

## ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ

Μ. Ζ. Λουκογιαννάκης\*, Γ. Ν. Τσόκας\*\* και Δ. Μουντράκης\*\*\*

### ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετάται το νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης του Αξιού, στην περιοχή νότια της Πέλλας και Ανατολικά της Αλεξάνδρειας. Η εργασία στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά στη μέθοδο της σεισμικής ανάκλασης.

Οι σεισμικές τσιμές που χρησιμοποιήθηκαν, κατ' αρχήν ερμηνεύτηκαν έτσι ώστε να δώσουν ένα χρονικό μοντέλο. Με τη χρήση της ακτινικής θεωρείας τα χρονικά αυτά μοντέλα ανεστράφη και έδωσε μοντέλα βάθους. Η βαθμονόμηση των ταχυτήτων που χρησιμοποιήθηκαν έγινε κυρίως με βάση τα αποτελέσματα βαθιάς γεώτρησης στην περιοχή του ποταμού Λουδία.

Τα παραπάνω αποτελέσματα καθώς και αντίστοιχα προηγούμενων ερευνητικών εργασιών οδήγησαν στη σύνθεση χάρτη ισοβαθών του αλπικού υποβάθρου και των υπερκείμενων μεταλπικών ιζηματογενών σχηματισμών.

### A B S T R A C T

The southwestern sector of Axios basin, specifically the area South of Koufalia and Pella and Eastwards of Alexandria, is studied by the exploitation of seismic reflection lines.

The used seismic lines were initially interpreted in order to obtain a time model. Using an inversion technique based on ray tracing theory, the time models were converted to depth ones. Velocity calibration was mainly accomplished on the data of a deep borehole at the Loudias river area which was drilled for commercial purposes.

The results of the present study along with the corresponding of other research activity at the area were combined to produce an isodepth map of the alpine basement and the overlain posttectonic sediments.

---

M. Z. LOUKOYANNAKIS, G. N. TSKAS, D. MOUNTRAKIS. A Geological model of the southwest sector of Axios basin as deduced by the interpretation of seismic reflection lines.

\* ΔΕΠ-ΕΚΥ, Κηφισίας 199, Μαρούσι 15124, ΑΘΗΝΑ

\*\* Τομέας Γεωφυσικής, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 54006, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

\*\*\* Τομέας Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54006 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Η περιοχή που μελετάται στην παρούσα εργασία βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων  $40^{\circ}35'$  και  $40^{\circ}45'$  και των μεσημβρινών  $22^{\circ}20'$  και  $22^{\circ}45'$ . Η περιοχή αποτελεί το νοτιοδυτικό χερσαίο τμήμα της λεκάνης του Αξιού, η οποία εκτείνεται κατά μήκος του ποταμού Αξιού, έχει επίμηκες σχήμα, αρχίζει περίπου 70 km βορειοδυτικά της πόλης της Θεσσαλονίκης και επεκτείνεται στον υποθαλάσσιο χώρο του θερμαικτικού κόλπου μέχρι περίπου τα νησιά Σποράδες.

Η λεκάνη του Αξιού τοποθετείται στο χώρο της γεωτεκτονικής ζώνης Αξιού. Σύμφωνα με τις στρωματογραφικές έρευνες της περιοχής (Mercier, 1968, Koufos, 1988, DeBonis et al., 1988) αλλά και σύμφωνα με τα αποτελέσματα βαθειών γεωτρήσεων που έγιναν στην περιοχή από την ΔΕΠ για αναζήτηση υδρογονανθράκων (Lalichos, 1986) τα ιζήματα της λεκάνης μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω ομάδες.

- α) Στις Πλειο-τεταρτογενείς αποθέσεις που είναι κυρίως ψαμμίτες και μάρνες με εναιωρήσεις αργίλων καθώς και κροκαλλοπαγών στα ανώτερα κυρίως στρώματα της ομάδας.
- β) Στους Μειοκαινικούς σχηματισμούς που αποτελούνται από ψαμμίτες και μαρνακά ιζήματα κυρίως χερσαίας και λιμνιαίας φύσης.
- γ) Στα μολασσικά ιζήματα της προϋπάρχουσας "μολασσικής αύλακας Αξιού" που είχε αναπτυχθεί στον εσωτερικό χώρο ορογενειακού τόξου κατά την περίοδο Ηωκαίνου - Ολιγοκαίνου. Τα μολασσικά αυτά ιζήματα είναι κυρίως τοφώδες ασβεστόλιθοι, μάρνες και ψαμμίτες και αποτέθηκαν μετά τον τελικό τεκτονισμό της ορογένεσης με συμφωνία πάνω στα αλπικά πετρώματα της γεωτεκτονικής ζώνης Αξιού που υπέστησαν την αλπική πτύχωση. Τα πετρώματα αυτά της ζώνης είναι για την γειτονική

περιοχή έρευνας κυρίως Τριαδικού κρυσταλλικού ασβεστόλιθοι, οφειόλιθοι και συνοδά ωκεάνια ιζήματα της σχιστοκερατολιθικής διόπλασης, πλαστικά ιζήματα του Ιουρασικού και ασβεστόλιθοι του Άνω Κρητιδικού (Mercier 1968).

Με στρωματογραφική συμφωνία βρίσκονται επίσης τοποθετημένα τα ιζήματα των ομάδων (α) και (β), δηλαδή οι Μειοκαινικές και Πλειο-τεταρτογενείς αποθέσεις, πάνω στα υψοθαλάσσια ιζήματα (γ) και αύλακας Αξιού.

Οι Lalichos and Savoyat (1977) και Lalichos (1986) δημοσίευσαν τις λιθοστρωματογραφικές στήλες γεωτρήσεων που έγιναν στην περιοχή από την ΔΕΠ. Στην τελευταία εργασία δημοσιεύτηκαν χάρτες ισόχρονων της κορυφής της Ηωκαινικής ακολουθίας όπως αυτή προέκυψε από την ερμηνεία σεισμικών καταγραφών.

Γεωφυσικές έρευνες στην περιοχή της λεκάνης για υδρογεωλογικούς σκοπούς διεξήγαγε ο Οικονόμου (1976), οι οποίες όμως περιορίζονται στα επιφανειακά στρώματα. Οι Χανθοπούλιος et al. (1988) έρευνήσαν με την χρήση βαθειών γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων το βόρειο τμήμα της λεκάνης όπου το υπόβαθρο εμφανίζεται σχετικά ρηχά. Ο Κιρίακίδης (1989) χρησιμοποιώντας αερομαγνητικά και βαρυτικά δεδομένα μελέτησε τις πιθανές οφειολιθικές εμφανίσεις κάτω από τα ιζήματα της λεκάνης. Η πλησιέστερη εμφάνιση στην περιοχή που ερευνά η παρούσα εργασία βρίσκεται βορειοανατολικά της και ποσομοιάζεται με παραλληλεπίπεδο διαστάσεων  $15 \times 9 \times 1,5$  km. Το βάθος του, όπως αυτό προέκυψε από ανάλυση του πόσματος ισχύος της μαγνητικής ανωμαλίας υπολογίζεται σε 2,4 km.

