



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάπτυξη Μεθοδολογικού Πλαισίου για την Αξιολόγηση
της Ετοιμότητας Αστικών Περιοχών απέναντι σε
Φυσικές Καταστροφές: Η Περίπτωση του Σχεδίου
Εκκένωσης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θεόδωρος Θ. Μπάλλας

Επιβλέπων : Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάπτυξη Μεθοδολογικού Πλαισίου για την Αξιολόγηση
της Ετοιμότητας Αστικών Περιοχών απέναντι σε
Φυσικές Καταστροφές: Η Περίπτωση του Σχεδίου
Εκκένωσης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θεόδωρος Θ. Μπάλλας

Επιβλέπων : Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 12^η Ιουλίου, 2022.

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Χρυσόστομος Δούκας
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2022

.....
Θεόδωρος Θ. Μπάλλας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Θεόδωρος Θ. Μπάλλας, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική αποτελεί μια προσπάθεια προσέγγισης του ζητήματος της χάραξης του σχεδίου εκκένωσης, στα πλαίσια της αξιολόγησης της ετοιμότητας των αστικών περιοχών σε φυσικές καταστροφές και ιδιαίτερα την περίπτωση σεισμού. Ο σεισμός είναι μια φυσική καταστροφή που, παρά την τεχνολογική πρόοδο, είναι αδύνατο να προβλεφθεί. Για το λόγο αυτό, ιδιαίτερα στο περιβάλλον των σύγχρονων πυκνοκατοικημένων πόλεων, είναι επιτακτική η ανάγκη προετοιμασίας της διαδικασίας της εκκένωσης, με σκοπό τον μετριασμό των επιπτώσεων του σεισμού. Η εκκένωση αποτελεί κλασικό πρόβλημα στην περιοχή της επιχειρησιακής έρευνας. Στα πλαίσια της διπλωματικής η εκκένωση μοντελοποιείται ως πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού και εφαρμόζεται σε μελέτη περίπτωσης.

Λέξεις-κλειδιά: εκκένωση, σεισμός, ετοιμότητα, γραμμικός προγραμματισμός

ABSTRACT

The present dissertation is an approaching effort on evacuation planning, regarding the evaluation of preparedness against natural disasters in an urban environment, and more specifically, against earthquakes. Despite technological advances, earthquake is a natural disaster that cannot be predicted. For that reason, especially in an urban area where people are accumulated in a small area, it is urgent to plan the evacuation in order to mitigate the consequences of an earthquake. Evacuation planning is a fundamental problem in operational research. As far as this dissertation is concerned, evacuation planning is modeled as a linear-programming problem and is applied to a case study.

Keywords: evacuation planning, earthquake, preparedness, linear programming

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ευκαιρία αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του Ε.Μ.Π. κύριο Δημήτριο Ασκούνη, ο οποίος ως επιβλέπων καθηγητής της διπλωματικής μου έδωσε την ευκαιρία να ερευνήσω ένα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Dr. κύριο Γεώργιο Τραχανά, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Το ενδιαφέρον του για τους προβληματισμούς μου συνέβαλε καθοριστικά στην επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας. Επιπλέον, πολλές ευχαριστίες οφείλω στον ΥΔ Απόστολο Αρσενόπουλο για την συνεισφορά του στο κομμάτι που αφορούσε το λογισμικό GAMS.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τους γονείς μου Θόδωρο και Λάουρα, για ό,τι συνεχίζουν να παρέχουν στα παιδιά τους, τα αδέρφια μου Δημήτρη και Ρένο, που ήταν πάντα εκεί να με ωθήσουν στο βήμα παραπάνω, και την κοπέλα μου Μαρέβα, που με βοηθάει να είμαι η καλύτερη εκδοχή του εαυτού μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--------------------------------------------------------|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 6 |
| ABSTRACT..... | 6 |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ..... | 7 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ..... | 8 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 11 |
| 1.1 Φυσικές καταστροφές..... | 11 |
| 1.1.1 Σεισμός..... | 13 |
| 1.1.2 Στατιστικά Στοιχεία..... | 15 |
| 1.2 Κύκλος Διαχείρισης Καταστροφών..... | 18 |
| 1.3 Χρήσιμοι ορισμοί..... | 21 |
| 1.4 Το Πλαίσιο Sendai (Sendai Framework)..... | 22 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ – ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ..... | 25 |
| 2.1 Ιστορική Αναδρομή..... | 25 |
| 2.1.1 Το μοντέλο time-line..... | 26 |
| 2.1.2 Προ-εκκένωση (pre-evacuation)..... | 28 |
| 2.1.3 Εκκένωση (evacuation)..... | 29 |
| 2.2 Τύποι μοντέλων..... | 31 |
| 2.2.1 Αναπαράσταση των ανθρώπων..... | 31 |
| 2.2.2 Αναπαράσταση της γεωμετρίας..... | 33 |
| 2.2.2.1 Coarse network models..... | 33 |
| 2.2.2.2. Fine Network models..... | 35 |
| 2.2.2.3 Συνεχή μοντέλα..... | 36 |
| 2.3 Μέθοδοι μοντελοποίησης..... | 38 |
| 2.3.1 Path-finding..... | 38 |
| 2.3.2 Local Movement..... | 39 |
| 2.3.3 Locomotion..... | 39 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ..... | 41 |
| 3.1 Στάδια εκκένωσης..... | 42 |
| 3.1.1 Απόφαση για εκκένωση (Decision to evacuate)..... | 42 |
| 3.1.2 Προειδοποίηση (Warning)..... | 44 |
| 3.1.3 Απομάκρυνση (Withdrawal)..... | 44 |
| 3.1.4 Καταφύγιο (Shelter)..... | 46 |
| 3.1.4.1 Χώροι καταφυγής..... | 47 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.4.2 Χώροι παροχής βοήθειας | 49 |
| 3.1.4.3 Χώροι καταυλισμού | 50 |
| 3.1.5 Επιστροφή (Return) | 51 |
| 3.2 Το μαθηματικό μοντέλο | 52 |
| 3.2.1 Εισαγωγή στο γραμμικό προγραμματισμό (linear programming)..... | 52 |
| 3.2.2 Ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου για τη διαδικασία της εκκένωσης | 53 |
| 3.2.2.1 Προσδιορισμός των απαιτήσεων της εκκένωσης | 53 |
| 3.2.2.2 Αξιολόγηση της πρόσβασης σε ένα χώρο καταφυγής..... | 54 |
| 3.2.2.3 Βελτιστοποίηση επιλογής χώρου καταφυγής | 55 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ | 57 |
| 4.1 Οριοθέτηση και δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής ενδιαφέροντος... | 58 |
| 4.2 Χώροι καταφυγής στην περιοχή ενδιαφέροντος..... | 61 |
| 4.3 Βέλτιστη αντιστοίχιση | 65 |
| 4.4 Αποτελέσματα..... | 65 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 69 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 70 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΜΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΤΟΥ DIJKSTRA ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ MATLAB | 73 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ..... | 74 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΩΔΙΚΑΣ GAMS..... | 80 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΗΣ..... | 81 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Φυσικές καταστροφές

Στον 21^ο αιώνα, παρά τις εξελίξεις στον τομέα των επιστημών και της τεχνολογίας, φυσικές καταστροφές όπως σεισμοί, πλημμύρες, ανεμοστρόβιλοι κ. ά. συνεχίζουν να προκαλούν καταστροφικές συνέπειες και απώλειες τόσο στον ανθρώπινο πληθυσμό, όσο και στις περιουσίες τους. Ως καταστροφή (disaster) το γραφείο των Ηνωμένων Εθνών για τη μείωση του Κινδύνου Καταστροφών (United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNISDR) ορίζει τη σοβαρή διαταραχή της λειτουργίας μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας εξαιτίας επικίνδυνων γεγονότων που ευνοούνται από συνθήκες έκθεσης και τρωτότητας σε αυτά και έχει σαν αποτέλεσμα εκτεταμένες ανθρώπινες, υλικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές απώλειες [1]. Οι καταστροφές ποικίλλουν ανάλογα το μέγεθος, την ένταση, τον αντίκτυπο και το επίπεδο ανθρωπιστικής βοήθειας που απαιτείται. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τα αίτια που τις προκαλούν: τις φυσικές καταστροφές (natural disasters) και τις περίπλοκες έκτακτες καταστάσεις (complex emergencies). Οι φυσικές καταστροφές οφείλονται κυρίως σε φυσικά αίτια, ενώ οι περίπλοκες έκτακτες καταστάσεις είναι αποτέλεσμα βίαιων ένοπλων συγκρούσεων, οι οποίες προκαλούν μεγάλες ανθρωπιστικές κρίσεις και χαρακτηρίζονται από πολιτική αστάθεια, ανομία, βία, ελλείψεις σε βασικά είδη ανάγκης και τρόφιμα, κατάρρευση στο δημόσιο σύστημα υγείας και μεγάλες μετακινήσεις πληθυσμών [2]. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα μας απασχολήσουν μόνο οι φυσικές καταστροφές.

Το Κέντρο Έρευνας για την επιδημιολογία των καταστροφών (Center for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED) έχει συνεισφέρει στην συστηματική καταγραφή των φυσικών καταστροφών που λαμβάνουν χώρα παγκοσμίως. Η βάση δεδομένων που έχει δημιουργήσει, με το όνομα EM-DAT, περιέχει δεδομένα για πάνω από 25.000 καταστροφές, φυσικές ή μη, που έχουν συμβεί ανά τον κόσμο από το 1900 μέχρι σήμερα [3]. Κύριος σκοπός της βάσης αυτής είναι να παρέχει στοιχεία για ανθρωπιστικές δράσεις τόσο σε εθνικό όσο και υπερεθνικό επίπεδο, να εξορθολογήσει τη λήψη αποφάσεων με απώτερο σκοπό την καλύτερη ετοιμότητα και να παρέχει μια αντικειμενική βάση για την αξιολόγηση της τρωτότητας μιας περιοχής και τη ρύθμιση προτεραιοτήτων.

Η EM-DAT κατατάσσει τις φυσικές καταστροφές σε έξι μεγάλες κατηγορίες: τις γεωφυσικές, τις μετεωρολογικές, τις υδρολογικές, τις κλιματολογικές, τις βιολογικές και τις εξωγήινες.

- Γεωφυσικές ονομάζονται οι καταστροφές που πηγάζουν από τη γη.
- Μετεωρολογικές ονομάζονται οι καταστροφές που προκαλούνται από βραχύβιες, ακραίες καιρικές και ατμοσφαιρικές συνθήκες μικρής ή μέσης κλίμακας που διαρκούν από μερικά λεπτά έως μερικές μέρες.
- Υδρολογικές ονομάζονται οι καταστροφές που προκαλούνται από την ύπαρξη, κίνηση και κατανομή γλυκού ή θαλασσινού νερού είτε στην επιφάνεια του εδάφους, είτε υπόγεια.
- Κλιματολογικές ονομάζονται οι καταστροφές που προκαλούνται από ατμοσφαιρικές διεργασίες μεσαίας ή μεγάλης κλίμακας που σχετίζονται με την

μεταβλητότητα που κυμαίνεται σε διάρκεια από μια εποχή του χρόνου μέχρι και μια δεκαετία.

- Βιολογικές ονομάζονται οι καταστροφές που προκαλούνται από την έκθεση σε ζωντανούς οργανισμούς και τις τοξικές ουσίες που παράγουν (π.χ. δηλητήριο) ή ασθένειες που μπορεί να φέρουν. Για παράδειγμα, στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται δηλητηριώδη είδη της άγριας ζωής και φυτά ή έντομα που φέρουν παράσιτα, βακτήρια ή ιούς (π.χ. ελονοσία).
- Τέλος, εξωγήινες ονομάζονται οι καταστροφές που προκαλούνται από αστεροειδείς, μετεωρίτες ή κομήτες καθώς περνούν κοντά από τη Γη, εισέρχονται στη γήινη ατμόσφαιρα ή/και χτυπούν τη Γη. Ακόμα, στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται αλλαγές στις συνθήκες μεταξύ των πλανητών που επηρεάζουν τη μαγνητόσφαιρα, ιονόσφαιρα ή και θερμόσφαιρα της Γης.

Παρακάτω φαίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα για την κάθε κατηγορία φυσικής καταστροφής που ορίστηκε παραπάνω.

| Γεωφυσικές | Μετεωρολογικές | Υδρολογικές | Κλιματολογικές | Βιολογικές | Εξωγήινες |
|----------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|---------------------|-----------------------------|
| Σεισμοί | Ακραίες θερμοκρασίες | Πλημμύρες | Ξηρασία | Επιδημίες | Ενεργειακά σωματίδια |
| Ηφαιστειογενής δραστηριότητα | Καταιγίδες Τυφώνες | Καθίζηση του εδάφους | Πυρκαγιές | Προσβολή από έντομα | Μαγνητικές καταιγίδες |
| Εδαφικές κινήσεις (π.χ. κατολισθήσεις) | Ομίχλη | Κυματική δράση | | Ατυχήματα με ζώα | Σύγκρουση με ουράνια σώματα |

Οι φυσικές καταστροφές έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη δημόσια υγεία και ευεξία των ανθρώπων που επηρεάζονται από αυτές [2]. Ο αντίκτυπος στην υγεία μπορεί να είναι άμεσος (π.χ. τραυματισμός) ή έμμεσος (π.χ. υποσιτισμός ή αύξηση μεταδιδόμενων ασθενειών). Στον απόηχο μιας φυσικής καταστροφής, τα ζητήματα αυτά ενισχύονται από τυχούσες ζημιές που έχουν συμβεί στο σύστημα υγείας, τις εγκαταστάσεις ύδρευσης, καθώς και τις μετακινήσεις πληθυσμών μακριά από τα σπίτια τους. Τις πρώτες ημέρες μετά από μια φυσική καταστροφή, οι πληθυσμοί που επηρεάζονται ζουν σε προσωρινά, συνήθως συνωστισμένα, καταφύγια (shelters) με περιορισμένη πρόσβαση σε νερό και φαγητό. Οι συνθήκες αυτές είναι ιδανικές για την εξάπλωση μεταδοτικών ασθενειών αυξάνοντας έτσι τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα μεταξύ των ανθρώπων αυτών. Υπάρχουν πολλές μεταδοτικές ασθένειες που είναι γνωστό ότι ευνοούνται από τέτοιες συνθήκες, όπως γαστρεντερίτιδα, ιλαρά, μηνιγγίτιδα, λοιμώξεις του αναπνευστικού, ελονοσία, δάγκειος πυρετός, τέτανος. Κατά συνέπεια, κατά την ανταπόκριση σε μια φυσική καταστροφή, οι υγειονομικές αρχές οφείλουν να φροντίζουν τους τραυματίες που χρειάζονται ιατρική φροντίδα άμεσα, ενώ παράλληλα να φροντίζουν ώστε να τηρούνται μέτρα προστασίας για την αποφυγή μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών.

Επιπλέον, οι φυσικές καταστροφές προκαλούν εκτεταμένες οικονομικές ζημιές. Μόνο το 2021 οι ζημιές από όλες τις μεγάλες φυσικές καταστροφές παγκοσμίως ανήλθαν στα 252 δις δολάρια, ενώ αυτές της τελευταίας εικοσαετίας στα 3 τρις δολάρια. Το μεγάλο οικονομικό κόστος των φυσικών καταστροφών αποδίδεται στο γεγονός ότι καταστρέφεται μεγάλο κομμάτι βασικών και ταυτόχρονα ακριβών υποδομών, όπως δρόμοι και κτίρια. Οι φτωχότερες χώρες συνήθως πλήττονται δυσανάλογα περισσότερο απ' ό,τι οι ανεπτυγμένες. Αυτό συμβαίνει διότι παρόλο που οι πλουσιότερες χώρες έχουν συνήθως μεγαλύτερες ζημιές σε απόλυτους αριθμούς, το

ποσοστό, ωστόσο, των ζημιών σε σύγκριση με το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν τους είναι αισθητά μικρότερο [4]. Κατά συνέπεια, οι φτωχότερες χώρες είναι περισσότερο εξαρτημένες από ανθρωπιστική αλλά και οικονομική βοήθεια τρίτων χωρών, προκειμένου να ανοικοδομήσουν ξανά ό,τι έχει καταστραφεί.

1.1.1 Σεισμός

Ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο, αποτέλεσμα φυσικών-γεωλογικών διεργασιών που προέρχεται από τη διατάραξη της μηχανικής ισορροπίας των πετρωμάτων. Η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της διαταραχής αυτής διαδίδεται μέσα στη Γη με τη μορφή σεισμικών κυμάτων και εκδηλώνεται ως κίνηση του εδάφους [6].

Ο σεισμός προκαλείται από ξαφνική απελευθέρωση συσσωρευμένης ενέργειας στο φλοιό της Γης. Τον αντιλαμβανόμαστε στην επιφάνειά της καθώς μέρος της ενέργειας μεταφέρεται εκεί με τα σεισμικά κύματα. Τα κύματα αυτά διαδίδονται στο φλοιό με ταλαντώσεις των πετρωμάτων και φθάνοντας στην επιφάνεια προκαλούν τις αναταράξεις του εδάφους που γίνονται αισθητές από τον άνθρωπο. Ακόμα, τα σεισμικά κύματα προκαλούν με τις ταλαντώσεις και διαφορές ηλεκτρικού δυναμικού στα πετρώματα του φλοιού καθώς οδεύουν μέσα από αυτά (σεισμικό-ηλεκτρικό φαινόμενο). Άλλο ένα φαινόμενο που συχνά πυροδοτείται από ένα σεισμό είναι η δημιουργία τσουνάμι στη θάλασσα, όταν ο σεισμός είναι υποθαλάσσιος. Προκαλείται από την μετακίνηση πετρωμάτων της λιθόσφαιρας και έχει ως αποτέλεσμα ικανή κατακόρυφη ανάταξη του βυθού. Οι περισσότεροι σεισμοί σχετίζονται με τον τεκτονικό χαρακτήρα της Γης και γι' αυτό ονομάζονται τεκτονικοί.

Σεισμός μπορεί να προκύψει και ως αποτέλεσμα μιας μη φυσικής διεργασίας, όπως για παράδειγμα μια έκρηξη, μια υπόγεια πυρηνική δοκιμή ή ακόμα και μια έκρηξη στην ατμόσφαιρα της Γης [7].

Η πραγματική αιτία των σεισμών που γεννώνται στο φλοιό της Γης δηλώθηκε για πρώτη φορά σωστά το 1760 από τον Βρετανό John Michell. Όπως χαρακτηριστικά ανέφερε, οι σεισμοί και τα κύματα ενέργειας που δημιουργούν προκαλούνται από «μάζες πετρωμάτων που μετατοπίζονται, μίλια κάτω από την επιφάνεια». Για το λόγο αυτό, θεωρείται μέχρι και σήμερα ο πατέρας της επιστήμης της σεισμολογίας.

Κάθε σεισμός χαρακτηρίζεται από ορισμένα στοιχεία. Αυτά είναι το βάθος και το μέγεθος. Το βάθος είναι η κατακόρυφη απόσταση του υπόκεντρου από το επίκεντρο και ποικίλλει ανάλογα με το είδος του σεισμού. Σεισμοί με εστιακό βάθος μικρότερο των 50 χλμ. χαρακτηρίζονται ως αβαθείς, με εστιακό βάθος 50-250 χλμ ως ενδιάμεσοι και με εστιακό βάθος μεγαλύτερο των 250 χλμ ως βαθείς.

Για την μέτρηση του μεγέθους ενός σεισμού χρησιμοποιούνται κυρίως δύο κλίμακες, η κλίμακα Ρίχτερ (Richter scale) και η κλίμακα Μερκάλι (Mercalli intensity scale). Στην κλίμακα Ρίχτερ το μέγεθος του σεισμού προσδιορίζεται από την ενέργεια που εκλύεται κατά τη διάρκεια του σεισμού και η οποία, αν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί θα έδινε έργο. Έτσι ως σεισμός 1ου μεγέθους χαρακτηρίζεται ο σεισμός κατά τον οποίο εκλύεται τόση ενέργεια, όση και κατά την κίνηση του εδάφους που προκαλείται από τον άνεμο, τα κύματα της θάλασσας, τα μέσα συγκοινωνίας κ.λ.π., ως σεισμός 2ου μεγέθους χαρακτηρίζεται η δόνηση κατά την οποία η ενέργεια που εκλύεται είναι 10 φορές περισσότερη από την ενέργεια του σεισμού 1ου μεγέθους και σεισμός 3ου μεγέθους είναι η δόνηση κατά την οποία η ενέργεια που εκλύεται είναι 10 φορές περισσότερη από αυτήν που εκλύεται από σεισμό 2ου μεγέθους κ.ο.κ. Πρόκειται δηλαδή για μια λογαριθμική κλίμακα. Να τονιστεί ότι η κλίμακα διαθέτει και τον

αριθμό 0 και συμβολίζει συμβατικά την ασθενέστερη δόνηση που μπορούσε να καταγραφεί την εποχή που καθιερώθηκε η κλίμακα. Ωστόσο, οι σύγχρονοι σειсмоγράφοι μπορούν να καταγράψουν και ασθενέστερους σεισμούς, για τους οποίους χρησιμοποιείται αρνητική κλίμακα.

Από την άλλη, η κλίμακα Μερκάλι μετράει τις επιπτώσεις ενός σεισμού σε μια δεδομένη περιοχή [6]. Με βάση την κλίμακα αυτή, οι σεισμοί ταξινομούνται σε 12 επίπεδα, ανάλογα με την έντασή τους και της ζημιές που προκαλούν. Το κάθε επίπεδο συμβολίζεται από το αντίστοιχο λατινικό γράμμα. Στις ασθενείς δονήσεις που δεν προκαλούν υλικές ζημιές, η κατάταξη γίνεται ανάλογα με το πόσο αισθητός έγινε ο σεισμός από τους ανθρώπους. Το ύψιστο δυνατό επίπεδο είναι το XII (12) και αντιστοιχεί σε ένα σεισμό που θα επέφερε ολική καταστροφή σε κάθε ανθρώπινη κατασκευή και θα άλλαζε το γεωγραφικό ανάγλυφο μιας περιοχής. Το επίπεδο αυτό έχει καταγραφεί μόνο μια φορά στη σύγχρονη ιστορία, στο σεισμό Haiyuan στην Κίνα το 1920, όπου έχασαν τη ζωή τους περίπου 230 χιλιάδες άνθρωποι.

Η χώρα μας ανέκαθεν είχε έντονη σεισμική δραστηριότητα, αν και τα μεγέθη σπάνια ξεπερνούν τα 7 Ρίχτερ. Αιτία για τους πολλούς σεισμούς είναι η θέση της, η οποία βρίσκεται στη σύνθετη οριακή ζώνη στην ανατολική Μεσόγειο μεταξύ της Αφρικανικής πλάκας και της Ευρασιατικής πλάκας. Το βόρειο τμήμα της Ελλάδας βρίσκεται στην Ευρασιατική πλάκα ενώ το νότιο τμήμα βρίσκεται στην Πλάκα του Αιγαίου, η οποία μετακινείται νοτιοδυτικά σε σχέση με την Ευρασιατική πλάκα περίπου 30 mm/έτος ενώ η Αφρικανική πλάκα υποχωρεί προς τα βόρεια κάτω από την πλάκα του Αιγαίου με ρυθμό περίπου 40 mm/έτος. Το βόρειο όριο πλάκας είναι ένα σχετικά διάχυτο αποκλινόμενο όριο ενώ το νότιο συγκλινόνο όριο σχηματίζει το ελληνικό τόξο.

Οι ισχυρότεροι σεισμοί ιστορικά είναι εκείνοι που συνδέονται με το Ελληνικό Τόξο, αν και κανένας δεν είναι μεγαλύτερος των 7,2 βαθμών όπως έχει παρατηρηθεί από τις σύγχρονες καταμετρήσεις των σεισμολογικών οργάνων. Ωστόσο τα πρότερα ιστορικά σεισμικά γεγονότα των 365 π.Χ. και 1303 μ.Χ. πιθανόν να ήταν πολύ μεγαλύτερα από τις παραπάνω σεισμικές καταμετρήσεις.

Το σοβαρότερο σεισμικό συμβάν στην Ελλάδα τα τελευταία εκατό χρόνια είναι ο σεισμός μεγέθους 7.2R που έγινε στις 12 Αυγούστου 1953 στη Κεφαλλονιά [8]. Προκάλεσε τεράστιες υλικές καταστροφές κυρίως στη Κεφαλλονιά, Ζάκυνθο και Ιθάκη με αποτέλεσμα να σκοτωθούν 476 άνθρωποι και να τραυματιστούν άλλοι 2412. Σε σύνολο 33.000 σπιτιών που υπήρχαν τότε στα νησιά αυτά, υπήρξαν 27.659 καταρρεύσεις, σοβαρές υλικές ζημιές σε 2.780 σπίτια και ελαφρές σε 2.394 σπίτια.



Εικόνα 1-1: Μικροπλάκες της ανατολικής Μεσογείου και οι κινήσεις τους [9]

1.1.2 Στατιστικά Στοιχεία

Η EM-DAT αρχειοθετεί όλες τις καταστροφές από το 1900 μέχρι σήμερα που πληρούν τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω κριτήρια:

- 10 ή περισσότερα άτομα έχουν καταγραφεί ως νεκρά
- 100 ή περισσότερα άτομα έχουν καταγραφεί ως πληγέντα
- Επίσημη κήρυξη κατάστασης εκτάκτου ανάγκης
- Έκκληση για παγκόσμια υποστήριξη

Το 2021 καταγράφηκαν συνολικά 432 μεγάλες καταστροφές, ένας αριθμός σημαντικά υψηλότερος σε σχέση με τον μέσο όρο της εικοσαετίας 2001-2020, όπου σημειώθηκαν 357 καταστροφικά συμβάντα κατά μέσο όρο [4]. Οι περισσότερες καταστροφές αποδίδονται σε πλημμύρες, φτάνοντας τον αριθμό των 223, υψηλότερο από τον μέσο όρο της τελευταίας εικοσαετίας που ήταν 163. Κατά την εποχή των μουσώνων σημειώθηκε στην Ινδία ένας μεγάλος αριθμός από πλημμύρες που είχαν σαν αποτέλεσμα την απώλεια 1282 ανθρώπινων ζωών. Τον Ιούλιο, η πλημμύρα Henan στην Κίνα αποδείχθηκε ιδιαίτερα καταστροφική. Ο απολογισμός της ήταν 352 νεκροί, 14.5εκ πληγέντες και οικονομικές απώλειες 16.5 δις. δολαρίων. Τον ίδιο μήνα, οι πλημμύρες Nuristan στο Αφγανιστάν οδήγησαν σε 260 απώλειες. Τον Ιούλιο, οι πλημμύρες στην κεντρική Ευρώπη και η καθίζηση του εδάφους που ακολούθησε, προκάλεσε οικονομική ζημιά 40 δις δολαρίων αποκλειστικά στη Γερμανία, αποτελώντας έτσι τη δεύτερη χειρότερη καταστροφή στην ιστορία της από οικονομικής πλευράς.

Μετά τις πλημμύρες, οι δεύτερες πιο συχνές καταστροφές ήταν οι καταιγίδες, με 121 συμβάντα το 2021, αριθμό υψηλότερο σε σχέση με τον μέσο όρο της τελευταίας εικοσαετίας που είναι 102. Ο τυφώνας Rai, που χτύπησε τις Φιλιππίνες τον Δεκέμβρη, κόστισε τη ζωή 457 ανθρώπους και έπληξε 10.6 εκατομμύρια. Τον Απρίλιο, ο τροπικός

κυκλώνας Seroja που πέρασε μέσα από την Ινδονησία αποδείχθηκε μοιραίος για 226 ανθρώπους. Νωρίτερα, τον Φλεβάρη, οι καταιγίδες του χειμώνα στη Βόρειο Αμερική είχαν ως απολογισμό 235 νεκρούς και κόστος πάνω από 30 δις δολάρια.

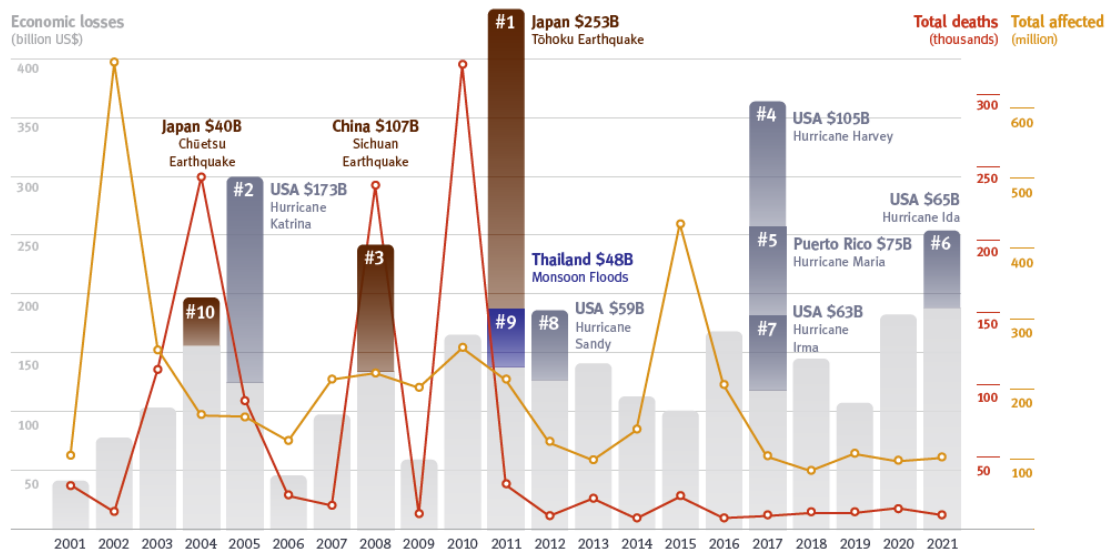
Σε αντίθεση με τις πλημμύρες και τις καταιγίδες, το 2021 καταγράφηκαν μόνο 3 φαινόμενα ακραίων θερμοκρασιών, αρκετά λιγότερα από τον μέσο όρο της τελευταίας εικοσαετίας (21). Ωστόσο, οι συνέπειες των φαινομένων αυτών ήταν σημαντικές. Στις αρχές Απρίλη, ένα κύμα ψύχους έπληξε τη Γαλλία προκαλώντας εκτεταμένες ζημιές στη γεωργία και κυρίως στους αμπελώνες, με ζημιές που υπολογίζονται σε 5.6 δις δολάρια. Ο καύσωνας που χτύπησε τις βορειοδυτικές πολιτείες των ΗΠΑ κατά τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο, με ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες σε σχέση με τις φυσιολογικές, είχε σαν απολογισμό 815 νεκρούς στον Καναδά και 229 στις ΗΠΑ. Η συγκεκριμένη περίοδος καύσωνα συνοδεύτηκε και από σημαντικές πυρκαγιές.

