγειο χώρο θα πρέπει να διαχωρίζονται από μία απόσταση τουλάχιστον 300ft (91m)
- όταν οι χρήστες είναι περισσότεροι από 5000, τότε είναι απαραίτητη μία τρίτη έξοδος η οποία θα οδηγήει στο εξωτερικό του υπόγειου χώρου

Ο Αμερικάνικος Κανονισμός (NFPA 520) αποτελεί τον πιο σύγχρονο, και πλήρη κανονισμό προσανατολισμένο σε υπόγειους χώρους και περιέχει τις προδιαγραφές που θα πρέπει να καλύπτει ένας τέτοιος χώρος προκειμένου να είναι ασφαλής και λειτουργικός για τους χρήστες. Στοιχεία για τις προδιαγραφές που εισάγει ο παραπάνω κανονισμός παρουσιάζονται παρακάτω. Οι προδιαγραφές αυτές

σχετίζονται με τον τρόπο υπολογισμού του φορτίου των χρηστών, με τις συνθήκες φωτισμού, με την σήμανση των μέσων εξόδου και με διάφορα άλλα στοιχεία που περιγράφονται στη συνέχεια.

Ο αριθμός των χρηστών που θα χρησιμοποιηθεί για τους υπολογισμούς του πλάτους της εξόδου από τον κοινό χώρο θα πρέπει να βασίζεται, είτε στο 150% του μέγιστου φορτίου των χρηστών ενός κτιρίου είτε στα 186 m<sup>2</sup> καθαρής επιφάνειας ανά άτομο, αναλόγως ποιο από τα δύο μεγέθη είναι το μεγαλύτερο. Το πλάτος εξόδου εντός του κοινού χώρου για επίπεδη μετακίνηση υπολογίζεται με βάση τα 0.5cm ανά άτομο ενώ για κίνηση σε σκάλες με βάση τα 0.3cm ανά άτομο, αναλόγως με το φορτίο των χρηστών που έχει καθοριστεί. Κάθε πόρτα σε ένα απαιτούμενο μέσο εξόδου εντός του κοινού χώρου πρέπει να ανοίγει από το εσωτερικό χωρίς τη χρήση κλειδιού, ειδικών γνώσεων ή κάποιας επιπλέον προσπάθειας.

Τα μέσα εξόδου εντός του κοινού χώρου θα πρέπει να έχουν μία ελάχιστη ένταση φωτισμού ο οποίος εντοπίζεται στη θέση κάθε υδροληψίας στο επίπεδο του δαπέδου. Επιπρόσθετα σημεία φωτισμού θα πρέπει να παρέχονται στην περίπτωση που δεν είναι εφικτή η οπτική επαφή μεταξύ των πυροσβεστικών κρουστών. Τα μέσα εξόδου εντός του κοινού χώρου θα πρέπει να έχουν φωτισμό έκτακτης ανάγκης, ο οποίος τροφοδοτείται από μια εφεδρική πηγή ενέργειας ελάχιστης διάρκειας μιάμιση ώρας.

Όλα τα μέσα εξόδου εντός του υπόγειου χώρου, τόσο για την γενική κατεύθυνση της κυκλοφορίας όσο και για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης θα προσδιορίζονται με κατάλληλη αντανάκλαστική σήμανση. Τα γράμματα θα έχουν ύψος τουλάχιστον 4in (10cm) και πλάτος 0.5in (1.3cm). Κάθε άλλος πυλώνας παρακείμενος σε δρόμους και σιδηροδρόμους πρέπει να προσδιορίζεται με το όνομα, το γράμμα ή έναν αριθμό με ένα μεγάλο βέλος κατεύθυνσης που συνδέεται με την λέξη EXIT γραμμένη με γράμματα όχι λιγότερο από 6in (15.2cm) ύψος και πλάτος 0.75in (1.9cm). Η σήμανση αυτή δείχνει στην πλησιέστερη έξοδο από τον υπόγειο χώρο. Η αναγνώριση της οδού και η διαδρομή εξόδου εντός του υπόγειου χώρου πρέπει να αποτυπώνονται σε χάρτες οι οποίοι είναι διαθέσιμοι σε όλα τα άτομα που χρησιμοποιούν την εγκατάσταση, να αναρτώνται σε όλα τα κτίρια και να τίθενται στη διάθεση της αστυνομίας, της πυροσβεστικής καθώς και σε όλες τις αρμόδιες υπηρεσίες. Τέτοιοι χάρτες πρέπει να επικαιροποιούνται σε ετήσια βάση ώστε να αντανάκλουν τις σημαντικές αλλαγές.

Οι χρήστες του υπόγειου χώρου μπορούν να καταφύγουν για ασφάλεια σε μία συγκεκριμένη περιοχή του χώρου όταν η εκκένωση από τον υπόγειο χώρο δεν είναι εφικτή. Μία ή περισσότερες περιοχές που χρησιμεύουν ως καταφύγιο ή οι δίοδοι εξόδου θα πρέπει να παρέχονται όταν η απόσταση που πρέπει να διανύσουν οι χρήστες από την έξοδο ενός κτιρίου προς το εξωτερικό του υπόγειου χώρου υπερβαίνει τα 2000ft (610m). Οι συγκεκριμένες περιοχές θα πρέπει να μπορούν να χρησιμοποιούνται και για άλλους σκοπούς σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης, υπό την προϋπόθεση ότι θα είναι πάντα διαθέσιμες σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Οι περιοχές οι οποίες λειτουργούν σαν καταφύγια πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις (NFPA 520, 1999):

- κάθε περιοχή πρέπει να παρέχει μία επιφάνεια 10ft<sup>2</sup> (0.9m<sup>2</sup>) για κάθε άτομο που πρόκειται να εξυπηρετήσει
- πρέπει να διαθέτει κατάλληλο σύστημα εξαερισμού με γεώτρηση που θα προμηθεύει την περιοχή με φρέσκο αέρα από την επιφάνεια κατά την διάρκεια εκδήλωσης μίας πυρκαγιάς. Η ποσότητα του αέρα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 20 ft<sup>3</sup>/min (9.44 l/s) ανά άτομο ή η ελάχιστη ποσότητα που απαιτείται για να αποφευχθεί η διεύθυνση καπνού, ανάλογα ποιο από τα δύο μεγέθη είναι μεγαλύτερο
- η πίεση σε σχέση με τον παρακείμενο χώρο θα πρέπει να είναι 12.5 Pa
- η είσοδος και η έξοδος από αυτές τις περιοχές θα γίνεται μέσω ενός προθάλαμου ο οποίος θα είναι εξοπλισμένος με θύρες που κλείνουν αυτόματα

- πρέπει να διαθέτουν τρόφιμα, πόσιμο νερό, φωτισμό έκτακτης ανάγκης, εγκαταστάσεις υγιεινής, κουβέρτες και συσκευασίες πρώτων βοηθειών. Η επικοινωνία με το κέντρο αντιμετώπισης του περιστατικού πρέπει να γίνεται χωρίς περιορισμούς
- οι περιοχές αυτές πρέπει να διαχωρίζονται από το υπόλοιπο του υπόγειου χώρου με τοιχώματα ανθεκτικά σε πυρκαγιά για τουλάχιστον δύο ώρες

Η επιφανειακή γεώτρηση μπορεί να λειτουργήσει σαν ένα σύστημα εξαερισμού υπό την προϋπόθεση ότι η ροή του αέρα μπορεί να αναστραφεί κατά τη διάρκεια μίας επείγουσας κατάστασης με κατάλληλα χειριστήρια που βρίσκονται στην περιοχή που χαρακτηρίζεται ως καταφύγιο.

Μία δίοδος εξόδου ή μία περικλειστή έξοδος πρέπει να διαχωρίζεται από το υπόλοιπο του χώρου με τοιχώματα ανθεκτικά σε πυρκαγιά για τουλάχιστον μία ώρα και να εφοδιάζεται με εξωτερικό αέρα επαρκή για να παρέχει θετική πίεση 12.5 Pa σε σχέση με τον παρακείμενο υπόγειο χώρο. Δεν επιτρέπονται άλλα ανοίγματα εκτός από τις απαιτούμενες εξόδους των κανονικά κατειλημμένων χώρων των κτιρίων και των κοινών χώρων. Δεν επιτρέπονται άλλες διεισδύσεις εκτός από αγωγούς, σωληνώσεις άρδευσης, και τους ηλεκτρικούς αγωγούς που εξυπηρετούν την δίοδο εξόδου. Το πλάτος της διόδου εξόδου πρέπει να είναι επαρκές για να φιλοξενήσει τη συνολική απαιτούμενη χωρητικότητα όλων των εξόδων εκκένωσης μέσα από αυτό, αλλά σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 44 ίντσες (112cm).

### **6.3. Υπόγειοι Χώροι για τη Μεταφορά Επιβατών Μέσω Ηλεκτροκίνητων Σιδηροδρομικών Συστημάτων Σταθερής Τροχιάς Σύμφωνα με τις Προδιαγραφές του NFPA 130**

#### **6.3.1. Υπόγειοι Σταθμοί**

##### **6.3.1.1. Γενικά**

Ο πρωταρχικός σκοπός ενός σταθμού είναι για την εξυπηρέτηση των διερχόμενων επιβατών οι οποίοι διαμένουν εντός του χώρου για ένα χρονικό διάστημα που δεν υπερβαίνει τον απαραίτητο χρόνο αναμονής για την άφιξη και στη συνέχεια επιβίβαση εντός του μέσου μεταφοράς ή αποβίβαση κατά την άφιξη ενός συρμού και μετακίνηση προς την έξοδο του σταθμού. Ο σταθμός χρησιμοποιείται επίσης και από τους υπαλλήλους των οποίων τα καθήκοντα απαιτούν την παρουσία τους στον συγκεκριμένο χώρο.

Η ασφάλεια τόσο των επιβατών όσο και των εργαζομένων αποτελεί κυρίαρχο μέλημα των υπευθύνων κατά τον σχεδιασμό του σταθμού. Για την αντιμετώπιση μιας πυρκαγιάς το στάδιο σχεδιασμού του σταθμού περιλαμβάνει τις παρακάτω ενέργειες (NFPA 130, 2000):

- εκδοτήρια και γραφεία πληροφοριών πρέπει να είναι κατασκευασμένα από εγκεκριμένα μη εύφλεκτα υλικά
- οι πόρτες και τα άλλα ανοίγματα θα πρέπει να είναι ανθεκτικές σε πυρκαγιά για τουλάχιστον μιάμιση ώρα εκτός και αν πρόκειται για πόρτα σε χώρο που υπάρχει υποσταθμός ηλεκτρικής ενέργειας οπότε στην περίπτωση αυτή η αντοχή σε πυρκαγιά θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τρεις ώρες
- μία πυράντοχη πόρτα που συνήθως είναι ανοικτή, σε περίπτωση ανίχνευσης πυρκαγιάς θα πρέπει να διαθέτει αυτόματο σύστημα κλεισίματος
- όλοι οι δημόσιοι χώροι που χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση των επιβατών πρέπει να έχουν αντοχή σε πυρκαγιά τουλάχιστον για τρεις ώρες
- πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένο κατάλληλο σύστημα εξαερισμού έκτακτης ανάγκης

- οι βοηθητικοί χώροι ανάλογα με τη χρήση τους έχουν διαφορετική αντοχή σε πυρκαγιά:
  - ✓ αίθουσες ελέγχου και αποθηκευτικοί χώροι πρέπει να έχουν αντοχή σε πυρκαγιά τουλάχιστον για δύο ώρες
  - ✓ υποσταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να έχουν αντοχή σε πυρκαγιά τουλάχιστον για τρεις ώρες
  - ✓ όλοι οι κοινόχρηστοι χώροι πρέπει να έχουν αντοχή σε πυρκαγιά τουλάχιστον για δύο ώρες σε σχέση με τους μη κοινόχρηστους

Όλοι οι σταθμοί πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με ένα σύστημα φωτισμού έκτακτης ανάγκης. Στις σκάλες και στις κυλιόμενες ο φωτισμός αυτός πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να τονίζεται το πάνω και το κάτω σκαλί κατά την επιβίβαση και αποβίβαση από την σκάλα.

### 6.3.1.2. Μέσα Εξόδου

Για ένα σταθμό, ο σχεδιασμός των μέσων εξόδου θα πρέπει να βασίζεται σε μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης που απαιτεί την εκκένωση ενός ή περισσοτέρων συρμών και του χώρου του σταθμού οδηγώντας τους χρήστες σε έναν άλλο χώρο εντός του σταθμού που παρέχει επαρκή προστασία ή σε μία έξοδο κινδύνου που οδηγεί σε ένα δημόσιο χώρο εκτός του σταθμού.

Οι διαστάσεις του σταθμού προσδιορίζονται συναρτήσει του μήκους των τρένων που θα χρησιμοποιηθούν για τον συγκεκριμένο σταθμό. Επομένως οι αποβάθρες απομακρυσμένων σταθμών μικρής πυκνότητας είναι ίσες με εκείνες που βρίσκονται σε κεντρικούς επιχειρηματικούς σταθμούς μεγάλης πυκνότητας. Κατά συνέπεια τα φορτία πληρότητας σε σταθμούς ταχείας διέλευσης, στην περίπτωση εκκένωσης του σταθμού είναι συνάρτηση της φέρουσας ικανότητας της αμαξοστοιχίας και όχι του αριθμού των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα. Το φορτίο των χρηστών είναι αυτό πάνω στο οποίο στηρίζεται ο σχεδιασμός νέων ή η επέκταση υπάρχουσών συστημάτων διαμετακόμισης. Η βάση πάνω στην οποία καθορίζεται το φορτίο των χρηστών θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά για τον καθορισμό της εξόδου έκτακτης ανάγκης. Σε νέα συστήματα μία έρευνα της πραγματικής χρήσης θα πρέπει να γίνει εντός 2 ετών από την ολοκλήρωση του έργου για να επαληθευτούν οι προβλέψεις σχεδιασμού. Σε υπάρχοντα συστήματα ανάλογα με το φορτίο των χρηστών πρέπει να προσδιοριστεί η ανάγκη για επέκταση ή κάποιες άλλες λειτουργικές ρυθμίσεις. Η βάση για τον υπολογισμό των φορτίων των χρηστών πρέπει να είναι τα στοιχεία που προκύπτουν από την ώρα αιχμής.

Για το φορτίο των χρηστών ισχύουν τα παρακάτω (NFPA 130, 2000):

- το φορτίο των χρηστών σε ένα σταθμό μετεπιβίβασης καθορίζεται με βάση την κατάσταση έκτακτης ανάγκης που απαιτεί την εκκένωση του σταθμού και την μετακίνηση των επιβατών σε ένα ασφαλές σημείο. Το φορτίο των επιβατών θα πρέπει να βασίζεται στο υπολογιζόμενο φορτίο όλων των συρμών που φτάνουν ταυτόχρονα στο σταθμό σε κανονικές συνθήκες κίνησης κατά τη διάρκεια της αιχμής των 15 λεπτών και τους επιβάτες που περιμένουν για να επιβιβαστούν
- στην περίπτωση ανώμαλης αποβίβασης κατά τη διάρκεια μιας έκτακτης ανάγκης το φορτίο των χρηστών δεν θα είναι περισσότερο από αυτό που μπορεί να αποβιβαστεί από το τρένο σε οποιαδήποτε διαδρομή σε μια πλατφόρμα κατά την εκδήλωση ενός έκτακτου περιστατικού
- η απαιτούμενη χωρητικότητα εξόδου σε σταθμούς θα πρέπει να βασίζεται στην εκκένωση του φορτίου των επιβατών που υπολογίζεται ως εξής:

- ✓ το φορτίο των επιβατών κάθε πλατφόρμας θα είναι το μεγαλύτερο από τα φορτία της περιόδου αιχμής
  - ✓ το φορτίο της περιόδου αιχμής για κάθε πλατφόρμα θα βασίζεται στην ταυτόχρονη εκκένωση των επιβατών που περιμένουν στην πλατφόρμα και του φορτίου της αμαξοστοιχίας για την συγκεκριμένη πλατφόρμα κατά την περίοδο αιχμής
  - ✓ οι επιβάτες που περιμένουν στην πλατφόρμα ή αλλιώς το εισαγόμενο φορτίο, θα είναι το άθροισμα των εισερχόμενων επιβατών για κάθε γραμμή που εξυπηρετεί η εν λόγω πλατφόρμα. Το εισερχόμενο φορτίο για κάθε γραμμή πρέπει να βασίζεται στο εισαγόμενο φορτίο ανά διέλευση του τρένου πολλαπλασιαζόμενο με το συντελεστή διακύμανσης του συστήματος και στην περίπτωση της αιχμής για κάθε κατεύθυνση, για κάθε διαδρομή με έναν επιπλέον παράγοντα ίσο με 2
  - ✓ το φορτίο της αμαξοστοιχίας για κάθε πλατφόρμα θα είναι το άθροισμα των συρμών για κάθε γραμμή που εξυπηρετεί η εν λόγω πλατφόρμα. Το φορτίο της αμαξοστοιχίας για κάθε γραμμή πρέπει να βασίζεται στο φορτίο της αμαξοστοιχίας ανά διέλευση του τρένου πολλαπλασιαζόμενο με το συντελεστή διακύμανσης του συστήματος και στην περίπτωση της αιχμής για κάθε κατεύθυνση, για κάθε διαδρομή με έναν επιπλέον παράγοντα ίσο με 2
  - ✓ το μέγιστο φορτίο της αμαξοστοιχίας σε κάθε γραμμή πρέπει να είναι η μέγιστη χωρητικότητα της επιβατικής αμαξοστοιχίας
- ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην περίπτωση που ο σταθμός εξυπηρετεί περιοχές όπου συμβαίνουν διάφορα γεγονότα και τα οποία προσθέτουν επιπλέον επιβάτες οι οποίοι δεν περιλαμβάνονται στο κανονικό φορτίο του σταθμού. Τέτοιες περιοχές είναι συνεδριακά κέντρα, αθλητικά κέντρα και δημοτικά κέντρα. Για την επίτευξη του κατάλληλου επιπέδου ασφαλείας χρειάζεται έλεγχος της πρόσβασης στις πλατφόρμες
  - σε σταθμούς που διαθέτουν πολλαπλές πλατφόρμες, κάθε πλατφόρμα θα πρέπει να εξετάζεται χωριστά και να λαμβάνεται υπόψη η άφιξη των τρένων από όλες τις κατευθύνσεις κυκλοφορίας και οι επιβάτες που περιμένουν.  
Στην κεντρική αίθουσα ή σε πολυεπίπεδους σταθμούς, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα φορτία για όλες τις λωρίδες εξόδου που διέρχονται από εκείνη την περιοχή ταυτόχρονα.  
Αν η πυρκαγιά εντοπίζεται σε πλατφόρμα που βρίσκεται σε ανώτερο επίπεδο, μπορεί να γίνει μια υπόθεση ως προς το ποσοστό των επιβατών που θα εκκενώσουν το κατώτερο επίπεδο μέσω των κανονικών εξόδων σε σχέση με εκείνους που αναμένεται να κινηθούν με τις σκάλες κινδύνου. Αυτές οι υποθέσεις θα είναι μοναδικές για κάθε σύστημα ως συνάρτηση διαφόρων παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένης της φυσικής διαμόρφωσης των σταθμών, μέσων εξόδου, τη θέση των εξόδων κινδύνου, προφορικές και έντυπες συμβουλές, το επίπεδο του προσωπικού που εργάζονται στο σταθμό
  - όταν μία περιοχή εντός του σταθμού προορίζεται για χρήση από άλλους πέραν των επιβατών και των υπαλλήλων τότε το φορτίο των χρηστών της συγκεκριμένης περιοχής υπολογίζεται σύμφωνα με αυτά που ισχύουν στην περίπτωση των κτιρίων. Το επιπλέον φορτίο δεν χρειάζεται να προστεθεί στο φορτίο των επιβατών του σταθμού αν η περιοχή διαθέτει επαρκή αριθμό ανεξάρτητων μέσων εξόδου ικανοποιητικής χωρητικότητας

### 6.3.1.3. Αριθμός και Χωρητικότητα των Εξόδων

Ο συνολικός χρόνος εξόδου είναι το άθροισμα του χρόνου μετακίνησης με τα πόδια για την πιο απομακρυσμένη έξοδο και ο χρόνος αναμονής στα διάφορα στοιχεία κυκλοφορίας (έξοδοι, πλατφόρμα). Ο χρόνος μετακίνησης με τα πόδια υπολογίζεται με βάση τα γεωμετρικά στοιχεία του σταθμού και της ταχύτητας μετακίνησης. Η διαδρομή εξόδου είναι κατανεμημένη σε διαδοχικά οριζόντια και κατακόρυφα τμήματα ταξινομημένα σε πίνακες. Η απόσταση διαδρομής για κάθε τμήμα στη συνέχεια διαιρείται με την κατάλληλη ταχύτητα μετακίνησης για να καθοριστεί ο χρόνος που απαιτείται για να διασχίσει το κάθε τμήμα.

Ο χρόνος μετακίνησης με τα πόδια είναι το άθροισμα των χρόνων των επιμέρους τμημάτων. Ο χρόνος ροής, είναι ο χρόνος για να περάσει ο τελευταίος χρήστης μέσα από το συγκεκριμένο τμήμα, για καθένα από τα διάφορα στοιχεία κυκλοφορίας (έξοδοι, πλατφόρμες, κεντρική αίθουσα, ακυρωτικά μηχανήματα).

Όπου δίνεται η δυνατότητα επιλογής διαδρομής εξόδου, εικάζεται ότι οι επιβάτες όταν φτάσουν στο σημείο επιλογής θα χωριστούν σε ομάδες περίπου ανάλογα με την δυναμικότητα εξόδου κάθε μονοπατιού. Επίσης θεωρείται ότι οι επιβάτες αφού επιλέξουν μία διαδρομή εξόδου, θα ακολουθήσουν αυτή τη διαδρομή μέχρι να φτάσουν στην έξοδο ή μέχρι να φτάσουν σε ένα άλλο σημείο όπου θα χρειαστεί να αποφασίσουν αν θα συνεχίσουν ή θα ακολουθήσουν άλλη διαδρομή.

Ο χρόνος αναμονής σε καθένα από τα διάφορα στοιχεία της κυκλοφορίας υπολογίζεται ως εξής (NFPA 130, 2000):

- για την έξοδο από την πλατφόρμα, αφαιρώντας το χρόνο μετακίνησης με τα πόδια πάνω στην πλατφόρμα από τον χρόνο ροής εξόδου της πλατφόρμας
- για καθένα από τα υπόλοιπα στοιχεία κυκλοφορίας, αφαιρώντας τον μέγιστο χρόνο ροής των προηγούμενων στοιχείων

Ισχύουν οι εξής συμβολισμοί και σχέσεις (NFPA 130, 2000):

- $T$  : συνολικός χρόνος μετακίνησης για την πιο απομακρυσμένη διαδρομή εξόδου
- $T_1$  : χρόνος μετακίνησης πάνω στην πλατφόρμα
- $T_X$  : χρόνος μετακίνησης για το  $X$  τμήμα της διαδρομής εξόδου
- $W_1$  : χρόνος ροής εξόδου της πλατφόρμας
- $W_2$  : χρόνος ροής από τα ακυρωτικά μηχανήματα
- $W_3$  : χρόνος ροής εξόδου στην κεντρική αίθουσα
- $W_N$  : χρόνος ροής για κάθε πρόσθετο στοιχείο κυκλοφορίας
- $W_p = W_1 - T_1$  : ο χρόνος αναμονής στις εξόδους της πλατφόρμας
- $W_f = W_2 - W_1$  : ο χρόνος αναμονής στα ακυρωτικά μηχανήματα
- $W_c = W_3 - \max(W_1 \text{ ή } W_2)$  : ο χρόνος αναμονής στις εξόδους της κεντρικής αίθουσας
- $W_n = W_N - \max(W_3, W_2, \text{ ή } W_1)$  : ο χρόνος αναμονής σε κάθε πρόσθετο στοιχείο κυκλοφορίας

Για τον αριθμό και την χωρητικότητα των εξόδων ισχύουν τα παρακάτω (NFPA 130, 2000):



- πρέπει να υπάρχουν επαρκείς λωρίδες εξόδου για την εκκένωση του φορτίου των χρηστών από τις αποβάθρες του σταθμού σε 4 λεπτά ή σε λιγότερο χρόνο. Η μέγιστη απόσταση μετακίνησης προς μία έξοδο από ένα οποιοδήποτε σημείο στην πλατφόρμα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 300ft (91.4m)
- ο σχεδιασμός του σταθμού πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να επιτρέπει την εκκένωση από το πιο απομακρυσμένο σημείο της πλατφόρμας σε ένα σημείο ασφάλειας σε 6 λεπτά ή σε λιγότερο χρόνο
- τροποποίηση του χρόνου εκκένωσης επιτρέπεται με βάση την τεχνική ανάλυση αξιολόγησης του ρυθμού απελευθέρωσης θερμότητας ανάλογα με το υλικό, των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του σταθμού και των συστημάτων εξαερισμού έκτακτης ανάγκης
- λωρίδες εξόδου, πόρτες και πύλες. Η χωρητικότητα σε άτομα ανά ίντσα ανά λεπτό (rim), οι ταχύτητες μετακίνησης των επιβατών σε πόδια ανά λεπτό (fpm) και η χωρητικότητα των πυλών σε άτομα ανά λεπτό (ppm) πρέπει να είναι ως εξής:
  - ✓ πλατφόρμες, διάδρομοι και ράμπες κλίσης 4% ή λιγότερο: Διάδρομοι και ράμπες εξόδου πρέπει να είναι πλάτους τουλάχιστον 5ft 8in. (1.73 m). Κατά τον υπολογισμό της διαθέσιμης χωρητικότητας σε κάθε πλευρικό τοίχωμα πρέπει να αφαιρούνται 1ft 0in (304.8mm) και από τις άκρες της πλατφόρμας 1ft 6in (457.2mm).  
Η χωρητικότητα σε άτομα ανά ίντσα ανά λεπτό (rim), ισούται με 2.27 rim. Η ταχύτητα μετακίνησης των επιβατών σε πόδια ανά λεπτό (fpm) ισούται με 200 fpm (61 m / min)
  - ✓ σκάλες, σταματημένες κυλιόμενες και ράμπες κλίσης μεγαλύτερης των 4%: Οι σκάλες εξόδου πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 44in (1.12m). Οι κυλιόμενες που δεν κινούνται μπορούν να θεωρηθούν σαν σκάλες εξόδου. Οι ράμπες εξόδου πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 6ft (1.83m).  
Οι κυλιόμενες δεν πρέπει να αποτελούν περισσότερο από το 50% των μέσων εξόδου σε κάθε επίπεδο.  
Για κατεύθυνση προς τα πάνω η χωρητικότητα σε άτομα ανά ίντσα ανά λεπτό (rim), ισούται με 1.59 rim και η ταχύτητα μετακίνησης των επιβατών σε πόδια ανά λεπτό (fpm) ισούται με 50 fpm (15.24 m / min).  
Για κατεύθυνση προς τα κάτω ανά λωρίδα εξόδου η χωρητικότητα σε άτομα ανά ίντσα ανά λεπτό (rim), ισούται με 1.82 rim και η ταχύτητα μετακίνησης των επιβατών σε πόδια ανά λεπτό (fpm) ισούται με 60 fpm (18.3m / min)
  - ✓ πόρτες και πύλες: Οι πόρτες και οι πύλες εξόδου πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 36 ίντσες (914.4mm).  
Η χωρητικότητα σε άτομα ανά ίντσα ανά λεπτό (rim), ισούται με 2.27 rim
  - ✓ πύλες συλλογής εισιτηρίου: Όταν είναι απενεργοποιημένες πρέπει να εξασφαλίζουν ανεμπόδιστο διάδρομο καθαρού πλάτους τουλάχιστον 20in (508mm). Οι κονσόλες δεν πρέπει να υπερβαίνουν το ύψος των 40in (1016mm). Μία ενδεικτική μορφή μιας τέτοιας διάταξης φαίνεται στην Εικόνα 6.1.  
Η χωρητικότητα των πυλών σε άτομα ανά λεπτό (ppm) ισούται με 50 ppm ανά πύλη.  
Μία πύλη συλλογής εισιτηρίου περιστροφικού τύπου αποτελείται από ένα διάδρομο πλάτους τουλάχιστον 18in (457.2mm) ενώ το μέγιστο ύψος της μπάρας είναι 36in (914.4mm). Όταν είναι απενεργοποιημένη θα διευκολύνει την κίνηση προς την κατεύθυνση εξόδου. Μία ενδεικτική μορφή μιας τέτοιας διάταξης φαίνεται στην Εικόνα 6.2.  
Η χωρητικότητα σε μία τέτοια πύλη ισούται με 25 ppm ανά πύλη

- πύλες εξόδου πρέπει να παρέχουν τουλάχιστον το 50% της απαιτούμενης χωρητικότητας της εξόδου κινδύνου εκτός αν ο εξοπλισμός συλλογής των εισιτηρίων προσφέρει ανεμπόδιστη έξοδο υπό οποιεσδήποτε συνθήκες
- ένα δεύτερο μέσο εξόδου, πλάτους τουλάχιστον 44in (1120mm) πρέπει να προβλέπεται από κάθε αποβάθρα του σταθμού και πρέπει να είναι μακριά από την κύρια διαδρομή εξόδου



Εικόνα 6.1: Πύλη συλλογής εισιτηρίου  
[Πηγή: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=252743>]



Εικόνα 6.2: Πύλη συλλογής εισιτηρίου περιστροφικού τύπου  
[Πηγή: <http://en.wikipedia.org/wiki/Turnstile>]

#### 6.3.1.4. Κυλιόμενες Σκάλες

Οι κυλιόμενες σκάλες οι οποίες λειτουργούν και προς τις δύο κατευθύνσεις είναι αποδεκτές ως έξοδοι κινδύνου και για τον σκοπό αυτό θα πρέπει να κατασκευάζονται από άκαυστα υλικά. Εκείνες οι οποίες κινούνται προς την κατεύθυνση εξόδου μπορούν να παραμένουν σε κατάσταση λειτουργίας στην περίπτωση μιας επείγουσας κατάστασης ενώ οι υπόλοιπες πρέπει να μπορούν να σταματήσουν εξ αποστάσεως, χειροκίνητα ή αυτόματα. Λόγω της πιθανότητας συντήρησης ή βλάβης, μία κυλιόμενη σκάλα πρέπει να θεωρείται εκτός λειτουργίας κατά τον υπολογισμό των απαιτήσεων εξόδου. Η κυλιόμενη που επιλέγεται γι' αυτό το λόγο, πρέπει να είναι εκείνη η οποία έχει τις μεγαλύτερες αρνητικές επιπτώσεις στις χωρητικότητες εξόδου.

#### 6.3.1.5. Πύλες Συλλογής Εισιτηρίου Απλού Τύπου και Περιστρεφόμενου

Για τη διευκόλυνση της εξόδου των χρηστών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης πρέπει να παρέχονται τα παρακάτω σχεδιαστικά χαρακτηριστικά (NFPA 130,2000):

- πρέπει να είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε σε περίπτωση που δεν λειτουργούν σωστά να μην απαγορεύουν την μετακίνηση των χρηστών προς την κατεύθυνση της εξόδου κινδύνου
- θα λειτουργούν ως έξοδοι κινδύνου σε περίπτωση απώλειας ρεύματος ή κατόπιν ενεργοποίησης ενός χειροκίνητου ή αυτόματου μηχανισμού

#### 6.3.1.6. Πυροπροστασία

Κάθε σταθμός πρέπει να διαθέτει ανιχνευτές εντοπισμού πυρκαγιάς ή καπνού όπως και ένας πίνακας στον οποίο να εμφανίζεται η θέση στην οποία εντοπίστηκε το πρόβλημα. Κατάλληλο ηχητικό σήμα θα προειδοποιεί το αρμόδιο προσωπικό. Ο συναγερμός πυρκαγιάς, ο ανιχνευτής καπνού, και τα υπόλοιπα συστήματα όταν ενεργοποιούνται διαβιβάζουν το σήμα κατευθείαν στην αίθουσα ελέγχου. Στους βοηθητικούς χώρους πρέπει να υπάρχει εγκαταστημένο αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης. Σύστημα πυρόσβεσης πρέπει να διαθέτουν όλοι οι χώροι στους οποίους κινούνται οι επιβάτες, οι αποθηκευτικοί χώροι, οι σκάλες και όπου υπάρχουν εύφλεκτα υλικά.

### 6.3.2. Υπόγεια Σιδηροδρομική Γραμμή

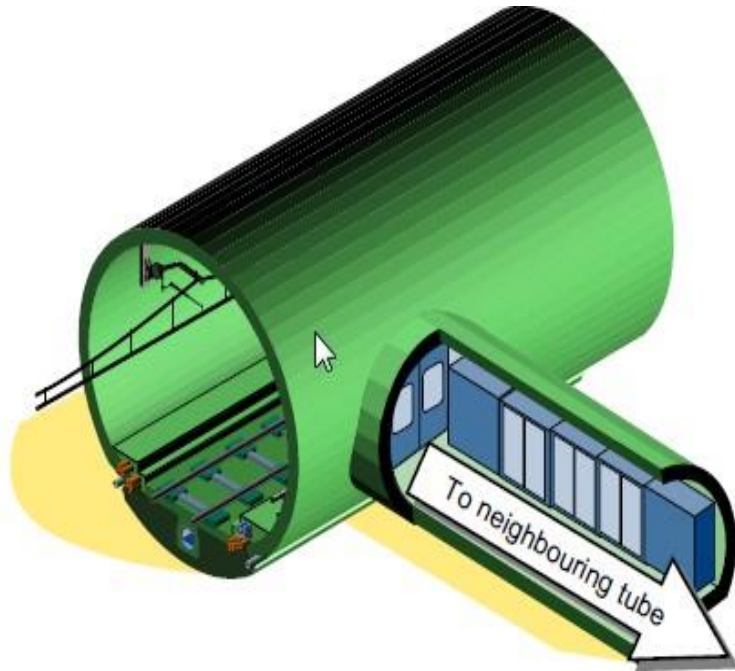
#### 6.3.2.1. Γενικά

Είναι αναμενόμενο ότι οι επιβάτες θα εισέλθουν στις σιδηροδρομικές γραμμές μόνο στην περίπτωση που καταστεί αναγκαίο να εκκενώσουν ένα ακινητοποιημένο ή «προβληματικό» τρένο. Τέτοια εκκένωση μπορεί να συμβεί μόνο υπό την καθοδήγηση και τον έλεγχο του εξουσιοδοτημένου και εκπαιδευμένου προσωπικού του σταθμού ή άλλου εξουσιοδοτημένου προσωπικού, όπως δικαιολογείται στο πλαίσιο μιας κατάστασης έκτακτης ανάγκης. Προειδοποιητικές πινακίδες πρέπει να αναρτώνται στις εισόδους της σιδηροδρομικής γραμμής και όπου αλλού υπάρχει κίνδυνος καταπάτησης από άτομα που δεν έχουν κάποιο λόγο για να βρίσκονται εκεί. Ένα τηλέφωνο έκτακτης ανάγκης πρέπει να παρέχεται κατά μήκος της σιδηροδρομικής γραμμής σε σημεία που κρίνονται αναγκαία από την αρμόδια αρχή. Κατάλληλο σύστημα εξαερισμού έκτακτης ανάγκης πρέπει να είναι εγκατεστημένο στην υπόγεια σιδηροδρομική γραμμή. Οι επιφάνειες πάνω στις οποίες θα κινηθούν οι χρήστες κατά την εκκένωση πρέπει να είναι αντιολισθητικές και κατασκευασμένες από μη εύφλεκτα υλικά. Οι βοηθητικοί χώροι θα πρέπει να χωρίζονται από την γραμμή στην οποία διέρχεται το τρένο από μία κατασκευή που θα έχει αντοχή σε πυρκαγιά τουλάχιστον για 2 ώρες, ενώ στην περίπτωση υποθαλάσσιας γραμμής θα πρέπει να έχει αντοχή σε πυρκαγιά τουλάχιστον για 3 ώρες.

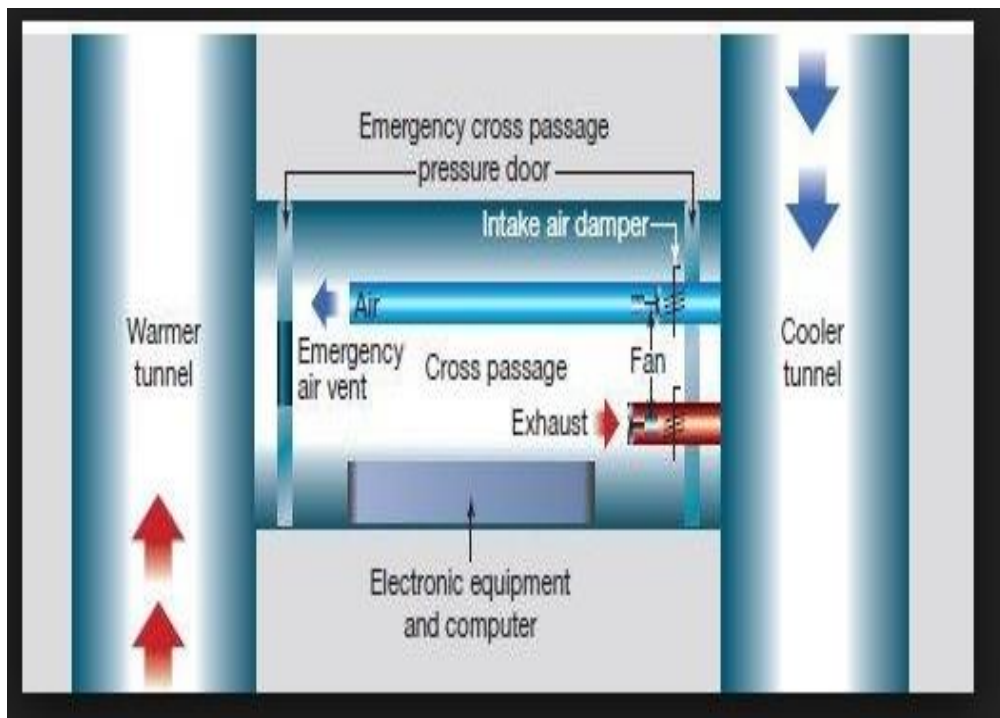
### 6.3.2.2. Έξοδοι Κινδύνου

- οι έξοδοι κινδύνου από τις σήραγγες πρέπει να οδηγούν σε ασφαλές χώρο
- κλίμακες εξόδου έκτακτης ανάγκης πρέπει να παρέχονται σε όλες τις σήραγγες και με τέτοια διάταξη έτσι ώστε η απόσταση μέχρι μία έξοδο κινδύνου δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1250ft (381m), εκτός εάν έχει εγκριθεί αλλιώς από την αρμόδια αρχή. Η σκάλα πρέπει να σχεδιάζεται σύμφωνα με τον κανονισμό, να είναι κλειστή και να οδηγεί απευθείας στο ύπαιθρο ή σε μία ασφαλή περιοχή
- όταν οι γραμμές χωρίζονται από τοιχώματα που είναι ανθεκτικά σε πυρκαγιά τουλάχιστον για δύο ώρες ή όταν οι γραμμές βρίσκονται σε διδυμες σήραγγες, τότε μία τέτοια ρύθμιση θεωρείται ότι παρέχει επαρκή προστασία για τους επιβάτες μέσω των σηράγγων διαφυγής μεταξύ των γραμμών όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.3 και επομένως επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν αντί των κλιμακοστασίων εξόδου προς την επιφάνεια. Σε αυτήν την περίπτωση, ή στην περίπτωση που ένα σύστημα εξαερισμού δεν παρέχει επαρκή ποσότητα καθαρού αέρα στους επιβάτες που κινούνται στο μονοπάτι της εξόδου, εφαρμόζονται οι εξής διατάξεις:
  - ✓ οι σήραγγες διαφυγής-συνδετήριες σήραγγες δεν πρέπει να απέχουν περισσότερο από 800ft (244m) μεταξύ τους
  - ✓ η μέγιστη απόσταση μεταξύ των εξόδων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2500ft (762m)
  - ✓ ανοίγματα σε διαδρόμους πρέπει να προστατεύονται με συγκροτήματα πυράντοχης πόρτας που έχουν αντοχή σε πυρκαγιά για μιάμιση ώρα με μία αυτόματη πυράντοχη πόρτα
  - ✓ το περιβάλλον στο τμήμα της γραμμής που δεν εμπλέκεται στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης και που χρησιμοποιείται για την εκκένωση πρέπει να μην είναι μολυσμένο, Εικόνα 6.4
  - ✓ για τον έλεγχο του καπνού στην περιοχή των επιβατών πρέπει να σχεδιάζεται σύστημα εξαερισμού
  - ✓ πρέπει να εφαρμόζεται η κατάλληλη μέθοδος για την εκκένωση των επιβατών στην περιοχή που δεν έχει μολυνθεί, για την προστασία τους από το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας και για την εκκένωση των επιβατών σε κάποιο κοντινό σταθμό ή σε κάποια άλλη έξοδο κινδύνου
- οι πόρτες που έχουν πρόσβαση στην έξοδο πρέπει να ανοίγουν προς την κατεύθυνση της διαδρομής εξόδου όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.5. Για να ανοίξει η πόρτα πλήρως δεν πρέπει να απαιτείται μεγάλη δύναμη στην πλευρά που είναι ο σύρτης και δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 222N. Επιπλέον οι πόρτες και ο μηχανισμός πρέπει να αντέχουν στις θετικές και αρνητικές πιέσεις που ασκούνται κατά τη διέλευση των τρένων.  
Οι καταπακτές εξόδου που οδηγούν στην έξοδο εκκένωσης πρέπει να είναι εξοπλισμένες με μηχανισμό ή σύρτη για να μπορούν να ανοίξουν εύκολα προς την πλευρά της εξόδου. Η δύναμη που απαιτείται για να ανοίξει την πόρτα, όταν εφαρμόζεται στην πλευρά που είναι ο σύρτης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 133N. Η καταπακτή πρέπει να είναι εφοδιασμένη με μια συσκευή που θα ασφαλίσει αυτόματα την πόρτα στην ανοικτή θέση για να αποκλείει το κατά λάθος κλείσιμο. Οι καταπακτές πρέπει να μπορούν να ανοίγουν απέξω από εξουσιοδοτημένο προσωπικό
- οι εγκαταστάσεις εξόδου έκτακτης ανάγκης πρέπει να αναγνωρίζονται κατάλληλα και να συντηρούνται έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η προοριζόμενη χρήση τους

- σύστημα φωτισμού έκτακτης ανάγκης πρέπει να εγκαθίσταται και να συντηρείται σύμφωνα με τον κανονισμό. Το σύστημα πρέπει να τροφοδοτείται από μια ανεξάρτητη πηγή ενέργειας. Οι συγκεκριμένες προδιαγραφές πρέπει να εφαρμόζονται σε όλες τις κλειστές σιδηροδρομικές διαδρομές που είναι μεγαλύτερες από 50ft (15.25m)



Εικόνα 6.3: Σήραγγα διαφυγής σε διδυμη σήραγγα  
[Πηγή: Tarada, 2000]



Εικόνα 6.4: Σύστημα εξαερισμού στη σήραγγα διαφυγής  
[Πηγή: <http://www.tunnelsonline.info/features/fans-pistons-and-airtight-pressure-doors/image/fans-pistons-and-airtight-pressure-doors-2.html>]



Εικόνα 6.5: Πόρτα που οδηγεί στην έξοδο κινδύνου  
[Πηγή: <http://tunnels.piarc.org/en/structural-facilities/emergency-exits.htm>]

### 6.3.2.3. Έξοδος για τους Επιβάτες

Το σύστημα πρέπει να περιλαμβάνει τα μέσα για τους επιβάτες να εκκενώνουν ένα τρένο σε οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος της γραμμής και να καταλήξουν σε ασφαλή περιοχή. Τα σημεία εξόδου του συστήματος πρέπει να φωτίζονται. Πρέπει να παρέχεται μία ικανοποιητική δίοδος εξόδου σε περίπτωση επείγουσας ανάγκης. Οι επιφάνειες βαδίσματος πρέπει να είναι ομοιόμορφες και να έχουν αντιολισθητική σχεδίαση. Σε περιοχές όπου υπάρχει σήραγγα διαφυγής οι διαβάσεις των επιβατών πρέπει να είναι από την πλευρά που βρίσκεται η σήραγγα διαφυγής για να επιτυγχάνεται η απρόσκοπτη πρόσβαση της. Υπερυψωμένες διαβάσεις, σκάλες και ράμπες πρέπει να διαθέτουν κιγκλίδωμα που όμως δεν θα εμποδίζει την έξοδο από το τρένο. Οι διαβάσεις πρέπει να έχουν ομοιόμορφη επιφάνεια και να βρίσκονται στην αποβάθρα για να εξασφαλίζουν τη συνεχή ροή των επιβατών. Συνεχής όδευση πρέπει να διατηρείται σε ειδικά τμήματα όπως είναι οι διασταυρώσεις.

### 6.3.3. Διαδικασίες Έκτακτης Ανάγκης

Οι υπεύθυνοι για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος μετακίνησης πρέπει να προβλέπουν καταστάσεις έκτακτης ανάγκης που μπορεί να προκύψουν και να σχεδιάσουν τρόπους αντιμετώπισης τους. Διάφοροι φορείς καλούνται να συμμετάσχουν στην προετοιμασία του σχεδίου έκτακτης ανάγκης.

Για τη διαχείριση των καταστάσεων έκτακτης ανάγκης πρέπει να υπάρχουν προκαθορισμένες διαδικασίες λειτουργίας. Οι διαδικασίες αυτές πρέπει να καταγράφονται, να είναι άμεσα προσβάσιμες και να διαχειρίζονται αποκλειστικά από κάποιον που βρίσκεται στην κεντρική αίθουσα ελέγχου. Ειδική μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται έτσι ώστε οι επιβάτες να ενημερώνονται κατά τη διάρκεια μιας επείγουσας κατάστασης και έτσι να αποφεύγονται εκδηλώσεις πανικού και άγχους. Είναι επίσης απαραίτητο το προσωπικό το οποίο ασχολείται με τις λειτουργικές διαδικασίες, να είναι εκπαιδευμένο για την αντιμετώπιση των καταστάσεων έκτακτης ανάγκης εν αναμονή της άφιξης του αρμόδιου προσωπικού και ότι η εκπαίδευση πρέπει να ανανεώνεται μέσω περιοδικών ασκήσεων.

Υπάρχουν διάφορες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης οι οποίες απαιτούν την ανάπτυξη και εφαρμογή σχεδίων αντιμετώπισης τους (NFPA 130, 2000):

- πυρκαγιά ή καπνός στο εσωτερικό των εγκαταστάσεων, δηλαδή στους σταθμούς, στις σιδηροδρομικές γραμμές και στις βοηθητικές εγκαταστάσεις
- σύγκρουση ή εκτροχιασμός
- απώλεια ενέργειας με αποτέλεσμα την ακινητοποίηση των συρμών, απώλεια του φωτισμού και της διαθέσιμης βοηθητικής ενέργειας
- εκκένωση των επιβατών της αμαξοστοιχίας αν το επιβάλλουν οι συνθήκες
- αντιμετώπιση καταστάσεων πανικού
- πλημμύρες στις σήραγγες που οφείλονται σε εσωτερικές και εξωτερικές πηγές
- διακοπή της λειτουργίας λόγω εκδήλωσης επικίνδυνων γεγονότων κοντά στις εγκαταστάσεις
- αστοχία ή κατάρρευση γειτονικών εγκαταστάσεων που επηρεάζουν την ασφαλή λειτουργία του δικτύου
- σεισμός
- διαρροή επικίνδυνων χημικών
- τρομοκρατικές ενέργειες
- ακραία καιρικά φαινόμενα
- παροχή πρώτων βοηθειών στους χρήστες

Μια διαδικασία έκτακτης ανάγκης, πρέπει να αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση των διαφόρων τύπων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης που μπορούν να απειλήσουν το σύστημα και πρέπει να περιλαμβάνει, χωρίς όμως να περιορίζονται σε αυτά, τα εξής (NFPA 130, 2000):

- η αναγνώριση του τύπου της έκτακτης ανάγκης, ο αρμόδιος καθώς και η ημερομηνία που το σχέδιο εγκρίθηκε
- ο σκοπός και το πεδίο εφαρμογής
- συμμετέχοντες φορείς και η περιοχή ευθύνης συμπεριλαμβανομένων και των κυβερνητικών υπαλλήλων
- οι διαδικασίες ασφαλείας που πρέπει να εφαρμοστούν ανάλογα με τον τύπο της έκτακτης ανάγκης
- ο σκοπός και οι λειτουργίες του κεντρικού σταθμού
- διοικητικά και βοηθητικά κέντρα, ο σκοπός τους και οι λειτουργικές διαδικασίες τους όπως έχουν οριστεί
- επικοινωνίες, διαθέσιμες επικοινωνίες, διαδικασίες για την διατήρηση της ασφαλούς λειτουργίας και ο κατάλληλος εξοπλισμός για την επαφή με τους αρμόδιους φορείς
- καταστάσεις έκτακτης ανάγκης εκδήλωσης πυρκαγιάς και καπνού, πρέπει να περιέχουν πληροφορίες και διαδικασίες που καθορίζουν τα εξής:
  - ✓ εντοπισμός της θέσης εκδήλωσης της πυρκαγιάς στο σταθμό ή σε κάποια υποστηρικτική μονάδα
  - ✓ η θέση του τρένου στη σήραγγα και η θέση της φωτιάς μέσα στο τρένο
  - ✓ τα συστήματα και οι ζώνες ανίχνευσης πυρκαγιάς
  - ✓ τα συστήματα πυροπροστασίας και οι πυροσβεστήρες και η θέση τους

- ✓ τα στοιχεία του συστήματος εξαερισμού έκτακτης ανάγκης, η θέση του εξοπλισμού και τα όργανα ελέγχου
  - ✓ οι θέσεις των εξόδων/εισόδων στον τόπο του γεγονότος συμπεριλαμβανομένων και της διαδρομής των οχημάτων
  - ✓ την θέση ειδικού εξοπλισμού
  - ✓ τις υπηρεσίες που πρέπει να ειδοποιηθούν και τα τηλέφωνα επικοινωνίας
  - ✓ η υπηρεσία που έχει τον έλεγχο πριν και μετά την άφιξη του αρμόδιου προσωπικού διαχείρισης της επικίνδυνης κατάστασης
  - ✓ ο προγραμματισμένος τρόπος λειτουργίας του ανεμιστήρα του συστήματος εξαερισμού
  - ✓ η προσχεδιασμένη κατεύθυνση της εκκένωσης εναρμονιζόμενη με τον τρόπο λειτουργίας του ανεμιστήρα
  - ✓ εκδήλωση πυρκαγιάς και επικίνδυνων περιστατικών σε παρακείμενες εγκαταστάσεις
- χάρτες ή σχέδια περίπλοκων τμημάτων
  - διαδικασίες που εφαρμόζονται από τους φορείς που θα ανταποκριθούν για την αντιμετώπιση των περιστατικών έκτακτης ανάγκης, ανάλογα με τον τύπο του κάθε περιστατικού
  - οποιαδήποτε άλλη πληροφορία θεωρούν οι συμμετέχοντες φορείς ότι είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί επιτυχής απόκριση

## 6.4. Οδική Σήραγγα

### 6.4.1. Γενικά

Σε μία οδική σήραγγα μπορεί να συμβούν ευρείας κλίμακας γεγονότα. Το σημαντικότερο από αυτά είναι η περίπτωση της πυρκαγιάς. Σχετικά με τη συχνότητα των πυρκαγιών, παρατηρείται μία συνεχής μείωση των συμβάντων πυρκαγιών στις σήραγγες, άρα και των ατυχημάτων λόγω αυτών, όπως προκύπτει από στατιστικά στοιχεία που προέρχονται από τις σήραγγες σε όλο τον κόσμο. Όμως θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το ποσοστό των περιπτώσεων που σχετίζονται με πυρκαγιές στις σήραγγες, μεταβάλλεται μεταξύ των σηράγγων σύμφωνα με ορισμένους παράγοντες. Αυτοί οι παράγοντες είναι η χώρα, η τοποθεσία, η γεωμετρία, οι ρυθμίσεις κυκλοφορίας και αέρα, τα συστήματα ασφαλείας των σηράγγων και οι διεργασίες διαχείρισης γενικότερα από το προσωπικό ασφαλείας της καθεμίας σήραγγας. Στην περίπτωση σήραγγας με κυκλοφορία οχημάτων και προς τις δύο κατευθύνσεις, θεωρείται ότι τα οχήματα θα ακινητοποιηθούν και από τις δύο πλευρές της περιοχής της πυρκαγιάς. Όμως υπάρχουν και άλλα γεγονότα τα οποία αναφέρονται σαν καταστάσεις έκτακτης ανάγκης όπως είναι οι εκρήξεις που προκαλούν ένα νέφος καπνού, όπως επίσης έκτακτη ανάγκη είναι η απελευθέρωση από κάποια πηγή, τοξικών καυσαερίων. Αυτά τα γεγονότα αποτελούν αποτελέσματα ατυχημάτων στα οποία περιλαμβάνεται η μεταφορά από οχήματα επικίνδυνων προϊόντων. Τα τελευταία χρόνια στις περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης έχουν προστεθεί και οι τρομοκρατικές ενέργειες με την απελευθέρωση χημικών και βιολογικών μέσων μέσα στην οδική σήραγγα.

Η ασφάλεια στον εσωτερικό των σηράγγων απαιτεί 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. Η νομοθεσία της ΕΕ καθορίζει ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας για τις σήραγγες και μέτρα που αποτρέπουν τη μετατροπή τους σε φονικές παγίδες.



### 6.4.2. Ελάχιστες Απαιτήσεις Ασφαλείας για τις Σήραγγες του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου

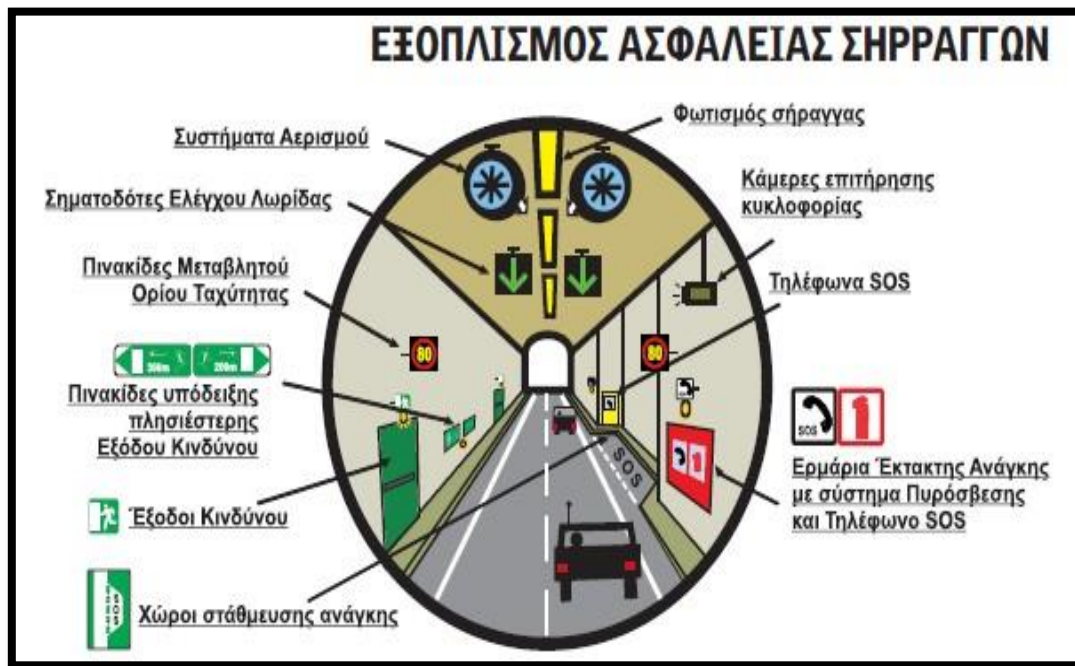
Το διευρωπαϊκό οδικό δίκτυο αποτελείται από υφιστάμενους, νέους ή προς διευθέτηση αυτοκινητοδρόμους και οδούς υψηλής ποιότητας οι οποίοι:

- διαδραματίζουν ρόλο στις μετακινήσεις μεγάλων αποστάσεων ή
- καθιστούν δυνατή, στους άξονες που προσδιορίζονται με το δίκτυο, την παράκαμψη των κυριοτέρων αστικών κέντρων ή
- εξασφαλίζουν τη διασύνδεση με τα άλλα μέσα μεταφορών ή
- επιτρέπουν τη σύνδεση των μεσόγειων και περιφερειακών περιοχών με τις κεντρικές περιοχές της Κοινότητας

Το δίκτυο εξασφαλίζει στους χρήστες υψηλό και ομοιόμορφο επίπεδο υπηρεσιών, άνεσης και ασφαλείας, ενώ ταυτόχρονα χαρακτηρίζεται από συνέχεια. Το δίκτυο περιλαμβάνει την υποδομή διαχείρισης της κυκλοφορίας και ενημέρωσης των χρηστών και στηρίζεται στην ενεργό συνεργασία των συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας σε ευρωπαϊκό, εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Οι μεγάλες σήραγγες μήκους άνω των 500m είναι σημαντικές κατασκευές, οι οποίες διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ μεγάλων περιοχών της Ευρώπης και διαδραματίζουν αποφασιστικό ρόλο στη λειτουργία και την ανάπτυξη των περιφερειακών οικονομιών. Η Οδηγία 2004/54/EK για σήραγγες μήκους άνω των 500m, οι οποίες ήδη λειτουργούν ή βρίσκονται στο στάδιο μελέτης και κατασκευής περιγράφει τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας. Τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να εφαρμόζονται σε μια σήραγγα βασίζονται σε συστηματική εξέταση όλων των πτυχών του συστήματος που απαρτίζεται από την υποδομή, τη λειτουργία, τους χρήστες και τα οχήματα. Λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι (ΟΔΗΓΙΑ 2004/54/EK):

- 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

Ο εξοπλισμός ασφαλείας των σιράγγων, όπως ενδεικτικά αποτυπώνεται στο Σχήμα 6.2 προϋποθέτει κάποιες απαιτήσεις ασφαλείας οι οποίες αναλύονται παρακάτω.



Σχήμα 6.2 Εξοπλισμός ασφαλείας σήραγγων

[Πηγή: [http://www.egnatia.eu/files/pdf/Egnatia\\_Safe\\_Driving.pdf](http://www.egnatia.eu/files/pdf/Egnatia_Safe_Driving.pdf)]

### Οδοί διαφυγής και έξοδοι κινδύνου:

- στις νέες σήραγγες χωρίς λωρίδα έκτακτης ανάγκης, πρέπει να προβλέπονται πεζοδρόμια κινδύνου, υπερυψωμένα ή όχι, τα οποία οι χρήστες της σήραγγας θα χρησιμοποιούν σε περίπτωση μηχανικής βλάβης ή ατυχήματος. Η διάταξη αυτή δεν εφαρμόζεται αν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της σήραγγας δεν το επιτρέπουν ή εάν η σχετική δαπάνη είναι δυσανάλογη προς το αποτέλεσμα και εφόσον η σήραγγα είναι μιας κατεύθυνσης και διαθέτει μόνιμο σύστημα επιτήρησης και κλεισίματος λωρίδων
- οι δύο πλησιέστερες έξοδοι κινδύνου επισημαίνονται στα τοιχώματα της σήραγγας δίπλα στις εξόδους, σε αποστάσεις 25m το πολύ, και σε ύψος από 1.0 έως 1.5m, από τη στάθμη της διόδου διαφυγής με αναγραφή των αποστάσεων μέχρι τις εξόδους
- οι έξοδοι κινδύνου επιτρέπουν στους χρήστες της σήραγγας να εγκαταλείπουν τη σήραγγα χωρίς τα οχήματά τους και να φθάνουν σε ασφαλές μέρος σε περίπτωση ατυχήματος ή πυρκαγιάς. Επίσης, παρέχουν πρόσβαση πεζή στη σήραγγα στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Έξοδοι κινδύνου είναι οι εξής:
  - ✓ άμεσες εξοδοί από τη σήραγγα προς τον εξωτερικό χώρο,
  - ✓ διασυνδέσεις μεταξύ κλάδων της σήραγγας,
  - ✓ έξοδοι προς στοά διαφυγής,
  - ✓ καταφύγια με οδό διαφυγής χωριστή από τον κλάδο της σήραγγας.
- τα καταφύγια πρέπει να έχουν έξοδο προς οδούς διαφυγής προς τον εξωτερικό χώρο. Πρέπει να υπάρχουν έξοδοι κινδύνου εάν ο εξαερισμός και τα άλλα μέτρα ασφαλείας δεν επαρκούν για να εξασφαλίσουν την ασφάλεια των χρηστών
- στις νέες σήραγγες πρέπει να υπάρχουν έξοδοι κινδύνου όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι μεγαλύτερος από 2000 οχήματα ανά λωρίδα κυκλοφορίας

- στις υφιστάμενες σήραγγες μήκους άνω των 1000m και των οποίων ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι μεγαλύτερος από 2000 οχήματα ανά λωρίδα κυκλοφορίας, πραγματοποιείται μελέτη για την εκτίμηση της σκοπιμότητας και της αποτελεσματικότητας της κατασκευής νέων εξόδων κινδύνου
- η απόσταση μεταξύ δύο εξόδων κινδύνου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 500m
- η εξάπλωση του καπνού και της θερμότητας στις οδούς διαφυγής πίσω από την έξοδο κινδύνου πρέπει να προλαμβάνεται με κατάλληλα μέσα, όπως θύρες, ούτως ώστε οι χρήστες της σήραγγας να μπορούν να φθάσουν ασφαλώς στον εξωτερικό χώρο και οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης να έχουν πρόσβαση στη σήραγγα

#### Πρόσβαση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης:

- στις σήραγγες δύο κλάδων, εφόσον οι δύο κλάδοι ευρίσκονται στο ίδιο ή σχεδόν στο ίδιο επίπεδο, οι διασυνδέσεις πρέπει να είναι κατάλληλες για τη διέλευση των οχημάτων των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης τουλάχιστον κάθε 1500m
- 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

#### Λωρίδες στάσης:

- οι νέες σήραγγες διπλής κατεύθυνσης, μήκους άνω των 1500m και των οποίων ο κυκλοφοριακός φόρτος υπερβαίνει τα 2000 οχήματα ανά λωρίδα κυκλοφορίας, πρέπει να διαθέτουν λωρίδες στάσης σε αποστάσεις μικρότερες των 1000m, όταν δεν προβλέπονται λωρίδες έκτακτης ανάγκης
- σε υφιστάμενες σήραγγες διπλής κατεύθυνσης, μήκους άνω των 1500m και των οποίων ο κυκλοφοριακός φόρτος υπερβαίνει τα 2000 οχήματα ανά λωρίδα κυκλοφορίας, οι οποίες δεν διαθέτουν λωρίδες έκτακτης ανάγκης, πρέπει να εκτιμάται η σκοπιμότητα και η αποτελεσματικότητα της διαμόρφωσης λωρίδων στάσης
- εάν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της σήραγγας δεν το επιτρέπουν ή εάν η σχετική δαπάνη είναι δυσανάλογη προς το αποτέλεσμα, δεν προβλέπονται λωρίδες στάσης, εφόσον το συνολικό πλάτος της σήραγγας το οποίο είναι προσιτό στα οχήματα, εκτός των υπερυψωμένων τμημάτων, και των κανονικών λωρίδων κυκλοφορίας, είναι τουλάχιστον ίσο προς το πλάτος μίας κανονικής λωρίδας κυκλοφορίας
- οι λωρίδες στάσης περιλαμβάνουν σταθμό επείγουσας ανάγκης

#### Φωτισμός:

- ο φωτισμός ασφαλείας παρέχεται ώστε να διασφαλίζει την ελάχιστη απαραίτητη ορατότητα στους χρήστες της σήραγγας προκειμένου να εκκενώσουν τη σήραγγα με το όχημά τους σε περίπτωση βλάβης της ηλεκτρικής τροφοδοσίας
- ο φωτισμός εκκένωσης, όπως φωτεινοί δείκτες εκκένωσης, σε ύψος 1,5m το πολύ, παρέχεται ώστε να καθοδηγεί τους χρήστες της σήραγγας προκειμένου να εγκαταλείψουν πεζή τη σήραγγα, σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης

**Σταθμοί έκτακτης ανάγκης:**

- οι σταθμοί αυτοί μπορούν να συνίστανται σε κιβώτιο στο πλευρικό τοίχωμα ή, κατά προτίμηση, σε εσοχή του τοιχώματος. Εξοπλίζονται με τουλάχιστον ένα τηλέφωνο κινδύνου και με δύο πυροσβεστήρες. Δεν προορίζονται για την προστασία των χρηστών σε περίπτωση πυρκαγιάς
- σταθμοί επείγουσας ανάγκης πρέπει να υπάρχουν κοντά στις εισόδους και στο εσωτερικό των σηράγγων, ανά διαστήματα που δεν υπερβαίνουν τα 150m για τις νέες σήραγγες και τα 250m για τις υφιστάμενες

**6.5. Σιδηροδρομική Σήραγγα****6.5.1. Γενικά**

Το σιδηροδρομικό δίκτυο αποτελείται από το σιδηροδρομικό δίκτυο υψηλής ταχύτητας και από το συμβατικό σιδηροδρομικό δίκτυο. Παίζει σημαντικό ρόλο στη σιδηροδρομική κυκλοφορία εμπορευμάτων και επιβατών σε μεγάλες αποστάσεις, στην εκμετάλλευση των συνδυασμένων μεταφορών μεγάλων αποστάσεων και επιτρέπει τη διασύνδεση με τα δίκτυα άλλων μεταφορικών μέσων και την πρόσβαση στα περιφερειακά ή τοπικά σιδηροδρομικά δίκτυα.

Το σιδηροδρομικό δίκτυο υψηλής ταχύτητας όπως περιγράφεται στο Σχέδιο Τεχνικής Προδιαγραφής για τη Διαλειτουργικότητα (2008) αποτελείται από:

- γραμμές κατασκευασμένες ειδικά για υψηλή ταχύτητα και εξοπλισμένες για ταχύτητες κατά κανόνα ίσες ή μεγαλύτερες των 250 km/h μέσω σύγχρονων ή νέων τεχνολογιών,
- γραμμές διευθετημένες ειδικά για υψηλή ταχύτητα και εξοπλισμένες για ταχύτητες της τάξεως των 200 km/h,
- γραμμές διευθετημένες ειδικά για υψηλή ταχύτητα, που παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες λόγω τοπογραφικών προβλημάτων, μορφολογίας του εδάφους ή αστικού περιβάλλοντος, και των οποίων η ταχύτητα πρέπει να προσαρμόζεται κατά περίπτωση

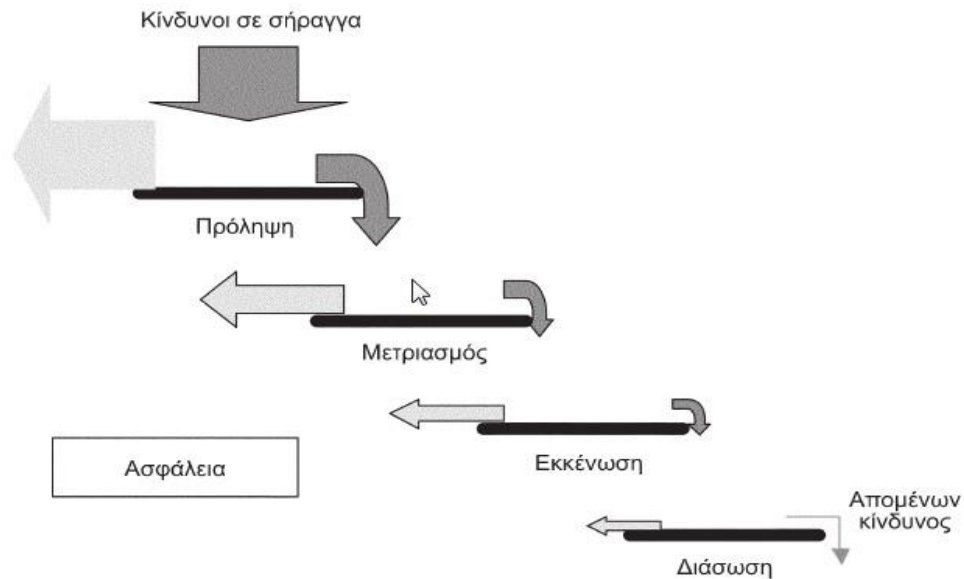
Το συμβατικό σιδηροδρομικό δίκτυο αποτελείται από γραμμές για συμβατικές σιδηροδρομικές μεταφορές, συμπεριλαμβανομένων των σιδηροδρομικών συνδέσεων συνδυασμένης μεταφοράς που καθιστούν δυνατή τη μεταφορά εμπορευμάτων σε μεγάλες αποστάσεις.

