

Πρακτικά		του	Συνεδρίου	Μάιος 1992	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.		σελ.		Αθήνα
		XXVIII/2		525-534	1993
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.		pag.		Athens

ΜΕΛΕΤΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΓΕΝΕΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΝΕΣΤΟΥ-ΠΡΙΝΟΥ. ΝΕΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΩΝ ΓΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

Ε.ΧΙΩΤΗΣ

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Η γένεση της λεκάνης Νέστου-Πρίνου αποδίδεται σε εφελκυστική τεκτονική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ που συνοδεύτηκε από οριζόντια μετατόπιση 12 km κατά μήκος του ρήγματος Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής. Η ιζηματογένεση άρχισε κατά το Σερραβάλλιο (?) εντός μικρής λεκάνης τύπου pull-apart, όταν το horst των Αβδήρων λειτούργησε σαν κλείστρο.

Η επακόλουθη διάδοση της εφελκυστικής τεκτονικής προς τα ΝΔ κατά το Τορτόνιο οδήγησε στο σχηματισμό της λεκάνης Νέστου-Πρίνου. Στη φάση αυτή σχηματίσθηκαν περιστραμμένα τεκτονικά τεμάχια που προσφέρουν ευνοϊκές προοπτικές για τον σχηματισμό κοιτασμάτων πετρελαίου στα βαθύτερα ιζήματα της λεκάνης.

A B S T R A C T

The formation of the Nestos-Prinos basin is ascribed to the NE-SW extensional tectonics associated with a 12 km displacement along the Kavala-Xanthi-Komotini strike-slip fault. The sedimentation was initiated during the Serravallian (?) in a small pull-apart basin, when the fault displacement was impeded by a curvature at the place of the Avdhira horst. The subsequent SW propagation of extension during Tortonian caused the Nestos-Prinos basin formation. Titled fault blocks activated during this stage of lithospheric thinning created favourable conditions for the formation of oil deposits.

* ΙΓΜΕ, Μεσογείων 70, 115 27 Αθήνα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κεντρικό πρόβλημα στη μελέτη γένεσης ιζηματογενών λεκανών είναι η κατανόηση του μηχανισμού με τον οποίο σχηματίζεται ο χώρος εναπόθεσης των ιζημάτων. Στην απλούστερη περίπτωση η ιζηματογένεση γίνεται σε περιοχές με χαμηλό γεωμορφολογικό ανάγλυφο. Το φορτίο των αποτιθεμένων ιζημάτων προκαλεί την βαθμιαία ισοστατική σύνιζηση του υποβάθρου της λεκάνης και τοιουτοτρόπως επαυξάνει τον διαθέσιμο χώρο εναπόθεσης.

Το μέγιστο πάχος ιζημάτων κατά την πλήρωση γεωμορφολογικών λεκανών, υπό συνθήκας ισοστατικής ισορροπίας, είναι περίπου τριπλάσιο από το αρχικό βάθος της λεκάνης. Συνηθέστερα όμως, πέρα από την ισοστατική βύθιση, στη γένεση των ιζηματογενών λεκανών υπεισέρχεται σε σημαντικό βαθμό και η τεκτονική σύνιζηση του υποβάθρου.

Με τον όρο τεκτονική σύνιζηση, σύμφωνα με τον Sawyer (1985) νοείται το μέρος της βύθισης του φλοιού που δεν συνδέεται με το φορτίο των αποτιθεμένων ιζημάτων, τις ευστατικές μεταβολές της στάθμης της θαλάσσης ή άλλα εξωτερικά φαινόμενα. Η τεκτονική σύνιζηση των ιζηματογενών λεκανών μπορεί να οφείλεται :

- i) στην κάμψη της λιθόσφαιρας υπο την επίδραση τεκτονικών δυνάμεων ή τεκτονικών φορτίων.
- ii) στην θερμική συστολή της λιθόσφαιρας, όπως κατ'έξοχήν συμβαίνει με την νεοσχηματιζόμενη ωκεάνιο λιθόσφαιρα και
- iii) στην λέπτυνση του φλοιού λόγω διάβρωσης ή εφελκυστικής τεκτονικής.

Ο συνδυασμός εφελκυστικής τεκτονικής και θερμικής σύνιζησης (σύνιζησης λόγω θερμικής συστολής) αποτελεί τη βάση πολλών γεωδυναμικών προτύπων, που επιχειρούν την ερμηνεία του μηχανισμού γένεσης ιζηματογενών τάφρων. Ο Sleep (1971) επισήμανε πρώτος τις ομοιότητες μεταξύ της θερμικής ιστορίας των ηπειρωτικών περιώριων Ατλαντικού τύπου και του ωκεάνιου φλοιού και απέδωσε τη σύνιζηση του ηπειρωτικού φλοιού σε θερμική συστολή της λιθόσφαιρας. Την μείωση του πάχους του φλοιού απέδωσε ο Sleep είτε στην επιφανειακή διάβρωση, είτε σε φαινόμενα στη βάση του φλοιού.

Ο McKenzie (1978) πρότεινε σαν μηχανισμό λέπτυνσης τον ταυισμό ηπειρωτικής λιθόσφαιρας, δεχόμενος μάλιστα ομοιόμορφη, λέπτυνση συνέπεια εφελκυστικής τεκτονικής. Τούτο συνεπάγεται παθητική διεύδυση ασθενόσφαιρας στην περιοχή της λεπτύνσεως λιθόσφαιρας και θερμική διαταραχή. Στο θεωρητικό πρότυπο του McKenzie η λέπτυνση της λιθόσφαιρας θεωρείται ακαριαία και συνοδεύεται από απότομη αρχική βύθιση της νεοσχηματιζόμενης ιζηματογενούς λεκάνης. Στη συνέχεια, η βαθμιαία απόψυξη συνεπάγεται στερεοποίηση της ασθενόσφαιρας που διεύδυσε και θερμική σύνιζηση της λιθόσφαιρας.

