

Πρόσφατοι Σεισμοί της Τουρκίας (6 Φεβρ. 2023) M7.8 & 7.5

Βασίλης Μάργαρης⁽¹⁾ & Βασίλης Λεκίδης⁽²⁾

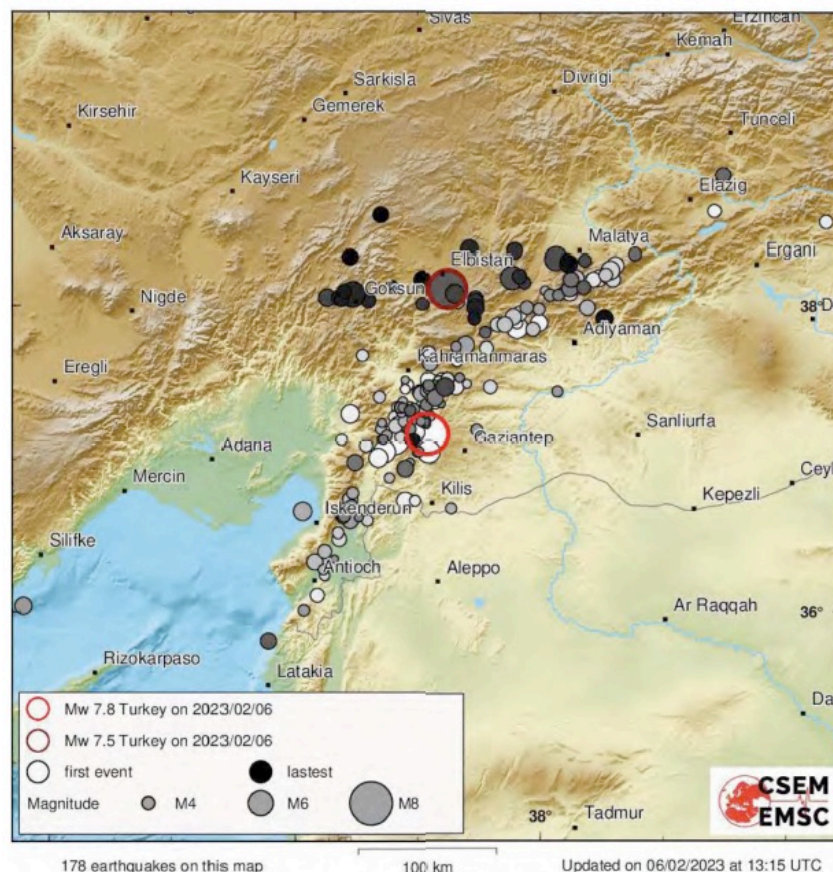
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)
Μονάδα Έρευνας Ι.Τ.Σ.Α.Κ.
Οδός Δασυλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085
Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



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

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Την 6^η Φεβρουαρίου 2023 και ώρα Ελλάδας 03:17 (UTC 01:17 & Turkish time 04:17) σημειώθηκε πολύ σφοδρή σεισμική δόνηση μεγέθους **M7.8** (USGS, ZFZ) με γεωγραφικές συντεταγμένες 37.174° N και 37.032°E και εκτιμώμενο βάθος περίπου 17 Km. Ο σεισμός αυτός εντοπίζεται στην επαρχία Kahramanmaraş και κοντά στην πόλη Gaziantep στην Νότια Τουρκία στα σύνορα με την Συρία κατά μήκος της μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης της Ανατολικής Ανατολίας (EAFZ: East Anatolia Fault Zone). Την ίδια μέρα καταγράφεται (6^η Φεβρουαρίου 2023) και ώρα Ελλάδος 12:24 (UTC 10:24 & Turkish time 13:24) δεύτερος πολύ ισχυρός σεισμός βορειότερα του πρώτου με μέγεθος **M7.5** με γεωγραφικές συντεταγμένες 38.024° N και 37.203°E και εκτιμώμενο βάθος περίπου 10 Km. Οι σεισμοί έγιναν αισθητοί σε όλη την Τουρκία στην Συρία, το Ισραήλ, την Κύπρο, την Ιορδανία το Ιράκ καθώς και στην Αρμενία και την Γεωργία. Η χωρική κατανομή των επίκεντρων του κύριου σεισμού και των μετασεισμών μέχρι τη 8^η Φεβρουαρίου 2023 δίνεται στο χάρτη του σχήματος (1: USGS report) της Αμερικανικής Γεωλογικής Υπηρεσίας.