Η στρατηγική για την προώθηση της ασφάλειας στις σήραγγες σύμφωνα με την τεχνική προδιαγραφή διαλειτουργικότητας που αφορά την «ασφάλεια στις σιδηροδρομικές σήραγγες» του διευρωπαϊκού συμβατικού σιδηροδρομικού συστήματος και του διευρωπαϊκού σιδηροδρομικού συστήματος υψηλών ταχυτήτων περιλαμβάνει τα παρακάτω τέσσερα διαδοχικά στάδια:

- Πρόληψη
- Μετριάσμο
- Εκκένωση
- Διάσωση

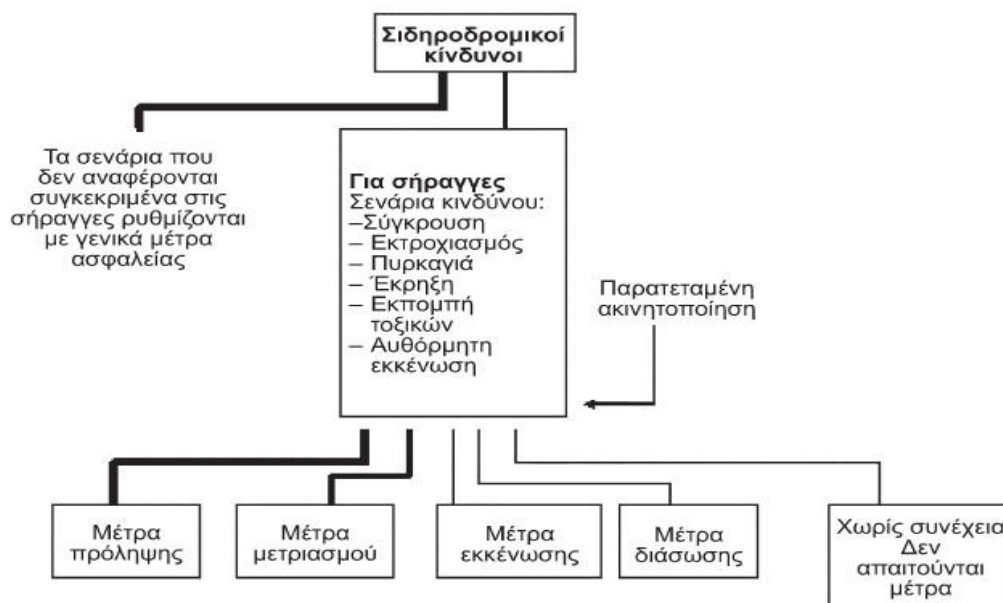
Η έννοια της ασφάλειας αποτελείται από διαφορετικά επίπεδα όσον αφορά την πρόληψη των προβλημάτων. Στην ασφάλεια περισσότερο συμβάλλει το στάδιο της πρόληψης, μετά το στάδιο του μετριάσμου στη συνέχεια της εκκένωσης και τέλος της διάσωσης, όπως αποτυπώνεται και στην Εικόνα 6.6. Συνήθως, όταν

μια καταστροφή συμβαίνει πολλά πράγματα πήγαν στραβά ταυτόχρονα. Γι 'αυτό ακόμα και σε μικρότερα προβλήματα θα πρέπει να γίνει μια εις βάθος διερεύνηση για να εντοπιστούν οι λόγοι με σκοπό την περαιτέρω βελτίωση της έννοιας της ασφάλειας. Βασικό χαρακτηριστικό των σιδηροδρόμων είναι η εγγενής ικανότητά τους να προλαμβάνουν τα ατυχήματα χάρη στην κίνηση των αμαξοστοιχιών πάνω σε τροχιές, καθώς και χάρη στον έλεγχο και τη ρύθμισή τους με τη χρήση του συστήματος σηματοδότησης.



Εικόνα 6.6: Στάδια διαχείρισης των κινδύνων  
[Πηγή: ΟΔΗΓΙΑ 2001/16/ΕΚ, ΟΔΗΓΙΑ 96/48/ΕΚ]

Σε μία σιδηροδρομική σήραγγα μπορούμε να πούμε ότι υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες συμβάντων, όπως περιγράφονται στην Εικόνα 6.7. Τα συμβάντα αυτά σύμφωνα με το Σχέδιο της Τεχνικής Προδιαγραφής για τη Διαλειτουργικότητα (2008) αναλύονται στη συνέχεια ως εξής:



Εικόνα 6.7: Αποτύπωση σιδηροδρομικών κινδύνων  
[Πηγή: ΟΔΗΓΙΑ 2001/16/ΕΚ, ΟΔΗΓΙΑ 96/48/ΕΚ]

- θερμά συμβάντα: Πυρκαγιά, έκρηξη με πυρκαγιά, εκπομπή τοξικών καπνών ή αερίων. Ο βασικός κίνδυνος είναι η πυρκαγιά. Η πυρκαγιά εκδηλώνεται σε επιβατηγό αμαξοστοιχία ή μηχανή και

εξαπλώνεται πλήρως σε 15 λεπτά μετά την εκδήλωσή της. Εντοπίζεται και σημαίνει συναγερμός εντός αυτών των 15 πρώτων λεπτών. Μόλις καταστεί δυνατόν, ο συρμός εγκαταλείπει τη σήραγγα. Εάν η αμαξοστοιχία ακινητοποιηθεί, οι επιβάτες απομακρύνονται, υπό τις οδηγίες του προσωπικού ή με δικής τους πρωτοβουλία, σε ασφαλή περιοχή

- ψυχρά συμβάντα: Σύγκρουση, εκτροχιασμός. Τα συγκεκριμένα για τις σήραγγες μέτρα εστιάζονται στις εγκαταστάσεις πρόσβασης/εξόδου για τις ανάγκες της εκκένωσης και της επέμβασης των σωστικών συνεργείων. Η διαφορά από τα θερμά συμβάντα έγκειται στο ότι δεν υπάρχει ο χρονικός περιορισμός που οφείλεται στην παρουσία επικίνδυνου περιβάλλοντος λόγω της πυρκαγιάς
- παρατεταμένη ακινητοποίηση: Η παρατεταμένη ακινητοποίηση (η απρόβλεπτη στάση σε μια σήραγγα, χωρίς να έχει εκδηλωθεί πυρκαγιά στην αμαξοστοιχία, για περισσότερο από 10 λεπτά) σαν διαδικασία δεν αποτελεί απειλή για τους επιβάτες και το προσωπικό. Ωστόσο, είναι δυνατόν να προκαλέσει πανικό και αυθόρμητη και ανεξέλεγκτη εγκατάλειψη της αμαξοστοιχίας, πράγμα που εκθέτει τους ανθρώπους σε κινδύνους παρόντες μέσα στη σήραγγα. Προβλέπονται μέτρα για τη διατήρηση μιας τέτοιας κατάστασης υπό έλεγχο

## 6.5.2. Υποθαλάσσιες Σιδηροδρομικές Σήραγγες

### 6.5.2.1. Γενικά

Η αύξηση της κυκλοφορίας και το αναπτυσσόμενο ενδιαφέρον για υπόγειες συγκοινωνίες παρέχει τις δυνατότητες για την κατασκευή οικονομικά βιώσιμων σιδηράγγων. Η γνώση σε υπόγειες κατασκευές και στη διάνοιξη σιδηράγγων παρέχει μεγάλες ευκαιρίες για την κατασκευή σιδηράγγων στη στεριά αλλά και στη θάλασσα. Θέματα ασφαλείας τόσο στην κατασκευή όσο και στη φάση λειτουργίας είναι εμφανείς παράγοντες που επηρεάζουν τη δυνατότητα και τη σκοπιμότητα υλοποίησης ενός τέτοιου έργου. Στη φάση της κατασκευής η ασφάλεια αφορά την προστασία από πυρκαγιά, κατακρημνίσεις και απροσδόκητες γεωλογικές συνθήκες που μπορούν να απειλήσουν την ανθρώπινη ζωή, τον εξοπλισμό και να επηρεάσουν οικονομικά την εξέλιξη του έργου. Όσον αφορά την εξασφάλιση της ασφαλείας στις σήραγγες, είναι γνωστό ότι αποτελεί μία πρόκληση. Σε σύγκριση με έναν ανοιχτό χώρο, στις υπόγειες δραστηριότητες οι δυνατότητες εκκένωσης είναι πολύ περιορισμένες και το προσωπικό διάσωσης χρειάζεται επιπλέον εξοπλισμό προκειμένου να προσεγγίσει τις υπόγειες περιοχές. Οι κύριες προκλήσεις σχετικά με την ασφάλεια των σιδηράγγων είναι προφανώς τα διαφορετικά είδη των ατυχημάτων. Σε μία υποθαλάσσια σήραγγα τα πιο σοβαρά σενάρια είναι ο κίνδυνος της πυρκαγιάς και της πλημμύρας (Salmensaari, 2010). Η ταχεία εξαπλώση του καπνού θα μειώσει σημαντικά τις δυνατότητες διάσωσης ενώ μία μαζική εισροή νερού θα έχει καταστροφικές συνέπειες. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες είναι η αξιόπιστη λειτουργία και ο χειρισμός περιεργων καταστάσεων. Κατά το σχεδιασμό μιας ασφαλούς σιδηράγγας μεγάλου μήκους, η πρόληψη των πιθανών κινδύνων εκ των προτέρων και λεπτομερή σχέδια δράσης αποτελούν κατευθυντήριες γραμμές των υπευθύνων.

Για τις διάφορες κατηγορίες των σιδηράγγων χρειάζονται και διαφορετικές προδιαγραφές ασφαλείας. Έτσι αν μία σήραγγα προορίζεται αποκλειστικά για εμπορευματική χρήση τότε εφαρμόζονται λιγότερο αυστηρά πρότυπα εκκένωσης σε σχέση με αυτά που ισχύουν για τις επιβατικές σήραγγες. Επίσης τα συστήματα καθοδήγησης έκτακτης ανάγκης είναι λιγότερα σε σχέση με εκείνα που απαιτούνται στις σήραγγες που χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση επιβατών. Μία ολοκληρωμένη ανάλυση κινδύνων οδηγεί σε διάφορες λύσεις ασφαλείας. Σύμφωνα με ευρωπαϊκή οδηγία παράλληλες σήραγγες για μετακίνηση επιβατών πρέπει να συνδέονται ανά 500m. Μία μονή σήραγγα εμπορευματικής χρήσης, σε περίπτωση κάποιου έκτακτου γεγονότος διαθέτει ανά ορισμένα διαστήματα θαλάμους οι οποίοι διευκολύνουν την εκκένωση. Οι θάλαμοι εκκένωσης πρέπει να έχουν μέσα για την επικοινωνία και να παρέχουν ασφάλεια για όσο χρειάζεται στην ομάδα διάσωσης να ανταποκριθεί (Salmensaari, 2010). Σε μία σήραγγα μονού κλάδου για εμπορευματικές

μεταφορές, θάλαμοι εκκένωσης έκτακτης ανάγκης πρέπει να υπάρχουν σε προσβάσιμα διαστήματα. Όμως, αυτό συνεπάγεται επιπρόσθετη εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας για τους χρήστες της σήραγγας και την αναγκαιότητα να είναι εφοδιασμένοι με ενδυμασία εκκένωσης για να φθάσουν σε ασφαλές μέρος στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Σε μία παρατεταμένη πυρκαγιά οι δυνατότητες εκκένωσης της σήραγγας μπορεί να είναι περιορισμένες. Για την εξασφάλιση μίας ικανοποιητικής εκκένωσης σε επιβατικές σήραγγες ακόμα και μια σήραγγα μονού κλάδου στην πραγματικότητα απαιτεί την ύπαρξη παράλληλης σήραγγας κατά μήκος καθώς αρκετά ευρύχωροι θάλαμοι δεν θα είναι εφικτοί. Η βραχομάζα γύρω από τη σήραγγα αποτελεί κατάλληλη μόνωση κατά της εξάπλωσης της θερμότητας και μία παράλληλη σήραγγα είναι μία προφανής περιοχή εκκένωσης. (Salmensaari, 2010). Ωστόσο ο εξαερισμός πρέπει να εμποδίζει την διαρροή του καπνού από την περιοχή εκκένωσης. Οι δίοδοι μεταξύ των σηράγγων έχουν απομονωθεί με πόρτες πυρασφαλείας και η πίεση του αέρα χρησιμοποιείται για την αποφυγή εξάπλωσης του καπνού από τη μία σήραγγα στην άλλη.

Μία δίδυμη σήραγγα έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με μία σήραγγα διπλής κατεύθυνσης (Salmensaari, 2010):

- αυξημένη ασφάλεια σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης
- δεν υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης ενώ σε περίπτωση εκτροχιασμού οι επιπτώσεις είναι μειωμένες
- καλύτερη πρόσβαση στο χώρο του συμβάντος
- αυξημένη ασφάλεια κατά τη διάρκεια της κατασκευής
- η συντήρηση μπορεί να γίνει ενώ η άλλη σήραγγα εξακολουθεί να λειτουργεί

Όταν έχουμε μία δίδυμη σήραγγα, τότε μία τρίτη σήραγγα χρησιμεύει ως σήραγγα υπηρεσίας η οποία διευκολύνει την συντήρηση των σηράγγων και επίσης λειτουργεί ως ασφαλές καταφύγιο κατά την εκδήλωση μίας επείγουσας ανάγκης, δίνοντας την δυνατότητα στα σωστικά συνεργεία να πλησιάσουν στον χώρο χωρίς να εμποδιστεί η λειτουργία της άλλης σήραγγας.

### 6.5.3. Απειλές σε Σιδηροδρομικές Σήραγγες

#### Τροχαία ατυχήματα

Πιο σοβαρή περίπτωση ατυχήματος στη σήραγγα είναι η πυρκαγιά, η εκλυόμενη θερμότητα και ο καπνός. Η πυρκαγιά θα μπορούσε να εκδηλωθεί εξαιτίας ενός βραχυκυκλώματος ή μιας τρομοκρατικής επίθεσης. Αν η φωτιά δεν μπορεί να σβήσει μέσα στο τρένο, τότε το τρένο πρέπει να σταματήσει και οι επιβάτες να απομακρυνθούν (Salmensaari, 2010). Κατά προτίμηση αυτό πρέπει να γίνεται σε ειδικούς σταθμούς έκτακτης ανάγκης, όπου οι συνθήκες για την εκκένωση είναι περισσότερο ευνοϊκές. Πρώτο πρόβλημα για τον άνθρωπο αποτελεί ο τοξικός καπνός που απελευθερώθηκε από την πυρκαγιά.

Σε σήραγγες μονής κατεύθυνσης ο κίνδυνος συγκρούσεων δεν είναι μεγάλος, ενώ ακόμα και σε περίπτωση εκτροχιασμού δεν επηρεάζεται η σταθερότητα της σήραγγας. Επιπλέον η είσοδος ξένων αντικειμένων στο χώρο της σήραγγας, είναι κάτι μάλλον απίθανο να συμβεί με αποτέλεσμα ο κίνδυνος εκτροχιασμού να απομακρύνεται από το προσκήνιο. Και σε αυτή την περίπτωση η εκκένωση είναι αναγκαία.

Η απώλεια ισχύος ή κάποιο άλλο σοβαρό πρόβλημα μπορεί να ακινητοποιήσει το τρένο, οπότε οι επιβάτες πρέπει να το εκκενώσουν.

#### Διαρροές νερού

Η διαρροή νερού στις ζώνες διάρρηξης είναι ένα σημαντικό πρόβλημα και επηρεάζει την σταθερότητα της βραχομάζας. Κατά την διάρκεια κατασκευής μίας υποθαλάσσιας σήραγγας η αιφνίδια εισαγωγή νερού λόγω

ατυχήματος αποτελεί τον πιο αξιοσημείωτο κίνδυνο. Όταν η σήραγγα έχει κατασκευαστεί είναι σε σταθερή κατάσταση και η κατάρρευση είναι απίθανο να συμβεί.

### Πυρκαγιά

Σε μία σιδηροδρομική σήραγγα πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι το τρένο συμπεριφέρεται σαν μία κινούμενη εύφλεκτη μάζα. Ενσωματωμένα συστήματα καταστολής της φωτιάς παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της άμεσης αντίδρασης και έτσι το τρένο δεν χρειάζεται να σταματήσει προκειμένου να κατασβηστεί η φωτιά. Χαρακτηριστικό της πυρκαγιάς σε σήραγγα είναι ότι εκδηλώνεται απότομα, αναπτύσσεται βίαια και γρήγορα φτάνει τη θερμοκρασία των 1000° C (Salmensaari, 2010). Αυτό μπορεί να προκαλέσει σοβαρή παραμόρφωση στη βραχομάζα, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο της κατάρρευσης. Προτεραιότητα είναι να προλάβουμε την εκδήλωση της πυρκαγιάς. Αν εξακολουθεί να κλιμακώνεται τότε η ταχεία απόκριση και η γρήγορη κατάσβεση είναι η καλύτερη επιλογή. Τα συστήματα ψεκασμού συνήθως δεν σχεδιάζονται με σκοπό να καταστείλουν μια πυρκαγιά εντελώς, αλλά να περιορίσουν την έντασή της και να την εμποδίσουν από το να επεκταθεί περαιτέρω. Στην πράξη η πραγματική κατάσβεση πραγματοποιείται από την πυροσβεστική. Μετά από μια πυρκαγιά πρώτη ενέργεια είναι ο εξαερισμός της σήραγγας με φρέσκο αέρα, στη συνέχεια ο έλεγχος των βλαβών και τέλος πραγματοποιούνται οι απαραίτητες επισκευές. Ο εξαερισμός και ο έλεγχος του καπνού κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς αποτελούν ένα πολύ ιδιαίτερο κομμάτι όσον αφορά τις πυρκαγιές σε σήραγγες.

#### 6.5.4. Ελάχιστες Απαιτήσεις Ασφαλείας για τις Σήραγγες του Διευρωπαϊκού Σιδηροδρομικού Δικτύου

Σύμφωνα με κατάλληλη κοινοτική οδηγία (ΟΔΗΓΙΑ 2001/16/ΕΚ, ΟΔΗΓΙΑ 96/48/ΕΚ) ορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας για τις σήραγγες του διευρωπαϊκού σιδηροδρομικού δικτύου, για σήραγγες μήκους περισσότερο του 1km. Οι διαδοχικές σήραγγες δεν θεωρούνται ως μία σήραγγα, εάν ισχύουν οι δύο ακόλουθες απαιτήσεις:

- το ανοικτό τμήμα μεταξύ τους υπερβαίνει τα 500m
- υπάρχει εγκατάσταση πρόσβασης/διαφυγής σε ασφαλές μέρος που βρίσκεται εντός του ανοικτού τμήματος

Για την ασφάλεια των σιδηροδρόμων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή της ανεπιθύμητης πρόσβασης ή παρείσφρησης στις εγκαταστάσεις
- είναι υποχρεωτική η εγκατάσταση επί των τρένων ενός συστήματος φωτισμού ασφαλείας επαρκούς έντασης και αυτονομίας
- πρέπει να προβλέπονται και να επισημαίνονται οι έξοδοι κινδύνου

Η μελέτη μιας σήραγγας πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ανάγκη παροχής διευκολύνσεων για την αυτοδιάσωση και την απομάκρυνση των επιβατών και του προσωπικού της; αμαξοστοιχίας, καθώς και να επιτρέπει στα σωστικά συνεργεία να διασώζουν τα πρόσωπα αυτά σε περίπτωση συμβάντος μέσα σε σήραγγα. Η ικανοποίηση των συγκεκριμένων απαιτήσεων επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των παρακάτω προδιαγραφών (ΟΔΗΓΙΑ 2001/16/ΕΚ, ΟΔΗΓΙΑ 96/48/ΕΚ):

- **Πλευρικές ή/και κατακόρυφες έξοδοι κινδύνου προς την επιφάνεια του εδάφους:** Πρέπει να προβλέπονται τουλάχιστον κάθε 1000m. Οι ελάχιστες διαστάσεις των πλευρικών και των



κατακόρυφων εξόδων κινδύνου προς την επιφάνεια πρέπει να είναι 1.50m κατά το πλάτος και 2.25m κατά το ύψος. Οι ελάχιστες διαστάσεις των εγκάρσιων διαβάσεων πρέπει να είναι 1.40m (πλάτος) x 2.00m (ύψος). Όλες οι ως άνω εξοδοί πρέπει να διαθέτουν φωτισμό και σήμανση.

- **Εγκάρσιες διαβάσεις προς το άλλο σκέλος της σήραγγας:** Οι εγκάρσιες διαβάσεις μεταξύ παρακείμενων και ανεξάρτητων σηράγγων επιτρέπουν τη χρήση της παρακείμενης σήραγγας ως ασφαλούς περιοχής. Οι σήραγγες αυτές πρέπει να διαθέτουν φωτισμό και σήμανση. Οι ελάχιστες διαστάσεις για τις εγκάρσιες αυτές διαβάσεις είναι 2.25m (ύψος) x 1.50m (πλάτος). Οι ελάχιστες διαστάσεις για τις θύρες είναι 2.00m (ύψος) και 1.40m (πλάτος). Εγκάρσιες διαβάσεις σύμμορφες με τις απαιτήσεις αυτές πρέπει να προβλέπονται τουλάχιστον κάθε 500m.
- **Οδεύσεις διαφυγής:** Για όλες τις σήραγγες με μήκος άνω των 500m. Οι οδεύσεις αυτές θα κατασκευάζονται σε σήραγγα μονής κατεύθυνσης τουλάχιστον στη μία πλευρά των σιδηροτροχιών, ενώ σε σήραγγα διπλής κατεύθυνσης και στις δύο πλευρές. Σε ευρύτερες σήραγγες, με περισσότερες των δύο διαδρομών, η πρόσβαση στις οδεύσεις θα πρέπει να είναι δυνατή από όλες τις διαδρομές. Το πλάτος κάθε οδευσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.75m (για τη χρήση των αναπηρικών αμαξιδίων απαιτείται πλάτος 0.75m). Το ελάχιστο καθαρό ύψος πάνω από την οδευση πρέπει να είναι 2.25m. Η χαμηλότερη στάθμη της οδευσης πρέπει να είναι εντός του ύψους των σιδηροτροχιών. Οι τοπικές στενώσεις που προκαλούνται από εμπόδια στην περιοχή διαφυγής πρέπει να αποφεύγονται. Η παρουσία εμποδίων δεν θα πρέπει να μειώνει το ελάχιστο πλάτος κάτω των 0.7m, το δε μήκος του εμποδίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2m. Οι χειρολισθήρες πρέπει να τοποθετούνται σε ύψος περίπου 1m πάνω από τη στάθμη της οδευσης που οδηγεί στην ασφαλή περιοχή. Οι χειρολισθήρες πρέπει να τοποθετούνται εκτός του στερεού που προκύπτει από τα ελάχιστο καθαρό ύψος υπεράνω της οδευσης. Οι χειρολισθήρες πρέπει να δημιουργούν γωνία μεταξύ 30° και 40° με τον διαμήκη άξονα της σήραγγας στην αρχή και στο τέλος ενδεχόμενου εμποδίου.
- **Φωτισμός έκτακτης ανάγκης στις διαδρομές διαφυγής:** Για όλες τις συνεχείς σήραγγες με μήκος άνω των 500m. Ο φωτισμός έκτακτης ανάγκης, πρέπει να έχει αυτονομία τουλάχιστον για 90 λεπτά και προβλέπεται για να οδηγεί τους επιβάτες και το προσωπικό προς την ασφαλή περιοχή σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Η θέση του απαιτούμενου φωτισμού έχει ως εξής:
  - ✓ σήραγγα μονής διαδρομής: από τη μία πλευρά (στην οδευση διαφυγής)
  - ✓ σήραγγα διπλής διαδρομής: και από τις δύο πλευρές
  - ✓ τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων: πάνω από την οδευση διαφυγής και όσο το δυνατόν χαμηλότερα, χωρίς να εμποδίζεται η ελεύθερη διέλευση των πεζών, ή ενσωματωμένα στους χειρολισθήρες

Η φωτεινότητα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1 lux στη στάθμη της οδευσης διαφυγής.

Εάν ο φωτισμός έκτακτης ανάγκης σβήνει υπό συνθήκες συνθήκες λειτουργίας, πρέπει να είναι δυνατόν να ανάβει και με τους δύο ακόλουθους τρόπους:

- ✓ χειροκίνητα, από το εσωτερικό της σήραγγας, ανά διαστήματα 250m
- ✓ από τον χειριστή της σήραγγας, με τηλεχειρισμό

- **Σήμανση διαφυγής:** Για για όλες τις σήραγγες με μήκος άνω των 100m. Η σήμανση διαφυγής προσδιορίζει τις εξόδους κινδύνου, την απόσταση και την κατεύθυνση προς την ασφαλή περιοχή.

Τοποθετείται στους πλευρικούς τοίχους. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σημάτων διαφυγής είναι 50m. Στις σήραγγες τοποθετούνται και σήματα για τον προσδιορισμό της θέσης του εξοπλισμού έκτακτης ανάγκης, εφόσον προβλέπεται τέτοιος εξοπλισμός.

- **Προσβάσεις για τα συνεργεία διάσωσης:** Τα συνεργεία διάσωσης πρέπει να είναι σε θέση να εισέλθουν στη σήραγγα σε περίπτωση συμβάντος μέσω των εισόδων της σήραγγας και/ή κατάλληλων εξόδων κινδύνου. Αυτές οι προσβάσεις πρέπει να έχουν ελάχιστες διαστάσεις 2.25m (πλάτος) και 2.25m (ύψος). Ο διαχειριστής υποδομής περιγράφει στο σχέδιο έκτακτης ανάγκης τις προβλεπόμενες προσβάσεις. Εάν στο σχέδιο έκτακτης ανάγκης απαιτείται οδική πρόσβαση, αυτή θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερη προς την προβλεπόμενη ασφαλή περιοχή. Τυχόν εναλλακτικά μέσα πρόσβαση πρέπει να περιγράφονται στο σχέδιο έκτακτης ανάγκης.
- **Περιοχές διάσωσης εκτός σηράγγων:** Στις οδικές προσβάσεις, και κοντά στις σήραγγες, πρέπει να προβλέπονται περιοχές διάσωσης εμβαδού τουλάχιστον 500m<sup>2</sup>. Οι υφιστάμενες οδοί μπορούν να θεωρηθούν ως περιοχές διάσωσης. Εάν οι οδικές προσβάσεις δεν είναι εύλογα βατές, πρέπει να προβλέπονται εναλλακτικές λύσεις, μετά από συνεννόηση με τα συνεργεία διάσωσης.
- οι θύρες των εξόδων κινδύνου προς την επιφάνεια του εδάφους και οι θύρες των χώρων εξοπλισμού διαθέτουν κατάλληλες κλειδαριές
- οι έξοδοι κινδύνου δεν κλειδώνουν από μέσα και είναι δυνατόν να ανοίγουν από απομακρυνόμενο επιβάτη
- σε σήραγγες με υπόγειους σταθμούς, η αμαξοστοιχία είναι δυνατόν να εκκενωθεί σε υπόγεια αποβάθρα

## 6.6. Διαχείριση του Κινδύνου σε Σήραγγες

### 6.6.1. Διαχείριση του Κινδύνου και Ασφάλεια κατά την Εργασία σε Σήραγγες

Η προσεκτική αξιολόγηση του κινδύνου έχει αποδειχθεί μία εξαιρετική μέθοδος για τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση του κινδύνου με διαφορετικά σενάρια. Η συνεχής παρακολούθηση των συνθηκών που επικρατούν στο εργοτάξιο παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την ανανέωση των σεναρίων ανάλογα με την τρέχουσα κατάσταση. Η εργασία σε μία σήραγγα πρέπει να διεξάγεται κατά προτίμηση σε ζεύγη για να αυξήσει την ασφάλεια. Επιπλέον πρέπει να υπάρχουν πυροσβεστήρες και μάσκες διάσωσης για το προσωπικό. Κατάλληλη μέθοδος για την διάσωση τραυματιών πρέπει να σχεδιάζεται εκ των προτέρων. Μερικές φορές οι κίνδυνοι συμβαίνουν ακόμα και όταν έχουν ληφθεί προληπτικά μέτρα. Επικαιροποιημένα σενάρια διάσωσης δίνουν την δυνατότητα να ανακάμψει από τα προβλήματα και να αποτρέψει περαιτέρω ζημιές. Τα παρακάτω μέτρα ασφαλείας συμβάλλουν στη βελτίωση της ασφαλείας στο εργοτάξιο (Salmensaari, 2010):

- εκπαίδευση σε θέματα ασφαλείας των εργαζομένων για να κατανοήσουν τα πρωτόκολλα ασφαλείας που εφαρμόζονται σε ένα εργοτάξιο
- προσομοιώσεις σε καταστάσεις ασφαλείας
- συνεχής παρακολούθηση της ασφαλείας, με συγκεκριμένα κριτήρια στο χώρο εργασίας
- πυροσβεστήρες διαθέσιμοι σε κάθε όχημα σε μια σήραγγα, συμπιεσμένος αέρας και μάσκες που διατίθενται για τους σκοπούς της εκκένωσης
- κουτί πρώτων βοηθειών

- έλεγχος της πρόσβασης στις σήραγγες έτσι ώστε να είναι γνωστός ο αριθμός των εργαζομένων σε περίπτωση εκκένωσης και η θέση των εργαζομένων στη σήραγγα όλη την ώρα
- εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας για τους επισκέπτες στο χώρο του εργοταξίου
- οι εργασίες να γίνονται σε ζεύγη όποτε είναι δυνατόν
- έλεγχος του θορύβου και χρήση μέσων για την προστασία από τον θόρυβο
- έλεγχος της ποιότητας του αέρα και της σκόνης για να εξασφαλίσει τις συνθήκες εργασίας και αρκετό φρέσκο αέρα.

Θάλαμοι διαφυγής, όπως τα μεταλλικά κοντέινερ με σφραγισμένες πόρτες και σύστημα παροχής αέρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία του προσωπικού σε περίπτωση κακής ποιότητας αέρα, αλλά δεν ενδείκνυται για προστασία κατά την εκδήλωση πυρκαγιάς. Πυράντοχοι θάλαμοι μπορούν να προστατεύσουν τους εργαζόμενους σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης μέχρι να επέμβουν οι ομάδες διάσωσης.

### 6.6.2. Διαχείριση του Κινδύνου κατά τον Κύκλο Ζωής της Σήραγγας

Οι κίνδυνοι είναι παρόντες σε κάθε μέρος του κύκλου ζωής μιας σήραγγας. Η βασική πτυχή στη διαχείριση του κινδύνου είναι ο προσδιορισμός των κινδύνων, η αξιολόγηση των απειλών. Διαδικασίες πρέπει να αναπτυχθούν για την αποφυγή των κινδύνων και τον χειρισμό της κατάστασης που θα προκύψει. Η πιθανολογική μέθοδος διαχείρισης των κινδύνων είναι αποτελεσματική στον εντοπισμό των σημαντικότερων σεναρίων κινδύνου. Κατά τη φάση κατασκευής οι κίνδυνοι μπορούν να διακριθούν σε (Salmensaari, 2010):

- προβλήματα λόγω ανακρίβειας και μικρών αποκλίσεων που όμως λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό του έργου
- απρόβλεπτα γεγονότα, τα οποία δεν περιλαμβάνονται στο σχεδιασμό (λόγω της χαμηλής πιθανότητας τους), αλλά μπορούν να προσδιορισθούν και για τα οποία μπορούν να προβλεφθούν λύσεις εκ των προτέρων
- απρόβλεπτα γεγονότα που δεν μπορούν να προβλεφθούν στο σύνολο τους και μπορούν να αντιμετωπιστούν κυρίως με την εξασφάλιση οικονομικών πόρων

Βαρύτητα πρέπει να δοθεί στις περιβαλλοντικές συνθήκες και στη σημασία της προ-έρευνας. Πρέπει να αντιμετωπιστεί η κατανομή των κινδύνων μεταξύ των συμμετεχόντων του έργου. Στη φάση υποβολής προσφορών η διανομή μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στο συνολικό προϋπολογισμό του έργου, όπως το κόστος των κινδύνων, το οποίο ενσωματώνεται στη συνολική τιμή.

Η διαχείριση του κινδύνου στη φάση λειτουργίας του έργου επιτυγχάνεται μειώνοντας τον κίνδυνο σε διάφορα στάδια, ελαττώνοντας την πιθανότητα ενός κινδύνου και ελαχιστοποιώντας τις πιθανές ζημιές. Ένα σημαντικό μέρος της διαχείρισης του κινδύνου αποτελούν τα λειτουργικά μοντέλα για σενάρια έκτακτης ανάγκης και πρακτικές που διασφαλίζουν σωστές ενέργειες στην πραγματική κατάσταση. Η λειτουργία και ο εξοπλισμός μιας σήραγγας πρέπει να είναι υπό συνεχή επιτήρηση και συντήρηση, με στόχο την εξασφάλιση άψογης λειτουργίας (Salmensaari, 2010). Ο καταμερισμός των αρμοδιοτήτων που σχετίζονται με κάθε λειτουργία πρέπει να ορίζεται με σαφήνεια, και οι αρχές θα πρέπει να ορίσουν κάποιον υπεύθυνο για το έργο. Ένα υπόγειο έργο θα πρέπει να αξιολογείται προσεκτικά για την πλήρη εκτίμηση του κόστους και του οφέλους καθόλη τη διάρκεια ζωής του.

## 6.7. Η Ανθρώπινη Συμπεριφορά

Ένα σύστημα σηράγγων δεν είναι απλώς ένα τεχνικό σύστημα. Η ανθρώπινη συμπεριφορά επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τόσο την εμφάνιση ανεπιθύμητων γεγονότων, την ανάπτυξη αυτών των γεγονότων και την επιτυχία της παρέμβασης. Η ανθρώπινη συμπεριφορά έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί σοβαρό θέμα αβεβαιότητας. Παρά τον προσεκτικό σχεδιασμό και προετοιμασία, οι άνθρωποι σε πραγματικές συνθήκες είναι πιθανό να συμπεριφέρονται απρόσμενα (Thematic Network FIT, 2006). Δεν ακολουθούν τις δοθείσες οδηγίες, δεν χρησιμοποιούν τη συνδετήρια σήραγγα ή δεν ακολουθούν την επιθυμητή κατεύθυνση. Ως εκ τούτου ανθρώπινη συμπεριφορά πρέπει να μελετηθεί ακόμα περισσότερο έτσι ώστε να βελτιωθεί η συμπεριφορά των ατόμων σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Η έννοια της ασφάλειας αποτελείται από διαφορετικά επίπεδα στην πρόληψη των προβλημάτων. Αυτά περιλαμβάνουν προληπτικές μεθόδους για την ελαχιστοποίηση των πιθανοτήτων των διαφόρων προβλημάτων και τον περιορισμό των ζημιών εάν τα προβλήματα εξακολουθούν να συναντώνται. Συνήθως, όταν μια καταστροφή συμβαίνει πολλά πράγματα πήγαν στραβά ταυτόχρονα. Για το λόγο αυτό ακόμα και στην περίπτωση μικρότερων προβλημάτων αυτά θα πρέπει να διερευνηθούν σε βάθος για να εντοπιστούν οι λόγοι που οδήγησαν σε αυτή την κατάσταση με σκοπό την περαιτέρω βελτίωση της έννοιας της ασφάλειας. Για την εξασφάλιση μιας συνεχούς παρακολούθησης και ανάπτυξης συστημάτων ασφαλείας μια καλή πρακτική φαίνεται να είναι η ύπαρξη ενός διαφορετικού και αυτόνομου συντονιστή για θέματα ασφαλείας για τη διατήρηση της έννοιας της ασφάλειας των σηράγγων και των σχετικών διαδικασιών. Είναι σημαντικό να διακρίνουμε τρεις ομάδες ανθρώπων (Thematic Network FIT, 2006):

- Χρήστες:
  - ✓ οι χρήστες του οδικού δικτύου
  - ✓ χρήστες του σιδηροδρομικού δικτύου
  - ✓ χρήστες του μετρό
- Οι φορείς λειτουργίας:
  - ✓ το προσωπικό της αίθουσας ελέγχου
  - ✓ το προσωπικό της αμαξοστοιχίας (για τις σιδηροδρομικές σήραγγες και μετρό)
- Το προσωπικό έκτακτης ανάγκης

Η ανθρώπινη συμπεριφορά μπορούν να διακριθεί με βάση την κατάσταση σε (Thematic Network FIT, 2006):

- συνήθης συμπεριφορά πριν από το συμβάν και πρόληψη των ατυχημάτων
- συμπεριφορά που προκαλεί ανεπιθύμητα συμβάντα, ατυχήματα και πυρκαγιές
- ανθρώπινη αντίδραση στη φωτιά
- διάσωση και εκκένωση
- καταπολέμηση της πυρκαγιάς

Οι χρήστες και η συμπεριφορά τους αναλύονται στη συνέχεια σύμφωνα με στοιχεία που περιέχονται στη Γενική Έκθεση για Πυρκαγιές σε Σήραγγες του Thematic Network FIT η οποία συντάχθηκε για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

### 6.7.1. Χρήστες Οδικού Δικτύου

#### 6.7.1.1. Συνήθης Συμπεριφορά

Οι τεχνικές λύσεις σε μια σήραγγα συνεπάγονται ένα σύνολο από κανόνες που είναι σημαντικές για τη συμπεριφορά των φορέων λειτουργίας της σήραγγας και των χρηστών. Από τη σκοπιά του χρήστη, οι κανόνες είναι οδηγίες που μειώνουν την πιθανή μεταβλητότητα της συμπεριφοράς. Οι κανόνες ορίζουν υποχρεωτική, επιτρέπεται και "απαγορεύεται" συμπεριφορά (Thematic Network FIT, 2006).

Η υποδομή της σήραγγας, η ερμηνεία των κανόνων χρήσης της σήραγγας και η συμπεριφορά των άλλων συμμετεχόντων στη σήραγγα είναι οι κύριες πηγές των ερεθισμάτων που καθορίζουν τη συμπεριφορά του χρήστη.

Κάθε χρήστης της σήραγγας έχει ένα σύνολο στόχων, οι οποίοι επιδιώκονται με την κατάσταση της κυκλοφορίας. Κατά τη διάρκεια της οδήγησης ο χρήστης συνεχώς εκτιμά την κατάσταση της κυκλοφορίας, προβλέπει τις πιθανές εκβάσεις και αποφασίζει για διορθωτικές ενέργειες που ταιριάζουν με την αντιληπτή κατάσταση.

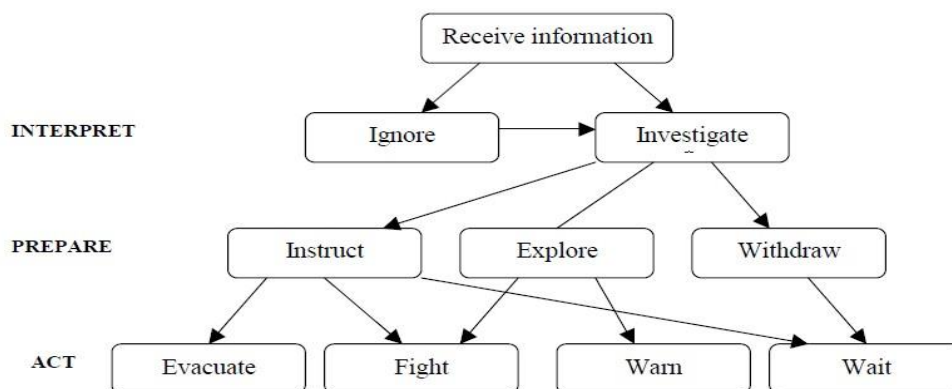
#### 6.7.1.2. Συμπεριφορά που Προκαλεί Ανεπιθύμητα Συμβάντα, Ατυχήματα και Πυρκαγιές

Η αιτία ατυχημάτων, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, συνδέεται με την ανθρώπινη συμπεριφορά από την πλευρά των οδηγών. Οι άμεσες αιτίες περιλαμβάνουν π.χ. υψηλή ταχύτητα, έλλειψη προσοχής, εσφαλμένες υποθέσεις, κακή παρατήρηση ή εσωτερική απόσπαση της προσοχής. Η ανθρώπινη ενέργεια του οδηγού μπορεί να είναι μια έμμεση αιτία του ατυχήματος, όπως π.χ. η σωματική κατάσταση και το αλκοόλ.

Ένας μεγάλος αριθμός των ατυχημάτων και των πυρκαγιών θα μπορούσαν να αποφευχθούν, εάν όλοι οι οδηγοί κινούνταν με μέτρια ταχύτητα, ήταν νηφάλιοι, τηρούσαν την κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους και είχαν καλά ελεγμένα οχήματα.

#### 6.7.1.3. Ανθρώπινη Αντίδραση στην Πυρκαγιά

Η πυρκαγιά βιώνεται από τους χρήστες ως ένα σύνθετο και ταχέως μεταβαλλόμενο γεγονός, η οποία, στα πρώτα της στάδια, τουλάχιστον, είναι συνήθως εξαιρετικά ασαφής, παρέχοντας ελάχιστα θετικά στοιχεία για να μπορέσει να ενεργήσει. Ένα άτομο που βρίσκεται αντιμέτωπο με μια φωτιά χρειάζεται πολλές πληροφορίες προκειμένου να κατανοήσει πλήρως την κατάσταση και να αποφασίσει τι να κάνει. Το γενικό μοντέλο των αλληλουχιών παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.3.



Σχήμα 6.3: Αλληλουχίες της ανθρώπινης αντίδρασης σε πυρκαγιά  
[Πηγή: Thematic Network FIT, 2006]

Έχει παρατηρηθεί σε μια σειρά από καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ότι οι άνθρωποι συμπεριφέρονται ορθολογικά σε αυτές τις περιπτώσεις. Η φαινομενικά «λάθος» συμπεριφορά είναι αποτέλεσμα της εσφαλμένης αντίληψη της κατάστασης και της ασφάλειας και μπορεί να βελτιωθεί με την επικοινωνία στη σήραγγα και με γενικές ενημερωτικές εκστρατείες.

#### 6.7.1.4. Εκκένωση

Η ανθρώπινη συμπεριφορά που σχετίζεται με την εκκένωση μπορεί να διαμορφωθεί σε τρία στάδια (Thematic Network FIT, 2006):

- έχει υποπέσει στην αντίληψή τους
- δισταγμός να εγκαταλείψουν το αυτοκίνητο
- περπατούν προς την έξοδο

Έχει παρατηρηθεί ότι οι αυτοκινητιστές είναι πολύ απρόθυμοι να αφήσουν τα οχήματά τους σε περίπτωση πυρκαγιών σήραγγας. Οι χρήστες τείνουν να υποτιμούν την κατάσταση και θα πρέπει να διαταχθούν άμεσα να αφήσουν τα αυτοκίνητά τους. Μόνο στην περίπτωση σαφώς επικίνδυνων καταστάσεων οι αυτοκινητιστές θα αφήσουν τα αυτοκίνητά τους.

#### 6.7.2. Επιβάτες του Τρένου και του Μετρό

##### 6.7.2.1. Συμπεριφορά που Προκαλεί Ανεπιθύμητα Συμβάντα, Ατυχήματα και Πυρκαγιές

Δεν απαιτούνται πολύπλοκες ενέργειες. Η συμπεριφορά των επιβατών του τρένου και του μετρό, που μπορεί να προκαλέσει ατυχήματα και πυρκαγιές, περιορίζεται σε απροσεξία, τόλμη ή δολιοφθορά (Thematic Network FIT, 2006). Ειδικότερα, το κάπνισμα και οι εμπρησμοί συμβάλλουν στον κίνδυνο.

##### 6.7.2.2. Ανθρώπινη Αντίδραση στην Πυρκαγιά

Σε σχέση με τις οδικές σήραγγες η κατάσταση είναι πιο ελεγχόμενη. Το προσωπικό της αμαξοστοιχίας κανονικά έχει εκπαιδευτεί στη σωστή συμπεριφορά σε περίπτωση πυρκαγιάς και θα καθοδηγήσει τους επιβάτες σε σχέση με τη φωτιά στη σήραγγα.

Οι επιβάτες λαμβάνουν οδηγίες από το προσωπικό και η εμπειρία έχει δείξει ότι οι επιβάτες θα ακολουθήσουν αυτές τις οδηγίες. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό ότι οι οδηγίες που δίνονται είναι σωστές διαφορετικά μπορούν να οδηγήσουν σε κρίσιμες καταστάσεις για ένα μεγάλο αριθμό επιβατών (Thematic Network FIT, 2006) Γενικές πληροφορίες για την ασφάλεια μπορεί να δίνονται με τη μορφή εντύπων στα τρένα.

Οι επιβάτες μπορούν να αντιδράσουν με την ενεργοποίηση του φρένου έκτακτης ανάγκης, αλλά η ενεργοποίηση δεν είναι συχνά επιθυμητή στη σήραγγα και μπορεί να ακυρωθεί από τον οδηγό της μηχανής.

##### 6.7.2.3. Εκκένωση

Στην περίπτωση που ένα τρένο πρέπει να εκκενωθεί εντός της σήραγγας, αυτό μπορεί να επηρεάσει ένα μεγάλο αριθμό επιβατών. Ο σχεδιασμός και η ικανότητα των τρόπων διαφυγής είναι σημαντικός.

Κανονικά οι επιβάτες δεν θα πρέπει να είναι σε θέση να εγκαταλείψουν το τρένο στη σήραγγα πριν να δοθούν οδηγίες για την εκκένωση. Όταν οι οδηγίες δοθούν, κανονικά δεν θα υπάρχει κανένας δισταγμός να εγκαταλείψουν το τρένο. Μια συμπεριφορά τύπου ομάδας θα χαρακτηρίζει τους επιβάτες και ο χρόνος για να αφήσει η ομάδα το τρένο και να φτάσει στην έξοδο εξαρτάται από την πόρτα, πεζοδρόμια, φωτισμό, κλπ., καθώς και από την ικανότητα κίνησης των επιβατών (Thematic Network FIT, 2006).

## 6.8. Ελληνική Νομοθεσία για τους Υπόγειους Χώρους

### 6.8.1. Στοιχεία του Κανονισμού Πυροπροστασίας (Π.Δ. 71/88)

Για τη σύνταξη ενός σχεδίου εκκένωσης ενός υπόγειου χώρου στην ισχύουσα ελληνική νομοθεσία και στις ισχύουσες κανονιστικές διατάξεις δεν υπάρχουν σχετικές διατάξεις, προβλέψεις και οδηγίες για ένα τέτοιο χώρο. Αντίθετα για άλλες κατηγορίες χώρων οι διατιθέμενες πληροφορίες και οι σχετικές διατάξεις είναι εκτεταμένες με πληθώρα αναφορών. Ειδικότερα, στην ισχύουσα ελληνική νομοθεσία δεν προβλέπεται υποχρέωση υποβολής σχεδίων εκκένωσης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης για ουδεμία κατηγορία χώρου. Η έλλειψη της συγκεκριμένης κανονιστικής υποχρέωσης «αντισταθμίζεται» και «υποκαθίσταται» από μία μελέτη παθητικής πυροπροστασίας του χώρου με βάση το ΠΔ 71/1988 η οποία υποβάλλεται στην πυροσβεστική υπηρεσία από την οποία ελέγχεται και εγκρίνεται. Η συγκεκριμένη μελέτη αποτελεί τη μοναδική προϋπόθεση για την αδειοδότηση ενός χώρου και την εξασφάλιση ενός ελάχιστου επιπέδου ασφάλειας.

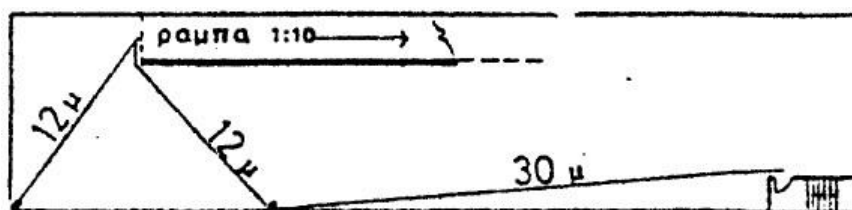
Η μοναδική αναφορά που γίνεται σε υπόγειους χώρους εντοπίζεται σε υπόγεια που προορίζονται για στάθμευση αυτοκινήτων με έως και τρία επίπεδα. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι κι η συγκεκριμένη περίπτωση αντιμετωπίζεται ως κτίριο με αυξημένες απαιτήσεις ασφαλείας και ιδιαίτερη επικινδυνότητα.

Με βάση τον κανονισμό πυροπροστασίας για υπόγειους χώρους στάθμευσης προβλέπονται διάφορες διατάξεις σχετικά με τις οδεύσεις διαφυγής. Κατά τη φάση του σχεδιασμού, στους δημόσιους χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων ο πληθυσμός υπολογίζεται με την αναλογία δύο (2) ατόμων για την επιφάνεια στάθμευσης ενός αυτοκινήτου, ενώ στους ιδιωτικούς χώρους με την αναλογία ενός (1) ατόμου για την επιφάνεια στάθμευσης ενός αυτοκινήτου. Αν ο αριθμός αυτοκινήτων δεν είναι αυστηρά καθορισμένος, ο θεωρητικός πληθυσμός των κτιρίων αυτής της κατηγορίας καθορίζεται με την αναλογία ενός (1) ατόμου / 40 m<sup>2</sup> μικτού εμβαδού, συμπεριλαμβανομένων και των ανοικτών εξωστών (παταριών).

Η παροχή ανά μονάδα πλάτους (0.6 του μέτρου) της όδευσης διαφυγής καθορίζεται σε:

- 100 άτομα για τις οριζόντιες οδεύσεις (διάδρομοι - πόρτες)
- 75 άτομα για τις κατακόρυφες οδεύσεις (σκάλες - ράμπες)

Γενικά επιβάλλεται η πρόβλεψη δύο τουλάχιστον εξόδων κινδύνου από κάθε σημείο του ορόφου των κτιρίων αυτής της κατηγορίας. Η μέγιστη πραγματική απόσταση απροστάτευτης όδευσης διαφυγής καθορίζεται σε 45m. Τα τυχόν δημιουργούμενα αδιέξοδα δεν πρέπει να έχουν μήκος μεγαλύτερο από 12m. Επιτρέπεται μόνο μία έξοδος κινδύνου σε μονώροφους χώρους στάθμευσης που βρίσκονται σε υπόγειο, εφόσον η ευθεία απόσταση απροστάτευτης όδευσης δεν ξεπερνά τα 12m. Μία ράμπα για την κίνηση οχημάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δεύτερη εναλλακτική όδευση διαφυγής εφόσον: εξυπηρετεί μόνο έναν όροφο στάθμευσης, η άμεση απόσταση κάθε σημείου του ορόφου από την αρχή της ράμπας δεν ξεπερνά τα 12m, η πλευρά της ράμπας προς το χώρο στάθμευσης πρέπει να αποτελείται από πυράντοχη κατασκευή όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.4.



Σχήμα 6.4: Ράμπα κίνησης οχημάτων για χρήση ως όδευση εναλλακτικής διαφυγής  
[Πηγή: Κανονισμός Πυροπροστασίας Π.Δ 71/88]

Όταν στο χώρο υπάρχουν αντλίες υγρών καυσίμων, πρέπει να προβλέπεται να παραμένουν ανεμπόδιστες δύο τουλάχιστον έξοδοι κινδύνου, για περίπτωση πυρκαγιάς ή έκρηξης σε κάποια αντλία.

Τα δομικά στοιχεία του περιβλήματος της πυροπροστατευμένης όδευσης διαφυγής, που είναι συνήθως ένα πυροπροστατευμένο κλιμακοστάσιο, πρέπει να έχουν ελάχιστο δείκτη πυραντίστασης 120min. Τα εσωτερικά κλιμακοστάσια σε πολυώροφα γκαράζ, πρέπει να είναι πυροπροστατευμένα. Όταν είναι πολυώροφα υπόγεια, πρέπει να διαθέτουν σε κάθε όροφο ειδικό πυροπροστατευμένο προθάλαμο για την προστασία από τον καπνό, με πυράντοχες αυτοκλειόμενες πόρτες τουλάχιστον 30 λεπτών.

Στα υπόγεια πολυώροφα γκαράζ πρέπει να εξασφαλίζεται αερισμός. Συγκεκριμένα, στους υπόγειους ορόφους στάθμευσης, όπου πρακτικά είναι αδύνατη η δημιουργία ή η ύπαρξη ανοιγμάτων εξαερισμού στους τοίχους τους, η έννοια του εξαερισμού έχει την ευρύτερη έννοια της εξασφάλισης ισοδύναμης επάρκειας εξαερισμού, που μπορεί να επιτευχθεί στις περιπτώσεις αυτές ακόμη και με μηχανικό τρόπο, αρκεί να αποδεικνύεται από πλήρη σχετική μελέτη.

Σε υπόγεια όταν το εμβαδόν ορόφου ξεπερνά τα 300m<sup>2</sup>. εγκαθίσταται αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης και μόνιμο υδροδοτικό πυροσβεστικό δίκτυο. Επίσης, τοποθετούνται κατάλληλοι σε είδος και επαρκείς σε αριθμό φορητοί πυροσβεστήρες.

### 6.8.2. Προδιαγραφές Οδικής Σήραγγας Σύμφωνα με ΟΜΟΕ

Για τον σχεδιασμό του οδικού δικτύου οι υπεύθυνοι πρέπει να συμμορφώνονται με τους κανόνες και τις προδιαγραφές που περιλαμβάνει το τεύχος «Οδηγίες Μελετών Έργων Οδοποιίας». Ειδικά στην περίπτωση των οδικών σηράγγων πρέπει να εφαρμόζεται το αντίστοιχο τεύχος, στο οποίο περιλαμβάνονται οδηγίες για την εκπόνηση των απαραίτητων μελετών και ορίζονται οι προδιαγραφές οι σχετικές με την ασφάλεια των οδικών σηράγγων. Οι προδιαγραφές αυτές σχετίζονται με τις οδούς διαφυγής, τις εξόδους κινδύνου και διαφυγής, το σύστημα φωτισμού, τον αερισμό και άλλα στοιχεία τα οποία αναλύονται στη συνέχεια.

#### Οδοί διαφυγής και έξοδοι κινδύνου:

Οι εγκαταστάσεις διαφυγής έκτακτης ανάγκης αποτελούν θέσεις διαφυγής για τους χρήστες της σήραγγας οι οποίοι εγκλωβίζονται μέσα στη σήραγγα κατά τη διάρκεια περιστατικού έκτακτης ανάγκης. Παρέχουν την δυνατότητα άμεσης προστασίας από τις υψηλές θερμοκρασίες ή/και τον καπνό που παράγονται από την πυρκαγιά. Οι εγκαταστάσεις διαφυγής περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- οδεύσεις διαφυγής προς το εξωτερικό περιβάλλον
- για διπλές (δίδυμες) σήραγγες, ως ασφαλής οδός διαφυγής θεωρείται ο δεύτερος κλάδος καθώς και τα στόμια
- για μονές σήραγγες, κατάλληλη σήραγγα διαφυγής παράλληλη προς την κύρια σήραγγα καθώς και τα στόμια

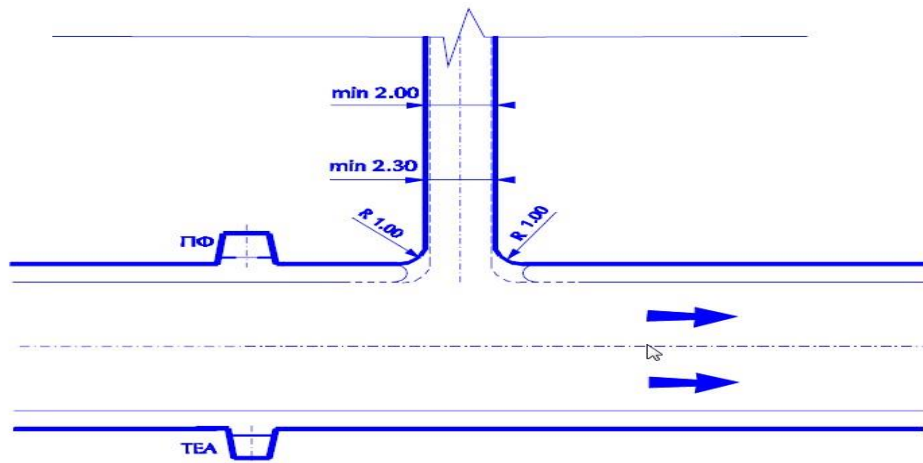
Οι αποστάσεις μεταξύ των οδεύσεων διαφυγής έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να είναι 350 με 400m ανάλογα με το μήκος της σήραγγας. Για αστικές σήραγγες, αναλόγως του φόρτου, μπορεί να είναι μικρότερες. Θα προβλέπονται εγκαταστάσεις διαφυγής έκτακτης ανάγκης με τη μορφή πραγματικών οδεύσεων διαφυγής εκτός από την περιοχή του ατυχήματος στη σήραγγα. Οι εγκαταστάσεις διαφυγής έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να είναι προσπελάσιμες και από άτομα με ειδικές ανάγκες.

#### Έξοδοι διαφυγής πεζών:

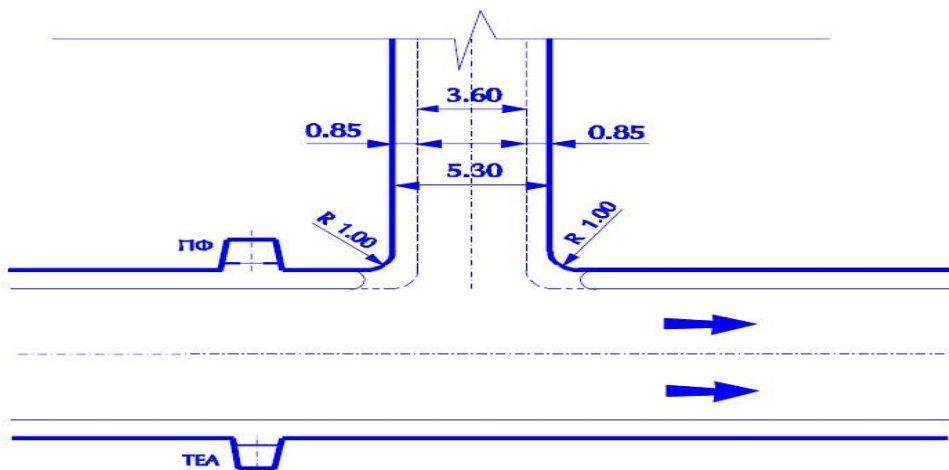
Η τυπική διαμόρφωση μιας εγκάρσιας εξόδου διαφυγής πεζών απεικονίζεται στο Σχήμα 6.5 ενώ οι διαστάσεις και τα όρια του περιυπτύματος των εγκάρσιων εξόδων διαφυγής πεζών δίδονται στο Σχήμα 6.6.



Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να προτείνονται και άλλοι τρόποι διαφυγής εκτός από αυτούς που αναφέρονται παρακάτω:



Σχήμα 6.5: Τυπική διαμόρφωση εξόδου διαφυγής πεζών (κάτοψη)  
[Πηγή: Σακκάς et al, 2002]



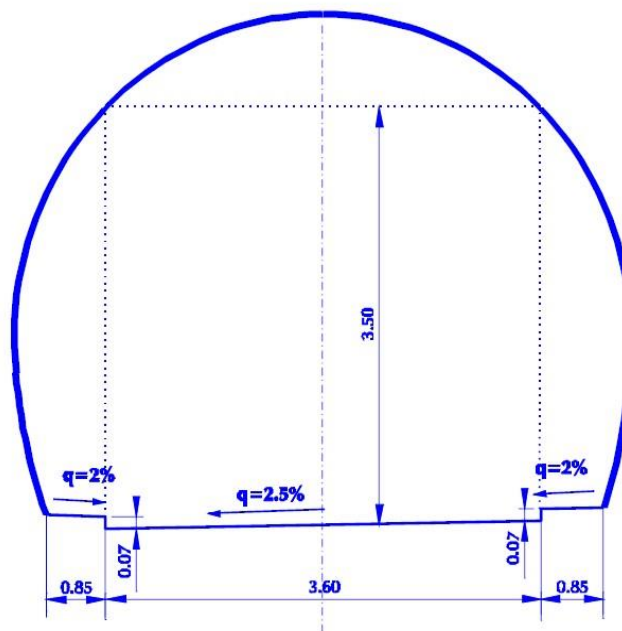
Σχήμα 6.6: Τυπική διαμόρφωση σήραγγας προσέγγισης οχημάτων εκτάκτου ανάγκης (κάτοψη)  
[Πηγή: Σακκάς et al, 2002]

- σε σήραγγες, των οποίων το μήκος υπερβαίνει τα 700m, πρέπει να διατάσσονται εγκάρσιες εξοδοί διαφυγής περίπου ανά 350m, εφόσον το σύστημα εξαερισμού της σήραγγας σε περίπτωση πυρκαγιάς δεν παρέχει επαρκή ασφάλεια
- επιβάλλεται η σήμανσή τους ανά 50m σε ύψος 1.0m – 1.5m από το πεζοδρόμιο με ένδειξη της απόστασης
- σε σήραγγες διπλού κλάδου οι εγκάρσιες εξοδοί διαφυγής οδηγούν κατά κανόνα από την μία σήραγγα στην άλλη
- στις μονές σήραγγες διπλής κατεύθυνσης, εφόσον δεν είναι δυνατή η επικοινωνία των εγκάρσιων σήραγγων διαφυγής με τον εξωτερικό χώρο πρέπει να προβλέπεται διαμήκης σήραγγα διαφυγής, με την οποία θα συνδέονται οι αντίστοιχες εγκάρσιες
- οι εγκάρσιες εξοδοί διαφυγής πρέπει να κλείνουν με θύρες που να τοποθετούνται σε απόσταση περίπου 3.0m από την οριογραμμή της σήραγγας. Η περιοχή των θυρών πρέπει να διαμορφώνονται με μηδενική κατά μήκος κλίση και επίκλιση

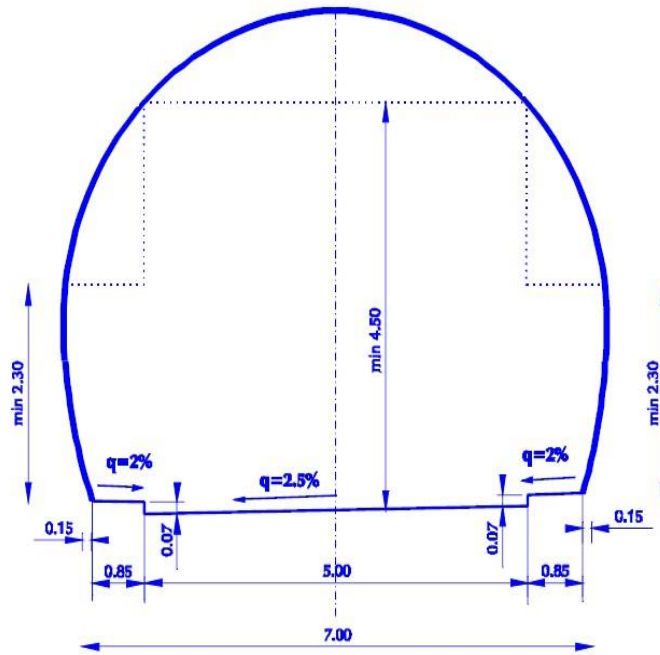
## Προσέγγιση οχημάτων εκτάκτου ανάγκης - Έξοδοι διαφυγής οχημάτων:

- οι εγκάρσιες εξοδοι διαφυγής ανά τρεις πρέπει να διαμορφώνονται έτσι, ώστε να είναι δυνατή η διέλευση προσέγγιση οχημάτων έκτακτης ανάγκης, όπως πυροσβεστικά οχήματα και ασθενοφόρα
- στις υπόψη εξόδους, η επικοινωνία μεταξύ κλάδων σηράγγων θα περιλαμβάνει ξεχωριστές θύρες για την πρόσβαση οχημάτων εκτάκτου ανάγκης και διαφυγής προσώπων αντίστοιχα
- η χωροθέτησή τους θα πρέπει κατά το δυνατόν να συνδυάζεται με τις εσοχές στάθμευσης εκτάκτου ανάγκης για λόγους διευκόλυνσης των ελιγμών εκτός και αν υπάρχουν βάσιμοι λόγοι οι οποίοι να απαγορεύουν κάτι τέτοιο
- οι εγκάρσιες εξοδοι διαφυγής οχημάτων εκτάκτου ανάγκης – οχημάτων πρέπει να κλείνουν με θύρα η οποία θα τοποθετείται σε απόσταση περίπου 4.50m από την οριογραμμή της σήραγγας. Η περιοχή των θυρών πρέπει να διαμορφώνονται με μηδενική κατά μήκος κλίση και επίκλιση
- στις σήραγγες με ιδιαίτερα μεγάλο μήκους (> 6km) και περί το μέσον αυτών, πρέπει να διατάσσεται εσοχή αναστροφής για οχήματα μεγάλου μήκους

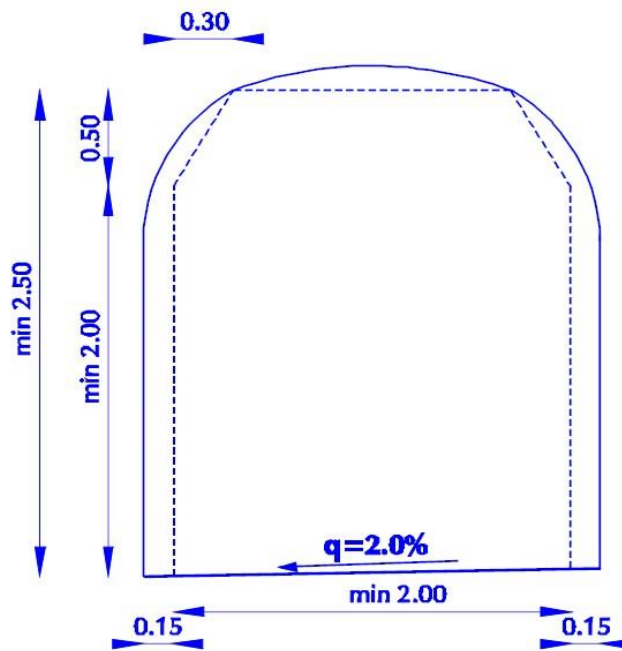
Η τυπική διαμόρφωση σήραγγας προσέγγισης οχημάτων εκτάκτου ανάγκης απεικονίζεται στο Σχήμα 6.7 ενώ οι διαστάσεις και τα όρια του περιτυπώματος των εγκάρσιων εξόδων διαφυγής οχημάτων εκτάκτου ανάγκης και πεζών δίνονται στο Σχήμα 6.8 και στο Σχήμα 6.9 αντίστοιχα .



Σχήμα 6.7: Τυπική διατομή σήραγγας προσέγγισης οχημάτων εκτάκτου ανάγκης  
[Πηγή: Σακκάς et al, 2002]



Σχήμα 6.8: Τυπική διατομή εξόδου διαφυγής οχημάτων [Πηγή: Σακκάς et al, 2002]



Σχήμα 6.9: Τυπική διαμόρφωση διατομής εξόδου διαφυγής πεζών [Πηγή: Σακκάς et al, 2002]

**Φωτισμός Ασφαλείας:**

Τα φωτιστικά του νυκτερινού φωτισμού προβλέπεται να λειτουργούν και σαν φωτισμός ασφαλείας τροφοδοτούμενα από σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας UPS. Πέραν του φωτισμού ασφαλείας αυτού προβλέπεται φωτισμός οδεύσεων διαφυγής σε περίπτωση φωτιάς. Για το σκοπό αυτό προβλέπονται στην πλευρά των εξόδων διαφυγής φωτιστικά αναγνώρισης των οδεύσεων διαφυγής και ύπαρξης φωτιάς. Τέτοια φωτιστικά προβλέπονται για σήραγγες >500m και σε μεταξύ τους αποστάσεις 50m, θα είναι δε κατασκευής και διαστάσεων τυποποιημένων που θα καθορισθούν με ειδική απόφαση.

**Λοιπές διατάξεις:**

- Το σύστημα αερισμού της σήραγγας θα σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να λειτουργεί αυτόματα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, π.χ. πυρκαγιάς, για τον έλεγχο της εξάπλωσης του καπνού και της θερμότητας και την εξασφάλιση οδού διαφυγής στους παγιδευμένους εντός της σήραγγας χρήστες.
- Κάθε σήραγγα μονής ή διπλής κατευθύνσεως μήκους μεγαλύτερου των 500m θα εφοδιάζεται με ενεργό σύστημα παροχής νερού για πυροσβεστική χρήση, καθώς και με τους σχετικούς κρουνοί και συνδέσμους για άμεση χρήση από την αρμόδια Υπηρεσία του Πυροσβεστικού Σώματος.
- Θα προβλέπεται δεξαμενή νερού και αντλιοστάσιο πυροσβέσεως για κάθε σήραγγα ή ομάδα σηράγγων.
- Τα τηλέφωνα ανάγκης θα είναι ισοκαταμεμημένα μέσα στην σήραγγα, σε αποστάσεις περίπου 175m. έως 200m. μεταξύ τους και οπωσδήποτε, σε περίπτωση ύπαρξης εξόδων διαφυγής, απέναντι από τα στόμια των εξόδων.

## **6.9. Περιστατικά Πυρκαγιάς κατά τη Διάρκεια Κατασκευής των Σηράγγων - Πτυχές Εκκένωσης**

### **6.9.1. Γενικά**

Ένα εργοτάξιο κατασκευής σήραγγας αποτελεί ένα σύνθετο εργασιακό περιβάλλον. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ότι στην περίπτωση μιας πυρκαγιάς η εκκένωση από τις διάφορες θέσεις εντός του εργοταξίου μπορεί να είναι πιο δύσκολη από ό, τι εάν η κατασκευή της σήραγγας είχε τελειώσει.

Κατά παράδοση οι περισσότερες αναλύσεις εκκένωσης έχουν επικεντρωθεί στα προβλήματα που σχετίζονται με την εκκένωση μεγάλων πληθυσμών σε δημόσιους χώρους. Το γεγονός αυτό οφείλεται εν μέρη στην ανάγκη για δημιουργία κωδικών προκειμένου να ρυθμιστεί ορθολογικά η ικανότητα εκκένωσης των διαδρόμων, των ανοιγμάτων, των πορτών και των κλιμακοστασίων. Ένας άλλος λόγος για τη διερεύνηση της ικανότητας εκκένωσης για μεγάλους πληθυσμούς είναι η ανάγκη να βρεθούν τα δεδομένα εισόδου για την μοντελοποίηση της εξόδου για τα μεγάλα πλήθη. Αυτό έχει επίσης οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλών μοντέλων εξόδου, τα οποία είναι κατάλληλα για το χειρισμό μεγάλων πληθυσμών. Οι τυπικές εγκαταστάσεις για τα μοντέλα αυτά είναι δημόσια κτίρια, αθλητικοί χώροι, συστήματα μαζικής μεταφοράς και ψηλά κτίρια. Ιδιαίτερη προσοχή έχει επίσης επικεντρωθεί σε χώρους όπου οι άνθρωποι δεν μπορούν να απομακρυνθούν από μόνοι τους όπως κάποια ιδρύματα ή σε χώρους που δεν γνωρίζουν τη διαμόρφωση και τις διαδρομές εκκένωσης. Η εκκένωση σε αυτούς τους τύπους εγκαταστάσεων είναι επομένως, μάλλον καλά τεκμηριωμένη. Ωστόσο, η γνώση σχετικά με την εκκένωση σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις και σε εργοτάξια είναι σχετικά περιορισμένη.

