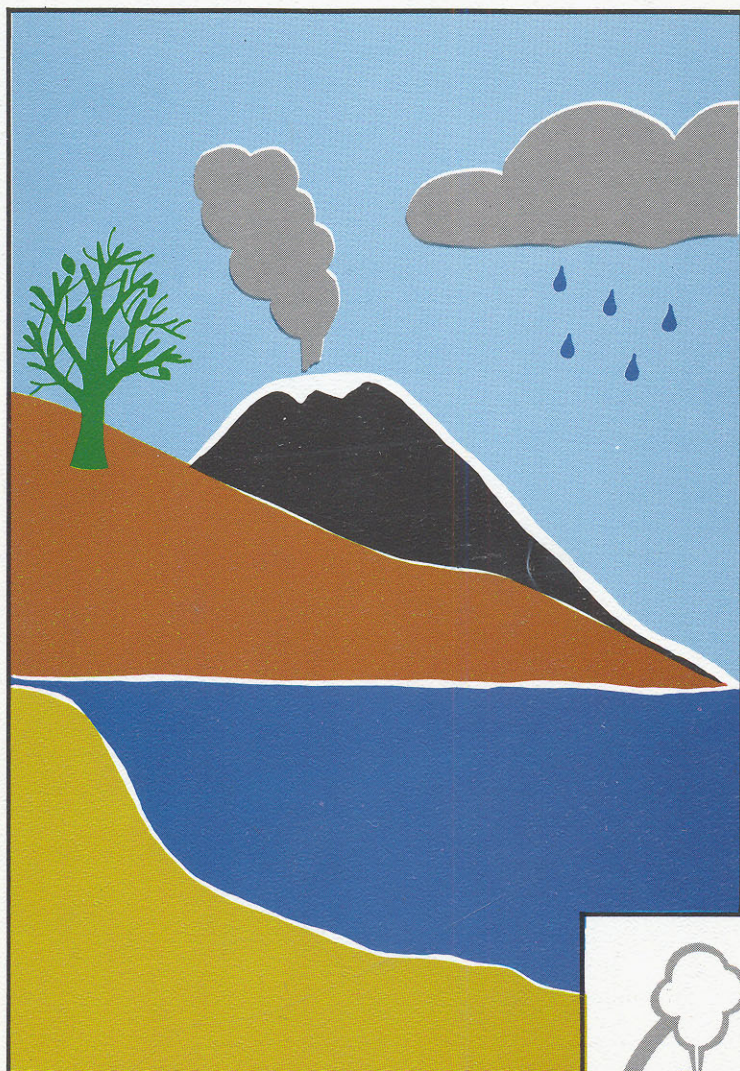
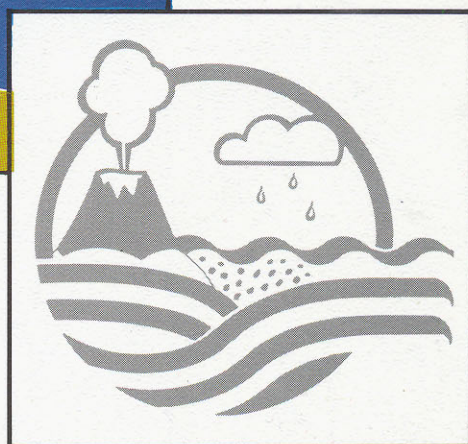


1ο ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ



ΠΑΤΡΑ 15-18 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1991, ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ ΑΣΤΗΡ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΥΘ. ΛΕΚΚΑΣ ΚΑΙ ΕΥΑΓΓ. ΛΟΓΟΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ, ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ, ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ, 157 84 ΑΘΗΝΑ

Η οικιστική μονάδα του Λιβαδίου ευρίσκεται στο βόρειο άκρο του νομού Λαρίσης και αποτελείται από πάνω από 700 κτίσματα μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται δημόσια κτίρια, ξενοδοχειακά και σχολικά συγκροτήματα καθώς επίσης και αρχαιολογικά μνημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Αναπτύσσεται κατά μήκος και εκατέρωθεν μιας μορφολογικής εξάρσης με γενική διεύθυνση Β-Ν που εντάσσεται στις νότιες παρυφές του ορεινού συγκροτήματος του Φλάμπουρου και σε υψόμετρα 900 ως 1100 μέτρα ενώ οι μέγιστες κλίσεις φθάνουν κατά θέσεις τα 75%.

Τα προβλήματα από την αστάθεια των πρανών εντοπίζονται σε όλο σχεδόν το ανατολικό αντίρρισμα της εξάρσης στο οποίο έχουν καταγραφεί ή υπέστησαν σημαντικές ζημιές δεκάδες οικίες, δρόμοι πρόσβασης, δίκτυα αποχέτευσης κα υδροδότησης ενώ ιδιαίτερα προβλήματα αντιμετωπίζει ο Βυζαντινός Ναός των Αγίων Αναργύρων.

Από την γεωλογική, γεωτεχνική και υδρογεωλογική έρευνα που έγινε διαπιστώθηκε ότι στην γεωλογική δομή της περιοχής παίρνουν μέρος Αλπικοί σχηματισμοί και ειδικότερα γνευσιοσχιστόλιθοι, γνεύσιοι, σχιστόλιθοι με ενδιαστρώσεις μαρμάρων και μετατοφικά υλικά ενώ κατά θέσεις διαπιστώθηκε η παρουσία αποσαθρωμένου εδαφικού μανδύα με αδρομερή στοιχεία, πάχους λίγων δεκάδων εκατοστών ως λίγων μέτρων. Οι Αλπικοί σχηματισμοί έχουν αρκετά καλές τιμές γεωμηχανικών μεγεθών ενώ αντίθετα ο εδαφικός μανδύας έχει μειωμένες τιμές συνοχής και εσωτερικής τριβής οι οποίες μειώνονται ακόμα περισσότερο λόγω της παρουσίας και της κίνησης ποσοτήτων υδάτων του επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα, δεδομένου ότι οι υποκείμενοι σχηματισμοί είναι σχετικά αδιαπέρατοι.

Μέσα στην κατολισθαίνουσα περιοχή έγινε κινηματική και δυναμική ανάλυση των μικρο-ρωγμών και των παραμορφώσεων στο έδαφος και σε κατασκευές, με αποτέλεσμα να αποκτηθεί μια συνολική εικόνα των ανυσμάτων μετακίνησης και του προσανατολισμού των τάσεων διαπιστώθηκε ότι οι μετακινήσεις γίνονται στον επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης, φθάνουν σε ορισμένες θέσεις τα 1-2 εκατοστά ανά έτος και γίνονται είτε διαμέσου ασυνεχειών είτε λόγω ερπυστικών κινήσεων.

Τα αίτια εκδήλωσης των φαινομένων είναι: (i) η παρουσία του εδαφικού μανδύα αποσάθρωσης πάνω στο υγιές υπόβαθρο, (ii) η παρουσία και η κίνηση του υπόγειου νερού, (iii) οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις και (iv) οι ανθρώπινες επεμβάσεις, ενώ για την αντιμετώπισή τους προτείνονται: (i) έργα για την επιφανειακή αποστράγγιση, (ii) έργα για την υπόγεια αποστράγγιση, (iii) περιορισμός δόμησης και θεμελίωση των κτιρίων στο υγιές υπόβαθρο και (iv) συντήρηση των υπαρχόντων έργων αποστράγγισης.

ΤΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΛΙΒΑΔΙΟΥ ΛΑΡΙΣΗΣ

ΕΥΘ. ΛΕΚΚΑ* - ΕΥΑΓ. ΛΟΓΟ*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κοινότητα Λιβαδίου Λαρίσης ευρίσκεται στο βόρειο άκρο του νομού και απέχει από την πόλη της Λάρισας περί τα 95 χιλιόμετρα. Καταλαμβάνει μια έκταση 200 στρεμμάτων περίπου, στα νότια πρηνή των ορέων Φλάμπουρο και Τάταρος, σε υψόμετρο 1100-1300μ. (Εικ. 1). Η οικιστική μονάδα περιλαμβάνει κοινόχρηστους χώρους, δρόμους προσπέλασης, 700 κτίσματα από τα οποία τα περισσότερα είναι κατοικίες ενώ ένας ικανός αριθμός είναι δημόσια και κοινοτικά κτίρια, εκκλησίες, ξενοδοχειακές μονάδες, κ.τ.λ.

Από οικονομικής πλευράς, το Λιβάδι είναι μια σχετικά εύρωστη κοινότητα που στηρίζεται κατά κύριο λόγο στην εκμετάλλευση των μεγάλων δασικών εκτάσεων καθώς επίσης στην κτηνοτροφία και την γεωργία. Μέχρι τις πρώτες δεκαετίες του αιώνα μας, η περιοχή του Λιβαδίου αποτελούσε τον συνδετήριο κόμβο μεταξύ του Θεσσαλικού κάμπου και της νοτιοδυτικής Μακεδονίας, δεδομένου ότι οι ορεινές μάζες του Ολύμπου προς τα ανατολικά και του Φλάμπουρου προς τα βορειοδυτικά, αποτελούσαν μορφολογικά εμπόδια για την εκατέρωθεν επικοινωνία. Στο λόγο αυτό οφείλεται και η πολιτιστική κίνηση η οποία άρχισε τουλάχιστον από τους Βυζαντινούς χρόνους, γεγονός που μαρτυρείται από την παρουσία του φημισμένου Ιερού Ναού των Αγίων Αναργύρων με τις ελάχιστα σωζόμενες αλλά θαυμάσιες τοιχογραφίες.

Η οικιστική μονάδα του Λιβαδίου αναπτύσσεται πάνω και στις πλευρές μιας μορφολογικής έξαρσης με διεύθυνση Β-Ν. Το ανατολικό τμήμα -ήμισυ της οικιστικής μονάδας που είναι κτισμένο στο ανατολικό αντίρρισμα της έξαρσης αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα ευστάθειας από κατολισθητικά φαινόμενα (Εικ. 2), τα οποία έχουν αρχίσει σύμφωνα με μαρτυρίες κατοίκων τουλάχιστον πριν από τρεις δεκαετίες. Από τα κατολισθητικά φαινόμενα έχουν καταρρεύσει έως τώρα αρκετές κατοικίες ενώ έχουν υποστεί σοβαρές ζημιές δεκάδες άλλες. Επίσης έχουν καταστραφεί επανειλημμένα τα δίκτυα υδροδότησης και αποχέτευσης, ενώ δρόμοι και τοίχοι αντιστήριξης έχουν πάθει σοβαρές ζημιές. Τέλος, έχει άμεσο πρόβλημα στατικής επάρκειας ο Βυζαντινός Ναός των Αγίων Αναργύρων που αποτελεί προστατευόμενο αρχαιολογικό μνημείο.

Στη συνέχεια, αφού παρατεθούν οι γεωλογικές, γεωμορφολογικές, γεωτεχνικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής θα περιγραφούν με λεπτομέρεια οι παρατηρήσεις στην κατολισθαίνουσα περιοχή, θα αναλυθούν τα αίτια και τέλος θα γίνει μια σύντομη αναφορά στα μέτρα ανάσχεσης που θα πρέπει να ληφθούν.

2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.

Τόσο ο χώρος στον οποίο αναπτύσσεται η οικιστική μονάδα όσο και ο ευρύτερος χώρος χαρακτηρίζεται από μία σημαντική ποικιλομορφία στο ανάγλυφο, κύριο στοιχείο του οποίου

* ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ, ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ, ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ, 154 84 ΑΘΗΝΑ.

είναι μια επιμήκης εδαφική έξαρση μεγίστου υψομέτρου 1472 μέτρων με διεύθυνση Βορράς-Νότος, η οποία οριοδεύεται προς το Βορρά από περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο (ορεινά συγκροτήματα Φλάμπουρου και Τάταρου) και προς τα δυτικά και ανατολικά από δύο μεγάλα ρεύματα που ρέουν προς τα νότια.

Η οικιστική μονάδα είναι κτισμένη κατά μήκος του κορυφαίου της εδαφικής έξαρσης και των δύο αντερισμάτων (ανατολικό και δυτικό) της επιμήκου εδαφικής έξαρσης και σε υψόμετρα από 1100 έως 1300 μέτρα. Οι κλίσεις μέσα στον οικιστικό χώρο έχουν τιμές που φθάνουν τα 100% και με προσανατολισμό προς τα ανατολικά και δυτικά αντίστοιχα στις εκατέρωθεν πλευρές. Στο κορυφαίο του υψώματος οι μορφολογικές κλίσεις σταδιακά μειώνονται ενώ στον οικιστικό χώρο διατρέχουν πολλά διευθετημένα μικρά ρεύματα που τον αποστραγγίζουν.

Μια εποπτική εικόνα της υφιστάμενης μορφολογίας δίνεται στο χάρτη μέσω μορφολογικών κλίσεων της **εικόνας 3**. Στον χάρτη αυτό, ο οποίος προσφέρεται για την μελέτη του αναγλύφου (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ κ.ά., 1986) σημειώνονται κατά θέσεις η διεύθυνση, η φορά και η μέση τιμή της μορφολογικής κλίσης. Τα στοιχεία του χάρτη στη συνέχεια θα συγκριθούν με τα δεδομένα της κινηματικής ανάλυσης για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στον ευρύτερο χώρο της κοινότητας οι βροχοπτώσεις μπορούν να χαρακτηριστούν σημαντικές με τιμές που υπερβαίνουν τα 800-1000mm ανά έτος, με αποτέλεσμα να τροφοδοτείται με σημαντικές ποσότητες νερού τόσο επιφανειακά όσο και υπόγεια. Οι χιονοπτώσεις είναι και αυτές αυξημένες και λαμβάνουν χώρα κατά τους δύο πρώτους μήνες κάθε έτους, ενώ κατά τους θερινούς μήνες παρά το γεγονός ότι τα φαινόμενα γενικά μειώνονται δραστικά, οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται δεν είναι υψηλές.

3. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.

