



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΙΟΝΙΑ ΖΩΝΗ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ :ΑΒΡΑΑΜ ΖΕΛΗΛΙΔΗΣ

ΔΩΡΟΘΕΑ ΜΗΛΙΩΝΗ

ΠΑΤΡΑ 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ-ΓΕΝΕΣΗ

Πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης

Γένεση ΗC

Μητρικά πετρώματα

Χημική σύνθεση οργανικού υλικού

Τύποι κηρογόνων

Θέσεις απόθεσης μητρικού υλικού

1^ο -2^ο γενής Μετανάστευση

Αποταμιευτήρια πετρώματα

Παγίδες

Περιφερειακός μονωτήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΟΝΙΑΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

2.4 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ-ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

2.5 ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΥΠΑΡΞΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΗΝ ΙΟΝΙΑ ΛΕΚΑΝΗ

3.1 ΈΡΕΥΝΑ ΗC ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

3.2 ΜΗΤΡΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

3.3 ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ

3.4 ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ

3.6 ΠΑΓΙΔΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΘΕΣΕΙΣ ΥΨΗΛΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΗC ΣΤΗΝ ΙΟΝΙΑ ΛΕΚΑΝΗ

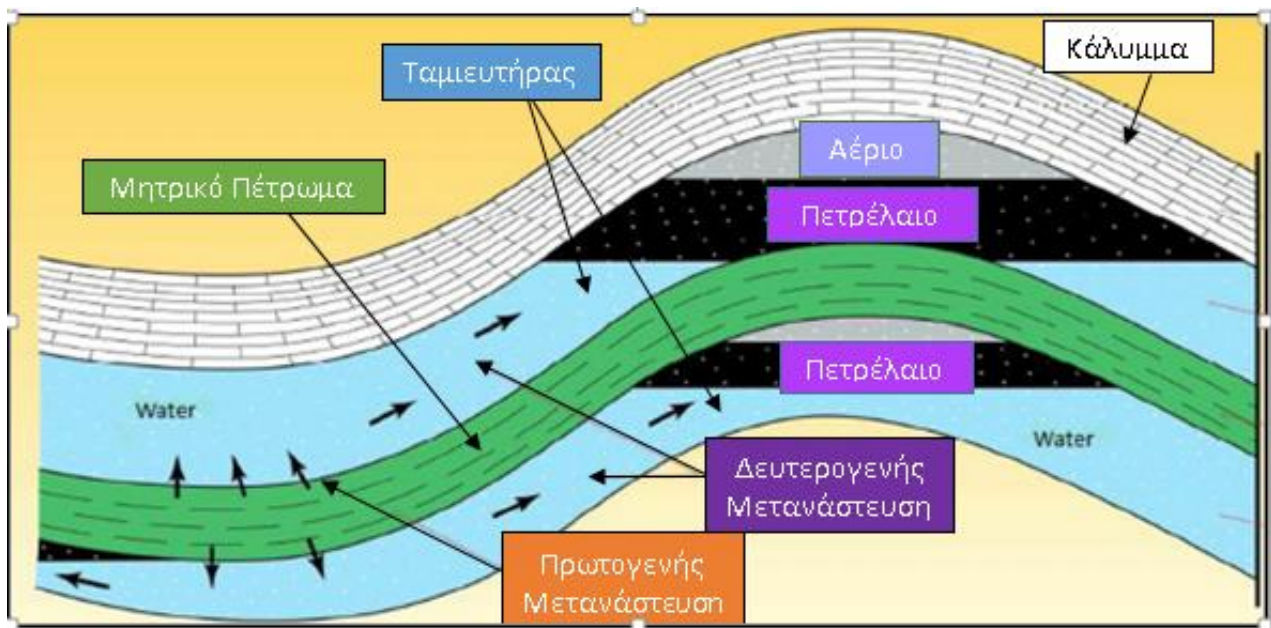
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ-ΓΕΝΕΣΗ

Η γεωλογία Πετρελαίων είναι ένας κλάδος της Γεωλογίας που ασχολείται με την αναζήτηση πεδίων υδρογονανθράκων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη πεδίων υδρογονανθράκων είναι η κατανόηση τόσο των παραμέτρων που χρειάζονται για την δημιουργία τους καθώς και η πλήρης κατανόηση της εξέλιξης της λεκάνης ιζηματογένεσης που μελετάται.

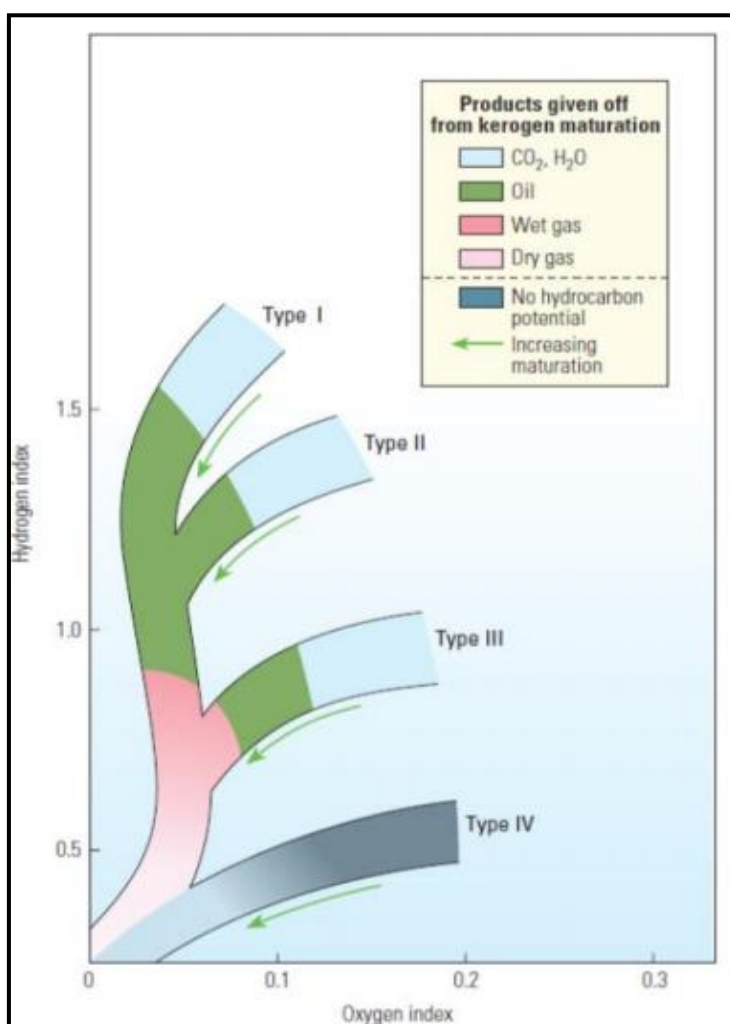
Σκοπός είναι να αναλυθεί το πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης που περιλαμβάνει τα μητρικά πετρώματα, την ωρίμανση τους, τους δρόμους μετανάστευσης τους, τα πετρώματα ταμίευσης τους, τη μόνωση και τις παγίδες που δημιουργήθηκαν με στόχο να προταθούν πιθανές θέσεις συγκέντρωσης υδρογονανθράκων σε μία περιοχή, πιθανές θέσεις γένεσης και αποθήκευσης υδρογονανθράκων καθώς και θέσεις γεωτρήσεων με σκοπό την εκμετάλλευσή τους.

Επομένως, είναι απαραίτητη η ύπαρξη των παραμέτρων μιας πετρελαϊκής φόρτισης για να επιτευχθεί κατάλληλο περιβάλλον. Αυτή περιλαμβάνει τα μητρικά πετρώματα που περιέχουν οργανικό υλικό κατάλληλο για παραγωγή υδρογονανθράκων, τα ρήγματα και τις διακλάσεις που θα βοηθήσουν στην μεταφορά των υδρογονανθράκων μέσα από τους πόρους έως ότου να φτάσουν στον ταμιευτήρα και να παγιδευτούν. Σημαντικός παράγοντας είναι η ύπαρξη ενός πετρώματος-κάλυμμα (μονωτήρας) που θα προστατεύσει τους υδρογονάνθρακες από τυχόν διαφυγές. Οι παράμετροι αυτοί πρέπει να βρίσκονται σε μια σωστή χρονολογική σειρά μέσα στον γεωλογικό χρόνο για την δημιουργία μεγάλων συγκεντρώσεων πετρελαίου (εικ.1).



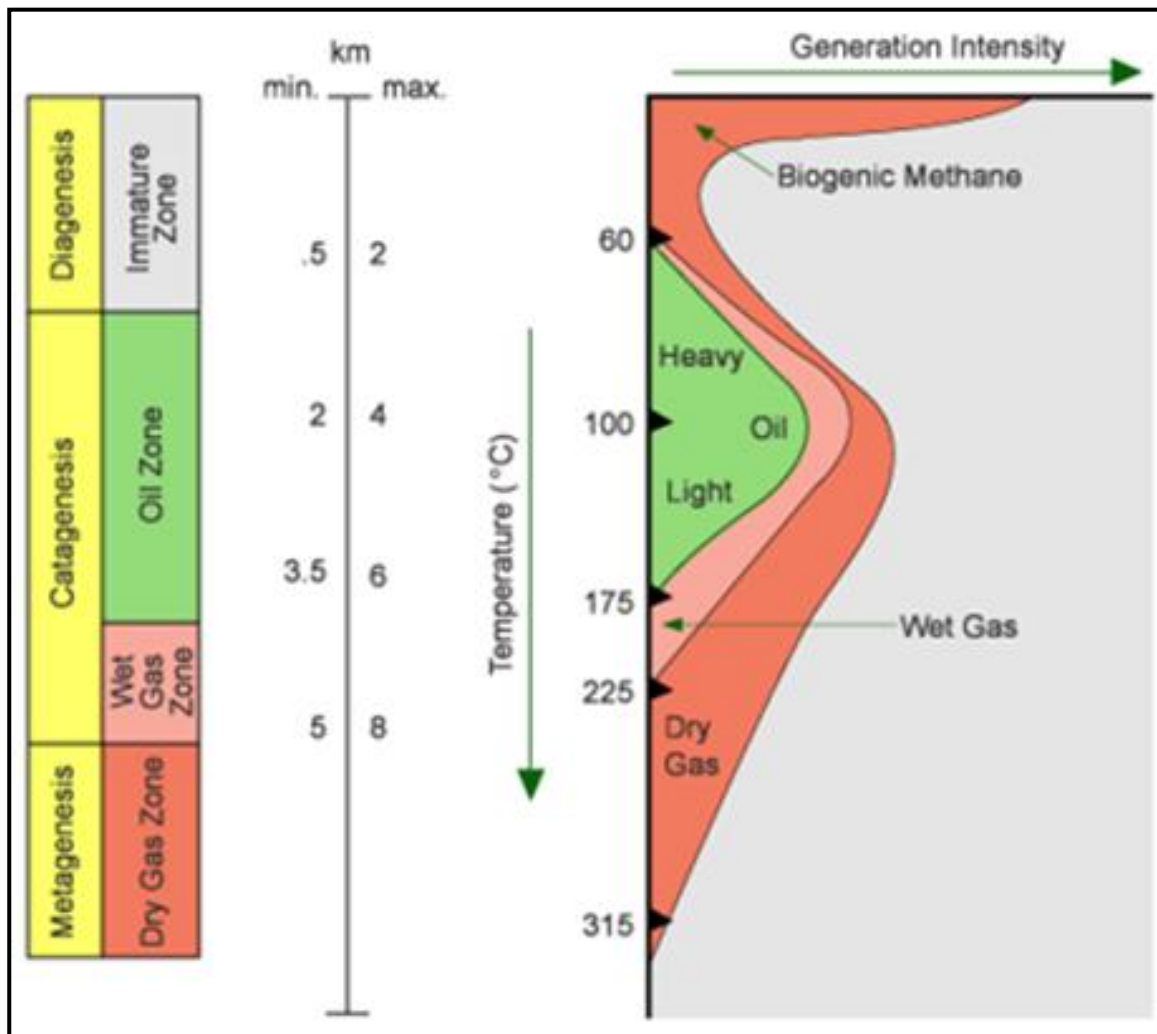
Εικόνα 1: Πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης σε ένα αντίκλινο (τροποποιημένο από Feijó, 2010).

Τα **Μητρικά πετρώματα** είναι λεπτόκοκκα ιζήματα πλούσια σε οργανικό υλικό το οποίο προέρχεται κατά κύριο λόγο από θαλάσσια υπολείμματα οργανισμών και λιγότερο χερσαίων. Μέσα στο οργανικό υλικό περιέχονται χημικά συνθετικά με σημαντικότερα τα λιπίδια τα οποία μπορούν να παράγουν τον σημαντικότερο όγκο του πετρελαίου. Αμέσως μετά την ταφή των θαλάσσιων υπολειμμάτων στα ιζήματα και την συνεχή βύθιση τους απαραίτητο κρίνεται να υπάρξουν ανοξικές συνθήκες με περιεχόμενη οργανική ύλη >0,5%, έτσι ώστε να είναι δυνατή η διατήρηση τους από την οξείδωση τους ή την αναμόχλευση οργανισμών που τυχόν να το διασπάσουν. Στην συνέχεια, το οργανικό υλικό το οποίο είναι σε μορφή Κηρογόνου (αδιάλυτη μορφή) με την αύξηση της θερμοκρασίας σύμφωνα με την γεωθερμική βαθμίδα, κατά μέσο όρο 3°C/100 μέτρα, σε ένα βάθος >3 χλμ θερμαίνονται σε θερμοκρασία >90°C (παράθυρο πετρελαίου 100-150°C) και μετατρέπεται σε Πετρέλαιο μέσα στην διάρκεια του γεωλογικού χρόνου (εικ. 2). Οι σημαντικότεροι τύποι Κηρογόνου που μπορούν να δώσουν πετρέλαιο είναι ο I και ο II, ενώ ο III δίνει πολύ μικρή ποσότητα πετρελαίου και περισσότερο ξηρό αέριο.