Για τοπική ισοστατική ισορροπία, η αρχική τεκτονική βύθιση και η ολική θερμική σύνιζηση (σε άπειρο χρόνο) δίδονται από απλές σχέσεις, συναρτήσεως του συντελεστού λέπτυνσης, προκειμένου για ομοιόμορφη λέπτυνση της λιθόσφαιρας (Le Pichon et al., 1982). Το απλό πρότυπο ομοιόμορφης λιθόσφαιρικής λέπτυνσης έχει εφαρμοσθεί με επιτυχία στη Βόρειο θάλασσα και σε διάφορες λεκάνες της υφαλοκρηπίδας. Εν τούτοις, σε αρκετές περιοχές η παρατηρούμενη λέπτυνση του φλοιού και η αρχική βύθιση είναι πολύ μικρότερες από τις προβλέψεις του προτύπου ομοιόμορφης λέπτυνσης. Για την ερμηνεία των παρατηρήσεων αυτών οι Sclater et al. (1980) και οι Royden & Keen (1980) συμπεραίνουν μεγαλύτερη λέπτυνση του κατώτερου φλοιού και του λιθόσφαιρικού μανδύα.

Οι Le Pichon & Sibuet (1981) ερωρούν ότι με την σχετικά πτωχή ποιότητα δεδομένων για την δομή της λιθόσφαιρας δεν υπάρχει λόγος να επεκταθεί η θεωρία της ομοιόμορφης λέπτυνσης. Η ομοιόμορφη λέπτυνση μεταβάλλεται με το βάθος.

ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΛΕΠΤΥΝΣΗ ΣΤΟ ΑΙΓΑΙΟ

Την λέπτυνση του πάχους του φλοιού του Αιγαίου, που τεκμηριώνεται από σεισμικές έρευνες διάθλασης (Makris, 1977) απέδωσε ο McKenzie (1978) σε εφελκυστική τεκτονική και υπελόγισε συντελεστή λέπτυνσης της λιθόσφαιρας (αρχικό πάχος λιθόσφαιρας προς τελικό) $\beta \approx 2$. Οι Le Pichon & Angelier (1979) συμπεραίνουν ότι, είτε βάσει άμεσων γεωλογικών παρατηρήσεων, είτε βάσει έμμεσων εκτιμήσεων του πάχους του φλοιού, η συνολική λέπτυνση στο Αιγαίο είναι της τάξεως των 30 έως 40 % ($\beta = 1,3$ έως $1,4$). Ειδικότερα για το Κρητικό Πέλαγος, οι Angelier et al. (1982) υπολογίζουν ότι ο συντελεστής λιθόσφαιρικής λέπτυνσης μετά το Μέσο Μειόκαινο, βάσει του προτύπου του McKenzie (1978), ανέρχεται σε $\beta \approx 1,7$, ενώ βάσει κινηματικής ανασύνθεσης καταλήγουν σε παραπλήσια τιμή (1,65).

Οι Le Pichon et al. (1985) θεωρούν ότι από του ανωτέρου Μειόκαινου οι ιζηματογενείς λεκάνες του Βόρειου Αιγαίου (θερμαϊκός Κόλπος, Σποράδες, Καβάλα) υπέστησαν συνίζηση υπό καθεστώς εφελκυστικής τεκτονικής, που άρχισε πριν από 10 Ma περίπου. Βάσει γεωλογικών και γεωφυσικών δεδομένων υπελόγισαν τον συντελεστή λιθόσφαιρικής λέπτυνσης κατά μήκος τομής μεταξύ Βορείων Σποράδων και Σιωνίας. Κατέληξαν σε πολύ υψηλές τιμές (β έως 3,5) και βάσει αυτών θεωρούν ότι στην περιοχή μεγίστης λέπτυνσης, στην τάφρο του Βόρειου Αιγαίου πλησίον των Β. Σποράδων, η ασυμφωνία Moho ευρίσκεται σε βάθος μόλις 15 km.