Οι συνθήκες εκκένωσης για τους ανθρώπους που εργάζονται σε εργοτάξια είναι πολύ διαφορετικές από τις συνθήκες που μπορεί να αναμένονται σε δημόσια κτίρια (Håkan, 2010). Το πιο σημαντικό, το περιβάλλον είναι μερικές φορές πολύ πολύπλοκο, δηλαδή, είναι δύσκολο να εκκενωθεί τόσο λόγω έλλειψης γνώσης όσο και λόγω φυσικών εμποδίων. Ένα εργοτάξιο αλλάζει συνεχώς, πράγμα που σημαίνει ότι οι διαδρομές εκκένωσης μπορούν να τροποποιηθούν από τη μια μέρα στην άλλη και δεν μπορούν πάντα να επισημαίνονται σαφώς. Αυτό το είδος της συνεχούς τροποποίησης μπορεί να κάνει τον τρόπο εύρεσης της διαδρομής προβληματικό.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες μπορούν επίσης να επιβάλλουν άλλες δυσκολίες, όπως προβλήματα ακοής του συναγερμού εκκένωσης εξαιτίας του θορύβου και το πρόβλημα μετακίνησης σε έναν ασφαλή χώρο λόγω των στενών περασμάτων και εμποδίων. Αυτοί οι παράγοντες καθιστούν το περιβάλλον σύνθετο σε σχέση με

την εκκένωση λόγω πυρκαγιάς, η οποία μπορεί να σχηματίσει επιπλέον κινδύνους που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά τη διάρκεια λειτουργίας στο πολύπλοκο χώρο.

Μεγάλο μέρος της προληπτικής ασφάλειας στην εργασία στηρίζεται στις παραδοσιακές διαδικασίες. Δεν έχει δημοσιευθεί αρκετό υλικό το οποίο να αναφέρεται στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι κατά τη διάρκεια της εκκένωσης σε πολύπλοκους εργασιακούς χώρους. Ωστόσο, ένας βασικός παράγοντας για μια επιτυχή εκκένωση από ένα εργοτάξιο, οφείλει να αναγνωρίσει τη σημασία αυτών των διαδικαστικών πτυχών της ασφάλειας. Ένα τυπικό πρόβλημα που μπορεί να συμβεί σε ένα εργοτάξιο μιας σήραγγας είναι η παρουσία πολλών εργολάβων, που μπορεί να οδηγήσει σε μια ασαφή σχέση της ευθύνης της ασφάλειας.

Παρόλα αυτά, η φύση των προβλημάτων σε σύνθετους χώρους εργασίας είναι παρόμοια με εκείνα σε παραδοσιακά συγκροτήματα κτιρίων, δηλαδή υπάρχουν προβλήματα που σχετίζονται με την επίγνωση της απειλής πυρκαγιάς, με τα ηχητικά σήματα που θα πρέπει να ερμηνευτούν και να παρθεί κάποια απόφαση και τέλος η απόσταση που θα πρέπει να διανύσουν οι εργαζόμενοι προκειμένου να φτάσουν σε ένα ασφαλές μέρος. Αλλά, προφανώς, υπάρχουν διαφορές οι οποίες σχετίζονται με την αυξημένη πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος. Παράγοντες που μπορεί να αυξήσουν την πολυπλοκότητα είναι (Håkan, 2010):

- οπτική πρόσβαση- περιορισμένη οπτική επισκόπηση, χαμηλός φωτισμός, σκοτάδι
- ηχητικό επίπεδο - θορυβώδες περιβάλλον, οι εργαζόμενοι φοράνε ωτοασπίδες
- εξοικείωση-κακή γνώση του περιβάλλοντος, μεταβαλλόμενο περιβάλλον
- φυσικές συνθήκες - εμπόδια και στενά περάσματα, τραχιά επιφάνεια του δαπέδου, ολισθηρότητα, πτώσεις, απομακρυσμένες περιοχές
- οι εργασίες που πρέπει να ολοκληρωθούν σωστά για λόγους ασφαλείας-γεωτρήσεις, ανατινάξεις, συγκολλήσεις

Μεγάλο μέρος της ανησυχίας για τις πυρκαγιές που συμβαίνουν σε εργοτάξια κατασκευής σήραγγων σχετίζονται με τη δυνατότητα για μεγάλες ζημιές και την δυσκολία εκκένωσης του χώρου από τους εργαζόμενους.

### 6.9.2. Εισαγωγή στην Εκκένωση Εργοταξίου Σήραγγας

Η εκκένωση του εργοταξίου κατασκευής μίας σήραγγας σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από το στάδιο κατασκευής της σήραγγας. Υπάρχουν βασικά δύο στάδια κατασκευής, πριν και μετά το σημείο διάνοιξης (Håkan, 2010). Πριν από αυτό το σημείο, η σήραγγα έχει μόνο μία είσοδο και μία έξοδο, μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για ένα μακρύ σωλήνα μέσα στο βουνό. Μετά την διάνοιξη υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης στη σήραγγα τουλάχιστον από δύο πλευρές, επιτρέποντας έτσι την εκκένωση σε δύο κατευθύνσεις.

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης, οι προϋποθέσεις για την εκκένωση είναι σχεδόν οι ίδιες με την πάροδο του χρόνου. Οι φυσικές συνθήκες δεν αλλάζουν δραματικά καθώς η περιοχή έχει ένα τραχύ περιβάλλον, μετά ο βράχος ανασκάπτεται ή λαμβάνει χώρα η διάτρηση. Η πιο σημαντική αλλαγή στις συνθήκες είναι η συνεχής αύξηση της απόστασης από την έξοδο από το πιο απομακρυσμένο μέρος της σήραγγας. Μετά την διάνοιξη η διαδικασία κατασκευής περνάει σε άλλο στάδιο όπου οι γεωτρήσεις και οι ανατινάξεις δεν είναι τόσο συχνές. Το έργο γίνεται παρόμοιο με ένα παραδοσιακό εργοτάξιο με εργασίες εγκατάστασης και καθαρισμού του χώρου. Το προσωπικό εργασίας της σήραγγας επίσης αλλάζει σε προσωπικό που δεν είναι τόσο εξοικειωμένο με σήραγγες. Η συνειδητοποίηση των προβλημάτων που σχετίζονται με μια υπόγεια κατασκευή μπορεί συνεπώς να υποτεθεί ότι είναι διαφορετική.

Ωστόσο, καθώς η εργασία φτάνει σε ένα στάδιο με περισσότερες από μία επιλογές εκκένωσης η δυνατότητα για μια επιτυχή εκκένωση είναι αυξημένη. Στην πρώτη φάση η μόνη διαθέσιμη οδός διαφυγής είναι το κομμάτι της σήραγγας που έχει εκσκαφθεί, δηλαδή ο δρόμος της επιστροφής μέσω της σήραγγας προς τα έξω (Håkan, 2010). Ένα πιθανό θέμα που πρέπει να εξεταστεί τότε είναι ότι η απόσταση για την ασφαλή θέση, η οποία ως επί το πλείστον θεωρείται ότι είναι έξω από τη σήραγγα, μπορεί να είναι σημαντική. Σε περιπτώσεις με εξαιρετικά μεγάλες αποστάσεις μέχρι την είσοδο της σήραγγας μπορεί να χρησιμοποιηθεί

ένας θάλαμος ο οποίος λειτουργεί ως καταφύγιο. Ένας θάλαμος-καταφύγιο είναι ένα προστατευμένο, κινητό δωμάτιο εξοπλισμένο με αναπνευστική συσκευή και επικοινωνιακό εξοπλισμό. Η διαδικασία σε περίπτωση πυρκαγιάς είναι να προβούν σε εκκένωση χρησιμοποιώντας τον θάλαμο -καταφύγιο και να παραμείνουν εκεί έως ότου η φωτιά σβήσει ή έως ότου το συνεργείο διάσωσης τους οδηγήσει σε ασφαλές περιοχή. Σε περιπτώσεις όπου έχουν κατασκευασθεί παράλληλες σήραγγες μια οδός διαφυγής μπορεί να είναι μέσω της σύνδεσης μεταξύ των παράλληλων σωλήνων.

Στην περίπτωση που η σήραγγα έχει μεγάλη διατομή τότε για την μετακίνηση στις διάφορες τοποθεσίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτοκίνητο ή ένα μικρό τρένο. Ως εκ τούτου μπορεί να υπάρχει μια δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το ίδιο αυτοκίνητο ή τρένο για την εκκένωση σε περίπτωση πυρκαγιάς. Για να γλυτώσουν χρόνο κατά την εκκένωση τα οχήματα πρέπει να σταθμεύουν έτσι ώστε να μην χρειάζεται να στρίψουν μετά, δηλαδή το μέτωπο τους πρέπει να δείχνει προς την έξοδο της σήραγγας. Το τρένο όμως εκτελεί συνήθως μια σειρά από εργασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας και ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμο σε περίπτωση πυρκαγιάς. Τα άτομα που χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο συνήθως το παρκάρουν κοντά στον τόπο εργασίας και έτσι εξασφαλίζουν καλύτερη δυνατότητα πρόσβασης στο όχημα σε περίπτωση εκκένωσης. Αν η φωτιά είναι ανάμεσα στην είσοδο της σήραγγας και τη θέση του οχήματος τότε δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το όχημα για να γίνει η εκκένωση.

Προκειμένου να αυξηθεί η δυνατότητα ασφαλούς εκκένωσης στα περισσότερα εργοτάξια της σήραγγας οι εργαζόμενοι παροτρύνονται να έχουν άμεση πρόσβαση σε μια απλή αναπνευστική συσκευή, μια μάσκα με μια μικρή φιάλη πεπιεσμένου αέρα ή απλά μια μάσκα (Håkan, 2010). Χρησιμοποιώντας αυτόν τον εξοπλισμό μπορεί να θεωρηθεί ότι η απόσταση μετακίνησης μέσω του πυκνού καπνού μπορεί να παραταθεί.

Τα περισσότερα εργοτάξια της σήραγγας είναι επίσης εξοπλισμένα με άλλα μέτρα πυρασφάλειας όπως ο συναγερμός πυρκαγιάς, ο συναγερμός εκκένωσης, τα μέσα επικοινωνίας, ο φωτισμός έκτακτης ανάγκης και οι κατευθυντήριες πινακίδες.

Μια άλλη σημαντική πτυχή που αφορά τα εργοτάξια της σήραγγας είναι ότι συχνά είναι ενδιαφέροντα μέρη για άλλους εκτός των εργαζομένων για να τα επισκεφθούν. Οι επισκέπτες θα μπορούσε να είναι απλοί πολίτες ή μέλη διαφόρων φορέων. Αυτοί οι άνθρωποι μπορεί να έχουν διαφορετικές ανάγκες σε περίπτωση εκκένωσης και συνήθως συνοδεύονται από τους υπεύθυνους του εργοταξίου. Αλλά και πάλι, ενδέχεται να υπάρχει αυξημένος κίνδυνος λόγω ύπαρξης ατόμων με περιορισμένη ικανότητα εκκένωσης. Επίσης, αυτές οι ομάδες ίσως μετακινούνται με λεωφορεία, τα οποία μπορούν να αυξήσουν το φορτίο πυρκαγιάς στη σήραγγα. Στις περιπτώσεις όπου οι επισκέπτες επιτρέπονται στο εργοτάξιο αυτό το πρόβλημα δεν μπορεί να αγνοηθεί.

Πολλά από αυτά τα γενικά θέματα σχετικά με την ασφάλεια εκκένωσης είναι σχετικά και για τις δύο φάσεις κατασκευής, ωστόσο, είναι πιο έντονα στην πρώτη φάση. Πολλά από τα προβλήματα στη δεύτερη φάση είναι επίσης παρόμοια με εκείνα σε σήραγγες που βρίσκονται σε κατάσταση λειτουργίας.

### 6.9.3. Φυσικό Περιβάλλον

Σε γενικές γραμμές, το περιβάλλον σε μια σήραγγα υπό κατασκευή είναι μάλλον πρόχειρο. Το περιβάλλον χαρακτηρίζεται από ανεπαρκή φωτισμό, υγρές επιφάνειες, ανώμαλο και μερικές φορές ολισθηρό έδαφος, τρέχουσες εργασίες κατασκευής με ημιτελές κατασκευές, θορυβώδεις και κυρίως διαρκώς μεταβαλλόμενο σε εμφάνιση περιβάλλον. Αυτό είναι ένα φυσικό αποτέλεσμα σε ένα εργοτάξιο, αλλά την ίδια στιγμή κάνει την εκκένωση πιο δύσκολη. Για να εξασφαλίζεται ένα περιβάλλον εργασίας κατάλληλο για τους εργαζόμενους οι σήραγγες διαθέτουν ένα σύστημα εξαερισμού που παρέχει φρέσκο αέρα σε κάθε χώρο εργασίας, ανάλογα με την πρόοδο του μήκους της σήραγγας.

Συγκρίνοντας το εργοτάξιο της σήραγγας με παραδοσιακά εργοτάξια κτιρίων προκύπτουν μικρές διαφορές, εκτός από το ότι η σήραγγα είναι μέσα σε ένα περίβλημα. Ο πιο σημαντικός παράγοντας όσον αφορά την εκκένωση όμως είναι η μεγάλη απόσταση από το χώρο εργασίας που μπορεί να εντοπίζεται στο πιο απομακρυσμένο μέρος της σήραγγας προς την είσοδο της σήραγγας. Η απόσταση αυτή μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι αρκετά χιλιόμετρα. Επομένως, είναι σημαντικό να έχουμε ένα προ σχεδιασμένο σχέδιο σχετικά με τον χειρισμό της εκκένωσης και τις κατάλληλες τεχνικές εγκαταστάσεις για

ασφαλή εκκένωση δεδομένων των συνθηκών. Το πρόβλημα είναι ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν γίνονται κατάλληλες συστάσεις σχετικά με την ανάγκη για εγκαταστάσεις, παρόλα αυτά όμως οι περισσότερες τεχνικές εγκαταστάσεις υπάρχουν.

Το περιβάλλον είναι διαφορετικό ανάλογα με το πώς γίνεται η εκσκαφή της σήραγγας. Η διάνοιξη μπορεί να γίνει με εκρηκτικά ή με ένα μηχάνημα ολομέτωπης κοπής. Υπάρχουν επίσης και άλλοι τρόποι διάνοιξης οι οποίοι όμως δεν παρουσιάζουν τα ίδια προβλήματα για την εκκένωση σε σύγκριση με τους δύο άλλους τρόπους, κυρίως λόγω του μήκους της σήραγγας και επειδή οι άλλοι δύο τρόποι εφαρμόζονται σε κλειστό χώρο.

Ακόμη και αν η διάνοιξη της σήραγγας είναι να γίνει με TBM για ορισμένα τμήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν εκρηκτικά, έτσι στο ίδιο εργοτάξιο μπορεί να εφαρμόζονται και οι δύο μέθοδοι διάνοιξης. Γενικά το περιβάλλον γίνεται αντιληπτό πιο εύκολα όταν χρησιμοποιείται ένα TBM, καθώς το κατασκευασμένο τμήμα της σήραγγας διαθέτει τοίχωμα και μονοπάτια κατά μήκος της σήραγγας. Το ίδιο το TBM είναι κάπως διαφορετικό καθώς πρόκειται για μια τεράστια μηχανική κατασκευή με αρκετούς ορόφους που συνδέονται με σκάλες. Αλλά καθώς η μηχανή είναι μια σταθερή κατασκευή, αλλά κινείται αργά, μπορεί να είναι εύκολο να προετοιμαστεί για μία κατάσταση εκκένωσης με ένα συναγερμό εκκένωσης και με κατευθυντήριες πινακίδες. Είναι πιο δύσκολο να παρέχεται ένας συνεχής τρόπος καθοδήγησης στην ανατιναγμένη σήραγγα γιατί τα συστήματα αυτά πρέπει να επεκτείνονται σε συνάρτηση με την πρόοδο των εργασιών.

Οι ακόλουθες πτυχές χαρακτηρίζουν το περιβάλλον της σήραγγας σε σχέση με εκκένωση (Håkan, 2010):

#### **Φυσικές συνθήκες κυκλοφορίας:**

- ολισθηρή επιφάνεια
- ανώμαλη ή κεκλιμένη επιφάνεια
- υψομετρικές διαφορές
- τρύπες, λεκάνες απορροής στο εσωτερικό της σήραγγας
- σιδηροδρομικές γραμμές
- μεγάλη απόσταση με τα πόδια
- στενά περάσματα (κυρίως για TBM)
- χρήση οχημάτων για τη μετακίνηση

#### **Ορατότητα:**

- χαμηλού φωτισμού επίπεδο
- έγχρωμο φως
- χαμηλή οπτική επισκόπηση

#### **Θόρυβος:**

- υψηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας και ανατίναξης

#### **Εξοπλισμός και κατασκευές:**

- εξοπλισμός εκσκαφής στη σήραγγα
- αποθήκευση στη σήραγγα

#### **Επικοινωνία:**

- δυσκολία ραδιοεπικοινωνίας
- κυκλοφορία αυτοκινήτων, φορτηγών και λοιπού εξοπλισμού
- μεταβαλλόμενο περιβάλλον ανάλογα με την πρόοδο των εργασιών

- θέματα καθοδήγησης (προβλήματα προσανατολισμού, οι κατευθυντήριες πινακίδες καλύπτονται από χώμα)

Κατά κάποιο τρόπο όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τη δυνατότητα εκκένωσης με ασφάλεια. Ανάλογα με τον τύπο της μεθόδου κατασκευής, το μέγεθος της διατομής της σήραγγας και των πιθανών κινδύνων πυρκαγιάς, έχουν διαφορετική σημασία για διάφορες σήραγγες. Αλλά σε γενικές γραμμές οι περισσότεροι από αυτούς θα πρέπει να αντιμετωπίζονται έτσι ώστε να έχουν μια γρήγορη απόκριση από τους εργαζόμενους και άλλους που καταλαμβάνουν το εργοτάξιο. Πρέπει να αναφερθεί ότι η σήραγγα γεμίζει με μαύρο καπνό σε περίπτωση πυρκαγιάς, κάτι το οποίο θα κάνει την εκκένωση στην πραγματικότητα πολύ δύσκολη.

#### 6.9.4. Πτυχές Διαχείρισης

Πολλά από τα προβλήματα (Håkan, 2010) που σχετίζονται με την ασφάλεια εκκένωσης μπορούν να αντιμετωπιστούν με τις διαδικασίες διαχείρισης. Μία από τις σημαντικότερες αιτίες για τα προβλήματα διαχείρισης είναι η χρήση των εγκαταστάσεων του εργοταξίου από διάφορους εργολάβους που πρέπει να συνεργαστούν μεταξύ τους σε θέματα που σχετίζονται με την ασφάλεια. Σε πολλές περιπτώσεις, ένα έργο υποδομής όπως μία σήραγγα είναι πολύ μεγάλο για μια ενιαία κατασκευαστική εταιρεία να το διαχειριστεί από μόνη της και έτσι είναι απαραίτητο να προσλάβει περισσότερους από έναν συνεργάτες. Συνήθως οι μεμονωμένες εταιρείες έχουν αναλάβει ένα ορισμένο τμήμα της σήραγγας και όταν μπορούν να εκτελούν τα καθήκοντά τους ανεξάρτητα από τους άλλους συμβαλλόμενους τα οργανωτικά ζητήματα αντιμετωπίζονται εύκολα στο εσωτερικό της εταιρείας. Αλλά όταν υπάρχει μια φυσική σύνδεση μεταξύ δύο ή περισσότερων συμβάσεων η διαχείριση των κοινών θέματα ασφάλειας γίνεται πιο δύσκολη. Ως εκ τούτου, τα θέματα ασφάλειας, πρέπει να επιλυθούν πριν από την υπογραφή των συμβάσεων.

Ένα άλλο πρόβλημα διαχείρισης που σχετίζονται με την επικοινωνία είναι το πρόβλημα της γλώσσας. Η κατασκευή της σήραγγας γίνεται συνήθως με ανθρώπους από διαφορετικές χώρες και με διαφορετικό υπόβαθρο. Οι άνθρωποι μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να μην μπορούν να επικοινωνήσουν σε μια κοινή γλώσσα.

Ένα ενδιαφέρον στοιχείο που μπορεί να σχετίζεται με παράγοντες διαχείρισης είναι η συμπεριφορά μεταξύ των εργαζομένων σε σχέση με θέματα ασφάλειας. Μπορεί να υποθεθεί ότι η στάση αυτή μπορεί να ποικίλει μεταξύ των ατόμων και μεταξύ των κατασκευαστικών εταιρειών. Μπορεί επίσης να υπάρχουν διαφορές σε σχέση με τους δύο κύριους τύπους των κατασκευών, δηλαδή εάν η διάνοιξη της σήραγγας έγινε με συμβατικά μέσα ή με τη χρήση TBM.

Η χαλαρή στάση ορισμένων εργαζομένων μπορεί να σχετίζεται με το χρόνο παραμονής τους στη σήραγγα και με προηγούμενη γνώση ενός τέτοιου έργου. Οι άνθρωποι που δεν είναι πολύ εξοικειωμένοι με το έργο, αισθάνονται μάλλον ασφαλείς και ίσως δεν είναι τόσο επιρρεπείς να ακολουθήσουν κανονισμούς σε σχέση με πρόσωπα που έχουν τη γνώση της κατασκευής σήραγγας. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί κατά το σχεδιασμό των εργασιών.

Προκειμένου να αυξηθεί η ευαισθητοποίηση σχετικά με την πυρασφάλεια οι ασκήσεις εκκένωσης είναι σημαντικές. Με τις ασκήσεις οι άνθρωποι συνηθίζουν στην ιδέα σχετικά με τη συμπεριφορά και τις συνθήκες της εκκένωσης.

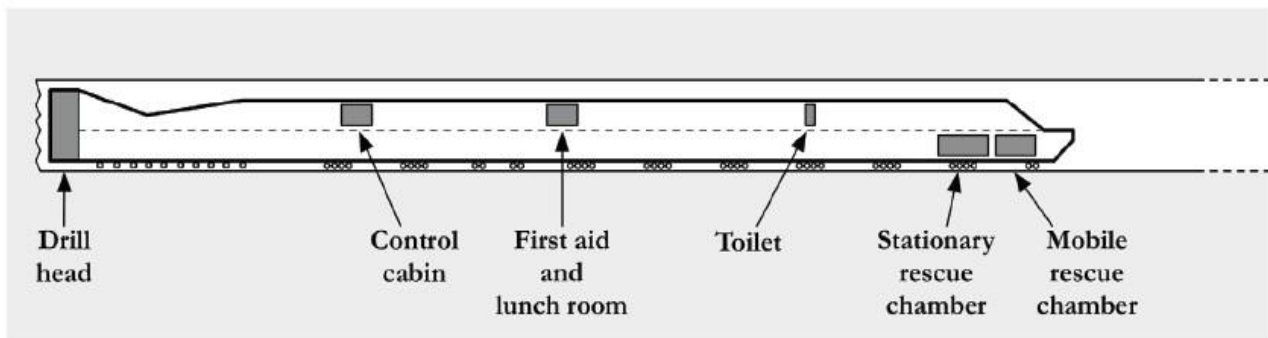
Ένα μέτρο πυρασφάλειας που είναι σημαντικό κατά τη διάρκεια εκκένωσης είναι η επικοινωνία στο εσωτερικό του εργοταξίου και στο χώρο εκτός του εργοταξίου. Είναι συνήθως σημαντικότερο οι σωστές πληροφορίες να δίνονται σε άτομα που βρίσκονται μέσα στη σήραγγα και οι οποίοι πρέπει να δράσουν παρά σε εκείνους που δεν είναι κοντά στο σημείο εκδήλωσης της πυρκαγιάς.



### 6.9.5. Εκκένωση από Ένα Μηχάνημα Διάνοιξης Σήραγγας

#### 6.9.5.1. Γενικές Υποθέσεις

Στα πλαίσια μελέτης (Håkan, 2010) πραγματοποιήθηκε άσκηση εκκένωσης σε μηχάνημα διάνοιξης σήραγγων. Το TBM βρισκόταν σε απόσταση περίπου 5Km από την είσοδο της σήραγγας και ήταν περισσότερο από το μισό μέσα. Το μηχάνημα το οποίο απεικονίζεται στο Σχήμα 6.10 αποτελείται από δύο καταστρώματα συνολικού μήκους 240m. Η κοπτική κεφαλή διαμέτρου 10.6m βρίσκεται στο μπροστινό τμήμα και η εγκατάσταση επένδυση ακριβώς πίσω από την κοπτική κεφαλή. Το υπόλοιπο του TBM συνίσταται από προμήθεια εξοπλισμού για τις δραστηριότητες διάνοιξης και επένδυσης. Κατά τον χρόνο του πειράματος περίπου 25 άτομα εργαζόνταν στο TBM το οποίο σταμάτησε για εργασίες συντήρησης.



Σχήμα 6.10: Τμήματα Διάταξη μηχανήματος ολομέτωπης κοπής για διάνοιξη σήραγγων  
[Πηγή: Håkan, 2010]

Η εκκένωση από το TBM πρέπει, σε ένα πρώτο βήμα, να γίνει προς τους δύο θαλάμους που βρίσκονται στο οπίσθιο τμήμα και λειτουργούν ως καταφύγια. Ο πιο απομακρυσμένος θάλαμος μπορεί να οδηγηθεί μακριά από το TBM κατά μήκος των γραμμών στο κάτω μέρος του τελικού τμήματος της σήραγγας. Οι γραμμές χρησιμοποιούνται συνήθως από ένα τρένο ανεφοδιασμού που παρέχει στο TBM τα στοιχεία για την επένδυση της σήραγγας και άλλο απαραίτητο εξοπλισμό.

Ο σκοπός της άσκησης ήταν να εκπαιδεύσει τους εργαζόμενους και την ίδια στιγμή να καταγράψει το γεγονός για ερευνητικούς σκοπούς. Ως εκ τούτου, το TBM ήταν εξοπλισμένο με περισσότερες από 25 κάμερες οι οποίες κατέγραφαν τα σημαντικά τμήματα της TBM, κυρίως τους χώρους όπου οι εργαζόμενοι έπρεπε να είναι κατά τη διάρκεια των ασκήσεων, τις οδούς διαφυγής και τους θαλάμους- καταφύγιο. Η έναρξη της άσκησης έγινε όταν ένας από το πλήρωμα έθεσε σε λειτουργία χειροκίνητα τον συναγερμό πυρκαγιάς. Το σήμα συναγερμού ήταν ένας εναλλασσόμενος τόνος. Για λόγους ασφαλείας ο χειριστής του TBM είχε εντολή να παραμείνει στην κανονική του θέση του στο μηχάνημα.

#### 6.9.5.2. Αποτελέσματα

**Χρόνος πριν την μετακίνηση:** Οι εν λόγω εργαζόμενοι της σήραγγας που καταγράφονταν από τις κάμερες ανταποκρίθηκαν μέσα σε 30 δευτερόλεπτα από τη στιγμή που ξεκίνησε ο συναγερμός και οι περισσότεροι από αυτούς σχεδόν αμέσως.

**Συναγερμός πυρκαγιάς:** Ο συναγερμός πυρκαγιάς έγινε αντιληπτός από όλους τους εργαζόμενους. Οι περισσότεροι από αυτούς κατάλαβαν ότι θα πρέπει να εκκενώσουν το χώρο και να κινηθούν προς τους θαλάμους καταφύγιο όταν άκουσαν το συναγερμό. Όλοι τους συσχέτισαν το σήμα συναγερμού πυρκαγιάς με τη φωτιά, την εκκένωση, τον κίνδυνο και άλλα παρόμοια.

**Επιλογή εξόδου:** Σχεδόν όλοι οι εργάτες χρησιμοποίησαν τα μονοπάτια που χρησιμοποιούνται συνήθως για την πρόσβαση στα διάφορα μέρη του TBM, δηλαδή μονοπάτια κατά μήκος της δεξιάς πλευράς (όπως φαίνεται από πίσω) του TBM. Δεδομένου ότι είναι συνήθως πιο εύκολο να περπατάνε στο κατώτερο κατάστρωμα πολλά από τα άτομα επέλεξαν την πλησιέστερη σκάλα για να κατέβουν στο κατώτερο κατάστρωμα και να φτάσουν στους θαλάμους καταφύγιο που βρίσκονται στο χαμηλότερο επίπεδο.

**Ταχύτητα βαδίσματος:** Η ταχύτητα βαδίσματος για τον συμμετέχοντα ήταν μάλλον γρήγορη στο σημείο όπου η ταχύτητα έχει μετρηθεί. Στην σκάλα η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 0.75m/s και 1.0m/s που μετράται κατά μήκος της πλαγιάς και η ταχύτητα βαδίσματος κατά μήκος μιας οριζόντιας επιφάνειας ήταν υψηλότερη και κυμαίνονταν μεταξύ 1.0m/s και 1.7m/s. Η διακύμανση ήταν χαμηλή, καθώς οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες μετακινήθηκαν μαζί σε ομάδες με σχεδόν την ίδια ταχύτητα.

**Στάση:** Ένα βασικό στοιχείο σε περιπτώσεις εκκένωσης είναι η στάση απέναντι σε θέματα πυρασφάλειας και σε ασκήσεις εκκένωσης. Στους συμμετέχοντες μοιράστηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο είχε ερωτήσεις σχετικά με τις απόψεις τους και τις γνώσεις τους σε θέματα πυρασφάλειας και σε άλλα συναφή.

Από τις απαντήσεις προέκυψε ότι τα άτομα που ήταν μόνα τους ή σε συνδυασμό με ένα μόνο συνάδελφό ήταν πιο αβέβαιοι για την κατάσταση από εκείνους που βρίσκονταν στην αίθουσα σίτισης.

Τα άτομα που ήταν σε άλλες θέσεις από την αίθουσα συνεδρίασης και την καμπίνα χειρισμού του μηχανήματος είχαν συνδέσει σε μεγαλύτερο βαθμό συνδέσει το σήμα συναγερμού με την πυρκαγιά και την κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Οι άνθρωποι που κάθονταν μαζί στην αίθουσα σίτισης συμφώνησαν πιο γρήγορα ότι αυτό είναι πιθανώς μια άσκηση και όχι μια πραγματική φωτιά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όλοι οι συμμετέχοντες συμφωνούν ότι η καθαριότητα είναι σημαντική και ότι οι διαδικασίες ασφαλείας είναι σημαντικές προκειμένου να διατηρηθεί ένα υψηλό επίπεδο πυρασφάλειας.

**Χρόνος εκκένωσης και γενικές παρατηρήσεις:** Η εκκένωση κράτησε περίπου 3 λεπτά από τη στιγμή που ο συναγερμός ήχησε μέχρι όλοι οι συμμετέχοντες να βρεθούν μέσα σε έναν από τους θαλάμους καταφύγιο. Οι πρώτοι συμμετέχοντες έφτασαν στους θαλάμους καταφύγιο περίπου 1 λεπτό από την έναρξη του συναγερμού πυρκαγιάς. Οι πρώτοι που έφτασαν άρχισαν να προετοιμάζουν το κινητό θάλαμο καταφύγιο για την περίπτωση που θα αναγκάζονταν να εγκαταλείψουν το TBM και να οδηγηθούν έξω από τη σήραγγα. Μετά από αυτό εισήλθαν στον κινητό θάλαμο καταφύγιο.

Οι συμμετέχοντες στο τέλος της άσκησης αποκάλυψαν ότι η επικοινωνία μεταξύ τους και με αυτούς που βρίσκονταν εκτός του χώρου διεξαγωγής της άσκησης δεν ήταν ικανοποιητική. Επίσης, ανέφεραν ότι υπήρχε έλλειψη πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση από τα άτομα που ήταν εκτός της σήραγγας. Δεδομένου ότι δεν υπήρχε σαφής ένδειξη πυρκαγιάς στο TBM, η κατάσταση ήταν μάλλον ασαφής για τους συμμετέχοντες, όταν κάθονταν στους θαλάμους καταφύγιο. Ένα άτομο ανέφερε επίσης ότι ανησυχούσε ότι κάποιος δεν είχε προσέξει τον κώδωνα του κινδύνου πυρκαγιάς και εξακολουθούσε να βρίσκεται κάπου στο χώρο του μηχανήματος. Οι πληροφορίες σχετικά με τον ακριβή αριθμό των ατόμων μέσα στο TBM κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν αβέβαιες.

## 6.9.6. Συνθήκες που Επηρεάζουν την Εκκένωση

### 6.9.6.1. Συμβαλλόμενοι Παράγοντες

Ο πιο προφανής παράγοντας είναι το κατά πόσον ή όχι η φωτιά γίνεται πριν ή μετά την διάνοιξη της σήραγγας. Η κατάσταση εκκένωσης αλλάζει δραστικά εάν υπάρχουν περισσότερες από μία έξοδοι εκκένωσης. Πριν από την ολοκλήρωση της διάνοιξης η μόνη διαθέσιμη διαδρομή εκκένωσης είναι η σήραγγα υπό κατασκευή.

Ο δεύτερος παράγοντας σχετίζεται με το μέγεθος και το σχήμα της σήραγγας που κατασκευάζεται. Εάν η σήραγγα είναι απλά ένα μεγάλο αδιέξοδο τούνελ τα προβλήματα εύρεσης διαδρομής είναι πολύ μικρότερα σε σύγκριση με την περίπτωση όπου η σήραγγα είναι μέρος ενός μεγαλύτερου δικτύου.

Ο προσανατολισμός μπορεί να είναι ένα πρόβλημα κατά τη διάρκεια της εκκένωσης, όπου τα άτομα που προβαίνουν σε εκκένωση μπορεί να καταλήξουν σε ένα άλλο μέρος του συστήματος, αντί να κατευθύνονται προς την είσοδο της σήραγγας. Μια σήραγγα με μεγαλύτερη διατομή υποτίθεται ότι είναι λιγότερο επικίνδυνη καθώς η ανάδραση από τον θερμό καπνό είναι λιγότερο σημαντική και ο καπνός θα είναι πιο αραιός σε σχέση με μια σήραγγα μικρής διατομής. Επίσης, το μήκος της σήραγγας επηρεάζει τη δυνατότητα για μια επιτυχή εκκένωση.

Η εκκένωση εξαρτάται από τη θέση που βρίσκεται η φωτιά σε σχέση με τα άτομα που θα εκτεθούν στον κίνδυνο και το είδος της φωτιάς που αναμένεται (Håkan, 2010). Μια φωτιά με ταχύ ρυθμό ανάπτυξης και υψηλό ρυθμό απελευθέρωσης θερμότητας μπορεί να υποθεθεί ότι είναι πιο δύσκολη να αντιμετωπιστεί σε σύγκριση με μία πιο αργά αναπτυσσόμενη πυρκαγιά. Παρομοίως, μια πυρκαγιά που εκδηλώθηκε κοντά στα πρόσωπα που επηρεάζονται αυξάνει την πιθανότητα ότι η πυρκαγιά έχει ανιχνευτεί και ενδεχομένως κατασβηστεί. Μια πυρκαγιά μακριά από τους εργαζόμενους μπορεί να τους παγιδεύσει στο αδιέξοδο στο τέλος του τούνελ, ακόμη και αν η φωτιά θεωρείται μικρή, επειδή ο κίνδυνος εμποδίζει τη μόνη οδό διαφυγής. Αυτό φυσικά είναι ένα σοβαρό πρόβλημα μόνο στην περίπτωση που δεν έχει ολοκληρωθεί η διάνοιξη.

Τέλος, το αποτέλεσμα εξαρτάται από την ικανότητα των προσώπων που υποτίθεται ότι πρέπει να ξεφύγουν από τη φωτιά (Håkan, 2010). Οι άνθρωποι έχουν διαφορετική ικανότητα να ενεργήσουν σε περίπτωση εκκένωσης και η ικανότητα εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων, όπως η ηλικία, το φύλο, η φυσική ικανότητα, η γνώση του περιβάλλοντος, η συσχέτιση τους με τους άλλους στο χώρο και η γενική συνειδητοποίηση της κατάστασης. Η ικανότητα τους να ενεργούν εξαρτάται επίσης από το περιβάλλον, δηλαδή πόσο πιθανή είναι μια πυρκαγιά ή πόσο εύκολα εντοπίζονται άλλες ενδείξεις της πυρκαγιάς. Ο κακός φωτισμός και το θορυβώδες περιβάλλον καθιστούν πολύ δύσκολη την ενημέρωση σχετικά με την αλλαγή των συνθηκών. Σε ένα εργοτάξιο σήραγγας εκτός από τους εργαζόμενους μπορεί να εντοπιστούν και άτομα που έχουν έρθει σαν επισκέπτες και οι οποίοι υπόκεινται στους κινδύνους. Οι επισκέπτες έχουν πιθανότατα λιγότερη γνώση της σήραγγας και μπορεί συνεπώς να υποβληθούν σε υψηλότερο κίνδυνο, καθώς θα βρίσκονται στο εσωτερικό της σήραγγας.

Όλοι οι παράγοντες συμβάλλουν στην έκβαση της εκκένωσης, αλλά δεν είναι όλοι τους σχετικοί σε όλες τις σήραγγες. Ο εξοπλισμός ασφαλείας (Håkan, 2010) που χρησιμοποιείται στις υπό κατασκευή σήραγγες μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: μέσα ατομικής προστασίας, εξοπλισμός ασφαλείας σήραγγας και τις διαδικασίες διαχείρισης.

#### 6.9.6.2. Μέσα Ατομικής Προστασίας

Τυπικός εξοπλισμός προστασίας για προσωπική χρήση είναι κάθε είδους αναπνευστική συσκευή ή μάσκα με φίλτρο, ραδιοεπικοινωνία, φακοί και στολή προστασίας. Όλα συμβάλλουν σε μια ταχεία εκκένωση και ενδεχομένως μεγαλύτερης διάρκειας σε ένα γεμάτο καπνό περιβάλλον. Χρησιμοποιώντας μια μάσκα το άτομο θα μπορέσει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση μέχρι να φτάσει στο θάλαμο.

#### 6.9.6.3. Εξοπλισμός Ασφαλείας Σήραγγας

Δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστεί μια πλήρης λίστα όλων των προστατευτικών μέτρων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπό κατασκευή σήραγγες. Ο λόγος είναι η συνεχής ανάπτυξη νέων καινοτόμων λύσεων. Ο τυπικός εξοπλισμός ασφαλείας που χρησιμοποιείται στις σήραγγες είναι η αυτόματη ή χειροκίνητη έναρξη συναγερμού πυρκαγιάς συμπεριλαμβανομένου του συναγερμού εκκένωσης, ο κανονικός φωτισμός και ο φωτισμός έκτακτης ανάγκης, οι προετοιμασμένοι διάδρομοι εκκένωσης, τα συστήματα εξαγωγής καπνού ή συστήματα πίεσης για τον έλεγχο του καπνού, οι θάλαμοι - καταφύγια, τα οχήματα έκτακτης ανάγκης, ο πυροσβεστικός εξοπλισμός, οχήματα εξοπλισμένα με συστήματα κατάσβεσης, τα συστήματα επικοινωνίας και τα κινητά τηλέφωνα, οι πινακίδες καθοδήγησης και τα συστήματα ελέγχου πρόσβασης. Μια άλλη σημαντική εγκατάσταση είναι το σύστημα παροχής αέρα για την τροφοδοσία των χώρων κατασκευής με φρέσκο αέρα. Μπορεί αρχικά να μην θεωρείται ως ζήτημα πυρασφάλειας, αλλά έχει μεγάλη σημασία για την εξάπλωση του καπνού στο σύστημα της σήραγγας. Για τον κατασκευαστή επομένως

είναι σημαντικό να γνωρίζει τι πρέπει να γίνει με τον εξαερισμό στην περίπτωση μιας πυρκαγιάς, δηλαδή πρέπει ο εξαερισμός να απενεργοποιηθεί ή πρέπει να συνεχίσει να παρέχει αέρα στη σήραγγα.

#### 6.9.6.4. Διαδικασίες Διαχείρισης

Ο ανάδοχος είναι υπεύθυνος για την ασφάλεια των εργατών και πρέπει να προετοιμάσει ένα σχέδιο διαχείρισης για το πώς να χειριστεί τα θέματα ασφαλείας κατά τη φάση κατασκευής. Αρμοδιότητα της Αρχής είναι να καθορίσει εάν ο ανάδοχος εκπληρώνει ή όχι τις ευθύνες του.

Αυτό σημαίνει ότι οι ρουτίνες και τις διαδικασίες, που ορίζονται στο σχέδιο διαχείρισης, πρέπει να εφαρμόζονται προκειμένου να παρέχει ένα καλό εργασιακό περιβάλλον. Θέματα διαχείρισης μπορεί να είναι οι διαδικασίες για τον τρόπο και με ποια συχνότητα διεξάγονται οι ασκήσεις εκκένωσης ή το είδος των οχημάτων ή τα υλικά κατασκευής που επιτρέπονται στη σήραγγα. Άλλα τυπικά θέματα διαχείρισης είναι ο έλεγχος πρόσβασης, σχέδια παρέμβασης λόγω πυρκαγιάς και σχέδια τοποθεσίας των επικίνδυνων υλικών. Το σχέδιο διαχείρισης πρέπει επίσης να ελέγχεται τακτικά ώστε να πληρούνται οι προθέσεις. Η συνεχής αναθεώρηση του συστήματος διαχείρισης είναι απαραίτητη για να αποφευχθεί η υποβάθμιση του.

#### 6.9.7. Σενάρια Εκκένωσης

Σύμφωνα με τους ερευνητές (Håkan, 2010) η πορεία εκκένωσης μιας σήραγγας εξαρτάται από το αν η διάνοιξη της σήραγγας έχει ολοκληρωθεί ή όχι. Στην περίπτωση που δεν έχει ολοκληρωθεί η διάνοιξη υπάρχουν διάφορα σενάρια που μπορεί να συμβούν και τα οποία οφείλονται σε κάποιους παράγοντες που συναντώνται συχνότερα σε αυτές τις περιπτώσεις.

Επομένως στην περίπτωση που η σήραγγα έχει δύο ανοίγματα υπάρχει πάντα η δυνατότητα να προβούν σε εκκένωση και να καταλήξουν σε ασφαλή θέση, ακόμη και στην περίπτωση όπου η εκκένωση πραγματοποιείται σε συνθήκες με πυκνό καπνό. Αλλά μέχρι το έργο να φτάσει σε αυτή την κατάσταση θα υπάρχει μόνο μία πιθανή οδό διαφυγής προς την είσοδο της σήραγγας. Ανάλογα με τον τύπο της σήραγγας η κατάσταση εκκένωσης μπορεί να βελτιωθεί για παράδειγμα με την παρουσία μιας παράλληλης σήραγγας και συνδέσεις μεταξύ τους. Ακόμα, θα υπάρχουν τμήματα της σήραγγας με μόνο μία επιλογή για την εκκένωση. Προκειμένου να βελτιωθούν οι συνθήκες εκκένωσης ένας θάλαμος που χρησιμεύει σαν καταφύγιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, στον οποίο οι εργαζόμενοι της σήραγγας μπορούν να αναζητήσουν καταφύγιο σε περίπτωση πυρκαγιάς.

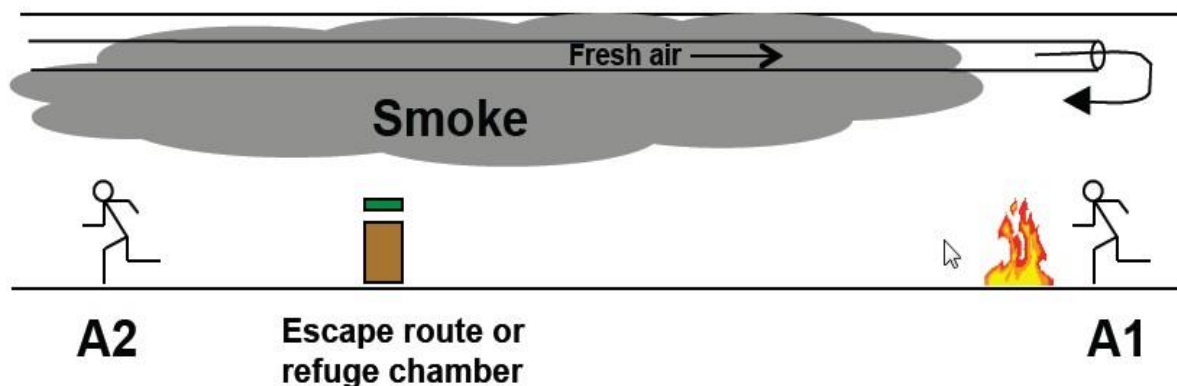
Στην περίπτωση όπου η διάνοιξη δεν έχει ακόμη επιτευχθεί, υπάρχουν διάφορα σενάρια (Håkan, 2010) που μπορούν να συμβούν ανάλογα με τους παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αυτά τα σενάρια εκκένωσης περιγράφουν την κατάσταση για τους εργαζόμενους της σήραγγας και εξαρτώνται από τις διαφορετικές θέσεις των εργαζομένων, τα σημεία εκδήλωσης των πυρκαγιών και την τοποθεσία των ασφαλών περιοχών, όπως είναι ο θάλαμος καταφύγιο ή η διαδρομή εκκένωσης σε μια παράλληλη σήραγγα. Σε γενικές γραμμές, η εκκένωση σε άλλο κλάδο της σήραγγας μπορεί να θεωρηθεί ότι ισοδυναμεί με την αναζήτηση καταφύγιου σε ένα θάλαμο ακόμη και αν οι δύο κλάδοι της σήραγγας συγχωνεύονται σε ένα χώρο ή σήραγγα σε ένα σημείο πιο κάτω.

Από αυτά τα σενάρια μπορούν να προκύψουν πληροφορίες σχετικά με το πώς να γίνεται η διαχείριση του συστήματος εξαερισμού, που να βρίσκεται η θέση του θαλάμου-καταφύγιου, ποιος να είναι ο τύπος του συστήματος συναγερμού. Σε κάθε ένα από αυτά τα σενάρια θα πρέπει να εξεταστούν δύο περιπτώσεις σχετικά με την θέση των ατόμων: άτομα που βρίσκονται στο πιο απομακρυσμένο μέρος της σήραγγας και άτομα κάπου εντός του τόπου εργασίας, δηλαδή το πιο απομακρυσμένο μέρος, και η είσοδος της σήραγγας.

## 6.9.7.1. Παρουσίαση Σεναρίων

## Σενάριο A:

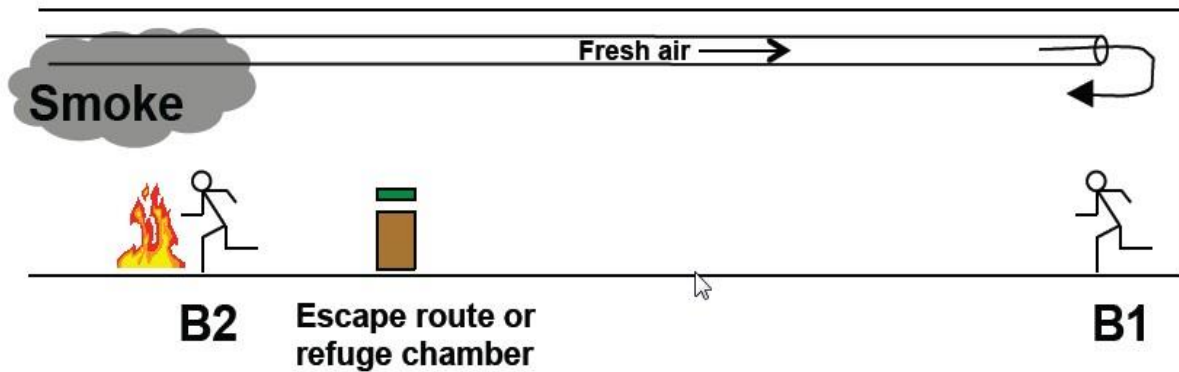
Αυτό το σενάριο, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6.11, υποθέτει ότι η πυρκαγιά εκδηλώνεται σε ένα γεωτρύπανο ή παρόμοιο εξοπλισμό που βρίσκεται στον τόπο της εργασίας. Τα πρόσωπα στη σήραγγα μπορούν να κινηθούν μόνο προς μία κατεύθυνση, δηλαδή προς την είσοδο της σήραγγας. Ανάλογα με το πότε ξεκινά η εκκένωση τα πρόσωπα πρέπει να στοχεύουν σε μια διαδρομή εκκένωσης ή σε ένα θάλαμο καταφύγιο μεταξύ του χώρου εργασίας και της εισόδου της σήραγγας. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορούν να συνεχίσουν την πορεία τους προς την είσοδο. Καθώς η φωτιά βρίσκεται κοντά στον τόπο εργασίας δεν κινδυνεύει να καταστρέψει τον σωλήνα παροχής αέρα. Όσο η παροχή αέρα λειτουργεί ο καπνός θα κινηθεί προς την είσοδο της σήραγγας με την ίδια ταχύτητα όπως η παροχή αέρα. Πρόσωπα που βρίσκονται σε δύο θέσεις, A1 και A2, θα πρέπει να περιλαμβάνονται σε μια ανάλυση για ασφαλή εκκένωση.



Σχήμα 6.11: Σενάριο A  
[Πηγή: Håkan, 2010]

## Σενάριο B:

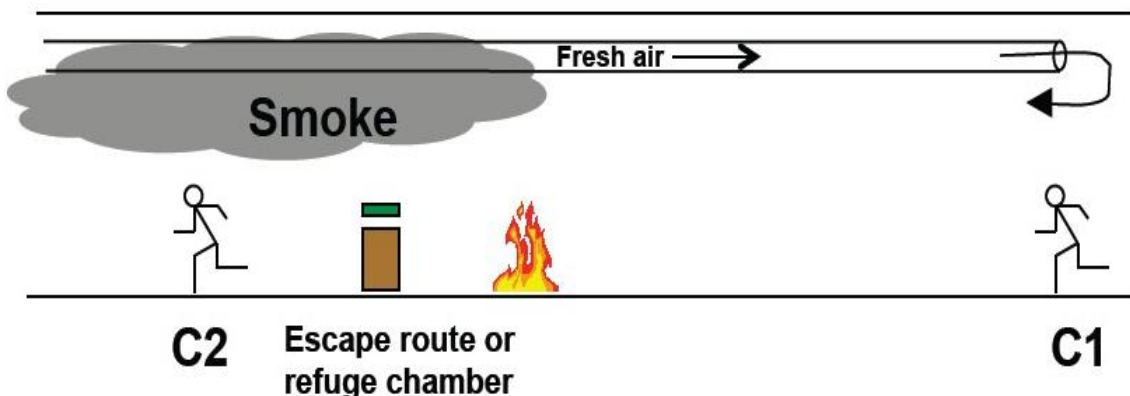
Σε αυτό το σενάριο, Σχήμα 6.12, η φωτιά εκδηλώνεται μακριά από τον τόπο της εργασίας και μπορούμε να πούμε ότι προκαλείται από ένα αυτοκινητιστικό ατύχημα ή από μια πυρκαγιά σε αποθηκευμένα προϊόντα. Η φωτιά δεν μπλοκάρει άμεσα τον δρόμο μεταξύ της πιο απομακρυσμένης τοποθεσίας και ενός ασφαλούς μέρους. Όταν η φωτιά ξεκινά τα πρόσωπα που εργάζονται στη σήραγγα πρέπει να ενημερώνονται για τη φωτιά καθώς μπορεί να μην είναι ορατή από απόσταση. Η φωτιά μπορεί επίσης να προκαλέσει ρήξη στον σωλήνα για την παροχή αέρα αλλάζοντας τις συνθήκες κυκλοφορίας καπνού. Όσο η παροχή αέρα λειτουργεί κανονικά ο καπνός θα κινηθεί προς την είσοδο και τα πρόσωπα περαιτέρω μέσα στη σήραγγα σε σχέση με την τοποθεσία της πυρκαγιάς μπορούν να κινηθούν προς την κατεύθυνση της οδού διαφυγής ή προς τον θάλαμο καταφύγιο. Επίσης, σε αυτό το σενάριο, τα άτομα σε δύο περιοχές, B1 και B2 πρέπει να ληφθούν υπόψη στο πλαίσιο της ανάλυσης της ασφάλειας.



Σχήμα 6.12: Σενάριο B  
[Πηγή: Håkan, 2010]

### Σενάριο C:

Αυτό το σενάριο, Σχήμα 6.13, έχει ομοιότητες με το σενάριο B, αλλά η φωτιά βρίσκεται μεταξύ των προσώπων στο χώρο εργασίας και το ασφαλές μέρος, δηλαδή την οδό διαφυγής ή το θάλαμο καταφύγιο. Όπως και στο σενάριο B οι προϋποθέσεις για την εκκένωση θα αλλάξουν αν η φωτιά καταστρέψει το σωλήνα παροχής αέρα. Πριν από αυτό ο καπνός θα κινηθεί μακριά από τα άτομα παρέχοντας τους κάποια δυνατότητα να φθάσουν σε ασφαλή χώρο σε ένα περιβάλλον χωρίς καπνό με την προϋπόθεση να περάσουν την πυρκαγιά που μετά από λίγο θα δημιουργήσει αφόρητα επίπεδα θερμότητας.



Σχήμα 6.13: Σενάριο C  
[Πηγή: Håkan, 2010]

### 6.9.8. Χρόνος Αναγνώρισης και Απόκρισης

Είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε τις πτυχές της ανθρώπινης συμπεριφοράς, αλλά δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με ακρίβεια η ακολουθία των ενεργειών, καθώς δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με π.χ. δημόσια κτίρια, όπου οι έρευνες από τις πυρκαγιές έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατάρτιση ακολουθιών συμπεριφοράς (Canter, Breaux και Sime, 1980). Ωστόσο, είναι δυνατόν να υποθέσουμε πιθανή ακολουθία συμπεριφοράς για τα άτομα που εργάζονται σε μια σήραγγα, εφαρμόζοντας τη θεωρία των ακολουθιών συμπεριφοράς, χρησιμοποιώντας στοιχεία από προηγούμενες επισκέψεις σε σήραγγες και ασκήσεις εκκένωσης.

Η αναγνώριση και ο χρόνος απόκρισης είναι πολύ πιθανό να εξαρτηθούν από προηγούμενη κατάρτιση και άλλες εξωτερικές συνθήκες, όπως το είδος της φωτιάς, τον τόπο εκδήλωσης της πυρκαγιάς, την παρουσία άλλων στο σημείο της πυρκαγιάς, τους ρόλους και τις αρμοδιότητες των ατόμων (Håkan, 2010). Είναι πιθανό ότι τα άτομα που εργάζονται στη σήραγγα θα προσπαθήσουν να καταπολεμήσουν τη φωτιά αν βρίσκονται κοντά στο σημείο εκδήλωσης της. Αν ακούσουν μόνο το συναγερμό πυρκαγιάς τότε θα εξέλθουν από τη σήραγγα, αλλά όχι αμέσως. Μια χρονική καθυστέρηση για τη διερεύνηση της πηγής του συναγερμού θα

ακολουθήσει την συνειδητοποίηση του σήματος. Τα πρόσωπα πρώτα θα επιβεβαιώσουν με άλλους πριν πάρουν την απόφαση για να φύγουν και αυτό χρειάζεται κάποιο χρόνο για να γίνει.

Προηγούμενες έρευνες (Håkan, 2010) έδειξαν ότι είναι πιθανό ο χρόνος καθυστέρησης να είναι μικρότερος αν τα άτομα είναι καλά εκπαιδευμένα και παρακινούνται να ανταποκρίνονται σε ενδείξεις πυρκαγιάς. Είναι πιθανό ότι τα πρόσωπα προσπαθούν να απομακρυνθούν από την επικίνδυνη ζώνη και να κινηθούν προς ένα ασφαλέστερο μέρος ή μια οδό διαφυγής. Αυτό είναι, επίσης, σύμφωνα με τις γενικές θεωρίες της συμπεριφοράς, π.χ. η θεωρία της ασφάλισης (Sime, 1984). Η χρονική καθυστέρηση είναι το άθροισμα του χρόνου αναγνώρισης και απόκρισης και του χρόνου για την ανίχνευση της φωτιάς.

Ως εκ τούτου, οι πτυχές της συμπεριφοράς αντιμετωπίζονται με την προσθήκη του χρόνου συνειδητοποίησης και του χρόνου αναγνώρισης και απόκρισης με το χρόνο κίνησης που προέρχεται από τη γνώση της ταχύτητας βαδίσματος σε διάφορες συνθήκες.

Ο χρόνος αναγνώρισης και απόκρισης βασίζεται σε μια αρχική φάση αναγνώρισης, όπου το σύνθημα ερμηνεύεται και ακολουθούν οι ενέργειες.

Δεδομένου ότι τα πρόσωπα που υποτίθεται θα προβούν σε εκκένωση είναι κοντά στην πηγή της πυρκαγιάς υποθέτουμε ότι ο χρόνος για την ανίχνευση της πυρκαγιάς είναι μικρός. Ο χρόνος καθυστέρησης πριν από την εκκένωση είναι, ως εκ τούτου, μόνο ανάλογος με το χρόνο απόκρισης και αναγνώρισης και ο χρόνος της συνειδητοποίησης υποτίθεται ότι είναι μηδέν.

Για τις σήραγγες υπό κατασκευή μπορεί κανείς να μαντέψει τι μπορεί να είναι ο πιθανός χρόνος αναγνώρισης και απόκρισης, δηλαδή η χρονική καθυστέρηση έως ότου οι εργαζόμενοι αρχίζουν να κινούνται προς την ασφάλεια.

## **6.10. Προηγούμενη Εμπειρία στον Υπολογισμό του Χρόνου Εκκένωσης σε Υπόγειους Σταθμούς**

### **6.10.1. Γενικά**

Στην περίπτωση των υπόγειων σταθμών το κλειστό περιβάλλον και οι πολύπλοκες και ποικίλες εγκαταστάσεις, έχουν σαν αποτέλεσμα η συμπεριφορά των χρηστών να είναι περίπλοκη, έτσι ώστε σε περίπτωση πυρκαγιάς, τοξικών αερίων ή άλλων ατυχημάτων, η εκκένωση των χρηστών να αντιμετωπίζει μεγάλες προκλήσεις. Εάν η εκκένωση δεν είναι έγκαιρη οι συνέπειες θα είναι καταστροφικές. Ως εκ τούτου, οι σχετικές προδιαγραφές σχεδιασμού ή τα εγχειρίδια των σταθμών διευκρινίζουν ότι το μέγεθος και η διάταξη των εγκαταστάσεων στους σταθμούς δεν θα πρέπει να υπολογίζονται μόνο με τη χρήση φορτίου των χρηστών υπό κανονικές συνθήκες, αλλά θα πρέπει επίσης να ελέγχονται εάν μπορούν να ανταποκριθούν στην απαίτηση για εκκένωση σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Επιπλέον η πυρκαγιά σε σταθμό υπόγειου σιδηρόδρομου μπορεί να οδηγήσει σε ένα μεγάλο αριθμό θυμάτων λόγω της φύσης του χώρου και της χρήσης των εγκαταστάσεων. Όταν συμβεί ένα γεγονός έκτακτης ανάγκης, ένας μεγάλος αριθμός ανθρώπων που θα βρίσκονται στην αποβάθρα θα χρειαστεί να εκκενώσουν συγχρόνως το χώρο, με αποτέλεσμα πολλά άτομα να συγκεντρώνονται στις κάθετες διαδρομές εκκένωσης, όπως είναι η σκάλα και οι κυλιόμενες σκάλες, ενώ ο χρόνος εκκένωσης των χρηστών κατά την μετάβαση σε ένα ασφαλές σημείο δεν πρέπει να υπερβαίνει τον απαιτούμενο χρόνο ασφαλείας. Χρόνος εκκένωσης θεωρείται ο χρόνος που έχει παρέλθει από την έναρξη της εκκένωσης μέχρι το τελευταίο άτομο να εγκαταλείψει το χώρο. Οι αριθμητικές προσομοιώσεις είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τον καθορισμό του διαθέσιμου και απαιτούμενου χρόνου για ασφαλή έξοδο. Υπάρχουν αρκετές έρευνες υπολογισμού των χρόνων εξόδων για διαφορετικούς τύπους σταθμών και διαφορετικές κατανομές χρηστών καθώς και για διαφορετικές συνθήκες έκτακτης ανάγκης οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με διάφορα λογισμικά πακέτα.

## 6.10.2. Παραδείγματα

### 6.10.2.1. ΜΕΤΡΟ Ηπειρωτικής Κίνας

Σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις που περιέχονται στον αντίστοιχο κανονισμό που εφαρμόζεται στην Κίνα (Code for the Design of Metro of Mainland China 2003), όλοι οι επιβάτες και το προσωπικό στην πλατφόρμα θα πρέπει να εξέλθουν από την πλατφόρμα μέσα σε 6min (συμπεριλαμβανομένου και 1min ως χρόνο αντίδρασης) (Wang, Chen, Li, 2011). Το φορτίο των χρηστών αποτελείται από τους επιβάτες που βρίσκονται στην αποβάθρα, τους εργαζόμενους και τους επιβάτες του τρένου που φτάνει στην αποβάθρα. Οι κυλιόμενες σκάλες χρησιμοποιούνται ως διαδρομή διαφυγής, χρησιμοποιούνται όπως οι σταθερές σκάλες, ενώ μία κυλιόμενη σκάλα θεωρείται από την αρχή ότι είναι εκτός λειτουργίας και άρα δεν συμμετέχει στην διαδικασία της εκκένωσης.

### 6.10.2.2. MRT (Mass Rapid Transit) Ταϊβάν

Η μέθοδος υπολογισμού του χρόνου εκκένωσης στο σταθμό MRT της Ταϊβάν ακολουθεί τις προδιαγραφές που θέτει το Αμερικάνικο Πρότυπο NFPA 130 και με βάση το συγκεκριμένο πρότυπο μπορεί να ικανοποιήσει οποιοδήποτε σενάριο έκτακτης ανάγκης (Shen-Wen et al, 2004). Το χειρότερο σενάριο είναι ότι ένα τρένο που παρουσίασε καθυστέρηση ως προς την άφιξη του και στο οποίο εκδηλώθηκε πυρκαγιά εισέρχεται στον σταθμό την ώρα αιχμής. Το χειρότερο σενάριο σε συνδυασμό με τις εκτιμήσεις της εκκένωσης είναι τα κριτήρια σχεδιασμού αντιμετώπισης των έκτακτων καταστάσεων στο σταθμό. Οι επιβάτες της αποβάθρας θα πρέπει να φτάσουν στην έξοδο κινδύνου μέσα σε 4min και σε ασφαλή χώρο σε 6min. Αν ο σταθμός περιλαμβάνει πολλά επίπεδα τότε για κάθε επίπεδο πρέπει να προστίθενται 2min στο χρόνο των 6min.

### 6.10.2.3. Τόκιο

Τον Απρίλιο του 2003, η Πυροσβεστική Υπηρεσία του Τόκιο (TFD) σύστησε μια επιτροπή εμπειρογνομόνων για πυρκαγιές σε μετρό. Λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη πειραματικών γνώσεων σχετικά με τις πυρκαγιές σε μετρό, αποφασίστηκε να διεξαγεί δοκιμές πυρκαγιάς σε σταθμούς του μετρό (SHUJI MORIYAMA, et al, 2005). Οι δοκιμές έγιναν προσομοιώνοντας εστίες πυρκαγιάς στην αποβάθρα σε τρεις σταθμούς μετρό. Κάθε αποβάθρα συνδέεται με το χώρο έκδοσης των εισιτηρίων με κλιμακοστάσια και κυλιόμενες σκάλες. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν το βράδυ προκειμένου να αποφευχθεί η διατάραξη της κυκλοφορίας. Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές αναφέρονται στην κεντρική αποβάθρα η οποία είναι η πλέον χαρακτηριστική αποβάθρα του σταθμού μετρό. Το φορτίο της αποβάθρας που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση είναι 1.800 άτομα. Σύμφωνα με την προσομοίωση, ο χρόνος μέχρι την έναρξη της εκκένωσης ισούται με 77s (1min :17s), και ο χρόνος για να εκκενωθεί η αποβάθρα προέκυψε 880s (περίπου 15min) μετά την εκδήλωση της πυρκαγιάς.

### 6.10.2.4. Σταθμός Μετρό στη Σαγκάη

Δύο λογισμικά, το Building Exodus V4.06 και το Smartfire V4.1 χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη των Y.F Ye, Q.F Hu, H.W. Huang για να προσομοιώσουν την εκκένωση υπό διαφορετικούς κινδύνους σε ένα σταθμό του μετρό στη Σαγκάη. Σύμφωνα με το σενάριο σε ένα σταθμό μετρό στη Σαγκάη εκδηλώνεται πυρκαγιά την ώρα αιχμής. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που θέτουν οι αντίστοιχοι Κανονισμοί (Code for Subway Design, 2003 και Urban Mass Transit Design Code) οι σκάλες, οι κυλιόμενες σκάλες και οι εξοδοί πρέπει να εξασφαλίζουν την εκκένωση των επιβατών του τρένου ή εκείνων που περιμένουν στην αποβάθρα καθώς και των εργαζομένων σε 6min στην περίπτωση που εκδηλωθεί πυρκαγιά κατά την ώρα αιχμής. Ο σταθμός καλύπτει μια έκταση 10965m<sup>2</sup>, ενώ το καθαρό μήκος είναι 197.36m και το καθαρό πλάτος είναι 17.10m. Το αποτελεσματικό πλάτος της αποβάθρας είναι 186m. Στην προσομοίωση λήφθηκε υπόψη η χειρότερη



περίπτωση σύμφωνα με την οποία 200 άτομα περίμεναν στην αποβάθρα και 1321 ήταν στο τρένο που έφτανε στην αποβάθρα, δηλαδή συνολικά έπρεπε να απομακρυνθούν 1521 άτομα. Στην συγκεκριμένη έρευνα προσομοιώνονται και αναλύονται δύο διαφορετικές καταστάσεις, όπου η μία έχει να κάνει με εκκένωση κάτω από γενικές συνθήκες όπως είναι η απειλή για βόμβα και η άλλη έχει να κάνει με εκκένωση κάτω από εκδήλωση πυρκαγιάς. Σύμφωνα με την ανάλυση, ο χρόνος που απαιτείται για την εκκένωση κάτω από διαφορετικές συνθήκες παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1.

Εκκένωση	Γενικές Συνθήκες			Συνθήκες Πυρκαγιάς
Συνθήκες Εκκένωσης	Όλες οι σκάλες ήταν διαθέσιμες. Δεν υπήρξε κάποια παρέμβαση κατά την διαδρομή	Μία κυλιόμενη σκάλα ήταν εκτός λειτουργίας. Δεν υπήρξε κάποια παρέμβαση κατά την διαδρομή	Μία κυλιόμενη σκάλα ήταν εκτός λειτουργίας. Υπήρξε κάποια παρέμβαση κατά την διαδρομή	Μία κυλιόμενη σκάλα ήταν εκτός λειτουργίας. Υπήρξε κάποια παρέμβαση κατά την διαδρομή
Χρόνος Εκκένωσης	3min:55s	7min:30s	5min	5min:15s

Πίνακας 1.1: Χρόνος που απαιτείται για την εκκένωση κάτω από διαφορετικές συνθήκες

#### 6.10.2.5. Σταθμός METPO στη Φρανκφούρτη

Το 2001 συστάθηκε μία ομάδα με σκοπό την ανάπτυξη μεθόδων και κριτηρίων για την δημιουργία και ανάλυση περιπτώσεων πυρασφάλειας σε νέους και υφιστάμενους σταθμούς METPO στη Φρανκφούρτη (Konnecke – Schneider, 2005). Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό εξετάστηκαν διάφορα σενάρια σε σχέση με το μέγεθος και την τοποθεσία εκδήλωσης της πυρκαγιάς και διενεργήθηκαν προσομοιώσεις με το λογισμικό ASERI σε νέους και υφιστάμενους σταθμούς. Το χειρότερο σενάριο θεωρείται η εκδήλωση πυρκαγιάς στο χώρο του τρένου. Οι τύποι των σταθμών που ερευνήθηκαν περιλαμβάνουν, χαμηλούς σταθμούς με ύψος μικρότερο από 4m που διαθέτουν σκάλες στην αντίθετη πλευρά της αποβάθρας ή μόνο στο μεσαίο τμήμα της αποβάθρας, υψηλούς σταθμούς μεγάλου όγκου με σκάλες στην αντίθετη πλευρά της αποβάθρας και σταθμούς διέλευσης (σε ορισμένες περιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένων των παρακείμενων εμπορικών περιοχών). Εμπειρικές και αριθμητικές μελέτες έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια της ώρας αιχμής σε σταθμούς METPO στη Φρανκφούρτη ο συνολικός χρόνος εξόδου κυμαίνεται από 5 έως 7min. Αριθμητικές προσομοιώσεις στην περίπτωση των χειρότερων σεναρίων έδειξαν ότι ο χρόνος εκκένωσης των χρηστών έφτασε μέχρι τα 7min. Για να επιτευχθεί μια συνολική έξοδος σε χρόνο κάτω από 10min (ένα όριο που απαιτείται από τις αρμόδιες αρχές) ο χρόνος πριν από τη μετακίνηση πρέπει να είναι λιγότερος από 3min, κάτι που απαιτεί κατάλληλο σύστημα συναγερμού και διαχείρισης πυρασφάλειας.

## 7. Μετρό Θεσσαλονίκης

### 7.1. Εισαγωγή

#### 7.1.1. Παρουσίαση του Έργου

Το βασικό έργο του ΜΕΤΡΟ της Θεσσαλονίκης (<http://www.ametro.gr>) περιλαμβάνει την κύρια γραμμή αυτού με μήκος 9.6km και αποτελείται από δύο σήραγγες μονής τροχιάς, οι οποίες διέρχονται κυρίως κάτω από βασικούς οδικούς άξονες και κεντρικά σημεία της πόλης, και από 13 σταθμούς. Το έργο περιλαμβάνει επίσης ένα αμαξοστάσιο έκτασης 50.000m<sup>2</sup> το οποίο εντοπίζεται στην περιοχή της Πυλαίας για την αποθήκευση του αναγκαίου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, για τη συντήρηση και επισκευή των συρμών και του τροχαίου υλικού. Επιπλέον, στο αμαξοστάσιο είναι εγκατεστημένο το Κέντρο Ελέγχου Λειτουργίας, καθώς και το Κέντρο Διοίκησης του ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης.

Η Γραμμή ξεκινά από τη βορειοδυτική πλευρά της πόλης με το Σταθμό «Νέος Σιδηροδρομικός Σταθμός», ο οποίος βρίσκεται μπροστά από το Σταθμό του ΟΣΕ, και συνεχίζει προς τη νοτιοανατολική πλευρά της πόλης έως το τερματικό Σταθμό «Νέα Ελβετία». Η γραμμή ακολουθεί κυρίως τις οδούς Μοναστηρίου, Εγνατίας, Ν. Εγνατίας, Δελφών και Σόλωνος. Στο Σχήμα 7.1 παρουσιάζεται το γενικό σχέδιο της διάταξης της γραμμής καθώς και οι μελλοντικές επεκτάσεις του έργου.



