



ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΤΗΣ ΙΟΝΙΑΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΛΕΚΑΝΗΣ



ΣΚΟΥΛΟΥΔΑΚΗ-ΚΟΥΡΕΜΠΑΓΙΑΣΙ ΕΛΛΗ

ΑΜ : 1052597

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΖΕΛΗΛΙΔΗΣ ΑΒΡΑΑΜ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2019-2020

Περιεχόμενα

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ	3
ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ	6
Εισαγωγή	6
Ιόνιος Λεκάνη ιζηματογένεσης.....	6
<i>Τεκτονική</i>	6
<i>Στρωματογραφία</i>	11
ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΙΟΝΙΑ ΖΩΝΗ	15
Εισαγωγή	15
Μητρικά πετρώματα υδρογονανθράκων.....	15
Ταμειυτήρες.....	16
Καλύμματα	18
Παγίδες.....	19
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΕΔΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ	20
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	25

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ

Η Γεωλογία των πετρελαίων ξεκινά με την ανάλυση παλαιογραφικών και στρωματογραφικών δεδομένων. Βασίζεται στην ανάλυση ιζηματογενών λεκανών με σκοπό να γίνει κατανοητή η δομική και στρωματογραφική εξέλιξη των αποθετικών ακολουθιών έτσι ώστε να μπορεί να δοθεί η δυνατότητα σχηματισμού πεδίων υδρογονανθράκων, να εκτιμηθούν πιθανές θέσεις μητρικών πετρωμάτων και αποθήκευσης υδρογονανθράκων και τέλος να προταθούν τυχόν συμφέρουσες θέσεις γεωτρήσεων για την εκμετάλλευσή τους.

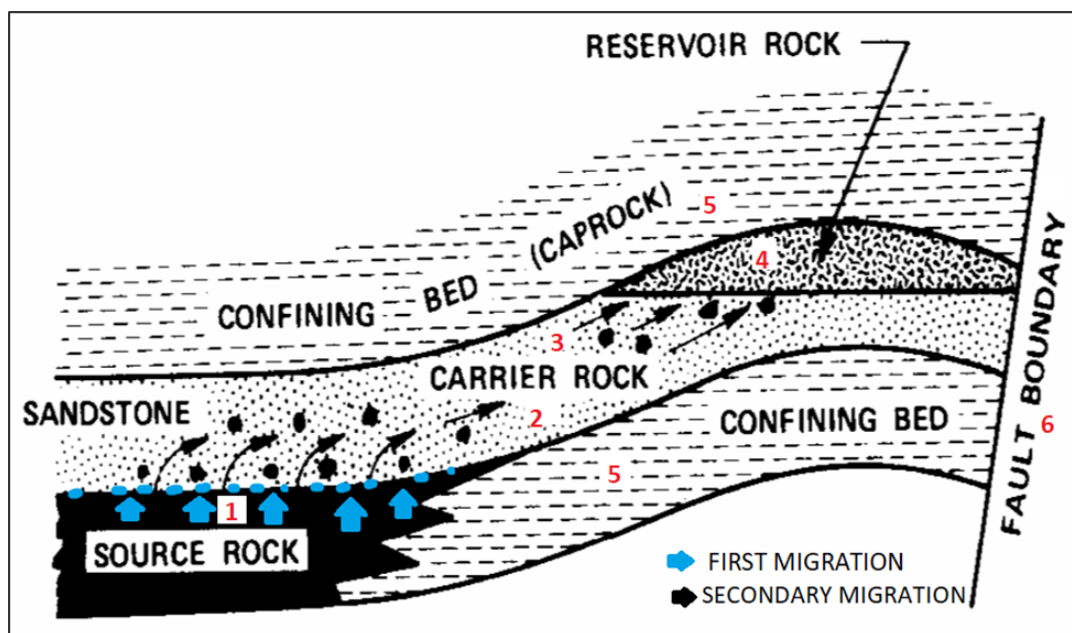
Ωστόσο, προκειμένου να ξεκινήσει η πετρελαϊκή έρευνα, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη πετρελαϊκής φόρτισης. Ένα πετρελαϊκό σύστημα αποτελείται από τα μητρικά πετρώματα, που είναι ικανά να παράξουν και να αποβάλλουν πετρέλαιο, τους διόδους μετανάστευσης που μεταφέρουν τους παραχθέντες υδρογονάνθρακες, την ταμειυτήρια μονάδα, τον μονωτήρα και την ύπαρξη παγίδων προκειμένου να αποτραπεί η διαφυγή των υδρογονανθράκων.

Τα μητρικά πετρώματα είναι ιζήματα και ιζηματογενή πετρώματα πλούσια σε οργανικό υλικό που προέρχεται από θαλάσσια ή λιμναία φύκη και χερσαία φυτά τα οποία περιέχουν χημικά συνθετικά που διατηρούνται όταν τα ιζήματα έχουν αποθεθεί κάτω από ανοξικές συνθήκες, περιορίζοντας έτσι την δραστηριότητα αερόβιων οργανισμών που συμβάλουν στην καταστροφή του οργανικού υλικού. Κύρια περιβάλλοντα ιζηματογένεσης είναι οι λίμνες, τα δέλτα και οι θαλάσσιες λεκάνες (όπως στον Ελλαδικό χώρο όπου εντοπίζονται θαλάσσιες λεκάνες κλειστού τύπου).

Το οργανικό υλικό στα μητρικά πετρώματα χωρίζεται σε Πισσάσφαλτο και Κηρογόνο. Αυτό καθορίζει την σύνθεση του Κηρογόνου, το οποίο ταξινομείται σε τέσσερις τύπους: στον λιπτινιτικό τύπο (τύπος κηρογόνου I) και έχουν πολύ καλή δυνατότητα για τη γένεση πετρελαίου, στον εξινιτικό τύπο (τύπος κηρογόνου II) που αποτελείται από θαλάσσια ιζήματα που έχουν πολύ καλή δυνατότητα για τη γένεση πετρελαίου, συμπυκνωμάτων και υγρού αερίου, στον βιτρινιτικό τύπο (τύπος κηρογόνου III) που προέρχεται κυρίως από ξυλώδη υλικά και έχει δυνατότητα γένεσης αερίων και λιγότερο πετρελαίου και τέλος στον ινερτινιτικό τύπο (τύπος κηρογόνου IV) που δεν έχει καμία δυνατότητα ανάπτυξης πετρελαίου και αερίου.

Μετά την ταφή των πετρωμάτων και με την αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τον χρόνο, το κηρογόνο αρχίζει να διασπάται με αποτέλεσμα την γένεση του πετρελαίου στους 100°C-150 °C σε τυπικούς ρυθμούς θέρμανσης. Στους 150 °C -180 °C το πετρέλαιο διασπάται σε αέριο και ακολουθεί η παραγωγή ξηρού αερίου στους 150 °C-220 °C. Στον Ελλαδικό χώρο και κυρίως στην Ιόνια ζώνη η γεωθερμική βαθμίδα είναι της τάξεως των 3°C ανά 100 μέτρα, επομένως ιδανικοί σχηματισμοί που μπορούν να λειτουργήσουν ως κουζίνες υδρογονανθράκων αναμένεται να συναντηθούν σε βάθος μεγαλύτερο από 3km.

Με την αύξηση του βάθους ταφής και την σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας αρχίζει η ωρίμανση των υδρογονανθράκων με την πρώιμη ωρίμανση όπου ξεκινά η γένεση και αποβολή βαριού πετρελαίου. Εν συνεχεία, τα μητρικά πετρώματα μπορούν να αποδώσουν βαρύ και ελαφρύ πετρέλαιο και συμπυκνώματα. Η μετανάστευση των υδρογονανθράκων ωθείται λόγω της αύξησης της υπερπίεσης. Η αποβολή των σταγονιδίων από τα μητρικά πετρώματα προς την επιφάνειά τους γίνεται μέσα από τους πόρους του πετρώματος, από τριχωειδή αγγεία και από τυχόν μικροσπασίματα που μπορεί να έχουν δημιουργηθεί λόγω της υπερπίεσης. Αυτή η πορεία ονομάζεται πρωτογενής μετανάστευση (εικόνα 1: αρ.1).



Εικόνα 1: Το πετρελαιικό σύστημα φόρτισης με αριθμούς; μητρικό πέτρωμα όπου λαμβάνει χώρα η πρωτογενής μετανάστευση (1), ψαμμίτης που λειτουργεί ως ταμιευτήρας και όπου γίνεται η δευτερογενής μετανάστευση (2), κίνηση των υδρογονανθράκων παράλληλα στις κλίσεις των οροφών των στρωμάτων (3), αποθήκευση των υδρογονανθράκων στις κορυφές των παραμορφωμένων στρωμάτων (αντίκλινα, μορφή δομικής παγίδας) (4), μονωτήρας του ταμιευτήρα (5) και ρήγμα που διακόπτει το στρώμα του ψαμμίτη (6) (<https://docplayer.gr/10524962-Oi-kyrioi-paraqontes-poy-odiqoyn-stin-gegesi-toy-petrelaiou-einai-oi-akoloythoi.html>).

Κατά την δευτερογενή μετανάστευση (εικόνα 1: αρ.2), τα σταγονίδια των υδρογονανθράκων μεταναστεύουν από την επιφάνεια των μητρικών πετρωμάτων προς τα άνω μέχρι να φτάσουν στην ταμιευτήρια μονάδα. Το πορώδες και η διαπερατότητα είναι δύο στοιχειώδεις παράμετροι για τον ταμιευτήρα. Το πορώδες επηρεάζει την αποθηκευτικότητα του ταμιευτήρα ενώ η διαπερατότητα επηρεάζει τον ρυθμό με τον οποίο το πετρελαϊκό ρευστό μπορεί να κινηθεί μέσα στο φιλοξενούν πέτρωμα. Η διαπερατότητα μπορεί να είναι είτε πρωτογενές (π.χ. ψαμμίτης), είτε δευτερογενές (διάλυση του ανθρακικού οξέος σε ανθρακικά πετρώματα).