Στην παρούσα μελέτη γίνεται επανεπεξεργασία και ερμηνεία τωμών σεισμικής ανάκλασης. Η νέα αυτή προσπάθεια στηρίχθηκε στις λιθοστρωματογραφικές στήλες και τις διαγραφίες δύο βαθειών γεωτρήσεων στην περιοχή που ερευνήθηκε. Τα μοντέλα βάθους προέκυψαν με τη χρήση μιας τεχνικής λύσης του αντίστροφου προβλήματος που βασίζεται στην σκινική θεωρία.

### ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

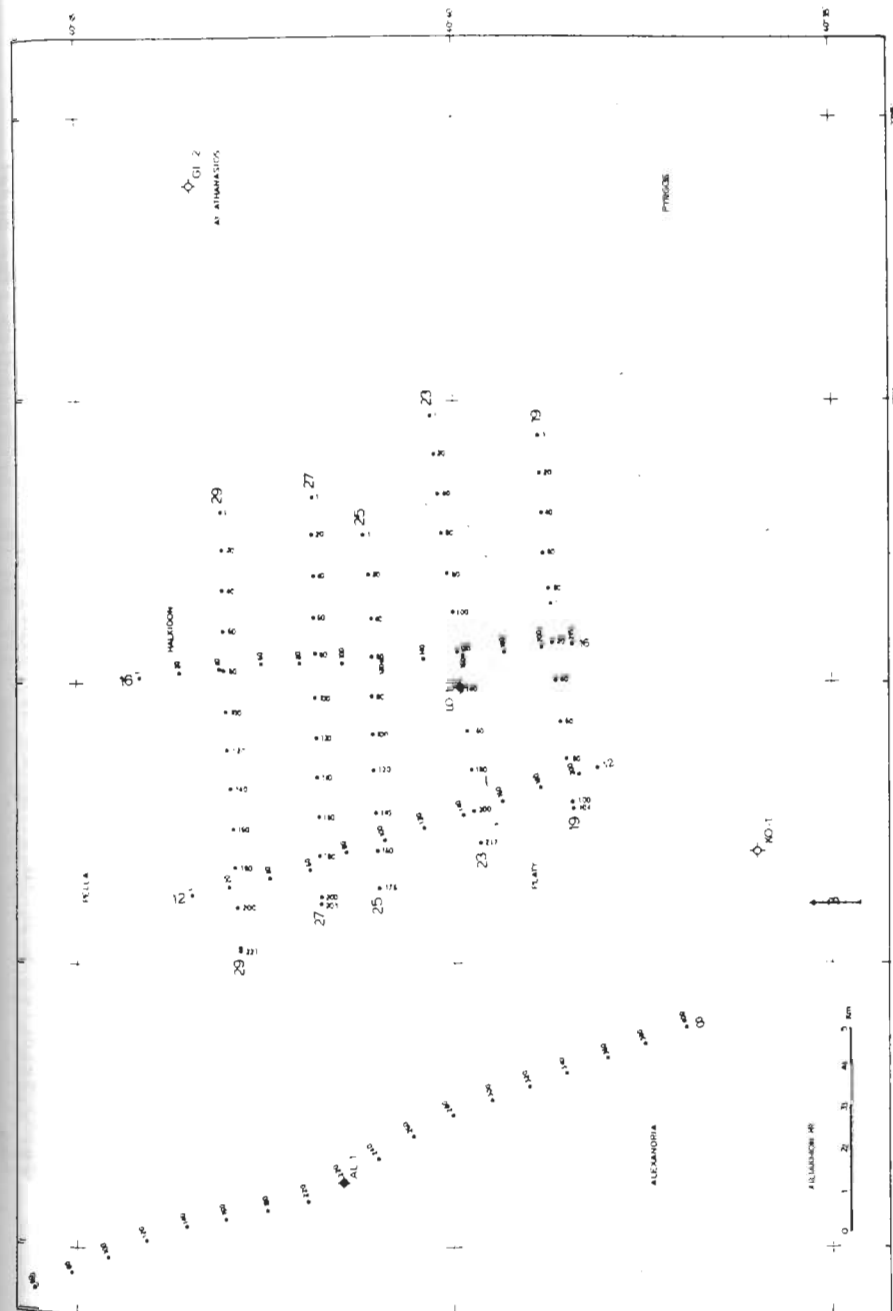
Οι σεισμικές γραμμές που μελετώνται αποτελούν τμήμα ενός ευρύτερου προγράμματος σεισμικής έρευνας της περιοχής της Αλεξάνδρειας που υλοποιήθηκε από την ΔΕΠ το 1979. Οι βασικές παράμετροι αυτής της καταγραφής δίνονται στον παρακάτω πίνακα (1).

Πίνακας 1. Παράμετροι καταγραφής και γεωμετρίας.  
Table 1. Geometrical and recording parameters.

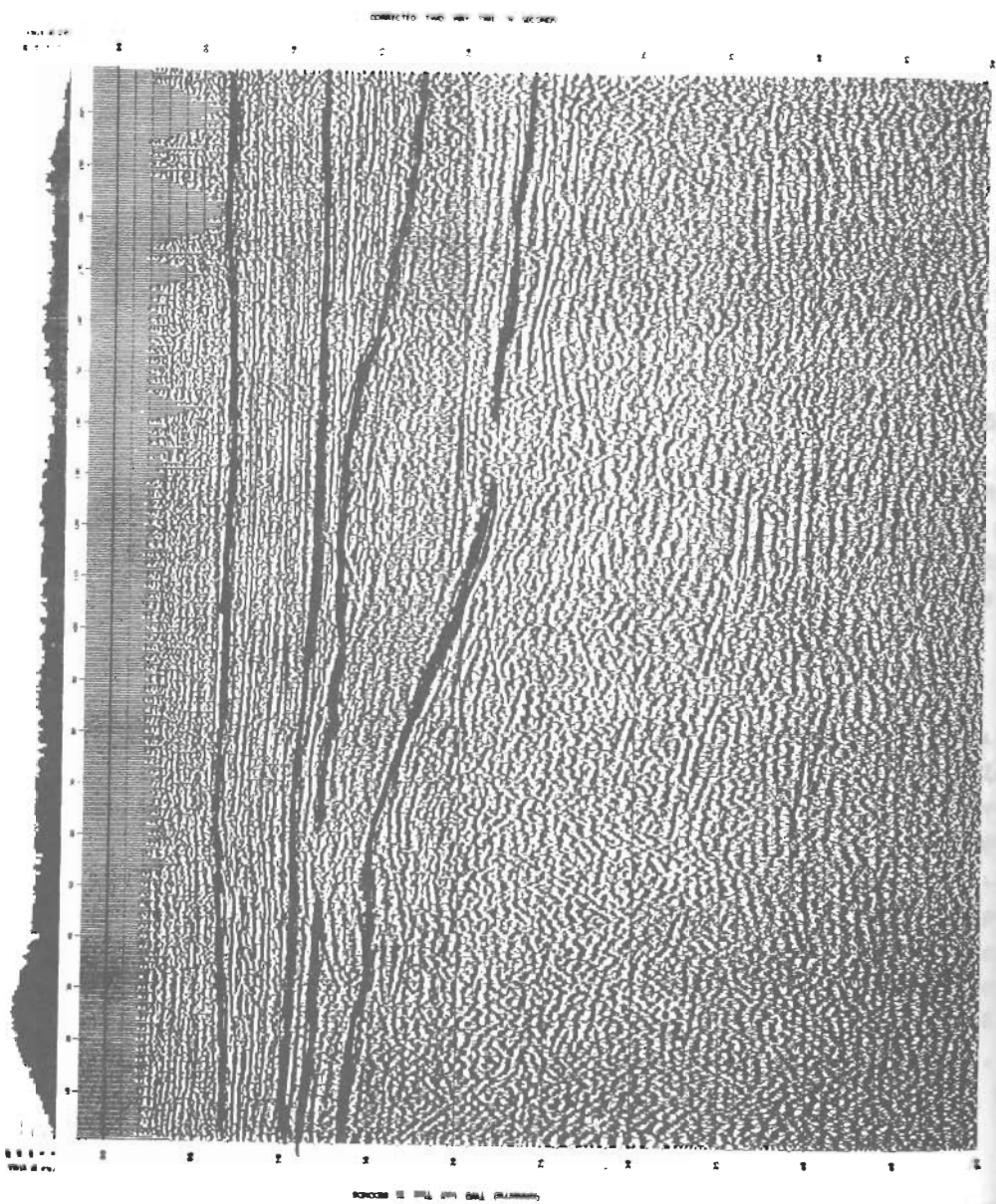
ΠΛΗΘΟΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΙΑΓΥΛΩΝ	48
ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ	5 sec
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	2 msec
ΦΙΛΤΡΟ ΑΠΟΚΟΠΗΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ	8 Hz
ΦΙΛΤΡΟ ΑΠΟΚΟΠΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ	128 Hz
ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	1 36 X 37 48 1800m 50m 50m 600m
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	4 Kg Δυναμίτη
ΒΑΘΟΣ ΕΚΡΗΣΕΩΣ	25m
ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΩΡΗΤΩΝ	24 Γεώφωνα ανά ομάδα

