



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ

# Γεωενημερωση



ΠΕΡΙΟΔΟΣ Β' – Αρ. τεύχους 6  
ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ 1989

μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους με θραύσματα οφιολίθων και ραδιολαριτών γνωστούς και σαν "φάση Θυμιάματος" από την περιοχή του Κόζιακα. Επίσης, τα Παλαιοκαινικά ερυθρομαργαϊκά στρώματα μετάβασης προς τον φλύσχη γνωστά στη Δυτική Θεσσαλία, καθώς και στον Παρνασσό. Οι φάσεις αυτές απαντούν στην ευρύτερη περιοχή Ναυπλίου και από τεκτονική άποψη είναι σημαντική η παρουσία μεγάλης κλίμακας ανεστραμμένων δομών με ισοκλινείς έως πολύ κλειστές κατακεκλιμένες πτυχές.

- β) Οι φάσεις Ανωκρητιδικού-Ηώκαινου τύπου Ορλιακα (ανατολικές παρυφές Βόρειας Πίνδου) με κύριο χαρακτηριστικό λευκούς έως ροδόχρωμους νηριτικούς ασβεστόλιθους με ρουδιστές, νουμουλίτες, φύκη lithothammium κ.ά. σαφώς διαφορετικής λιθοφάσης από τους μαύρους βιτουμενιούχους ασβεστόλιθους της Τρίπολης. Οι φάσεις αυτές απαντούν στις νότιες παρυφές του Αραχναίου, το οποίο δομείται κυρίως από τους κατώτερους στρωματογραφικά Ανωτριάδικους - Ιουρασικούς ασβεστόλιθους φάσης Παντοκράτορα.
- γ) Οι φάσεις Ανωκρητιδικού τύπου Αρβης, με κύριο χαρακτηριστικό τους βασάλτες και τους Ανωκρητιδικούς - Παλαιοκαινικούς ερυθροϊώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Οι φάσεις αυτές απαντούν με μορφή μικρο έως μεγαολισθολίθων μέσα στο χαοτικό σχηματισμό τύπου άγριος φλύσχη έως μίγμα της Νοτιοανατολικής Αργολίδας στην οροσειρά Αδέρες. Οι βασάλτες βρίσκονται σε συγγενετική σχέση με τα άνω κρητιδικά ιζήματα και συνδέονται με τη γνωστή μεταλλοφορία της Ερμιόνης. Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι εμφανίζονται συχνά, επίσης, σαν μεγαολισθολίθοι στον άγριο φλύσχη. Είναι σημαντικό ότι η "σχιστοψαμμιτική διάπλωση" της Ερμιονίδας έχει έντονη παραμόρφωση με ανάπτυξη τεκτονικού σχισμού, που τη διαφοροποιεί από τους σχηματισμούς των γειτονικών ενοτήτων, καθώς και άφθονη παρουσία μεταμορφικών ορυκτών μέσα στους κλαστικούς σχηματισμούς.

Εκτός από τη σημασία που έχουν τα παραπάνω για την γεωλογία της χερσονήσου της Αργολίδας ενισχύουν την άποψη της ύπαρξης ενός νεότερου και νοτιότερου του Αξιού ωκεανού (του ωκεανού Πίνδου - Κυκλάδων κατά Παπανικολάου, 1986), ο οποίος έκλεισε κατά το Ανώτερο Κρητιδικό - Κατώτερο Ηώκαινο, σε αντίθεση με τον ωκεανό του Αξιού, ο οποίος είχε κλείσει ήδη πριν το Κενομάνιο.

Επίσης, είναι σημαντικό ότι ανευρίσκονται στην Αργολίδα ιδιόμορφοι σχηματισμοί, που επιτρέπουν γεωλογικούς συσχετισμούς τόσο προς βορράν έως την Βόρεια Πίνδο όσο και προς νότον ως την Κρήτη.

\* *D.J. Papanikolaou: Occurrence of Arvi, Western Thessaly and Orliakas type formations in Argolis*

\*\* Τομέας Δυναμικής - Τεκτονικής - Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Παν/μιον Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, Αθήνα 157 84

## Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ ΤΟΥ ΧΩΡΙΟΥ ΚΑΣΤΡΟ (ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΣ ΚΥΛΛΗΝΗΣ) ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ 16-10-1988

Από τους  
Ε.Α. Λέκκα<sup>1</sup>, Ε.Κ. Λόγο<sup>1</sup>, Γ.Δ. Δανάμο<sup>1</sup>

**Σύνοψη:** Κατά το σεισμό της 16-10-1988 προκλήθηκαν εκτεταμένες καταστροφές σε όλη τη χερσόνησο της Κυλλήνης. Οι πλέον σημαντικές σημειώθηκαν στο χωριό Κάστρο.

Κατά τη μελέτη τους, παρατηρήθηκε μία εκλεκτική γεωγραφική τους εξάπλωση στα επιμέρους τμήματα της οικιστικής μονάδας, η οποία όμως ήταν άμεσα συσχετίσιμη με το γεωλογικό καθεστώς, που επικρατεί στην εν λόγω περιοχή.

Συγκεκριμένα, στο τμήμα της οικιστικής μονάδας, το οποίο αναπτύσσεται πάνω στο σχηματισμό των ασβεστολίθων του Κάστρου ηλικίας Κρητιδικού (Ιόνια ενότητα), οι ζημιές που παρατηρήθηκαν στις μεν νέες κατασκευές ήταν ελάχιστες, στις δε παλαιές περιορισμένες.

Αντίθετα, στο τμήμα της οικιστικής μονάδας, το οποίο αναπτύσσεται πάνω στο σχηματισμό της Λυγιάς (μάργες, ψαμμίτες, άργιλοι κλπ.), ηλικίας Πλειοκαινού - Πλειστοκαινού, οι ζημιές στις μεν νέες κατασκευές ήταν σημαντικές, στις δε παλαιές σχεδόν ολοκληρωτικές.

Συνολικά, το ποσοστό των καταστροφών, που παρατηρήθηκε, ανεξάρτητα με το είδος των κατασκευών ήταν πολύ μεγαλύτερο γι' αυτές, που ήταν θεμελιωμένες στο σχηματισμό της Λυγιάς απ' ό,τι σ' αυτές, που ήταν θεμελιωμένες στο σχηματισμό των ασβεστολίθων του Κάστρου.

Επίσης, ιδιαίτερο ρόλο στην κατανομή των ζημιών έπαιξαν: α) Το τεκτονικό καθεστώς και ειδικότερα η επανδραστηριοποίηση ορισμένων ρηζιγενών ζωνών, οι οποίες διασχίζουν την οικιστική μονάδα και β) Το πάχος των πλειο-πλειστοκαινικών κλαστικών σχηματισμών.

