



ΔΗΜΟΚΡΕΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
Οδός Δασυλλίου ΠΥΛΑΙΑ - ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085
Ταχ. Διεύθυνση: Ταχυδρομική Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102

ΔΗΜΟΚΡΕΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ (Δ.Π.Θ.)
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
Κτήριο Β!, Πανεπιστημιούπολη Ξάνθης
Κιμμέρια, ΤΚ 67100 Ξάνθη

ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ (Μ6.3, 3 Μαρτίου 2021) (Μ6.1, 4 Μαρτίου 2021)

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ



ΙΣΧΥΡΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΟΝΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Θ Ε Σ Σ Α Λ Ο Ν Ι Κ Η
Μ Α Ρ Τ Ι Ο Σ 2021



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
Οδός Δασυλλίου ΠΥΛΑΙΑ - ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085
Ταχ. Διεύθυνση: Ταχυδρομική Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ (Δ.Π.Θ.)
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
Κτήριο Β1, Πανεπιστημιούπολη Ξάνθης
Κιμμέρια, ΤΚ 67100 Ξάνθη

In case of reference to present report please cite as:

ITSAK – DUTH (2021): Thessaly Earthquakes M6.3, 03/03/2021 and M6.1, 04/03/2021 – Preliminary Report. Research Unit ITSAK, EPPO and Department of Civil Engineering, DUTH. Thessaloniki. pp.63. doi: 10.5281/zenodo.4641200

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

ITSAK – ΔΠΘ (2021): Σεισμοί Θεσσαλίας M6.3 της 03/03/2021 και M6.1 της 04/03/2021 – Προκαταρκτική Έκθεση. Μονάδα Έρευνας ITSAK, ΟΑΣΠ και Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΔΠΘ. Θεσσαλονίκη. Σελ. 63. doi: 10.5281/zenodo.4641200



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
Οδός Δασυλλίου ΠΥΛΑΙΑ - ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085
Ταχ. Διεύθυνση: Ταχυδρομική Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ (Δ.Π.Θ.)

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
Κτήριο Β1, Πανεπιστημιούπολη Ξάνθης
Κιμμέρια, ΤΚ 67100 Ξάνθη

Συμμετέχοντες από το ΙΤΣΑΚ

ΘΕΟΔΟΥΛΙΔΗΣ Νίκος	Δρ. Σεισμολόγος	Διευθυντής Ερευνών
ΚΑΡΑΚΩΣΤΑΣ Χρήστος	Δρ Πολιτικός Μηχανικός	Διευθυντής Ερευνών
ΛΕΚΙΔΗΣ Βασίλειος	Δρ Πολιτικός Μηχανικός	Διευθυντής Ερευνών
ΜΑΚΡΑ Κωνσταντία	Δρ Πολιτικός Μηχανικός	Κύρια Ερευνήτρια
ΜΑΡΓΑΡΗΣ Βασίλειος	Δρ Σεισμολόγος	Διευθυντής Ερευνών
ΜΟΡΦΙΔΗΣ Κωνσταντίνος	Δρ Πολιτικός Μηχανικός	Εντεταλμένος Ερευνητής
ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ Χρήστος	Δρ. Σεισμολόγος	Διευθυντής Ερευνών
ΡΟΒΙΘΗΣ Εμμανουήλ	Δρ Πολιτικός Μηχανικός	Δόκιμος Ερευνητής
ΣΑΛΟΝΙΚΙΟΣ Θωμάς	Δρ Πολιτικός Μηχανικός	Κύριος Ερευνητής

Συμμετέχοντες από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΔΠΘ

ΚΛΗΜΗΣ Νικόλαος	Δρ Πολιτικός Μηχανικός	Αναπληρωτής Καθηγητής
ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Δημήτριος	Δρ Πολιτικός Μηχανικός,	Μεταδιδακτορικός Ερευνητής

Τα ψηφιακά αρχεία των καταγραφών είναι διαθέσιμα από την ιστοσελίδα του ΙΤΣΑΚ:

http://www.itsak.gr/db/data/strong_motion/after2000/

Ο κ Κλήμης Νικόλαος, Αναπληρωτής Καθηγητής και ο κ Σωτηριάδης Δημήτριος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός και Μεταδιδακτορικός Ερευνητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΔΠΘ, συμμετείχαν στην ομάδα σύνταξης της παρούσας προκαταρκτικής έκθεσης στο πλαίσιο του Μνημονίου Συνεργασίας μεταξύ του ΟΑΣΠ-ΙΤΣΑΚ και του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.

Η Κ. Κωνσταντινίδου, MSc Πληροφορικός και το προσωπικό του Εργαστηρίου Σ. Ζαχαρόπουλος Πολιτικός Μηχανικός, Ν. Αδάμ και Α. Μαρίνος τεχνικοί, συμβάλλουν στην εύρυθμη λειτουργία του δικτύου επιταχυνσιογράφων και τη μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο στις εγκαταστάσεις του ΟΑΣΠ-ΙΤΣΑΚ. Τα δεδομένα από τους επιταχυνσιογράφους του Αστεροσκοπείου Λάρισας διατέθηκαν από τον κ. Γιάννη Χουινάβα, Φυσικό υπεύθυνο λειτουργίας μετά από έγκριση της Διεύθυνσης παιδικών Σταθμών και Εκπαιδευτικών Δράσεων του Δ. Λαρισαίων

Η εργασία αυτή χρηματοδοτήθηκε μερικώς από το πρόγραμμα HELPOS Ελληνικό Σύστημα παρακολούθησης της Λιθόσφαιρας (MIS 5002697) Δράσης “Ενίσχυση των Υποδομών Έρευνας και Καινοτομίας” και χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2014-2020, με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΙΣΧΥΡΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

1.1 Γενικά Στοιχεία

1.2. Κατανομή της Ισχυρής Κίνησης στη Πλειόσειστη Περιοχή

1.3. Χάρτες Κατανομής της Σεισμικής Κίνησης

1.4. Συμπεράσματα

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΣΤΟΧΙΕΣ

2.1 Πολεοδομικό συγκρότημα Λάρισας – τεκμηρίωση θέσεων σταθμών καταγραφής της ισχυρής κίνησης

2.2. Πλειόσειστη περιοχή – Αστοχίες γεωτεχνικού χαρακτήρα

2.2.1. Διαδρομή 1: Τύρναβος - Δαμάσι - Μεσοχώρι – Αμούρι

2.2.2 Διαδρομή 2: Ζάρκος – Πηνειάδα - Κουτσόχερο

2.2.3 Ρευστοποιήσεις – Πλευρική εξάπλωση – Εδαφικές Ρωγμές

2.3 Σύνοψη προκαταρκτικών συμπερασμάτων

3. ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

3.1. Τύπος δομικών συστημάτων

3.1.1. Κτήρια από Φέρουσα Τοιχοποιία

3.1.2. Κτήρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

3.1.3. Γέφυρες από Σκυρόδεμα

3.2 Στοιχεία αντισεισμικών κανονισμών – Συγκρίσεις συντελεστών με σεισμική δόνηση

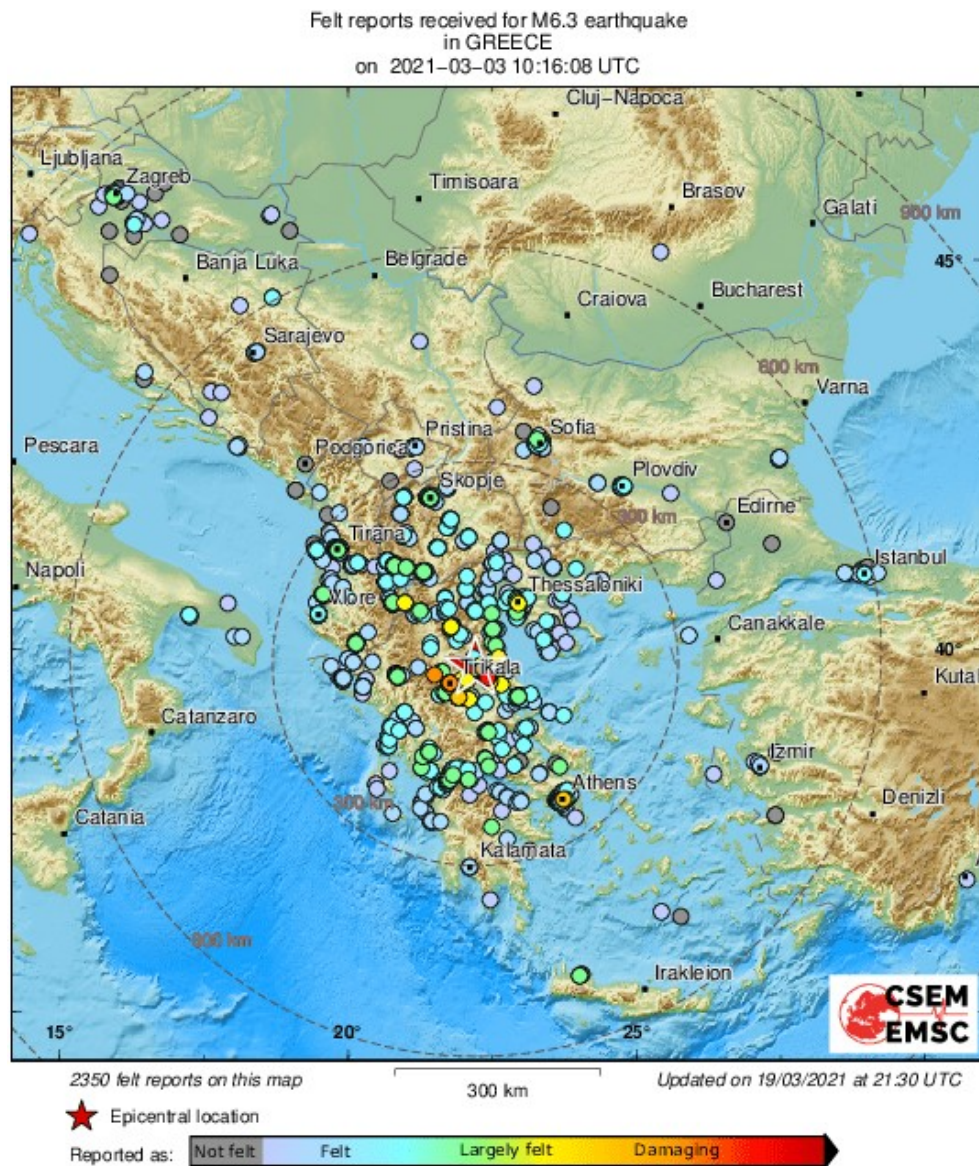
3.3 Τοπολογία βλαβών σε κατασκευές στην ευρύτερη πληγείσα περιοχή

3.4. Συμπεράσματα από την απόκριση των κατασκευών

1. ΙΣΧΥΡΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

1.1 Γενικά Στοιχεία

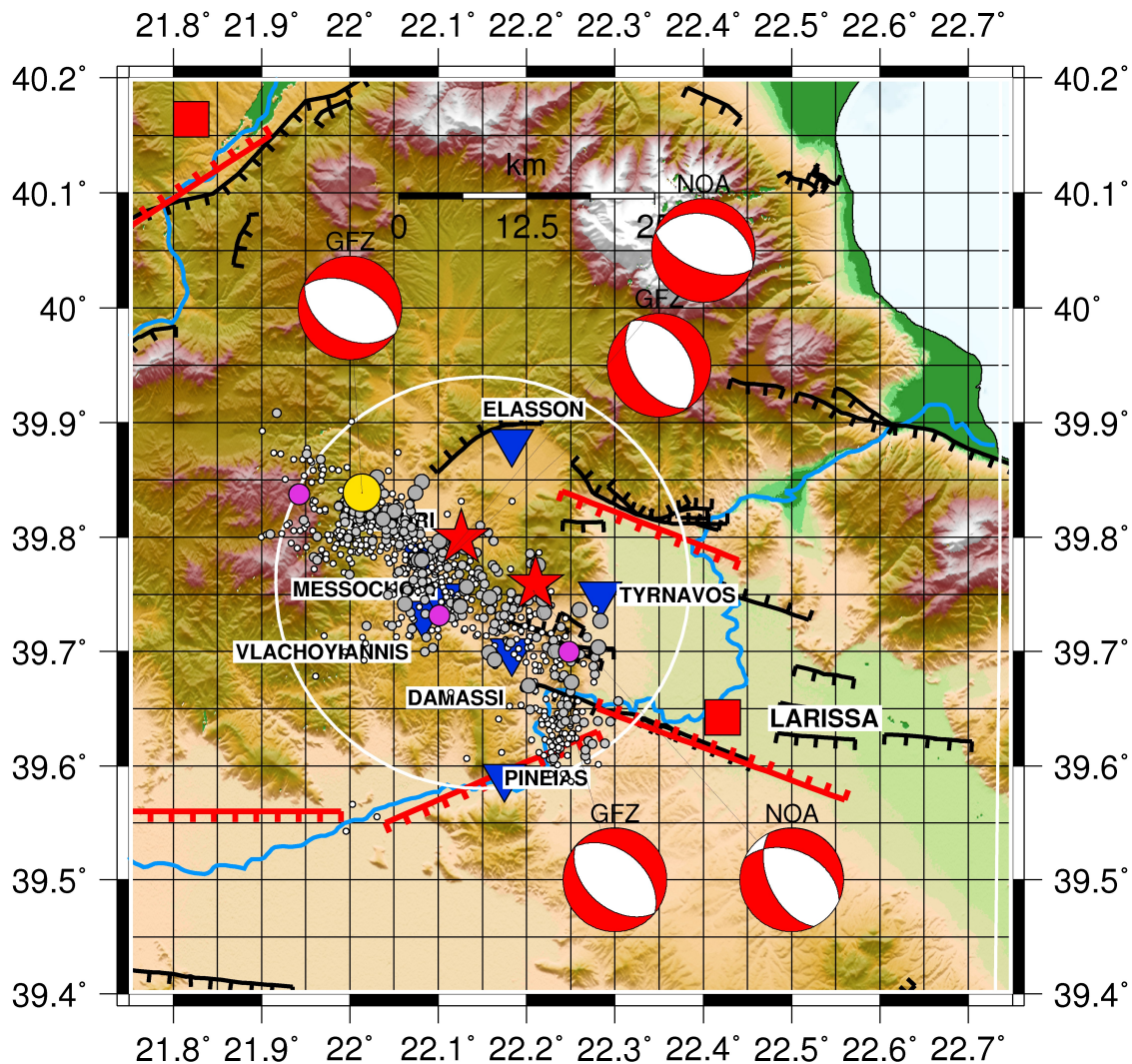
Την 3^η Μαρτίου 2020 και ώρα Ελλάδας 12:16 σημειώθηκε στη Θεσσαλία ισχυρή σεισμική δόνηση μεγέθους Mw6.3. Σύμφωνα με την ανακοίνωση του Εθνικού Σεισμογραφικού Δικτύου επρόκειτο για επιφανειακό (h~8 km) σεισμό με το επίκεντρο του να εντοπίζεται στη περιοχή το Τυρνάβου σε απόσταση περίπου 22 km ΔΒΔ από τη Λάρισα και 8 km από τον Τύρναβο. Ενδεικτικά οι γεωγραφικές συντεταγμένες του επικέντρου όπως δίνονται από την ιστοσελίδα του Σεισμολογικού Σταθμού του ΑΠΘ ([http:// http://geophysics.geo.auth.gr/ss](http://geophysics.geo.auth.gr/ss)) είναι 39.732⁰B 22.218⁰A. Στις 13:45 έγινε ένας μετασεισμός Mw5.1. Την 4^η Μαρτίου στις 20:31 έγινε ένας ακόμη ισχυρός σεισμός με μέγεθος Mw6.1. Ο ισχυρότερος σεισμός (μέχρι 16.03.2021) έγινε την 12^η Μαρτίου με μέγεθος Mw5.6. Ο σεισμός αυτός έγινε στο βορειοδυτικό άκρο της ζώνης διάρρηξης.



Εικόνα ΣΕΙΣ1. Χάρτης αισθητότητας του σεισμού της 3^{ης} Μαρτίου από την απόκριση των κατοίκων.

Ο χάρτης του σχήματος ΣΕΙΣ1 δίνει τη χωρική κατανομή της αισθητότητας με βάση την απόκριση των κατοίκων στην εδαφική κίνηση όπως αυτή αποτυπώθηκε ηλεκτρονικά στο Ευρω-Μεσογειακό Σεισμολογικό Κέντρο (https://static2.emsc.eu/Images/FELTREPORTS/95/954327/Intensity_Map.png). Από το χάρτη αυτό φαίνεται ότι ο σεισμός έγινε αισθητός κατά τη ΒΔ διεύθυνση μέχρι το Sarajevo και το Zagreb, ενώ ΝΑ σε σημαντικά μικρότερη απόσταση όπως μέχρι τη Κορινθία και την Αττική. Ο σεισμός έγινε επίσης ιδιαίτερα αισθητός στη Θεσσαλονίκη και στην Κ. Μακεδονία.

Ο χάρτης ΣΕΙΣ2 δίνει τη γεωγραφική κατανομή των epicέντρων των δύο ισχυρών σεισμών της 3^{ης} και 4^{ης} Μαρτίου (κόκκινα άστρα), το epicέντρο του σεισμού της 12^{ης} Μαρτίου (κίτρινος κύκλος) και τα epicέντρα των μετασεισμών με $M > 3.0$ (geophysics.geo.auth.gr). Η χωρική κατανομή των epicέντρων φαίνεται να ορίζει μία ζώνη με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, η οποία είναι σε καλή συμφωνία με τους μηχανισμούς γένεσης, τη διεύθυνση των μεγάλων ρηγμάτων της περιοχής και εκτείνεται σε μήκος περίπου ~30km. Ωστόσο η ζώνη διάρρηξης, η οποία είναι σε συμφωνία με το αποτέλεσμα Kiratzi (2021) για τα μοντέλα ολίσθησης των δύο σεισμών, δεν φαίνεται να σχετίζεται με κάποιο από τα γνωστά ρήγματα.



Εικόνα ΣΕΙΣ2. Γεωγραφική κατανομή των epicέντρων των δύο σεισμών (κόκκινα άστρα) και των μετασεισμών για τις 16 ημέρες. (Πηγή: geophysics.geo.auth.gr). Τα κόκκινα άστρα είναι τα epicέντρα των δύο σεισμών με $M > 6.0$. Οι μηχανισμοί γένεσης από δύο σεισμολογικά κέντρα και τα γνωστά ρήγματα (Παπαζάχος και συν. 2001; και Γκανάς και συν.2020) δίνονται επίσης.

Ο τελευταίος ισχυρός σεισμός στη περιοχή σχετίζεται με το κανονικό ρήγμα του Τυρνάβου (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003) το οποίο βρίσκεται ΒΑ της πόλης και δεν φαίνεται να έχει δραστηριοποιηθεί στη παρούσα φάση.

Από παρατηρήσεις πεδίου Ganas et al (2021), Pavlides et al., (2021) προκύπτει ότι η ακολουθία του Μαρτίου 2021, προήλθε από αχαρτογράφητο τυφλό ρήγμα, το οποίο είναι παράλληλο και δυτικότερα από γνωστά ρήγματα. Τα χαρακτηριστικά του ρήγματος της ακολουθίας είναι ακόμη υπό διερεύνηση.

1.2 Κατανομή της Ισχυρής Σεισμικής Κίνησης στη Πλειόσειστη Περιοχή

Στη πόλη της Λάρισας το ΙΤΣΑΚ έχει εγκατεστημένους 2 επιταχυνσιογράφους. Επίσης στη πόλη ο Δήμος Λαρισαίων λειτουργεί δίκτυο οκτώ επιταχυνσιογράφων από τους οποίους οι δύο είναι τηλεμετρικά συνδεδεμένοι (τηλεφωνική τηλεμετρία) για τη λήψη των δεδομένων. Οι επιταχυνσιογράφοι του ΙΤΣΑΚ είναι ο LAR1 τύπου QDR με ανάλυση ψηφιοποιητή 11 bits, ενώ ο LAR4 είναι τύπου GURALP-CMG-5TD EAM με ανάλυση 24 bits. Οι επιταχυνσιογράφοι S4 και S5 του Δήμου είναι GeoSIG ανάλυσης 22 bits και βρίσκονται περιμετρικά της πόλης. Λόγω της εγκατάστασής τους σε σχολεία και των περιοριστικών μέτρων δεν κατέστη δυνατή η συλλογή των δεδομένων από τους λοιπούς σταθμούς.

