

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΤΩΝ ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 1953-2004 ΚΑΙ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Παπούλια Μαρία¹, Καρύμπαλης Ευθύμιος², Παπαναστασίου Δημήτριος³ και Μπασκούτας Ιωάννης⁴

¹ Γεωγράφος, Ήρας 24, 14121, Ηράκλειο Αττικής, Τηλ. 2102812185 και 6945219458, email: marizapal@yahoo.gr

² Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, email: karymbalis@hua.gr

³ Διευθυντής Ερευνών, Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, email: d.papan@gein.noa.gr

⁴ Κύριος Ερευνητής, Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, email: i.basko@gein.noa.gr

Περίληψη

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η επεξεργασία μακροσεισμικών δεδομένων και η κατασκευή χαρτών χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων στην Ελλάδα, για τη χρονική περίοδο 1953-2004, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Επιπλέον, αντίστοιχοι χάρτες κατασκευάστηκαν και για δύο από τις πλέον σεισμογενείς περιοχές τις χώρες, την Κρήτη και την Κεφαλονιά προκειμένου να γίνει μια πιο λεπτομερής μελέτη της χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων σε αυτές. Τα μακροσεισμικά δεδομένα παραχωρήθηκαν από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε για την κατασκευή των χαρτών βασίζεται στο ψηφιδωτό μοντέλο απεικόνισης μακροσεισμικών εντάσεων. Για τους χάρτες που καλύπτουν ολόκληρη την Ελλάδα, η διάσταση της ψηφίδας είναι 1^ο ενώ για τις περιοχές της Κρήτης και της Κεφαλονιάς σχεδιάστηκαν χάρτες με διάσταση ψηφίδας 0.1^ο και 0.2^ο. Η επιλογή της διάστασης της ψηφίδας έγινε για τη καλύτερη απεικόνιση των μακροσεισμικών εντάσεων. Επιχειρήθηκε η χαρτογραφική απεικόνιση τόσο των μέσων, όσο και των μέγιστων τιμών σεισμικής έντασης με σκοπό τον σχολιασμό των διαφορών που παρουσιάζουν οι χάρτες και την εξαγωγή ανάλογων συμπερασμάτων.

Από τους χάρτες χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων που σχεδιάστηκαν, προκύπτει ότι οι μεγαλύτερες μέσες τιμές παρατηρούνται στη νότια Κρήτη και στα Δωδεκάνησα ενώ οι μεγαλύτερες μέγιστες τιμές παρατηρούνται στα Επτάνησα (εκτός Κέρκυρας), στη δυτική Πελοπόννησο και στη δυτική Μακεδονία. Οι χαμηλότερες μέσες τιμές εντάσεων παρατηρούνται στη Θράκη, στη Μακεδονία, στο ανατολικό τμήμα του νομού Λασιθίου, στις Κυκλάδες, στη Χίο και στη Κέρκυρα, ενώ οι χαμηλότερες μέγιστες τιμές παρατηρούνται στις Κυκλάδες και στους νομούς Λασιθίου και Ροδόπης. Από τα αποτελέσματα προκύπτει διαφοροποίηση στην κατανομή των εντάσεων στον Ελληνικό χώρο, που κύρια εξαρτάται από τη γεωλογία, την τεκτονική της περιοχής, τη χωρική κατανομή των επικέντρων, τη συχνότητα εμφάνισης και το μέγεθος των σεισμών. Ανάλογα, με τη διάσταση των ψηφίδων, η κατανομή γίνεται λιγότερο ή περισσότερο λεπτομερής.

PLOTTING MACROSEISMIC INTENSITIES MAPS FOR THE TIME PERIOD 1953-2004 FOR VARIOUS GREEK AREAS USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

Papoulia Maria¹, Karimbalis Efthimios², Papanastasiou Dimitrios³ and Baskoutas Ioannis⁴

¹ Geographer, 24 Iras str., 14121, Iraklio Attica, Tel: 2102812185 and 6945219458
e-mail: marizapal@yahoo.gr

² Assistant Professor, Geography Department, Harokopio University

³ Research Director, Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens

⁴ Senior Researcher, Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens

Abstract

The aim of this study is the macroseismic data processing and the plotting of macroseismic intensity maps for Greece, for the time period 1953-2004, using Geographical Information Systems technologies. Moreover, plotting maps for Crete and Cephalonia islands, the most seismogenic regions of Greece, is necessary, in order to study in detail the spatial distribution of seismic intensities in those areas. All macroseismic data were provided by the Institute of Geodynamics of the National Observatory of Athens. The method which was used for the map creation was based on the Macroseismic Values Digital Terrain Model. The pixel resolution for Greece was decided to be 1° and for Crete and Cephalonia islands, 0,1° and 0,2°. These pixel sizes were chosen for better macroseismic intensity display. For Crete and Cephalonia maps of different scales were created in order to compare the results from different resolution. Additionally, these maps were created to show the average and highest seismic intensity values. The reason was the study of changes that happen depending on whether the average or the highest seismic intensity is displayed and the useful conclusions.

The comparison of the maps created, it is concluded that the highest average intensities are observed in south Crete and Dodekanisa islands and the highest maximum intensity values in the Ionian islands (except Kerkira), west Peloponnesus and west Macedonia. The lowest average intensities are observed in Thrace, Macedonia, Cyclades, Chios and Kerkira islands as well as in the eastern part of Crete. The lowest maximum intensity values are observed in Cyclades and in the prefectures of Lasithi (east Crete) and Rodopi (Thrace). The results of this research show a differentiation in the macroseismic intensity distribution throughout the country. This differentiation depends on the geology and tectonics of the area, the spatial distribution of the epicenters as well as the magnitude and the frequency of the earthquakes. Last but not least, depending on the pixel size, the distribution becomes more or less detailed.