Με βάση τα υφιστάμενα γεωλογικά δεδομένα (ΚΑΤΣΙΑΒΡΙΑΣ & ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, 1988) καθώς επίσης και με βάση τις παρατηρήσεις μας στο ύπαιθρο, στη γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής της κοινότητας Λιβαδίου (**Εικ. 4**) λαμβάνουν χώρα οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

- A. Γνευσιοσχιστόλιθοι, γνεύσιοι και σχιστόλιθοι με ενστρώσεις μαρμάρων (Εικ. 5).**
Πρόκειται για σχηματισμό ο οποίος εμφανίζεται σχεδόν σε όλη την έκταση της οικιστικής μονάδας ενώ κατά θέσεις καλύπτεται από τον επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης. Οι σχιστόλιθοι είναι χλωριτικοί, επιδοιτικοί, ακτινολιθικοί, μαρμαρυγικοί και οι γνεύσιοι είναι επιδοιτικοί, μαρμαρυγικοί. Οι ενστρώσεις των μαρμάρων εμφανίζονται κυρίως εκτός του οικιστικού χώρου και είναι μεσοστρωματώδεις ενώ προς τα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού εμφανίζονται μετατοφικά υλικά (προς τα βόρειο-βορειοανατολικά) πρασινωπού χρώματος. Η γενική κλίση των κατώτερων μελών είναι 25°-80° προς τα ανατολικά λόγω των μακροπυχών, ενώ στο χώρο που παρατηρούνται τα κατολισθητικά φαινόμενα η κλίση κυμαίνεται από 30° έως 40° προς τα ανατολικά. Το πάχος όλου του σχηματισμού υπερβαίνει τα 400 μέτρα ενώ η ηλικία του είναι Ανω Παλαιοζωικό έως Μέσο Τριαδικό.
- B. Διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι.** Εμφανίζονται με τη μορφή συμπαγών τραπεζών και κατά θέσεις είναι σχιστοποιημένοι. Συνήθως είναι ανοιχτόχρωμοι, υποπράσινοι, υπόλευκοι, συχνά οφθαλμώδεις και κατά θέσεις αποσαθρωμένοι. Ο σχηματισμός αυτός

καταλαμβάνει μικρή έκταση και εμφανίζεται στο νότιο άκρο του οικιστικού χώρου. Είναι πολυπτυχωμένος με διευθύνσεις αζόνων ANA-ΔΒΔ και ΒΒΑ-ΝΝΔ και η ηλικία του είναι Παλαιοζωικό.

- Γ. **Μανδύας αποσάθρωσης.** Περιλαμβάνει υλικά τα οποία προέρχονται από την αποσάθρωση των υποκείμενων ή των παρακείμενων πετρωμάτων. Εμφανίζεται στο ανατολικό ήμισυ του χωριού Λιβάδι όπου καλύπτει τους γνευσιοσχιστόλιθους, γνεύσιους και σχιστόλιθους και έχει μεταβλητό πάχος από 0 έως 15 μέτρα (**Εικ. 6**). Πρόκειται για αποσαθρωμένα ή ημιαποσαθρωμένα τεμάχια γνευσιοσχιστόλιθων, γνεύσιων και σχιστόλιθων στη βάση, τα οποία προς τα πάνω γίνονται μικρότερα σε όγκο ενώ ταυτόχρονα περιβάλλονται από λεπτομερέστερα ημισυνεκτικά κλάσματα αποσάθρωσης ερυθρού ή ερυθρωπού χρώματος. Στον σχηματισμό αυτό παρατηρούνται κύρια τα φαινόμενα αστάθειας.

4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα τα οποία πέφτουν στην ευρύτερη περιοχή του Λιβαδίου Λαρίσης, είτε ρέουν επιφανειακά προς τα χαμηλότερα μορφολογικά σημεία, είτε κατεισδύουν και κινούνται υπόγεια δια μέσου των γεωλογικών σχηματισμών που έχουν περιγραφεί. Η κίνηση του υπόγειου νερού ελέγχεται είτε από πρωτογενείς παράγοντες δηλαδή τη φύση, τη σύσταση και την εσωτερική διάταξη των πετρωμάτων, είτε από δευτερογενείς παράγοντες όπως οι ασυνέχειες λόγω της τεκτονικής καταπόνησης.

Από τους σχηματισμούς που εμφανίζονται στην περιοχή, οι γνευσιοσχιστόλιθοι, οι γνεύσιοι και οι σχιστόλιθοι είναι σχηματισμοί με μηδενική ή πολύ μικρή περατότητα. Κατά θέσεις όμως, λόγω της παρουσίας των ενδιαστρώσεων των μαρμάρων, ή λόγω της παρουσίας ασυνεχειών, είναι δυνατό να έχουν κάποια μεταβαλλόμενη περατότητα. Αντίθετα, ο εδαφικός μανδύας αποσάθρωσης ο οποίος προέρχεται από την αποσάθρωση των υποκείμενων ή παρακείμενων πετρωμάτων χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλη περατότητα.

Αποτέλεσμα των προηγούμενων στοιχείων είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα τα οποία πέφτουν στην περιοχή εμφάνισης των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, σε μεγάλο ποσοστό να απορρέουν επιφανειακά και ένα τμήμα τους να τροφοδοτεί τον επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης εκεί όπου εμφανίζεται. Επίσης ο επιφανειακός μανδύας τροφοδοτείται και απ'ευθείας από τα κατακρημνίσματα τα οποία πέφτουν στις περιοχές εμφάνισής του. Έτσι, χαρακτηρίζεται από σημαντική υδροφορία με ανάπτυξη ενός επιφανειακού ελεύθερου και παροδικού υδροφόρου ορίζοντα που έχει σημαντικές επιπτώσεις στις τιμές των γεωμηχανικών μεγεθών του σχηματισμού.

5. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Οι σχηματισμοί οι οποίοι έχουν άμεση σχέση με τα κατολισθητικά φαινόμενα της περιοχής Λιβαδίου είναι οι σχιστόλιθοι, γνευσιοσχιστόλιθοι και ο υπερκείμενος μανδύας αποσάθρωσης, δεδομένου ότι τόσο οι διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι όσο και τα μετατοφικά υλικά εμφανίζονται μακριά από την κατολισθαίνουσα περιοχή και δεν επηρεάζουν τις γεωτεχνικές συνθήκες.

Ετσι λοιπόν με βάση τις παρατηρήσεις υπαίθρου, τις επι τόπου δοκιμές που έχουν εκτελεσθεί (Κ.Ε.Δ.Ε., 1977) και γενικότερα με βάση τα υφιστάμενα δεδομένα οι σχιστόλιθοι, γνευσιοσχιστόλιθοι είναι σχηματισμοί οι οποίοι έχουν ικανοποιητικούς φυσικομηχανικούς δείκτες με αντοχή $500 - 1000 \text{ kgf/cm}^2$, μέτρο ελαστικότητας $50 - 250 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ και V_p $4300 - 6000 \text{ m/sec}$. Κατά θέσεις οι ανωτέρω δείκτες μπορεί να εμφανίζονται ελαττωμένοι σε μικρό βαθμό λόγω της μεταβολής της σύστασης των σχηματισμών και λόγω ασυνεχειών. Σε γενικές γραμμές δεν είναι σχηματισμοί επιρρεπείς σε κατολισθήσεις.

Αντίθετα, ο υπερκείμενος μανδύας αποσάθρωσης έχει μειωμένους φυσικομηχανικούς δείκτες με τιμές αντοχής $0.3-2.5 \text{ kgf/cm}^2$, γωνία εσωτερικής τριβής $10^\circ-35^\circ$ και συνοχή από 0.3 έως 1.5 kgf/cm^2 . Εμφανίζουν κατά θέσεις υψηλή πλαστικότητα και έχουν μέτρια έως υψηλή υδροπερατότητα με τιμές $10^{-2}-10^{-6} \text{ cm/sec}$ και RQD από 0% έως 20% , ανάλογα με τους επικρατούντες λιθολογικούς τύπους (λεπτομερή ή αδρομερή υλικά αποσάθρωσης).