Σχήμα 1. Γεωγραφική κατανομή των επίκεντρων καταδεικνύοντας την εξέλιξη της σεισμικής ακολουθίας ενώ οι δύο μεγαλύτεροι κύκλοι στο κέντρο του σχήματος (με κόκκινο κύκλο) απεικονίζουν τους 2 μεγαλύτερους σεισμούς M7.8 & 7.5 για τις πρώτες 10 ώρες (CSEM-EMSC).

Ο κύριος σεισμός πρόεκυψε σύμφωνα με τις πρώτες αναλύσεις από ένα επιφανειακό ρήγμα μετασχηματισμού αριστερόστροφης συνιστώσας. Η σφοδρότητα της έντασης των 2 μεγαλύτερων σεισμών ήταν μεγάλη με αποτέλεσμα να εκλυθούν μεγάλες ποσότητες σεισμικής ενέργειας προκαλώντας τεράστιες καταστροφές σε πόλεις και οικισμούς στις εκτεταμένες επικεντρικές περιοχές των 2 σεισμικών δονήσεων (M7.8 & 7.5) τόσο της Τουρκίας όσο και της Συρίας. Σύμφωνα με τις ανακοινώσεις των Διεθνών Σεισμολογικών Κέντρων και της Τουρκίας η υψηλότερες Μακροσεισμικές Εντάσεις που παρατηρήθηκαν στις επικεντρικές περιοχές των 2 σεισμών κυμαίνονταν $I_{MM}=IX - X+$.

Στα σχήματα (2 α και β) δίνονται οι χάρτες αισθητότητας της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης (peak ground acceleration:PGA) και της αντίστοιχης φασματικής για (S_a : 1.0sec περίοδο), που βασίσθηκαν στα δεδομένα των επιταχυνσιογράφων της Τουρκικής AFAD και αποτυπώθηκαν απ' την USGS με καταγραφές επιταχυνσιογράφων του Τουρκικού δικτύου. Ταυτόχρονα στα σχήματα αυτά δίνονται οι γεωγραφικές θέσεις των επιταχυνσιογράφων και το ίχνος της σεισμικής διάρρηξης για τον πρώτο μεγαλύτερο σεισμό μεγέθους M7.8.