Λέξεις Κλειδιά: μακροσεισμικές εντάσεις, σεισμικότητα, χάρτες, Γ.Σ.Π. Ελλάδα, Κρήτη, Κεφαλονιά
Key Words: macroseismic intensities, seismicity, maps, G.I.S., Greece, Crete, Cephalonia

1. Εισαγωγή

Οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις (ή μακροσεισμικά αποτελέσματα) αφορούν τα αποτελέσματα που προκαλούνται από ένα σεισμό στις κατασκευές, στο φυσικό περιβάλλον, στους ανθρώπους, και τα ζώα. Τα αποτελέσματα αναφέρονται στις άμεσες έμμεσες συνέπειες ενός σεισμικού γεγονότος και διακρίνονται σε πρωτογενή ή επακόλουθα, μόνιμα ή παροδικά (Παπαζάχος κ.α., 2005). Η εκτίμηση των μακροσεισμικών παρατηρήσεων γίνεται με βάση τις κλίμακες μακροσεισμικών εντάσεων. Η δωδεκαβάθμια κλίμακα Mercalli – Sieberg είναι η κύρια κλίμακα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα και την Ευρώπη ενώ αρκετά συχνά χρησιμοποιείται και η Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα που αποτελεί τη τροποποιημένη κλίμακα Medvedev- Sponcheuer- Karnik.

Η συλλογή των μακροσεισμικών παρατηρήσεων γίνεται μέσω άμεσων παρατηρήσεων ή/και μέσω της συμπλήρωσης του σεισμολογικού δελτίου. Το σεισμολογικό δελτίο αποτελεί ένα ερωτηματολόγιο που αποστέλλεται σε δήμους γύρω από το επίκεντρο του σεισμού. Οι άμεσες παρατηρήσεις γίνονται από εξειδικευμένο προσωπικό και αφορούν την καταγραφή διαρρήξεων, κατολισθήσεων, μετατοπίσεων κ.α. Για τη καλύτερη αποτύπωση, μελέτη και αξιολόγηση των μακροσεισμικών παρατηρήσεων συντάσσονται αντίστοιχοι χάρτες απεικόνισής τους, με τη μορφή ισόσειστων καμπυλών. Οι χάρτες αυτοί περιλαμβάνουν καμπύλες που συνδέουν περιοχές με την ίδια τιμή έντασης, που έχουν δηλαδή υποστεί παρόμοιες επιπτώσεις από το σεισμό.

Χάρτες απεικόνισης σεισμικών εντάσεων για διάφορες χρονικές περιόδους έχουν κατά καιρούς σχεδιαστεί για διάφορες χώρες όπως το Ιράκ (Fahmi and Alabbasi, 1988), την Κροατία (Sovic, 1999), την Τσεχία, Πολωνία και Σλοβακία (Schenk *et al.*, 2000) κ.α. εφαρμόζοντας διάφορες μεθοδολογίες. Στον Ελληνικό χώρο σε μόνιμη βάση παρουσιάζονται μακροσεισμικοί χάρτες στα Μηνιαία Σεισμολογικά Δελτία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου. Επίσης σε εργασίες που μελετούν ισχυρούς σεισμούς ή σε μορφή άτλαντα (Shebalin, 1974; Papazachos *et al.*, 1982; 1997; Schenkova *et al.*, 2005). Από τις λίγες προσπάθειες κατασκευής μακροσεισμικού χάρτη που να καλύπτει όλο τον Ελληνικό χώρο σημειώνεται αυτή των Drakopoulos and Makropoulos 1982, που παρουσίασαν χάρτη μέγιστων εντάσεων για την περίοδο 1700-1981 καθώς και των Burton *et al.*, 2004, για την περίοδο μετά το 1900.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η κατασκευή μακροσεισμικών χαρτών χρησιμοποιώντας τη τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας

το Ψηφιδωτό Μοντέλο Χωρικών Δεδομένων. Οι χάρτες που σχεδιάστηκαν αφορούν τόσο όλο τον Ελληνικό χώρο, όσο και δύο από τις πλέον σεισμογενείς περιοχές της χώρας, την Κεφαλονιά και την Κρήτη. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των χαρτών προέρχονται από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και αφορούν τη χρονική περίοδο 1953 - 2004. Η ιδιαιτερότητα των χαρτών του τρόπου αυτού απεικόνισης των μακροσεισμικών εντάσεων είναι ότι η λεπτομέρεια μεταβάλλεται ανάλογα με την επιλογή του μεγέθους (διαστάσεων) του κελιού ενώ επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα χαρτογραφικής απεικόνισης τόσο της μέσης, όσο και της μέγιστης τιμής. Ο τρόπος απεικόνισης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την ερμηνεία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

2. Μεθοδολογία και επεξεργασία των δεδομένων

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

- επεξεργασία των αρχικών δεδομένων και δημιουργία νέων βάσεων δεδομένων,
- εισαγωγή ψηφιοποιημένου χάρτη στο αντίστοιχο λογισμικό,
- εφαρμογή της λειτουργίας μετατροπής μορφής `ascii` σε `raster`
- διαμόρφωση κλάσεων και
- τελειοποίηση χάρτη

