



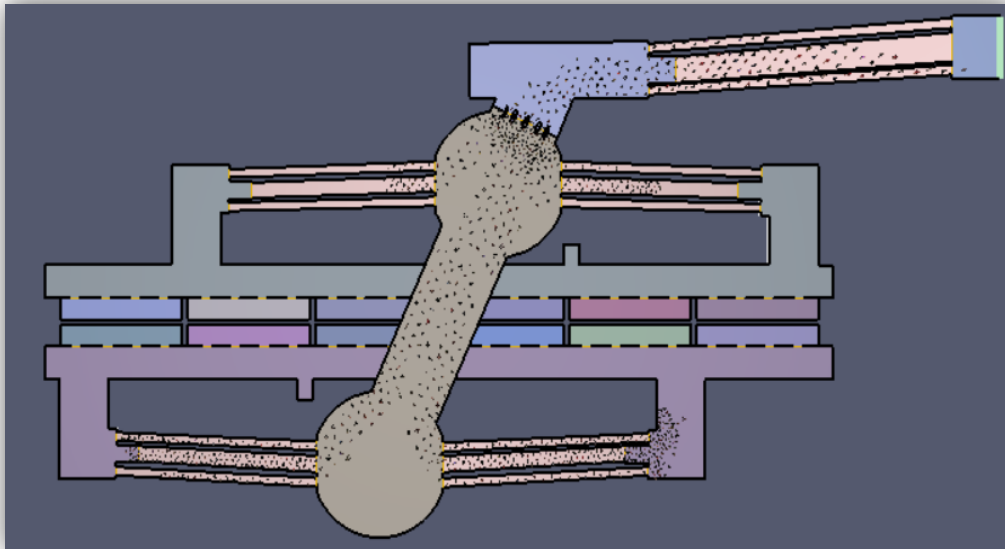
## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ»

### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Συγκριτική ανάλυση διαδικασιών εκκένωσης σε υπόγειους σταθμούς του ΜΕΤΡΟ με τη χρήση μοντέλων εκκένωσης



Παπακωνσταντίνου Ρεβέκκα

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Μενεγάκη Μαρία

ΑΘΗΝΑ 2020

## 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 την επιβλέπουσα καθηγήτρια της διπλωματικής εργασίας μου Μενεγάκη Μαρία, Επίκουρη καθηγήτρια 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 την ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την καθοδήγηση της και τη βοήθεια της για την εκπόνηση και ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Καλλιανιώτη Τάσο, Δρ. Μηχανικό Μεταλλείων - Μεταλλουργός, 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 αποτελέσαν σημαντικό αρωγό στην προσπάθεια μου για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας στο σύνολο της.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμηση μου στο Thunderhead Engineering group, για την παροχή ακαδημαϊκής άδειας χρήσης για εργασία στην πλατφόρμα Pathfinder, καθώς και για την άριστη και άμεση συνεργασία των μελών του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για την υπέρμετρη στήριξη που παρέχει στις προσπάθειες μου για επιπλέον μόρφωση και γνώση, καθώς και τους φίλους μου για την ηθική και ψυχολογική υποστήριξη.

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1. Σχέδιο έκτακτης ανάγκης .....	10
1.1 Ρόλος του σχεδίου έκτακτης ανάγκης .....	13
1.2 Βασικά στάδια σχεδιασμού .....	14
1.3 Ατυχήματα σε μετρό .....	18
Κεφάλαιο 2. Ρόλος του σχεδίου εκκένωσης ως στρατηγική αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης .....	20
2.1 Κίνδυνοι διαδικασιών εκκένωσης.....	21
2.2 Τύποι εκκένωσης.....	22
Κεφάλαιο 3. Κανονισμοί εκκένωσης.....	31
3.1 Χρόνοι εκκένωσης.....	47
3.2 Hand calculation.....	54
Κεφάλαιο 4. Evacuation Modeling: Περιγραφικά στοιχεία δομής και λειτουργίας του προγράμματος Pathfinder .....	63
Κεφάλαιο 5. Τύποι σταθμών και συρμοί 3 <sup>ης</sup> γενιάς.....	70
5.1 Τύποι σταθμών.....	72
5.2 Στοιχεία συρμών 3ης γενιάς.....	77
Κεφάλαιο 6. Περιγραφή και σχεδιασμός των υπό εξέταση σταθμών .....	81
Κεφάλαιο 7. Ανάλυση εκκένωσης .....	99
7.1 Αποτελέσματα εκκενώσεων .....	100
7.2 Συμπεράσματα - Σχολιασμός.....	125
Βιβλιογραφία.....	128

## Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1.1 Κύκλος διεργασιών για σωστά δομημένο σχέδιο .....	14
Εικόνα 2.1 Στάδια διαδικασίας εκκένωσης.....	23
Εικόνα 3.1 Στάδια οδεύσεων διαφυγής .....	33
Εικόνα 3.2 Πραγματική απόσταση απροστάτευτης όδευσης διαφυγής .....	35
Εικόνα 3.3: Μέτρο απόστασης για υπολογισμό χρόνου βαδίσματος.....	60
Εικόνα 4.1 Περιβάλλον εργασίας Pathfinder .....	66
Εικόνα 4.2 Τρόπος εισαγωγής αρχείου CAD .....	66
Εικόνα 4.3: Εργαλεία σχεδιασμού του Pathfinder .....	67
Εικόνα 4.4 : Προσθήκη προφίλ για τους επιβάτες.....	68
Εικόνα 4.5 : Προσθήκη συμπεριφοράς .....	69
Εικόνα 4.6 : Πίνακας ιδιοτήτων συμπεριφοράς .....	69
Εικόνα 4.7: Προσθήκη κάποιας ενέργειας σε οποιαδήποτε συμπεριφορά.....	69
Εικόνα 5.1 Σύστημα Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας.....	70
Εικόνα 5.2 Σχέδιο σταθμών της γραμμής 4.....	72
Εικόνα 5.3 Τύποι πλατφόρμας.....	73
Εικόνα 5.4 Island platform.....	74
Εικόνα 5.5 Side platform.....	75
Εικόνα 5.6 Split platform.....	76
Εικόνα 5.7 Flow-Through Platform .....	76
Εικόνα 6.1: Μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (προηγούμενη εγκατάσταση) - MEE.....	82
Εικόνα 6.2: Αυτόματα μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (υπάρχουσα εγκατάσταση) –AMEE.....	82
Εικόνα 6.3: Προσομοίωση του Σταθμού Ελαιώνα στο Pathfinder.....	84
Εικόνα 6.4: MEE στο επίπεδο των εισιτηρίων του σταθμού Ελαιώνα .....	84
Εικόνα 6.5: Ενδιάμεσες αποστάσεις των MEE στον σταθμό Ελαιώνα .....	85
Εικόνα 6.6: AMEE στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Ελαιώνα.....	86
Εικόνα 6.7: Ενδιάμεσες αποστάσεις AMEE του Σταθμού Ελαιώνα.....	86
Εικόνα 6.8: Προσομοίωση του Σταθμού Αιγάλεω στο Pathfinder.....	88
Εικόνα 6.9: MEE στο επίπεδο των εισιτηρίων του σταθμού Αιγάλεου προς έξοδο 1 (Πλ.Εσταυρωμένου) .....	89
Εικόνα 6.10: Ενδιάμεσες αποστάσεις των MEE προς έξοδο 1 (Πλ.Εσταυρωμένου).....	89
Εικόνα 6.11: Ενδιάμεσες αποστάσεις των MEE προς έξοδο 2 (Οδός Παπαναστασίου).....	89
Εικόνα 6.12: AMEE στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Αιγάλεου προς έξοδο 1 (Πλ.Εσταυρωμένου) .....	90
Εικόνα 6.13: Ενδιάμεσες αποστάσεις AMEE του Σταθμού Αιγάλεου προς έξοδο 1 .....	91
Εικόνα 6.14: AMEE στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Αιγάλεου προς έξοδο 2.....	91
Εικόνα 6.15: Ενδιάμεσες αποστάσεις AMEE του Σταθμού Αιγάλεου προς έξοδο 2 .....	92
Εικόνα 6.16 Προσομοίωση του Σταθμού Κατεχάκη στο Pathfinder .....	93
Εικόνα 6.17: Ενδιάμεσες αποστάσεις των MEE του σταθμού Κατεχάκη.....	93
Εικόνα 6.18: AMEE στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Κατεχάκη .....	94
Εικόνα 6.19: AMEE στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Κατεχάκη .....	94
Εικόνα 6.20: Ενδιάμεσες αποστάσεις AMEE του Σταθμού Κατεχάκη .....	95
Εικόνα 6.21 Προσομοίωση του Σταθμού Βικτώρια στο Pathfinder .....	96
Εικόνα 6.22: Ενδιάμεσες αποστάσεις των MEE προς έξοδο 1 (Πλ. Βικτωρίας) .....	96
Εικόνα 6.23 Ενδιάμεσες αποστάσεις των MEE προς έξοδο 2 (Οδός Χέυδεν) .....	97
Εικόνα 6.24: AMEE στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Βικτωρίας προς έξοδο 1.....	97
Εικόνα 6.25 Ενδιάμεσες αποστάσεις AMEE του Σταθμού Βικτωρίας προς έξοδο 1.....	98

Εικόνα 6.26: AMEE στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Βικτωρίας προς έξοδο 2 .....	98
Εικόνα 6.27: Ενδιάμεσες αποστάσεις AMEE του Σταθμού Βικτωρίας προς έξοδο 2 .....	98
Εικόνα 7.1. : Διανομή επιβατών στον σταθμό Ελαιώνα .....	100
Εικόνα 7.2: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Ελαιώνα στην περίπτωση των ΜΕΕ.....	101
Εικόνα 7.3: Θέση σταθερών σκαλών και κυλιόμενων του Σταθμού Ελαιώνα .....	101
Εικόνα 7.4: Μέγιστη πυκνότητα των επιβατών σε διάφορα σημεία του σταθμού Ελαιώνα .....	103
Εικόνα 7.5: Διανομή επιβατών στον σταθμό Αιγάλεω .....	106
Εικόνα 7.6: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Αιγάλεω (ΜΕΕ) ....	107
Εικόνα 7.7: Θέση σταθερών σκαλών και κυλιόμενων στο σταθμό Αιγάλεω .....	108
Εικόνα 7.8: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Αιγάλεω (ΑΜΕΕ) ..	110
Εικόνα 7.9: Διανομή επιβατών στον σταθμό Κατεχάκη.....	113
Εικόνα 7.10: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Κατεχάκη στην περίπτωση των ΜΕΕ.....	114
Εικόνα 7.11: Θέση σταθερών σκαλών και κυλιόμενων του Σταθμού Κατεχάκη .....	115
Εικόνα 7.12: Μέγιστη πυκνότητα των επιβατών σε διάφορα σημεία του σταθμού Κατεχάκη στην περίπτωση των ΑΜΕΕ.....	116
Εικόνα 7.13: Διανομή επιβατών στο σταθμό Βικτώρια .....	119
Εικόνα 7.14: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Βικτώρια στην περίπτωση των ΜΕΕ.....	120
Εικόνα 7.15: Θέση σταθερών σκαλών και κυλιόμενων του Σταθμού Βικτώρια .....	120
Εικόνα 7.16: Μέγιστη πυκνότητα των επιβατών σε διάφορα σημεία του σταθμού Βικτώρια στην περίπτωση των ΑΜΕΕ.....	122

## Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1.1: Τύποι πιθανών καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.....	11
Πίνακας 2.1 Σταθερά k.....	26
Πίνακας 2.2 Μέγιστες ταχύτητες διαφυγής (ανεμπόδιστες).....	26
Πίνακας 2.3 Ταχύτητα σε οριζόντια επιφάνεια.....	27
Πίνακας 2.4 Ταχύτητα σε σκάλες .....	27
Πίνακας 2.5 Μέγιστη ειδική ροή $F_s$ .....	28
Πίνακας 2.6 Επιρροή καπνού στην ορατότητα και την ταχύτητα .....	30
Πίνακας 3.1 Ταξινόμηση κτιρίων.....	31
Πίνακας 3.2 Μέγιστα όρια αποστάσεων από την έξοδο κατά NFPA .....	38
Πίνακας 3.3 Κοινές διαδρομές μετακίνησης, αδιέξοδα και όρια αποστάσεων μετακίνησης για διαφορετικές κατηγορίες χρήσης.....	39
Πίνακας 3.4 Συντελεστές φόρτισης χώρων σε σχέση με τη χρήση τους.....	43
Πίνακας 3.5: Παροχή οδεύσεων ανά μονάδα πλάτους (0,60 m) ανάλογα με τον τύπο κτιρίου...44	44
Πίνακας 3.6 Παροχή οδεύσεων.....	44
Πίνακας 3.7 Αριθμός και πλάτη εξόδων κινδύνου.....	45
Πίνακας 3.8 Μέγιστα όρια αποστάσεων από την έξοδο κατά NFPA .....	46
Πίνακας 3.9: Σύγκριση υπόγειων χώρων και λοιπών εγκαταστάσεων ως προς τα .....	48
Πίνακας 3.10 Διαθέσιμος χρόνος ανά περίπτωση ατυχήματος .....	49
Πίνακας 3.11 Παράγοντες που επηρεάζουν τους συντελεστές του απαιτούμενου χρόνου εκκένωσης .....	50
Πίνακας 3.12 Χρόνοι $t_{det}$ ανά κατηγορία συστήματος ανίχνευσης.....	51
Πίνακας 3.13 Χρόνοι $t_{al}$ ανά κατηγορία συστήματος συναγερμού.....	52
Πίνακας 3.14 Χρόνοι $t_{pre}$ ανά κατηγορία συστήματος συναγερμού .....	53

Πίνακας 3.15 Υπολογισμός θεωρητικού πληθυσμού στον σταθμό Αιγάλεω.....	55
Πίνακας 3.16 Υπολογισμός μέγιστου πληθυσμού στον σταθμό Αιγάλεω.....	57
Πίνακας 3.17 Χωρητικότητα στοιχείων εξόδου για το σταθμό Αιγάλεω με τα ΜΕΕ.....	58
Πίνακας 3.18 Χωρητικότητα στοιχείων εξόδου για το σταθμό Αιγάλεω με τα ΑΜΕΕ.....	59
Πίνακας 3.19 Συνολικός χρόνος προς εξόδους διαφυγής στον σταθμό Αιγάλεω.....	60
Πίνακας 5.1 Στοιχεία σταθμών 3 <sup>ης</sup> γενιάς.....	78
Πίνακας 7.1: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Ελαιώνα για την περίπτωση των ΜΕΕ.....	102
Πίνακας 7.2: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στον σταθμό Ελαιώνα.....	102
Πίνακας 7.3: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Ελαιώνα για την περίπτωση των ΑΜΕΕ.....	104
Πίνακας 7.4: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στον σταθμό Ελαιώνα.....	104
Πίνακας 7.5 Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Αιγάλεω για την περίπτωση των ΜΕΕ.....	108
Πίνακας 7.6: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω προς έξοδο 1.....	109
Πίνακας 7.7: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω προς έξοδο 2.....	109
Πίνακας 7.8: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού για την περίπτωση των ΑΜΕΕ.....	111
Πίνακας 7.9: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω προς έξοδο 1.....	111
Πίνακας 7.10: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω προς έξοδο 1.....	111
Πίνακας 7.11: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Κατεχάκη για την περίπτωση των ΜΕΕ.....	115
Πίνακας 7.12: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στον σταθμό Κατεχάκη.....	115
Πίνακας 7.13: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Κατεχάκη για την περίπτωση των ΑΜΕΕ.....	117
Πίνακας 7.14: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στον σταθμό Κατεχάκη.....	117
Πίνακας 7.15: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Βικτώρια για την περίπτωση των ΜΕΕ.....	121
Πίνακας 7.16: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στον σταθμό Βικτώρια προς έξοδο 1.....	121
Πίνακας 7.17: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στον σταθμό Βικτώρια προς έξοδο 2.....	121
Πίνακας 7.18: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Βικτώρια για την περίπτωση των ΑΜΕΕ.....	123
Πίνακας 7.19: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στο σταθμό Βικτώρια προς έξοδο 1.....	123
Πίνακας 7.20: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στο σταθμό Βικτώρια προς έξοδο 2.....	123
Πίνακας 0.1 Κύρια χαρακτηριστικά μοντέλων εκκένωσης.....	135

## Περιεχόμενα σχημάτων

Σχήμα 1.1: Τυπικά στάδια της εξέλιξης μιας κρίσης.....	13
Σχήμα 1.2: Φάσεις των αποφάσεων στο σχεδιασμό αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης.....	17
Σχήμα 2.1 Ενεργό πλάτος σε σχέση με πλάτος διαδρόμου λόγω εμποδίων.....	29
Σχήμα 3.1 Άμεση και πραγματική απόσταση από τυχαίο σημείο του χώρου - Συνεχής γραμμή = άμεση απόσταση, Διακεκομμένη γραμμή = Πραγματική απόσταση.....	35
Σχήμα 3.2 Οι οδεύσεις διαφυγής σχηματίζουν γωνία μεγαλύτερη των 45°.....	36
Σχήμα 3.3 Όρια ελάχιστης απόστασης εξόδων διαφυγής.....	37
Σχήμα 3.4 Απόσταση μετακίνησης σε αδιέξοδο (ΑΒ).....	41
Σχήμα 3.5 Απόσταση σημείου σε αίθουσα από την πόρτα.....	41
Σχήμα 3.6 Συνιστώσες χρόνων εκκένωσης.....	47
Σχήμα 3.7 Υπολογισμός μέγιστης ικανότητας εξυπηρέτησης όδευσης διαφυγής.....	56

## Περιεχόμενα διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2.1 Ταχύτητες βαδίσματος κατά τη διαδικασία εκκένωσης συναρτήσει της πυκνότητας.....	25
Διάγραμμα 2.2 Ειδική ροή συναρτήσει της πυκνότητας.....	28

## Περιεχόμενα γραφημάτων

Γράφημα 7.1 Κατανομή χρόνου συνωστισμού των επιβατών στον σταθμό Ελαιώνα.....	105
Γράφημα 7.2: Κατανομή χρόνου συνωστισμού των επιβατών στον σταθμό Αιγάλεω .....	112
Γράφημα 7.3: Κατανομή χρόνου συνωστισμού των επιβατών στον σταθμό Κατεχάκη.....	118
Γράφημα 7.4 Κατανομή χρόνου συνωστισμού των επιβατών στο σταθμό Βικτώρια .....	124

## Περίληψη

Το σύστημα του υπόγειου σιδηρόδρομου θεωρείται η καλύτερη επιλογή για μεγάλες πόλεις για την επίλυση προβλημάτων επιφανειακής μεταφοράς από άποψη συμφόρησης, αποδοτικότητας και ταχύτητας. Η αυξανόμενη χρήση αυτών των εγκαταστάσεων από όλο και περισσότερους επιβάτες έχει καταστήσει ζωτικής σημασίας την ανάγκη διασφάλισης υψηλών προδιαγραφών ασφάλειας. Η αποτελεσματική δομή του σχεδίου εκκένωσης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης είναι απαραίτητη. Ένας κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχή εκκένωση είναι η σωστή λειτουργία των διαδρόμων εξόδου που πρέπει να είναι καθαροί από τυχόν εμπόδια.

Για να διασφαλιστεί η απόδειξη εισιτηρίου των επιβατών (POF), οι οργανισμοί δημοσίων μεταφορών έχουν εγκαταστήσει αναλογικά μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίων στις εγκαταστάσεις. Στο σύστημα ΜΕΤΡΟ της Αθήνας, αυτά τα μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίων έχουν αντικατασταθεί από αυτόματα μηχανήματα για την επικύρωση του εισιτηρίου. Και τα δύο συστήματα POF μπορούν να θεωρηθούν ως εμπόδια στην διαδρομή εξόδου και πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό του αρχικού σχεδίου εκκένωσης, καθώς αυτές οι εγκαταστάσεις (POF) παρέχουν διαφορετικό διαθέσιμο πλάτος στις διαδρομές εκκένωσης.

Η διπλωματική αυτή ερευνά την επίδραση των προηγούμενων μηχανημάτων επικύρωσης εισιτηρίων και των σύγχρονων αυτόματων μηχανημάτων στις διαδικασίες εκκένωσης, στους σταθμούς ΜΕΤΡΟ της Αθήνας. Η αξιολόγηση των επιπτώσεων βασίζεται σε τρεις παράγοντες: i) συνολικός χρόνος εκκένωσης, ii) χρόνος που αφιερώνεται σε ουρές (φαινόμενο υπερπληθυσμού) και iii) ρυθμός ροής εξόδου, παρεμπόδιση εκκένωσης, ανθρώπινη συμπεριφορά.

Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκαν συνολικά 4 σταθμοί και διαμορφώθηκαν τα μοντέλα εκκένωσής τους για κάθε περίπτωση με τη βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης Pathfinder. Από την ανάλυση προέκυψε ότι ο διαφορετικός τρόπος επικύρωσης επηρεάζει, όπως ήταν αναμενόμενο, τα αποτελέσματα της εκκένωσης. Στα συμπεράσματα της εργασίας αναλύονται οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται.



## **Abstract**

Subway rail system is considered the best choice for big cities to solve surface transportation problems in terms of congestion, efficiency, and speed. The increasing use of these facilities by more and more passengers has made vital the need to ensure high safety standards. The effective structure of the evacuation plan in an emergency event is essential. A critical factor for a successful evacuation is the proper functioning of the egress paths that must be clear of any obstacles.

To ensure the passengers' proof-of-fare (POF) public transport organizations have installed ticket validation machines proportionally in the facilities. In Athens METRO system, these ticket validation machines have been replaced by ticket gates providing automatic fare collection. Both POF systems may be considered as egress path obstructions that need to be taken into account in the initial evacuation plan design, since these POF installations provide different available width on the evacuation paths.

This paper investigates the impact of prior ticket validator and modern automatic fare collector machines on evacuation procedures in Athens METRO stations. The impact evaluation is based on three factors: i) total evacuation time, ii) time spent in queues (overcrowding effect) and iii) egress path flow rate, evacuation obstruction, human behavior. For this purpose, 4 stations and their evacuation models have been designed and configured for each case, through the assistant of simulation software "Pathfinder". The analysis showed that the difference in the validation method is affecting as was expected, the results of the evacuation. In the conclusions of the work the observed differences are analyzed.

## Κεφάλαιο 1. Σχέδιο έκτακτης ανάγκης

Η κατάσταση έκτακτης ανάγκης είναι ένα γεγονός μη προγραμματισμένο που μπορεί να καταλήξει με υλικές ζημιές, με θανάτους ή τραυματισμούς σε εργαζόμενους, πελάτες και γενικά στο κοινό. Με άλλα λόγια μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης είναι ένας σοβαρός λόγος που μπορεί να προκαλέσει κλείσιμο ή δυσλειτουργίες σε μια εταιρεία, φυσικές και περιβαλλοντικές καταστροφές καθώς και να απειλήσει τη διεθνή οικονομία.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης και μια καταστροφή είναι δύο διαφορετικοί όροι. Μια έκτακτη ανάγκη μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή αλλά δεν είναι η ίδια και εξ αρχής καταστροφή. Μια καταστροφή είναι μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης που έχει προκαλέσει σημαντικά αρνητικά αποτελέσματα.

Οι καταστάσεις έκτακτης ανάγκης δεν είναι τόσο σπάνιο φαινόμενο, αλλά συμβαίνουν πολύ πιο συχνά από ότι οι καταστροφές. Αν δεν εξαλειφθούν άμεσα και μετατραπούν σε καταστροφές τότε τα αποτελέσματα θα είναι αρνητικά τόσο σε οικονομικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο. Παγκοσμίως, η αναλογία των ανθρώπων που επηρεάζονται από μια καταστροφή προς τους θανάτους είναι χίλια προς ένα.

Κατά το σχεδιασμό σχεδίου για μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης, θα πρέπει να τεθεί το ερώτημα "Ποιο είναι το χειρότερο που μπορεί να συμβεί;" ("Worst Case Scenario"). Η σχεδίαση του χειρότερου σεναρίου είναι απαραίτητη, ωστόσο θα πρέπει να αφιερωθεί ποιοτικός χρόνος αναζητώντας μια πραγματική ανάλυση του κινδύνου, δηλαδή "Ποια γεγονότα είναι πιο πιθανό να συμβούν". Με έναν σωστό σχεδιασμό και προγραμματισμό ενός σχεδίου έκτακτης ανάγκης είναι δυνατόν ακόμη και η αποφυγή εκδήλωσης κατάστασης έκτακτης ανάγκης εξ αρχής.

Οι καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, τα φυσικά και τα μη φυσικά περιστατικά όπου κατά την εξέταση των πιθανών καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, πρέπει να σκεφτεί κανείς όλα τα σεναρία που θα μπορούσαν να συμβούν. (Αθηναίου Ευαγγελία, 2013)

**Πίνακας 1.1: Τύποι πιθανών καταστάσεων έκτακτης ανάγκης**  
(Casavant D. A., 2007)

Φυσικά περιστατικά	Μη φυσικά περιστατικά (ανθρώπινο λάθος ή αστοχία υλικών)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πλημμύρα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φωτιά – Εκδήλωση πυρκαγιάς</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σεισμός</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Έκρηξη</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τυφώνας – Ανεμοστρόβιλος</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κατάρρευση κτιρίου ή μέρους αυτού</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χιονοστιβάδα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ηλεκτρικές βλάβες</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ξηρασία</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαρροή τοξικών χημικών ουσιών (στερεών – υγρών – αερίων)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεγάλης έκτασης χιονόπτωση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υδραυλική διαρροή</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φωτιά – Εκδήλωση πυρκαγιάς</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαρροή υγραερίου – φυσικού αερίου</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κεραυνός</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διακοπή αερισμού και κλιματισμού</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Παγετός</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διακοπή επικοινωνιών</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τρομοκρατική επίθεση – έγκλημα εντός των εγκαταστάσεων – εμπρησμός</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εργατικά ατυχήματα</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ιατρικό περιστατικό (ανάγκη άμεσης ιατρικής βοήθειας)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εγκλωβισμός (ανεξαρτήτου αιτίας)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διακοπή λειτουργίας μονάδας</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βίαιη διατάραξη τάξης</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βία στο χώρο εργασίας</li> </ul>

Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και η έγκυρη και έγκαιρη προειδοποίηση, σε συνδυασμό με την ταχεία ανταπόκριση, έχει αποδειχθεί ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στη διάσωση ζώων και στη μείωση των επιπτώσεων. Η ταχεία διάδοση των προειδοποιητικών μηνυμάτων ή πληροφοριών γενικότερα είναι απαραίτητη για να σωθούν ζωές. Κάθε πιθανή κατάσταση έκτακτης ανάγκης εξελίσσεται με την πάροδο μεγάλης ή μικρής χρονικής περιόδου, ενώ τις περισσότερες φορές υπάρχουν σημάδια που αν αναγνωριστούν μπορεί να αποκλείσουν την ανάπτυξη μιας πραγματικής κρίσης. Οι άνθρωποι που είναι σε καλύτερη θέση να

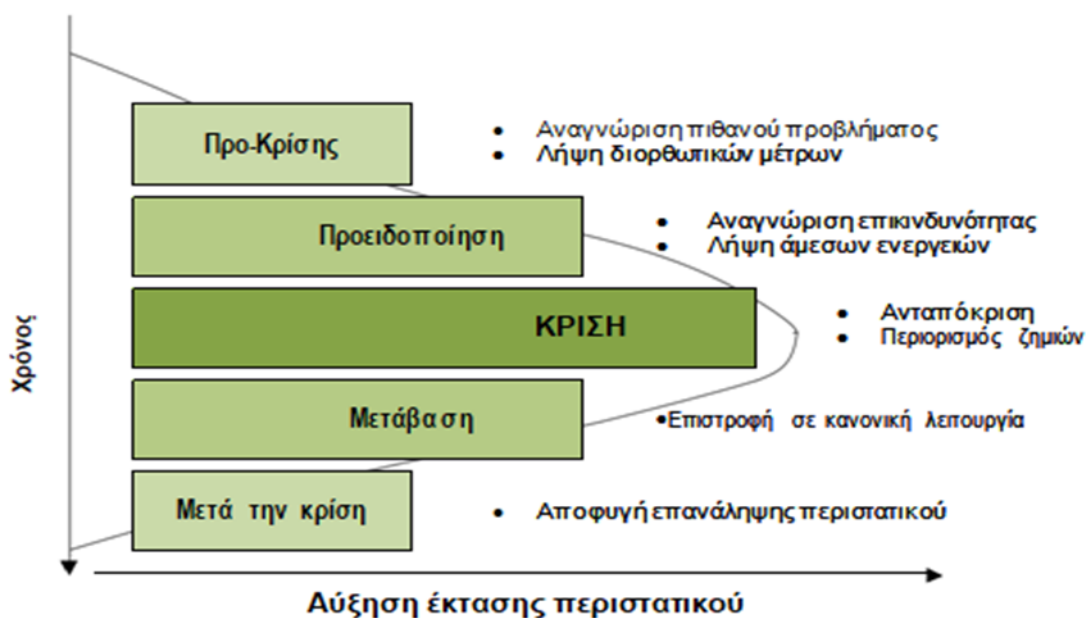
αναγνωρίσουν τα σημάδια και τα πρόδρομα φαινόμενα μιας επικείμενης κρίσης είναι οι εργαζόμενοι και οι διαχειριστές των εγκαταστάσεων όπου η κρίση λαμβάνει χώρα.

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. 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. 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

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. (Wang Z., 2011)

**Σχήμα 1.1: Τυπικά στάδια της εξέλιξης μιας κρίσης**  
(Erickson P. A., 2006)



Όταν ο οργανισμός αντιλαμβάνεται και αποδέχεται την ευθύνη του για την πρόληψη, την προετοιμασία και την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, υπάρχει πολύ συχνά μια εσφαλμένη αντίληψη του σκοπού ενός πλήρως ανεπτυγμένου, γραπτού σχεδίου αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Ο σκοπός του σχεδίου αυτού δεν είναι απλώς η αναφορά για το τι πρέπει να γίνει, αλλά να κατευθύνει και να εκπαιδεύει το προσωπικό στο πώς να εκτελέσει συγκεκριμένα καθήκοντα σε τέτοιες καταστάσεις. Οι απαιτήσεις για την πρόληψη, την προετοιμασία και την αντίδραση που ορίζονται από το σχέδιο έκτακτης ανάγκης πρέπει να “μεταφράζονται” με την εκπαίδευση εντός του οργανισμού, όπως επιβάλλεται από τις αναθεωρήσεις του σχεδίου. Με βάση όλα αυτά, εν ώρα κρίσης δεν είναι η κατάλληλη στιγμή για να διαβαστεί ένα εγχειρίδιο με το σχέδιο δράσης, καθώς μια κρίση απαιτεί άμεση, προμελετημένη και διαπιστωμένη δράση. (Καλλιανιώτης Α. , 2015)

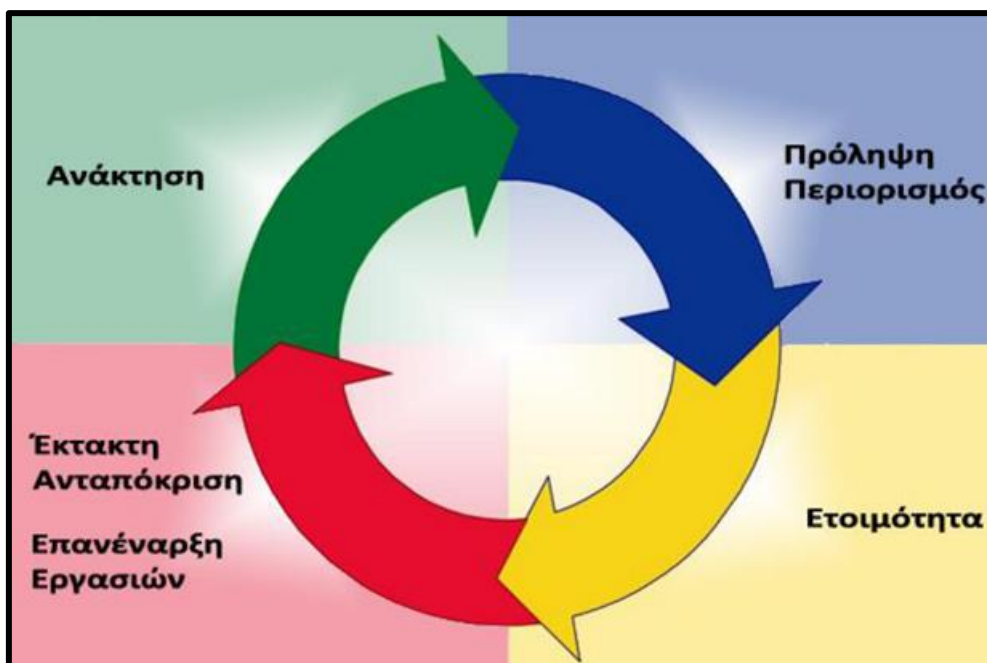
### 1.1 Ρόλος του σχεδίου έκτακτης ανάγκης

Ο ρόλος του σχεδίου ασφαλείας είναι να σωθούν οι ανθρώπινες ζωές, να μειωθούν οι τραυματισμοί και να περιοριστούν οι υλικές ζημιές. Παρέχει τα μέσα και τις μεθόδους για να βοηθήσει στην επιβίωση των εργαζομένων και την ανάκτηση των λειτουργιών του οργανισμού σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Για αυτό, όλοι οι εργαζόμενοι θα πρέπει να εκπαιδεύονται με γνώμονα, το σχέδιο δράσης έκτακτης ανάγκης, το οποίο όμως πρέπει να επανεξετάζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, να αναθεωρείται με βάση τις νέες συνθήκες και διαδικασίες και να ενημερώνεται όπως απαιτείται. (Καλλιανιώτης Α. , 2015)

## 1.2 Βασικά στάδια σχεδιασμού

Υπάρχουν πολλοί τύποι σχεδίων έκτακτης ανάγκης που εκδίδονται από διάφορους οργανισμούς, αλλά είναι σαφές ότι δεν υπάρχει μια ενιαία μορφή που μπορεί να είναι επαρκής για την προετοιμασία και την αντιμετώπιση σε όλα τα ενδεχόμενα έκτακτης ανάγκης. Σε αυτό το πλαίσιο, οι νομικώς επιβεβλημένοι τύποι σχεδίων περιλαμβάνουν συνήθως τις ελάχιστες απαιτήσεις, αφήνοντας τις λεπτομέρειες να διευθετούνται από την ομάδα που έχει την κύρια ευθύνη για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν αντικειμενικά κριτήρια για την αξιολόγηση ενός σχεδίου έκτακτης ανάγκης. Βεβαίως, κάθε καλά δομημένο σχέδιο πρέπει να περιλαμβάνει ορισμένες διατάξεις, συμπεριλαμβανομένων στοιχείων ζωτικής σημασίας όπως διαδικασίες εκκένωσης επείγουσας ανάγκης, μέθοδοι για τον υπολογισμό (καταγραφή) των ενοίκων, υπηρεσίες διάσωσης και πρώτων βοηθειών. Ωστόσο, σημαντικό σε κάθε σχέδιο είναι ότι η ιδιαιτερότητα της κάθε περίπτωσης μπορεί να αντιμετωπιστεί επαρκώς μόνο με το προσωπικό που απασχολείται στον συγκεκριμένο οργανισμό. (Καλλιανιώτης Α. , 2015)

Ένα σωστά δομημένο και αποτελεσματικό σχέδιο πρέπει να περιλαμβάνει διατάξεις οι οποίες καλύπτουν ένα κύκλο διαδικασιών, που εξετάζει και εν συνόλω αλλά και ξεχωριστά τους πιθανούς κινδύνους που μπορούν να οδηγήσουν σε περιστατικό έκτακτης ανάγκης. Αυτός ο κύκλος διεργασιών περιλαμβάνει διαδικασίες για “Πρόληψη (ή περιορισμό) – Ετοιμότητα (διάγνωση και αποτροπή) – Αντιμετώπιση – Ανάκτηση”.



Εικόνα 1.1 Κύκλος διεργασιών για σωστά δομημένο σχέδιο  
(Preparedness LLC. , 2009)

Η πρόληψη πρέπει να είναι ο πρώτος στόχος κάθε σχεδίου έκτακτης ανάγκης, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί σε συγκεκριμένες διαχειριστικές μεθόδους και τεχνικές, καθώς και στις διαδικασίες και συσκευές πρόωρης προειδοποίησης που μπορούν να μειώσουν την πιθανότητα εκδήλωσης ή να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις του συμβάντος.

Έλεγχοι, τόσο εντός όσο και εκτός του χώρου των εργασιών της εγκατάστασης, μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για τον εντοπισμό και τη διόρθωση καταστάσεων που, αν δεν διευθετηθούν, θα ενεργοποιήσουν ή θα επιδεινώσουν μια πραγματική κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην εφαρμογή των διαφόρων ελέγχων, καθένας από τους οποίους έχει το δικό του στόχο, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται οι εξής:

- Η συμμόρφωση με συγκεκριμένους κανονισμούς (π.χ. επικίνδυνα απόβλητα, εργαστηριακά χημικά, άδεια επικίνδυνης εργασίας)
- Είσοδος - έξοδος προς και από την εγκατάσταση
- Λήψη, διαχείριση, αποθήκευση και διάθεση των χημικών ουσιών
- Συντήρηση μονάδων εγκατάστασης
- Διαδικασίες πρόληψης
- Μέτρα ασφάλειας των εγκαταστάσεων
- Επισήμανση των επικίνδυνων περιοχών και υλικών εντός των εγκαταστάσεων
- Συμπεριφορά εργαζομένων στο χώρο εργασίας

Οι έλεγχοι πρέπει να διενεργούνται από άτομα που έχουν την πλήρη εξουσιοδότηση να εφαρμόζουν αμέσως κατάλληλες διορθώσεις. Τα αποτελέσματα όλων των ελέγχων, συμπεριλαμβανομένων των πορισμάτων και των διορθώσεων, θα πρέπει να είναι πλήρως τεκμηριωμένα και να χρησιμοποιούνται για την αναθεώρηση και την τροποποίηση της πολιτικής του οργανισμού (εφόσον είναι αναγκαίο), των πρωτοκόλλων και των διαδικασιών που ακολουθούνται, καθώς και για τις περιγραφές των θέσεων εργασίας των εργαζομένων και την εφαρμογή των ενεργειών του προσωπικού. Όλες οι γενικές διαδικασίες εγκατάστασης (π.χ. ιεραρχία, ενημέρωση των εργαζομένων, πρόγραμμα κατάρτισης, αγορά και έλεγχος των προμηθειών, αντίδραση σε συναγερμούς) θα πρέπει να επανεξετάζονται σε τακτική βάση και, κατά περίπτωση, να αναθεωρούνται για να διασφαλιστεί η συνοχή τους με τους στόχους και τα σχέδια αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. (Καλλιανιώτης Α., 2015)

Τα σχέδια επέμβασης και διαχείρισης έκτακτης ανάγκης απαιτούν το συντονισμό ενός μεγάλου φάσματος πληροφοριών, υπηρεσιών και υλικών. Είναι σαφές ότι πολλές από τις πληροφορίες, τις υπηρεσίες και τα υλικά που απαιτούνται, κατά τη φάση της “αντίδρασης” σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, εξαρτώνται άμεσα από τον τόπο και τις συνθήκες που επικρατούν. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες πτυχές του σχεδιασμού και της διαχείρισης της δράσης έκτακτης ανάγκης που είναι αντικειμενικά απαραίτητες σε όλες τις προσπάθειες για αντιμετώπιση τέτοιου είδους καταστάσεων (Erickson P. A., 2006):

Πεδίο εφαρμογής - Σκοπός του Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης: Είναι σημαντικό ο σχεδιασμός να περιλαμβάνει τέσσερα βασικά στάδια, (α) την πρόληψη της έκτακτης ανάγκης, (β) την προετοιμασία για την εμφάνιση μιας κατάστασης έκτακτης ανάγκης, (γ) την αντίδραση και την αντιμετώπιση της κατάστασης έκτακτης ανάγκης και (δ) την ανάκτηση και την επαναλειτουργία του οργανισμού.

Αξιολόγηση Κινδύνου: Εκτίμηση κινδύνου ονομάζεται η συστηματική διαδικασία προσδιορισμού των φορέων επικινδυνότητας και της πιθανότητας πρόκλησης ζημιάς.

Επί Τόπου και Εκτός Τόπου Διαχείριση: Ως τόπος μιας έκτακτης ανάγκης, θεωρείται η θέση της πραγματικής προσπάθειας αντίδρασης, αλλά οι προσπάθειες αυτές ενεργοποιούν πολλές δραστηριότητες που επηρεάζουν άλλες τοποθεσίες (εκτός τόπου). Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι εκτός τόπου επιλοκές μιας απομακρυσμένης έκτακτης ανάγκης, μπορεί να είναι πιο καταστροφικές από τις επί τόπου συνέπειες.

Εξουσία και Ευθύνη: Είτε πρόκειται για την πρόληψη, την προετοιμασία ή την αντιμετώπιση, ο σχεδιασμός δράσης έκτακτης ανάγκης πρέπει να βασίζεται σε απολύτως σαφείς κατευθυντήριες γραμμές εξουσίας και ευθύνης. Κατά τη φάση της αντιμετώπισης, συνήθως αναφέρεται ως “Έντολή Περιστατικού”.

Επικοινωνίες και Μεταχείριση Πληροφοριών: Οι επικοινωνίες και η μεταχείριση των πληροφοριών αποτελούν βασικές δραστηριότητες σε όλες τις φάσεις της πρόληψης, της προετοιμασίας και της αντιμετώπισης στη διαχείριση σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης.

Εφόδια και Υποστήριξη: Εφόδια είναι ο εξοπλισμός, οι προμήθειες και τα υλικά που είναι άμεσα διαθέσιμα για την πρόληψη ή τον έλεγχο μιας έκτακτης ανάγκης. Υποστήριξη από εξωτερικές πηγές, συμπεριλαμβανομένων κυβερνητικών υπηρεσιών και ιδιωτών, πρέπει επίσης να προβλέπεται σε κάθε ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαχείρισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

Ιατρική Περίθαλψη και Επιτήρηση: Η ιατρική περίθαλψη συμπεριλαμβάνεται σε όλων των ειδών τις πρώτες βοήθειες καθώς επίσης και η μακροπρόθεσμη διενέργεια ειδικών εξετάσεων για την παρακολούθηση της πιθανής εμφάνισης χρόνιων επιπτώσεων στην υγεία.

Αποκατάσταση και Ανασκόπηση: Τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά από ένα περιστατικό έκτακτης ανάγκης, πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα διορθωτικά μέτρα για την προστασία από περαιτέρω βλάβες ή ζημιά, που οφείλονται σε δευτερογενείς επιδράσεις της έκτακτης ανάγκης (π.χ. δομική βλάβη, απορροή επικίνδυνων υλικών, επικίνδυνα υπολείμματα). Επίσης, οι διορθωτικές δράσεις (δράσεις αποκατάστασης), περιλαμβάνουν και τις διαδικασίες που χρειάζονται για την αντικατάσταση προμηθειών και υλικών που εξαντλήθηκαν στις αρχικές προσπάθειες αντίδρασης. Πρώτη προτεραιότητα στις προσπάθειες αποκατάστασης θα πρέπει να δοθεί στη συνολική εξέταση και αξιολόγηση του περιστατικού έκτακτης ανάγκης.

Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία απαιτεί διεξοδική εξέταση των διαφόρων τύπων πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών και των δεδομένων που σχετίζονται με τις διαδικασίες, τις λειτουργίες, τον εξοπλισμό και τα υλικά.

(Καλλιανιώτης Α. , 2015)

Με τον όρο επικινδυνότητα ορίζεται γενικά η δυνατότητα ή αλλιώς το δυναμικό πρόκλησης βλάβης, δηλαδή μια κατάσταση που δύναται να προκαλέσει βλάβη. Ως ρίσκο ή κίνδυνος

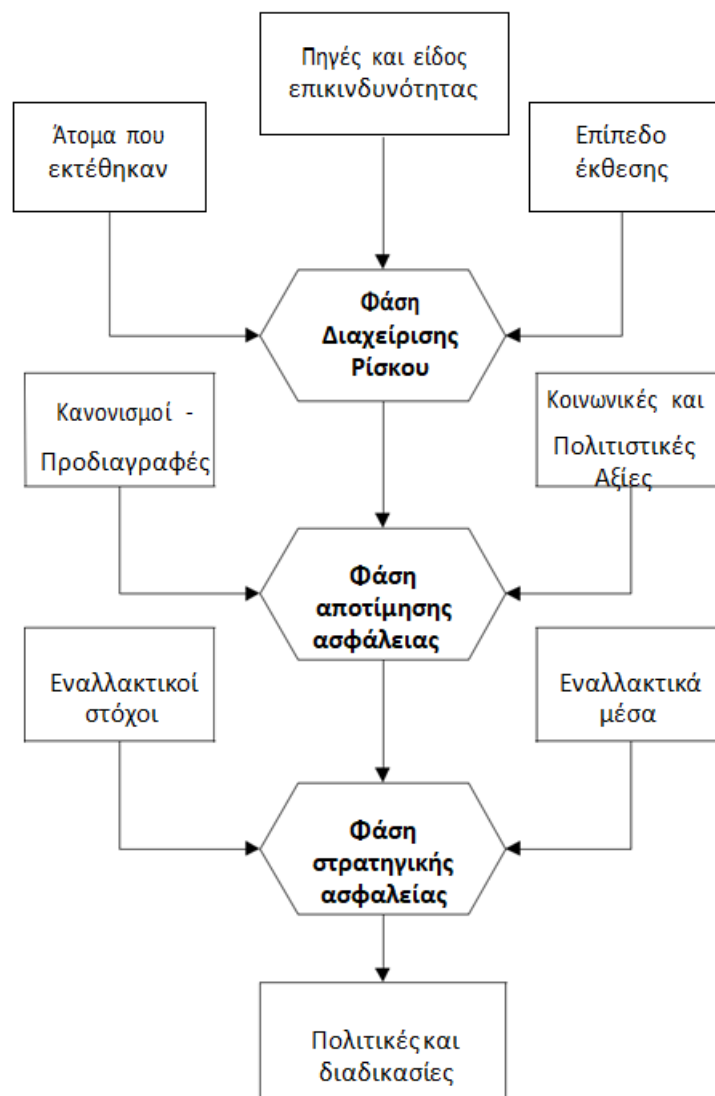


ορίζεται το γινόμενο της πιθανότητας ή της συχνότητας εμφάνισης βλάβης επί το μέγεθος των συνεπειών αυτής της εμφάνισης (Royal Society, 1992). Σύμφωνα με το National Academy of Science των ΗΠΑ (1983) εκτίμηση κινδύνου ορίζεται ως η χρήση αντικειμενικών δεδομένων για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων για την ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε επικίνδυνες συνθήκες. Όπως φαίνεται στο **Σχήμα 1.2**, η εκτίμηση της επικινδυνότητας, της έκθεσης και του ρίσκου, μπορεί να θεωρηθεί ως η πρώτη από τις τρεις φάσεις της διαδικασίας λήψης αποφάσεων που απαιτούνται για τη δημιουργία αποτελεσματικών διαδικασιών αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, που αποτελούν τη βάση του σχεδιασμού δράσης έκτακτης ανάγκης.

Εκτίμηση ρίσκου : Προσδιορισμός των πιθανών πηγών ή αιτιών καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και τα είδη των βαθμών κινδύνου που πρέπει να βιώσει το ευρύ κοινό και το προσωπικό αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης εξαιτίας των εργασιών.

Εκτίμηση Ασφάλειας: Δημιουργία επιπέδου προστασίας που πρέπει να παρέχεται σε άτομα που διατρέχουν κίνδυνο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Πραγματοποίηση Ασφαλών Συνθηκών: Διατύπωση συγκεκριμένων διαδικασιών για την επίτευξη (από το προηγούμενο στάδιο) επιπέδων προστασίας.



**Σχήμα 1.2: Φάσεις των αποφάσεων στο σχεδιασμό αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης**  
(Erickson P. A., 2006)

### 1.3 Ατυχήματα σε μετρό

Τα ατυχήματα στις σιδηροδρομικές σήραγγες και στους σταθμούς μετρό δείχνουν ότι η πυρκαγιά σε υπόγεια συστήματα μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες όσον αφορά την απώλεια ζωής. Παρακάτω αναφέρονται κάποια ατυχήματα σε σταθμούς μετρό και σε σιδηροδρομικές σήραγγες και αποκαλύπτουν προβλήματα που σχετίζονται με τη διαδικασία εκκένωσης.

#### **Φωτιά στον σταθμό King's Cross – 1987**

Μια πυρκαγιά εκδηλώθηκε στις κυλιόμενες σκάλες στο σταθμό “Κινγκς Κρος” στις 18 Νοεμβρίου 1987 και δημιουργήθηκε το φαινόμενο καθολικής ανάφλεξης (flashover). Η φωτιά προκλήθηκε από ένα αναμμένο σπίρτο που έπεσε στο κενό ανάμεσα από τις κυλιόμενες σκάλες. Όμως δεν έφτιαξε μόνο αυτό, μια σειρά από αλληλουχίες και από σωρευτικούς παράγοντες (ξύλινες σκάλες, ποσότητα γράσου, ρεύμα αέρος από τους συρμούς, κλπ.) δημιούργησαν το φαινόμενο αυτό. Με αποτέλεσμα να χάσουν τη ζωή τους 31 άνθρωποι που βρίσκονταν στις αποβάθρες και απανθρακώθηκαν αλλά και όσοι προσπάθησαν να διαφύγουν τρέχοντας προς τις εξόδους, το ρεύμα που δημιουργούσαν τα τρένα που περνούσαν έστειλαν γρηγορότερα τις φλόγες στα θύματα. Ο σταθμός δε διέθετε σύστημα πυρόσβεσης και οι εργαζόμενοι δεν είχαν την απαραίτητη εκπαίδευση για ένα τέτοιο συμβάν. Το περιστατικό προκάλεσε την αυστηρότερη επιβολή της ευρέως αγνοούμενης απαγόρευσης του καπνίσματος σε όλους τους χώρους του μετρό (αποβάθρες- συρμοί) και τελικά αντικαταστάθηκαν οι ξύλινες κυλιόμενες σκάλες. (MyLondon, 2019)

#### **Φωτιά σε ένα τρένο στο μετρό του Baku - 1995**

Στις 28 Οκτωβρίου 1995, μια ηλεκτρική βλάβη οδήγησε σε πυρκαγιά σε ένα από τα τρένα στο μετρό του Μπακού. Η ηλεκτρική βλάβη προκάλεσε πυρκαγιά στο τέταρτο από τα πέντε βαγόνια και έκανε το τρένο να σταματήσει μεταξύ δύο σταθμών, Uldus και Narimanov, 200 m μετά την έξοδο από τον σταθμό Uldus. Η πυρκαγιά, σκότωσε 289 άτομα και τραυμάτισε 265.

Η σήραγγα ήταν εξοπλισμένη με ελεγχόμενο σύστημα εξαερισμού, αλλά είχε σχετικά στενή διατομή (ύψος 5,6 m, πλάτος 5 m). Ακριβώς από τι ξεκίνησε την εκκένωση είναι ασαφές, αλλά καθώς το τρένο σταμάτησε, ο καπνός άρχισε σύντομα να γεμίζει τη σήραγγα. Ο οδηγός του τρένου παρατήρησε ότι υπήρχε κάτι λάθος, βγήκε και χρησιμοποίησε ένα από τα τηλέφωνα της σήραγγας για να επικοινωνήσει με το κέντρο πληροφοριών κυκλοφορίας. Μεταξύ άλλων, ο οδηγός έδωσε οδηγίες στους χειριστές να διακόψουν την ηλεκτρική ενέργεια, καθώς τα αυτοκίνητα εξακολουθούσαν να τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα.

Ταυτόχρονα, οι επιβάτες ξεκίνησαν την εκκένωση. Λόγω του συνωστισμού, δεν παρατήρησαν το μοχλό που θα άνοιγε τις πόρτες σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, αλλά επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα ήταν κλειστό, οι μοχλοί έκτακτης ανάγκης δεν θα λειτουργούσαν έτσι και αλλιώς. Ο μόνος τρόπος για να ανοίξουν τις πόρτες ήταν χειροκίνητα αν και υπήρχε έξοδος από τα παράθυρα. Δυστυχώς, αυτό επέτρεψε στον

καπνό να ταξιδέψει στα βαγόνια. Ο οδηγός της αμαξοστοιχίας βοήθησε στην εκκένωση ανοίγοντας τις πόρτες στο μπροστινό και στο τέλος της αμαξοστοιχίας, διευκολύνοντας το ταξίδι από το πίσω μέρος της αμαξοστοιχίας προς τα εμπρός. Οι επιβάτες που κατάφεραν να βγουν από τα βαγόνια είχαν αρχικά την επιλογή είτε να εκκενώσουν πίσω στο σταθμό Uldus (200 m) είτε στην κατεύθυνση του τρένου προς Narimanov (2000 m). Όμως, καθώς η φωτιά μεγάλωνε, η επιλογή εκκένωσης προς το σταθμό Uldus μειώθηκε.

Η εκκένωση δεν εμποδίστηκε μόνο από τον τοξικό καπνό, ο οποίος δυσκόλευε τους ανθρώπους να αναπνεύσουν, αλλά και από τον μειωμένο φωτισμό στη σήραγγα και από την δυσκολία να περπατήσουν στη τάφρο μεταξύ των σιδηροτροχιών, γεγονός που ανάγκασε τους επιβάτες να ταξιδέψουν κοντά στον τοίχο της σήραγγας, πιάνοντας καλώδια κατά μήκος του τοίχου.

