



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ
ΔΡΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SELENA»**

Καϊμακάμη Αγάθη AM:18394045
Ιμπραήμ Ασμαά AM:18394048

Επιβλέπων:
Πνευματικός Νικόλαος
Καθηγητής Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Αιγάλεω, Ιούλιος 2024

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Πνευματικός Νικόλαος Καθηγητής	Ρεπατής Κωνσταντίνος Καθηγητής	Χλούπης Γεώργιος Αναπληρωτής Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ, Καϊμακάμη Αγάθη και Ιμπραήμ
Ασμά,
Ιούνιος, 2024**

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 τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τους συγγραφείς του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Καϊμακάμη Αγάθη του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 18394045 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ και

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Ιμπραήμ Ασμαά του Μαχμούντ, με αριθμό μητρώου 18394048 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μας.

Ο/Η Δηλών/ούσα

Ο/Η Δηλών/ούσα

Καϊμακάμη Αγάθη

Ιμπραήμ Ασμαά



(Υπογραφή φοιτήτριας)

(Υπογραφή φοιτήτριας)

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας κύριο Πνευματικό Νικόλαο, καθηγητή του πανεπιστημίου μας, με τον οποίο είχαμε άψογη συνεργασία και καθοδήγηση σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης θα επιθυμούσαμε να δώσουμε ένα ακόμα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή του πανεπιστημίου του Αλικάντε στην Ισπανία, και δημιουργό του προγράμματος Selena, τον κύριο Sergio Molina, ο οποίος μας βοήθησε σε πολλές απορίες που είχαμε και έτσι μπορέσαμε να προχωρήσουμε την επίλυση με το πρόγραμμα.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας που μας στήριξαν, καθώς και όλους όσους ήταν δίπλα μας στο διάστημα αυτό.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την εκτίμηση των σεισμικών απωλειών για πιθανούς σεισμούς διαφορετικών μεγεθών, στην περιοχή της Νέας Ιωνίας, με τη βοήθεια του προγράμματος Selena. Αρχικά, θα γίνει διαχωρισμός της περιοχής σε έξι υποπεριοχές, έτσι ώστε να γίνει πιο εύκολα η καταμέτρηση και ταξινόμηση των κτιρίων της περιοχής και του πληθυσμού της. Τα κτίρια θα ταξινομηθούν ανάλογα το υλικό κατασκευής τους, τη χρονολογία ανέγερσης, και το ύψος τους (όροφοι).

Έπειτα, αφού συμπληρωθούν τα ανάλογα *.txt αρχεία, που αφορούν τα αρχεία εισαγωγής στο πρόγραμμα, ξεκινάει η διαδικασία ανάλυσης για τρία διαφορετικά μεγέθη σεισμών. Πρώτα για έναν σημαντικά δυνατό σεισμό και στη συνέχεια για έναν σχετικά μικρό, και έναν καταστροφικό, ώστε να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων. Η ανάλυση θα γίνει με τρεις διαφορετικές μεθόδους, Ντετερμινιστική, Πιθανοκρατική και με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, οι οποίες διαφέρουν στο τρόπο με τον οποίο συλλέγουν δεδομένα για τον εξεταζόμενο σεισμό (καθορισμός σεισμικών κινδύνων, σαν ρήγματα ή με τιμές επιταχύνσεων PGA και SA για την περιοχή).

Οι απώλειες, οι οποίες ελέγχονται με το πρόγραμμα Selena, είναι βλάβες στα κτίρια (δομικές), οικονομικές απώλειες και ανθρώπινες. Το Selena δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει τη μορφή των αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, οι δομικές βλάβες μπορούν να παρουσιαστούν είτε σαν αριθμό πληγέντων κτιρίων, είτε σαν δομική επιφάνεια (m^2) και οι οικονομικές απώλειες σε νόμισμα που επιλέγει ο χρήστης. Οι βλάβες μπορούν να ταξινομηθούν σε καμία, μέτριες, εκτενείς και πλήρεις για τα κτίρια, καθώς επίσης ο τραυματισμός των ανθρώπων, ανάλογα αν υπάρχουν θύματα ή όχι και τον βαθμό τραυματισμού. Θα γίνει επίσης εκτίμηση και για άλλες απώλειες, όπως εκτίμηση των αποβλήτων, που θα προκύψουν από τον κάθε σεισμό, τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων και των αστέγων. Η μεθοδολογία που ακολουθεί το Selena, είναι η μεθοδολογία του Hazus, καθώς το Selena έχει βασιστεί σε αυτό. Για τον υπολογισμό της τρωτότητας των κατασκευών, το Selena βασίζεται στις καμπύλες τρωτότητας ή αλλιώς καμπύλες θραυστότητας, οι οποίες αποτελούν διαγράμματα πιθανότητας βλάβης και έντασης κινδύνου. Το πρόγραμμα είναι εύχρηστο, καθώς συμπληρώνοντας τα αρχεία εισαγωγής και με την κατάλληλη εντολή για να τρέξει (Selena d: ντετερμινιστική μέθοδος, Selena p: πιθανοκρατική και Selena r: real time ανάλυση) λαμβάνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε ένα φάκελο με το όνομα output. Τέλος, αφού συλλέχθουν όλα τα output αρχεία, με την βοήθεια του excel και κατάλληλων διαγραμμάτων, θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Abstract

This thesis concerns the estimation of seismic losses for possible earthquakes of different magnitudes, in Nea Ionia of Athens, with Selena program. The area will be divided into six sub-areas, so that it is easier to count and classify the buildings of the area and its population. The buildings will be classified according to their construction material, the date of construction, and their height (floors). Then, after completing the corresponding *.txt files, concerning the input files to the program, the analysis process for three different earthquake sizes begins. First for a significantly strong earthquake and then for a relatively small and destructive one, so that the results can be compared. The analysis will be done with three different methods, Deterministic, Probabilistic and with real-time data, which differ in the way they collect data for the earthquake under consideration (defining seismic hazards, like faults or with PGA and SA acceleration values for the area).

The losses, which are controlled with the Selena program, are damage to buildings (structural), economic and human losses. Selena allows the user to choose the format of the results. For example, structural damage can be presented either as number of buildings affected, or as structural area (m²) and economic losses in a currency chosen by the user. Damage can be classified as none, moderate, extensive, and complete to buildings, as well as injury to people, depending on whether or not there are casualties and the degree of injury. An estimate will also be made for other losses, such as an estimate of the waste that will result from each earthquake, the number of uninhabited buildings and the homeless. The methodology Selena follows is the Hazus methodology, as it is based on it. To calculate the vulnerability of structures, Selena relies on vulnerability curves or fragility curves, which are diagrams of probability of damage and intensity of risk. The program is easy to use, as by completing the input files and with the appropriate command to run (Selena d: deterministic method, Selena p: probabilistic and Selena r: real time analysis) the results of the analysis are obtained in a folder named output. Finally, after all the output files have been collected, with the help of excel and appropriate diagrams, a comparison of the results will be made.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Βασικές Έννοιες	21
1.1. Σεισμός και Ρήγματα	21
1.1.1 Σεισμός.....	21
1.1.2 Ρήγματα	25
1.2 Σεισμικά Κύματα	26
1.3 Είδη Σεισμού.....	28
1.4 Μέγεθος και Ένταση Σεισμού	29
1.4.1 Μέγεθος Σεισμού	29
1.4.2 Ένταση Σεισμού.....	30
1.5 Συνέπειες Σεισμού	37
1.5.1 Ισχυρότεροι Σεισμοί Παγκοσμίως	39
1.5.2 Ισχυρότεροι Σεισμοί στην Ελλάδα	44
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Τρωτότητα Κατασκευών	51
2.1 Σεισμική Διακινδύνευση	51
2.2 Σεισμική Τρωτότητα	53
2.3 Μέθοδοι Εκτίμησης της Τρωτότητας	55
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Λογισμικά Υπολογισμού Τρωτότητας	57
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μελέτη Περίπτωσης	61
4.1 Ανάλυση της περιοχής.....	63
5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Επίλυση με το SELENA	66
5.1 Κοινά αρχεία για όλες τις μεθόδους	67
5.1.1 Αρχεία που αφορούν τα κτίρια.	77
5.1.2 Αρχεία που αφορούν τα οικονομικά δεδομένα και τον υπολογισμό των αποβλήτων.	79
5.1.3 Αρχεία που αφορούν τις ανθρώπινες απώλειες.	83
5.2 Μέθοδος Ντετερμινιστικής ανάλυσης	85
5.3 Μέθοδος πιθανοκρατικής ανάλυσης.....	87
5.4 Μέθοδος ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο	89
5.5 Επίλυση με το πρόγραμμα	90
5.6 Output αρχεία ντετερμινιστικής ανάλυσης.	94
5.7 Output αρχεία Πιθανοκρατικής ανάλυσης.....	106
5.8 Output αρχεία ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο.	119
5.9 Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους 5	133
5.10 Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους 5	145
5.11 Ανάλυση με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για σεισμό μεγέθους 5	159

5.12 Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους 7	172
5.13 Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους 7	184
5.14 Ανάλυση με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για σεισμό μεγέθους 7	197
5.15 Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	209
Συμπεράσματα	215
Επίλογος	216
Αναφορές	217

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. 1 - Εδαφικές ρωγμές.....	21
Εικόνα 1. 2 - Σεισμικό ρήγμα	22
Εικόνα 1. 3 - Κατολισθήσεις.....	22
Εικόνα 1.4: Ρευστοποίηση του εδάφους.....	23
Εικόνα 1.5: Τεκτονικές πλάκες	24
Εικόνα 1.6: Μετατοπίσεις λιθοσφαιρικών πλακών (εφελκυσμός, θλίψη και παράλληλη κίνηση).....	24
Εικόνα 1.7: Ρήγματα	25
Εικόνα 1.8: Μετακίνηση των μορίων κάθε μορφής κύματος.....	27
Εικόνα 1.9: Επιμήκη κύματα	27
Εικόνα 1.10: Εγκάρσια κύματα.....	28
Εικόνα 1.11: Σεισμογράφος	30
Εικόνα 1.12: Παράδειγμα δύο λαμπτήρων	36
Εικόνα 1.13: Ένταση κινδύνου	37
Εικόνα 1.14 : Ινδονησία, Ινδικός ωκεανός 2004	39
.....	40
Εικόνα 1.15: Ινδονησία, Ινδικός ωκεανός 2004	40
.....	40
Εικόνα 1.16: Ινδονησία, Ινδικός ωκεανός 2004	40
.....	41
Εικόνα 1.17: Μάουλε, Χιλή 2010	41
.....	41
Εικόνα 1.18: Μάουλε, Χιλή 2010	41
.....	42
Εικόνα 1.19: Σεντάι, Ιαπωνία 2011.....	42
Εικόνα 1.20: Σεντάι, Ιαπωνία 2011.....	42
Εικόνα 1.21: Τουρκία-Συρία 2023	43
.....	43
Εικόνα 1.22 : Τουρκία-Συρία 2023	43
Εικόνα 1.23 : Τουρκία-Συρία 2023	44
.....	44
Εικόνα 1.24: Ρόδος Αρχάγγελο 1926.....	44
Εικόνα 1.25: Πάρνηθα 1999	45
Εικόνα 1.26: Κεφαλονιά 2014	46
Εικόνα 1.27: Κεφαλονιά 2014	47
Εικόνα 1.28: Κεφαλονιά 2014	47
Εικόνα 1.29: Κεφαλονιά 2014	48
Εικόνα 1.30: Ανδραβίδα 2008.....	48
Εικόνα 1.31: Ανδραβίδα 2008.....	49
Εικόνα 2.1: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας Ελλάδας.....	52
Εικόνα 2.2: Σχέση σεισμικής διέγερσης-πιθανότητας βλάβης	54
Εικόνα 3.1: Selena	58
Εικόνα 3.2: Selena	59
Εικόνα 4.1: Θέση του Δήμου Νέας Ιωνίας στην Αττική.....	61
Εικόνα 4.2: Παλιό κτίριο στη Νέα Ιωνία.....	62
Εικόνα 4.3: Παλιό κτίριο στη Νέα Ιωνία.....	62
Εικόνα 4.4: Δήμος Ν.Ιωνίας	63
Εικόνα 5. 1: Δομή του Selena	66

Εικόνα 5. 2: Αρχείο εισαγωγής του Selena.....	67
Εικόνα 5. 3: Αρχείο που αφορά τα εδαφικά χαρακτηριστικά	67
Εικόνα 5. 4: Αρχείο που αφορά τα εδαφικά χαρακτηριστικά	68
Εικόνα 5. 5: Καμπύλες ικανότητας και θραυστότητας	68
Εικόνα 5. 6: Καμπύλες ικανότητας	69
Εικόνα 5. 7: Αρχείο καμπύλης ικανότητας για C2L-PRE	73
Εικόνα 5. 8: Αρχείο καμπύλης ικανότητας για C2M-PRE	73
Εικόνα 5. 9: Αρχείο καμπύλης ικανότητας για C2L-HIGH.....	74
Εικόνα 5. 10: Αρχείο καμπύλης ικανότητας για URML-PRE.....	74
Εικόνα 5. 11: Αρχείο εισαγωγής που αφορά τις καμπύλες θραυστότητας	77
Εικόνα 5. 12: Αρχείο εισαγωγής που αφορά το πλήθος των κτιρίων	77
Εικόνα 5. 13: Αρχείο εισαγωγής που περιέχει τη δομική επιφάνεια	78
Εικόνα 5. 14: Υποαρχεία πο αφορούν τις οικονομικές απώλειες	79
Εικόνα 5. 15: Αρχείο εισαγωγής οικονομικών απωλειών για ελαφριά στάθμη βλάβης	79
Εικόνα 5. 16: Αρχείο εισαγωγής οικονομικών απωλειών για μέτρια στάθμη βλάβης	80
Εικόνα 5. 17: Αρχείο εισαγωγής οικονομικών απωλειών για εκτενή στάθμη βλάβης	80
Εικόνα 5. 18: Αρχείο εισαγωγής οικονομικών απωλειών για πλήρη καταστροφή.....	80
Εικόνα 5. 19: Αρχείο που αφορά το κόστος ανακατασκευής	81
Εικόνα 5. 20: Αρχείο που αφορά τα μπάζα από δομικές βλάβες.....	81
Εικόνα 5. 21: Αρχείο που αφορά τα μπάζα απο τούβλα και ξύλα	82
Εικόνα 5. 22: Αρχείο που αφορά τα μπάζα απο σκυρόδεμα και χάλυβα.....	82
Εικόνα 5. 23: Αρχείο εισαγωγής που αφορά το συνολικό πληθυσμό	83
Εικόνα 5. 24: Ποσοστά πληθυσμού για τρεις στιγμές της ημέρας	83
Εικόνα 5. 25: Αρχείο που αφορά τα ποσοστά τραυματισμού (Ελαφρύς τραυματισμός)	84
Εικόνα 5. 26: Αρχείο που αφορά τα ποσοστά τραυματισμού (Μέτριος τραυματισμός)	84
Εικόνα 5. 27: Αρχείο που αφορά τα ποσοστά τραυματισμού (Σοβαρός τραυματισμός)	84
Εικόνα 5. 28: Αρχείο που αφορά τα ποσοστά τραυματισμού (Θύματα)	85
Εικόνα 5. 29: Αρχείο εισαγωγής σεισμικού κινδύνου για Ντετερμινιστική ανάλυση.	85
Εικόνα 5. 30; Ρήγμα της Πάρνηθας	86
Εικόνα 5. 31: Σχέσεις εξασθένησης	86
Εικόνα 5. 32: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Πιθανοκρατική ανάλυση	87
Εικόνα 5. 33: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Πιθανοκρατική ανάλυση	88
Εικόνα 5. 34: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Real-Time ανάλυση.....	89
Εικόνα 5. 35: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Real-Time ανάλυση.....	89
Εικόνα 5. 36: Selena.exe	90
Εικόνα 5. 37: Selena.exe	91
Εικόνα 5. 38: Selena.exe	91
Εικόνα 5. 39: Selena.exe	92
Εικόνα 5. 40: Selena.exe	92
Εικόνα 5. 41: Selena.exe	93
Εικόνα 5. 42: Φάκελος με output αρχεία	93
Εικόνα 5. 43: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Ντετερμινιστική ανάλυση)	94
Εικόνα 5. 44: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.....	97
Εικόνα 5. 45: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού	100
Εικόνα 5. 46: Οικονομικές απώλειες	103

Εικόνα 5. 47: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	103
Εικόνα 5. 48: Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα.....	104
Εικόνα 5. 49: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	105
Εικόνα 5. 50: Αριθμός αστέγων	105
Εικόνα 5. 51: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Πιθανοκρατική ανάλυση)	106
Εικόνα 5. 52: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.....	109
Εικόνα 5. 53: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού	112
Εικόνα 5. 54: Οικονομικές απώλειες	116
Εικόνα 5. 55: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	117
Εικόνα 5. 56: Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα.....	117
Εικόνα 5. 57: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	118
Εικόνα 5. 58: Αριθμός αστέγων	119
Εικόνα 5. 59: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Real-Time ανάλυση) ...	119
Εικόνα 5. 60: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.....	121
Εικόνα 5. 61: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού	125
Εικόνα 5. 62: Οικονομικές απώλειες	129
Εικόνα 5. 63: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	130
Εικόνα 5. 64: Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα.....	130
Εικόνα 5. 65: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	131
Εικόνα 5. 66: Αριθμός αστέγων	132
Εικόνα 5. 67: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για σεισμό μεγέθους 5 (Ντετερμινιστική ανάλυση).....	133
Εικόνα 5. 68: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Ντετερμινιστική ανάλυση)	133
Εικόνα 5. 69: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.....	136
Εικόνα 5. 70: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού	139
Εικόνα 5. 71: Οικονομικές απώλειες	142
Εικόνα 5. 72: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	142
Εικόνα 5. 73: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	143
Εικόνα 5. 74: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	144
Εικόνα 5. 75: Αριθμός αστέγων	144
Εικόνα 5. 76: Σχέση μεταξύ κλίμακας Mercalli και PGA	145
Εικόνα 5. 77: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για σεισμό μεγέθους 5 (Πιθανοκρατική ανάλυση).....	145
Εικόνα 5. 78: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για σεισμό μεγέθους 5 (Πιθανοκρατική ανάλυση).....	146
Εικόνα 5. 79: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Πιθανοκρατική ανάλυση)	146
Εικόνα 5. 81: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού	152
Εικόνα 5. 82: Οικονομικές απώλειες	155
Εικόνα 5. 83: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	156
Εικόνα 5. 84 : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	157
Εικόνα 5. 85: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	157
Εικόνα 5. 86 : Αριθμός αστέγων	158
Εικόνα 5. 87: Αρχείο εισαγωγής σεισμού στη Real-Time ανάλυση.....	159
Εικόνα 5. 88: Αρχείο εισαγωγής σεισμού στη Real-Time ανάλυση.....	159
Εικόνα 5. 89: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Real-Time ανάλυση) ...	159
Εικόνα 5. 90: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.....	162
Εικόνα 5. 91: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού	165

Εικόνα 5. 92: Οικονομικές απώλειες	169
Εικόνα 5. 93: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	169
Εικόνα 5. 94: : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	170
Εικόνα 5. 95: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	171
Εικόνα 5. 96 : Αριθμός αστέγων	171
Εικόνα 5. 97: Αρχείο εισαγωγής σεισμού Ντετερμινιστικής ανάλυσης	172
Εικόνα 5. 98: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Ντετερμινιστική ανάλυση)	172
Εικόνα 5. 99: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.....	175
Εικόνα 5. 100: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού	178
Εικόνα 5. 101: Οικονομικές απώλειες	181
Εικόνα 5. 102: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	181
Εικόνα 5. 103 : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	182
Εικόνα 5. 104: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	183
Εικόνα 5. 105 : Αριθμός αστέγων	183
Εικόνα 5. 106: Σχέση μεταξύ κλίμακας Mercalli και PGA	184
Εικόνα 5. 107: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Πιθανοκρατική ανάλυση	184
Εικόνα 5. 108: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Πιθανοκρατική ανάλυση	185
Εικόνα 5. 109: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Πιθανοκρατική ανάλυση)	185
Εικόνα 5. 110: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.....	188
Εικόνα 5. 111: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού.....	191
Εικόνα 5. 112: Οικονομικές απώλειες	194
Εικόνα 5. 113: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	194
Εικόνα 5. 114: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	195
Εικόνα 5. 115: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων.....	196
Εικόνα 5. 116: Αριθμός αστέγων	196
Εικόνα 5. 117: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Real-Time ανάλυση.....	197
Εικόνα 5. 118: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Real-Time ανάλυση.....	197
Εικόνα 5. 119: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Real-Time ανάλυση) .	198
Εικόνα 5. 120: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.....	200
Εικόνα 5. 121: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού	203
Εικόνα 5. 122: Οικονομικές απώλειες	206
Εικόνα 5. 123: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	207
Εικόνα 5. 124: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	207
Εικόνα 5. 125: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	208
Εικόνα 5. 126: Αριθμός αστέγων	209

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 6

Σχήμα 5. 1: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980	94
Σχήμα 5. 2: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	95
Σχήμα 5. 3: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000.....	95
Σχήμα 5. 4: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980	96
Σχήμα 5. 5: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Ντετερμινιστική ανάλυση)	96
Σχήμα 5. 6: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες.....	98
Σχήμα 5. 7: Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.).....	98
Σχήμα 5. 8: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)	99
Σχήμα 5. 9: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)	99
Σχήμα 5. 10: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)	100
Σχήμα 5. 11: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)	100
Σχήμα 5. 12: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)	101
Σχήμα 5. 13: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.).....	101
Σχήμα 5. 14: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)	102
Σχήμα 5. 15: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00μ.μ.)	102
.....	107

Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 6

Σχήμα 5. 16: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	107
Σχήμα 5. 17: Μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	107
Σχήμα 5. 18: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	108
Σχήμα 5. 19: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980	108
Σχήμα 5. 20: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Πιθανοκρατική ανάλυση)	109
Σχήμα 5. 21: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες.....	110
Σχήμα 5. 22: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)	111
Σχήμα 5. 23: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)	111
Σχήμα 5. 24: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)	111
Σχήμα 5. 25: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)	113
Σχήμα 5. 26: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)	113
Σχήμα 5. 27: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)	114
Σχήμα 5. 28: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.).....	114
Σχήμα 5. 29: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)	115
Σχήμα 5. 30: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)	115

Real-time ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 6

Σχήμα 5. 31: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	120
--	-----

Σχήμα 5. 32: Μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980	120
Σχήμα 5. 33: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	121
Σχήμα 5. 34: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980	121
Σχήμα 5. 35: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Real-Time ανάλυση).....	122
Σχήμα 5. 36: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες.....	123
Σχήμα 5. 37: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.).....	124
Σχήμα 5. 38: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.).....	124
Σχήμα 5. 39: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.).....	124
Σχήμα 5. 40: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.).....	126
Σχήμα 5. 41: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.).....	126
Σχήμα 5. 42: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.).....	127
Σχήμα 5. 43: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.).....	127
Σχήμα 5. 44: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.).....	128
Σχήμα 5. 45: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.).....	128
Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 5	
Σχήμα 5. 46: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	134
Σχήμα 5. 47: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	134
Σχήμα 5. 48: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000.....	135
Σχήμα 5. 49: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980	135
Σχήμα 5. 50: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Ντετερμινιστική ανάλυση).....	136
Σχήμα 5. 51: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες.....	137
Σχήμα 5. 52: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.).....	138
Σχήμα 5. 53: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.).....	138
Σχήμα 5. 54: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.).....	138
Σχήμα 5. 55: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.).....	139
Σχήμα 5. 56: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.).....	139
Σχήμα 5. 57: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.).....	140
Σχήμα 5. 58: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.).....	140
Σχήμα 5. 59: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.).....	141
Σχήμα 5. 60: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.).....	141
Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 5	
Σχήμα 5. 61: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	147
Σχήμα 5. 62: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	147
Σχήμα 5. 63: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000.....	148
Σχήμα 5. 64: : Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980 ..	148

Σχήμα 5. 65: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Πιθανοκρατική ανάλυση)	149
Σχήμα 5. 66: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες	150
Σχήμα 5. 67: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)	151
Σχήμα 5. 68: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.)	151
Σχήμα 5. 69: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.)	151
Σχήμα 5. 70: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)	152
Σχήμα 5. 71: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)	153
Σχήμα 5. 72: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)	153
Σχήμα 5. 73: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)	154
Σχήμα 5. 74: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)	154
Σχήμα 5. 75: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)	155
Real-time ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 5	
Σχήμα 5. 76: : Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980	160
Σχήμα 5. 77: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980	160
Σχήμα 5. 78: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000	161
Σχήμα 5. 79: : Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980 ..	161
Σχήμα 5. 80: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Real-Time ανάλυση)	162
Σχήμα 5. 81: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες	163
Σχήμα 5. 82: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)	164
Σχήμα 5. 83: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)	164
Σχήμα 5. 84: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)	164
Σχήμα 5. 85: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)	165
Σχήμα 5. 86: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)	166
Σχήμα 5. 87: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)	166
Σχήμα 5. 88: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)	167
Σχήμα 5. 89: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)	167
Σχήμα 5. 90: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)	168
Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 7	
Σχήμα 5. 91: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980	173
Σχήμα 5. 92: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980	173
Σχήμα 5. 93: λάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000	174
Σχήμα 5. 94: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980	174
Σχήμα 5. 95: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Ντετερμινιστική ανάλυση)	175
Σχήμα 5. 96: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες	176
Σχήμα 5. 97: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)	177

Σχήμα 5. 98: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.).....	177
Σχήμα 5. 99: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.).....	177
Σχήμα 5. 100: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)	178
Σχήμα 5. 101: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)	178
Σχήμα 5. 102: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)	179
Σχήμα 5. 103: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)	179
Σχήμα 5. 104: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)	180
Σχήμα 5. 105: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)	180
<i>Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 7</i>	
Σχήμα 5. 106: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	186
Σχήμα 5. 107: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980	186
Σχήμα 5. 108:Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000	187
Σχήμα 5. 109: Βλάβες από Χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980 ..	187
Σχήμα 5. 110: Συνολικός αριθμός κτιρίων για κάθε στάθμη βλάβης	188
Σχήμα 5. 111: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες	189
Σχήμα 5. 112: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)	190
Σχήμα 5. 113: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.)	190
Σχήμα 5. 114: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.)	190
Σχήμα 5. 115: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.).....	191
Σχήμα 5. 116: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)	192
Σχήμα 5. 117: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00μ.μ.)	192
Σχήμα 5. 118: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)	192
Σχήμα 5. 119: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)	193
Σχήμα 5. 120: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)	193
<i>Real-time ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 7</i>	
Σχήμα 5. 121: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980.....	198
Σχήμα 5. 122: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980	198
Σχήμα 5. 123: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000	199
Σχήμα 5. 124: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980 ..	199
Σχήμα 5. 125: Συνολικός αριθμός κτιρίων για κάθε στάθμη βλάβης	200
Σχήμα 5. 126: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες	201
Σχήμα 5. 127: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)	202
Σχήμα 5. 128: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.)	202
Σχήμα 5. 129: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.)	202
Σχήμα 5. 130: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)	204
Σχήμα 5. 131: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)	204
Σχήμα 5. 132: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)	204

Σχήμα 5. 133: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)	205
Σχήμα 5. 134: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)	205
Σχήμα 5. 135: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)	206
Σχήμα 5. 136: Κτίρια που δεν έπαθαν καμία βλάβη.....	210
Σύγκριση αποτελεσμάτων	
Σχήμα 5. 136: Ελαφριές βλάβες κτιρίων	210
Σχήμα 5. 137: Μέτριες βλάβες κτιρίων	211
Σχήμα 5. 138: Εκτενείς βλάβες κτιρίων	211
Σχήμα 5. 139: Ολικές καταστροφές κτιρίων.....	211
Σχήμα 5. 140: Συνολικές βλάβες κτιρίων για κάθε σενάριο σεισμού	212
Σχήμα 5. 141: Οικονομικές απώλειες για κάθε σενάριο σεισμού	212
Σχήμα 5. 142: Μικροί τραυματισμοί για κάθε σενάριο σεισμού.....	213
Σχήμα 5. 143: Μέτριοι τραυματισμοί για κάθε σενάριο σεισμού	213
Σχήμα 5. 144: Σοβαροί τραυματισμοί για κάθε σενάριο σεισμού.....	214
Σχήμα 5. 145: Αριθμός θυμάτων σε κάθε σενάριο σεισμού.....	214

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Κλίμακα Mercalli	32
Πίνακας 1.2: Κλίμακα EMS	35
Πίνακας 1.3: Σεισμοί με τα περισσότερα θύματα παγκοσμίως	38
Πίνακας 3.1: Λογισμικά εκτίμησης σεισμικής τρωτότητας.....	57
Πίνακας 4.1: Ταξινόμηση κτιρίων ανά κατηγορία.....	64
Πίνακας 4.2: Πληθυσμός ενός κτιρίου σε κάθε κατηγορία	64
Πίνακας 4.3: Πληθυσμός περιοχής, στις 2 το πρωί	65
Πίνακας 5. 1: Building capacity curves-High-code.....	70
Πίνακας 5. 2: Building capacity curves-Low-code.....	71
Πίνακας 5. 3: Building capacity curves-Pre-code.....	72
Πίνακας 5. 4: Fragility curve parameters-High-code	75
Πίνακας 5. 5: Fragility curve parameters-Low-code	76
Πίνακας 5. 6: Fragility curve parameters-Pre-code	76
Πίνακας 5. 7: Υπολογισμός δομικής επιφάνειας	78
Πίνακας 5. 8: $V_s(30)$	88
Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 6	
Πίνακας 5. 9: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.	97
Πίνακας 5. 10: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες.....	98
Πίνακας 5. 11: Οικονομικές απώλειες	103
Πίνακας 5. 12: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	104
Πίνακας 5. 13: Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα.....	104
Πίνακας 5. 14: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	105
Πίνακας 5. 15: Αριθμός αστέγων.....	106
Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 6	
Πίνακας 5. 16: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.	110
Πίνακας 5. 17: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες.....	112
Πίνακας 5. 18: Οικονομικές απώλειες	116
Πίνακας 5. 19: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	117

Πίνακας 5. 20: Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα.....	118
Πίνακας 5. 21: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	118
Πίνακας 5. 22: Αριθμός αστέγων.....	119
<i>Real-time</i> ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 6	
Πίνακας 5. 23: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.	123
Πίνακας 5. 24: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες.....	125
Πίνακας 5. 25: Οικονομικές απώλειες	129
Πίνακας 5. 26: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	130
Πίνακας 5. 27 Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα.....	131
Πίνακας 5. 28: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	131
Πίνακας 5. 29: Αριθμός αστέγων.....	132
<i>Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 5</i>	
Πίνακας 5. 30: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.	137
Πίνακας 5. 31: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες.....	137
Πίνακας 5. 32: Οικονομικές απώλειες	142
Πίνακας 5. 33: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	143
Πίνακας 5. 34: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	143
Πίνακας 5. 35: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	144
Πίνακας 5. 36: Αριθμός αστέγων.....	145
<i>Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 5</i>	
Πίνακας 5. 37: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.	150
Πίνακας 5. 38: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες.....	152
Πίνακας 5. 39: Οικονομικές απώλειες	156
Πίνακας 5. 40: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	156
Πίνακας 5. 41 : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	157
Πίνακας 5. 42: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	158
Πίνακας 5. 43 : Αριθμός αστέγων.....	158
<i>Real-time</i> ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 5	
Πίνακας 5. 44: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.	163
Πίνακας 5. 45: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες.....	165
Πίνακας 5. 46: Οικονομικές απώλειες	169
Πίνακας 5. 47: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	170
Πίνακας 5. 48: : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	170
Πίνακας 5. 49: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	171
Πίνακας 5. 50 : Αριθμός αστέγων.....	172
<i>Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 7</i>	
Πίνακας 5. 51: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.	176
Πίνακας 5. 52: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες.....	176
Πίνακας 5. 53: Οικονομικές απώλειες	181
Πίνακας 5. 54: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	182
Πίνακας 5. 55 : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	182
Πίνακας 5. 56: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	183
Πίνακας 5. 57 : Αριθμός αστέγων.....	184
<i>Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 7</i>	
Πίνακας 5. 58: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.	189
Πίνακας 5. 59: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες.....	191
Πίνακας 5. 60: Οικονομικές απώλειες	194
Πίνακας 5. 61: Μπάζα από τούβλα και ξύλο	195
Πίνακας 5. 62: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	195
Πίνακας 5. 63: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων	196

Πίνακας 5. 64: Αριθμός αστέγων.....	197
Real-time ανάλυση για σεισμό μεγέθους ροπής 7	
Πίνακας 5. 65: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.....	201
Πίνακας 5. 66: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες.....	203
Πίνακας 5. 67: Οικονομικές απώλειες.....	206
Πίνακας 5. 68: Μπάζα από τούβλα και ξύλο.....	207
Πίνακας 5. 69: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα.....	208
Πίνακας 5. 70: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων.....	208
Πίνακας 5. 71: Αριθμός αστέγων.....	209
Σύγκριση αποτελεσμάτων	
Πίνακας 5. 72: Μέσος όρος βλαβών κτιρίων για κάθε σενάριο σεισμού.....	210
Πίνακας 5. 73: Ανθρώπινες απώλειες για κάθε σενάριο σεισμού.....	213

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Βασικές Έννοιες

1.1. Σεισμός και Ρήγματα

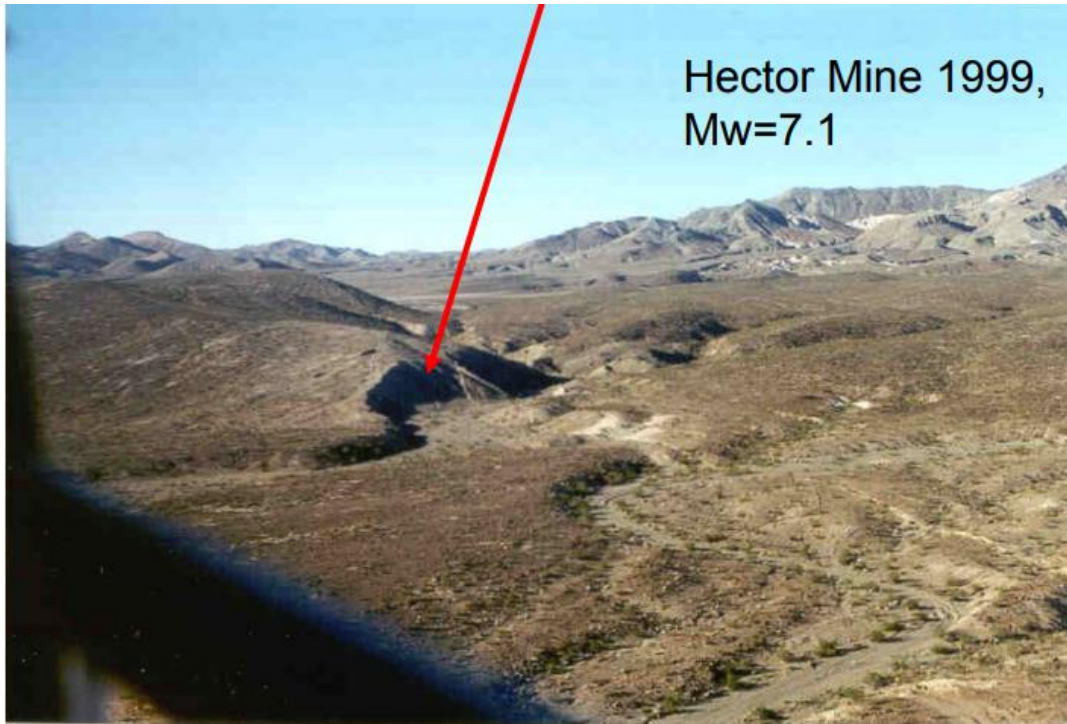
1.1.1 Σεισμός

Ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο προκαλεί απώλειες τόσο σε υλικό και οικονομικό επίπεδο όσο και σε ανθρώπινο. Η κατηγορία των υλικο-οικονομικών απωλειών περιλαμβάνει βλάβες, καταρεύσεις κτιρίων και υποδομών, ενώ η κατηγορία των ανθρώπινων απωλειών αφορά τραυματισμούς και θανάτους που μπορεί να προκαλέσει ο σεισμός σε ανθρώπους και σε ζώα. Οι σεισμοί συμβαίνουν ξαφνικά και χωρίς κάποια προειδοποίηση. Είναι η απότομη κίνηση του εδάφους η οποία προκαλείται από την μετατόπιση των τεκτονικών πλακών (συγκλίνουν, αποκλίνουν ή συγκρούονται μεταξύ τους) κατά μήκος μιας γραμμής ρήγματος στον φλοιό της γής. Οι σεισμοί μπορούν να επιφέρουν τράνταγμα του εδάφους, ρευστοποίηση του εδάφους, κατολισθήσεις, εδαφικές ρωγμές, χιονοστιβάδες, πυρκαγιές και τσουνάμι (βλ. Εικόνες 1.1 έως 1.4).



Εικόνα 1. 1 - Εδαφικές ρωγμές

(πηγή: <https://www.lassonnews.gr/seismos-stin-lassona-osa-kategrapse-i-eagme-ti-ginetai-me-tis-rogmes-stous-dromous-tis-katapseis-kai-tis-refstopoiiseis-edafon-foto/>)



Εικόνα 1. 2 - Σεισμικό ρήγμα

(πηγή: http://www.geo.auth.gr/courses/ggp/mth1063e/pdf/12th_Chapter.pdf)



Εικόνα 1. 3 - Κατολισθήσεις

(πηγή: <https://ecopress.gr/eagme-501-sovares-katolisthiseis-oi-peri/>)



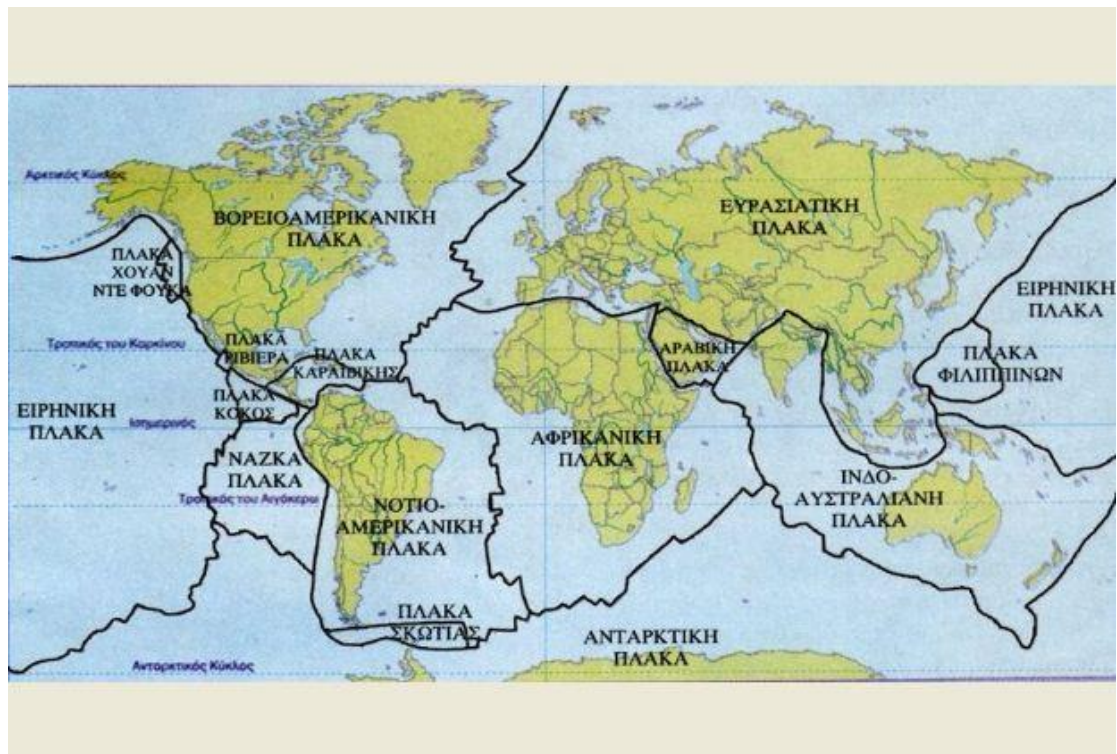
Εικόνα 1.4: Ρευστοποίηση του εδάφους

(πηγή:

<http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5050/%CE%A1%CE%95%CE%A5%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%99%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%95%CE%94%CE%91%CE%A6%CE%A9%CE%9D%20%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%9D%20%CE%95%CE%9B%CE%9B%CE%91%CE%94%CE%99%CE%9A%CE%9F%20%CE%A7%CE%A9%CE%A1%CE%9F.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

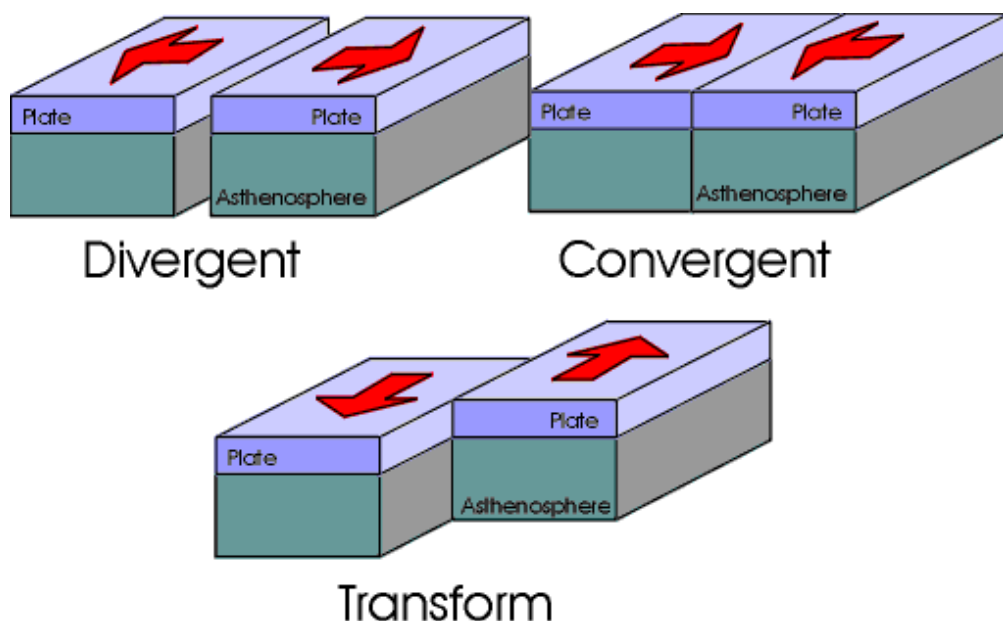
Ο σεισμοί είναι επίσης «οι δονήσεις του εδάφους που προκαλούνται από την εκτόνωση μιας ποσότητας συσσωρευμένης ενέργειας σε μία θέση μέσα στη γη, η οποία λέγεται εστία ή υπόκεντρο του σεισμού.» (Θεοδώρα Ροντογιάννη-Τσιαμπάου Γεωλογία θεμελιώδης έννοιες για μηχανικούς, εκδόσεις Τζιόλα).

Οι σεισμοί προκύπτουν από την κίνηση των τεκτονικών πλακών, οι οποίοι αποτελούν τμήμα της λιθόσφαιρας, δηλαδή του εξωτερικού στρώματος της γής στην οποία ανήκει και ο φλοιός. Πιο συγκεκριμένα η γη χωρίζεται σε δώδεκα μεγάλες πλάκες που ονομάζονται λιθοσφαιρικές. Είναι μικρού ή μεγάλου μεγέθους και κινούνται στην ασθενόσφαιρα. Τα όρια που ορίζουν οι λιθοσφαιρικές πλάκες στη γη μπορούν να χαρακτηριστούν ως «γεωλογικά ενεργές» περιοχές. Οι μεγάλες λιθοσφαιρικές πλάκες της γης είναι η Ευρασιατική, η Αφρικανική, η Βορειοαμερικανική, η Νοτιοαμερικανική, η Αυστραλοϊνδική, η Ειρηνική και η Ανταρκτική (βλ. Εικόνα 1.5).



Εικόνα 1.5: Τεκτονικές πλάκες

Όταν οι λιθοσφαιρικές πλάκες συνθλίβονται, εφελκύνονται ή κινούνται παράλληλα στην περιοχή των συνόρων των τεκτονικών πλακών, τότε δημιουργείται ο σεισμός και κατά συνέπεια τα ρήγματα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι τρεις περιπτώσεις μετατόπισης των λιθοσφαιρικών πλακών.



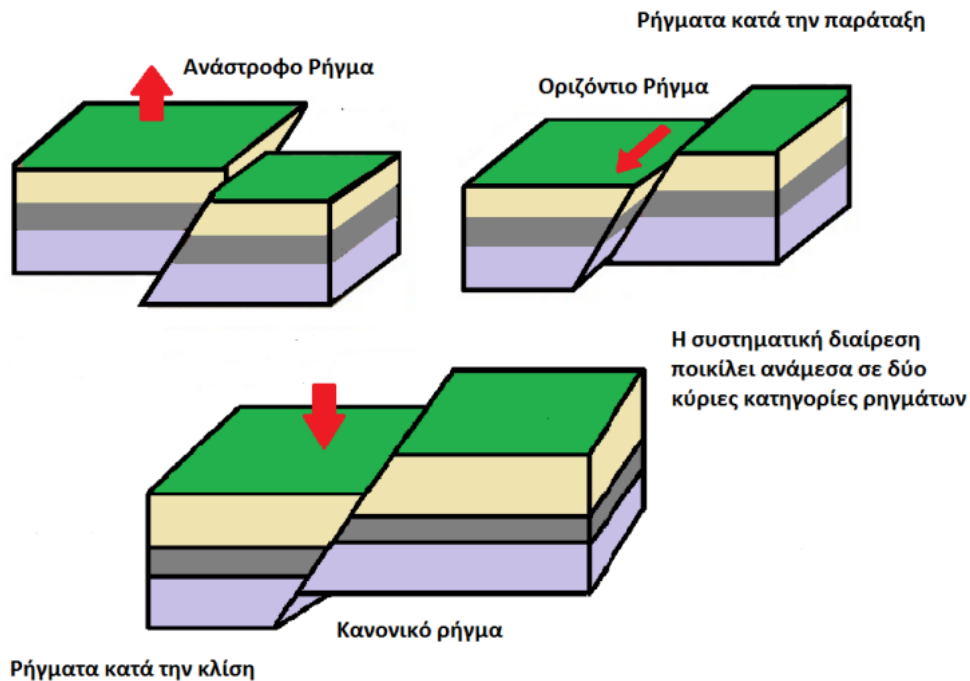
Εικόνα 1.6: Μετατοπίσεις λιθοσφαιρικών πλακών (εφελκυσμός, θλίψη και παράλληλη κίνηση)

(πηγή: <https://besafenet.net/el/hazards/earthquakes/>)

Το σημείο στο οποίο πρωτοεμφανίστηκε η δόνηση του σεισμού ονομάζεται εστία (focus). Η προβολή αυτού του σημείου πάνω στη γή ονομάζεται επίκεντρο, και η απόστασή τους ορίζεται ως το εστιακό βάθος.

1.1.2 Ρήγματα

Ρήγματα ονομάζονται οι θραύσεις στο φλοιό της γης που συμβαίνουν λόγω της κίνησης ή της αλλαγής σχήματος των πετρωμάτων. Τα ρήγματα δημιουργούνται από την ψαθυρή συμπεριφορά των πετρωμάτων της γης και είναι ένα γεγονός το οποίο μπορεί να ξαναεμφανιστεί περισσότερες από μία φορές στο ίδιο σημείο σε διαφορετική χρονική στιγμή. Είναι μεγάλα σε μήκος και σε πλάτος και μπορούν να φτάσουν στην επιφάνεια ή εσωτερικά του γεωλογικού υλικού. Τα ρήγματα χωρίζουν το πέτρωμα σε δύο τμήματα τα οποία ονομάζονται «τεκτονικά τεμάχια». Το πάνω μέρος είναι η οροφή και το κάτω το δάπεδο του ρήγματος. Η απόσταση μεταξύ οροφής και δαπέδου ονομάζεται «άλμα του ρήγματος». Με τις διαστάσεις του ρήγματος μπορεί να γίνει εκτίμηση του μέγιστου μεγέθους του σεισμού. Υπάρχουν τρία είδη ρηγμάτων τα ανάστροφα, τα οριζόντια και τα κανονικά, όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 1.7: Ρήγματα

(πηγή: <https://eclass.upatras.gr/modules/units/index.php?course=GEO315&id=5529>)

- Κανονικά ρήγματα: Στα κανονικά ρήγματα το πάνω μέρος (οροφή) μετακινείται προς τα κάτω, κατά μήκος της επιφάνειας που έχει γίνει η θραύση.
- Ανάστροφα ρήγματα: Στα ανάστροφα ρήγματα το πάνω μέρος (οροφή) μετακινείται αντίστροφα από την επιφάνεια που έχει γίνει η θραύση.
- Οριζόντια ρήγματα: Τα οριζόντια ρήγματα κινούνται παράλληλα με αντίθετη φορά και ανάλογα με την κίνησή τους διαχωρίζονται σε δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα.

Οι σεισμοί είναι αποτέλεσμα των ενεργών ρηγμάτων. Ένα ρήγμα ονομάζεται ενεργό όταν τα τελευταία 10.000 χρόνια έχει ενεργοποιηθεί έστω και μια φορά, δηλαδή έχει

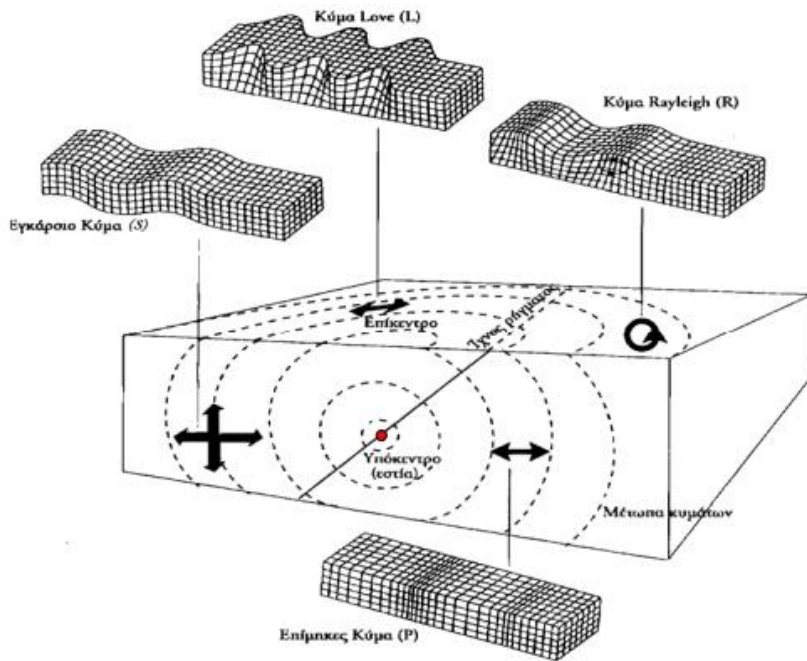
προκαλέσει σεισμό. Σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ) η δόμηση κοντά στα ενεργά ρήγματα απαγορεύεται. (ΕΑΚ 2000- Κεφάλαιο 5.1.2)

Παρακάτω θα αναφερθούν βασικά χαρακτηριστικά των ρηγμάτων:

- **Ίχνος ρήγματος:** Είναι η συνένωση μεταξύ της επιφάνειας θραύσης του ρήγματος με την επιφάνεια της γής.
- **Τεκτονικές γραμμώσεις:** Είναι γραμμές πάνω στα γεωλογικά στρώματα που εκφράζουν την κατεύθυνση κάθε τεμαχίου μετά τη θραύση.
- **Δημιουργία εδαφών με πολύ μεγάλη κλίση και μετάβολη της θέσης των επιμέρους τεμαχίων του εδάφους.**
- **Αυλακώσεις**
- **«Κατακερματισμένα πετρώματα»:** Είναι πετρώματα τα οποία έχουν θραυτεί ή αλλάξει σχήμα λόγω της μετακίνησης των γεωλογικών στρωμάτων. (Θεοδώρα Ροντογιάννη-Τσιαμπάου Γεωλογία θεμελιώδης έννοιες για μηχανικούς, εκδόσεις Τζιόλα)

1.2 Σεισμικά Κύματα

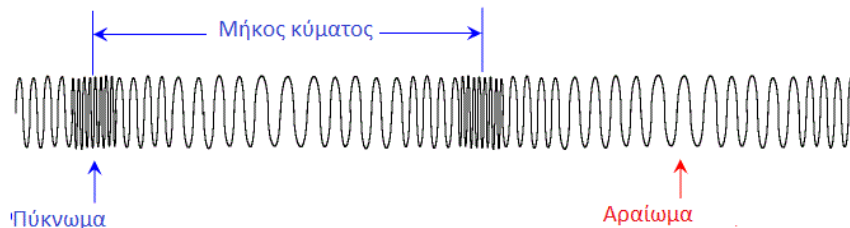
Τα σεισμικά κύματα απελευθερώνουν ενέργεια κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, η οποία μεταφέρεται στην επιφάνεια της γής. Οι διαταραχές που συμβαίνουν στην αρχή ενός σεισμού διαδίδονται στο εσωτερικό της γής και στην επιφάνεια. Οι δύο κυριότεροι τύποι κυμάτων είναι τα **κύματα χώρου**, τα οποία διαδίδονται στο εσωτερικό της γής και τα **επιφανειακά κύματα**, τα οποία διαδίδονται κατά μήκος της επιφάνειας. Υπάρχουν δύο τύποι κυμάτων χώρου, τα επιμήκη κύματα Ρ ή αλλιώς πρώτα κύματα, και τα εγκάρσια κύματα S ή αλλιώς δεύτερα κύματα. Οι δύο αυτές κατηγορίες κυμάτων διαφέρουν στην ταχύτητα διάδοσης και στον τρόπο δόνησης υλικών μορίων του μέσου διάδοσης. Τα επιφανειακά κύματα διακρίνονται και αυτά σε δύο κατηγορίες, τα Love waves και τα Rayleigh waves. Έκτος όμως από αυτά τα δύο υπάρχουν και άλλα κύματα τα οποία αποτελούν συνδιασμό των προηγούμενων, όπως τα διαυλικά κύματα, που διαδίδονται σε στρώμα μικρής ταχύτητας και τα στάσιμα κύματα τα οποία προκύπτουν από τη συμβολή Love και Rayleigh και προκαλούν ελεύθερη ταλάντωση της γής. Τα σεισμικά κύματα καταγράφονται από όργανα όπως το σειсмоγράφο, ο οποίος μετράει την ταλάντωση της γής. Η κίνηση των μορίων κάθε μορφής κύματος φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1.8: Μετακίνηση των μορίων κάθε μορφής κύματος

➤ ΚΥΜΑΤΑ ΧΩΡΟΥ

- ΕΠΙΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΑ (P)



Εικόνα 1.9: Επιμήκη κύματα

Τα επιμήκη κύματα ονομάζονται και αλλιώς «πρώτα» ή «ηχητικά κύματα», τα μόρια τους ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης, και δημιουργούν πυκνώματα και αραιώματα όπως για παράδειγμα ένα ελατήριο. Είναι τα πρώτα κύματα που έρχονται όταν συμβαίνει ο σεισμός, και η ταχύτητά τους είναι μεγαλύτερη από τα εγκάρσια.

- ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ (S)



Εικόνα 1.10: Εγκάρσια κύματα

Στα εγκάρσια ή αλλιώς «δεύτερα κύματα» τα μόρια ταλαντώνονται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης, και δημιουργούν «όρη» και «κοιλίες» όπως για παράδειγμα τα κύματα στην επιφάνεια του νερού.

➤ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

- LOVE WAVES (L)
Τα κύματα Love διαδίδονται οριζόντια και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες ακόμα και κατάρρευση κτιρίων.
- RAYLEIGH WAVES (R)
Τα Rayleigh waves έχουν μεγάλη περίοδο, είναι πιο αργά από όλα τα προηγούμενα κύματα, και η κίνησή τους μοιάζει με τα κύματα που δημιουργούνται στην επιφάνεια του νερού. Το πλάτος ταλάντωσής τους μειώνεται εκθετικά με το βάθος.

1.3 Είδη Σεισμού

Οι σεισμοί διαχωρίζονται ανάλογα με την προέλευσή τους σε τεκτονικούς, ηφαιστειογενείς και εγκατακρημνισιογενείς, και ανάλογα με το εστιακό βάθος σε ενδιάμεσους σεισμούς και σεισμούς μεγάλου βάθους.

- Τεκτονικοί σεισμοί
Οι τεκτονικοί είναι μεγάλου μεγέθους σεισμοί και αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των σεισμών τόσο στη χώρα μας όσο και στον πλανήτη μας. Προκαλούνται από τις μετατοπίσεις που συμβαίνουν μεταξύ των τεκτονικών πλακών.

- **Ηφαιστειογενής σεισμοί**
Οι ηφαιστειογενής είναι κυρίως μικροί σεισμοί που όπως φαίνεται και από το όνομά τους, συμβαίνουν πριν ή μετά από ηφαιστειακές εκρήξεις, μέσα στα ηφαίστεια ή κοντά σε αυτά. Οι σεισμοί αυτοί, αποτελούν το 7% των επιφανειακών σεισμών και παράγονται από δονήσεις που γεννιούνται λόγω της κίνησης του μάγματος μέσα στο ηφαίστειο.
- **Εγκατακρημνισιογενείς σεισμοί**
Ένα μικρό ποσοστό των επιφανειακών σεισμών αποτελούν και οι εγκατακρημνισιογενείς σεισμοί, οι οποίοι καλύπτουν το 3% των σεισμών και προέρχονται από την πτώση πετρωμάτων πάνω στην επιφάνεια της γης. Τέτοιου είδους σεισμοί εμφανίζονται σπάνια και δεν είναι ιδιαίτερα καταστρεπτικοί.

1.4 Μέγεθος και Ένταση Σεισμού

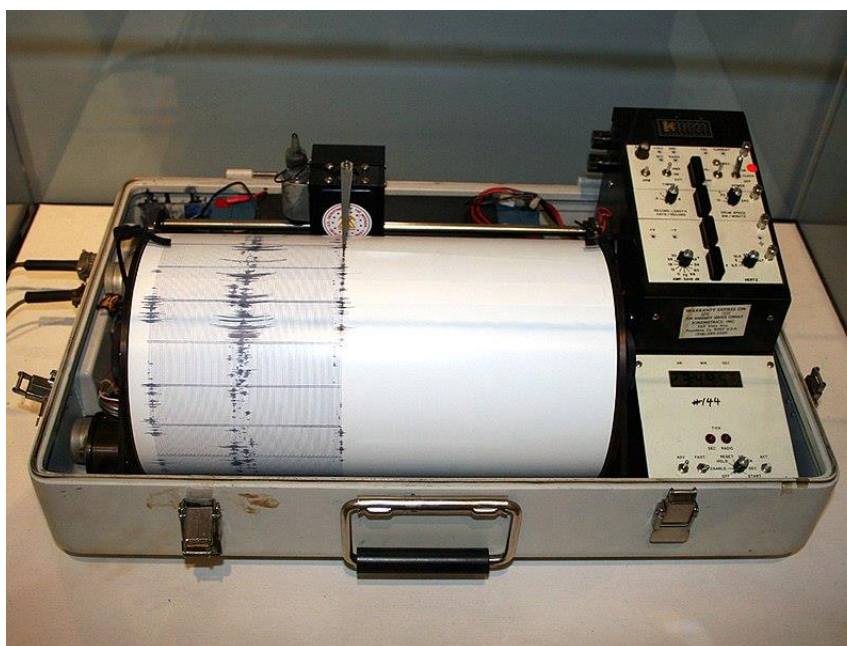
1.4.1 Μέγεθος Σεισμού

Το μέγεθος του σεισμού εκφράζει την ποσότητα της ενέργειας που απελευθερώνεται από την εστία του σεισμού κατά τη διάρκεια θραύσης των πετρωμάτων, δηλαδή δείχνει πόσο ισχυρός είναι ο σεισμός. Με την βοήθεια των σειсмоγράφων και με μαθηματικούς υπολογισμούς, προκύπτει η τιμή του μεγέθους του σεισμού. Το μέγεθος σεισμού μετράται με τη δεκαβάθμια κλίμακα Ρίχτερ (1935), και είναι από τα σταθερά χαρακτηριστικά ενός σεισμού.

Η κλίμακα Ρίχτερ, η οποία φέρει και το όνομα της στον C.F.Richter (1935), είναι λογαριθμική κλίμακα με βάση το 10, η οποία χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του σεισμού και βασίζεται σε μετρήσεις των μέγιστων πλατών σεισμικών κυμάτων. Μετρά την ενέργεια που απελευθερώνεται από ένα σεισμό. Με βάση την κλίμακα ρίχτερ ο σεισμός χαρακτηρίζεται 'Μικρός' εάν είναι μικρότερος από 3 ρίχτερ, 'Ασύμαντος' εάν είναι από 3R έως 3.9R (συνήθως είναι αισθητοί αλλά δεν προκαλούν κάποια ζημιά), 'Ασθενής' εάν είναι από 4R έως 4.9R (Μπορεί να παρουσιαστούν μικρές ζημιές γύρω απ' το επίκεντρο του σεισμού), 'Μέτριος' εάν είναι από 5R έως 5.9R (προκαλεί ζημιές εντός 10 τετραγωνικών χιλιομέτρων), 'Ισχυρός' εάν είναι από 6R έως 6.9R (προκαλεί ζημιές εντός 100 τετραγωνικών χιλιομέτρων), 'Σημαντικός' εάν είναι από 7R έως 7.9R (προκαλεί σοβαρές ζημιές σε μεγάλο εύρος), 'Μεγάλος' εάν είναι ίσος ή μεγαλύτερος από 8⁺R (Προκαλεί καταστροφές και θανάτους).

ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΣ

Ο σειсмоγράφος μετράει τις εδαφικές μετακινήσεις την ώρα του σεισμού, και τις τοποθετεί σε ένα διάγραμμα, το «Σεισμόγραμμα», το οποίο μπορεί να αποτυπωθεί σε μαγνητική ταινία, με γραφίδα σε θερμογραφικό χαρτί, πάνω σε φωτογραφική ταινία ή με τη χρήση Η/Υ. Οι σειсмоγράφοι αποτελούνται από το εκκρεμές, το σύστημα ενίσχυσης και το σύστημα αναγραφής και διακρίνονται σε μηχανικούς, ηλεκτρομαγνητικούς και ηλεκτρονικούς. Υπάρχουν επίσης σειсмоγράφοι οι οποίοι εκτός από τις μετακινήσεις μετρούν επίσης ταχύτητες (όργανα καταγραφής ταχύτητας) και επιταχύνσεις (όργανα μέτρησης επιτάχυνσης). Τα όργανα καταγραφής ταχύτητας μετράνε τη ταχύτητα σε συνάρτηση με το χρόνο ενώ τα όργανα καταγραφής επιτάχυνσης μετράνε την επιτάχυνση σε συνάρτηση με το χρόνο.



Εικόνα 1.11: Σεισμογράφος

1.4.2 Ένταση Σεισμού

Η ένταση, σε αντίθεση με το μέγεθος του σεισμού, το οποίο είναι σταθερό, αλλάζει από περιοχή σε περιοχή. Συγκεκριμένα όσο πιο μικρή είναι η απόσταση μιάς θέσης από το επίκεντρο, τόσο πιο αισθητός γίνεται ο σεισμός στη θέση αυτή. Στην αντίθετη περίπτωση όσο αυξάνεται η απόσταση από το επίκεντρο τόσο λιγότερο αισθητός γίνεται ο σεισμός.

Για τη μέτρηση της έντασης του σεισμού, χρησιμοποιούνται εμπειρικές κλίμακες όπως: η δωδεκαβάθμια κλίμακα Mercalli (MM, 1931), η δωδεκαβάθμια κλίμακα MSK (1964) που προτάθηκε από τους Medvedev, Sponheuer, Karnik, η οχταβάθμια JMA (Japanese Meteorological Agency) που χρησιμοποιείται από τους Ιάπωνες. Το 1992 το Συμβούλιο της Ευρώπης υιοθέτησε μία νέα κλίμακα που αποτελεί εξέλιξη της MSK και έχει προσαρμοστεί σε ευρωπαϊκά δεδομένα. Η κλίμακα αυτή είναι η EMS (European Macroseismic Scale).

ΚΛΙΜΑΚΑ MERCALLI

Η κλίμακα Mercalli, ασχολείται με τις επιπτώσεις ενός σεισμού σε μία περιοχή. Η κλίμακα ταξινομείται σε 12 επίπεδα με το I να είναι ο πιο ασθενής σεισμός και το XII ο πιο ισχυρός. Τα επίπεδα σύμφωνα με την κλίμακα είναι:

Συνοπτική περιγραφή της κλίμακας MM	
I	Δεν γίνεται αισθητός.
II	Αισθητός από μερικούς ανθρώπους που βρίσκονται σε ανάπαυση στους ψηλότερους ορόφους κτιρίων.
III	Αισθητός μέσα στα σπίτια. Μπορεί να μην αναγνωριστεί ως σεισμός. Δονήσεις σαν να περνάει ελαφρύ φορτηγό.
IV	Τίθενται σε κίνηση κρεμασμένα αντικείμενα. Τζάμια τρίζουν. Σταματημένα αυτοκίνητα κλυδωνίζονται. Δονήσεις σαν να περνάει βαρύ φορτηγό. Κρότος παραθύρων, χτύπος στις πόρτες.
V	Αισθητός στην ύπαιθρο. Αυτοί που κοιμούνται ξυπνούν. Αιώρηση κρεμασμένων αντικειμένων. Ανατροπή μερικών μικρών αντικειμένων.
VI	Αισθητός από όλους. Πολλοί τρομοκρατούνται και τρέχουν έξω από τα κτίρια. Οι άνθρωποι περπατούν με αστάθεια. Μικρές καμπάνες ηχούν. Μετακίνηση ή ανατροπή πολυάριθμων μεγάλων αντικειμένων και επίπλων. Βλάβες σε σοβάδες, κεραμίδια, καπνοδόχους. Βλάβες λίγες, ελαφρές.
VII	Μεγάλες καμπάνες ηχούν. Πτώση πολυάριθμων κεραμιδιών, καπνοδόχων. Σοβάδες και τοιχοποιία ρηγματώνονται στις συνηθισμένες κατασκευές. Στις κακές κατασκευές πέφτουν σοβάδες, αποκολλούνται τούβλα και πέτρες. Γίνεται αισθητός από οδηγούς αυτοκινήτων. Κυματισμός στις λίμνες, θόλωμα νερού από λάσπη.
VIII	Επηρεάζεται η οδήγηση των αυτοκινήτων. Αρκετές ζημιές και μερική κατάρρευση στις συνηθισμένες κατασκευές. Λίγες βλάβες στην τοιχοποιία των καλών κατασκευών, και μεγάλες στις κακές κατασκευές. Κλαδιά σπάνε από τα δένδρα. Αλλαγές στη ροή και στη θερμοκρασία του νερού σε πηγές και σε πηγάδια.

IX	Γενική καταστροφή στις κακές κατασκευές. Σοβαρές βλάβες στην τοιχοποιία των καλών κατασκευών. Υπόγειοι αγωγοί σπάζουν. Σε περιοχές με αλλούβια αναβλύζει από το έδαφος λεπτή άμμος, ιλύς και νερό.
X	Καταστροφή μερικών καλά κατασκευασμένων ξύλινων κτιρίων και γεφυρών. Οι περισσότερες κατασκευές τοιχοποιίας και τα προκατασκευασμένα κτίσματα καταστρέφονται μαζί με τα θεμέλια. Σοβαρές ζημιές σε φράγματα, υδροφράχτες και αναχώματα. Μεγάλες κατολισθήσεις. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται.
XI	Μεγάλες ρωγμές στο έδαφος. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται έντονα. Υπόγειοι αγωγοί καταστρέφονται εντελώς.
XII	Ολική καταστροφή. Αντικείμενα εκτινάσσονται στον αέρα. Μεταβάλλεται η επιφάνεια του εδάφους και η γραμμή του ορίζοντα.