Η δευτερογενής μετανάστευση του πετρελαίου εμφανίζεται σαν πολυφασικές ροές. Η πυκνότητα των υδρογονανθράκων είναι μικρότερη σε σχέση με εκείνη του νερού, επομένως λόγω της διαφορετικής τους πυκνότητας τα σταγονίδια του πετρελαίου τείνουν να κινηθούν προς τα πάνω και αυτό επιτυγχάνεται μόνο όταν η πίεση των σταγονιδίων υπερνικά την πίεση-αντίσταση από τα τριχοειδή αγγεία. Οι υδρογονάνθρακες τείνουν να κινηθούν παράλληλα με τις κλίσεις των οροφών των στρωμάτων (εικόνα 1: αρ.3) με αποτέλεσμα να συγκεντρώνονται στις κορυφές των παραμορφωμένων στρωμάτων, αντικλίνων (εικόνα 1: αρ.4), που καλύπτονται από κάποιον αδιαπέρατο σχηματισμό (μονωτήρας) (εικόνα 1: αρ.5) του οποίου το πορώδες είναι τόσο μικρό που δεν επιτρέπει την διέλευση των υδρογονανθράκων. Τέτοιοι σχηματισμοί αποτελούν τα στρώματα αργίλου και οι αποθέσεις εβαποριτών. Τυχόν ρήγματα (εικόνα 1: αρ.6) και ασυνέχειες μπορούν να αλλάξουν την πλευρική μετανάστευση των υδρογονανθράκων, οι οποίοι είτε συγκεντρώνονται σε παγίδες είτε καταλήγουν ως εκροές στην επιφάνεια. Η παγίδα (εικόνα 1: αρ.4) μπορεί να είναι στρωματογραφική, υδροδυναμική ή δομική. Οι δομικές παγίδες οφείλονται σε τεκτονικά, διαπυρικά και βαρυτικά αίτια. Ρήγματα και επωθήσεις μπορούν να διακόψουν την πλευρική συνέχεια του στρώματος που φιλοξενεί τον ταμιευτήρα, φέρνοντας τον σε επαφή με κάποιο μη υδροπερατό σχηματισμό, ενώ αντίκλινα μπορούν να εμποδίσουν την ανοδική πορεία των υδρογονανθράκων εγκλωβίζοντας τους. Παράλληλα όμως (ρήγματα και επωθήσεις) μπορούν να επιφέρουν την διαφυγή τους με την καταστροφή προϋπαρχόντων παγίδων.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ

Εισαγωγή

Οι λεκάνες ιζηματογένεσης είναι θέσεις του φλοιού όπου συγκεντρώνονται και αποτίθενται ιζήματα. Οι λεκάνες αυτές αναλύονται παλαιογεωγραφικά, στρωματογραφικά και τεκτονικά προκειμένου να μελετηθούν περιβάλλοντα απόθεσης τυχόν οργανικού υλικού κάτω από ανοξικές συνθήκες, έτσι ώστε να τεκμηριωθεί η ύπαρξη πιθανών πετρελαϊκών συστημάτων φόρτισης υδρογονανθράκων.

Οι σχετικές κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών δημιουργούν αρκετούς τύπους περιθωρίων, οι οποίοι επηρεάζουν ή δημιουργούν νέες λεκάνες ιζηματογένεσης. Τα περιθώρια αυτά διακρίνονται σε τρεις τύπους:

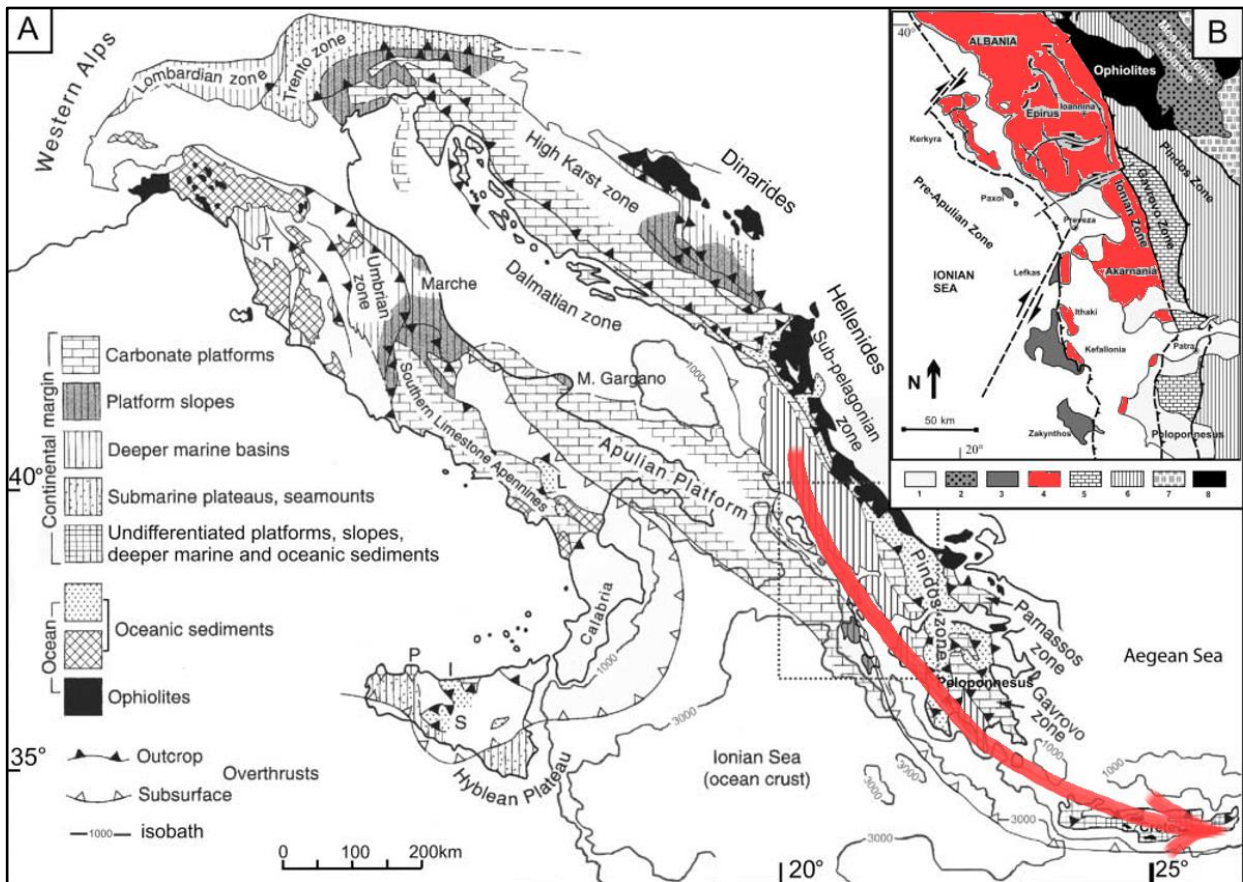
- Αποκλίνοντα: Χαρακτηρίζονται από μεγάλα ρήγματα μετασχηματισμού και την δημιουργία νέου φλοιού. Λεκάνες ιζηματογένεσης σχηματίζονται σε ηπειρωτικές ζώνες διάνοιξης και σε διανοιγμένους ωκεανούς.
- Συγκλίνοντα: Δημιουργούνται σε ζώνες καταβύθισης λιθοσφαιρικών πλακών όπου σχηματίζονται ηφαιστειακά τόξα. Λεκάνες ιζηματογένεσης σχηματίζονται εμπρός του τόξου (forearc), εντός αυτού (intra-arc) και στο οπισθότοξο (back-arc). Σε περιθώρια σύγκρουσης ηπειρωτικών περιθωρίων η λεκάνη σχηματίζεται στο foreland.
- Παθητικά: Χαρακτηρίζονται από την παράλληλη κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών.

Ιόνιος Λεκάνη ιζηματογένεσης

Τεκτονική

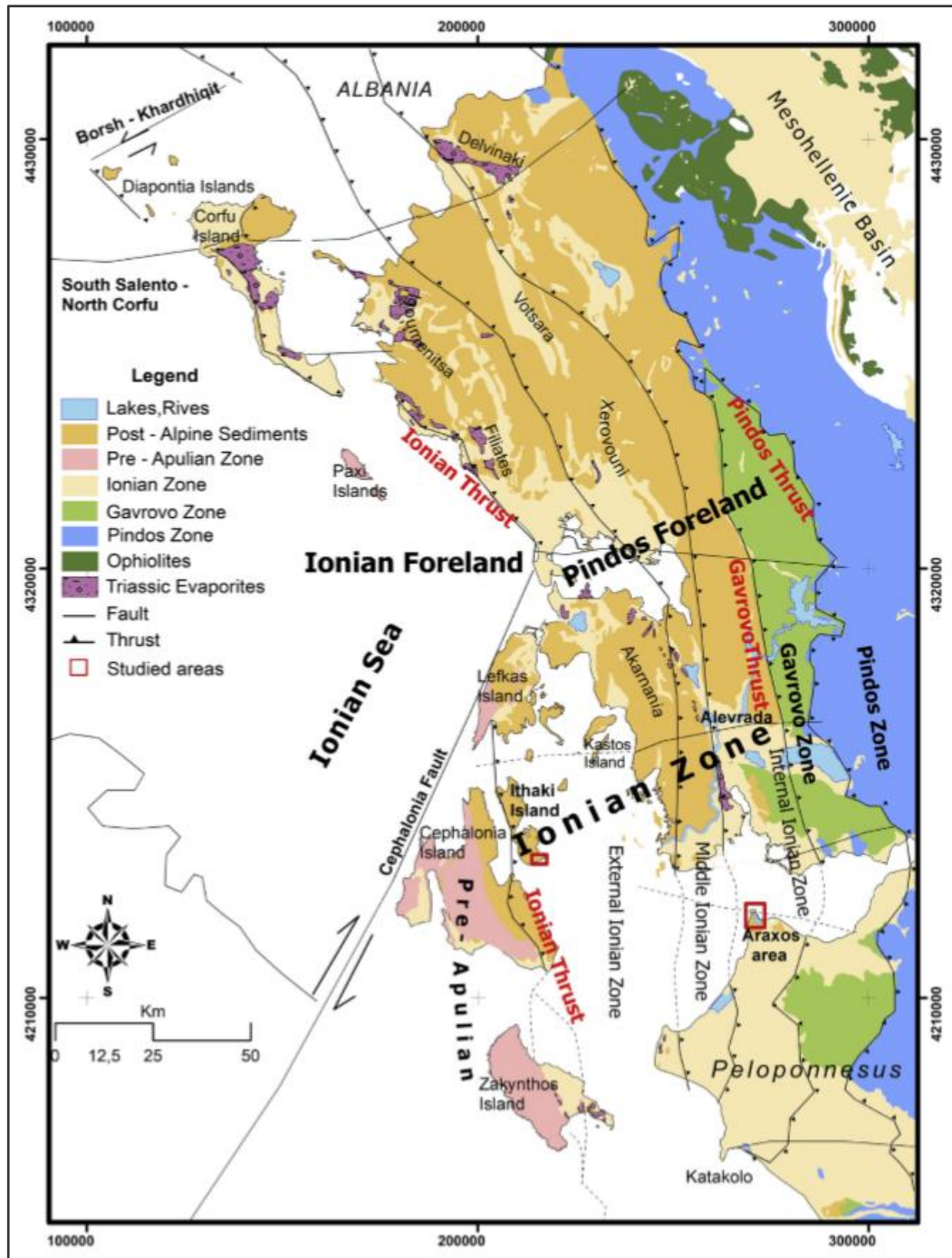
Η Ιόνια ζώνη ανήκει στις εξωτερικές Ελληνίδες, μαζί με την προ-Απούλια και την ζώνη της Γαβρόβου-Πίνδου. Περιλαμβάνει κομμάτι της νότιας Αλβανίας και επεκτείνεται περισσότερο στην περιοχή της Ηπείρου, στα Ιόνια νησιά, συνεχίζοντας νότια στην Πελοπόννησο, στην Κρήτη και στα Δωδεκάνησα, έχοντας μια κύρια διεύθυνση βόρεια-βορειοδυτική. Στην Εικόνα 2 η επέκταση της Ιόνιας ζώνης συμβολίζεται με κόκκινο βέλος που υποδεικνύει την συνέχειά της προς τα ανατολικά (Δωδεκάνησα). Τα ιζηματογενή πετρώματα της Ιόνιας, της Προ-Απούλιας και της ζώνης Γαβρόβου ηλικίας από το Τριαδικό έως το Ηώκαινο αποτέθηκαν στην Ιόνιο λεκάνη, η οποία

ήταν μέρος του παθητικού περιθωρίου του νότιου τμήματος της Νεο-Τυθούς που βρισκόταν ανατολικά της Απούλιας πλάκας.



