



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 ΖΑΚΡΟΥ

Μ 6.3 της 12/10/2021

**ΣΥΝΤΟΜΗ ΕΚΘΕΣΗ ΤΗΣ
ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ ΙΤΣΑΚ
ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021



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





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

Θεοδουλίδης Νικόλαος, Δρ Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών
Καρακώστας Χρήστος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Διευθυντής Ερευνών
Κωνσταντινίδου Κυριακή, Πληροφορικός MSc
Λεκίδης Βασίλειος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Διευθυντής Ερευνών
Μάκτρα Κωνσταντία, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Κύρια Ερευνήτρια
Μάργαρης Βασίλειος, Δρ Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών
Μορφίδης Κωνσταντίνος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Εντεταλμένος Ερευνητής
Παπαϊωάννου Χρήστο, Δρ Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών
Πεταλά Ζωή, Δρ Πολιτικός Μηχανικός
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 (2021). ΣΕΙΣΜΟΣ ΖΑΚΡΟΥ Μ 6.3 της 12/10/2021: Σύνομη Έκθεση Της Ανάλυσης Καταγραφών του Δικτύου Επιταχυνσιογράφων του ΙΤΣΑΚ και Βλάβες στο Φυσικό και Δομημένο Περιβάλλον, Μονάδα Έρευνας ΙΤΣΑΚ, Θεσσαλονίκη, σελ. 8



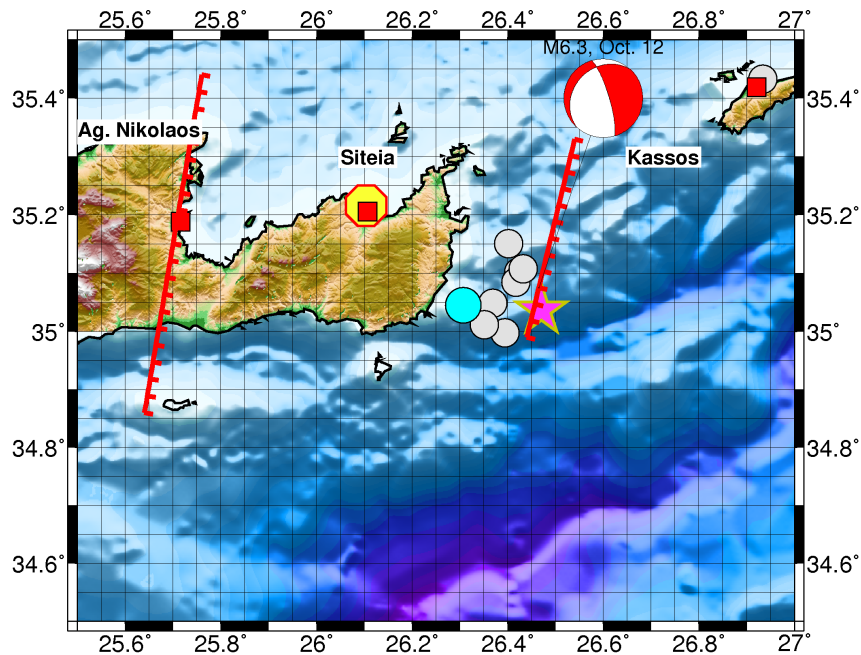
1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Την 12^η Οκτωβρίου 2021 και ώρα Ελλάδας 09:14 σημειώθηκε στην Ανατολική Κρήτη σφοδρή σεισμική δόνηση μεγέθους **M6.3** (NOA, GFZ). Σύμφωνα με την ανακοίνωση του Εθνικού Σεισμογραφικού Δικτύου (HUSN) επρόκειτο για επιφανειακό ($h \sim 8$ km) σεισμό με το επίκεντρο του να εντοπίζεται στο θαλάσσιο χώρο Ανατολικά του Ζάκρου (Κρήτη). Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του επίκεντρου όπως δίνονται από το HUSN, είναι 35.0748°B 26.4651°A . Η υψηλότερη Μακροσεισμική Ένταση παρατηρήθηκε στην περιοχή των ανατολικών ακτών της Σητείας και είχε τιμή $I_{MM} = \text{VIII}+-\text{IX}$. Ο σεισμός έγινε επίσης αισθητός στα νησιά του νοτίου και ανατολικού Αιγαίου μέχρι και σε περιοχές της Αττικής, Πελοποννήσου, στα νοτιοανατολικά παράλια της Τουρκίας, τη Κύπρο αλλά και στο Κάιρο και την Αλεξάνδρεια.

Η χωρική κατανομή των επίκεντρων του κύριου σεισμού και των μετασεισμών μέχρι τη 13^η Οκτωβρίου στο χάρτη του σχήματος (1). Στον ίδιο χάρτη φαίνονται και τα ρήγματα της ευρύτερης περιοχής μεταξύ των οποίων και το ρήγμα του Ζάκρου (Παπαζάχος & Παπαζάχου, 2003) ανατολικά της Κρήτης.

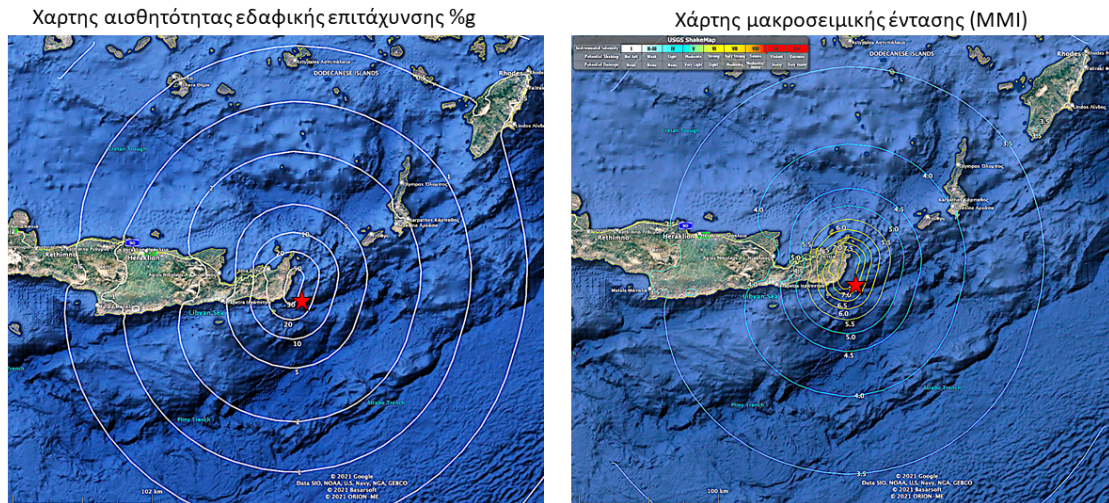
Από το σχήμα (1a) φαίνεται η καλή συμφωνία του ρήγματος με τη κατανομή των μετασεισμών και των λύσεων του μηχανισμού γένεσης).

Οι πλησιέστερες ενοργανωμένες θέσεις με επιταχυνσιογράφους της Μονάδας ΙΤΣΑΚ είναι στη πόλη της Σητείας με ένα όργανο συνεχούς λειτουργίας το οποίο κατέγραψε μέγιστη τιμή εδαφικής επιτάχυνσης $36\%g$ σε εδαφική κατηγορία C ενώ ένα δεύτερο όργανο εγκατεστημένο σε εδαφική κατηγορία B κατέγραψε μέγιστη επιτάχυνση $31\%g$.



Σχήμα 1. Γεωγραφική κατανομή του επίκεντρου (κόκκινο άστρο) του κύριου σεισμού και των μετασεισμών για τις πρώτες 8 ώρες. Ο μηχανισμός γένεσης από δύο κέντρα δίνεται επίσης.

Στο σχήμα (2) δίνεται ο χάρτης αισθητότητας, ο οποίος βασίστηκε βασίσθηκε στις σχέσεις πρόβλεψης της σεισμικής δόνησης των Boore et al. (2020) και σε καταγραφές επιταχυνσιογράφων του ΙΤΣΑΚ στην Κρήτη. Με βάση το μέγεθος του σεισμού το ρήγμα εκτιμήθηκε με μήκος $\sim 20\text{km}$ και πλάτος $\sim 10\text{km}$. Τα στοιχεία της σεισμικής πηγής βασίσθηκαν και στο μηχανισμό γένεσης του σεισμού (ΑΥΤΗ, seismological station Thessaloniki, Isola s/w).

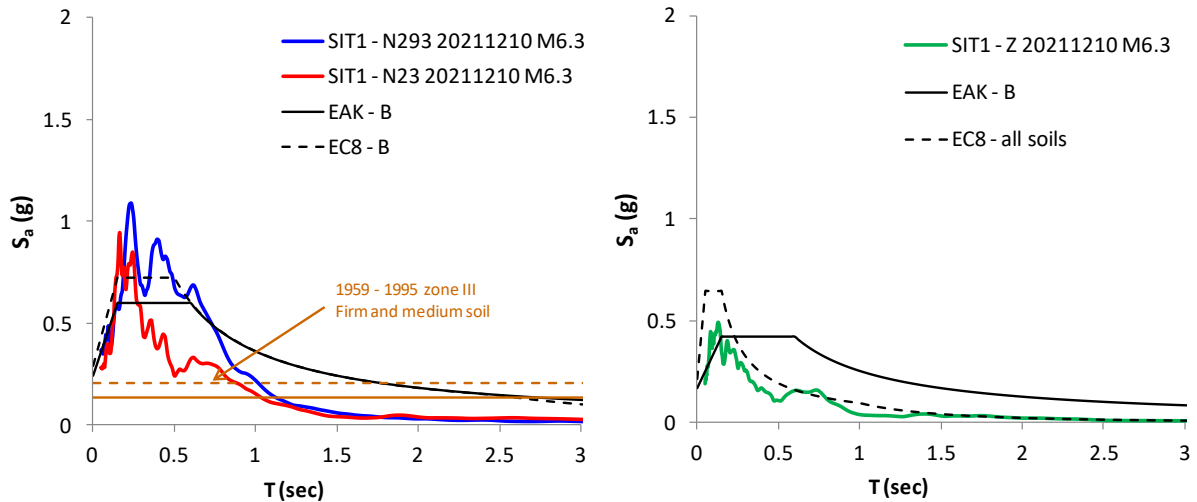


Σχήμα 2. Χάρτες αισθητότητας του σεισμού της 12^{ης} Οκτωβρίου με παράμετρο την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (αριστερά) και μακροσεισμική ένταση (δεξιά)

Ο χάρτης αισθητότητας σεισμικής δόνησης του κυρίου σεισμού (M6.3), σε όρους μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης %g, δείχνει ότι αυτή στην πλειόσειστη περιοχή των ακτών της Ανατολικής Κρήτης έφθασε σε τιμές 50%g, ενώ δυτικότερα και μέχρι τη Σητεία κυμάνθηκε μεταξύ 0.20g - 0.50g. Η ενόργανη μακροσεισμική ένταση (MMI) εκτιμήθηκε στα ανατολικά παράλια της Κρήτης σε 7.5 με σταδιακή απομείωση μέχρι την Σητεία σε 6.0-6.5. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε ικανοποιητική συμφωνία με τις πρώτες δημοσιευμένες πληροφορίες για τις βλάβες που προκάλεσε ο κύριος σεισμός στο δομημένο περιβάλλον της Ανατ. Κρήτης. Με την ολοκλήρωση των αυτοψιών θα επανεκτιμηθεί η προαναφερόμενη συσχέτιση.

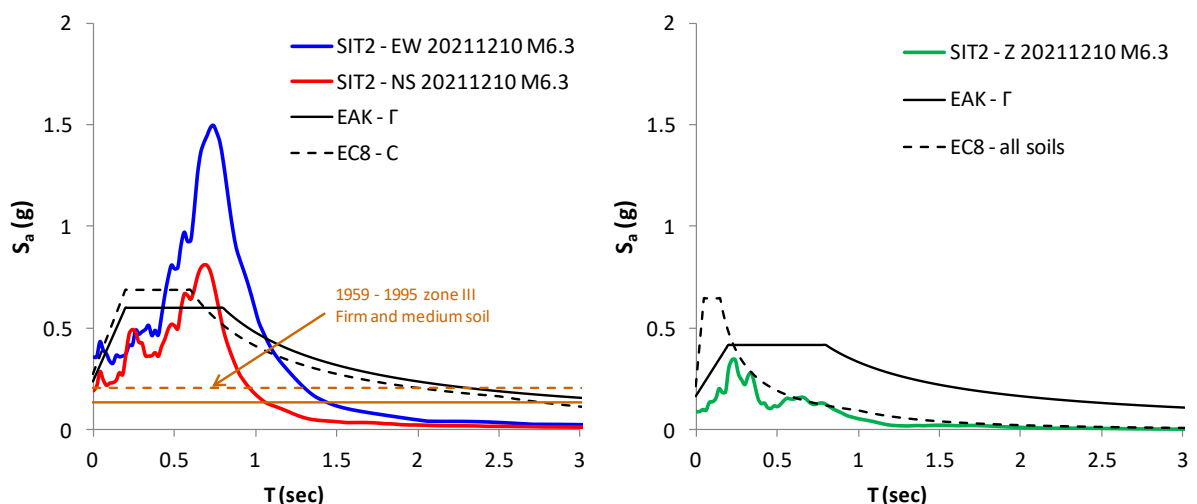
2. ΦΑΣΜΑΤΑ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στο Σχήμα 3 συγκρίνονται τα απόλυτα φάσματα ελαστικής απόκρισης από τις καταγραφές επιτάχυνσης του σεισμού M 6.3 της 12^{ης} Οκτωβρίου 2021 στη θέση SIT1 με τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού των κανονισμών ΕΑΚ και EC8 για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II ($A=a_g=0.24g$), στην οποία ανήκει η περιοχή, και εδαφική κατηγορία Β κατά ΕΑΚ και EC8 που συνάδει με τη γεωλογία στην περιοχή του σταθμού SIT1. Στο ίδιο σχήμα έχουν επίσης σημειωθεί και οι (ανεξάρτητοι της περιόδου του κτιρίου) σεισμικοί συντελεστές που προέβλεπαν ο Ελληνικοί Αντισεισμικοί Κανονισμοί του 1959 και του 1985 με ισχύ μέχρι το 1995.



Σχήμα3 Σύγκριση απόλυτων φασμάτων ελαστικής απόκρισης μεταξύ καταγραφών επιτάχυνσης του σεισμού M 6.3 της 12^{ης} Οκτωβρίου 2021 στη θέση SIT1 ($V_{s30} \sim 530$ m/s) και κανονισμών για ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης 5%: Οριζόντιες συνιστώσες (αριστερά) και κατακόρυφη (δεξιά)

Οι αντίστοιχες συγκρίσεις για τις καταγραφές στην θέση SIT2 δίνονται στο Σχήμα 4 για εδαφική κατηγορία Γ κατά EAK και C κατά EC8 που συνάδει με τη γεωλογία στην θέση του σταθμού SIT2. Παρατηρείται ότι οι απόλυτες φασματικές τιμές των οριζοντίων συνιστωσών (κυρίως της EW συνιστώσας) υπερβαίνουν τις κανονιστικές δράσεις σε ένα εύρος περιόδων από 0.5sec έως 1.0 sec ενώ στην κατακόρυφη συνιστώσα το ελαστικό φάσμα της καταγραφής καλύπτεται από τα κανονιστικά. Οι μέγιστες φασματικές επιταχύνσεις της τάξης των 1.5g και 0.8g στην EW και NS συνιστώσα, αντίστοιχα, παρατηρούνται κοντά στο 0.75 sec. Αξίζει να σημειωθεί η μετακίνηση των μέγιστων φασματικών τιμών σε μεγαλύτερες περιόδους σε σχέση με την θέση SIT1.



