



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)
Μονάδα Έρευνας Ι.Τ.Σ.Α.Κ.
Οδός Δασυλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085
Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



ΣΕΙΣΜΟΣ ΦΛΩΡΙΝΑΣ

Μ 5.5 της 09/01/2022



**ΣΥΝΤΟΜΗ ΕΚΘΕΣΗ
ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ ΙΤΣΑΚ
ΚΑΙ ΒΛΑΒΩΝ ΣΤΟ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2022



Στην έκθεση αυτή συμμετείχαν (ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΑ) οι παρακάτω επιστήμονες του ΙΤΣΑΚ

Θεοδουλίδης Νικόλαος, Δρ Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών
Καρακώστας Χρήστος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Διευθυντής Ερευνών
Λεκίδης Βασίλειος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Διευθυντής Ερευνών
Μάκρας Κωνσταντία, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Κύρια Ερευνήτρια
Κωνσταντινίδου Κυριακή, MSc Πληροφορικός
Μάργαρης Βασίλειος, Δρ Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών
Μορφίδης Κωνσταντίνος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Εντεταλμένος Ερευνητής
Παπαϊωάννου Χρήστος, Δρ Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών
Ροβίθης Εμμανουήλ, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Δόκιμος Ερευνητής
Σαλονικιός Θωμάς, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Κύριος Ερευνητής

Οι απόψεις αντιπροσωπεύουν αποκλειστικά τις θέσεις των συντακτών και δεν δεσμεύουν κατ' ανάγκη τον ΟΑΣΠ.

Η αναφορά στη χρήση του περιεχομένου αυτής της έκθεσης είναι η εξής:

ΙΤΣΑΚ (2022). ΣΕΙΣΜΟΣ ΦΛΩΡΙΝΑΣ M5.5 της 09/01/2022: Σύνοψη Έκθεσης Της Ανάλυσης Καταγραφών του Δικτύου Επιταχυνσιογράφων του ΙΤΣΑΚ και Βλάβες στο Φυσικό και Δομημένο Περιβάλλον, Μονάδα Έρευνας ΙΤΣΑΚ, Θεσσαλονίκη, σελ. 12. DOI: 10.5281/zenodo.5844290



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)
Μονάδα Έρευνας Ι.Τ.Σ.Α.Κ.
Οδός Δασυλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085
Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102





ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΟΧΟΜΕΝΩΝ

1	ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	2
2	ΦΑΣΜΑΤΑ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	6
3	ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	8
4	ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	

1. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Την 9η Ιανουαρίου 2022 και ώρα Ελλάδας 23:43 μμ σημειώθηκε στην Βόρεια Ελλάδα στην περιοχή της Φλώρινας ισχυρή σεισμική δόνηση μεγέθους **M 5.5** (USGS, GFZ). Σύμφωνα με την ανακοίνωση του Εθνικού Σεισμογραφικού Δικτύου (HUSN) επρόκειτο για επιφανειακό ($h \sim 3$ km) σεισμό με το επίκεντρο του να εντοπίζεται στην περιοχή ΒΔ της πόλης της Φλώρινας. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του επικέντρου όπως δίνονται από το HUSN, είναι 40.800°B 21.405°A . Η υψηλότερη Μακροσεισμική Ένταση που παρατηρήθηκε στη περιοχή είχε τιμή $\text{IMM}=\text{VI}+$.

Ο σεισμός έγινε έντονα αισθητός στην ευρύτερη περιοχή της Φλώρινας λόγω της μικρής απόστασης από το επίκεντρο (περίπου 6 km). Έγινε επίσης πολύ αισθητός στη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας αλλά και στη Βόρεια Μακεδονία. Από πληροφορίες κατοίκων έγινε αισθητός από τη νότια Θεσσαλία μέχρι τη Podgorica και Pristine (Βόρεια), σε όλη την Αλβανία (Δυτικά) και ανατολικά μέχρι τη Θεσσαλονίκη. Υπάρχουν περιορισμένες πληροφορίες για αισθητότητα σε περιοχές του Λεκανοπεδίου Αθηνών.

Ο χάρτης του **Σχήματος 1.1** δίνει την αισθητότητα του σεισμού.