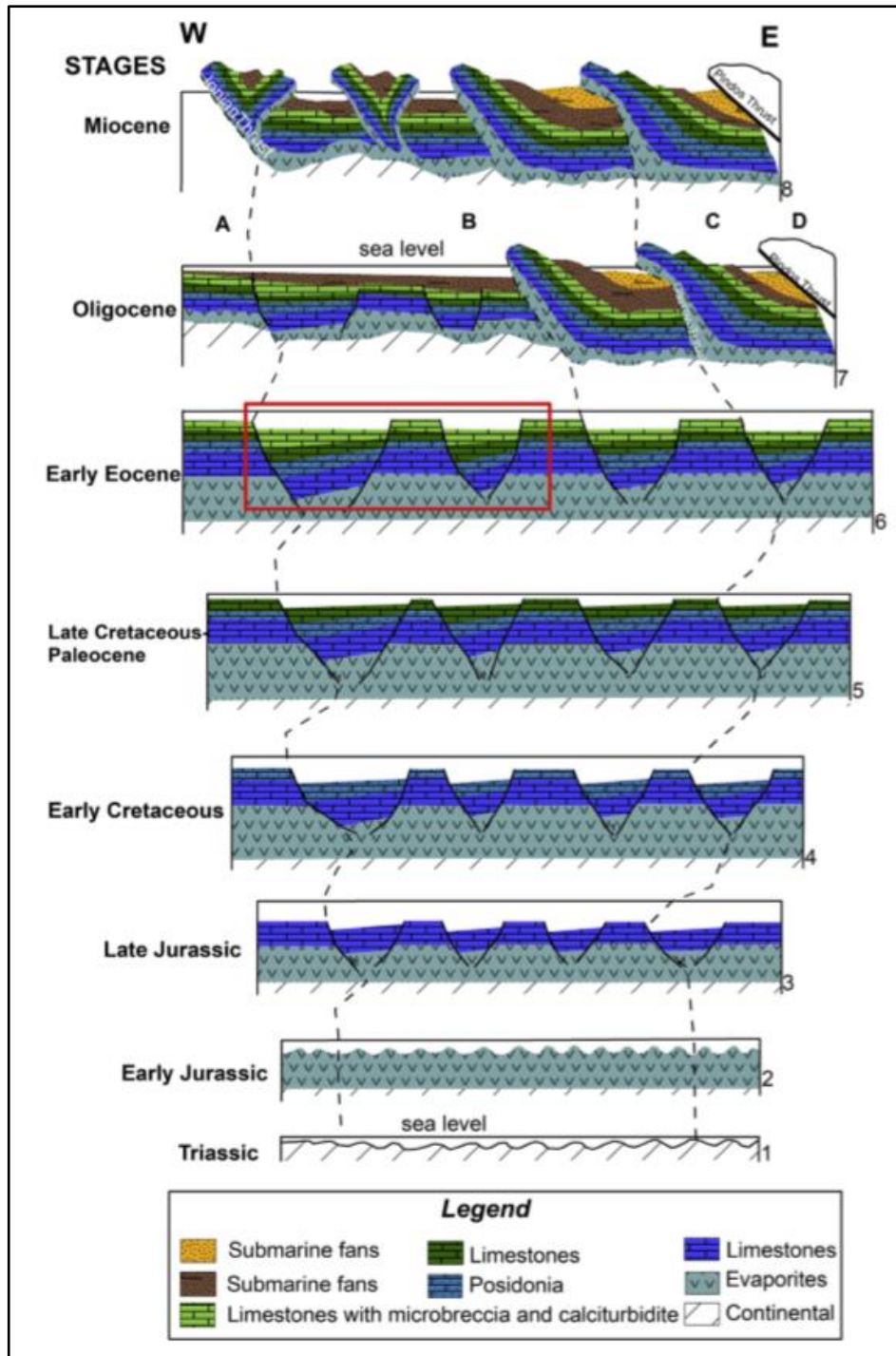
Εικόνα 2: Γεωλογικός χάρτης Ιταλίας, Δυτικών Βαλκανικών χωρών και Δυτικής και Νότιας Ελλάδας. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα απεικονίζονται οι τεκτονικές ζώνες από δεξιά προς τα αριστερά του Παρνασσού, της Πίνδου, της Γαβρόβου και της Ιόνιας, η οποία μαρκάρεται με κόκκινο χρώμα. Η Ιόνια ζώνη ξεκινά από το νότιο τμήμα της Αλβανίας και περνά προς τα ΒΒΔ της Ελλάδας, στην Ήπειρο, στα Ιόνια νησιά, στην Πελοπόννησο και στην Κρήτη και συνεχίζει προς τα ανατολικά. Η πορεία αυτή συμβολίζεται στον χάρτη με κόκκινο βέλος (τροποποιημένος από Karakitsios, 2013).

Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται γεωτεκτονικός χάρτης του βορειοδυτικού τμήματος της Ιόνιας λεκάνης όπως αυτό θα μελετηθεί στην παρούσα εργασία. Απεικονίζονται η τεκτονικές ενότητες των εξωτερικών Ελληνίδων, οι επωθήσεις της Πίνδου, της Γαβρόβου και της Ιόνιας (εσωτερική, ενδιάμεση και εξωτερική), καθώς και κύρια ρήγματα όπως τα Borsh-Khaurdhiqit και Κεφαλονιάς. Ακόμη, σημειώνονται οι παλαιογραφικές θέσεις της Μεσοελληνικής αύλακας και τις λεκάνες προχώρας της Πίνδου και της Ιόνιας. Η Ιόνια λεκάνη οριοθετείται από τα δυτικά με την Ιόνια επώθηση και από τα ανατολικά με την επώθηση στις ζώνης Γαβρόβου-Πίνδου.



Εικόνα 1: Γεωτεκτονικός χάρτης της ΒΔ Ελλάδας. Απεικονίζονται οι κύριες επωθήσεις, ρήγματα και οι λεκάνες της Πίνδου και της Ιονίου (Bourli et al., 2019).

Οι συνθήκες διαστολής σε συνδυασμό με το άνοιγμα του ωκεανού της Νεο-Τυθούς συντέλεσαν στην δημιουργία της Ιόνιας λεκάνης κατά το Ανώτερο Ιουρασικό. Όπως απεικονίζεται σχηματικά στην εικόνα 4, ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα αποτέθηκαν πάνω σε εβαποριτικό υπόβαθρο (Εικ.4: αρ.2) ηλικίας Τριαδικού.



Εικόνα 4: Εξέλιξη της Ιόνιου λεκάνης από το Τριαδικό έως το Μειόκαινο. Απεικονίζονται οι κύριες λιθολογίες, ρηγμάτα και επωθήσεις. Αριθμίζονται τα στάδια απόθεσης των ιζημάτων (Bourli et al., 2019).

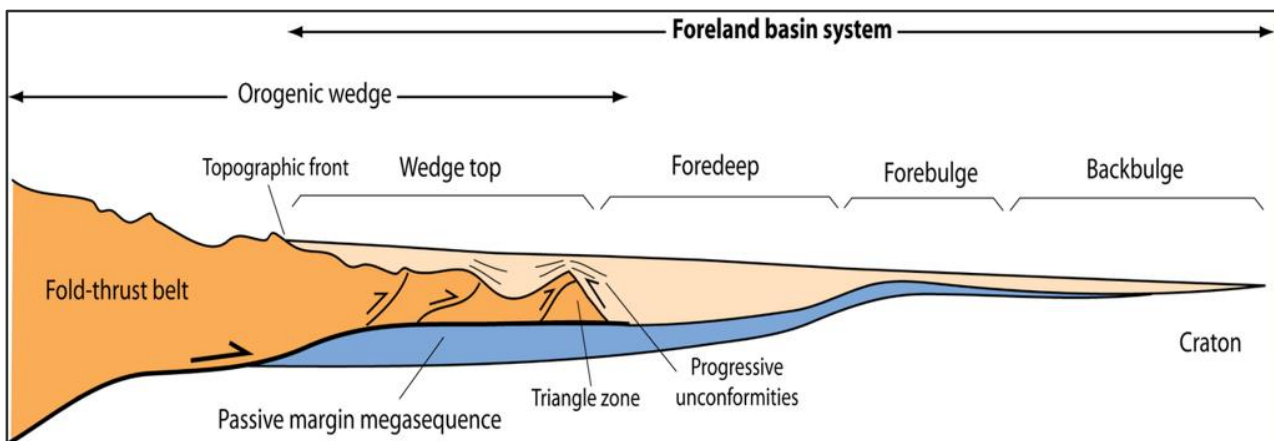
Η συνεχής διαστολή (Εικ.4: αρ.3) δημιούργησε επιμέρους μικρότερα τεκτονικά βυθίσματα στην λεκάνη και ακολούθησε η απόθεση κυρίως των ασβεστολίθων της Ποσειδόνιας (Εικ.4: αρ.4) αλλά και άλλων ιζηματογενών πετρωμάτων μικρότερης εμβέλειας. Οι διακυμάνσεις στα πάχη των ιζημάτων και ο προσανατολισμός των ρηγμάτων που δημιουργήθηκαν την ίδια περίοδο

υποδηλώνουν ότι οι δυναμικές συνθήκες που επηρέαζαν το τεκτονικό καθεστώς προέρχονταν τόσο από την διαστολή λόγω της δημιουργίας του ωκεανού της Νεο-Τυθούς όσο και από τον διαπυρισμό του εβαποριτικού υπόβαθρου.