Στο σχήμα (1) δίνεται η θέση των σεισμικών γραμμών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη. Τα σχήματα (2), (3), (4) και (5) αντίστοιχα παρουσιάζουν τις σεισμικές τομές L012, L016, L023 και L029 αντίστοιχα. Στις τομές αυτές έγινε συμβατική επεξεργασία σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται στο επόμενο κεφάλαιο. Οι τομές που παρουσιάζονται στα σχήματα είναι προφανώς λιγότερες όσων χρησιμοποιήθηκαν συνολικά για την παρούσα μελέτη.

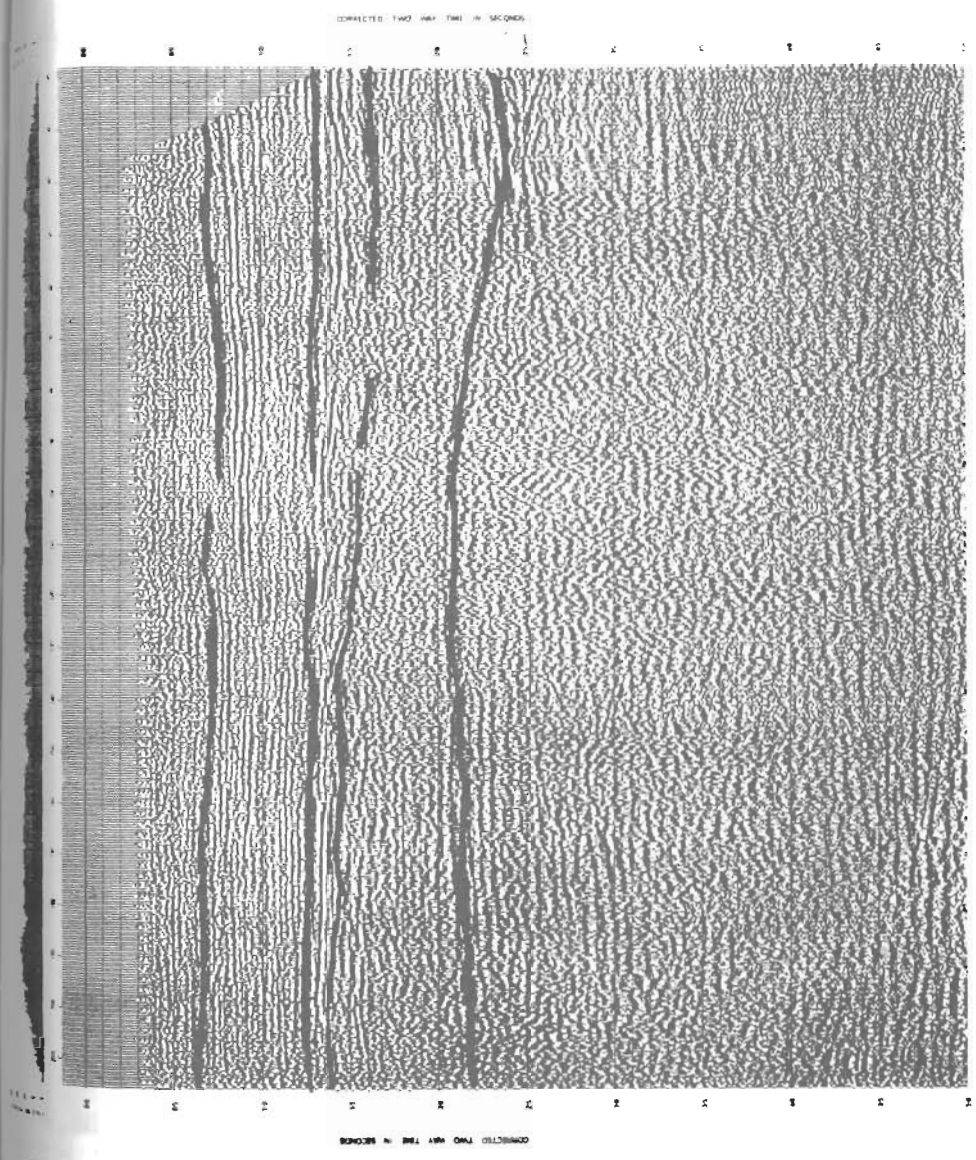
Η συμβατική επεξεργασία των σεισμικών καταγραφών έγινε υπό την εταιρεία SSL και περιλαμβάνει όλα τα γνωστά στάδια επεξεργασίας μέχρι και χωροθέτηση χρόνου. Πριν από την υπέρθεση έγινε χρονομεταβλητή προβλεπτική αποσυνέλιξη, με απόσταση πρόβλεψης 12msec και μήκος αντίστροφου φίλτρου ίσο με 100msec. Προβλεπτική αποσυνέλιξη έγινε και μετά από την υπέρθεση αλλά με απόσταση πρόβλεψης 32msec και μήκος τελεστού 150ms. Η τελική σεισμική τομή υπέρθεσης έχει πολλαπλότητα 1200% (δηλ. κάθε κοινό υπεδαφικό σημείο περιλαμβάνει 12 σεισμικά ίχνη τα οποία μετά της σχετικές διορθώσεις προστίθενται για να δώσουν το τελικό ίχνος υπέρθεσης). Η χωροθέτηση χρόνου έγινε με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών για τη λύση της κυματικής εξίσωσης (Λουκογιαννάκης et al, 1986).