Αρχικά οι συνθήκες εξαερισμού έτειναν να μετακινούν αργά τον καπνό προς τα πίσω στον σταθμό Uldus. Αλλά περίπου 15 λεπτά αφότου είχε σταματήσει το τρένο, ο τρόπος κατεύθυνσης του εξαερισμού άλλαξε και ο καπνός άρχισε να κινείται προς τον σταθμό Narimanov, εμποδίζοντας περαιτέρω τις συνθήκες για τους εκκένους. Η πλειοψηφία των νεκρών πέθανε μέσα στο τρένο χωρίς να βγει ποτέ. Η γρήγορη ανάπτυξη πυρκαγιάς έπαιξε το ρόλο της, αλλά σίγουρα η αδυναμία ανοίγματος των θυρών του τρένου επηρέασε το αποτέλεσμα. Είναι δύσκολο να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τους οργανωτικούς παράγοντες κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς, αλλά φαίνεται ότι ήταν ανεπαρκή.

(railsystem.net, Baku Metro Fire (1995), 2015)

### **Εμπρησμός στον σταθμό του μετρό South Korea Daegu - 2003**

Στις 18 Φεβρουαρίου 2003, ένα τρένο του μετρό πυρπολήθηκε από ψυχικά ασθενή στο σταθμό Jungangno στο Daegu της Νότιας Κορέας. Η φωτιά εξαπλώθηκε γρήγορα και στα έξι βαγόνια της αμαξοστοιχίας μέσα σε 2 λεπτά λόγω του εξαιρετικά εύφλεκτου εσωτερικού της αμαξοστοιχίας. Τα καθίσματα, τα δάπεδα και οι διαφημιστικές σανίδες δεν ήταν κατασκευασμένα από πυρίμαχα υλικά αλλά αποτελούνταν από εύφλεκτο υαλοβάμβακα, ανθρακούχο βινύλιο και πολυαιθυλένιο. Η φωτιά είχε επίσης εξαπλωθεί σε ένα άλλο τρένο στην αντίθετη κατεύθυνση που σταμάτησε παράλληλα, σκοτώνοντας όλους τους επιβάτες που παγιδεύτηκαν σε αυτό. Η πλήρης καύση 12 συνολικών βαγονιών του μετρό προκάλεσε έντονη θερμότητα και ο τοξικός καπνός γέμισε ολόκληρο το σταθμό. Η πλατφόρμα δεν είχε πυροσβεστήρες και κανείς δεν προσπάθησε να καταπολεμήσει τη φωτιά. Η θερμοκρασία της πλατφόρμας αυξήθηκε γρήγορα.

Στα πρώτα λεπτά μετά την ανάφλεξη, τα συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς έκλεισαν την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο σταθμό και όλους τους εξαερισμούς με αποτέλεσμα να συγκεντρωθεί η θερμότητα και ο καπνός, προκαλώντας πολλά θύματα. Συνολικά 192 άνθρωποι πέθαναν και άλλα 148 άτομα τραυματίστηκαν στη φωτιά. Το χειρότερο είναι ότι τα συστήματα έκτακτης ανάγκης και ελέγχου πυρκαγιάς του σταθμού του μετρό δεν λειτούργησαν σωστά τη στιγμή της πυρκαγιάς. Η έρευνα για το συμβάν πυρκαγιάς έδειξε ότι οι βασικοί υπάλληλοι ελέγχου του σταθμού ήταν ένοχοι επαγγελματικής αμέλειας.

Μετά από αυτήν την τραγωδία, η κυβέρνηση της Κορέας υποσχέθηκε να ενισχύσει την πυρασφάλεια σε όλα τα συστήματα του μετρό στη χώρα. Όλα τα επιβατικά τρένα πρέπει να χρησιμοποιούν πυρίμαχα υλικά στους εσωτερικούς χώρους. Ωστόσο, αναφέρθηκε ότι,

εκτός από το μετρό Daegu, σε άλλα συστήματα μετρό στην Κορέα η αντικατάσταση των εύφλεκτων υλικών σε υλικά ανθεκτικά στη φωτιά σε εσωτερικούς χώρους προχώρησε αργά λόγω οικονομικών περιορισμών.

(railsystem.net, South Korea Daegu Subway Station – Arson, 2015)

## **Κεφάλαιο 2. Ρόλος του σχεδίου εκκένωσης ως στρατηγική αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης**

Στη σύγχρονη κοινωνία με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, την κατακόρυφη αύξηση του πληθυσμού, κυρίως στις μεγαλουπόλεις, καθώς και η εξέλιξη όσον αφορά τον βαθμό παρέμβασης του ανθρώπου στο περιβάλλον παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του τομέα των υπογείων έργων. Τα υπόγεια έργα στις μεγαλουπόλεις έχουν διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα ζωής των πολιτών, αλλά λόγω των ειδικών χαρακτηριστικών του υπογείου χώρου ο τομέας της ασφάλειας παίζει σημαντικό ρόλο ώστε να κατακτηθεί η εμπιστοσύνη των χρηστών και υπόκειται σε συγκεκριμένες κανονιστικές διατάξεις. Σε περίπτωση κάποιας έκτακτης ανάγκης, η διαδικασία εκκένωσης είναι μια στρατηγική αντιμετώπισης τέτοιων καταστάσεων.

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 καταστροφή. Πρωταρχική κινητήρια δύναμη για την εκκένωση αποτελεί η ασφάλεια των ανθρώπων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διαδικασία της εκκένωσης εμπεριέχει κινδύνους, τόσο για τους πολίτες που απομακρύνονται όσο και για το προσωπικό των εμπλεκόμενων οργανισμών έκτακτης ανάγκης. Η εκκένωση αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε συνθήκες υψηλής αβεβαιότητας, που απαιτεί τη συνεργασία, το συνδυασμό και την ανταλλαγή γνώσεων από διάφορους επιστημονικούς κλάδους (γεωγραφία, νομική, μηχανική, κοινωνιολογία κ.τ.λ.) προκειμένου η εφαρμογή της να είναι αποδοτική.

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 υπογείου έργου. Οι απαιτήσεις ασφαλείας και οι προδιαγραφές της εκκένωσης στα υπόγεια έργα είναι αυξημένες λόγω των ιδιοτήτων που παρουσιάζονται τόσο στις κατασκευαστικές διατάξεις των έργων όσο και στην διαφορετική συμπεριφορά-απόκριση των χρηστών σε σχέση με τα επίγεια τεχνικά έργα. (Αρβελάκη Βασιλική, 2014)

Ο σχεδιασμός εκκένωσης αποτελεί μέρος της στρατηγικής διαχείρισης κινδύνου. Όταν λάβει χώρα μια φυσική καταστροφή, ξεσπάσει μια πυρκαγιά ή γίνει κλήση για απειλή βόμβας, ενδέχεται να χρειαστεί εκκένωση του κτιρίου ή των εγκαταστάσεων. Η συστηματική και πλήρης διαφυγή όλων των ενοίκων απαιτεί προσεκτική πρόβλεψη των διαδρομών εξόδου και καταμέτρηση όλων των ατόμων μετά την εκκένωση. Ένας σωστός

και πλήρης σχεδιασμός, που λαμβάνει υπόψη όλους τους παράγοντες, μπορεί να οδηγήσει σε μια γρήγορη και ομαλή εκκένωση με ελάχιστα προβλήματα.

- Η εκκένωση αφορά τη μετακίνηση των ενοίκων σε μια ασφαλέστερη τοποθεσία και για να είναι αποτελεσματική, πρέπει να σχεδιαστεί και να εκτελεστεί σωστά.
- Η όλη διαδικασία της εκκένωσης συνήθως περιλαμβάνει και την επιστροφή του οργανισμού στις δραστηριότητες του.
- Η φύση μιας συγκεκριμένης καταστροφής καθώς και ενός επικείμενου κινδύνου για την ασφάλεια των ενοίκων ενός οργανισμού, είναι βασικό μέλημα που καθορίζει την έναρξη της εκκένωσης.

Η διαδικασία εκκένωσης σε υπόγειους χώρους (ειδικά στον Ελλαδικό χώρο) είναι μια μελέτη που ξεκινάει με δυσκολίες, καθώς στην ελληνική νομοθεσία δεν υπάρχει υποχρέωση υποβολής τέτοιων σχεδίων για καμία κατηγορία χώρου. Αυτό υποκαθίσταται από μία μελέτη παθητικής πυροπροστασίας, βάσει του Π.Δ. 71/1988 μαζί με τις τροποποιήσεις του, η οποία υποβάλλεται και ελέγχεται από την πυροσβεστική υπηρεσία και αποτελεί τις υποχρεωτικές προϋποθέσεις για κάθε χώρο που πρέπει να προβλεφθούν για την εξασφάλιση ενός επιπέδου ασφαλείας. Η μόνη αναφορά σε υπόγειους χώρους είναι στα υπόγεια που χρησιμοποιούνται για στάθμευση αυτοκινήτων, που αντιμετωπίζεται και αυτή η περίπτωση ως χώρος με αυξημένες απαιτήσεις και ιδιαίτερη επικινδυνότητα. Εν προκειμένω, πρέπει να γενικευθεί ο χαρακτήρας ενός υπόγειου χώρου, ως ο χώρος σε λειτουργία, σε βάθος μεγαλύτερο των 15 μέτρων. Σε τέτοιες κατασκευές δεν υπάρχουν ανοίγματα για φυσικό φως, ούτε φεγγίτες, ούτε και φωταγωγοί, ο φωτισμός και ο αερισμός είναι τεχνητός και η αίσθηση του προσανατολισμού είναι από μικρή έως ανύπαρκτη. Για τους ανθρώπους, λοιπόν, που επισκέπτονται ένα τέτοιο χώρο ή δουλεύουν εκεί, πρέπει να είναι μελετημένο από πριν ένα συγκεκριμένο σχέδιο για το πώς θα τον εγκαταλείψουν σε περίπτωση ανάγκης (από διάφορες αιτίες). Δεν γίνεται να αφεθεί μια εκκένωση ατόμων από υπόγειο χώρο σε μία απλή ύπαρξη απαραίτητου κλιμακοστασίου με προεξόφληση ότι όλα θα πάνε καλά γιατί ένας υπόγειος χώρος έχει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά ώστε να μας προδιαθέτει ότι κάτι δεν θα πάει καλά. Έτσι συγκαταλέγουμε τον υπόγειο χώρο σε αυτήν την κατηγορία όπου θα πρέπει να εκπονείται σχέδιο εκκένωσης ανεξαρτήτως απαλλαγής από τέτοια υποχρέωση.

## **2.1 Κίνδυνοι διαδικασιών εκκένωσης**

Αν η εκκένωση δεν έχει προγραμματιστεί και ολοκληρωθεί σωστά μπορεί να οδηγήσει σε ακόμη περισσότερους τραυματισμούς (ή θανάτους) και υλικές ζημιές από αυτές που προκύπτουν από την αρχική πηγή της εκδήλωσης της έκτακτης ανάγκης. Κατά τη διάρκεια μιας εκκένωσης, ελλοχεύουν διάφορων ειδών κίνδυνοι όπως:

- Κίνδυνος λόγω της ίδιας κατάστασης (π.χ. φωτιά, καπνό)
- Κίνδυνοι λόγω πανικού και υστερίας (π.χ. περίπτωση ποδοπατήματος)
- Προσωπικοί κίνδυνοι στρες (π.χ. καρδιακή προσβολή)

- Κίνδυνοι που προκύπτουν από τα φυσικά χαρακτηριστικά και τον εξοπλισμό των εγκαταστάσεων (π.χ. στενά περάσματα, απότομες σκάλες, μπλοκαρισμένα περάσματα εξόδου, συμπεριλαμβανομένων και των προσπαθειών των ομάδων βοήθειας έκτακτης ανάγκης που βρίσκεται σε εξέλιξη)  
(Καλλιανιώτης Α. , 2015)

## 2.2 Τύποι εκκένωσης

Οι τύποι της εκκένωσης καθορίζονται από δύο παράγοντες: Το χρόνο εκκένωσης και τον τρόπο διεξαγωγής τους.

Οι “χρονικοί” τύποι εκκένωσης αποτελούνται από δύο κατηγορίες:

### Άμεση εκκένωση

Μια εκκένωση που προκύπτει λόγω ατυχήματος, απαιτεί άμεση αντίδραση και ως εκ τούτου επιτρέπει μικρή ή καθόλου προειδοποίηση, καθώς και περιορισμένο χρόνο προετοιμασίας. Καταστάσεις που απαιτούν τέτοιου είδους άμεση αντίδραση για εκκένωση είναι η διαρροή επικίνδυνων υλικών, εκδήλωση ανεξέλεγκτης φωτιάς, σεισμός κ.ά.

### Προειδοποιημένη Εκκένωση

Τέτοιου τύπου εκκένωση προκύπτει από ένα γεγονός στο οποίο έχει προηγηθεί κάποια προειδοποίηση και δεν περιορίζει το χρόνο προετοιμασίας. Παραδείγματα αυτού του τύπου γεγονότων είναι κυρίως ακραία καιρικά φαινόμενα όπως πλημμύρες, κυκλώνες και άλλα.

Υπάρχουν δύο τρόποι εκκένωσης: μερική εκκένωση και 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.

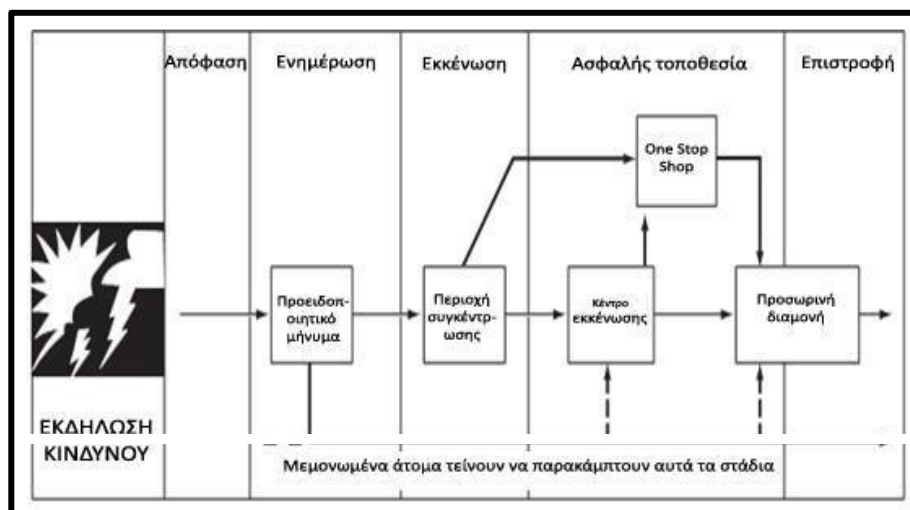
Μερική εκκένωση: Σε μία μερική εκκένωση, οι παρευρισκόμενοι που επηρεάζονται ή η ασφάλεια των οποίων μπορεί να τεθεί σε κίνδυνο λόγω του συμβάντος, μετακινούνται από την απειλούμενη ζώνη σε μία ασφαλή ή εξασφαλισμένη/προστατευμένη περιοχή. Η εξασφαλισμένη/προστατευμένη περιοχή μπορεί να βρίσκεται, είτε 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, J. F., 2007).

Πλήρης εκκένωση: Σε μία πλήρη 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, J. F., 2007).

Η διαδικασία εκκένωσης περιλαμβάνει πέντε στάδια

Εικόνα 2.1:

- Εντολή - Απόφαση έναρξης εκκένωσης
- Προειδοποίηση – Ενημέρωση
- Απομάκρυνση των ενοίκων σε ασφαλή τοποθεσία
- Επιλογή τοποθεσίας αναφοράς
- Επιστροφή στις εγκαταστάσεις



Εικόνα 2.1 Στάδια διαδικασίας εκκένωσης  
(Australia Emergency Management, 2005)

### Εντολή - Απόφαση έναρξης εκκένωσης

Επειδή η έγκυρη και έγκαιρη απόφαση για εκκένωση είναι καθοριστική για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων του κινδύνου που την απαιτεί και κατ' επέκταση της ασφάλειας των ενοίκων, η λήψη της απόφασης πρέπει να λαμβάνεται με βάση τα παρακάτω (Australia Emergency Management, 2005):

- Η καλύτερη απόφαση λαμβάνεται μετά από σωστή αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών. Πρέπει όμως να γίνει κατανοητό ότι η "πολυτέλεια" της αξιολόγησης όλων των δυνατών εκτιμήσεων, δεν είναι διαθέσιμη
- Η απόφαση για εκκένωση πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ειδικές νομοθεσίες και κανονισμούς
- Η ύπαρξη ενός, καλά δομημένου, αξιόπιστου και επιβεβαιωμένου σχεδίου εκκένωσης δίνει στον υπεύθυνο (που θα δώσει εντολή για έναρξη της εκκένωσης) μεγαλύτερη εμπιστοσύνη
- Οι καλές αποφάσεις λαμβάνονται με σωστή και έγκαιρη πληροφόρηση. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων πρέπει να αναζητούν και να αξιολογούν τις συμβουλές των εμπειρογνομόνων

Η πιο σοβαρή και δύσκολη από όλες τις αποφάσεις, είναι το αν και το πότε θα δοθεί εντολή έναρξης εκκένωσης σε περίπτωση απειλής βομβιστικής ενέργειας. Για παράδειγμα, όταν ληφθεί μια απειλή για βόμβα υπάρχουν τρεις διαθέσιμες επιλογές για την ομάδα της διαχείρισης ασφαλείας ενός οργανισμού:

1. Αγνόηση απειλής για βόμβα
2. Άμεση και ολική εκκένωση
3. Αναζήτηση απειλητικού αντικειμένου και εκκένωση αν χρειαστεί

Η ενημέρωση περιλαμβάνει τη διάδοση των πληροφοριών στους ενοίκους, με τη μορφή συμβουλών και οδηγιών κατεύθυνσης. Μια προειδοποίηση εκκένωσης πρέπει να είναι δομημένη έτσι ώστε να παρέχει έγκαιρη και αποτελεσματική πληροφόρηση.

Στους παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της προειδοποίησης περιλαμβάνονται ο χρόνος, η απόσταση, η οπτική επαφή με το σήμα της προειδοποίησης, τα χαρακτηριστικά της κατάστασης έκτακτης ανάγκης, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο θα μεταδοθεί η ενημέρωση από το εξειδικευμένο προσωπικό.

Το σχέδιο ασφαλείας πρέπει να μη βασίζεται μόνο σε ένα μέσο ενημέρωσης και έναρξης της εκκένωσης (π.χ. ηχητικό, οπτικό).

Τα βασικά ζητήματα κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού απομάκρυνσης ενοίκων είναι τα εξής:

- Έλεγχος/Συντονισμός
- Προτεραιότητες εκκένωσης
- Οδεύσεις διαφυγής
- Σταδιακή εκκένωση
- Τοποθεσίες αναφοράς
- Ειδικές παροχές σε ομάδες με ειδικές ανάγκες
- Καταχώρηση ονομάτων ενοίκων
- Ασφάλιση της εκκενωμένης περιοχής
- Δημιουργία σημείου ελέγχου της εκκένωσης
- Ενημέρωση των διοικητών από κάθε εμπλεκόμενο οργανισμό ή ομάδα

Η επιλογή τοποθεσίας συγκέντρωσης περιλαμβάνει την παροχή ασφάλειας των ενοίκων και την ικανοποίηση βασικών αναγκών των πληγέντων από τις άμεσες ή δυνητικές επιπτώσεις του κινδύνου. Πρέπει να βασίζεται στην ασφάλεια, στη διαθεσιμότητα και στη χωρητικότητα και πρέπει να γίνεται με γνώμονα τα παρακάτω:

- **Άδεια χρήσης:** σε περίπτωση χρήσης δημόσιων ή ιδιωτικών χώρων, όπως σχολεία)
- **Προσβασιμότητα περιοχής:** πρέπει να είναι εύκολη στην πρόσβαση και να έχει σημανθεί κατάλληλα
- **Ιατρική βοήθεια:** πρώτες βοήθειες, άμεσες ανάγκες
- **Καταχώρηση ονομάτων και επιβεβαίωση εκκένωσης:** Με τον όρο “**επιβεβαίωση εκκένωσης**” ορίζεται η κατάσταση κατά την οποία επιβεβαιώνεται ότι **όλοι οι ένοικοι** μιας εγκατάστασης έχουν εκκενώσει την περιοχή. Υπάρχουν δύο μέθοδοι με τις οποίες μπορεί να επιβεβαιωθεί μια εκκένωση, η ονομαστική μέθοδος – (The Roll-Call Method), και η μέθοδος αναζήτησης.



Είναι απαραίτητο να εκτιμηθούν οι συνθήκες που επικρατούν στην πληγείσα περιοχή για να καθοριστεί αν η επιστροφή σε αυτές είναι ασφαλής.

**Αξιολόγηση της πληγείσας περιοχής:** παρούσα κατάσταση του κινδύνου, πιθανότητα μελλοντικής “ενεργοποίησης”, ασφάλεια των εγκαταστάσεων (στατικά, λειτουργικές μονάδες, συστήματα ασφαλείας) και διαθεσιμότητα των πόρων των εγκαταστάσεων

**Κριτήρια επιστροφής ενοίκων:** αξιολόγησής σωματικής και ψυχολογικής κατάστασης των ενοίκων

**Οικονομικά κριτήρια:** μελέτη των οικονομικών παραγόντων των επιπτώσεων του κινδύνου, καθώς και της διαδικασίας επιστροφής σε έναν χώρο που έχει περάσει από κατάσταση έκτακτης ανάγκης σε μικρό χρονικό διάστημα

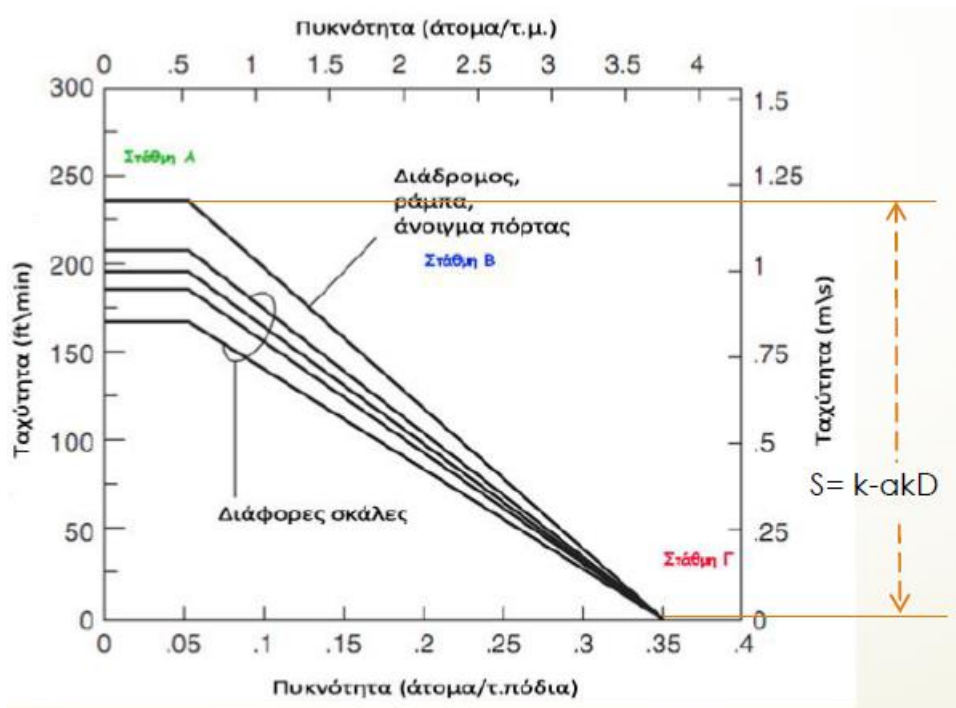
**Επιπλέον παράγοντες:** Διαχείριση και ασφάλιση των επικίνδυνων κατασκευών, ενεργοποίηση των κανονικών υπηρεσιών (ηλεκτρικό ρεύμα, νερό, αποχέτευση, επικοινωνίες κ.ά.), εγκατάσταση ενός μηχανισμού συνεχούς επικοινωνίας.

Οι δύο παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιτυχία μιας εκκένωσης είναι, πρώτον, ο χρόνος που χρειάζεται για την εκκένωση του χώρου και, δεύτερον, τα προβλήματα συνωστισμού που μπορούν να δημιουργηθούν. (Gustin, 2007)

## Παράμετροι χρόνου κίνησης

### Ταχύτητας βαδίσματος κατά την εκκένωση

Η ταχύτητα βαδίσματος θεωρείται μέση, αναφέρεται σε όλη την ομάδα εκκένωσης μέσω μιας δεδομένης όδευσης διαφυγής, αναφέρεται σε οριζόντιο ή σχεδόν οριζόντιο δάπεδο και σε σκάλες. Εξαρτάται άμεσα από την πυκνότητα των ενοίκων. Το **Διάγραμμα 2.1**, παρουσιάζει την ταχύτητα βαδίσματος συναρτήσει της πυκνότητας των ενοίκων.



**Διάγραμμα 2.1** Ταχύτητες βαδίσματος κατά τη διαδικασία εκκένωσης συναρτήσει της πυκνότητας (Nelson & Mowrer, 2002)

**A:** Κίνηση πεζών χωρίς καμία επιρροή μεταξύ τους και καμία αλληλεπίδραση μεταξύ του προσωπικού χώρου του κάθε πεζού.

**B:** Κίνηση πεζών μέχρι το όριο όπου υπάρχει ανεκτικότητα μεταξύ τους και τα όρια των προσωπικών τους χώρων είναι ελάχιστα

**Γ:** Υπάρχει έντονος συνωστισμός, ενδεχομένως να γίνεται κάποια κίνηση, αλλά θεωρείται μηδενική.

**Πίνακας 2.1 Σταθερά k**  
(Nelson & Mowrer, 2002)

Στοιχείο Διαδρομής Εξόδου		k1 για S (ft/m)	K2 για S (m/s)
Διάδρομος, ράμπα, άνοιγμα πόρτας		275	1.4
Σκάλες			
ύψος σκαλοπατιού (in)	πλάτος σκαλοπατιού (in)		
7.5	10	196	1.00
7.0	11	212	1.08
6.5	12	229	1.16
6.5	13	242	1.23

**Πίνακας 2.2 Μέγιστες ταχύτητες διαφυγής (ανεμπόδιστες)**  
(Nelson & Mowrer, 2002)

Στοιχείο Διαδρομής Εξόδου		ft/m	m/s
Διάδρομος, ράμπα, άνοιγμα πόρτας		235	1.19
Σκάλες			
ύψος σκαλοπατιού (in)	πλάτος σκαλοπατιού (in)		
7.5	10	167	0.85
7.0	11	187	0.95
6.5	12	196	1.00
6.5	13	207	1.05

\*ενήλικες χωρίς αναπηρία

**Πίνακας 2.3 Ταχύτητα σε οριζόντια επιφάνεια**  
(Proulx G. , 2002)

Ομάδα ατόμων (αριθμός)	Μέση ταχύτητα (m/s)	Τυπική απόκλιση (m/s)	Εύρος (m/s)	Ενδοτεταρτομοριακό εύρος (m/s)
Όλες οι αναπηρίες (107)	1.00	0.42	0.10–1.77	0.71–1.28
Με κινητικό πρόβλημα (101)	0.80	0.37	0.10–1.68	0.57–1.02
Χωρίς βοήθεια (52)	0.95	0.32	0.24–1.68	0.70–1.02
Με πατερίτσα (6)	0.94	0.3	0.63–1.35	0.67–1.24
Με μπαστούνι (33)	0.81	0.38	0.26–1.60	0.49–1.08
Με χρήση Π (10)	0.57	0.29	0.10–1.02	0.34–0.83
Χωρίς κινητική ανεπάρκεια (6)	1.25	0.32	0.82–1.77	1.05–1.34
Ηλεκτρικό καρεκλάκι (2)	0.89	—	0.85–0.93	—
Χειροκίνητο καρεκλάκι με βοήθεια (12)	0.69	0.35	0.13–1.35	0.38–0.94
Χειροκίνητο καρεκλάκι με βοήθεια (16)	1.30	0.34	0.84–1.98	1.02–1.59
Με ιατρική βοήθεια (18)	0.78	0.34	0.21–1.40	0.58–0.92

**Πίνακας 2.4 Ταχύτητα σε σκάλες**  
(Proulx G. , 2002)

Ομάδα ατόμων (αριθμός)	Μέση ταχύτητα (m/s)	Τυπική απόκλιση (m/s)	Εύρος (m/s)	Ενδοτεταρτομοριακό εύρος (m/s)
<b>Άνοδος</b>				
Με κινητικό πρόβλημα (30)	0.38	0.14	0.13–0.62	0.26–0.52
Χωρίς βοήθεια (19)	0.43	0.13	0.14–0.62	0.35–0.55
Με πατερίτσα (1)	0.22	—	0.13–0.31	0.26–0.45
Με μπαστούνι (9)	0.35	0.11	0.18–0.49	—
Με χρήση Π (1)	0.14	—	—	—
Χωρίς αναπηρία (8)	0.70	0.24	0.55–0.82	0.55–0.78
<b>Κάθοδος</b>				
Με κινητικό πρόβλημα (30)	0.33	0.16	0.11–0.70	0.22–0.45
Χωρίς βοήθεια (19)	0.36	0.14	0.13–0.70	0.20–0.47
Με πατερίτσα (1)	0.22	—	—	—
Με μπαστούνι (9)	0.32	0.12	0.11–0.49	0.24–0.46
Με χρήση Π (1)	0.16	—	—	—
Χωρίς αναπηρία (8)	0.70	0.26	0.45–1.10	0.53–0.90

Η ροή των ενοίκων που εκκενώνουν το χώρο χρησιμοποιώντας μια όδευση διαφυγής, ανά μονάδα ενεργού πλάτους, ανά μονάδα χρόνου. Υπολογίζεται ως το γινόμενο της ταχύτητας επί την πυκνότητα:

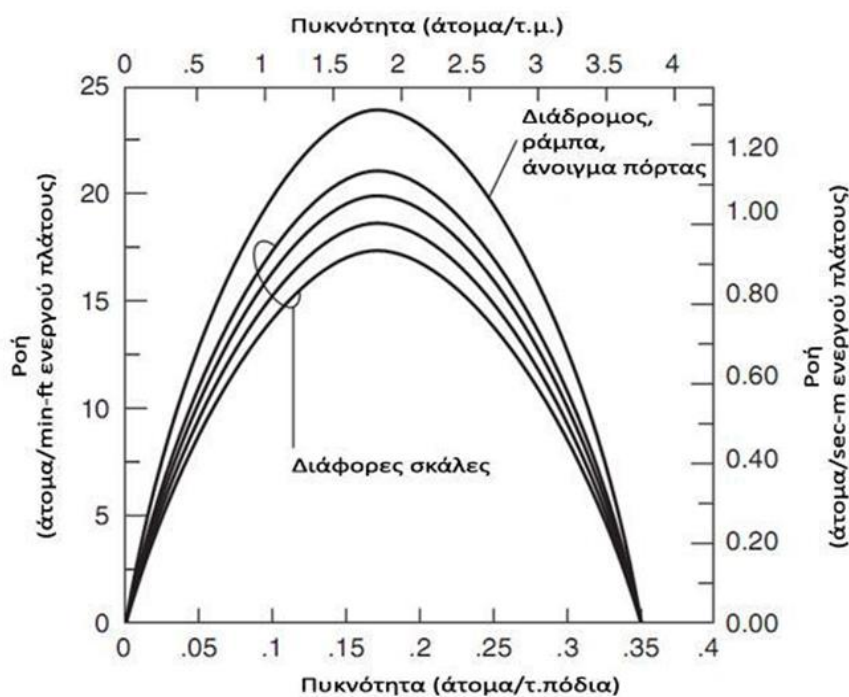
$F_s = S \cdot D$  όπου:

- $F_s$  = ειδική ροή
- $D$  = πυκνότητα των ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας
- $S$  = ταχύτητα

Η μέγιστη ειδική ροή εμφανίζεται όταν  $D = 1,9$  άτομα/ $m^2$

**Πίνακας 2.5 Μέγιστη ειδική ροή  $F_s$**   
(Nelson & Mowrer, 2002)

Στοιχείο Διαδρομής Εξόδου		Άτομα/m/ft ενεργού πλάτους	Άτομα/s/m ενεργού πλάτους
Διάδρομος, ράμπα, άνοιγμα πόρτας		24.0	1.3
Σκάλες			
ύψος σκαλοπατιού (in)	πλάτος σκαλοπατιού (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



**Διάγραμμα 2.2 Ειδική ροή συναρτήσει της πυκνότητας**  
(Nelson & Mowrer, 2002)

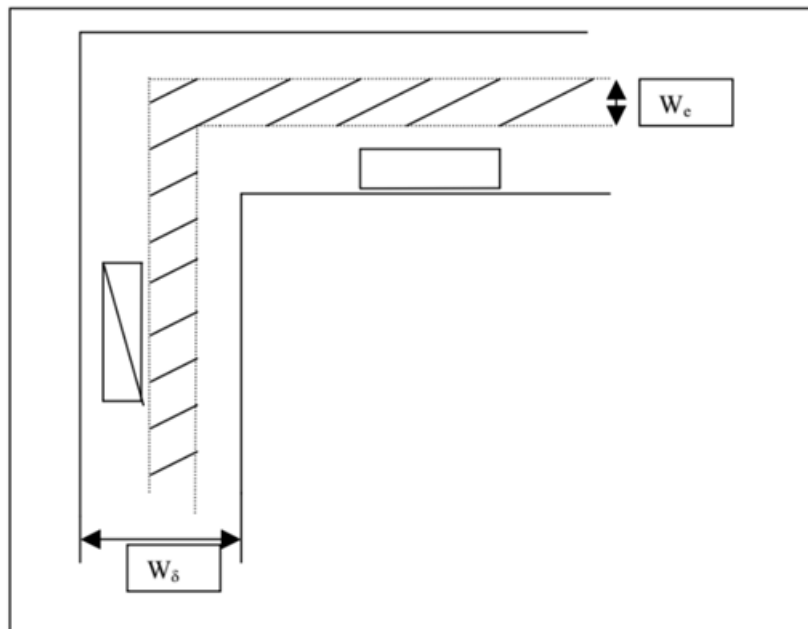
Ικανότητα ροής – Παροχή  $Q$ , ορίζεται ως ο αριθμός των ανθρώπων που διέρχονται μέσα από μία διατομή όδευσης διαφυγής ανά δευτερόλεπτο. Προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την ειδική ροή  $F_s$  με το ενεργό πλάτος  $W_e$ .

$Q = F_s * W_e$  όπου:

- $Q$  = παροχή
- $F_s$  = ειδική ροή
- $W_e$  = ενεργό πλάτος

### Ενεργό Πλάτος $W_e$

Οι άνθρωποι τείνουν να μην φτάνουν ακριβώς σε επαφή με τα τοιχώματα ή άλλα εμπόδια κατά μήκος μιας όδευσης διαφυγής κατά την κίνησή τους. Το πλάτος μείωσης από κάθε πλευρά εξαρτάται από τον τύπο του εμποδίου κατά μήκος της όδευσης. Σε διάδρομο όδευσης διαφυγής σε υπόγειο χώρο, η μέγιστη παρατηρούμενη τιμή είναι 20 cm για κάθε πλευρά καθώς, συνήθως, οι τοίχοι των διαδρόμων διαθέτουν μεγάλη τραχύτητα (εκτοξευμένο σκυρόδεμα) σε περίπτωση που η όδευση καταλαμβάνει όλο το πλάτος διαδρόμου. Υπάρχει ακόμα και η δυσμενέστερη περίπτωση να υπάρχουν σταθμευμένα μηχανήματα ή οχήματα μεταφοράς φορτίων (κακή πρόληψη και συντήρηση οδεύσεων διαφυγής).



Σχήμα 2.1 Ενεργό πλάτος σε σχέση με πλάτος διαδρόμου λόγω εμποδίων (Κυρίτσης Φ., 2010)

### Επιρροή καπνού στην κίνηση

Η ύπαρξη καπνού προκαλεί ψυχολογική και σωματική επιβάρυνση. Σε ένα διάδρομο γεμάτο με καπνό που εξαπλώνεται, οι άνθρωποι τείνουν να γυρνάνε πίσω παρά να μπουκν μέσα στον καπνό, εκτός και αν βλέπουν πίσω τους φλόγες φωτιάς. Συνέπεια σε περίπτωση κίνησης μέσα σε αραιό καπνό είναι η μείωση ταχύτητας.

**Πίνακας 2.6 Επιρροή καπνού στην ορατότητα και την ταχύτητα**  
(Zuccaro T., 2009)

Πυκνότητα Καπνού	Μείωση Ορατότητας	Επίδραση
Καμία	Καμία	Μέση ταχύτητα 1.2 m/s
Λίγος χωρίς ενόχληση	2 μέτρα	Μέση ταχύτητα 0.3 m/s
Ενοχλητική	Μειωμένη	Μέση ταχύτητα 0.3 m/s
Πυκνός	<3 μέτρα	30% των ανθρώπων γυρνάνε πίσω

## Κεφάλαιο 3. Κανονισμοί εκκένωσης

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι κανονισμοί που πρέπει να ακολουθούνται ώστε να δημιουργηθεί ένας χώρος ο οποίος θα μπορεί να προσφέρει ασφαλείς συνθήκες σε πιθανή περίπτωση άμεσης εκκένωσής του. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι κανονισμοί και προδιαγραφές που έχουν άμεση σχέση με την τοποθέτηση των εξόδων διαφυγής στο χώρο. Οι πληροφορίες αντλήθηκαν τόσο από τον Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων (Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, 1999), που είναι η μοναδική πηγή πληροφοριών και υποχρεώσεων στον Ελλαδικό χώρο για την δημιουργία οποιουδήποτε είδους και χρήσης κτιρίου όσο και από το NFPA 101 (National Fire Protection Association 101, 2009).

### Ταξινόμηση κτιρίων

Για τους σκοπούς του κανονισμού, σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων, οι χώροι ταξινομούνται ανάλογα με τη χρήση τους σε εννιά κατηγορίες όπως φαίνεται παρακάτω.

**Πίνακας 3.1 Ταξινόμηση κτιρίων**  
(Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, 1999)

	Κατηγορία	Είδη χώρων
A.	Κατοικίες	Χώροι διαμερισμάτων, ξεχωριστές κατοικίες, οικοτροφεία
B.	Ξενοδοχεία	Ξενοδοχεία, ξενώνες
Γ.	Γραφεία	Χώροι με δημόσια ή και ιδιωτικά γραφεία
Δ.	Εκπαιδευτήρια	Σχολικά κτίρια όλων των κατηγοριών και βαθμίδων εκπαίδευσης
E.	Καταστήματα	Χώροι για αποθήκευση, έκθεση και πώληση Εμπορευμάτων
ΣΤ.	Χώροι συνάθροισης κοινού	Χώροι που χρησιμοποιούνται για τη συνάθροιση ατόμων, για κοινωνικές, οικονομικές, πνευματικές, ψυχαγωγικές ή αθλητικές δραστηριότητες
Z.	Βιομηχανίες - Αποθήκες	Χώροι που στεγάζουν βιομηχανικές και βιοτεχνικές δραστηριότητες ή και χρησιμοποιούνται για αποθήκευση πρώτων υλών & βιομηχανικών προϊόντων
H.	Νοσηλευτικές εγκαταστάσεις - Φυλακές	Νοσοκομειακά κτίρια, γηροκομεία, παιδοβρεφονηπιακοί σταθμοί (με ύπνο). Κτίρια σωφρονισμού (φυλακές - αναμορφωτήρια)
Θ.	Χώροι στάθμευσης οχημάτων & πρατήρια υγρών καυσίμων	Υπαίθριοι, υπόγειοι και υπέργειοι χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων και πρατήρια υγρών καυσίμων

Συγκεκριμένα στους χώρους συνάθροισης κοινού περιλαμβάνονται τα κτίρια ή τα τμήματα κτιρίων στα οποία συγκεντρώνεται το κοινό για κοινωνικές, οικονομικές, πολιτιστικές, θρησκευτικές, ψυχαγωγικές επιστημονικές και αθλητικές εκδηλώσεις και δραστηριότητες καθώς και για την αναμονή συγκοινωνιακών μέσων. Ταξινομούνται για τις ανάγκες του κανονισμού αυτού στις ακόλουθες κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση:

Σ1: Θέατρα, κινηματογράφοι, συνεδριακά κέντρα, αίθουσες διαλέξεων, συναυλιών, δικαστηρίων, αμφιθέατρα και μεγάλες αίθουσες διδασκαλίας, ναοί, κ.λπ.

Σ2: Χώροι εκθέσεων, μουσεία, χώροι αναμονής συγκοινωνιακών μέσων, χώροι αναμονής θεαμάτων (φουαγιέ), κ.λπ.

Σ3: Εστιατόρια, ζαχαροπλαστεία, καφενεία, κέντρα διασκέδαστων, λέσχες, BAR, κ.λπ.

Σ4: Χώροι αθλητικών εκδηλώσεων.

Οι διατάξεις του άρθρου αυτού έχουν εφαρμογή μόνο σε χώρους συνάθροισης κοινού με πληθυσμό άνω των 50 ατόμων.

Λεπτομερέστερος προσδιορισμός των κτιρίων που ανήκουν σε κάθε κατηγορία δίνεται στις Ειδικές Διατάξεις του Κανονισμού. Ο χαρακτηρισμός της κατηγορίας αναφέρεται σε ολόκληρο το χώρο ή σε ένα τμήμα του ή σε ένα πυροδιαμέρισμα και αφορά στην κύρια χρήση του κτιρίου. Τυχόν δευτερεύουσα άλλη χρήση που συνυπάρχει στο χώρο εξετάζεται χωριστά, αν πρόκειται για κατοικία ή αν καταλαμβάνει επιφάνεια μεγαλύτερη του 1/4 της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου.

Ανεξάρτητα από τη χρήση του, ένας χώρος ή τμήμα του 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. Ο χαρακτηρισμός "υψηλού βαθμού κινδύνου" ισχύει και για την περίπτωση που η πυκνότητα του πυροθερμικού φορτίου του κτιρίου είναι μεγαλύτερη από  $2.000\text{MJ/m}^2$  (περίπου  $100\text{kg/m}^2$  ισοδύναμο ξύλου). Στην περίπτωση μεμονωμένων επικίνδυνων χώρων (π.χ. λεβητοστάσια, δεξαμενές καυσίμων κλπ.) ισχύουν άλλα μέτρα που αναφέρονται στον Κανονισμό. Στην περίπτωση κτιρίου ή τμήματος κτιρίου με υψηλό βαθμό κινδύνου, εκτός από τις απαιτήσεις της κύριας χρήσης ισχύουν και τα παρακάτω:

- Το επιτρεπόμενο μέγιστο μήκος της πραγματικής απροστάτευτης όδευσης διαφυγής είναι 20 m.
- Η παροχή ανά μονάδα πλάτους καθορίζεται σε 30 άτομα για τις σκάλες και σε 50 άτομα για τα οριζόντια τμήματα της όδευσης διαφυγής.
- Επιβάλλεται η εγκατάσταση αυτομάτου συστήματος πυρόσβεσης.

## **Οδεύσεις διαφυγής**

Ο κύριος στόχος του σχεδιασμού των οδεύσεων διαφυγής σε έναν χώρο είναι η επίτευξη ασφαλούς εκκένωσης όλων των ενοίκων, σε περίπτωση πυρκαγιάς. Οι οδεύσεις διαφυγής πρέπει να παραμένουν ασφαλείς και αποτελεσματικές για τη χρονική διάρκεια που χρειάζονται και να είναι σαφώς αντιληπτές και προσπελάσιμες από όλους τους χρήστες. Η χρήση του κτιρίου και οι ανάγκες των ενοίκων καθορίζουν τον τρόπο σχεδιασμού, τη διαστασιολόγηση, καθώς και τη θέση των οδεύσεων διαφυγής.

Η παροχή της όδευσης διαφυγής καθορίζεται με βάση την ειδική χρήση του κτιρίου και υπολογίζεται για κάθε όροφο ανάλογα με το θεωρητικό πληθυσμό του. Ο όροφος με το μεγαλύτερο αριθμό ενοίκων (πληθυσμό) καθορίζει την παροχή της κατακόρυφης όδευσης διαφυγής (κλιμακοστασίου). Σε περίπτωση κτιρίων με περισσότερους των έξι ορόφων (συμπεριλαμβανομένου και του ισογείου) η παροχή της κατακόρυφης όδευσης διαφυγής -



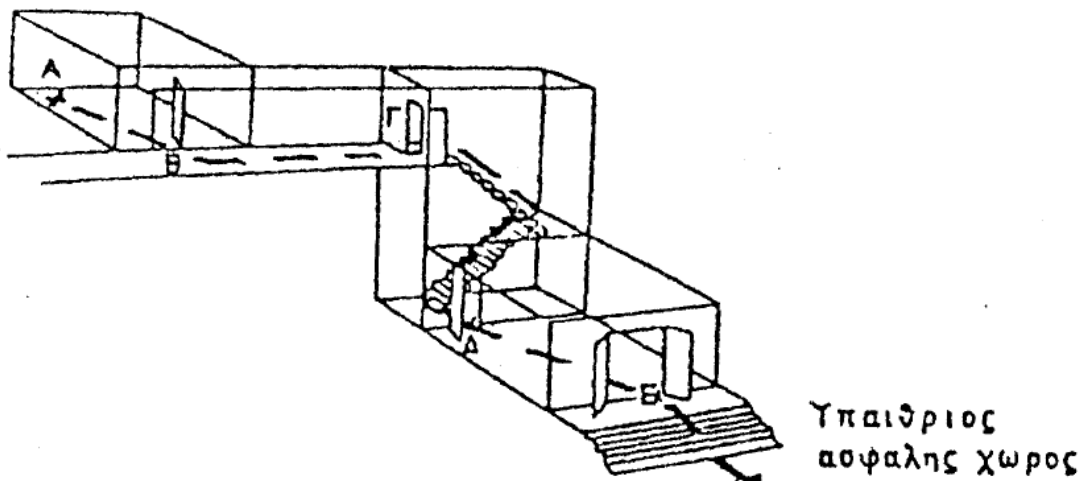
κλιμακοστασίου ισούται με το άθροισμα των παροχών δύο διαδοχικών ορόφων. Το πλάτος των τελικών εξόδων στον όροφο ή το επίπεδο εκκένωσης πρέπει να επαρκεί για το άθροισμα των παροχών  $\alpha + \beta + \gamma$  όπου:

$\alpha$ : παροχή κλιμακοστασίων και ραμπών από υπερκείμενους ορόφους ή επίπεδα

$\beta$ : παροχή κλιμακοστασίων και ραμπών από υποκείμενους ορόφους ή επίπεδα

$\gamma$ : παροχή από τον ίδιο όροφο ή επίπεδο εκκένωσης

Ως πλάτος της όδευσης διαφυγής ορίζεται το ελεύθερο πλάτος στο στενότερο σημείο και μέχρι ύψους 2,00 m. Η μονάδα πλάτους της όδευσης διαφυγής ορίζεται σε 0,60 του μέτρου. Το ελάχιστο πλάτος οποιασδήποτε όδευσης διαφυγής δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερο του 0,70 του μέτρου. Το πλάτος της όδευσης διαφυγής δεν επιτρέπεται να μειώνεται, σε καμιά περίπτωση, στην πορεία προς την τελική έξοδο. Το απαιτούμενο πλάτος της όδευσης διαφυγής, για όλα τα στάδια, προσδιορίζεται σε συνάρτηση με τον αριθμό των ενοίκων, ανάλογα με την ειδική χρήση του κτιρίου (ειδικές διατάξεις) και εκφράζεται σε ακέραιες μονάδες πλάτους (0,60m). Όταν απαιτείται από τον υπολογισμό, προστίθεται μισή μονάδα πλάτους (0,30m) και όχι κλάσματα. Ο περιορισμός αυτός δεν ισχύει για τον καθορισμό του ελαχίστου επιτρεπόμενου πλάτους. Το ελεύθερο ύψος των χώρων, όπου περνά όδευση διαφυγής, πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,20 m, ενώ για τις σκάλες, δοκούς, ανώφλια θυρών μπορεί να είναι 2,00 m. Οι οδεύσεις διαφυγής δεν πρέπει γενικά να περνούν κοντά σε τμήματα του κτιρίου, που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό κινδύνου.



**Εικόνα 3.1** Στάδια οδεύσεων διαφυγής  
(Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, 1999)

Το πρώτο στάδιο της όδευσης διαφυγής ΑΒΓ ονομάζεται απροστάτευτη όδευση διαφυγής και αφορά στην πορεία από έναν τυχόν σημείο του κτιρίου μέχρι ένα χώρο ασφαλή ή σχετικά ασφαλή, που μπορεί να είναι:

Α) μια τελική έξοδος προς υπαίθριο χώρο

Β) μια έξοδος κινδύνου ορόφου προς μια πυροπροστατευμένη όδευση διαφυγής

Γ) μια οριζόντια έξοδος

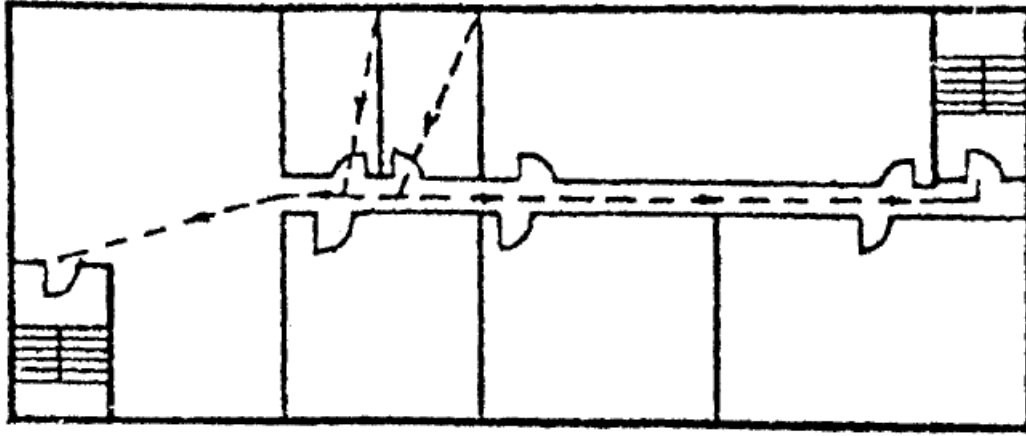
Το δεύτερο στάδιο ΓΔ αφορά στην πορεία από μια έξοδο κινδύνου (τέλος του 1<sup>ου</sup> σταδίου), μέχρι την έξοδο στο επίπεδο του ορόφου εκκένωσης. Όλη αυτή η πορεία είναι πυροπροστατευμένη, περιβάλλεται δηλαδή από δομικά στοιχεία με προκαθορισμένο δείκτη πυραντίστασης. Το δεύτερο στάδιο της όδευσης διαφυγής αποτελείται συνήθως από πυροπροστατευμένα κλιμακοστάσια αλλά μερικές φορές μπορεί να συμπεριλαμβάνει και πυροπροστατευμένους οριζόντιους διαδρόμους (τμήμα ΒΓ) ή πυροπροστατευμένο προθάλαμο.

Το τρίτο στάδιο ΔΕ αποτελεί την οριζόντια όδευση προς την τελική έξοδο και την εκκένωση των ενοίκων σε χώρο απόλυτα ασφαλή, κοινόχρηστο δρόμο ή ύπαιθρο. Είναι η συνέχεια των προστατευμένων οδεύσεων διαφυγής από τους υπέργειους (ή υπόγειους) ορόφους προς το εξωτερικό του κτιρίου και από εκεί, αν απαιτείται σε περιοχή ελεύθερη και ασφαλή. Η όδευση του τρίτου σταδίου μέσα στο κτίριο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο σύντομη, ευθεία και πυροπροστατευμένη. Η τελική έξοδος ή οι τελικές εξοδοί πρέπει να τοποθετούνται κατάλληλα στην κάτοψη του κτιρίου, έτσι ώστε να είναι σαφής η κατεύθυνση διαφυγής προς το ύπαιθρο. Το τμήμα της όδευσης του τρίτου σταδίου που βρίσκεται έξω από το κτίριο, πρέπει να οδηγεί με ασφάλεια μακριά από το κτίριο και να προστατεύεται από την ακτινοβολία, τον καπνό και τις φλόγες που προέρχονται από τα ανοίγματα.

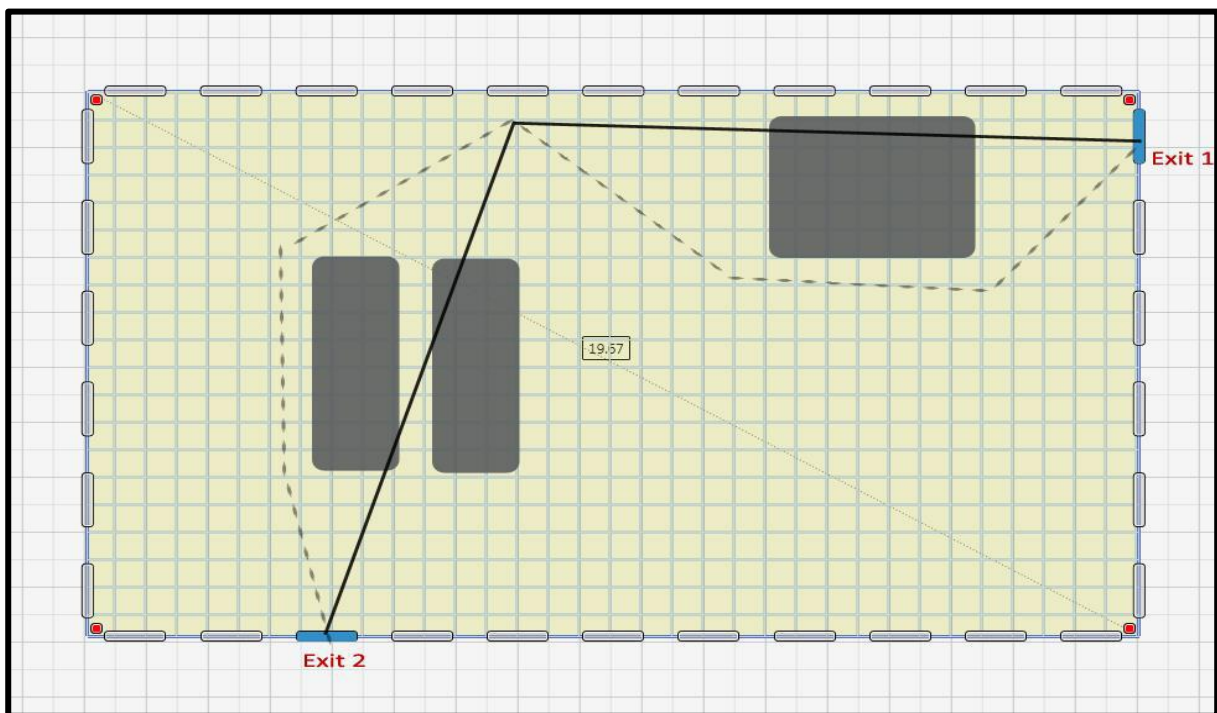
#### **Απόσταση διαφυγής – Διάταξη εξόδων**

Πραγματική απόσταση, όδευσης διαφυγής, ορίζεται το μήκος της πραγματικής πορείας μη συμπεριλαμβανομένων των κινητών επίπλων, που πρέπει να διασχίσει το άτομο από τυχαίο σημείο της κάτοψης του κτιρίου μέχρι να φθάσει στην πιο κοντινή έξοδο κινδύνου, δηλαδή στην αρχή μιας πυροπροστατευμένης όδευσης διαφυγής. Άμεση απόσταση διαφυγής λέγεται το μήκος της ευθείας γραμμής από τυχόν σημείο ενός ορόφου, μετρούμενη μέσα στο περίγραμμα του κτιρίου, προς την πλησιέστερη έξοδο κινδύνου, αγνοώντας τα ενδιάμεσα χωρίσματα και τους τοίχους, εκτός από αυτούς του πυροπροστατευμένου κλιμακοστασίου.

