



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΙ
ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ»**

Διπλωματική Εργασία

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΜΕΣΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ
ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ**

Υπό

ΑΝΔΡΟΜΑΧΗΣ ΓΚΟΥΤΖΙΝΗ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ο. Χριστοπούλου

Συνεπιβλέπων: Σ. Σακελλαρίου

Βόλος, Ιανουάριος 2024

© 2024 Ανδρομάχη Γκουτζίνη

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Βιώσιμη Διαχείριση Περιβαλλοντικών Αλλαγών και Κυκλική Οικονομία» δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του/της συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2)

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Ο. Χριστοπούλου

(Επιβλέπων) Καθηγήτρια, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Α. Βασιλειάδης

Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Σ. Σακελλαρίου

Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Ο. Χριστοπούλου, για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τον συνεπιβλέπων καθηγητή κ. Σ. Σακελλαρίου για την βοήθεια που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια αυτής.

Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου και στο αδελφό μου, για την υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Βόλος, Ιανουάριος 2024

Ανδρομάχη Γκουτζίνη

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΜΕΣΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

Ανδρομάχη Γκουτζίνη

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2023

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ο. Χριστοπούλου, Καθηγήτρια Π.Θ

Συνεπιβλέπων: Σ. Σακελλαρίου, Καθηγητής Π.Θ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαχείριση της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια ή μετά την εκδήλωση ενός φυσικού φαινομένου παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην μείωση των ανθρώπινων απωλειών και αποτελεί βασικό κρίκο στο σχέδιο διαχείρισης έκτακτης ανάγκης μια πόλης ή μιας περιοχής. Ως φυσικές καταστροφές ορίζονται τα απρόοπτα γεγονότα που προκαλούν υλικές και οικονομικές ζημιές, όπως οι πλημμύρες, οι φυσικές πυρκαγιές, οι σεισμοί, το παλιρροϊκό κύμα ή tsunami, οι τυφώνες και οι καταστροφικές καταιγίδες. Κατά την εκδήλωση αυτών των έκτακτων καταστάσεων θα πρέπει οι φορείς μια πόλης ή μια περιοχής να συντονιστούν, έτσι ώστε να λάβουν τις κατάλληλες αποφάσεις για την διαχείριση της κρίσης. Το σχέδιο εκκένωσης αποτελεί πολλές φορές τη μόνη επιλογή για τη διάσωση του πληθυσμού, ωστόσο θα πρέπει γίνει κατάλληλος σχεδιασμός για την ασφαλή και αποτελεσματική εφαρμογή του. Η διαχείριση της κυκλοφορίας κατά την εκκένωση αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες, ώστε να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη κίνηση τόσο των οχημάτων που εκκενώνουν την περιοχή όσο και των οχημάτων έκτακτης ανάγκης, που προσπαθούν να μεταβούν στην περιοχή για λόγους διάσωσης και αποκατάστασης. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να γίνει μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τον σχεδιασμό εκκένωσης μιας περιοχής σε περίπτωση φυσικής καταστροφής και τη διαχείριση της κυκλοφορίας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Στο πλαίσιο αυτό γίνεται και μια ανασκόπηση σχετικά με την οργανωμένη απομάκρυνση στην Ελλάδα μέσω της ιστορικής εξέλιξης του θεσμικού πλαισίου της Πολιτικής Προστασίας.

EMERGENCY EVACUATION ROUTE PLANNING IN CASE OF NATURAL DISASTERS

Andromachi Gkoutzini

University of Thessaly, *Civil Engineering Department*, 2019

Supervisor: O. Christopoulou, Professor U.T.

Co- supervisor: S. Sakellariou, Professor U.T.

ABSTRACT

Traffic management during or after the occurrence of a natural phenomenon plays a very important role in reducing human losses and is a key link in the emergency management plan of a city or region. Natural disasters are defined as unexpected events that cause material and economic damage, such as floods, natural fires, earthquakes, tidal waves or tsunamis, hurricanes and destructive storms. During the manifestation of these emergency situations, the authorities of a city or a region should coordinate, so that they take the appropriate decisions for the management of the crisis. The evacuation plan is many times the only option to save the population, however proper planning is necessary for its safe and effective implementation. Evacuation traffic management is one of the most important factors in ensuring the smooth movement of both vehicles evacuating the area and emergency vehicles attempting to access the area for rescue and recovery purposes. The aim of this paper is to conduct a literature review on disaster evacuation planning and emergency traffic management. In this context, a review is made regarding the organized removal in Greece through the historical development of the institutional framework of Civil Protection.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
1.1 Γενική Ανασκόπηση	1
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας.....	3
1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας	4
Κεφάλαιο 2 Θεωρητικό πλαίσιο και Ορισμοί.....	5
2.1 Φυσικές Καταστροφές	5
2.1.1 Πλημμύρες	6
2.1.2 Φυσικές Πυρκαγιές	6
2.1.3 Σεισμοί	6
2.1.4 Παλιρροϊκά κύματα – Tsunami.....	7
2.1.5 Τυφώνες, καταστροφικές θύελλες και καταιγίδες	7
2.2 Τρωτότητα	7
2.3 Φυσική Επικινδυνότητα.....	8
2.4 Διαχείριση και Αντιμετώπιση Φυσικών Καταστροφών	9
2.5 Εκκένωση	11
Κεφάλαιο 3 Οργανωμένη Απομάκρυνση Πολιτών και Θεσμικό Πλαίσιο Πολιτικής Προστασίας στην Ελλάδα.....	13
3.1 Ιστορική Τεκμηρίωση.....	13
3.2 Το Ισχύον Θεσμικό Πλαίσιο Πολιτικής Προστασίας	14
3.2.1 Γενικά.....	14
3.2.2 Νόμος 2344/1995 (ΦΕΚ 102 Α΄)	15
3.2.3 Νόμος 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α΄)	16
3.2.3.1 Το δυναμικό και τα μέσα Πολιτικής Προστασίας.....	17
3.2.3.2 Τα όργανα σχεδιασμού και εφαρμογής της Πολιτικής Προστασίας	17
3.2.3.3 Οργάνωση Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας	18
3.2.4 Νόμος 4662/2020 (ΦΕΚ 27 Α΄)	18
3.2.5 Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας «Ξενοκράτης»	19
3.2.6 Οργανωμένη Απομάκρυνση πολιτών	20
Κεφάλαιο 4 Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών	25
4.1 Γενικά	25
4.2 Ανθρώπινη Συμπεριφορά σε Καταστάσεις Εκκένωσης λόγω Φυσικών Καταστροφών	27
4.3 Διαδικασία και Σχεδιασμός Εκκένωσης μιας περιοχής.....	31
4.3.1 Η Διαδικασία της Εκκένωσης	31
4.3.1.1 Στάδια Εκκένωσης	31
4.3.1.2 Τύποι Εκκένωσης.....	33
4.3.1.3 Χρονοδιάγραμμα διαδικασίας εκκένωσης	34

4.3.2	Ο Σχεδιασμός της Εκκένωσης.....	34
4.4	Σχεδιασμός Διαδρομών Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών -	
	Στρατηγικές Διαχείρισης Κυκλοφορίας και Μοντέλα Εκκένωσης	37
4.4.1	Στρατηγικές διαχείρισης της κυκλοφορίας και των μεταφορών	37
4.4.2	Μοντέλα εκκένωσης.....	43
4.4.3	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	48
	Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα	53
5.1	Διατύπωση Συμπερασμάτων	53
5.2	Προτάσεις.....	54
	Κεφάλαιο 6 Βιβλιογραφία.....	55

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3- 1: Γενικά Σχέδια Πολιτικής Προστασίας (Παναγόπουλος, 2022)	20
Πίνακας 4- 1: Χαρακτηριστικά επιλεγμένων μοντέλων εκκένωσης	47
Πίνακας 4- 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τον σχεδιασμό εκκένωσης με την χρήση μοντέλων προσομοίωσης σε περίπτωση έκτακτων αναγκών.....	49

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2- 1: Διαδικασία διαμόρφωσης συνθηκών τρωτότητας (Σαπουντζάκη, 2016) ..	8
Σχήμα 2- 2: Παράγοντες διαχείρισης των καταστροφών (Βούλγαρης, 2017)	9
Σχήμα 2- 3: Κύκλος διαχείρισης του κινδύνου καταστροφής (Σαπουντζάκη, 2016) ..	10
Σχήμα 3- 1: Διάκριση των καταστροφών σύμφωνα με τον ν. 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α΄) (Δανδουλάκη, 2011)	16
Σχήμα 3- 2: Φορείς Εισήγησης και Όργανα λήψης και υλοποίησης των αποφάσεων Οργανωμένης Απομάκρυνσης Πληθυσμού σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα (Βούλγαρης, 2017)	22
Σχήμα 3- 3: Στάδια οργανωμένης απομάκρυνσης πληθυσμού σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο την Ελλάδα (Βούλγαρης, 2017)	23
Σχήμα 4- 1: Η θεωρητική βάση των διαδικασιών εκκένωσης σύμφωνα με τις ανθρώπινες συμπεριφορές (Bakar, Hashim, Aminuddin, Siti Aisha, & Majid, 2023)	28
Σχήμα 4- 2: Φάσεις σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και οι πιο διαδεδομένες ανθρώπινες συμπεριφορές (Pel, Bliemer, & Hoogendoorn, 2011).....	29
Σχήμα 4- 3: Στάδια και χρονοδιάγραμμα εκκένωσης (Frieser, 2004).	31
Σχήμα 4- 5: Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις μετά από μία φυσική καταστροφή (Iida, et al., 2000)	39
Σχήμα 4- 6: Αλληλεπίδραση προσομοίωσης και βελτιστοποίησης στο πρόβλημα εκκένωσης (Abdelgawad & Abdulhai, 2009).	46

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Η εκκένωση είναι η κύρια προστατευτική δράση που χρησιμοποιείται σε καταστροφές μεγάλης κλίμακας, όπως οι πλημμύρες, οι φυσικές πυρκαγιές, οι σεισμοί, το παλιρροϊκό κύμα ή tsunami, οι τυφώνες και οι καταστροφικές καταιγίδες. Σε αυτές τις περιόδους απειλής, η προστασία των ανθρώπινων ζωών με την οργανωμένη απομάκρυνση του πληθυσμού, παραμένει μια σημαντική στρατηγική διαχείρισης έκτακτης ανάγκης.

Στην περίπτωση εκδήλωσης απροσδόκητων και απρόβλεπτων γεγονότων σε μια περιοχή, όπως οι φυσικές καταστροφές, οφείλουν οι φορείς και τα αρμόδια όργανα να έχουν προετοιμάσει σχέδια οργανωμένης απομάκρυνσης των πολιτών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι σημαντικό να υπάρχει μια κεντρική διαχείριση της κυκλοφορίας προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής και ταχεία διαφυγή των κατοίκων με αποφυγή των φαινομένων συμφόρησης στους αυτοκινητοδρόμους και να οργανωθεί η πρόσβαση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης.

Αρχικό στάδιο διαχείρισης μιας φυσικής καταστροφής αποτελεί η πρόβλεψη των κινδύνων που μπορεί να προκύψουν σε μια περιοχή και η λήψη αποφάσεων σχετικά με την πρόληψη ή τον μετριασμό των συνεπειών τους. Η εκκένωση μπορεί συχνά να απαιτείται ως στρατηγική αντιμετώπισης. Ένας παράγοντας που συμβάλει στη μείωση των καταστροφών είναι τα θέματα ενημέρωσης – πληροφόρησης. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η οργανωμένη απομάκρυνση του πληθυσμού λόγω επικείμενης εξελισσόμενη πυρκαγιάς ή πλημμύρας, όπου η ενημέρωση παίζει σημαντικό ρόλο (Μπράνης, 2020).

Η σημαντική αύξηση των φυσικών και ανθρωπογενών καταστροφών δημιούργησε τις τελευταίες δύο δεκαετίες την ανάγκη για την εξέλιξη και βελτίωση του σχεδιασμού εκκένωσης έκτακτης ανάγκης. Η εκκένωση μιας περιοχής λόγω έκτακτης ανάγκης αφορά την μαζική μετακίνηση πληθυσμού και τον τρόπο μεταφοράς του μέσω συγκεκριμένων διαδρομών από μια επικίνδυνη περιοχή, γνωστή στη βιβλιογραφία ως Ζώνη Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης, σε ασφαλείς προορισμούς (Abdelgawad & Abdulhai, 2009).

Στην Ελλάδα η διαχείριση των εκτάκτων αναγκών θεσμοθετήθηκε για πρώτη φορά το 1968, με την πολιτική σχεδίασης έκτακτης ανάγκης να αποτελεί αρμοδιότητα των Υπηρεσιών Πολιτικής Σχεδίασης Έκτακτης Ανάγκης (Π.Σ.Ε.Α.) και συντονιστικό όργανο να ορίζεται το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας. Το 1995 εισάγεται για πρώτη φορά στη χώρα η έννοια της πολιτικής προστασίας, όπως είναι γνωστή σήμερα, ως αποτέλεσμα μετεξέλιξης ενός συστήματος διαχείρισης εκτάκτων αναγκών, το οποίο

δημιουργήθηκε μετά από μεγάλες καταστροφές (Δανδουλάκη, 2011). Με το ν. 2013/2002 (ΦΕΚ 102 Α'), αναβαθμίζεται το θεσμικό πλαίσιο της Πολιτικής Προστασίας στην Ελλάδα, και με τον ν. 4662/2020 (ΦΕΚ 27 Α') να αποτελεί την πιο πρόσφατη αναδιάρθρωση του. Ωστόσο, η οργανωμένη απομάκρυνση των πολιτών εισάγεται για πρώτη φορά στην ελληνική νομοθεσία με το άρθρο 18 του ν. 3613/2007 (ΦΕΚ 263 Α').

Υπάρχει μια αρκετά εκτενής βιβλιογραφία, κυρίως διεθνής, αλλά και Ελληνική, σχετικά με τον σχεδιασμό της εκκένωσης σε αστικό περιβάλλον, σε περίπτωση εκδήλωσης φυσικών καταστροφών. Το ερευνητικό αντικείμενο του σχεδιασμού εκκένωσης είναι ευρύ, καθώς εκτείνεται στην κατάρτιση των σχεδίων εκκένωσης και συγκεκριμένα την διαδικασία σχεδιασμού, στα μέτρα κυκλοφορίας που μπορούν να ληφθούν, στους παράγοντες που την επηρεάζουν, όπως η ανθρώπινη συμπεριφορά σε τέτοιες καταστάσεις, αλλά και στην ανάπτυξη, προσομοίωση και βελτιστοποίηση των μοντέλων σχεδιασμού των διαδρομών εκκένωσης.

Η διαχείριση της κυκλοφορίας κατά τον σχεδιασμό της εκκένωσης, καθώς οι στρατηγικές ελέγχου αυτής, παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα μιας εκκένωσης. Στο πλαίσιο των στρατηγικών διαχείρισης της κυκλοφορίας, για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της εκκένωσης έκτακτης ανάγκης προτείνονται από τους Abdelgawad & Abdulhai (2009) η αντιστροφή της ροής των λωρίδων προς την κατεύθυνση της εκκένωσης, η σταδιακή εκκένωση του πληθυσμού, η βελτιστοποίηση του ελέγχου της κυκλοφορίας και της παροχής οδηγιών καθοδήγησης σχετικά με τις διαδρομές εκκένωσης. Επίσης, σημαντικό ρόλο μπορεί να παίζουν τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών, τα οποία μπορούν να ελέγχουν την κυκλοφορία και να ενημερώνουν τους οδηγούς σχετικά τις συνθήκες συμφόρησης, τις εναλλακτικές διαδρομές, το χρόνο ταξιδιού και τις καιρικές συνθήκες, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται πιο ασφαλή και αποτελεσματική εκκένωση από μία περιοχή (Νέσση, 2018; Παναγιωτοπούλου, 2016).

Αρκετές έρευνες ασχολούνται με τα μοντέλα προσομοίωσης των διαδρόμων εκκένωσης σε μια περιοχή κατά την εκδήλωση φυσικών καταστροφών. Στα περισσότερα από αυτά τα μοντέλα, πραγματοποιείται η διαχείριση της κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας λογισμικά, τα οποία έχουν ως στόχο να προσεγγίσουν ή και να βελτιστοποιούν την διαδικασία εκκένωσης, καθώς και να απεικονίσουν τις προτεινόμενες λύσεις με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Για παράδειγμα, οι Shao, et al (2018) προτείνουν ένα νέο μοντέλο για τη βελτιστοποίηση του συστήματος ελέγχου της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της περιόδου έκτακτης ανάγκης ή μετά από μια καταστροφή που ονομάζεται PD-TCM (Post-Disaster Traffic Control Model - Μοντέλο Ελέγχου Κυκλοφορίας Μετά την Καταστροφή). Οι Rego, et al., (2018) προεκτείνουν την εφαρμογή ενός λογισμικού (Software Defined Networks - SDN) για τη διαχείριση και τον έλεγχο των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και των σχεδίων εκκένωσης, το οποίο βελτιώνει κατά 30% την αποφυγή της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Οι Liu & Wang (2019) χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT) και την τεχνολογία εξόρυξης δεδομένων (Data Mining Technology) για τη δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης της κυκλοφορίας σε

περίπτωση έκτακτης ανάγκης, το οποίο θα μπορεί έγκαιρα και με ακρίβεια να ελέγχει τις κυκλοφοριακές συνθήκες συμβάλλοντας αποτελεσματικά στη διάσωση και στην αστική διαχείριση.

Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών παίζει σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό των διαδρομών εκκένωσης, καθώς μπορεί να συμβάλλει στην απεικόνιση τους σε χάρτη, αλλά και να βοηθήσει στην συγκέντρωση στοιχείων, όπως δημογραφικά ή χρήσεις γης, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό. Η Καραπατή (2018) προτείνει την δημιουργία 3D αστικών μοντέλων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση φυσικών καταστροφών, όπως πλημμύρες και τυφώνες, και να συμβάλλουν στην διαχείριση των τοπικών συγκοινωνιών και στον προσδιορισμό διαδρόμων διαφυγής κατά την εκκένωση της πόλης. Εναλλακτικά, η Γκιόλα (2015) διερευνά τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems – GIS) για την διαχείριση των κινδύνων από τις φυσικές καταστροφές σε αστικές περιοχές μέσω του οποίων μπορεί να γίνει δρομολόγηση των οχημάτων, να βρεθεί η πλησιέστερη μονάδα εξυπηρέτησης και να χαραχθεί πορεία διαφυγής.

Γενικά, η επιστημονική ανάλυση των διαδικασιών εκκένωσης είναι πολύ περίπλοκη λόγω του ανθρώπινου παράγοντα και των απρόβλεπτων κυκλοφοριακών αναγκών. Μια τέτοια ανάλυση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης μπορεί να απαιτεί σύνθεση γνώσεων από πολλές διαφορετικές επιστήμες, όπως κοινωνικές και συμπεριφοράς, συγκοινωνιακές, προγραμματισμού κ.α. (Stepanov & Smith, 2009). Η βιβλιογραφική ανασκόπηση στην παρούσα εργασία δείχνει ότι η ταυτόχρονη διερεύνηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς και των κυκλοφοριακών απαιτήσεων κατά την εκκένωση, καθώς και η προσέγγιση αυτών των ζητημάτων σε μοντέλα προσομοίωσης σχεδιασμού εκκένωσης, δεν έχει εξεταστεί επαρκώς.

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Τα τελευταία χρόνια, η διαχείριση έκτακτων καταστάσεων λόγω φυσικών καταστροφών, όπως οι σεισμοί, οι πυρκαγιές, οι πλημμύρες, κ.α., αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας. Κατά την άμεση ανταπόκριση των αρμόδιων οργάνων, ενεργοποιούνται διάφορες διαδικασίες όπως η εκκένωση της πληγείσας περιοχής, η δρομολόγηση των οχημάτων, η παροχή ανθρωπιστικής βοήθειας κ.ά. Οι διαδικασίες αυτές αποτελούν πλέον κλασικά προβλήματα στον τομέα της επιχειρησιακής έρευνας, και έχουν προταθεί για την αντιμετώπισή τους κατά καιρούς διάφορες προσεγγίσεις και τεχνικές. Αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας αποτελεί η βιβλιογραφική ανασκόπηση των διαδικασιών της εκκένωσης μιας περιοχής, των παραγόντων που την επηρεάζουν, τα μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας έπειτα από την εκδήλωση μιας φυσικής καταστροφής, καθώς και τα προτεινόμενα μοντέλα προσομοίωσης και τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό των διαδρομών εκκένωσης. Στόχος της εργασίας αυτής είναι να συμβάλει μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης στην καθοδήγηση των αρμοδίων φορέων διαχείρισης των εκτάκτων αναγκών και των συγκοινωνιολόγων στην ανάπτυξη σχεδίων και πρακτικών για την εκκένωση περιοχών

σε περίπτωση φυσικών καταστροφών. Στο πλαίσιο αυτό γίνεται και μια εισαγωγή στο θεωρητικό πλαίσιο των φυσικών καταστροφών και της διαχείρισης των εκτάκτων αναγκών, καθώς και μια ανασκόπηση σχετικά με την οργανωμένη απομάκρυνση στην Ελλάδα.

1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί ο σχεδιασμός των διαδρομών εκκένωσης σε περίπτωση φυσικών καταστροφών. Η παρούσα εργασία αποτελείται από πέντε ενότητες. Στην πρώτη ενότητα γίνεται μια εισαγωγή και γενική ανασκόπηση στο αντικείμενο και στη δομή της εργασίας. Η δεύτερη ενότητα ασχολείται με το θεωρητικό πλαίσιο και του ορισμούς των φυσικών καταστροφών, της τρωτότητας και της ανθεκτικότητας, της φυσικής επικινδυνότητας, της διαχείρισης των εκτάκτων αναγκών και της εκκένωσης. Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζεται η ιστορική αναδρομή του θεσμικού πλαισίου της Πολιτικής Προστασίας και της οργανωμένης απομάκρυνσης στην Ελλάδα. Η τέταρτη ενότητα, αποτελεί τον κορμό της εργασίας, καθώς αναλύεται ο σχεδιασμός και οι διαδικασίες σχεδιασμού της εκκένωσης, ο ανθρώπινος παρόντας κατά την διαδικασία της εκκένωσης, τα μέτρα κυκλοφορίας, που μπορούν να ληφθούν σε μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης, και τα μοντέλα και λογισμικά προσομοίωσης για τον σχεδιασμό της εκκένωσης. Στην ενότητα πέντε, παρατίθενται τα συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 2 Θεωρητικό πλαίσιο και Ορισμοί

2.1 Φυσικές Καταστροφές

Ως **φυσική καταστροφή** ορίζεται το σύνολο των δυσμενών επιπτώσεων μεγάλης κλίμακας μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο σε μια περιοχή, οι οποίες είναι αποτέλεσμα της εκδήλωσης ενός φυσικού φαινομένου (Γκιάλα, 2015). Οι φυσικές καταστροφές αποτελούν έκτακτες καταστάσεις, δηλαδή απρόοπτα γεγονότα που θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές και προκαλούν υλικές φθορές (Τζεβελέκης, 2009). Τα φυσικά φαινόμενα, που προκαλούν τους φυσικούς κινδύνους μπορεί να είναι γεωφυσικά (κατολισθήσεις, σεισμοί, ηφαιστειακή δραστηριότητα και τσουνάμι), υδρολογικά (πλημμύρες και χιονοστιβάδες), κλιματολογικά (ακραίες θερμοκρασίες, ξηρασία και δασικές πυρκαγιές), μετεωρολογικά (κυκλώνες και καταιγίδες ή βιολογικά, όπως οι επιδημίες) (Κανάκα & Καρυπίδης, 2020).

Οι φυσικές καταστροφές χαρακτηρίζονται βάση του μεγέθους ή της έντασής τους, τη ταχύτητα έναρξης, τη διάρκεια και την περιοχή έκτασής τους. Οι σεισμοί, για παράδειγμα, έχουν μικρή διάρκεια και κατά κύριο λόγο επηρεάζουν μια σχετικά μικρή περιοχή, σε αντίθεση με τις ξηρασίες, οι οποίες αναπτύσσονται αργά και εξασθενούν, και επηρεάζουν πιο μεγάλες περιοχές. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι φυσικές καταστροφές μπορεί να συνδυαστούν, όπως η πλημμύρα που προκαλείται από τυφώνα ή το τσουνάμι που δημιουργείται από σεισμό (UNISDR, 2009).

Ως γεγονότα, οι φυσικές καταστροφές μπορούν να αναλυθούν σε τέσσερις χωρο – χρονικές διαστάσεις (Σαπουντζάκη, 2016):

- Το χρόνο προειδοποίησης, δηλαδή τη χρονική απόσταση ανάμεσα στην αναγνώριση των επικίνδυνων συνθηκών και την έναρξη εκδήλωσης των επιπτώσεων τους σε συγκεκριμένες περιοχές.
- Το μέγεθος των επιπτώσεων, δηλαδή τη σοβαρότητα της κοινωνικής αποδιοργάνωσης και των φυσικών φθορών ή ζημιών (απώλειες ζωής, τραυματισμοί, καταστροφές στο φυσικό και κτισμένο περιβάλλον).
- Την εμβέλεια των επιπτώσεων, δηλαδή το μέγεθος και την έκταση στις γεωγραφικές περιφέρειες και κοινότητες που πλήττονται, των φυσικών φθορών και ζημιών, και της κοινωνικής αποδιοργάνωσης.
- Τη διάρκεια των επιπτώσεων, που αφορούν την χρονική καθυστέρηση από την στιγμή της εμφάνισης τους μέχρι τη θεραπεία τους, ή τον τερματισμό του φαινομένου, που τις προκαλεί.