2.1 Επεξεργασία δεδομένων

Τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, περιείχαν αναλυτικά όλα τα στοιχεία για κάθε σεισμικό γεγονός που συνέβη από τις 18 Μαρτίου 1953 έως και τις 4 Νοεμβρίου 2004. Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, καλύπτει την περιοχή με γεωγραφικές συντεταγμένες 34^ο-42^ο N και 19^ο-30^ο E. Τα στοιχεία αυτά αφορούν τις γεωγραφικές συντεταγμένες του μικροσεισμικού επικέντρου, το εστιακό βάθος του σεισμού, το χρόνο γένεσης του σεισμού, το μέγεθός του, τις συντεταγμένες και τη μακροσεισμική ένταση της περιοχής που επηρεάστηκε από το σεισμό. Τα αρχικά δεδομένα επεξεργάστηκαν μέσω της γλώσσας Fortran, ώστε να δημιουργηθεί μια νέα βάση δεδομένων στην οποία να εμφανίζονται τα ζητούμενα χωρικά χαρακτηριστικά. Η νέα βάση δεδομένων περιέχει τα αρχικά δεδομένα της βάσης του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, ομαδοποιημένα ανάλογα με το μέγεθος της ψηφίδας που θα χρησιμοποιηθεί για τη χαρτογραφική τους απεικόνιση καθώς και ανάλογα με το αν ο τελικός χάρτης θα αφορά τη μέση ή τη μέγιστη τιμή μακροσεισμικής έντασης. Η μέση τιμή αναφέρεται στη μέση τιμή έντασης όλης της εξεταζόμενης περιόδου και για όλα τα σεισμικά γεγονότα, ενώ η μέγιστη τιμή αναφέρεται στη μέγιστη τιμή όλων των εντάσεων σε κάθε περιοχή για τη χρονική αυτή περίοδο. Για τη μετατροπή της μοίρας σε μέτρα χρησιμοποιείται ο εξής τύπος:

$$\text{κατά μήκος απόσταση} = \text{αλλαγή του γεωγραφικού μήκους} * \text{συνημίτονο γεωγραφικού πλάτους}$$

Το αποτέλεσμα είναι σε ναυτικά μίλια, επομένως χρειάστηκε νέα μετατροπή σε μέτρα. Η απόσταση Βορράς- Νότος είναι σταθερή και η μία μοίρα ισούται με 110km, αφού βρίσκεται το κάθε σημείο πάνω σε μέγιστο κύκλο πάντα. Στην Ελλάδα η μία μοίρα στον κάνναβο είναι ίση με 110*90km, εφόσον η μέση κατά μήκος απόσταση είναι 90km. Οι συντεταγμένες της κάθε περιοχής, μετά την επεξεργασία των δεδομένων, αντιστοιχούν σε διαφορετικές ψηφίδες.

Το μέγεθος της ψηφίδας για τους χάρτες της Ελλάδας είναι 1^ο ενώ τόσο για την Κρήτη, όσο και για την Κεφαλονιά σχεδιάστηκαν δύο χάρτες με μέγεθος ψηφίδας 0,1^ο και 0,2^ο. Το μέγεθος, η διάσταση δηλαδή της ψηφίδας, έχει άμεση σχέση με τη λεπτομέρεια και την ανάλυση της αναπαράστασης των δεδομένων. Όσον αφορά την επιλογή της 1^ο για την Ελλάδα, η διάσταση αυτή θεωρήθηκε ιδανική αφού κάθε ψηφίδα περιλαμβάνει σχεδόν ένα νομό. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να μελετηθούν οι μεμονωμένοι νομοί αλλά και η συγκριτική παρατήρηση των νομών σε σχέση με την περιφέρεια στην οποία ανήκουν ή σε σχέση με το σύνολο των νομών της χώρας. Η 1^ο θεωρήθηκε ότι αποτελεί τη διάσταση που επιτρέπει τη μη απώλεια σημαντικής πληροφορίας. Μεγαλύτερη διάσταση θα οδηγούσε στην ομαδοποίηση – ομογενοποίηση μεγάλων περιοχών με αποτέλεσμα τη μη λεπτομερή απεικόνιση. Όσον αφορά την επιλογή των δύο διαστάσεων (0,1^ο και 0,2^ο) για την Κρήτη και την Κεφαλονιά, θεωρήθηκαν οι κατάλληλες εφόσον, η χρήση ψηφίδας μεγαλύτερου μεγέθους θα οδηγούσε στον αποκλεισμό χρήσιμων πληροφοριών για τις σεισμογενείς αυτές περιοχές της χώρας. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας με ψηφίδες δύο διαφορετικών διαστάσεων, έγινε με σκοπό τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο χαρτογραφικών απεικονίσεων. Ουσιαστικά με τις δυο διαφορετικές διαστάσεις δίνεται διαφορετικός

βαθμός λεπτομέρειας στην εξεταζόμενη περιοχή δίνοντας τη δυνατότητα σύγκρισης και εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων τόσο για την κατανομή των εντάσεων στην περιοχή όσο και για την ίδια τη μέθοδο που ακολουθήθηκε.

