

φ. Πρωτ. 2192  
21.12.87

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Μ Ε Λ Ε Τ Η   Ε Ν Τ Α Τ Ι Κ Ο Υ   Π Ε Δ Ι Ο Υ

Κ Α Ι   Π Α Ρ Α Μ Ο Ρ Φ Ω Σ Ε Ω Ν

ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ   ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

από

τον Τομέα Δυναμικής - Τεκτονικής - Εφαρμοσμένης Γεωλογίας  
του Πανεπιστημίου Αθηνών

σε συνεργασία με

το Πανεπιστήμιο PARIS-SUD, CENTRE D'ORSAY και το  
Εθνικό κέντρο Ερευνών της Γαλλίας C.N.R.S.

ΔΕΚΕΜΒΡΗΣ 1987

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Επιστημονικός Υπεύθυνος : Επίκ. Καθηγητής Δ. Παπανικολάου  
Αναπλ. Επιστ. Υπεύθυνος : Αναπλ. Καθηγητής Η.Μαριολάκος  
Ερευνητές : Δρ Δ. Φουντούλης  
Βοηθοί Ερευνητές : Π.Μοσχόπουλος

Επιστημονικοί συνεργάτες από PARIS - SUD και C.N.R.S

DR CH. Paquin  
DR J. Bloyet  
B. Malfait  
V. Ansel

ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Όπως είναι γνωστό όταν σ'ένα στερεό σώμα, συγκεκριμένων διαστάσεων, εξασκούνται τάσεις αυτό παραμορφώνεται, εφόσον η παραμόρφωση παραμένει μέσα στην ελαστική περιοχή ισχύουν οι γνωστές σχέσεις:

$$\Delta L = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S} \cdot L \quad 1.$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad 2.$$

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad 3.$$

$$\nu = \frac{-E_y}{E_x} = \frac{-E_z}{E_x} \quad 4.$$

όπου: F το μέτρο της παραμορφούσας δύναμης

L το αρχικό μήκος κατά τη διεύθυνση της  $\vec{F}$

$\Delta L$  η μεταβολή μήκους

S η διατομή του στερεού ( σε επίπεδο κάθετο προς την  $\vec{F}$  )

$\epsilon$  η παραμόρφωση

E το μέτρο ελαστικότητας του Young

$\nu$  ο λόγος του Poisson

$\sigma$  η εφαρμοζόμενη τάση

$E_x, E_y, E_z$  οι παραμορφώσεις του σώματος κατά μήκος των αξόνων X, Y, Z, τρισσορθογώνιου συστήματος προσανατολισμένου έτσι ώστε ο άξονας X να είναι παράλληλος με τη διεύθυνση της  $\vec{F}$ .

Από συνδυασμό των παραπάνων σχέσεων προκύπτει η

$$\sigma = \epsilon \cdot E \quad 5.$$

Μπορούμε επομένως γνωρίζοντας τον συντελεστή E να υπολογίσουμε το μέτρο της παραμορφούσας τάσης αν μετρήσουμε την παραμόρφωση  $\epsilon$ .

Εφόσον η παραμόρφωση του σώματος δεν έχει υπερβεί την ελαστική περιοχή, όταν εκλείψει η παραμορφωτική τάση, το στερεό επανέρχεται στην αρχική απαρμόρφωτη κατάσταση. Είναι επομένως δυνατόν να προσδιορίσουμε την παραμορφούσα τάση  $\sigma$  μετρώντας όχι μόνο την παραμόρφωση  $\epsilon$  αλλά και την αποπαραμόρφωση  $-\epsilon$  του ίδιου σώματος. Το γεγονός αυτό εκμεταλλευόμαστε στη συγκεκριμένη μέθοδο για το προσδιορισμό των τάσεων που ενεργούν σε μία περιοχή του γήινου φλοιού.

Ένα τυχαίο τμήμα των πετρωμάτων μίας περιοχής δέχεται τις ίδιες παραμορφωτικές τάσεις με το σύνολο των πετρωμάτων της ίδιας περιοχής που βρίσκονται στην ίδια ισοβαθή επιφάνεια. Έχει επομένως μία συγκεκριμένη παραμόρφωση.

Αν θεωρήσουμε αυτή σαν αρχική του κατάσταση τότε θα μπορούμε να καθορίσουμε ένα τμήμα με κάποιες αρχικές διαστάσεις. Εάν αφαιρέσουμε αυτό το συγκεκριμένο τμήμα του πετρώματος τότε θα αποπαραμορφωθεί, αφού δεν θα εξασκούνται πλέον πάνω του οι τάσεις που εφαρμόζονται στο σύνολο του πετρώματος. Έτσι θα υπάρξουν κάποιες μεταβολές στις αρχικές διαστάσεις. Η αποπαραμόρφωση αυτή μπορεί να μετρηθεί και να υπολογίσουμε έτσι τις τάσεις που εφαρμόζονται σ'αυτή την περιοχή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το τμήμα του πετρώματος είναι το κάρτο μιάς γεώτρησης.

Ένας πρακτικός και αξιόπιστος τρόπος μέτρησης της παραμόρφωσης είναι η τοποθέτηση σε απόλυτη επαφή με το παραμορφούμενο σώμα, ηλεκτρικών αισθητήριων. Τό κάθε ηλεκτρικό αισθητήριο είναι ένας αγωγός ορισμένου αρχικού μήκους και διατομής του οποίου η ηλεκτρική αντίσταση μεταβάλλεται ανάλογα με την επιμήκυνση ή επιβράχυνσή του.

Όπως είναι γνωστό η ηλεκτρική αντίσταση  $R$  ενός αγωγού με ειδική αντίσταση  $\rho$ , μήκος  $L$  και διατομή  $S$  δίνεται από τη σχέση :

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad 6.$$

Αν υποθέσουμε ότι ο αγωγός παραμορφώνεται και επιμηκύνεται τότε ταυτόχρονα η διατομή του θα ελατωθεί και η αντίστασή του θα αυξηθεί κατά

$$\Delta R = \rho \cdot \frac{\Delta L}{\Delta S} \quad 7.$$

Αντίστροφα εάν ο αγωγός επιβραχυνθεί θα υπάρξει μείωση της αντίστασής του. Έτσι τελικά η παραμόρφωση ενός στερεού σώματος πάνω στο οποίο έχουμε κολλήσει ένα τέτοιο ηλεκτρικό αισθητήριο δίνεται από τη σχέση:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{K} \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad 8.$$

όπου  $K$  είναι συντελεστής που δίνεται από τον κατασκευαστή του αισθητήριου και εκφράζει την μεταβολή της διατομής του σε συνάρτηση με την αντίστοιχη μεταβολή του μήκους του, όταν ο αγωγός επιμηκύνεται ή επιβραχύνεται. Η σχέση 8 ισχύει εφ'όσον η παραμορφωτική τάση και το ηλεκτρικό αισθητήριο έχουν άξονες παράλληλους.