Συνοπτικά, το 2021 καταγράφηκαν 19 πυρκαγιές μεγάλου μεγέθους, αριθμό μεγαλύτερο από τον μέσο όρο της εικοσαετίας (11). Ο αριθμός αυτός αποδίδεται σε μια σειρά γεγονότων το καλοκαίρι στις μεσογειακές χώρες. Οι κυριότερες που επλήγησαν ήταν η Αλγερία, η Βουλγαρία, η Κύπρος, η Ελλάδα, η Ιταλία, η Βόρειος Μακεδονία, η Τυνησία και η Τουρκία. Η πυρκαγιά με τους περισσότερους νεκρούς ήταν στην Αλγερία, όπου έχασαν τη ζωή τους 90 άνθρωποι.

Εκτός από τα κύματα καύσωνα, οι δυτικές πολιτείες των ΗΠΑ ήρθαν αντιμέτωπες και με επίμονα περιστατικά ξηρασίας κατά το 2021, προκαλώντας ζημιές της τάξης των 9 δις δολαρίων. Παγκοσμίως, καταγράφηκαν 15 συμβάντα, με τα πιο σημαντικά στην ήπειρο της Αφρικής (Νότιος Αφρική, Σομαλία, Αιθιοπία, Κένυα) και της Ασίας (Αφγανιστάν, Ιράκ, Συρία, Ιράν). Ο ακριβής υπολογισμός των πληγέντων από φαινόμενα ξηρασίας αποτελεί ακόμα και σήμερα μια πρόκληση, καθώς τα φαινόμενα αυτά συνοδεύονται συνήθως από περίπλοκες έκτακτες καταστάσεις (έλλειψη τροφής, η πανδημία Covid-19, πολιτική αστάθεια, οικονομική κρίση κ.ά.). Έτσι, η αλληλεπίδραση των παραγόντων αυτών επηρεάζει την έκθεση, την τρωτότητα και την ικανότητα αντιμετώπισης τέτοιων κρίσεων.

Το 2021, στην EM-DAT καταγράφηκαν 28 σεισμοί, αριθμός συμβατός με τον μέσο όρο της εικοσαετίας που είναι 27. Ωστόσο, τόσο ο αριθμός των νεκρών, όσο και οι παγκόσμιες ζημιές σε οικονομικά μεγέθη ήταν μικρότερες το 2021, εξαιτίας της απουσίας ενός μεγάλου σεισμού. Ο σεισμός που προκάλεσε τους περισσότερους θανάτους το 2021 συνέβη τον Αύγουστο στην Αϊτή και ήταν μεγέθους 7.2 της κλίμακας Ρίχτερ.

Άλλοι γεωφυσικοί κίνδυνοι, όπως ηφαιστειακή δραστηριότητα, μετακίνηση μαζών, ή υδρολογικοί κίνδυνοι, όπως καθίζηση του εδάφους, έκαναν αραιά την εμφάνισή τους το 2021. Παρόλα αυτά, τον Απρίλιο, ένα αλυσιδωτό φαινόμενο, που πυροδοτήθηκε από μια χιονοστιβάδα, προκάλεσε εκτεταμένες ζημιές στις υδροηλεκτρικές υποδομές της περιοχής Uttarakhand στην Ινδία και άφησε πίσω 234 νεκρούς, αποτελώντας μία από τις δέκα πιο θανατηφόρες φυσικές καταστροφές που έλαβαν χώρα το 2021. Τέλος, αξιοσημείωτη ήταν η έκρηξη του ηφαιστείου Cumbre Vieja στα Κανάρια Νησιά που διήρκησε από τον Σεπτέμβριο έως τον Δεκέμβριο. Προκάλεσε οικονομικές ζημιές αξίας 1 δις δολαρίων και αποτελεί την περισσότερο ζημιογόνα σε οικονομικούς όρους έκρηξη ηφαιστείου της εικοσαετίας.



Εικόνα 1-2: Οι 10 μεγαλύτερες καταστροφές σε οικονομικές ζημιές – Τάσεις φυσικών καταστροφών (2001 – 2021) [4]

1.2 Κύκλος Διαχείρισης Καταστροφών

Το 2019 η χώρα μας κατάρτισε το Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας. Εκεί, ως κύκλος διαχείρισης καταστροφών (Disaster Management Cycle) ορίζεται το σύνολο των τακτικών και διαχειριστικών αποφάσεων και επιχειρησιακών δραστηριοτήτων σε όλα τα στάδια και φάσεις του κύκλου της καταστροφής δηλαδή της πρόληψης (mitigation), της ετοιμότητας (preparedness), της αντιμετώπισης (response) και της αποκατάστασης (recovery) [10]. Το πλεονέκτημα της απεικόνισης αυτής είναι ότι συνδέει τις συνθήκες που προηγούνται μιας καταστροφής με τις συνθήκες που διαμορφώνονται μετά την εκδήλωσή της. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η κάθε καταστροφή θεωρείται ως ένα επαναλαμβανόμενο φαινόμενο, οι φάσεις του οποίου καθορίζονται τόσο από τις ενέργειες που έχουν προηγηθεί της εκδήλωσής του, όσο και κατά τη διάρκεια αλλά και μετά από αυτή. Ουσιαστικά, η διαχείριση καταστροφών αποτελεί μια κυκλική διαδικασία, επειδή ο σχεδιασμός και οι δράσεις αντιμετώπισης, αποκατάστασης και ανασυγκρότησης μετά από μια καταστροφή ορίζουν τα θεμέλια για την πρόληψη καταστροφών που θα συμβούν στο μέλλον. Έτσι, ο κύκλος αυτός χωρίζεται στις εξής φάσεις [11]:

- **Η φάση της πρόληψης-μετριασμού (prevention-mitigation)**, κατά την οποία η εκδήλωση του φαινομένου γίνεται ολοένα και πιο πιθανή, ενώ παράλληλα πραγματοποιούνται δράσεις προστασίας και πρόληψης των καταστροφικών επιπτώσεων.

Οι ενέργειες που σχετίζονται με την πρόληψη ουσιαστικά προσπαθούν να εξαλείψουν ή να μειώσουν κατά το μέγιστο βαθμό τις συνέπειες μιας καταστροφής και το κατά πόσον αυτές θα επηρεάσουν την εύρυθμη λειτουργία της κοινωνίας. Σε αυτές περιλαμβάνονται κατασκευαστικά έργα, επιχειρησιακός σχεδιασμός – σχέδια εκκένωσης, αναλύσεις τρωτότητας, διαχείριση της χρήσης της γης, πολεοδομικοί κανονισμοί και κώδικες ασφαλείας, προληπτική φροντίδα υγείας και εκπαίδευση.

Η πρόληψη εξαρτάται από την ενσωμάτωση των απαραίτητων μέτρων τόσο σε τοπικό όσο και εθνικό επιχειρησιακό επίπεδο. Η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται ακόμα από τις διαθέσιμες πληροφορίες για πιθανούς κινδύνους.

- **Η φάση ετοιμότητας (preparedness)**, κατά την οποία η στιγμή εκδήλωσης του φαινομένου έχει εντοπιστεί και λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προειδοποίησης και κατάστασης ετοιμότητας. Η φάση της ετοιμότητας περιλαμβάνει επίσης και όλες εκείνες τις ενέργειες ενημέρωσης και πληροφόρησης των πολιτών για την πιθανή καταστροφή σε περιόδους ηρεμίας.

Ο στόχος της φάσης της ετοιμότητας είναι η επίτευξη ενός ικανοποιητικού επιπέδου ετοιμότητας για αντίδραση σε οποιοδήποτε απροσδόκητο κίνδυνο, μέσα από προγράμματα που ενισχύουν την τεχνική και διαχειριστική ικανότητα των κρατών, οργανισμών και τοπικών κοινωνιών. Κατά τη φάση αυτή, τα μέτρα που εφαρμόζονται αφορούν μηχανισμούς απόκρισης και κατασκευή

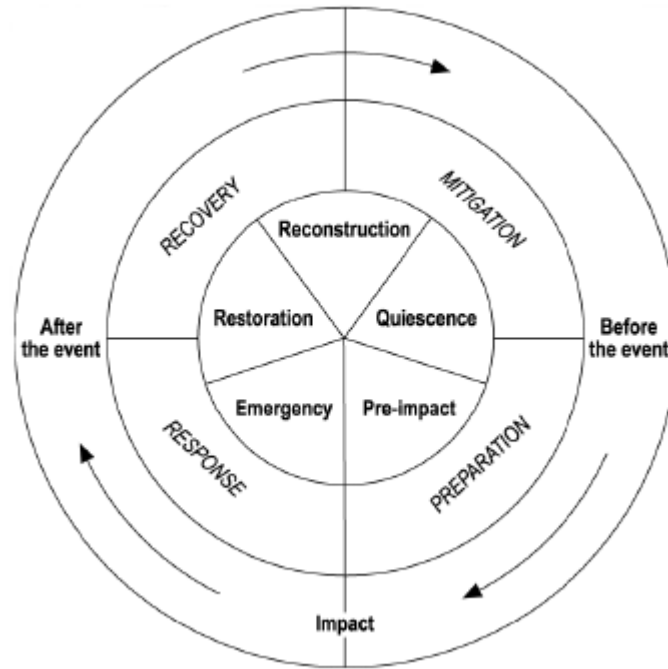
συστημάτων επικοινωνίας εκτάκτου ανάγκης, ασκήσεις, κατάρτιση βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων στρατηγικών, κατασκευή συστημάτων προειδοποίησης και εκπαίδευση των ανθρώπων. Μπορεί ακόμα να περιλαμβάνει την εξασφάλιση αποθεμάτων φαγητού, νερού, φαρμάκων και άλλου εξοπλισμού απαραίτητου για την περίπτωση εκκένωσης μιας περιοχής.

- **Η φάση εκδήλωσης του φαινομένου και απόκρισης (emergency-response)**, η οποία μπορεί να χωριστεί σε δύο επιμέρους φάσεις, δηλαδή σε μια περίοδο αμετρίαστης κρίσης και έκτακτης ανάγκης και έπειτα στην φάση έρευνας και διάσωσης των πληγέντων από την καταστροφή.

Ο στόχος της φάσης της απόκρισης είναι η παροχή άμεσης βοήθειας με σκοπό τη διατήρηση της ζωής, παροχή πρώτων βοηθειών και την ψυχολογική υποστήριξη των θυμάτων της καταστροφής. Η βοήθεια αυτή μπορεί να ποικίλλει από την παροχή συγκεκριμένης αλλά περιορισμένης βοήθειας, όπως τη μεταφορά ανθρώπων σε ασφαλή σημεία, την παροχή προσωρινού καταφυγίου, παροχή τροφής και νερού. Μπορεί ακόμα να περιλαμβάνει την αρχική επιδιόρθωση κατεστραμμένων υποδομών. Με λίγα λόγια, η φάση αυτή επικεντρώνεται στην κάλυψη των βασικών αναγκών των ανθρώπων μέχρις ότου βρεθούν πιο μόνιμες και βιώσιμες λύσεις. Να σημειωθεί ότι στο στάδιο αυτό συχνά συμμετέχουν ανθρωπιστικές οργανώσεις.

- **Η περίοδος ανάκαμψης-ανασυγκρότησης (recovery-reconstruction)**, κατά την οποία πραγματοποιείται αρχικά η ανακατασκευή και ανασυγκρότηση των υποδομών και υπηρεσιών που καταστράφηκαν και έπειτα η αναπτυξιακή ανάκαμψη και επαναφορά της οικονομίας.

Στη φάση αυτή, και αφού η κατάσταση έχει επέλθει υπό έλεγχο, ο πληθυσμός που έχει πληγεί είναι πλέον σε θέση να συμμετέχει σε δραστηριότητες με σκοπό την αποκατάσταση της καθημερινότητάς τους και των υποδομών που την υποστηρίζουν. Οι ενέργειες ανασυγκρότησης συνεχίζουν μέχρις ότου όλα τα συστήματα επανέλθουν σε κανονική λειτουργία. Συνήθως περιλαμβάνουν την επαναφορά βασικών συστημάτων υποστήριξης της ζωής στο ελάχιστο λειτουργικό επίπεδο, εκπαίδευση σχετική με την υγεία και την ασφάλεια, ανακατασκευές, συμβουλευτικά προγράμματα, μελέτες οικονομικού αντίκτυπου κ.ά.



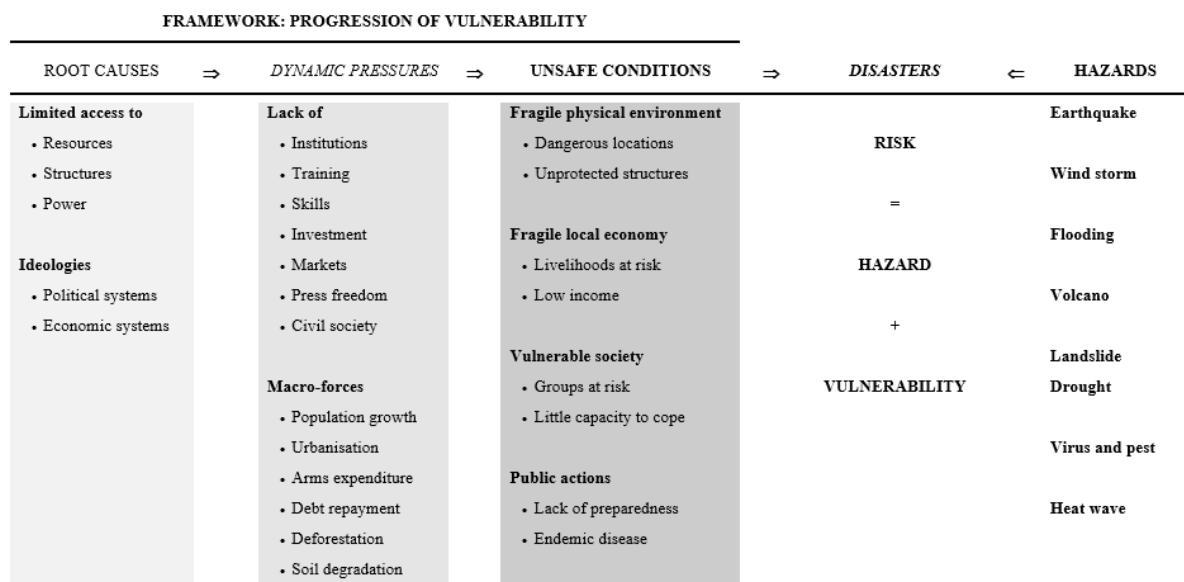
Εικόνα 1-3: Κύκλος Διαχείρισης καταστροφών [12]

1.3 Χρήσιμοι ορισμοί

Η ολοκληρωμένη κατανόηση της έννοιας της καταστροφής απαιτεί τον ορισμό μερικών ακόμα εννοιών σχετικές με αυτή, όπως του κινδύνου, της επικινδυνότητας, της τρωτότητας και τις σχέσεις με τις οποίες συνδέονται μεταξύ τους. Ο κίνδυνος (risk) αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της ανθρώπινης ζωής, αφού δεν υπάρχει κανένα περιβάλλον εντελώς απαλλαγμένο από αυτόν [13]. Πρόκειται για την πιθανή απώλεια ζωής, τραυματισμού ή καταστροφή ανθρωπίνων περιουσιακών στοιχείων που μπορεί να συμβεί σε ένα σύστημα, μια κοινωνία ή κοινότητα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα [10]. Από την άλλη, η επικινδυνότητα (hazard) αφορά την πραγματική έκθεση (exposure) ενός στοιχείου που έχει αξία για τον άνθρωπο σε κάποιον κίνδυνο. Πρόκειται, δηλαδή, για τη διαδικασία ή το φαινόμενο που μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα τον θάνατο ή τον τραυματισμό ανθρώπων, την αλλοίωση περιουσιακών στοιχείων, κοινωνική ή οικονομική διάσπαση ή την αλλοίωση του περιβάλλοντος. Από την άλλη, η τρωτότητα ορίζεται ως οι συνθήκες που καθορίζονται από φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς, τεχνικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες ή διαδικασίες που αυξάνουν την ευπάθεια του ατόμου, των κοινωνικών ομάδων και των υποδομών σε περίπτωση εκδήλωσης κινδύνου ή καταστροφής. Έτσι, τα τρία αυτά μεγέθη συνδέονται με την παρακάτω σχέση:

$$\text{Κίνδυνος (Risk)} = \text{Επικινδυνότητα (Hazard)} * \text{Τρωτότητα (Vulnerability)} \text{ ή } R = H * V$$

Οι φυσικές καταστροφές υπήρχαν και θα υπάρχουν, ειδικά δε οι σεισμικές καταστροφές που είναι σχεδόν αδύνατο να προβλεφθούν. Ωστόσο, συμπεραίνουμε ότι ο βαθμός που επηρεάζουν τις ανθρώπινες κοινότητες και οι συνέπειες που έχουν σε αυτές, τελικά καθορίζονται από τα ίδια αυτά χαρακτηριστικά, και τις τυχόν αδυναμίες, αυτών των κοινοτήτων, σε όλες τις εκφάνσεις τους, κοινωνικές, οικονομικές, λειτουργικές, πολιτικές, φυσικές (τρωτότητα) [14]. Καθίσταται επομένως επιτακτική η ανάγκη για την ενίσχυση της ετοιμότητας μιας κοινωνίας απέναντι σε μια καταστροφή καθώς και την μείωση της τρωτότητάς της. Στην κατεύθυνση αυτή κινούνται οι προτεραιότητες που ορίστηκαν με το πλαίσιο Sendai.



Εικόνα 1-4: Στοιχεία που συνθέτουν την τρωτότητα (vulnerability) [15]

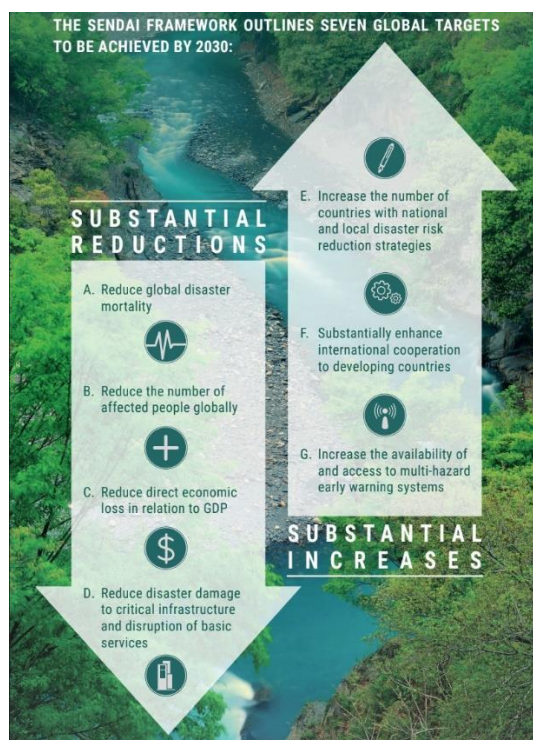
1.4 Το Πλαίσιο Sendai (Sendai Framework)

Το 2015 ο ΟΗΕ υιοθέτησε την στρατηγική «Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030» με σκοπό την μείωση του κινδύνου των καταστροφών. Το Πλαίσιο Σεντάι αποτελεί 15ετή, εθελοντική, μη δεσμευτική συμφωνία που αναγνωρίζει τον πρωταρχικό ρόλο του κράτους στη μείωση του κινδύνου καταστροφών, ταυτόχρονα όμως αναγνωρίζει την ευθύνη όλων των αρμοδίων φορέων, συμπεριλαμβανομένων των τοπικών αρχών, του ιδιωτικού τομέα και λοιπών εταίρων [16]. Στόχος είναι η ουσιαστική μείωση του κινδύνου καταστροφής και απώλειας ανθρώπινης ζωής. Πρόκειται για ένα αναβαθμισμένο πλαίσιο σε σχέση με το πλαίσιο δράσης Hyogo 2005-2015. Για την επίτευξη των στόχων που ορίζει το πλαίσιο Sendai, ορίζονται τέσσερις περιοχές προτεραιότητας.

- **Η κατανόηση του κινδύνου των καταστροφών**
Αποτελεί μια σημαντική περιοχή προτεραιότητας, καθώς η επιτυχής διαχείριση του κινδύνου των καταστροφών πρέπει να βασίζεται στη γνώση της ευπάθειας, της πιθανής έκθεσης και των ικανοτήτων των ανθρώπων, καθώς και των χαρακτηριστικών του κινδύνου και του περιβάλλοντος στο οποίο εμφανίζεται. Σημαντικό ρόλο σε όλα τα επίπεδα διαδραματίζει η συλλογή, επεξεργασία και η πρόσβαση σε δεδομένα, τα οποία σχετίζονται με τους φυσικούς κινδύνους.
- **Ενίσχυση της διακυβέρνησης κινδύνου καταστροφών**
Η προτεραιότητα αυτή αναφέρεται στην ύπαρξη ξεκάθαρης στρατηγικής, οράματος, θεσμών, νόμων και συντονισμού μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών για την αντιμετώπιση και διαχείριση του κινδύνου των καταστροφών.
- **Επένδυση στη μείωση του κινδύνου καταστροφών και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας**
Τόσο οι δημόσιες όσο και οι ιδιωτικές επενδύσεις είναι αναγκαίες για τη μείωση του κινδύνου των φυσικών καταστροφών. Οι επενδύσεις αυτές δεν είναι μόνο κατασκευαστικού χαρακτήρα, αλλά καλύπτουν μια σειρά δομών και τομέων για την ενίσχυση της κοινωνικής, οικονομικής και πολιτισμικής ανθεκτικότητας ανθρώπων, κοινοτήτων και χωρών.
- **Ενίσχυση της ετοιμότητας για την αποτελεσματική απόκριση και την καλύτερη ανάκαμψη, επανόρθωση και ανοικοδόμηση**
Η προτεραιότητα αυτή εστιάζει τόσο στην καλύτερη ενημέρωση κι εκπαίδευση, ώστε οι θεσμοί και οι κοινότητες να είναι προετοιμασμένες και να αποκρίνονται αποτελεσματικότερα, όσο και στις ευκαιρίες που καταγράφονται ώστε μετά την εμφάνιση των φυσικών κινδύνων να εμφανίζονται τα σημεία αδυναμίας και η επιστροφή στις προηγούμενες λειτουργίες να γίνεται με τις απαραίτητες αλλαγές και αναβαθμίσεις στις κατασκευές, τον σχεδιασμό κτλ.

Προκειμένου να είναι ευκολότερη η αξιολόγηση της επίτευξης των παραπάνω περιοχών προτεραιότητας, με το πλαίσιο Σεντάι ορίστηκαν οι 7 παρακάτω μετρήσιμοι, παγκόσμιοι στόχοι.

- 1) Ουσιαστική μείωση ως το 2030 της παγκόσμιας θνησιμότητας από καταστροφές, με στόχο την μείωση, κατά τη δεκαετία 2020-2030, του μέσου όρου παγκόσμιας θνησιμότητας, σε σχέση με την περίοδο 2005-2015.
- 2) Ουσιαστική μείωση ως το 2030 του αριθμού των ανθρώπων που πλήττονται από φυσικές καταστροφές, με στόχο την μείωση, κατά τη δεκαετία 2020-2030, του μέσου όρου, σε σχέση με την περίοδο 2005-2015.
- 3) Μείωση έως το 2030 των άμεσων οικονομικών απωλειών από καταστροφές σε σχέση με το παγκόσμιο ΑΕΠ.
- 4) Ουσιαστική μείωση των ζημιών από καταστροφές σε υποδομές και κοινωνικές υπηρεσίες, όπως εκπαίδευση και υγεία, με παράλληλη ανάπτυξη της ανθεκτικότητάς τους έως το 2030.
- 5) Ουσιαστική αύξηση του αριθμού των χωρών με εθνικές και τοπικές στρατηγικές μείωσης του κινδύνου καταστροφών έως το 2020.
- 6) Ουσιαστική ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας προς τις αναπτυσσόμενες χώρες προκειμένου να ολοκληρώσουν τις εθνικές τους δράσεις για την εφαρμογή του Πλαισίου έως το 2030.
- 7) Ουσιαστική αύξηση της διαθεσιμότητας και της πρόσβασης σε συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης πολλαπλών κινδύνων και σε πληροφόρηση γύρω από θέματα κινδύνου καταστροφών έως το 2030.



Εικόνα 1-5: Οι 7 παγκόσμιοι στόχοι του πλαισίου Sendai (2015-2030) [17]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ – ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Τα τελευταία χρόνια, η διαχείριση έκτακτων καταστάσεων (emergency management) λόγω φυσικών καταστροφών (σεισμοί, πυρκαγιές, πλημμύρες, κ.α.) αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας. Κατά την άμεση ανταπόκριση των αρχών (disaster response management) ενεργοποιούνται διάφορες διαδικασίες όπως εκκένωση (evacuation), δρομολόγηση οχημάτων (vehicle routing), παροχή ανθρωπιστικής βοήθειας (disaster relief), κ.ά. Οι διαδικασίες αυτές συνιστούν πλέον κλασικά προβλήματα στην περιοχή της επιχειρησιακής έρευνας και διάφορες προσεγγίσεις και τεχνικές έχουν προταθεί για την αντιμετώπισή τους. Αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διαδικασία της εκκένωσης, γι' αυτό στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα δούμε τρόπους που αυτή μοντελοποιείται.

2.1 Ιστορική Αναδρομή

Για να γίνει κατανοητή η εξέλιξη της μοντελοποίησης εκκένωσης (evacuation modelling), είναι απαραίτητη μία σύνοψη στην ιστορία της μελέτης της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε περιπτώσεις πυρκαγιάς και εκκένωσης εξαιτίας αυτής [18]. Η πρώτη γενιά ερευνητών στον τομέα της εκκένωσης παρήγαγε θεμελιώδη αποτελέσματα σχετικά με την ανθρώπινη συμπεριφορά και κίνηση ανθρώπων και την μοντελοποίησή τους στο ενδεχόμενο πυρκαγιάς. Τα αποτελέσματα αυτά, αν και παρήχθησαν τις δεκαετίες του '70 και το '80, παραμένουν ακόμα και σήμερα θεμελιώδη στη βιβλιογραφία στην οποία στηρίζεται η μοντελοποίηση εκκένωσης. Παρόλα αυτά, υπήρξε ανάγκη για μεγαλύτερη διερεύνηση των θεωριών που αναπτύχθηκαν για να εξηγήσουν διαφορετικά ζητήματα της ανθρώπινης συμπεριφοράς και των υπολογιστικών μεθόδων που προτάθηκαν.

Τα μοντέλα εκκενώσεων ορίζουν δύο είδη χρόνων, το χρόνο ASET και το χρόνο RSET. Ως ASET (Available Safe Egress Time) ορίζεται ως ο χρόνος από την έναρξη της πυρκαγιάς μέχρι το χρόνο που οι συνθήκες γίνονται εχθρικές για την επιβίωση του ανθρώπου [19]. Οι ελάχιστες συνθήκες που πρέπει να επικρατούν είναι: α) ορατότητα άνω των 10 μέτρων, β) θερμοκρασία μικρότερη των 65° C, γ) συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα μικρότερη από 1400 ppm. Ως RSET (Required Safe Egress Time) ορίζεται ο απαιτούμενος χρόνος για τους ανθρώπους να εκκενώσουν ένα κτίριο και να φτάσουν στο εξωτερικό του, ή σε ένα ασφαλές σημείο στο εσωτερικό του. Παραδοσιακά, ο υπολογισμός του RSET γινόταν με απλές εξισώσεις οι οποίες στηρίζονταν στην ιδέα ότι η κίνηση των ανθρώπων μπορεί να παρομοιαστεί με την κίνηση ενός ρευστού. Η ιδέα αυτή υποστηρίζεται από την έννοια ότι η κίνηση ανθρώπων φαίνεται σαν τη κίνηση ενός ρευστού μέσα στο οποίο ο κάθε άνθρωπος αναπαριστά ένα μόριο του ρευστού. Ένα παράδειγμα προκειμένου να γίνει αυτό αντιληπτό, είναι η παρατήρηση από ψηλά της εξόδου ενός συνόλου θεατών από ένα γήπεδο ή ένα σταθμό μετρό. Επιπρόσθετα, οι κύριοι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη σε υπολογισμούς εκκένωσης αφορούν τις αποστάσεις προς τις πιθανές εξόδους, την ταχύτητα κίνησης και τη ροή μέσα από διαδρόμους, πόρτες και σκάλες. Πιο συγκεκριμένα, για το λόγο αυτό προτάθηκε η χρήση του ωφέλιμου πλάτους (effective width), δηλαδή, οι άνθρωποι στις περιπτώσεις εκκένωσης χρησιμοποιούν μόνο ένα μέρος του διαθέσιμου χώρου.

