

**ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΘΡΑΚΩΝ ΣΤΗΝ**  
**ΙΟΝΙΑ ΛΕΚΑΝΗ**

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΒΡΑΑΜ ΖΕΛΙΛΙΔΗΣ

ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΜ:1052546

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:** ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:** ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΕΔΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

**2.1:**ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**2.2:** ΠΕΤΡΕΛΑΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

**2.3:** ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ-ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:**ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΙΟΝΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

**3.1:** ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**3.2:**ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

**3.3:**ΤΕΚΤΟΝΙΣΜΟΣ

**3.4:**ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ-ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

**3.5:**ΠΑΛΑΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:**ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

**4.1:**ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**4.2:**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

**4.3:**ΩΡΙΜΑΝΣΗ-ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΗC

**4.4:**ΚΑΛΥΜΜΑΤΑ

**4.5:**ΠΑΓΙΔΕΣ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 :** ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΕΔΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**



## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός-στόχος της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση των στρωματογραφικών και παλαιογεωγραφικών δεδομένων με βάση κυρίως την ανάλυση των ιζηματογενών λεκανών, την στρωματογραφία ακολουθιών αλλά και την γεωχημική ανάλυση της περιοχής. Έτσι ώστε να προσδιοριστεί η δυνατότητα ανάπτυξης και πεδίων υδρογονανθράκων στην περιοχή την οποία μελετάμε ,να δοθούν πιθανές θέσεις γένεσης και αποθήκευσης υδρογονανθράκων και τέλος προταθούν πιθανές επικερδής θέσεις γεωτρήσεων για την εκμετάλλευσή τους.

## 2. ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΕΔΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

### 2.1 Εισαγωγή

α) **Μητρικό πέτρωμα:** Ιζημάτα πλούσια σε οργανικό υλικό που προέρχεται από θαλάσσια ή λιμναία φύκι και χερσαία φυτά τα οποία περιέχουν χημικά συνθετικά τα οποία διατηρούνται όταν τα ιζημάτα έχουν αποθεθεί κάτω από ανοξικές συνθήκες. Ανοξικές συνθήκες αναπτύσσονται εκεί όπου το απαιτούμενο οξυγόνο είναι περισσότερο από το παραγόμενο. Σχηματίζονται όταν μια μικρή αναλογία του οργανικού άνθρακα που συμμετέχει τον κύκλο του άνθρακα θάφτηκε σε ανοξικά ιζηματογενή περιβάλλοντα. Ως μητρικά πετρώματα υδρογονανθράκων καθορίζονται τα λεπτόκοκκα ιζημάτα, τα οποία δημιουργήθηκαν, δημιουργούνται ή θα δημιουργηθούν στο φυσικό τους περιβάλλον και θα απελευθερώσουν αρκετό υδρογονάνθρακα για να σχηματίσει μια αξιοσημείωτη συγκέντρωση από πετρέλαιο ή αέριο.

β) **Ταμιευτήρας:** Ιζηματογενές πέτρωμα με πολύ καλό πορώδες και διαπερατότητα όπου συσσωρεύεται το πετρέλαιο.

γ) **Παγίδα:** Δομικές, στρωματογραφικές και υδροδυναμικές παγίδες που παγιδεύουν τους υδρογονάνθρακες μέχρι την αξιοποίηση τους.

→ Δομικές: οφείλονται σε διαδικασίες τεκτονικές

→ Στρωματογραφικές: η γεωμετρία της παγίδας εξαρτάται από την πρωτογενή αποθετική μορφολογία ή τις ασυμφωνίες μέσα στη λεκάνη πλήρωσης

→ Υδροδυναμικές: σχηματίστηκαν από την κίνηση ρευστών διαμέσου της λεκάνης

δ) **Μονωτήρας:** απαγορεύει την ανοδική κίνηση των πετρελαϊκών ρευστών σαν 'καπάκι'. Έχει αντίθετες ιδιότητες από τον ταμιευτήρα (ελάχιστο πορώδες, μεγάλο πάχος). Η πιο κοινή λιθολογία είναι οι ιλυόλιθοι.

Για την αξιοποίηση ενός πεδίου θα πρέπει να:

1) Διερευνούμε → τις παραπάνω 4 προϋποθέσεις και το χρόνο δημιουργίας τους

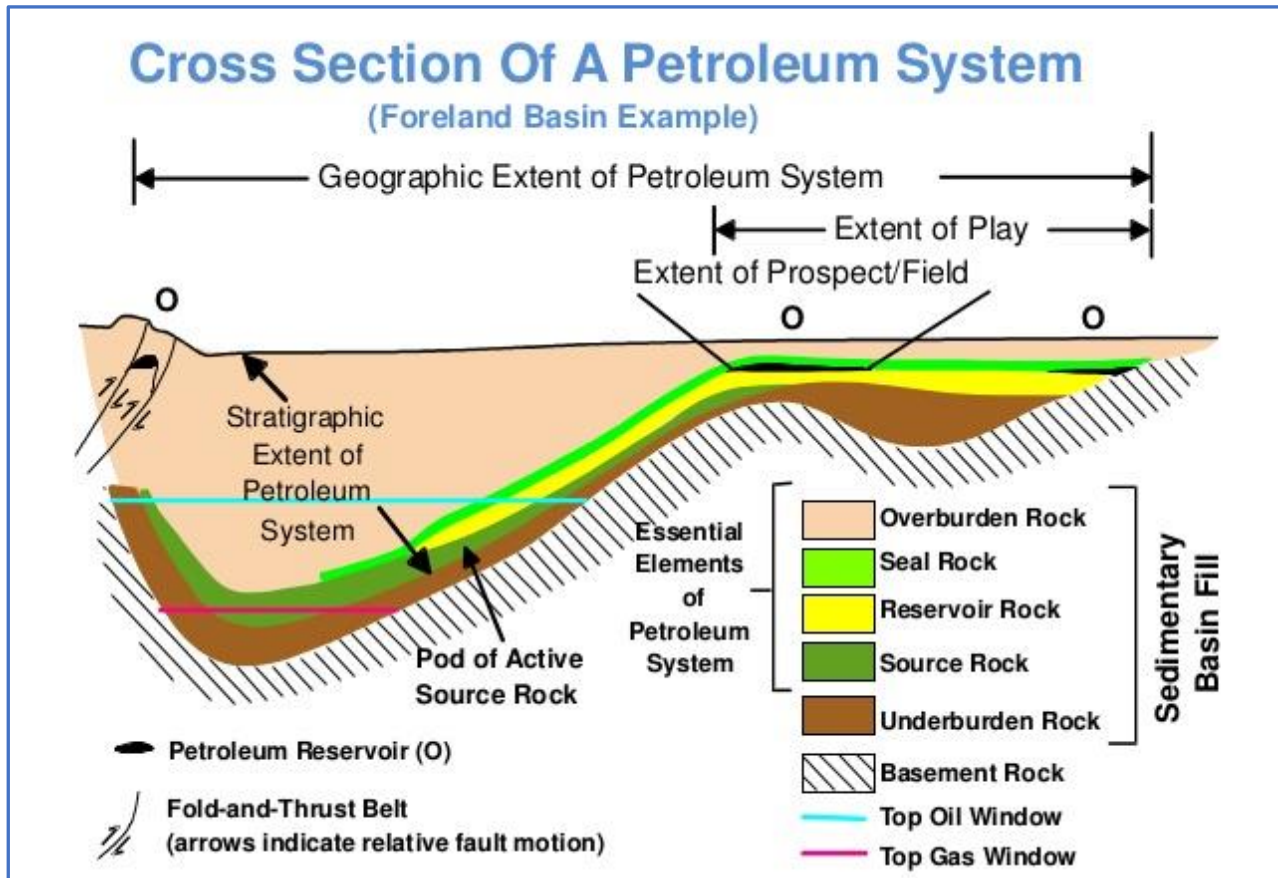
2) Αξιολογούμε → το πεδίο (μέγεθος, σχήμα)