Εικόνα 2 Τύποι Κηρογόνου (www.hydrocarbons.tuc.gr)

Το οργανικό υλικό καθώς θάβεται και θερμαίνεται λόγω αύξησης της θερμοκρασίας μετατρέπεται από βιοπολυμερή σε γεωπολυμερή. Ως αποτέλεσμα της διαφορετικής βιοχημικής, χημικής και φυσικοχημικής διαδικασίας, τα πρωταρχικά οργανικά συνθετικά μετασχηματίζονται σε αδιάλυτο κηρογόνο ενώ στην περίπτωση της εξέλιξης του κάρβουνου σε καφέ υπο-πισσώδη κάρβουνο. Αυτό το πρώτο στάδιο της εξέλιξης αναφέρεται ως **διαγένεση** και τελειώνει τόσο σύντομα όσο χρειάζεται για να εξαντληθούν λίγο ή πολύ τα αποβαλλόμενα υγρά οξέων. Στη ζώνη **καταγένεσης**, τμήμα του κηρογόνου μετατρέπεται σε υδρογονάνθρακες. Αυτή είναι η κύρια ζώνη γένεσης πετρελαίου και αερίων ("κουζίνα πετρελαίου"). Η εξέλιξη του κάρβουνου δίνει προϊόντα για την ανάπτυξη πισσώδους σκληρού κάρβουνου, το οποίο επίσης απελευθερώνει αέρια και κάποιο πετρέλαιο. Στην επόμενη ζώνη, που ονομάστηκε **μεταγένεση**, μητρικά πετρώματα υδρογονανθράκων και σκληρό κάρβουνο απελευθερώνουν αέρια. Στις αποθέσεις τύρφης ο άνθρακας σχηματίζει ανθρακίτη και μετά το φαινόμενο του μεταμορφισμού γραφίτη (εικ.3).

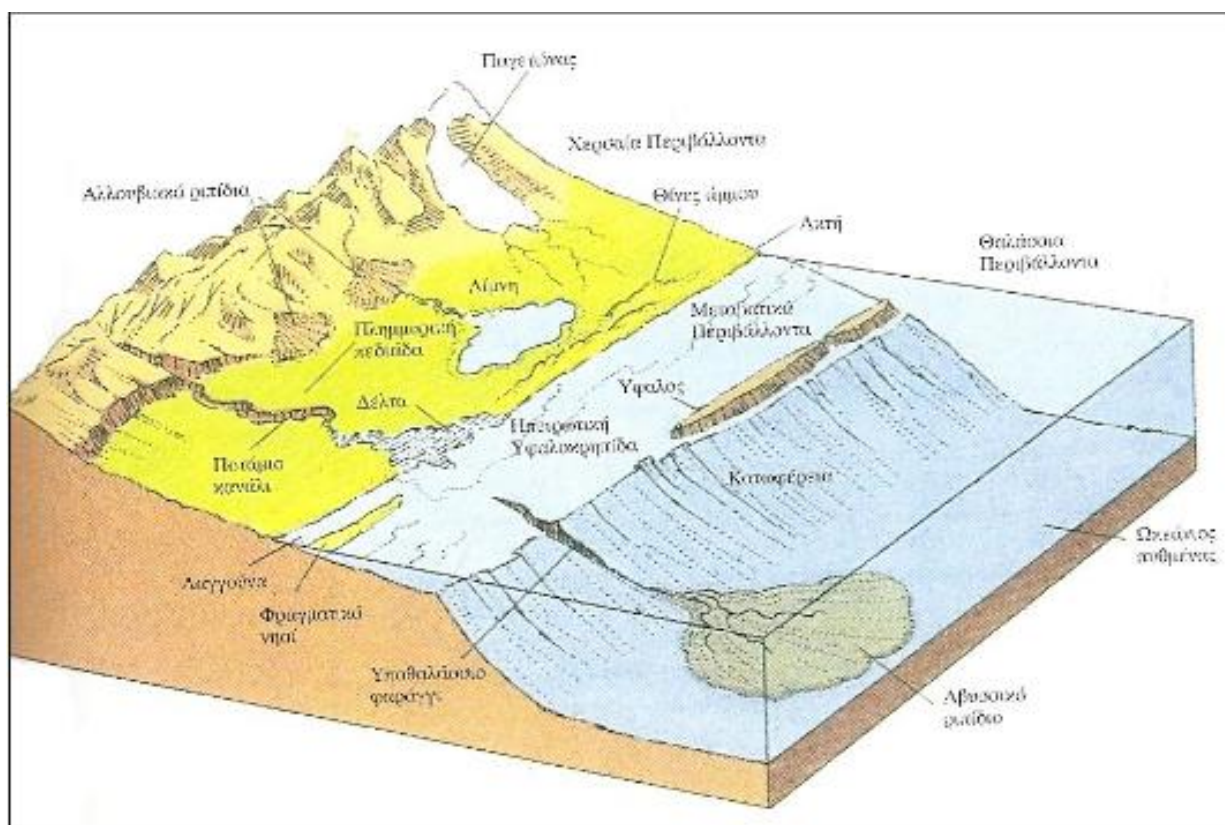


Εικόνα 3 Ωρίμανση οργανικού υλικού (www.wou.edu).

Ανάλογα το βάθος και την θερμοκρασιακή βαθμίδα η ωριμότητα επηρεάζεται:

Σε αβαθή βάθη ταφής το ανώριμο οργανικό υλικό μπορεί να απελευθερώσει μόνο αέριο μεθανίου το οποίο παράγεται από βακτηριακή ζύμωση μεθανίου και μικρές ποσότητες από βαρύτερους υδρογονάνθρακες. **Πρώιμα έως μέτρια στάδια ωριμότητας** σε αυτό το στάδιο μεγάλες ποσότητες πετρελαίου με θερμοκρασίες 60-80°C και 120-150°C (παράθυρο πετρελαίου) με μόρια 15 και περισσότερα άτομα άνθρακα C όπως παραφίνες και αρωματικές ενώσεις. **Τελευταίο στάδιο ωριμότητας** σε αυτό το στάδιο με θερμοκρασίες 130°C μεγαλύτερα οργανικά μόρια σπάζουν για να σχηματίσουν ελαφρούς υδρογονάνθρακες του κλάσματος σε υγρό αέριο και μεθάνιο σε μορφή ξηρού αερίου.

Όσον αναφορά τις θέσεις απόθεσης μητρικού υλικού είναι κατά κύριο λόγο οι θαλάσσιες λεκάνες (σε μεγαλύτερο ποσοστό στην Ελλάδα), οι λίμνες και τα δέλτα των ποταμών. Σημαντικά παραδείγματα ιζηματογενών πετρωμάτων πλούσια σε οργανικό υλικό είναι οι βιτουμενιούχοι σχιστόλιθοι του Ηωκαίνου καθώς και ανθρακικοί σχιστόλιθοι (εικ.4).



Εικόνα 4 Θέσεις Απόθεσης μητρικού υλικού (Mc Geary and Plummer, 1992).

Καθώς ωριμάζει το οργανικό υλικό και παράγονται υδρογονάνθρακες σε μορφή σταγονιδίων αρχίζουν να κινούνται μέσα σε πόρους και μικρορηγματώσεις μέχρι να φτάσουν στην επιφάνεια του μητρικού πετρώματος λόγω υπερπιέσεων που δημιουργούνται από την γένεση πετρελαίου-

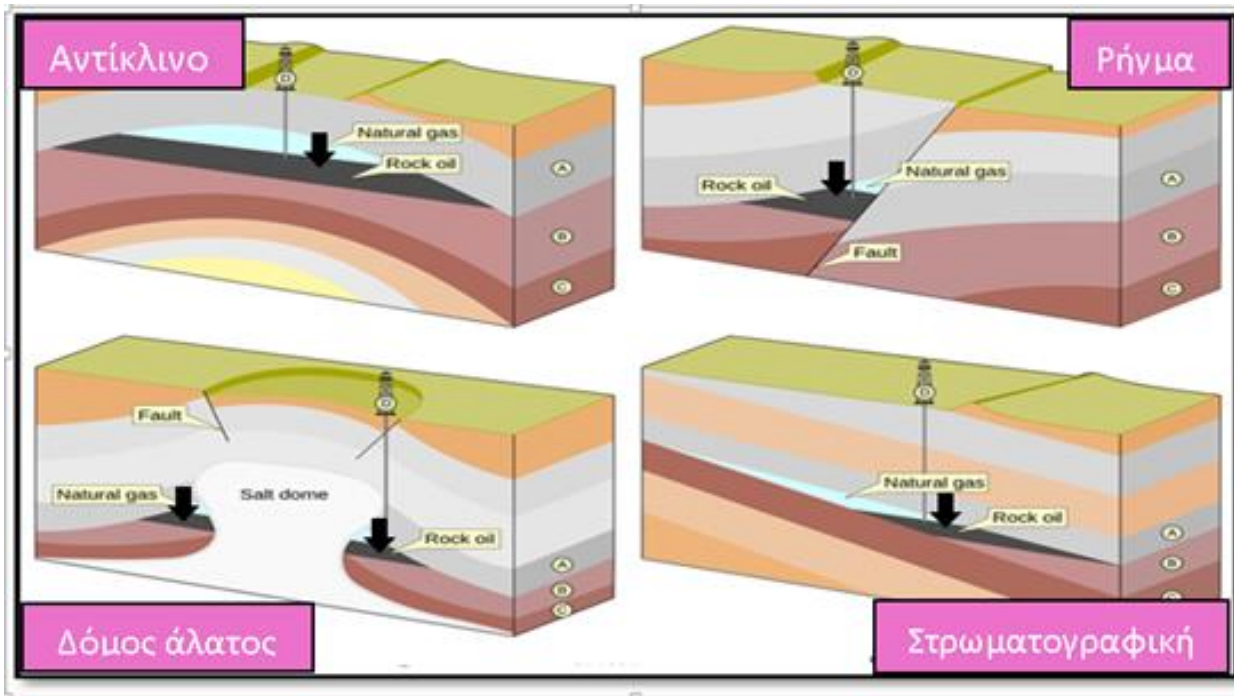
αερίων και της διαστολής ρευστών σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτή η μετανάστευση που συμβαίνει μέσα στο μητρικό πέτρωμα και μέχρι την αποβολή του από αυτό, ονομάζεται **Πρωτογενής μετανάστευση**. Με την βοήθεια του ενεργού πορώδους και με την βοήθεια του νερού (πλευστότητα) αυτοί κινούνται προς περιβάλλοντα χαμηλότερης λιθοστατικής πίεσης. Η κίνηση αυτή συνεχίζεται μέχρι οι HC να συναντήσουν κάποια γεωλογική δομή ένα εμπόδιο (μόνωση), μια **Παγίδα** και να συγκεντρωθούν εκεί. Όλη αυτή η μετανάστευση είτε μέσω ενός του περατού σχηματισμού είτε μέσω ρηγμάτων και διακλάσεων, στον ταμιευτήρα ονομάζεται **Δευτερογενής μετανάστευση**.

Το **ταμιευτήριο πέτρωμα** (περατός σχηματισμός), εκεί δηλαδή που θα αποθηκευτούν οι υδρογονάνθρακες, πρέπει να έχει καλό πορώδες και διαπερατότητα για να κινηθεί εύκολα και επομένως να συγκεντρωθεί σε μεγάλες ποσότητες. Όσο το πετρέλαιο βρίσκεται μέσα στον ταμιευτήρα μπορούν να συμβούν διάφορες χημικές μεταβολές.

Συγχρόνως με την συγκέντρωση του πετρελαίου απαραίτητη είναι και η παρουσία ενός **Μονωτήρα (cap rock)** ή πέτρωμα κάλυψης για να μονώσει το πετρέλαιο στο ταμιευτήριο πέτρωμα ή εκεί που τελικά θα παγιδευτεί. Ένας μονωτήρας είναι αποτελεσματικός εάν η κατανεμημένη πίεση της πλευστότητας που παράγεται από την παραγωγή υδρογονανθράκων την υπερβαίνει. Το ιδανικό πέτρωμα θα πρέπει να αποτελείται από λεπτόκοκκο υλικό, εύπλαστο και πλευρικά συνεχές, όπως οι εβαπορίτες (αλάτι) ή στρώματα αργίλου με την προϋπόθεση ότι κατανέμονται πλευρικά σε μεγάλες αποστάσεις.

Το γεωλογικό εμπόδιο που δεν θα αφήσει τον αποθηκευμένο και προστατευμένο υδρογονάνθρακα να διαφύγει από το μητρικό πέτρωμα είναι η **Παγίδα (εικ.5)**, η οποία μπορεί να είναι δομική, στρωματογραφική ή και υδροδυναμική και βοηθάει στην συγκέντρωση των υδρογονανθράκων σε μεγάλες ποσότητες όπως ένα αντίκλινο ή ένα ρήγμα.