Σχ. 1. Η θέση των σεισμικών γραμμών που χρησιμοποιήθηκαν  
Fig 1. Location of the seismic lines used at the present study.

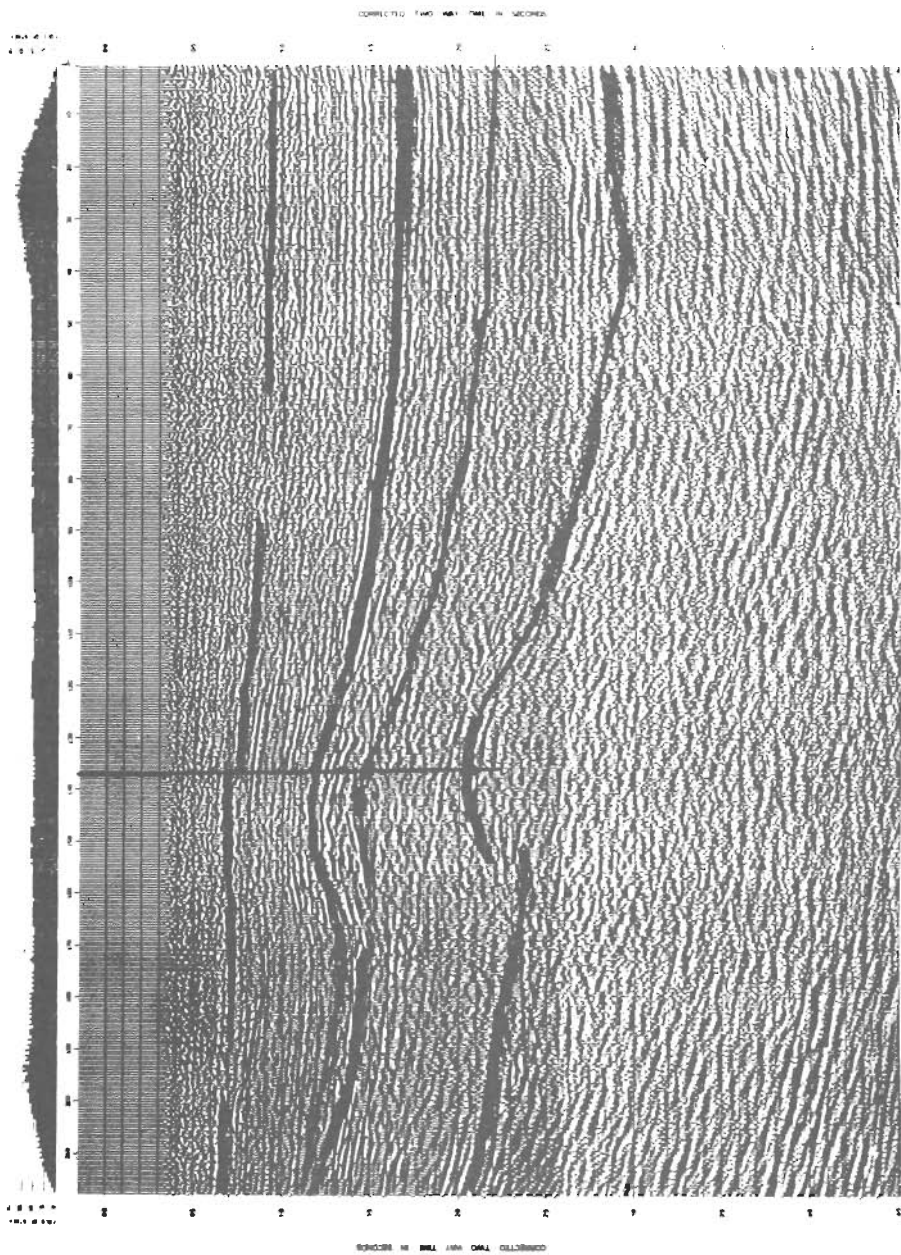


ΣΧ. 2. Σεισμική τμήση L012 και το αντίστοιχο χρονικό μοντέλο.  
 Fig.2. Time section of seismic line L012 and the corresponding time model.