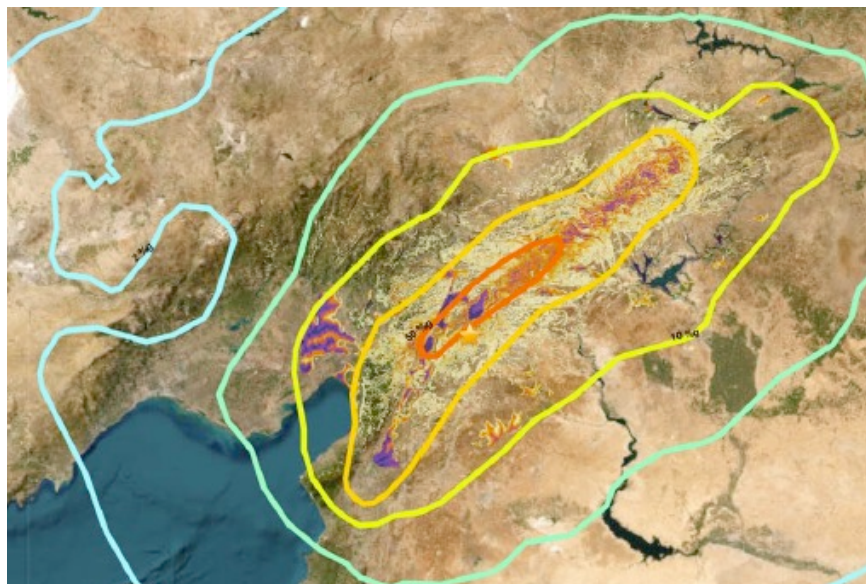
Με βάση τα δεδομένα της ισχυρής κίνησης της AFAD, της τεράστιας σεισμικής διάρρηξης που προκάλεσε τη συγκεκριμένη σεισμική ακολουθία και του χάρτες αισθητότητας των εδαφικών επιταχύνσεων, κατά την USGS, στο σχήμα (3) δίδονται ο χάρτης αισθητότητας της εδαφικής επιτάχυνσης, PGA του πρώτου σεισμού M7.8 σε σχέση με τις εκτιμώμενες/αναμενόμενες περιοχές γεωτεχνικών αστοχιών (USGS report) κατολισθήσεων (κίτρινο-καφέ χρώμα) και ρευστοποιήσεων (μώβ χρώμα).





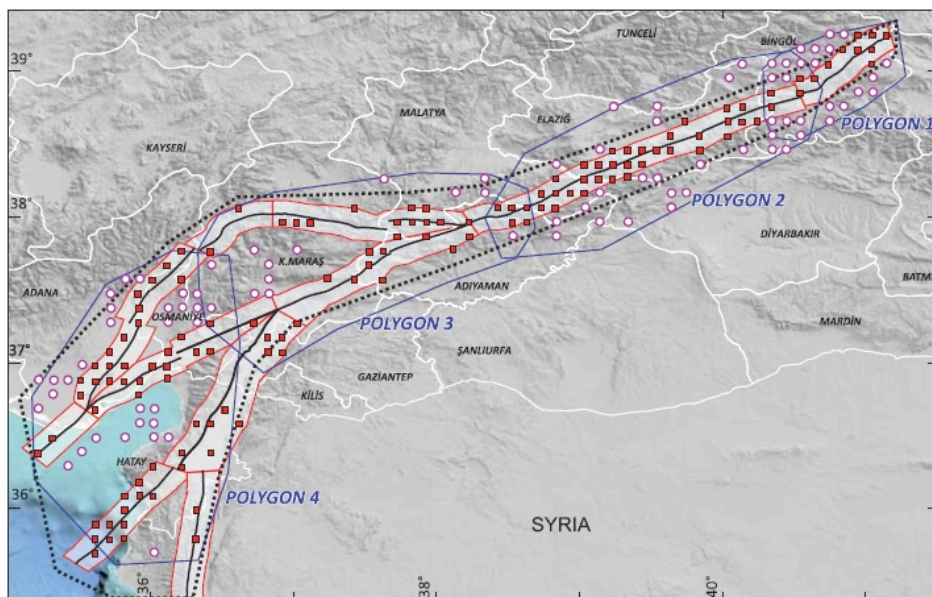
2β

Σχήμα 2. Χάρτες αισθητότητας του 1^{ου} σεισμού M7.8, της μέγιστης εδαφικής PGA (α) και φασματικής επιτάχυνσης S_a (β: $T=1\text{sec}$). Με τα τρίγωνα απεικονίζονται οι θέσεις του δικτύου επιταχυνσιογράφων της AFAD ενώ με την μαύρη συνεχόμενη γραμμή δίδεται το σεισμικό ρήγμα της EAFZ (USGS).