Πίνακας 1.1: Κλίμακα Mercalli

ΚΛΙΜΑΚΑ EMS:

Βαθμοί έντασης του σεισμού με βάση την κλίμακα EMS:

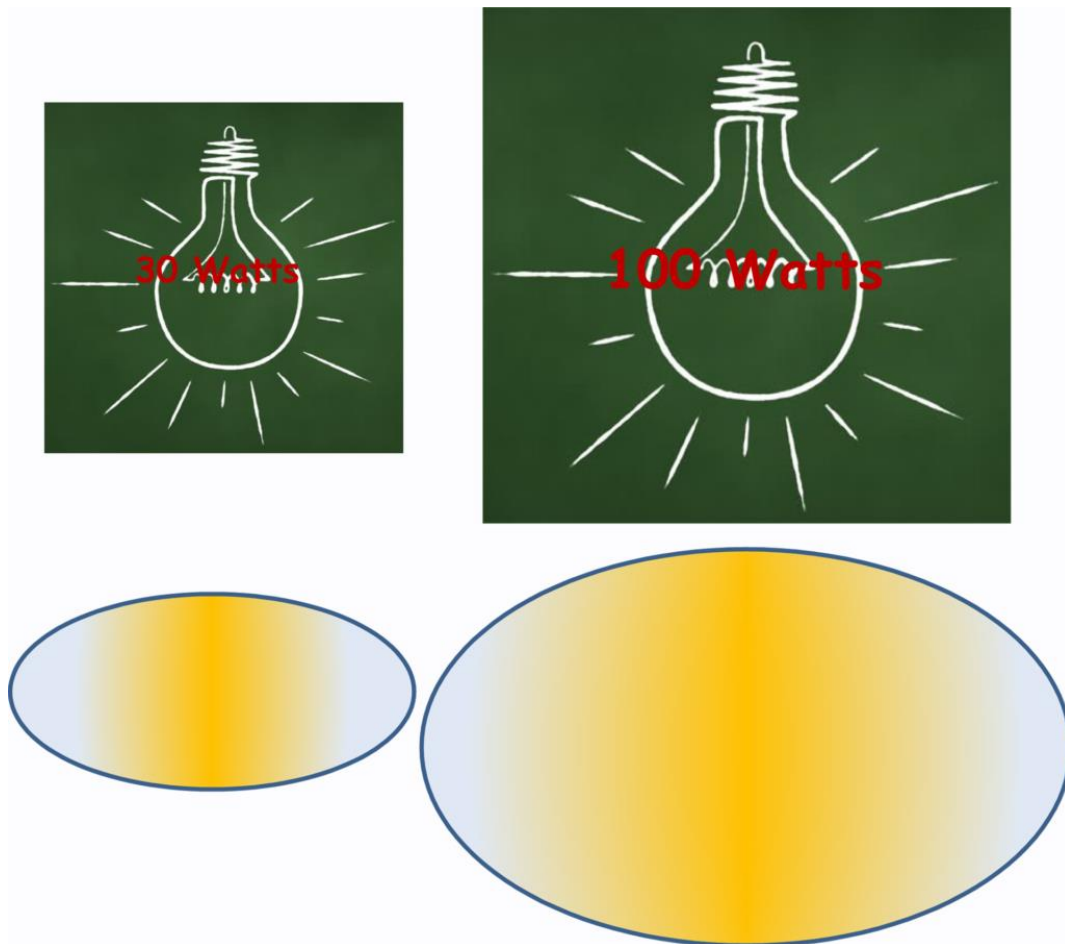
Ένταση	Περιγραφή
Μη αισθητός (I)	α) Δεν γίνεται αισθητός από τους ανθρώπους, ακόμα και υπό τις ευνοϊκότερες συνθήκες. β) Δεν έχει αποτελέσματα γ) Δεν έχει βλάβες
Ανεπαίσθητος (II)	α) Η δόνηση είναι αισθητή μόνο σε μεμονωμένες περιπτώσεις (<1%) ατόμων που αναπαύονται και σε ειδικές θέσεις μέσα στα κτήρια. β) Δεν έχει αποτελέσματα γ) Δεν έχει βλάβες
Ασθενής (III)	α) Ο σεισμός είναι αισθητός μέσα σε κτήριο από λίγους. Όσοι αναπαύονται αισθάνονται μια ταλάντωση ή τρεμούλιασμα της λάμπας β) Ανηρητημένα αντικείμενα αιωρούνται ελαφρά γ) Δεν έχει βλάβες
Ευρέως παρατηρητός (IV)	α) Ο σεισμός είναι αισθητός από πολλούς μέσα σε κτήρια και από λίγους έξω. Λίγοι ξυπνούν. Το επίπεδο της ταλάντωσης δεν προκαλεί φόβο. Η ταλάντωση είναι μέτρια. Οι παρατηρητές αισθάνονται ένα ελαφρό τρεμούλιασμα ή ταλάντωση του κτιρίου, δωματίου, κρεβατιού, καρέκλας, κλπ. β) Πιατικά, ποτήρια, παράθυρα και πόρτες κροτούν. Ανηρητημένα αντικείμενα αιωρούνται. Σε ορισμένες περιπτώσεις ελαφρά έπιπλα δονούνται εμφανώς. Σε ορισμένες περιπτώσεις ξύλινες κατασκευές τρίζουν γ) Δεν έχει βλάβες
Ισχυρός (V)	α) ο σεισμός είναι αισθητός από τους περισσότερους μέσα στα κτίρια και από λίγους έξω. Λίγοι φοβούνται και τρέχουν έξω. Πολλοί ξυπνούν. Οι παρατηρητές αισθάνονται μια δυνατή ταλάντωση ή τράνταγμα όλου του κτιρίου, δωματίου ή επίπλου. β) Ανηρητημένα αντικείμενα αιωρούνται αισθητά. Πιατικά, ποτήρια, παράθυρα και πόρτες χτυπούν μεταξύ τους. Μικρά ασταθή αντικείμενα μπορεί να μετακινηθούν ή να πέσουν. Πόρτες και

<p>Ελαφρά βλαβερός (VI)</p>	<p>παράθυρα ανοιγοκλείνουν. Υγρά ταλαντώνονται και μπορεί να χυθούν από γεμάτα δοχεία. Τα ζώα μέσα στο σπίτι μπορεί να είναι ανήσυχα. γ) Βλάβες βαθμού 1 σε λίγα κτίρια τρωτότητας Α και Β.</p> <p>α) Ο σεισμός είναι αισθητός από τους περισσότερους μέσα στα κτίρια και από πολλούς έξω. Λίγοι χάνουν την ισορροπία τους. Πολλοί φοβούνται και προσπαθούν να βγουν έξω. β) Μικρά αντικείμενα κανονικής σταθερότητας μπορεί να πέσουν και έπιπλα μπορεί να μετακινηθούν. Σε ορισμένες περιπτώσεις πιάτα και ποτήρια μπορεί να σπάσουν. Τα κατοικίδια ζώα (ακόμα και όταν είναι έξω) μπορεί να τρομάξουν. γ) Βλάβες βαθμού 1 σε πολλά κτίρια τρωτότητας Α και Β. Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτίρια τρωτότητας Α και Β. Βλάβες βαθμού 1 σε λίγα κτίρια τρωτότητας C.</p>
<p>Βλαβερός (VII)</p>	<p>α) Οι περισσότεροι φοβούνται και προσπαθούν να βγουν έξω. Πολλοί δεν μπορούν να σταθούν, κυρίως στους ανώτερους ορόφους. β) Έπιπλα μετακινούνται και ασταθή έπιπλα μπορεί να ανατραπούν. Μεγάλος αριθμός αντικειμένων πέφτουν από τα ράφια. Το νερό ξεχύνεται από δοχεία, δεξαμενές και λίμνες. γ) Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτίρια τρωτότητας Α και σε λίγα βαθμού 4. Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτίρια τρωτότητας Β και σε λίγα βαθμού 3. Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτίρια τρωτότητας C. Βλάβες βαθμού 1 σε λίγα κτίρια τρωτότητας D.</p>
<p>Βαριά Βλαβερός (VIII)</p>	<p>α) Πολλοί δεν μπορούν να σταθούν όρθιοι, ακόμα και έξω. β) Έπιπλα μπορεί να ανατραπούν. Αντικείμενα όπως τηλεοράσεις, γραφομηχανές κλπ. Πέφτουν στο έδαφος. Ταφόπλακες ενίοτε μετακινούνται, περιστρέφονται ή ανατρέπονται. Σε πολύ χαλαρό έδαφος μπορεί να παρατηρηθεί κυματισμός. Γ) Βλάβες βαθμού 4 σε πολλά κτίρια τρωτότητας Α και σε λίγα βαθμού 5.</p>

	<p>Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτίρια τρωτότητας Β και σε λίγα βαθμού 4. Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτίρια τρωτότητας C και σε λίγα βαθμού 3. Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτίρια τρωτότητας D.</p>
Καταστρεπτικός (IX)	<p>α) Γενικός πανικός. Άνθρωποι μπορεί να πέσουν στο έδαφος. β) Πολλά μνημεία και στύλοι ανατρέπονται ή περιστρέφονται. Παρατηρείται κυματισμός σε χαλαρό έδαφος. γ) Βλάβες βαθμού 5 σε πολλά κτίρια τρωτότητας Α. Βλάβες βαθμού 4 σε πολλά κτίρια τρωτότητας Β και σε λίγα βαθμού 5. Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτίρια τρωτότητας C και σε λίγα βαθμού 4. Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτίρια τρωτότητας D και σε λίγα βαθμού 3. Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτίρια τρωτότητας E.</p>
Πολύ καταστρεπτικός (X)	<p>α) Βλάβες βαθμού 5 στα περισσότερα κτίρια τρωτότητας Α. Βλάβες βαθμού 5 σε πολλά κτίρια τρωτότητας Β. Βλάβες βαθμού 4 σε πολλά κτίρια τρωτότητας C και σε λίγα βαθμού 5. Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτίρια τρωτότητας D και σε λίγα βαθμού 4. Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτίρια τρωτότητας E και σε λίγα βαθμού 3. Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτίρια τρωτότητας F</p>
Συντριπτικός (XI)	<p>α) Βλάβες βαθμού 5 στα περισσότερα κτίρια τρωτότητας Β. Βλάβες βαθμού 4 στα περισσότερα κτίρια τρωτότητας C και σε πολλά βαθμού 5. Βλάβες βαθμού 4 σε πολλά κτίρια τρωτότητας D και σε λίγα βαθμού 5. Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτίρια τρωτότητας E και σε λίγα βαθμού 4. Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτίρια τρωτότητας F και σε λίγα βαθμού 3.</p>
Ολοκληρωτικά συντριπτικός (XII)	<p>α) Όλα τα κτίρια τρωτότητας Α, Β και σχεδόν όλα τρωτότητας C καταστρέφονται. Τα περισσότερα κτίρια τρωτότητας D, E και F καταστρέφονται. Οι επιπτώσεις του σεισμού έχουν προσεγγίσει τις μέγιστες δυνατές επιπτώσεις.</p>

Πίνακας 1.2: Κλίμακα EMS

Το Μέγεθος και η Ένταση μπορούν να παρασταθούν με το παράδειγμα 2 λαμπτήρων όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Ο λαμπτήρας μεγαλύτερης ισχύος φωτίζει μεγαλύτερη περιοχή, όπως και ο ισχυρότερος σεισμός επηρεάζει μια μεγαλύτερη περιοχή. Την ίδια στιγμή, η περιοχή κοντά σε κάθε λαμπτήρα φωτίζεται περισσότερο, ενώ η φωτεινότητα ελαττώνεται όσο απομακρυνόμαστε από το λαμπτήρα. Υπό την ίδια έννοια, η περιοχή κοντά στο επίκεντρο υφίσταται εντονότερες επιπτώσεις από το σεισμό και οι επιπτώσεις μειώνονται όσο απομακρυνόμαστε από την επικεντρική περιοχή.

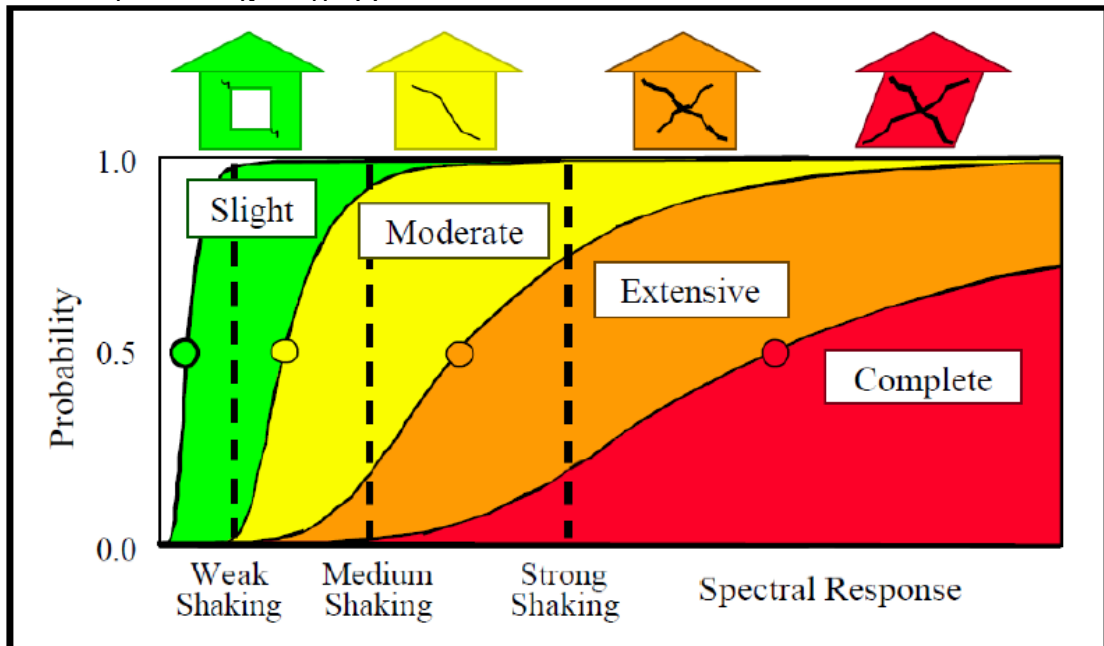


Εικόνα 1.12: Παράδειγμα δύο λαμπτήρων

1.5 Συνέπειες Σεισμού

- **Κτιριακές απώλειες**

Οι σεισμικές δονήσεις μπορούν να προκαλέσουν πολλές και σημαντικές βλάβες. Οι υλικές ζημιές λόγω σεισμού εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως το μέγεθος του σεισμού, ο τύπος του εδάφους που εδράζεται η κατασκευή, το εστιακό βάθος και η θέση του επίκεντρου του σεισμού. Οι ζημιές που μπορούν να εμφανιστούν σε ένα κτίριο διακρίνονται σε μικρές, μέτριες, εκτενείς και πλήρεις όπως φαίνεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα:



Εικόνα 1.13: Ένταση κινδύνου

Σημαντικό ρόλο στο βαθμό βλάβης που θα υποστεί μια κατασκευή από ένα σεισμό, έχει και το υλικό της και ο αντισεισμικός κανονισμός με τον οποίο έχει σχεδιαστεί. Ο σωστός σχεδιασμός μπορεί να περιορίσει σημαντικές βλάβες τόσο στις κατασκευές, όσο και στις ανθρώπινες και οικονομικές απώλειες.

- **Οικονομικές απώλειες:**

Οι βλάβες και οι καταρρεύσεις των κτιρίων που ακολουθούν μετά το σεισμό, επιφέρουν και οικονομικές δαπάνες τόσο για την επισκευή των βλαμμένων κτιρίων, όσο και απώλειες λόγω καταστροφής επιχειρήσεων οι οποίες στηρίζουν την οικονομία, και προσφέρουν εργασία σε πολλούς ανθρώπους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι επιχειρήσεις να μην μπορούν να λειτουργήσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά το σεισμό, και έτσι πολλοί άνθρωποι να μένουν άνεργοι, καθώς επίσης υπάρχει και μεγάλο ποσοστό ανθρώπων το οποίο μεταναστεύει σε άλλες περιοχές λόγω της άθλιας κατάστασης που επιφέρει ένας σεισμός. Επιπροσθέτως, οι απαιτήσεις στα αγαθά μειώνονται καθώς επίσης αυξάνεται η ανάγκη για εισαγόμενα προϊόντα, γεγονός που δημιουργεί πληγές στην οικονομία μιας περιοχής. Οι γεωργικές δραστηριότητες μειώνονται αισθητά λόγω μειωμένης παραγωγικότητας και απώλειας ζώων κάτι το οποίο οδηγεί στον εφοδιασμό εισαγόμενων

τροφίμων. Ένας μεγάλος σεισμός μπορεί να επιρρεάσει ακόμα και την οικονομία μιας τουριστικής περιοχής, προκαλώντας ζημιές σε ιστορικά ορόσημα, τα οποία δεν μπορούν να αντικατασταθούν αλλά ούτε και να επισκευασθούν με αποτέλεσμα να μειώνεται ο τουρισμός της περιοχής αυτής. Τέλος η αποκατάσταση των δομικών βλαβών, αλλά και των ζημιών σε υποδομές όπως δρόμοι, σιδηρόδρομοι, και αεροδρόμια τα οποία έχουν υποστεί βλάβη και προκαλούν διακοπή των δικτύων μεταφοράς και επικοινωνίας, πλήττουν σοβαρά την οικονομία. Ένα παράδειγμα ένος μεγάλου σεισμού που έπληξε σημαντικά την οικονομία ήταν ο σεισμός 9 ρίχτερ που συνέβησε στην Ιαπωνία στις 11 Μαρτίου του 2011. Ο σεισμός και το τσουνάμι, προκάλεσαν τεράστιες οικονομικές απώλειες καθώς το κόστος ανήλθε περίπου στα 210 δις δολάρια.

- **Ανθρώπινες απώλειες:**

Σε σεισμούς μεγάλου μεγέθους, και σε περιοχές που βρίσκονται κόντα στο επίκεντρο, μπορεί να υπάρξει κατάρρευση και σημαντικές βλάβες κατασκευών. Αυτό έχει ως επακόλουθο θανάτους και τραυματισμούς. Θύματα μπορεί να υπάρξουν από καταρρεύσεις κτιρίων και κατολισθήσεις, καθώς συχνά προκαλούνται και τραυματισμοί, είτε σοβαροί είτε μικροτραυματισμοί λόγω πτώσης συντριμμιών και βλαβών στα κτίρια. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι σεισμοί με τα περισσότερα θύματα παγκοσμίως.

Σεισμός	Ρίχτερ	Ανθρώπινες απώλειες
Τανγκσαν, Κίνα (1976)	8,2	242.419
Νιγκσία, Κανσού,Κίνα(1920)	7,8	240.000
Ινδικός ωκεανός, Σουμάτρα, Ινδονησία (2004)	9,3	230.210
Πορτ-ο-Πρενς, Αϊτή (2010)	7	222.570
Καντό, Ιαπωνία (1923)	7,9	143.000
Μεσσήνη, Ιταλία (1908)	7,1	123.000
Ασγκαμπάτ, Τουρκμενιστάν (1948)	7,3	110.000

Πίνακας 1.3: Σεισμοί με τα περισσότερα θύματα παγκοσμίως

Εκτός από τις σωματικές βλάβες που μπορεί να προκαλέσει ένας σεισμός στον άνθρωπο, δημιουργεί και ψυχικά τραύματα, καθώς η ξαφνική του εμφάνιση και το γεγονός ότι ένας σεισμός δεν μπορεί να προβλεφθεί, προκαλεί φόβο. Επίσης, ο εκτοπισμός, η απώλεια μελών της οικογένειας και οι οικονομικές δυσκολίες συμβάλλουν στο κοινωνικό άγχος και μπορούν να καταπονήσουν τον ιστό των κοινοτήτων. Όπως προαναφέρθηκε οι σεισμοί μπορούν να οδηγήσουν σε μετατόπιση πληθυσμών, είτε προσωρινά είτε μόνιμα. Οι δομικές ζημιές σε κτίρια, υποδομές και περιβάλλον μπορεί να καταστήσουν τις περιοχές επισφαλείς, ωθώντας τους κατοίκους να αναζητήσουν προσωρινό καταφύγιο ή να μετεγκατασταθούν σε ασφαλέστερες τοποθεσίες. Ένα ακόμα τεράστιο πρόβλημα είναι η αύξηση του ποσοστού των αστέγων. Μετά από μεγάλους

σεισμούς, οι οποίοι προκαλούν κατάρρευση κτιρίων με αποτέλεσμα πολλοί άνθρωποι να χάνουν τα σπίτια τους και να αντιμετωπίζουν πρόβλημα στην εύρεση καταφυγίου και τροφής. Ένα ακόμα επακόλουθο του σεισμού είναι η περιορισμένη κινητικότητα. Οι δυσμενής συνθήκες υγείας και η μειωμένη πρόσβαση σε πόρους μπορούν να αυξήσουν την ευπάθεια ατόμων με αναπηρία, ηλικιωμένων, παιδιών και ευάλωτων πληθυσμών. Οι σεισμοί μπορούν επίσης να επιφέρουν διαταραχές στην εκπαίδευση, καθώς με τα σχολεία να έχουν υποστεί ζημιές ή να έχουν καταστραφεί, τα παιδιά αναγκάζονται να χάσουν τα μαθήματα, κάτι το οποίο προκαλεί μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο εκπαιδευτικό επίπεδο πολλών παιδιών.

1.5.1 Ισχυρότεροι Σεισμοί Παγκοσμίως

- 24/12/2004 Ινδονησία, Ινδικός ωκεανός, 9.3 ρίχτερ (Κλίμακα Mercalli IX)
Ο σεισμός αυτός προκάλεσε τσουνάμι με κύματα ύψους έως και 17,9 μέτρα. Είχε επίκεντρο τη Σουμάτρα και πολύ μεγάλη έκταση, καθώς επλήξε πολλές περιοχές όπως Ινδονησία, Σρι Λάνκα, Ινδία, Ταϊλάνδη και άλλες χώρες, με αποτέλεσμα να χάσουν τη ζωή τους 230.210 άνθρωποι. Οι εικόνες που φαίνονται παρακάτω περιγράφουν τις ζημιές που προκάλεσε ο τραγικός αυτός σεισμός.



Εικόνα 1.14 : Ινδονησία, Ινδικός ωκεανός 2004



Εικόνα 1.15: Ινδονησία, Ινδικός ωκεανός 2004



Εικόνα 1.16: Ινδονησία, Ινδικός ωκεανός 2004

- 28/3/2005, Σουμάτρα Ινδονησία, 8.7 ρίχτερ
Ο σεισμός αυτός είχε επίκεντρο 410 χιλιόμετρα νοτιοδυτικά της Μπάντα Ατσε, έγινε αισθητός σε Μπανγκόκ, Ταϊλάνδη, χερσόνησο της Μαλαισίας και Σγκαπούρη, και προκάλεσε εκατοντάδες θανάτους και τραυματισμούς.

- 27/2/2010, Μάουλε, Χιλή, 8.8 ρίχτερ
Άλλος ένας μεγάλος σεισμός με πολλούς θανάτους και καταρρεύσεις κτιρίων ήταν αυτός στο Maule της Χιλή. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η καταστροφή που προκάλεσε ο σεισμός αυτός:



Εικόνα 1.17: Μάουλε, Χιλή 2010



Εικόνα 1.18: Μάουλε, Χιλή 2010

- 11/3/2011 Σεντάι, Ιαπωνία, 9 ρίχτερ (Mercalli IX)
Ένας από τους πιο καταστροφικούς σεισμούς στον πλανήτη ήταν αυτός που συνέβησε στην Ιαπωνία το 2011. Το επίκεντρό του ήταν 130 χιλιόμετρα ανατολικά του Σεντάι. Από το σεισμό αυτό προκαλήθηκε τσουνάμι με μέγιστο ύψος 40.5 μέτρα, το οποίο παρέσυρε κτίρια, σπίτια, αυτοκίνητα και προκάλεσε 15.899 θανάτους και πολλούς τραυματίες.



Εικόνα 1.19: Σεντάι, Ιαπωνία 2011



Εικόνα 1.20: Σεντάι, Ιαπωνία 2011

- 6/2/2023 Τουρκία – Συρία, 7.8 ρίχτερ
Συνέβησε στη νότια Τουρκία και έπληξε δέκα περιοχές της καθώς και τη βόρεια Συρία. Είναι ο πιο πρόσφατος στην ιστορία μεγάλος σεισμός με περίπου 49.495 θανάτους, 6.589 καταρρεύσεις κτιρίων και πολλούς τραυματισμούς.



Εικόνα 1.21: Τουρκία-Συρία 2023



Εικόνα 1.22 : Τουρκία-Συρία 2023



Εικόνα 1.23 : Τουρκία-Συρία 2023

1.5.2 Ισχυρότεροι Σεισμοί στην Ελλάδα

- 26/06/1926 Αρχάγγελο, Ρόδο, 8 ρίχτερ
Ο σεισμός αυτός είχε επίκεντρο μεταξύ της Κω και της Ρόδου και αποτελεί έναν από τους πιο δυνατούς σεισμούς που έγιναν στην Ελλάδα. Έγινε αισθητός στο Ηράκλειο της Κρήτης, στη Μικρά Ασία, στην Αίγυπτο καθώς έφτασε και μέχρι την Ανατολική Ιταλία. Το πλήθος των κτιρίων που κατάρρευσαν ήταν 3.200 κτίρια , από τα οποία τα 550 έπαθαν ολοσχερή καταστροφή. Οι νεκροί έφτασαν τους 12 και δεκάδες ήταν οι τραυματίες.



Εικόνα 1.24: Ρόδος Αρχάγγελο 1926

- 07/09/1999, Πάρνηθα, 5.9 ρίχτερ
Ο σεισμός αυτός αποτελεί τον πιο γνωστό σεισμό που έχει συμβεί στην Αθήνα, διότι ήταν ο ισχυρότερος των τελευταίων 50 ετών. Το επίκεντρό του ήταν 18 χιλιόμετρα από το κέντρο της πόλης, ανάμεσα στις Αχαρνές και τον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας. Είχε εστιακό βάθος 14 χιλιόμετρα. Ο σεισμός αυτός ήταν τόσο δυνατός που κατάφερε να διακόψει όλη την ηλεκτροδότηση της πόλης ενώ κατέρρευσαν και οι τηλεπικοινωνίες. Ο αριθμός των θυμάτων ανήλθε στα 145 και οι τραυματίες στα 2000. Αποτέλεσμα του σεισμού αυτού ήταν να μείνουν 50.000 άνθρωποι άστεγοι.



Εικόνα 1.25: Πάρνηθα 1999

- 26/01/2014, Κεφαλονιά, 6.1 ρίχτερ
Σύμφωνα με πληροφορίες του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Θεσσαλονίκης ο σεισμός της Κεφαλονιάς ήταν ισχυρός με αποτέλεσμα να προκαλέσει ζημιές σε μεγάλο βαθμό και να τον ακολουθούν μετασεισμοί έως μια εβδομάδα αργότερα. Εξαιτίας του σεισμού παρατηρήθηκαν βλάβες σε τεχνικές κατασκευές και υποδομές, εδαφικές αστοχίες που περιλαμβάνουν κατολισθήσεις, ρευστοποιήσεις εδαφών και διαρρήξεις σε οδοστρώματα και προκάλεσε μεγάλες καταστροφές σε σημεία του Ληξουρίου.



Εικόνα 1.26: Κεφαλονιά 2014



Εικόνα 1.27: Κεφαλονιά 2014



Εικόνα 1.28: Κεφαλονιά 2014



Εικόνα 1.29: Κεφαλονιά 2014

- 08/06/2008, Ανδραβίδα, 6.5 ρίχτερ
Το επίκεντρο του σεισμού αυτού βρισκόταν 32 χλμ νοτιοδυτικά της Πάτρας. Έγινε αισθητός στην Αθήνα και σε περιοχές της νότιας Ιταλία. Ο αριθμός των θυμάτων έφτασε στα 2 και των τραυματιών στα 220, ενώ άφησε 2.000 ανθρώπους άστεγους στη βορειοδυτική Πελοπόννησο. Εκτός από τις ανθρώπινες απώλειες, τουλάχιστον 1.156 κτίρια καταστράφηκαν στις πόλεις της Αχαΐας και της Ηλείας.



Εικόνα 1.30: Ανδραβίδα 2008



Εικόνα 1.31: Ανδραβίδα 2008

- 13/09/1986, Καλαμάτα, 6.2 ρίχτερ
Από την ισχύριότητα του σεισμού αυτού διακόπηκε η κυκλοφορία για 24 ώρες στο Εθνικό δίκτυο Σπάρτης Καλαμάτας, διότι παρατηρήθηκαν κατολισθήσεις και αποκολλήσεις βράχων από τον Ταύγετο. Ακολούθησαν πολλαπλοί μετασεισμοί, οι οποίοι έφτασαν μέχρι και τα 5,6 ρίχτερ. Εξαιτίας του σεισμού, ο αριθμός των νεκρών έφτασε στα 35, περισσότεροι από 300 τραυματίες και το 70% των κτιρίων κρίθηκαν ακατάλληλα για να κατοικηθούν, ενώ το 20% κρίθηκαν κατεδαφιστέα.

Παρακάτω φαίνονται οι ισχυρότεροι σεισμοί που έχουν συμβεί στην Ελλάδα:

ΕΛΛΑΔΑ

(Ταξινόμηση με βάση τον ισχυρότερο σεισμό πρώτα)

- ▶ 26/6/1926, Ρόδος, Αρχάγγελος, 8 Ρίχτερ
- ▶ 11/8/1903, Κύθηρα, Μιτάτα, 7.9 Ρίχτερ
- ▶ 8/11/1905, Χαλκιδική, Αθως, 7.5 Ρίχτερ
- ▶ 9/7/1956, Αμοργός, Ποταμός, 7.5 Ρίχτερ
- ▶ 30/8/1926, Σπάρτη, 7.2 Ρίχτερ
- ▶ 30/8/1926, Πελοπόννησος, Σπάρτη, 7.2 Ρίχτερ
- ▶ 12/8/1953, Κεφαλλονιά, Αργοστόλι, 7.2 Ρίχτερ
- ▶ 25/4/1957, Ρόδος, Ρόδος, 7.2 Ρίχτερ
- ▶ 19/2/1968, Άγιος Ευστράτιος, 7.1 Ρίχτερ
- ▶ 26/9/1932, Χαλκιδική, Ιερισσός, 7 Ρίχτερ
- ▶ 25/2/1935, Λασιθί, Ανόγια, 7 Ρίχτερ
- ▶ 6/10/1947, Μεσσηνία, Πυλία, 7 Ρίχτερ
- ▶ 30/4/1954, Καρδίτσα, Σοφάδες, 7 Ρίχτερ
- ▶ 18/2/1910, Κρήτη, Χανιά, 6.9 Ρίχτερ
- ▶ 11/8/1904, Σάμος, Σάμος, 6.8 Ρίχτερ
- ▶ 24/1/1912, Κεφαλλονιά, Ασπρογέρακας, 6.8 Ρίχτερ
- ▶ 31/3/1965, Αιτωλία, Αγρίνιο, 6.8 Ρίχτερ
- ▶ 13/8/1992, Κρήτη, Ζάκρο, 6.8 Ρίχτερ
- ▶ 7/8/1915, Ιθάκη, Ιθάκη, 6.7 Ρίχτερ
- ▶ 23/8/1949, Χίος, Καρδάμυλα, 6.7 Ρίχτερ
- ▶ 24/2/1981, Αλκιονίδες, Περαχώρα, 6.7 Ρίχτερ
- ▶ 5/7/1902, Θεσσαλονίκη, Ασσυρος, 6.6 Ρίχτερ
- ▶ 17/11/2015, Λευκάδα, Λευκάδα, 6.5 Ρίχτερ
- ▶ 20/6/1978, Θεσσαλονίκη, Στίβος, 6.5 Ρίχτερ
- ▶ 24/5/2014, Μεταξύ Σαμοθράκης-Λήμνου, 6.5 Ρίχτερ
- ▶ 1/5/1967, Ιωάννινα-Αρτα, 6.4 Ρίχτερ
- ▶ 12/10/2013, Κρήτη, 6.4 Ρίχτερ
- ▶ 22/4/1928, Κόρινθος, Κόρινθος, 6.3 Ρίχτερ
- ▶ 5/2/1966, Λίμνη Κρεμαστών, Πετράλωνα, 6.2 Ρίχτερ
- ▶ 15/6/1995, Αίγιο, Αίγιο, 6.1 Ρίχτερ
- ▶ 7/9/1999, Αθήνα, Πάρνηθα, 6.1 Ρίχτερ
- ▶ 17/10/1914, Βοιωτία, Θήβα, 6 Ρίχτερ
- ▶ 17/5/1930, Κόρινθος, Σαρικό, 6 Ρίχτερ
- ▶ 20/7/1938, Αττική, Ωρωπός, 6 Ρίχτερ
- ▶ 13/9/1986, Καλαμάτα, Καλαμάτα, 6 Ρίχτερ

Εικόνα 1.32: Ισχυρότεροι σεισμοί στην Ελλάδα

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Τρωτότητα Κατασκευών

2.1 Σεισμική Διακινδύνευση

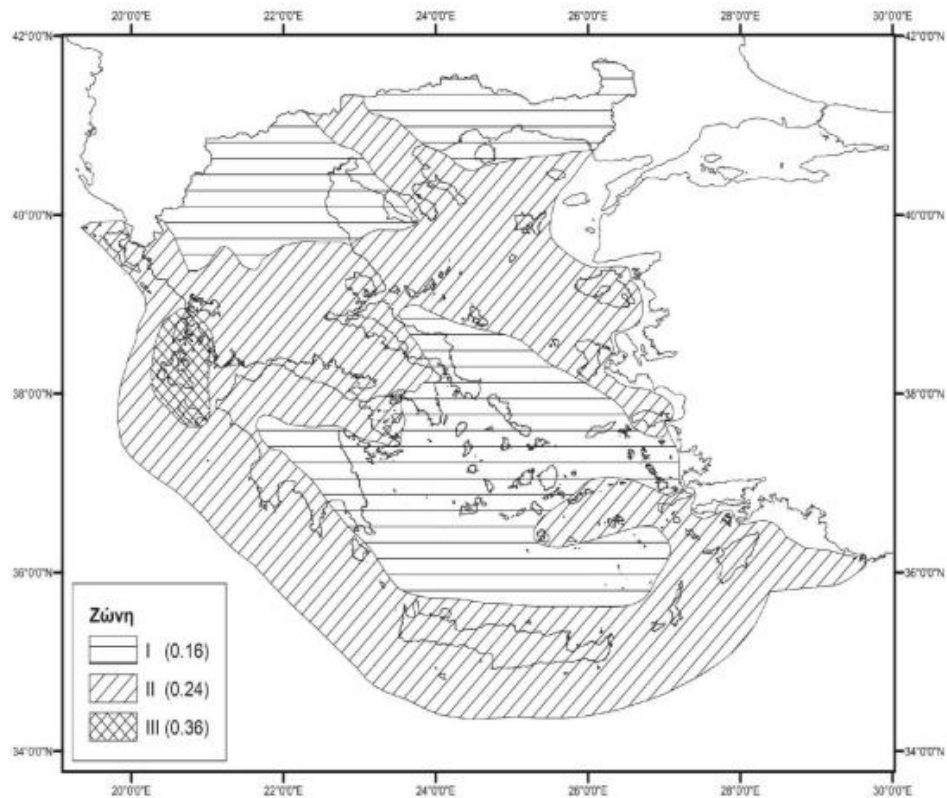
Η σεισμική διακινδύνευση αποτελεί τις πιθανές ζημιές και απώλειες που επιφέρει ένας σεισμός στα κτίρια, στους ανθρώπους, στα ζώα, στο φυσικό περιβάλλον και στην οικονομία. Το μέγεθος αυτό προβλέπει τις απώλειες λόγω του σεισμού, οι οποίες μπορεί να βλάψουν την περιοχή άμεσα, δηλαδή κτιριακές ζημιές, τραυματισμοί θύματα και οικονομικές απώλειες λόγω του σεισμού, ή έμμεσα ενδέχεται να «παγώσει» η οικονομία και οι άνθρωποι να ξενυτευτούν από τα σπίτια τους και να μεταναστεύσουν σε άλλες περιοχές, είτε γιατί έχασαν τα σπίτια τους, είτε γιατί διακόπηκε η οικονομική και κοινωνική άνθιση της περιοχής με αποτέλεσμα να μην υπάρχει πλέον δυνατότητα για εργασία. Συμβολίζεται με «R» και δίνεται από τη σχέση « $R=H*V*E$ », όπου «H» η σεισμική επικινδυνότητα και «V» η σεισμική τρωτότητα και «E» το πλήθος των στοιχείων που βρίσκονται σε κίνδυνο. Η σεισμική διακινδύνευση βοηθάει στην πρόληψη και λήψη μέτρων για αποφυγή όλων των προαναφερθέντων βλαβών.

Υπάρχουν διάφορα υπολογιστικά προγράμματα για την εκτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης, όπως το λογισμικό HAZUS, το οποίο παρέχει πληροφορίες για όλες τις πιθανές βλάβες που μπορούν να συμβούν μετά από μια σεισμική διέγερση, σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή σε ένα μεμονωμένο κτίριο.

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τη σεισμική διακινδύνευση οι οποίοι είναι:

- **Σεισμική επικινδυνότητα**

Η σεισμική επικινδυνότητα ορίζεται ως η πιθανότητα έντασης της σεισμικής δόνησης για δεδομένη χρονική στιγμή σε μια περιοχή. Συγκεκριμένα η Ελλάδα χωρίζεται σε τρεις σεισμικές ζώνες επικινδυνότητας I,II,III, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, οι οποίες έχουν επιταχύνσεις 0,16g, 0,24g και 0,36g αντίστοιχα, η τρίτη ζώνη αποτελεί την πιο επικίνδυνη ζώνη σχεδιασμού (ΕΑΚ 2000).



Εικόνα 2.1: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας Ελλάδας

- **Εδαφικές συνθήκες**
Παρέχονται πληροφορίες για τις εδαφικές συνθήκες στην Ευρώπη που επηρεάζουν την αναμενόμενη ένταση της σεισμικής δόνησης.
- **Τρωτότητα**
Πρόκειται για την εκτίμηση των βλαβών στα κτίρια και στα περιεχόμενά τους για συγκεκριμένα επίπεδα εδαφικής δόνησης, των επακόλουθων οικονομικών απωλειών σαν ποσοστό επί του κόστους αντικατάστασης των κτιρίων, καθώς και των ανθρώπινων απωλειών.
- **Έκθεση**
Πληροφορίες για την χωρική κατανομή των διαφόρων κατηγοριών κτιρίων με χρήση κατοικίας, καθώς και εμπορική και βιομηχανική χρήση, σε όρους αριθμού κτιρίων, εμβαδού, αριθμού κατοίκων και χρηστών, όπως και του κόστους αντικατάστασης.

Επομένως, το πιο αποτελεσματικό μέτρο για τη μείωση της σεισμικής διακινδύνευσης στην Ευρώπη θα ήταν η ενίσχυση ή αντικατάσταση των πιο τρωτών κτιρίων. Για παράδειγμα, ένα κτίριο που βρίσκεται σε μια περιοχή υψηλού σεισμικού κινδύνου κινδυνεύει λιγότερο, εάν είναι κτισμένο σύμφωνα με τις αρχές του αντισεισμικού κανονισμού.

2.2 Σεισμική Τρωτότητα

Η σεισμική τρωτότητα είναι ο βαθμός βλάβης ενός κτιρίου λόγω σεισμού. Διακρίνονται δύο κατηγορίες τρωτότητας, η δομική που αφορά ζημιές στα δομικά στοιχεία του κτιρίου και η μη δομική που αφορά τις βλάβες που μπορούν να συμβούν στον άνθρωπο. Η τρωτότητα δίνεται από τη σχέση « $V=P[D/H]$ », όπου «P» η πιθανότητα, «H» η σεισμική δράση, και «D» η βλάβη, ή διαφορετικά « $V=[D-D_0]/[H-H_0]$ ». Ο βαθμός βλάβης «D» μπορεί να δοθεί από τη σχέση « $D=D_0+V(H-H_0)$ », όπου «H₀» η σεισμική δράση σχεδιασμού (από τον κανονισμό) και «D₀» η βλάβη από το σεισμό H₀.

Η σεισμική τρωτότητα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ηλικία κατασκευής του κτιρίου, καθώς τα κτίρια που δεν είναι σχεδιασμένα με τους πιο σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς, όντας παλαιότερα ή μη ενισχυμένα επαρκώς, να είναι πιο τρωτά στις σεισμικές δονήσεις. Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας είναι το υλικό κατασκευής του κτιρίου. Κτίρια από σκυρόδεμα που δεν είναι κατάλληλα οπλισμένα, ενδέχεται να μην αντέξουν ένα σεισμό. Το μη κανονικό σχήμα του κτιρίου επηρεάζει επίσης αρνητικά την τρωτότητα, όπως και τα πολύ μεγάλα ανοίγματα (μεγάλα γκαραζ). Τέλος, όσο πιο μαλακό είναι το έδαφος κατασκευής ενός κτιρίου, ή εάν έχει χτιστεί κοντά σε κάποιο ρήγμα, τόσο πιο εύαλωτο είναι στο σεισμό.

Η εκτίμηση της τρωτότητας γίνεται με τρεις μεθόδους: Εμπειρικές, αναλυτικές, και πειραματικές. Στις εμπειρικές μεθόδους συγκαταλέγονται η ταξινόμηση και η αξιολόγηση, στις αναλυτικές γίνεται εκτίμηση της τρωτότητας με βάση τις δυνάμεις και τις μετακινήσεις και στις πειραματικές πραγματοποιούνται εργαστηριακές ή επιτόπου δοκιμές, προκειμένου να γίνει αποτίμηση της σεισμικής τρωτότητας. Η τρωτότητα προσδιορίζεται με διαγράμματα πιθανότητας βλάβης-έντασης κινδύνου τα οποία έχουν μορφή καμπύλης και ονομάζονται καμπύλες τρωτότητας. Συγκεκριμένα, οι καμπύλες αυτές εκφράζουν την πιθανότητα ένα κτίριο να έχει υποστεί κάποιου επιπέδου βλάβη από το σεισμό.

ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ

Για την εκτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης κτιρίων, δικτύων κοινής οφέλειας και υποδομών, χρησιμοποιούνται οι καμπύλες τρωτότητας, οι οποίες καθορίζουν το επίπεδο της βλάβης που δέχεται ένα στοιχείο σε συγκεκριμένη σεισμική ένταση. Οι βλάβες αυτές μπορεί να είναι μικρές, μέτριες, εκτενείς και πλήρεις.

Για την περίπτωση τεσσάρων σταθμών βλάβης ($i= 0, 1, 2, 3$) ισχύει:

- $P_0(=\text{καθόλου})= 1.0- P(ds \geq \text{μικρές})$
- $P_1(=\text{μικρές})= P(ds \geq \text{μικρές})- P(ds \geq \text{μέτριες})$
- $P_2(=\text{μέτριες})= P(ds \geq \text{μέτριες})- P(ds \geq \text{εκτενείς/πλήρεις})$
- $P_3(=\text{εκτενείς/πλήρεις})= P(ds \geq \text{εκτενείς/πλήρεις})$

Το άθροισμα αυτών των πιθανοτήτων είναι ίσο με 1.00.

Οι καμπύλες τρωτότητας περιγράφονται μέσω της παρακάτω λογαριθμοκανονικής συνάρτησης:

$$P[ds \geq i | IM] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{tot, ds_i}} \ln \left(\frac{IM}{IM_{m, ds_i}} \right) \right]$$

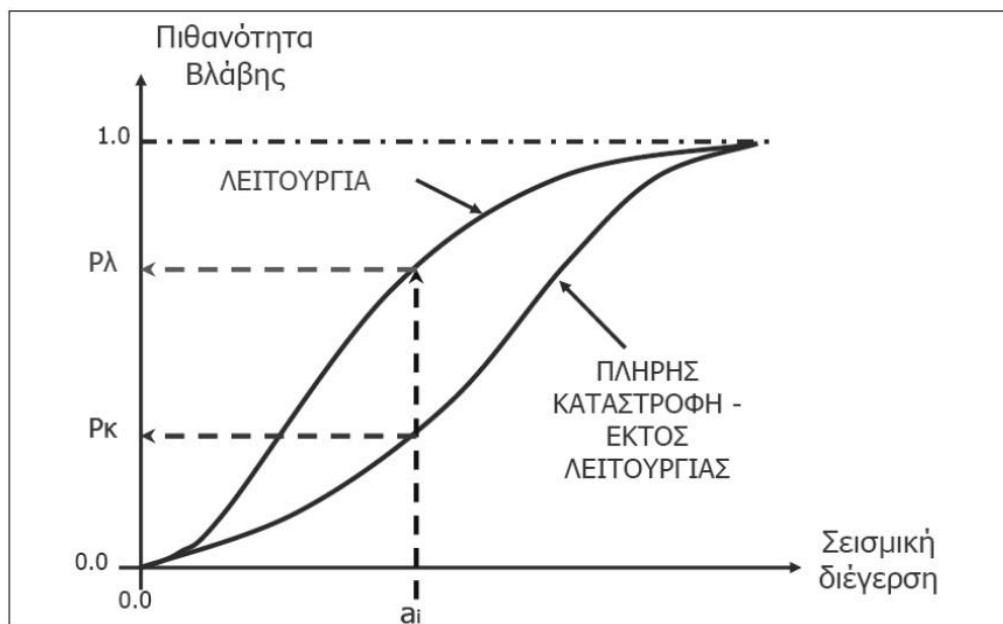
όπου:

$P[ds \geq i | IM]$: η πιθανότητα υπέρβασης της στάθμης βλάβης ds_i σε σεισμική ένταση IM

IM_{m, ds_i} : η διάμεσος τιμή κατωφλίου της παραμέτρου σεισμικής έντασης (IM) (π.χ. PGA, PGV, PGD) που απαιτείται για να προκληθεί η ds_i στάθμη βλάβης

β_{tot, ds_i} : η τυπική απόκλιση του φυσικού λογαρίθμου της παραπάνω παραμέτρου για τη στάθμη βλάβης, ds_i , που περιγράφει το σύνολο των αβεβαιοτήτων, οι οποίες υπεισέρχονται στον υπολογισμό της τρωτότητας

Φ : η τυπική κανονική σωρευτική συνάρτηση



Εικόνα 2.2: Σχέση σεισμικής διέγερσης-πιθανότητας βλάβης

2.3 Μέθοδοι Εκτίμησης της Τρωτότητας

Για τη διαμόρφωση των μεθόδων τρωτότητας χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις, η πιθανοτική και η ντετερμινιστική. Η πιθανοτική προσέγγιση μελετά σεισμούς που έχουν ήδη συμβεί καθώς και τη συχνότητα με την οποία εμφανίστηκαν. Με βάση αυτά τα δεδομένα προκύπτει ο υπολογισμός της πιθανότητας βλάβης σε μια περιοχή. Η ντετερμινιστική μέθοδος αποτελεί την παλαιότερη μέθοδο εκτίμησης και προβλέπει τη μέγιστη πιθανή απώλεια με βάση κάποιο σενάριο σεισμικής διέγερσης, από το οποίο προκύπτουν οι βλάβες που θα πάθει μια περιοχή από το σεισμό αυτό. Αυτή η μέθοδος είναι αρκετά χρήσιμη, διότι δίνει την δυνατότητα σε ασφαλιστικές εταιρείες, να καλύψουν την αποζημίωση των κατοίκων μιας περιοχής που έχει υποστεί ζημιές, ακόμα και στην πιο δυσμενέστερη περίπτωση. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια του δείκτη PML (δείκτης μέγιστης πιθανής απώλειας) από τον οποίο μπορεί να υπολογιστεί και ο δείκτης AAL (δείκτης μέσων ετήσιων απωλειών). Ο δείκτης αυτός υπολογίζει τις μέσες τιμές των απωλειών όλων των σεισμών που συνέβησαν μέσα σε ένα έτος, προκειμένου να υπολογιστεί η χρηματική αποζημίωση που θα καλύψει η ασφαλιστική εταιρεία. Η καταλληλότερη μέθοδος εκτίμησης τρωτότητας διαφέρει ανάλογα τα δεδομένα που υπάρχουν διαθέσιμα, και το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των εκτιμώμενων βλαβών.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της τρωτότητας είναι οι εξής:

- **Εμπειρικές:** Οι εμπειρικές μέθοδοι εκτίμησης τρωτότητας δεν είναι μέθοδοι που χρειάζονται αναλυτικούς υπολογισμούς. Βασίζονται σε στατιστικά από προηγούμενους σεισμούς, παρατηρήσεις δεδομένων και στην απόδοση των κατασκευών κάτω από διάφορα φορτία. Αποδίδουν την πλέον ρεαλιστική εικόνα της απόκρισης των κατασκευών, ωστόσο εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του σεισμοτεκτονικού, γεωτεχνικού και δομημένου περιβάλλοντος της περιοχής απ' όπου προέρχονται οι παρατηρήσεις. Για να θεωρηθεί η μέθοδος αξιόπιστη, είναι αναγκαίο να συλλεχθούν ποικίλα δείγματα και παρατηρήσεις από διάφορες κατηγορίες κτιρίων και εντάσεων σεισμού. Τα κτίρια ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα την ηλικία που κατασκευάστηκαν, το έτος ανέγερσης, τον φέροντα οργανισμό.
- **Αναλυτικές μέθοδοι:** Οι αναλυτικές μέθοδοι τρωτότητας στηρίζονται στην οριακή κατάσταση αστοχίας της κατασκευής, δηλαδή τα φορτία που αντέχει, τα οποία εξαρτώνται από τα υλικά της κατασκευής, τις διαστάσεις και το περιβαντολλογικό υπόβαθρο (για παράδειγμα η θερμοκρασία). Αυτές οι μέθοδοι υπολογισμού τρωτότητας στηρίζονται στην επιστήμη του μηχανικού με τη βοήθεια αναλυτικών προσομοιωμάτων, από τα οποία μέσω κατάλληλης συσχέτισης των υπολογιζόμενων μεγεθών απόκρισης με το βαθμό βλάβης μπορούν να προκύψουν καμπύλες τρωτότητας.

Στάδια υλοποίησης του μοντέλου:

- Ταξινόμηση κτιρίων
- Επιλογή μοντέλου ανάλυσης των κτιρίων - Διαχωρισμός στοιχείων
- Επιλογή επιπέδων βλάβης

- Ανάλυση κτιρίου με ανελαστικές μεθόδους - παραγωγή της καμπύλης ικανότητας
 - Επιλογή της σεισμικής απαίτησης
 - Σύγκριση ικανότητας με απαίτηση - εύρεση σημείου επιτελεστικότητας
 - Δημιουργία καμπυλών τρωτότητας - θραυστότητας, εκτίμηση επιπέδου βλάβης
 - Καμπύλες Τρωτότητας - εκτίμηση απωλειών
- **Υβριδικές μέθοδοι:** Είναι συνδυασμός των δύο παραπάνω μεθόδων και αποτελούν εργαστηριακές ή επιτόπου δοκιμές, οι οποίες έχουν ως στόχο να βελτιώσουν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις δύο μεθόδους μεμονωμένα. Έτσι γίνεται αποφυγή των αβεβαιοτήτων και των αδυναμιών των αναλυτικών προσομοιωμάτων.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Λογισμικά Υπολογισμού Τρωτότητας

Η χρήση λογισμικών για τον υπολογισμό της σεισμικής τρωτότητας είναι αναγκαία, και αυτό συμβαίνει διότι αποτελείται από μεγάλο όγκο πληροφοριών, όπως για παράδειγμα η ταξινόμηση των κτιρίων μιας περιοχής σε κατηγορίες, οι καμπύλες ικανότητας και θραυστότητας για αυτές τις κατηγορίες, το έδαφος της συγκεκριμένης περιοχής που εξετάζεται, και είναι σαφώς πιο εύκολο να υπολογιστούν με χρήση υπολογιστή, παρά με υπολογισμούς στο χέρι. Ένας άλλος λόγος που τα λογισμικά εκτίμησης σεισμικών απωλειών είναι ζωτικής σημασίας αποτελεί το γεγονός ότι βοηθάνε τον μηχανικό να κάνει σωστή εκτίμηση των βλαβών που θα προκύψουν από ένα σεισμό, ακόμα και αν συμβεί η δυσμενέστερη περίπτωση βλάβης σε μια περιοχή, ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα ετοιμότητας. Υπάρχει πλήθος προγραμμάτων που κάνουν αυτή τη δουλειά, μερικά από αυτά είναι ανοιχτού κώδικα, δηλαδή προσβάσιμα από όλους, και άλλα κλειστού κώδικα ή έχουν διαθέσιμη την εκτελέσιμη μορφή τους. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται μερικά από τα πιο γνωστά λογισμικά εκτίμησης σεισμικής τρωτότητας, καθώς και θα αναφερθούν μερικά από αυτά:

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ	ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
HAZUS	FEMA	OXI
SELENA	NORSAR	ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ
ELER	KOERI	ΕΚΤΕΛΕΣΙΜΗ ΜΟΡΦΗ
EQRM	Geosience Australia	ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ
QLARM	WARMERR	OXI
CEDIM	Sergey Tyagunov	OXI
CAPRA	World bank	OXI
RISKSCAPE	GNS sience	OXI
LNECLOSS	LNEC	OXI
MAEviz	MAE center	ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ
OpenRisk	SPA Risk LLc	OXI
DBELA	Rose school/EUCENTRE	OXI
HAZ-TAIWAN		OXI
OpenQuake	GEM	ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ
Syner-G	ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ	ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ

Πίνακας 3.1: Λογισμικά εκτίμησης σεισμικής τρωτότητας

ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ HAZUS:

Το HAZUS πρόκειται για ένα Αμερικάνικο λογισμικό, το οποίο δημιουργήθηκε το 1990 και ενισχύθηκε από τον οργανισμό FEMA τα αρχικά του οποίου σημαίνουν Federal Emergency Management Agency. Το λογισμικό αυτό αρχικά ήταν πιο εξιδεικευμένο, καθώς είχε σχεδιαστεί να υπολογίζει τις απώλειες λόγω σεισμού. Με την πάροδο του χρόνου, το πρόγραμμα αυτό εξελίχθηκε και πρόσθεσε στις δυνατότητές του και άλλες φυσικές καταστροφές, όπως πλημμύρες, καταιγίδες, τυφώνες. Το HAZUS χρησιμοποιεί σύνδεση με λογισμικά διαχείρισης Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (G.I.S.) μέσω των οποίων γίνεται η αποτύπωση των αποτελεσμάτων σε χάρτες.

ELER:

Το ELER είναι ένα Ευρωπαϊκό πρόγραμμα εκτίμησης σεισμικής τρωτότητας, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον χρήστη δωρεάν. Σε αντίθεση με το HAZUS, το οποίο αφορά ποικίλες φυσικές καταστροφές, το ELER έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει μόνο σεισμικές απώλειες. Βασίζεται και αυτό στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά συστήματα (G.I.S.). Μέσα στο πρόγραμμα υπάρχουν τρία επίπεδα τρωτότητας. Στο επίπεδο 0 υπολογίζονται μόνο οι ανθρώπινες απώλειες με βάση τις πληροφορίες έντασης, στο επίπεδο 1 υπολογίζονται οι ανθρώπινες και οι κτιριακές απώλειες με βάση τις πληροφορίες έντασης, και στο επίπεδο 2 υπολογίζονται οι ανθρώπινες και κτιριακές απώλειες λαμβάνοντας υπ' όψη την κίνηση του εδάφους και τις φασματικές παραμέτρους.

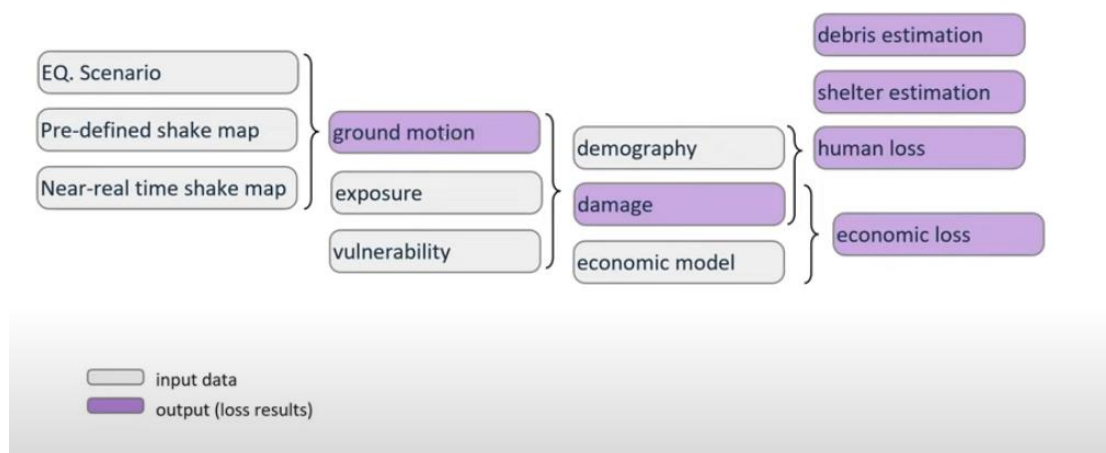
SELENA:

Το SELENA είναι ένα πρόγραμμα που πρωτοεμφανίστηκε το 2004 και προέκυψε από συνεργασία του πανεπιστημίου Αλικάντε στην Ισπανία, του μη κερδοσκοπικού σεισμολογικού - γεωεπιστημονικού ερευνητικού οργανισμού NORSAR στη Νορβηγία και του Διεθνούς κέντρου γεωλογικών κινδύνων (International center for geohazards), για την εκτίμηση της ζημιάς των κτιρίων εξαιτίας του σεισμού, καθώς και τις οικονομικές και ανθρώπινες απώλειες που σχετίζονται με τη ζημιά και εκτίμηση της ποσότητας των θραυσμάτων, του αριθμού μη κατοικίσιμων κτιρίων και των εκτοπισμένων νοικοκυριών.

Τα δεδομένα εισάγονται στο πρόγραμμα με τη μορφή πινάκων (αρχεία '.txt').

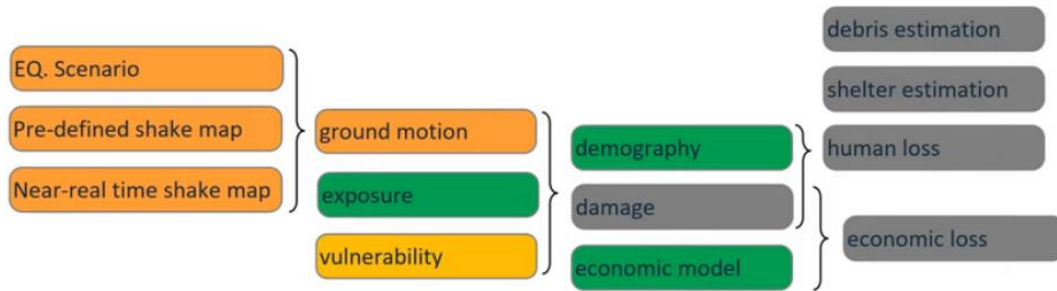
Όλα τα αποτελέσματα παρέχονται με εύρος αβεβαιότητας.

Το πρόγραμμα αφορά πληθυσμό κτιρίων και όχι μεμονωμένα κτίρια.



Εικόνα 3.1: Selena

Στο παραπάνω σχεδιάγραμμα φαίνονται τα δεδομένα που εισάγονται στο πρόγραμμα (input data) τα οποία είναι το σεισμικό σενάριο, ένας προκαθορισμένος χάρτης δονήσεων (pre-defined shake map) και ένας χάρτης δονήσεων κοντά στην πραγματικότητα (near-real time shake map), ώστε να ληφθούν δεδομένα για την κίνηση του εδάφους (ground motion), τα οποία μαζί με την επικινδυνότητα (exposure) και την τρωτότητα (vulnerability) δίνουν τη βλάβη (damage) που θα συμβεί (βλ. Εικόνα 3.2). Επίσης, για να εξάγουμε τις ανθρώπινες και οικονομικές απώλειες, θα πρέπει να εισαχθούν στο πρόγραμμα δεδομένα όπως το οικονομικό μοντέλο (economic model) και ο πληθυσμός (demography).



$$\text{Risk} = \text{Hazard} \times \text{Exposure} \times \text{Vulnerability}$$

Εικόνα 3.2: Selenia

Γεωγραφικές ενότητες (geographical units):

Για να διαχωριστούν οι γεωγραφικές ενότητες πρέπει να ληφθούν υπ' όψη ίσες συνθήκες εδάφους, σταθερή τοπογραφική επιφάνεια ή ομοιογενές επίπεδο ποιότητας δόμησης εντός της οριοθετημένης περιοχής.

Βάση δεδομένων απογραφής κτιρίου:

Πρέπει να περιέχει λεπτομέρειες για το κτίριο όπως υλικά, δόμηση, ύψος, θεμέλια, έτος κατασκευής, σεισμικοί κανονισμοί με τους οποίους έχει σχεδιαστεί η κατασκευή. Οι πληροφορίες ταξινομούνται ανάλογα με τον κτιριακό τύπο, εμβαδόν ορόφου κτιρίου σε κάθε μία από τις γεωγραφικές ενότητες που αποτελούν την περιοχή υπό μελέτη, ή ως μεμονωμένο κτίριο εάν πρόκειται να γίνει μελέτη συγκεκριμένης τοποθεσίας. Η ταξινόμηση μπορεί να γίνει με την μεθοδολογία HAZUS ή με κάποιο σύστημα ταξινόμησης που καθορίζεται από τον χρήστη.

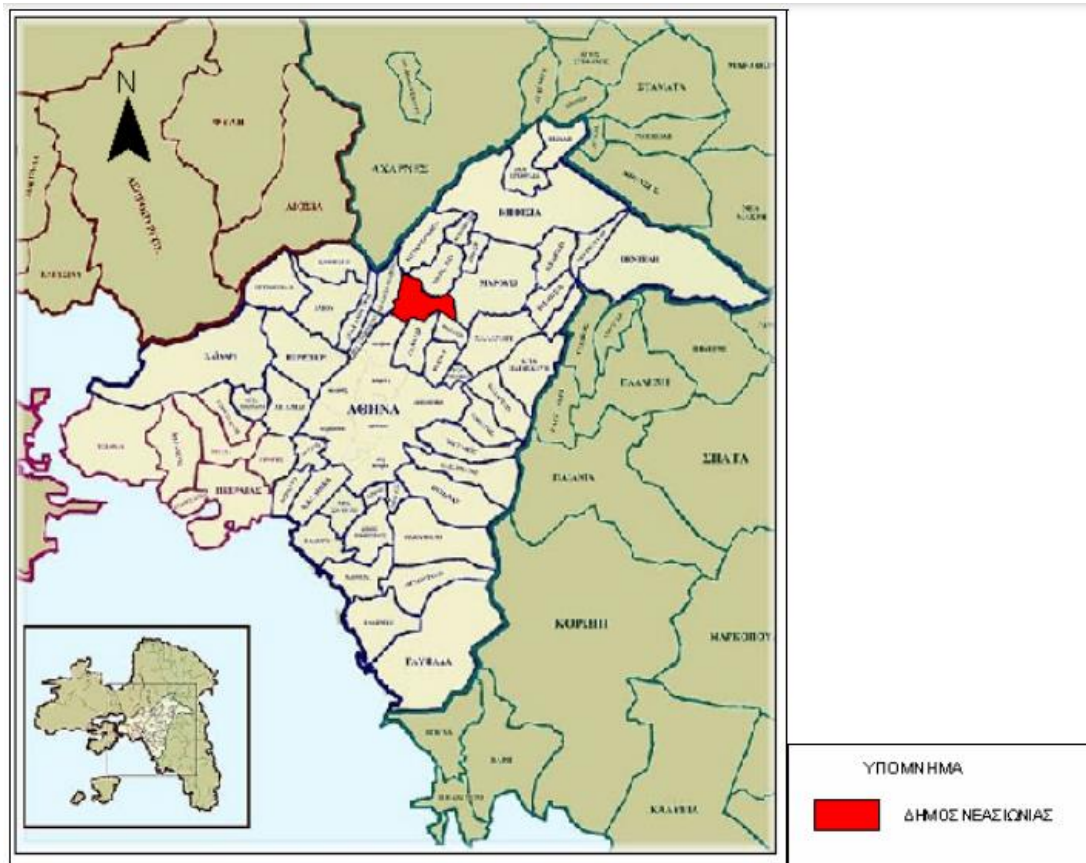
Παροχή σεισμικής ζήτησης:

Για να γίνει η εκτίμηση σεισμικού κινδύνου και απώλειας με το Selena, ο χρήστης μπορεί να παρέχει τα πλάτη σεισμικής κίνησης του εδάφους με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- Πιθανολογική ανάλυση (Probabilistic analysis): Στην πιθανολογική ανάλυση συμπεριλαμβάνεται η αβεβαιότητα σχετικά με το μέγεθος του σεισμού, την κίνηση του εδάφους και άλλα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το σεισμό, περιλαμβάνει δηλαδή το εύρος των πιθανών αποτελεσμάτων, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η πρόληψη για την εμφάνιση ενός σεισμού.
- Ντετερμινιστική ανάλυση (Deterministic analysis): Ορισμός ντετερμινιστικών σεναρίων σεισμών, με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως το μέγεθος και η τοποθεσία του σεισμού και τα δεδομένα κίνησης του εδάφους
- Ανάλυση με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (Analysis with real-time data): Αποτελεί την πιο γρήγορη μέθοδο, καθώς παρέχει αποτελέσματα την στιγμή που πραγματοποιείται ένας σεισμός. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα συστήματα ανίχνευσης, όπως δίκτυα σεισμικής παρακολούθησης ή επιταχυνσιόμετρα σε κτίρια. Έτσι, η ανάλυση με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο παρέχει πληροφορίες για έναν σεισμό τη στιγμή που εξελίσσεται.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μελέτη Περίπτωσης

Για την εκτίμηση των σεισμικών απωλειών επιλέχθηκε η περιοχή της Νέας Ιωνίας, η οποία βρίσκεται στον βόρειο τομέα της Αθήνας. Έχει έκταση 4,421 τετραγωνικά χιλιόμετρα και πληθυσμό περίπου 67.107 κατοίκους (απογραφή 2021).



Εικόνα 4.1: Θέση του Δήμου Νέας Ιωνίας στην Αττική

Ιδρύθηκε το 1923, και υποδέχτηκε πρόσφυγες μετά τη μικρασιατική καταστροφή, από Σπάρτη, Ινέπολη, Σαμφράμπολη, Νεάπολη, Καπαδοκία, Αλάγια, Αττάλεια της Παμφυλίας, Σμύρνη, Βούρλα, Αϊβαλί, και άλλες πολιτείες της Μ. Ασίας. Δεδομένου ότι η Νέα Ιωνία αποτελεί μια ιστορική περιοχή, πολλά από τα κτίρια είναι παλιάς κατασκευής. Συγκεκριμένα, τα περισσότερα κτίρια στην περιοχή έχουν χτιστεί σύμφωνα με το Βασιλικό Διάταγμα, για αυτό και στην κατάταξη έχουν χαρακτηρηστεί ως «precode». Την πλειονότητα των κτιρίων αποτελούν τα μονώροφα κτίρια, τα οποία υπάρχουν από την προσφυγική περίοδο (βλ. Εικόνα 4.2, 4.3), σιγά σιγά όμως παρατηρείται, σε όλο το δήμο Νέας Ιωνίας αλλά κυρίως στην περιοχή του Περισού, ότι στη θέση αυτών των κτιρίων δομούνται καινούργια πολυώροφα κτίσματα. Στην περιοχή υπάρχει επίσης αγορά. Στη λεωφόρο Ηρακλείου υπάρχουν πολλά μαγαζιά, για αυτό και προτιμάται καθημερινά από πολύ κόσμο.



Εικόνα 4.2: Παλιό κτίριο στη Νέα Ιωνία

(Πηγή: <https://www.lifo.gr/now/athens/ayti-einai-i-istoria-tis-neas-ionias>)

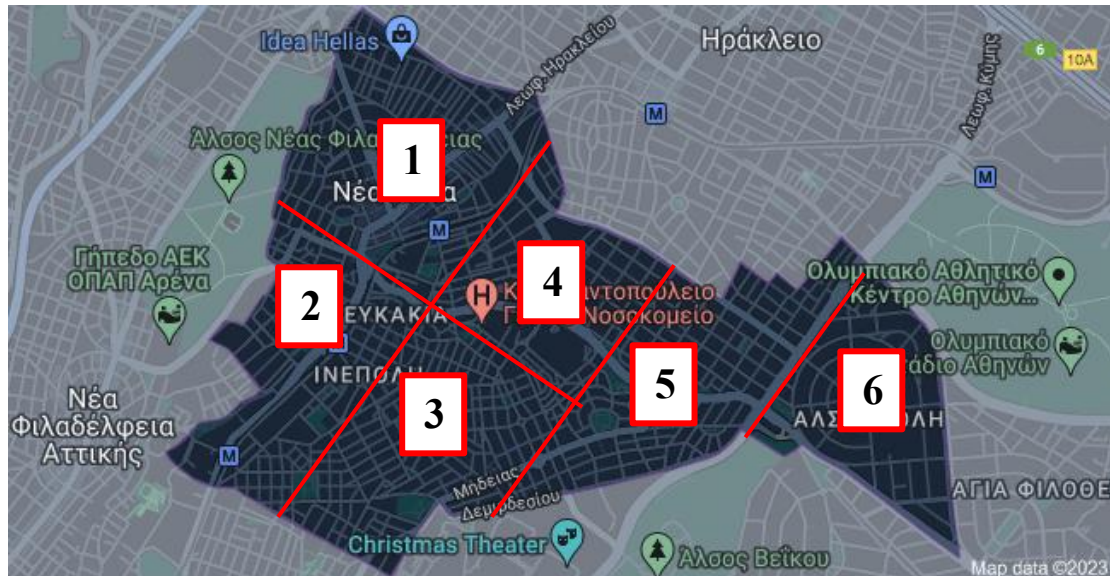


Εικόνα 4.3: Παλιό κτίριο στη Νέα Ιωνία

(Πηγή: <https://www.kathimerini.gr/society/830593/xethoriazei-i-prosfygiki-nea-ionia/>)

4.1 Ανάλυση της περιοχής

Στην περιοχή της Νέας Ιωνίας, για δεδομένο σεισμό, μελετήθηκαν οι δομικές, οικονομικές και ανθρώπινες απώλειες που θα προκύψουν λόγω του σεισμού αυτού. Η περιοχή χωρίστηκε σε έξι υποπεριοχές, προκειμένου να γίνει πιο εύκολα και σωστά η καταμέτρηση και η κατάταξη των κτιρίων σε κατηγορίες.



Εικόνα 4.4: Δήμος Ν.Ιωνίας

Στη συνέχεια έγινε η κατάταξη των κτιρίων σε κατηγορίες, ανάλογα το υλικό κατασκευής, το έτος ανέγερσης και τον αριθμό των ορόφων.

- Υλικό κατασκευής:
 - C₁: Κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, των οποίων ο σκελετός αποτελείται από υποστυλώματα.
 - C₂: Κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, των οποίων ο σκελετός αποτελείται από υποστυλώματα και τοιχεία.
 - S₁: Μεταλλικά κτίρια, τα οποία αποτελούνται από πλαίσια και δοκάρια.
 - S₂: Μεταλλικά κτίρια, τα οποία αποτελούνται από πλαίσια, δοκάρια και χιαστί.
 - URM: Κτίρια κατασκευασμένα από φέρουσα τοιχοποιία.
- Έτος ανέγερσης:
 - Precode: Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζονται κτίρια τα οποία έχουν χτιστεί πριν το 1980.
 - Lowcode: Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζονται κτίρια τα οποία έχουν χτιστεί στο χρονικό διάστημα μεταξύ 1980 έως 2000.
 - Highcode: Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζονται κτίρια τα οποία έχουν χτιστεί μετά το 2000.

- Αριθμός ορόφων:
 - Lowrise (L): Μικρού ύψους κτίρια, από 1 έως 3 ορόφους.
 - Midrise (M): Μεσαίου ύψους κτίρια, από 3 έως 7 ορόφους.
 - Highrise (H): Ψηλά κτίρια, από 7 ορόφους και πάνω.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο διαχωρισμός των κτιρίων ανάλογα με τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν.

Sub-areas	C2L-PRE	C2M-PRE	C2M-HIGH	URML-PRE	
1	832	2	208	28	1070
2	1268	1	340	20	1629
3	1836	13	804	155	2808
4	302	278	279	326	1185
5	73	169	240	319	801
6	154	262	207	418	1041
sum	4465	725	2078	1266	8534

Πίνακας 4.1: Ταξινόμηση κτιρίων ανά κατηγορία

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ:

Για την εύρεση του συνολικού πληθυσμού της περιοχής, έγινε υπόθεση για τον αριθμό των ατόμων που θα βρίσκονται μέσα στα κτίρια σε τρεις διαφορετικές ζώνες της ημέρας (ξημερώματα, μεσημέρι, απόγευμα). Στον παρακάτω πίνακα έγινε υπόθεση των ατόμων για ένα κτίριο ανά κάθε κατηγορία:

Πληθυσμός Κτιρίου σε Κάθε Κατηγορία							
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΑΤΟΜΩΝ ΑΝΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Σύνολο	2 πρωί	3 Μεσημέρι	7 απόγευμα
C2-L-PRECODE	1	2	2	4	4	1	3
C2-M-PRECODE	3	2	3	18	18	6	12
C2-M-HIGHCODE	2	2	4	16	16	5	11
URM-L-PRECODE	1	1	2	2	2	1	1

Πίνακας 4.2: Πληθυσμός ενός κτιρίου σε κάθε κατηγορία

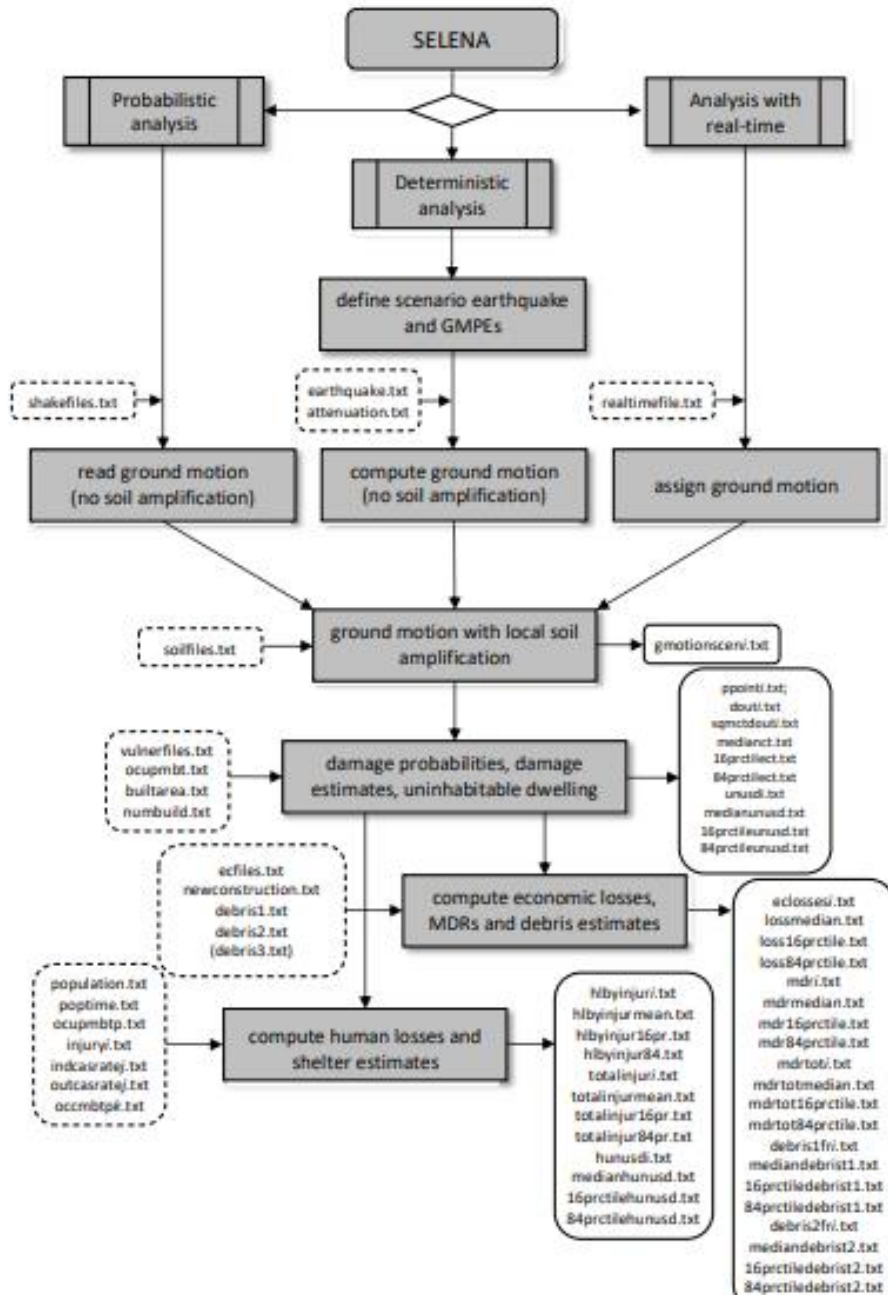
Με βάση τον πίνακα των κτιρίων και τον πίνακα του πληθυσμού των κτιρίων σε κάθε κατηγορία, προκύπτει ο πίνακας του πληθυσμού σε κάθε στιγμή της ημέρας (αριθμός κτιρίων x αριθμός ατόμων).