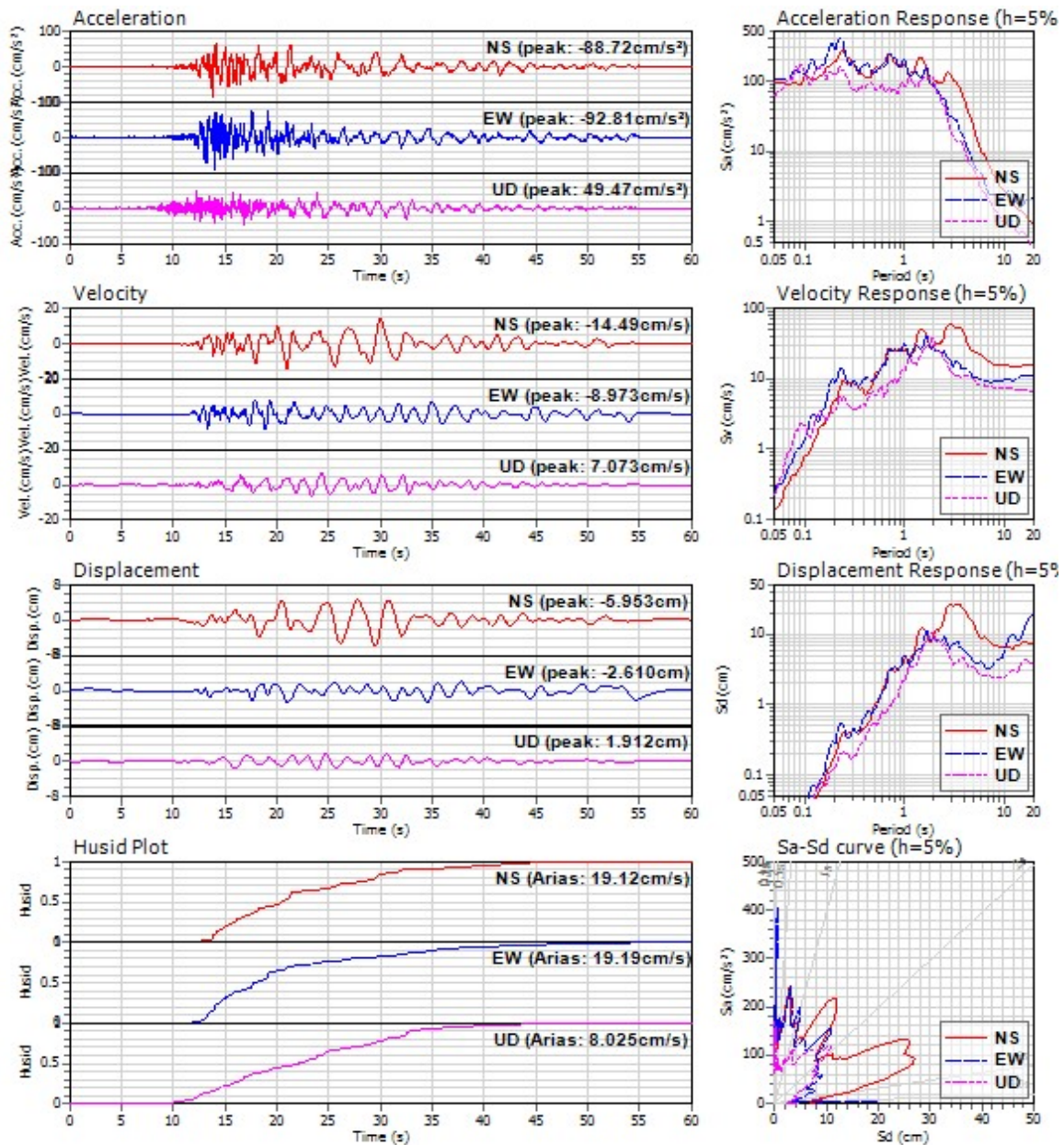
Εντός του κέντρου της Λάρισας καταγράφηκε μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $\sim 10\%g$ στο Νοσοκομείο της Λάρισας.

Στο χάρτη τους σχήματος ΣΕΙΣ 3 δίνεται η θέση των τεσσάρων επιταχυνσιογράφων από τους οκτώ εγκατεστημένους στη πόλη της Λάρισας.



Εικόνα ΣΕΙΣ3. Χάρτης χωρικής κατανομής των θέσεων των επιταχυνσιογράφων στη πόλη της Λάρισας.

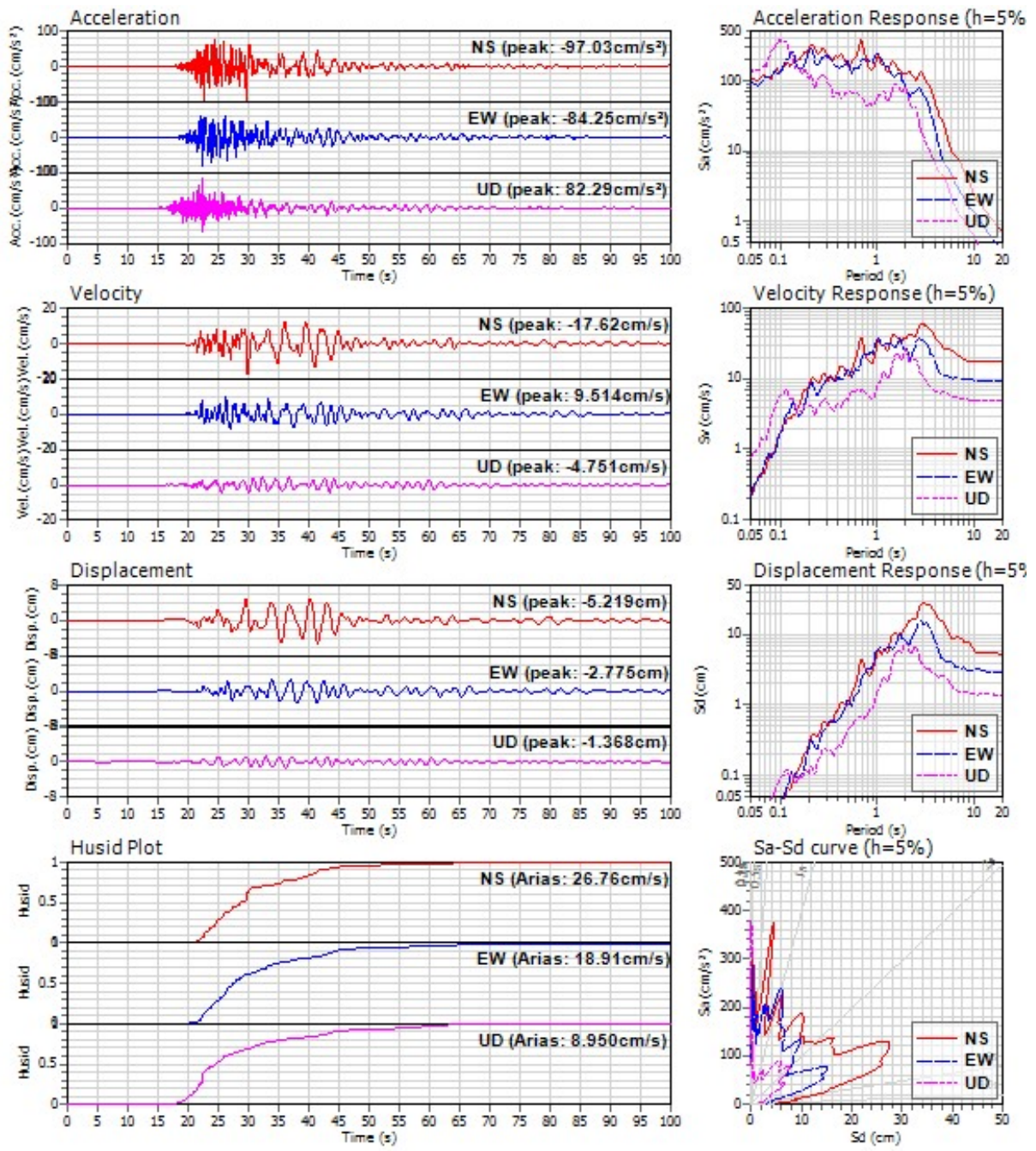
Οι αναλύσεις των καταγραφών από του τέσσερις επιταχυνσιογράφους για τους δύο ισχυρότερους σεισμούς δίνονται στα επόμενα σχήματα ενώ τα αποτελέσματα και η επικεντρική απόσταση, R, δίνονται στους αντίστοιχους πίνακες.



THESSALY EQ. Stn: LAR1, Instr: QDR. Rec. 2021-03-03 M6.3

Εικόνα ΣΕΙΣ 4

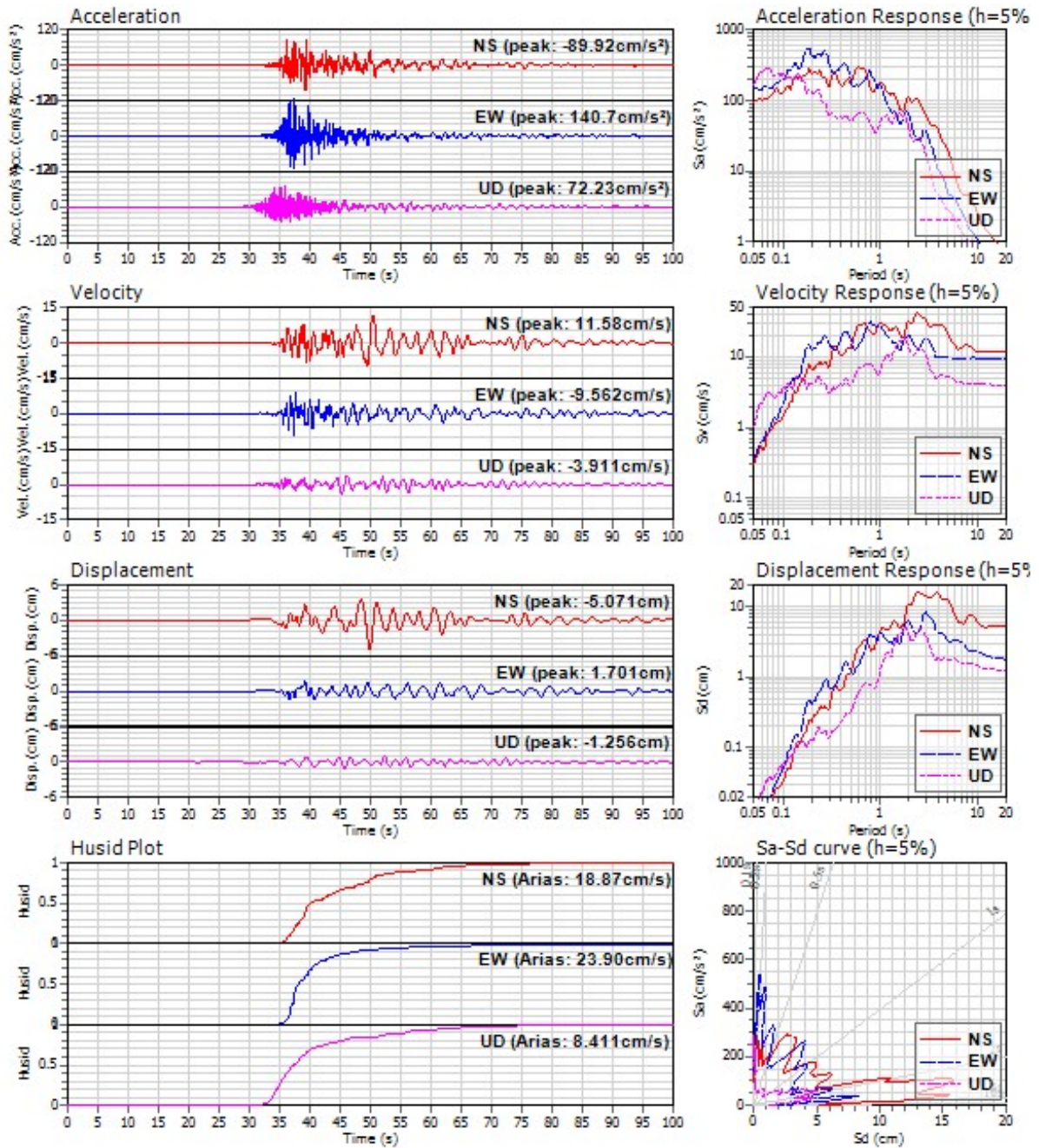
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²			ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ cm/sec			ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ cm			R Km
NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	22
88.7	92.8	49.5	14.5	8.9	7.1	5.9	2.6	1.9	



THESSALY EQ. Stn: LAR4, Instr: CMG-5TD. Rec. 2021-03-03 M6.3

Εικόνα ΣΕΙΣ 5

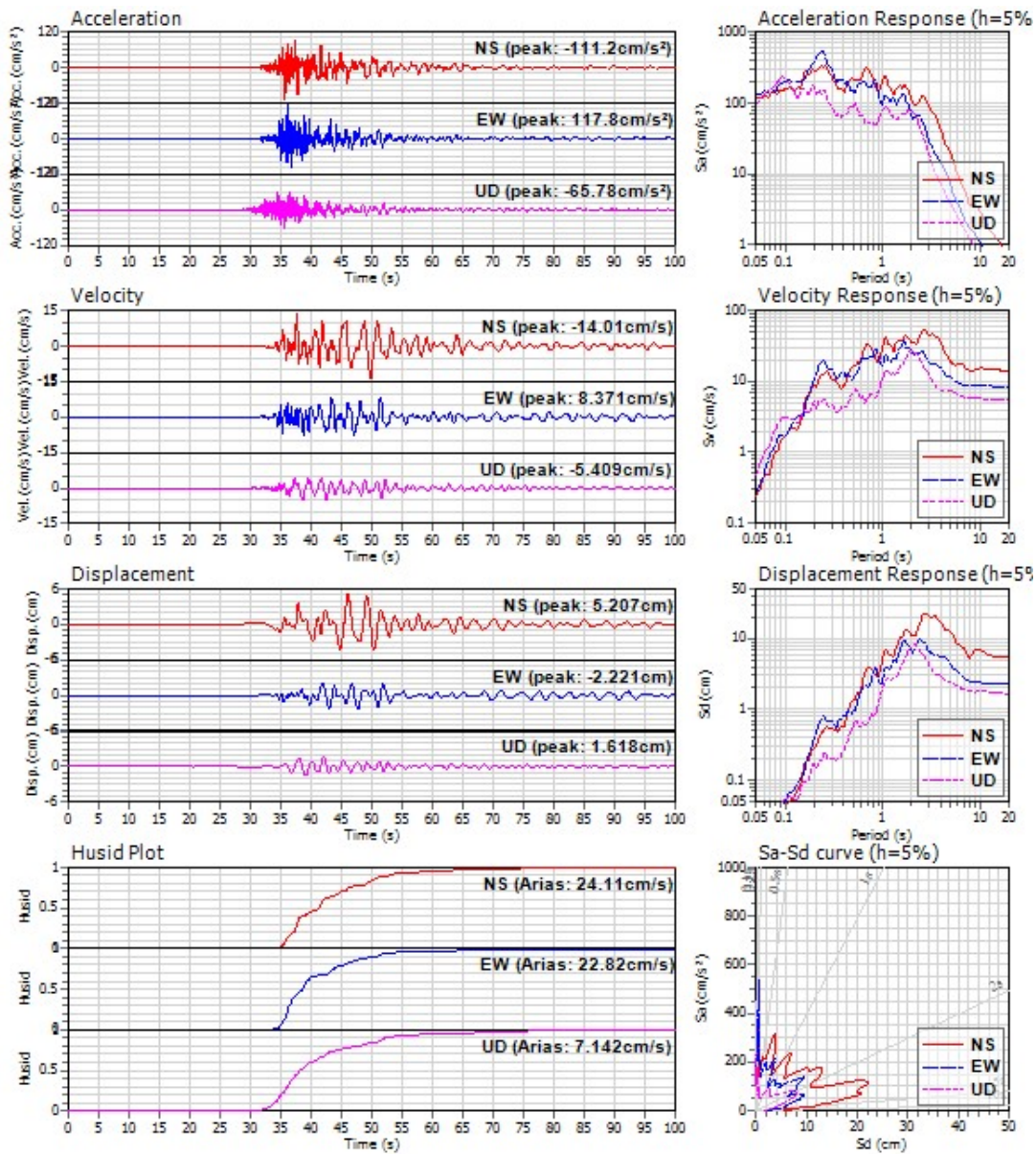
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²			ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ cm/sec			ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ cm			R Km
NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	22
97.0	84.2	82.3	17.6	9.5	4.8	5.2	2.8	1.4	



THESSALY EQ. Stn: S4, Instr: GeoSIG. Rec. 2021-03-03 M6.3

Εικόνα ΣΕΙΣ 6

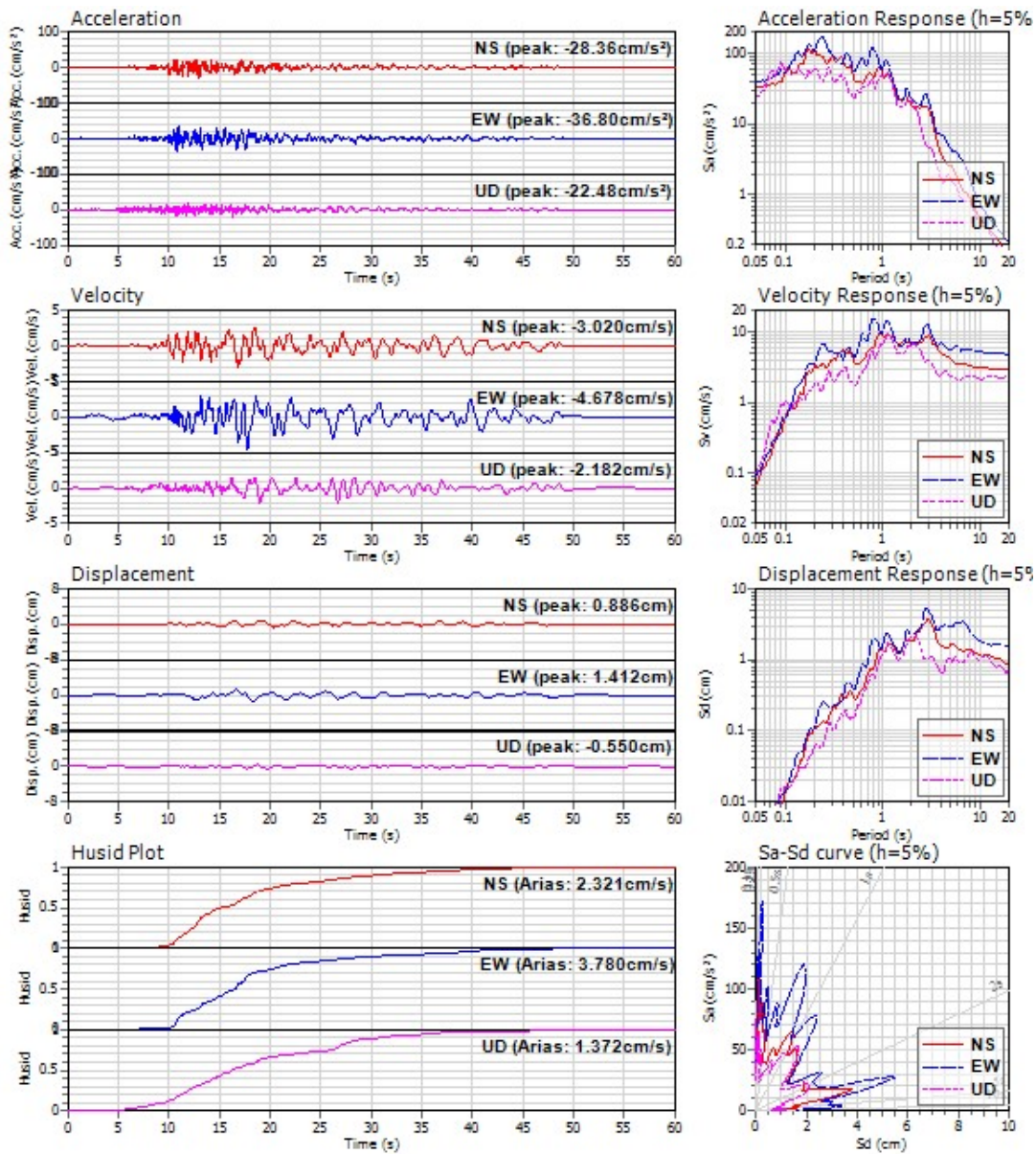
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²			ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ cm/sec			ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ cm			R Km
NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	
89.9	140.7	72.2	11.6	9.6	3.9	5.1	1.7	1.2	23