Η πραγματική απόσταση όπως και η άμεση απόσταση απροστάτευτης όδευσης αναφέρονται συνήθως σε οριζόντια διαδρομή. Όταν όμως παρεμβάλλεται στην όδευση απροστάτευτο κλιμακοστάσιο, προστίθεται το ανάπτυγμα της σκάλας στη γραμμή ανάβασης, επαυξημένο κατά 50%.



**Εικόνα 3.2** Πραγματική απόσταση απροστάτευτης όδευσης διαφυγής  
(Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, 1999)



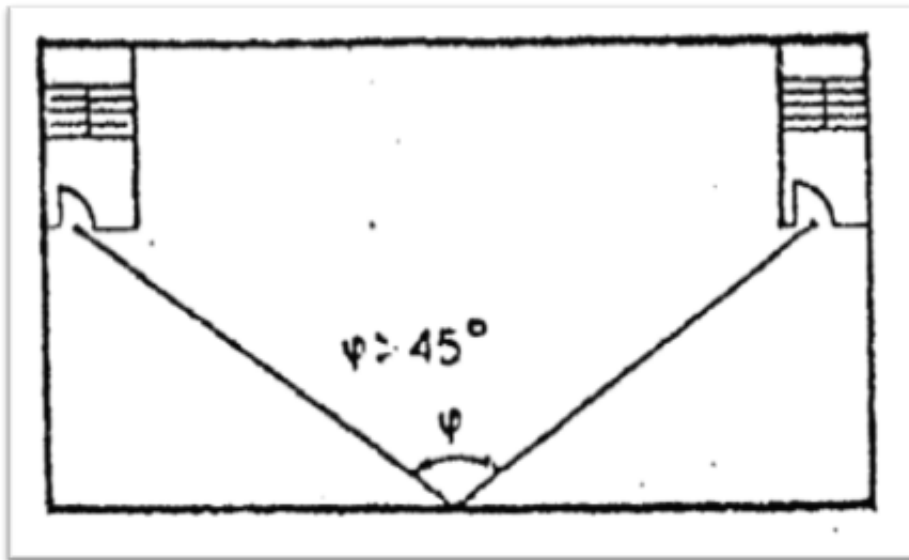
**Σχήμα 3.1** Άμεση και πραγματική απόσταση από τυχαίο σημείο του χώρου - Συνεχής γραμμή = άμεση απόσταση, Διακεκομμένη γραμμή = Πραγματική απόσταση  
(Καλλιανιώτης Α. , 2015)

Τα μέγιστα, κατά περίπτωση, επιτρεπόμενα μήκη αποστάσεων (πραγματικής - άμεσης διαφυγής) καθορίζονται από τις αντίστοιχες Ειδικές διατάξεις ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου.

Αν ένα τμήμα αυτού του σταδίου 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, αν δεν καθορίζεται διαφορετικά στις Ειδικές διατάξεις. Όταν υπάρχει αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης, η απροστάτευτη απόσταση διαφυγής επιτρέπεται να αυξάνεται, όπως καθορίζεται συγκεκριμένα στις Ειδικές Διατάξεις. 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. Οι έξοδοι κινδύνου από κάθε σημείο του χώρου πρέπει να τοποθετούνται σε θέσεις αντιληπτές από τους ενοίκους.

Οι οδεύσεις διαφυγής από τυχαίο σημείο ενός χώρου προς τις δύο εναλλακτικές εξόδους πρέπει να σχηματίζουν γωνία μεγαλύτερη των  $45^\circ$  για να θεωρηθεί ότι αποτελούν δύο ξεχωριστές οδεύσεις. Ο κανονισμός αυτός περιλαμβάνεται μόνο στον Ελληνικό Κανονισμό πυροπροστασίας κτιρίων.



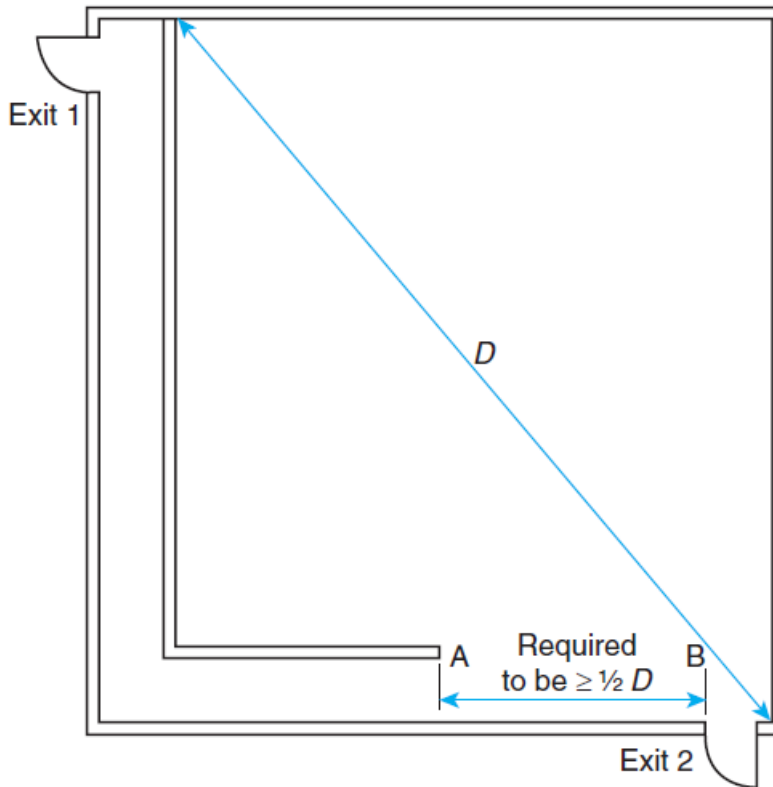
**Σχήμα 3.2** Οι οδεύσεις διαφυγής σχηματίζουν γωνία μεγαλύτερη των  $45^\circ$   
(Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, 1999)

Όταν υπάρχουν δύο εναλλακτικές οδεύσεις διαφυγής αρκεί μόνο η μία από αυτές να πληρεί το μέγιστο όριο μήκους της πραγματικής απόστασης. Οι πόρτες 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. Οι οδεύσεις διαφυγής δεν πρέπει γενικά να περνούν κοντά σε τμήματα του κτιρίου που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό κινδύνου, εκτός εξαιρέσεων, μετά από έγκριση της ελέγχουσας αρχής.

Οι κανονισμοί που δεν περιλαμβάνουν των παραπάνω κανονισμό των  $45^\circ$ , για να μπορέσουν να διασφαλίσουν μια ικανοποιητική διαφοροποίηση των οδεύσεων διαφυγής προς δύο διαφορετικές εξόδους, έχουν εισάγει μια διαφορετική παράμετρο. Στον κανονισμό Life Safety Code Handbook του NFPA, αναφέρεται ότι η θέση και η πρόσβαση των εξόδων διαφυγής, πρέπει να είναι τέτοια ώστε να είναι προσβάσιμες από τον κάθε ένοικο και ανά πάσα στιγμή. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται η σχέση μεταξύ της απόστασης τουλάχιστον δύο εκ των εξόδων διαφυγής με τη μέγιστη διαγώνιο απόσταση του κτιρίου (**Σχήμα 3.3**). Αναλόγως αν ο χώρος περιλαμβάνει αυτόματο σύστημα καταιονισμού νερού ή όχι, η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των εξόδων διαφυγής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη μισή της μέγιστης διαγώνιου

(χωρίς αυτόματο σύστημα), ή μεγαλύτερη από το 1/3 της μέγιστης διαγωνίου (με αυτόματο σύστημα). (National Fire Protection Association 101, 2009)

Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτός ο περιορισμός περιλαμβάνει είτε την απόσταση των εξόδων διαφυγής μεταξύ τους είτε την απόσταση των οδεύσεων διαφυγής μέχρι το ασφαλές σημείο (π.χ. εξωτερικός χώρος, ασφαλής χώρος συγκέντρωσης) λαμβάνοντας υπόψη τη μικρότερη.



**Σχήμα 3.3 Όρια ελάχιστης απόστασης εξόδων διαφυγής**  
(National Fire Protection Association 101, 2009)

Στους χώρους συνάθροισης κοινού, το μέγιστο μήκος πραγματικής απροστάτευσης όδευσης διαφυγής δεν πρέπει να ξεπερνά τα 45 m. Επιτρέπεται αύξηση μέχρι τα 60 m. Εφόσον οι χώροι από τους οποίους διέρχεται προστατεύονται από αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης. Σύμφωνα με τις γενικές διατάξεις αρκεί μόνο η μία από τις οδεύσεις να πληρεί το μέγιστο όριο μήκους της πραγματικής απόστασης.

Η μέγιστη απόσταση από την πλατφόρμα έως ένα σημείο της εξόδου διαφυγής, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 100 m (325 ft). (National Fire Protection Association 130 , Edition 2014)

**Πίνακας 3.2 Μέγιστα όρια αποστάσεων από την έξοδο κατά NFPA**  
(National Fire Protection Association 101, 2009)

Είδος εγκαταστάσεων	Πραγματική απόσταση (m)	
	Χωρίς αυτόματη πυρόσβεση	Με αυτόματη πυρόσβεση
Χώροι συνάθροισης κοινού	61	76
Εκπαιδευτήρια	45	61
Παιδικοί σταθμοί	45	61
Νοσηλευτικές Εγκαταστάσεις	Δ/Π	61
Κινητές νοσηλευτικές Μονάδες	45	61
Σωφρονιστικές Εγκαταστάσεις	45	61
Κατοικίες	Δεν απαιτείται	Δεν απαιτείται
Ξενοδοχεία	53	99
Καταστήματα	45	Ποικίλει (76 - 120)
Γραφεία	61	91
Βιομηχανικοί χώροι	Ποικίλει (0 - 91)	Ποικίλει (23 - 122)
Αποθήκες	Ποικίλει (23 - 91)	Ποικίλει (23 - 122)
Χαμηλού κινδύνου	Δεν απαιτείται	Δεν απαιτείται
Κανονικού κινδύνου	61	122
Υψηλού κινδύνου	23	30

**Πίνακας 3.3 Κοινές διαδρομές μετακίνησης, αδιέξοδα και όρια αποστάσεων μετακίνησης  
για διαφορετικές κατηγορίες χρήσης  
(National Fire Protection Association 101, 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>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>di</sup>	325	99 <sup>di</sup>
Existing	35	10.7 <sup>g</sup>	50	15 <sup>g</sup>	50	15	50	15	175	53 <sup>dh</sup>	325	99 <sup>dh</sup>
Apartments												
New	35	10.7 <sup>g</sup>	50	15 <sup>g</sup>	35	10.7	50	15	175	53 <sup>di</sup>	325	99 <sup>di</sup>
Existing	35	10.7 <sup>g</sup>	50	15 <sup>g</sup>	50	15	50	15	175	53 <sup>di</sup>	325	99 <sup>di</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>di</sup>
Large, existing	110	33	160	49	50	15	50	15	175	53 <sup>di</sup>	325	99 <sup>di</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

Industrial												
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>b</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>b</sup>	50	15 <sup>a</sup>	50	15 <sup>a</sup>	75	23	75	23
Storage												
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>c</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>b</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>b</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>b</sup>	50	15 <sup>a</sup>	100	30 <sup>b</sup>	200	61	400	122

NR: No requirement. NA: Not applicable.

<sup>a</sup>For common path serving >50 persons, 20 ft (6.1 m); for common path serving ≤50 persons, 75 ft (23 m).

<sup>b</sup>Dead-end corridors of 20 ft (6.1 m) permitted; dead-end aisles of 20 ft (6.1 m) permitted.

<sup>c</sup>See Chapters 12 and 13 for special considerations for smoke-protected assembly seating in arenas and stadia.

<sup>d</sup>This dimension is for the total travel distance, assuming incremental portions have fully utilized their permitted maximums. For travel distance within the room, and from the room exit access door to the exit, see the appropriate occupancy chapter.

<sup>e</sup>See business occupancies, Chapters 38 and 39.

<sup>f</sup>See Chapter 23 for special considerations for existing common paths.

<sup>g</sup>This dimension is from the room/corridor or suite/corridor exit access door to the exit; thus, it applies to corridor common path.

<sup>h</sup>See the appropriate occupancy chapter for requirements for second exit access based on room area.

<sup>i</sup>See the appropriate occupancy chapter for special travel distance considerations for exterior ways of exit access.

<sup>j</sup>See 36.4.4 and 37.4.4 for special travel distance considerations in covered malls considered to be pedestrian ways.

<sup>k</sup>See Chapters 38 and 39 for special common path considerations for single-tenant spaces.

<sup>l</sup>See Chapters 40 and 42 for special requirements on spacing of doors in aircraft hangars.

<sup>m</sup>See Chapter 40 for industrial occupancy special travel distance considerations.

<sup>n</sup>See Chapters 40 and 42 for special requirements if high hazard conditions exist.

<sup>o</sup>See 42.8.2.6.2 for special travel distance considerations in open parking structures.

## Αδιέξοδα

Ως αδιέξοδο χαρακτηρίζεται μία κοινόχρηστη περιοχή του χώρου, από κάθε σημείο της οποίας η διαφυγή μπορεί να γίνει μόνο προς μία κατεύθυνση. Τα επιτρεπόμενα μέγιστα όρια για αδιέξοδα ή σύμπτωση του πρώτου τμήματος δύο εναλλακτικών οδύσεων διαφυγής, εξαρτώνται από τη χρήση του κτιρίου. Στον NFPA το μέγιστο όριο για αδιέξοδα δεν ξεπερνά τα 15m, πλην μιας εξειδικευμένης περίπτωσης που φτάνει τα 30m. Ο περιορισμός αυτός έχει σκοπό να εξαλείψει το ενδεχόμενο εγκλωβισμού ανθρώπων.

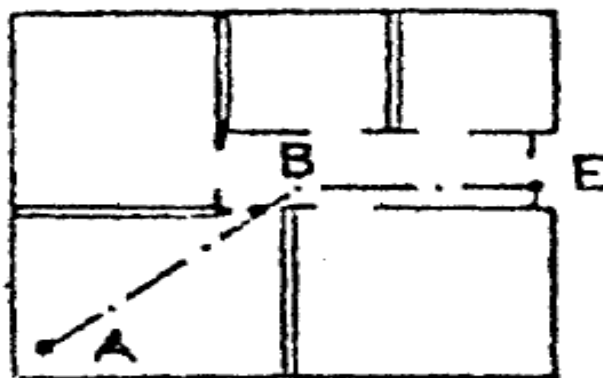




**Σχήμα 3.4 Απόσταση μετακίνησης σε αδιέξοδο (AB)**

(Καλλιανιώτης Α. , 2015)

Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει και περιορισμός για την απόσταση του τυχόντος σημείου της αίθουσας από την ενδιαμέση πόρτα (απόσταση AB, εικόνα ...). Σε κάθε περίπτωση η απόσταση αυτή πρέπει να είναι μικρότερη από τα  $\frac{2}{3}$  του επιτρεπομένου μήκους της πραγματικής απόστασης απροστάτευτης όδευσης διαφυγής.



**Σχήμα 3.5 Απόσταση σημείου σε αίθουσα από την πόρτα**

(Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, 1999)

Σχετικά με τους υπόγειους σταθμούς Μετρό, ο NFPA 130 αναφέρει ότι μια κοινή διαδρομή ταξιδιού από το τέλος της πλατφόρμας δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 25 m ή το μήκος ενός βαγονιού, όποια τιμή είναι μεγαλύτερη. (National Fire Protection Association 130 , Edition 2014)

## Θεωρητικός πληθυσμός

Ο θεωρητικός πληθυσμός είναι ο αριθμός που λαμβάνεται υπόψη για το σχεδιασμό της εκκένωσης και ουσιαστικά αποτελεί τη "φόρτιση" του συστήματος των χώρων που ελέγχονται.

Στον **Πίνακα 3.4** παρουσιάζονται οι συντελεστές για τον υπολογισμό του θεωρητικού πληθυσμού, σε σχέση με τη χρήση και το είδος του χώρου σύμφωνα με τον Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ. 71/1988), όπως επίσης και τους διεθνείς κανονισμούς του NFPA.

Κατά τον υπολογισμό του πληθυσμού ενός χώρου συνάθροισης κοινού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα παρακάτω:

α) Ένας χώρος συνάθροισης κοινού μπορεί να έχει μια αποκλειστική δραστηριότητα ή να προσφέρεται για πολλαπλές μη ταυτόχρονες δραστηριότητες π.χ. αγωνιστικός χώρος αθλητικής εγκατάστασης.

β) Ένας χώρος συνάθροισης κοινού μπορεί κατά τη λειτουργία του να έχει διαφορετικές πυκνότητες συγκέντρωσης του κοινού κατά περιοχές του π.χ. περιοχή με βάσεις σταθερές και περιοχή χωρίς σταθερές θέσεις.

γ) Ένας ενιαίος χώρος μπορεί να έχει περιοχές με διαφορετικές δραστηριότητες συνάθροισης κοινού ταυτόχρονα π.χ. αίθουσα αεροδρομίου, αθλητική αίθουσα.

Για την περίπτωση α ως πληθυσμός του χώρου θεωρείται αυτός της δυσμενέστερης δραστηριότητας. Για τις περιπτώσεις β και γ πληθυσμός του χώρου θεωρείται το άθροισμα των επί μέρους συναθροίσεων.

Σε θέατρα, κινηματογράφους, κέντρα διασκέδασης και συναφείς χώρους συνάθροισης κοινού όπου εισέρχονται άτομα στο κτίριο σε χρόνο που δεν υπάρχουν διαθέσιμες θέσεις, γι' αυτά αλλά τους επιτρέπεται να περιμένουν σε προθαλάμους ή άλλους χώρους αναμονής μέχρι να υπάρξουν θέσεις πρέπει να τηρούνται τα ακόλουθα:

α) Ο πληθυσμός του χώρου αναμονής υπολογίζεται 1 άτομο/0,30 τ.μ. εμβαδού δαπέδου (χρήση αναμονή ορθίων ατόμων).

β) Ο πληθυσμός αυτός του χώρου αναμονής αθροίζεται στον πληθυσμό της αίθουσας συνάθροισης ώστε να προκύψει ο συνολικός πληθυσμός του συγκροτήματος.

γ) Θα υπάρχει πρόνοια για τις οδεύσεις διαφυγής και τις εξόδους όπως αναφέρεται σε επόμενες παραγράφους.

Πίνακας 3.4 Συντελεστές φόρτισης χώρων σε σχέση με τη χρήση τους

Χρήση κτιρίου	Συντελεστής φόρτισης (m <sup>2</sup> /pers) <sup>4</sup>	
	Π. Δ. 71/1988	NFPA
<b>Χώροι συνάθροισης</b>	Ποικίλει	Ποικίλει
Χώροι με σταθερές θέσεις		
α)ατομικά καθίσματα	1 άτομο ανά κάθισμα	1 άτομο ανά κάθισμα
β)συνεχή καθίσματα πάγκοι	1 άτομο/0,45 μέτρα	2 άτομα/0,45 μέτρα
χώροι συγκέντρωσης	0,5 (καθαρό <sup>5</sup> )	0,65 (καθαρό)
χώροι αναμονής	0,3 (καθαρό)	0,46 - 0,65
εστιατόρια, βιβλιοθήκες κ.α.	1,10 (καθαρό)	9,3
χώροι αθλοπαιδιών	5 (καθαρό)	1,4 - 4,6
<b>Κατοικίες</b>	18	18,6
<b>Ξενοδοχεία</b>	15	18,6
<b>Εκπαιδευτήρια</b>		
αίθουσες διδασκαλίας	2 (καθαρό)	1,9 (καθαρό)
εργαστήρια	4,5 (καθαρό)	4,6 (καθαρό)
άλλοι χώροι	6 (καθαρό)	-
<b>Γραφεία</b>	9 (καθαρό)	9,3
<b>Καταστήματα - εμπορικά κέντρα</b>		
χώροι έκθεσης και πωλήσεων	2 - 6	2,8 - 5,6
κυλικεία - εστιατόρια	1	-
αποθήκες - παρκινγκ	30	27,9 (αποθήκες)
<b>Βιομηχανίες- βιοτεχνίες</b>	10	9,3
<b>Αποθήκες</b>	40	27,9 - 46,5
<b>Χώροι υγείας και κοινωνικής πρόνοιας</b>	11-22	9-22
<b>Σωφρονιστικά κτίρια</b>	11	11,1
<b>Χώροι στάθμευσης οχημάτων και πρατήρια υγρών καυσίμων</b>	40	-

<sup>4</sup> Μεικτό εμβαδό χώρου εκτός και αν αναφέρεται "καθαρό"

<sup>5</sup> Καθαρό εμβαδό είναι το εμβαδό του χώρου που δεν περιλαμβάνει τοίχους, κολώνες, αίθρια κ.α.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι οι συντελεστές που αναφέρθηκαν παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για τον ακριβή αριθμό των ανθρώπων που μπορεί να υπάρχουν στο χώρο. Σε περίπτωση που υπάρχουν πραγματικά στατιστικά δεδομένα ή προβλέψεις, ο σχεδιασμός των οδεύσεων διαφυγής πρέπει να διασφαλίζει ότι μπορεί να καλύψει και αυτές τις ανάγκες.

Πιο συγκεκριμένα, σε σταθμούς του ΜΕΤΡΟ όσον αφορά τον υπολογισμό του φορτίου επιβατών της πλατφόρμας και του σταθμού είναι συνάρτηση του φορτίου που έχει το τρένο και του ταυτόχρονου φορτίου παραλαβής. Αυτή η ιδέα διαφέρει από αυτήν του NFPA 101, στο οποίο το φορτίο επιβατών καθορίζεται διαιρώντας την επιφάνεια δαπέδου με έναν συντελεστή φορτίου επιβατών που έχει εκχωρηθεί σε αυτήν τη χρήση. Η εφαρμογή της προσέγγισης NFPA 101 για τον προσδιορισμό

του φορτίου επιβατών της πλατφόρμας σταθμών είναι ακατάλληλη. (National Fire Protection Association 130 , Edition 2014)

Η παροχή ανά μονάδα πλάτους (0,60 του μέτρου) ανάλογα με τον τύπο κτιρίου καθορίζεται όπως παρακάτω.

**Πίνακας 3.5: Παροχή οδεύσεων ανά μονάδας πλάτους (0,60 m) ανάλογα με τον τύπο κτιρίου**

(Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, 1999)

Είδος εγκατάστασης	Παροχή σε οριζόντιες οδεύσεις (άτομα)	Παροχή σε σκάλες-ράμπες (άτομα)
Κατοικίες	100	75
Ξενοδοχεία	100	75
Εκπαιδευτήρια	100	60
Γραφεία	100	60
Καταστήματα	100	60
Χώροι συνάθροισης κοινού	100	60
Βιομηχανίες – Βιοτεχνίες	100	75
Κτίρια υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	45	35
Κτίρια σωφρονισμού	100	75
Χώροι στάθμευσης οχημάτων και πρατήρια υγρών καυσίμων	100	75

**Πίνακας 3.6 Παροχή οδεύσεων**

(National Fire Protection Association 101, 2009)

Area	Stairways (width per person)		Level Components and Ramps (width per person)	
	in.	mm	in.	mm
	Board and care	0.4	10	0.2
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

### Αριθμός και πλάτη εξόδων

Από κάθε σημείο χώρου συνάθροισης κοινού πρέπει να εξασφαλίζεται διαφυγή προς δύο τουλάχιστον εξόδους με διαφορετική όδευση προς κάθε μία. Οι οδεύσεις αυτές επιτρέπεται να έχουν τα πρώτα 30 μέτρα μήκους κοινά.

Όταν ο χώρος διαιρείται σε δύο μέρη ή κατανέμεται σε δύο επίπεδα με διαφορά στάθμης τουλάχιστον 1,10 μ. θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία ξεχωριστή έξοδο για κάθε τμήμα.

Οι έξοδοι πρέπει να είναι απομακρυσμένες μεταξύ τους και σε τέτοια διάταξη ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα να φραχθούν συγχρόνως οι οδεύσεις προς περισσότερες από μία εξόδους σε περίπτωση μιας εστίας πυρκαγιάς.

Σχετικά με τους χώρους αναμονής της πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η αναμονή του κοινού να περιορίζεται σε περιοχές τέτοιες που δεν θα παρενοχλούν ή εμποδίζουν τις οδεύσεις και εξόδους και δεν θα καταλαμβάνουν το απαιτούμενο πλάτος τους.

**Πίνακας 3.7 Αριθμός και πλάτη εξόδων κινδύνου**  
(Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, 1999)

Πληθυσμός	Ελάχιστος αριθμός εξόδων	Ελάχιστο πλάτος κάθε εξόδου
Μέχρι 150	2	0,90 μ.
Από 151 - 300 άτομα	2	Μια 1,80 μ. & η άλλη 0,90 μ.
Από 301 - 600 άτομα	2	1,80 μ.
Από 601 - 900 άτομα	3	1,80 μ.

Για κάθε 300 άτομα επιπλέον προστίθεται μία τουλάχιστον έξοδος με ελάχιστο πλάτος 1,80 μ. Το απαιτούμενο πλάτος κάθε εξόδου κινδύνου υπολογίζεται με βάση τον αριθμό των ατόμων που διέρχονται από αυτήν και δεν είναι μικρότερο από το ελάχιστο πλάτος που αναφέρεται στον πίνακα.

**Πίνακας 3.8 Μέγιστα όρια αποστάσεων από την έξοδο κατά NFPA**  
(National Fire Protection Association 101, 2009)

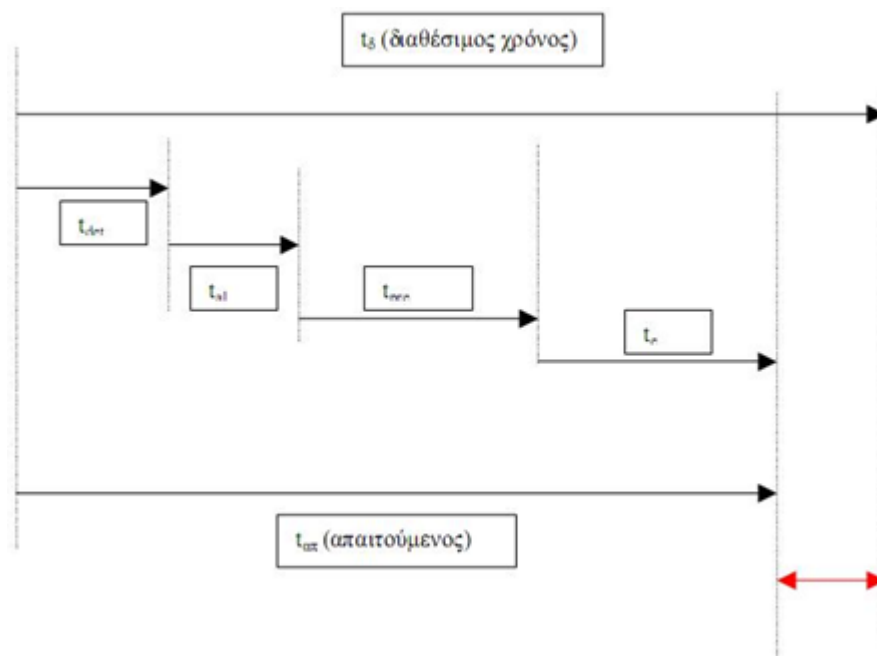
Είδος εγκαταστάσεων	Πραγματική απόσταση (m)	
	Χωρίς αυτόματη πυρόσβεση	Με αυτόματη πυρόσβεση
Χώροι συνάθροισης κοινού	61	76
Εκπαιδευτήρια	45	61
Παιδικοί σταθμοί	45	61
Νοσηλευτικές Εγκαταστάσεις	Δ/Π	61
Κινητές νοσηλευτικές Μονάδες	45	61
Σωφρονιστικές Εγκαταστάσεις	45	61
Κατοικίες	Δεν απαιτείται	Δεν απαιτείται
Ξενοδοχεία	53	99
Καταστήματα	45	Ποικίλει (76 - 120)
Γραφεία	61	91
Βιομηχανικοί χώροι	Ποικίλει (0 - 91)	Ποικίλει (23 - 122)
Αποθήκες	Ποικίλει (23 - 91)	Ποικίλει (23 - 122)
Χαμηλού κινδύνου	Δεν απαιτείται	Δεν απαιτείται
Κανονικού κινδύνου	61	122
Υψηλού κινδύνου	23	30

Σημειώνουμε εδώ ότι για τα συγκεκριμένο τύπο κτιρίων που στην περίπτωση μας είναι οι υπόγειοι σταθμοί του μετρό της Αθήνας δεν χρησιμοποιήθηκαν όλοι οι πιο πάνω συντελεστές από τους Κανονισμούς του Π.Δ. και το NFPA αλλά και κάποιες

προσεγγίσεις αυτών, γιατί δεν είχαμε αξιόπιστα δεδομένα πληθυσμού καθώς και ακριβή σχέδια για κάθε σταθμό.

### 3.1 Χρόνοι εκκένωσης

Το πιο σημαντικό στάδιο για την ολοκλήρωση του σχεδίου εκκένωσης είναι ο προσδιορισμός του διαθέσιμου χρόνου εκκένωσης και του απαιτούμενου χρόνου εκκένωσης.



Σχήμα 3.6 Συνιστώσες χρόνων εκκένωσης  
(Zuccaro T., 2009)

- $t_\delta$ : διαθέσιμος χρόνος
- $t_{\alpha\pi}$ : απαιτούμενος χρόνος
- $t_{det}$ : χρόνος εντοπισμού
- $t_{al}$ : χρόνος συναγερμού
- $t_{pre}$ : χρόνος πριν τη μετακίνηση
- $t_e$ : χρόνος κίνησης εκκένωσης
- $t_{safety}$ : χρόνος ασφαλείας

**Πίνακας 3.9: Σύγκριση υπόγειων χώρων και λοιπών εγκαταστάσεων ως προς τα χαρακτηριστικά εκκένωσης**  
(Κυρίτσης Φ., 2010)

<b>Χαρακτηριστικά υπογείων έργων</b>	<b>Χαρακτηριστικά σε λοιπές εγκαταστάσεις</b>
Ανοδική πορεία στα κλιμακοστάσια	Καθοδική πορεία σε κλιμακοστάσια
Ο καπνός κινείται προς τις εξόδους διαφυγής	Ο καπνός κινείται στο πλησιέστερο άνοιγμα, παράθυρο κτλ.
Ταχύτερη αύξηση θερμοκρασίας για την ίδια καύσιμη ύλη	Μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας
Οι ένοικοι έχουν μικρή αίσθηση προσανατολισμού	Υπάρχει ευκολότερος προσανατολισμός και πιθανόν φυσικός φωτισμός
Οι ένοικοι έχουν την τάση να βγουν από την είσοδο - έξοδο που μπήκαν	Οι ένοικοι τείνουν να ακολουθούν τις πινακίδες και τη σήμανση
Αργεί να ξεκινήσει η εκκένωση	Η εκκένωση έχει μικρότερη καθυστέρηση έναρξης
Μεγαλύτερη κόπωση των ενοίκων λόγω ανόδου σε ράμπες και σκάλες	Λιγότερη κόπωση των ενοίκων

### **Διαθέσιμος χρόνος $t_d$**

Ο διαθέσιμος χρόνος υπολογίζεται από τη στιγμή έναρξης του συμβάντος έκτακτης ανάγκης μέχρι τη στιγμή που οι συνθήκες στο χώρο θα είναι ανυπόφορες για τους ένοικους. Ανάλογα με την αιτία εκκένωσης μπορεί να ληφθεί διαφορετικός χρόνος. Για τον υπολογισμό του χρόνου αυτού πρέπει να μελετηθούν οι ιδιαίτερες συνθήκες του εκάστοτε χώρου και να αξιολογηθούν σε συνάρτηση με την υπάρχουσα εμπειρία και τους κανονισμούς.



**Πίνακας 3.10 Διαθέσιμος χρόνος ανά περίπτωση ατυχήματος**  
(Κυρίτσης Φ., 2010)

Είδος ατυχήματος	Διαθέσιμος χρόνος σε λεπτά (tδ)	
	Φωτιά	Χωρίς ιδιαίτερη πρόληψη
Με επιπλέον σύστημα αερισμού Ανάγκης		30
Με εσωτερικούς διαχωρισμούς		45
Διαρροή τοξικών ουσιών	Ύπαρξη μόνο ανιχνευτών	15
	Επιπλέον, με σύστημα αερισμού Ανάγκης	30
Πλημμύρα - εισροή υδάτων	45	
Γενική απειλή (π.χ. βόμβα)	15-30	
Σεισμός	30	
Βλάβη συστήματος αερισμού	Εξαρτάται	

**Χρόνος εκκένωσης – Απαιτούμενος χρόνος  $t_{απ}$**

Ο χρόνος από τη στιγμή του ατυχήματος, μέχρι τη στιγμή που και ο τελευταίος ένοικος των εγκαταστάσεων φτάσει σε ασφαλές μέρος. Διακρίνεται σε 4 ξεχωριστούς χρόνους, οι οποίοι με τη σειρά τους εξαρτώνται από τα φυσικά χαρακτηριστικά των ενοίκων και των εγκαταστάσεων.

**Πίνακας 3.11 Παράγοντες που επηρεάζουν τους συντελεστές του απαιτούμενου χρόνου εκκένωσης**  
(Proulx G. , 2002) (Zuccaro T., 2009)

Κατηγορία Χρόνου	Παράγοντας Επιρροής
<b>tdet + ta</b>	Ανιχνευτές, αισθητήρες, πυκνότητα ενοίκων, θερμοκρασία ενεργοποίησης, χώρος επιρροής αισθητήρων - κάλυψη, είδος δραστηριότητας ενοίκων, χαρακτηριστικά φωτιάς
<b>tpre</b>	Εκπαίδευση ενοίκων, σύστημα συναγερμού, βαθμός εξοικείωσης
<b>te</b>	Θέση φωτιάς, αριθμός εξόδων, μήκη διαδρόμων, πληθυσμός, πλάτη εξόδων, συμπεριφορά ενοίκων, ταχύτητα ενοίκων, διατάξεις διάσωσης, βάθος υπερκειμένου υπογείου χώρου

### Χρόνος Εντοπισμού tdet

Σε ένα αυτόματο σύστημα ο χρόνος εντοπισμού μιας φωτιάς ή μιας διαρροής εξαρτάται από την ευαισθησία του συστήματος, οπότε αυτός ο χρόνος μπορεί να προκύψει από τις προδιαγραφές του συστήματος χωρίς περαιτέρω μελέτη. Αν δεν υπάρχει τέτοιο σύστημα στο χώρο, ο χρόνος εντοπισμού μπορεί

να εξαχθεί από το σχεδιασμό των σεναρίων πυρκαγιάς. Κάποια χαρακτηριστικά που μπορεί να επηρεάσουν το χρόνο εντοπισμού είναι τα παρακάτω:

- Χαρακτηριστικά ενοίκων: ικανότητα αντίληψης και δραστηριότητες που μπορεί να τις επηρεάσουν
- Χαρακτηριστικά εγκατάστασης
- Χαρακτηριστικά φωτιάς: ταχύτητα εξάπλωσης, καπνός κ.α.

Σε υπόγειους χώρους υπάρχουν περιοχές μειωμένης αντίληψης και ο χρόνος εντοπισμού από τον άνθρωπο αυξάνεται.

**Πίνακας 3.12 Χρόνοι t<sub>det</sub> ανά κατηγορία συστήματος ανίχνευσης**  
(Κυρίτσης Φ., 2010)

<b>Κατηγορία συστήματος</b>	<b>Χρόνος εντοπισμού (min)</b>
Αυτόματο σύστημα Ανίχνευσης	1
Απουσία αυτόματου συστήματος ανίχνευσης	2

**Χρόνος εκκένωσης - Χρόνος Συναγερμού t<sub>ai</sub>**

Ο χρόνος συναγερμού εξαρτάται αφενός από το σχεδιασμό της εκκένωσης, δηλαδή **την απόφαση για εκκένωση του χώρου και τον τρόπο εκπομπής του σήματος εκκένωσης και αφετέρου από το σχεδιασμό αντίδρασης του συστήματος ανίχνευσης**. Οι εγκαταστάσεις χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

**Κατηγορία I:** σύστημα που οι αισθητήρες είναι ρυθμισμένοι να εντοπίζουν θερμότητα, τοξικές ουσίες, καπνό και μεταφέρουν τα δεδομένα σε κεντρικό υπολογιστή, όπου λαμβάνεται η απόφαση εκκένωσης βάσει λογισμικού. Ο χρόνος που μεσολαβεί από τον εντοπισμό μέχρι το συναγερμό είναι μηδενικός.

**Κατηγορία II:** σύστημα ανίχνευσης, όπου ο γενικός συναγερμός και η ειδοποίηση για εκκένωση δεν ακολουθεί άμεσα, αλλά σε κάθε περίπτωση γίνεται αξιολόγηση με βάση την στρατηγική του σχεδίου εκκένωσης.

**Κατηγορία III:** το σύστημα συναγερμού δίνεται χειροκίνητα από τοπικό χειριστήριο κοντά στο συμβάν, με αποτέλεσμα το εύρος του χρόνου που απαιτείται να ποικίλει ως προς το είδος των εργαζομένων και των ενοίκων γενικότερα (ηλικία, εκπαίδευση, μόνιμος ή επισκέπτης του χώρου).

**Αναγνώριση**

Έχει παρατηρηθεί ότι κατά τη διάρκεια αναγνώρισης του συναγερμού οι ένοικοι συνεχίζουν τις δραστηριότητές τους με τις οποίες απασχολούνταν πριν τη σήμανση συναγερμού. Τρόποι μείωσης και ελαχιστοποίησης του χρόνου αναγνώρισης είναι:

- το εγκατεστημένο σύστημα πρέπει να προσφέρει συγκεκριμένες οδηγίες ανάλογα με τον τύπο συναγερμού
- η σήμανση του συναγερμού πρέπει να ακολουθείται με φωνητικές οδηγίες για να αποσπάσουν την προσοχή των ενοίκων
- η ειδοποίηση των εργαζομένων που είναι αρμόδιοι για την εκκένωση, ώστε να αναλάβουν άμεσα δράση σε ειδικούς χώρους, όπως είναι οι υπόγειοι.

**Πίνακας 3.13 Χρόνοι  $t_{ai}$  ανά κατηγορία συστήματος συναγερμού**  
(Κυρίτσης Φ., 2010) (Zuccaro T., 2009)

Κατηγορία συστήματος συναγερμού	Χρόνος συναγερμού (min)
Κατηγορία 1	1
Κατηγορία 2	2-5
Κατηγορία 3	Πλειοψηφία μόνιμων ενοίκων: min 5
	Πλειοψηφία επισκεπτών: min 6

#### Χρόνος εκκένωσης - Χρόνος πριν τη μετακίνηση $t_{pre}$

Τυγχάνει σημαντικής διαφοροποίησης ανάλογα με τη σύνθεση του πληθυσμού, ειδικά σε ένα υπόγειο έργο. Σημαντικό ρόλο παίζει ο αριθμός των ενοίκων, το φύλο και η ηλικία. Παραδείγματα συμπεριφορών είναι τα εξής:

- προσδιορισμός προέλευσης συναγερμού, αξιοπιστία και επίπεδο σημαντικότητας
- σταμάτημα μηχανημάτων / οχημάτων φόρτωσης
- συγκέντρωση σε ομάδες
- αντίδραση και καταπολέμηση φωτιάς (κάποιοι από τους ενοίκους)
- προσπάθεια να προσδιοριστεί ο κατάλληλος δρόμος διαφυγής
- ενημέρωση και ειδοποίηση άλλων

Για τον προσδιορισμό του χρόνου που χρειάζεται πριν τη μετακίνηση σε βιομηχανικούς χώρους, γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Πριν την εκκένωση πρέπει να σταματήσουν δραστηριότητες αποθήκευσης ή μετακίνησης οχήματος
- Μικρή πιθανότητα ύπαρξης ανθρώπων με κινητικά ή πνευματικά προβλήματα
- Όλοι θα βρίσκονται σε εγρήγορση, καθώς είναι χώρος εργασίας (δεν θα κοιμούνται)
- Θα υπάρχουν συγκεκριμένοι ρόλοι και αρμοδιότητες, κάτι που βοηθάει στην καλή ανταπόκριση σε συναγερμούς
- Μικρή συχνότητα λανθασμένων συναγερμών
- Εξοικείωση – εκπαίδευση

Οι εγκαταστάσεις χωρίζονται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με το σύστημα συναγερμού:

**Κατηγορία A1:** παρέχονται σε πραγματικό χρόνο οδηγίες χρησιμοποιώντας φωνητικά μηνύματα από το κέντρο ελέγχου ή οδηγίες μαγνητοφωνημένες σε συνδυασμό με μέλη προσωπικού με διακριτικά, που κατευθύνουν τον κόσμο

**Κατηγορία A2:** μόνο μαγνητοφωνημένα μηνύματα

**Κατηγορία A3:** σύστημα συναγερμού και σειρήνες με προσωπικό χωρίς σχετική εκπαίδευση

**Πίνακας 3.14 Χρόνοι  $t_{pre}$  ανά κατηγορία συστήματος συναγερμού**  
(Proulx G. , 2002) (British Standard Institutue, 1991)

Τύπος Χρήσης Χώρου	Κατηγορία A1 (min)	Κατηγορία A2 (min)	Κατηγορία A3 (min)
Γραφεία σε Υπόγειο	1	3	4-5
Χώρος Αποθήκευσης σε Υπόγειο	2	3	5-6
Χώρος Επισκεπτών (αραιή συνάθροιση)	1	3	5
Χώρος Επισκεπτών (πυκνή συνάθροιση)	1	3	4-5

#### Χρόνος εκκένωσης - Χρόνος κίνησης $t_e$

Ο **πραγματικός χρόνος κίνησης** των ενοίκων για εκκένωση προς μια ασφαλή τοποθεσία. Επηρεάζεται αφενός από τον τύπο και την ποσότητα του πληθυσμού (των ενοίκων) που βρίσκονται στο χώρο και αφετέρου από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του χώρου (πλάτος οδούσεων διαφυγής, μήκος διαδρομής, πλάτος εξόδων, είδος σκάλας, ραμπών κ.α.).

Εξαρτάται από τρεις παράγοντες:

- Χρόνο κίνησης, δηλαδή τον μέσο χρόνο διάνυσης της όδευσης διαφυγής
- Χρόνο δαπανούμενο σε ουρά
- Χρόνο για κίνηση της ροής διαμέσου εξόδων

Παράμετροι συμπεριφοράς ανθρώπων κατά την εκκένωση:

- Πανικός. Τείνουν να επικρατούν κανονικές συμπεριφορές και σωστές επιλογές οδών διαφυγής.
- Η συμπεριφορά των ανθρώπων τείνει να γίνει αλτρουιστική και λογική.
- Μετά τη σήμανση συναγερμού ή την εμφάνιση καπνού, οι άνθρωποι συχνά αγνοούν αυτά τα σημάδια και ερευνούν την αιτία. Σε ένα υπόγειο χώρο ο

χρόνος είναι μικρότερος λόγω της μεγαλύτερης ανασφάλειας που εμπνέει το περιβάλλον.

- Οι άνθρωποι πιθανότερα θα κινηθούν επιλέγοντας την πιο οικεία διαδρομή για έξοδο.
- Η εκκένωση και γενικότερα η ανταπόκριση σε φωτιά (ή άλλο ατύχημα), είναι συχνά και κοινωνική αντίδραση. Οι άνθρωποι τείνουν να δρουν ως ομάδα και να επιχειρούν να φύγουν με άλλους που σχετίζονται ή γνωρίζουν.
- Προβλήματα που συναντώνται σε κανονική κατάσταση λειτουργίας του χώρου, θα μεγιστοποιούνται και θα προκαλούν έντονες καταστάσεις σε φάση εκκένωσης (χαλασμένες επικοινωνίες, προβλήματα κυκλοφορίας, μπλοκαρισμένες έξοδοι κ.ά.).

### **Χρόνος εκκένωσης – Χρόνος Ασφαλείας $t_{safety}$**

Ο χρόνος ασφαλείας δίνει το **περιθώριο ασφαλείας που υπάρχει μεταξύ διαθέσιμου και απαιτούμενου χρόνου** εκκένωσης. Πρέπει να ισχύει  $t_\delta - t_{\alpha\pi} > 0$ . Αν έχουν ληφθεί υπόψη και οι δυσμενέστερες συνθήκες (μπλοκάρισμα εξόδων, μέγιστοι πληθυσμοί, καπνός κ.ά.), τότε Ο χρόνος  $t_{safety} > 0$  θα δίνει με πραγματική προσέγγιση το περιθώριο ασφαλείας για όλο το έργο σε περίπτωση ανάγκης εκκένωσης μετά από κάποιο έκτακτο συμβάν.

## **3.2 Hand calculation**

Οι υπολογισμοί εκκένωσης καθίστανται ολοένα και περισσότερο μέρος των αναλύσεων, βάσει επιδόσεων για την αξιολόγηση του επιπέδου ασφαλείας ζωής που παρέχεται στα κτίρια. Σε μερικές περιπτώσεις, οι μηχανικοί χρησιμοποιούν τους υπολογισμούς χειρός για τον υπολογισμό της ασφαλείας ζωής, ενώ σε άλλες χρησιμοποιούνται υπολογιστικά μοντέλα εκκένωσης. Οι υπολογισμοί χειρός ακολουθούν συνήθως τις εξισώσεις που δίνονται στο Εγχειρίδιο του Συλλόγου Μηχανικών Πυροπροστασίας (SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2002) και το (National Fire Protection Association 130, Edition 2014) για τον υπολογισμό της εκκένωσης της μάζας από οποιαδήποτε θέση εντός του κτιρίου. Ο υπολογισμός επικεντρώνεται κυρίως σε σημεία στένωσης σε όλο το κτίριο (συχνά στην πόρτα προς τα έξω, μεταβάσεις μεταξύ των συστημάτων εξόδου ή σε διαφορετικές διαδρομές που συγχωνεύονται) και υπολογίζει τον χρόνο για να μετακινηθούν τα άτομα πέρα από αυτά τα σημεία και προς τα έξω. Αυτοί οι υπολογισμοί αντιμετωπίζουν τα άτομα ως σωματίδια που ακολουθούν γνωστούς κανόνες. Εκτός από την πυκνότητα, αγνοούνται οι αλληλεπιδράσεις με άλλα άτομα, οι συνθήκες κατασκευής (συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεων της φωτιάς) και οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων των ατόμων.

Ο υπολογισμός του θεωρητικού πληθυσμού χρησιμεύει κατά το σχεδιασμό του χώρου, ώστε να υπολογισθούν τα πλάτη των οδύσεων διαφυγής (διάδρομοι, πόρτες, κλιμακοστάσιο κ.α.).

Στην συνέχεια χρησιμοποιώντας τον σταθμό Αιγάλεω, γίνεται υπολογισμός του θεωρητικού πληθυσμού και αφετέρου υπολογισμός του πλήθους των ενοίκων που

μπορεί να εξυπηρετήσει με ασφάλεια από τις ήδη κατασκευασμένες οδεύσεις διαφυγής αυτός ο σταθμός του μετρό.

Με βάση τον **Πίνακα 3.4** και το είδος χρήσης του υπόγειου χώρου που περιλαμβάνει το κοινό σε χώρους αναμονής συγκοινωνιακών μέσων, προκύπτει ο **Πίνακας 3.15**, στον οποίο παρουσιάζεται ο θεωρητικός πληθυσμός της αποβάθρας. Υπολογίζουμε μόνο τον θεωρητικό πληθυσμό της αποβάθρας γιατί θεωρούμε ότι σε περίπτωση εκκένωσης του χώρου όσοι άνθρωποι βρίσκονται στον χώρο των εισιτηρίων, θα εκκενώσουν πιο γρήγορα τον χώρο σε αντίθεση με αυτούς που βρίσκονται στην αποβάθρα. Οπότε δεν λαμβάνουμε υπόψη τους ανθρώπους στον χώρο των εισιτηρίων.

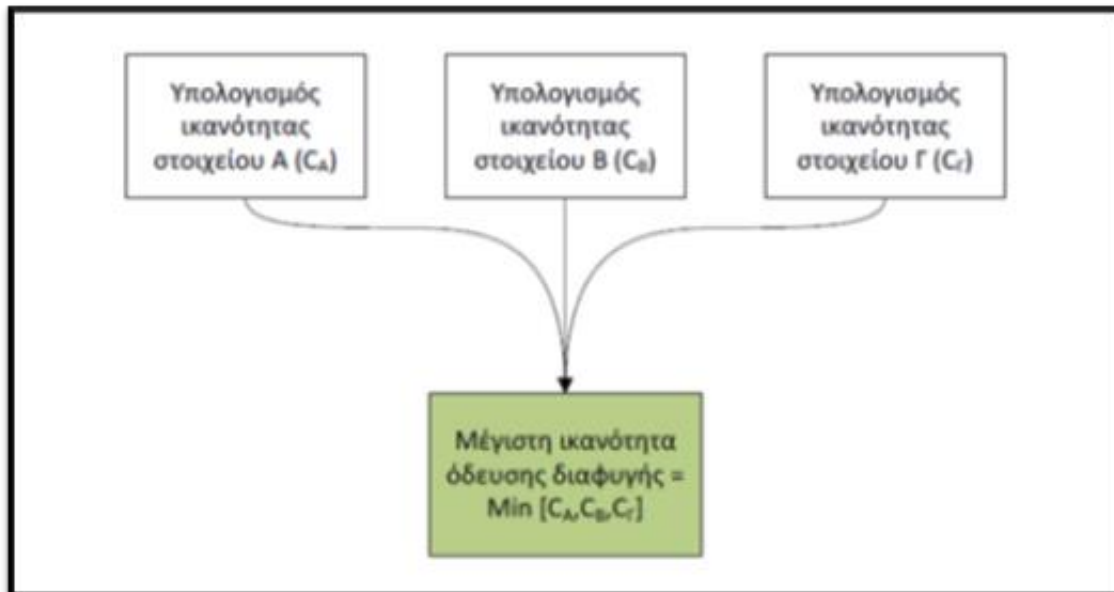
Παρ' όλα αυτά, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται αυτή η προσέγγιση, γιατί τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι αρκετά μεγάλα.

Σημειώνουμε ότι από εδώ και στο εξής για λόγους συντομίας θα χρησιμοποιούμε τις ονομασίες **MEE** για τα μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου που είναι η παλιά εγκατάσταση και **AMEE** για τα αυτόματα μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου που είναι η καινούργια εγκατάσταση.

**Πίνακας 3.15 Υπολογισμός θεωρητικού πληθυσμού στον σταθμό Αιγάλεω**

Θεωρητικός πληθυσμός αποβάθρας	Κανονισμός Πυροπροστασίας Π.Δ. 71/88	NFPA
	1.038 m <sup>2</sup> / 0,3	1.038 m <sup>2</sup> / 0,46
	<b>3.460 per</b>	<b>2.257 per</b>

Για να υπολογίσουμε τον αριθμό των ατόμων που θα μπορεί να εξυπηρετήσει ο σταθμός με βάση τα πλάτη των οδεύσεων διαφυγής, θα υπολογίσουμε για τις δύο εξόδους που διαθέτει ο σταθμός Αιγάλεω ξεχωριστά και το άθροισμά τους θα είναι ο μέγιστος πληθυσμός. Για κάθε έξοδο ελέγχονται όλα τα στοιχεία που αποτελούν την όδευση διαφυγής όπως κυλιόμενες και σταθερές σκάλες, διάδρομοι, αυτόματα και μη ακυρωτικά μηχανήματα επικύρωσης του εισιτηρίου και υπολογίζεται ο πληθυσμός που μπορεί να εξυπηρετηθεί από κάθε ένα στοιχείο από αυτά. Για μέγιστο πληθυσμό της κάθε όδευσης λαμβάνεται η ελάχιστη τιμή του κάθε στοιχείου που την περιλαμβάνει **Σχήμα 3.7**.



**Σχήμα 3.7 Υπολογισμός μέγιστης ικανότητας εξυπηρέτησης όδευσης διαφυγής**

Όπως φαίνεται στον παρακάτω **Πίνακας 3.16** ελέγχουμε για κάθε όδευση διαφυγής πόσα άτομα μπορεί να εξυπηρετήσει αυτή. Αυτό γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την μέγιστη ικανότητα εξυπηρέτησης ενοίκων (m/per) από τους κανονισμούς Π.Δ. 71/88 και NFPA 101 αλλά και το πλάτος της κάθε όδευσης.