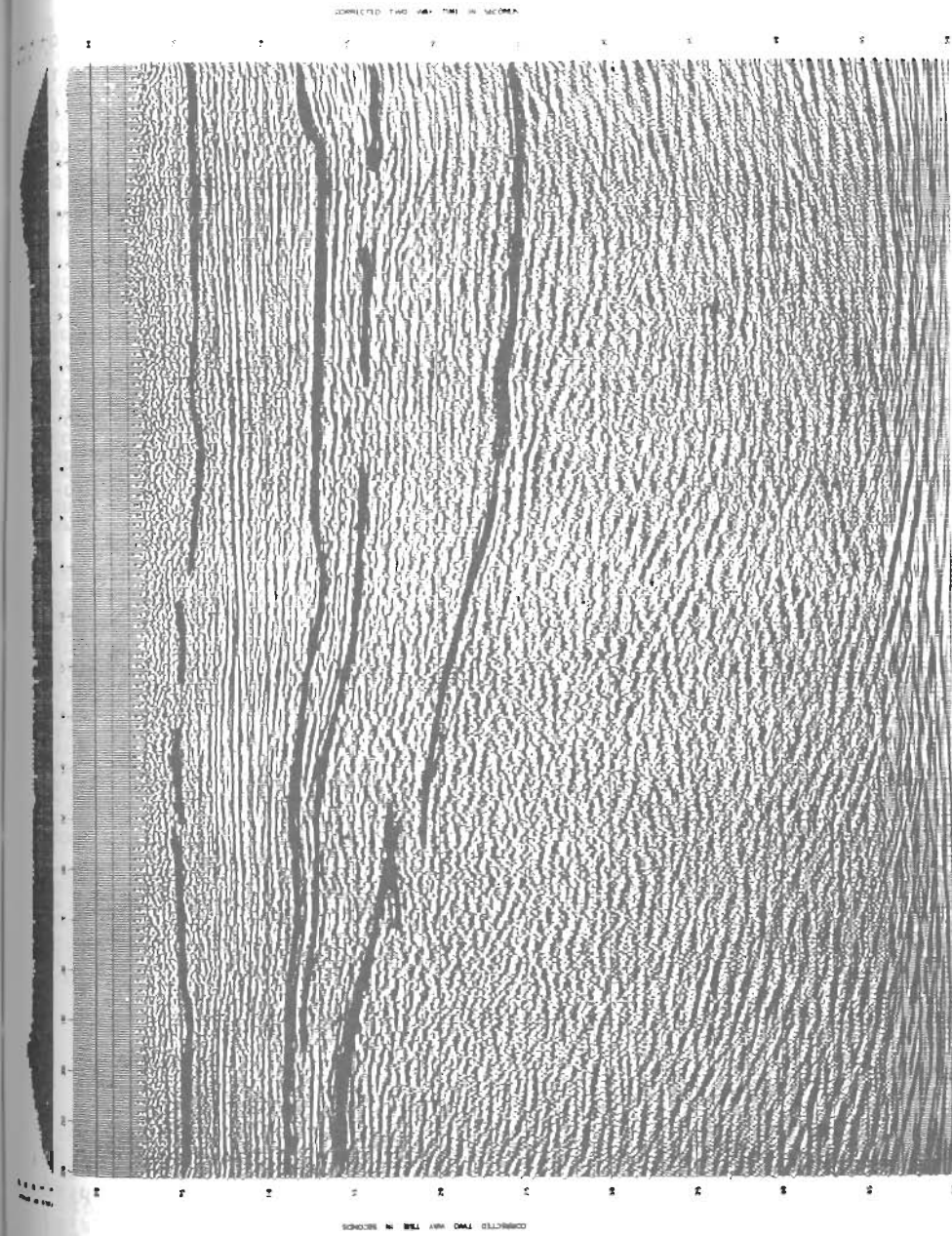


ΣΧ. 3. Σεισμική τμήση L016 και το αντίστοιχο χρονικό μοντέλο.  
 Fig 3. Time section of seismic line L016 and the corresponding time model.





Σχ. 4. Σεισμική τμήση L023 και το αντίστοιχο χρονικό μοντέλο. Η θέση της γεώτρησης σημειώνεται με συνεχή γραμμή.  
 Fig.4. Time section of seismic line L023 and the corresponding time model. The borehole location is annotated with solid line.



Σχ. 5. Σεισμική τμήση L029 και το αντίστοιχο χρονικό μοντέλο.  
 Fig 5. Time section of line L029 and the corresponding time model

Η ερμηνεία των σεισμικών οριζόντων, όπως αυτή εμφανίζεται στα σχήματα (2), (3), (4) και (5), βασίζεται εν πολλοίς στην μελέτη της λεκάνης που έγινε από τον Αλεξιάδη (1988). Επίσης ο Λαλεχός (1986) ερμηνεύει την δομή "Λουδίας" ως επώθηση και παραθέτει σχηματικά τα αποτελέσματα της γεώτρησης που έγινε πάνω στη δομή. Η γεώτρηση αυτή αποτέλεσε και βασικό οδηγό για τη βαθμονόμηση των αποτελεσμάτων της αντιστροφής των οριζόντων που ερμηνεύσαμε.

Στόχος της ειδικής επεξεργασίας των σεισμικών τομών ήταν η δημιουργία ενός μοντέλου βάθους της λεκάνης όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστου. Ένα τέτοιο μοντέλο θεωρείται απαραίτητο στις περιπτώσεις όπου στην περιοχή έρευνας υπάρχουν έντονα τεκτονικά γεγονότα (επωθήσεις, διαπυρισμοί, ρήγματα κλπ) ώστε οι σεισμικές τομές χρόνου να μη δίνουν διαστρεβλωμένη εικόνα της υπεδιαφικής πραγματικότητας (Γρηγορίου και άλλοι, 1988). Η όλη διαδικασία επομένως είναι ουσιαστικά μία μέθοδος αντιστροφής που αποσκοπεί στη χωροθέτηση των ερμηνευμένων σεισμικών ανακλασεων.

Η αντιστροφή βασίζεται στην απεικόνιση των ακτίνων κάθετης πρόσπτωσης (normal incidence rays) στην περίπτωση που οι οριζόντες χρόνου προέρχονται από σεισμική τομή υπέρθεσης (May and Covey, 1981). Εάν οι οριζόντες προέρχονται από χωροθέτηση χρόνου η αντιστροφή βασίζεται στις εικονικές ακτίνες (image rays), (Larner et al, 1981). Η τεχνική που χρησιμοποιείται απαιτεί την απεικόνιση των ακτίνων μέσα στο υπέδαφος έτσι ώστε ο χρόνος διαδρομής τους να είναι ίσος με τον χρόνο της ανάκλασης που δίνει η σεισμική τομή. Αφού καθορισθεί η αρχική γωνία της ακτίνας, η διαδρομή της πλέον εξαρτάται από το μοντέλο ταχυτήτων. Για τις εικονικές ακτίνες η αρχική γωνία είναι πάντα κάθετη στην επιφάνεια του μοντέλου (κατακόρυφη), για τις ακτίνες κάθετης πρόσπτωσης, η αρχική γωνία, α, (σχετικά με την κατακόρυφο) δίνεται από τη σχέση

$$\sin(a+d) = -\frac{V}{2} \frac{dt}{dx}$$

όπου V είναι η ταχύτητα ακριβώς κάτω από το σημείο εκκίνησης της ακτίνας, dt/dx είναι η κλίση (time slope) της ανάκλασης στη σεισμική τομή στο αντίστοιχο υπεδιαφικό σημείο και d η γεωλογική κλίση (dip) της ανακλαστικής επιφάνειας.

Η όλη διαδικασία ξεκινά με τον καθορισμό μιας ταχύτητας αμέσως κάτω από την επιφάνεια και μέχρι τον πρώτο ανακλαστήρα. Οι αντίστοιχες ακτίνες απεικονίζονται και τα κάτω άκρα τους αποτελούν το οδηγό για τη χάραξη του ανακλαστήρα στο μοντέλο βάθους. Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζεται ο καθορισμός της ταχύτητας του επόμενου στρώματος, η απεικόνιση των ακτίνων και η χάραξη του επόμενου οριζόντα κ.ο.κ. μέχρις ολοκλήρωσης του μοντέλου.

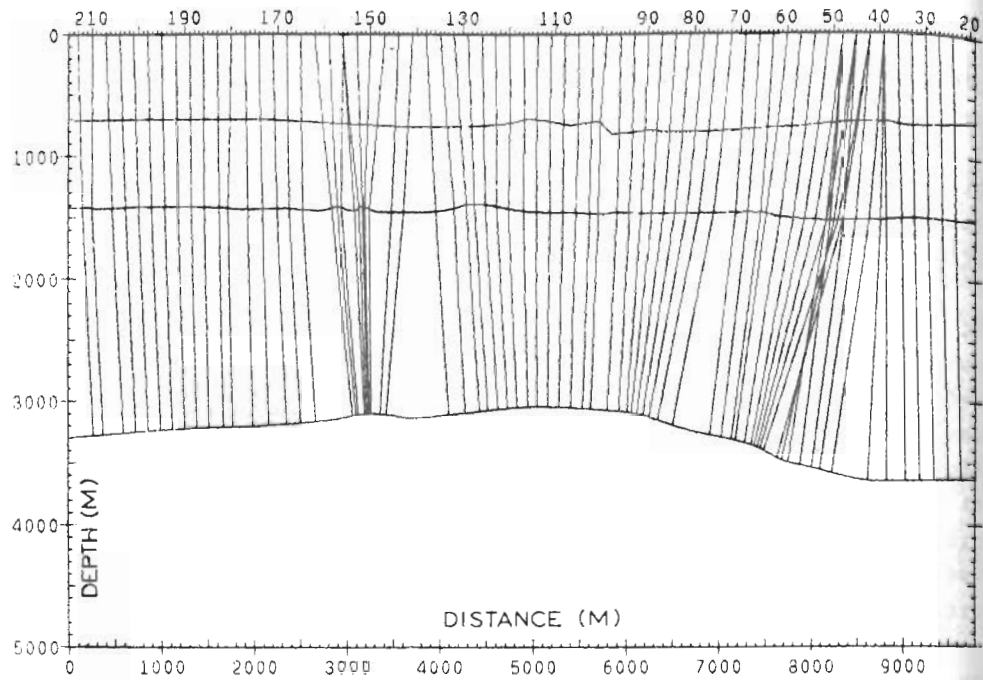
Οι σεισμικές ταχύτητες που απαιτούνται για την εφαρμογή της μεθόδου μπορούν να ληφθούν είτε από γεωτρήσεις είτε από τη συμβατική επεξεργασία της σεισμικής τομής είτε, το συνηθέστερο, με συνδυασμό τέτοιων πληροφοριών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν τιμές ταχυτήτων διαδοσης σεισμικών κυμάτων που προήλθαν από τη συμβατική ανάλυση ταχυτήτων των σεισμικών δεδομένων και από τη γεώτρηση Λουδίας 1 (Λαλεχός, 1986). Οι τελικές τιμές ταχυτήτων που χρησιμοποιήθηκαν είναι προφανώς οι μέσες τιμές των διαφόρων σχηματισμών και είναι οι ίδιες για όλα τα μοντέλα ώστε αυτά να είναι μεταξύ τους συμβατά.