	C2L-PRE	C2M-PRE	C2M-HIGH	URML-PRE	
1	3328	36	3328	56	6748
2	5072	18	5440	40	10570
3	7344	234	12864	310	20752
4	1208	5004	4464	652	11328
5	292	3042	3840	638	7812
6	616	4716	3312	836	9480
SUM	17860	13050	33248	2532	66690

Πίνακας 4.3: Πληθυσμός περιοχής, στις 2 το πρωί

Στις 2 το πρωί, μέσα σε κάθε κτίριο θα βρίσκεται το 100% των συνολικών κατοίκων, άρα ο συνολικός πληθυσμός της περιοχής εκτιμάται περίπου 66.690 κάτοικοι. Με βάση την απογραφή του 2021, ο πληθυσμός της Νέας Ιωνίας ήταν 67.107 κάτοικοι, άρα η απόκλιση σχετικά με την παραπάνω εκτίμηση είναι μικρή.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Επίλυση με το SELENA



Εικόνα 5. 1: Δομή του Selena

5.1 Κοινά αρχεία για όλες τις μεθόδους

❖ Αρχείο cpfile.txt:

1^η Στήλη: Τύπος εκτίμησης της βλάβης (0-Combined; 1-Sd_based; 2-Sa_based; 3-PGA based)

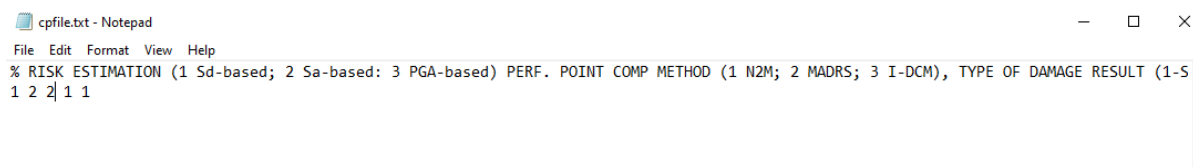
2^η Στήλη: Τύπος ανάλυσης (1-N2M; 2-MADRS; 3-I-DCM)

3^η Στήλη: Μορφή αποτελεσμάτων βλαβών κτιρίων (1-τετραγωνικά μέτρα; 2-αριθμός κτιρίων)

4^η Στήλη: Μέθοδος εκτίμησης ανθρώπινων απωλειών (1-Basic; 2-HAZUS)

5^η Στήλη: Μέθοδος τοπογραφικής ενίσχυσης (1-Eurocode; 2-Italian; 3-period dependent)

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



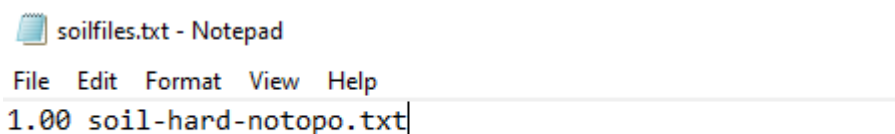
Εικόνα 5. 2: Αρχείο εισαγωγής του Selena

❖ Αρχείο soilfiles.txt:

1^η Στήλη: Συντελεστής βαρύτητας

2^η Στήλη: Ονομασία αρχείων με εδαφικά χαρακτηριστικά

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



Εικόνα 5. 3: Αρχείο που αφορά τα εδαφικά χαρακτηριστικά

❖ Αρχείο soil-hard-notopo.txt

- 1^η Στήλη: **GEOUNIT**= Αριθμός κάθε γεωγραφικής ενότητας
- 2^η Στήλη: **Lat**= Γεωγραφικό πλάτος του κέντρου κάθε γεωγραφικής ενότητας
- 3^η Στήλη: **Lon**= Γεωγραφικό μήκος του κέντρου κάθε γεωγραφικής ενότητας
- 4^η Στήλη: **S**= Τύπος εδάφους
- 5^η Στήλη: **Vs(30)**= Μέση ταχύτητα διατμητικού κύματος για πάνω από 30μ βάθος
- 6^η Στήλη: **Vs(flag)**= Τρόπος εκτίμησης Vs(30) (0-έχει εκτιμηθεί; 1-έχει υπολογιστεί)
- 7^η Στήλη: **Z1_0**= Βάθος στο οποίο η μέση διατμητική ταχύτητα κύματος είναι 1m/s
- 8^η Στήλη: **geom**= Γεωμετρία του εδάφους κάθε γεωγραφικής ενότητας (0-επίπεδο; 1-λόφοι; 2-πλαγιές; 3-φαράγγια)
- 9^η Στήλη: **place**= Τοποθεσία κτιρίων, λαμβάνεται ίσο με το 0
- 10^η Στήλη: **H**= Μέγιστο τοπογραφικό ύψος στη γεωγραφική ενότητα
- 11^η Στήλη: **L**= Το μισό πλάτος της γεωμετρίας
- 12^η Στήλη: **tc**= Τύπος λόφου (0-επίπεδο έδαφος; 1-αιχμηρή κορυφή; 2-επίπεδη κορυφή)
- 13^η Στήλη: **Tcorner**= Γωνιακή περίοδος των φασμάτων απόκρισης

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:

GEOUNIT	LATITUDE	LONGITUDE	SOIL	Vs30(m/s)	vsflag(0/1)	Z1_0(m)	geom(0/1/2/3)	place(0/1/2)	H(m)	L(m)	tc(1/2)	Tcorner
1	38.036268	23.774044	2	800	0	50	0 0 0 1 0.3					
2	38.037827	23.760498	2	800	0	50	0 0 0 1 0.3					
3	38.043187	23.752390	2	800	0	50	0 0 0 1 0.3					
4	38.032811	23.751077	2	800	0	50	0 0 0 1 0.3					
5	38.032819	23.751977	2	800	0	50	0 0 0 1 0.3					
6	38.032911	23.751677	2	800	0	50	0 0 0 1 0.3					

Εικόνα 5. 4: Αρχείο που αφορά τα εδαφικά χαρακτηριστικά

❖ Αρχείο vulnerfiles.txt

- 1^η Στήλη: Συντελεστής βαρύτητας
- 2^η Στήλη: Αρχείο με καμπύλες ικανότητας (capacity.txt)
- 3^η Στήλη: Αρχείο με καμπύλες θραυστότητας (fragility.txt)

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:

1.00 capacity1.txt fragility1.txt

Εικόνα 5. 5: Καμπύλες ικανότητας και θραυστότητας

❖ Αρχείο capacity1.txt

1^η Στήλη: Όνομα αρχείου για κάθε καμπύλη ικανότητας ανά κατηγορία κτιρίου (capc_(i).txt)

2^η Στήλη: Ελαστική απόσβεση σε ποσοστό (5%)

3^η Στήλη: Φασματική μετατόπιση που αντιστοιχεί στο σημείο διαρροής σε m

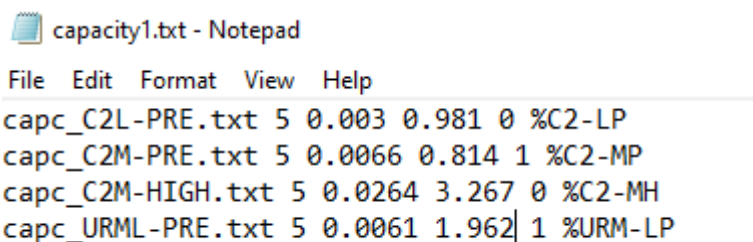
4^η Στήλη: Φασματική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στο σημείο διαρροής σε m/s^2

5^η Στήλη: Υποδεικνύει τον τύπο της καμπύλης ικανότητας (0-διγραμμική; 1-πολυγραμμική)

6^η Στήλη: Τύπος κτιρίου

Για την εύρεση της φασματικής μετατόπισης και της φασματικής επιτάχυνσης, η οποίες αντιστοιχούν στην 3^η και 4^η Στήλη του αρχείου, χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες 5.7a, c, d από το HAZUS MANUAL.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



```
capacity1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
capc_C2L-PRE.txt 5 0.003 0.981 0 %C2-LP
capc_C2M-PRE.txt 5 0.0066 0.814 1 %C2-MP
capc_C2M-HIGH.txt 5 0.0264 3.267 0 %C2-MH
capc_URML-PRE.txt 5 0.0061 1.962 1 %URM-LP
```

Εικόνα 5. 6: Καμπύλες ικανότητας

❖ Αρχεία capc_(i).txt (αρχεία για κάθε καμπύλη ικανότητας ανά κατηγορία κτιρίου)

1^η Στήλη: Φασματική μετακίνηση SD (m)

2^η Στήλη: Φασματική επιτάχυνση SA (m/s^2)

Για να αντλήσουμε δεδομένα σχετικά με τη φασματική μετακίνηση SD και τη φασματική επιτάχυνση SA, έγινε χρήση των πινάκων 5.7a, c, d από το HAZUS MANUAL. Από τους πίνακες αυτούς λήφθηκαν τιμές των SD και SA στο όριο διαρροής (yelt point) και στο όριο θραύσης (ultimate point). Έπειτα με τη βοήθεια του Microsoft Excel και των δύο σημείων από τους πίνακες, βρέθηκαν οι γραμμικές συναρτήσεις μεταξύ τους και έτσι υπολογίστηκαν περισσότερα σημεία.

Table 5.7a Code Building Capacity Curves - High-Code Seismic Design Level

Building Type	Yield Capacity Point		Ultimate Capacity Point	
	D _y (in.)	A _y (g)	D _u (in.)	A _u (g)
W1	0.48	0.400	11.51	1.200
W2	0.63	0.400	12.53	1.000
S1L	0.61	0.250	14.67	0.749
S1M	1.78	0.156	28.40	0.468
S1H	4.66	0.098	55.88	0.293
S2L	0.63	0.400	10.02	0.800
S2M	2.43	0.333	25.88	0.667
S2H	7.75	0.254	61.97	0.508
S3	0.63	0.400	10.02	0.800
S4L	0.38	0.320	6.91	0.720
S4M	1.09	0.267	13.10	0.600
S4H	3.49	0.203	31.37	0.457
SSL				
SSM				
SSH				
C1L	0.39	0.250	9.39	0.749
C1M	1.15	0.208	18.44	0.624
C1H	2.01	0.098	24.13	0.293
C2L	0.48	0.400	9.59	1.000
C2M	1.04	0.333	13.84	0.833
C2H	2.94	0.254	29.39	0.635
C3L				
C3M				
C3H				
PC1	0.72	0.600	11.51	1.200
PC2L	0.48	0.400	7.67	0.800
PC2M	1.04	0.333	11.07	0.667
PC2H	2.94	0.254	23.52	0.508
RM1L	0.64	0.533	10.23	1.066
RM1M	1.38	0.444	14.76	0.889
RM2L	0.64	0.533	10.23	1.066
RM2M	1.38	0.444	14.76	0.889
RM2H	3.92	0.338	31.35	0.677
URML				
URMM				
MH	0.18	0.150	2.16	0.300

Πίνακας 5. 1: Building capacity curves-High-code

Table 5.7c Code Building Capacity Curves - Low-Code Seismic Design Level

Building Type	Yield Capacity Point		Ultimate Capacity Point	
	D _y (in.)	A _y (g)	D _u (in.)	A _u (g)
W1	0.24	0.200	4.32	0.600
W2	0.16	0.100	2.35	0.250
S1L	0.15	0.062	2.29	0.187
S1M	0.44	0.039	4.44	0.117
S1H	1.16	0.024	8.73	0.073
S2L	0.16	0.100	1.57	0.200
S2M	0.61	0.083	4.04	0.167
S2H	1.94	0.063	9.68	0.127
S3	0.16	0.100	1.57	0.200
S4L	0.10	0.080	1.08	0.180
S4M	0.27	0.067	2.05	0.150
S4H	0.87	0.051	4.90	0.114
S5L	0.12	0.100	1.20	0.200
S5M	0.34	0.083	2.27	0.167
S5H	1.09	0.063	5.45	0.127
C1L	0.10	0.062	1.47	0.187
C1M	0.29	0.052	2.88	0.156
C1H	0.50	0.024	3.77	0.073
C2L	0.12	0.100	1.50	0.250
C2M	0.26	0.083	2.16	0.208
C2H	0.74	0.063	4.59	0.159
C3L	0.12	0.100	1.35	0.225
C3M	0.26	0.083	1.95	0.188
C3H	0.74	0.063	4.13	0.143
PC1	0.18	0.150	1.80	0.300
PC2L	0.12	0.100	1.20	0.200
PC2M	0.26	0.083	1.73	0.167
PC2H	0.74	0.063	3.67	0.127
RM1L	0.16	0.133	1.60	0.267
RM1M	0.35	0.111	2.31	0.222
RM2L	0.16	0.133	1.60	0.267
RM2M	0.35	0.111	2.31	0.222
RM2H	0.98	0.085	4.90	0.169
URML	0.24	0.200	2.40	0.400
URMM	0.27	0.111	1.81	0.222
MH	0.18	0.150	2.16	0.300

Πίνακας 5. 2: Building capacity curves-Low-code

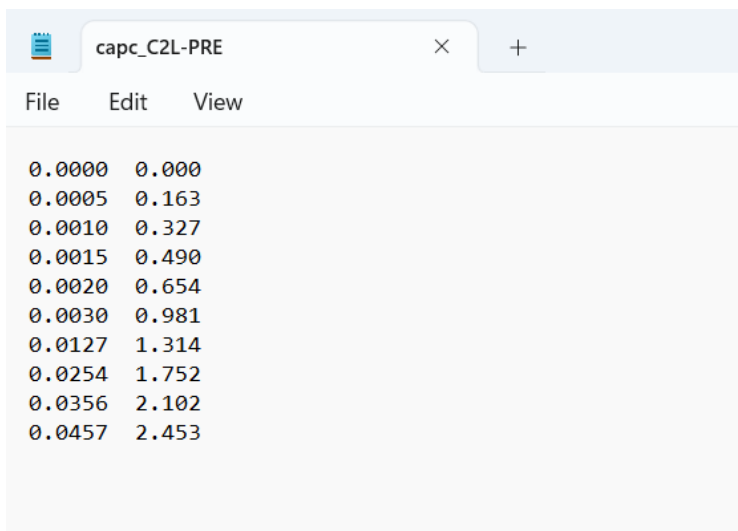
Table 5.7d Building Capacity Curves - Pre-Code Seismic Design Level

Building Type	Yield Capacity Point		Ultimate Capacity Point	
	D_y (in.)	A_y (g)	D_u (in.)	A_u (g)
W1	0.24	0.200	4.32	0.600
W2	0.16	0.100	2.35	0.250
S1L	0.15	0.062	2.75	0.187
S1M	0.44	0.039	5.33	0.117
S1H	1.16	0.024	10.48	0.073
S2L	0.16	0.100	1.88	0.200
S2M	0.61	0.083	4.85	0.167
S2H	1.94	0.063	11.62	0.127
S3	0.16	0.100	1.88	0.200
S4L	0.10	0.080	1.30	0.180
S4M	0.27	0.067	2.46	0.150
S4H	0.87	0.051	5.88	0.114
S5L	0.12	0.100	1.20	0.200
S5M	0.34	0.083	2.27	0.167
S5H	1.09	0.063	5.45	0.127
C1L	0.10	0.062	1.76	0.187
C1M	0.29	0.052	3.46	0.156
C1H	0.50	0.024	4.52	0.073
C2L	0.12	0.100	1.80	0.250
C2M	0.26	0.083	2.60	0.208
C2H	0.74	0.063	5.51	0.159
C3L	0.12	0.100	1.35	0.225
C3M	0.26	0.083	1.95	0.188
C3H	0.74	0.063	4.13	0.143
PC1	0.18	0.150	2.16	0.300
PC2L	0.12	0.100	1.44	0.200
PC2M	0.26	0.083	2.08	0.167
PC2H	0.74	0.063	4.41	0.127
RM1L	0.16	0.133	1.92	0.267
RM1M	0.35	0.111	2.77	0.222
RM2L	0.16	0.133	1.92	0.267
RM2M	0.35	0.111	2.77	0.222
RM2H	0.98	0.085	5.88	0.169
URML	0.24	0.200	2.40	0.400
URMM	0.27	0.111	1.81	0.222
MH	0.18	0.150	2.16	0.300

Πίνακας 5. 3: Building capacity curves-Pre-code

- **Αρχείο για κατηγορία C2L-PRECODE**

1^η Στήλη: Φασματική μετακίνηση SD (m)
2^η Στήλη: Φασματική επιτάχυνση SA (m/s²)

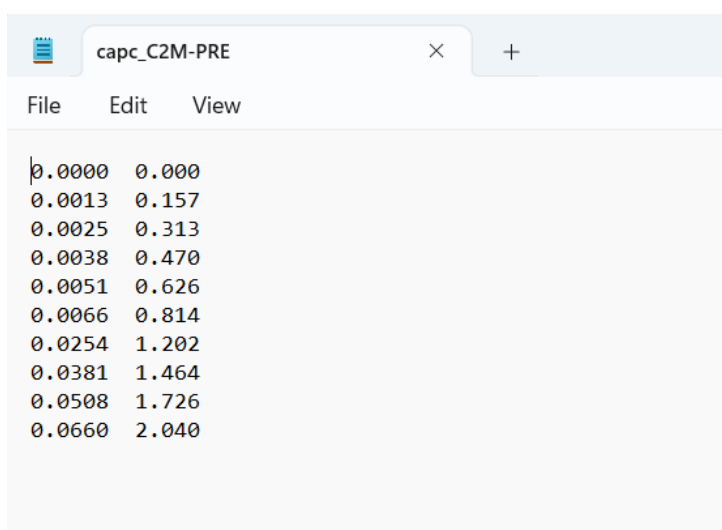


SD (m)	SA (m/s ²)
0.0000	0.000
0.0005	0.163
0.0010	0.327
0.0015	0.490
0.0020	0.654
0.0030	0.981
0.0127	1.314
0.0254	1.752
0.0356	2.102
0.0457	2.453

Εικόνα 5. 7: Αρχείο καμπύλης ικανότητας για C2L-PRE

- **Αρχείο για κατηγορία C2M-PRECODE**

1^η Στήλη: Φασματική μετακίνηση SD (m)
2^η Στήλη: Φασματική επιτάχυνση SA (m/s²)



SD (m)	SA (m/s ²)
0.0000	0.000
0.0013	0.157
0.0025	0.313
0.0038	0.470
0.0051	0.626
0.0066	0.814
0.0254	1.202
0.0381	1.464
0.0508	1.726
0.0660	2.040

Εικόνα 5. 8: Αρχείο καμπύλης ικανότητας για C2M-PRE

- **Αρχείο για κατηγορία C2M-HIGHCODE**

1^η Στήλη: Φασματική μετακίνηση SD (m)

2^η Στήλη: Φασματική επιτάχυνση SA (m/s²)

SD (m)	SA (m/s ²)
0.0000	0.000
0.0046	0.565
0.0091	1.131
0.0137	1.696
0.0183	2.262
0.0264	3.267
0.1077	4.495
0.1905	5.745
0.2718	6.973
0.3515	8.172

Εικόνα 5. 9: Αρχείο καμπύλης ικανότητας για C2L-HIGH

- **Αρχείο για κατηγορία URML-PRECODE**

1^η Στήλη: Φασματική μετακίνηση SD (m)

2^η Στήλη: Φασματική επιτάχυνση SA (m/s²)

SD (m)	SA (m/s ²)
0.0000	0.000
0.0041	1.308
0.0046	1.471
0.0051	1.635
0.0056	1.798
0.0061	1.962
0.0254	2.653
0.0381	3.107
0.0508	3.561
0.0610	3.924

Εικόνα 5. 10: Αρχείο καμπύλης ικανότητας για URML-PRE

❖ Αρχείο fragility1.txt

- 1^η Στήλη: Αρίθμηση κάθε τύπου κτιρίου
- 2^η Στήλη: Φασματική μετακίνηση για μικρή στάθμη βλάβης (smedian)
- 3^η Στήλη: Τυπική απόκλιση του λογαρίθμου της φασματικής μετατόπισης για μικρή στάθμη βλάβης (sbeta)
- 4^η Στήλη: Φασματική μετακίνηση για μέτρια στάθμη βλάβης (mmedian)
- 5^η Στήλη: Τυπική απόκλιση του λογαρίθμου της φασματικής μετατόπισης για μέτρια στάθμη βλάβης (mbeta)
- 6^η Στήλη: Φασματική μετακίνηση για εκτενή στάθμη βλάβης (emedian)
- 7^η Στήλη: Τυπική απόκλιση του λογαρίθμου της φασματικής μετατόπισης για εκτενή στάθμη βλάβης (ebeta)
- 8^η Στήλη: Φασματική μετακίνηση για πλήρης στάθμη βλάβης (cmedian)
- 9^η Στήλη: Τυπική απόκλιση του λογαρίθμου της φασματικής μετατόπισης για πλήρης στάθμη βλάβης (cbeta)
- 10^η Στήλη: TI= Ελαστική περίοδος του τύπου κτιρίου
- 11^η Στήλη: DA, λαμβάνεται 0, εκτός αν επιλεγεί συνδυαστική προσέγγιση βλάβης για κάθε τύπου κτιρίου (1-Βασισμένο σε Sd; 2-με βάση το Sa; 3-με βάση το PGA)
- 12^η Στήλη: Ονομασία κατηγορίας κτιρίου

Για την εύρεση των τιμών αυτών, χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες 5.9a, c, d από το HAZUS MANUAL.

Table 5.9a Structural Fragility Curve Parameters - High-Code Seismic Design Level

Building Properties			Interstory Drift at Threshold of Damage State				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Threshold of Damage State				Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.50	0.80	1.51	0.81	5.04	0.85	12.60	0.97
W2	288	216	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.86	0.81	2.59	0.88	8.64	0.90	21.60	0.83
S1L	288	216	0.0060	0.0120	0.0300	0.0800	1.30	0.80	2.59	0.76	6.48	0.69	17.28	0.72
S1M	720	540	0.0040	0.0080	0.0200	0.0533	2.16	0.65	4.32	0.66	10.80	0.67	28.80	0.74
S1H	1872	1123	0.0030	0.0060	0.0150	0.0400	3.37	0.64	6.74	0.64	16.85	0.65	44.93	0.67
S2L	288	216	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	1.08	0.81	2.16	0.89	6.48	0.94	17.28	0.83
S2M	720	540	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.80	0.67	3.60	0.67	10.80	0.68	28.80	0.79
S2H	1872	1123	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.81	0.63	5.62	0.63	16.85	0.64	44.93	0.71
S3	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.81	1.08	0.82	3.24	0.91	9.45	0.90
S4L	288	216	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.86	0.89	1.73	0.89	5.18	0.98	15.12	0.87
S4M	720	540	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.44	0.77	2.88	0.72	8.64	0.70	25.20	0.89
S4H	1872	1123	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	2.25	0.64	4.49	0.66	13.48	0.69	39.31	0.77
SSL														
SSM														
SSH														
C1L	240	180	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	0.90	0.81	1.80	0.84	5.40	0.86	14.40	0.81
C1M	600	450	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.50	0.68	3.00	0.67	9.00	0.68	24.00	0.81
C1H	1440	864	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.16	0.66	4.32	0.64	12.96	0.67	34.56	0.78
C2L	240	180	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800	0.72	0.81	1.80	0.84	5.40	0.93	14.40	0.92
C2M	600	450	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533	1.20	0.74	3.00	0.77	9.00	0.68	24.00	0.77
C2H	1440	864	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400	1.73	0.68	4.32	0.65	12.96	0.66	34.56	0.75
C3L														
C3M														
C3H														
PC1	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.76	1.08	0.86	3.24	0.88	9.45	0.99
PC2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.88	4.32	0.98	12.60	0.94
PC2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.77	2.40	0.81	7.20	0.70	21.00	0.82
PC2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.64	3.46	0.66	10.37	0.68	30.24	0.81
RM1L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.86	4.32	0.92	12.60	1.01
RM1M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.81	7.20	0.76	21.00	0.75
RM2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.80	1.44	0.81	4.32	0.91	12.60	0.98
RM2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.79	7.20	0.70	21.00	0.73
RM2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.66	3.46	0.65	10.37	0.66	30.24	0.72
URML														
URMM														
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92

Πίνακας 5. 4: Fragility curve parameters-High-code

Building Properties			Interstory Drift at				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Threshold of Damage State				Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.50	0.93	1.25	0.98	3.86	1.02	9.45	0.99
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.86	0.97	2.14	0.90	6.62	0.89	16.20	0.99
S1L	288	216	0.0060	0.0096	0.0203	0.0500	1.30	0.77	2.07	0.78	4.38	0.78	10.80	0.96
S1M	720	540	0.0040	0.0064	0.0135	0.0333	2.16	0.68	3.44	0.78	7.30	0.85	18.00	0.98
S1H	1872	1123	0.0030	0.0048	0.0101	0.0250	3.37	0.66	5.37	0.70	11.38	0.76	28.08	0.92
S2L	288	216	0.0050	0.0080	0.0200	0.0500	1.08	0.96	1.73	0.89	4.32	0.86	10.80	0.98
S2M	720	540	0.0033	0.0053	0.0133	0.0333	1.80	0.70	2.88	0.73	7.20	0.85	18.00	0.98
S2H	1872	1123	0.0025	0.0040	0.0100	0.0250	2.81	0.66	4.49	0.67	11.23	0.74	28.08	0.92
S3	180	135	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.54	0.98	0.87	0.99	2.17	1.01	5.91	0.90
S4L	288	216	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.86	1.05	1.38	0.98	3.47	0.89	9.45	0.98
S4M	720	540	0.0027	0.0043	0.0107	0.0292	1.44	0.76	2.31	0.78	5.78	0.90	15.75	0.99
S4H	1872	1123	0.0020	0.0032	0.0080	0.0219	2.25	0.70	3.60	0.75	9.01	0.90	24.57	0.98
SSL	288	216	0.0030	0.0060	0.0150	0.0350	0.65	1.11	1.30	1.04	3.24	0.99	7.56	0.95
SSM	720	540	0.0020	0.0040	0.0100	0.0233	1.08	0.77	2.16	0.79	5.40	0.87	12.60	0.98
SSH	1872	1123	0.0015	0.0030	0.0075	0.0175	1.68	0.70	3.37	0.73	8.42	0.89	19.66	0.97
C1L	240	180	0.0050	0.0080	0.0200	0.0500	0.90	0.95	1.44	0.91	3.60	0.85	9.00	0.97
C1M	600	450	0.0033	0.0053	0.0133	0.0333	1.50	0.70	2.40	0.74	6.00	0.86	15.00	0.98
C1H	1440	864	0.0025	0.0040	0.0100	0.0250	2.16	0.70	3.46	0.81	8.64	0.89	21.60	0.98
C2L	240	180	0.0040	0.0076	0.0197	0.0500	0.72	1.04	1.37	1.02	3.55	0.99	9.00	0.95
C2M	600	450	0.0027	0.0051	0.0132	0.0333	1.20	0.82	2.29	0.81	5.92	0.81	15.00	0.99
C2H	1440	864	0.0020	0.0038	0.0099	0.0250	1.73	0.68	3.30	0.73	8.53	0.84	21.60	0.95
C3L	240	180	0.0030	0.0060	0.0150	0.0350	0.54	1.09	1.08	1.07	2.70	1.08	6.30	0.91
C3M	600	450	0.0020	0.0040	0.0100	0.0233	0.90	0.85	1.80	0.83	4.50	0.79	10.50	0.98
C3H	1440	864	0.0015	0.0030	0.0075	0.0175	1.30	0.71	2.59	0.74	6.48	0.90	15.12	0.97
PC1	180	135	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.54	1.00	0.87	1.05	2.17	1.12	5.91	0.89
PC2L	240	180	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.72	1.08	1.15	1.03	2.89	0.98	7.88	0.96
PC2M	600	450	0.0027	0.0043	0.0107	0.0292	1.20	0.81	1.92	0.79	4.81	0.84	13.12	0.99
PC2H	1440	864	0.0020	0.0032	0.0080	0.0219	1.73	0.71	2.77	0.75	6.93	0.89	18.90	0.98
RM1L	240	180	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.72	1.11	1.15	1.10	2.89	1.10	7.88	0.92
RM1M	600	450	0.0027	0.0043	0.0107	0.0292	1.20	0.87	1.92	0.84	4.81	0.79	13.12	0.96
RM2L	240	180	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.72	1.05	1.15	1.07	2.89	1.09	7.88	0.91
RM2M	600	450	0.0027	0.0043	0.0107	0.0292	1.20	0.84	1.92	0.81	4.81	0.77	13.12	0.96
RM2H	1440	864	0.0020	0.0032	0.0080	0.0219	1.73	0.69	2.77	0.72	6.93	0.87	18.90	0.96
URML	180	135	0.0030	0.0060	0.0150	0.0350	0.41	0.99	0.81	1.05	2.03	1.10	4.73	1.08
URMM	420	315	0.0020	0.0040	0.0100	0.0233	0.63	0.91	1.26	0.92	3.15	0.87	7.35	0.91
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92

Table 5.9c Structural Fragility Curve Parameters - Low-Code Seismic Design Level

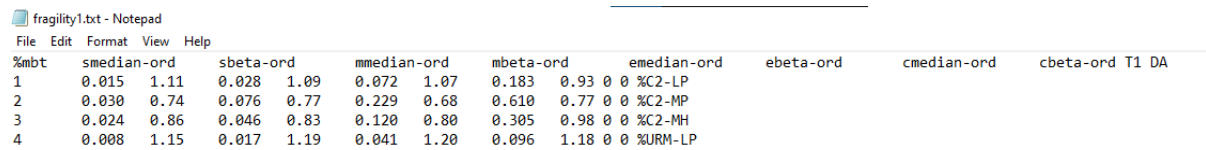
Πίνακας 5. 5: Fragility curve parameters-Low-code

Table 5.9d Structural Fragility Curve Parameters - Pre-Code Seismic Design Level

Building Properties			Interstory Drift at				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Threshold of Damage State				Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0032	0.0079	0.0245	0.0600	0.40	1.01	1.00	1.05	3.09	1.07	7.56	1.06
W2	288	216	0.0032	0.0079	0.0245	0.0600	0.69	1.04	1.71	0.97	5.29	0.90	12.96	0.99
S1L	288	216	0.0048	0.0076	0.0162	0.0400	1.04	0.85	1.65	0.82	3.50	0.80	8.64	0.95
S1M	720	540	0.0032	0.0051	0.0108	0.0267	1.73	0.70	2.76	0.75	5.84	0.81	14.40	0.98
S1H	1872	1123	0.0024	0.0038	0.0081	0.0200	2.70	0.69	4.30	0.71	9.11	0.85	22.46	0.93
S2L	288	216	0.0040	0.0064	0.0160	0.0400	0.86	1.01	1.38	0.96	3.46	0.88	8.64	0.98
S2M	720	540	0.0027	0.0043	0.0107	0.0267	1.44	0.73	2.30	0.75	5.76	0.80	14.40	0.98
S2H	1872	1123	0.0020	0.0032	0.0080	0.0200	2.25	0.70	3.59	0.70	8.99	0.84	22.46	0.91
S3	180	135	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.43	1.06	0.69	1.03	1.73	1.07	4.73	0.89
S4L	288	216	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.69	1.11	1.11	1.03	2.77	0.99	7.56	0.98
S4M	720	540	0.0021	0.0034	0.0086	0.0233	1.15	0.81	1.85	0.80	4.62	0.94	12.60	1.00
S4H	1872	1123	0.0016	0.0026	0.0064	0.0175	1.80	0.73	2.88	0.75	7.21	0.90	19.66	0.97
SSL	288	216	0.0024	0.0048	0.0120	0.0280	0.52	1.20	1.04	1.11	2.59	1.08	6.05	0.95
SSM	720	540	0.0016	0.0032	0.0080	0.0187	0.86	0.85	1.73	0.83	4.32	0.94	10.08	0.99
SSH	1872	1123	0.0012	0.0024	0.0060	0.0140	1.35	0.72	2.70	0.75	6.74	0.92	15.72	0.96
C1L	240	180	0.0040	0.0064	0.0160	0.0400	0.72	0.98	1.15	0.94	2.88	0.90	7.20	0.97
C1M	600	450	0.0027	0.0043	0.0107	0.0267	1.20	0.73	1.92	0.77	4.80	0.83	12.00	0.98
C1H	1440	864	0.0020	0.0032	0.0080	0.0200	1.73	0.71	2.76	0.80	6.91	0.94	17.28	1.01
C2L	240	180	0.0032	0.0061	0.0158	0.0400	0.58	1.11	1.10	1.09	2.84	1.07	7.20	0.93
C2M	600	450	0.0021	0.0041	0.0105	0.0267	0.96	0.86	1.83	0.83	4.74	0.80	12.00	0.98
C2H	1440	864	0.0016	0.0031	0.0079	0.0200	1.38	0.73	2.64	0.75	6.82	0.92	17.28	0.97
C3L	240	180	0.0024	0.0048	0.0120	0.0280	0.43	1.19	0.86	1.15	2.16	1.15	5.04	0.92
C3M	600	450	0.0016	0.0032	0.0080	0.0187	0.72	0.90	1.44	0.86	3.60	0.90	8.40	0.96
C3H	1440	864	0.0012	0.0024	0.0060	0.0140	1.04	0.73	2.07	0.75	5.18	0.90	12.10	0.95
PC1	180	135	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.43	1.14	0.69	1.14	1.73	1.17	4.73	0.98
PC2L	240	180	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.58	1.14	0.92	1.10	2.31	1.10	6.30	0.93
PC2M	600	450	0.0021	0.0034	0.0086	0.0233	0.96	0.87	1.54	0.83	3.85	0.91	10.50	1.00
PC2H	1440	864	0.0016	0.0026	0.0064	0.0175	1.38	0.74	2.21	0.75	5.55	0.91	15.12	0.96
RM1L	240	180	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.58	1.20	0.92	1.17	2.31	1.17	6.30	0.94
RM1M	600	450	0.0021	0.0034	0.0086	0.0233	0.96	0.91	1.54	0.89	3.85	0.89	10.50	0.96
RM2L	240	180	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.58	1.14	0.92	1.10	2.31	1.15	6.30	0.92
RM2M	600	450	0.0021	0.0034	0.0086	0.0233	0.96	0.89	1.54	0.87	3.85	0.87	10.50	0.96
RM2H	1440	864	0.0016	0.0026	0.0064	0.0175	1.38	0.75	2.21	0.75	5.55	0.84	15.12	0.94
URML	180	135	0.0024	0.0048	0.0120	0.0280	0.32	1.15	0.65	1.19	1.62	1.20	3.78	1.18
URMM	420	315	0.0016	0.0032	0.0080	0.0187	0.50	0.99	1.01	0.97	2.52	0.90	5.88	0.88
MH	120	120	0.0032	0.0064	0.0192	0.0560	0.38	1.11	0.77	1.10	2.30	0.95	6.72	0.97

Πίνακας 5. 6: Fragility curve parameters-Pre-code

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



%mbt	smedian-ord	sbeta-ord	mmedian-ord	mbeta-ord	emedian-ord	ebeta-ord	cmedian-ord	cbeta-ord	T1	DA
1	0.015	1.11	0.028	1.09	0.072	1.07	0.183	0.93	0	0 %C2-LP
2	0.030	0.74	0.076	0.77	0.229	0.68	0.610	0.77	0	0 %C2-MP
3	0.024	0.86	0.046	0.83	0.120	0.80	0.305	0.98	0	0 %C2-MH
4	0.008	1.15	0.017	1.19	0.041	1.20	0.096	1.18	0	0 %URM-LP

Εικόνα 5. 11: Αρχείο εισαγωγής που αφορά τις καμπύλες θραυστότητας

5.1.1 Αρχεία που αφορούν τα κτίρια.

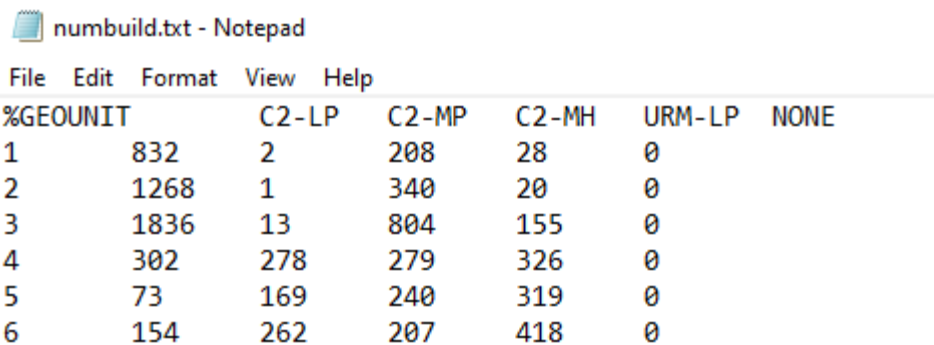
❖ Αρχείο numbuilt.txt

Το αρχείο αυτό περιέχει τον αριθμό των κτιρίων κάθε κατηγορίας σε κάθε γεωγραφική ενότητα.

1^η Στήλη: Αρίθμηση κάθε γεωγραφικής ενότητας

Οι επόμενες στήλες αντιστοιχούν στις κατηγορίες κτιρίων

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



%GEOUNIT	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	NONE
1	832	2	208	28	0
2	1268	1	340	20	0
3	1836	13	804	155	0
4	302	278	279	326	0
5	73	169	240	319	0
6	154	262	207	418	0

Εικόνα 5. 12: Αρχείο εισαγωγής που αφορά το πλήθος των κτιρίων

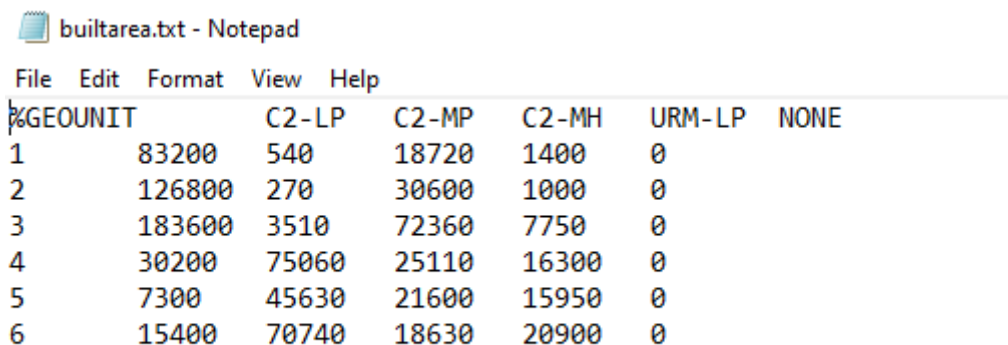
❖ Αρχείο builtarea.txt

Το αρχείο αυτό περιέχει τη συνολική δομική επιφάνεια για κάθε τύπο κτιρίου σε κάθε γεωγραφική ενότητα.

1^η Στήλη: Αρίθμηση κάθε τετραγώνου

Οι επόμενες στήλες αντιστοιχούν στις κατηγορίες κτιρίων

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



KATEGOUNIT	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	NONE
1	83200	540	18720	1400	0
2	126800	270	30600	1000	0
3	183600	3510	72360	7750	0
4	30200	75060	25110	16300	0
5	7300	45630	21600	15950	0
6	15400	70740	18630	20900	0

Εικόνα 5. 13: Αρχείο εισαγωγής που περιέχει τη δομική επιφάνεια

Για τον υπολογισμό της δομικής επιφάνειας, έγινε υπολογισμός της δομικής επιφάνειας ενός κτιρίου ανά κατηγορία με βάση τις εκτιμήσεις του παρακάτω πίνακα:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	Τ.Μ. ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ	ΔΟΜΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
C2-L-PRECODE	1	100	100
C2-M-PRECODE	3	90	270
C2-M-HIGHCODE	2	45	90
URM-L-PRECODE	1	50	50

Πίνακας 5. 7: Υπολογισμός δομικής επιφάνειας

5.1.2 Αρχεία που αφορούν τα οικονομικά δεδομένα και τον υπολογισμό των αποβλήτων.

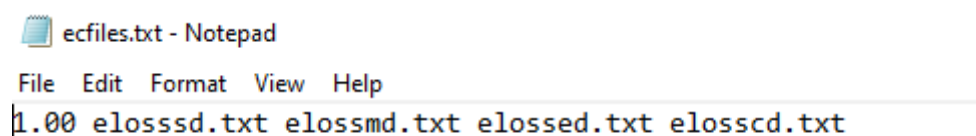
❖ Αρχείο **ecfiles.txt**

Το αρχείο αυτό αναφέρεται στα υποαρχεία **elossd.txt**, **elossmd.txt**, **elossed.txt** και **elosscd.txt**, τα οποία περιέχουν τις οικονομικές ζημιές σε νόμισμα ανά m^2 , για κάθε μοντέλο κτιρίου. Κάθε υποαρχείο αντιστοιχεί σε μια στάθμη βλάβης (ελαφριά, μέτρια, εκτενής και πλήρης)

1^η Στήλη: Συντελεστής βαρύτητας.

Οι επόμενες στήλες αντιστοιχούν στις ονομασίες υποαρχείων.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



Εικόνα 5. 14: Υποαρχεία που αφορούν τις οικονομικές απώλειες

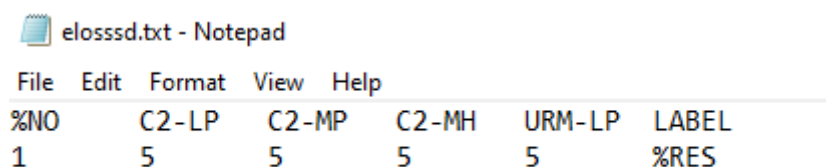
❖ Αρχείο **elossd.txt**

Το αρχείο αυτό αναφέρεται στην ελαφριά στάθμη βλάβης.

1^η Στήλη: Αρίθμηση κάθε κατηγορίας μοντέλου κτιρίου.

Οι επόμενες στήλες αντιστοιχούν στους τύπους κτιρίων.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



```
elossd.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%NO C2-LP C2-MP C2-MH URM-LP LABEL
1 5 5 5 5 %RES
```

Εικόνα 5. 15: Αρχείο εισαγωγής οικονομικών απωλειών για ελαφριά στάθμη βλάβης

❖ Αρχείο **elossmd.txt**

Το αρχείο αυτό αναφέρεται στην μέτρια στάθμη βλάβης.

1^η Στήλη: Αρίθμηση κάθε κατηγορίας μοντέλου κτιρίου.

Οι επόμενες στήλες αντιστοιχούν στους τύπους κτιρίων.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:

%NO	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	LABEL
1	15	15	15	15	%RES

Εικόνα 5. 16: Αρχείο εισαγωγής οικονομικών απωλειών για μέτρια στάθμη βλάβης

❖ Αρχείο elossed.txt

Το αρχείο αυτό αναφέρεται στην εκτενή στάθμη βλάβης.

1^η Στήλη: Αρίθμηση κάθε κατηγορίας μοντέλου κτιρίου.
Οι επόμενες στήλες αντιστοιχούν στους τύπους κτιρίων.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:

%NO	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	LABEL
1	30	30	30	30	%RES

Εικόνα 5. 17: Αρχείο εισαγωγής οικονομικών απωλειών για εκτενή στάθμη βλάβης

❖ Αρχείο ellosscd.txt

Το αρχείο αυτό αναφέρεται στην πλήρη στάθμη βλάβης.

1^η Στήλη: Αρίθμηση κάθε κατηγορίας μοντέλου κτιρίου.
Οι επόμενες στήλες αντιστοιχούν στους τύπους κτιρίων.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:

%NO	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	LABEL
1	50	50	50	50	%RES

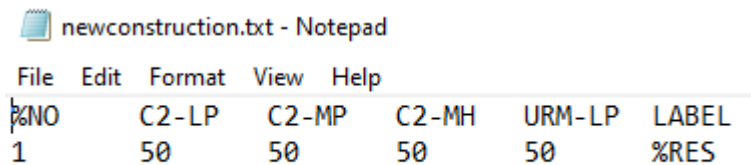
Εικόνα 5. 18: Αρχείο εισαγωγής οικονομικών απωλειών για πλήρη καταστροφή

❖ Αρχείο newconstruction.txt

Το αρχείο αυτό περιέχει το κόστος μιας νέας κατασκευής σε νόμισμα ανά m² για κάθε μοντέλο κτιρίου (ταυτίζεται με το elosscd.txt, το οποίο αντιστοιχεί στην πλήρη βλάβη).

1^η Στήλη: Αρίθμηση κάθε κατηγορίας μοντέλου κτιρίου.
Οι επόμενες στήλες αντιστοιχούν στους τύπους κτιρίων.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



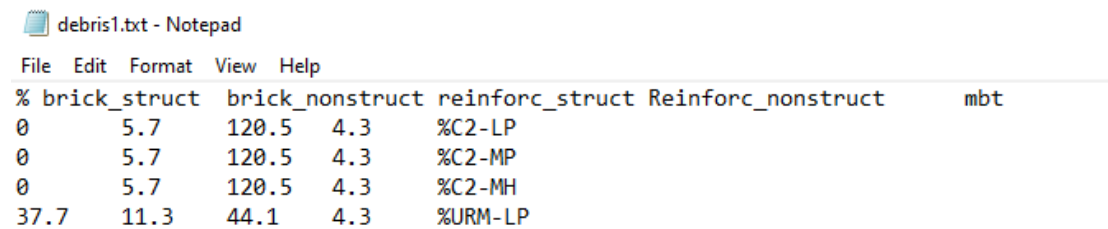
%NO	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	LABEL
1	50	50	50	50	%RES

Εικόνα 5. 19: Αρχείο που αφορά το κόστος ανακατασκευής

❖ Αρχείο debris1.txt

Το αρχείο αυτό περιέχει τα συντρίμια από δομικές βλάβες ανά τύπο κτιρίου (tons/100m²).

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



% brick_struct	brick_nonstruct	reinforc_struct	Reinforc_nonstruct	mbt
0	5.7	120.5	4.3	%C2-LP
0	5.7	120.5	4.3	%C2-MP
0	5.7	120.5	4.3	%C2-MH
37.7	11.3	44.1	4.3	%URM-LP

Εικόνα 5. 20: Αρχείο που αφορά τα μπάζα από δομικές βλάβες

❖ Αρχείο debris2.txt

Το αρχείο αυτό περιέχει τα συντρίμια που προέρχονται από τούβλο και ξύλο ως ποσοστό του βάρους.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



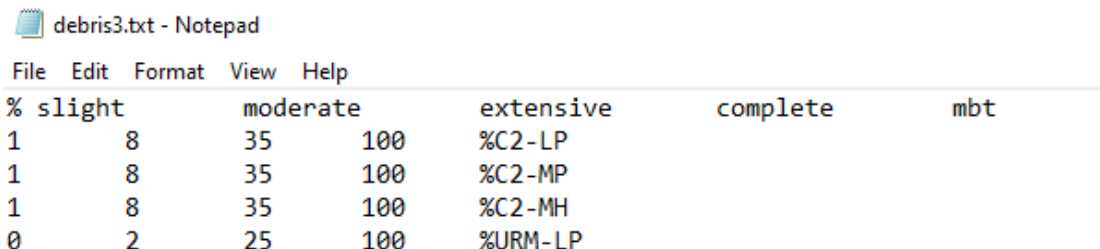
% slight	moderate	extensive	complete	mbt
0	0	100	%C2-LP	
0	0	100	%C2-MP	
0	0	100	%C2-MH	
5	25	55	100	%URM-LP

Εικόνα 5. 21: Αρχείο που αφορά τα μπάζα απο τούβλα και ξύλα

❖ Αρχείο debris3.txt

Το αρχείο αυτό περιέχει τα συντρίμια από σκυρόδεμα και υπολείμματα χάλυβα που δημιουργούνται από δομικές βλάβες ως ποσοστό βάρους.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



% slight	moderate	extensive	complete	mbt
1	8	35	100	%C2-LP
1	8	35	100	%C2-MP
1	8	35	100	%C2-MH
0	2	25	100	%URM-LP

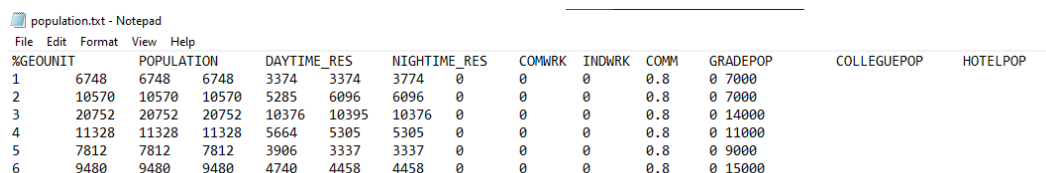
Εικόνα 5. 22: Αρχείο που αφορά τα μπάζα απο σκυρόδεμα και χάλυβα

5.1.3 Αρχεία που αφορούν τις ανθρώπινες απώλειες.

❖ Αρχείο population.txt

Το αρχείο αυτό περιέχει τον αριθμό των κατοίκων της περιοχής ανά υποπεριοχή.

- 1^η Στήλη: Αρίθμηση κάθε υποπεριοχής
- 2^η Στήλη: Συνολικός πληθυσμός σε κάθε υποπεριοχή
- 3^η Στήλη: Συνολικός πληθυσμός τις πρωινές ώρες
- 4^η Στήλη: Συνολικός πληθυσμός τις βραδινές ώρες
- 5^η Στήλη: Συνολικός πληθυσμός που επιστρέφει από την εργασία του
- 6^η Στήλη: Συνολικός πληθυσμός σε πανεπιστήμια
- 7^η Στήλη: Συνολικός πληθυσμός σε ξενοδοχεία
- 8^η Στήλη: Συντελεστής που αντιπροσωπεύει το ποσοστό των ανθρώπων που χρησιμοποιούν αυτοκίνητα. Διαφέρει ανάλογα την περιοχή (αστική ή αγροτική). Προεπιλεγμένη τιμή 0.80.
- 9^η Στήλη: Συνολικός πληθυσμός που επισκέπτεται την περιοχή
- 10^η Στήλη: Συνολικός πληθυσμός σε κατηγορίες (Res1, Res2, Res3)

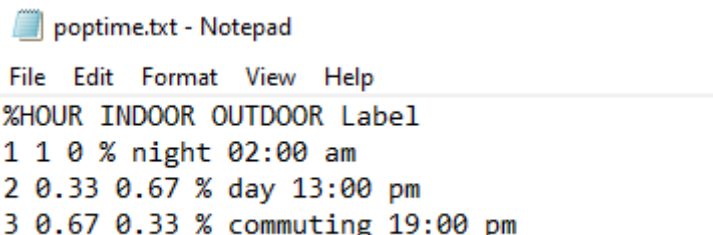


%GEOUNIT	POPULATION	DAYTIME_RES	NIGHTIME_RES	COMWRK	INDWRK	COMM	GRADEPOP	COLLEGEPOP	HOTELPOP
1	6748	6748	3374	3374	0	0	0.8	0	7000
2	10570	10570	5285	6096	6096	0	0.8	0	7000
3	20752	20752	10376	10395	10376	0	0.8	0	14000
4	11328	11328	5664	5305	5305	0	0.8	0	11000
5	7812	7812	3906	3337	3337	0	0.8	0	9000
6	9480	9480	4740	4458	4458	0	0.8	0	15000

Εικόνα 5. 23: Αρχείο εισαγωγής που αφορά το συνολικό πληθυσμό

❖ Αρχείο poptime.txt

Περιέχει τα ποσοστά του πληθυσμού που βρίσκονται εντός και εκτός των κτιρίων σε κάθε ώρα της ημέρας (2 το βράδυ, 1 το μεσημέρι, 7 το απόγευμα).



%HOUR	INDOOR	OUTDOOR	Label
1	1	0	% night 02:00 am
2	0.33	0.67	% day 13:00 pm
3	0.67	0.33	% commuting 19:00 pm

Εικόνα 5. 24: Ποσοστά πληθυσμού για τρεις στιγμές της ημέρας

❖ Αρχείο injury(i).txt

Αρχείο που περιέχει τα ποσοστά σοβαρότητας των τραυματισμών των ανθρώπων (i) για τις πέντε κατηγορίες βλάβης k (ελαφριά, μέτρια, εκτεταμένη, πλήρης, κατάρρευση). Παρακάτω φαίνονται τα τέσσερα injury(i).txt αρχεία.

❖ Injury1.txt

injury1.txt - Notepad

File	Edit	Format	View	Help						
%Slight	Moderate		Extensive	Complete	Complete-Collapse	Label				
1	10	5	1	0.2	0.05	%C2-LP				
2	10	5	1	0.2	0.05	%C2-MP				
3	10	5	1	0.2	0.05	%C2-MH				
4	10	5	1	0.2	0.05	%URM-LP				

Εικόνα 5. 25: Αρχείο που αφορά τα ποσοστά τραυματισμού (Ελαφρύς τραυματισμός)

❖ Injury2.txt

injury2.txt - Notepad

File	Edit	Format	View	Help						
%Slight	Moderate		Extensive	Complete	Complete-Collapse	Label				
1	10	8	6	3	1	%C2-LP				
2	10	8	6	3	1	%C2-MP				
3	10	8	6	3	1	%C2-MH				
4	10	8	6	3	1	%URM-LP				

Εικόνα 5. 26: Αρχείο που αφορά τα ποσοστά τραυματισμού (Μέτριος τραυματισμός)

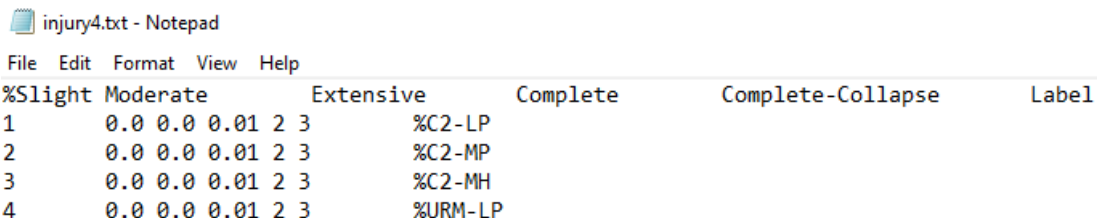
❖ Injury3.txt

injury3.txt - Notepad

File	Edit	Format	View	Help						
%Slight	Moderate		Extensive	Complete	Complete-Collapse	Label				
1	0	0	10	4	2	%C2-LP				
2	0	0	10	4	2	%C2-MP				
3	0	0	10	4	2	%C2-MH				
4	0	0	10	4	2	%URM-LP				

Εικόνα 5. 27: Αρχείο που αφορά τα ποσοστά τραυματισμού (Σοβαρός τραυματισμός)

❖ Injury4.txt



	%Slight	Moderate	Extensive	Complete	Complete-Collapse	Label
1	0.0	0.0	0.01 2 3	%C2-LP		
2	0.0	0.0	0.01 2 3	%C2-MP		
3	0.0	0.0	0.01 2 3	%C2-MH		
4	0.0	0.0	0.01 2 3	%URM-LP		

Εικόνα 5. 28: Αρχείο που αφορά τα ποσοστά τραυματισμού (Θύματα)

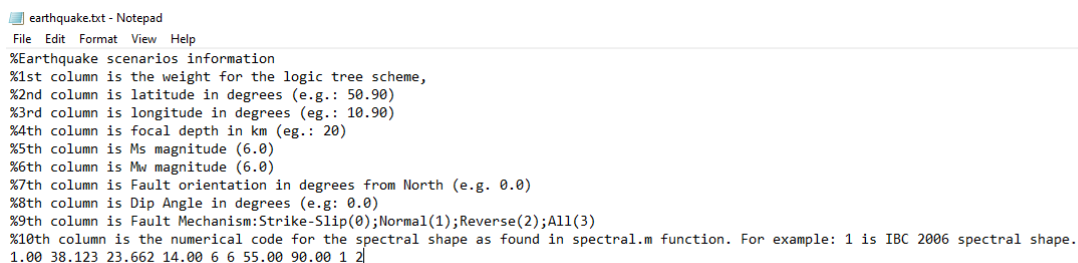
5.2 Μέθοδος Ντετερμινιστικής ανάλυσης

Στην Ντετερμινιστική ανάλυση καθορίζεται ο σεισμικός κίνδυνος με δεδομένα ρήγματος.

❖ Αρχείο Earthquake.txt

- 1^η Στήλη: Αριθμός σεισμικών σεναρίων
- 2^η Στήλη: **Lat**= Γεωγραφικό πλάτος του ρήγματος
- 3^η Στήλη: **Lon**= Γεωγραφικό μήκος του ρήγματος
- 4^η Στήλη: Εστιακό βάθος (km)
- 5^η Στήλη: Ms
- 6^η Στήλη: Mw
- 7^η Στήλη: Προσανατολισμός ρήγματος
- 8^η Στήλη: Γωνία Βύθισης
- 9^η Στήλη: Είδος μηχανισμού ρήγματος (slip, normal, reverse)
- 10^η Στήλη: Φάσμα

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:

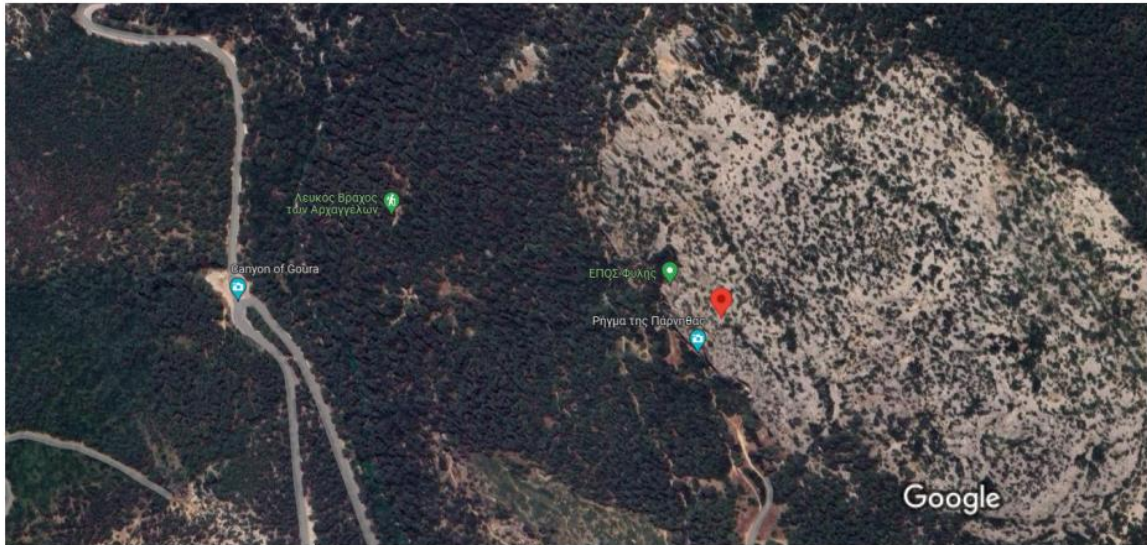


```

%Earthquake scenarios information
%1st column is the weight for the logic tree scheme,
%2nd column is latitude in degrees (e.g.: 50.90)
%3rd column is longitude in degrees (eg.: 10.90)
%4th column is focal depth in km (eg.: 20)
%5th column is Ms magnitude (6.0)
%6th column is Mw magnitude (6.0)
%7th column is Fault orientation in degrees from North (e.g. 0.0)
%8th column is Dip Angle in degrees (e.g: 0.0)
%9th column is Fault Mechanism:Strike-Slip(0);Normal(1);Reverse(2);All(3)
%10th column is the numerical code for the spectral shape as found in spectral.m function. For example: 1 is IBC 2006 spectral shape.
1.00 38.123 23.662 14.00 6 6 55.00 90.00 1 2
    
```

Εικόνα 5. 29: Αρχείο εισαγωγής σεισμικού κινδύνου για Ντετερμινιστική ανάλυση

Οι συντεταγμένες και τα δεδομένα του ρήγματος που εισάχθηκαν αφορούν το ρήγμα της Πάρνηθας και ο δεδομένος σεισμός έχει μέγεθος ροπής 6 (βλ. Εικόνα 5.30).



Εικόνες ©2024 Airbus, CNES / Airbus, Maxar Technologies, Δεδομένα χάρτη ©2024 100 μέτρα

Εικόνα 5. 30; Ρήγμα της Πάρνηθας

❖ Αρχείο Attenuation.txt

Σχέσεις εξασθένησης

- 1^η Στήλη: Συντελεστής βαρύτητας
- 2^η Στήλη: Εδαφική επιτάχυνση PGA
- 3^η Στήλη: Εδαφική επιτάχυνση SA στα 0.3 sec
- 4^η Στήλη: Εδαφική επιτάχυνση SA στα 1 sec

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:

```
attenuation.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%Ground motion information. See att_sub.m in order to choose the label of the corresponding attenuation relationship.
%First column is weighth the second column is the label of PGA att. rel.; the third column is the
%label of sa at 0.3 s att. rel. and the fourth column is the label of sa at 1.0 s att. rel.
%For each attenuation relationship periods at 0s (PGA), 0.3s and 1.0 should be give with same
%weighths because each computation will need ground motion at these three periods.
1.00 145 3145 10145
```

Εικόνα 5. 31: Σχέσεις εξασθένησης

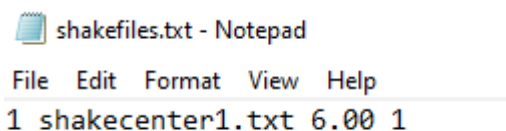
5.3 Μέθοδος πιθανοκρατικής ανάλυσης

Στην πιθανοκρατική ανάλυση ορίζεται ο σεισμικός κίνδυνος απευθείας με τιμές PGA και τιμές SA για την περιοχή.

❖ Αρχείο **shakefiles.txt**

- 1^η Στήλη: Συντελεστής βαρύτητας
- 2^η Στήλη: Ονομασία αρχείων με χαρακτηριστικά φάσματος
- 3^η Στήλη: Μέγεθος ροπής του σεισμού (Mw)
- 4^η Στήλη: Αριθμητικός κώδικας για το φασματικό σχήμα (1-Ευρωκώδικας 8)

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:



Εικόνα 5. 32: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Πιθανοκρατική ανάλυση

❖ **Shakecenter1.txt**

- 1^η Στήλη: **GEOUNIT**= Αριθμός κάθε γεωγραφικής ενότητας
- 2^η Στήλη: **Lat**= Γεωγραφικό πλάτος του κέντρου κάθε γεωγραφικής ενότητας
- 3^η Στήλη: **Lon**= Γεωγραφικό μήκος του κέντρου κάθε γεωγραφικής ενότητας
- 4^η Στήλη: **S**= Τύπος εδάφους
- 5^η Στήλη: **Vs(30)**= Μέση ταχύτητα διατμητικού κύματος για πάνω από 30μ βάθος
- 6^η Στήλη: **geom**= Γεωμετρία του εδάφους κάθε γεωγραφικής ενότητας (0-επίπεδο; 1- λόφοι; 2- πλαγιές; 3- φαράγγια)
- 7^η Στήλη: **place**= Τοποθεσία κτιρίων, λαμβάνεται ίσο με το 0
- 8^η Στήλη: **H**= Μέγιστο ύψος στη γεωγραφική ενότητα
- 9^η Στήλη: **L**= Το μισό πλάτος της γεωμετρίας
- 10^η Στήλη: **tc**= Τύπος λόφου (0- επίπεδο έδαφος; 1- αιχμηρή κορυφή; 2- επίπεδη κορυφή)
- 11^η Στήλη : **PGA**= Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση
- 12^η Στήλη: **SA0_3**= Επιτάχυνση εδάφους τη στιγμή 0,3 sec
- 13^η Στήλη: **SA1_0**= Επιτάχυνση εδάφους τη στιγμή 1 sec
- 14^η Στήλη: **Tcorner**= Γωνιακή περίοδος των φασμάτων απόκρισης

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας σε μορφή *.txt όπως στο πρόγραμμα:

```

shakecenter1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT LATITUDE LONGITUDE SOIL Vs30 geom(0/1/2/3) place(0/1/2) H(m) L(m) tc(1/2) PGA SA0_3 SA1_0 Tcorner
1 38.036268 23.774044 2 800 0 0 300 300 1 0.20 0.30 0.08 0
2 38.037827 23.760498 2 800 0 0 300 300 1 0.20 0.30 0.08 0
3 38.036368 23.774049 2 800 0 0 300 300 1 0.20 0.30 0.08 0
4 38.043187 23.752390 2 800 0 0 300 300 1 0.20 0.30 0.08 0
5 38.032811 23.751077 2 800 0 0 300 300 1 0.20 0.30 0.08 0
6 38.036273 23.774090 2 800 0 0 300 300 1 0.20 0.30 0.08 0
    
```

Εικόνα 5. 33: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Πιθανοκρατική ανάλυση

Για την εκτίμηση της $V_s(30)$, χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω πίνακας:

Ground type	Description of stratigraphic profile	Shear wave velocity $v_{s,30}$ [m/s]
A	Rock or rock-like geological formation, incl. at most 5 m of weaker material at the surface	> 800
B	Deposits of very dense sands, gravel, or very stiff clay (at least several tens of m in thickness) characterized by a gradual increase of mechanical properties with depth	360–800
C	Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay with thickness from several tens to many hundreds of m	180–360
D	Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (with or without some soft cohesive layers), or of predominantly soft-to-firm cohesive soil	< 180
E	Soil profile consisting of a surface alluvium layer with $v_{s,30}$ values of type C or D and thickness H varying between 5–20 m underlain by stiffer material with $v_{s,30} > 800$ m/s	<i>n.a.</i>

Πίνακας 5. 8: $V_s(30)$

Για σεισμό μεγέθους ροπής 6, ο οποίος αντιστοιχεί σε κατηγορία VII στην κλίμακα Mercalli, η PGA κυμαίνεται από 0.15g-0.25g. Επομένως στην 11^η στήλη του αρχείου shakecenter1.txt η PGA εκτιμήθηκε 0.20g.

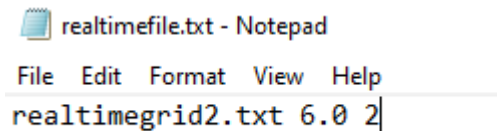
5.4 Μέθοδος ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο

❖ Αρχείο realtimefile.txt

1^η Στήλη: Ονομασία υποαρχείου το οποίο δίνει τις πληροφορίες επιταχύνσεων

2^η Στήλη: Μέγεθος ροπής του σεισμού (Mw)

3^η Στήλη: Αριθμητικός κώδικας για το φασματικό σχήμα (2-Ευρωκώδικας 8)



Εικόνα 5. 34: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Real-Time ανάλυση

❖ Αρχείο realtimegrid2.txt

1^η Στήλη: **Lat**= Γεωγραφικό πλάτος του κέντρου κάθε γεωγραφικής ενότητας

2^η Στήλη: **Lon**= Γεωγραφικό μήκος του κέντρου κάθε γεωγραφικής ενότητας

3^η Στήλη : **PGA**= Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση

4^η Στήλη: **SA0_3**= Επιτάχυνση εδάφους τη στιγμή 0,3 sec

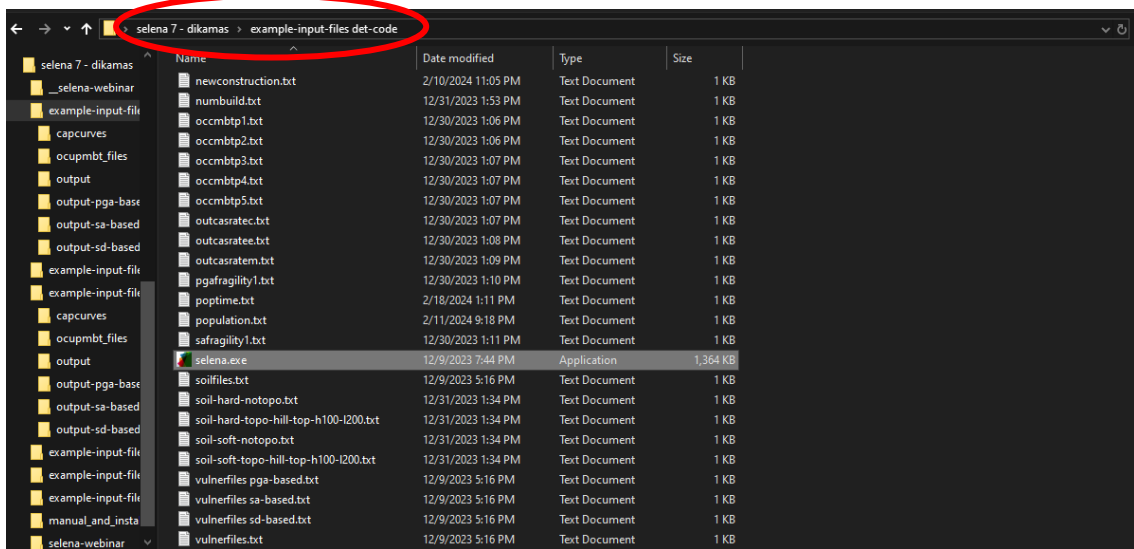
5^η Στήλη: **SA1_0**= Επιτάχυνση εδάφους τη στιγμή 1 sec

%LATITUDE		LONGITUDE		PGA	SA0_3	SA1_0
38.036	23.774	0.20	0.30	0.08		
38.037	23.760	0.20	0.30	0.08		
38.036	23.774	0.20	0.30	0.08		
38.043	23.752	0.20	0.30	0.08		
38.032	23.751	0.20	0.30	0.08		
38.036	23.774	0.20	0.30	0.08		

Εικόνα 5. 35: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Real-Time ανάλυση

5.5 Επίλυση με το πρόγραμμα

Για να τρέξει το selena χρειάζονται δύο βασικά αρχεία *.exe. Αρχικά πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένο στον υπολογιστή ένα matlab runtime compiler, το οποίο υπάρχει σαν αρχείο *.exe μέσα στο φακέλο με τα συνολικά αρχεία του selena (MyAppInstaller_mcr.exe). Το δεύτερο αρχείο που χρειάζεται είναι το selena.exe, το οποίο πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχει μέσα στο φάκελο με τα input αρχεία κάθε ανάλυσης.



Εικόνα 5. 36: Selena.exe

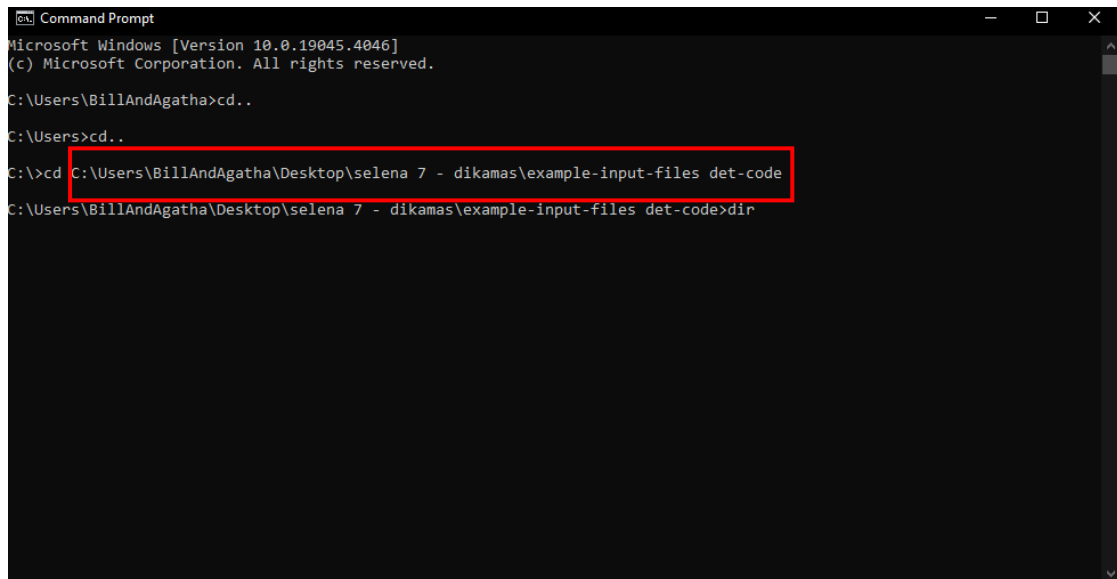
Command Window του υπολογιστή:

Ντετερμινιστική ανάλυση: **Selena d**

Πιθανοκρατική ανάλυση: **Selena p**

Ανάλυση με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο: **Selena r**

Παρακάτω φαίνεται ένα παράδειγμα ανάλυσης με το selena για ντετερμινιστική ανάλυση. Με τον ίδιο τρόπο ακολουθούν και οι άλλες δύο αναλύσεις.