Η προσέγγιση της ανθρώπινης κίνησης με υδραυλικά μοντέλα είναι διαθέσιμη στη βιβλιογραφία και αποτελεί ακόμα και σήμερα ένα κομμάτι των τεχνικών που χρησιμοποιούνται σήμερα για την αναπαράσταση της ανθρώπινης κίνησης.

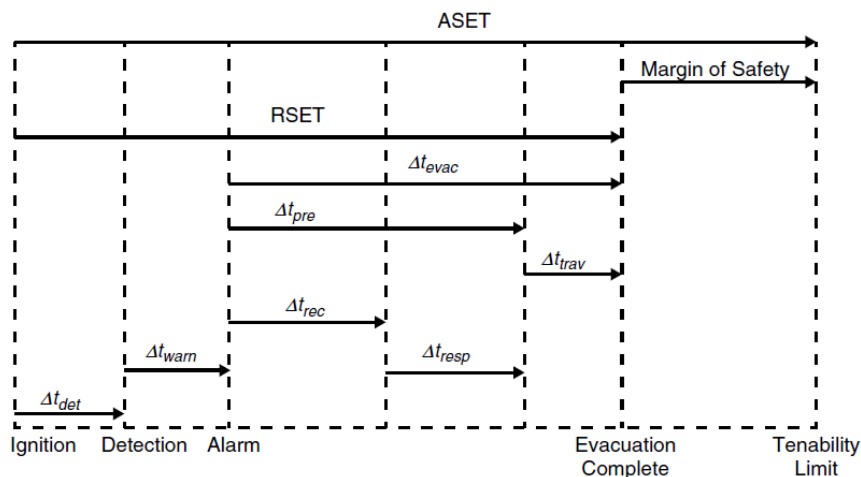
Ένα σημαντικό ζήτημα όσον αφορά τον υπολογισμό του RSET μόνο μέσω υδραυλικών μοντέλων είναι η περιορισμένη αναπαράσταση του αντίκτυπου που έχει ο ανθρώπινος παράγοντας στην εκκένωση. Ένα απλό παράδειγμα είναι ότι ο απαιτούμενος χρόνος για την εκκένωση ενός κτιρίου δεν είναι μόνο ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου οι άνθρωποι να φτάσουν σε ένα ασφαλές σημείο από την αρχική τους τοποθεσία. Αντιθέτως, περιλαμβάνει επιπλέον χρόνο που χρειάζεται προκειμένου οι άνθρωποι να λάβουν την απόφαση να μετακινηθούν προς την έξοδο ή ένα ασφαλές σημείο. Η πολυπλοκότητα της αναπαράστασης των διαδικασιών λήψης αποφάσεων των ανθρώπων οδήγησε τους ερευνητές στην σταδιακή ανάπτυξη πιο περίπλοκων μοντέλων. Έτσι, το πρώτο μοντέλο εκκένωσης σε υπολογιστή δημιουργήθηκε τη δεκαετία του '80.

Η μοντελοποίηση εκκένωσης (evacuation modelling) αναπτύχθηκε περαιτέρω την δεκαετία του '90 με την σταδιακή προσθήκη μεταβλητών που σχετίζονται με την ανθρώπινη συμπεριφορά. Αυτό αντικατοπτρίζεται από την σταδιακή μετάβαση από μοντέλα αποκλειστικά με εξισώσεις σε μοντελοποιήσεις που βασίζονται σε αντιπροσωπευτικούς πράκτορες (agent-based models). Ακόμα και σήμερα, ωστόσο, ορισμένα μοτίβα συμπεριφοράς δεν είναι πλήρως κατανοητά και δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ των ερευνητών στις θεωρίες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν.

2.1.1 Το μοντέλο time-line

Εξαιτίας του ιστορικού υποβάθρου, τα περισσότερα μοντέλα εκκένωσης στηρίζονται σε ένα time-line μοντέλο, το οποίο αναπαριστά την κίνηση των ανθρώπων ως ένα άθροισμα χρόνων στους οποίους η πολυπλοκότητα της συμπεριφοράς διαφαίνεται μέσω δύο διαφορετικών τύπων αλληλεπιδράσεων, αντιπροσώπου-αντιπροσώπου (agent-to-agent) και αντιπροσώπου-περιβάλλοντος (agent-to-environment) [18]. Το αυξημένο επίπεδο πολυπλοκότητας καθιστά αναγκαία τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή για την επίλυση του μοντέλου αυτού. Έτσι, ο τομέας της μοντελοποίησης της εκκένωσης γεννήθηκε εξαιτίας της ανάγκης επίλυσης πολύπλοκων εξισώσεων που αναπαριστούν τους κανόνες που διέπουν την συμπεριφορά τόσο μεταξύ ανθρώπων όσο και της αλληλεπίδρασής τους με το περιβάλλον.

Αν και έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα αυτού του τύπου, στην πράξη τα περισσότερα είναι δύσκολο να εφαρμοστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να δώσουν σημαντικά ποσοτικά αποτελέσματα. Ωστόσο, παρέχουν τα θεωρητικά θεμέλια για την ποιοτική ερμηνεία των προτύπων συμπεριφοράς και της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των ανθρώπων σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Κατά συνέπεια, το μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται συχνότερα είναι το time-line μοντέλο στο οποίο η αλληλουχία γεγονότων περιγράφεται σαν μια λίστα από διαδοχικά βήματα (εικόνα 2-1).



Εικόνα 2-1: Το συνηθέστερο time-line model [18]

Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνεται σε διεθνείς νομοθεσίες και εγχειρίδια έκτακτης ανάγκης, όπως το ISO TR16738 και το BS PD 7974-6. Κάθε βήμα αναπαριστά διαφορετική φάση της διαδικασίας της εκκένωσης και η αναπαράσταση της ανθρώπινης συμπεριφοράς γίνεται μέσα από το άθροισμα διαφορετικών χρόνων. Παρόλο που το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελεί μια υπερ-απλούστευση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, δίνει τη δυνατότητα μιας ποσοτικής ανάλυσης της διαδικασίας της εκκένωσης σε μικρό χρονικό διάστημα και της εύκολης ενσωμάτωσής του σε μοντέλα εκκένωσης. Στο μοντέλο αυτό ο χρόνος RSET ορίζεται ως εξής:

$$RSET = \Delta t_{det} + \Delta t_{warn} + \Delta t_{pre} + \Delta t_{trav}$$

Όπου,

Δt_{det} : χρόνος ανίχνευσης. Είναι ο χρόνος από την έναρξη της πυρκαγιάς μέχρι την πρώτη παρατήρησή της από άνθρωπο

Δt_{warn} : χρόνος αναγγελίας. Είναι ο χρόνος από την παρατήρηση μέχρι την σήμανση συναγερμού.

Δt_{pre} : χρόνος που προηγείται της εκκένωσης. Περιλαμβάνει δύο φάσεις, το χρόνο αναγνώρισης Δt_{rec} και το χρόνο απόκρισης Δt_{resp} . Ο χρόνος αναγνώρισης είναι ο χρόνος μετά τον οποίο η σήμανση συναγερμού έχει γίνει αντιληπτή, αλλά προτού οι άνθρωποι αντιδράσουν. Ο χρόνος απόκρισης αφορά το χρόνο μετά την αναγνώριση του συναγερμού αλλά δεν περιλαμβάνει το χρόνο μετακίνησης.

Δt_{trav} είναι ο χρόνος μετακίνησης, δηλαδή ο απαιτούμενος χρόνος για τους ανθρώπους να φτάσουν σε ασφαλές σημείο. Ασφαλές σημείο μπορεί να είναι είτε μια έξοδος είτε μια διαδρομή διαφυγής.

Ο συνολικός χρόνος εκκένωσης Δt_{evac} είναι το άθροισμα του χρόνου προ-εκκένωσης Δt_{pre} και του χρόνου μετακίνησης Δt_{trav} . Το διαθέσιμο περιθώριο ανάμεσα στους χρόνους ASET και RSET είναι το διαθέσιμο περιθώριο ασφαλείας.

Συνοψίζοντας, το time-line model επιτρέπει την αναπαράσταση της εκκένωσης ως ένα άθροισμα χρόνων που αποτελούν μια αλληλουχία γεγονότων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα μοντέλα εκκένωσης συνήθως υπολογίζουν το χρόνο εκκένωσης Δt_{evac} ως ένα, παρά τον κάθε χρόνο χωριστά.

2.1.2 Προ-εκκένωση (pre-evacuation)

Στη βιβλιογραφία έχουν δοθεί διαφορετικοί ορισμοί για τη φάση της προ-εκκένωσης. Αυτός που έχει επικρατήσει, ωστόσο, είναι ότι η προ-εκκένωση περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες των ανθρώπων προτού ξεκινήσουν να μετακινούνται για την εκκένωση. Οι ενέργειες αυτές εμπεριέχουν μια καθυστέρηση (delay time) μέχρι την έναρξη της κίνησης προς ένα ασφαλές σημείο και συνήθως σχετίζονται με συλλογή πληροφοριών, προετοιμασία για την εκκένωση με συλλογή προσωπικών αντικειμένων, βοήθεια προς άλλους ανθρώπους είτε ενημέρωσή τους, αντιμετώπιση της πυρκαγιάς κ. ά. Πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένες από αυτές τις ενέργειες στην πραγματικότητα πραγματοποιούνται καθοδόν, ωστόσο, εξαιτίας της φύσης του time-line model, αυτές εμπεριέχονται αποκλειστικά στο στάδιο της προ-εκκένωσης.

Ο χρόνος προ-εκκένωσης διαφοροποιείται από περίπτωση σε περίπτωση εξαιτίας των εξής παραμέτρους: από την διαφορετική αίσθηση του επείγοντος από άνθρωπο σε άνθρωπο, προσωπικό και πολιτισμικό υπόβαθρο, προηγούμενες εμπειρίες από πυρκαγιές, επίπεδο εκπαίδευσης, τις εγκαταστάσεις ασφαλείας στο φλεγόμενο κτίριο, πινακίδες και έξοδοι διαφυγής κ. ά.

Τα μοντέλα εκκένωσης χρησιμοποιούν διαφορετικούς τρόπους μοντελοποίησης του χρόνου προ-εκκένωσης. Ο πιο συνήθης είναι με τη χρήση ενός χρονικού καθυστέρησης (time-delay) στις διάφορες κατηγορίες ανθρώπων. Έτσι, προτού αρχίσουν την εκκένωση, οι άνθρωποι παραμένουν στο αρχικό τους σημείο έως ότου παρέλθει ο χρόνος προ-εκκένωσης και στη συνέχεια κατευθύνονται προς το ορισμένο ασφαλές σημείο.

Μια εναλλακτική προσέγγιση αποτελεί τον ορισμό δύο χρονικών καθυστέρησης, ένα για την αναγνώριση του κινδύνου (recognition) και ένα για την απόκριση (response) [20]. Οι τιμές των δύο αυτών χρονικών μπορεί να είναι είτε σταθερές είτε τυχαίες από μια γεννήτρια αριθμών προκαθορισμένης κατανομής πιθανότητας. Η πιο περίπλοκη προσέγγιση περιλαμβάνει την ανάθεση συγκεκριμένων μοτίβων συμπεριφοράς, η εκτίμηση των οποίων στηρίζεται στη βιβλιογραφική έρευνα, μελέτες περιπτώσεων και σειρά πειραμάτων. Η επιλογή του κατάλληλου χρόνου προ-εκκένωσης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού που αφορά, τον τύπο του κτιρίου, την ετοιμότητα των ανθρώπων, την εξοικείωσή τους με το κτίριο κλπ. Τα μοντέλα εκκένωσης επιτρέπουν τη χρήση διαφορετικών κατανομών πιθανότητας, όπως την ομοιόμορφη, την κανονική, τη log-normal (Galton), τη Γάμμα, τη Βήτα, την τριγωνική, εκθετική, Weibull ή Gumbel. Πολλές έρευνες, ωστόσο, έχουν δείξει ότι οι χρόνοι προ-εκκένωσης προσεγγίζονται καλά από την κανονική ή την log-normal κατανομή. Η επιλογή της κατανομής από τον χρήστη στηρίζεται στα διαθέσιμα στοιχεία που αυτός διαθέτει για τον πληθυσμό και το κτίριο, καθώς και για τις υποθέσεις τις οποίες κάνει στη φάση της μοντελοποίησης.

2.1.3 Εκκένωση (evacuation)

Η δεύτερη παράμετρος του χρόνου εκκένωσης είναι ο χρόνος μετακίνησης (travel-time) [18]. Πρόκειται για τον απαιτούμενο χρόνο για να φτάσουν οι άνθρωποι σε ασφαλές σημείο. Τα περισσότερα μοντέλα εκκένωσης τερματίζονται όταν όλοι φτάσουν στα προκαθορισμένα ασφαλή σημεία.

Για την προσομοίωση του χρόνου μετακίνησης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετά ζητήματα. Ο χρόνος μετακίνησης εξαρτάται από την ταχύτητα μετακίνησης των ανθρώπων κατά τη διαδρομή που χρησιμοποιούν, τις περισσότερες φορές ως πεζοί. Τα κύρια στοιχεία που επηρεάζουν το χρόνο αυτό μπορούν να συνοψιστούν στις εξής κατηγορίες: 1) ταχύτητα μετακίνησης, 2) διαθεσιμότητα διαδρομής και χρήση/επιλογή της διαδρομής και 3) άλλες συνθήκες και περιορισμοί.

Η ταχύτητα μετακίνησης είναι η μέγιστη ταχύτητα με την οποία οι άνθρωποι κινούνται προς το ασφαλές σημείο, εφόσον η κίνηση αυτή γίνεται ανεμπόδιστα. Η ταχύτητα αυτή εξαρτάται από διάφορα χαρακτηριστικά των υποκειμένων, όπως ηλικία, φύλο, φυσική κατάσταση, κινητικές δυσκολίες. Τα μοντέλα εκκένωσης υπολογίζουν τις ταχύτητες μετακίνησης για διάφορες κατηγορίες ανθρώπων, δίνοντάς τους μια ντετερμινιστική τιμή από κάποια γνωστή κατανομή (συνήθως κανονική κατανομή - όπως στο χρόνο προ-εκκένωσης).

Οι ταχύτητες εκκένωσης μεταβάλλονται σε κάθε βήμα της εκκένωσης, ανάλογα με διάφορους παράγοντες. Αυτοί μπορεί να είναι φυσικοί, ψυχολογικοί ή κοινωνικοί. Φυσικοί παράγοντες μπορεί να σχετίζονται με συνωστισμό (δηλαδή άλλοι άνθρωποι αποτελούν φυσικό εμπόδιο για την εκκένωση), το μέσο το οποίο χρησιμοποιείται (σκαλοπάτια, διάδρομος, ανελκυστήρας) ή οι συνθήκες που επικρατούν εξαιτίας του καπνού, ο οποίος επηρεάζει αρνητικά την ορατότητα, άρα και την ταχύτητα εκκένωσης. Οι ψυχολογικοί παράγοντες σχετίζονται με την αναπαράσταση της αίσθησης του ρίσκου και το κίνητρο. Παρόλα αυτά, τα περισσότερα μοντέλα δεν τους λαμβάνουν υπόψη εξαιτίας της πολυπλοκότητάς τους. Οι κοινωνικοί παράγοντες αφορούν τις αλληλεπιδράσεις που έχουν οι άνθρωποι μεταξύ τους. Για παράδειγμα, άνθρωποι που βρίσκονται στον ίδιο χώρο συνήθως μοντελοποιούνται ως ένα ενιαίο σύνολο που κινείται με την ίδια ταχύτητα.

Ο δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει το χρόνο μετακίνησης είναι η διαθεσιμότητα μια διαδρομής και η απόφαση για χρήση της. Το τελικό μονοπάτι το οποίο ακολουθούν τα άτομα επηρεάζεται από τη διαθεσιμότητα εναλλακτικών διαδρομών καθώς και την επιλογή ή μη μιας συγκεκριμένης διαδρομής, τόσο σε ατομικό, όσο και σε επίπεδο ενός συνόλου ανθρώπων. Ορισμένα μοντέλα εκκένωσης ενσωματώνουν τη δυναμική διαθεσιμότητα διαδρομών και συνδυάζονται με αλγόριθμους σχετικούς με την επιλογή διαδρομών και τη λήψη αποφάσεων. Στη γενική περίπτωση, τα μοντέλα επιτρέπουν στο χρήστη να αναθέσει αυτός τη διαδρομή που θα ακολουθήσει το κάθε άτομο/ομάδα, είτε με ντετερμινιστικό είτε με πιθανολογικό τρόπο. Οι αλγόριθμοι αυτοί μπορεί να στηρίζονται σε διαφορετικές κεντρικές ιδέες, όπως εύρεση πιο σύντομης διαδρομής, εύρεση γρηγορότερης διαδρομής, οικειότητα με την επιλεγείσα διαδρομή, επιλογή διαδρομής ανάλογα με την χωρητικότητα του τελικού σημείου-χώρου κλπ. [21].

Ο τελευταίος παράγοντας που επηρεάζει το χρόνο μετακίνησης αφορά άλλες συνθήκες ή περιορισμούς. Οι συνθήκες που σχετίζονται με τη ροή ανθρώπων προσομοιώνονται

στα μοντέλα με τέτοιο τρόπο ώστε ένας ρεαλιστικός αριθμός ανθρώπων να μπορεί να περάσει από ένα συγκεκριμένο σημείο σε συγκεκριμένο χρόνο, χωρίς να προκαλείται συμφόρηση. Για παράδειγμα, συχνά χρησιμοποιείται η έννοια του ωφέλιμου πλάτους (effective width), με σκοπό να υπολογιστεί ο μέγιστος ρυθμός ροής ανθρώπων σε συγκεκριμένα σημεία μιας διαδρομής. Μια άλλη προσέγγιση χρησιμοποιεί πειραματικά δεδομένα και υπολογίζει αυτόματα τη ροή σε συνάρτηση του χρόνου μετακίνησης και της πυκνότητας των ατόμων στο χώρο. Τα περισσότερα μοντέλα επιτρέπουν στο χρήστη διαφορετικά επίπεδα ελέγχου στη ροή αυτή.

2.2 Τύποι μοντέλων

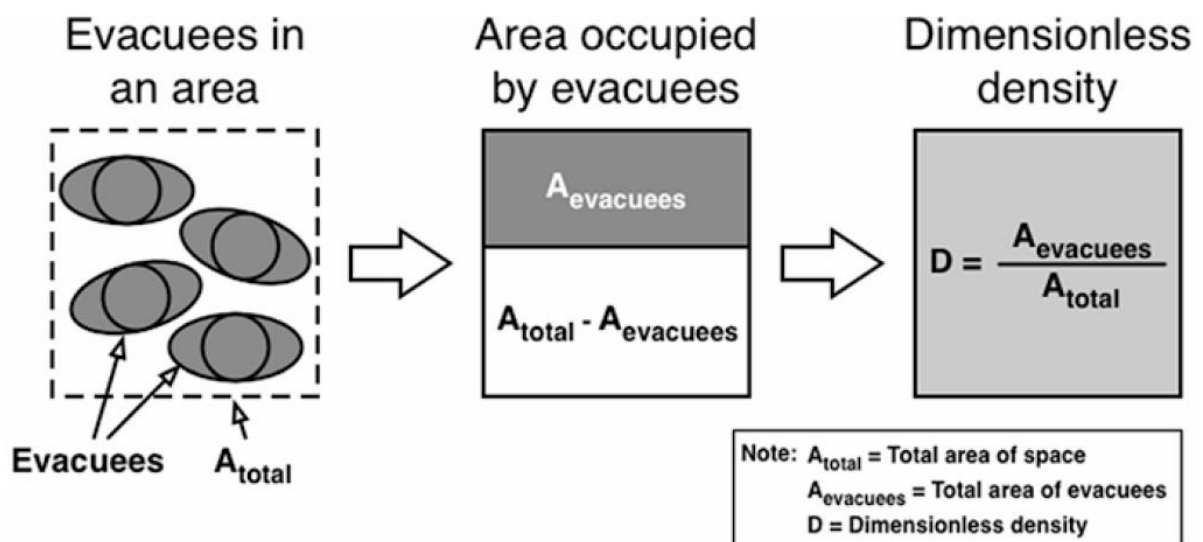
Η διαδικασία της εκκένωσης μπορεί να αναπαρασταθεί σε ένα μοντέλο με ποικίλους τρόπους, με τον καθένα να έχει διακριτά πλεονεκτήματα και περιορισμούς. Προκειμένου να γίνουν αυτά κατανοητά από το χρήστη, θα πρέπει να είναι σε θέση να καταλάβει με ποιο τρόπο το μοντέλο ενσωματώνει τόσο τους ανθρώπους που συμμετέχουν στην εκκένωση, όσο και τη γεωμετρία του χώρου. Ακόμα, μπορεί να υπάρχουν και άλλες πτυχές του μοντέλου, όπως ο βαθμός στον οποίο έχουν ενσωματωθεί κάποια πρότυπα συμπεριφοράς των ανθρώπων. Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά των μοντέλων που συναντώνται συχνότερα στη βιβλιογραφία, καθώς και τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί που αυτά έχουν.

2.2.1 Αναπαράσταση των ανθρώπων

Υπάρχουν δύο θεμελιωδώς διαφορετικοί τρόποι αναπαράστασης των ανθρώπων στα μοντέλα εκκένωσης. Η μία προσέγγιση τους εξετάζει μακροσκοπικά, ενώ η άλλη μικροσκοπικά. Καθεμία προσέγγιση συνοδεύεται από αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

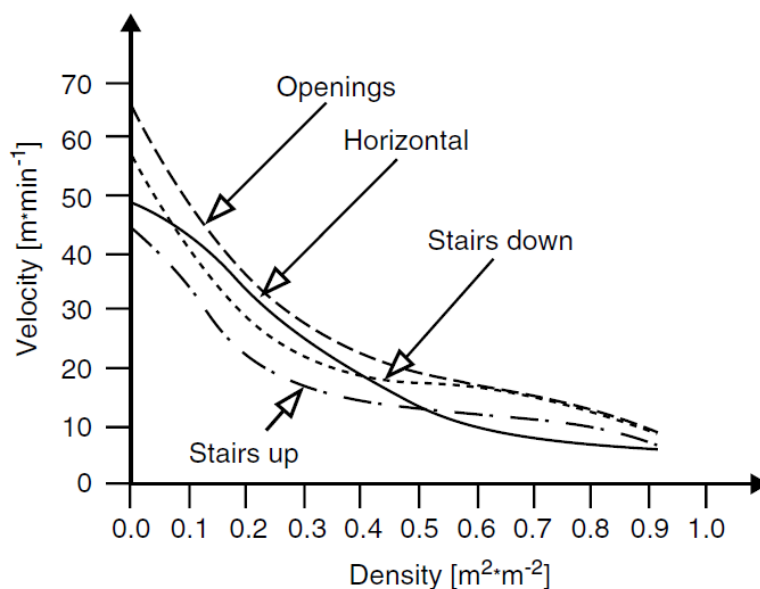
Σύμφωνα με την μακροσκοπική προσέγγιση, οι άνθρωποι δεν αναπαρίστανται κατ' άτομο στο μοντέλο, αλλά χρησιμοποιείται μια αναλογία με τα ρευστά. Αναπαρίστανται λοιπόν, συνήθως, από ένα δυσδιάστατο ρευστό το οποίο ρέει μέσα από τη γεωμετρία. Έχει συγκεκριμένη πυκνότητα, που αντιστοιχεί στην πυκνότητα των ανθρώπων, και ταχύτητα.

Μία από τις πρώτες μακροσκοπικές αναπαραστάσεις χρησιμοποιήθηκε για την κίνηση πεζών στο Νέο Δελχί το 1978 [22]. Το πλήθος αναπαρίστανται από ένα ρευστό με αδιάστατη πυκνότητα, η οποία ισούται με τον συνολικό χώρο που καταλαμβάνουν οι άνθρωποι διαιρούμενο με τον συνολικό διαθέσιμο χώρο (εικόνα 2-2).



Εικόνα 2-2: Αναπαράσταση του πλήθους ως ρευστό με αδιάστατη πυκνότητα [18]

Η μακροσκοπική προσέγγιση εξετάζει την συσχέτιση μεταξύ της πυκνότητας και της ταχύτητας μετακίνησης. Μια τέτοια σχέση φαίνεται στην εικόνα 2-3. Στα μοντέλα που στηρίζονται στην μακροσκοπική προσέγγιση, το πλήθος μετατρέπεται σε ένα ρευστό, το οποίο «ρέει» έξω από το χώρο που πρέπει να εκκενωθεί. Στα σημεία όπου η γεωμετρία του κτιρίου αλλάζει, μεταβάλλεται και η πυκνότητα του ρευστού. Για παράδειγμα, ένας διάδρομος ο οποίος στενεύει, θα οδηγήσει σε συμπίεση του ρευστού, οπότε και μεγαλύτερη πυκνότητα, με αποτέλεσμα την αλλαγή στη ταχύτητα μετακίνησης. Στα μοντέλα εκκένωσης σήμερα, σπανίως συναντάται η μακροσκοπική προσέγγιση.



Εικόνα 2-3: Συσχέτιση μεταξύ πυκνότητας και ταχύτητας μετακίνησης [18]

Η μικροσκοπική προσέγγιση είναι αυτή που είναι ευρέως διαδεδομένη σήμερα. Κάθε άτομο αναπαρίσταται από έναν αυτόνομο αντιπρόσωπο (agent) με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως χρόνο πριν την έναρξη της εκκένωσης, ταχύτητα μετακίνησης κ. ά. Κατά συνέπεια, ένα πλήθος ανθρώπων αναπαρίσταται από ένα σύνολο αντιπροσώπων που αλληλεπιδρούν στο μοντέλο. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί πράγματι καλύτερη αναπαράσταση της πραγματικότητας, αφού η μετακίνηση του πλήθους είναι αποτέλεσμα των μεμονωμένων κινήσεων των ατόμων σε ένα μεγαλύτερο σύνολο.

Οι αντιπρόσωποι υιοθετούν τους συμπεριφορικούς κανόνες του μοντέλου και αλληλεπιδρούν τόσο μεταξύ τους (agent-to-agent), όσο και με το περιβάλλον (agent-to-environment). Ένα παράδειγμα κανόνα agent-to-agent, είναι ότι ένας αντιπρόσωπος θα μειώσει την ταχύτητα κίνησής του σε συνάρτηση με την απόσταση από τον μπροστινό του. Οι ακριβείς κανόνες διαφοροποιούνται από μοντέλο σε μοντέλο και επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο αναπαράστασης της γεωμετρίας. Πολλές φορές, οι αλληλεπιδράσεις στο μικροσκοπικό επίπεδο φέρνουν στην επιφάνεια περίπλοκα φαινόμενα σε μακροσκοπικό επίπεδο. Για τον λόγο αυτό, η μικροσκοπική προσέγγιση θεωρείται ως μια από κάτω προς τα πάνω (bottom-up) προσέγγιση.

2.2.2 Αναπαράσταση της γεωμετρίας

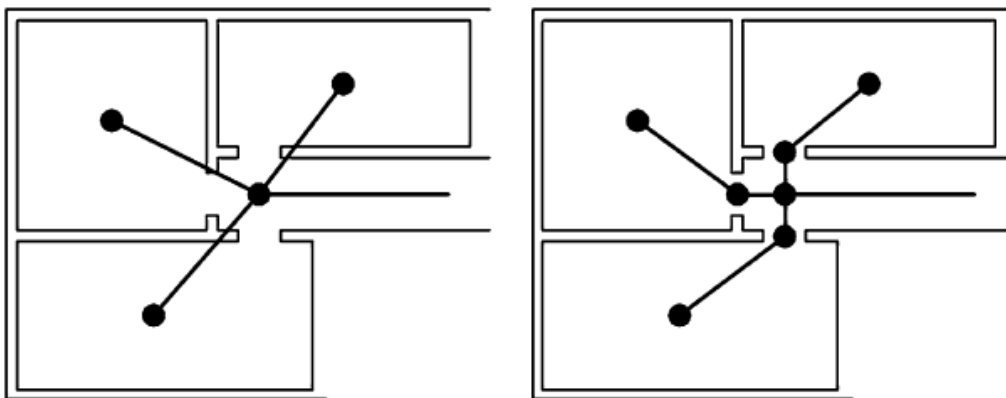
Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για την αναπαράσταση της γεωμετρίας του κτιρίου στα μοντέλα εκκένωσης. Οι προσεγγίσεις αυτές ονομάζονται coarse networks, fine networks και συνεχή μοντέλα. Καθεμία προσέγγιση συνοδεύεται από αντίστοιχα πλεονεκτήματα και περιορισμούς, τα οποία θα αναλυθούν στη συνέχεια.