2.2 Δημιουργία Χαρτών

Η μεθοδολογία, η οποία ακολουθήθηκε για τη κατασκευή των νέων χαρτών απεικόνισης των μακροσεισμικών εντάσεων, θεωρείται πρωτότυπη και βασίζεται στην αξιοποίηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και συγκεκριμένα του Ψηφιδωτού Μοντέλου Χωρικών Δεδομένων. Σκοπός, είναι η μελέτη των μακροσεισμικών παρατηρήσεων μέσα από χάρτες απεικόνισης μακροσεισμικών εντάσεων, όπου τα δεδομένα παρουσιάζονται υπό μορφή καννάβου και όχι ισόσειστων καμπυλών που αποτελεί τον πλέον χρησιμοποιημένο μέχρι σήμερα τρόπο απεικόνισης της χωρικής κατανομής των εντάσεων. Τα γεωγραφικά, χωρικά, δεδομένα δομούνται σε μορφή ψηφίδων. Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών και το Ψηφιδωτό Μοντέλο Χωρικών Δεδομένων δίνουν τη δυνατότητα διαχείρισης σε σύντομο χρονικό διάστημα σύνθετων πληροφοριών και χωρικών σχέσεων.

Στο Ψηφιδωτό Μοντέλο, η επιφάνεια του χάρτη καλύπτεται από κάρναβο και τα γραφικά δεδομένα προσδιορίζονται με τη χρήση των ψηφίδων. Οι ψηφίδες ορίζονται με ένα μοναδικό ζεύγος πραγματικών συντεταγμένων, στη προκείμενη περίπτωση στη κάτω αριστερά γωνία αυτών. Όσο πιο πυκνός είναι ο κάρναβος (υψηλότερη ανάλυση), τόσο λεπτομερέστερη είναι η απεικόνιση των γραφικών.

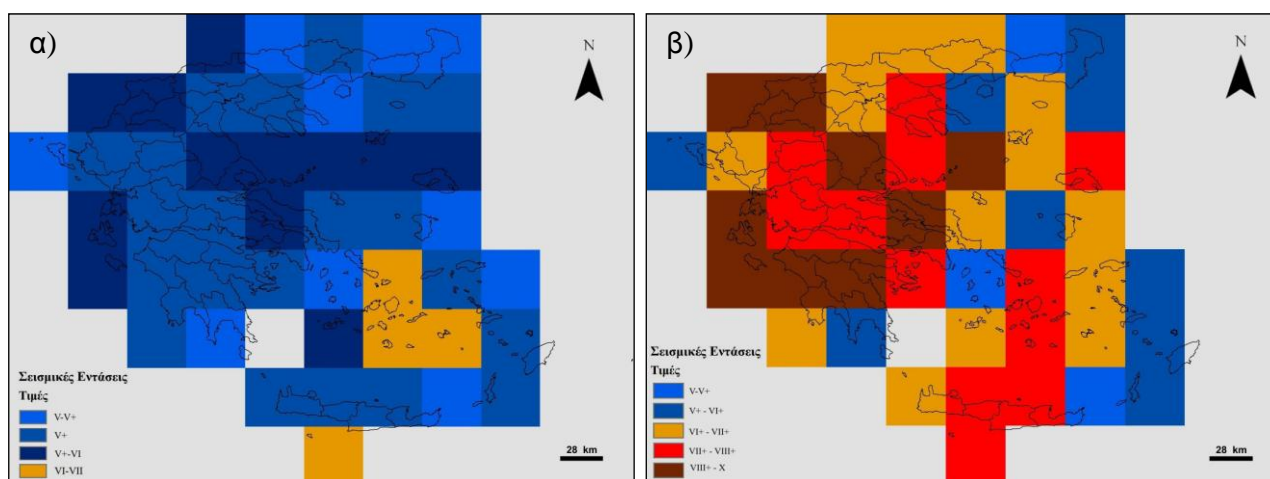
Για τη δημιουργία των χαρτών, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGis 9.1 και το πρόγραμμα ArcMap. Ως υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκε χάρτης της Ελλάδας, μετά την ψηφιοποίηση από αναλογικό χάρτη που γεωαναφέρθηκε στο σύστημα ΕΓΣΑ '87. Το θεματικό επίπεδο που χρησιμοποιείται είναι το επίπεδο με τα όρια των νομών. Για την κατασκευή των χαρτών, χρειάζεται να γίνει μετατροπή του φακέλου που περιέχει τα δεδομένα σε μορφή raster σε ένα σύνολο δεδομένων raster. Για τη μετατροπή αυτή έγινε εισαγωγή ενός νέου προγράμματος μορφής text document ως input ascii raster file.

Στη συνέχεια διαμορφώθηκαν οι κλάσεις, το πλήθος των οποίων καθορίζει τη λεπτομέρεια της κατανομής των τιμών της μακροσεισμικής έντασης. Τέλος η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων έγινε με την τελειοποίηση των χαρτών με τα χαρτογραφικά αντικείμενα και τη σωστή διαμόρφωση των χρωμάτων σύμφωνα με τη χρωματική παλέτα που προτείνεται από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο.