2.1.1 Πλημμύρες

Η πλημμύρα είναι ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο είναι δύσκολο να αποφευχθεί. Μια πλημμύρα συμβαίνει λόγω υπερχείλισης νερού πέρα από τα όριά της και επηρεάζει ανθρώπινους οικισμούς και υποδομές (Atmojo & Sachro, 2017)

Οι πλημμύρες είναι το πιο σημαντικό είδος υδρολογικής καταστροφής, και συχνά πλήττουν τις αστικές περιοχές, οι οποίες κινδυνεύουν κυρίως από επιφανειακές πλημμύρες, καθώς τα αστικά συστήματα αποχέτευσης των ομβρίων ενδέχεται να μην είναι σε θέση να διαχειριστούν τον όγκο νερού από μια δυνατή βροχή, ή από τις πλαγίες λόφων που δεν είναι σε θέση να απορροφήσουν το νερό που ρέει. Οι συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον μετά την εκδήλωση ενός τέτοιου φαινομένου, είναι συνήθως η ρύπανση του νερού και της γης με επικίνδυνα υλικά, όπως αιχμηρά συντρίμμια, φυτοφάρμακα, καύσιμα και ακατέργαστα λύματα. Ενώ, οι άμεσες κοινωνικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν την απώλεια ανθρώπινων ζώων, τις υλικές ζημιές, τις ζημιές σε καλλιέργειες, την απώλεια ζώων, τις υδατογενείς ασθένειες, τις ζημιές στις υποδομές, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την έλλειψη διαθεσιμότητας υπηρεσιών κοινής ωφελείας. Οι πλημμύρες μπορούν, επίσης, να προκαλέσουν μακροπρόθεσμες κοινωνικές επιπτώσεις, όπως διακοπές στην παροχή καθαρού νερού, στην επεξεργασία λυμάτων, διακοπές στην ηλεκτρική ενέργεια, στις μεταφορές, στις επικοινωνίες, στην εκπαίδευση και στην υγειονομική περίθαλψη, καθώς και στην απώλεια βιοποριστικών πόρων, στην μείωση της αγοραστικής δύναμης και της αξίας της γης, και στη δημιουργία οικονομικής ευπάθειας της κοινότητας (Teh & Khan, 2021)

2.1.2 Φυσικές Πυρκαγιές

Οι φυσικές πυρκαγιές ανήκουν στις φυσικές καταστροφές, που πλήττουν τα παρθένα δάση και προκαλούνται στη φύση από το φαινόμενο της ξηρασίας, καθώς και από τα διάφορα είδη της βλάστησης που είναι περισσότερο επιρρεπή σε πυρκαγιές. Η ξηρασία προκαλεί συχνά πυρκαγιές από την ανάφλεξη των ξηρών δασών και των θαμνωδών εκτάσεων. Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας που ελέγχει την εκδήλωση της πυρκαγιάς, αλλά και την εξάπλωση της, είναι η πυκνότητα της βλάστησης, καθώς στην πυκνή βλάστηση, όπου κυκλοφορεί λίγος αέρας ανάμεσα στα φυτά είναι δύσκολη η εξέλιξη μια πυρκαγιάς, σε αντίθεση με τη πιο διάσπαρτη βλάστηση, όπου η εξάπλωση της φωτιάς είναι ραγδαία και δύσκολο να ελεγχθεί. Ο άνθρωπος παράγοντας αποτελεί την κύρια αιτία πρόκλησης πυρκαγιάς. Ωστόσο, η βασικότερη διαφορά πυρκαγιών από εμπρησμό και των φυσικών πυρκαγιών, όπως αυτές που προκαλούνται από αστραπές, είναι ότι οι δεύτερες εξελίσσονται σε πολύ μεγαλύτερες εκτάσεις, αφού εκδηλώνονται σε απομονωμένες περιοχές, ενώ οι εμπρησμοί γίνονται συνήθως σε προσπελάσιμες από τον άνθρωπο περιοχές (Λέκκας, 2000).

2.1.3 Σεισμοί

Οι σεισμοί προκαλούνται από ισχυρές δονήσεις των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της γης ως αποτέλεσμα απελευθέρωσης υπόγειων δυνάμεων και πιέσεων κατά μήκος των ρηγμάτων των τεκτονικών πλακών. Ωστόσο, αν και έχουν γίνει εκτενείς

έρευνες σχετικά με τις σεισμικές προβλέψεις, είναι αδύνατη η ακριβής πρόβλεψη των σεισμών (Τζεβελέκης, 2009).

2.1.4 Παλιρροϊκά κύματα – Tsunami

Τα παλιρροϊκά κύματα ή tsunami αποτελούν μια σειρά γιγάντιων κυμάτων που δημιουργούνται από την γρήγορη μετατόπιση μεγάλων θαλάσσιων υδάτινων όγκων, συνήθως στους ωκεανούς. Αιτίες της δημιουργίας του φαινομένου αποτελούν οι ισχυροί σεισμοί, μια υποβρύχια κατολίσθηση ή μια ηφαιστειακή έκρηξη. Τα παλιρροϊκά κύματα συνήθως προκαλούν τεράστιες καταστροφές στις παράκτιες περιοχές λόγω των τεράστιων όγκων νερού που μεταφέρουν (Τζεβελέκης, 2009).

2.1.5 Τυφώνες, καταστροφικές θύελλες και καταιγίδες

Πολύ συχνά έχουν παρατηρηθεί καταστροφικές θύελλες και καταιγίδες, οι οποίες έχουν προκαλέσει πληθώρα καταστάσεων έκτακτης ανάγκης σε μεγάλες πόλεις παγκοσμίως, με αποτέλεσμα την απώλεια ανθρώπινων ζωών και σοβαρών υλικών και οικονομικών ζημιών. Φαινόμενα όπως οι τυφώνες, οι θύελλες και οι καταιγίδες μπορούν να προκαλέσουν πλημμύρα σε μια περιοχή με αποτέλεσμα να καταστραφούν ιδιοκτησίες και να χαθούν αρκετές ζωές (Τζεβελέκης, 2009).

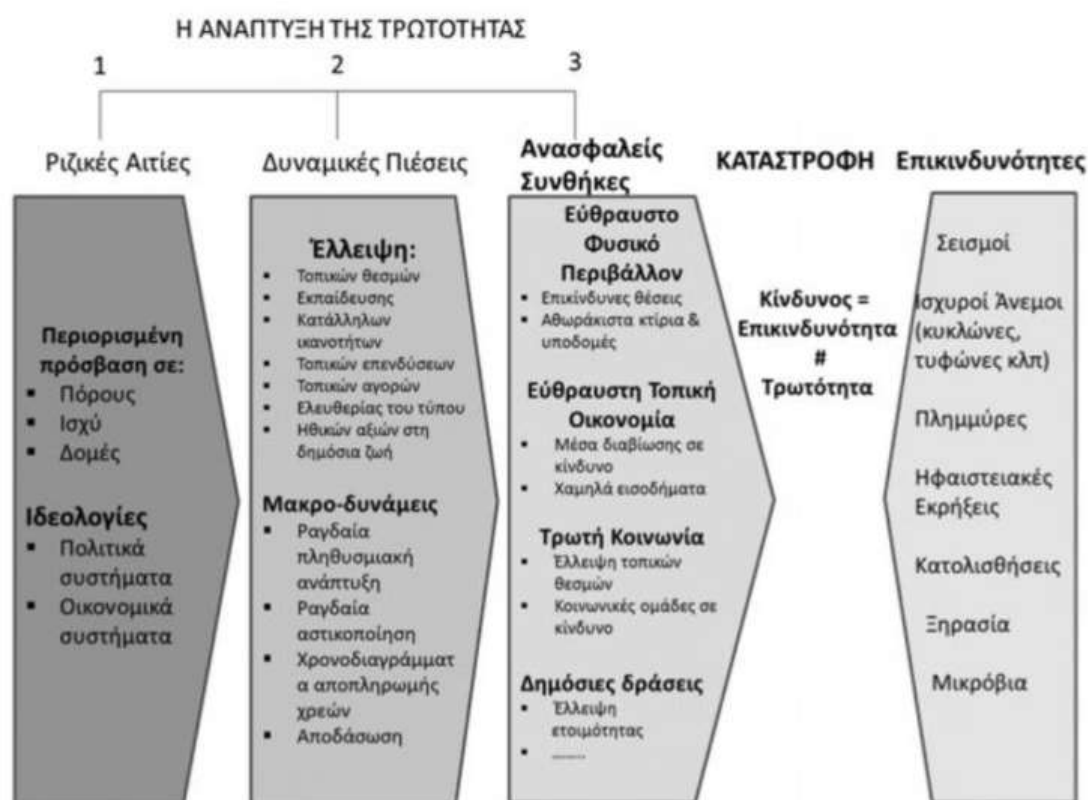
2.2 Τρωτότητα

Ως τρωτότητα ορίζονται τα χαρακτηριστικά και οι συνθήκες μιας κοινότητας, συστήματος ή περιουσιακού στοιχείου, τα οποία την καθιστούν επιρρεπή στις καταστροφικές συνέπειες ενός κινδύνου. Η τρωτότητα εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να είναι φυσικοί, κοινωνικοί, οικονομικοί και περιβαλλοντικοί. Για παράδειγμα μπορεί να οφείλεται στην κακή σχεδίαση και κατασκευή των κτηρίων, στην ανεπαρκή προστασία των περιουσιακών στοιχείων, την έλλειψη ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του κοινού, την περιορισμένη επίσημη αναγνώριση των κινδύνων και των μέτρων ετοιμότητας, και την αδιαφορία για περιβαλλοντική διαχείριση. Επίσης, η τρωτότητα μπορεί να ποικίλλει σημαντικά μέσα σε μια κοινότητα και με την πάροδο του χρόνου (UNISDR, 2009).

Ωστόσο, οι βασικότεροι παράγοντες που διαμορφώνουν τον κίνδυνο και την τρωτότητα μιας περιοχής, είναι οι κοινωνικοί. Οι καταστροφές είναι συνήθως αποτέλεσμα κινδύνου, ο οποίος δεν αντιμετωπίστηκε, και ο οποίος προέκυψε από τον συνδυασμό της έκθεσης σε απειλητική διαδικασία με ευάλωτες/τρωτές συνθήκες. Επομένως, οι καταστροφές είναι αποτέλεσμα αποφάσεων που λαμβάνονται ή δεν λαμβάνονται από τις κοινωνίες, τους οργανισμούς και του πολιτικούς, και οι διαδικασίες που παράγουν του κινδύνους αποτελούν μέρος της κοινωνικής δομής και εξέλιξης. Στο Σχήμα 2- 1 παρουσιάζεται η διαδικασία διαμόρφωσης των συνθηκών τρωτότητας, ως ένα μοντέλο κοινωνικής παραγωγής του κινδύνου (Σαπουντζάκη, 2016).

Ένα βασικό λόγος που απουσιάζουν οι κοινωνικές απώλειες από τις εκθέσεις εκτίμησης κόστους/απωλειών μετά από καταστροφές, είναι ότι η κοινωνική τρωτότητα, αγνοείται σε μεγάλο βαθμό. Η κοινωνική πλευρά της τρωτότητας συχνά

παραβλέπεται, και συνηθίζεται να περιγράφεται με την χρήση των ατομικών χαρακτηριστικών των ανθρώπων (ηλικία, φυλή, υγεία, εισόδημα, τύπος μονάδας κατοικίας, απασχόληση). Επίσης, αποτελεί εν μέρει προϊόν των κοινωνικών ανισοτήτων, δηλαδή αυτών των κοινωνικών παραγόντων που επηρεάζουν ή διαμορφώνουν την ευαισθησία σε καταστροφές και την ικανότητά ανταπόκρισης των διαφόρων κοινωνικών ομάδων. Ωστόσο, περιλαμβάνει επίσης ανισότητες με βάση τον τόπο, δηλαδή το σύνολο των χαρακτηριστικών των κοινοτήτων και του δομημένου περιβάλλοντος, όπως για παράδειγμα οι ρυθμοί ανάπτυξης, η οικονομία και το επίπεδο αστικοποίησης, τα οποία συμβάλλουν στην κοινωνική τρωτότητα των τόπων (Sorensen & Sorensen, 2007).



Σχήμα 2- 1: Διαδικασία διαμόρφωσης συνθηκών τρωτότητας (Σαουντζάκη, 2016)

2.3 Φυσική Επικινδυνότητα

Ως φυσική επικινδυνότητα ορίζεται η φυσική διαδικασία ή το φαινόμενο, που μπορεί να προκαλέσει απώλεια ζωής, τραυματισμό ή άλλες επιπτώσεις στην υγεία, υλικές ζημιές, απώλεια μέσων διαβίωσης και υπηρεσιών, κοινωνική και οικονομική αναστάτωση ή περιβαλλοντική ζημιά. Οι φυσικοί κίνδυνοι είναι ένα υποσύνολο όλων των κινδύνων. Ο όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει πραγματικά γεγονότα κινδύνου καθώς και τις λανθάνουσες συνθήκες κινδύνου που μπορεί να προκαλέσουν μελλοντικά συμβάντα (UNISDR, 2009).

2.4 Διαχείριση και Αντιμετώπιση Φυσικών Καταστροφών

Η διαχείριση των φυσικών κινδύνων αποτελεί την συστηματική διαδικασία χρήσης επιχειρησιακών δεξιοτήτων και ικανοτήτων και διοικητικών οδηγιών, ώστε να εφαρμοστούν στρατηγικές, πολιτικές και βελτιωμένες ικανότητες αντιμετώπισης, με σκοπό την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων των κινδύνων και της πιθανότητας καταστροφής. (UNISDR, 2009). Η διαχείριση του κινδύνου καταστροφής μέσω δράσεων πρόληψης, μετριασμού και ετοιμότητας/ προετοιμασίας έχει ως στόχο ουσιαστικά την αποφυγή και την μείωση των αρνητικών συνέπειων των επικινδυνοτήτων. Υπάρχουν τρεις εκδοχές για την αντιμετώπιση των κινδύνων: α) η τροποποίηση της φυσικής απειλής, β) η τροποποίηση της ανθρώπινης τρωτότητας, και γ) η τροποποίηση του φορτίου απωλειών (Σαπουντζάκη, 2016). Πιο συγκεκριμένα, η διαχείριση των καταστροφών αποτελεί απόρροια συνδυασμού της επικινδυνότητας, της έκθεσης σε ένα εν δυνάμει επικίνδυνο φαινόμενο, της τρωτότητας και της ικανότητας αντιμετώπισης και ανάκαμψης.

Της επικινδυνότητας, δηλαδή της πιθανότητας να εκδηλωθεί ένα επικίνδυνο φαινόμενο ή συμβάν συγκεκριμένης σφοδρότητας	«ποιος είναι ο κίνδυνος σε μια περιοχή»
Της έκθεσης σε ένα εν δυνάμει επικίνδυνο φαινόμενο ή συμβάν	«τι βρίσκεται εκτεθειμένο σε κίνδυνο εκεί»
Της τρωτότητας (ευπάθειας)	«πόσο ευλαθές είναι αυτό στον συγκεκριμένο κίνδυνο»
Της ικανότητας αντιμετώπισης και ανάκαμψης	«κατά πόσο οι επιπτώσεις μπορεί να αντιμετωπιστούν ή απορροφηθούν»

Σχήμα 2- 2: Παράγοντες διαχείρισης των καταστροφών (Βούλγαρης, 2017)

Η αντιμετώπιση των εκτάκτων καταστάσεων, οι οποίες προκύπτουν από φυσικές καταστροφές, αποτελεί κρίσιμο στοιχείο μετά την εκδήλωσή τους. Η αντιμετώπιση τους σχετίζεται με την παροχή άμεσης βοήθειας προς τους πληγέντες πολίτες, και με την ταυτόχρονη διαχείριση των αναγκών που προκύπτουν κατά τη διάρκεια ή μετά την καταστροφή. Η ανταπόκριση σε μια προειδοποίηση πρέπει να είναι άμεση και καθολική, και αυτό επιτυγχάνεται με τον σχεδιασμό, την γρήγορη κινητοποίηση των διαθέσιμων πόρων και του δυναμικού, και με τις περιοδικές ασκήσεις, ώστε να επισημαίνονται οι αδυναμίες και τα προβλήματα. Ο σχεδιασμός και τα μέτρα κατά την αντιμετώπιση μια καταστροφής έχουν χαρακτήρα μεσο- βραχυπρόθεσμο και απαιτούν μικρότερη επένδυση σε σύγκριση με αυτά για την πρόληψη των καταστροφών (Δανδουλάκη, 2011).

Η διαχείριση της καταστροφής μπορεί να γίνει αντιληπτή ως μια κυκλική διαδικασία διαδοχικών διακριτών, αλλά και διασυνδεδεμένων σταδίων, στα οποία αναλαμβάνονται ένα σύνολο δράσεων, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2- 3. Στόχος του κύκλου είναι να τονιστεί ο αδιάλειπτος χαρακτήρας των προσπάθειας για τη

μείωση των απωλειών. Ως αφετηρία αυτού του κύκλου διαχείρισης θεωρείται η καταστροφή, και ακολουθούν τα κάτωθι στάδια (Μπάλλας, 2022):

- Το στάδιο της διαχείρισης της κρίσης, το οποίο αποτελεί τη φάση εκδήλωσης του φαινομένου, και μπορεί να χωριστεί σε δύο φάσεις, στην περίοδο αντίδρασης, με δράσεις έκτακτης ανάγκης, και στην περίοδο ανακούφισης, με δράσεις έρευνας και διάσωσης των πληγέντων από την καταστροφή.
- Το στάδιο της ανασυγκρότησης ή ανάκαμψης, κατά το οποίο πραγματοποιούνται δράσεις μετριασμού του κινδύνου, με την ανακατασκευή και ανασυγκρότηση των υποδομών και των υπηρεσιών, που καταστράφηκαν.
- Το στάδιο της μακροπρόθεσμης πρόληψης, το οποίο αφορά την ενσωμάτωση των απαραίτητων μέτρων τόσο σε τοπικό όσο και εθνικό επιχειρησιακό επίπεδο. Σε αυτά περιλαμβάνονται κατασκευαστικά έργα, αναλύσεις τρωτότητας, επιχειρησιακός σχεδιασμός, σχέδια εκκένωσης, διαχείριση της χρήσης της γης, πολεοδομικοί κανονισμοί και προληπτική φροντίδα υγείας και εκπαίδευσης.
- Το στάδιο της βραχυπρόθεσμης ετοιμότητας, κατά το οποίο, με την υπόθεση ότι η καταστροφή θα συμβεί αύριο ή εξελίσσεται ήδη, λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προειδοποίησης και κατάστασης ετοιμότητας. Η φάση της ετοιμότητας περιλαμβάνει και όλες εκείνες τις ενέργειες πληροφόρησης και ενημέρωσης των πολιτών για την ενδεχόμενη καταστροφή σε περιόδους ηρεμίας.



Σχήμα 2- 3: Κύκλος διαχείρισης του κινδύνου καταστροφής
(Σαπουντζάκη, 2016)

2.5 Εκκένωση

Ο όρος «εκκένωση» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις ενέργειες απομάκρυνσης του πληθυσμού από μια συγκεκριμένη περιοχή λόγω πραγματικής ή αναμενόμενης απειλής ή κινδύνου. Η χρονική περίοδος για το διάστημα της απομάκρυνσης είναι ελαστική, καθώς η διάρκεια της εκκένωσης μπορεί να διαφέρει, και μπορεί να συμβεί περισσότερες από μία φορές ή διαδοχικά σε περίπτωση, που υπάρξουν δευτερεύοντες κίνδυνοι, ή επανεμφάνιση, ή κλιμάκωση της αρχικής απειλής. Για παράδειγμα, ενώ στην περίπτωση των τυφώνων ο κύριος κίνδυνος είναι οι πλημμύρες, στην περίπτωση του άνεμου και των καταιγίδων, οι πλημμύρες των ποταμών αποτελούν δευτερεύουσες απειλές, και οι οποίες μπορεί να απαιτήσουν μια δεύτερη προσπάθεια εκκένωσης (Sorensen & Sorensen, 2007).

Σύμφωνα με τον Frieser (2004), η εκκένωση έκτακτης ανάγκης μια περιοχής αφορά την προσωρινή απομάκρυνση ατόμων που βρίσκονται σε κίνδυνο σε ένα ασφαλές μέρος εκτός της επικίνδυνης ζώνης. Η εκκένωση ξεκινά με την προειδοποίηση εκκένωσης που διαδίδεται από τις αρχές και πραγματοποιείται με οργανωμένο τρόπο.

Με βάση τους Kendra, Rozdilsky, & McEntire (2008), ως εκκένωση ορίζεται «η μετακίνηση ανθρώπων μακριά από πιθανούς ή πραγματικούς κινδύνους με σκοπό τη δημόσια ασφάλεια». Συγκεκριμένα, η μετακίνηση αυτή μπορεί να είναι οριζόντιας ή κάθετης φύσης, όπως μακριά από παράκτιες περιοχές ή μετακίνηση σε ψηλότερους ορόφους ενός κτηρίου αντίστοιχα, με σκοπό την αποφυγή της άμεσης ευπάθειας και της πιθανότητας τραυματισμού ή/και απώλειας. Η εκκένωση μπορεί να συμβεί κατά την αναμονή μιας φυσικής καταστροφής, όπως στην περίπτωση του τυφώνα ή της ανόδου των νερών πλημμύρας, ή όταν λάβει χώρα ένα επικίνδυνο γεγονός, όπως η πυρκαγιά. Επίσης, μπορεί να είναι μακροπρόθεσμη, βραχυπρόθεσμη ή σε ακραίες περιπτώσεις ακόμη και μόνιμη σε διάρκεια. Επιπλέον, στη διαχείριση της έκτακτης ανάγκης η λειτουργία της εκκένωσης συνδέεται στενά με την διαδικασία προειδοποίησης, με αποτέλεσμα οι μεθοδολογίες προειδοποίησης να παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της εκκένωσης. Πολλές φορές είναι δύσκολο για τα αρμόδια όργανα διαχείρισης της κατάστασης έκτακτης ανάγκης να αποφασίσουν, εάν οι άνθρωποι θα πρέπει να εκκενώσουν μια περιοχή, ή εάν θα ήταν καλύτερο για αυτούς να παραμείνουν στη θέση τους (Kendra, Rozdilsky, & McEntire, 2008).

Γενικά, η εκκένωση αποτελεί για μια σύνθετη διαδικασία, η οποία χωρίζεται σε πολλές διαδοχικές φάσεις. Αρχικά, με τον εντοπισμό του κινδύνου, οι υπεύθυνοι λήψης των αποφάσεων αξιολογούν την πιθανή απειλή για συγκεκριμένες περιοχές, και εκδίδουν εντολή εκκένωσης για αυτές. Η επιλογή της μερικής ή ολικής εκκένωσης, σε κοντινή ή μακρινή τοποθεσία, και εάν θα είναι προσωρινή ή μακροπρόθεσμη η διαδικασία εξαρτάται από τον τύπο της καταστροφής. Αφού οι κάτοικοι προειδοποιηθούν και ενημερωθούν για την εκκένωση, αποφασίζουν εάν θα απομακρυνθούν ή όχι ανάλογα με την αντίληψή τους για τον κίνδυνο, και μεταφέρονται μέσω ενός δικτύου μεταφορών σε καθορισμένες ασφαλείς περιοχές. Η εκκένωση θα εξαρτηθεί από την κατάσταση των υποδομών, τον διαθέσιμο στόλο οχημάτων, τη χωρητικότητά τους στους δρόμους και τις συνθήκες που επικρατούν κατά την φάση της εξέλιξης της καταστροφής (Campos, Bandeira, & Bandeira, 2012).

Κεφάλαιο 3 Οργανωμένη Απομάκρυνση Πολιτών και Θεσμικό Πλαίσιο Πολιτικής Προστασίας στην Ελλάδα

3.1 Ιστορική Τεκμηρίωση

Η Πολιτική Προστασία καθιερώθηκε θεσμικά στην Ελλάδα το 1995 με το ν. 2344/1995 (ΦΕΚ 212 Α΄) ως ο σχεδιασμός, η πρόληψη, η υλική και ψυχολογική προπαρασκευή και κινητοποίηση των δυνάμεων και μέσων της χώρας, με σκοπό την προστασία των πολιτών, τη διαφύλαξη του κάθε είδους αγαθών, υλικών και πλουτοπαραγωγικών πηγών, εγκαταστάσεων και μνημείων της χώρας, καθώς και την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στις περιπτώσεις αναγκών που προκαλούνται από φυσικές, τεχνολογικές, ή άλλες καταστροφές. Ωστόσο, η πρώτη προσπάθεια για οργάνωση, κινητοποίηση και προστασία των πολιτών σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης έγινε το 1968 με τον α.ν. 398/1968 (ΦΕΚ 102 Α΄).

Στον α.ν. 398/1968 (ΦΕΚ 102 Α΄), η Πολιτική Σχεδίαση Εκτάκτου Ανάγκης (Π.Σ.Ε.Α.) αφορούσε την οργάνωση, προετοιμασία και κινητοποίηση των Ένοπλων και Πολιτικών Δυνάμεων, με όργανο λήψης αποφάσεων το Ανώτατο Συμβούλιο Εθνικής Άμυνας (Α.Σ.Ε.Α.) και το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας ως συντονιστικό όργανο. Οι Νομαρχίες με την σύσταση τμημάτων Πολιτικής Προστασίας Σχεδιάσεως Έκτακτου Ανάγκης Έργων ήταν υπεύθυνες για την κατάρτιση και τήρηση τοπικών σχεδίων οργάνωσης, κινητοποίησης και δράσεων, καθώς και για την εφαρμογή των σχεδίων και μέτρων Π.Σ.Ε.Α..

Στον ν.δ. 857/1971 (ΦΕΚ 57 Α΄), ο οποίος αφορούσε την αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών σε καιρό ειρήνης, ορίστηκαν τα γεγονότα εκτάκτων αναγκών, έγινε η διάκριση της κλίμακας των συμφορών, και καθορίστηκαν τα στάδια αντιμετώπισης μιας συμφοράς, τα όργανα παροχής βοήθειας, οι αρμόδιοι για τον χαρακτηρισμό των συμφορών και οι τρόποι ενημέρωσης του κοινού.

Με το ν.δ. 17/1974 (ΦΕΚ 236 Α΄) καταργήθηκαν ο α.ν. 398/1968 και το ν.δ. 857/1971, και προς διασφάλιση της Εθνικής Άμυνας σε κατάσταση πολέμου και για την αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών σε περίοδο ειρήνης, καθορίζονται οι διαδικασίες Πολιτικής Σχεδιάσεως Εκτάκτου Αναγκών (Π.Σ.Ε.Α.). Το ν.δ 17/1974 σε σύγκριση με τον α.ν. 398/1968 ως Πολιτική Σχεδίαση Εκτάκτου Ανάγκης (Π.Σ.Ε.Α.) όριζε εκτός από την οργάνωση, την προετοιμασία και την κινητοποίηση των Πολιτικών Δυνάμεων σε περίπτωση πολέμου, και την αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών σε περίοδο ειρήνης. Επίσης, με το συγκεκριμένο νομοθετικό διάταγμα θεσμοθετείται η εκπαίδευση Πολιτικής Σχεδιάσεως Εκτάκτου Ανάγκης πολιτικού προσωπικού με την λειτουργία Σχολής Π.Σ.Ε.Α.

Το 1979 με τον ν. 998/1979 (ΦΕΚ 289 Α΄) καθορίστηκαν μεταξύ άλλων περί προστασία των δασών, οι διαδικασίες σχετικά με την αντιμετώπιση των πυρκαγιών, και η αντιπυρική περίοδος από τη 1η Μάϊου μέχρι την 31η Οκτωβρίου κάθε έτους. Επίσης, στο π.δ. 575/ 1980 (ΦΕΚ 157 Α΄) κηρύχθηκαν οι επικίνδυνες περιοχές της χώρας για την εκδήλωση πυρκαγιών.