Σχήμα 7.1: Σχηματική απεικόνιση του ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης  
[Πηγή: Βαζαΐος, 2013]

### 7.1.2. Ιστορικό

Η πρωτοβουλία για την κατασκευή ([http://el.wikipedia.org/wiki/Μετρό\\_Θεσσαλονίκης](http://el.wikipedia.org/wiki/Μετρό_Θεσσαλονίκης)) του μετρό Θεσσαλονίκης ανήκει στον Κωνσταντίνο Πυλαρινό, που ως νομάρχης είχε καταφέρει να περιληφθεί στον προϋπολογισμό του 1976 «κωδικός» που ανέφερε: **Μετρό Θεσσαλονίκης**. Ωστόσο, η κατασκευή του μετρό Θεσσαλονίκης ξεκίνησε την τριετία 1986-1989, όπου το σχέδιο περιελάμβανε την χάραξη του υπόγειου σιδηροδρόμου κάτω από το οδόστρωμα της οδού Εγνατίας, αρχικά στο τμήμα μεταξύ της οδού Καυτανζόγλου και της Πλατείας Δημοκρατίας. Η κατασκευή έγινε δια της μεθόδου της εκσκαφής του εδάφους και της κατασκευής σήραγγας με τοποθέτηση μεταλλικών δοκών και οπλισμένου σκυροδέματος. Προχώρησε με αργούς ρυθμούς για περίπου δύο χρόνια, λόγω της δυσκολίας χρηματοδότησής της.

Η κατασκευή αυτή κρίθηκε άσκοπη από το νέο σχεδιασμό του υπόγειου έργου, ενώ ο ίδιος ο φορέας υλοποίησης του έργου, Δήμος Θεσσαλονίκης, χαρακτηρίζει τη συγκεκριμένη περίοδο απλώς «σχεδιασμό του μετρό». Παράλληλα, λόγω της ύπαρξης της σήραγγας αυξήθηκε η στάθμη των υδάτων στα θεμέλια της Πολυτεχνικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στα οποία εντοπίστηκε σκουριά. Από τότε ως σήμερα λειτουργούν καθημερινά αντλίες που απομακρύνουν τα νερά.

Το έργο άρχισε να δημοπρατείται εκ νέου το 1992, ενώ ακολούθησε μια σειρά άγονων χωρίς αποτέλεσμα μειοδοσιών.

Μετά την αποτυχημένη απόπειρα κατασκευής του ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης με τη μέθοδο της παραχώρησης (1998-2003), τον Σεπτέμβριο του 2003 αποφασίστηκε η κατασκευή του ως δημόσιο έργο με από κοινού χρηματοδότηση του Ελληνικού Δημοσίου και της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Με βάση τη διακήρυξη του νέου διαγωνισμού, τον Ιούνιο του 2004 υπέβαλαν εκδήλωση ενδιαφέροντος πέντε κοινοπραξίες απαρτιζόμενες από σημαντικές ελληνικές και ξένες εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο συγκεκριμένο τομέα. Το πρώτο στάδιο του διαγωνισμού ολοκληρώθηκε το Νοέμβριο του 2004, όπου τέσσερις από τις πέντε κοινοπραξίες συνέχισαν στο δεύτερο και τον Ιανουάριο του 2005 παρέλαβαν τα τεύχη δημοπράτησης και τη νέα προμελέτη του έργου.

Τον Μάιο του 2005 οι προεπιλεγείσες κοινοπραξίες υπέβαλαν την τεχνική και οικονομική τους προσφορά και τον Αύγουστο του ίδιου χρόνου ολοκληρώθηκε η αξιολόγηση των τεχνικών και οικονομικών προσφορών των τριών κοινοπραξιών που έμειναν μέχρι το τελευταίο στάδιο του διαγωνισμού.

Η σύμβαση με την ανάδοχο κοινοπραξία ΑΕΓΕΚ IMPREGILO-ANSALDO T.S.F.-SELI-ANSALDOBREDA υπογράφηκε στις 7 Απριλίου 2006 και στα τέλη του Ιουνίου ξεκίνησαν οι προκατασκευαστικές εργασίες για την κατασκευή του έργου.

Για τη χρηματοδότηση του έργου έχουν εξασφαλιστεί 550,000,000€ από την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων, ως εγκεκριμένο δάνειο με ευνοϊκούς όρους και 250,000,000€ από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης. Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται στα 1,052,000,000€. Επίσης εξασφαλίστηκε χρηματοδότηση ύψους 400,000,000€ από το Δ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης για την επέκταση του βασικού έργου προς Καλαμαριά, μήκους 5km με πέντε σταθμούς.

Τον Ιούνιο του 2013 υπεγράφη η σύμβαση κατασκευής της επέκτασης του Μετρό Θεσσαλονίκης προς την Καλαμαριά με την αναδόχο εταιρεία ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., έργο που έχει ενταχθεί στο Ε.Σ.Π.Α.- Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» και δανειοδοτείται από την ΕΤΕ με συνολικό προϋπολογισμό 518 εκ. €. (400 εκ. € αφορούν στην υπογραφείσα σύμβαση), 4.78km, 5 σταθμοί.

### 7.1.3. Περιγραφή του Έργου

Η κατασκευή του ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης ενσωματώνει τα πλέον σύγχρονα τεχνολογικά δεδομένα και τις πιο απαιτητικές προδιαγραφές ποιότητας και λειτουργικότητας, στοιχεία τα οποία το καθιστούν ως ένα από τα πιο σύγχρονα υπόγεια έργα στην Ευρώπη .

Η βασική γραμμή (<http://www.ametro.gr/page/>) θα αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε, από δύο σήραγγες μονής τροχιάς μήκους 9.6km με 13 σταθμούς κατά μήκος του άξονα της, οι οποίοι είναι οι εξής:

- Νέος Σιδηροδρομικός Σταθμός
- Πλατεία Δημοκρατίας
- Βενιζέλου
- Αγία Σοφία
- Σιντριβάνι
- Πανεπιστήμιο
- Παπάφη
- Ευκλείδη
- Φλέμινγκ
- Αναλήψεως
- Πατρικίου
- Βούλγαρη
- Νέα Ελβετία

Στον Πίνακα 7.1 αποτυπώνεται η εξέλιξη των εργασιών κατασκευής των σταθμών της βασικής γραμμής (ποια στάδια έχουν ολοκληρωθεί και ποια βρίσκονται ακόμα σε εξέλιξη).

Εργασίες Σταθμοί	Απόσταση από προηγούμεν. <sup>[24]</sup>	Εργοτάξιο	Περίβλημα	Αρχαιλ. <sup>[25]</sup>	Κατασκευή	Διαμόρφωση
Νέος Σιδηροδρομικός Σταθμός	-	✓	✓	✓	○	
Δημοκρατίας	700μ	✓	✓	✓	○	
Βενιζέλου	600μ	✓	✓	○		
Αγίας Σοφίας	550μ	✓	✓	○	○	
Σιντριβάνι	750μ	✓	✓	✓	○	
Πανεπιστήμιο	780μ	✓	✓	✓	○	
Παπάφη	625μ	○				
Ευκλείδη	540μ	✓	✓	✓	✓	○
Φλέμινγκ	560μ	✓	✓	✓	○	
Αναλήψεως	675μ	✓	○			
Πατρικίου	740μ	✓				
Βούλγαρη	525μ					
Νέα Ελβετία	945μ	○				
Αμαξοστάσιο	1.125μ	✓	-----	✓	○	

Πίνακας 7.1: Εξέλιξη των εργασιών κατασκευής  
[Πηγή: [http://el.wikipedia.org/wiki/Μετρό\\_Θεσσαλονίκης](http://el.wikipedia.org/wiki/Μετρό_Θεσσαλονίκης)]

Μετά την ολοκλήρωση του έργου θα τεθούν σε λειτουργία 18 υπέρ-αυτόματοι συρμοί, πλήρως κλιματιζόμενοι, οι οποίοι θα κινούνται δίχως τη παρουσία οδηγού αλλά με συνοδό. Επίσης θα είναι εγκατεστημένα συστήματα αυτόματων θυρών επί των αποβάθρων κάθε σταθμού, στοιχείο που αποτελεί τεχνολογική καινοτομία στα σύγχρονα πλέον έργα ΜΕΤΡΟ, καθώς οι θύρες ανοίγουν αυτόματα με την έλευση του συρμού επιτρέποντας την καλύτερη εξυπηρέτηση και ασφάλεια του επιβατικού κοινού με την αυτοματοποίηση του συστήματος. Πέρα από το βασικό έργο, από την ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ έχει επίσης

προβλεφθεί η ανάπτυξη υπόγειων χώρων στάθμευσης για την εξυπηρέτηση των επιβατών συνολικής χωρητικότητας 3,700 θέσεων, οι οποίες κατανέμονται όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.2.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΘΕΣΕΙΣ	ΕΠΙΠΕΔΑ
Ν. Σιδηροδρομικός Σταθμός 1	450	-4 υπόγεια
Νέος Σιδ. Σταθμός 2	600	-4 υπόγεια
Νέα Ελβετία	650	-1, ισόγειο, +2
Πανεπιστήμιο 1	1000	-4 υπόγεια
Πανεπιστήμιο 2	1000	-4 υπόγεια
<b>Σύνολο</b>	<b>3700</b>	

Σχήμα 7.2: Προβλεπόμενες θέσεις στάθμευσης και η κατανομή τους ανά περιοχή για το ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης  
[Πηγή: <http://www.ametro.gr/page/>]

Η ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ ΑΕ έχει συμπεριλάβει στο βασικό έργο την αναγκαία υποδομή που απαιτείται προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας επεκτάσεων μελλοντικά, δίχως να διακοπεί η λειτουργία του έργου. Στην Εικόνα 7.1 αποτυπώνονται οι σταθμοί του αρχικού σχεδιασμού καθώς και οι σταθμοί των επεκτάσεων του ΜΕΤΡΟ της Θεσσαλονίκης. Η πρώτη φάση κατασκευής επεκτάσεων προβλέπει την δημιουργία δύο, οι οποίες είναι:

- Βορειοδυτικά προς την περιοχή της Σταυρούπολης, μήκους 6.5km και 6 νέους σταθμούς.
- Νοτιοανατολικά προς την περιοχή της Καλαμαριάς, μήκους 5km και επίσης 5 σταθμούς.

Και για τις δύο παραπάνω επεκτάσεις έχουν ληφθεί υπόψη η κατασκευή των απαραίτητων έργων Πολιτικού Μηχανικού και των ηλεκτρομηχανολογικών και σιδηροδρομικών συστημάτων του βασικού έργου, η λειτουργία των συρμών με διπλή χρονοαπόσταση και η διεύρυνση για την ανάγκη κατασκευής πρόσθετου αμαξοστασίου.



Εικόνα 7.1: Σχέδιο ανάπτυξης γραμμών ΜΕΤΡΟ  
 [Πηγή: [http://el.wikipedia.org/wiki/Μετρό\\_Θεσσαλονίκης](http://el.wikipedia.org/wiki/Μετρό_Θεσσαλονίκης)]

Θέματα που επίσης έπρεπε να αντιμετωπιστούν αποτέλεσαν η αποφυγή υφιστάμενων δικτύων αποχέτευσης υδροδότησης κλπ καθώς και η αποφυγή του στρωμάτων που αναμένονταν αρχαιολογικά ευρήματα. Πιο συγκεκριμένα βάσει της αρχικής μελέτης ο κεντρικός αποχετευτικός αγωγός της πόλης θα έπρεπε να σε μεγάλο τμήμα του να μετατοπισθεί και να παρακαμφθεί. Με τη νέα μελέτη που εκπονήθηκε πραγματοποιήθηκαν βελτιώσεις στη χάραξη της κεντρικής γραμμής, διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό τη μη- ύπαρξη κάποιας εμπλοκής του έργου με αυτόν. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν αντίστοιχες προβλέψεις και μικρότερης εμβέλειας διορθώσεις λαμβάνοντας υπόψη και τα υπόλοιπα δίκτυα κοινής ωφέλειας της πόλης της Θεσσαλονίκης. Σε ότι αφορά το αρχαιολογικό υπόβαθρο της Θεσσαλονίκης, μία πόλη πλούσια σε αρχαιολογικά ευρήματα, χάρη στη συνεργασία με την Αρχαιολογική Υπηρεσία και το Υπουργείο Πολιτισμού, η ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ ΑΕ προχώρησε στις παρακάτω ενέργειες:

- Πραγματοποίησε μελέτη αρχαιολογικής τεκμηρίωσης στην οποία καθορίστηκαν οι σταθμοί «υψηλού αρχαιολογικού κινδύνου», καθώς αναμενόταν ανεύρεση αρχαιοτήτων.
- Μετατόπισε από την αρχική τους θέση σταθμούς των οποίων η κατασκευή θα απαιτούσε μακροχρόνια αρχαιολογική ανασκαφή, όπως ο Σταθμός Πλατείας Δημοκρατίας που μετατοπίστηκε εκτός των αρχαίων τειχών της πόλης.

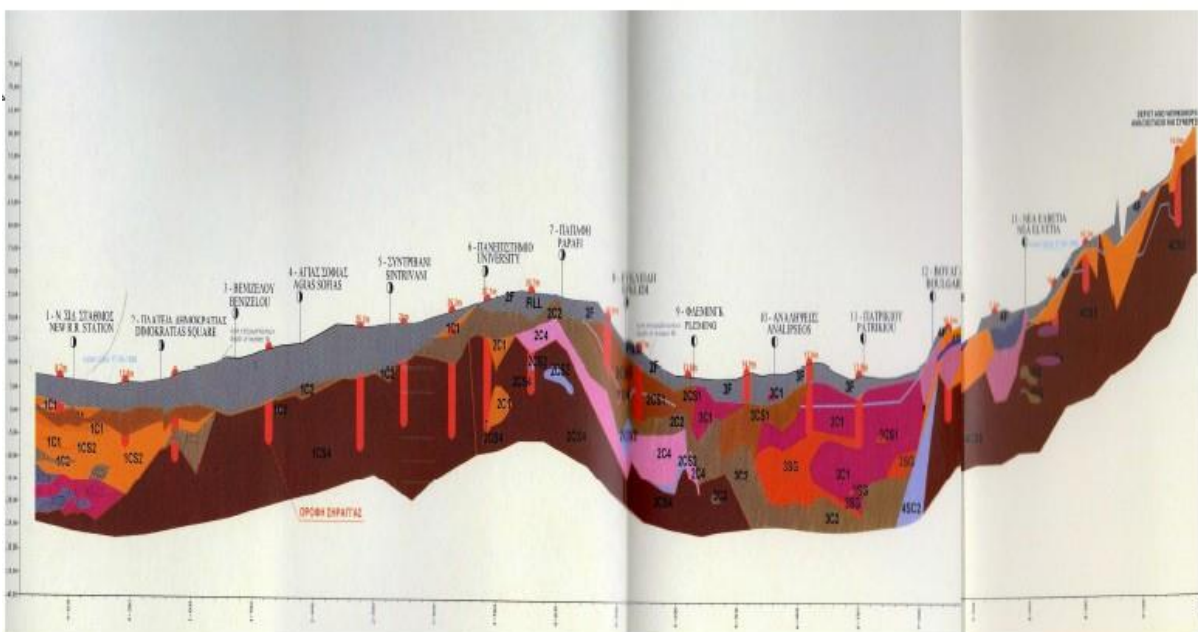
- Επέλεξε τις καλύτερες δυνατές μεθόδους για την προστασία των αρχαιολογικών ευρημάτων αλλά και για την ελαχιστοποίηση του κόστους και του χρόνου των αρχαιολογικών ανασκαφών.

Η αρχαιολογική ανασκαφή προβλέπεται να καλύψει συνολική έκταση 19.200m<sup>2</sup> και η ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ ΑΕ σε συνεργασία με το Υπουργείο Πολιτισμού θα αναδείξει τα σημαντικότερα αρχαιολογικά ευρήματα σε κεντρικούς σταθμούς του δικτύου.

#### 7.1.4. Η Γεωλογία του Έργου και οι Μέθοδοι Κατασκευής

Η γεωλογία του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται από την παρουσία νεογενών και τεταρτογενών αποθέσεων. Το αλπικό υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής συνθέτεται κυρίως από γνεύσιους (Μεσοζωικός σχηματισμός της σειράς του Βερτίσκου), οι οποίοι εμφανίζονται Βόρεια-Βορειοανατολικά της πόλης και επικαλύπτονται από ανωμειοκαινικά-πλειοκαινικά ιζήματα (Βαζαίος 2013). Παρόλα αυτά, οι βραχύδεις σχηματισμοί βυθίζονται αρκετά κάτω από το επίπεδο των σηράγγων πιθανότατα λόγω της εμφάνισης κανονικών ρηγμάτων κάθετα στο βορειότερο τμήμα της πόλης. Συνεπώς, ο κύριος σχηματισμός της περιοχής του έργου είναι μία σειρά πολύ στιφρών έως σκληρών ερυθρών αργίλων ανωμειοκαινικής-πλειοκαινικής ηλικίας. Σχηματισμοί του Τεταρτογενούς που έχουν αποθεθεί πάνω σε αυτές τις αργίλους συνίστανται από αργιλώδεις έως ιλυώδεις άμμους ή/και χάλικες. Ωστόσο, λόγω της μακράς ιστορίας της πόλης, ένα στρώμα αρχαιολογικών ευρημάτων σημαντικού πάχους έχει κατατεθεί πάνω από αυτούς τους σχηματισμούς, το οποίο συναντάται κυρίως στο κέντρο της πόλης. Στη γεωλογική τομή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.3 παρατηρείται ότι κατά μήκος του άξονα της σήραγγας της βασικής γραμμής απαντώνται αποκλειστικά οι εν λόγω εδαφικοί σχηματισμοί με τα γεωυλικά να συνθέτονται από εδαφικά υλικά αργίλου (C), αμμώδους αργίλου (CS), αμμώδους (S) και αμμοχαλικώδους (SG) φύσης.

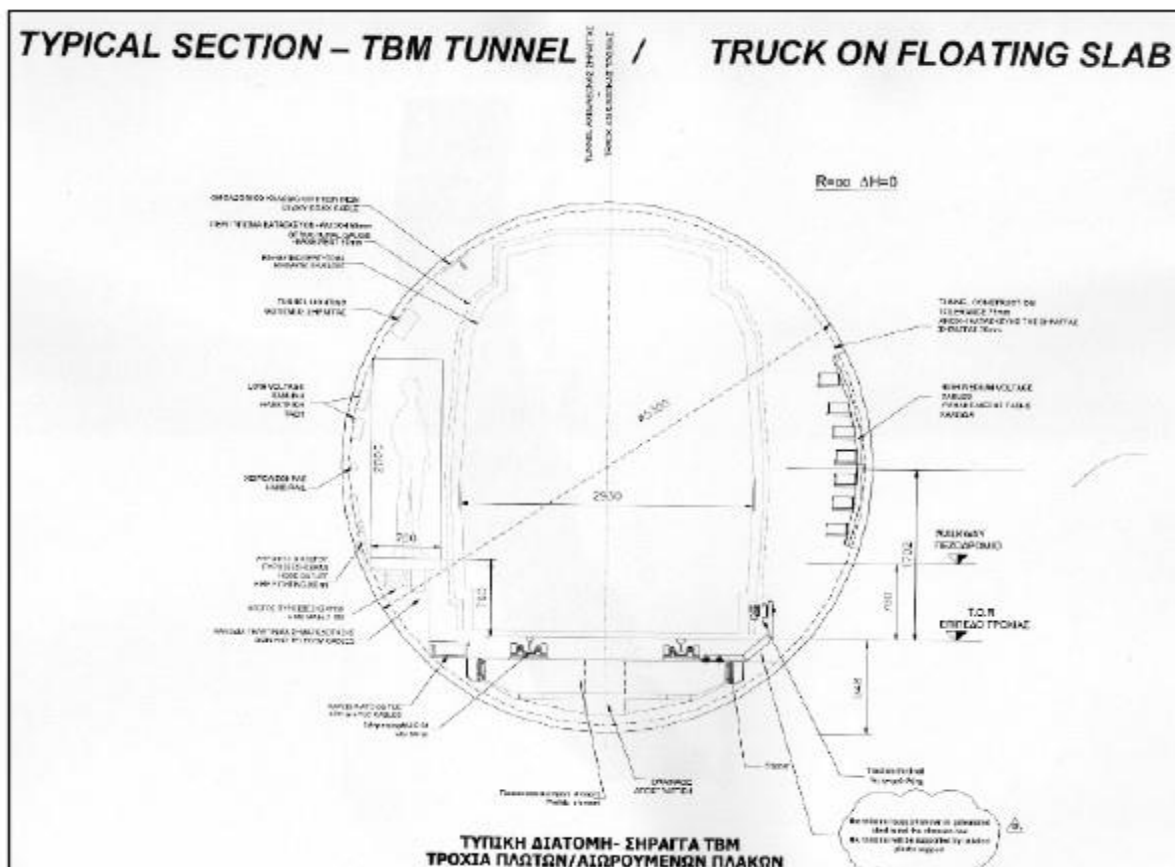
Τα υπόγεια νερά στην ευρύτερη περιοχή προέρχονται κυρίως από την υδρολογική λεκάνη, η οποία καθορίζεται από τον υδροκρίτη των κορυφών των τριγύρω λόφων που αποτελούν τα βόρεια-βορειοανατολικά όρια για τη λεκάνη αποστράγγισης. Η γενική υδρογεωλογική συμπεριφορά των Νεογενών και Τεταρτογενών Αποθέσεων, τα οποία βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του έργου, καθορίζεται από τη φύση, τη θέση και το πάχος των διαφόρων λιθολογικών τύπων από τους οποίους αποτελούνται.



Σχήμα 7.3: Γεωλογική τομή κατά μήκος του βασικού έργου του ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης [Πηγή: Βαζαίος, 2013]

Λόγω του αξιόλογου μήκους διάνοιξης για την όρυξη των σηράγγων επιλέχθηκε η εφαρμογή μηχανοποιημένης μεθόδου εκσκαφής. Από την αξιολόγηση των γεωτεχνικών και τεχνικοοικονομικών συνθηκών κατά μήκος της χάραξης καταλληλότερη κρίθηκε η επιλογή μηχανήματος τύπου εξισορρόπησης της εδαφικής πίεσης EPB, καθώς η διάνοιξη αναμενόταν να πραγματοποιηθεί μέσα σε εδαφικούς σχηματισμούς, κυρίως αργιλικής φύσεως. Για τη διάνοιξη των σηράγγων μονής τροχιάς αποκτήθηκαν δύο μηχανήματα ολομέτωπης κοπής εξισορρόπησης της εδαφικής πίεσης EPB, τα οποία κατασκευάστηκαν από την εταιρεία Herrenknecht ενώ η εταιρεία SELI είναι υπεύθυνη για την παροχή του συστήματος υποστήριξης των δύο TBM (<http://www.ametro.gr/page/>).

Κάθε κυκλική διατομή ολοκληρώνεται μετά την εκσκαφή διαμέτρου 6.12m με την τοποθέτηση της τελικής επένδυσης από προκατασκευασμένα τμήματα σκυροδέματος πάχους 30cm. Η εσωτερική διάμετρος της διατομής διαμορφώνεται στα 5.30m τελικώς όπως παρουσιάζεται και στο Σχήμα 7.4.



Σχήμα 7.4: Σχηματική απεικόνιση της καθαρής διατομής σήραγγας μονής τροχιάς [Πηγή: Βαζαίος, 2013]

Προκειμένου να αποφευχθούν δυνητικοί κίνδυνοι λόγω της αλληλεπίδρασης των δύο εκσκαφών αυτές δεν προχωρούν παράλληλα, αλλά διατηρείται μία απόσταση ασφαλείας μεταξύ των δύο μηχανημάτων, κατά συνέπεια το ένα μέτωπο εκσκαφής πάντα προπορεύεται του άλλου. Επίσης στα τμήματα όπου οι δύο άξονες πλησιάζουν ο ένας τον άλλο, κυρίως πριν από τους σταθμούς, εφαρμόζονται μέθοδοι βελτίωσης του εδάφους εκ της εδαφικής επιφάνειας (jet grouting) ώστε να αποφευχθούν κίνδυνοι αστάθειας της εκσκαφής. Σημειώνεται επίσης ότι όπου απαιτούνταν ιδιαίτεροι χειρισμοί ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα η κατασκευή των σηράγγων πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας τη μέθοδο εκσκαφής και επανεπίχωσης (cut and cover method) και συμβατικές μεθόδους εκσκαφής (Βαζαίος 2013). Τέτοια απαίτηση υπήρξε στο τμήμα από το Σταθμό Νέα Ελβετία έως το αμαρσοστάσιο στην περιοχή της Πυλαίας και από το Νέο Σιδηροδρομικό Σταθμό έως το φρέαρ εκκίνησης του TBM, όπου η μέθοδος που εφαρμόστηκε ήταν αυτή της εκσκαφής και επανεπίχωσης, και στο τμήμα κάτω από την οδό της Νέας Εγνατίας, όπου για την κατασκευή υπόγειας διασταύρωσης εφαρμόστηκε συμβατική μέθοδος διάνοιξης.



Για την κατασκευή των σταθμών προκειμένου να περιοριστεί η διαταραχή του περιβάλλοντος εδάφους επιλέχθηκε η μέθοδος επίχωσης και εκσκαφής (cover and cut ή top-down) με την κατασκευή διαφραγματικών τοίχων, έναντι της δημιουργίας ανοικτών εκσκαφών (<http://www.ametro.gr/page/>). Η σειρά των εργασιών που πραγματοποιούνται για τη δημιουργία των σταθμών περιλαμβάνει σε πρώτη φάση την κατασκευή των διαφραγματικών τοίχων από την εδαφική επιφάνεια και περιμετρικά της εκσκαφής που θα ακολουθήσει. Εν συνεχεία, πραγματοποιείται εκσκαφή έως τη στάθμη σκυροδέτησης της πλάκας οροφής στα περιμετρικά διαφράγματα, επανεπίχωση και πλήρης κυκλοφοριακή αποκατάσταση. Ακολουθεί έπειτα τμηματικά η υπόγεια εκσκαφή του σταθμού και η σκυροδέτηση των υπόλοιπων ενδιάμεσων πλακών και της πλάκας θεμελίωσης. Η αποκατάσταση της σύνδεσης με τους διαφραγματικούς τοίχους επιτυγχάνεται μέσω ειδικών διατάξεων οπλισμού. Με την παραπάνω κατασκευαστική μεθοδολογία η αντιστήριξη του σκάμματος εκσκαφής του σταθμού επιτυγχάνεται διαμέσου της πλάκας οροφής και των ενδιάμεσων πλακών, ενώ όπου απαιτείται λόγω των γεωτεχνικών συνθηκών είναι δυνατό να γίνει χρήση μεταλλικών αντηρίδων. Κατά συνέπεια, το μόνιμο φορέα του σταθμού αποτελούν οι διαφραγματικοί τοίχοι, χωρίς εσωτερικό τοιχίο, η πλάκα οροφής, οι ενδιάμεσες πλάκες και η πλάκα θεμελίωσης.

Τέλος, για την παρακολούθηση του έργου κατά τη διάρκεια κατασκευής, λόγω του έντονα αστικού περιβάλλοντος που την επιβάλλει, έχει εγκατασταθεί δίκτυο οργάνων με συνεχή και αυτόματη καταγραφή και ανάλυση των μετρούμενων μεγεθών. Τα όργανα τα οποία έχουν εγκατασταθεί περιλαμβάνουν αυτοματοποιημένους τοπογραφικούς σταθμούς, οι οποίοι μετρούν μετακινήσεις των παρακείμενων κτιρίων, κυψέλες τάσεων για μετρήσεις τάσεων τόσο επί των τελικών επενδύσεων των σηράγγων όσο και στην διεπιφάνεια εδάφους και διαφραγματικών τοίχων, κυψέλες φορτίου σε αγκύρια, κλισιόμετρα και μηκυσιόμετρα για την μέτρηση κατακόρυφων και οριζόντιων μετακινήσεων περίξ των εκσκαφών κ.τ.λ. Τα δεδομένα όλων των οργάνων συγκεντρώνονται αυτόματα σε ένα κεντρικό υπολογιστή για την άμεση πρόσβαση και αξιολόγηση αυτών. Σε περιπτώσεις υπέρβασης των επιτρεπτών ορίων σε κάποιο μετρούμενο μέγεθος υπάρχει άμεση ειδοποίηση για την άμεση κινητοποίηση του τεχνικού προσωπικού και την πρόληψη ενδεχόμενων αστοχιών.

## 7.2. Σταθμός Δημοκρατίας

Η πλατεία Δημοκρατίας γνωστή ως πλατεία Βαρδαρίου βρίσκεται στη δυτική πλευρά του κέντρου της Θεσσαλονίκης. Εκεί συναντιούνται οι κεντρικές αρτηρίες της πόλης όπως η Εγνατία οδός, η Δωδεκανήσων, η Λαγκαδά και η Μοναστηρίου. Κοντά στην πλατεία βρίσκεται το δικαστικό Μέγαρο Θεσσαλονίκης και ο Σιδηροδρομικός Σταθμός.

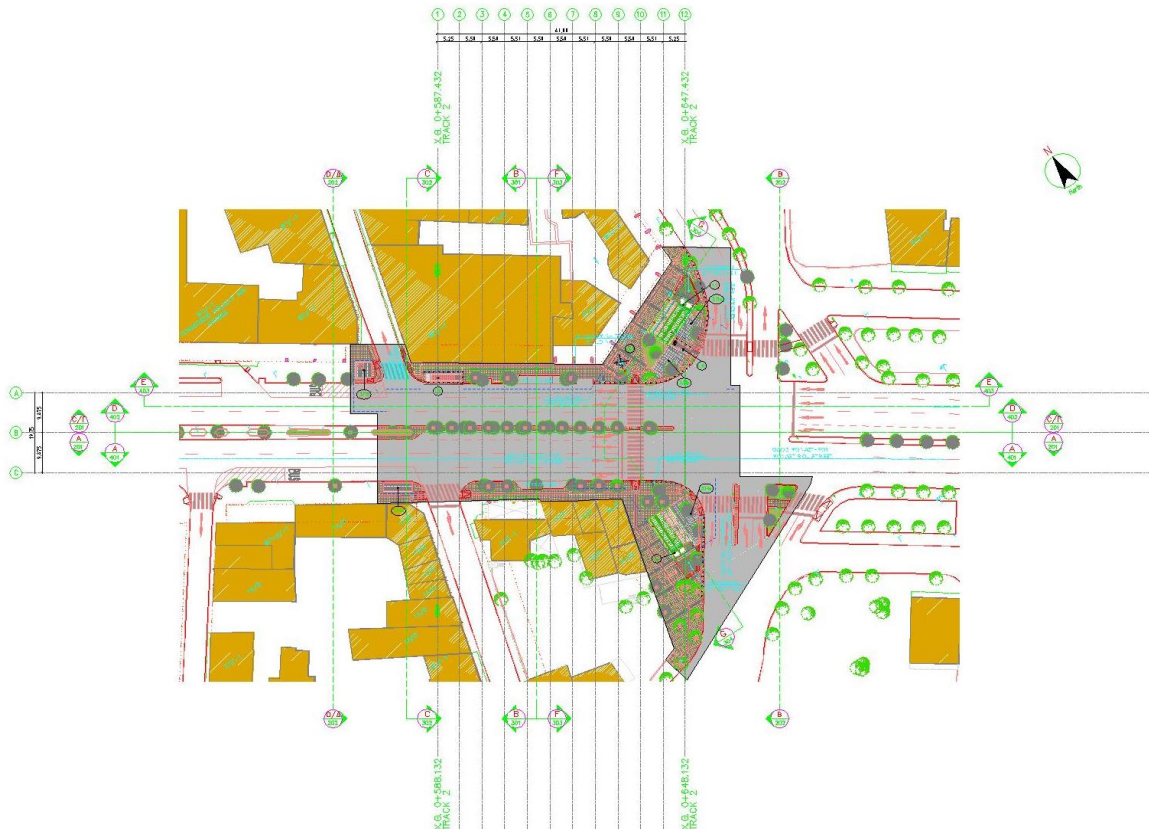
Οι σταθμοί έχουν σχεδιαστεί με ενιαία και τυποποιημένη διάταξη, αλλά θα διαφοροποιούνται με βάση τον επιβατικό φόρτο, τη θέση του σταθμού στην πόλη, καθώς και τη χάραξη της γραμμής και το βάθος των αποβάθρων από το υπερκείμενο έδαφος (<http://www.ametro.gr/page/>). Ο σταθμός κατασκευάζεται με την μέθοδο της κάλυψης και υπόγειας εκσκαφής (cover and cut), ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση στην επιφάνεια του εδάφους και στην κυκλοφορία των οχημάτων.

Η κεντρική αποβάθρα έχει μήκος 60m (<http://www.metrothessalonikis.com/>) για την καλύτερη εξυπηρέτηση των επιβατών και την ελαχιστοποίηση των κυλιόμενων κλιμάκων και ανελκυστήρων. Στον συγκεκριμένο σταθμό το πλάτος χρήσης αποβάθρας είναι 10m και έχει δύο διαδρομές κυλιόμενων κλιμάκων ανά διεύθυνση εισόδου – εξόδου. Ο σταθμός διαθέτει πετάσματα θυρών αποβάθρων (platform screen doors - PSD) για τη μεγιστοποίηση της ασφάλειας των επιβατών, την ενεργειακή εξοικονόμηση και την αύξηση του ωφελίμου χώρου των αποβάθρων και όλα τα προβλεπόμενα Η/Μ συστήματα (φωτισμός, εξαερισμός, πυρανίχνευση, πυρόσβεση, επικοινωνίες, SCADA, κ.τ.λ.).

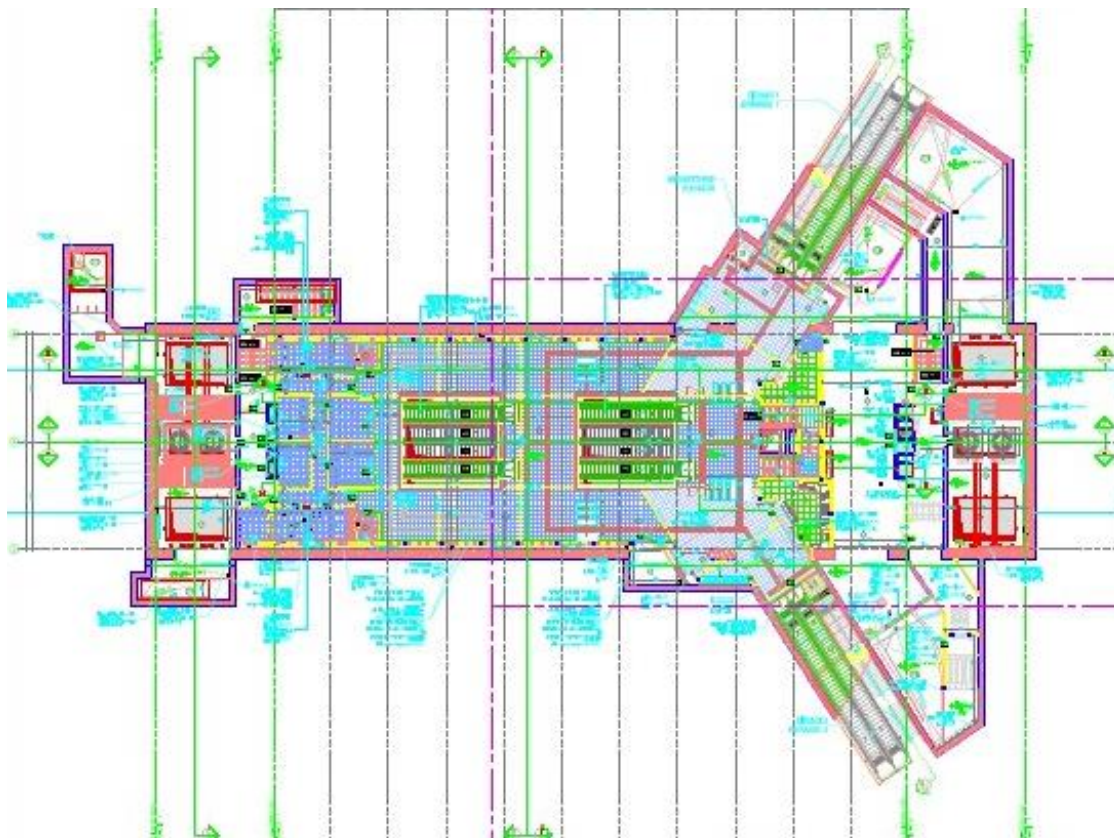
## 8. Ανάλυση Εκκένωσης

### 8.1. Στοιχεία του Σταθμού Μετρό «Πλατεία Δημοκρατίας»

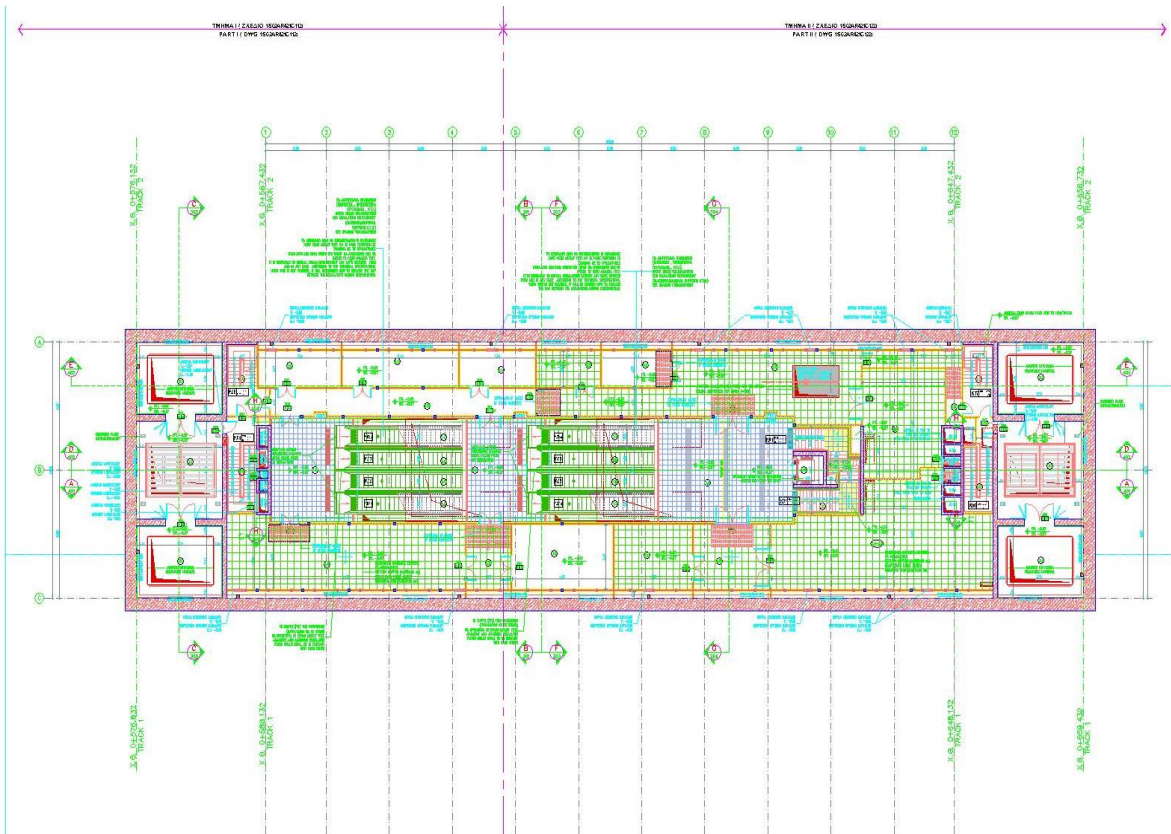
Ο σταθμός αποτελείται από 5 επίπεδα. Το επίπεδο 0 είναι το επίπεδο που βρίσκεται στην επιφάνεια του δρόμου και το επίπεδο -1 είναι ο χώρος έκδοσης των εισιτηρίων. Τα δύο επίπεδα συνδέονται με 2 κυλιόμενες σκάλες και με μία σταθερή προς κάθε κατεύθυνση. Υπάρχουν 2 έξοδοι που οδηγούν στην επιφάνεια και η διάταξή τους είναι συμμετρική. Στο επίπεδο -2 είναι ο χώρος αποθήκευσης Η/Μ υλικού και το επίπεδο που συνδέει τον χώρο των εισιτηρίων με τις αποβάθρες. Το συγκεκριμένο επίπεδο είναι προσβάσιμο από όλους και οι χρήστες κυκλοφορούν χρησιμοποιώντας κυλιόμενες και σταθερές σκάλες. Υπάρχουν 4 κυλιόμενες σκάλες και 1 σταθερή στο χώρο πίσω από τον ανελκυστήρα. Στο επίπεδο -3 είναι το επίπεδο των αποβαθρών όπου υπάρχουν και κάποια καθίσματα για την αναμονή. Υπάρχει μία κεντρική αποβάθρα μήκους 60m για την καλύτερη εξυπηρέτηση των επιβατών και την ελαχιστοποίηση των κυλιόμενων κλιμάκων και ανελκυστήρων. Το πλάτος χρήσης αποβάθρας είναι 10m και έχει δύο διαδρομές κυλιόμενων κλιμάκων ανά διεύθυνση εισόδου – εξόδου και 1 σταθερή σκάλα στο χώρο πίσω από τον ανελκυστήρα. Στο επίπεδο -4 που είναι το επίπεδο των τροχιών δεν κινούνται επιβάτες οπότε το συγκεκριμένο επίπεδο δεν μας απασχολεί. Στη συνέχεια απεικονίζονται τα σχέδια του σταθμού τόσο οι κατόψεις των 5 επιπέδων, όσο και 2 ενδεικτικές τομές.



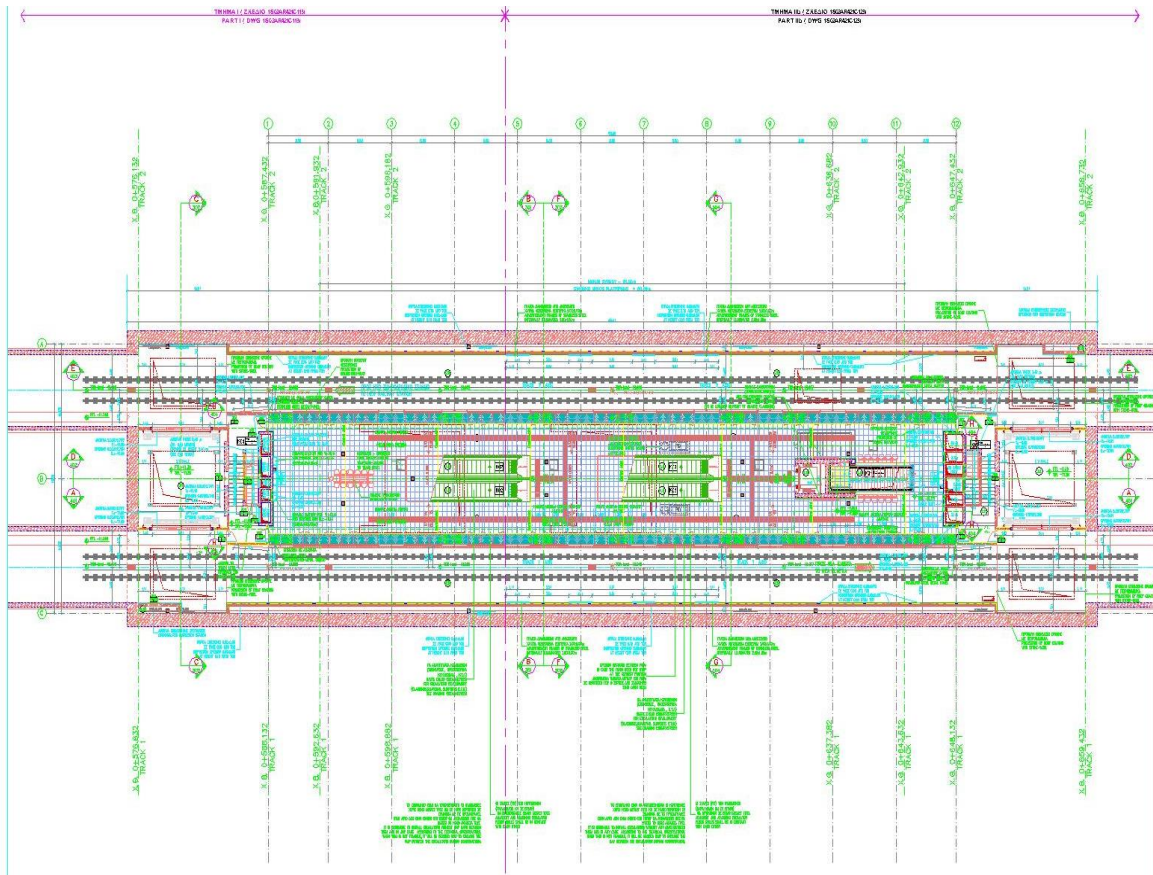
Σχήμα 8.1: Κάτοψη στάθμης 0 (επίπεδο οδού) σταθμού Δημοκρατίας  
[Πηγή: Αττικό ΜΕΤΡΟ]



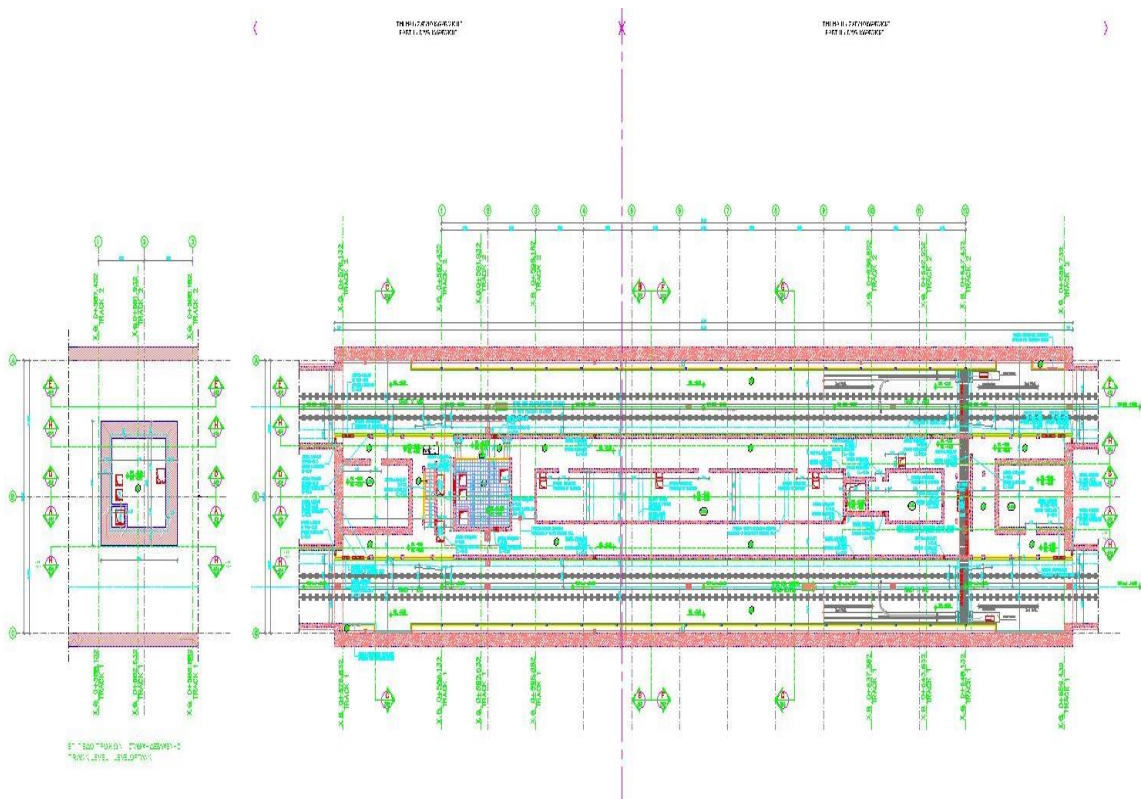
Σχήμα 8.2: Κάτοψη στάθμης -1 (επίπεδο έκδοσης εισιτηρίων) σταθμού Δημοκρατίας  
[Πηγή: Αττικό ΜΕΤΡΟ]



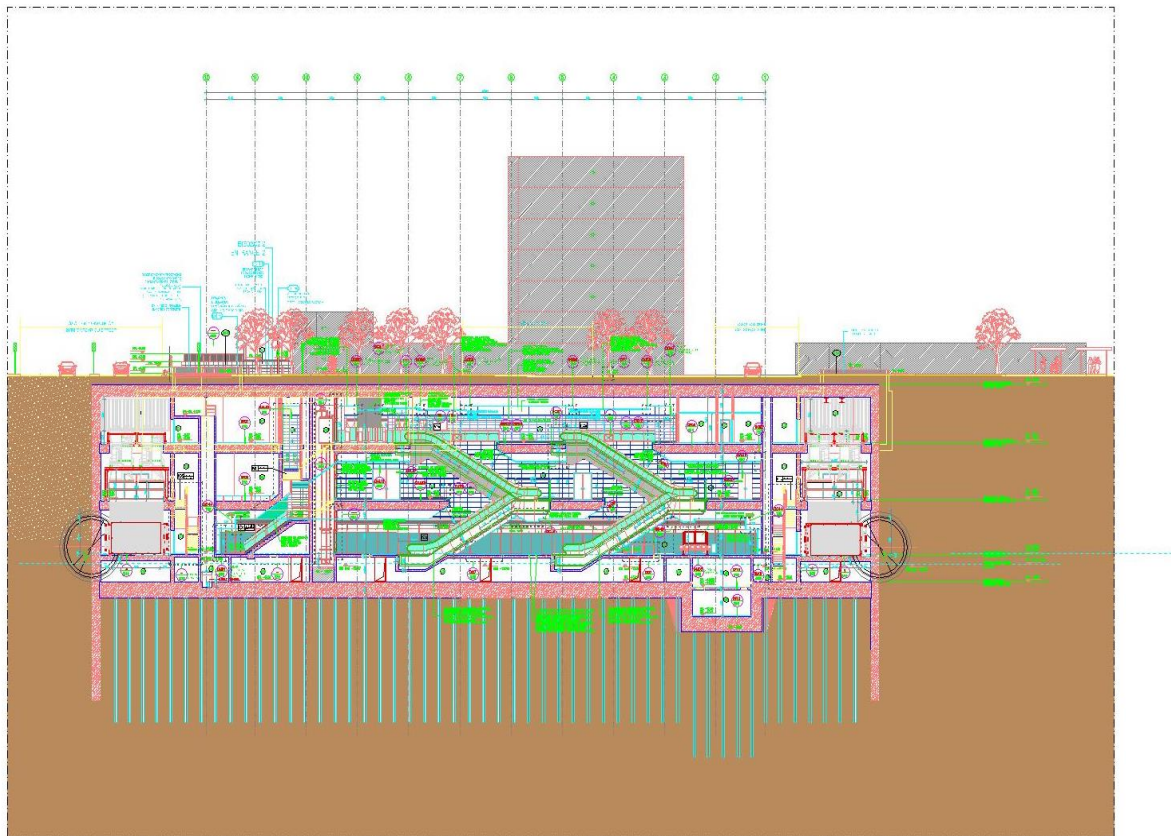
Σχήμα 8.3: Κάτοψη στάθμης -2 (επίπεδο Η/Μ χώρων) σταθμού Δημοκρατίας  
[Πηγή: Αττικό ΜΕΤΡΟ]



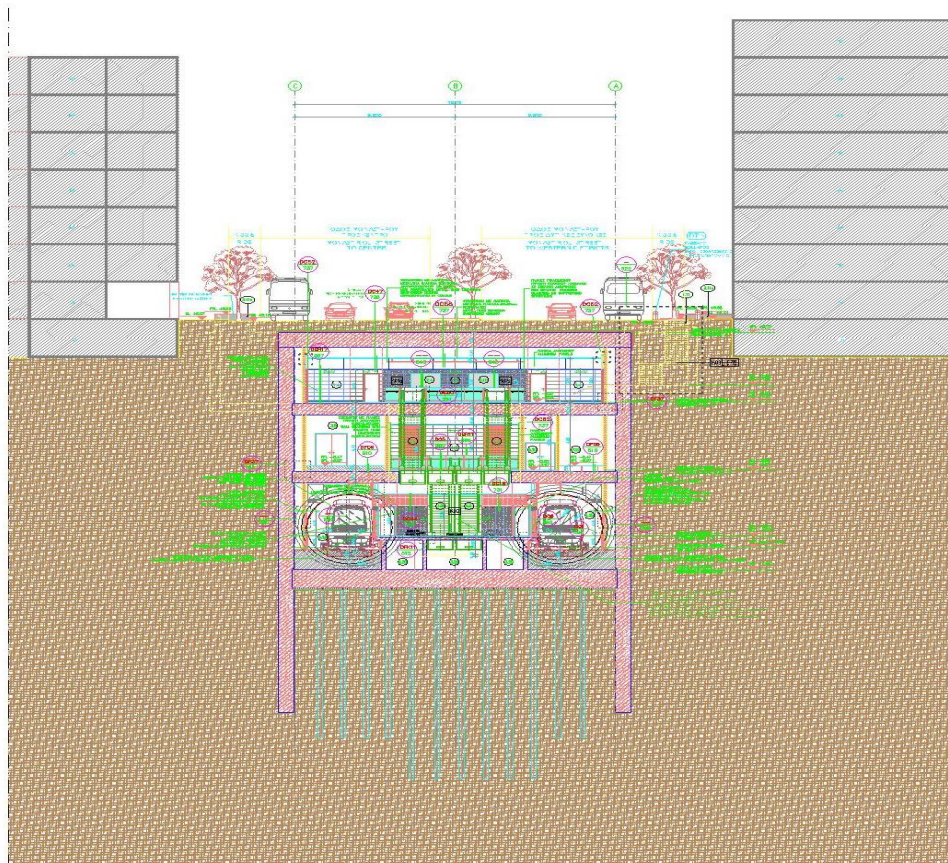
Σχήμα 8.4: Κάτοψη στάθμης -3 (επίπεδο αποβαθρών) σταθμού Δημοκρατίας [Πηγή: Αττικό ΜΕΤΡΟ]



Σχήμα 8.5: Κάτοψη στάθμης -4 (επίπεδο τροχιών) σταθμού Δημοκρατίας [Πηγή: Αττικό ΜΕΤΡΟ]



Σχήμα 8.6: Διαμήκης τομή σταθμού Δημοκρατίας  
[Πηγή: Αττικό ΜΕΤΡΟ]

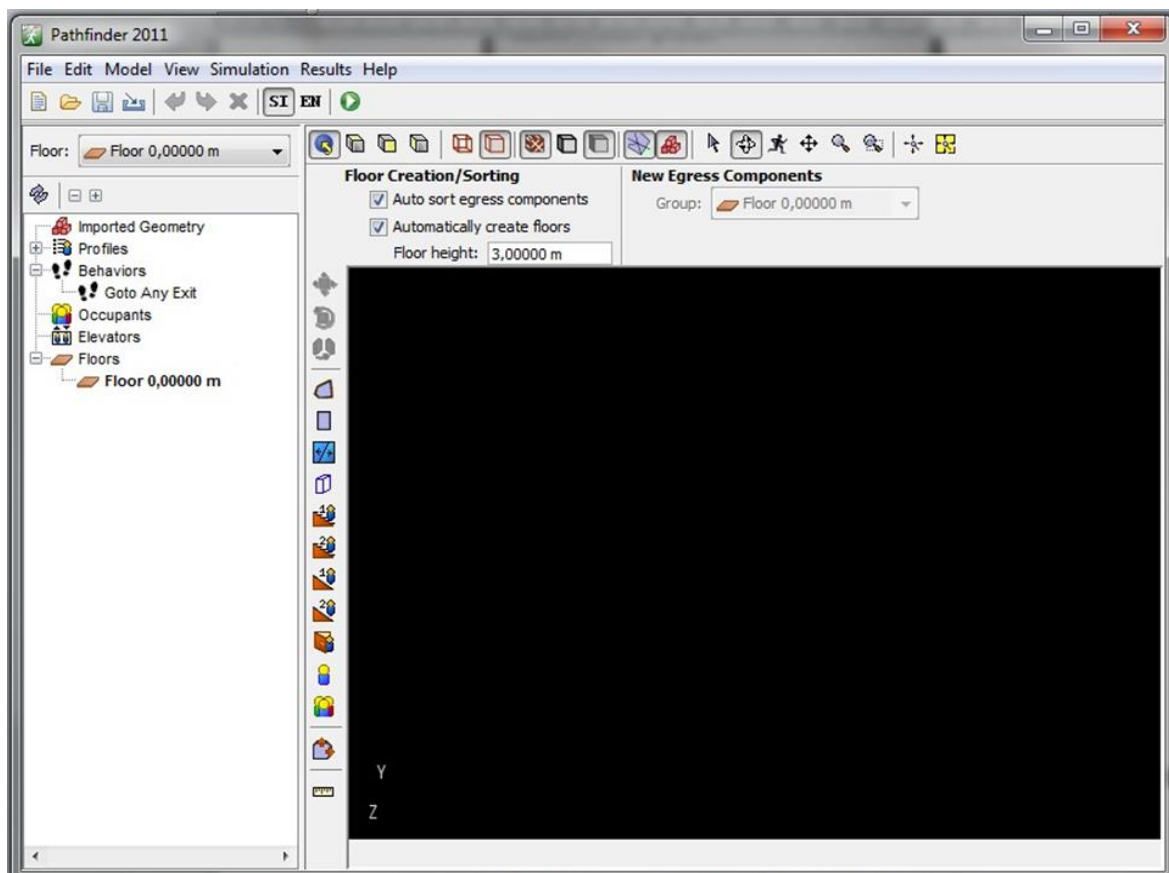


Σχήμα 8.7: Εγκάρσια τομή σταθμού Δημοκρατίας  
[Πηγή: Αττικό ΜΕΤΡΟ]

## 8.2. Προσομοίωση με Χρήση του Προγράμματος Pathfinder

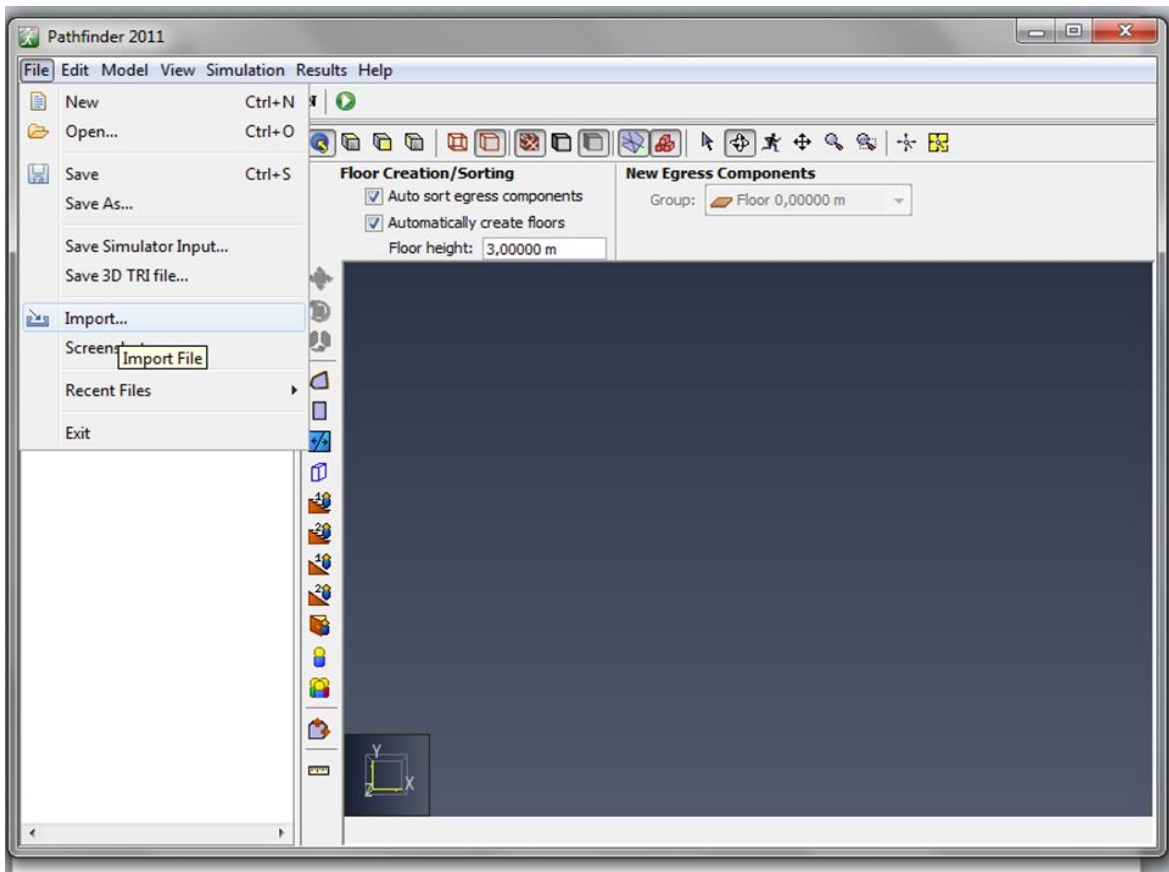
### 8.2.1. Γενικά

Η επιλογή του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση της εκκένωσης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του μοντέλου, την ευελιξία και τα διαθέσιμα σχεδιαστικά εργαλεία. Υπάρχουν πολλά ηλεκτρονικά υπολογιστικά προγράμματα, τα οποία προσομοιώνουν τις ειδικές συνθήκες στο χώρο μελέτης και παραθέτουν τα τελικά αποτελέσματα σε μορφή αρχείου αλλά και σε τρισδιάστατη εικόνα. Για τον υπολογισμό του χρόνου εκκένωσης στο σταθμό μετρό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Pathfinder, το οποίο είναι ένα αρκετά εύκολο στη χρήση πρόγραμμα και επιπλέον ήταν το μόνο διαθέσιμο πρόγραμμα κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας. Στην Εικόνα 8.1 αποτυπώνεται το περιβάλλον εργασίας του συγκεκριμένου λογισμικού.

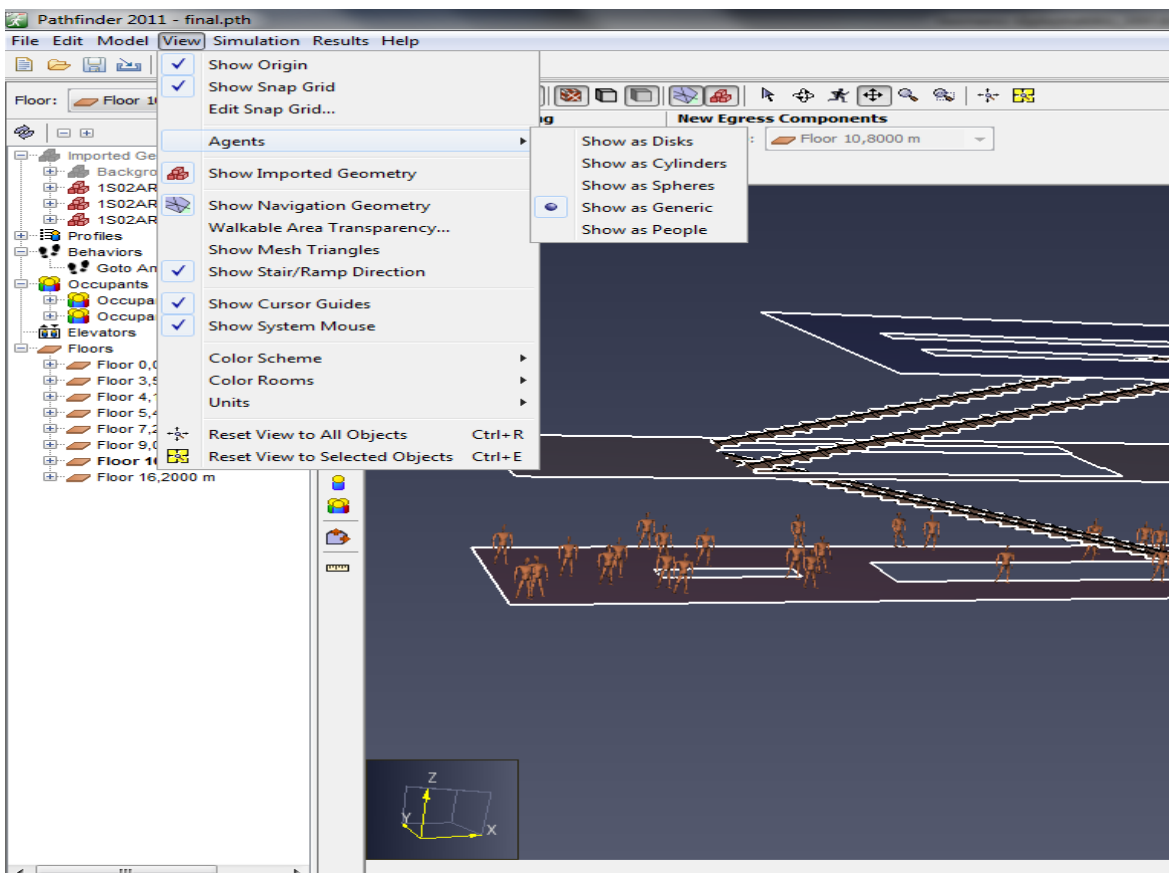


Εικόνα 8.1: Γενικό περιβάλλον εργασίας του Pathfinder

Στο πρόγραμμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.2 μπορεί να εισαχθεί το σχέδιο της κάτοψης που μας ενδιαφέρει και στη συνέχεια μέσω κατάλληλων εντολών προσδιορίζονται οι περιοχές στις οποίες επιτρέπεται να κινηθούν τα άτομα, ορίζονται οι έξοδοι και ο μέγιστος αριθμός των ατόμων που μπορούν να κινηθούν σε αυτές τις περιοχές. Οι χρήστες μπορούν να αποτυπωθούν με διάφορες μορφές όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.3. Επιπλέον υπολογίζονται οι διαδρομές που ακολουθούν τα άτομα και οι χρόνοι που χρειάζονται μέχρι να φτάσουν σε μια ασφαλή περιοχή. Με το συγκεκριμένο πρόγραμμα δίνεται η δυνατότητα πολλών παραμετρικών αναλύσεων διαφοροποιώντας κάθε φορά διάφορους συντελεστές, όπως ο αριθμός των χρηστών, ο αριθμός των εξόδων, η ταχύτητα κίνησης και άλλες συνθήκες συμπεριφοράς. Επίσης στις λειτουργίες του λογισμικού προσομοίωσης είναι η δυνατότητα της παρουσίασης της ζωντανής κίνησης των χρηστών με ανθρώπινη μορφή.



Εικόνα 8.2: Εντολή για την εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα

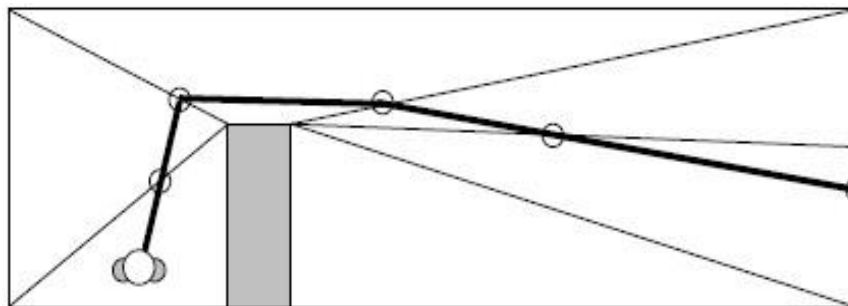


Εικόνα 8.3: Εντολή για την μορφή εμφάνισης των χρηστών στο πρόγραμμα

## 8.2.2. Περιγραφή Λειτουργίας του Προγράμματος

Στην αρχή της προσομοίωσης κάθε άτομο δημιουργεί μια διαδρομή, δηλαδή ένα «μονοπάτι». Το μονοπάτι αυτό θα ακολουθήσει στη συνέχεια ώστε να κατευθυνθεί προς την έξοδο. Για να δημιουργηθεί το μονοπάτι, το λογισμικό χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο αναζήτησης A (Hart et al, 1968), και έναν τριγωνισμένο κάνναβο πλοήγησης. Το προκύπτον μονοπάτι παρουσιάζεται σαν μια σειρά σημείων στα άκρα του τριγωνικού καννάβου. Τα σημεία αυτά θα δημιουργήσουν ένα μονοπάτι όχι ευθύγραμμο, αλλά με τις απαραίτητες αλλαγές κατεύθυνσης, μέχρι ο χρήστης να φτάσει στον τελικό προορισμό του.

Για να προσδιοριστεί το μονοπάτι αυτό, το Pathfinder χρησιμοποιεί την παραλλαγή μιας τεχνικής γνωστής ως «κίνηση νημάτων» (Johnson 2006). Αυτό θα επανευθυγραμμίσει τα σημεία έτσι ώστε να παραμένει και σε απόσταση ασφαλείας (ίση με το πάχος του ατόμου) μακριά από τα εμπόδια αυτά. Παράδειγμα των παραπάνω σημείων, γνωστών και ως «τελικά σημεία», φαίνεται στο Σχήμα 8.8.



Σχήμα 8.8: Προγραμματισμένη διαδρομή του χρήστη με τα τελικά σημεία  
[Πηγή: Pathfinder Technical Reference, 2013]

Το σχήμα δείχνει το προβαλλόμενο μονοπάτι ενός ατόμου σε ένα απλό ορθογωνικό χώρο. Το άτομο στέκεται στο κάτω αριστερό άκρο, και θέλει να εξέλθει μέσω του κάτω δεξιού άκρου. Ο κάνναβος πλοήγησης παρουσιάζεται στο σχήμα με λεπτές γραμμές που σχηματίζουν τρίγωνα στο χώρο. Ένα εμπόδιο δεν επιτρέπει στο άτομο να περπατήσει ευθεία προς την έξοδο. Το μονοπάτι που υπολογίστηκε φαίνεται από τη σκούρα γραμμή και τα τελικά σημεία που παρουσιάζονται ως μικροί κύκλοι. Καθένας από αυτούς δημιουργείται για κάθε γωνία που τέμνει το μονοπάτι.