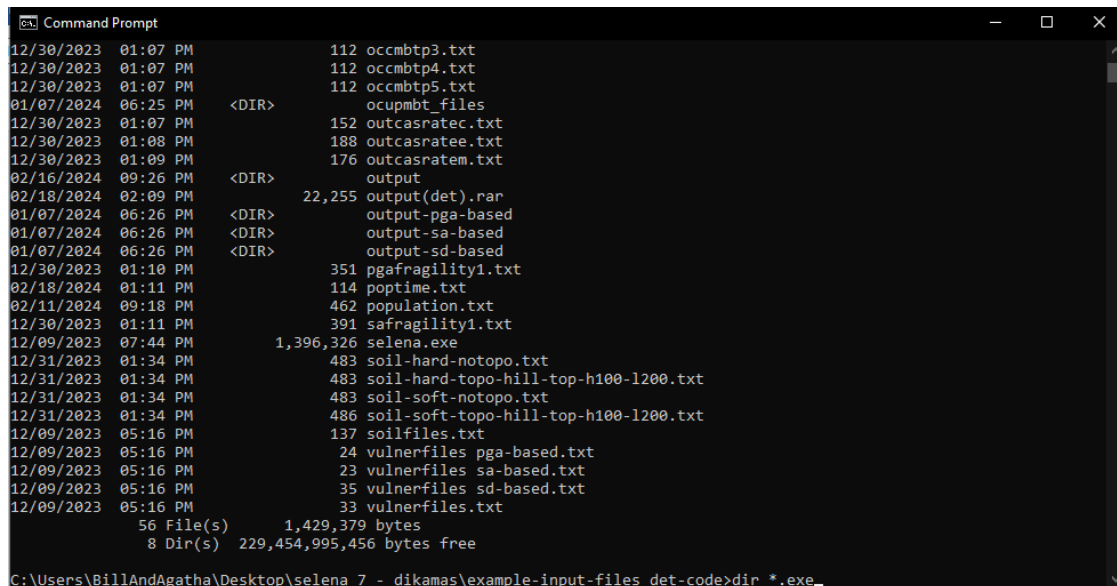


```
Command Prompt
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.4046]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\BillAndAgatha>cd..
C:\Users>cd..
C:\>cd C:\Users\BillAndAgatha\Desktop\selena 7 - dikamas\example-input-files det-code
C:\Users\BillAndAgatha\Desktop\selena 7 - dikamas\example-input-files det-code>dir
```

Εικόνα 5. 37: Selena.exe

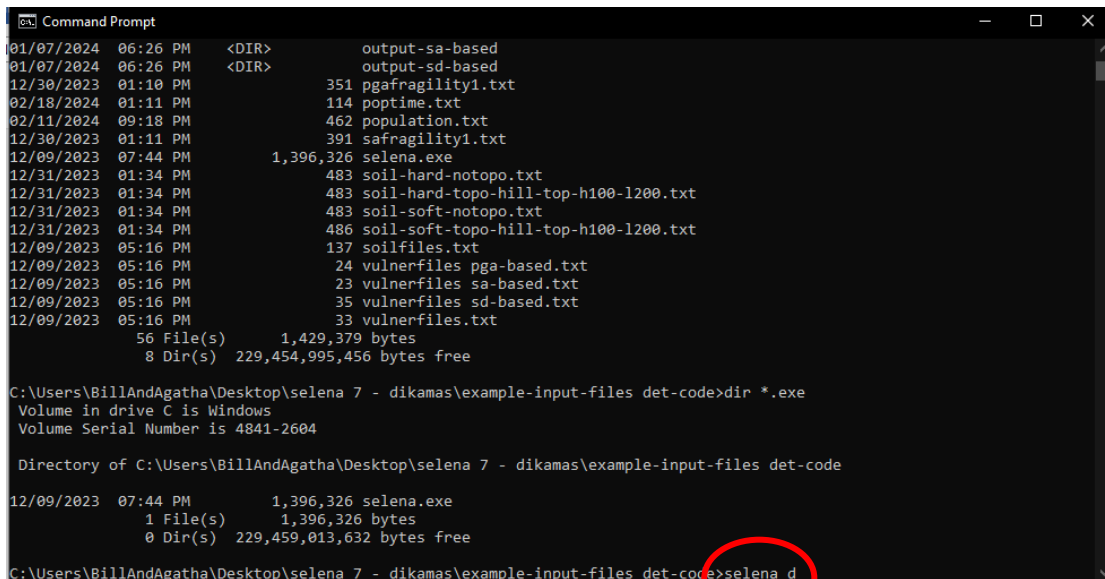
Η διαδρομή του φακέλου που φαίνεται, είναι αυτή στην οποία βρίσκονται τα input (.txt) αρχεία σε κάθε ανάλυση.



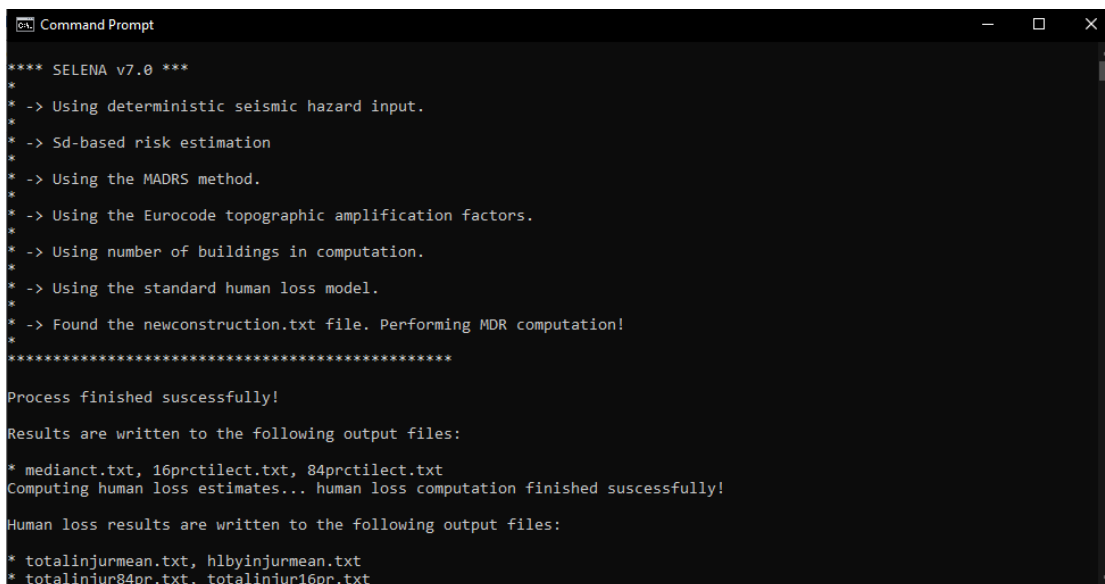
```
Command Prompt
12/30/2023 01:07 PM          112 occmbtp3.txt
12/30/2023 01:07 PM          112 occmbtp4.txt
12/30/2023 01:07 PM          112 occmbtp5.txt
01/07/2024 06:25 PM    <DIR>          ocupmbt_files
12/30/2023 01:07 PM          152 outcasratec.txt
12/30/2023 01:08 PM          188 outcasratee.txt
12/30/2023 01:09 PM          176 outcasratem.txt
02/16/2024 09:26 PM    <DIR>          output
02/18/2024 02:09 PM          22,255 output(det).rar
01/07/2024 06:26 PM    <DIR>          output-pga-based
01/07/2024 06:26 PM    <DIR>          output-sa-based
01/07/2024 06:26 PM    <DIR>          output-sd-based
12/30/2023 01:10 PM          351 pgafragility1.txt
02/18/2024 01:11 PM          114 poptime.txt
02/11/2024 09:18 PM          462 population.txt
12/30/2023 01:11 PM          391 safragility1.txt
12/09/2023 07:44 PM          1,396,326 selena.exe
12/31/2023 01:34 PM          483 soil-hard-notopo.txt
12/31/2023 01:34 PM          483 soil-hard-topo-hill-top-h100-1200.txt
12/31/2023 01:34 PM          483 soil-soft-notopo.txt
12/31/2023 01:34 PM          486 soil-soft-topo-hill-top-h100-1200.txt
12/09/2023 05:16 PM          137 soilfiles.txt
12/09/2023 05:16 PM          24 vulnerfiles pga-based.txt
12/09/2023 05:16 PM          23 vulnerfiles sa-based.txt
12/09/2023 05:16 PM          35 vulnerfiles sd-based.txt
12/09/2023 05:16 PM          33 vulnerfiles.txt
56 File(s)          1,429,379 bytes
8 Dir(s)          229,454,995,456 bytes free

C:\Users\BillAndAgatha\Desktop\selena 7 - dikamas\example-input-files det-code>dir *.exe_
```

Εικόνα 5. 38: Selena.exe



Εικόνα 5. 39: Selena.exe



Εικόνα 5. 40: Selena.exe

```

Command Prompt

Human loss results are written to the following output files:

* totalinjurmean.txt, hlbyinjurmean.txt
* totalinjur84pr.txt, totalinjur16pr.txt
* hlbyinjur84pr.txt, hlbyinjur16pr.txt

elapsed time = 0.9 [s]

Computing debris estimates... debris computation finished successfully!

Debris results are written to the following output files:

* mediandebrist1.txt, mediandebrist2.txt
* 16prctiledebrist1.txt, 84prctiledebrist1.txt
* 16prctiledebrist2.txt, 84prctiledebrist2.txt

elapsed time = 1.1 [s]

Computing Direct social losses estimates... direct social losses computation finished successfully!

direct social losses results are written to the following output files:

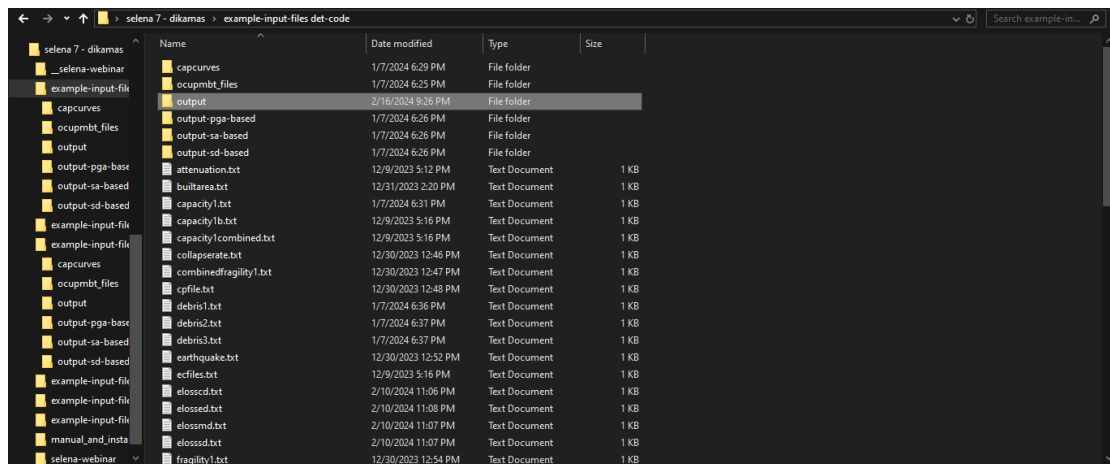
* medianhunusd.txt, medianhunusd.txt
* 16prctilehunusd, 84prctilehunusd
* 16prctilehunusd, 84prctilehunusd

elapsed time = 1.3 [s]

C:\Users\BillAndAgatha\Desktop\selena 7 - dikamas\example-input-files det-code>
    
```

Εικόνα 5. 41: Selena.exe

Εφόσον η διαδικασία έχει γίνει σωστά θα εμφανιστεί το μήνυμα «Process finished successfully!». Αυτόματα, μέσα στο φάκελο με τα input files, ενημερώνεται ο φάκελος με το όνομα output, ο οποίος θα φέρει τα αρχεία με τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση. Τα ενημερωμένα αρχεία output θα φαίνονται με την ώρα και την ημερομηνία την οποία έτρεξε το πρόγραμμα.



Εικόνα 5. 42: Φάκελος με output αρχεία

5.6 Output αρχεία ντετερμινιστικής ανάλυσης.

❖ Αρχείο dout1.txt (κτιριακές βλάβες)

Το αρχείο αυτό περιέχει τα ποσοστά βλάβης για κάθε μοντέλο - τύπου κτιρίου.

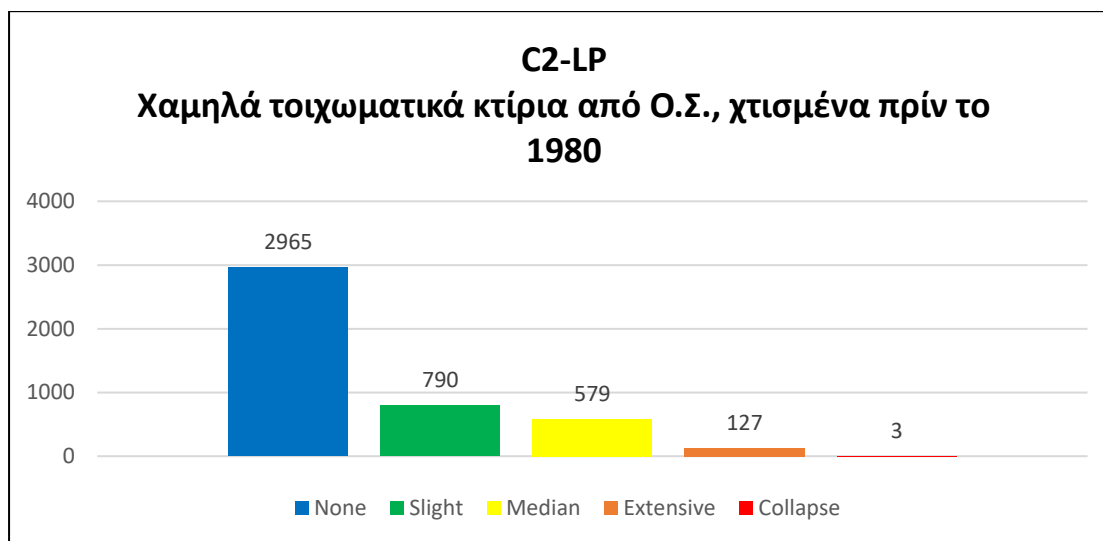
Κτιρίο	Lat	Lon	Soil	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	Numb																
1	38.036	23.774	2	0.7230	0.1571	0.1012	0.0184	0.0003	0.8151	0.1656	0.0192	0.0000	0.0000	0.7221	0.1963	0.0775	0.0032	0.0009	0.5106	0.2345	0.1722	0.0662	0.0165	1
2	38.038	23.760	2	0.6776	0.1737	0.1227	0.0253	0.0006	0.7910	0.1855	0.0235	0.0001	0.0000	0.7015	0.2070	0.0866	0.0038	0.0011	0.3982	0.2513	0.2179	0.1007	0.0318	2
3	38.043	23.752	2	0.5669	0.2047	0.1779	0.0485	0.0019	0.7653	0.2062	0.0285	0.0001	0.0000	0.6801	0.2177	0.0963	0.0046	0.0013	0.3144	0.2516	0.2495	0.1334	0.0511	3
4	38.033	23.751	2	0.6693	0.1765	0.1268	0.0267	0.0007	0.7874	0.1884	0.0242	0.0001	0.0000	0.6985	0.2086	0.0879	0.0039	0.0011	0.3847	0.2522	0.2233	0.1055	0.0344	4
5	38.033	23.752	2	0.6741	0.1749	0.1245	0.0259	0.0006	0.7888	0.1872	0.0239	0.0001	0.0000	0.6997	0.2079	0.0874	0.0039	0.0011	0.3899	0.2519	0.2212	0.1036	0.0334	5
6	38.033	23.752	2	0.6728	0.1753	0.1251	0.0261	0.0006	0.7881	0.1878	0.0240	0.0001	0.0000	0.6991	0.2082	0.0876	0.0039	0.0011	0.3874	0.2520	0.2222	0.1046	0.0339	6

Εικόνα 5. 43: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Ντετερμινιστική ανάλυση)

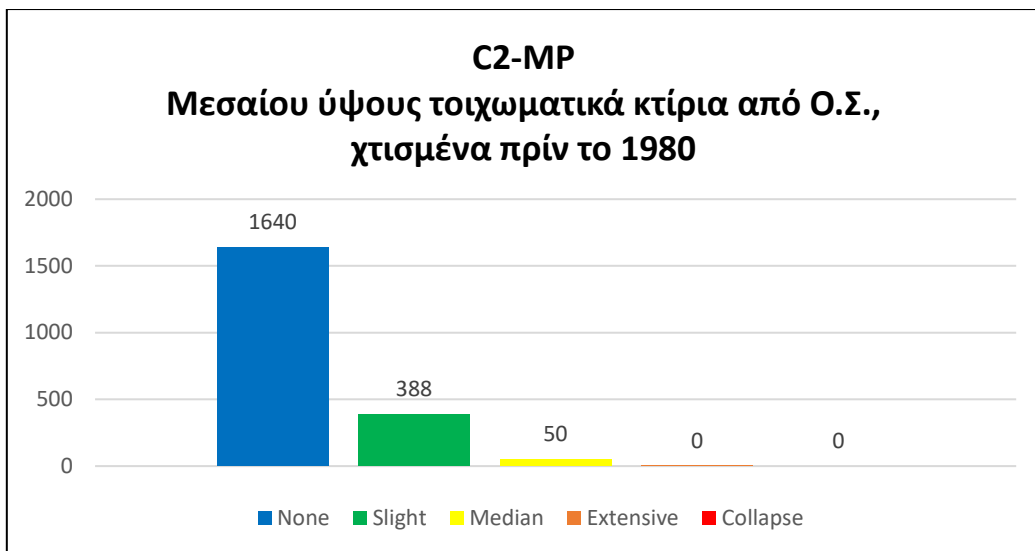
Για κάθε κατηγορία κτιρίου υπάρχουν πέντε στήλες, οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε στάθμη βλάβης (None, slight, median, extensive, collapse).

Επειδή τα αποτελέσματα των κτιρίων στην ντετερμινιστική μέθοδο εμφανίζονται σαν ποσοστά, έπρεπε να γίνει μια μετατροπή των αποτελεσμάτων σε αριθμό κτιρίων όπως φαίνεται στα σχήματα 5.1 έως 5.5:

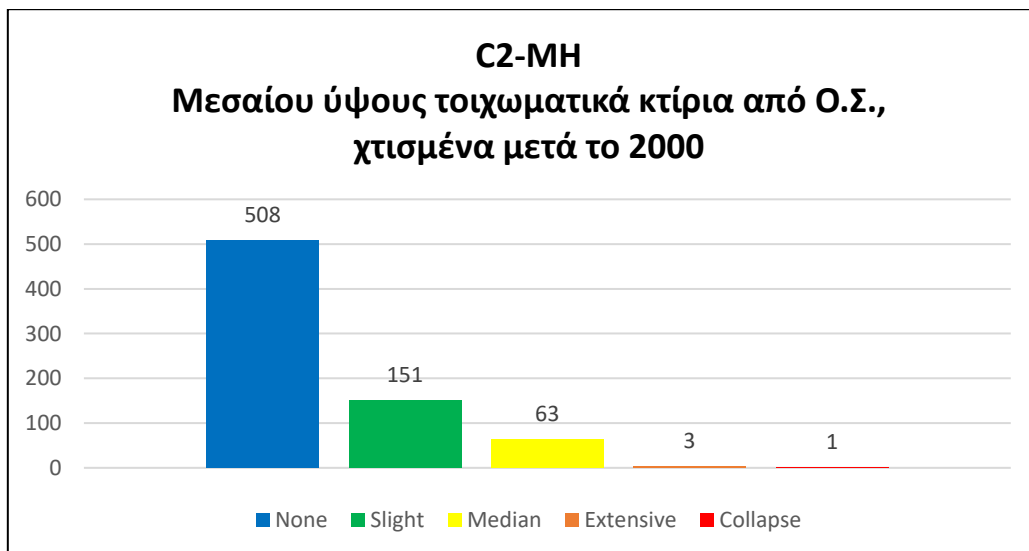
Συνολικές βλάβες για κάθε κατηγορία κτιρίου:



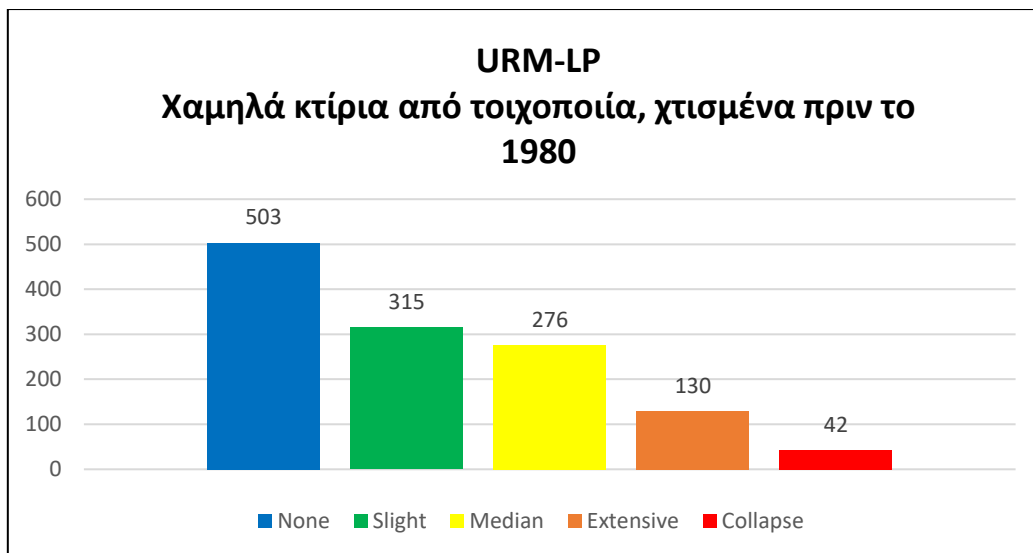
Σχήμα 5. 1: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 2: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980

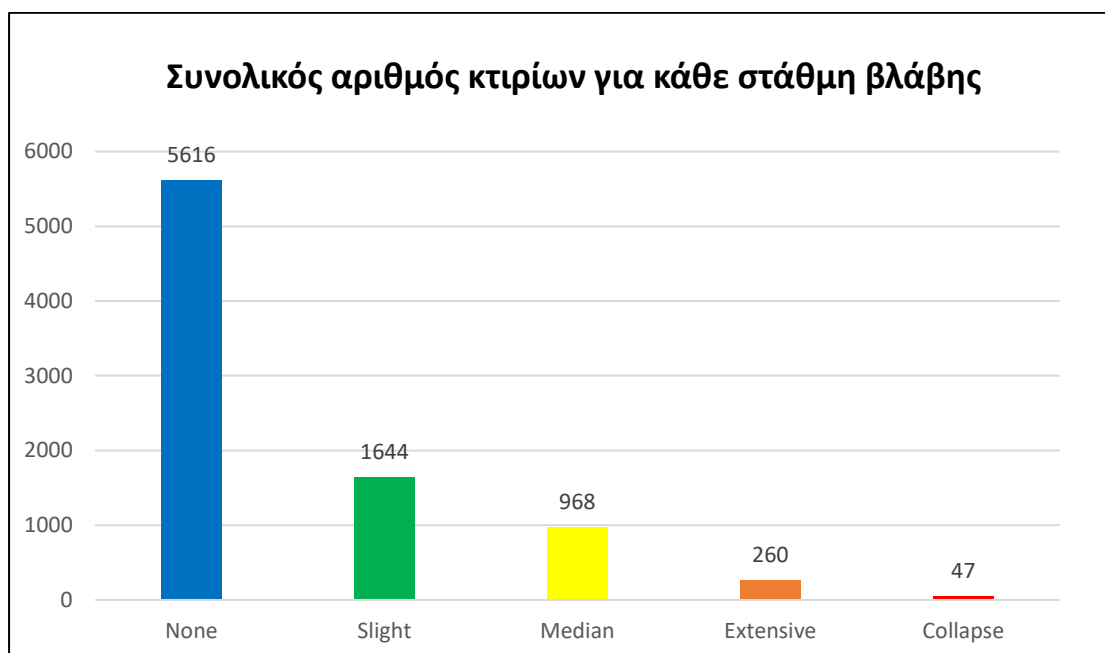


Σχήμα 5. 3: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000



Σχήμα 5. 4: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980

Συνολικές βλάβες κτιρίων που υπήρξαν στην περιοχή ανάλογα τη στάθμη βλάβης:



Σχήμα 5. 5: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Ντετερμινιστική ανάλυση)

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι κτίρια χτισμένα από τοιχοποιία, παρουσιάζουν μεγαλύτερες βλάβες συγκριτικά με τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Εκτός από το υλικό, ένας άλλος λόγος που συμβαίνει αυτό, είναι η παλαιότητα κατασκευής τους. Αντιθέτως, τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 2000, έπαθαν κυρίως ελαφριές ζημιές. Γενικά σαν σύνολο, για τον σεισμό μεγέθους ροπής 6 (ντετερμινιστική ανάλυση), υπήρχαν όλων των βαθμών βλάβες, αλλά κυρίως ελαφριές και μέτριες.

❖ **Αρχείο totalinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)**

Το αρχείο αυτό δείχνει τον μέσο αριθμό των τραυματιών στις χρονικές περιόδους της ημέρας που εξετάστηκαν (2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.)

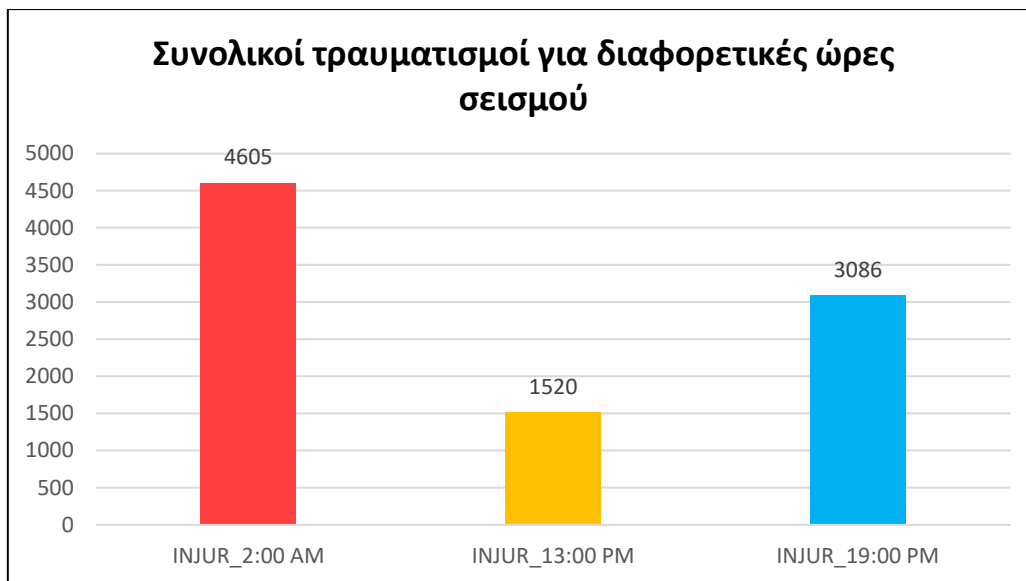
%GEOUNIT	INJUR_2:00	INJUR_10:00	INJUR_17:00
1	310.3	102.4	207.9
2	673.4	222.2	451.2
3	1657.5	547.0	1110.5
4	786.5	259.6	527.0
5	572.5	188.9	383.6
6	605.0	199.6	405.3

Εικόνα 5. 44: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

%GEOUNIT	INJUR_2:00 AM	INJUR_13:00 PM	INJUR_19:00 PM
1	310	102	208
2	673	222	451
3	1658	547	1111
4	787	260	527
5	573	189	384
6	605	200	405
sum	4605	1520	3086

Πίνακας 5. 9: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.

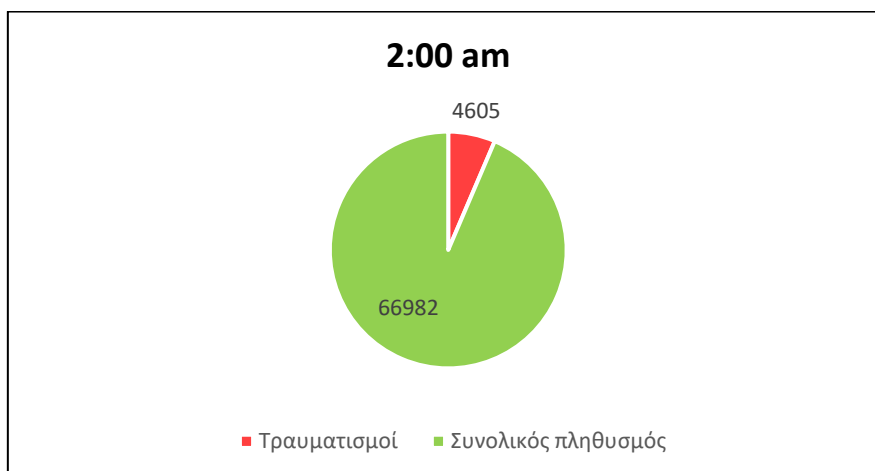


Σχήμα 5. 6: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες

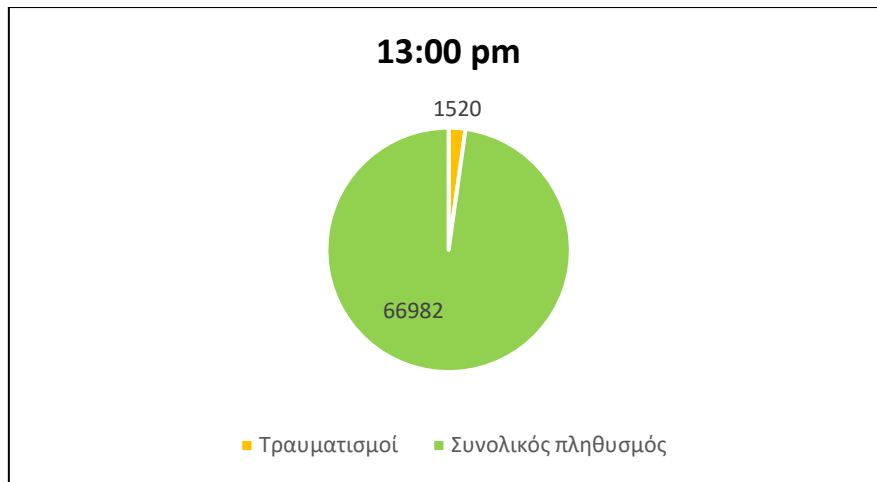
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι τραυματίες έναντι του συνολικού πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας:

	Τραυματισμοί	Συνολικός πληθυσμός	Ποσοστό τραυματισμένων (%)
INJUR_2:00 AM	4605	66982	6.88
INJUR_13:00 PM	1520	66982	2.27
INJUR_19:00 PM	3086	66982	4.61

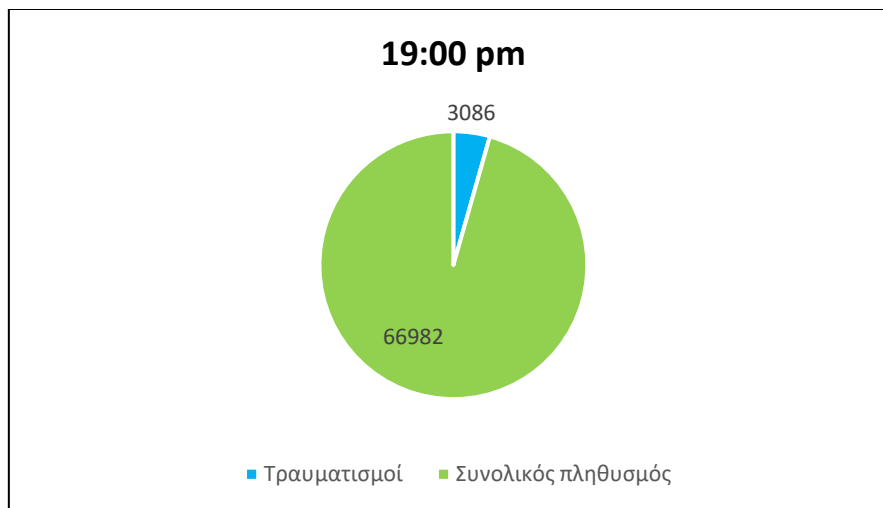
Πίνακας 5. 10: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες



Σχήμα 5. 7: Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 8: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 9: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα, αν ο συγκεκριμένος σεισμός γινόταν τη χρονική στιγμή 2:00 π.μ, θα τραυματιζόταν το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού (6,88%), και αυτό συμβαίνει διότι εκείνη την ώρα εκτιμάται ότι όλοι οι κάτοικοι της περιοχής βρίσκονται εντός των κτιρίων. Αντιθέτως, την ώρα 13:00 μ.μ., οι περισσότεροι κάτοικοι της περιοχής βρίσκονται στην εργασία τους που ενδεχομένως να είναι εκτός της περιοχής μελέτης. Εάν λοιπόν, ο σεισμός χτυπήσει την ώρα εκείνη, το ποσοστό το οποίο θα υποστεί σωματικές βλάβες θα είναι αρκετά μικρότερο (2,27%). Σε μία απογευματινή ώρα, ομοίως εκτιμήθηκε ένα ποσοστό ανθρώπων το οποίο θα βρίσκεται εκτός κτιρίων και περιοχής μελέτης και υπολογίστηκε ένα ποσοστό τραυματισμών 4,61% έναντι του συνολικού πληθυσμού.

❖ Αρχείο hlbyinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)

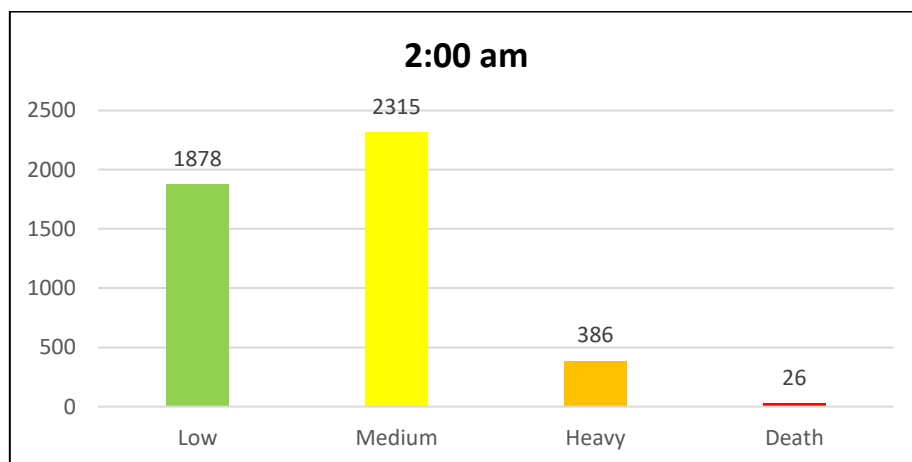
Το αρχείο αυτό διαφέρει από το totalinjur1.txt, καθώς προσθέτει ακόμα μια πληροφορία για τους τραυματίες της περιοχής και αυτή είναι ο βαθμός του τραυματισμού. Συγκεκριμένα χωρίζει τη βλάβη σε low (μικρή), medium (μεσαίου μεγάλους), Heavy (βαριά), Death (θάνατος).

%GEOUNIT	INJURLOW_2:00	INJURLOW_10:00	INJURLOW_17:00	INJURMED_2:00	INJURMED_10:00	INJURMED_17:00	INJURHEAV_2:00	INJURHEAV_10:00	INJURHEAV_17:00	INJURDEATH_2:00	INJURDEATH_10:00	INJURDEATH_17:00
1	141.6	46.7	94.9	157.9	52.1	105.8	10.3	3.4	6.9	0.5	0.2	0.3
2	282.6	93.2	189.3	339.9	112.2	227.7	48.1	15.9	32.2	3.0	1.0	2.0
3	647.2	213.6	433.6	827.9	273.2	554.7	170.0	56.1	113.9	12.4	4.1	8.3
4	321.9	106.2	215.7	396.1	130.7	265.4	64.4	21.2	43.1	4.1	1.3	2.7
5	230.9	76.2	154.7	288.2	95.1	193.1	50.2	16.6	33.6	3.1	1.0	2.1
6	253.7	83.7	170.0	305.1	100.7	204.4	43.4	14.3	29.1	2.7	0.9	1.8

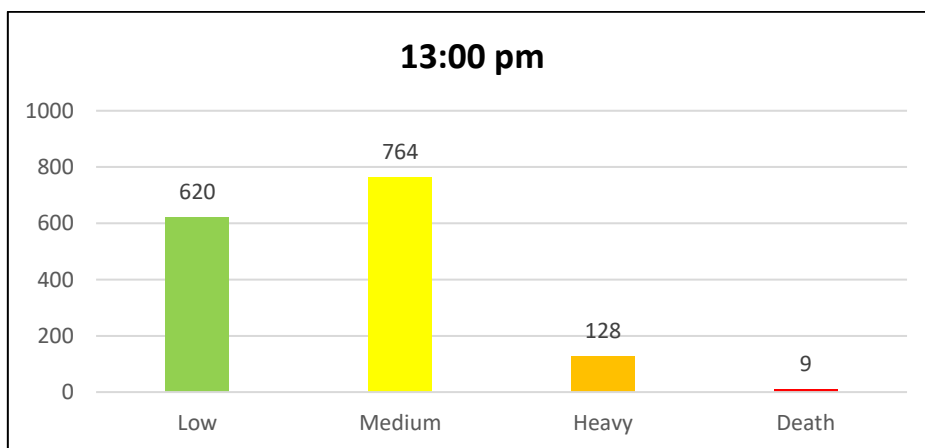
Εικόνα 5. 45: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν.

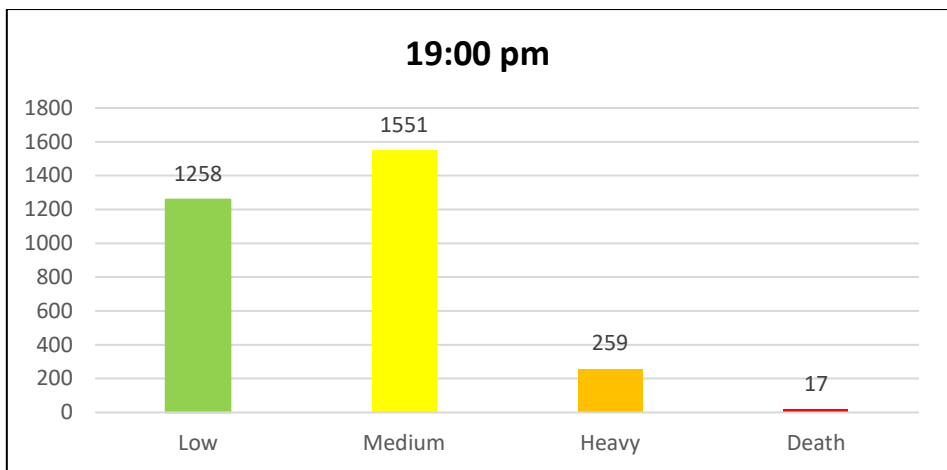
Συνολικοί τραυματισμοί ανάλογα το μέγεθος του τραυματισμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 5. 10: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ)



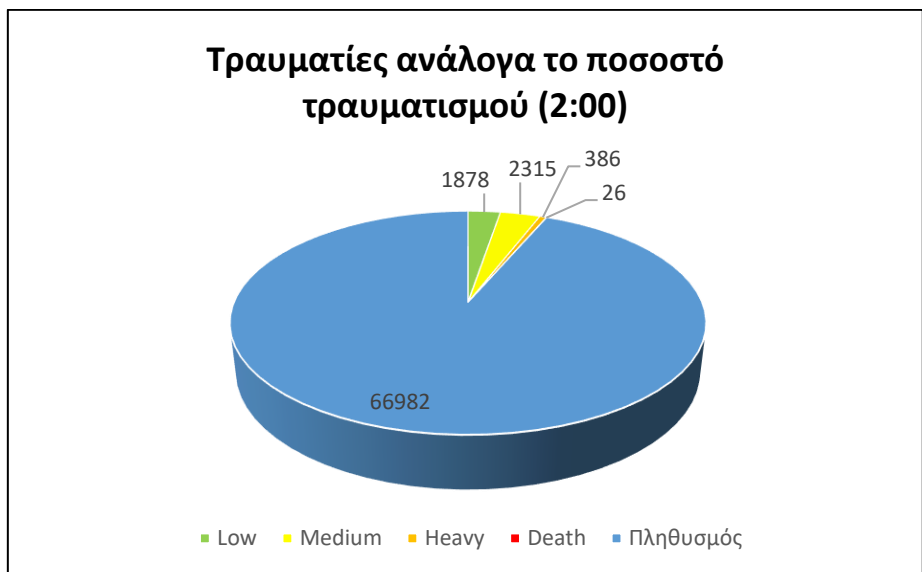
Σχήμα 5. 11: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ)



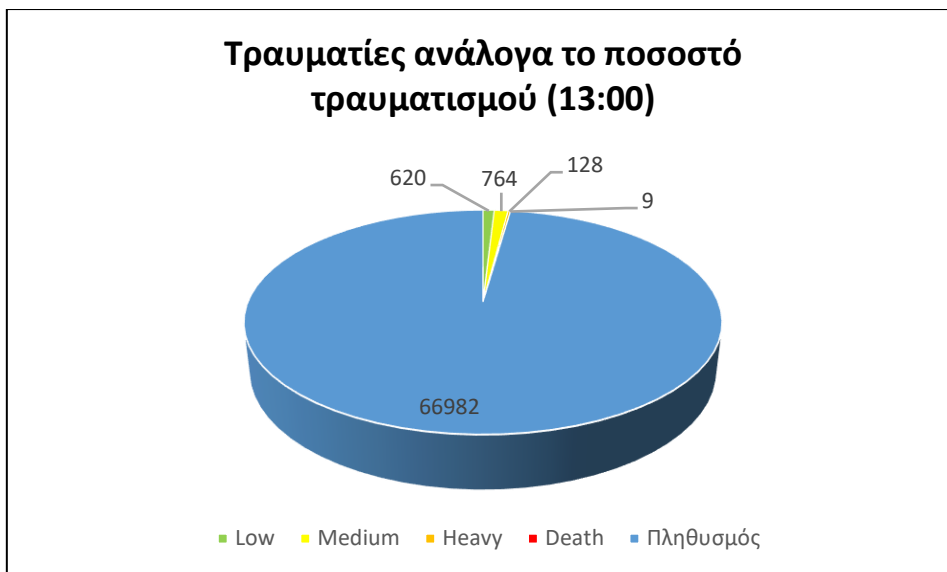
Σχήμα 5. 12: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ)

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι οι τραυματισμοί εκτείνονται από ελαφρείς τραυματισμούς μέχρι και θανάτους. Το μεγαλύτερο ποσοστό ανθρώπων είχε ελαφρείς με μέτριους τραυματισμούς.

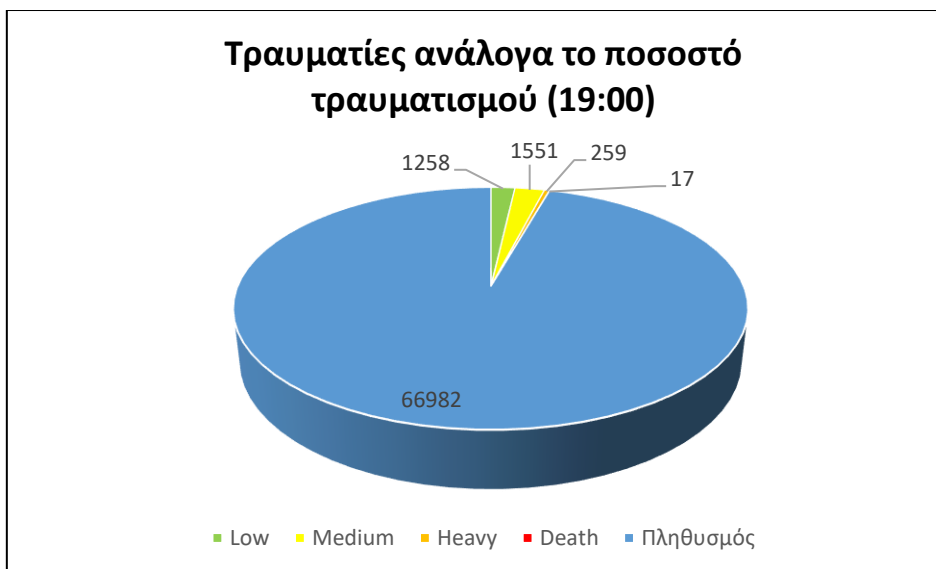
Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού.



Σχήμα 5. 13: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ)



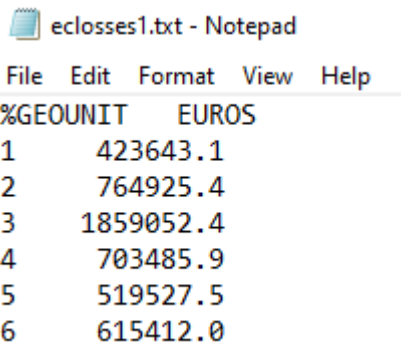
Σχήμα 5. 14: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 15: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00μ.μ.)

❖ **Αρχείο eclosses1.txt (οικονομικές απώλειες)**

Μέση οικονομική ζημιά σε κάθε υποπεριοχή. Για να υπολογιστούν οι οικονομικές απώλειες που υπέστη η περιοχή, χρειάστηκε να γίνει αλλαγή στη ρύθμιση του προγράμματος σχετικά με το πώς θα εμφανίζονται τα αποτελέσματα των κτιρίων στο αρχείο crfile.txt. (από αριθμός κτιρίων έγινε αλλαγή σε επιφάνεια που υπέστη βλάβη).



Εικόνα 5. 46: Οικονομικές απώλειες

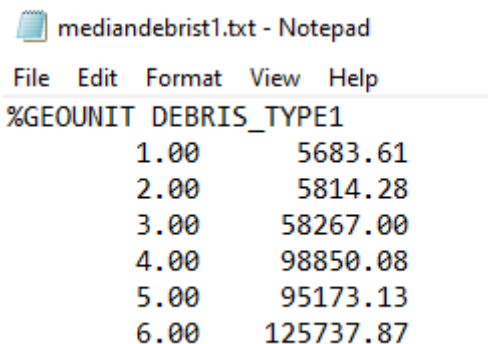
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική μέση οικονομική πληγή της περιοχής.

%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	423,643.10	1
2	764,925.40	2
3	1,859,052.00	3
4	703,485.90	4
5	519,527.50	5
6	615,412.00	6
sum	€ 4,886,045.90	

Πίνακας 5. 11: Οικονομικές απώλειες

❖ **Αρχείο medianebris1.txt (μπάζα λόγω σεισμού)**

Απόβλητα τύπου 1 (τούβλα, ξύλο κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



Εικόνα 5. 47: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

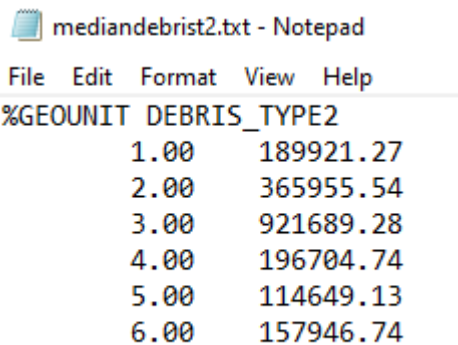
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 1 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE1 (tons/100m ²)
1	5,683.61
2	5,814.28
3	58,267.00
4	98,850.08
5	95,173.13
6	125,737.87
sum	389,525.97

Πίνακας 5. 12: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

❖ Αρχείο mediandebris2.txt (μπάζα λόγω σεισμού)

Απόβλητα τύπου 2 (χάλυβας, σκυρόδεμα κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



```

mediandebri2.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE2
1.00 189921.27
2.00 365955.54
3.00 921689.28
4.00 196704.74
5.00 114649.13
6.00 157946.74
    
```

Εικόνα 5. 48: Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα

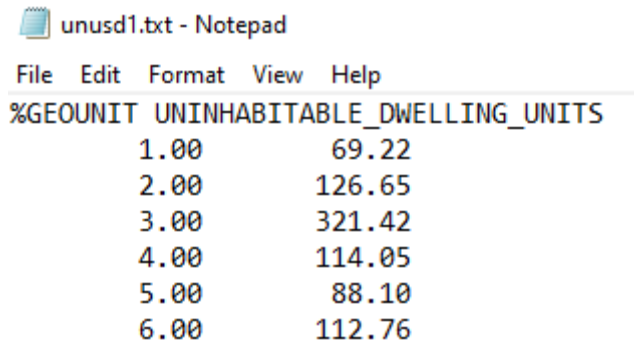
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 2 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE2 (tons/100m ²)
1	189,921.27
2	365,955.54
3	921,689.28
4	196,704.74
5	114,649.13
6	157,946.74
sum	1,946,866.70

Πίνακας 5. 13: Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα

❖ **Αρχείο unusd1.txt (ακατοίκητα κτίρια)**

Περιέχει τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων.



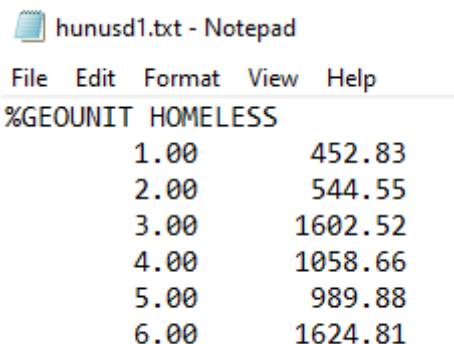
Εικόνα 5. 49: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1	69
2	127
3	321
4	114
5	88
6	113
sum	832

Πίνακας 5. 14: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

❖ **Αρχείο hunusd1.txt (αριθμός αστέγων)**

Περιέχει τον αριθμό των αστέγων που προκύπτουν από τον σεισμό.



Εικόνα 5. 50: Αριθμός αστέγων

%GEOUNIT	HOMELESS
1	453
2	545
3	1603
4	1059
5	990
6	1625
sum	6273

Πίνακας 5. 15: Αριθμός αστέγων

5.7 Output αρχεία Πιθανοκρατικής ανάλυσης

❖ Αρχείο dout1.txt (κτιριακές βλάβες)

Το αρχείο αυτό περιέχει τα ποσοστά βλάβης για κάθε μοντέλο - τύπου κτιρίου.

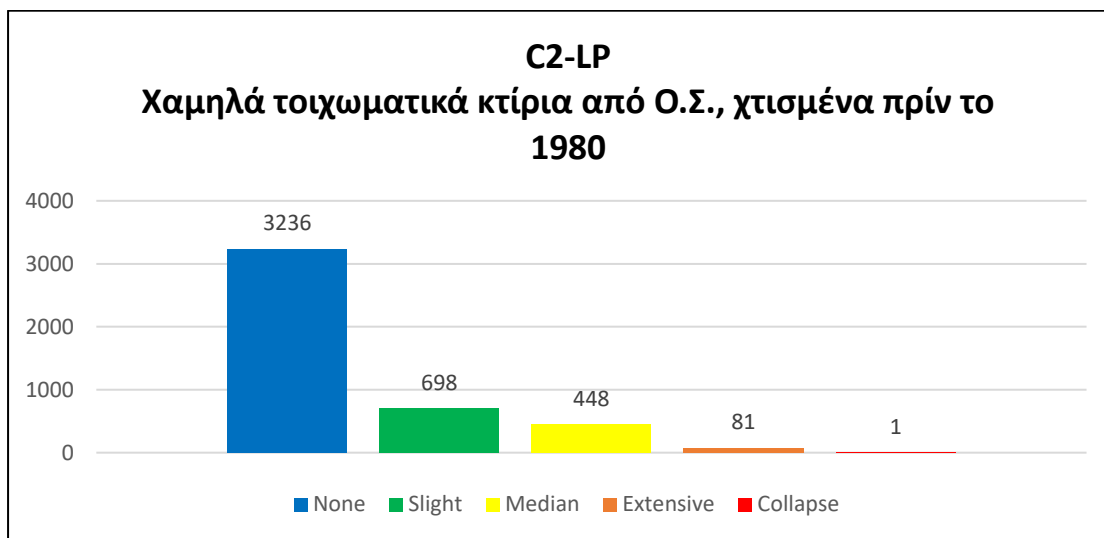
%GEOUNIT	Lat	Lon	Soil	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	Numb																
1	38.036	23.774	2	0.7247	0.1564	0.1004	0.0182	0.0003	0.9036	0.0894	0.0070	0.0000	0.0000	0.8118	0.1437	0.0430	0.0011	0.0004	0.5122	0.2341	0.1716	0.0657	0.0164	1
2	38.038	23.760	2	0.7247	0.1564	0.1004	0.0182	0.0003	0.9036	0.0894	0.0070	0.0000	0.0000	0.8118	0.1437	0.0430	0.0011	0.0004	0.5122	0.2341	0.1716	0.0657	0.0164	2
3	38.036	23.774	2	0.7247	0.1564	0.1004	0.0182	0.0003	0.9036	0.0894	0.0070	0.0000	0.0000	0.8118	0.1437	0.0430	0.0011	0.0004	0.5122	0.2341	0.1716	0.0657	0.0164	3
4	38.043	23.752	2	0.7247	0.1564	0.1004	0.0182	0.0003	0.9036	0.0894	0.0070	0.0000	0.0000	0.8118	0.1437	0.0430	0.0011	0.0004	0.5122	0.2341	0.1716	0.0657	0.0164	4
5	38.033	23.751	2	0.7247	0.1564	0.1004	0.0182	0.0003	0.9036	0.0894	0.0070	0.0000	0.0000	0.8118	0.1437	0.0430	0.0011	0.0004	0.5122	0.2341	0.1716	0.0657	0.0164	5
6	38.036	23.774	2	0.7247	0.1564	0.1004	0.0182	0.0003	0.9036	0.0894	0.0070	0.0000	0.0000	0.8118	0.1437	0.0430	0.0011	0.0004	0.5122	0.2341	0.1716	0.0657	0.0164	6

Εικόνα 5. 51: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Πιθανοκρατική ανάλυση)

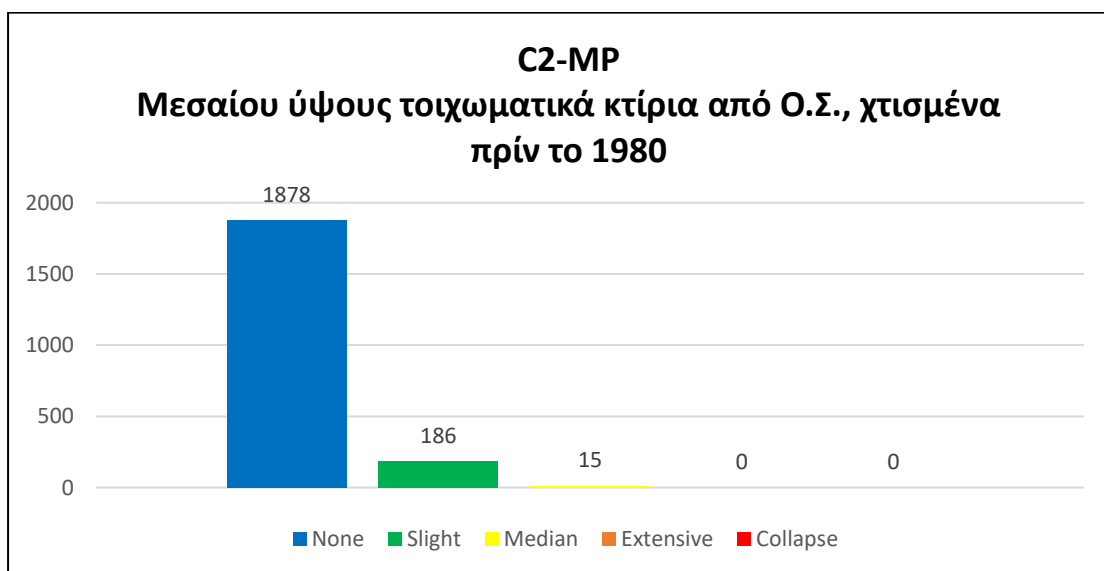
Για κάθε κατηγορία κτιρίου υπάρχουν πέντε στήλες, οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε στάθμη βλάβης (None, slight, median, extensive, collapse).

Επειδή τα αποτελέσματα των κτιρίων στην πιθανοκρατική μέθοδο εμφανίζονται σαν ποσοστά, έπρεπε να γίνει μια μετατροπή των αποτελεσμάτων σε αριθμό κτιρίων όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:

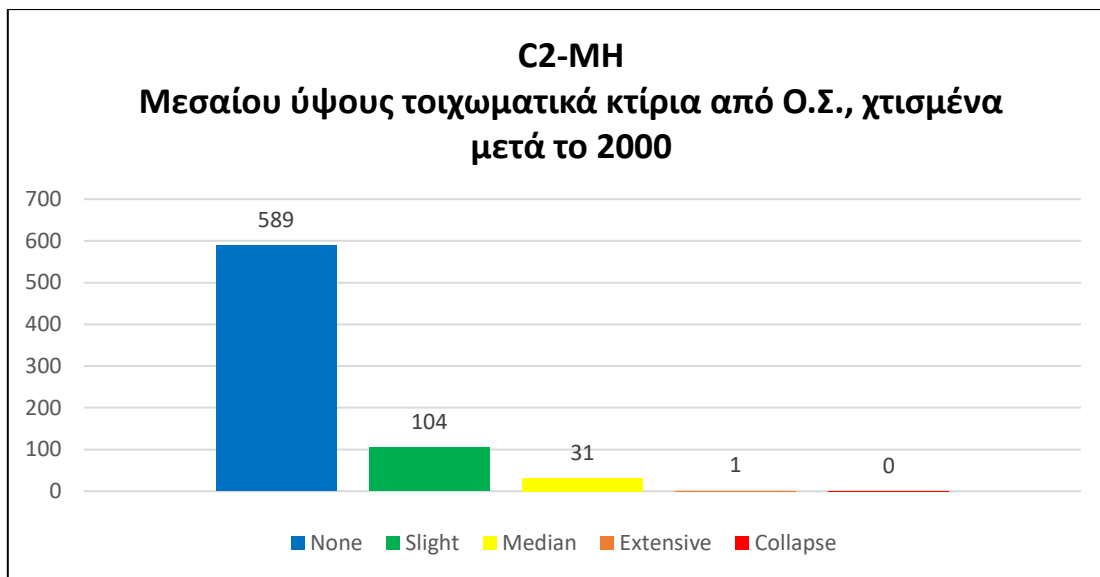
Συνολικές βλάβες για κάθε κατηγορία κτιρίου:



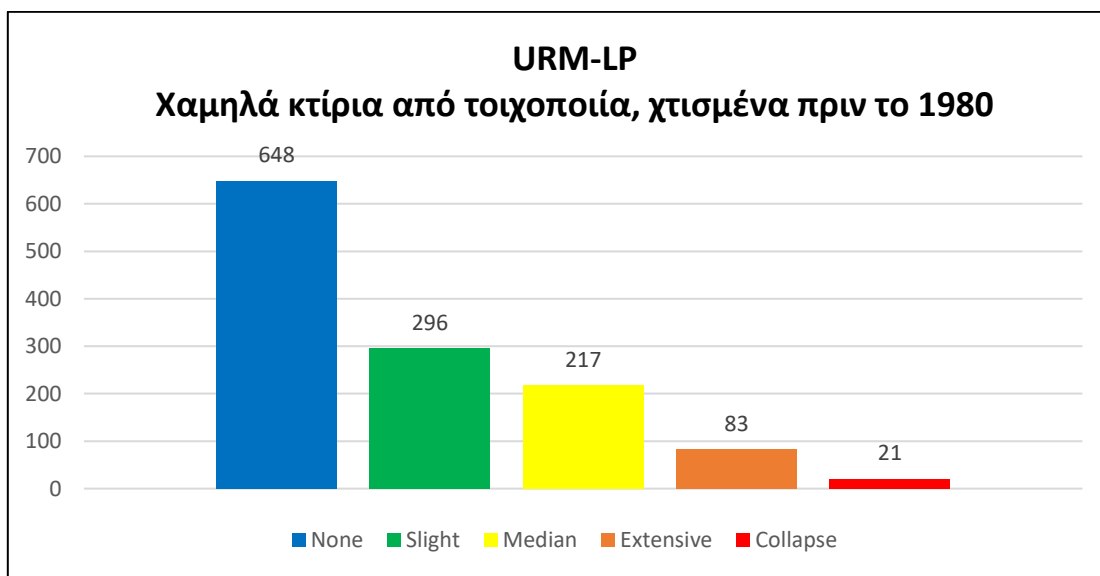
Σχήμα 5. 16: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 17: Μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980

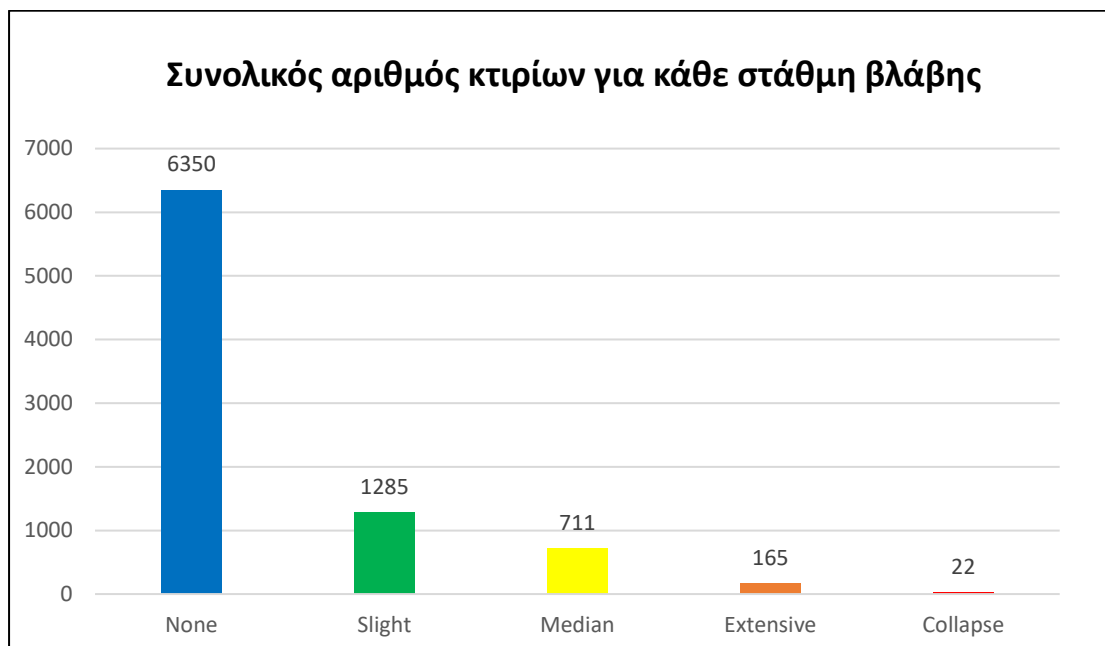


Σχήμα 5. 18: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 19: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980

Συνολικές βλάβες κτιρίων που υπήρξαν στην περιοχή ανάλογα τη στάθμη βλάβης:



Σχήμα 5. 20: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Πιθανοκρατική ανάλυση)

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι σε όλες τις κατηγορίες κτιρίων, ο βαθμός βλάβης είναι μεγέθους «slight» και «median». Επομένως, για τον σεισμό μεγέθους ροπής 6 (πιθανοκρατική ανάλυση), οι βλάβες είναι ήπιες.

❖ Αρχείο totalinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)

Το αρχείο αυτό δείχνει τον μέσο αριθμό των τραυματιών στις χρονικές περιόδους της ημέρας που εξετάστηκαν (2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.)

totalinjur1.txt - Notepad

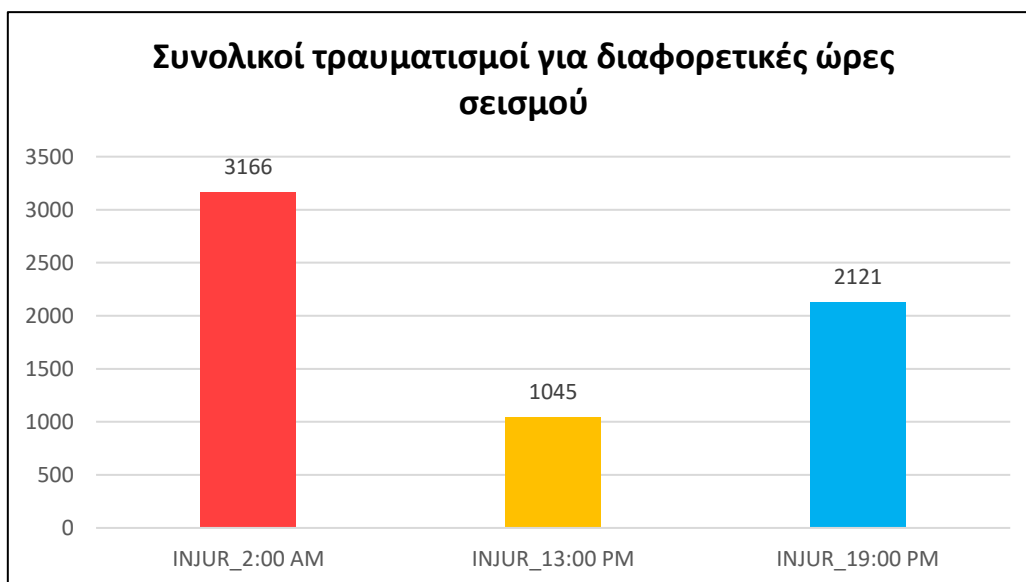
File	Edit	Format	View	Help
%GEOUNIT	INJUR_2:00	INJUR_10:00	INJUR_17:00	
1	220.6	72.8	147.8	
2	467.3	154.2	313.1	
3	1092.4	360.5	731.9	
4	555.4	183.3	372.1	
5	419.3	138.4	280.9	
6	411.2	135.7	275.5	

Εικόνα 5. 52: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

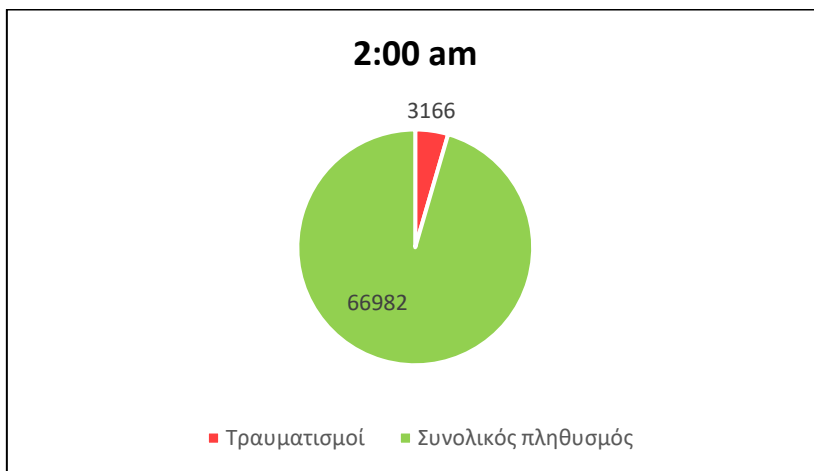
%GEOUNIT	INJUR_2:00 AM	INJUR_13:00 PM	INJUR_19:00 PM
1	221	73	148
2	467	154	313
3	1092	361	732
4	555	183	372
5	419	138	281
6	411	136	276
sum	3166	1045	2121

Πίνακας 5. 16: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.

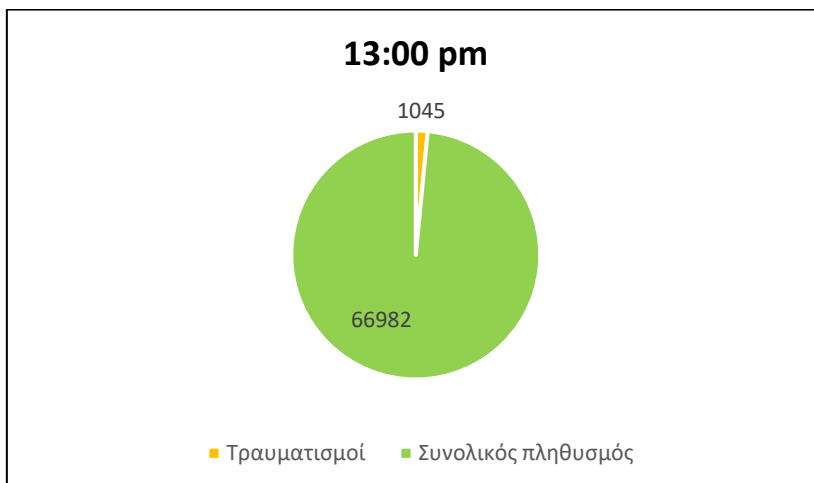


Σχήμα 5. 21: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες

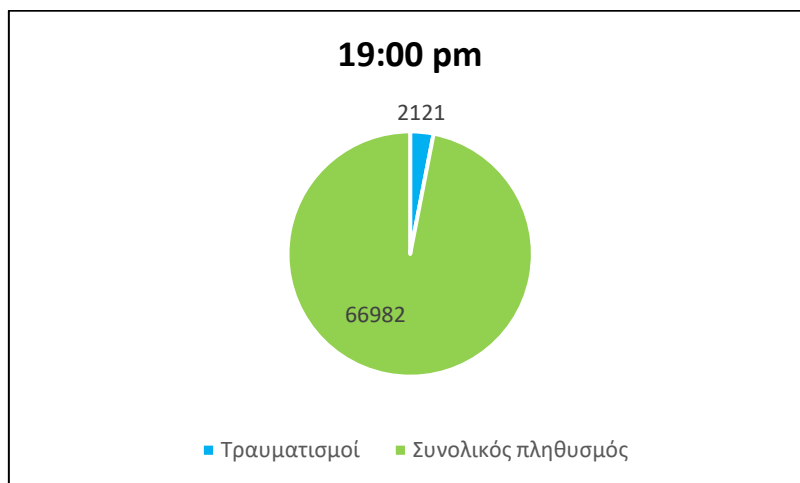
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι τραυματίες έναντι του συνολικού πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας:



Σχήμα 5. 22: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 23: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 24: : Τραυματισμοί έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

Τα ποσοστά των τραυματισμένων ανθρώπων έναντι του συνολικού πληθυσμού είναι αυτά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Τραυματισμοί	Συνολικός πληθυσμός	Ποσοστό τραυματισμένων (%)
INJUR_2:00 AM	3166	66982	4.73
INJUR_13:00 PM	1045	66982	1.56
INJUR_19:00 PM	2121	66982	3.17

Πίνακας 5. 17: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες

Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα, αν ο συγκεκριμένος σεισμός γινόταν τη χρονική στιγμή 2:00 π.μ, θα τραυματιζόταν το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού (4,73%), και αυτό συμβαίνει διότι εκείνη την ώρα εκτιμάται ότι όλοι οι κάτοικοι της περιοχής βρίσκονται εντός των κτιρίων. Αντιθέτως, την ώρα 13:00 μ.μ., οι περισσότεροι κάτοικοι της περιοχής βρίσκονται στην εργασία τους που ενδεχομένως να είναι εκτός της περιοχής μελέτης. Εάν λοιπόν ο σεισμός χτυπήσει την ώρα εκείνη, το ποσοστό το οποίο θα υποστεί σωματικές βλάβες, θα είναι αρκετά μικρότερο (1.56%). Σε μία απογευματινή ώρα, ομοίως εκτιμήθηκε ένα ποσοστό ανθρώπων το οποίο θα βρίσκεται εκτός κτιρίων και περιοχής μελέτης και υπολογίστηκε ένα ποσοστό τραυματισμών περίπου 3,17% έναντι του συνολικού πληθυσμού.

❖ Αρχείο hlbyinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)

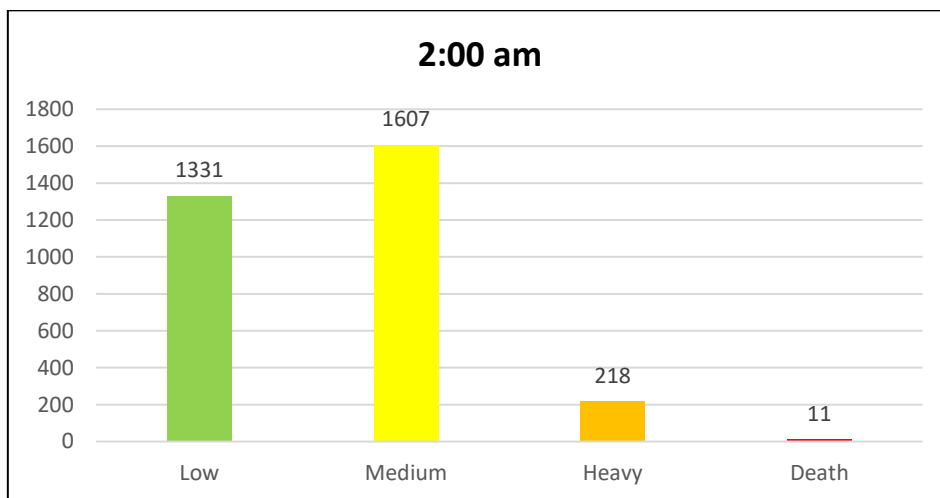
Το αρχείο αυτό διαφέρει από το totalinjur1.txt, καθώς προσθέτει ακόμα μια πληροφορία για τους τραυματίες της περιοχής και αυτή είναι ο βαθμός του τραυματισμού. Συγκεκριμένα, χωρίζει τη βλάβη σε low (μικρή), medium (μεσαίου μεγάλους), Heavy (βαριά), Death (θάνατος).

	INJURLOW_2:00	INJURLOW_10:00	INJURLOW_17:00	INJURMED_2:00	INJURMED_10:00	INJURMED_17:00	INJURHEAV_2:00	INJURHEAV_10:00	INJURHEAV_17:00	INJURDEATH_2:00	INJURVC
1	98.0	32.3	65.7	111.9	36.9	75.0	10.1	3.3	6.8	0.5	0.2
2	198.0	65.3	132.7	237.1	78.2	158.9	30.6	10.1	20.5	1.5	0.5
3	453.8	149.7	304.0	554.5	183.0	371.5	80.1	26.4	53.6	4.0	1.3
4	232.5	76.7	155.8	281.9	93.0	188.9	39.1	12.9	26.2	2.0	0.6
5	173.8	57.4	116.5	212.9	70.2	142.6	31.1	10.2	20.8	1.6	0.5
6	174.7	57.6	117.0	208.7	68.9	139.8	26.6	8.8	17.8	1.3	0.4

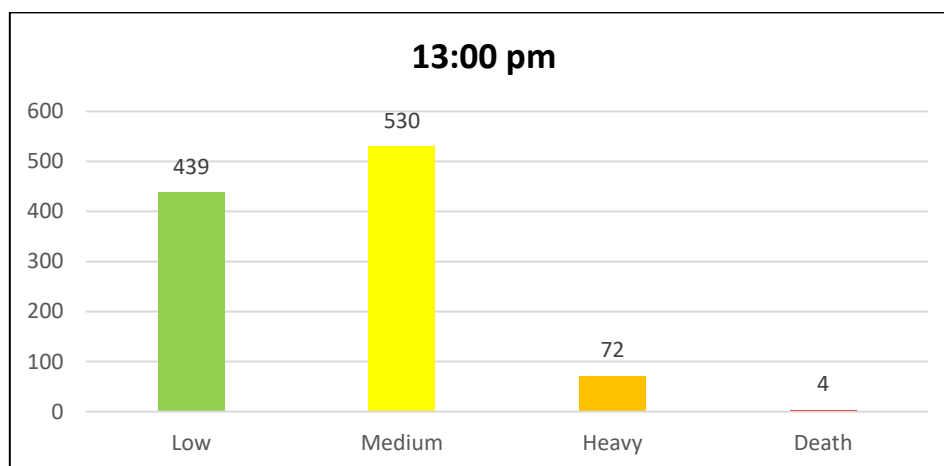
Εικόνα 5. 53: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν.