Όπως είναι γνωστό από το νόμο του OHM

$$U = I \cdot R \quad 9.$$

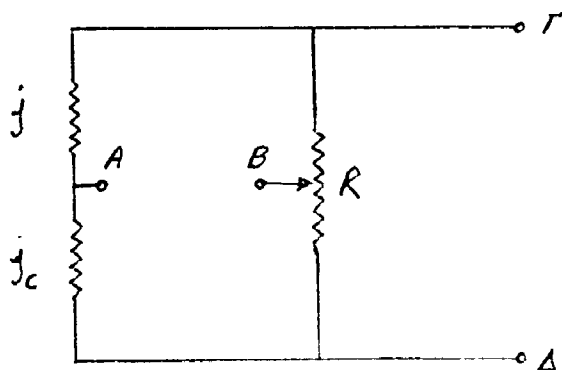
Αν διαθέτουμε μιά πηγή τροφοδοσίας του ηλεκτρικού αισθητήριου με σταθερή ένταση ρεύματος  $I$  τότε από τις σχέσεις 8 και 9 έχουμε:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{K} \cdot \frac{\Delta U}{U} \quad 10.$$

Όπου  $U$  είναι η ηλεκτρική τάση στα άκρα του αισθητήριου στην αρχική κατάσταση και  $\Delta U$  η μεταβολή που αντιστοιχεί στην μεταβολή  $\Delta l$  δηλαδή στην παραμόρφωση  $\epsilon$ .

Τα μεγέθη  $\epsilon$ ,  $\frac{\Delta l}{l}$  και  $\frac{\Delta U}{U}$  είναι αδιάστατα, έτσι είναι δυνατόν, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες διατάξεις ενίσχυσης και μέτρησης, να μετρούμε το  $\epsilon$ .

Το κάθε ηλεκτρικό αισθητήριο  $\dot{J}$  χρησιμοποιείται συνδεδεμένο σε μία γέφυρα WINSTON όπως στο ακόλουθο σχήμα:



Στα σημεία A, B συνδέεται μία πηγή σταθερής έντασης ενώ στα Γ και Δ η διάταξη ενίσχυσης και μέτρησης.  $\dot{J}$  είναι το ηλεκτρικό αισθητήριο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της παραμόρφωσης και είναι κολημένο στο παραμορφούμενο σώμα  $\Sigma_1$ .  $\dot{J}_c$  είναι ένα όμοιο ακριβώς αισθητήριο κολημένο σε ένα σώμα  $\Sigma_2$  από το ίδιο ακριβώς υλικό με το  $\Sigma_1$  και τοποθετημένο στον ίδιο χώρο με το  $\Sigma_1$  ώστε τα δύο σώματα να έχουν την ίδια θερμοκρασία. Σκοπός αυτής της συνδεσμολογίας είναι να αφαιρεθούν τα αποτελέσματα της παραμόρφωσης του  $\Sigma_1$  λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών. Αυτό το πετυχαίνουμε γιατί οι παραμορφώσεις στα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  που οφείλονται στις θερμοκρασιακές μεταβολές είναι ίδιες και αλληλοαναιρούνται στη συγκεκριμένη συνδεσμολογία.

Η μεταβλητή αντίσταση R χρησιμοποιείται για την ισοστάθμιση της γέφυρας έτσι ώστε στην αρχική κατάσταση των μετρήσεων η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων Γ και Δ να είναι μηδέν. Μία τέτοια αρχική κατάσταση μας διευκολύνει διότι με την κατάλληλη τοποθέτηση της πολικότητας της πηγής τροφοδοσίας και του συστήματος μέτρησης οι αρνητικές μεταβολές του δυναμικού στα σημεία Γ και Δ μπορούν να αντιστοιχιστούν απ'ευθείας με σμίκρυνση και οι θετικές με επιμήκυνση.

θα πρέπει εδώ να πούμε ότι οι ενισχυτική διάταξη μεταξύ της εξόδου της γέφυρας WINSTON και του οργάνου μέτρησης είναι αναγκαία γιατί στην περίπτωση της ελαστικής παραμόρφωσης πετρωμάτων οι μεταβολές μήκους είναι της τάξεως του  $10^{-6}m$ , δηλαδή οι μεταβολές τάσης στην έξοδο της γέφυρας είναι της τάξεως των  $10^{-6}$  Volts.

Όπως είπαμε και προηγούμενα η σχέση 8 και επομένως η 10 ισχύουν μόνο αν στο παραμορφούμενο σώμα εξασκείται μία τάση με γνωστή διεύθυνση και το αισθητήριο είναι κολημένο παράλληλα μ' αυτή τη διεύθυνση.

Προκειμένου να προσδιορίσουμε τις τάσεις που εφαρμόζονται σ' ένα στερεό σώμα πάνω σε ένα επίπεδο είναι ανάγκη να γνωρίζουμε τις παραμορφώσεις ως προς τρεις τουλάχιστον διαφορετικές διευθύνσεις του επιπέδου των τάσεων.

Χρειαζόμαστε επομένως τουλάχιστον τρία αισθητήρια σε διαφορετικές γνωστές διευθύνσεις στο ίδιο επίπεδο. Αυτή η ανάγκη οδήγησε στην κατασκευή συγκροτημάτων με περισσότερα από ένα αισθητήρια διατεταγμένα ακτινικά σε σταθερές μεταξύ τους γωνιακές σχέσεις πάνω στο ίδιο επίπεδο.

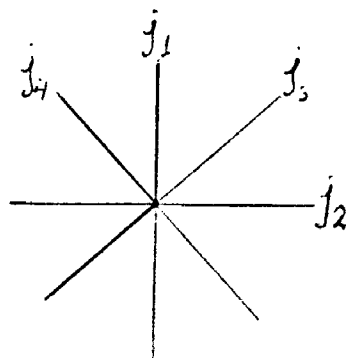
Με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε γίνεται προσδιορισμός της διεύθυνσης και της τιμής της μέγιστης και της ελάχιστης τάσης που εφαρμόζονται σε οριζόντιο επίπεδο στο πέτρωμα. Οι δύο αυτές τάσεις θα συμβολίζονται σαν  $\sigma_{Hmax}$  και  $\sigma_{Hmin}$  και είναι μεταξύ τους κάθετες, οι αντίστοιχες παραμορφώσεις θα συμβολίζονται σαν  $\epsilon_{Hmax}$  και  $\epsilon_{Hmin}$ .