Μόλις δημιουργηθεί το μονοπάτι ο χρήστης εκτελεί τα παρακάτω βήματα (Pathfinder Technical Reference 2013):

- Σημειώνονται δύο σημεία κατεύθυνσης (waypoints): Το «παρόν», το οποίο είναι το μακρύτερο σημείο που το άτομο μπορεί να δει ή να προσεγγίσει χωρίς να έχει επαφή με οποιαδήποτε εμπόδιο, και το «επόμενο», που ορίζεται βλέποντας από το παρόν, χωρίς την παρεμβολή οποιασδήποτε όχλησης.
- Το άτομο επιχειρεί να επαναπροσδιορίσει από το παρόν σημείο το επόμενο. Αυτό γίνεται να επιτευχθεί αν το άτομο μπορεί να προχωρήσει σε ευθεία γραμμή από την παρούσα θέση του στο επόμενο σημείο χωρίς να έρθει σε επαφή με οποιοδήποτε εμπόδιο, ή αν αφιχθούν με μικρή απόκλιση από το παρόν. Για τη ρύθμιση SFPE η ανοχή για την παραπάνω απόκλιση αυτή είναι σχεδόν μηδενική, διότι δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στην υπερπήδηση εμποδίων, άρα τα άτομα αναμένεται να φτάσουν ακριβώς στο σημείο κατεύθυνσής τους. Για τη ρύθμιση Steering, η ανοχή είναι ίση με 1m, αφού τα άτομα αναμένεται να αλλάξουν κάπως τις διαδρομές τους όταν απομακρύνονται από άλλα άτομα ή εμπόδια.



- Το άτομο ελέγχει αν υπάρχει ανάγκη να αλλάξει το μονοπάτι του. Η ανάγκη αυτή προκύπτει όταν δεν μπορεί να δει μια ευθεία γραμμή μέχρι το παρόν σημείο κατεύθυνσής του, ή αν παρακάμψει για παραπάνω από 1m το καθορισμένο μονοπάτι του.
- Δημιουργείται μια «καμπύλη αναζήτησης», για να καθορίσει την επιθυμητή του κίνηση. Στη ρύθμιση SFPE, η καμπύλη αυτή είναι πρακτικώς ένα ευθύγραμμο τμήμα που ξεκινάει από την παρούσα θέση του και καταλήγει στο παρόν σημείο κατεύθυνσής του. Στη ρύθμιση Steering, είναι μια καμπύλη μορφής quadratic B-Spline, χρησιμοποιώντας την παρούσα θέση, το παρόν σημείο κατεύθυνσης, και ένα σημείο ελέγχου που προβάλλεται πίσω στη διεύθυνση που ενώνει παρόν και επόμενο σημείο κατεύθυνσης.
- Το άτομο επιχειρεί να κινηθεί πάνω στην εφαιπόμενη της παρούσας καμπύλης αναζήτησής του. Αυτή η κίνηση εξαρτάται εν πολλοίς από τη ρύθμιση (SFPE ή Steering).

### 8.2.3. Κίνηση Χρηστών σε Steering Mode

Το πρόγραμμα Pathfinder χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό του σχεδιασμού διαδρομής, των μηχανισμών του steering mode και της διαχείρισης της σύγκρουσης για τον έλεγχο της κίνησης των χρηστών. Κάθε χρήστης του Pathfinder διατηρεί μία διαδρομή που συνδέει την τρέχουσα θέση του σε ένα σημείο (ή δωμάτιο) με τον τελικό του προορισμό. Αυτός ο μηχανισμός (Pathfinder Technical Reference 2013) ελέγχει τη διαδρομή που επιλέγει ο χρήστης κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Άλλοι παράγοντες, όπως είναι οι συγκρούσεις με τους άλλους χρήστες, μπορεί να προκαλέσουν την παρέκκλιση του επιβάτη από την προβλεπόμενη διαδρομή του, αλλά η κίνηση του τελικά θα είναι παρόμοια με την αρχική επιλογή του. Εάν η απόσταση μεταξύ του επιβάτη και του πλησιέστερου σημείου εξόδου υπερβαίνει ένα κατώτατο όριο, τότε η διαδρομή επανασχεδιάζεται ώστε να περιλαμβάνει τη νέα κατάσταση.

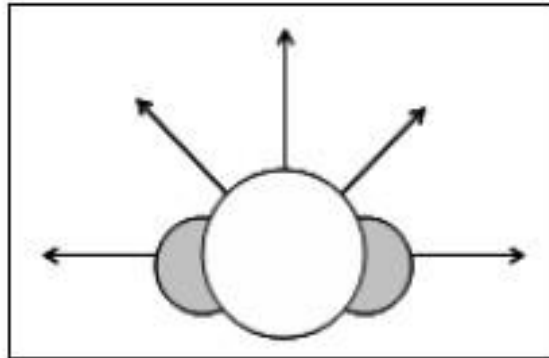
#### Μέγιστη ταχύτητα και επιτάχυνση

Καθώς οι χρήστες κινούνται κατά μήκος της διαδρομής τους μέσα από ένα πλέγμα, υπολογίζεται η μέγιστη ταχύτητα τους. Αυτή η τιμή βασίζεται στις τρέχουσες συνθήκες του αναγλύφου και στη μέγιστη καθορισμένη ταχύτητα ( $v_{max}$ ). Η μέγιστη διαθέσιμη ταχύτητα χρησιμοποιείται στη συνέχεια στους υπολογισμούς του steering mode. Η μέγιστη ταχύτητα υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως και τον υπολογισμό της ταχύτητας σε λειτουργία SFPE, με διαφορά ότι η πυκνότητα των επιβατών έχει οριστεί σε 0. Η μέγιστη επιτάχυνση (και επιβράδυνση) είναι μια σταθερή λειτουργία της μέγιστης ταχύτητας (Pathfinder Technical Reference 2013):

$$\alpha_{max} = \frac{v_{max}}{t_{accel}}$$

Η εξίσωση αυτή ορίζει ότι οι χρήστες μπορούν να κινηθούν από τη μέγιστη ταχύτητα τους έως και να παραμένουν ακίνητοι. Ομοίως, μπορούν να σταματήσουν από τη μέγιστη ταχύτητα τους σε 0.5s.

Το steering mode καθοδηγεί τους χρήστες κατά μήκος μίας προγραμματισμένης πορείας και τους επιτρέπει να ανταποκριθούν σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Σε κάθε βήμα, ο επιβάτης στρέφεται στο πιο κοντινό σημείο προς την έξοδο. Το Pathfinder χρησιμοποιεί ένα σύνολο από πέντε πιθανές διευθύνσεις κίνησης του χρήστη για τον υπολογισμό αυτών των σημείων. Αυτές οι πέντε πιθανές διευθύνσεις παρουσιάζονται στο Σχήμα 8.9.



Σχήμα 8.9: Πέντε διευθύνσεις κίνησης  
[Πηγή: Pathfinder Technical Reference, 2013]

Το πρόγραμμα Pathfinder χρησιμοποιεί σήμερα τρεις συμπεριφορές του συστήματος διεύθυνσης (Pathfinder Technical Reference 2013):

- αναζήτηση
- αποφυγή τοίχων
- αποφυγή άλλων χρηστών

Κάθε συμπεριφορά παίρνει μία τιμή οποία κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1 για κάθε προβλεπόμενο σημείο. Το τελικό αποτέλεσμα για ένα σημείο είναι το σταθμισμένο άθροισμα αυτών των τριών τιμών.

### Αναζήτηση

Η συμπεριφορά αναζήτησης περιστρέφει τον χρήστη ώστε να κινηθεί κατά μήκος τρέχουσας διαδρομής.

### Αποφυγή τοίχων

Η συμπεριφορά της αποφυγής τοίχων ανιχνεύει τοίχους και καθοδηγεί τον χρήστη να αποφύγει τη σύγκρουση με αυτούς. Η συμπεριφορά αυτή προβλέπει μια κινούμενη σφαίρα μπροστά από τον χρήστη προς την κατεύθυνση του προβλεπόμενου σημείου. Το αποτέλεσμα αυτής της συμπεριφοράς βασίζεται στην απόσταση όπου ο χρήστης μπορεί να κινηθεί προς την κατεύθυνση του προβλεπόμενου σημείου παραμένοντας σε κάποια απόσταση άνεσης μακριά από τοίχους.

### Αποφυγή άλλων χρηστών

Η συμπεριφορά αποφυγής άλλων χρηστών βασίζεται στη διατήρηση μιας «ζώνης άνεσης» μεταξύ των χρηστών. Αυτή η συμπεριφορά δημιουργεί αρχικά μια λίστα χρηστών των οποίων ελέγχεται η ταχύτητα. Στη συνέχεια, η συμπεριφορά προβάλλει μια κινούμενη σφαίρα μπροστά από τον χρήστη προς την κατεύθυνση του προβλεπόμενου χρήστη. Εάν καμία από τις σφαίρες δε συγκρούεται με την άλλη τότε το αποτέλεσμα είναι μηδέν, διαφορετικά το αποτέλεσμα βασίζεται στον βαθμό που ο κάτοχος δύναται να κυκλοφορήσει πριν από τη σύγκρουση. Όσο πιο κοντά βρίσκεται στο σημείο της σύγκρουσης, τόσο υψηλότερο είναι η τελική τιμή του steering.

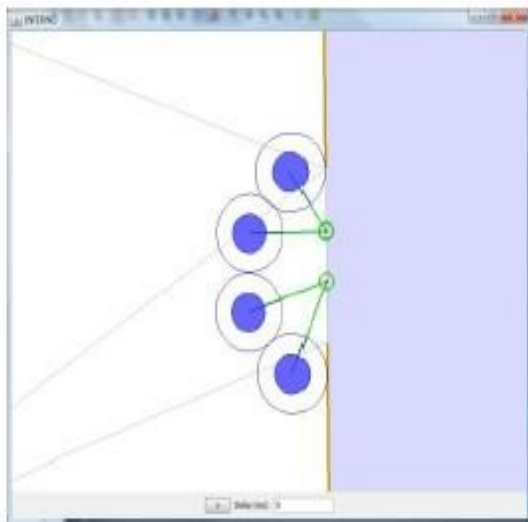
### Αποφυγή Συγκρούσεων / Αντίδραση

Συχνά το πρόγραμμα δεν επιτυγχάνει την αποφυγή τοίχων ή άλλων χρηστών. Αυτό συμβαίνει συχνά σε πολυσύχναστους χώρους, όταν οι ένοικοι δεν μπορούν να αποφύγουν να πιεστούν έντονα σε τοίχους ή άλλες αιτίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις, πρόσθετες οδηγίες χειρισμού σύγκρουσης είναι αναγκαίες ώστε να

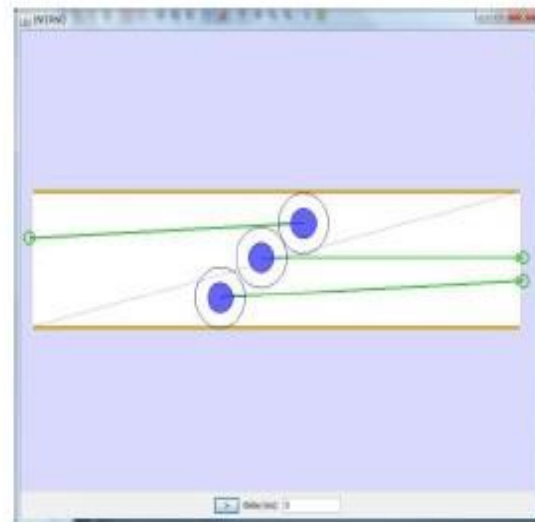
αποφευχθεί η εξομοίωση από την είσοδο μιας μη έγκυρης κατάστασης. Υπάρχουν δύο σενάρια χειρισμού σύγκρουσης: ένα στο οποίο δύο ή περισσότεροι χρήστες συγκρούονται και ένα άλλο όπου οι χρήστες συγκρούονται με ένα όριο κίνησης τους (π.χ. ένας τοίχος). Αν ο χειρισμός σύγκρουσης είναι ενεργοποιημένος, τότε ο χρήστης θα σταματήσει ένα βήμα πριν από τη σύγκρουση του με τον τοίχο. Αν ο χειρισμός σύγκρουσης είναι απενεργοποιημένος, τότε ο χρήστης θα σταματήσει μόνο με την πρώτη σύγκρουση του με έναν τοίχο.

### Επίλυση πιθανών συγκρούσεων

Υπάρχουν κάποια σενάρια όπου, αν δεν ληφθούν προφυλάξεις, είναι πολύ πιθανό να προκληθεί μία σύγκρουση. Αυτές οι καταστάσεις μπορεί να προκύψουν κατά αν οι επιβάτες βρεθούν σε αδιέξοδο (κανείς δεν θα κινηθεί). Ένα παράδειγμα είναι όταν οι επιβάτες κινούνται προς μια κοινή κατεύθυνση, αλλά λόγω των περιορισμών στη γεωμετρία πλοήγησης (όπως μια στενή πόρτα ή ένας στενός διάδρομος), όλοι επιλέγουν να στέκονται ακίνητοι, ώστε να μην συγκρούονται με άλλους επιβάτες. Ένα άλλο σενάριο είναι η κίνηση επιβατών αντίθετης κατεύθυνσης σε ένα γεμάτο διάδρομο. Αυτά τα παραδείγματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 8.10.



a. Occupants are headed toward a similar, conflicting waypoint.



b. Occupants are headed toward opposing waypoints in a crowded hall.

Σχήμα 8.10: Οι χρήστες κινούνται όλοι μαζί προς μία στενή έξοδο (αριστερά), οι επιβάτες κινούνται αντίθετα σε ένα γεμάτο διάδρομο (δεξιά)

[Πηγή: Pathfinder Technical Reference, 2013]

#### 8.2.4. Κίνηση με την Επιλογή SFPE

Το Pathfinder δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της κίνησης χρησιμοποιώντας τη ρύθμιση SFPE. Αυτή η επιλογή εφαρμόζει τη λογική ροή εξόδου βάσει τεχνικών προσομοίωσης. Ο υπολογισμός SFPE είναι ένα μοντέλο ροής, όπου καθορίζονται οι ταχύτητες βηματισμού και οι ροές μέσω ανοιγμάτων και διαδρόμων. Στο Pathfinder, η γεωμετρία πλοήγησης μπορεί να ομαδοποιηθεί σε τρεις τύπους αντικειμένων: πόρτες, δωμάτια και σκάλες. Τα δωμάτια αποτελούν ανοιχτούς χώρους, στους οποίους τα άτομα μπορούν να περπατήσουν. Οι σκάλες μπορούν να θεωρηθούν σαν ειδικού τύπου δωμάτια, στα οποία η κλίση των κλιμάκων περιορίζει την ταχύτητα των ατόμων. Οι πόρτες λειτουργούν με τέτοιο τρόπο ώστε να περιορίζουν την ροή ενώ ενώνουν δωμάτια και σκάλες. Δεν υπάρχει συγκεκριμένος τύπος διαδρόμου όπως στο SFPE Guide. Αντί για αυτό, οι διάδρομοι μοντελοποιούνται σαν δωμάτια με πόρτες στα δύο τους άκρα. Έτσι οι διάδρομοι

θεωρούνται σαν δωμάτια, των οποίων η ροή ελέγχεται από τις πόρτες. Με τη ρύθμιση SFPE πολλοί χρήστες μπορούν να καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο.

### Αποφυγή Συγκρούσεων / Αντίδραση

Στην επιλογή SFPE, τα άτομα δεν συγκρούονται με άλλα άτομα αλλά μπορούν να συγκρουστούν με τοίχους. Η διαχείριση της σύγκρουσης μπορεί να γίνει σε δύο βήματα. Το πρώτο βήμα λαμβάνει χώρα πριν επιχειρηθεί η κίνηση, και το δεύτερο κατά τη διάρκεια της κίνησης. Για το βήμα πριν την κίνηση, η ταχύτητα κίνησης ρυθμίζεται έτσι ώστε να αναγκάσει το άτομο να ελιχθεί ανάμεσα στα εμπόδια. Αν το εμπόδιο είναι ένας τοίχος, η νέα ταχύτητα θα κάνει το άτομο να ελιχθεί ανάμεσα στα εμπόδια. Αφού η ταχύτητα ρυθμιστεί ώστε να επιτευχθεί ο ζητούμενος ελιγμός, το άτομο θα επιχειρήσει να κινηθεί με τη νέα αυτή ταχύτητα. Κατά το στάδιο της κίνησης, οι συγκρούσεις με τον τοίχο παραμένουν πιθανές, οπότε το άτομο θα σταματήσει στην πρώτη σύγκρουση.

### 8.2.5. Διαδικασία Επίλυσης

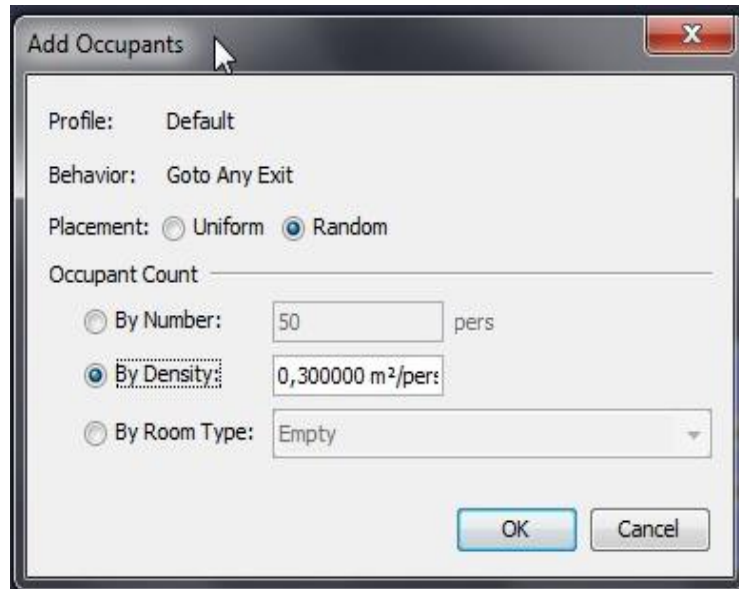
Το Pathfinder τρέχει μια επανάληψη προσομοιώσεων που υπολογίζει την κίνηση σε διακριτά χρονικά βήματα. Σε κάθε χρονικό βήμα, ακολουθούνται τα εξής βήματα (Pathfinder Technical Reference 2013):

- Επαναπροσδιορισμός του προορισμού για κάθε άτομο. Το βήμα αυτό χρειάζεται τον περισσότερο χρόνο στο πρώτο χρονικό βήμα, καθώς κάθε άτομο πρέπει να βρει ένα μονοπάτι για τον προορισμό του.
- Υπολογισμός της ταχύτητας ελιγμού κάθε ατόμου. Αυτή υπολογίζεται διαφορετικά ανάλογα με το ποιά ρύθμιση (Steering ή SFPE) είναι ενεργοποιημένη.
- Αύξηση του βήματος χρόνου κατά μία μονάδα.
- Κίνηση κάθε ατόμου, η οποία περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:
  - ✓ Υπολογισμός της ταχύτητας για τον παρόντα χρόνο. Αν είναι επιλεγμένη η ρύθμιση Steering, θα υπολογιστεί μια επιθυμητή δύναμη ελιγμών από την επιθυμητή ταχύτητα, και μετά θα υπολογιστεί με ολοκλήρωση η πραγματική ταχύτητα. Αν είναι επιλεγμένη η ρύθμιση SFPE, θα ρυθμιστεί αυτόματα στην επιθυμητή ταχύτητα.
  - ✓ Αν είναι ενεργοποιημένη η αποφυγή συγκρούσεων, θα ανιχνευτούν οι πιθανές συγκρούσεις, και θα τροποποιηθεί η επιθυμητή ταχύτητα ώστε αυτές να αποφευχθούν.
  - ✓ Ολοκλήρωση της τελικής ταχύτητας ώστε να υπολογιστεί η μέγιστη απόσταση, και κίνηση μέσω του καννάβου μέχρι την απόσταση αυτή ή μέχρι το πρώτο εμπόδιο που θα συναντηθεί.
  - ✓ Ενημέρωση των αρχείων εξόδου.

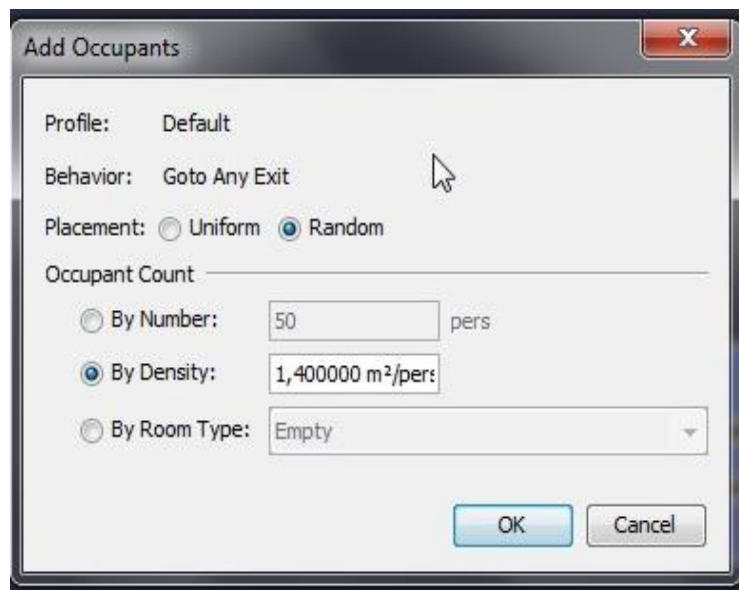
### 8.3. Θεωρητικός Πληθυσμός

Σύμφωνα με την νομοθεσία, Ελληνική (Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων Π.Δ. 71/88) και Ξένη (NFPA 101 - Life Safety Code Handbook) ο θεωρητικός πληθυσμός εξαρτάται από την χρήση του χώρου. Λέγοντας θεωρητικό πληθυσμό εννοούμε το μέγιστο πιθανό αριθμό χρηστών που θα κινηθεί για να διαφύγει από ένα χώρο σε περίπτωση που χρειαστεί να εγκαταλείψει τον χώρο. Ο αριθμός αυτός μπορεί μερικές φορές να είναι προκαθορισμένος (π.χ. κινηματογράφοι, θέατρα, στάδια, κλπ.). Στις πιο πολλές περιπτώσεις όμως είναι αόριστος. Γι αυτό οι Κανονισμοί δίνουν συντελεστές πυκνότητας για τις διάφορες κατηγορίες κτιρίων, ώστε να υπολογίζεται ο πιθανός (αναμενόμενος) αριθμός ατόμων για ένα χώρο, ανάλογα με το εμβαδόν της συνολικής του επιφάνειας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο χώρος της αποβάθρας ανήκει στην κατηγορία:

Χώροι Συνάθροισης Κοινού για την Αναμονή Συγκοινωνιακών Μέσων. Ο χώρος στον οποίο είναι τοποθετημένα τα εκδοτήρια θεωρούμε ότι υπάγεται στην κατηγορία: Χώρος Κοινού Επισκεπτών - Αραιή Πυκνότητα χωρίς προκαθορισμένες θέσεις. Στην ίδια κατηγορία εντάσσεται και το ενδιάμεσο επίπεδο που χρησιμοποιείται για την μετάβαση από το χώρο της αποβάθρας στα εκδοτήρια και αντιστρόφως. Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 προκύπτουν διάφοροι συντελεστές ανάλογα με την χρήση του χώρου και στη συνέχεια προκύπτει ο θεωρητικός πληθυσμός εισάγοντας στο πρόγραμμα τον αντίστοιχο κάθε φορά συντελεστή. Συγκεκριμένα έχουμε:



Εικόνα 8.4: Εισαγωγή συντελεστή για την αποβάθρα




Εικόνα 8.5: Εισαγωγή συντελεστή για το ενδιάμεσο επίπεδο και τα εκδοτήρια

Name:	Room 0_1	X Bounds:	0,00 m, 59,56 m	Area:	498,090 m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Visible		Y Bounds:	0,00 m, 10,11 m	Pers:	1146
<input checked="" type="checkbox"/> Color:		Z Bounds:	0,00 m, 0,00 m	Density:	2,30079 pers/m <sup>2</sup>

Εικόνα 8.6: Υπολογισμός θεωρητικού πληθυσμού στην αποβάθρα

Name: Room 1_1	X Bounds: -0,03 m, 51,55 m	Area: 308,231 m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Visible	Y Bounds: 0,45 m, 9,85 m	Pers: 220
<input checked="" type="checkbox"/> Color: 	Z Bounds: 5,40 m, 5,40 m	Density: 1,713750 pers/m <sup>2</sup>

Εικόνα 8.7: Υπολογισμός θεωρητικού πληθυσμού στο ενδιάμεσο επίπεδο

Name: Room 2_1	X Bounds: 9,10 m, 52,48 m	Area: 786,290 m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Visible	Y Bounds: 13,47 m, 26,04 m	Pers: 562
<input checked="" type="checkbox"/> Color: 	Z Bounds: 10,80 m, 10,80 m	Density: 1,714749 pers/m <sup>2</sup>

Εικόνα 8.8: Υπολογισμός θεωρητικού πληθυσμού στα εκδοτήρια

Χώρος	Εμβαδόν κίνησης επιβατών (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής	Χωρητικότητα (άτομα)
Αποβάθρα	498.09	0.30 m <sup>2</sup> /άτομο (αναμονή συγκοινωνιακών μέσων)	1146
Ενδιάμεσο επίπεδο	308.23	1.40 m <sup>2</sup> /άτομο (less concentrated without fixed seating)	220
Εκδοτήρια	786.29	1.40 m <sup>2</sup> /άτομο (less concentrated without fixed seating)	562

Πίνακας 8.1: Σύνοψη στοιχείων για τον υπολογισμό του θεωρητικού πληθυσμού

## 8.4. Ταχύτητα Κίνησης

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα (SFPE 2002) σε περιπτώσεις όπου η πυκνότητα των χρηστών είναι μικρότερη από 0.5 άτομα/m<sup>2</sup> μία μέση ταχύτητα για να κινηθούν ανεμπόδιστα τα άτομα είναι 1.25 m/s, ενώ σε περιπτώσεις μεγαλύτερης πυκνότητας η ταχύτητα μειώνεται καθώς τα άτομα δεν μπορούν να κινηθούν με άνεση. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι για πυκνότητα χρηστών της τάξης των 3 - 4 άτομα/m<sup>2</sup> η ταχύτητα κυμαίνεται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα κάτι που χαρακτηρίζει την κατάσταση στάσιμη. Όταν ο χρήστης πρέπει να κινηθεί διαμέσου καπνού έχει παρατηρηθεί ότι η ταχύτητα με την οποία κινείται κυμαίνεται από 0.2 έως 0.4 m/s. Στα παραπάνω πρέπει να προστεθεί και η περίπτωση ο χρήστης να μην μπορεί να κινηθεί γρήγορα λόγω κάποιου κινητικού προβλήματος. Η ταχύτητα κίνησης των χρηστών στην περίπτωση αυτή μπορεί να εκτιμηθεί σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες.

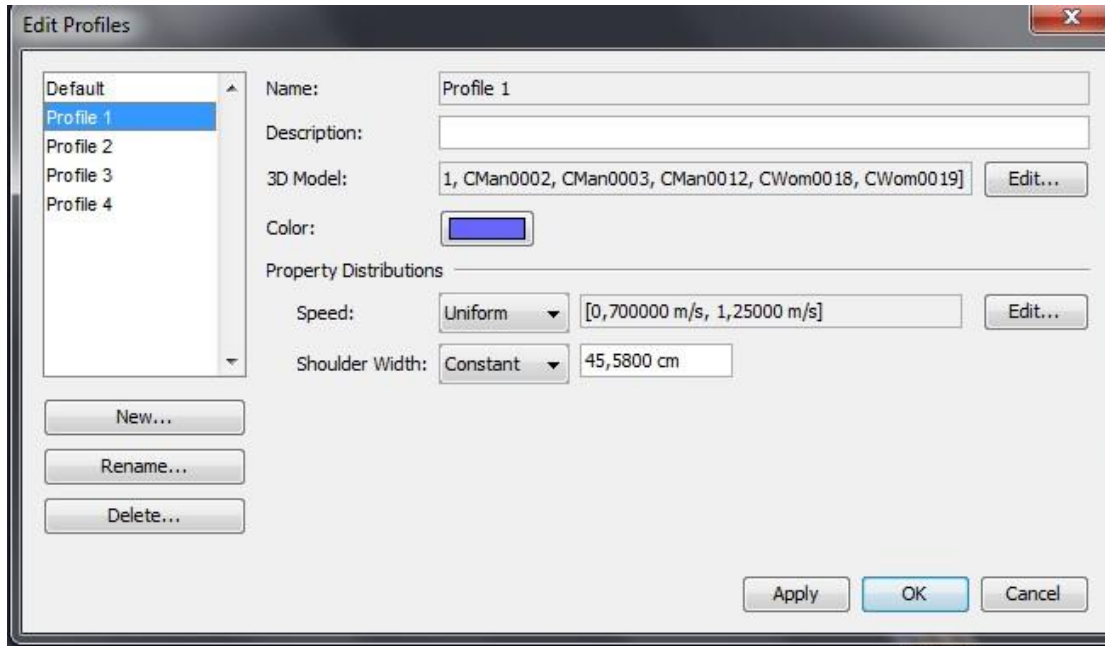
Subject Group (number)	Mean (m/s)	Standard Deviation (m/s)	Range (m/s)	Interquartile Range (m/s)
All disabled (n = 107)	1.00	0.42	0.10–1.77	0.71–1.28
With locomotion disability (n = 101)	0.80	0.37	0.10–1.68	0.57–1.02
no aid (n = 52)	0.95	0.32	0.24–1.68	0.70–1.02
crutches (n = 6)	0.94	0.30	0.63–1.35	0.67–1.24
walking stick (n = 33)	0.81	0.38	0.26–1.60	0.49–1.08
walking frame or rollator (n = 10)	0.57	0.29	0.10–1.02	0.34–0.83
Without locomotion disability (n = 6)	1.25	0.32	0.82–1.77	1.05–1.34
Electric wheelchair (n = 2)	0.89	—	0.85–0.93	—
Manual wheelchair (n = 12)	0.69	0.35	0.13–1.35	0.38–0.94
Assisted manual wheelchair (n = 16)	1.30	0.34	0.84–1.98	1.02–1.59
Assisted ambulant (n = 18)	0.78	0.34	0.21–1.40	0.58–0.92

Πίνακας 8.2: Ταχύτητα κίνησης σε οριζόντια επιφάνεια  
[Πηγή: SFPE, 2002]

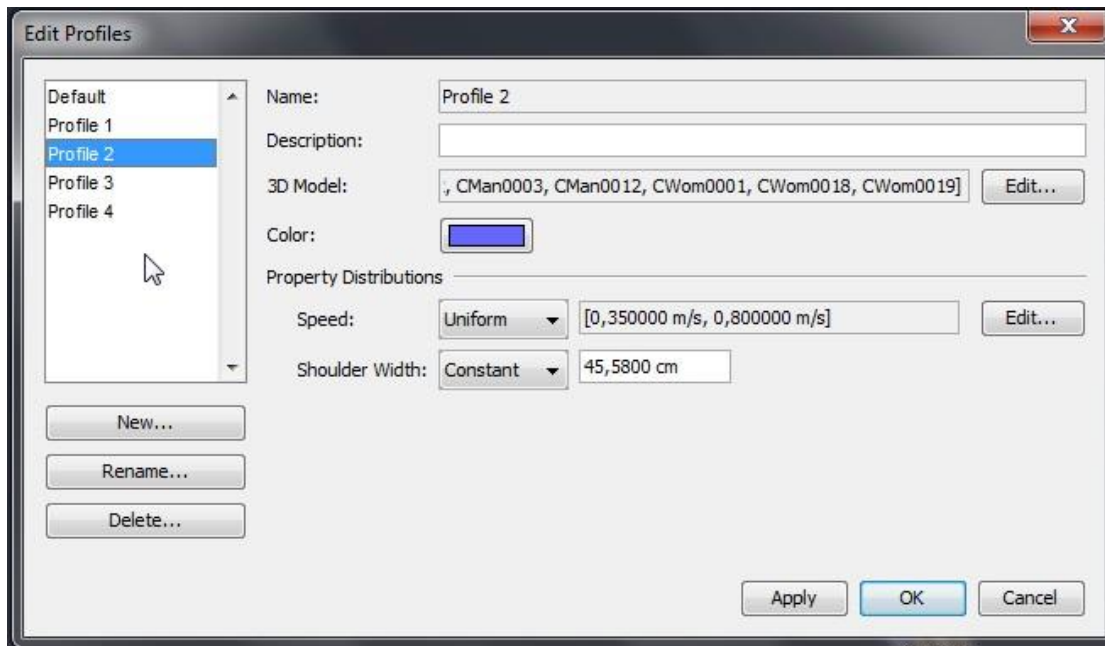
Subject Group (number)	Mean (m/s)	Standard Deviation (m/s)	Range (m/s)	Interquartile Range (m/s)
<b>Ascent</b>				
With locomotion disability (n = 30)	0.38	0.14	0.13–0.62	0.26–0.52
no aid (n = 19)	0.43	0.13	0.14–0.62	0.35–0.55
crutches (n = 1)	0.22	—	0.13–0.31	0.26–0.45
walking stick (n = 9)	0.35	0.11	0.18–0.49	—
rollator (n = 1)	0.14	—	—	—
Without disability (n = 8)	0.70	0.24	0.55–0.82	0.55–0.78
<b>Descent</b>				
With locomotion disability (n = 30)	0.33	0.16	0.11–0.70	0.22–0.45
No aid (n = 19)	0.36	0.14	0.13–0.70	0.20–0.47
Crutches (n = 1)	0.22	—	—	—
Walking stick (n = 9)	0.32	0.12	0.11–0.49	0.24–0.46
Rollator (n = 1)	0.16	—	—	—
Without disability (n = 8)	0.70	0.26	0.45–1.10	0.53–0.90

Πίνακας 8.3: Ταχύτητα κίνησης σε σκάλες  
[Πηγή: SFPE, 2002]

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και προκειμένου να συμπεριληφθούν στις αναλύσεις όλες οι περιπτώσεις εισάγουμε τέσσερα προφίλ ταχυτήτων. Τα χαρακτηριστικά των τεσσάρων προφίλ παρουσιάζονται παρακάτω. Στο πρώτο προφίλ η ταχύτητα ακολουθεί την ομοιόμορφη κατανομή μεταξύ δύο τιμών, τα άτομα μοιράζονται σε ομάδες και γενικά κινούνται με ταχύτητες που κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα ενώ στο δεύτερο προφίλ οι ταχύτητες είναι πιο συντηρητικές προκειμένου να συμπεριληφθούν και εκείνα τα άτομα που λόγω κάποιων συνθηκών δεν μπορούν να κινηθούν πιο γρήγορα, όπως είναι οι ηλικιωμένοι, τα παιδιά και όσοι αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα που δυσχεραίνει την κίνηση. Στο τρίτο προφίλ υιοθετείται η υπόθεση ότι όλα τα άτομα κινούνται με την ίδια ταχύτητα ενώ στο τέταρτο προφίλ η ταχύτητα ακολουθεί την κανονική κατανομή.

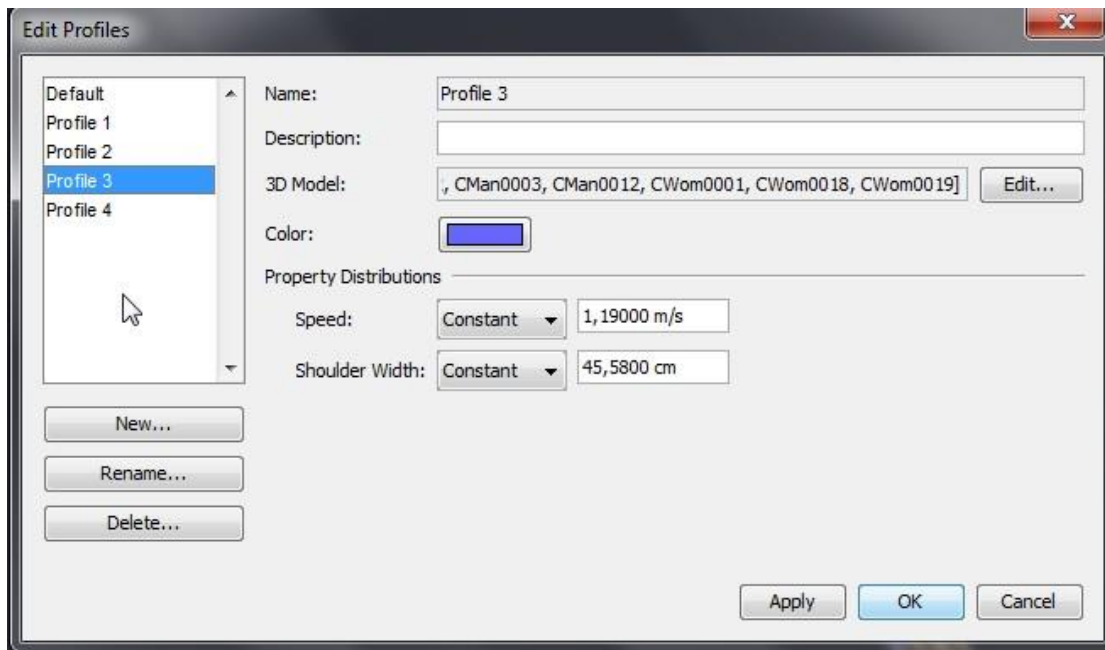


Εικόνα 8.9: Προφίλ ταχύτητας 1

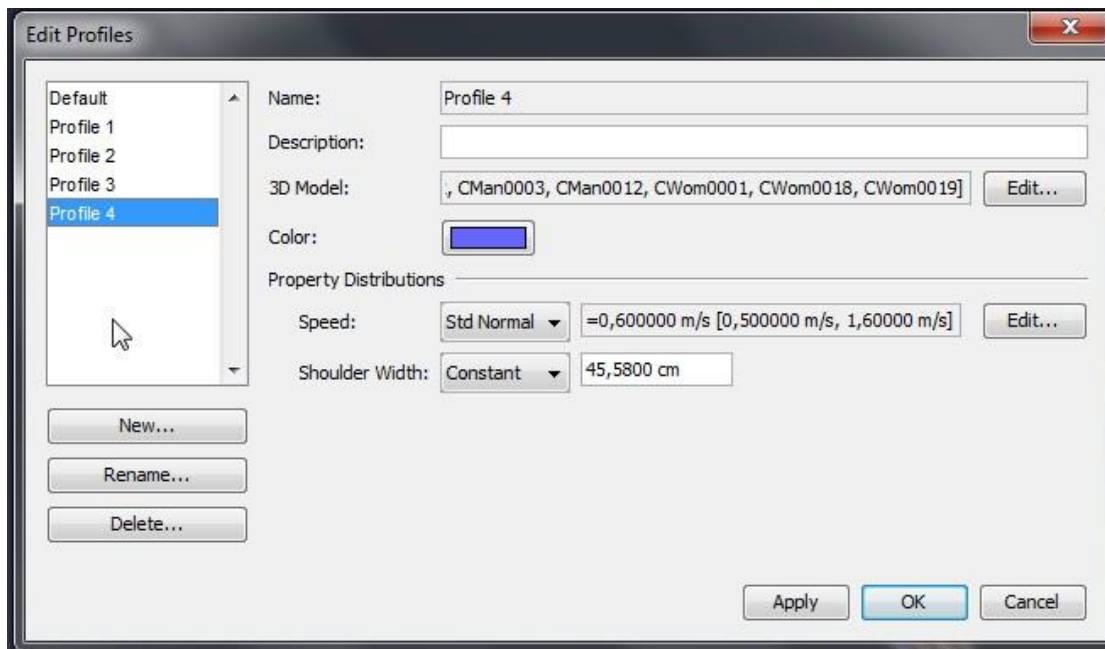


Εικόνα 8.10: Προφίλ ταχύτητας 2



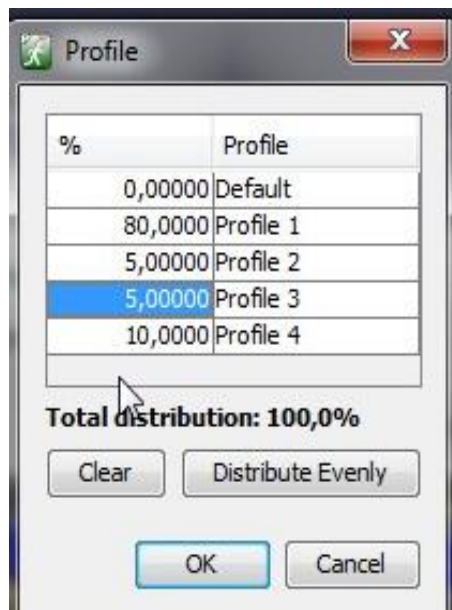


Εικόνα 8.11: Προφίλ ταχύτητας 3



Εικόνα 8.12: Προφίλ ταχύτητας 4

Στη συνέχεια προκειμένου να επιτευχθούν συνθήκες όσο πιο κοντά στην πραγματικότητα γίνεται η υπόθεση ότι σε κάθε επίπεδο συναντώνται και τα τέσσερα προφίλ ταχυτήτων με την αναλογία που παρουσιάζεται στην Εικόνα 8.13. Η αναλογία θεωρείται αρκετά ρεαλιστική και δεν αναμένονται σημαντικές διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα αν εφαρμοζόταν κάποια άλλη κατανομή στους χρήστες.



Εικόνα 8.13: Κατανομή των προφίλ στους χρήστες

## 8.5. Συμπεριφορά Χρηστών

Οι συμπεριφορές στο πρόγραμμα αντιπροσωπεύουν μια σειρά ενεργειών τις οποίες θα εκτελέσει ο χρήστης καθόλη την διάρκεια της προσομοίωσης. Για κάθε συμπεριφορά υπάρχει μια έμμεση δράση προκειμένου ο χρήστης να φτάσει στην έξοδο. Αυτή η έμμεση ενέργεια γίνεται πάντα τελευταία. Επίσης μπορούν να προστεθούν πρόσθετες ενδιάμεσες ενέργειες οι οποίες θα κάνουν τον χρήστη είτε να περιμένει είτε να πάει σε κάποιο σημείο ή χώρο που όμως δεν οδηγεί στην έξοδο. Για την συμπεριφορά επιλέχθηκαν οι παρακάτω ενέργειες:

- ενέργεια 1: ο χρήστης θα μετακινηθεί προς οποιαδήποτε έξοδο μέσα από την συντομότερη διαδρομή
- ενέργεια 2: ο χρήστης θα μετακινηθεί προς μία συγκεκριμένη έξοδο
- ενέργεια 3: ο χρήστης δεν χρησιμοποιεί όλες τις κλίμακες στην προσπάθειά του να κινηθεί από το χώρο της αποβάθρας προς το χώρο των εκδοτηρίων με το σκεπτικό ότι για κάποιο λόγο εκείνη τη στιγμή κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό (π.χ. εκτελούνται κάποιες εργασίες στις σκάλες που εμποδίζουν την πρόσβαση). Αυτή η ενέργεια επιτυγχάνεται διαγράφοντας τις αντίστοιχες σκάλες

Από το συνδυασμό των παραπάνω ενεργειών προκύπτουν οι αντίστοιχες κάθε φορά συμπεριφορές.



Εικόνα 8.14: Συμπεριφορά η οποία περιέχει την ενέργεια 1



Εικόνα 8.15: Συμπεριφορά η οποία περιέχει την ενέργεια 2



Εικόνα 8.16: Συμπεριφορά η οποία περιέχει την ενέργεια 2

## 8.6. Απαιτούμενος Χρόνος Εκκένωσης

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία (SFPE, 2002) και με προηγούμενη έρευνα (Κυρίτσης, 2010) ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης  $t_{\text{att}}$  αποτελείται από τέσσερις συνιστώσες:

- τον χρόνο εντοπισμού,  $t_{\text{det}}$ : Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από το σύστημα ανίχνευσης. Επειδή δεν υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με το εγκατεστημένο σύστημα ανίχνευσης εξετάζεται εκείνη η περίπτωση που είναι δυσμενέστερη. Έτσι στην περίπτωση που υπάρχει εγκατεστημένο αυτόματο σύστημα ανίχνευσης ο χρόνος εντοπισμού ισούται με 1min, ενώ αν δεν υπάρχει εγκατεστημένο αυτόματο σύστημα ανίχνευσης ο χρόνος εντοπισμού ισούται με 2min. Οπότε ο χρόνος εντοπισμού ισούται με 2min

- τον χρόνο συναγερμού,  $t_{ai}$ : Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από το σύστημα συναγερμού και τις ενέργειες που το συνοδεύουν. Λόγω έλλειψης στοιχείων επιλέγεται η υπόθεση ότι το σύστημα συναγερμού ανήκει στην κατηγορία 2 και ο αντίστοιχος χρόνος συναγερμού ισούται με 5min. Ο χρόνος συναγερμού κυμαίνεται από 2 - 5min αλλά εξετάζεται μόνο η περίπτωση των 5min καθώς είναι η δυσμενέστερη
- τον χρόνο πριν τη μετακίνηση,  $t_{pre}$ : Μπορεί να υπάρχει προσωπικό αλλά δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με το αν είναι εκπαιδευμένο ώστε να κατευθύνει τον κόσμο. Έτσι μια προσέγγιση είναι ότι η καθοδήγηση και η ειδοποίηση των χρηστών γίνεται μόνο από μαγνητοφωνημένα μηνύματα. Επομένως ο αντίστοιχος χρόνος πριν τη μετακίνηση ισούται με 3min για κίνηση σε χώρο κοινού – επισκεπτών με πυκνή συγκέντρωση
- τον χρόνο κίνησης για εκκένωση,  $t_e$ : ο χρόνος αυτός θα προκύψει από τις αναλύσεις που θα γίνουν με το λογισμικό για κάθε διαφορετικό σενάριο

Πρέπει ο απαιτούμενος χρόνος να είναι μικρότερος από τον διαθέσιμο χρόνο για εκκένωση,  $t_{απ} < t_{διαθ}$ .

Από το άθροισμα των παραπάνω χρόνων προκύπτει ότι ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης ισούται με  $t_{απ} = 10 + t_e$  (min).

Ο διαθέσιμος χρόνος  $t_{δ}$  για εκκένωση για διάφορες έκτακτες καταστάσεις (Κυρίτσης, 2010) δίνεται παρακάτω:

- Φωτιά: 45min
- Πλημμύρα: 45min
- Γενική απειλή (π.χ. απειλή για βόμβα): 15-30min
- Σεισμός: 30min

Επομένως από τα παραπάνω προκύπτει ότι:

$$t_{απ} < t_{διαθ}$$

$$t_{απ} = 10 + t_e \text{ (min)}$$

$$10 + t_e < t_{διαθ} \Rightarrow t_e < t_{διαθ} - 10$$

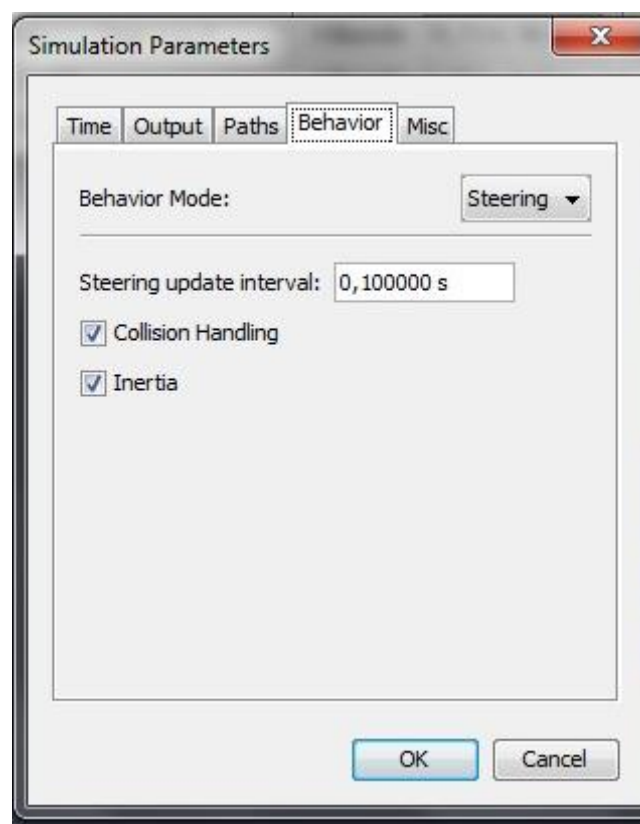
Συνθήκες	$t_{διαθ}$ min	$t_e < t_{διαθ} - 10$ min
Πυρκαγιάς	45	35
Πλημμύρας	45	35
Γενικής Απειλής	15-30	5-20
Σεισμού	30	20

Πίνακας 8.4: Τιμές του χρόνου εκκένωσης  $t_e$  ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες

Ο χρόνος εκκένωσης  $t_e$  που θα προκύψει από την επίλυση με τη βοήθεια του λογισμικού θα συγκριθεί με τον χρόνο εκκένωσης που αντιστοιχεί σε κάθε κατάσταση και θα πρέπει να είναι μικρότερος αλλιώς απαιτούνται κατάλληλες ενέργειες για την επίτευξη του επιθυμητού χρόνου.

## 8.7. Σενάρια Εκκένωσης

Η ανάλυση θα γίνει για δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση άτομα υπάρχουν μόνο στο χώρο της αποβάθρας ενώ στη δεύτερη περίπτωση άτομα υπάρχουν και στα τρία επίπεδα, δηλαδή στα εκδοτήρια, στο ενδιάμεσο επίπεδο και στην αποβάθρα. Οι κυλιόμενες σκάλες όταν είναι σταματημένες χρησιμοποιούνται για την διαφυγή των επιβατών, οπότε στο πρόγραμμα σχεδιάζονται με την παραδοχή ότι πρόκειται για σκάλες σταθερού τύπου. Επιπλέον στο χώρο των εκδοτηρίων τα ακυρωτικά μηχανήματα έχουν προσομοιωθεί με την παραδοχή ότι πρόκειται για πόρτες προκειμένου να παρουσιαστεί η επίδραση στην κίνηση που έχουν αυτά τα συστήματα καθώς η ροή των ατόμων δεν είναι ελεύθερη αλλά εμποδίζεται από τα συγκεκριμένα μηχανήματα. Η σκάλα που βρίσκεται πίσω από τον ανελκυστήρα χαρακτηρίζεται σαν έξοδος κινδύνου, καθώς δεν έχουμε κάποια άλλα στοιχεία που να δηλώνουν με ακρίβεια την χρήση της. Η επίλυση θα γίνει ακολουθώντας την τεχνική που εισάγει η ρύθμιση Steering Mode, η οποία παρουσιάστηκε συνοπτικά σε προηγούμενη ενότητα.



Εικόνα 8.17: Επιλογή Steering Mode

Συνεπώς δημιουργήθηκαν δύο βασικά μοντέλα ανάλυσης  $A_1$  (ελάχιστος πληθυσμός) και  $B_1$  (μέγιστος πληθυσμός) τα οποία διαφοροποιούνται μεταξύ τους ως προς τον αριθμό των επιβατών που βρίσκονταν στο χώρο μελέτης τη στιγμή της εκκένωσης. Στόχος ήταν να εξεταστεί η επιρροή του παράγοντα πληθυσμού στο χρόνο εκκένωσης, δηλαδή πόσο μεταβάλλεται ο χρόνος εκκένωσης στην περίπτωση πολλών ατόμων. Στη συνέχεια κάθε βασικό μοντέλο διαφοροποιήθηκε ως προς τον αριθμό των εξόδων διαφυγής, αν δηλαδή η εκκένωση γίνεται και από τις δύο εξόδους ή όχι, ως προς τον αριθμό των κλιμάκων που έχουν στη διάθεση τους οι επιβάτες προκειμένου να μεταβούν από το χώρο της αποβάθρας στο επίπεδο των εκδοτηρίων και στη συνέχεια σε ασφαλή περιοχή. Κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστεί η επιρροή στον χρόνο εκκένωσης των παραπάνω παραγόντων για να καλυφθούν περισσότερα ενδεχόμενα. Επιπλέον έπρεπε να παρουσιαστεί και η περίπτωση της διαθεσιμότητας των κλιμάκων μετάβασης από το ένα επίπεδο στο άλλο η οποία μπορεί να επηρεάζεται από εργασίες συντήρησης ή ακόμα και από εκδήλωση πυρκαγιάς σε κάποιο χώρο κοντά στο

κλιμακοστάσιο η οποία καθιστά την πρόσβαση απαγορευτική. Όλα τα παραπάνω είναι καταστάσεις που μπορούν να προκύψουν οπότε έπρεπε να ληφθούν υπόψη κατά την εκτέλεση των αναλύσεων. Τέλος δεν εξετάστηκε η περίπτωση της άφιξης συρμού στο σταθμό και κατά συνέπεια η παρουσία επιπλέον επιβατών γιατί με την επιλογή του θεωρητικού πληθυσμού, δηλαδή του μέγιστου πληθυσμού που μπορεί να εξυπηρετήσει η αποβάθρα ικανοποιήθηκε η παραπάνω απαίτηση. Σε κάθε περίπτωση ο χρόνος εκκένωσης πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα. Επίσης κατά την προσομοίωση δεν λήφθηκαν υπόψη δεδομένα πυρκαγιάς καθότι δεν διενεργήθηκε κατάλληλη ανάλυση. Η εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με την πυρκαγιά βασίζεται σε στοιχεία που προκύπτουν από μία ανάλυση CFD (Computational fluid dynamics). Η συγκεκριμένη τεχνική προσφέρει λεπτομέρειες για την εξέλιξη του φαινομένου της πυρκαγιάς και οδηγεί σε συμπεράσματα για το χρόνο που είναι διαθέσιμος για την εκκένωση πριν φτάσουν σε απαγορευτικά όρια οι τιμές καπνού και θερμικού φορτίου. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την ανάλυση CFD εισάγονται στο πρόγραμμα προκειμένου να διενεργηθεί η προσομοίωση και να προκύψει ο χρόνος εκκένωσης.

Για την προσομοίωση των διάφορων εγκαταστάσεων του χώρου χρησιμοποιήθηκαν κάποιοι συμβολισμοί. Προκειμένου να γίνει κατανοητή η ανάλυση και τα αποτελέσματά της είναι απαραίτητη η ερμηνεία των χρησιμοποιούμενων συμβολισμών. Όσον αφορά τις σκάλες στο πρόγραμμα μπορεί να παρουσιάζονται σαν ανεξάρτητες, στην πράξη όμως λειτουργούν αθροιστικά, δηλαδή σκάλες στην άκρη και στην μέση. Ο Πίνακας 8.5 περιέχει τους συμβολισμούς και τους χώρους στους οποίους αντιστοιχούν.

Χώρος	Συμβολισμός
Αποβάθρα	Room 0_1
Ενδιάμεσο επίπεδο	Room 1_1
Εκδοτήρια	Room 2_1
Βορειοανατολική έξοδος	Door 3_1
Νοτιοδυτική έξοδος	Door 3_2
Σκάλα μετάβασης από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο που βρίσκεται στην άκρη και δεξιά (νοτιοδυτικά)	Stair 0-1_1
Σκάλα μετάβασης από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο που βρίσκεται στην άκρη και αριστερά (βορειοανατολικά)	Stair 0-1_2
Σκάλα μετάβασης από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο που βρίσκεται στη μέση και δεξιά (νοτιοδυτικά)	Stair 0-1_3
Σκάλα μετάβασης από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο που βρίσκεται στη μέση και αριστερά (βορειοανατολικά)	Stair 0-1_4
Η σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα που οδηγεί από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο	Stair 0-1_7
Σκάλα μετάβασης από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια που βρίσκεται στην άκρη και δεξιά (νοτιοδυτικά)	Stair 1-2_1
Σκάλα μετάβασης από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια που βρίσκεται στην άκρη και αριστερά (βορειοανατολικά)	Stair 1-2_2
Σκάλα μετάβασης από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια που βρίσκεται στη μέση και δεξιά (νοτιοδυτικά)	Stair 1-2_3
Σκάλα μετάβασης από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια που βρίσκεται στη μέση και αριστερά (βορειοανατολικά)	Stair 1-2_4
Η σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα που οδηγεί από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια	Stair 1-2_7

Πίνακας 8.5: Συγκεντρωτικός πίνακας συμβολισμών και η αντίστοιχη ερμηνεία τους

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σενάρια, οι παραδοχές κάθε σεναρίου, οι αναλύσεις, τα αποτελέσματα των αναλύσεων και ο σχολιασμός των αναλύσεων.

### 8.7.1. Σενάριο A

Βασικό σενάριο είναι το σενάριο A<sub>1</sub> όπου υπό κανονικές συνθήκες όλα λειτουργούν φυσιολογικά. Στη συνέχεια εξετάστηκαν κάποιες ειδικές συνθήκες όσον αφορά τον αριθμό των εξόδων και τον αριθμό των κλιμάκων που είναι σε λειτουργία. Τα σενάρια διερεύνησης χρησιμοποιήθηκαν για να εξεταστεί ο χρόνος εκκένωσης στην περίπτωση των ακραίων συνθηκών.

#### 8.7.1.1. Σενάριο A<sub>1</sub>

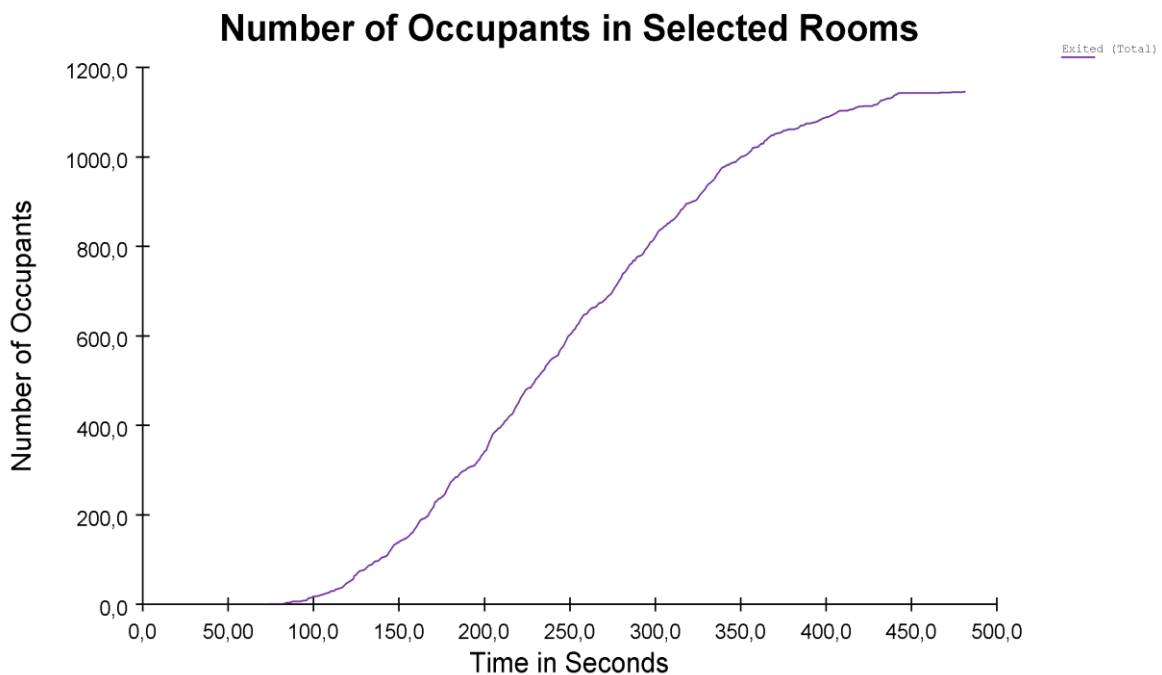
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται μόνο στο χώρο της αποβάθρας
- χρησιμοποιούν και τις δύο εξόδους διαφυγής
- όλες οι κλίμακες είναι διαθέσιμες για την μετάβαση από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο που βρίσκονται τα εκδοτήρια

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

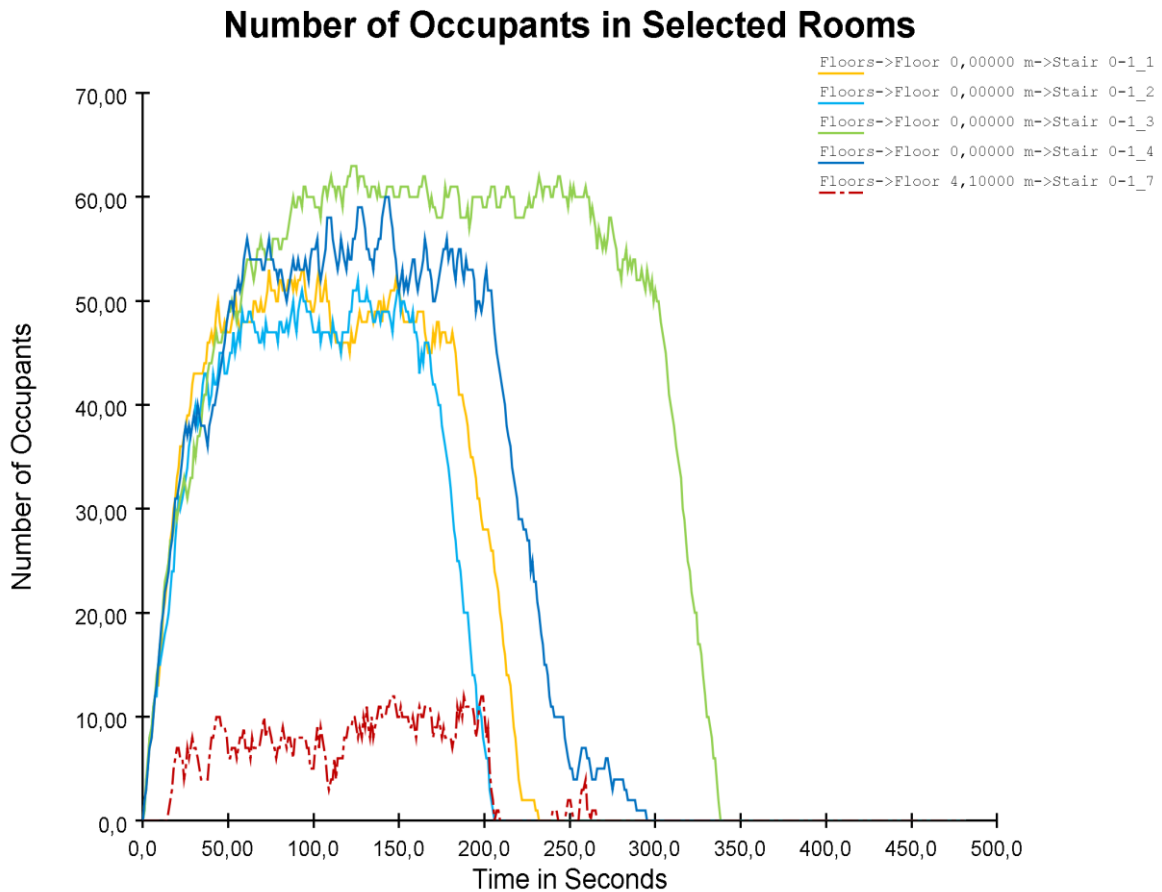
Ανάλυση	t <sub>e</sub> (s)	Μέσος όρος t <sub>e</sub> (s)
1	490.53	475.61
2	481.03	
3	455.28	

Πίνακας 8.6: Χρόνος εκκένωσης t<sub>e</sub> με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.1: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.1 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 600 άτομα χρειάζονται 249s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που έχουν περάσει με επιτυχία μέσα από μια πόρτα εξόδου (αφήνοντας την προσομοίωση).



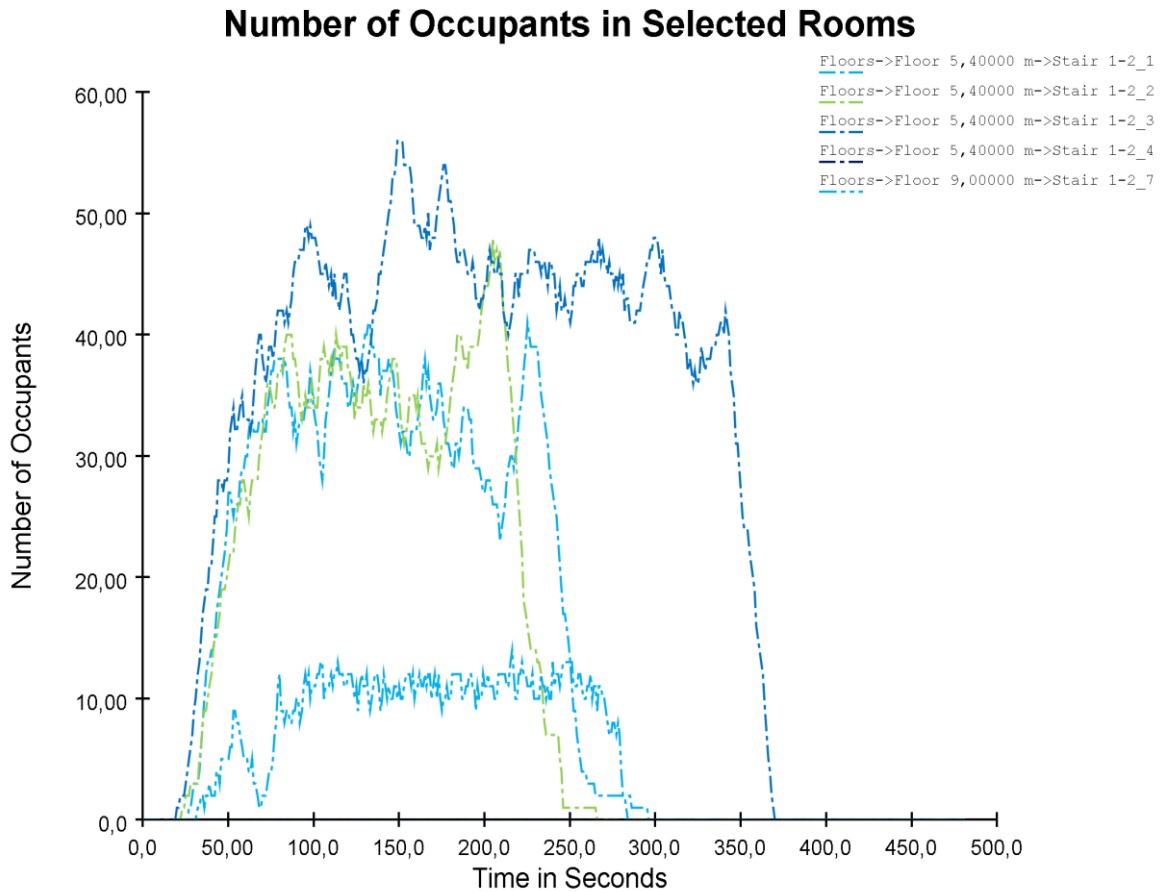
Γράφημα 8.2: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.2 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_1 40s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 50 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.7 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	243
Stair 0-1_2		227
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	205
Stair 0-1_4		224
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	249

Πίνακας 8.7: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο





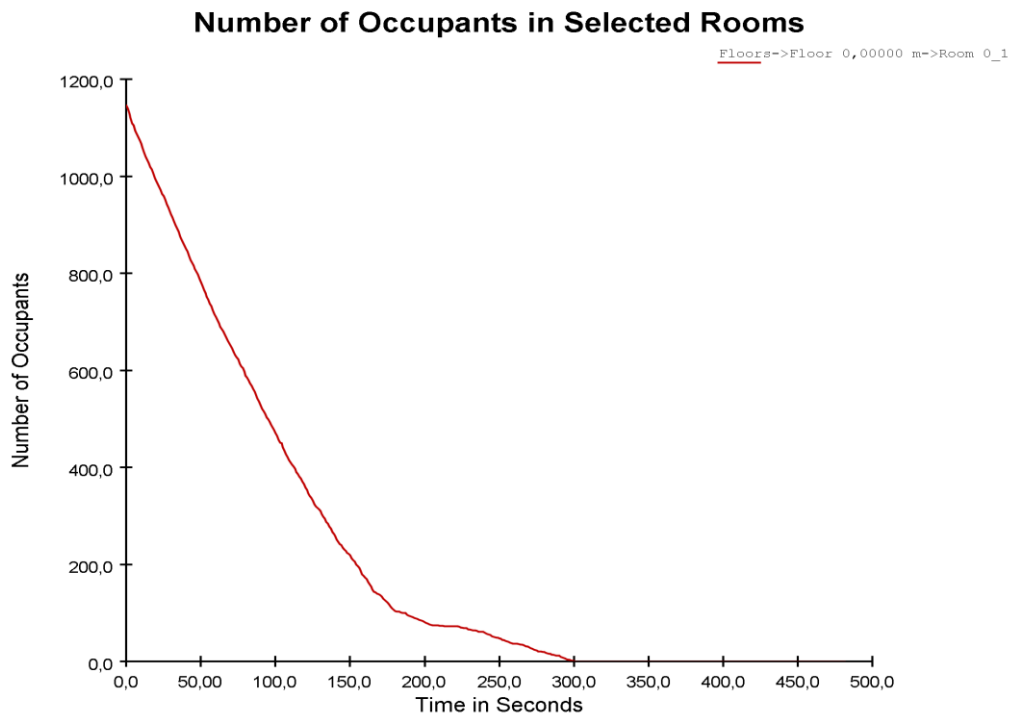
Γράφημα 8.3: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιαμέσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.3 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_3 89s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 46 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.8 δίνει πληροφορίες σχετικά με τον συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	244
Stair 1-2_2		226
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	427
Stair 1-2_4		0
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	249

Πίνακας 8.8: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιαμέσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην άκρη προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.4: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.4 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 300s (300.83s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 67s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 475.61s, δηλαδή 7min:55.61s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	82.75	441.95	474	1.32
Door 3_2	73.13	480.83	672	1.65

Πίνακας 8.9: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	7:55.61	17:55.61
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.10: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 17min:55.61s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.1.2. Σενάριο A<sub>2</sub>

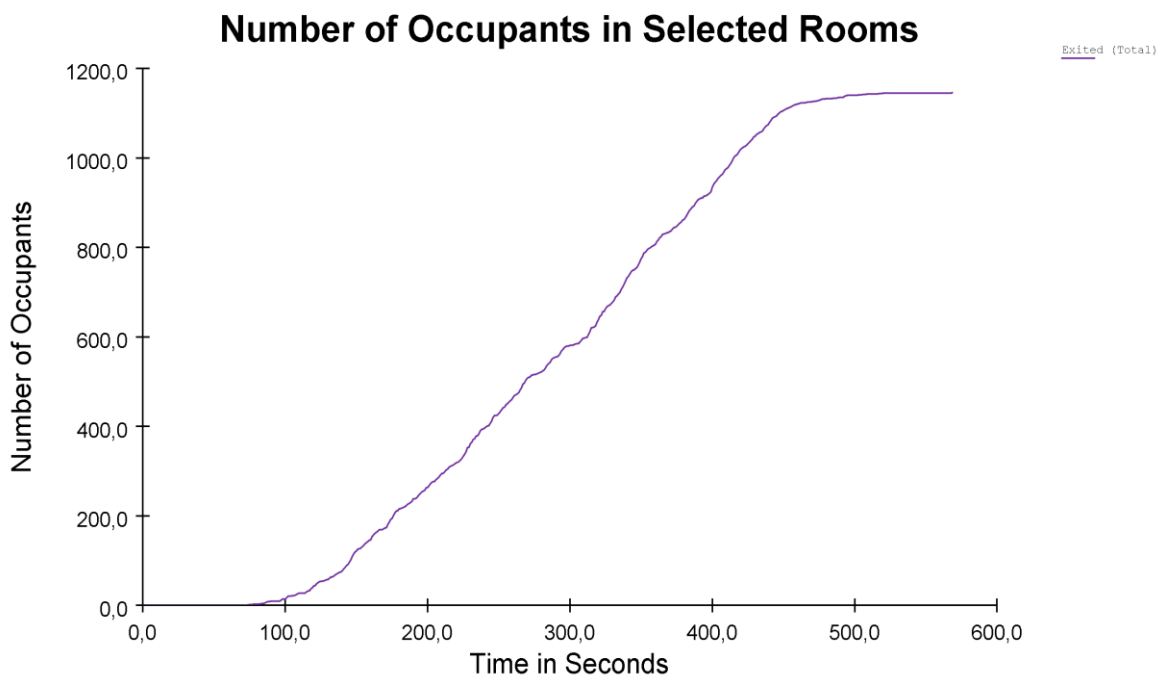
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται μόνο στο χώρο της αποβάθρας
- χρησιμοποιούν την βορειοανατολική έξοδο
- όλες οι κλίμακες είναι διαθέσιμες για την μετάβαση από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο που βρίσκονται τα εκδοτήρια

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

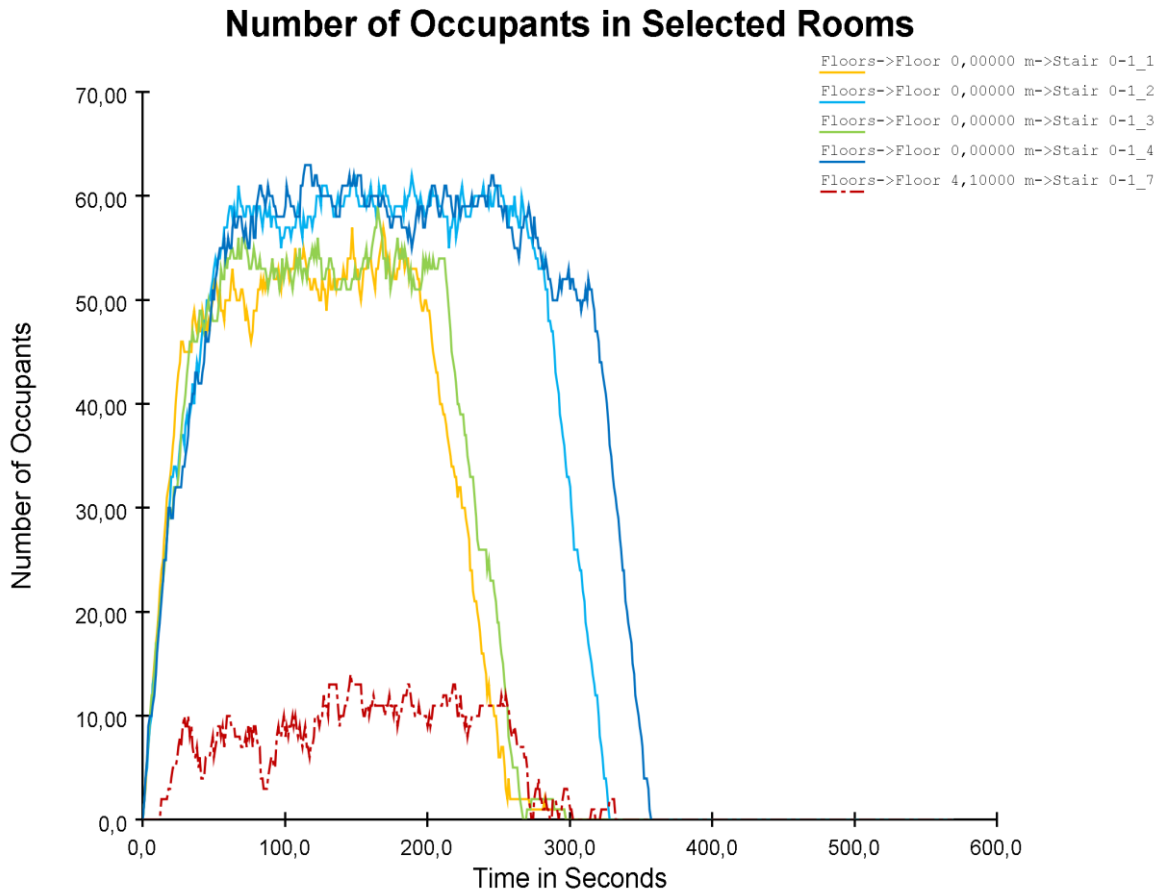
Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	573.28	555.78
2	568.53	
3	525.53	

Πίνακας 8.11: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.5: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.5 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 1049 άτομα χρειάζονται 430s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.