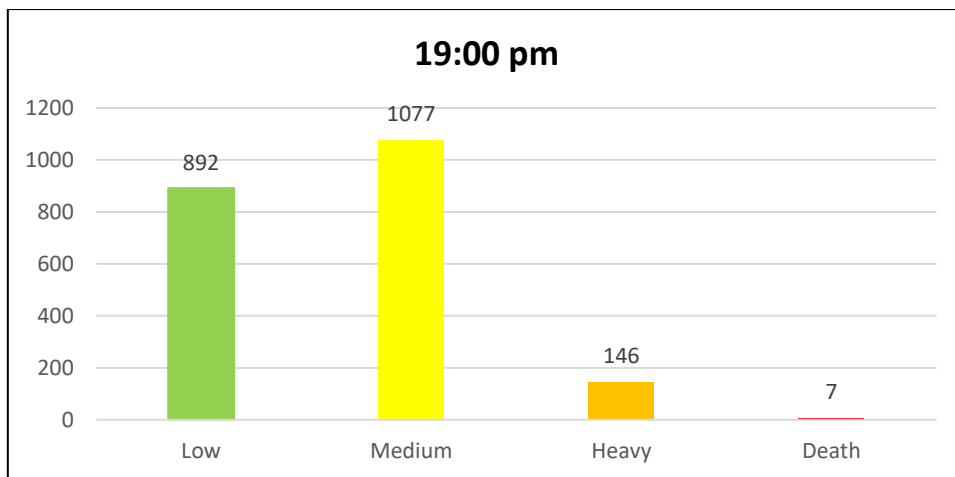
Συνολικοί τραυματισμοί ανάλογα το μέγεθος του ταυματισμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 5. 25: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)



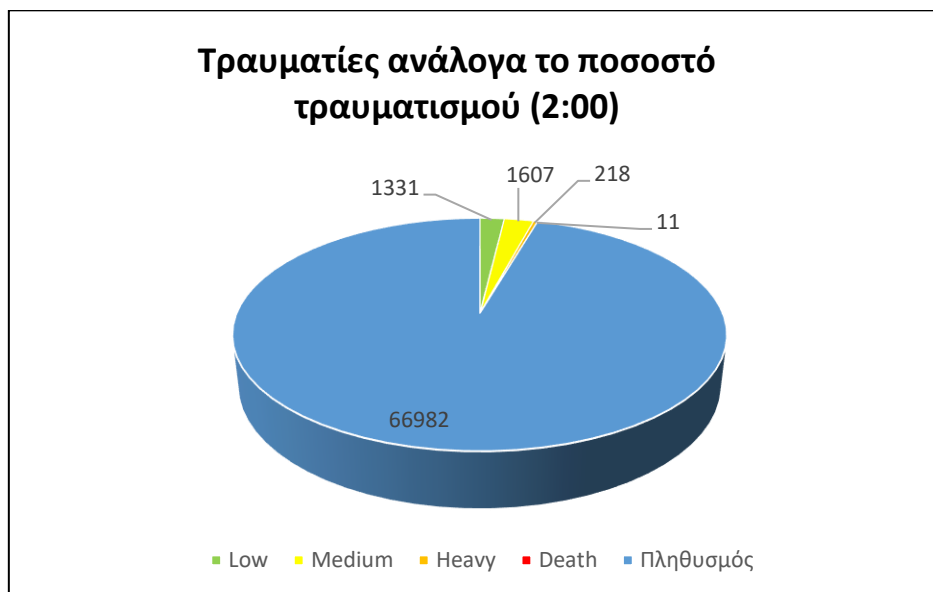
Σχήμα 5. 26: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)



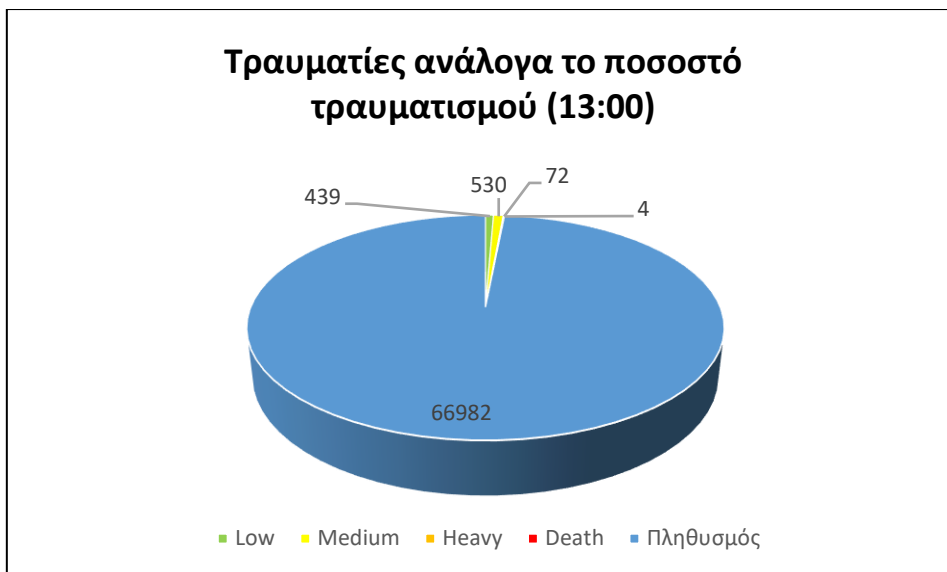
Σχήμα 5. 27: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι οι τραυματισμοί εκτείνονται από ελαφρείς τραυματισμούς μέχρι και θανάτους. Το μεγαλύτερο ποσοστό ανθρώπων είχε ελαφρείς με μέτριους τραυματισμούς.

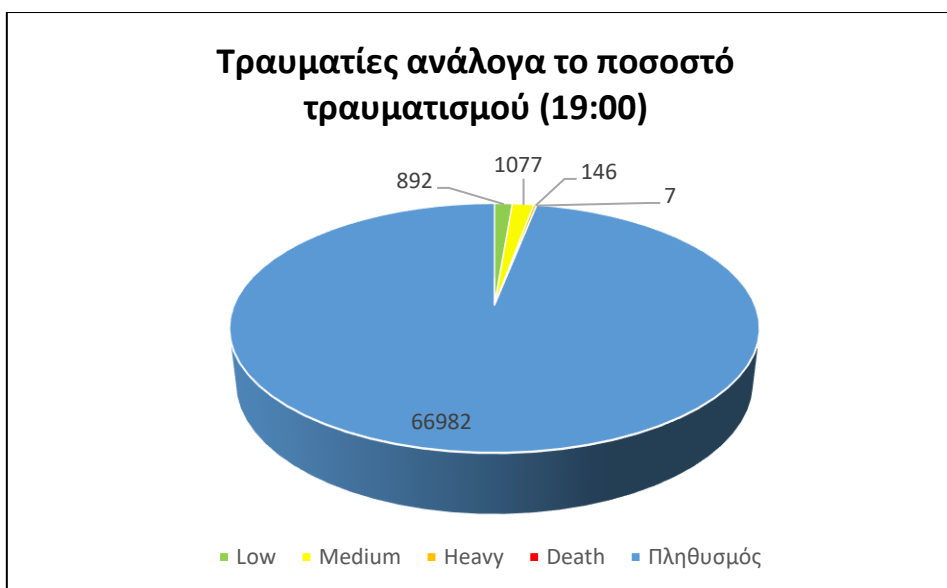
Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού.



Σχήμα 5. 28: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



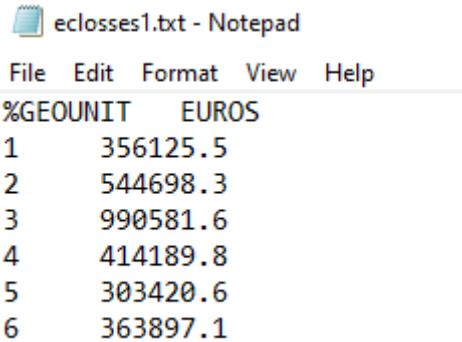
Σχήμα 5. 29: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 30: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

❖ **Αρχείο eclosses1.txt (οικονομικές απώλειες)**

Μέση οικονομική ζημιά σε κάθε υποπεριοχή. Για να υπολογιστούν οι οικονομικές απώλειες που υπέστη η περιοχή, χρειάστηκε να γίνει αλλαγή στη ρύθμιση του προγράμματος σχετικά με το πώς θα εμφανίζονται τα αποτελέσματα των κτιρίων στο αρχείο crfile.txt. (από αριθμός κτιρίων έγινε αλλαγή σε επιφάνεια που υπέστη βλάβη).



Εικόνα 5. 54: Οικονομικές απώλειες

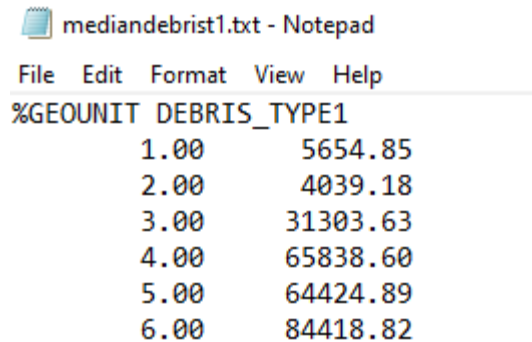
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική μέση οικονομική πληγή της περιοχής.

%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	356,125.50	1
2	544,698.30	2
3	990,581.60	3
4	414,189.80	4
5	303,420.60	5
6	363,897.10	6
sum	€ 2,972,912.90	

Πίνακας 5. 18: Οικονομικές απώλειες

❖ **Αρχείο mediandebri1.txt (μπάζα λόγω σεισμού)**

Απόβλητα τύπου 1 (τούβλα, ξύλο κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



```

mediandebri1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE1
1.00 5654.85
2.00 4039.18
3.00 31303.63
4.00 65838.60
5.00 64424.89
6.00 84418.82
    
```

Εικόνα 5. 55: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

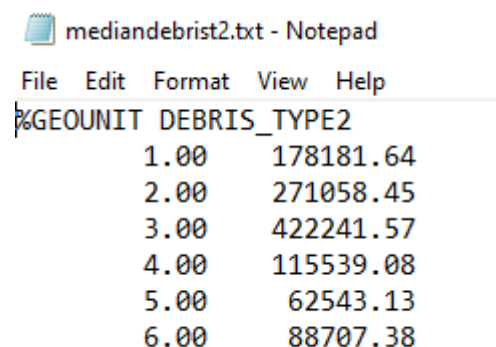
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 1 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE1 (tons/100m ²)
1	5,654.85
2	4,039.18
3	31,303.63
4	65,838.60
5	64,424.89
6	84,418.82
sum	255,679.97

Πίνακας 5. 19: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

❖ **Αρχείο mediandebri2.txt (μπάζα λόγω σεισμού)**

Απόβλητα τύπου 2 (χάλυβας, σκυρόδεμα κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



```

mediandebri2.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE2
1.00 178181.64
2.00 271058.45
3.00 422241.57
4.00 115539.08
5.00 62543.13
6.00 88707.38
    
```

Εικόνα 5. 56: Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα


Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 2 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE2 (tons/100m ²)
1	178,181.64
2	271,058.45
3	422,241.57
4	115,539.08
5	62,543.13
6	88,707.38
sum	1,138,271.25

Πίνακας 5. 20: Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα

❖ Αρχείο unusd1.txt (ακατοίκητα κτίρια)

Περιέχει τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων.

 unusd1.txt - Notepad

File Edit Format View Help

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1.00	62.00
2.00	92.41
3.00	162.75
4.00	73.67
5.00	56.70
6.00	73.86

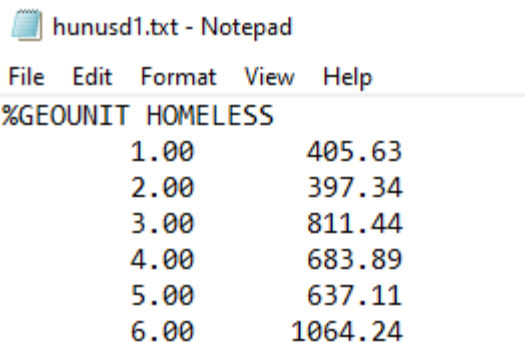
Εικόνα 5. 57: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1	62
2	92
3	163
4	74
5	57
6	74
sum	521

Πίνακας 5. 21: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

❖ **Αρχείο hunusd1.txt (αριθμός αστέγων)**

Περιέχει τον αριθμό των αστέγων που προκύπτουν από τον σεισμό.



Εικόνα 5. 58: Αριθμός αστέγων

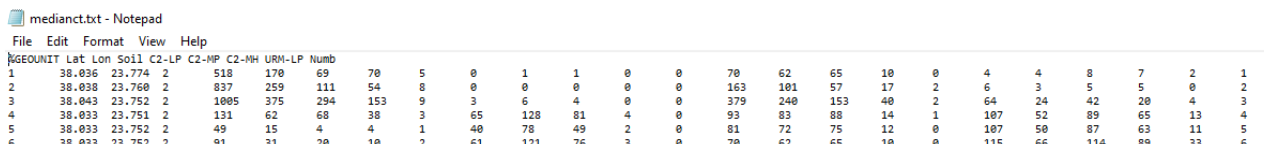
%GEOUNIT	HOMELESS
1	406
2	397
3	811
4	684
5	637
6	1064
sum	4000

Πίνακας 5. 22: Αριθμός αστέγων

5.8 Output αρχεία ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο.

❖ **Αρχείο medianact.txt (κτιριακές βλάβες)**

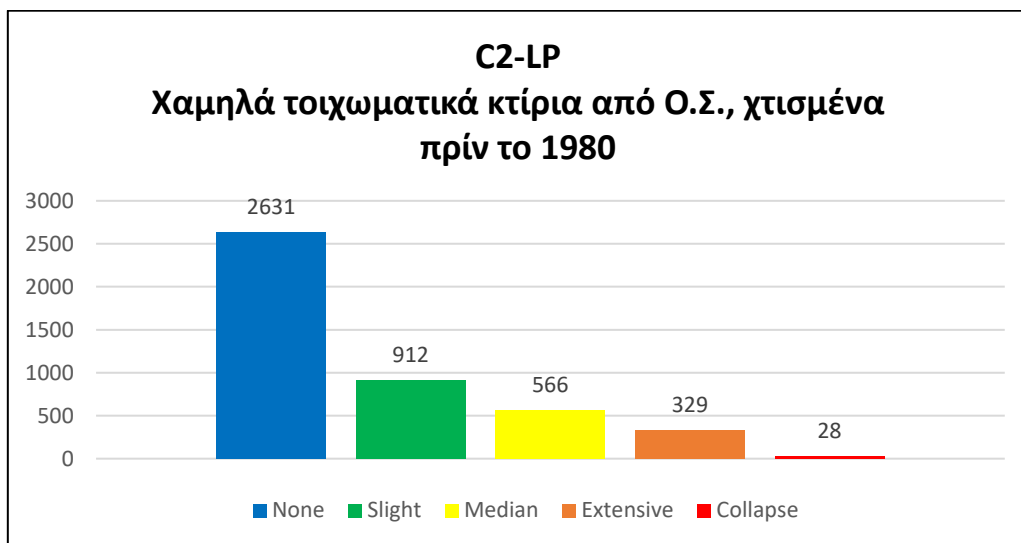
Το αρχείο αυτό περιέχει τη μέση ζημιά που αφορά τα κτίρια. Το πρόγραμμα υπολογίζει τη ζημιά σε τετραγωνικά μέτρα ή σε αριθμό κτιρίων ανάλογα με το τι έχει επιλέξει ο χειριστής. Παρακάτω φαίνεται το αρχείο με τα αποτελέσματα σε αριθμό κτιρίων.



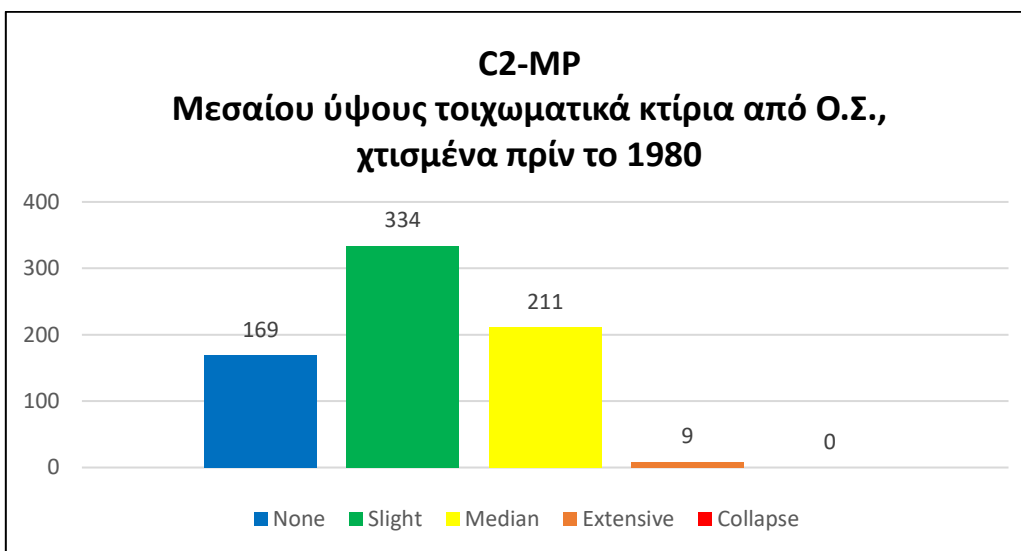
Εικόνα 5. 59: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Real-Time ανάλυση)

Για κάθε κατηγορία κτιρίου υπάρχουν πέντε στήλες οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε στάθμη βλάβης (None, slight, median, extensive, collapse).

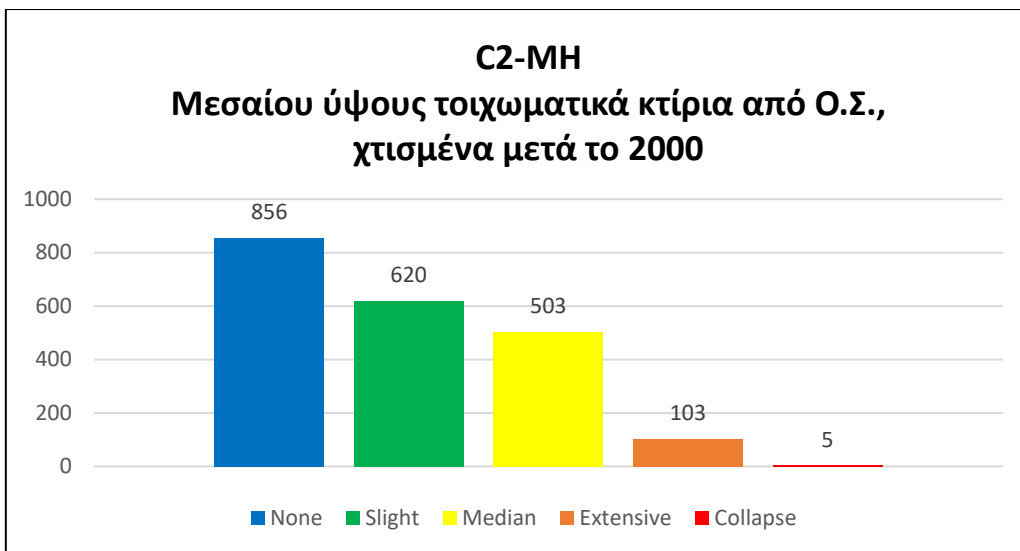
Συνολικές βλάβες για κάθε κατηγορία κτιρίου:



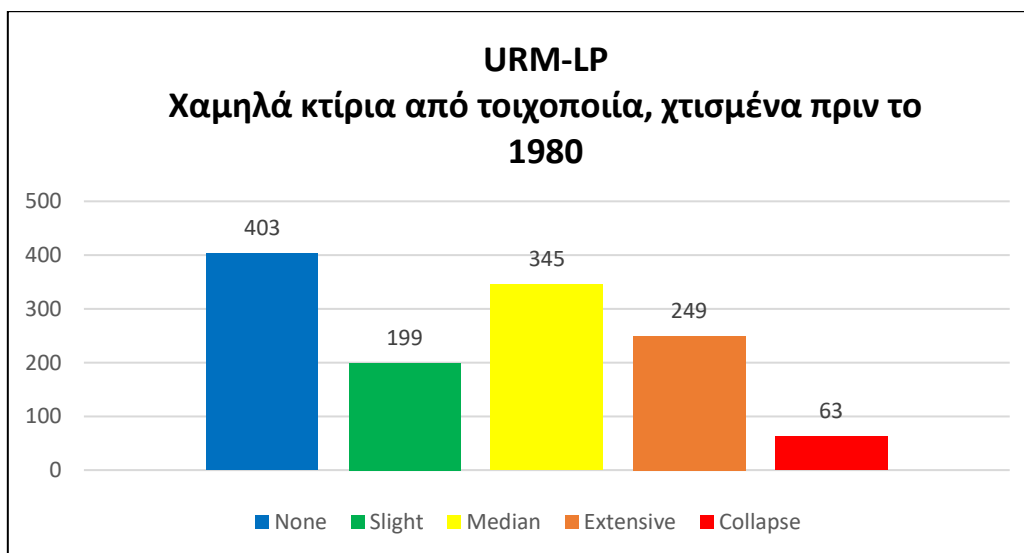
Σχήμα 5. 31: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 32: Μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980

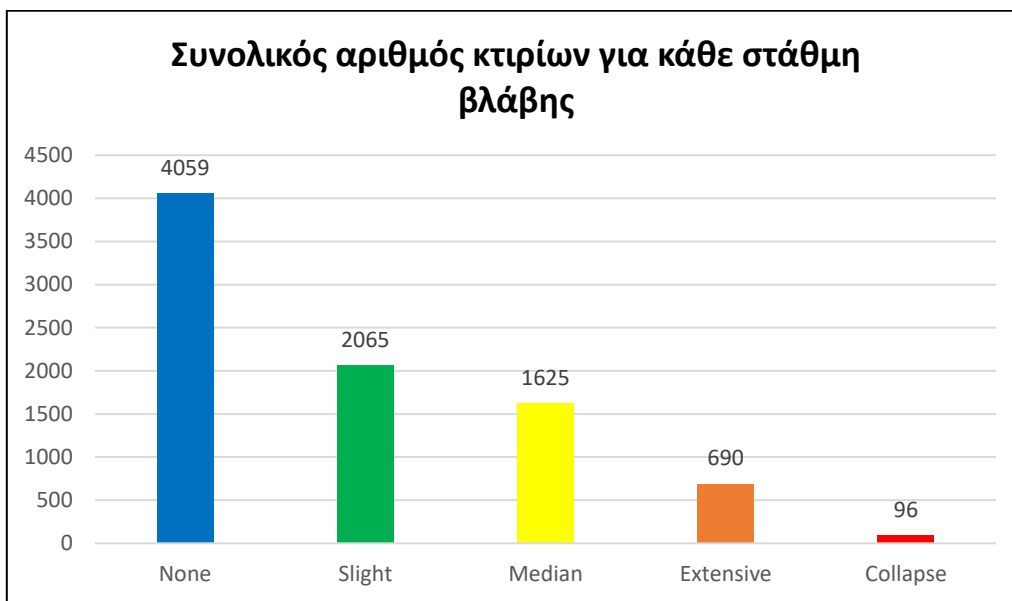


Σχήμα 5. 33: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 34: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980

Συνολικές βλάβες κτιρίων που υπήρξαν στην περιοχή ανάλογα τη στάθμη βλάβης:



Σχήμα 5. 35: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Real-Time ανάλυση)

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι κτίρια κατηγορίας URM-LP (τοιχοποιία) παρουσιάζουν μεγαλύτερες βλάβες συγκριτικά με τις υπόλοιπες κατηγορίες, δηλαδή περισσότερα κτίρια χαρακτηρίστηκαν ως «Extensive» και «Collapse». Γενικά τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από την real time ανάλυση, αποκλίνουν αρκετά από τις δύο προηγούμενες αναλύσεις.

❖ **Αρχείο totalinjurmean.txt (ανθρώπινες απώλειες)**

Το αρχείο αυτό δείχνει τον μέσο αριθμό των τραυματιών στις χρονικές περιόδους της ημέρας που εξετάστηκαν (2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.)

totalinjurmean.txt - Notepad

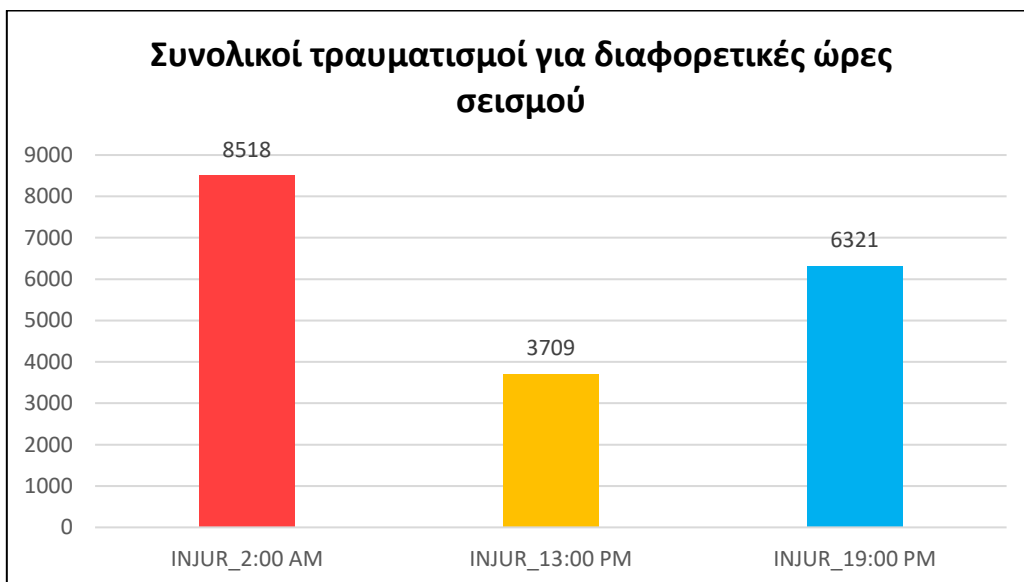
File	Edit	Format	View	Help
%GEOUNIT INJUR_2:00 INJUR_10:00 INJUR_17:00				
1		847.9	278.8	569.2
2		1138.4	574.6	831.6
3		2819.4	1204.6	1945.7
4		1682.4	654.2	1194.3
5		976.1	454.2	798.1
6		1054.1	542.8	981.9

Εικόνα 5. 60: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

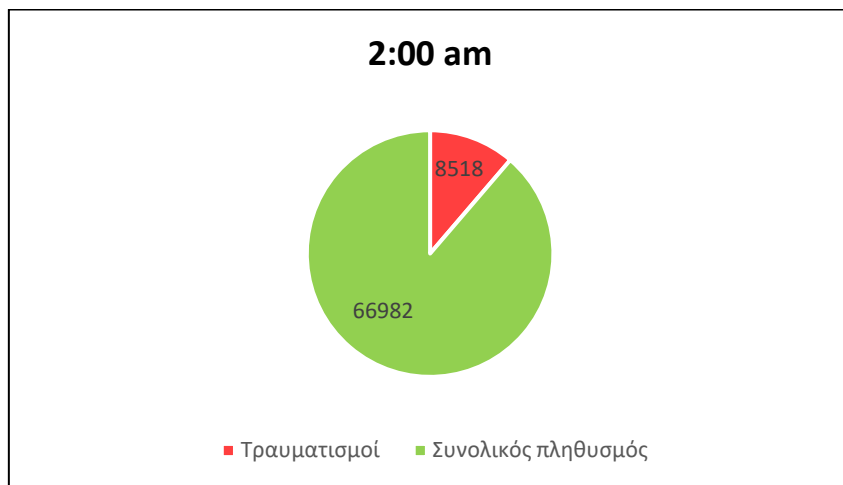
%GEOUNIT	INJUR_2:00 AM	INJUR_13:00 PM	INJUR_19:00 PM
1	848	279	569
2	1138	575	832
3	2819	1205	1946
4	1682	654	1194
5	976	454	798
6	1054	543	982
sum	8518	3709	6321

Πίνακας 5. 23: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.

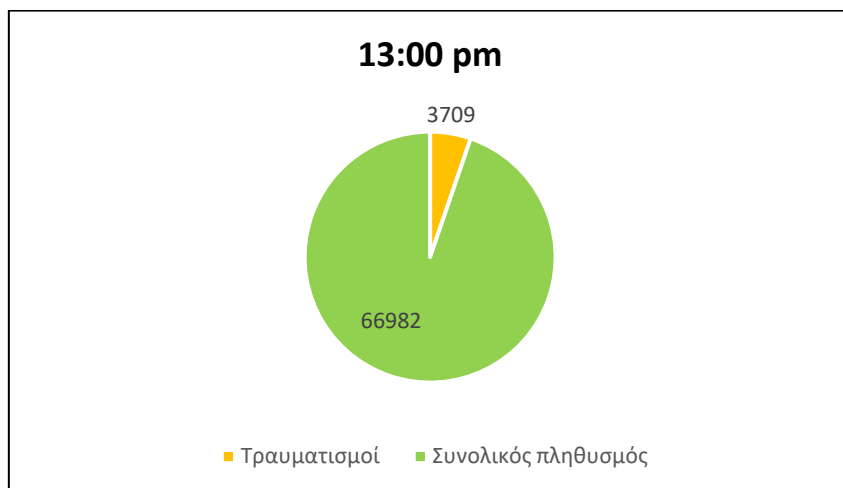


Σχήμα 5. 36: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες

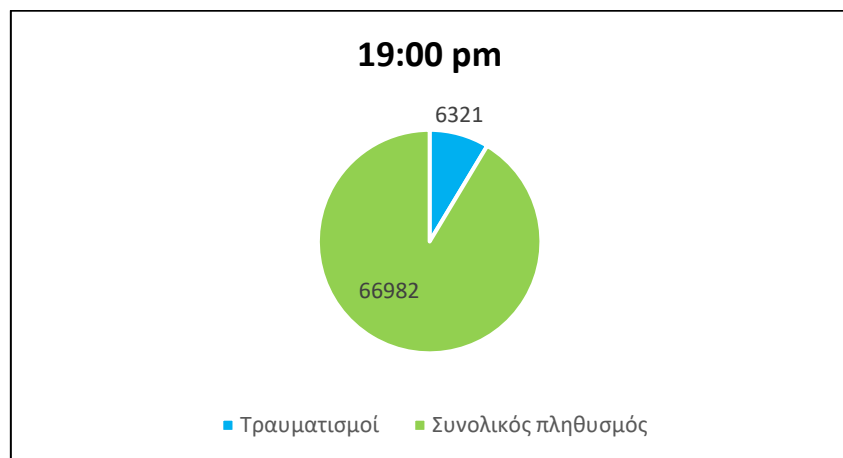
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι τραυματίες έναντι του συνολικού πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας:



Σχήμα 5. 37: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 38: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 39: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.)

Τα ποσοστά των τραυματισμένων ανθρώπων έναντι του συνολικού πληθυσμού είναι αυτά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Τραυματισμοί	Συνολικός πληθυσμός	Ποσοστό τραυματισμένων (%)
INJUR_2:00 AM	8518	66982	12.72
INJUR_13:00 PM	3709	66982	5.54
INJUR_19:00 PM	6321	66982	9.44

Πίνακας 5. 24: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες

Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα, αν ο συγκεκριμένος σεισμός γινόταν τη χρονική στιγμή 2:00 π.μ, θα τραυματιζόταν το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού (12,72%), και αυτό συμβαίνει διότι εκείνη την ώρα εκτιμάται ότι όλοι οι κάτοικοι της περιοχής βρίσκονται εντός των κτιρίων. Αντιθέτως, την ώρα 13:00 μ.μ., οι περισσότεροι κάτοικοι της περιοχής βρίσκονται στην εργασία τους που ενδεχομένως να είναι εκτός της περιοχής μελέτης. Εάν λοιπόν ο σεισμός χτυπήσει την ώρα εκείνη, το ποσοστό το οποίο θα υποστεί σωματικές βλάβες, θα είναι αρκετά μικρότερο (5,54%). Σε μία απογευματινή ώρα, ομοίως εκτιμήθηκε ένα ποσοστό ανθρώπων το οποίο θα βρίσκεται εκτός κτιρίων και περιοχής μελέτης και υπολογίστηκε ένα ποσοστό τραυματισμών 9,44% έναντι του συνολικού πληθυσμού.

Από τα παραπάνω ποσοστά παρατηρείται ότι η real time ανάλυση διαφέρει αρκετά από τις προηγούμενες δύο μεθόδους. Συγκεκριμένα, τα ποσοστά των τραυματισμένων ανθρώπων είναι σχεδόν **διπλάσια** από τα αντίστοιχα ποσοστά της ντετερμινιστικής και της πιθανοκρατικής ανάλυσης.

❖ Αρχείο hlbyinjurmean.txt (ανθρώπινες απώλειες)

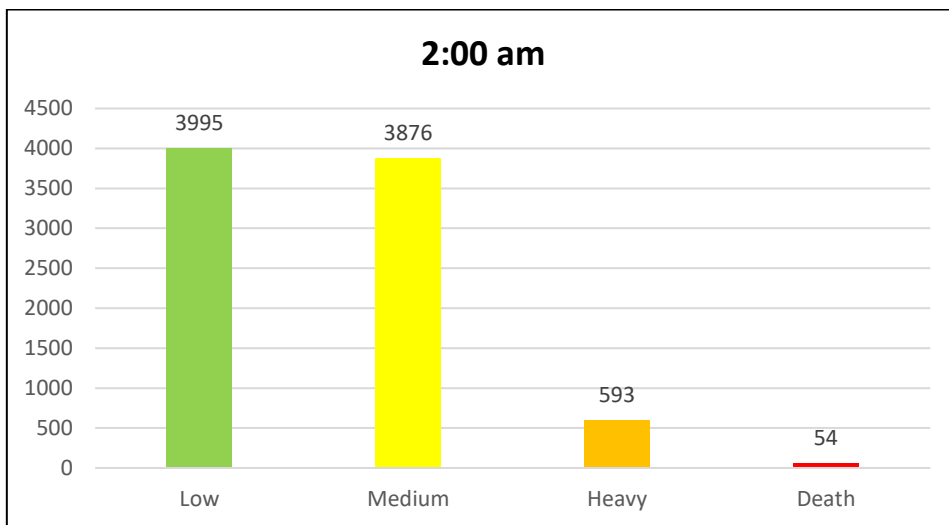
Το αρχείο αυτό διαφέρει από το totalinjurmean.txt, καθώς προσθέτει ακόμα μια πληροφορία για τους τραυματίες της περιοχής και αυτή είναι ο βαθμός του τραυματισμού. Συγκεκριμένα, χωρίζει τη βλάβη σε low (μικρή), medium (μεσαίου μεγάλους), Heavy (βαριά), Death (θάνατος).

	INJURLOW_2:00	INJURLOW_10:00	INJURLOW_17:00	INJURMED_2:00	INJURMED_10:00	INJURMED_17:00	INJURHEAV_2:00	INJURHEAV_10:00	INJURHEAV_17:00	INJURDEATH_2:00	
1	375.3	124.6	251.8	412.2	135.0	277.2	57.0	18.8	38.2	3.4	0.4
2	451.5	280.1	329.4	621.7	270.1	451.5	55.3	21.2	44.0	9.9	3.2
3	1304.0	381.8	913.0	1204.7	727.6	877.2	296.7	90.9	145.8	14.0	4.3
4	874.0	286.2	605.0	702.5	296.8	505.6	95.1	64.4	75.7	10.8	6.8
5	480.0	246.2	390.0	430.2	174.0	356.2	53.6	30.7	41.9	12.3	3.3
6	510.3	295.2	486.0	504.5	231.5	473.0	35.3	14.7	20.7	4.0	1.4

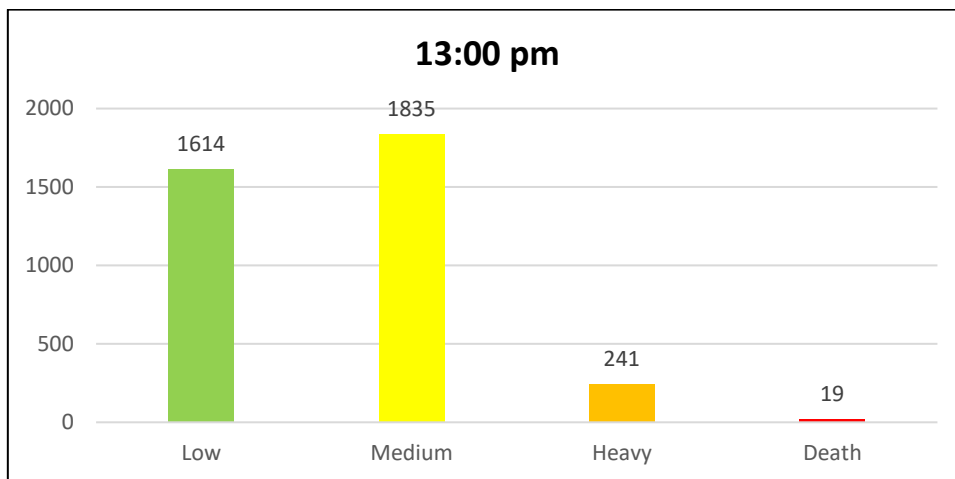
Εικόνα 5. 61: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν.

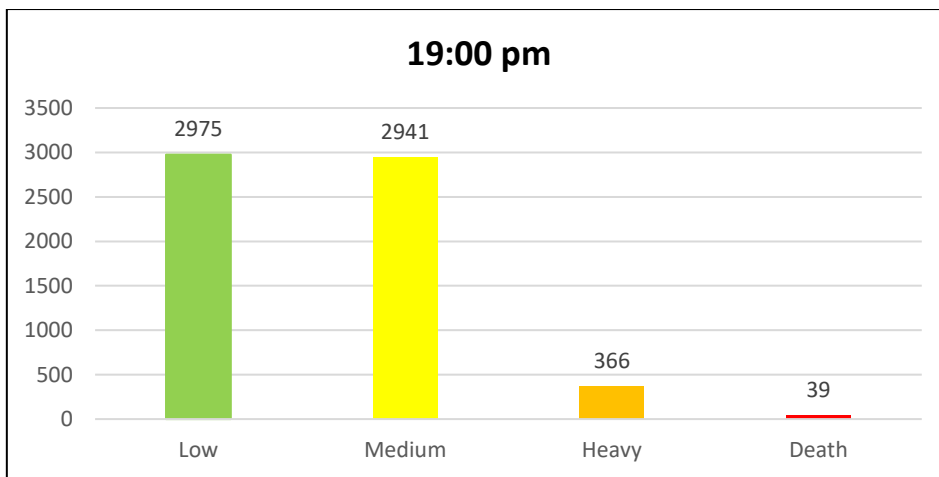
Συνολικοί τραυματισμοί ανάλογα το μέγεθος του ταυματισμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 5. 40: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)



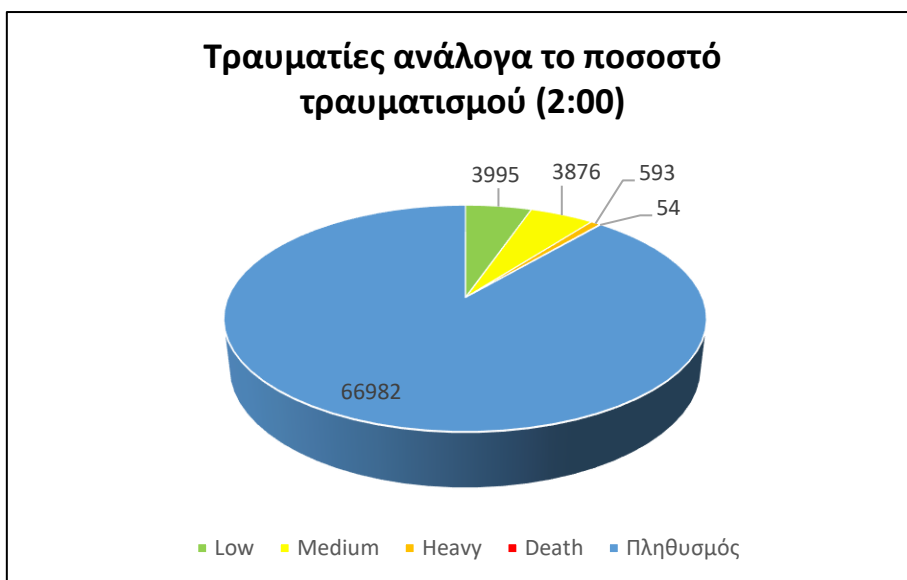
Σχήμα 5. 41: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)



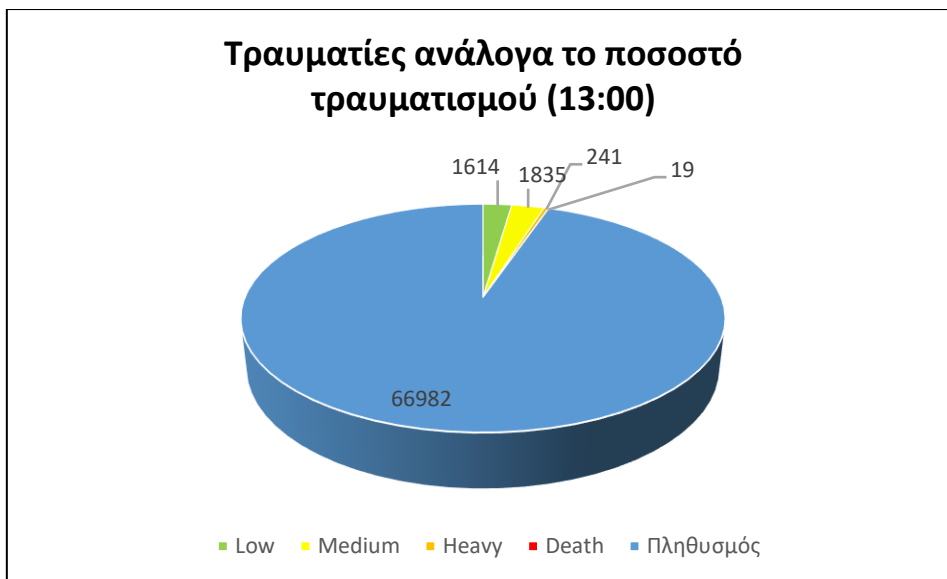
Σχήμα 5. 42: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι οι τραυματισμοί εκτείνονται από ελαφρείς τραυματισμούς μέχρι και θανάτους. Το μεγαλύτερο ποσοστό ανθρώπων είχε ελαφρείς με μέτριους τραυματισμούς.

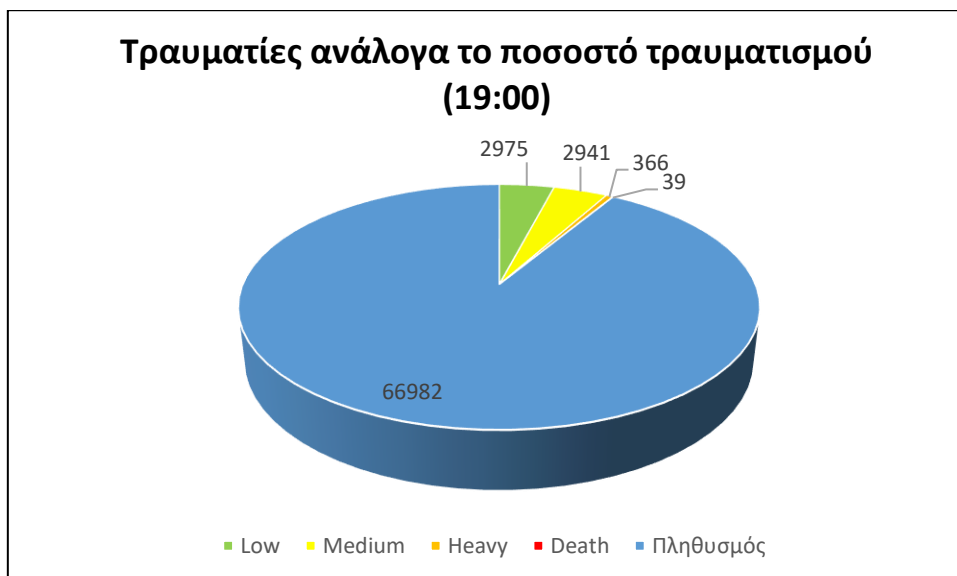
Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού.



Σχήμα 5. 43: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 44: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 45: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

❖ **Αρχείο lossmedian.txt (οικονομικές απώλειες)**

Μέση οικονομική ζημιά σε κάθε υποπεριοχή. Για να υπολογιστούν οι οικονομικές απώλειες που υπέστη η περιοχή, χρειάστηκε να γίνει αλλαγή στη ρύθμιση του προγράμματος σχετικά με το πώς θα εμφανίζονται τα αποτελέσματα των κτιρίων στο αρχείο crfile.txt. (από αριθμός κτιρίων έγινε αλλαγή σε επιφάνεια που υπέστη βλάβη).

%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	443,643.10	1
2	784,925.40	2
3	1,868,043.00	3
4	705,485.90	4
5	589,527.50	5
6	635,412.00	6

Εικόνα 5. 62: Οικονομικές απώλειες

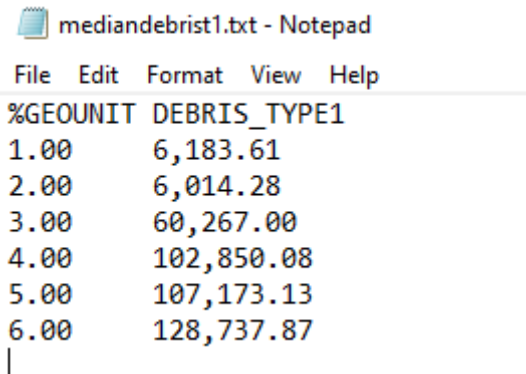
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική μέση οικονομική πληγή της περιοχής.

%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	443,643.10	1
2	784,925.40	2
3	1,868,043.00	3
4	705,485.90	4
5	589,527.50	5
6	635,412.00	6
sum	5,027,036.90	

Πίνακας 5. 25: Οικονομικές απώλειες

❖ Αρχείο mediandebri1.txt (μπάζα λόγω σεισμού)

Απόβλητα τύπου 1 (τούβλα, ξύλο κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



```
mediandebri1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE1
1.00 6,183.61
2.00 6,014.28
3.00 60,267.00
4.00 102,850.08
5.00 107,173.13
6.00 128,737.87
|
```

Εικόνα 5. 63: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

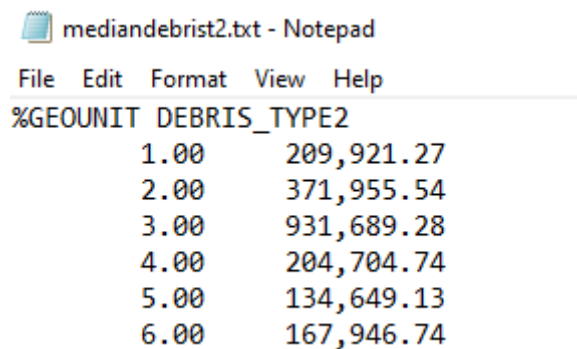
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 1 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE1 (tons/100m ²)
1	6,183.61
2	6,014.28
3	60,267.00
4	102,850.08
5	107,173.13
6	128,737.87
sum	411,225.97

Πίνακας 5. 26: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

❖ Αρχείο mediandebri2.txt (μπάζα λόγω σεισμού)

Απόβλητα τύπου 2 (χάλυβας, σκυρόδεμα κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



```
mediandebri2.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE2
1.00 209,921.27
2.00 371,955.54
3.00 931,689.28
4.00 204,704.74
5.00 134,649.13
6.00 167,946.74
```

Εικόνα 5. 64: Μπάζα από χάλυβα και σκυρόδεμα

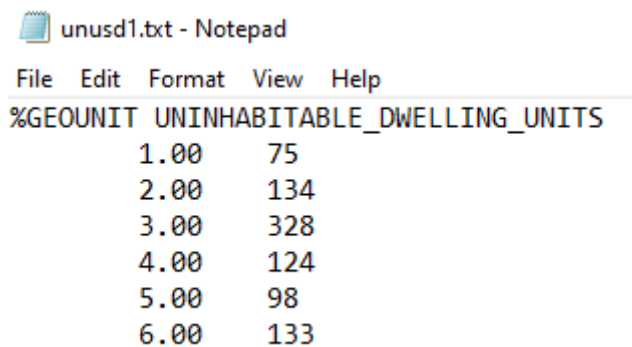
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 2 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE2 (tons/100m ²)
1	209,921.27
2	371,955.54
3	931,689.28
4	204,704.74
5	134,649.13
6	167,946.74
sum	2,020,866.70

Πίνακας 5. 27 Μπάζα απο χάλυβα και σκυρόδεμα

❖ Αρχείο unusd1.txt (ακατοίκητα κτίρια)

Περιέχει τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων.



```

unusd1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1.00 75
2.00 134
3.00 328
4.00 124
5.00 98
6.00 133
    
```

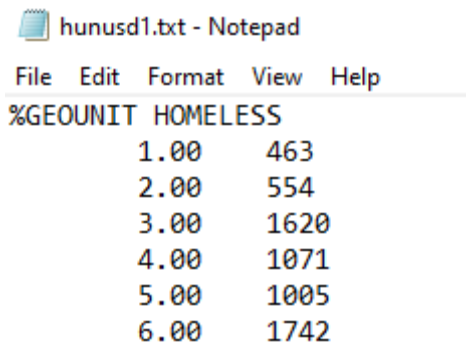
Εικόνα 5. 65: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1	75
2	134
3	328
4	124
5	98
6	133
sum	892

Πίνακας 5. 28: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

❖ Αρχείο hunusd1.txt (αριθμός αστέγων)

Περιέχει τον αριθμό των αστέγων που προκύπτουν από τον σεισμό.



```
hunusd1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT HOMELESS
1.00 463
2.00 554
3.00 1620
4.00 1071
5.00 1005
6.00 1742
```

Εικόνα 5. 66: Αριθμός αστέγων

%GEOUNIT	HOMELESS
1	463
2	554
3	1620
4	1071
5	1005
6	1742
sum	6455

Πίνακας 5. 29: Αριθμός αστέγων

5.9 Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους 5

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση για έναν μικρότερο σεισμό μεγέθους ροπής 5, έτσι ώστε να γίνει σύγκριση στη διαφορά των αποτελεσμάτων.

Το αρχείο εισαγωγής που διαφέρει από τα προηγούμενα, αφορά τον σεισμό και το ρήγμα και είναι το αρχείο earthquake.txt.

Αρχείο earthquake.txt:

```

earthquake.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%Earthquake scenarios information
%1st column is the weight for the logic tree scheme,
%2nd column is latitude in degrees (e.g.: 50.90)
%3rd column is longitude in degrees (eg.: 10.90)
%4th column is focal depth in km (eg.: 20)
%5th column is Ms magnitude (6.0)
%6th column is Mw magnitude (6.0)
%7th column is Fault orientation in degrees from North (e.g. 0.0)
%8th column is Dip Angle in degrees (e.g: 0.0)
%9th column is Fault Mechanism:Strike-Slip(0);Normal(1);Reverse(2);All(3)
%10th column is the numerical code for the spectral shape as found in spectral.m function. For example: 1 is IBC 2006 spectral shape.
1.00 38.123 23.662 14.00 5 5 55.00 90.00 1 2
    
```

Εικόνα 5. 67: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για σεισμό μεγέθους 5 (Ντετερμινιστική ανάλυση)

Output αρχεία ντετερμινιστικής ανάλυσης:

❖ Αρχείο dout1.txt (κτιριακές βλάβες)

Παρατηρείται ότι τα ποσοστά των κτιρίων που έχουν πάθει βλάβη έχει μειωθεί, καθώς τα περισσότερα κτίρια δεν έχουν υποστεί καμία βλάβη «none» και οι ζημιές κατατάσσονται σε μέγεθος βλάβης «slight» και «median».

```

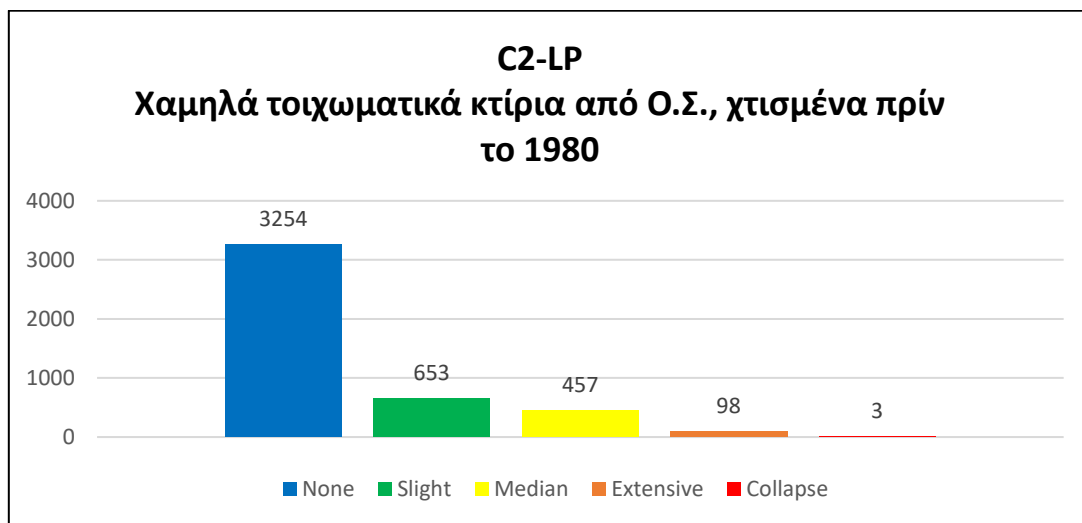
dout1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT Lat Lon Soil C2-LP C2-MP C2-MH URM-LP Numb
1 38.036 23.774 2 0.6577 0.1803 0.1325 0.0288 0.0008 0.9686 0.0300 0.0014 0.0000 0.0000 0.9109 0.0744 0.0144 0.0002 0.0001 0.7789 0.1367 0.0665 0.0158 0.0022 1
2 38.038 23.760 2 0.9064 0.0659 0.0254 0.0023 0.0000 0.9624 0.0359 0.0018 0.0000 0.0000 0.8996 0.0829 0.0171 0.0003 0.0001 0.7636 0.1442 0.0720 0.0177 0.0025 2
3 38.043 23.752 2 0.8965 0.0719 0.0288 0.0027 0.0000 0.9558 0.0420 0.0022 0.0000 0.0000 0.8883 0.0913 0.0200 0.0003 0.0001 0.7489 0.1511 0.0774 0.0196 0.0029 3
4 38.033 23.751 2 0.6373 0.1866 0.1425 0.0327 0.0009 0.9620 0.0362 0.0018 0.0000 0.0000 0.8991 0.0834 0.0172 0.0003 0.0001 0.7628 0.1446 0.0723 0.0178 0.0025 4
5 38.033 23.752 2 0.6378 0.1864 0.1423 0.0326 0.0009 0.9623 0.0359 0.0018 0.0000 0.0000 0.8995 0.0830 0.0171 0.0003 0.0001 0.7634 0.1443 0.0721 0.0177 0.0025 5
6 38.033 23.752 2 0.6375 0.1865 0.1424 0.0326 0.0009 0.9622 0.0360 0.0018 0.0000 0.0000 0.8993 0.0832 0.0172 0.0003 0.0001 0.7631 0.1444 0.0722 0.0177 0.0025 6
    
```

Εικόνα 5. 68: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Ντετερμινιστική ανάλυση)

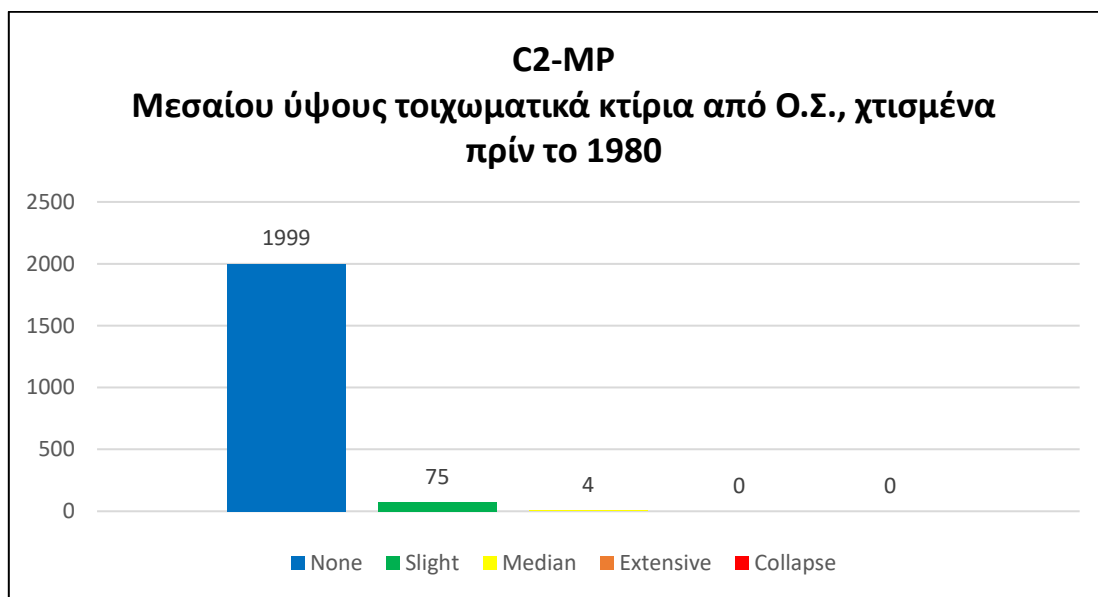
Για κάθε κατηγορία κτιρίου υπάρχουν πέντε στήλες οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε στάθμη βλάβης (None, slight, median, extensive, collapse).

Τα αποτελέσματα του dout1.txt, εμφανίζονται σε μορφή ποσοστού. Παρακάτω έγινε μετατροπή αυτών των ποσοστών σε αριθμό κτιρίων (σχήματα 5.50 έως 5.54):

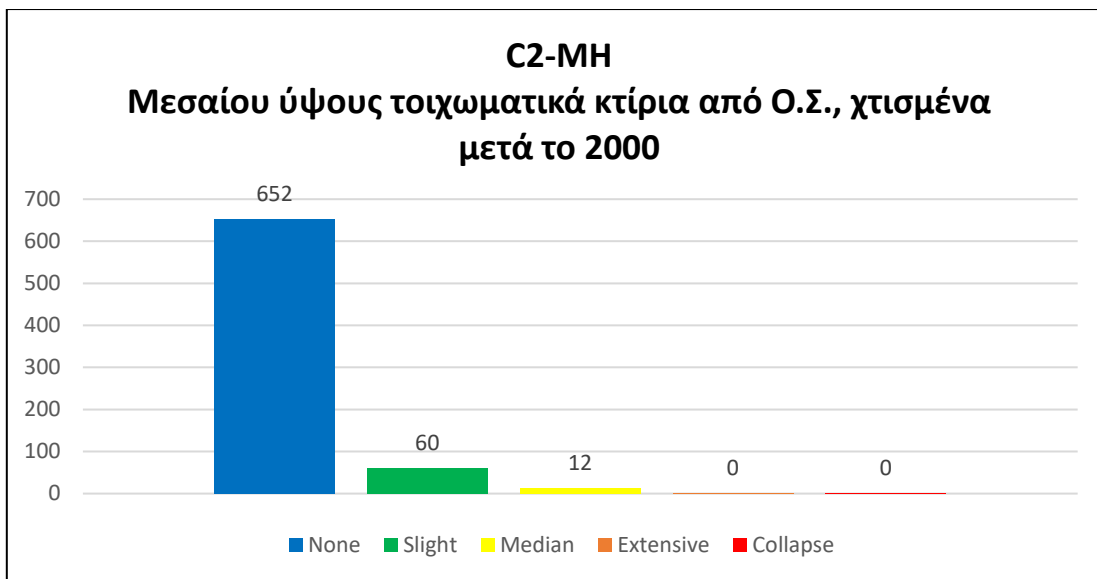
Συνολικές βλάβες για κάθε κατηγορία κτιρίου:



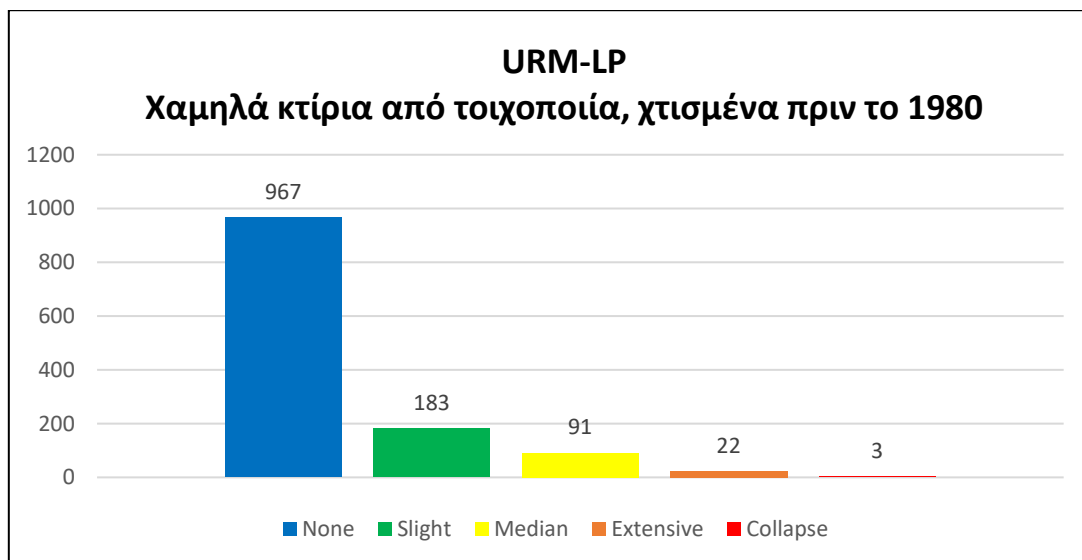
Σχήμα 5. 46: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 47: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980

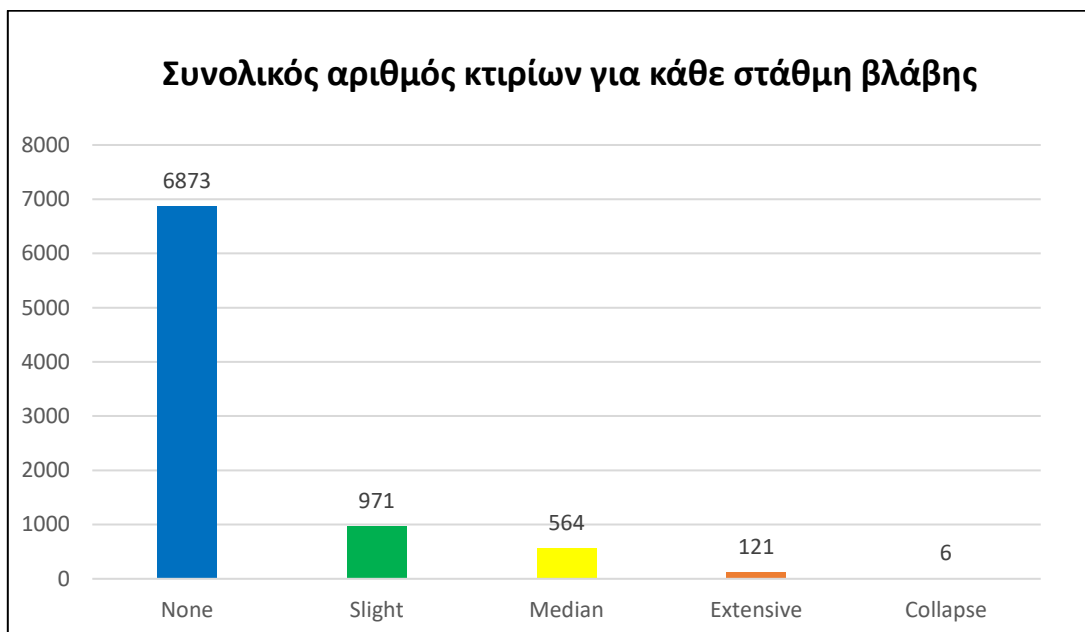


Σχήμα 5. 48: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000



Σχήμα 5. 49: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980

Συνολικές βλάβες κτιρίων που υπήρξαν στην περιοχή ανάλογα τη στάθμη βλάβης:



Σχήμα 5. 50: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Ντετερμινιστική ανάλυση)

❖ **Αρχείο totalinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)**

Το αρχείο αυτό δείχνει τον μέσο αριθμό των τραυματιών στις χρονικές περιόδους της ημέρας που εξετάστηκαν (2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.). Από το αρχείο αυτό διακρίνεται ότι για σεισμό μεγέθους ροπής 5, οι τραυματίες είναι πολύ λιγότεροι σε σχέση με τον προηγούμενο σεισμό, μεγέθους ροπής 6.

totalinjur1.txt - Notepad

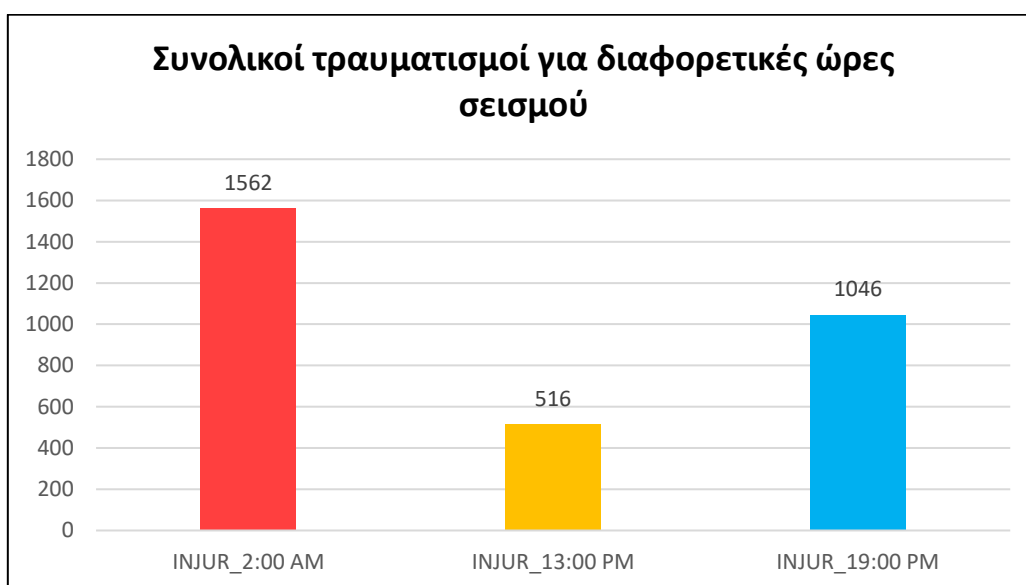
File	Edit	Format	View	Help
%GEOUNIT	INJUR_2:00	INJUR_10:00	INJUR_17:00	
1	91.5	30.2	61.3	
2	223.5	73.8	149.8	
3	572.7	189.0	383.7	
4	270.5	89.3	181.3	
5	206.0	68.0	138.0	
6	197.5	65.2	132.3	

Εικόνα 5. 69: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

%GEOUNIT	INJUR_2:00 AM	INJUR_13:00 PM	INJUR_19:00 PM
1	92	30	61
2	224	74	150
3	573	189	384
4	271	89	181
5	206	68	138
6	198	65	132
sum	1562	516	1046

Πίνακας 5. 30: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.

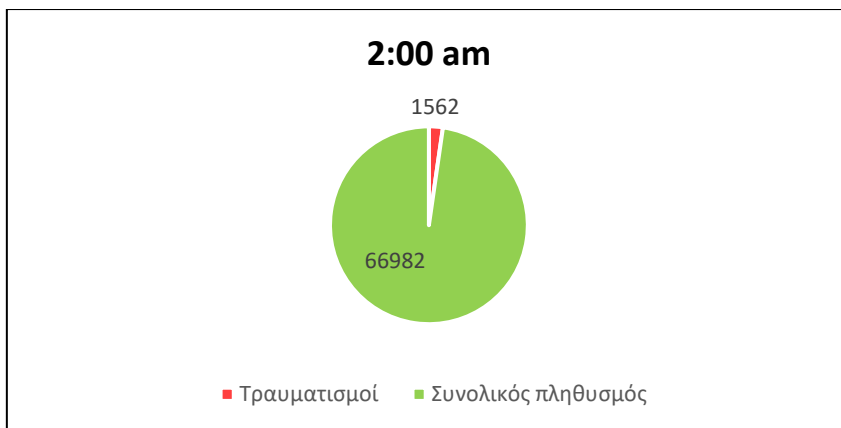


Σχήμα 5. 51: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες

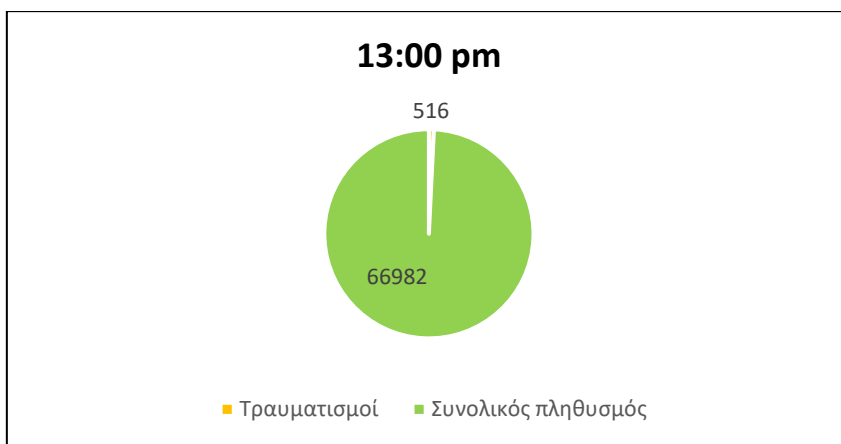
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι τραυματίες έναντι του συνολικού πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας:

	Τραυματισμοί	Συνολικός πληθυσμός	Ποσοστό τραυματισμένων (%)
INJUR_2:00 AM	1562	66982	2.33
INJUR_13:00 PM	516	66982	0.77
INJUR_19:00 PM	1046	66982	1.56

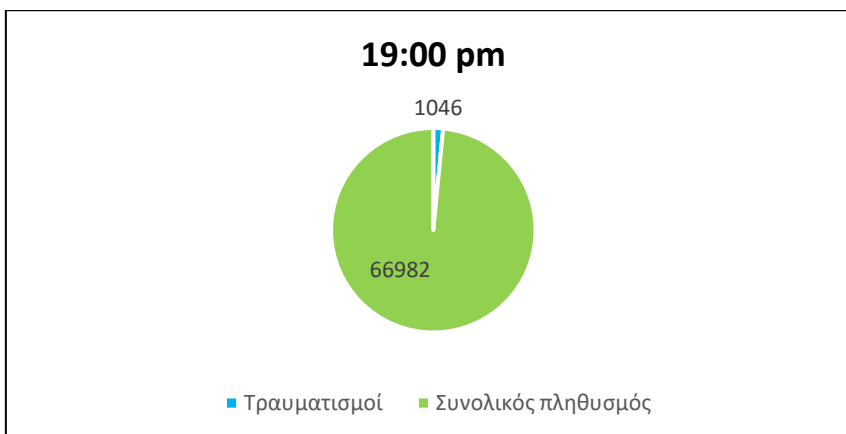
Πίνακας 5. 31: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες



Σχήμα 5. 52: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 53: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 54: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.)

❖ Αρχείο hlbyinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)

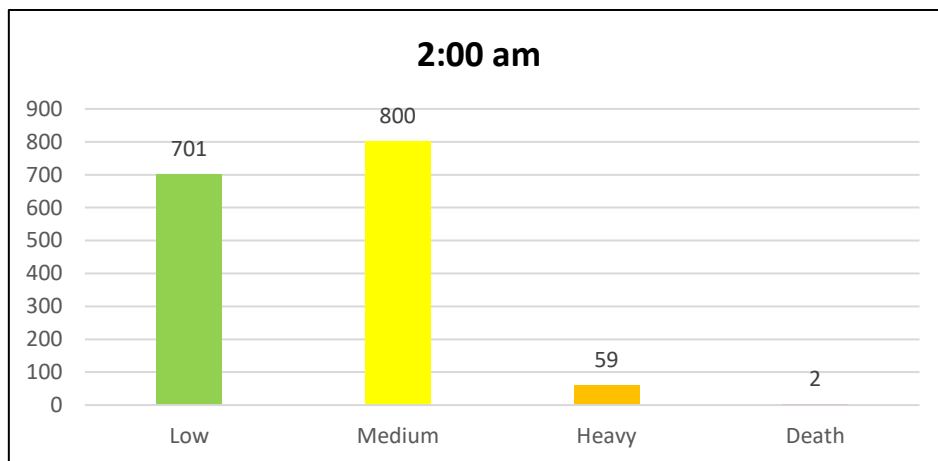
Από το αρχείο αυτό, το οποίο δίνει πληροφορίες για το μέγεθος του τραυματισμού των ανθρώπων, παρατηρείται ότι οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν υποστεί ελαφρύ (Low) και μέτριο (Medium) τραυματισμό.