Από το Κατώτερο Ιουρασικό έως το κατώτερο Ηώκαινο λόγω της ταφρογένεσης δημιουργήθηκε εναλλασσόμενος σχηματισμός τάφρου-κέρατος. Αποτέθηκαν οι ασβεστόλιθοι και οι σχίστες της Βίγλας (Κ. Κρητιδικό)(Εικ.4: αρ.5) και οι Ασβεστόλιθοι του Σενόνιου με εναλλαγές στα πάχη των στρωμάτων λόγω του τεκτονικού σχηματισμού (Εικ.4: αρ.6).

Κατά το Αν. Ηώκαινο έλαβε χώρα ένα καθεστώς συμπίεσης από τα ανατολικά προς τα δυτικά λόγω της μετανάστευσης του Ορογενούς, που επανεργοποίησε τα προϋπάρχοντα κανονικά ρήγματα με βορειοδυτική κλίση που είχαν προκληθεί λόγω της ταφρογένεσης, σχηματίζοντας έτσι την επώθηση της Πίνδου πάνω από την ζώνη Γαβρόβου, καθώς και την επώθηση της Γαβρόβου. Έτσι, δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχες λεκάνες προχώρας της Πίνδου και της Γαβρόβου (Εικ.4: αρ.7).

Στην εικόνα 5 απεικονίζεται το μοντέλο δημιουργίας σύνθετου τύπου λεκάνης, που αποτελείται από το επαναλαμβανόμενο σχηματισμό επώθηση-λεκάνη προχώρας.



Εικόνα 5: Μοντέλο δημιουργίας σύνθετου τύπου λεκάνης (<https://alchetron.com/Foreland-basin>).

Υπολειμματικά οφιολιθικά πετρώματα από τον ωκεανό της Πίνδου και άλλα πετρώματα της ενότητας της Πίνδου παρέμεναν εκτεθειμένα σε διαβρωσιγενείς συνθήκες και τροφοδότησαν τα υποθαλάσσια αλλουβιακά ριπίδια που δημιουργήθηκαν στην λεκάνη προχώρας της Πίνδου και την οπισθολεκάνη της, την Μεσοελληνική αύλακα.

Με την συνεχής μετανάστευση της πίεσης προς τα δυτικά, ενεργοποιήθηκαν μικρότερες επωθήσεις οι οποίες σχημάτισαν την εσωτερική και την ενδιάμεση Ιόνια ζώνη. Η εξωτερική Ιόνια ζώνη οριοθετήθηκε από την δράση της Ιόνιας επώθησης κατά το ανώτερο Μειόκαινο, η οποία υπέρκειται μερικώς της Προ-Απούλιας πλάκας. Η Προ-Απούλια πλάκα ήταν μια ρηχή ανθρακική πλατφόρμα στα ανατολικά περιθώρια της Απούλιας πλάκας που μετέβαινε προς την Ιόνιο λεκάνη. Η ρηχή της θέση εμπόδισε την πλήρη επώθηση της Ιόνιας πάνω σε αυτήν, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό υβωμάτων με την μορφή βεντάλιας (pop-up δομές)(Εικ.5: αρ.8).

Όλες οι παραπάνω επωθήσεις πραγματοποιήθηκαν σε βάρος προϋπαρχόντων ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΒΔ που είχαν σχηματιστεί κατά την ταφρογέννεση. Λόγω των επωθήσεων δημιουργήθηκαν πολλές μικρές λεκάνες προχώρας που συντέλεσαν στην σύνθετη τύπου Ιόνια λεκάνη.

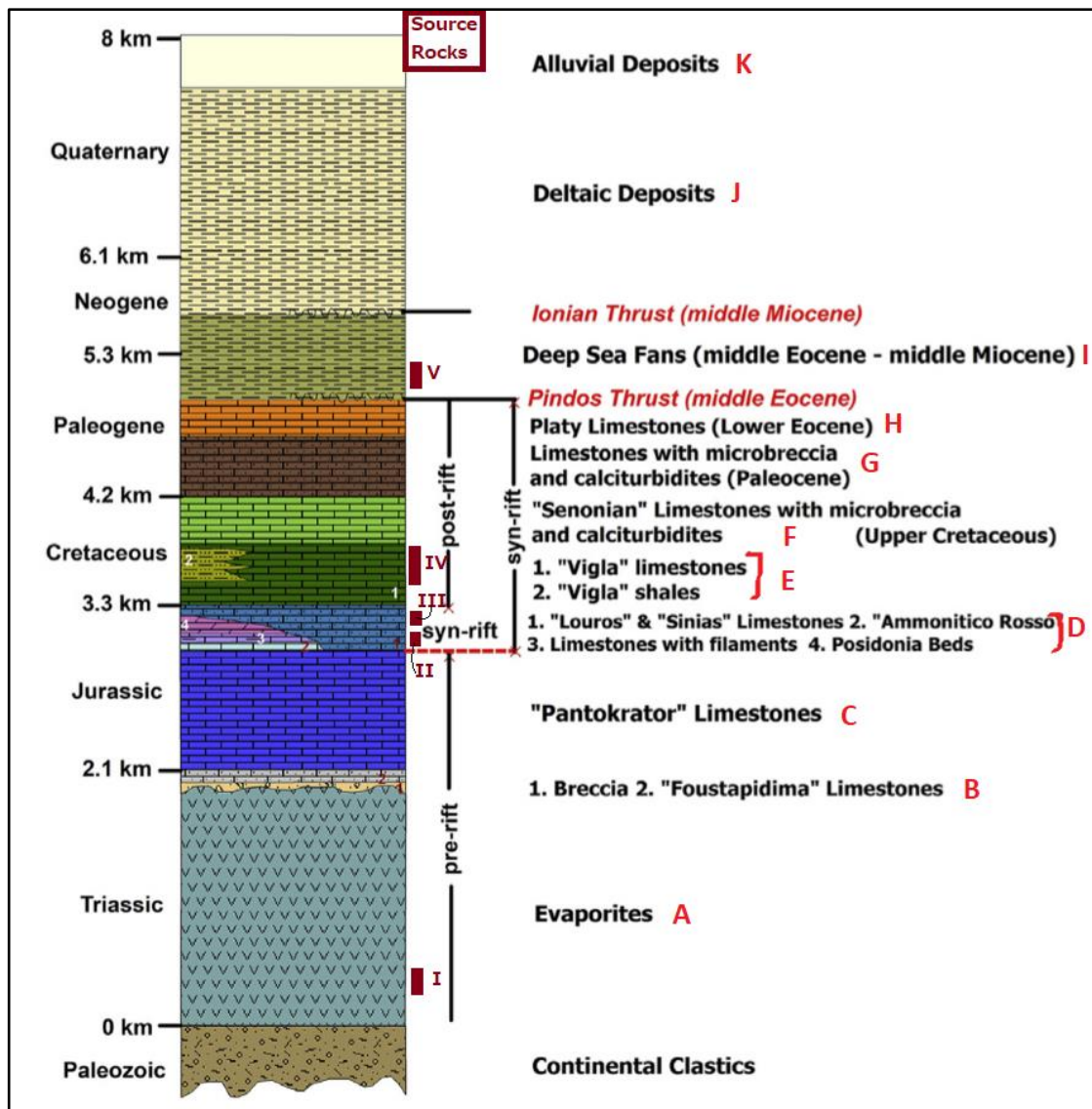
Στρωματογραφία

Η Μεσοζωική ακολουθία της Ιόνιας λεκάνης χωρίζεται σε ενότητες ανάλογα με το τεκτονικό καθεστώς που επικρατούσε κατά τη διάρκεια της ιζηματογένεσης: την pre-rift, την syn-rift και την ακολουθία σε καθεστώς πίεσης.

Σειρά πριν την ταφρογέννεση (pro-rift): Στην βάση της ιζηματογενούς ακολουθίας της Ιόνιας ζώνης αναπτύσσονται εβαπορίτες του Τριαδικού (Εικ.6: Α) και πάνω από αυτούς μεγάλου πάχους ανθρακικά ιζήματα (σχηματισμοί λατυποπαγούς και ασβεστολίθων του Φουσταπήδημα (Εικ.6:Β) και ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα (Εικ.6:C)) σε μια ατεκτονική λεκάνη μέχρι το Αν. Ιουρασικό.

Σειρά συν-ταφρογέννεσης (syn-rift): Τα ιζήματα αυτής της ακολουθίας αποτέθηκαν στην λεκάνη όταν εκείνη βρίσκονταν σε καθεστώς διαστολής, όπου δημιουργήθηκαν μικρότερες υπο-λεκάνες όπως οι τάφροι και κέρατα, με αποτέλεσμα τα πάχη των ιζημάτων να μεταβάλλονται ανάλογα την θέση απόθεσής τους.

Η βάση της ακολουθίας αποτελείται από πελαγικούς ασβεστόλιθους του Σινιά (Ανώτερο Ιουρασικό) και ημιπελαγικούς ασβεστόλιθους του Λούρου (με πάχος από 20 έως 150 μέτρα). Ακολουθούν τα στρώματα Ammonitico Rosso, ασβεστόλιθοι με filaments και τα στρώματα της Ποσειδόνιας (20-200 μέτρα πάχος), ηλικίας κατώτερου με ανώτερου Ιουρασικού (Εικ.6: D).



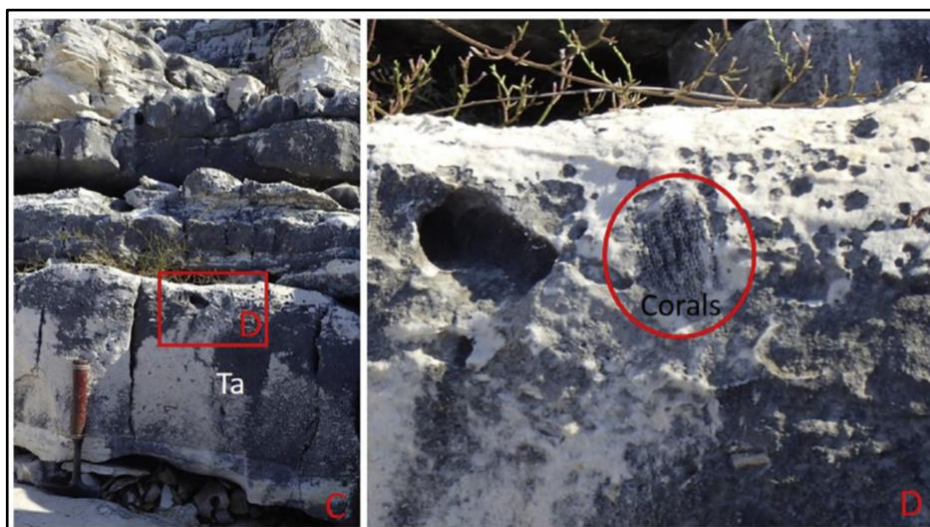
Εικόνα 6: Στρωματογραφική κολώνα της Ιόνιας ζώνης, όπου Α) Εβαπορίτες, Β) ασβεστόλιθοι Breccia και Φουσταπήδημα, C) ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα, D) ασβεστόλιθοι Λούρου και Σινιά, Ammonitico Rosso, ασβεστόλιθοι με filaments και Στρώματα της Ποσειδόνιας, E) ασβεστόλιθοι και σχίστες της Βίγλας, F) ασβεστόλιθοι του Σενόνιου με μικρολατυποπαγές και ανθρακικοί τουρβιδίτες, G) ασβεστόλιθοι του Παλαιοκαίνου με μικρολατυποπαγές και ανθρακικοί τουρβιδίτες, H) ασβεστόλιθοι του Πλατύ, I) ιζημάτα υποθαλασσίων ριπιδίων, J) δελταϊκές αποθέσεις, K) αλλουβιακές αποθέσεις. Ακόμη, σημειώνονται με λατινικούς αριθμούς τα μητρικά πετρώματα υδρογονανθράκων όπου I) οριζόντες αργλικών σχιστών πλούσιοι σε οργανικό υλικό στην βάση των εβαποριτών, II) κατώτερα στρώματα Ποσειδόνιας, III) ανώτερα στρώματα Ποσειδόνιας, IV) σχιστόλιθοι Βίγλας και V) ανώριμο οργανικό υλικό των υποθαλάσσιων ριπιδίων (τροποποίηση μετά από Bourli et al., 2019).