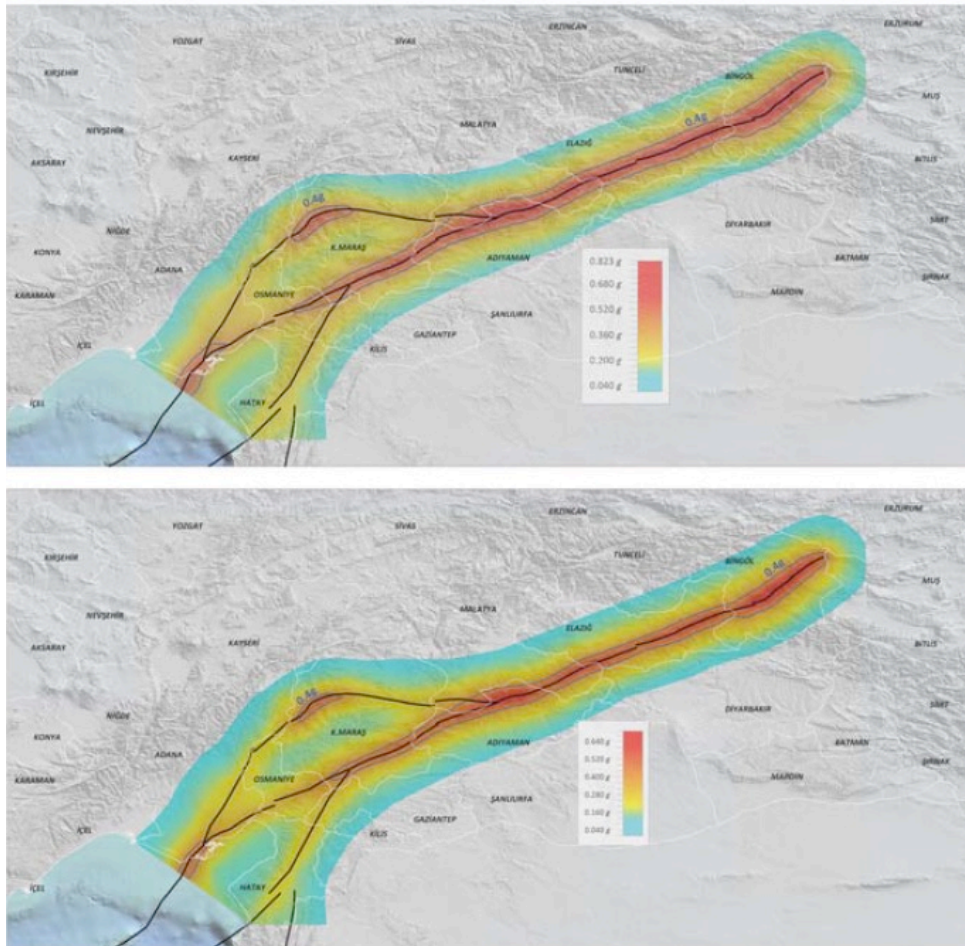
Σχήμα 3. Χάρτης αισθητότητας της εδαφικής επιτάχυνσης του πρώτου σεισμού M7.8 σε σχέση με τις εκτιμώμενες/αναμενόμενες περιοχές γεωτεχνικών αστοχιών (USGS report) κατολισθήσεων (κίτρινο-καφέ χρώμα) και ρευστοποιήσεων (μώβ χρώμα).