Έτσι η ιστορία ταφής και θέρμανσης της λεκάνης και στη συνέχεια ανάπτυξης παγίδων είναι βασικές παράμετροι για την ανάπτυξη πιθανών πετρελαίων. Οι ιδανικοί σχηματισμοί για την εύρεση πετρελαίου σύμφωνα με την γεωθερμική βαθμίδα, 3°C ανά 100 μέτρα, αναμένονται εκεί που η θερμοκρασία είναι ικανή να δημιουργήσει μια κουζίνα που θα δημιουργήσει σταγονίδια πετρελαίου, δηλαδή μεγαλύτερο των 3 χιλιομέτρων βάθους ταφής, αφού το παράθυρο του πετρελαίου είναι από 100-150°C

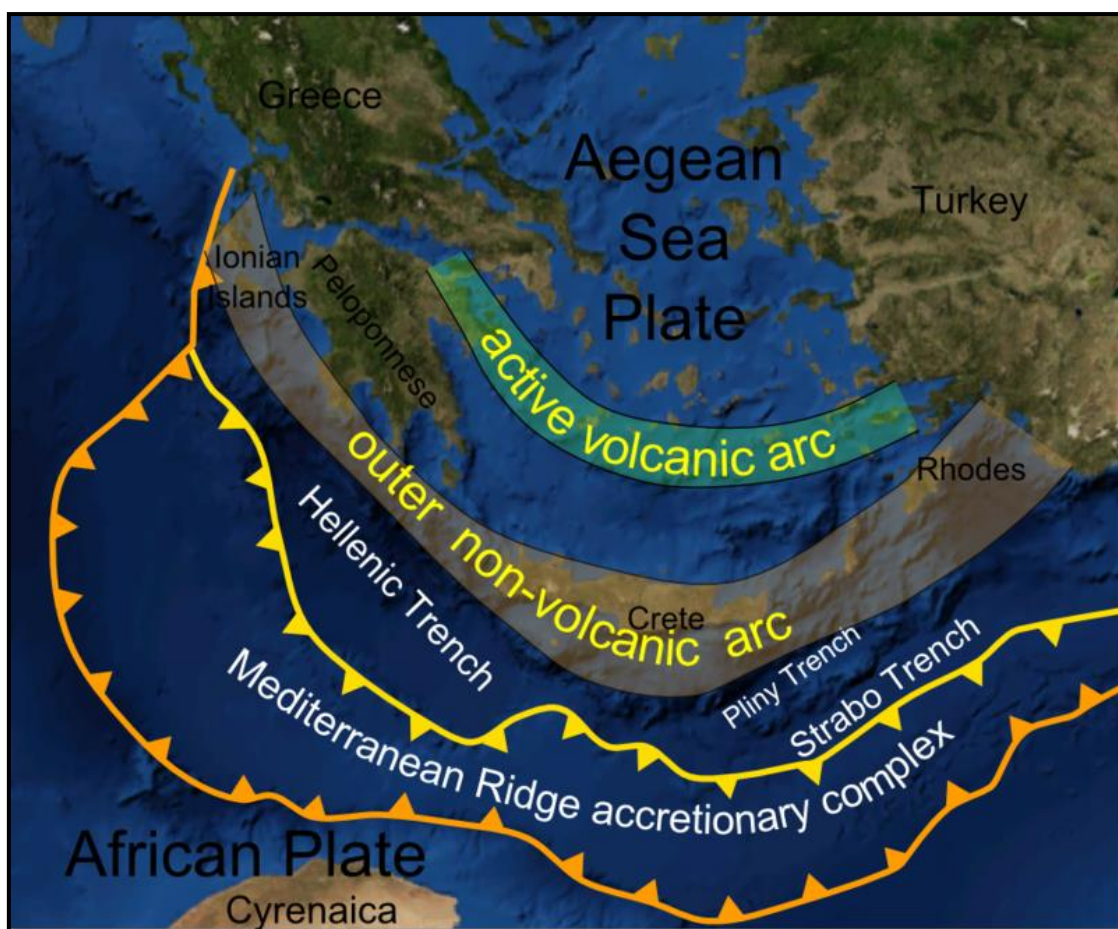


Εικόνα 5 Δομικές και στρωματογραφικές παγίδες, με βελάκια φαίνονται οι θέσεις συγκέντρωσης πετρελαίου τροποποιημένη (από <https://commons.wikimedia.org>).

2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΟΝΙΑΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

2.1 Εισαγωγή

Η Γη δομείται από τις λιθοσφαιρικές πλάκες, οι οποίες αποτελούν μέρος του φλοιού της Γης και του ανώτερου μανδύα. Χωρίζονται σε ηπειρωτική και ωκεάνια λιθόσφαιρα ανάλογα τα χαρακτηριστικά τους καθώς και το πάχος τους (μικρότερος σε πάχος ο ωκεάνιος φλοιός σε σχέση με τον ηπειρωτικό). Οι σχετικές κινήσεις αυτών των πλακών δημιουργούν τρεις διαφορετικούς τύπους περιθωρίων ανάλογα με την κίνηση τους. Διακρίνονται σε **Αποκλίνοντα** (μεγάλα κανονικά ρήγματα και δημιουργία νέου φλοιού), **Συγκλίνοντα** (καταβύθιση ωκεάνιου φλοιού κάτω από τον ηπειρωτικό) και **Παθητικά** περιθώρια (παράλληλη κίνηση λιθοσφαιρικών πλακών και δημιουργία σεισμών). Στον Ελλαδικό χώρο σήμερα έχουμε συγκλίνοντα περιθώρια, από τα δυτικά της Πελοποννήσου και νότια της Κρήτης μέχρι την Τουρκία, καθώς έχουμε καταβύθιση της Αφρικάνικης πλάκας κάτω από την μικροπλάκα του Αιγαίου με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός ηφαιστειακού τόξου πίσω από την καταβύθιση (εικ.6).

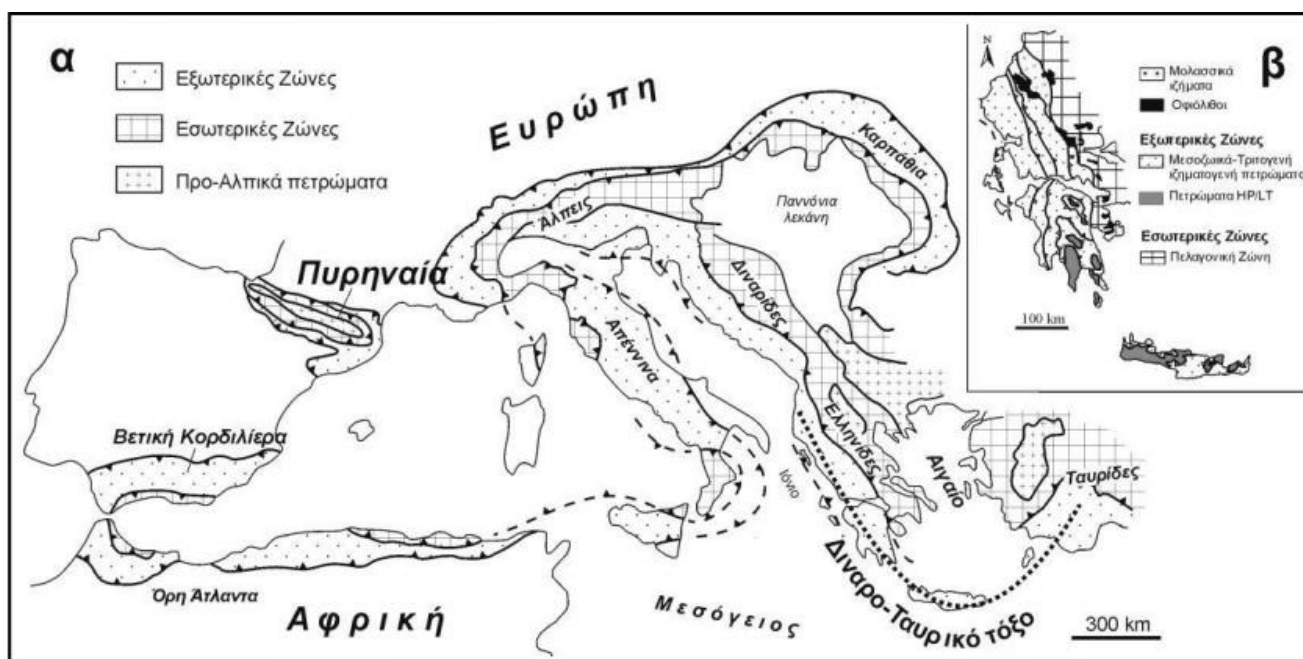


Εικόνα 6 Απόσπασμα χάρτη από το Google earth που διακρίνεται το Ηφαιστειακό τόξο αλλά και η βύθιση της Αφρικάνικης πλάκας κάτω από την Αιγαϊκή.

Οι **Λεκάνες Ιζηματογένεσης** δημιουργούνται στην ανώτερη λιθόσφαιρα λόγω των σχετικών κινήσεων αλλά και διάφορων άλλων παραγόντων όπως οι τεκτονικές κινήσεις λόγω ορογένεσης. Αποτελούν σημεία χαμηλού υψομετρικού ανάγλυφου, δηλαδή ένα βύθισμα (ποικίλης γεωμετρίας) που γεμίζει με ιζήματα και κατά την διάρκεια του γεωλογικού χρόνου επηρεάζεται σημαντικά από διάφορους εξωτερικούς παράγοντες.

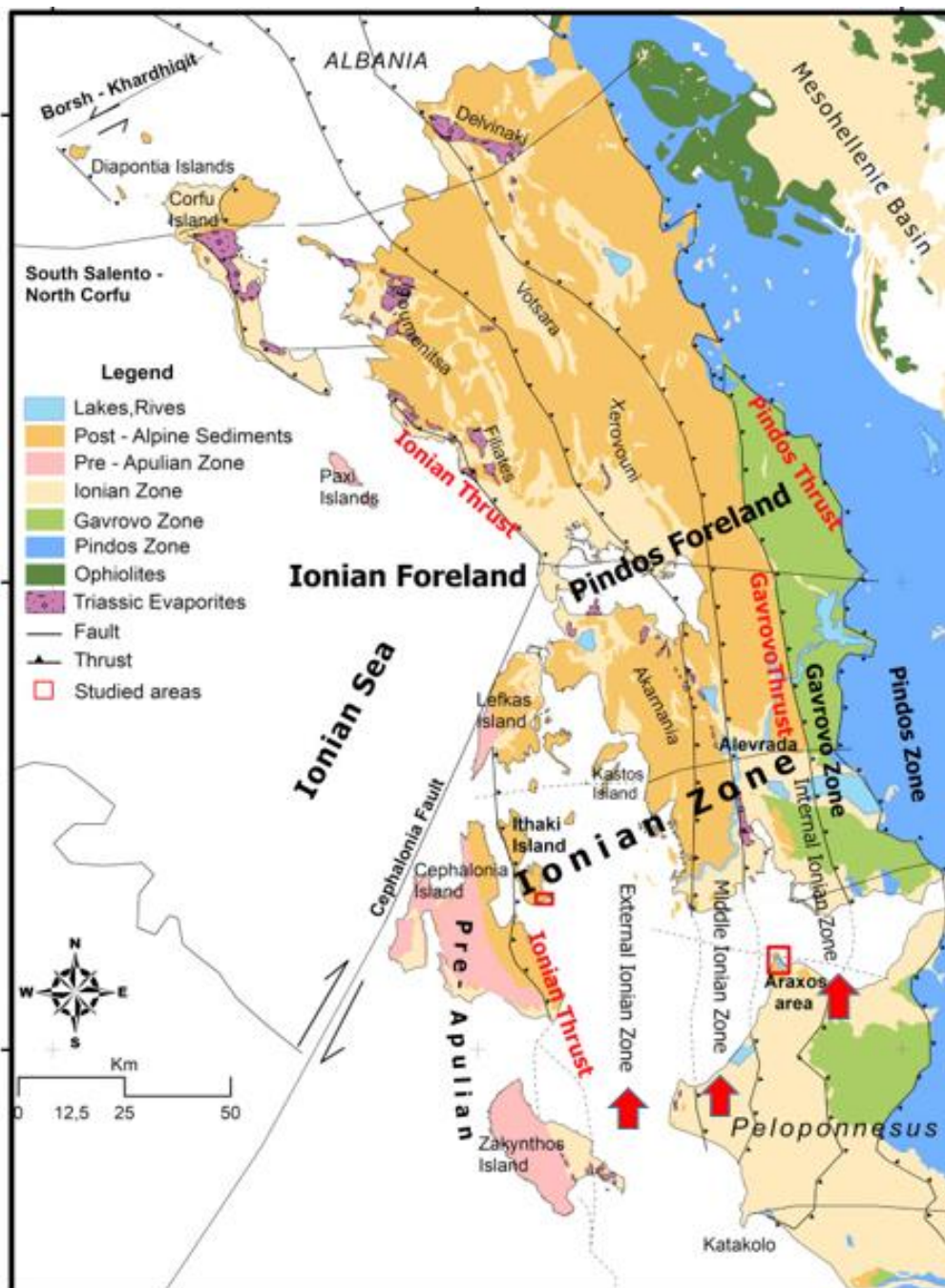
2.2 Γεωλογική επισκόπηση περιοχής

Η **Δυτική Ελλάδα** αποτελεί τμήμα των εξωτερικών Ελληνίδων (ζώνη FTB) τμήμα της αλπικής οροσειράς (εικ.7), η ζώνη αυτή πτυχών και επωθήσεων δημιουργήθηκε κατά την σύγκρουση της Αφρικάνικης πλάκας και της Ευρασιατικής κατά το Κατώτερο Κρητιδικό με σύγχρονη καταβύθιση του ωκεανού της Τηθύος. Ο ωκεανός της Τηθύος ξεκίνησε να κλείνει λόγω συστολής κατά το Μέσο Ηώκαινο με αποτέλεσμα την σύγκρουση της Απούλιας μικροπλάκας με το Ηπειρωτικό μπλοκ. Τμήματα του ωκεάνιου φλοιού (οφιόλιθοι) τοποθετήθηκαν πάνω στην Απούλια πλατφόρμα λόγω πτύχωσης της επώθησης της Πίνδου. Το εξωτερικό τμήμα των Ελληνίδων χωρίστηκε σε τρεις τεκτονοστρωματογραφικές ζώνες ως την Αλβανία. Οι εξωτερικές Ελληνίδες χωρίζονται από τις εσωτερικές από την επώθηση της Πίνδου. Από τα ανατολικά προς τα δυτικά αναπτύσσονται οι ζώνες 1) Γαβρόβου, 2) Ιονίου και 3) Προαπούλια.



Εικόνα 7 (α) Γενικευμένος τεκτονικός χάρτης του Αλπικού ορογενούς στην περιοχή της νότιας Ευρώπης στον οποίο φαίνονται οι εξωτερικές και εσωτερικές ζώνες αυτού. (β) Γενικευμένος τεκτονικός χάρτης των εξωτερικών Ελληνίδων. (Dewey et al. 1973; Smith and Woodcock 1982; Coward and Dietrich 1989).