Για την μετάβαση από την Πολιτική Άμυνα στην Πολιτική Προστασία του ν. 2344/1995 (ΦΕΚ 212 Α΄), εκτός από τις διεθνείς τάσεις της εποχής συνέβαλλαν και μια σειρά από καταστροφικά γεγονότα στη χώρα μας, όπως ο καταστροφικός σεισμός της Θεσσαλονίκης το 1978, των Αλκυονίδων το 1981 και της Καλαμάτας το 1986. Με αφορμή αυτά τα γεγονότα, εξελίχθηκε ένα ολοκληρωμένο σύστημα αντισεισμικής προστασίας, αφενός με την ίδρυση της Υπηρεσίας Αποκατάστασης Σεισμοπλήκτων Βορείου Ελλάδος (Υ.Α.Σ.Β.Ε.) το 1978, του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) το 1983 και της Ειδικής Μονάδας Αντιμετώπισης Καταστροφών (Ε.Μ.Α.Κ.) το 1987, και αφετέρου με την θέσπιση του Αντισεισμικού Κανονισμού το 1984, του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού (Γ.Ο.Κ.) και του Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης «Ξενοκράτης – Σεισμοί» το 1985 (Παναγόπουλος, 2022; Δανδουλάκη, 2011).

3.2 Το Ισχύον Θεσμικό Πλαίσιο Πολιτικής Προστασίας

3.2.1 Γενικά

Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο Πολιτικής Προστασίας στην Ελλάδα αναφέρεται σε όλες τις φάσεις μιας καταστροφής, και προβλέπει διαδικασίες εφαρμογής και σχεδιασμού δράσεων Πολιτικής Προστασίας. Με την αξιοποίηση της διεθνής εμπειρίας και την οργάνωση των άλλων κρατών, επιδιώχθηκε η θέσπιση ενός μηχανισμού, ο οποίος θα εξασφάλιζε ένα ενιαίο σχεδιασμό σε μόνιμη βάση, την προετοιμασία του κράτους σε κεντρικό και περιφερειακό επίπεδο, τη διασφάλιση του συντονισμού της δημόσιας διοίκησης κατά την αντιμετώπιση των εκτάκτων αναγκών, και την επίτευξη της κινητοποίησης στο μέγιστο βαθμό των ανθρώπινων δυνάμεων, των μηχανικών, τεχνικών και τεχνολογικών μέσων για την ελαχιστοποίηση των απωλειών (Παναγόπουλος, 2022).

Τα όργανα σχεδιασμού και εφαρμογής Πολιτικής Προστασίας διαχωρίζονται σε κεντρικά και αποκεντρωμένα. Στα πλαίσια της εφαρμογής του Καλλικράτη και της αλλαγής της διοικητικής δομής της χώρας, η αποκεντρωμένη διοίκηση συγκεντρώνει όλη την ευθύνη σχετικά με την ετοιμότητα, την πρόληψη, την αντιμετώπιση και την αποκατάσταση των καταστροφών στις περιοχές αρμοδιότητας της, και η Πολιτική Προστασία αποτελεί σε μεγαλύτερο βαθμό αρμοδιότητα της τοπικής αυτοδιοίκησης. Οι εθνικοί μηχανισμοί διαχείρισης κρίσεων με στόχο την άμεση απόκριση και παροχή βοήθειας, συμπεριλαμβάνουν ένα σύνολο τεχνικών και μη τεχνικών επεμβάσεων έκτακτης ανάγκης, όπως η παροχή πρώτων βοηθειών, η έρευνα και διάσωση εγκλωβισμένων, η επείγουσα περίθαλψη, η διάνοιξη του οδικού δικτύου, ο έλεγχος και η αποκατάσταση των υποδομών, η μετεγκατάσταση και επαναλειτουργία υπηρεσιών και άλλων λειτουργιών, κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, ο έλεγχος καταλληλότητας για

χρήση των κτηρίων και ο έλεγχος βλαβών κ.α.. Επιπλέον, στις δράσεις Πολιτικής Προστασίας περιλαμβάνεται και η οργανωμένη απομάκρυνση των πολιτών από τις περιοχές, στις οποίες εξελίσσεται ή έχει λάβει χώρα μια καταστροφή (Δανδουλάκη, 2011).

3.2.2 Νόμος 2344/1995 (ΦΕΚ 102 Α')

Στις 11 Οκτωβρίου το 1995 με το ν. 2344/1995 (ΦΕΚ Α') θεσμοθετείται η Πολιτική Προστασία προκειμένου να ληφθούν μέτρα σχεδιασμού και εφαρμογής, σε κεντρικό και περιφερειακό επίπεδο, για την αντιμετώπιση των φυσικών, τεχνολογικών ή άλλων καταστροφών με την χρησιμοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού και την αξιοποίηση των δημοσίων ή ιδιωτικών μέσων.

Στον ν. 2344/1995 (ΦΕΚ 102 Α') θεσπίζονται συνοπτικά τα εξής:

- Τα Όργανα Σχεδιασμού Πολιτικής Προστασίας και οι αρμοδιότητές τους, με τον διαχωρισμό τους σε Κεντρικά Όργανα και Περιφερειακά και Τοπικά Όργανα. Ως Κεντρικά Όργανα συνίσταται το Κυβερνητικό Συμβούλιο Πολιτικής Προστασίας, η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας και το Επιστημονικό Συμβούλιο Πολιτικής Προστασίας, και ως Περιφερειακά και Τοπικά Όργανα ορίζονται οι οργανικές μονάδες πολιτικής προστασίας των περιφερειακών και των νομαρχιακών αυτοδιοικήσεων.
- Τα όργανα εφαρμογής των μέτρων Πολιτικής Προστασίας, με τον ορισμό των αρμοδιοτήτων της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας, τον συντονισμό των μέτρων πολιτικής προστασίας, την σύσταση του Συντονιστικού Διευπουργικού Οργάνου και Νομαρχιακού Οργάνου.
- Η οργάνωση της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας.

Η σύσταση της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας στο Υπουργείο Εσωτερικών είχε ως σκοπό την εφαρμογή της κυβερνητικής πολιτικής σχετικά με τις δράσεις πολιτικής προστασίας, και τον συντονισμό των φορέων της δημόσιας διοίκησης σε κεντρικό και σε περιφερειακό – τοπικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, ο Γενικός Γραμματέας Πολιτικής Προστασίας συντονίζει την δράση των κρατικών υπηρεσιών στην περίπτωση γενικών καταστροφών, ο Γενικός Γραμματέας Περιφέρειας αποφασίζει την κινητοποίηση των κρατικών υπηρεσιών και την παροχή των αναγκών μέσων στις περιπτώσεις των τοπικών καταστροφών και ο οικείος Νομάρχης είναι υπεύθυνος για την κινητοποίηση των ανθρώπινων δυνάμεων και τη διάθεση των μέσων αντιμετώπισης στο τοπικό επίπεδο.

3.2.3 Νόμος 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α')

Με το ν. 2013/2002 (ΦΕΚ 102 Α'), αναβαθμίζεται ο θεσμός της Πολιτικής Προστασίας λαμβάνοντας υπόψη τις διοικητικές αλλαγές και την πρόοδο της τεχνολογίας, επαναπροσδιορίζοντας τον σκοπό της και καθιερώνοντας ένα Σύστημα Πολιτικής Προστασίας. Στόχος της Πολιτικής Προστασίας είναι η προστασία της ζωής, της υγείας και της περιουσίας των πολιτών από τις φυσικές, τεχνολογικές και λοιπές καταστροφές που προκαλούν καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης σε περίοδο ειρήνης. Στο πλαίσιο του νόμου αυτού προβλέπεται για την επίτευξη του σκοπού της Πολιτικής Προστασίας η εκπόνηση σχεδίων και προγραμμάτων πρόληψης ανά κατηγορία κινδύνου, αναλαμβάνονται δράσεις πρόληψης, αξιοποίησης του ανθρώπινου δυναμικού και η χρησιμοποίηση των δημόσιων και ιδιωτικών μέσων σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο.

Με τον συγκεκριμένο νόμο συμπεριλήφθηκαν νέες μορφές κινδύνου όπως τα βιολογικά, χημικά και πυρηνικά συμβάντα, ενώ ως καταστροφή ορίστηκε ως «*κάθε ταχείας ή βραδείας εξέλιξης φυσικό φαινόμενο ή τεχνολογικό συμβάν στο χερσαίο, θαλάσσιο και εναέριο χώρο, το οποίο προκαλεί εκτεταμένες δυσμενείς επιπτώσεις στον άνθρωπο, καθώς και σε ανθρωπογενές ή φυσικό περιβάλλον*». Επίσης, γίνεται κατηγοριοποίηση της καταστροφής ανάλογα με την έκταση και την έντασή της, διαφοροποιώντας την κινητοποίηση των οργάνων Πολιτικής Προστασίας και την δράση του δυναμικού και των μέσων Πολιτικής Προστασίας, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3- 1. Με τον ν. 4662/ 2020 (ΦΕΚ 27 Α') καταργούνται οι συγκεκριμένες έννοιες, και εισάγονται νέοι ορισμοί σχετικά με την διαχείριση των καταστροφών.

ΚΛΙΜΑΚΟΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ	Γενική καταστροφή	Καταστροφή που εκτείνεται σε περισσότερες από τρεις Περιφέρειες της χώρας.
	Περιφερειακή καταστροφή μεγάλης έντασης	Καταστροφή για την αντιμετώπιση της οποίας απαιτείται η διάθεση δυναμικού και μέσων πολιτικής προστασίας και από άλλες Περιφέρειες ή και από κεντρικές υπηρεσίες και φορείς
	Περιφερειακή καταστροφή μικρής έντασης	Καταστροφή για την αντιμετώπιση της οποίας αρκεί το δυναμικό και τα μέσα πολιτικής προστασίας της Περιφέρειας
	Τοπική καταστροφή μεγάλης έντασης	Καταστροφή για την αντιμετώπιση της οποίας απαιτείται η διάθεση δυναμικού και μέσων πολιτικής προστασίας και από άλλους Νομούς, Περιφέρειες ή και από κεντρικές υπηρεσίες και φορείς
	Τοπική καταστροφή μικρής έντασης	Καταστροφή για την αντιμετώπιση της οποίας αρκεί το δυναμικό και τα μέσα πολιτικής προστασίας σε επίπεδο νομού

Σχήμα 3- 1: Διάκριση των καταστροφών σύμφωνα με τον ν. 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α') (Δανδουλάκη, 2011)

Με τον ν. 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α'), θεσμοθετήθηκαν οι φάσεις προετοιμασίας των δυνάμεων Πολιτικής Προστασίας, της κινητοποίησης τους και της αντιμετώπισης των φαινομένων, και δόθηκε έμφαση στην ανάπτυξη του μηχανισμού προειδοποίησης και ευαισθητοποίησης των πολιτών, και του επικοινωνιακού σχεδιασμού. Επίσης, τέθηκαν οι βάσεις για τη δημιουργία ενός συστήματος εθελοντισμού Πολιτικής Προστασίας.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του Συστήματος Πολιτικής Προστασίας του ν. 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α'), όπως ισχύουν, καθώς μέρος του συγκεκριμένου νόμου καταργήθηκε με τον ν. 4662/ 2020 (ΦΕΚ 27 Α').

3.2.3.1 Το δυναμικό και τα μέσα Πολιτικής Προστασίας.

Στον συγκεκριμένο νόμο θεσπίζονται το δυναμικό και τα μέσα Πολιτικής Προστασίας, στα οποία περιλαμβάνονται τα εξής:

- Ειδικευμένα στελέχη Πολιτικής Προστασίας σε κεντρικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο.
- Το σύνολο των κρατικών υπηρεσιών και των υπηρεσιών των οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης.
- Οι οργανισμοί κοινής ωφέλειας, που σχετίζονται με ειδικές δράσεις Πολιτικής Προστασίας (Δ.Ε.Η., Ο.Τ.Ε., Δ.Ε.Π.Α., Ε.Υ.Δ.Α.Π.)
- Τα Σώματα Ασφαλείας (Πυροσβεστικό Σώμα, Λιμενικό Σώμα, Ελληνική Αστυνομία).
- Το Ε.Κ.Α.Β. και οι λοιπές υπηρεσίες υγείας.
- Οι Ένοπλες Δυνάμεις.
- Οι εθελοντικές οργανώσεις πολιτικής Προστασίας και οι εξειδικευμένοι εθελοντές.

Στην περίπτωση των γενικών καταστροφών, των περιφερειακών και τοπικών μεγάλης έντασης ή καταστροφών εξειδικευμένου χαρακτήρα με απόφαση του Γενικού Γραμματέα Πολιτικής Προστασίας ή του εξουσιοδοτημένου Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας εντάσσονται στο δυναμικό Πολιτικής Προστασίας, πολίτες με ειδικές γνώσεις, καθώς και φυσικά και νομικά πρόσωπα με τους αντίστοιχους χειριστές τους.

3.2.3.2 Τα όργανα σχεδιασμού και εφαρμογής της Πολιτικής Προστασίας

Με τον ν. 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α') γίνεται προσπάθεια μεταφοράς των αρμοδιοτήτων στην αποκεντρωμένη διοίκηση, η οποία σε συνεργασία με την κεντρική διοίκηση, συντονίζει και επιβλέπει το έργο της Πολιτικής Προστασίας. Ωστόσο, με την εφαρμογή του Προγράμματος Καλλικράτη του ν. 3852/2010 (ΦΕΚΑ 87 Α') και την μεταρρύθμιση της διοικητικής διαίρεσης της Ελλάδας, δημιουργήθηκαν νέα δεδομένα στην εφαρμογή της Πολιτικής Προστασίας.

Ενδεικτικά, παρουσιάζονται τα κεντρικά και αποκεντρωμένα όργανα σχεδιασμού και εφαρμογής της Πολιτικής Προστασίας, σύμφωνα με τον ν. 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α'), καθώς τροποποιήθηκαν με τον ν. 4662/ 2020 (ΦΕΚ 27 Α'):

Κεντρικά όργανα:

- Διϋπουργική Επιτροπή Εθνικού Σχεδιασμού Πολιτικής Προστασίας
- Κεντρικό Συντονιστικό Όργανο Πολιτικής Προστασίας
- Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας
- Επιστημονικό και Ερευνητικό Κέντρο Πολιτικής Προστασίας
- Γενικός Γραμματέας Πολιτικής Προστασίας

Αποκεντρωμένα όργανα:

- Οι Γενικοί Γραμματείς των Περιφερειών
- Οι Νομάρχες
- Οι Δήμαρχοι και οι Πρόεδροι Κοινοτήτων

3.2.3.3 Οργάνωση Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας

Με τον ν. 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α'), θεσπίζεται η Οργάνωση της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας, και προβλέπεται η διάρθρωση και το προσωπικό της. Κάθε κεντρική υπηρεσία υπουργείου και οργανισμός κοινής ωφέλειας είναι υποχρεωμένη για την σύσταση οργανικής μονάδας πολιτικής προστασίας με αρμοδιότητα θέματα πολιτικής προστασίας στους τομείς της αρμοδιότητάς τους. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα να συγκροτούνται μονάδες άμεσης επέμβασης και κλιμάκια ειδικών για την εκτίμηση και αντιμετώπιση των συνεπειών των καταστροφών, καθώς και την ενίσχυση του έργου των υφιστάμενων μονάδων ή κλιμακίων.

Σύμφωνα με το άρθρο 15 του ν. 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α'), ο οργανισμός της υπηρεσίας τη Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας καταρτίζεται με προεδρικό διάταγμα. Το 2007 εκδόθηκε το π.δ. 151/2007 (ΦΕΚ 107 Α'), στο οποίο ορίζεται η διάρθρωση, οι αρμοδιότητες και το προσωπικό της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας.

Το 2014 με το Ν.4249/2014 (ΦΕΚ 73Α') επιχειρήθηκε εκ νέου η μερική αναδιάρθρωση του συστήματος της Πολιτικής Προστασίας, με τροποποιήσεις στο Ν.3013/2002. Ωστόσο, η συγκεκριμένη νομοθεσία δεν εφαρμόστηκε κατά το μεγαλύτερο μέρος της, αφού ουδέποτε εκδόθηκαν οι απαιτούμενες εφαρμοστέες διατάξεις.

3.2.4 Νόμος 4662/2020 (ΦΕΚ 27 Α')

Μετά από μια σειρά καταστροφικών φαινομένων, το 2020 έγινε προσπάθεια για συνολική αναδιάρθρωση του θεσμικού πλαισίου σχετικά την Πολιτική Προστασία, η οποία οδήγησε στην έκδοση του ν. 4662/2020 (ΦΕΚ 27 Α') «*Εθνικός Μηχανισμός Διαχείρισης Κρίσεων και Αντιμετώπισης Κινδύνων, αναδιάρθρωση της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας, αναβάθμιση συστήματος εθελοντισμού πολιτικής προστασίας, αναδιοργάνωση του Πυροσβεστικού και άλλες διατάξεις*». Με τον εν λόγω νόμο έγινε η σύσταση του Εθνικού Μηχανισμού Διαχείρισης Κρίσεων και Αντιμετώπισης Κινδύνων, ο οποίος καλύπτει ολόκληρο τον κύκλο διαχείρισης καταστροφών και συνιστά το σύνολο των συνεργαζόμενων επιχειρησιακών και λειτουργικών και διοικητικών δομών της Πολιτικής Προστασίας.

3.2.5 Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας «Ξενοκράτης»

Το 1998 εκδόθηκε το σχέδιο «Ξενοκράτης» με την Υ.Α. 2025/1998 (ΦΕΚ 12 Α'), το οποίο είχε ως στόχο τη λήψη των ενδεδειγμένων προπαρασκευαστικών και προληπτικών μέτρων, την ταχεία κινητοποίηση και τη συντονισμένη χρήση των Δυνάμεων Πολιτικής Προστασίας της χώρας, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι καταστροφές που προκαλούνται από τις φυσικές, τεχνολογικές ή άλλες καταστροφές, και να χορηγηθεί κάθε δυνατή βοήθεια στον πληγέντα πληθυσμό.

Στο πλαίσιο του ν. 3013/2002 (ΦΕΚ 102 Α') περί «Αναβάθμισης της Πολιτικής Προστασίας και λοιπές διατάξεις», εγκρίνεται το Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας «ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ» με την Υ.Α. 1299/2003 (ΦΕΚ 423 Α'), το οποίο επιδιώκει τη διαμόρφωση ενός ενιαίου συστήματος αντιμετώπισης των εκτάκτων αναγκών με την παροχή οδηγιών και κατευθύνσεων για την κατάρτιση των σχεδίων Πολιτικής Προστασίας. Συνοπτικά περιλαμβάνει τα εξής:

- Τις κατηγορίες των καταστροφών, στις οποίες αναφέρεται ο σχεδιασμός.
- Το Σύστημα Κινητοποίησης Πολιτικής Προστασίας
- Τα επίπεδα διοίκησης και τους εμπλεκόμενους φορείς στο σχεδιασμό για κάθε κατηγορία καταστροφής.
- Την επιστημονική και επιχειρησιακή ορολογία της Πολιτικής Προστασίας με εξειδίκευση για κάθε κατηγορία καταστροφών.

Στο Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας «Ξενοκράτης» καθορίστηκαν οι φορείς, που είναι υπεύθυνοι για την κατάρτιση των σχεδίων πολιτικής προστασίας ανά κατηγορία κινδύνου (σεισμοί, δασικές πυρκαγιές, πλημμύρες κ.α.) και δόθηκαν οι απαιτήσεις για την σχεδίαση και οι οδηγίες για την κατάρτισή τους. Η κατάρτιση των σχεδίων Πολιτικής Προστασίας ξεκινάει από το κεντρικά όργανα σε γενικό επίπεδο, και ακολουθεί η κατάρτιση τους σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Σύμφωνα με ν. 4662/2020 (ΦΕΚ 27 Α'), η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας του Πολίτη καταρτίζει τα Γενικά Σχέδια, κάθε Περιφέρεια καταρτίζει το Περιφερειακό Σχέδιο, και κάθε Δήμος το Τοπικό Σχέδιο. Τα Περιφερειακά και Τοπικά Σχέδια εναρμονίζονται με τα Γενικά Σχέδια, και η εναρμόνιση τους γίνεται υπό τον συντονισμό της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας, η οποία εκδίδει οδηγίες σχεδίασης. Στον Πίνακα 3- 1 παρουσιάζεται η πορεία έκδοσης και αναθεώρησης των Γενικών Σχεδίων Πολιτικής Προστασίας, τα οποία είναι σε ισχύ.

Κεφάλαιο 3: Οργανωμένη Απομάκρυνση Πολιτών και Θεσμικό Πλαίσιο Πολιτικής Προστασίας στην Ελλάδα

Πίνακας 3- 1: Γενικά Σχέδια Πολιτικής Προστασίας (Παναγόπουλος, 2022)

Επωνυμία Σχεδίου	Έτος Έκδοσης	Έτος Αναθεώρησης
Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Τεχνολογικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης (Γενικό ΣΑΤΑΜΕ)	2009	2018 2020«ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ»
Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών Εξ Αιτίας Δασικών Πυρκαγιών	2010	2011 2013
Ειδικό Σχέδιο Διαχείρισης Ανθρώπινων απωλειών	2011	2017 2019
Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών και Άμεσης/Βραχείας Διαχείρισης των Συνεπειών από την Εκδήλωση Πλημμυρικών Φαινομένων	2019 «ΔΑΡΔΑΝΟΣ	
Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών και Άμεσης/Βραχείας Διαχείρισης των Συνεπειών από την Εκδήλωση Σεισμών	2020 «ΕΓΚΕΛΑΔΟΣ»	
Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών και Άμεσης/Βραχείας Διαχείρισης των Συνεπειών από την Εκδήλωση Ηφαιστειακής Δραστηριότητας στο Ηφαιστειακό Σύμπλεγμα Σαντορίνης	2020 «ΤΑΛΟΣ»	
Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών και Άμεσης/Βραχείας Διαχείρισης των Συνεπειών από την Εκδήλωση Χιονοπτώσεων και Παγετού	2020 «ΒΟΡΕΑΣ»	

3.2.6 Οργανωμένη Απομάκρυνση πολιτών

Στο άρθρο 6 του ν. 2013/2002 (ΦΕΚ 102 Α'), το οποίο τροποποιήθηκε αρχικά με το άρθρο 18 του ν. 3613/2007 (ΦΕΚ 263 Α') και στην συνέχεια αντικαταστάθηκε με το άρθρο 108 του ν. 4249/2014 (ΦΕΚ 73 Α'), προστίθεται στις αρμοδιότητες της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας η οργανωμένη απομάκρυνση των πολιτών, και για πρώτη φορά εισάγεται το πλαίσιο των διαδικασιών για σχεδιασμό εκκένωσης μίας περιοχής για λόγους προστασίας της ζωής ή της υγείας τους από μια εξελισσόμενη ή από επικείμενη καταστροφή.

Στο πλαίσιο της εφαρμογής του άρθρου 18 του ν. 3613/2007 (ΦΕΚ 263 Α'), εκδόθηκαν το 2008 και το 2011 κατευθυντήριες οδηγίες για την οργανωμένη προληπτική απομάκρυνση πολιτών από εξελισσόμενη ή επικείμενη καταστροφή εξαιτίας δασικών πυρκαγιών, και το 2015 σε εφαρμογή του άρθρου άρθρο 108 του ν. 4249/2014 (ΦΕΚ 73 Α'), επικαιροποιήθηκαν.

Στον ν. 4662/2020 (ΦΕΚ 27 Α'), η οργανωμένη προληπτική απομάκρυνση πολιτών (Evacuation) «περιλαμβάνει το σύνολο των ενεργειών για την προληπτική απομάκρυνση των πολιτών που βρίσκονται σε κίνδυνο εξαιτίας της παραμονής τους πλησίον περιοχής

που απειλείται από ένα καταστροφικό φαινόμενο που είναι σε εξέλιξη», και αποτελεί μέτρο προληπτικής προστασίας που λαμβάνει χώρα μετά από μία καταστροφή. Επίσης, στο συγκεκριμένο νομοθέτημα αποτελεί υποχρέωση η ένταξη ειδικών σχεδίων προληπτικής απομάκρυνσης των πολιτών στα Περιφερειακά και Τοπικά Σχέδια Πολιτικής Προστασίας των Περιφερειών και των Δήμων αντίστοιχα. Ειδικότερα, στα ανωτέρω σχέδια περιλαμβάνονται τα εξής:

- οι διαδικασίες για τη λήψη της απόφασης οργανωμένης απομάκρυνσης των πολιτών, από ένα εν εξελίξει ή επαπειλούμενο κίνδυνο ή απειλή,
- οι εναλλακτικές οδεύσεις ασφαλούς απομάκρυνσης από εξελισσόμενο κίνδυνο και μέτρα εξασφάλισής της, όπως την προσωρινή μονοδρόμηση οδών διπλής κατεύθυνσης,
- οι εναλλακτικοί τρόποι και δυνατότητες μεταφοράς των πολιτών, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης μέσων μαζικής μεταφοράς και ιδιωτικών μέσων,
- οι διαδικασίες για την ενημέρωση και την οργάνωση της απομάκρυνσης του κοινού, πριν και κατά τη διάρκειά της, συμπεριλαμβανομένων και των ατόμων με αναπηρία, χρόνιες παθήσεις ή κινητικές δυσκολίες ή,
- τον ορισμό των τοπικών σημείων συγκέντρωσης σε περίπτωση κινδύνου, των κατάλληλων χώρων υποδοχής, της προσωρινής καταφυγής, στέγασης και παροχής διοικητικής μέριμνας,
- τη μέριμνα για επαρκή αποθέματα ή γραμμή άμεσης τροφοδοσίας, προς κάλυψη των πρώτων αναγκών των πολιτών στα τοπικά σημεία συγκέντρωσης, σε είδη πρώτης ανάγκης, ρουχισμό και φάρμακα.

Με βάση τις συγκεκριμένες διατάξεις, η απόφαση για την οργανωμένη απομάκρυνση σχετίζεται με την έκταση και την ένταση της καταστροφής και λαμβάνεται από τα αρμόδια όργανα Πολιτικής Προστασίας ως εξής (Σχήμα 3- 2):

- Σε τοπικό επίπεδο, οι Δήμαρχοι και οι Προέδροι των Κοινοτήτων λαμβάνουν την απόφαση για την οργανωμένη απομάκρυνση των πολιτών, και έχουν την ευθύνη για τον συντονισμό του έργου της Πολιτικής Προστασίας και για την αντιμετώπιση της καταστροφής.
- Στην περίπτωση κατά την οποία μια καταστροφή λαμβάνει χώρα σε περισσότερους Δήμους ή Κοινότητες, η απόφαση λαμβάνεται από τον αρμόδιο Περιφερειάρχη, ο οποίος μπορεί να εξουσιοδοτήσει σχετικώς τον οικείο Αντιπεριφερειάρχη.
- Στην περίπτωση γενικής καταστροφής, η οποία εκτείνεται σε περισσότερες από τρεις περιφέρειες της χώρας, και στις περιπτώσεις περιφερειακών και τοπικών καταστροφών μεγάλης και μικρής έντασης, η ανωτέρω απόφαση λαμβάνεται από τον Γενικό Γραμματέα Πολιτικής Προστασίας ή από τον Γραμματέα της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης, κατόπιν σχετικής εξουσιοδότησης, και εκτελείται από τους αρμόδιους Περιφερειάρχες και Δημάρχους, και η οποία βασίζεται στις εισηγήσεις των φορέων που κατά περίπτωση έχουν την ευθύνη περιορισμού των επιπτώσεων από την εξέλιξη της καταστροφής.