Για το προσδιορισμό τους χρησιμοποιήθηκαν συγκροτήματα τεσσάρων αισθητηρίων διατεταγμένων μεταξύ τους ανά  $45^\circ$  σε ένα επίπεδο. Τα συγκροτήματα αυτά θα αναφέρονται πλέον σαν doorstoper (ονομασία που δόθηκε από τον κατασκευαστή λόγω ιδιομορφίας του σχήματος).

Παρακάτω δίνονται οι συμβάσεις που ακολουθήθηκαν σ' όλη τη διαδικασία μέτρησης και αριθμητικής επεξεργασίας:

- Παραμόρφωση θετική ( $\epsilon > 0$ ) σημαίνει επιμήκυνση κατά τη διεύθυνση του αισθητηρίου όταν το καρότο βγεί από τη γεώτρηση άρα συμπίεση του πετρώματος κατά την ίδια διεύθυνση. ( $\sigma > 0$ ).
- Αντίστοιχα αρνητική παραμόρφωση ( $\epsilon < 0$ ) σημαίνει εφελκισμό κατά την ίδια διεύθυνση ( $\sigma < 0$ ).

Η διάταξη των αισθητηρίων μέσα σε κάθε doorstoper φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα (άνω όψη).



Τα doorstoppers τοποθετούνται και κολιούνται στον οριζόντιο και λιασμένο πυθμένα μιάς κατακόρυφης γεώτρησης με τη βοήθεια μιάς ειδικής κεφαλής που επιτρέπει να γνωρίζουμε το προσανατολισμό των τεσσάρων αισθητηρίων. Η τοποθέτηση γίνεται έτσι ώστε να ξέρουμε άμεσα το αζιμούθιο του αισθητηρίου J<sub>4</sub>. Ο απόλυτα αναγκαίος αριθμός αισθητηρίων για τον προσδιορισμό των τάσεων είναι τρία, το doorstopper όμως διαθέτει τέσσερα, έτσι είναι δυνατός ο προσδιορισμός των τάσεων έστω και αν το ένα από τα τέσσερα αισθητήρια δεν λειτουργήσει σωστά, πράγμα που μπορεί να συμβεί από παράγοντες ανεξάρτητους από τον κατασκευαστή ή τον χρήστη. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιούμε κάθε φορά τις ενδείξεις των τεσσάρων αισθητηρίων σε συνδυασμούς ανά τρία.

Αν E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>4</sub>, είναι οι παραμορφώσεις που μετρούνται από τα αισθητήρια J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub>, J<sub>4</sub> αντίστοιχα, θα έχουμε τους παρακάτω συνδυασμούς και σχέσεις:

Συνδυασμός 432

Χρησιμοποιούνται οι ενδείξεις των αισθητηρίων J<sub>4</sub>, J<sub>3</sub>, J<sub>2</sub>

$$17. \quad E_{Hmax}, E_{Hmin} = \frac{1}{2} \left[ (E_4 + E_3) \pm \sqrt{(2E_2 - (E_4 + E_3))^2 + (E_4 - E_3)^2} \right]$$

$$18. \quad \theta = \text{arc tg} \left( \frac{2(E_{Hmax} - E_4)}{2E_2 - (E_4 + E_3)} \right)$$

Συνδυασμός 213

$$19. \quad E_{Hmax}, E_{Hmin} = \frac{1}{2} \left[ (E_2 + E_1) \pm \sqrt{(2E_3 - (E_2 + E_1))^2 + (E_2 - E_1)^2} \right]$$

$$20. \quad \theta = \left[ \text{arc tg} \left( \frac{2(E_{Hmax} - E_2)}{2E_3 - (E_2 + E_1)} \right) \right] + 45^\circ$$

Συνδυασμός 341

$$21. \quad E_{Hmax}, E_{Hmin} = \frac{1}{2} \left[ (E_3 + E_4) \pm \sqrt{(2E_1 - (E_3 + E_4))^2 + (E_3 - E_4)^2} \right]$$

$$22. \quad \theta = \left[ \text{arc tg} \left( \frac{2(E_{Hmax} - E_3)}{2E_1 - (E_3 + E_4)} \right) \right] + 90^\circ$$

Συνδιασμός 124

$$23. \quad E_{Hmax}, E_{Hmin} = \frac{1}{2} \left[ (E_1 + E_2) \pm \sqrt{(2E_4 - (E_1 + E_2))^2 + (E_1 - E_2)^2} \right]$$

$$24. \quad \theta = \left[ \arctan \left( \frac{2(E_{Hmax} - E_1)}{2E_4 - (E_1 + E_2)} \right) \right] + 135^\circ$$

Στις παραπάνω σχέσεις έχουμε;

$E_{Hmax}$  = μέγιστη παραμόρφωση στο οριζόντιο επίπεδο

$E_{Hmin}$  = ελάχιστη παραμόρφωση στο οριζόντιο επίπεδο

$\theta$  = γωνία μεταξύ του αισθητήριου  $J_4$  και του  $E_{Hmax}$  η μετρήσή της γίνεται από το  $J_4$  προς τον άξονα  $E_{Hmax}$  και είναι θετική αν είναι σύμφωνα με την αντιωρολογιακή φορά περιστροφής.

Αν  $E_{Hmax}, E_{Hmin} < 0$  τότε πρόκειται για περιοχή με εφελκυσμό στην αντιστοι-  
χη διεύθυνση. Αν  $E_{Hmax}, E_{Hmin} > 0$  τότε υπάρχει συμπίεση. Οι τιμές των  
 $\sigma_{Hmax}$  και  $\sigma_{Hmin}$  δίνονται από τις σχέσεις:

$$\sigma_{Hmax} = \frac{E}{1,25(1-v^2)} (E_{Hmax} + v E_{Hmin}) \quad 25.$$

$$\sigma_{Hmin} = \frac{E}{1,25(1-v^2)} (E_{Hmin} + v E_{Hmax}) \quad 26.$$

Οι τιμές των  $E$  και  $v$  προσδιορίζονται εργαστηριακά.