THESSALY EQ. Stn: S5, Instr: GeoSIG. Rec. 2021-03-03 M6.3

Εικόνα ΣΕΙΣ 7

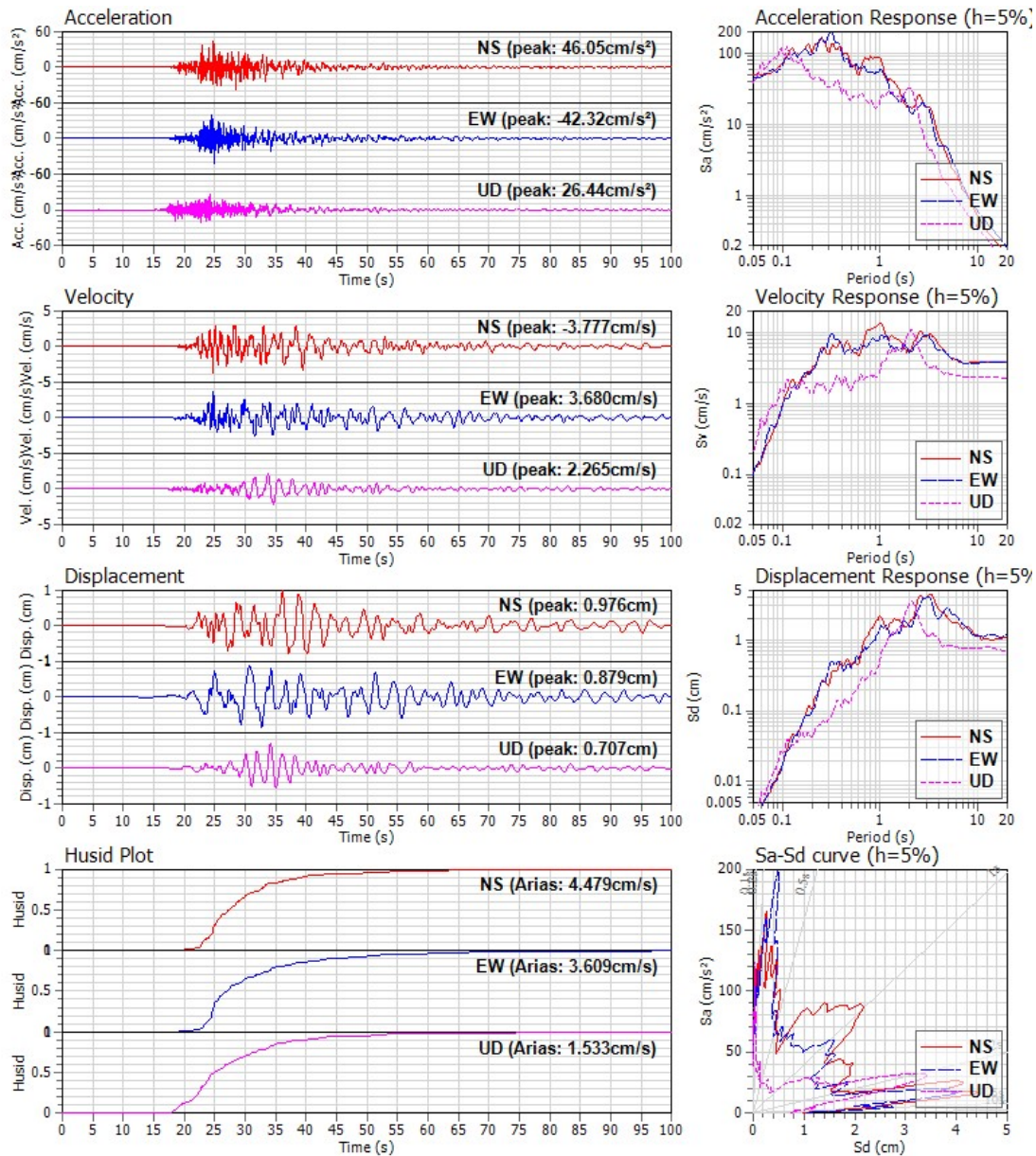
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²			ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ cm/sec			ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ cm			R Km
NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	
111.2	117.8	65.8	14.0	8.4	5.4	5.2	2.2	1.6	21



THESSALY EQ. Stn: LAR1, Instr: QDR. Rec. 2021-03-04 M6.1

Εικόνα ΣΕΙΣ 8

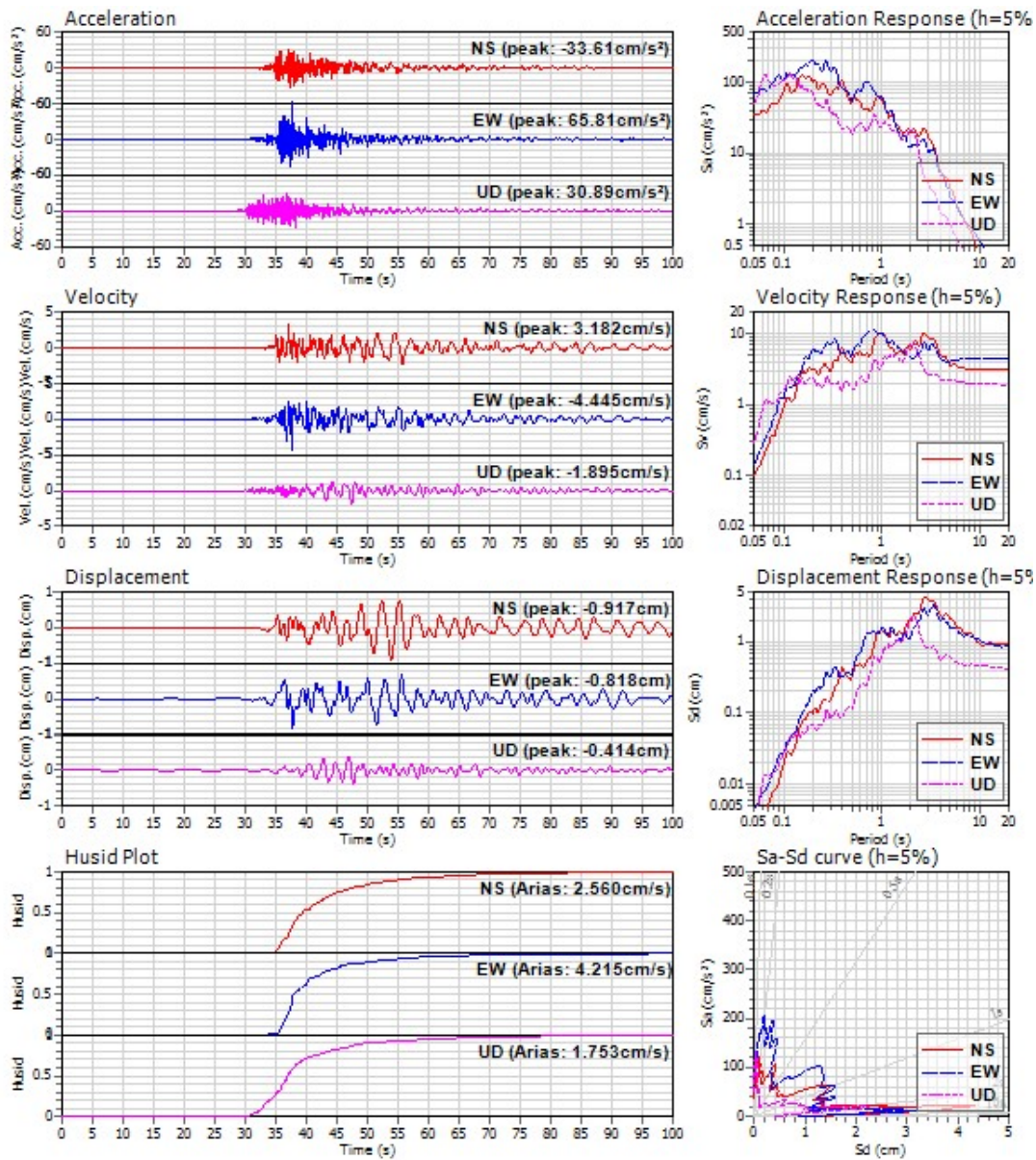
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²			ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ cm/sec			ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ cm			R Km
NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	
28.4	36.8	22.5	3.0	4.7	2.2	0.9	1.4	0.6	31



THESSALY EQ. Stn: LAR4, Instr: CMG-5TD. Rec. 2021-03-04 M6.1

Εικόνα ΣΕΙΣ 9

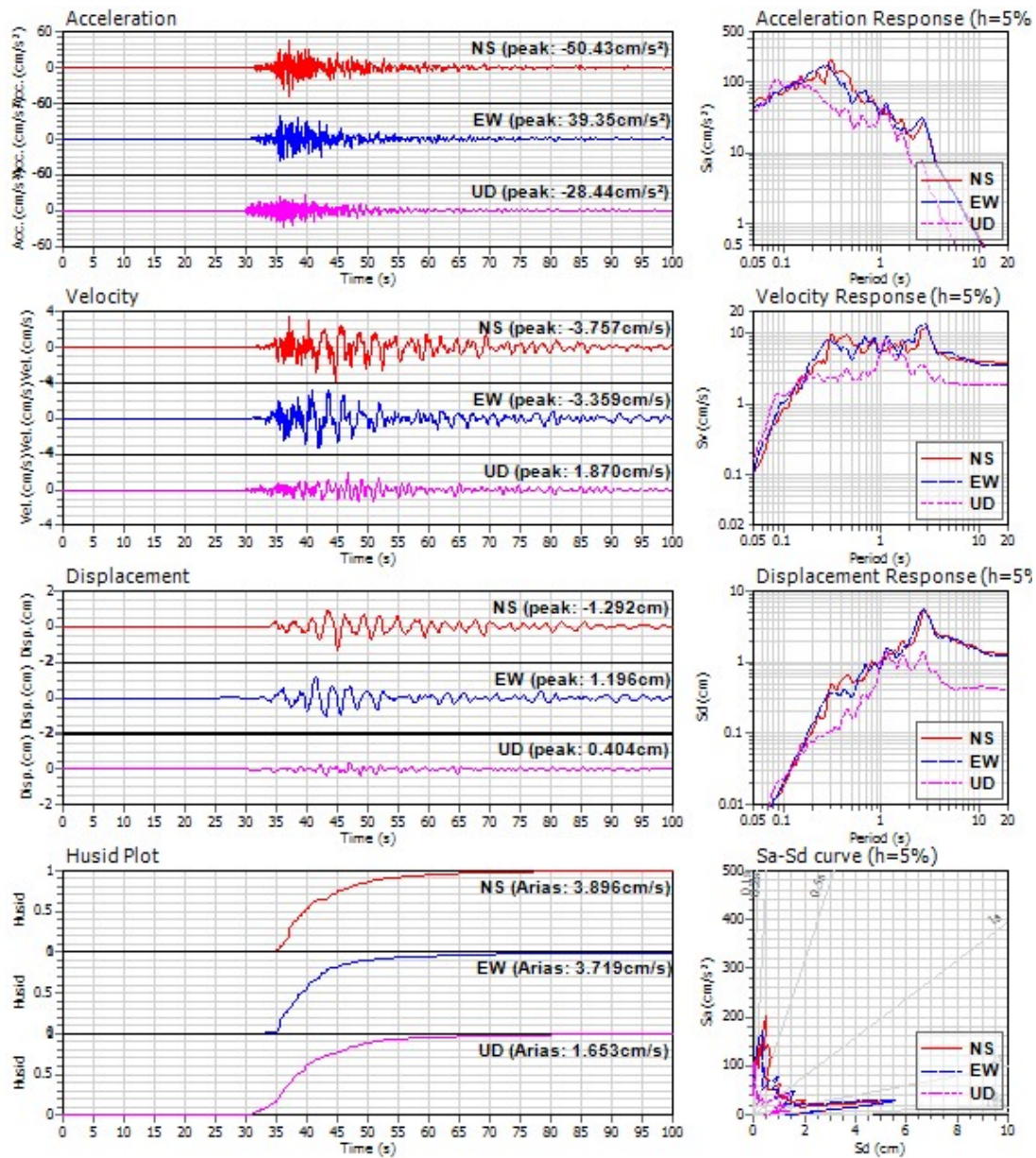
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²			ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ cm/sec			ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ cm			R Km
NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	31
46.1	42.3	26.4	3.8	3.7	2.3	1.0	0.9	0.7	



THESSALY EQ. Stn: S4, Instr: GeoSIG. Rec. 2021-03-04 M6.1

Εικόνα ΣΕΙΣ10

ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²			ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ cm/sec			ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ cm			R Km
NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	
33.6	65.8	30.9	3.2	4.4	1.9	0.9	0.8	0.4	32

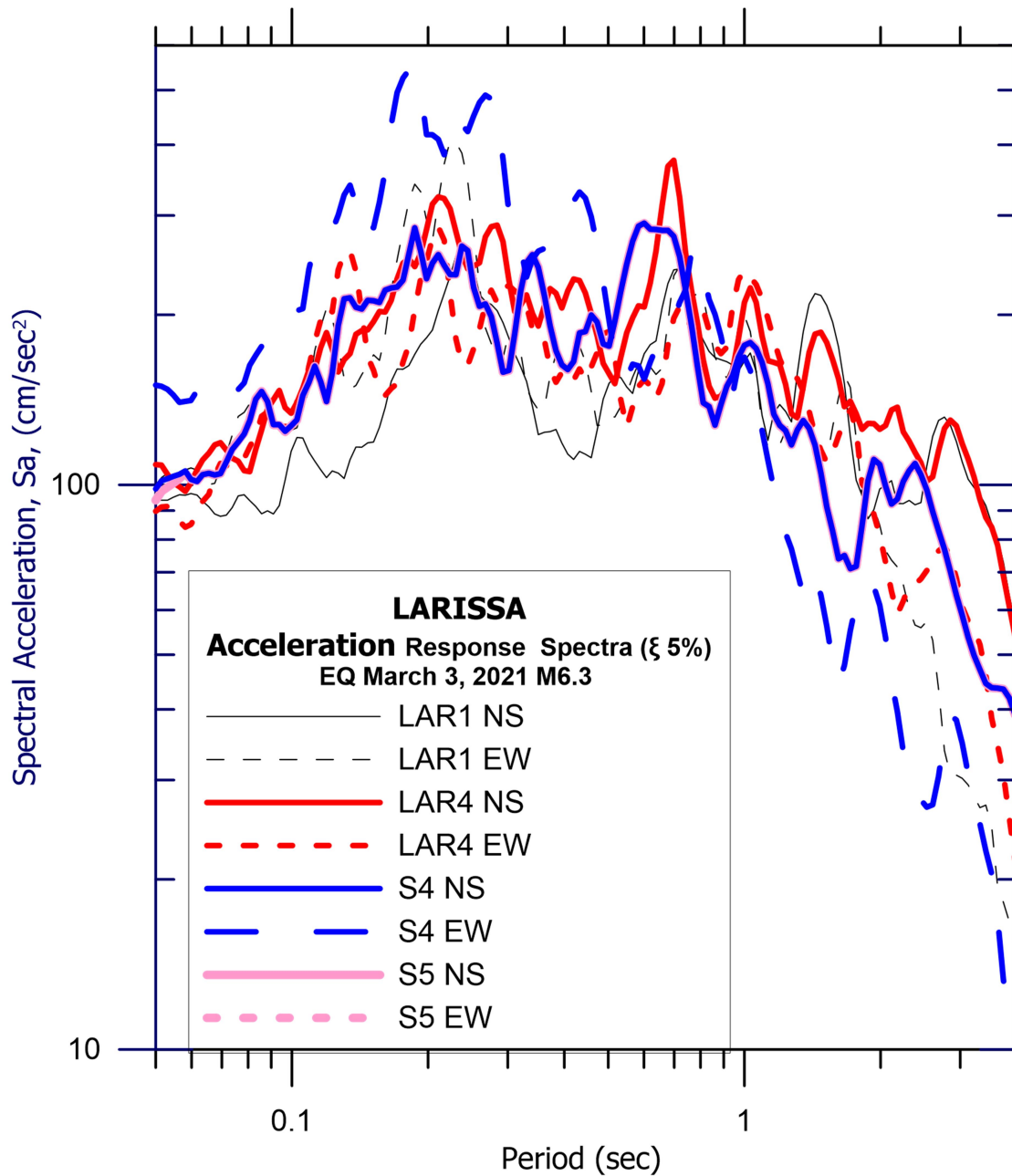


THESSALY EQ. Stn: S5, Instr: GeoSIG. Rec. 2021-03-04 M6.1

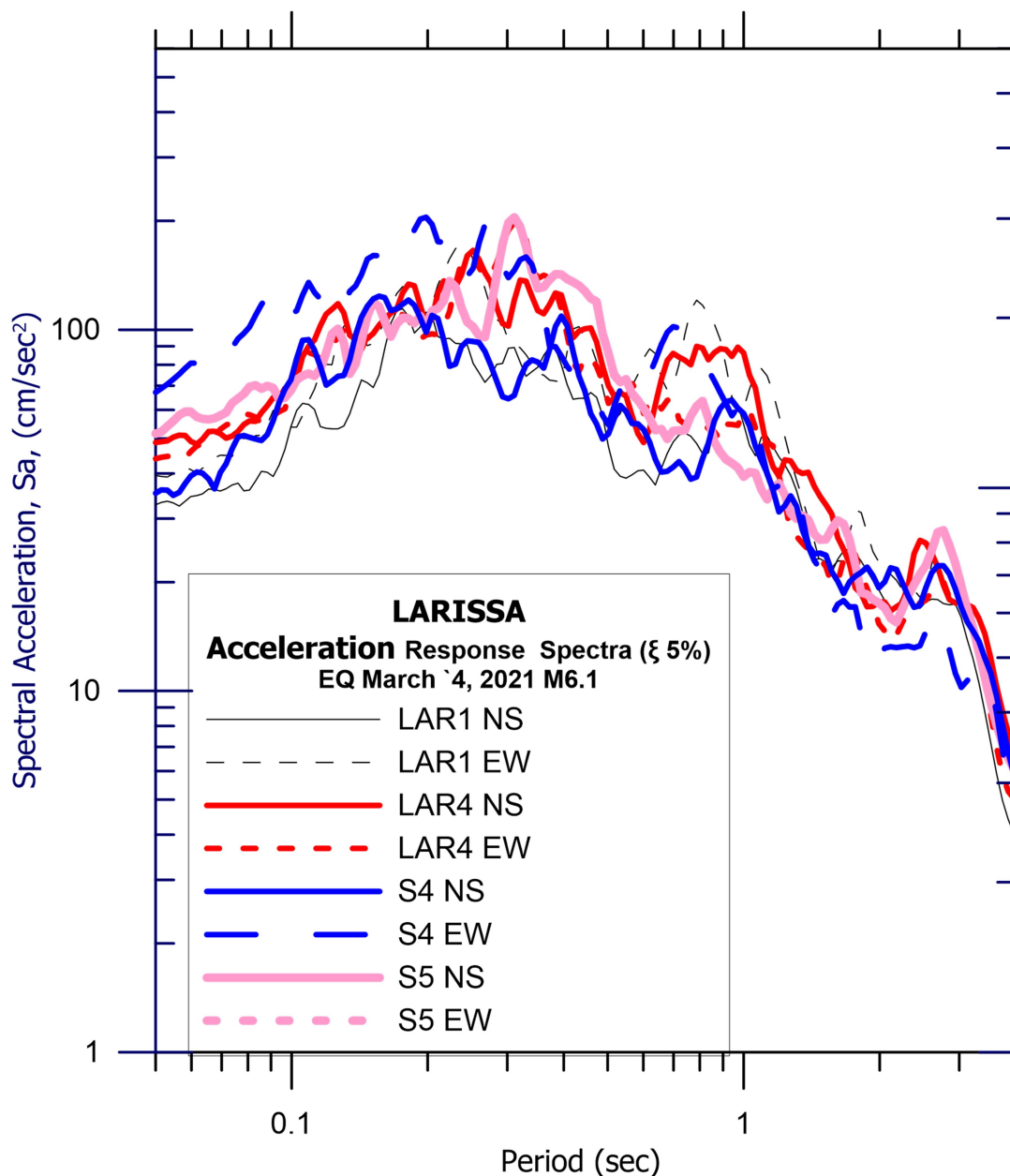
Εικόνα ΣΕΙΣ11

ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²			ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ cm/sec			ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ cm			R Km
NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	
50	39.3	28.4	3.8	3.3	1.9	1.3	1.2	0.4	30

Στα παρακάτω σχήματα δίνονται για λόγους σύγκρισης τα φάσματα επιταχύνσεων των οριζοντίων συνιστωσών για απόσβεση 5% της κρίσιμης.



Εικόνα ΣΕΙΣ12. Σύγκριση των φασμάτων απόκρισης των οριζοντίων συνιστωσών των καταγραφών από τους επιταχυνσιογράφους μέσα στο πολεοδομικό συγκρότημα της Λάρισας για το σεισμό M6.3 της 3^{ης} Μαρτίου 2021. Οι συνεχείς γραμμές αντιστοιχούν στις συνιστώσες NS ενώ οι διακεκομμένες για τις συνιστώσες EW.