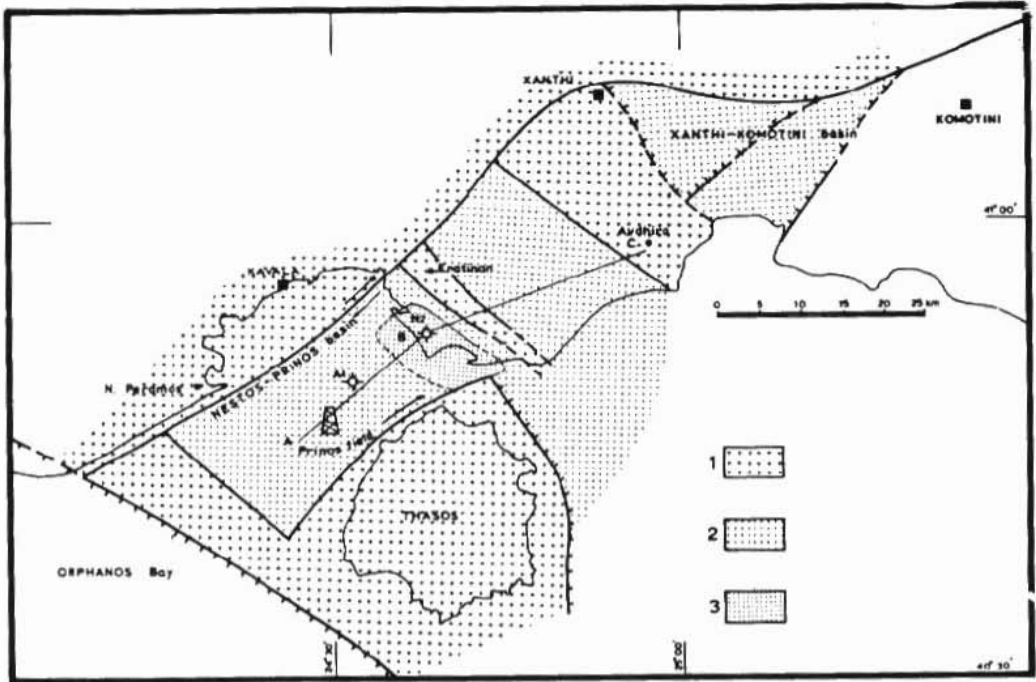
Τις ανωτέρω απόψεις αμφισβήτησαν οι Brooks & Kiriakidis (1986), οι οποίοι θεωρούν ότι βάσει των υπάρχοντων γεωλογικών και γεωφυσικών δεδομένων η τάφρος του Βόρειου Αιγαίου μπορεί να ερμηνευθεί ικανοποιητικά σαν τοπική εκδήλωση λιθόσφαιρικής λέπτυνσης, χωρίς να παραδεχθούμε ότι υπόκειται από πολύ λεπτό φλοιό και ανώμαλο ανώτερο μανδύα. Οι Brooks & Kiriakidis συμπεραίνουν ότι μια λογική εκτίμηση του συντελεστού λέπτυνσης θα πρέπει να είναι από 1,4 έως 1,5 συμβατή δηλαδή με την μέση λέπτυνση του Αιγαίου.

Ο Χιώτης (1989) υπελόγισε την ισοστατική και τεκτονική συνίζηση συναρτήσει του χρόνου, από της ενάρξεως απόθεσης, στο Δέλτα του Νέστου και στην τάφρο του Πρίνου. Ο συντελεστής λέπτυνσης του φλοιού που προέκυψε αυξάνεται από το δέλτα του Νέστου ($\beta = 1,37$) προς την τάφρο του Πρίνου (έως 1,53), και έχει μέση τιμή 1,45.

ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΝΕΣΤΟΥ-ΠΡΙΝΟΥ

Η λεκάνη Νέστου-Πρίνου όπως έχει διαμορφωθεί σήμερα, φαίνεται σαν τυπικό graben μήκους 40 και πλάτους 15 km που αναπτύχθηκε μεταξύ ΒΑ-ΝΔ ρηγμάτων και περιορίζεται προς βορράν από το εγκάρσιο horst Αβδήρων που εμφανίζεται στην επιφάνεια (Σχ.1) και προς νότον από το επίσης εγκάρσιο horst Περάμου-θάσου που καλύπτεται από πλειοκαινικά ιζήματα (Lalechos & Savoyat, 1979; Pollak, 1979; Proedrou, 1979). Το πρώτο horst διαχωρίζει προς βορράν την λεκάνη Ξάνθης-Κομοτηνής και το δεύτερο την λεκάνη Ορφανού προς νότον. Παράλληλα προς τα ανωτέρω είναι το ήβωμα Ερατεινού-Νέας Καρυάς που καλύπτεται από πλειοκαινικά ιζήματα και οριοθετεί δύο υπολεκάνες στην περιοχή του Νέστου.

Η έναρξη της ιζηματογένεσης έγινε κατά το Σερραβάλλιο (?) στην περιοχή του Νέστου εντός τάφρου που σχηματίσθηκε από δύο ρήγματα διεύθυνσης Β 50° και Β 160° (Kousparis, 1979). Τα ιζήματα του Σερραβάλλιου είναι χερσαία (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, άργιλλοι, ιλυό-λιθοι) και φιλοξενούν στρώματα ανθράκων. Όσον αφορά την τεκτονική εξέλιξη της λεκάνης, ιδιαίτερα σημασία έχουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις για τα παλαιότερα ιζήματα αυτής.

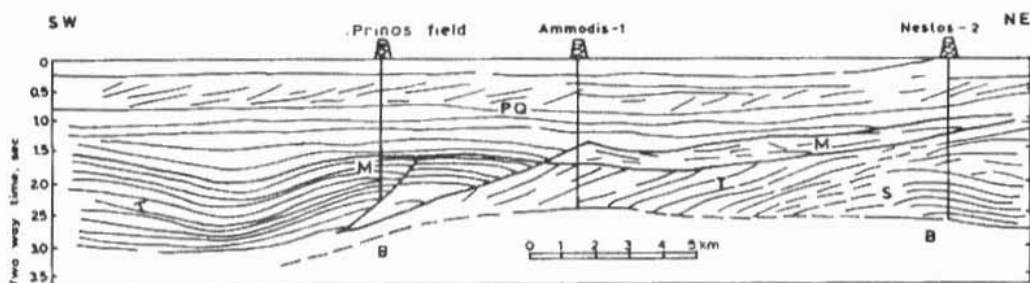


Σχ. 1. Τεκτονικό πλαίσιο λεκάνης Νέστου-Πρίνου. 1:Μεταμορφωμένο υπόβαθρο. Στο ήβωμα Ερατεινού και στο horst Περάμου-θάσου το υπόβαθρο καλύπτεται από νεότερα ιζήματα, ενώ στις άλλες περιοχές απαντάται στην επιφάνεια. 2:Λεκάνες ιζηματογένεσης λόγω λέπτυνσης του φλοιού. 3:Αρχική ιζηματογένεση κατά το Σερραβάλλιο.