Το αζιμούθιο του άξονα  $E_{Hmax}$  βρίσκεται από τη σχέση:

$$A = B - \theta \quad 27.$$

όπου  $A$  = γωνία  $E_{Hmax}$  ως προς Βορρά (αζιμούθιο)

$B$  = γωνία  $J_4$  με Βορρά

$\theta$  = γωνία  $J_4$  με  $E_{Hmax}$



## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τον προσδιορισμό των τάσεων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος επαναγεώτρησης (overcoring). Κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου ακολουθούνται τα εξής στάδια:

1. Με βάση τεκτονικά, γεωλογικά και σεισμολογικά κριτήρια προσδιορίζονται οι ευρύτερες περιοχές στις οποίες θα γίνουν οι γεωτρήσεις. Η ακριβής θέση της κάθε γεώτρησης πρέπει να ικανοποιεί κατά το δυνατό τις παρακάτω συνθήκες:

- Πέτρωμα ομοιογενές και ισότροπο με αρκετή συνεκτικότητα ώστε να μπορεί να γίνει λείανση του πυθμένα γης' γεώτρησης και να κοληθεί το doorstoper.
- Κατά το δυνατόν μικρή κλίση στρώσης του πετρώματος.
- Απουσία ασυνεχειών (διακλάσεις καρστικά κ.λ.π).
- Το σημείο γεώτρησης να μην είναι κοντά σε έντονες ή μεγάλες κατωφέρειες.
- Απουσία υδροφόρου ορίζοντα μέχρι το βάθος της γεώτρησης.

2. Γίνεται γεώτρηση μέχρι το επιθυμητό βάθος και αφού από την εξέταση του καρότου που προκύπτει επαληθευτούν οι παραπάνω συνθήκες ως προς την ποιότητα του πετρώματος και την απουσία υδροφόρου ορίζοντα ακολουθεί λείανση του πυθμένα, καθαρισμός από σκόνες και ξένα σώματα και στέγνωμα της γεώτρησης.

3. Στον λιασμένο καθαρό και στεγνό πυθμένα κολιέται ένα doorstoper. Το σύστημα τοποθέτησης επιτρέπει να γνωρίζουμε το αζιμούθιο των αισθητηρίων.

4. Αφού στεγνώσει η κόλλα ( 45 min έως 1h ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί) γίνεται ρύθμιση των 4 γεφυρών WINSTON, μέρη των οποίων είναι τα 4 ηλεκτρικά αισθητήρια, ώστε η έξοδος τους να είναι μηδέν.

5. Με το γεωτρύπανο γίνεται εξαγωγή καρότου μήκους 10-20 cm στην λιασμένη κορυφή του οποίου βρίσκεται κολημένο το doorstoper.

6. Μετά από το απαραίτητο καθάρισμα από τις σκόνες της γεώτρησης και στέγνωμα του καρότου τα αισθητήρια επανασυνδέονται στο σύστημα μέτρησης και μετρώνται οι νέες τιμές δυναμικού στις εξόδους των τεσσάρων γεφυρών WINSTON. Οι διαφορές δυναμικού είναι ανάλογες των παραμορφώσεων που έχει υποστεί το καρότο λόγω του ότι έπαψαν να εξασκούνται επάνω του οι τάσεις που επικρατούσαν όταν αυτό αποτελούσε ενιαίο σύνολο με το περιβάλλον πέτρωμα. Έτσι προσδιορίζονται άμεσα οι παραμορφώσεις  $E_1, E_2, E_3, E_4$  κατά μήκος

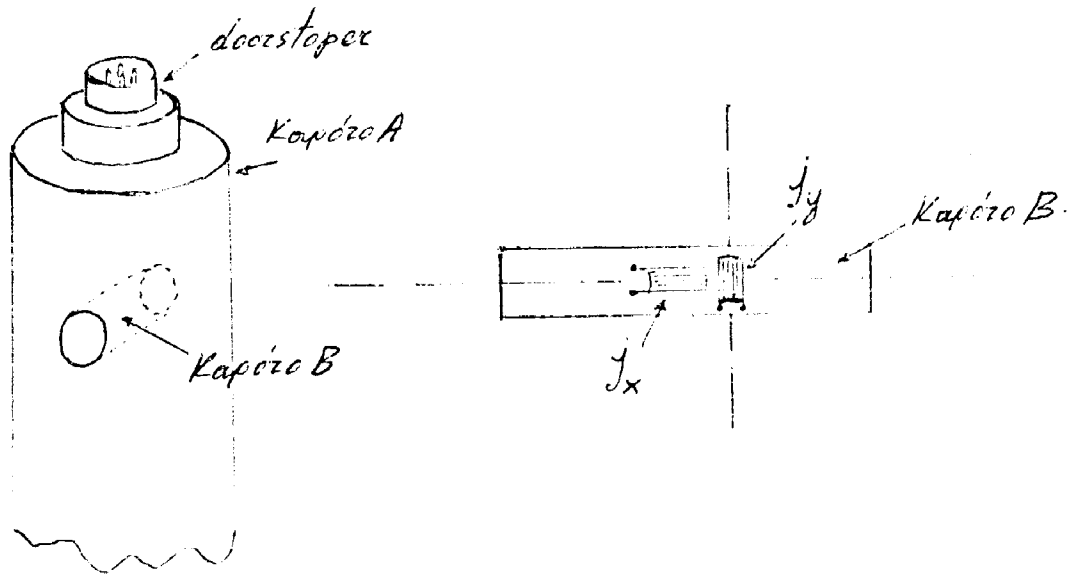
των τεσσάρων αισθητηρίων  $J_1, J_2, J_3, J_4$ . Οι τιμές  $E_1, E_2, E_3, E_4$  εισάγονται σε υπολογιστή, το πρόγραμμα του οποίου βασίζεται στις σχέσεις 17 έως και 28 και δίνει τις τιμές των  $E_{Hmax}$ ,  $E_{Hmin}$  και  $\theta$ .

Ο υπολογισμός των  $\sigma_{Hmax}$  και  $\sigma_{Hmin}$  γίνεται με βάση τις σχέσεις 25 και 26 αφού προηγουμένως προσδιοριστούν εργαστηριακά τα μεγέθη  $\nu$  και  $E$ . Για τον προσδιορισμό τους ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία.

1. Κάθετα προς τον άξονα του καρότου A που βγήκε από τη γεώτρηση δημιουργείται ένα δεύτερο καρότο B διαμέτρου περίπου 1cm βλέπε σχήμα.

2. Αφού καθαριστεί το καρότο B από σκόνες κολάμε στην επιφάνειά του δύο ηλεκτρικά αισθητήρια  $J_x, J_y$  έτσι ώστε το ένα να είναι παράλληλο προς τις γενέτειρες του καρότου B και το άλλο κάθετο.

3. Το καρότο B συμπιέζεται με τη βοήθεια μικρής πρέσσας ενώ από τις τιμές  $E_x$  και  $E_y$  που παίρνονται με τη βοήθεια των δύο αισθητηρίων, υπολογίζονται μέσω των σχέσεων 1 έως 4 τα μεγέθη  $\nu$  και  $E$ .



B. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Στο χρονικό διάστημα 2.11.87 έως 22.11.87 η παραπάνω μέθοδος εφαρμόστηκε στις περιοχές Φιλιατρών, Αγ. Δημητρίου και Άμφειας (βλέπε χάρτη).

Φ Ι Λ Ι Α Τ Ρ Α

Έγιναν μετρήσεις σε κατακόρυφη γεώτρηση σε ηωκαινικούς ασβεστόλιθους της ενότητας Γαβρόβου Πύλου στα παρακάτω βάθη:

Φιλιατρά 1	140 cm
Φιλιατρά 2	145 cm
Φιλιατρά 3	205 cm
Φιλιατρά 4	315 cm

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

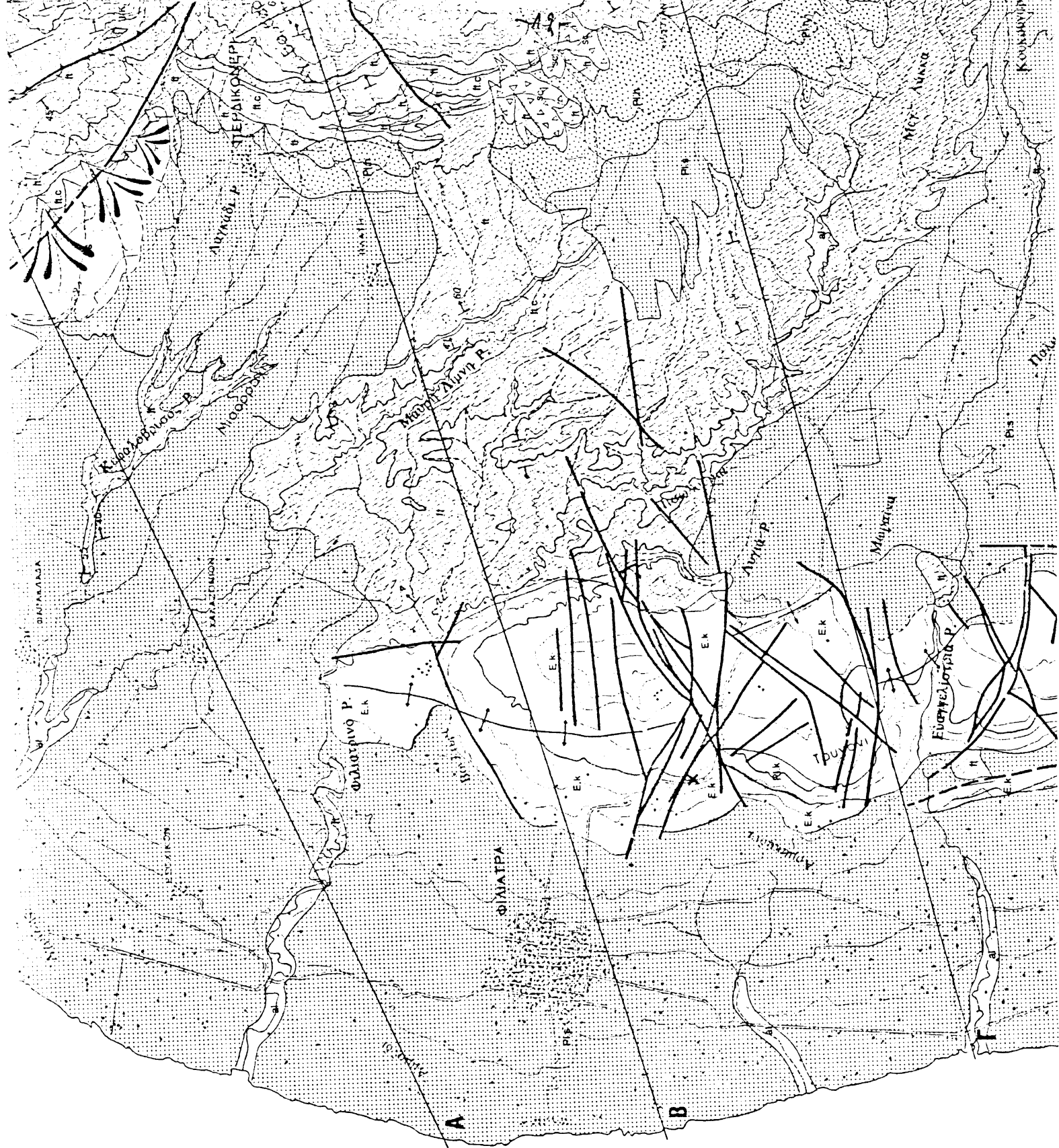
Φιλιατρά 1

$$\begin{aligned} E_1 &= 541 \\ E_2 &= -11 \\ E_3 &= 51 \\ E_4 &= 550 \\ B &= 70^\circ \end{aligned}$$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	700	614	647	662
E Hmin	-99	-84	-46	-130
θ	154°	154°	158°	158°

Φιλιατρά 2

$$\begin{aligned} E_1 &= 518 \\ E_2 &= 65 \\ E_3 &= 363 \\ E_4 &= 201 \\ B &= 70^\circ \end{aligned}$$



\*Ακρ. Κούνελλος

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	514	529	532	535
E Hmin	50	54	32	48
Θ	125°	126°	126°	124°

Φιλιατρά 3

$E_1 = 414$   
 $E_2 = 4$   
 $E_3 = 36$   
 $E_4 = 340$   
 $B = 70^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	422	477	460	432
E Hmin	-50	-59	-84	-34
Θ	155°	155°	151°	151°

Φιλιατρά 4

$E_1 = 744$   
 $E_2 = -130$   
 $E_3 = 396$   
 $E_4 = 269$   
 $B = 70^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	799	753	749	746
E Hmin	-134	-139	-84	-132
Θ	131	129	131	133

ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Έγιναν μετρήσεις σε κατακόρυφη γεώτρηση σε κρυσταλλικούς ασβεστολίθους έως μάρμαρα της ενότητας Μάνης στα παρακάτω βάθη:

Αγ. Δημήτριος 1 100 cm

Αγ. Δημήτριος 2 150 cm

Αγ. Δημήτριος 3 440 cm

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

## Αγ. Δημήτριος 1

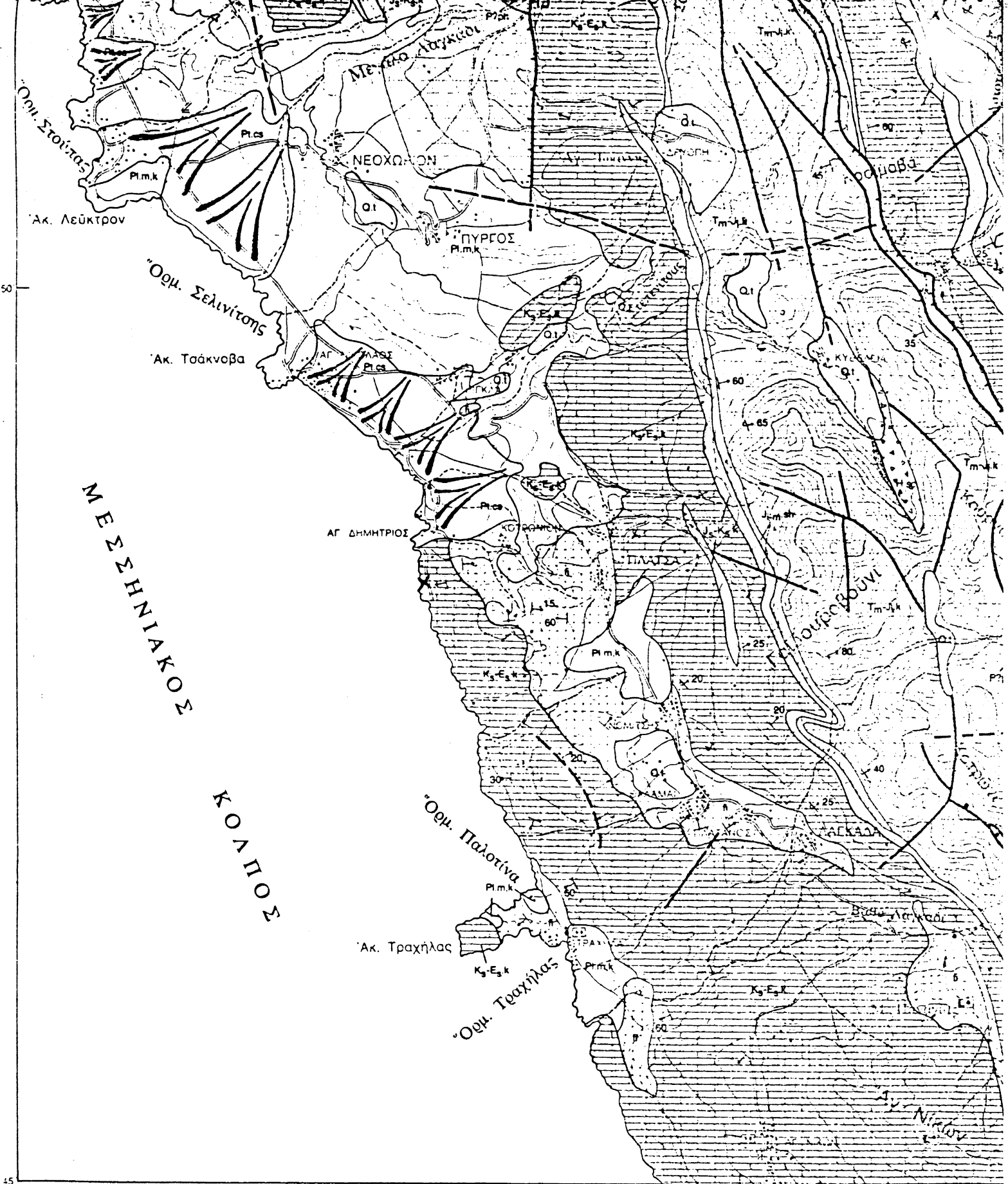
$E_1 = 168$   
 $E_2 = 117$   
 $E_3 = 143$   
 $E_4 = 127$   
 $B = 105^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	153	168	169	172
E Hmin	115	117	101	113
$\theta$	$123^\circ$	$134^\circ$	$128^\circ$	$119^\circ$

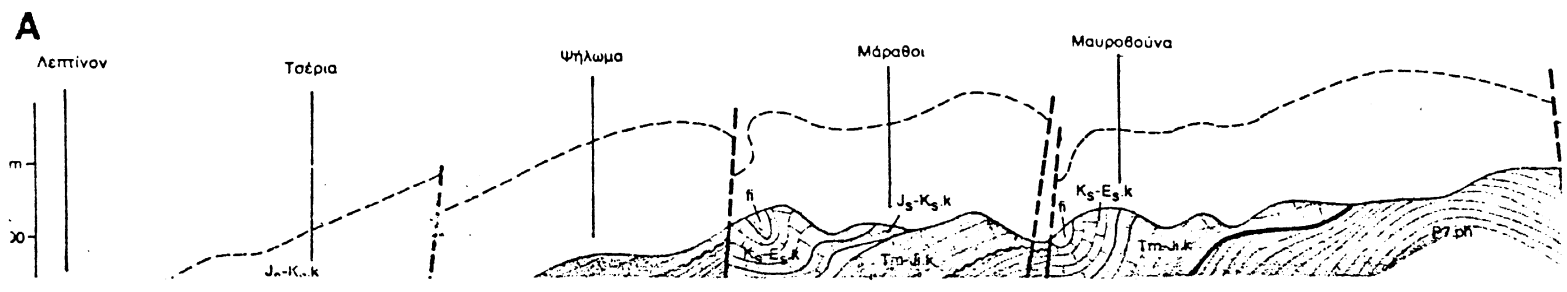
## Αγ. Δημήτριος 2

$E_1 = 125$   
 $E_2 = 152$   
 $E_3 = 141$   
 $E_4 = 141$   
 $B = 105^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	152	152	157	152
E Hmin	130	125	125	125
$\theta$	$45^\circ$	$50^\circ$	$45^\circ$	$40^\circ$



Εκτύπωση: ΛΙΘΟΠΡΙΝΤ - Α. ΣΚΟΥΡΙΑΣ Ε.Π.Ε. Printing: LITHOPRINT - L. SKOURIAS Ltd



Αγ. Δημήτριος 3

$E_1 = 250$   
 $E_2 = 337$   
 $E_3 = 243$   
 $E_4 = 335$   
 $B = 105^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	355	360	349	354
E Hmin	223	227	229	233
θ	33°	20°	20°	23°

Στη περιοχή αυτή δεν προχώρησε η γεώτρηση βαθύτερα γιατί παρουσιάστηκε υδροφόρος ορίζοντας.



ΑΜΦΕΙΑ

Έγιναν μετρήσεις σε κατακόρυφη γεώτρηση σε ιουρασιικούς ασβεστόλιθους της ενότητας Τριπόλεως στα παρακάτω βάθη . Οι μετρήσεις έγιναν σε παλιό λατομείο.