Κεφάλαιο 3: Οργανωμένη Απομάκρυνση Πολιτών και Θεσμικό Πλαίσιο Πολιτικής Προστασίας στην Ελλάδα

ΟΡΓΑΝΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΟΜΑΔΙΚΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ		
ΦΟΡΕΙΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ	ΟΡΓΑΝΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ
Η Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου ή η Δ/νση Τεχνικών Υπηρεσιών της Π.Ε ή από κοινού κατόπιν σχεδιασμού (Τεχνικές επεμβάσεις άρσης επικινδυνότητας-διάνοιξη οδών, ετοιμόρροπα κτίσματα κ.ά) Ο εκάστοτε Επικεφαλής Αξιοματικό του Π.Σ σε περιπτώσεις εκτεταμένων πυρκαγιών σε αστικό χώρο, διαρροών φυσικού αερίου, κ.ά. Οι Τεχνικές Υπηρεσίες του Δήμου σε συνεργασία με τη Δ/νση Τεχνικών Υπηρεσιών της Π.Ε, όταν επίκειται κατ'ολοκληρωτικά φαινόμενα. Οι υπηρεσίες Υγειονομικού Ελέγχου, όταν προκύπτουν θέματα Δημόσιας Υγείας.	Δήμαρχος (εάν ο επικείμενος ή εξελισσόμενος κίνδυνος βρίσκεται στα όρια του Δήμου) με την υποστήριξη του ΣΤΟ Περιφερειάρχης (κατόπιν σχετικής εξουσιοδότησης στους Αντιπεριφερειάρχες) με την υποστήριξη του Σ.Ο.Π.Π Γενικό Γραμματέα Πολιτικής Προστασίας ή των ασκώντα καθήκοντα Γενικού Γραμματέα (μέχρι το διορισμό του Συντονιστή Αποκεντρωμένης Διοίκησης Ν.4325/2015 άρθρο 28). Για τις περιπτώσεις του άρθρου 2 παρ. 3 σε συνδυασμό με το άρθρο 8 παρ. 1 περιπτώσεις β', γ' και δ' του Ν. 3013/2002.	Δήμαρχος Περιφερειάρχης – Αντιπεριφερειάρχες Με την υποστήριξη άλλων φορέων (Π.Σ-ΕΛ.ΑΣ - Ε.Κ.Α.Β- Α.Σ.-ΚΕ.ΕΛ.Π.ΝΟ-ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ-ΥΠ. ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ / Μονάδα Διαχείρισης κρίσεων κ.ά.

Σχήμα 3- 2: Φορείς Εισήγησης και Όργανα λήψης και υλοποίησης των αποφάσεων Οργανωμένης Απομάκρυνσης Πληθυσμού σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα (Βούλγαρης, 2017)

Με την έκδοση του ν. 4662/2020 (ΦΕΚ 27 Α'), οι κατευθυντήριες οδηγίες για την οργανωμένη προληπτική απομάκρυνση πολιτών από εξελισσόμενη ή επικείμενη καταστροφή εξαιτίας δασικών πυρκαγιών, που εκδόθηκαν το 2015, επικαιροποιήθηκαν τον Απρίλιο του 2023, και συμπεριέλαβαν τη σύνταξη ειδικών σχεδίων για οργανωμένη προληπτική απομάκρυνση από τις Περιφέρειες και τους Δήμους.

Σύμφωνα με το ανωτέρω ισχύον θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα ο σχεδιασμός της οργανωμένης απομάκρυνσης του πληθυσμού λόγω εκτάκτων αναγκών αποτελεί μια περιπλοκή διαδικασία, η οποία πρέπει να περιγράφεται στα Περιφερειακά και Τοπικά Σχέδια Πολιτικής Προστασίας και περιλαμβάνει τα κάτωθι στάδια (Σχήμα 3- 3):

- Εκτίμηση της κατάστασης και εισήγηση από τον εκάστοτε Επικεφαλής Αξιοματικό του Πυροσβεστικού Σώματος, προς τον αρμόδιο Δήμαρχο.
- Άμεσος καθορισμός, από τον Δήμαρχο, του σημείου συγκέντρωσης και των επικεφαλής των φορέων που εμπλέκονται (ΕΛ.ΑΣ., Π.Σ., Ε.Κ.Α.Β., υπεύθυνος

Πολιτικής Προστασίας του Δήμου και Λ.Σ.-ΕΛ.ΑΚΤ. εφόσον συντρέχουν λόγοι).

- Λήψη και έκδοση απόφασης από τον αρμόδιο Δήμαρχο, σχετική με την εφαρμογή του μέτρου της ολικής προληπτικής οργανωμένης απομάκρυνσης πολιτών.
- Άμεση ενημέρωση πολιτών, εφόσον ληφθεί απόφαση για την απομάκρυνσή τους με Δημόσια ανακοίνωση της απόφασης από τον Δήμαρχο.
- Εκτέλεση/δρομολόγηση επιμέρους ενεργειών και δράσεων.
- Τερματισμός επιμέρους δράσεων και αποκλιμάκωση των εμπλεκόμενων φορέων, μετά από σχετική απόφαση του Δημάρχου.
- Καταγραφή και αποτίμηση έργου, από την οργανική μονάδα Πολιτικής Προστασίας του Δήμου.



Σχήμα 3- 3: Στάδια οργανωμένης απομάκρυνσης πληθυσμού σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο την Ελλάδα (Βούλγαρης, 2017)

Σύμφωνα με το επικαιροποιημένο Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών και Άμεσης/ Βραχείας Διαχείρισης των Συνεπειών από την Εκδήλωση Πλημμυρικών Φαινομένων «ΔΑΡΔΑΝΟΣ», το οποίο εκδόθηκε το 2022, πριν την εφαρμογή του σχεδίου δράσεις της οργανωμένης προληπτικής απομάκρυνσης των πολιτών, ο Δήμαρχος της πληγείσας περιοχής πρέπει να εκτιμήσει ή να εξασφαλίσει τα εξής:

- Τον αριθμό των ατόμων που πρέπει να απομακρυνθούν.
- Τον προσδιορισμό των μέσων μεταφοράς με βάση τον αριθμό των ατόμων που πρέπει να απομακρυνθούν και τη διαθεσιμότητά τους κατά το χρόνο που θα δοθεί η εντολή υλοποίησης της δράσης,

- Τον αρχικό χώρο συγκέντρωσης των πολιτών (σημεία συγκέντρωσης) για την εν συνεχεία οργανωμένη απομάκρυνσή τους, εφόσον χρειάζονται μεταφορά.
- Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την ειδοποίηση των πολιτών εντός των ορίων της περιοχής.
- Τη δυνατότητα ελέγχου και διαχείρισης της κυκλοφορίας, σε όλα τα εναλλακτικά δρομολόγια που έχουν προσδιοριστεί από την αρμόδια Αστυνομική Αρχή, ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν, λαμβάνοντας υπόψη και την εξέλιξη του καταστροφικού φαινομένου, όπως εκτιμάται από τον φορέα που κατά περίπτωση έχει την ευθύνη διαχείρισης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων της καταστροφής, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος κατά την απομάκρυνση των πολιτών. Αυτή η δυνατότητα αφορά δρομολόγια που θα χρησιμοποιηθούν τόσο από τα ίδια μέσα, τα οποία ενδέχεται να χρησιμοποιήσουν οι πολίτες κατά την απομάκρυνση τους μετά τη λήψη και τη δημοσιοποίηση της σχετικής απόφασης, όσο και από τα μέσα μαζικής μεταφοράς των πολιτών. Σε όλες τις περιπτώσεις τα δρομολόγια που θα επιλεγούν, σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να εμποδίζουν την κίνηση των οχημάτων έκτακτης ανάγκης (Π.Σ., ΕΛ.ΑΣ, Ε.Κ.Α.Β. κλπ).
- Τη διασφάλιση επικοινωνιών μεταξύ των αρμόδιων φορέων που εμπλέκονται στην υλοποίηση της δράσης.
- Την υποδοχή και φροντίδα των πολιτών που απομακρύνονται.
- Το χρονικό διάστημα που απαιτείται να απομακρυνθούν από την περιοχή μέχρι να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος για τον οποίο απομακρύνονται.
- Τη φροντίδα για την επιστροφή των πολιτών που απομακρύνθηκαν και διαμένουν μόνιμα ή προσωρινά στην περιοχή.

Κεφάλαιο 4 Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

4.1 Γενικά

Η διαχείριση των φυσικών καταστροφών ξεκινάει με την πρόβλεψη του κινδύνου, που μπορεί να προκύψει σε μια περιοχή, και στη συνέχεια λαμβάνονται οι αποφάσεις για μέτρα πρόληψης, ή για τον μετριασμό των συνεπειών τους. Μερικές φορές, η προτεινόμενη στρατηγική αντιμετώπισης τους αποτελεί η εκκένωση της περιοχής. Μόλις εκδοθεί η εντολή εκκένωσης, ο πιο σημαντικός στόχος είναι να απομακρυνθούν όλοι οι άνθρωποι από την περιοχή το συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα, με ελάχιστους θανάτους, τραυματισμούς και υλικές ζημιές (Campos, Bandeira, & Bandeira, 2012).

Η εκκένωση μπορεί να είναι υποχρεωτική, προτεινόμενη ή εθελοντική, καθώς επίσης και να διαφέρει ανάλογα με την κλίμακα της φυσικής καταστροφής, τα μέρη μετεγκατάστασης και το επίπεδο ελέγχου από τις αρχές. Ανάλογα με τον τύπο της καταστροφής, καθορίζεται το χρονοδιάγραμμα της εκκένωσης πριν ή κατά την εξέλιξη του συμβάντος. Επίσης, ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την εκκένωση είναι και οι πιθανές επιπτώσεις της φυσικής καταστροφής. Οι εποχικές καταστροφές, ακόμη κι αν είναι ξαφνικές, δημιουργούν λιγότερα προβλήματα από τις μη εποχικές καταστροφές, παρόλο που μπορεί να υπάρχουν σχέδια εκκένωσης για κάθε περίπτωση (Campos, Bandeira, & Bandeira, 2012).

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι σημαντικός ο σχεδιασμός της οργανωμένης απομάκρυνσης των πολιτών να δομηθεί γύρω από τα γνωστά πρότυπα συμπεριφοράς και αντίδρασης των ανθρώπων σε τέτοιες καταστάσεις. Πολύ συχνά, τα σχέδια έκτακτης ανάγκης που προκύπτουν διοικητικά αποδεικνύονται ότι βασίζονται σε λανθασμένες αντιλήψεις για το πώς αντιδρούν οι άνθρωποι. Επίσης, για να επιτευχθεί η εκκένωση μιας περιοχής, χωρίς απώλειες, θα πρέπει οι κάτοικοι της είτε να γνωρίζουν εκ των προτέρων το σχεδιασμό των διαδρομών εκκένωσης ή να ενημερωθούν για τις διαδρομές εκκένωσης τη στιγμή της προειδοποίησης. Επομένως, ο σχεδιασμός των διάδρομων εκκένωσης δεν θα έπρεπε να αποτελεί απλώς ένα πρόβλημα των συγκοινωνιολόγων, αλλά ως ένα πρόβλημα που προέρχεται από το κοινωνικό σύστημα και συγκεκριμένα από την συμπεριφορά των ανθρώπων σε έκτακτες καταστάσεις κινδύνου (Han & Franzese, 2000).

Για κάθε τύπο φυσικής ή ανθρωπογενούς καταστροφής υπάρχει, γενικά, ένας περιορισμένος αριθμός προστατευτικών ενεργειών που μπορούν να εφαρμοστούν, με την εκκένωση οχημάτων να είναι ίσως η πιο εφικτή εναλλακτική λύση στις περισσότερες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Γενικά, κατά τον σχεδιασμό της

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

εκκένωσης σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής (Han & Franzese, 2000):

- Ο συντονισμός των διαφόρων δικαιοδοσιών εντός της περιοχής.
- Η διαχείριση της κυκλοφορίας (π.χ. επιχειρήσεις αντίθετης ροής, εναλλακτικές διαδρομές εκκένωσης και στρατηγικές που βασίζονται στη διαχείριση χρόνου αναχώρησης πληθυσμού).
- Η χρήση των Ευφών Συστημάτων Μεταφορών (ITS).
- Σχέδια επανεισόδου (ανάκτηση)
- Θέματα κόστους.

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην ανάπτυξη μοντέλων σχεδιασμού για την οργανωμένη απομάκρυνση των πολιτών σε περίπτωση φυσικής καταστροφής, τα οποία λαμβάνουν υπόψιν τους, τους παράγοντες, που επηρεάζουν τις προστατευτικές ενέργειες εκκένωσης και ανταπόκρισης των ανθρώπων. Τα μοντέλα μεταφοράς σε πραγματικό χρόνο που έχουν αναπτυχθεί επιτρέπουν τους συγκοινωνιολόγους να κατευθύνουν καλύτερα τις διαδρομές εξόδου. Μολονότι η συμπεριφορά εκκένωσης έχει συνδεθεί στενά με την έκδοση προειδοποιήσεων από τα όργανα Πολιτικής Προστασίας, οι άνθρωποι συνηθίζουν να εκκενώνουν είτε αυθόρμητα, δηλαδή να εκκενώνουν χωρίς καμία επίσημη εντολή, είτε να αρνούνται να συμμορφωθούν με μια εντολή εκκένωσης. Επομένως, οι εκκενώσεις είθισται να λειτουργούν καλύτερα εάν μια κοινότητα σχεδιάζει, αναπτύσσει, οργανώνει, διατηρεί και εγκαθιστά ένα σύστημα προειδοποίησης. Τα συστήματα εκκένωσης δεν μπορούν να βασιστούν αμιγώς στα μοντέλα προσομοίωσης, καθώς περιλαμβάνουν ανθρώπινη επικοινωνία, διαχείριση και λήψη αποφάσεων (Sorensen & Sorensen, 2007).

Τα ποσοστά εκκένωσης ποικίλλουν ανάλογα με το γεγονός, ανάλογα με το χρονοδιάγραμμα, την αντίληψη της σοβαρότητας, τους περιορισμούς, την ευαισθησία και το κόστος. Με την κατάλληλη και σωστή προειδοποίηση, ποσοστά του απειλούμενου πληθυσμού που ανταποκρίνονται με εύλογο τρόπο είναι μεγαλύτερα. Ωστόσο, στις περισσότερες εκκενώσεις, δεν συμμετείχαν στην εκκένωση όλοι όσοι διέτρεχαν κίνδυνο. Οι λόγοι για τη μη συμμόρφωση περιλαμβάνουν τη μη πρόσβαση σε μεταφορικά μέσα, την κινητικότητα, την έλλειψη οικονομικής δυνατότητας εκκένωσης, την ανάγκη εργασίας, την ανάγκη παροχής φροντίδας και τη σκέψη ότι η τοποθεσία του ατόμου είναι ασφαλής. Τα ποσοστά εκκένωσης ποικίλλουν για διαφορετικά συμβάντα, για διαφορετικούς τύπους και επίπεδο κινδύνου (Sorensen & Sorensen, 2007).

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί η διαδικασία της εκκένωσης μιας περιοχής στην περίπτωση εκτάκτων αναγκών, δίνοντας έμφαση στο μεταβαλλόμενο κοινωνικό και τεχνολογικό πλαίσιο της εκκένωσης. Επίσης, θα εξετασθεί οι μελέτες και οι έρευνες, που διεξάγονται από τους ερευνητές των καταστροφών σχετικά με τα μοντέλα και τις τεχνικές εκκένωσης. Στη συνέχεια εξετάζονται τέσσερα κύρια ερευνητικά θέματα:

- Ανθρώπινη Συμπεριφορά σε Καταστάσεις Εκκένωσης λόγω Φυσικών Καταστροφών
- Διαδικασία και Σχεδιασμός Εκκένωσης μιας περιοχής

- Σχεδιασμός Διαδρομών Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών - Στρατηγικές Διαχείρισης Κυκλοφορίας και Μοντέλα Εκκένωσης

4.2 Ανθρώπινη Συμπεριφορά σε Καταστάσεις Εκκένωσης λόγω Φυσικών Καταστροφών

Ένας παράγοντας που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν κατά τον σχεδιασμό της οργανωμένης απομάκρυνσης των πολιτών κατά την εκδήλωση μιας φυσικής καταστροφής, είναι η συμπεριφορά των ανθρώπων και η αντίδραση τους σε έκτακτες καταστάσεις. Υπάρχουν τέσσερις τύποι εκκένωσης, με βάση τις κοινωνικές συμπεριφορές (Sorensen & Sorensen, 2007):

- **Η εκκένωση με πρόσκληση**, η οποία συμβαίνει όταν κάποιος, εκτός της περιοχής που κινδυνεύει, παρέχει τα μέσα ή την ώθηση να φύγει.
- **Η εκκένωση με απόφαση ή επιλογή**, η οποία περιλαμβάνει άτομα που επεξεργάζονται προειδοποιητικές πληροφορίες, αποφασίζουν να φύγουν και στη συνέχεια αναλαμβάνουν δράση.
- **Η εκκένωση από προεπιλογή (ή εξ ορισμού)**, η οποία περιλαμβάνει συμπεριφορά που υπαγορεύεται από ενέργειες διαφορετικές από την αναζήτηση ασφάλειας από τον κίνδυνο.
- **Η εκκένωση με συμβιβασμό**, η οποία χαρακτηρίζεται από άτομα που ακολουθούν εντολές ακόμα κι αν δεν θέλουν ή αισθάνονται απαραίτητο να φύγουν.

Συχνά, παρατηρείται οι κάτοικοι να αψηφούν τις επίσημες συστάσεις και εκκενώνουν ακόμη και όταν οι αρμόδιοι φορείς τους ειδοποιούν να παραμείνουν σε ένα ασφαλές μέρος ή ότι δεν χρειάζονται προστατευτικές ενέργειες. Επομένως, είναι σημαντικό να εξετάζεται κατά τον σχεδιασμό της εκκένωσης και να λαμβάνεται υπόψη η σχέση της προειδοποίησης με την απόκριση, δηλαδή θα πρέπει να εξετάζονται τα κάτωθι (Sorensen & Sorensen, 2007):

- Η υιοθέτηση κοινοτικών συστημάτων προειδοποίησης,
- Το χρονοδιάγραμμα λήψης και διάχυσης προειδοποίησης και
- Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις αποφάσεις των κατοίκων να ανταποκριθούν στην προειδοποίηση.

Γενικά, όταν η εκκένωση επιβάλλεται βίαια και ξαφνικά στους κατοίκους μιας περιοχής είναι αποτελεσματική, ενώ όταν είναι εκούσια χρειάζεται παροχή κινήτρων. Κατά τον σχεδιασμό μια ενδεχόμενης εκκένωσης πρέπει, τα σχέδια εκκένωσης να έχουν γνωστοποιηθεί πολύ πριν το γεγονός, έτσι ώστε οι πολίτες να έχουν την δυνατότητα να ενημερωθούν και να προετοιμαστούν. Στην πραγματικότητα, έχει παρατηρηθεί ότι ομάδες ατόμων, που εκκενώνουν ταυτόχρονα μια περιοχή, στην πορεία χωρίζονται σε μικρότερες ομάδες, και μεμονωμένα άτομα κάνουν απόπειρες επιστροφής. Συνήθως, ανασταλτικός παράγοντας κατά την εκκένωση αποτελεί η

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

ανησυχία για τα περιουσιακά στοιχεία και τις κατοικίες, που εγκαταλείπουν οι άνθρωποι, και γι' αυτό θα πρέπει η πολιτεία να εξασφαλίζει την αποζημίωση τους (Λέκκας, 2000). Επίσης, οι άνθρωποι είναι πιο πιθανό να εγκαταλείψουν μια περιοχή εάν έχουν βιώσει τέτοιου είδους καταστροφή στο παρελθόν, εάν οι γείτονές τους εκκενώσουν, εάν είναι μορφωμένοι και αν υπάρχουν παιδιά στο σπίτι. Οι πιο συνηθισμένοι λόγοι, που οι άνθρωποι δεν θα επιλέξουν να εκκενώσουν μια περιοχή, είναι οι εξής (Kendra, Rozdilsky, & McEntire, 2008):

- Υποβαθμίζουν τον κίνδυνο.
- Τα προειδοποιητικά μηνύματα είναι ασαφή.
- Ο φόβος της λεηλασίας των περιουσιών τους.
- Η ηλικία ή η αδυναμία των ηλικιωμένων να εκκενώσουν.
- Η ανάγκη για εργασία.
- Η έλλειψη οικονομικών πόρων.

Ανάλογα με το πώς αλλάζει το περιβάλλον μπορεί να ποικίλλει αισθητά η ικανότητα ενός ατόμου να ανταποκριθεί σε ένα σενάριο έκτακτης ανάγκης. Το Σχήμα 4- 1 απεικονίζει τη θεωρητική βάση των διαδικασιών εκκένωσης των ανθρώπων, που είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη προκειμένου να δημιουργηθούν αποτελεσματικά πρωτόκολλα εκκένωσης και μέτρα διακυβέρνησης (Bakar, Hashim, Aminuddin, Siti Aisha, & Majid, 2023).



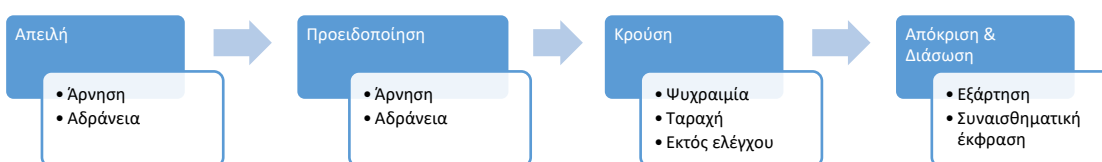
Σχήμα 4- 1: Η θεωρητική βάση των διαδικασιών εκκένωσης σύμφωνα με τις ανθρώπινες συμπεριφορές (Bakar, Hashim, Aminuddin, Siti Aisha, & Majid, 2023)

Το άγχος κατά την εκκένωση έχει μεγάλη αρνητική επίδραση στην προσαρμοστική συμπεριφορά, για παράδειγμα τα νευρωτικά άτομα είναι επιρρεπή στο άγχος, ενώ οι έξυπνοι και ανθεκτικοί άνθρωποι έχουν ισχυρή αντίσταση στο στρες. Η Ψυχολογία

Καταστροφών είναι ένας αρκετά νέος κλάδος της γενικής ψυχολογίας, και αφορά τις προβλέψεις της ανθρώπινης συμπεριφοράς πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από καταστροφές. Η εκκένωση μπορεί να θεωρηθεί ως μέρος μιας καταστροφής, και γενικά, η ανθρώπινη συμπεριφορά μπορεί να μελετηθεί κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων φάσεων ή σταδίων της καταστροφής, επικίνδυνων γεγονότων ή άλλων απειλητικών για τη ζωή γεγονότων. Από την άποψη της ψυχολογίας, το είδος μιας καταστροφής δεν φαίνεται να είναι τόσο σημαντικό αυτό καθαυτό, όσο η απειλή. Τρεις φάσεις της ανθρώπινης συμπεριφοράς μπορούν να διακριθούν κατά την διάρκεια μιας καταστροφής: πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τον αντίκτυπο της καταστροφής. Η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι συγκεκριμένη για κάθε φάση και διακρίνεται ως εξής (Vorst, 2010):

- Στο στάδιο πριν από την κρίση, οι άνθρωποι γνωρίζουν τον επερχόμενο αντίκτυπο, αλλά προσπαθούν να αγνοήσουν ή να αρνηθούν τα γεγονότα, μειώνοντας τα δυσάρεστα συναισθήματα κινδύνου και δείχνουν απαθή συμπεριφορά σε σχέση με τον πραγματικό κίνδυνο.
- Κατά τη διάρκεια της κρίσης, η επεξεργασία των πληροφοριών παρεμποδίζεται και μπερδεύεται, τα συναισθήματα είναι αναστατωμένα και εκτός ελέγχου, η συμπεριφορά είναι αντανακλαστική και μηχανική.
- Στο στάδιο μετά την κρούση, οι άνθρωποι γνωρίζουν τις ζημιές, που προκάλεσε η καταστροφή, αλλά προσπαθούν να καταστείλουν τα πραγματικά γεγονότα, εκφράζουν έντονα και παράλογα συναισθήματα και αναπτύσσουν συναισθηματικές διαταραχές.

Η συμπεριφορά των ανθρώπων είναι αξιοσημείωτα συνεπής σε διαφορετικούς τύπους καταστροφικών συνθηκών. Αυτό το δομικό μοτίβο χωρίζεται σε έναν αριθμό χρονικών φάσεων που δείχνουν πώς αλλάζουν οι συμπεριφορές με την πάροδο του χρόνου καθώς αναπτύσσονται οι συνθήκες έκτακτης ανάγκης, που συνοψίζονται στο Σχήμα 4- 2. Αυτές οι φάσεις κυμαίνονται πριν από την κρούση, όταν μια έκτακτη ανάγκη καθίσταται πιθανή, έως μετά την πρόσκρουση όταν η έκτακτη ανάγκη έχει περάσει. Η κύρια αξία αυτού του πλαισίου είναι ότι κάθε φάση συνοδεύεται από μια συγκεκριμένη συμπεριφορά, η οποία διαπιστώνεται ότι κυριαρχεί (Pel, Bliemer, & Hoogendoorn, 2011).