	%GEOUNIT	INJURLOW_2:00	INJURLOW_10:00	INJURLOW_17:00	INJURMED_2:00	INJURMED_10:00	INJURMED_17:00	INJURHEAV_2:00	INJURHEAV_10:00	INJURHEAV_17:00	INJURVDEATH_2:00	INJURV
1	42.3	14.0	28.4	46.7	15.4	31.3	2.4	0.8	1.6	0.1	0.0	0.0
2	100.9	33.3	67.6	114.5	37.8	76.7	7.9	2.6	5.3	0.2	0.1	0.2
3	255.3	84.3	171.1	293.6	96.9	196.7	23.1	7.6	15.4	0.7	0.2	0.5
4	121.3	40.0	81.3	138.7	45.8	92.9	10.2	3.4	6.8	0.3	0.1	0.2
5	92.0	30.3	61.6	105.7	34.9	70.8	8.1	2.7	5.4	0.2	0.1	0.2
6	89.2	29.4	59.7	101.1	33.4	67.8	7.0	2.3	4.7	0.2	0.1	0.1

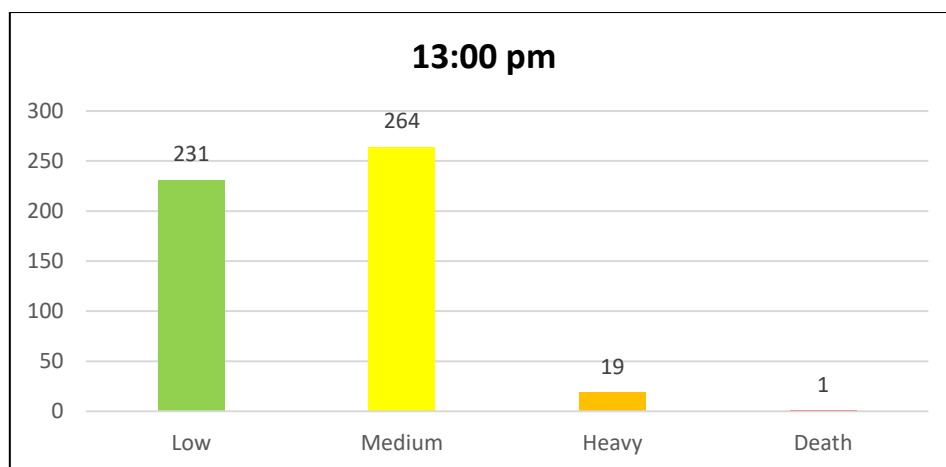
Εικόνα 5. 70: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν.

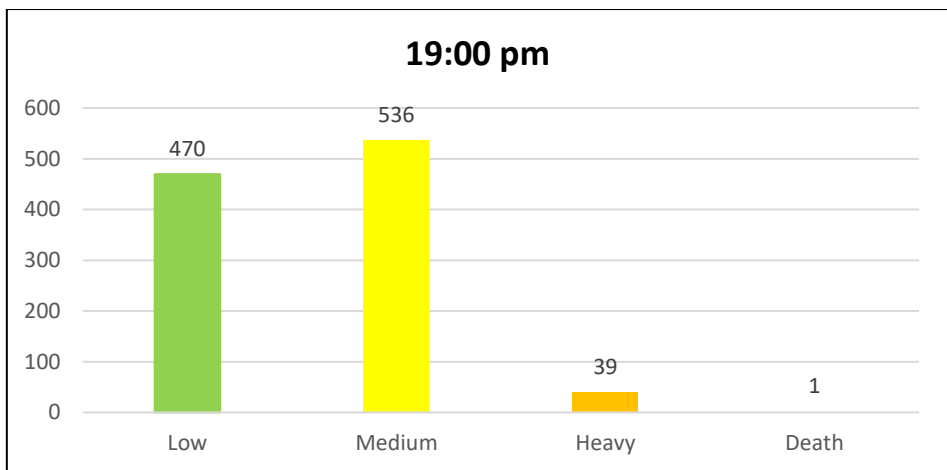
Συνολικοί τραυματισμοί ανάλογα το μέγεθος του τραυματισμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 5. 55: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 56: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)

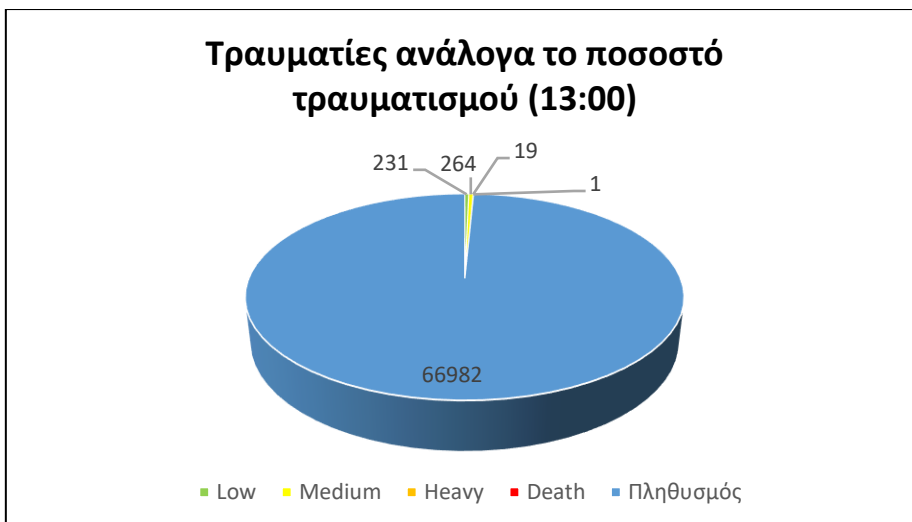


Σχήμα 5. 57: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)

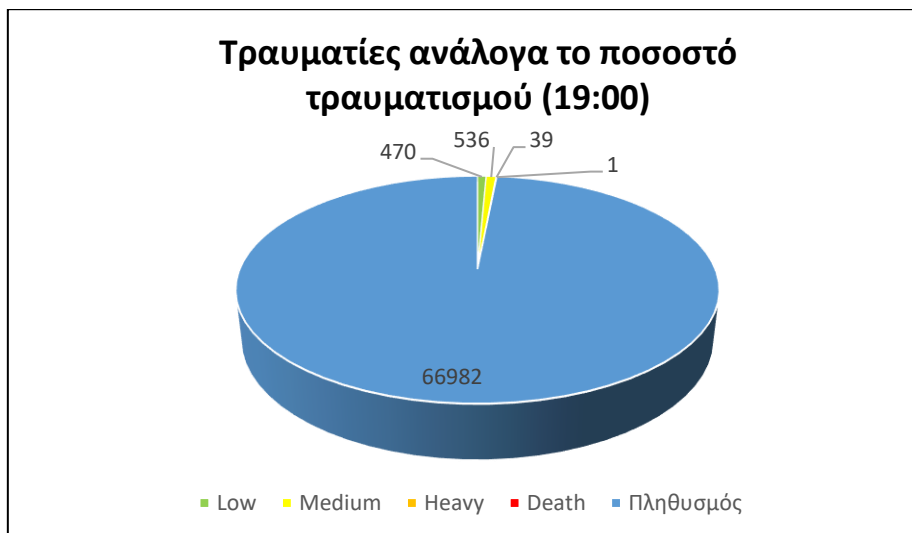
Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού.



Σχήμα 5. 58: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



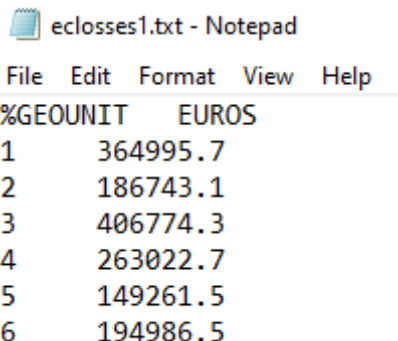
Σχήμα 5. 59: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 60: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

❖ **Αρχείο eclosses1.txt (οικονομικές απώλειες)**

Μέση οικονομική ζημιά σε κάθε υποπεριοχή. Για σεισμό μεγέθους ροπής 5, η οικονομική πληγή είναι αρκετά μικρότερη σε σχέση με τον προηγούμενο σεισμό.



Εικόνα 5. 71: Οικονομικές απώλειες

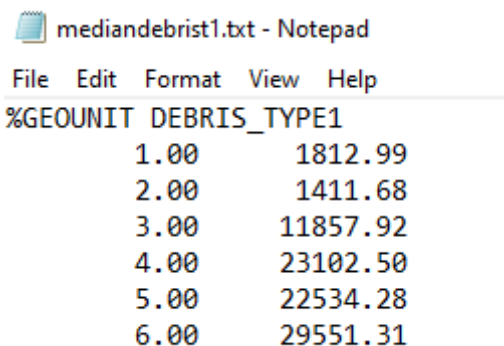
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική μέση οικονομική πληγή της περιοχής.

%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	364,995.70	1
2	186,743.10	2
3	406,774.30	3
4	263,022.70	4
5	149,261.50	5
6	194,986.50	6
sum	€ 1,565,783.80	

Πίνακας 5. 32: Οικονομικές απώλειες

❖ **Αρχείο mediandebris1.txt (μπάζα λόγω σεισμού)**

Απόβλητα τύπου 1 (τούβλα, ξύλο κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



Εικόνα 5. 72: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

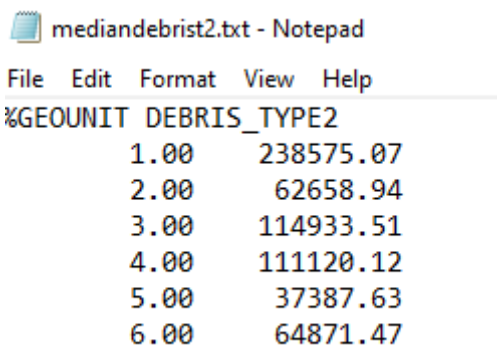
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 1 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE1 (tons/100m ²)
1	1,812.99
2	1,411.68
3	11,857.92
4	23,102.50
5	22,534.28
6	29,551.31
sum	90,270.68

Πίνακας 5. 33: Μπάζα από τούβλα και ζύλο

❖ Αρχείο mediandebris2.txt (μπάζα λόγω σεισμού)

Απόβλητα τύπου 2 (χάλυβας, σκυρόδεμα κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



```

mediandebri2.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE2
1.00 238575.07
2.00 62658.94
3.00 114933.51
4.00 111120.12
5.00 37387.63
6.00 64871.47
    
```

Εικόνα 5. 73: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 2 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE2 (tons/100m ²)
1	238,575.07
2	62,658.94
3	114,933.51
4	111,120.12
5	37,387.63
6	64,871.47
sum	629,546.74

Πίνακας 5. 34: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

❖ **Αρχείο unusd1.txt (ακατοίκητα κτίρια)**

Περιέχει τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων.

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1.00	72.39
2.00	23.93
3.00	51.71
4.00	47.24
5.00	25.55
6.00	37.12

Εικόνα 5. 74: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1	72
2	24
3	52
4	47
5	26
6	37
sum	258

Πίνακας 5. 35: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

❖ **Αρχείο hunusd1.txt (αριθμός αστέγων)**

Περιέχει τον αριθμό των αστέγων που προκύπτουν από τον σεισμό.

%GEOUNIT	HOMELESS
1.00	473.60
2.00	102.88
3.00	257.80
4.00	438.51
5.00	287.12
6.00	534.90

Εικόνα 5. 75: Αριθμός αστέγων

%GEOUNIT	HOMELESS
1	474
2	103
3	258
4	439
5	287
6	535
sum	2095

Πίνακας 5. 36: Αριθμός αστέγων

5.10 Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους 5

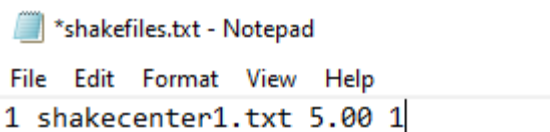
Τα αρχεία εισαγωγής που διαφέρουν στην Πιθανοκρατική ανάλυση, είναι τα αρχεία που αφορούν τον σεισμό (shakefiles.txt & shakecenter1.txt). Οι επιταχύνσεις που χρησιμοποιήθηκαν για σεισμό μεγέθους 5, λήφθηκαν με βάση τον παρακάτω πίνακα, όπου για σεισμό μεγέθους ροπής 5, ο οποίος αντιστοιχεί σε VI κατηγορία στην κλίμακα Mercalli, η επιτάχυνση κυμαίνεται στα 0,08-0,15g.

Approximate Relationship between Mercalli Intensity and PGA

MMI	PGA (g)
IV	0.03 and below
V	0.03 – 0.08
VI	0.08 – 0.15
VII	0.15 – 0.25
VIII	0.25 – 0.45
IX	0.45 – 0.60
X	0.60 – 0.80
XI	0.80 – 0.90
XII	0.90 and above

Εικόνα 5. 76: Σχέση μεταξύ κλίμακας Mercalli και PGA

Αρχείο shakefiles.txt:



Εικόνα 5. 77: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για σεισμό μεγέθους 5 (Πιθανοκρατική ανάλυση)

Αρχείο shakecenter1.txt:

%GEOUNIT	LATITUDE	LONGITUDE	SOIL	Vs30	geom(0/1/2/3)	place(0/1/2)	H(m)	L(m)	tc(1/2)	PGA	SA0_3	SA1_0	Tcorner
1	38.036268	23.774044	2	800	0 0 300 300 1	0.12 0.15 0.08 0							
2	38.037827	23.760498	2	800	0 0 300 300 1	0.12 0.15 0.08 0							
3	38.036368	23.774049	2	800	0 0 300 300 1	0.12 0.15 0.08 0							
4	38.043187	23.752390	2	800	0 0 300 300 1	0.12 0.15 0.08 0							
5	38.032811	23.751077	2	800	0 0 300 300 1	0.12 0.15 0.08 0							
6	38.036273	23.774090	2	800	0 0 300 300 1	0.12 0.15 0.08 0							

Εικόνα 5. 78: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για σεισμό μεγέθους 5 (Πιθανοκρατική ανάλυση)

Output αρχεία Πιθανοκρατικής ανάλυσης

❖ Αρχείο dout1.txt (κτιριακές βλάβες)

Το αρχείο αυτό περιέχει την πιθανότητα βλάβης για κάθε μοντέλο - τύπου κτιρίου.

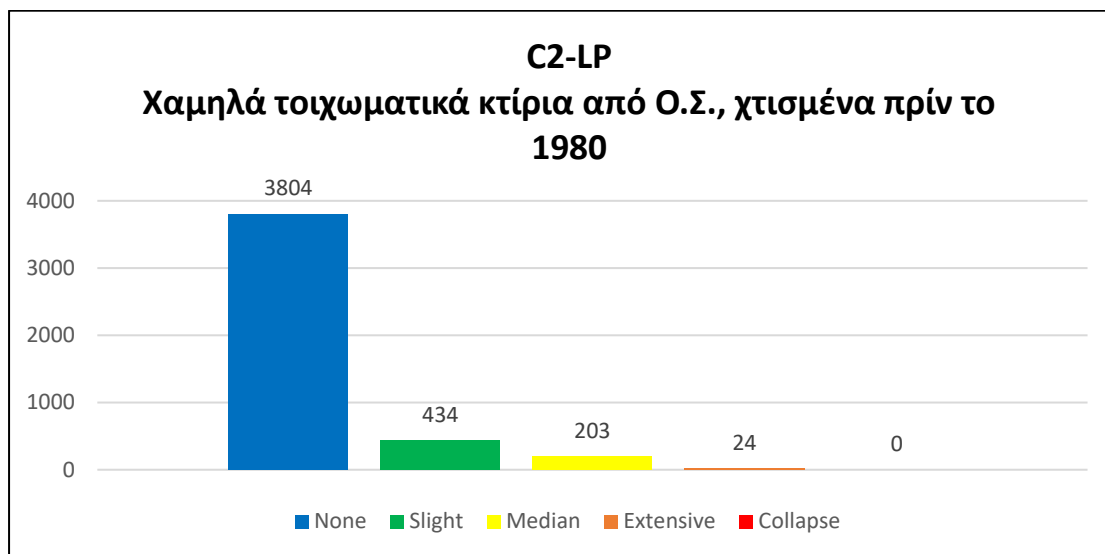
%GEOUNIT	Lat	Lon	Soil	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	Numb	
1	38.036	23.774	2	0.8520	0.0972	0.0455	0.0053	0.0000 0.9036 0.0894 0.0070 0.0000 0.0000 0.8118 0.1437 0.0430 0.0011 0.0004 0.6847 0.1792 0.1019 0.0292 0.0050	1
2	38.038	23.760	2	0.8520	0.0972	0.0455	0.0053	0.0000 0.9036 0.0894 0.0070 0.0000 0.0000 0.8118 0.1437 0.0430 0.0011 0.0004 0.6847 0.1792 0.1019 0.0292 0.0050	2
3	38.036	23.774	2	0.8520	0.0972	0.0455	0.0053	0.0000 0.9036 0.0894 0.0070 0.0000 0.0000 0.8118 0.1437 0.0430 0.0011 0.0004 0.6847 0.1792 0.1019 0.0292 0.0050	3
4	38.043	23.752	2	0.8520	0.0972	0.0455	0.0053	0.0000 0.9036 0.0894 0.0070 0.0000 0.0000 0.8118 0.1437 0.0430 0.0011 0.0004 0.6847 0.1792 0.1019 0.0292 0.0050	4
5	38.033	23.751	2	0.8520	0.0972	0.0455	0.0053	0.0000 0.9036 0.0894 0.0070 0.0000 0.0000 0.8118 0.1437 0.0430 0.0011 0.0004 0.6847 0.1792 0.1019 0.0292 0.0050	5
6	38.036	23.774	2	0.8520	0.0972	0.0455	0.0053	0.0000 0.9036 0.0894 0.0070 0.0000 0.0000 0.8118 0.1437 0.0430 0.0011 0.0004 0.6847 0.1792 0.1019 0.0292 0.0050	6

Εικόνα 5. 79: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Πιθανοκρατική ανάλυση)

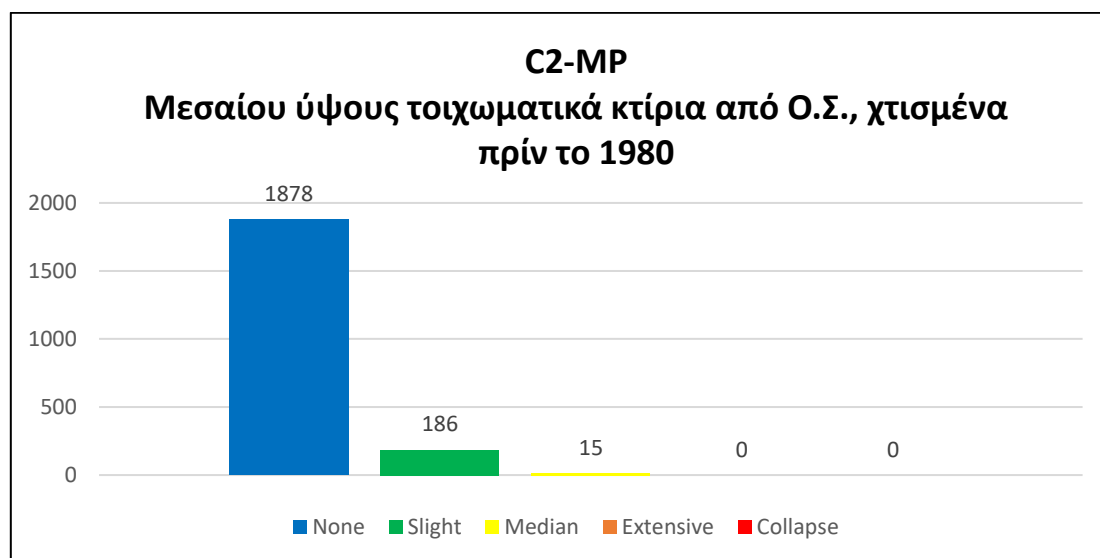
Για κάθε κατηγορία κτιρίου υπάρχουν πέντε στήλες, οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε στάθμη βλάβης (None, slight, median, extensive, collapse).

Τα αποτελέσματα του dout1.txt, εμφανίζονται σε μορφή ποσοστού. Παρακάτω έγινε μετατροπή αυτών των ποσοστών σε αριθμό κτιρίων (Σχήματα 5.61 έως 5.65):

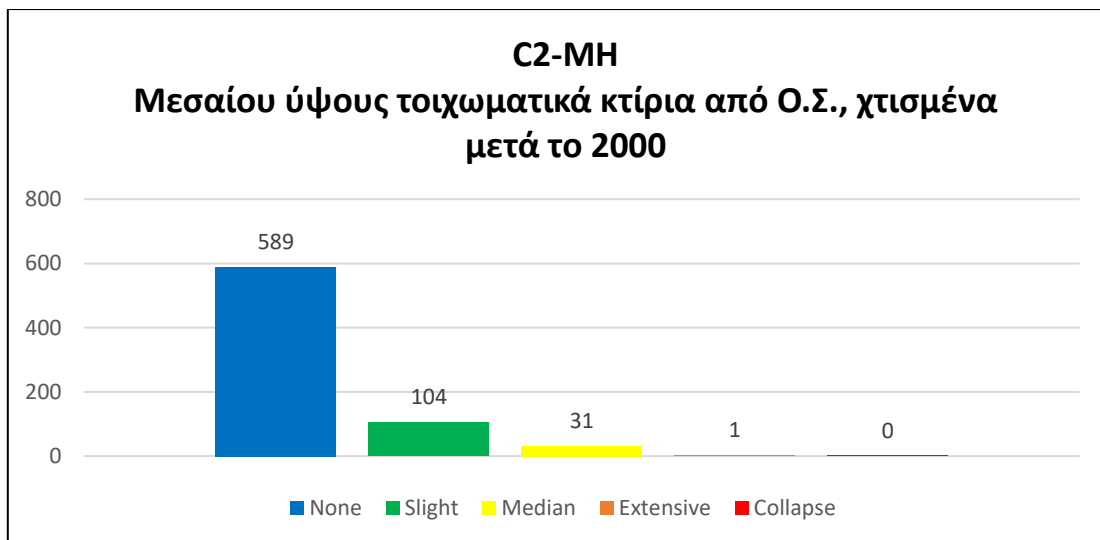
Συνολικές βλάβες για κάθε κατηγορία κτιρίου:



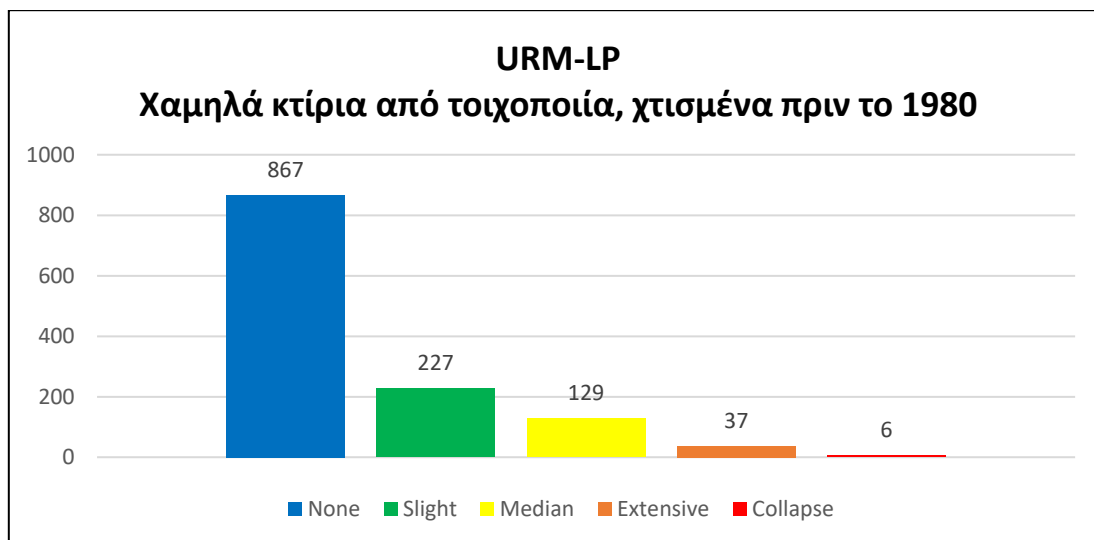
Σχήμα 5. 61: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 62: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980

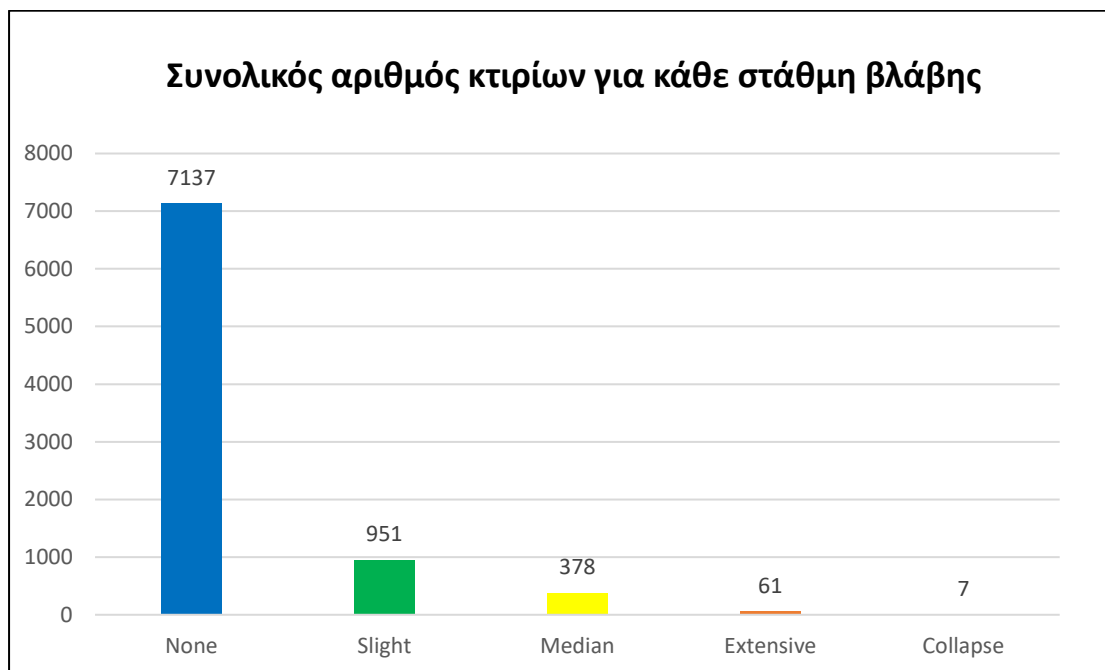


Σχήμα 5. 63: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000



Σχήμα 5. 64: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980

Συνολικές βλάβες κτιρίων που υπήρξαν στην περιοχή ανάλογα τη στάθμη βλάβης:



Σχήμα 5. 65: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Πιθανοκρατική ανάλυση)

Από τα παραπάνω σχήματα, παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα της πιθανοκρατικής ανάλυσης μοιάζουν αρκετά με αυτά της ντετερμινιστικής.

❖ **Αρχείο totalinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)**

Το αρχείο αυτό δείχνει τον μέσο αριθμό των τραυματιών στις χρονικές περιόδους της ημέρας που εξετάστηκαν (2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ.).

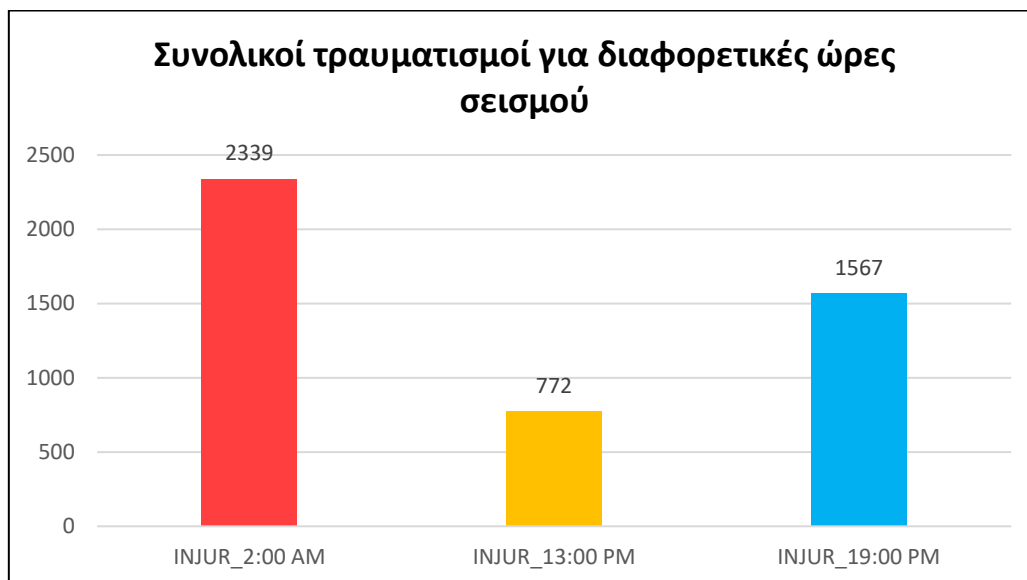
totalinjur1.txt - Notepad			
File	Edit	Format	View Help
%GEOUNIT	INJUR_2:00	INJUR_10:00	INJUR_17:00
1	182.2	60.1	122.1
2	350.9	115.8	235.1
3	788.0	260.0	528.0
4	407.0	134.3	272.7
5	301.2	99.4	201.8
6	310.0	102.3	207.7

Εικόνα 5. 80: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

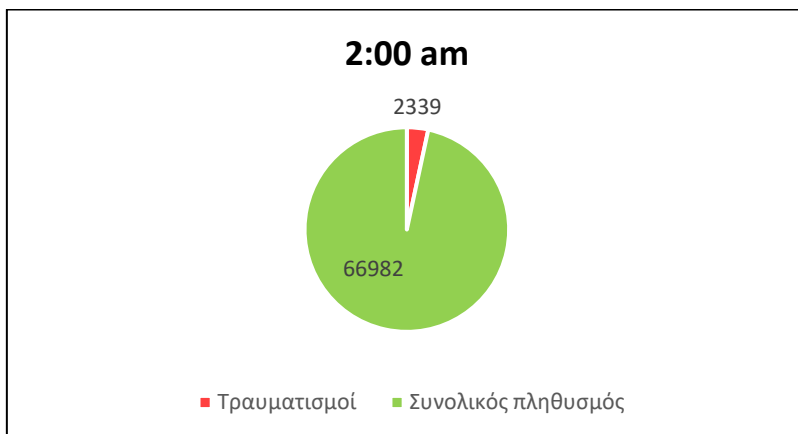
%GEOUNIT	INJUR_2:00 AM	INJUR_13:00 PM	INJUR_19:00 PM
1	182	60	122
2	351	116	235
3	788	260	528
4	407	134	273
5	301	99	202
6	310	102	208
sum	2339	772	1567

Πίνακας 5. 37: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

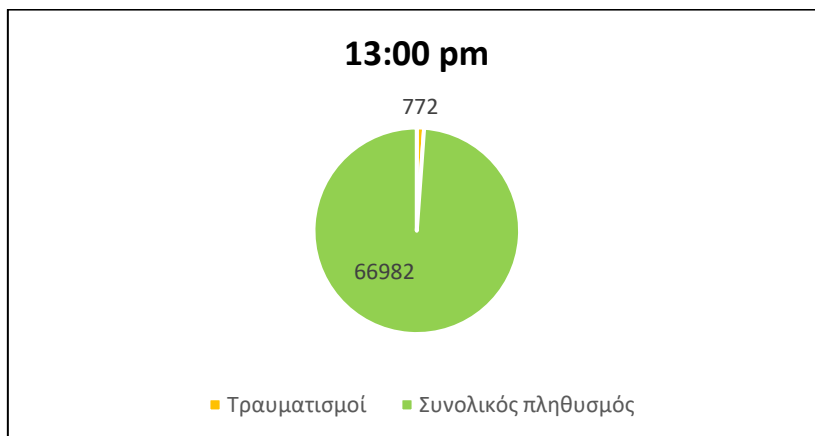


Σχήμα 5. 66: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες

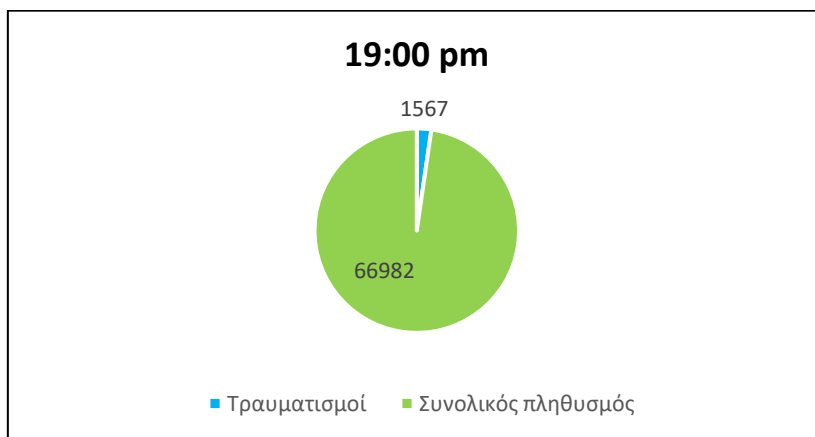
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι τραυματίες έναντι του συνολικού πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας:



Σχήμα 5. 67: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 68: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 69: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.)

Τα ποσοστά των τραυματισμένων ανθρώπων έναντι του συνολικού πληθυσμού είναι αυτά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Τραυματισμοί	Συνολικός πληθυσμός	Ποσοστό τραυματισμένων (%)
INJUR_2:00 AM	2339	66982	3.49
INJUR_13:00 PM	772	66982	1.15
INJUR_19:00 PM	1567	66982	2.34

Πίνακας 5. 38: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες

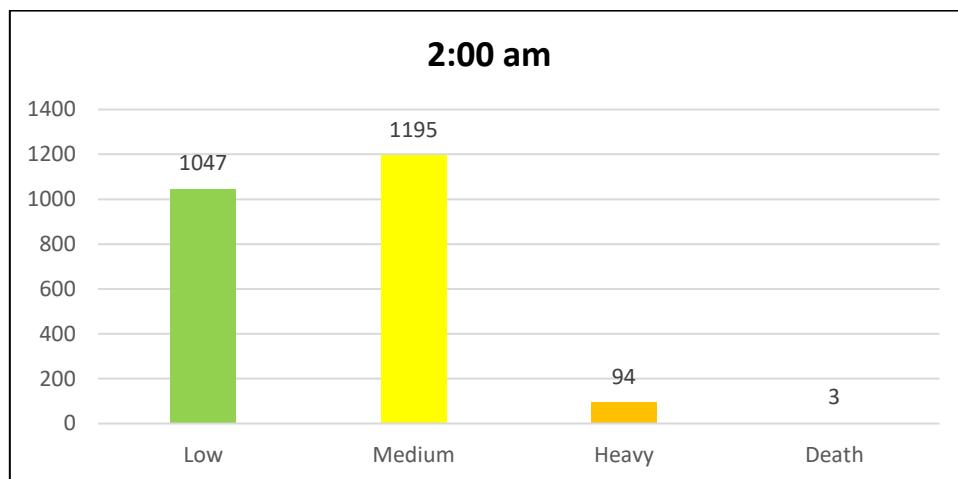
❖ Αρχείο hlbyinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)

%GEOUNIT	INJURLOW_2:00	INJURLOW_10:00	INJURLOW_17:00	INJURMED_2:00	INJURMED_10:00	INJURMED_17:00	INJURHEAV_2:00	INJURHEAV_10:00	INJURHEAV_17:00	INJURVDEATH_2:00	INJURVDEATH_10:00	INJURVDEATH_17:00
1	84.8	28.0	56.8	92.8	30.6	62.2	4.4	1.5	2.9	0.2	0.1	0.1
2	158.0	52.1	105.9	179.2	59.1	120.0	13.2	4.4	8.9	0.5	0.2	0.3
3	349.2	115.2	233.9	403.0	133.0	270.0	34.6	11.4	23.2	1.2	0.4	0.8
4	181.5	59.9	121.6	208.0	68.6	139.4	16.9	5.6	11.3	0.6	0.2	0.4
5	133.2	44.0	89.3	154.0	50.8	103.2	13.4	4.4	9.0	0.5	0.2	0.3
6	139.9	46.2	93.7	158.3	52.2	106.0	11.5	3.8	7.7	0.4	0.1	0.3

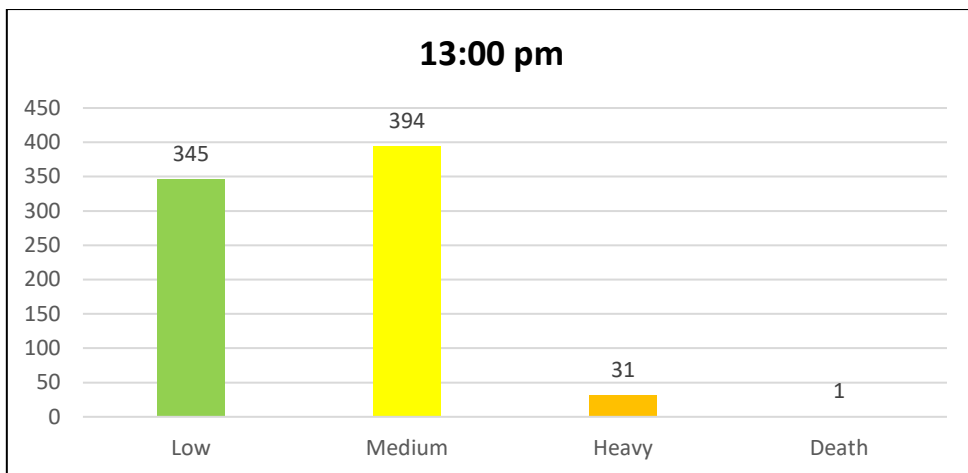
Εικόνα 5. 81: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν.

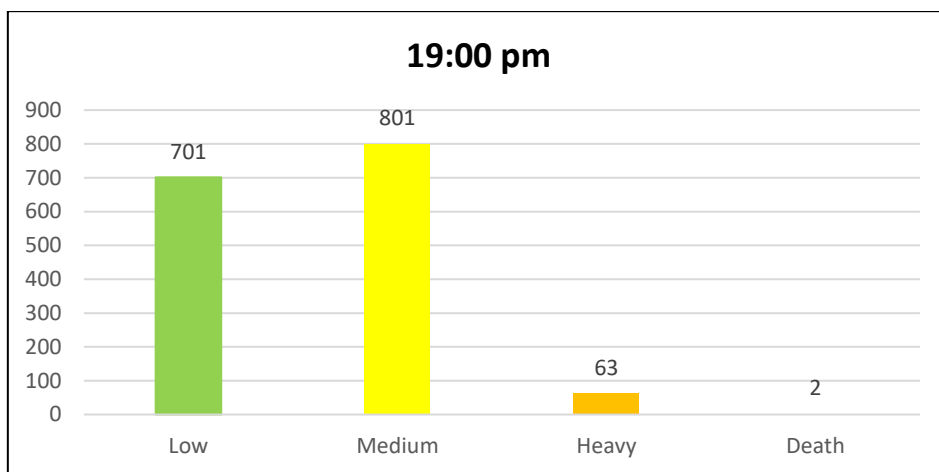
Συνολικοί τραυματισμοί ανάλογα το μέγεθος του τραυματισμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 5. 70: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)

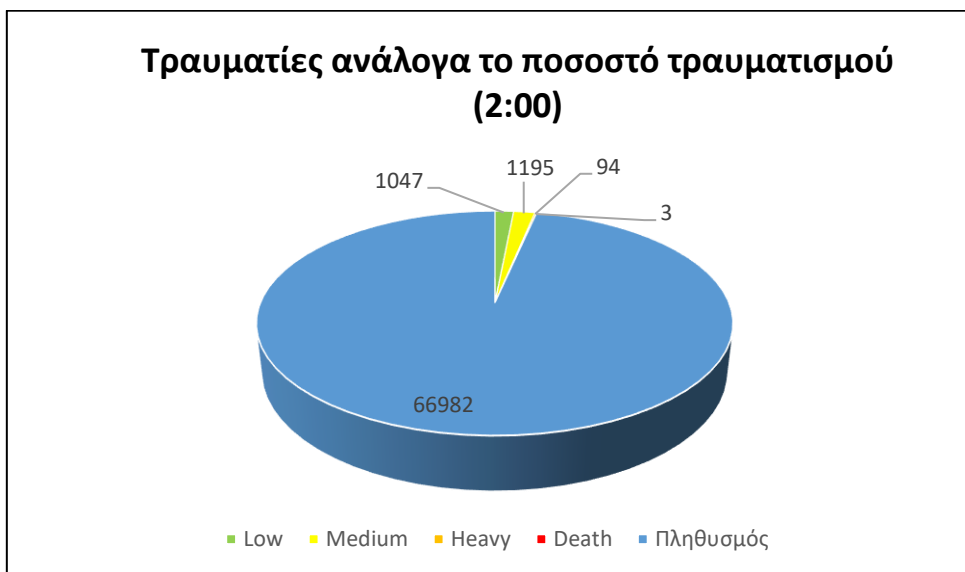


Σχήμα 5. 71: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)

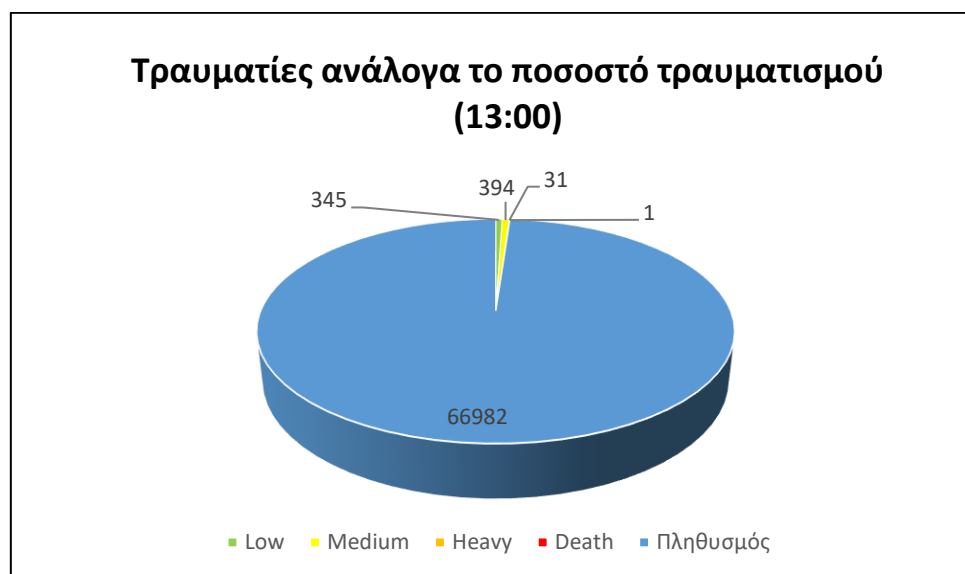


Σχήμα 5. 72: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)

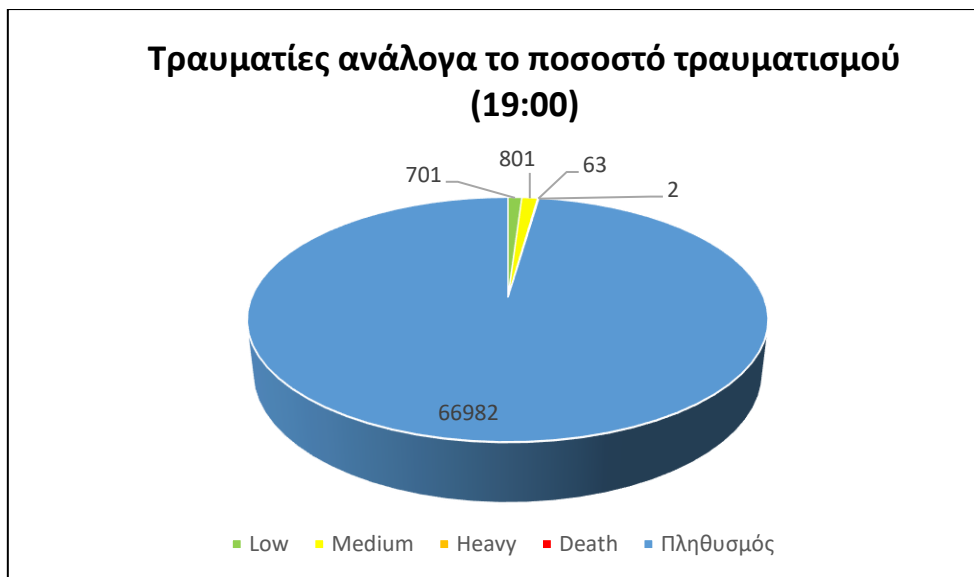
Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού.



Σχήμα 5. 73: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 74: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 75: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

Παρατηρείται ότι οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν υποστεί ελαφρύ (Low) και μέτριο (Medium) τραυματισμό, κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της ντετερμινιστικής ανάλυσης.

❖ **Αρχείο eclosses1.txt (οικονομικές απώλειες)**

```

eclosses1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEUNIT  EUROS
1      224014.5
2      348339.4
3      686906.4
4      318032.8
5      242135.8
6      273990.0
    
```

Εικόνα 5. 82: Οικονομικές απώλειες

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική μέση οικονομική πληγή της περιοχής.

%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	224,014.50	1
2	348,339.40	2
3	686,906.40	3
4	318,032.80	4
5	242,135.80	5
6	273,990.00	6
sum	€ 2,093,418.90	

Πίνακας 5. 39: Οικονομικές απώλειες

Παρατηρείται ότι για σεισμό μεγέθους ροπής 5, η οικονομική πληγή έχει μειωθεί αρκετά συγκριτικά με τα αποτελέσματα της πιθανοκρατικής ανάλυσης του σεισμού μεγέθους ροπής 6.

❖ Αρχείο mediandebbris1.txt (μπάζα λόγω σεισμού)

Αποβλήτα τύπου 1 (τούβλα, ξύλο κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.

```

mediandebbris1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE1
1.00 2929.03
2.00 2092.16
3.00 16214.25
4.00 34102.23
5.00 33369.98
6.00 43726.18
    
```

Εικόνα 5. 83: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

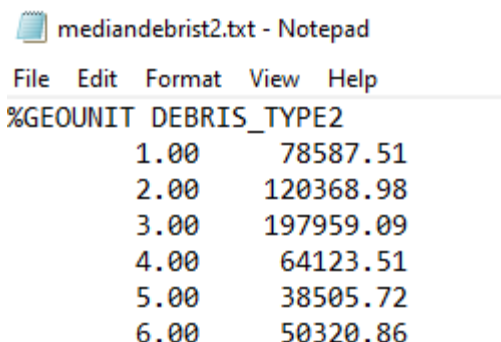
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 1 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE1 (tons/100m ²)
1	2,929.03
2	2,092.16
3	16,214.25
4	34,102.23
5	33,369.98
6	43,726.18
sum	132,433.83

Πίνακας 5. 40: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

❖ **Αρχείο mediandebbris2.txt (μπάζα λόγω σεισμού)**

Απόβλητα τύπου 2 (χάλυβας, σκυρόδεμα κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



Εικόνα 5. 84 : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

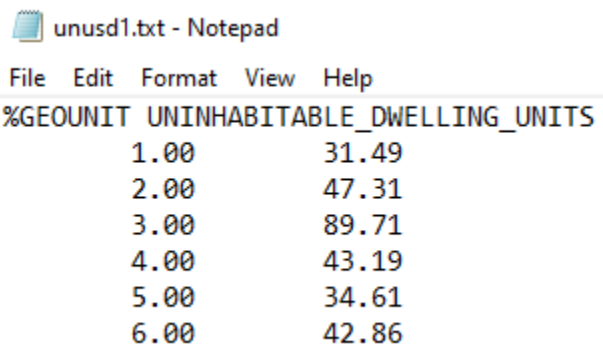
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 2 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE2 (tons/100m ²)
1	78,587.51
2	120,368.98
3	197,959.09
4	64,123.51
5	38,505.72
6	50,320.86
sum	549,865.67

Πίνακας 5. 41 : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

❖ **Αρχείο unusd1.txt (ακατοίκητα κτίρια)**

Περιέχει τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων.



Εικόνα 5. 85: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1	31
2	47
3	90
4	43
5	35
6	43
sum	289

Πίνακας 5. 42: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

❖ Αρχείο hunusd1.txt (αριθμός αστέγων)

Περιέχει τον αριθμό των αστέγων που προκύπτουν από τον σεισμό.

```

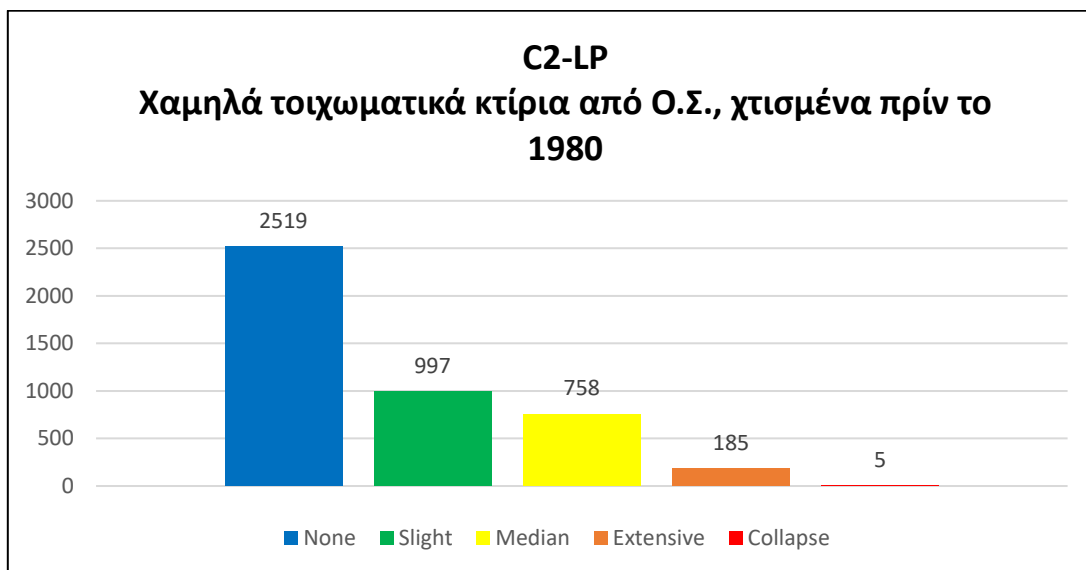
hunusd1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT HOMELESS
1.00 206.04
2.00 203.43
3.00 447.28
4.00 400.95
5.00 388.83
6.00 617.59
    
```

Εικόνα 5. 86 : Αριθμός αστέγων

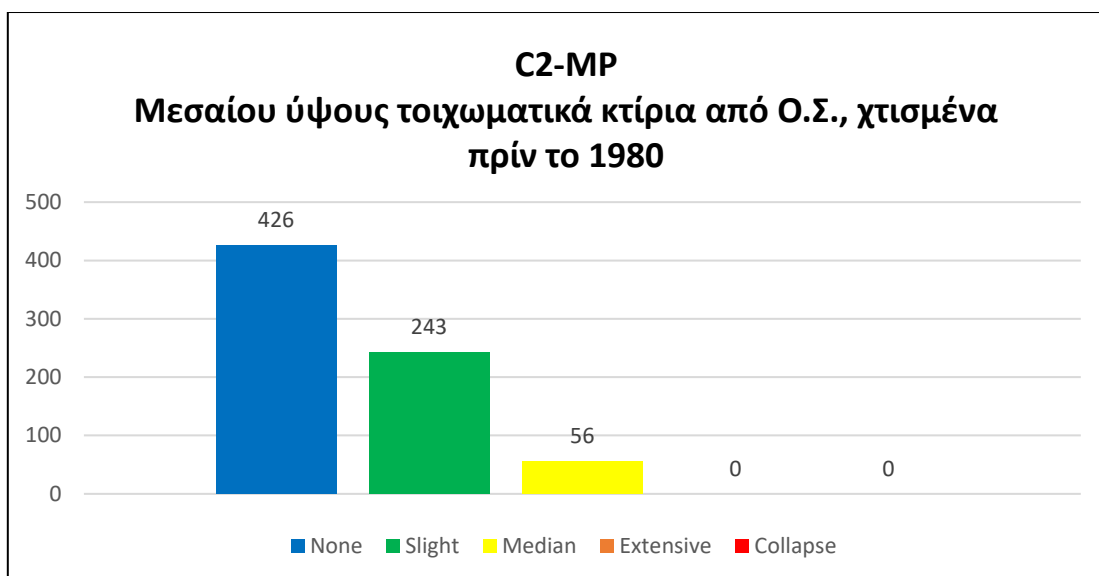
%GEOUNIT	HOMELESS
1	206
2	203
3	447
4	401
5	389
6	618
sum	2264

Πίνακας 5. 43 : Αριθμός αστέγων

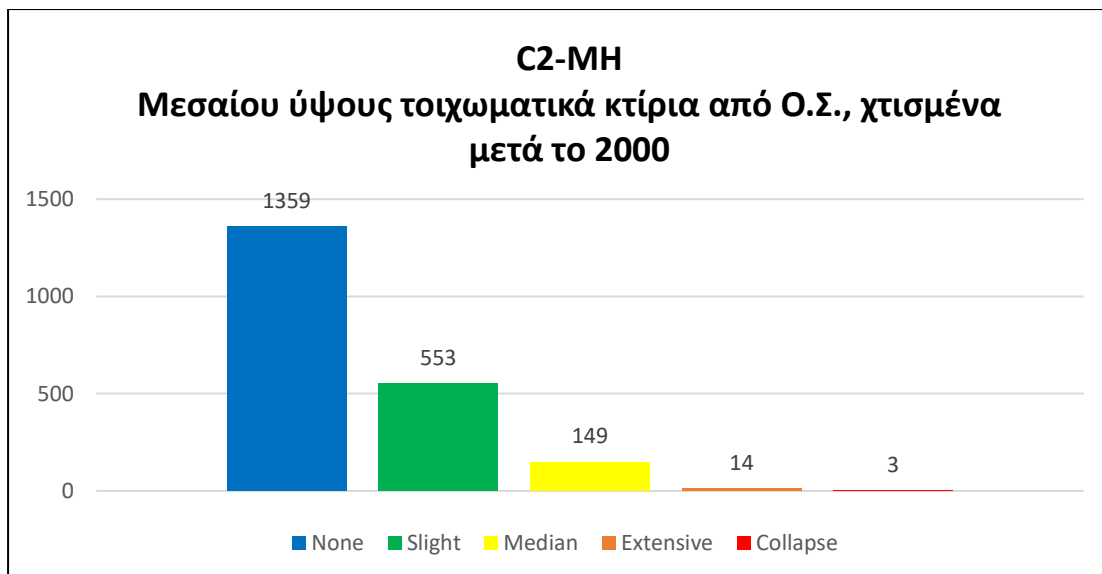
Συνολικές βλάβες για κάθε κατηγορία κτιρίου:



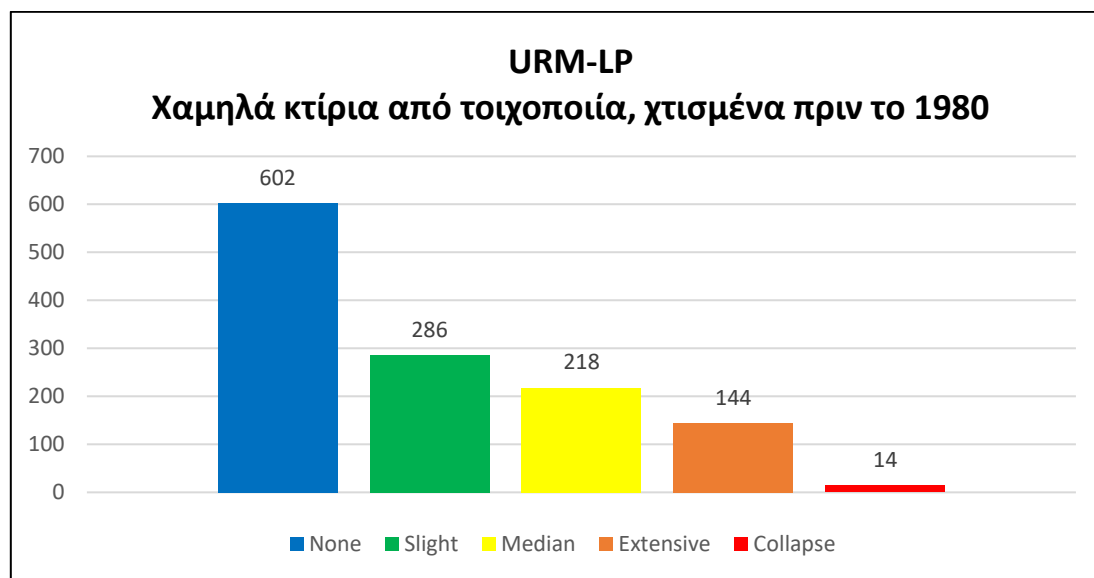
Σχήμα 5. 76: : Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 77: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980

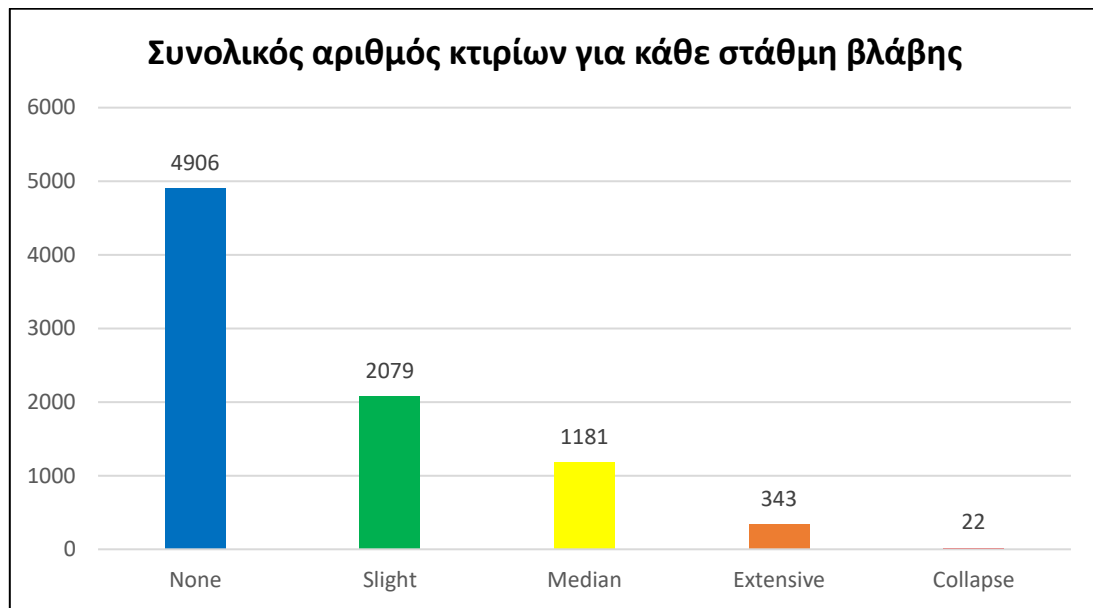


Σχήμα 5. 78: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000



Σχήμα 5. 79: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980

Συνολικές βλάβες κτιρίων που υπήρξαν στην περιοχή ανάλογα τη στάθμη βλάβης:



Σχήμα 5. 80: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Real-Time ανάλυση)

Όπως φαίνεται και στα σχήματα 5.76 έως 5.80, τα αποτελέσματα της real-time ανάλυσης αποκλίνουν αρκετά από τις δύο προηγούμενες μεθόδους, καθώς το πλήθος των κτιρίων που έπαθε βλάβη έχει περίπου διπλασιαστεί.

❖ Αρχείο totalinjurmean.txt (ανθρώπινες απώλειες)

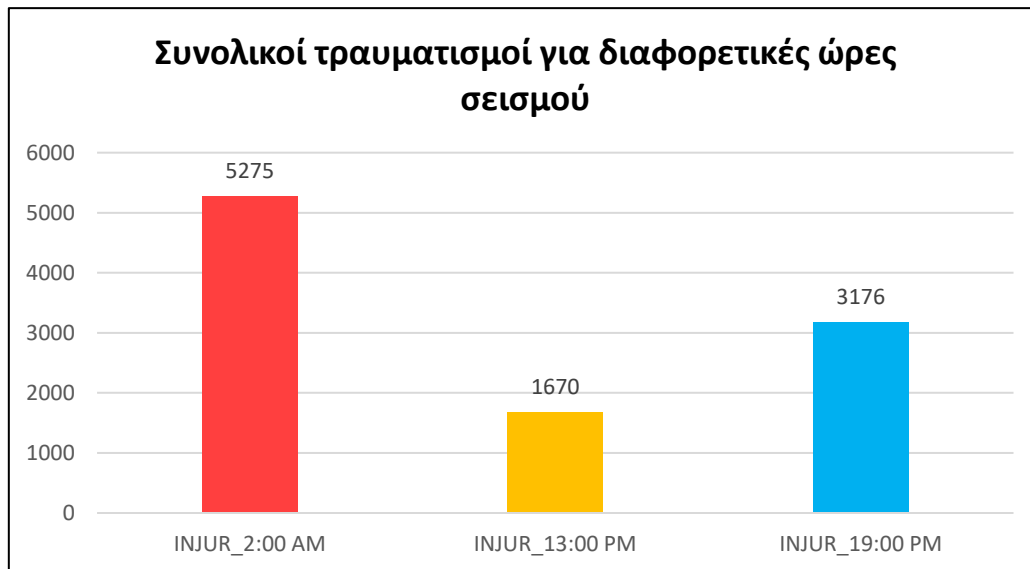
```
totalinjurmean.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT INJUR_2:00 INJUR_10:00 INJUR_17:00
1      387.3   93.9   193.3
2      817.3   235.7  482.6
3     1827.0   601.8 1025.2
4      930.5   273.1  557.4
5      606.8   266.3  410.4
6      705.7   198.9  506.8
```

Εικόνα 5. 90: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

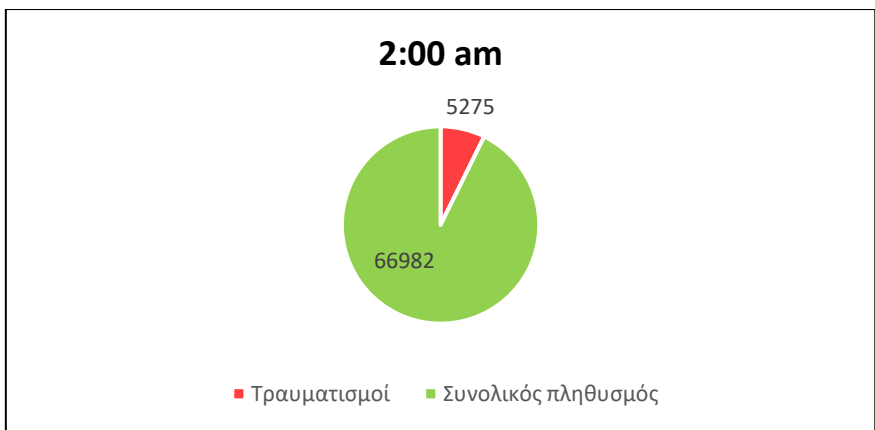
%GEOUNIT	INJUR_2:00 AM	INJUR_13:00 PM	INJUR_19:00 PM
1	387	94	193
2	817	236	483
3	1827	602	1025
4	931	273	557
5	607	266	410
6	706	199	507
sum	5275	1670	3176

Πίνακας 5. 44: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

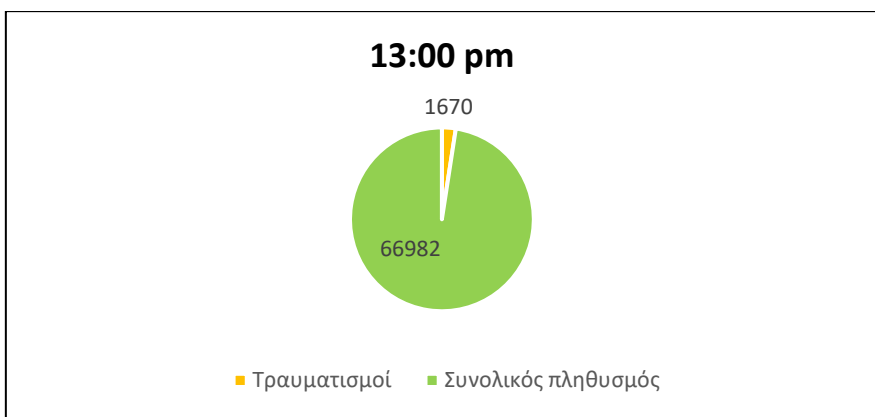


Σχήμα 5. 81: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες

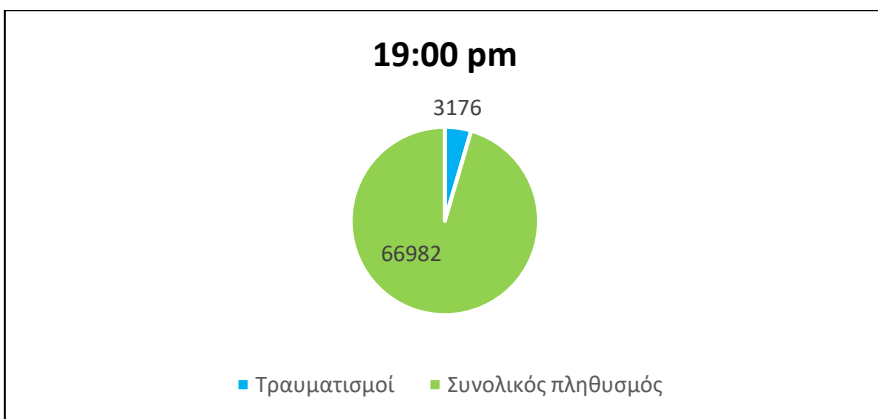
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι τραυματίες έναντι του συνολικού πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας:



Σχήμα 5. 82: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 83: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 84: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)

Από τα παραπάνω σχήματα ο αριθμός των τραυματιών φαίνεται να έχει αυξηθεί αισθητά σε σχέση με τις προηγούμενες δύο αναλύσεις, πράγμα το οποίο αποδεικνύει την αβεβαιότητα της real-time ανάλυσης.

Τα ποσοστά των τραυματισμένων ανθρώπων έναντι του συνολικού πληθυσμού είναι αυτά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Τραυματισμοί	Συνολικός πληθυσμός	Ποσοστό τραυματισμένων (%)
INJUR_2:00 AM	5275	66982	7.87
INJUR_13:00 PM	1670	66982	2.49
INJUR_19:00 PM	3176	66982	4.74

Πίνακας 5. 45: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες

❖ Αρχείο hlbyinjurmean.txt (ανθρώπινες απώλειες)

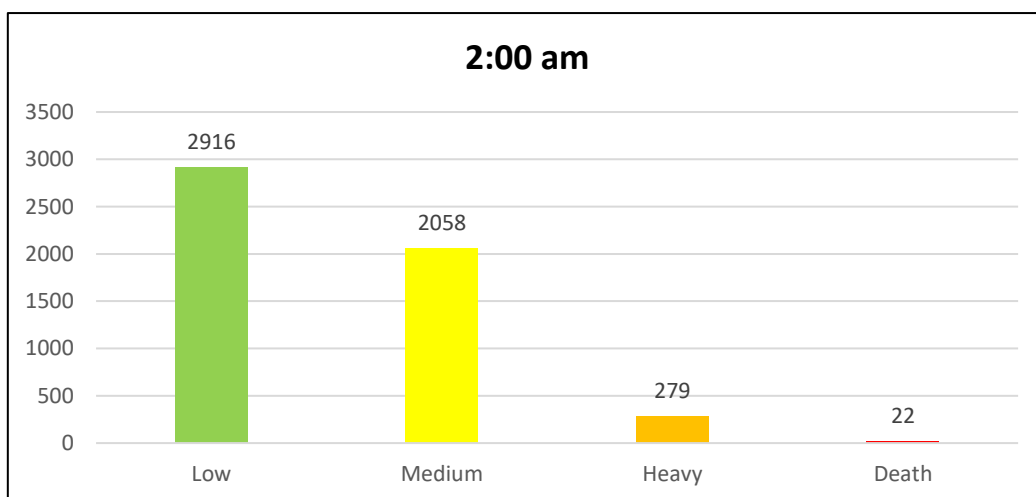
```

hlbyinjurmean.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT INJURLOW_2:00 INJURLOW_10:00 INJURLOW_17:00 INJURMED_2:00 INJURMED_10:00 INJURMED_17:00 INJURHEAV_2:00 INJURHEAV_10:00 INJURHEAV_17:00 INJURVDEATH_2:00 INJURVC
1 175.8 34.8 84.3 196.8 57.9 98.8 13.5 1.1 9.4 1.2 0.1 0.8
2 557.9 154.6 314.3 205.9 66.9 138.9 49.9 13.0 26.9 3.6 1.2 2.5
3 969.8 295.6 551.2 748.3 245.9 402.4 100.7 56.0 64.7 8.2 4.3 6.9
4 539.8 145.5 204.8 359.2 104.5 274.7 27.2 22.0 75.2 4.3 1.1 2.7
5 256.7 171.6 215.7 297.2 81.1 166.1 51.1 13.4 27.7 1.8 0.2 0.9
6 415.8 78.7 275.1 250.8 100.8 202.0 36.7 18.6 28.1 2.4 0.8 1.6
    
```

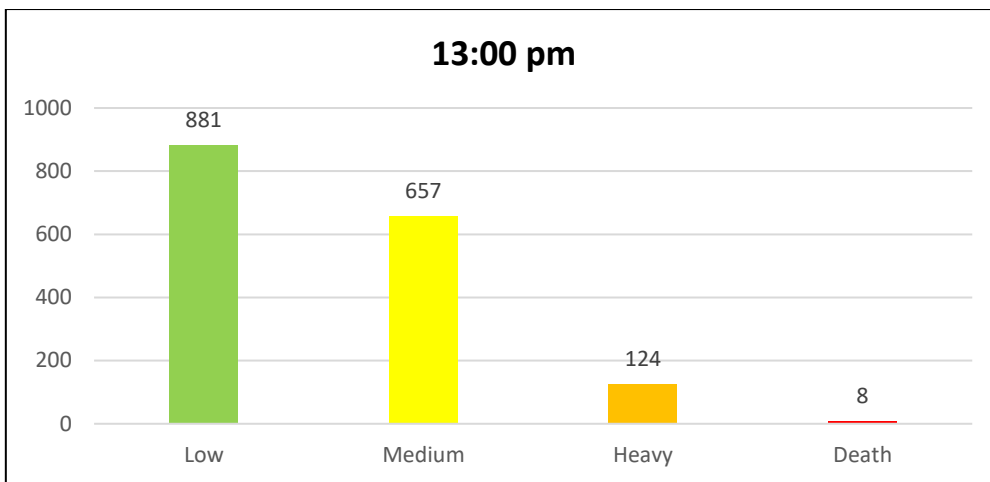
Εικόνα 5. 91: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στα σχήματα 5.85, 5.86, και 5.87.