Για τους χώρους συνάθροισης κοινού, η παροχή όδευσης διαφυγής ανά μονάδα πλάτους (0,60 m) καθορίζεται σε 100 άτομα για τις οριζόντιες οδεύσεις (διάδρομοι, πόρτες) και 60 άτομα για τις κατακόρυφες οδεύσεις (σκάλες, ράμπες) **Πίνακας 3.5**. Άρα η ικανότητα εξυπηρέτησης θα είναι  $(0,6 \text{ m} \div 60 \text{ per})$  0,01 m/per για τις σκάλες και  $(0,6 \text{ m} \div 100 \text{ per})$  0,006 m/per για τις οριζόντιες οδεύσεις (ΑΜΕΕ, ΜΕΕ, διαδρόμους) όσον αφορά τον ελληνικό κανονισμό Π.Δ. 71/88.

Σύμφωνα με τον NFPA 101, η ικανότητα εξυπηρέτησης υπολογίζεται σύμφωνα με τον **Πίνακας 3.6**, για τις οριζόντιες οδεύσεις 0,005 m/per και για τις κατακόρυφες 0,0076 m/per.

Στον παρακάτω πίνακα με γαλάζιο χρώμα είναι οι σκάλες που χρησιμοποιούνται για να ανέβουν οι επιβάτες από πλατφόρμα στο επίπεδο των εισιτηρίων. Με ροζ παρουσιάζονται τα στοιχεία που αποτελούν μέρος της εξόδου διαφυγής 1. Με μωβ παρουσιάζονται τα στοιχεία οδεύσεων διαφυγής που οδηγούν προς έξοδο 2.



Πίνακας 3.16 Υπολογισμός μέγιστου πληθυσμού στον σταθμό Αιγάλεω

<u>Παλιά μηχανήματα</u> <u>επικύρωσης - ΜΕΕ</u>						
			Ικανότητα εξυπηρέτησης (m/per)		Μέγιστος αριθμός Ενοίκων (per)	
		Συνολικό πλάτος (m)	Κανονισμός πυροπροστασίας (Π.Δ. 71/88)	NFPA	Κανονισμός πυροπροστασίας (Π.Δ. 71/88)	NFPA
Στοιχεία οδεύσεων διαφυγής	Κοινές σκάλες	9	0,01	0,0076	900	1.184
	Fare barriers προς έξοδο 1	5,008	0,006	0,0050	835	1.001
	Fare barriers προς έξοδο 2	4,922	0,006	0,0050	820	984
	Διάδρομος προς έξοδο 1	5,94	0,006	0,0050	990	1.188
	Διάδρομος προς έξοδο 2	5,93	0,006	0,0050	988	1.186
	Σκάλες προς έξοδο 1	4,3	0,01	0,0076	430	565
	Σκάλες προς έξοδο 2	3,809	0,01	0,0076	381	501
Έξοδος 1					430	565
Έξοδος 2					381	501
Συνολικό					811	1.066
<u>Καινούργια</u> <u>αυτόματα ακυρωτικά</u> <u>Μηχανήματα - ΑΜΕΕ</u>			Ικανότητα εξυπηρέτησης (m/per)		Μέγιστος αριθμός Ενοίκων (per)	
		Συνολικό πλάτος (m)	Κανονισμός πυροπροστασίας (Π.Δ. 71/88)	NFPA	Κανονισμός πυροπροστασίας (Π.Δ. 71/88)	NFPA
Στοιχεία οδεύσεων διαφυγής	Κοινές σκάλες	9	0,01	0,0076	900	1.184
	Fare barriers προς έξοδο 1	3,4	0,006	0,0050	566	680
	Fare barriers προς έξοδο 2	3,23	0,006	0,0050	538	646
	Διάδρομος προς έξοδο 1	5,94	0,006	0,0050	989	1.187
	Διάδρομος προς έξοδο 2	5,93	0,006	0,0050	988	1.186
	Σκάλες προς έξοδο 1	4,3	0,01	0,0076	430	565
	Σκάλες προς έξοδο 2	3,809	0,01	0,0076	381	501
Έξοδος 1					430	565
Έξοδος 2					381	501
Συνολικό					811	1.066

Με βάση τα πλάτη των οδύσεων διαφυγής, ο σταθμός Αιγάλεω μπορεί να εξυπηρετήσει 811 άτομα σύμφωνα με τον ελληνικό κανονισμό Π.Δ. 71/88 και 1.066 άτομα σύμφωνα με τον NFPA 101. Αυτό σημαίνει ότι στο σταθμό Αιγάλεω δεν πρέπει να υπάρχουν περισσότερα άτομα από τα όρια που υπολογίστηκαν.

Στον Πίνακα 3.17 υπολογίζουμε την χωρητικότητα των στοιχείων εξόδου ξεχωριστά. Αρχικά μετράμε το πλάτος (mm) κάθε εξόδου διαφυγής και το πολλαπλασιάζουμε με έναν συντελεστή (ρ/mm-min) που μας δίνεται στο Εγχειρίδιο του NFPA 130 ώστε να υπολογίσουμε πόσα άτομα μπορεί να χωρέσει αυτή η όδευση ανά λεπτό (ρ/min). Για τις σταθερές και κυλιόμενες σκάλες αυτός ο συντελεστής είναι 0,0555 ρ/mm-min (1,41 ρ/in.-min). Όσον αφορά τα μηχανήματα επικύρωσης του εισιτηρίου (fare barriers) ο NFPA 130 αναφέρει ότι για τους υπολογισμούς χωρητικότητας η κάθε μπάρα εξυπηρετεί 50 ρ/min. Στον παρακάτω πίνακα χρησιμοποιούμε τα περάσματα που δημιουργούνται από τις μπάρες για τον υπολογισμό της χωρητικότητας των μπαρών.

**Πίνακας 3.17 Χωρητικότητα στοιχείων εξόδου για το σταθμό Αιγάλεω με τα ΜΕΕ (NFPA 130)**

Παλιά μηχανήματα επικύρωσης			
Στοιχεία εξόδου	Συνολικό πλάτος (mm)	ρ/mm-min	ρ/min
Πλατφόρμα προς επίπεδο εισιτηρίων			
Σκάλες (2)	2.500mm × 2 = 5.000mm	0,0555	278
Κυλιόμενες σκάλες (4)	1.000mm × 4= 4.000mm	0,0555	222
Ανεγκυστήρας			Δεν χρησιμοποιείται
<b>Συνολικό</b>			<b>500</b>
<b>Διά μέσου των μπαρών</b>			
Περάσματα ΜΕΕ (7) - Exit 1		50 per gate	350
Περάσματα ΜΕΕ (7) - Exit 2		50 per gate	350
<b>Συνολικό</b>			<b>700</b>
<b>Σκάλες προς ασφαλή περιοχή</b>			
Σκάλες (2)	Exit 1 (1): 2.300 mm	0,0555	128
	Exit 2 (1): 1.800 mm	0,0555	100
Κυλιόμενες σκάλες (4)	Exit 1 (2): 1.000mm ×2 = 2.000 mm	0,0555	111
	Exit 2 (2): 1.000mm ×2 = 2.000 mm	0,0555	111
<b>Συνολικό</b>			<b>Exit 1 : 239</b>
			<b>Exit 2 : 211</b>
			<b>450</b>

**Πίνακας 3.18 Χωρητικότητα στοιχείων εξόδου για το σταθμό Αιγάλεω με τα ΑΜΕΕ (NFPA 130)**

Καινούργια αυτόματα μηχανήματα εισιτηρίων			
Στοιχεία εξόδου	Συνολικό πλάτος (mm)	ρ/mm-min	ρ/min
Πλατφόρμα προς επίπεδο εισιτηρίων			
Σκάλες (2)	2.500mm × 2 = 5.000mm	0,0555	278
Κυλιόμενες σκάλες (4)	1.000mm × 4 = 4.000mm	0,0555	222
Ανελκυστήρας			Δεν χρησιμοποιείται
<b>Συνολικό</b>			<b>500</b>
<b>Διά μέσου των μπαρών</b>			
Περάσματα ΑΜΕΕ (5) - Exit 1		50 per gate	250
Περάσματα ΑΜΕΕ (6) - Exit 2		50 per gate	300
<b>Συνολικό</b>			<b>550</b>
<b>Σκάλες προς ασφαλή περιοχή</b>			
Σκάλες (2)	Exit 1 (1): 2.300 mm	0,0555	128
	Exit 2 (1): 1.800 mm	0,0555	100
Κυλιόμενες σκάλες (4)	Exit 1 (2): 1.000mm ×2 = 2.000 mm	0,0555	111
	Exit 2 (2): 1.000mm ×2 = 2.000 mm	0,0555	111
<b>Συνολικό</b>			<b>Exit 1 : 239</b>
			<b>Exit 2 : 211</b>
			<b>450</b>

Στην συνέχεια υπολογίζουμε τον συνολικό χρόνο μετακίνησης προς τις εξόδους διαφυγής. Αυτό επιτυγχάνεται χωρίζοντας τους χρόνους σε διαστήματα. **(Πίνακας 3.19)**

T1: ο χρόνος μετακίνησης από το πιο απομακρυσμένο σημείο της πλατφόρμας στην αρχή των κυλιόμενων και σταθερών σκαλών

T2: ο χρόνος μετακίνησης από την πλατφόρμα στο επίπεδο των εισιτηρίων (δηλαδή ο χρόνος που κάνει για να ανέβει κάποιος επιβάτης την σκάλα)

T3: ο χρόνος μετακίνησης από το τέλος της σκάλας που ανέβηκε μέχρι την αρχή την επόμενης σκάλας

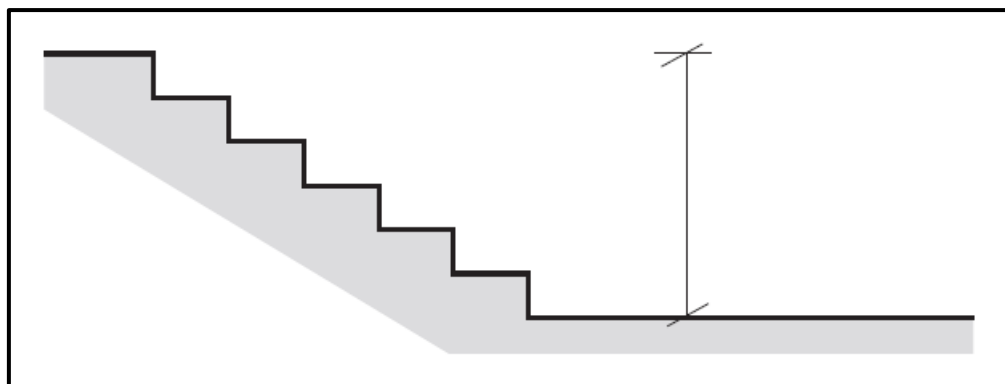
T4: Από το επίπεδο εισιτηρίων προς το 1ο επίπεδο για την έξοδο 1 (δηλαδή ο χρόνος που κάνει για να ανέβει κάποιος επιβάτης την σκάλα για την έξοδο 1)

T5: Από 1ο επίπεδο αν χρησιμοποιεί την έξοδο 1 ή από επίπεδο εισιτηρίων αν χρησιμοποιεί την έξοδο 2 σε ασφαλή περιοχή

T: Ο συνολικός χρόνος που κάνει ένας επιβάτης για να φτάσει σε ασφαλή περιοχή

Οι ταχύτητες που χρησιμοποιεί ο NFPA 130 είναι 37,7 m/min (124 ft/min) για τις οριζόντιες οδεύσεις (διαδρόμους και ράμπες) και 14,6 m/min (48 ft/min) για τις κατακόρυφες (σκάλες).

Σημειώνουμε εδώ ότι το μήκος της κάθε σκάλας υπολογίζεται σύμφωνα με τον NFPA 130 μετρώντας την υψομετρική διαφορά δύο επιπέδων (κατακόρυφη συνιστώσα) όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3.3**.



**Εικόνα 3.3: Μέτρο απόστασης για υπολογισμό χρόνου βαδίσματος**

Για τον υπολογισμό του χρόνου διαιρούμε την απόσταση που έχουμε μετρήσει (m) με την ανάλογη ταχύτητα (m/min) που μας δίνει ο NFPA. Για τον συνολικό χρόνο προσθέτουμε τους T1,T2,T3,T4,T5.

**Πίνακας 3.19 Συνολικός χρόνος προς εξόδους διαφυγής στον σταθμό Αιγάλεω**

Πλατφόρμα προς ασφαλή περιοχή	Απόσταση (m)	Ταχύτητα περπατήματος (m/min)	Χρόνος (min)
Στην πλατφόρμα, T1	32	37,7	0,85
Από πλατφόρμα σε επίπεδο εισιτηρίων, T2	5	14,6	0,34
Στο επίπεδο εισιτηρίων, T3	Exit 1: 53,8	37,7	1,43
	Exit 2: 86,2	37,7	2,29
Από επίπεδο εισιτηρίων προς το 1 <sup>ο</sup> επίπεδο για την έξοδο 1, T4	Exit1 1: 8,3	14,6	0,56
	Exit 2: 0	14,6	0
Από 1 <sup>ο</sup> επίπεδο σε ασφαλή περιοχή, T5	Exit 1: 26	37,7	0,69
	Exit 1: 4,7	14,6	0,32
	Συνολικό για exit 1		1,01
	Exit 2: 13	14,6	0,89
Συνολικός χρόνος, T	Exit 1		4,19
	Exit 2		4,37

**Με επιβατικό κοινό 1000 άτομα**

**Για την περίπτωση των ΜΕΕ:**

- **Χρόνος εκκένωσης πλατφόρμας**

$$F_p = \text{επιβάτες πλατφόρμας} \div \text{χωρητικότητα εξόδων} = 1.000 \text{ p} \div 500 \text{ p/min} = 2 \text{ min}$$

- **Χρόνος αναμονής σε ουρές στην πλατφόρμα**

$$W_p = F_p - T_1 = \text{Χρόνος εκκένωσης πλατφόρμας} - \text{Χρόνος στην πλατφόρμα} = 2 - 0,85 \text{ min} = 1,15 \text{ min}$$

- **Χρόνος στα ΜΕΕ**

$$F_{fb} = \text{επιβατικό κοινό} \div \text{χωρητικότητα μπαρών} = 1.000 \text{ p} \div 700 \text{ p/min} = 1,43 \text{ min}$$

- **Χρόνος εκκένωσης στο επίπεδο των εισιτηρίων**

$$F_c = \text{Επιβατικό κοινό} \div \text{Χωρητικότητα εξόδων στο επίπεδο των εισιτηρίων} = 1.000 \text{ p} \div 450 \text{ p/min} = 2,22 \text{ min}$$

- **Χρόνος αναμονής σε ουρές στα ΜΕΕ**

$$W_{fb} = \text{Χρόνος στα ΜΕΕ} - \text{Χρόνος εκκένωσης πλατφόρμας} = F_{fb} - F_p = 1,43 \text{ min} - 2 \text{ min} = 0 \text{ min}$$

- **Χρόνος αναμονής σε ουρές στις σκάλες του επιπέδου εισιτηρίων**

$$W_c = \text{Χρόνος εκκένωσης στο επίπεδο των εισιτηρίων} - \max(\text{Χρόνος στα ΜΕΕ ή Χρόνος εκκένωσης πλατφόρμας}) = F_c - \max(F_{fb} \text{ ή } F_p) = 2,22 \text{ min} - 2 \text{ min} = 0,22 \text{ min}$$

- **Συνολικός χρόνος εκκένωσης**

$$\text{Συνολικός χρόνος εκκένωσης} = T + W_p + W_{fb} + W_c$$

$$\text{Exit 1} = 4,19 + 1,15 + 0 + 0,22 = 5,56 \text{ min}$$

$$\text{Exit 2} = 4,37 + 1,15 + 0 + 0,22 = 5,74 \text{ min}$$

Στον σταθμό Αιγάλεω με την εγκατάσταση των ΜΕΕ, η εκκένωση από την έξοδο 1 γίνεται σε 5,56 min και από την έξοδο 2 σε 5,74 min.

### Για την περίπτωση των AMEE:

- **Χρόνος εκκένωσης πλατφόρμας**

$$F_p = \text{επιβάτες πλατφόρμας} \div \text{χωρητικότητα εξόδων} = 1.000 \text{ p} \div 500 \text{ p/min} = 2 \text{ min}$$

- **Χρόνος αναμονής σε ουρές στην πλατφόρμα**

$$W_p = F_p - T_1 = \text{Χρόνος εκκένωσης πλατφόρμας} - \text{Χρόνος στην πλατφόρμα} = 2 - 0,85 \text{ min} = 1,15 \text{ min}$$

- **Χρόνος στα AMEE**

$$F_{fb} = \text{επιβατικό κοινό} \div \text{χωρητικότητα μπαρών} = 1.000 \text{ p} \div 550 \text{ p/min} = 1,82 \text{ min}$$

- **Χρόνος εκκένωσης στο επίπεδο των εισιτηρίων**

$$F_c = \text{Επιβατικό κοινό} \div \text{Χωρητικότητα επιπέδου εισιτηρίων} = 1.000 \text{ p} \div 450 \text{ p/min} = 2,22 \text{ min}$$

- **Χρόνος αναμονής σε ουρές στα AMEE**

$$W_{fb} = \text{Χρόνος στα AMEE} - \text{Χρόνος εκκένωσης πλατφόρμας} = F_{fb} - F_p = 1,82 \text{ min} - 2 \text{ min} = 0 \text{ min}$$

- **Χρόνος αναμονής σε ουρές στις σκάλες του επιπέδου εισιτηρίων**

$$W_c = \text{Χρόνος εκκένωσης στο επίπεδο των εισιτηρίων} - \max(\text{Χρόνος στα AMEE ή Χρόνος εκκένωσης πλατφόρμας}) = F_c - \max(F_{fb} \text{ ή } F_p) = 2,22 \text{ min} - 2 \text{ min} = 0,22 \text{ min}$$

- **Συνολικός χρόνος εκκένωσης**

$$\text{Συνολικός χρόνος εκκένωσης} = T + W_p + W_{fb} + W_c$$

$$\text{Exit 1} = 4,19 + 1,15 + 0 + 0,22 = 5,56 \text{ min}$$

$$\text{Exit 2} = 4,37 + 1,15 + 0 + 0,22 = 5,74 \text{ min}$$

Στον σταθμό Αιγάλεω με την εγκατάσταση των AMEE, η εκκένωση από την έξοδο 1 γίνεται σε 5,56 min και από την έξοδο 2 σε 5,74 min.

## Κεφάλαιο 4. Evacuation Modeling: Περιγραφικά στοιχεία δομής και λειτουργίας του προγράμματος Pathfinder

Για να επιτευχθεί ένας πιο ρεαλιστικός υπολογισμός εκκένωσης ή μια πιο αποδοτική λύση, οι μηχανικοί αναζητούν μοντέλα υπολογιστών εκκένωσης για να βοηθήσουν στην εκτίμηση των βασικών χαρακτηριστικών ασφάλειας ζωής ενός κτιρίου. Υπάρχουν διάφορα μοντέλα εκκένωσης, το καθένα με μοναδικά χαρακτηριστικά και ειδικότητες. Τα μοντέλα αυτά μπορούν να κυμαίνονται από την αποτελεσματική χρήση των υπολογισμών των χεριών (έχοντας έτσι τους ίδιους περιορισμούς με τους υπολογισμούς των χεριών) σε μοντέλα που έχουν σύνθετες εξισώσεις και επιβαίνοντες με δυνατότητες λήψης αποφάσεων.

Αρχικά τα μοντέλα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη διαθεσιμότητά τους, δηλαδή εάν είναι διαθέσιμα στο κοινό, μέσω συμβουλευτικής βάσης ή δεν έχουν ακόμη κυκλοφορήσει. Στη συνέχεια, παρέχονται πληροφορίες για πολλά χαρακτηριστικά κάθε μοντέλου, όπως η μέθοδος μοντελοποίησης, ο σκοπός, η δομή του μοντέλου και η προοπτική, οι μέθοδοι προσομοίωσης κίνησης και συμπεριφοράς, η παραγωγή, η χρήση δεδομένων πυρκαγιάς, η χρήση απεικονίσεων και τα σχέδια CAD. Τέλος, συμπεριλαμβάνονται τα ειδικά χαρακτηριστικά του μοντέλου όπως η αντίθετη ροή, οι αποκλεισμένες έξοδοι, οι συνθήκες φωτιάς που επηρεάζουν τη συμπεριφορά, οι επιπτώσεις της τοξικότητας, οι ομαδικές ονομασίες, οι άνθρωποι με αναπηρίες, οι καθυστερήσεις των ατόμων, η χρήση ανελκυστήρα και η επιλογή διαδρομής.

Τα μοντέλα που περιλαμβάνονται στην αναθεώρηση (A Review of Building Evacuation Models 2nd Edition, 2010) κατηγοριοποιούνται με βάση τα κύρια χαρακτηριστικά. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν τα εξής (περισσότερα στοιχεία δίνονται στο Παράρτημα Α'):

- Διαθεσιμότητα μοντέλου
- Μέθοδος μοντελοποίησης
- Σκοπός του μοντέλου
- Τύπος δικτύου / δομής του μοντέλου
- Μοντελοποίηση των ατόμων
- Προβολή των επισκεπτών του κτιρίου
- Συμπεριφορά των ατόμων
- Κίνηση των ατόμων
- Ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων της φωτιάς
- Η χρήση σχεδίων σχεδίασης με υπολογιστή (CAD)
- Μέθοδοι απεικόνισης
- Μέθοδοι επικύρωσης

## Περιγραφή Pathfinder

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. Το περιβάλλον εργασίας του συγκεκριμένου λογισμικού φαίνεται παρακάτω.

Στο πρόγραμμα αυτό μπορεί να εισαχθεί το σχέδιο της κάτοψης που μας ενδιαφέρει ή να σχεδιαστεί με τα διάφορα εργαλεία που διαθέτει ο χώρος που θέλουμε 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. 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.

Σχετικά με τα βασικά χαρακτηριστικά των μοντέλων εκκένωσης που αναφέρθηκαν παραπάνω και αναλύονται περισσότερο στο Παράρτημα Α, το Pathfinder κατηγοριοποιείται ως εξής:

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. Το μοντέλο είναι διαθέσιμο στο κοινό δωρεάν ή με χρέωση.

Χρησιμοποιεί ένα συνεχές μοντέλο δικτύου, όπου εφαρμόζει ένα 2-D (συνεχές) επίπεδο στις κατόψεις της δομής, επιτρέποντας στα άτομα να περπατούν από ένα σημείο στο χώρο σε άλλο, σε όλο το κτίριο. Τα άτομα δεν είναι συνδεδεμένοι με συγκεκριμένο κελί, αλλά συχνά υπάρχουν κανόνες που περιορίζουν την ελάχιστη απόσταση μεταξύ των ατόμων. Τα συνεχή δίκτυα μπορούν να έχουν την ικανότητα να προσομοιώνουν την ύπαρξη εμποδίων και φραγμών στους χώρους των κτιρίων που επηρεάζουν την επιλογή της διαδρομής μεμονωμένων διαδρομών



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.

Η τυπική συμπεριφορά (Implicit behavior) αντιπροσωπεύει εκείνα τα μοντέλα που προσπαθούν να προσομοιώσουν τη συμπεριφορά έμμεσα, εκχωρώντας συγκεκριμένες καθυστερήσεις ή χαρακτηριστικά ατόμων που επηρεάζουν την κίνηση κατά τη διάρκεια της εκκένωσης.

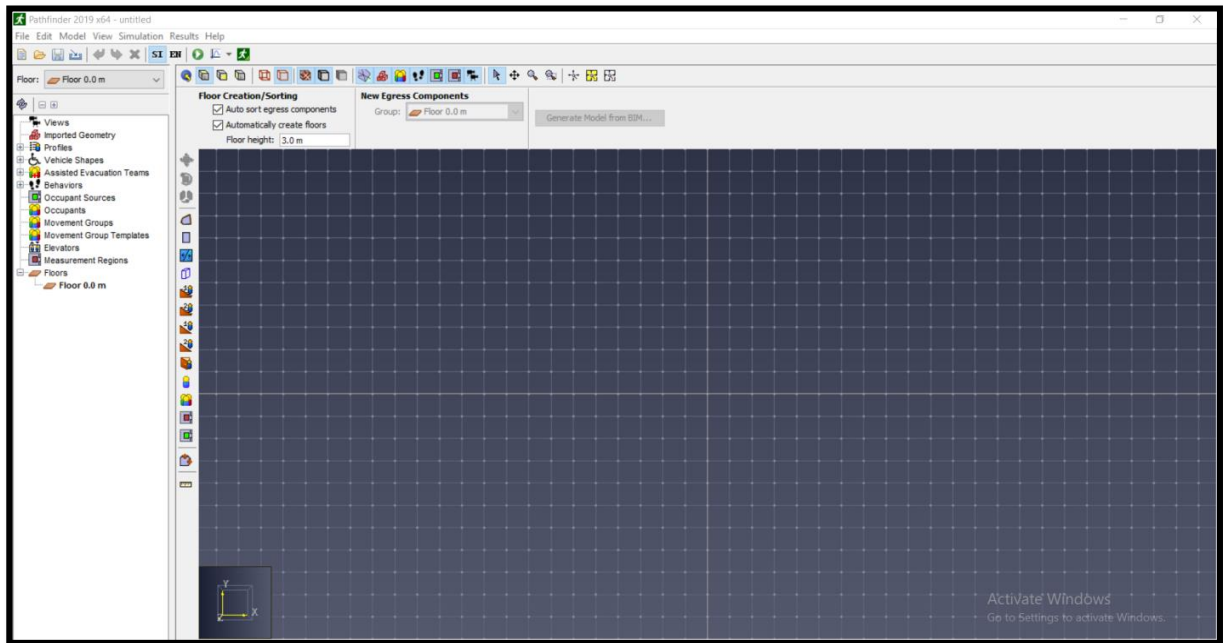
Οι χρήστες κινούνται κατά μήκος των εξόδων και συγκεκριμένα ενσωματώνονται μειώσεις στην ταχύτητα με βάση την πυκνότητα του χώρου και την χωρητικότητα των θυρών και των κλιμακοστασίων. Οι πρωταρχικές περιοχές της ανάλυσης επικεντρώνονται στους ανοιχτούς χώρους, στα κλιμακοστάσια και διαμέσου των θυρών. Ο χρήστης του προγράμματος διαμορφώνει το αρχικό φορτίο των χρηστών του χώρου καθορίζοντας την πυκνότητα σε συγκεκριμένες περιοχές ή δίνοντας διακριτό αριθμό χρηστών. Επίσης, μπορεί να επιλεγεί η μείωση της ταχύτητας των ατόμων κατά την εκκένωση σε σχέση με την τοπική πυκνότητα του πλήθους.

Επίσης σχέδια σε μορφή CAD μπορούν να εισάγονται στο μοντέλο ή ο χρήστης μπορεί να διαμορφώσει την κάτοψη του επιπέδου ενός ορόφου στο πρόγραμμα PathFinder. Υπάρχει δυνατότητα οπτικής απεικόνισης 2D-3D.

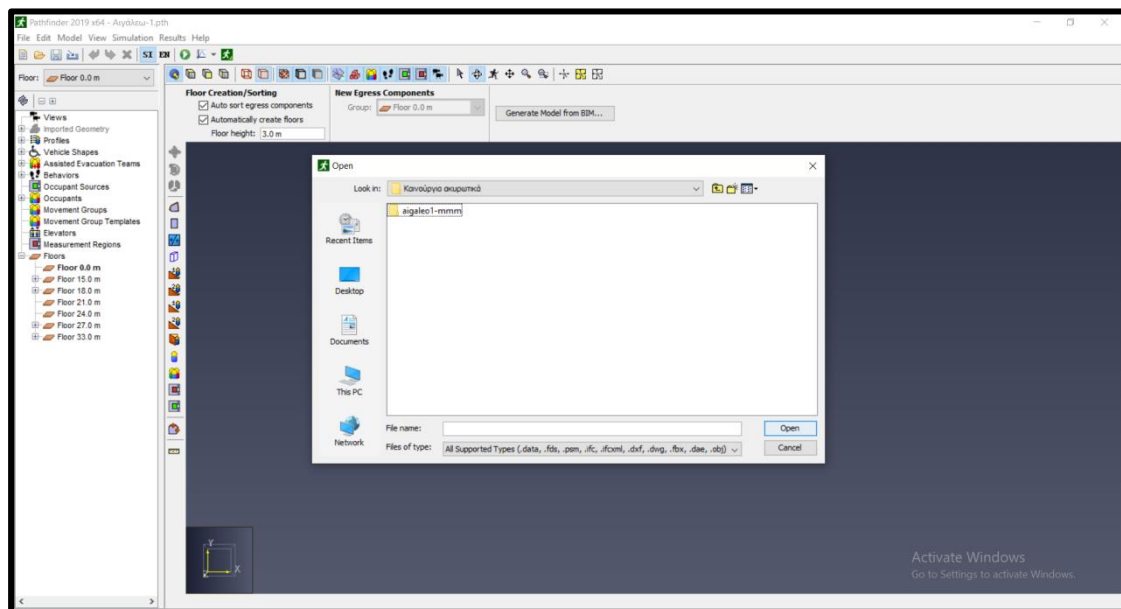
Το μοντέλο μπορεί να ενσωματώσει δεδομένα πυρκαγιάς και να εξάγει αποτελέσματα σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε άτομο ξεχωριστά καθ' όλη τη διάρκεια της εκκένωσης, χωρίς όμως να επηρεάζουν άμεσα αυτές οι συνθήκες την συμπεριφορά του.

Τα αποτελέσματα που μπορούν να διεξαχθούν από αυτό το πρόγραμμα είναι π.χ. ο αριθμός των ατόμων που έχουν χρησιμοποιήσει μία έξοδο, ο ελάχιστος, μέγιστος και μέσος χρόνος για ανθρώπους να διαφύγουν από ένα συγκεκριμένο χώρο, οι χρόνοι που ένας διάδρομος, ένα δωμάτιο ή ένα κλιμακοστάσιο είναι άδειο, ο χρόνος που το επίπεδο ενός ορόφου είναι άδειο, ο συνολικός χρόνος εκκένωσης και άλλα.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται συνοπτικά με φωτογραφίες το περιβάλλον εργασίας του Pathfinder καθώς και μερικές από τις λειτουργίες του.



Εικόνα 4.1 Περιβάλλον εργασίας Pathfinder



Εικόνα 4.2 Τρόπος εισαγωγής αρχείου CAD

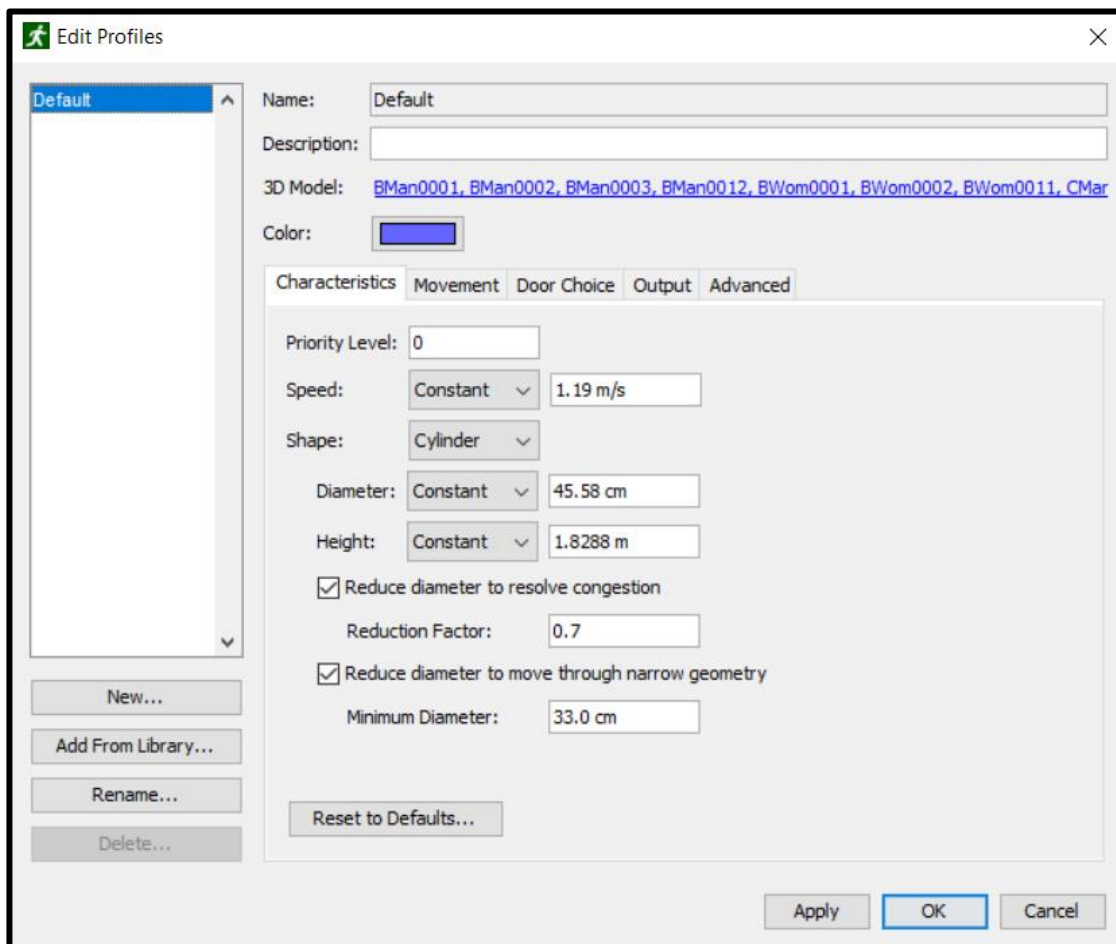


- 1) Προσθήκη πολυγωνικού δωματίου
- 2) Προσθήκη ορθογώνιου δωματίου
- 3) Προσθήκη λεπτού τοίχου
- 4) Προσθήκη παχύ τοίχου
- 5) Δημιουργία σκαλών επιλέγοντας ένα σημείο μιας άκρης
- 6) Δημιουργία σκαλών μεταξύ δύο άκρων επιλέγοντας ένα σημείο στην κάθε μία
- 7) Δημιουργία ράμπας επιλέγοντας ένα σημείο μιας άκρης
- 8) Δημιουργία ράμπας μεταξύ δύο άκρων επιλέγοντας ένα σημείο στην κάθε μία
- 9) Προσθήκη νέας πόρτας
- 10) Προσθήκη ενός επιβάτη
- 11) Προσθήκη επιβατών σε ένα ορθογώνιο
- 12) Προσθήκη μιας μετρήσιμης περιοχής
- 13) Προσθήκη μιας πηγής επιβατών
- 14) Εξαγωγή δωματίου από εισαγόμενη γεωμετρία
- 15) Κάντε μια μέτρηση

Εικόνα 4.3: Εργαλεία σχεδιασμού του Pathfinder

Στο Pathfinder, οι επιβάτες ορίζονται σε δύο μέρη: προφίλ και συμπεριφορές. Το προφίλ καθορίζει σταθερά χαρακτηριστικά των επιβατών, όπως μέγιστη ταχύτητα, ακτίνα και χρώμα. Η συμπεριφορά καθορίζει μια ακολουθία ενεργειών που θα κάνει ο επιβάτης καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης, όπως μετακίνηση σε δωμάτιο, αναμονή και μετά έξοδο.

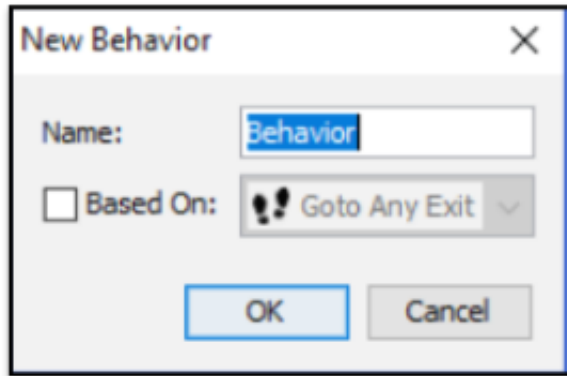
Για να εισάγουμε κάποιο προφίλ, πηγαίνουμε στο **Model** menu και πατάμε το **Edit Profiles**.



**Εικόνα 4.4 : Προσθήκη προφίλ για τους επιβάτες**

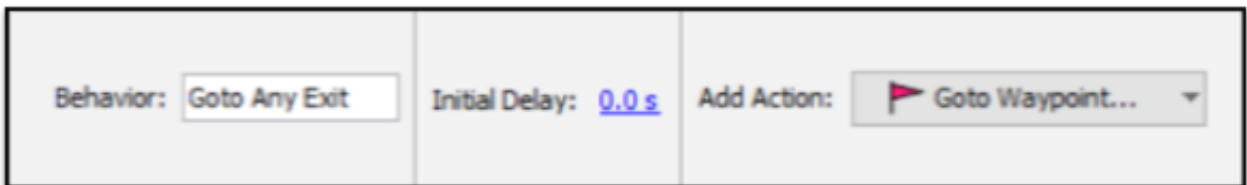
Οι συμπεριφορές στο Pathfinder αντιπροσωπεύουν μια ακολουθία ενεργειών που θα κάνει ο επιβάτης καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Μόλις ο κάτοικος έχει ολοκληρώσει όλες τις ενέργειες, αφαιρούνται από την προσομοίωση. Ενδέχεται να προστεθούν ενέργειες που μπορούν να κάνουν τον επιβάτη να περιμένει ή να ταξιδέψει σε έναν προορισμό, όπως δωμάτιο, σημείο ή έξοδος. Από προεπιλογή, υπάρχει μια συμπεριφορά στο μοντέλο που ονομάζεται "Go to Any Exit". Αυτή η συμπεριφορά απλώς κάνει τον επιβάτη να μετακινηθεί από την αρχική του θέση σε οποιαδήποτε έξοδο που υπάρχει στο μοντέλο με την ταχύτερη διαδρομή.

Όπως με τα προφίλ, οποιοσδήποτε αριθμός επιβατών μπορεί να αναφέρεται σε μια μεμονωμένη συμπεριφορά. Για να δημιουργήσουμε μια νέα συμπεριφορά, επιλέγουμε το **Model** menu και πατάμε το **Add behavior**.



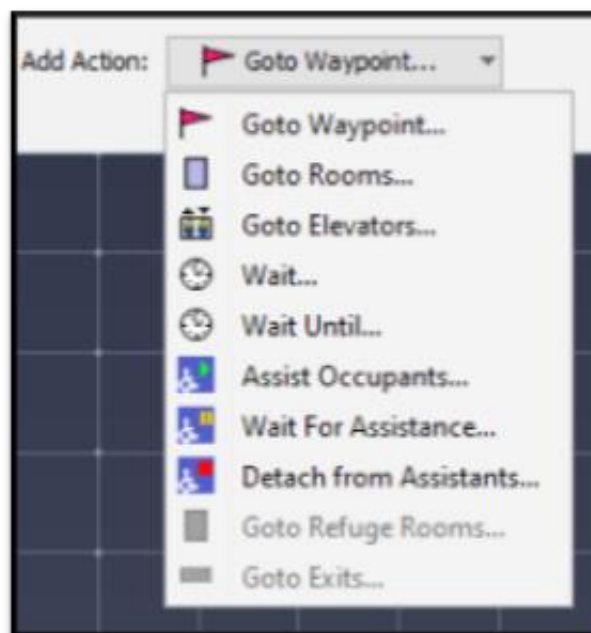
Εικόνα 4.5 : Προσθήκη συμπεριφοράς

Με την επιλεγμένη νέα συμπεριφορά, ο πίνακας ιδιοτήτων συμπεριφοράς θα εμφανιστεί όπως φαίνεται στην εικόνα παρακάτω.



Εικόνα 4.6 : Πίνακας ιδιοτήτων συμπεριφοράς

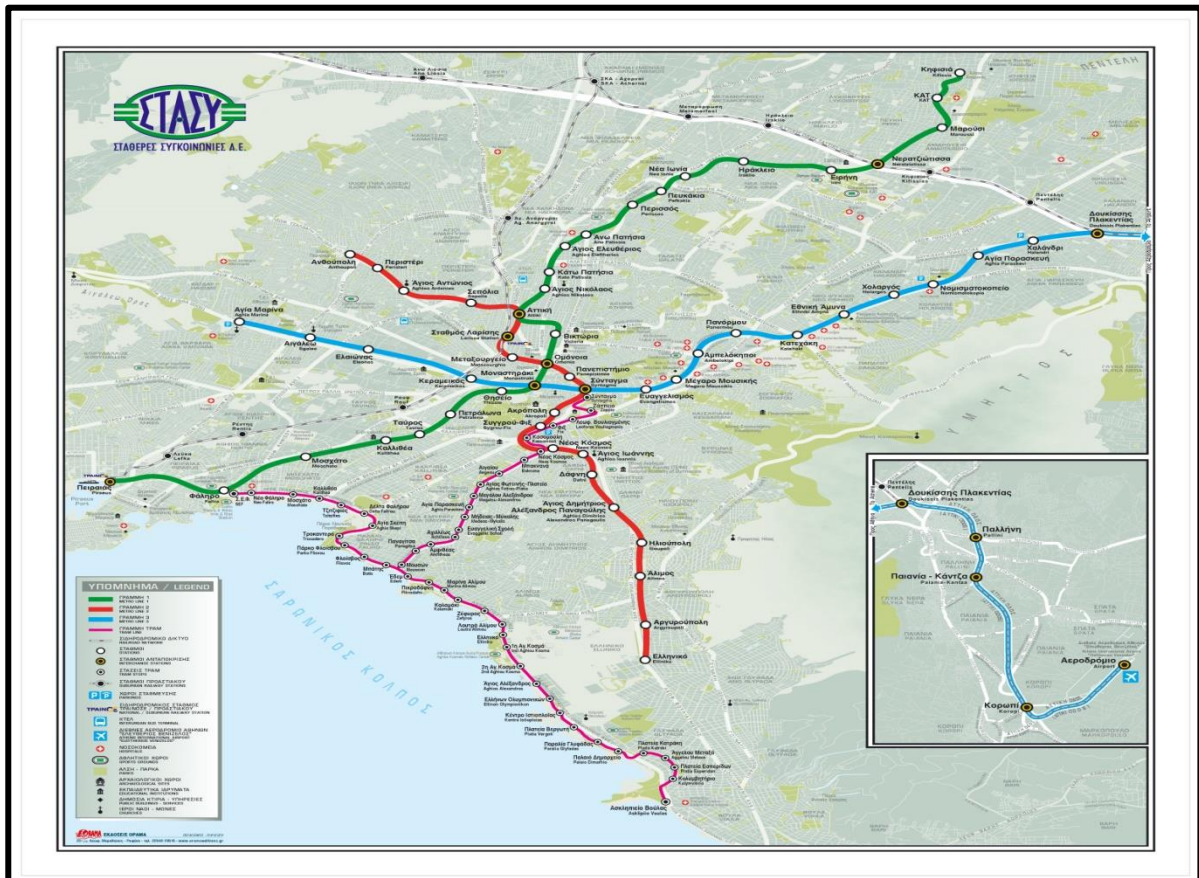
Πρόσθετες ενέργειες μπορούν να προστεθούν σε οποιαδήποτε συμπεριφορά, όπως η μετάβαση σε δωμάτιο, ένα σημείο, ένα ασανσέρ ή απλά αναμονή στη θέση του και άλλες ενέργειες όπως φαίνεται στην **Εικόνα 4.7**.



Εικόνα 4.7: Προσθήκη κάποιας ενέργειας σε οποιαδήποτε συμπεριφορά

## Κεφάλαιο 5. Τύποι σταθμών και συρμοί 3<sup>ης</sup> γενιάς

Το Σύστημα Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας αποτελείται από μέσα σταθερής τροχιάς (Μετρό, Τραμ, Προαστιακός) και μέσα οδικών μεταφορών (Αστικά Λεωφορεία, Τρόλεϊ). Η λειτουργία του Μετρό και του Τραμ γίνεται από τη δημόσια εταιρία ΣΤΑ.ΣΥ. Α.Ε., των Λεωφορείων και Τρόλεϊ από την Ο.ΣΥ. και του Προαστιακού από την ΤΡΑΙΝΟΣΕ. Ο Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας (ΟΑΣΑ) εποπτεύει όλα τα παραπάνω μέσα, πλην του Προαστιακού.



Εικόνα 5.1 Σύστημα Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας  
(Athens Transport , 2020)

Το Μετρό της Αθήνας αποτελείται από 3 γραμμές συνολικού μήκους 72,3 χλμ. Συγκεκριμένα:

**ΓΡΑΜΜΗ 1 (γνωστή και ως ΗΣΑΠ/Ηλεκτρικός):** Ξεκίνησε τη λειτουργία της το 1869. Σήμερα εκτείνεται σε μήκος 25,6 χλμ. από την Κηφισιά ως τον Πειραιά. Εξυπηρετεί 24 σταθμούς. Συνδέεται με τη ΓΡΑΜΜΗ 2 στους σταθμούς Αττική και Ομόνοια, με τη ΓΡΑΜΜΗ 3 στο σταθμό Μοναστηράκι και με τον Προαστιακό Σιδηρόδρομο στους σταθμούς Νερατζιώτισσα και Πειραιάς.

**ΓΡΑΜΜΗ 2:** Ξεκίνησε τη λειτουργία της το 2000. Σήμερα εκτείνεται σε μήκος 17,5 χλμ. από την Ανθούπολη ως το Ελληνικό. Εξυπηρετεί 20 σταθμούς. Συνδέεται με τη ΓΡΑΜΜΗ 1 στους σταθμούς Αττική και Ομόνοια, με τη ΓΡΑΜΜΗ 3 στο σταθμό Σύνταγμα, και με τον Προαστιακό σιδηρόδρομο και τον ΟΣΕ στο σταθμό Λαρίσης.

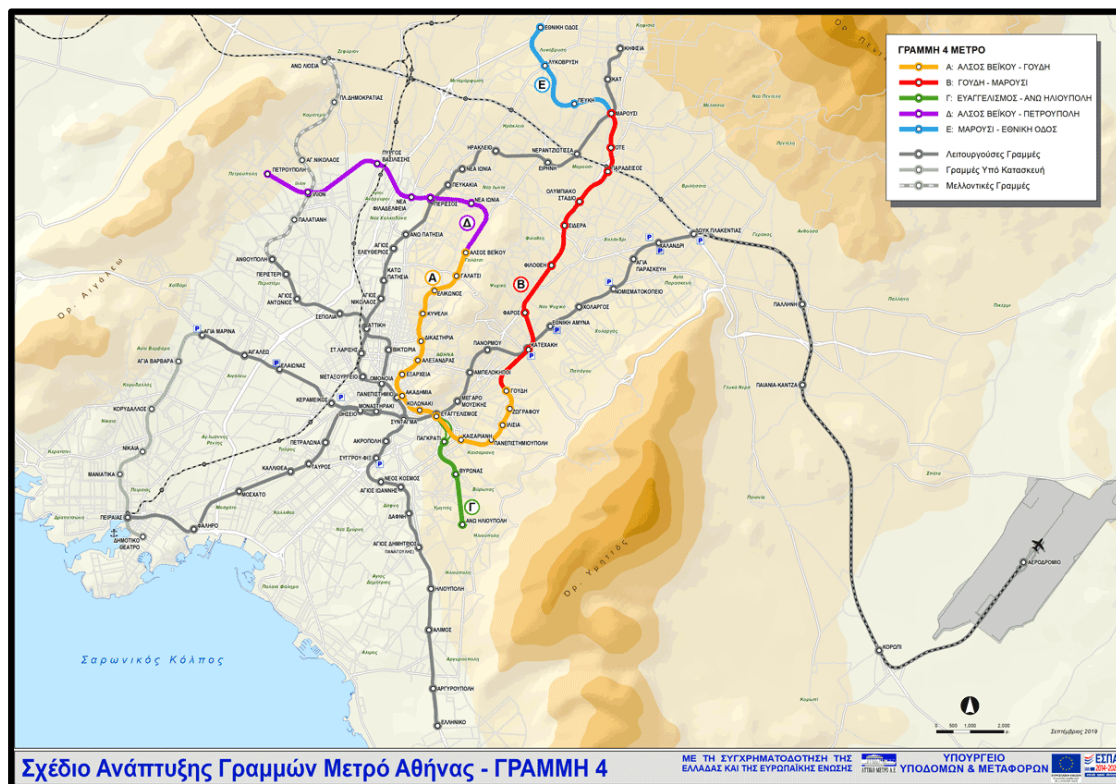
**ΓΡΑΜΜΗ 3:** Ξεκίνησε τη λειτουργία της το 2000. Σήμερα εκτείνεται σε μήκος 21,9 χλμ (και επιπλέον 21,2 χλμ μεταξύ Δουκίσσης Πλακεντίας Πλακεντίας και Αεροδρόμιο). Εξυπηρετεί 20 σταθμούς και επιπλέον 4, τους οποίους μοιράζεται με τον Προαστιακό. Συνδέεται με τη ΓΡΑΜΜΗ 1 στο σταθμό Μοναστηράκι και με τη ΓΡΑΜΜΗ 2 στο σταθμό Σύνταγμα. (Athens Transport , 2020)

**Γραμμή 4:** Το τρέχον Σχέδιο Ανάπτυξης Γραμμών Μετρό Αθήνας περιλαμβάνει τη Γραμμή 4 του Μετρό, Άλσος Βεΐκου-Ευαγγελισμός-Φάρος-Μαρούσι, με τις επεκτάσεις της (α) προς Βύρωνα/Άνω Ηλιούπολη και (β) προς Πετρούπολη και Εθνική Οδό. Η Γραμμή 4, σχήματος «U», αποτελείται από 2 σκέλη ακτινικής μορφής, προς Γαλάτσι και Μαρούσι, και ένα κεντρικό τμήμα διερχόμενο από το κέντρο της Αθήνας, έχει συνολικό μήκος 38,2 χλμ, περιλαμβάνει 35 συνολικά σταθμούς και αποτελείται από πέντε επιμέρους διακριτά τμήματα, Α, Β, Γ, Δ και Ε:

- Τμήμα Α: Άλσος Βεΐκου-Γουδή (μήκους 12,8 χλμ και 15 σταθμούς)
- Τμήμα Β: Γουδή-Μαρούσι (μήκους 9,6 χλμ και 8 σταθμούς)
- Τμήμα Γ: Ευαγγελισμός-Άνω Ηλιούπολη (μήκους 4,1 χλμ και 3 σταθμούς)
- Τμήμα Δ: Άλσος Βεΐκου-Πετρούπολη (μήκους 7,5 χλμ και 6 σταθμούς)
- Τμήμα Ε: Μαρούσι-Εθνική Οδός (μήκους 4,4 χλμ και 3 σταθμούς)

Το τμήμα Α της Γραμμής 4 αποτελεί τμήμα του προγραμματιζόμενου, μακροπρόθεσμα προς υλοποίηση, συνολικού έργου της Γραμμής 4 και έχει μήκος 12,8 χλμ. περίπου και επιπλέον περιλαμβάνει την Συνδετήρια Σήραγγα της Γραμμής 4 με τις Γραμμές 2 & 3 και την Σήραγγα Πρόσβασης και τον χώρο Εναπόθεσης/ Συντήρησης Συρμών Κατεχάκη. Το έργο περιλαμβάνει δεκαπέντε (15) υπόγειους σταθμούς και εννέα (9) ενδιάμεσα ή/και τερματικά φρέατα.

Το τμήμα Α της Γραμμής 4 μετρό και έχει σχεδιασθεί με σκοπό την εξυπηρέτηση πολλών πυκνοκατοικημένων περιοχών της πόλης και την εξυπηρέτηση πολλών σημαντικών κτιρίων και εγκαταστάσεων, όπως Νοσοκομεία, Εκπαιδευτικά Ιδρύματα, Δικαστήρια και μεγάλα δημόσια κτίρια Οργανισμών ή Υπουργείων. (Αττικό Μετρό Α.Ε., Αττικό Μετρό Α.Ε. - Μετρό Αθήνας - Γενική περιγραφή της Γραμμής 4, 2020)



Εικόνα 5.2 Σχέδιο σταθμών της γραμμής 4

(Αττικό Μετρό Α.Ε., Αττικό Μετρό Α.Ε. - Μετρό Αθήνας - Γενική περιγραφή της Γραμμής 4, 2020)

## 5.1 Τύποι σταθμών

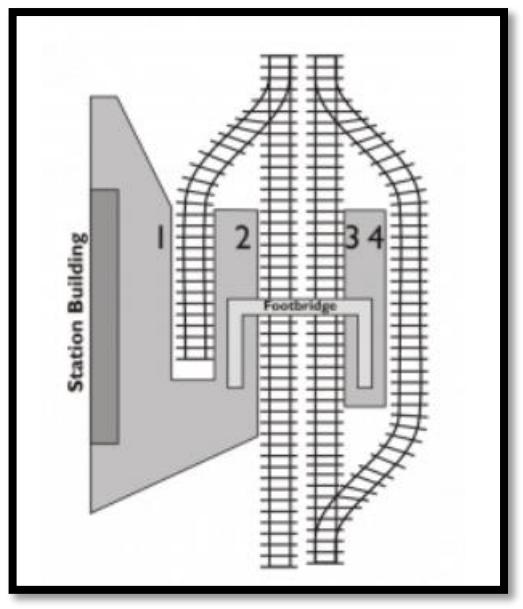
Μια σιδηροδρομική πλατφόρμα είναι τμήμα του μονοπατιού, παράλληλα με τις σιδηροδρομικές γραμμές σε σιδηροδρομικό σταθμό, σταθμό του μετρό ή στάση του τραμ, όπου οι επιβάτες μπορούν να επιβιβαστούν ή να αποβιβαστούν από τρένα ή τραμ. Σχεδόν όλοι οι σιδηροδρομικοί σταθμοί έχουν κάποια μορφή πλατφόρμας, με μεγαλύτερους σταθμούς που έχουν πολλαπλές πλατφόρμες.

Οι τύποι πλατφόρμας περιλαμβάνουν την πλατφόρμα του κόλπου ( bay platform ) , την πλευρική πλατφόρμα ( side platform or through platform), την split πλατφόρμα και την island πλατφόρμα.