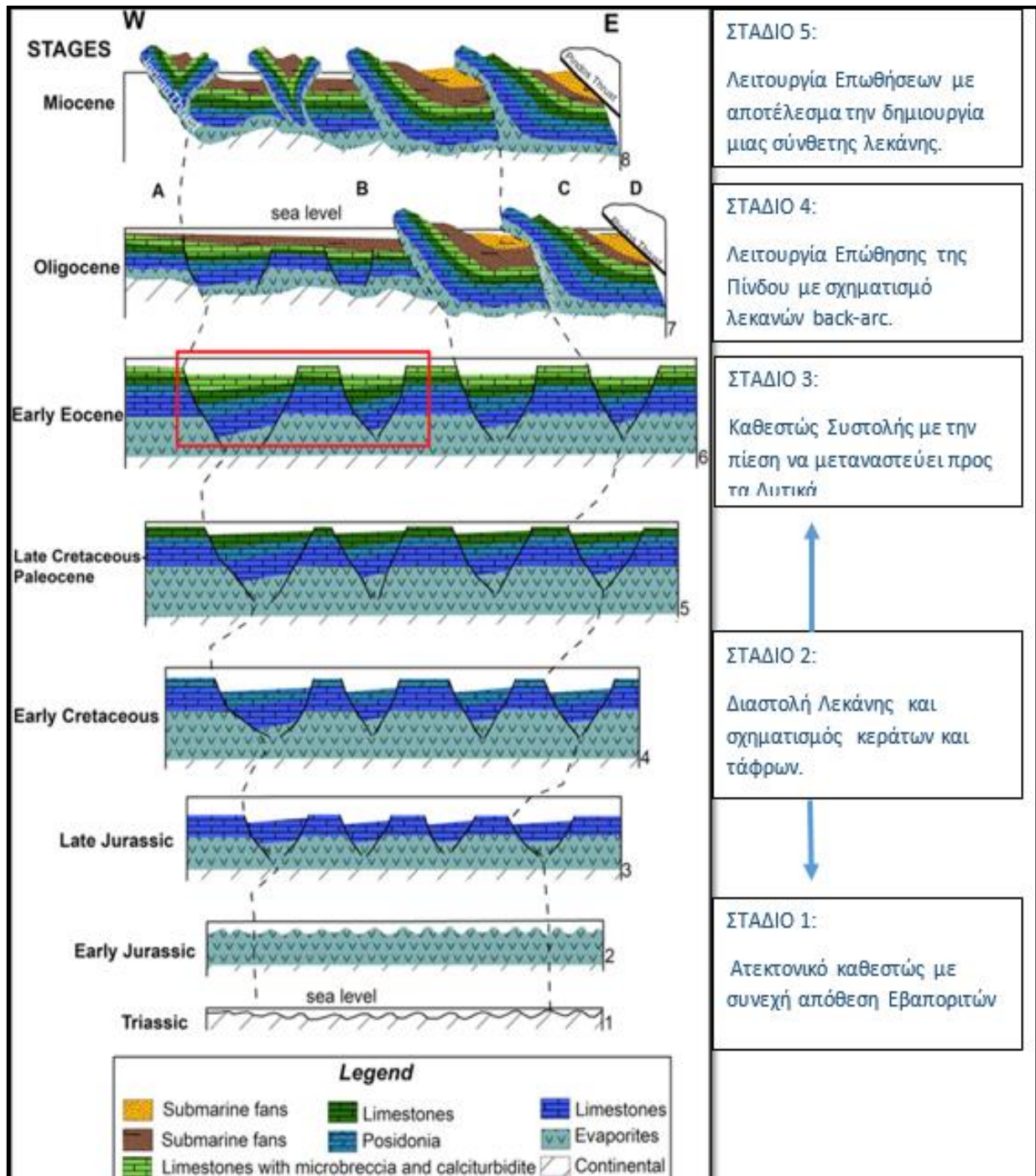
Η Ιόνιος ζώνη αποτελεί την περιοχή μελέτης αυτής της εργασίας. Η Ιόνια ζώνη εκτείνεται στα βόρεια από την Αλβανία και περιλαμβάνει περιοχές της Ηπείρου, τα Ιόνια νησιά, την Πελοπόννησο την Κρήτη και τα Δωδεκάνησα. Η Ιόνια λεκάνη βρίσκεται στο κέντρο και χωρίζεται ανατολικά με την επώθηση της Γαβρόβου και δυτικά από την Προαπούλια με την οποία χωρίζεται από την Ιόνιο επώθηση. Η Ιόνια χωρίστηκε σε τρεις υποζώνες την εσωτερική, την ενδιάμεση και την εξωτερική. (εικ.8).



Εικόνα 8 Γεωλογικός χάρτης των Εξωτερικών Ελληνίδων και τις τεκτονικές ζώνες, με βελάκια αποτυπώνονται οι υποζώνες της Ιόνιας, τροποποιημένος από Zelilidis et al (2017).

2.3 Τεκτονική

Στην Ιόνια λεκάνη από το Τριαδικό έως σήμερα επικράτησαν τέσσερα τεκτονικά καθεστώτα: Στην (εικ.9) απεικονίζονται το μοντέλο τεκτονισμού (κατά Bourli et al., 2019) το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω.



Εικόνα 9 Τεκτονική εξέλιξη της Ιόνιας λεκάνης από το Τριαδικό μέχρι το Μειόκαινο (τροποποιημένη από Bourli et al 2019).

1. ΤΡΙΑΔΙΚΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ: επικρατεί ένα **Ατεκτονικό καθεστώς** με την απόθεση εβαποριτών με πάχος 2 χιλιομέτρων κατά το Κατώτερο-Μέσο Τριαδικό, και ανθρακικών ιζημάτων (σχηματισμός Παντοκράτορα) με πάχος μέχρι και 1000 μ. (στην [εικ.9 το ΣΤΑΔΙΟ 1](#)).
2. ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ: Επικρατεί **καθεστώς διαστολής**, καθώς ανοίγει ο ωκεανός της Νεοτηθύος και αυτό φαίνεται από την απόθεση ιζημάτων βαθιών νερών στην Ιόνια λεκάνη. Η συνεχόμενη διαστολή χώρισε την λεκάνη σε τάφρους και κέρατα, με ασύμμετρες βυθίσεις και ανυψώσεις, όπως αποδείχθηκε από την παρουσία ιζηματογενών σφηνών. Οι μεταβολές που βρέθηκαν στο πάχος των ιζημάτων καθώς και στον προσανατολισμό των ρηγμάτων έδειξαν ότι η απόθεση ελεγχόταν από το άνοιγμα του ωκεανού αλλά και των κινήσεων των υποκείμενων Τριαδικών εβαποριτών. Κατά το Ανώτερο Ιουρασικό συνεχίζεται η διαστολή, η λεκάνη διαιρείται σε τάφρους και κέρατα με προσανατολισμό βορρά-νότου. Σε αυτά τα στάδια επικρατεί η ανθρακική ιζηματογένεση (στην [εικ.9 το ΣΤΑΔΙΟ 2](#)).
3. ΜΕΣΟ ΗΩΚΑΙΝΟ-ΜΕΣΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ(ΠΑΛΑΙΟΓΕΝΕΣ): Επικρατεί ένα **καθεστώς συστολής**, κατά το Ανώτερο Ηώκαινο διαμορφώθηκαν οι Ελληνίδες καθώς και η λεκάνη της Πίνδου (ορογένεση) . Η λεκάνη της Πίνδου διαχωρίστηκε ανατολικά από την επώθηση της Πίνδου και από τα δυτικά από την επώθηση του Ιονίου όπου μαζί με μικρότερες επωθήσεις (Γαβρόβου και εσωτερική και μεσαία επώθηση Ιονίου) περιόρισαν (στένεψαν) την λεκάνη σε υπόκεντρα και την τοποθέτησαν παράλληλα προς τον άξονα της λεκάνης. Κατά το Κατώτερο Ηώκαινο οριζόντια ρήγματα με διεύθυνση ΔΝΔ-ΑΒΑ μαζί με επωθήσεις ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης επηρέασαν σημαντικά την γεωμετρία της λεκάνης Προχώρας της Πίνδου. Τα ρήγματα αυτά κόβουν σε μεγάλες γωνίες τα εσωτερικά άκρα με αποτέλεσμα να δημιουργήσαν περιοχές χαμηλής ενέργειας που χρησίμεψαν ως δίοδοι για την κατανομή ιζημάτων (στην [εικ.9 το ΣΤΑΔΙΟ 3](#)).

Επώθηση Πίνδου: η επώθηση αυτή άρχισε να λειτουργεί κατά το Μέσο Ηώκαινο, διαχωρίζει τις εξωτερικές Ελληνίδες από τις Εσωτερικές, επίσης τροφοδοτεί με ιζήματα τα οποία έχουν διαβρωθεί και τα μεταφέρει προς τα ανατολικά στην Μεσοελληνική λεκάνη όπου σε αυτή την ζώνη εκτίθενται οι οφιόλιθοι (τμήμα του ωκεάνιου φλοιού). Κατά το Ανώτερο Ηώκαινο-Κατώτερο Μειόκαινο λόγω της κίνησης της επώθησης της Πίνδου, της ορογένεσης των Ελληνίδων καθώς και της εξέλιξης της λεκάνης στα περιθώρια της Απούλιας μικροπλάκας. Η κίνηση αυτή βρήκε εμπόδιο την πλατφόρμα της Γαβρόβου αλλά λόγω υψηλών πιέσεων η Πίνδος άρχισε να διογκώνεται και να γυρίζει προς τα πίσω με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός back-thrust και την δημιουργία 11 λεπιών στο πέρασμα της. Με την μετανάστευση του Ορογενούς προς τα δυτικά και δομών πίεσης των εξωτερικών Ελληνίδων αναπτύχθηκαν τέσσερις ακόμα

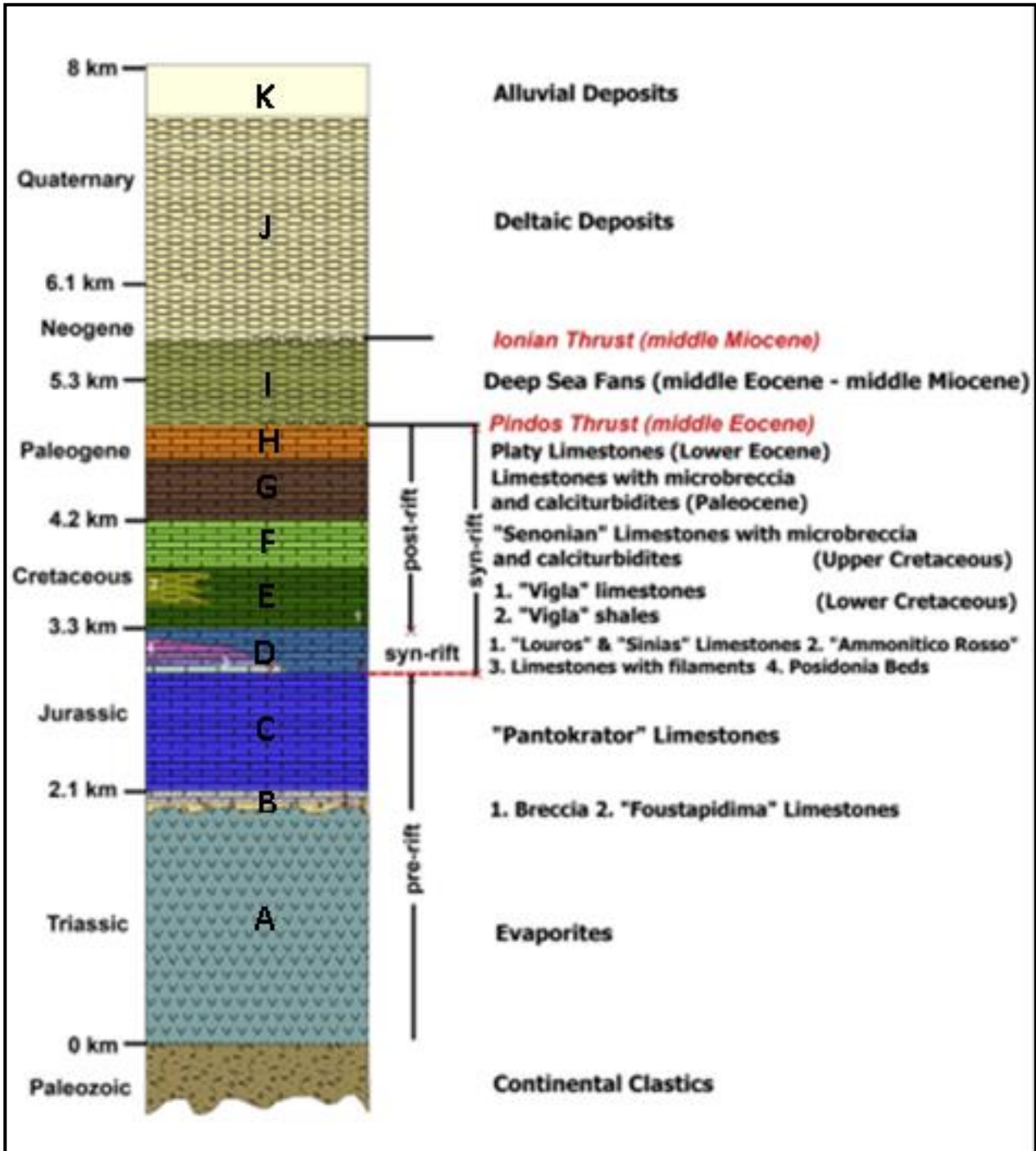
επωθήσεις. Αυτές ήταν η επώθηση Γάβροβος και οι τρεις επωθήσεις του Ιονίου (εσωτερική, εξωτερική και μεσαία). Η πίεση συνεχίζει να μεταναστεύει προς τα δυτικά συναντώντας μια άλλη πλατφόρμα τώρα την Προαπούλια.

Ιόνια επώθηση: η επώθηση αυτή άρχισε να λειτουργεί κατά τα Μέσο Μειόκαινο, διαχωρίζει την Ιόνια ζώνη από την Προαπούλια στα δυτικά της και βοήθησε στην ανάπτυξη των εξωτερικών Ελληνίδων, παρέμεινε ενεργή μέχρι και το Κατώτερο Μειόκαινο. Η Ιόνια επώθηση καθώς κινούνταν προς τα δυτικά συνάντησε την Προαπούλια πλατφόρμα στην οποία δεν μπόρεσε να επωθηθεί, για αυτό άρχισε να δημιουργεί ανάγλυφο και να κινείται προς τα πίσω στην [εικ.9 το ΣΤΑΔΙΟ 4](#).

4. ΜΕΣΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ - ΣΗΜΕΡΑ: Η πίεση που δεχόταν η Ιόνια λεκάνη από την ορογένεση προς τα δυτικά (**διαστολή λεκάνης**), οδήγησε στην ανάπτυξη μιας λεκάνη πίσω από το μέτωπο πίεσης κατά το Πλειόκαινο. Η λεκάνη αυτή είναι σύνθετου τύπου καθώς αποτελείται από 4 στενές υπομηκείς υπολεκάνες λόγω των επωθήσεων. Κατά την διάρκεια του Μέσου –Ανώτερου Μειόκαινου οι παραμορφώσεις παρέμειναν περιορισμένες στις ζώνες του Ιονίου και της Γαβρόβου λόγω παρουσίας των εβαποριτών (ζώνη αποκόλλησης) μέχρι την Προαπούλια. Κατά το Πλειόκαινο-Τεταρτογενές η εσωτερική προέκταση του Ελληνικού τόξου προκάλεσε ένα σύστημα λεκανών ABA ΚΑΙ ΔΒΔ να ανοίξουν κάτω από το καθεστώς πίεσης B-N. Αυτό ήταν αποτέλεσμα ρηγμάτων διαστολής με BBD και BBA διεύθυνση που είναι ενεργά μέχρι και σήμερα. Αυτό το στάδιο χαρακτηρίζεται μόνο από λεκάνες Οπισθοχώρας και αυτό γιατί η πίεση έχει φτάσει στα Ιόνια νησιά και η Ιόνια επώθηση προσπαθεί να ανέβει πάνω στην πλατφόρμα της Προαπούλιας με αποτέλεσμα να κινείται προς τα πίσω στη [εικ.9 το ΣΤΑΔΙΟ 5](#).

2.4 Στρωματογραφία-Ιζηματολογία

Η απόθεση ιζημάτων στην λεκάνη πραγματοποιήθηκε σε τρία στάδια, **pre-rift** (κατά το Τριαδικό-Κ. Ιουρασικό), **syn-rift** (κατά το Αν. Ιουρασικό-Κατώτερο Ηώκαινο) και ένα **στάδιο πίεσης** (κατά το Μέσο Ηώκαινο-Μέσο Μειόκαινο) (εικ.10).



Εικόνα 10 Λιθοστρωματογραφική κολώνα της Ιόνιας Ζώνης. Διακρίνονται τα τεκτονικά στάδια που καθόρισαν την απόθεση ιζημάτων (κατά Bourli 2019) καθώς και τα πραγματικά πάχη των ιζημάτων.

Pre-rift:

ΤΡΙΑΔΙΚΟ –ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ-: Αποτέθηκαν εβαπορίτες με πάχος 2 χλμ. (λειτουργούν ως ζώνη αποκόλλησης καθώς χαρακτηρίζονται από μεγάλη πλαστικότητα) (A) , όπου εξελίχθηκε στους «Φουσταπήδημα» ασβεστόλιθους του Άνω Κρητιδικού (50-150 μ. πάχος) και Breccia (θραύσματα) (B) και του Κατώτερου Ιουρασικού «Παντοκράτορα» Ασβεστόλιθους (1000 μ. πάχος) (C).

Syn-rift:

ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ : Από πάνω αποτέθηκαν πελαγικοί «Siniais» ασβεστόλιθοι, μαζί με ημιπελαγικούς «Λούρου» Ασβεστόλιθους (20-150 μ. πάχος) που περνάνε από το Κατώτερο στο Ανώτερο Ιουρασικό «Ammonitico Rosso» , «Ασβεστόλιθους Filaments» και «Καλύμματα Ποσειδώνιας» (20-200 μ. πάχος). Η ετερογένεια που εμφανίζει το πάχος κατά το Ιουρασικό οφείλεται στην γεωμετρία που εμφανίζει η λεκάνη με τις ημιτάφρους. (D)

ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ : Θα γίνει πιο λεπτομερής αναφορά στο Κρητιδικό λόγω μεγάλης ένδειξης οργανικού υλικού. **Κατώτερο Κρητιδικό**: Η ιζηματογένεση διαφέρει ανάμεσα στις τρεις διαφορετικές υπολεκάνες της Ιόνιας λεκάνης. Αποτέθηκαν πελαγικοί «Βίγλας» ασβεστόλιθοι που περιέχουν λευκούς-ανοιχτούς γκρι μικρίτες και ραδιολάρια με παχύ-πλατύ κάλυμμα με κονδύλους στην εξωτερική υπολεκάνη. Στην μεσαία υπολεκάνη οι «Βίγλα» ασβεστόλιθοι είναι κίτρινοι-κόκκινοι ασβεστώδεις αλλά και σχιστώδεις ασβεστόλιθοι με κονδύλους όπως και αργιλικούς σχηματισμούς πράσινους και κόκκινους. Οι ασβεστώδεις σχηματισμοί έχουν μικρίτες (λάσπη) και απολιθώματα όπως foraminifera και radiolarian και πυριτικούς βιομικρίτες. Η εσωτερική υπολεκάνη αποτελείται από συμπαγή παχιά καλύμματα με βιτουμενιούχους δολομιτικούς ασβεστόλιθους με φακούς από ελαφρώς δολομιτοποιημένης microbreccia και στρώσεις κονδύλων. Τέλος οι σχιστόλιθοι «Βίγλας» (200-600 μ. πάχος) αναφέρονται ως στρώματα κονδύλων.(E)

Κατά το **Ανώτερο Κρητιδικό** αποτέθηκαν πελαγικοί ασβεστόλιθοι «Σενονίου» με microbreccia και calciturbidites πάχους 200-400 μ. και nodular και πυριτικά στρώματα με calciturbidites. Αναφέρονται ως κλαστικοί ασβεστόλιθοι στην εξωτερική υπολεκάνη με ρουδιστές , μικριτική δομή, κιτρινωπά στρώματα και κόνδυλους. Στην εσωτερική υπολεκάνη οι ασβεστόλιθοι χαρακτηρίζονται από μικριτική δομή που διακόπτεται από μικρίτες και βιομικρίτες και σπάνια αποκόνδυλους. Στην εσωτερική υπολεκάνη οι ασβεστόλιθοι είναι τεράστιοι ,παχύς με μικροθραύσματα από ρουδιστές και κοράλλια με μικρή παρουσία κονδύλων. (F)

ΠΑΛΕΟΓΕΝΕΣ: Τα πετρώματα αυτά μοιάζουν με αυτά του Ανώτερου Κρητιδικού (Ασβεστόλιθοι Senonian) με μικρολατυποπαγή τα οποία προήλθαν από την διάβρωση ανθρακικών ασβεστολίθων από την πλατφόρμα τόσο της Γαβρόβου όσο και της Απούλιας ως “Ασβεστόλιθοι με μικρολατυποπαγή” (G). Κατά το Κατώτερο Ηώκαινο πετρώματα ονομαζόμενα ως “Λεπτοστρωματώδεις Ασβεστόλιθους” περιείχαν Globigerinidae και κόνδυλους από νοδουλάρια. Αυτές οι αποθέσεις μοιάζουν λιθολογικά με τους ασβεστόλιθους Βίγλας μόνο που απουσιάζουν τα πυριτικά στρώματα. (H)

Στάδιο Πίεσης:

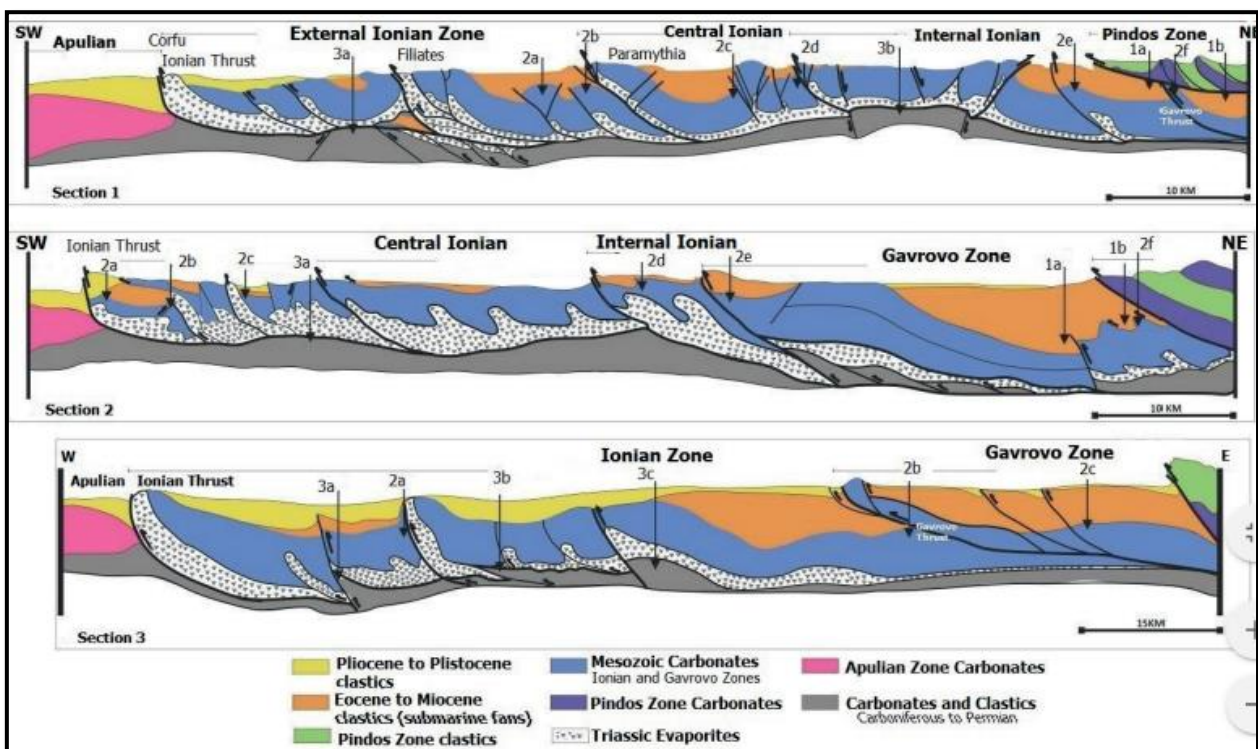
ΜΕΣΟ ΗΩΚΑΙΝΟ-ΜΕΣΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ: Η λεκάνη της Ιονίου διαδέχεται προς τα πάνω σε υποθαλάσσια ριπίδια, βαθιάς θάλασσας δηλαδή ιζήματα, λόγω της επώθησης της Πίνδου. (I)

ΜΕΣΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ-ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ: Κυριαρχούν λεπτόκοκκα ιζήματα δελταικών ριπιδίων τα οποία σχηματίζονται στις εκβολές ποταμών και χειμάρρων στις θάλασσες. Από πάνω τοποθετούνται χονδροκλαστικά ιζήματα λόγω αποσάθρωσης και θρυμματισμού πετρωμάτων δηλαδή αλλουβιακά ριπίδια από τους ορεινούς όγκους προς τις πεδιάδες. (J, K)

2.4 Παλαιογεωγραφική Εξέλιξη

Η Ιόνια λεκάνη είναι μια βαθιά αύλακα με ημιπελαγική και πελαγική ιζηματογένεση και χαρακτηρίζεται ως σχετικά υψηλή περιοχή μικρού βαθμού τεκτονικής καταβύθισης σε σχέση με την ζώνη Γαβρόβου και Παξών (B.P., 1971). Κατά το Τριαδικό αντιστοιχούσε σε αβαθές περιπαλιρροιακό περιβάλλον στο οποίο αποτέθηκαν οι εβαποριτικοί σχηματισμοί, που στη συνέχεια διείσδυσαν στα νεότερα στρώματα της σειράς (διαπειρισμός). Στο Ανώτερο Ιουρασικό έως και το Κατώτερο Κρητιδικό ακολούθησε μια διαστολή της λεκάνης με αποτέλεσμα η λεκάνη να αρχίζει να ανοίγει και να δημιουργούνται τάφροι και κέρατα με μια απόθεση ανθρακικών ιζημάτων στις λεκάνες Προχώρας μπροστά από το μέτωπο της πίεσης. Στην συνέχεια η πίεση στο Ανώτερο Ηώκαινο άρχισε να κινείται από τα ανατολικά προς τα δυτικά με την ορογένεση και η λεκάνη άρχισε να στενεύει και να διαχωρίζεται σε επιμέρους τμήματα. Η επώθηση της Πίνδου μετανάστευε προς τα δυτικά αλλά λόγω της αντίστασης από την πλατφόρμα της Γαβρόβου άρχισε να αποκτά ανάγλυφο και να γυρίζει προς τα πίσω με αποτέλεσμα τον σχηματισμό 11 λεπιών τροφοδοτώντας την λεκάνη οπισθοχώρας με ιζήματα. Λόγω τη πίεσης ρήγματα διεύθυνσης ΔΝΔ-ΑΒΑ δραστηριοποιήθηκαν με αποτέλεσμα η λεκάνη να αρχίζει να αποκολλάται και να αποκτά ανάγλυφο, έτσι επωθήσεις άρχισαν να χωρίζουν την λεκάνη σε επιμέρους τμήματα. Στο Ολιγόκαινο

οι επωθήσεις αυτές δημιουργούσαν λεκάνες οπισθοχώρας πίσω από το μέτωπο της πίεσης και στο Μέσο Μειόκαινο με συνθήκες διαστολής το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται μόνο από λεκάνες Οπισθοχώρας και αυτό γιατί η πίεση έχει φτάσει στα Ιόνια νησιά και στην Ιόνια επώθηση η οποία προσπαθεί να ανέβει πάνω στην πλατφόρμα της Προαπούλιας με αποτέλεσμα να κινείται προς τα πίσω (back-thrust). Σήμερα η λεκάνη είναι χωρισμένη σε 4 στενές υπομηκείς υπολεκάνες και η Ιόνια επώθηση συνεχίζει να κινείται προς την Προαπούλια. Η ταφρογένεση του Ιουρασικού και οι επωθήσεις που σχηματίστηκαν πάνω από την πλατφόρμα αποτελούν ευνοϊκές συνθήκες πετρελαιογένεσης και είναι σημαντικό να μελετηθούν.