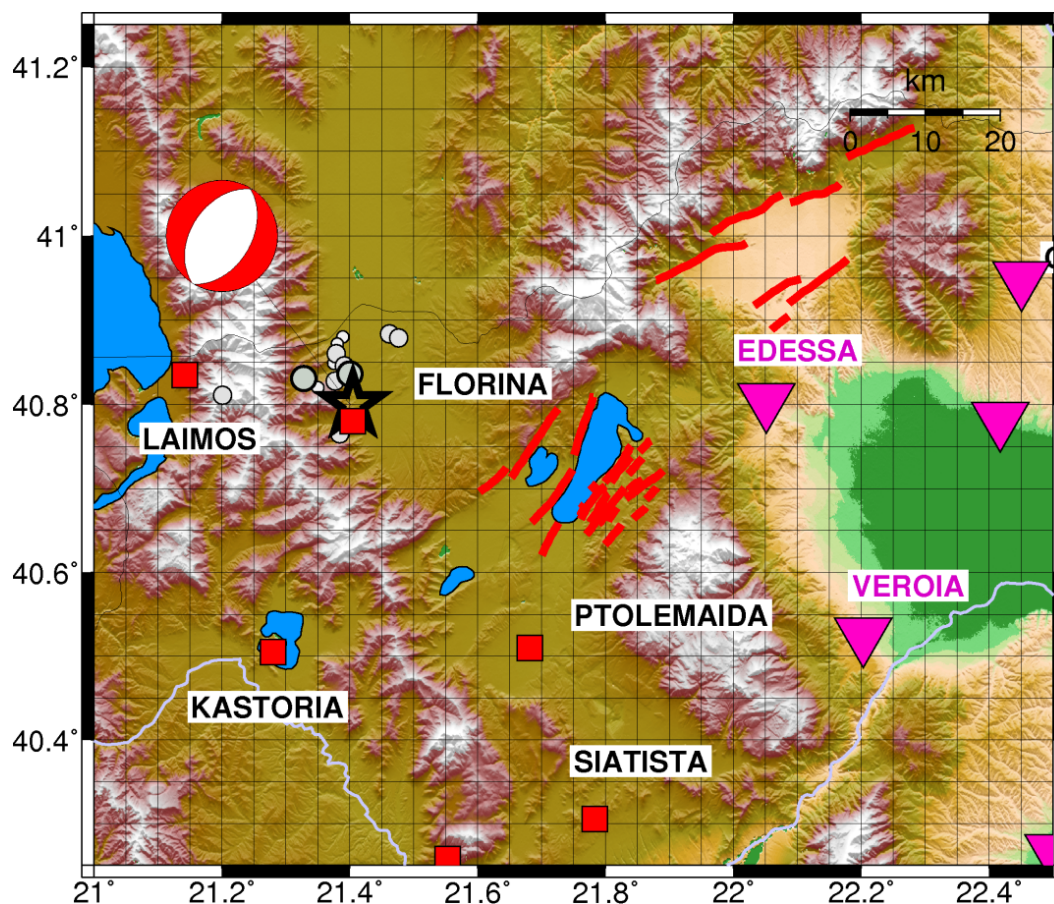
Σχήμα 1.1. Χάρτης κατανομής της αισθητότητας του σεισμού της 09/01/2022.

Η χωρική κατανομή των επίκεντρων του κύριου σεισμού και των μετασεισμών με μέγεθος $M \geq 3.0$ μέχρι τη 12.01.2022 δίνεται στο χάρτη του **Σχήματος 1.2** και τα δεδομένα προέρχονται από την ιστοσελίδα του Σεισμολογικού Σταθμού του ΑΠΘ (www.geophysics.geo.auth.gr/ss).

Το άστρο παριστάνει το επίκεντρο του κύριου σεισμού, οι κύκλοι τους μετασεισμούς με $M \geq 3.0$ ενώ οι κόκκινες γραμμές παριστάνουν τα ρήγματα στην περιοχή από τη βάση του HELPOS (Ganas et al., ESC. 2021).

Το σεισμογόνο ρήγμα δεν εμφανίστηκε στην επιφάνεια αλλά η ζώνη διάρρηξης μπορεί να καθοριστεί από τη χωρική κατανομή των μετασεισμών. Από το **Σχήμα 1.2** φαίνεται μία κατανομή η οποία καθορίζει μία ζώνη μήκους περίπου 9 km η οποία αντιστοιχεί σε σεισμό μεγέθους **M** 5.5. Η ζώνη έχει ίδια διεύθυνση με τη διεύθυνση του ρήγματος. Προκύπτει λοιπόν ότι ο σεισμός προκλήθηκε από κανονική διάρρηξη με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

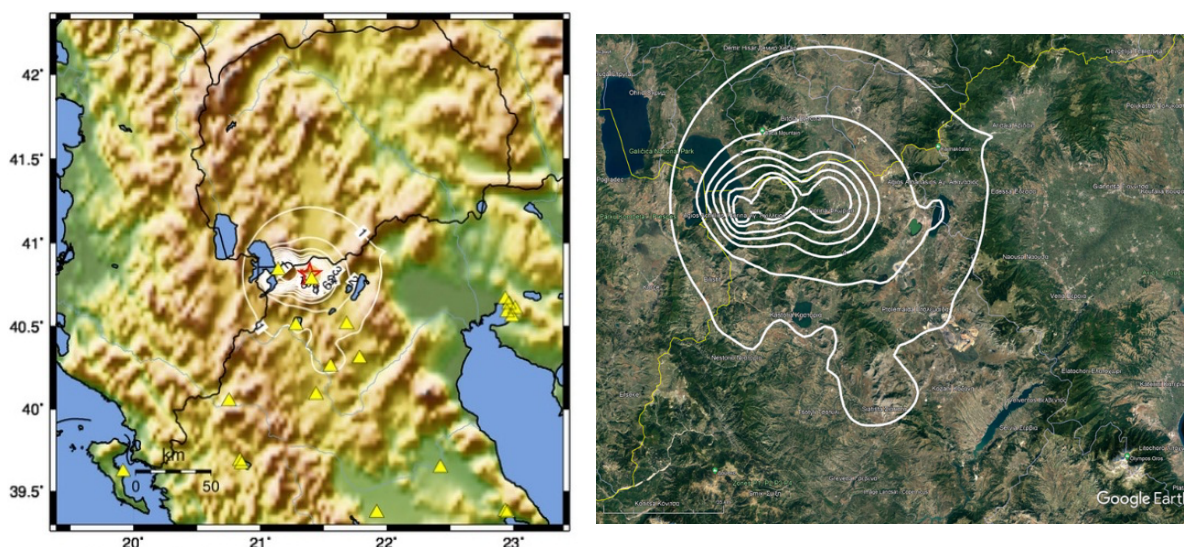
Στο χάρτη του **Σχήματος 1.2** δίνονται επίσης οι θέσεις των επιταχυνσιογράφων του δικτύου του ΙΤΣΑΚ. Τα κόκκινα τετράγωνα παριστάνουν τις θέσεις οι οποίες είναι εξοπλισμένες με όργανα συνεχούς λειτουργίας, ενώ τα ανάστροφα τρίγωνα θέσεις επιταχυνσιογράφων με προεπιλεγμένο επίπεδο διέγερσης.