Σχήμα 4- 2: Φάσεις σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και οι πιο διαδεδομένες ανθρώπινες συμπεριφορές (Pel, Bliemer, & Hoogendoorn, 2011)

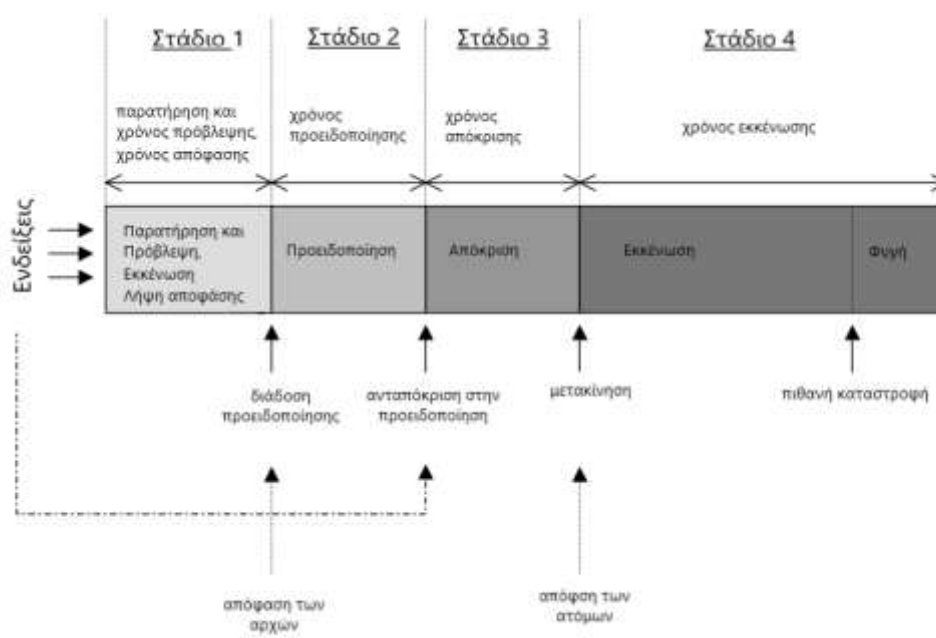
Σύμφωνα με το Σχήμα 4- 2, τα άτομα βιώνουν μια σειρά από διαδοχικές ψυχο – συμπεριφορικές αντιδράσεις, ξεκινώντας με την απόκτηση πληροφοριών, συνεχίζοντας με την αξιολόγηση της κατάστασης και, τέλος, με την εκτέλεση της δράσης. Εφόσον τα άτομα δεν μπορούν να αξιολογήσουν όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες, οι δύο πρώτες φάσεις πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. Οι πληροφορίες φιλτράρονται με βάση τη συνάφεια και την αξιοπιστία, και με βάση τον τρόπο με τον οποίο γίνεται αντιληπτή η τρέχουσα κατάσταση. Για παράδειγμα, όταν οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τον εαυτό τους ως ασφαλή, αλλά λαμβάνουν πληροφορίες για μια πιθανή απειλή, τότε η λογική ασυνέπεια σε αυτές τις πεποιθήσεις επιλύεται (αρχικά) απορρίπτοντας ή αγνοώντας αυτές τις προειδοποιητικές πληροφορίες. Και, όταν οι προειδοποιήσεις ακούγονται και γίνονται πιστευτές, τότε η εκκένωση είναι το τελικό αποτέλεσμα. Μόλις αναγνωριστεί ο κίνδυνος και οι άνθρωποι αρχίσουν να ανταποκρίνονται, η ικανότητά τους για επεξεργασία των πληροφοριών και για λήψη αποφάσεων ενδέχεται να μειωθεί λόγω των ψυχικά απαιτητικών συνθηκών, που σχετίζονται με το άγχος και την αντίληψη της πίεσης χρόνου. Οι άνθρωποι βασίζονται περισσότερο στα ένστικτα και την εμπειρία, χάνοντας τον χρόνο που απαιτείται για τη λήψη λογικών και μελετημένων αποφάσεων. Με άλλα λόγια, τείνουν να παραμείνουν ήρεμοι και μόνο όταν αντιληφθούν ότι είναι αναπόφευκτο εκφράζουν συμπεριφορά που μπορεί να θεωρηθεί παράλογη. Ωστόσο, μόλις αναλάβουν δράση στη φάση της κρούσης τρεις είναι οι πιθανές αντιδράσεις τους, ή να παραμείνουν ήρεμοι και λογικοί, ή να μείνουν ταραγμένοι από την κατάσταση και να αντιδράσουν με ημιαυτόματο τρόπο, ή να καταρρεύσουν διανοητικά και να αντιδράσουν ανεξέλεγκτα και ακατάλληλα. Έχει διαπιστωθεί ότι στις περισσότερες περιπτώσεις περίπου το 75% των ατόμων εκφράζει τον δεύτερο τύπο συμπεριφοράς, ενώ η συμπεριφορά του υπόλοιπου μεριδίου αντιστοιχεί ομοιόμορφα με τον πρώτο και τον τρίτο τύπο. Η παραπάνω προοπτική σχετικά με την ταξιδιωτική συμπεριφορά κατά την εκκένωση δείχνει ότι ένας αριθμός παραγόντων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των ταξιδιωτικών αποφάσεων των ατόμων. Εν ολίγοις, τα άτομα αντιδρούν ανάλογα με το πώς αντιλαμβάνονται τη μεταβαλλόμενη κατάσταση. Με αποτέλεσμα να ανταποκρίνονται τόσο στην εξέλιξη του κινδύνου στο χώρο και στο χρόνο, όσο και στις δυναμικές συνθήκες διαχείρισης της κυκλοφορίας, πιθανώς με κάποια καθυστέρηση. Αυτό εξηγεί την ανάγκη για την πληρέστερη ενημέρωση για τον σχεδιασμό εκκένωσης (Pel, Bliemer, & Hoogendoorn, 2011).

4.3 Διαδικασία και Σχεδιασμός Εκκένωσης μιας περιοχής

4.3.1 Η Διαδικασία της Εκκένωσης

4.3.1.1 Στάδια Εκκένωσης

Η διαδικασία της εκκένωσης μιας περιοχής κατά την εξέλιξη μιας φυσικής καταστροφής περιλαμβάνει διάφορα στάδια μέχρι την ολοκλήρωση της και την επιστροφή των κατοίκων στην πληγείσα περιοχή. Μεταξύ των σταδίων εκκένωσης περιλαμβάνονται οι χρόνοι εκκένωσης, οι οποίοι έχουν διαφορετική χρονική διάρκεια, η οποία εξαρτάται από ένα σύνολο διαφορετικών παραγόντων, όπως θα αναλυθεί και στην Ενότητα 4.3.1.3. Στο Σχήμα 4- 3 συνδέονται τα στάδια εκκένωσης με το χρονοδιάγραμμα.



Σχήμα 4- 3: Στάδια και χρονοδιάγραμμα εκκένωσης (Frieser, 2004).

Τα στάδια της διαδικασίας εκκένωσης είναι τέσσερα (4) και χωρίζονται ως εξής σύμφωνα με τον Frieser (2004), και όπως φαίνεται στο Σχήμα 4- 3:

- **1^ο Στάδιο - Παρατήρηση και Πρόβλεψη του κινδύνου και λήψη της απόφασης εκκένωσης**

Από τη στιγμή που εντοπίζονται σημάδια πιθανής καταστροφής, παρατηρείται η ανάπτυξη του κινδύνου (π.χ. κυκλώνας από δορυφόρους, εκροές υψηλών ποταμών από σταθμούς μέτρησης, δονήσεις για σεισμούς), και τα δεδομένα του κινδύνου, που λαμβάνονται, χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της εμφάνισης της καταστροφής. Σε περίπτωση που προβλεφθεί η εκδήλωση της καταστροφής, οι αρχές μπορούν να αποφασίσουν την εκκένωση, ώστε να αποτραπεί ή να μειωθεί ο αριθμός των θανάτων.

- **2^ο Στάδιο – Προειδοποίηση**

Τα άτομα που διατρέχουν κίνδυνο μπορούν να προειδοποιηθούν άμεσα από τον ίδιο τον κίνδυνο ή έμμεσα μέσω προειδοποιήσεων εκκένωσης, που διαδίδονται από τις αρχές.

- **3^ο Στάδιο – Απόκριση**

Η λήψη της προειδοποίησης εκκένωσης από τον πληθυσμό που βρίσκεται σε κίνδυνο ξεκινά στο 3^ο Στάδιο της διαδικασίας εκκένωσης. Ο επιδιωκόμενος στόχος μιας προειδοποίησης εκκένωσης είναι η απομάκρυνση των κατοίκων που κινδυνεύουν σε ασφαλές μέρος, ωστόσο αναλαμβάνονται και άλλες ενέργειες. Σε σύγκριση με το 1^ο Στάδιο, αντί για τις αρχές το άτομο είναι πλέον ο λήπτης των αποφάσεων.

- **4^ο Στάδιο – Εκκένωση**

Η επιδιωκόμενη μορφή αντίδρασης είναι η εκκένωση σε ασφαλές μέρος, πέρα από την περιοχή κινδύνου. Από τη στιγμή που η περιοχή έχει κηρυχθεί ασφαλής, είτε γιατί η καταστροφή δεν θα συμβεί, είτε μετά την λήξη της, οι άνθρωποι μπορούν να επιστρέψουν στα σπίτια τους.

Γενικά, η διαδικασία της εκκένωσης ξεκινά με τη λήψη των ενδείξεων πιθανής καταστροφής. Ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί αυτά τα σημάδια άμεσα (π.χ. οπτικά: άνοδος της στάθμης του νερού) ή έμμεσα μέσω συστημάτων ανίχνευσης (π.χ. δορυφόροι). Στη συνέχεια παρατηρείται η εξέλιξη του κινδύνου. Τα δεδομένα που συλλέγονται για τον κίνδυνο χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της εμφάνισής του, του μεγέθους, του χρόνου και της τοποθεσίας της πιθανής πρόσκρουσης. Ο χρόνος που απαιτείται για την πρόβλεψη εξαρτάται από τα διαθέσιμα συστήματα πρόβλεψης και τον τύπο του κινδύνου. Η δυνατότητα πρόβλεψης του συμβάντος και ο χρόνος πρόβλεψης εξαρτώνται από τον τύπο του κινδύνου και τα διαθέσιμα συστήματα πρόβλεψης. Για ορισμένες καταστροφές, δεν υπάρχουν συστήματα πρόβλεψης, καθώς πρώτον ο χρόνος μεταξύ των ενδείξεων και της πρόσκρουσης είναι πολύ μικρός, με αποτέλεσμα μια άμεση προειδοποίηση (π.χ. έκρηξη), και δεύτερον δεν είναι δυνατή η ακριβής πρόβλεψη με τη χρήση των δεδομένων κινδύνου. Ο χρόνος πρόβλεψης μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 0 δευτερολέπτων (π.χ. έκρηξη) και λίγων ημερών (π.χ. πλημμύρα ποταμού) (Frieser, 2004; Lindell, 2014).

Εάν η εκδήλωση της καταστροφής έχει προβλεφθεί και οι αρχές αποφασίσουν την απομάκρυνση του πληθυσμού, που βρίσκεται στην περιοχή κινδύνου, ακολουθεί η προειδοποίηση εκκένωσης για να ειδοποιηθεί ο πληθυσμός που κινδυνεύει. Οι προειδοποιήσεις είναι κρίσιμα στοιχεία για την έναρξη της εκκένωσης, αλλά οι αρμόδιοι φορείς διαχείρισης των έκτακτων αναγκών πρέπει να είναι σε θέση κάθε φορά να επιλέξουν τον καλύτερο τρόπο μετάδοσής τους. Μπορούν να εκδοθούν διάφοροι τύποι προειδοποιήσεων εκκένωσης (προτεινόμενες/ εθελοντικές ή υποχρεωτικές), ανάλογα με το διαθέσιμο χρόνο (χρονικό διάστημα μεταξύ της στιγμής της πρόβλεψης και της εκδήλωσης της καταστροφής), με το μέγεθος του κινδύνου και τον απαιτούμενο

χρόνο για μια εκκένωση (συνολικός χρόνος λήψης αποφάσεων εκκένωσης, προειδοποίησης, αντίδρασης και εκκένωσης). Όσο νωρίτερα διαδοθεί μια προειδοποίηση, τόσο περισσότερος χρόνος θα υπάρχει για εκκένωση. Ο χρόνος λήψης μιας απόφασης εκκένωσης έχει επίσης οικονομικές συνέπειες. Οι άνθρωποι μπορούν επίσης να λάβουν τα σημάδια της καταστροφής απευθείας (π.χ. οπτικά: καπνός, ηχητική: δυνατός κρότος έκρηξης), που οδηγεί σε άμεση προειδοποίηση (Frieser, 2004; Lindell, 2014).

Η απόκριση είναι η αντίδραση ενός ατόμου στην προειδοποίηση εκκένωσης. Σε σύγκριση με το 1^ο Στάδιο, το άτομο είναι εκείνο που λαμβάνει τις αποφάσεις. Οι εκκένωση του πληθυσμού άνθρωποι μπορούν να γίνει είτε σε ασφαλές μέρος εκτός της περιοχής κινδύνου, είτε εντός της περιοχής κινδύνου (καταφύγια) σύμφωνα με τις προβλεπόμενες ενέργειες. Συχνά, όμως παρατηρείται, οι πολίτες να προβαίνουν σε άλλες αθέλητες ενέργειες, όπως να αγνοούν την προειδοποίηση εκκένωσης και συνεχίζουν να εργάζονται. Γενικά, αρκετοί είναι οι παράγοντες, που επηρεάζουν την ατομική συμπεριφορά εκκένωσης και ιδιαίτερα την προσωπική αντίληψη του κινδύνου. Ο χρόνος απόκρισης ορίζεται ως το χρονικό διάστημα μεταξύ της προειδοποίησης και της ενέργειας που εκτελείται ένα άτομο, που βρίσκεται σε κίνδυνο. Η επιδιωκόμενη απόκριση σε μια προειδοποίηση εκκένωσης στην περίπτωση μιας φυσικής καταστροφής είναι η εκκένωση των ατόμων σε ένα ασφαλές μέρος εκτός της ζώνης κινδύνου. Εάν η καταστροφή βρίσκεται σε εξέλιξη, η εκκένωση γίνεται φυγή. Ο χρόνος που απαιτείται για μια εκκένωση, συμπεριλαμβανομένης πιθανώς της φυγής, αποτελεί τον χρόνο εκκένωσης (Frieser, 2004).

Το Σχήμα 4- 3 δίνει την προβλεπόμενη σειρά της διαδικασίας εκκένωσης. Ωστόσο, οι φάσεις «απόκριση» και «εκκένωση» μπορεί να επικαλύπτουν τις δύο πρώτες φάσεις. Άτομα που διατρέχουν κίνδυνο, που δεν αισθάνονται ασφαλή, ενδέχεται να λάβουν μέτρα πριν από τη διάδοση προειδοποίησης εκκένωσης (Frieser, 2004).

4.3.1.2 Τύποι Εκκένωσης

Συνδέοντας τις δύο διαστάσεις των εκκενώσεων, τον χρόνο και την περίοδο εκκένωσης, διακρίνονται τέσσερις τύποι εκκενώσεων (Sorensen & Sorensen, 2007; Λέκκας, 2000):

- Η **προληπτική**, η οποία πρόκειται για βραχυπρόθεσμη εκκένωση που πραγματοποιείται πριν το γεγονός,
- Η **προστατευτική**, η οποία πρόκειται για μακροπρόθεσμη εκκένωση που πραγματοποιείται πριν το γεγονός,
- Η **σωστική**, η οποία πρόκειται για βραχυπρόθεσμη εκκένωση που πραγματοποιείται μετά το γεγονός,
- Η **ανακατασκευής**, η οποία πρόκειται για μακροπρόθεσμη εκκένωση που πραγματοποιείται μετά το γεγονός.

4.3.1.3 Χρονοδιάγραμμα διαδικασίας εκκένωσης

Οι ερευνητές έχουν μοντελοποιήσει το χρονοδιάγραμμα της διάδοσης της προειδοποίησης για την εκκένωση μιας περιοχής, και για διαφορετικές τεχνολογίες προειδοποίησης. Συχνά ο χρόνος προειδοποίησης αναλύεται σε χρόνο απόφασης, δηλαδή ο χρόνος για τους αξιωματούχους να λάβουν απόφαση να εκδώσουν προειδοποίηση, και τον χρόνο διάδοσης, δηλαδή ο χρόνος που χρειάζεται για να φτάσει το μήνυμα στο κοινό. Μόλις δοθεί η προειδοποίηση, διαμορφώνεται ένας χρόνος κινητοποίησης ή χρόνος προετοιμασίας, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για την προετοιμασία για την εφαρμογή της προστατευτικής δράσης. Ο χρόνος υλοποίησης ορίζεται από την στιγμή που θα ξεκινήσει η προστατευτική εκκένωση. Οι χρόνοι κινητοποίησης είναι εξαιρετικά μεταβλητοί και φαίνεται να εξαρτώνται από τον χρόνο αντίδρασης και το επίπεδο επείγουσας ανάγκης για ανταπόκριση (Sorensen & Sorensen, 2007). Έτσι, ο συνολικός χρόνος εκκένωσης μπορεί να κυμαίνεται από ώρες έως εβδομάδες ή και μήνες ανάλογα με την κλίμακα της καταστροφής (Campos, Bandeira, & Bandeira, 2012). Γενικά, οι χρονικές συνιστώσες μιας εκκένωσης μπορούν να συνοψιστούν ως εξής (Λέκκας, 2000):

- Ο **χρόνος απόφασης**, ο οποίος αφορά τον χρόνο μεταξύ της αναγνώρισης του γεγονότος – απειλή, και της απόφασης για εκκένωση της περιοχής από την αρμόδια αρχή.
- Ο **χρόνος γνωστοποίησης**, ο οποίος αφορά τον απαραίτητο χρόνο για την πληροφόρηση και την παροχή οδηγιών εκκένωσης στους πολίτες.
- Ο **χρόνος προετοιμασίας**, ο οποίος αφορά τον απαιτούμενο χρόνο για να προετοιμαστούν οι πολίτες πριν ξεκινήσει η εκκένωση.
- Ο **χρόνος απόκρισης**, ο οποίος αφορά τον χρόνο μεταξύ της αναχώρησης και της άφιξης στην περιοχή ασφαλείας, που έχει καθαριστεί, εκτός της επικίνδυνης ζώνης.
- Η **επιστροφή**, η οποία θα πρέπει να οργανωθεί με το πέρας της κατάστασης εκτάκτου ανάγκης.

4.3.2 Ο Σχεδιασμός της Εκκένωσης

Το σχέδιο εκκένωσης έχει ως στόχο να οργανώσει τις απαιτούμενες ενέργειες για την εκκένωση μιας περιοχής και να συμβάλλει στην ασφαλή και αποτελεσματική μετεγκατάσταση του πληθυσμού σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Για τον σωστό σχεδιασμό εκκένωσης θα πρέπει να διερευνηθούν οι καλύτερες διαδρομές, δηλαδή οι διαδρομές που απαιτούν τον ελάχιστο χρόνο μετακίνησης των οδηγών σε μια ασφαλή περιοχή (Campos, Bandeira, & Bandeira, 2012). Συγκεκριμένα, ένα σχέδιο εκκένωσης πρέπει να περιλαμβάνει τις παρακάτω τέσσερις φάσεις (Κανάκα & Καρυπίδης, 2020):

- τον προ- προγραμματισμό του σχεδίου εκκένωσης,
- την προειδοποίηση των πολιτών με την αύξηση των μέτρων ασφαλείας
- τον περιορισμό των λειτουργιών της κοινωνίας και τις οδηγίες προς του πολίτες για μετεγκατάσταση, και τέλος
- την εκκένωση

Κατά τον σχεδιασμό της εκκένωσης μιας περιοχής το πρώτο βήμα είναι η δημιουργία συνεχών επαφών μεταξύ όλων των αρμόδιων φορέων που θα εμπλακούν στην εφαρμογή μιας εκκένωσης και στη διαχείριση μιας έκτακτης ανάγκης (Lindell, Kang, & Prater, 2011). Τα σχέδια εκκένωσης θα πρέπει να ελέγχονται ετήσιος και το προσωπικό των αρμόδιων φορέων, που εμπλέκονται στην εκκένωση να εκπαιδεύεται, ώστε να κατανοεί τους ρόλους του, καθώς και να γίνονται ασκήσεις πεδίου για τη δοκιμή του σχεδίων εκκένωσης σε διαφορετικά σενάρια έκτακτης ανάγκης για να εντοπιστούν και να διορθωθούν τα τυχόν προβλήματα κατά την εφαρμογή τους. Συγκεκριμένα, η ανάλυση εκκένωσης είναι ένα στοιχείο της ανάλυσης της Πολιτικής Προστασίας, η οποία με τη σειρά της είναι ένα στοιχείο της ανάλυσης της ετοιμότητας της τοπικής κοινότητας, και η οποία μπορεί να αναλυθεί σε τέσσερα βήματα (Lindell, 2014):

1. εντοπισμός των περιοχών/τομέων κινδύνου,
2. προσδιορισμός των διαδρομών εκκένωσης και αξιολόγηση της χωρητικότητάς των οδών, που θα επιλεγούν για εκκένωση,
3. πρόβλεψη της ζήτησης κατά την φάση της εκκένωσης και
4. μοντελοποίηση της συμπεριφοράς της κυκλοφορίας.

Οι ζώνες κινδύνου είναι περιοχές που ορίζονται ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου στον οποίο υπόκειται ο πληθυσμός, δηλαδή είναι περιοχές ομοιογενούς κινδύνου στις οποίες όλοι οι κάτοικοι λαμβάνουν την ίδια προειδοποίηση για να προβούν στην ανάλογη προστατευτική δράση (Litman, 2006). Μια περιοχή κινδύνου είναι, όπως υποδηλώνει το όνομα, οι γεωγραφικές περιοχές που κινδυνεύουν από έναν δεδομένο κίνδυνο. Για ορισμένους κινδύνους, χρησιμοποιούνται ισοδύναμοι όροι, όπως ειδικές περιοχές κινδύνου πλημμύρας (πλημμύρες). Για τους περισσότερους υδρομετεωρολογικούς και γεωλογικούς κινδύνους, εξειδικευμένες υπηρεσίες διενεργούν αναλύσεις κινδύνου και παρέχουν χάρτες περιοχών κινδύνου, για τις περιπτώσεις τυφώνων, κατολισθήσεων και τσουνάμι (Lindell, 2014). Για παράδειγμα, οι πλημμύρες λόγω της καταιγίδας είναι συνήθως ο μεγαλύτερος κίνδυνος για τον πληθυσμό κατά τη διάρκεια και μετά από την εκδήλωση ενός τυφώνα. Αυτό είναι προφανές, καθώς οι περισσότεροι θάνατοι για αυτό το είδος καταστροφής αποδίδονται σε πνιγμό. Ως εκ τούτου, οι ζώνες κινδύνου προσδιορίζεται με μοντέλα που προβλέπουν τις πλημμυρισμένες περιοχές με βάση την ταχύτητα, την ένταση, τη δυνητική βροχόπτωση και την προβλεπόμενη τοποθεσία (Bodoque, et al., 2016).

Κατά την εκδήλωση μιας φυσικής καταστροφής δεν είναι δυνατόν όλα τα μέρη μιας μεγάλης περιοχής κινδύνου να συμβουλευούνται και να λαμβάνουν την ίδια προστατευτική δράση. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την εφαρμογή τέτοιων προστατευτικών ενεργειών είναι ο προσδιορισμός Ζωνών Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης, οι οποίες αφορούν περιοχές σχετικά ομοιογενούς κινδύνου και για τις οποίες όλοι οι κάτοικοι λάβουν την ίδια προστατευτική δράση. Δεδομένου ότι αυτές οι ζώνες θα πρέπει να είναι εύκολα αναγνωρίσιμες από τους πολίτες, οι υπεύθυνοι σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης συνηθίζουν να ορίζουν τις περιοχές αυτές βάση του ταχυδρομικού κώδικα. Ο σαφής ορισμός των περιοχών αυτών είναι σημαντικός επειδή πολλοί

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

άνθρωποι δυσκολεύονται να προσδιορίσουν τη θέση τους στους χάρτες των περιοχών κινδύνου. Ο καθορισμός των περιοχών αυτών με ταχυδρομικούς κώδικες μπορεί να λειτουργήσει καλά σε αστικές περιοχές, αλλά είναι πιθανό να είναι προβληματικός σε αγροτικές περιοχές, επειδή ένας μόνο ταχυδρομικός κώδικας μπορεί να καλύψει μια πολύ μεγάλη περιοχή με ετερογενή επίπεδα κινδύνου. Σε τέτοιες περιπτώσεις, τα όρια των Ζωνών Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης μπορούν να καθοριστούν από γνωστά πολιτικά όρια (γραμμές πόλεων), γεωγραφικά χαρακτηριστικά (ποτάμια) και κύριους δρόμους. Ο προσδιορισμός των γεωγραφικών χαρακτηριστικών, όπως τα βουνά, οι χερσόνησοι, τα νησιά και τα ποτάμια, είναι ιδιαίτερα σημαντικός επειδή αυτά μπορούν να χρησιμεύσουν ως εμπόδια εκκένωσης περιορίζοντας τον αριθμό, τις κατευθύνσεις και τις δυνατότητες των διαδρομών εκκένωσης (Lindell, 2014).

Σε επίπεδο σχεδιασμού, τα μοντέλα σταδιακής εκκένωσης μιας περιοχής προϋποθέτουν τον προσδιορισμό μιας οριοθετημένης Ζώνης Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης για τον προσδιορισμό της ζήτησης εκκένωσης. Γενικά, μια Ζώνη Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης περιέχει τοποθεσίες, που κινδυνεύουν από τις επιπτώσεις μιας συγκεκριμένης φυσικής καταστροφής και πρέπει να εκκενωθούν, καθώς οι πολίτες είναι ευάλωτοι σε αυτές. Ως κοινή πρακτική στον σχεδιασμό εκκένωσης μιας πληγείσας περιοχής βασισμένη σε απλές αρχές, αποτελεί ο εκ των προτέρων προσδιορισμός της Ζώνης Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης (Li, et al., 2019). Οι Han & Franzese (2000) διαχωρίζουν τη Ζώνη Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης σε Ζώνη Άμεσης Απόκρισης, Ζώνη Προστατευτικής Δράσης και Ζώνη Προφύλαξης. Σύμφωνα με τους Hsu & Peeta (2014) τα όρια της Ζώνης Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης καθορίζονται κυρίως από την ανάλυση του εύρους των επικείμενων επιπτώσεων της καταστροφής, δηλαδή με άλλα λόγια ο προσδιορισμός της περιοχής εκκένωσης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της καταστροφής. Οι Li et al. (2019) παρουσιάζουν μια λειτουργική προσέγγιση ζωνών για σταδιακές εκκενώσεις προσαρμοσμένες σε καταστροφές με χωροχρονική τυχαιότητα.

Ο Λέκκας (2000) παρουσιάζει τις φάσεις που οργανώνεται η εκκένωση στην περίπτωση του κινδύνου ηφαιστειακής έκρηξης, οι οποίες είναι τέσσερις και διαρθρώνονται ως εξής:

- **1^η Φάση:** τα φυσικά σημάδια από την ηφαιστειακή δραστηριότητα, τα οποία προειδοποιούν για αναμενόμενη έκρηξη, ενεργοποιούν τις αρχές, και ταυτόχρονα ξεκινάει η προετοιμασία των κέντρων υποδοχής, των καταφυγίων και η απαγόρευση στη ζώνη κινδύνου.
- **2^η Φάση:** με τα πρώτα στάδια της έκρηξης απαιτείται η εκκένωση από τη ζώνη κινδύνου, ή αλλιώς ζώνη υψηλού κινδύνου.
- **3^η Φάση:** πρόκειται για τη φάση της έκρηξης και υπάρχει πιθανότητα να διαρκέσει και για μήνες. Η ζώνη κινδύνου και όλες οι περιοχές, που έχουν κριθεί ως επικίνδυνες εκκενώνονται, και απαγορεύεται αυστηρά η είσοδος σε αυτές τις ζώνες.
- **4^η Φάση:** μειώνεται η ηφαιστειακή δραστηριότητα και τελικά σταματά. Στους κατοίκους επιτρέπεται να επιστρέψουν πρώτα στη ζώνη του πιθανού κινδύνου,

στη συνέχεια στη ζώνη υψηλού κινδύνου και τέλος στις περιοχές με κίνδυνο για λασπορροές, οι οποίες υφίστανται λόγω του κινδύνου για δευτερογενείς καταστροφές.