Χρησιμοποιήθηκαν και τα δύο είδη ακτίνων που αναφέρθηκαν παραπάνω επειδή οι σεισμικές γραμμές που υπήρχαν διαθέσιμες δεν ήταν ομοειδής (σε μερικές περιπτώσεις υπήρχε η χωροθέτηση χρόνου ενώ σε άλλες υπήρχε μόνο η τομή υπέρθεσης). Ενδεικτικά στα σχήματα (6) και (7) παρουσιάζονται μερικές ακτίνες ώστε να γίνει πιο έμφανής η διαδικασία αντιστροφής. Τα εισαγόμενα μοντέλα χρόνου παρήχθησαν από την ψηφιοποίηση των ερμηνευμένων οριζόντων πάνω στις σεισμικές τομές (σχ. 2,3,4,5). Τα τελικά μοντέλα βάθους ταχυτήτων παρατίθενται στα σχήματα (8) έως (11).

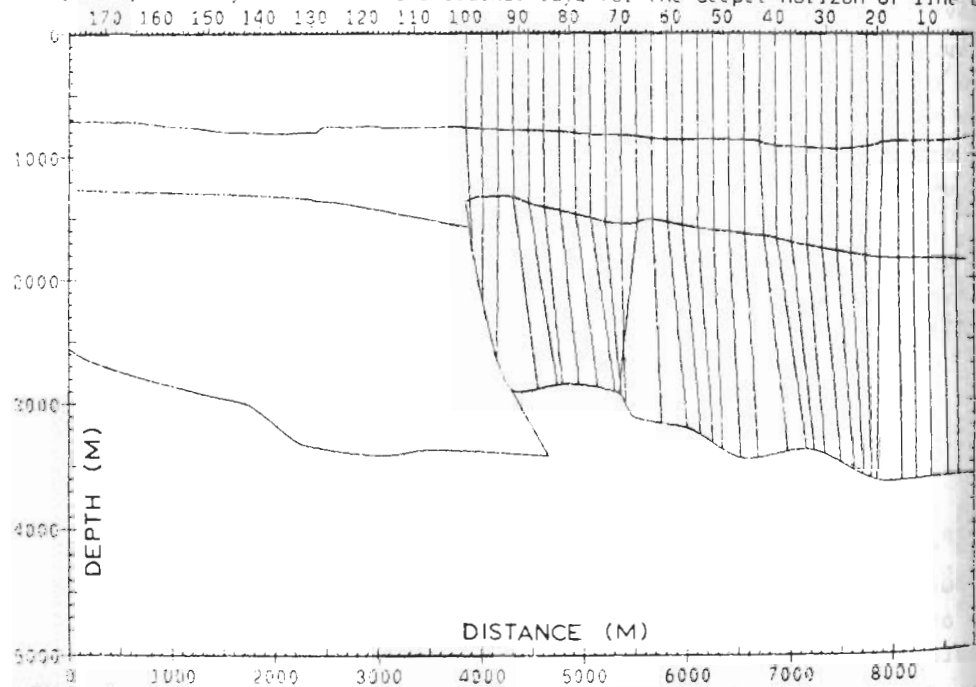
Η όλη διαδικασία έγινε στο κέντρο Η/Υ της ΔΕΠ-ΕΚΥ Α.Ε. σε ανεξάρτητο τερματικό σταθμό (graphics workstation) με τη χρήση προγράμματος της Western Geophysical Company (Lynn and McSwain, 1983).

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

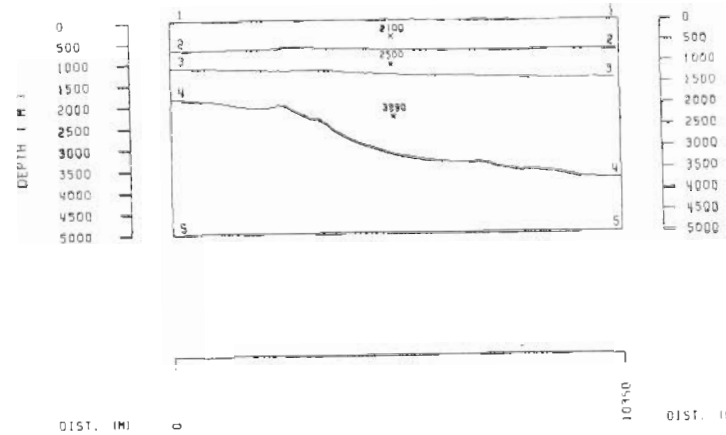
Η βαθμονόμηση των ταχυτήτων έγινε με βάση την γεώτρηση της ΔΕΠ-ΕΚΥ με το όνομα "ΛΟΥΔΙΑΣ 1" η οποία συμπίπτει με τον αριθμό σταθμού 137 της σεισμικής τομής L023. Χρησιμοποιήθηκαν τόσο η στρωματογραφική στήλη όσο και οι ακουστικές διαγραφίες έτσι ώστε να αποδωθούν ασφαλέστερα οι ταχύτητες διαστημάτων. Από την διαδικασία αυτή προέκυψαν οι τιμές που καταχωρούνται στον πίνακα (2).