3. Σχολιασμός των παραγόμενων χαρτών

3.1 Χάρτες χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων για την Ελλάδα

Για το σύνολο της χώρας δημιουργήθηκαν 2 χάρτες (Σχήμα 1α και 1β) που απεικονίζουν τη γεωγραφική κατανομή των μέσων και των μέγιστων μακροσεισμικών εντάσεων αντίστοιχα. Από τη μελέτη των δύο χαρτών, προκύπτει ότι οι περιοχές με τις υψηλότερες μέγιστες τιμές διαφέρουν από τις αντίστοιχες περιοχές με τις υψηλότερες μέσες τιμές μακροσεισμικής έντασης. Αυτό που κάνει ιδιαίτερη εντύπωση είναι το γεγονός ότι οι υψηλότερες μέσες τιμές μακροσεισμικής έντασης εμφανίζονται στις ανατολικές Κυκλάδες και όχι στα Ιόνια νησιά, που θεωρείται ότι έχουν ένα ιδιαίτερα βεβαρυμμένο ιστορικό σεισμών. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο μικρότερο πλήθος σεισμικών γεγονότων, σε μακροσεισμικά αποτελέσματα μικρότερης έντασης, καθώς και στην τήρηση του αντισεισμικού κανονισμού κατά την κατασκευή των οικοδομών την τελευταία 20ετία. Όσον αφορά τις χαμηλότερες μέσες τιμές μακροσεισμικής έντασης αυτές παρατηρούνται

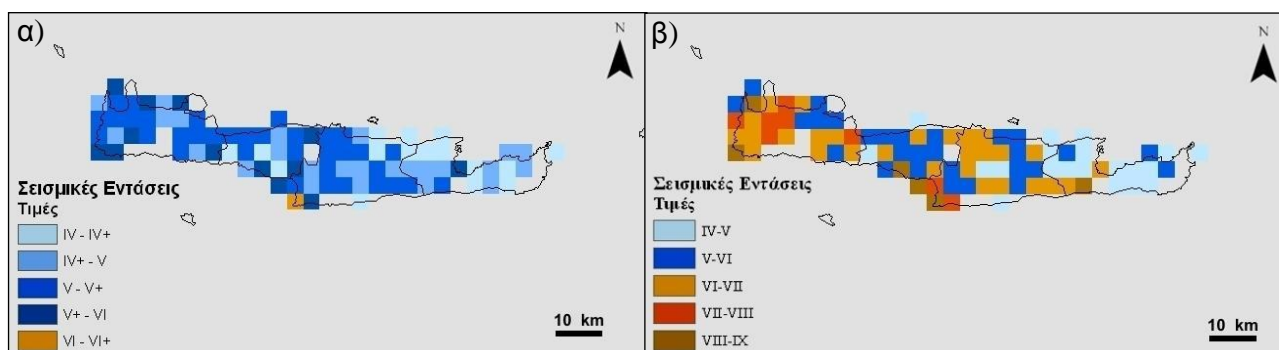


Σχήμα 1. Χάρτης απεικόνισης α) των μέσων και β) των μέγιστων τιμών μακροσεισμικών εντάσεων για την Ελλάδα, για τη χρονική περίοδο 1953-2004

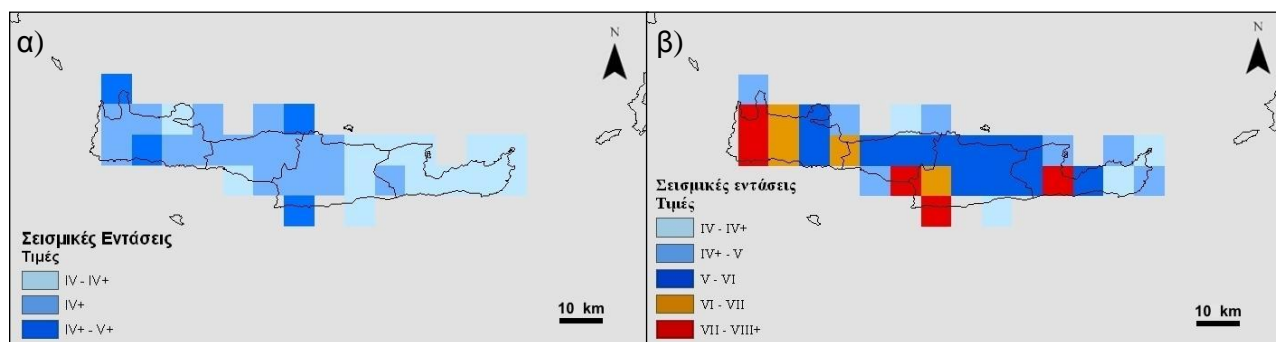
στη Χίο, Κέρκυρα, Λακωνία, Θράκη, μέρος της Μακεδονίας και στις ανατολικές περιοχές του νομού Λασιθίου. Οι υψηλότερες μέγιστες τιμές μακροσεισμικής έντασης, σημειώνονται στη δυτική Πελοπόννησο, Κεφαλονιά, Ζάκυνθο, Λευκάδα, δυτική Μακεδονία και βόρεια Εύβοια. Οι χαμηλότερες μέγιστες τιμές, παρατηρούνται στη ανατολική Θράκη, στο νομό Λασιθίου και στις δυτικές Κυκλάδες.

3.2. Χάρτες χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων για τη Κρήτη

Για τη Κρήτη δημιουργήθηκαν συνολικά τέσσερις χάρτες, που απεικονίζουν τις παρατηρηθείσες μέγιστες και μέσες τιμές μακροσεισμικής έντασης στη περιοχή και έχουν διάσταση ψηφίδας 0.1^ο και 0.2^ο αντίστοιχα (Σχήματα 2α και 2β και 3α και 3β).



Σχήμα 2: Χάρτης απεικόνισης ανά 0,1^ο α) των μέσων και β) των μέγιστων τιμών μακροσεισμικών εντάσεων για τη Κρήτη, για τη χρονική περίοδο 1953-2004.