4.4 Σχεδιασμός Διαδρομών Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών - Στρατηγικές Διαχείρισης Κυκλοφορίας και Μοντέλα Εκκένωσης

4.4.1 Στρατηγικές διαχείρισης της κυκλοφορίας και των μεταφορών

Κατά την ανάπτυξη σχεδίων αντιμετώπισης των φυσικών καταστροφών απαιτείται και η ύπαρξη σχεδίου για την οργανωμένη απομάκρυνση του πληθυσμού της περιοχής, στην οποία αναπτύσσεται το φαινόμενο. Για αυτόν το σκοπό είναι σημαντικό να κατανοηθεί ο τρόπος με τον οποίο θα επηρεαστεί η κυκλοφορία, ειδικά σε μια πυκνά κατοικημένη περιοχή (Βούλγαρης, 2017).

Τα μοντέλα και οι τεχνικές για την προσομοίωση της εκκένωσης των ανθρώπων στην περίπτωση των καταστροφών αναπτύχθηκαν με κύριο στόχο τον εντοπισμό των προβλημάτων, που ενδέχεται να προκύψουν κατά την εκκένωση. Αυτά τα προβλήματα μπορεί να είναι η συμφόρηση των οχημάτων και τα ατυχήματα, τα οποία θα συμβάλλουν στην αύξηση του χρόνου εκκένωσης και του αριθμού των τραυματισμών. Ωστόσο, οι συμβατικές μέθοδοι για τον καθορισμό των διαδρομών εκκένωσης βασίζονται κυρίως στην γεωγραφική εγγύτητα και αναζητούν τον συντομότερο χρόνο ταξιδιού. Τέτοιες τεχνικές δεν εγγυώνται ότι η χωρητικότητα των διαδρομών θα ικανοποιήσει την αυξημένη ζήτηση για μεταφορά κατά τη διάρκεια της εκκένωσης, ούτε ότι οι διαδρομές που θα προκύψουν δεν θα παρουσιάζουν συμπίπτοντα σημεία διασταύρωσης, τα οποία θα μπορούσαν να αποτελέσουν ενδεχόμενα σημεία συμφόρησης επιρρεπή σε πιθανά ατυχήματα (Campos, Bandeira, & Bandeira, 2012).

Ο όρος «συμβάντα» στη διαχείριση της κυκλοφορίας στους αυτοκινητοδρόμους αντικατοπτρίζει οποιαδήποτε διαταραχή των υφιστάμενων προτύπων κυκλοφορίας και μπορεί να αφορά μικρής κλίμακας (π.χ. οδηγός που αλλάζει λάστιχο), αλλά και μεγάλης κλίμακας, όπως φυσικές καταστροφικές (π.χ. εκκενώσεις μετά από σεισμούς, πλημμύρες, πυρκαγιές). Όποιο κι αν είναι το μέγεθος και η κλίμακα ενός συμβάντος, οι κύριοι στόχοι της διαχείρισης τους είναι η διατήρηση της κυκλοφορίας σε κίνηση και ο καθαρισμός του δρομολογίου για την αποκατάσταση των κανονικών συνθηκών έγκαιρα. Κατά την εξέλιξη των συμβάντων μεγάλης κλίμακας, ωστόσο, υπάρχει ένας τρίτος στόχος, να οδηγηθεί ο πληθυσμός σε μια ασφαλή περιοχή. Για την επίτευξη αυτού του τρίτου στόχου, το σχέδιο εκκένωσης έκτακτης ανάγκης είναι μια από τις πιο βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως απάντηση στην αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών, όπως οι τυφόνες, οι σεισμοί, οι δασικές πυρκαγιές και οι ηφαιστειακές εκρήξεις, ή ανθρωπογενών καταστροφών (Han & Franzese, 2000).

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

Αρκετές έρευνες έχουν ασχοληθεί σχετικά με την εκκένωση του πληθυσμού μιας περιοχής στην περίπτωση έκτακτων καταστάσεων που προκαλούνται από φυσικές καταστροφές, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πλημυρών και τυφώνων. Έτσι, έχουν αναπτυχθεί σύστημα προσομοίωσης της κυκλοφορίας κατά την εκκένωση μιας περιοχής σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης, με στόχο την ανάπτυξη και αξιολόγηση των σχεδίων εκκένωσης. Για την έγκαιρη αντιμετώπιση των έκτακτων καταστάσεων, οι αρμόδιοι φορείς οφείλουν να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα, ώστε να υπάρξει έγκαιρη αντιμετώπιση του συμβάντος. Ένα από αυτά τα μέτρα είναι η εγκατάσταση Ευφώνων Συστημάτων Μεταφορών, τα οποία θα ελέγχουν την κυκλοφορία μιας περιοχής και θα συλλέγουν κυκλοφοριακά δεδομένα για τον σχεδιασμό των σχεδίων εκκένωσης, θα ενημερώνουν το κοινό μέσω των συστημάτων μεταβλητών μηνυμάτων και θα ενημερώνουν τους αρμόδιους φορείς για την κυκλοφορία σε πραγματικό χρόνο, έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνουν άμεσα και αποτελεσματικά αποφάσεις (Τζεβελέκης, 2009).

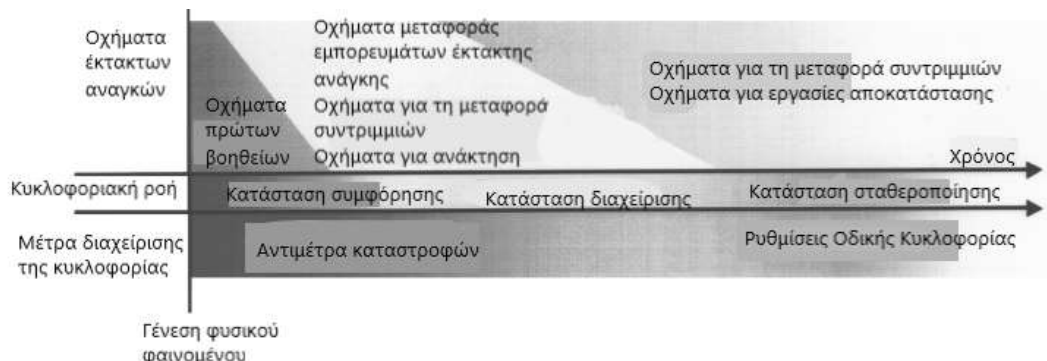
Συγκεκριμένα, τα προβλήματα, που εμφανίζονται κατά τη διαχείριση της κυκλοφορίας μετά από την εκδήλωση μιας φυσικής καταστροφής, μπορεί να είναι (Minhans, 2010):

- (i) προβλήματα κυκλοφορίας λόγω των επιπτώσεων της καταστροφής στην προσφορά και τη ζήτηση κυκλοφορίας των μεταφορών.
- (ii) προβλήματα σχετικά με την αποκατάσταση των κυκλοφοριακών συνθηκών στη περιοχή που επλήγη από την καταστροφή, και
- (iii) προβλήματα με το άνοιγμα της κυκλοφορίας.

Έτσι, για να είναι μια στρατηγική διαχείρισης κυκλοφορίας σε καταστάσεις εκκένωσης πετυχημένη, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τα παραπάνω προβλήματα κατά τη διαχείριση της κυκλοφορίας (Minhans, 2010).

Οι στρατηγικές για τη ρύθμιση της κυκλοφορίας ποικίλλουν ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες και είναι σημαντικό να κατανοηθεί η δυναμική συμπεριφορά της κυκλοφορίας συνολικά σε ένα ολόκληρο οδικό δίκτυο και όχι μόνο σε συγκεκριμένες περιοχές. Λόγω της σημασίας των δραστηριοτήτων διάσωσης και αποκατάστασης των ζημιών κατά την περίοδο αμέσως μετά την καταστροφή, θα πρέπει τα οχήματα έκτακτης ανάγκης να έχουν προτεραιότητα διέλευσης και η διέλευση των επιβατικών οχημάτων θα πρέπει να περιοριστεί ακόμη και σε λωρίδες που δεν έχουν καθοριστεί ειδικά για έκτακτη ανάγκη. Έτσι, περίπου μία εβδομάδα μετά την καταστροφή, η κυκλοφορία των οχημάτων που εμπλέκονται σε δραστηριότητες αποκατάστασης και δάσωσης θα αυξηθεί, καθώς και οι συνολικές συνθήκες κυκλοφορίας θα πρέπει να διευθετηθούν δίνοντας προτεραιότητα στις κυκλοφοριακές ρυθμίσεις που διασφαλίζουν τη χρήση των λωρίδων για την κυκλοφορία έκτακτης ανάγκης. Περίπου ένα μήνα μετά την καταστροφή, οι συνθήκες κυκλοφορίας σταθεροποιούνται και καθώς ξεκινούν σοβαρά οι εργασίες αποκατάστασης των ζημιών, θα πρέπει να εφαρμοστούν κυκλοφοριακές ρυθμίσεις που θα διευκολύνουν τη ροή της κυκλοφορίας των οχημάτων που σχετίζεται με τις εργασίες αποκατάστασης. Την ίδια περίπου περίοδο, οι καθημερινές δραστηριότητες και ο τρόπος ζωής αρχίζουν να επιστρέφουν στο φυσιολογικό και πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη η μεταφορά των

απαραίτητων για αυτών υλικών. Στο Σχήμα 4- 4 παρουσιάζεται η σειρά εφαρμογής των κυκλοφοριακών ρυθμίσεων μετά από μια μεγάλη φυσική καταστροφή (Iida, et al., 2000).



Σχήμα 4- 4: Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις μετά από μία φυσική καταστροφή (Iida, et al., 2000)

Για την αξιολόγηση των διαφόρων σεναρίων κατά τον σχεδιασμό της εκκένωσης μιας περιοχής σε περίπτωση έκτακτων αναγκών γίνεται συνήθως χρήση κυκλοφορικών μοντέλων, για τα οποία γίνεται αναφορά στο Ενότητα 4.4.2. Τα μεγέθη που υπολογίζουν τα κυκλοφοριακά μοντέλα είναι τα εξής (Τζεβελέκης, 2009):

- Οι φόρτοι των οχημάτων σε τμήματα του οδικού δικτύου και σε διασταυρώσεις.
- Οι λόγοι εξυπηρέτησης φόρτων προς την κυκλοφοριακή ικανότητα (V/C) σε τμήματα του οδικού δικτύου και σε διασταυρώσεις.
- Οχηματοώρες συνολικά στο δίκτυο.
- Οχηματοχιλιόμετρα συνολικά στο δίκτυο.
- Οι ταχύτητες των οχημάτων στο δίκτυο.
- Οι καθυστερήσεις οχημάτων στο οδικό δίκτυο και στις διασταυρώσεις
- Τα στοιχεία των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.

Η δομή και η λειτουργία του ίδιου του συγκοινωνιακού δικτύου είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την διαδικασία της εκκένωσης. Το κεντρικό ζήτημα που αντιμετωπίζει, τόσο ο τομέας της μηχανικής/σχεδιασμού των μεταφορών, όσο και τα όργανα διαχείρισης των έκτακτων αναγκών, είναι η διατήρηση μιας ισορροπίας μεταξύ των διαφορετικών αναγκών μεταφοράς. Από τη μία πλευρά, μπορεί να είναι λογικό να μην αφιερώνονται σημαντικοί πόροι για τον σχεδιασμό και την κατασκευή υποδομών κατάλληλων να υποστηρίξουν τις σπάνιες λειτουργίες διαχείρισης έκτακτων αναγκών, καθώς οι αστικές εκκενώσεις μεγάλης κλίμακας μπορεί να πραγματοποιηθούν μόνο μία φορά τη γενιά. Από την άλλη πλευρά, οι μηχανικοί και σχεδιαστές των διαδρομών εκκένωσης συχνά προτείνουν ότι είναι απαραίτητες οι προσαρμογές και οι επεκτάσεις στα δίκτυα των μεταφορών, ώστε να μπορούν να καλύψουν τις περιπτώσεις εκκενώσεις μεγάλης κλίμακας. Τέτοια διλήμματα φέρνουν αυτόματα στο προσκήνιο συζητήσεις για μεταφορική ικανότητα (Kendra, Rozdilsky, & McEntire, 2008).

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

Η ανάγκη για επανασχεδιασμό των δικτύων μεταφορών για την αντιμετώπιση των συνθηκών εκκένωσης σε περίπτωση φυσικής καταστροφής είναι αυξημένη. Ο βασικός στόχος κατά την διάρκεια μιας καταστροφής ή ενός επικίνδυνου συμβάντος είναι ο έλεγχος, ο συντονισμός και ενδεχομένως αύξηση της χωρητικότητας του οδικού δικτύου, μέσω του οποίου διοχετεύεται η κυκλοφορία κατά την εκκένωση, και των πόρων απόκρισης έκτακτης ανάγκης. Τα κρατικά κέντρα λειτουργίας έκτακτης ανάγκης αντιμετωπίζουν πολύπλευρες προκλήσεις προκειμένου να προβλέψουν τις κυκλοφοριακές ροές, που προκύπτουν από την εκκένωση, ή να παρέχουν προληπτικές ενέργειες για την καθοδήγηση και τον συντονισμό του κοινού για την αναζήτηση ασφαλέστερων καταφυγίων (Abdelgawad & Abdulhai, 2009)

Συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις κατά τον σχεδιασμό ενός συγκοινωνιακού δικτύου, που θα μπορεί να υποστηρίξει τον κυκλοφοριακό φόρτο στην περίπτωση εκκένωσης μιας περιοχής, περιγράφονται από τον Litman (2006) ως ένα ευρύ σενάριο πιθανών προβλημάτων που αντιμετωπίζονται κατά τη διάρκεια μιας εκκένωσης:

«Μια ενιαία λωρίδα αυτοκινητόδρομου μπορεί συνήθως να φιλοξενήσει το πολύ περίπου 2.000 οχήματα την ώρα, αλλά λιγότερα υπό συνθήκες μαζικής εκκένωσης λόγω των φαινομένων συμφόρησης, των διαφορετικών ειδών και υπερφορτωμένων οχημάτων (πολλά ρυμουλκούμενα βαριά φορτωμένα τρέιλερ), των καιρικών συνθηκών (βροχή και πλημμύρες), τις αστοχίες των υποδομών (όπως π.χ. ζημιές από σεισμό) και τα μηχανικά προβλήματα των οχημάτων, τα ατυχήματα και η σύγχυση του οδηγού. Υποθέτοντας ότι κάθε λωρίδα αυτοκινητόδρομου φιλοξενεί 1.000 οχήματα την ώρα υπό τέτοιες συνθήκες και τα οχήματα μεταφέρουν κατά μέσο όρο 2,5 επιβάτες, κάθε λωρίδα φιλοξενεί 2.500 επιβάτες την ώρα. Ένας αυτοκινητόδρομος τεσσάρων λωρίδων μπορεί επομένως να εκκενώσει περίπου 10.000 άτομα την ώρα ή 20.000 αν οι εισερχόμενες λωρίδες αντιστραφούν. Μια πόλη με ένα εκατομμύριο κατοίκους και δύο αυτοκινητόδρομους τεσσάρων λωρίδων σε λειτουργικές συνθήκες θα απαιτούσε επομένως περίπου 50 ώρες για την εκκένωση όλων των κατοίκων με αυτοκίνητο.»

Επιπλέον, οι σχεδιαστές και διαχειριστές των έκτακτων αναγκών πρέπει να μπορούν να προτείνουν και άλλους τρόπους μεταφοράς για μικρές και μεγάλες αποστάσεις. Συγκεκριμένα, κατά τον σχεδιασμό των οδικών δικτύων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κυκλοφοριακά δεδομένα φόρτου και χωρητικότητας, όχι μόνο για την εξυπηρέτηση των καθημερινών μετακινήσεων ή την υποστήριξη του εμπορίου, αλλά και για την εξυπηρέτηση των κυκλοφοριακών αναγκών στην περίπτωση εκκένωσης. Επίσης, στον σχεδιασμό εκκένωσης θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας, που θα προτείνουν την χρήση όλων των δικτύων μεταφοράς και όχι μόνο των οδικών, αλλά και των σιδηροδρομικών και αεροπορικών. Η εκκένωση με την χρήση των πλωτών οδών και των σκαφών θα πρέπει σίγουρα να είναι επίσης μια επιλογή (Kendra, Rozdilsky, & McEntire, 2008).

Στην συνέχεια προτείνονται τα έξι μέτρα σχεδιασμού των συστημάτων μεταφοράς, ώστε να εξυπηρετούν την κυκλοφορία στις περιπτώσεις εκτατών αναγκών (Litman, 2006):

- Ανάπτυξη ενός πολυτροπικού συστήματος μεταφορών που παρέχει μια ποικιλία επιλογών κινητικότητας.
- Σχεδιασμός των δικτύων μεταφοράς, έτσι ώστε να αντέχουν σε ακραίες συνθήκες (σεισμούς, καταιγίδες κ.λπ.).
- Δημιουργία δικτύων μεταφοράς που να παρέχουν πολλαπλές συνδέσεις με κάθε προορισμό, συμπεριλαμβανομένων πολλαπλών σιδηροδρομικών γραμμών, δρόμων, μονοπατιών και γεφυρών.
- Σχεδιασμό των συστημάτων μεταφοράς λαμβάνοντας υπόψη άτομα με ειδικές ανάγκες.
- Χρήση των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών, ώστε να δίνουν πληροφορίες στους διαχειριστές των έκτακτων αναγκών για την κατάσταση της κυκλοφορίας, αλλά και να ενημερώνουν τους οδηγούς για τις συνθήκες κυκλοφορίας και τους διαθέσιμους δαιδρόμους εκκένωσης.
- Ανάπτυξη τρόπων για την ιεράρχηση των αναγκών των συστημάτων μεταφοράς. Για παράδειγμα, να επιτρέπεται στα οχήματα έκτακτης ανάγκης, και των εμπορευματικών οχημάτων να έχουν προτεραιότητα έναντι της γενικής κυκλοφορίας.
- Συνεχής αξιολόγηση των συστημάτων μεταφορών για την έγκαιρη ανίχνευση πιθανών προβλημάτων και αστοχιών.
- Σχεδίαση των συστημάτων μεταφορών, ώστε να είναι ασφαλή έναντι αστοχίας, να είναι επισκευάσιμα, και αυτόνομα στην περίπτωση φυσικών καταστροφών. Για παράδειγμα, όπου είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται κυκλικοί κόμβοι αντί για φωτεινή σηματοδότηση, καθώς λειτουργούν χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα.
- Εκπαίδευση προσωπικού για την εκτέλεση κρίσιμων υπηρεσιών διαχείρισης και επισκευής.
- Σχεδιασμός με γνώμονα την ενεργειακή απόδοση των κατασκευών και τις επιτρεπόμενες χρήσεις γης.

Ο σχεδιασμός ενός δικτύου κυκλοφορίας με βάση την απαιτούμενη χωρητικότητα σε περίπτωση φυσικών καταστροφών είναι συνήθως οικονομικά ανέφικτος. Γενικά, υπάρχει μια αντιστάθμιση μεταξύ των πλεονεκτημάτων που μπορεί να κερδίσει ο χρήστης από τη μια πλευρά, και του κόστους της τροποποίησης του δικτύου από την άλλη. Για παράδειγμα, η κατασκευή μιας επιπλέον λωρίδας μπορεί να παρέχει μεγαλύτερη χωρητικότητα, ωστόσο το κόστος κατασκευής αυτής της λωρίδας αντιτίθεται στα οφέλη του χρήστη. Από την άλλη πλευρά, η χωρητικότητα μπορεί να ανακατανεμηθεί με τη ρύθμιση της φωτεινής σηματοδότησης για την κυκλοφορία των οχημάτων. Ωστόσο, αυτό σημαίνει επέκταση της πράσινης ένδειξης πράσινου χρόνου του κύκλου σηματοδότησης σε ένα ρεύμα κυκλοφορίας, σε βάρος του χρόνου πράσινης ένδειξης ενός άλλου ρεύματος κυκλοφορίας σε μια διασταύρωση (Abdelgawad & Abdulhai, 2009).

Για την καλύτερη διαχείριση της κυκλοφορίας σε περίπτωση εκκένωσης μιας περιοχής προτείνονται ως μέτρα συνήθως (Τζεβελέκης, 2009; Abdelgawad & Abdulhai, 2009):

- **Η λειτουργία της «λωρίδας αντίθετης ροής».** Σύμφωνα με τον Urbina (2002), οι λειτουργίες αντίθετης ροής αναφέρονται στη μετατροπή μιας ή περισσότερων λωρίδων ενός αυτοκινητόδρομου προς την αντίθετη κατεύθυνση, αυξάνοντας έτσι την χωρητικότητα μιας κατεύθυνσης του αυτοκινητόδρομου χωρίς την κατασκευή πρόσθετων λωρίδων. Η έννοια της αντίθετης ροής προτάθηκε για πρώτη φορά την δεκαετία του 1980 από την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης των Ηνωμένων Πολιτειών. Λαμβάνοντας υπόψη τις πυκνοκατοικημένες περιοχές κινδύνου και την αναμενόμενη συχνότητα των τυφώνων, η χρήση της αντίθετης ροής αποτελεί μια πολύτιμη μέθοδος για την απομάκρυνση των ανθρώπων από τις απειλούμενες περιοχές, ωστόσο η ασφάλεια και η πρακτική λειτουργία συνεχίζουν να αποτελούν μείζον ζήτημα, ειδικά με την αύξηση των οδηγών που δεν είναι εξοικειωμένοι με αυτό το είδος λειτουργίας.
- **Η σταδιακή εκκένωση.** Κατά την σταδιακή εκκένωση ο πληθυσμός καθοδηγείται να εκκενώσει σύμφωνα με ένα ανακοινωμένο πρόγραμμα και όχι ταυτόχρονα. Στόχος της σταδιακής εκκένωσης είναι να κατανεμηθεί καλύτερα η ζήτηση εκκένωσης στο χρόνο εκκένωσης ως ένας αποτελεσματικός τρόπος καλύτερης διαχείρισης/ελέγχου της ζήτησης. Στην σταδιακή εκκένωση, τα οχήματα ενημερώνονται τότε πρέπει να εκκενώσουν, τον προορισμό προς τον οποίο εκκενώνουν και ποια διαδρομή να ακολουθήσουν, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος εκκένωσης του δικτύου (Sbayti & Mahmassani, 2006). Σε μια σταδιακή εκκένωση, ολόκληρη η περιοχή που πρόκειται να εκκενωθεί χωρίζεται σε υποζώνες. Στα σταδιακά σχέδια εκκένωσης, η πιο κρίσιμη απόφαση είναι ο χρόνος έκδοσης των εντολών εκκένωσης για τις διαφορετικές ζώνες εκκένωσης. Συνιστάται να εκδίδεται πρώτα η εντολή για εκκένωση της Ζώνης Άμεσης Απόκρισης, και να ακολουθεί η εντολή για εκκένωση των ζωνών με χαμηλότερο κίνδυνο (Abdelgawad & Abdulhai, 2009).
- **Η αλλαγή ρυθμίσεων των σηματοδοτών για την διασφάλιση της συνεχούς ροής.** Η αλλαγή ρυθμίσεων των σηματοδοτών όπως είναι γνωστό μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της χωρητικότητας του οδικού δικτύου και στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης σε καθημερινές κυκλοφοριακές συνθήκες, αλλά κυρίως μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο κατά την εκκένωση στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
- **Στρατηγικές δρομολόγησης και ελέγχου της κυκλοφορίας κατά την εκκένωση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.** Η δρομολόγηση της κυκλοφορίας στοχεύει στον εντοπισμό του δυνητικά καλύτερου συνόλου αποφάσεων δρομολόγησης, ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως η διαθέσιμη χωρητικότητα του οδικού δικτύου κατά την εκκένωση. Επίσης, στις στρατηγικές ελέγχου της κυκλοφορίας συμπεριλαμβάνεται η απαγόρευση

πρόσβασης των οδηγών σε συγκεκριμένες οδούς προκειμένου να διευκολυνθεί η πρόσβαση των μονάδων έκτακτης ανάγκης και μεταφοράς στα νοσοκομεία.

- **Η χρήση Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς (Intelligent Trasport Systems – I.T.S.).** Τα Ευφυή Συστήματα Μεταφοράς επιτρέπουν τη συλλογή κυκλοφοριακών δεδομένων, τα οποία μπορούν να ενημερώνουν τους φορείς για τις κυκλοφορικές συνθήκες μιας περιοχής εκείνη την στιγμή και να συλλέγουν κυκλοφοριακά δεδομένα για την πρόβλεψη των κυκλοφοριακών συνθηκών σε περίπτωση έκτακτων συνθηκών (Κανάκα & Καρυπίδης, 2020). Η διαχείριση συμβάντων στους αυτοκινητόδρομους συνδέεται άμεσα με την χρήση των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών (Intelligent Transportation System - ITS), τα οποία πρόκειται για έξυπνα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας και ενημέρωσης των οδηγών για ασφαλέστερη, πιο συντονισμένη και πιο «έξυπνη» χρήση των δικτύων μεταφορών. Επίσης, η χρήση των Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς (ITS) μπορεί να συμβάλλει στην αποκατάσταση των κυκλοφοριακών συνθηκών του οδικού δικτύου μετά από ένα συμβάν ή στην ενημέρωση των οδηγών για τις εναλλακτικές διαδρομές με την χρήση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων ή σχετικά με τις καιρικές συνθήκες (Νέσση, 2018; Παναγιωτοπούλου, 2016).

4.4.2 Μοντέλα εκκένωσης

Τα μοντέλα εκκένωσης, που έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία, είναι αρκετά. Για κάθε είδους καταστροφές προτείνονται διαφορετικά μοντέλα προσομοίωσης εκκένωσης όσον αφορά τις τεχνικές διαχείρισης της κυκλοφορίας και των μεταφορών. Γενικά, τα μοντέλα εκκένωσης περιλαμβάνουν τρία στοιχεία: μεταβλητές εισόδου, μοντέλο προσομοίωσης και μεταβλητές εξόδου. Το μοντέλο προσομοίωσης έχει ως στόχο να είναι μια προσέγγιση ενός ενδεχόμενου. Η προσέγγιση μπορεί να είναι απλή ή σύνθετη. Τα περισσότερα μοντέλα εκκένωσης καθορίζουν εκτιμήσεις παραμέτρων κυκλοφορίας και σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων κυκλοφορίας για την πρόβλεψη των μεταβλητών εξόδου (Vorst, 2010).

Τα εργαλεία προσομοίωσης της κυκλοφορίας έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως τις τελευταίες δύο δεκαετίες για την διερεύνηση σεναρίων εκκένωσης έκτακτης ανάγκης. Γενικά, το πρόβλημα εκκένωσης μπορεί να θεωρηθεί ως πρόβλημα βελτιστοποίησης μιας αντικειμενικής συνάρτησης ελαχιστοποίησης του χρόνου εκκένωσης του δικτύου κάτω από ένα σύνολο περιορισμών, που θα μπορούσαν να συνδυάσουν την κατανομή της χωρητικότητας και τον προγραμματισμό της εκκένωσης, λαμβάνοντας υπόψη την διάσταση της ταξιδιωτικής συμπεριφοράς και τις στρατηγικές ελέγχου της κυκλοφορίας (Abdelgawad & Abdulhai, 2009).