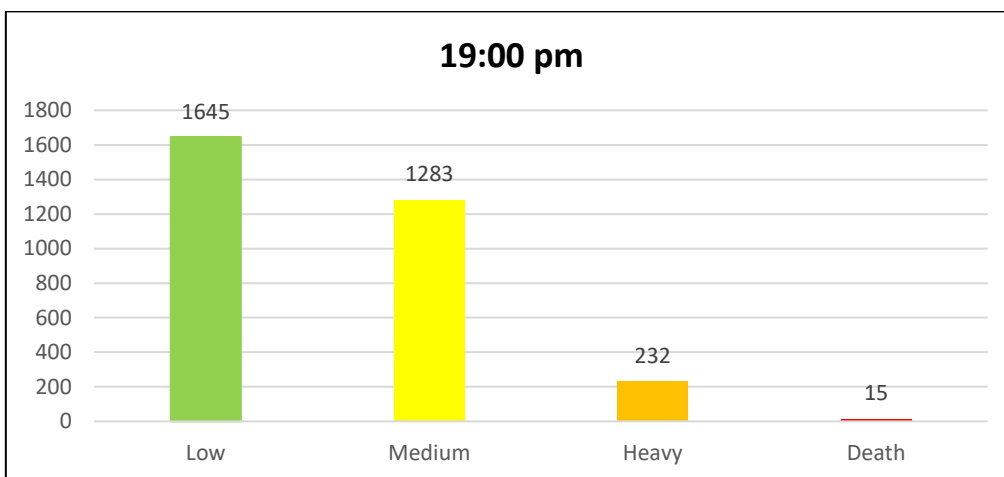
Συνολικοί τραυματισμοί ανάλογα το μέγεθος του ταυματισμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 5. 85: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)

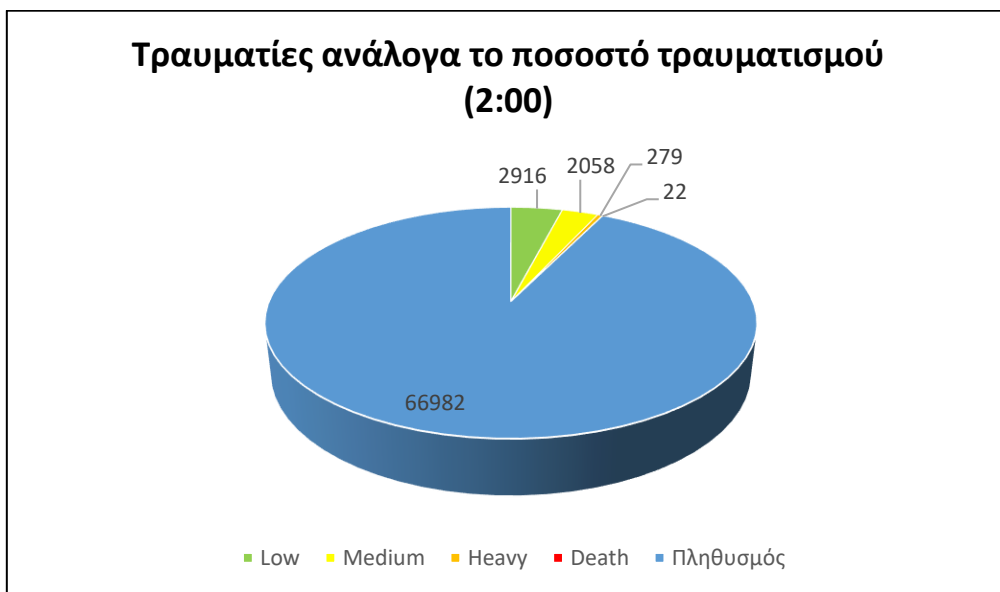


Σχήμα 5. 86: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)

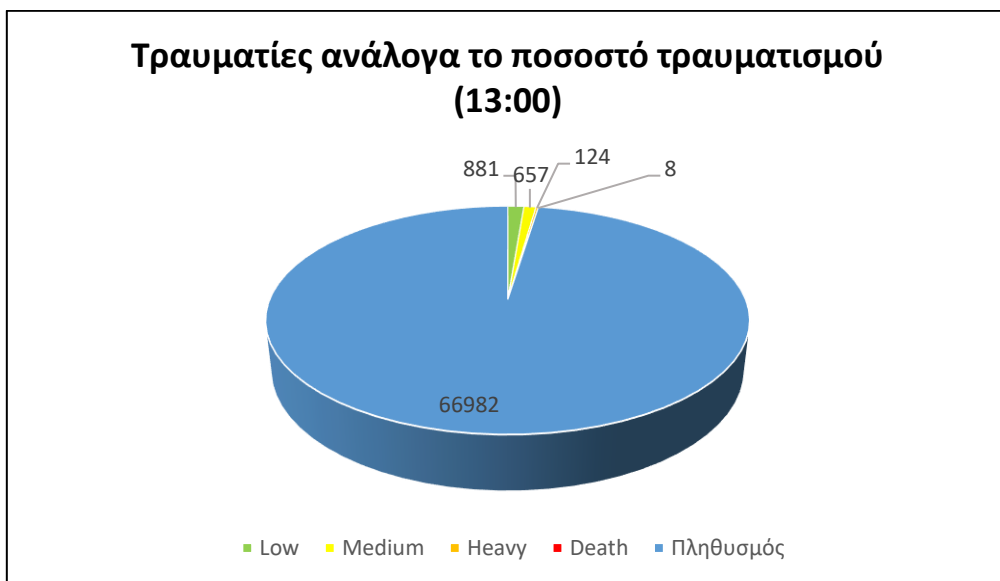


Σχήμα 5. 87: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)

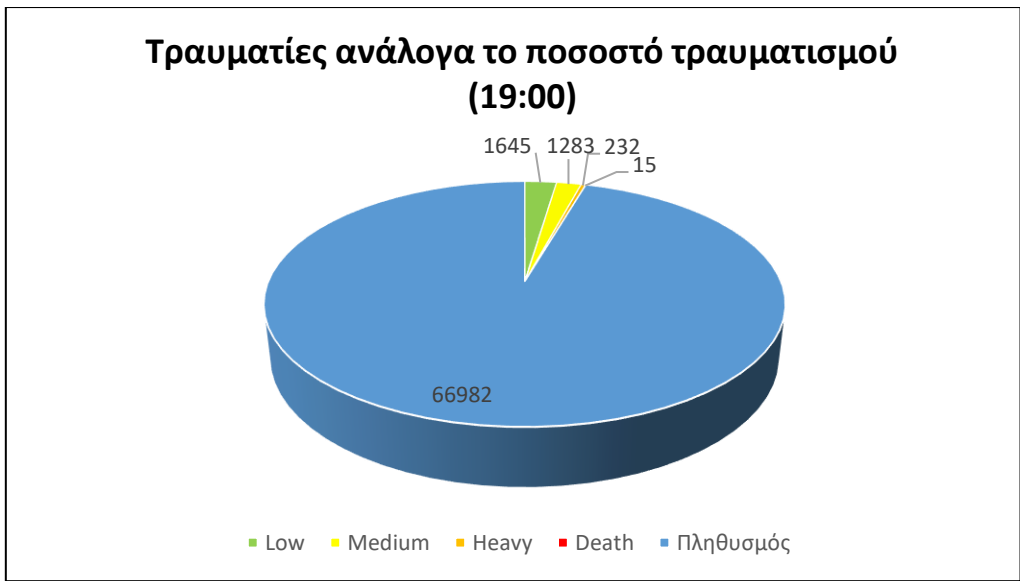
Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού.



Σχήμα 5. 88: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 89: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 90: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

❖ **Αρχείο lossmedian.txt (οικονομικές απώλειες)**

```

lossmedian.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT EUROS ORDER
1 234,014.50 1
2 388,339.40 2
3 836,906.40 3
4 628,032.80 4
5 352,135.80 5
6 283,990.00 6
    
```

Εικόνα 5. 92: Οικονομικές απώλειες

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική μέση οικονομική πληγή της περιοχής.

%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	234,014.50	1
2	388,339.40	2
3	836,906.40	3
4	628,032.80	4
5	352,135.80	5
6	283,990.00	6
sum	2,723,418.90	

Πίνακας 5. 46: Οικονομικές απώλειες

Οι οικονομικές απώλειες που προέκυψαν από την real-time ανάλυση, υπολογίζεται ότι διαφέρουν από το μέσο όρο των προηγούμενων δύο αναλύσεων, περίπου 893,818 ευρώ.

❖ **Αρχείο mediandebris1.txt (μπάζα λόγω σεισμού)**

Απόβλητα τύπου 1 (τούβλα, ξύλο κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.

```

mediandebris1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE1
1.00 14,029.03
2.00 15,292.16
3.00 33,214.25
4.00 65,102.23
5.00 45,369.98
6.00 62,526.18
    
```

Εικόνα 5. 93: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 1 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE1 (tons/100m ²)
1	14,029.03
2	15,292.16
3	33,214.25
4	65,102.23
5	45,369.98
6	62,526.18
sum	235,533.83

Πίνακας 5. 47: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

❖ Αρχείο **mediandebri2.txt** (μπάζα λόγω σεισμού)

Απόβλητα τύπου 2 (χάλυβας, σκυρόδεμα κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.

```

mediandebri2.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE2
1.00 258,575.25
2.00 82,658.54
3.00 134,933.26
4.00 141,120.36
5.00 47,387.78
6.00 84,871.41
    
```

Εικόνα 5. 94: : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 2 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE2 (tons/100m ²)
1	258,575.25
2	82,658.54
3	134,933.26
4	141,120.36
5	47,387.78
6	84,871.41
sum	749,546.60

Πίνακας 5. 48: : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

❖ **Αρχείο unusd1.txt (ακατοίκητα κτίρια)**

Περιέχει τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων.

```

unusd1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1.00 84
2.00 35
3.00 63
4.00 58
5.00 34
6.00 43
    
```

Εικόνα 5. 95: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1	84
2	35
3	63
4	58
5	34
6	43
sum	317

Πίνακας 5. 49: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

❖ **Αρχείο hunusd1.txt (αριθμός αστέγων)**

Περιέχει τον αριθμό των αστέγων που προκύπτουν από τον σεισμό.

```

hunusd1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT HOMELESS
1.00 332
2.00 331
3.00 464
4.00 505
5.00 682
6.00 700
    
```

Εικόνα 5. 96 : Αριθμός αστέγων

%GEOUNIT	HOMELESS
1	332
2	331
3	464
4	505
5	682
6	700
sum	3013

Πίνακας 5. 50 : Αριθμός αστέγων

5.12 Ντετερμινιστική ανάλυση για σεισμό μεγέθους 7

Τέλος έγινε ανάλυση για έναν μεγαλύτερο σεισμό μεγέθους ροπής 7.

Το αρχείο εισαγωγής που διαφέρει από τα προηγούμενα, αφορά τον σεισμό και το ρήγμα και είναι το αρχείο earthquake.txt.

Αρχείο earthquake.txt:

```

earthquake.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%Earthquake scenarios information
%1st column is the weight for the logic tree scheme,
%2nd column is latitude in degrees (e.g.: 50.90)
%3rd column is longitude in degrees (e.g.: 10.90)
%4th column is focal depth in km (eg.: 20)
%5th column is Ms magnitude (6.0)
%6th column is Mw magnitude (6.0)
%7th column is Fault orientation in degrees from North (e.g. 0.0)
%8th column is Dip Angle in degrees (e.g: 0.0)
%9th column is Fault Mechanism:Strike-Slip(0);Normal(1);Reverse(2);All(3)
%10th column is the numerical code for the spectral shape as found in spectral.m function. For example: 1 is IBC 2006 spectral shape.
1.00 38.123 23.662 14.00 7 7 55.00 90.00 1 2
    
```

Εικόνα 5. 97: Αρχείο εισαγωγής σεισμού Ντετερμινιστικής ανάλυσης

Output αρχεία ντετερμινιστικής ανάλυσης:

❖ Αρχείο dout1.txt (κτιριακές βλάβες)

Το αρχείο αυτό περιέχει την πιθανότητα βλάβης για κάθε μοντέλο - τύπου κτιρίου.

```

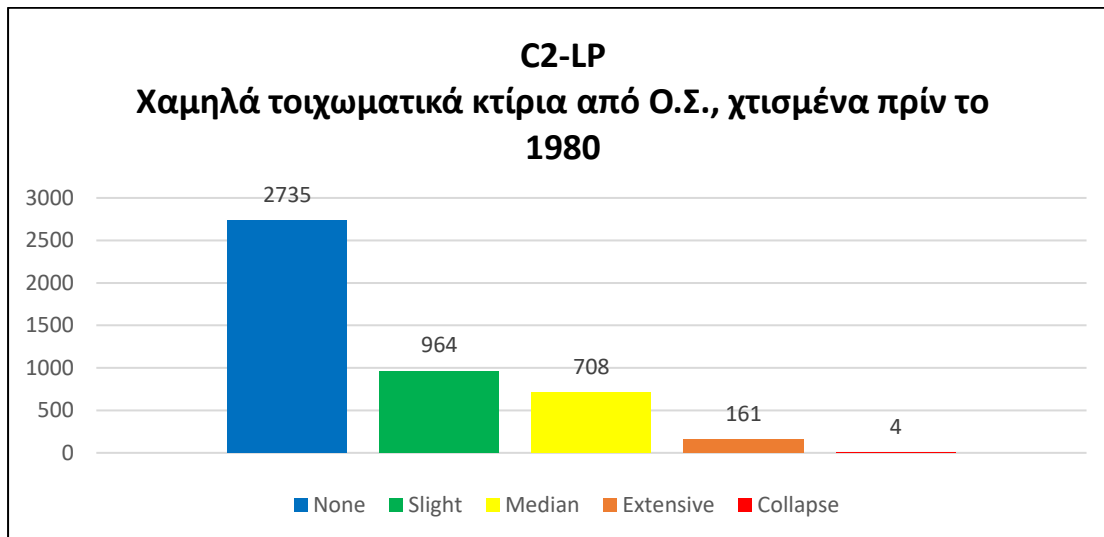
dout1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT Lat Lon Soil C2-LP C2-MP C2-MH URN-LP Numb
1 38.036 23.774 2.000 0.610 0.219 0.156 0.038 0.001 0.827 0.152 0.015 0.000 0.000 0.736 0.192 0.072 0.001 0.001 0.383 0.251 0.223 0.102 0.035 1
2 38.038 23.768 2.000 0.634 0.216 0.162 0.032 0.001 0.828 0.156 0.017 0.000 0.000 0.735 0.199 0.073 0.003 0.001 0.381 0.253 0.221 0.106 0.032 2
3 38.043 23.752 2.000 0.629 0.213 0.158 0.039 0.001 0.826 0.154 0.019 0.000 0.000 0.734 0.191 0.074 0.003 0.001 0.381 0.257 0.227 0.107 0.029 3
4 38.033 23.751 2.000 0.600 0.215 0.163 0.033 0.001 0.832 0.155 0.013 0.000 0.000 0.729 0.193 0.072 0.002 0.001 0.385 0.252 0.226 0.107 0.037 4
5 38.033 23.752 2.000 0.602 0.216 0.154 0.037 0.001 0.824 0.157 0.016 0.000 0.000 0.737 0.195 0.072 0.003 0.001 0.383 0.254 0.224 0.108 0.035 5
6 38.033 23.752 2.000 0.601 0.216 0.158 0.038 0.001 0.829 0.149 0.020 0.000 0.000 0.732 0.193 0.073 0.003 0.001 0.387 0.252 0.225 0.109 0.039 6
    
```

Εικόνα 5. 98: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Ντετερμινιστική ανάλυση)

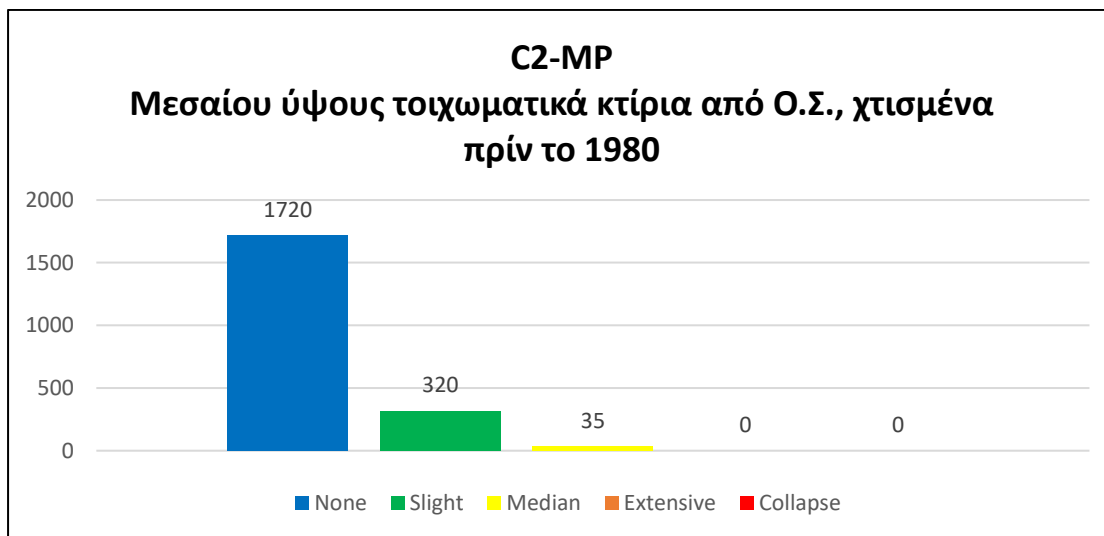
Για κάθε κατηγορία κτιρίου υπάρχουν πέντε στήλες, οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε στάθμη βλάβης (None, slight, median, extensive, collapse).

Έγινε μετατροπή των ποσοστών σε αριθμό κτιρίων όπως φαίνεται στα σχήματα 5.91 έως 5.95:

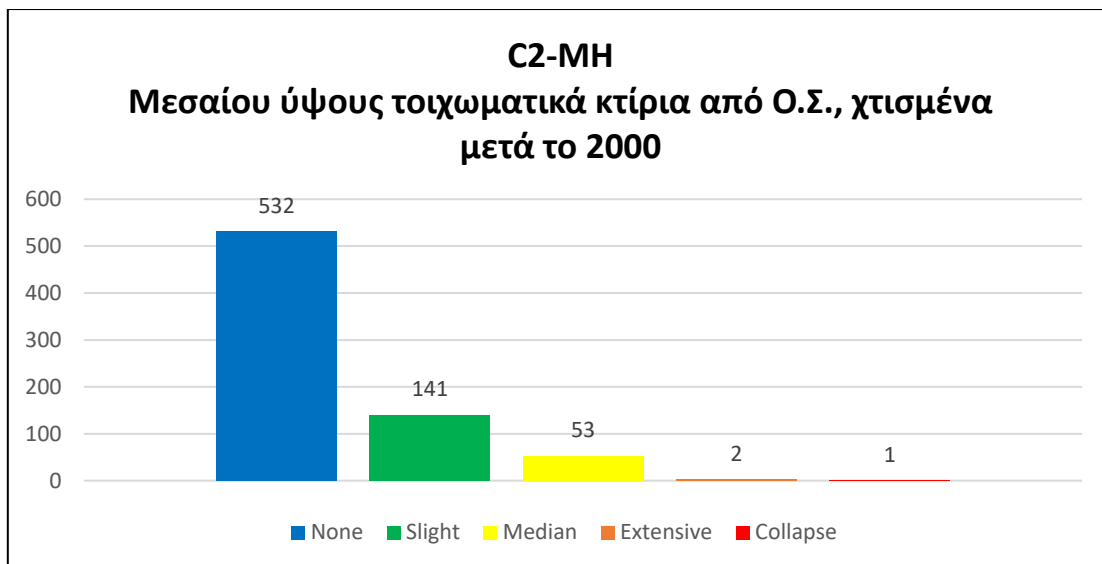
Συνολικές βλάβες για κάθε κατηγορία κτιρίου:



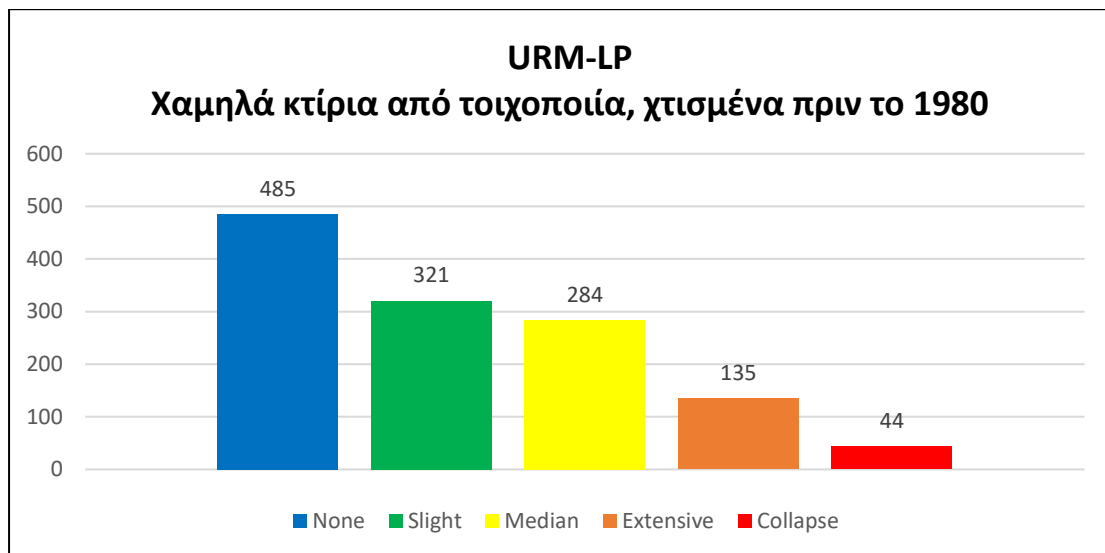
Σχήμα 5. 91:Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 92:Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980

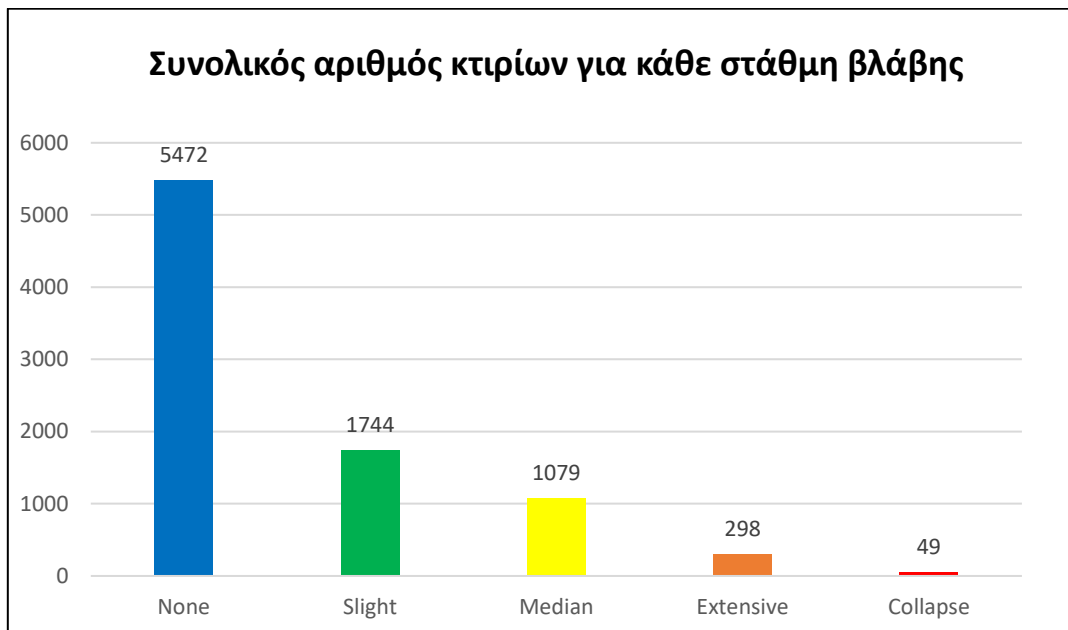


Σχήμα 5. 93: Λάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000



Σχήμα 5. 94: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980

Συνολικές βλάβες κτιρίων που υπήρξαν στην περιοχή ανάλογα τη στάθμη βλάβης:



Σχήμα 5. 95: Συνολικός αριθμός κτιρίων σε κάθε στάθμη βλάβης (Ντετερμινιστική ανάλυση)

Παρατηρείται ότι τα ποσοστά των κτιρίων που έχουν πάθει βλάβη έχουν αυξηθεί, καθώς τα περισσότερα κτίρια έχουν υποστεί όλων των βαθμών βλάβης, και εκτείνονται από «slight» έως και «collapse». Η πλειοψηφία των κτιρίων που υπέστη μεγάλη καταστροφή έως και ολική (extensive και collapse), φαίνεται να είναι τα κτίρια κατηγορίας URML-PRE, δηλαδή κτίρια χτισμένα από τοιχοποιία πριν το 1980.

❖ **Αρχείο totalinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)**

Από το αρχείο αυτό φαίνεται ότι ο αριθμός των τραυματιών είναι ελάχιστα μεγαλύτερος από τον σεισμό μεγέθους ροπής 6, και αυτό είναι λογικό διότι αποτελεί έναν πιο καταστροφικό σεισμό (Κλίμακα Mercalli VIII).

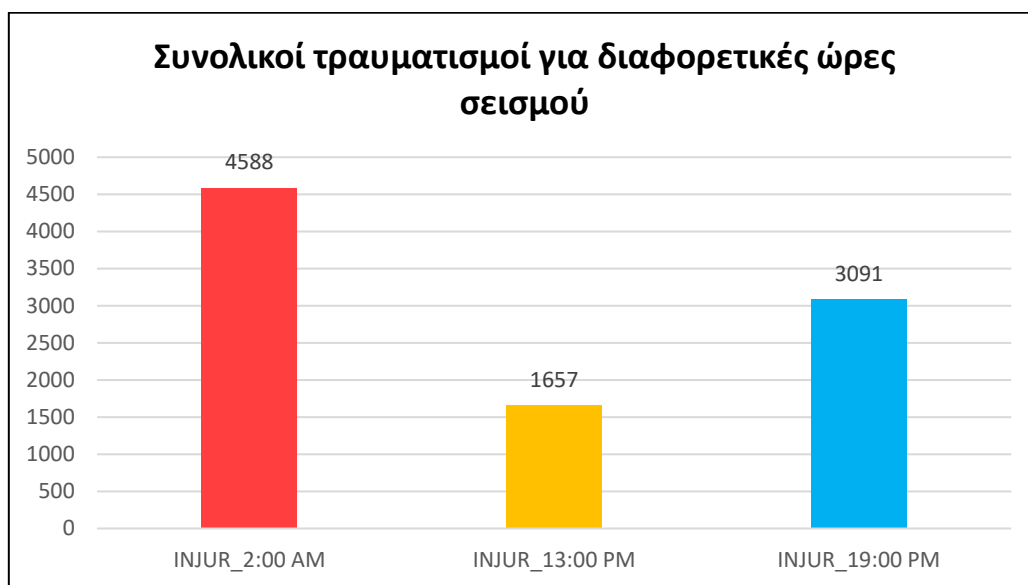
	INJUR_2:00	INJUR_10:00	INJUR_17:00
1	386.6	145.5	240.8
2	685.5	239.6	456.5
3	1474.6	534.2	986.5
4	798.5	282.6	553.6
5	619.5	238.4	418.3
6	620.7	216.2	433.8

Εικόνα 5. 99: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

%GEOUNIT	INJUR_2:00 AM	INJUR_13:00 PM	INJUR_19:00 PM
1	387	146	241
2	686	240	457
3	1475	534	987
4	799	283	554
5	620	238	418
6	621	216	434
sum	4588	1657	3091

Πίνακας 5. 51: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

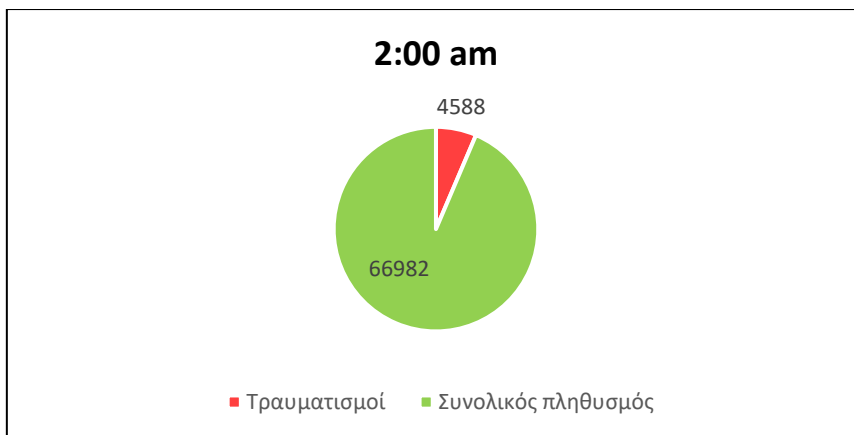


Σχήμα 5. 96: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες

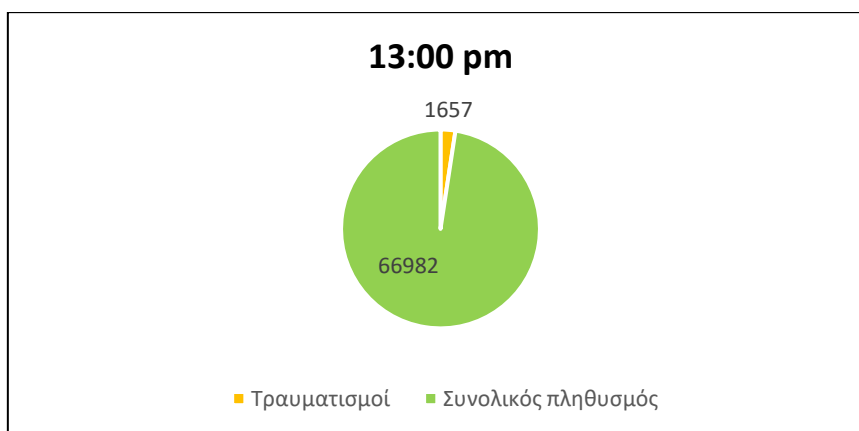
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι τραυματίες έναντι του συνολικού πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας:

	Τραυματισμοί	Συνολικός πληθυσμός	Ποσοστό τραυματισμένων (%)
INJUR_2:00 AM	4588	66982	6.85
INJUR_13:00 PM	1657	66982	2.47
INJUR_19:00 PM	3091	66982	4.61

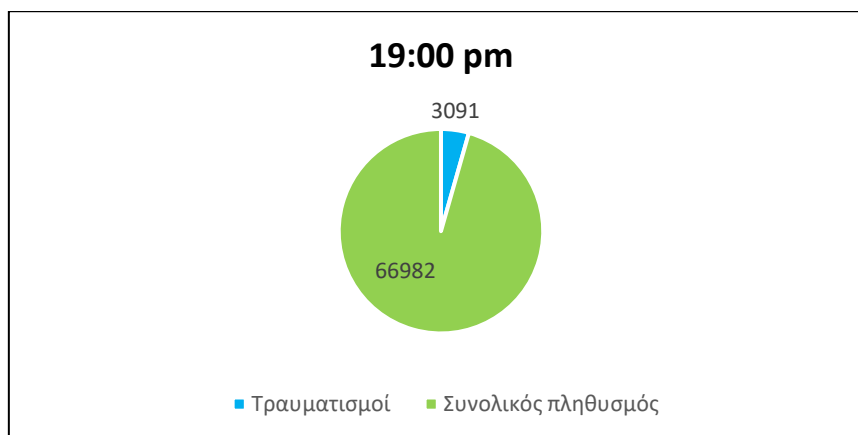
Πίνακας 5. 52: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες



Σχήμα 5. 97: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 98: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 99: : Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.)

❖ Αρχείο hlbyinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)

Από το αρχείο αυτό, το οποίο δίνει πληροφορίες για το μέγεθος του τραυματισμού των ανθρώπων, παρατηρείται ότι ο βαθμός τραυματισμού εκτείνεται από ελαφρείς τραυματισμούς μέχρι και θανάτους.

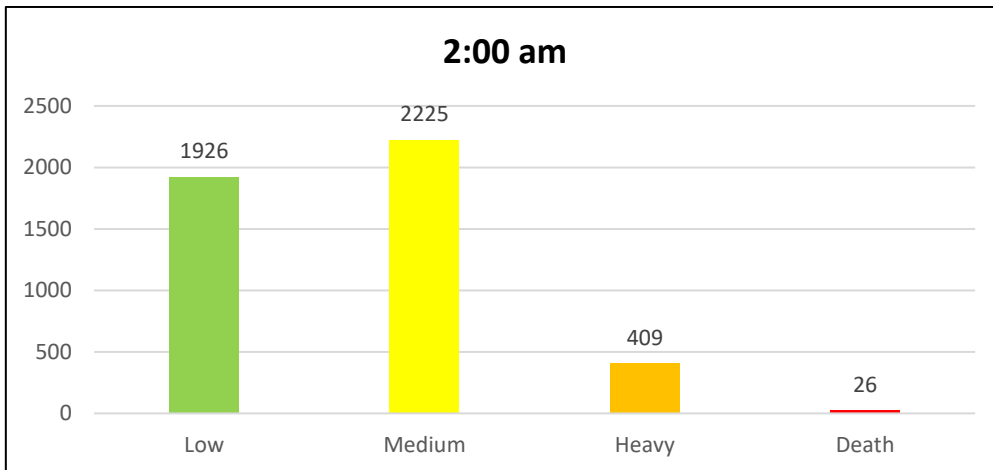
hlbyinjur1.txt - Notepad

%GEOUNIT	INJURLOW_2:00	INJURLOW_10:00	INJURLOW_17:00	INJURMED_2:00	INJURMED_10:00	INJURMED_17:00	INJURHEAV_2:00	INJURHEAV_10:00	INJURHEAV_17:00	INJURDEATH_2:00	INJURV
1	192.2	76.9	115.3	171.8	62.0	112.2	20.9	6.3	12.4	1.7	0.3
2	283.4	106.9	196.4	336.2	113.3	221.7	62.3	18.4	36.4	3.6	1.0
3	596.2	230.1	396.0	721.7	248.6	493.4	148.2	52.1	91.7	8.5	3.4
4	340.6	119.2	241.4	386.4	136.5	263.5	66.3	25.3	45.6	5.2	1.6
5	259.7	92.5	187.2	296.6	124.6	192.0	59.3	19.3	35.9	3.9	2.0
6	253.4	97.0	196.4	312.5	102.9	198.9	51.7	15.4	36.5	3.1	0.9

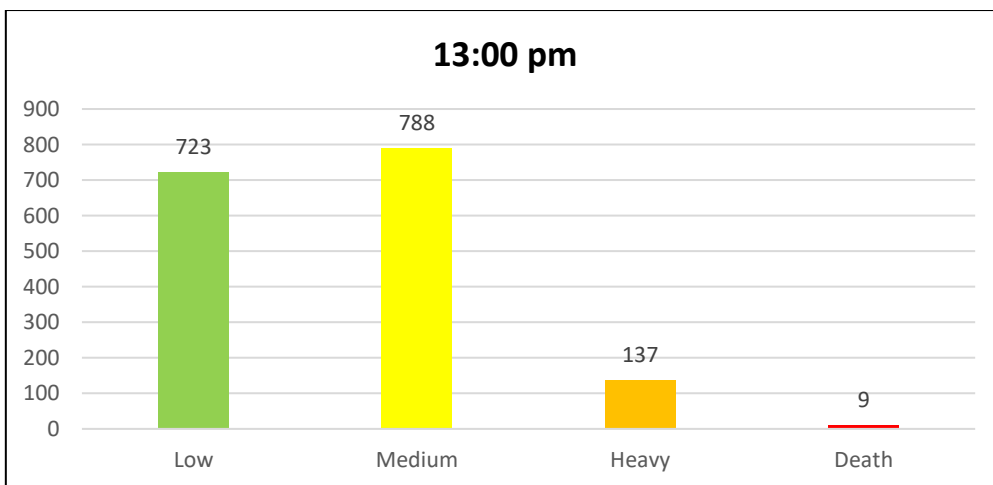
Εικόνα 5. 100: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν.

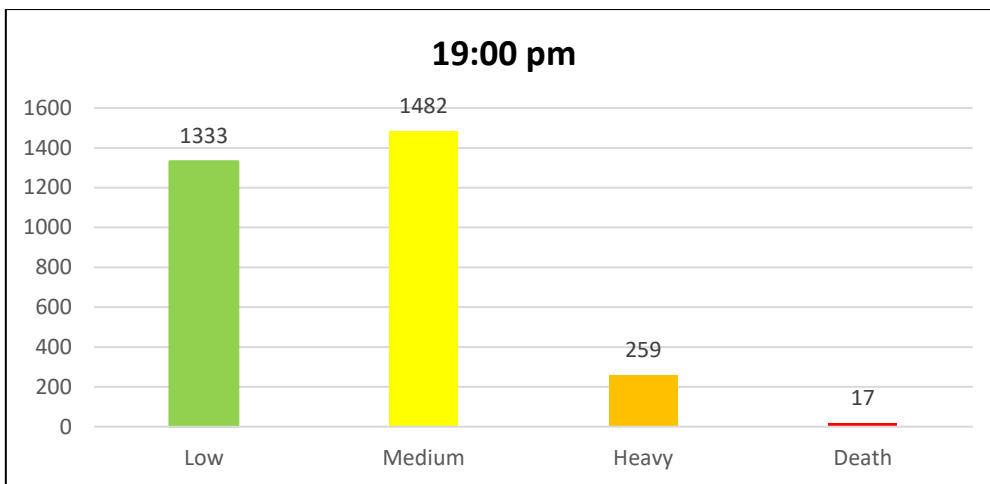
Συνολικοί τραυματισμοί ανάλογα το μέγεθος του ταυματισμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 5. 100: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)

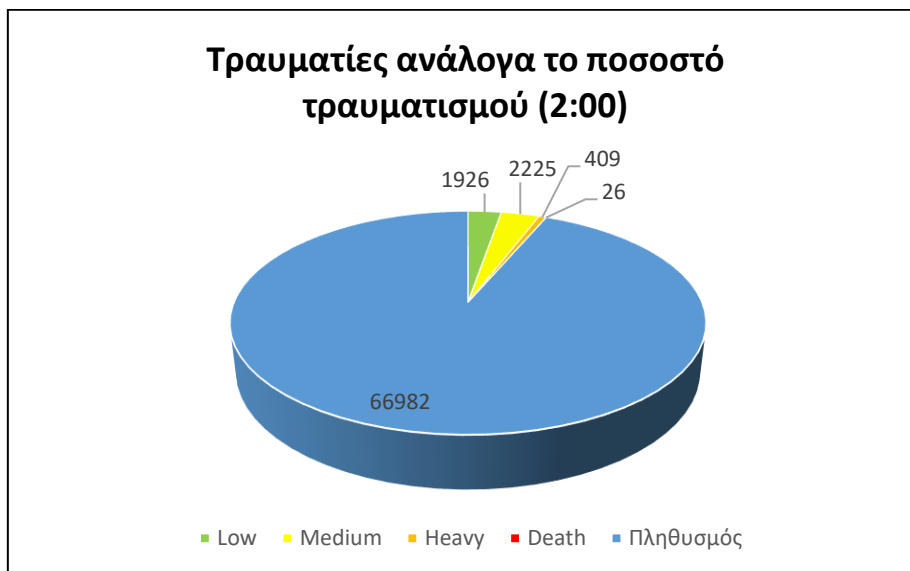


Σχήμα 5. 101: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)

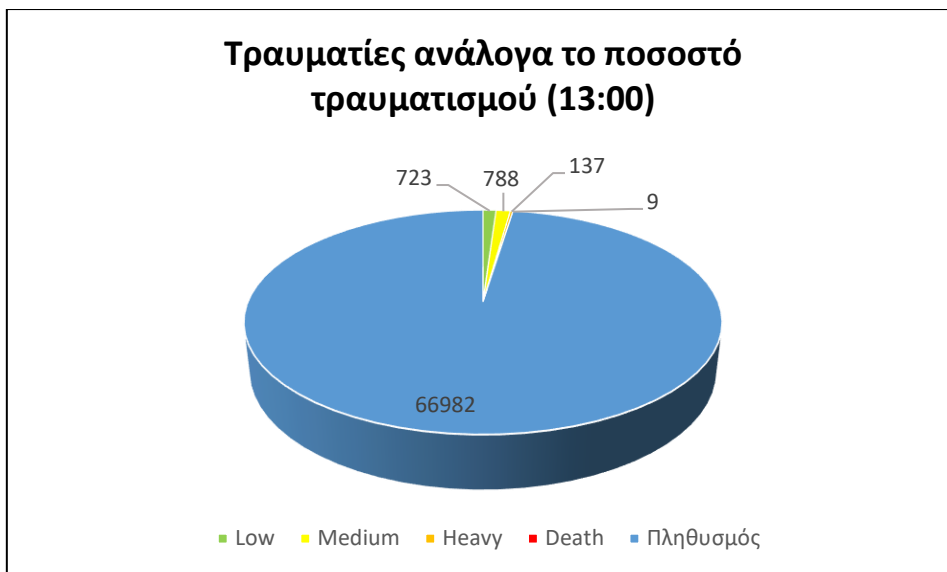


Σχήμα 5. 102: : Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)

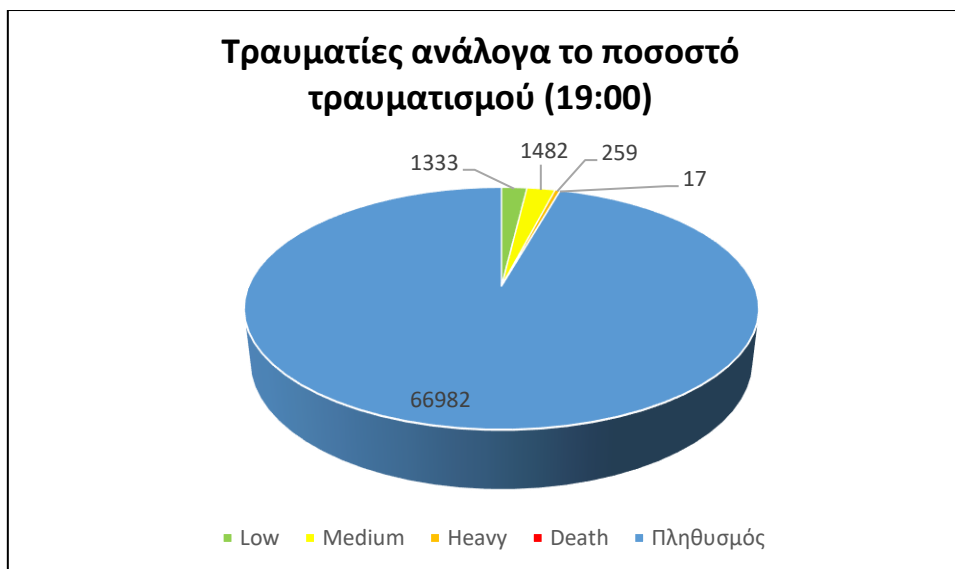
Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού.



Σχήμα 5. 103: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 104: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 105: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

❖ **Αρχείο eclosses1.txt (οικονομικές απώλειες)**

Μέση οικονομική ζημιά σε κάθε υποπεριοχή. Για σεισμό μεγέθους ροπής 7, η οικονομική πληγή είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τους προηγούμενους σεισμούς.

```

eclosses1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT   EUROS
1           557471.40
2           853369.90
3          1562541.50
4           658140.40
5           490214.30
6           581897.40
|
    
```

Εικόνα 5. 101: Οικονομικές απώλειες

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική μέση οικονομική πληγή της περιοχής.

%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	557,471.40	1
2	853,369.90	2
3	1,562,541.50	3
4	658,140.40	4
5	490,214.30	5
6	581,897.40	6
sum	€ 4,703,634.90	

Πίνακας 5. 53: Οικονομικές απώλειες

❖ **Αρχείο mediandebri1.txt (μπάζα λόγω σεισμού)**

Απόβλητα τύπου 1 (τούβλα, ξύλο κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.

```

mediandebri1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE1
1.00     8965.36
2.00     6511.62
3.00    47918.52
4.00   100367.25
5.00    98220.23
6.00   128585.29
|
    
```

Εικόνα 5. 102: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 1 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE1 (tons/100m ²)
1	8,965.36
2	6,511.62
3	47,918.52
4	100,367.25
5	98,220.23
6	128,585.29
sum	390,568.27

Πίνακας 5. 54: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

❖ Αρχείο **mediandebri2.txt** (μπάζα λόγω σεισμού)

Απόβλητα τύπου 2 (χάλυβας, σκυρόδεμα κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.

```

mediandebri2.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE2
1.00 318785.04
2.00 483663.57
3.00 751061.99
4.00 210404.09
5.00 114906.7
6.00 163143.4
    
```

Εικόνα 5. 103 : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 2 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE2 (tons/100m ²)
1	318,785.04
2	483,663.57
3	751,061.99
4	210,404.09
5	114,906.70
6	163,143.40
sum	2,041,964.79

Πίνακας 5. 55 : Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

❖ **Αρχείο unusd1.txt (ακατοίκητα κτίρια)**

Περιέχει τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων.

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1.00	118
2.00	169
3.00	283
4.00	131
5.00	103
6.00	109

Εικόνα 5. 104: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1	118
2	169
3	283
4	131
5	103
6	109
sum	913

Πίνακας 5. 56: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

❖ **Αρχείο hunusd1.txt (αριθμός αστέγων)**

Περιέχει τον αριθμό των αστέγων που προκύπτουν από τον σεισμό.

%GEOUNIT	HOMELESS
1.00	699
2.00	688
3.00	1361
4.00	1102
5.00	1007
6.00	1660

Εικόνα 5. 105 : Αριθμός αστέγων

%GEOUNIT	HOMELESS
1	699
2	688
3	1361
4	1102
5	1007
6	1660
sum	6517

Πίνακας 5. 57 : Αριθμός αστέγων

5.13 Πιθανοκρατική ανάλυση για σεισμό μεγέθους 7

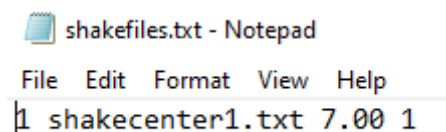
Τα αρχεία εισαγωγής που διαφέρουν στην Πιθανοκρατική ανάλυση, είναι τα αρχεία που αφορούν τον σεισμό (shakefiles.txt & shakecenter1.txt). Οι επιταχύνσεις που χρησιμοποιήθηκαν για σεισμό μεγέθους 7, λήφθηκαν με βάση τον παρακάτω πίνακα, όπου για σεισμό μεγέθους ροπής 7, ο οποίος αντιστοιχεί σε VIII κατηγορία στην κλίμακα Mercalli, η επιτάχυνση κυμαίνεται στα 0,25-0,45g

Approximate Relationship between Mercalli Intensity and PGA

MMI	PGA (g)
IV	0.03 and below
V	0.03 – 0.08
VI	0.08 – 0.15
VII	0.15 – 0.25
VIII	0.25 – 0.45
IX	0.45 – 0.60
X	0.60 – 0.80
XI	0.80 – 0.90
XII	0.90 and above

Εικόνα 5. 106: Σχέση μεταξύ κλίμακας Mercalli και PGA

❖ Αρχείο shakefiles.txt:



Εικόνα 5. 107: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Πιθανοκρατική ανάλυση

❖ Αρχείο shakecenter1.txt:

%GEOUNIT	LATITUDE	LONGITUDE	SOIL	Vs30	geom(0/1/2/3)	place(0/1/2)	H(m)	L(m)	tc(1/2)	PGA	SA0_3	SA1_0	Tcorner
1	38.036268	23.774044	2	800	0 0 300 300	1 0.25 0.30	0.10	0	0	0	0	0	0
2	38.037827	23.760498	2	800	0 0 300 300	1 0.25 0.30	0.10	0	0	0	0	0	0
3	38.036368	23.774049	2	800	0 0 300 300	1 0.25 0.30	0.10	0	0	0	0	0	0
4	38.043187	23.752390	2	800	0 0 300 300	1 0.25 0.30	0.10	0	0	0	0	0	0
5	38.032811	23.751077	2	800	0 0 300 300	1 0.25 0.30	0.10	0	0	0	0	0	0
6	38.036273	23.774090	2	800	0 0 300 300	1 0.25 0.30	0.10	0	0	0	0	0	0

Εικόνα 5. 108: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Πιθανοκρατική ανάλυση

Output αρχεία Πιθανοκρατικής ανάλυσης

❖ Αρχείο dout1.txt (κτιριακές βλάβες)

Το αρχείο αυτό περιέχει την πιθανότητα βλάβης για κάθε μοντέλο - τύπου κτιρίου.

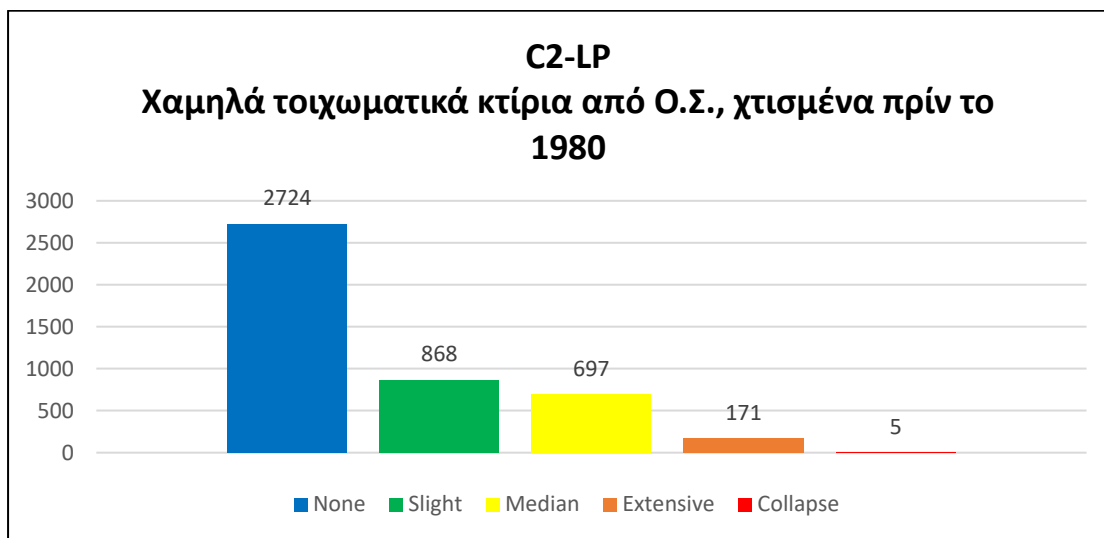
%GEOUNIT	Lat	Lon	Soil	C2-LP	C2-MP	C2-MH	URM-LP	Numb																
1	38.036	23.774	2	0.6101	0.1943	0.1561	0.0383	0.0012	0.8283	0.1546	0.0171	0.0000	0.0000	0.7337	0.1900	0.0727	0.0028	0.0008	0.3808	0.2524	0.2248	0.1069	0.0351	1
2	38.038	23.760	2	0.6101	0.1943	0.1561	0.0383	0.0012	0.8283	0.1546	0.0171	0.0000	0.0000	0.7337	0.1900	0.0727	0.0028	0.0008	0.3808	0.2524	0.2248	0.1069	0.0351	2
3	38.036	23.774	2	0.6101	0.1943	0.1561	0.0383	0.0012	0.8283	0.1546	0.0171	0.0000	0.0000	0.7337	0.1900	0.0727	0.0028	0.0008	0.3808	0.2524	0.2248	0.1069	0.0351	3
4	38.043	23.752	2	0.6101	0.1943	0.1561	0.0383	0.0012	0.8283	0.1546	0.0171	0.0000	0.0000	0.7337	0.1900	0.0727	0.0028	0.0008	0.3808	0.2524	0.2248	0.1069	0.0351	4
5	38.033	23.751	2	0.6101	0.1943	0.1561	0.0383	0.0012	0.8283	0.1546	0.0171	0.0000	0.0000	0.7337	0.1900	0.0727	0.0028	0.0008	0.3808	0.2524	0.2248	0.1069	0.0351	5
6	38.036	23.774	2	0.6101	0.1943	0.1561	0.0383	0.0012	0.8283	0.1546	0.0171	0.0000	0.0000	0.7337	0.1900	0.0727	0.0028	0.0008	0.3808	0.2524	0.2248	0.1069	0.0351	6

Εικόνα 5. 109: Αρχείο που περιέχει τις βλάβες των κτιρίων (Πιθανοκρατική ανάλυση)

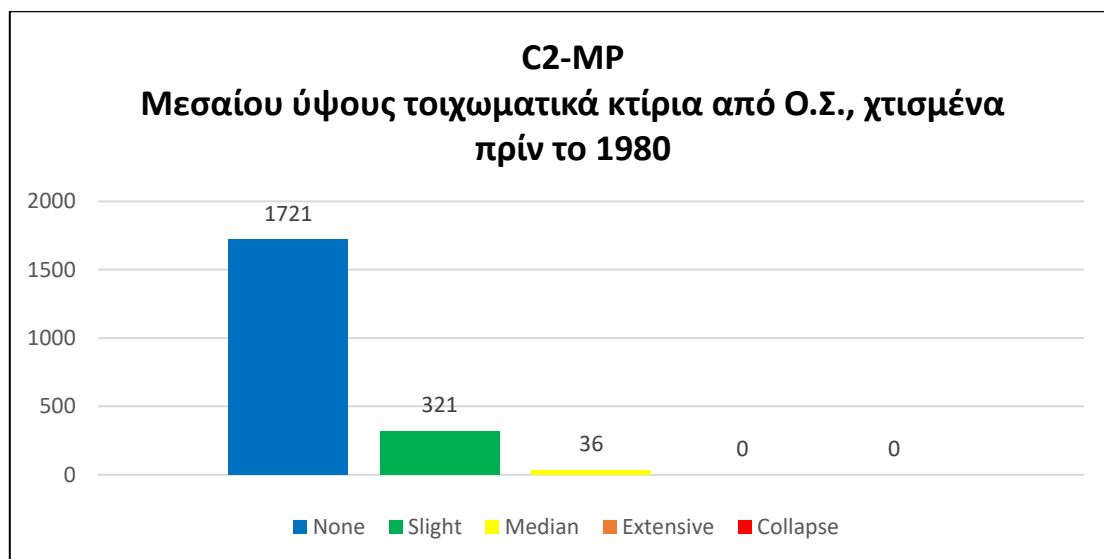
Για κάθε κατηγορία κτιρίου υπάρχουν πέντε στήλες, οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε στάθμη βλάβης (None, slight, median, extensive, collapse).

Έγινε μετατροπή των ποσοστών σε αριθμό κτιρίων όπως φαίνεται στα σχήματα 5.106 έως 5.110:

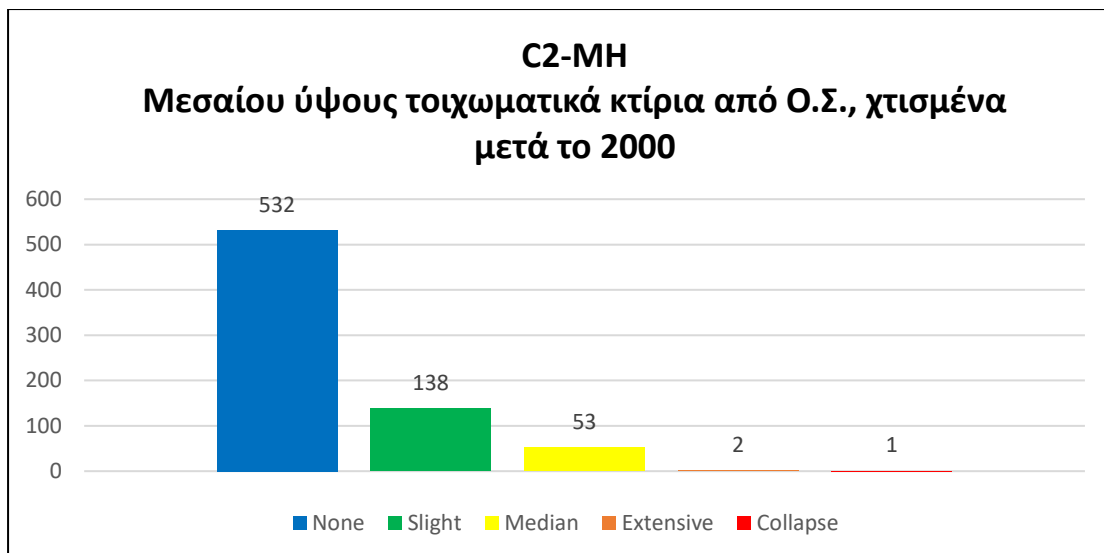
Συνολικές βλάβες για κάθε κατηγορία κτιρίου:



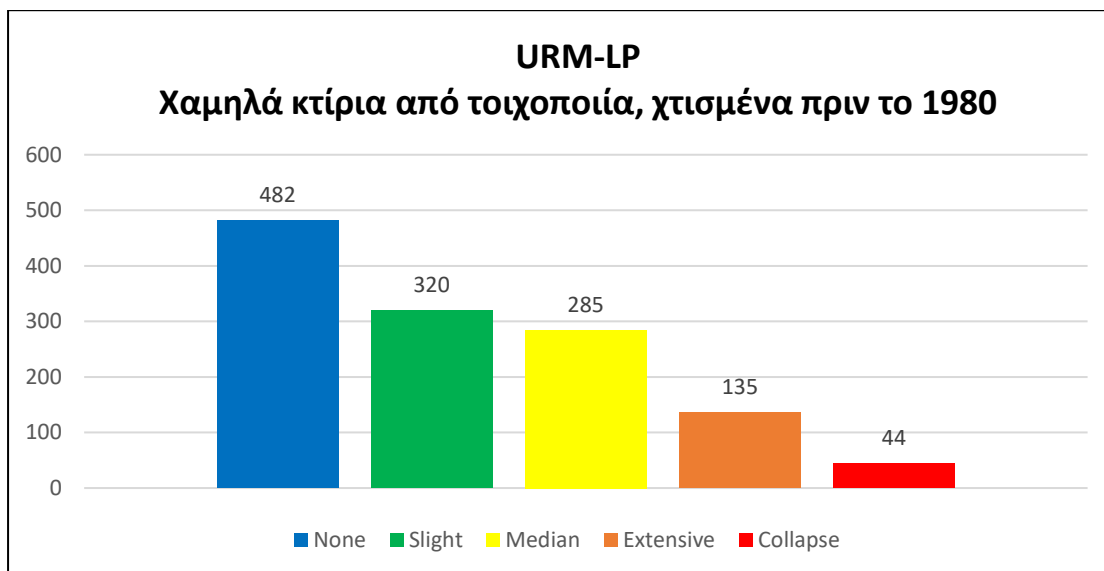
Σχήμα 5. 106: Βλάβες από χαμηλά τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980



Σχήμα 5. 107: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα πριν το 1980

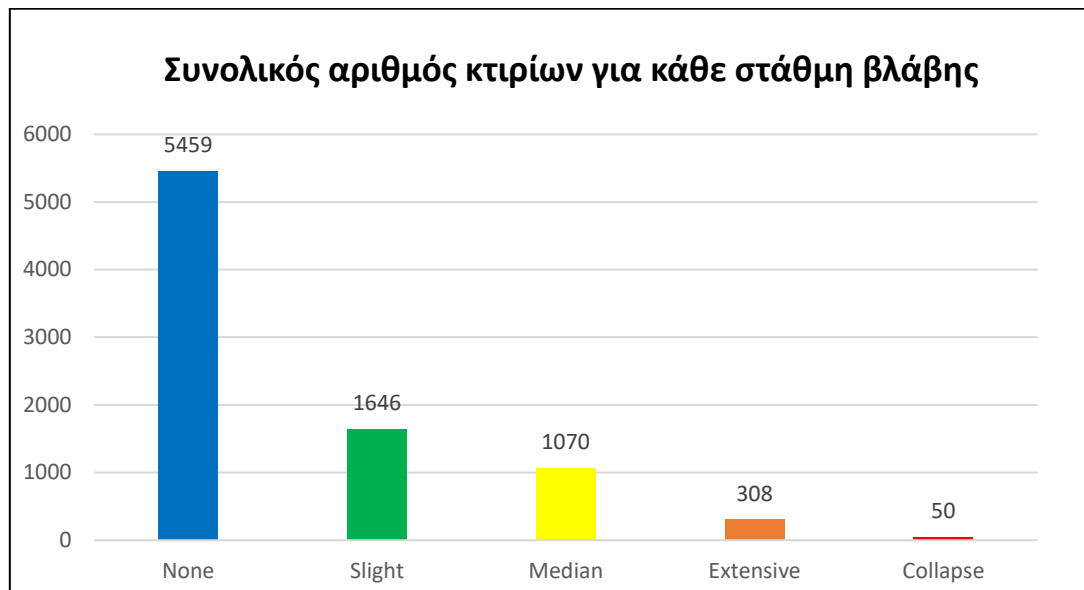


Σχήμα 5. 108: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000



Σχήμα 5. 109: Βλάβες από Χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980

Συνολικές βλάβες κτιρίων που υπήρξαν στην περιοχή ανάλογα τη στάθμη βλάβης:



Σχήμα 5. 110: Συνολικός αριθμός κτιρίων για κάθε στάθμη βλάβης

Από τα σχήματα 5.106 έως 5.110 παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα της πιθανοκρατικής ανάλυσης είναι περίπου ίδια με αυτά της ντετερμινιστικής, καθώς η κατανομή της βλάβης φαίνεται να είναι σε όλους τους βαθμούς και τα κτίρια με τις περισσότερες καταστροφές είναι αυτά από τοιχοποιία χτισμένα πριν το 1980.

❖ **Αρχείο totalinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)**

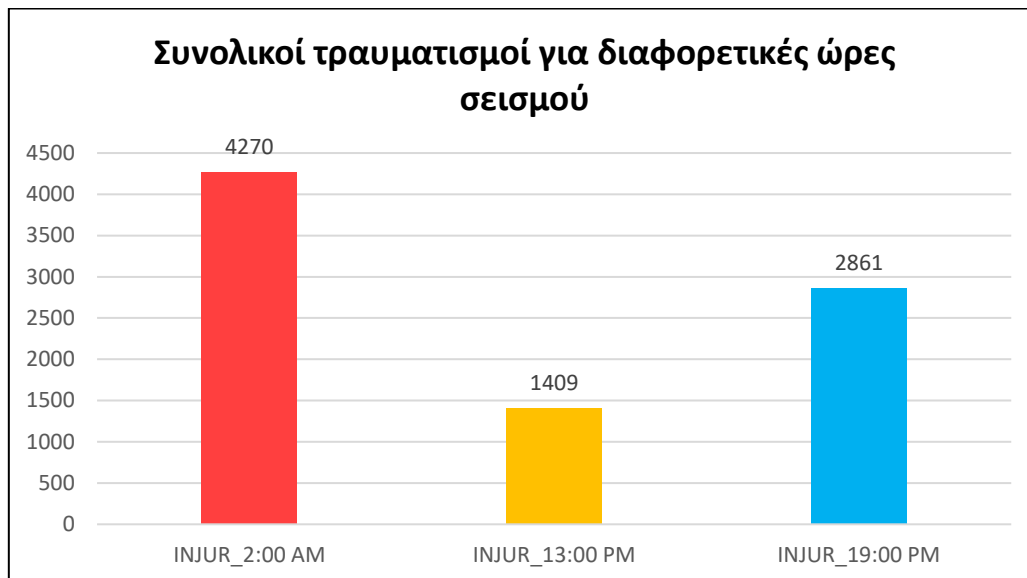
Unit	INJUR_2:00	INJUR_10:00	INJUR_17:00
1	324.0	106.9	217.1
2	639.8	211.1	428.6
3	1444.4	476.7	967.8
4	744.3	245.6	498.7
5	552.5	182.3	370.2
6	565.1	186.5	378.6

Εικόνα 5. 110: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

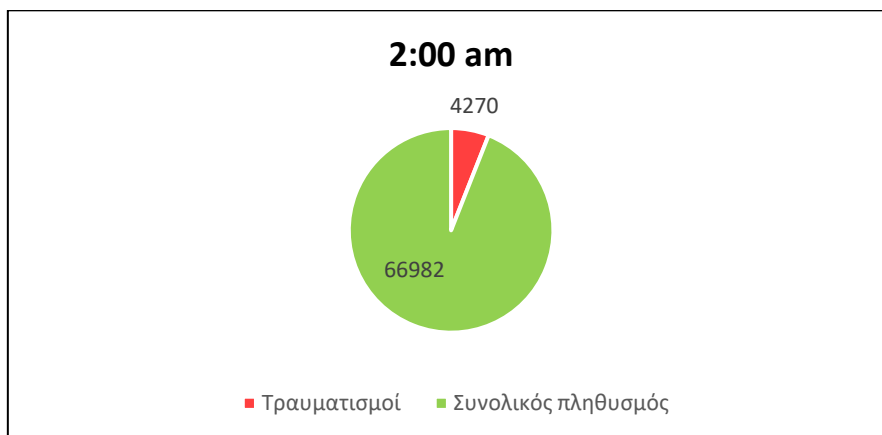
%GEOUNIT	INJUR_2:00 AM	INJUR_13:00 PM	INJUR_19:00 PM
1	324	107	217
2	640	211	429
3	1444	477	968
4	744	246	499
5	553	182	370
6	565	187	379
sum	4270	1409	2861

Πίνακας 5. 58: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

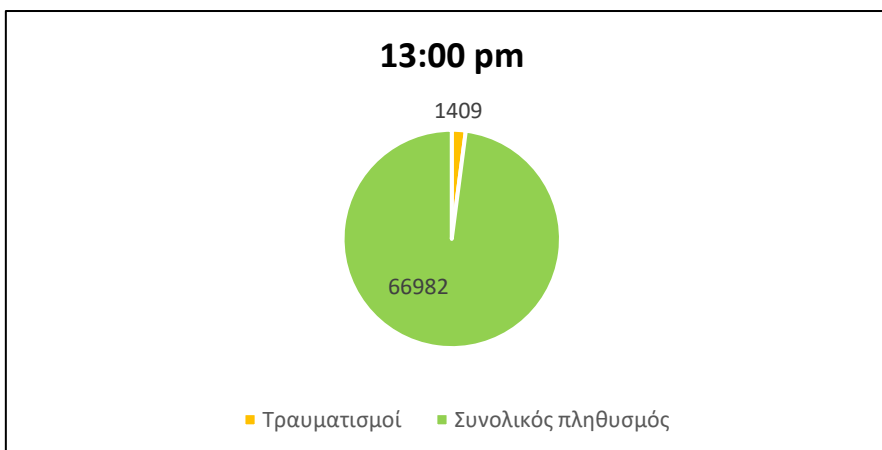


Σχήμα 5. 111: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες

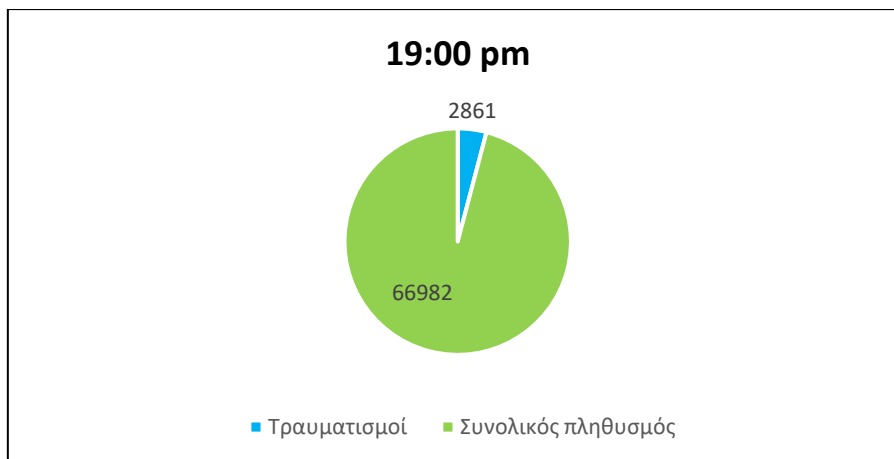
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι τραυματίες έναντι του συνολικού πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας:



Σχήμα 5. 112: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 113: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 114: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.)

Τα ποσοστά των τραυματισμένων ανθρώπων έναντι του συνολικού πληθυσμού είναι αυτά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Τραυματισμοί	Συνολικός πληθυσμός	Ποσοστό τραυματισμένων (%)
INJUR_2:00 AM	4270	66982	6.37
INJUR_13:00 PM	1409	66982	2.10
INJUR_19:00 PM	2861	66982	4.27

Πίνακας 5. 59: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες

❖ Αρχείο hlbyinjur1.txt (ανθρώπινες απώλειες)

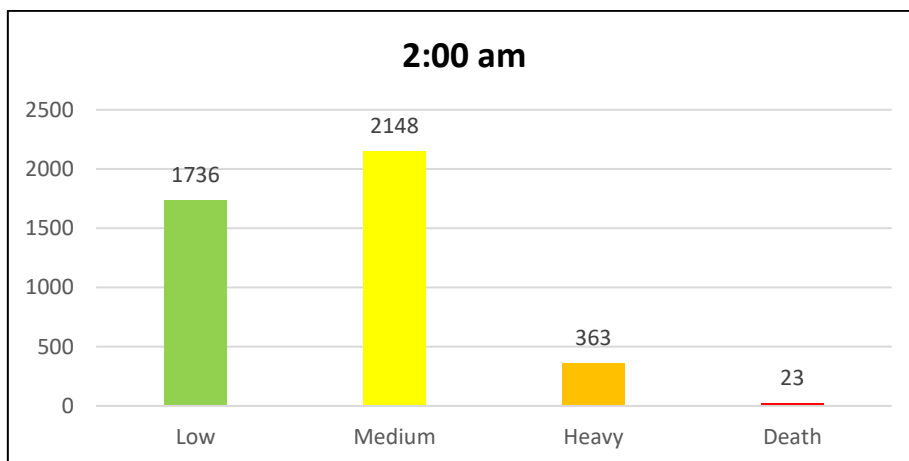
hlbyinjur1.txt - Notepad

INJURLOW_2:00	INJURLOW_10:00	INJURLOW_17:00	INJURMED_2:00	INJURMED_10:00	INJURMED_17:00	INJURHEAV_2:00	INJURHEAV_10:00	INJURHEAV_17:00	INJURDEATH_2:00	INJURDEATH_10:00	INJURDEATH_17:00
142.2	46.9	95.3	163.8	54.0	109.7	16.9	5.6	11.4	1.1	0.4	0.7
263.4	86.9	176.4	322.0	106.3	215.7	51.2	16.9	34.3	3.3	1.1	2.2
576.2	190.1	386.0	725.9	239.6	486.4	133.8	44.1	89.6	8.5	2.8	5.7
300.6	99.2	201.4	374.3	123.5	250.8	65.2	21.5	43.7	4.2	1.4	2.8
219.7	72.5	147.2	277.6	91.6	186.0	51.9	17.1	34.8	3.3	1.1	2.2
233.4	77.0	156.4	284.5	93.9	190.6	44.4	14.7	29.8	2.8	0.9	1.9

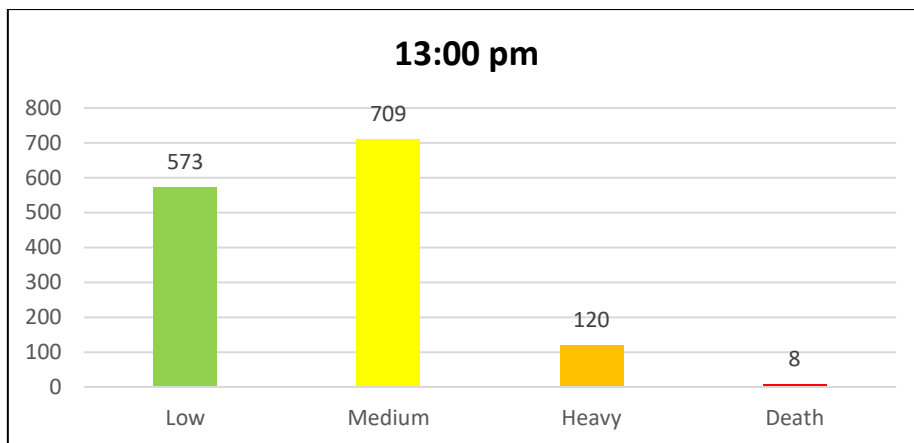
Εικόνα 5. 111: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στα σχήματα 5.115, 5.116 και 5.117.