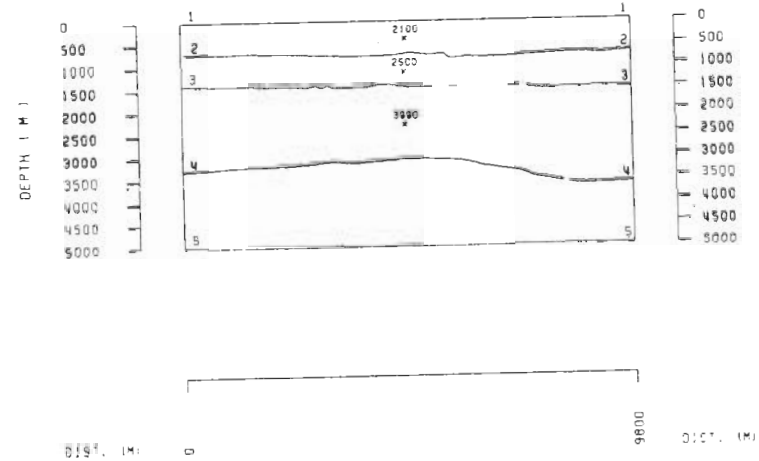
Σχ.6. Απεικόνιση ακτίνων κάθετης πρόσπτωσης στον βαθύτερο ορίζοντα για την τομή L016.  
Fig.6.Ray tracing of the normal incidence rays for the deeper horizon of line L016.



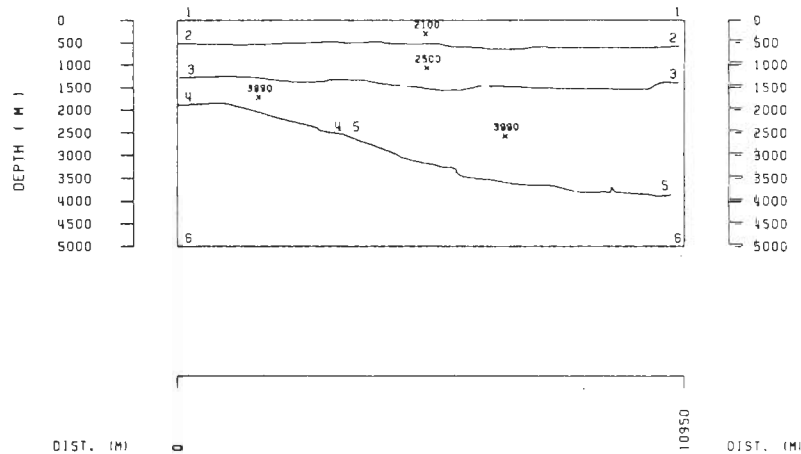
Σχ.7. Απεικόνιση της διαδρομής των σεισμικών εικονικών ακτίνων για την τομή L025.  
Fig.7.Ray tracing of the image rays for the right segment of the deeper horizon of line L025.



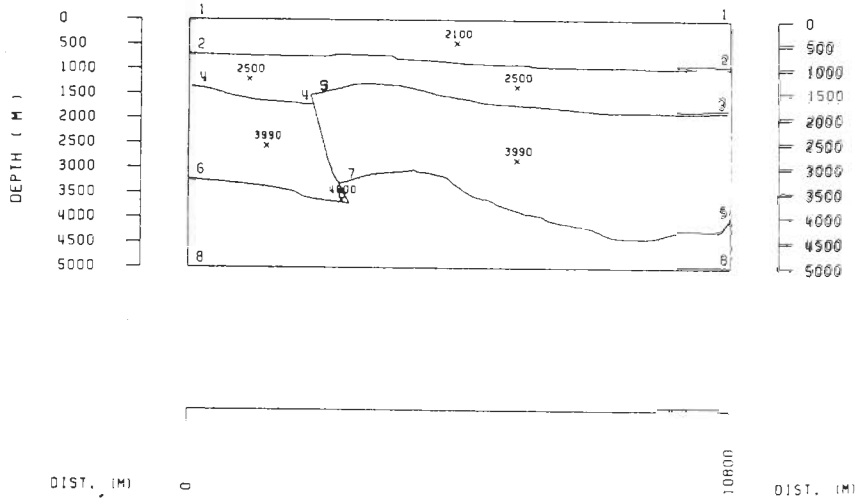
Σχ. 8. Μοντέλο βαθών και ταχυτήτων για την τομή L012.  
Fig.8.Velocity and depth model for line L012.



Σχ. 9. Μοντέλο βαθών και ταχυτήτων για την τομή L016.  
Fig.9. Velocity and depth model for line L016.



Σχ. 10. Μοντέλο βαθών και ταχυτήτων για την τομή L023.  
Fig.10. Velocity and depth model for line L023.



Σχ. 11. Μοντέλο βαθών και ταχυτήτων για την τομή L029.  
Fig.11. Velocity and depth model for line L029.

Πίνακας 2. Ταχύτητες διάδοσης σεισμικών κυμάτων στους σχηματισμούς της περιοχής που μελετήθηκε.

Table 2. Seismic wave velocities at the formations of the studied area.

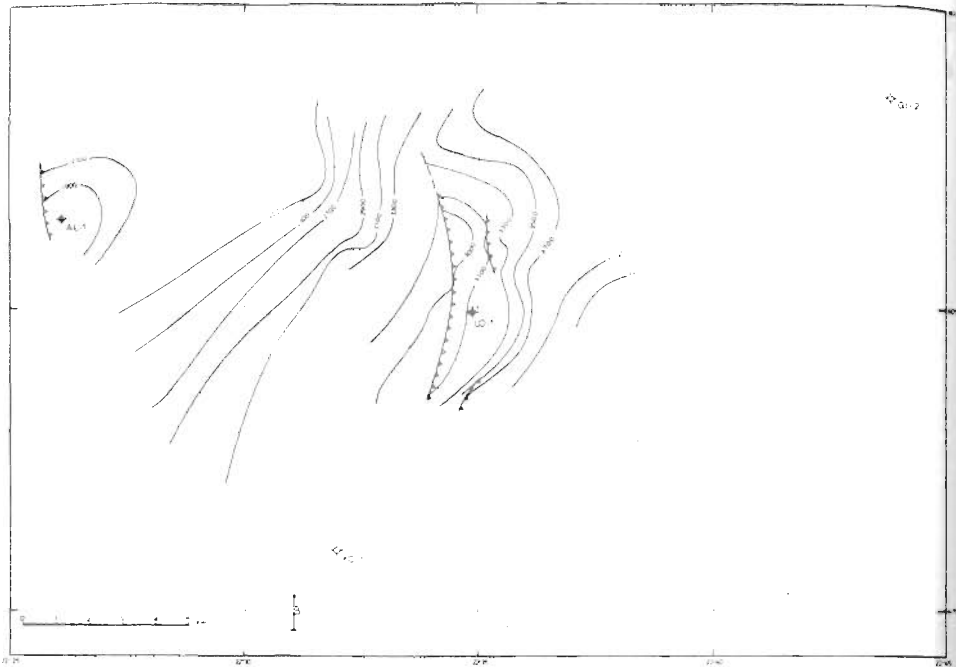
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ (m/sec)	ΠΑΧΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ "ΛΟΥΔΙΑ1" (m)
Πλειοτεταρτογενές	2100	725
Μειόκαινο	2500	785
Ηωκαινικοί- Ολιγοκαινικοί σχηματισμοί	3990	1537
Αλπικό Υπόβαθρο	4800	-

Γενικά παρατηρείται βύθιση του αλπικού υπόβαθρου στο νότιο και ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Οι υπερκείμενοι Ηωκαινικοί Ολιγοκαινικοί σχηματισμοί επικάθηνται σε ασυμφωνία με το υπόβαθρο.