Εικόνα 11 Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της Ιόνιας λεκάνης από Zelilidis et al (2015).

3.ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΠΕΔΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΗΝ ΙΟΝΙΑ ΛΕΚΑΝΗ

3.1 Ερευνα HC στην Ελλάδα

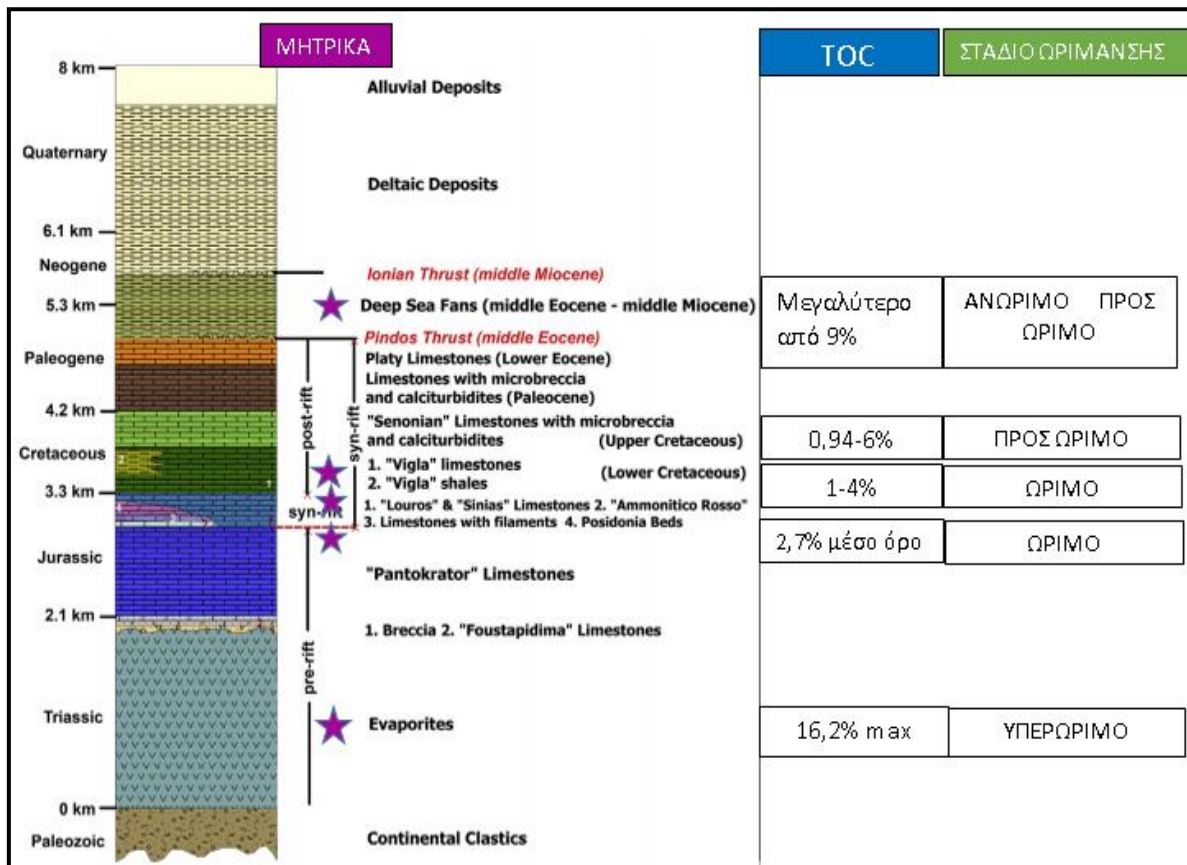
Η αναζήτηση πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Δυτική Ελλάδα ξεκίνησε στην αρχή του 20^{ου} αιώνα με γεωτρήσεις από εταιρίες όπως η London Oil Developments Co Ltd (1903), W. Chellis (1939-1940, 1953-1954) και η Pan Israel (1957). Η πιο συστηματική διερεύνηση έγινε το 1960-70, η έρευνα εστίασε περισσότερο σε περιοχές με εμφανή διαρροή πετρελαίου όπως το Κερί στην Ζάκυνθο, στην Ήπειρο κοντά στα σύνορα με την Αλβανία, στην Κυλλήνη και στην ΒΔ Πελοπόννησο. Γεωλογικές έρευνες πραγματοποιήθηκαν και στην χέρσο με την ίδρυση της Δημόσιας Πετρελαϊκής Εταιρίας το 1975. Από τότε υπήρξε συστηματική έρευνα από το Ελληνικό κράτος με πάνω από 100 γεωτρήσεις και 75.000 χλμ. σεισμικές καταμετρήσεις. Στην Δυτική Ελλάδα το μοναδικό κοίτασμα που έχει βρεθεί είναι στο Κατάκολο με ταμιευτήρες του Ανώτερου Κρητιδικού- Ηωκαίνου ανθρακικά πετρώματα της Ιόνιας ζώνης. Καμία άλλη γεώτρηση δεν είναι αποδοτική έως τώρα στην Δυτική Ελλάδα.

3.2 Μητρικά πετρώματα:

Αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι 4 είναι οι ορίζοντες οι οποίοι είναι πλούσιοι σε οργανικό υλικό από πάνω προς τα κάτω στην στήλη: 1) Το ανώριμο οργανικό υλικό στα υποθαλάσσια ριπίδια του Αν. Ηωκαίνου έως το Κ.-Μ. Μειόκαινο, 2) Σχιστόλιθοι Βίγλας, 3) Ανώτερα καλύμματα Ποσειδώνιας, 4) Κατώτερα καλύμματα Ποσειδώνιας, ίδιας χρονικής περιόδου Ammonitico Rosso 5) Τριαδικοί σχιστόλιθοι ρηχών νερών (εικ 12).

Δείγματα που πάρθηκαν από πυρόλυση και άντληση έδειξαν ότι είναι τύπου Κηρογόνου I, II παρουσιάζοντας έτσι μια καλή προοπτική για την παραγωγή HC. Το στρώμα των **Κατώτερων καλυμμάτων της Ποσειδώνιας** είναι πιθανά η πιο σημαντική πηγή καθώς ο δείκτης TOC ανέρχεται σε ποσοστό 19,1 % (μέσο όρο 2,7 %) με τύπο Κηρογόνου I,II και άντληση πετρελαίου 125,85 mg HC/g πετρώματος. Οι **σχιστόλιθοι της Βίγλας** ανέρχονται σε TOC 6 % και άντληση 321 mg/g.

Το παράθυρο του πετρελαίου της Ιόνιας λεκάνης με δεδομένα βύθισης τοποθετείται ανατολικά και οι **Τριαδικοί σχιστόλιθοι** (μητρικό πέτρωμα) ενδέχεται να έχουν φτάσει στο παράθυρο του αερίου στα βαθύτερα σημεία των υπολεκανών. Αυτό υποδηλώνει ότι το πετρέλαιο που πιθανώς είχε σχηματιστεί να έχει καεί. Τα **Κατώτερα** και **Ανώτερα καλύμματα Ποσειδώνιας** μαζί με την βάση του οριζοντα **Ammonitico Rosso** βρίσκονται μέσα στο παράθυρο πετρελαίου (Karakitsios and Rigakis, 2007; Rigakis and Karakitsios, 1998). Ενώ οι **σχιστόλιθοι της Βίγλας** εμφανίζονται ανώριμα στα δυτικά και στο κέντρο της λεκάνης και ώριμα όσο κατευθυνόμαστε προς τα ανατολικά.



Εικόνα 12 Λιθοστρωματογραφική στήλη που διακρίνονται τα μητρικά πετρώματα τροποποιημένη από Bourli et al (2019).

- 1) Το ανώριμο οργανικό υλικό στα υποθαλάσσια ριπίδια του Αν. Ηωκαίνου έως το Κ.-Μ. Μειόκαινο δεν έχει φτάσει ακόμα στο παράθυρο του πετρελαίου ώστε να ωριμάσει και να παραχθεί πετρέλαιο.
- 2) Οι σχιστόλιθοι της Βίγλας θεωρούνται πλούσιοι σε οργανικό υλικό με τύπο Κηρογόνου I,II και με δείκτη TOC 0,94-6 %. Σε σχέση με τον τρόπο βύθισης της λεκάνης οι σχίστες βρίσκονται σε στάδιο ωρίμανσης στην εσωτερική λεκάνη ενώ προς την εξωτερική και κεντρική είναι ανώριμοι. Ιδιαίτερη σημασία έχουν και οι τρεις οριζόντες μαύρων σχιστόλιθων πολύ πλούσιοι σε οργανικό υλικό. Το οργανικό υλικό έχει παραχθεί από θαλάσσιους οργανισμούς για αυτό και είναι ικανό να παράγει υδρογονάνθρακες.
- 3) Τα Ανώτερα καλύμματα Ποσειδώνιας που αποτελούνται από βιτουμενιούχους πυριτικούς αργίλους πλούσιους σε Ραδιολάρια. Ο δείκτης TOC ανέρχεται σε ποσοστό 1-4 % και χαρακτηρίζεται ώριμο εφόσον βρίσκεται μέσα στο παράθυρο του πετρελαίου σύμφωνα με τις συνθήκες βύθισης της λεκάνης.
- 4) Τα Κατώτερα καλύμματα Ποσειδώνιας θεωρούνται τα πιο σημαντικά μητρικά πετρώματα και αυτό γιατί η απόθεση του οργανικού υλικού ρυθμίστηκε από την ταφρογένεση έτσι ώστε η γεωμετρία να παίζει σημαντικό ρόλο με συνθήκες στασιμότητας και οξειδωτικές συνθήκες σε

μεγάλα βάθη. Οι ανοξικές συνθήκες που επικράτησαν ήταν και αυτές που αποτέλεσαν στην μεγάλη αύξηση απόθεσης του οργανικού υλικού. Οι τύποι Κηρογόνου κατατάσσονται σε I και II που καθιστούν αυτόν τον ορίζοντα πολύ σημαντικό και μέσο όρο 2,7% TOC.

- 5) Οι Τριαδικοί σχιστόλιθοι βρίσκονται στο υπόβαθρο της στήλης ,αποτέθηκαν σε ρηχό περιβάλλον σε ατεκτονικές συνθήκες. Ο δείκτης TOC μετρήθηκε σε ποσοστό 16,2 % με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό και τύπο Κηρογόνου I. Σύμφωνα με δεδομένα βύθισης το στρώμα αυτό ενδέχεται να έχει φτάσει στο παράθυρο αερίου καθιστώντας το μη εκμεταλλεύσιμο για πετρέλαιο.

3.3 Ταμιευτήρες:

Το ταμιευτήριο πέτρωμα που θα συγκεντρώσει τους Υδρογονάνθρακες θα πρέπει να έχει καλό πορώδες και καλή διαπερατότητα ώστε να κινηθεί εύκολα και να αποτεθεί σε κάποια παγίδα. Πιθανά ταμιευτήρια πετρώματα βρίσκονται σε διάφορες τοποθεσίες στην Δυτική Ελλάδα και περιλαμβάνουν ασβεστιτικά πετρώματα του Μεσοζωικού- Παλαιογενούς της Ιόνιας λεκάνης. Οι πιο πιθανοί ταμιευτήρες θα είναι και αυτοί που θα έχουν μεγάλο πορώδες:

1) Breccia Τριαδικού με πορώδες >13%.

2) Ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα με πορώδες 10% και πάχος 1500 μέτρα.

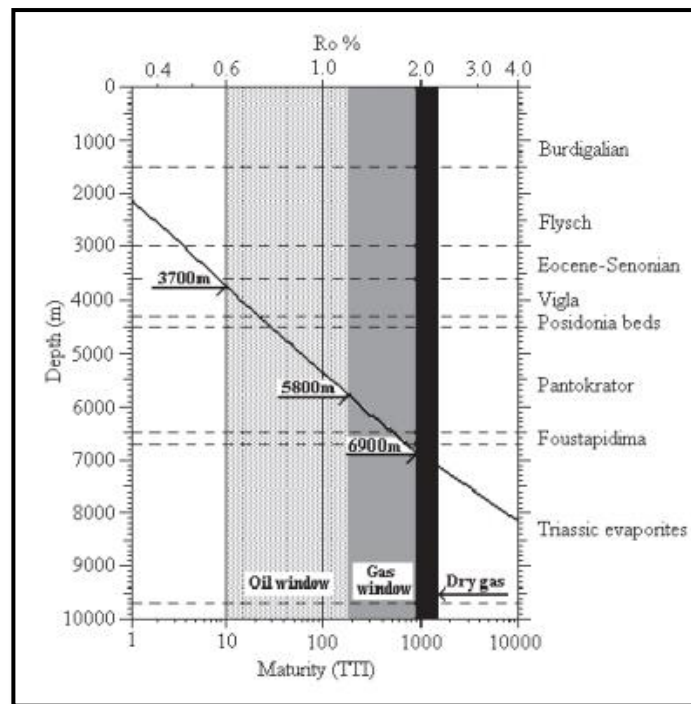
3) Ασβεστόλιθοι Βίγλας με πορώδες 1,7% και πάχος μεγαλύτερο των 250 μέτρων στην κεντρική Ήπειρο και οι Ασβεστόλιθοι του Σενονίου (ασβεστιτικοί τουρβιδίτες). Οι ασβεστόλιθοι αυτοί περιέχουν εμφανής κονδύλους πυριτίου μεγάλων διαστάσεων. Κατά την διαγένεση ρευστά πλούσια σε πυρίτιο διέρχονται στα πετρώματα αυτά με αποτέλεσμα εκεί που υπάρχουν κενά δηλαδή μεγάλο πορώδες να το διαρρηγνύουν και να γεμίζουν τα κενά με πυριτικό υλικό. Όσο μεγαλύτερο πορώδες υπάρχει τόσο πιο μεγάλοι κόνδυλοι σχηματίζονται με αποτέλεσμα η τοπική διόγκωση να δημιουργεί και διακλάσεις. Το πέτρωμα έτσι διαρρηγνύεται και αυξάνεται το δευτερογενές πορώδες. Τα πετρώματα αυτά παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση HC.