2.2.2.1 Coarse network models

Στα coarse network models, η γεωμετρία αναπαρίσταται από ένα δίκτυο κόμβων (nodes), οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους με ακμές (arcs) (εικόνα 2-4) [18]. Ένας κόμβος αποτελεί συνήθως την αναπαράσταση μιας περιοχής στη γεωμετρία (π.χ. ένα δωμάτιο, ένα διάδρομο του κτιρίου), αλλά μπορεί και να αναπαραστήσει ένα συνδυαστικό σημείο μεταξύ περιοχών (π.χ. μια πόρτα). Στην δεύτερη περίπτωση, επιτυγχάνεται μια πιο λεπτομερής αναπαράσταση της γεωμετρίας αλλά και μεγαλύτερη ακρίβεια στις αποστάσεις (δεξιό σχέδιο εικόνας 2-4).

Σε ορισμένες περιπτώσεις κρίνεται απαραίτητη η αναπαράσταση ενός χώρου με περισσότερους από έναν κόμβους, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση ενός μεγάλου διαδρόμου. Ακόμα, ένας ή περισσότεροι κόμβοι μπορεί να προσδιοριστούν ως ασφαλή σημεία, τα τελικά δηλαδή σημεία της διαδικασίας της εκκένωσης.

Οι κόμβοι και οι ακμές μπορούν να πάρουν ορισμένα χαρακτηριστικά για την ρεαλιστικότερη αναπαράσταση της γεωμετρίας. Στους κόμβους μπορεί να δοθεί το χαρακτηριστικό της χωρητικότητας, δηλαδή ο μέγιστος αριθμός ανθρώπων που επιτρέπεται να υπάρχει σε ένα κόμβο, προκειμένου να επιτευχθεί ο περιορισμός των ατόμων που καταλαμβάνουν ένα χώρο στη γεωμετρία. Η ανάθεση χωρητικότητας για κάθε κόμβο κρίνεται αναγκαία για την αποφυγή φαινομένων συμφόρησης κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Από την άλλη, οι ακμές μπορούν να χαρακτηριστούν από περιορισμούς που αφορούν τη ροή ανθρώπων. Ο περιορισμός του αριθμού των agents που οδεύουν κατά μήκος μιας ακμής ή που εισέρχονται σε μια ακμή μπορεί να αλλάζει σε κάθε βήμα της προσομοίωσης. Ακόμα, η ταχύτητα μετακίνησης κατά μήκος μιας ακμής είναι μια μεταβλητή που χρησιμοποιείται κατά κόρον στα μοντέλα εκκένωσης, περιορίζοντας έτσι τον απαιτούμενο χρόνο μετακίνησης από ένα κόμβο σε έναν άλλο.



Εικόνα 2-4: Σχηματική αναπαράσταση ενός coarse network model με κόμβους που αντιστοιχούν μόνο σε χώρους (αριστερά) και κόμβους σε χώρους και συνδέσεις (δεξιά) [18]

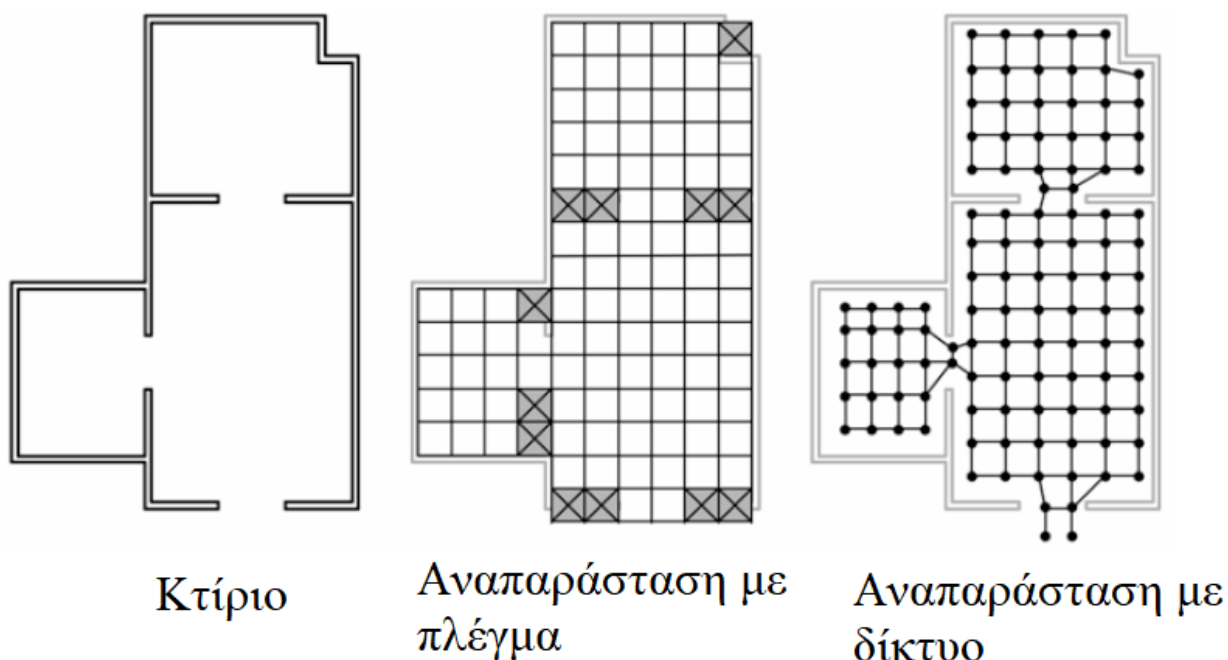
Ο τρόπος αναπαράστασης της γεωμετρίας στα coarse network models είναι απλός και εγκυμονεί ορισμένους κινδύνους. Η απλοϊκή αυτή αναπαράσταση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Είναι σημαντικό οι διαδρομές να αναπαρίσταται με ακρίβεια και πληρότητα στα δίκτυα. Ανακριβής ή υπεραπλουστευμένη αναπαράσταση μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα. Ωστόσο, η απλότητα της αναπαράστασης έχει το πλεονέκτημα ότι οι χρόνοι προσομοίωσης είναι αρκετά μικροί. Κατά συνέπεια, παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη να τρέξει πολλά διαφορετικά σενάρια σε σύντομο χρονικό διάστημα, καθιστώντας εφικτή τη διενέργεια ανάλυσης ευαισθησίας ακόμα και σε προσομοιώσεις με μεγάλο αριθμό δεδομένων.

Εξαιτίας του απλού τρόπου αναπαράστασης στα coarse network models, είναι δύσκολο να αντληθούν πληροφορίες σχετικά με την ακριβή θέση των ανθρώπων ή τις συνθήκες συμφόρησης. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης εξαρτώνται από την ακρίβεια του δικτύου που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της γεωμετρίας. Ωστόσο, η ακριβής θέση ανθρώπων μέσα στα δωμάτια δεν υπάρχει ως πληροφορία, αφού κάθε χώρος αναπαρίσταται από ένα και μοναδικό κόμβο. Ακόμα, δεν είναι δυνατή η ακριβής προσομοίωση της συμφόρησης αφού οι κόμβοι μπορούν να γεμίσουν μέχρι την ορισθείσα χωρητικότητα από το χρήστη.

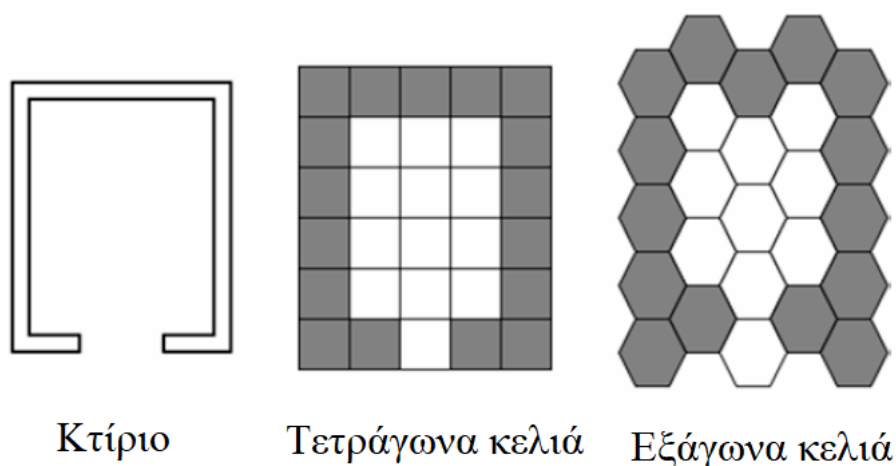
Στα πρώτα μοντέλα εκκένωσης τη δεκαετία του '80 χρησιμοποιούνταν κυρίως coarse network models, σήμερα ωστόσο η χρήση τους έχει σχεδόν εξαλειφθεί.

2.2.2.2. Fine Network models

Τα fine network models αναπαριστούν τη γεωμετρία είτε με ένα πλέγμα με κελιά είτε με ένα δίκτυο κόμβων που ενώνονται με ακμές. Στην περίπτωση της αναπαράστασης με πλέγμα, τα κελιά μπορεί να έχουν είτε σχήμα τετραγώνου είτε εξάγωνου. Οι αντιπρόσωποι μετακινούνται από κελί σε κελί και κάθε κελί μπορεί να φιλοξενήσει το πολύ έως έναν αντιπρόσωπο. Εμπόδια, όπως τοίχοι, συνήθως αναπαρίστανται από κελιά τα οποία δεν μπορούν να φιλοξενήσουν αντιπρόσωπο (blocked cells).



Εικόνα 2-5: Fine Network Models [18]



Εικόνα 2-6: Τα δύο διαφορετικά είδη κελιών [18]

Στην περίπτωση της αναπαράστασης με δίκτυο, κάθε κόμβος μπορεί να φιλοξενήσει μέχρι ένα αντιπρόσωπο. Οι αντιπρόσωποι μετακινούνται από κόμβο σε κόμβο μέσω των ακμών. Η προσέγγιση αυτή δεν απαιτεί την ύπαρξη blocked cells για την αναπαράσταση τοίχων, αλλά αυτοί αναπαρίστανται από την έλλειψη ακμών που

ενώνουν κόμβους που βρίσκονται στις διαφορετικές πλευρές του τοίχου. Συνήθως, η αναπαράσταση με δίκτυο δίνει πιο ακριβή εικόνα της γεωμετρίας στο μοντέλο.

Ένα πλεονέκτημα των fine network models είναι ότι η δομημένη αναπαράσταση της γεωμετρίας που τα συνοδεύει, εξασφαλίζει ομαλά τρεξίματα της προσομοίωσης. Ακόμα, οι προσομοιώσεις με μεγάλο αριθμό αντιπροσώπων είναι εφικτές και δεν συνοδεύεται από μεγάλο υπολογιστικό κόστος.

Η υπόθεση ότι κάθε κελί ή κόμβος μπορεί να φιλοξενήσει μόνο έναν αντιπρόσωπο αποτελεί περιορισμό των fine network models. Επειδή το μέγεθος του κελιού παραμένει σταθερό στη διάρκεια της προσομοίωσης (ή η απόσταση μεταξύ των κόμβων), η μέγιστη εφικτή πυκνότητα είναι προκαθορισμένη. Για παράδειγμα, αν χρησιμοποιείται κελί διαστάσεων 0,5m επί 0,5m, ο μέγιστος αριθμός αντιπροσώπων ανά τετραγωνικό μέτρο θα είναι 4 άτομα ανά τετραγωνικό. Ωστόσο, η τιμή αυτή μπορεί να είναι μικρότερη από την πυκνότητα που συναντάται στις πραγματικές συνθήκες, με αποτέλεσμα ορισμένα σενάρια να είναι αδύνατο να προσομοιωθούν. Παρομοίως, ο τρόπος αναπαράστασης της γεωμετρίας μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την όχι καλή αποτύπωση της επίδρασης της πυκνότητας στο χρόνο μετακίνησης. Την σημερινή εποχή, υπάρχουν διαθέσιμα πολλά μοντέλα εκκένωσης που ενσωματώνουν fine network models.

2.2.2.3 Συνεχή μοντέλα

Στα συνεχή μοντέλα η γεωμετρία αναπαρίσταται από έναν συνεχή χώρο που περιέχει αντιπρόσωπους. Οι αντιπρόσωποι έχουν συντεταγμένες για την τοποθεσία τους, σχήμα και μέγεθος. Δεν περιορίζονται σε ένα πλέγμα ή ένα δίκτυο αλλά μπορούν να κινούνται ελεύθερα στο χώρο. Προκειμένου να προσομοιωθεί η κίνησή τους με ρεαλιστικό τρόπο, υπάρχουν ορισμένοι κανόνες που οριοθετούν την ελάχιστη απόσταση μεταξύ των αντιπροσώπων, τόσο μεταξύ τους όσο και με τυχόν εμπόδια (π.χ. τοίχοι). Σκοπός αυτών των κανόνων είναι να αποφευχθεί η επικάλυψη (overlap) μεταξύ τους και να διατηρηθεί μια λογική απόσταση τόσο μεταξύ τους, όσο και από τα εμπόδια. Ακόμα, στα συνεχή μοντέλα απαιτείται προσοχή όσον αφορά το βήμα της προσομοίωσης. Αυτό, θα πρέπει να είναι αρκούντως μικρό, αφού ένα μεγάλο βήμα προσομοίωσης θα μπορούσε να έχει σαν αποτέλεσμα την κίνηση των αντιπροσώπων μέσα από εμπόδια. Τα συνεχή μοντέλα επιτρέπουν τη ρεαλιστικότερη αναπαράσταση της πραγματικής κίνησης των ανθρώπων, αφού τόσο στον πραγματικό κόσμο, όσο και στην προσομοίωση, η κίνηση γίνεται σε ένα συνεχή χώρο και ανά πάσα στιγμή λαμβάνεται υπόψη η κίνηση των υπόλοιπων με στόχο την αποφυγή εμποδίων.

Ωστόσο, το γεγονός ότι η αναπαράσταση της κίνησης είναι ρεαλιστική δεν σημαίνει ότι η συγκεκριμένη κατηγορία μοντέλων υπερτερεί αυτόματα έναντι των άλλων. Αυτό συμβαίνει επειδή η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης εξαρτάται από το πώς ακριβώς έχει υλοποιηθεί η διαδικασία της κίνησης καθώς και ο τρόπος που το μοντέλο χρησιμοποιείται.

Ένα πιθανό μειονέκτημα των συνεχών μοντέλων αφορά την πολυπλοκότητα που εμπεριέχουν, με αποτέλεσμα ο υπολογιστικός χρόνος να είναι αρκετά μεγαλύτερος από άλλα απλούστερα μοντέλα. Αν και η γεωμετρία αναπαρίσταται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να πρέπει να εφαρμοστούν περισσότερο περίπλοκοι κανόνες που διέπουν την κίνηση των αντιπροσώπων. Για παράδειγμα, είναι αρκετά σύνθετη η προσομοίωση κίνησης κόντρα στην κύρια ροή ανθρώπων ή ακόμα

και η κίνηση σε σημεία με μεγάλη πυκνότητα. Τέτοιου είδους περιπτώσεις θα μπορούσαν να επιλυθούν με τη χρήση υπο-μοντέλων, τα οποία επιλύουν την περίπτωση ανθρώπων που κινούνται κόντρα στην κύρια ροή, με την αντίστοιχη αύξηση του υπολογιστικού κόστους. Παρόλα αυτά, η πολυπλοκότητα μπορεί να αποτελέσει και πλεονέκτημα αφού έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη αναπαράσταση των πραγματικών καταστάσεων. Για παράδειγμα, στον πραγματικό κόσμο, οι άνθρωποι που θα ήθελαν να πάνε κόντρα στην κύρια ροή θα διαπραγματεύονταν με τους υπόλοιπους για την επιλογή διαδρομής προκειμένου να αποφύγουν τα εμπόδια.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύγχρονες έρευνες έχουν προτείνει την υιοθέτηση ενός υβριδικού μοντέλου στα μοντέλα εκκένωσης, δηλαδή τη χρήση δύο ή περισσότερων ειδών αναπαράστασης γεωμετρίας από αυτά που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 2.2.2. [23].

2.3 Μέθοδοι μοντελοποίησης

Στο παρόν θα γίνει μια σύντομη αναφορά στις πιο κοινές υποθέσεις που υιοθετούνται στα μοντέλα εκκένωσης για την κίνηση των αντιπροσώπων. Οι υποθέσεις αυτές αφορούν μοντέλα που εξετάζουν τη διαδικασία της εκκένωσης μικροσκοπικά, αφού αυτά είναι που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον σήμερα.

Υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα αλληλεπίδρασης μεταξύ κάθε αντιπροσώπου και του περιβάλλοντος. Ένας διαχωρισμός που έχει προταθεί είναι αυτός του Reynolds [24]. Συνοπτικά, τα διαφορετικά επίπεδα είναι τα εξής:

1) Path-finding

Το επίπεδο αυτό σχετίζεται με τη διαδικασία της επιλογής της κατάλληλης διαδρομής

2) Local Movement

Το επίπεδο αυτό σχετίζεται με την πλοήγηση στο χώρο και την αλληλεπίδραση των αντιπροσώπων μεταξύ τους και με το περιβάλλον, τη γεωμετρία του, συνθήκες κινδύνου

3) Locomotion

Το επίπεδο αυτό σχετίζεται με την αναπαράσταση της κίνησης του αντιπροσώπου σε ατομικό επίπεδο, δηλαδή τις κινήσεις του σώματος

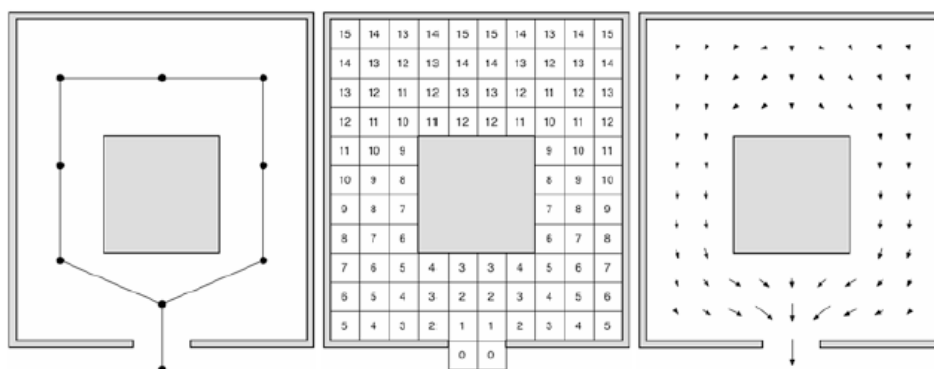
Προκειμένου να γίνουν κατανοητά τα τρία επίπεδα, ο Reynolds δίνει ένα παράδειγμα εντοπίζοντας τα συγκεκριμένα επίπεδα στη διαδικασία της κίνησης ενός αναβάτη μοτοσυκλέτας. Πιο συγκεκριμένα, το επίπεδο path-finding αντιστοιχεί στη διαδρομή που ο αναβάτης επιλέγει να ακολουθήσει με σκοπό να φτάσει στον προορισμό του. Το επίπεδο local movement αντιστοιχεί στις κινήσεις που πρέπει να κάνει στο τιμόνι προκειμένου να παραμείνει εντός του δρόμου και να αποφύγει να τρακάρει με άλλα οχήματα ή εμπόδια. Τέλος, το επίπεδο locomotion περιλαμβάνει τις ακριβείς κινήσεις της μοτοσυκλέτας, δηλαδή τις κινήσεις με το τιμόνι, τους ελιγμούς κλπ.

2.3.1 Path-finding

Όπως αναφέρθηκε, το επίπεδο path-finding περιλαμβάνει τη διαδικασία εύρεσης διαδρομής των αντιπροσώπων. Αυτή μπορεί να περιλαμβάνει είτε τον τελικό, είτε ενδιάμεσους προορισμούς. Στα περισσότερα μοντέλα εκκένωσης γίνεται η υπόθεση ότι οι αντιπρόσωποι γνωρίζουν τον τελικό τους προορισμό και για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται σχετικοί αλγόριθμοι. Τέτοιοι αλγόριθμοι μπορεί να έχουν ως κριτήριο τη πιο γρήγορη διαδρομή, την πιο σύντομη, την απαίτηση για προσπέλαση συγκεκριμένων ενδιάμεσων σημείων ή και άλλοι.

Οι αλγόριθμοι μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την αναπαράσταση της γεωμετρίας του χώρου. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που έχουμε coarse network model, χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι εύρεσης διαδρομής σε γράφους. Ένας από τους πιο γνωστούς είναι ο αλγόριθμος του Dijkstra, ο οποίος θα εφαρμοστεί σε ακόλουθο

κεφάλαιο. Ωστόσο, τέτοιου είδους αλγόριθμοι σπανίως χρησιμοποιούνται σήμερα, αφού αυτός ο τρόπος αναπαράστασης της γεωμετρίας δεν χρησιμοποιείται συχνά. Αντιθέτως, οι πιο διαδεδομένοι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν πίνακες αποστάσεων μεταξύ των διαφορετικών κόμβων και πίνακες δρομολόγησης.



Εικόνα 2-7: Αλγόριθμοι path-finding [18]

2.3.2 Local Movement

Το επίπεδο αυτό αφορά τις κινήσεις των αντιπροσώπων τόσο μεταξύ τους όσο και λόγω της αλληλεπίδρασής τους με το περιβάλλον. Οι αλγόριθμοι που σχετίζονται με το local movement έχουν εφαρμογή μόνο σε αναπαραστάσεις της γεωμετρίας με συνεχή μοντέλα, αφού στις άλλες αναπαραστάσεις, το πρόβλημα της κίνησης των ανθρώπων επιλύεται συνολικά στο επίπεδο path-finding.

Οι αλγόριθμοι που ασχολούνται με την προσομοίωση του local movement ελέγχουν τους κανόνες της φυσικής με την οποία οι αντιπρόσωποι «στρίβουν» (steer). Οι κανόνες αυτοί εφαρμόζονται σε κάθε αντιπρόσωπο ξεχωριστά σε κάθε βήμα της προσομοίωσης και είναι προκαθορισμένοι. Τέτοιοι κανόνες μπορεί να είναι ο διαχωρισμός, η συνεκτικότητα, η ευθυγράμμιση. Το μοντέλο αυτό ήταν το πρώτο που δημιουργήθηκε από τον Boids για την προσομοίωση της κίνησης των πουλιών [25].

Πιο σύγχρονα μοντέλα μπορεί να υιοθετούν διαφορετικές υποθέσεις, όπως ότι ο κάθε αντιπρόσωπος κινείται με σταθερή ταχύτητα αλλά αντιδρά στις διαταράξεις της πορείας του, προσανατολιζόμενος προς την μέση πορεία των αντιπροσώπων που βρίσκονται κοντά του. Μια άλλη υλοποίηση εξετάζει ανά πάσα στιγμή τις αποστάσεις μεταξύ των αντιπροσώπων. Έτσι, όταν αυτή μικραίνει, μειώνεται και η ταχύτητά τους έτσι ώστε να αποφευχθεί τυχόν σύγκρουση ή συνωστισμός.

2.3.3 Locomotion

Είναι το ανώτερο επίπεδο της αναπαράστασης της κίνησης των αντιπροσώπων. Ορίζεται ως η μετάφραση των σημάτων ελέγχου σε κίνηση. Στα μοντέλα εκκένωσης, το locomotion είναι απλά το οπτικό αποτέλεσμα της κίνησης και τις περισσότερες φορές παραβλέπεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

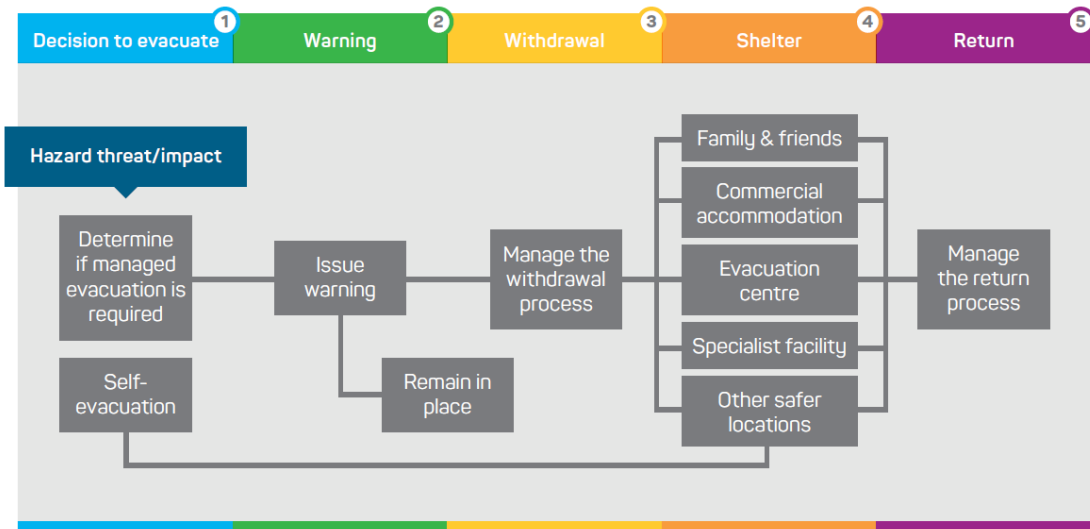
Ο απρόβλεπτος χαρακτήρας των φυσικών καταστροφών καθιστά επιτακτική την ανάγκη κατάρτισης ενός σχεδίου εκκένωσης για κάθε περιοχή όπου μένουν ή εργάζονται άνθρωποι. Ιδιαίτερα στις πόλεις, εξαιτίας της μεγάλης πυκνότητας πληθυσμού αλλά και της χωροταξικής διάταξης, το σχέδιο εκκένωσης παραμένει ένα δισεπίλυτο πρόβλημα. Στα πλαίσια, λοιπόν, της ενίσχυσης της ετοιμότητας, έτσι όπως αυτή έχει οριστεί στο Κεφάλαιο 1, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου για την σύσταση αποτελεσματικών σχεδίων εκκένωσης, με απώτερο σκοπό την ελαχιστοποίηση των ανθρώπινων απωλειών.

Γιατί είναι ωστόσο αναγκαίος ο σχεδιασμός μιας εκκένωσης εκ των προτέρων; Η αλήθεια είναι ότι σε πραγματικές συνθήκες εκκένωσης, μπορεί να υπάρξουν απρόβλεπτες καταστάσεις και περιπλοκές. Οι κυριότεροι λόγοι στους οποίους αυτές οφείλονται είναι [26]:

- Αδυναμία πρόβλεψης του διαθέσιμου χρόνου που έχει ο πληθυσμός μέχρι να βρει καταφύγιο.
- Ανάλυση της πολυπλοκότητας των σεναρίων-απαιτήσεων που χρειάζεται να αναλυθούν.
- Πιθανή διακοπή ή παρεμπόδιση της εφοδιαστικής αλυσίδας, αφού ορισμένα τμήματα του οδικού δικτύου μπορεί να έχουν καταστεί μη λειτουργικά.
- Αναγκαιότητα ταυτόχρονης μετακίνησης λειτουργικών και σωστικών οχημάτων.
- Αυξημένη δυσκολία στον συντονισμό και την κατεύθυνση της εκκένωσης.
- Μεταβολές στη συνηθισμένη συμπεριφορά των ατόμων λόγω του πανικού.
- Αυξημένη πιθανότητα τροχαίων ατυχημάτων και απρόβλεπτων καταστάσεων.
- Δυσκολία στην εφαρμογή ειδικών μέτρων και σχεδίων διαχείρισης της κυκλοφορίας.

3.1 Στάδια εκκένωσης

Η διαδικασία της εκκένωσης αποτελείται από 5 στάδια: 1) την απόφαση για εκκένωση, 2) την προειδοποίηση, 3) την απομάκρυνση, 4) την προστασία σε καταφύγιο και 5) την επιστροφή [27].



Εικόνα 3-1: Τα στάδια της εκκένωσης [27]

3.1.1 Απόφαση για εκκένωση (Decision to evacuate)

Η απόφαση για εκκένωση αποτελεί το πρώτο στάδιο της διαδικασίας της εκκένωσης. Πολλά περίπλοκα ζητήματα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε αυτή την απόφαση, τις περισσότερες φορές με ελλιπείς πληροφορίες και το χρόνο να πιέζει. Όταν συμβεί κάτι απρόοπτο, οι αρμόδιοι φορείς πρέπει να βρίσκονται στην καλύτερη δυνατή θέση να αποφασίσουν, έχοντας προετοιμαστεί για ένα τέτοιο ενδεχόμενο.

Το σχέδιο εκκένωσης θα πρέπει να προβλέπει ποια είναι η αρμόδια αρχή υπεύθυνη να αποφασίσει για την εκκένωση. Η αρχή αυτή μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον κίνδυνο που εγκυμονεί και δεν είναι απαραίτητο να είναι υπεύθυνη για όλα τα στάδια της εκκένωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η απόφαση για μη εκκένωση είναι το ίδιο σημαντική με την απόφαση για εκκένωση.

Σημαντικό στοιχείο κατά τη διαδικασία λήψης της απόφασης για εκκένωση είναι η αξιολόγηση όλων των πιθανών κινδύνων και ρίσκων που εγκυμονούν. Εξαιτίας των μικρών χρονικών περιθωρίων που υπάρχουν, η αξιολόγηση αυτή πρέπει να είναι σύντομη. Ωστόσο, εφόσον ο χρόνος το επιτρέπει, όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να δράσουν συμβουλευτικά. Σε αυτά συνήθως συγκαταλέγονται η αστυνομία, η πυροσβεστική ή άλλες υπηρεσίες εκτάκτου ανάγκης, η τοπική εξουσία και αντιπρόσωποι των τοπικών κοινωνιών.