6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα μεγάλο τμήμα της ανατολικής ημίσιας πλευράς της οικιστικής μονάδας του Λιθαδίου αντιμετωπίζει προβλήματα από την αστάθεια των πρανών. Οι μετακινήσεις των μαζών στο συγκεκριμένο τμήμα γίνονται αντιληπτές από τις εδαφικές θραύσεις, τις εδαφικές παραμορφώσεις, τις ρωγμές και τις παραμορφώσεις στις τοιχοποιίες και στον φέροντα οργανισμό των κτιρίων, τις καταστροφές ή τις παραμορφώσεις σε τεχνικά έργα αντιστήριξης και τέλος στις θραύσεις των δικτύων παροχής ύδατος και αποχέτευσης. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι απ'ευθείας παρατηρήσεις στην επιφάνεια του εδάφους ήταν λίγες καθότι το μεγαλύτερο τμήμα του χώρου είναι πυκνά δομημένο ενώ όλοι οι δρόμοι πρόσβασης είναι τιμμεντοστρωμένοι. Ετσι λοιπόν, η γεωμετρική, κινηματική και δυναμική ανάλυση στηρίχθηκε κατά κύριο λόγο στις διαρρήξεις και στην παραμόρφωση των κατασκευών και με μεθοδολογία ανάλογη αυτής που εφαρμόζεται στην τεκτονική ανάλυση.

Ειδικότερα θραύσεις του εδαφικού μανδύα αποσάθρωσης προσδιορίστηκαν τουλάχιστον σε δέκα σημεία μέσα στον κατολισθαίνοντα χώρο. Οι θραύσεις είχαν ποικίλες διαστάσεις και έφταναν τα 2 μέτρα μήκος, 20 εκατοστά εύρος και βάθος ως μισό μέτρο. Η κλίση της επιφάνειας θραύσης ήταν περί τις $70^\circ-80^\circ$ και η φορά συνέπιπτε με τη φορά της κλίσης της μορφολογίας. Πρόκειται για εφελκυστικού τύπου ρωγμές εξ'αιτίας της βαρύτητας κυρίως σε σημεία με μεγάλες μορφολογικές κλίσεις. Οι παρατηρήσεις-μετρήσεις σε εδαφικές θραύσεις όμως ήταν περιορισμένες δεδομένου ότι οι περισσότερες αμέσως μετά τη δημιουργία τους πληρώνονται από τα εκατέρωθεν χαλαρά υλικά.

Αντίθετα, οι παρατηρήσεις σε θραύσεις είτε των τεχνικών έργων είτε των δομικών στοιχείων ήταν περισσότερες λόγω της ευκολότερης διατήρησής τους. Ο προσδιορισμός της κίνησης του συνόλου εδάφους-δομικού στοιχείου ήταν πολύ πιο εύκολος εξ'αιτίας της παρουσίας χαρακτηριστικών στοιχείων που συνέπιπταν πριν την μετακίνηση, ενώ και το μέγεθος της μετακίνησης ήταν πολύ πιο εύκολο να προσδιοριστεί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων μετακινήσεων είναι αυτό που παρουσιάζεται στην **εικόνα 7**. Σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να προσδιοριστεί και το δυναμικό πλαίσιο της μετακίνησης.

Προσδιορισμός τόσο του ανύσματος της μετακίνησης όσο και του δυναμικού πλαισίου μπόρεσε να γίνει μόνο σε ορισμένες από τις περιπτώσεις παραμορφώσεων δομικών στοιχείων όπως τοιχοποιιών, φρακτών, τοίχων αντιστήριξης καθώς επίσης και από τις

αποκλίσεις μεταξύ κατοικιών (**Εικ. 8**). Στις περιπτώσεις αυτές, ο προσδιορισμός είναι πολύ πιο δύσκολος, δεδομένου ότι οι παράγοντες που υπεισέρχονται της παραμόρφωσης που δημιουργείται από την μετακίνηση, είναι σημαντικά μεγαλύτεροι σε αριθμό.

Τα αποτελέσματα της κινηματικής ανάλυσης που αναφέρθηκε, σημειώνονται στο χάρτη της **εικόνας 9**. Η διεύθυνση της σχετικής μετακίνησης σε όσα σημεία μπόρεσε να προσδιοριστεί σημειώνεται με τα σημειούμενα βέλη. Στον ίδιο χάρτη επίσης σημειώνονται και τα όρια του κατολισθαίνοντα χώρου τα οποία προσδιορίστηκαν επίσης από την παρουσία ή όχι εδαφικών διαρρήξεων, παραμορφώσεων, θραύσεων σε κτίρια κ.λ.π., καθώς επίσης και από μαρτυρίες κατοίκων σχετικά με τις καταστροφές ή τις ζημιές που έγιναν κατά τις τελευταίες δεκαετίες.

Από όλα τα στοιχεία που έχουν παραταθεί προηγουμένως και ειδικότερα από τον χάρτη μέσων μορφολογικών κλίσεων, τον χάρτη κινηματικής ανάλυσης και τα υφιστάμενα γεωτεχνικά δεδομένα (**Εικ. 10**) είναι δυνατό να λεχθούν τα ακόλουθα:

- α. Τα κατολισθητικά φαινόμενα εντοπίζονται μόνο στις περιοχές όπου εμφανίζεται ο εδαφικός μανδύας αποσάθρωσης. Η εκδήλωση των φαινομένων διευκολύνεται από τις μειωμένες τιμές των γεωμηχανικών μεγεθών του μανδύα, ο οποίος έχει σε ορισμένες θέσεις πάχος μέχρι 15 μέτρα σε αντίθεση με τις πολύ καλές τιμές των γνευσίων - γνευσιοσχιστολίδων. Η κίνηση του μανδύα θα πρέπει να διευκολύνεται και από τις ομόρροπες προς το πρανές και περίπου ίδιες σε τιμή κλίσεις των ασυνεχειών των γνευσίων - γνευσιοσχιστολίδων.
- β. Το μέγεθος της μετακίνησης σε όσα σημεία έγινε δυνατό να προσδιοριστεί δεν φαίνεται να εξαρτάται άμεσα από τις υφιστάμενες τιμές των μορφολογικών κλίσεων στα συγκεκριμένα σημεία. Επίσης η φορά της κίνησης δεν συνέπιπτε πάντα με τη φορά κλίσης του αναγλύφου.
- γ. Το μέγεθος επίσης της μετακίνησης δεν είναι ανάλογο του πάχους του εδαφικού μανδύα σε όσα βέβαια σημεία υπήρχαν στοιχεία για μια τέτοια αντιστοίχιση.
- δ. Οι συνολικές παρατηρούμενες κινήσεις θα πρέπει να οφείλονται είτε σε μετακινήσεις κατά μήκος θραύσεων, είτε σε ερπυστικές κινήσεις, χωρίς δηλαδή τη μεσολάβηση κάποιας επιφάνειας ασυνέχειας. Πρόκειται δηλαδή για μια σύνθετη κίνηση.
- ε. Σε ορισμένα σημεία διαπιστώθηκε ότι η μετακίνηση ήταν αρκετά μεγάλη, πράγμα που δεν δικαιολογείται στα συγκεκριμένα σημεία ούτε από τις μορφολογικές κλίσεις, ούτε από το μεγάλο πάχος του μανδύα. Σε αυτές τις θέσεις η υπερβολική μετακίνηση αποδίδεται στην παρουσία μεγάλων ποσοτήτων ύδατος το οποίο μπορεί να προσφέρεται σε επιλεγμένες θέσεις από τα μετεωρικά ύδατα ή από την λειτουργία απορροφητικών βόθρων.