Μία bay platform είναι μια πλατφόρμα στην οποία τερματίζει η τροχιά, δηλαδή μια αδιέξοδος ή μια παρακαμπτήριος. Τα τρένα που εξυπηρετούν μια bay platform θα πρέπει να αντιστραφούν ή να σβήσουν. Μία side platform είναι ο συνηθέστερος τύπος καθώς το τρένο παράλληλα με την πλατφόρμα εισέρχεται από το ένα άκρο και εξέρχεται από το άλλο. Μία island platform έχει πλατφόρμες και στις δύο πλευρές, όπου κανένα ή και τα δύο άκρα των πλατφόρμων να συνδέονται με bay platform. Για να οδηγηθούμε σε μια island platform πρέπει να υπάρχει μια γέφυρα, μια σήραγγα ή μια ισόπεδη διασταύρωση. Για την ανάβαση στη γέφυρα ή για κατάβαση στη σήραγγα πρέπει να



χρησιμοποιούνται σκάλες, ράμπες, κυλιόμενες σκάλες, ανελκυστήρες ή συνδυασμό των παραπάνω. (Railway Platform and Types, 2015)



Εικόνα 5.3 Τύποι πλατφόρμας

Αυτό το διάγραμμα απεικονίζει διάφορους τύπους πλατφόρμας. Η πλατφόρμα (1) είναι bay platform, ενώ οι πλατφόρμες (2), (3) και (4) είναι side platforms. Η πλατφόρμα που φιλοξενεί (3) και (4) είναι island platform.

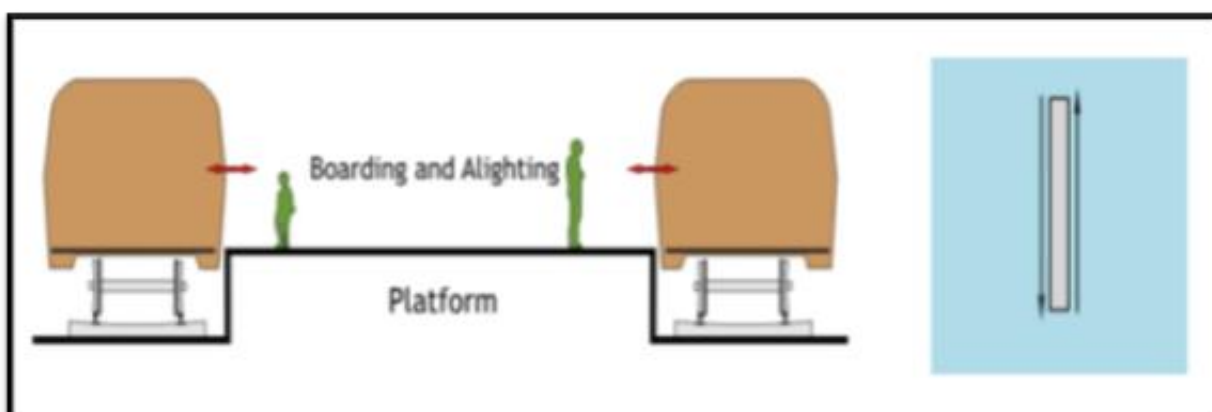
### 1) Island platform

Μία island platform (επίσης κεντρική πλατφόρμα) είναι μια διάταξη σταθμού όπου μια μονή πλατφόρμα τοποθετείται ανάμεσα σε δύο διαδρομές μέσα σε σιδηροδρομικό σταθμό, στάση τραμ ή μετεπιβίβαση. Οι island platforms είναι δημοφιλείς στις διπλές διαδρομές και μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες προς τις δύο κατευθύνσεις, από μια ενιαία πλατφόρμα που απαιτεί μόνο ένα σύνολο υπηρεσιών υποστήριξης (τουαλέτες, γραφεία εισιτηρίων, κιόσκια). Είναι επίσης χρήσιμοι σε μεγαλύτερους σταθμούς όπου εξυπηρετούνται τοπικά και express δρομολόγια και από την ίδια πλατφόρμα εξυπηρετούνται και οι δύο κατευθύνσεις. Μια εναλλακτική λύση είναι η τοποθέτηση πλευρικών πλατφορμών (side platforms) από τις δύο πλευρές των διαδρομών.

Οι island platforms είναι δημοφιλείς στον σύγχρονο σιδηροδρομικό κόσμο για διάφορους λόγους. Οι πλατφόρμες αυτές επιτρέπουν να μοιράζονται εγκαταστάσεις μεταξύ των δύο διαδρομών, όπως κυλιόμενες σκάλες, ανελκυστήρες, καταστήματα, τουαλέτες και αίθουσες αναμονής, αντί να υπάρχουν μόνο στη μία πλευρά. Στις σιδηροδρομικές γραμμές, οι επιβάτες τείνουν να χρησιμοποιούν τρένα προς μία κατεύθυνση το πρωί και προς την άλλη κατεύθυνση το βράδυ. Με δύο side platforms, μια πλατφόρμα γεμίζει, ενώ η άλλη είναι έρημη. Μια island platform εμποδίζει αυτό, καθώς η ίδια μεγάλη πλατφόρμα χρησιμοποιείται για τα τρένα που ταξιδεύουν προς

οποιαδήποτε κατεύθυνση. Αυτό μειώνει επίσης το κόστος συντήρησης, επειδή αντί να χρειάζεται να διατηρούνται δύο ξεχωριστές πλατφόρμες, οι σιδηροδρομικοί φορείς πρέπει να διατηρούν μόνο μία island platform.

Η ευκολία των επιβατών είναι ένα άλλο σημαντικό θέμα. Γενικά, ακόμη και στους ικανότατους επιβάτες δεν είναι βολικό να περάσουν ανάμεσα στις δύο πλατφόρμες και σε μερικές περιοχές υπόγειων διαβάσεων (δηλαδή πεζόδρομοι) κάτω από τη σιδηροδρομική γραμμή μπορεί επίσης να δημιουργηθούν προβλήματα βανδαλισμού και ασφάλειας. Μια αυξανόμενη εκτίμηση είναι η απαίτηση για τους σταθμούς που είναι προσβάσιμοι από αναπηρικά αμαξίδια. Μια island platform διευκολύνει τους χρήστες αναπηρικών αμαξιδίων και τους αδύναμους να αλλάξουν δρομολόγια, αλλά αυτό σημαίνει ότι σε σταθμό στο επίπεδο του εδάφους είναι αδύνατο να φτάσει κάποιος στην πλατφόρμα χωρίς να χρησιμοποιήσει γέφυρα, υπόγειο διάδρομο ή διάβαση πεζών. Από την άλλη πλευρά, οι σταθμοί με island platform επιτρέπει στους επιβάτες να χρησιμοποιούν οποιαδήποτε είσοδο στο σταθμό, και εξαλείφει την ανάγκη για κάποια σήμανση, καθώς και την εξάλειψη της ανάγκης για την κατασκευή ενός crossover ή crossunder μεταξύ δύο πλατφόρμες. (Railway Platform and Types, 2015)



Εικόνα 5.4 Island platform

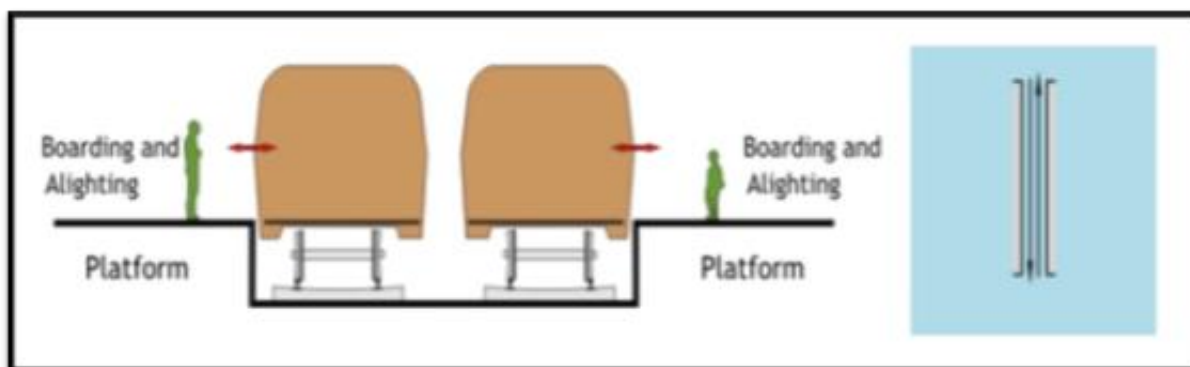
## 2) Side platform

Μια side platform (πλευρική πλατφόρμα) είναι μια πλατφόρμα τοποθετημένη στην πλευρά ενός ζεύγους γραμμών σε σιδηροδρομικό σταθμό, στάση τραμ ή διέλευσης. Ένα ζευγάρι πλευρικών πλατφορμών παρέχεται συχνά σε μια διπλή διαδρομή γραμμής με μία μόνο πλευρική πλατφόρμα επαρκή για μία διαδρομή. Μια εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιηθεί μια island platform όπου υπάρχει μια μονή πλατφόρμα ανάμεσα σε ένα ζευγάρι κομμάτια που χωρίζονται για να φιλοξενήσουν την πλατφόρμα. Οι side platforms μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα ένα ευρύτερο συνολικό κοινό για τον σταθμό σε σύγκριση με μια island platform, όπου ένα απλό πλάτος πλατφόρμας μπορεί να «μοιραστεί» και από τα δύο κομμάτια.

Όταν ο σταθμός βρίσκεται κοντά σε ισόπεδη διάβαση, οι πλατφόρμες πρέπει είτε να βρίσκονται στην ίδια πλευρά του διασταυρούμενου δρόμου είτε εναλλακτικά να μπορούν να κλιμακώνονται με έναν από τους δύο τρόπους.

Οι περισσότεροι σταθμοί με πλαϊνές πλατφόρμες διαθέτουν πλατφόρμα «Up», η οποία χρησιμοποιείται από τρένα που κατευθύνονται προς τον πρωτεύοντα προορισμό της γραμμής, με την άλλη πλατφόρμα να είναι η πλατφόρμα «Down» που οδηγεί τα τρένα με κατεύθυνση αντίθετα. Κανονικά, οι κύριες εγκαταστάσεις του σταθμού βρίσκονται στην πλατφόρμα «Up», ενώ η άλλη πλατφόρμα είναι προσβάσιμη από μια γέφυρα για πεζούς, μετρό ή διάβαση πεζών. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις τα κύρια κτίρια του σταθμού βρίσκονται σε οποιαδήποτε πλευρά βλέπει την πόλη ή το χωριό που εξυπηρετεί ο σταθμός.

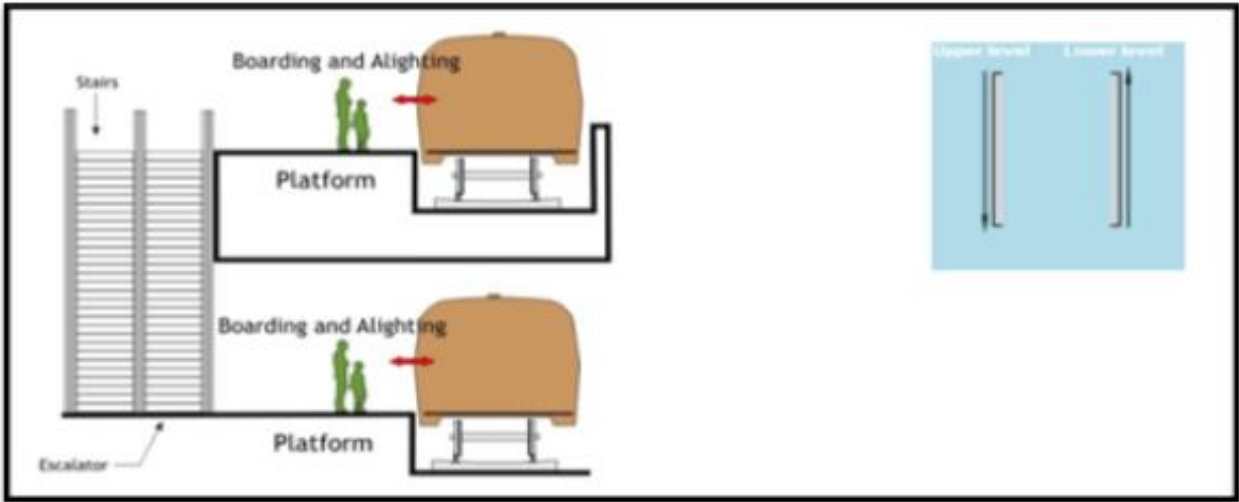
Οι μεγαλύτεροι σταθμοί ενδέχεται να έχουν side platforms με διάφορες island platforms. (Railway Platform and Types, 2015)



Εικόνα 5.5 Side platform

### 3) Split platform

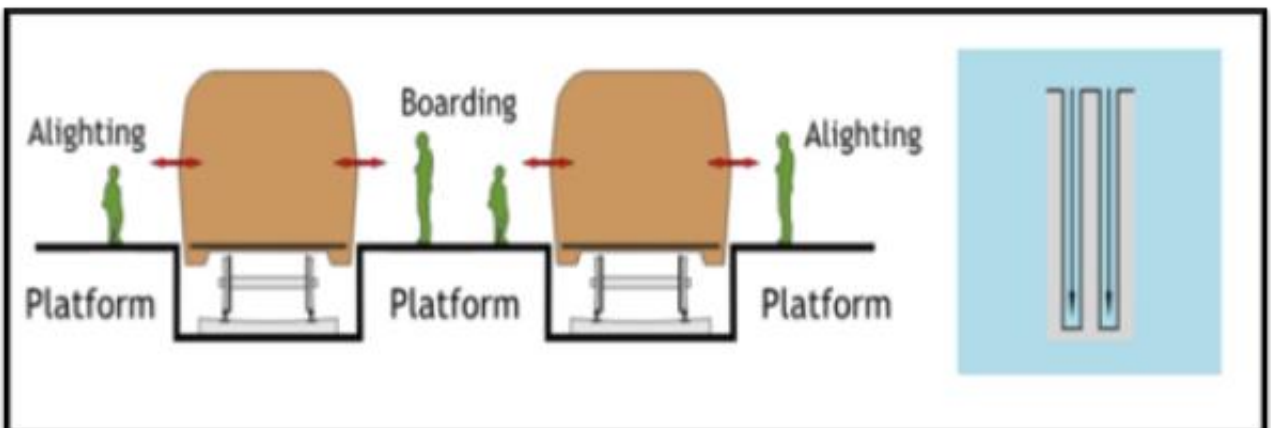
Μια split platform είναι ένας σταθμός που έχει μια πλατφόρμα για κάθε τροχιά, χωρισμένη σε δύο ή περισσότερα επίπεδα. Αυτή η διαμόρφωση επιτρέπει οριζόντια ένα στενότερο σχέδιο σταθμού, εις βάρος ενός βαθύτερου (ή υψηλότερου) κατακόρυφου ανύψωσης, επειδή τα σετ τροχών και πλατφορμών στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο. Όταν δύο γραμμές σιδηροτροχιών διασχίζουν ή τρέχουν παράλληλα για κάποιο χρονικό διάστημα, οι πλατφόρμες split χρησιμοποιούνται μερικές φορές σε μια υβριδική διάταξη που επιτρέπει την εύκολη ανταλλαγή πλατφόρμας μεταξύ των αμαξοστοιχιών που κινούνται στην ίδια γενική κατεύθυνση. (Railway Platform and Types, 2015)



Εικόνα 5.6 Split platform

#### 4) Flow-Through Platforms

Οι πλατφόρμες ροής επιτρέπουν στους επιβάτες να επιβιβάζονται και να αποβιβάζονται στο τρένο από ειδικές πλατφόρμες, εξαλείφοντας έτσι τις συγκρούσεις των επιβατών. Η ταχύτητα ροής των πλατφόρμων επιβίβασης και αποβίβασης αυξάνεται και έτσι μειώνεται ο χρόνος παραμονής του οχήματος στην πλατφόρμα. Οι πλατφόρμες ροής δεν χρησιμοποιούνται συνήθως λόγω κόστους και επιχειρησιακών εκτιμήσεων, αλλά ενδέχεται να έχουν εφαρμογές όπου οι πολύ υψηλοί όγκοι επιβατών ή / και τα μοναδικά χαρακτηριστικά επιβατών (π.χ. υψηλό ποσοστό επιβατών με βαλίτσες) απαιτούν από τον σχεδιαστή του σταθμού να ελαχιστοποιήσει τις ροές διασταυρώσεων στην πλατφόρμα και τον χρόνο παραμονής. (Railway Platform and Types, 2015)



Εικόνα 5.7 Flow-Through Platform

## 5.2 Στοιχεία συρμών 3ης γενιάς

Τα βασικά χαρακτηριστικά των συρμών 3<sup>ης</sup> γενιάς φαίνονται παρακάτω:

- είναι πλήρως κλιματιζόμενοι
- είναι φιλικό προς το περιβάλλον
- διαθέτουν συστήματα στην αιχμή της τεχνολογίας
- είναι αναβαθμισμένοι αισθητικά τόσο εξωτερικά όσο και στους εσωτερικούς τους χώρους
- διαθέτουν όλες τις διευκολύνσεις για τα άτομα με ειδικές ανάγκες
- διαθέτουν τις απαραίτητες προβλέψεις ώστε να είναι συμβατοί με όλες τις τεχνολογικές αναβαθμίσεις οι οποίες προβλέπονται να πραγματοποιηθούν μελλοντικά στις Γραμμές 2 & 3 του Μετρό της Αθήνας.

(Αττικό Μετρό Α.Ε., Αττικό Μετρό Α.Ε. - Μετρό Αθήνας - Τρίτη Γενιά Συρμών, 2020)

Στον **Πίνακα 5.1** αναφέρονται γενικές πληροφορίες των συρμών αυτών καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

**Πίνακας 5.1 Στοιχεία σταθμών 3<sup>ης</sup> γενιάς**

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ	
Αριθμός Συρμών	28 (Γραμμές 2 και 3)
Σύνθεση Συρμού	6 Οχήματα
Πόρτες ανά Όχημα	4 ανά πλευρά
Χωρητικότητα Συρμού	188 Καθίσματα 844 όρθιοι (5 Επιβάτες / τ.μ.) 1032 Επιβάτες / Συρμό

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Διαμόρφωση Συρμού	Δύο μονάδες τριών (3) οχημάτων συνδεδεμένων πλάτη με πλάτη Ιθυνήριο Όχημα – Κινητήριο Όχημα – Κινητήριο Όχημα.
Μήκος συρμού	106μ.
Πλάτος Οχήματος	2800χιλ.
Ύψος Οχήματος	3750χιλ.
Εσωτερικό Ύψος Οροφής Οχήματος	2180χιλ.
Βάρος Συρμού	185 τόνοι κενός
Εύρος Τροχιάς	1435χιλ.
Τάση Λειτουργίας	750 VDC
Κινητήρες Έλξης	4 – 175 kw DC Κινητήρες Έλξης ανά κινητήριο όχημα
Πέδηση	Αναγεννητική – Δυναμική / Πνευματική Πέδηση
Μέση Επιτάχυνση	1.10μ. / δευτερόλεπτο <sup>2</sup>
Μέση Επιβράδυνση	1.10. / δευτ.2 (Υπό Κανονικές Συνθήκες) 1.42μ. / δευτ.2 (Σε Συνθήκες Έκτακτης Ανάγκης)
Μέγιστη Ταχύτητα Λειτουργίας	80χιλμ. / ώρα
Κατασκευή Αμαξώματος	Αλουμίνιο

Οι νέοι συρμοί είναι τεχνολογίας αιχμής, αξιόπιστοι, ασφαλείς οι οποίοι διαθέτουν:

- **Στοιχεία Ανέσεως.**
- **Βελτιωμένες** συνθήκες ανέσεως εσωτερικού χώρου για τους επιβάτες με νέου τύπου ορθοστάτες.
- **Καλύτερη προσβασιμότητα σε άτομα με ειδικές ανάγκες.** Κινούμενο σκαλοπάτι για κάλυψη του κενού μεταξύ συρμού και αποβάθρας με πρόβλεψη ειδικού χώρου για τα αμαξίδια των ΑΜΕΑ.
- **Κλιματισμός σε όλα τα βαγόνια.**
- **Βαφή** του οχήματος με υδατοδιαλυτά χρώματα φιλικά προς το περιβάλλον.

### **Οι συρμοί διαθέτουν εσωτερικά:**

1. Σύγχρονο σύστημα πληροφόρησης επιβατών με διπλές οθόνες LCD σε κάθε βαγόνι.
2. Πάνω από τις θύρες αντί των τυπωμένων χαρτών υπάρχουν ηλεκτρονικοί χάρτες που δείχνουν την κατεύθυνση του συρμού και τους επόμενους σταθμούς.
3. Κάμερες εξωτερικά και εσωτερικά του συρμού για επιτήρηση των θυρών και του εσωτερικού χώρου.
4. Ένδειξη μη λειτουργούσης θύρας για την έγκαιρη προσέγγιση των επιβατών σε άλλες θύρες.

### **Στα θέματα Ασφάλειας των επιβατών έχουν προστεθεί:**

1. Σύστημα ανίχνευσης καπνού εσωτερικά και εξωτερικά του συρμού.
2. Παράθυρα έκτακτης διαφυγής των επιβατών σε περίπτωση ανάγκης.
3. Υψηλότερη ασφάλεια προστασίας των επιβατών κατά το κλείσιμο των θυρών και εφαρμογή αυστηρών διεθνών κανονισμών ασφαλείας όσον αφορά την λειτουργία των θυρών.

### **Βελτιώσεις που αφορούν την συντήρηση:**

1. Κινητήρες κλειστού τύπου
2. Διαγνωστικό σύστημα με δυνατότητες διαχείρισης λειτουργίας συρμού
3. Αυτόματο και ασύρματο σύστημα μετάδοσης λειτουργικής κατάστασης του συρμού κατά την είσοδό του στο αμαξοστάσιο.

(Αττικό Μετρό Α.Ε., Αττικό Μετρό Α.Ε. - Μετρό Αθήνας - Τρίτη Γενιά Συρμών, 2020)

### **Ασφάλεια στο Μετρό**

Το ΜΕΤΡΟ της Αθήνας είναι ένα από τα ασφαλέστερα μετρό στον κόσμο και όχι τυχαία, αφού τα προηγμένα τεχνολογικά συστήματα, που έχουν εγκατασταθεί χειρίζονται από έμπειρο και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό. Η ασφάλεια στο ΜΕΤΡΟ είναι αποτέλεσμα προσεκτικής μελέτης και σχεδιασμού, λήψης όλων των απαραίτητων μέτρων στο στάδιο της εφαρμογής, εξονυχιστικών ελέγχων και συνεχούς διαδικασίας αξιολόγησης για λήψη διορθωτικών μέτρων.

Προηγμένα τεχνικά συστήματα, όπως το Σύστημα Αυτόματης Προστασίας Συρμού (ΑΤΡ), το Σύστημα Πυρανίχνευσης και Πυρόσβεσης, το Σύστημα Αερισμού και Απαγωγής Καπνού, το Κλειστό Κύκλωμα Τηλεόρασης (CCTV), τα Συστήματα Επιτήρησης και Συναγερμού, Συστήματα Αδιάλειπτης Λειτουργίας κ.α. διασφαλίζουν το μέγιστο επίπεδο ασφάλειας για τους επιβάτες, το προσωπικό και τον εξοπλισμό.

- ο Το σύστημα σηματοδότησης μέσω εξελιγμένου λογισμικού, που υπακούει στις πιο σύγχρονες και αυστηρές προδιαγραφές, εξασφαλίζει την ασφάλεια της κίνησης των συρμών κάτω από κανονικές και έκτακτες συνθήκες.
- ο Το σύστημα ηλεκτροδότησης του ρεύματος έλξης έχει σχεδιασθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε ακόμη και αν υπάρξει βλάβη σε κάποια παροχή ρεύματος, η κυκλοφορία των συρμών να μπορεί να συνεχίζεται απρόσκοπτα.
- ο Το σύστημα αερισμού μέσω εξελιγμένου λογισμικού εξασφαλίζει σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας ευχάριστο περιβάλλον στους σταθμούς, σε περίπτωση δε καπνού ή φωτιάς παρέχει ασφαλή δίοδο διαφυγής σε προσωπικό και επιβάτες μέσω πλήρους αυτοματοποιημένης διαδικασίας.
- ο Μέσω του κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης εποπτεύεται διαρκώς η επιβατική κίνηση στους σταθμούς και αξιολογείται, ώστε να λαμβάνονται στο μέλλον διορθωτικές ενέργειες, με σκοπό την βελτιστοποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών προς τον επιβάτη.

Σε πραγματικό χρόνο γίνονται ανακοινώσεις, με σκοπό να αποτρέψουν πιθανό ατύχημα σε επιβάτη, ζημιά σε τεχνικό εξοπλισμό, να ενημερώσουν τους επιβάτες σχετικά με την κυκλοφορία των συρμών ή τα άτομα με ειδικές ανάγκες σχετικά με τη λειτουργία των ανελκυστήρων.

Η καθημερινή λειτουργία του ΜΕΤΡΟ συντονίζεται από το Κέντρο Ελέγχου Λειτουργίας, το οποίο λειτουργεί 24 ώρες καθημερινά για όλες τις μέρες του χρόνου. Το προσωπικό του Κέντρου Ελέγχου Λειτουργίας λαμβάνει έγκυρη πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο για το σύστημα των δύο γραμμών, μέσω του υπερσύγχρονου εξοπλισμού, που βρίσκεται εγκατεστημένος εκεί. Όλα τα επί μέρους τεχνικά συστήματα (σηματοδότησης, ηλεκτροδότησης, αερισμού, ανακοινώσεων, διαχείρισης κτιρίων κλπ.) εποπτεύονται και τηλεχειρίζονται από το Κέντρο Ελέγχου Λειτουργίας. Για κάθε δε υποσύστημα, υπάρχει διπλή και τριπλή εφεδρεία σε τοπικό επίπεδο.

(ΣΤΑΣΥ, 2020)



## Κεφάλαιο 6. Περιγραφή και σχεδιασμός των υπό εξέταση σταθμών

Οι σταθμοί που σχεδιάστηκαν στο πρόγραμμα Pathfinder για να γίνει προσομοίωση των διαδικασιών εκκένωσης είναι ο Ελαιώνας, το Αιγάλεω, η Κατεχάκη και η Βικτώρια. Μέσω κάποιων μετρήσεων που έγιναν επί τόπου στους σταθμούς, όσο μας το επέτρεπε το προσωπικό της ΣΤΑΣΥ αλλά και μέσω φωτογραφιών μας, αποτυπώθηκαν οι σταθμοί καθώς και από φωτογραφίες και βίντεο από το διαδίκτυο βρέθηκαν οι θέσεις των παλιών ακυρωτικών μηχανημάτων και οι μεταξύ τους αποστάσεις λόγω του ότι αυτά δεν υπάρχουν πλέον. Οπότε τα σχέδια των σταθμών μπορεί να μην είναι ακριβή αλλά απέχουν ελάχιστα από την πραγματικότητα.

Στην Αθήνα, μια από τις πιο πυκνοκατοικημένες πρωτεύουσες της Ευρώπης, υπάρχει ένα σύστημα μαζικής μεταφοράς που εξυπηρετεί τις ανάγκες των κατοίκων και των επισκεπτών. Υπολογίζεται ότι ένα σημαντικό ποσοστό των επιβατών χρησιμοποιούν καθημερινά μέσα μαζικής μεταφοράς. Για να εξασφαλιστεί το αποδεικτικό του εισιτηρίου των επιβατών (POF), ο Οργανισμός Δημόσιων Μεταφορών Αθηνών καθιέρωσε το «έξυπνο» ηλεκτρονικό εισιτήριο. Η εφαρμογή του «έξυπνου» ηλεκτρονικού εισιτηρίου επιτρέπει τον υπολογισμό του αριθμού των συνολικών εισιτηρίων (συμπεριλαμβανομένου του δωρεάν και μειωμένου εισιτηρίου) μέσω της κάρτας επιβίβασης που περιέχει ένα τσιπ μνήμης. Με αυτόν τον τρόπο, το φαινόμενο της εισιτηριοδιαφυγής μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά.

Επιπλέον, ακριβή και αξιόπιστα δεδομένα μπορούν να συγκεντρωθούν σχετικά με την κυκλοφορία των επιβατών στον σταθμό, καθώς με τα χρήματα που θα μαζευτούν ο Οργανισμός θα μπορεί να σχεδιάσει νέες υπηρεσίες και να βελτιώσει τις υπάρχουσες.

Για να χρησιμοποιηθούν οι νέες ηλεκτρονικές “έξυπνες” κάρτες στο μετρό και στο προαστιακό σιδηροδρομικό δίκτυο, έχουν εγκατασταθεί αυτόματα ηλεκτρονικά μηχανήματα επικύρωσης του εισιτηρίου στην είσοδο και στην έξοδο από τους σταθμούς. Ως αποτέλεσμα, η ροή των μετακινήσεων άλλαξε, επηρεάζοντας έτσι και τον τρόπο της διαδικασίας εκκένωσης με τα νέα μηχανήματα επικύρωσης (AMEE) σε σύγκριση με τα παλιά (MEE). Η κρίσιμη διαφορά μεταξύ των MEE και των AMEE είναι ο χώρος που καταλαμβάνουν στο σταθμό. Οι παλιές μηχανές ήταν σαν κατακόρυφα ορθογώνια κουτιά σε μικρό ύψος το ένα δίπλα στο άλλο με ένα κενό μεταξύ τους (**Εικόνα 6.1**). Οι επιβάτες έπρεπε να επικυρώσουν το εισιτήριό τους στο μηχανήμα και να περάσουν από την πλαϊνή περιοχή.

Στο υπάρχον σύστημα μηχανημάτων, το εισιτήριο επικυρώνεται στα αυτόματα μηχανήματα που έχουν τοποθετηθεί εκεί που βρίσκονταν τα παλιά μηχανήματα επικύρωσης. Πλησιάζοντας το ηλεκτρονικό εισιτήριο ή την κάρτα στο μηχανήμα, το

σύστημα καθορίζει εάν η επικύρωση έχει γίνει επιτυχώς και η πύλη ανοίγει αυτόματα (Εικόνα 6.2). Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, οι μπάρες (γυάλινα παράθυρα) που βρίσκονται ανάμεσα από τα αυτόματα μηχανήματα, έχουν σχεδιαστεί για να ανοίγουν αυτόματα, έτσι ώστε οι επιβάτες να μπορούν να εκκενώσουν την περιοχή αμέσως χωρίς να χρειάζεται να επικυρώσουν το εισιτήριο κατά την εκκένωση του σταθμού.



Εικόνα 6.1: Μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (προηγούμενη εγκατάσταση) - ΜΕΕ



Εικόνα 6.2: Αυτόματα μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (υπάρχουσα εγκατάσταση) – ΑΜΕΕ

Το σχεδιασμένο σχέδιο ασφάλειας σταθμών μετρό βασίζεται στα προηγούμενα μηχανήματα επικύρωσης του εισιτηρίου και δεδομένου ότι τα νέα αυτόματα μηχανήματα επικύρωσης καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο στη διαδρομή εξόδου, πρέπει να εφαρμοστεί μια νέα μελέτη εκκένωσης.

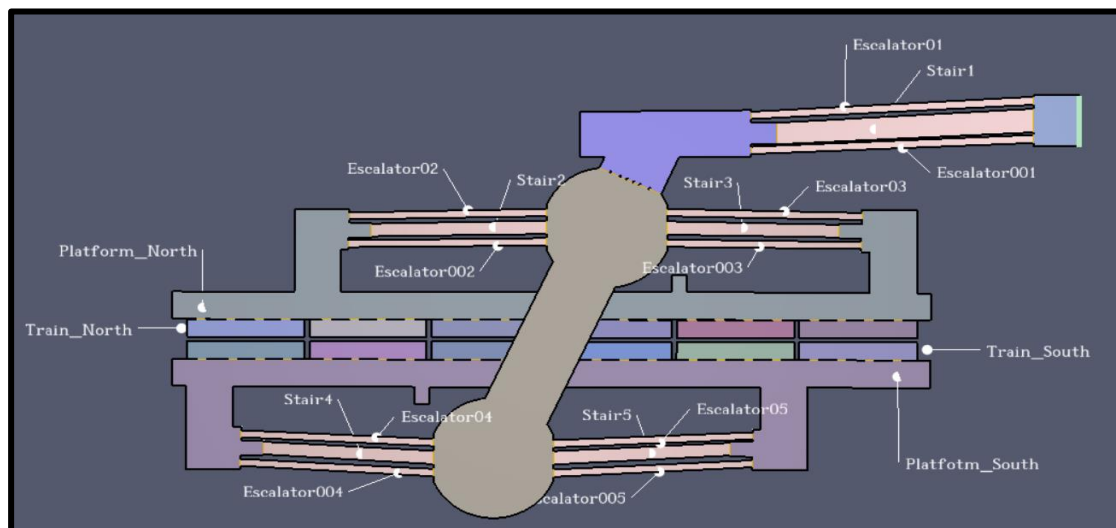
Επομένως, ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι μια προσπάθεια καταγραφής των αλλαγών στη διαδικασία εκκένωσης σε σταθμούς του ΜΕΤΡΟ με τη χρήση των νέων αυτόματων μηχανημάτων (ΑΜΕΕ) σε σύγκριση με τα παλιά μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίων (ΜΕΕ) καθώς και διερεύνηση της αποτελεσματικότητας εκκένωσης της νέας εγκατάστασης. Ο αντίκτυπος στη διαδικασία εκκένωσης βασίζεται σε τρεις παράγοντες: i) συνολικός χρόνος εκκένωσης, ii) χρόνος που αφιερώνεται σε ουρές (φαινόμενο υπερπληθυσμού/συνωστισμού) και iii) ρυθμός ροής εξόδου.

## **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΕΛΑΙΩΝΑ**

Ο Σταθμός Ελαιώνας είναι σταθμός του μετρό της Αθήνας, επί της γραμμής 3. Βρίσκεται στα όρια του Αιγάλεω με την Αθήνα, στην διασταύρωση της Ιεράς Οδού με την οδό Αγίας Άννης. Πήρε το όνομά του από την περιοχή του Ελαιώνα, την οποία εξυπηρετεί. Εγκαινιάστηκε στις 26 Μαΐου 2007. Είναι υπόγειος και διαθέτει δύο πλευρικές αποβάθρες. Δίπλα από το σταθμό Ελαιώνα, στην οδό Αγίας Άννης, υπάρχει το αμαξοστάσιο του Ελαιώνα. Ο σταθμός έχει μειωμένη κίνηση καθώς η γύρω περιοχή είναι βιομηχανική και ιδιαίτερα αραιοκατοικημένη και κατασκευάστηκε κυρίως με την προοπτική μιας μελλοντικής αναβάθμισης της περιοχής.

Αρχικά σχεδιάστηκε ο σταθμός του Ελαιώνα, ο οποίος αποτελείται από πλευρικές πλατφόρμες (side platforms) και τρία επίπεδα i) επίπεδο των πλατφόρμων σε ύψος 0 m, ii) χώρος συνάθροισης (concourse) στο υψόμετρο +10 m και iii) επιφάνεια σταθμού σε υψόμετρο +25 m. Το μήκος της κάθε πλατφόρμας είναι 110 m και κάθε πλατφόρμα έχει από 4 κυλιόμενες σκάλες και 2 σταθερές σκάλες μεταφέροντας τους επιβάτες στο πρώτο επίπεδο που είναι ο χώρος των εισιτηρίων. Οι κυλιόμενες σκάλες έχουν πλάτος 1,1 m και οι σταθερές σκάλες 2 m η καθεμία με τις κουπαστές και τα κάγκελα.

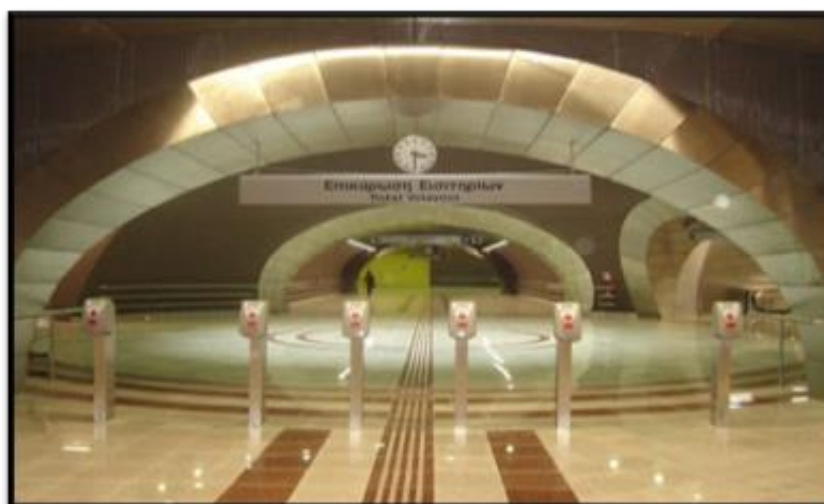
Τα μηχανήματα επικύρωσης βρίσκονται στο πρώτο επίπεδο (concourse level) στο οποίο η πρόσβαση από την επιφάνεια είναι μέσω δύο κυλιόμενων σκαλών πλάτους 1,1 m η καθεμία και μιας σταθερής σκάλας 3,2 m. **(Εικόνα 6.3)**



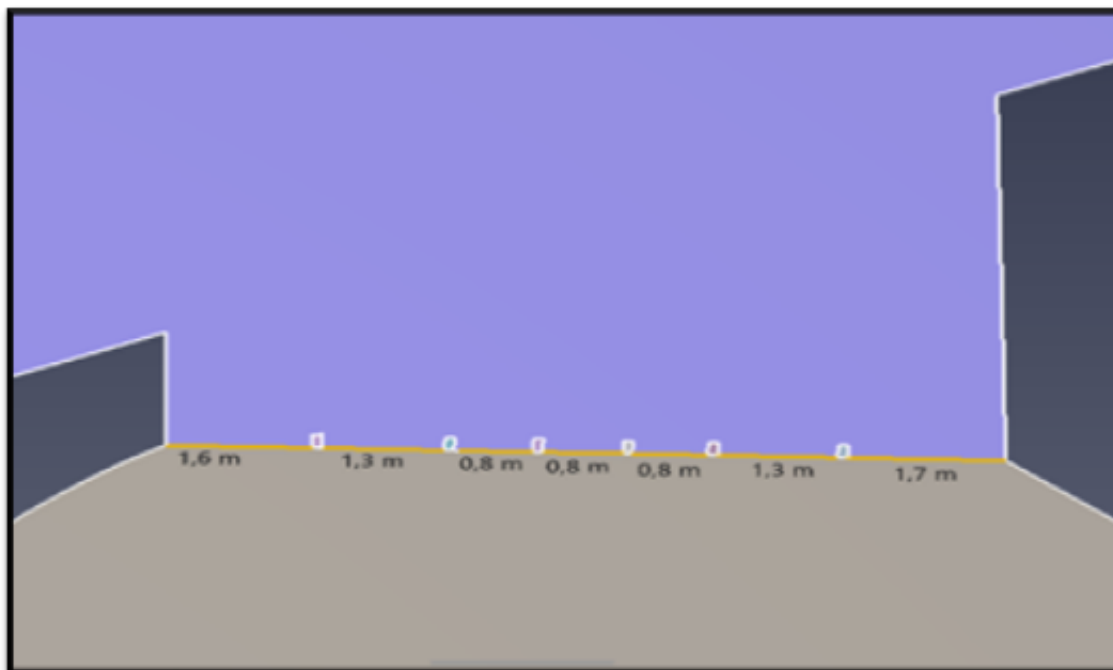
Εικόνα 6.3: Προσομοίωση του Σταθμού Ελαιώνα στο Pathfinder

### Σχέδιο σταθμού Ελαιώνα με χρήση των παλιών μηχανημάτων επικύρωσης (ΜΕΕ)

Στη διάρκεια της πρώτης λειτουργίας του σταθμού, εγκαταστάθηκαν τα παλιά ακυρωτικά μηχανήματα, το καθένα με πλάτος 0,15 m και μήκος 0,2 m. Ο σταθμός αυτός περιείχε 6 ακυρωτικά μηχανήματα, τοποθετημένα προς το βόρειο τμήμα του σταθμού στο πρώτο επίπεδο, το ένα στην ίδια ευθεία με το άλλο, όπως φαίνεται στην παρακάτω **Εικόνα 6.4**. Η μεταξύ τους απόσταση κυμαίνεται από 0,8 έως 1,7 m **Εικόνα 6.5**. Το μεγαλύτερο πλάτος απευθύνεται σε άτομα με ειδικές ανάγκες, επιβάτες με αποσκευές, μητέρες με παιδιά κλπ.



Εικόνα 6.4: ΜΕΕ στο επίπεδο των εισιτηρίων του σταθμού Ελαιώνα



Εικόνα 6.5: Ενδιάμεσες αποστάσεις των ΜΕΕ στον σταθμό Ελαιώνα

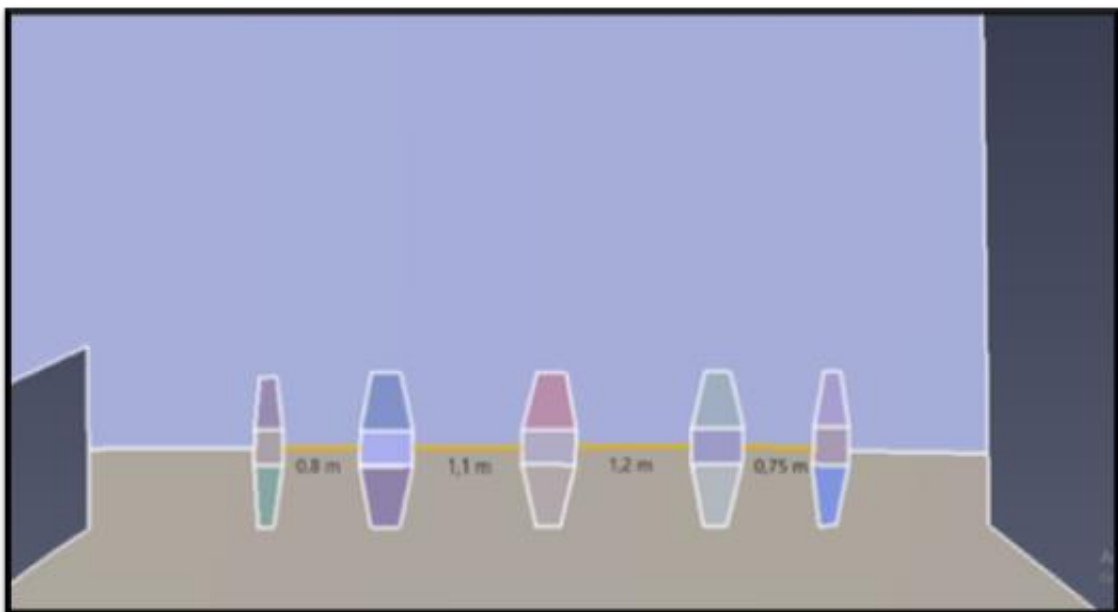
### Σχέδιο σταθμού Ελαιώνα με χρήση των καινούργιων αυτόματων μηχανημάτων επικύρωσης εισιτηρίου (ΑΜΕΕ)

Τα τελευταία 3 χρόνια η εγκατάσταση ΜΕΕ αντικαταστάθηκε από αυτόματα μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (ΑΜΕΕ) που τοποθετήθηκαν στην ίδια θέση με τα παλιά. Η νέα εγκατάσταση αποτελείται από πέντε μηχανήματα (3 μικρά και 2 μεγάλα) με πλάτος 0,3 m (μικρό μηχανήμα) ή 0,5 m (μεγάλο μηχανήμα) και μήκος 1,5 m το καθένα. Τα μεγάλα μηχανήματα χρησιμοποιούνται για καλύτερη εξυπηρέτηση ατόμων με ειδικές ανάγκες, επιβάτες με αποσκευές, με ποδήλατο, μητέρες με παιδιά κλπ. Τα ΑΜΕΕ είναι σχετικά χαμηλά (ύψος 0,94 m), όμως οι γυάλινες θύρες που υπάρχουν ανάμεσα στα ογκώδη μηχανήματα φτάνουν περίπου στο 1,70 m ύψος. (Εικόνα 6.6)

Το ενδιάμεσο πλάτος των περασμάτων μεταξύ των ΑΜΕΕ για την κίνηση των επιβατών φαίνεται στην Εικόνα 6.7.



Εικόνα 6.6: ΑΜΕΕ στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Ελαιώνα



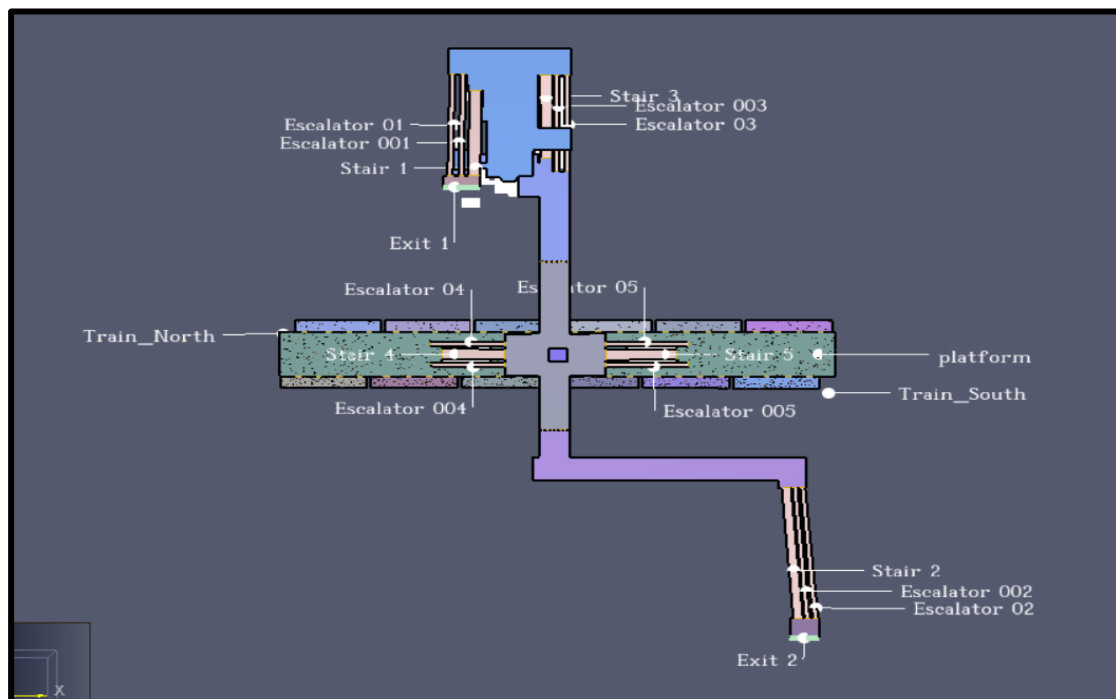
Εικόνα 6.7: Ενδιάμεσες αποστάσεις ΑΜΕΕ του Σταθμού Ελαιώνα

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΙΓΑΛΕΩ

Ο Σταθμός Αιγάλεω είναι σταθμός του μετρό της Αθήνας, επί της γραμμής 3. Πήρε το όνομά του από τον δήμο Αιγάλεω, τον οποίο εξυπηρετεί. Εγκαινιάστηκε στις 26 Μαΐου 2007 και βρίσκεται κάτω από την πλατεία Ελευθερίου Βενιζέλου. Είναι εξ ολοκλήρου υπόγειος και διαθέτει κεντρική αποβάθρα. Υπήρξε από τα εγκαίνιά του μέχρι την επέκταση του δικτύου προς τον σταθμό Αγία Μαρίνα, στις 14 Δεκεμβρίου 2013, ο προς δυσμάς τερματικός σταθμός της γραμμής 3. Ο σταθμός έδωσε τέλος σε πολλά σημαντικά κυκλοφοριακά προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι κάτοικοι των Δυτικών προαστίων. Συγκεκριμένα, μια διαδρομή από το Αιγάλεω στο Σύνταγμα, απόσταση η οποία με το αυτοκίνητο σήμερα διανύεται σε τουλάχιστον 40 λεπτά σε ώρες αιχμής, με τη λειτουργία του Μετρό καλύπτεται πλέον μόλις σε 7 λεπτά.

Ο σταθμός Αιγάλεω διαθέτει δύο εισόδους/εξόδους, η μια είναι η Πλατεία Εσταυρωμένου και η άλλη η οδός Παπαναστασίου. Ο σταθμός αποτελείται από μια κεντρική πλατφόρμα (island platform) και τέσσερα επίπεδα i) επίπεδο πλατφόρμας σε ύψος +15,20 m, ii) χώρος συνάθροισης (concourse) στο υψόμετρο +20,20 m, iii) από την πλευρά της εξόδου 1 υπάρχει ένα μικρό επίπεδο στο υψόμετρο +28,50 m, iv) επιφάνεια σταθμού σε υψόμετρο +33,20 m.

Το μήκος της πλατφόρμας είναι 110 m και έχει 4 κυλιόμενες σκάλες και 2 σταθερές σκάλες μεταφέροντας τους επιβάτες στο πρώτο επίπεδο που είναι ο χώρος των εισιτηρίων. Οι κυλιόμενες σκάλες έχουν πλάτος 1 m και οι σταθερές σκάλες 2,5 m η καθεμία με τις κουπαστές και τα κάγκελα. Τα μηχανήματα επικύρωσης βρίσκονται στο πρώτο επίπεδο (concourse level) στο οποίο η πρόσβαση από την επιφάνεια γίνεται από δύο μεριές. Από την μία μεριά (Exit 1) υπάρχουν δύο κυλιόμενες σκάλες πλάτους 1 m η καθεμία και μία σταθερή σκάλα 2,3 m σε δύο επίπεδα. Από την άλλη μεριά (Exit 2) η πρόσβαση από την επιφάνεια γίνεται μόνο μέσω δύο κυλιόμενων σκαλών πλάτους 1 m και μιας σταθερής σκάλας 1,8 m. Στην **Εικόνα 6.8** φαίνεται η προσομοίωση του σταθμού Αιγάλεου.



Εικόνα 6.8: Προσομοίωση του Σταθμού Αιγάλεω στο Pathfinder

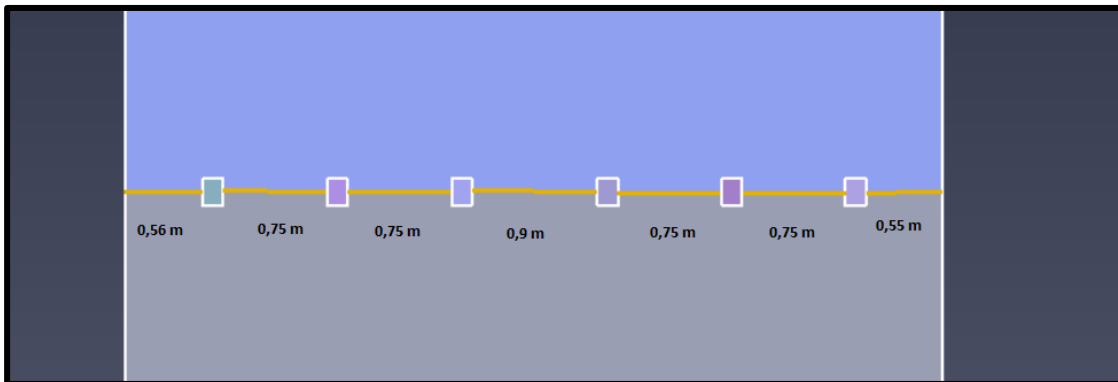
### Σχέδιο σταθμού Αιγάλεω με χρήση των παλιών μηχανημάτων επικύρωσης (ΜΕΕ)

Ο σταθμός αυτός αρχικά περιείχε 6 ακυρωτικά μηχανήματα, τοποθετημένα στο διάδρομο προς την έξοδο 1 (Πλ. Εσταυρωμένου) του σταθμού και 7 ακυρωτικά μηχανήματα, τοποθετημένα στο διάδρομο προς την έξοδο 2 (Οδός Παπαναστασίου) στο πρώτο επίπεδο, το ένα στην ίδια ευθεία με το άλλο, όπως φαίνεται στην παρακάτω **Εικόνα 6.9**. Η μεταξύ τους απόσταση κυμαίνεται από 0,35 έως 0,9 m (**Εικόνα 6.10** και **Εικόνα 6.11**). Το μεγαλύτερο πλάτος απευθύνεται σε άτομα με ειδικές ανάγκες, επιβάτες με αποσκευές, μητέρες με παιδιά κλπ.