Fig.1. Tectonic setting of the Nestos-Prinos basin. 1:Metamorphic basement. The Eratinoon high and the Peramos-Thasos horst are covered by younger sediments, whereas the basement outcrops in the rest areas. 2:Sedimentary basin due to crustal thinning. 3:Initial Serravallian basin.

- 1.Όπως προκύπτει από σεισμικές τομές ανάκλασης, η απόθεσή τους περιορίζεται εντός στενής λωρίδας, διαστάσεων 12X8 km (Σχ.1).
- 2.Παρά την μικρή έκταση και διάρκεια ιζηματογένεσης, απέτέθησαν ιζήματα που το πάχος τους φθάνει τα 1500 m στη γεώτρηση "Νέστος 2". Το στοιχείο αυτό, σε συνδυασμό με την χερσαία φάση των ιζημάτων, συνεπάγεται ταχεία τεκτονική βύθιση στενής ασύμμετρης τάφρου, που συνοδεύεται από έντονη διάβρωση του ανάγλυφου.
- 3.Όπως προκύπτει από μετρήσεις ανακλαστικής ικανότητας του βιτρι-νίτη στους άνθρακες του Σερραβάλλιου, τα αντίστοιχα ιζήματα έχουν υποστεί έντονη θερμική επίδραση που δεν παρατηρείται στα ιζήματα του Τορτονίου ή στα νεότερα (Chiostis,1985). Πρόκειται περί τοπικής θερμικής ανωμαλίας που αναπτύχθηκε μέσα σε στενά χρονικά όρια, παρόμοιες δε ανωμαλίες επέδρασαν στην ευρύτερη περιοχή. Πράγματι, από ραδιοχρονολογήσεις προκύπτει αναεώρμανση του γρανίτη της Καβάλας πριν $15,5 \pm 0,5$ Ma, καθώς και μαγματικών πετρωμάτων (Καβάλας) πριν $17,8 \pm 0,5$ Ma (Κακτιφκίς,1980).

Μετά την ταχεία απόθεση των χερσαίων ιζημάτων του Σερραβαλλίου εντός στενής τάφρου, δραστηριοποιείται έντονη εφελκυστική τεκτονική που επεκτείνεται προοδευτικά κυρίως προς τα ΝΔ στη μεταξύ Καβάλας και Θάσου περιοχή και διαμορφώνει την λεκάνη του Πρίνου. Η ίδια τεκτονική, αλλά σε μικρότερη έκταση, διαδίδεται επίσης και προς τα ΒΑ. Διαμορφώνεται έτσι μορφολογία του υποβάθρου που βασίζεται από το Νέστο προς την λεκάνη του Πρίνου και η ιζηματογένεση του Τортονίου προελαύνει ομοίως από τον Νέστο προς τον Πρίνο. Η πρόελαση αυτή είναι εμφανής στις σεισμικές τομές (Σχ. 2).



Σχ. 2. Σχηματική σεισμική τομή AB κατά Chiotis (1985) PQ: Πλειοπλειοκταρτογενές, M: Μεσσηνίο, T: Τортόνιο, S: Σερραβάλλιο, B: Μεταμορφωμένο υπόβαθρο. Η θέση της τομής στο Σχ. 1.

Fig. 2. Schematic seismic section after Chiotis (1984). PQ: Pliocene-Quaternary, M: Messinian, T: Tortonian, S: Serravallian, B: Metamorphic basement. The location of the section in Fig. 1.

Τα ιζήματα του Τортονίου απετέθησαν σε περιορισμένο θαλάσσιο ή λιμναίο περιβάλλον και αποτελούνται από χιλιοστομετρικές εναλλαγές αργίλλων, ιλυολίθων και μαργών με ενστρώσεις λεπτών ψαμμιτών. Η οροφή της σειράς είναι επιφάνεια ασυμφωνίας και καλύπτεται από κροκαλοπαγή που απετέθησαν σε φάση διάβρωσης λόγω ταπείνωσης της στάθμης της θάλασσας, μετά την απομόνωση της Μεσογείου κατά το Μεσσηνίο (Kousparis, 1979). Η εβαποριτική σειρά του Μεσσηνίου χαρακτηρίζεται από την απόθεση στα βαθύτερα σημεία της λεκάνης έξη στρωμάτων άλατος με παρεμβολές τουρβιδικών ψαμμιτών. Στις αβαθέστερες περιοχές και χωρίς να παρατηρείται μετάβαση, το άλας αντικαθίσταται από ανυδρίτη και ασβεστολίθους. Η απόθεση των ψαμμιτών συνδέεται με περιόδους ηξημένης τεκτονικής δραστηριότητας και εισβολής θάλασσας (Proedrou, 1979). Η εβαποριτική ιζηματογένεση διεκόπη κατά την ανασύνδεση της Μεσογείου με τον Ατλαντικό στην έναρξη του Πλειοκαίνου, οπότε αρχικά επικράτησε ιζηματογένεση ανοικτής θάλασσας και στην συνέχεια δελταϊκού τύπου.