7. ΑΙΤΙΑ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, τα κύρια αίτια των κατολισθητικών φαινομένων που εκδηλώνονται στην ανατολική πλευρά της οικιστικής μονάδας του Λιβαδίου είναι:

- α. Η παρουσία του μανδύα αποσάθρωσης με μειωμένες τιμές γεωμηχανικών μεγεθών σε συνδυασμό με την παρουσία συμπαγούς μεταμορφωμένου υποβάθρου.
- β. Η παροδική παρουσία ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα που αναπτύσσεται μέσα στον μανδύα αποσάθρωσης και ο οποίος έχει σαν αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση των τιμών των γεωμηχανικών μεγεθών εξαιτίας της μείωσης των τριβών και της εσωτερικής διάβρωσης.
- γ. Οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις οι οποίες παρατηρούνται στο συγκεκριμένο τμήμα της οικιστικής μονάδας.
- δ. Η παρουσία ασυνεχειών-επιφανειών σε μεταμορφωμένο υπόβαθρο με ευνοϊκές τιμές κλίσεων προς τα ανατολικά, οι οποίες διευκολύνουν την μετακίνηση του υπερκείμενου μανδύα αποσάθρωσης.
- ε. Ορισμένες ανθρώπινες παρεμβάσεις οι οποίες έχουν λάβει χώρα και οι οποίες υποβοηθούν τα φαινόμενα. Αυτές πέρα από την πρόσθετη φόρτιση λόγω της δόμησης είναι οι παροδικές τάσεις λόγω κυκλοφορίας οχημάτων, εκσκαφές καθώς επίσης και η απόρριψη οικιακών λυμμάτων σε μη στεγανούς βόθρους τα οποία στη συνέχεια τροφοδοτούν τον μανδύα αποσάθρωσης.

8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Τα μέτρα για την αντιμετώπιση των κατολισθητικών φαινομένων στο ανατολικό τμήμα της κοινότητας του Λιβαδίου θα πρέπει να έχουν σαν στόχο την άρση των παραγόντων που έχουν συμβάλλει στην εκδήλωσή τους.

Η πρώτη κατηγορία μέτρων περιλαμβάνει έργα που αποσκοπούν στην ελάττωση κατά το δυνατό των ποσοτήτων των επιφανειακών υδάτων που κατεισδύουν στον εδαφικό μανδύα και τα οποία μειώνουν τις τιμές των γεωμηχανικών δεικτών. Τα μέτρα αυτά είναι τα ακόλουθα:

- α. Κατασκευή δικτύου συλλογής των επιφανειακών υδάτων που κυκλοφορούν όχι μόνο στον κατολισθαίνοντα χώρο αλλά και σε όλο το ανατολικό πρυνές.
- β. Ενσωμάτωση του ήδη υπάρχοντος ανεπαρκούς δικτύου συλλογής των επιφανειακών υδάτων στο προτεινόμενο δίκτυο και διοχέτευση των υδάτων εκτός του οικιστικού χώρου.
- γ. Συντήρηση των υπάρχοντων έργων απαγωγής ομβρίων υδάτων τα περισσότερα από τα οποία είναι σε κακή κατάσταση.

Στη δεύτερη κατηγορία έργων που θα πρέπει να γίνουν ανήκουν εκείνα που έχουν σαν στόχο τη μείωση των υπόγειων ποσοτήτων ύδατος που κυκλοφορούν στον αποσαθρωμένο μανδύα. Ειδικότερα προτείνονται:

- α. Η κατασκευή δικτύου αποχέτευσης οικιστικών λυμμάτων και απαγόρευση κατασκευής νέων βόθρων.
- β. Υπόγεια αποστράγγιση με οριζόντιες γεωτρήσεις.

Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει έργα τα οποία έχουν σαν στόχο την σταθεροποίηση των πρανών και κυρίως του μανδύα αποσάθρωσης. Η σταθεροποίηση μπορεί να επιτευχθεί και με κατασκευή πολλών μικρών τοίχων αντιστήριξης οι οποίοι θα έχουν δεμελιωθεί στο σταθερό υπόβαθρο και εκεί όπου υπάρχουν οι κατάλληλες προϋποθέσεις όπως η σημαντική κλίση του πρανούς, ακάλυπτοι χώροι, ενδείξεις μετακινήσεων μανδύα, κ.λ.π.

Τέλος, στην τέταρτη κατηγορία ανήκουν εκείνα τα μέτρα τα οποία έχουν σαν στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων και εν γένει της επικινδυνότητας στις νέες κατασκευές και αποτελούν μέτρα πρόληψης. Ειδικότερα:

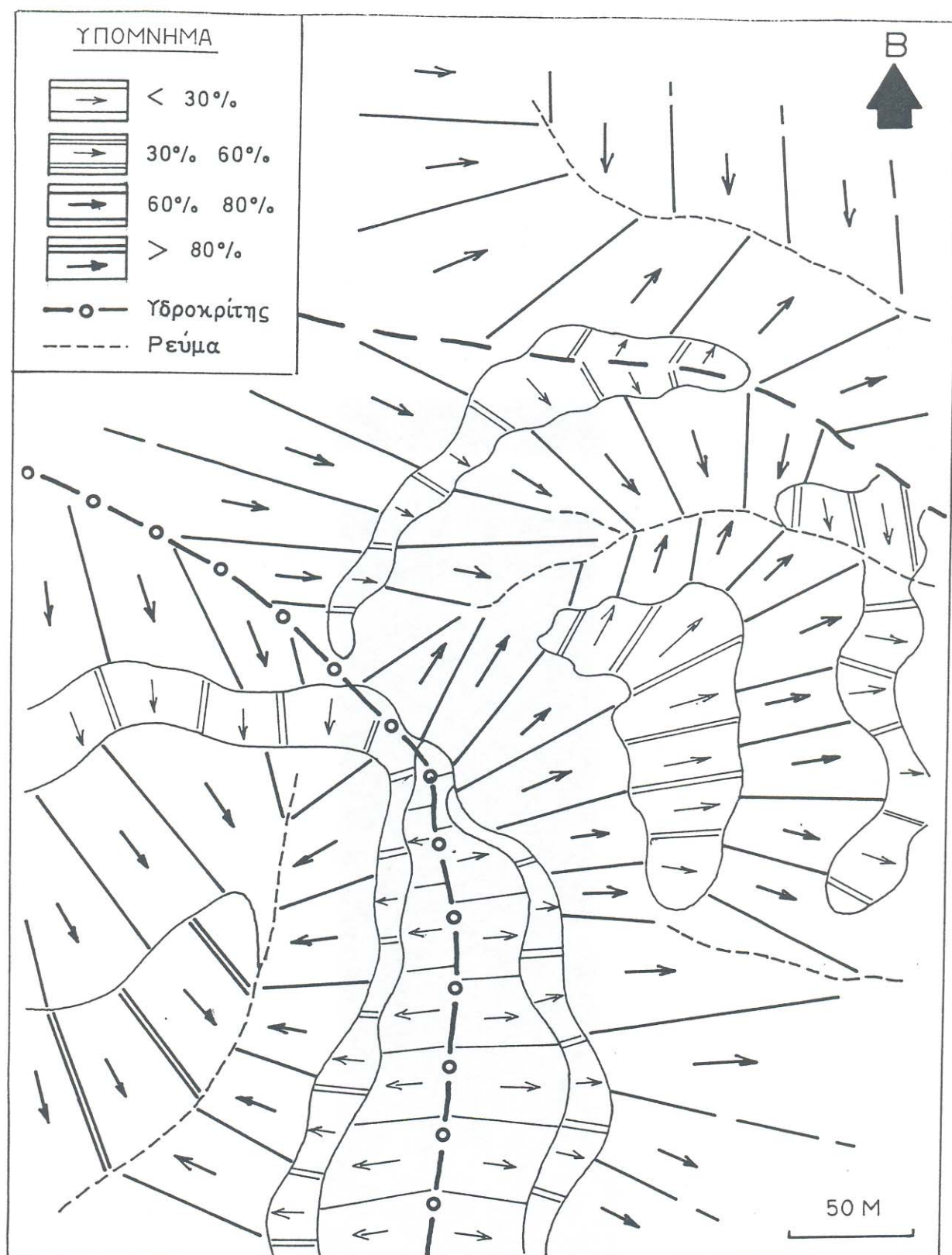
- α. Συνιστάται η δεμελίωση των κατασκευών στο υγιές υπόβαθρο σε όσα σημεία βέβαια αυτό βρίσκεται σε μικρό βάθος (έως 5 μέτρα). Σε αντίθετη περίπτωση και αν η δεμελίωση γίνει στον αποσαθρωμένο μανδύα, είναι δυνατό, λόγω της πρόσδετης φόρτισης, να αποτελέσει παράγοντα εκδήλωσης νέων κινήσεων.
- β. Απαγόρευση κατασκευής βόθρων, τουλάχιστον σε όλη την περιοχή κατολίσθησης δεδομένου ότι τροφοδοτείται κατ'αυτό τον τρόπο με ποσότητες ρευστών ο αποσαθρωμένος μανδύας.
- γ. Η ανάπτυξη - επέκταση της οικιστικής μονάδας σε άλλα τμήματα της ευρύτερης περιοχής περισσότερο ασφαλή όπως για παράδειγμα στο νότιο χώρο του οικισμού.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

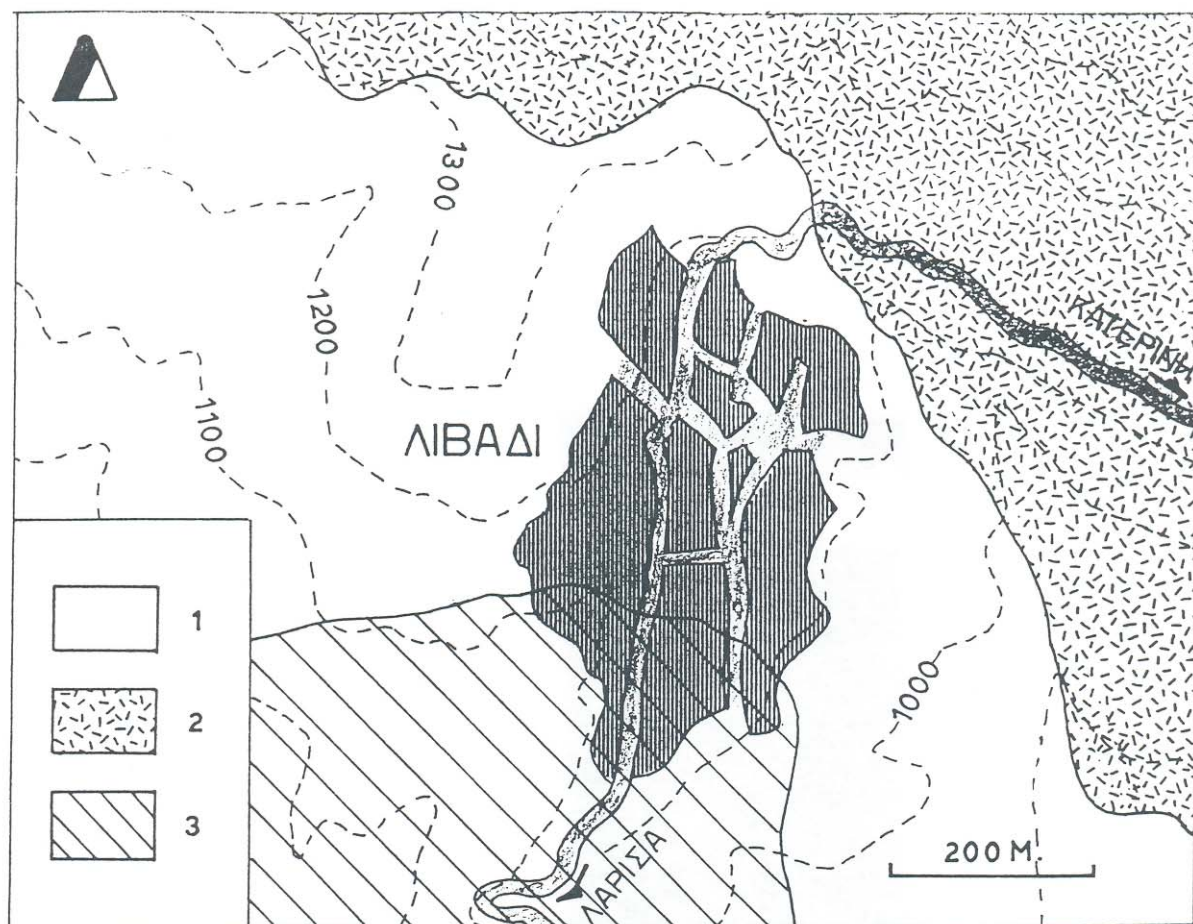
- VARNES, D., (1978). Types of slopes movements in landslides: Analysis and control (Schuster R. C. and Krizek R. J. eds.): Transportation Research Board Special Report, p.176.
- ZABURA, Q., MENLL, V., (1969): Landslides and their control. Elsevier, p. 205, Amsterdam.
- ΚΑΤΣΙΑΒΡΙΑΣ, Ν., & ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, Ε., (1988): Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο Λιβάδι, κλίμακα 1:50.000, ΙΓΜΕ.
- Κ.Ε.Δ.Ε., (1977): Τεχνική έκθεση γεωτρήσεων οικισμού Λιβαδίου, Ελασσώνας, Αθήνα.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε., (1990): Μελέτη κατολισθητικών φαινομένων νομού Λαρίσης. Ερευνητικό Πρόγραμμα Πανεπιστημίου Αθηνών, 152 σ.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΛΟΓΟΣ, Ε., (1990): Αΐφραση Γεωλογικών - Γεωτεχνικών - Νεοτεκτονικών Ερευνών σε Αρχαιολογικούς Χώρους. Ιερός Ναός Αγίων Αναργύρων Λιβαδίου. Ερευνητικό Πρόγραμμα Πανεπιστημίου Αθηνών, 30 σ.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., (1985): Γεωλογία Ελλάδος. Εκδόσεις Επτάλοφος, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΛΟΖΙΟΣ, Σ., (1986): Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στη λεκάνη του Ασωπού και στην παραλιακή ζώνη Ωροπού. Συμβολή στη νεοτεκτονική της Βόρειας Αττικής. 3ο Γεωλογικό Συνέδριο, Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., τόμος XX, σ. 251-267.