Τα εργαλεία μοντελοποίησης και ανάλυσης μπορούν να παρέχουν στους διαχειριστές έκτακτης ανάγκης, τους μηχανικούς και τους σχεδιαστές ένα μέσο για την εφαρμογή διαφορετικών σεναρίων που σχετίζονται με τις καταστροφές και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με τις στρατηγικές για την καλύτερη ικανοποίηση

της ζήτησης της εκκένωσης. Αυτά τα εργαλεία μπορούν να βοηθήσουν τους διαχειριστές έκτακτης ανάγκης σχετικά με την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων εκκένωσης και να τους δώσουν την ευκαιρία να αναπτύξουν εναλλακτικά μέσα εκκένωσης με βάση τις επικρατούσες συνθήκες που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο συμβάν. Υπάρχει ένας αριθμός εργαλείων μοντελοποίησης και ανάλυσης, που μπορούν να συμβάλουν στην διαχείριση της κυκλοφορίας, στην παρακολούθηση του καιρού, στην αξιολόγηση και στην πρόβλεψη των εκτάκτων καταστάσεων, ώστε να βοηθήσουν τους αναλυτές ή τους υπεύθυνους στην λήψη αποφάσεων για την αντιμετώπιση της εκκένωσης (Lim & Rungta, 2014).

Η κατάρτιση ενός σχεδίου εκκένωσης συχνά περιλαμβάνει μια σειρά προβλημάτων βελτιστοποίησης με διάφορους στόχους και περιορισμούς. Οι διαφορετικές πτυχές του προβλήματος σχεδιασμού των διαδρομών εκκένωσης μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής (Lim & Rungta, 2014):

1. Απόφαση επιλογής διαδρομών, διαχείριση της κυκλοφορίας και του χρόνου εκκαθάρισης
2. Αποτελεσματική χρήση των υφιστάμενων υποδομών
3. Αξιόπιστος προγραμματισμός σε στοχαστικές συνθήκες

Δεδομένου ότι ο χρόνος είναι μια καθοριστική παράμετρος κατά τη διάρκεια της εκκένωσης, η εκτίμηση του χρόνου εκκένωσης είναι η κύρια πληροφορία που απαιτείται από τους σχεδιαστές εκκένωσης. Ως εκ τούτου, το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας σχετικά με τον σχεδιασμό εκκένωσης επικεντρώνεται στην ελαχιστοποίηση του χρόνου εκκένωσης. Ένα από τα κριτήρια για την αξιολόγηση ενός σχεδίου εκκένωσης βασίζεται στην αποτελεσματική εφαρμογή και την ευκολία διαχείρισης των διαδρομών εκκένωσης που αυξάνεται η κυκλοφοριακή ζήτηση. Επομένως, η επιλογή των καλύτερων διαδρομών και η ανάθεση της κυκλοφορίας στις επιλεγμένες διαδρομές με βάση το πρόγραμμα εκκένωσης είναι μια σημαντική πτυχή του σχεδιασμού εκκένωσης. Οι χρόνοι εκκαθάρισης του δικτύου αυτοκινητοδρόμων επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από άλλους παράγοντες, όπως η θέση των καταφυγίων, ο αριθμός των διασταυρώσεων στις επιλεγμένες διαδρομές και η απόφαση για το χρονοδιάγραμμα έναρξης της αντίθετης ροής σε ορισμένα τμήματα αυτοκινητοδρόμων. Η παράβλεψη αυτών των παραγόντων μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση κυκλοφορίας σε ορισμένα οδικά τμήματα. Απαιτείται επομένως αποτελεσματική χρήση της περιορισμένης υποδομής μεταφορών. Η εκκένωση είναι ένα σπάνιο σενάριο και πολλές από τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για την κατάρτιση ενός προκαταρκτικού σχεδίου εκκένωσης είναι τυχαίες (Lim & Rungta, 2014).

Ένα μοντέλο είναι ένα σύστημα που περιγράφει μια λειτουργία, όπως η κυκλοφορία των οχημάτων και οι κινήσεις τους, με διάφορους μηχανισμούς. Η μοντελοποίηση ορίζεται ως η αντικατάσταση ενός απλού αντικειμένου και η αναπαραγωγή μιας κατάστασης προκειμένου να προσδιοριστεί μια πραγματική κατάσταση ή συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, η μοντελοποίηση είναι μια μέθοδος μεταφοράς ενός

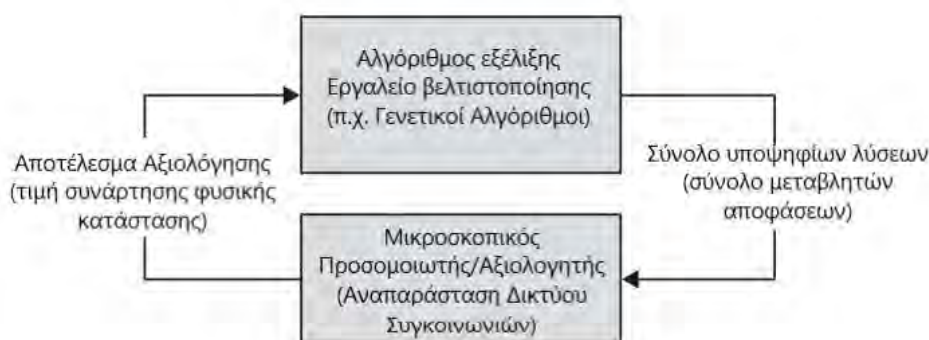
πραγματικού προβλήματος σε εργαλεία προσομοίωσης, που περιέχουν ένα σύνολο κανόνων (δηλ. εξισώσεις, ροές και γραφήματα). Η προσομοίωση είναι μια τεχνική για την εξήγηση της ανάπτυξης και λειτουργίας ενός μοντέλου. Το μοντέλο συμβάλει στην καλύτερη αποτύπωση ενός πραγματικού συστήματος και υποστηρίζει τον αναλυτή του συστήματος προκειμένου να προβλέψει τις αλλαγές σε αυτό. Ο όρος «μοντέλο θεωρείται μια αφηρημένη και απλουστευμένη αναπαράσταση» μιας συγκεκριμένης πραγματικότητας, είτε πρόκειται για σχέδιο είτε για υπάρχουσα περίπτωση. Κανονικά, ένα μοντέλο εξετάζεται μαζί με την προσομοίωση του για να αναπαραστήσει μια πολύπλοκη δομή ή σύστημα (Bakar, Hashim, Aminuddin, Siti Aisha, & Majid, 2023).

Σε γενικές γραμμές, υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται ευρέως στην προσομοίωση εκκένωσης: μακρο-προσομοίωση, μικρο-προσομοίωση και μεσο-προσομοίωση. Τα μακροσκοπικά μοντέλα δεν λαμβάνουν υπόψη τη συμπεριφορά οποιουδήποτε ατόμου κατά τη διάρκεια της κατάστασης έκτακτης ανάγκης, αλλά είναι χρήσιμα για να παρέχουν καλά κατώτερα όρια για το χρόνο εκκένωσης. Οι ατομικές συμπεριφορές μπορούν να μοντελοποιηθούν χρησιμοποιώντας μικροσκοπικά μοντέλα, ενώ αναλύονται με την χρήση λογισμικών προσομοίωσης (Lim & Rungta, 2014). Στην συνέχεια αναλύονται οι τρεις προσεγγίσεις προσομοίωσης των διαδρομών εκκένωσης (Abdelgawad & Abdulhai, 2009):

- **Μοντέλα Μακροπροσομοίωσης:** τα μοντέλα μακροπροσομοίωσης δεν κάνουν καμία προσπάθεια να παρακολουθήσουν τη λεπτομερή συμπεριφορά κίνησης μεμονωμένων οχημάτων, όπως η παρακολούθηση του αυτοκινήτου, αλλαγή λωρίδας κ.λπ., και βασίζονται σε εξισώσεις που προέρχονται από αναλογίες των ροών ρευστών σε δίκτυα. Το μακροεπίπεδο εξετάζει την επίδραση της διαδικασίας εκκένωσης στο δίκτυο εστιάζοντας στις κύριες οδικές αρτηρίες, οι οποίες θεωρούνται ως ένα πλήρες και ολοκληρωμένο σύστημα.
- **Μοντέλα Μικροπροσομοίωσης:** στα μοντέλα μικροπροσομοίωσης γίνεται προσπάθεια παρακολούθησης της λεπτομερούς κίνησης μεμονωμένων οντοτήτων στο υπό προσομοίωση οδικό δίκτυο. Η ιδέα θα ήταν να ληφθούν οντότητες από τις ζώνες εκκένωσης και στη συνέχεια να προχωρήσουν στην εύρεση του τρόπου τους προς ασφαλείς προορισμούς, είτε βρίσκοντας τη δική τους διαδρομή είτε υπό την καθοδήγηση της αστυνομίας ή του συστήματος πληροφοριών ταξιδιωτών. Το μικροεπίπεδο ερευνά το δίκτυο των αυτοκινητοδρόμων με περισσότερες λεπτομέρειες, δηλαδή επιτρέπει διαφορετικούς ελέγχους κυκλοφορίας, λειτουργίες σε συγκεκριμένες διασταυρώσεις και ποικίλες επιχειρησιακές στρατηγικές κυκλοφορίας για τη βελτίωση της διαδικασίας εκκένωσης. Το πρόβλημα σε αυτά τα μοντέλα είναι η δυσκολία στην εφαρμογή τους, κυρίως λόγω της υπολογιστικής πολυπλοκότητας, ειδικά σε περιπτώσεις εκκένωσης όπου δεκάδες χιλιάδες άνθρωποι και τα οχήματα καλούνται να εκκενωθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα. Επίσης, απαιτούν μια εντατική κωδικοποίηση δικτύου με χρήση αεροφωτογραφιών και σημαντικό χρόνο εκτέλεσης για κάθε σενάριο, καθιστώντας δύσκολη την αξιοποίηση των χωρικών βάσεων δεδομένων ή την σύγκριση εναλλακτικών διαμορφώσεων.

- **Μοντέλα Μεσοπροσομοίωσης:** τα μοντέλα μεσοπροσομοίωσης είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ των δύο προσεγγίσεων που συζητήθηκαν προηγουμένως. Συνήθως περιλαμβάνουν μια διακριτή προσομοίωση που παρακολουθεί τις κινήσεις ομάδων οχημάτων.

Στα περισσότερα από αυτά τα μοντέλα εκκένωσης, πραγματοποιείται η διαχείριση της κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας λογισμικά. Κάθε υποψήφια λύση αξιολογείται χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό που αναπαράγει το δίκτυο μεταφορών. Τα λογισμικά προσομοίωσης αξιολογούν την καθεμία από τις λύσεις, επιστρέφοντας μια τιμή για τη συνάρτηση καταλληλότητας που αντικατοπτρίζει την απόδοση αυτής της λύσης σε σχέση με άλλες υποψήφιες λύσεις (Abdelgawad & Abdulhai, 2009). Το Σχήμα 4- 5 απεικονίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ ενός λογισμικού προσομοίωσης ως εργαλείο αξιολόγησης και ενός αλγορίθμου εξέλιξης ως μηχανή βελτιστοποίησης.



Σχήμα 4- 5: Αλληλεπίδραση προσομοίωσης και βελτιστοποίησης στο πρόβλημα εκκένωσης (Abdelgawad & Abdulhai, 2009).

Τα πιο γνωστά πακέτα λογισμικού προσομοίωσης εκκένωσης είναι το Network Emergency Evacuation (NETVAC), το Dynamic Network Evacuation (DYNEV), το Mass Evacuation (MASSVAC), το Evacuation Traffic Information System (ETIS) και το Transportation Evacuation Decision Support System (TEDSS). Προηγμένα μοντέλα που μπορούν να εφαρμοστούν σε εκκένωση μεγάλης κλίμακας είναι το DYNEV και το Oak Ridge Evacuation Modeling System (OREMS), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση της εκκένωσης από διαφορετικά είδη καταστροφών. Γενικά, το TEDSS έχει δημιουργηθεί ως σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που βασίζεται στο μοντέλο προσομοίωσης MASSVAC, το οποίο με τη σειρά του μπορεί να θεωρηθεί ως διάδοχος του NETVAC, ενώ το OREMS βασίζεται στο μικροσκοπικό μοντέλο προσομοίωσης κυκλοφορίας CORSIM, το οποίο έχει αναπτυχθεί για κανονικές καθημερινές συνθήκες κυκλοφορίας. Αυτά τα πρώιμα μοντέλα προσομοίωσης συνήθως αναπτύσσονται και προσαρμόζονται για την εκκένωση συγκεκριμένων περιοχών ως απόκριση σε έναν συγκεκριμένο τύπο κινδύνου. Για παράδειγμα, το NETVAC έχει σχεδιαστεί για να σχεδιάζει την εκκένωση ως απάντηση σε ένα ατύχημα πυρηνικής ενέργειας και ως εκ τούτου μοντελοποιεί την εκκένωση όλων των κατοίκων από μια προκαθορισμένη περιοχή (ακτίνα περίπου 16 χιλιομέτρων από την τοποθεσία του εργοστασίου) σε ακτινική προς τα έξω

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

κατεύθυνση, ενώ το MASSVAC έχει αναπτυχθεί για εκκένωση τυφώνα αγροτικής περιοχής και απαιτεί διαδρομές εκκένωσης ως πρότυπο εισόδου από όλες τις τοποθεσίες προέλευσης προς όλους τους ασφαλείς προορισμούς, όπου η προέλευση και οι προορισμοί εξαρτώνται από την προβλεπόμενη διαδρομή του τυφώνα. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του DYNEV, που αξίζει να αναφερθεί, είναι ότι είναι το μόνο μοντέλο, στο οποίο μπορεί να προσομοιωθεί η πολυτροπική εκκένωση, αν και σε περιορισμένη μορφή, καθώς μπορεί να ενσωματώσει μεταφορές με αυτοκίνητα και λεωφορεία, όπου οι υπηρεσίες λεωφορείων μοντελοποιούνται ρητά κατά διαδρομή, χρονοδιάγραμμα και τοποθεσίες στάσεων (Pel, Bliemer, & Hoogendoorn, 2011).

Στα περισσότερα μοντέλα, η ροή της κυκλοφορίας προσομοιώνεται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου, τα οποία είναι ως επί το πλείστον στατικά. Ωστόσο, υπάρχουν και δυναμικά μοντέλα προσομοίωσης, όπως το ETIS, που χρησιμοποιεί πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο από διαφορετικές πηγές σχετικά με τα ποσοστά συμμετοχής στην εκκένωση, μέτρα διαχείρισης και ελέγχου της κυκλοφορίας, επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες και καιρικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου (Pel, Bliemer, & Hoogendoorn, 2011).

Στον Πίνακα 4- 1 παρουσιάζονται περιληπτικά τα μοντέλα προσομοίωσης εκκένωσης δικτύου μεταφορών και τα χαρακτηριστικά τους (Abdelgawad & Abdulhai, 2009; Lim & Rungta, 2014; Pel, Bliemer, & Hoogendoorn, 2011).

Πίνακας 4- 1: Χαρακτηριστικά επιλεγμένων μοντέλων εκκένωσης

<u>Μοντέλο</u>	<u>Προσέγγιση Προσομοίωσης</u>		<u>Διαχείριση της κυκλοφορίας</u>		<u>Κύριος σκοπός</u>
	<u>Μίκρο - προσομοίωση</u>	<u>Μάκρο- προσομοίωση</u>	<u>Στατική</u>	<u>Δυναμική</u>	
NETVAC		X		X	Ανάλυση επιλογής διαδρομής
DYNEV		X	X		Εκτίμηση των χρόνων εκκένωσης και ανάπτυξη σχεδίων εκκένωσης
MASSVAC		X		X	Χρήση για εκκένωση σε περίπτωση τυφώνα
ETIS		X		X	Σύλλογή και αναμετάδοση κυκλοφοριακών δεδομένων
TEDSS		X		X	Σχεδιασμός και λειτουργίες εκκένωσης
OREMS	X			X	Αξιολόγηση μεγάλης κλίμακας εκκένωσης οχημάτων, ανάπτυξη σχεδίου εκκένωσης

Μερικές φορές, τα υπάρχοντα πακέτα λογισμικού μεταφοράς μικροπροσομοίωσης της ροής κυκλοφορίας, όπως NETSIM, VISSIM, CORSIM, DYNASMART και ARENA χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση εκκένωσης ή στην ανάλυση πολιτικών εκκένωσης, όπως π.χ. αντίθετη ροή. Δεδομένου ότι αυτά τα πακέτα λογισμικού δεν έχουν σχεδιαστεί ειδικά για μοντελοποίηση εκκένωσης, δεν περιλαμβάνουν μοντέλα παραγωγής ζήτησης κατάλληλα για μοντελοποίηση εκκένωσης. Αυτά τα μοντέλα βοηθούν τους διαχειριστές έκτακτης ανάγκης και τους σχεδιαστές στη λήψη αποφάσεων εκκένωσης, αλλά μόνο μερικά από αυτά τα μοντέλα μπορούν να

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των κινδύνων λόγω της καταστροφής ή του συμβάντος που καθιστά αναγκαία την εκκένωση (Lim & Rungta, 2014).

Το λογισμικό προσομοίωσης εκκένωσης Configurable Evacuation Management and Planning System (CEMPS) είναι από τα πρώτα λογισμικά που χρησιμοποιεί τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (εφεξής Γ.Σ.Π.) προκειμένου να εξετασθεί ένας γρήγορος τρόπος εξέτασης ενός σχεδίου και διαδρομών εκκένωσης. Τα Γ.Π.Σ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός γεωγραφικού υπόβαθρου, εντός του οποίου μπορεί να προσομοιωθεί η εκκένωση και να ληφθούν υπόψη οι δυναμικές αλληλεπιδράσεις που δημιουργούνται καθώς προχωρά η εκκένωση. Συγκεκριμένα, τα Γ.Π.Σ. χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία των αρχικών δεδομένων για την προσομοίωση, παρέχοντας έτσι το οδικό δίκτυο, τις ζώνες εκκένωσης, τους ασφαλείς προορισμούς και τη θέση των οχημάτων και του πληθυσμού.

Η εξέλιξη των Γ.Σ.Π. έχει συμβάλλει σημαντικά στην ικανότητα ανάλυσης των κινδύνων και της τρωτότητας, καθώς και στον σχεδιασμό αντιμετώπισης των εκτάκτων αναγκών. Τα Γ.Σ.Π. πρόκειται για ένα λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιείται για την αποθήκευση γεωγραφικών δεδομένων και για την ανάλυση και μοντελοποίηση καταστάσεων, και δίνει την δυνατότητα αποτύπωσης των αποτελεσμάτων σε χάρτες. Με την χρήση των Γ.Σ.Π. δίνεται πλέον η δυνατότητα για ανάλυση και παρουσίαση σεναρίων οργανωμένης απομάκρυνσης των πολιτών, και για την κατάρτιση σχεδίων για την πρόβλεψη, προετοιμασία και την άμεση κινητοποίηση στην περίπτωση των φυσικών καταστροφών (Δανδουλάκη, 2011).

4.4.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Στον Πίνακα 4- 2 παρουσιάζονται μερικές από τις πιο σχετικές εργασίες με το αντικείμενο αυτής της εργασίας, δηλαδή με τον σχεδιασμό εκκένωσης με την χρήση μοντέλων προσομοίωσης σε περίπτωση έκτακτων αναγκών, οι οποίες αξιολογούνται ως προς τα κάτωθι:

- Ερευνητική προσέγγιση (Προσομοίωση, Μελέτη Περίπτωσης, Βελτιστοποίηση)
- Προσέγγιση προσομοίωσης (Μικροσκοπική, Μεσοσκοπική, Μακροσκοπική)
- Προσέγγιση λύσης (χρήση Γ.Σ.Π., λειτουργία αντίθετης ροής)

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

Πίνακας 4- 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τον σχεδιασμό εκκένωσης με την χρήση μοντέλων προσομοίωσης σε περίπτωση έκτακτων αναγκών

Συγγραφείς	Ερευνητική προσέγγιση			Προσέγγιση προσομοίωσης			Προσέγγιση λύσης
	Προσομοίωση	Μελέτη Περίπτωσης	Βελτιστοποίηση	Μικροσκοπική	Μεσοσκοπική	Μακροσκοπική	
(Church & Cova, 2000)			X			X	Χρήση Γ.Σ.Π
(Sbayti & Mahmassani, 2006)	X		X		X		
(Shekhar & Kim, 2006)	X					X	Λειτουργία «αντίθετης ροής»
(Li, Yang, & Wei, 2006)	X			X			Χρήση Γ.Σ.Π
(Kim, Shekhar, & Min, 2008)	X					X	Λειτουργία «αντίθετης ροής»
(Saadatseresht, Mansourian, & Taleai, 2009)	X	X	X			X	Χρήση Γ.Σ.Π
(Stepanov & Smith, 2009)	X	X	X			X	
(Ma, Liu, Wang, Lin, & Lo, 2012)	X			X			Χρήση Γ.Σ.Π
(Chen, Kwan, Li, & Chen, 2012)		X	X			X	Χρήση Γ.Σ.Π
(Coutinho-Rodrigue, Tralhão, & Alçada-Almeida, 2012)	X	X	X			X	Χρήση Γ.Σ.Π
(Khan, και συν., 2015)	X					X	
(Zhang, Zhou, Liu, Chen, & Wang, 2016)	X	X	X			X	Χρήση Γ.Σ.Π
(Tamakloe, Hong, Tak, & Park, 2021)	X			X			
Συνολικά	11	5	7	3	1	9	

Οι Church & Cova (2000) ερευνούν ένα μοντέλο βελτιστοποίησης, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό μικρών περιοχών ή γειτονιών, που έχουν υψηλές αναλογίες πληθυσμού προς την ικανότητα εξόδου. Βάσει του μοντέλου αυτού, οι Chen, Kwan, Li, & Chen (2012) αξιολογούν τον κίνδυνο εκκένωσης λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες πριν από την καταστροφή, που μπορεί να προκαλέσουν πιθανά εμπόδια στη διαδικασία εκκένωσης σε μια γειτονιά, και βελτιώνουν την προσομοίωση της εκκένωσης λαμβάνοντας δύο βασικούς παράγοντες: α) την έκταση του χωρικού αντίκτυπου της καταστροφής, και β) τις συμπεριφορές δρομολόγησης των εκκενωμένων.

Οι Sabayti & Mahmassani (2006) χρησιμοποιούν ένα εργαλείο μεσοσκοπικής προσομοίωσης για να διερευνήσουν το όφελος της εκκένωσης μιας δεδομένης ζώνης σε στάδια και όχι ταυτόχρονα. Οι Shekhar & Kim (2006) χρησιμοποιούν μακροσκοπικές προσεγγίσεις για την επίλυση της αναδιαμόρφωσης του δικτύου με χρήση της «αντίθετης ροής», και ορίζουν το πρόβλημα «αντίθετης ροής» και τέλος

αξιολογούν τις προτεινόμενες προσεγγίσεις τόσο αναλυτικά όσο και πειραματικά χρησιμοποιώντας πραγματικές βάσεις δεδομένων. Τα πειραματικά αποτελέσματα τους δείχνουν ότι οι προσεγγίσεις αντίθετης ροής μπορούν να μειώσουν τον χρόνο εκκένωσης κατά 40% ή μηνιαίως. Στο συμπέρασμα ότι η χρήση της «αντίθετης ροής» αποτελεί την καλύτερη λύση για τη μείωση της συμφόρησης κατά τις εκκενώσεις καταλήγουν και οι Kim, Shekhar, & Min (2008) χρησιμοποιώντας μακροσκοπικές προσεγγίσεις για τη λύση μιας αναδιαμόρφωσης δικτύου αντίθετης ροής, που ενσωματώνει περιορισμούς χωρητικότητας δρόμου, πολλαπλές πηγές, συμφόρηση και επεκτασιμότητα.

Οι Saadatseresht et al. (2009) στο πλαίσιο μιας μελέτης περίπτωσης αστικής εκκένωσης, ασχολήθηκαν με τη χρήση βελτιστοποίησης πολλαπλών στόχων για τον σχεδιασμό εκκένωσης σε κλίμακα πόλης. Πρότειναν ένα μοντέλο που θα μπορούσε να σχεδιάσει ένα σχέδιο εκκένωσης λαμβάνοντας υπόψη την χωρητικότητα των προκαθορισμένων ασφαλών περιοχών και τις αποστάσεις από αυτές. Τέτοια πολύπλοκα προβλήματα λήψης αποφάσεων συναντώνται συχνά στον πολεοδομικό σχεδιασμό, τα οποία συνήθως περιλαμβάνουν την εξέταση ενός ευρέος φάσματος ασύγκριτων και αντικρουόμενων στόχων. Οι Coutinho-Rodrigue, Tralhão, & Alçada-Almeida (2012) ανέπτυξαν μια προσέγγιση μοντελοποίησης πολλαπλών στόχων τοποθεσίας/δρομολόγησης, για τη δημιουργία σχεδίων αστικής εκκένωσης, συμπεριλαμβανομένης της τοποθεσίας των καταφυγίων και τον προσδιορισμό των αποτελεσματικών διαδρομών για την πρόσβαση σε αυτά, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ιεραρχικής διαδικασίας. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν χρησιμοποιώντας πίνακες, γραφήματα και χρωματικά κωδικοποιημένους χάρτες σε περιβάλλον Γ.Π.Σ.. Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει ένα αυξανόμενο ερευνητικό (Pourrahmani, Delavar, Pahlavani, & Mostafa, 2015) ενδιαφέρον για τη χρήση τεχνικών βελτιστοποίησης για την ανάλυση αυτού του είδους των προβλημάτων.

Πολλές μελέτες (Zepeda & Sol, 2007; Han, Yuan, & Urbanik, 2007; So & Daganzo, 2010) προσπάθησαν να βελτιστοποιήσουν την διαδικασία σχεδιασμού εκκένωσης, ορίζοντας ένα αποδεκτό σύνολο καλά καθορισμένων μέτρων αποτελεσματικότητας για την εκκένωση, όπως ο χρόνος εκκένωσης, η συνολική διανυόμενη απόσταση και η πιθανότητα μπλοκαρίσματος. Οι Stepanov και Smith (2009) πρότειναν ένα μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού με τη χρήση αλγόριθμου συντομότερης διαδρομής για τον καθορισμό ενός συνόλου βέλτιστων διαδρομών, λαμβάνοντας υπόψη τα μέτρα που προαναφέρθηκαν. Χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο αυτόν, και άλλοι ερευνητές (Campos, Bandeira, & Bandeira, 2012; Fitriani & Rothkrantz, 2015; Khan, και συν., 2015; No, Choi, Park, & Lee, 2020; Kitamura, Inazu, Ikeya, & Okayasu, 2020) προσπάθησαν να δώσουν μια αναλυτικότερη προσέγγιση, ή και βελτίωση στον σχεδιασμό των διαδρομών εκκένωσης. Οι Tamakloe, Hong, Tak, & Park (2021) εισάγουν ένα μικροσκοπικό μαθηματικό μοντέλο που συνδέει την χωρο-χρονική διάσταση της κυκλοφορίας με τον παραδοσιακό αλγόριθμο συντομότερης διαδρομής του Dijkstra. Από την άλλη πλευρά, οι (Kim, Park, Kim, & Kim, 2021) για την εύρεση της βέλτιστης διαδρομής χρησιμοποιούν τον A* αλγόριθμο, και προτείνουν μια μέθοδο

επεξεργασίας μεγάλων δεδομένων για τη δημιουργία ενός σχεδίου εκκένωσης από πραγματικά δεδομένα οδικού δικτύου μεγάλης κλίμακας με την χρήση Γ.Π.Σ..