1 Τομέας Δυναμικής - Τεκτονικής - Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Παν/μιον Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, Αθήνα 157 84

## ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΣΕΙΣΜΩΝ

Σχετικά με το πάντοτε επίκαιρο θέμα της πρόγνωσης των σεισμών στάλθηκε στον ΟΑΣΠ και το ΥΠΕΧΩΔΕ η παρακάτω απαντητική επιστολή του Δ.Σ. της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, μετά από σχετικό αίτημα των παρακάτω κρατικών φορέων με αφορμή δημιουργία ανησυχίας από δηλώσεις σε εφημερίδες για επικείμενο καταστροφικό σεισμό στην ευρύτερη περιοχή της Κρήτης, κατά τον Φεβρουάριο του 1989.

Δεδομένου ότι τα περισσότερα σημεία της επιστολής αποτελούν πάγιες θέσεις κρίνεται σκόπιμη η γνωστοποίηση της επιστολής στα μέλη της Εταιρίας.

Π ρ ο ς  
τον ΟΑΣΠ  
Μεσογείων 226  
155 61 Χολαργός

### Κοινοποίηση:

- Γραφείο Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ κ. Β. Κεδίκογλου
- Γραφείο Αναπλ. Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ κ. Μ. Παπαστεφανάκη
- Γραφείο Υφυπουργού ΠΕΧΩΔΕ κ. Ι. Τσακλίδη
- Γραφείο Γεν.Γραμματέα Δημ. Εργων κ. Ν. Σαράντη

ΘΕΜΑ: Πρόγνωση σεισμών

Σε απάντηση του υπ' αριθμ. πρωτ. οικ. 160/7-2-1989 εγγράφου σας έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- 1) Ως προς το γενικό θέμα της πρόγνωσης των σεισμών, η Ελληνική Γεωλογική Εταιρία, εκτιμώντας τη σπουδαιότητα του θέματος, τόσο από επιστημονική όσο και από κοινωνική άποψη, το αντιμετώπισε πάντοτε με σοβαρότητα και υπευθυνότητα αποκλειστικά μέσα από επιστημονικές εκδηλώσεις χωρίς ανάμιξη εφημερίδων και μη ειδικών στο θέμα, η οποία, λόγω της φύσης του θέματος, μπορεί εύκολα να δημιουργήσει παρεξηγήσεις και ανησυχίες.

Ενδεικτικά, αναφέρεται η διοργάνωση του 2ου επιστημονικού συνεδρίου το 1984, με θέμα Γεωλογία - Σεισμοί, όπου μεταξύ των άλλων έγινε συζήτηση (αρκετά έντονη) και για το θέμα της πρόγνωσης των σεισμών μεταξύ σεισμολόγων (Δρακόπουλος, Παπαζάχος κ.ά.) και φυσικών στερεάς κατάστασης (Βαρώτσος, Αλεξόπουλος) (βλέπε και πρακτικά συνεδρίου, τόμος XIX, Δελτίου Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας, 538 σελ.).

Τόσο από το παραπάνω συνέδριο όσο και από τις άλλες μεταγενέστερες επιστημονικές δραστηριότητες της Εταιρίας, είναι σαφές ότι το θέμα της πρόγνωσης των σεισμών είναι πολύπλοκο, απαιτεί συνεργασία μεταξύ των διαφόρων ειδικοτήτων και, όπως έχει γίνει αποδεκτό διεθνώς, απαιτεί ειδικούς κανόνες επιστημονικής δεοντολογίας πολύ αυστηρότερους απ' ό,τι σε άλλα επιστημονικά θέματα, λόγω των μεγάλων κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων, που μπορεί να έχει η αθεμελίωτη και αμφισβητούμενη παρουσίαση "συμπερασμάτων" από επιστήμονες στο ευρύτερο κοινό.

Εξάλλου, είναι σαφής και διαχωρισμένη, ακόμα και νομοθετικά, σε διάφορες χώρες (Ιαπωνία, ΗΠΑ κ.ά.), η διάκριση ανάμεσα στην πρόγνωση των σεισμών, που αποτελεί επιστημονική προσπάθεια και αφορά κυρίως τους ειδικούς επιστήμονες, και την προειδοποίηση, που αποτελεί κρατική αρμοδιότητα, στην οποία ο ρόλος των επιστημόνων περιορίζεται σ' αυτό του συμβούλου και μάλιστα με εμπιστευτικό χαρακτήρα.

Τούτο απορρέει κυρίως από το ότι η πρόγνωση των σεισμών δεν αποτελεί ακόμη ένα λυμένο και μάλιστα σε επίπεδο εφαρμογής επιστημονικό πρόβλημα, αλλά ένα πρόβλημα του οποίου έχουν αντιμετωπιστεί θετικά ορισμέ-

<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας</i> <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>Τόμ.</i> <i>Vol.</i>	<i>σελ.</i> <i>pag.</i>	<i>Αθήνα</i> <i>Athens</i>
	XXIV	85-94	1990

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ  
ΣΤΗΝ ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ  
ΣΤΟ ΧΩΡΙΟ ΚΑΣΤΡΟ (ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΣ ΚΥΛΛΗΝΗΣ)  
ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ 16-10-1988\***

***Ε. Λέκκας, Γ. Δανάμος σε συνεργασία Ε. Λόγου<sup>1</sup>***

**ABSTRACT**

In order to study the impact of geological and geotechnical conditions on the distribution and type of damage caused by the 16th October 1988 earthquake in Kastro, we conducted detailed geological and geotechnical mapping of the area and recorded the type and extent damage caused to all kinds of constructions in the village. Correlation showed that intensity was mainly affected by the foundation formation and was modified according to construction type. It was confirmed that the selective distribution of damage in certain parts of the village is due to (i) the occurrence of active fault zones, (ii) the outcrops of highly foundation formations and (iii) the development of thin post-Alpine formation cover over the Alpine substratum.

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Διερευνάται η επίδραση των γεωλογικών και των γεωτεχνικών συνθηκών στην κατανομή και το είδος των ζημιών που προκλήθηκαν από το σεισμό της 16ης Οκτωβρίου 1988 στο χωριό Κάστρο Κυλλήνης. Ειδικότερα, αρχικά δίδονται τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά γεωλογικής καρτογράφησης καθώς επίσης και ορισμένα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά και παράμετροι. Παρουσιάζονται τα στοιχεία λεπτομερούς καταγραφής της έντασης των ζημιών στα διάφορα είδη κατασκευών του χωριού Κάστρο. Από τις συγκρίσεις διαπιστώνεται ότι ο σχηματισμός θεμελίωσης έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ένταση των ζημιών με διαφοροποιήσεις ανάλογα με το είδος της κατασκευής. Διαπιστώνεται ότι σε ορισμένους τομείς του χωριού υπάρχει μια εκλεκτική κατανομή των καταστροφών η οποία οφείλεται (i) στην παρουσία ενεργών ρηξιγενών ζωνών, (ii) στην παρουσία εξαιρετικά αποσθρωμένων σχηματισμών θεμελίωσης και (iii) στην ανάπτυξη Μεταλπικών σχηματισμών με μικρό πάχος πάνω στο Αλπικό υπόβαθρο.