Στη συνέχεια, η ακολουθία αποτελείται από ιζηματογενή πετρώματα κατώτερου Κρητιδικού, όπου στην βάση υπάρχουν οι ασβεστόλιθοι της Βίγλας και οι σχίστες της Βίγλας (Εικ.6: E) με πάχος 200-600 μέτρα. Οι σχίστες της Βίγλας περιέχουν ασβεστόλιθους με εναλλαγές κερατολίθων και ενδιαστρώσεις σχιστών χρώματος σκούρο γκρι προς πράσινο ή κόκκινο. Η απόθεση των στρωμάτων της Βίγλας αρχικά θεωρήθηκε ότι έγινε σε ένα τρίτο καθεστώ, μετά την

ταφρογέννεση (post-rift) από τον Karakitsios (2013) ενώ νεότερα μοντέλα, όπως πρότειναν οι Bourli et al. (2019) αναφέρουν πως η διαστολή δεν σταμάτησε αλλά συνέχισε καθώς τα πάχη των ιζημάτων δεν είναι ομοιογενείς, όπως θα αναμενόταν σε μια ήρεμη λεκάνη ιζηματογέννεσης (Εικ.4: τομές 5&6).

Ακολουθούν οι ασβεστόλιθοι του ανωτέρου Κρητιδικού (Σενόνιου)(Εικ.6: F). Τα πάχη τους κυμαίνονται από 200 έως 400 μέτρα και έχουν κόνδυλους πυριτίου και ενδιαστρώσεις κερατόλιθου. Η απόθεση τους σε λεκάνη με εναλλαγές τάφρου-κέρατος επηρέασε τόσο τα πάχη των ιζημάτων (καθώς η διαστολή συνεχιζόταν) όσο και το παλαιοπεριβάλλον απόθεσης.

Σύμφωνα με τους Bourli et al. (2019) το παλαιοπεριβάλλον απόθεσης των ασβεστολίθων του Σενόνιου χαρακτηρίζεται από 2 διαφορετικές φάσεις καθώς κυριαρχούσε το τεκτονικό καθεστώς τάφρου-κέρατος σε συνθήκες διαστολής. Στα υβώματα (κέρατα) δημιουργήθηκε ρηχό περιβάλλον, το οποίο χαρακτηρίστηκε από την ανάπτυξη ρουδιστών, εχινόδερμων, κοραλιών, πράσινων φυκών και βενθικών τρηματοφόρων. Στις τάφρους, η ιζηματογέννεση του ασβεστόλιθου έγινε σε συνδιασμό με μικρολατυποπαγές και ανθρακικούς τουρβιδίτες, στους οποίους εντοπίστηκαν αλλόχθονα θραύσματα των παραπάνω απολιθωμάτων. Η ύπαρξη πελαγικών *Globoturcanides* δηλώνει πως το παλαιοπεριβάλλον απόθεσης ήταν πελαγικό. Επομένως, εικάζεται πως η μητρική προέλευση των ανθρακικών τουρβιδιτών θεωρούνται οι μικρές ρηχές ανθρακικές πλατφόρμες (υβώματα), οι οποίες λόγω διάβρωσης τροφοδότησαν τις κατώτερες υψομετρικές θέσεις. Στην εικόνα 7 απεικονίζεται ασβεστόλιθος του Σενονίου από την Ιθάκη, όπου περιέχει κοράλλια.



Εικόνα 7: Ασβεστόλιθος του Σενονίου από την Ιθάκη όπου απεικονίζεται κοράλλι (Bourli et al. 2019).

Οι ασβεστόλιθοι με μικρολατυποπαγές του Παλαιοκαίνου (Εικ.6: G), έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά λιθοφάσης με τους ασβεστόλιθους του Σενόνιου, με την επιπλέον ύπαρξη των ανθρακικών τουρβιδιτών που προήλθαν από την διάβρωση των Καρμπονατιτών του Κρητιδικού από την πλατφόρμα της Γαβρόβου και της Απούλιας. Κατά τόπους παρατηρούνται κόνδυλοι πυριτίου και ενστρώσεις κερατολίθων.

Οι ασβεστόλιθοι του Πλατύ και οι ιλιόλιθοι του Πλατύ (Εικ.6: H) με Globigerinidae με κόνδυλους πυριτίου ειδικότερα στο κέντρο της Ιόνιας λεκάνης είναι αποθέσεις του κατώτερου Ηώκαινου.

Η σειρά της πίεσης δημιουργήθηκε εξ' αιτίας της δράσης της επώθησης της Πίνδου κατά το κατώτερο Ηώκαινο που μετέτρεψε την Ιόνιο λεκάνη σε λεκάνη προχώρας, τροφοδοτώντας την με ιζήματα υπό την μορφή θαλάσσιων ριπηδίων. Έτσι, από το κατώτερο Ηώκαινο έως το ανώτερο Μειόκαινο αποτέθηκαν ιζήματα υποθαλασσίων ριπιδίων (Εικ.6: I).

Ακολούθησαν δελταϊκές (Εικ.6: J) και αλλουβιακές αποθέσεις (Εικ.6: K) κατά το Τεταρτογενές σε ένα τεκτονικό καθεστώς, αυτό πάλι της διαστολής εξαιτίας της μετανάστευσης του ορογενούς δυτικότερα και την μετατροπή της Ιόνιας λεκάνης σε λεκάνη οπισθοχώρας .

ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΙΟΝΙΑ ΖΩΝΗ

Εισαγωγή

Η αναζήτηση κοιτασμάτων στην Ιόνια ζώνη της Δυτικής Ελλάδος ξεκίνησε από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ενώ το 1981 ανακαλύφθηκε το πετρελαϊκό κοίτασμα στο Κατάκολο. Στην Ιόνια ζώνη έχουν εντοπιστεί αρκετές ευνοϊκές ενδείξεις ύπαρξης πεδίων υδρογονανθράκων και παρακάτω θα αναφερθούν πιθανά πετρελαϊκά συστήματα φόρτισης, όπου θα δοθεί εκτενής περιγραφή των μητρικών πετρωμάτων, των διόδων μετανάστευσης και των ταμιευτήρων, του μονωτήρα και της παγίδας.

Μητρικά πετρώματα υδρογονανθράκων

Τα μητρικά πετρώματα της Ιόνιου ζώνης σύμφωνα με τους Karakitsios & Rigakis (1987), Zelilidis et al., (2003), Karakitsios (2013), Zelilidis et al., (2015) είναι τα ακόλουθα:

1. Οι ορίζοντες των αργιλικών σχιστών πλούσιοι σε οργανικό υλικό στο υπόβαθρο των εβαποριτών (Τριαδικό-Κ. Ιουρασικό) (Εικ.6: Ι). Αποτέθηκαν στα κατώτερα στρώματα των εβαποριτών σε περιβάλλον ρηχών νερών. Το ποσοστό του οργανικού υλικού (TOC) μετρήθηκε στα 16.2%, γεγονός που δηλώνει την αρκετά υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα και η σύνθεση του κηρογόνου είναι τύπου Ι.

Οι παραπάνω σχίστες θεωρούνται θερμικά ώριμοι στην εξωτερική και στην ενδιάμεση Ιόνια ζώνη όπου έχουν εισαχθεί στο παράθυρο του πετρελαίου ενώ όσο προχωράνε στα δυτικά, λόγω της βύθισης της λεκάνης κατά την ιζηματογένεση, οι υδρογονάνθρακες βρίσκονται στο παράθυρο του φυσικού αερίου και εν συνεχεία είναι πλέον υπερώριμοι (στην Προαπούλια ζώνη). Αυτό συμβαίνει διότι η γένεση και η ωρίμανση των υδρογονανθράκων γίνεται σταδιακά. Με την αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τον χρόνο (και το βάθος αντίστοιχα) αρχίζει η παραγωγή της πισσάσφαλτου (πρώιμο στάδιο), ακολουθεί το στάδιο του πετρελαίου και η γένεση υγρού αερίου (ώριμο στάδιο, παράθυρο πετρελαίου και φυσικού αερίου αντίστοιχα) και τελικά το στάδιο γένεσης ξηρού αερίου (υπερ-ώριμο στάδιο).

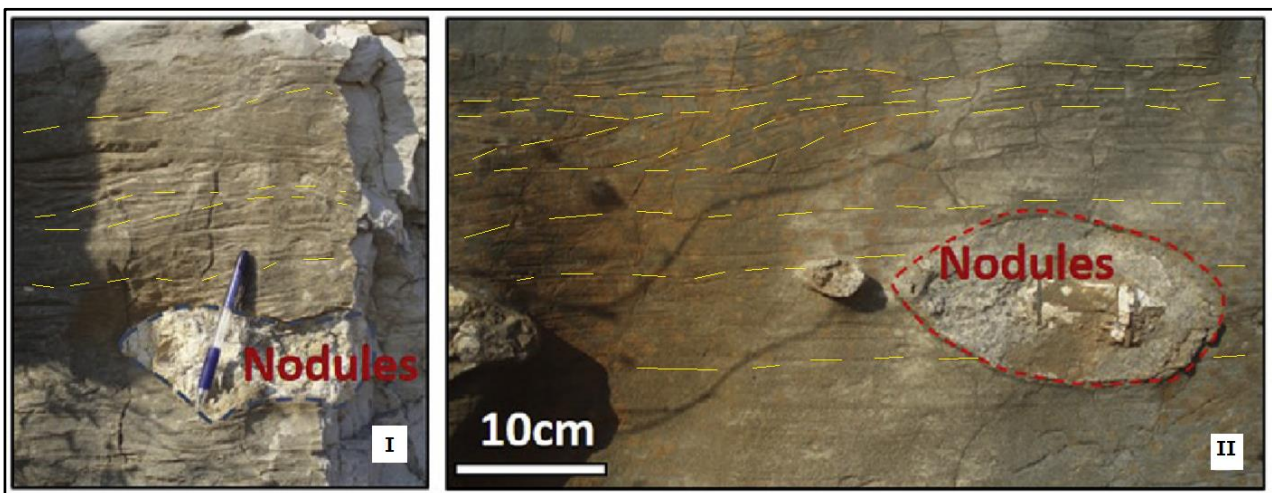
Η τεκτονική που προκάλεσε τον σχηματισμό του κροκαλοπαγούς μέσα στους εβαπορίτες, προκάλεσε ακόμη των κατακερματισμό των σχιστών, ως αποτέλεσμα αυτά να εμφανίζονται στην ακολουθία ως θραύσματα μέσα στο κροκαλοπαγές.