3) Σχεδιάζουμε → το τεχνικό μέρος (γεωτρήσεις, πλατφόρμες)

4) Παράγουμε → δεδομένα και αξιολογήσεις όσον αφορά τον χρόνο ζωής

## 2.2: Πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης

Πετρελαϊκή φόρτιση εμφανίζεται όταν γεννιέται πετρέλαιο σε ένα μητρικό πέτρωμα, εν συνεχεία αποβάλλεται και τέλος μεταναστεύει διαμέσου ενός στρώματος μεταφοράς σε μία παγίδα (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης (από Magoo & Dow et al. 1994)

Ένα μεγάλο εύρος χημικών αναλύσεων μπορούν να πραγματοποιηθούν στο πετρέλαιο και στα αποσπάσματα των μητρικών πετρωμάτων με σκοπό να βοηθήσουν στη συσχέτιση του πετρελαίου με τα πρωτογενή μητρικά πετρώματα και τα περιβάλλοντα απόθεσης. Σημαντικές φυσικές ιδιότητες του πετρελαίου είναι η πυκνότητα του, η ένταση των παραγόντων μετασχηματισμού και τα σημεία βρασμού που επηρεάζουν τις διαδικασίες δευτερογενούς μεταμόρφωσης, την ένταση των υποεπιφανειακών αλλαγών και τη συμπεριφορά της φάσης.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας έχουμε τη χημική διάσπαση του κηρογόνου και σαν αποτέλεσμα προκύπτει η γένεση του πετρελαίου. Καθώς απελευθερώνονται οι υδρογονάνθρακες το υπολειπόμενο κηρογόνο αναπτύσσεται στην κατεύθυνση ανθρακικού υπολείμματος. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες για τη διάσπαση του κηρογόνου είναι η θερμοκρασία και ο χρόνος. Ο ρυθμός διάσπασης μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση του Arrhenius. Το αντιδρών κλάσμα του κηρογόνου μπορεί να υποδιαιρεθεί σε μια ασταθή μερίδα, η οποία αποδίδει κύρια πετρέλαιο και σε μια δύστηκτη μερίδα αέριο. Το ασταθές κηρογόνο διασπάται πάνω από τους 100-150 °C, ακολουθούμενο από το δύστηκτο κηρογόνο από 150-220 °C. Πάνω από τους 150-180 °C το πετρέλαιο διασπάται σε αέριο. Έτσι, το στάδιο γένεσης πετρελαίου διαδέχεται η γένεση υγρού αερίου/ αέρια συμπυκνώματα και τελικά τα στάδια γένεσης ξηρού αερίου.

Η αποβολή πετρελαίου αιτιολογείται από την ύπαρξη μικροδομών στα μητρικά πετρώματα που δημιουργούνται μετά την εφαρμογή υπερπίεσης σαν αποτέλεσμα της γένεσης υδρογονανθράκων. Ισχνά μητρικά πετρώματα μπορεί να μην παράγουν αρκετό πετρέλαιο ώστε να δικαιολογείται αποβολή. Εάν φθάσουν σε υψηλότερη ωριμότητα, το παραγόμενο πετρέλαιο μπορεί να διασπάται σε αέριο το οποίο μπορεί να είναι ικανής απόδοσης.

### **2.3: πρωτογενής - δευτερογενής μετανάστευση πετρελαίου**

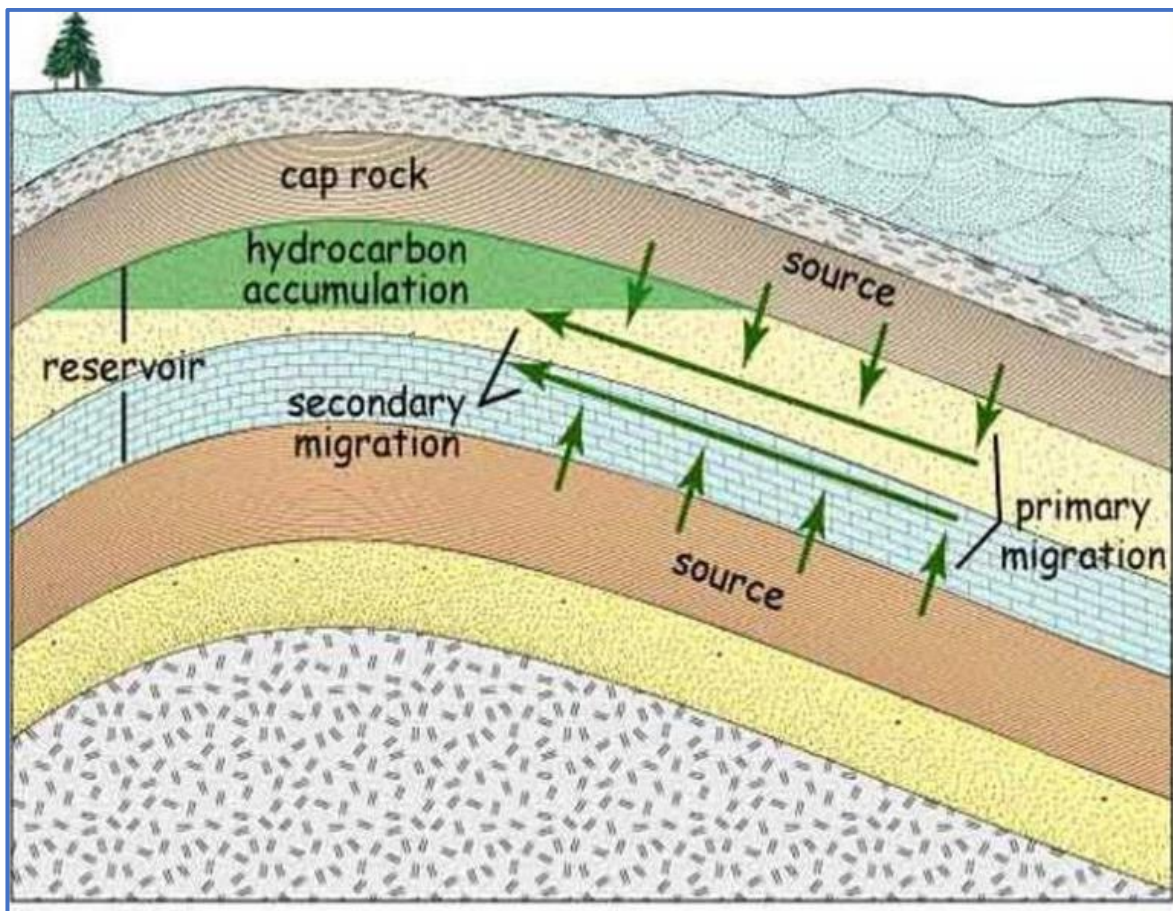
Η μετανάστευση του πετρελαίου από το μητρικό πέτρωμα γίνεται με τη βοήθεια διόδων μετανάστευσης όπως τα ρήγματα και οι διακλαδώσεις και γίνεται με πρωτογενή και δευτερογενή τρόπο.