Με βάση τα μεγέθη των 2 ισχυρών σεισμών η ρηξιγενής ζώνη εκτιμήθηκε σε μήκος μεγαλύτερο >100-150 km με αποτέλεσμα ένας μεγάλος αριθμός επιταχυνσιογραφημάτων να καταγραφεί από το Τουρκικό και άλλα γειτονικά δίκτυα. Οι χάρτες αισθητότητας της σεισμικής δόνησης των 2 κύριων σεισμών (M7.8 & 7.5), καταδεικνύουν ότι στην πλειόσειστη περιοχή κατά μήκος της Ανατολικής Ανατολίας (EAFZ) οι μέγιστες τιμές των εδαφικών επιταχύνσεων κυμάνθηκαν μέχρι 0.60-0.75 g (Πίνακες 1 & 2) για τους 2 κύριους σεισμούς (M7.8 & 7.5), πράγμα το οποίο μπορεί να αιτιολογήσει την επίδραση σημαντικών σεισμικών φορτίων στις κατασκευές των γειτονικών περιοχών (προσωπική επικοινωνία. Prs. Aysegul Askan & Zeynep Gulerce, METU). Φυσικά παρουσιάστηκε μία καταγραφή ισχυρής σεισμικής κίνησης με $PGA > 1.3 - 1.9$ g η οποία όμως οφειλόταν σε τεχνική βλάβη του συγκεκριμένου επιταχυνσιογράφου (Πιν.1 καταγραφή με κόκκινο χρώμα). Προκειμένου να επαληθευτούν οι υψηλές τιμές της ισχυρής σεισμικής κίνησης στην συγκεκριμένη σεισμογενή περιοχή μπορούν να παρατεθούν ερευνητικά στοιχεία από παλαιότερη Πιθανολογική Εκτίμηση της Σεισμικής Επικινδυνότητας (ΠΕΣΕ) για την ίδια περιοχή EAFZ, υιοθετώντας μοντέλα σεισμικών ρηγμάτων (Gulerce et al., 2017). Στο σχήμα (4) δίνεται το χρησιμοποιούμενο σύστημα διάρρηξης και η ενόργανη σεισμικότητα της περιοχής ($M \geq 4.5$), καθώς επίσης με κόκκινα τετράγωνα απεικονίζονται οι σεισμοί που συνδέονται άμεσα με το σύστημα διάρρηξης της EAFZ ενώ η γειτονική σεισμικότητα παρουσιάζεται με τους μωβ κύκλους.



Σχήμα 4. Το σύστημα διάρρηξης EAFZ και η ενόργανη σεισμικότητα της περιοχής ($M \geq 4.5$). Τα κόκκινα τετράγωνα απεικονίζουν τους σεισμούς που συνδέονται άμεσα με το σύστημα διάρρηξης της EAFZ ενώ η γειτονική σεισμικότητα παρουσιάζεται με τους μωβ κύκλους.

Στο σχήμα (5) δίδονται οι υπολογισμοί της ΠΕΣΕ για περίοδο επανάληψης $T_R = 475$ χρόνια και για 2 εδαφικές συνθήκες (α) $V_{s30} = 760$ m/s και (β) $V_{s30} = 1100$ m/s. Η καμπύλη της ισο-επιτάχυνσης για $PGA = 0.4$ g αναπαριστά την τιμή σχεδιασμού της υψηλότερης σεισμικής ζώνης του Τουρκικού Αντισεισμικού Κανονισμού (Turkish Earthquake Code, 2007). Φαίνεται λοιπόν ότι οι τιμές των PGA 0.5-0.6 g οι οποίες καταγράφηκαν από τους 2 πρόσφατους πολύ ισχυρούς σεισμούς υπερβαίνουν τις τιμές PGA των υψηλότερων ζωνών του Τουρκικού Αντισεισμικού Κανονισμού.



Σχήμα 5. ΠΕΣΕ για περίοδο επανάληψης $T_R=475$ χρόνια και για εδαφικές συνθήκες (α) $V_{s30}=760$ m/s και (β) $V_{s30}=1100$ m/s. Η καμπύλη της ισο-επιτάχυνσης για $PGA=0.4$ g αναπαριστά την τιμή σχεδιασμού της υψηλότερης σεισμικής ζώνης στον Τουρκικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Gulerce et al., 2017).