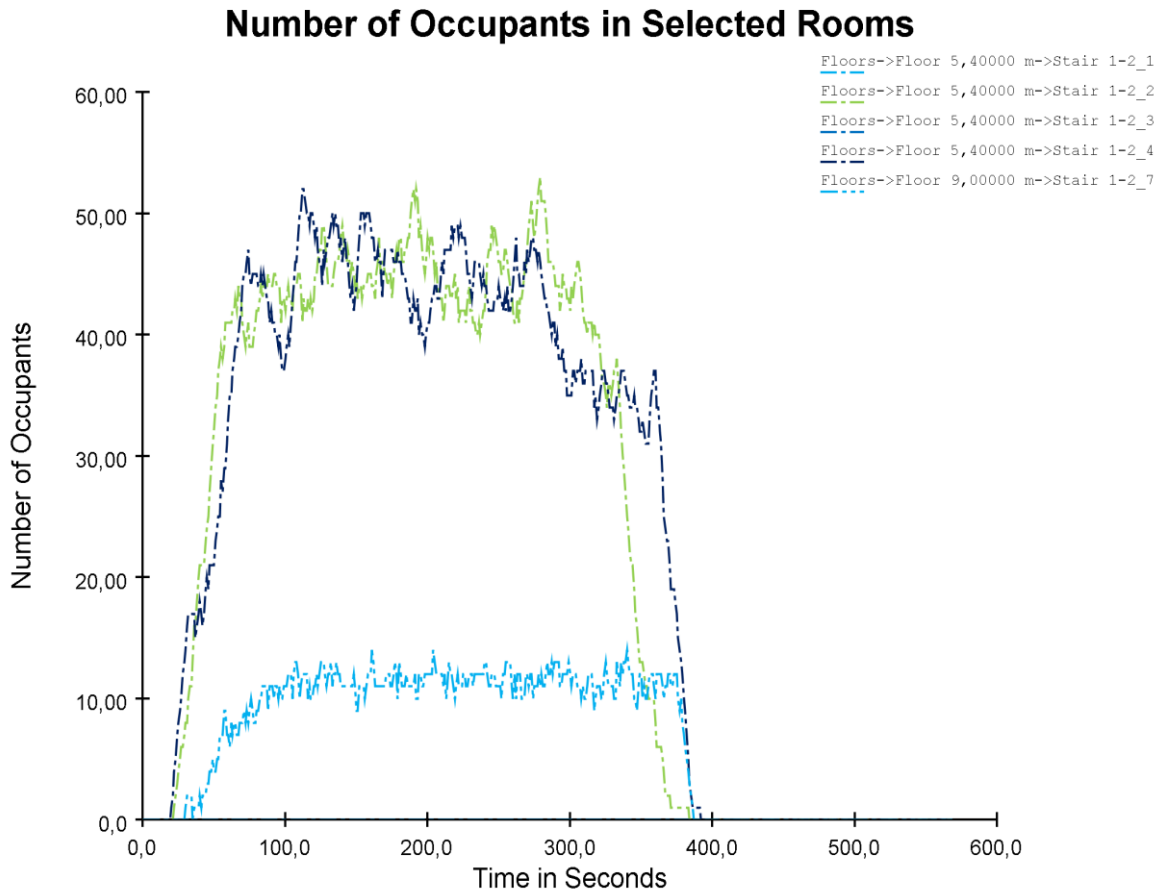


Γράφημα 8.6: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.6 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_7 261s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 9 άτομα κινούνταν πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.12 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	230
Stair 0-1_2		187
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	234
Stair 0-1_4		221
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	274

Πίνακας 8.12: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο



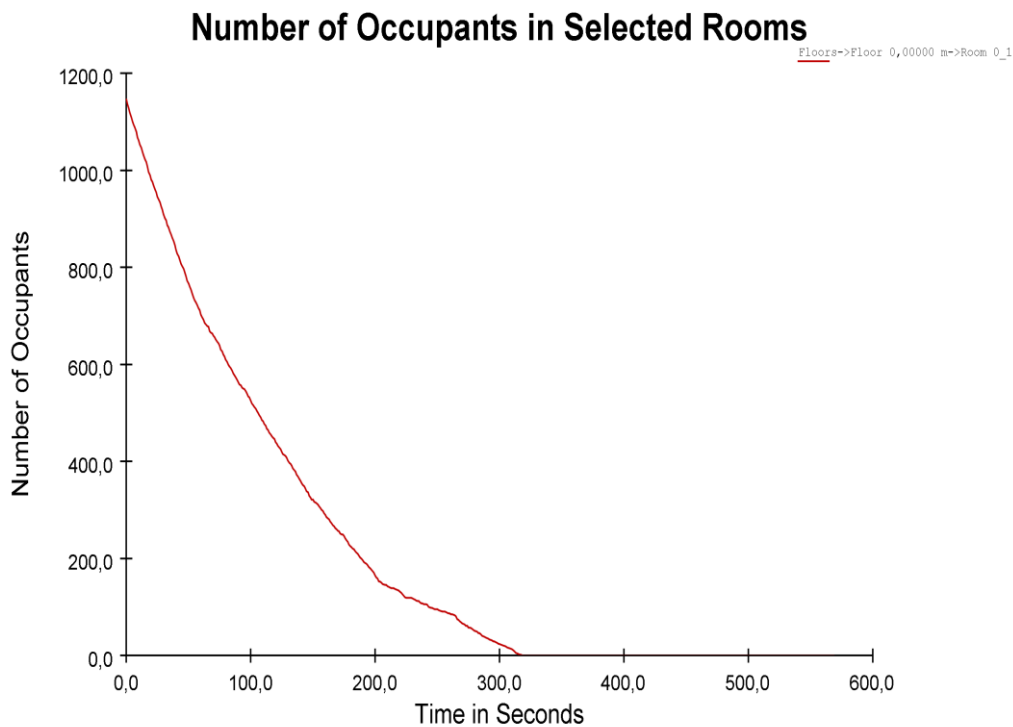
Γράφημα 8.7: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιαμέσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.7 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_2 65s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 43 άτομα κινούνταν πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.13 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	0
Stair 1-2_2		417
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	0
Stair 1-2_4		455
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	274

Πίνακας 8.13: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην μέση προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.8: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.8 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 318s (318.28s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 73s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 555.78s, δηλαδή 9min:15.78s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	72.55	568.45	1146	2.31
Door 3_2	0.00	0.00	0	

Πίνακας 8.14: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	9:15.78	19:15.78
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.15: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 19min:15.78s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.1.3. Σενάριο A<sub>3</sub>

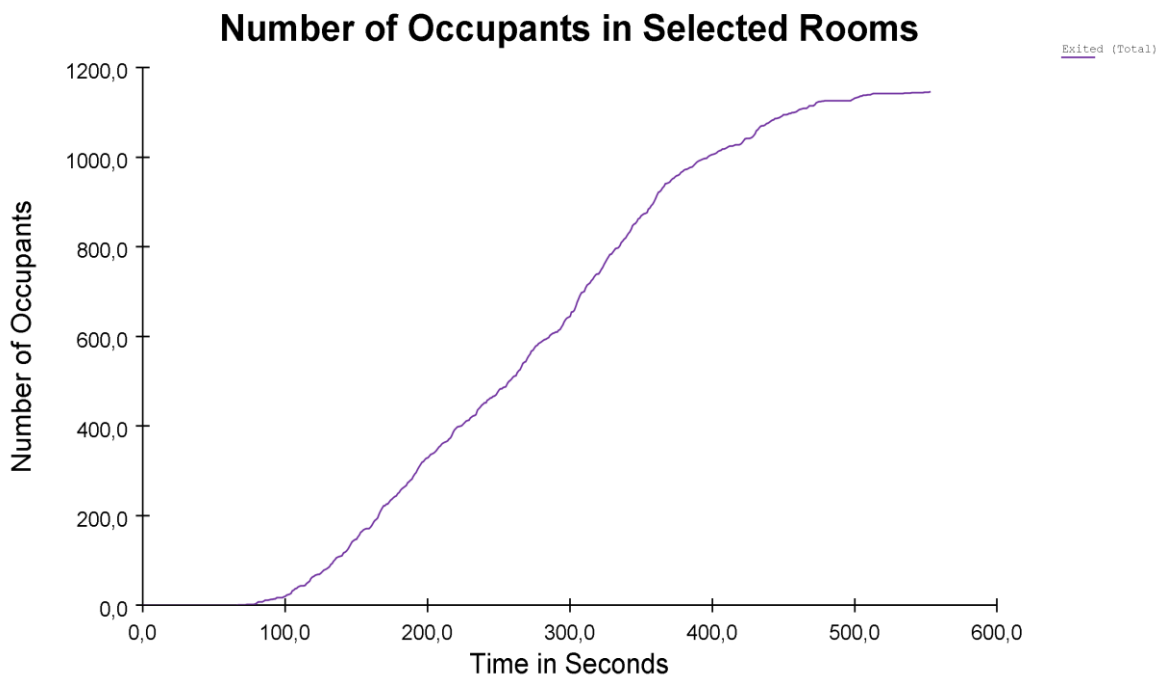
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται μόνο στο χώρο της αποβάθρας
- χρησιμοποιούν την νοτιοδυτική έξοδο
- όλες οι κλίμακες είναι διαθέσιμες για την μετάβαση από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο που βρίσκονται τα εκδοτήρια

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

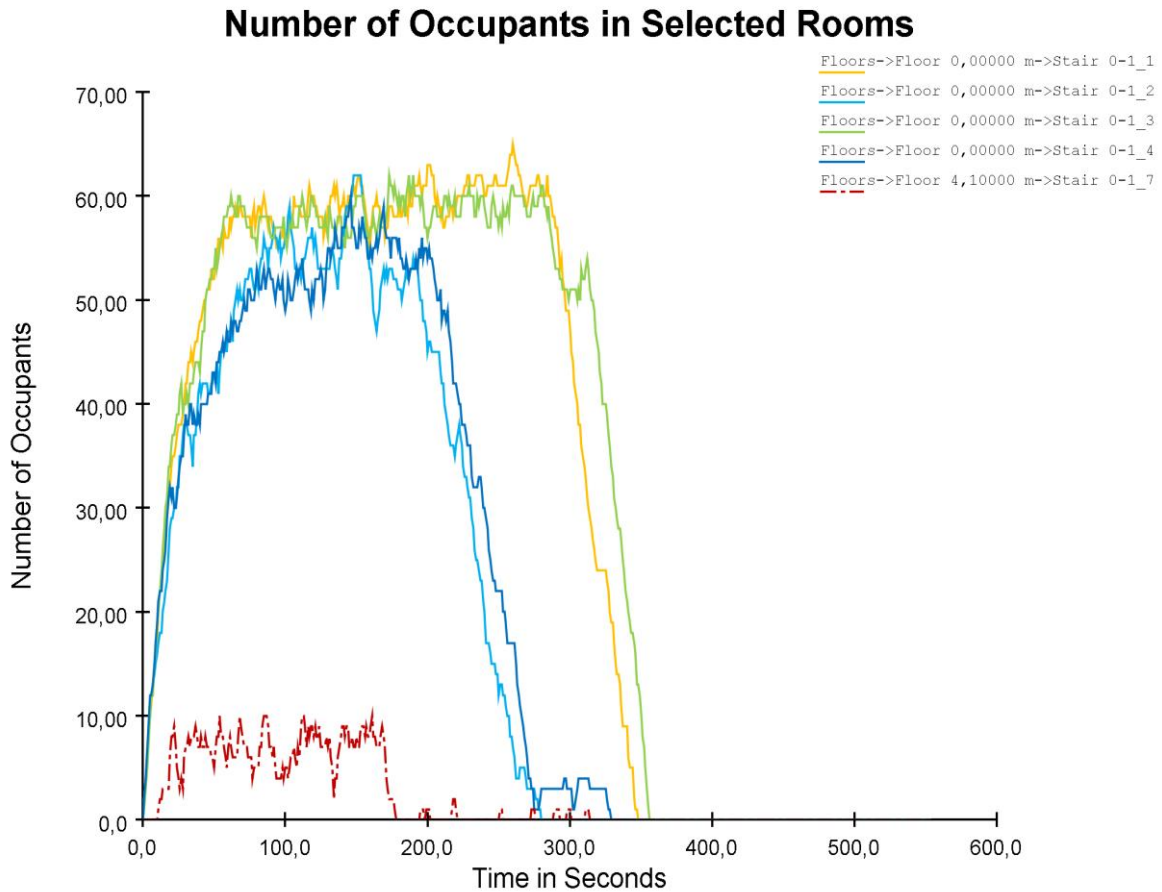
Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	552.78	551.70
2	560.28	
3	542.03	

Πίνακας 8.16: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.9: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.9 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 175 άτομα χρειάζονται 160s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.



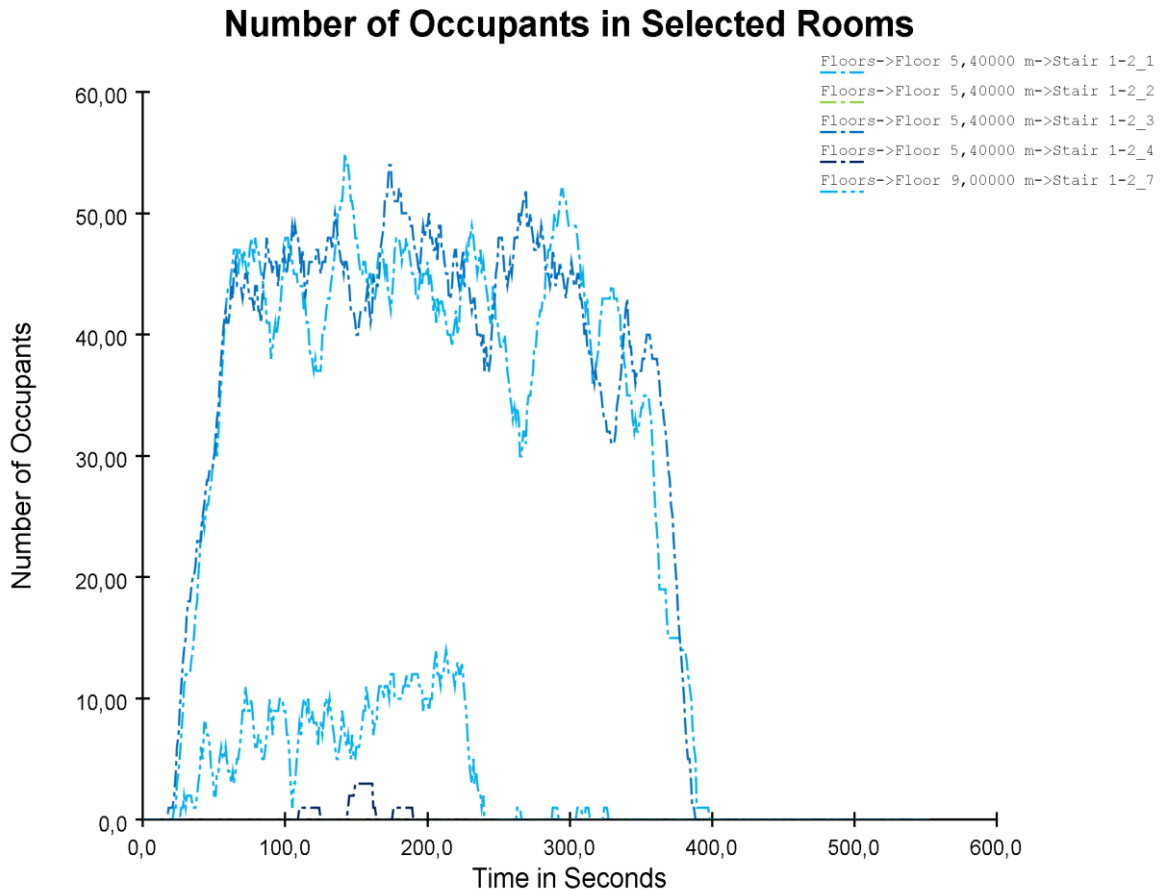
Γράφημα 8.10: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.10 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_1 260s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 65 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.17 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	190
Stair 0-1_2		225
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	222
Stair 0-1_4		266
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	243

Πίνακας 8.17: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο





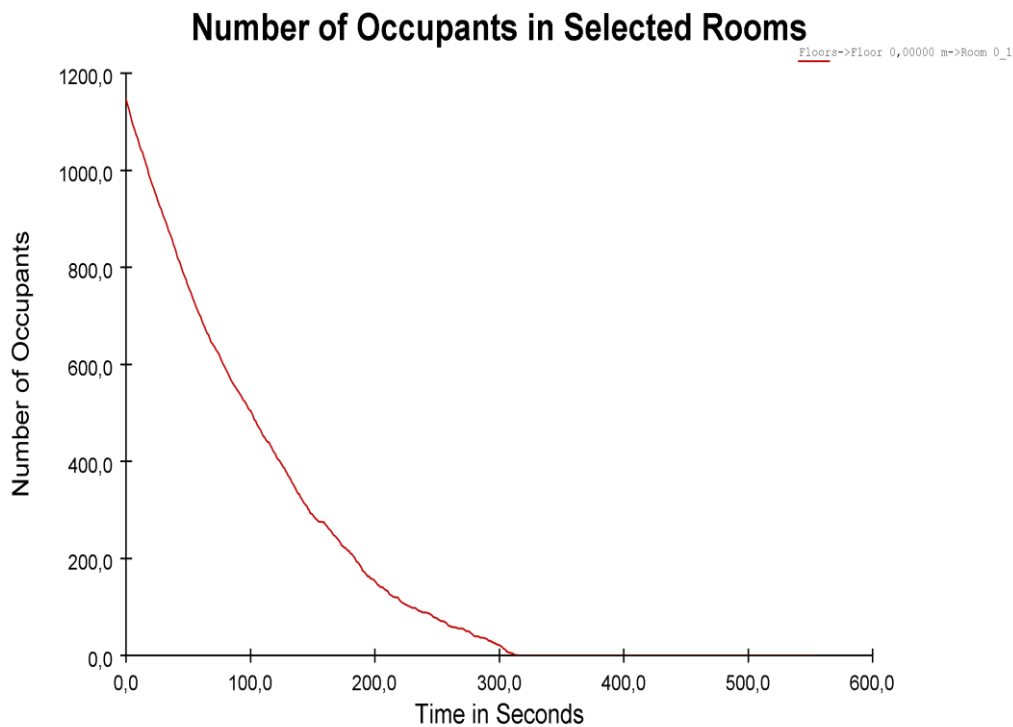
Γράφημα 8.11: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.11 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_4 110s από την έναρξη της προσομοίωσης 1 άτομο κινούνταν πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.18 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	408
Stair 1-2_2		0
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	490
Stair 1-2_4		5
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	243

Πίνακας 8.18: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην μέση προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.12: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.12 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 316s (315.58s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 67s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 551.70s, δηλαδή 9min:11.70s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	0.00	0.00	0	
Door 3_2	66.45	552.60	1146	2.36

Πίνακας 8.19: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	9:11.70	19:11.70
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.20: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 19min:11.70s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.1.4. Σενάριο A<sub>4</sub>

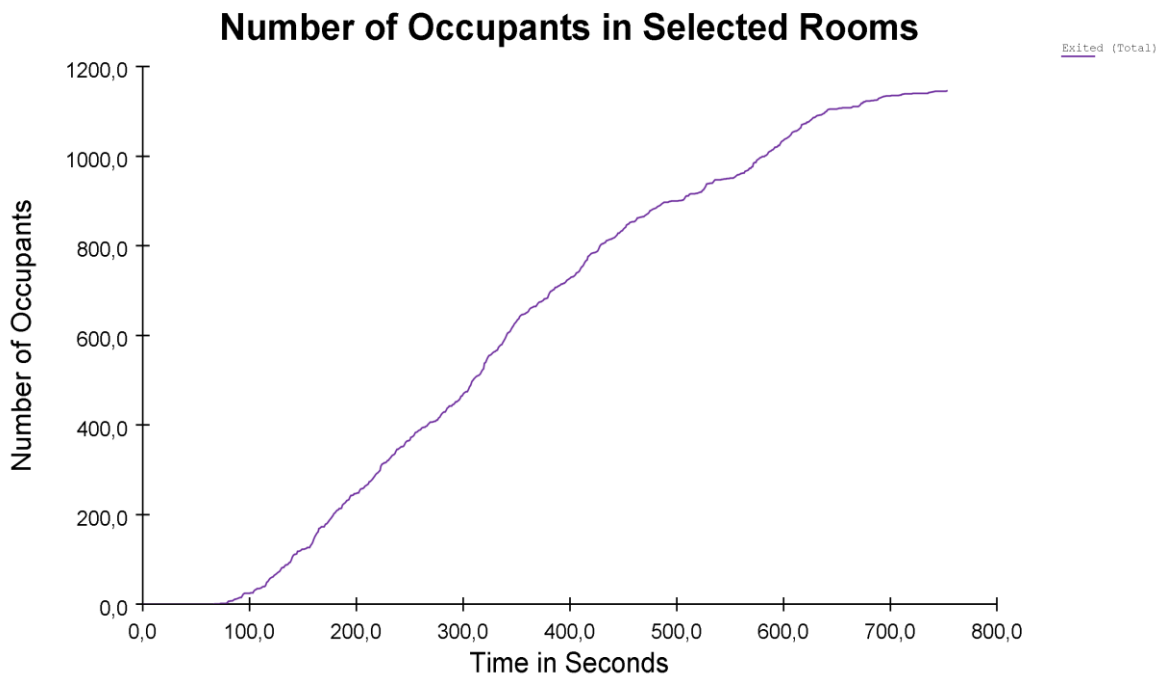
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται μόνο στο χώρο της αποβάθρας
- χρησιμοποιούν και τις δύο εξόδους
- δεν είναι διαθέσιμες όλες οι σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας και στο ενδιάμεσο επίπεδο. Η επιλογή αυτή προσομοιώνεται διαγράφοντας τις επιλεγμένες κάθε φορά σκάλες που δεν λειτουργούν (έστω οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη)

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

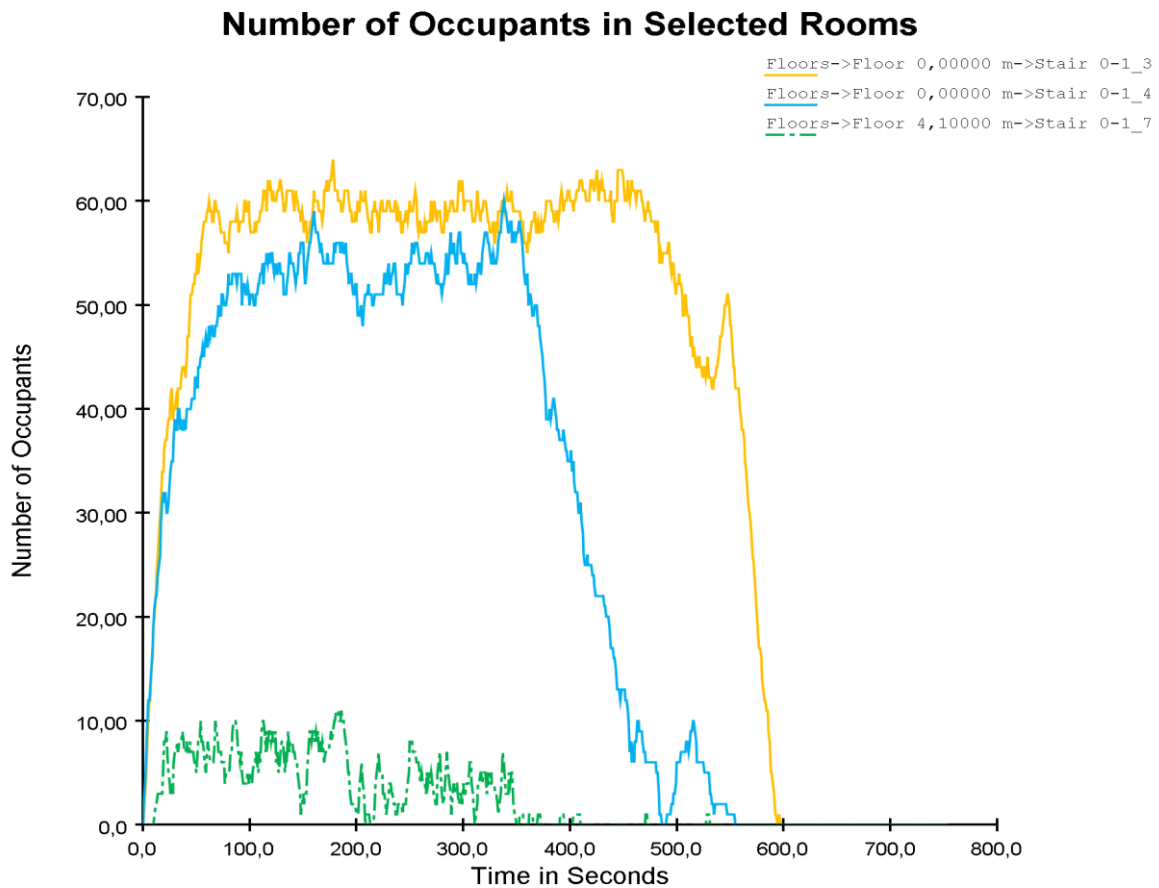
Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	752.78	752.20
2	767.78	
3	736.03	

Πίνακας 8.21: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.13: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.13 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 890 άτομα χρειάζονται 484s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.

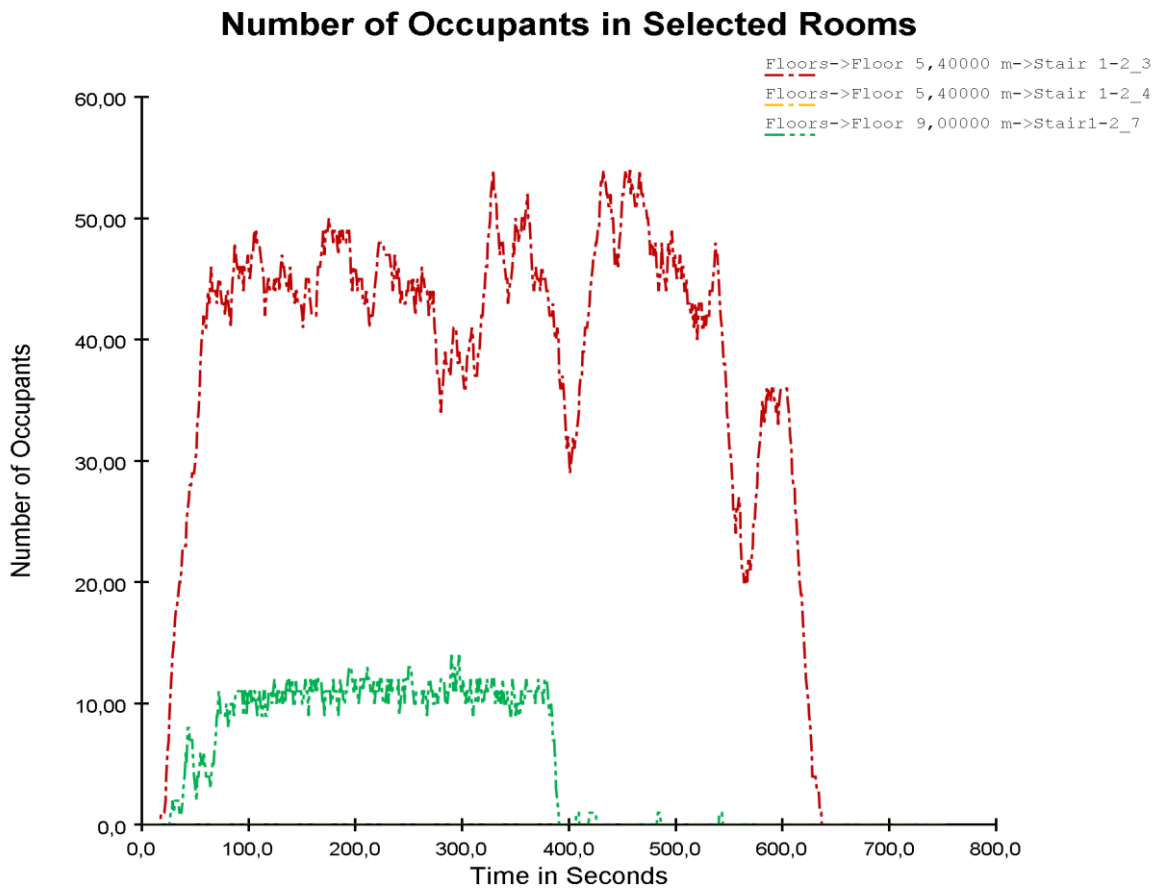


Γράφημα 8.14: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.14 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_4 21s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 32 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.22 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	334
Stair 0-1_4		424
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	390

Πίνακας 8.22: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο



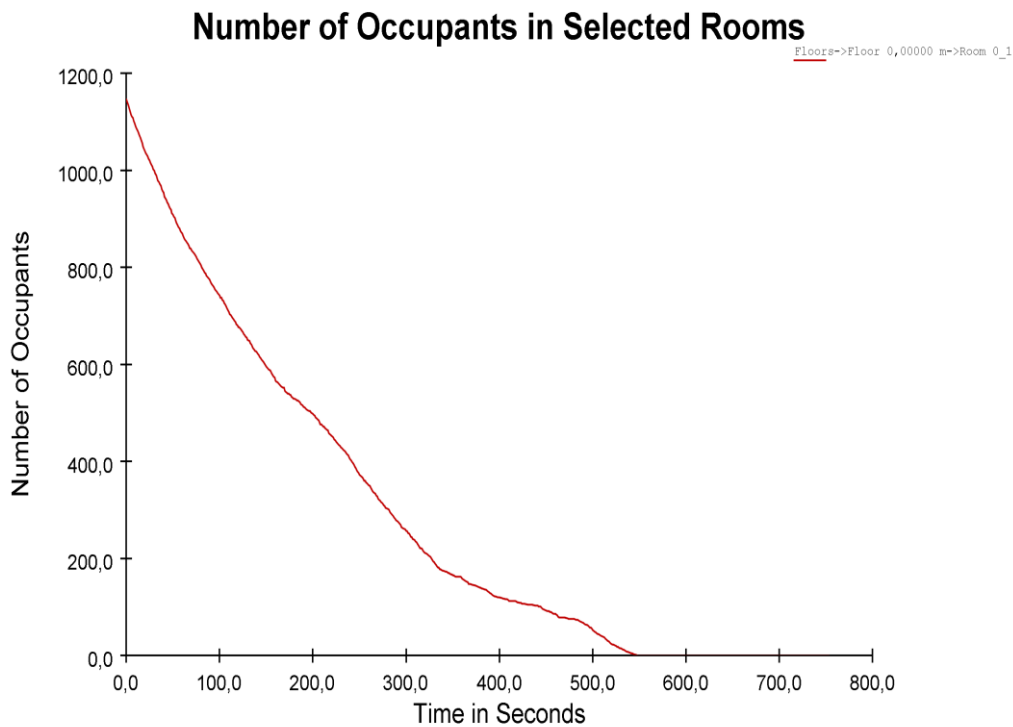
Γράφημα 8.15: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.15 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_3 87s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 48 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.23 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	756
Stair 1-2_4		0
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	390

Πίνακας 8.23: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην μέση προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.16: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.16 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 547s (547.28s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 67s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 752.20s, δηλαδή 12min:32.20.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
	72.85	578.70	390	0.77
	66.45	752.73	756	1.10

Πίνακας 8.24: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	12:32.20	22:32.20
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.25: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 22min:32.20s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.1.5. Σενάριο A<sub>5</sub>

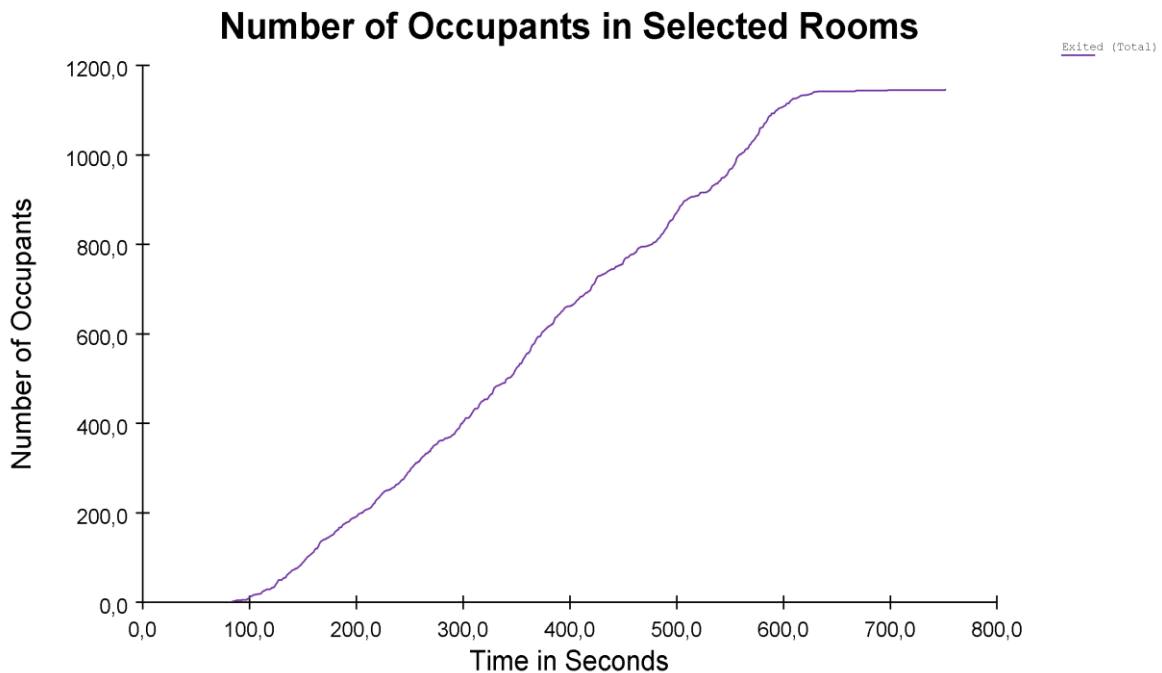
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται μόνο στο χώρο της αποβάθρας
- χρησιμοποιούν την βορειοανατολική έξοδο
- δεν είναι διαθέσιμες όλες οι σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας και στο ενδιάμεσο επίπεδο. Η επιλογή αυτή προσομοιώνεται διαγράφοντας τις επιλεγμένες κάθε φορά σκάλες που δεν λειτουργούν (έστω οι μεσαίες σκάλες)

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

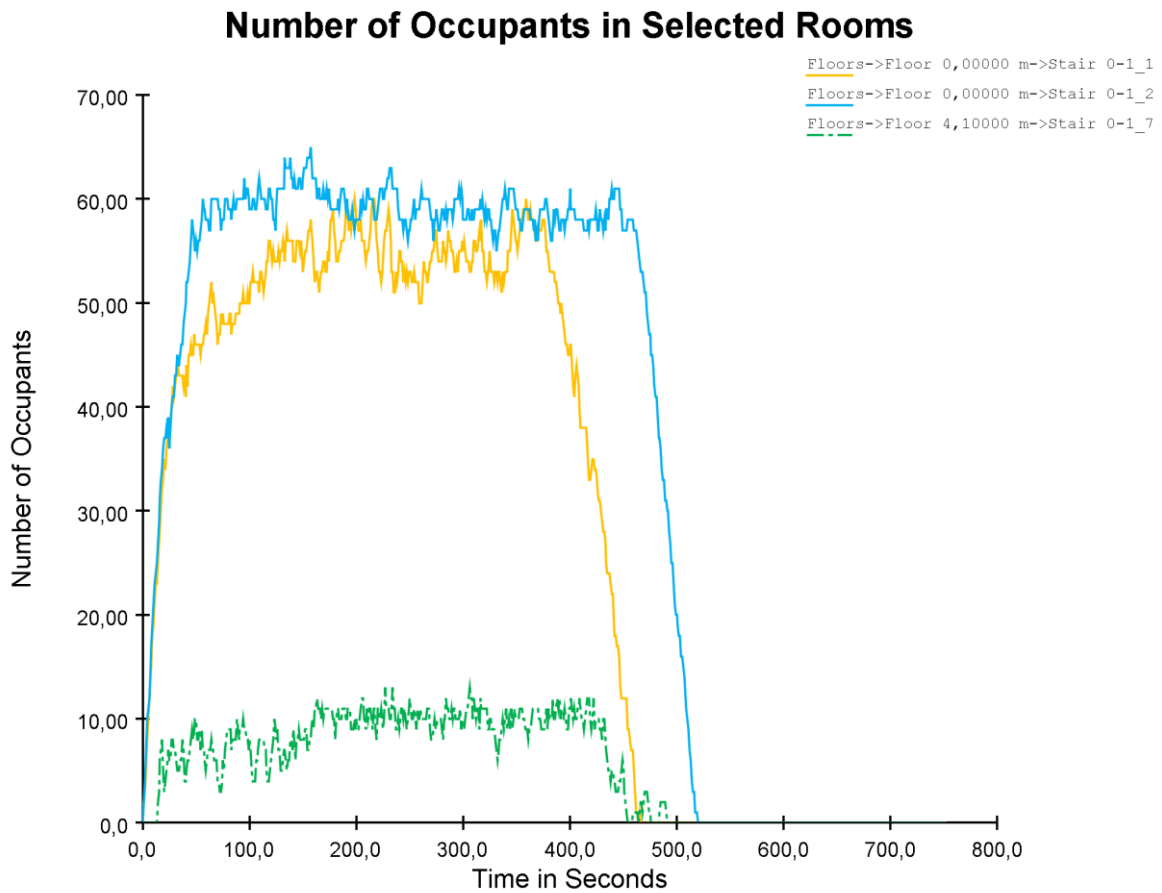
Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	724.53	746.03
2	762.03	
3	751.53	

Πίνακας 8.26: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.17: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.17 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 497 άτομα χρειάζονται 340s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.



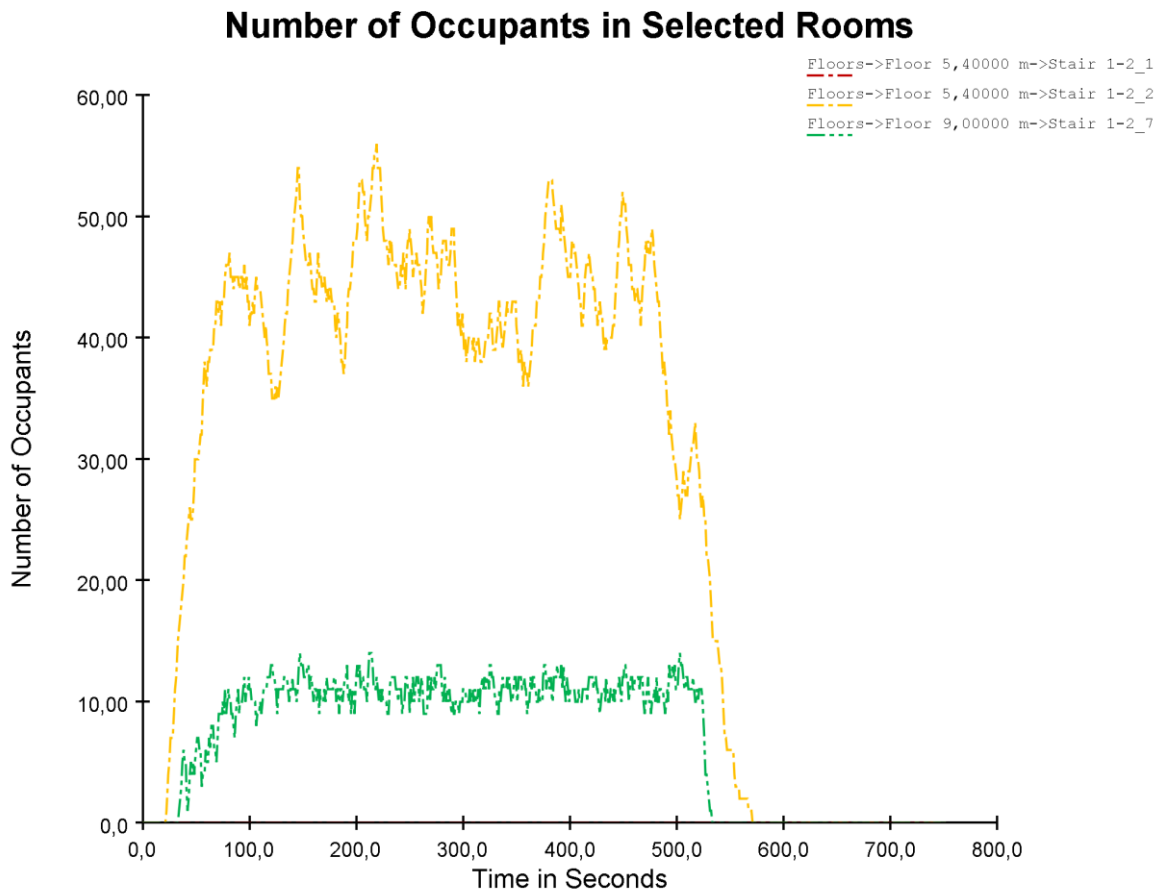
Γράφημα 8.18: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.18 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_1 63s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 51 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.27 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανεγκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	373
Stair 0-1_2		268
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	508

Πίνακας 8.27: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο





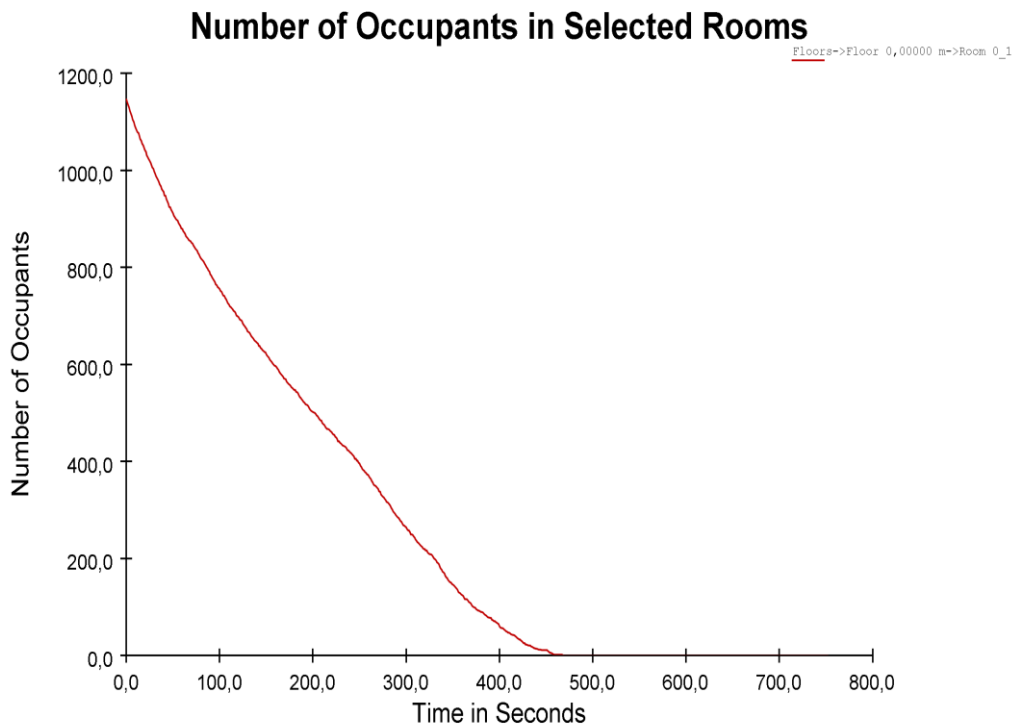
Γράφημα 8.19: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.19 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_2 146s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 54 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.28 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανεγκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	0
Stair 1-2_2		638
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	508

Πίνακας 8.28: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην άκρη προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.20: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.20 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 469s (468.95s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 83s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 746.03s, δηλαδή 12min:26.03s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	82.35	751.40	1146	1.71
Door 3_2	0.00	0.00	0.00	

Πίνακας 8.29: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	12:26.03	22:26.03
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.30: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 22min:26.03s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.1.6. Σενάριο A<sub>6</sub>

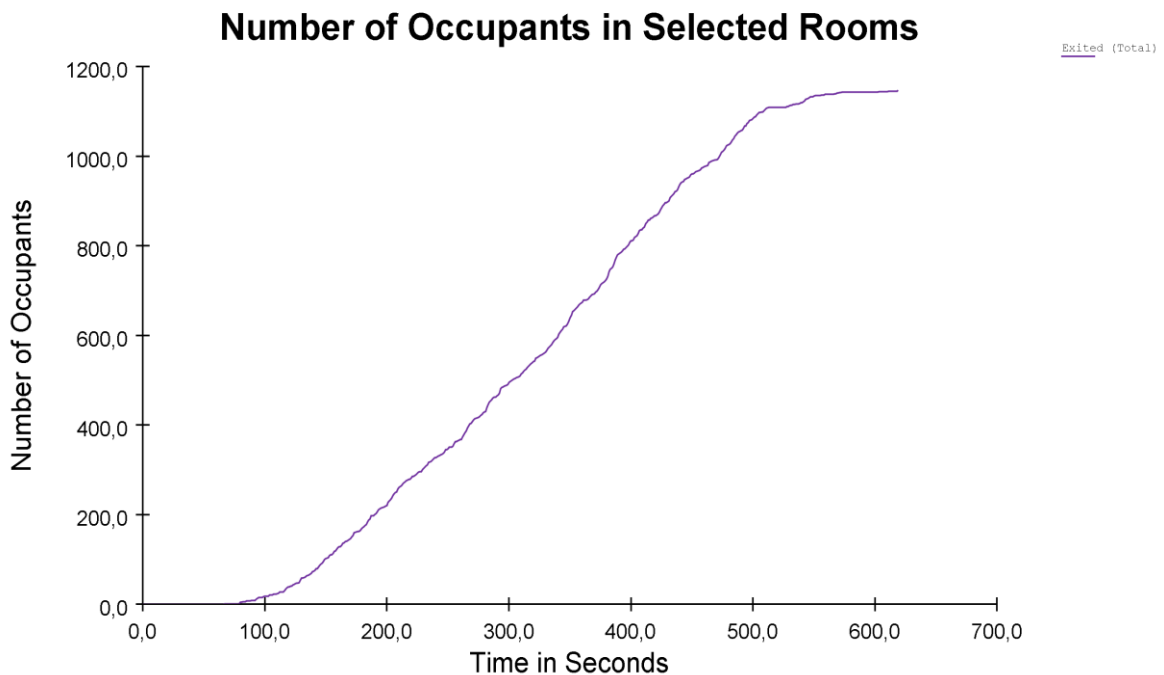
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται μόνο στο χώρο της αποβάθρας
- χρησιμοποιούν την νοτιοδυτική έξοδο
- δεν είναι διαθέσιμες όλες οι σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας και στο ενδιάμεσο επίπεδο. Η επιλογή αυτή προσομοιώνεται διαγράφοντας τις επιλεγμένες κάθε φορά σκάλες που δεν λειτουργούν (έστω η σκάλα στο χώρο δίπλα από τον ανελκυστήρα)

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

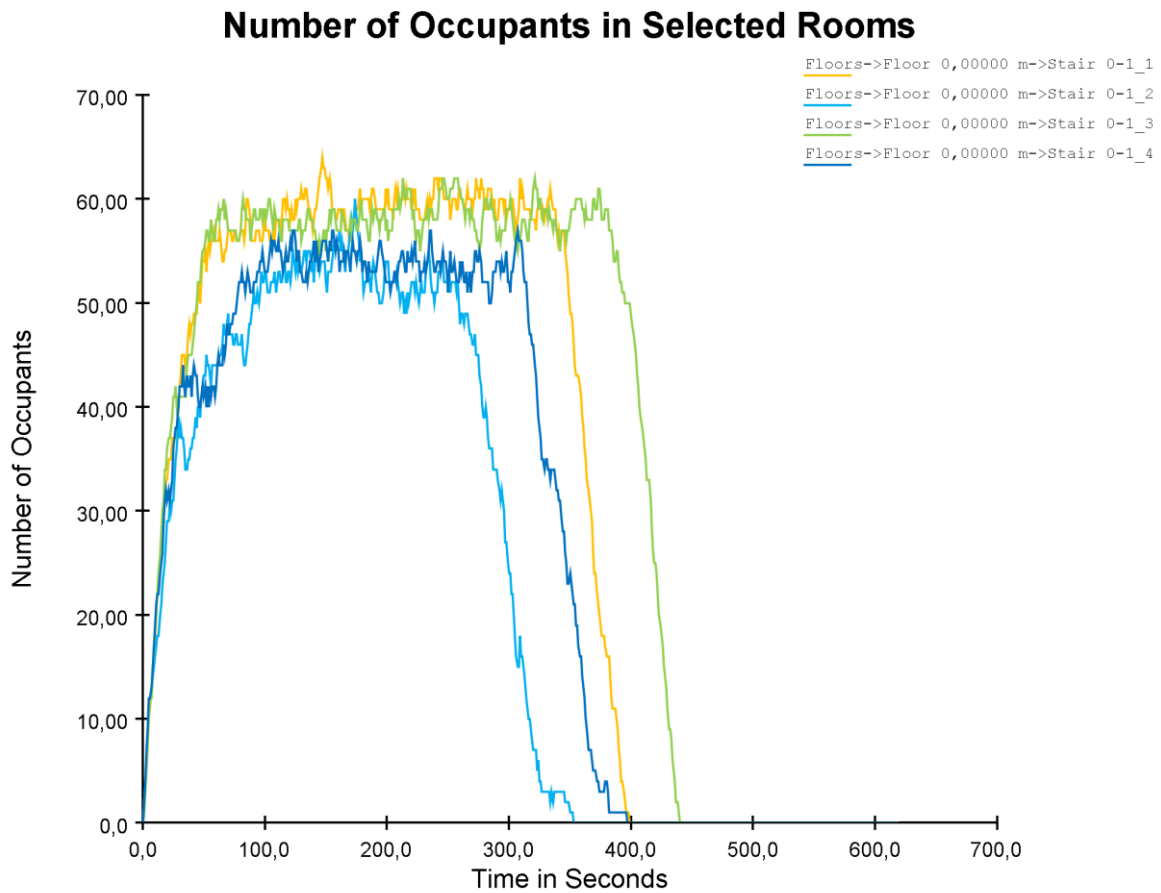
Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	618.28	617.53
2	611.03	
3	623.28	

Πίνακας 8.31: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.21: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.21 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 416 άτομα χρειάζονται 274s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.

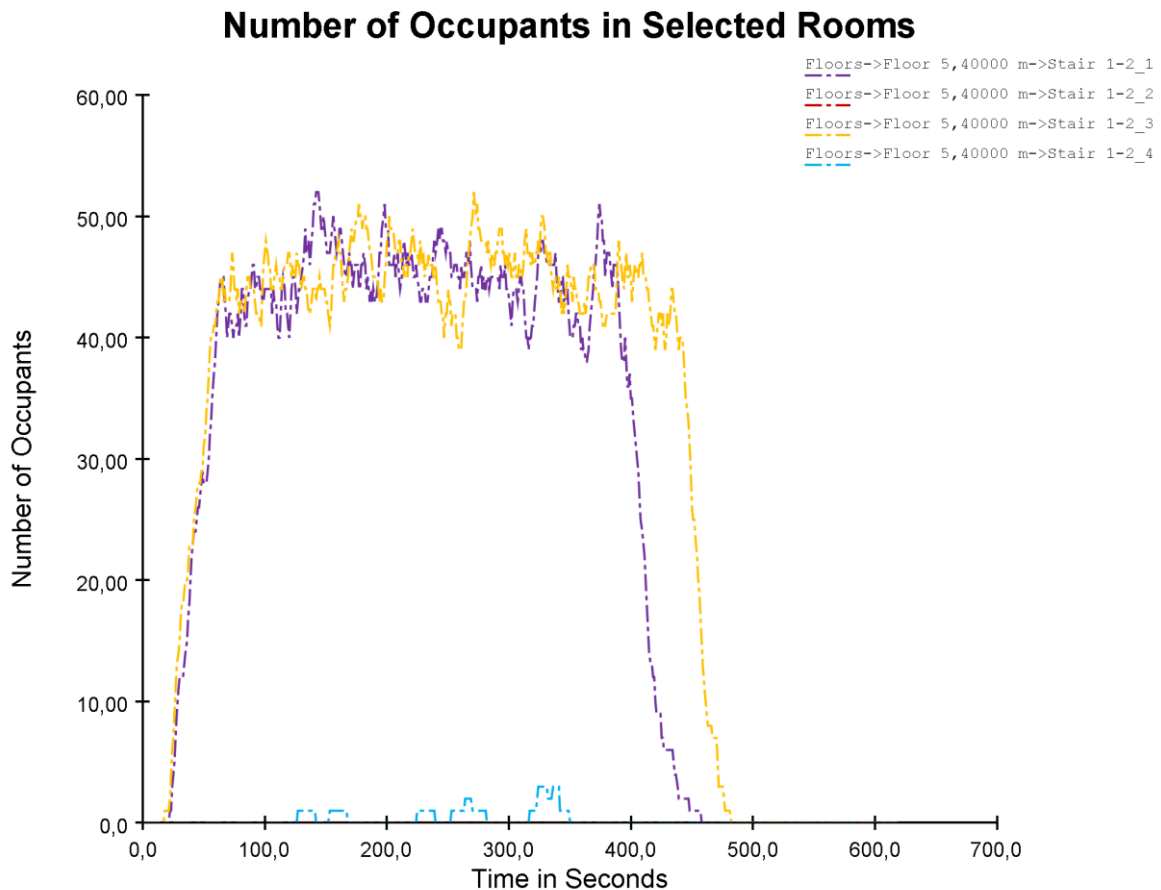


Γράφημα 8.22: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.22 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_1 139s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 57 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.32 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανεγκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	222
Stair 0-1_2		318
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	253
Stair 0-1_4		356

Πίνακας 8.32: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο



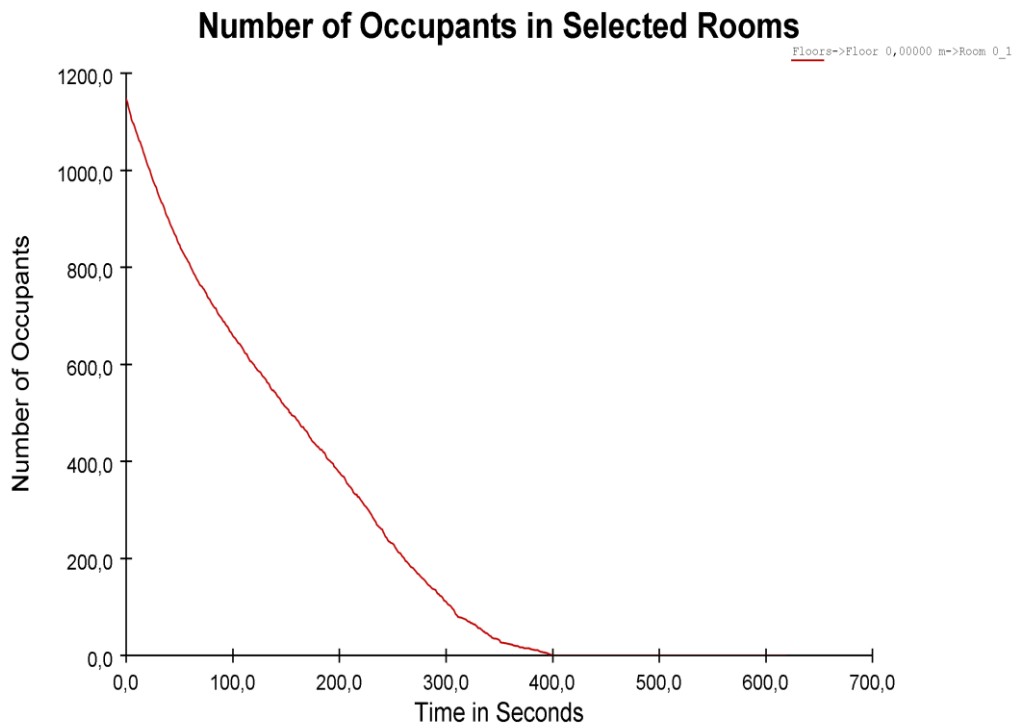
Γράφημα 8.23: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.23 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_3 73s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 47 άτομα κινούνταν πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.33 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	527
Stair 1-2_2		0
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	610
Stair 1-2_4		9

Πίνακας 8.33: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην μέση προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.24: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.24 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 399s (399.38s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 67s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 617.53s, δηλαδή 10min:17.53s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	0.00	0.00	0.00	
Door 3_2	66.45	618.08	1146	2.08

Πίνακας 8.34: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	10:17.53	20:17.53
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.35: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 20min:17.53s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

### 8.7.2. Σενάριο Β

Βασικό σενάριο είναι το σενάριο Β<sub>1</sub> όπου υπό κανονικές συνθήκες όλα λειτουργούν φυσιολογικά. Στη συνέχεια εξετάστηκαν κάποιες ειδικές συνθήκες όσον αφορά των αριθμό των εξόδων και των αριθμό των κλιμάκων που είναι σε λειτουργία. Τα σενάρια διερεύνησης χρησιμοποιήθηκαν για να εξεταστεί ο χρόνος εκκένωσης στην περίπτωση των ακραίων συνθηκών.

#### 8.7.2.1. Σενάριο Β<sub>1</sub>

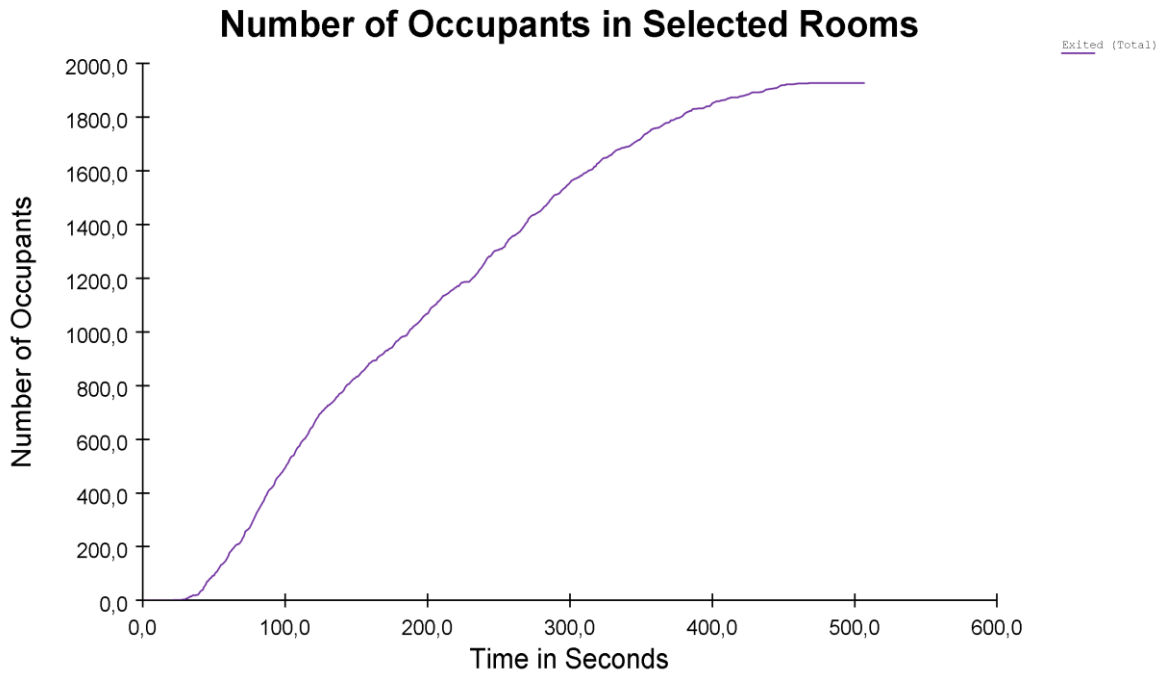
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται και στα τρία επίπεδα
  - ✓ στα εκδοτήρια βρίσκονται 562 άτομα
  - ✓ στο ενδιάμεσο επίπεδο 220 άτομα
  - ✓ στην αποβάθρα 1146 άτομα
- χρησιμοποιούν και τις δύο εξόδους
- όλες οι κλίμακες είναι διαθέσιμες για την μετάβαση από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο που βρίσκονται τα εκδοτήρια

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	487.28	512.53
2	506.53	
3	543.78	

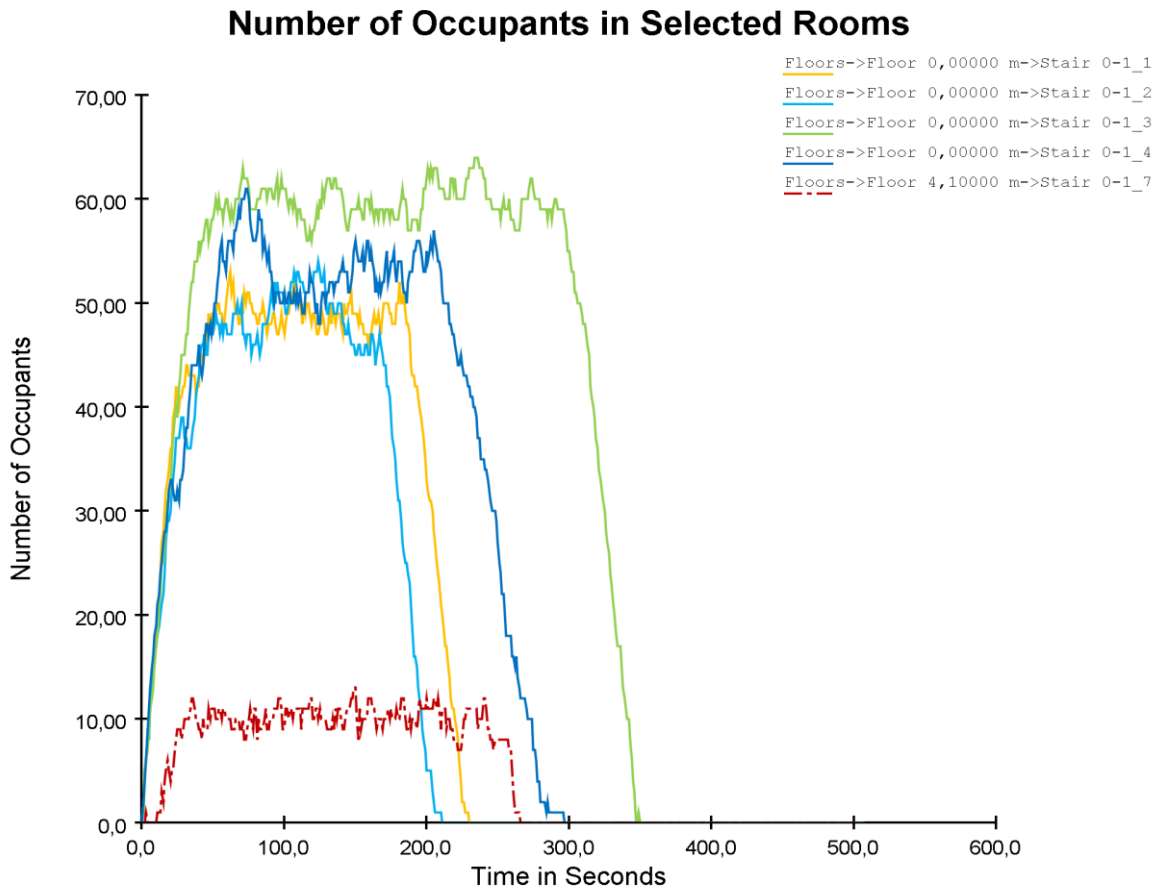
Πίνακας 8.36: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.25: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.25 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 972 άτομα χρειάζονται 180s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.