\* Effect of geological and geotechnical conditions on the intensity and distribution of damage in Kastro village (Kyllini, Peninsula) after the earthquake of 16/10/1988.

<sup>1</sup> E. Lekkas, G. Danamos in collaboration with E. Logos. University of Athens, Dept. of Geology, Panepistimioupoli, 157 84, Athens, Greece.

(Ανακοινώθηκε κατά την Επιστημονική Συνεδρία της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, στις 9/11/1989).

## ΓΕΝΙΚΑ

Την 16η Οκτωβρίου 1988 και ώρα 14.36.03 η ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Πελοποννήσου-Ζακύνθου επλήγη από σεισμό μεγέθους  $ML: 5.5 R$ . Το επίκεντρο του σεισμού τοποθετήθηκε στη θαλάσσια περιοχή του διαύλου Χερσονήσου Κυλλήνης-Ζακύνθου. Η εκδήλωση του σεισμού είχε ως αποτέλεσμα να προκληθούν εκτεταμένες καταστροφές σε ολόκληρο το νομό Ηλείας, οι οποίες ήταν ιδιαίτερα σημαντικές στο γεωγραφικό τμήμα της Χερσονήσου της Κυλλήνης.

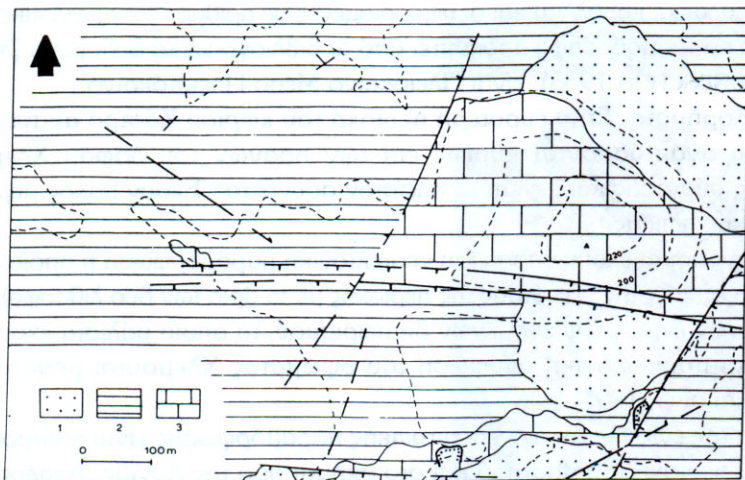
Στην περιοχή του χωριού Κάστρο παρατηρήθηκε μια χαρακτηριστική εκλεκτική κατανομή της έντασης των ζημιών σε επιμέρους τμήματα της οικιστικής μονάδας. Με αφορμή το γεγονός αυτό επιχειρήθηκε μια λεπτομερής διερεύνηση του φαινομένου μέσα από την αντίστοιχη καταγραφή της έντασης και του είδους των καταστροφών αφενός και των γεωλογικών-γεωτεχνικών συνθηκών αφετέρου.

## ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Με βάση τόσο τα βιβλιογραφικά δεδομένα παλαιότερων και νεότερων ερευνών (AUBOUIN & DERCOURT 1962; ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, 1971; HAGEMAN, 1977; KOVALCZYK & WINTER 1979; ΚΑΜΠΕΡΗΣ 1987; UNDERHILL 1985; ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΛΕΚΚΑΣ 1989; ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ και συν. 1991), όσο και τις λεπτομερείς παρατηρήσεις υπαίθρου, στη γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής της χερσονήσου Κυλλήνης λαμβάνουν μέρος τόσο Αλπικοί όσο και Μεταλπικοί σχηματισμοί.

Συγκεκριμένα στην περιοχή της χερσονήσου της Κυλλήνης εμφανίζονται Αλπικοί σχηματισμοί οι οποίοι ανήκουν στην Ιόνια ενότητα και αποτελούν το υπόβαθρο. Αντιπροσωπεύονται κυρίως από Εβαπορίτες ηλικίας Τριαδικού, οι οποίοι σχηματίζουν διαπειρικούς δόμους, καθώς επίσης και από ασβεστόλιθους ηλικίας Κρητιδικού. Οι αλπικοί σχηματισμοί συγκροτούν μια αντικλινική δομή με γενική διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, η οποία όμως δεν έχει μια απλή μορφή αλλά χαρακτηρίζεται από μια σύνθετη γεωμετρία και πολυπλοκότητα που οφείλεται κυρίως στην παρουσία τεκτονικών ασυνεχειών, τόσο ως προς την επιμήκη διεύθυνσή της, δηλαδή ΒΒΔ-ΝΝΑ, όσο και προς την εγκάρσια δηλαδή ΑΒΑ-ΔΝΔ. Η εικόνα δεν οφείλεται μόνο στην Αλπική ορογένεση αλλά κυρίως στη νεοτεκτονική, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη δραστηριοποίηση ρηγμάτων κατά τους πρόσφατους σεισμούς.

Οι Μεταλπικοί σχηματισμοί έχουν καλύψει ολοσχερώς το Αλπικό υπόβαθρο. Κυρίαρχος είναι ο σχηματισμός Λυγιάς, Μέσου Πλειοκαίνου-Κατώτερου Πλειοστοκαίνου ο οποίος καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της χερσονήσου της χερσονήσου και οι κλίσεις των στρωμάτων παρουσιάζουν μια εντυπωσιακή "αταξία" η οποία φανερώνει την πολύπλοκη νεοτεκτονική παραμόρφωση. Χαρακτηριστικός είναι εξάλλου και ο σχηματισμός Ασβεστοψαμμιτών Γλώσσας ηλικίας Ανωτέρου Πλειοστοκαίνου, ο οποίος παρουσιάζει δυτικά του χωριού Κάστρο χαρακτηριστικές παρελξεις και κάμψεις οι οποίες οφείλονται στα φαινόμενα διαπειρισμού των εβαποριτών μέσα στο Ολόκαινο (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ και συν., 1991).



**Εικ. 1:** Γεωλογικός χάρτης της περιοχής του χωριού Κάστρο (1. Πλευρικά Κορήματα, 2. Σχηματισμός Λυγιάς, 3. Σχηματισμός Ασβεστολίθων Κάστρου).

## ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΧΩΡΙΟΥ ΚΑΣΤΡΟ

Στην περιοχή του χωριού Κάστρο με βάση τα στοιχεία της λεπτομερούς χαρτογράφησης (Εικ. 1) και τις παρατηρήσεις υπαίθρου, απαντούν τόσο Αλπικοί όσο και Μεταλπικοί σχηματισμοί:

### Αλπικοί σχηματισμοί

**Εβαπορίτες Κάστρου.** Πρόκειται κυρίως για σκοτεινόχρωμες γύψους, λόγω της παρουσίας βιτουμενίων, οι οποίες εμφανίζονται κυρίως περί τα 500 μέτρα δυτικά του χωριού με τη μορφή διαπείρου που έχει διατρήσει τόσο τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους του Κάστρου σε ορισμένα σημεία όσο και τους ανώτερους Μεταλπικούς σχηματισμούς. Η ηλικία τους είναι πιθανότητα Τριαδική.

**Ασβεστόλιθοι Κάστρου.** Πρόκειται για λευκούς έως υπόλευκους λεπτοπλακώδεις και κατά θέσεις μεσοπλακώδεις μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους με κονδύλους και οριζόντες πυριτολίθων, οι οποίοι εμφανίζονται στο χωριό Κάστρο και σχηματίζουν το λόφο Χλεμούτσι. Η ηλικία τους είναι Κρητιδική και έχουν επηρεασθεί από τα φαινόμενα διαπειρισμού των εβαποριτών των οποίων υπέρκεινται στρωματογραφικών.

### Μεταλπικοί σχηματισμοί

**Σχηματισμός Λυγιάς.** Από τους μεταλπικούς σχηματισμούς που ανπτύσσονται στην περιοχή επικρατέστερος είναι ο σχηματισμός της Λυγιάς (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΛΕΚΚΑΣ, 1989), ο οποίος εμφανίζεται στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης και παρουσιάζει μέγιστο ορατό πάχος περί τα 400 μέτρα. Υπέρεται του σχηματισμού Κροκαλοπαγών Ψηλής Ράχης, ο οποίος όμως δεν εμφανίζεται στην περιοχή μελέτης. Αποτελείται από αργίλους, μάργες, άμμους, ψαμίτες και σπανιότερα κροκαλοπαγή που σχηματίζουν οριζόντες μεταβλητού πάχους. Πρόκειται για θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, όπως δείχνουν τα περιεχόμενα κατά θέσεις

απολιθώματα (μαλάκια, κοράλλια) και οι περιορισμένες σε αριθμό λεπτές λιγνιτικές παρεμβολές. Η ηλικία του σχηματισμού, όπως προκύπτει από τα βιβλιογραφικά δεδομένα (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, 1971, BUNDSCHUH 1986), είναι Πλειόκαινο-Μέσο Πλειστόκαινο.

Πλευρικά Κορήματα. Στην ευρύτερη περιοχή του χωριού Κάστρο απαντούν Πλευρικά Κορήματα που αναπτύσσονται κυρίως επί των πρανών του λόφου Χλεμούτσι. Είναι ασβεστολιθικής σύστασης και ως επί το πλείστον ασύνδετα. Έχουν πάχος μερικά μέτρα και είναι Ολοκαινικής ηλικίας.

Όλοι οι σχηματισμοί έχουν υποστεί τη νεοτεκτονική παραμόρφωση η οποία είναι ιδιαίτερα έντονη όχι μόνο εξαιτίας της γεινίασης της περιοχής με το όριο των δύο λιθοσφαιρικών πλακών αλλά και λόγω των έντονων φαινομένων διαπείρισμού, τα οποία μάλιστα έχουν προκαλέσει και τη σταδιακή μορφολογική ανύψωση του υψώματος Χλεμούτσι μέσα στο Ολόκαινο (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ και συν., 1991).

Αποτέλεσμα της έντονης αυτής νεοτεκτονικής παραμόρφωσης είναι η παρουσία μεγάλων ρηγμάτων στην περιοχή του Κάστρου και στο σχηματισμό της Λυγιάς. Αναλυτικότερα, είναι δυνατό να διακριθούν (i) τα ρήγματα γενικής διεύθυνσης Α-Δ που οριοθετούν τους ασβεστόλιθους προς τα νότια, τα οποία προκαλούν κλιμακωτές ταπεινώσεις της μορφολογίας, και (ii) τα ρήγματα γενικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ που οριοθετούν τις κύριες ασβεστολιθικές εμφανίσεις αλλά και τις εμφανίσεις του σχηματισμού της Λυγιάς, καθώς επίσης και του σχηματισμού Πλευρικών Κορημάτων. Με βάση τα υφιστάμενα στοιχεία, τα ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ δεν δραστηριοποιήθηκαν κατά τους σεισμούς της 16ης Οκτωβρίου 1988, ενώ αντίθετα τα ρήματα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ σαφώς δραστηριοποιήθηκαν (ΛΕΚΚΑΣ και συν., 1991).

## **ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**

Με βάση τις παρατηρήσεις υπαίθρου και τα δεδομένα των γεωτρήσεων που έχουν εκτελεσθεί στην περιοχή, οι παραπάνω γεωλογικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν τα ακόλουθα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά:

Σχηματισμός Εβαποριτών Κάστρου. Ο σχηματισμός αυτός είναι στο σύνολό του κατακερματισμένος λόγω των φαινομένων διαπείρισμού και ως εκ τούτου παρουσιάζει γενικά μειωμένη αντοχή. Επειδή όμως εμφανίζεται επιφανειακά σε περιορισμένη έκταση και μάλιστα μακριά από τον οικιστικό χώρο, η παρουσία του δεν διαδραματίζει ουσιώδη γεωτεχνικό ρόλο, τουλάχιστον στην περιοχή θεμελίωσης των κατασκευών του Κάστρου.

Σχηματισμός Ασβεστόλιθων Κάστρου. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις, περιέχουν κονδύλους και ορίζοντες πυριτολίθων και είναι κατά θέσεις έντονα τεκτονισμένοι, χαρακτηριζόμενοι από ένα πυκνό δίκτυο διακλάσεων ή γενικότερα διαρρήξεων που όμως είναι πληρωμένες με ασβεστικό υλικό. Ο τεκτονισμός τους οφείλεται κυρίως στα φαινόμενα διαπείρισμού των εβαποριτών που υπόκεινται. Εν τούτοις παρουσιάζουν μικρή καρστικοποίηση λόγω της παρεμβολής μαργαϊκών ενδιαστρώσεων μεταξύ των ασβεστολικών οριζόντων. Το ειδικό τους βάρος κυμαίνεται μεταξύ 2.5-3.0 gr/cm<sup>3</sup> και η αντοχή τους στην ανεμπόδιση θλίψη μεταξύ 400-1200 gr/cm<sup>2</sup>.