Εικόνα ΣΕΙΣ13. Σύγκριση των φασμάτων απόκρισης των οριζοντίων συνιστωσών των καταγραφών από τους επιταχυνσιογράφους μέσα στο πολεοδομικό συγκρότημα της Λάρισας για το σεισμό M6.1 της 4^{ης} Μαρτίου 2021. Οι συνεχείς γραμμές αντιστοιχούν στις συνιστώσες NS ενώ οι διακεκομμένες για τις συνιστώσες EW. Η κλίμακα των φασματικών επιταχύνσεων είναι ίδια με το προηγούμενο σχήμα για λόγους σύγκρισης.

Στο σεισμό της 3^{ης} Μαρτίου, τα φάσματα απόκρισης παρουσίασαν σχετικά επιταχύνσεις, $S_a \geq 200 \text{ cm/sec}^2$ για μεγάλο εύρος ιδιοπεριόδων, $0.1 \text{ sec} \leq T \leq 1.5 \text{ sec}$.

Αντίθετα κατά το σεισμό της 4 Μαρτίου τα φάσματα απόκρισης παρουσίασαν αρκετά χαμηλότερες τιμές $S_a \leq 200 \text{ cm/sec}^2$ για όλο το φάσμα των ιδιοπεριόδων.

Μια τέτοια διαφορά είναι ποιοτικά αναμενόμενη δεδομένου ότι ο δεύτερος σεισμός είχε μικρότερο μέγεθος και μεγαλύτερη επικεντρική απόσταση από τους σταθμούς καταγραφής.

1.3 Χάρτες Κατανομής της Σεισμικής Κίνησης

Οι χάρτες της κατανομής ισχυρής σεισμικής δόνησης είναι πρωταρχικής σημασίας για την ταχεία αξιολόγηση των αναμενόμενων ζημιών και της έκθεσης του πληθυσμού σε κινδύνους καταστροφών για στις αρχές πολιτικής προστασίας. Για το σκοπό αυτό, το λογισμικό ShakeMap, που αναπτύχθηκε από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 από την Αμερικανική Γεωλογική Έρευνα (USGS), αποδείχθηκε πολύ αποτελεσματικό και υιοθετήθηκε από διάφορους φορείς λειτουργίας δικτύων σειсмоγράφων/επιταχυνσιογράφων παγκοσμίως.

Το ShakeMap (Wald et al., 1999) είναι ένα λογισμικό για την εκτίμηση της κίνησης εδάφους, το οποίο χρησιμοποιεί καταγεγραμμένα δεδομένα και τα συνδυάζει με σεισμολογικά και γεωτεχνικά δεδομένα για την δημιουργία χαρτών κίνησης εδάφους. Τα μοντέλα πρόβλεψης σεισμικής δόνησης εδάφους (GMPEs ή GMMs) χρησιμοποιούνται για την όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση αυτής όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμες καταγραφές. Η επίδραση των τοπικών συνθηκών γίνεται με χρήση της ενίσχυσης στην εξεταζόμενη θέση, με βάση την μέση ταχύτητα διάδοσης των εγκαρσίων κυμάτων (S-waves) στα ανώτερα 30 m (V_{s30}). Λεπτομέρειες σχετικά με τη μεθοδολογία των Shakemaps παρέχονται από τους Worden et al. (2017). Τα μεταγενέστερα εργαλεία έχουν αναπτυχθεί για να παρέχουν εκτιμήσεις απωλειών στον πληθυσμό και βλαβών στις υποδομές που εκτίθενται σε κίνδυνο και υπολογίζουν τις οικονομικές απώλειες στις περιοχές που επηρεάζονται από το σεισμικό συμβάν (π.χ. Earle et al., 2009).



Εικόνα ΣΕΙΣ14. Χάρτης αισθητότητας με παράμετρο τη μέγιστη επιτάχυνση (σε %g). Οι καμπύλες είναι μεταξύ 2%g-10%g ενώ η τελευταία είναι για 1%g.

Στο χάρτη του σχήματος ΣΕΙΣ 14 δίνεται η χωρική κατανομή των εδαφικών επιταχύνσεων όπως προέκυψαν από τη χρήση των δεδομένων του δικτύου επιταχυνσιογράφων του ΙΤΣΑΚ,

Δίνονται επίσης και τα γνωστά ρήγματα στη περιοχή (Pavlidis et al., 2010). Οι καμπύλες ίσων τιμών επιταχύνσεων φαίνεται ότι έχουν επιμήκυνση κατά τη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, συμπίπτοντας δηλαδή με τη διεύθυνση της ρηξιγενούς ζώνη όπως φαίνεται από το σχήμα ΣΧΗΜ2.

1.4 Συμπεράσματα

Η σεισμική ακολουθία της ΒΑ. Θεσσαλίας με δύο σειμούς περίπου ίδιου μεγέθους, Μ6.3 και Μ6.1 προκλήθηκε από κανονικές διαρρήξεις με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση στη πόλη της Λάρισας ήταν $\sim 140 \text{ cm/sec}^2$, με επιτάχυνση σχεδιασμού κατά τον ΕΑΚ2000, $a_g: 24\%g$.

Τα φάσματα απόκρισης και των δύο σεισμών διαφοροποιούνται αρκετά στις 4 θέσεις της πόλης της Λάρισας παρά το γεγονός ότι έχουν παρόμοιες επικεντρικές αποστάσεις ($\sim 25\text{km}$).

Η παρατήρηση αυτή αναδεικνύει το ρόλο των διαφορετικών τοπικών εδαφικών συνθηκών στις θέσεις των επιταχυνσιογράφων που διαμόρφωσαν ανάλογα τη σεισμική δόνηση μέσα στο πολεοδομικό συγκρότημα. Επιπλέον, η σημαντική διαφοροποίηση στις δύο οριζόντιες συνιστώσες των φασμάτων απόκρισης του ίδιου σταθμού, υποδεικνύει 2Δ ή και 3Δ επίδραση,

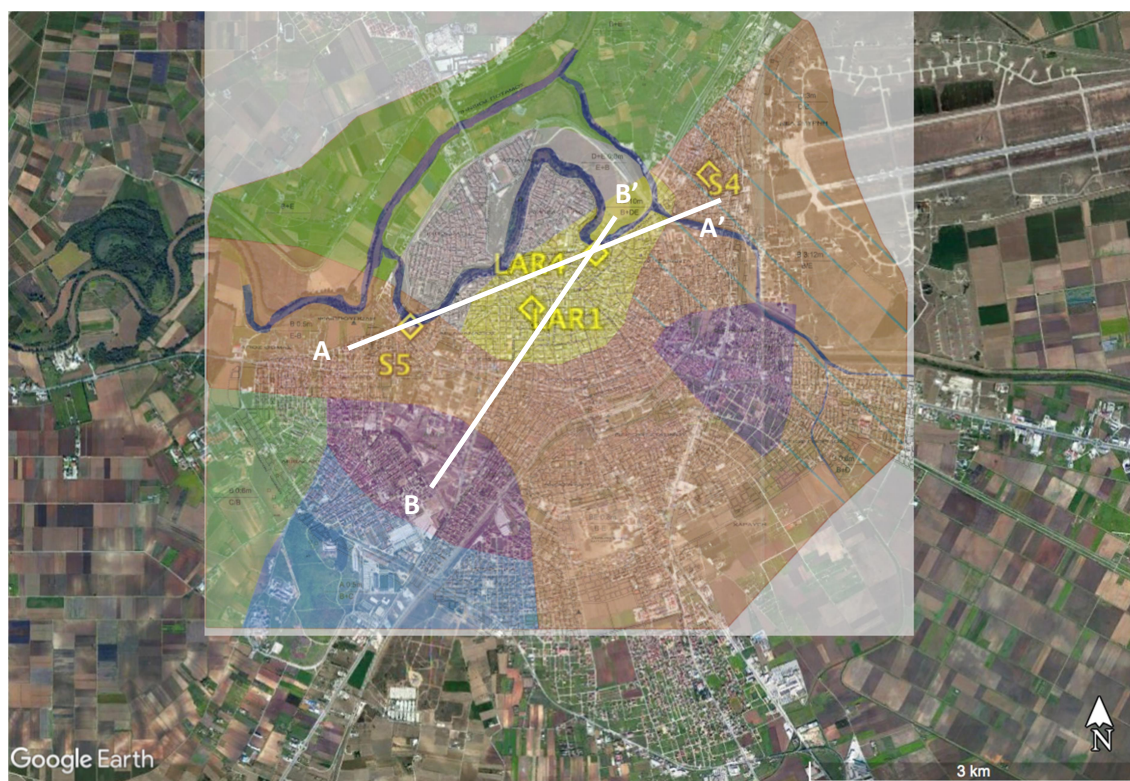
γεγονός που μπορεί να διερευνηθεί με σχετική μοντελοποίηση της δυναμικής απόκρισης των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών. Η υφιστάμενη μικροζωνική μελέτη στην πόλη της Λάρισας μπορεί να συμβάλει σε μια τέτοια διερεύνηση καθώς επίσης να τεκμηριωθεί ανάλογα.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΣΤΟΧΙΕΣ

2.1 Πολεοδομικό συγκρότημα Λάρισας – τεκμηρίωση θέσεων σταθμών καταγραφής της ισχυρής κίνησης

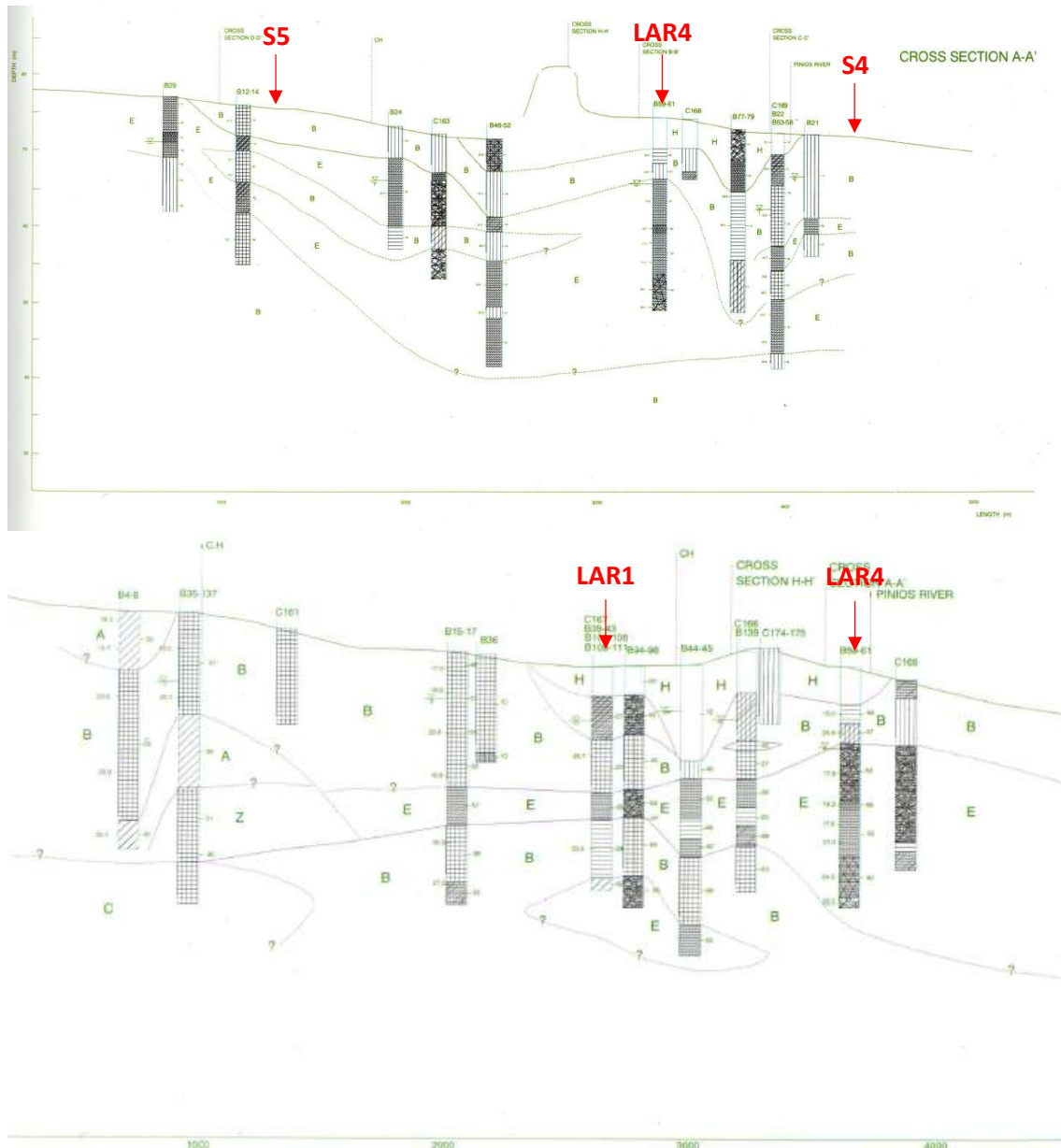
Η γεωλογία της περιοχής όπου έχει αναπτυχθεί το πολεοδομικό συγκρότημα της Λάρισας χαρακτηρίζεται από αλλουβιακές αποθέσεις (ΙΓΜΕ Φύλλο Λάρισα 1:50.000) και ειδικότερα ανοικτότεφρα έως καστανότεφρα ασύνδετα υλικά από αργίλους, άμμους, κροκαλολατύπες και ποταμοχειμαρολιμναία υλικά που αποτέθηκαν στη λεκάνη της Λάρισας.

Στην εικόνα ΓΕΩ1 αποτυπώνονται οι θέσεις των επιταχυνσιογράφων LAR1, LAR4, S4 και S5 στο πολεοδομικό συγκρότημα της Λάρισας. Στο ίδιο σχήμα υπερτίθεται ο γεωτεχνικός χάρτης που προέκυψε από την επεξεργασία γεωτεχνικών δεδομένων στο πλαίσιο εκπόνησης μικροζωνικής μελέτης της πόλης (ΑΠΘ-Νομαρχία Λάρισας, 1995; ΤΕΕ-ΤΚΔΘ, 2000) με τις διευθύνσεις των γεωτεχνικών τομών που διέρχονται από τους σταθμούς καταγραφής της σεισμικής κίνησης. Στην εικόνα ΓΕΩ2 δίνεται η γεωτεχνική τομή Α-Α' που διέρχεται από τους σταθμούς S5, LAR4 και S4 καθώς και η τομή Β-Β' διερχόμενη από τους σταθμούς LAR1 και LAR4.



Εικόνα ΓΕΩ1. Θέσεις των επιταχυνσιογράφων στο πολεοδομικό συγκρότημα της Λάρισας σε σχέση με το γεωτεχνικό χάρτη που προέκυψε από την επεξεργασία γεωτεχνικών δεδομένων στο πλαίσιο εκπόνησης της μικροζωνικής μελέτης της πόλης (ΑΠΘ-Νομαρχία Λάρισας, 1995; ΤΕΕ-ΤΚΔΘ, 2000) με τις θέσεις των τομών που διέρχονται από τους σταθμούς καταγραφής της σεισμικής κίνησης.

Οι σταθμοί LAR1 και LAR4, πρακτικά βρίσκονται εντός της ίδιας γεωτεχνικής ζώνης στην οποία συναντώνται επιφανειακά τεχνητές επιχωματώσεις (H), εξαιρετικά ετερογενείς και γενικά πολύ χαμηλής αντοχής, σε βάθη που κυμαίνονται μεταξύ 2-10m (Εικ. ΓΕΩ1). Σε μεγαλύτερο βάθος (Εικ. ΓΕΩ2, τομή Β-Β') παρατηρούνται εναλλαγές αργίλων μέσης και κατά θέσεις υψηλής πλαστικότητας, με κυμαινόμενο ποσοστό ιλύος και με σημαντικές διαφορές στις μηχανικές ιδιότητες (B) και άμμων με ιλύ ή/και άργιλο με κυμαινόμενο ποσοστό ιλύος ή/και αργίλου έως λεπτόκοκκες ιλυώδεις άμμοι με μικρή έως μηδενική πλαστικότητα σε χαλαρή σύσταση (E).



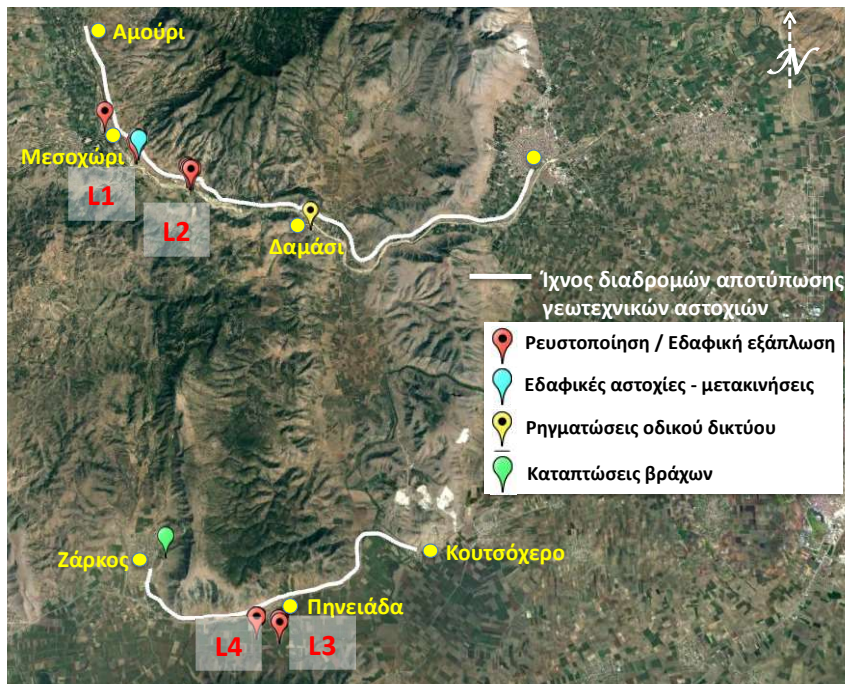
Εικόνα ΓΕΩ2. Γεωτεχνικές τομές: Α-Α' διερχόμενη από τους σταθμούς S5, LAR4 και S4 (πάνω) και Β-Β' που διέρχεται από τους σταθμούς LAR1 και LAR4 (ΑΠΘ-Νομαρχία Λάρισας, 1995; ΤΕΕ-ΤΚΔΘ, 2000)

Ομοίως οι σταθμοί S5 και S4 (Εικ. ΓΕΩ1 και ΓΕΩ2) ανήκουν στην ίδια γεωτεχνική ζώνη στην οποία συναντώνται επιφανειακά αργιλικόι σχηματισμοί (B) πάχους ως 8m. Στη συνέχεια και μέχρι το βάθος των 40m περίπου, στο μεν δυτικό τμήμα (περιοχή σταθμού S5) επικρατούν αμμοιλυώδεις σχηματισμοί (E) με ενστρώσεις αργίλου (Σχηματισμός B), στο δε ανατολικό τμήμα (περιοχή σταθμού S4) επικρατούν αργιλικόι σχηματισμοί (B) με ενστρώσεις αμμοιλυωδών εδαφών (E).

Από τη συσχέτιση των παραμέτρων των βασικών σχηματισμών ανά ζώνη με μετρήσεις Cross-hole καθώς και άλλων γεωφυσικών μεθόδων διασκόπησης, αλλά και συσχετίσεων με τιμές N_{SPT} , εκτιμάται ότι η μέση ταχύτητα διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στα πρώτα 30m, $V_{S,30}$, κυμαίνεται περί τα 290 m/s και 300 m/s στις θέσεις των σταθμών LAR4 και LAR1 αντίστοιχα, περί τα 310 m/s στη θέση του σταθμού S5 και περί τα 260m/s στη θέση S4. Σύμφωνα με τις παραπάνω τιμές $V_{S,30}$, όλοι οι σταθμοί καταγραφής της ισχυρής κίνησης κατατάσσονται στην κατηγορία εδάφους C σύμφωνα με τον EC8.

2.2 Πλειόσειστη περιοχή – Αστοχίες γεωτεχνικού χαρακτήρα

Το ενδιαφέρον αναφορικά με την αποτύπωση των γεωτεχνικών αστοχιών επικεντρώθηκε σε δύο (2) διαδρομές. Η 1^η διαδρομή πραγματοποιήθηκε κατά μήκος του Τηταρήσιου ποταμού ο οποίος βρίσκεται στο νότιο τμήμα της πλειόσειστης περιοχής και συμπεριέλαβε τον Τύρναβο και τα χωριά: Δαμάσι – Μεσοχώρι – Αμούρι. Η 2^η διαδρομή χωροθετείται ακόμη πιο νότια κατά μήκος του ποταμού Πηνειού και περιέλαβε τα χωριά: Ζάρκος – Πηνειάδα – Κουτσόχερο. Οι διαδρομές παρουσιάζονται στην εικόνα ΓΕΩ3.