2. Τα κατώτερα στρώματα της Ποσειδωνίας (Εικ.6: II) θεωρούνται τα σημαντικότερα μητρικά πετρώματα της δυτικής Ελλάδας. Η διακύμανση στα πάχη των στρωμάτων είναι μεγάλη γιατί η παρουσία και η συσσώρευση του οργανικού υλικού ρυθμίστηκε από την γεωμετρία της λεκάνης κατά την ταφρογέννεση. Η γεωμετρία των περιορισμένων υπολεκανών δημιούργησε συνθήκες στασιμότητας στις τάφρους που επέφερε ημι-οξειδωτικά περιβάλλοντα στα βαθιά νερά. Το ανοξικό γεγονός του Αν. Ιουρασικού (Τοαρσίου) προκάλεσε την αύξηση του ρυθμού απόθεσης οργανικού άνθρακα, ως συνέπεια τον σχηματισμό πολύ πλούσιων σε οργανικό υλικό μαύρων σχιστών. Η σύνθεση του Κηρογόννου κατατάσσεται σε τύπους I προς II.
3. Τα ανώτερα στρώματα της Ποσειδονίας (Εικ.6: III) που αποτελούνται από πυριτικούς αργίλους, συχνά βιτουμενιούχους. Οι οριζόντες που είναι πλούσιοι σε πυρίτιο περιέχουν Ποσειδόνια και Ραδιολάρια. Ο δείκτης TOC είναι μεταξύ 1.05% με 3.34% , όπου το πετρέλαιο σε γενικές γραμμές θεωρείται πλέον ώριμο.
4. Οι σχιστόλιθοι της Βίγλας, από την ενότητα της Βίγλας του Κατωτέρου Κρητιδικού (Εικ.6: IV). Περιέχουν Ραδιολάρια και Globoturcanids. Ο δείκτης TOC είναι 0.94-5.00% και θεωρούνται πλούσιοι σε οργανικό υλικό. Η σύνθεση του Κηρογόννου είναι τύπου I προς II και η προέλευση είναι κυρίως από θαλάσσιους οργανισμούς, όπως φυτοπλακτόν, ζωοπλακτόν και βακτήρια, και είναι ικανό να παράξει υγρούς υδρογονάνθρακες. Οι σχίστες στην εξωτερική και κεντρική ιόνια ζώνη βρίσκονται σε στάδιο πρώιμης ωρίμανσης ενώ στην εσωτερική σε ώριμο στάδιο. Στα κατώτερα και ανώτερα τμήματα των σχιστών εντοπίζονται τρεις οριζόντες μαύρων σχιστών πολύ πλούσιοι σε οργανικό υλικό.
5. Το οργανικό υλικό στα υποθαλάσσια ριπίδια του Αν. Ηωκαίνου έως το Κ.-Μ. Μειόκαινο (Εικ.6: V). Ο σχηματισμός βιογενούς αερίου των μητρικών πετρωμάτων των υποθαλάσσιων ριπιδίων στην λεκάνη προχώρας της Πίνδου άρχισε μετά τον σχηματισμό των τεκτονικών καλυμάτων.

Ταμιευτήρες

Υπάρχουν ταμιευτήρες σε διάφορα επίπεδα στην στρωματογραφική ακολουθία της Ιόνιας ζώνης. Οι ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα, του Κρητιδικού (Βίγλας και Σενονίου), του Παλαιοκαίνου και του Ηωκαίνου είναι τα κύρια πετρώματα που μπορούν να φιλοξενήσουν τους υδρογονάνθρακες. Οι ασβεστόλιθοι του Κρητιδικού περιέχουν κόνδυλους πυριτίου. Κατά την διαγένεση ρευστά πλούσια σε πυρίτιο, συνήθως βιογενούς προέλευσης, εισέρχονται στις ιζηματογενείς αποθέσεις

μέσω των στρώσεων και σχηματίζουν κόνδουλος πυριτίου. Στην εικόνα 8 φαίνονται οι ιζηματογενείς στρώσεις των ασβεστόλιθων (Σενόνιο). Το μέγεθος των κονδύλων καθορίζεται κυρίως από το πορώδες του ιζήματος, καθώς όσο μεγαλύτερο είναι τόσο περισσότερο μπορεί να αναπτυχθεί ο κόνδουλος. Η τοπική διόγκωση που προκαλείται λόγω των σχηματισμών κονδύλων δημιουργεί διακλάσεις στο πέτρωμα που τους φιλοξενεί (εικ. 9, III). Έτσι, ο ασβεστόλιθος μπορεί να αναπτύξει δευτερογενές πορώδες. Οι ασβεστόλιθοι του κατώτερου Κρητιδικού (ασβεστόλιθοι της Βίγλας) περιέχουν κόνδουλος πυριτίου κυρίως σφαιρικούς, οι οποίοι είναι μικροί και πολυάριθμοι ενώ εκείνοι του Αν. Κρητιδικού (ασβεστόλιθοι του Σενονίου) είναι λιγότεροι αλλά μεγαλύτεροι.



Εικόνα 8: Κόνδυλοι πυριτίου σε ασβεστόλιθους του Σενονίου. Με διακεκομμένες κίτρινες γραμμές απεικονίζονται οι στρώσεις που έχουν δημιουργηθεί από ανθρακικούς τουρβιδίτες (τροποποίηση μετά από Bourli et al., 2019).

Ακόμη, οι ασβεστόλιθοι του Σενονίου περιέχουν ενστρώσεις ανθρακικών τουρβιδιτών και μικρολατυποπαγούς, ιζηματογενείς αποθέσεις που βελτίωσαν το πρωτογενές πορώδες του ασβεστόλιθου. Για τον λόγο αυτόν, οι ασβεστόλιθοι του Αν.Κρητιδικού είχαν μεγαλύτερο πρωταρχικό πορώδες από εκείνους του Κατ. Κρητιδικού. Ωστόσο το δευτερογενές πορώδες τους είναι παρόμοιο λόγω της δημιουργίας των κονδύλων όπως πρότειναν οι Spence and Finch (2015) και Bourli et al. (2019).



Εικόνα 9: Κόνδυλοι Πυριτίου από του ασβεστόλιθους της Βίγλας όπου I) οι κόνδυλοι είναι πολυάριθμοι και κυρίως σφαιρικοί, II) εμφανίζονται με ζώνωση και III) δημιουργήσαν διακλάσεις στο πέτρωμα σχηματίζοντας το δευτερογενές του πορώδες (τροποποίηση μετά από Bourli et al., 2019).

Τέλος, το παλαιοπεριβάλλον απόθεσης των ασβεστολίθων του Σενονίου χωρίζεται σε 2 περιβάλλοντα απόθεσης, ρηχού περιβάλλοντος στις θέσεις όπου βρίσκονταν τα υβώματα και πελαγικού στις τάφρους. Στα ρηχά οικοσυστήματα, ευνοήθηκε η ανάπτυξη κοραλλιών, βιογενείς αποθέσεις που αποτελούνται από πολύ υψηλό πορώδες. Τα στρώματα αυτά μπορούν να θεωρηθούν πολύ καλοί ταμιευτήρες υδρογονανθράκων.

Οι ασβεστόλιθοι του Παλαιοκαίνου και του Ηωκαίνου περιέχουν επίσης ανθρακικούς τουρβιδίτες, οι οποίοι βελτιώνουν το πορώδες του πετρώματος έως και 8% (Αν. Κρητιδικό-Ηώκαινο). Τα πετρώματα αυτής της ηλικίας αποτελούν τους ταμιευτήρες του κοιτάσματος υδρογονανθράκων στο Κατάκολο, όπου υπάρχουν αξιοσημείωτες ποσότητες (Marnelis et al., 2007).

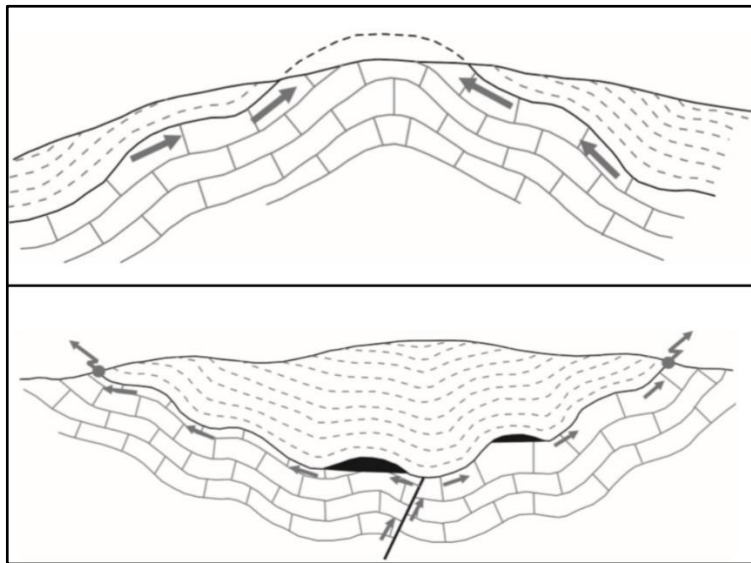
Τα ρήγματα που έχουν δημιουργηθεί από την τεκτονική της Δυτικής Ελλάδας κατά την ταφρογένεση ευνοούν τις συνθήκες μετανάστευσης των υδρογονανθράκων μέσω του δευτερογενούς πορώδες που έχουν δημιουργήσει.