Εικ. 2. Μερική άποψη του ανατολικού τμήματος του χωριού, το οποίο αντιμετωπίζει προβλήματα από την αστάθεια των πρανών, με φόντο το όρος Ολυμπος.



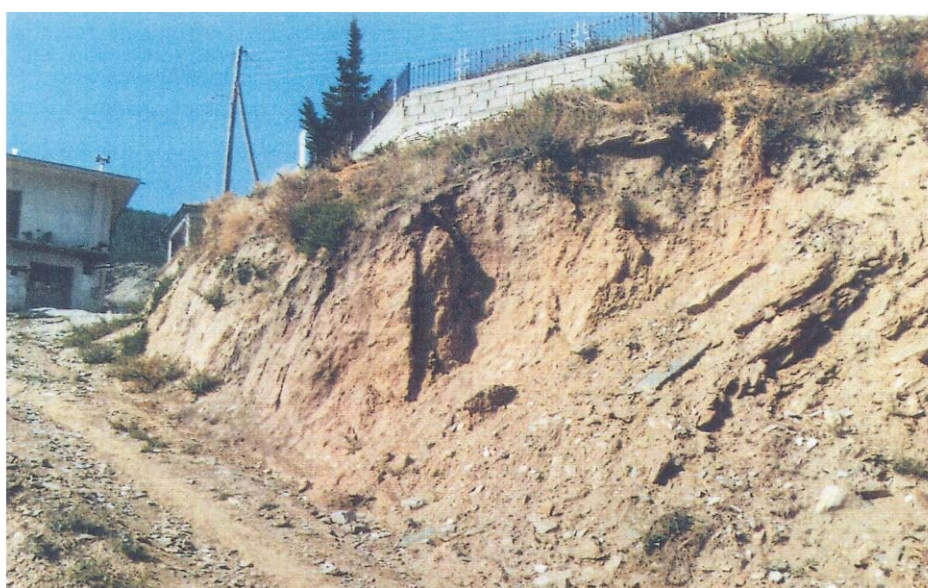
Εικ. 3. Χάρτης των μέσων μορφολογικών κλίσεων της οικιστικής μονάδας του Λιβαδίου.



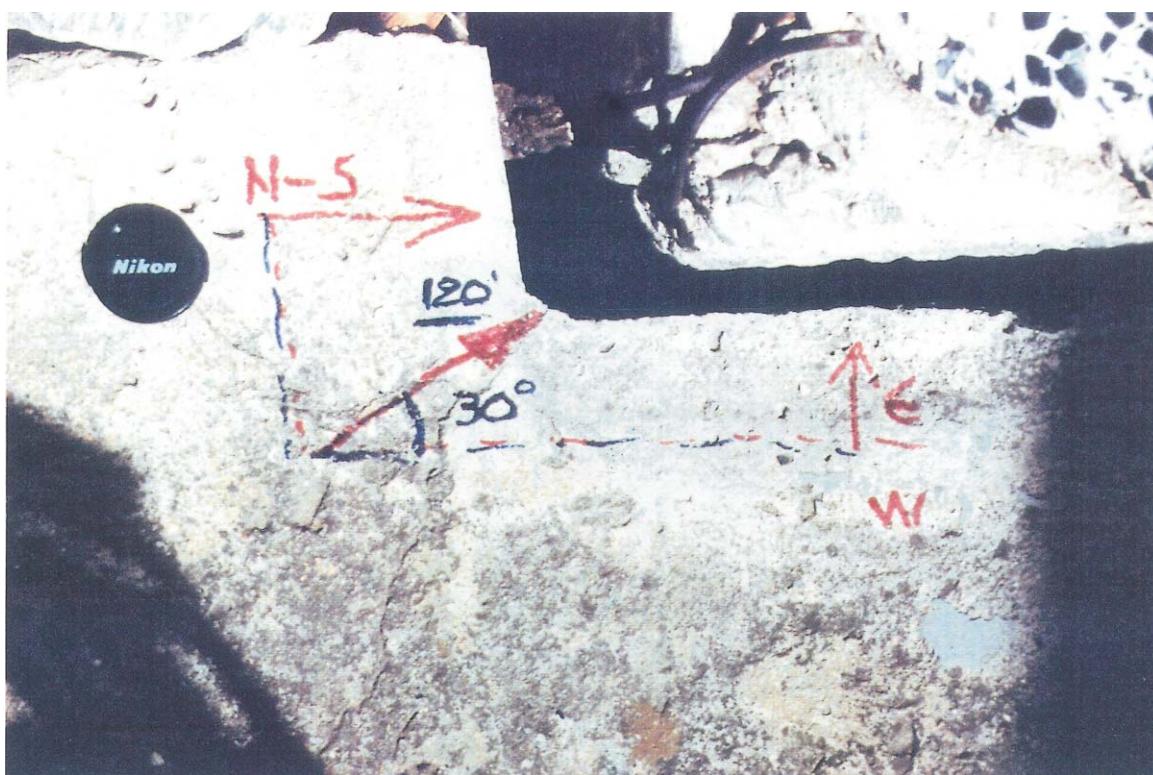
Εικ. 4. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής του χωριού Λιβάδι (ΚΑΤΣΙΑΒΡΙΑΣ & ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, 1988 με μερικές τροποποιήσεις και συμπληρώσεις).
(1. Γνευσιοσχιστόλιθοι, Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι, 2. Μετατοφίτες, 3. Διμαρμαρυγιακοί Γνεύσιοι).



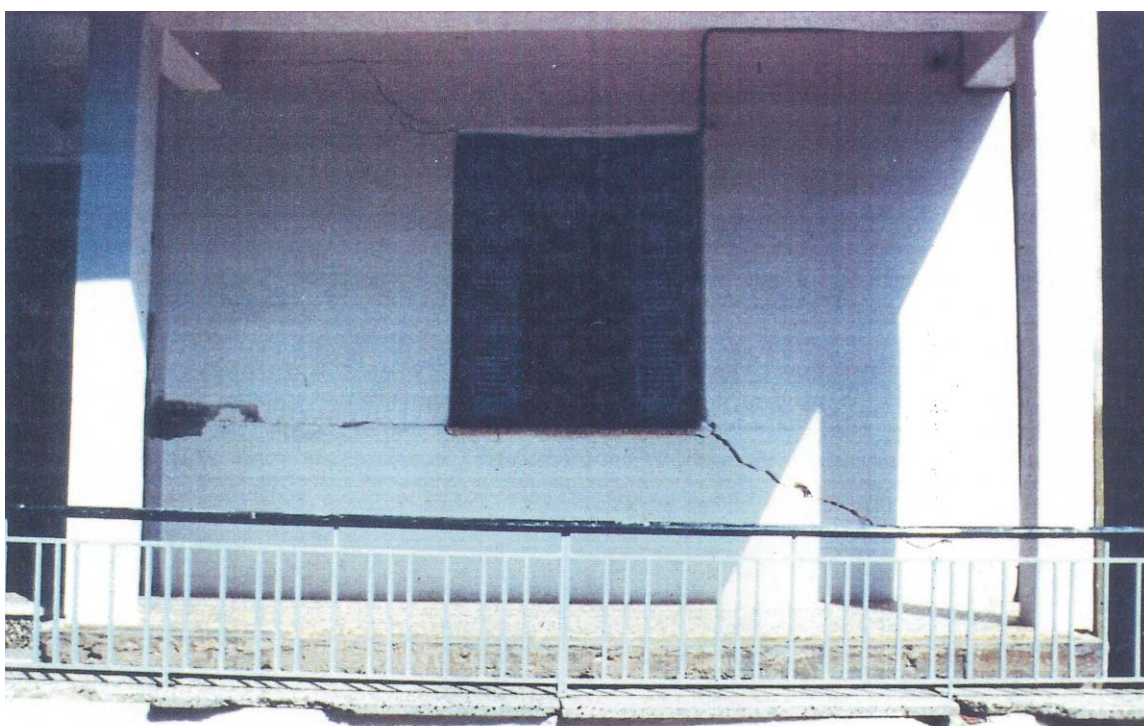
Εικ. 5. Εμφάνιση γνευσιοσχιστολίδων στο βόρειο άκρο του Λιβαδίου, με γενική διεύθυνση Β - Ν και κλίση 60° προς τα ανατολικά.