Οι Li, Yang, & Wei (2006) παρέχουν ένα πρακτικό και ευέλικτο σύστημα ανάλυσης εκκένωσης, ικανό να χειρίζεται μια ποικιλία σεναρίων έκτακτης ανάγκης δημιουργώντας μια σύνδεση μεταξύ Γ.Π.Σ. και του λογισμικού συστήματος προσομοίωσης κυκλοφορίας OREMS. Παρόμοια ερευνητική προσέγγιση έχουν και οι Ma, Liu, Wang, Lin, & Lo (2012), οι οποίοι συνδέουν ένα μοντέλο μικροπροσομοίωσης με Γ.Π.Σ. για τον σχεδιασμό της εκκένωσης των οχημάτων, μοντελοποιώντας κάθε όχημα σύμφωνα με τις τρέχουσες τεχνικές προσομοίωσης της κυκλοφορίας και τα χαρακτηριστικά συμφοράς σε διασταυρώσεις.

Αρκετές έρευνες (Frieser, 2004; Osorio, Zepeda, Sol, & Lazzeri, 2004; Taylor & Michael A P, 2010) ασχολούνται με συστήματα υποστήριξης αποφάσεων κατά των σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τις φάσεις της πρόληψης και της απόκρισης, διαδραματίζοντας πολύτιμο ρόλο στην κατάρτιση σχεδίων περιορισμού των καταστροφών και στην υλοποίηση μιας οργανωμένης εκκένωσης, καθώς παρέχουν πληροφορίες για τις διαδρομές εκκένωσης που πρέπει να χρησιμοποιηθούν, τα καταφύγια, τις δραστηριότητες που πρέπει να πραγματοποιηθούν και τη διάρκειά τους στις διάφορες φάσεις μιας οργανωμένης εκκένωσης. Σύμφωνα με τους Windhouwer, Klunder, & Sanders (2005) μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν κατά την ενημέρωση των πολιτών ως οπτικό βοήθημα για να διευκρινιστεί γιατί μια οργανωμένη εκκένωση είναι απαραίτητη, αυξάνοντας τη δημόσια υποστήριξη για μια οργανωμένη εκκένωση και διατηρώντας τον αριθμό των θυμάτων στο ελάχιστο.

Ωστόσο, υπάρχουν έρευνες που προσεγγίζουν τον σχεδιασμό εκκένωσης με την χρήση νέων μοντέλων προσομοίωσης. Οι Xu, Zhang, Sotiriadis, Asimakopoulou, Li & Bessis (2018) σχεδιάζουν ένα σύστημα προσομοίωσης με βάση το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) χρησιμοποιώντας μια φορητή πλατφόρμα υπολογιστών (Cloud) για την ανάπτυξη του συστήματος Crowd Lives Oriented Track and Help Optimization (CLOTHO), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό εκκένωσης μεγάλης κλίμακας. Στο ίδιο πλαίσιο, και οι Liu & Wang (2019) χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT) και την τεχνολογία εξόρυξης δεδομένων (Data Mining Technology) για τη δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης της κυκλοφορίας σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, το οποίο θα μπορεί έγκαιρα και με ακρίβεια να ελέγχει τις κυκλοφοριακές συνθήκες συμβάλλοντας αποτελεσματικά στη διάσωση και στην αστική διαχείριση. Οι Shao, et al (2018) προτείνουν ένα νέο μοντέλο για τη βελτιστοποίηση του συστήματος ελέγχου της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της περιόδου έκτακτης ανάγκης ή μετά από μια καταστροφή που ονομάζεται PD-TCM (Post-Disaster Traffic Control Model - Μοντέλο Ελέγχου Κυκλοφορίας Μετά την Καταστροφή). Οι Rego, et al., (2018) προεκτείνουν την εφαρμογή ενός λογισμικού (Software Defined Networks - SDN) για τη διαχείριση και τον έλεγχο των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και των σχεδίων εκκένωσης, το οποίο βελτιώνει κατά 30% την αποφυγή της κυκλοφοριακής συμφόρησης.

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός Διάδρομων Άμεσης Εκκένωσης σε Περίπτωση Φυσικών Καταστροφών

Συνοψίζοντας τα στοιχεία, που αντλήθηκαν από την παραπάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τα τον σχεδιασμό εκκένωσης με την χρήση μοντέλων προσομοίωσης σε περίπτωση έκτακτων αναγκών, και την αξιολόγηση των ερευνητικών πηγών, που παρατέθηκαν στον Πίνακα 4- 2, αναφέρονται τα εξής:

- Η μακροσκοπική προσέγγιση προσομοίωσης χρησιμοποιείται περισσότερο από τη μικροσκοπική προσέγγιση.
- Περισσότερες έρευνες ασχολούνται με την προσομοίωση των συστημάτων εκκένωσης, και αρκετές σχετικά με την βελτίωση των υφιστάμενων μοντέλων προσομοίωσης.
- Αρκετές έρευνες κάνουν χρήση των μοντέλων προσομοίωσης με μελέτη περίπτωσης σχεδιασμού εκκένωσης διαφόρων πόλεων.
- Τα περισσότερα μοντέλα προσομοίωσης κάνουν χρήση των Γ.Π.Σ. κατά τον σχεδιασμό της εκκένωσης μιας περιοχής.
- Οι έρευνες, που ασχολούνται με την εξέταση της περίπτωσης της λειτουργίας «αντίθετης ροής» κατά την μοντελοποίηση της προσομοίωσης των διαδρομών εκκένωσης είναι λιγότερες.
- Αρκετές είναι και οι έρευνες, που ασχολούνται με τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων κατά των σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης.
- Οι πρόσφατες μελέτες που ασχολούνται με τον σχεδιασμό εκκένωσης εισάγουν νέα μοντέλα προσομοίωσης με την χρήση νέων τεχνολογιών.

Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

5.1 Διατύπωση Συμπερασμάτων

Συμπερασματικά, η διαχείριση της κυκλοφορίας σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης σε μια περιοχή, εξαρτάται από την έκταση του φυσικού φαινομένου που την προκάλεσε, την εξέλιξη του, τη θέση του και την σοβαρότητα των επιπτώσεων που προκλήθηκαν. Ωστόσο, αστάθμητος παράγοντας αποτελεί η αντίδραση του πλήθους σε κατάσταση πανικού. Η εκκένωση μιας περιοχής συνήθως ποικίλει ανάλογα με το είδος και την έκταση της καταστροφής. Κάποιες περιπτώσεις καταστροφών απαιτούν μαζική εκκένωση, ενώ κάποιες άλλες απαιτούν εκκένωση ή διάσωση από εγκαταστάσεις που έχουν υποστεί φθορά ή έχουν καταρρεύσει. Ωστόσο, προκειμένου να επιτευχθεί μια αποτελεσματική και ασφαλή εκκένωση μιας περιοχής θα πρέπει να εξασφαλιστούν ικανές κυκλοφορικές συνθήκες, τόσο για την διαφυγή των πολιτών, όσο και για την άμεση πρόσβαση των μονάδων έκτακτης ανάγκης. Επομένως, κατά τον σχεδιασμό της εκκένωσης απαιτείται η μελέτη των κυκλοφοριακών συνθηκών της περιοχής και η συνεργασία των διαφόρων φορέων για την λήψη των κατάλληλων μέτρων διαχείρισης της κατάστασης.

Οι σχεδιαστές μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη μελλοντικών καταστροφών απαιτώντας τα σχέδια αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, να μπορούν να υποστηρίζονται από τα συστήματα των μεταφορών, ακόμα και να απαιτείται η βελτίωση τους και ανακατασκευή τους ώστε να ανταποκρίνονται στις κυκλοφοριακές καταστάσεις των εκτάκτων αναγκών. Κατά τον σχεδιασμό ενός σχεδίου εκκένωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν λύσεις για τη διαχείριση της κυκλοφορίας, όπως οι πολλαπλές έξοδοι και οι λωρίδες αντίθετης ροής, και να αξιοποιηθούν δεδομένα από τις τεχνολογίες διαχείρισης της κυκλοφορίας, όπως τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών (Intelligent Transportation System - ITS). Η διαδικασία επιλογής προορισμού μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την επιχείρηση εκκένωσης. Η εις βάθος κατανόηση των κρίσιμων ζητημάτων συμπεριφοράς μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη κυκλοφοριακή συμμόρφωση.

Οι σχεδιαστές επίσης θα πρέπει να προβλέπουν τις διάφορες κοινωνικές συμπεριφορές κατά την εκκένωση. Είναι σημαντικό να κατανοηθούν γιατί πολλοί άνθρωποι αγνοούν τις εντολές εκκένωσης και να προβλέπονται κατά τον σχεδιασμό. Για παράδειγμα, ορισμένοι άνθρωποι αντιμετωπίζουν υλικοτεχνικά ή οικονομικά εμπόδια όσον αφορά τη μεταφορά, κάποιοι άλλοι φοβούνται τις συνθήκες έκτακτης ανάγκης ή μένουν για να προστατεύσουν την περιουσία ή επειδή δεν τους επιτρέπεται να φύγουν από την εργασία τους, ή επιλέγουν να αγνοήσουν τις προειδοποιήσεις λόγω αντιρρησίας. Η αντιμετώπιση όλων αυτών των αντιδράσεων μπορεί να αυξήσει τα ποσοστά εκκένωσης. Συγκεκριμένα, για τον ορθό σχεδιασμό των διαδρομών εκκένωσης μιας

περιοχής είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη τα δημογραφικά δεδομένα και τα ειδικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού της περιοχής, καθώς και η συμπεριφορά των ανθρώπων κατά τη διάρκεια των καταστάσεων εκκένωσης. Η ταχεία μετακίνηση των ανθρώπων έξω από την επικίνδυνη ζώνη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό, από το εάν τα σχέδια έκτακτης ανάγκης μπορούν να εκπληρώσουν την υπόσχεσή τους για προστασία του κοινού από την φυσική καταστροφή.

Η ύπαρξη ή η απουσία σχεδίων εκκένωσης μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τις αποφάσεις εκκένωσης. Η εμπειρία δείχνει ότι η έλλειψη σχεδίου μπορεί να καθυστερήσει ή να μπερδέψει τις αποφάσεις για εκκένωση. Θεωρητικά, η κατοχή ενός σχεδίου εκκένωσης θα μπορούσε να αυξήσει την πιθανότητα εκκένωσης απλώς και μόνο επειδή έχει προγραμματιστεί. Από την άλλη, ένα σχέδιο εκκένωσης, που είναι αυστηρό και δεν είναι ευέλικτο, μπορεί να εμποδίσει την έγκαιρη απόκριση έκτακτης ανάγκης και στη συνέχεια την εκκένωση.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια περιεκτική βιβλιογραφική ανασκόπηση του σχεδιασμού εκκένωσης έκτακτης ανάγκης. Εξετάζοντας τόσο το πρόβλημα της ρύθμισης της κυκλοφορίας με την λήψη των καταλλήλων μέτρων, όσο και το πρόβλημα της μοντελοποίησης και προσομοίωσης των διαδρομών εκκένωσης, συνοψίζοντας ότι τα περισσότερα μοντέλα προσομοίωσης των διαδρομών εκκένωσης χρησιμοποιούν μακροσκοπικές προσεγγίσεις και κάνουν χρήση των Γ.Π.Σ.. Ωστόσο, ορισμένα μοντέλα προσομοίωσης εξακολουθούν να στερούνται τη δυναμική που ενσωματώνεται στη διαδικασία εκκένωσης.

5.2 Προτάσεις

Πολλές διαδικασίες σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης περιλαμβάνουν πλέον τη χρήση μοντέλων προσομοίωσης. Ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες έρευνες για την ανάπτυξη ισχυρών μοντέλων ανθρώπινης συμπεριφοράς σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και των μοντέλων λήψης αποφάσεων. Γενικά, παρόλο που αρκετές κοινωνιολογικές μελέτες έχουν παράσχει σημαντικές πληροφορίες για την ανθρώπινη συμπεριφορά όσον αφορά τις εκκενώσεις από καταστροφές, υπάρχει ανάγκη να διευρυνθεί η ακαδημαϊκή κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς στις διαδικασίες εκκένωσης.

Επιπλέον, δεδομένου ότι οι μελέτες περίπτωσης για τον σχεδιασμό διαδρομών εκκένωσης σε περίπτωση φυσικών καταστροφών στα αστικά κέντρα της Ελλάδας είναι περιορισμένες, προτείνεται να διεξαχθούν περισσότερες έρευνες και προσομοιώσεις διαχείρισης της κυκλοφορίας, ώστε να αποτελέσουν την βάση για την ανάπτυξη βελτιωμένων στρατηγικών διαχείρισης των έκτακτων καταστάσεων εκκένωσης, αλλά και για να εντοπιστούν τα προβλήματα κατά την εφαρμογή του θεσμικού πλαισίου. Γενικότερα, απαιτείται περαιτέρω ερευνα για την κατανόηση της συνολικής διαχείρισης των εκκενώσεων από καταστροφές για να ξεπεραστούν οι αδυναμίες και να διευκολυνθεί η επιτυχία.

Κεφάλαιο 6 Βιβλιογραφία

- Abdelgawad, H., & Abdulhai, B. (2009, Sep 07). Emergency evacuation planning as a network design problem: a critical review. *Transportation Letter*, 41-58.
- Atmojo, P. S., & Sachro, S. S. (2017). Disaster managment: selection of evacuation routes due to flood disaster. *Procedia Enfineering* 171, 1478-1485.
- Bakar, N., Hashim, N., Aminuddin, A., Siti Aisha, S., & Majid, M. (2023). TOWARDS EFFECTIVE EVACUATION PROCEDURES IN DISASTER MANAGEMENT (DM): SIMULATION MODELLING AND GOVERNANCE STRATEGIE. *JOURNAL OF GOVERNANCE AND INTEGRITY*, 483-494.
- Bodoque, J., Amérigo, M., Díez-Herrero, A., García, J., Cortés, B., Ballesteros-Cánov, J., & Olcina, J. (2016). Improvement of resilience of urban areas by integrating social perception in flash-flood risk management. *Journal of Hydrology*, 665–676.
- Campos, V., Bandeira, R., & Bandeira, A. (2012). A method for evacuation route planning in disaster situations. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, EWGT 2012: 15th meeting of the EURO Working Group on Transportation*(54), pp. 503-512.
- Chen, X., Kwan, M.-P., Li, Q., & Chen, J. (2012). A model for evacuation risk assessment with consideration of pre- and post-disaster factors. *Computers, Environment and Urban Systems*, 207–217.
- Church, R., & Cova, T. (2000). Mapping evacuation risk on transportation networks using a spatial optimization model. *Transportation Research, Part C*(8), 321-336.
- Coutinho-Rodrigue, J., Tralhão, L., & Alçada-Almeida, L. (2012). Solving a location-routing problem with a multiobjective approach: the design of urban evacuation plans. *Journal of Transport Geography*, 206-218.
- Fitrianie, S., & Rothkrantz, L. (2015). Dynamic Routing during Disaster Events. *Proceedings of the ISCRAM 2015 Conference - Kristiansand, May 24-27*.
- Frieser, B. (2004). *Probabilistic Evacuation Decision Model for River Floods in the Netherlands*. Delft: TU Delft.
- Han, L., & Franzese, O. (2000). *A Methodology for the Assessment of Traffic Management Strategies for Large Scale Emergency Evacuations*. ACADEMIA Accelerating the world's reserach.

- Han, L., Yuan, F., & Urbanik, T. (2007, MARCH). What Is an Effective Evacuation Operation? *JOURNAL OF URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT*(133), pp. 3-8.
- Hsu, Y.-T., & Peeta, S. (2014, April). Risk-based spatial zone determination problem for stage-based evacuation operations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 41, pp. 73-89.
- Iida, Y., Kurauchi, F., & Shimada, H. (2000). TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM AGAINST MAJOR EARTHQUAKES. *IATSS Research, RISK MANAGEMENT IN TRANSPORT*, 24(2).
- Kendra, J., Rozdilsky, J., & McEntire, D. A. (2008). Evacuating Large Urban Areas: Challenges for Evacuating Large Urban Areas: Challenges for Concepts. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 5(1).
- Khan, M., Khalid, O., Huang, Y., Ranjan, R., Zhang, F., Cao, J., . . . Zomaya, A. (2015). MacroServ: A Route Recommendation Service for Large-Scale Evacuations. *IEEE Transactions on Services Computing*, 1939-1374.
- Kim, J., Park, J., Kim, K., & Kim, M. (2021). RnR-SMART: Resilient smart city evacuation plan based on road network reconfiguration in outbreak response. *Sustainable Cities and Society*, 103386.
- Kim, S., Shekhar, S., & Min, M. (2008, AUGUST). Contraflow Transportation Network Reconfiguration for Evacuation Route Planning. *IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING*, pp. 1115-1129.
- Kitamura, F., Inazu, D., Ikeya, T., & Okayasu, A. (2020). An allocating method of tsunami evacuation routes and refuges for minimizing expected casualties. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 101519.
- Li, M., Xu, J., Li, J., Liu, X., Ru, H., & Sun, C. (2019). A model for phased evacuations for disasters with spatio-temporal randomness. *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE*.
- Li, Q., Yang, X., & Wei, H. (2006, September 17-20). Integrating Traffic Simulation Models with Evacuation Planning System in A GIS Environment. *Proceedings of the IEEE ITSC 2006*, pp. 590-595.
- Lim, G., & Rungta, M. (2014). Optimization in evacuation route planning. In A. Badiru, & L. Racz, *HANDBOOK OF EMERGENCY RESPONSE A Human Factors and Systems Engineering Approach* (pp. 97-119). Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Lindell, M. (2014). Evacuation planning, analysis, and management. In A. Badiru, & L. Racz, *HANDBOOK OF EMERGENCY RESPONSE A HUMAN FACTORS AND SYSTEM ENGINEERING APPROACH* (pp. 121-149). CRC Press.
- Lindell, M., Kang, J., & Prater, C. (2011). The logistics of household hurricane evacuation. *Springer Science+Business Media B.V. 2011*, 1093–1109.

- Litman, T. (2006, April 13). Lessons From Katrina and Rita: What Major Disasters Can Teach Transportation Planners. *Journal of Transportation Engineering*, 132(1).
- LIU, Z., & WANG, C. (2019). Design of Traffic Emergency Response System Based on Internet of Things and Data Mining in Emergencies. *IEEE Access: SPECIAL SECTION ON DATA MINING FOR INTERNET OF THINGS*, 7, 113950-113962.
- Ma, J., Liu, S., Wang, W., Lin, P., & Lo, S. (2012, November). A GIS-based Micro-simulation Queue Model for Vehicle Evacuation. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2(3), pp. 178-187.
- Minhans, A. (2010, April - June). Formulation of Traffic Management Strategies in Disasters. *Institute of Town Planners, India Journal*, pp. 85 - 97.
- No, W., Choi, J., Park, S., & Lee, D. (2020). Balancing Hazard Exposure and Walking Distance in Evacuation Route Planning during Earthquake Disasters. *International Journal of Geo-Information*, 9, 432.
- Osorio, M., Zepeda, C., Sol, D., & Lazzeri, G. (2004). A Decision Support System for Disaster Situations. *Research on Computing Science e-Environment: Progress and Challenge*, 97-116.
- Pel, A., Bliemer, M., & Hoogendoorn, S. (2011, January 28). A review on travel behaviour modelling in dynamic traffic simulation models for evacuations. *Transportation*, pp. 97–123.
- Pourrahmani, E., Delavar, M., Pahlavani, P., & Mostafa, M. (2015). Dynamic Evacuation Routing Plan after an Earthquake. *American Society of Civil*, 04015006 1-8.
- Rego, A., Garcia, L., Sendra , S., & Lloret, J. (2018). Software Defined Networks for Traffic Management in Emergency Situations. 45-50: Fifth International Conference on Software Defined Systems (SDS).
- Saadatseresht, M., Mansourian, A., & Taleai, M. (2009). Evacuation planning using multiobjective evolutionary optimization approach. *European Journal of Operational Research*, 305-314.
- Sbayti, H., & Mahmassani, H. (2006). Optimal Scheduling of Evacuation Operations. *Transportation Research*, 1964(1), 238-246.
- Shao, Z., Ma , Z., Liu, S., & Lv, T. (2018). Optimization of a Traffic Control Scheme for a Post-Disaster Urban Road Network. *Sustainability*, 10(68).
- Shekhar, S., & Kim, S. (2006). *Contraflow Transportation Network Reconfiguration for Evacuation Route Planning*. Minnesota: Minnesota Department of Transportation Research Services Section.
- So, S., & Daganzo, C. (2010). Managing evacuation routes. *Transportation Research, Part B*(44), 514-520.

- Sorensen, J. H., & Sorensen, B. (2007). Community Processes: Warning and Evacuation. In H. Rodríguez, E. Quarantelli, & R. Dynes, *Handbook of Disaster Research* (pp. 183-199).
- Stepanov, A., & Smith, J. (2009). Multi-objective evacuation routing in transportation networks. *European Journal of Operational Research*, 435–446.
- Tamakloe, R., Hong, J., Tak, J., & Park, D. (2021). Finding evacuation routes using traffic and network structure information. *Transportation Research Part D*, 102853.
- Taylor, M., & Michael A P, S. (2010). A review of planning and operational models used for emergency A review of planning and operational models used for emergency. *First International Conference on Evacuation Modeling and Management*, 3-14.
- Teh, D., & Khan, T. (2021). Types, Definition and Classification of Natural Disasters and Threat Level. *Handbook of Disaster Risk Reduction for Resilience* , 27-56.
- UNISDR. (2009). *2009 UNISDR TERMINOLOGY ON DISASTER RISK*. GENEVA, SWITZERLAND: UNISDR.
- Urbina, E. (2002). *A state-of-the-practice review of hurricane evacuation plans and policies*. Louisiana State University: Master's Theses.
- Vorst, H. (2010). Evacuation Models and Disaster Psychology. *Procedia Engineering*(3), 15-21.
- Windhouwer, C., Klunder, G., & Sanders, F. (2005, April). Decision Support System Emergency Planning, Creating Evacuation Strategies in the Event of Flooding. *Proceedings of the 2nd International ISCRAM Conference*, pp. 171-180.
- Xu, X., Zhang, L., Sotiriadis, S., Asimakopoulou, E., Li, M., & Bessis, N. (2018). CLOTHO: A Large-Scale Internet of Things based Crowd Evacuation Planning System for Disaster Management. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*.
- Zepeda, C., & Sol, D. (2007, November 17). Evacuation Planning using Answer Set Programming: An initial approach. *Engineering Letters*.
- Zhang, W., Zhou, J., Liu, Y., Chen, X., & Wang, C. (2016). Emergency evacuation planning against dike-break flood: a GIS-based DSS for flood detention basin of Jingjiang in central China. *Nat Hazards*, 1283–1301.
- Βούλγαρης, X. (2017). *Οργανωμένη Απομάκρυνση Πληθυσμού (Ο.Α.Π). Αξιολόγηση, συμπεράσματα και προτάσεις για τον ρόλο της Τοπικής Αυτοδιοίκησης στην Ο.Α.Π., συνέπεια φυσικής ή ανθρωπογενούς καταστροφής*. Αθήνα: Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Γκιόλα, Π. (2015). *Διαχείριση κινδύνου αστικών περιοχών από φυσικές καταστροφές σε περιβάλλον GIS: Χωροθετικός σχεδιασμός σε περίπτωση σεισμού στην Αθήνα*. Βόλος: Διπλωματική Εργασία Π.Θ.

- Δανδουλάκη, Μ. (2011, Μάρτιος). ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ. ΕΕΤΑΑ.
- Κανάκα, Ι., & Καρυπίδης, Π. (2020). *Πιλοτικό σχέδιο εκκένωσης γειτονιάς σε περίπτωση εστιασμένου κινδύνου εντός πολεοδομικού ιστού με την χρήση ΣΓΠ: Η περίπτωση της Καλαμαριάς*. Θεσσαλονίκη: Διπλωματική Εργασία, Α.Π.Θ.
- Καραπατή, Β.-Μ. (2018). *Δημιουργία 3D Μοντέλου Πόλης με Πολεοδομική Νομοθεσία Μελέτη Περίπτωσης: η πόλη του Βόλου*. Βόλος: Διπλωματική Εργασία, Π.Θ.
- Λέκκας, Ε. Λ. (2000). *ΦΥΣΙΚΕΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ*. ΑΘΗΝΑ: ACCESS.
- Μπάλλας, Θ. Θ. (2022). *Ανάπτυξη Μεθοδολογικού Πλαισίου για την Αξιολόγηση της Ετοιμότητας Αστικών Περιοχών απέναντι σε Φυσικές Καταστροφές: Η Περίπτωση του Σχεδίου Εκκένωσης*. Αθήνα: Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Μπράνης, Γ. (2020). *Η σημασία της ενημέρωσης στη διαχείριση των φυσικών καταστροφών. Μελέτη περίπτωσης: Μάνδρα Αττικής*. Αθήνα: Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Νέσση, Π. (2018). *Η Χρήση των Πινακίδων Μεταβλητών Μηνυμάτων στη Διαχείριση Κυκλοφορίας και Συμβάντων*. Βόλος: Διπλωματική Εργασία, Π.Θ.
- Παναγιωτοπούλου, Α. (2016). *Ευφυή Συστήματα Μεταφορών και Διαχείριση Κυκλοφορίας. Σύνοψη Εφαρμογών*. Βόλος: Διπλωματική Εργασία, Π.Θ.
- Παναγόπουλος, Π. (2022). *Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΤΥΧΙΑ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΡΡΥΘΜΙΣΗ*. Κόρινθος: Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου.
- Σαπουντζάκη, Κ. (2016, ΑΝΟΙΞΗ). ΑΦΙΕΡΩΜΑ: ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΠΟΥ ΕΞΕΛΙΣΣΟΝΤΑΙ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕ, ΞΗΡΑΣΙΕΣ, ΠΟΤΑΜΙΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ, ΔΑΣΙΚΕ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ, ΚΑΥΣΩΝΑ, ΣΕΙΣΜΟΙ. *ΓΕΩΓΡΑΦΙΕΣ*, pp. 17-27.
- Τζεβελέκης, Ι. Φ. (2009). *Διαχείριση Αστικής Κυκλοφορίας σε Περιπτώσεις Έκτακτης Ανάγκης λόγω Εκδήλωσης Φυσικών ή Τεχνολογικών Κινδύνων*. Θεσσαλονίκη: Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ.