



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
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 Ν. ΙΟΝΙΟΥ Μ 6.8 ΤΗΣ 26/10/2018

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ ΙΤΣΑΚ
ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2018



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
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

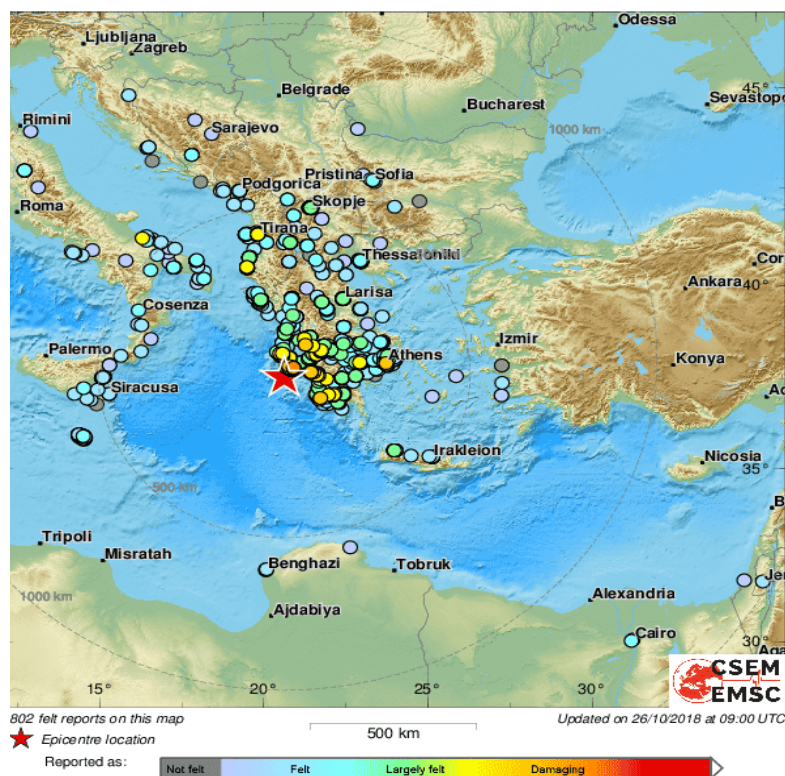
Θεοδουλίδης Νικόλαος, Δρ Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών
Καρακώστας Χρήστος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Διευθυντής Ερευνών
Κωνσταντινίδου Κυριακή, Πληροφορικός MSc
Λεκίδης Βασίλειος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Διευθυντής Ερευνών
Μάκρα Κωνσταντία, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Κύρια Ερευνήτρια
Μάργαρης Βασίλειος, Δρ Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών
Μορφίδης Κωνσταντίνος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Εντεταλμένος Ερευνητής
Παπαϊωάννου Χρήστο, Δρ Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών
Ροβίθη 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.

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

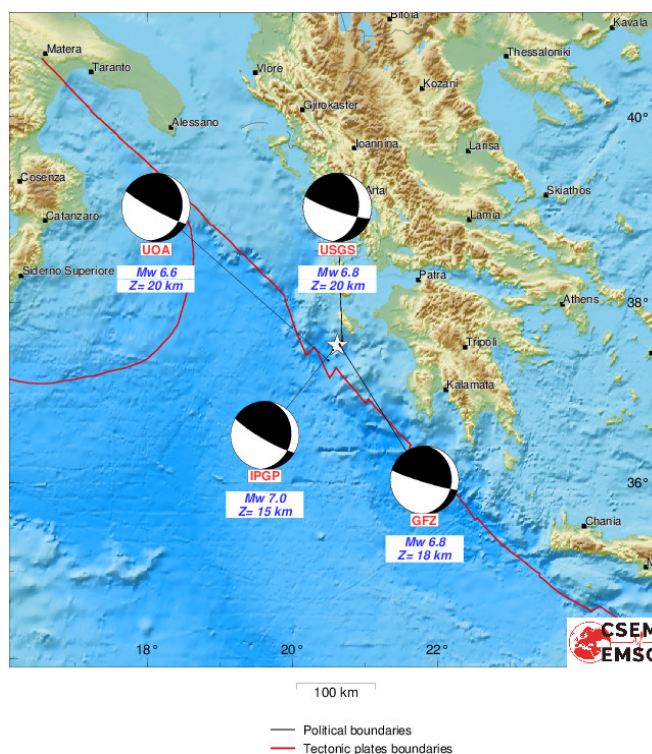
Την 26^η Οκτωβρίου 2018 και ώρα Ελλάδα 01:54 σημειώθηκε στην περιοχή του Νοτίου Ιονίου σφοδρή σεισμική δόνηση μεγέθους **M6.8** (USGS, GFZ). Σύμφωνα με την ανακοίνωση του Εθνικού Σειсмоγραφικού Δικτύου επρόκειτο για επιφανειακό ($h \sim 15$ km) σεισμό με το επίκεντρο του να εντοπίζεται στο θαλάσσιο χώρο νοτιοδυτικά της Ζακύνθου. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του επίκεντρου όπως δίνονται από το EMSC, είναι 37.53°B 20.62°A (<https://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=720235#>).

Η χωρική κατανομή των αποτελεσμάτων της σεισμικής κίνησης (ποιοτική εκτίμηση) σύμφωνα με την απόκριση των κατοίκων της ευρύτερης εστιακής περιοχής φαίνεται στον χάρτη του σχήματος 1. Το άστρο στον χάρτη παριστάνει τη θέση του επίκεντρου. Το χρώμα και το μέγεθος των κύκλων αντιστοιχούν στην τιμή της μακροσεισμικής έντασης σύμφωνα με το υπόμνημα. Η υψηλότερη Μακροσεισμική Ένταση παρατηρήθηκε στην περιοχή των νοτίων ακτών της Ζακύνθου και είχε τιμή $I_{MM}=VI+$. Ο σεισμός έγινε επίσης έντονα αισθητός σε περιοχές της Ηλείας, Αχαΐας και Μεσσηνίας. Η δόνηση έγινε αισθητή μέχρι την Αττική, Κρήτη, Θεσσαλία, Μακεδονία, Αλβανία, Δαλματικές ακτές, τη Νότια Ιταλία και σε παράκτιες περιοχές της ΝΔ Τουρκίας.



Σχήμα 1. Γεωγραφική κατανομή των μακροσεισμικών εντάσεων σύμφωνα με την απόκριση των κατοίκων (Πηγή EMSC-CSEM).

Οι λύσεις του μηχανισμού γένεσης του σεισμού της 26^{ης} Οκτωβρίου δείχνουν ότι ο σεισμός σχετίζεται με ένα ανάστροφο ρήγμα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ με σημαντική διεύθυνση ολίσθησης. Στο σχήμα 2 δίνονται οι μηχανισμοί όπως καθορίστηκαν από διάφορα διεθνή και ελληνικά σεισμολογικά δίκτυα και στον Πίνακα I οι παράμετροι των αντίστοιχων μηχανισμών γένεσης.



Σχήμα. 2. Γραφική παρουσίαση των λύσεων των μηχανισμών γένεσης του σεισμού της 26^{ης} Οκτωβρίου 2018 στη Ζάκυνθο.

Πίνακας Ι. Λύσεις του μηχανισμού γένεσης του κύριου σεισμού της ακολουθίας

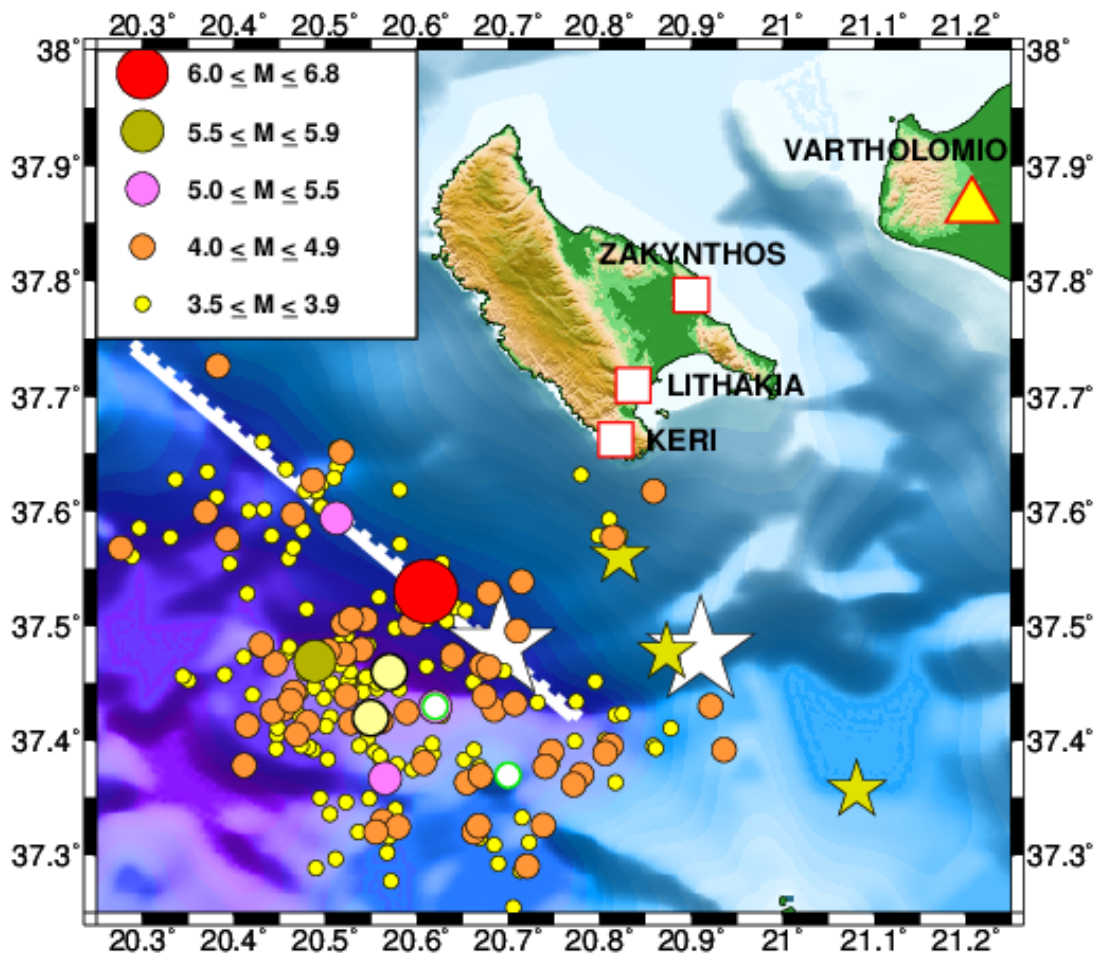
ΕΠΙΠΕΔΟ ΡΗΓΜΑΤΟΣ 1			ΕΠΙΠΕΔΟ ΡΗΓΜΑΤΟΣ 2			ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
ζ°	δ°	λ°	ζ°	δ°	λ°	
107	85	68	5	23	167	GFZ
120	81	67	10	24	158	IPGP
119	84	66				UoA
109	81	51	8	38	166	USGS

Με βάση τις παραμέτρους του μηχανισμού γένεσης του Πίνακα Ι συνάγεται ότι ο σεισμός της 26^{ης} Οκτωβρίου σχετίζεται με τη ζώνη ανάστροφων ρηγμάτων (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003) κατά μήκος της Ελληνικής Τάφρου. Σύμφωνα με τους Papazachos and Delibasis (1969), βασικό γνώρισμα της ζώνης αυτής είναι τα ανάστροφα ρήγματα τα οποία κλίνουν από τη Μεσόγειο θάλασσα προς το ιζηματογενές τμήμα του Ελληνικού Τόξου, δηλαδή από τη Μεσόγειο (κυρτό μέρος) προς το Αιγαίο (κοίλο μέρος). Οι Παπαζάχος και Παπαζάχου (2003) πρότειναν ως γεωμετρικά χαρακτηριστικά για το τυπικό ρήγμα των σεισμών της ζώνης $\zeta=300^\circ$, $\delta=23^\circ$ και $\lambda=101^\circ$. Δηλαδή τα ρήγματα αυτά, όπως και του σεισμού της 26.10.2018, είναι ανάστροφα με βορειοδυτική παράταξη και βορειοανατολική κλίση. Οφείλονται, δε, στη σύγκλιση μεταξύ της Αφρικανικής και Ευρασιατικής πλάκας κατά την οποία η πρώτη καταδύεται κάτω από τη δεύτερη και ιδιαίτερα στην εφίππευση της μικροπλάκας του Αιγαίου πάνω στην Αφρικανική. Εκτός από τη λύση του UoA οι λοιποί

μηχανισμοί είναι σχεδόν ταυτόσημοι (επίπεδο ρήγματος 2) συμφωνώντας με το τυπικό ρήγμα των Παπαζάχος και συν. (2001) και Παπαζάχου και Παπαζάχου (2003).

2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΕΤΑΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ

Η κατανομή των σεισμών με μέγεθος $M \geq 3.5$ μέχρι 8.11.2018 δίνονται στο χάρτη του σχήματος 3. Τα δεδομένα προέρχονται από τη ιστοσελίδα του ΓΙ του Εθνικού Αστεροσκοπείου (<http://bbnet.gein.noa.gr/HL/seismicity/catalogues/manual-alerts>). Συγκεκριμένα ο χάρτης του σχήματος 3 δίνει τη κατανομή των μετασεισμών της τελευταίας ακολουθίας (κύκλοι) αλλά και των ισχυρότερων ($M \geq 5.0$) σεισμών της ακολουθίας του 1997 (άστρα). Από την κατανομή των μετασεισμών φαίνεται ότι το σεισμογόνο ρήγμα της ακολουθίας του Οκτωβρίου 2018 σχετίζεται με το ρήγμα της Ζακύνθου, το οποίο έχει μήκος 55 km (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003).

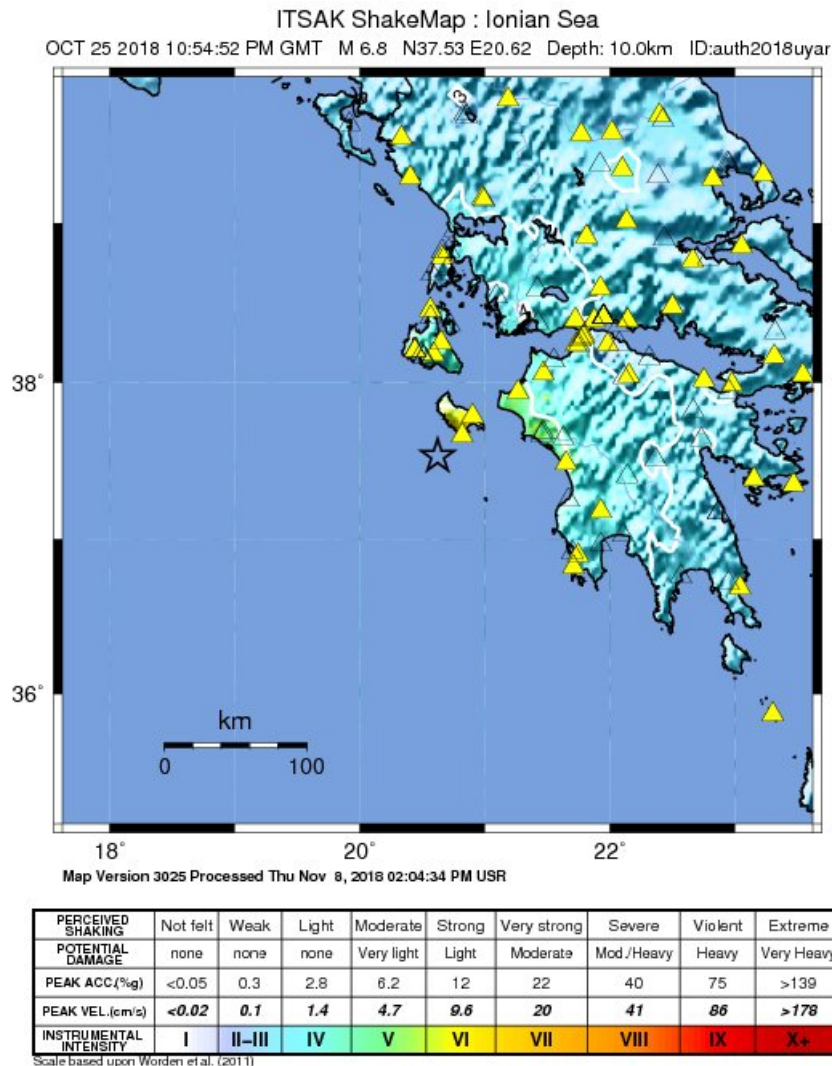


Σχήμα 3. Χωρική κατανομή των σεισμών με μέγεθος $M \geq 3.5$ μέχρι 8.11.2018 και με κόκκινο κύκλο το επίκεντρο του κυρίως σεισμού ($M 6.8$). Τα άστρα παριστάνουν τα επίκεντρα των σεισμών με μέγεθος $M \geq 5.0$ της ακολουθίας του σεισμού της 18ης Νοεμβρίου 1997. Υπάρχει καλή συσχέτιση με το ρήγμα της Ζακύνθου (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003). Τα άστρα τετράγωνα και το κίτρινο τρίγωνο παριστάνουν θέσεις επιταχυνσιογράφων.



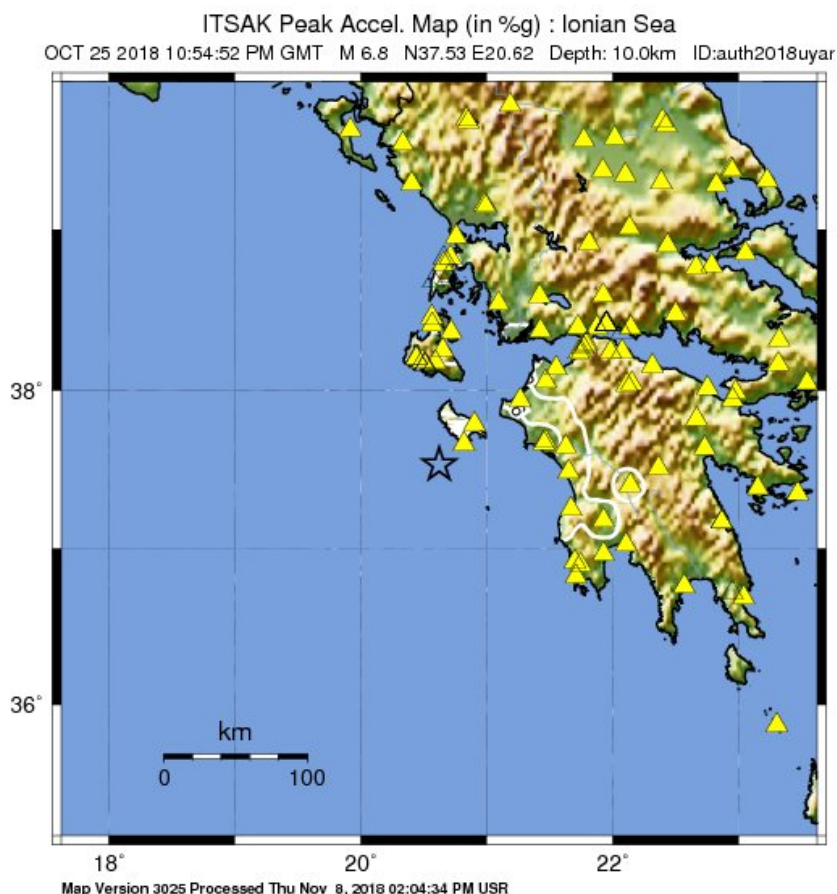
3. ΧΑΡΤΕΣ ΑΙΣΘΗΤΟΤΗΤΑΣ ΙΤΣΑΚ

Η Μονάδα Έρευνας ΙΤΣΑΚ του ΟΑΣΠ διαθέτει ένα πυκνό δίκτυο επιταχυνσιογράφων (<https://doi.org/10.7914/SN/HI>) συνεχούς λειτουργίας με σκοπό την αδιάλειπτη 24/7 καταγραφή της σεισμικής κίνησης ανά τον ελληνικό χώρο. Οι επιταχυνσιογράφοι είναι τύπου CMG-5TDE της Guralp Systems Ltd, οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με επιταχυνσιόμετρα ευρέως φάσματος, καταγραφείς ανάλυσης 24 bits, σύστημα απόλυτου χρόνου (GPS) και μεταβιβάζουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στις εγκαταστάσεις του ΙΤΣΑΚ στη Θεσσαλονίκη. Με βάση τις καταγραφές του δικτύου επιταχυνσιογράφων αλλά και σε συνδυασμό με εμπειρικές σχέσεις εκτίμησης, παράγονται **αυτόματα** και σε **σχεδόν πραγματικό χρόνο** οι χάρτες αισθητότητας (shakemaps) (βλ. Προκαταρκτική έκθεση). Στα σχήματα 4 & 5 παρουσιάζονται αντίστοιχοι χάρτες αισθητότητας οι οποίοι παράχθηκαν σε δεύτερο χρόνο μετά την ενσωμάτωση και των καταγραφών του δικτύου επιταχυνσιογράφων του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΓΙ/ΝΟΑ).



Σχήμα 4. Κατανομή της Μακροσεισμικής έντασης με βάση την επεξεργασία των καταγραφών του δικτύου επιταχυνσιογράφων ΙΤΣΑΚ και ΓΙ/ΝΟΑ σε συνδυασμό με εμπειρικές σχέσεις εκτίμησης. Το άστρο δίνει το επίκεντρο του σεισμού ενώ τα τρίγωνα τις θέσεις των επιταχυνσιογράφων όπου καταγράφηκε η σεισμική κίνηση.

Η ποιοτική σύγκριση της κατανομής της ενόργανης μακροσεισμικής έντασης (Σχήμα 4) με εκείνη που προέκυψε από τις αντίστοιχες σύμφωνα με την απόκριση πολιτών (Σχήμα 1) είναι ικανοποιητική με ελάχιστες εξαιρέσεις σε μεγάλες κυρίως επικεντρικές αποστάσεις.



Σχήμα 5. Κατανομή της Μέγιστης Εδαφικής Επιτάχυνσης με βάση την επεξεργασία των καταγραφών του δικτύου επιταχυνσιογράφων ΙΤΣΑΚ και ΓΙ/ΝΟΑ σε συνδυασμό με εμπειρικές σχέσεις εκτίμησης. Το άστρο δίνει το επίκεντρο του σεισμού ενώ τα τρίγωνα τις θέσεις των επιταχυνσιογράφων όπου καταγράφηκε η σεισμική κίνηση.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ Μ 6.8 ΤΗΣ 26^{ΗΣ} ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2018

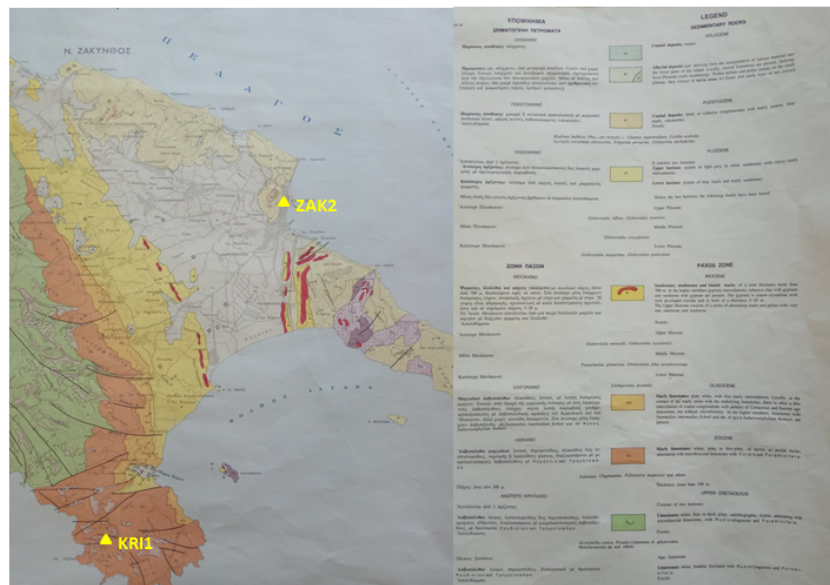
Στο νησί της Ζακύνθου υπάρχουν εγκατεστημένοι από το ΙΤΣΑΚ δύο (2) επιταχυνσιογράφοι ο ένας στην πόλη της Ζακύνθου (ΖΑΚ2) και ο δεύτερος στο Κερί (ΚΡΙ1) στη νότια Ζάκυνθο σε αποστάσεις 30 km και 25 km αντίστοιχα από την πηγή.

4.1 Γεωλογικά, γεωτεχνικά και γεωφυσικά δεδομένα των σταθμών ΖΑΚ2 και ΚΡΙ1

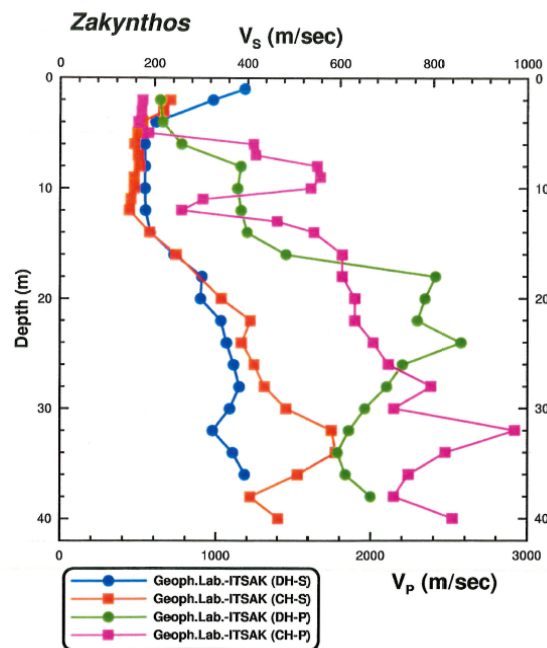
Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (φύλλο Νήσος Ζάκυνθος, Κλ. 1:50.000 – Σχήμα 6) στη θέση ΖΑΚ2 συναντώνται σύγχρονες αλλουβιακές προσχώσεις, ήτοι αμμώδεις άργιλοι και αργιλολιείς χαμηλής κυρίως πλαστικότητας μέσης συνεκτικότητας και εναλλαγές

αμμωδών στρώσεων χαλαρής και μέσης πυκνότητας ενώ στην θέση KRI1 ο βασικός τύπος γεωλογικής δομής είναι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι.

Από γεωφυσικές δοκιμές εντός γεωτρήσεων (Cross-Hole, CH, και Downhole, DH) που υλοποιήθηκαν σε παρακείμενη οδό του ΟΤΕ Ζακύνθου (θέση ZAK2) στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος (ΟΑΣΠ 2004) προέκυψε η κατανομή της ταχύτητας V_s των διατμητικών κυμάτων με το βάθος που δίνεται στο Σχήμα 7. Για την εκτίμηση της ταχύτητας V_s στη θέση KER1, λήφθηκαν υπόψη πρόσφατες έρευνες που συσχετίζουν την ταχύτητα V_s με την γεωλογία και την κλίση του εδαφικού ανάγλυφου (Stewart et al. 2014).



Σχήμα 6: Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ (φύλλο Νήσος Ζάκυνθος, Κλ. 1:50.000)



Σχήμα 7: Μεταβολή με το βάθος των ταχυτήτων των P και S κυμάτων από μετρήσεις πεδίου DH και CH (ερ. Πρόγραμμα - ΟΑΣΠ 2004)



Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, στον Πίνακα ΙΙ δίνονται οι σημαντικότερες παράμετροι που αφορούν τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και την εκτίμηση της εδαφικής κατηγοριοποίησης στις θέσεις ΚΡΙ1 και ΖΑΚ2 κατά ΕΑΚ (Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό) και EC8 με βάση τις οποίες ακολουθεί σύγκριση των ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού με τα αντίστοιχα των καταγραφών.

Πίνακας ΙΙ: Παράμετροι που αφορούν τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και την εκτίμηση της εδαφικής κατηγοριοποίησης στις θέσεις ΚΡΙ1 και ΖΑΚ2 κατά ΕΑΚ και EC8

ΣΤΑΘ ΜΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΖΩΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔ/ΤΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ EC8	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΕΑΚ
ZAK2	ΟΤΕ Ζακύνθου (37.7879°Β, 20.9000°Α) (Απόσταση από την πηγή: 30.2 km)	III $A=a_{g,R} = 0.36g$	C ($V_{s30,m} =$ 200-250 m/s)	Γ
KRI1	Κερί (νότια Ζάκυνθος) (37.6622°Β, 20.8172°Α) (Απόσταση από την πηγή: 25.0 km)	III $A=a_{g,R} = 0.36g$	B ($V_{s30,p} =$ 500-550 m/s)	B

$V_{s30,m}$: βασίστηκε σε επί τόπου μετρήσεις της ταχύτητας διάδοσης των S κυμάτων (V_s)

$V_{s30,p}$: βασίστηκε σε συσχετίσεις της V_s με τη γεωλογία και την κλίση του εδαφικού αναγλύφου (Stewart et al. 2014).

4.2 Παρουσίαση των καταγραφών στους σταθμούς ΖΑΚ2 και ΚΕΡ1

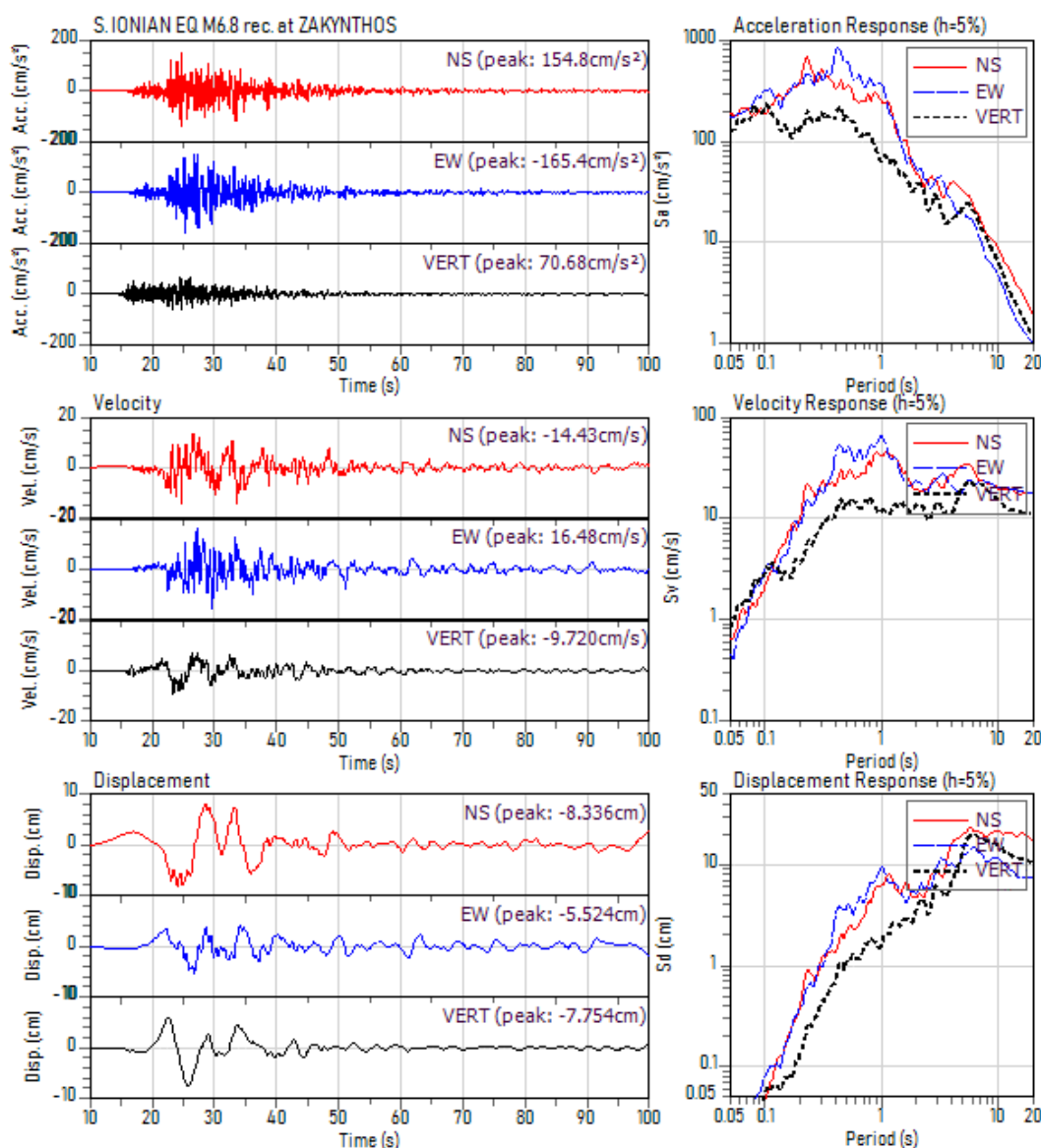
Η ανάλυση των επιταχυνσιογραμμάτων έγινε με βάση το λογισμικά SCREAM & ART3 της εταιρείας Guralp & VIEWwave (Kashima, 2016). Τα αποτελέσματα από την ανάλυση των επιταχυνσιογραμμάτων από το σεισμό της 26^{ης} Οκτωβρίου στις θέσεις ΖΑΚ2 και ΚΡΙ1 στο νησί της Ζακύνθου δίνονται στον Πίνακα ΙΙΙ οι μέγιστες τιμές εδαφικής επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης, στα σχήματα 8 και 9 οι χρονοϊστορίες επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης και τα αντίστοιχα φάσματα απόκρισης για ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης $\zeta=5\%$ στις θέσεις ΖΑΚ2 και ΚΡΙ1. Η ένταση Arias και η χρονική διάρκεια της ισχυρής σεισμικής κίνησης δίνονται στο Σχήμα 10, ενώ τα φάσματα πλάτους Fourier και η γωνιακή συχνότητα f_c στο Σχήμα 11. Τέλος, στο σχήμα 12 δίνεται η σωματιδιακή κίνηση (particle motion) για τις δύο καταγραφές.

Οι σημαντικότερες παρατηρήσεις στα αποτελέσματα της ανάλυσης των καταγραφών συνοψίζονται ως εξής:

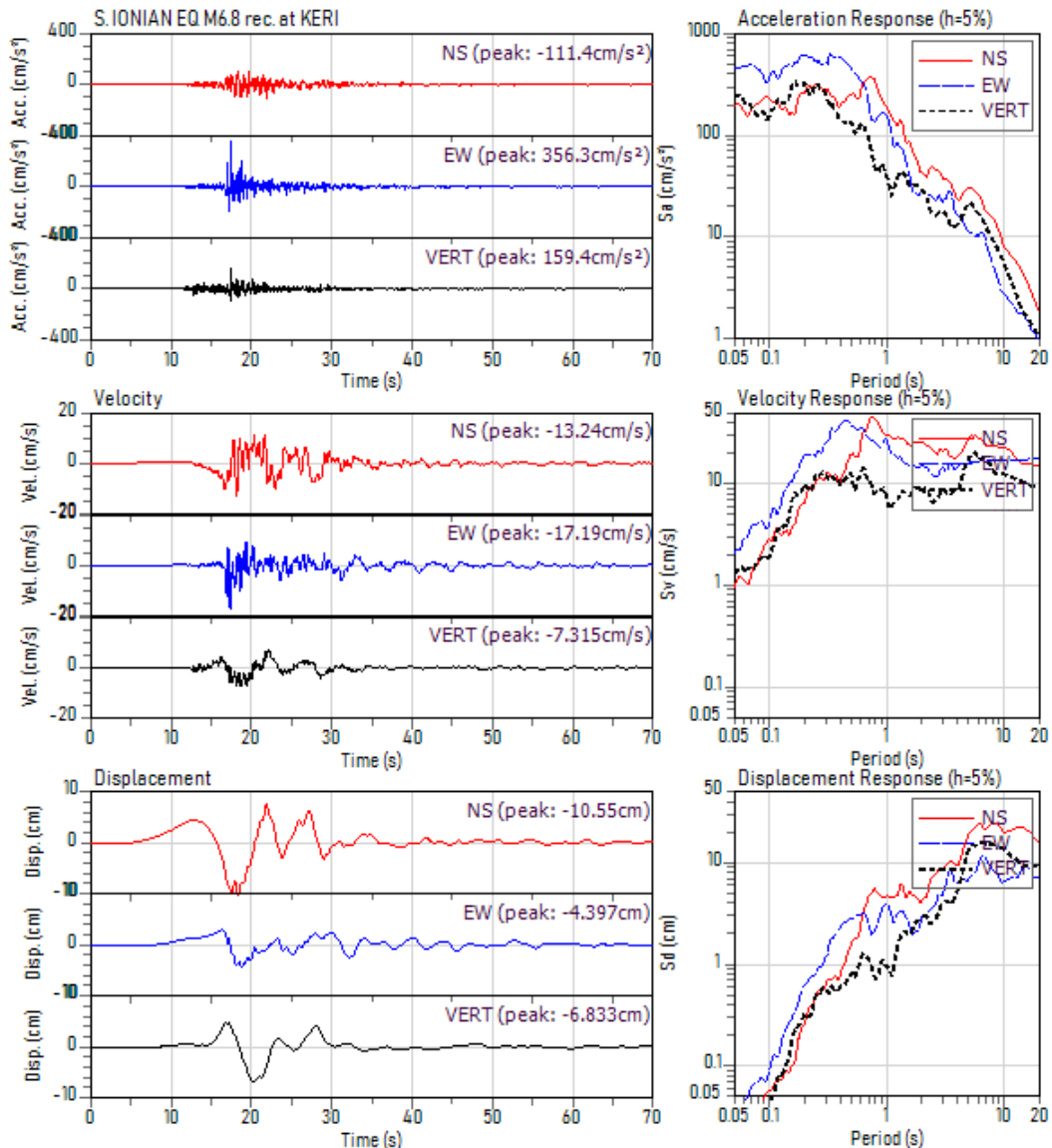
- Στο Κερί παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $PGA \sim 0.36g$, αντίστοιχη με την τιμή που προβλέπεται από τον ΕΑΚ (αλλά και από το εθνικό προσάρτημα του EC8) για τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙΙ, ενώ στη Ζάκυνθο η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $PGA \sim 0.17g$ ήταν σημαντικά μειωμένη (σχεδόν η μισή).
- Στο Κερί παρατηρήθηκε φασματική επιτάχυνση $\sim 0.6g$ και στη Ζάκυνθο $\sim 0.8g$, σε ιδιοπερίοδο $T \sim 0.4sec$.
- Η μέγιστη εδαφική ταχύτητα, PGV , και στις 2 θέσεις ήταν της τάξης των 17cm/sec παρά τη διαφορά στις τιμές της PGA μεταξύ των 2 θέσεων.
- Η σημαντική διάρκεια της ισχυρής σεισμικής κίνησης κυμάνθηκε μεταξύ 15sec στο Κερί και σχεδόν διπλάσια, 30 sec, στη Ζάκυνθο.
- Η γωνιακή συχνότητα (f_c) του σεισμού είναι της τάξης 0.1Hz και θεωρείται αναμενόμενη για σεισμό τέτοιου μεγέθους
- Η σωματιδιακή κίνηση μετάθεσης αναδεικνύει ως κύρια διεύθυνση τη διεύθυνση Βορρά-Νότο με μία μέση μέγιστη (peak to peak) μετακίνηση $\sim 17cm$.

Πίνακας III. Μέγιστες τιμές εδαφικής επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης των 3 συνιστώσων της εδαφικής κίνησης που καταγράφηκε για το σεισμό της 26^{ης} Οκτωβρίου 2018

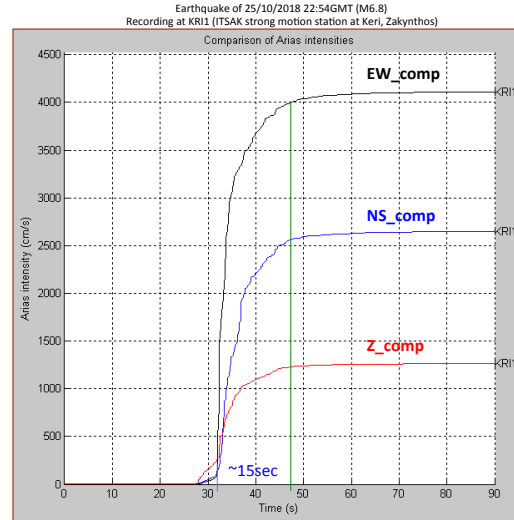
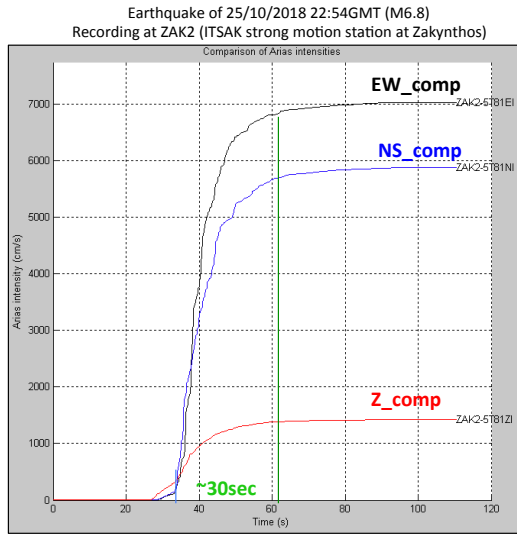
ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ	Μέγιστη τιμή ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ cm/sec ²	Μέγιστη τιμή ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ cm/sec	Μέγιστη τιμή ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ cm
ZAK2	NS-comp	154	14.4	8.4
	EW-comp	165	16.4	5.5
	Z-comp	71	9.8	7.7
KRI1	NS-comp	111	13.2	10.6
	EW-comp	356	17.2	4.4
	Z-comp	159	7.3	6.8



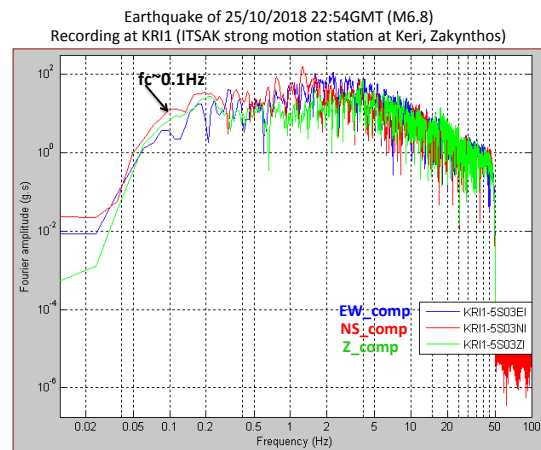
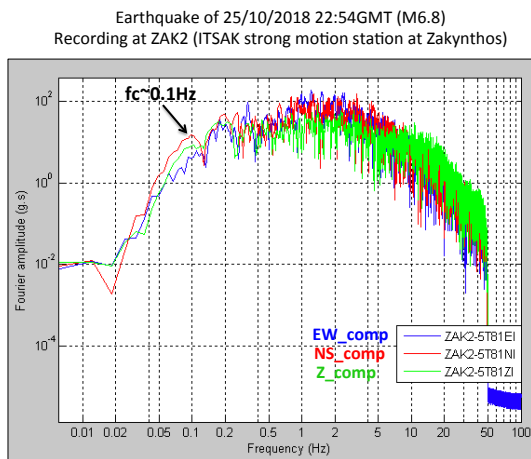
Σχήμα 8. Χρονοϊστορίες επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης των 3 συνιστώσων της εδαφικής κίνησης και αντίστοιχα φάσματα απόκρισης που προέκυψαν από την ανάλυση της καταγραφής στην πόλη της Ζακύνθου (ZAK2).



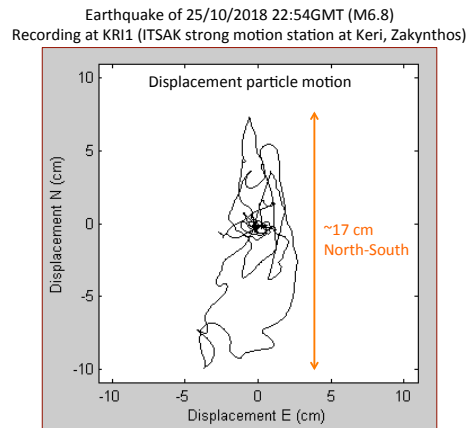
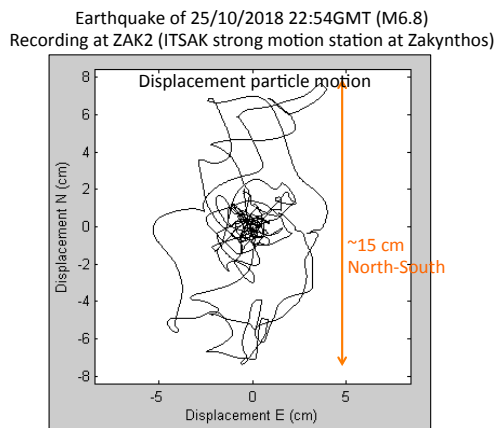
Σχήμα 9. Χρονοϊστορίες επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης των 3 συνιστώσων της εδαφικής κίνησης και αντίστοιχα φάσματα απόκρισης που προέκυψαν από την ανάλυση της καταγραφής στο Κερί Ζακύνθου (KRI1).



Σχήμα 10. Ένταση Αρίας και διάρκεια της ισχυρής σεισμικής κίνησης για τις 3 συνιστώσες της καταγραφής στη θέση ΖΑΚ2 (αριστερά) και ΚΡΙ1 (δεξιά)



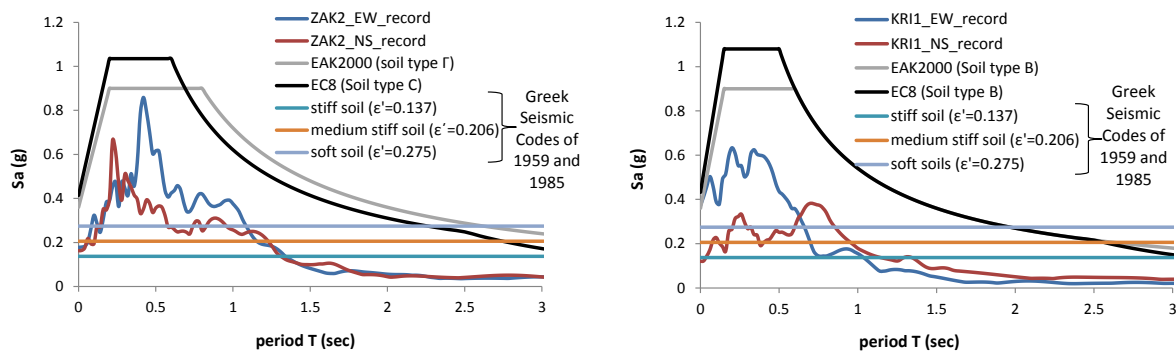
Σχήμα 11. Φάσματα πλάτους Fourier και γωνιακή συχνότητα f_c για τις 3 συνιστώσες της καταγραφής στη θέση ΖΑΚ2 (αριστερά) και ΚΡΙ1 (δεξιά)



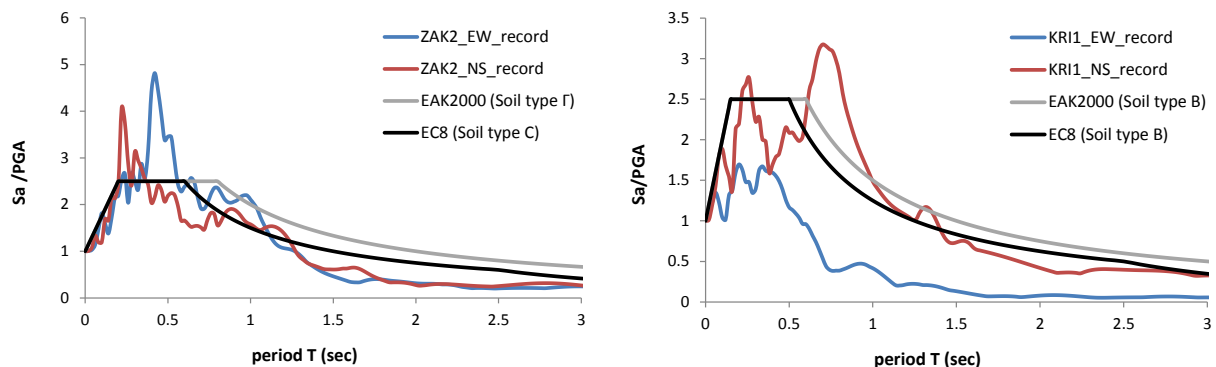
Σχήμα 12. Σωματιδιακή κίνηση μετάθεσης στη θέση ΖΑΚ2 (αριστερά) και ΚΡΙ1 (δεξιά)

4.3 Σύγκριση ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού με τα αντίστοιχα των καταγραφών

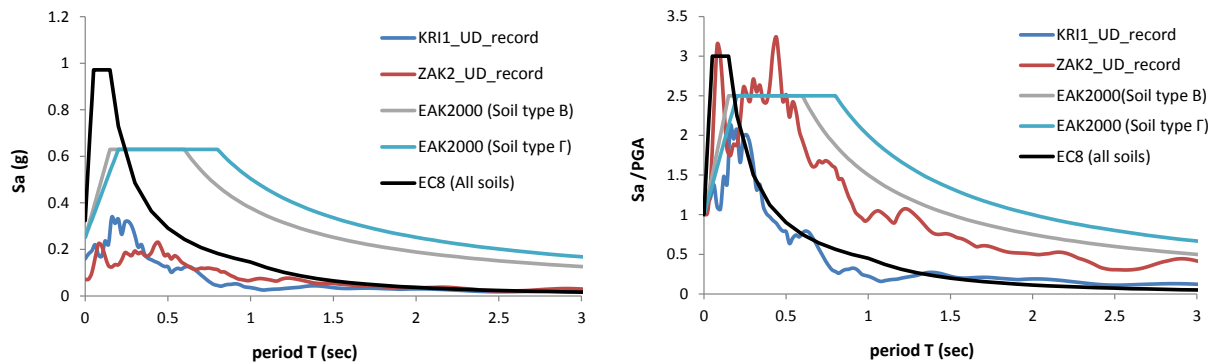
Στην συνέχεια συγκρίνονται τα απόλυτα (Σχήμα 13, 15) και κανονικοποιημένα (Σχήμα 14 και 15) φάσματα ελαστικής απόκρισης από τις καταγραφές επιτάχυνσης (διαθέσιμες από <http://www.itsak.gr/news/news/155>) του σεισμού **M** 6.8 της 26/10/2018 (01:54) στις δυο θέσεις (KRI1 και ZAK2) με τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού των κανονισμών ΕΑΚ και EC8 για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III ($A=a_g=0.36g$) στην οποία ανήκει το νησί της Ζακύνθου και εδαφική κατηγορία σύμφωνα με τον Πίνακα ΙΙ. Στο σχήμα 13 έχουν επίσης σημειωθεί και οι (ανεξάρτητοι της περιόδου του κτιρίου) σεισμικοί συντελεστές που προέβλεπαν ο Ελληνικοί Αντισεισμικοί Κανονισμοί του 1959 και του 1985 για την Ζάκυνθο. Ανάλογα με τη σεισμική επικινδυνότητα (μικρή, μέτρια, μεγάλη) του εδάφους, οι συντελεστές αυτοί ήταν αντίστοιχα $\varepsilon=0.08$, 0.12 και 0.16 , και αναφέρονταν σε αντίστοιχα μειούμενη εδαφική σφιγρότητα. Στο σχήμα 13 οι συντελεστές αυτοί παρουσιάζονται με τις τροποποιημένες τους τιμές $\varepsilon'=0.137$, 0.206 και 0.275 , με τις οποίες λαμβάνεται υπόψη ένας συντελεστής ασφαλείας 1.75 , η κατά 20% αύξηση των επιτρεπομένων τάσεων για σεισμικές δράσεις και ένας συντελεστής 0.85 για να ληφθεί υπόψη η επιρροή του πολυβάθμιου των κατασκευών (Anagnostopoulos et al., 1987).



Σχήμα 13: Σύγκριση απόλυτων φασμάτων ελαστικής απόκρισης μεταξύ καταγραφών οριζόντιας επιτάχυνσης (συνιστώσα EW και NS) και κανονισμών: Θέση σταθμού ZAK2 (αριστερά) και KRI1 (δεξιά)



Σχήμα 14: Σύγκριση κανονικοποιημένων φασμάτων ελαστικής απόκρισης μεταξύ καταγραφών οριζόντιας επιτάχυνσης (συνιστώσα EW και NS) και κανονισμών: Θέση σταθμού ZAK2 (αριστερά) και KRI1 (δεξιά).



Σχήμα 15: Σύγκριση απόλυτων (αριστερά) και κανονικοποιημένων (δεξιά) φασμάτων ελαστικής απόκρισης μεταξύ καταγραφών κατακόρυφης επιτάχυνσης (συνιστώσα UD) και για τις 2 θέσεις ZAK2 & KRI1 και κανονισμών.

Από τις παραπάνω συγκρίσεις δύναται να γίνει μία *a priori* εκτίμηση της συμπεριφοράς των κατασκευών Ο/Σ. Σε συνήθεις κατασκευές Ο/Σ που σχεδιάστηκαν με βάση τον ΕΑΚ και τον EC8 δεν αναμένεται εμφάνιση βλαβών δεδομένου ότι οι φασματικές τιμές των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις καταγεγραμμένες (Σχήμα 13). Σε συνήθεις κατασκευές Ο/Σ στην πόλη της Ζακύνθου με ιδιοπερίοδο $0.2\text{sec} < T < 1.0\text{sec}$ που σχεδιάστηκαν με βάση τους κανονισμούς μετά το 1959, αναμένεται εμφάνιση βλαβών στον φέροντα οργανισμό σε έκταση και βαθμό που εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο της κατασκευής (Σχήμα 13). Αυτό πρακτικά σημαίνει (κάνοντας προσεγγιστική αντιστοίχιση των ιδιοπεριόδων κάθε κτιρίου βάσει του αριθμού των ορόφων του) ότι οι κατασκευές που αναμένεται να εμφανίσουν κάποιου είδους μικρής ή μεγάλης βλάβης, αποτελούνται από 2-3 ή και περισσότερους ορόφους.

Σε ό,τι αφορά τη σύγκριση των κανονικοποιημένων φασμάτων σχεδιασμού για την οριζόντια συνιστώσα (Σχήμα 14) τα οποία εκφράζουν τη διαφοροποίηση των φασματικών τιμών που οφείλονται στην απόκριση του εδάφους με τα αντίστοιχα των καταγραφών, συμπεραίνεται ότι για τη θέση ZAK2 τόσο τα φάσματα του ΕΑΚ-Γ όσο και του EC8-C καλύπτουν ως ένα βαθμό τις κανονικοποιημένες φασματικές τιμές των καταγραφών (Σχήμα 14). Το ίδιο παρατηρείται και για τη θέση KRI1 συγκρινόμενη με τα φάσματα του ΕΑΚ-B όσο και του EC8-B, με εξαίρεση τις τιμές σε ιδιοπεριόδους περί τα 0.8sec όπου για τη συνιστώσα Βορράς-Νότος (KRI1-NS) υπερβαίνουν σημαντικά τις κανονιστικές τιμές (Σχήμα 14).

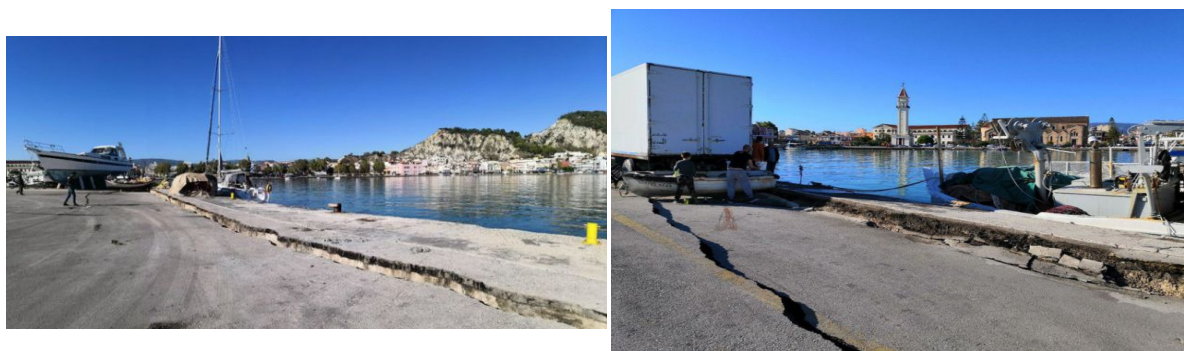
Οι απόλυτες φασματικές τιμές της κατακόρυφης συνιστώσας υπερκαλύπτονται από τις κανονιστικές δράσεις τόσο του EC8 όσο και του ΕΑΚ και στις δύο θέσεις (Σχήμα 15). Ωστόσο, το κανονικοποιημένο φάσμα της κατακόρυφης συνιστώσας στη θέση ZAK2 δεν καλύπτεται ούτε από τον EC8 ούτε τον ΕΑΚ αλλά από την περιβάλλουσα των δύο φασμάτων σχεδιασμού (για περιόδους $T < 0.2\text{sec}$ από τον EC8 και για περιόδους $T > 0.2\text{sec}$ από τον ΕΑΚ) (Σχήμα 15).

5. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

5.1 Βλάβες – Αστοχίες σε Λιμενικές Εγκαταστάσεις και Κρηπιδότοιχους

Αστοχίες/βλάβες με τη μορφή διαμήκων ρηγματώσεων στις προβλήτες, μετάθεση και στροφή των κρηπιδότοιχων με ταυτόχρονη καθίζηση του υλικού επίχωσης καταγράφηκαν στο λιμάνι της πόλης της Ζακύνθου (Εικόνες 1 & 2) και στο λιμάνι του Αγ. Σώστη μετά το σεισμό της 26^{ης} Οκτωβρίου 2018 M 6.8, ωστόσο και τα δύο λιμάνια παρέμειναν λειτουργικά.

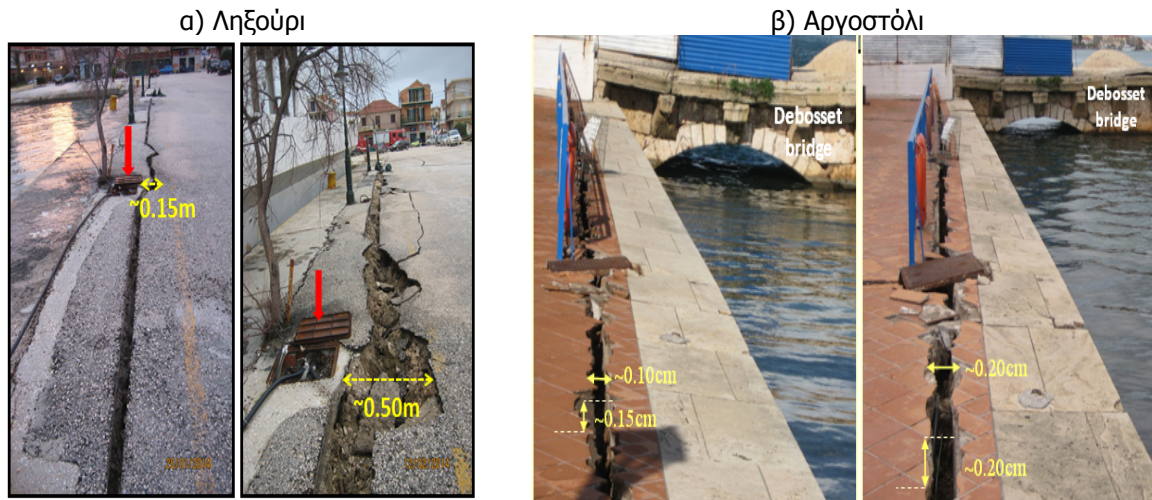
Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περιοχή των Ιονίων Νήσων με τη μεγαλύτερη σεισμική επικινδυνότητα σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (αλλά και το Ελληνικό προσάρτημα του EC8) έχουν παρατηρηθεί παρόμοιου τύπου βλάβες/αστοχίες στο λιμάνι του Ληξουρίου (Εικόνα 3α) και του Αργοστολίου (Εικόνα 3β) μετά τους σεισμούς της 26^{ης} Ιανουαρίου (M 6.1) και της 3^{ης} Φεβρουαρίου (M 6.0) 2014, σε διάφορες θέσεις (διάυλο εισόδου, λιμάνι, Μαρίνα, Λυγιά, Βασιλική) στο νησί της Λευκάδας (Εικόνες 4 & 5) μετά το σεισμό της 14^{ης} Αυγούστου 2003 (M 6.3). Αλλά και σε άλλες περιοχές, όπως στο λιμάνι της Κω (Εικόνα 6) μετά τον ισχυρό σεισμό της 21^{ης} Ιουλίου 2017 (M 6.7).



Εικόνα 1. Αστοχίες/βλάβες με την μορφή διαμήκων ρηγματώσεων στις προβλήτες με ταυτόχρονη καθίζηση του υλικού επίχωσης στο λιμάνι της πόλης της Ζακύνθου



Εικόνα 2. Μετάθεση και στροφή των κρηπιδότοιχων (μπλόκια) στο λιμάνι της πόλης της Ζακύνθου



Εικόνα 3. Βλάβες/αστοχίες στο λιμάνι α) του Ληξουρίου και β) του Αργοστολίου μετά τους σεισμούς της 26^{ης} Ιανουαρίου (αριστερά) και της 3^{ης} Φεβρουαρίου 2014 (δεξιά)



Εικόνα 4. Βλάβες/αστοχίες σε λιμενικές εγκαταστάσεις και κρηπιδότοιχους σε διάφορες θέσεις (διάυλο εισόδου, λιμάνι, Μαρίνα) στη Λευκάδα μετά το σεισμό της 14ης Αυγούστου 2003.

α) Βασιλική – Λιμάνι



β) Βασιλική



γ) Λυγιά

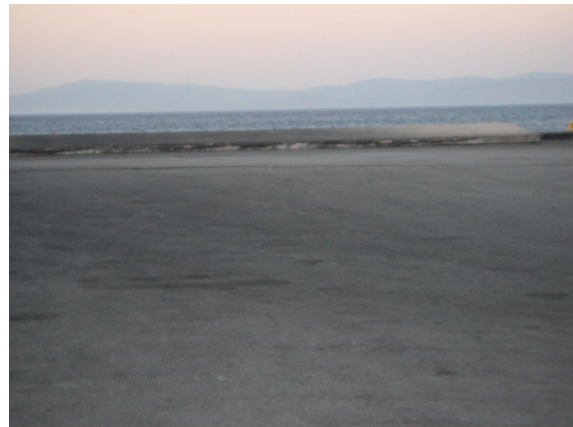


Εικόνα 5. Βλάβες/αστοχίες σε λιμενικές εγκαταστάσεις και κρηπιδότοιχους σε διάφορες θέσεις (Λυγιά, Βασιλική) στη Λευκάδα μετά το σεισμό της 14ης Αυγούστου 2003.

α) Κως – Μαρίνα



β) Κως – Επιβατική, Εμπορική Αποβάθρα

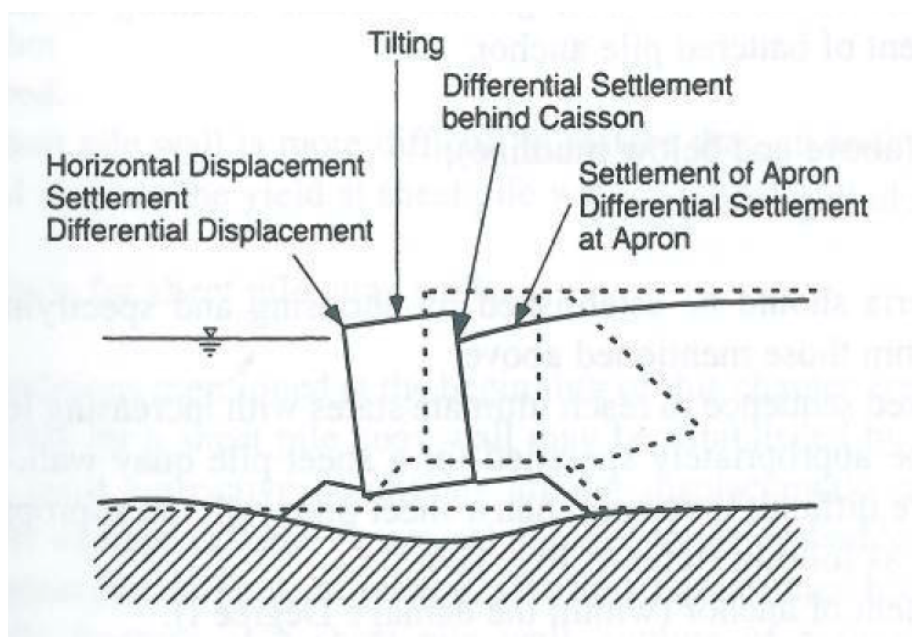


Εικόνα 6. Βλάβες/αστοχίες σε λιμενικές εγκαταστάσεις και κρηπιδότοιχους στην Κω μετά το σεισμό της 21ης Ιουλίου 2017

Η γενική εικόνα της απόκρισης αυτού του είδους των κατασκευών σε ισχυρές σεισμικές διεγέρσεις συνάδει με τον μηχανισμό αστοχίας κρηπιδότοιχων βαρύτητας (gravity quay walls) όπως σχηματικά αποδίδεται στην Εικόνα 7. Εκτός φυσικά από το πλάτος της σεισμικής διέγερσης, σημαντικό ρόλο στην απόκριση των κρηπιδότοιχων βαρύτητας έχουν:

α) το μέγεθος και οι διαστάσεις του κρηπιδότοιχου,

- β) το υλικό έδρασης της βάσης του, λαμβάνοντας υπόψη και τις επιπτώσεις που επιφέρει ο θαλάσσιος κυματισμός λόγω υδραυλικών υποσκαφών, στην απομείωση της φέρουσας ικανότητάς του
- γ) το είδος και οι ιδιότητες του εδαφικού υλικού επίχωσης όπισθεν του κρηπιδότοιχου το οποίο σε αρκετές από τις προαναφερθείσες περιπτώσεις παρουσίασε σημάδια ρευστοποίησης.



Εικόνα 7. Μηχανισμός αστοχίας κρηπιδότοιχων βαρύτητας (gravity quay walls)

5.2 Κατολισθητικά φαινόμενα και αστοχίες λιθόκτιστων τοίχων αντιστήριξης

Σε επίπεδο γεωτεχνικών αστοχιών, αναφέρονται κατολισθήσεις βράχων στις περιοχές Κρουονερίου και Παναγούλα Ζακύνθου καθώς και στην παραλία "Μυζήθρες" που βρίσκεται κάτω από τον Φάρο του Κεριού, όπου μεγάλοι όγκοι βράχων έχουν αποκολληθεί (Εικόνα 8). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι παρόμοιας μορφής φαινόμενο κατολίστεσης αμμωδών μαργαϊκών σχηματισμών και ασβεστολιθικών τεμαχών καταγράφηκαν στις παραλίες Ξι (Εικόνα 9α) και Μύρτος (Εικόνα 9β), αντίστοιχα, μετά τους σεισμούς της Κεφαλλονιάς (26/01/2014 και 03/02/2014).

Αναφέρθηκαν επίσης αστοχίες τοίχων αντιστήριξης από λιθοδομή (ξερολιθές) (Εικόνα 10), μορφή αστοχίας η οποία αποτυπώθηκε έντονα και σε προηγούμενους πρόσφατους σεισμούς στα Ιόνια (Κεφαλονιά 2014, Λευκάδα 2015) (Εικόνα 11).



Εικόνα 8. Κατολισθητικά φαινόμενα στην παραλία "Μυζήθρες" (Φάρος Κερίου)
(<https://www.imerazante.gr/2018/10/28/185051>)



Εικόνα 9 (α) Κατολισθητικά φαινόμενα αμμωδών μαργαϊκών σχηματισμών στην παραλία Ξι και (β) Αποκόλληση ασβεστολιθικών τεμαχίων στην παραλία Μύρτος, μετά τους σεισμούς της Κεφαλονιάς (26/01/2104 και 03/02/2014)



Εικόνα 10: Αστοχία τοίχου αντιστήριξης μετά τον σεισμό της Ζακύνθου (Πηγή: <https://www.cnn.gr>)



Εικόνα 11: Ενδεικτικές αστοχίες λιθόκτιστων τοίχων αντιστήριξης που καταγράφηκαν μετά τους σεισμούς Λευκάδας (2015) (αριστερά) και Κεφαλονιάς (2014) (δεξιά)

5.3 Βλάβες στο δομημένο περιβαλλον μετά τον σεισμό της 26/10/18 στη Ζάκυνθο

Μετά τον ισχυρό σεισμό της 26/10/2018, η αρχική εικόνα των ζημιών στο νησί ήταν οι μετακινήσεις στα κρηπιδώματα στο Λιμάνι και ορισμένες αποκολλήσεις σοβάδων σε εκκλησίες και παραδοσιακά σπίτια. Όμως μετά τους διαδοχικούς μετασεισμούς, η εικόνα στο νησί μεταβλήθηκε και άρχισαν να εμφανίζονται ορισμένες βλάβες στον οργανισμό πλήρωσης των κτιρίων.

Ο έλεγχος των κατασκευών στο νησί άρχισε την ίδια ημέρα από κλιμάκια της Διεύθυνσης Φυσικών Καταστροφών του Υπουργείου (ΔΑΕΦΚ). Ο αριθμός των κτισμάτων που έχουν υποστεί βλάβες είναι αρκετός και σύμφωνα με πληροφορίες τα πιο σοβαρά προβλήματα έχουν εντοπιστεί σε κτίρια στις περιοχές Καλαμάκι, Λαγανάς, Λιθακιά, Κερί, Μαχαιράδο, Λαγοπόδο. Από τα 250 κτίρια που ελέγχθηκαν, τα 120 βρέθηκαν μη κατοικήσιμα με βάση τη κατηγοριοποίηση που έχει καθιερωθεί από τη ΔΑΕΦΚ, δηλαδή χαρακτηρίστηκαν ως «κίτρινα» ή «κόκκινα» βάσει της διεθνώς ισχύουσας κατάταξης τρωτότητας.

Από τους ελέγχους σε σχολικές αίθουσες διαπιστώθηκε η καταλληλότητα χρήσης όλων των κτιρίων πλην δυο στατικώς ανεξάρτητων αιθουσών σε ισάριθμα σχολεία, στις οποίες θα πρέπει να γίνουν επισκευές, χωρίς να είναι απαραίτητη η διακοπή λειτουργίας των σχολείων. Πρόκειται για το Δημοτικό Σχολείο Παντοκράτορα και το Νηπιαγωγείο Αμπελοκήπων.

Οι παραδοσιακές κατασκευές κτισμένες χωρίς αντισεισμικές διατάξεις, βασισμένες στις κανονιστικές που εκδόθηκαν μετά τους σεισμούς του 1953 και είχαν τοπική ισχύ παρουσίασαν μερικές σοβαρές βλάβες κυρίως σε δευτερεύοντα δομικά στοιχεία. Το καστρομοναστήρι των Στροφάδων (Εικόνα 14) παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της πολιτιστικής του αξίας.



Εικόνα 12. Παραδοσιακό κτίσμα στη χώρα της Ζακύνθου.



Εικόνα 13 Βλάβες στη χώρα της Ζακύνθου



Εικόνα 14. Οι βλάβες στο Καστρομονάστηρο των Στροφάδων

6. ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σεισμός μεγέθους **M** 6.8 ο οποίος έγινε την 26^η Οκτωβρίου 2018 στη θαλάσσια περιοχή ΝΝΔ της Ζακύνθου προκλήθηκε από ένα ανάστροφο ρήγμα ΒΔ-ΝΑ (Παπαζάχος και Παπαζάχου 2003). Το ρήγμα αυτό σχετίζεται με επανειλημμένους καταστροφικούς σεισμούς στη Ζάκυνθο και τις γύρω περιοχές.

Η καταγεγραμμένη μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση από το δίκτυο επιταχυνσιογράφων της Μονάδας Έρευνας ΙΤΣΑΚ του ΟΑΣΠ ήταν στο Κερί περίπου 0.36g, αντίστοιχη με την τιμή που προβλέπεται από τον ΕΑΚ αλλά και από τον EC8 (Εθνικό Προσάρτημα) για τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙΙ που ανήκει το νησί, ενώ στην πόλη της Ζακύνθου 0.17g. Η μέγιστη οριζόντια εδαφική ταχύτητα, (PGV) και στις 2 θέσεις ήταν της τάξης των 17cm/sec παρά τη διαφορά στις τιμές της PGA μεταξύ των 2 θέσεων. Η διάρκεια της ισχυρής σεισμικής κίνησης κυμάνθηκε μεταξύ 15sec στο Κερί και σχεδόν διπλάσια, 30 sec, στη Ζάκυνθο. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στις παραπάνω παραμέτρους σχετίζονται τόσο με τη διαφοροποίηση της απόστασης των 2 θέσεων από την πηγή αλλά κυρίως με τη διαφοροποίηση των τοπικών εδαφικών συνθηκών στις 2 θέσεις. Η γωνιακή συχνότητα (fc)



του σεισμού που προέκυψε από την ανάλυση των φασμάτων πλάτους Fourier ορίζεται περί τα 0.1Hz και θεωρείται αναμενόμενη για σεισμό τέτοιου μεγέθους. Τέλος, η σωματιδιακή κίνηση αναδεικνύει ως κύρια διεύθυνση τη διεύθυνση Βορρά-Νότο με μία μέση μέγιστη (peak to peak) μετακίνηση ~17cm.

Από τη σύγκριση των κανονιστικών διατάξεων σχεδιασμού που εφαρμόστηκαν διαχρονικά (1959 – σήμερα) στο νησί της Ζακύνθου, εκτιμάται a priori ότι βλάβες στον φέρωντα οργανισμό (ανεξαρτήτου βαθμού και έκτασης) αναμένεται να παρουσιασθούν σε συνήθεις κατασκευές Ο/Σ με αριθμό ορόφων 2-3 ή περισσότερους που κατασκευάστηκαν με τους κανονισμούς του 1959 και του 1985. Ωστόσο, οι βλάβες που παρατηρήθηκαν αφορούν κυρίως βλάβες σε τοιχοπληρώσεις και δευτερεύοντα δομικά στοιχεία, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην υπεραντοχή που προσδίδουν οι τοιχοπληρώσεις (οι οποίες δεν προσμετρούνται στο σχεδιασμό της κατασκευής) και σε τοπικές κατασκευαστικές πρακτικές που έχουν αναπτυχθεί λόγω της έντονης σεισμικής δραστηριότητας της περιοχής. Οι παραδοσιακές κατασκευές κτισμένες χωρίς αντισεισμικές διατάξεις, βασισμένες στις οδηγίες που εκδόθηκαν μετά τους σεισμούς του 1953 και είχαν τοπική ισχύ παρουσίασαν μερικές σοβαρές βλάβες κυρίως σε δευτερεύοντα δομικά στοιχεία.

Αστοχίες/βλάβες με τη μορφή διαμήκων ρηγματώσεων στις προβλήτες, μετάθεση και στροφή των κρηπιδότοιχων με ταυτόχρονη καθίζηση του υλικού επίχωσης καταγράφηκαν μετά το σεισμό στο λιμάνι της πόλης της Ζακύνθου και στο λιμάνι του Αγ. Σώστη, ωστόσο και τα δύο λιμάνια παρέμειναν λειτουργικά. Η γενική εικόνα της απόκρισης αυτού του είδους των κατασκευών σε ισχυρές σεισμικές διεγέρσεις, όπως και σε ανάλογες περιπτώσεις στο Λήξουρι, Αργοστόλι, Λευκάδα και Κω, συνάδει με τον μηχανισμό αστοχίας κρηπιδότοιχων βαρύτητας (gravity quay walls). Η έκταση και το μέγεθος των βλαβών κρηπιδότοιχων βαρύτητας σχετίζονται τόσο με το πλάτος της σεισμικής διέγερσης όσο και με το μέγεθος και τις διαστάσεις του κρηπιδότοιχου, η φέρουσα ικανότητα του υλικού έδρασης της βάσης του, καθώς και το είδος και οι ιδιότητες του εδαφικού υλικού επίχωσης όπισθεν του κρηπιδότοιχου.

Σε ό,τι αφορά την αστοχία φυσικών και τεχνητών πρανών καθώς και λιθόκτιστων τοίχων αντιστήριξης, τα περιστατικά που παρατηρήθηκαν δεν μπορούν να θεωρηθούν μοναδικά. Τουναντίον, παρατηρούνται σχεδόν μετά από κάθε σεισμό, ακόμα και για σεισμούς με μικρότερη εδαφική επιτάχυνση. Εκτιμάται ότι οι παραπάνω αστοχίες (τοπικού κυρίως χαρακτήρα) οφείλονται στο γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις ο επιφανειακός μανδύας αποσάθρωσης των πετρωμάτων (ασβεστολιθικής κυρίως σύστασης) βρίσκεται σε κατάσταση οριακής ισορροπίας και με την παραμικρή διέγερση, παρατηρούνται αποκολλήσεις και ολισθήσεις των υλικών του αποσαθρωμένου μανδύα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anagnostopoulos S.A., Rinaldis D., Lekidis V.A., Margaris V.N., and Theodoulidis N.P. (1987) The Kalamata, Greece, Earthquake of September 13, 1986, Earthquake Spectra, 1987 (DOI: 10.1193/1.1585434).

Ερ. Πρόγραμμα ΟΑΣΠ: Μελέτη της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών της Γεωμορφολογίας και της Δυναμικής Αλληλεπίδρασης Εδάφους-θεμελίωσης-Ανωδομής στις ενόργανες καταγραφές του Εθνικού Δικτύου Επιταχυνσιογράφων: Τελική Έκθεση Θέση Ζάκυνθος, Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών – Εργαστήριο Γεωφυσικής ΑΠΘ. Ιανουάριος 2004

Kashima T. (2016): ViewWave Manual v. 2.2.0, IISEE-BRI, Japan, <http://smo.kenken.go.jp>, 69pp.

Κωνσταντινίδου, Κ., Ν. Θεοδουλίδης, Β. Μάργαρης, Χρ. Παπαϊωάννου και Α. Σαββαΐδης (2016):



Δεδομένα & Υπηρεσίες για Εκτίμηση Σεισμικών Δράσεων Σχεδιασμού και Βλαβών σε Πραγματικό Χρόνο στον Ελληνικό Χώρο, *Πρακτ. Πανελλήνιο Συνέδριο Σκυροδέματος «Κατασκευές από Σκυρόδεμα», Θεσσαλονίκη, 10-12 Νοεμβρίου 2016.*

- Μάργαρης, Β., Κ. Παπαζάχος, Χρ. Παπαϊωάννου, Π. Κολιόπουλος και Β.Λεκιδής (1998): Η ισχυρή εδαφική κίνηση και η συμπεριφορά των κατασκευών κατά το σφοδρό σεισμό (MW=6.6) της Ζακύνθου στις 18 Νοεμβρίου 1997. *Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ, 1995, 72-77, 1998.*
- Papazachos B.C. and N.D. Delibasis (1969): Tectonic stress field and seismic faulting in the area of Greece, *Tectonophysics, 7*, 231-255.
- Παπαζάχος, Β.Κ. και Κ.Β. Παπαζάχου (2003): Σεισμοί της Ελλάδας Γ Έκδοση, *Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη* σελ. 286.
- Παπαζάχος, Β. Κ., Δ. Μ., Μουντράκης, Κ.Β. Παπαζάχος, Μ. Δ. Τρανός, Γ. Φ, Καρακαϊσής, και Α. Σ. Σαββαϊδής (2001): Τα ρήγματα που προκάλεσαν τους γνωστούς ισχυρούς σεισμούς στην Ελλάδα και τη γύρω περιοχή από τον 5^ο αιώνα π.Χ. μέχρι σήμερα. *2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Θεσσαλονίκη, 28-30 Νοεμβρίου 2001, Α, 17-26.*
- Stewart, J.P., N. Klimis, A. Savvaidis, N. Theodoulidis, E. Zargli, G. Athanasopoulos, P. Pelekis, G. Mylonakis and B. Margaris (2014) Compilation of a Local VS Profile Database and Its Application for Inference of VS30 from Geologic- and Terrain-Based Proxies, *Bulletin of the Seismological Society of America, 104 (6): 1-15.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το δίκτυο της Μονάδας ΙΤΣΑΚ του ΟΑΣΠ εγκαταστάθηκε και παρακολουθείται σε στενή συνεργασία της τ. Διεύθυνσης Τεχνικής Σεισμολογίας και του Εργαστηρίου του ΙΤΣΑΚ. Η κα. Κωνσταντινίδου Κυριακή, MSc Πληροφορικός και ο Πολιτικός μηχανικός Στρ. Ζαχαρόπουλος έχουν την ευθύνη για την εύρυθμη 24ωρη λειτουργία του δικτύου Η/Υ της Μονάδας ΙΤΣΑΚ και την επαφή με το δίκτυο SYZEFXIS για τη μεταφορά δεδομένων. Ο τοπογράφος Μηχανικός Δημήτρης Λιβάνης ενημέρωσε για τις επιπτώσεις τους σεισμού στη Ζάκυνθο. Οι πλειοψηφία των φωτογραφιών από τις επιπτώσεις του σεισμού στο νησί της Ζακύνθου προέρχονται από ιστοσελίδες τοπικού, εθνικού και διεθνούς ηλεκτρονικού τύπου (www.imerazante.gr, www.cnn.gr, www.newsbomb.gr). Η Εργασία αυτή χρηματοδοτήθηκε εν μέρει από το πρόγραμμα HELPOS - Hellenic System for Lithosphere Monitoring" (MIS 5002697) το οποίο εκπονείται στα πλαίσια της Δράσης "Ενίσχυση των Υποδομών Έρευνας και Καινοτομίας" (NSRF 2014-2020) και συγχρηματοδότηση από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης).

Θεσσαλονίκη 11 Νοεμβρίου 2018