

Κατανομή σεισμικών βλαβών σε μητροπολιτικές περιοχές χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Ερωτηματολογίου: Η περίπτωση της πόλης της Θεσσαλονίκης

Earthquake damage distribution in metropolitan areas using the
Questionnaire method: The case of the city of Thessaloniki (N.
Greece)

Γ.-Α. ΛΕΒΕΝΤΑΚΗΣ¹, Α.Α. ΠΑΝΟΥ², Ν. ΘΕΟΔΟΥΛΙΔΗΣ³, Γ. ΚΑΡΑΚΑΙΣΗΣ⁴, Π.
ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΟΥ⁵

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Η συσχέτιση των τοπικών εδαφικών συνθηκών με τις βλάβες που προκαλεί ένας σεισμός είναι βασικό στοιχείο για την εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου στο δομημένο περιβάλλον. Η λεπτομερής διερεύνηση των βλαβών που οφείλονται σε κάποιο σεισμό του παρελθόντος και η συσχέτιση τους με τις γεωλογικές συνθήκες, μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά στη μείωση του σεισμικού κινδύνου από μελλοντικούς σεισμούς. Ο σεισμός της 20^{ης} Ιουνίου 1978 (M=6.5) προκάλεσε σοβαρές βλάβες στην πόλη της Θεσσαλονίκης και κατέδειξε την τρωτότητα των σύγχρονων πόλεων. Στην παρούσα εργασία γίνεται μία προσπάθεια επανεκτίμησης της κατανομής των βλαβών στο ιστορικό κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης με τη χρήση της μεθόδου του ερωτηματολογίου. Επίσης, επιχειρείται συσχέτιση των μακροσεισμικών εντάσεων που προκλήθηκαν από τον σεισμό της 20/06/1978 με τις κατηγορίες των εδαφικών συνθηκών στο ιστορικό κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης σύμφωνα με τις προτεινόμενες διατάξεις του NEHRP, καθώς και με τη θεμελιώδη ιδιοσυχνότητα και τη φασματική ενίσχυση από μετρήσεις εδαφικού μικροθορύβου

ABSTRACT : The relation between site effects and earthquake damage is necessary in seismic risk assessment. Therefore, detailed investigation of damage caused by an earthquake in a region is needed, for an effective preparedness and seismic risk mitigation against future events. The earthquake of June 20, 1978, (M6.5) caused severe damage in the city of Thessaloniki (Northern Greece) and pointed out the vulnerability of modern cities. In this study an attempt is made to reassess damage distribution in the historical center of the city of Thessaloniki. Correlation between detailed macroseismic intensities caused by the 20/06/1978 earthquake and soil classification, according to NEHRP (2000) provisions, in the

¹ Λέκτορας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

² Διδάκτωρ Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, email: arpanou@geo.auth.gr

³ Ερευνητής Α', Ι.Τ.Σ.Α.Κ., Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών, email: ntheo@itsak.gr

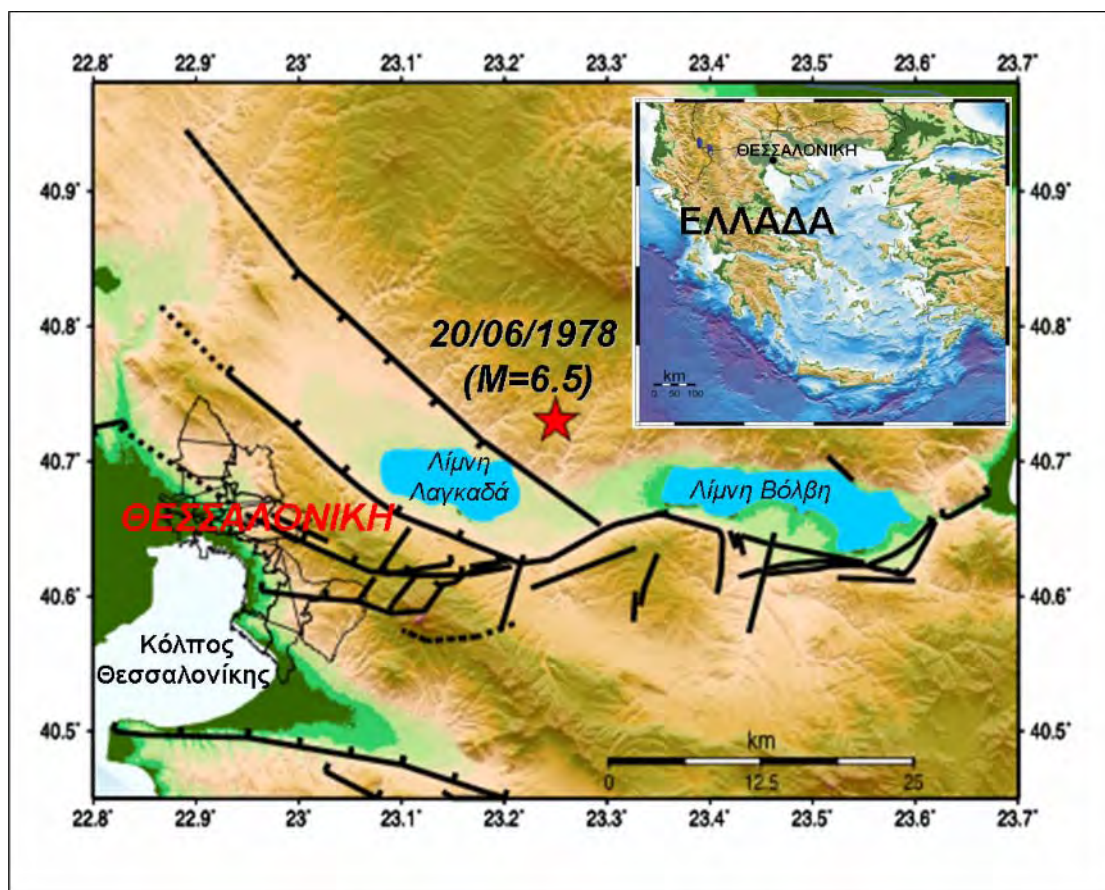
⁴ Καθηγητής Σεισμολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, email: karakais@geo.auth.gr

⁵ Καθηγητής Σεισμολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, email: chdimitr@geo.auth.gr

historical center of the city of Thessaloniki is investigated. In addition, correlation between fundamental frequency and its corresponding spectral amplification based on ambient noise measurements with macroseismic intensity is attempted.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πόλη της Θεσσαλονίκης και οι γύρω κατοικημένες περιοχές επλήγησαν την 20η Ιουνίου 1978 στις 23:03 ώρα Ελλάδος (20:03 G.M.T.) από έναν ισχυρό σεισμό μεγέθους $M=6.5$. Το επίκεντρο του σεισμού ήταν στη Μυγδονία λεκάνη, μεταξύ των λιμνών Λαγκαδά και Βόλβης και σε απόσταση 30 km ανατολικά της Θεσσαλονίκης (**Σχήμα 1**). Η σεισμική δόνηση έγινε αισθητή σε πολλά μέρη της Ελλάδος αλλά και στις περισσότερες γειτονικές χώρες. Από το σεισμό αυτό προκλήθηκαν πολλές ζημιές στους νομούς Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Σερρών και Χαλκιδικής. Στην πόλη της Θεσσαλονίκης σκοτώθηκαν 47 άτομα, κυρίως στην πολυκατοικία που κατέρρευσε, 220 άτομα τραυματίστηκαν και περίπου 4000 κτήρια υπέστησαν σοβαρές βλάβες.