Άμφεια 1	235 cm
Άμφεια 2	255 cm
Άμφεια 3	385 cm
Άμφεια 4	470 cm
Άμφεια 5	492 cm
Άμφεια 6	545 cm

Άμφεια 1

$E_1 =$	51
$E_2 =$	104
$E_3 =$	90
$E_4 =$	106
$B =$	$81^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
$E_{Hmax}$	108	107	147	116
$E_{Hmin}$	89	48	50	37
$\theta$	$18^\circ$	$58^\circ$	$40^\circ$	$21^\circ$

Η μέτρηση αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι εκπροσωπεί την περιοχή διότι:  
 1) Παρουσιαζόταν σημαντική αστάθεια στις τιμές των  $E_1, E_2, E_3, E_4$  και 2) στο βάθος των 235cm στο πέτρωμα παρουσιαζόνταν ακόμη διακλάσεις οφειλόμενες στις ανατινάξεις που είχαν γίνει στο λατομείο.

Άμφεια 2

$E_1 =$	7
$E_2 =$	22
$E_3 =$	21
$E_4 =$	3
$B =$	$81^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
$E_{Hmax}$	25	24	22	28
$E_{Hmin}$	-1	4	2	1
$\theta$	$66^\circ$	$65^\circ$	$75^\circ$	$73^\circ$



Άμφεια 3

$E_1 = 62$   
 $E_2 = 36$   
 $E_3 = 103$   
 $E_4 = -22$   
 $B = 81^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	103	104	107	121
E Hmin	-22	-7	-26	-23
$\theta$	$92^\circ$	$97^\circ$	$99^\circ$	$95^\circ$

Άμφεια 4

$E_1 = 146$   
 $E_2 = 139$   
 $E_3 = 174$   
 $E_4 = 120$   
 $B = 81^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	175	174	174	165
E Hmin	119	111	120	120
$\theta$	$98^\circ$	$93^\circ$	$89^\circ$	$94^\circ$

Άμφεια 5

$E_1 = 244$   
 $E_2 = 238$   
 $E_3 = 274$   
 $E_4 = 184$   
 $B = 81^\circ$

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	275	274	276	298
E Hmin	183	208	182	184
θ	84°	93°	99°	92°

Άμφεια 6

E<sub>1</sub> = -605  
 E<sub>2</sub> = -207  
 E<sub>3</sub> = -738  
 E<sub>4</sub> = -37  
 B = 81°

Συνδυασμοί	432	213	341	124
E Hmax	7	-19	25	13
E Hmin	-782	-793	-800	-825
θ	14°	15°	16°	14°

Η μέτρηση αυτή δεν είναι δυνατό να ληφθεί υπόψη γιατί τα αισθητήρια είχαν κολήσει πάνω σε ανοιχτές ρωγμές· έτσι απορρίπτεται.

Τα παραπάνω αποτελέσματα υπολογίστηκαν με φορητή προγραμματιζόμενη αριθμομηχανή Texas Ti 59 βάση του συνημένου προγράμματος.

Στη συνέχεια έγινε επανυπολογισμός των E Hmax, E Hmin, θ, A, βάση προγράμματος (συνημένο 2) που παίρνει υπόψη και τις τέσσερις μετρούμενες τιμές παραμόρφωσης. Οι υπολογισμοί έγιναν για τις μετρήσεις:

Φιλιατρά 1, Φιλιατρά 2, Φιλιατρά 3, Φιλιατρά 4.  
 Αγ. Δημήτριος 1, Αγ. Δημήτριος 2, Αγ. Δημήτριος 3.  
 Άμφεια 2, Άμφεια 3, Άμφεια 4, Άμφεια 5.

Στις λίστες που ακολουθούν εμφανίζονται τα αποτελέσματα του προγράμματος με τις εξής αντιστοιχίες συμβολισμών

SMAX = E Hmax  
 SMIN = E Hmin  
 TETA = θ  
 DELMAX = σφάλμα ± στον υπολογισμό του SMAX  
 DELMIN = " " " " " SMIN

DELTA = σφάλμα ± στον υπολογισμό του  $\theta$   
 A = γωνία ως προς Βορρά του SMAX

Οι τιμές που προέκυψαν από τις εργαστηριακές δοκιμές για τον υπολογισμό των  $\nu$  και E είναι οι ακόλουθες:

Περιοχή	Φιλιατρά	Αγ. Δημήτριος	Άμφεια
$\nu$	0,28	0,32	0,34
E ( $10^6$ Bar)	0,51	0,62	0,81

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις 25 και 26 με δεδομένα τα αποτελέσματα του υπολογιστικού προγράμματος και τις παραπάνω τιμές  $\nu$  και E έχουμε:

Θέση	E Hmax $\times 10^{-6}$	E Hmin $\times 10^{-6}$	A	E $10^6$ bar	$\nu$	$\sigma$ Hmax Bar	$\sigma$ Hmin Bar
Φιλιατρά	761	-121	110	0,51	0,28	322	40
Αγ. Δημήτριος	354	228	83	0,62	0,32	236	188
Άμφεια	280	190	167	0,81	0,34	252	209

Τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνονται στον επισυναπτόμενο σχηματικό Νεοτεκτονικό χάρτη της Πελ/νήσου, με σύμβολα ερυθρού χρώματος μαζί με τις μετρήσεις που είχαν γίνει από τους Raquin και συνεργάτες το 1981 και που σημειώνονται με μαύρο χρώμα. Η συνολική εικόνα δείχνει ότι σ'ολόκληρη τη Νοτιοδυτική Πελ/νησο επικρατεί συμπίεση σε διεύθυνση περίπου Ανατολή Δύση με συμπίεση ή εφελκυσμό σε διεύθυνση Βορράς-Νότος, Αντίθετα στη Κεντρική Πελ/νησο μόνο εφελκυσμός και στις δύο διευθύνσεις. Το γενικό αυτό αποτέλεσμα της συμπίεσης σε διεύθυνση Ανατολή-Δύση βρίσκεται σε συμφωνία με τη γενικότερη ενεργό γεωδυναμική κατάσταση του Ελληνικού τόξου με ώθηση της Πελ/νήσου προς το Ιόνιο Πέλαγος. Οι επι μέρους διαφορές μπορεί να οφείλονται σε διάφορα αίτια (λιθολογικά, τεκτονικά, ακριβείας, κ.λ.π) και δεν μπορούν να οδηγήσουν σε αξιόπιστα συμπεράσματα δεδομένου ότι ο αριθμός των μετρήσεων εντατικού πεδίου που διαθέτουμε εξακολουθεί να είναι μικρός. Είναι πάντως ενδιαφέρον ότι οι νέες μετρήσεις του εντατικού πεδίου συμφωνούν τόσο με στοιχεία από τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών (Δρακόπουλος & Δελημάσης, 1982) όσο και με στοιχεία πόλωσης του ηλεκτρικού πεδίου (Λαζαρίδου- Βαρώτσου & Παπανικολάου, 1987). Αντίθετα το σύνολο των στοιχείων δεν μπορεί να ερμηνευθεί και να συσχετισθεί με τον γενικό χαρακτήρα του Νεοτεκτονικού ιστού ο οποίος