Στην πρωταρχική μετανάστευση (εικόνα 2) παρατηρούμε την αποβολή υδρογονανθράκων από το μητρικό πέτρωμα διαμέσου μικροδομών (στενών πόρων και τριχοειδών αγγείων) που δικαιολογείται από την απελευθέρωση της υπερπίεσης. Η αιτία της υπερπίεσης στο μητρικό πέτρωμα μπορεί να είναι ο συνδυασμός της γένεσης πετρελαίου και αερίων, διαστολή των ρευστών σε αυξημένες θερμοκρασίες, συμπύκνωση των μεμονωμένων μονάδων μητρικού πετρώματος, απελευθέρωση του νερού σε αφυδατωμένα αργιλικά ορυκτά.

Η αύξηση της πίεσης πολλές φορές είναι αρκετά μεγάλη και μπορεί να προκαλέσει μικροσπασίματα τα οποία απελευθερώνουν πίεση και επιτρέπουν την μετανάστευση του πετρελαίου έξω από το μητρικό πέτρωμα και μέσα σε γειτονικά στρώματα μεταφοράς από τα

οποία ξεκινάει η δευτερογενής μετανάστευση. Η πρωταρχική μετανάστευση μπορεί να λάβει χώρα προς τα πάνω όσο και προς τα κάτω, έξω από τα μητρικά πετρώματα, καθώς επηρεάζεται από τοπικές βαθμίδες πίεσης.

Η δευτερογενής μετανάστευση (εικόνα 2) εμφανίζεται σαν πολυφασικές ροές, δηλαδή ως σταγόνες πετρελαίου ή φυσαλίδες αερίου στο νερό των πόρων που τείνουν να κινηθούν προς τα πάνω λόγω της πλευστότητας ή οδηγούμενες από υδροδυναμικές συνθήκες. Τα τελευταία σημεία της δευτερογενούς μετανάστευσης είναι οι παγίδες ή οι εκροές στην επιφάνεια. Εάν μια παγίδα διαμελιστεί κάποια στιγμή τότε το πετρέλαιο που είχε συγκεντρωθεί σε αυτήν ξαναμεταναστεύει είτε μέσα σε άλλες παγίδες ή εκρέει στην επιφάνεια. Επίσης οι ζώνες ρηγμάτων μπορούν να λειτουργήσουν τόσο σαν αγωγοί όσο και σαν φραγμοί στη δευτερογενή μετανάστευση.



Εικόνα 2: μετανάστευση πετρελαίου από ([www.gg.uwo.edu](http://www.gg.uwo.edu).)

Το υλικό που έσπασε λόγω της τριβής από την κίνηση του ρήγματος είναι συνήθως στεγανό και δεν επιτρέπει το πέρασμα του πετρελαίου. Οι διακλάσεις είτε σε πεσμένο είτε σε ανεβασμένο τέμαχος αν παραμείνουν ανοιχτές μπορεί να σχηματίσουν διόδους μετανάστευσης.

### 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΙΟΝΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

#### 3.1. Εισαγωγή

Η Γη αποτελείται από τις λιθοσφαιρικές πλάκες οι οποίες χωρίζονται σε ηπειρωτική και ωκεάνια λιθόσφαιρα ανάλογα τα χαρακτηριστικά τους. Ο ωκεάνιος φλοιός είναι πιο πυκνός από τον ηπειρωτικό και με μεγαλύτερο πάχος. Οι κινήσεις μεταξύ αυτών των πλακών δημιουργούν τρεις διαφορετικούς τύπους περιθωρίων.

→ **Αποκλίνοντα** :μεγάλα ρήγματα και δημιουργία νέου φλοιού,

→ **Παθητικά περιθώρια** :παράλληλη κίνηση λιθοσφαιρικών πλακών και δημιουργία σεισμών,

→ **Συγκλίνοντα** :καταβύθιση ωκεάνιου φλοιού κάτω από τον ηπειρωτικό (στην Ελλάδα έχουμε κυρίως αυτόν τον τύπο περιθωρίων αφού παρατηρείται η καταβύθιση της αφρικανικής πλάκας κάτω από των πλάκα του αιγαίου με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός ηφαιστειακού τόξου),

Όσον αφορά τις λεκάνες ιζηματογένεσης αυτές δημιουργούνται στην ανώτερη λιθόσφαιρα λόγω των σχετικών κινήσεων αλλά και οι τεκτονικών κινήσεων λόγω ορογένεσης. Αποτελούν σημεία χαμηλού υψομετρικού ανάγλυφου, δηλαδή ένα βύθισμα διαφορετικής κάθε φορά γεωμετρίας που γεμίζει με ιζήματα και κατά την διάρκεια του γεωλογικού χρόνου επηρεάζεται σημαντικά από διάφορους εξωτερικούς παράγοντες.

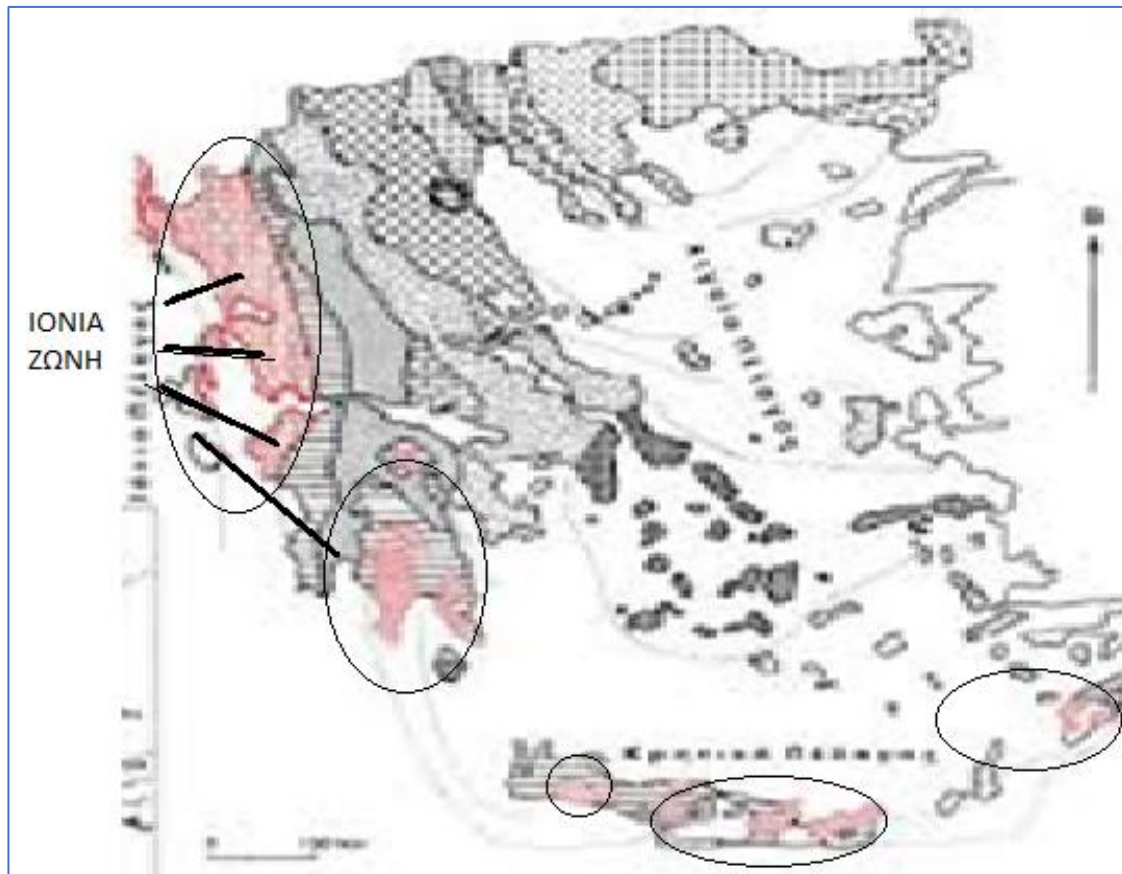
#### 3.2. Γεωλογία της περιοχής

Η Δυτική Ελλάδα αποτελεί τμήμα των εξωτερικών Ελληνίδων (ζώνη FTB). Κατά την σύγκρουση της Αφρικάνικης πλάκας και της Ευρασιατικής κατά το Κατώτερο Κρητιδικό με σύγχρονη καταβύθιση του ωκεανού της Τηθύος είχαμε την δημιουργία αυτής της της ζώνης πτύχων και επωθήσεων. 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 τοποθετήθηκαν πάνω στην Απούλια πλάκα 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 χωρίζονται στην :