Το σχέδιο εκκένωσης θα πρέπει αρχικά να θέτει το γενικό πλαίσιο σχετικά με τα εξής:

- Τη φύση και την σοβαρότητα του κινδύνου καθώς και τα όρια της περιοχής η οποία βρίσκεται σε κίνδυνο

- Τον απαιτούμενο χρόνο ολοκλήρωσης των σταδίων της προειδοποίησης και της απομάκρυνσης της περιοχής
- το ενδεχόμενο κίνδυνο που θα διατρέξουν άτομα που αποφασίσουν να παραμείνουν στο σπίτι/στην εργασία τους
- την ώρα της ημέρας (συστήνεται η εκκένωση να πραγματοποιείται τις πρωινές ώρες)
- την ενδεχόμενη απώλεια υποδομών ή περιουσιακών στοιχείων
- την επάρκεια δικτύων και μέσων εκκένωσης (π.χ. οδικό δίκτυο)
- δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού – ηλικιωμένοι, άτομα με ειδικές ικανότητες, άτομα που διστάζουν να αφήσουν τον τόπο τους

Κατά την αναγνώριση ενδεχομένων κινδύνων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράμετροι:

- εναπομένον χρόνος μέχρις ότου ο κίνδυνος έχει αντίκτυπο
- πιθανές βλάβες (σωματικές ή και ψυχολογικές) τόσο στους ανθρώπους που παραμένουν, συμπεριλαμβανομένων των ευπαθών ομάδων, όσο και σε αυτούς που εκκενώνουν
- πιθανές βλάβες στο προσωπικό των φορέων που αναλαμβάνουν την εκκένωση
- πιθανές οικονομικές συνέπειες (απώλειες περιουσιών, απώλεια εισοδήματος, ληλασίες απροστάτευτων περιουσιών)
- πιθανή απώλεια τηλεπικοινωνιακών υποδομών, με άμεσο αντίκτυπο στο στάδιο της προειδοποίησης
- ενδεχόμενο ο κίνδυνος να πραγματοποιηθεί νωρίτερα του προβλεπόμενου ή να έχει μεγαλύτερη ένταση από την προβλεπόμενη
- αριθμός ανθρώπων που δεν γνωρίζουν για τον κίνδυνο
- αριθμός ανθρώπων που μπορεί να αψηφήσουν την οδηγία εκκένωσης
- αριθμός ανθρώπων που δεν έχουν την ικανότητα να αντιδράσουν στον κίνδυνο ή τις προειδοποιήσεις

Οι ενέργειες που ακολουθούν σχετίζονται με την ανάλυση και την αξιολόγηση των κινδύνων (risk analysis). Οι παράμετροι αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τύπο του φυσικού κινδύνου (σεισμός, πυρκαγιά, πλημμύρα, κυκλώνας κλπ) καθώς και από την ένταση του φαινομένου. Ο βαθμός εμπιστοσύνης σε κάθε περίπτωση διαφέρει από τις διαθέσιμες πληροφορίες. Η αξιολόγηση των κινδύνων θα πρέπει να ποσοτικοποιεί τις παραπάνω παραμέτρους και να προσδίδει σε αυτές διαφορετικές τιμές, ανάλογα με το σενάριο που εξετάζεται. Τέλος, ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων, θα πρέπει να καθορίζεται και ο τύπος της εκκένωσης, δηλαδή αν αποτελεί υποχρέωση ή απλή σύσταση, αν είναι μερική ή ολική και αν χωρίζεται σε φάσεις.

Τέλος, το σχέδιο εκκένωσης θα πρέπει να προβλέπει ποιος φορέας είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία με τους πολίτες, καθώς και ποιοι πόροι είναι απαραίτητοι για την εκτέλεση του.

3.1.2 Προειδοποίηση (Warning)

Το στάδιο της προειδοποίησης αποτελεί το δεύτερο στάδιο της διαδικασίας της εκκένωσης. Αφορά τη διάδοση ενός μηνύματος που σηματοδοτεί την ύπαρξη ή την απειλή που επίκειται και περιλαμβάνει τα αντίστοιχα μέτρα προστασίας. Σκοπός του μηνύματος είναι να προκαλέσει την αντίδραση των ανθρώπων που βρίσκονται σε κίνδυνο.

Κυρίαρχος σκοπός της προειδοποίησης θα πρέπει να είναι η προστασία της ανθρώπινης ζωής. Εμπειρίες από πρόσφατες καταστροφές έχουν δείξει ότι η πιθανότητα απώλειας ανθρώπινων ζωών αυξάνεται όταν οι αποφάσεις λαμβάνονται τελευταία στιγμή. Γι' αυτό είναι απαραίτητο οι προειδοποιητικές ανακοινώσεις να κοινοποιούνται όσο το δυνατόν νωρίτερα.

Ο ρόλος του σταδίου της προειδοποίησης είναι τριπλός. Πρώτον, η παροχή πληροφοριών σε όσους βρίσκονται σε κίνδυνο, σχετικά με το είδος και το χρόνο που θα ξεκινήσουν οι επιπτώσεις του. Δεύτερον, η παροχή συγκεκριμένων πληροφοριών σχετικά με την εκκένωση, ποιους αφορά και γιατί πρέπει να συμμετέχουν σε αυτή.

Πότε θα πραγματοποιηθεί, ποιος είναι ο τελικός προορισμός και πότε θα πρέπει να φτάσουν εκεί. Τρίτον, η ενημέρωση σχετικά με τους κινδύνους που εγκυμονούν για αυτούς που επιλέξουν να μη συμμετέχουν στην εκκένωση, καθώς και τρόπους να προφυλαχθούν.

Τέλος, το σχέδιο εκκένωσης θα πρέπει να προβλέπει τον τρόπο κοινοποίησης της προειδοποίησης. Ενδέχεται να υπάρχουν περιορισμοί σε ορισμένους τρόπους εξαιτίας κάποιας πιθανής βλάβης στις τηλεπικοινωνίες ή διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος. Έτσι, ενδεχόμενες επιλογές είναι οι τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, ιστοσελίδες των αρμόδιων φορέων, τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και φυσικά το τηλέφωνο. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση λειτουργεί η υπηρεσία εκτάκτου ανάγκης 112, μέσω του οποίου οι πολίτες ενημερώνονται στο κινητό τους τηλέφωνο είτε για επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα είτε για οδηγίες εκκένωσης.

3.1.3 Απομάκρυνση (Withdrawal)

Η απομάκρυνση αποτελεί το τρίτο στάδιο της διαδικασίας της εκκένωσης. Αφορά την μετακίνηση των ανθρώπων από μια περιοχή στην οποία η ζωή τους βρίσκεται σε κίνδυνο σε μια ασφαλέστερη. Αν και κάποιοι άνθρωποι θα προτιμήσουν να εκκενώσουν μόνοι τους ή να παραμείνουν στις θέσεις τους, είναι καθήκον των αρμόδιων αρχών, όσοι λάβουν την εντολή για εκκένωση και επιλέξουν να την ακολουθήσουν, να μπορούν να το κάνουν με ασφάλεια. Έτσι, η ελεγχόμενη απομάκρυνση του πληθυσμού θα πρέπει πάντα να είναι συνεπής με το ήδη δομημένο σχέδιο εκκένωσης.

Το σχέδιο εκκένωσης θα πρέπει να περιλαμβάνει ρεαλιστικές προβλέψεις για τον απαιτούμενο χρόνο απομάκρυνσης κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, παρόλο που η εκκένωση μπορεί να θεωρηθεί η πιο ασφαλής επιλογή, ενδέχεται ο χρόνος να μην επαρκεί. Έτσι, το σχέδιο εκκένωσης επιβάλλεται να προβλέπει τέτοια ενδεχόμενα και να προτείνει λύσεις. Κάποιες από αυτές θα μπορούσε

να είναι η μερική εκκένωση, δίνοντας προτεραιότητα στα άτομα που βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο ή να γίνει προσπάθεια να προστατευθεί ο πληθυσμός στις θέσεις που ήδη βρίσκονται.

Οι ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού θα πρέπει να είναι γνωστές εκ των προτέρων. Διαφορετικός σχεδιασμός απαιτείται για την εκκένωση ενός βρεφονηπιακού σταθμού και διαφορετικός για έναν οίκο ευγηρίας. Σε κάθε περίπτωση, για τις ευάλωτες ομάδες απαιτείται ιδιαίτερος προγραμματισμός, όσον αφορά τον τρόπο μετακίνησής τους. Ακόμα, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στα άτομα που επιλέξουν να μη συμμετέχουν στην εκκένωση. Αυτό μπορεί να συμβεί διότι επιθυμούν να προστατέψουν την περιουσία ή τα ζώα τους ή επειδή προτιμούν να βρουν καταφύγιο στο χώρο που ήδη βρίσκονται. Άλλοι, μπορεί να τηρούν στάση αναμονής αξιολογώντας συνεχώς τις συνθήκες, προτού αποφασίσουν να εκκενώσουν. Η προσπάθεια των αρμόδιων αρχών να μεταπείσουν τους ανθρώπους που παραμένουν στις περιουσίες τους μπορεί να είναι χρονοβόρα και τις περισσότερες φορές να αποβεί άκαρπη, θέτοντας σε κίνδυνο ακόμα και το προσωπικό των αρχών. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να επιμείνουν μόνο στις περιπτώσεις που η παραμονή ανθρώπων στα σπίτια τους είναι άκρως επικίνδυνη. Ακόμα, στο σχέδιο εκκένωσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κείμενη νομοθεσία σχετικά με τον τρόπο που πρέπει να γίνει η διαχείριση τέτοιων περιστατικών.

Ένα άλλο σημαντικό κομμάτι της απομάκρυνσης είναι η προστασία της ζωής των ζώων. Αν και οι περισσότεροι άνθρωποι είναι σε θέση να πάρουν αποφάσεις σχετικά με τα κατοικίδια τους, υπάρχουν άλλοι που μπορεί να δυσκολευτούν με τα στενά χρονικά περιθώρια της εκκένωσης ή να μην έχουν τη δυνατότητα να πάρουν τα ζώα μαζί τους. Πρέπει, λοιπόν, να λαμβάνεται μέριμνα για όσους έχουν κατοικίδια, ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής απομάκρυνσή τους από την περιοχή του κινδύνου. Ιδιαίτερη φροντίδα απαιτείται για τους σκύλους-οδηγούς, αφού ο διαχωρισμός ενός τέτοιου σκύλου όχι μόνο θα δυσχεράνει την κίνηση των χειριστών τους, αλλά και ολόκληρη τη διαδικασία.

Επιπλέον, το σχέδιο εκκένωσης πρέπει να προβλέπει τα μέσα που θα χρησιμοποιήσει ο πληθυσμός που εκκενώνει καθώς και τις εναλλακτικές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει. Στις περιπτώσεις που η εκκένωση έχει ανακοινωθεί εκ των προτέρων, συνήθως χρησιμοποιούνται τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Σε περίπτωση όμως μιας έκτακτης εκκένωσης με μικρά χρονικά περιθώρια, χρησιμοποιούνται κυρίως ιδιωτικά οχήματα ή άλλα μισθωμένα μέσα από τους αρμόδιους φορείς, όπως λεωφορεία, τραίνα ή ακόμα και ελικόπτερα, ανάλογα με την περίπτωση. Η εκκένωση με τα πόδια θα πρέπει να προκρίνεται μόνο στο ενδεχόμενο που το καταφύγιο ή ένας ενδιάμεσος προορισμός απέχει μικρή απόσταση από τον αρχικό. Οι διαδρομές διαφυγής θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στην ενημέρωση που κοινοποιείται στον πληθυσμό. Για την σωστή επιλογή τους, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά πόσο το τοπικό οδικό δίκτυο μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες της εκκένωσης, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα μποτιλιαρίσματος. Σε μια τέτοια περίπτωση, οι συνέπειες θα ήταν καταστροφικές ακόμα και για την ανθρώπινη ζωή.

Τέλος, οι αρμόδιες αρχές ορίζονται υπεύθυνες για την προστασία των περιουσιών των πολιτών. Το έργο αυτό αναλαμβάνει συνήθως η αστυνομία με περιπολίες, αφού δεν είναι σπάνιο το φαινόμενο λεηλασιών από επιτήδειους που προσπαθούν να εκμεταλλευτούν την κατάσταση.

3.1.4 Καταφύγιο (Shelter)

Η επιλογή χώρου και ο προγραμματισμός για τη δημιουργία καταφυγίων είναι κομβικής σημασίας στα αρχικά στάδια μιας φυσικής καταστροφής [2]. Τα καταφύγια προσφέρουν ασφάλεια, προστασία από τις καιρικές συνθήκες, μειώνουν τον κίνδυνο εξάπλωσης λοιμώξεων και ενισχύουν γενικότερα τις συνθήκες διαβίωσης. Οι ανοικτοί χώροι στην πόλη καλούνται να καλύψουν διάφορες μορφές αναγκών, από την απλή προστασία, την παροχή βοήθειας μέχρι και την μακροχρόνια παραμονή. Η διαθεσιμότητα, λοιπόν, ανοιχτών χώρων κατάλληλα διαμορφωμένων, με εύκολη πρόσβαση και που να αποκρίνονται σε συγκεκριμένες ανάγκες, αποτελεί υπόβαθρο ενός σωστά δομημένου σχεδίου ετοιμότητας [28]. Οι ανάγκες αυτές συνοψίζονται παρακάτω:

α) Καταφυγή σε υπαίθριους χώρους για εκτόνωση του πανικού και προστασία από τις επιπτώσεις ενός σεισμού. Ο πληθυσμός τείνει να παραμείνει στους ανοικτούς χώρους για αρκετό χρονικό διάστημα ώστε να αποφύγει τις συνέπειες των δονήσεων από τους μετασεισμούς που είναι βέβαιο ότι θα ακολουθήσουν ένα μεγάλο σεισμό, με συνέπειες το ίδιο ή και περισσότερο καταστροφικές.

β) Παροχή πρώτων βοηθειών στους τραυματίες και σε όσους έχουν ανάγκη. Οι οξυμένες ανάγκες για περίθαλψη και παροχή βοήθειας πιθανόν να μην καλύπτονται από τις μόνιμες εγκαταστάσεις (νοσοκομεία και κέντρα υγείας), είτε λόγω των μεγάλων απαιτήσεων είτε λόγω της δυσκολίας πρόσβασης σε αυτές.

γ) Ανάγκη μακροχρόνιας διαμονής στην ύπαιθρο για τον πληθυσμό των οποίων οι οικείες έχουν πάθει εκτεταμένες ζημιές και έχουν χαρακτηριστεί ως μη κατοικήσιμες από τους αρμόδιους φορείς. Πιθανή η ανάγκη μεταστέγασης σε πρόχειρα καταλύματα, επαγγελματικών δραστηριοτήτων, σχολείων, νοσοκομείων ή δημόσιων οργανισμών.

Στην προσπάθεια κάλυψης των παραπάνω αναγκών στοχεύει η πρόταση για διαμόρφωση οργανωμένων χώρων. Σε αυτή πρέπει οπωσδήποτε να συνεκτιμηθούν και παράγοντες όπως η ασφάλεια και η ταχύτητα μετάβασης στους χώρους, τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν για τη μετάβαση, η βέλτιστη απόσταση, το μέγεθος και η σύνθεση του πληθυσμού, οι προβλεπόμενες κατά περίπτωση ανάγκες που θα δημιουργηθούν και ο χρόνος παραμονής του πληθυσμού στους χώρους αυτούς.

Οι ελεύθεροι χώροι σε καταστροφικές περιόδους λειτουργούν τόσο ως μέσο μετριασμού των επιπτώσεων της φυσικής καταστροφής, όσο και ως μέσο κάλυψης των αναγκών έκτακτης προστασίας και παροχής βοήθειας. Οι χώροι αυτοί διαφοροποιούνται ανάλογα με τη διάρκεια παραμονής του πληθυσμού σε αυτούς, που μπορεί να είναι είτε ολιγόχρονη είτε μακρόχρονη.

Συνοψίζοντας, για τους λόγους που αναλύθηκαν παραπάνω, ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας διακρίνει τους χώρους συγκέντρωσης σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τη λειτουργία και τις ανάγκες που ζητείται να καλύψουν [28]. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- 1) **Χώροι καταφυγής:** Πρόκειται για χώρους άμεσης εκτόνωσης του πληθυσμού με την εκδήλωση του σεισμικού φαινομένου. Είναι βραχυχρόνιας παραμονής.
- 2) **Χώροι παροχής βοήθειας:** Πρόκειται για χώρους βραχυχρόνιας παραμονής τραυματιών και γενικά πληγέντων ατόμων για παροχή πρώτων βοηθειών.
- 3) **Χώροι καταυλισμού:** Πρόκειται για χώρους προσωρινής στέγασης σεισμόπληκτων μέχρι την αποκατάσταση των κατεστραμμένων κατοικιών και άλλων κτιρίων. Είναι χώροι μακροχρόνιας παραμονής.

Παρακάτω θα δοθούν βασικές πληροφορίες για τους τρεις διαφορετικούς τύπους χώρων συγκέντρωσης, με έμφαση στους χώρους καταφυγής, οι οποίοι αποτελούν την πλειονότητα τέτοιων χώρων στο αστικό περιβάλλον, εξαιτίας των χαρακτηριστικών που προσφέρουν.

3.1.4.1 Χώροι καταφυγής

Οι χώροι αυτοί είναι ελεύθεροι ανοικτοί χώροι μέσα στην πόλη και αποσκοπούν στην ασφαλή εκτόνωση του πληθυσμού που εκδηλώνεται σαν πρώτη αντίδραση σε ένα σεισμικό γεγονός και γενικότερα στην ελαχιστοποίηση τραυματισμών και απωλειών ζωής.

Αυξημένες απαιτήσεις για τη διαμόρφωση τέτοιων χώρων παρουσιάζονται στις οικιστικές περιοχές μεγάλων πληθυσμιακών πυκνοτήτων, στις περιοχές υπερσυγκέντρωσης οικονομικών δραστηριοτήτων και χώρων εργασίας και στις περιοχές με μεγάλη κυκλοφοριακή κίνηση.

Ως χώροι καταφυγής του πληθυσμού μπορεί να χρησιμοποιηθούν πλατείες, ελεύθεροι χώροι, ανοιχτές αθλητικές εγκαταστάσεις, περιοχές αστικού πράσινου ή προαύλια σχολείων εφόσον διαθέτουν την απαραίτητη έκταση και πληρούν τις αποστάσεις ασφαλείας.

Η προτεινόμενη διάρκεια παραμονής, με βάση την οποία καθορίζονται και οι υποδομές των συγκεκριμένων χώρων, είναι έως και 2 ημέρες. Η παραμονή σε τέτοιου είδους χώρους για περισσότερο καιρό δημιουργεί διαφορετικές απαιτήσεις που καλύπτονται από άλλου επιπέδου υποδομή και οργάνωση. Υπάρχουν βέβαια ορισμένοι παράγοντες που μπορεί να παρατείνουν τη διάρκεια παραμονής στους χώρους καταφυγής. Για παράδειγμα, η ένταση του σεισμού, η απόσταση από τις κατοικίες, ο βαθμός ενημέρωσης, η ταχύτητα ελέγχου των ζημιών, ο βαθμός οργάνωσης των υπηρεσιών για παροχή μονιμότερης κατοικίας.

Οι ανοιχτοί χώροι καταφυγής πρέπει να προσδιορίζονται ώστε να διαθέτουν την απαιτούμενη χωρητικότητα για την κάλυψη των αναγκών επιμέρους τομέων των πόλεων. Η βασική αρχή για τον καθορισμό της απαιτούμενης δυναμικότητας των χώρων καταφυγής είναι ότι σε κάθε τομέα ή πολεοδομική ενότητα της πόλης (γειτονιά), πρέπει να αντιστοιχεί και ένας χώρος καταφυγής. Ο χώρος αυτός πρέπει να είναι ικανός να καλύψει το σύνολο του πληθυσμού που κατοικεί, εργάζεται ή μπορεί να βρísκεται εκεί για οποιονδήποτε άλλο λόγο (καθημερινές εργασίες, οικονομικές δραστηριότητες,

χώροι άθλησης) στον τομέα και να μπορεί να προσεγγιστεί στον ελάχιστο δυνατό χρόνο. Για να προσδιοριστεί ο αριθμός αυτός, λαμβάνονται υπόψη δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής καθώς και ιστορικά στοιχεία από παλαιότερους σεισμούς. Προτείνεται, πάντως, οι χώροι καταφυγής να δέχονται τόσα άτομα όσο και ο μέγιστος πληθυσμός του αντίστοιχου τομέα. Για τον υπολογισμό της δυναμικότητας προβλέπεται διαθέσιμος χώρος τουλάχιστον 2m² ανά άτομο.

Οι χώροι καταφυγής πρέπει να βρίσκονται μέσα στις περιοχές του αστικού χώρου και σε άμεση χωροθετική συσχέτιση με τις κατοικίες. Ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας ορίζει ότι η απόσταση από το πιο απομακρυσμένο σημείο της πολεοδομικής ενότητας δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 250m, δεδομένου ότι η μέση ταχύτητα περπατήματος είναι 50m/λεπτό, οπότε ο μέγιστος αποδεκτός χρόνος προσέγγισης στο δρόμο καταφυγής είναι 5 λεπτά.

Είναι δεδομένο ότι σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπως οι περισσότερες μέσα στο αστικό περιβάλλον, η διαθεσιμότητα των ελεύθερων χώρων είναι μικρή, με αποτέλεσμα πολλές φορές να απαιτείται κάλυψη απόστασης μεγαλύτερης της προτεινόμενης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ενδέχεται να υπάρξει ιδιαίτερη δυσκολία στην προσέγγισή των χώρων καταφυγής, ιδιαίτερα από οικογένειες με μικρά παιδιά, ηλικιωμένους ή άτομα με ειδικές ανάγκες.

Η μετάβαση στους χώρους καταφυγής πρέπει να γίνεται με τα πόδια. Αντιθέτως, τα σχέδια εκκένωσης επιβάλλεται να καθιστούν σαφές ότι η επιλογή του πληθυσμού να χρησιμοποιήσει άλλα μέσα, συνήθως ιδιωτικά οχήματα, θα παρεμποδίσει σε μεγάλο βαθμό την ομαλότητα της διαδικασίας της εκκένωσης. Έρευνες έχουν δείξει ότι χωρίς καθορισμένο σχέδιο εκκένωσης και με ελλιπή ενημέρωση του πληθυσμού σχετικά με τις εναλλακτικές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει για το πλησιέστερο καταφύγιο, παρατηρείται μεγάλη καθυστέρηση και απρόβλεπτες καταστάσεις.

Οι διαδρομές εκκένωσης προς τους χώρους καταφυγής πρέπει να αποτελούν κατάλληλα διαμορφωμένο πεζοδρομιακό δίκτυο που να εξασφαλίζει την ασφάλειά και σύντομη πρόσβαση στους χώρους αυτούς. Θα πρέπει να παρέχεται επαρκής ασφάλεια από πτώσεις οικοδομικών υλικών, να τηρούνται πρασιές ίσες με το μισό του επιτρεπόμενου ύψους και να αποφεύγεται η διασταύρωση με εμπόδια ή ανισόπεδες διαβάσεις.

Ακόμα, πέρα από την καταλληλότητά της θέσης τους και της επάρκειάς τους σε μέγεθος, οι χώροι καταφυγής πρέπει να τηρούν ορισμένες προδιαγραφές ασφαλείας. Αρχικά, είναι σημαντικό να μην βρίσκονται σε γεωλογικά επικίνδυνα εδάφη που είναι επιρρεπή σε κατολισθήσεις, καθιζήσεις, ούτε να βρίσκονται πάνω σε αναχώματα ή πάνω από υπόγειες στοές. Ακόμα, θα πρέπει να μην κινδυνεύουν από πλημμύρες, να μην βρίσκονται κάτω από γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας και να απέχουν αρκετή απόσταση από τις περιβάλλουσες οικοδομές, δηλαδή απόσταση ίση με το μισό τους ύψους τους ή μεγαλύτερη.

Τέλος, η εύρυθμη λειτουργία των χώρων καταφυγής προϋποθέτει τα απαραίτητα έργα υποδομής και εξοπλισμού. Πρώτον, θα πρέπει να καλύπτονται από τον απαραίτητο φωτισμό μέσω μόνιμης σύνδεσης στο ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ θα πρέπει να προβλέπεται και η χρήση γεννήτριας στην περίπτωση καταστροφής των γραμμών διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα, πρέπει να εξασφαλίζεται η παροχή πόσιμου νερού με

την εγκατάσταση δικτύου ύδρευσης για την κάλυψη αναγκών πόσιμου νερού και άμεσης υγιεινής. Τέλος, απαραίτητες εγκαταστάσεις για τους χώρους καταφυγής είναι οι χώροι υγιεινής καθώς και αποθήκες για τη στέγαση υλικών, όπως υλικά πρώτων βοηθειών. Αξίζει να σημειωθεί ότι τις περισσότερες φορές, οι χώροι που κρίνονται κατάλληλοι για τη δημιουργία χώρων καταφυγής, πληρούν ήδη ορισμένες από τις εξοπλιστικές προδιαγραφές (π.χ. πλατείες, πάρκα-φωτισμός).

3.1.4.2 Χώροι παροχής βοήθειας

Στις περιπτώσεις εκτεταμένων τραυματισμών, οι νοσοκομειακές μονάδες είναι αυτές που θα σηκώσουν το μεγαλύτερο βάρος από πλευράς ζήτησης για παροχή βοήθειας και περίθαλψης. Ωστόσο, η ζήτηση αυτή ενδέχεται να υπερβαίνει τις δυνατότητες κανονικής λειτουργίας ενός νοσοκομείου, τόσο σε όρους εγκαταστάσεων και χωρητικότητας, όσο και σε όρους προσωπικού. Στις περιπτώσεις αυτές, λοιπόν, γεννάται η ανάγκη δημιουργίας έκτακτων χώρων παροχής βοήθειας.

Οι χώροι παροχής βοήθειας καλύπτουν ουσιαστικά νοσοκομειακές ανάγκες, επεκτείνοντας τις λειτουργίες ενός νοσοκομείου σε έναν ελεύθερο χώρο όταν οι υπάρχοντες χώροι δεν επαρκούν, με προοπτική την κατανομή σε άλλες νοσοκομειακές μονάδες. Ακόμα, οι χώροι αυτοί εξυπηρετούν την συγκέντρωση και μεταφορά ασθενών σε περίπτωση που οι εγκαταστάσεις της μονάδας πληγούν.

Οι χώροι αυτοί πρέπει να είναι κατά κύριο λόγο τα προαύλια των νοσοκομείων, εφόσον είναι ασφαλή και διαθέτουν την απαιτούμενη έκταση, ή άλλοι χώροι στον αστικό ιστό όσο και σε περιαστικές περιοχές όπως προαύλια σχολείων, γήπεδα ή άλλοι χώροι που διαθέτουν βασικές υποδομές.

Είναι σημαντικό η λειτουργία και η χρήση των χώρων παροχής βοήθειας να είναι ενταγμένη σε ένα συνολικό σύστημα κοινής δράσης, με κεντρική οργάνωση σε επίπεδο νομαρχίας και σχεδιασμό δραστηριοτήτων για την αντιμετώπιση των αναγκών που δημιουργούνται από μια φυσική καταστροφή.



Εικόνα 3-2: Σκηνές με κλίνες σε νοσοκομείο του Τέξας [29]

3.1.4.3 Χώροι καταυλισμού

Οι μορφές καταυλισμού που συνήθως συναντώνται μετά από μια φυσική καταστροφή αφορούν κυρίως μεγάλης κλίμακας καταυλισμούς που διαμορφώνονται μετά από παρέμβαση κρατικών υπηρεσιών. Παρέχουν αυξημένες δυνατότητες συλλογικής αντιμετώπισης των συνεπειών μιας φυσικής καταστροφής και την συντονισμένη και ελεγχόμενη κατανομή των διαθέσιμων πόρων και εξοπλισμού.

Η λειτουργία των χώρων αυτών συνίσταται στην προσωρινή εγκατάσταση και στέγαση για τα χρονικά διαστήματα που απαιτούνται για την ανασυγκρότηση των κατεστραμμένων περιοχών. Πρόκειται για χώρους που χρησιμοποιούνται για την μεταστέγαση του πληθυσμού προκειμένου να καλύψουν εκτεταμένες ζημιές κατοικιών και άλλων σημαντικών κτιρίων, όταν αυτά έχουν χαρακτηριστεί ως μη κατοικήσιμα από τους αρμόδιους φορείς και μέχρι να ολοκληρωθεί η φάση της ανασυγκρότησης.

Οι χώροι αυτοί δημιουργούνται συχνότερα σε περιοχές πρασίνου γύρω από την πόλη, σε άμεση όμως γειτνίαση με τον αστικό ιστό. Μπορεί να είναι πάρκα, άλση ή παιδικές χαρές, ανοιχτές αθλητικές εγκαταστάσεις, προαύλια εκκλησιών, αγρησιμοποίητη ελεύθερη γη, εγκαταλελειμμένη γη από διάφορες χρήσεις ή αγροτική γη μικρής οικονομικής αξίας.

Μεγάλης σημασίας είναι το ιδιοκτησιακό καθεστώς των χώρων αυτών. Οι χώροι πρέπει να είναι δημόσιοι ή μισθωμένοι από το δημόσιο για πολλά χρόνια, αφού συχνά παρουσιάζεται η ανάγκη απαλλοτριώσεων ή γενικότερα εκτεταμένων παρεμβάσεων για τη διαμόρφωσή τους.