Εικόνα ΓΕΩ3. Ίχνος διαδρομής αποτύπωσης γεωτεχνικών αστοχιών και θέσεις καταγραφής τους

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται συνοπτικά οι τύποι εδαφικής αστοχίας οι οποίοι επισημάνθηκαν κατά την τεχνική επίσκεψη της 6/3/2021. Ο βασικός τύπος εδαφικής αστοχίας που καταγράφηκε αφορούσε σε φαινόμενα εκτεταμένης ρευστοποίησης και των εξ' αυτής δευτερογενών επαγόμενων φαινομένων, όπως η πλευρική εξάπλωση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασαν επίσης και ειδικότερα θέματα που εντοπίστηκαν όπως η περίπτωση εδαφικής αστοχίας με τη μορφή μεγάλου μήκους εδαφικής ρωγμής στα όρια της ευρύτερης κοίτης του ποταμού Τηταρήσιου. Η παρουσίαση των εν λόγω αστοχιών δεν εξαντλούν το αντικείμενο των εδαφικών αστοχιών, το οποίο είναι χωρικά πιο εκτεταμένο από την περιοχή αναφοράς, αλλά αποτελούν σοβαρή ένδειξη του τύπου των φαινομένων που επικράτησαν στην περιοχή με βάση τις γεωλογικές, τοπογραφικές, γεωμορφολογικές, υδρογεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες.

2.2.1. Διαδρομή 1: Τύρναβος - Δαμάσι - Μεσοχώρι – Αμούρι

Η 1^η διαδρομή ακολουθεί τη διεύθυνση Α-Δ. Το χωριό Δαμάσι είναι ένα από τα χωριά που βρίσκονται στην επικεντρική περιοχή και τα οποία υπέστησαν σημαντικές βλάβες στο κτηριακό τους απόθεμα και κυρίως στα λιθόκτιστα και πλινθόκτιστα κτήρια. Από γεωτεχνικής πλευράς, ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρατήρηση ότι οι κτηριακές βλάβες παρουσιάζονται μειωμένες στην περιοχή που βρίσκεται στις υπώρειες του ορεινού ανάγλυφου στα νότια του χωριού (Εικ. ΓΕΩ4), γεγονός που πιθανόν να ερμηνεύεται από την καλύτερη μηχανική συμπεριφορά που παρουσιάζουν οι εδαφικές στρώσεις από πλευρικά κορήματα αργιλοαμμώδους έως αργιλοαμμοχαλικώδους σύστασης ή με συμπεριφορά μαλακού βράχου/σκληρού εδάφους λόγω της χαμηλής συγκόλλησης των εδαφικών υλικών, σε σχέση με τις ποτάμιες αναβαθμίδες της ευρείας κοίτης του Τηταρήσιου ή και του αλλουβιακού μανδύα.

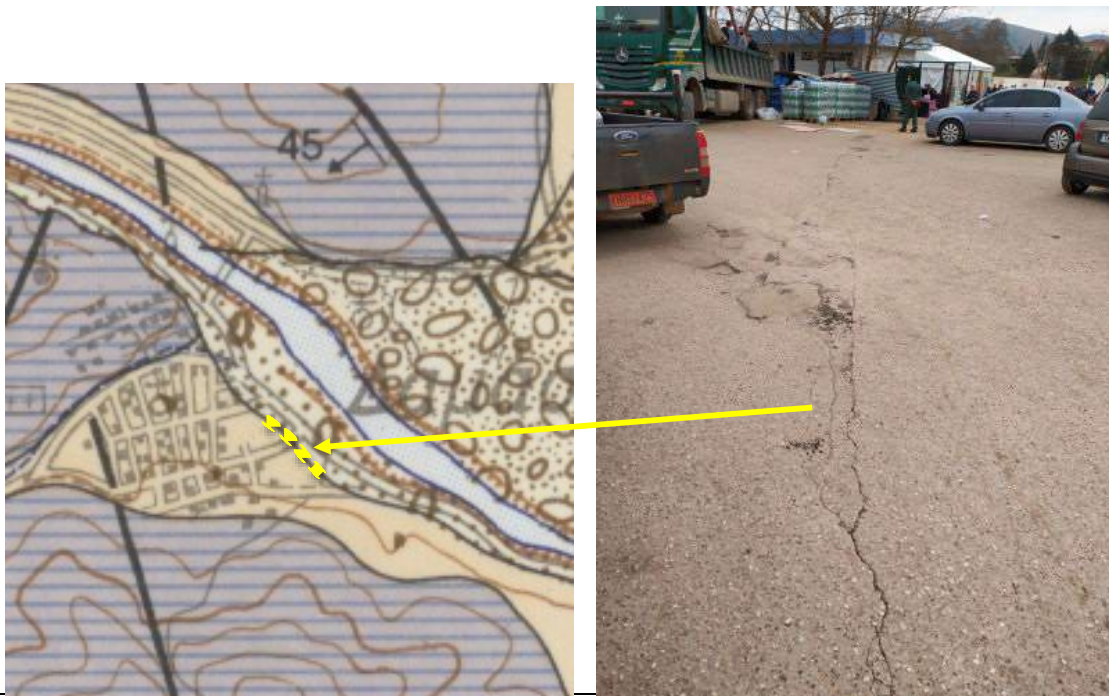


Εικόνα ΓΕΩ4. Εντοπισμός οικιστικής ζώνης Δαμασίου η οποία εμφάνισε λιγότερες βλάβες δομικού τύπου.

Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ύπαρξη εδαφικών ρωγμών μικρού εύρους (1-2cm ή και μικρότερου) επί του οδικού δικτύου στην περιοχή της εισόδου του χωριού οι οποίες είναι

περίπου παράλληλες προς την κοίτη του παρακείμενου ποταμού Τηταρήσιου (Εικ. ΓΕΩ5), στο όριο μεταξύ ποτάμιων αναβαθμίδων (αδρομερή υλικά με κροκάλες και λατύπες) και πλευρικών κορημάτων (ελαφρώς συγκολλημένα κροκαλοπαγή ή λατυποπαγή αργιλοαμμοχαλικώδους σύστασης) ή ποτάμιων αναβαθμίδων και ελουβιακού μανδύα (μη-συνεκτικά χονδρόκοκκα υλικά προερχόμενα από το υποκείμενο βραχώδες υπόβαθρο) σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (Φύλλο Φαρκαδών, Κλ. 1:50.000).

Τέλος, στη γέφυρα μέσω της οποίας εισέρχεται κάποιος στο Δαμάσι, κινούμενος στην επαρχιακή οδό με κατεύθυνση από Τύρναβο προς Ελασσόνα, πέραν των μετακινήσεων που διαπιστώθηκαν μεταξύ βάθρων και ακροβάθρων, οι οποίες εκτιμώνται της τάξης των 10cm (ενδεχομένως και ελαφρώς μεγαλύτερες κατά τη διάρκεια τη σεισμικής δόνησης) με βάση την εικόνα των εξολκευμένων σωλήνων μεταξύ ακροβάθρου και διπλανού βάθρου, εντοπίστηκαν και φαινόμενα πλευρικής εξάπλωσης σε μικρό βαθμό κατά μήκος της κοίτης του ποταμού Τηταρήσιου (Εικ. ΓΕΩ6)



Εικόνα ΓΕΩ5. Ρωγμές μικρού εύρους (1-2cm ή και μικρότερου) που καταγράφηκαν επί του οδικού δικτύου στην περιοχή της εισόδου του χωριού Δαμάσι σε διάταξη παράλληλη προς την κοίτη του παρακείμενου ποταμού Τηταρήσιου. Η θέση των ρωγμών φαίνεται να συμπίπτει με το όριο μεταξύ ποτάμιων αναβαθμίδων και πλευρικών κορημάτων ή ποτάμιων αναβαθμίδων και ελουβιακού μανδύα σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (Φύλλο Φαρκαδών, Κλ. 1:50.000) (Συν/νες θέσης φωτογραφίας: N39°42'41.81", E22°11'25.15")



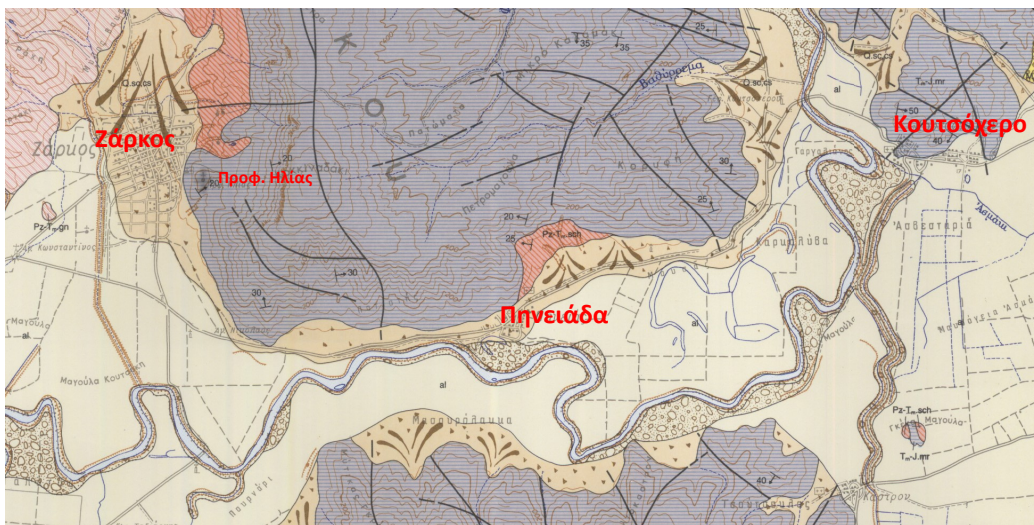
Εικόνα ΓΕΩ6. Φαινόμενα πλευρικής εξάπλωσης σε μικρό βαθμό κατά μήκος της κοίτης του ποταμού Τηταρήσιου (θέση κοντά στην γέφυρα εισόδου στο χωριό Δαμάσι, κινούμενος στην επαρχιακή οδό με κατεύθυνση από Τύρναβο προς Ελασσόνα) (Συν/νες θέσης φωτογραφίας: N39°42'58.46", E22°11'18.73")

Στη συνέχεια, κατά μήκος της επαρχιακής οδού Τύρναβου – Ελασσόνας που ενώνει τα χωριά Δαμάσι και Μεσοχώρι επιλέχθηκαν 2 χαρακτηριστικά σημεία της ευρείας κοίτης του ποταμού όπου εντοπίστηκαν αρκετά έντονα φαινόμενα ρευστοποίησης με ανάπτυξη ρωγμών κατά μήκος της κοίτης του ποταμού, προφανής εκδήλωση του επαγόμενου φαινομένου της πλευρικής εξάπλωσης. Αναλυτικότερη αναφορά γίνεται στην παράγραφο 2.2.3.

Στα χωριά Μεσοχώρι και Αμούρι δεν εντοπίστηκαν ιδιαίτερα φαινόμενα εδαφικών αστοχιών ή έντονα διαφοροποιημένης σεισμικής απόκρισης των υποκείμενων εδαφικών σχηματισμών με βάση την οπτική παρατήρηση ποιοτικού χαρακτήρα επί της επιφάνειας του εδάφους και το είδος των βλαβών στα κτήρια.

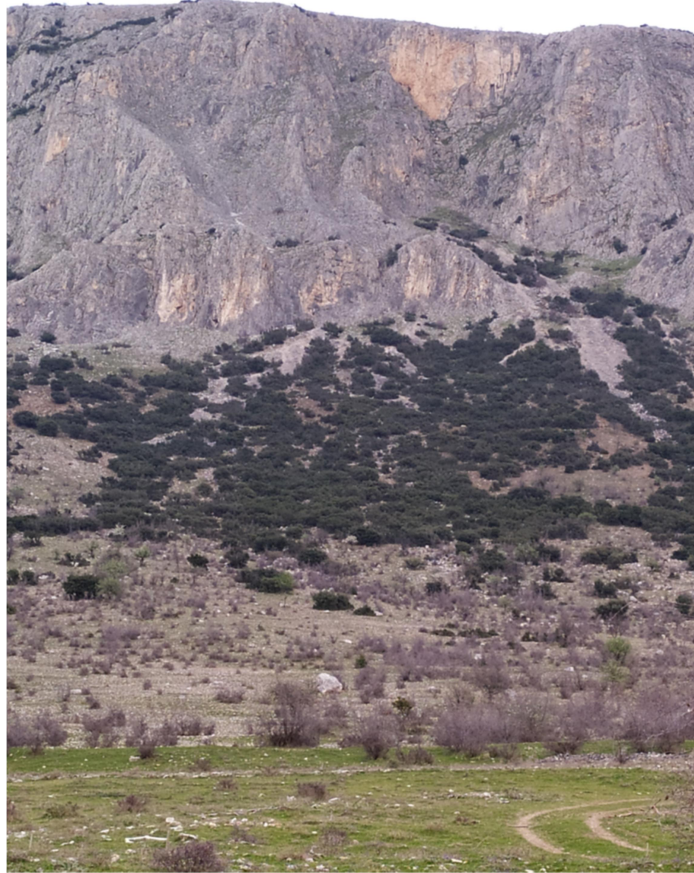
2.2.2 Διαδρομή 2: Ζάρκος – Πηνειάδα - Κουτσόγερο

Η 2^η διαδρομή χωροθετείται νοτιότερα της 1^{ης} κατά 12 έως 15 Km και αναπτύσσεται επίσης κατά τη διεύθυνση Α-Δ, όπως και η 1^η διαδρομή (Εικ. ΓΕΩ3). Το χωριό Ζάρκος βρίσκεται βόρεια του οδικού άξονα Ε.Ο. Λάρισα – Τρίκαλα σε απόσταση περίπου 1Km στην άκρη μιας κοιλάδας η οποία αποσφηνώνεται λίγο βορειότερα του χωριού, ενώ ανατολικά, βόρεια και δυτικά αυτού περικλείεται από ορεινούς όγκους (Εικ. ΓΕΩ7). Οι ανατολικοί ορεινοί όγκοι συνίστανται από μάρμαρα και σχιστόλιθους, ενώ ο δυτικός και βόρειος ορεινός όγκος δομείται από γνεύσιους και γνευσιοσχιστόλιθους. Στην περιοχή ανάπτυξης του χωριού (Ζάρκος) επικρατούν σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (Φύλλο Φαρκαδών, Κλ. 1:50.000) ελαφρώς συγκολλημένα πλευρικά κορήματα ή και κώνοι κορημάτων τα οποία σύμφωνα με την επιτόπου παρατήρηση είναι αργιλοαμμώδους ή και αργιλοαμμοχαλικώδους σύστασης με κροκάλες και λατύπες. Πρόκειται για εδάφη πολύ στιφρά / σκληρά και με καλές μηχανικές ιδιότητες, χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα για τη θεμελίωση κατασκευών.



Εικόνα ΓΕΩ7. Απόσπασμα χάρτη ΙΓΜΕ (Φύλλο Φαρκαδών Κλ. 1:50.000) στο οποίο έχουν σημειωθεί τα χωριά που συμπεριέλαβε η 2^η διαδρομή αποτύπωσης των εδαφικών αστοχιών.

Από τους ανατολικούς ορεινούς όγκους αποσπάσθηκαν βραχώδη τεμάχια τα οποία κύλησαν σε τοπογραφικά χαμηλότερα σημεία, σταματώντας ωστόσο σε μεγάλη απόσταση από τις οικίες και οποιαδήποτε άλλη κατασκευή του χωριού και χωρίς να προκληθεί καμία βλάβη. Ενδεικτικά παρατίθενται εικόνες από τους ανατολικούς ορεινούς όγκους από τους οποίους αποσπάσθηκαν βραχοτεμάχια και κύλησαν κατάντι, καθώς επίσης ενδεικτικό μέγεθος βραχοτεμάχους (Εικ. ΓΕΩ8). Στα ανατολικά, μεταξύ του ορεινού όγκου και του χωριού υφίσταται λόφος ύψους περί τα 60m και με συνολική υψομετρική διαφορά από το άκρο του χωριού περί τα 100m, στην κορυφή του οποίου υπάρχει παρεκκλήσι του προφήτη Ηλία. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει εμφανής τοπογραφική έξαρση, το πέτρινο παρεκκλήσι δεν παρουσίασε καμία βλάβη (Εικ. ΓΕΩ9).



Εικόνα ΓΕΩ8: Απόσπαση βραχωδών τεμάχων από ορεινούς όγκους ανατολικά του χωριού Ζάρκος (Συν/νες θέσης φωτογραφίας: N39°36'24.64"; E22°7'57.95")



Εικόνα ΓΕΩ9. Παρεκκλήσι του προφήτη Ηλία το οποίο βρίσκεται σε λόφος ύψους περί τα 60m ανατολικά μεταξύ του ορεινού όγκου και του χωριού Ζάρκος: Παρά την έντονη τοπογραφική έξαρση στη θέση, το πέτρινο παρεκκλήσι δεν παρουσίασε βλάβες (Συν/νες θέσης φωτογραφίας: N39°36'21.48"; E22°7'50.81")

Το επόμενο χωριό είναι η Πηνειάδα η οποία βόρεια οριοθετείται από την Ε.Ο Λάρισας – Τρικάλων και έναν ορεινό όγκο από μάρμαρα (κυρίως) και δευτερευόντως από σχιστολίθους και νότια από τον ποταμό Πηνειό (Εικ. ΓΕΩ7). Το χωριό έχει αναπτυχθεί, σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του ΓΓΜΕ (Φύλλο Φαρκαδών, Κλ. 1:50.000), κυρίως επί ελαφρώς συγκολλημένων πλευρικών κορημάτων ή κώνων κορημάτων τα οποία σύμφωνα με την επιτόπου παρατήρηση είναι αργιλοαμμώδους σύστασης ή και αργιλοαμμοχαλικώδους σύστασης με κροκάλες και λατύπες. Πρόκειται για εδάφη πολύ στιφρά έως σκληρά με καλές μηχανικές ιδιότητες, χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα για τη θεμελίωση κατασκευών, γεγονός το οποίο συνάδει με την πληροφορία ότι οι βλάβες στο κτηριακό απόθεμα ήταν πολύ περιορισμένες. Νοτιότερα του χωριού επικρατούν ποτάμιες αναβαθμίδες και κυρίως μαλακά / χαλαρά αμμοϊλυώδη έως αργιλοϊλυώδη υλικά χαμηλής εν γένει πλαστικότητας και με υψηλό υπόγειο υδάτινο ορίζοντα τα οποία σήμερα είναι εύφορες καλλιεργήσιμες εκτάσεις και αποτελούν μέρος της ευρύτερης κοίτης του ποταμού ή πρόκειται για παλαιότερες θέσεις διέλευσης του ποταμού. Στις περιοχές αυτές υπήρξαν ιδιαίτερα έντονα προβλήματα εκτεταμένων ρευστοποιήσεων, για τα οποία γίνεται ιδιαίτερη μνεία στην παράγραφο 2.2.3. Τέλος, το Κουτσόχωρο είναι το τελευταίο χωριό της 2^{ης} διαδρομής και στο οποίο δεν επισημάνθηκαν ιδιαίτερα φαινόμενα εδαφικής αστοχίας.

2.2.3 Ρευστοποιήσεις – Πλευρική εξάπλωση – Εδαφικές Ρωγμές

Τα φαινόμενα τα οποία προσελκύουν το ιδιαίτερο γεωτεχνικό ενδιαφέρον είναι κυρίως οι ρευστοποιήσεις στις ευρείες κοίτες των ποταμών Τηταρήσιου και Πηνειού, οι οποίες είναι κατά περίπτωση ιδιαίτερα εκτεταμένες, καθώς επίσης και μια πεταλοειδής εδαφική ρωγμή στην παραποτάμια περιοχή του Τηταρήσιου ποταμού και σε απόσταση περίπου 1,5Κm από το Μεσοχώρι με κατεύθυνση προς Δαμάσι η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με τις ρωγμές / εδαφικές αστοχίες λόγω πλευρικής εξάπλωσης.

➤ Θέσεις κατά μήκος του Τηταρήσιου ποταμού μεταξύ Δαμασίου και Μεσοχωρίου

Στην αμμώδη ευρεία κοίτη του Τηταρήσιου ποταμού διαπιστώθηκαν σε 2 θέσεις από μικρής έως αρκετά σημαντικής έκτασης ρευστοποιήσεις, καθώς επίσης και πλευρικές εξαπλώσεις με εμφάνιση ρωγμών μικρού εύρους (χιλιοστών έως λίγα εκατοστά). Λόγω της αμμώδους / αμμοχαλικώδους σύστασης της επιφανειακής στρώσης, οι ρωγμές λόγω πλευρικής εξάπλωσης, κατά περίπτωση διακόπτονται ή και «σβήνονται» και η μέτρηση του εύρους τους δεν θεωρείται ασφαλής μέτρηση, αλλά εξακολουθεί να είναι ενδεικτική της ύπαρξης του φαινομένου. Το υλικό που «αναδύθηκε» στην ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους είναι καστανόφαιου χρώματος και εκτιμάται ότι είναι ιλοαμμώδους σύστασης με μικρή ή και ανύπαρκτη πλαστικότητα με βάση την ποιοτική μακροσκοπική αξιολόγηση. Χαρακτηριστικές φωτογραφίες από την εκδήλωση του φαινομένου της ρευστοποίησης στις δύο θέσεις δίνονται στα Εικ. ΓΕΩ10 (θέση L1) και ΓΕΩ11 (θέση L2).