- 1)Γάβροβο
- 2)Προαπούλια &
- 3)Ιόνια



Εικόνα 3 :Ιόνια ζώνη τροποποιημένη (από πτυχιακή εργασία ΛΑΖΟΚΙΤΣΙΟΥ,2005)

### 3.3. Τεκτονισμός

Η Ιόνια ζώνη μαζί με την Προ-απούλια, την ζώνη Γαβρόβου και την ζώνη της Πίνδου αποτελούν τις εξωτερικές Ελληνίδες που μαζί με τις εσωτερικές απαρτίζουν το γεωτεκτονικό καθεστώς της Ελλάδος. Η ζώνη αυτή εκτείνεται γεωγραφικά (εικόνα 3) στα βόρεια από την Αλβανία και καταλαμβάνει την Ήπειρο, μέρος των νησιών του Ιονίου και της Πελοποννήσου και φτάνει έως και τα Δωδεκάνησα . Η Ιόνια λεκάνη, οριοθετείται στα δυτικά από την Ιόνια επώθηση και

ανατολικά από τη επώθηση της ζώνης Γαβρόβου. Τα ιζηματογενή πετρώματα που μελετήθηκαν, των εξωτερικών Ελληνίδων της Ιόνιας λεκάνης, αποτέθηκαν από το Τριαδικό έως το Ηώκαινο, η οποία ήταν μέρος του παθητικού περιθωρίου του νότιου τμήματος της Νεο-Τυθής που βρισκόταν ανατολικά της Απούλιας πλάκας.

Η απόθεση των ιζημάτων στη λεκάνη χωρίζεται σε τρία τεκτονικά στάδια:

A) Το **pre-rift στάδιο** κατά το Τριαδικό-κατ. Ιουρασικό

B) Το **syn-rift** στάδιο κατά το Μέσο Ιουρασικό-Κατώτερο Ηώκαινο &

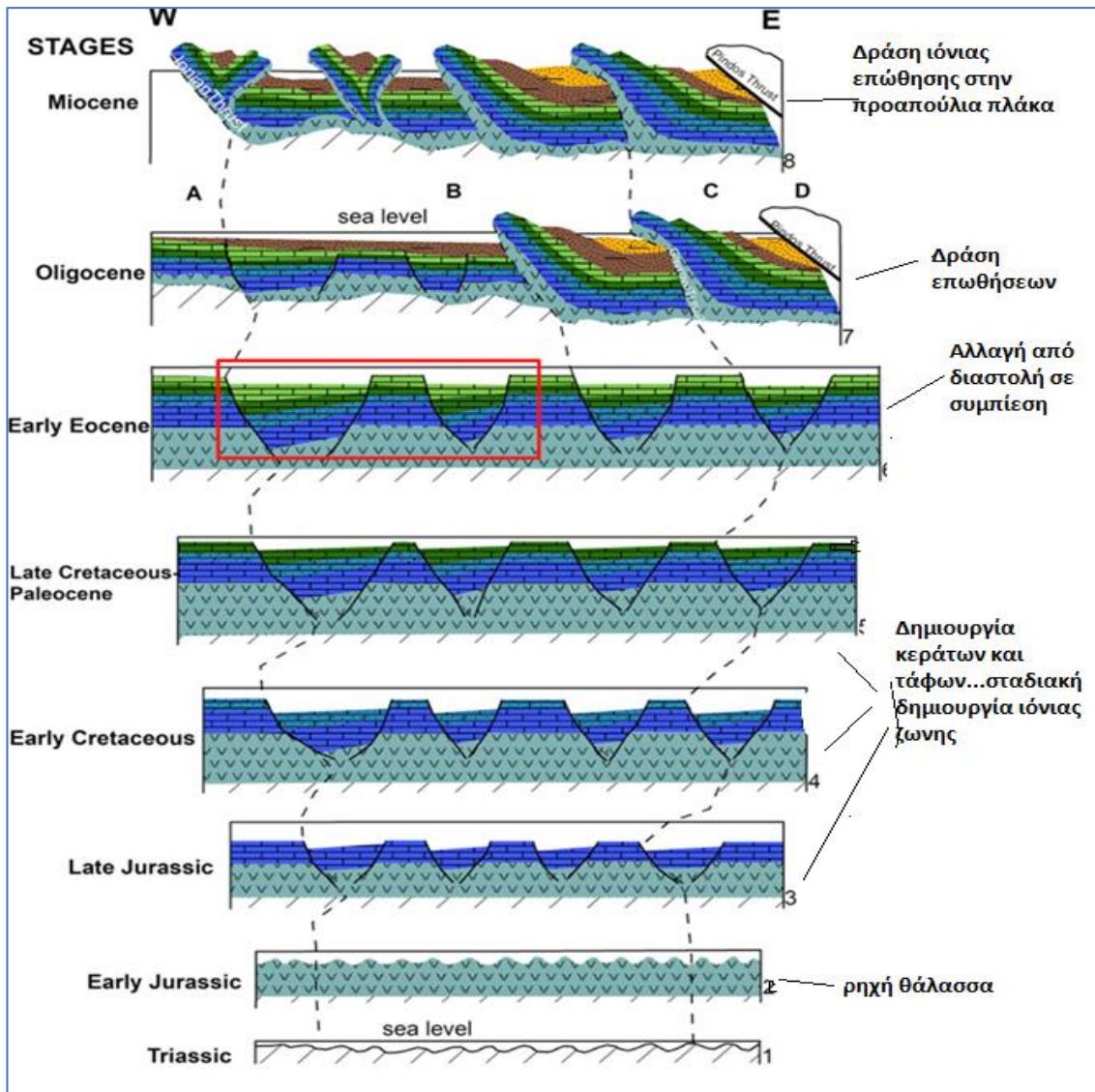
Γ) Ένα **στάδιο συμπίεσης** κατά το Ανώτερο Ηώκαινο- Μέσο Μειόκαινο.

Σε όλο το Τριαδικό μέχρι και το Κ. Ιουρασικό η περιοχή φαίνεται τεκτονικά ανενεργή, χωρίς τη δράση ρηγμάτων. Η περιοχή ήταν μια ανοιχτή, θαλάσσια, ρηχή λεκάνη (εικόνα 4 )

Από το Κ. Ιουρασικό έως το Μ. Ηώκαινο ξεκινούν αποκλίνοντα καθεστώτα με διαστολή και παρουσία κανονικών ρηγμάτων. Σε συνδυασμό με το άνοιγμα του ωκεανού της Νεο-Τυθής δημιουργείται η Ιόνια λεκάνη κατά το Α. Ιουρασικό. Η λεκάνη θα χωριστεί σε μικρότερα ασύμμετρα βυθίσματα (εικόνα 4 σημεία 3-5) με συνακόλουθα τη συγκέντρωση διαφορετικών παχών. Έτσι, στο Α. Ιουρασικό ξεκινάει και η ταφρογένεση δημιουργώντας τάφρους και κέρατα.