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΓΕΝΕΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΝΕΣΤΟΥ-ΠΡΙΝΟΥ

Η εξέλιξη της λεκάνης Νέστου- Πρίνου μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρεις φάσεις : την έναρξη εφελκυστικής τεκτονικής κατά το Σερραβάλλιο τοπικά, την φάση διάδοσης έντονης εφελκυστικής τεκτονικής κατά το Τορτόνιο και τέλος την περίοδο θερμικής συνίζησης από το Μεσσήνιο μέχρι σήμερα.

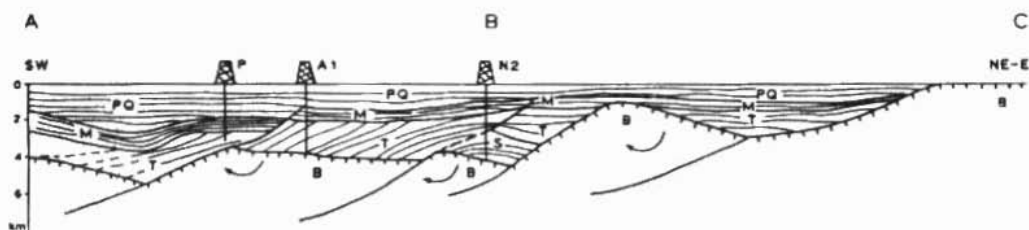
Η ισχυρή θερμική ανωμαλία κατά το Σερραβάλλιο διευκόλυσε την περαιτέρω τεκτονική εξέλιξη, διότι προκάλεσε μείωση του πάχους του ψευρού στρώματος του φλοιού και του μανδύα και επομένως μείωση της αντοχής της λιθόσφαιρας σε εφελκυσμό. Ανάλογη θερμική ανωμαλία θεωρούμε ότι αναπτύχθηκε και κατά την αρχική φάση σχηματισμού της λεκάνης των Σερρών (Βαλέζιο-Τουρόλιο : Καρυστιναίος, 1984), όπως προκύπτει από την υψηλή θερμογόνο δύναμη των λιγνιτών στη βασική σειρά της λεκάνης (Καρυστιναίος, 1984. Μπρουσούλης και Γιακκούλης, 1984). Τα θερμικά αυτά φαινόμενα στις λεκάνες Νέστου και Σερρών αποδίδομε σε έντονη τοπική εφελκυστική τεκτονική και λέπτυνση της λιθόσφαιρας κατά την αρχική φάση σχηματισμού των λεκανών.

Η κύρια φάση εφελκυστικής τεκτονικής, διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, στη λεκάνη Νέστου-Πρίνου εξελίσσεται κατά το Τορτόνιο και οδηγεί στην επέκταση της περιορισμένης αρχικής λεκάνης. Εν τούτοις, η εφελκυστική τεκτονική συνεχίζεται εξασθενημένη κατά το Μεσσήνιο, όπως μαρτυρούν οι αποθέσεις τουρβιδιτών, αλλά και κατά το Πλειόκαινο με την δράση ληστρικών ρηγμάτων. Κατά την περίοδο από το Μεσσηνίου και εντεύθεν ο χώρος απόθεσης των ιζημάτων εξασφαλίζεται με τον μηχανισμό της θερμικής συνίζησης, όπως φαίνεται από την ισόχρονη ιζηματογένεση σε όλη την έκταση της λεκάνης. Κατά το Τορτόνιο η εφελκυστική τεκτονική επεκτείνεται επίσης και στην λεκάνη του Ορφανού.

Η τεκτονική συνίζηση στη λεκάνη Νέστου-Πρίνου συνδέεται με σημαντική λέπτυνση του φλοιού. Από την γεωτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης (Σχ.3) προκύπτει σαφώς ότι ο μηχανισμός λέπτυνσης διαφέρει ουσιαστικά εκείνου ενός τυπικού graben. Πράγματι, η αρχική ζώνη λέπτυνσης ευρίσκεται στην περιοχή του Νέστου στα ΒΑ περιθώρια της λεκάνης, όπως αυτή έχει διαμορφωθεί σήμερα, ενώ η ιζηματογένεση στο κέντρο της σημερινής λεκάνης, ΝΔ του κοιτάσματος του Πρίνου, άρχισε με σημαντική καθυστέρηση. Επίσης, η διάδοση της τεκτονικής συνίζησης και η προέλαση της ιζηματογένεσης δεν γίνεται με ΒΑ ρήγματα, παράλληλα δηλαδή με τα κύρια ρήγματα που οριοθετούν την λεκάνη, αλλά με εγκάρσια ρήγματα. Επι πλέον, το άλμα κατά την κλίση στα κύρια ΒΑ ρήματα διαμορφώνεται βαθμιαία, ταυτόχρονα με την προέλαση της ιζηματογένεσης.

Η λέπτυνση του φλοιού της λεκάνης, σημερινού μήκους 40 km, με συντελεστή λέπτυνσης 1,45 συνεπάγεται αύξηση του αρχικού μήκους της κατά 12 km. Η λέπτυνση αυτή εξελίχθηκε προοδευτικά στη στενή ζώνη της λεκάνης μόνον, ενώ οι εκατέρωθεν περιοχές θάσου και Καβάλας παρέμειναν με το αρχικό πάχος της λιθόσφαιρας. Συνεπώς η γένεση της λεκάνης συνοδεύθηκε από πλευρικές κινήσεις κατά μήκος ρηγμάτων οριζοντίου μετατόπισης. Εν τούτοις, η απόσταση μετατόπισης δεν είναι σταθερή, αλλά αυξάνεται προοδευτικά από τον Νέστο προς τον Πρίνο και φθάνει τα 12 km στα ΝΔ όρια της λεκάνης.