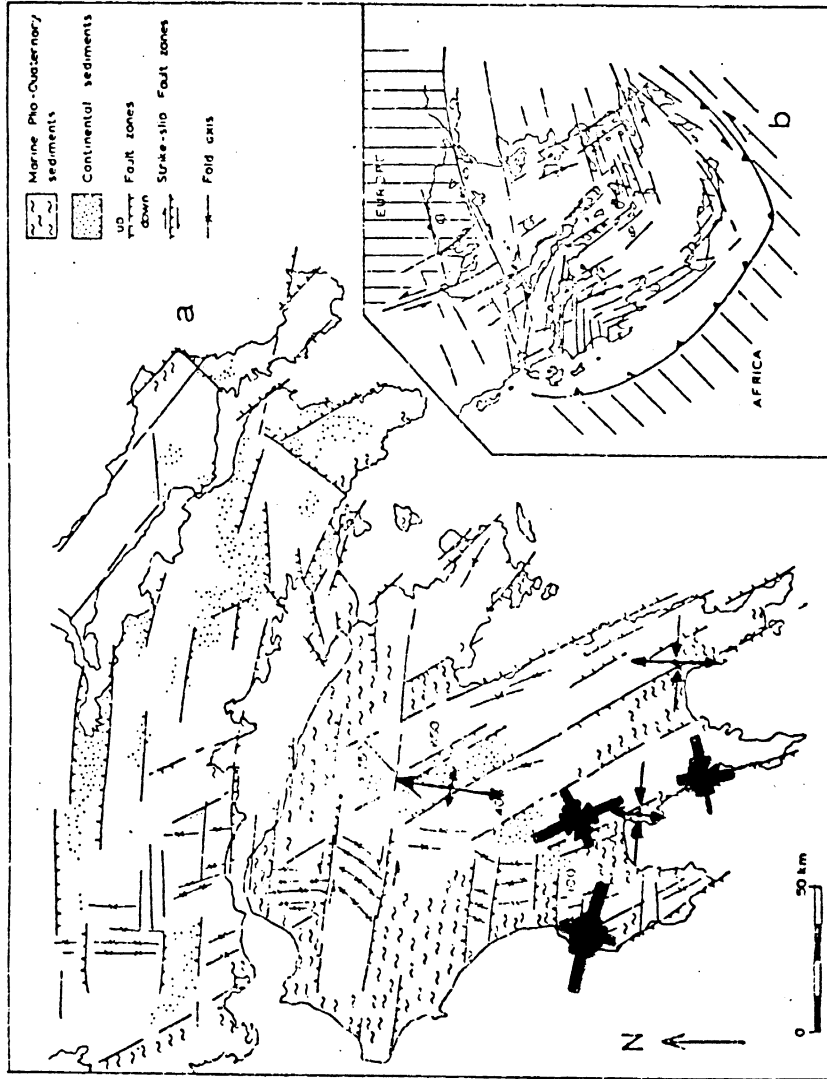


Fig. 4.- a) The main marginal fault zones of the Neogene basins in southern continental Greece.  
 b) The neotectonic fault pattern of the Aegean arc.

186 v 1981  
 186 v 1987

χαρακτηρίζεται από φαινομενικά κανονικά ρήγματα.

Η πύκνωση των μετρήσεων εντατικού πεδίου στο μέλλον θα επιτρέψει την κατανόηση των μηχανισμών παραφόρωσης που βρίσκονται σήμερα σε εξέλιξη στην πολύ σημαντική αυτή ενεργό περιοχή του Ελληνικού τόξου.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές του εντατικού πεδίου που μετρήθηκαν είναι οι μεγαλύτερες που έχουν <sup>μέχρι</sup> σήμερα παρατηρηθεί σ'ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο, τουλάχιστον διπλάσιες από τις άλλες περιοχές.

Είναι ενδεικτικό ότι η τιμή του 1981 στον Αλμυρό ήταν  $\sigma_{Hmax} = 30 \text{ bar}$  και  $\sigma_{Hmin} = -10 \text{ bar}$ , ενώ η τιμή στην Άμφισσα το 1987, ένα χρόνο μετά τους σεισμούς της Καλαμάτας, που έγιναν στην ενδιάμεση περιοχή, είναι  $\sigma_{Hmax} = 252 \text{ bar}$  και  $\sigma_{Hmin} = 209 \text{ bar}$ . Δηλαδή ενώ θα ήταν αναμενόμενη εκτόνωση της περιοχής και μικρότερες τιμές εντατικού πεδίου συμβαίνει το αντίθετο, παρά το ότι οι μετρήσεις έχουν γίνει σε πετρώματα ίδιας λιθολογίας και ίδιας γεωτεκτονικής ενότητας που απέχουν μεταξύ τους περίπου 14km. Τελικό συμπέρασμα των παραπάνω μετρήσεων είναι ότι το εντατικό πεδίο κάθε άλλο παρά έχει εκτονωθεί και επομένως θα πρέπει να αναμένεται έντονη σεισμική δραστηριότητα στην ευρύτερη περιοχή Νοτιοδυτικής Πελονήσου από τις ακτές του Ιονίου έως τη λεκάνη της Σπάρτης.

ΕΙΔΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- PAQUIN C., FROIDEVAUX C., BLOYET I., RICARD Y., ANGELIDIS 1982,  
Tectonic stresses on the mainland of Greece: in-situ  
measurements by overcoring. Tectonophysics, 86, 17-26
- PAQUIN C., BLOYET J., ANGELIDIS C. 1984. Tectonic stresses on the  
boundary of the Aegean domain: "in-situ" measurements by  
overcoring. Tectonophysics, 110, 145-150
- DRAKOPOULOS J., DELIBASIS N. 1982. The focal mechanisms of  
earthquakes in the major area of Greece for the period  
1947-1981. Univ. Athens, Seismol. Lab., Publ. 2, 72p.
- MARIOLAKOS I., PAPANIKOLAOU D., LAGIOS E. 1985. A neotectonic  
geodynamic model of Peloponnesus based on Morphotectonics  
repeated gravity measurements and seismicity. Geol. Jb., B50, 3-17.
- LAZARIDOU-VAROTSOU M.; PAPANIKOLAOU D. 1987. Tectono-electric  
zonation in the Hellenic Arc. Tectonophysics.