Στο σχήμα (12) παρουσιάζεται χάρτης ισοβαθών της οροφής του υπόβαθρου. Το εντονότερο στοιχείο του χάρτη είναι η παρουσία εξαρματικής δομής η οποία φαίνεται να αναθολώνει το υπόβαθρο στην περιοχή της γεώτρησης "ΛΟΥΔΙΑΣ 1". Για την ακρίβεια των γεγονότων, η παρουσία της δομής αυτής οδήγησε στη διάνοιξη της γεώτρησης. Η δομή αυτή που ονομάστηκε "δομή του Λουδία" οφείλεται σε εφίππευση που παρατηρείται στο αλπικό υπόβαθρο και παρουσιάζεται έντονα στη σεισμική τομή L023 τόσο στο στάδιο της υπέρθεσης (σχ.4) όσο και στο μοντέλο βάθους. Η εφίππευση προεκτείνεται βόρεια, τουλάχιστον ως την τομή L027, σύμφωνα με την ερμηνεία που επιχειρήσαμε. Η τομή L016 εκτελέστηκε πάνω στα υψηλότερα σημεία του φαινομένου αυτού ενώ η τομή L012 στα χαμηλά σημεία.

Σύμφωνα με τις ενδείξεις που παρουσιάζονται στις σεισμικές τομές L023, L025, L027 η τεκτονική δράση που δημιουργήσε το ανείκλινο θα πρέπει να έχει επηρεάσει και τους υπερκείμενους Ηωκαινικούς - Ολιγοκαινικούς σχηματισμούς. Το φαινόμενο αυτό λήφθηκε υπόψη στην κατασκευή των μοντελών βάθους τα οποία προσαρμόστηκαν ανάλογα. Τα σεισμικά μοντέλα που περιλαμβάνουν μια τέτοια υπόθεση





Σχ.12. Χάρτης ισοβαθών της κορυφής του Αλπικού υπόβαθρου. Οι ισοβαθείς είναι σε μέτρα.

Fig.12. Isodepth map of the top of the Alpine basement. Contours are in m.

συμπεριφέρονται πολύ καλά. Δηλαδή, δίδεται λύση στο αντίστροφο πρόβλημα και ταυτόχρονα ικανοποιούνται οι περιορισμοί που τίθενται από την υπάρχουσα γεώτρηση. Παρόλα αυτά, δεν συνιστούν ικανοποιητικές αποδείξεις ενός τέτοιου γεγονότος. Υπάρχουν όμως κάποιες ενδείξεις που προκύπτουν από την ερμηνεία των σεισμικών γραμμών.

Ρήγματα βαρύτητας παρατηρούνται ανατολικά της "δομής του Λουδία". Οι διαρρήξεις αυτές παρατηρούνται στις παρυφές της αντικλινικής δομής.

Επίπτωση παρατηρείται και κατά μήκος της τομής L08. Στην αντίστοιχη αντικλινική μορφή που παρουσιάζεται στο δυτικό τμήμα του σχήματος (12) διανοίχτηκε γεώτρηση με το όνομα "Αλεξάνδρεια 1". Σύμφωνα με την ακουστική διαγραφή της γεώτρησης αυτής προέκυψαν οι παρακάτω ταχύτητες διαστημάτων:

α) Πλειοτεταρτογενείς	2030m/sec
β) Μειόκαινο	2400m/sec
γ) Ηωκαινικοί και Ολιγόκαινικοί σχηματισμοί	3700m/sec
δ) Αλπικό υπόβαθρο	4750m/sec

Παρατηρείται δηλαδή μια ελαφρά διαφοροποίηση ως προς της ταχύτητες που προέκυψαν από τη γεώτρηση "Λουδία 1". Με βάση τις ταχύτητες αυτές κατασκευάστηκε το αντίστοιχο μοντέλο βάθους και συμπεριλήφθηκε στη σύνθεση του χάρτη του σχήματος (12).

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το μέσο βάθος στην περιοχή που ερευνήθηκε είναι της τάξης των 3.000m. Εμφανίζονται έντονες πτυχώσεις του αλπικού υπόβαθρου με την παρουσία δύο αντικλινών δομών. Οι ανάστροφες διαρρήξεις κυριαρχούν στην περιοχή αλλά εμφανίζονται και μικρού μήκους κανονικά ρήγματα.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΙΑΔΗΣ, Χ. (1988). Πετρελαιογεωλογική μελέτη λεκάνης Κατερίνης Θεσσαλονίκης. - ΔΕΠ-ΕΚΥ Α.Ε. (εσωτερική δημοσίευση).
- BONIS, de L.-BOUVRAIN, G. & KOUFOS, G.D. (1988). Late mammal localities of the lower Axios valley (Macedonia, Greece) and their stratigraphic significance. *Modern Geology*, 13, 141-147.
- ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ, Ι.- ΛΟΥΚΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ, Μ. & ΜΗΤΣΑΚΗΣ, Δ. & ΤΥΡΑΣΚΗΣ, Π. (1988). Ακτινική και κυματική θεωρία στην ερμηνεία τεκτονικών γεγονότων. 4ο Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας Αθήνα.
- KOUFOS, G.D. (1988). The hipparions of the Axios valley (Macedonia, Greece). Implications for the Neogene stratigraphy and evolution of hipparions. *ARW European Neogene Mammal Chronology* (in press).
- KYRIAKIDIS, L.G. (1989). The Vardar ophiolite: a continuous belt under the Axios basin sediments. *Geophys. J. Int.*, 98, 203-212.
- LALECHOS, N. (1986). Correlations and Observations in Molassic sediments in onshore and offshore areas of Northern Greece *Mineral Wealth*, 42, 7-34.
- LALECHOS, N.- SAVOYAT, ED. La sédimentation Néogène dans le Fossé Nord Egéen. *VI Colloquium on Geology of the Aegean Region*, Vol.1, 591-603.
- LARNER, K.- HATTON, L. & GIBSON, B. & HSU, I. (1981). Depth migration of imaged time sections. *Geophysics*, 46, 734-750.
- LARNER, K.- HATTON, L. & GIBSON, B. (1981). Migration of seismic data from inhomogeneous media. *Geophysics*, 46, 751-767.
- ΛΟΥΚΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ, Μ. - ΕΥΓΕΝΗΣ, Δ. & ΤΥΡΑΣΚΗΣ, Π. (1986). Σύγχρονες τάσεις στη χωροθέτηση σεισμικών τομών. 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής, Αθήνα.
- MAY, B.-CONEY, J.D. (1981). An inverse method for computing geologic structures from seismic reflections: zero offset case *Geophysics*, 46, 268-287.
- MERCIER, J. (1968). Etude géologique des zones internes des Hellenides en Macédoine centrale (Grèce). Contribution à l'étude du métamorphisme et de l'évolution magmatique des zones internes des Hellenides. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 20, 1-792.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ, Ρ. (1976). Geoelectrical prospecting in Axios basin. *J.G. M.R. Report*, No 2252.
- XANTHOPOULOS, N.- TSOKAS, G.N. & NIKOLAOU, S. & KIRIAKIDIS, L. G. Geophysical investigations at the Northern side of the Axios River basin (N. Greece). Paper submitted to *Bulgarian Geophysical Journal*.