Το δυτικό τμήμα του χωριού έχει θεμελιωθεί πάνω στο συγκεκριμένο σχηματισμό.

Σχηματισμός Λυγιάς. Πρόκειται για έναν εξαιρετικά ανομοιογενή σχηματισμό λόγω της ποικιλίας των λιθολογικών τύπων που περιέχει, όπως μάργες, ψαμμίτες, άμμοι, ιλείς και αργίλους, οι οποίοι μάλιστα μεταπίπτουν τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη

έννοια ο ένας στον άλλο. Όπως είναι επόμενο, ο σχηματισμός αυτός παρουσιάζει ένα μεγάλο εύρος γεωμηχανικών χαρακτηριστικών, το οποίο δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί γιατί οι γεωτεχνικές παράμετροι έχουν μόνο σημειακό χαρακτήρα. Σε γενικές γραμμές, όταν επικρατούν τα αδρομερή στοιχεία, υφίσταται μια σημαντική κατά θέση υδροφορία, ενώ όταν επικρατούν τα λεπτομερή, η ποσότητα του νερού είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Το σημαντικότερο όμως γεγονός είναι ότι στην επιφάνεια του σχηματισμού Λυγιάς αναπτύσσεται κατά θέσεις ένας χαλαρός ερυθροπυριτικός μανδύας αποσάθρωσης, πάχους μερικών μέτρων (5-10 μέτρα) εμποτισμένος από νερό τις περιόδους βροχοπτώσεων. Πολλές κατοικίες του χωριού έχουν θεμελιωθεί πάνω στο χαλαρό αυτο μανδύα που χαρακτηρίζεται από μικρές τιμές των γεωμηχανικών του δεικτών.

## **ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΖΗΜΙΩΝ**

### **Μεθοδολογία Καταγραφής**

Όπως αναφέρθηκε, ο σεισμός της 16ης Οκτωβρίου 1988 προκάλεσε στο χωριό Κάστρο σημαντικές καταστροφές. Από τις αρχικές παρατηρήσεις διεφάνη σαφώς μιας εκλεκτικής κατανομή των ζημιών σε ορισμένες γειτονίες - τμήματα της οικιστικής μονάδας, η οποία υπέδειξε και την αναγκαιότητα λεπτομερούς καταγραφής τους έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν με ακρίβεια κάποιες ενδεχόμενες συσχετίσεις με τις υφιστάμενες γεωλογικές αλλά και γεωτεχνικές συνθήκες.

Στην καταγραφή λήφθηκαν υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία:

A. Το είδος των κατασκευών και ειδικότερα εάν πρόκειται για παλαιάς κατασκευής οικοδομές με λιθοδομή και οπτοπλιθοδομή χωρίς φέροντα οργανισμό ή εάν πρόκειται για σύγχρονης κατασκευής οικοδομές με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα.

B. Η σοβαρότητα των ζημιών και ειδικότερα εάν οι κατασκευές υπέστησαν μικρές βλάβες, μεγάλες βλάβες, εάν κρίθηκαν κατεδαφιστέες ή εάν έμειναν ανέπαφες.

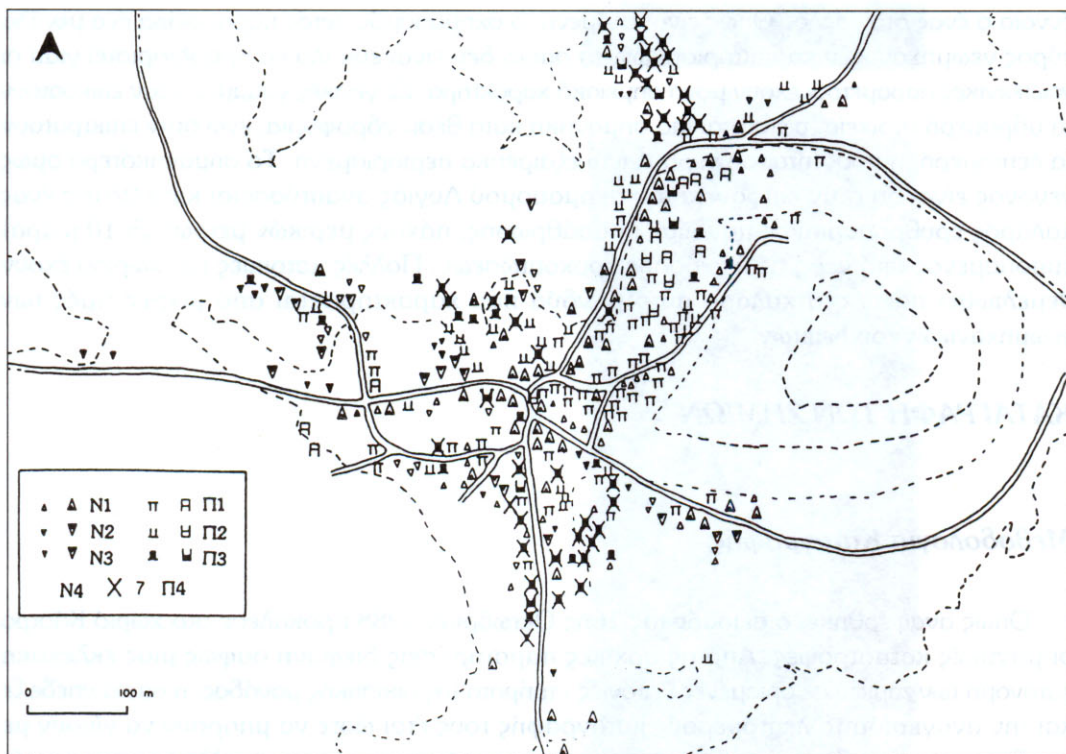
Γ. Ο γεωλογικός σχηματισμός πάνω στον οποίο θεμελιώθηκαν κατασκευές σύμφωνα με τα στοιχεία της γεωλογικής χαρτογράφησης που προηγήθηκε, ενώ ιδιαίτερη σημασία δόθηκε και στα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά και τις τοπικές-σημειακές συνθήκες, όπως λόγου χάρη η παρουσία χαλαρού μανδύα αποσάθρωσης, η παρουσία χαλαρών λατυποπαγών εξαιτίας τεκτονικής καταπόνησης, ο εμποτισμός από τα μετεωρικά ύδατα, κ.ά.

Τα αναλυτικά στοιχεία της καταγραφής σε ό,τι αφορά τα δύο πρώτα στοιχεία, δηλαδή το είδος της κατασκευής και η έκταση των ζημιών, παρουσιάζονται στο χάρτη της Εικόνας 2, ενώ απόψεις ορισμένων κτιρίων που επλήγησαν παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.