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΟΠΛΗΚΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Το φαινόμενο των **μαζικών αστοχιών** συνεχίζεται και θα διαρκέσει πολλούς μήνες με τους μετασεισμούς που γίνονται. Ο αριθμός των καταρρεύσεων είναι μεγάλος (>7000 κτηρίων) και τα κτήρια που κατέρρευσαν σχεδιάστηκαν με τους παλιούς κανονισμούς της Τουρκίας η και χωρίς αντισεισμικές διατάξεις. Οι επιταχύνσεις που βλέπουμε και στον επόμενο πίνακα 2 είναι πολύ μεγάλες για να μπορέσουν να παραληφθούν από κτήρια με πολύ υψηλή τρωτότητα.

Destroyed buildings in Iskenderun

Before



After



Source: Google, Getty

BBC

Collapsed building in Gaziantep

Before



After



TURKEY
Gaziantep

Source: Google, Getty

BBC

Παραπάνω βλέπουμε χαρακτηριστικές εικόνες από κτήρια που κατέρρευσαν στην επικεντρική περιοχή. Η πάνω εικόνα είναι πριν τον σεισμό και η κάτω εικόνα μετά την καταστροφή. Οι δυο περιοχές είναι οι περιοχές Iskenderun και Gaziantep, όπου έχουμε μαζικές καταρρεύσεις κτηρίων.

Πίνακας 1. Μέγιστες τιμές εδαφικών επιταχύνσεων από τον κύριο σεισμό M7.8 σε διάφορες θέσεις της σεισμόπληκτης περιοχής (AFAD Techn. Rept).

Κωδικός Οργ.	R(km)	PGA(NS)g	PGA(EW)g	PGA(Z) g
4615	18	0.588	0.556	0.665
NAR	19	0.647	0.579	0.399
4629	24	0.337	0.247	0.122
4632	25	0.353	0.286	0.188
4614	35	1.949	1.967	1.353
4624	36	0.354	0.313	0.156
4611	60	0.339	0.311	0.165
3144	74	0.611	0.763	0.452
3137	79	0.453	0.848	0.502
3145	88	0.600	0.696	0.663
3139	92	0.577	0.505	0.379
3142	103	0.647	0.750	0.506
3146	111	0.484	0.347	0.341
201	122	0.474	0.880	0.319
3124	136	0.572	0.638	0.578
3123	139	0.655	0.594	0.868
3132	139	0.515	0.515	0.354
3131	141	0.363	0.366	0.154
3136	144	0.534	0.402	0.220

Πίνακας 2. Μέγιστες τιμές εδαφικών επιταχύνσεων από τον κύριο σεισμό M7.5 σε διάφορες θέσεις της σεισμόπληκτης περιοχής (AFAD Techn. Rept).

Κωδικός Οργ.	R(km)	PGA(NS)g	PGA(EW)g	PGA(Z) g
4611	38	0.193	0.135	0.072
4409	57	0.214	0.150	0.062
4612	67	0.638	0.523	0.373
213	69	0.119	0.127	0.070
4406	70	0.428	0.373	0.286
3802	77	0.194	0.219	0.118
NAR	78	0.134	0.099	0.057
129	92	0.150	0.166	0.081
4410	95	0.112	0.125	0.051
4412	100	0.157	0.125	0.076
4405	101	0.137	0.150	0.083
131	102	0.394	0.319	0.079
141	161	0.079	0.189	0.074

Ευχαριστίες

Ευχαριστίες στις δύο εξαιρετικές καθηγήτριες συναδέλφους μηχανικούς του METU (Middle East Technical University of Ankara Turkey) Pr. Aysegul Askan και Pr. Zeynep Gulerce, για την βοήθεια και τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Αναφορές

Gulerce, Z., S. Tanvir-Shah, A. Menekse, A. Arda-Ozakar, N. Kaymakci and K. O. Cetin. (2017). Probabilistic Seismic Hazard Assessment for East Anatolia Fault Zone Using Planar Fault Source Models. Bulletin Seismological Society of America, 107, 5, 2353-2366.

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



Turkish Earthquake Code (2007). Specifications for Structures to be Built in Disaster Areas,
Ministry of Public Works and Settlements, Ankara, Turkey.