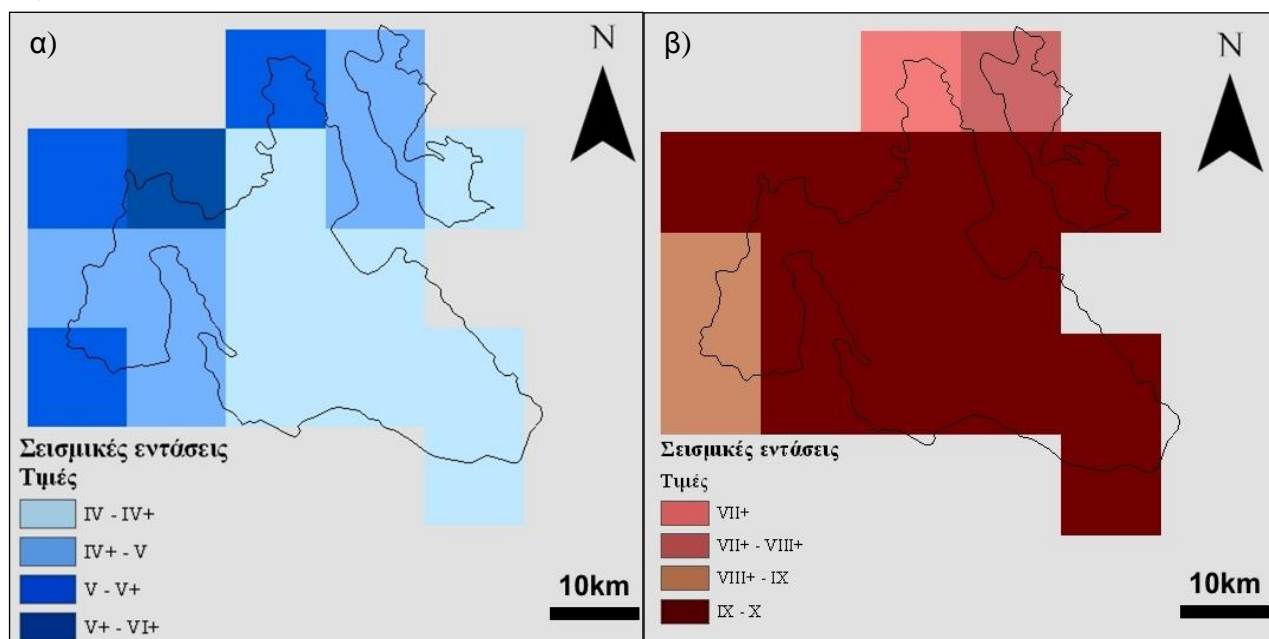


Σχήμα 3: Χάρτης απεικόνισης ανά 0,2^ο α) των μέσων και β) των μέγιστων τιμών μακροσεισμικών εντάσεων για τη Κρήτη, για τη χρονική περίοδο 1953-2004.

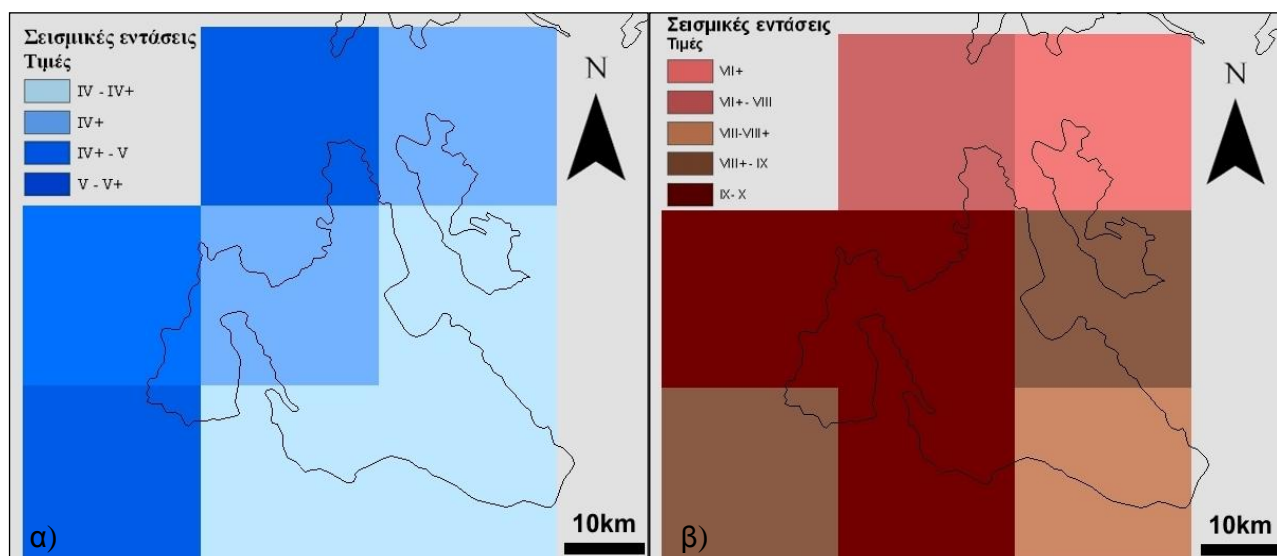
Οι υψηλότερες μέσες τιμές μακροσεισμικής έντασης και οι υψηλότερες μέγιστες τιμές σημειώνονται στη δυτική Κρήτη, ενώ οι αντίστοιχες χαμηλότερες σημειώνονται στην ανατολική. Η ανατολική Κρήτη χαρακτηρίζεται από πολλά ρήγματα, τα οποία δεν έχουν δώσει την εξεταζόμενη περίοδο κάποιο σεισμό με μακροσεισμικές εντάσεις άνω των 4 βαθμών της κλίμακας Mercalli-Sieberg. Αυτό όμως δεν αποκλείει την πρόκληση ενός στο μέλλον. Επιπλέον, είναι χαρακτηριστικά τα σεισμικά κενά της περιοχής, όπως αυτό του ρήγματος της Ιεράπετρας. Από τη συγκριτική παρατήρηση των χαρτών με διαφορετική διάσταση ψηφίδας, προκύπτει ότι οι χάρτες που κατασκευάστηκαν με $0,1^\circ$ είναι πιο λεπτομερείς και παρέχουν καλύτερη εικόνα της χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων σε σχέση με τους χάρτες με διάσταση ψηφίδας $0,2^\circ$. Ωστόσο, οι γενικές πληροφορίες που αποτυπώνονται είναι ίδιες.