Σχήμα 4 Σύγκριση απόλυτων φασμάτων ελαστικής απόκρισης μεταξύ καταγραφών επιτάχυνσης του σεισμού M 6.3 της 12^{ης} Οκτωβρίου 2021 στη θέση SIT2 ($V_{s30} \sim 230$ m/s) και κανονισμών για ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης 5%: Οριζόντιες συνιστώσες (αριστερά) και κατακόρυφη (δεξιά)

3 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Όπως προκύπτει από το φάσμα επιταχύνσεων της κύριας σεισμικής διέγερσης (Σχήμα 4) τα κτήρια που δεχτήκαν την μεγαλύτερη σεισμική φόρτιση ήταν τα πολυώροφα και εκείνες οι κατασκευές με σχετικά μεγάλη ιδιοπερίοδο ταλάντωσης, σε περιοχές με χαλαρές εδαφικές αποθέσεις. Τα κτήρια όμως της ευρύτερης επικεντρικής περιοχής στην ανατολική Κρήτη είναι χαμηλού ύψους ενός έως τρεις ορόφους και κατά κανόνα τοιχοπληρωμένα. Επομένως έχουν μικρές θεμελιώδεις ιδιοπεριόδους και αυτός είναι ο βασικός λόγος για τον οποίον αποκρίθηκαν επαρκώς στην σεισμική δράση. Επιπλέον, από το φάσμα επιταχύνσεων παρατηρούμε ότι για χαμηλές ιδιοπεριόδους το φάσμα σχεδιασμού του ΕΑΚ (αλλά και του EC8) καλύπτει σε ικανοποιητικό βαθμό το αντίστοιχο φάσμα της σεισμικής διέγερσης και για τις δύο συνιστώσες της. Ως εκ τούτου οι αναμενόμενες βλάβες για κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος με χαμηλές θεμελιώδεις ιδιοπεριόδους και σχεδιασμένα με αυτούς του κανονισμούς είναι – όπως και παρατηρήθηκε – ελάχιστες.

Στην πόλη της Σητείας δεν αναφέρθηκαν σοβαρές βλάβες στα κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος παρά μόνο δευτερεύουσες βλάβες σε κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία και με ακατέργαστους ή ημικατεργασμένους λίθους με αργιλοκονίαμα.

Στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Κρήτης που επλήγη από τους σεισμούς οι τύποι των κατασκευών που συναντούνται είναι παρόμοιοι σε κάθε οικισμό. Τα ευάλωτα κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία διακρίνονται σε :

- α) Κτήρια από ακατέργαστους ή ημικατεργασμένους λίθους με αργιλοκονίαμα.
- β) Κτήρια από αποξηραμένους ωμόπλινθους με αργιλοκονίαμα (πολύ λίγα).
- γ) Κτήρια από ημικατεργασμένους ή κατεργασμένους λίθους με αργιλοκονίαμα ή/και ασβεστοκονίαμα.
- δ) Μνημειακές κατασκευές και άλλα κτήρια πολιτιστικής κληρονομιάς από φέρουσα τοιχοποιία.

Στα παραπάνω κτήρια εμφανίστηκαν ρηγματώσεις στον φέροντα οργανισμό, όμως μικρής έκτασης και έντασης. Μια άλλη σημαντική παρατήρηση που συνηγορεί στην εικόνα των παρατηρούμενων βλαβών είναι ότι παρά το γεγονός ότι οι καταγραφόμενες επιταχύνσεις στην πόλη της Σητείας είναι σημαντικές (36%g), η διάρκεια της δόνησης ήταν πολύ μικρή της τάξης των 4 sec.



Σχήμα 5. Καταστροφή της εκκλησίας του Αγίου Νικολάου (Δεξιά Πριν το σεισμό & Αριστερά μετά)



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



Στην περιοχή κοντά στο επίκεντρο υπάρχουν μικρής έκτασης βλάβες και κατολισθήσεις. Χαρακτηριστική η κατάρρευση της εκκλησίας του Αγίου Νικολάου στον Ξερόκαμπο, από ακατέργαστους λίθους με αργιλοκονίαμα πολύ χαμηλής συνεκτικότητας (Σχήμα 5).

Τελικώς η εικόνα μακροσκοπικής απόκρισης των κατασκευών είναι πολύ καλή στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Κρήτης και έτσι αυτό θα διευκολύνει τη μετασεισμική διαχείριση του σεισμικού συμβάντος.