Σχήμα 1. Χάρτης της περιοχής της πόλης της Θεσσαλονίκης και των ρηγμάτων της λεκάνης της Μυγδονίας (Tranos et al. 2003, Paradeisopoulou et al. 2006). Με αστέρι απεικονίζεται το επίκεντρο του σεισμού του 1978 (Papazachos et al., 1979).

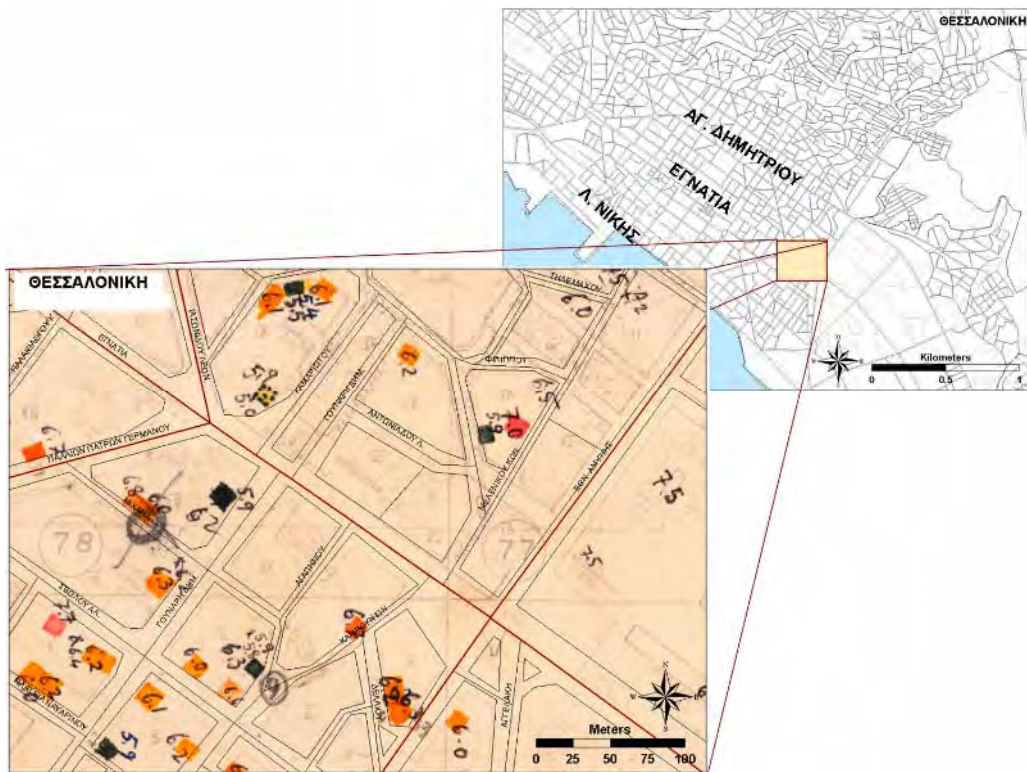
Παράλληλα, ο κύριος σεισμός της 20/06/1978 αποτέλεσε ένα σεισμικό φαινόμενο ιδιαίτερης σημασίας γιατί ήταν ο πρώτος που προσέβαλε ένα μεγάλο σύγχρονο ελληνικό αστικό κέντρο, τη Θεσσαλονίκη. Παρότι οι παραπάνω λόγοι συνέβαλαν αποφασιστικά στη λεπτομερέστερη μελέτη του σεισμού αυτού, απαιτείται παραπέρα λεπτομερής έρευνα των βλαβών που προκλήθηκαν από αυτό το σεισμό. Η συσχέτιση των μακροσεισμικών εντάσεων από το σεισμό του 1978 με γεωφυσικά και γεωτεχνικά στοιχεία, μπορεί να οδηγήσει σε μια ποσοτική εκτίμηση της επίδρασης των τοπικών εδαφικών συνθηκών στη σεισμική κίνηση. Εκτεταμένος κατάλογος δημοσιεύσεων σχετικών με το σεισμό του 1978 μπορεί να βρεθεί, μεταξύ άλλων, στις εργασίες των Papazachos and Carydis (1983), Tranos et al. (2003) και Theodulidis et al. (2006).

ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΤΗΣ 20/06/1978

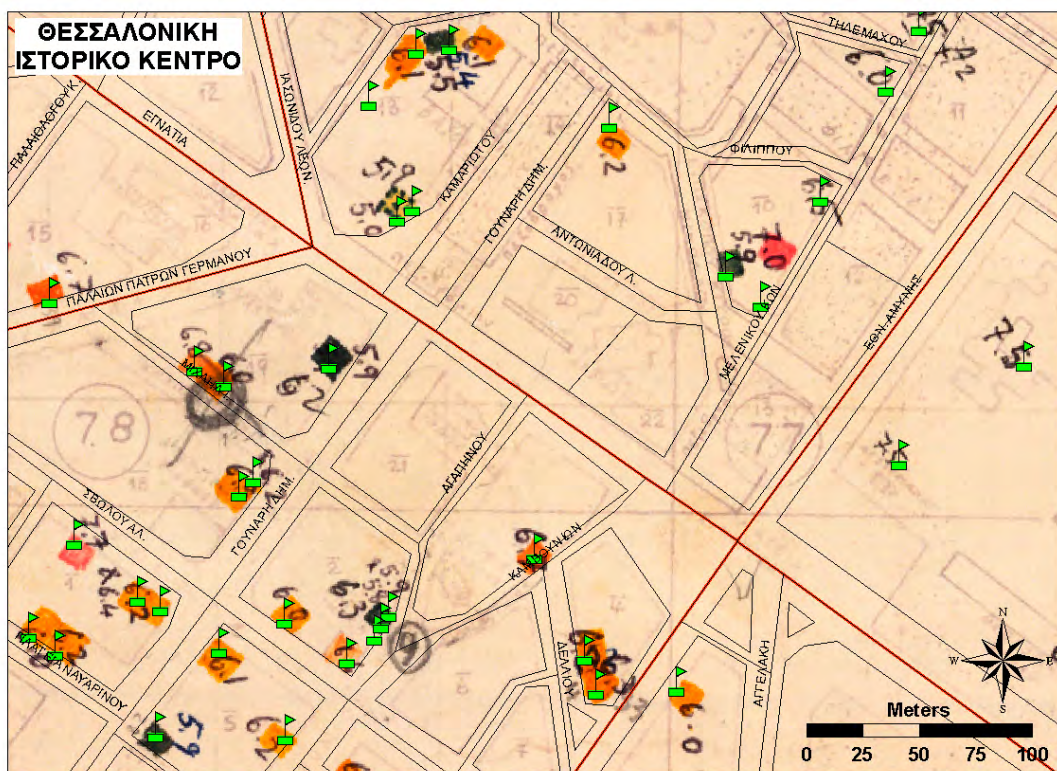
Μετά το σεισμό της 20^{ης} Ιουνίου 1978 έγινε μία λεπτομερής καταγραφή των μακροσεισμικών εντάσεων στο τότε πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης. Η μακροσεισμική ένταση αποτελεί ένα μέτρο εκτίμησης των επιπτώσεων ενός σεισμού στο έδαφος, στις κατασκευές και στους ανθρώπους σε μία συγκεκριμένη θέση. Για την αποτίμηση της μακροσεισμικής έντασης στο ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης διανεμήθηκε αμέσως μετά το σεισμό ένα ερωτηματολόγιο στους μαθητές Λυκείων-Γυμνασίων (Λεβεντάκης, 2003). Το ερωτηματολόγιο συντάχθηκε βάσει των χαρακτηριστικών περιγραφών σχετικών με την αισθητότητα του σεισμού και τη συμπεριφορά των ανθρώπων, αντικειμένων και κατασκευών σε κάθε βαθμό έντασης όπως περιγράφονται στις μακροσεισμικές κλίμακες Mercalli (τροποποιημένη 1954) και MSK (1964). Συγκεκριμένα στο ερωτηματολόγιο καλύφθηκε όλο το φάσμα των εντάσεων και των βλαβών που προξενήθηκαν στα διάφορα κτίρια, δίνοντας ιδιαίτερη σημασία στο είδος της κατασκευής, στη χρονολογία κατασκευής της, στη κατανομή των ζημιών κατά όροφο και στο έδαφος θεμελίωσης (Σχ. 11). Στη συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των ερωτηματολογίων έγινε υπολογισμός της μακροσεισμικής έντασης για τις ομάδες κτηρίων του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης (Λεβεντάκης, 2003).