3.3. Χάρτες χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων για τη Κεφαλονιά

Όπως και για την Κρήτη, έτσι και για την Κεφαλονιά σχεδιάστηκαν τέσσερις χάρτες κατανομής των μέγιστων και μέσων τιμών με διαφορετική διάσταση ψηφίδας (Σχήματα 4α και 4β και 5α και 5β).



Σχήμα 4: Χάρτες απεικόνισης ανά $0,1^\circ$ α) των μέσων και β) των μέγιστων τιμών μακροσεισμικών εντάσεων για τη Κεφαλονιά, για τη χρονική περίοδο 1953-2004



Σχήμα 5: Χάρτες απεικόνισης ανά $0,2^\circ$ α) των μέσων και β) των μέγιστων τιμών μακροσεισμικών εντάσεων για τη Κεφαλονιά, για τη χρονική περίοδο 1953-2004

Οι υψηλότερες μέσες τιμές μακροσεισμικής έντασης σημειώνονται στη δυτική Κεφαλονιά, ενώ οι χαμηλότερες στην ανατολική. Αντίθετα, όπως προκύπτει από το χάρτη απεικόνισης των μέγιστων τιμών μακροσεισμικής έντασης, αυτές παρατηρούνται στην ανατολική Κεφαλονιά, ενώ οι χαμηλότερες τιμές μέγιστης μακροσεισμικής έντασης στο δυτικό τμήμα του νησιού.

Από τη δημιουργία των χαρτών με διαφορετική διάσταση ψηφίδας, προκύπτει ότι όσο μικρότερη είναι η διάσταση των εικονοστοιχείων, τόσο αυξάνεται η λεπτομέρεια του χάρτη και το πλήθος των πληροφοριών.

Όσον αφορά τις μέγιστες τιμές και στους δύο χάρτες, αυτές αφορούν κυρίως το σεισμικό γεγονός του 1953, όπου ο σεισμός είχε μέγεθος 7.2 βαθμούς της κλίμακας Richter και οι μακροσεισμικές εντάσεις που παρατηρήθηκαν έφτασαν μέχρι και 10 βαθμούς της κλίμακας Mecalli-Sieberg.

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η δημιουργία των χαρτών χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων για την Ελλάδα και τις επιμέρους περιοχές, για τη χρονική περίοδο 1953-2004, οδήγησε σε ορισμένες διαπιστώσεις που αφορούν τόσο τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε όσο και τα αποτελέσματα.

Ανάλογα με το τι απεικονίζει ο χάρτης (μέση ή μέγιστη τιμή μακροσεισμικής έντασης) η κατανομή των τιμών στις διάφορες περιοχές μεταβάλλεται. Οι μέσες τιμές αναφέρονται σε όλες τις μακροσεισμικές εντάσεις που αφορούν μια περιοχή, ενώ οι μέγιστες τιμές αφορούν τη μέγιστη καταγεγραμμένη τιμή από τα δεδομένα της περιοχής. Η μέση τιμή μιας περιοχής επηρεάζεται τόσο από τα σεισμικά γεγονότα που έχουν συμβεί κοντά σε αυτή, όσο και από γεγονότα που έχουν συμβεί σε μια ευρύτερη περιοχή. Όταν μελετάται η μέγιστη τιμή μακροσεισμικής έντασης, η πληροφορία δεν είναι πλήρως αντιπροσωπευτική εφόσον όπως προαναφέρθηκε οι μέγιστες τιμές αφορούν γεγονότα που έχουν συμβεί κοντά σε αυτή τη περιοχή. Επομένως οι μέσες τιμές μακροσεισμικής έντασης είναι πιο αντιπροσωπευτικές. Οι μέγιστες τιμές μεταβάλλονται ανάλογα με το πλήθος των γεγονότων. Σε πολλές περιπτώσεις δεν έχει συμβεί ένα σεισμικό γεγονός μεγάλου μεγέθους την εξεταζόμενη περίοδο (ύπαρξη σεισμικών κενών). Έτσι οι εντάσεις δεν αντιπροσωπεύουν απαραίτητα το πραγματικό σεισμικό καθεστώς μιας περιοχής. Οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις και επομένως οι μακροσεισμικές εντάσεις επηρεάζονται κυρίως από την τεκτονική της περιοχής, τη χωρική κατανομή των επικέντρων και το μέγεθος των σεισμών, από τη γεωλογία της εκάστοτε περιοχής που καθορίζει τις εδαφικές επιταχύνσεις αλλά και από την κατάσταση και την ποιότητα των κατασκευών.