Από το Μ. Ηώκαινο το τεκτονικό καθεστώς της περιοχή αλλάζει από διαστολή σε πίεση, με επωθήσεις καθώς η περιοχή της Πίνδου, η οποία δέχεται πίεση από τα ανατολικά, αρχίζει να κινείται προς τα δυτικά, συναντώντας πρώτα την ζώνη Γαβρόβου που αποτελεί μια πλατφόρμα με περιβάλλον ρηχό. Λόγω των υψηλών πιέσεων που επικράτησαν η σύγκρουση των 2 ζωνών ήταν έντονη και κατέληξε στο φαινόμενο εκτός από επωθήσεις με δυτική κίνηση να δημιουργούνται και προς τα πίσω, δηλαδή με ανατολική κίνηση, επωθήσεις, δημιουργώντας έτσι την Μεσοελληνική αύλακα. Αυτή η κύρια κίνηση προς τα δυτικά είχε σαν αποτέλεσμα την εξαφάνιση μεγάλου μέρους της ζώνης Γαβρόβου, αφού η ζώνη Πίνδου έρχεται και κάθεται πάνω σ' αυτήν . Η διαρκής και συνεχόμενη μετανάστευση του ορογενούς προς τα δυτικά κατά το Μ. Ηώκαινο, φέρνει την Ιόνια λεκάνη με περιβάλλον βαθιάς λεκάνης σε επαφή με την πλατφόρμα της προ-Απούλιας ζώνης. Οι επωθήσεις που δημιουργούνται είναι απόρροια της κίνησης προς τα δυτικά και έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία μιας σύνθετης γεωμετρίας λεκάνης Προχώρας όπου τα προϋπάρχοντα κανονικά ρήγματα με ανατολική κλίση επαναδραστηριοποιούνται ως επωθήσεις και μετακινούν ολόκληρα μπλόκ πάνω από τις υπάρχουσες πλατφόρμες , ενώ κάθε φορά που

μεταναστεύει το ορογενές δυτικά στην οροφή των επωθήσεων αναπτύσσονται ρήγματα διαστολής.



Εικόνα 4: Τεκτονική εξέλιξη Ιόνιας λεκάνης από το Τριαδικό έως το Μειόκαινο. Απεικονίζονται οι κύριες λιθολογίες, ρήγματα και επωθήσεις (τροποποιημένη από Bourli et al., 2019).

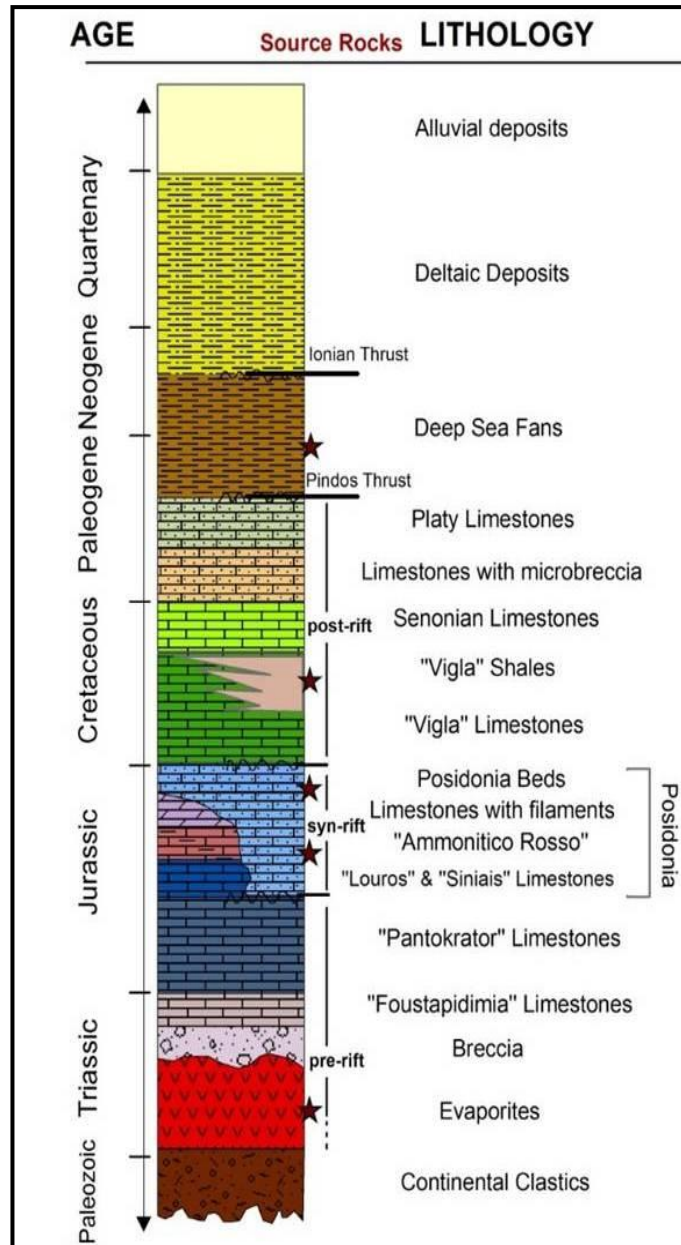
Στο τέλος της εξέλιξης της Ιόνιας λεκάνης στη διάρκεια του μέσου Μειόκαινου τα κανονικά ρήγματα με ανατολική κλίση στην περιοχή των περιθωρίων της Απούλιας πλατφόρμας δραστηριοποιούνται ξανά δημιουργώντας την Ιόνια επώθηση που φέρνει ιζήματα της Ιόνιας λεκάνης πάνω από τα ιζήματα της Προ-Απούλιας πλατφόρμας. Το περιβάλλον εκεί είναι παρόμοιο με αυτό της Γαβρόβου, δηλαδή ρηχό, και για το λόγο αυτό το μεγάλο εμπόδιο της πλατφόρμας

οδηγεί στο φαινόμενο Backthrust. Το φαινόμενο εδώ είναι λιγότερο έντονο γιατί η πίεση εξασθενεί από τα ανατολικά στα δυτικά. Η ρηχή θέση της Προ-Απούλιας (εικόνα 4 σημείο 5-7) εμπόδισε την πλήρη επώθηση της Ιόνιας πάνω σε αυτήν, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό υβωμάτων τύπου βεντάλιας. Από το Μ. Μειόκαινο ξεκινά πάλι το καθεστώς της διαστολής στο σύνολο της Ιόνιας λεκάνης εξαιτίας της μετανάστευσης του ορογενούς δυτικότερα και την μετατροπή της Ιόνιας λεκάνης σε λεκάνη οπισθοχώρας. Συμπερασματικά έχουμε μια λεκάνη complex-τύπου που αποτελείται από επιμέρους λεκάνες λόγω δράσης διαφορετικών επωθήσεων ανά διαφορετικές περιόδους (Πίνδου, Γαβρόβου, Ιόνια).