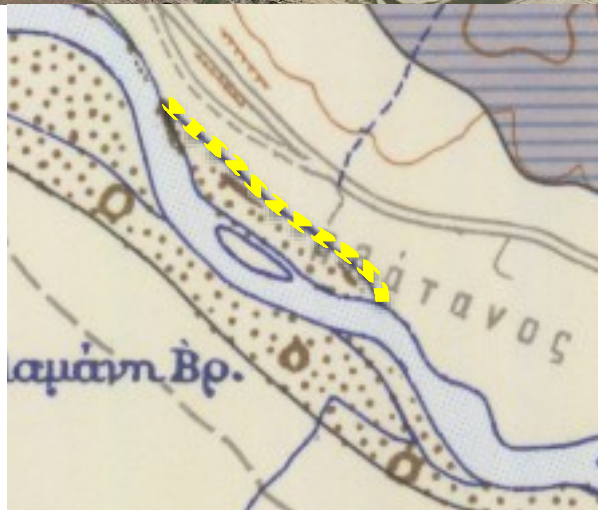


Εικόνα ΓΕΩ10. Χαρακτηριστικές αποτυπώσεις φαινομένου ρευστοποίησης και επαγόμενης πλευρικής εξάπλωσης στην ευρεία κούη του Τηταρήσιου ποταμού (Θέση L1) (Συν/νες θέσης φωτογραφίας: N39°44'5.50"; E22°6'52.89" (αριστερά πάνω), N39°44'4.88"; E22°6'53.81" (αριστερά κάτω) N39°44'5.45"; E22°6'51.51" (δεξιά))



Εικόνα ΓΕΩ11. Χαρακτηριστικές αποτυπώσεις φαινομένου ρευστοποίησης και επαγόμενης πλευρικής εξάπλωσης στην ευρεία κούη του Τηταρήσιου ποταμού (Θέση L2) (Συν/νες θέσης φωτογραφίας: N39°43'31.74"; E22°8'20.28" (αριστερά πάνω), N39°43'31.43"; E22°8'19.16" (αριστερά κάτω) N39°43'32.83"; E22°8'16.60" (δεξιά))

Στην ευρύτερη περιοχή όπου παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης (Εικ. ΓΕΩ10, θέση L1), ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εδαφική ρωγμή πεταλοειδούς σχήματος η οποία είναι σημαντικά μεγαλύτερου μήκους και εντονότερη ως προς τη σχετική οριζόντια και κατακόρυφη μετακίνηση των δύο μερών από τις υπόλοιπες εδαφικές ρωγμές λόγω πλευρικής εξάπλωσης. Η υπόψη εδαφική αστοχία, με βάση τη γεωμορφολογία και τη δορυφορική παρατήρηση μέσω google earth φαίνεται να ακολουθεί το όριο μεταξύ των φερτών αλλουβιακών υλικών της ευρείας κοίτης (ιλυοαμμώδους – αμμώδους ή και αμμοχαλικώδους σύστασης) και των υλικών αποσάθρωσης του ανάντη ευρισκόμενου ορεινού όγκου από μάρμαρα και κροκαλοπαγή – λατυποπαγή χαμηλής διαγένεσης (Εικ. ΓΕΩ12). Η παραπάνω παρατήρηση ενισχύεται και από τη συσχέτιση της αποτύπωσης της εν λόγω εδαφικής ρωγμής μεταξύ της δορυφορικής εικόνας (άσπρη διακεκομμένη γραμμή στην εικόνα ΓΕΩ12 – άνω) και του σχετικού αποσπάσματος του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ (κίτρινη διακεκομμένη γραμμή στην εικόνα ΓΕΩ12 – κάτω).



Εικόνα ΓΕΩ12. Άνω: Αποτύπωση εδαφικής ρωγμής (άσπρη διακεκομμένη γραμμή) μεγάλου μήκους η οποία φαίνεται να ακολουθεί το όριο μεταξύ των φερτών αλλουβιακών υλικών της ευρείας κοίτης και των υλικών αποσάθρωσης του ανάντη ευρισκόμενου ορεινού όγκου. Κάτω: Εντοπισμός θέσης της εδαφικής ρωγμής στο σχετικό απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ.

Συγκεκριμένα η οριζόντια μετακίνηση δείχνει να έχει λάβει χώρα με κατεύθυνση ΝΝΔ-ΝΔ με εύρος κυμαινόμενο από 3 έως 15cm ενώ η κατακόρυφη βύθιση στα σημεία που μετρήθηκε κυμάνθηκε από 5 έως 30cm. Με βάση τα παραπάνω πιθανολογείται ότι πρόκειται για μετακίνηση η οποία δεν σχετίζεται άμεσα με την κίνηση του σεισμικού ρήγματος, ούτε όμως πρόκειται και για πλευρική εξάπλωση λόγω ρευστοποίησης. Μάλλον ερμηνεύεται ως προϋπάρχουσα επαφή, μεταξύ γηγενών εδαφικών σχηματισμών προερχόμενων από τους ανάντη ευρισκόμενους ορεινούς όγκους και ορίου παλαιότερης κοίτης ή της ευρείας κοίτης του ποταμού, η οποία διευρύνθηκε λόγω της σεισμικής διέγερσης και πιθανής απώλειας στήριξης από τα κατάντη αμμόδη υλικά που μετακινήθηκαν λόγω πλευρικής εξάπλωσης προς την υφιστάμενη κοίτη του ποταμού. Οι φωτογραφίες (Εικ. ΓΕΩ13) αποτυπώνουν τη μορφή και τις σχετικές μετακινήσεις της υπόψη εδαφικής αστοχίας, ενώ από αντιπαραβολή δορυφορικών λήψεων σε διαφορετικές χρονικές στιγμές της ίδιας περιοχής μέσω του google earth προκύπτει ότι υπάρχουν έντονες αλλαγές της ροής του ποταμού μέσα στην ευρεία του κοίτη, γεγονός που ενισχύει την άποψη περί ορίου της ευρείας κοίτης.

➤ Θέσεις νοτίως της Πηνειάδας πλησίον του ποταμού Πηνειού

Παρουσιάζονται 2 θέσεις (L3 και L4, εικ. X3) με ιδιαίτερα έντονα και εκτεταμένα φαινόμενα ρευστοποίησης. Σύμφωνα με μαρτυρίες ανθρώπων οι οποίοι εργαζόταν στις υπόψη καλλιεργούμενες εκτάσεις, κατά τη διάρκεια του σεισμού της 3/3/2021 αναδύθηκε υλικό χρώματος γκρι έως σταχτόγκριζο και σε ορισμένα σημεία με τη μορφή πίδακα ύψους έως 50cm. Οι θέσεις που σημειώνονται στην εικόνα ΓΕΩ3 βρίσκονται σε μια περιοχή έντονων μαιανδρισμών του Πηνειού και δεν αποκλείεται καθόλου το ενδεχόμενο να συνιστούν και παλαιοκοίτες του ποταμού. Στην ευρύτερη περιοχή, ιδιαίτερα εύφορη, σύμφωνα με μαρτυρίες των ανθρώπων που την καλλιεργούν, υπάρχουν περί τις 20 υδρογεωτρήσεις που χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς λόγους. Σύμφωνα με τους ίδιους η περιοχή αυτή παλαιότερα διέθετε έντονες αρτεσιανές πιέσεις, οι οποίες σήμερα λόγω των αντλήσεων έχουν σημαντικά μειωθεί ή και εκλείπει. Ωστόσο, δεν αποκλείεται να εξακολουθούν να υπάρχουν υπερπιέσεις του επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα, οι οποίες με μικρότερες σεισμικές επιταχύνσεις από τις συνήθως απαιτούμενες να προκάλεσαν τις εκτεταμένες και χωρικά πυκνές ρευστοποιήσεις. Ενδεικτικές εικόνες των ρευστοποιήσεων παρατίθενται στα Εικ. ΓΕΩ14 και ΓΕΩ15.



Εικόνα ΓΕΩ13. Φωτογραφίες αποτύπωσης της εδαφικής ρωγμής πεταλοειδούς σχήματος με ένδειξη της διάστασής της ως προς τη σχετική οριζόντια και την κατακόρυφη μετακίνηση των δύο μερών. (Συν/νες θέσης φωτογραφίας: N39°44'10.01"; E22°6'56.87" (αριστερά πάνω), N39°44'9.87"; E22°6'56.96" (δεξιά πάνω), N39°44'10.39"; E22°6'55.99" (αριστερά κάτω) N39°44'11.31"; E22°6'54.15" (δεξιά κάτω))



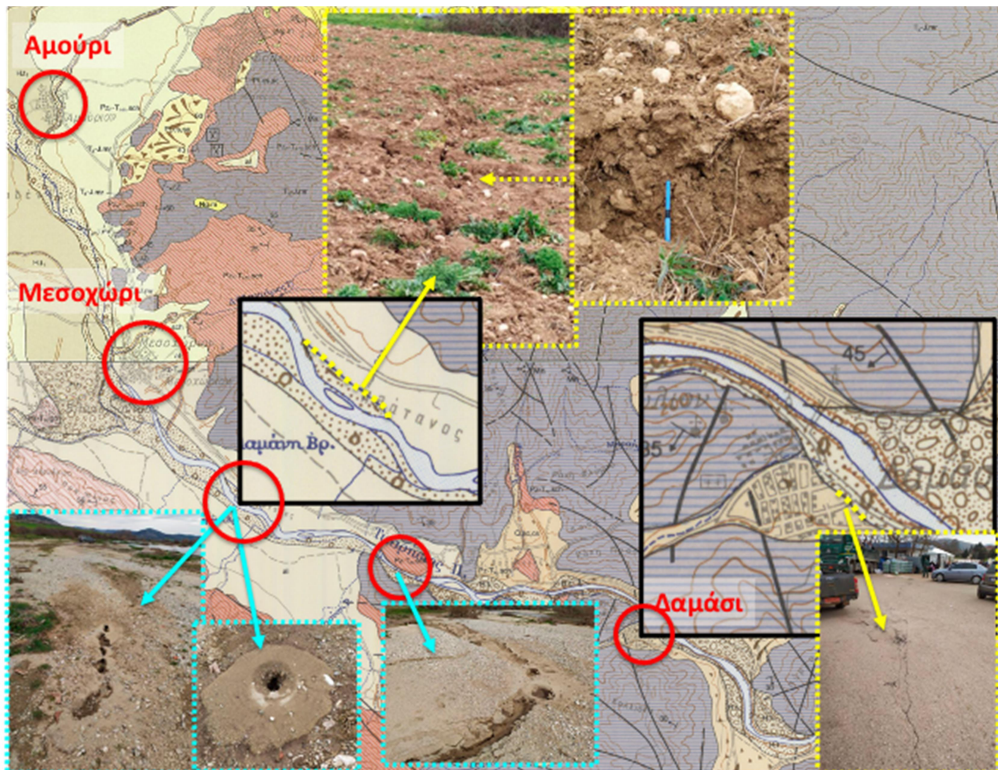
Εικόνα ΓΕΩ14. Αποτύπωση εκτεταμένης ρευστοποίησης σε θέσεις νοτίως της Πηνειάδας πλησίον του ποταμού Πηνειού (Θέση L3) (Συν/νες θέσης φωτογραφίας: N39°34'53.21"; E22°10'39.77" (αριστερά), N39°34'54.57"; E22°10'41.94" (δεξιά))



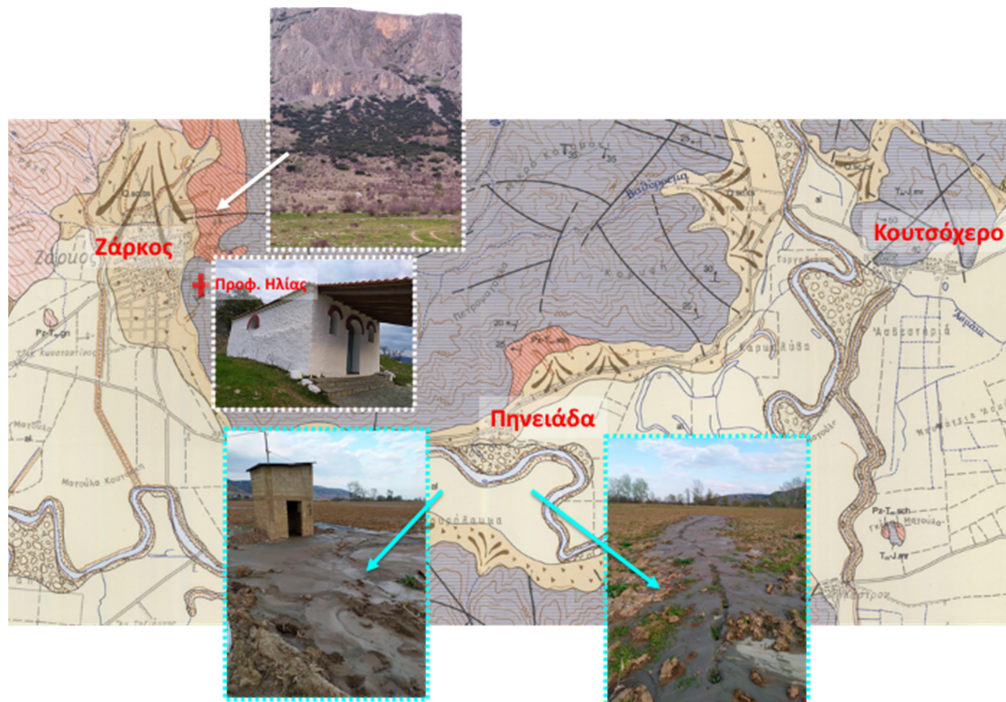
Εικόνα ΓΕΩ15. Αποτύπωση εκτεταμένης ρευστοποίησης σε θέσεις νοτίως της Πηνειάδας πλησίον του ποταμού Πηνειού (Θέση L4) (Συν/νες θέσης φωτογραφίας: N39°34'56.05"; E22°10'8.24" (αριστερά), N39°34'56.18"; E22°10'8.16" (μέση), N39°34'56.04"; E22°10'8.25" (δεξιά))

2.3 Σύνοψη προκαταρκτικών συμπερασμάτων

Ανακεφαλαιώνοντας τις βασικές παρατηρήσεις εδαφικών αστοχιών στην πλειόσειστη περιοχή, στις εικόνες ΓΕΩ16 και ΓΕΩ17 δίνεται συνοπτικά η συνολική εικόνα των αστοχιών κατά μήκος της διαδρομής Δαμάσι – Μεσοχώρι – Αμούρι και Ζάρκος – Πηνειάδα – Κουτσόχερο αντίστοιχα.



Εικόνα ΓΕΩ16. Συνολική εικόνα αποτύπωσης εδαφικών αστοχιών κατά μήκος της διαδρομής Δαμάσι – Μεσοχώρι – Αμούρι (Διαδρομή 1) και υπέρθεση αυτών στο σχετικό απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ



Εικόνα ΓΕΩ17. Συνολική εικόνα αποτύπωσης εδαφικών αστοχιών κατά μήκος της διαδρομής Κουτσόγερο – Πηνειάδα - Ζάρκος (Διαδρομή 2) και υπέρθεση αυτών στο σχετικό απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ

Τα κύρια φαινόμενα τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερο γεωτεχνικό ενδιαφέρον είναι οι παρατηρηθείσες, ενδεικτικά, ρευστοποιήσεις στις ευρείες κοίτες των ποταμών Τηταρήσιου και Πηνειού, οι οποίες είναι κατά περίπτωση ιδιαίτερα εκτεταμένες για τα μέχρι σήμερα ελληνικά δεδομένα και χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης. Εδαφικές μετακινήσεις στα όρια μεταξύ της νεότερης και της ευρύτερης κοίτης (παλαιοκοίτης) του ποταμού Τηταρήσιου που παρατηρήθηκαν σε δύο θέσεις (1.5km από το Μεσοχώρι κυρίως και δευτερευόντως στο Δαμάσι) χρήζουν επίσης περαιτέρω διερεύνησης σε σχέση με τη διαφοροποίηση της απόκρισης των γεωλογικών σχηματισμών της νεότερης και της παλαιότερης κοίτης και σε σχέση με πιθανές επιπτώσεις στις παρατηρηθείσες δομικές βλάβες στο Δαμάσι.

3. ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Γενικά

Οι δύο ισχυρές σεισμικές διεγέρσεις της 3/3/2021 και 4/3/2021, στην Θεσσαλία, είχαν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη βλαβών και αστοχιών σε πολλά κτήρια σε οικισμούς – χωριά στη σεισμόπληκτη περιοχή. Μετά από αυτή την πληροφορία έγινε επίσκεψη στην ευρύτερη σεισμόπληκτη περιοχή προκειμένου να διαπιστωθεί το μέγεθος των αστοχιών και βλαβών καθώς και η γεωγραφική κατανομή τους. Η διαδικασία των επιτόπου αυτοψιών εκκίνησε από τον Τύρναβο, στην συνέχεια έγινε μετακίνηση προς τα Δυτικά στο Δαμάσι, το Μεσοχώρι και το Αμούρι. Στη συνέχεια το συνεργείο αυτοψιών μετακινήθηκε Νότια του Δαμασίου προς Πηνειάδα, Ζάρκο και από εκεί πίσω προς Κουτσόγερο (Εικόνα ΣΤΑ1). Σε ό,τι αφορά τις κατασκευές στόχος ήταν:

- i) Η καταγραφή των τύπων των κατασκευών με βλάβες σε κάθε περιοχή.
- ii) Ο προσδιορισμός της σφοδρότητας των βλαβών.
- iii) Η ταχεία συγκριτική εκτίμηση του πλήθους των κτηρίων που εμφάνισαν βλάβες (χαμηλός, μέσος, υψηλός) μεταξύ των οικισμών.
- iv) Ένας πρώτος προσδιορισμός της γεωγραφικής κατανομής των βλαβών.

Για τους παραπάνω λόγους το συνεργείο κινήθηκε εντός των οικισμών, όπου έγινε επιθεώρηση και φωτογραφική αποτύπωση των βλαβών, προς περαιτέρω επεξεργασία στο γραφείο.

3.1. Τύπος δομικών συστημάτων

Στην περιοχή που επλήγη από τους σεισμούς σε κάθε οικισμό οι τύποι των κατασκευών που συναντούνται είναι παρόμοιοι. Ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

α) Κτήρια από Φέρουσα Τοιχοποιία

- α1) Κτήρια από ακατέργαστους ή ημικατεργασμένους λίθους με αργιλοκονίαμα.
- α2) Κτήρια από αποξηραμένους ωμόπλινθους με αργιλοκονίαμα.
- α3) Κτήρια από ημικατεργασμένους ή κατεργασμένους λίθους με ασβεστοκονίαμα.

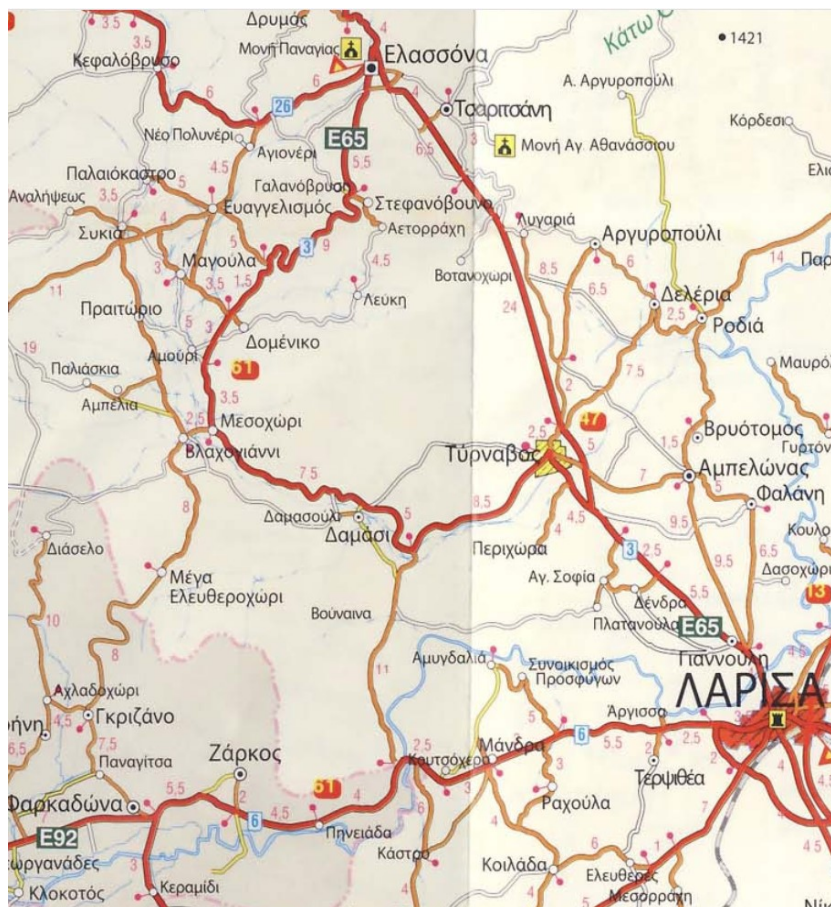
β) Κτήρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα.