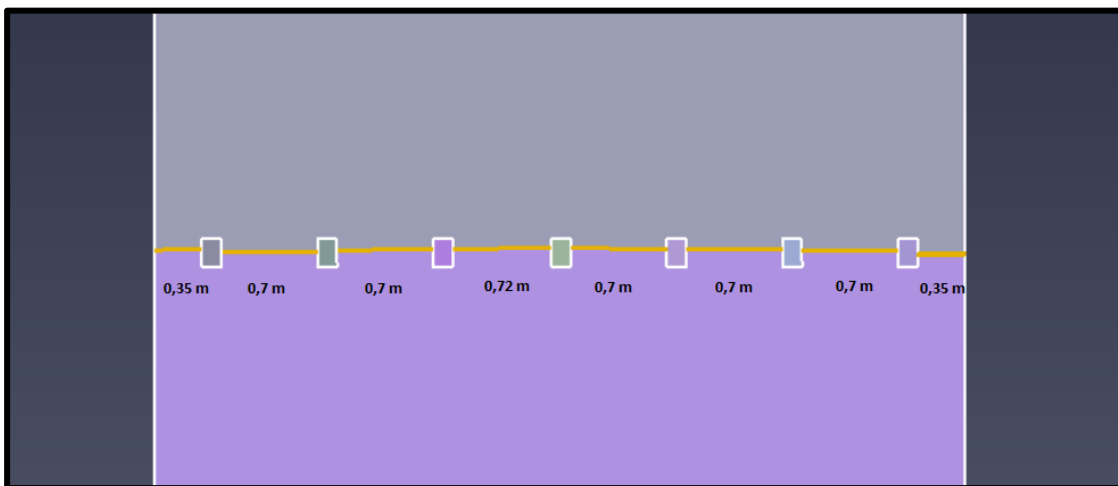




**Εικόνα 6.9: ΜΕΕ στο επίπεδο των εισιτηρίων του σταθμού Αιγάλεω προς έξοδο 1 (Πλ.Εσταυρωμένου)**



**Εικόνα 6.10: Ενδιάμεσες αποστάσεις των ΜΕΕ προς έξοδο 1 (Πλ.Εσταυρωμένου)**

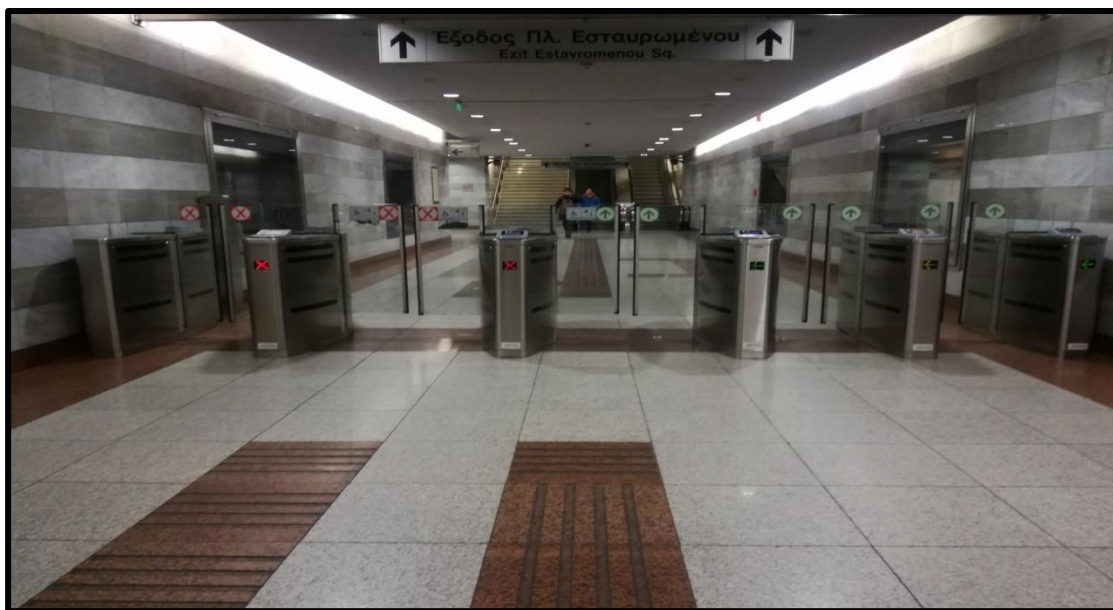


**Εικόνα 6.11: Ενδιάμεσες αποστάσεις των ΜΕΕ προς έξοδο 2 (Οδός Παπαναστασίου)**

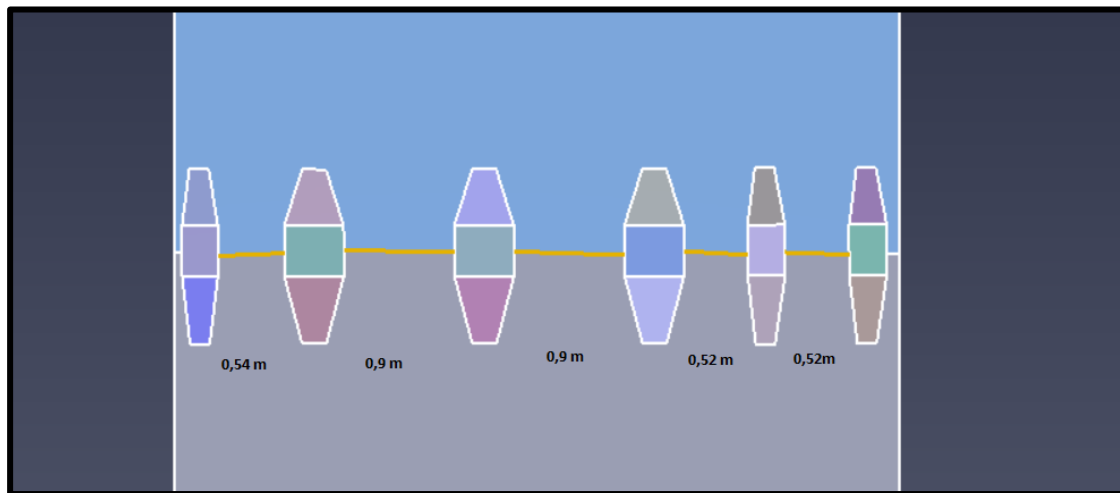
## Σχέδιο σταθμού Αιγάλεου με χρήση των καινούργιων αυτόματων μηχανημάτων επικύρωσης εισιτηρίου (ΑΜΕΕ)

Η νέα εγκατάσταση ΑΜΕΕ αποτελείται από έξι μηχανήματα στην ίδια θέση με τα παλιά (3 μικρά και 3 μεγάλα μηχανήματα) στο διάδρομο προς την έξοδο 1 (Πλ. Εσταυρωμένου) με πλάτος 0,3 m (μικρό μηχανήμα) ή 0,5 m (μεγάλο μηχανήμα) και μήκος 1,5 m το καθένα και 7 μικρά μηχανήματα στον διάδρομο προς την έξοδο 2 (Οδός Παπαναστασίου). Τα μεγάλα μηχανήματα χρησιμοποιούνται για καλύτερη εξυπηρέτηση ατόμων με ειδικές ανάγκες, επιβάτες με αποσκευές, με ποδήλατο, μητέρες με παιδιά κλπ. Τα ΑΜΕΕ είναι σχετικά χαμηλά (ύψος 0,94 m), όμως οι γυάλινες θύρες που υπάρχουν ανάμεσα στα ογκώδη μηχανήματα φτάνουν περίπου στο 1,70 m ύψος. (Εικόνα 6.12 και Εικόνα 6.14)

Το ενδιάμεσο πλάτος των περασμάτων μεταξύ των ΑΜΕΕ για την κίνηση των επιβατών κυμαίνεται από 0,52m έως 0,9m όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.13 (για έξοδο 1) και στην Εικόνα 6.15 (για έξοδο 2).



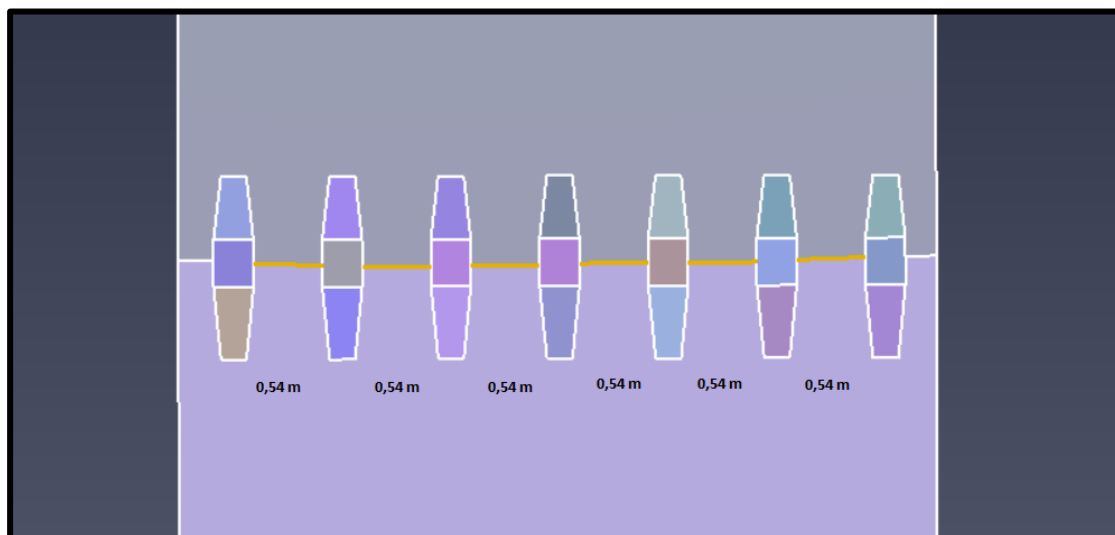
Εικόνα 6.12: ΑΜΕΕ στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Αιγάλεου προς έξοδο 1 (Πλ.Εσταυρωμένου)



**Εικόνα 6.13: Ενδιάμεσες αποστάσεις ΑΜΕΕ του Σταθμού Αιγάλεου προς έξοδο 1 (Πλ.Εσταυρωμένου)**



**Εικόνα 6.14: ΑΜΕΕ στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Αιγάλεου προς έξοδο 2 (Οδός Παπαναστασίου)**



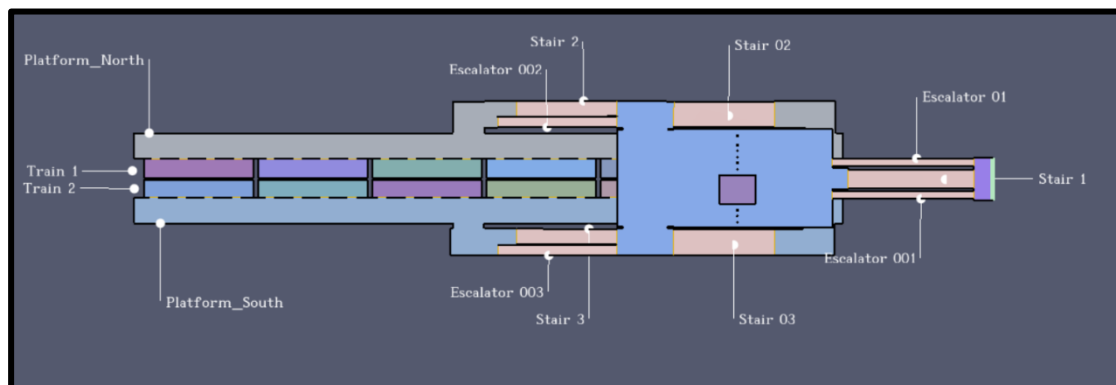
Εικόνα 6.15: Ενδιάμεσες αποστάσεις ΑΜΕΕ του Σταθμού Αιγάλεου προς έξοδο 2 (Οδός Παπαναστασίου)

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΤΕΧΑΚΗ

Ο Σταθμός Κατεχάκη είναι σταθμός του μετρό της Αθήνας, επί της Γραμμής 3. Βρίσκεται στην Αθήνα και πήρε το όνομά του από τη Λεωφόρο Κατεχάκη, κάτω από τη συμβολή της οποίας με τη Λεωφόρο Μεσογείων έχει κατασκευαστεί. Εγκαινιάστηκε στις 28 Ιανουαρίου 2000. Είναι υπόγειος και διαθέτει δύο πλευρικές αποβάθρες. Στον παρακείμενο χώρο του βρίσκεται χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων καθώς και σταθμός μετεπιβίβασης αστικών λεωφορείων. Το 2004, η μοναδική είσοδος του σταθμού συνδέθηκε με την περιοχή στη βόρεια πλευρά της Λεωφόρου Μεσογείων μέσω εντυπωσιακής πεζογέφυρας σε σχήμα που προσιδιάζει με άρπα και η οποία σχεδιάστηκε από τον Ισπανό αρχιτέκτονα Σαντιάγο Καλατράβα. Μελλοντικά θα έχει ανταπόκριση με τη Γραμμή 4.

Διαθέτει μια είσοδο/έξοδο στη Λεωφόρος Μεσογείων/Λεωφόρος Κατεχάκη και αποτελείται από πλευρικές πλατφόρμες (side platforms). Απαρτίζεται από τρία επίπεδα i) επίπεδο των πλατφόρμων σε ύψος 0 m, ii) χώρος συνάθροισης (concourse) στο υψόμετρο +7 m και iii) επιφάνεια σταθμού σε υψόμετρο +16 m. Το μήκος της κάθε πλατφόρμας είναι 110 m και κάθε πλατφόρμα έχει από 1 κυλιόμενη σκάλα και 2 σταθερές σκάλες μεταφέροντας τους επιβάτες στο πρώτο επίπεδο που είναι ο χώρος των εισιτηρίων. Η κυλιόμενη έχει πλάτος 1,6 m και οι σταθερές σκάλες 2,4 m και 4 m αντίστοιχα, με τις κουπαστές και τα κάγκελα.

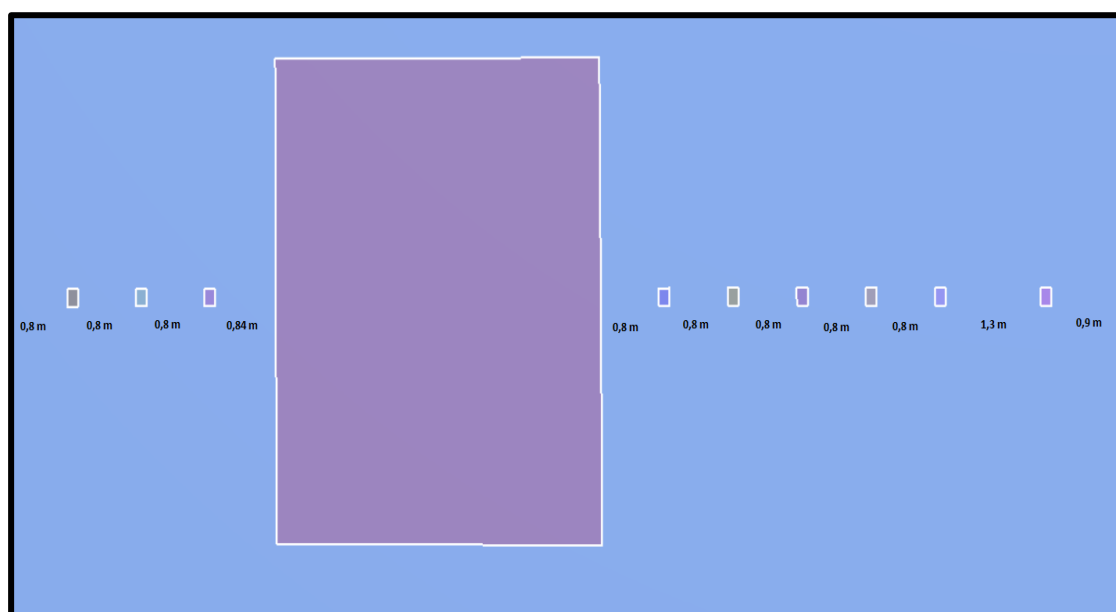
Τα μηχανήματα επικύρωσης βρίσκονται στο πρώτο επίπεδο (concourse level) στο οποίο η πρόσβαση από την επιφάνεια είναι μέσω δύο κυλιόμενων σκαλών πλάτους 1,17 m η καθεμία και μιας σταθερής σκάλας 3 m. (Εικόνα 6.16)



Εικόνα 6.16 Προσομοίωση του Σταθμού Κατεχάκη στο Pathfinder

### Σχέδιο σταθμού Κατεχάκη με χρήση των παλιών μηχανημάτων επικύρωσης (ΜΕΕ)

Στη διάρκεια της πρώτης λειτουργίας του σταθμού, χρησιμοποιήθηκαν τα παλιά ακυρωτικά μηχανήματα, το καθένα με πλάτος 0,15 m και μήκος 0,2 m. Ο σταθμός αυτός περιείχε 9 ακυρωτικά μηχανήματα, τοποθετημένα το ένα στην ίδια ευθεία με το άλλο στο πρώτο επίπεδο. Στον συγκεκριμένο σταθμό βρέθηκε η θέση των παλιών ακυρωτικών μέσω ενός βίντεο. Η μεταξύ τους απόσταση κυμαίνεται από 0,8 έως 1,3 m όπως φαίνεται στην **Εικόνα 6.17**. Το μεγαλύτερο πλάτος απευθύνεται σε άτομα με ειδικές ανάγκες, επιβάτες με αποσκευές, μητέρες με παιδιά κλπ.

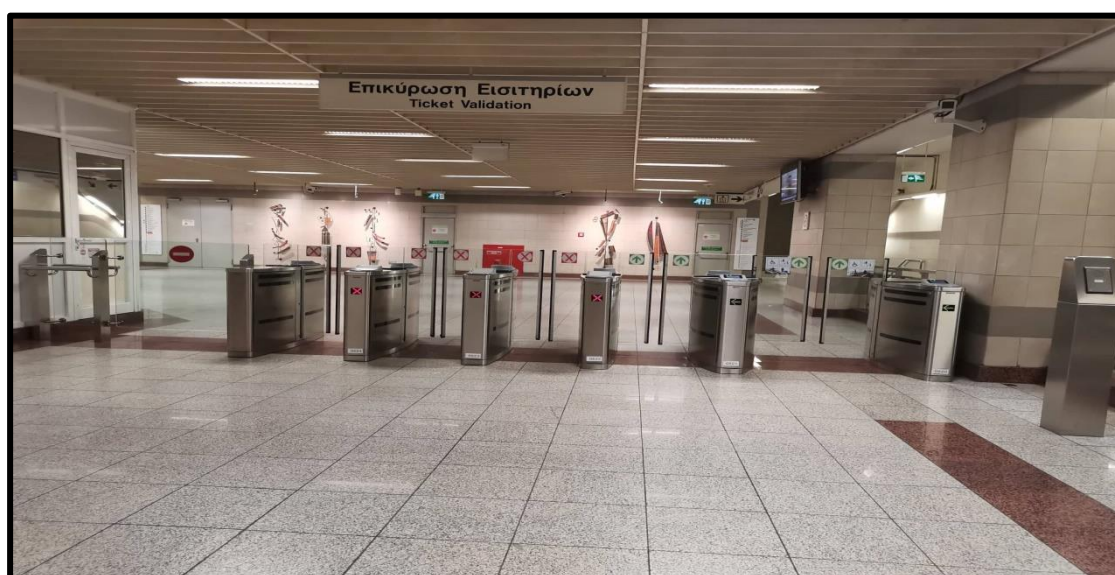


Εικόνα 6.17: Ενδιάμεσες αποστάσεις των ΜΕΕ του σταθμού Κατεχάκη

## Σχέδιο σταθμού Κατεχάκη με χρήση των καινούργιων αυτόματων μηχανημάτων επικύρωσης εισιτηρίου (AMEE)

Η νέα εγκατάσταση αποτελείται από 10 μηχανήματα στην ίδια θέση με τα παλιά ΜΕΕ (6 μικρά και 4 μεγάλα) με πλάτος 0,3 m (μικρό μηχανήμα) ή 0,5 m (μεγάλο μηχανήμα) και μήκος 1,5 m το καθένα. Τα μεγάλα μηχανήματα χρησιμοποιούνται για καλύτερη εξυπηρέτηση ατόμων με ειδικές ανάγκες, επιβάτες με αποσκευές, με ποδήλατο, μητέρες με παιδιά κλπ. Τα ΑΜΕΕ είναι σχετικά χαμηλά (ύψος 0,94 m), όμως οι γυάλινες θύρες που υπάρχουν ανάμεσα στα ογκώδη μηχανήματα φτάνουν περίπου στο 1,70 m ύψος. (Εικόνα 6.18 και Εικόνα 6.19)

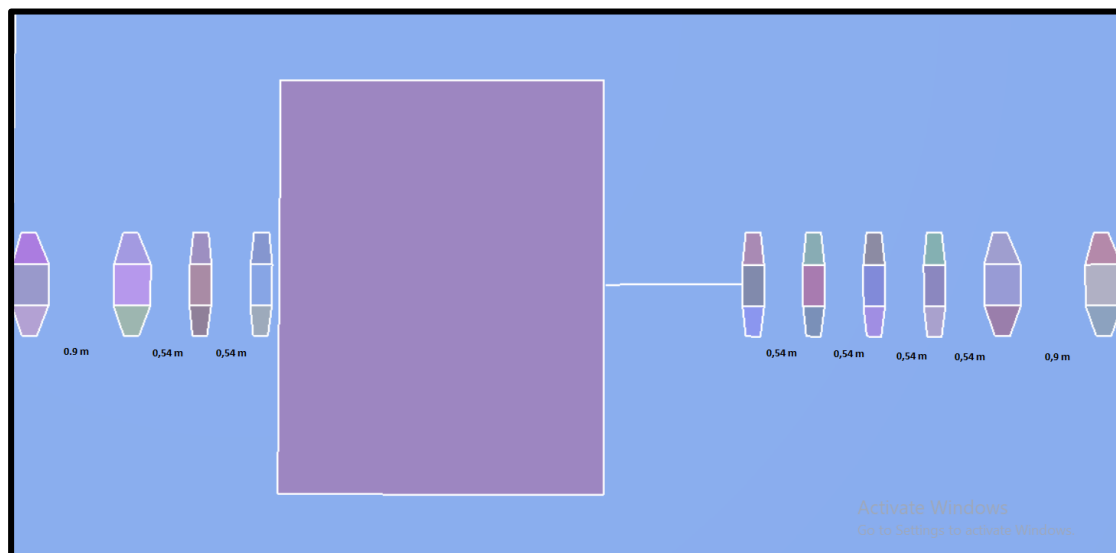
Το ενδιαμέσο πλάτος των περασμάτων μεταξύ των ΑΜΕΕ κυμαίνεται από 0,54 m έως 0,9 m για την κίνηση των επιβατών και φαίνεται στην Εικόνα 6.20.



Εικόνα 6.18: ΑΜΕΕ στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Κατεχάκη



Εικόνα 6.19: ΑΜΕΕ στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Κατεχάκη

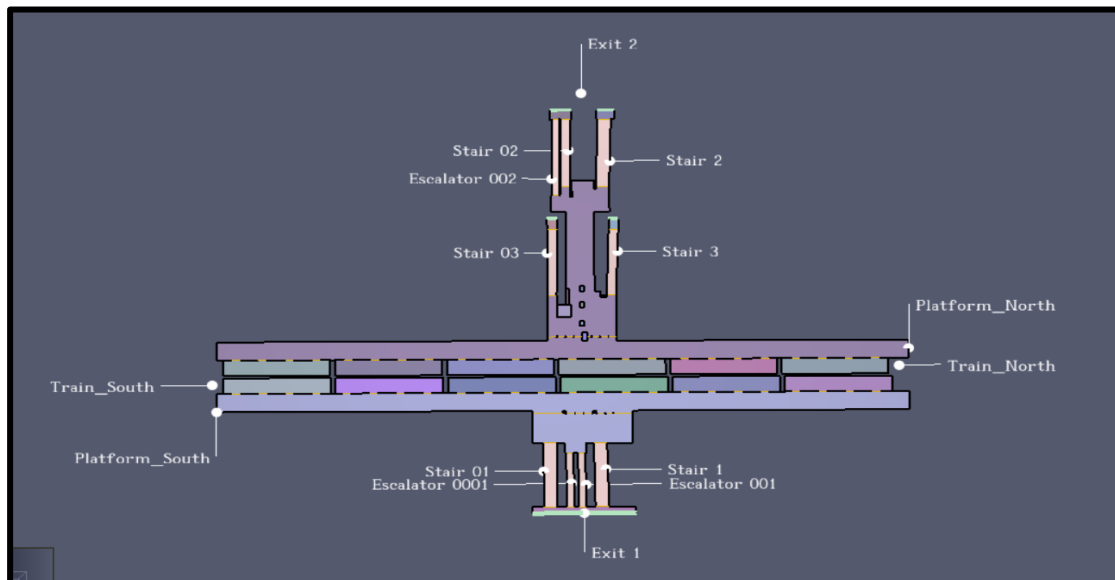


Εικόνα 6.20: Ενδιάμεσες αποστάσεις ΑΜΕΕ του Σταθμού Κατεχάκη

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΒΙΚΤΩΡΙΑ

Ο Σταθμός Βικτώρια είναι σταθμός του μετρό της Αθήνας, επί της γραμμής 1, στη χιλιομετρική θέση 10,995 από τον σταθμό Πειραιά και βρίσκεται στον Δήμο Αθηναίων, στην ομώνυμη πλατεία. Είναι υπόγειος και διαθέτει δύο πλευρικές αποβάθρες. Ο σταθμός Βικτωρίας κατασκευάστηκε στη δεκαετία του 1930. Υπήρξε από τα εγκαίνιά του μέχρι την επέκταση του δικτύου προς τον σταθμό Αττική, που εγκαινιάστηκε στις 30 Ιουνίου 1949, ο προς βορρά τερματικός σταθμός της γραμμής. Στις 15 Ιανουαρίου 2002 ανακηρύχθηκε διατηρητέο μνημείο από το Κεντρικό Συμβούλιο Νεωτέρων Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού. Ως αποτέλεσμα, όταν ανακαινίστηκε στις αρχές του 2004 στα πλαίσια της ανανέωσης των σταθμών της γραμμής 1 εν όψει των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας, δεν είχε γίνει καμία αλλαγή από την αρχική του μορφή, με εξαίρεση την τοποθέτηση εδαφιαίου πλακόστρωτου στη θέση της παλαιότερηςτσιμεντόστρωσης, καθώς και την ενίσχυση του φωτισμού.

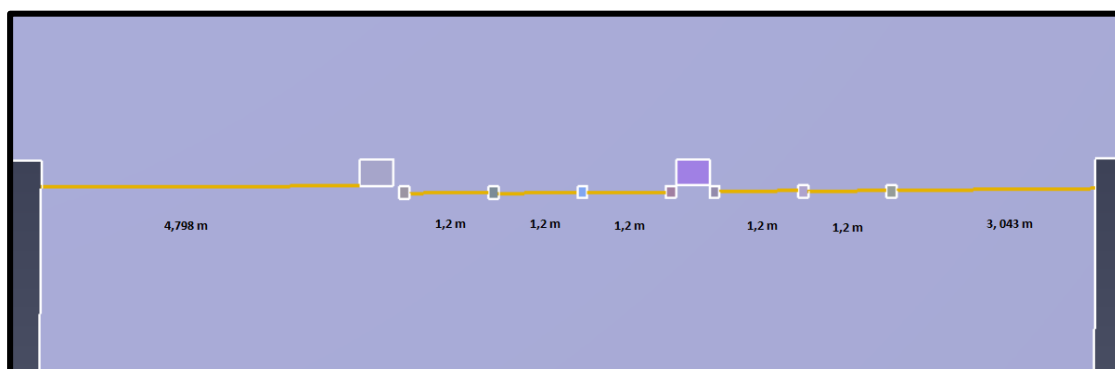
Ο σταθμός αυτός διαθέτει δύο εισόδους/εξόδους από Πλατείας Βικτωρίας και από Χέυδεν και αποτελείται από πλευρικές πλατφόρμες (side platforms) όπως αναφέρθηκε. Έχει δύο επίπεδα i) επίπεδο των πλατφόρμων μαζί με τον χώρο συνάθροισης (concourse level) στο ύψος 0 m και ii) επιφάνεια σταθμού σε υψόμετρο +5,94 m από την έξοδο 1 και 5,4 m από την έξοδο 2. Το μήκος της κάθε πλατφόρμας είναι 110 m. Η νότια πλατφόρμα έχει 2 κυλιόμενες σκάλες πλάτους 1,17 m και 2 σταθερές σκάλες πλάτους 2,1 m η καθεμία μεταφέροντας τους επιβάτες στην επιφάνεια. Η βόρεια πλατφόρμα έχει 1 κυλιόμενη σκάλα με πλάτος 1,17 m και 4 σταθερές, οι 3 από αυτές με πλάτος 1,5 m η καθεμία και η άλλη 2,1 m οδηγώντας τους επιβάτες στην επιφάνεια. (Εικόνα 6.21)



Εικόνα 6.21 Προσομοίωση του Σταθμού Βικτώρια στο Pathfinder

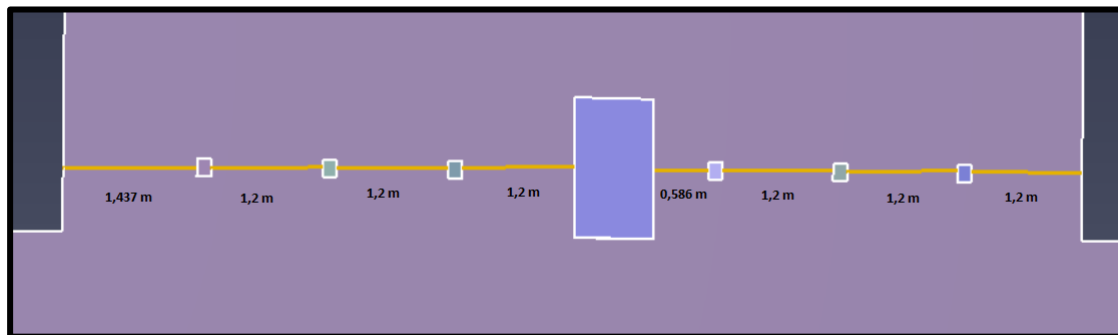
### Σχέδιο σταθμού Βικτώριας με χρήση των παλιών μηχανημάτων επικύρωσης (ΜΕΕ)

Ο σταθμός αυτός περιείχε 7 ακυρωτικά μηχανήματα, τοποθετημένα προς την έξοδο 1 (Πλ. Βικτωρίας) του σταθμού και 6 ακυρωτικά μηχανήματα, τοποθετημένα προς την έξοδο 2 (Οδός Χέυδεν). Η μεταξύ τους απόσταση κυμαίνεται από 0,59 έως 4,798 m **Εικόνα 6.22** και **Εικόνα 6.23**. Το μεγαλύτερο πλάτος απευθύνεται σε άτομα με ειδικές ανάγκες, επιβάτες με αποσκευές, μητέρες με παιδιά κλπ.



Εικόνα 6.22: Ενδιάμεσες αποστάσεις των ΜΕΕ προς έξοδο 1 (Πλ. Βικτωρίας)





Εικόνα 6.23 Ενδιάμεσες αποστάσεις των ΜΕΕ προς έξοδο 2 (Οδός Χέυδεν)

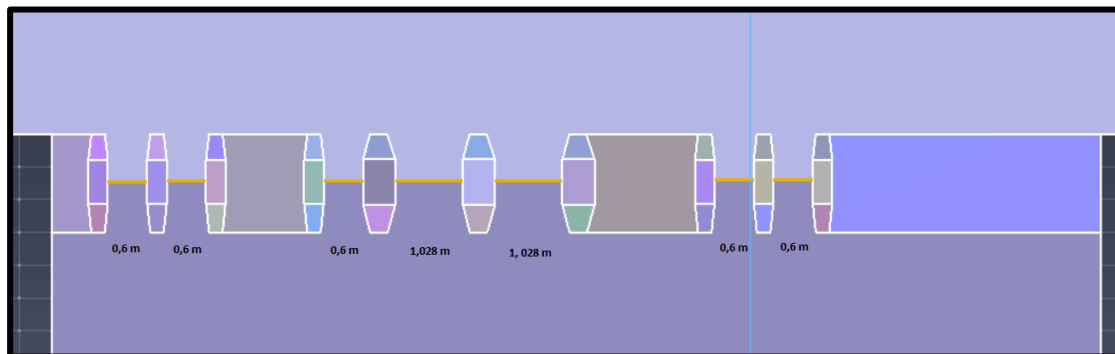
### Σχέδιο σταθμού Βικτωρίας με χρήση των καινούργιων αυτόματων μηχανημάτων επικύρωσης εισιτηρίου (ΑΜΕΕ)

Η εγκατάσταση ΜΕΕ αντικαταστάθηκε από αυτόματα μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (ΑΜΕΕ) που τοποθετήθηκαν στην ίδια θέση με τα παλιά. Η νέα εγκατάσταση αποτελείται από δέκα μηχανήματα (7 μικρά και 3 μεγάλα μηχανήματα) προς την έξοδο 1 (Πλ. Βικτωρίας) με πλάτος 0,3 m (μικρό μηχανήμα) ή 0,5 m (μεγάλο μηχανήμα) και μήκος 1,5 m το καθένα και άλλα δέκα μηχανήματα (7 μικρά και 3 μεγάλα μηχανήματα) προς την έξοδο 2 (Οδός Χέυδεν). Τα μεγάλα μηχανήματα χρησιμοποιούνται για καλύτερη εξυπηρέτηση ατόμων με ειδικές ανάγκες, επιβάτες με αποσκευές, με ποδήλατο, μητέρες με παιδιά κλπ. Τα ΑΜΕΕ είναι σχετικά χαμηλά (ύψος 0,94 m), όμως οι γυάλινες θύρες που υπάρχουν ανάμεσα στα ογκώδη μηχανήματα φτάνουν περίπου στο 1,70 m ύψος. (Εικόνα 6.24 και Εικόνα 6.26)

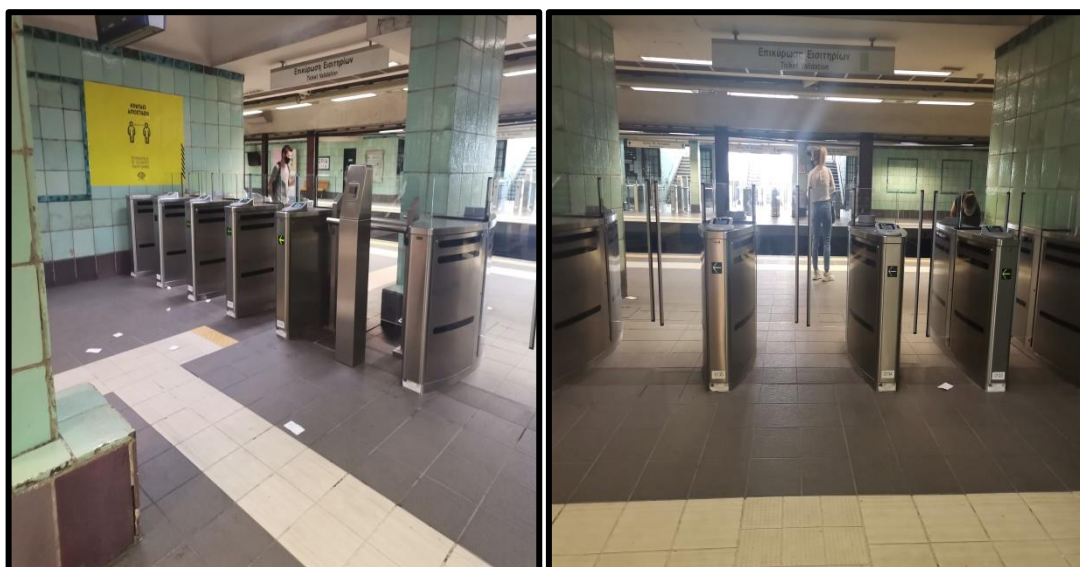
Το ενδιάμεσο πλάτος των περασμάτων μεταξύ των ΑΜΕΕ για την κίνηση των επιβατών κυμαίνεται από 0,6m έως 1,02m όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.25 (για έξοδο 1) και στην Εικόνα 6.27 (για έξοδο 2).



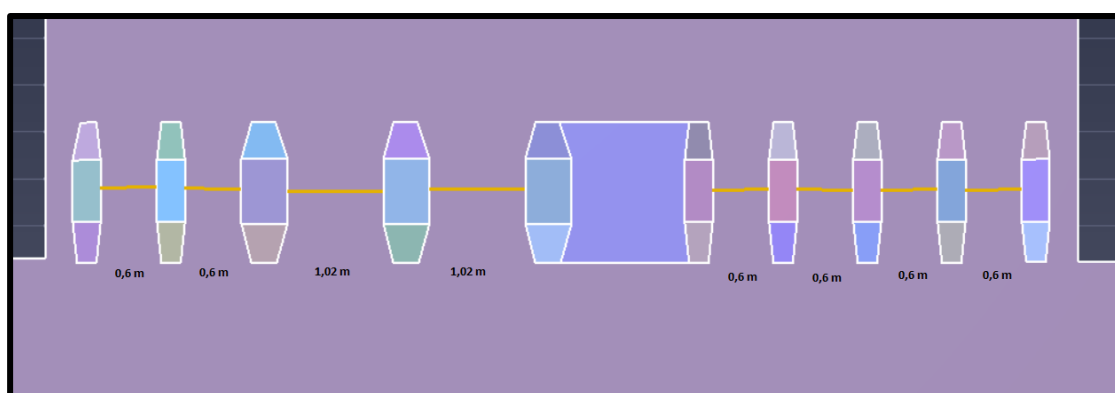
Εικόνα 6.24: ΑΜΕΕ στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Βικτωρίας προς έξοδο 1 (Πλ. Βικτωρίας)



**Εικόνα 6.25 Ενδιάμεσες αποστάσεις ΑΜΕΕ του Σταθμού Βικτωρίας προς έξοδο 1 (Πλ. Βικτωρίας)**



**Εικόνα 6.26: ΑΜΕΕ στο επίπεδο των εισιτηρίων του Σταθμού Βικτωρίας προς έξοδο 2 (Οδός Χέυδεν)**



**Εικόνα 6.27: Ενδιάμεσες αποστάσεις ΑΜΕΕ του Σταθμού Βικτωρίας προς έξοδο 2 (Οδός Χέυδεν)**

## Κεφάλαιο 7. Ανάλυση εκκένωσης

Η μοντελοποίηση εκκένωσης με υπολογιστή έχει γίνει η καταλληλότερη μέθοδος προσομοίωσης της εκκένωσης σε κάθε τύπο κτιρίου. Σε σύγκριση με τους υπολογισμούς χειρός στους οποίους η κίνηση των επιβατών ελέγχεται αποκλειστικά από τη χωρητικότητα των στοιχείων εξόδου όπως περιγράφεται στην υδραυλική ροή και επομένως, η ταχύτητα μεταβάλλεται σύμφωνα με το στοιχείο εξόδου και παραμένει σταθερή. Σε πραγματικές συνθήκες εκκένωσης, οι επιβάτες βελτιστοποιούν το χρόνο εξόδου τους σύμφωνα με τις προτιμήσεις τους και τα μοναδικά προσωπικά κριτήρια και αυτό είναι κάτι που μπορεί να μοντελοποιηθεί, σε κάποιο βαθμό, από τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται σε μοντέλα λογισμικού. Οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν στο λογισμικό του Pathfinder. Το Pathfinder είναι ένας προσομοιωτής εκκένωσης και ανθρώπινης κίνησης που χρησιμοποιεί τριγωνικό χώρο για να υπολογίσει την απόφαση των επιβατών στην πρόοδο της εκκένωσης, αποφεύγοντας την επαφή με εμπόδια και άλλους επιβάτες.

Για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων έγινε η ακόλουθη υπόθεση:

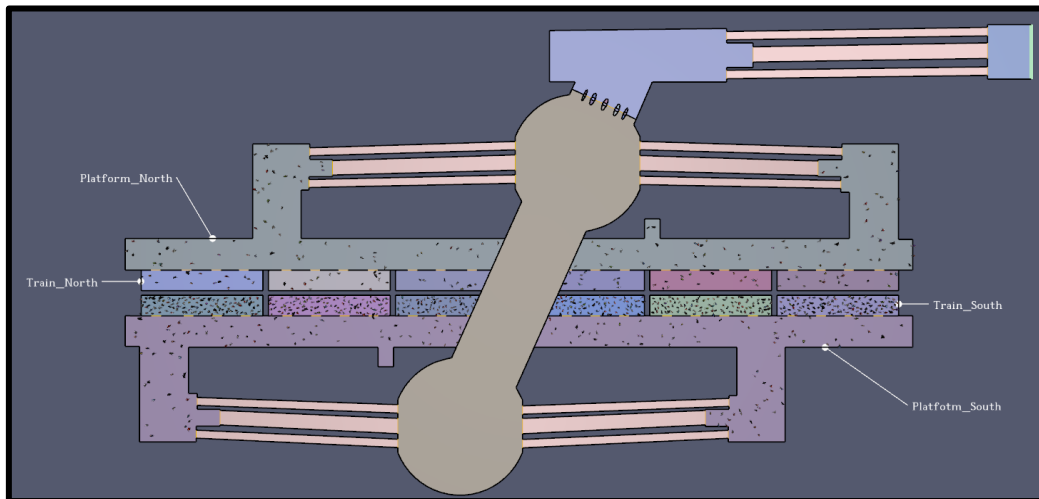
- **Αριθμός επιβατών:** Δεδομένου ότι τα δεδομένα κίνησης του σταθμού δεν ήταν διαθέσιμα, χρησιμοποιήσαμε το χειρότερο σενάριο όπου απαιτούνταν δύο τρένα με 6 βαγόνια το καθένα και να φτάνουν στο σταθμό ταυτόχρονα. Ο συνολικός αριθμός των επιβατών υποθέσαμε ότι θα είναι 1000 άτομα.
- **Ταχύτητα επιβατών:** Η ταχύτητα των επιβατών είναι μια κρίσιμη παράμετρος για το χρόνο εκκένωσης και διαφοροποιείται σχετικά με την ηλικία, τον τύπο του επιβάτη, την παρουσία καπνού, τη φυσική κατάσταση και πολλά άλλα. Σε αυτή τη μελέτη ορίστηκε σταθερή τιμή 1,19 m/s και αυτή η ταχύτητα μπορεί να επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση της γεωμετρίας του σταθμού και της κίνησης άλλων επιβατών. (SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2002)

Σημειώνεται ότι η έννοια "Overcrowded effect" που θα εξετάζεται παρακάτω είναι τα σημεία εκείνα του σταθμού όπου υπάρχει μεγάλος συνωστισμός. Ενώ η έννοια "Bottleneck" είναι η περιοχή του σταθμού όπου υπάρχει ο πιο έντονος συνωστισμός και ο χρόνος αναμονής των επιβατών σε ουρές είναι ο μεγαλύτερος, με λίγα λόγια είναι ένας κρίσιμος παράγοντας και επιδράει σημαντικά στον χρόνο εκκένωσης.

## 7.1 Αποτελέσματα εκκενώσεων

### Προσομοίωση εκκένωσης σταθμού Ελαιώνα

Ο συνολικός αριθμός των επιβατών είναι 1000 άτομα και διανέμονται ως 200 επιβάτες στην βόρεια πλατφόρμα, 320 επιβάτες στη νότια πλατφόρμα, 120 επιβάτες στη βόρεια αμαξοστοιχία και 360 επιβάτες στη νότια αμαξοστοιχία (Εικόνα 7.1).



Εικόνα 7.1. : Διανομή επιβατών στον σταθμό Ελαιώνα

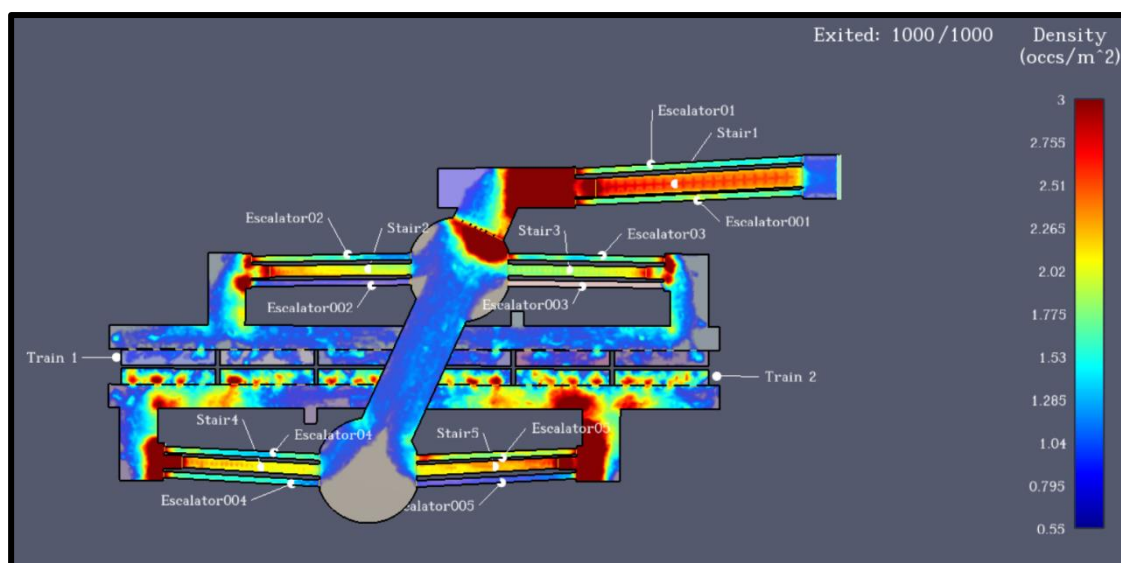
### ΜΕΕ στον σταθμό Ελαιώνα

Στην περίπτωση των ΜΕΕ, η εκκένωση της πλατφόρμας γίνεται σε χρόνο 129 sec (2,15 min) και η εκκένωση του σταθμού σε χρόνο 354,5 sec (5,9 min). Η πυκνότητα των επιβατών αυξάνεται σε μέρη όπου το πλάτος της διαδρομής εξόδου μειώνεται όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.2. Πιο συγκεκριμένα, το φαινόμενο υπερπληθυσμού (overcrowded effect), το οποίο παρατηρείται με σκούρο κόκκινο χρώμα (με πυκνότητα  $3 \text{ occs/m}^2$ ) εμφανίζεται εσωτερικά των βαγονιών της νότιας πλατφόρμας (Train South), στην αρχή όλων των σταθερών σκαλοπατιών και των κυλιόμενων σκαλών από το επίπεδο της πλατφόρμας έως το επίπεδο των εισιτηρίων, στην περιοχή με τα ΜΕΕ και τέλος στις σκάλες που οδηγούν στην τελική έξοδο.

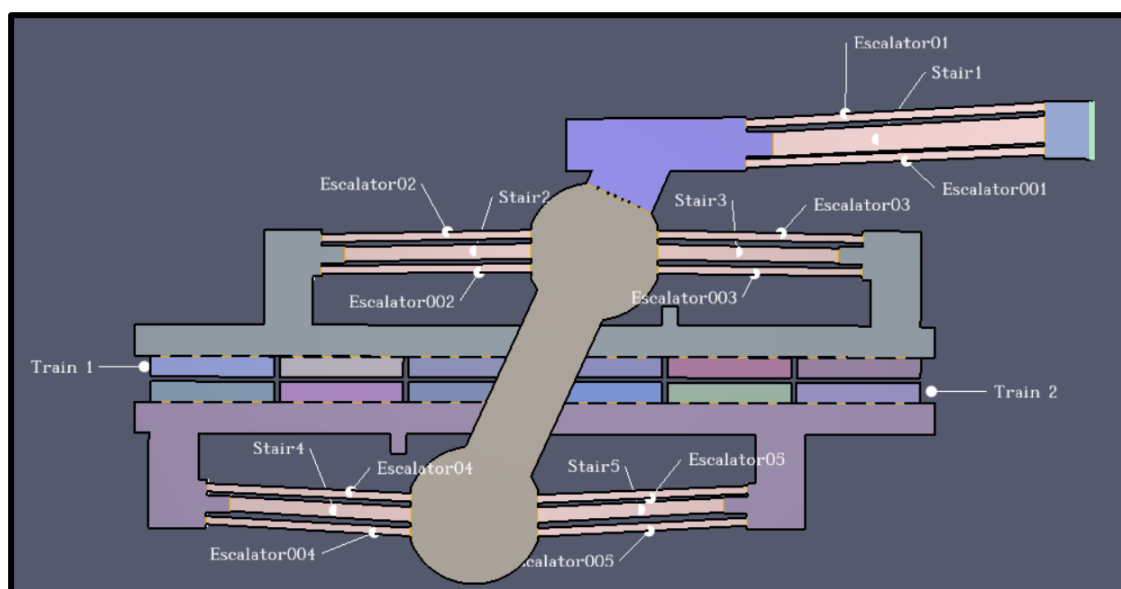
Οι ουρές επιβατών σχηματίζονται σε σημεία υψηλής πυκνότητας ατόμων. Σε αυτά τα σημεία, η ταχύτητα κυμαίνεται από 0 m/s έως 0,2 m/s. Υπολογίζοντας τη διάρκεια της εμφάνισης σκούρου κόκκινου χρώματος (overcrowded effect), καθορίζεται ο συνολικός χρόνος αναμονής σε κάθε σημείο. Ο Πίνακας 7.1 (με αναφορά θέσης στην Εικόνα 7.3) δείχνει τον χρόνο αναμονής σε συγκεκριμένες θέσεις με αποτέλεσμα το «bottleneck» της διαδικασίας εκκένωσης του σταθμού να

βρίσκεται στις τελικές κυλιόμενες σκάλες και στις σταθερές σκάλες που οδηγούν στην επιφάνεια.

Όσον αφορά το ρυθμό ροής στα περάσματα των ΜΕΕ, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.2, το πέραςμα 1 με πλάτος 1,7 m (Εικόνα 6.5) παρέχει την υψηλότερη μέση ροή 1,97 pers/sec ενώ η συνολική μέση ροή ολόκληρης της εγκατάστασης είναι 6,31 pers/sec.



Εικόνα 7.2: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Ελαιώνα στην περίπτωση των ΜΕΕ



Εικόνα 7.3: Θέση σταθερών σκαλών και κυλιόμενων του Σταθμού Ελαιώνα

**Πίνακας 7.1: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Ελαιώνα για την περίπτωση των ΜΕΕ**

	Χρόνος αναμονής ουράς επιβατών (sec)
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 1 (Train 1)	0
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 2 (Train 2)	9
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 02)	20
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 002)	23
Σταθερές σκάλες (Stair 2)	26
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 03)	52
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 003)	0
Σταθερές σκάλες (Stair 3)	6
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 04)	69
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 004)	40
Σταθερές σκάλες (Stair 4)	67
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 05)	101
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 005)	70
Σταθερές σκάλες (Stair 5)	89
Μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (ΜΕΕ)	123
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 01)	159
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 001)	155
Σταθερές σκάλες (Stair 1)	162

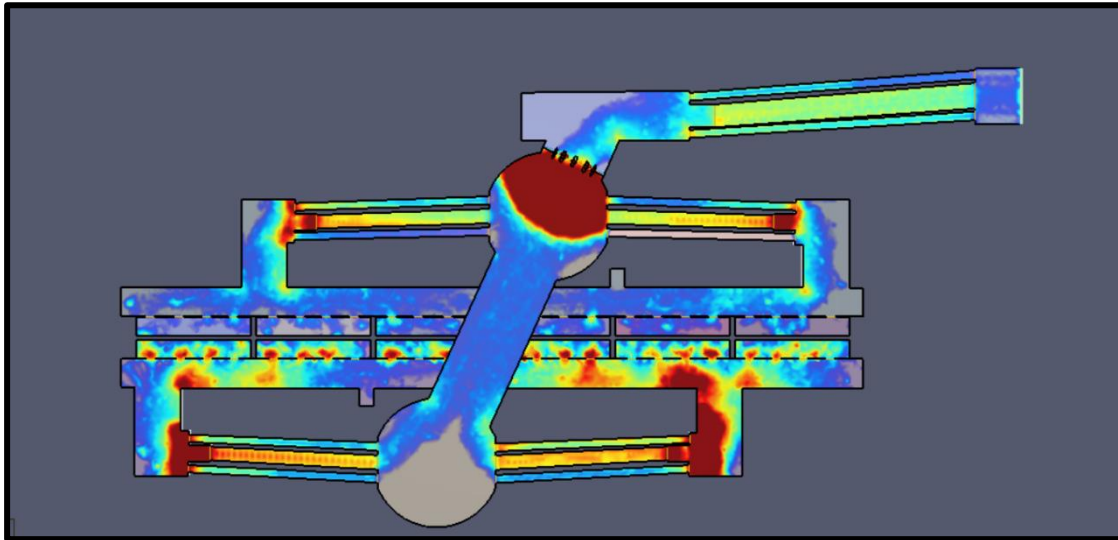
**Πίνακας 7.2: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στον σταθμό Ελαιώνα**

	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1	1,7	36,2	221,8	00515	365	1,97
Πέρασμα 2	1,3	49,0	221,3	00293	198	1,15
Πέρασμα 3	0,8	46,1	212,6	00344	66	0,40
Πέρασμα 4	0,8	43,7	209,3	00412	91	0,55
Πέρασμα 5	0,8	61,0	202,4	00297	58	0,41
Πέρασμα 6	1,3	43,1	186,4	00976	125	0,87
Πέρασμα 7	1,6	81,8	183,2	00975	97	0,96

## ΑΜΕΕ στον σταθμό Ελαιώνα

Στην περίπτωση των αυτόματων μηχανημάτων επικύρωσης εισιτηρίου, οι επιβάτες εκκενώνουν την πλατφόρμα σε 128 s (2,13 min) και ο συνολικός χρόνος εκκένωσης του σταθμού είναι 399,2 s (6,65 min). Η πυκνότητα των επιβατών αυξάνεται σε μέρη όπου το πλάτος της διαδρομής εξόδου μειώνεται όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7.4**. Το φαινόμενο υπερπληθυσμού (overcrowded effect), το οποίο παρατηρείται με σκούρο κόκκινο χρώμα (με πυκνότητα 3 occs/m<sup>2</sup>) εμφανίζεται στις πόρτες των βαγονιών της νότιας αμαξοστοιχίας (Train South), στην αρχή όλων των σταθερών σκαλοπατιών και των κυλιόμενων σκαλών από το επίπεδο της πλατφόρμας έως το

επίπεδο των εισιτηρίων, καθώς και στην περιοχή με τα ΑΜΕΕ. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν παρατηρείται φαινόμενο υψηλής πυκνότητας και υπερπληθυσμού στις σκάλες (σταθερές και κυλιόμενες σκάλες) που οδηγούν στην επιφάνεια.



**Εικόνα 7.4:** Μέγιστη πυκνότητα των επιβατών σε διάφορα σημεία του σταθμού Ελαιώνα

Ομοίως με την εγκατάσταση ΜΕΕ, σχηματίζονται ουρές επιβατών όπου η πυκνότητα των ατόμων είναι υψηλότερη και σε αυτά τα σημεία η ταχύτητα κυμαίνεται από 0 m/s έως 0,2 m/s. Υπολογίζοντας τη διάρκεια της εμφάνισης σκούρου κόκκινου χρώματος (φαινόμενο υπερπληθυσμού), καθορίζεται ο συνολικός χρόνος αναμονής σε κάθε σημείο. Ο **Πίνακας 7.3** (με αναφορά θέσης στην **Εικόνα 7.3**) παρουσιάζει τον χρόνο αναμονής σε μια συγκεκριμένη περιοχή με αποτέλεσμα το "bottleneck" της διαδικασίας εκκένωσης να βρίσκεται στην περιοχή ΑΜΕΕ.