Βάσει της τεκτονικής της ευρύτερης περιοχής θεωρούμε ότι η γένεση των λεκανών Ξάνθης-Κομοτηνής, Νέστου-Πρίνου και Ορφανού συνδέεται με το δεξιόστροφο ρήγμα Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής (Σχ.1). Κατά το Σερραβάλλιο η γενικότερη τεκτονική της περιοχής απαιτούσε την ενεργοποίηση του ρήματος αυτού με οριζόντια μετατόπιση. Η έναρξη της τεκτονικής αυτής οδήγησε στον σχηματισμό της λεκάνης Ξάνθης-Κομοτηνής. Η συνέχιση της ανάπτυξης της λεκάνης και της ενεργοποίησης του ρήματος εμποδίσθηκε από την γεωμετρία αυτού



Σχ. 3. Γεωλογική τομή ABC απεικονίζουσα την τεκτονική περιστραμμένων τεμαχίων του υποβάθρου. Γεωλογικοί σχηματισμοί όπως στο Σχ. 2. P: κοιτάσμα πετρελαίου του Πρίνου. A1: γεώτρηση Αμμώδης 1. N2: γεώτρηση Νέστος 2. Θέση τομής στο Σχ.1.

Fig.3. Geological section ABC depicting the tilted fault blocks of the basement. Geological formation as in Fig. 2. P: Prinos oil field; A1: oil well Ammodis 1; N2: oil well Nestos 2. The location of the section is shown in Fig.1.

στην περιοχή των Αβδέρων, που λειτούργησε σαν κλείστρο. Για την υπερπήδηση του εμποδίου αυτού αρχικά αναπτύχθηκε στην περιοχή του Νέστου μικρή λεκάνη τύπου pull-apart κατά το Σεραβάλλιο με ταχύτατη τεκτονική συνίζηση και εκδήλωση έντονης θερμικής ανωμαλίας. Ταύτα διευκόλυνε την παραπέρα λέπτυνση της λιθόσφαιρας προδευτικά με την βύθιση τεμαχίων οριζομένων υπό ΒΔ ρηγμάτων. Η τεκτονική λέπτυνση του φλοιού συνεχίστηκε στην λεκάνη Ορφανού που αποτελεί ουσιαστικά προέκταση της λεκάνης Νέστου Πρίνου.

ΝΕΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΩΝ ΓΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

Ο μηχανισμός γένεσης της λεκάνης Νέστου-Πρίνου αφήνει περιθώρια για νέες προοπτικές ερευνών υδρογονανθράκων, που συνδέονται με την προδευτική προέλαση της εφελκυστικής τεκτονικής. Η προέλαση έλαβε χώρα με την διαδοχική δημιουργία τεκτονικών τεμαχίων (Σχ. 3), τα οποία στις περιοχές ισχυρού εφελκυσμού περιστρέφονται περί οριζόντιο άξονα. Η περιστροφή αυτή είναι άμεση συνέπεια της λιθόσφαιρικής λέπτυνσης και της συνεπακόλουθης αύξησης της επιφάνειας της λεκάνης. Στην υποθαλάσσια περιοχή του Πρίνου η ποιότητα των σεισμικών τομών είναι πτωχή στους βαθύτερους ορίζοντες, γι' αυτό και δεν διακρίνονται τα περιγραφόμενα τεκτονικά τεμάχια του υποβάθρου. Λόγω του υψηλότερου συντελεστού λέπτυνσης στον Πρίνο και της σαφούς προέλασης των ιζημάτων του Τορτονίου θεωρούμε ότι η τεκτονική περιστραμμένων τεμαχίων συνεχίζεται και μάλιστα εντονότερη στην υποθαλάσσια περιοχή της λεκάνης.

Η τεκτονική κεκλιμένων τεμαχίων μεταξύ ΒΔ κανονικών ρηγμάτων δημιουργεί ευνοϊκές προϋποθέσεις για τον σχηματισμό κοιτασμάτων υδρογονανθράκων για τρεις κύριους λόγους :

1. Μεταξύ των τεμαχίων διαμορφώνονται κλειστές τοπικές λεκάνες που ευνοούν την απόθεση ιζημάτων πλούσιων σε οργανικό άνθρακα, δηλαδή μητρικών πετρωμάτων πετρελαίου.
2. Ευνοείται ο σχηματισμός τεκτονικών και στρωματογραφικών παγίδων για την συγκέντρωση υδρογονανθράκων.
3. Η θερμική ανωμαλία που συνδέεται με την εφελκυστική τεκτονική επιτρέπει την ταχεία ωρίμανση μητρικών πετρωμάτων πετρελαίου νέας σχετικά ηλικίας.

Οι έρευνες υδρογονανθράκων στην λεκάνη του Πρίνου έχουν εστιασθεί μέχρι τώρα στους στόχους που συνδέονται με την εβαποριτική σειρά, όπου και εντοπίσθηκε το γνωστό κοίτασμα πετρελαίου του Πρίνου. Αποφασιστικό ρόλο στον σχηματισμό του κοιτάσματος έπαιξε ληπτική συνιζηματογενές ρήγμα (Σχ.1 και 2) που σχημάτισε το αντ(κλινο του Πρίνου. Επι πλέον, δεδομένης της στεγανότητας που εξασφαλίζουν τα στρώματα ορυκτού άλατος της εβαποριτικής σειράς, θα πρέπει να θεωρηθεί σχεδόν βέβαιο ότι το ίδιο ρήγμα λειτούργησε σαν αγωγός τροφοδοσίας του μεταναστεύοντος πετρελαίου από τα μητρικά πετρώματα. Το ρήγμα τούτο μαστεύει τα ιζήματα της εβαποριτικής σειράς και του Τορτονίου.