Ουσιαστικά, οι χώροι καταυλισμού αποτελούνται από ένα μεγάλο σύνολο καταλυμάτων που μπορούν να φιλοξενήσουν τον πληθυσμό για διάστημα αρκετών μηνών, έχουν όλες τις απαραίτητες υποδομές για την απρόσκοπτη συνέχιση της καθημερινής ζωής καθώς και την παροχή υπηρεσιών υγείας και πληρούν όλες τις προδιαγραφές αντιπυρικής και αντισεισμικής προστασίας. Στην Ελλάδα, καθώς και σε άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τέτοιου είδους χώροι αποτελούν τα κέντρα υποδοχής μεταναστών.



Εικόνα 3-3: Προσφυγικό camp στον Ελαιώνα, Αθήνα [30]

3.1.5 Επιστροφή (Return)

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας της εκκένωσης είναι η επιστροφή. Όταν η κατάσταση σταθεροποιηθεί και μόνο μετά από υπόδειξη των αρμόδιων αρχών, ο πληθυσμός μπορεί να επιστρέψει με ασφάλεια στην πληγείσα περιοχή. Οι ρόλοι των αρχών πρέπει να είναι διακριτοί στο σχέδιο εκκένωσης, απλοποιώντας έτσι την συγκεκριμένη διαδικασία. Ειδικότερα, οι ευάλωτες ομάδες πρέπει να λάβουν ιδιαίτερη προσοχή με στόχο την απρόσκοπτη επιστροφή τους.

Γενικά, η επιστροφή είναι μια προγραμματισμένη και πλήρως ελεγχόμενη διαδικασία. Προτού ξεκινήσει, είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί η πληγείσα περιοχή και να καθοριστεί εάν είναι δυνατή η επιστροφή του πληθυσμού. Εφόσον αυτό δεν είναι άμεσα εφικτό και απαιτούνται εργασίες επισκευής στα κτίρια της περιοχής, η έναρξη της επιστροφής δύναται να καθυστερήσει. Οι αρμόδιες αρχές θα συναινέσουν για την επιστροφή του πληθυσμού, μόνο όταν το επιτρέψουν οι συνθήκες και έχουν πραγματοποιηθεί με επιτυχία όλοι οι έλεγχοι ασφαλείας. Εναλλακτικά, εφόσον οι εργασίες επισκευής απαιτούν περισσότερο χρόνο και η επιστροφή δεν είναι εφικτή, ο πληθυσμός που έχει εκκενωθεί ενδέχεται να χρειάζεται να μεταγκατασταθεί σε μια διαφορετική περιοχή μέχρις ότου αυτές ολοκληρωθούν.

3.2 Το μαθηματικό μοντέλο

3.2.1 Εισαγωγή στο γραμμικό προγραμματισμό (linear programming)

Το πρόβλημα της εκκένωσης συγκαταλέγεται σε μια μεγάλη ομάδα προβλημάτων με τα οποία ασχολείται η επιχειρησιακή έρευνα. Στη βιβλιογραφία έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις και τεχνικές για την επίλυσή του. Στη διπλωματική αυτή, προτείνεται η επίλυση με τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού.

Ο γραμμικός προγραμματισμός (linear programming) αποτελεί ένα από τα δημοφιλέστερα μοντέλα της επιχειρησιακής έρευνας. Αποτελεί ένα μεγάλο κομμάτι του μαθηματικού προγραμματισμού και χρησιμοποιείται κατά κόρον στη διαδικασία λήψης αποφάσεων δημόσιων και ιδιωτικών επιχειρήσεων και οργανισμών.

Ο γραμμικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται συνήθως για την προσέγγιση προβλημάτων κατανομής περιορισμένων πόρων ή μέσων σε εναλλακτικές και ανταγωνιστικές μεταξύ τους δραστηριότητες κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο [31]. Αφορά, δηλαδή, την μεγιστοποίηση (ή ελαχιστοποίηση) μίας ή περισσότερων συναρτήσεων, αυστηρά γραμμικών. Η συνάρτηση της οποίας ζητείται η μεγιστοποίηση (ή ελαχιστοποίηση) ονομάζεται αντικειμενική συνάρτηση (objective function). Οι περιορισμοί που συνοδεύουν το πρόβλημα είναι αυστηρά και αυτοί γραμμικοί. Οι άγνωστες μεταβλητές προσδιορίζουν το αντικείμενο απόφασης του προβλήματος και ονομάζονται για τον σκοπό αυτό μεταβλητές απόφασης (decision variables). Έτσι, το γενικό μαθηματικό μοντέλο n μεταβλητών απόφασης και m περιορισμών με γνωστούς συντελεστές a_{ij} , b_i , c_j , έχει ως εξής:

$$\max Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

ικανοποιώντας τους περιορισμούς

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (\leq = \geq) b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n (\leq = \geq) b_2$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n (\leq = \geq) b_m$$

και $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$

Σε μορφή πινάκων, το πρόβλημα μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \begin{matrix} \leq \\ = \\ \geq \end{matrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix}$$
$$Z = [C_1 \quad C_2 \quad \dots \quad C_n]$$

3.2.2 Ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου για τη διαδικασία της εκκένωσης

Σκοπός της πρότασης αυτής είναι η διατύπωση ενός πλαισίου προκειμένου να γίνει ευκολότερος ο προγραμματισμός σχετικά με τον μετριασμό των επιπτώσεων ενός σεισμού σε αστικό περιβάλλον. Έμφαση δίνεται τόσο στην έγκαιρη πρόσβαση του πληθυσμού σε χώρους καταφυγής, όσο και στη σωστή επιλογή τέτοιων χώρων. Αρχικά, γίνεται μια εκτίμηση της πληθυσμιακής κατανομής στην περιοχή μελέτης και προτείνεται μια μέθοδος ανάλυσης των απαιτήσεων μιας εκκένωσης που λαμβάνει χώρα νυχτερινή ώρα. Στη συνέχεια, αναλύεται η πρόσβαση του πληθυσμού στο σύνολο των διαθέσιμων καταφυγίων της περιοχής μέσα από την κατασκευή ενός δικτύου με τα χαρακτηριστικά του πραγματικού οδικού δικτύου της περιοχής. Τέλος, βελτιστοποιείται η κατανομή του πληθυσμού στους χώρους καταφυγής, οι οποίοι έχουν συγκεκριμένη χωρητικότητα, με σκοπό την μεγιστοποίηση της ζήτησης των αναγκών της εκκένωσης. Για την επίτευξη των παραπάνω γίνεται χρήση τόσο λογισμικού για Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information System – GIS), όσο και λογισμικού επίλυσης προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού.

3.2.2.1 Προσδιορισμός των απαιτήσεων της εκκένωσης

Σύμφωνα με την υπάρχουσα τεχνολογία, ο τόπος όσο και ο χρόνος ενός επικείμενου σεισμού είναι αδύνατο να προβλεφθούν. Επομένως, ορισμένες παραδοχές είναι απαραίτητο να γίνουν όσον αφορά το χρόνο που θα συμβεί ο σεισμός. Τα σενάρια της καταστροφής μπορούν να χωριστούν σε έξι διαφορετικών τύπων, σε αντιστοιχία με τις καθημερινές δραστηριότητες του πληθυσμού [32]. Αυτά είναι:

1. Πρωινές ώρες εργάσιμης ημέρας
2. Νυχτερινές ώρες εργάσιμης ημέρας
3. Πρωινές ώρες σαββατοκύριακου
4. Νυχτερινές ώρες σαββατοκύριακου
5. Πρωινές ώρες αργίας
6. Νυχτερινές ώρες αργίας

Στη συνέχεια, με βάση τις ασχολίες των ανθρώπων σε καθένα από τα παραπάνω σενάρια, μπορεί να εκτιμηθεί η χωρική κατανομή του πληθυσμού για το κάθε σενάριο. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι οι τραυματισμοί είναι περισσότερο σοβαροί όταν ο σεισμός συμβαίνει τη νύχτα, εξαιτίας του πανικού που δημιουργείται. Κατά συνέπεια, θα εξεταστεί το σενάριο που ο σεισμός συμβαίνει νυχτερινή ώρα καθημερινής (νο. 2), αφού τότε είναι που οι περισσότεροι άνθρωποι βρίσκονται στις οικίες τους, οπότε αποτελεί και το σενάριο με τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε χώρους καταφυγής. Για την μοντελοποίηση θα γίνουν οι παρακάτω παραδοχές:

- Η εκκένωση λαμβάνει χώρα μετά από έναν σεισμό και έχει προληπτικό χαρακτήρα. Έτσι, υποθέτουμε ότι ο σεισμός είναι μικρής έντασης και η εκκένωση γίνεται ανεμπόδιστα από ζημιές σε κτίρια ή το οδικό και πεζοδρομικό δίκτυο.
- Κάθε οικοδομικό τετράγωνο θεωρείται ως η βασική μονάδα εκκένωσης. Με άλλα λόγια, ο πληθυσμός που κατοικεί στο ίδιο οικοδομικό τετράγωνο θεωρείται ότι εκκενώνει ως μία οντότητα. Κατά συνέπεια, κάθε κάτοικος του

ίδιου οικοδομικού τετραγώνου εκκενώνει την ίδια στιγμή με τους υπόλοιπους και αντιστοιχίζεται στον ίδιο χώρο καταφυγής.

- Ο πληθυσμός εκκενώνει χρησιμοποιώντας το πεζοδρομικό δίκτυο, αποκλειστικά ως πεζοί, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη εμπόδια στη διαδρομή ή διαφορετικές ταχύτητες περπατήματος.

Για την εκτίμηση των μόνιμων κατοίκων της περιοχής ενδιαφέροντος ακολουθείται η εξής διαδικασία. Από την απογραφή πληθυσμού που διενεργεί η Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΤΑΤ) ανά 10 χρόνια, είναι γνωστός ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου στον οποίο ανήκει η περιοχή ενδιαφέροντος. Ακόμα, από λογισμικό για Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορεί να βρεθεί τόσο το εμβαδό ολόκληρο του Δήμου, όσο και της περιοχής ενδιαφέροντος. Κατά συνέπεια, ο μόνιμος πληθυσμός της περιοχής ενδιαφέροντος βρίσκεται από τον τύπο:

$$\text{Πληθυσμός περιοχής ενδιαφέροντος} = \text{Πληθυσμός Δήμου} * \frac{\text{Εμβαδό Περιοχής Ενδιαφέροντος}}{\text{Εμβαδό Δήμου}}$$

Δηλαδή, θεωρούμε ότι ο πληθυσμός κατανέμεται ομοιόμορφα στην περιοχή ενδιαφέροντος.

3.2.2.2 Αξιολόγηση της πρόσβασης σε ένα χώρο καταφυγής

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 3.1.4.1, οι χώροι καταφυγής συνήθως απαρτίζονται από χώρους πρασίνου και πλατείες. Ιδιαίτερα στο αστικό περιβάλλον, η εύρεση τέτοιων χώρων αποτελεί δύσκολη υπόθεση. Έτσι, ακόμα κι αν είναι μικρός, ένας τέτοιος χώρος πρέπει να εντάσσεται στο σχέδιο εκκένωσης, προκειμένου να μεγιστοποιείται η κάλυψη της ζήτησης από τον πληθυσμό. Ωστόσο, σπάνια η κατανομή των χώρων καταφυγής στην περιοχή μελέτης συμπίπτει με την κατανομή του πληθυσμού. Χωρίς σχέδιο εκκένωσης, ο πληθυσμός ασυναίσθητα θα επέλεγε τον πλησιέστερο χώρο καταφυγής στην οικεία του, με αποτέλεσμα τη δημιουργία φαινομένων συνωστισμού [33]. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητη η αντιστοίχιση καθενός οικοδομικού τετραγώνου με ένα χώρο καταφυγής, χωρίς απαραίτητα να είναι το πιο κοντινό, προσπαθώντας όμως να ικανοποιηθεί η προϋπόθεση των 250m απόστασης που ορίστηκε στην 3.1.4.1.

- 1) Προκειμένου να βρεθούν όλες οι αποστάσεις μεταξύ κατοικήσιμων οικοδομικών τετραγώνων και χώρων καταφυγής, αρχικά κατασκευάζεται ένα χωρικό δίκτυο $G(I, L, J)$. Αποτελείται από το σύνολο I των αρχικών κόμβων (οικοδομικά τετράγωνα με κατοικίες), το σύνολο των κόμβων προορισμού J (χώροι καταφυγής) και το σύνολο K όλων των ενδιάμεσων κόμβων του οδικού δικτύου, με $I \notin K, J \notin K$. Το σύνολο L περιέχει όλες τις ακμές του δικτύου. Τα μεγέθη των συνόλων I, J, K ορίζονται ως m, n, t αντίστοιχα με $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n, k=1, 2, \dots, t$.
- 2) Στην συνέχεια, υπολογίζονται όλες οι πιθανές διαδρομές από τους αρχικούς κόμβους του συνόλου I στους τελικούς κόμβους του συνόλου J . Ο τελικός στόχος είναι η εύρεση της ελάχιστης διαδρομής ανάμεσα σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο και κάθε χώρο καταφυγής. Κάποιοι από της πιο ευρέως

διαδομένους αλγόριθμους εύρεσης ελάχιστης απόστασης είναι οι Bellman-Ford, Dijkstra, Kruskal και Floyd-Warshall. Για τον σκοπό αυτό, στην παρούσα μεθοδολογία χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος του Dijkstra. Με την ολοκλήρωση των απαραίτητων επαναλήψεων, κατασκευάζουμε τον πίνακα δρομολόγησης M , κάθε στοιχείο του οποίου είναι το d_{ij} , όπου d_{ij} η ελάχιστη απόσταση μεταξύ του οικοδομικού τετραγώνου i και του χώρου καταφυγής j , l_{ik} είναι το μήκος της ακμής από το οικοδομικό τετράγωνο i στον ενδιάμεσο κόμβο k και l_{kj} είναι το μήκος της ακμής από τον ενδιάμεσο κόμβο k στο χώρο καταφυγής j . Δηλαδή,

$$M = \sum d_{ij} = \sum \min (l_{ik}, l_{kj}) \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K$$

Στο παράρτημα Α παρατίθεται μια υλοποίηση του αλγορίθμου του Dijkstra στο λογισμικό MATLAB

- 3) Τέλος, αποφασίζεται ποιοι χώροι καταφυγής εξυπηρετούν ποιες υπο-περιοχές της περιοχής ενδιαφέροντος. Αυτό συμβαίνει με τον ορισμό μιας ακτίνας R_{\max} , η οποία αντιπροσωπεύει την ακτίνα εξυπηρέτησης κάθε χώρου καταφυγής. Έτσι, το κάθε καταφύγιο δύναται να εξυπηρετήσει μόνο όσα οικοδομικά τετράγωνα βρίσκονται εντός της ακτίνας αυτής. Ο προσδιορισμός της ακριβούς τιμής της ακτίνας εξυπηρέτησης εξαρτάται από τα χωροταξικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης. Σε κάθε περίπτωση, όσο μικρότερη η ακτίνα, τόσο μικρότερη και η διαδρομή εκκένωσης από τα οικοδομικά τετράγωνα στα καταφύγια. Απαραίτητη προϋπόθεση που πρέπει να πληρείται είναι ότι η επιλογή της ακτίνας πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα καταφύγια να καλύπτουν όλη την περιοχή ενδιαφέροντος. Εναλλακτική προσέγγιση αντί της χρήσης ακτίνας, είναι ο διαχωρισμός της περιοχής εκκένωσης σε ζώνες γύρω από κάθε καταφύγιο. Έτσι, ο σχεδιαστής μπορεί να ορίσει πόσες ζώνες δύναται να εξυπηρετήσει το κάθε καταφύγιο.

3.2.2.3 Βελτιστοποίηση επιλογής χώρου καταφυγής

Η αξιολόγηση της πρόσβασης σε ένα χώρο καταφυγής εξασφαλίζει ότι οι κάτοικοι έχουν ένα ή περισσότερα καταφύγια προσβάσιμα στην κατοικία τους, με τους κατοίκους συνήθως να προτιμούν το πλησιέστερο. Ωστόσο, η διάταξη των χώρων καταφυγής χαρακτηρίζεται από αναντιστοιχία με τη χωρική κατανομή του πληθυσμού, με αποτέλεσμα ο συνωστισμός να είναι αναπόφευκτος. Έτσι, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη να ληφθεί υπόψη και η χωρητικότητα του κάθε χώρου καταφυγής, με σκοπό την καλύτερη εξυπηρέτηση του πληθυσμού. Όταν τηρούνται οι προδιαγραφές ασφαλείας των χώρων καταφυγής, τότε μόνο εξασφαλίζεται και η ομαλή λειτουργία και στέγαση του ευάλωτου πληθυσμού. Έτσι, στόχος του συγκεκριμένου υποκεφαλαίου είναι η εύρεση βέλτιστης λύσης με σκοπό την μεγιστοποίηση της κάλυψης των αναγκών της εκκένωσης. Αυτό συμβαίνει: πρώτον, με την υπόθεση ότι οι κάτοικοι κάθε οικοδομικού τετραγώνου αντιστοιχίζονται αποκλειστικά σε ένα χώρο καταφυγής και δεύτερον, διασφαλίζοντας ότι ο φιλοξενούμενος πληθυσμός σε ένα χώρο

καταφυγής δεν υπερβαίνει τη χωρητικότητά του. Παρακάτω φαίνεται το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού.

$$\max Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij} P_i \quad (1)$$

με περιορισμούς

$$\sum_{i \in I} a_{ij} P_i \leq C_j, \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} a_{ij} \leq 1 \quad (3)$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & d_{ij} > R_{max} \\ 1, & d_{ij} \leq R_{max} \end{cases} \quad (4\alpha)$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{ή} \\ & d_{ij} > S \\ 1, & d_{ij} \leq S \end{cases} \quad (4\beta)$$

Συμβολισμοί:

a_{ij} : μεταβλητή απόφασης

P_i : ο πληθυσμός του οικοδομικού τετραγώνου i

C_j : η χωρητικότητα του χώρου καταφυγής j

R_{max} : η μέγιστη ακτίνα εξυπηρέτησης

S : ο αριθμός ζωνών εξυπηρέτησης γύρω από κάθε χώρο καταφυγής

Η μεταβλητή απόφασης a_{ij} ορίζεται ως δυαδική (binary) και παίρνει την τιμή 1, όταν το οικοδομικό τετράγωνο i , στη βέλτιστη λύση, εξυπηρετείται για τους σκοπούς της εκκένωσης από το χώρο καταφυγής j , και την τιμή 0, όταν το οικοδομικό τετράγωνο i , στη βέλτιστη λύση, ΔΕΝ εξυπηρετείται για τους σκοπούς της εκκένωσης από το χώρο καταφυγής j .

Η αντικειμενική συνάρτηση Z μεγιστοποιείται, όταν η κάλυψη της ζήτησης γίνεται μέγιστη.

Ο περιορισμός (2) εξασφαλίζει την τήρηση της χωρητικότητας του καθενός χώρου καταφυγής. Για τον υπολογισμό της χωρητικότητας λαμβάνεται υπόψη το εμβαδό του συγκεκριμένου χώρου καθώς και ο ωφέλιμος χώρος ανά κάτοικο, ο οποίος κυμαίνεται περί τα $2m^2$ [28].

Ο περιορισμός (3) εξασφαλίζει την εκπλήρωση της υπόθεσης ότι ο πληθυσμός κάθε οικοδομικού τετραγώνου θα βρει στέγη το πολύ σε ένα καταφύγιο.

Ο περιορισμός (4) εξασφαλίζει ότι το οικοδομικό τετράγωνο i βρίσκεται εντός της περιοχής εξυπηρέτησης του χώρου καταφυγής j . Η (4α) αφορά τη μέθοδο με τη χρήση μέγιστης ακτίνας εξυπηρέτησης, ενώ η (4β) αντιστοιχεί στην εναλλακτική μέθοδο, αυτή του διαχωρισμού της περιοχής εκκένωσης σε ζώνες γύρω από κάθε καταφύγιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα εφαρμοστεί το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε στο τρίτο κεφάλαιο σε μια μελέτη περίπτωσης, με σκοπό να γίνουν κατανοητές οι πτυχές του μαθηματικού μοντέλου αλλά και να αναδειχθούν οι περιορισμοί που αυτό έχει.

Για την οριοθέτηση της περιοχής μελέτης και την ανάλυση των δημογραφικών της χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS Pro v27 (Trial Edition). Το ArcGIS Pro αποτελεί ένα ισχυρό λογισμικό στον τομέα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Geographical Information Systems – GIS).

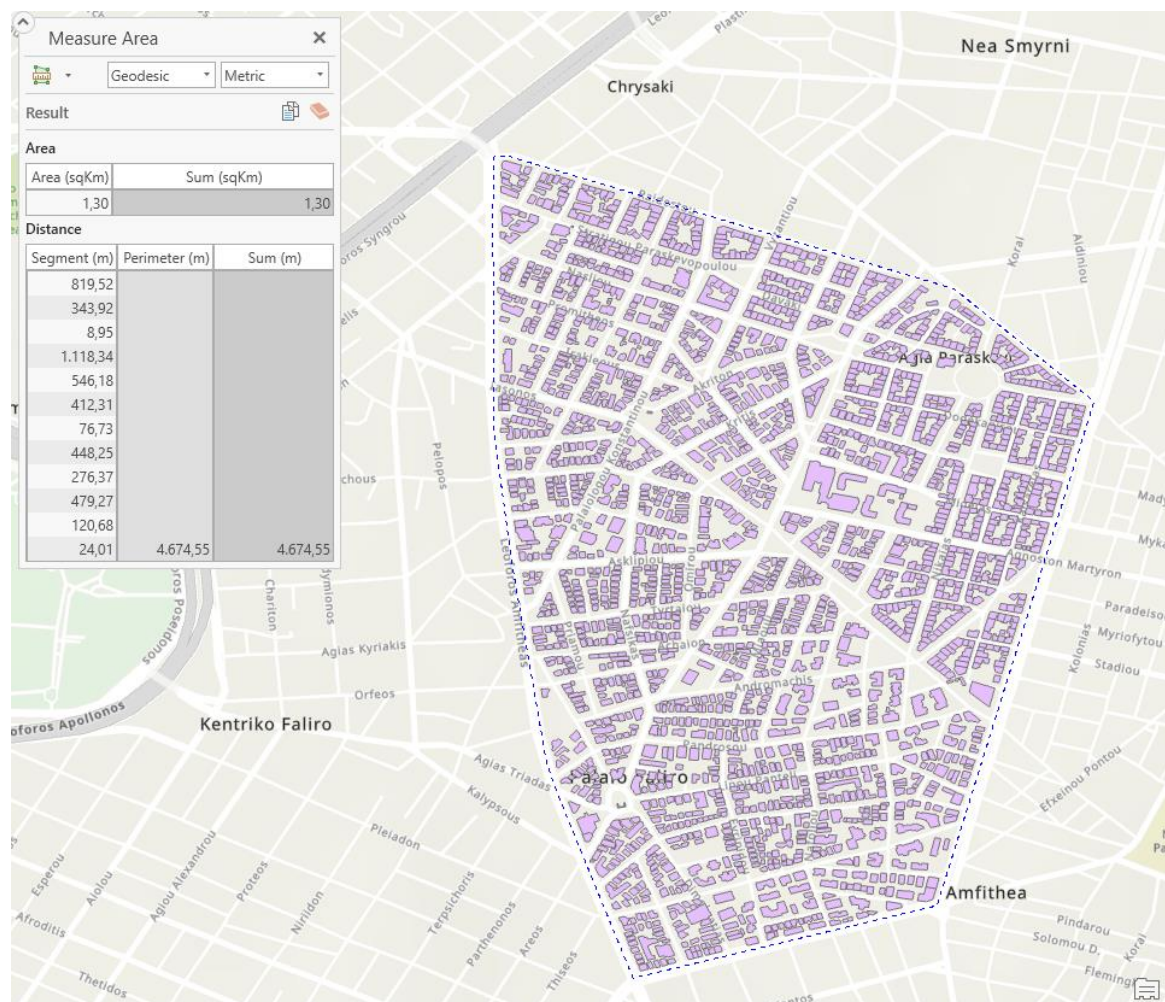
Για την επίλυση του προβλήματος του γραμμικού προγραμματισμού, χρησιμοποιήθηκε το General Algebraic Modeling System 38.3.0 (GAMS) – Student Edition. Το GAMS έχει σχεδιαστεί για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης. Προσφέρει δυνατότητες μοντελοποίησης προβλημάτων γραμμικού (linear), μη-γραμμικού (non-linear) και ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (mixed integer).

4.1 Οριοθέτηση και δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής ενδιαφέροντος

Η πόλη της Αθήνας αποτελείται από μερικούς από τους πιο πολυπληθείς δήμους της χώρας, τόσο σε απόλυτα μεγέθη όσο και σε πυκνότητα πληθυσμού. Τα χαρακτηριστικά της αυτά καθιστούν τον αποτελεσματικό σχεδιασμό ενός σχεδίου εκκένωσης μια μεγάλη πρόκληση.

Η περιοχή στην οποία θα εφαρμοσθεί η προτεινόμενη μεθοδολογία αποτελεί κομμάτι του Δήμου Παλαιού Φαλήρου. Το Παλιό Φάληρο ανήκει στην Περιφερειακή Ενότητα Νοτίου Τομέα Αθηνών. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ (Απογραφή Πληθυσμού 2011), ο Δήμος Παλαιού Φαλήρου αποτελεί τον 12^ο δήμο με τη μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού σε ολόκληρη τη χώρα [33].

Η περιοχή μελέτης οριοθετείται από τους δρόμους: Λεωφόρος Αμφιθέας – Αχιλλέως – Λεωφόρος Ελευθερίου Βενιζέλου – Θεμιστοκλή Σοφούλη – Ρεδεστόυ.



Εικόνα 4-1: Οριοθέτηση της περιοχής μελέτης [ArcGIS Pro]

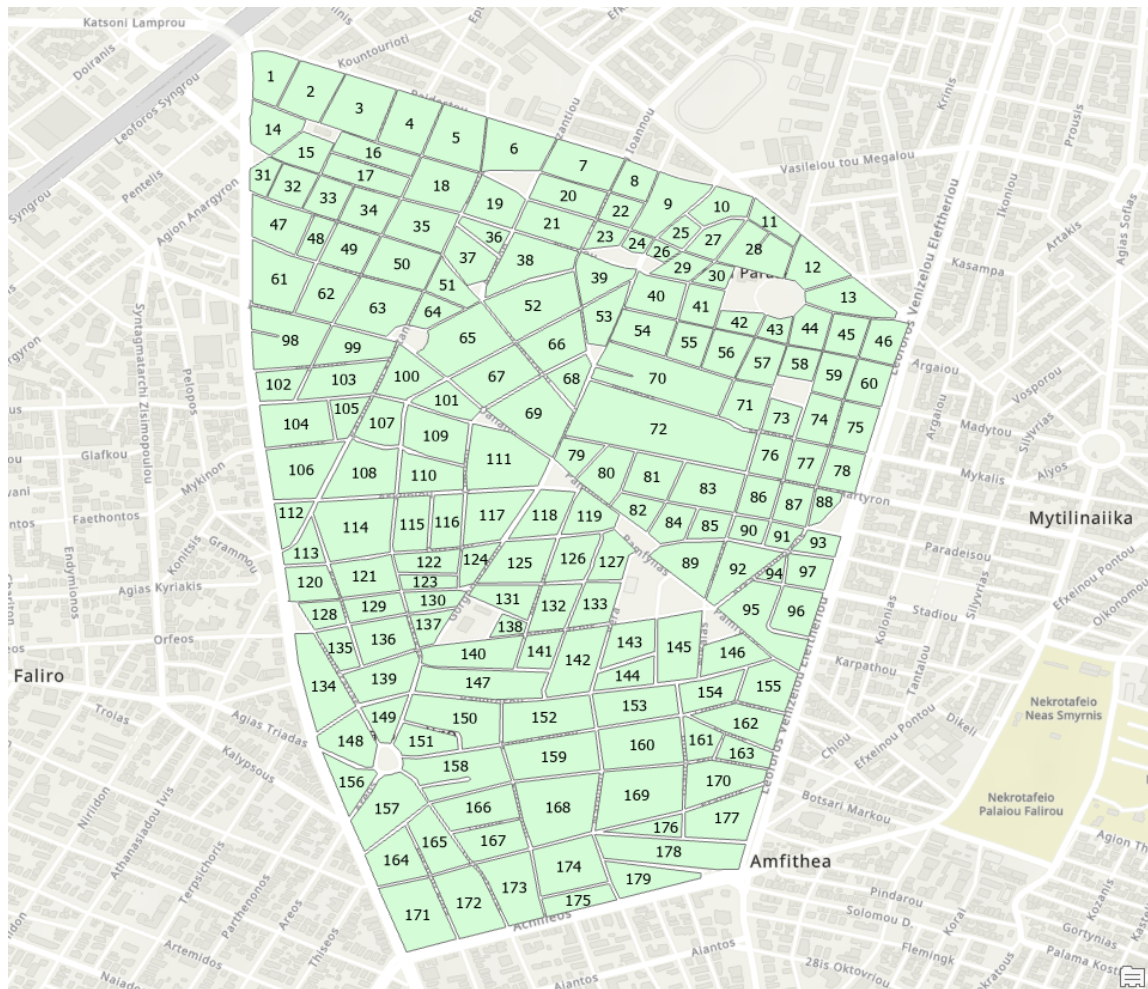


Εικόνα 4-2: Τρισδιάστατη αναπαράσταση των κτιρίων στην περιοχή μελέτης [ArcGIS Pro]

Από τα στοιχεία της Απογραφής Πληθυσμού της ΕΛΣΤΑΤ βρίσκουμε ότι ο πληθυσμός ολόκληρου του Δήμου Παλαιού Φαλήρου είναι 48.666 κάτοικοι [33]. Ακόμα, από το λογισμικό ArcGIS βρίσκουμε ότι το εμβαδό του Δήμου Παλαιού Φαλήρου είναι $4,574\text{km}^2$ και το εμβαδό της περιοχής μελέτης είναι $1,30\text{km}^2$. Θεωρώντας, λοιπόν, ότι ο πληθυσμός κατανέμεται ομοιόμορφα, σύμφωνα με τον τύπο της παραγράφου 3.2.2.1 βρίσκουμε ότι ο πληθυσμός της περιοχής μελέτης είναι 13.743 άνθρωποι.