Εικ. 6. Εμφάνιση του μανδύα αποσάθρωσης στα κατάντη της κατολισθαίνουσας περιοχής. Υπέρκεινται των γνευσιοσχιστολίδων από τους οποίους προέρχεται και έχει πάχος στο συγκεκριμένο σημείο περί τα 4 μέτρα.



Εικ. 7. Προσδιορισμός του ανύσματος της μετακίνησης μέσα στην κατολισθαίνουσα περιοχή.

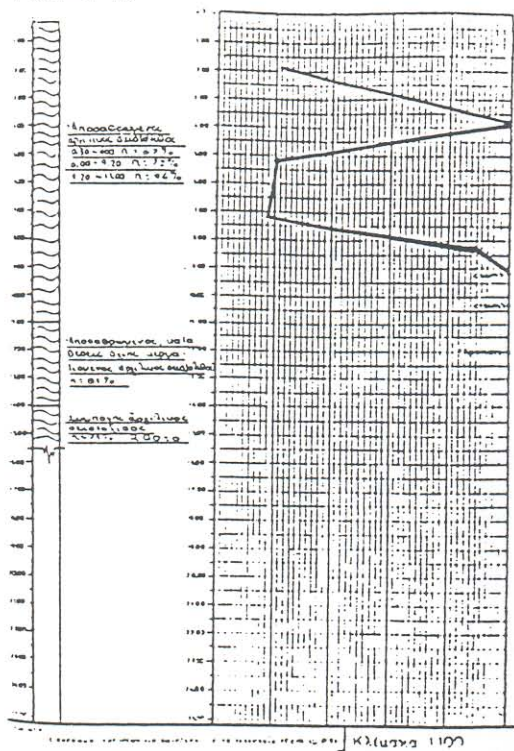


Εικ. 8. Ρωγμές και παραμορφώσεις σε κατοικίες οι οποίες είναι δεμελιωμένες μέσα στην κατολισθαίνουσα περιοχή.

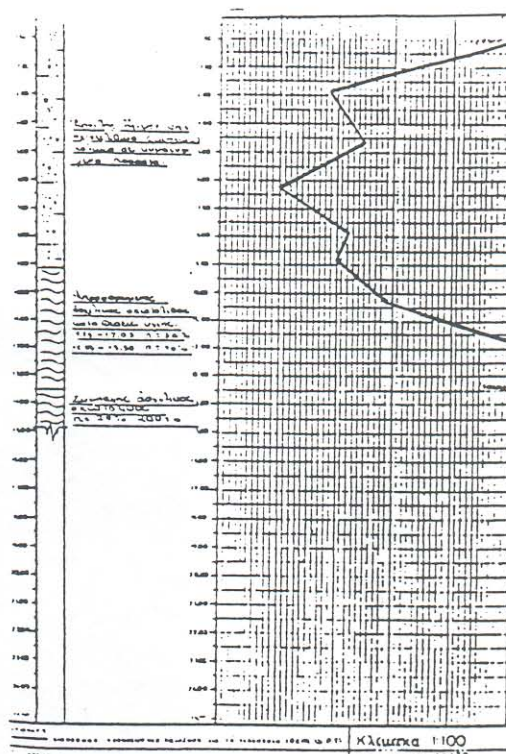


Εικ. 9. Χάρτης του Λιβαδίου με την κατολισθαίνουσα περιοχή και τα ανύσματα των μετακινήσεων.

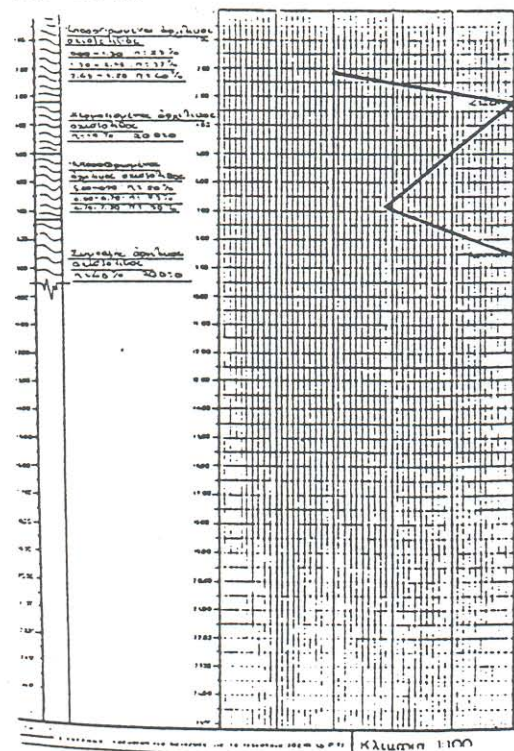
ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ6



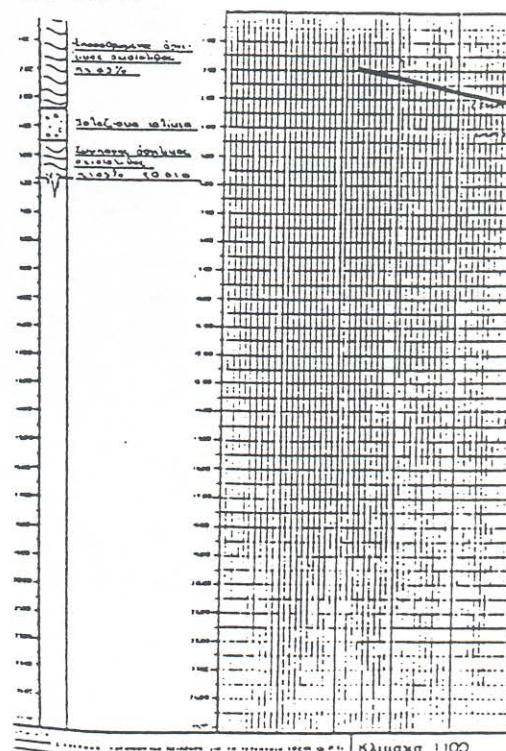
ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ7



ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ12



ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ2



Εικ. 10. Διαγράμματα γεωτρήσεων που έχουν εκτελεστεί στην κατολισθαίνουσα περιοχή (Κ.Ε.Δ.Ε., 1977).