γ) Γέφυρες από Σκυρόδεμα.

Πολλά από τα κτήρια της πρώτης κατηγορίας ήταν ήδη κατασκευασμένα το 1941 κατά την περίοδο όπου είχε συμβεί ο σεισμός της Λάρισας.

3.1.1. Κτήρια από Φέρουσα Τοιχοποιία

Κτήρια από ακατέργαστους ή ημικατεργασμένους λίθους με συνδετικό αργιλοκονίαμα: Τα κτήρια αυτής της υποκατηγορίας είναι κατά την παρούσα περίοδο, κυρίως βοηθητικής χρήσης. Αυτό έγινε επειδή υπήρξε η δυνατότητα οικοδόμησης εντός των ιδιόκτητων οικοπέδων, κτηρίου από Οπλισμένο Σκυρόδεμα. Με αυτό τον τρόπο συνυπάρχουν εντός του ίδιου οικοπέδου ένα κτήριο από σκυρόδεμα όπου κατοικεί η οικογένεια και ένα κτήριο από φέρουσα τοιχοποιία το οποίο είναι χώρος αποθήκευσης τροφίμων, είτε γεωργικών εργαλείων και προϊόντων. Τα κτήρια αυτά είναι κυρίως έντονα ορθογωνικής κάτοψης με τις μεγάλες πλευρές να έχουν μήκος μεγαλύτερο από το διπλάσιο του μήκους των μικρότερων πλευρών. Είναι κυρίως μονόροφα κτήρια και στις περιπτώσεις όπου υπάρχει δεύτερος όροφος, το ισόγειο είναι βοηθητικής χρήσης με μικρά ανοίγματα και ο όροφος λειτουργεί ως κατοικία. Δεν εντοπίστηκε γενικευμένη χρήση ξύλινων σενάζ καθ' ύψος, τα οποία να δένουν τις λιθοδομές κατά το μήκος τους. Στην στέγη των λιθοδομών υπάρχει δίδυμο ξύλινο σενάζ για τη σύνδεση της στέγης με τις λιθοδομές. Το πάχος των λιθοδομών ήταν της τάξης των 40-50 εκατοστών και από τον τρόπο κατασκευής χαρακτηρίζονται ως δίστρωτες (σύμφωνα με το σχέδιο του ΚΑ.Δ.Ε.Τ.).



Εικόνα ΣΤΑ1. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής όπου έπληξαν οι σεισμικές διεγέρσεις.

Οι λιθοδομές δηλαδή δημιουργούνται από δύο κατακόρυφες στρώσεις λίθων οι οποίες μορφώνουν τις δύο παρειές τους. Οι λιθοδομές είναι δομημένες με ακατέργαστους ή ημικατεργασμένους, λίθους οι οποίοι τοποθετούνταν με την επίπεδη πλευρά προς την εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας για την δημιουργία επίπεδης επιφάνειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι άλλες πλευρές των λίθων οι οποίες είναι ακανόνιστες να αποτελούν τις επιφάνειες σύνδεσης μεταξύ των λίθων για την δημιουργία των τοιχοποιιών. Το συνδετικό κονίαμα που είχε χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των λιθοδομών ήταν αργλικής φύσης. Δεν εντοπίστηκε η ύπαρξη διατόνων λίθων οι οποίοι να συνδέουν τις δύο παρειές των λιθοδομών μεταξύ τους. Αντιθέτως σε αρκετές περιπτώσεις εντοπίστηκαν καλοδομημένες λιθοδομές με συμπλεκόμενους λίθους στις θέσεις των ακμών των κτηρίων. Οι ξύλινες στέγες των εν λόγω κτηρίων ήταν κυρίως αμφικλινείς με τους αμείβοντες να φέρουν φορτία της στέγης μέσω καμπτικής λειτουργίας κυρίως και όχι μέσω λειτουργίας δικτυώματος.

Κτήρια από αποξηραμένους ωμόπλινθους με συνδετικό αργλοκονίαμα: Ένας αριθμός από τα κτήρια, με φέρουσα τοιχοποιία, στην σεισμόπληκτη περιοχή, είναι κατασκευασμένα από ωμόπλινθους. Οι τοιχοποιίες των κτηρίων αυτών διαμορφώνονται με διαπλεκόμενους πλίνθους οι οποίοι είναι δομημένοι με αργλικό κονίαμα. Κτήρια με τον συγκεκριμένο τρόπο δόμησης χρησιμοποιούνται είτε ως βοηθητικοί χώροι είτε ως κατοικίες. Είναι συνήθως μονώροφα ενώ υπάρχουν και δώροφα κτήρια είτε με λιθόκτιστο ισόγειο είτε με πλινθόκτιστους και τους δύο ορόφους. Τα κτήρια αυτά έχουν ξύλινη στέγη η οποία εδράζεται

επί των πλινθοδομών με ξύλινα στοιχεία τοποθετημένα στην εσωτερική και εξωτερική παρειά στην στέψη της λιθοδομής. Ξύλινα σενάζ εντοπίζονται κυρίως πάνω από τα ανοίγματα των θυρών και παραθύρων για την στήριξη του υπερκείμενου τοίχου.

Κτήρια από ημικατεργασμένους ή κατεργασμένους λίθους με ασβεστοκονίαμα: Κατά τις επιτόπου αυτοψίες που έγιναν εντοπίστηκαν κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία με λιθοδομές από ημικατεργασμένους ή/και κατεργασμένους λίθους με συνδετικό υλικό ασβεστοκονίαμα. Τα κτήρια αυτά έχουν συνήθως δημόσια χρήση ως κοινοτικά κτήρια, σχολεία και εκκλησίες. Δεν εντοπίστηκαν κτήρια αυτής της κατηγορίας με εκτεταμένες καταρρεύσεις.

Στην πλειονότητα των ως άνω παλαιών κτηρίων από φέρουσα λιθοδομή, τα πατώματα και η οροφή του ανώτερου ορόφου ήταν ξύλινα και δεν διασφάλιζαν διαφραγματική λειτουργία εντός του επιπέδου τους. Το γεγονός αυτό απετέλεσε σε πολλές περιπτώσεις σημαντικό επιβαρυντικό παράγοντα που οδήγησε σε αστοχίες και καταρρεύσεις των λίθινων τοίχων, ιδιαίτερα στη θέση της στέψης των λιθοδομών όπου στηρίζονταν η στέγη.

3.1.2. Κτήρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Τα περισσότερα κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα στη σεισμόπληκτη περιοχή κατασκευάστηκαν με βάση κάποιον ισχύοντα κανονισμό. Ειδικότερα μετά τον καταστροφικό σεισμό στον Νομό Λαρίσης το 1941 έγινε εφαρμογή του Προεδρικού Διατάγματος της 1-11-1928 (ΦΕΚ 234Α / 7-11-1928) “Περί Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού Κορίνθου – Λουτρακίου” όπως είχε προσαρμοστεί σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα 2-10-1931 (ΦΕΚ 375Α/29-10-1931) “Περί του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού της σεισμόπληκτου περιοχής Κορίνθου – Λουτρακίου” και εφαρμόστηκε για την περιοχή της Λάρισας σύμφωνα με το Κανονιστικό Διάταγμα της 9-8-1941 (ΦΕΚ 277Α/16-8-1941) “Περί επεκτάσεως του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού εις την περιοχήν Λαρίσεως”.

Πολλά κτήρια και γέφυρες από Σκυρόδεμα επίσης, στην περιοχή Λαρίσης κατασκευάστηκαν κυρίως μετά την έκδοση των Βασιλικών Διαταγμάτων:

- a) 18-2-1954 (ΦΕΚ 160Α/26-6-1954) “Περί Κανονισμών διά την μελέτην και εκτέλεσιν οικοδομικών έργων εξ ωπλισμένου σκυροδέματος”
- b) 19-2-1959 (ΦΕΚ 36Α/26-2-1959) “Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων”

και τους μετέπειτα κανονισμούς.

Λόγω περιορισμών στους όρους δόμησης τα κτήρια στους οικισμούς που πλήγηκαν από τους σεισμούς είναι μέχρι διώροφα. Διαπιστώθηκε σε αρκετές περιπτώσεις η χρήση τοιχωμάτων. Στις θέσεις όπου ήταν ορατοί οι οπλισμοί λόγω αποφλοιώσεως της επικάλυψης σκυροδέματος διαπιστώθηκε η χρήση λείων οπλισμών με διαμορφωμένα άγκιστρα στα άκρα τους. Οι συνδετήρες που εντοπίστηκαν ήταν λείοι χωρίς ιδιαίτερη πύκνωση στα άκρα των δομικών στοιχείων (προς την περιοχή των κόμβων).

3.1.3. Γέφυρες από Σκυρόδεμα

Λόγω της ύπαρξης δύο ποταμών στην περιοχή έχουν κατασκευαστεί αρκετές γέφυρες. Οι γέφυρες αυτές είναι είτε αμφιέριστες ενός ανοίγματος είτε πολλών ανοιγμάτων με δοκάρια επί ακροβάθρων και μεσοβάθρων επίσης αμφιέριστων.

3.2 Στοιχεία αντισεισμικών κανονισμών – Συγκρίσεις συντελεστών με σεισμική δόνηση

Ο πρώτος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΑΚ/1959) τέθηκε σε ισχύ το 1959, ο οποίος για τη διαστασιολόγηση συνδυαζόταν με τον κανονισμό του οπλισμένου σκυροδέματος (Β.Δ.1954) με βάση την μέθοδο των «επιτρεπόμενων τάσεων». Το 1984, ο τότε ισχύων Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959, τροποποιήθηκε σημαντικά και

αναθεωρήθηκε, χωρίς όμως να μεταβάλει τις σεισμικές δράσεις σχεδιασμού των συνήθων κατασκευών και στην περιοχή της Λάρισας –Ελασσόνας . Το 1992 τέθηκε σε ισχύ ο Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (NEAK/92) που μετέβαλε τη φιλοσοφία (εισαγωγή φασμάτων απόκρισης) των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού, και ο οποίος συνδυαζόταν με τον κανονισμό του οπλισμένου σκυροδέματος για διαστασιολόγηση με βάση την μέθοδο των «οριακών καταστάσεων», ενώ το 1995 έγινε περιορισμένη τροποποίησή του και τέθηκε σε πλήρη ισχύ (την περίοδο 1992-1995 υπήρχε παράλληλη ισχύς του παλαιού και του νεότερου κανονισμού). Το 2000 τέθηκε σε ισχύ ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ/2000) και ακολούθησαν δύο αναθεωρήσεις το 2003 (ΕΑΚ/2003). Όμως, με τις παραπάνω δύο τροποποιήσεις (η μία εκ των οποίων αφορούσε την αναθεώρηση του χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας) δεν μεταβλήθηκαν οι σεισμικές δράσεις σχεδιασμού για τις νέες κατασκευές στην περιοχή της Λάρισας-Ελασσόνας. Συνοπτικά οι σεισμικοί συντελεστές για την περιοχή Λάρισας-Ελασσόνας είναι :

A/K 1959-B/Δ 1959 και A/K 1985

Σύμφωνα με το Βασιλικό διάταγμα 1959 η περιοχή που επλήγη διακρίνεται σε περιοχές που ανήκουν στη ζώνη I (π.χ. Ελασσόνα) και στη ζώνη II (π.χ. πόλη της Λάρισας). Για τις περιοχές αυτές οι σεισμικοί συντελεστές δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Κτήρια συνήθους σπουδαιότητας:

Έδαφος			
ZΩNH	α	β	γ
I	0.04	0.06	0.08
II	0.06	0.08	0.12

Κτήρια μεγάλης σπουδαιότητας:

Έδαφος			
ZΩNH	α	β	γ
I	0.06	0.09	0.12
II	0.09	0.12	0.18

ΕΑΚ/2000

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ/2000 η Λάρισα ανήκει στη Ζώνη II και η Ελασσόνα στη Ζώνη I. Από το χάρτη προκύπτει ότι τμήμα τη περιοχής που επλήγη, κυρίως προς το νότο ανήκει στη Ζώνη II. Για τις ζώνες αυτές έχουμε:

ZΩNH I: $A=\alpha g=0.16$

ZΩNH II: $A=\alpha g=0.24$

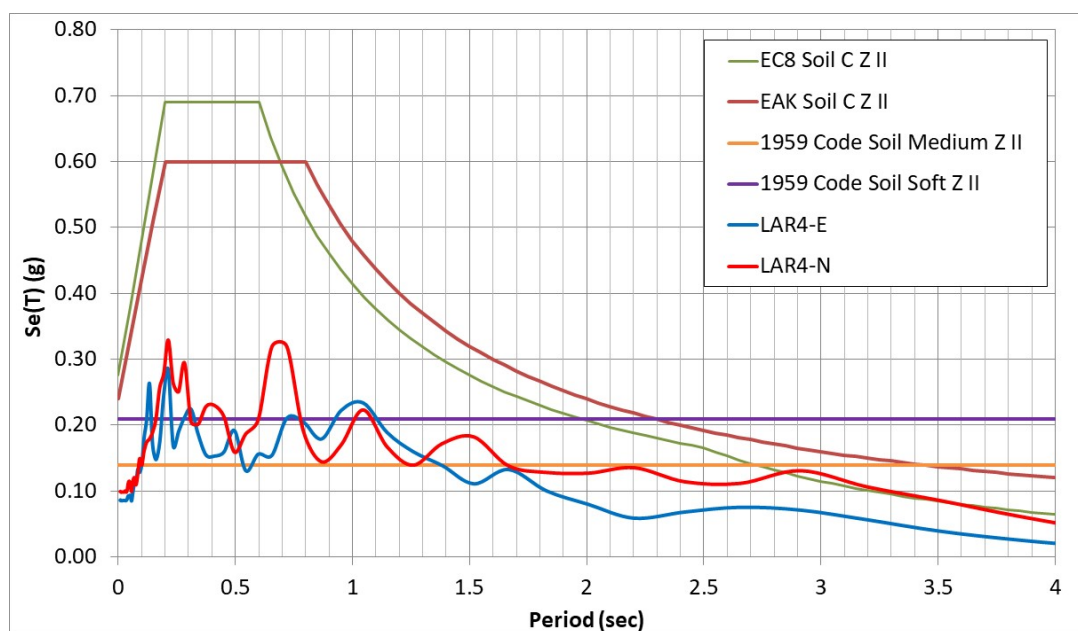
Ευρωκώδικας 8

Σύμφωνα με το Εθνικό προσάρτημα του Ευρωκώδικα 8 η περιοχή που επλήγη διακρίνεται σε περιοχές που ανήκουν στη ζώνη I (π.χ. Ελασσόνα) και στη ζώνη II (π.χ. πόλη της Λάρισας). Από το χάρτη προκύπτει ότι τμήμα τη περιοχής που επλήγη, κυρίως προς το νότο ανήκει στη Ζώνη II. Για τις περιοχές αυτές οι σεισμικοί συντελεστές είναι:

ZΩNH I: $A=\alpha g=0.16$

ZΩNH II: $A=\alpha g=0.24$

Η εικόνα της κατανομής των βλαβών που περιγράφεται παρακάτω συνδέεται και συσχετίζεται με τη κατανομή των σεισμικών επιταχύνσεων που φαίνεται στο σχετικό σχήμα του χάρτη αισθητότητας. Η μέγιστη επιτάχυνση που καταγράφηκε από το εδαφικό δίκτυο επιταχυνσιογράφων του ΙΤΣΑΚ, περίπου 10%, της επιτάχυνσης της βαρύτητας, καταγράφηκε στο Παλιό Νοσοκομείο της Λάρισας. Είναι σχετικά χαμηλή για τα κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος, για να προκαλέσει βλάβες στο φέροντα οργανισμό. Όπως φαίνεται και από την Εικόνα ΣΤΑ2, τα φάσματα απόκρισης της συγκεκριμένης καταγραφής δεν απέχουν σημαντικά από τους συντελεστές του παλιού κανονισμού (1959 και 1985) με αντίστοιχες εδαφικές συνθήκες και είναι πολύ χαμηλότερα από τα φάσματα σχεδιασμού των σύγχρονων κανονισμών (2000-2003-EK8). Σύμφωνα με νεώτερα στοιχεία στις περιοχές των οικισμών με σημαντικές βλάβες όπως είναι το Δαμάσι και το Μεσοχώρι εκτιμάται ότι η μέση οριζόντια εδαφική επιτάχυνση είναι αρκετά μεγαλύτερη από 10%. Η η εικόνα βλαβών στο Μεσοχώρι και το Δαμάσι επικεντρώνεται στα παραδοσιακά λιθόκτιστα κτήρια κατοικιών χωρίς αντισεισμικές προδιαγραφές. Προφανώς στην περιοχή του Μεσοχωρίου-Δαμασίου έχουν παίξει σημαντικό ρόλο για τις βλάβες οι εδαφικές συνθήκες της περιοχής.



Εικόνα ΣΤΑ2. Συγκρίσεις των φασμάτων απόκρισης με τους σεισμικούς συντελεστές των παλιών κανονισμών και τα σύγχρονα φάσματα σχεδιασμού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κοντά στο ρήγμα οι επιταχύνσεις είναι προφανώς μεγαλύτερες από αυτές του Νοσοκομείου της Λάρισας. Από μια προσεκτική ανάγνωση του χάρτη αισθητότητας προκύπτει ότι η επιτάχυνση στην επικεντρική περιοχή κοντά στο ρήγμα είναι της τάξης του 18-20% g. Ακόμη και με αυτή την επιτάχυνση οι απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι πολύ μικρές για τις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος, στην περιοχή ιδιοπεριόδων μεταξύ 0.25-1,0 sec. Έτσι δικαιολογείται η μακροσκοπική εικόνα κατανομής των βλαβών στην ευρύτερη πλειόσειστη περιοχή. Στην προκειμένη περίπτωση η διάρκεια της καταγραφής σε συνδυασμό με τον αριθμό των κύκλων φόρτισης φαίνεται να έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην επικεντρική περιοχή.

3.3 Τυπολογία βλαβών σε κατασκευές στην ευρύτερη πληγείσα περιοχή

Οι σεισμοί στις 3 και 4 Μαρτίου του 2021 στον νομό Λαρίσης προκάλεσαν γενικά

σημαντικής σφοδρότητας βλάβες σε ορισμένες κατασκευές στους οικισμούς του νομού αλλά πολλές από τις κατασκευές της περιοχής επέδειξαν πολύ καλή απόκριση χωρίς βλάβες. Σε λιγότερο από 48 ώρες από τον δεύτερο σεισμό, κλιμάκιο από έναν ερευνητή του ΙΤΣΑΚ και ένα μέλος ΔΕΠ του ΔΠΘ επισκέφθηκε την σεισμόπληκτη περιοχή του νομού Λαρίσης. Μεταξύ άλλων, έγιναν εκτενείς αυτοψίες στην πληγείσα περιοχή και φωτογραφική αποτύπωση βλαβών σε κτήρια και λοιπές κατασκευές. Επειδή δεν υπήρχαν ακόμη συγκεντρωτικά στοιχεία για την έκταση και την κατανομή των βλαβών στην ευρύτερη περιοχή, επιλέχθηκε η επισκόπηση της επικεντρικής περιοχής με βάση το χάρτη αισθητότητας.

Ακολούθως γίνεται περιγραφή των βλαβών που παρατηρήθηκαν σε κτηριακές κατασκευές αναλόγως των κατηγοριών που διακρίθηκαν πιο πάνω. Κατόπιν ακολουθεί φωτογραφική αποτύπωση των περιπτώσεων αυτών.