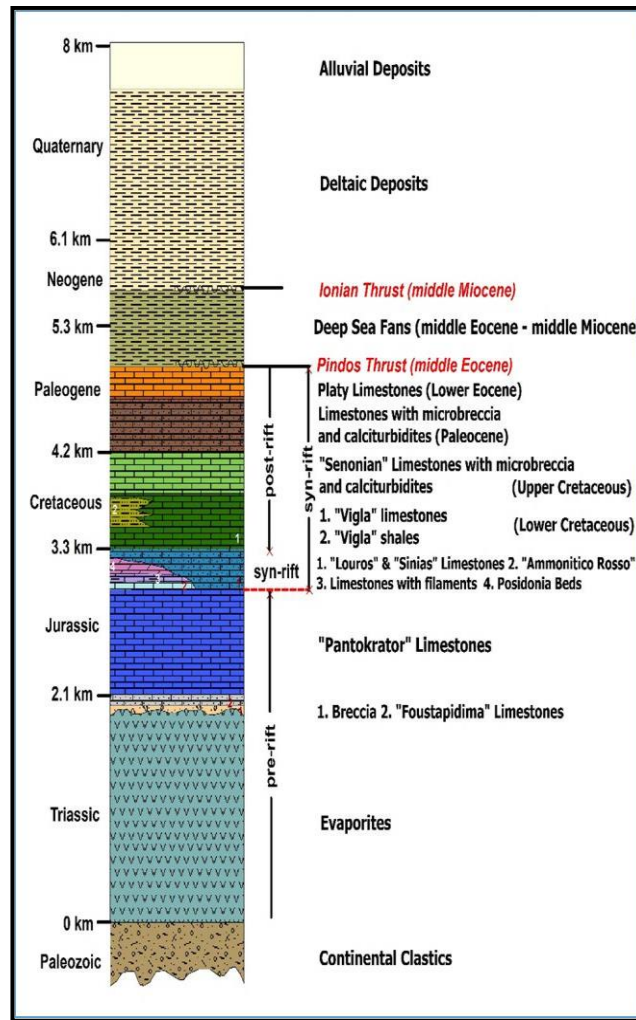
### **3.4:Ιζηματολογία-Στρωματογραφία**

Η ιζηματογενής ακολουθία στην Ιόνιο λεκάνη χωρίζεται σε 3 στάδια ανάλογα την επικρατούσα τεκτονική, το pre-rift, syn-rift και συμπίεσης. Ο χώρος της Ιόνιας λεκάνης αποτελούσε τμήμα μιας νηριτικής πλατφόρμας, στο Νότιο περιθώριο της Τηθύος, η οποία κάλυπτε σχεδόν όλη την Δυτική Ελλάδα. Τα παλαιότερο γνωστό στρώμα της ακολουθίας είναι οι εβαπορίτες Μέσο-Αν. Τριαδικού πάχους πάνω από 2000 m . Υπερκείμενα τους είναι οι ασβεστόλιθοι “Φουσταπήδημα” του Α. Τριαδικού με μέσο πάχος 50-150 m, οι οποίοι είναι μαύροι υπολιθογραφικοί ασβεστόλιθοι και σημαδεύουν το τέλος για την απόθεση θειικών εβαποριτών και την έναρξη της θαλάσσιας ιζηματογένεσης στον Ιόνιο χώρο. Ακολουθούν οι ασβεστόλιθοι του Παντογκράτορα ηλικίας Κ. Ιουρασικού και πάχους πάνω 1000 m. Η ιζηματογένεση ήταν πολύ μικρού βάθους, ενδοπαλιρροϊκού περιβάλλοντος. Η τεκτονική δράση αλλάζει και ξεκινά το syn-rift στάδιο με γενική βύθιση της περιοχής όπου δημιουργείται η Ιόνιος λεκάνη. Φαίνονται οι σχίστες με Ποσειδώνιες (20-200) και οι πελαγικοί ασβεστόλιθοι Σινιών και ημι-πελαγικοί ασβεστόλιθοι του Λούρου (50-150 m), Κατώτερου Ιουρασικού. Οι εναλλαγές στα πάχη των Ιουρασικών στρωμάτων οφείλονται στη ασύμμετρη γεωμετρία των τάφρων. Αυτών των στρωμάτων υπέρκεινται Κρητιδικά ιζηματογενή πετρώματα από πελαγικούς ασβεστόλιθους Βίγλας και σχιστάργιλους Βίγλας συνολικού πάχους 200-600 m, και Α. Κρητιδικού πελαγικούς Σενώνιους ασβεστόλιθους με μικρολατυποπαγή και τουρβιδίτες. Οι Κρητιδικές ακολουθίες διαφέρουν στις 3 λεκάνες της Ιόνιας ζώνης. Η δράση της επώθησης της Πίνδου κατά το Κ. Ηώκαινο μετέτρεψε την Ιόνιο λεκάνη σε λεκάνη προχώρας, τροφοδοτώντας την με ιζήματα υπό την μορφή θαλάσσιων ριπιδίων έως το Α. Μειόκαινο. Με τη σειρά της η επώθηση της Ιονίου επέφερε δελταϊκές και αλλουβιακές

αποθέσεις, πάχους πάνω από 2 χιλιομέτρων, κατά το Τεταρτογενές λόγω της διαστολής εξαιτίας της και την μετατροπή της Ιόνιας λεκάνης σε λεκάνη οπισθοχώρας.



Εικόνα 5: Στρωματογραφική στήλη (Karakitsios, 2015, με αστεράκια οι πιθανές θέσεις των μητρικών πετρωμάτων)

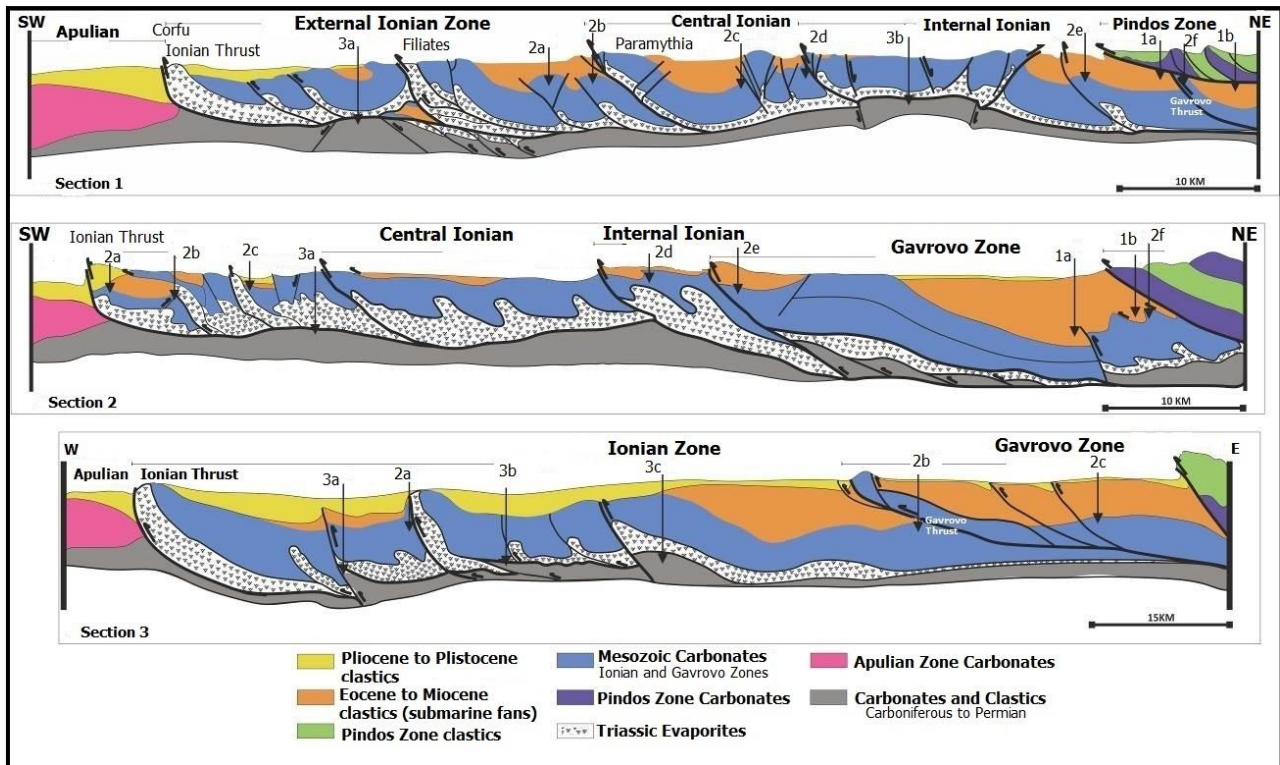


Εικόνα 6: Στρωματογραφική στήλη ,πραγματικά πάχη των στρωμάτων (Bourli, 2019)