Δεν είναι γνωστό που ευρίσκονται τα μητρικά πετρώματα του κοιτάσματος του Πρίνου, θεωρούμε όμως πιθανότερο ότι ανήκουν στα ιζήματα του Τορτονίου. Πράγματι, τα ιζήματα της εβαποριτικής σειράς ευρίσκονται στο όριο ωριμότητας για πετρελαιογένεση (Chiotis, 1985), ενώ οι συνθήκες υψηλής αλμυρότητας λειτούργούν γενικά δυσμενώς επί του βιολογικού κύκλου στον οποίο στηρίζεται η γένεση μητρικών πετρωμάτων. Υπό τα συνθήκες αυτές, στην υποθαλάσσια περιοχή της λεκάνης τα περιστραμμένα τεκτονικά τεμάχια, επί των οποίων απετέθησαν τα ιζήματα του Τορτονίου, εξασφαλίζουν αρκετές από τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την γένεση υδρογονανθράκων. Ακόμη περισσότερο μάλιστα, αν ληφθεί υπόψη η ύπαρξη κροκαλοπαγών που απετέθησαν στην επιφάνεια διάβρωσης των ιζημάτων του Τορτονίου. Τα κροκαλοπαγή αυτά έχουν πιθανώς χαρακτηριστικά ταμειυτήρος.

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα το ερευνητικό ενδιαφέρον θα πρέπει να επεκταθεί και στους βαθύτερους ορίζοντες της λεκάνης του Πρίνου. Οι ορίζοντες αυτοί μέχρι τώρα δεν έχουν ερευνηθεί, γιατί η εβαποριτική σειρά μονοπώλησε το ερευνητικό ενδιαφέρον, και επίσης λόγω της χαμηλής ποιότητας των σεισμικών τομών στους βαθύτερους ορίζοντες. Το τελευταίο οφείλεται στην υψηλή απορρόφηση σεισμικής ενέργειας από τα εσθλαλληα στρώματα ορυκτού άλατος, με αποτέλεσμα να μη διακρίνεται το υπόβαθρο στις σεισμικές τομές.

Σ Υ Μ Π Ε Ρ Α Σ Μ Α Τ Α

Η λεκάνη Νέστου-Πρίνου δεν σχηματίσθηκε σαν κλασσικό graben, όπως θεωρείται γενικά. Συνδέεται με το ρήγμα οριζοντίου μετατόπισης Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής. Με την αρχική φάση ενεργοποίησης αυτού συνδέεται η τριτογενής λεκάνη Ξάνθης-Κομοτηνής, της οποίας όμως η εξέλιξη σταμάτησε πρόωρα, όταν δημιουργήθηκε σαν κλείρο το horst των Αβδέρων. Από του Σερραβάλλιου (?) λειτούργησε μόνον το τμήμα του ρήγματος ΝΔ των Αβδέρων και σχηματίσθηκε έτσι τοπικά στην περιοχή του Νέστου μικρή λεκάνη (12Χ8 km) τύπου pull-apart με ταχύτατη συνίζηση και απόθεση χερσαίων ιζημάτων του Σερραβάλλιου πάχους 1500 m, ενώ ταυτόχρονα εκδηλώθηκε έντονη θερμική ανωμαλία.

Στη συνέχεια, κατά το Τορτόνιο, η εφελκυστική τεκτονική διεδωθη κυρίως προς ΝΔ και διαμορφώθηκε η λεκάνη Νέστου-Πρίνου. Η τεκτονική αυτή συνδέεται με λέπτυνση της λιθόσφαιρας και είχε σαν αποτελέσματα οριζόντια μετατόπιση του ρήγματος Καβάλας που φθάνει τα 12 km και το σχηματισμό περιστραμμένων τεκτονικών τεμαχίων στην υποθαλάσσια περιοχή της λεκάνης. Η ίδια τεκτονική επεκτάθηκε επίσης και στην λεκάνη του Ορφανού. Η ιζηματογένεση Νέστου-Πρίνου από του Μεσσηνίου και εντεύθεν συνδέεται με την θερμική συνίζηση που επακολούθησε μετά την προηγούμενη φάση λιθωσφαιρικής λέπτυνσης. Η τεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Νέστου-Πρίνου θεωρείται ότι θα πρέπει να ενταχθεί στα πλαίσια της τεκτονικής της Τάφρου

του Βορείου Αιγαίου που κυριαρχεί στην ευρύτερη περιοχή.

Επισημαίνεται ένας νέος ερευνητικός στόχος για υδρογονάνθρακες που δεν έχει ερευνηθεί μέχρι τώρα και συνδέεται με τα περιστραμμένα τεκτονικά τεμάχια, τα οποία οριοθετούνται με ρήγματα ΒΔ-ΝΑ. Τα τεμάχια αυτά διεμόρφωσαν μικρές τοπικές λεκάνες με ευνοϊκές συνθήκες, τόσο για την απόθεση μητρικών πετρωμάτων πετρελαίου, όσο και για τον σχηματισμό τεκτονικών ή στρωματογραφικών παγίδων. Επί πλέον, η θερμική ανωμαλία κατά την φάση λιθωσφαιρικής λέπτυνσης επιταχύνει την θερμική ωρίμανση των σχετικά νέας ηλικίας μητρικών πετρωμάτων, ενώ η απόθεση κροκαλοπαγών επί των ιζημάτων του Τορτονίου στη διάρκεια περιόδου διάβρωσης προσφέρει πιθανά πετρώματα ταμειυτήρες και μια επί πλέον δυνατότητα στρωματογραφικών παγίδων.