• **Κτήρια από ακατέργαστους ή ημικατεργασμένους λίθους με συνδετικό αργιλοκονίαμα:**

Τα κτήρια αυτά δεν κατασκευάστηκαν με βάση κάποιον κανονισμό και βρίσκονται κυρίως στους οικισμούς. Ο κύριος τρόπος αστοχίας είναι η εκτός επιπέδου ανατροπή της μεγάλης συνήθως πλευράς των κτηρίων, Εικόνες ΣΤΑ3 – ΣΤΑ6. Υπήρχαν περιπτώσεις όπου είχε ανατραπεί εκτός επιπέδου η μία στρώση της δίστρωτης λιθοδομής ή και οι δύο στρώσεις. Χωρίς να υπάρχουν επαρκή στοιχεία αλλά με βάση κριτήρια μηχανικής εκτιμάται ότι οι αστοχίες των λιθοδομών εκτός επιπέδου επιδεινώθηκαν κατά την δεύτερη σεισμική διέγερση. Οι λιθοδομές στις εγκάρσιες πλευρές μικρότερου πάχους παρουσίαζαν ανατροπές σε μικρότερο βαθμό ενώ εμφάνιζαν κυρίως διαγώνιες ρηγματώσεις. Η σπουδαιότητα των κτηρίων αυτών κρίνεται ότι είναι μικρή λόγω της βοηθητικής χρήσης τους ή της εποχιακής κατοίκισης τους. Επιπλέον, ήταν μεγάλης ηλικίας και ανεπαρκώς συντηρημένα. Σε πολλές περιπτώσεις υπήρχαν καθιζήσεις και εκτός επιπέδου παραμορφώσεις λόγω παλαιότητας οι οποίες συντέλεσαν στην ανατροπή των λιθοδομών. Τονίζεται στο σημείο αυτό ότι οι αστοχίες των εν λόγω λιθοδομών δεν ήταν λόγω καθαρής ανατροπής αλλά λόγω εκτός επιπέδου φόρτισης με κάμψη στο μέσον της λιθοδομής με λειτουργία περιμετρικά πακτωμένης πλάκας με αρθρωτή στήριξη στην στέψη της. Επίσης υπήρχαν πολλά τέτοια κτήρια τα οποία ήταν εντελώς εγκαταλελειμμένα και εμφάνισαν ρηγματώσεις ή/και μερική κατάρρευση.

• **Κτήρια από αποξηραμένους ωμόπλινθους με συνδετικό αργιλοκονίαμα:** Τα κτήρια αυτής της κατηγορίας επέδειξαν γενικώς καλή συμπεριφορά. Με τον συγκεκριμένο τρόπο κατασκευής ήταν δομημένες αρκετές κατοικίες, μονώροφες ή διώροφες. Δεν παρατηρήθηκαν καταρρεύσεις λιθοδομών από ωμόπλινθους ενώ οι ρηγματώσεις που δημιουργήθηκαν ήταν γενικά περιορισμένες ή/και επισκευάσιμες.

• **Κτήρια από ημικατεργασμένους ή κατεργασμένους λίθους με ασβεστοκονίαμα:** Τα κτήρια με κατεργασμένους λίθους και ασβεστοκονίαμα δεν παρουσίασαν εκτενείς καταρρεύσεις. Αναφέρεται ότι με τον συγκεκριμένο τρόπο δόμησης είχε κατασκευαστεί το δημοτικό σχολείο στο Δαμάσι το οποίο είχε εκτεταμένες βλάβες με τοπικές καταρρεύσεις των λιθοδομών εκτός επιπέδου, Εικόνα ΣΤΑ9. Αρκετές εκκλησίες και κοινοτικά καταστήματα τα οποία ήταν δομημένα επίσης με τον συγκεκριμένο τρόπο κατασκευής ενώ εμφάνισαν βλάβες είχαν γενικά περιορισμένο βαθμό καταρρεύσεων. Η σχετικά καλή απόκριση των κτηρίων αυτών στους σεισμούς αποδίδεται στην κατεργασία των λίθων όπου λαξεύονταν όλες οι πλευρές, στην χρήση του ασβεστοκονιάματος, στην καλή ποιότητα κατασκευής και στην τακτική συντήρηση.

• **Μνημειακές κατασκευές και άλλα κτήρια πολιτιστικής κληρονομιάς από φέρουσα τοιχοποιία:** Οι Ναοί και άλλα κτήρια πολιτιστικής κληρονομιάς από φέρουσα τοιχοποιία ήταν ενός ή δύο ορόφων. Υπήρχαν πολλά τέτοια κτήρια χωρίς βλάβες. Ορισμένα από αυτά εμφάνισαν βλάβες με εκτενείς ρηγματώσεις σε εξωτερικούς τοίχους. Ειδικότερα, οι Ναοί εμφάνισαν εκτεταμένες ρηγματώσεις στους περιμετρικούς τοίχους. Τα κωδωνοστάσια των

ναών τα οποία κατασκευάζονται σε επαφή με τον κυρίως ναό εμφάνισαν βλάβες σε ορισμένες περιπτώσεις λόγω του διαφορετικού εύρους ταλάντωσης των δύο κατασκευών. Στον Ι. Ναό Αγίου Δημητρίου στην είσοδο του Μεσοχωρίου τα κωδωνοστάσια εμφάνισαν βλάβες κατά τον πρώτο σεισμό και κατά τον δεύτερο σεισμό κατέρρευσε το τμήμα τους το οποίο εξείχε του ναού, Εικόνα ΣΤΑ7. Στον Ι. Ναό Αγίου Νικολάου (1941) στο Κουτσόχερο εντοπίστηκαν ρηγματώσεις στην Βόρεια πλευρά ενώ οι ρηγματώσεις στην Νότια πλευρά ήταν εντονότερες. Παρατηρήθηκε επίσης κατέρρευση της λιθοδομής της Ανατολικής πλευράς του Ναού, λόγω της ευκαμψίας της, από την ύπαρξη του ανοίγματος της κόγχης του Ιερού, Εικόνα ΣΤΑ10. Σε παρακείμενο παλαιότερο Ναό (1917) παρατηρήθηκαν εκτενείς καταρρεύσεις λιθοδομών, Εικόνα ΣΤΑ11. Στον Ι. Ναό Αγίας Παρασκευής στον Τύρναβο παρατηρήθηκαν επίσης ρηγματώσεις στο άνω μέρος των λιθοδομών.

- **Κτήρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα:** Αρκετά από τα κτήρια της περιοχής είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι βλάβες στα κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος ήταν περιορισμένες. Εμφανίζονται κυρίως σε υποστυλώματα ή στο κάτω μέρος κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων. Παρατηρήθηκαν αρκετές θέσεις με τοπικό λυγισμό σε διαμήκεις ράβδους υποστυλωμάτων λόγω αραιών συνδετήρων. Σε ορισμένους ακραίους κόμβους παρατηρείται εξόλκευση του οπλισμού στην κάτω ίνα των δοκών, Εικόνες ΣΤΑ12, ΣΤΑ13. Έχουν επίσης παρατηρηθεί αστοχίες κοντών υποστυλωμάτων σε περιπτώσεις όπου οι δημιουργούνταν τέτοιες συνθήκες. Ως γενική παρατήρηση αναφέρεται ότι τα κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος συμπεριφέρθηκαν αρκετά καλά στους συγκεκριμένους σεισμούς.
- **Γέφυρες σκυροδέματος:** Ενώ υπάρχουν πολλές γέφυρες στην περιοχή εμφανίστηκαν πολύ λίγα προβλήματα σε αυτές λόγω των δύο σεισμών. Τα προβλήματα εμφανίστηκαν στους αρμούς που υπάρχουν στα άκρα των γεφυρών στα δύο ακρόβαθρα με την αστοχία να εμφανίζεται στον ασφαλοτάτητα κυρίως και στο υλικό πλήρωσης του αρμού. Εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια της σεισμικής διέγερσης αναπτύχθηκαν σημαντικές μετακινήσεις της γέφυρας του Δαμασίου σε σχέση με τα ακρόβαθρα, όπως δείχνουν οι εξολκεύσεις των σωλήνων στα κιγκλιδώματα των ακροβάθρων. Επίσης εμφανίστηκαν επισκευάσιμες βλάβες στο μεταβατικό επίχωμα στα άκρα γεφυρών, Εικόνα ΣΤΑ15.
- **Πρόσθετες παρατηρήσεις:** Κατά τις αυτοψίες παρατηρήθηκαν έντονες μετακινήσεις στα κεραμίδια στεγών στους οικισμούς της σεισμόπληκτης περιοχής. Αυτό οφείλονταν στο γεγονός ότι κάτω από τα κεραμίδια δεν υπήρχε πέτσωμα αλλά η στήριξη των κεραμιδιών γινόταν σε καδρονάκια τα οποία υπήρχαν ανά αποστάσεις είκοσι με τριάντα εκατοστά. Πέρα από το επισκευαστικό κόστος αυτό είχε ως συνέπεια την ενδεχόμενη είσοδο νερών της βροχής εντός των κατοικιών. Για τον λόγο αυτό λήφθηκαν μέτρα προστασίας από του κατοίκους, Εικόνα ΣΤΑ14.

3.4. Συμπεράσματα από την απόκριση των κατασκευών

Στη συνέχεια δίνονται κάποια προκαταρκτικά συμπεράσματα για την επίδραση της σεισμικής ακολουθίας στις κατασκευές. Υπάρχουν πλήρεις ή μερικές καταρρεύσεις και βλάβες κυρίως σε κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία. Κτήρια από λιθοδομή με ασβεστοκονίαμα και σε ορισμένα κτήρια από σκυρόδεμα σχεδιασμένα με τους παλαιότερους κανονισμούς εμφανίστηκαν κυρίως ρηγματώσεις. Δεν παρατηρήθηκαν εκτεταμένες περιπτώσεις ανάπτυξης υστερητικής απόσβεσης μέσω της ρηγματώσεως του οπλισμένου σκυροδέματος και της ανελαστικής παραμόρφωσης του χάλυβα των οπλισμών, καθώς οι περιπτώσεις ρηγματώσεως του φέροντα οργανισμού κτηρίων Ο/Σ ήταν περιορισμένες. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει, για μια ακόμη φορά, ότι τα υφιστάμενα κτήρια από σκυρόδεμα, διαθέτουν σημαντικά αποθέματα αντοχής. Τα αποθέματα αυτά διατίθενται από την υπερστατικότητα του φέροντος οργανισμού, την υπεραντοχή των επιμέρους δομικών τους στοιχείων, την

υποβοήθηση των φερόντων στοιχείων από τις τοιχοποιίες πλήρωσης και από αποσβέσεις της σεισμικής ενέργειας κατά την εισαγωγή της στο κτήριο από την θεμελίωση μέχρι την ανωδομή (ιξώδεις αποσβέσεις και αποσβέσεις τριβής).

Είναι πολύ πιθανό να αναπτύχθηκαν σε σημαντικό βαθμό φαινόμενα αλληλεπίδρασης εδάφους – κατασκευής που επέδρασαν ευνοϊκά στην εν γένει σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών. Αυτό δείχνει ότι διατίθενται πρόσθετοι μηχανισμοί διάχυσης της σεισμικής ενέργειας, και παράγοντες που συνεισφέρουν σε σημαντική βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών. Η συσσωρευμένη εμπειρία τόσο από τον παρόντα, όσο και από προηγούμενους σεισμούς οδηγεί σε ενδείξεις ότι η σεισμική προστασία όχι μόνο στους οικισμούς της Λάρισας αλλά και των άλλων Ελληνικών περιοχών ενισχύεται επιπρόσθετα και από διάφορους πρόσθετους παράγοντες όπως η ορθή διάταξη του δομικού συστήματος ανάληψης σεισμικών φορτίων, η εκτενής χρήση τοιχωμάτων, η καλή κατασκευή των τοιχοποιιών πλήρωσης με οριζόντια σενάζ από Ο/Σ, η καλή ποιότητα υλικών και κατασκευής κ.ά.

Εκτός από την δομική βλάβη, ένας σεισμός προκαλεί και δευτερογενείς βλάβες όπως καταστροφή εμπορευμάτων και οικοσκευών από πτώσεις. Επίσης πολλά εμπορεύματα, οικοσκευές, έπιπλα, εσωτερικά δίκτυα ισχυρών και ασθενών ρευμάτων προσβάλλονται από νερά της βροχής λόγω της βλάβης των οροφών ή/και των στεγών των κτηρίων από ισχυρούς σεισμούς. Άμεσα μέτρα προστασίας από τα νερά της βροχής πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερα σε κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία, καθώς η διείσδυση του νερού μπορεί να συντελέσει στην επιπρόσθετη αποσύνθεση της τοιχοποιίας (π.χ. αγιογραφίες ναών, εκθέματα μουσείων κλπ.). Για τις κατασκευές που σχεδιάστηκαν με τον παλιό κανονισμό του 1959 χρειάζεται να γίνει έλεγχος σεισμικής επάρκειας που θα οδηγήσει σε ενδεχόμενη ενίσχυση.

Οι βοηθητικοί χώροι από φέρουσα λιθοδομή ή/και τοιχοποιία εμφάνισαν σημαντικές βλάβες και μερικές καταρρεύσεις, σε οικισμούς γύρω από τα επίκεντρα των δύο κύριων σεισμών. Οι χώροι αυτοί υποβοηθούν σημαντικά το έργο των αγροτών και προτείνεται η παροχή οικονομικής αρωγής, από την πολιτεία προς τους ιδιοκτήτες, για επισκευή ή ανακατασκευή.

ΕΙΚΟΝΕΣ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΛΙΘΟΔΟΜΗ



Εικόνα ΣΤΑ3. Εκτός επιπέδου αστοχία λιθοδομών σε μονώροφα κτήρια στο Δαμάσι



Εικόνα ΣΤΑ4 . Εκτός επιπέδου αστοχίες λιθοδομών σε διώροφο και μονώροφο κτήριο στο Δαμάσι.



Εικόνα ΣΤΑ5. Αστοχία λιθοδομών στο άνω μέρος τους σε κτήριο κατασκευής του 1933.



Εικόνα ΣΤΑ6. Εκτός επιπέδου αστοχίες λιθοδομών σε δώροφο και μονώροφο κτήριο, από φέρουσα λιθοδομή, στο Μεσοχώρι

ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ. ΝΑΟΙ – ΣΧΟΛΕΙΑ



Εικόνα ΣΤΑ7. Βλάβες στον Ι. Ναό Αγίου Δημητρίου στο Μεσοχώρι. Άνω: Εικόνα με βλάβες από τον πρώτο ισχυρό σεισμό. Κάτω: Εικόνα με βλάβες μετά τον δεύτερο ισχυρό σεισμό.



Εικόνα ΣΤΑ8. Ναός στο Δαμάσι με βλάβες μετά από τους δύο ισχυρούς σεισμούς.



Εικόνα ΣΤΑ9. Δημοτικό σχολείο στο Δαμάσι. Ρηγματώσεις κατανεμημένες σε πολλά φέροντα στοιχεία και τοπικές καταρρεύσεις.



Εικόνα ΣΤΑ10. Άνω: Τοπικές Αστοχίες στην στέψη λιθοδομών σε Ναό στο Μεσοχώρι.
Αστοχία σε τοιχοπλήρωση κοιμητηριακού Ναού στο Κουτσόγερο.



Εικόνα ΣΤΑ11. Άνω κοιμητηριακός ναός στο Κουτσόχερο και παρακείμενος παλαιότερος ναός με καταρρεύσεις.

ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



Εικόνα ΣΤΑ12 . Βλάβες σε κτήριο και δομικά μέλη από οπλισμένο σκυρόδεμα στο Δαμάσι.



Εικόνα ΣΤΑ13. Βλάβες σε κτήριο με πυλωτή στο Δαμάσι. Οι βλάβες επικεντρώνονται στο άνω μέρος των υποστυλωμάτων πυλωτής.



Εικόνα ΣΤΑ14. Κάλυψη κτηρίων με νάilon για την προστασία της περιεχόμενης οικοσκευής από νερά της βροχής. Υπάρχουν θραύσεις και μετακινήσεις κεραμιδιών λόγω του σεισμού.

ΓΕΦΥΡΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



Εικόνα ΣΤΑ15 . Τοπικές αστοχίες στον αρμό της γέφυρας στην είσοδο του Δαμασίου.
Εμφανίστηκαν και στους δύο αρμούς στα άκρα της γέφυρας.

ΕΛΕΓΧΟΙ – ΠΑΡΟΧΗ ΒΟΗΘΕΙΑΣ – ΚΑΤΑΥΛΙΣΜΟΙ



Εικόνα ΣΤΑ16. Καταυλισμοί για την στέγαση σεισμοπλήκτων. Άνω: Δαμάσι. Κάτω: Μεσοχώρι.



Εικόνα ΣΤΑ17. Άνω καταυλισμός στον οικισμό Ζάρκο. Κάτω: Διασώστες και προσωπικό παροχής βοήθειας του Ερυθρού Σταυρού.

Βιβλιογραφία

1. Earle P.S., D.J., Wald, T.I. Allen, K.S., Jaiswal, K.A. Porter and M.G. Hearne (2008). Rapid exposure and loss estimates for the May 12, 2008 M W 7.9 Wenchuan earthquake provided by the US Geological Survey's PAGER system. 14th World Conference of Earthquake Engineering, Beijing, Paper S31-039
2. Ganas A., V. Tsironi, Ch. Tsimi, M. Delagas, E. Konstantakopoulou, E. Kollia, Ei. Efstathiou and Ath. Oikonomou (2020). NOAFaults v3.0: New upgrades of the NOA Geospatial database of Active Faults in the broader Aegean area
3. Ganas, A., S. Valkaniotis, V. Tsironi, I. Karasante, P. Elias, V, Kapetanidis, P. Briole, (2021), The March 2021 seismic sequence in Larisa - Damasi , Thessaly (central Greece), its seismotectonic characteristics and geodynamic effects. National Observatory of Athens; Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4617264>
4. Kiratzi A.A. (2021). Finite fault slip models – 2021 Damasi (Thessaly) sequence. Unpublished manuscript, 6 pp.
5. Παπαζάχος Β. και Κ. Παπαζάχου (2003). Οι σεισμοί της Ελλάδας, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, σελ. 286.
6. Παπαζάχος, Β. Κ., Δ. Μ., Μουντράκης, Κ.Β. Παπαζάχος, Μ. Δ. Τρανός, Γ. Φ, Καρακαϊσης, και Α. Σ. Σαββαϊδης (2001): Τα ρήγματα που προκάλεσαν τους γνωστούς ισχυρούς σεισμούς στην Ελλάδα και τη γύρω περιοχή από τον 5ο αιώνα π.Χ. μέχρι σήμερα. 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Θεσσαλονίκη, 28-30 Νοεμβρίου 2001, Α, 17-26.
7. Pavlides S., R. Caputo, S. Sboras, A. Chatzipetros, G., Papathanassiou and S., Valkaniotis (2010).The Greek catalogue of active faults faults and database of seismogenic sources, Bull. Geol. Soc. Gr., XLIII, 486-494.
8. Pavlides S., A. Chatzipetros, S. Sboras, E. Kremastas and A. Chatziioannou (2021). The northern Thessaly strong earthquakes of March 3 and 4, 2021, and their neotectonic setting, Earthquake Geology Research Team, Thessaloniki, Greece, DOI 10.5281/zenodo.4618187,
9. Worden CB, E.M. Thompson M Γ. Hearne and D.J. Wald DJ (2017) ShakeMap v4 manual: technical manual user's guide, and software guide. <http://usgs.github.io/shakemap>.
10. Worden CB, E.M. Thompson, J.W. Baker, B.A. Bradley, N. Luco and D.J. Wald (2018) Spatial and spectral interpolation of ground-motion intensity measure observations. Bull Seism. Soc Am 108, 866–875. <https://doi.org/10.1785/0120170201>
11. ΑΠΘ-Νομαρχία Λάρισας (1995) Οριστική μικροζωνική μελέτη Λάρισας. Θεσσαλονίκη.
12. ΤΕΕ - ΤΚΔΘ (2000). Αξιοποίηση μικροζωνικής μελέτης Λάρισας. Λάρισα.
13. ΙΓΜΕ Φύλλα Λάρισα, Φαρκαδών, Ελασσόνα (κλ. 1:50.000).
14. «Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου», ΦΕΚ 234Α/7-11-1928, Τροποποιήσεις: α. «Περί του Αντισεισμικού Κανονισμού της σεισμοπλήκτου περιοχής Κορίνθου-Λουτρακίου», ΦΕΚ 375Α/29-10-1931, β. «Περί συμπλήρωσεως Αντισεισμικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου», ΦΕΚ 4Α/4-1-1936.

15. «Περί επεκτάσεως του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού εις την περιοχήν Λαρίσσης», ΦΕΚ 277Α/16-8-1941.
16. Βασιλικό διάταγμα Β/Δ, «Περί Κανονισμών διά την μελέτην και εκτέλεσιν οικοδομικών έργων εξ ωπλισμένου σκυροδέματος», ΦΕΚ 160Α/26-6-1954.
17. Βασιλικό διάταγμα Β/Δ, «Περί αντισεισμικού Κανονισμού οικοδομικών έργων», ΦΕΚ 36Α/26-2-1959.
18. 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.
19. Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΝΕΑΚ) (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.
20. 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.
21. Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών – Μέρος 1: Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια, ΕΛΟΤ ΕΝ1998-1 (Ελληνικό Εθνικό Προσάρτημα, ΦΕΚ 2692/31-12-2008).