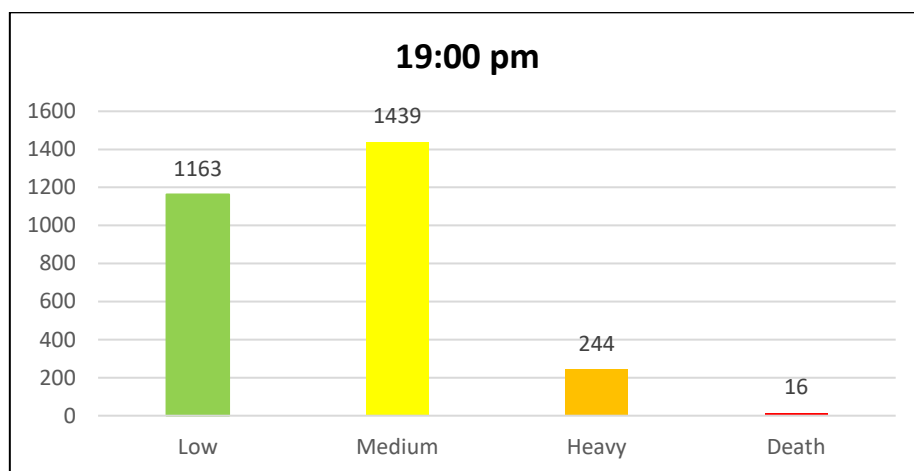
Συνολικοί τραυματισμοί ανάλογα το μέγεθος του ταυματισμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 5. 115: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)

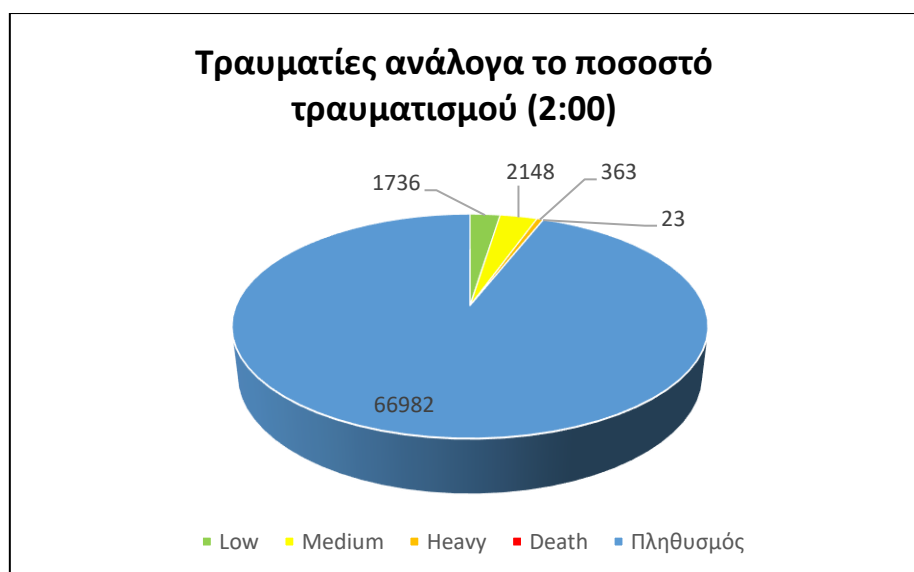


Σχήμα 5. 116: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)

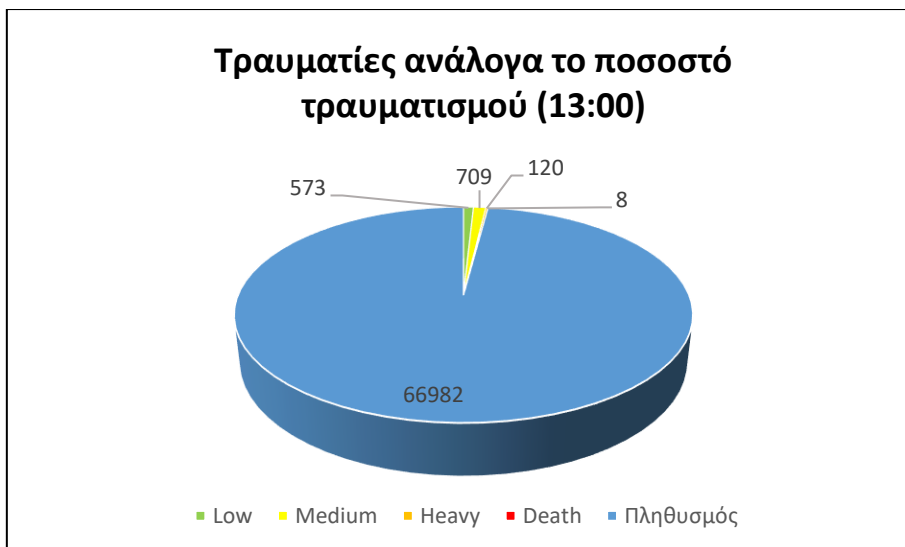


Σχήμα 5. 117: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00μ.μ.)

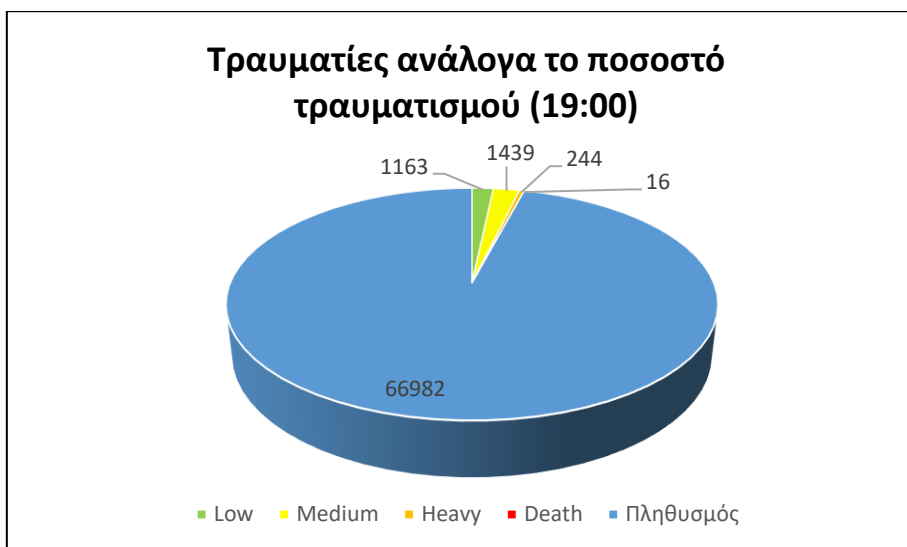
Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού.



Σχήμα 5. 118: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 119: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 120: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

Όπως και στη νετερμινιστική μέθοδο για τον ίδιο σεισμό, παρατηρείται ότι ο βαθμός τραυματισμού εκτείνεται από ελαφρείς τραυματισμούς μέχρι και θανάτους.

❖ Αρχείο **eclosses1.txt** (οικονομικές απώλειες)

```

eclosses1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT EUROS
1 557538.4
2 853255.9
3 1542520.5
4 657020.4
5 475284.3
6 573005.4
    
```

Εικόνα 5. 112: Οικονομικές απώλειες

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική μέση οικονομική πληγή της περιοχής.

%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	557,538.40	1
2	853,255.90	2
3	1,542,520.50	3
4	657,020.40	4
5	475,284.30	5
6	573,005.40	6
sum	€ 4,658,624.90	

Πίνακας 5. 60: Οικονομικές απώλειες

Όπως φαίνεται για σεισμό μεγέθους ροπής 7, η οικονομική πληγή έχει αυξηθεί σε σχέση με τους προηγούμενους σεισμούς και είναι σχεδόν ίδια με της ντετερμινιστικής ανάλυσης.

❖ Αρχείο **mediandebris1.txt** (μπάζα λόγω σεισμού)

Απόβλητα τύπου 1 (τούβλα, ξύλο κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.

```

mediandebris1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE1
1.00 8588.10
2.00 6134.36
3.00 47541.26
4.00 99989.99
5.00 97842.97
6.00 128208.03
    
```

Εικόνα 5. 113: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 1 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE1 (tons/100m ²)
1	8,588.10
2	6,134.36
3	47,541.26
4	99,989.99
5	97,842.97
6	128,208.03
sum	388,304.71

Πίνακας 5. 61: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

❖ Αρχείο mediandebris2.txt (μπάζα λόγω σεισμού)

Απόβλητα τύπου 2 (χάλυβας, σκυρόδεμα κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.

```

mediandebri2.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT DEBRIS_TYPE2
1.00 316808.29
2.00 481686.82
3.00 749085.24
4.00 208427.34
5.00 112929.95
6.00 161166.65
    
```

Εικόνα 5. 114: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

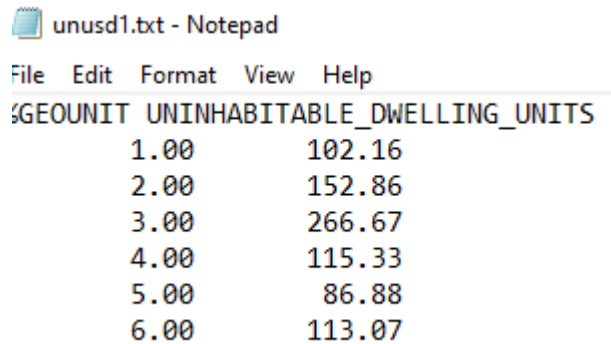
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 2 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE2 (tons/100m ²)
1	316,808.29
2	481,686.82
3	749,085.24
4	208,427.34
5	112,929.95
6	161,166.65
sum	2,030,104.29

Πίνακας 5. 62: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

❖ **Αρχείο unusd1.txt (ακατοίκητα κτίρια)**

Περιέχει τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων.



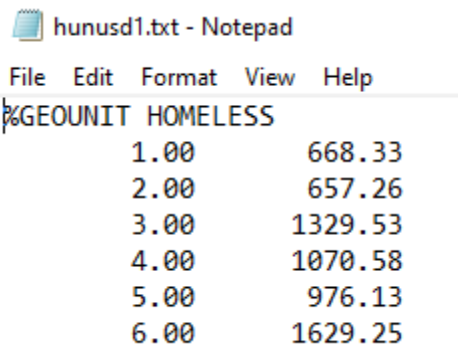
Εικόνα 5. 115: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1	102
2	153
3	267
4	115
5	87
6	113
sum	837

Πίνακας 5. 63: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

❖ **Αρχείο hunusd1.txt (αριθμός αστέγων)**

Περιέχει τον αριθμό των αστέγων που προκύπτουν από τον σεισμό.



Εικόνα 5. 116: Αριθμός αστέγων

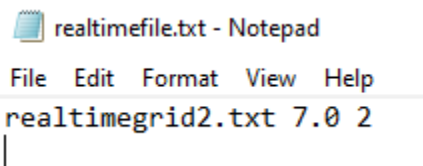
%GEOUNIT	HOMELESS
1	668
2	657
3	1330
4	1071
5	976
6	1629
sum	6331

Πίνακας 5. 64: Αριθμός αστέγων

5.14 Ανάλυση με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για σεισμό μεγέθους 7

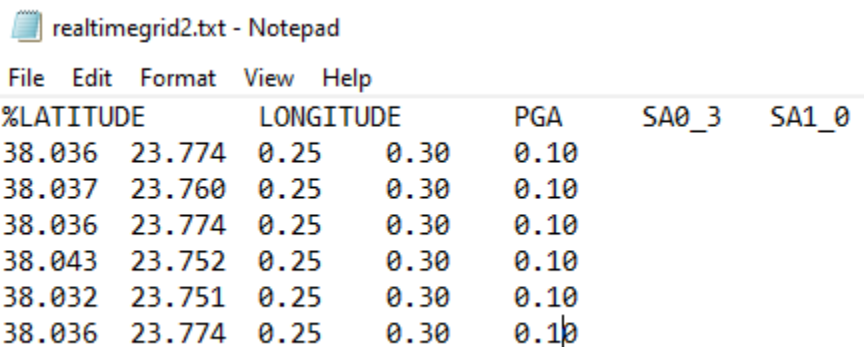
Τα αρχεία εισαγωγής που διαφέρουν στην ανάλυση με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, είναι τα αρχεία που αφορούν τον σεισμό (realtimefile.txt & realtimegrid2.txt).

Αρχείο realtimefile.txt:

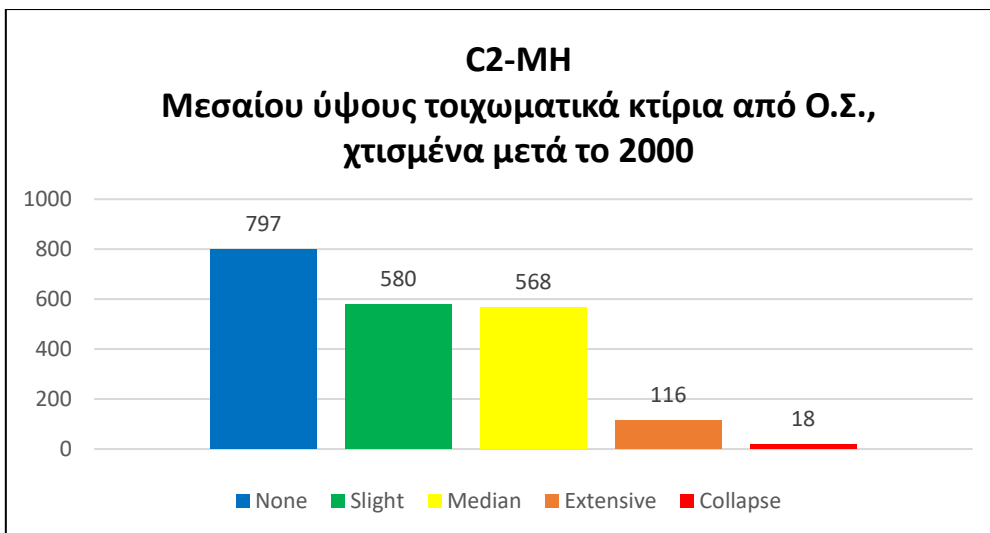


Εικόνα 5. 117: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Real-Time ανάλυση

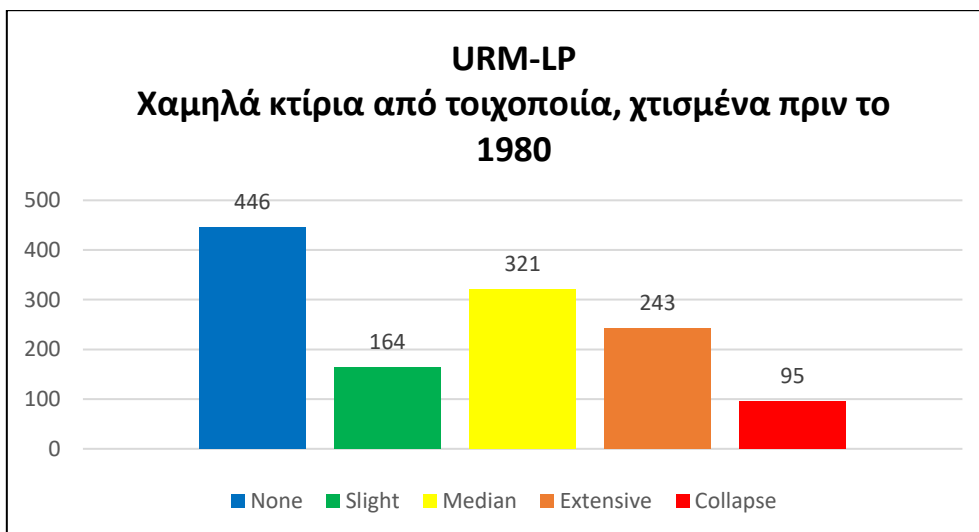
Αρχείο realtimegrid2.txt:



Εικόνα 5. 118: Αρχείο εισαγωγής σεισμού για Real-Time ανάλυση

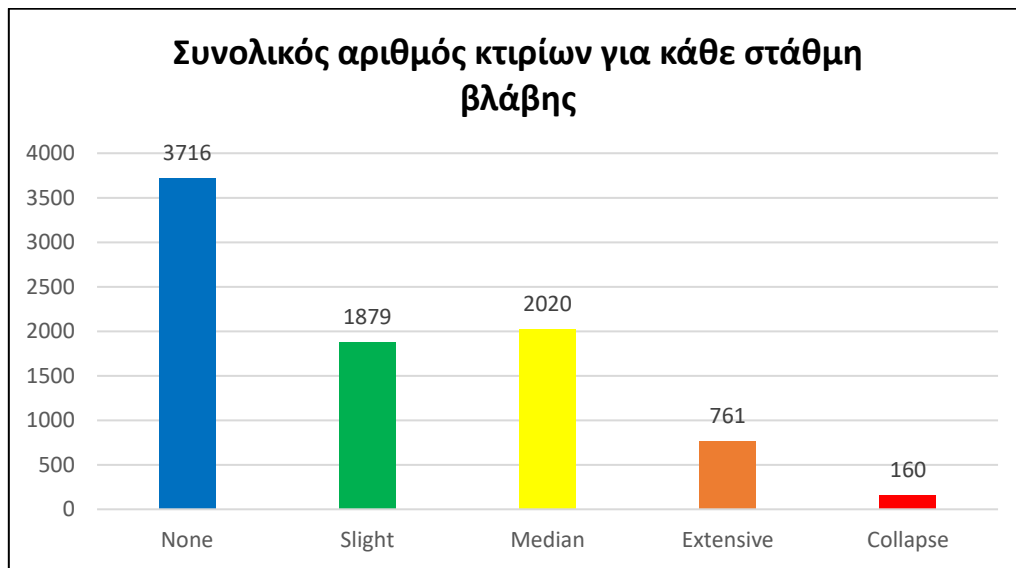


Σχήμα 5. 123: Βλάβες από μεσαίου ύψους τοιχωματικά κτίρια από Ο.Σ., χτισμένα μετά το 2000



Σχήμα 5. 124: Βλάβες από χαμηλά κτίρια από τοιχοποιία, χτισμένα πριν το 1980

Συνολικές βλάβες κτιρίων που υπήρξαν στην περιοχή ανάλογα τη στάθμη βλάβης:



Σχήμα 5. 125: Συνολικός αριθμός κτιρίων για κάθε στάθμη βλάβης

Από τα παραπάνω σχήματα είναι εμφανές ότι τα αποτελέσματα της real-time ανάλυσης αποκλίνουν από τις προηγούμενες δύο αναλύσεις, καθώς το πλήθος των κτιρίων που κατέρρευσε έχει αυξηθεί αρκετά, με αποτέλεσμα η ανάλυση αυτή να θεωρηθεί αμφισβητήσιμη.

❖ **Αρχείο totalinjurmean.txt (ανθρώπινες απώλειες)**

totalinjurmean.txt - Notepad

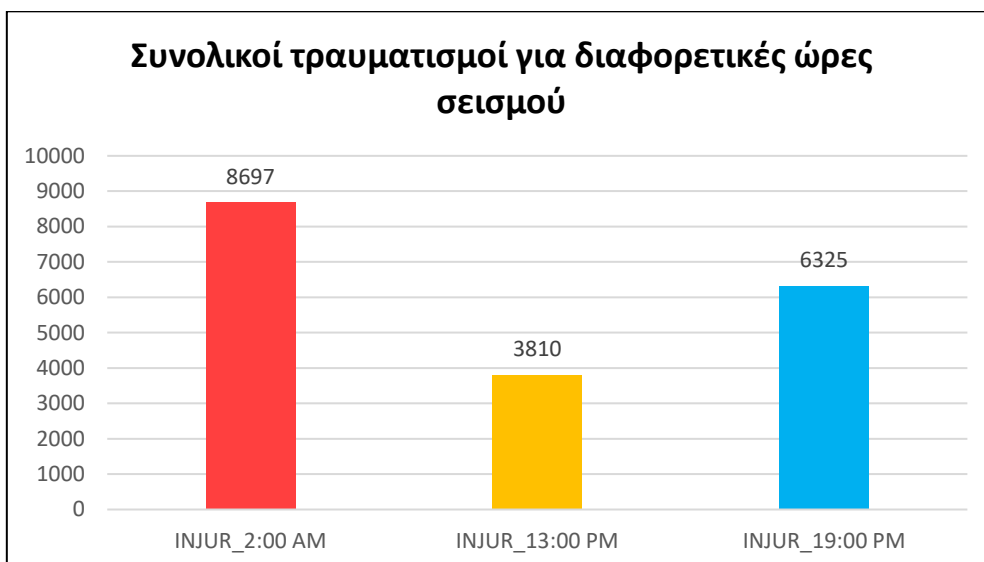
File	Edit	Format	View	Help
%GEOUNIT	INJUR_2:00	INJUR_10:00	INJUR_17:00	
1	893.6	448.1	645.6	
2	1409.6	618.4	1021.2	
3	2733.5	1068.4	1915.0	
4	1482.8	629.2	983.7	
5	977.8	497.0	828.7	
6	1199.5	548.8	930.6	

Εικόνα 5. 120: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

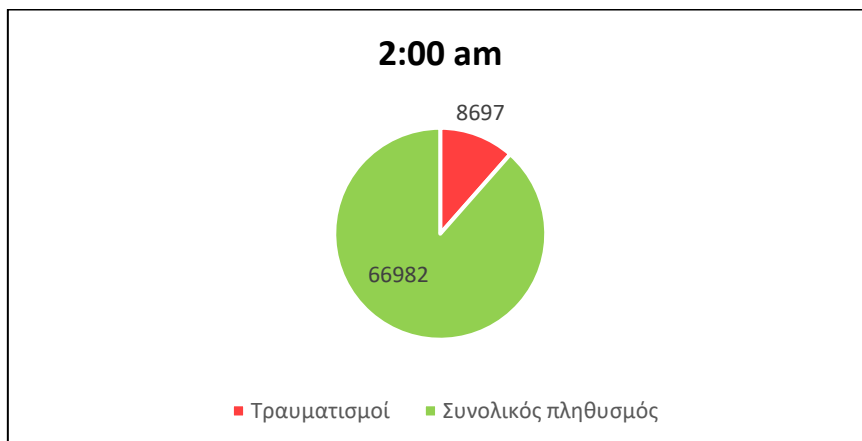
%GEOUNIT	INJUR_2:00 AM	INJUR_13:00 PM	INJUR_19:00 PM
1	894	448	646
2	1410	618	1021
3	2734	1068	1915
4	1483	629	984
5	978	497	829
6	1200	549	931
sum	8697	3810	6325

Πίνακας 5. 65: Αριθμός τραυματιών 2:00 π.μ., 13:00 μ.μ., 19:00 μ.μ

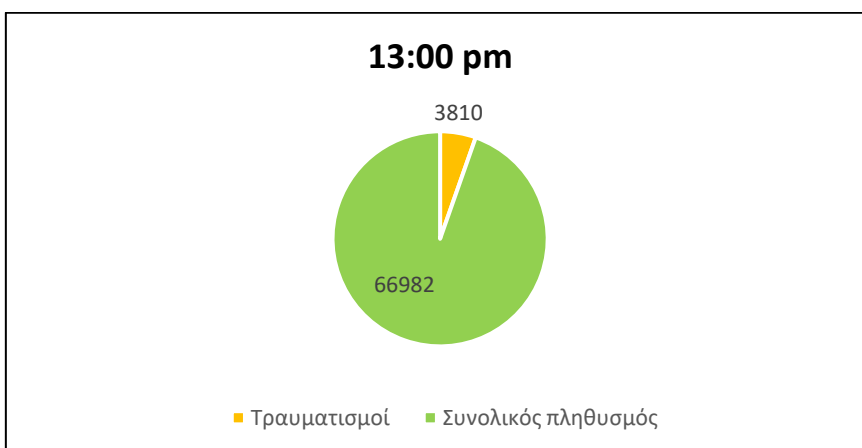


Σχήμα 5. 126: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες

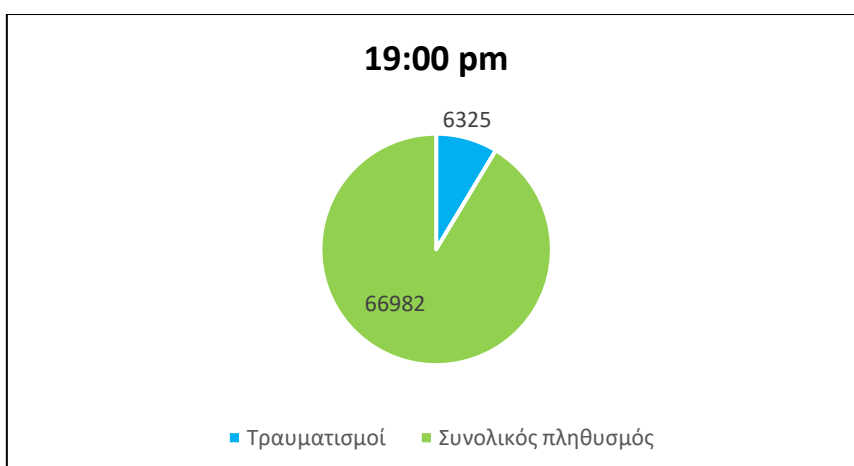
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι τραυματίες έναντι του συνολικού πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας:



Σχήμα 5. 127: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 128: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 129: Συνολικοί τραυματισμοί για διαφορετικές ώρες (19:00 μ.μ.)

Τα ποσοστά των τραυματισμένων ανθρώπων έναντι του συνολικού πληθυσμού είναι αυτά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Τραυματισμοί	Συνολικός πληθυσμός	Ποσοστό τραυματισμένων (%)
INJUR_2:00 AM	8697	66982	12.98
INJUR_13:00 PM	3810	66982	5.69
INJUR_19:00 PM	6325	66982	9.44

Πίνακας 5. 66: Ποσοστό τραυματισμών για διαφορετικές ώρες

Από τα παραπάνω ποσοστά, παρατηρείται ότι τα ποσοστά των τραυματισμένων ανθρώπων έχουν **διπλασιαστεί** συγκριτικά με τα αυτά των δύο προηγούμενων μεθόδων.

❖ Αρχείο hlbyinjurmean.txt (ανθρώπινες απώλειες)

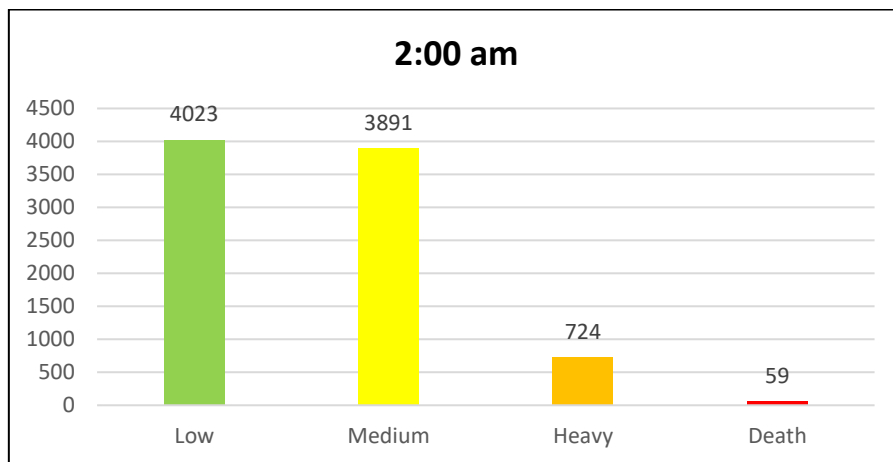
```

hlbyinjurmean.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT INJURLOW_2:00 INJURLOW_10:00 INJURLOW_17:00 INJURMED_2:00 INJURMED_10:00 INJURMED_17:00 INJURHEAV_2:00 INJURHEAV_10:00 INJURHEAV_17:00 INJURVDEATH_2:00 INJURVDEATH_10:00 INJURVDEATH_17:00
1 471.3 272.5 388.8 381.8 159.0 222.8 31.5 13.6 27.9 9.0 3.0 6.1
2 699.2 347.3 490.8 622.7 238.5 484.2 81.1 29.8 41.4 6.6 2.8 4.8
3 1094.0 457.9 780.1 1267.0 451.1 915.9 353.3 149.6 203.7 19.2 9.8 15.3
4 696.4 303.7 492.7 658.0 250.2 407.9 124.6 74.1 80.5 3.8 1.2 2.6
5 483.5 267.3 414.1 412.3 169.1 343.2 75.2 57.8 67.4 6.8 2.8 4.0
6 578.8 308.7 454.1 549.4 214.3 435.1 58.2 22.2 36.0 13.1 3.6 5.4
    
```

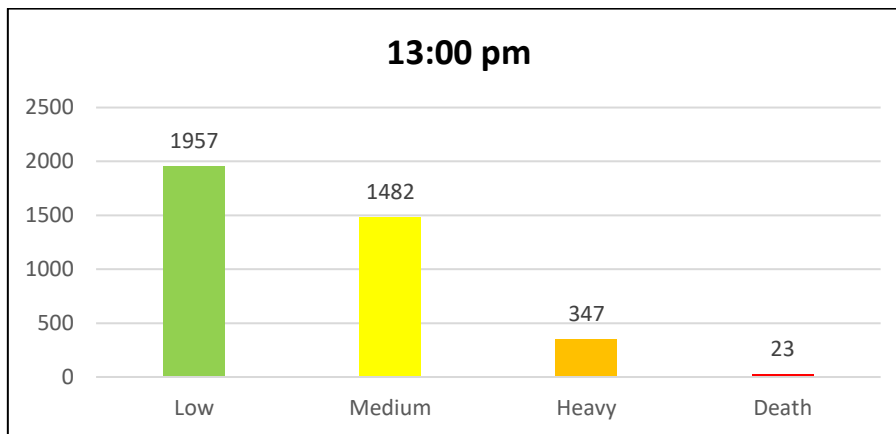
Εικόνα 5. 121: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού

Δεδομένου ότι το αρχείο αυτό αναφέρεται σε αριθμό ανθρώπων, τα αποτελέσματα στρογγυλοποιήθηκαν όπως φαίνεται στα διαγράμματα 5.130, 5.131 και 5.132.

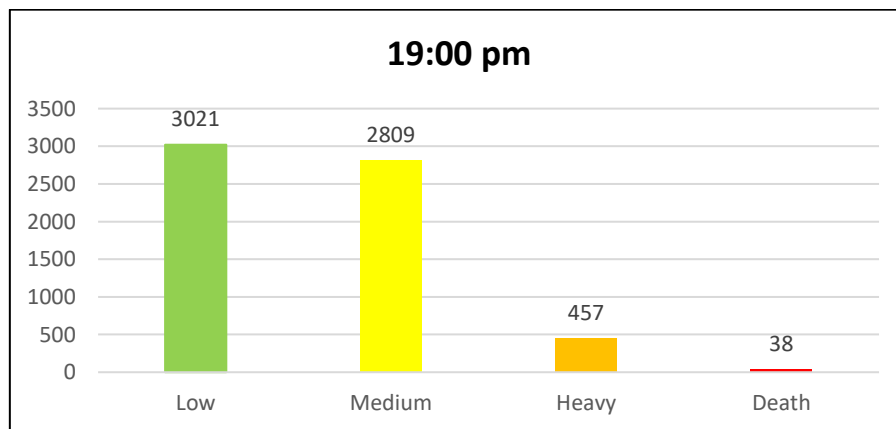
Συνολικοί τραυματισμοί ανάλογα το μέγεθος του ταυματισμού σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας.



Σχήμα 5. 130: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (2:00 π.μ.)

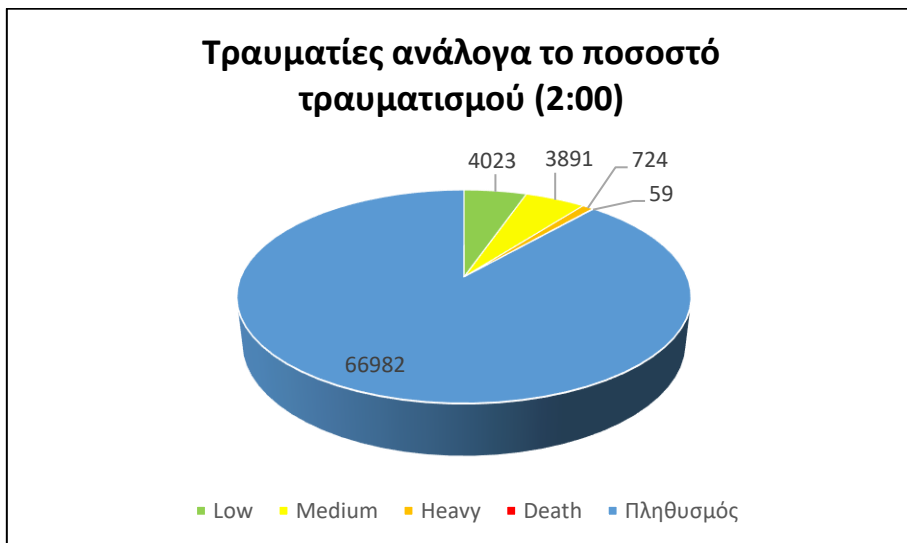


Σχήμα 5. 131: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (13:00 μ.μ.)

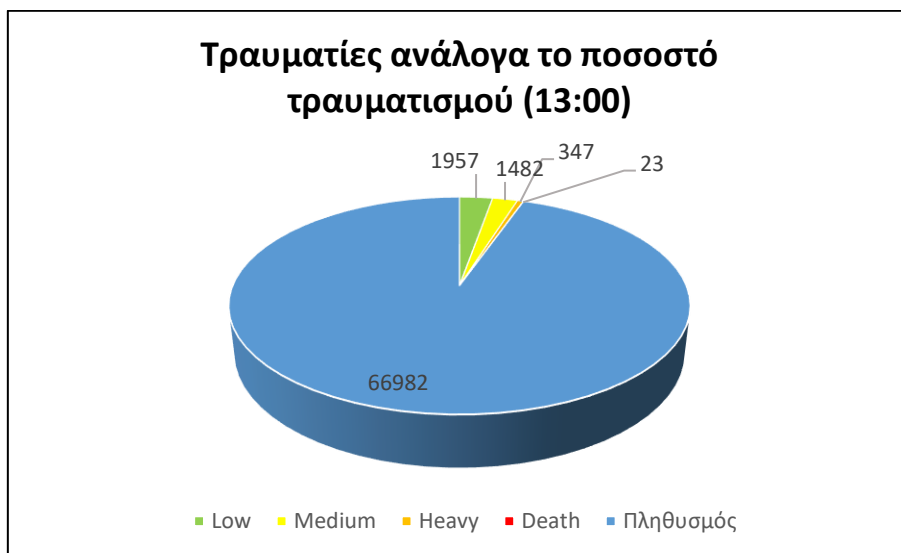


Σχήμα 5. 132: Τραυματίες ανάλογα το μέγεθος τραυματισμού (19:00 μ.μ.)

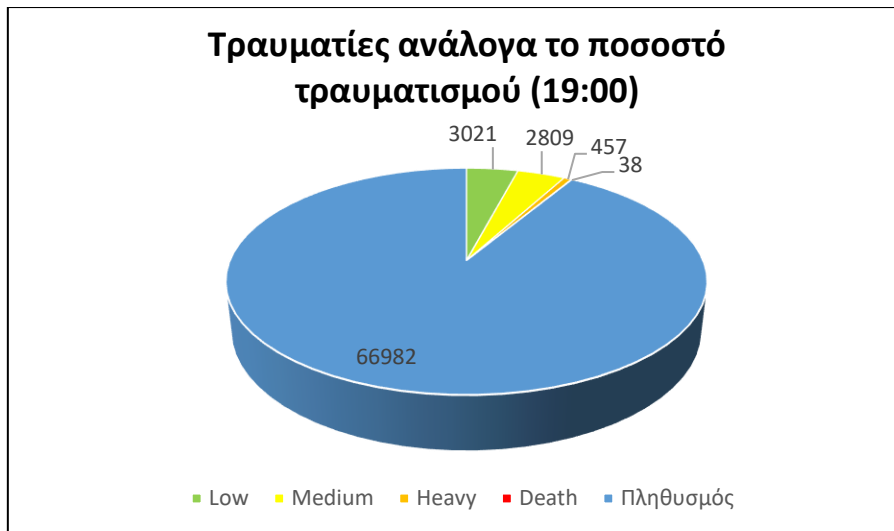
Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού.



Σχήμα 5. 133: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (2:00 π.μ.)



Σχήμα 5. 134: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (13:00 μ.μ.)



Σχήμα 5. 135: Απεικόνιση κάθε στάθμης τραυματιών έναντι του συνολικού πληθυσμού (19:00 μ.μ.)

❖ **Αρχείο lossmedian.txt (οικονομικές απώλειες)**

```

lossmedian.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT EUROS ORDER
1 607548.4 1
2 893625.9 2
3 1742145.5 3
4 697020.4 4
5 495284.3 5
6 613005.4 6
    
```

Εικόνα 5. 122: Οικονομικές απώλειες

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική μέση οικονομική πληγή της περιοχής.

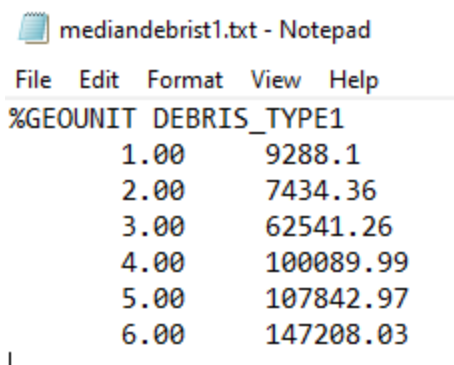
%GEOUNIT	EUROS	ORDER
1	607,548.40	1
2	893,625.90	2
3	1,742,145.50	3
4	697,020.40	4
5	495,284.30	5
6	613,005.40	6
sum	5,048,629.90	

Πίνακας 5. 67: Οικονομικές απώλειες

Από τον πίνακα των οικονομικών απωλειών είναι εμφανές ότι το κόστος που προκύπτει από το σεισμό μεγέθους 7 για real-time ανάλυση είναι αρκετά μεγαλύτερο από τις προηγούμενες δύο αναλύσεις. Συγκεκριμένα έχει διαφορά περίπου 300.000 ευρώ.

❖ **Αρχείο mediandebri1.txt (μπάζα λόγω σεισμού)**

Απόβλητα τύπου 1 (τούβλα, ξύλο κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



Εικόνα 5. 123: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

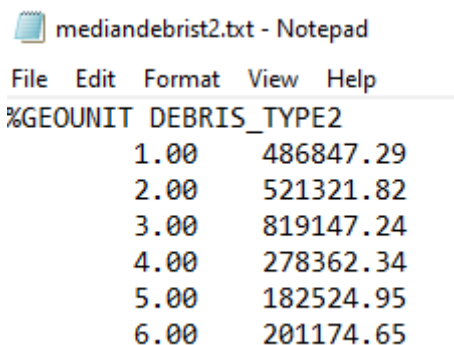
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 1 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE1 (tons/100m ²)
1	9,288.10
2	7,434.36
3	62,541.26
4	100,089.99
5	107,842.97
6	147,208.03
sum	434,404.71

Πίνακας 5. 68: Μπάζα από τούβλα και ξύλο

❖ **Αρχείο mediandebri2.txt (μπάζα λόγω σεισμού)**

Απόβλητα τύπου 2 (χάλυβας, σκυρόδεμα κ.λ.π) που προκύπτουν από τον σεισμό.



Εικόνα 5. 124: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

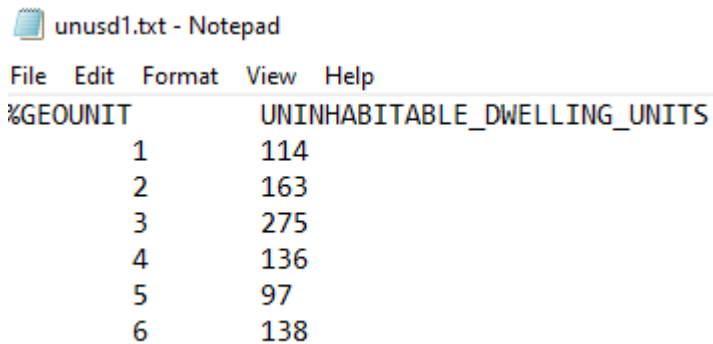
Στον παρακάτω πίνακα εκτιμάται ο συνολικός αριθμός αποβλήτων τύπου 2 σε τόνους/100 m².

%GEOUNIT	DEBRIS_TYPE2 (tons/100m ²)
1	486,847.29
2	521,321.82
3	819,147.24
4	278,362.34
5	182,524.95
6	201,174.65
sum	2,489,378.29

Πίνακας 5. 69: Μπάζα από σκυρόδεμα και χάλυβα

❖ Αρχείο unusd1.txt (ακατοίκητα κτίρια)

Περιέχει τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων.



```

unusd1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1 114
2 163
3 275
4 136
5 97
6 138
    
```

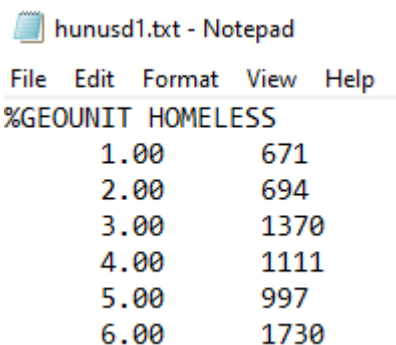
Εικόνα 5. 125: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

%GEOUNIT	UNINHABITABLE_DWELLING_UNITS
1	114
2	163
3	275
4	136
5	97
6	138
sum	923

Πίνακας 5. 70: Αριθμός ακατοίκητων κτιρίων

❖ Αρχείο hunusd1.txt (αριθμός αστέγων)

Περιέχει τον αριθμό των αστέγων που προκύπτουν από τον σεισμό.



```

hunusd1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%GEOUNIT HOMELESS
1.00 671
2.00 694
3.00 1370
4.00 1111
5.00 997
6.00 1730
    
```

Εικόνα 5. 126: Αριθμός αστέγων

%GEOUNIT	HOMELESS
1	671
2	694
3	1370
4	1111
5	997
6	1730
sum	6573

Πίνακας 5. 71: Αριθμός αστέγων

5.15 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Από την ανάλυση με το πρόγραμμα για τρία διαφορετικά μεγέθη σεισμού (5,6 και 7), προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Παρατηρείται ότι για μέγεθος ροπής σεισμού 7, τα αποτελέσματα είναι σαφώς δυσμενέστερα. Αντίθετα, οι βλάβες κτιρίων, οι οικονομικές και ανθρώπινες απώλειες για έναν μεσαίου μεγέθους σεισμό (μέγεθος ροπής 5) είναι αισθητά μικρότερες και από τους δύο προηγούμενους σεισμούς. Παρακάτω φαίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων συνολικά για τους τρεις σεισμούς.

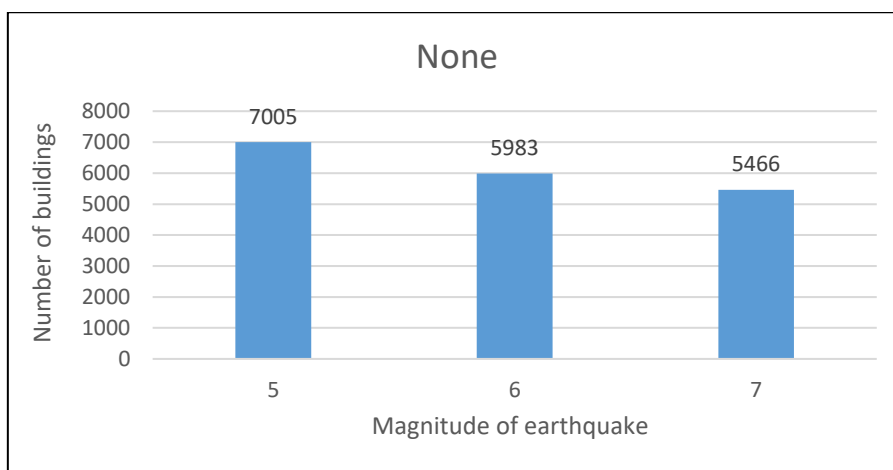
Για τα παρακάτω σχήματα χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων της ντετερμινιστικής και της πιθανοκρατικής ανάλυσης, καθώς τα αποτελέσματα της real-time ανάλυσης παρουσίαζαν μεγάλη απόκλιση συγκριτικά με τις άλλες δύο μεθόδους, με αποτέλεσμα να θεωρηθεί λιγότερο αξιόπιστη.

• **Βλάβες κτιρίων**

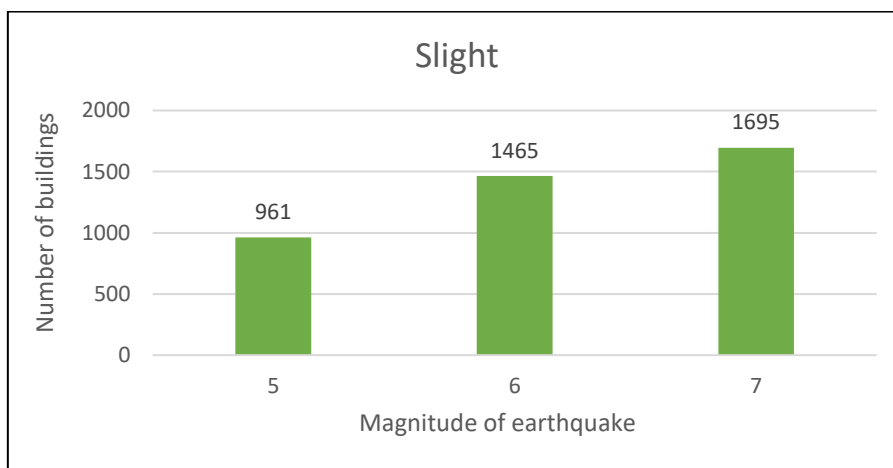
Σεισμός	None	Slight	Median	Extensive	Collapse
5	7005	961	471	91	7
6	5983	1465	840	213	35
7	5466	1695	1075	303	50

Πίνακας 5. 72: Μέσος όρος βλαβών κτιρίων για κάθε σενάριο σεισμού

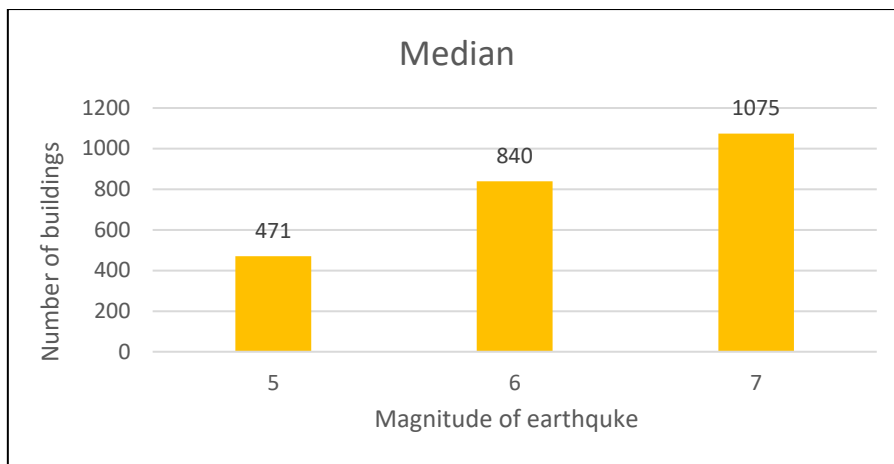
Παρακάτω γίνεται ταξινόμηση κτιρίων, ανάλογα το βαθμό βλάβης. Τα κτίρια ταξινομήθηκαν σε none, slight, median και extensive.



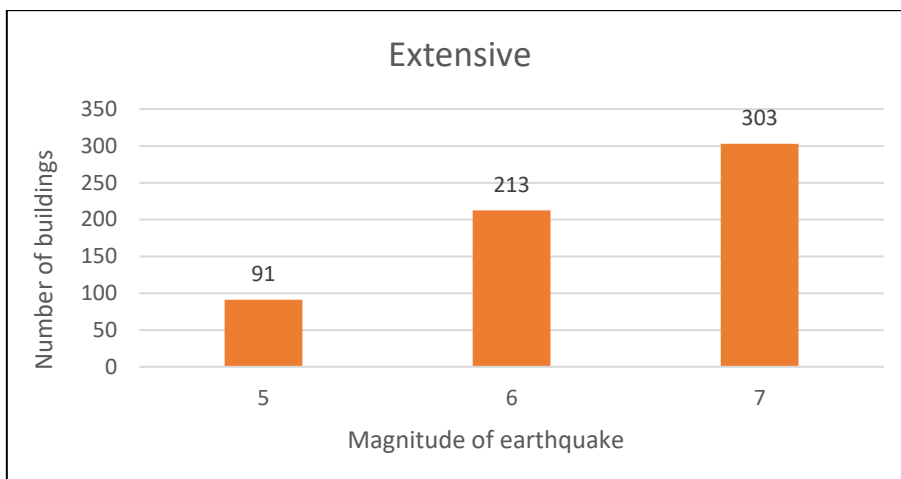
Σχήμα 5. 136: Κτίρια που δεν έπαθαν καμία βλάβη



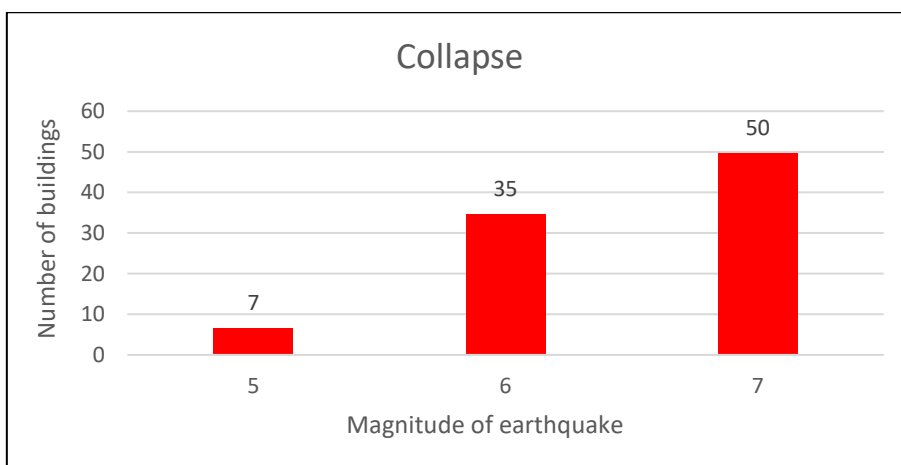
Σχήμα 5. 136: Ελαφριές βλάβες κτιρίων



Σχήμα 5. 137: Μέτριες βλάβες κτιρίων



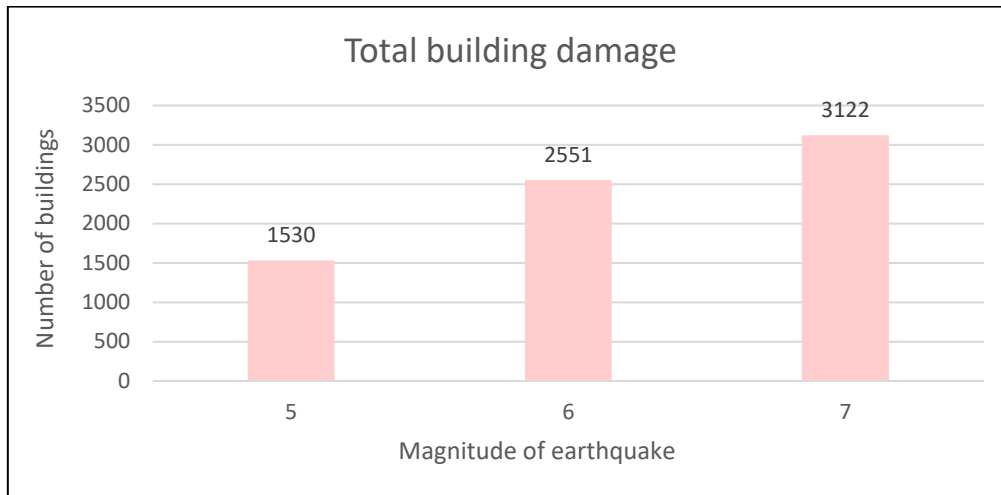
Σχήμα 5. 138: Εκτενείς βλάβες κτιρίων



Σχήμα 5. 139: Ολικές καταστροφές κτιρίων

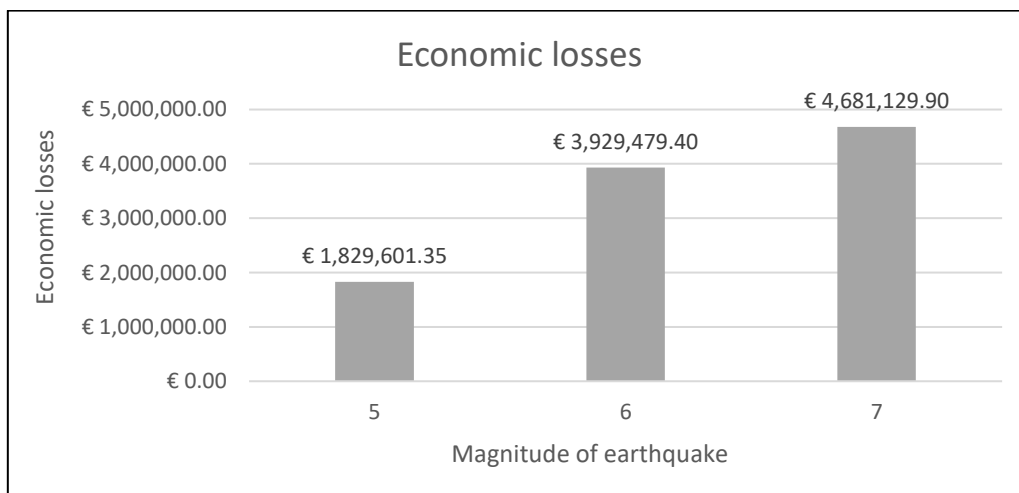
Από τα παραπάνω σχήματα, παρατηρείται ότι όσο μεγαλώνει το μέγεθος του σεισμού, αυξάνονται οι καταστροφές στα κτίρια. Παρατηρείται ότι για τον σεισμό μεγέθους ροπής 7 (καταστροφικός σεισμός), οι ολικές καταστροφές (collapse) ανέρχονται στις 50, ενώ για τον σεισμό μεγέθους ροπής 5 (ήπιος σεισμός), οι ολικές καταστροφές είναι αρκετά λιγότερες (7).

Στο σχήμα 5.140 φαίνονται οι συνολικές βλάβες κτιρίων για κάθε σενάριο σεισμού:



Σχήμα 5. 140: Συνολικές βλάβες κτιρίων για κάθε σενάριο σεισμού

- **Οικονομικές απώλειες**



Σχήμα 5. 141: Οικονομικές απώλειες για κάθε σενάριο σεισμού

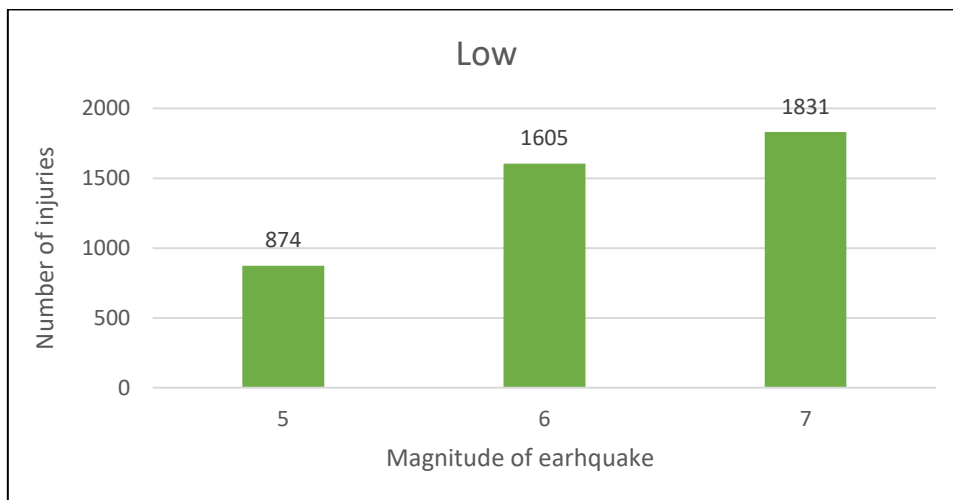
Από τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα, παρατηρείται ότι με την αύξηση του μεγέθους ροπής του σεισμού, αυξάνονται και οι οικονομικές απώλειες της περιοχής.

- **Ανθρώπινες απώλειες**

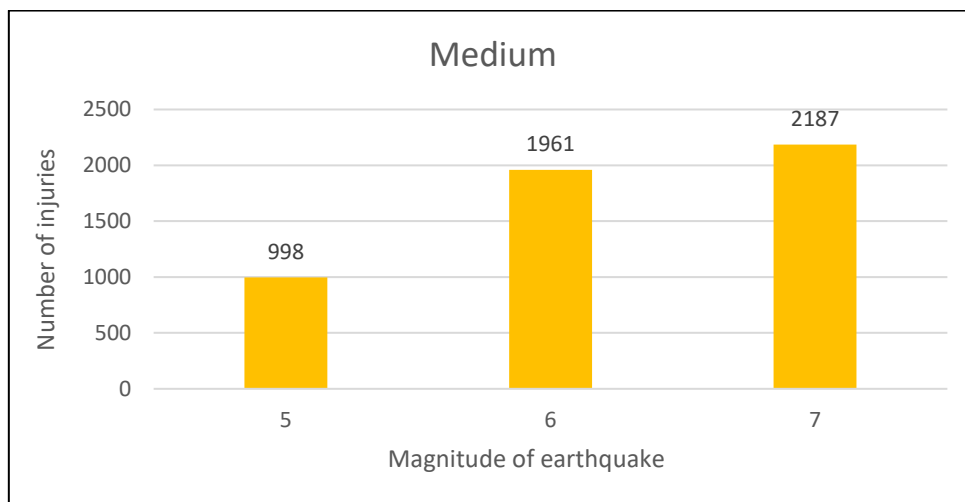
Σεισμός	Low	Medium	Heavy	Death
5	874	998	77	3
6	1605	1961	302	19
7	1831	2187	386	25

Πίνακας 5. 73: Ανθρώπινες απώλειες για κάθε σενάριο σεισμού

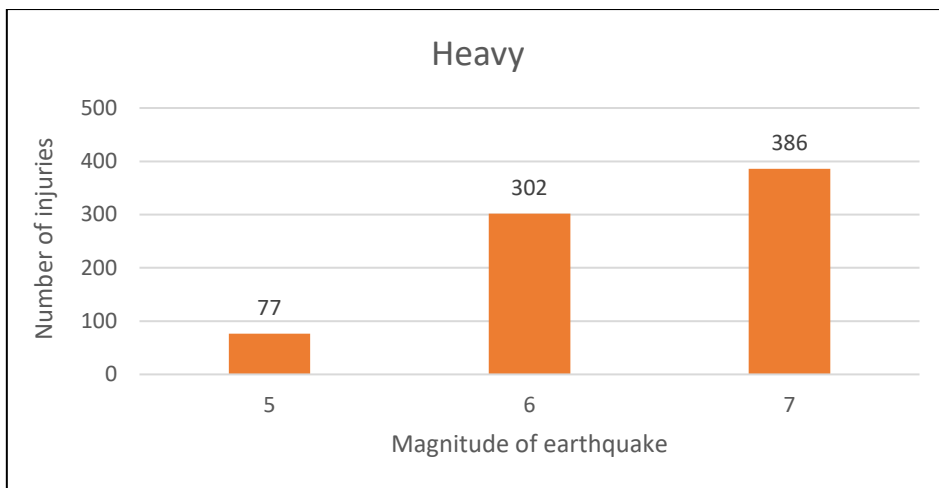
Παρακάτω ταξινομούνται σε μέγεθος τραυματισμού:



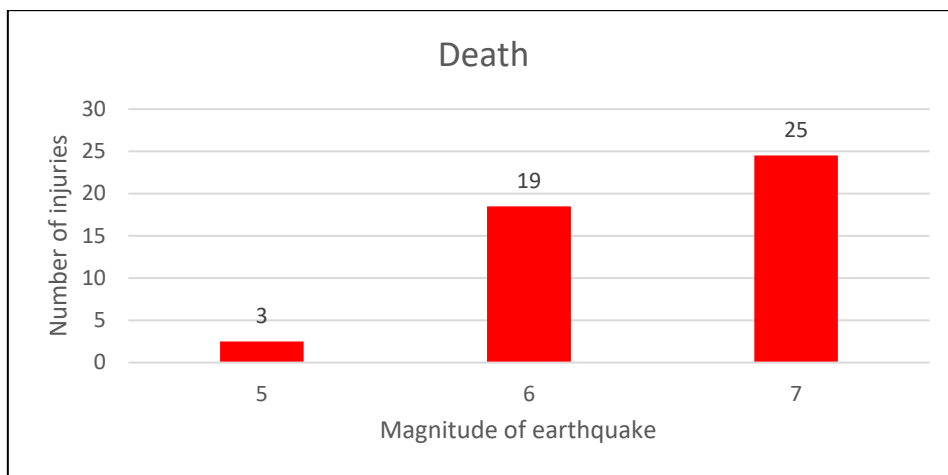
Σχήμα 5. 142: Μικροί τραυματισμοί για κάθε σενάριο σεισμού



Σχήμα 5. 143: Μέτριοι τραυματισμοί για κάθε σενάριο σεισμού



Σχήμα 5. 144: Σοβαροί τραυματισμοί για κάθε σενάριο σεισμού



Σχήμα 5. 145: Αριθμός θυμάτων σε κάθε σενάριο σεισμού

Από τα παραπάνω σχήματα, είναι εμφανές ότι όσο αυξάνεται το μέγεθος του σεισμού αυξάνονται και οι ανθρώπινες απώλειες, αλλά και ο αριθμός των σοβαρών τραυματισμών και θανάτων.

Συμπεράσματα

Έπειτα από την ανάλυση με το Selena για τρεις διαφορετικούς σεισμούς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν, είναι προφανές πως για σεισμό μεγέθους ροπής 5, οι απώλειες είναι σαφώς ελαφρύτερες από τους άλλους δύο σεισμούς. Οι κτιριακές βλάβες παρατηρείται ότι εκτείνονται σε «none», «slight» και αρκετά λιγότερες «median», ο αριθμός των τραυματιών είναι ελάχιστος και οι οικονομικές απώλειες μικρότερες. Για τον σεισμό μεγέθους ροπής 7, ο οποίος θεωρείται ένας αρκετά καταστροφικός σεισμός, προέκυψαν βλάβες σημαντικά μεγαλύτερες από τον σεισμό μεγέθους ροπής 5 και μεγαλύτερες από τον σεισμό μεγέθους ροπής 6. Επίσης τεράστιες ήταν οι ανθρώπινες απώλειες και το κόστος αποκατάστασης της βλάβης. Γενικά παρατηρείται ότι τα κτίρια χτισμένα από τοιχοποιία έπαθαν σημαντικές βλάβες, καθώς πολλά από αυτά χαρακτηρίστηκαν ως «collapse» δεδομένου και της παλαιότητας κατασκευής τους (Precode). Η εκτίμηση των σεισμικών απωλειών αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στην πρόληψη των καταστροφών που μπορεί να προκαλέσει ένας σεισμός. Το Selena και άλλα προγράμματα σαν αυτό, μπορούν με γρήγορο τρόπο να υπολογίσουν τις βλάβες για διάφορα σενάρια σεισμικής δόνησης. Έτσι βοηθά στην πρόληψη και στη λήψη κατάλληλων μέτρων για τον μετριασμό του κινδύνου, του κόστους και των ανθρώπινων απωλειών, όχι μόνο για τον σεισμό, αλλά και για πολλές άλλες φυσικές καταστροφές.

Επίλογος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε εκτίμηση των σεισμικών απωλειών για πιθανούς σεισμούς διαφορετικών μεγεθών, στην περιοχή της Νέας Ιωνίας, με τη βοήθεια του προγράμματος Selena. Η ανάλυση έγινε με τρεις διαφορετικές μεθόδους, Ντετερμινιστική, Πιθανοκρατική και με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Οι απώλειες, οι οποίες ελέγχθηκαν με το πρόγραμμα Selena, ήταν βλάβες στα κτίρια (δομικές), οικονομικές απώλειες και ανθρώπινες. Το Selena δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει τη μορφή των αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, οι δομικές βλάβες μπορούν να παρουσιαστούν είτε σαν αριθμό πληγέντων κτιρίων, είτε σαν δομική επιφάνεια (m^2) και οι οικονομικές απώλειες σε νόμισμα που επιλέγει ο χρήστης. Οι βλάβες ταξινομήθηκαν σε καμιά, μέτριες, εκτενείς και πλήρεις για τα κτίρια, καθώς επίσης και ο τραυματισμός των ανθρώπων, ανάλογα αν υπήρξαν θύματα ή όχι και τον βαθμό τραυματισμού. Έγινε επίσης εκτίμηση και για άλλες απώλειες, όπως εκτίμηση των αποβλήτων που προέκυψαν από τον κάθε σεισμό, τον αριθμό των ακατοίκητων κτιρίων και των αστέγων. Η μεθοδολογία που ακολούθησε το Selena, είναι η μεθοδολογία του Hazus, καθώς το Selena έχει βασιστεί σε αυτό. Για τον υπολογισμό της τρωτότητας των κατασκευών, το Selena βασίστηκε στις καμπύλες τρωτότητας ή αλλιώς καμπύλες θραυστότητας, οι οποίες αποτελούν διαγράμματα πιθανότητας βλάβης και έντασης κινδύνου. Το πρόγραμμα είναι εύχρηστο, καθώς συμπληρώνοντας τα αρχεία εισαγωγής και με την κατάλληλη εντολή για να τρέξει (Selena d: ντετερμινιστική μέθοδο, Selena p: πιθανοκρατική και Selena r: real time ανάλυση) λήφθηκαν τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε ένα φάκελο με το όνομα output. Τέλος, αφού συλλέχθηκαν όλα τα output αρχεία, με την βοήθεια του excel και κατάλληλων διαγραμμάτων, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Αναφορές

1. Πνευματικός Νικόλαος (2018), *Εισαγωγή στη μελέτη αντισεισμικών κατασκευών*, Αθήνα: Εκδόσεις Λυχνός
2. Molina, S., Lang, D. H., & Lindholm, C. D. (2010), *SELENA – An open-source tool for seismic risk and loss assessment using a logic tree computation procedure*. *Computers & Geosciences*, 36(3), 257–269. doi:10.1016/j.cageo.2009.07.006
3. «<https://www.youtube.com/watch?v=i-2Y-q52rj4>», *UNESCO Chair Webinar - Seismic Losses Scenarios using SELENA*
4. Θεοδώρα Ροντογιάννη Τσιαμπάου (2018), *Γεωλογία θεμελιώδης έννοιες για μηχανικούς*, Εκδόσεις Τζιόλα
5. Δ.Ι Παπανικολάου & ΧΡ.Ι. Σίδερης (2005), *Γεωλογία η επιστήμη της γής όγδοο εκτύπωση 2015*, Αθήνα: εκδόσεις Πατάκη
6. *Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency Mitigation Division Washington, D.C , Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model, Hazus®–MH 2.1 Technical Manual*
7. Κουμούτσος Νικόλαος (2017), *Εκτίμηση σεισμικής τρωτότητας στην περιοχή της Κεφαλονιάς και υπολογισμός απωλειών για διάφορα σεισμικά σενάρια (Διπλωματική εργασία)*, Ελληνικό ανοιχτό Πανεπιστήμιο, Αθήνα
8. Αγγελοπούλου Αικατερίνη-Μαρία & Γκικόκα Μαρία (2020), *Σεισμική τρωτότητα και απώλειες (Διπλωματική εργασία)*, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα
9. Παναγιώτης Χρ. Κλειώσης (2016), *Ανασκόπηση στις μεθόδους εκτίμησης της σεισμικής διακινδύνευσης και στα ερευνητικά λογισμικά με έμφαση στην τρωτότητα (Μεταπτυχιακή εργασία)*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Δ.Π.Μ.Σ., Δομοστατικός σχεδιασμός και ανάλυση κατασκευών, Αθήνα
10. Καραγκούνη Αναστασία (σε συνεργασία με: Γιαλαμίδου Δωροθέα) (2018), *Σεισμική διακινδύνευση δύο τυπικών σχολικών μονάδων του Δήμου Θεσσαλονίκης (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)*, Αριστέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Μ.Π.Σ Αειφόρος σχεδιασμός τεχνικών έργων έναντι σεισμού και άλλων φυσικών κινδύνων, Θεσσαλονίκη
11. Οικονόμου Αθανασία (2021), *Σεισμική τρωτότητα και απώλειες (Διπλωματική εργασία)*, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα
12. Δημήτριος Λεούσης (2016), *Εκτίμηση σεισμικών απωλειών στο Δ. Κηφισιάς με τη χρήση του λογισμικού ELER (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)*, ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε., Αθήνα

13. Καμπακάκης Στάυρος (2021), Εκτίμηση σεισμικής διακινδύνευσης κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος (Διπλωματική εργασία), Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα
14. Δημήτριος Γ. Παναγιωτόπουλος (Καθηγητής Σεισμολογίας και Φυσικής Εσωτερικού της Γης), Ισχυροί Σεισμοί: Μια φονική γεωλογική διαδικασία ή ένα συνοδό φαινόμενο της απαραίτητης για τον άνθρωπο φυσικής εξέλιξης της Γης, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
15. Κατσαφάδου Σωτηρία (2013), Φυσικές καταστροφές και διαχείριση κινδύνου, Καλαμάτα και σεισμός (Διπλωματική εργασία), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πολυτεχνική σχολή τμήμα μηχανικών χωροταξίας πολεοδομίας & περιφερειακής ανάπτυξης, Βόλος
16. Αλέξανδρος Χατζηπέτρος, Ο ρόλος των ενεργών ρηγμάτων στις μελέτες μεγάλων Τεχνικών Έργων – Το παράδειγμα του ΤΑΡ, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
17. Άννα Β. Μπαμπά Γεωλόγος- M.S.c Γεωφυσικός (2003), Σεισμική επικινδυνότητα του ευρωπαϊκού χώρου, Διδακτορική διατριβή, Γεωλογικό τμήμα της σχολής θετικών επιστημών του Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
18. Γεωργουσάκη Αικατερίνη (2019), Εκτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης αστικών κέντρων (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Μ.Π.Σ Αειφόρος σχεδιασμός τεχνικών έργων έναντι σεισμού και άλλων φυσικών κινδύνων., Θεσσαλονίκη
19. Μαρία Παπαμαρινούδη (2020), Σεισμική διακινδύνευση αστικών κέντρων: Ανάπτυξη μοντέλου στοιχείων υπό διακινδύνευση για το κτιριακό απόθεμα της πόλης της Κοζάνης - Εκτίμηση σεισμικής διακινδύνευσης με χρήση του λογισμικού OpenQuake engine (Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία), Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη
20. Χρυστάλλα Κυριάκου (2021), Εκτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης στο κέντρο της Λεμεσού (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Μ.Π.Σ Αειφόρος σχεδιασμός τεχνικών έργων έναντι σεισμού και άλλων φυσικών κινδύνων, Θεσσαλονίκη
21. Κεχαγιόγλου Νικόλαος (2009), Ανάλυση Πολεοδομικών και Κυκλοφοριακών Χαρακτηριστικών Δήμου Νέας Ιωνίας (Διπλωματική εργασία), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων μηχανικών, Αθήνα
22. Κόκκινη Θ. Βασιλική (2013), Μελέτη του επιπέδου σεισμικής ασφάλειας (SSE) στην πιθανοτική αξιολόγηση επικινδυνότητας (PRA) μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία), Πανεπιστήμιο Αιγαίου Π.Μ.Σ Οικονομική διοίκηση για μηχανικούς, Χίος

23. Σιγαλά Παρασκευούλα (2012), Σεισμική επικυδνόντητα στην ευρύτερη περιοχή του Μεσσηνιακού κόλπου (Διπλωματική εργασία), Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Ε.Κ.Π.Α., Αθήνα
24. Ελένη Σ. Χατζηιορδάνου (2004), Ανάλυση επικυδνόντητας αρχαιολογικών θέσεων του νομού Λασιθίου ανατολικής Κρήτης από γεωλογικά φαινόμενα με χρήση των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και της Τηλεπισκόπησης (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία), Πολυτεχνείο Κρήτης, Κρήτη
25. Η. Honda (1962), *Earthquake Mechanism and Seismic Waves*, Geophysical institute faculty of science, Tokyo University.
26. «<https://www.seismoi.gr/seismikakymata.htm>», Τύποι σεισμικών κυμάτων
27. «<http://www.geo.auth.gr/537/ch5.htm>», Κίλιας Αδαμάντιος, Εισαγωγή στην τεκτονική γεωλογία - Ε. Ρήγματα-Διακλάσεις, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ
28. «http://static.seismo.ethz.ch/efehrems/Flyer/ESRM20_flyer_risk_GR.pdf», Ν. Valenzuela, Μ. Marti, S. Zaugg, Η. Crowley, J. Dabbeek, L. Danciu, and I. Dallo, Η σεισμική διακυδνόνευση στην Ευρώπη, Swiss Seismological Service, ETH Zurich εκδοτ
29. Υπουργείο προστασίας του πολίτη, Χαρίκλεια Μπρέτσια (2019), Άρθρο 02- Έννοιες-ορισμοί
30. «<https://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/earthquakes.htm>», Είδη σεισμών
31. «<https://pnsn.org/outreach/earthquakesources/volcanic>», Volcanic earthquakes
32. «<https://www.hellenicweather.com/oi-kathgories-ton-seismon?nv4dieatuy=y>», Hellenic Weather (2023), Οι κατηγορίες των σεισμών
33. «<https://www.aftodioikisi.gr/diethni/oi-megalyteroi-seismoi-poy-echoyn-symvei-ston-kosmo/>», Εφημερίδα Αυτοδιοίκηση (2019), Οι μεγαλύτεροι σεισμοί που έχουν συμβεί στον κόσμο
34. «<https://www.aftodioikisi.gr/diethni/oi-megalyteroi-seismoi-poy-echoyn-symvei-ston-kosmo/>», Εφημερίδα Καθημερινή (2005), Σεισμός 8.7 ρίχτερ χτύπησε την Ινδονησία
35. Βικιπαίδεια, Σεισμός και τσουνάμι στο Τόχοκου το 2011
36. «www.neaionia.gr», Δήμος Νέας Ιωνίας
37. «<https://www.kathimerini.gr/economy/international/423844/megalyteres-ton-provlepseon-oi-oikonomikes-synepeies-toy-seismoy/>», Εφημερίδα Καθημερινή (13/04/2011), Μεγαλύτερες των προβλέψεων οι οικονομικές συνέπειες του σεισμού

49. « http://ssi.civil.ntua.gr/wp-content/uploads/2016/02/Deliverable_3.1.pdf?cv=1 » Τεχνική έκθεση: εμπειρικός εξαχθείσες καμπύλες τρωτότητας, Φεβρουάριος 2015
50. « <https://messinianews.gr/%ce%bf%ce%b9-36-%ce%bc%ce%b5%ce%b3%ce%b1%ce%bb%cf%8d%cf%84%ce%b5%cf%81%ce%bf%ce%b9-%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%83%ce%bc%ce%bf%ce%af-%cf%80%ce%bf%cf%85-%ce%ad%ce%b3%ce%b9%ce%bd%ce%b1%ce%bd-%cf%83%cf%84%ce%b7/?cv=1> » , Οι 36 μεγαλύτεροι σεισμοί που έγιναν στην Ελλάδα, 18 Ιουνίου 2017