### 3.5: Παλαιογραφική εξέλιξη της περιοχής

Η Ιόνια ζώνη λοιπόν, είναι η μοναδική από τις μεγάλες ζώνες που έχει αλλάξει το βασικό παλαιογεωγραφικό της χαρακτήρα από νηριτική σε πελαγική κατά τη διάρκεια της προ-ορογενετικής εξέλιξης του αλπικού κύκλου. Αυτή η διαφοροποίηση ήταν αποτέλεσμα ενός εφελκυστικού επεισοδίου από τα ανατολικά που έχει σχέση με το άνοιγμα του ωκεανού της Τηθύος. Πιο συγκεκριμένα, μέχρι το Κατώτερο Ιουρασικό οι ενότητες Παξών, Μάνης, Ιονίου, Γαβρόβου, Τρίπολης αποτελούσαν μια ενιαία ανθρακική πλατφόρμα όπου είχαν τα ίδια πετρώματα και ίδια φάση. Από το Μ. Ιουρασικό η Ιόνιας Λεκάνη βαθαίνει, ενώ οι Παξοί και το Γάβροβο συνεχίζουν να δέχονται νηριτικά ιζήματα. Στη συνέχεια η ενιαία πλατφόρμα έσπασε και βάρυνε, γεγονός που μάλλον συνδέεται με τη διάνοιξη του ωκεανού και τη δημιουργία τυπικών οφιολίθων στις πιο εσωτερικές ζώνες. Ο μηχανισμός της ταφρογένεσης έγινε με δημιουργία

κάποιων ρηγμάτων που άρχιζαν σταδιακά να βυθίζουν ένα τμήμα της ενιαίας, ως τότε, πλατφόρμας. Η διαφορική αυτή βύθιση επιμέρους υπολεκανών της αύλακας σε συνδυασμό με φαινόμενα αλατοκίνησης των εβαποριτών στη βάση της ενότητας, οδήγησαν σε σημαντικές πλευρικές μεταβολές στη φάση των ιζημάτων και στο πάχος των σχηματισμών. Η Α. Ηωκαινική - Ολιγοκαινική συμπίεστική τεκτονική επαναδραστηριοποίησε τις παλιές εφελκυστικές δομές της Μεσο-Ιουρασικής ταφρογένεσης της Ιόνιας και δημιούργησε ευνοϊκές συνθήκες για ύπαρξη κοιτασμάτων πετρελαίου.



Εικόνα 7 :Παλαιογραφική εξέλιξη λεκάνης από Zelilidis et al., 2015

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ****4.1: Εισαγωγή**

Η αναζήτηση κοιτασμάτων στην Ιόνια ζώνη της Δυτικής Ελλάδος ξεκίνησε από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ενώ το 1981 βρέθηκε 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, της μετανάστευσης και των ταμιευτήρων, του μονωτήρα και της παγίδας.

**4.2: Ανάλυση του Πετρελαϊκού Συστήματος**

Οι ικανές μονάδες μητρικών πετρωμάτων της Ιόνιας Ζώνης:

- 1) Οι αργιλικοί σχιστόλιθοι Βίγλας του Μέσου Κρητιδικού & ρηχού νερού πλούσιοι σε οργανικά μέσα σε τριαδικούς εβαπορίτες
- 2) Μέσου Ιουρασικού (Καλλόβιο) Posidonia στρώματα
- 3) Κατώτερου Ιουρασικού κατώτερα Posidonia στρώματα και μάργες στη βάση του Ammonitico Rosso

**Τα μητρικά αυτά πετρώματα** έχουν μεγάλη δυνατότητα για γένεση πετρελαίου και καλό δυναμικό παραγωγής υδρογονανθράκων. Τα κατώτερα Posidonia στρώματα είναι τα πιο σημαντικά μητρικά πετρώματα στην Ιόνια ζώνη. Το TOC περιεχόμενο τους φτάνει έως 19.1%, με μέση τιμή 2.7% και δυναμικό παραγωγής πετρελαίου 125.85 mg HC/g πετρώματος. Οι σχιστόλιθοι της βίγλας έχουν περιεχόμενο TOC έως και 6 wt% και δείκτη υδρογόνου περίπου 321 mg/g. Τα Posidonia στρώματα και οι μάργες βρίσκονται μέσα στο παράθυρο του πετρελαίου ενώ οι σχιστόλιθοι της βίγλας παρουσιάζουν μεγαλύτερη ωρίμανση προς τα ανατολικότερα. Το μοντέλο της ωρίμανσης στη περιοχή ξεκινά με τους Τριαδικούς σχιστόλιθους να μπαίνουν στο παράθυρο του πετρελαίου στο ανώτερο Ιουρασικό, ακολούθησαν τα στρώματα Posidonia κατά το Σερραβάλλιο και οι σχιστόλιθοι της βίγλας μετά το Σερραβάλλιο. Στις 2 τελευταίες περιπτώσεις η ωρίμανση έγινε μετά την Ιόνια ορογένεση και δημιουργία δομών παγίδας.

**Τα ταμιευτήρια πετρώματα** στην Ιόνια Ζώνη είναι:

- 1) Ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα (μέσο πορώδες 10%, πάχος < 1500m),
- 2) Τριαδικό λατυποπαγές (πορώδες έως και 13%),



3) Ασβεστόλιθοι βίγλας (πορώδες ~1.7%),

4) Ασβεστόλιθοι Σενόνιου,

5) Ασβεστόλιθοι Παλαιόκαινου-Ηώκαινου ( πορώδες έως 8%, στη περιοχή του κοιτάσματος στο Κατάκολο),

6) Στα ψαμμιτικά διάκενα της ακολουθίας της λεκάνης προχώρας της Πίνδου Ηώκαινου-Ολιγόκαινου με πάχος έως 4 km),

7) Στα ψαμμιτικά διάκενα σε πυριτικοπλαστικές ακολουθίες Νεογενούς.

Το πορώδες είναι μεγαλύτερο σε τεκτονικές ζώνες της Δυτ. Ελλάδας όπου πολλαπλά ρήγματα έχουν δημιουργήσει μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, αυξάνοντας έτσι το δευτερογενές πορώδες και τη διαπερατότητα.

#### **4.3 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 στο Κατώτερο Ιουρασικό. Τα Κατώτερα και Ανώτερα καλύμματα Ποσειδώνιας εισήλθαν στο παράθυρο του πετρελαίου κατά το Μειόκαινο (Σερραβάλιο) 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.

#### **4.4 Καλύμματα**

Το ιδανικό πέτρωμα θα πρέπει να αποτελείται από :

- 1) λεπτόκοκκο υλικό
- 2) εύπλαστο και
- 3) πλευρικά συνεχές

(πχ εβαπορίτες (αλάτι) ή στρώματα αργίλου) με την προϋπόθεση ότι κατανέμονται πλευρικά σε μεγάλες αποστάσεις.