### **Επεξεργασία καταγραφών**

Προκειμένου τα αναλυτικά στοιχεία των καταγραφών να συσχετισθούν με τις γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες που υφίστανται στο χωριό Κάστρο, επεξεργάστηκαν κατάλληλα. Η επεξεργασία των καταγραφών που αφορούν το είδος των κατασκευών, τη σοβαρότητα των ζημιών και το είδος του σχηματισμού θεμελίωσης παρουσιάζονται στα ποσοστιαία διάγραμμα της Εικόνας 4. Ειδικότερα στο πρώτο διάγραμμα (A) παρουσιάζεται η ποσοστιαία αναλογία της

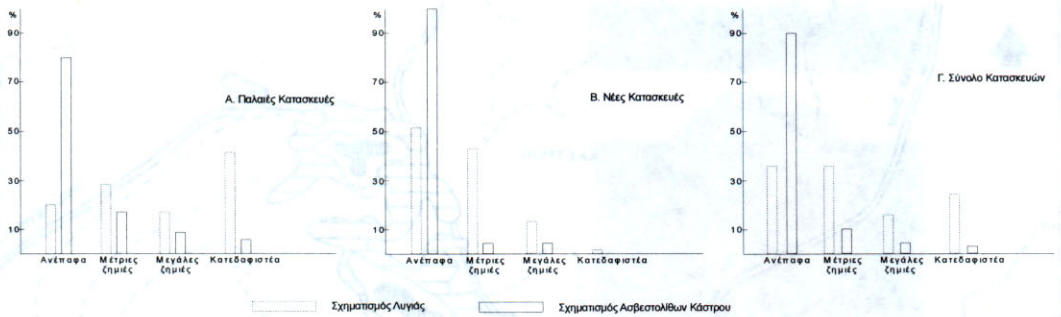




**Εικ. 2:** Χάρτης καταγραφών των ζημιών του Κάστρου κατά τους σεισμούς της 16/10/1988 (κατασκευές παλαιού τύπου από λιθοδομή και οπτολιθοδομή χωρίς φέροντα οργανισμό που έμειναν ανέπαφες (Π1), έπαθαν μικρές βλάβες (Π2), μεγάλες βλάβες (Π3) ή κρήθκαν κατεδαφιστές (Π4). Κατασκευές νέου τύπου με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα που έμειναν ανέπαφες (N1), έπαθαν μικρές βλάβες (N2), μεγάλες βλάβες (N3) ή κρήθκαν κατεδαφιστές (N4).



**Εικ. 3:** Καταγραφή Κωδωνοστασίου εκκλησίας και μεγάλες ζημιές σε κατασκευές με οπτοπλινθοδομή, οι οποίες προκλήθηκαν από το σεισμό.



**Εικ. 4:** Ποσοστιαία διαγράμματα της συμπεριφοράς κατασκευών που ήταν θεμελιωμένες στο σχηματισμό της Λυγιάς και στο σχηματισμό Ασβεστολιθών Κάστρου.

έκτασης των καταστροφών σε συνάρτηση με το είδος του σχηματισμού θεμελίωσης για κατοικίες, παλαιές κατασκευής με λιθοδομή και οπτοπλινθοδομή, χωρίς φέροντα οργανισμό. Στο δεύτερο διάγραμμα (B) της ίδιας εικόνας παρουσιάζονται τα ίδια στοιχεία αλλά και για νέας κατασκευής οικοδομές με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τέλος, στο τρίτο διάγραμμα (Γ) της εικόνας παρουσιάζεται η ποσοστιαία αναλογία των καταστροφών, ανεξάρτητα από το είδος κατασκευής, σε συνάρτηση με το είδος του σχηματισμού θεμελίωσης.

Η επεξεργασία των καταγραφών των κατασκευών που υπέστησαν βλάβες ή έμειναν ανέπαφες, προκειμένου να εντοπισθούν και να χωροθετηθούν αντίστοιχα σε ισοποσοστιαία γεωγραφικά τμήματα, έγινε με μια μέθοδο παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των μετρήσεων στο δίκτυο Schmidt. Στους δύο χάρτες ισοποσοστιαίων καμπυλών πυκνότητας που προέκυψαν διακρίνονται σαφώς οριοθετημένα τμήματα - περιοχές μέσα στον οικιστικό χώρο που αντιπροσωπεύουν είτε τμήματα στα οποία οι κατασκευές έμειναν ανέπαφες σε μεγάλο ποσοστό (Εικ. 5), είτε τμήματα στα οποία οι κατασκευές στο σημαντικό τους ποσοστό παρουσίασαν βλάβες (Εικ. 6).

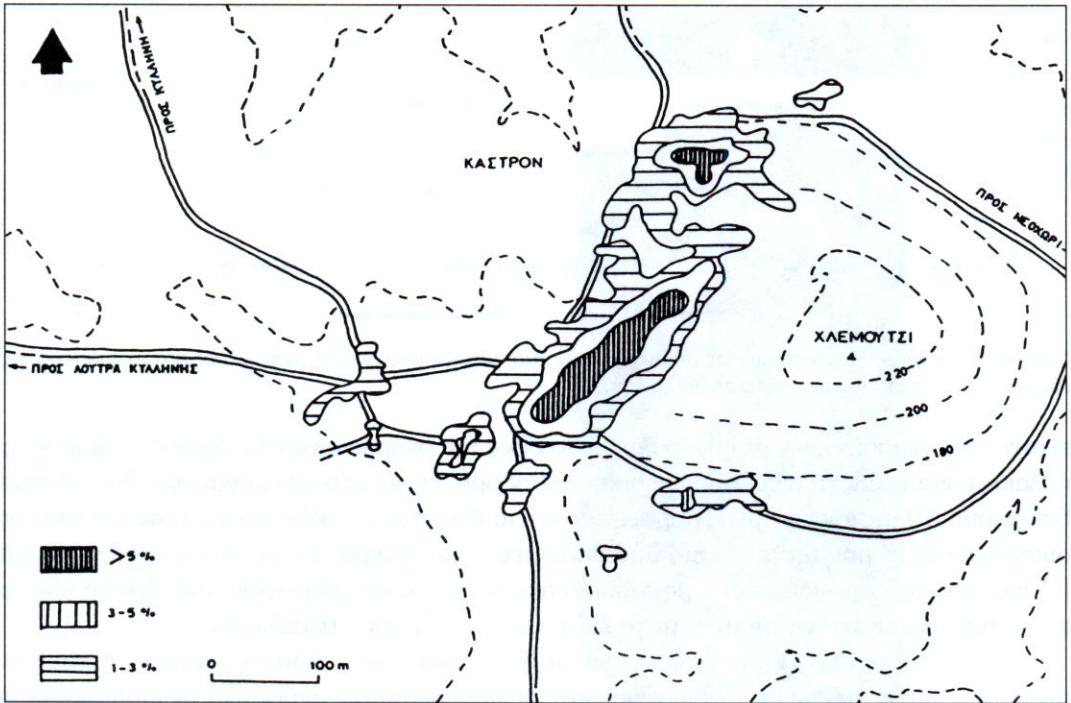
## ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα γεωλογικά και γεωτεχνικά δεδομένα, καθώς επίσης και από τα δεδομένα καταγραφών και της επεξεργασίας τους είναι δυνατό να γίνουν οι ακόλουθες συσχετίσεις:

### Συσχέτιση ζημιών κατασκευών - σχηματισμού θεμελίωσης

Από τα διαγράμματα της Εικόνας 4 προκύπτουν τα ακόλουθα βασικά συμπεράσματα:

Α. Οι παλαιού τύπου κατασκευές από λιθοδομή και οπτοπλινθοδομή χωρίς φέροντα οργανισμό, οι οποίες ήταν θεμελιωμένες στο σχηματισμό Ασβεστολιθών Κάστρου στο συντριπτικό τους ποσοστό, έμειναν ανέπαφες ή υπέστησαν μόνο μικρές ζημιές (75%), ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό υπέστησαν μεγάλες ζημιές ή κρίθηκαν κατεδαφιστέες (<5%). Αντίθετα από όσες παλαιού τύπου κατασκευές ήταν θεμελιωμένες στο σχηματισμό της Λυγιάς μόνο ένα μικρό ποσοστό έμειναν ανέπαφες (20%), ενώ οι υπόλοιπες υπέστησαν μέτριες ή μεγάλες καταστροφές ή κρίθηκαν κατεδαφιστέες.



**Εικ. 5:** Χάρτης ισοποσοπιαίων καμπυλών της πυκνότητας των κατασκευών του Κάστρου που έμειναν ανέπαφες κατά το σεισμό της 16/10/1988.

Β. Οι νέου τύπου κατασκευές με φέρονα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα που ήταν θεμελιωμένες στο σχηματισμό της Λυγιάς, ένα ποσοστό 50% περίπου έμειναν ανέπαφες, ενώ οι υπόλοιπες παρουσίασαν μέτριες ή μεγάλες ζημιές.

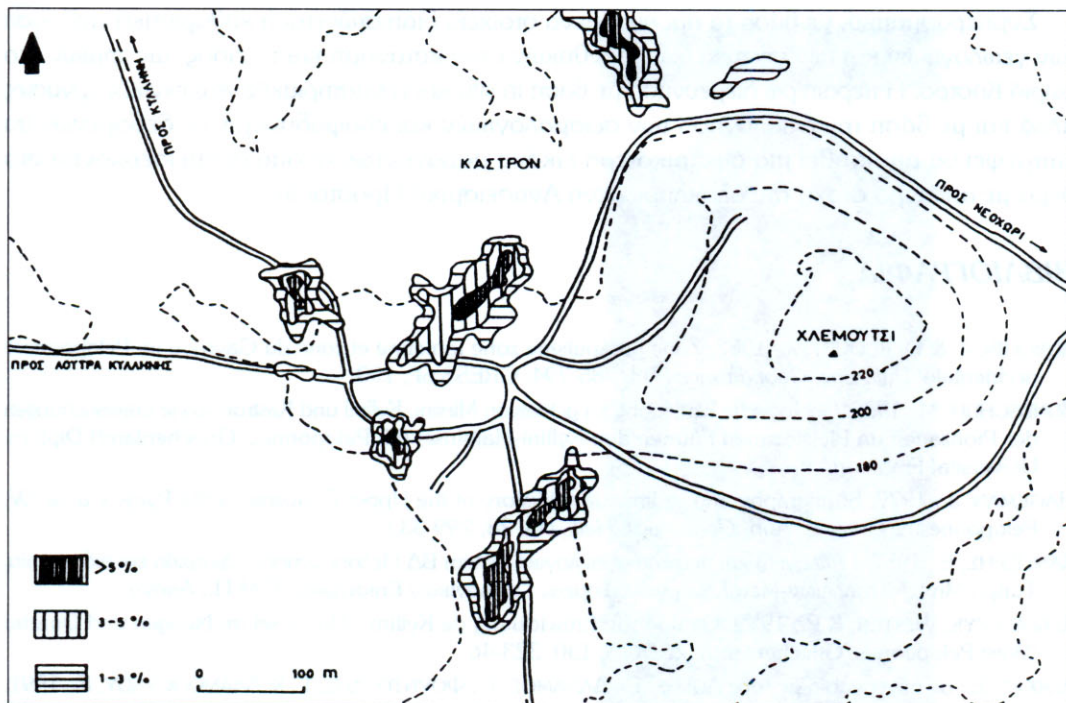
Γ. Για το σύνολο των κατασκευών ανεξάρτητα από το είδος κατασκευής είναι εμφανής η διαφορά στην ποσοστιαία κατανομή ανάμεσα στις κατασκευές που ήταν θεμελιωμένες στο σχηματισμό Ασβεστολίθων Κάστρου αφενός, και στο σχηματισμό Λυγιάς αφετέρου.

Συμπερασματικά, από τις προηγούμενες παρατηρήσεις διαπιστώνεται η σαφής επίδραση του σχηματισμού θεμελίωσης τόσο συνολικά, ανεξάρτητα από το είδος κατασκευής, όσο και ειδικά ανάλογα με το είδος κατασκευής.

### **Συσχέτιση της γεωγραφικής κατανομής των ζημιών και των γεωλογικών-γεωτεχνικών συνθηκών**

Τόσο από το γεωλογικό χάρτη και τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά που παρουσιάστηκαν όσο και από την επεξεργασία των καταγραφών που παρουσιάστηκαν προηγουμένως είναι δυνατό να γίνουν οι ακόλουθες συσχετίσεις και να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Από την Εικόνα 5 προκύπτει ότι το ανατολικό τμήμα του χωριού Κάστρο έμεινε σχεδόν ανέπαφο. Το τμήμα αυτό αναπτύσσεται στις δυτικές παρυφές του υψώματος Χλεμούτσι όπου με βάση τα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη της Εικόνας 1 εμφανίζεται ο σχηματισμός Ασβεστολίθων Κάστρου, ο οποίος φαίνεται ότι έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην εκδήλωση των ζημιών.



**Εικ. 6:** Χάρτης ισοποσοσטיών καμπυλών της πυκνότητας των κατασκευών του Κάστρου που υπέστησαν σημαντικές βλάβες κατά το σεισμό της 16/10/1988.