Στην παρούσα εργασία γίνεται μία προσπάθεια να επανεκτιμηθεί η κατανομή των βλαβών, κυρίως στο ιστορικό κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης (**Σχήμα 2**, πάνω δεξιά) με τη χρήση εργαλείων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS). Πρώτα σαρώθηκαν οι χάρτες με τις θέσεις των κτηρίων και στη συνέχεια έγινε η γεωαναφορά τους, δηλαδή η αλλαγή του συστήματος ενός αρχείου εικόνας από το σύστημα μέτρησης του σαρωτή σε πραγματικές γεωγραφικές συντεταγμένες. Ένα παράδειγμα των παραπάνω φαίνεται στο κάτω αριστερά μέρος του σχήματος 2. Οι θέσεις των κτηρίων συμβολίζονται με χρωματιστά πολύγωνα, ενώ οι μακροσεισμικές εντάσεις είναι σημειωμένες χειρόγραφα.

Στη συνέχεια τα δεδομένα ψηφιοποιήθηκαν, δηλαδή για κάθε κτήριο αντιστοιχήθηκαν οι συντεταγμένες του και η τιμή της παρατηρημένης μακροσεισμικής έντασης. Στο σχήμα 3 φαίνεται ένα παράδειγμα των ψηφιοποιημένων κτηρίων (συμβολίζονται με πράσινες σημείες).

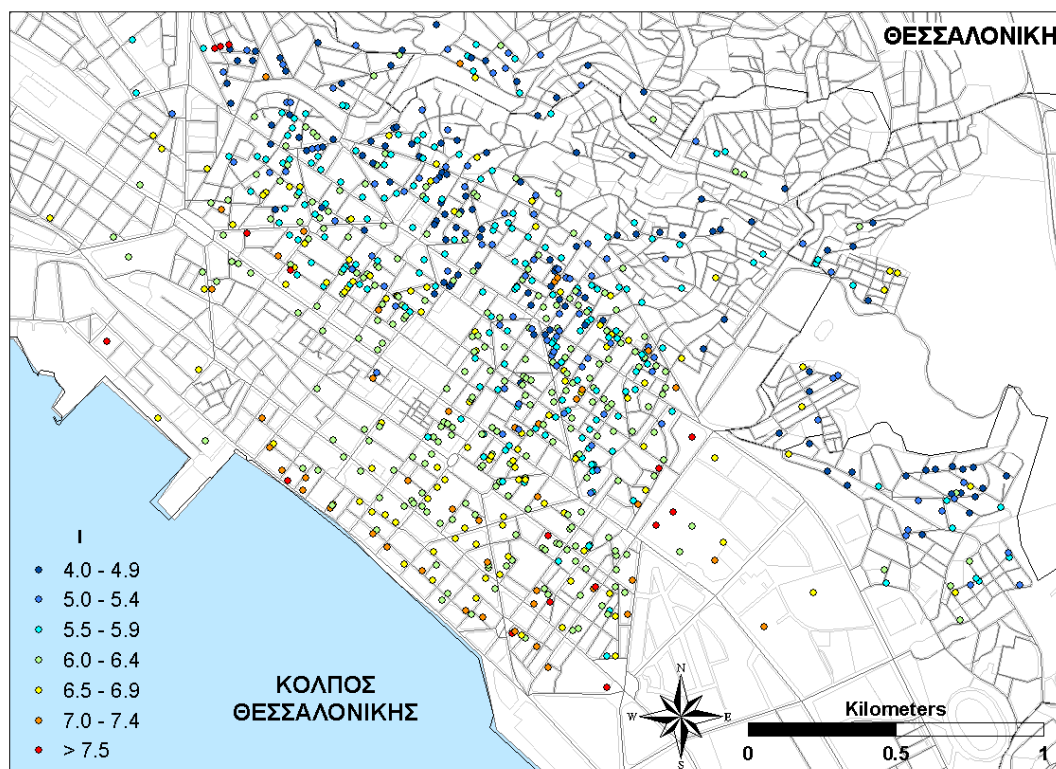


Σχήμα 2. Κάτω αριστερά φαίνεται η αρχική μορφή του (αναλογικού) χάρτη με τις μακροσεισμικές εντάσεις των κτηρίων σημειωμένες χειρόγραφα. Οι θέσεις των κτηρίων συμβολίζονται με χρωματιστά πολύγωνα. Πάνω δεξιά φαίνεται η περιοχή μελέτης. (Υπόβαθρο οδών και οικοδομικών τετραγώνων SEISIMPACT-THES, 2005)



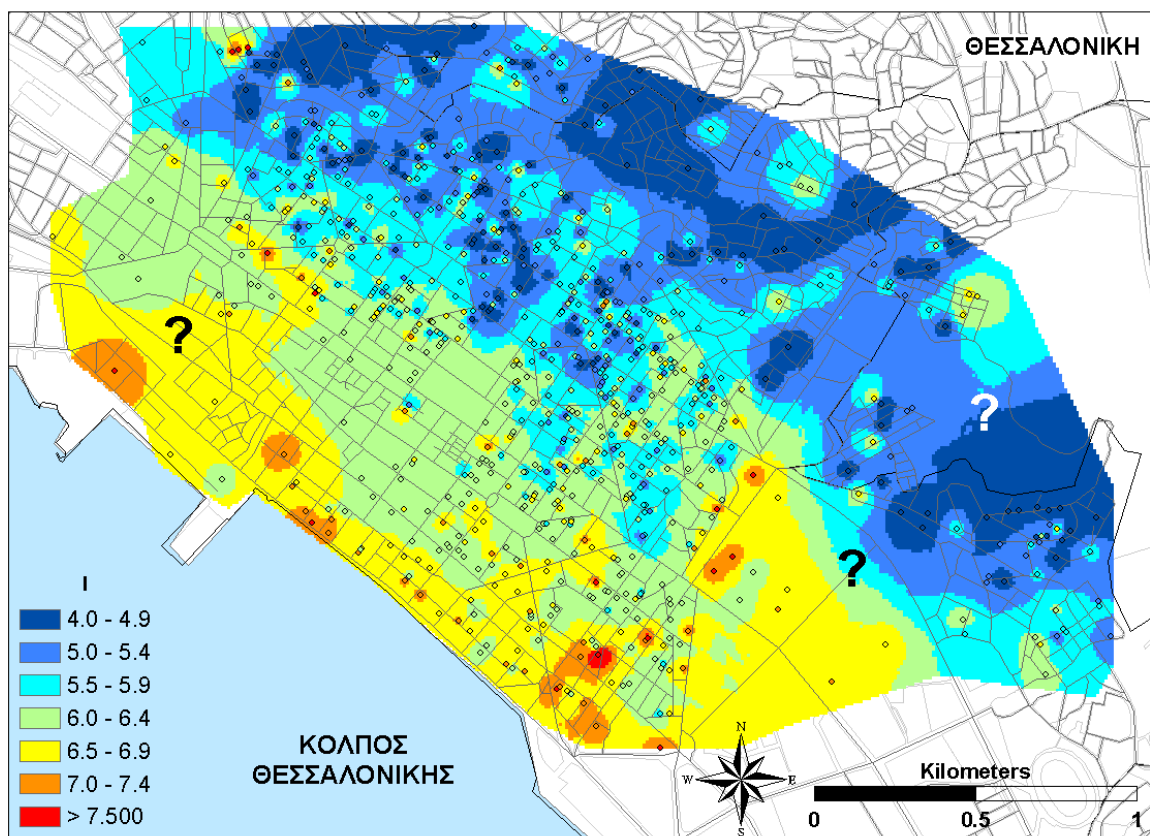
Σχήμα 3. Παράδειγμα ψηφιοποιημένων κτηρίων (πράσινες σημαίες).

Στο σχήμα 4 φαίνεται η χωρική κατανομή των μακροσεισμικών εντάσεων των κτηρίων (Λεβεντάκης 2003) στο ιστορικό κέντρο της Θεσσαλονίκης.



Σχήμα 4. Χωρική κατανομή των μακροσεισμικών εντάσεων των κτηρίων στο ιστορικό κέντρο της Θεσσαλονίκης.

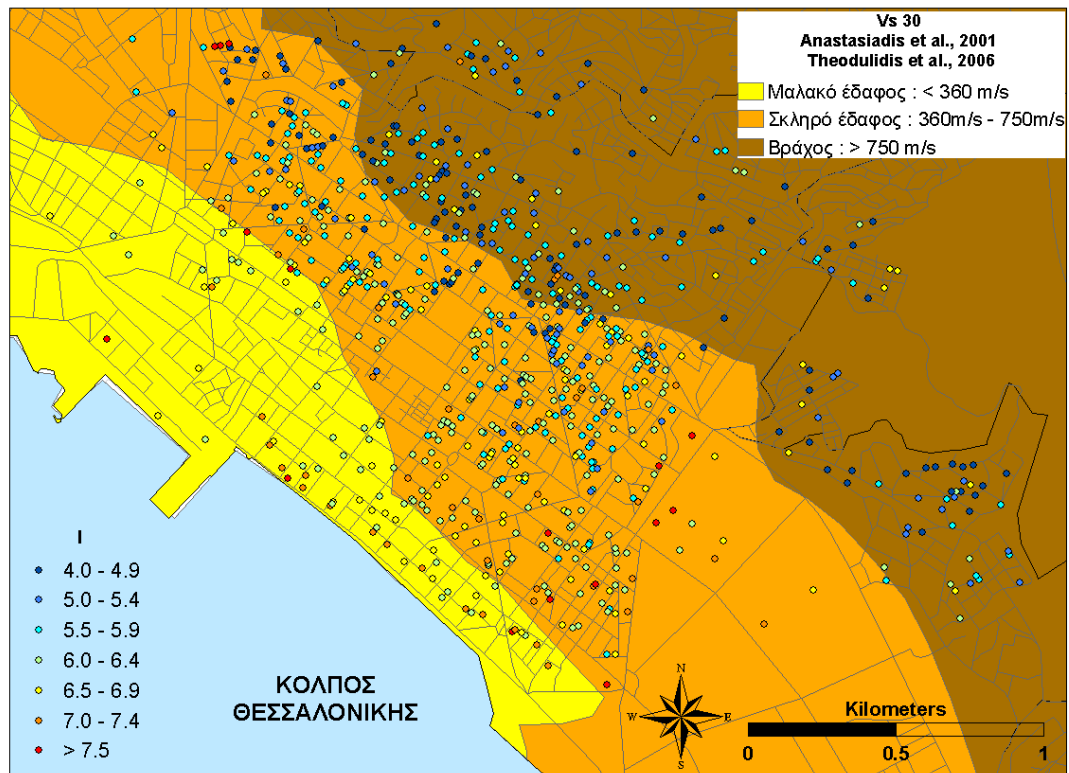
Από τη χωρική παρεμβολή των μακροσεισμικών εντάσεων των κτηρίων κατασκευάστηκε χάρτης ισοβλαβών καμπυλών ο οποίος φαίνεται στο **Σχήμα 5**. Με ερωτηματικά (?) συμβολίζονται οι περιοχές στις οποίες δεν υπάρχει επαρκής αριθμός δεδομένων. Από το χάρτη του σχήματος αυτού φαίνεται ότι μεγάλες μακροσεισμικές εντάσεις εμφανίζονται στα νοτιοδυτικά (κοντά στην ακτή) ενώ αυτές μειώνονται προς τα βορειοανατολικά.



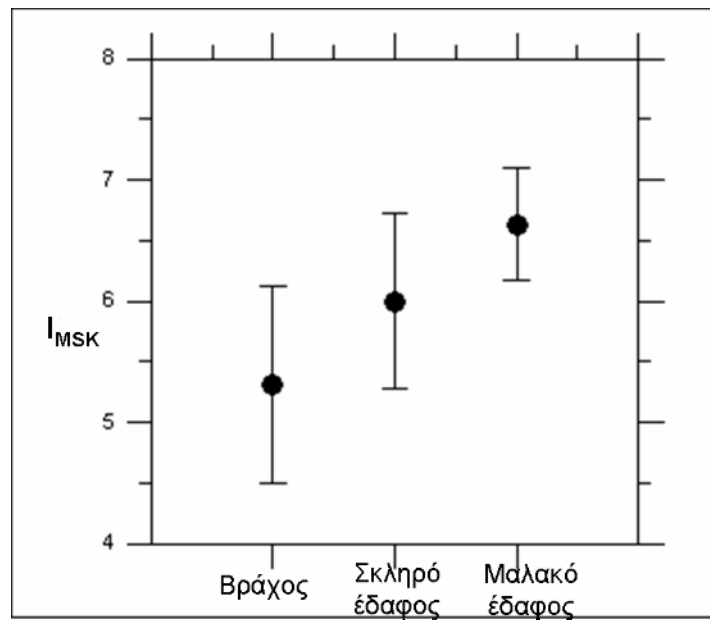
Σχήμα 5. Χάρτης ισοβλαβών καμπύλων στο ιστορικό κέντρο της Θεσσαλονίκης.

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ των θέσεων των κτηρίων που υπέστησαν βλάβες από τον σεισμό της 20/06/1978 και της κατάταξης του εδάφους στο ιστορικό κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης σύμφωνα με τις προτεινόμενες διατάξεις του NEHRP (2000). Αυτό φαίνεται στο **Σχήμα 6**, στο οποίο δίνονται ταυτόχρονα η γεωτεχνική κατάταξη του εδάφους με κριτήριο την ταχύτητα των εγκαρσίων κυμάτων στα πρώτα 30 μέτρα (V_{s30}) σύμφωνα με τον NEHRP (2000), καθώς και οι τιμές των μακροσεισμικών εντάσεων σε κάθε κτήριο με χρωματική κλίμακα. Στο **Σχήμα 7** φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ της γεωτεχνικής κατάταξης του εδάφους και της μακροσεισμικής έντασης στην περιοχή μελέτης με βάση τα δεδομένα του χάρτη του **Σχήματος 6**. Στον οριζόντιο άξονα δίνονται οι τρεις κατηγορίες εδάφους και στον κατακόρυφο η μακροσεισμική ένταση ± 1 τυπική απόκλιση (κατακόρυφοι ράβδοι). Όπως φαίνεται στο **Σχήμα 7** η μακροσεισμική ένταση για το ιστορικό κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης σε “μαλακό” έδαφος μπορεί να είναι μέχρι και 1.5 μονάδες μεγαλύτερη από εκείνη σε “βράχο”.



Σχήμα 6. Σύγκριση των τιμών της μακροσεισμικής έντασης από τον σεισμό του 1978 (Λεβεντάκης, 2003) με τη γεωτεχνική κατάταξη του εδάφους με κριτήριο την ταχύτητα των εγκάρσιων κυμάτων στα πρώτα 30 μέτρα (V_{s30}) σύμφωνα με τον NEHRP (2000) (Anastasiadis et al. 2001, Theodulidis et al. 2006).

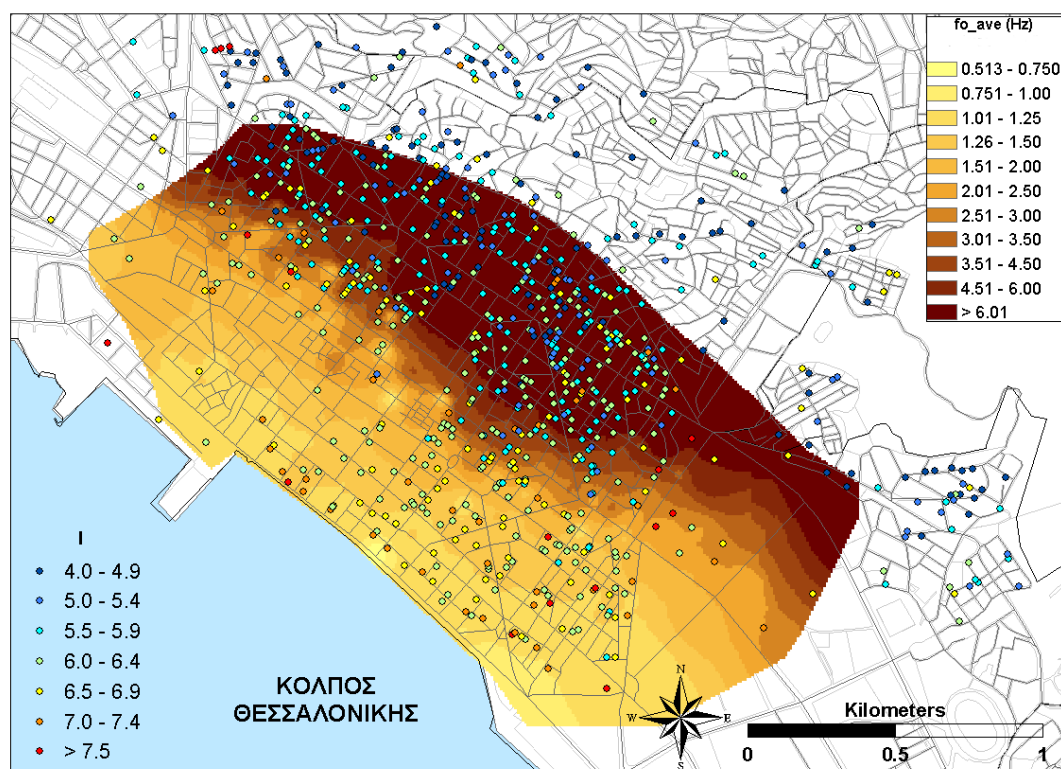


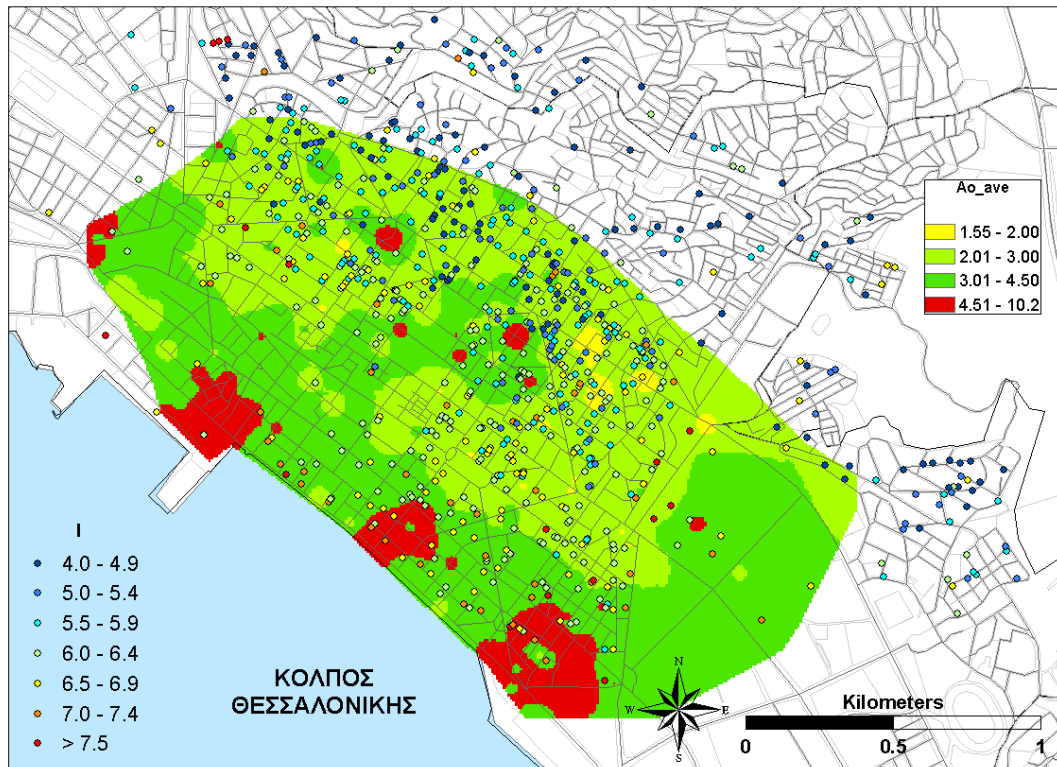
Σχήμα 7. Σύγκριση της κατανομής της ταχύτητας των εγκάρσιων κυμάτων, V_{s30} , (Anastasiadis et al. 2001, Theodulidis et al. 2006) με τις μακροσεισμικές εντάσεις των κτηρίων από το σεισμό του 1978. (Μαλακό έδαφος : $V_{s30} < 360 \text{ m/s}$, Σκληρό έδαφος : $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 750 \text{ m/s}$, Βράχος : $V_{s30} > 750 \text{ m/s}$, NEHRP (2000)).

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΜΕ f_0 , A_0

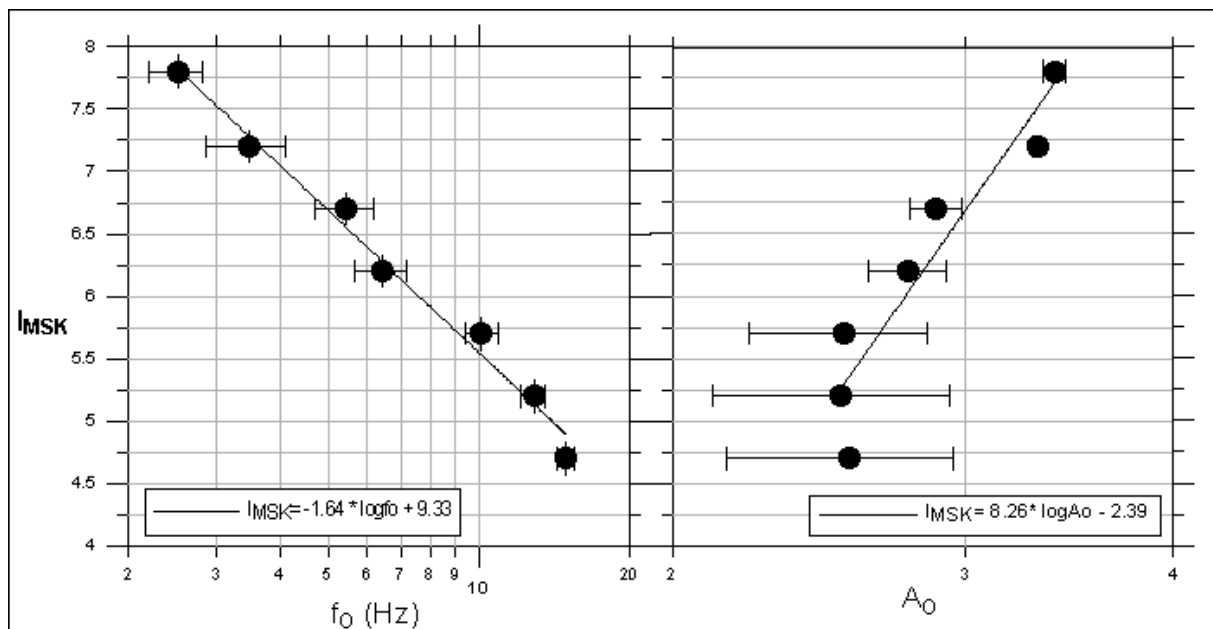
Στο ιστορικό κέντρο της Θεσσαλονίκης πραγματοποιήθηκε πλέγμα μετρήσεων εδαφικού θορύβου. Από τους φασματικούς λόγους της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα (HVSR) των μετρήσεων υπολογίστηκε η θεμελιώδης ιδιοσυχνότητα (f_0 (Hz)), το αντίστοιχο πλάτος ενίσχυσης (A_0), καθώς και οι αντίστοιχοι χάρτες καμπυλών ίσων τιμών (Πάνου, 2007). Το σχήμα 8 δείχνει τις περιοχές ίσων θεμελιωδών συχνοτήτων (f_{0ave} (Hz)) και των αντιστοίχων μεγίστων ενισχύσεων (A_{0ave}). Στον ίδιο χάρτη φαίνονται και οι τιμές της μακροσεισμικής έντασης των κτηρίων (Λεβεντάκης, 2003).

Με βάση τα δεδομένα των χαρτών του **Σχήματος 8** έγινε συσχέτιση των τιμών f_0 (Hz) και A_0 με τις μακροσεισμικές εντάσεις (I_{MSK}). Στο αριστερό μέρος του **Σχήματος 9** δίνονται οι εντάσεις στην κλίμακα MSK σε συνάρτηση με τη θεμελιώδη συχνότητα, ενώ στο δεξιό μέρος του σχήματος με το αντίστοιχο πλάτος. Φαίνεται ότι υπάρχει καλή αρνητική συσχέτιση μεταξύ της θεμελιώδους ιδιοσυχνότητας και της μακροσεισμικής έντασης (ο συντελεστής συσχέτισης, r , είναι 0.99) καθώς και θετική συσχέτιση μεταξύ του μέγιστου πλάτους ενίσχυσης και της μακροσεισμικής έντασης (ο συντελεστής συσχέτισης, r , είναι 0.94).





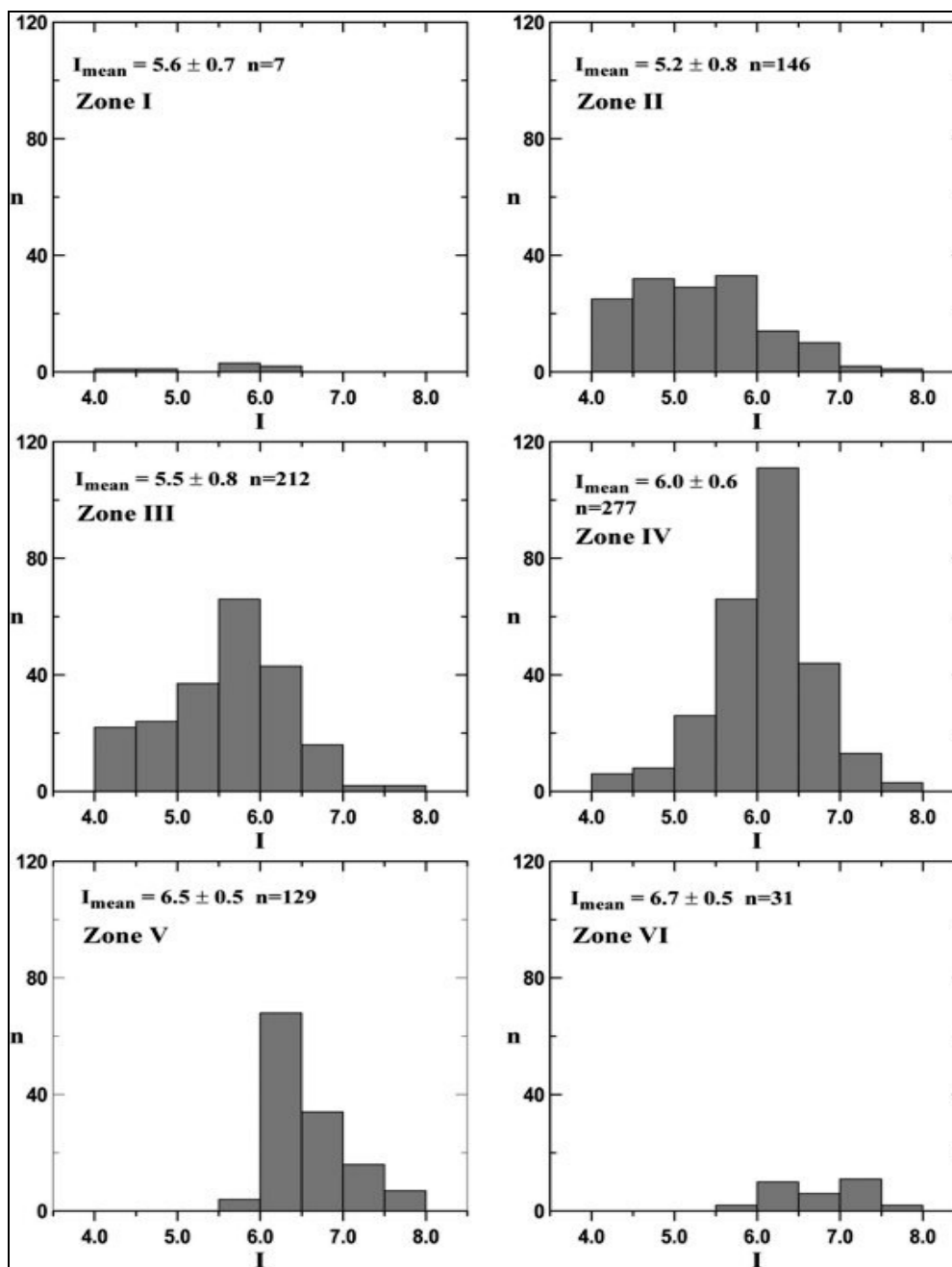
Σχήμα 8. Σύγκριση των θεμελιωδών συχνοτήτων, f_{0ave} (Hz) (άνω τμήμα) και του αντιστοίχου πλάτους του φασματικού λόγου HVSR, A_{0ave} (κάτω τμήμα) (Πάνου, 2007) με τις τιμές της μακροσεισμικής έντασης από τον σεισμό του 1978 (Λεβεντάκης, 2003).



Σχήμα 9. Συσχέτιση μεταξύ της θεμελιώδους συχνότητας, f_0 (Hz) (αριστερά) και του αντίστοιχου πλάτους του φασματικού λόγου HVSR, A_0 (δεξιά), με τις μακροσεισμικές εντάσεις, I_{MSK} .

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΖΩΝΕΣ ΙΣΩΝ ΒΛΑΒΩΝ

Στο **Σχήμα 10** φαίνονται τα ιστογράμματα κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων για τις έξι (6) ζώνες ίσων μακροσεισμικών εντάσεων στις οποίες χώρισε ο Λεβεντάκης (2003) το πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης. Τα ιστογράμματα αυτά περιλαμβάνουν τις λεπτομερείς μακροσεισμικές εντάσεις (**Σχ. 4**) για κάθε μία από τις παραπάνω ζώνες για το ιστορικό κέντρο της πόλης.



Σχήμα 10. Ιστογράμματα κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων στο ιστορικό κέντρο της πόλης για τις έξι (6) ζώνες ίσων μακροσεισμικών εντάσεων στις οποίες χώρισε ο Λεβεντάκης (2003) το πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης.

Είναι φανερό, από το **Σχ. 10**, ότι για τη ζώνη I ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι πολύ μικρός και για την ζώνη VI οριακός. Για τις υπόλοιπες ζώνες (II, III, IV και V) φαίνεται ότι η

κατανομή των παρατηρήσεων ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τυπική απόκλιση έντασης μεταξύ 0.5 και 0.8. Τα μικρότερα μέσα σφάλματα παρατηρούνται στις ζώνες IV και V, υποδηλώνοντας ότι ο αρχικός χωρισμός σε ζώνες από τον Λεβεντάκη (2003) που αφορούσε ολόκληρο το πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης της Θεσσαλονίκης είναι σε ικανοποιητικό βαθμό αντιπροσωπευτική και για το ιστορικό κέντρο της πόλης. Ωστόσο, απαιτείται παραπέρα διερεύνηση για λεπτομερέστερη κατανομή σε ζώνες των βλαβών στην πόλη της Θεσσαλονίκης με τη χρήση μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων λεπτομερών μακροσεισμικών εντάσεων που έχουν ληφθεί με τη μέθοδο του ερωτηματολογίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν οι μακροσεισμικές εντάσεις που προκάλεσε ο κύριος σεισμός της 20/06/1978 ($M=6.5$) στο ιστορικό κέντρο της Θεσσαλονίκης αφού έγινε ψηφιοποίηση και γεωαναφορά τους με τη χρήση εργαλείων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS). Η συσχέτιση των μακροσεισμικών εντάσεων (I_{MSK}) όπως προέκυψαν με βάση τη μέθοδο του ερωτηματολογίου με την απλή γεωτεχνική κατάταξη των εδαφικών συνθηκών κατά NEHRP (2000), για το ιστορικό κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης έδειξε ότι η μακροσεισμική ένταση σε “μαλακό” έδαφος μπορεί να είναι μέχρι και 1.5 μονάδες μεγαλύτερη από εκείνη σε “βράχο”.

Η συσχέτιση των μακροσεισμικών εντάσεων (I_{MSK}) με τα αποτελέσματα των μετρήσεων εδαφικού μικροθορύβου (μέθοδος του φασματικού λόγου της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα) έδειξε ότι η παρατηρημένη ένταση αυξάνεται με τη μείωση της θεμελιώδους ιδιοσυχνότητας, f_0 , των εδαφικών σχηματισμών, ενώ αντίθετα αυτή αυξάνεται με την αύξηση της φασματικής ενίσχυσης, A_0 . Ωστόσο τα παραπάνω συμπεράσματα αναφέρονται στο ιστορικό κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης από το σεισμό της 20/06/1978, και δεν θα πρέπει να γενικευτούν χωρίς έρευνα και σε άλλες περιοχές.

Η σχέση που υπολογίστηκε στην παρούσα εργασία μεταξύ της μακροσεισμικής έντασης, I_{MSK} και της θεμελιώδους ιδιοσυχνότητας, f_0 , με συντελεστή συσχέτισης $r=0.99$, είναι:

$$I_{MSN} = -1.64 \cdot \log f_0 + 9.33 \quad (1)$$

Η σχέση που υπολογίστηκε μεταξύ της μακροσεισμικής έντασης, I_{MSK} και της φασματικής ενίσχυσης, A_0 , με συντελεστή συσχέτισης $r=0.94$, είναι η παρακάτω:

$$I_{MSN} = 8.26 \cdot \log A_0 - 2.39 \quad (2)$$

Η ζωνοποίηση των σεισμικών βλαβών που προτάθηκε από τον Λεβεντάκη (2003) για το πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης της Θεσσαλονίκης φαίνεται ότι είναι ικανοποιητική για το ιστορικό κέντρο της πόλης τουλάχιστον για μακροσεισμική ένταση $I_{MSK}=6.0$ (Ζώνη IV) και $I_{MSK}=6.5$ (Ζώνη V). Παραπέρα έρευνα με δεδομένα όλου του πολεοδομικού συγκροτήματος μπορεί να συμβάλλει σε λεπτομερέστερη διαμόρφωση ίσων βλαβών.

Η μελέτη μακροσεισμικών αποτελεσμάτων του σεισμού της 20/06/1978 μπορεί να επεκταθεί και σε περιοχές εκτός του ιστορικού κέντρου της Θεσσαλονίκης. Για το λόγο αυτό βρίσκεται σε εξέλιξη η καταχώρηση όλων των ερωτηματολογίων και των αντίστοιχων στοιχείων των κτηρίων σε βάση δεδομένων (**Σχήμα 11**), με σκοπό να επαναληφθούν οι συγκρίσεις και οι συσχετίσεις της παρούσας εργασίας σε ολόκληρο το πολεοδομικό συγκρότημα της

Θεσσαλονίκη. Οι διαθέσιμες πληροφορίες σε μια τέτοια βάση μπορούν να αποτελέσουν αφετηρία λεπτομερέστερης έρευνας και άλλων παραμέτρων που συμβάλλουν στην κατανομή των σεισμικών βλαβών στο δομημένο περιβάλλον.

Στοιχεία Κτιρίου

Κωδικός κατασκευής: Πολεοδομικές Συντεταγμένες: 104(80, 123)

A. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ:

1. Η κατασκευή είναι από: ☐ Ξύλο ☐ Πλίνθους ή λίθους ☐ Τούβλα ☐ Τσιμεντόλιθους ☐
☐ Σενέζ στο ύψος των παραθύρων ☐ Με σκελετό από οπλισμένο μπετόν ☒

2. Αριθμός ορόφων: 3

3. Διαστάσεις και σχήμα βάσης (μέτρα): Μήκος 0 Πλάτος 0 Ύψος 0

4. Είναι γωνιακή ή διαγωνιακή: ☐ Ναι ☐ Όχι ☐

5. Με πόσες οικοδομές βρίσκεται σε επαφή το κτίριο: 2 Τι σχέση ύψους έχει με αυτές: 10m

6. Πότε χτίστηκε: Σε ποιο χρονικό διάστημα: ☐ Προ του 1932 ☐ Μεταξύ 1932 - 1959 ☐ αργότερα ☒

7. Τι πινελιά τοιχοκολλήθηκε: ☒ Πράσινη ☐ Κίτρινη ☐ Κόκκινη ☐

B. ΠΩΣ ΕΓΙΝΕ ΑΝΤΙΑΓΗΤΟΣ Ο ΣΕΙΣΜΟΣ:

1. Κήληση αιωρουμένων λαμπτήρων ή αντικειμένων: ☐ ΟΧΙ ☐ ΕΛΑΦΡΑ ☐ ΜΕΤΡΙΑ ☒ ΕΝΤΟΝΑ ☐ Ιβ1: 0

2. Άνοιγμα ή κλείσιμο θυρών και παραθύρων: ☐ ΟΧΙ ☒ ΝΑΙ ☐ Ιβ2: 0

3. Κήληση κούρων ή εικόνων κρεμασμένων σε τοίχους: ☐ ΟΧΙ ☒ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΤΗΚΑΝ ☐ ΕΠΕΣΑΝ ☐ Ιβ3: 0

4. Τρίξιμο Δαπέδων ☐ Τοίχων ☐ Τζαμιών ☒ Ιβ4: 0

5. Ακούστηκε βοή: ☐ ΟΧΙ ☐ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΕΙΣΜΟ ☒ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ☐ Ιβ5: 0

6. Έπεσαν ιζήματα από παράθυρα ή βιτρίνες: ☐ ΟΧΙ ☒ ΝΑΙ ☐ Ιβ6: 0

7. Έπεσαν ή ανατράπηκαν αντικείμενα ή έπιπλα: ☐ ΟΧΙ ☒ ΝΑΙ ☐ Ιβ7: 5

(Καθωρίστε βάρος, διαστάσεις και απόσταση αρχικής μετατόπισης, αν είναι εύκολο)

8. Έπεσαν βιβλία από βιβλιοθήκη: ☐ ΟΧΙ ☒ ΝΑΙ ☐ Ιβ8: 0

Γ. ΠΩΣ ΚΑΤΑΝΕΜΟΝΤΑΙ ΟΙ ΒΛΑΒΕΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟΥΣ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΟΡΟΦΟΥΣ:

| | Όροφοι | | | | | | | | | | ΙΣ | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|--|--|------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
| 1. Μικρές ρωγμές: | Στον σοβά <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | Στους τοίχους <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | Ιγ1: <input type="text"/> 6 |
| 2. Σπάσιμο τούβλων: | <input checked="" type="checkbox"/> ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ιγ2: <input type="text"/> 0 |
| 3. Ρωγμές στους τοίχους: | Διαγώνιες <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | Παράλληλες <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | Ιγ3: <input type="text"/> 0 |
| | Κάθετες προς το πάτωμα <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Βρισκόντουσαν σε σημεία που ενώνεται η τοιχοποιία με δοκάρια ή κολόνες | | | | | | | | | | | ΝΑΙ <input checked="" type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | Ιγ4: <input type="text"/> 0 |
| 5. Πτώση σοβάδων | ΟΧΙ <input checked="" type="checkbox"/> Μικρών <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | Μεγάλων <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | Ιγ5: <input type="text"/> 0 |
| 6. Κατέρρευση τοίχων | ΟΧΙ <input checked="" type="checkbox"/> Μερική <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | Ολική <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | Ιγ6: <input type="text"/> 0 |
| 7. Μετατόπιση κεραμιδιών, στηθίων ή καπνοδόχων | ΟΧΙ <input checked="" type="checkbox"/> ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ιγ7: <input type="text"/> 0 |
| 8. Σπάσιμο ή ρωγμή σε δοκάρια | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | | | | | | | | | | Σε πόσα για τον κάθε όροφο (αριθμός) | | | | | | | | | | Ιγ8: <input type="text"/> 0 |
| 9. Σπάσιμο ή ρωγμή σε κολόνες | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | | | | | | | | | | Σε πόσα για τον κάθε όροφο (αριθμός) | | | | | | | | | | Ιγ9: <input type="text"/> 0 |
| 10. Σπάσιμο ή ρωγμή σε τοιχείο | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | | | | | | | | | | Σε πόσα για τον κάθε όροφο (αριθμός) | | | | | | | | | | Ιγ10: <input type="text"/> 0 |
| 11. Μήπως κατεδόψαν την οικοδομή μετά τον σεισμό | <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ιγ11: <input type="text"/> 0 |

Δ. ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ:

Βραχώδες ☒ Συμπαγές ☐ Χαλαρό ☐ Μαλακό ☐ Υγρό ☐
 Οριζόντιο ☐ Επικλινές ☒ Βρήκαν νερό: ☐ ΟΧΙ ☐ ΝΑΙ ☐ ΣΕ ΤΙ ΒΑΘΟΣ: 0

Ε. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΕΙΣΜΟ ΤΟΥ 1932 (από Ηλικιωμένους):

Μέση ένταση I: 5.5 Διεύθυνση: 39 ΨΗΦΙΑ ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ X: 0 Y: 0

Record: 14 3 of 3

Σχήμα 11. Παράδειγμα της βάσης δεδομένων που θα καταχωρηθούν τα ερωτηματολόγια του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε το Σ. Ζαχαρόπουλο για τη συμβολή του στο σχεδιασμό της βάσης δεδομένων στην οποία καταχωρούνται τα ερωτηματολόγια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anastasiadis A., Raptakis D., and Pitilakis K., (2001), "Thessaloniki's Detailed Microzoning: Subsurface Structure Site Response Analysis", *Pure Appl. Geophys.*, 158, pp. 2597–2633.

- Λεβεντάκης Γ-Α., (2003), “Μικροζωνική Μελέτη της πόλης της Θεσσαλονίκης”, *Διδακτορική διατριβή Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ. 84.
- NEHRP (2000), “Recommended Provisions for New Buildings and Other Structures”, *FEMA 368*, pp. 374.
- Πάνου Α.Α. (2007), “Ανάλυση Μετρήσεων Μικροθορύβου και συσχέτιση με Μακροσεισμικά αποτελέσματα της περιοχής Θεσσαλονίκης”, *Διδακτορική διατριβή Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ. 238.
- Papazachos, B. and Carydis, P., (1983), “The Thessaloniki, northern Greece, earthquake of June 20, 1978 and its seismic sequence”, *Publication Technical Chamber of Greece, Section of Central Macedonia*, pp. 451.
- Papazachos B., Mountrakis D., Psilovikos A., and Leventakis G., (1979), “Surface fault traces and fault plane solutions of the May-June 1978 shocks in the Thessaloniki area, North Greece”, *Tectonophysics*, 53(3-4), pp. 171 – 183.
- Paradisopoulou P.M., Karakostas V.G., Papadimitriou E.E., Tranos M.D., Papazachos C.B. and Karakaisis G.F., (2006), “Microearthquake study of the broader Thessaloniki area (northern Greece)”, *Annals of Geophysics*, 49, pp. 1081–1093.
- SEISIMPACT-THESS (2005), “A system to evaluate the seismic impact to the built environment of the Prefecture of Thessaloniki, *GSRT - EPAN 2003 – 2005*, <http://www.seis-impact.gr>.
- Theodulidis N., Roumelioti Z., Panou A.A., Savvaidis A., Kiratzi A., Grigoriadis V., Dimitriou P., and Chatzigogos T., (2006), “Retrospective prediction of macroseismic intensities using strong ground motion simulation: the case of the 1978 Thessaloniki (Greece) earthquake (M6.5)”, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 4, pp. 101-130.
- Tranos, M.D., Papadimitriou E.E., and Kiliass A.A., (2003), “Thessaloniki – Gerakarou Fault Zone (TGFZ): the western extension of the 1978 Thessaloniki earthquake fault (Northern Greece) and seismic hazard assessment”, *Journal of Structural Geology*, 25(12), pp. 2109 – 2123.