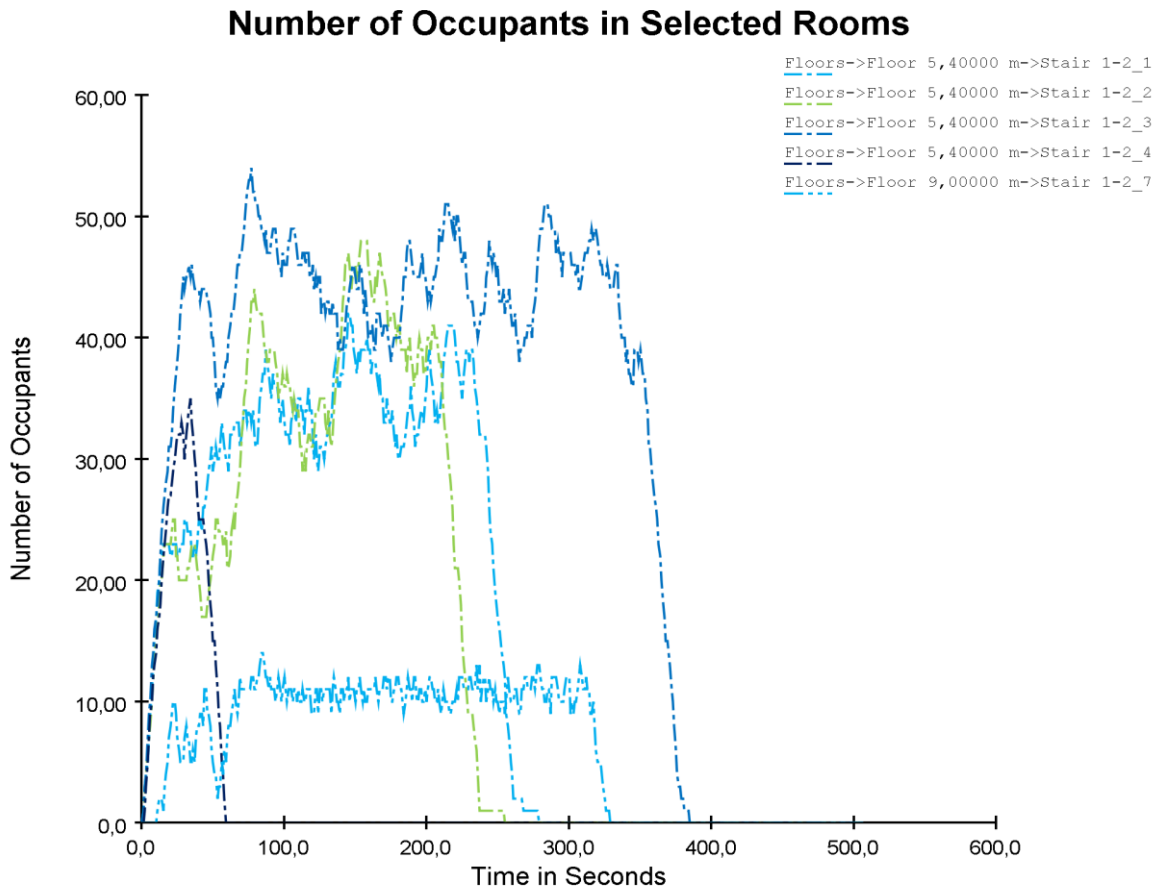


Γράφημα 8.26: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.26 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_1 62s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 53 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.37 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανεγκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	266
Stair 0-1_2		234
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	188
Stair 0-1_4		224
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	248

Πίνακας 8.37: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο



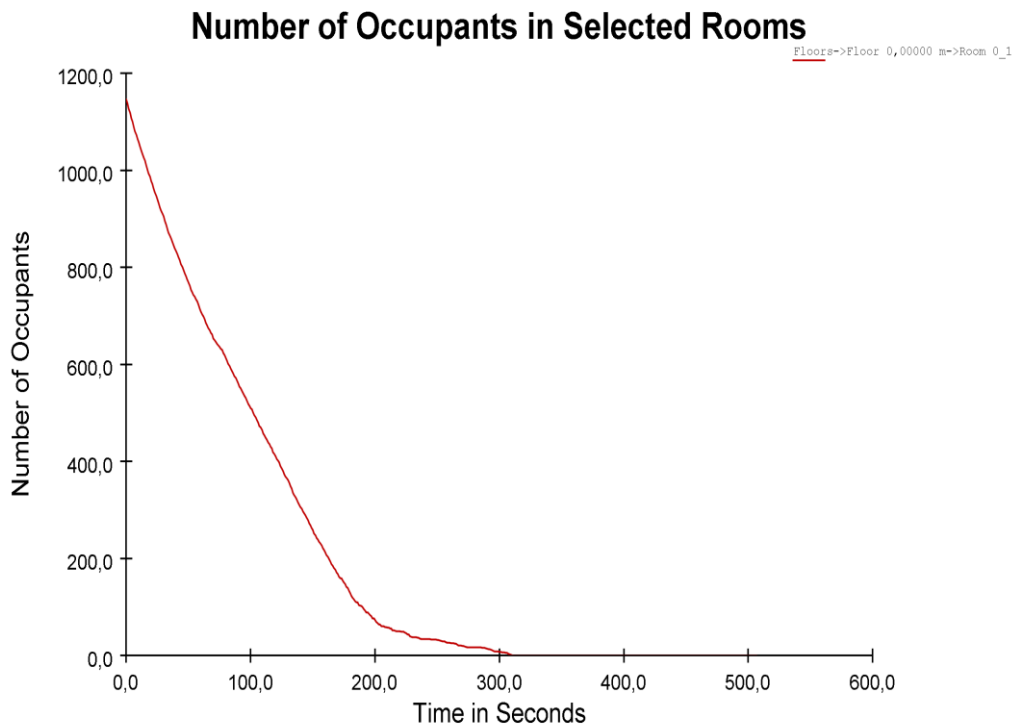
Γράφημα 8.27: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.27 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_3 77s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 54 άτομα κινούνταν πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.38 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	287
Stair 1-2_2		254
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	458
Stair 1-2_4		47
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	320

Πίνακας 8.38: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην άκρη προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.28: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.28 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 310s (310.40s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 21s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 512.53s, δηλαδή 8min:32.53s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	30.33	467.43	852	1.95
Door 3_2	20.33	506.38	1076	2.21

Πίνακας 8.39: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	8:32.53	18:32.53
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.40: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 18min:32.53s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.2.2. Σενάριο B<sub>2</sub>

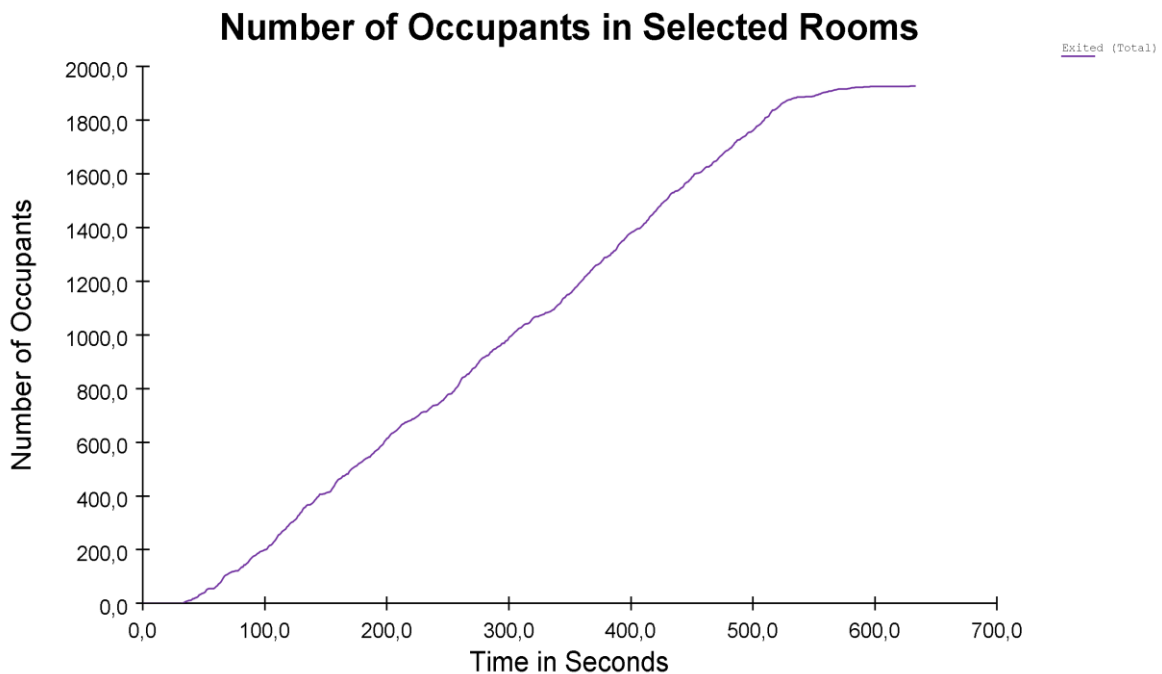
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται και στα τρία επίπεδα
  - ✓ στα εκδοτήρια βρίσκονται 562 άτομα
  - ✓ στο ενδιάμεσο επίπεδο 220 άτομα
  - ✓ στην αποβάθρα 1146 άτομα
- χρησιμοποιούν την βορειοανατολική έξοδο
- όλες οι κλίμακες είναι διαθέσιμες για την μετάβαση από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο που βρίσκονται τα εκδοτήρια

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	612.28	621.03
2	627.03	
3	623.78	

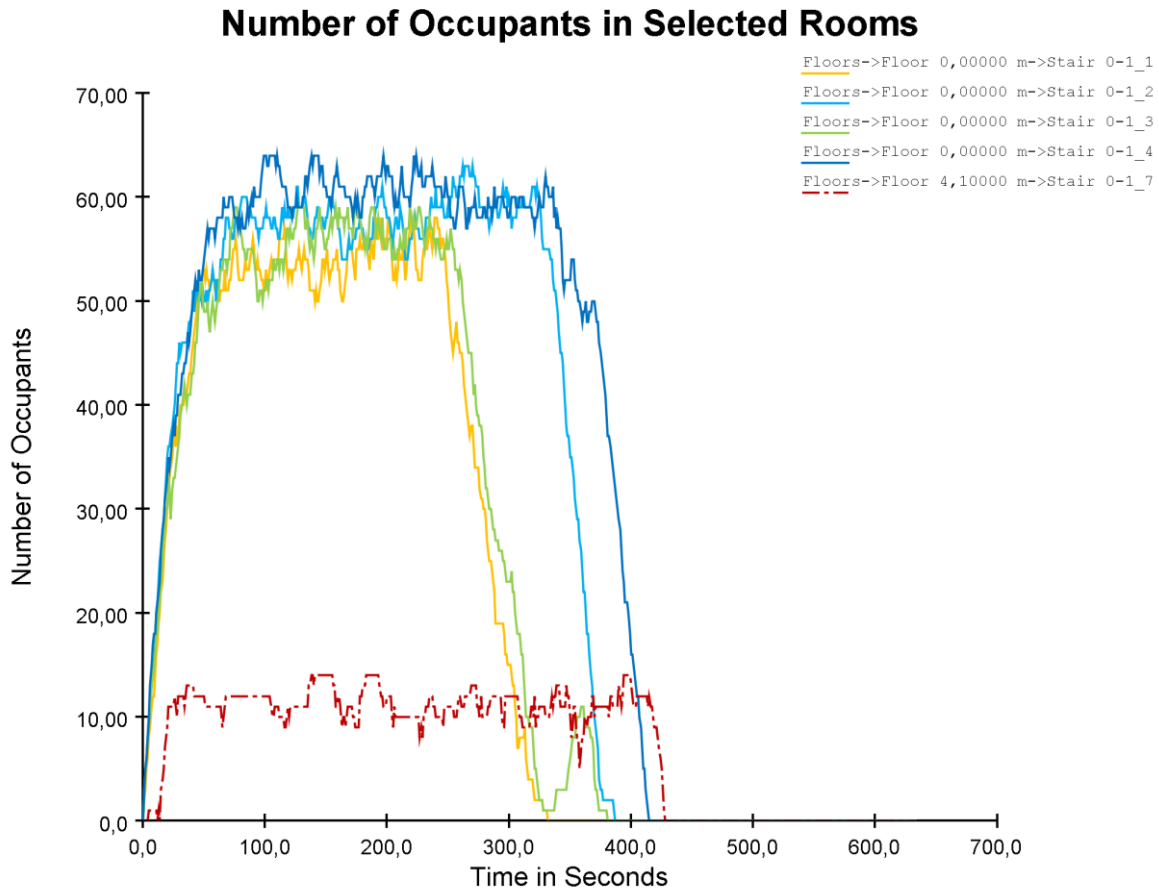
Πίνακας 8.41: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.29: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.29 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 782 άτομα χρειάζονται 253s για να

εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.

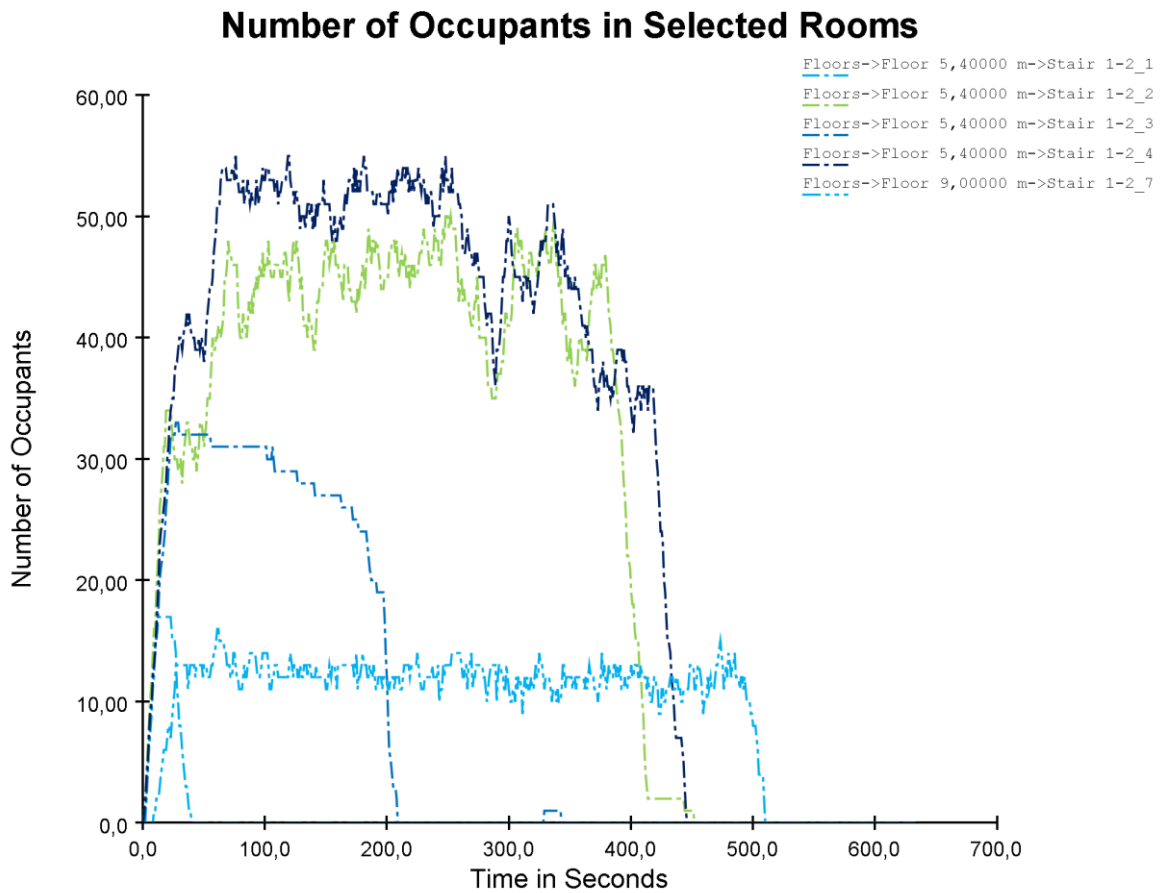


Γράφημα 8.30: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.30 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_1 45s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 51 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.42 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	270
Stair 0-1_2		227
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	262
Stair 0-1_4		214
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	187

Πίνακας 8.42: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο



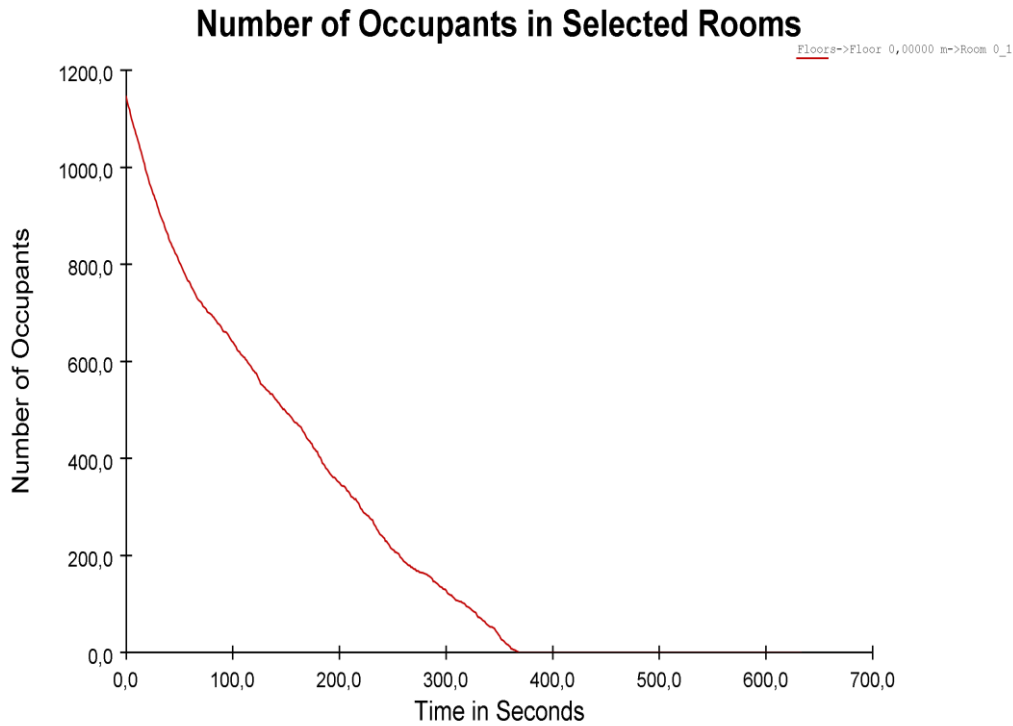
Γράφημα 8.31: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.31 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_3 46s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 32 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.43 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	17
Stair 1-2_2		526
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	36
Stair 1-2_4		517
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	272

Πίνακας 8.43: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην μέση προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.32: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.32 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 368s (368.28s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 33s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 621.03s, δηλαδή 10min:21.03s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	32.53	632.68	1928	3.21
Door 3_2	0.00	0.00	0	

Πίνακας 8.44: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	10:21.03	20:21.03
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.45: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 20min:21.03s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.2.3. Σενάριο B<sub>3</sub>

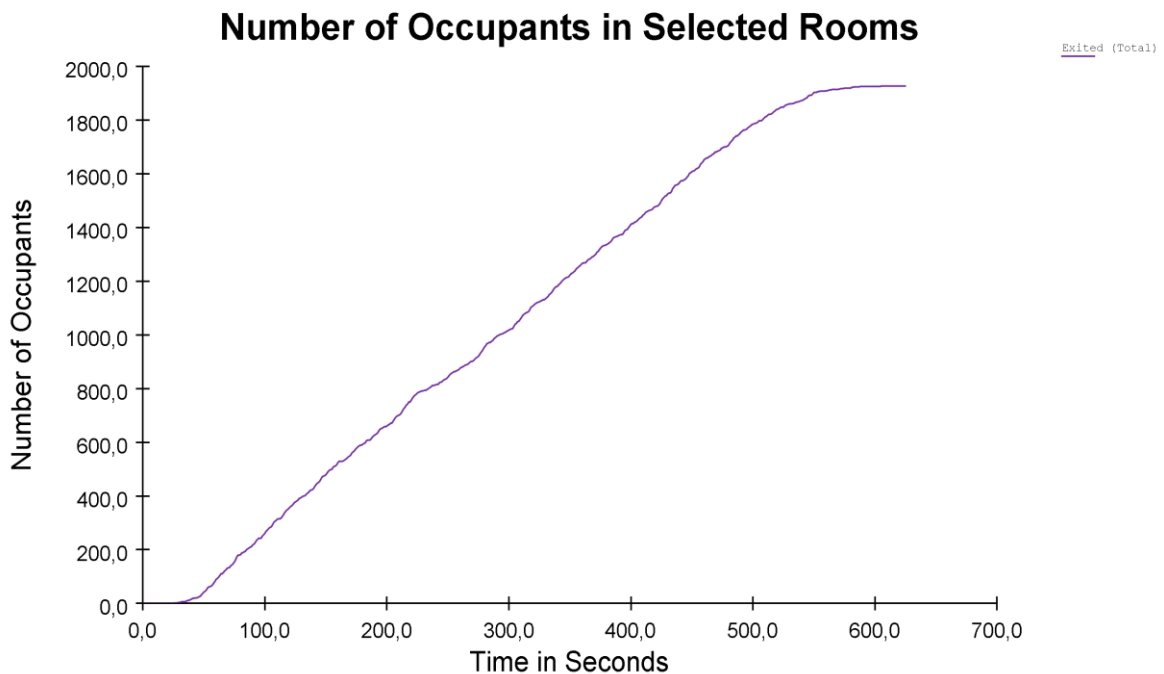
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται και στα τρία επίπεδα
  - ✓ στα εκδοτήρια βρίσκονται 562 άτομα
  - ✓ στο ενδιάμεσο επίπεδο 220 άτομα
  - ✓ στην αποβάθρα 1146 άτομα
- χρησιμοποιούν την νοτιοδυτική έξοδο
- όλες οι κλίμακες είναι διαθέσιμες για την μετάβαση από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο που βρίσκονται τα εκδοτήρια

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	602.78	620.53
2	624.53	
3	634.28	

Πίνακας 8.46: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση

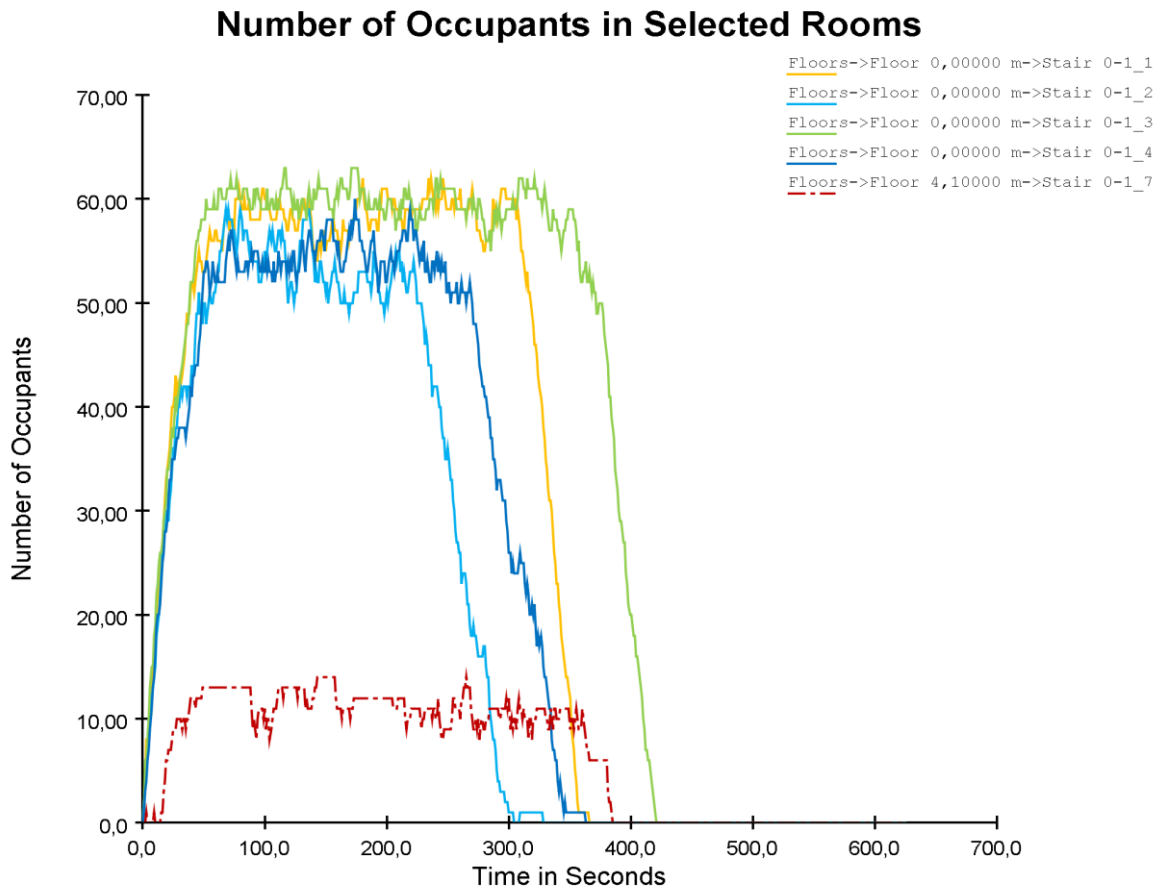


Γράφημα 8.33: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.33 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 815 άτομα χρειάζονται 240s για να



εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.

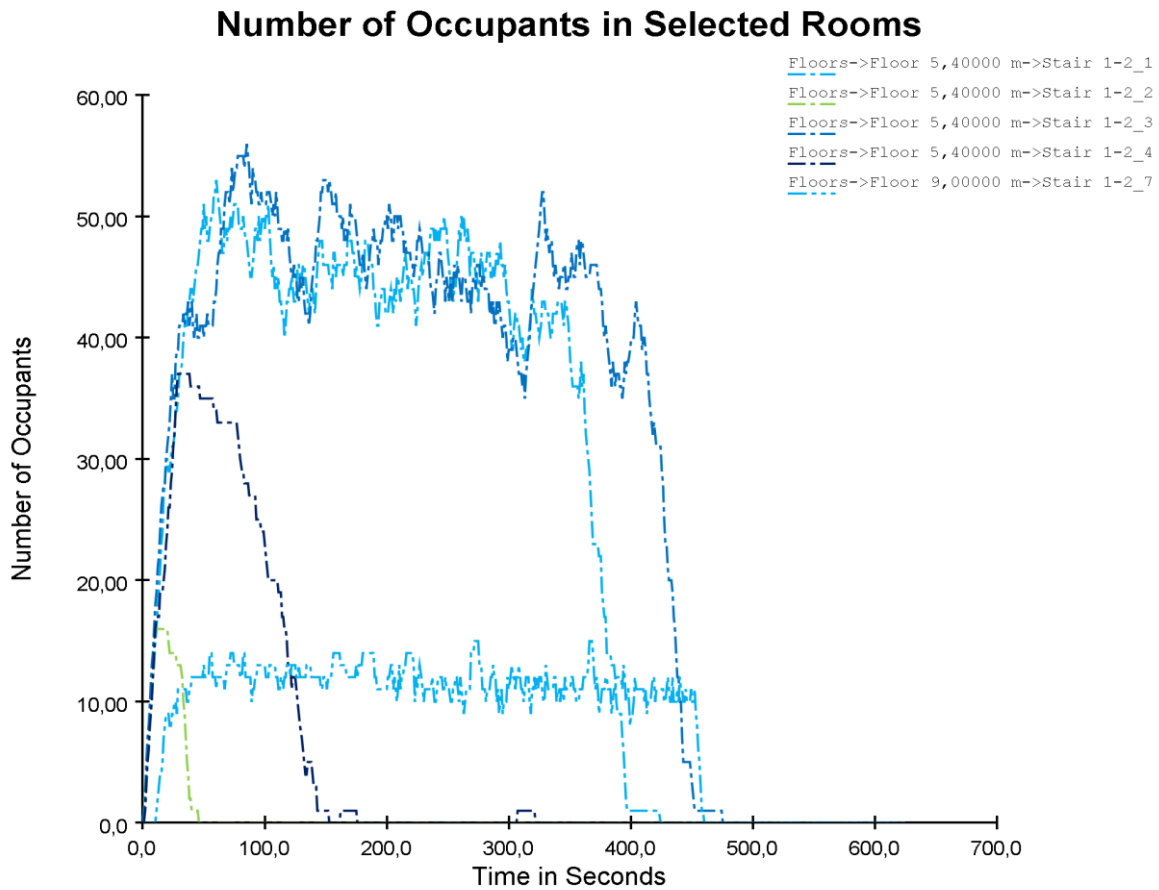


Γράφημα 8.34: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.34 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_1 60s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 57 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.47 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	221
Stair 0-1_2		251
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	251
Stair 0-1_4		279
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	189

Πίνακας 8.47: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο



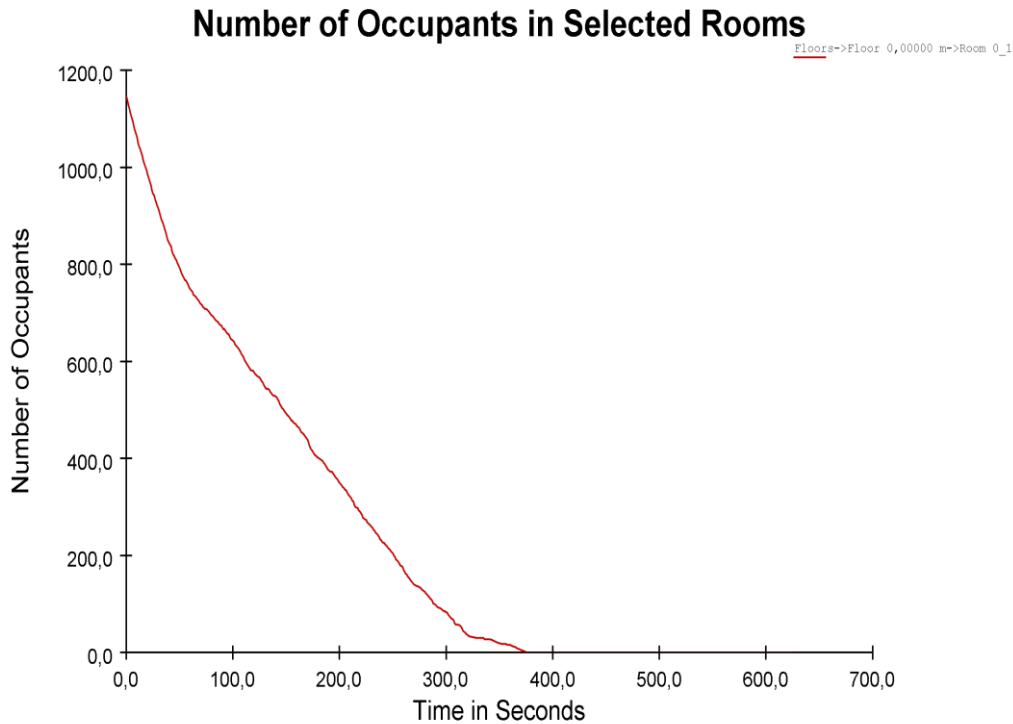
Γράφημα 8.35: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.35 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_3 84s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 55 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.48 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	494
Stair 1-2_2		16
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	546
Stair 1-2_4		44
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	267

Πίνακας 8.48: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην μέση προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.36: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.36 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 375s (375.45s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 25s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 620,53s δηλαδή 10mi20.53s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	0.00	0.00	0	
Door 3_2	24.98	624.40	1928	3.22

Πίνακας 8.49: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	10:20.53	20:20.53
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.50: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 20min:2.78s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.2.4. Σενάριο B<sub>4</sub>

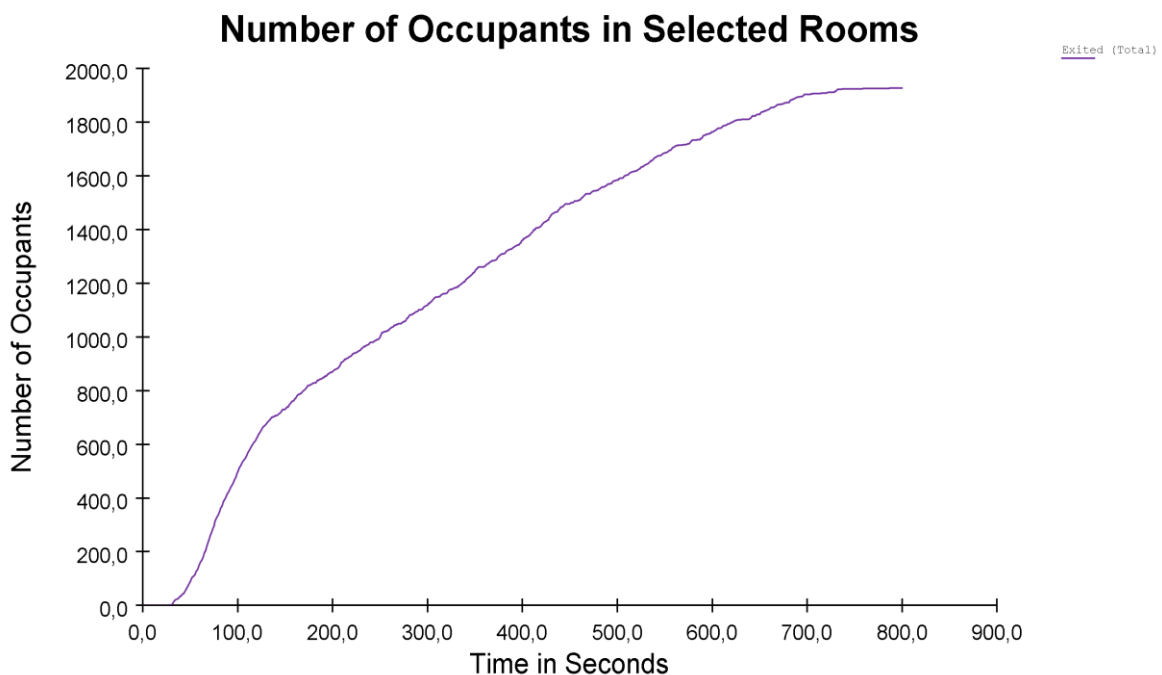
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται και στα τρία επίπεδα
  - ✓ στα εκδοτήρια βρίσκονται 562 άτομα
  - ✓ στο ενδιάμεσο επίπεδο 220 άτομα
  - ✓ στην αποβάθρα 1146 άτομα
- χρησιμοποιούν και τις δύο εξόδους
- δεν είναι διαθέσιμες όλες οι σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας και στο ενδιάμεσο επίπεδο. Η επιλογή αυτή προσομοιώνεται διαγράφοντας τις επιλεγμένες κάθε φορά σκάλες που δεν λειτουργούν (έστω οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη)

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

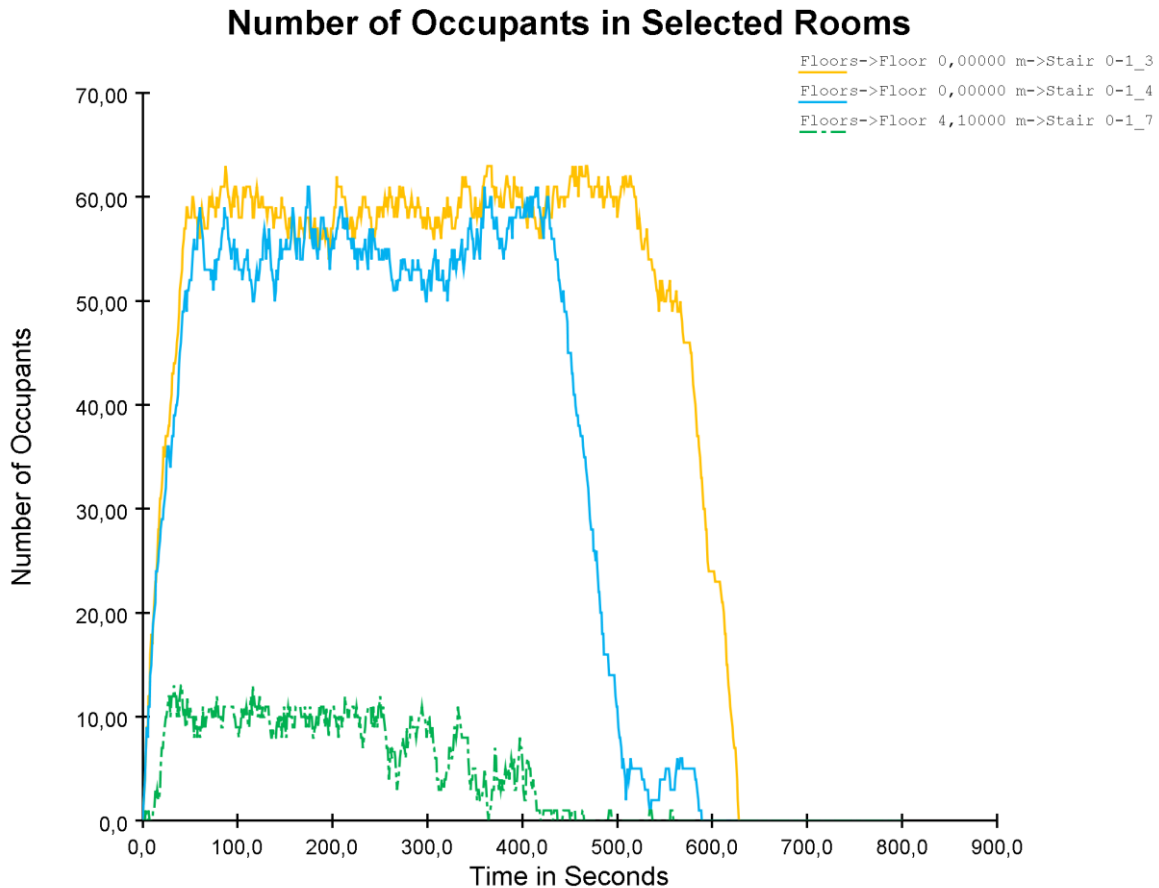
Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	805.03	783.70
2	799.53	
3	746.53	

Πίνακας 8.51: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.37: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.37 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 980 άτομα χρειάζονται 240s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.

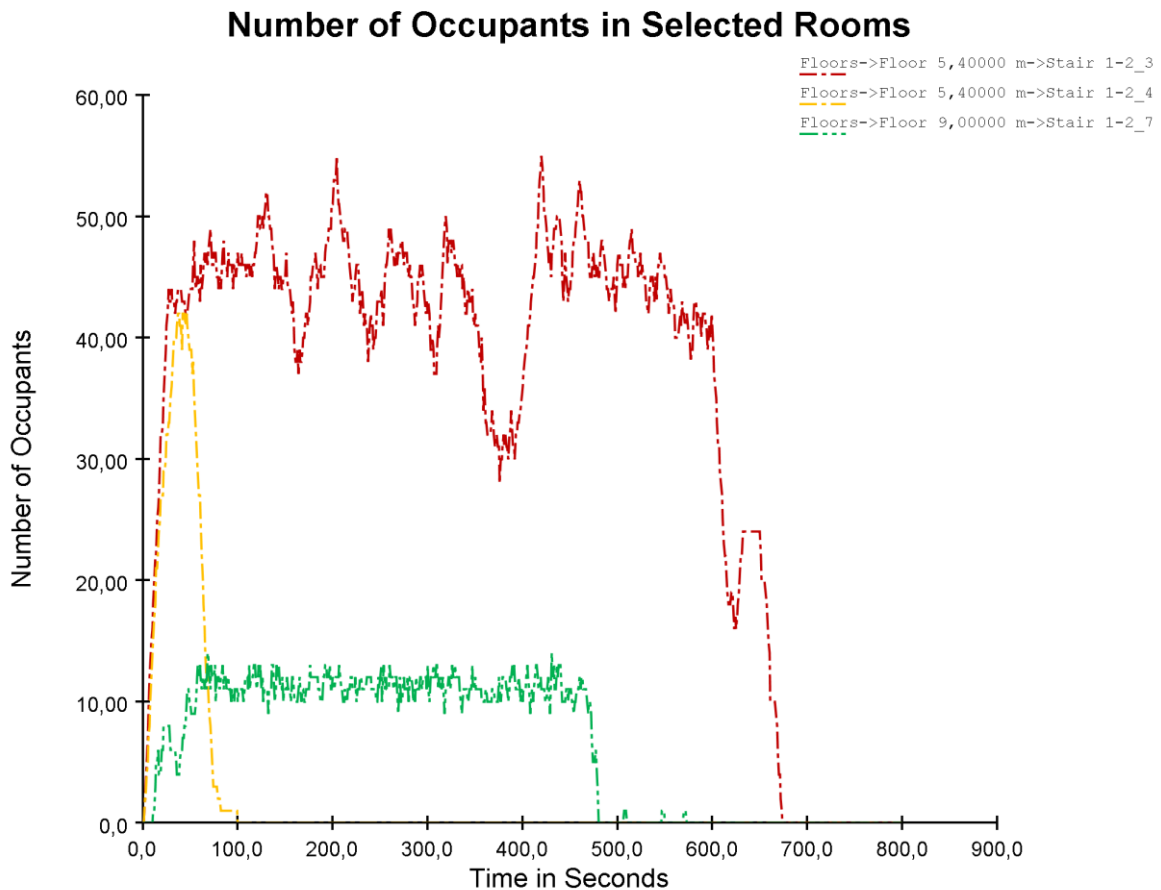


Γράφημα 8.38: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.38 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_3 47s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 59 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.52 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	330
Stair 0-1_4		422
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	408

Πίνακας 8.52: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο



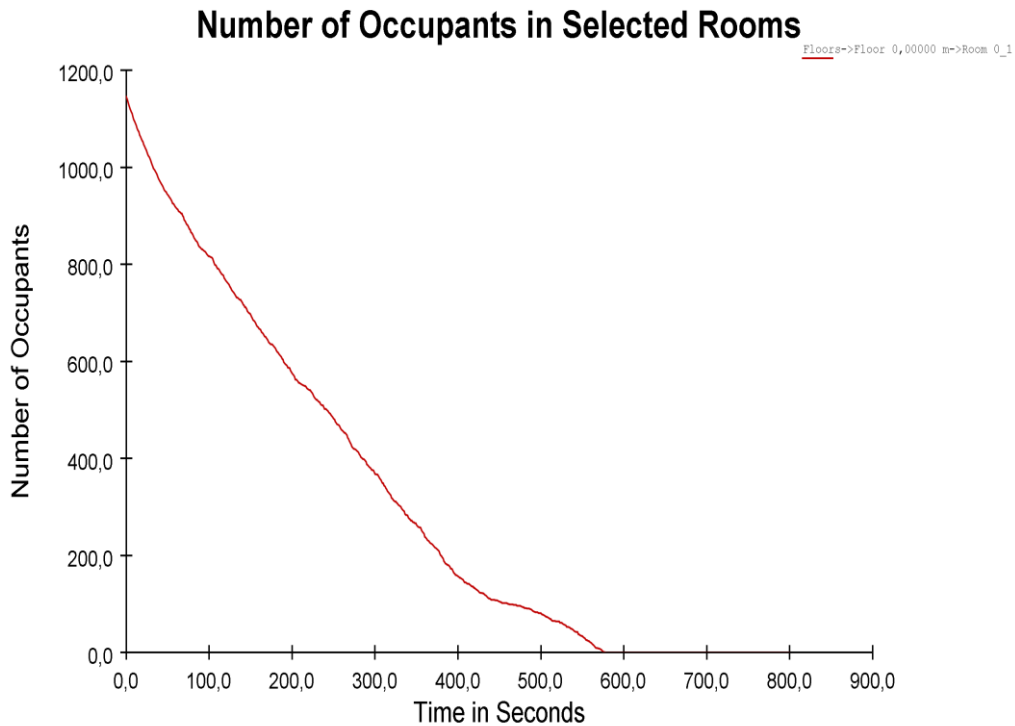
Γράφημα 8.39: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.39 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_3 72s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 48 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.53 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	812
Stair 1-2_4		69
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	485

Πίνακας 8.53: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην μέση προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.40: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.40 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 577s.

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 27s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 783.70s δηλαδή 13min:03.70s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	28.75	609.50	797	1.37
Door 3_2	26.15	799.33	1131	1.46

Πίνακας 8.54: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	13:03.70	23:03.70
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.55: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 23min:03.70s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.2.5. Σενάριο B<sub>5</sub>

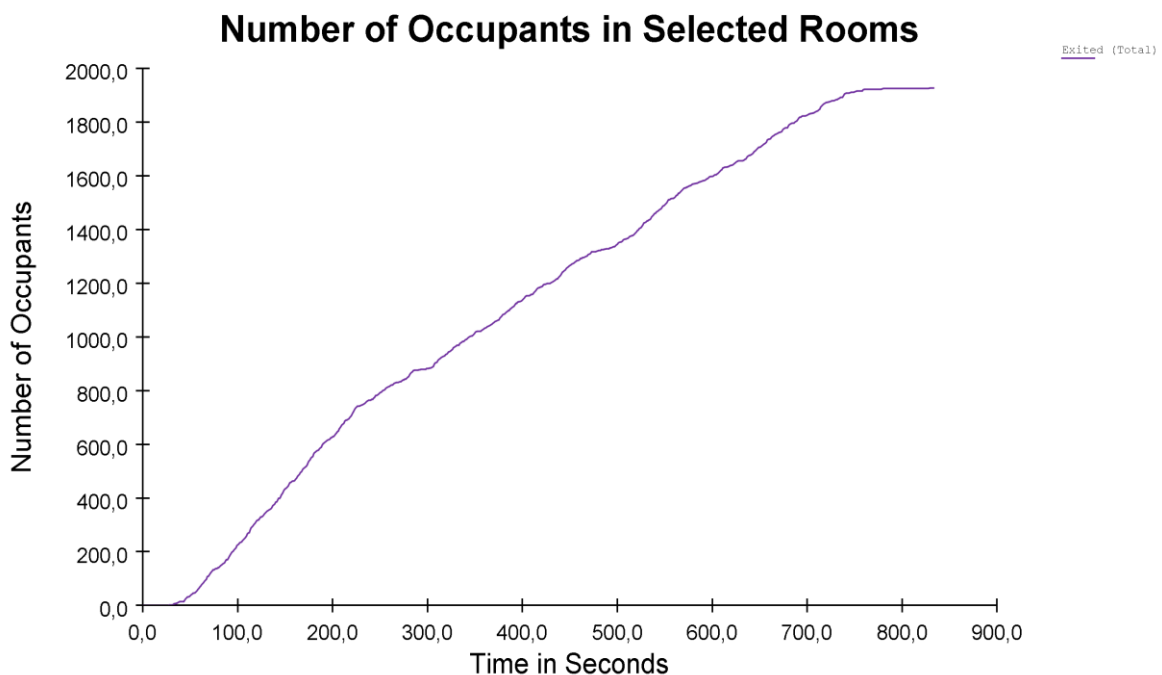
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται και στα τρία επίπεδα
  - ✓ στα εκδοτήρια βρίσκονται 562 άτομα
  - ✓ στο ενδιάμεσο επίπεδο 220 άτομα
  - ✓ στην αποβάθρα 1146 άτομα
- χρησιμοποιούν την βορειοανατολική έξοδο
- δεν είναι διαθέσιμες όλες οι σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας και στο ενδιάμεσο επίπεδο. Η επιλογή αυτή προσομοιώνεται διαγράφοντας τις επιλεγμένες κάθε φορά σκάλες που δεν λειτουργούν (έστω οι μεσαίες σκάλες)

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	835.53	823.61
2	802.28	
3	833.03	

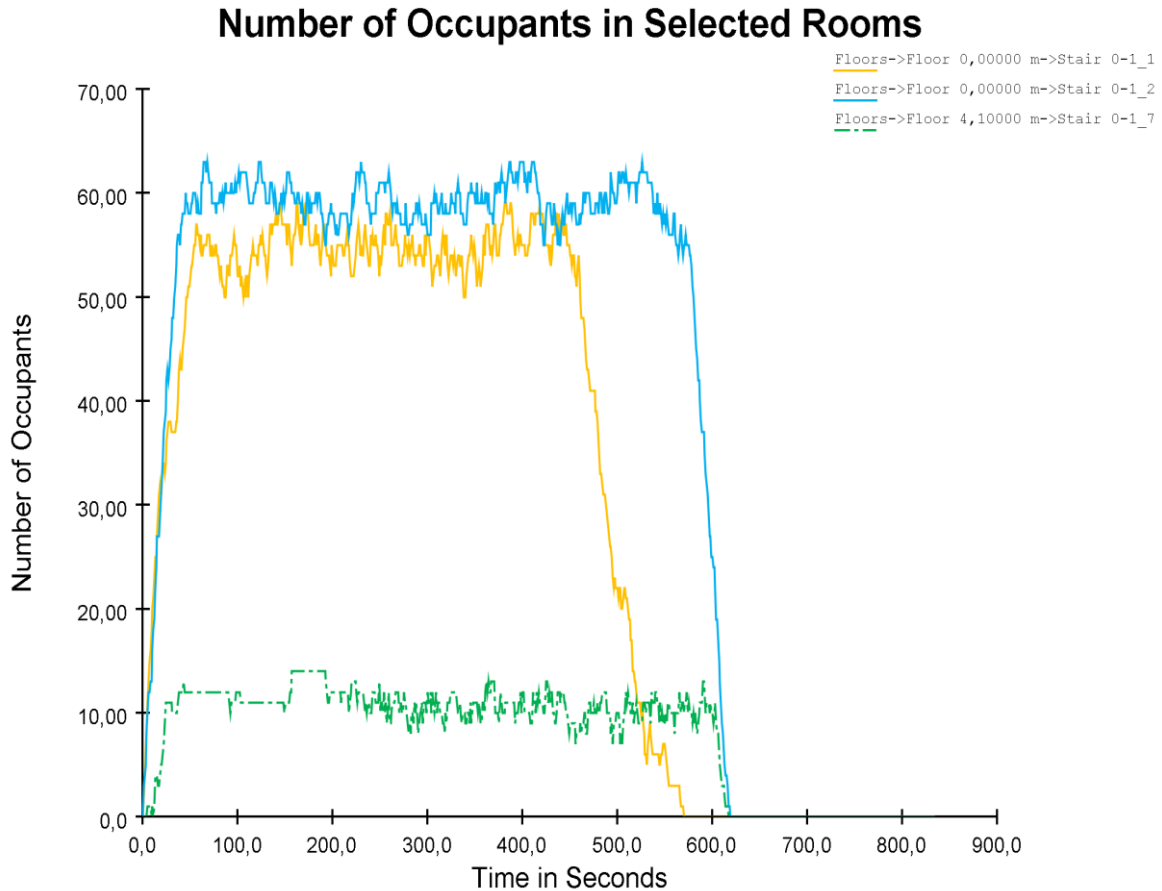
Πίνακας 8.56: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.41: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου



Στο Γράφημα 8.41 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 765 άτομα χρειάζονται 240s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.

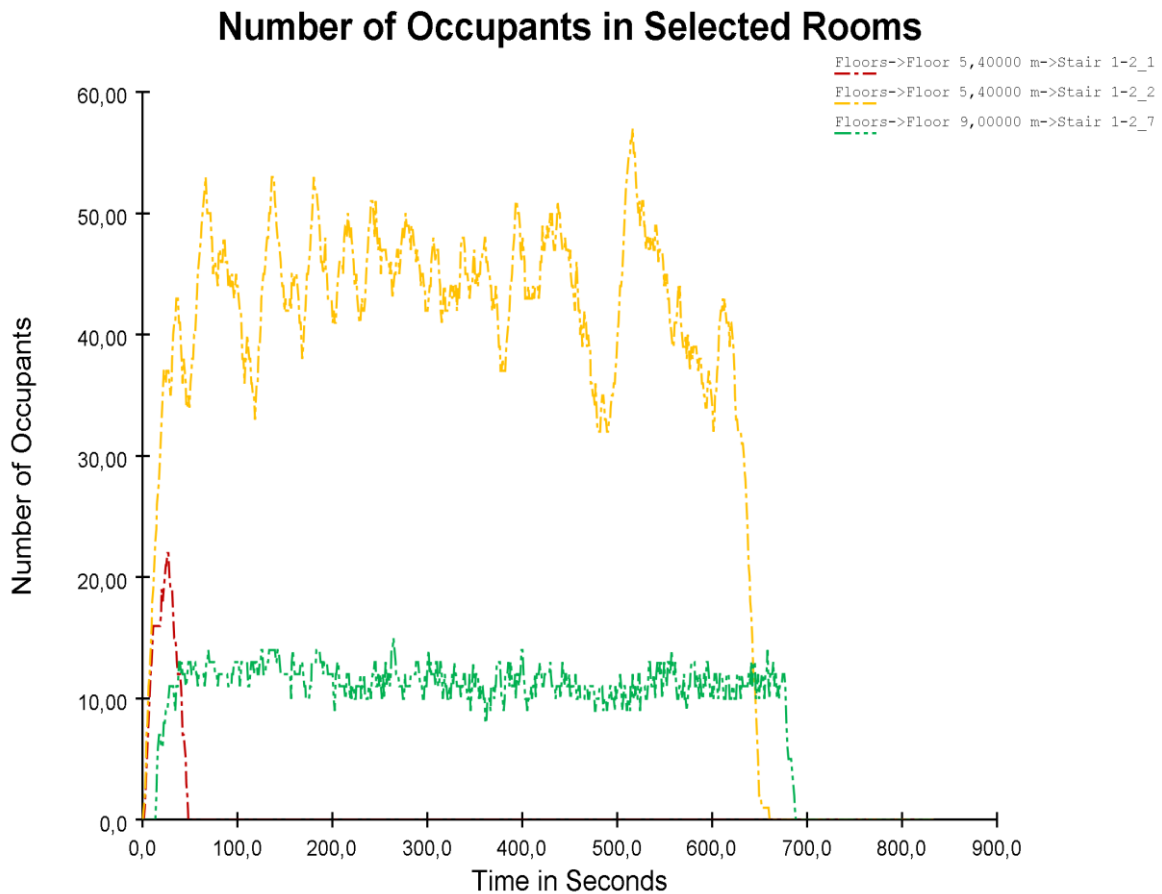


Γράφημα 8.42: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.42 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_1 48s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 51 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.57 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	448
Stair 0-1_2		316
Stair 0-1_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	390

Πίνακας 8.57: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο



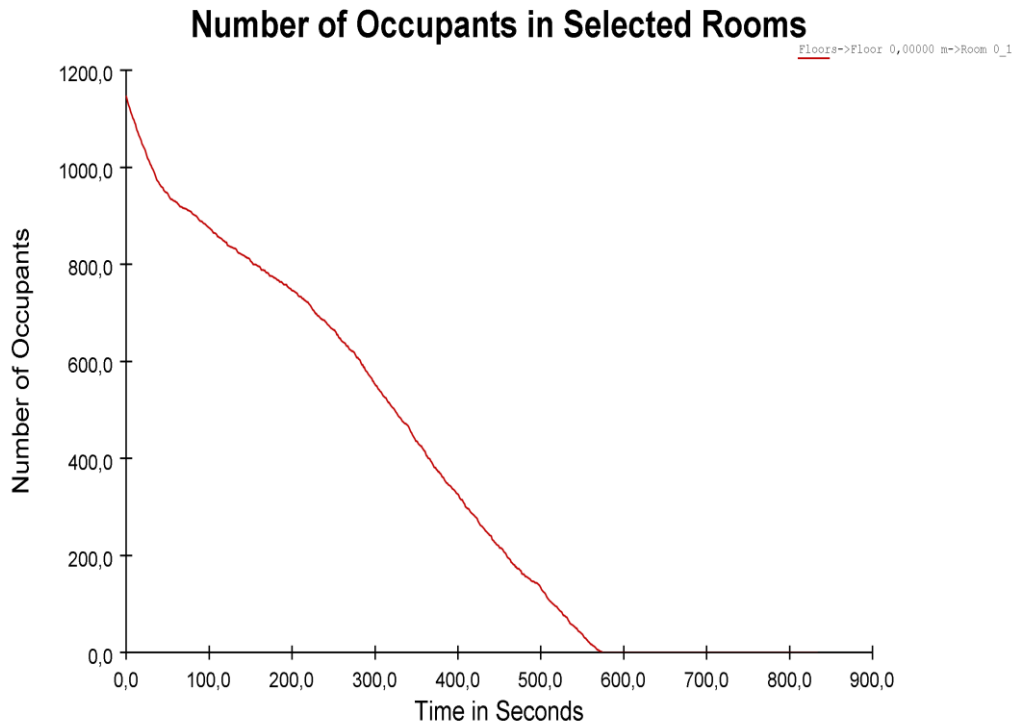
Γράφημα 8.43: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.43 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_1 44s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 6 άτομα κινούνταν πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.58 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	28
Stair 1-2_2		811
Stair 1-2_7	Σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ	527

Πίνακας 8.58: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην άκρη προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.44: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.44 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 574s (574.6s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 28s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 823.61s δηλαδή 13min:43.61s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	27.60	832.78	1928	2.39
Door 3_2	0.00	0.00	0.00	

Πίνακας 8.59: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	13:43.61	23:43.61
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.60: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 23min:48.61s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

8.7.2.6. Σενάριο B<sub>6</sub>

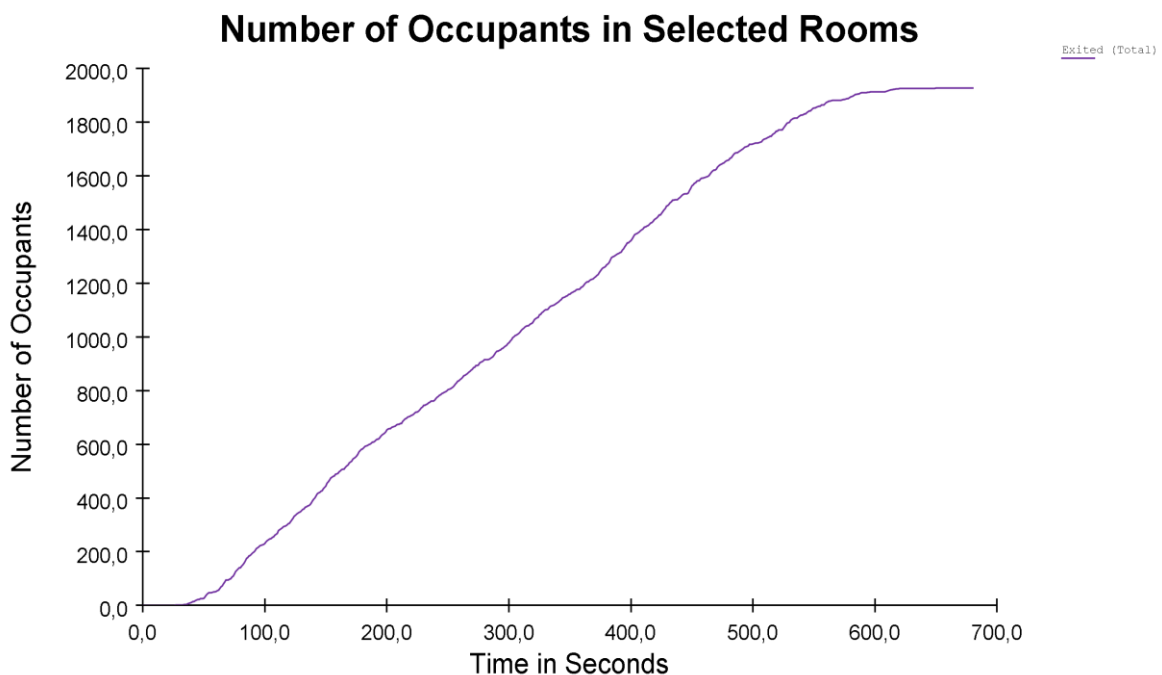
Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές:

- άτομα βρίσκονται και στα τρία επίπεδα
  - ✓ στα εκδοτήρια βρίσκονται 562 άτομα
  - ✓ στο ενδιάμεσο επίπεδο 220 άτομα
  - ✓ στην αποβάθρα 1146 άτομα
- χρησιμοποιούν την νοτιοδυτική έξοδο
- δεν είναι διαθέσιμες όλες οι σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας και στο ενδιάμεσο επίπεδο. Η επιλογή αυτή προσομοιώνεται διαγράφοντας τις επιλεγμένες κάθε φορά σκάλες που δεν λειτουργούν (έστω η σκάλα στο χώρο δίπλα από τον ανελκυστήρα)

Για κάθε σενάριο εκτελούνται τρεις αναλύσεις και στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν και συγκεκριμένα του χρόνου εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται περισσότερο αξιόπιστες μετρήσεις.

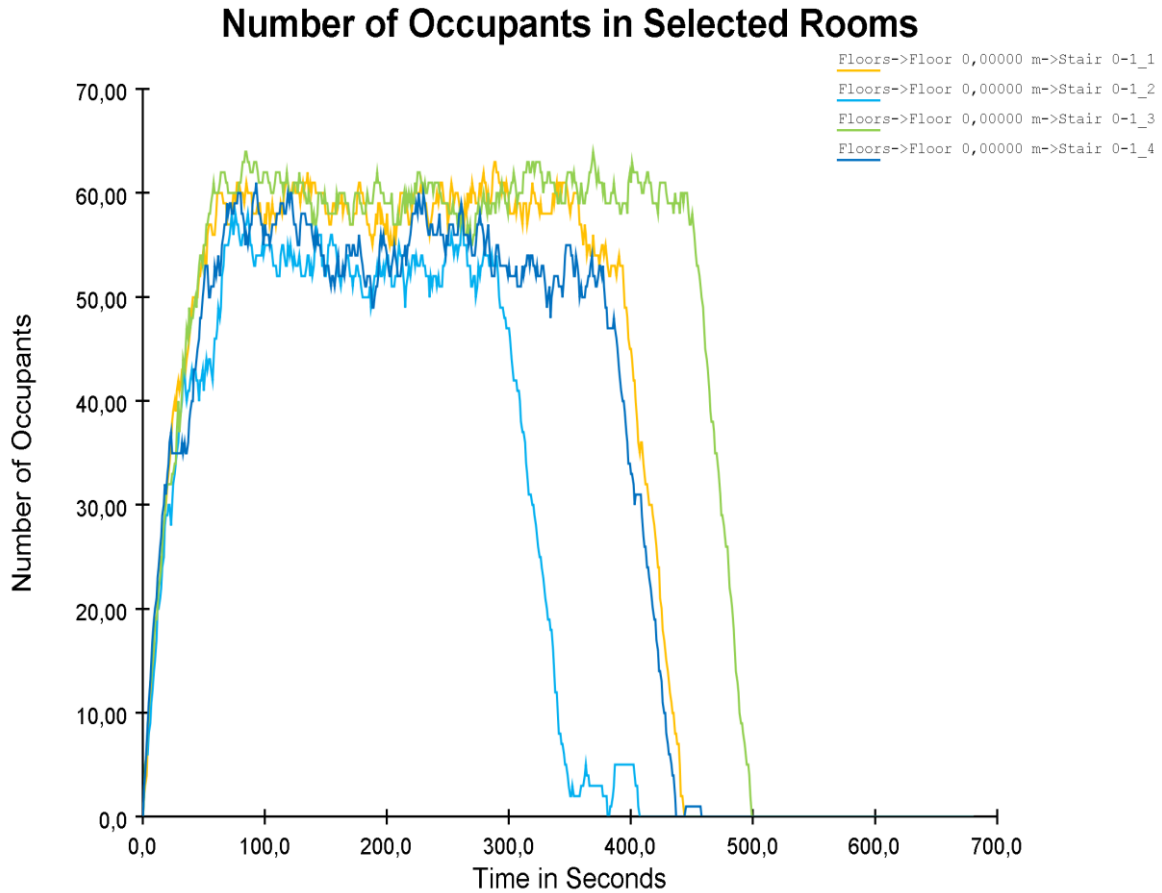
Ανάλυση	$t_e$ (s)	Μέσος όρος $t_e$ (s)
1	665.28	678.28
2	689.53	
3	680.03	

Πίνακας 8.61: Χρόνος εκκένωσης  $t_e$  με βάση την ανάλυση



Γράφημα 8.45: Πλήθος χρηστών που εκκενώνουν τον χώρο συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.45 παρουσιάζεται ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο. Επίσης δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των χρηστών που έχουν εκκενώσει τον χώρο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, για παράδειγμα 819 άτομα χρειάζονται 245s για να εκκενώσουν με ασφάλεια το χώρο. Έτσι για οποιαδήποτε χρονική στιγμή υπάρχει πληροφόρηση σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που φτάνουν στην έξοδο.

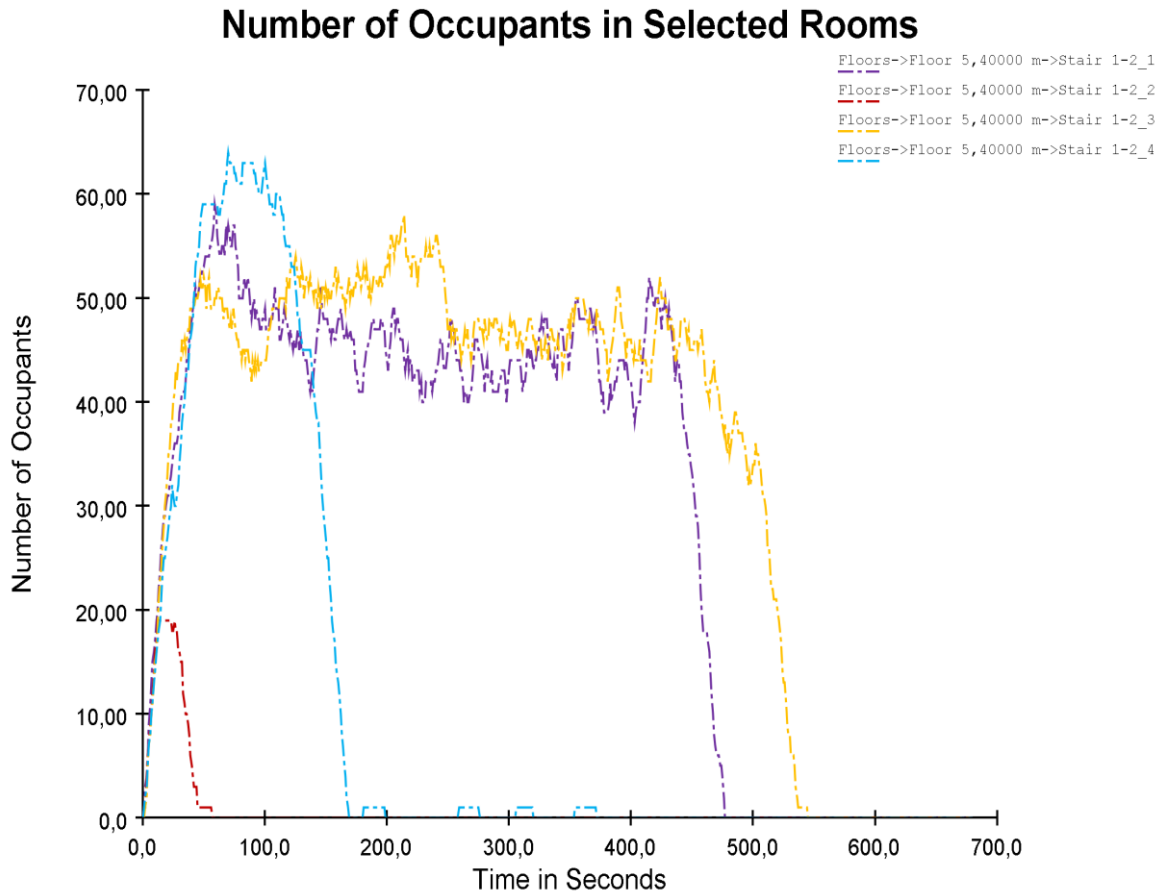


Γράφημα 8.46: Πλήθος χρηστών στις σκάλες στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσεως του χρόνου

Στο Γράφημα 8.46 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 0-1\_1 42s μετά την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 49 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.62 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην άκρη χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 0-1_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	256
Stair 0-1_2		323
Stair 0-1_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	232
Stair 0-1_4		345

Πίνακας 8.62: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από την αποβάθρα στο ενδιάμεσο επίπεδο



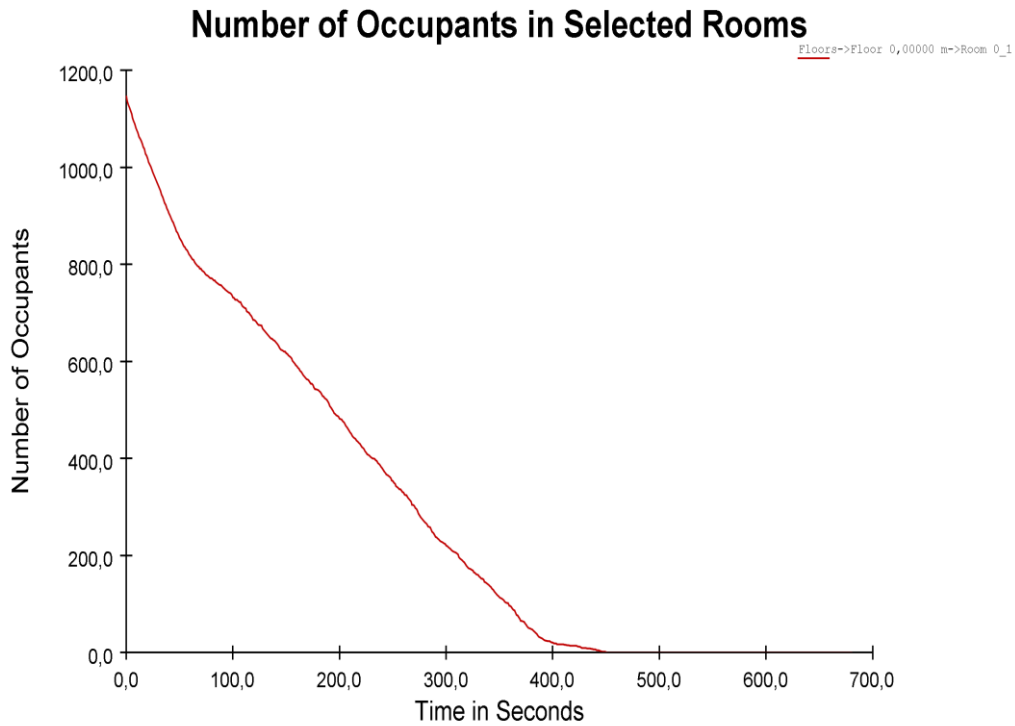
Γράφημα 8.47: Πλήθος χρηστών στις σκάλες του ενδιάμεσου επιπέδου συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.47 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που κινούνται στις σκάλες στην τρέχουσα χρονική στιγμή, για παράδειγμα στη σκάλα με συμβολισμό Stair 1-2\_3 72s από την έναρξη της προσομοίωσης περίπου 48 άτομα κινούνται πάνω στη σκάλα. Ο Πίνακας 8.63 δίνει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό αριθμό των χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Όσον αφορά την χρήση των σκαλών, αυτή εξετάζεται αθροιστικά (σκάλες στην άκρη, σκάλες στη μέση, σκάλα πίσω από τον ανελκυστήρα), οπότε σύμφωνα με την προσομοίωση προκύπτει ότι οι σκάλες που βρίσκονται στην μέση χρησιμοποιούνται τελικά από περισσότερα άτομα.

Σκάλα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός χρηστών
Stair 1-2_1	Σκάλες που βρίσκονται στην άκρη	601
Stair 1-2_2		20
Stair 1-2_3	Σκάλες που βρίσκονται στην μέση	658
Stair 1-2_4		89

Πίνακας 8.63: Αριθμός χρηστών που χρησιμοποιούν κάθε σκάλα κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο στα εκδοτήρια

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τελικά περισσότεροι χρήστες κινούνται στις σκάλες που βρίσκονται στην μέση προκειμένου να μεταβούν από το επίπεδο της αποβάθρας σε εκείνο των εκδοτηρίων.