Όσον αφορά το ρυθμό ροής στα περάσματα των ΑΜΕΕ, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακας 7.4**, το πέρασμα 1 με πλάτος 0,75 m (**Εικόνα 6.7**), παρέχει την υψηλότερη μέση ροή 1,44 pers/sec ενώ η συνολική μέση ροή ολόκληρης της εγκατάστασης είναι 3,6 pers/sec.

**Πίνακας 7.3: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Ελαιώνα για την περίπτωση των AMEE**

	Χρόνος αναμονής ουράς επιβατών (sec)
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 1 (Train 1)	0
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 2 (Train 2)	8
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 02)	14
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 002)	23
Σταθερές σκάλες (Stair 2)	26
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 03)	2
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 003)	0
Σταθερές σκάλες (Stair 3)	40
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 04)	62
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 004)	41
Σταθερές σκάλες (Stair 4)	68
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 05)	87
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 005)	75
Σταθερές σκάλες (Stair 5)	89
Αυτόματα μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (AMEE)	245
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 01)	0
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 001)	0
Σταθερές σκάλες (Stair 1)	0

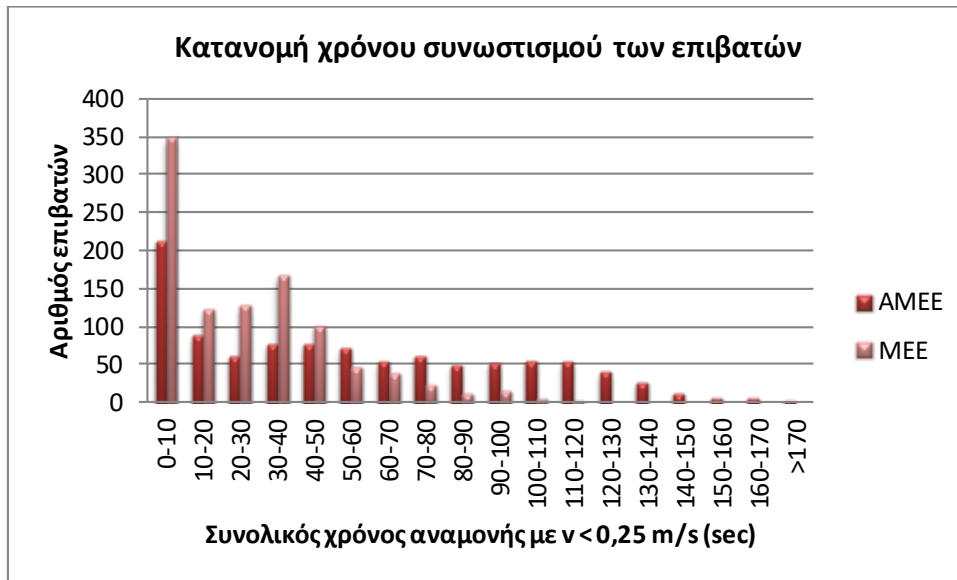
**Πίνακας 7.4: Ροή ανάμεσα από τα AMEE στον σταθμό Ελαιώνα**

	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
<b>Πέρασμα 1</b>	0,75	37,8	326,7	01230	257	0,89
<b>Πέρασμα 2</b>	1,2	44,8	324,4	01150	402	1,44
<b>Πέρασμα 3</b>	1,1	45,6	322,2	01170	241	0,87
<b>Πέρασμα 4</b>	0,8	59,7	308,4	01139	100	0,40

Υιοθετώντας την παράμετρο "Jam time" η οποία περιγράφει τη συνολική διάρκεια ενός επιβάτη στην οποία η ταχύτητά του παραμένει μικρότερη από 0,25 m/s (~ 25% της μέγιστης ταχύτητάς του) που αυτό σημαίνει αναμονή στην ουρά (overcrowded effect), δημιουργείται το ακόλουθο **Γράφημα 7.1**.

Αυτό το ποσοστό δείχνει ότι στην περίπτωση εγκατάστασης MEE το 35% του πληθυσμού υπόκειται σε συνωστισμό κάτω των 10 sec, ενώ στα AMEE το 20% του πληθυσμού υπόκειται σε συνωστισμό λιγότερο από 10 sec. Επιπλέον, στην περίπτωση των MEE μόνο το 9% των ατόμων υπόκεινται σε περισσότερο από 60 sec χρόνος εμπλοκής, σε αντίθεση με το AMEE ότι το 41% των ατόμων υπόκεινται σε περισσότερα από 60 sec.





**Γράφημα 7.1 Κατανομή χρόνου συνωστισμού των επιβατών στον σταθμό Ελαιώνα**

Όπως είναι αναμενόμενο ο χρόνος εκκένωσης της πλατφόρμας είναι ο ίδιος και για τις δύο εγκαταστάσεις (λιγότερο από 4 min), καθώς δεν αλλάζει κάτι στο επίπεδο της πλατφόρμας για τις δύο προσομοιώσεις.

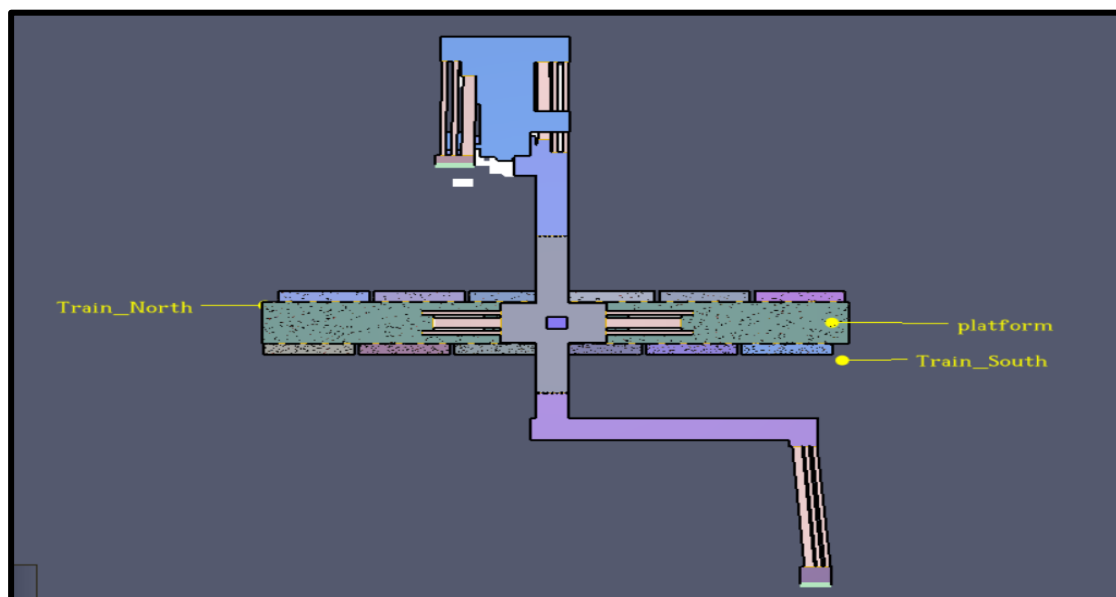
Η εκκένωση του σταθμού στην περίπτωση της εγκατάστασης AMEE διαρκεί 44,7 sec περισσότερο, σε σύγκριση με την περίπτωση της εγκατάστασης MEE, η οποία οδηγεί σε 12% περισσότερο χρόνο εκκένωσης. Αυτό οφείλεται στον περιορισμό του υφιστάμενου χώρου για τη ροή των επιβατών στην εγκατάσταση μηχανημάτων AMEE, καθιστώντας την περιοχή αυτή "Bottleneck" στη διαδικασία εκκένωσης. Ο συνολικός χρόνος αναμονής στην περιοχή AMEE είναι σχεδόν 245 sec (4 min) και το jam time είναι μεγαλύτερο από την εγκατάσταση MEE.

Το "bottleneck" της προσομοίωσης με τα MEE βρίσκεται στις τελικές σκάλες που οδηγούν στην επιφάνεια με συνολικό χρόνο αναμονής 162 sec (2,7 min) σε αυτές. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι οι επιβάτες περνούν με γρηγορότερο ρυθμό από τα περάσματα των MEE καθώς αυτά διαθέτουν μεγάλο χώρο χωρίς να εμποδίζουν ιδιαίτερα τους επιβάτες (σε αντίθεση με τα AMEE) και φτάνουν στις τελικές σκάλες όπου δημιουργείται μεγάλος συνωστισμός λόγω του μικρού πλάτους των κυλιόμενων και σταθερών σκαλών.

Σημειώνουμε ότι ο λόγος του συνολικού πλάτους MEE προς το συνολικό πλάτος AMEE είναι 2,16 ενώ η συνολική αναλογία μέσου ρυθμού ροής μεταξύ MEE και AMEE είναι 1,75.

## Προσομοίωση εκκένωσης σταθμού Αιγάλεω

Ο συνολικός αριθμός των επιβατών είναι 1000 άτομα και διανέμονται ως 520 επιβάτες στην πλατφόρμα, 120 επιβάτες στη βόρεια αμαξοστοιχία και 360 επιβάτες στη νότια αμαξοστοιχία (**Εικόνα 7.5**)



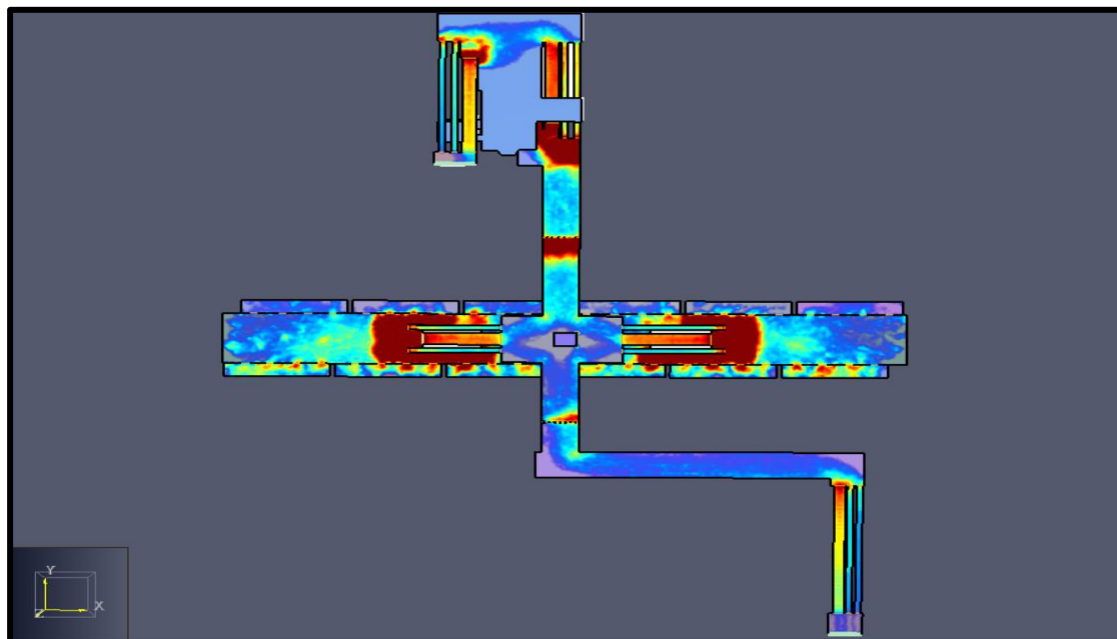
**Εικόνα 7.5:** Διανομή επιβατών στον σταθμό Αιγάλεω

## ΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω

Στην περίπτωση των ΜΕΕ, η εκκένωση της πλατφόρμας γίνεται σε χρόνο 140 sec (2,3 min) και η εκκένωση του σταθμού σε χρόνο 359,3 sec (5,9 min). Η πυκνότητα των επιβατών αυξάνεται σε μέρη όπου το πλάτος της διαδρομής εξόδου μειώνεται όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7.6**. Πιο συγκεκριμένα, το φαινόμενο υπερπληθυσμού (overcrowded effect), το οποίο παρατηρείται με σκούρο κόκκινο χρώμα (με πυκνότητα  $3 \text{ occs/m}^2$ ) εμφανίζεται εσωτερικά των βαγονιών της νότιας πλατφόρμας (τρένο 2), στις σκάλες (κυλιόμενες και σταθερές) της πλατφόρμας, στις περιοχές με τα ΜΕΕ και τέλος στις σκάλες που οδηγούν προς τελικές εξόδους.

Οι ουρές επιβατών σχηματίζονται σε σημεία υψηλής πυκνότητας ατόμων. Σε αυτά τα σημεία, η ταχύτητα κυμαίνεται από 0 m/s έως 0,2 m/s. Υπολογίζοντας τη διάρκεια της εμφάνισης σκούρου κόκκινου χρώματος (overcrowded effect), καθορίζεται ο συνολικός χρόνος αναμονής σε κάθε σημείο. Ο **Πίνακας 7.5** (με αναφορά θέσης στην **Εικόνα 7.7**) δείχνει τον χρόνο αναμονής σε συγκεκριμένες θέσεις με αποτέλεσμα το «bottleneck» της διαδικασίας εκκένωσης του σταθμού να βρίσκεται στη σταθερή σκάλα (Stair 3), που οδηγεί στις τελικές σκάλες προς την έξοδο 1.

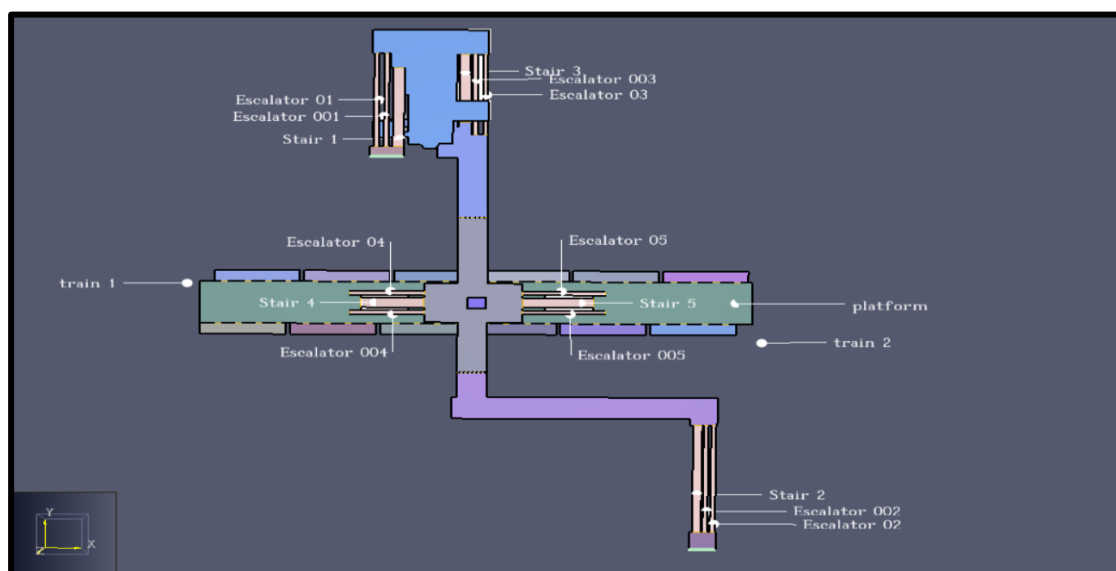
Όσον αφορά το ρυθμό ροής στα περάσματα των ΜΕΕ, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακας 7.6** και **Πίνακας 7.7**, το πέραςμα 4 που βρίσκεται στον διάδρομο προς την έξοδο 1 με πλάτος 0,9 m (**Εικόνα 6.10**) παρέχει την υψηλότερη μέση ροή 0,83 pers/sec ενώ η συνολική μέση ροή ολόκληρης της εγκατάστασης είναι 7,19 pers/sec.



**Εικόνα 7.6: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Αιγάλεω (ΜΕΕ)**

**Πίνακας 7.5 Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Αιγάλεω για την περίπτωση των ΜΕΕ**

	Χρόνος αναμονής ουράς επιβατών (sec)
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 1 (Train 1)	0
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 2 (Train 2)	28
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 04)	90
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 004)	90
Σταθερές σκάλες (Stair 4)	80
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 05)	93
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 005)	90
Σταθερές σκάλες (Stair 5)	80
ΜΕΕ προς έξοδο 1	118
ΜΕΕ προς έξοδο 2	10
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 03)	160
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 003)	136
Σταθερές σκάλες (Stair 3)	177
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 01)	0
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 001)	5
Σταθερές σκάλες (Stair 1)	160
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 02)	0
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 002)	0
Σταθερές σκάλες (Stair 2)	30



**Εικόνα 7.7: Θέση σταθερών σκαλών και κυλιόμενων στο σταθμό Αιγάλεω**

Πίνακας 7.6: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω προς έξοδο 1

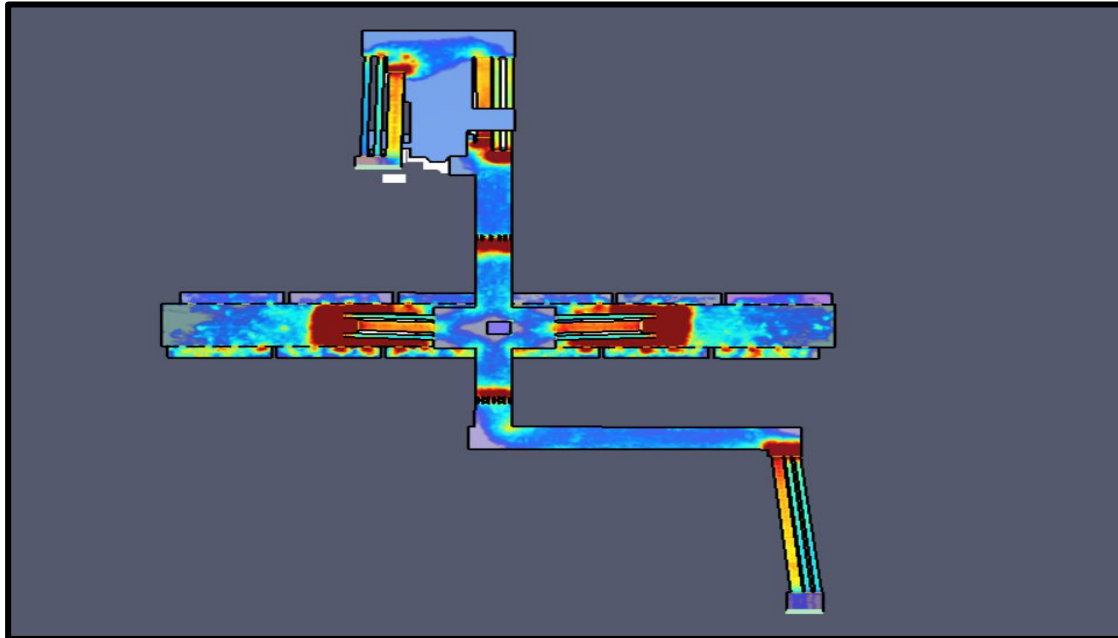
EXIT 1	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1	0,56	37,7	190,0	00314	81	0,53
Πέρασμα 2	0,75	44,8	193,1	00653	103	0,69
Πέρασμα 3	0,75	42,5	194,8	00339	106	0,70
Πέρασμα 4	0,9	43,7	195,9	00325	127	0,83
Πέρασμα 5	0,75	38,5	192,8	00308	101	0,65
Πέρασμα 6	0,75	46,6	193,1	00819	92	0,63
Πέρασμα 7	0,55	48,0	192,9	00301	67	0,46

Πίνακας 7.7: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω προς έξοδο 2

EXIT 2	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1'	0,35	0	0	0	0	0
Πέρασμα 2'	0,7	122,9	156,3	00249	4	0,12
Πέρασμα 3'	0,7	103,4	161,4	00272	15	0,26
Πέρασμα 4'	0,72	75,3	170,4	00636	32	0,34
Πέρασμα 5'	0,7	46,5	176,4	00991	75	0,58
Πέρασμα 6'	0,7	37,0	182,8	00809	92	0,63
Πέρασμα 7'	0,7	40,9	181,5	00574	93	0,66
Πέρασμα 8'	0,35	64,4	171,6	00313	12	0,11

## ΑΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω

Στην περίπτωση των αυτόματων μηχανημάτων επικύρωσης εισιτηρίου, οι επιβάτες εκκενώνουν την πλατφόρμα σε 140 s (2,3 min) και ο συνολικός χρόνος εκκένωσης του σταθμού είναι 328,6 s (5,47 min). Η πυκνότητα των επιβατών αυξάνεται σε μέρη όπου το πλάτος της διαδρομής εξόδου μειώνεται όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7.8**. Το φαινόμενο υπερπληθυσμού (overcrowded effect), το οποίο παρατηρείται με σκούρο κόκκινο χρώμα (με πυκνότητα 3 occs/m<sup>2</sup>) εμφανίζεται στις πόρτες των βαγονιών της νότιας αμαξοστοιχίας (Train South), στην αρχή όλων των σταθερών σκαλοπατιών και των κυλιόμενων σκαλών από το επίπεδο της πλατφόρμας έως το επίπεδο των εισιτηρίων, στις περιοχές με τα ΑΜΕΕ και στις σκάλες προς τις δύο εξόδους.



**Εικόνα 7.8: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Αιγάλεω (ΑΜΕΕ)**

Ομοίως με την εγκατάσταση ΜΕΕ, σχηματίζονται ουρές επιβατών όπου η πυκνότητα των ατόμων είναι υψηλότερη και σε αυτά τα σημεία η ταχύτητα κυμαίνεται από 0 m/s έως 0,2 m/s. Υπολογίζοντας τη διάρκεια της εμφάνισης σκούρου κόκκινου χρώματος (φαινόμενο υπερπληθυσμού), καθορίζεται ο συνολικός χρόνος αναμονής σε κάθε σημείο. Ο **Πίνακας 7.8** (με αναφορά θέσης στην **Εικόνα 7.7**) παρουσιάζει τον χρόνο αναμονής σε μια συγκεκριμένη περιοχή με αποτέλεσμα το "bottleneck" της διαδικασίας εκκένωσης να βρίσκεται στην περιοχή με την σταθερή σκάλα (Stair 3) που οδηγεί στις τελικές σκάλες προς την έξοδο 1.

Όσον αφορά το ρυθμό ροής στα περάσματα των ΑΜΕΕ, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακας 7.9** και **Πίνακας 7.10**, το πέρασμα 2 (**Εικόνα 6.13**) που βρίσκεται στο διάδρομο προς έξοδο 1 και έχει πλάτος 0.9 m, παρέχει την υψηλότερη μέση ροή 0,89 pers/sec ενώ η συνολική μέση ροή ολόκληρης της εγκατάστασης είναι 7,22 pers/sec.

**Πίνακας 7.8: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού για την περίπτωση των ΑΜΕΕ**

	Χρόνος αναμονής ουράς επιβατών (sec)
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 1 (Train 1)	0
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 2 (Train 2)	28
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 04)	90
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 004)	90
Σταθερές σκάλες (Stair 4)	80
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 05)	93
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 005)	90
Σταθερές σκάλες (Stair 5)	80
ΑΜΕΕ προς έξοδο 1	126
ΑΜΕΕ προς έξοδο 2	87
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 03)	120
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 003)	74
Σταθερές σκάλες (Stair 3)	135
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 01)	0
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 001)	5
Σταθερές σκάλες (Stair 1)	129
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 02)	94
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 002)	94
Σταθερές σκάλες (Stair 2)	120

**Πίνακας 7.9: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω προς έξοδο 1**

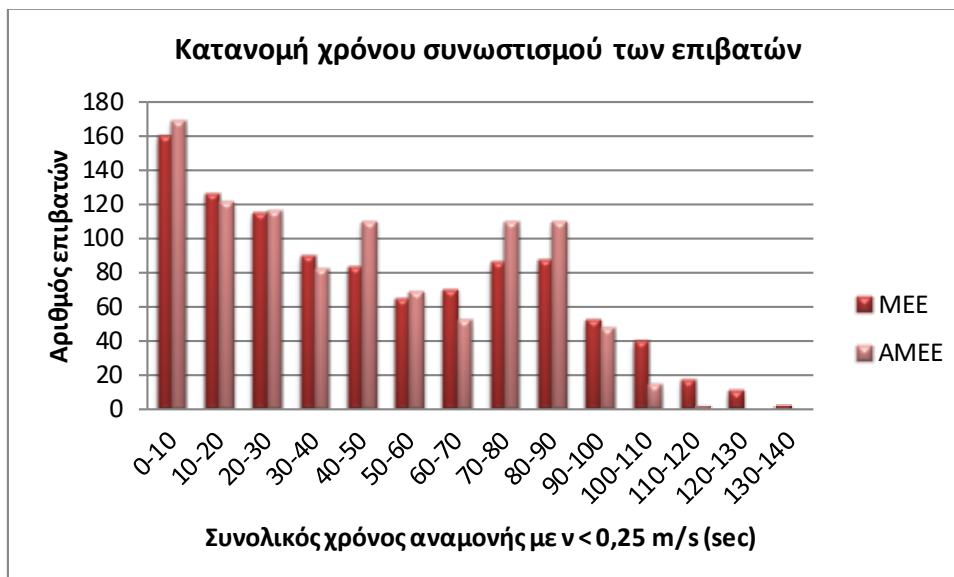
EXIT 1 ΑΜΕΕ	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1	0,54	38,7	189,2	00360	101	0,67
Πέρασμα 2	0,9	42,4	191,8	00554	133	0,89
Πέρασμα 3	0,9	39,6	190,1	00312	133	0,88
Πέρασμα 4	0,52	46,0	188,5	00597	93	0,65
Πέρασμα 5	0,52	46,7	187,8	00288	85	0,60

**Πίνακας 7.10: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στο σταθμό Αιγάλεω προς έξοδο 1**

EXIT 2 ΑΜΕΕ	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1'	0,54	74,1	184,4	00323	56	0,51
Πέρασμα 2'	0,54	72,7	184,3	00324	72	0,65
Πέρασμα 3'	0,54	61,4	184,0	00313	75	0,61
Πέρασμα 4'	0,54	51,3	186,3	00731	83	0,61
Πέρασμα 5'	0,54	37,5	186,3	00684	86	0,58
Πέρασμα 6'	0,54	38,5	185,3	00945	83	0,57

Υιοθετώντας την παράμετρο "Jam time" η οποία περιγράφει τη συνολική διάρκεια ενός επιβάτη στην οποία η ταχύτητά του παραμένει μικρότερη από 0,25 m/s (~ 25% της μέγιστης ταχύτητάς του) που αυτό σημαίνει αναμονή στην ουρά (overcrowded effect), δημιουργείται το ακόλουθο **Γράφημα 7.2**.

Αυτό το ποσοστό δείχνει ότι στην περίπτωση εγκατάστασης MEE το 16% του πληθυσμού υπόκειται σε συνωστισμό κάτω των 10 sec, ενώ στα AMEE το 16,9% του πληθυσμού υπόκειται σε συνωστισμό λιγότερο από 10 sec. Επιπλέον, στην περίπτωση των MEE το 36,2% των ατόμων υπόκεινται σε περισσότερο από 60 sec χρόνος εμπλοκής, σε αντίθεση με το AMEE ότι το 33,4% των ατόμων υπόκεινται σε περισσότερα από 60 sec.



**Γράφημα 7.2: Κατανομή χρόνου συνωστισμού των επιβατών στον σταθμό Αιγάλεω**

Όπως είναι αναμενόμενο ο χρόνος εκκένωσης της πλατφόρμας είναι ο ίδιος και για τις δύο εγκαταστάσεις (λιγότερο από 4 min), καθώς δεν αλλάζει κάτι στο επίπεδο της πλατφόρμας για τις δύο προσομοιώσεις.

Η εκκένωση του σταθμού στην περίπτωση της εγκατάστασης AMEE διαρκεί 30,7 sec λιγότερο, σε σύγκριση με την περίπτωση της εγκατάστασης MEE, η οποία οδηγεί σε 9% λιγότερο χρόνο εκκένωσης.

Ο συνολικός χρόνος αναμονής στην περιοχή των MEE προς την έξοδο 1 είναι 118 sec και προς την έξοδο 2 είναι 10 sec ενώ στα AMEE προς την έξοδο 1 είναι 126 sec και προς έξοδο 2 είναι 87 sec. Αυτή η διαφορά οφείλεται στον περιορισμό του υφιστάμενου χώρου για τη ροή των επιβατών στην εγκατάσταση των μηχανημάτων AMEE.

Το "bottleneck" όμως και των δύο περιπτώσεων βρίσκεται στη σταθερή σκάλα (Stair 3). Στη προσομοίωση του σταθμού με τα MEE ο χρόνος αναμονής των επιβατών στην σταθερή σκάλα (Stair 3) είναι 177 sec ενώ στα AMEE στο ίδιο σημείο του σταθμού 135 sec.

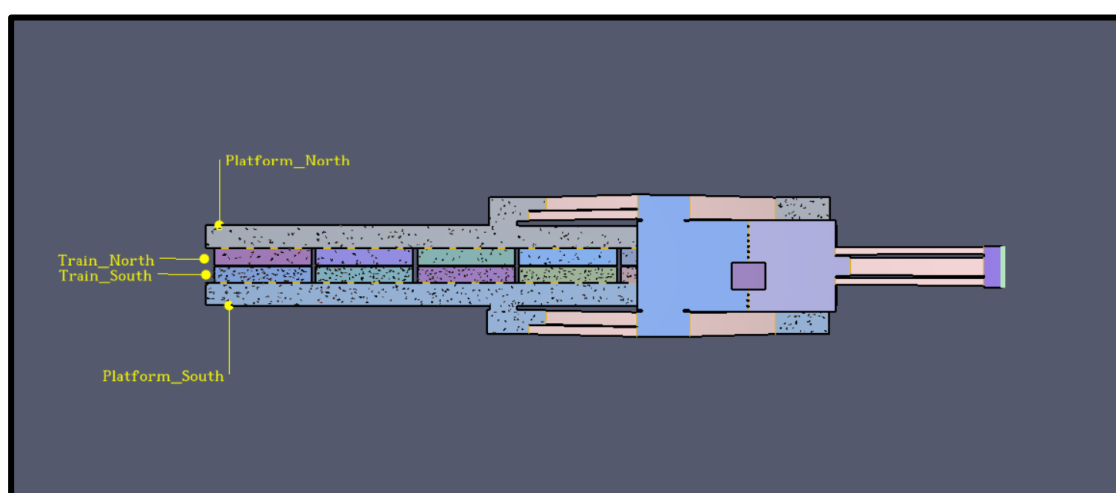
Επίσης, το jam time και των δύο προσομοιώσεων είναι πρακτικά παρόμοιο.



Στο συγκεκριμένο σταθμό παρατηρούμε ότι υπάρχουν μεγαλύτερες αποστάσεις τις οποίες καλούνται οι επιβάτες να καλύψουν για να φτάσουν στην έξοδο. Για την έξοδο 1, οι επιβάτες μετά τα ΜΕΕ/ΑΜΕΕ θα πρέπει να διανύσουν μια απόσταση 25 m και για την έξοδο 2 μία απόσταση 60 m. Αυτές οι αποστάσεις εξυπηρετούν μεγαλύτερη χωρητικότητα ανθρώπων και αποτρέπουν τον συνωστισμό στις σκάλες εξόδου. Για παράδειγμα οι επιβάτες που θα περάσουν τα ΑΜΕΕ θα αργήσουν περισσότερο σε αυτά σε αντίθεση με τους επιβάτες των ΜΕΕ αλλά όταν φτάσουν στις τελικές σκάλες, ο ρυθμός ροής θα είναι πιο ομαλός και πιο γρήγορος και δεν θα υπάρχει τόσο συνωστισμός όπως στην περίπτωση των ΜΕΕ καθώς το πλάτος των σκαλών θα είναι μεγαλύτερο από το προηγούμενο πλάτος των ΑΜΕΕ που θα έχουν περάσει. Στα ΜΕΕ οι επιβάτες θα περάσουν γρηγορότερα λόγω των μεγαλύτερου πλάτους των περασμάτων από αυτά αλλά όταν φτάσουν στις τελικές σκάλες για την έξοδο θα συνωστιστούν και θα είναι πιο αργή η ροή τους. Επίσης ο λόγος του συνολικού πλάτους των περασμάτων ΜΕΕ προς το συνολικό πλάτος ΑΜΕΕ είναι 1,5 και η αναλογία συνολικού ρυθμού ροής μεταξύ ΜΕΕ και ΑΜΕΕ είναι 0,99.

## Προσομοίωση εκκένωσης σταθμού Κατεχάκη

Ο συνολικός αριθμός των επιβατών είναι 1000 άτομα και διανέμονται ως 200 επιβάτες στην βόρεια πλατφόρμα, 320 επιβάτες στη νότια πλατφόρμα, 120 επιβάτες στη βόρεια αμαξοστοιχία και 360 επιβάτες στη νότια αμαξοστοιχία (Εικόνα 7.9).



Εικόνα 7.9: Διανομή επιβατών στον σταθμό Κατεχάκη

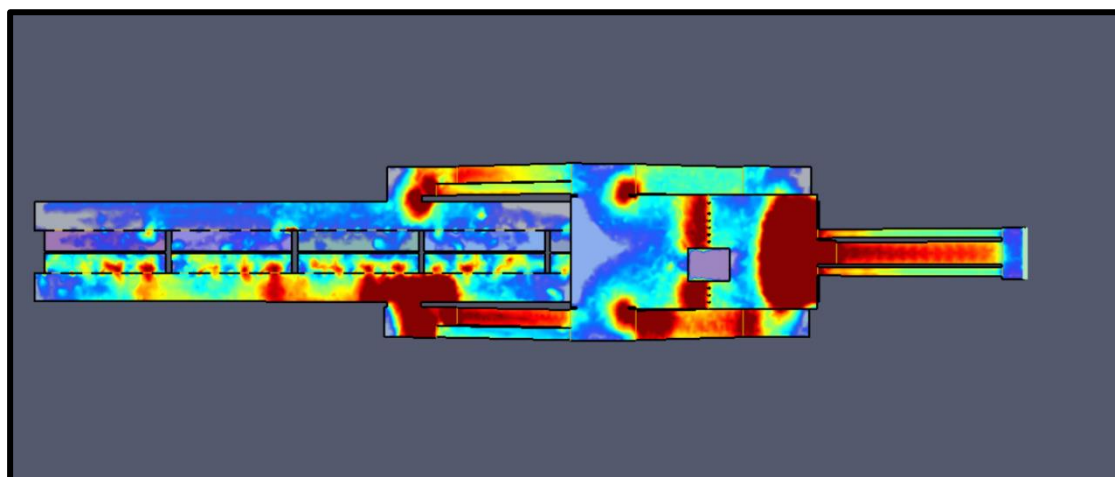
## ΜΕΕ στον σταθμό Κατεχάκη

Στην περίπτωση των ΜΕΕ, η εκκένωση της πλατφόρμας γίνεται σε χρόνο 135 sec (2,25 min) και η εκκένωση του σταθμού σε χρόνο 318,3 sec (5,3 min). Η πυκνότητα

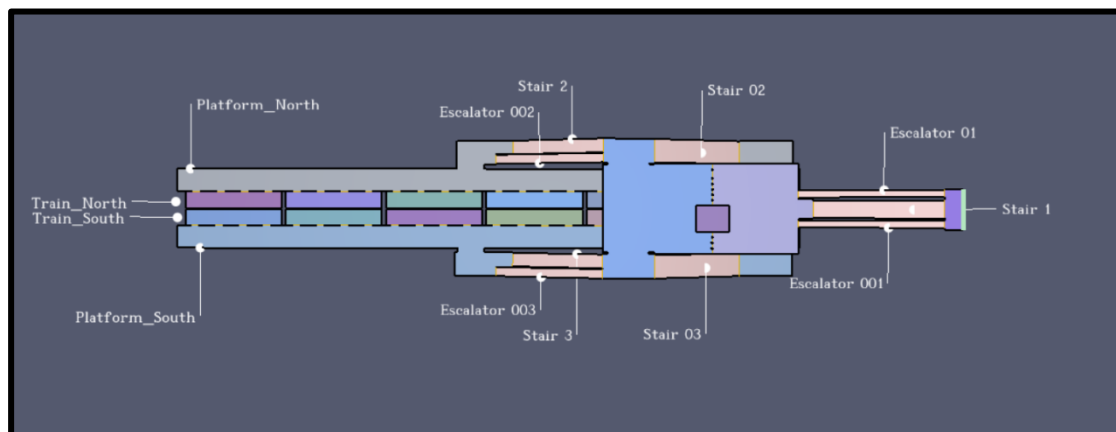
των επιβατών αυξάνεται σε μέρη όπου το πλάτος της διαδρομής εξόδου μειώνεται όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7.10**. Πιο συγκεκριμένα, το φαινόμενο υπερπληθυσμού (overcrowded effect), το οποίο παρατηρείται με σκούρο κόκκινο χρώμα (με πυκνότητα 3 occs/m<sup>2</sup>) εμφανίζεται εσωτερικά των βαγονιών της νότιας πλατφόρμας (Train South), στις σκάλες (σταθερές και κυλιόμενες) που οδηγούν από την πλατφόρμα στο πρώτο επίπεδο που είναι τα ΜΕΕ, στην περιοχή με τα ΜΕΕ και τέλος στις σκάλες που οδηγούν στην τελική έξοδο.

Οι ουρές επιβατών σχηματίζονται σε σημεία υψηλής πυκνότητας ατόμων. Σε αυτά τα σημεία, η ταχύτητα κυμαίνεται από 0 m/s έως 0,2 m/s. Υπολογίζοντας τη διάρκεια της εμφάνισης σκούρου κόκκινου χρώματος (overcrowded effect), καθορίζεται ο συνολικός χρόνος αναμονής σε κάθε σημείο. Ο **Πίνακας 7.11** (με αναφορά θέσης στην **Εικόνα 7.11**) δείχνει τον χρόνο αναμονής σε συγκεκριμένες θέσεις με αποτέλεσμα το «bottleneck» της διαδικασίας εκκένωσης του σταθμού να βρίσκεται στις τελικές κυλιόμενες σκάλες και στην σταθερή σκάλα που οδηγούν στην επιφάνεια.

Όσον αφορά το ρυθμό ροής στα περάσματα των ΜΕΕ, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακας 7.12**, το πέρασμα 2 με πλάτος 1,3 m (**Εικόνα 6.17**) παρέχει την υψηλότερη μέση ροή 1,22 pers/sec ενώ η συνολική μέση ροή ολόκληρης της εγκατάστασης είναι 8,43 pers/sec.



**Εικόνα 7.10: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Κατεχάκη στην περίπτωση των ΜΕΕ**



Εικόνα 7.11: Θέση σταθερών σκαλών και κυλιόμενων του Σταθμού Κατεχάκη

Πίνακας 7.11: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Κατεχάκη για την περίπτωση των ΜΕΕ

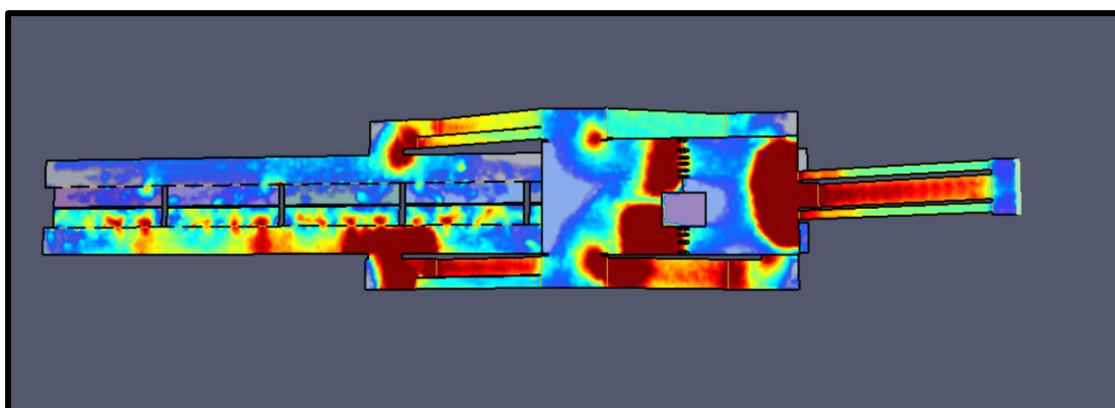
	Χρόνος αναμονής ουράς επιβατών (sec)
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 1 (Train North)	0
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 2 (Train South)	7
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 002)	26
Σταθερή σκάλα (Stair 2)	20
Σταθερή σκάλα (Stair 02)	0
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 003)	102
Σταθερή σκάλα (Stair 3)	96
Σταθερή σκάλα (Stair 03)	28
Μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (ΜΕΕ)	110
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 01)	189
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 001)	186
Σταθερή σκάλα (Stair 1)	192

Πίνακας 7.12: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στον σταθμό Κατεχάκη

	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1	0,9	38,6	121,7	00218	40	0,48
Πέρασμα 2	1,3	32,3	129,0	00750	118	1,22
Πέρασμα 3	0,8	36,5	128,9	00682	72	0,78
Πέρασμα 4	0,8	42,4	142,3	00054	72	0,72
Πέρασμα 5	0,8	44,0	141,8	00013	69	0,71
Πέρασμα 6	0,8	44,7	164,7	00205	78	0,65
Πέρασμα 7	0,8	45,1	145,2	00231	66	0,66
Πέρασμα 8	0,8	34,3	188,5	00234	135	0,88
Πέρασμα 9	0,8	33,6	189,4	00198	118	0,76
Πέρασμα 10	0,8	37,1	186,9	00199	121	0,81
Πέρασμα 11	0,8	43,5	189,1	00220	111	0,76

## ΑΜΕΕ στον σταθμό Κατεχάκη

Στην περίπτωση των αυτόματων μηχανημάτων επικύρωσης εισιτηρίου, οι επιβάτες εκκενώνουν την πλατφόρμα σε 135 s (2,25 min) και ο συνολικός χρόνος εκκένωσης του σταθμού είναι 319,8 s (5,33 min). Η πυκνότητα των επιβατών αυξάνεται σε μέρη όπου το πλάτος της διαδρομής εξόδου μειώνεται όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7.12**. Το φαινόμενο υπερπληθυσμού (overcrowded effect), το οποίο παρατηρείται με σκούρο κόκκινο χρώμα (με πυκνότητα 3 occs/m<sup>2</sup>) εμφανίζεται στις πόρτες των βαγονιών της νότιας αμαξοστοιχίας (Train South), στην αρχή των σταθερών σκαλοπατιών και των κυλιόμενων σκαλών από το επίπεδο της πλατφόρμας έως το επίπεδο των εισιτηρίων, στην περιοχή με τα ΑΜΕΕ και στις τελικές σκάλες (κυλιόμενες και σταθερές) που οδηγούν στην επιφάνεια.



**Εικόνα 7.12: Μέγιστη πυκνότητα των επιβατών σε διάφορα σημεία του σταθμού Κατεχάκη στην περίπτωση των ΑΜΕΕ**

Ομοίως με την εγκατάσταση ΜΕΕ, σχηματίζονται ουρές επιβατών όπου η πυκνότητα των ατόμων είναι υψηλότερη και σε αυτά τα σημεία η ταχύτητα κυμαίνεται από 0 m/s έως 0,2 m/s. Υπολογίζοντας τη διάρκεια της εμφάνισης σκούρου κόκκινου χρώματος (φαινόμενο υπερπληθυσμού), καθορίζεται ο συνολικός χρόνος αναμονής σε κάθε σημείο. Ο **Πίνακας 7.13** (με αναφορά θέσης στην **Εικόνα 7.11**) παρουσιάζει τον χρόνο αναμονής σε μια συγκεκριμένη περιοχή με αποτέλεσμα το "bottleneck" της διαδικασίας εκκένωσης να βρίσκεται στην περιοχή των τελικών σκαλών προς την επιφάνεια.

Όσον αφορά το ρυθμό ροής στα περάσματα των ΑΜΕΕ, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακας 7.14**, το πέραςμα 8 (**Εικόνα 6.20**), παρέχει την υψηλότερη μέση ροή 0,96 pers/sec ενώ η συνολική μέση ροή ολόκληρης της εγκατάστασης είναι 6,26 pers/sec.

**Πίνακας 7.13: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Κατεχάκη για την περίπτωση των ΑΜΕΕ**

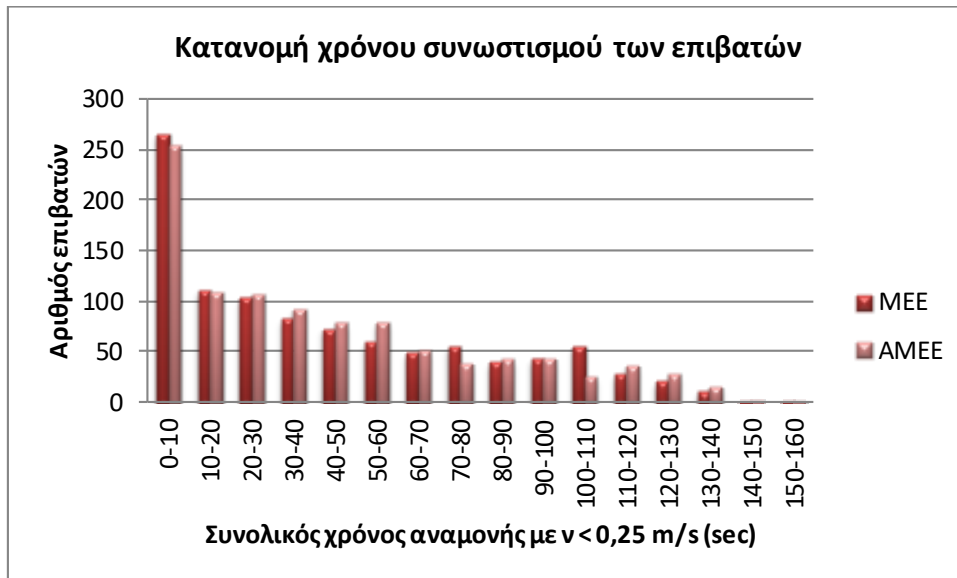
	Χρόνος αναμονής ουράς επιβατών (sec)
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 1 (Train North)	0
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 2 (Train South)	7
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 002)	26
Σταθερή σκάλα (Stair 2)	20
Σταθερή σκάλα (Stair 02)	0
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 003)	102
Σταθερή σκάλα (Stair 3)	96
Σταθερή σκάλα (Stair 03)	28
Μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (ΜΕΕ)	160
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 01)	183
Κυλιόμενες σκάλες (Escalator 001)	186
Σταθερή σκάλα (Stair 1)	192

**Πίνακας 7.14: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στον σταθμό Κατεχάκη**

	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1	0,9	46,8	160,2	00150	105	0,93
Πέρασμα 2	0,54	32,3	173,8	00200	109	0,77
Πέρασμα 3	0,54	34,8	175,4	00588	106	0,75
Πέρασμα 4	0,54	36,6	185,3	00211	112	0,75
Πέρασμα 5	0,54	45,2	207,6	00127	103	0,63
Πέρασμα 6	0,54	34,3	228,2	00225	119	0,61
Πέρασμα 7	0,54	33,6	226,0	00242	166	0,86
Πέρασμα 8	0,9	38,1	225,5	00004	180	0,96

Υιοθετώντας την παράμετρο "Jam time" η οποία περιγράφει τη συνολική διάρκεια ενός επιβάτη στην οποία η ταχύτητά του παραμένει μικρότερη από 0,25 m/s (~ 25% της μέγιστης ταχύτητάς του) που αυτό σημαίνει αναμονή στην ουρά (overcrowded effect), δημιουργείται το ακόλουθο **Γράφημα 7.3**.

Αυτό το ποσοστό δείχνει ότι στην περίπτωση εγκατάστασης ΜΕΕ το 26,5% του πληθυσμού υπόκειται σε συνωστισμό κάτω των 10 sec, ενώ στα ΑΜΕΕ το 25,3% του πληθυσμού υπόκειται σε συνωστισμό λιγότερο από 10 sec. Επιπλέον, στην περίπτωση των ΜΕΕ το 30,5% των ατόμων υπόκεινται σε περισσότερο από 60 sec χρόνος εμπλοκής, σε αντίθεση με το ΑΜΕΕ ότι το 28,3% των ατόμων υπόκεινται σε περισσότερα από 60 sec.



**Γράφημα 7.3: Κατανομή χρόνου συνωστισμού των επιβατών στον σταθμό Κατεχάκη**

Όπως είναι αναμενόμενο ο χρόνος εκκένωσης της πλατφόρμας είναι ο ίδιος και για τις δύο εγκαταστάσεις (λιγότερο από 4 min), καθώς δεν αλλάζει κάτι στο επίπεδο της πλατφόρμας για τις δύο προσομοιώσεις.

Ο χρόνος εκκένωσης του σταθμού στην περίπτωση της εγκατάστασης AMEE είναι σχεδόν ίδιος με τον χρόνο εκκένωσης στην περίπτωση με την εγκατάσταση MEE.

Ο χρόνος αναμονής των επιβατών στην περιοχή των MEE είναι 110 sec ενώ στα AMEE είναι 160 sec, αυτό οφείλεται στον περιορισμό του υφιστάμενου χώρου για τη ροή των επιβατών στην εγκατάσταση μηχανημάτων AMEE.

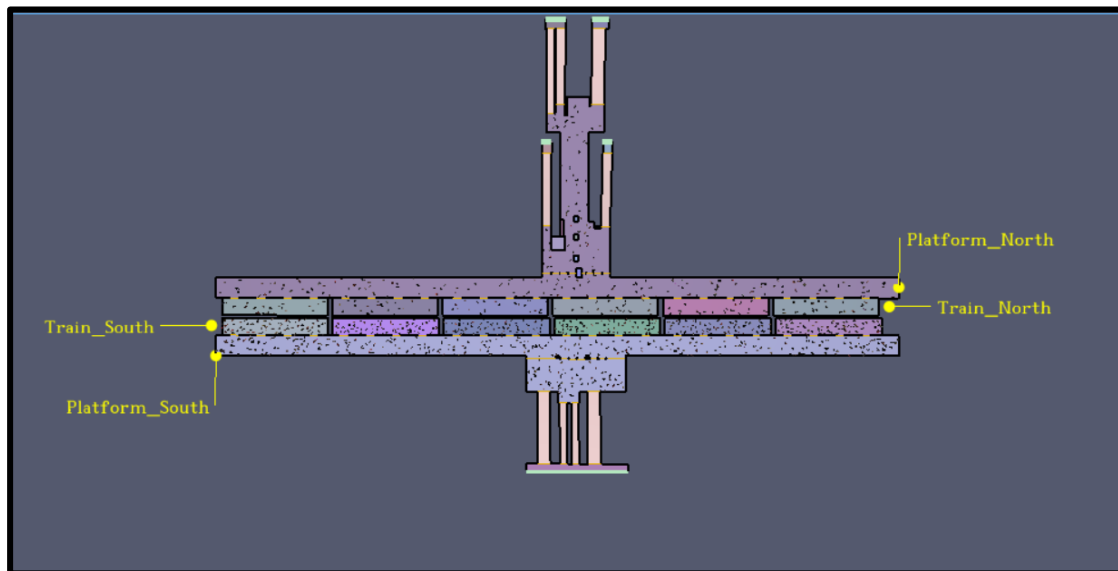
Όμως το "Bottleneck" στη διαδικασία εκκένωσης και των δύο προσομοιώσεων βρίσκεται στις τελικές σκάλες που οδηγούν στην επιφάνεια. Στην περιοχή αυτή ο συνωστισμός είναι μεγάλος με αποτέλεσμα να σχηματίζουν ουρές αναμονής 192 sec στα MEE και στα AMEE.

Επίσης το jam time και των δύο προσομοιώσεων είναι πρακτικά το ίδιο.

Σημειώνουμε ότι ο λόγος του συνολικού πλάτους MEE προς το συνολικό πλάτος AMEE είναι 1,86 και η συνολική αναλογία μέσου ρυθμού ροής μεταξύ MEE και AMEE είναι 1,34.

### Προσομοίωση εκκένωσης σταθμού Βικτώριας

Ο συνολικός αριθμός των επιβατών είναι 1000 άτομα και διανέμονται ως 200 επιβάτες στην βόρεια πλατφόρμα, 320 επιβάτες στη νότια πλατφόρμα, 120 επιβάτες στη βόρεια αμαξοστοιχία και 360 επιβάτες στη νότια αμαξοστοιχία (Εικόνα 7.13).