Ακόμα, θεωρώντας ότι στον κάθε άνθρωπο αντιστοιχούν 2m^2 στο χώρο καταφυγής, βρίσκουμε ότι απαιτούνται χώροι καταφυγής συνολικής επιφάνειας τουλάχιστον $2*13.743=27.486\text{m}^2$, προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση.

Όπως έχουμε αναφέρει στην 3.2.2.1, κάθε οικοδομικό τετράγωνο θεωρείται ως η βασική μονάδα εκκένωσης, δηλαδή ο πληθυσμός που κατοικεί στο ίδιο οικοδομικό τετράγωνο θεωρείται ότι εκκενώνει ως μία οντότητα. Έτσι, χωρίζουμε την περιοχή μελέτης σε οικοδομικά τετράγωνα, λαμβάνοντας υπόψη μόνο αυτά τα οποία έχουν κτίρια κατοικιών. Τα τετράγωνα που έχουν αποκλειστικά οποιοδήποτε άλλου είδους κτίρια δε λαμβάνονται υπόψη, αφού εξετάζεται το σενάριο εκκένωσης νυχτερινή ώρα εργάσιμης ημέρας, όταν η πλειονότητα του μόνιμου πληθυσμού βρίσκεται στις οικίες της. Ο αριθμός των οικοδομικών τετραγώνων ανέρχεται σε 179.



Εικόνα 4-3: Τα οικοδομικά τετράγωνα με κατοικίες στην περιοχή μελέτης [ArcGIS Pro]

Τέλος, βρίσκουμε το εμβαδό των κτιρίων κατοικιών που υπάρχουν σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο, τα αθροίζουμε με σκοπό να μοιράσουμε αναλογικά τον πληθυσμό όλης της περιοχής σε κάθε τετράγωνο αναλογικά με το συνολικό εμβαδό των κτιρίων. Έτσι, προκύπτει ο πληθυσμός του κάθε οικοδομικού τετραγώνου και φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Β.

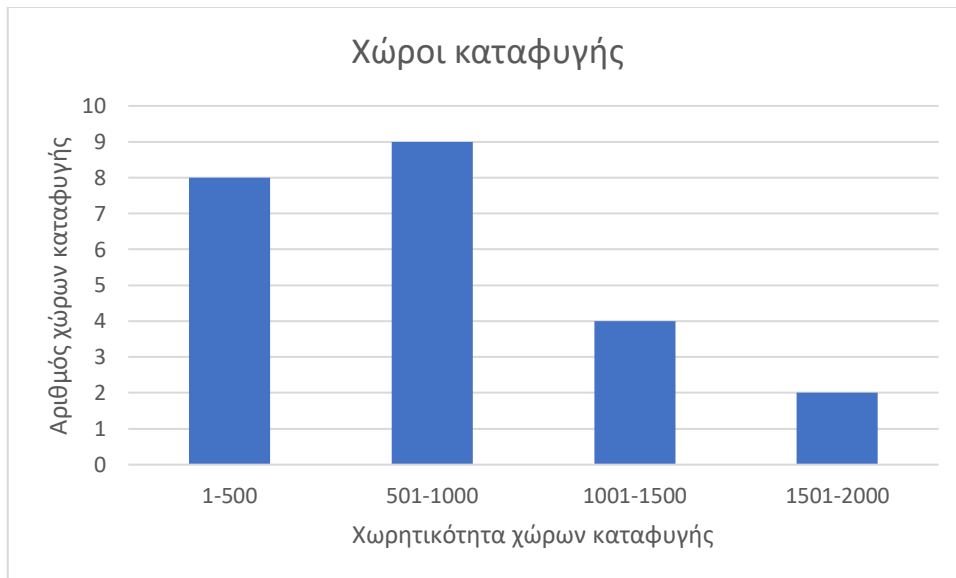


Εικόνα 4-4: Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των οικοδομικών τετραγώνων

4.2 Χώροι καταφυγής στην περιοχή ενδιαφέροντος

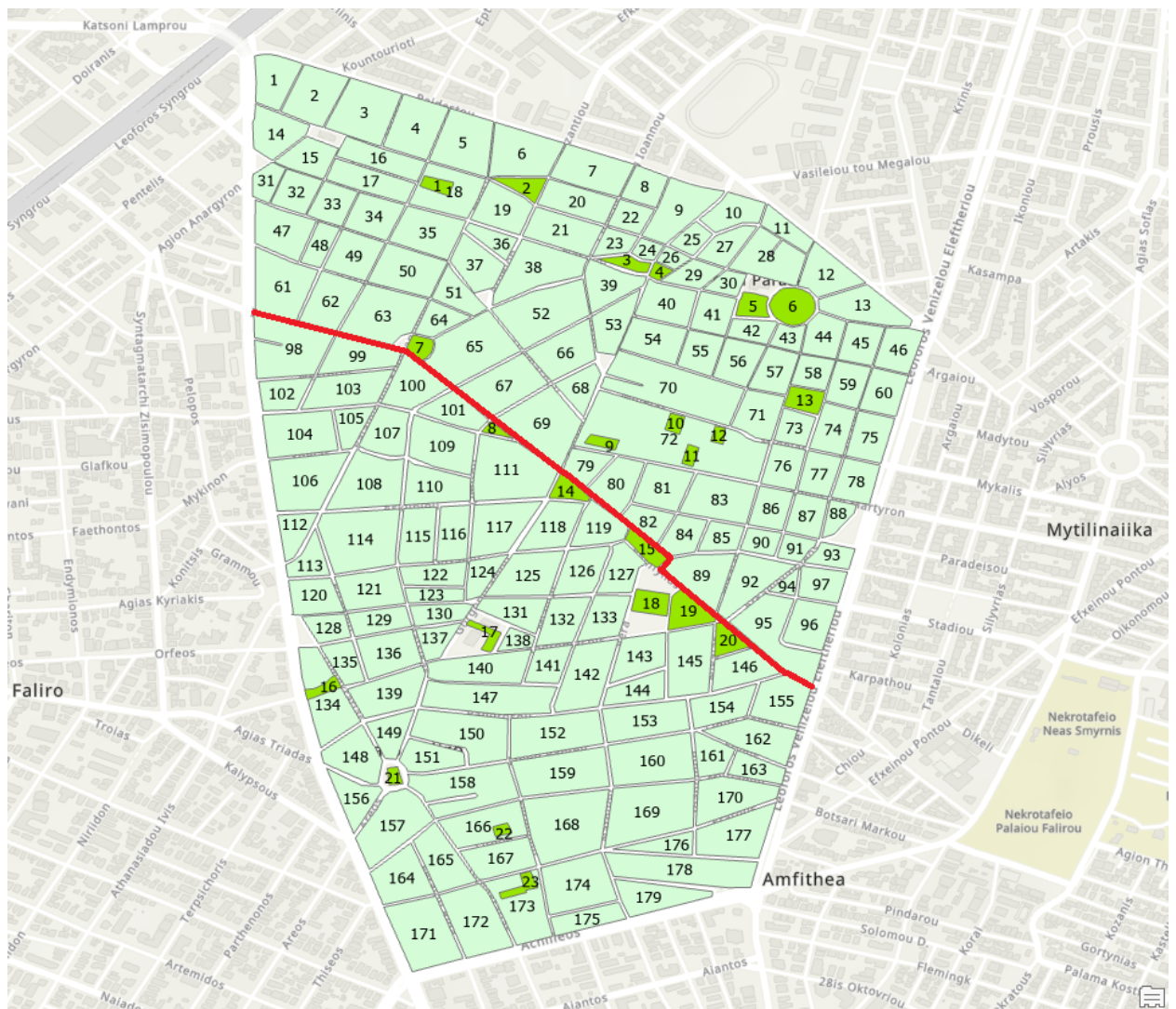
Μετά από αναζήτηση στην περιοχή μελέτης, βρέθηκε ότι υπάρχουν 23 χώροι που πληρούν τις προδιαγραφές των χώρων καταφυγής. Μετρώντας την επιφάνεια του κάθε καταφυγίου και υπολογίζοντας 2m² χώρου για κάθε άνθρωπο, βρίσκουμε ότι τα καταφύγια μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες εκκένωσης 17.478 κατοίκων, δηλαδή η ζήτηση για την συγκεκριμένη περιοχή δύναται να υπερκαλυφθεί από τα χαρακτηριστικά των χώρων καταφυγής. Παρακάτω φαίνονται οι δυνατότητες του κάθε καταφυγίου.

| Shelter Number | Area (sq. m) | Capacity | | Sq. Meters |
|-----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 1150 | 575 | | per person |
| 2 | 1995 | 997 | | 2 |
| 3 | 1331 | 665 | | |
| 4 | 704 | 352 | | |
| 5 | 1932 | 966 | | |
| 6 | 3937 | 1968 | | |
| 7 | 1433 | 716 | | |
| 8 | 599 | 299 | | |
| 9 | 922 | 461 | | |
| 10 | 823 | 411 | | |
| 11 | 688 | 344 | | |
| 12 | 558 | 279 | | |
| 13 | 2362 | 1181 | | |
| 14 | 1829 | 914 | | |
| 15 | 2123 | 1061 | | |
| 16 | 1037 | 518 | | |
| 17 | 1083 | 541 | | |
| 18 | 2311 | 1155 | | |
| 19 | 3594 | 1797 | | |
| 20 | 2272 | 1136 | | |
| 21 | 618 | 309 | | |
| 22 | 506 | 253 | | |
| 23 | 1161 | 580 | | |
| SUM | 34968 | 17478 | κάτοικοι | |



Εικόνα 4-5: Η χωρητικότητα των χώρων καταφυγής

Οι χώροι καταφυγής φαίνονται παρακάτω με έντονο πράσινο χρώμα.

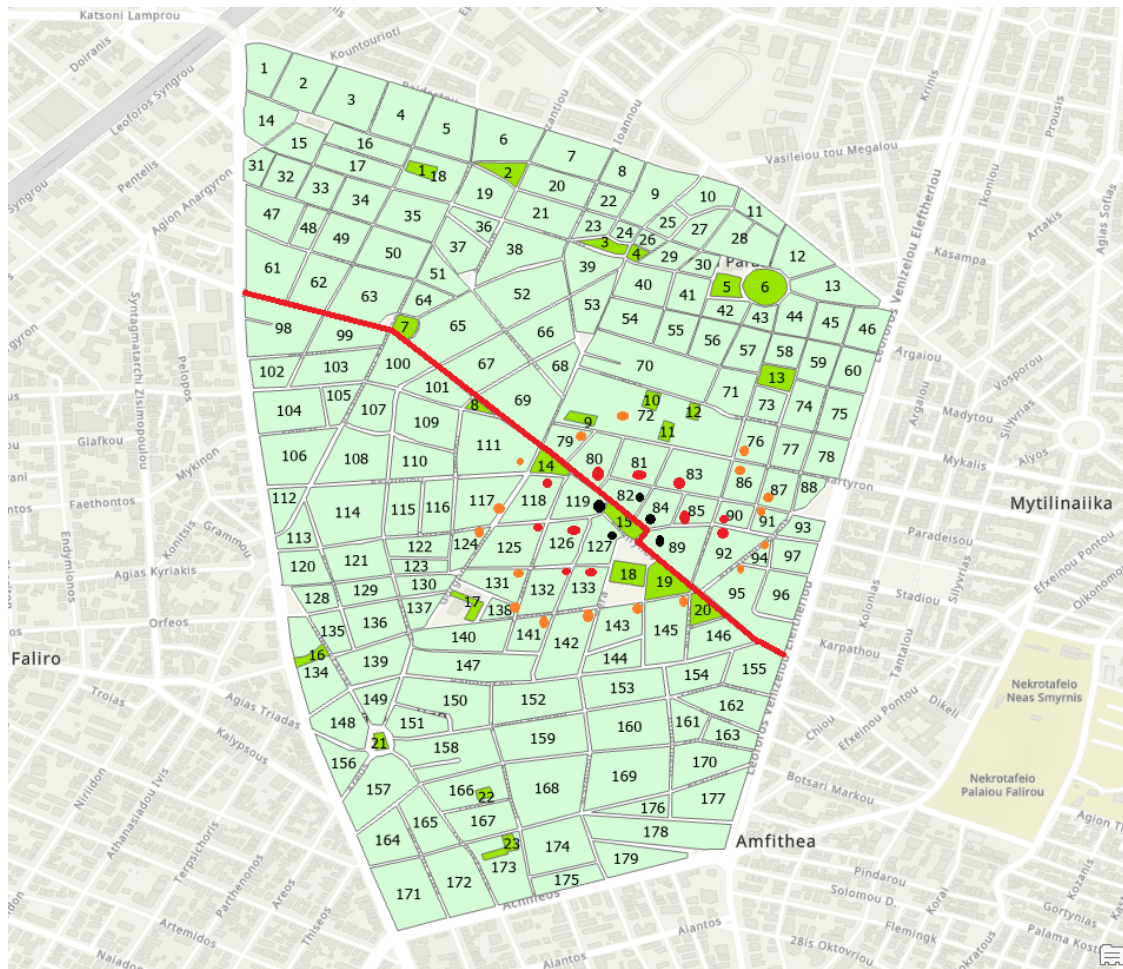


Εικόνα 4-6: Οι χώροι καταφυγής στην περιοχή μελέτης [ArcGIS Pro]

Για την αντιστοίχιση των οικοδομικών τετραγώνων σε χώρους καταφυγής ακολουθείται η εναλλακτική πρόταση της παραγράφου 3.2.2.2, αυτή του διαχωρισμού της περιοχής εκκένωσης σε ζώνες γύρω από κάθε καταφύγιο. Καταρχάς, η περιοχή εκκένωσης διαχωρίζεται σε βόρειο και νότιο μισό. Υποθέτουμε ότι τα καταφύγια του βόρειου μισού είναι προσβάσιμα μόνο από κατοίκους του βόρειου μισού. Ομοίως και για το νότιο μισό. Αυτό συμβαίνει με σκοπό τον μετριασμό των αποστάσεων ανάμεσα σε καταφύγια και οικοδομικά τετράγωνα. Στη συνέχεια, γύρω από κάθε καταφύγιο σημειώνονται ζώνες, ανάλογα με το αν ένα οικοδομικό τετράγωνο είναι γειτονικό με το καταφύγιο. Έτσι, κατασκευάζεται ο πίνακας προσβασιμότητας ως εξής.

Το οικοδομικό τετράγωνο που γειτνιάζει με το αντίστοιχο καταφύγιο παίρνει στον πίνακα την τιμή 1. Το οικοδομικό τετράγωνο που γειτνιάζει με έστω και ένα οικοδομικό τετράγωνο που πήρε την τιμή 1, θα πάρει την τιμή 2. Ομοίως, το οικοδομικό τετράγωνο που γειτνιάζει με έστω και ένα οικοδομικό τετράγωνο που πήρε την τιμή 2, θα πάρει την τιμή 3. Τέλος, τα οικοδομικά τετράγωνα τα οποία δεν έχουν πάρει ακόμα τιμή αλλά βρίσκονται στο ίδιο μισό της περιοχής (βόρειο ή νότιο) με ένα καταφύγιο, θα πάρουν την τιμή 5. Αντιθέτως, για τα καταφύγια που βρίσκονται στο άλλο μισό, θα πάρουν την τιμή 10. Ο πίνακας προσβασιμότητας φαίνεται στο παράρτημα Β.

Για να γίνει κατανοητή η διαδικασία, ας δούμε το παράδειγμα συμπλήρωσης της στήλης που αντιστοιχεί στο καταφύγιο 15. Τα οικοδομικά τετράγωνα που γειτνιάζουν με το καταφύγιο 15, παίρνουν στην αντίστοιχη στήλη την τιμή 1 και σημαδεύονται με μαύρο χρώμα. Τα οικοδομικά τετράγωνα που γειτνιάζουν με αυτά που πήραν την τιμή 1, θα πάρουν την τιμή 2 και σημαδεύονται με κόκκινο χρώμα. Ομοίως, τα οικοδομικά τετράγωνα που γειτνιάζουν με αυτά που πήραν την τιμή 2, θα πάρουν την τιμή 2 και σημαδεύονται με πορτοκαλί χρώμα. Τα οικοδομικά τετράγωνα που βρίσκονται στο νότιο μισό και δεν έχουν πάρει ακόμα τιμή, θα πάρουν την τιμή 5, αφού βρίσκονται στο ίδιο μισό με το καταφύγιο 15. Όλα τα υπόλοιπα οικοδομικά τετράγωνα, τα οποία βρίσκονται στο βόρειο μισό, θα πάρουν την τιμή 10.



Εικόνα 4-7: Οικοδομικά τετράγωνα που δύναται να εξυπηρετηθούν από το καταφύγιο 15 [ArcGIS Pro]

4.3 Βέλτιστη αντιστοίχιση

Με όλες τις παραμέτρους έτοιμες, εφαρμόζεται το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού που προτάθηκε στην παράγραφο 3.2.2.3, με επιλογή του περιορισμού (4β), εφόσον έχει προκριθεί η χρήση της εναλλακτικής μεθόδου, δηλαδή ο διαχωρισμός σε ζώνες. Στόχος είναι η βέλτιστη κατανομή του πληθυσμού στα καταφύγια, δηλαδή η μεγιστοποίηση της εξυπηρέτησης του πληθυσμού.

Για την καλύτερη αξιολόγηση του μοντέλου, έγιναν τρία διαφορετικά τρεξίματα, για διαφορετικές τιμές του S . Η πρώτη επανάληψη (με $S=2$) επιτρέπει την προσέγγιση ενός καταφυγίου μόνο σε όσα οικοδομικά τετράγωνα έχουν τιμή 1 ή 2 για το αντίστοιχο καταφύγιο. Δηλαδή, το οικοδομικό τετράγωνο i δύναται να αντιστοιχηθεί στο καταφύγιο j , μόνο εφόσον βρίσκεται εντός δύο ζωνών από αυτό. Η δεύτερη επανάληψη (με $S=3$) επιτρέπει την προσέγγιση ενός καταφυγίου μόνο σε όσα οικοδομικά τετράγωνα έχουν τιμή 1 ή 2 ή 3 για το αντίστοιχο καταφύγιο. Δηλαδή, το οικοδομικό τετράγωνο i δύναται να αντιστοιχηθεί στο καταφύγιο j , μόνο εφόσον βρίσκεται εντός τριών ζωνών από αυτό. Τέλος, η τρίτη επανάληψη (με $S=5$) επιτρέπει την προσέγγιση ενός καταφυγίου μόνο σε όσα οικοδομικά τετράγωνα έχουν τιμή 1 ή 2 ή 3 ή 5 για το αντίστοιχο καταφύγιο. Δηλαδή, το οικοδομικό τετράγωνο i δύναται να αντιστοιχηθεί στο καταφύγιο j , μόνο εφόσον βρίσκεται στο ίδιο μισό με αυτό.

Ο κώδικας του GAMS παρατίθεται στο Παράρτημα Γ.

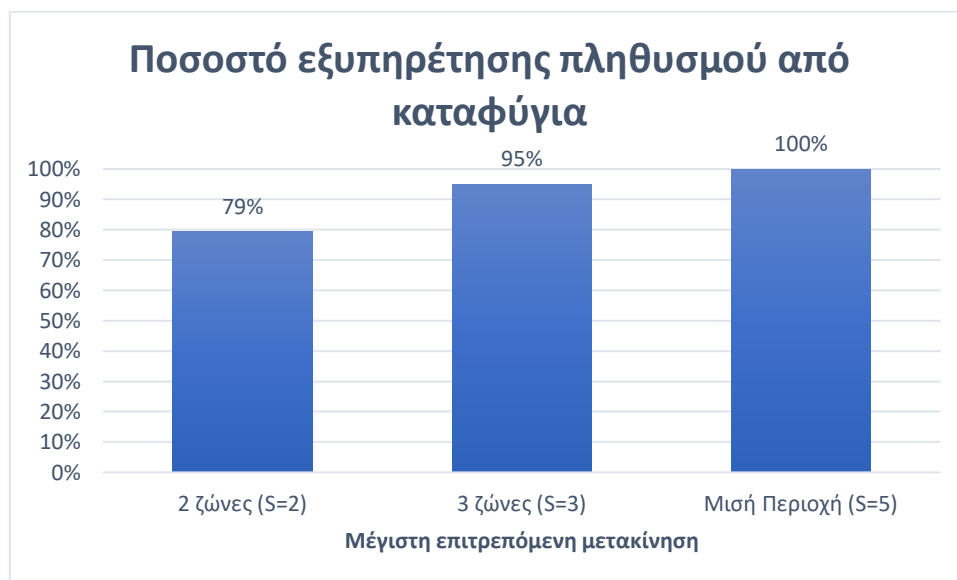
4.4 Αποτελέσματα

Οι πίνακες με τις τιμές των μεταβλητών απόφασης a_{ij} δίνονται στο Παράρτημα Δ.

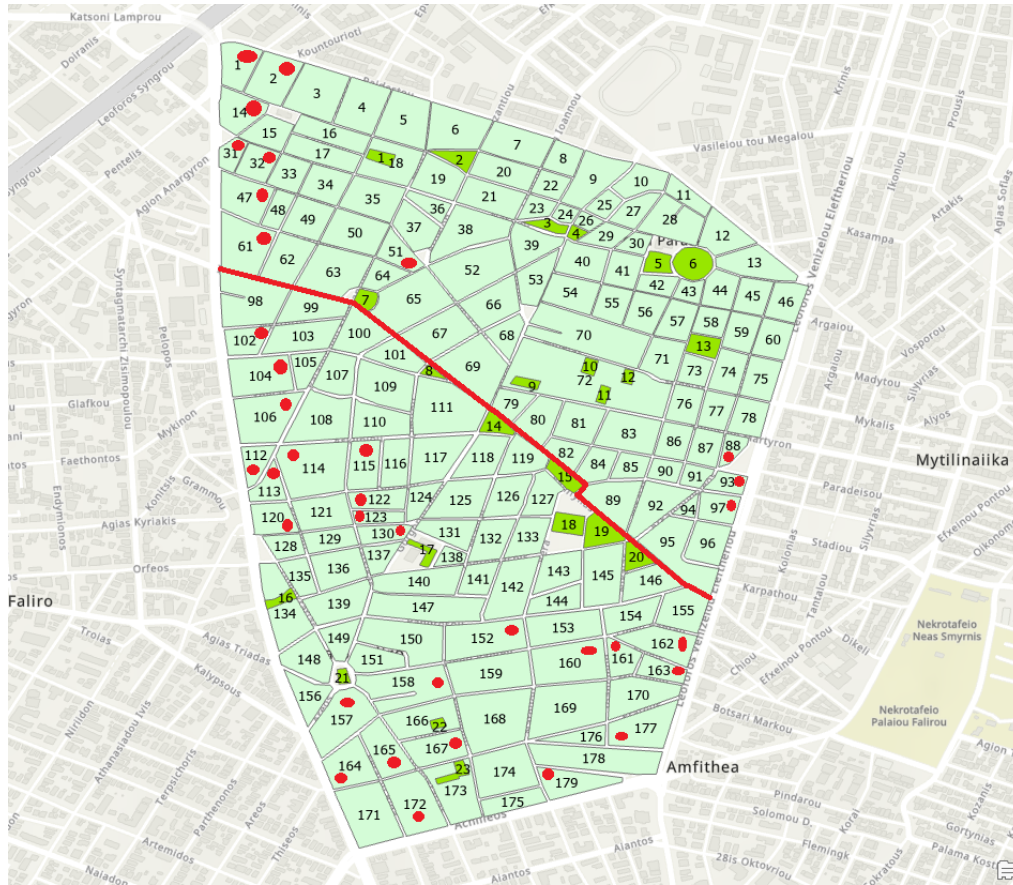
Στην πρώτη επανάληψη ($S=2$), το 79% του πληθυσμού εξυπηρετείται από καταφύγια.

Στη δεύτερη επανάληψη ($S=3$), το 95% του πληθυσμού εξυπηρετείται από καταφύγια.

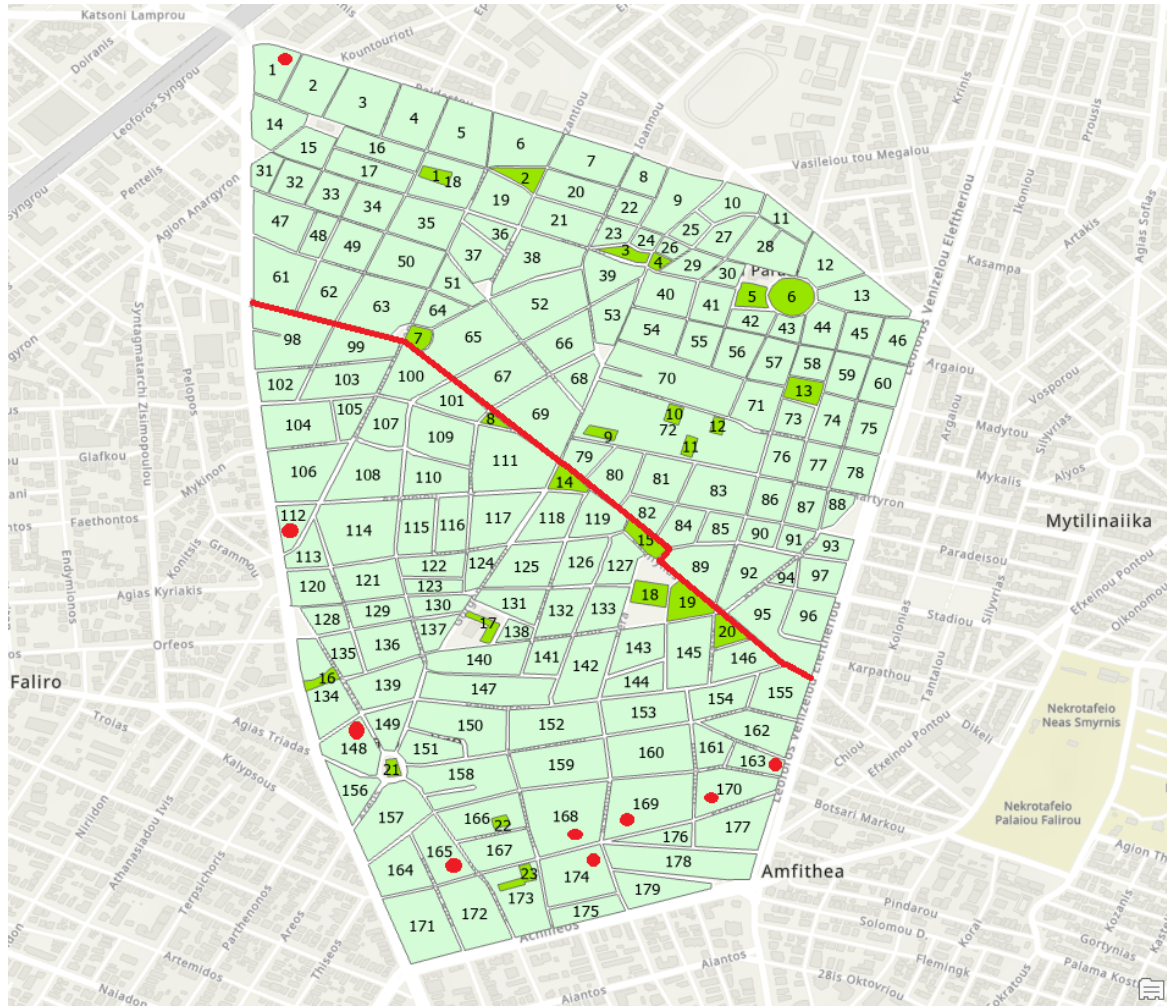
Στην τρίτη επανάληψη ($S=5$), όλος ο πληθυσμός (100%) εξυπηρετείται από καταφύγια.