Ειδικότερα :

- 1) Τα υποθαλάσσια ριπίδια του Ολιγόκαινου αποτελούν το κύριο κάλυμμα που προστατεύουν τους υδρογονάνθρακες μαζί με τις ανθρακικές ακολουθίες.
- 2) Αποθέσεις μαργών δημιουργούν μια στρώση προστατευτικού καλύμματος όπως βρέθηκε στο Κατάκολο.
- 3) Οι Τριαδικοί Εβαπορίτες αποτελούν το καλύτερο κάλυμμα 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.

#### **4.5 Παγίδες**

Οι επωθήσεις που δημιουργήθηκαν λόγω της συμπίεσης του ορογενούς στα ανατολικά επώθησαν το εβαποριτικό υπόβαθρο πάνω από την φλύσχη διακόπτοντας την στρωματογραφική συνέχεια των πετρωμάτων. Οι εβαπορίτες θεωρούνται ένα πολύ καλό κάλυμμα με αποτέλεσμα να εμποδίζουν την ανοδική πορεία των υδρογονανθράκων στις κλίσεις των οροφών, παγιδεύοντάς τους στην επαφή των στρωμάτων. Επομένως, οι επωθήσεις μπορούν να θεωρηθούν ως παγίδες.

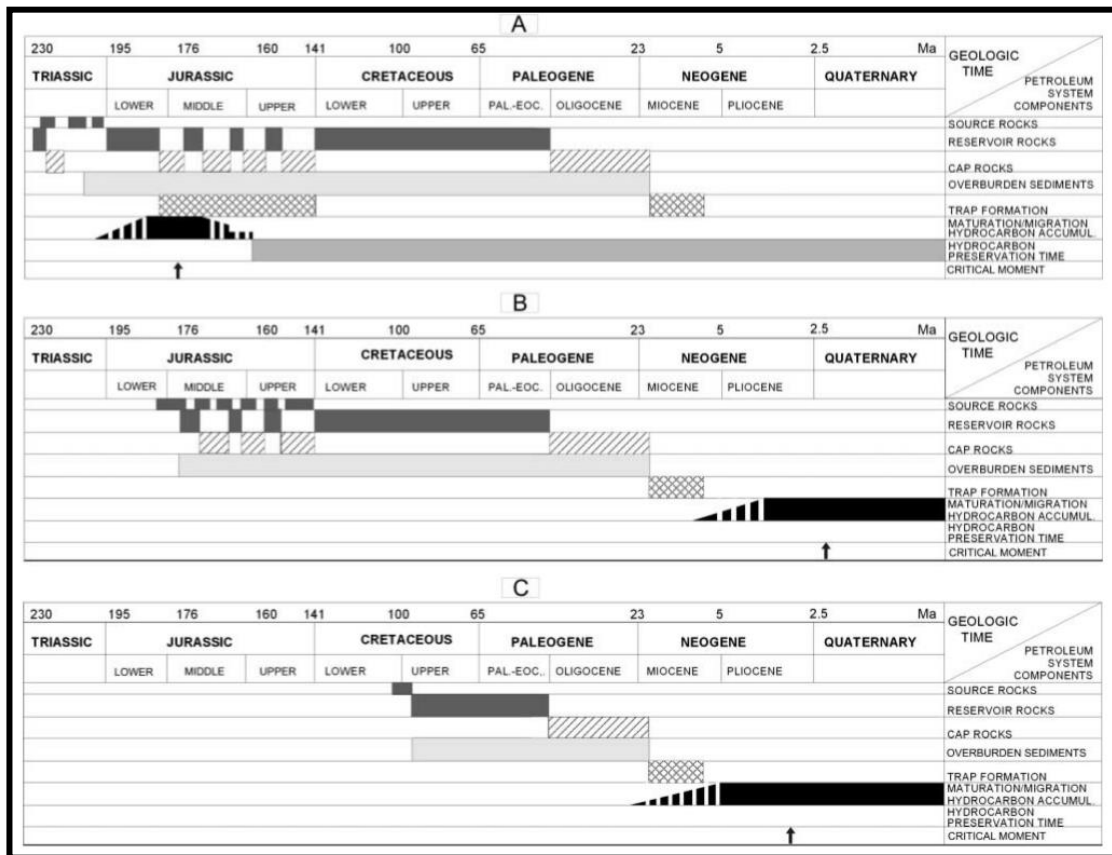
**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΕΔΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ**

Στη περιοχή που εξετάζουμε τις μεγαλύτερες δυνατότητες για εκμετάλλευση υδρογονανθράκων τις βρίσκουμε στην Προ-απούλια και στην Ιόνια ζώνη των εξωτερικών ελληνίδων.

Όσον αφορά την Ιόνια ζώνη έχουμε την ωρίμανση για μητρικά πετρώματα:

- 1) Τριαδικού,
- 2) Κρητιδικών πετρωμάτων και
- 3) Ιουρασικού

Στην εικόνα 8 φαίνεται επίσης και το σημείο (μαύρο βέλος στο κάτω μέρος του κάθε διαγράμματος ) το οποίο δείχνει καλύτερα στο χρόνο την μετανάστευση και συγκέντρωση των υδρογονανθράκων στο σύστημα. Η ωρίμανση των μητρικών πετρωμάτων ηλικίας Τριαδικού (A) άρχισε στο Κ. Ιουρασικό και ολοκληρώθηκε στο Αν.Ιουρασικό. Συμπερασματικά, οι υδρογονάνθρακες που παρήχθησαν από τα μητρικά πετρώματα και από τους οριζοντες των αργιλικών σχιστών στο υπόβαθρο των εβαποριτών θεωρούνται ώριμοι.



Εικόνα 8 : Τα συστήματα φόρτισης της ιόνιας λεκάνης A) μητρικά ηλικίας Τριαδικού B) μητρικά ηλικίας Ιουρασικού και C) μητρικά ηλικίας Κρητιδικού (karakitsios 2013)

**Οι θέσεις που προτείνονται είναι :**

1. Αυτές που αποτελούνται από κλαστικά ιζήματα υποθαλάσσιων ριπιδίων ηλικίας Ηωκαίνου-Μειόκαινου 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.
2. Αυτές που περιέχουν τους Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους ως ταμιευτήρες 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 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 .

Εν κατακλείδι ένα σημαντικό στοιχείο για την Ιόνια ζώνη που είναι απαραίτητο να αναφερθεί είναι πως η ωρίμανση των πετρωμάτων δεν είναι ίδια κατά μήκος της λεκάνης καθώς η παραμόρφωση των σχηματισμών που προκαλείται από την μετανάστευση του ομογενούς από τα ανατολικά προς τα δυτικά δημιουργεί την ανομοιομορφή ταφή των πετρωμάτων. Γι' αυτόν τον λόγο, ο βαθμός ωρίμανσης των μητρικών πετρωμάτων αυξάνεται προς τα ανατολικά. Οι προοπτικές για πεδία ανάπτυξης στην Ιόνια ζώνη είναι θετικές, καθώς τα πετρελαϊκά συστήματα φόρτισης των υδρογονανθράκων είναι πλήρως δομημένα.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 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., and Kolleti L., 1992, "Critical revision of the age of the basal Vigla Limestones (Ionian Zone, Western Greece), based on nannoplankton and calpionellids, with paleogeographical consequences", *Nannoplankton research*, 1992, 165-177.
- Karakitsios V., Rigakis N., 2007: Evolution and Petroleum Potential of Western Greece. *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 30, 197-218.
- Karakitsios V. 2013: Western Greece and Ionian Sea petroleum systems. *The American Association of Petroleum Geologists*. No. 9, 1567-1595.
- Zelilidis, A., Piper D., Vakalas I., Avramidis P., and Getsos K., 2003. "Oil and gas plays in Albania: Do equivalent plays exist in Greece?", *Journal of Petroleum Geology*, 26, (1), 29-48.
- 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