Από την Εικόνα 6 προκύπτει ότι σε ορισμένα τμήματα-τομείς του χωριού οι βλάβες ήταν ιδιαίτερα αυξημένες. Οι τομείς αυτοί αναπτύσσονται κατ' αρχήν πάνω στο σχηματισμό της Λυγιάς, ο οποίος όμως έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά από θέση σε θέση.

Ειδικότερα στο βόρειο τμήμα του χωριού οι συσσωρευμένες ζημιές συμπιπτούν και είναι εκατέρωθεν του ίχνους ρήγματος διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, του οποίου τμήματα ενεργοποιήθηκαν κατά το σεισμό της 16/10/1988 δημιουργώντας εμφανείς μικρές διαρρήξεις ίδιας γενικής διεύθυνσης. Στον τομέα αυτόν είναι χαρακτηριστικό ότι καμμία σχεδόν κατοικία δεν έμεινε ανέπαφη.

Στο κεντρικό-δυτικό τμήμα του χωριού απαντούν τρία σαφώς οριοθετημένα τμήματα. Απαντούν επίσης συσσωρευμένες ζημιές ακόμα και σε κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Έπεπα από λεπτομερή εξέταση και με βάση τα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη, διαπιστώνεται ότι στο συγκεκριμένο τομέα ο σχηματισμός της Λυγιάς είναι εξαιρετικά αποσθρωμένος και καλύπτεται από έναν ερυθροπυρρικό μανδύα αποσάθρωσης κυμαινόμενου πάχους 5-10 περίπου μέτρα. Ο εν λόγω μανδύας ήταν συχνά διαποτισμένος από νερό.

Τέλος, στο νότιο τμήμα του χωριού οι ζημιές ήταν μεγάλες τόσο σε παλαιού όσο και σε νέου τύπου κατασκευές. Το τμήμα αυτό του χωριού έχει θεμελιωθεί πάνω στο σχηματισμό της Λυγιάς που στη συγκεκριμένη περιοχή περιελάμβανε ερυθρές αργίλους με ενδιαστρώσεις καστανοκίτρινων ιλύων και χαλαρών άμμων με συνολικό πάχος ως 20 μέτρα. Ειδικά στον τομέα αυτό, ο σχηματισμός της Λυγιάς αναπτύσσεται ασύμφωνα πάνω σε ένα παλαιοανάγλυφο από Ασβεστόλιθους του Κάστρου. Η παρουσία χαλαρών αποθέσεων μικρού πάχους πάνω στο βραχώδες υπόβαθρο με ποικιλόμορφη επιφάνεια φαίνεται ότι δημιούργησε ένα ιδιαίτερο εδαφοδυναμικό πλαίσιο, το οποίο επηρέασε αρνητικά τις υπερκείμενες κατασκευές.

Συμπερασματικά, με βάση τα προηγούμενα στοιχεία διαπιστώνεται η καθοριστική επίδραση των γεωλογικών και των γεωτεχνικών συνθηκών στην κατανομή και το είδος των ζημιών στο χωριό Κάστρο. Η περαιτέρω διερεύνηση με βάση *in situ* και εργαστηριακές γεωτεχνικές εργασίες αλλά και με βάση την αξιολόγηση των σεισμολογικών και εδαφοδυναμικών δεδομένων θα επιτρέψει να αποκτηθεί μια σφαιρικότερη εικόνα παραγόντων οι οποίοι υπεισέρχονται στο θέμα με απώτερο στόχο την ολοκληρωμένη Αντισεισμική Προστασία.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AUBOUIN, J. & DERCOURT, J., 1962. Zone preapulienne zone Ionienne et zone du Gavrovo en Peloponnesse occidentale, *Bull. Soc. Geol. France* (7)3: 785-794; GRESS 6F, 190.
- BUNDSCHUH, M., 1986. Geologische kartierung im gebiet von Mirsini, Kyllini und Kastron sowie untersuchungen der Pionzanen un Pleistozanen Faunen den Kyllini-Halbinsel (N. Peloponnes, Griechenland) Diplom. Universitat Frankfurt.
- HAGEMAN, J., 1977. Stratigraphy and sedimentary History of the Upper Cenozoic of the Pyrgow area (W. Peloponnesus, Greece). *Ann. Geol. Pays. Hell.*, vol. 28, 299-333.
- ΚΑΜΠΕΡΗΣ, Ε., 1987. Γεωλογική και πετρελαιογεωλογική μελέτη ΒΔ Πελοποννήσου. Διατριβή επί διδασκαλίας, Τμήμα Μηχ. Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- KOWALCZYK, WINTER, K.P., 1979. Geologische Entwicklung de Kyllini - Halbinsel im Neogen und Quartar (West Peloponnes, Griechenland). *ZSDGG*, 130: 323-46.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε., σε συνεργασία με τους ΛΟΓΟΣ, Ε., ΔΑΝΑΜΟΣ, Γ., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Γ. & ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΥ, Ε., 1991. Μακροσεισμικές παρατηρήσεις μετά το σεισμό της 16/10/1988 στη Χερσόνησο της Κυλλήνης (ΒΔ Πελοπόννησος, Ελλάδα). 5ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελλήν. Γεωλ. Εταιρίας 1990, *Δελτ. Ελλήν. Γεωλ. Εταιρίας*, Τομ. XXV/3, 313-328.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., σε συνεργασία με τους ΛΟΓΟΣ, Ε., ΔΑΝΑΜΟΣ, Γ., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Γ. & ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΥ, Ε., 1989. Γεωλογική - τεκτονική μελέτη σεισμοπλήκτων περιοχών νομού Ηλείας (χερσόνησος Κυλλήνης). Ερευνητικό πρόγραμμα Πανεπιστημίου Αθηνών. Ανάθεση ΟΑΣΠ.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΔΑΝΑΜΟΣ, Γ., ΛΟΓΟΣ, Ε., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Γ. & ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΥ, Ε., 1991. Νεοτεκτονική εξέλιξη της Χερσονήσου της Κυλλήνης (ΒΔ Πελοπόννησος). 5ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελλήν. Γεωλ. Εταιρίας 1990. *Δελτ. Ελλήν. Γεωλ. Εταιρίας*, Τομ. XXV/3, 163-176.
- UNDERHILL, J. R., 1985. Neogene and Quaternary tectonics and sedimentation in Western Greece. Ph.D. Thesis, Univ. Wales.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ., 1969. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλ. 1:50.000 Φύλλο "Βαρθολομίο", ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ., 1971. Περί των νεογενών αποθέσεων της περιοχής Κυλλήνης (ΒΔ Πελοπόννησος), *ΙΓΕΥ. Ειδ., Μελ. Γεωλ. Ελλάδος. No 11, 60σ., Αθήνα.*