5) Ασβεστόλιθοι του Παλαιοκαίνου-Ηώκαινου, το κοίτασμα στο Κατάκολο με πορώδες 8% αποτελείται από αποθέσεις μάργας καθώς και ανθρακικούς τουρβιδίτες με υψηλές δυνατότητες HC σε ταμιευτήρες τέτοιας ηλικίας.

6) Αμμούχα πετρώματα που εμφανίζονται ανά διαστήματα σε αποθέσεις Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου στην Λεκάνη της Πίνδου (4 χλμ. Πάχους) και σε προ-Αλπικές αποθέσεις πυριτικών κλαστών.

3.4 Ωρίμανση-Μετανάστευση HC

Η ωρίμανση των μητρικών πετρωμάτων του Μεσοζωικού όπως περιγράφηκαν από Karakitsios και Rigakis (2007) πρότειναν ότι οι Τριαδικοί σχιστόλιθοι εισήλθαν στο παράθυρο του πετρελαίου (εικ.13) στο Κατώτερο Ιουρασικό. Τα Κατώτερα και Ανώτερα καλύμματα Ποσειδώνιας εισήλθαν στο παράθυρο του πετρελαίου κατά το Μειόκαινο και οι Σχιστόλιθοι Βίγλας αργότερα στην εσωτερική Ιόνια Λεκάνη. Η ωρίμανση της Ποσειδώνιας και των σχιστόλιθων της Βίγλας επήλθαν από τις κινήσεις την Ιόνιας επώθησης και την ανάπτυξη παγίδων από τις επωθήσεις της Πίνδου και των εσωτερικών της Ιόνιας. Οι Τριαδικοί Σχιστόλιθοι σχηματίστηκαν πριν την δημιουργία της ζώνης επωθήσεων των Ελληνίδων και οι HC πιθανόν να έχουν μεταναστεύσει και εγκλωβιστούν σε ρήγματα του Μεσοζωικού. Με τον σχηματισμό των Ελληνίδων οι υδρογονάνθρακες πιθανόν να έχουν μεταναστεύσει ξανά λόγω της τεκτονικής δραστηριότητας από τις νέες επωθήσεις.



Εικόνα 13 Διάγραμμα Ωρίμανσης οργανικού υλικού σε σχέση με το βάθος στον Μποτσαρά (κεντρική Ιόνια λεκάνη), μεγάλη σημασία δίνεται στο παράθυρο πετρελαίου σε βάθη 3.700-5.800 μέτρα από Karakitsios (2007).

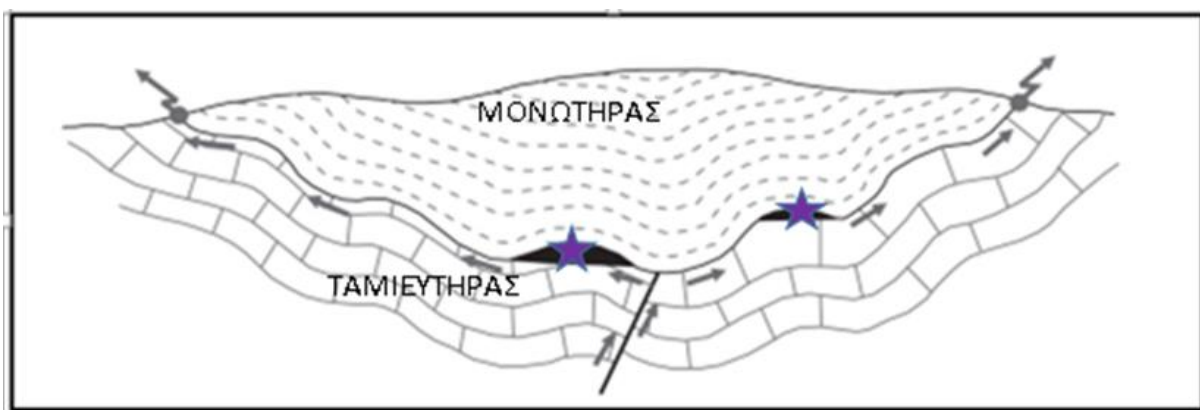
3.5 Μονωτήρες

Το ιδανικό πέτρωμα θα πρέπει να αποτελείται από λεπτόκοκκο υλικό, εύπλαστο και πλευρικά συνεχές, όπως οι εβαπορίτες (αλάτι) ή στρώματα αργίλου με την προϋπόθεση ότι κατανέμονται πλευρικά σε μεγάλες αποστάσεις. Τα υποθαλάσσια ριπίδια του Ολιγόκαινου αποτελούν το κύριο κάλυμμα που προστατεύουν τους υδρογονάνθρακες μαζί με τις ανθρακικές ακολουθίες. Όπως βρέθηκε στο Κατάκολο οι Μειοκαινικές-Πλειοκαινικές αποθέσεις μαργών δημιουργούν μια

στρώση προστατευτικού καλύμματος στην Δυτική Ελλάδα. Το καλύτερο κάλυμμα όμως αποτελούν οι Τριαδικοί Εβαπορίτες για τις παγίδες που υπάρχουν κάτω από τις επωθήσεις. Σε πολλές περιπτώσεις όμως τα μητρικά πετρώματα είτε λόγω του μεγάλου πάχους, είτε της δομής τους συμπεριφέρονται σαν κάλυμμα.

3.6 Παγίδες

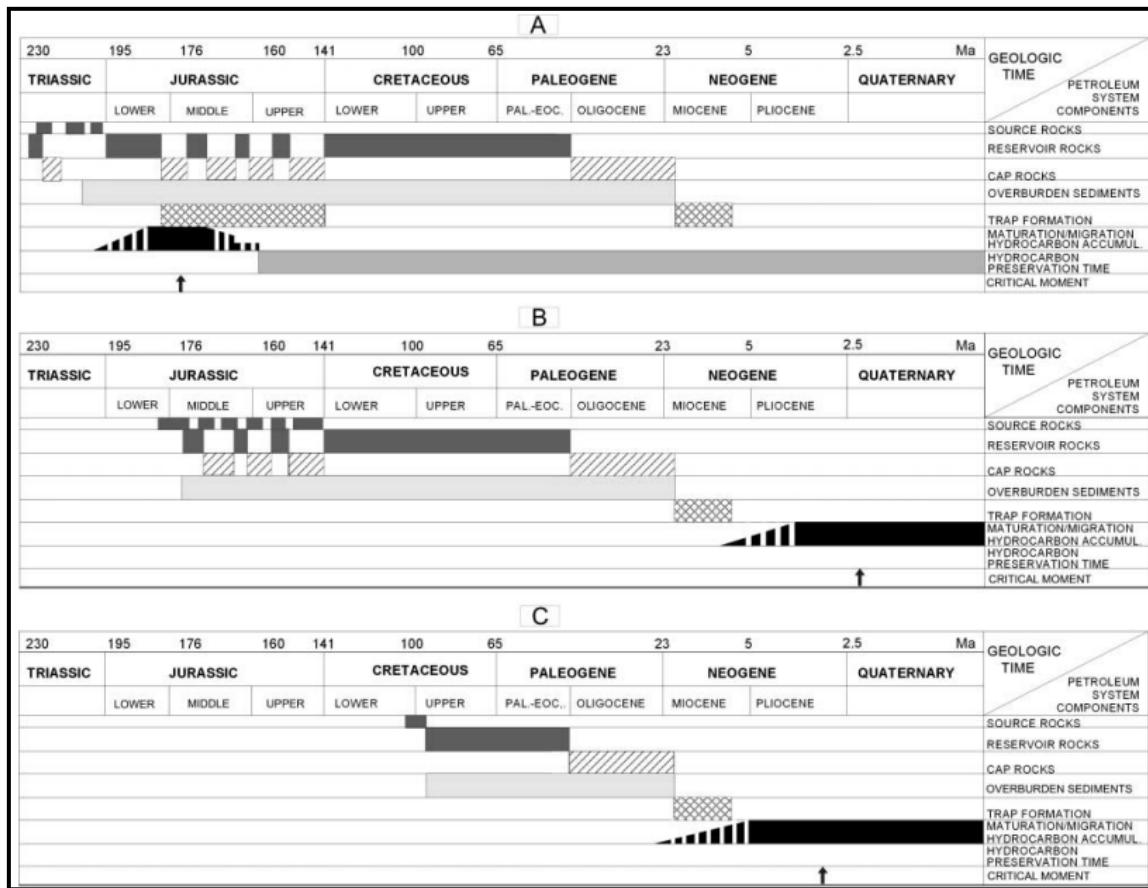
Η αναζήτηση των παγίδων προϋποθέτει τον συνδυασμό της επιφανειακής γεωλογίας με προφίλ σύγχρονων σεισμικών. Στην Ιόνια λεκάνη οι περισσότερες παγίδες αντιπροσωπεύονται από αντίκλινα λόγω των επωθήσεων που δημιουργούν τις πιέσεις. Τα υποθαλάσσια ριπίδια περιέχουν αντίκλινα τα οποία αποτελούν υψηλά τοπογραφικά σημεία που έχουν υποστεί μεγάλη διάβρωση και οποιοσδήποτε ΗC είχε παγιδευτεί εκεί πλέον έχει διαφύγει. Αυτό αιτιολογεί την απουσία πετρελαίου στα αντίκλινα της επιφάνειας, με την εξαίρεση της μετανάστευσης του. Από την άλλη πλευρά τα σύγκλινα που αποτελούν χαμηλά τοπογραφικά σημεία, έχουν διαφύγει την διάβρωση και διατηρώντας έτσι το κάλυμμα των υποθαλάσσιων ριπιδίων. Μικρότερα σύγκλινα τα οποία ανήκουν στα μεγαλύτερα σύγκλινα (εικ.14) αποτελούν παγίδες (όπως το σύγκλινο Μποτσαρά). Μια άλλη κατηγορία παγίδων που περιλαμβάνει τα σύγκλινα Ηπείρου-Αιτωλοακαρνανίας λόγω μεγαλύτερης γεωγραφικής εξάπλωσης μεταξύ της πλευρικής επαφής της Ιόνιας ζώνης και της Γαβρόβου, περιμένοντας μεγαλύτερες δομές από το σύγκλινο Μποτσαρά. Στο Ιουραϊκό με την διαστολή της λεκάνης επηρεάστηκαν οι εβαπορίτες του Τριαδικού με αποτέλεσμα να υπάρξει κίνηση στην βάση τους. Η κίνηση αυτή επηρέασε τον τεκτονικό μηχανισμό των υπολεκανών και τον διαχωρισμό σε τάφρους και κέρατα. Σημαντικές είναι και οι Παγίδες που σχετίζονται με τον διαπειρισμό και την αποκόλληση των στρωμάτων της Ιόνιας επώθησης καθώς και οι Τριαδικοί εβαπορίτες.



Εικόνα 14 Μοντέλο μετανάστευσης ΗC σε μεγάλη συγκλινική δομή, έχει σημειωθεί η θέση συσσώρευσης πετρελαίου μεταξύ ταμειυτήρα και μονωτήρα από Karakitsios (2007).

4.ΘΕΣΕΙΣ ΥΨΗΛΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΗΣ ΣΤΗΝ ΙΟΝΙΑ ΛΕΚΑΝΗ

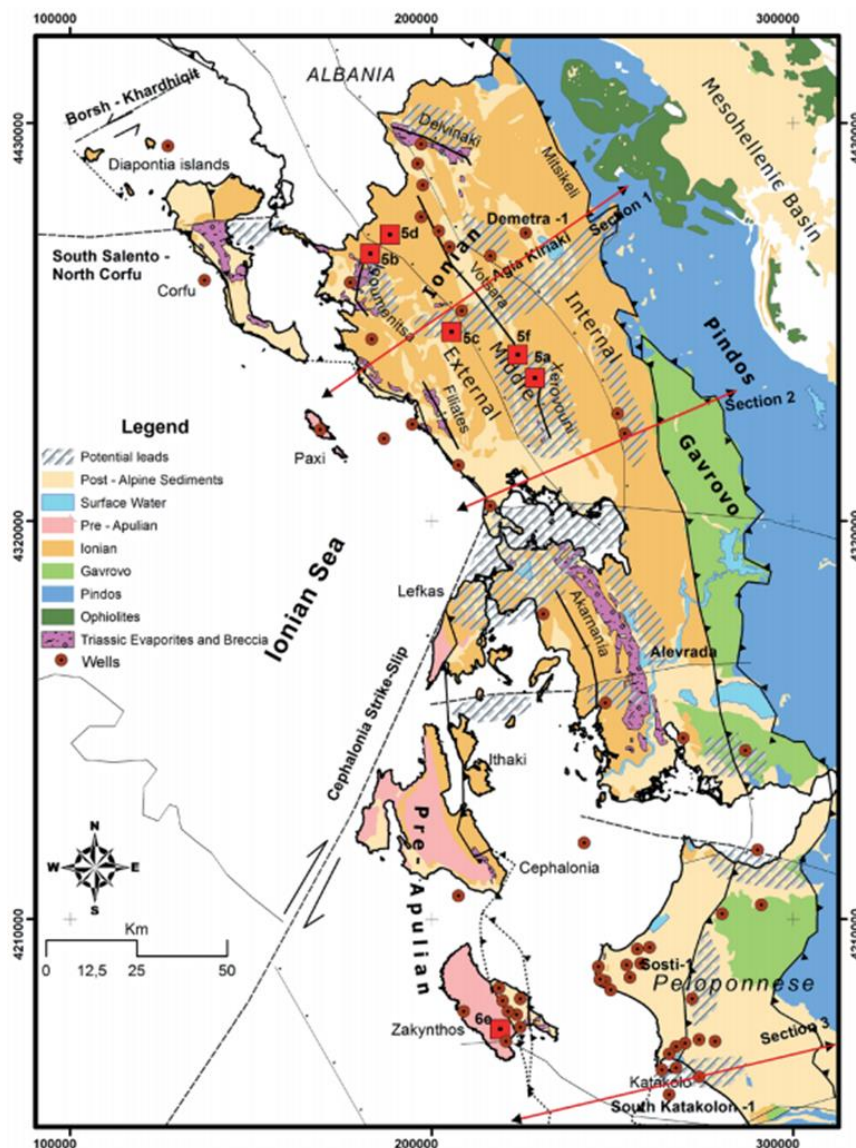
Όπως διακρίνεται από την [εικ.13](#) το παράθυρο πετρελαίου βρίσκεται σε ένα βάθος 3,7-5,8 χιλιομέτρων στην Ιόνια ζώνη όπως στο σύγκλινο του Βοτσαρά με μια αύξηση του βάθους προς τα ανατολικά. Βάση δεδομένων στην Δυτική Ελλάδα υπάρχουν περιοχές που συνιστούν επιπλέον έρευνα. Στο σύγκλινο του Βοτσαρά δυτικά των Ιωαννίνων παρατηρούνται επιφανειακές πετρελαϊκές εμφανίσεις που συνιστούν κατάλληλες συνθήκες για την ύπαρξη πετρελαίου, με το σύγκλινο να μετατρέπεται σε αντίκλινο προς τα ανατολικά το οποίο καλύπτεται από τον φλύσχη της Γαββρόβου. Επίσης ένα ακόμη σύγκλινο ανατολικά του Μιτσικελίου και του Ξεροβουνίου καλύπτει οποιοδήποτε αντίκλινο υπάρχει εκεί έτσι ώστε να γίνεται παγίδευση, με μητρικά πετρώματα τους σχίστες της Βίγλας και τα βαθύτερα στρώματα της Ποσειδωνίας που θεωρούνται ώριμα.