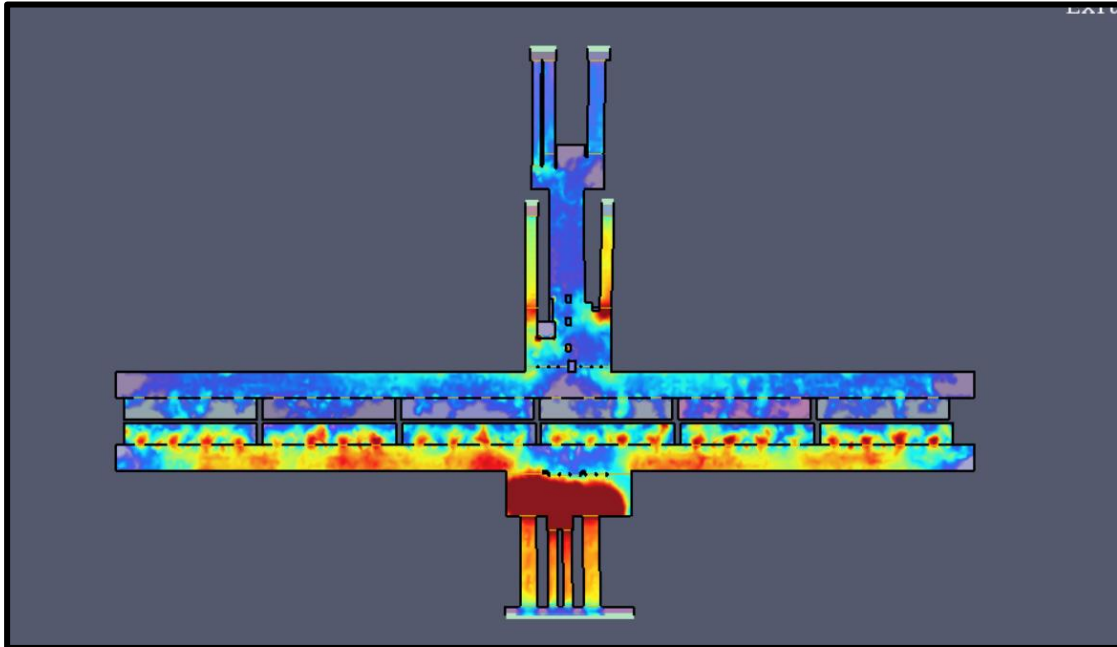
Εικόνα 7.13: Διανομή επιβατών στο σταθμό Βικτώρια

### ΜΕΕ στον σταθμό Βικτώρια

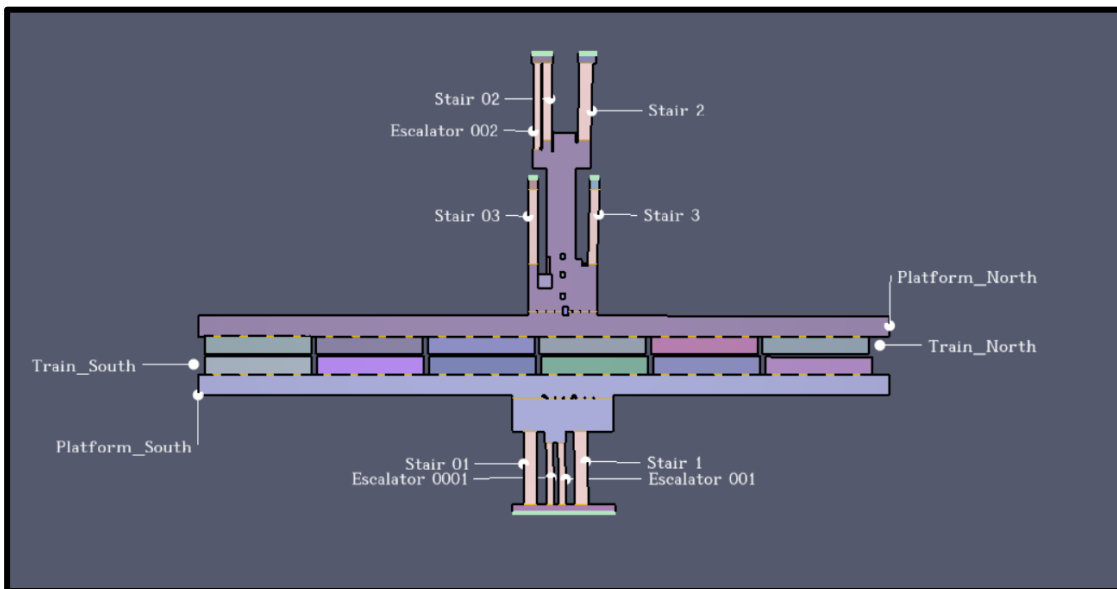
Στην περίπτωση των ΜΕΕ, η εκκένωση της πλατφόρμας γίνεται σε χρόνο 123 sec (2,05 min) και η εκκένωση του σταθμού σε χρόνο 141,2 sec (2,3 min). Η πυκνότητα των επιβατών αυξάνεται σε μέρη όπου το πλάτος της διαδρομής εξόδου μειώνεται όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7.14**. Πιο συγκεκριμένα, το φαινόμενο υπερπληθυσμού (overcrowded effect), το οποίο παρατηρείται με σκούρο κόκκινο χρώμα (με πυκνότητα  $3 \text{ occs/m}^2$ ) εμφανίζεται εσωτερικά των βαγονιών της νότιας πλατφόρμας (Train South) και στις σκάλες που οδηγούν στην τελική έξοδο.

Οι ουρές επιβατών σχηματίζονται σε σημεία υψηλής πυκνότητας ατόμων. Σε αυτά τα σημεία, η ταχύτητα κυμαίνεται από 0 m/s έως 0,2 m/s. Υπολογίζοντας τη διάρκεια της εμφάνισης σκούρου κόκκινου χρώματος (overcrowded effect), καθορίζεται ο συνολικός χρόνος αναμονής σε κάθε σημείο. Ο **Πίνακας 7.15** (με αναφορά θέσης στην **Εικόνα 7.15**) δείχνει τον χρόνο αναμονής σε συγκεκριμένες θέσεις με αποτέλεσμα το «bottleneck» της διαδικασίας εκκένωσης του σταθμού να βρίσκεται στις τελικές σταθερές σκάλες (Stair 1, Stair 01) που οδηγούν στην επιφάνεια.

Όσον αφορά το ρυθμό ροής στα περάσματα των ΜΕΕ, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακα 7.16** και **Πίνακα 7.17**, το πέραςμα 1 με πλάτος 4,8 m (**Εικόνα 6.22**) παρέχει την υψηλότερη μέση ροή 3,43 pers/sec ενώ η συνολική μέση ροή ολόκληρης της εγκατάστασης είναι 13,69 pers/sec.



**Εικόνα 7.14: Μέγιστη πυκνότητα επιβατών σε διάφορα σημεία του Σταθμού Βικτώρια στην περίπτωση των ΜΕΕ**



**Εικόνα 7.15: Θέση σταθερών σκαλών και κυλιόμενων του Σταθμού Βικτώρια**



**Πίνακας 7.15: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Βικτώρια για την περίπτωση των ΜΕΕ**

	Χρόνος αναμονής ουράς επιβατών (sec)
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 1 (Train North)	0
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 2 (Train South)	5
Μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (ΜΕΕ) έξοδο 1	0
Μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίου (ΜΕΕ) έξοδο 2	0
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 001)	98
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 0001)	98
Σταθερή σκάλα (Stair 1)	105
Σταθερή σκάλα (Stair 01)	105
Σταθερή σκάλα (Stair 3)	30
Σταθερή σκάλα (Stair 03)	5
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 002)	0
Σταθερή σκάλα (Escalator 02)	0
Σταθερή σκάλα (Stair 2)	0

**Πίνακας 7.16: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στον σταθμό Βικτώρια προς έξοδο 1 (Πλ. Βικτωρίας)**

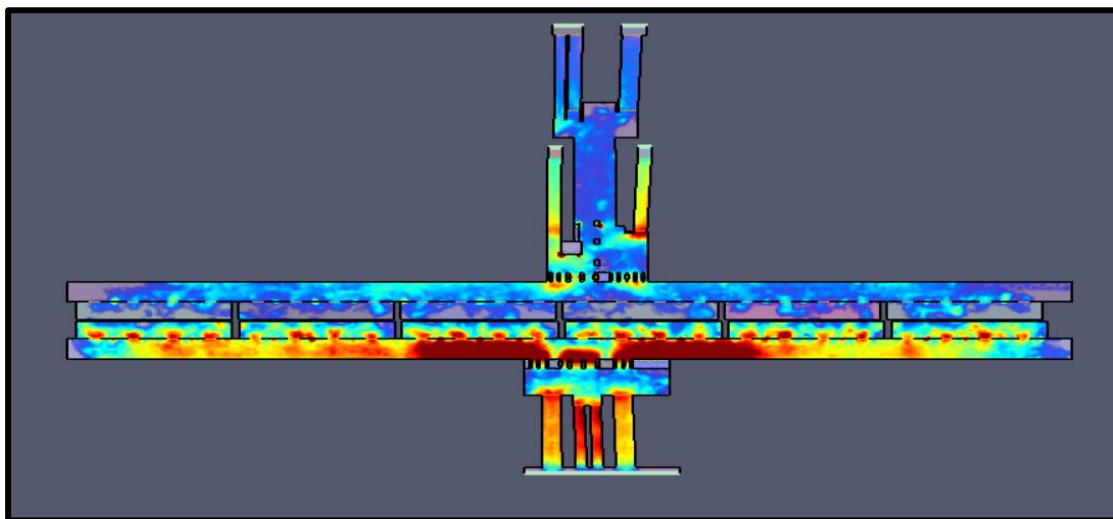
EXIT 1 ΠΛ.ΒΙΚΤΩΡΙΑΣ	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1	4,8	0,8	83,2	00556	283	3,43
Πέρασμα 2	1,2	1,8	83,5	00531	33	0,40
Πέρασμα 2	1,2	1,1	87,3	00541	23	0,27
Πέρασμα 4	1,2	1,5	81,6	00522	32	0,40
Πέρασμα 5	1,2	1,4	69,6	00826	48	0,70
Πέρασμα 6	1,2	1,3	69,4	00850	48	0,71
Πέρασμα 7	3	1,4	66,8	00877	153	2,34

**Πίνακας 7.17: Ροή ανάμεσα από τα ΜΕΕ στον σταθμό Βικτώρια προς έξοδο 2 (Οδός Χέυδεν)**

EXIT 2 ΟΔΟΣ ΧΕΥΔΕΝ	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1'	1,4	1,6	55,0	00885	55	1,03
Πέρασμα 2'	1,2	1,4	53,3	00889	36	0,69
Πέρασμα 3'	1,2	1,4	55,4	00896	32	0,59
Πέρασμα 4'	1,2	1,2	52,2	00891	15	0,29
Πέρασμα 5'	0,6	3,1	44,1	00470	13	0,32
Πέρασμα 6'	1,2	1,1	46,4	00987	34	0,74
Πέρασμα 7'	1,2	3,5	46,5	00998	39	0,91
Πέρασμα 8'	1,2	2,7	46,2	01000	38	0,87

## ΑΜΕΕ στον σταθμό Βικτώρια

Στην περίπτωση των ΑΜΕΕ, η εκκένωση της πλατφόρμας γίνεται σε χρόνο 129 sec (2,15 min) και η εκκένωση του σταθμού σε χρόνο 143,5 s (2,4 min). Η πυκνότητα των επιβατών αυξάνεται σε μέρη όπου το πλάτος της διαδρομής εξόδου μειώνεται όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7.16**. Το φαινόμενο υπερπληθυσμού (overcrowded effect), το οποίο παρατηρείται με σκούρο κόκκινο χρώμα (με πυκνότητα 3 occs/m<sup>2</sup>) εμφανίζεται στις πόρτες των βαγονιών της νότιας αμαξοστοιχίας (Train South), στην περιοχή με τα ΑΜΕΕ, στην αρχή των σταθερών σκαλοπατιών και των κυλιόμενων σκαλών από το επίπεδο της πλατφόρμας στην επιφάνεια.



**Εικόνα 7.16: Μέγιστη πυκνότητα των επιβατών σε διάφορα σημεία του σταθμού Βικτώρια στην περίπτωση των ΑΜΕΕ**

Ομοίως με την εγκατάσταση ΜΕΕ, σχηματίζονται ουρές επιβατών όπου η πυκνότητα των ατόμων είναι υψηλότερη και σε αυτά τα σημεία η ταχύτητα κυμαίνεται από 0 m/s έως 0,2 m/s. Υπολογίζοντας τη διάρκεια της εμφάνισης σκούρου κόκκινου χρώματος (φαινόμενο υπερπληθυσμού), καθορίζεται ο συνολικός χρόνος αναμονής σε κάθε σημείο. Ο **Πίνακας 7.18** (με αναφορά θέσης στην **Εικόνα 7.15**) παρουσιάζει τον χρόνο αναμονής σε μια συγκεκριμένη περιοχή με αποτέλεσμα το "bottleneck" της διαδικασίας εκκένωσης να βρίσκεται στην περιοχή ΑΜΕΕ προς την έξοδο 1. Όσον αφορά το ρυθμό ροής στα περάσματα των ΑΜΕΕ, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακας 7.19** και **Πίνακας 7.20**, το πέρασμα 4 με πλάτος 1,03 m (**Εικόνα 6.25**), παρέχει την υψηλότερη μέση ροή 1,0 pers/sec ενώ η συνολική μέση ροή ολόκληρης της εγκατάστασης είναι 10,83 pers/sec.

**Πίνακας 7.18: Χρόνοι αναμονής ουράς επιβατών σε συγκεκριμένα σημεία συνωστισμού του σταθμού Βικτώρια για την περίπτωση των ΑΜΕΕ**

	Χρόνος αναμονής ουράς επιβατών (sec)
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 1 (Train North)	0
Πόρτες βαγονιών στην αμαξοστοιχία 2 (Train South)	5
ΑΜΕΕ προς έξοδο 1	90
ΑΜΕΕ προς έξοδο 2	0
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 001)	10
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 0001)	10
Σταθερή σκάλα (Stair 1)	0
Σταθερή σκάλα (Stair 01)	0
Σταθερή σκάλα (Stair 3)	0
Σταθερή σκάλα (Stair 03)	17
Κυλιόμενη σκάλα (Escalator 002)	0
Σταθερή σκάλα (Escalator 02)	0
Σταθερή σκάλα (Stair 2)	0

**Πίνακας 7.19: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στο σταθμό Βικτώρια προς έξοδο 1 (Πλ. Βικτωρίας)**

EXIT 1 ΠΛ.ΒΙΚΤΩΡΙΑΣ	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1	0,6	3,3	109,6	00725	78	0,73
Πέρασμα 2	0,6	2,4	113,5	00588	80	0,72
Πέρασμα 3	0,6	2,6	114,2	00739	86	0,77
Πέρασμα 4	1,03	1,8	113,7	00760	112	1,00
Πέρασμα 5	1,03	1,4	120,3	00690	112	0,94
Πέρασμα 6	0,6	3,1	107,0	00995	80	0,77
Πέρασμα 7	0,6	2,9	113,0	01012	80	0,73

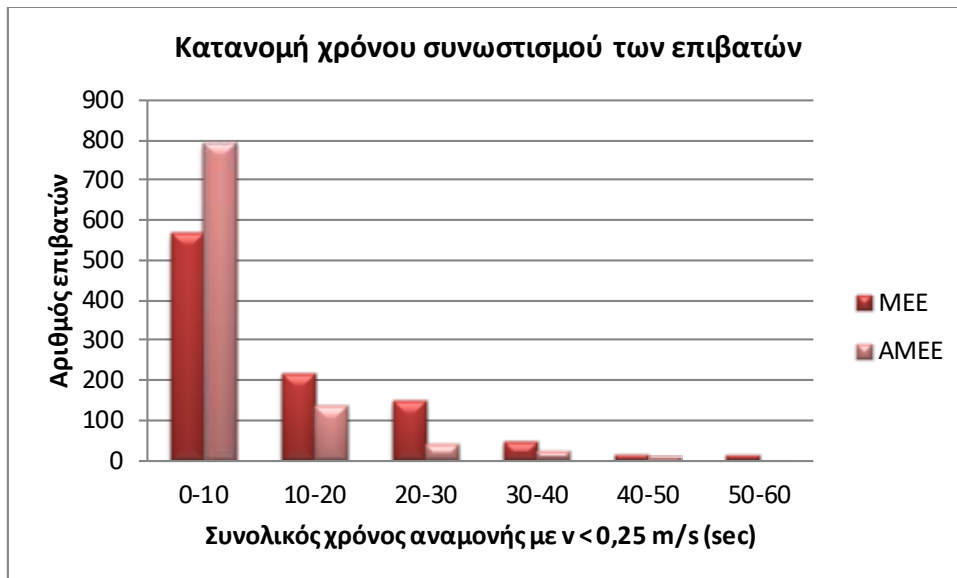
**Πίνακας 7.20: Ροή ανάμεσα από τα ΑΜΕΕ στο σταθμό Βικτώρια προς έξοδο 2 (Οδός Χέυδεν)**

EXIT 2 ΟΔΟΣ ΧΕΥΔΕΝ	Distance (m)	First in (s)	First out (s)	Last out Name	Total use (pers)	Flow Avg (pers/sec)
Πέρασμα 1'	0,6	2,9	53,8	00851	38	0,75
Πέρασμα 2'	0,6	3,4	55,8	00855	24	0,46
Πέρασμα 3'	1,02	2,4	57,6	00168	43	0,78
Πέρασμα 4'	1,02	2,7	56,3	00859	34	0,63
Πέρασμα 5'	0,6	5,7	57,5	00852	25	0,48
Πέρασμα 6'	0,6	2,5	49,3	00945	26	0,56
Πέρασμα 7'	0,6	4,2	49,6	00951	33	0,73
Πέρασμα 8'	0,6	3,9	46,4	00946	33	0,78

Υιοθετώντας την παράμετρο "Jam time" η οποία περιγράφει τη συνολική διάρκεια ενός επιβάτη στην οποία η ταχύτητά του παραμένει μικρότερη από 0,25 m/s (~ 25%

της μέγιστης ταχύτητάς του) που αυτό σημαίνει αναμονή στην ουρά (overcrowded effect), δημιουργείται το ακόλουθο **Γράφημα 7.4**.

Αυτό το ποσοστό δείχνει ότι στην περίπτωση εγκατάστασης MEE το 56,6% του πληθυσμού υπόκειται σε συνωστισμό κάτω των 10 sec, ενώ στα AMEE το 79,4% του πληθυσμού υπόκειται σε συνωστισμό λιγότερο από 10 sec. Επιπλέον, στην περίπτωση των MEE το 7,2% των ατόμων υπόκεινται σε περισσότερο από 30 sec χρόνος εμπλοκής, σε αντίθεση με το AMEE ότι μόνο το 3,2% των ατόμων υπόκεινται σε περισσότερα από 30 sec.



**Γράφημα 7.4 Κατανομή χρόνου συνωστισμού των επιβατών στο σταθμό Βικτώρια**

Όπως είναι αναμενόμενο ο χρόνος εκκένωσης της πλατφόρμας είναι ο ίδιος και για τις δύο εγκαταστάσεις (λιγότερο από 4 min), καθώς δεν αλλάζει κάτι στο επίπεδο της πλατφόρμας για τις δύο προσομοιώσεις.

Επίσης ο χρόνος εκκένωσης του σταθμού και για τις δύο προσομοιώσεις δεν έχει ουσιαστικά καμία διαφορά.

Όμως το "bottleneck" στην περίπτωση των MEE βρίσκεται στις τελικές σκάλες προς την έξοδο 1 και αυτό οφείλεται στο ότι οι επιβάτες έχουν περισσότερο χώρο να περάσουν ανάμεσα από τα περάσματα των MEE οπότε περνάνε χωρίς καθυστερήσεις αλλά συνωστίζονται στις τελικές σκάλες γιατί εκεί το συνολικό πλάτος των σκαλών γίνεται μικρότερο από το συνολικό πλάτος των περασμάτων των MEE. Ο χρόνος αναμονής στις τελικές σκάλες φτάνει τα 105 sec.

Αντίθετα το "bottleneck" στην περίπτωση των AMEE βρίσκεται στην περιοχή των AMEE, ο συνολικός χρόνος αναμονής σε ουρές στο σημείο αυτό είναι 90 sec, αλλά όταν φτάνουν στις τελικές σκάλες η ροή είναι πιο γρήγορη γιατί το πλάτος των σκαλών είναι μεγαλύτερο από το συνολικό πλάτος των περασμάτων των AMEE.

Σημειώνουμε εδώ ότι ο λόγος του συνολικού πλάτους των περασμάτων των MEE προς το συνολικό πλάτος AMEE είναι 2,14 και η συνολική αναλογία ροής μεταξύ των MEE και AMEE είναι 1,26.

## 7.2 Συμπεράσματα - Σχολιασμός

Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν μια προσπάθεια καταγραφής των αλλαγών στη διαδικασία εκκένωσης σε σταθμούς του ΜΕΤΡΟ με τη χρήση των νέων αυτόματων μηχανημάτων (ΑΜΕΕ) σε σύγκριση με τα παλιά μηχανήματα επικύρωσης εισιτηρίων (ΜΕΕ) καθώς και διερεύνηση της αποτελεσματικότητας εκκένωσης της νέας εγκατάστασης. Ο αντίκτυπος στη διαδικασία εκκένωσης βασίζεται στον συνολικό χρόνο εκκένωσης, στον χρόνο που αφιερώνεται σε ουρές (φαινόμενο υπερπληθυσμού/συνωστισμού) και στον ρυθμό ροής εξόδου.

Ολοκληρώνοντας τις αναλύσεις των προσομοιώσεων του κάθε σταθμού, αυτό που έντονα παρατηρείται και πρέπει να τονίσουμε είναι ότι οι χρόνοι εκκένωσης των παλιών ακυρωτικών (ΜΕΕ) και των καινούργιων (ΑΜΕΕ) διαφοροποιούνται από σταθμό σε σταθμό. Πιο συγκεκριμένα, στο σταθμό Αιγάλεω παρατηρείται ότι ο χρόνος εκκένωσης βάση του προγράμματος στα ΑΜΕΕ είναι μικρότερος από τα ΜΕΕ, στους σταθμούς Κατεχάκη και Βικτώρια είναι παρόμοιοι και στο σταθμό Ελαιώνα τα αποτελέσματα δείχνουν μεγαλύτερο χρόνο εκκένωσης στα ΑΜΕΕ.

Αυτό οφείλεται στην διαφορετική δομή του κάθε σταθμού ως προς τα πλάτη των σκαλών (κυλιόμενων και σταθερών), τα πλάτη των περασμάτων των ακυρωτικών (ΑΜΕΕ/ΜΕΕ), τον αριθμό των μηχανημάτων επικύρωσης, τις αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων εξόδων που οι επιβάτες καλούνται να καλύψουν, το ύψος των επιπέδων του κάθε σταθμού (ύψος σκαλών) που πρέπει να διανύσουν οι επιβάτες για την τελική έξοδο, ενώ πιθανά και ο τύπος της πλατφόρμας (κεντρική, πλευρική, συνδυασμός αυτών κλπ) να επηρεάζει τον χρόνο της εκκένωσης του σταθμού καθώς και ο αριθμός των εξόδων που διαθέτει ο κάθε σταθμός.

Ένας κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει τον συνολικό χρόνο εκκένωσης ενός σταθμού είναι το σημείο "Bottleneck". Το bottleneck των σταθμών που παρατηρήσαμε βρίσκεται σε μερικούς σταθμούς στην περιοχή των ΑΜΕΕ και σε άλλους στις τελικές σκάλες προς την έξοδο. Όταν το πλάτος περασμάτων στα μηχανήματα επικύρωσης είναι μικρότερο από το πλάτος των τελικών σκαλών τότε το bottleneck σημείο του σταθμού παρατηρείται συνήθως στην μικρότερη σε πλάτος περιοχή, δηλαδή στα μηχανήματα επικύρωσης. Όταν το πλάτος των σκαλών είναι μικρότερο από το πλάτος των περασμάτων στα μηχανήματα επικύρωσης παρατηρούμε το bottleneck συνήθως στις σκάλες. Στην συγκεκριμένη περίπτωση εντάσσονται οι σταθμοί Ελαιώνας και Βικτώρια όπου το bottleneck στην περίπτωση των ΜΕΕ βρίσκεται στις τελικές σκάλες προς την έξοδο, ενώ στα ΑΜΕΕ το bottleneck παρατηρείται στην περιοχή των μηχανημάτων επικύρωσης καθώς εκεί το πλάτος των περασμάτων είναι μικρότερο.

Έτσι στα ΜΕΕ οι επιβάτες περνάνε με γρήγορο ρυθμό από τα περάσματα αυτών, αλλά δημιουργείται ένας μεγάλος και πιο γρήγορος συνωστισμός στις σκάλες. Ενώ

στα AMEE λόγω του αργού ρυθμού από τα μικρά περάσματα, σχηματίζεται ελάχιστα έως και καθόλου συνωστισμός στις τελικές σκάλες.

Στο σταθμό Κατεχάκη και στο Αιγάλεω, το bottleneck και στις δύο περιπτώσεις των προσομοιώσεων βρίσκεται στις σκάλες που οδηγούν στη επιφάνεια, αν και το πλάτος των σκαλών είναι λίγο μεγαλύτερο από το πλάτος των περασμάτων από τα μηχανήματα. Η απόσταση που πρέπει όμως να διανυθεί μετά τα μηχανήματα επικύρωσης για να φτάσουν στις σκάλες είναι 14 m για τον σταθμό Κατεχάκη και 25 m για τον σταθμό Αιγάλεω. Οπότε το bottleneck πιθανότατα δημιουργείται στις σκάλες, γιατί οι επιβάτες μετά από το πέρασμα από τα μηχανήματα, πρέπει να διανύσουν μία σχετικά μικρή απόσταση με ένα μεγαλύτερο πλάτος (πλάτος διαδρόμου) από τα μηχανήματα που πέρασαν και να συμπυκνωθούν πάλι για να περάσουν τις σκάλες όπου εκεί το πλάτος πάλι μικραίνει. Οπότε είναι ένας συνδυασμός παραγόντων που σχηματίζουν το bottleneck στις σκάλες.

Για παράδειγμα στην Κατεχάκη στην προσομοίωση με τα MEE, περνούν σε χρόνο 110 sec από τα μηχανήματα επικύρωσης και συνωστίζονται στις σκάλες για 192 sec, ενώ στην προσομοίωση με τα AMEE συνωστίζονται για 160 sec στα μηχανήματα επικύρωσης και στην συνέχεια όταν φτάνουν στις σκάλες υπάρχει ο συνωστισμός αλλά είναι πιο μειωμένος από πριν, ο χρόνος όμως που διαρκεί ο συνωστισμός στις σκάλες είναι 192 sec.

Στο Αιγάλεω, παρατηρούμε στην προσομοίωση με τα MEE, ότι οι επιβάτες περνούν σε χρόνο 118 sec από τα μηχανήματα και συνωστίζονται στις σκάλες για 177 sec, ενώ στην προσομοίωση με τα AMEE συνωστίζονται για περισσότερο χρόνο συγκεκριμένα για 126 sec στα μηχανήματα επικύρωσης και στην συνέχεια όταν φτάνουν στις σκάλες ο συνωστισμός διαρκεί 135 sec που είναι αρκετά μειωμένος από τον προηγούμενο.

Κάτι το οποίο δεν παρατηρείται στην προσομοίωση του προγράμματος, λόγω του ότι οι επιβάτες απλώνονται στην έκταση του χώρου μετά το πέρασμα από τα ακυρωτικά είναι ότι σε μια πραγματική κατάσταση, οι επιβάτες συνωστίζονται σε ουρές σχηματίζοντας μια κάθετη στοίχιση προς την έξοδο, όπου αυτό πρόκειται να επηρεάσει και την ροή των περασμάτων των ακυρωτικών προκαλώντας μεγαλύτερο συνωστισμό στα ακυρωτικά και επομένως χειρότερο χρόνο εκκένωσης. Αυτό συμβαίνει συνήθως σε σταθμούς όπου υπάρχει μικρή σχετικά ενδιάμεση απόσταση των μηχανημάτων επικύρωσης και των σκαλών.

Επίσης, γενικά στην περιοχή επικύρωσης εισιτηρίων ο ρυθμός ροής εξαρτάται γραμμικά από το πραγματικό πλάτος. Στην φάση αυτή θα περίμενε κανείς, ότι ο λόγος του συνολικού πλάτους MEE προς AMEE θα ήταν ανάλογος με το συνολικό μέσο ρυθμό ροής MEE προς AMEE. Αυτό όμως δεν παρατηρείται όπως έχουμε υπολογίσει σε κάθε σταθμό, που σημαίνει ότι οι άνθρωποι σε καμία περίπτωση δεν συμπεριφέρονται σαν ρευστή μάζα για να εκκενώσουν μια περιοχή.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι παρά το γεγονός ότι ο χρόνος εκκένωσης μπορεί να αυξάνεται ή να μειώνεται με τη χρήση των νέων αυτόματων πυλών στους σταθμούς ΜΕΤΡΟ, αυτή η καινοτομία παρέχει δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη πιο ελεγχόμενης και αποτελεσματικής εκκένωσης. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό εισιτήριο, ο συνολικός αριθμός επιβατών που εισέρχονται και εξέρχονται από το σταθμό μπορεί να μετρηθεί σε πραγματικό χρόνο καθιστώντας δυνατή για τον προσδιορισμό της ροής των επιβατών στο σταθμό καθώς και για την προσομοίωση ακριβέστερων σεναρίων εκκένωσης.

Αυτή η εργασία είναι μια πρώτη προσέγγιση για το πώς θα μπορούσε να επηρεαστεί η διαδικασία εκκένωσης από την εγκατάσταση των νέων μηχανημάτων σε υπάρχοντες σταθμούς ΜΕΤΡΟ και πρέπει να συλλεχθούν περισσότερα δεδομένα για να προκύψουν ακριβέστερα αποτελέσματα.

## Βιβλιογραφία

A Review of Building Evacuation Models 2nd Edition. (2010, November). Technical Note 1680 - Fire Research Division Engineering Laboratory / Erica D. Kuligowski, Richard D. Peacock, Bryan L. Hoskins. National Institute Of Standards And Technology - U.S. Department Of Commerce.

Athens Transport . (2020, Αύγουστος 17). *Μέσα Μαζικής Μεταφοράς στην Αθήνα*. Ανάκτηση από <https://www.athenstransport.com/info/>

Australia Emergency Management. (2005). Australian Emergency Manual Series - Evacuation planning\_Manual Number 11. Dickson: Commonwealth of Australia.

British Standard Institutue. (1991). Fire Safety Engineering in Buildings, Part 1: Guide to the Application of Fire Safety Engineering Principles. London: British Standard Institutue, DD240.

Casavant D. A. (2007). Emergency Preparedness for Facilities: A Guide to Safety Planning and Business Continuity. Plymouth: Government Institutes.

Erica D. Kuligowski, Richard D. Peacock, Bryan L. . (2010, November ). A Review of Building Evacuation Models, 2nd Edition. National Institute of Standards and Technology Technical Note 1680.

Erickson P. A. (2006). Emergency Response Planning for Corporate and Municipal Managers, Second Edition. Paxton, Massachusetts: Elsevier Butterworth–Heinemann.

Gustin, J. F. (2007). *Disaster & Recovery Planning: A Guide fro Facility Managers, Fourth edition*. Lilburn, Georgia: The Fairmont Press, Inc.

Gustin, J. F. (2007). Disaster & Recovery Planning: A Guide fro Facility Managers, Fourth edition. Lilburn, Georgia: The Fairmont Press, Inc.

MyLondon. (2019, September 29). *The 24 biggest disasters and tragedies the London Underground has ever seen*. Ανάκτηση από <https://www.mylondon.news/news/zone-1-news/24-biggest-disasters-tragedies-london-16996126>

National Fire Protection Association 101. (2009). Life Safety Code. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.

National Fire Protection Association 130 . (Edition 2014). Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems.

Nelson & Mowrer. (2002). Emergency Movement. Στο Philip J. DiNenno et.al., SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (σσ. 367-380). Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.

OSHA. (2001). Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor 2001. How to Plan for Workplace Emergencies and Evacuations.



- Preparedness LLC. (2009). *Emergency\_Management\_Business\_Continuity\_Program\_SelfAssessment.pdf*. Sharon, MA: Preparedness, LLC.
- Proulx G. . (2002). Movement of People: The Evacuation Timing. Στο P. J. et.al., SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (σσ. Section 3, 342-366). Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.
- railssystem.net. (2015). *Baku Metro Fire (1995)*.
- railssystem.net. (2015). *South Korea Daegu Subway Station – Arson*. Ανάκτηση από <http://www.railssystem.net/south-korea-daegu-subway-station-arson/>
- Railway Platform and Types. (2015). *Railssystem.net*. Ανάκτηση από <http://www.railssystem.net/railway-platform-and-types/>
- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. (2002). Third Edition. National Fire Protection Association - Society of Fire Protection Engineers.
- Wang Z. (2011). Wang Z., Chen F., Li X. 2011. Comparative Analysis And Pedestrian Simulation Evaluation On Emergency Evacuation Test Methods For Urban Rail Transit Stations.
- Zuccaro T. (2009). European Guideline CFP-A-E No 19:2009. Zürich - Stockholm: CFP-A Europe, Guidelines Commission.
- Αθηναίου Ευαγγελία. (2013). «Μελέτη παραμέτρων του σχεδίου εκκένωσης υπόγειων χώρων». ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο - Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών.
- Αρβελάκη Βασιλική. (2014, Ιανουάριος ). Ανάλυση των διαδικασιών εκκένωσης σε υπόγειους σταθμούς του ΜΕΤΡΟ Θεσσαλονίκης: Η περίπτωση του σταθμού «Πλατεία Δημοκρατίας». Αθήνα : Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος. (1999). Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ. 71/88). Αθήνα: Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος.
- Αττικό Μετρό Α.Ε. (2020). Ανάκτηση από Αττικό Μετρό Α.Ε. - Μετρό Αθήνας - Τρίτη Γενιά Συρμών: [https://www.ametro.gr/?page\\_id=237](https://www.ametro.gr/?page_id=237)
- Αττικό Μετρό Α.Ε. (2020). *Αττικό Μετρό Α.Ε. - Μετρό Αθήνας - Γενική περιγραφή της Γραμμής 4*. Ανάκτηση από [https://www.ametro.gr/?page\\_id=8444](https://www.ametro.gr/?page_id=8444)
- Καλλιανιώτης Α. . (2015, Ιούλιος). Διδακτορική διατριβή - Βελτιστοποίηση συνθηκών εκκένωσης υπογείων χώρων: αξιολόγηση και βελτιστοποίηση θέσεων εξόδων διαφυγής. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κυρίτσης Φ. (2010). Καθορισμός Διαδικασιών Εκπόνησης Σχεδίου Εκκένωσης Σε Υπόγειο Χώρο Με Εξέταση Ιδιαίτερων Χαρακτηριστικών. Παράδειγμα Εφαρμογής Στον Υπόγειο Χώρο Του Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου. Αθήνα: ΕΜΠ.

ΣΤΑΣΥ. (2020, Νοέμβριος 4). ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ Α.Ε. . Ανάκτηση 2020, από <http://www.stasy.gr/index.php?id=342>

## Παράρτημα Α'

### Διαθεσιμότητα

Στον Πίνακα παρακάτω, τα μοντέλα που είναι διαθέσιμα στο κοινό δωρεάν ή με κάποιο κόστος επισημαίνονται με ένα "Υ", τα μοντέλα που είναι διαθέσιμα μόνο μέσω της εταιρείας ανάπτυξης (το μοντέλο χρησιμοποιείται για τον πελάτη με βάση την παροχή συμβουλών) είναι επισημασμένα με "N1", και τα μοντέλα που δεν έχουν κυκλοφορήσει για εμπορική χρήση, είναι χαρακτηρισμένα με "N2".

### Μέθοδος μοντελοποίησης

Αυτή η κατηγορία περιγράφει τη μέθοδο εκπόνησης μοντέλων που χρησιμοποιεί κάθε μοντέλο για τον υπολογισμό των χρόνων εκκένωσης για κτίρια. Στην κατηγορία της μεθόδου μοντελοποίησης, τα μοντέλα έχουν εκχωρηθεί με μία από τις ακόλουθες τρεις ετικέτες:

- **Μοντέλα συμπεριφοράς - Behavioral models (B):** τα μοντέλα αυτά ενσωματώνουν διάφορες ενέργειες των ανθρώπων-ενοίκων σε συμπλήρωση της κίνησης προς ένα καθορισμένο στόχο (έξοδος). Τα μοντέλα αυτά μπορεί επίσης να ενσωματώσουν τη λήψη αποφάσεων των ενοίκων. Τα μοντέλα που έχουν τις δυνατότητες αξιολόγησης του κινδύνου, χαρακτηρίζονται με (B-RA)

- **Μοντέλα κίνησης - Movement models (M):** τα μοντέλα που μετακινούν τους ανθρώπους από ένα σημείο του κτιρίου στο άλλο (συνήθως την έξοδο ή μια θέση ασφαλείας) χωρίς να υπολογίζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά. Αυτά τα μοντέλα είναι χρήσιμα για την εμφάνιση περιοχών αναμονής ή σημεία συμφόρησης στο προσομοιωμένο κτίριο. Για τα μοντέλα που είναι ειδικά μοντέλα βελτιστοποίησης (μοντέλα που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση του χρόνου εκκένωσης), η πινακίδα (M-O) δίνεται στον Πίνακα παρακάτω.

- **Μοντέλα μερικής συμπεριφοράς - Partial behavior models (PB):** τα μοντέλα που υπολογίζουν κυρίως την κίνηση των ατόμων, αλλά αρχίζουν να προσομοιάζουν συμπεριφορές. Οι πιθανές συμπεριφορές θα μπορούσαν να αναπαρασταθούν από τις διανομές χρόνου προ-εκκενώσεως μεταξύ των ατόμων, τα μοναδικά χαρακτηριστικά των ανθρώπων, την διαφορετική συμπεριφορά και την προσομοίωση των επιπτώσεων καπνού στο άτομο. Αυτά τα μοντέλα, ωστόσο, δεν προσομοιώνουν ρητά τις ενέργειες και τη λήψη αποφάσεων.

### Πλέγμα / Δομή

Η υποκατηγορία αυτή, χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της μεθόδου της κίνησης των ενοίκων σε ολόκληρο το χώρο. Ένα πυκνό δίκτυο-fine network (F), χωρίζει την

κάτοψη του μοντέλου σε μια σειρά από μικρά κελιά που οι ένοικοι μετακινούνται από και προς αυτές. Σε ένα πυκνό δίκτυο, τα κελιά συνήθως επιτρέπουν τη χρήση μόνο από ένα άτομο μια συγκεκριμένη στιγμή και συχνά το μέγεθος τους είναι 0,5 m επί 0,5 m (χώρος που απαιτείται για ένα άτομο). Τα μοντέλα με αραιό δικτύου-"coarse network" (C) χωρίζουν την κάτοψη σε δωμάτια, διαδρόμους, κλιμακοστάσια, κλπ. και οι ένοικοι μετακινούνται από το ένα δωμάτιο/τομέα του χώρου σε ένα άλλο. Προφανώς, πολλοί ένοικοι μπορούν να καταλαμβάνουν την ίδια περιοχή ταυτόχρονα. Σε ένα μοντέλο με συνεχές δίκτυο-"continuous network" (Co.), εφαρμόζεται ένα 2-D (συνεχές) επίπεδο στις κατόψεις του κτιρίου, επιτρέποντας στους ενοίκους να μετακινούνται από ένα σημείο στο χώρο σε ένα άλλο, σε όλο το χώρο. Οι ένοικοι δε συνδέονται με κάποιο κελί του χώρου, αλλά συχνά υπάρχουν κανόνες που περιορίζουν την ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους. Τα πυκνά και τα συνεχή δίκτυα έχουν την ικανότητα να προσομοιώνουν την παρουσία εμποδίων στο χώρο, τα οποία επηρεάζουν την επιλογή των ενοίκων για τη διαδρομή που θα ακολουθήσουν προς την έξοδο, ενώ στα αραιά δίκτυα οι ένοικοι μετακινούνται μόνο από ένα τμήμα του χώρου σε άλλο.

### Προοπτική του Μοντέλου / Ατόμου

Η υποκατηγορία προοπτικών εξηγεί:

- 1) πώς το μοντέλο βλέπει τα άτομα και
- 2) πώς τα άτομα βλέπουν το κτίριο.

1) Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους ένα μοντέλο μπορεί να αντιληφθεί το άτομο: σε γενικό επίπεδο (G) και ατομικά (I). Μια ατομική προοπτική του μοντέλου πραγματοποιείται όταν το μοντέλο παρακολουθεί την κίνηση των ενοίκων σε όλη την προσομοίωση και μπορεί να δώσει πληροφορίες για τον καθένα (π.χ. θέση σε χρονικά σημεία κατά τη διάρκεια της εκκένωσης). Όταν το μοντέλο έχει γενική άποψη των ενοίκων, τότε τους αντιλαμβάνεται ως μια ομοιογενή ομάδα ατόμων. Σε αυτή την περίπτωση, είναι δυνατός ο προσδιορισμός της πυκνότητας και της μέσης ταχύτητας σε μια δεδομένη στιγμή και τοποθεσία, αλλά είναι αδύνατον να ελέγχονται ατομικά οι ένοικοι καθώς κινούνται προς την έξοδο. Είναι σαφές ότι η ατομική προοπτική είναι πιο λεπτομερής, δεδομένου ότι η θέση του κάθε ατόμου είναι γνωστή ανά πάσα στιγμή, αλλά εξαρτάται από το σκοπό της προσομοίωσης ως προς το ποια εναλλακτική προοπτική είναι η καλύτερη.

2) Ο ένοικος επίσης μπορεί να αντιληφθεί το χώρο είτε σε γενικό επίπεδο (G) είτε σε μεμονωμένο επίπεδο (I). Η μεμονωμένη προοπτική του κτιρίου προς τον ένοικο, δεν επιτρέπει στον ένοικο να γνωρίζει όλα τα μονοπάτια - οδεύσεις και τις εξόδους του κτιρίου και η επιλογή της διαδρομής βασίζεται σε καθορισμένα από το χρήστη κριτήρια (π.χ. κατά την έναρξη της εκκένωσης όλοι οι ένοικοι μπορεί να γνωρίζουν την κύρια είσοδο, αλλά μόνο μερικοί μπορεί να γνωρίζουν τις διαδρομές για τις άλλες εξόδους), πληροφορίες των επιπέδων, προσωπική εμπειρία, ενώ σε ορισμένα μοντέλα, λαμβάνονται και πληροφορίες από τους γύρω ενοίκους. Από την άλλη, σε μια γενική

προοπτική, όλοι οι ένοικοι γνωρίζουν αυτόματα τη βέλτιστη όδευση διαφυγής (π.χ. ταχύτερη, κοντινότερη, κλπ.) και λειτουργούν σαν να έχουν μια ολοκληρωμένη άποψη του κτιρίου. Η μεμονωμένη προσέγγιση απαιτεί υπολογιστική ισχύ, ενώ η γενική προσέγγιση είναι προτιμότερη για χώρους όπου υπάρχει μεγάλη εξοικείωση των ενοίκων με το χώρο και με τις διαφορετικές διαδρομές εξόδου.

## Συμπεριφορά

Η συμπεριφορά των ενοίκων αναπαριστάται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους στα μοντέλα εκκένωσης. Οι χαρακτηρισμοί που δίνονται στον Πίνακα είναι οι εξής:

- Καμία συμπεριφορά (N): δηλώνει ότι η μόνη προσομοίωση είναι η κίνηση της εκκένωσης
- Έμμεση συμπεριφορά (I): αντιπροσωπεύει τα μοντέλα που προσπαθούν να προσομοιώσουν τη συμπεριφορά έμμεσα, ενσωματώνοντας ορισμένες καθυστερήσεις απόκρισης ή χαρακτηριστικά των ενοίκων που επηρεάζουν την κίνηση σε όλη την εκκένωση
- Υπό όρους (ή με προϋποθέσεις) (C): σε αυτά τα μοντέλα, η συμπεριφορά ενσωματώνεται ως επιμέρους δράσεις ενός ατόμου ή συνόλου ενοίκων, με βάση τις τοπικές συνθήκες π.χ. κτιριακές ή περιβαλλοντικές συνθήκες της εκκένωσης ("εάν...τότε", συνθήκες)
- Τεχνητή νοημοσύνη (AI): η συμπεριφορά αυτή προσπαθεί να μιμηθεί την ανθρώπινη νοημοσύνη σε όλη τη διαδικασία εκκένωσης
- Πιθανολογική (P): αντιπροσωπεύει ότι πολλά μοντέλα που ενσωματώνουν την συμπεριφορά υπό όρους (ή με προϋποθέσεις), το κάνουν με στοχαστικό τρόπο, επιτρέποντας διακυμάνσεις στα αποτελέσματα με την επανάληψη προσομοιώσεων

## Κίνηση

Η υποκατηγορία αυτή αναφέρεται στον τρόπο κίνησης των ενοίκων, βασισμένη σε κάποιον αλγόριθμο. Ορισμένα μοντέλα μπορεί να επιτρέπουν στο χρήστη να καθορίσει άλλες μεθόδους. Στα περισσότερα μοντέλα, οι ένοικοι έχουν συνήθως μια συγκεκριμένη ταχύτητα, που καθορίζεται από το χρήστη ή τη μέθοδο μοντελοποίησης. Οι μεγαλύτερες διαφορές προσομοίωσης στα μοντέλα συμβαίνουν όταν οι ένοικοι βρεθούν σε πολύ κοντινές αποστάσεις, με αποτέλεσμα να αυξηθεί πολύ η τοπική πυκνότητα, η αναμονή σε ουρά και η κυκλοφοριακή συμφόρηση στο χώρο

- Αντιστοιχία πυκνότητας (D): Στα μοντέλα αυτά, η ταχύτητα και η ροή των ατόμων ή των ομάδων, υπολογίζεται με βάση την πυκνότητά τους στους χώρους. Υπάρχουν τρεις πηγές που χρησιμοποιούνται συνήθως σε μοντέλα εκκένωσης για τον υπολογισμό της κίνησης σε σχέση με την πυκνότητα, κατά Fruin 1987, κατά Pauls 1995, και κατά Predtechenskii & Milinskii 1978
- Επιλογή χρήστη (UC): Ο χρήστης ορίζει την ταχύτητα, τη ροή, και την πυκνότητα σε ορισμένους χώρους του κτιρίου

- Απόσταση μεταξύ των ενοίκων (**ID**): Κάθε άτομο βρίσκεται εντός φυσαλίδας που το αναγκάζει να έχει μια ορισμένη ελάχιστη απόσταση από τους άλλους ενοίκους, τα εμπόδια, και τα συστατικά του χώρου (τοίχοι, γωνίες, κιγκλιδώματα, κλπ.)
- Δυναμικό (**P**): Σε κάθε κελί στο χώρο δίνεται μια συγκεκριμένη αξία ή δυναμική, από το οποίο θα κινηθούν οι ένοικοι σε όλο το χώρο προς ορισμένες κατευθύνσεις. Οι ένοικοι ακολουθούν έναν δυναμικό χάρτη και προσπαθούν να μειώσουν το δυναμικό τους με κάθε βήμα ή κελί στο οποία μετακινούνται. Το δυναμικό της διαδρομής μπορεί να μεταβληθεί με διάφορες μεταβλητές, όπως η υπομονή του ατόμου, η ελκυστικότητα της εξόδου, η εξοικείωση του ατόμου με το χώρο, κλπ. (οι οποίες συνήθως καθορίζονται από το χρήστη)
- Διαθεσιμότητα του επόμενου κελιού (**E**): Σε ορισμένα μοντέλα, ο ένοικος δεν μπορεί να μετακινηθεί σε ένα κελί που έχει ήδη καταληφθεί από κάποιον άλλο. Ως εκ τούτου, ο ένοικος θα περιμένει μέχρι να ελευθερωθεί το επόμενο κελί και το μοντέλο αναλαμβάνει να ορίζει ποιός θα μετακινηθεί πρώτος αν υπάρχουν περισσότεροι από ένας ένοικοι σε αναμονή
- Υπό όρους (**C**): Σε αυτά τα μοντέλα η μετακίνηση σε όλο το χώρο εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, τη δομή, τους άλλους ένοικους, και τα δεδομένα της πυρκαγιάς (εφόσον υπάρχουν). Σε αυτή την περίπτωση, δεν δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην κυκλοφοριακή συμφόρηση στο εσωτερικό του χώρου.
- Εμπειρική (**Ac\_K**): Σε αυτή την περίπτωση, η κίνηση βασίζεται αποκλειστικά και μόνο στη γνώση-εμπειρία που αποκτάται κατά τη διάρκεια της εκκένωσης. Σε αυτά τα μοντέλα δεν υπάρχει πραγματικός αλγόριθμος κίνησης, επειδή δεν υπολογίζεται ο χρόνος εκκένωσης
- Ανεμπόδιστη ροή (**Un\_F**): Σε τέτοια μοντέλα, υπολογίζεται μόνο η ανεμπόδιστη κίνηση των ενοίκων. Από τον υπολογισμένο χρόνο εκκένωσης, προστίθενται ή αφαιρείται ο χρόνος καθυστέρησης και οι χρόνοι βελτίωσης, ώστε να εξαχθεί το τελικό αποτέλεσμα του χρόνου εκκένωσης
- Κυψελοειδείς αυτοματισμοί (**CA**): Οι ένοικοι σε αυτή την κίνηση μετακινούνται από ένα κελί σε ένα άλλο με τη χρήση μιας προσομοιωμένης σταθμισμένης μήτρας (Carpenter & Olenick, 2003)

### Ενσωμάτωση δεδομένων εξέλιξης πυρκαγιάς

Η υποκατηγορία αυτή, δίνει πληροφορίες σχετικές με το αν το μοντέλο επιτρέπει στο χρήστη να ενσωματώσει τις επιπτώσεις της φωτιάς στην προσομοίωση της εκκένωσης. Ωστόσο, τα μοντέλα ενσωματώνουν αυτά τα δεδομένα με ποικίλους τρόπους. Το μοντέλο μπορεί να ενσωματώνει τα δεδομένα της φωτιάς με τους ακόλουθους τρόπους: Εισαγωγή δεδομένων πυρκαγιάς, που έχουν προσομοιωθεί και εξαχθεί από άλλο μοντέλο (Y1), επιτρέποντας στο χρήστη να εισάγει συγκεκριμένα δεδομένα

πυρκαγιάς σε συγκεκριμένες στιγμές κατά τη διάρκεια της εκκένωσης (Y2) ή το μοντέλο μπορεί να έχει ενσωματωμένη μια εφαρμογή προσομοίωσης πυρκαγιάς και μπορεί να λειτουργεί ταυτόχρονα με τη λειτουργία εκκένωσης (Y3). Εάν το μοντέλο δεν μπορεί να ενσωματώνει δεδομένα φωτιάς, τότε χαρακτηρίζεται με (N). Εκτός από το πλεονέκτημα να λαμβάνονται τα δεδομένα της πυρκαγιάς, ένα πολύ σημαντικό θέμα είναι το πώς το μοντέλο διαχειρίζεται αυτά τα δεδομένα μέσα στις προσομοιώσεις.

## Ψηφιακά σχέδια (CAD)

Στην υποκατηγορία αυτή, προσδιορίζεται αν το μοντέλο επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει ψηφιακά σχέδια (CAD), ή άλλα αρχεία που περιέχουν το σχεδιάγραμμα του κτιρίου, μέσα στο μοντέλο. Σε πολλές περιπτώσεις, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για εξοικονόμηση χρόνου και μεγαλύτερη ακρίβεια. Εάν το μοντέλο επιτρέπει την είσοδο σχεδίων CAD, χαρακτηρίζεται με (Y), ενώ αν όχι με (N).

(A Review of Building Evacuation Models 2nd Edition, 2010)

**Πίνακας 0.1 Κύρια χαρακτηριστικά μοντέλων εκκένωσης**

Model	Available to public	Modeling Method	Purpose	Grid/ Structure	Perspective of M/O	Behavior <sup>2</sup>	Movement <sup>3</sup>	Fire data	CAD	Visual	Valid
EVACNET4	Y	M-O	1	C	G	N	UC	N	N	N	FD
WAYOUT	Y	M	5	C	G	N	D	N	N	2-D	FD
STEPS <sup>c</sup>	Y	B	1	F	I	C, P	P, E	Y1,2	Y	2,3-D	C,FD,PE
PEDROUTE	Y	PB	3	C	G	I	D	N	Y	2,3-D	N
Simulex <sup>b</sup>	Y	PB	1	Co.	I	I	ID	N	Y	2-D	FD,PE, 3P
GridFlow	Y	PB	1	Co.	I	I	D	N	Y	2,3-D	FD, PE
FDS+Evac <sup>c</sup>	Y	PB	1	Co.	I	I, C, P	ID	Y3	N/Y	2,3-D	FD,PE,OM
Pathfinder 2009 <sup>c</sup>	Y	PB	1	Co.	I/G	I	D,ID	N	Y	2,3-D	C,FD,PE,OM
SimWalk <sup>c</sup>	Y	PB	1,3	Co.	I	C, P	P	N	Y	2,3-D	FD,PE,3P
PEDFLOW <sup>c</sup>	Y	B	1	Co.	I	C, P	ID	Y2	Y	2,3-D	PE
PedGo <sup>c</sup>	Y,N1	PB/B	1	F	I/G	I/C, P	P,E (CA), C	Y2	Y	2,3-D	FD,PE,OM,3P
ASERJ <sup>c</sup>	Y	B-RA	1	Co.	I	C, P	ID	Y1,2	Y	2,3-D	FD, PE
BldEXO <sup>b</sup>	Y	B	1	F	I	C, P	P, E	Y1,2	Y	2,3-D	FD,PE,OM,3P
Legion <sup>c</sup>	Y,N1	B	1	Co.	I	AI, P	ID, C	Y1	Y	2,3-D	C,FD,PE,3P
SpaceSensor <sup>c</sup>	Y	B	3	Co.	I	C, P	C, Ac, K	N	Y	2,3-D	FD,OM
EPT <sup>c</sup>	Y,N1	B	1	F	I	AI	UC,C	Y2	Y	2,3-D	FD
Myriad II <sup>c</sup>	Y, N1	B	1	C, F, Co.	I	AI	D, UC, IP, Ac, K	Y1	Y	2,3-D	PE, 3P
MassMotion <sup>c</sup>	Y, N1	B	1	Co.	I/G	AI,P	C	N	Y	2,3-D	C,FD,PE,OM
PathFinder	N1	M	1	F	I/G	N	D	N	Y	2-D	N
ALLSAFE	N1	PB	5	C	G	I	Un_F	Y1,2	N	2-D	OM
CRISP	N1	B-RA	1	F	I	C, P	E,D	Y3	Y	2,3-D	FD
EGRESS 2002	N1	B	1	F	I	C, P	P,D (CA)	Y2	N	2-D	FD
SGEM <sup>c</sup>	N1	PB	1	Co.	I	I	D	N	Y	2-D	FD,OM
EXIT89 <sup>c</sup>	N2	PB	1	C	I	I/C, P	D	Y1	N	N	FD,3P
MASSEgress <sup>b</sup>	N2	B	1	Co.	I	C, AI	C	N	Y	2,3-D	PE,OM
EvacuatioNZ <sup>c</sup>	N2	B	1	C	I/G	I, C, P	D, UC	Y2	Y	2-D	FD, PE,OM