Όσον αφορά τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, προκύπτει ότι η διάσταση της ψηφίδας, καθορίζει το βαθμό λεπτομέρειας των χαρτών. Όσο πιο μικρή είναι η διάσταση της ψηφίδας, τόσο πιο λεπτομερής είναι ο χάρτης. Αυτό αποτελεί ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της προτεινόμενης χαρτογραφικής μεθόδου έναντι των άλλων που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των τιμών μακροσεισμικής έντασης. Πλεονέκτημα είναι επίσης η ευκολία στην ανάγνωση του χάρτη και στη κατανόηση των πληροφοριών που παρουσιάζονται. Επιπλέον υπάρχει μια ευέλικτη ψηφιακή βάση δεδομένων, που μπορεί να εμπλουτισθεί και να ενημερωθεί εύκολα. Οι κλάσεις είναι έτσι δομημένες ώστε να υπάρχει όσο το δυνατό μικρότερη ομαδοποίηση και ομογενοποίηση των τιμών.

Η μέθοδος που εφαρμόστηκε σε αυτή την εργασία έχει ως στόχο να προτείνει ένα νέο τρόπο απεικόνισης των καταγεγραμμένων μακροσεισμικών εντάσεων, χωρίς όμως να αποφεύγονται και εδώ τα μειονεκτήματα της αξιοπιστίας των τιμών των μακροσεισμικών εντάσεων, που προέρχονται κυρίως από τον τρόπο συλλογής τους. Αναφέρθηκε ήδη ότι κύρια πηγή για τις εντάσεις είναι η συμπλήρωση ερωτηματολογίων που αφορούν τα αποτελέσματα ενός σεισμού και δευτερευόντως οι άμεσες παρατηρήσεις των επιστημόνων. Οι χάρτες παρουσίασης των μέγιστων τιμών της μακροσεισμικής έντασης αποτελούν μία πρώτη προσέγγιση της εκτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας. Η σύγκριση των χαρτών αυτών με τα όρια των διοικητικών μονάδων της χώρας (περιφέρειες, νομαρχίες, δήμοι) θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στο μελλοντικό αντισεισμικό σχεδιασμό της χώρας.

Οι χάρτες που σχεδιάστηκαν στα πλαίσια της εργασίας αυτής δείχνουν ότι η πλέον σεισμογενής περιοχή είναι η Κεφαλονιά, έπεται η Κρήτη, η δυτική Πελοπόννησος και η δυτική Μακεδονία. Πιο συγκεκριμένα, η δυτική Κρήτη και η δυτική Κεφαλονιά είναι οι περιοχές με τις υψηλότερες τιμές μέσης και μέγιστης μακροσεισμικής έντασης γεγονός που αποδίδεται στη γεινίαση με τη ζώνη υποβύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική.

Βιβλιογραφία

- Burton, P., Qin, C., Tselentis G. and Sokos E., 2004: Extreme Earthquake and Earthquake Perceptibility Study in Greece and its Surrounding Area. *Natural Hazard*, **32**, 277-312.
- Drakopoulos J. and Makropoulos K., 1982: Seismicity and seismic hazard evaluation. In: *Earthquake risk reduction in the Balkan Region*. UNDP Project executed by Unesco in Association with Undro (RER/79/014), Working Group A, Final Report, Seismology, Seismotectonics, Seismic Hazard and Earthquake Prediction
- Fahmi, K.J. and Alabbasi, N., 1988: Seismic intensity zoning and earthquake risk mapping in Iraq. *Natural Hazards*, **1**, 331-340.
- Papazachos B.C., Comninakis P.E., Kiriakidis E.G, Kiratzi A.A., Panagiotopoulos D.G., Papadimitriou E.E., Papaioannou CH.A., Pavlides S.B., Tzanis, E. P., 1982: *Atlas of Iseismatic Maps for Earthquakes in Greece, 1902-1981*, University of Thessaloniki, Geophysical Laboratory, **4**, 125 pp.
- Papazachos B.C., Papaioannou CH.A., Papazachos C.B., Savvaidis A.S., 1997: *Atlas of Iseismatic Map for strong shallow earthquakes in Greece and surrounding area, 426BC-1995*, University of Thessaloniki, Geophysical Laboratory, Publication No. **4**, Thessaloniki, Greece, 176 pages.
- Παπαζάχος Β.Κ., Καρακαϊσης Γ.Φ., Χατζηδημητρίου Π.Μ., 2005: *Εισαγωγή στη Σεισμολογία*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Schenk, V., Schenkova, Z., Kottbauer, P., Guterch, B. Labak, P., 2000: Earthquake hazard for the Czech Republic, Poland and Slovakia – Contribution to the ILC/IASPEI Global Seismic Hazard Assessment Program. *Natural Hazards*, **21**, 331-345.
- Schenkova Z., Kalogeras I., Schenk V., Pichl R., Kourouzidis M., Stavrakakis G., 2006: *Atlas of Iseismatic Maps of selected Greek earthquakes, 1956-2003*, joint Publication of Geodynamic Institute of National Observatory of Athens and Institute of Rock Structure and Mechanics of Czech Academy of Sciences, Evonymos Ecological Library.
- Shebalin N., 1974: *Atlas of isoseismal maps*, UNESCO, Skopje.
- Sovic, I., 1999: Croatian macroseismic database. *Phys. Chem. Earth (A)*, Vol. **24**, No. **6**, 501-503.