Γράφημα 8.48: Πλήθος χρηστών στο επίπεδο της αποβάθρας συναρτήσει του χρόνου

Στο Γράφημα 8.48 παρουσιάζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στην αποβάθρα στην τρέχουσα χρονική στιγμή. Ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου όλοι οι χρήστες να εκκενώσουν τον χώρο είναι περίπου 451s (450.5s).

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ο πρώτος χρήστης χρειάζεται 20s για να φτάσει στην έξοδο και να βγει έξω, ενώ ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται προκειμένου και ο τελευταίος χρήστης να βγει έξω είναι 678.28s δηλαδή 11min:18.28s.

EXIT	First in [s]	Last out [s]	Total use [pers]	Flow Avg. [pers/s]
Door 3_1	0.00	0.00	0.00	
Door 3_2	26.83	679.98	1928	2.95

Πίνακας 8.64: Χρήση εξόδων διαφυγής

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min	$t_e < t_{\text{διαθ}} - 10$ min	$t_e$ min (ανάλυση)	$t_{\text{απ}} = 10 + t_e$ min
Πυρκαγιάς	45	35	11:18.28	21:18.28
Πλημμύρας	45	35		
Γενικής Απειλής	15-30	5-20		
Σεισμού	30	20		

Πίνακας 8.65: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τον χρόνο εκκένωσης  $t_e$  και τον απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης  $t_{\text{απ}}$  με βάση την ανάλυση

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος εκκένωσης που προκύπτει από την ανάλυση είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος από αυτόν που δίνει η ανίσωση. Επιπλέον ο απαιτούμενος χρόνος για εκκένωση ισούται με 21min:18.28s. Προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση της γενικής απειλής καθώς εκεί ο διαθέσιμος χρόνος κυμαίνεται από 15-30min.

## 8.8. Σχολιασμός των Αναλύσεων

Σενάριο	$t_e$ (min – s)	$t_{\text{απ}}$ (min – s)	$t_e$ αποβάθρας (min – s)	Χρήση Εξόδων (Βορειοανατολική) (άτομα)	Χρήση Εξόδων (Νοτιοδυτική) (άτομα)
A <sub>1</sub>	7:55.61	17:55.61	5:00.83	474	672
A <sub>2</sub>	9:15.78	19:15.78	5:18.28	1146	/
A <sub>3</sub>	9:11.70	19:11.70	5:15.58	/	1146
A <sub>4</sub>	12:32.20	22:32.20	9:07.28	390	756
A <sub>5</sub>	12:26.03	22:26.03	7:48.95	1146	/
A <sub>6</sub>	10:17.53	20:17.53	6:39.38	/	1146
B <sub>1</sub>	8:32.53	18:32.53	5:10.40	852	1076
B <sub>2</sub>	10:21.03	20:21.03	6:08.28	1928	/
B <sub>3</sub>	10:20.53	20:20.53	6:15.83	/	1928
B <sub>4</sub>	13:03.70	23:03.70	9:37.00	797	1131
B <sub>5</sub>	13:43.16	23:43.16	9:34.6	1928	/
B <sub>6</sub>	11:18.28	21:18.28	7:30.8	/	1928

Πίνακας 8.66: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων

Συνθήκες	$t_{\text{διαθ}}$ min
Πυρκαγιάς	45
Πλημμύρας	45
Γενικής Απειλής	15-30
Σεισμού	30

Πίνακας 8.67: Τιμές του διαθέσιμου χρόνου εκκένωσης  $t_{\text{διαθ}}$  ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα των αναλύσεων προκύπτουν οι παρακάτω παρατηρήσεις:

- σε όλες τις περιπτώσεις ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης επαρκεί για την ασφαλή έξοδο των επιβατών από το σταθμό. Στην περίπτωση της γενικής απειλής ο χρόνος είναι εντός των ορίων (15 – 30min) αλλά αν τηρηθεί το κάτω όριο τότε ίσως προκύψουν κάποια ζητήματα, τα οποία όμως μπορούν να αντιμετωπιστούν με κατάλληλες ενέργειες ώστε να μειωθεί ικανοποιητικά ο χρόνος των 10min που χρειάζεται για την συνειδητοποίηση του προβλήματος έως ότου αρχίσει η διαδικασία εκκένωσης. Επομένως είναι σημαντική η άμεση ενεργοποίηση της εκκένωσης η οποία μπορεί να επιτευχθεί με συνεχή και επαρκή εκπαίδευση του προσωπικού και με τακτικές ασκήσεις εκκένωσης
- ο χρόνος εκκένωσης της αποβάθρας στα βασικά σενάρια A<sub>1</sub> και B<sub>1</sub> είναι μικρότερος από τον χρόνο των 6min που ορίζει το Αμερικάνικο Πρότυπο (NFPA 130, 2000). Υπέρβαση του χρόνου παρατηρείται στα σενάρια διερεύνησης που όμως αντιπροσωπεύουν ακραίες καταστάσεις
- μελέτη (Shen – Wen et al, 2004) που έγινε για το σύστημα METPO της Ταϊβάν αναφέρει ότι στον χρόνο εκκένωσης των 6min (για την αποβάθρα) που ορίζει το Αμερικάνικο Πρότυπο (NFPA 130, 2000) προστίθενται 2min για κάθε όροφο που βρίσκεται πάνω από την αποβάθρα μέχρι την έξοδο που βρίσκεται στην επιφάνεια προκειμένου να υπολογιστεί ο χρόνος εκκένωσης όλου του σταθμού. Στην συγκεκριμένη περίπτωση πάνω από την αποβάθρα υπάρχουν 3 επίπεδα μέχρι την ελεύθερη επιφάνεια οπότε ο χρόνος εκκένωσης του σταθμού είναι 12min (6min+2min+2min+2min). Επομένως



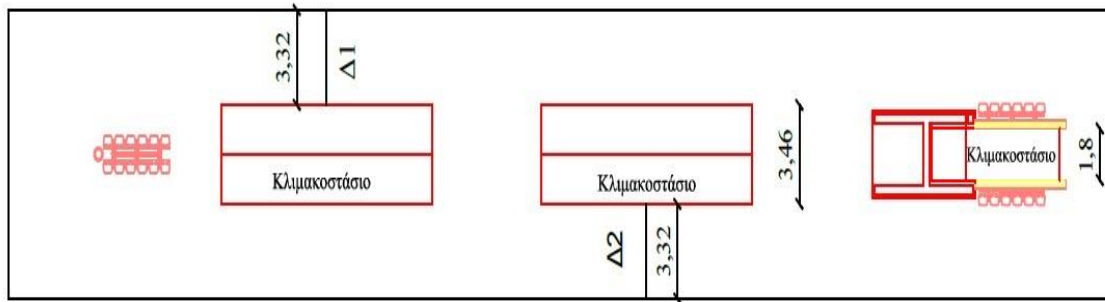
- ο χρόνος εκκένωσης του σταθμού όπως προέκυψε από την προσομοίωση είναι μικρότερος από τον χρόνο των 12min εκτός από κάποιες ακραίες καταστάσεις
- στις περιπτώσεις όπου λειτουργούν και οι δύο έξοδοι ο μεγαλύτερος αριθμός επιβατών εξέρχεται από το σταθμό μέσω της νοτιοδυτικής εξόδου, κάτι που ίσως να οφείλεται σε δυσλειτουργία του προγράμματος καθώς το σχέδιο είναι συμμετρικό και οι δύο έξοδοι είναι ίδιων διαστάσεων και ισαπέχουν από τα μέσα εξόδου
  - η παρουσία περισσότερων ατόμων αυξάνει το χρόνο εκκένωσης
  - δεν προκύπτει σημαντική διαφορά στο χρόνο εκκένωσης στην περίπτωση που η μία έξοδος είναι εκτός λειτουργίας αλλά λειτουργούν όλες οι σκάλες
  - στο 67% των περιπτώσεων όπου όλες οι σκάλες είναι σε λειτουργία οι χρήστες προτιμούν τις σκάλες που βρίσκονται στη μέση
  - ο χρόνος εκκένωσης αυξάνεται περισσότερο στην περίπτωση που δεν λειτουργεί κάποια από τις σκάλες που βρίσκεται στη μέση ή στην άκρη σε σχέση με το να μην λειτουργεί η σκάλα που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ
  - όταν όλες οι σκάλες είναι σε λειτουργία αλλά μόνο η μία έξοδος είναι διαθέσιμη, παρατηρήθηκε ότι οι επιβάτες κατά τη μετάβαση από το ενδιάμεσο επίπεδο προς τα εκδοτήρια χρησιμοποιούν τις σκάλες που είναι προς την ίδια κατεύθυνση (βορειοανατολική, νοτιοδυτική). Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι το πρόγραμμα υπολογίζει τη συντομότερη διαδρομή που πρέπει να διανύσει ο επιβάτης
  - στο επίπεδο των εκδοτηρίων παρατηρήθηκε ότι στην περίπτωση που λειτουργεί η μία έξοδος και υπάρχει κόσμος σε όλα τα επίπεδα τότε δημιουργείται συνωστισμός στο χώρο που βρίσκεται μεταξύ της μεσαίας σκάλας και της σκάλας που είναι πίσω από το ασανσέρ, με αποτέλεσμα οι επιβάτες να αναγκάζονται να περιμένουν και να εγκλωβίζονται στη σκάλα που είναι πίσω από το ασανσέρ
  - περισσότερος χρόνος για να εκκενωθεί η αποβάθρα χρειάζεται στην περίπτωση που δεν λειτουργεί η σκάλα που βρίσκεται στην άκρη λόγω του συνωστισμού που δημιουργείται στο χώρο μεταξύ της μεσαίας σκάλας και της σκάλας πίσω από το ασανσέρ όταν υπάρχει κόσμος σε όλα τα επίπεδα

## 8.9. Υπολογισμός Δυναμικότητας των Οδεύσεων

Ο όρος δυναμικότητα των οδεύσεων αναφέρεται στον αριθμό των ατόμων που είναι δυνατό να διαφύγει έγκαιρα, σε περίπτωση πυρκαγιάς, χρησιμοποιώντας την συγκεκριμένη όδευση. Σύμφωνα με τον Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ 71/88) η παροχή όδευσης διαφυγής ανά μονάδα πλάτους (0.60m) καθορίζεται σε:

- 100 άτομα για τις οριζόντιες οδεύσεις (διάδρομος, πόρτες)
- 60 άτομα για τις κατακόρυφες οδεύσεις (σκάλες, ράμπες)

Στο επίπεδο της αποβάθρας η όδευση αποτελείται από οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8.11.



Σχήμα 8.11: Σκαρίφημα απεικόνισης του επιπέδου της αποβάθρας για τον υπολογισμό της δυναμικότητας της όδευσης διαφυγής

Συγκεκριμένα η οριζόντια όδευση περιλαμβάνει:

- διάδρομο  $\Delta_{\text{αποβ}}$  συνολικού πλάτους 6.64m ( $\Delta_{\text{αποβ}} = \Delta_1 + \Delta_2 = 3.32 + 3.32 = 6.64\text{m}$ )

Η κατακόρυφη όδευση περιλαμβάνει:

- σκάλες  $\Sigma_{\text{αποβ}}$  συνολικού πλάτους 8.72m ( $\Sigma_{\text{αποβ}} = 3.46 + 3.46 + 1.8 = 8.72\text{m}$ )

Λαμβάνοντας υπόψη τις προδιαγραφές που θέτει ο Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ 71/88) προκύπτουν τα εξής:

- η δυναμικότητα της κατακόρυφης όδευσης ισούται με 872 άτομα
- η δυναμικότητα της οριζόντιας όδευσης ισούται με 1107 άτομα

Επομένως στο επίπεδο της αποβάθρας η δυναμικότητα της όδευσης διαφυγής ισούται με το ελάχιστο των δύο τιμών που υπολογίστηκαν, δηλαδή 872 άτομα αποτελούν τον αριθμό που μπορεί να ικανοποιήσει η όδευση του συγκεκριμένου επιπέδου.

Στο ενδιάμεσο επίπεδο η όδευση αποτελείται από κατακόρυφα στοιχεία, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8.12.



Σχήμα 8.12: Σκαρίφημα απεικόνισης του ενδιάμεσου επιπέδου για τον υπολογισμό της δυναμικότητας της όδευσης διαφυγής

Το συγκεκριμένο επίπεδο συνδέει την αποβάθρα με τα εκδοτήρια οπότε γενικά δεν κυκλοφορούν άτομα στο επίπεδο αλλά το χρησιμοποιούν για να μεταβούν από το ένα επίπεδο στο άλλο. Συγκεκριμένα η κατακόρυφη όδευση περιλαμβάνει:

- σκάλες  $\Sigma_{\text{εν.επ}}$  συνολικού πλάτους 8.72m ( $\Sigma_{\text{εν.επ}} = 3.46 + 3.46 + 1.8 = 8.72\text{m}$ )

Λαμβάνοντας υπόψη τις προδιαγραφές που θέτει ο Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ 71/88) προκύπτουν τα εξής:

- η δυναμικότητα της κατακόρυφης όδευσης ισούται με 872 άτομα

Επομένως στο ενδιάμεσο επίπεδο η δυναμικότητα της όδευσης διαφυγής ισούται με 872 άτομα.

Στο επίπεδο έκδοσης των εισιτηρίων η όδευση αποτελείται από οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8.13.

Συγκεκριμένα η οριζόντια όδευση περιλαμβάνει:

- διάδρομο  $\Delta_\alpha$  συνολικού πλάτους 12.45m ( $\Delta_\alpha = \Delta_{\alpha1} + \Delta_{\alpha2} = 6.81 + 5.64 = 12.45\text{m}$ )
- διάδρομο  $\Delta_\beta$  συνολικού πλάτους 19.84m ( $\Delta_\beta = \Delta_{\beta1} + \Delta_{\beta2} = 9,92 + 9,92 = 19.84\text{m}$ )
- πόρτες  $\Pi$  συνολικού πλάτους 13.95m ( $\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 = 4.05 + 2.8 + 3.6 + 3.5 = 13.95\text{m}$ )

Η κατακόρυφη όδευση περιλαμβάνει:

- σκάλες  $\Sigma_{εκ}$  συνολικού πλάτους 10.38m ( $\Sigma_{εκ} = 2 * (3.46 + 1.73) = 10.38\text{m}$ )

Λαμβάνοντας υπόψη τις προδιαγραφές που θέτει ο Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ 71/88) προκύπτουν τα εξής:

- η παροχή κατακόρυφης όδευσης ισούται με 1038 άτομα
- η παροχή οριζόντιας όδευσης ισούται με:
  - ✓ 2067 άτομα (ο αριθμός των ατόμων που εξυπηρετεί ο διάδρομος  $\Delta_\alpha$ )
  - ✓ 3307 άτομα (ο αριθμός των ατόμων που εξυπηρετεί ο διάδρομος  $\Delta_\beta$ )
  - ✓ 2325 άτομα (ο αριθμός των ατόμων που εξυπηρετούν οι πόρτες  $\Pi$ )

Επομένως στο επίπεδο των εκδοτηρίων η δυναμικότητα της όδευσης διαφυγής ισούται με το ελάχιστο των παραπάνω τιμών, δηλαδή 1038 άτομα αποτελούν τον αριθμό που μπορεί να ικανοποιήσει η όδευση του συγκεκριμένου επιπέδου.



δυναμικότητα της εξόδου του σταθμού που υπολογίστηκε παραπάνω είναι μεγαλύτερη από την τιμή των 1038 ατόμων.

Κρίνεται σκόπιμο να εξεταστεί η περίπτωση παρουσίας περισσότερων ατόμων στο χώρο. Ο μέγιστος αριθμός ατόμων που ενδέχεται να βρίσκονται στο σταθμό προκύπτει από τον υπολογισμό του θεωρητικού πληθυσμού που παρουσιάστηκε σε προηγούμενη ενότητα και ισούται με 1928 άτομα. Στην περίπτωση αυτή οι έξοδοι δεν μπορούν να ικανοποιήσουν την διαφυγή των ατόμων είτε λειτουργούν και οι δύο (1730 άτομα), ή η μία (με την εφαρμογή του κανόνα του 50% προκύπτουν 964 άτομα ενώ η μία έξοδος εξυπηρετεί 865 άτομα). Επομένως ο μέγιστος αριθμός ατόμων που μπορούν να ικανοποιήσουν οι έξοδοι διαφυγής είναι 1730 άτομα.

Στην περίπτωση που ξεπεραστεί αυτή η τιμή τότε πιθανώς θα δημιουργείται πρόβλημα στην ομαλή διαφυγή από τις εξόδους. Επιπλέον πρόβλημα ίσως προκύψει σε κάποιο σημείο της όδευσης διαφυγής και όχι στην έξοδο αν ξεπεραστεί η τιμή των 1038 ατόμων καθώς αυτός είναι ο μέγιστος αριθμός που μπορεί να ικανοποιήσει η όδευση διαφυγής. Τα ως άνω σενάρια αφορούν βέβαια την ακραία περίπτωση ύπαρξης του μέγιστου θεωρητικού πληθυσμού που θα μπορεί να υπάρξει στο χώρο του σταθμού. Όμως συστήνεται να υπάρξει αφενός μεν η πιθανή επαναδιαστασιολόγηση του μήκους και του πλάτους των εξόδων διαφυγής για την εξυπηρέτηση του μέγιστου πληθυσμού, αφετέρου να διασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρχουν εμπόδια ή προβλήματα, κατά την λειτουργική φάση του έργου, τα οποία θα είχαν ως αποτέλεσμα την μη εξυπηρέτηση της λειτουργίας των εξόδων (π.χ διασφάλιση της καλής λειτουργίας των κυλιόμενων κλιμάκων ή η εκτέλεση εργασιών σε θέσεις εξόδων μόνο κατά τις ώρες όπου δεν θα λειτουργεί ο σταθμός).

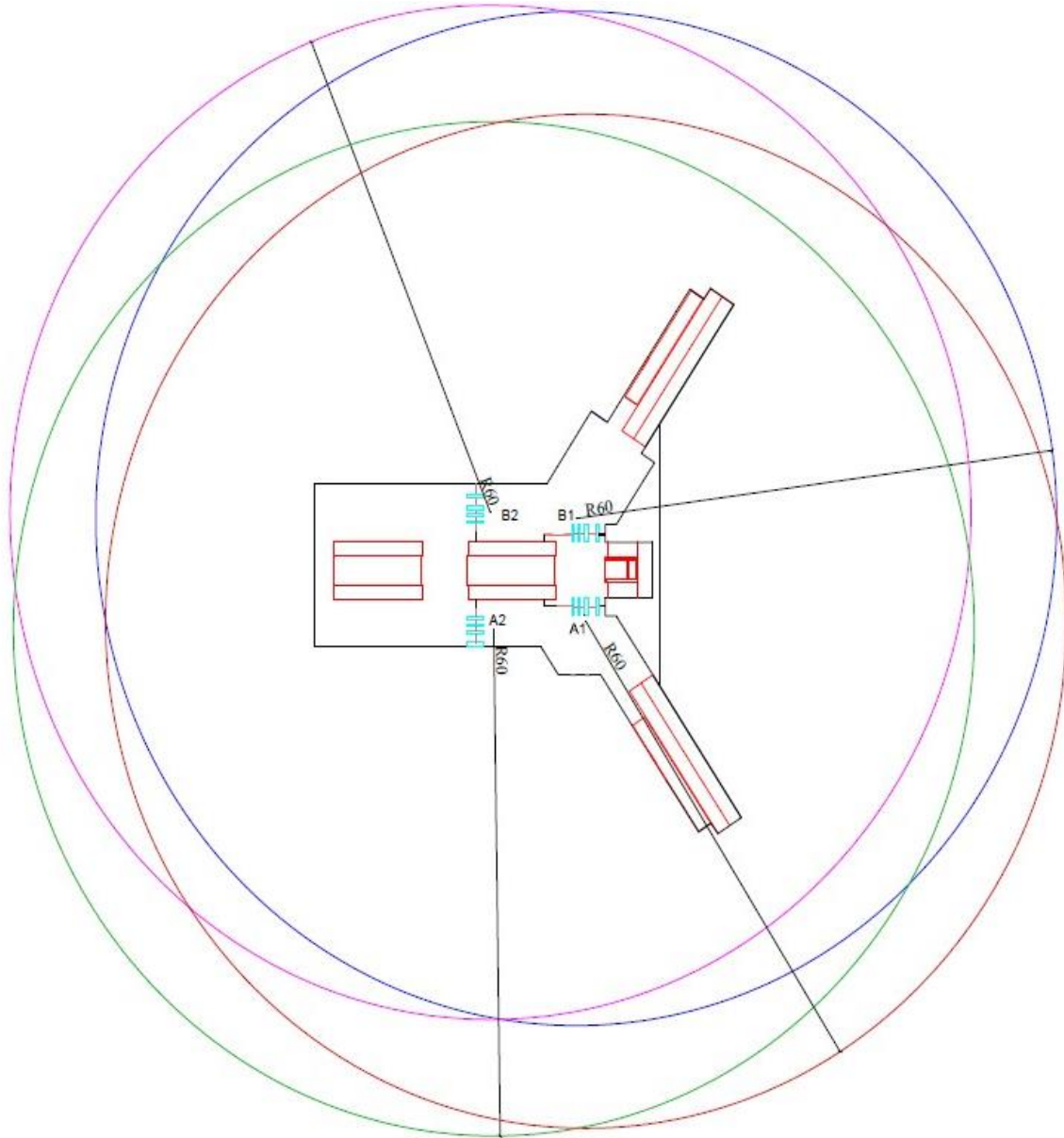
## 8.10. Έλεγχος του Μήκους της Απροστάτευτης Όδευσης Διαφυγής

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ 71/88) το μέγιστο μήκος πραγματικής απροστάτευτης όδευσης διαφυγής δεν πρέπει να ξεπερνά τα 60m, ενώ σύμφωνα με τον Αμερικάνικο Κανονισμό (NFPA 130) η μέγιστη απόσταση είναι 91.4m. Η απροστάτευτη όδευση διαφυγής αποτελεί το πρώτο στάδιο μιας όδευσης διαφυγής το οποίο περιλαμβάνει δομικά στοιχεία χωρίς ειδικές προδιαγραφές πυραντίστασης και τελικά καταλήγει σε ένα χώρο σχετικά ή απόλυτα ασφαλή. Με τον όρο πραγματική απόσταση απροστάτευτης όδευσης διαφυγής ορίζεται η απόσταση που πρέπει να διανύσει το άτομο για να διαφύγει από κάποιο σημείο του ορόφου προς την πλησιέστερη έξοδο κινδύνου. Επομένως απόσταση μεγαλύτερης των 60m (91.4m σύμφωνα με τον NFPA 130) σημαίνει ότι το άτομο πρέπει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση από εκείνη που ορίζει ο κανονισμός για να φτάσει σε ασφαλή σημείο, ακολουθώντας μια διαδρομή χωρίς τις απαραίτητες προδιαγραφές πυραντίστασης.

Ο έλεγχος θα ξεκινήσει από το επίπεδο των εκδοτηρίων. Οι επιβάτες κατευθυνόμενοι προς την έξοδο, μόλις περάσουν από τα σημεία στα οποία βρίσκονται τα ακυρωτικά μηχανήματα (σημεία  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ) εισέρχονται σε περιοχή που είναι πυροπροστατευμένη και επομένως βρίσκονται σε ασφαλή χώρο. Η απόσταση που διανύουν μέχρι να φτάσουν στα προαναφερθέντα σημεία πρέπει να καλύπτει το όριο που θέτει ο κανονισμός για απροστάτευτη όδευση. Η διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να διαπιστωθεί αν το μήκος της απροστάτευτης όδευσης είναι εντός του ορίου των 60m του Κανονισμού Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ 71/88) και των 91.4m του Αμερικάνικου Κανονισμού (NFPA 130) είναι η εξής:

- το άτομο βρίσκεται στο σημείο  $A_1$
- σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας 60m, (εφόσον η μέγιστη απόσταση της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 60m)
- εξετάζεται η έκταση της επιφάνειας που καλύπτεται
- η ίδια διαδικασία εφαρμόζεται και για τα υπόλοιπα σημεία ( $A_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ )
- τμήμα του σταθμού που βρίσκεται εκτός της σχεδιαζόμενης επιφάνειας σημαίνει ότι είναι εκτός του επιθυμητού ορίου που θέτει ο κανονισμός

Στο Σχήμα 8.14 απεικονίζεται η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω. Επειδή ο σταθμός είναι συμμετρικός ότι προκύψει για την μία όδευση διαφυγής θα ισχύει και για την άλλη. Όλο το επίπεδο πληροί τις προϋποθέσεις του κανονισμού. Αντίστοιχη διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί και για την τιμή των 91.4m, αλλά εφόσον εξετάστηκε η δυσμενέστερη τιμή (60m) το αποτέλεσμα θα είναι ανάλογο.



Σχήμα 8.14: Σκαρίφημα απεικόνισης του επιπέδου των εκδοτηρίων για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής

Στη συνέχεια ο επιβάτης για να φτάσει στο ενδιάμεσο επίπεδο μπορεί να ακολουθήσει κάποια από τις παρακάτω διαδρομές:

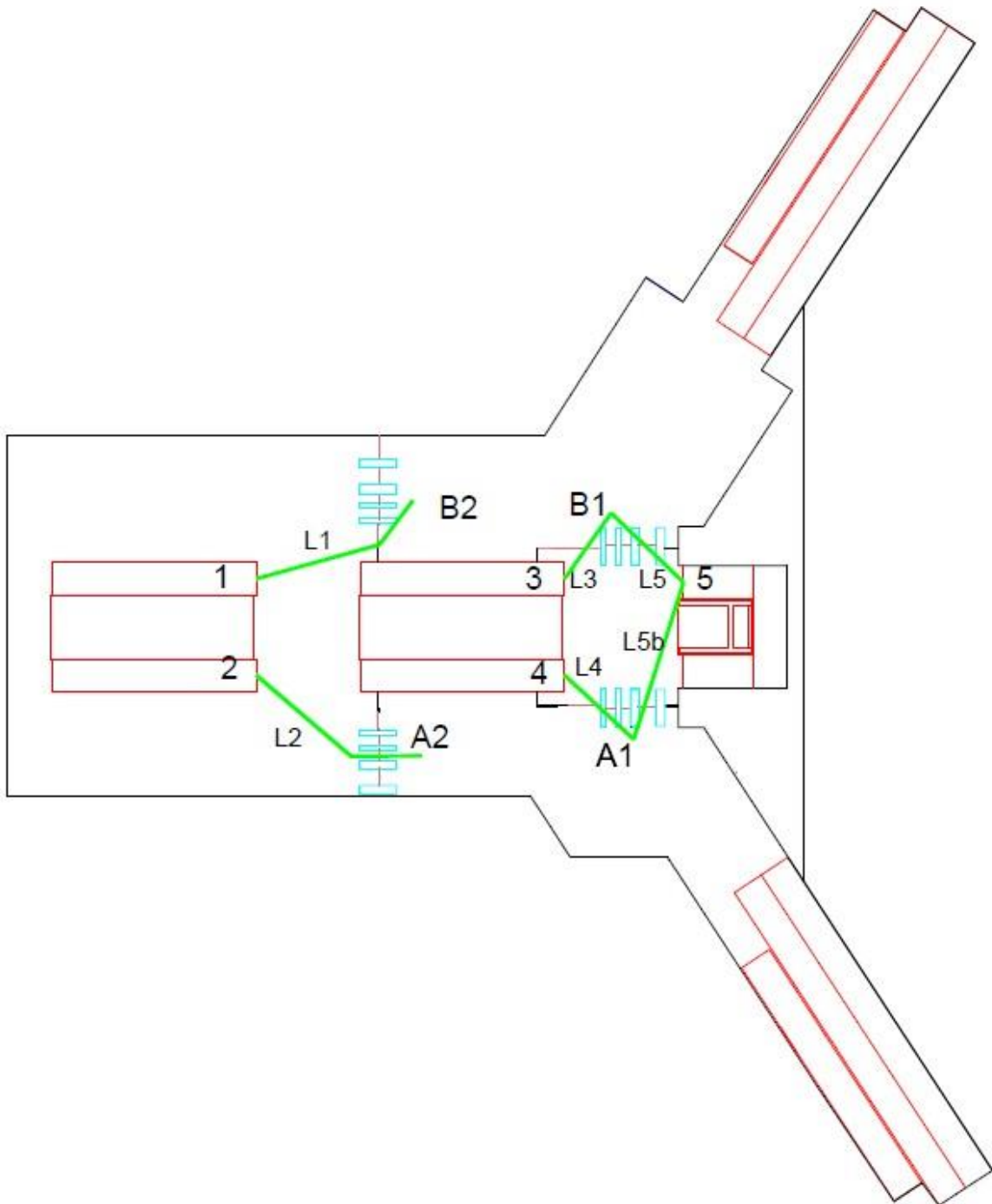
- Από το σημείο  $A_1$  κινείται προς το σημείο 4 (μήκους  $L_4=5m$ ) και μέσω της σκάλας (μήκους 13m) φτάνει στο σημείο  $\Gamma_4$ .
- Από το σημείο  $A_1$  κινείται προς το σημείο 5 (μήκους  $L_{5b}=8.87m$ ) και μέσω της σκάλας (μήκους 15m) φτάνει στο σημείο  $\Gamma_5$ .
- Από το σημείο  $A_2$  κινείται προς το σημείο 2 (μήκους  $L_2=10.5m$ ) και μέσω της σκάλας (μήκους 13m) φτάνει στο σημείο  $\Gamma_2$ .

- Από το σημείο  $B_1$  κινείται προς το σημείο 3 (μήκους  $L_3=4.3m$ ) και μέσω της σκάλας (μήκους 13m) φτάνει στο σημείο  $\Gamma_3$ .
- Από το σημείο  $B_1$  κινείται προς το σημείο 5 (μήκους  $L_5=5.4m$ ) και μέσω της σκάλας (μήκους 15m) φτάνει στο σημείο  $\Gamma_5$ .
- Από το σημείο  $B_2$  κινείται προς το σημείο 1 (μήκους  $L_1=9.9m$ ) και μέσω της σκάλας (μήκους 13m) φτάνει στο σημείο  $\Gamma_1$ .

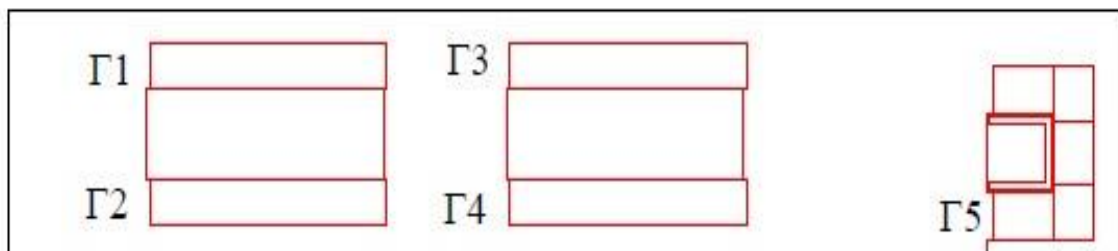
Στο Σχήμα 8.15 και στο Σχήμα 8.16 απεικονίζεται η παραπάνω διαδικασία και τα βήματα που ακολουθήθηκαν. Για να φτάσει ο επιβάτης στο ενδιάμεσο επίπεδο έχει διανύσει κάποια απόσταση αναλόγως της διαδρομής που έχει ακολουθήσει κάθε φορά. Επομένως από την αρχική τιμή των 60m (μέγιστη τιμή του μήκους της απροστάτευτης όδευσης) πρέπει να αφαιρεθεί η αντίστοιχη απόσταση που διανύει ο επιβάτης προκειμένου να ελεγχθεί αν ο χώρος βρίσκεται εντός του απαιτούμενου ορίου. Εφαρμόζεται ανάλογη διαδικασία με αυτή που εφαρμόστηκε στο επίπεδο των εκδοτηρίων:

- Στο  $\Gamma_4$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_4=42m$  ( $R_4=60-5-13=42m$ ).
- Στο  $\Gamma_5$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_{5b}=36.13m$  ( $R_{5b}=60-8.87-15=36.13m$ ).
- Στο  $\Gamma_2$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_2=36.5m$  ( $R_2=60-10.5-13=36.5m$ ).
- Στο  $\Gamma_3$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_3=42.7m$  ( $R_3=60-4.3-13=42.7m$ ).
- Στο  $\Gamma_5$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_5=39.6m$  ( $R_5=60-5.4-15=39.6m$ ).
- Στο  $\Gamma_1$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_1=37.1m$  ( $R_1=60-9.9-13=37.1m$ ).

Στο Σχήμα 8.17 απεικονίζεται η παραπάνω διαδικασία και τα βήματα που ακολουθήθηκαν. Ο έλεγχος έγινε μόνο για τον Ελληνικό Κανονισμό καθώς δίνει δυσμενέστερα νούμερα. Από τον έλεγχο προκύπτει ότι όλο το επίπεδο πληροί τις προϋποθέσεις του κανονισμού.

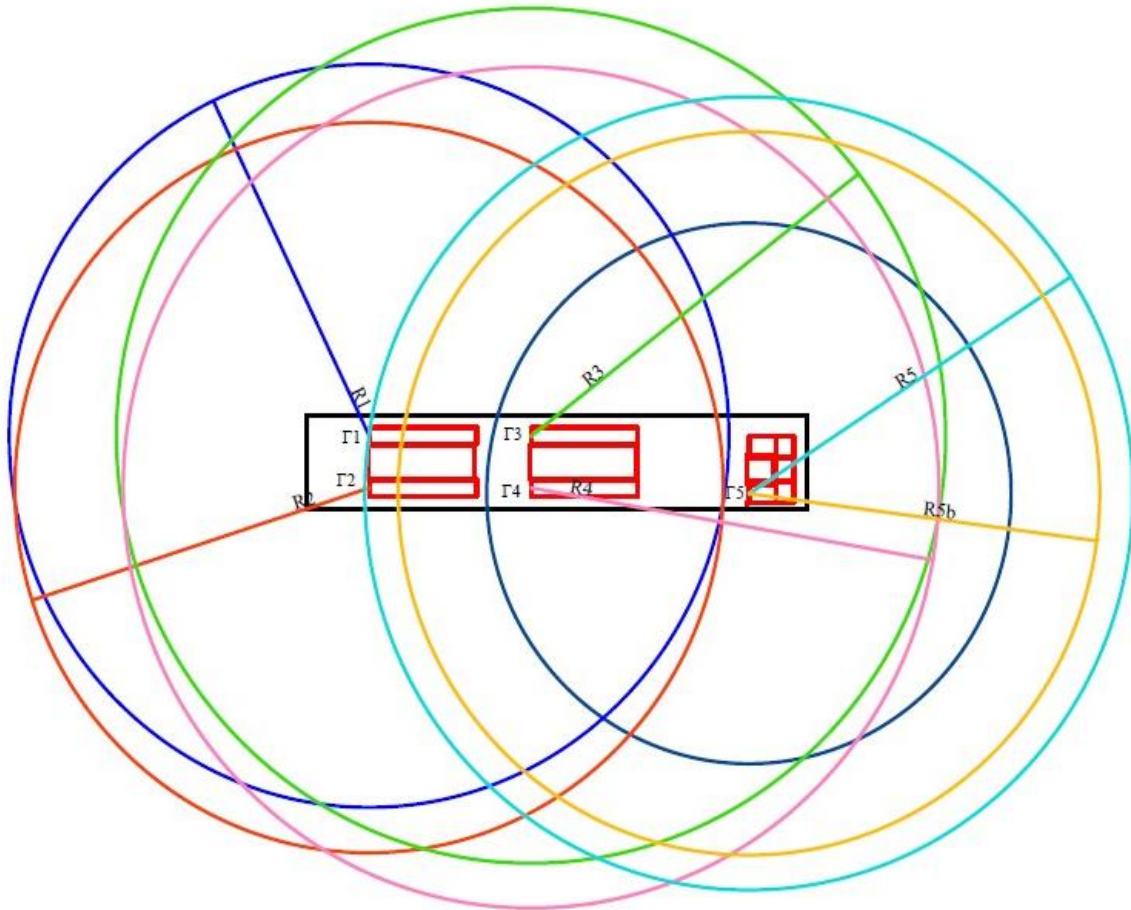


Σχήμα 8.15: Σκαρίφημα απεικόνισης του επιπέδου των εκδοτηρίων για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης οδευσης διαφυγής του ενδιάμεσου επιπέδου



Σχήμα 8.16: Σκαρίφημα απεικόνισης του ενδιάμεσου επιπέδου για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης οδευσης διαφυγής





Σχήμα 8.17: Σκαρίφημα απεικόνισης του ενδιάμεσου επιπέδου για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης οδού διαφυγής

Στη συνέχεια ο επιβάτης για να φτάσει στο επίπεδο της αποβάθρας μπορεί να ακολουθήσει κάποια από τις παρακάτω διαδρομές:

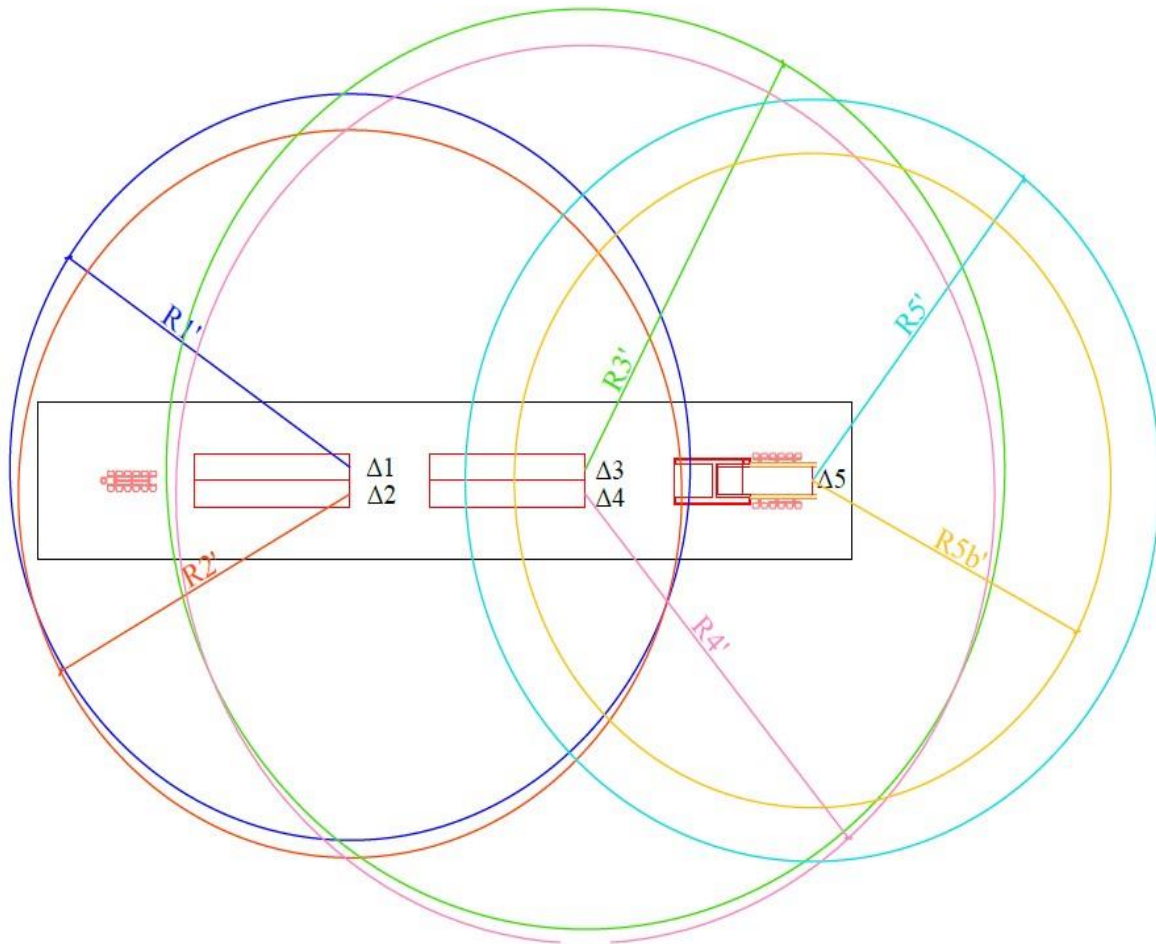
- Από το σημείο  $\Gamma_1$  μέσω της σκάλας (μήκους 13m) φτάνει στο σημείο  $\Delta_1$ .
- Από το σημείο  $\Gamma_2$  μέσω της σκάλας (μήκους 13m) φτάνει στο σημείο  $\Delta_2$ .
- Από το σημείο  $\Gamma_3$  μέσω της σκάλας (μήκους 13m) φτάνει στο σημείο  $\Delta_3$ .
- Από το σημείο  $\Gamma_4$  μέσω της σκάλας (μήκους 13m) φτάνει στο σημείο  $\Delta_4$ .
- Από το σημείο  $\Gamma_5$  μέσω της σκάλας (μήκους 15m) φτάνει στο σημείο  $\Delta_5$ .

Για να φτάσει ο επιβάτης στο επίπεδο της αποβάθρας έχει διανύσει κάποια απόσταση αναλόγως της διαδρομής που έχει ακολουθήσει κάθε φορά. Επομένως από τις τιμές που προέκυψαν για το ενδιάμεσο επίπεδο πρέπει να αφαιρεθεί η αντίστοιχη απόσταση που διανύει ο επιβάτης προκειμένου να ελεγχθεί αν ο χώρος βρίσκεται εντός του απαιτούμενου ορίου. Εφαρμόζεται ανάλογη διαδικασία με αυτή που εφαρμόστηκε παραπάνω:

- Στο  $\Delta_1$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_1'=24.1\text{m}$  ( $R_1'=37.1-13=24.1\text{m}$ ).
- Στο  $\Delta_2$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_2'=23.5\text{m}$  ( $R_2'=36.5-13=23.5\text{m}$ ).
- Στο  $\Delta_3$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_3'=29.7\text{m}$  ( $R_3'=42.7-13=29.7\text{m}$ ).
- Στο  $\Delta_4$  σχεδιάζεται κύκλος ακτίνας  $R_4'=29\text{m}$  ( $R_4'=42-13=29\text{m}$ ).

- Στο  $\Delta_5$  σχεδιάζονται δύο κύκλοι: κύκλος ακτίνας  $R_5'=24.6\text{m}$  ( $R_5'=39.6-15=24.6\text{m}$ ) και κύκλος ακτίνας  $R_{5b}'=21.13\text{m}$  ( $R_{5b}'=36.13-15=21.13$ ).

Στο Σχήμα 8.18 απεικονίζεται η παραπάνω διαδικασία και προκύπτει ότι όλο το επίπεδο πληροί τις προϋποθέσεις του κανονισμού. Ο έλεγχος έγινε μόνο για την τιμή που δίνει ο Ελληνικός Κανονισμός καθότι δίνει δυσμενέστερα νούμερα.

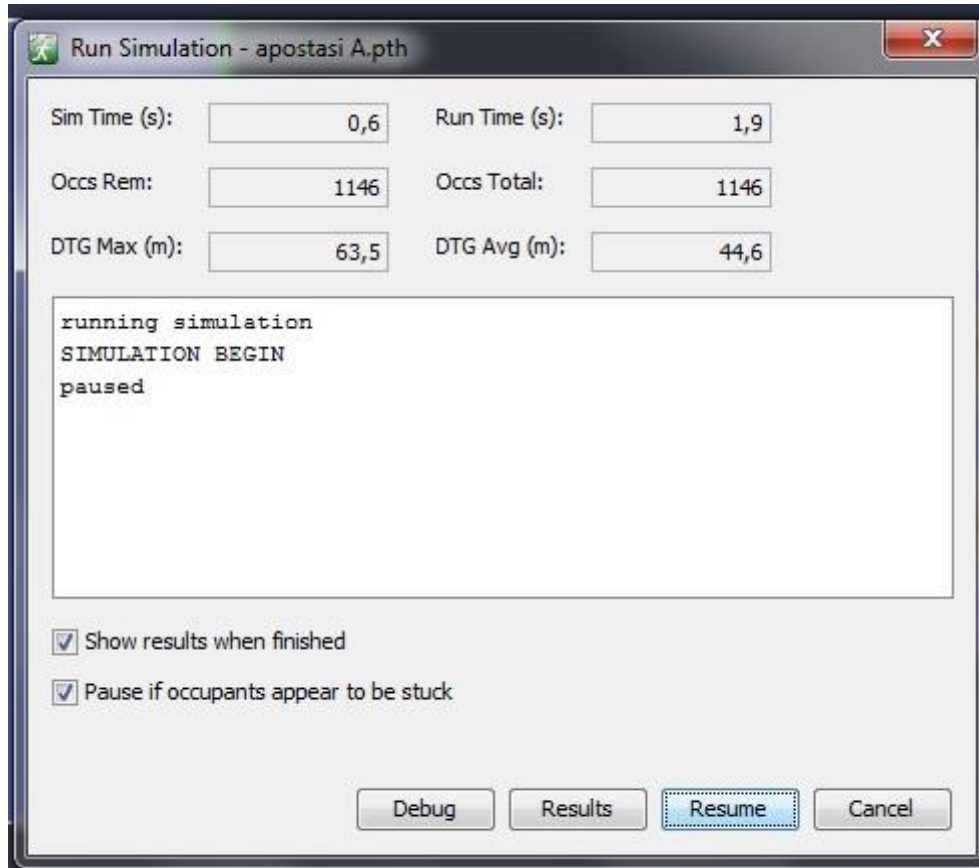


Σχήμα 8.18: Σκαρίφημα απεικόνισης του επιπέδου της αποβάθρας για τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής

Επομένως προκύπτει ότι ο σταθμός είναι εντός του ορίου που θέτει ο Κανονισμός Πυροπροστασίας (Π.Δ. 71/88), δηλαδή η μέγιστη απόσταση απροστάτευτης όδευσης διαφυγής που πρέπει να διανύσει κάποιος επιβάτης προκειμένου να εισέλθει σε πυροπροστατευμένη όδευση ή να φτάσει σε ασφαλή περιοχή είναι 60m.

Το Pathfinder δίνει την δυνατότητα κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την απόσταση που βρίσκεται ο πιο απομακρυσμένος επιβάτης. Στην Εικόνα 8.18 απεικονίζεται το παράθυρο διαλόγου της προσομοίωσης όπου η συντομογραφία DTG MAX(m) δηλώνει πόση είναι η μέγιστη απόσταση προκειμένου ο επιβάτης να πετύχει τον στόχο του. Δηλαδή ο περισσότερος απομακρυσμένος επιβάτης πρέπει να διανύσει μία απόσταση προκειμένου να φτάσει σε ασφαλή περιοχή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να διανύσει μία απόσταση 63.5m με την παραδοχή ότι αφού περάσει τη θέση των ακυρωτικών μηχανημάτων εισέρχεται σε ασφαλή περιοχή, ενώ σύμφωνα με τον Κανονισμό Πυροπροστασίας η μέγιστη απόσταση της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής είναι 60m. Η σχεδιαστική λύση έδειξε ότι ο σταθμός πληροί τις διατάξεις του κανονισμού ενώ η προσομοίωση δείχνει ότι κάποιο τμήμα του

σταθμού είναι εκτός του ορίου. Η συγκεκριμένη απόκλιση οφείλεται σε μικρές διαφορές που εντοπίζονται κυρίως στο σχεδιασμό των κυλιόμενων κλιμάκων. Ωστόσο, όπως προκύπτει από την προσομοίωση η απόσταση που υπολογίζεται είναι μικρότερη από 60m και επομένως επιβεβαιώνεται ότι ο σταθμός πληροί το προβλεπόμενο όριο του κανονισμού και συμμορφώνεται με τις διατάξεις του. Αν ληφθεί υπόψη η τιμή που δίνει ο Αμερικάνικος Κανονισμός (91.4m σύμφωνα με τον NFPA 130) τότε ο σταθμός είναι σύμφωνος με τις απαιτούμενες προδιαγραφές χωρίς να απαιτείται η παραπάνω εξήγηση.



Εικόνα 8.18: Παράθυρο διαλόγου της προσομοίωσης

Μια δεύτερη προσέγγιση σχετικά με τον έλεγχο του μήκους της απροστάτευτης όδευσης διαφυγής αφορά την περίπτωση ο χώρος να είναι μερικώς πυροπροστατευμένος. Σύμφωνα με σχετική ενημέρωση από τις αρμόδιες υπηρεσίες, όλος ο χώρος είναι μερικώς πυροπροστατευμένος, γεγονός που ερμηνεύεται ως εξής: η απόσταση ενός μερικώς πυροπροστατευμένου τμήματος για τον υπολογισμό της πραγματικής απόστασης λαμβάνεται μισή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όπου όλος ο χώρος είναι μερικώς πυροπροστατευμένος για υπολογιστικούς λόγους το όριο της μέγιστης απόστασης της απροστάτευτης όδευσης λαμβάνεται διπλάσιο δηλαδή 120m αντί να εφαρμοστεί η αρχή της μισής απόστασης που αναφέρθηκε παραπάνω. Επομένως για τους υπολογισμούς από την τιμή των 120m αφαιρείται η απόσταση που διανύει ο επιβάτης χωρίς να χρειάζεται να υποδιπλασιαστεί η τιμή της. Η διαδικασία που θα εφαρμόζονταν είναι ίδια με αυτή που διενεργήθηκε στην παραπάνω περίπτωση, όπου ο χώρος μέχρι τα ακυρωτικά μηχανήματα είναι μη πυροπροστατευμένος. Κρίνεται σκόπιμο να μην παρουσιαστεί αναλυτικά ο έλεγχος για την συγκεκριμένη περίπτωση καθότι ο έλεγχος για την δυσμενέστερη περίπτωση έδωσε θετικά αποτελέσματα.

## 9. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Μία από τις σημαντικές παραμέτρους που υπεισέρχονται στη μελέτη και το σχεδιασμό των υπογείων έργων είναι ο τομέας της ασφάλειας και ειδικότερα η διαδικασία εκκένωσης του υπόγειου χώρου κατά το στάδιο της λειτουργίας στην περίπτωση που προκύψει επείγουσα κατάσταση. Η διαδικασία της εκκένωσης είναι ιδιαίτερα σημαντική και στοχεύει στην έγκαιρη και σωστή απομάκρυνση του πληθυσμού από το χώρο και στον περιορισμό των επιπτώσεων λόγω της εκδήλωσης του έκτακτου γεγονότος. Προκειμένου, να επιτευχθούν οι προαναφερθέντες στόχοι είναι επιβεβλημένη η σύνταξη Σχεδίου Εκκένωσης το οποίο πρέπει να συμμορφώνεται με κανονιστικές διατάξεις για κάθε κατηγορία χώρου στο πλαίσιο του Σχεδίου Ασφαλείας που συντάσσεται υποχρεωτικά για τον κάθε χώρο.

Σημειώνεται, ωστόσο ότι για τους υπόγειους χώρους δεν υπάρχουν εξειδικευμένες και σαφείς οδηγίες και κανονισμοί σχετικά με την κατάρτιση ενός σχεδίου εκκένωσης. Ο υπόγειος χώρος είναι ένας χώρος με ιδιαιτερότητες οπότε απαιτεί διαφορετική προσέγγιση σε σχέση με τις διατάξεις που εφαρμόζονται σε όλες τις άλλες κατηγορίες χώρων. Επομένως, είναι απαραίτητη η σύνταξη ειδικού κανονισμού για τις διαφορετικές κατηγορίες υπογείων χώρων προκειμένου να διασφαλιστεί πρωτίστως η ασφάλεια των χρηστών και στη συνέχεια η προστασία των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού.

Βασικό στοιχείο σχεδιασμού της διαδικασίας εκκένωσης είναι ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης ο οποίος προκύπτει από τα χαρακτηριστικά του χώρου. Προκειμένου, να είναι αποδεκτή η διαδικασία της εκκένωσης ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης πρέπει να πληροί την εξής συνθήκη: να είναι μικρότερος από το διαθέσιμο χρόνο εκκένωσης ο οποίος προκύπτει από βιβλιογραφικά στοιχεία, σχετικές μελέτες, περιστατικά έκτακτων αναγκών και εξαρτάται από το είδος της επείγουσας κατάστασης. Μια βασική αιτία πρόκλησης έκτακτης ανάγκης είναι η πυρκαγιά. Στις περισσότερες πυρκαγιές η έλλειψη ορατότητας λόγω αυξανόμενης συγκέντρωσης του καπνού είναι η πρώτη κατάσταση που εμποδίζει τους ανθρώπους να κινηθούν και επομένως να διαφύγουν με ασφάλεια. Η ύπαρξη καπνού επιβαρύνει ψυχολογικά και σωματικά τα άτομα που εκκενώνουν τον χώρο. Η επίδραση της πυρκαγιάς στο χρόνο κίνησης μπορεί να προσομοιωθεί και συγκεκριμένα να ποσοτικοποιηθεί μέσω της ανάλυσης τύπου CFD (Computational fluid dynamics). Η συγκεκριμένη τεχνική προσφέρει λεπτομέρειες για την εξέλιξη του φαινομένου της πυρκαγιάς και οδηγεί σε συμπεράσματα για το χρόνο που είναι διαθέσιμος για την εκκένωση πριν φτάσουν σε απαγορευτικά όρια οι τιμές καπνού και θερμικού φορτίου.

Ο σχεδιασμός και ο έλεγχος της επάρκειας των διαδικασιών εκκένωσης διενεργείται με τη χρήση μοντέλων που προσομοιώνουν τη συγκεκριμένη διαδικασία. Ειδικότερα, τα μοντέλα προσομοίωσης έχουν τη δυνατότητα να απεικονίζουν με ρεαλισμό την εκκένωση και την κίνηση των ατόμων. Χαρακτηρίζονται από ευελιξία και ευκολία στη χρήση. Η προσομοίωση διενεργείται για διαφορετικούς κινδύνους και σενάρια επεμβαίνοντας στις μεταβλητές που σχετίζονται με την πυκνότητα του χώρου, την ταχύτητα των χρηστών, τη χρήση των μέσων εξόδου, το είδος της απειλής. Η ανάλυση αυτή, καθώς και η εισαγωγή παραμέτρων που αφορούν στον τρόπο συμπεριφοράς του πλήθους κατά την διάρκεια της εκκένωσης πολύ απλά δεν μπορούν να γίνουν με τις συμβατικές αναλύσεις εκκένωσης. Ένα μοντέλο προσομοίωσης εκτός από τον υπολογισμό του χρόνου εκκένωσης παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη ροή των χρηστών, εντοπίζει τα σημεία στα οποία παρουσιάζονται προβλήματα και την αιτία αυτών των προβλημάτων και τείνει να διασφαλίσει την ομοιόμορφη χρήση κάθε μέσου εξόδου για εκκένωση. Οπτικοποιώντας την ανάλυση ο μελετητής μπορεί να παρέμβει και να δώσει λύσεις πριν την ολοκλήρωση του έργου. Σημειώνεται, ότι τα στοιχεία που προκύπτουν από μία ανάλυση CFD, σε περίπτωση ανάλυσης κινδύνου πυρκαγιάς, μπορούν να εισαχθούν στο πρόγραμμα προσομοίωσης προκειμένου να διενεργηθεί ορθότερη ανάλυση και πιο αξιόπιστος προσδιορισμός του χρόνου εκκένωσης, προτού υπάρξει σημαντική επιβάρυνση της ποιότητας της ατμόσφαιρας για τους χρήστες του υπόγειου χώρου.

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για διαφορετικά σενάρια προέκυψαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Σενάριο	$t_e$ (min – s)	$t_{\text{απ}}$ (min – s)	$t_e$ αποβάθρας (min – s)	Χρήση Εξόδων (Βορειοανατολική) (άτομα)	Χρήση Εξόδων (Νοτιοδυτική) (άτομα)
A <sub>1</sub>	7:55.61	17:55.61	5:00.83	474	672
A <sub>2</sub>	9:15.78	19:15.78	5:18.28	1146	/
A <sub>3</sub>	9:11.70	19:11.70	5:15.58	/	1146
A <sub>4</sub>	12:32.20	22:32.20	9:07.28	390	756
A <sub>5</sub>	12:26.03	22:26.03	7:48.95	1146	/
A <sub>6</sub>	10:17.53	20:17.53	6:39.38	/	1146
B <sub>1</sub>	8:32.53	18:32.53	5:10.40	852	1076
B <sub>2</sub>	10:21.03	20:21.03	6:08.28	1928	/
B <sub>3</sub>	10:20.53	20:20.53	6:15.83	/	1928
B <sub>4</sub>	13:03.70	23:03.70	9:37.00	797	1131
B <sub>5</sub>	13:43.16	23:43.16	9:34.6	1928	/
B <sub>6</sub>	11:18.28	21:18.28	7:30.8	/	1928

Πίνακας 9.1: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων

Όπως προέκυψε από την ανάλυση ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης επαρκεί για την ασφαλή έξοδο των επιβατών από το σταθμό. Οι υπολογισμοί έγιναν λαμβάνοντας υπόψη και ειδικές συνθήκες όπως η πληρότητα του χώρου με το μέγιστο δυνατό πληθυσμό, το μπλοκάρισμα των εξόδων και η αδυναμία χρησιμοποίησης ορισμένων μέσων διαφυγής, παράγοντας ωστόσο ικανοποιητικά αποτελέσματα τα οποία καθιστούν τον σχεδιασμό της εκκένωσης του συγκεκριμένου χώρου επαρκή.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η μεταβολή του χρόνου εκκένωσης για κάθε ομάδα ανάλυσης σε σχέση με το σενάριο βάσης που αντιστοιχεί στην κάθε ομάδα.

Σενάριο	$t_e$ (min – s)	Ποσοστιαία Μεταβολή του Χρόνου Εκκένωσης (%)	
A <sub>1</sub>	7:55.61	/	<b>Ποσοστιαία Μεταβολή του Χρόνου Εκκένωσης ως προς το Σενάριο Βάσης A<sub>1</sub> της A Ομάδας Αναλύσεων</b>
A <sub>2</sub>	9:15.78	21.2%	
A <sub>3</sub>	9:11.70	20.6%	
A <sub>4</sub>	12:32.20	63.1%	
A <sub>5</sub>	12:26.03	62.2%	
A <sub>6</sub>	10:17.53	34.7%	
B <sub>1</sub>	8:32.53	/	<b>Ποσοστιαία Μεταβολή του Χρόνου Εκκένωσης ως προς το Σενάριο Βάσης B<sub>1</sub> της B Ομάδας Αναλύσεων</b>
B <sub>2</sub>	10:21.03	22.8%	
B <sub>3</sub>	10:20.53	22.7%	
B <sub>4</sub>	13:03.70	56.6%	
B <sub>5</sub>	13:43.16	61.5%	
B <sub>6</sub>	11:18.28	34.5%	

Πίνακας 9.2: Συγκεντρωτικός πίνακας ποσοστιαίας μεταβολής του χρόνου εκκένωσης για κάθε ομάδα αναλύσεων

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι για την ομάδα αναλύσεων A το δυσμενέστερο σενάριο είναι το A<sub>4</sub> όπου η αύξηση του χρόνου υπολογίστηκε στο 63.1%. Το σενάριο αυτό αντιστοιχεί στη μη λειτουργία των

κλιμάκων που βρίσκονται στην άκρη. Για την ομάδα αναλύσεων B το δυσμενέστερο σενάριο είναι το B<sub>5</sub> όπου η αύξηση του χρόνου υπολογίστηκε στο 61.5%. Το σενάριο αυτό αντιστοιχεί στη μη λειτουργία των κλιμάκων που βρίσκονται στη μέση.

Η μη λειτουργία της μία από τις δύο εξόδους προκαλεί την μικρότερη αύξηση του χρόνου εκκένωσης, δηλαδή επηρεάζει λιγότερο την εκκένωση. Η συγκεκριμένη παρατήρηση ισχύει και για τις δύο ομάδες αναλύσεων (A και B).

Επίσης μπορεί να σημειωθεί ότι η μη λειτουργία της σκάλας που βρίσκεται πίσω από το ασανσέρ επιβαρύνει λιγότερο το χρόνο εκκένωσης σε σχέση με τη μη λειτουργία άλλων σκαλών (σκαλών που βρίσκονται στη μέση ή σκαλών που βρίσκονται στην άκρη).

Τέλος παρατηρείται ότι οι επιβάτες χρησιμοποιούν περισσότερο την νοτιοδυτική έξοδο, τόσο στα σενάρια της ομάδας A όσο και της B.

Ο σχεδιασμός του σταθμού κρίνεται επαρκής και οι κατασκευαστικές του διατάξεις συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις των κανονισμών. Ωστόσο στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένες παρατηρήσεις σχετικά με προτάσεις παρεμβάσεων που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στην αποτελεσματικότερη εκκένωση σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης και επομένως να ενισχύσουν το επίπεδο ασφαλείας του σταθμού προς τους επιβάτες:

- Ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης αποτελείται από διάφορες συνιστώσες, μία από τις οποίες είναι ο χρόνος εκκένωσης  $t_e$ . Από την ανάλυση προέκυψε ότι ο χρόνος εκκένωσης  $t_e$  καταλαμβάνει σημαντικό ποσοστό του απαιτούμενου χρόνου εκκένωσης το οποίο για τα βασικά σενάρια κυμαίνεται στο 45% ενώ για τα σενάρια διερεύνησης κυμαίνεται στο 56%. Ενώ λοιπόν ο χρόνος εκκένωσης  $t_e$  είναι αποτέλεσμα της προσομοίωσης για διάφορες εκδοχές, οι υπόλοιπες συνιστώσες του απαιτούμενου χρόνου εκκένωσης προέρχονται από τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του χώρου, στα οποία μπορούν να γίνουν παρεμβάσεις με σκοπό την μείωση του συνολικού χρόνου. Έτσι η τοποθέτηση αισθητήρων και κατάλληλου συστήματος ανίχνευσης του προβλήματος, η έγκαιρη ενεργοποίηση του συστήματος συναγερμού, η ύπαρξη ηχητικών και φωνητικών μηνυμάτων σε συνδυασμό με την παρουσία κατάλληλου προσωπικού για την καθοδήγηση και παρότρυνση του κόσμου να εγκαταλείπει γρηγορότερα τον χώρο, η εξασφάλιση συνεχούς φωτισμού και η κατάλληλη σήμανση είναι στοιχεία τα οποία επιδρούν σημαντικά στον συνολικό χρόνο εκκένωσης εξασφαλίζοντας καλύτερα αποτελέσματα. Στην συγκεκριμένη ανάλυση επειδή δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία σχετικά με τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του χώρου εξετάστηκαν οι δυσμενέστερες τιμές επιβαρύνοντας αρκετά τον συνολικά απαιτούμενο χρόνο εκκένωσης, δίνοντας όμως αποτελέσματα εντός των επιθυμητών ορίων.
- Δεν προέκυψε σημαντική διαφορά στο χρόνο εκκένωσης στην περίπτωση που η μία έξοδος είναι εκτός λειτουργίας αλλά λειτουργούν όλες οι σκάλες, οπότε κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί η σπουδαιότητα λειτουργίας όλων των κλιμάκων και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία τους.
- Στο χώρο που βρίσκεται μεταξύ της μεσαίας σκάλας και της σκάλας πίσω από το ασανσέρ παρατηρήθηκε συμφόρηση με αποτέλεσμα να χάνεται σημαντικός χρόνος για την εκκένωση. Τα ακυρωτικά μηχανήματα σε εκείνο το σημείο στενεύουν το χώρο εμποδίζοντας την ομαλή και ταχεία ροή των χρηστών. Προτείνεται επανεξέταση του χώρου και αξιολόγηση της συγκεκριμένης επιλογής τοποθέτησης των μηχανημάτων.
- Οι χρήστες χρησιμοποιούν περισσότερο τις σκάλες που βρίσκονται στη μέση, επειδή απέχουν μικρότερη απόσταση από την έξοδο. Δεν ισχύει όμως το ίδιο για την σκάλα που είναι πίσω από το

ασανσέρ, ίσως επειδή δεν είναι άμεσα ορατή. Με κατάλληλη σήμανση και καθοδήγηση από το προσωπικό θα αυξηθεί η χρήση της από τα άτομα που εκκενώνουν το χώρο.

## Βιβλιογραφία

Casavant David A. 2007. Emergency Preparedness for Facilities. A Guide to Safety Planning and Business Continuity.

FEMA 141/October 1993. Emergency Management Guide for Business and Industry. A Step-by-Step Approach to Emergency Planning, Response and Recovery for Companies of All Sizes.

Gustin Joseph F. 2007. Disaster & Recovery Planning: A Guide for Facility Managers 4th Edition.

OSHA, Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor 2001. How to Plan for Workplace Emergencies and Evacuations.

Coté Ron , Gregory E. Harrington 2009. Life Safety Code Handbook 11th Edition. NFPA 101.

OSHA, Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor 2003. Emergency, Exit, Routes Factsheet.

Π.Δ. 71/88 Κανονισμός πυροπροστασίας κτιρίων, ΦΕΚ 32/Α/17-2-88.

Παπασωτηρίου Παρασκευή, Ιούνιος 2010, ΤΕΕ ΤΜΗΜΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ Π.Δ. 71/1988.

Παπαϊωάννου Κυριάκος, Δασκαλάκη Τριανταφυλλιά, Ζώκας Νικόλαος, Καλαμίτση Κωνσταντίνα, Τζαμπάκης Θεόδωρος, Δασόπουλος Μάριος, Χριστοδουλίδης Μιχαήλ, Μόρδος Μωυσής, Ιωαννίδης Γιώργος, Μαλακάτας Νίκος, Μπατής Γεώργιος, Κοντέας Ζαννής ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2011.

SFPE 2002. Handbook of Fire Protection Engineering 3rd Edition, Chapter 13, 14.

Κυρίσης Φίλιππος 2010 Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ Καθορισμός Διαδικασιών Εκκένωσης σε Υπόγειο Χώρο με Εξέταση Ιδιαίτερων Χαρακτηριστικών. Παράδειγμα Εφαρμογής στον Υπόγειο Χώρο του Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου.

Kuligowski Erica D., Peacock Richard D. 2005. A Review of Building Evacuation Models. National Institute of Standards and Technology, Technology Administration, U.S. Department of Commerce.

Pathfinder Technical Reference 2013 (Program's Handbook)

NFPA 520 1999. Standard on Subterranean Spaces.

NFPA 130 2000 Edition .Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems.

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=252743>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Turnstile>

Tarada Fathi May 2000 Critical Velocities for Smoke Control in Tunnel Cross-Passages.



<http://www.tunnelonline.info/features/fans-pistons-and-airtight-pressure-doors/image/fans-pistons-and-airtight-pressure-doors-2.html>

<http://tunnels.piarc.org/en/structural-facilities/emergency-exits.htm>

ΟΔΗΓΙΑ 2004/54/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ, ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΟΥ ΔΙΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.

ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 230: Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στην Οδηγία 2004/54/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004 σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας για τις σήραγγες του διευρωπαϊκού οδικού δικτύου.

[http://www.egnatia.eu/files/pdf/Egnatia\\_Safe\\_Driving.pdf](http://www.egnatia.eu/files/pdf/Egnatia_Safe_Driving.pdf)

Σχέδιο Τεχνικής Προδιαγραφής για τη Διαλειτουργικότητα (2008), Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΟΔΗΓΙΑ 2001/16/ΕΚ, ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΔΙΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.

ΟΔΗΓΙΑ 96/48/ΕΚ, ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΙΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.

Salmensaari Timo .Safety in Long Subsea Rail Tunnels, 2010 Aalto University.

Thematic Network FIT – Fire in Tunnels. General report 2006.

Σακκάς Ιωάννης, Αγγέλης Επαμεινώντας, Μπακογιάννης Ιωάννης, Καζίλης Νικόλαος, Ροζενμπερκ Αλέξιος, Σοφιανός Αλέξανδρος, Ηλίας Μιχάλης, Αντωνίου Γεώργιος, ΟΜΟΕ – ΤΕΥΧΟΣ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΙΟΥΛΙΟΣ 2002

Μερεντίτης Β., Ζήλιας Θ., Κόσσυφας Χ., Καραχάλιου Π., Αλεξόπουλος Κ., Καβουλάκος Ν., ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΥΝΤΑΞΕΩΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΤΕΥΧΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΡΓΑ Η/Μ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ.

Håkan Frantzich. Fire incidents during construction work of tunnels - evacuation aspects, Lund 2010.

Wang Z., Chen F., Li X. 2011. COMPARATIVE ANALYSIS AND PEDESTRIAN SIMULATION EVALUATION ON EMERGENCY EVACUATION TEST METHODS FOR URBAN RAIL TRANSIT STATIONS

Shen-Wen Chien, Wen-Long Chen, Tzu-Sheng Shen, Chung-Chung Cheng, Da-Chih Lee, Yu-LinHsueh, Te-Kuei Chen 6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology 17-20, March, 2004, Daegu, Korea. A Study on the People Evacuation Safety for the Underground MRT Station

SHUJI MORIYAMA, YUJI HASEMI, DON-GUN NAM, SATOSHI TANAKA, NAOMI OKAZAWA, and WENTING DING 2005. Smoke Movement Characteristics and Fire Safety in Subway Stations

Y.F Ye, Q.F Hu, H.W. Huang. THE SIMULATION ANALYSIS OF PASSENGER EVACUATION IN ONE SUBWAY STATION BASED ON EXODUS

Konnecke R., Schneider V. Evacuation from underground railway stations – Available and required safe egress time for different station types and general evaluation criteria

<http://www.ametro.gr/page/>

Βαζαίος Ιωάννης 2013 Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ. Η Αξιολόγηση των Τεχνικογεωλογικών –Γεωτεχνικών Συνθηκών και η Εφαρμογή της στην εκτίμηση των Επιφανειακών Μετακινήσεων σε Σχέση με τη Μηχανοποιημένη Διάνοιξη Σηράγγων Εφαρμόζοντας Αριθμητικές Μεθόδους Ανάλυσης. Το Παράδειγμα Γραμμής Επέκτασης του ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης.

[http://el.wikipedia.org/wiki/Μετρό\\_Θεσσαλονίκης](http://el.wikipedia.org/wiki/Μετρό_Θεσσαλονίκης)

[http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/index\\_el.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/index_el.htm)

Κουρκούμπας Δημήτριος-Σωτήριος 2007-2008 Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ. Εξαερισμός Οδικών Σηράγγων και Σχετικά Μοντέλα Πυρκαγιών-Εφαρμογή στη Σήραγγα του Αγίου Ηλίας.

Παράρτημα