Η παρακολούθηση της μορφολογίας του υπόβαθρου και των βαθύτερων ιζημάτων της λεκάνης με σεισμικές τομές δυσχεραίνεται από την υψηλή απορρόφηση σεισμικής ενέργειας από τα στρώματα άλατος. Ως εκ τούτου, για την διερεύνηση του προτεινόμενου στόχου θα απαιτηθεί πρωτίστως η εκτέλεση σεισμικής έρευνας ανάκλασης με ειδικές παραμέτρους καταγραφής και επεξεργασίας, ώστε να αποτυπωθεί η μορφολογία του υπόβαθρου και η εσωτερική δομή των βαθύτερων ιζημάτων.

REFERENCES

- ANGELIER, J., LYBERIS, N., LE PICHON, X. et al. (1982). The tectonic development of the Hellenic arc and the Sea of Crete: a synthesis. *Tectonophysics*, 86, 153-196.
- BROOKS, M. and KIRIAKIDIS, L. (1986). Subsidence of the North Aegean trough: an alternative view. *J. Geol. Soc., London*, 143, 23-27.
- CHIOTIS, E. (1985). A Middle Miocene thermal event in northern Greece confirmed by coalification measurements. In: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. (eds). *The geological evolution of the Eastern Mediterranean*. Spec. Publ. Geol. Soc. No 17, Blackwell Sc. Publ., Oxford, 815-818.
- ΚΑΡΥΣΤΙΝΑΙΟΣ, Ν. (1984). Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης των Σερρών, λιθωστρωματογραφία, βιοστρωματογραφία και τεκτονική. Διδακτ. διατρ., Αριστοτ. Πανεπ., 230 σ.
- KOKKINAKIS, A. (1980). Alterbeziehungen zwischen Metamorphose, mechanischen Deformationen und Intrusionen am Sudrand des Rhodope-Massivs (Makedonien, Griechenland). *Geol. Rundschau*, 69, 726-744.
- KOUSPARIS, D. (1979). Seismic stratigraphy and basin development -Nestos Delta area, Northeastern Greece. Unpublished Ph. D. thesis. Univ. Tulsa, 161 p.
- LALECHOS, N. et SAVOYAT, E. (1979). La sédimentation Néogène dans la Fossé Nord Egeen. VI Colloq. Geol. Aegean Reg., IGME, 2, 591-603.
- LE PICHON, X. and ANGELIER, J. (1979). The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- LE PICHON, X. ANGELIER, J. and SIBUET, J.C. (1982). Plate boundaries and extensional tectonics. *Tectonophysics*, 81, 239-256.
- LE PICHON, X. LYBERIS, N. and ALVAREZ, F. (1985). Subsidence history of the North Aegean Trough. In: Dixon, J.E. and Robertson A.H.F. (eds.). *The geological evolution of the Eastern Mediterranean*, Spec. Publ. Geol. Soc. No 17, Blackwell Sc. Publ., Oxford, 727-741.

- LE PICHON, X. and SIBUET, J.C. (1981). Passive margins: a model of formation. *J. Geophys. Res.*, 86, 3708-3720.
- MAKRIS, J. (1977). Geophysical investigations of the Hellenides. *Hamburger Geophys. Einzelschr.*, Reihe A, No 34, 124 p.
- McKENZIE, D. P. (1978). Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 40, 25-32.
- ΜΠΡΟΥΣΟΥΛΗΣ, Ι. και ΓΙΑΚΚΟΥΠΗΣ, Π. (1984). Έρευνα λεκάνης Σερρών για λιγνίτη: κοίτασμα Κορμίστας-Τομέας Ηλιοκώμης-Πρώτης. *Αθήμωσ. εκθ. ΙΓΜΕ, Ερ. Ενεργ. Πρώτων Υλών*, No 3, 80 σελ.
- POLLAK, W.H. (1979). Structural and lithological development of the Prinos-Kavala basin, Sea of Thrace, Greece. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, VII Int. Con. Medit. Neog., 1003-1011.
- PROEDROU, P. (1979). The evaporites formation in the Nestos-Prinos graben in Northern Aegean Sea. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, VII Int. Con. Medit. Neog., 1013-1020.
- ROYDEN, L. and KEEN, C.E. (1980). Rifting process and thermal evolution of the continental margin of Eastern Canada determined from subsidence curves. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 51, 343-361.
- SAWYER, D.S. (1985). Total tectonic subsidence : a parameter for distinguishing crust type at the U.S. Atlantic continental margin. *J. Geophys. Res.*, 90, 7751-7769.
- SCLATER, J.C., ROYDEN, L., HORVARTH, F. et. al. (1980). The formation of the Intra-Carpathian basins as determined from subsidence data. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 51, 139-162.
- SLEEP, N.H. (1971). Thermal effects of the formation of atlantic continental margins by continental break-up. *Geophys. J.R. astr. Soc.*, 24, 325-350.
- ΧΙΩΤΗΣ, Ε. (1989). Θερμομηχανική συμπεριφορά της λιθόσφαιρας στον Ελληνικό χώρο, *Διδάκτ. διατρ.*, ΕΜΠ, 236 σ.