Καλύμματα

Τα καλύμματα της Ιόνιας ζώνης κατά τον Karakitsios (2013) είναι ο Ολιγοκαινικός φλύσχος (ιζήματα υποθαλάσσιων ριπιδίων του Παλαιογενούς (εικ.6: I)) καθώς και οι μάργες του Αν. Μειοκαίνου και Πλειοκαίνου, όπως εντοπίστηκε στα Δυτικά του Κατακόλου. Ακόμη, οι εβαπορίτες του Τριαδικού λειτουργούν ως κάλυμμα, καθώς οι επαναλαμβανόμενες επωθήσεις μετέφεραν το εβαποριτικό υπόβαθρο της ακολουθίας πάνω από τα ιζήματα των υποθαλάσσιων ριπιδίων όπως φαίνεται στην εικ. 4 στο σχήμα 8. Ως καλύμματα μπορούν να λειτουργήσουν και τα ίδια τα μητρικά πετρώματα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες που αφορούν το πάχος των στρωμάτων και η τεκτονική δομή.

Παγίδες

Ως παγίδες μπορούν να θεωρηθούν οι επωθήσεις που δημιουργήθηκαν λόγω της συμπίεσης του ορογενούς στα ανατολικά, που επώθησαν το εβαποριτικό υπόβαθρο πάνω από την φλυσική ακολουθία διακόπτοντας την στρωματογραφική συνέχεια των πετρωμάτων. Καθώς οι εβαπορίτες θεωρούνται ένα πολύ καλό κάλυμμα, εμποδίζουν την ανοδική πορεία των υδρογονανθράκων παράλληλα στις κλίσεις των οροφών, παγιδεύοντάς τους στην τεκτονική επαφή των στρωμάτων. Ακόμη, συναντώνται αντίκλινα και σύγκλινα. Αρκετά από τα αντίκλινα που είχαν δημιουργηθεί σε σχετικά μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους λειτουργούσαν ως παγίδες υδρογονανθράκων, οι οποίες έχουν καταστραφεί λόγω της επιφανειακής διάβρωσης σε συνδιασμό με την έντονη τεκτονική που προκάλεσε το καθεστώς συμπίεσης, με αποτέλεσμα την διαφυγή των υδρογονανθράκων (αντίκλινο Ανεμοράχη). Ωστόσο, μεγάλες συγκλινικές δομές όπως εκείνη του Βοτσαρά και της Ηπείρου-Ακαρνανίας, μπορούν να έχουν περιέχουν μικρά αντίκλινα, τα οποία μπορούν να παγιδεύσουν ποσότητες υδρογονανθράκων.



Εικόνα 10: Πάνω: Αντίκλινο το οποίο έχει διαβρωθεί, με αποτέλεσμα την διαφυγή των παγιδευμένων υδρογονανθράκων. Κάτω: Συγκλινική δομή όπου εμπεριέχονται μικρά αντίκλινα που δημιουργούν παγίδες υδρογονανθράκων (Karakitsios and Rigakis, 2007)

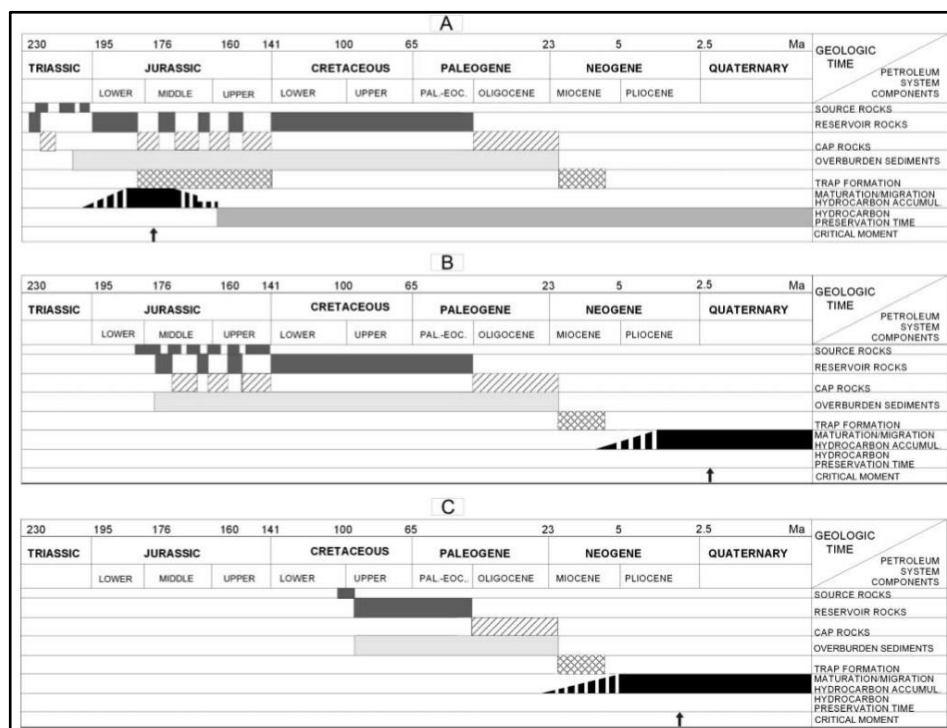
Τέλος, τα ρήγματα μπορούν να προκαλέσουν τόσο διαρροή των υδρογονανθράκων προς την επιφάνεια όσο και μόνωση και πγίδευση αυτών. Αυτό εξαρτάται από το κοκκομετρικό μέγεθος των κατακλαστών που έχουν δημιουργηθεί κατά μήκος του ρήγματος. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το υλικό, τόσο πιο ευνοϊκές είναι οι συνθήκες για να λειτουργήσει ως παγίδα.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΕΔΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Η σύγκριση της ηλικίας ωρίμανσης των μητρικών πετρωμάτων με την ηλικία που έδρασαν διάφορες τεκτονικές δομές στην Ιόνια ζώνη είναι μια απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου να γίνει κατανοητή η πορεία μετανάστευσης των υδρογονανθράκων στο πέρασμα του γεωλογικού χρόνου.

Κατά τους Karakitsios and Rigakis (2007), οι σχίστες του Τριαδικού που είναι πλούσιοι σε οργανικό υλικό εισήχθησαν στο παράθυρο του πετρελαίου κατά το Κατώτερο Ιουρασικό, τα κατώτερα και ανώτερα στρώματα της Ποσειδόνιας κατά το Μειόκαινο (Σεραβίλιο) και οι σχίστες της Βίγλας της εσωτερικής Ιόνιας ζώνης μετά το Σεραβίλιο.

Στην εικόνα 11 απεικονίζονται τα πετρελαϊκά συστήματα φόρτισης υδρογονανθράκων της Ιόνιας λεκάνης, όπου Α) για τα μητρικά πετρώματα των σχιστών του Τριαδικού που είναι πλούσιοι σε οργανικό υλικό, Β) για τα μητρικά πετρώματα των κατώτερων και ανώτερων στρωμάτων της Ποσειδόνιας και C) για τους σχίστες της Βίγλας.

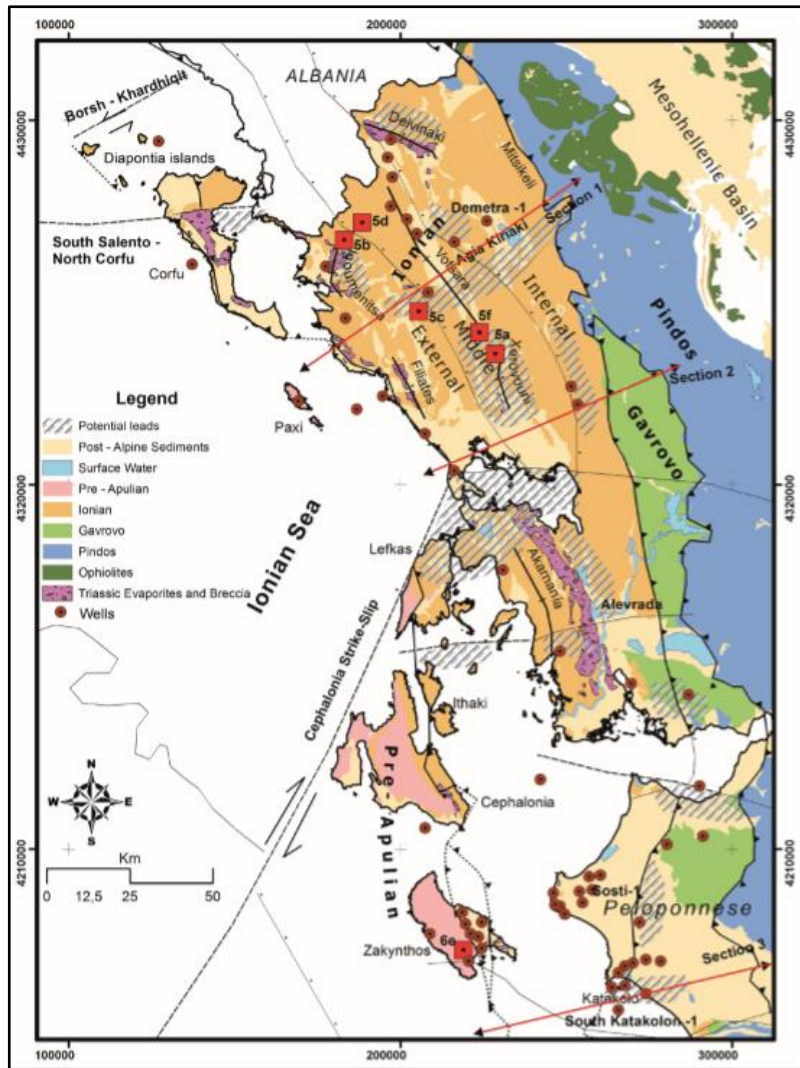


Εικόνα 11: Τα πετρελαϊκά συστήματα φόρτισης υδρογονανθράκων στην Ιόνια ζώνη, όπου Α) για τα μητρικά πετρώματα των σχιστών του Τριαδικού που είναι πλούσιοι σε οργανικό υλικό, Β) για τα μητρικά πετρώματα των κατώτερων και ανώτερων στρωμάτων της Ποσειδόνιας και C) για τους σχίστες της Βίγλας (Karakitsios, 2013).

Η ωρίμανση των σχιστών του Τριαδικού (Εικ. 11, σχήμα Α) έλαβε χώρα πριν το καθεστώς συμπίεσης, επομένως είναι πολύ πιθανή η διαφυγή των υδρογονανθράκων από το κροκαλοπαγές του Τριαδικού και η παγίδευσή τους σε τεκτονικές δομές του Μεσοζωικού που σχετίζονται με την ταφρογέννεση, όπως οι ασβεστόλιθοι της Βίγλας και το Σενονίου. Σε δεύτερο στάδιο, το καθεστώς συμπίεσης και η ενεργοποίηση των επωθήσεων θα μπορούσε να προκαλέσει ξανά την μετανάστευση των υδρογονανθράκων με τελικό προορισμό τις παγίδες που δημιουργήθηκαν κάτω από τις επωθήσεις με τους εβαπορίτες να λειτουργούν ως κάλυμμα.