Σχήμα 1.2. Χωρική κατανομή των επίκεντρων του κύριου σεισμού και των μετασεισμών με μέγεθος $M \geq 3.0$ μέχρι τη 12.01.2022 και θέσεις των επιταχυνσιογράφων του δικτύου του ΙΤΣΑΚ.

Η πλησιέστερη ενοργανωμένη θέση με επιταχυνσιογράφο του Ι.Τ.Σ.Α.Κ. είναι στη πόλη της Φλώρινας, σε απόσταση περίπου 6km από το επίκεντρο, με ένα όργανο συνεχούς λειτουργίας το οποίο κατέγραψε μέγιστη τιμή εδαφικής επιτάχυνσης 15%g στην οριζόντια συνιστώσα και 23%g στην κατακόρυφη συνιστώσα. Ο συγκεκριμένος σταθμός είναι εγκατεστημένος σε εδαφική κατηγορία Β κατά EC8, σύμφωνα με την προσέγγιση που περιγράφεται παρακάτω (βλ. Ενότητα 2). Επίσης ένα δεύτερο όργανο εγκατεστημένο σε εδαφική κατηγορία Β στην κωμόπολη του Λαιμού, περιοχή των λιμνών Πρέσπες, κατέγραψε μέγιστη επιτάχυνση 13%g στην οριζόντια συνιστώσα και 8%g στην κατακόρυφη συνιστώσα.

Στο **Σχήμα 1.3** δίνονται οι χάρτες αισθητότητας, οι οποίοι βασίστηκαν στις σχέσεις πρόβλεψης της σεισμικής δόνησης των Skarlatoudis et al. (2003) και σε καταγραφές επιταχυνσιογράφων της ευρύτερης περιοχής της Δ. Μακεδονίας, Θεσσαλίας και Ηπείρου, καθώς και ο αντίστοιχος χάρτης για την εκτιμημένη Μακροσεισμική Ένταση. Με βάση το μέγεθος του σεισμού το ρήγμα εκτιμήθηκε με μήκος ~9km.

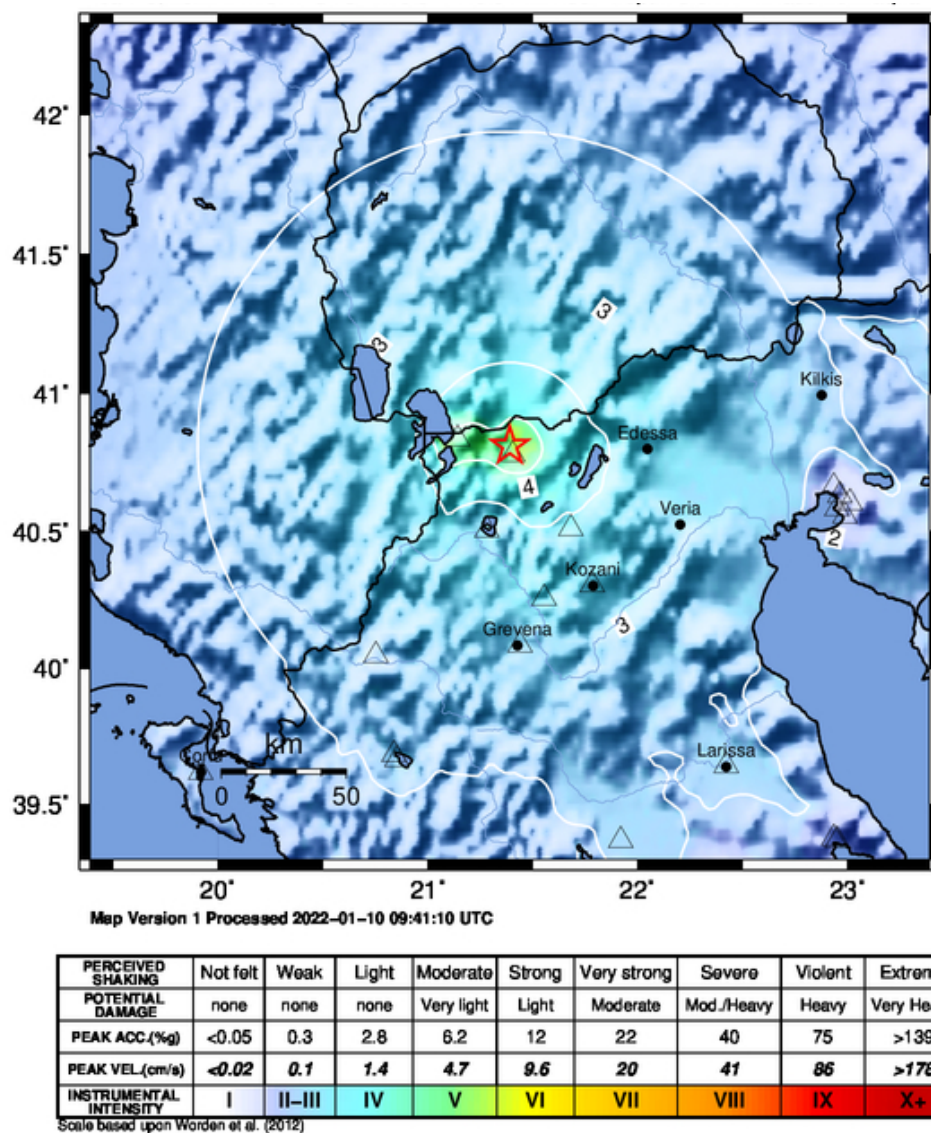


Σχήμα 1.3. Χάρτες αισθητότητας (Shakemaps) του σεισμού της 9^{ης} Ιανουαρίου 2022 με παράμετρο την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (αριστερά). Ο Χάρτης στα αριστερά αποτελεί εστίαση στη πλειόσειστη περιοχή.

Ο χάρτης αισθητότητας σεισμικής δόνησης του κυρίου σεισμού (M5.5), σε όρους μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης %g, δείχνει ότι αυτή στην πλειόσειστη περιοχή της Φλώρινας έφθασε σε τιμές 8-13%g. Οι καμπύλες ισοτιμών επιταχύνσεων στον αριστερό χάρτη είναι από 1% g (εξωτερική) έως 11%g. Οι εσωτερικές είναι ανά 2% g. Αυτή η παρατήρηση συνάδει με το γεγονός ότι ο σεισμός έγινε έντονα αισθητός στην περιοχή της ΒΔ Ελλάδας, Βόρειας Μακεδονίας και Αλβανίας.

Στο **Σχήμα 1.4** δίνεται χάρτης αισθητότητας της σεισμικής κίνησης με παράμετρο την ενόργανη μακροσεισμική ένταση (MMI), η οποία εκτιμήθηκε στην επικεντρική περιοχή ίση 5.0-6.0 με σταδιακή απομείωση μέχρι την πόλη της Έδεσσας σε 3.0-4.0. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε ικανοποιητική συμφωνία με τις πρώτες δημοσιευμένες πληροφορίες για το επίπεδο βλαβών που προκάλεσε ο κύριος σεισμός στο δομημένο

περιβάλλον στην περιοχή της Φλώρινας. Με την ολοκλήρωση των αυτοψιών πιθανόν να επανεκτιμηθεί η προαναφερόμενη συσχέτιση.



Σχήμα 1.4. Χάρτες αισθητότητας (Shakemaps) του σεισμού της 9^{ης} Ιανουαρίου 2022 με παράμετρο τη Η ενόργανη μακροσεισμική ένταση (MMI)



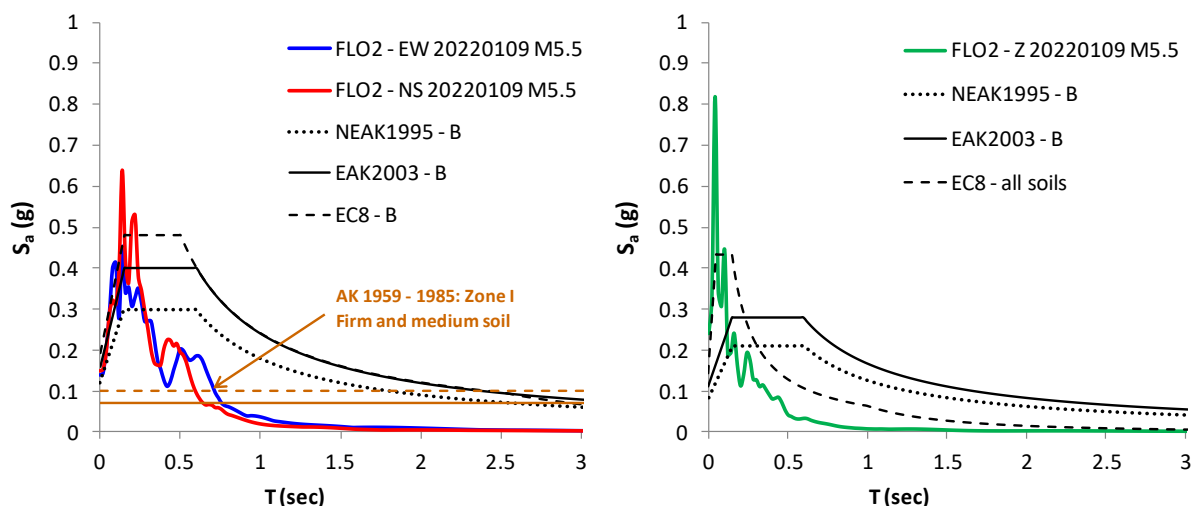
2. ΦΑΣΜΑΤΑ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στο **Σχήμα 2.1** συγκρίνονται τα απόλυτα φάσματα ελαστικής απόκρισης από τις καταγραφές επιτάχυνσης του σεισμού **M** 5.5 της 9^{ης} Ιανουαρίου 2022 στη θέση FLO2 με τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού των κανονισμών ΕΑΚ2003 και EC8 για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας (ΖΣΕ) I ($A=a_g=0.16g$) στην οποία ανήκει η περιοχή. Ο σταθμός FLO2 είναι εγκατεστημένος στο κτίριο ΚΕΠ του Δήμου Φλώρινας. Λαμβάνοντας υπόψη ως κριτήριο μια εκτίμηση της παραμέτρου V_{s30} (~490 m/s) που δίνουν οι Stewart et al. (2014) για την περιοχή του σταθμού FLO2, προκύπτει, ως μια πρώτη προσέγγιση, εδαφική κατηγορία Β σύμφωνα με τον EC8. Η εδαφική κατηγορία Β θεωρήθηκε στην έκθεση αυτή και για το φάσμα του ΕΑΚ2003. Στο ίδιο σχήμα δίνεται επίσης το αντίστοιχο ελαστικό φάσμα σχεδιασμού που προέβλεπε ο ΝΕΑΚ1995 με ισχύ έως το 2003, ο οποίος όριζε μικρότερη σεισμική επιτάχυνση εδάφους ($A=a_g=0.12g$) για ΖΣΕ I καθώς και οι (ανεξάρτητοι της περιόδου του κτηρίου) σεισμικοί συντελεστές που προέβλεπαν οι Ελληνικοί Αντισεισμικοί Κανονισμοί του 1959 και του 1985 με ισχύ μέχρι το 1995, για ΖΣΕ I και κατηγορία εδάφους με μικρή και μέτρια επικινδυνότητα. Οι συντελεστές αυτοί παρουσιάζονται στο **Σχήμα 2.1** με τις τροποποιημένες τους τιμές $\epsilon'=0.07$ και 0.10 , με τις οποίες λαμβάνεται υπόψη ένας συντελεστής ασφαλείας 1.75 , μια αύξηση κατά 20% των επιτρεπομένων τάσεων για σεισμικό σχεδιασμό και μια διόρθωση για πολυβάθμια συστήματα μέσω ενός συντελεστή 0.85 (Anagnostopoulos et al. 1987).

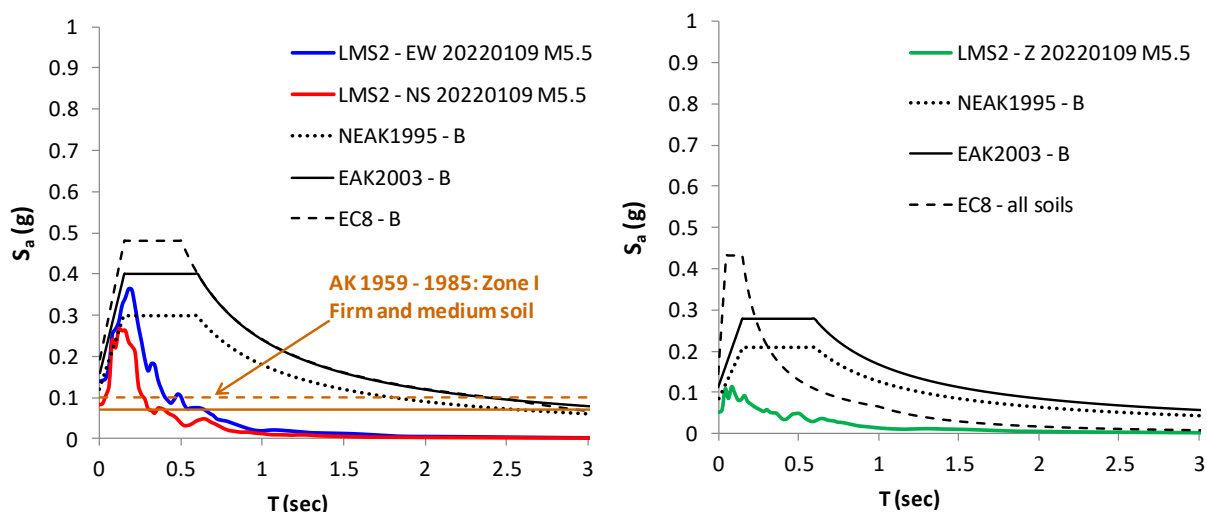
Παρατηρείται ότι οι απόλυτες φασματικές τιμές των οριζοντίων συνιστωσών (κυρίως της NS συνιστώσας) υπερβαίνουν τις κανονιστικές δράσεις του ΕΑΚ2003 σε ένα σχετικά στενό εύρος περιόδων από 0.15sec έως 0.25sec περίπου, ενώ καλύπτονται επαρκέστερα από το κανονιστικό φάσμα του EC8. Αναφορικά με τον ΝΕΑΚ1995, η υπέρβαση των κανονιστικών φασμάτων είναι μεγαλύτερη για περιόδους έως 0.3sec . Οι μέγιστες φασματικές επιταχύνσεις της τάξης των $0.65g$ και $0.45g$ στην EW και NS συνιστώσα, αντίστοιχα, παρατηρούνται κοντά στο 0.15sec . Αξίζει να σημειωθεί η συγκριτικά μεγαλύτερη τιμή της κατακόρυφης συνιστώσας, η οποία εμφανίζεται σε μικρή τιμή περιόδου (~ 0.05sec). Οι φασματικές τιμές της κατακόρυφης συνιστώσας καλύπτονται επαρκέστερα από το κανονιστικό φάσμα του EC8. Γενικώς, οι σύγχρονοι κανονισμοί (ΕΑΚ2003, EC8) φαίνεται να καλύπτουν επαρκώς τις απαιτήσεις πλαστιμότητας λόγω των ενεργών οριζόντιων επιταχύνσεων του συγκεκριμένου σεισμού. Σχετικά μικρή υπέρβαση προκύπτει για τις προβλέψεις του ΝΕΑΚ1995 για τιμές ιδιοπεριόδων μέχρι τα 0.3sec . Για παλαιότερες κατασκευές (ΑΚ 1959 – 1985) ο σεισμός δημιούργησε σχετικά μέτριες απαιτήσεις πλαστιμότητας (της τάξεως του 3 - 4) για κατασκευές με ιδιοπεριόδους στην περιοχή των $0.15\text{-}0.35\text{sec}$, και μικρότερες για τις υπόλοιπες τιμές ιδιοπεριόδων.

Οι αντίστοιχες συγκρίσεις για τις καταγραφές στην θέση LMS2 δίνονται στο **Σχήμα 2.2** επίσης για κατηγορία εδάφους Β, λαμβάντας υπόψη το ίδιο κριτήριο της $V_{s,30}$ κατά Stewart et al. (2014) για την συγκεκριμένη θέση (~ 430 m/s). Ο σταθμός LMS2 είναι εγκατεστημένος στο κτίριο Δημαρχείου στον Λαιμό Πρεσπών. Αξίζει να σημειωθεί η

παρόμοια τιμή μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης της συνιστώσας EW που καταγράφηκε στους σταθμούς FLO2 και LMS2. Ωστόσο, οι απόλυτες φασματικές τιμές τόσο των οριζοντίων συνιστωσών όσο και της κατακόρυφης συνιστώσας καλύπτονται εν γένει από τα κανονιστικά φάσματα EAK2003, NEAK1995 και EC8.



Σχήμα 2.1 Σύγκριση απόλυτων φασμάτων ελαστικής απόκρισης μεταξύ καταγραφών επιτάχυνσης του σεισμού **M** 5.5 της 9^{ης} Ιανουαρίου 2022 στη θέση FLO2 ($V_{s30} \sim 490$ m/s – Stewart et al. 2014) και κανονισμών για ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης 5%: Οριζόντιες συνιστώσες (αριστερά) και κατακόρυφη (δεξιά)



Σχήμα 2.2 Σύγκριση απόλυτων φασμάτων ελαστικής απόκρισης μεταξύ καταγραφών επιτάχυνσης του σεισμού **M** 5.5 της 9^{ης} Ιανουαρίου 2022 στη θέση LMS2 ($V_{s30} \sim 430$ m/s) και κανονισμών για ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης 5%: Οριζόντιες συνιστώσες (αριστερά) και κατακόρυφη (δεξιά).



3. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Στην πόλη της Φλώρινας συναντώνται κατασκευές διαφόρων χρονολογιών, τυπολογιών και δομικών συστημάτων. Υπάρχει σημαντικός αριθμός παλαιότερων κατοικιών, νεοκλασικής και μακεδονικής αρχιτεκτονικής, συνήθως μέχρι δύο ορόφων, που δεν έχουν κατασκευασθεί με βάση κάποιοι αντισεισμικό κανονισμό, σημαντικός μάλιστα αριθμός από αυτά ανάγεται στην εποχή της τουρκοκρατίας. Τα κτίσματα της εποχής της τουρκοκρατίας είναι συνήθως διώροφα, με τον χαμηλότερο όροφο κατασκευασμένο από λιθοδομή, ενώ στον άνω όροφο χρησιμοποιούνται συνήθως ελαφρότερα υλικά. Μετά την απελευθέρωση της Φλώρινας το 1912, κατασκευάσθηκαν οικοδομήματα από λιθοδομή νεοκλασικής και εκλεκτιστικής αρχιτεκτονικής που αποτελούνται τυπικά από ημιυπόγειο, υπερυψωμένο ισόγειο και όροφο. Οι παλαιότερες αυτές κατοικίες είχαν τυπικά κατασκευασθεί με ξύλινα οριζόντια διαφράγματα (πατώματα και οροφές). Παράλληλα, όπως σε κάθε αστική περιοχή του Ελληνικού χώρου, συναντώνται και κατασκευές Ο/Σ, αρκετές πολυώροφες (μέχρι και 7 ορόφων), κατασκευασμένες σύμφωνα με τους εκάστοτε Ελληνικούς Αντισεισμικούς Κανονισμούς. Στους οικισμούς κοντά και γύρω από το επίκεντρο του ισχυρού σεισμού υπάρχουν κατασκευές μονώροφες ή διώροφες από φέρουσα λιθοδομή επίσης. Τα κτίρια αυτά έχουν κυρίως βοηθητική χρήση και οι λιθοδομές είναι συνήθως δίστρωτες ή τρίστρωτες. Ορισμένα κτίρια με κύρια χρήση κατοικίας έχουν συνήθως καλή ποιότητα δόμησης στις φέρουσες λιθοδομές και αναμένεται καλή συμπεριφορά σε περίπτωση σεισμικού συμβάντος σε σχέση με τα κτίρια βοηθητικής χρήσης. Είναι γεγονός ότι στα βοηθητικά κτίρια δεν εφαρμόζονταν επιμελημένη δόμηση (χρήση ακανόνιστων λίθων και κονιάματος χαμηλής αντοχής) καθώς δεν αναμένονταν ανθρώπινη παρουσία σε αυτά για μεγάλο διάστημα της ημέρας. Αυτό επιβεβαιώθηκε επίσης κατά τις επί τόπου αυτοψίες, ερευνητών του ΙΤΣΑΚ, σε κτίρια με βλάβες κατά τους πρόσφατους σεισμούς Τυρνάβου – Ελασσόνας στη Θεσσαλία και του Αρκαλοχωρίου στην Κρήτη. Η φιλοσοφία αυτή έχει περάσει και στους σύγχρονους κανονισμούς όπου με τη χρήση κατάλληλων συντελεστών (συντελεστές σπουδαιότητας) θεωρείται μείωση σεισμικών φορτίων σχεδιασμού (κατά 20% σε βοηθητικά κτίρια) ή αντίστοιχη αύξηση (έως 40% σε κτίρια μεγάλης σπουδαιότητας) σε σχέση με την αντοχή της κατοικίας. Παρατηρείται λοιπόν ότι η κατασκευαστική αυτή πρακτική προϋπήρχε στα κτίρια που κατασκευάζονταν πριν την θέσπιση του πρώτου Αντισεισμικού Κανονισμού της χώρας μας (σχετικό Βασιλικό Διάταγμα του 1959). Παρόμοια λογική ισχύει στους περισσότερους σύγχρονους Αντισεισμικούς Κανονισμούς διεθνώς.

Με βάση τις μέχρι σήμερα αναφορές, οι βλάβες στις κατασκευές ήταν περιορισμένες, με δεδομένο το μέγεθος του σεισμού και την εγγύτητα του epicέντρου του κυρίως σεισμού με την πόλη της Φλώρινας. Παρατηρήθηκαν κυρίως πτώσεις εξωτερικών επιχρισμάτων και μαρμάρινων επενδύσεων σε παλιά κτίρια αλλά και πολυκατοικίες (**Εικόνα 3.1α**), τοπική αστοχία λίθινων τοίχων (**Εικόνα 3.1β**), βλάβες σε μπαλκόνια, καθώς και ρηγματώσεις σε εσωτερικούς τοίχους σπιτιών (**Εικόνα 3.1γ,δ**). Επίσης αναφέρθηκε μια κατάρρευση ενός ακατοίκητου παλιού σπιτιού στο χωριό Αγία Παρασκευή, βόρεια της Φλώρινας. Στην πόλη της Φλώρινας, περιορισμένες ζημιές παρουσίασε το διατηρητέο νεοκλασικό κτίριο του Λαογραφικού Μουσείου της Λέσχης Πολιτισμού, με πτώση εξωτερικών επιχρισμάτων και αστοχία διακοσμητικού στοιχείου στην οροφή του κτιρίου (**Εικόνα 3.2**). Μετά την ολοκλήρωση των αυτοψιών από τα κλιμάκια της ΔΑΕΦΚ στην ευρύτερη σεισμόπληκτη περιοχή θα καταγραφούν πιο αναλυτικά οι βλάβες σε διάφορες κατηγορίες κατασκευών, για εξαγωγή συμπερασμάτων για την τρωτότητα των κατασκευών στον Ελληνικό χώρο.

Η πτώση επιχρισμάτων σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία σε περίπτωση σεισμού είναι μία συνήθης απόκριση και είναι από τις πρώτες μορφές “αστοχίας” που εμφανίζεται. Αυτό αιτιολογείται με δύο τρόπους: i) Τα επιχρίσματα κατασκευάζονται από υλικά χαμηλής αντοχής τα οποία είναι ιδιαίτερος ψαθυρά. Υπάρχει περίπτωση πτώσης των επιχρισμάτων τα οποία έχουν αποκολληθεί από την τοιχοποιία, λόγω της δράσης περιβαλλοντικών παραγόντων, και με τη σεισμική διέγερση δεν μπορούν να φέρουν το βάρος τους οπότε αποσπώνται και πέφτουν. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου αυτή η μορφή αστοχίας επιχρισμάτων μπορεί να συμβεί χωρίς την ύπαρξη σεισμικού συμβάντος αλλά μόνο με τη δράση περιβαλλοντικών παραγόντων. Κατά το σεισμό ορισμένα επιχρίσματα τα οποία είναι ήδη ελαφρώς αποκολλημένα πέφτουν ταυτοχρόνως. ii) Η άλλη αιτία πτώσης των επιχρισμάτων είναι η απόσπαση λόγω παραμόρφωσης της τοιχοποιίας εντός ή/και εκτός του επιπέδου της. Η αντοχή της τοιχοποιίας (λίθοι ή πλίνθοι και κονίαμα δόμησης) όπως προτείνεται από το σχέδιο του Κανονισμού Δομητικών Επεμβάσεων σε Κτίρια από Τοιχοποιία (ΚΑΔΕΤ 2021) προκύπτει τουλάχιστον τριπλάσια από την αντοχή του κονιάματος και του επιχρίσματος. Η τοιχοποιία παραμορφώνεται και αναπτύσσει ρηγματώσεις κατά τη σεισμική διέγερση όπως επίσης και το επιχρίσμα στις παρειές της τοιχοποιίας. Με τη ρηγματώσή του το επιχρίσμα αποσπάται από την τοιχοποιία, όπως επίσης είναι δυνατό να αποσπαστούν και να πέσουν μικροί λίθοι από αυτήν (**Εικόνα 3.1α,β, 3.2β,γ**).



(α)



(β)

Εικόνα 3.1 Παρατηρηθείσες αστοχίες από τον σεισμό της 09/01/2022Πηγές φωτογραφιών: (α) Twitter (β) www.skai.gr

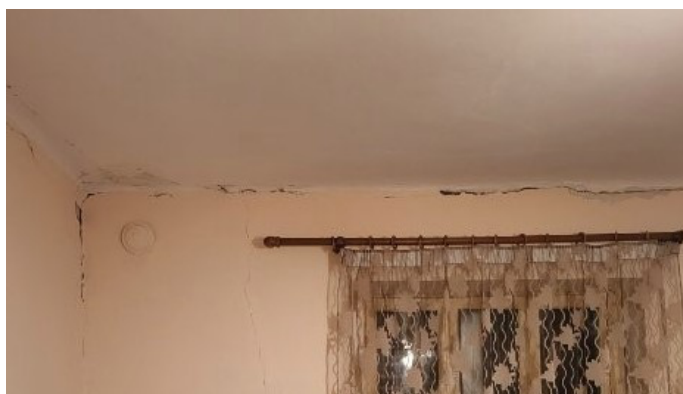
Μία άλλη μορφή ρηγματώσης η οποία είναι επίσης από τις πρώτες που εμφανίζονται είναι η αποκόλληση των τοιχοποιιών πλήρωσης περιμετρικά των φατνωμάτων σε κτίρια από πλαίσια δοκών – υποστυλωμάτων. Είναι συνήθης μορφή αστοχίας και είναι αρκετές οι περιπτώσεις όπου εμφανίζεται ως η μόνη μορφή αστοχίας σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αυτό αιτιολογείται λόγω της διαφορετικής απόκρισης των δύο υλικών (τοιχοποιίας και οπλισμένου σκυροδέματος) για τις δύο παρακάτω αιτίες: i) Η παραμόρφωση (drift ratio – γωνιακή παραμόρφωση) για την οποία αναπτύσσονται ρωγμές στα δύο υλικά είναι πολύ διαφορετική. Ειδικότερα η παραμόρφωση για την οποία εμφανίζονται ρηγματώσεις στα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος είναι περίπου τριπλάσια από την παραμόρφωση για την οποία εμφανίζονται ρηγματώσεις σε στοιχεία τοιχοποιίας. Οπότε είναι σύνηθες να εμφανίζονται ρηγματώσεις σε τοιχοποιίες πλήρωσης και τα πλαίσια από

οπλισμένο σκυρόδεμα να μην εμφανίζουν βλάβες. Τονίζεται ότι οι ρηγματώσεις αυτές δημιουργούνται αρχικά στην οριακή περίμετρο - περιοχή όπου το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος περιβάλλει την τοιχοποιία πλήρωσης. ii) Οι πρώτες ρηγματώσεις που δημιουργούνται στα πλαίσια οπλισμένου σκυροδέματος κατά τις οποίες δεν υπάρχει σημαντική διαρροή στους διαμήκεις οπλισμούς (επιμήκυνση οπλισμών 2-4 τοις χιλίοις) ξανακλείνουν μετά το σεισμικό συμβάν και δεν γίνονται αντιληπτές κατά τις επιτόπου μακροσκοπικές αυτοψίες. Αντιθέτως οι ρηγματώσεις στις τοιχοποιίες πλήρωσης αφήνουν ίχνος στο επίχρισμα το οποίο γίνεται εύκολα αντιληπτό κατά τις επιτόπου μακροσκοπικές αυτοψίες (**Εικόνα 3.1.δ**).

Μετά τον σεισμό, μερικά χωριά έμειναν χωρίς ρεύμα για αρκετές ώρες, με τις βλάβες σταδιακά να αποκαθίστανται. Προβλήματα προκλήθηκαν ακόμη και σε δρομολόγια της ΤΡΑΙΝΟΣΕ, καθώς αναφέρθηκε ακινητοποίηση αμαξοστοιχίας μεταξύ Σκύδρας και Φλώρινας.



(γ)



(δ)

Εικόνα 3.1 (συν) Παρατηρηθείσες αστοχίες από τον σεισμό της 09/01/2022

Πηγές φωτογραφιών: <https://neafiorina.gr>



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 3.2 Λαογραφικό μουσείο Φλώρινας (α) πριν και (β), (γ) μετά τον σεισμό της 09/01/2022.
Πηγές φωτογραφιών: (α) Google Earth (β) <https://neafiorina.gr> (γ) www.skai.gr



Ευχαριστίες

Το δίκτυο της Μονάδας Ι.Τ.Σ.Α.Κ. του Ο.Α.Σ.Π. εγκαταστάθηκε και παρακολουθείται για την εξασφάλιση της εύρυθμης και αδιάλειπτης 24/7 λειτουργίας σε συνεργασία με τους κκ Στρ. Ζαχαρόπουλο, Απ. Μαρίνο και Ν. Αδάμ, μέλη του εργαστηρίου του Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Βιβλιογραφία

- Anagnostopoulos S.A., Rinaldis D., Lekidis V.A., Margaritis V.N., and Theodoulidis N.P. (1987) The Kalamata, Greece, Earthquake of September 13, 1986, Earthquake Spectra, 1987 (DOI: 10.1193/1.1585434).
- Βασιλικό διάταγμα Β/Δ, «Περί αντισεισμικού Κανονισμού οικοδομικών έργων», ΦΕΚ 36Α/26-2-1959.
- Βασιλικό διάταγμα Β/Δ 1959 – Πρόσθετες διατάξεις: Τροποποίηση και συμπλήρωση του Β/Δ της 19/26 Φεβρουαρίου 1959 «Περί αντισεισμικού Κανονισμού οικοδομικών έργων», ΦΕΚ239Β/16-4-1984.
- Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ2000), ΦΕΚ 1329Β/20-12-1999, (1999). Διορθώσεις-προσθήκες: ΦΕΚ 423Β της 12-3-2001. Τροποποιήσεις/προσθήκες: ΦΕΚ 781Β/18-6-2003, ΦΕΚ 1154Β/12-8-2003, ΦΕΚ 1153Β/12-8-2003, ΦΕΚ 270Β/16-3-2010, ΦΕΚ 350Β/17-2-2016.
- EC8-Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών – Μέρος 1: Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια, ΕΛΟΤ EN1998-1 (Ελληνικό Εθνικό Προσάρτημα, ΦΕΚ 2692/31-12-2008).
- Ganas A., D. Sakellariou, V. Tsironi, K. Tsampouraki-Kraounaki, Ch. Papaioannou, Em. Konstantakopoulou, P. Drakopoulou and V. Loukaidi (2021) The HELPOS FAULT DATABASE: A new contribution to seismic hazard assessment in Greece. 37th Gen. Ass. ESC, 19-24 Sept. 2021, Athens (Abstracts. Vol.)
- ΚΑΔΕΤ (2021).- Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας, Ο.Α.Σ.Π., 2019 (<https://www.oasp.gr/node/4145>)
- Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (NEAK) (1992). ΦΕΚ 613Β/12-10-1992. Τροποποιήσεις/προσθήκες: ΦΕΚ 774Β/12-10-1994, ΦΕΚ 534Β/20-6-1995, ΦΕΚ 588Β/6-6-1995, ΦΕΚ 850Β/11-10-1995.
- Skarlatoudis, A.A., C.B. Papazachos, B.N. Margaritis, N. Theodulidis, Ch. Papaioannou, I. Kalogeras, E.M. Scordilids and V. Karakostas (2003). Empirical ground motion predictive relations for shallow earthquakes in Greece, Bull. Seism. Soc. Am., 93, 2591-2603.
- Stewart J.P., Klimis N., Savvaidis A., Theodoulidis N., Zargli E., Athanasopoulos G., Pelekis P., Mylonakis G. and Margaritis B. (2014). Compilation of local V_s profile database and its application for inference of V_{s30} from Geologic- and Terrain-based proxies. Bull. Seism. Soc. Am., 104, 6, 2827-2841.