Εικόνα 4-8: Ποσοστό εξυπηρέτησης πληθυσμού στα καταφύγια

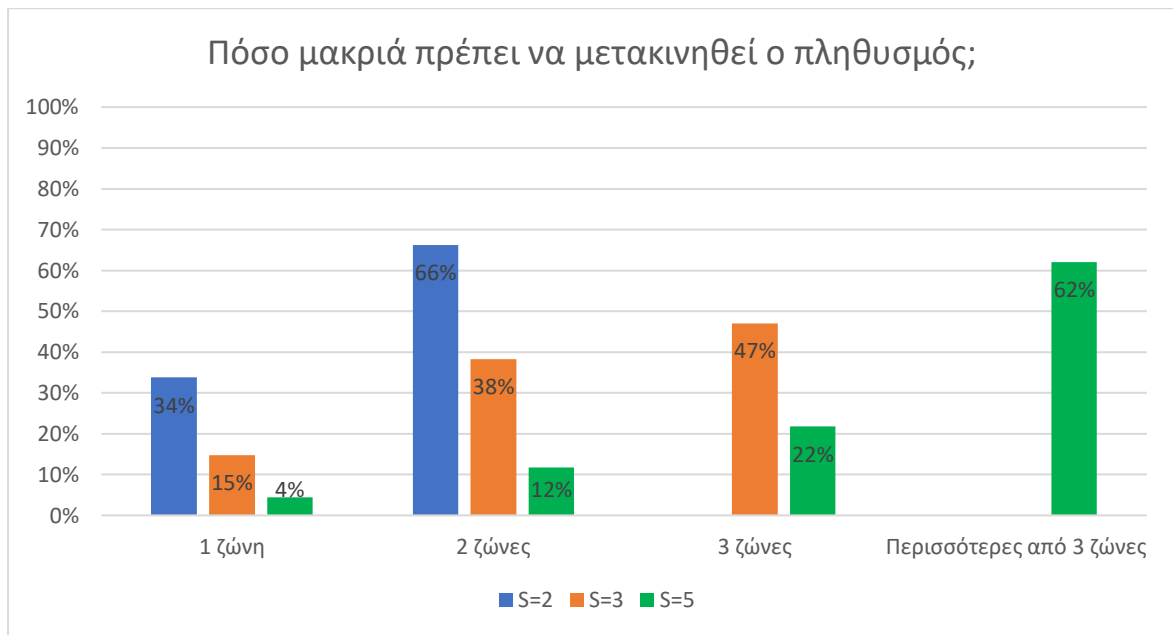


Εικόνα 4-9: Τα οικοδομικά τετράγωνα που μένουν εκτός σχεδίου εκκένωσης στην 1^η περίπτωση (S=2) [ArcGIS Pro]



Εικόνα 4-10: Τα οικοδομικά τετράγωνα που μένουν εκτός σχεδίου εκκένωσης στην 2^η περίπτωση (S=3) [ArcGIS Pro]

Τέλος, στο παρακάτω γράφημα δίνεται η απόσταση που πρέπει ο πληθυσμός κάθε τετραγώνου να μετακινηθεί για να φτάσει στο καταφύγιο, για κάθε τρέξιμο του μοντέλου.



Εικόνα 4-11: Μετακίνηση πληθυσμού για την προσέγγιση καταφυγίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης περίπτωσης, συμπεραίνουμε ότι παρά τους περιορισμούς μετακίνησης, η πλειονότητα του πληθυσμού εξυπηρετείται από το σχέδιο εκκένωσης της περίπτωσης σεισμού. Τα περισσότερα οικοδομικά τετράγωνα που μένουν εκτός σχεδίου εκκένωσης βρίσκονται είτε στα άκρα της περιοχής μελέτης, οπότε δεν έχουν προσβάσιμο χώρο καταφυγής σε κοντινή απόσταση λόγω των περιορισμών, είτε σε υπο-περιοχές με μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα αλλά μικρή παροχή καταφυγίων. Στην περίπτωση που αίρονται οι περιορισμοί και επιτρέπεται η εξυπηρέτηση ενός οικοδομικού τετραγώνου από οποιοδήποτε καταφύγιο εντός του ίδιου μισού της περιοχής, ο πληθυσμός εξυπηρετείται κατ' απόλυτο βαθμό. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση αυτή, οι κάτοικοι του 62% των τετραγώνων καλούνται να καλύψουν απόσταση μεγαλύτερη της προτεινόμενης των 250m από τη βιβλιογραφία, φτάνοντας ορισμένες φορές ακόμα και τα 700m, με αποτέλεσμα να διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού. Επομένως, η μεγιστοποίηση της εξυπηρέτησης του πληθυσμού δεν πρέπει να αποτελεί αυτοσκοπό ενός σχεδίου εκκένωσης.

Αντιθέτως, πρέπει να ληφθούν υπόψη κι άλλοι παράγοντες. Αρχικά, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη στην αντικειμενική συνάρτηση, πέρα από την ζήτηση για χώρους εκκένωσης, η απόσταση μεταξύ των οικοδομικών τετραγώνων και των χώρων καταφυγής, με σκοπό την μείωση της απόστασης που διανύεται. Στην παρούσα διπλωματική η απόσταση αποτέλεσε μόνο περιορισμό στα διάφορα σενάρια, δεν υπήρξε όμως επιδίωξη συγκεκριμένων στόχων μέσω της αντικειμενικής συνάρτησης. Απαιτείται, δηλαδή, μια ισορροπία μεταξύ της βέλτιστης κατανομής σε καταφύγια και της διανυόμενης απόστασης. Μια ακόμα προέκταση προς διερεύνηση αποτελεί το κομμάτι της αβεβαιότητας. Η διπλωματική αυτή εξέτασε την περίπτωση που τα δεδομένα εισόδου είχαν ντετερμινιστικές τιμές. Μπορούμε, εναλλακτικά, να θεωρήσουμε ότι κάποιες μεταβλητές εισόδου (π.χ. η πληθυσμιακή κατανομή, η ταχύτητα μετακίνησης) αποτελούν τυχαίες μεταβλητές που ακολουθούν συγκεκριμένες κατανομές πιθανότητας και να εφαρμόσουμε στοχαστικό γραμμικό προγραμματισμό (stochastic linear programming). Εναλλακτικά, εφόσον δεν μπορούμε να αποφανθούμε για τις κατανομές που ακολουθούν οι τυχαίες μεταβλητές, μπορούμε να θεωρήσουμε διαφορετικά σενάρια, είτε διακριτά είτε συνεχή, και να χρησιμοποιήσουμε τεχνικές robust optimization. Μία πρόταση θα ήταν να μοντελοποιηθεί ένα σενάριο στο οποίο εμπεριέχεται η πραγματοποίηση ενός μεγάλου γεγονότος (π.χ. αθλητικός αγώνας), στιγμή κατά την οποία αυξάνεται απρόβλεπτα ο συνολικός πληθυσμός της περιοχής. Με την αξιολόγηση τέτοιων σεναρίων, μπορούν να εξαχθούν περισσότερο ασφαλή συμπεράσματα για την κατάρτιση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου εκκένωσης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, *Proposed Updated Terminology on Disaster Risk Reduction: A Technical Review*, (2015)
- [2] M. A. Onyango, M. Uwase, *Humanitarian Response to Complex Emergencies and Natural Disasters*, International Encyclopedia of Public Health (2016), 106-116
- [3] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), *EM-DAT: The International Disaster Database*, <https://www.emdat.be/about>
- [4] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), *2021 Disasters in Numbers*, (2021), https://reliefweb.int/attachments/40e81e2a-f6be-33ef-bc12-ccebb90ee8b3/2021_EMDAT_report.pdf
- [5] T.K.J. McDermott, F. Barry, *Disasters and Development: Natural Disasters, Credit Constraints and Economic Growth*. Economic and Social Research Institute (ESRI) (2011)
- [6] Κ. Σπυράκος, Ε. Τουτουδάκη, *Σημειώσεις*, Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας ΕΜΠ, http://lee.civil.ntua.gr/pdf/mathimata/antiseismikes_kataskeves/simeioseis/simeioseis_ak.pdf
- [7] Α. Οστουμπασίδης, *Σεισμός, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής* (2012)
- [8] Εφημερίδα 'Το Έθνος', *Σεισμοί στην Ελλάδα: Οι μεγαλύτεροι, το τσουνάμι και τα Ρίχτερ στην Αττική*, (2019), <https://www.ethnos.gr/greece/article/51461/seismoisthnelladaoimegalyteroitotsoynamikaitarixtersthntattikh>
- [9] Α. Ασλανίδης, Γ. Ζαφειριδάκης, Δ. Καλαϊτζίδης, *Γεωγραφία-Γεωλογία Β' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος»
- [10] Υπουργείο Προστασίας του Πολίτη, *Εθνικό Σύστημα Πολιτικής Προστασίας*, (2019), <http://www.opengov.gr/yptp/?p=1253>
- [11] B. Wisner, J. Adams, World Health Organization, *Environmental health in emergencies and disasters: a practical guide*, (2012)

- [12] O. Mauroner, A. Heudorfer, *Social media in disaster management: How social media impact the work of volunteer groups and aid organisations in disaster preparation and response*, *International Journal of Emergency Management* 12(2):196 (2016)
- [13] K. Smith, R. Ward, *Floods: Physical processes and human impacts*, John Wiley (1998)
- [14] Γ. Παπανικολάου, *Διαχείριση φυσικών καταστροφών και πολεοδομικός σχεδιασμός – Η περίπτωση σεισμού στο Περιστέρι*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (2020)
- [15] P. Blaikie, T. Cannon, I. Davis, B. Wisner, *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*, Routledge (2013)
- [16] Υπουργείο Εξωτερικών, *Πλαίσιο Σεντάι για Μείωση του Κινδύνου Καταστροφών (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction) 2015-2030*, (2018), <https://hellenicaid.mfa.gr/diethnes-plaisio-kai-anaptyxiaki-politiki/oie/plaisio-sentai-gia-meiose-tou-kindunou.html>
- [17] United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), *What is the Sendai Framework?*, <https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/what-sendai-framework>
- [18] E. Ronchi, D. Nilsson, *Basic Concepts and Modelling Methods*, Springer International (2016)
- [19] D. Purser, *ASET and RSET: Addressing some issues in relation to occupant behaviour and tenability*, *Fire Safety Science* 7 (2003), 91-102
- [20] T. Korhonen, S. Hostikka, *Fire dynamics simulator with evacuation: FDS+Evac technical reference and user's guide (Working paper No. 119)*, Espoo: VTT Technical Research Center of Finland (2009)
- [21] E. Kuligowski, R. Peacock, B. Hoskins, *A review of building evacuation models (2nd ed.)*, Tech. Note 1680 (2010)
- [22] V. Predtechenskii, A. Milinskii, *Planning for foot traffic flow in buildings*, Amerind Publishing (1978)
- [23] N. Chooramun, *Implementing a hybrid spatial discretisation within an agent based evacuation model*, University of Greenwich (2011)
- [24] C. Reynolds, *Steering behaviors for autonomous characters. Presented at the Game developers conference*, Miller Freeman Game Group (1999), 763-782

- [25] C. Reynolds, *Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model*, ACM Computer Graphics (1987), 25-34
- [26] Ι. Λαμπρόπουλος, *Σχεδιασμός και Εκτέλεση Σεναρίων Εκκένωσης του Νομού Ηλείας σε Κατάσταση Πανικού*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (2010)
- [27] Australian Institute for Disaster Resilience, *Australian Disaster Resilience Handbook Collection – Handbook 4: Evacuation Planning*, Australian Government (2016)
- [28] Π.Μ. Δελλαδέτσιμας, Μ. Γιακουμή, *Προδιαγραφές Χώρων Συγκέντρωσης του Πληθυσμού σε Περίπτωση Σεισμού*, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (1985)
- [29] Εφημερίδα ‘Καθημερινή’, *Κορωνοϊός: Σκηνές με κλίνες στήνει νοσοκομείο στο Τέξας (βίντεο)*, (2020), <https://www.kathimerini.gr/world/561131977/koronoios-skines-me-klines-stinei-nosokomeio-sto-texas-vinteo/>
- [30] A. Tilvar, Twitter (2019), <https://twitter.com/angeltilvar/status/1102978967269789697>
- [31] Ι. Ψαρράς, *Γραμμικός Προγραμματισμός, Σημειώσεις μαθήματος ‘Συστήματα Αποφάσεων’*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [32] M. Ye, J. Wang, J. Huang, S. Xu, Z. Chen, *Methodology and its application for community-scale evacuation planning against earthquake disaster*, Nat Hazards 61 (2012), 881-892
- [33] Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Αρ. Φύλλου 697 (2014)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΜΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΤΟΥ DIJKSTRA ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ MATLAB

```
function distances = dijkstra(map, startingpoint)

% Start with a map of distances among N nodes
N = length(map);

% Initialize the distances to all points as infinity
distances(1:N) = Inf;

% Note all nodes as unvisited
visited(1:N) = 0;

% Initialize the distance to the first point as zero
distances(startingpoint) = 0;

while sum(visited) < N
    % Find the unvisited nodes
    candidates(1:N) = Inf;
    for index = 1:N
        if visited(index) == 0
            candidates(index) = distances(index);
        end
    end

    %Then find the one with the smallest distance value
    % Make this the current point, and its distance the current distance
    [currentDistance, currentPoint] = min(candidates);

    % Given the distance to the current point, update the distances to all
    % its neighbors if the new distance will be smaller
    for index = 1:N
        newDistance = currentDistance + map(currentPoint, index);
        if newDistance < distances(index)
            distances(index) = newDistance;
        end
    end

    % Mark the current note as visited
    visited(currentPoint) = 1;

% Continue this until all nodes are "visited"
end
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

| Block | Area | Population | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|---------|------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| block1 | 786 | 27 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block2 | 2792 | 96 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block3 | 3793 | 131 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block4 | 2795 | 96 | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block5 | 3500 | 121 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block6 | 3229 | 111 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block7 | 2893 | 100 | 2 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block8 | 1432 | 49 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block9 | 3195 | 110 | 5 | 3 | 2 | 5 | 3 | 3 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block10 | 911 | 31 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block11 | 1033 | 35 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block12 | 2238 | 77 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block13 | 2952 | 102 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block14 | 2353 | 81 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block15 | 677 | 23 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block16 | 2655 | 91 | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block17 | 2082 | 71 | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block18 | 1455 | 50 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block19 | 2495 | 86 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block20 | 2762 | 95 | 2 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block21 | 2895 | 100 | 2 | 1 | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block22 | 1166 | 40 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block23 | 723 | 24 | 3 | 2 | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block24 | 399 | 13 | 5 | 3 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block25 | 950 | 32 | 5 | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block26 | 347 | 11 | 5 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block27 | 1754 | 60 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block28 | 3269 | 113 | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block29 | 1610 | 55 | 5 | 5 | 2 | 1 | 2 | 2 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block30 | 574 | 19 | 5 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block31 | 777 | 26 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block32 | 1325 | 45 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block33 | 1474 | 50 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block34 | 2118 | 73 | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block35 | 2489 | 86 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block36 | 929 | 32 | 1 | 2 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block37 | 1870 | 64 | 2 | 3 | 2 | 3 | 5 | 5 | 3 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block38 | 3094 | 106 | 3 | 2 | 1 | 2 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| block39 | 1603 | 55 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| block40 | 3209 | 110 | 5 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block41 | 2433 | 84 | 5 | 5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block42 | 1216 | 42 | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block43 | 620 | 21 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block44 | 2193 | 75 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block45 | 2245 | 77 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block46 | 2303 | 79 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block47 | 2354 | 81 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block48 | 1006 | 34 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block49 | 1215 | 42 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block50 | 2472 | 85 | 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 2 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block51 | 1007 | 34 | 3 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| block52 | 4399 | 152 | 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| block53 | 1580 | 54 | 5 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| block54 | 2394 | 82 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block55 | 2005 | 69 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block56 | 2042 | 70 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block57 | 1448 | 50 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block58 | 1662 | 57 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block59 | 1882 | 65 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block60 | 2215 | 76 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block61 | 2595 | 89 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block62 | 2570 | 88 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block63 | 4069 | 140 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block64 | 698 | 24 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| block65 | 4188 | 144 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| block66 | 2466 | 85 | 5 | 5 | 3 | 2 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| block67 | 2995 | 103 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| block68 | 1145 | 39 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |

| Block | Area | Population | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|----------|------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| block69 | 3548 | 122 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| block70 | 6811 | 235 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| block71 | 2435 | 84 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| block72 | 1434 | 49 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| block73 | 1929 | 66 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| block74 | 2554 | 88 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block75 | 2781 | 96 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block76 | 2094 | 72 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| block77 | 2174 | 75 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block78 | 2051 | 70 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block79 | 1199 | 41 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| block80 | 1747 | 60 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| block81 | 2078 | 71 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| block82 | 1138 | 39 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block83 | 3007 | 103 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| block84 | 1555 | 53 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block85 | 1640 | 56 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block86 | 2029 | 70 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| block87 | 2243 | 77 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block88 | 703 | 24 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block89 | 3283 | 113 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block90 | 1377 | 47 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block91 | 1134 | 39 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| block92 | 3312 | 114 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block93 | 1024 | 35 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block94 | 256 | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block95 | 3455 | 119 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block96 | 2022 | 69 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| block97 | 2207 | 76 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| block98 | 3857 | 133 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block99 | 1824 | 63 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block100 | 1811 | 62 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| block101 | 1273 | 44 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| block102 | 1259 | 43 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block103 | 2787 | 96 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block104 | 3134 | 108 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block105 | 1280 | 44 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block106 | 3511 | 121 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block107 | 1755 | 60 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| block108 | 3027 | 104 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| block109 | 3019 | 104 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| block110 | 2582 | 89 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| block111 | 4095 | 141 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| block112 | 612 | 21 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block113 | 816 | 28 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block114 | 4616 | 159 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block115 | 2138 | 73 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block116 | 1986 | 68 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| block117 | 2724 | 94 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| block118 | 2246 | 77 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| block119 | 1587 | 54 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block120 | 1785 | 61 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block121 | 2670 | 92 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block122 | 1764 | 60 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block123 | 1201 | 41 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block124 | 757 | 26 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block125 | 2800 | 96 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block126 | 2423 | 83 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| block127 | 1798 | 62 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| block128 | 1068 | 36 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block129 | 1301 | 44 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block130 | 1037 | 35 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block131 | 1937 | 66 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block132 | 1995 | 68 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block133 | 1459 | 50 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block134 | 1505 | 52 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block135 | 1130 | 39 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block136 | 2430 | 84 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |

| Block | Area | Population | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|----------|------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| block137 | 707 | 24 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block138 | 546 | 18 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block139 | 2633 | 91 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block140 | 2864 | 99 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block141 | 1326 | 45 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block142 | 3178 | 109 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block143 | 1457 | 50 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block144 | 457 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block145 | 3103 | 107 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block146 | 1685 | 58 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block147 | 4618 | 159 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block148 | 2266 | 78 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block149 | 1303 | 45 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block150 | 3828 | 132 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block151 | 1809 | 62 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block152 | 3760 | 130 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block153 | 3349 | 115 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block154 | 1609 | 55 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block155 | 2083 | 72 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block156 | 521 | 18 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block157 | 4414 | 152 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block158 | 4850 | 167 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block159 | 4410 | 152 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block160 | 3356 | 116 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block161 | 1506 | 52 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block162 | 3350 | 115 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block163 | 1060 | 36 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block164 | 2787 | 96 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block165 | 2535 | 87 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block166 | 2247 | 77 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block167 | 2191 | 75 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block168 | 5865 | 202 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block169 | 5451 | 188 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block170 | 3013 | 104 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block171 | 4783 | 165 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block172 | 4796 | 165 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block173 | 2568 | 88 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block174 | 3683 | 127 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block175 | 2087 | 72 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block176 | 1013 | 35 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block177 | 1993 | 68 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block178 | 4174 | 144 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| block179 | 2559 | 88 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 |

| Block | shelter12 | shelter13 | shelter14 | shelter15 | shelter16 | shelter17 | shelter18 | shelter19 | shelter20 | shelter21 | shelter22 | shelter23 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| block69 | 1 | 5 | 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block70 | 1 | 2 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block71 | 1 | 1 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block72 | 1 | 2 | 2 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block73 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block74 | 2 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block75 | 3 | 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block76 | 1 | 2 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block77 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block78 | 3 | 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block79 | 1 | 5 | 1 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block80 | 1 | 5 | 1 | 2 | 10 | 10 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| block81 | 1 | 5 | 2 | 2 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block82 | 2 | 5 | 2 | 1 | 10 | 10 | 2 | 2 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block83 | 1 | 3 | 3 | 2 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block84 | 2 | 5 | 3 | 1 | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| block85 | 2 | 5 | 3 | 2 | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| block86 | 1 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block87 | 2 | 3 | 10 | 3 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block88 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block89 | 3 | 5 | 10 | 1 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 |
| block90 | 2 | 5 | 3 | 2 | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| block91 | 2 | 5 | 10 | 3 | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| block92 | 3 | 5 | 10 | 2 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 |
| block93 | 3 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block94 | 3 | 5 | 10 | 3 | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| block95 | 5 | 5 | 10 | 3 | 10 | 10 | 2 | 2 | 1 | 10 | 10 | 10 |
| block96 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 3 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| block97 | 3 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| block98 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block99 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block100 | 10 | 10 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block101 | 3 | 10 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block102 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block103 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block104 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block105 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block106 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block107 | 10 | 10 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block108 | 10 | 10 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block109 | 3 | 10 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block110 | 3 | 10 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block111 | 2 | 10 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block112 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block113 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block114 | 10 | 10 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block115 | 10 | 10 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block116 | 3 | 10 | 2 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block117 | 3 | 10 | 1 | 3 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block118 | 3 | 10 | 1 | 2 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block119 | 10 | 10 | 1 | 1 | 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block120 | 10 | 10 | 5 | 5 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block121 | 10 | 10 | 5 | 5 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block122 | 10 | 10 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block123 | 10 | 10 | 3 | 5 | 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block124 | 10 | 10 | 2 | 3 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block125 | 10 | 10 | 2 | 2 | 5 | 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block126 | 3 | 10 | 2 | 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block127 | 3 | 10 | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| block128 | 10 | 10 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block129 | 10 | 10 | 5 | 5 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block130 | 10 | 10 | 3 | 5 | 3 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block131 | 10 | 10 | 3 | 3 | 5 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block132 | 10 | 10 | 3 | 2 | 5 | 1 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block133 | 10 | 10 | 3 | 2 | 5 | 2 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| block134 | 10 | 10 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 |
| block135 | 10 | 10 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| block136 | 10 | 10 | 5 | 5 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 |

| Block | shelter12 | shelter13 | shelter14 | shelter15 | shelter16 | shelter17 | shelter18 | shelter19 | shelter20 | shelter21 | shelter22 | shelter23 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| block137 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 1 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| block138 | 10 | 10 | 5 | 3 | 5 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block139 | 10 | 10 | 5 | 5 | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 2 | 3 | 5 |
| block140 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 1 | 3 | 3 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| block141 | 10 | 10 | 5 | 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| block142 | 10 | 10 | 5 | 3 | 5 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| block143 | 10 | 10 | 5 | 3 | 5 | 5 | 1 | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| block144 | 10 | 10 | 5 | 3 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3 | 5 |
| block145 | 10 | 10 | 5 | 3 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 3 | 5 |
| block146 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 5 | 5 |
| block147 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 |
| block148 | 10 | 10 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 |
| block149 | 10 | 10 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 |
| block150 | 10 | 10 | 5 | 5 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 5 |
| block151 | 10 | 10 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 2 | 5 |
| block152 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 |
| block153 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 5 |
| block154 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3 | 5 |
| block155 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| block156 | 10 | 10 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 2 | 5 |
| block157 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 2 |
| block158 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 3 |
| block159 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| block160 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| block161 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| block162 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| block163 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| block164 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 |
| block165 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 | 1 |
| block166 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 | 2 |
| block167 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 1 | 1 |
| block168 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 1 | 1 |
| block169 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 |
| block170 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| block171 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 |
| block172 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 |
| block173 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 1 |
| block174 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 |
| block175 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 |
| block176 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 |
| block177 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| block178 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 |
| block179 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΩΔΙΚΑΣ GAMS

```
$title evacuation model

Set i blocks ;
Set j shelters ;

Parameters
  p(i) population of i-th block
  c(j) capacity of j-th shelter
  d(i,j) distance between i-th block and j-th shelter ;

$call Gdxxrw I=Input_Human_data.xlsx O=human.gdx index=index!A1
$Gdxin human.gdx
$Load i, j
$Load p, c, d
$Gdxin
;

Scalar m number of blocks /179/;

Variables
  a(i,j)
  z objective_function_to_maximize ;

Binary variable a ;

Equations
  pop define objective function
  capacity(j) observe capacity of each shelter
  cons1 binary constraint
  summation
  ;

pop .. z =e= sum((i,j), a(i,j)*p(i)) ;

capacity(j) .. sum(i, a(i,j)*p(i)) =l= c(j) ;

*Για S=2 ζώνες μετακίνησης

cons1(i,j) .. a(i,j)$ ( d(i,j) > 2) =e= 0 ;

summation(i) .. sum(j, a(i,j)) =l= 1 ;

model human /all/ ;

solve human using mip maximizing z ;

display a.1 ;
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται τα οικοδομικά τετράγωνα που μένουν εκτός σχεδίου εκκένωσης. Έτσι, για S=2 ζώνες μετακίνησης έχουμε

| | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block16 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block18 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block20 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block21 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block22 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block23 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block24 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block25 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block26 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block33 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block34 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block35 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block36 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block37 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block38 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block39 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block48 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block49 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block50 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block52 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

| | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block86 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block105 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block107 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block109 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block110 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block113 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block114 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block115 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block116 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block117 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block118 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block119 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block121 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block123 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block124 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block129 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block132 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block133 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block134 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block138 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block143 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block147 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block148 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block152 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block153 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block155 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block157 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block159 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block166 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block167 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block170 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block171 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block174 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block177 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block178 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter12 | shelter13 | shelter14 | shelter15 | shelter16 | shelter17 | shelter18 | shelter19 | shelter20 | shelter21 | shelter22 | shelter23 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block69 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block70 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block71 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block72 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block73 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block74 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block75 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block76 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block77 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block78 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block79 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block80 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block81 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block82 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block83 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block86 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block101 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block105 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block107 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block109 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block110 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block111 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block113 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block114 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block115 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block116 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block117 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block118 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block119 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block121 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block123 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block124 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block125 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block129 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block132 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block133 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block134 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter12 | shelter13 | shelter14 | shelter15 | shelter16 | shelter17 | shelter18 | shelter19 | shelter20 | shelter21 | shelter22 | shelter23 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block138 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block143 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block147 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block148 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block152 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block153 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block155 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block157 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block159 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block166 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block167 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block170 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block171 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block174 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block177 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block178 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Για S=3 ζώνες μετακίνησης

| | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block15 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block16 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block18 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block19 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block20 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block21 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block22 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block23 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block24 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block31 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block32 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block33 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block34 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block35 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block36 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block37 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block38 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block47 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block48 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block49 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block50 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block51 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block63 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

| | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block86 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block105 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block107 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block109 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block110 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block113 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block114 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block115 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block116 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block117 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block118 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block119 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block121 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block123 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block124 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block129 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block132 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block133 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block134 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block138 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block143 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block147 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block148 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block152 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block153 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block155 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block157 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block159 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block166 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block167 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block170 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block171 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block174 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block177 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block178 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter12 | shelter13 | shelter14 | shelter15 | shelter16 | shelter17 | shelter18 | shelter19 | shelter20 | shelter21 | shelter22 | shelter23 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block72 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block73 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block74 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block75 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block76 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block77 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block78 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block80 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block83 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block86 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block87 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block88 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block100 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block105 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block107 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block108 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block109 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block110 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block113 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block114 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block115 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block116 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block117 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block118 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block119 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block121 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block122 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block123 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block124 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block125 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block129 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block130 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block132 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block133 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block134 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter12 | shelter13 | shelter14 | shelter15 | shelter16 | shelter17 | shelter18 | shelter19 | shelter20 | shelter21 | shelter22 | shelter23 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block138 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block143 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block147 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block148 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block152 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block153 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block155 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block157 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block159 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block166 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block167 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block170 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block171 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block174 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block177 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block178 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Για S=5, δηλαδή μετακίνηση στην μισή περιοχή μελέτης

| | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block15 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block16 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block20 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block22 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block27 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block31 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block32 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block34 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block36 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block38 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block39 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block40 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block47 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block48 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block49 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block52 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block55 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block60 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block61 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block63 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block67 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block68 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block69 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block70 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block73 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block75 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block86 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block90 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block105 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block107 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block109 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block110 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block113 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block114 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block115 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block116 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block117 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block118 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block119 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block121 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block123 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block124 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block129 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block132 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block133 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block134 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter1 | shelter2 | shelter3 | shelter4 | shelter5 | shelter6 | shelter7 | shelter8 | shelter9 | shelter10 | shelter11 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block138 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block143 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block147 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block148 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block152 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block153 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block155 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block157 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block159 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block166 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block167 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block170 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block171 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block174 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block177 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block178 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter12 | shelter13 | shelter14 | shelter15 | shelter16 | shelter17 | shelter18 | shelter19 | shelter20 | shelter21 | shelter22 | shelter23 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block28 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block30 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block35 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block43 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block44 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block53 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block54 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter12 | shelter13 | shelter14 | shelter15 | shelter16 | shelter17 | shelter18 | shelter19 | shelter20 | shelter21 | shelter22 | shelter23 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block71 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block72 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block80 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block83 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block84 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block86 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block89 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block92 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block95 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block98 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block99 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block101 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block105 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block107 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block108 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block109 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block110 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block111 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block112 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block113 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block114 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block115 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block116 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block117 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block118 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block119 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block121 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block123 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block124 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block129 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block132 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block133 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block134 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | shelter12 | shelter13 | shelter14 | shelter15 | shelter16 | shelter17 | shelter18 | shelter19 | shelter20 | shelter21 | shelter22 | shelter23 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level | Level |
| block137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block138 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block140 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block143 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block147 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block148 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block152 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block153 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block155 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block157 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| block158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block159 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block165 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block166 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block167 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block169 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block170 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| block171 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| block173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| block174 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block175 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block177 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block178 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| block179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