Εικόνα 15 Το πετρελαϊκό σύστημα της Ιόνιας Λεκάνης. Α) Τριαδικά μητρικά πετρώματα, Β) Μητρικά πετρώματα του Ιουρασιακού και Γ) Μητρικά πετρώματα του Κρητιδικού με βελάκια διακρίνονται οι καλύτερες συνθήκες ωρίμανσης και μετανάστευσης από Karakitsios (2007).

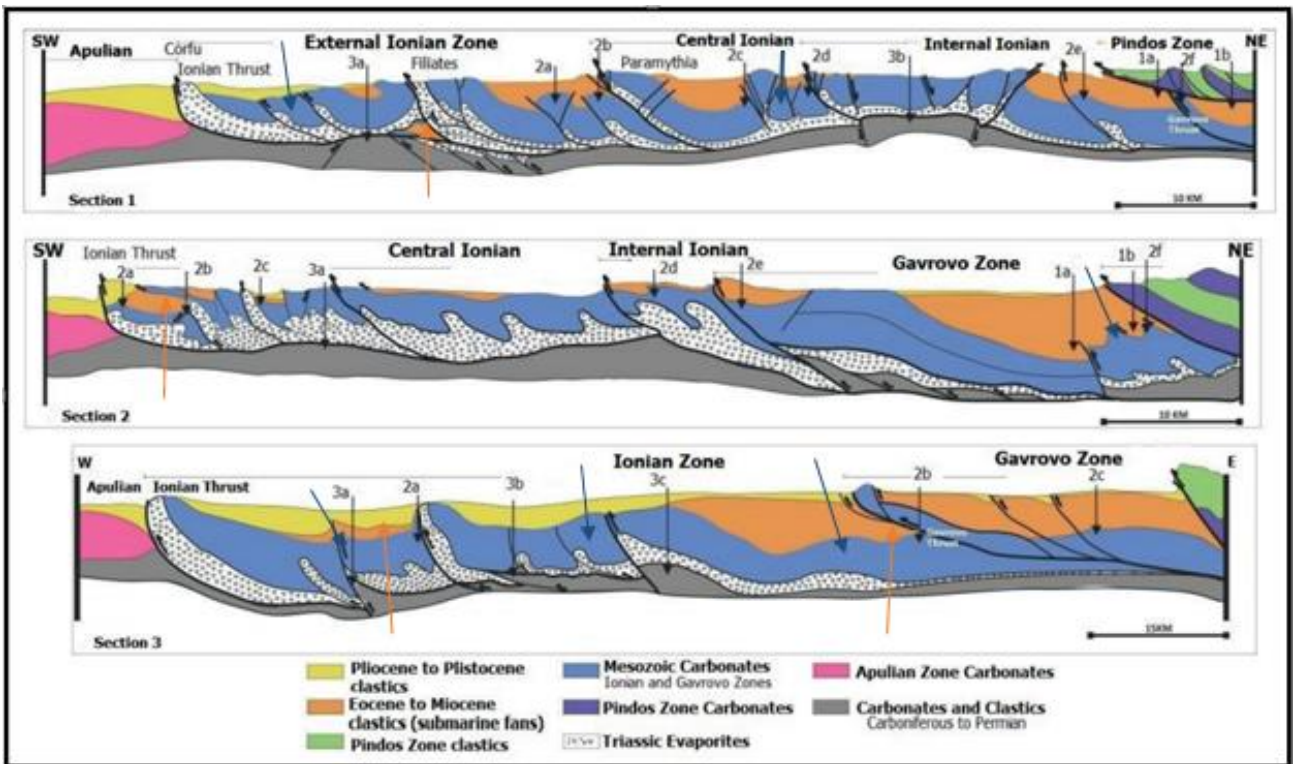
Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο ([εικ. 15](#)) γίνεται κατανοητή η ηλικία ωρίμανσης του κάθε μητρικού στρώματος και είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την πορεία μετανάστευσης των υδρογονανθράκων σε σχέση με τον γεωλογικό χρόνο.

Στην [εικόνα 16](#) φαίνονται οι 3 γεωλογικές τομές έτσι όπως αυτές αναλύθηκαν από τον Zelilidis et al 2015 στην Ιόνια λεκάνη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελούν οι περιοχές κοντά στο σύγκλινο του Βοτσαρά με μια έκταση 300 km² και μια δομή σύγκλινο που μετατρέπεται σταδιακά σε αντίκλινο προς τα ανατολικά. Η περιοχή ανατολικά από το Μιτσικέλι και το Ξεροβούνι αποτελεί επίσης ένα σύγκλινο το οποίο καλύπτει οποιοδήποτε αντίκλινο μπορεί να αποτελέσει παγίδα για τους ΗC. Γενικότερα γνωρίζουμε ότι οι υδρογονάνθρακες αποθηκεύονται στα αντίκλινα για αυτό και πρέπει να τους αναζητήσουμε εκεί. Τέλος η λεκάνη της Πρέβεζας φέρει για αναζήτηση λόγω των ασυμφωνιών που υπάρχουν μεταξύ ιζημάτων του Μειοκίνου-Πλειοκίνου. Λόγω της αλληλεπίδρασης των επωθήσεων μαζί με τα πλάγια ρήγματα τα οποία επιδρούν ως εμπόδιο στην κίνηση δημιουργούν ανυψώσεις στο υπόβαθρο με αποτέλεσμα την δημιουργία pop-up δομών.



Εικόνα 16 Γεωλογικός χάρτης της δυτικής Ελλάδας όπου απεικονίζονται οι τεκτονικές ζώνες της περιοχής, σημεία όπου πραγματοποιήθηκαν γεωτρήσεις και με κόκκινη γραμμή οι 3 τομές που αναλύθηκαν από Zelilidis (et al., 2015).

Οι θέσεις ΗC που προτάθηκαν από τον Zelilidi προς γεώτρηση λαμβάνουν υπόψη το πετρελαικό σύστημα φόρτισης που περιλαμβάνει όλες τις κατάλληλες παραμέτρους για την παρουσία πετρελαίου. Η εικόνα 17 απεικονίζει τις 3 τομές όπου έχουν σημειωθεί αριθμητικά οι θέσεις με βάση το ταμιευτήριο πέτρωμα ως προς αναζήτηση πετρελαίου.



Εικόνα 17 Γεωλογικές τομές με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ στην Ιόνια Λεκάνη οι οποίες αποτελούν τμήμα της εικόνας 16. Με βελάκια απεικονίζονται οι προτεινόμενες θέσεις ανάπτυξης ΗC τροποποιημένα από Zelilidis et al 2015. Με βελάκια φαίνονται οι επιπλέον θέσεις υψηλού ενδιαφέροντος.

Έρευνα δεν έχει διεξαχθεί στο υποεβαποριτικό υπόβαθρο, αλλά η εργασία αυτή θα εστιάσει στις αντικλινικές δομές που καλύπτονται από κάποιο πέτρωμα ικανό να διαφυλάξει την διαφυγή πετρελαίου με κάποιο υποκείμενο πέτρωμα που περιέχει το οργανικό υλικό κατάλληλο για την δημιουργία του. Στην εικόνα 17 φαίνονται με αρίθμηση 1,2,3 οι διαφορετικές περιπτώσεις ταμιευτήρων:

Οι θέσεις 1a, 1b (επιπλέον οι θέσεις με πορτοκαλί βελάκια) στις τομές 1, 2 και 3 αποτελούνται από κλαστικά ιζήματα υποθαλάσσιων ριπιδίων ηλικίας Ηωκαίνου-Μειόκαινου που αποτελούν μια ειδική περίπτωση καθώς περιέχουν μητρικά πετρώματα με εναλλαγές κλαστικών τουρβιδιτών οι οποίοι λόγω πρωτογενούς πορώδους μπορούν να φιλοξενήσουν υδρογονάνθρακες. Το κάλυμμα

αποτελείται είτε από το ίδιο το στρώμα το οποίο περιέχει κλάστες μικρότερου κοκκομετρικού μεγέθους, είτε οι επωθήσεις που προελαύνουν από πάνω τους.

Οι θέσεις που περιέχουν τους Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους ως ταμειυτήρες με την μετανάστευση των υδρογονανθράκων από τα στρώματα του Μεσοζωικού όπως οι σχίστες των Εβαποριτών ,τα στρώματα Ποσειδώνιας και τους σχίστες της Βίγλας χωρίζονται σε αντίκλινα και ρήγματα που λειτουργούν ως παγίδες. Τα ρήγματα στις θέσεις 2c, 2d στις τομές 1 και 3 μπορούν να λειτουργήσουν ως παγίδες καθώς διακόπτουν τα κλαστικά ιζήματα του Ηωκαίνου-Μειόκαινου. Εκτός από τα ρήγματα σαν παγίδες λειτουργούν τα αντίκλινα λόγω αναθόλωσης του υποβάθρου με μονωτήρες τα κλαστικά πετρώματα του Ηωκαίνου-Μειόκαινου όπως στις θέσεις 2a, 2b,2c και 2e στην τομή 1, στην τομή 2 οι θέσεις 2d,2e και 2f και στην τομή 3 οι θέσεις 2a,2b και 2c με επιπλέον τις θέσεις που αναφέρονται στην εικόνα 17 με μπλε βελάκια.

Αναζήτηση επιβάλλεται και στα πετρώματα ηλικίας Λιθανθρακοφόρου-Πέρμιου κλαστικού υλικού με παγίδες να εμφανίζονται αντιθετικά κανονικά ρήγματα όπως στη θέση 3a στην τομή 1 (ληστρικά ρήγματα) και στην θέση 3b με μόνωση τους Τριαδικούς εβαπορίτες. Μια διαφορετική εικόνα φαίνεται την τομή 2 στην θέση 3a και στην τομή 3 οι θέσεις 3a,3b και 3c που επικρατεί μια αναθόλωση του υποβάθρου ως αντίκλινα μεγάλου μεγέθους με κάλυμμα τους Τριαδικούς Εβαπορίτες.

Τέλος είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η Ιόνια λεκάνη χρειάζεται παραπάνω έρευνα λόγω της ανομοιόμορφης βύθισης που για αυτό και είναι περίπλοκη. Η μετανάστευση της πίεσης από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά λόγω του Ορογενούς και των επωθήσεων που προελαύνουν σχηματίζουν μια σύνθετη λεκάνη που χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα . Η ωρίμανση επομένως δεν επιτυγχάνεται ομοιόμορφα και αυξάνεται προς τα ανατολικά, με μια μέση τιμή βάθους 3,7-5,6 χιλιομέτρων που εμφανίζεται σήμερα το παράθυρο πετρελαίου. Πετρώματα όπως τα κατώτερα στρώματα Ποσειδώνιας και οι σχίστες της Βίγλας είναι μέσα στο παράθυρο πετρελαίου και χρήζουν προς εκμετάλλευση στην Εσωτερική Ιόνια λεκάνη. Οι ιδιαιτερότητα που έχει αυτή η λεκάνη με την μεγάλη επίδραση της τεκτονικής σχηματίζοντας δομές όπως τάφροι και κέρατα αποτέλεσε έναν σημαντικό παράγοντα για την μετανάστευση και την παγίδευση των υδρογονανθράκων. Τα α αντίκλινα που σχηματίστηκαν καθώς και οι κινήσεις του Εβαποριτικού υπόβαθρου με τον συνδυασμό των πλαγιοκανονικών ρηγμάτων δημιούργησε δομές ανάδυσσης (pop-up δομές).

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.

Doutsos T., Koukouvelas I., and Xypolias P., 2006, "A new orogenic model for the External Hellenides", In: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D., Brun, J.-P. (Eds.), *Tectonic Evolution of the Eastern Mediterranean Regions*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 260, 507–520.

Karakitsios V. 2013: Western Greece and Ionian Sea petroleum systems. *The American Association of Petroleum Geologists*. No. 9, 1567-1595.

Karakitsios, V., 1995, "The influence of preexisting structure and halokinesis on organic matter preservation and thrust system evolution in the Ionian Basin, northwest Ionian zone, western Greece", *Journal of the Geological Society* 146, 447–457.

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.