Τα στρώματα της Ποσειδόνιας (Εικ. 11, σχήμα Β) και οι σχίστες της Βίγλας (Εικ. 11, σχήμα C) έγιναν θερμικά ώριμα μετά την ενεργοποίηση της Ιόνιας επώθησης και της ανάπτυξης των τεκτονικών παγίδων που δημιούργησαν οι επωθήσεις της Πίνδου και της εσωτερικής Ιόνιας. Τα πετρώματα τα οποία λειτουργούν ως ταμιευτήρες για τους υδρογονάνθρακες των παραπάνω μητρικών πετρωμάτων είναι κυρίως οι ασβεστόλιθοι της Βίγλας και του Σενωνίου, καθώς και οι ασβεστόλιθοι του Παλαιοκαίνου και του Ηωκαίνου.

Προκυμένου να προταθούν θέσεις ανάπτυξης πεδίων υδρογονανθράκων των παραπάνω πετρελαϊκών συστημάτων φόρτισης έχουν γίνει 3 κάθετες τομές από τους Zelilidis et al. (2015) κατά μήκος της Ιόνιας ζώνης, με κύρια διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ όπως φαίνονται στην Εικόνα 11.



Εικόνα 11: Γεωλογικός χάρτης της δυτικής Ελλάδας όπου απεικονίζονται οι τεκτονικές ζώνες της περιοχής, σημεία όπου πραγματοποιήθηκαν γεωτρήσεις και με κόκκινη γραμμή οι 3 τομές της εικόνας 12 (Zelilidis et al., 2015).

Η εικόνα 12 απεικονίζει 3 τομές, όπου έχουν σημειωθεί αριθμητικά οι προτεινόμενες θέσεις, όπου με βάση το ταμιευτήριο πέτρωμα χωρίζονται σε:

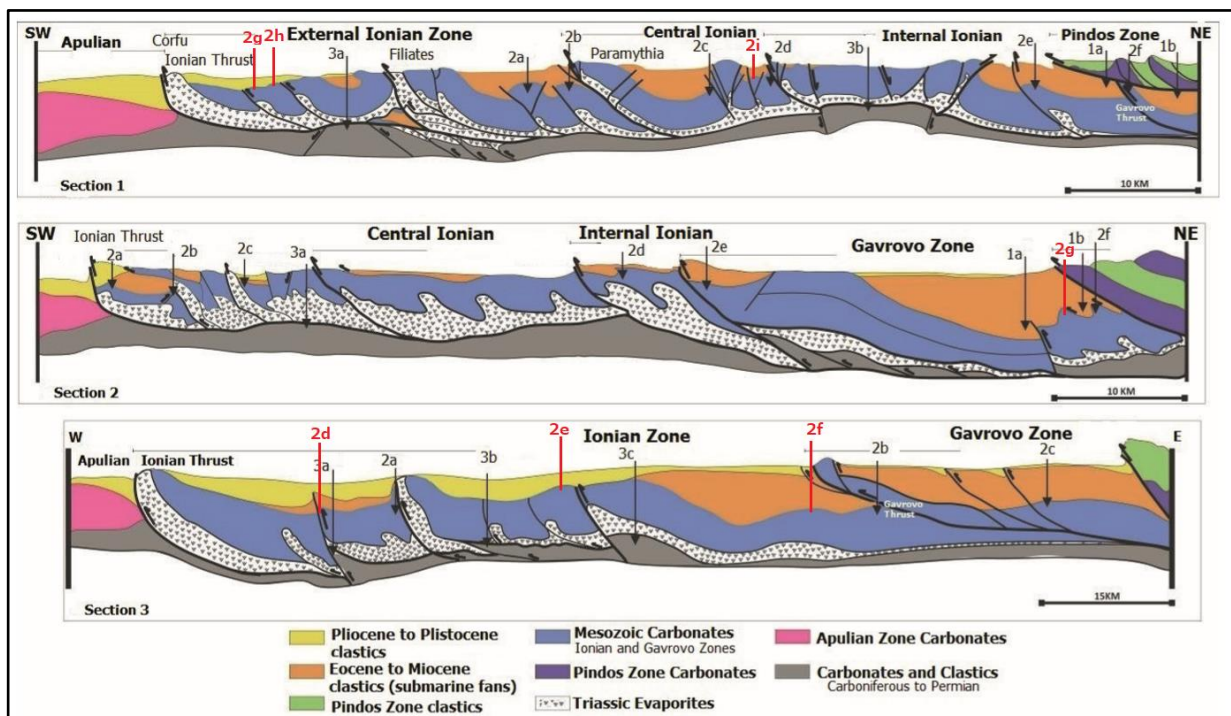
1. Θέσεις σε κλαστικά ιζήματα υποθαλάσσιων ριπιδίων ηλικίας Ηωκαίνου - Μειοκαίνου, που περιέχουν εναλλαγές μητρικών πετρωμάτων με κλαστικούς τουρβιδίτες, οι οποίοι λόγω του πρωτογενούς πορώδους μπορούν να φιλοξενήσουν υδρογονάνθρακες. Στρώματα με μικρότερο κοκκομετρικό μέγεθος λειτουργούν ως καλύμματα. Τέτοιες θέσεις είναι στις τομές 1 και 2 οι 1a και 1b.
2. Θέσεις σε Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους που μπορούν να αποθηκεύσουν υδρογονάνθρακες από τα μητρικά πετρώματα του Μεσοζωικού που είναι οι σχίστες του

εβαποριτικού υπόβαθρου, τα κατώτερα και ανώτερα στρώματα της Ποσειδόνιας και τους σχίστες της Βίγλας. Οι θέσεις αυτές είναι:

- σε αντίκλινα με υπερκείμενα στρώματα-μονωτές: τα κλαστικά ιζήματα του Ηωκαίνου-Μειοκαίνου, όπως στην τομή 1 οι 2a, 2b, 2i και 2e, στην τομή 2 οι 2d, 2e, 2g και 2f, στην τομή 3 οι 2c, 2b και 2f, τα κλαστικά ιζήματα Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου όπως στην τομή 1 οι 2g και 2h και στην τομή 3 η 2e, ή συνδιασμός των παραπάνω όπως στην τομή 2 η 2a, 2b και 2c και στην τομή 3 η θέση 2a.
- σε ρήγματα τα οποία έχουν τις προοπτικές να λειτουργήσουν ως παγίδες καθώς διακόπτουν τα κλαστικά ιζήματα του Ηώκαινου-Μειόκαινου, όπως στην τομή 1 οι θέσεις 2c και 2d και στην τομή 3 η 2d.

3. Θέσεις σε ασβεστόλιθους και κλαστικά ιζήματα ηλικίας Λιθανθρακοφόρου-Πέρμιου με αντίστοιχη ηλικία μητρικών πετρωμάτων. Οι παγίδες που απεικονίζονται είναι:

- Ψευτοαντίκλινα, με μόνωση το εβαποριτικό υπόβαθρο, που έχουν δημιουργηθεί λόγω 2 αντίρροπων κανονικών ρηγμάτων, όπως στην τομή 1 οι θέσεις 3a και 3b.
- Αντίκλινα με υπερκείμενα τους εβαπορίτες, όπως στην τομή 2 η θέση 3a και στην τομή 3 οι 3a, 3b και 3c.



Εικόνα 12: Γεωλογικές τομές με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ της Ιόνιας ζώνης, η θέση τους έχει σχεδιαστεί στον γεωλογικό χάρτη της εικόνας 11. Απεικονίζονται οι προτεινόμενες θέσεις ανάπτυξης πεδίων υδρογονανθράκων (τροποποιημένη από Zelilidis et al., 2015).

Τέλος, ένα σημαντικό στοιχείο για την Ιόνια ζώνη είναι πως η ωρίμανση των πετρωμάτων δεν είναι ίδια κατά μήκος της λεκάνης καθώς η παραμόρφωση των σχηματισμών που προκαλείται από την μετανάστευση του ορογενούς από τα ανατολικά προς τα δυτικά δημιουργεί την ανομοιόμορφη ταφή των πετρωμάτων. Γι' αυτόν τον λόγο, ο βαθμός ωρίμανσης των μητρικών πετρωμάτων αυξάνεται προς τα ανατολικά. Μία μέση τιμή βάθους για το παράθυρο του φυσικού αερίου είναι 5-6 Km. Σύμφωνα με τον Karakitsios (2013), οι σχίστες του Τριαδικού που είναι πλούσιοι σε οργανικό υλικό και τα στρώματα της Ποσειδόνιας στην εσωτερική Ιόνια επώθηση στο σύγκλινο της Ηπείρου-Ακαρνανίας έχουν μπει στο παράθυρο του φυσικού αερίου.

Οι προοπτικές για πεδία ανάπτυξης στην Ιόνια ζώνη είναι θετικές, καθώς τα πετρελαϊκά συστήματα φόρτισης των υδρογονανθράκων είναι πλήρης δομημένα, ωστόσο ο εμπλουτισμός των σεισμικών δεδομένων και γεωτρήσεων είναι πολύ σημαντικός, αν όχι απαραίτητος προκειμένου να συνεχιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η έρευνα σε αυτά τα πεδία.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bourli, N., Pantopoulos, G., Maravelis, A.G., Zoumpoulis, E., Iliopoulos, G., Pomoni-Papaioannou, F., Kostopoulou, S., Zelilidis, A., 2019: Late Cretaceous to early Eocene geological history of the eastern Ionian Basin, southwestern Greece: a sedimentological approach. *Cretaceous Journal* 98, 47-71.
- Bourli, N., Kokkaliari, M., Iliopoulos, I., Pe-Piper, G., Piper, D.J.W., Maravelis, A.G., Zelilidis, A., 2019: Mineralogy of siliceous concretions, Cretaceous of Ionian zone, western Greece: implication for diagenesis and porosity. *Marine and Petroleum Geology*, 105, 45-63.
- Karakitsios V. 2013: Western Greece and Ionian Sea petroleum systems. *The American Association of Petroleum Geologists*. No. 9, 1567-1595.
- Karakitsios V., Rigakis N., 2007: Evolution and Petroleum Potential of Western Greece. *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 30, 197-218.
- Zelilidis, A. & Maravelis, A.G. 2015: Introduction to the Thematic Issue: Adriatic and Ionian Seas: Proven Petroleum Systems and Future Prospects. *Journal of Petroleum Geology*, vol. 38(3), 247-253.
- Zelilidis, A., Maravelis, A.G., Tserolas, P. & Konstantopoulos, P.A. 2015: An overview of the Petroleum systems in the Ionian zone, onshore NW Greece and Albania. *Journal of Petroleum Geology*, vol. 38 (3), 331-348.
- <https://alchetron.com/Foreland-basin>
- <https://docplayer.gr/10524962-Oi-kyrioi-paragontes-poy-odigoyn-stin-genesi-toy-petrelaioy-einai-oi-akolythoi.html>