



ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ

Διδάκτορας Νικολίνα Μπουρλή
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS



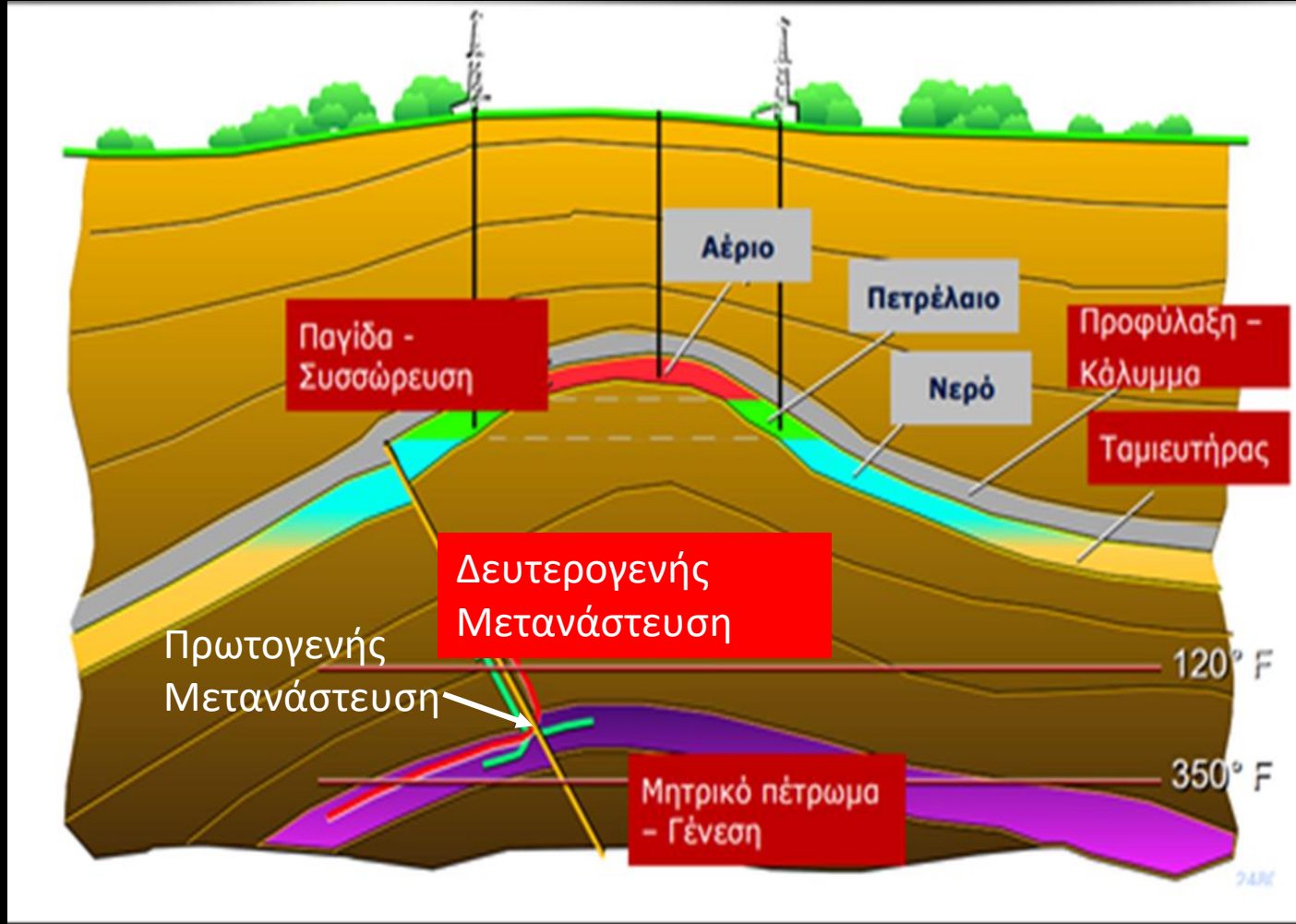
ΠΑΤΡΑ, 2022

ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

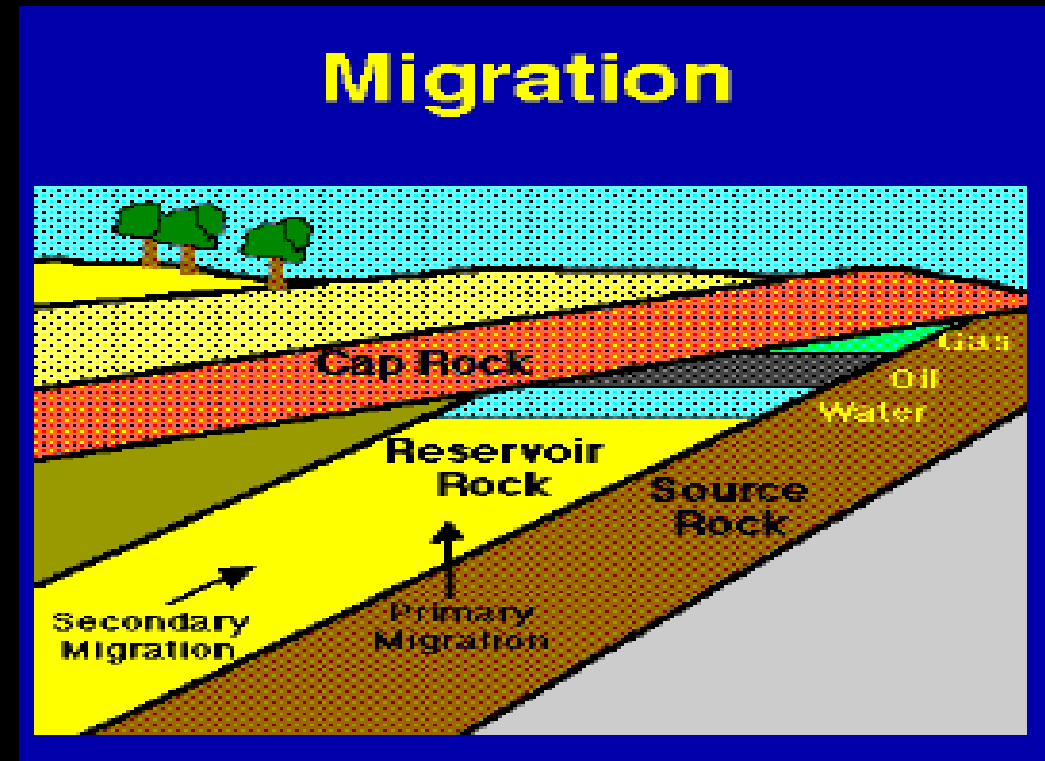
Μετανάστευση, ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία τα συστατικά του πετρελαίου μεταφέρονται από τα μητρικά πετρώματα στους ταμιευτήρες και συγκεντρώνονται ώστε να παραχθούν. Η μετανάστευση χωρίζεται σε πρωτογενή και δευτερογενή μετανάστευση και έχει ως αποτέλεσμα την αποθήκευση πολύ μικρού ποσοστού των πετρελαϊκών συστατικών που έχουν παραχθεί από μητρικούς σχηματισμούς.

- **Πρωτογενής μετανάστευση:** πρόκειται για διαδικασία κατά την οποία το πετρέλαιο μεταφέρεται από το μητρικό πέτρωμα στο οποίο «γεννήθηκε» σε περισσότερο διαπερατούς σχηματισμούς (π.χ. ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι). Στη μεταφορά αυτή του πετρελαίου στα γειτονικά στρώματα, συντελεί η δημιουργία διόδων μέσω μικρορωγμών που δημιουργούνται στο πέτρωμα, από την αύξηση της πίεσης.
- **Δευτερογενής μετανάστευση:** αφού το πετρέλαιο βρίσκεται πλέον σε περισσότερο διαπερατούς σχηματισμούς, καταφέρνει να μεταφερθεί στις παγίδες αποθήκευσης του. Πιο συγκεκριμένα, η μεταφορά αυτή του πετρελαίου πραγματοποιείται μέσω της μετακίνησης σταγονιδίων στους πόρους του πετρώματος και εντός της υδατικής φάσης.

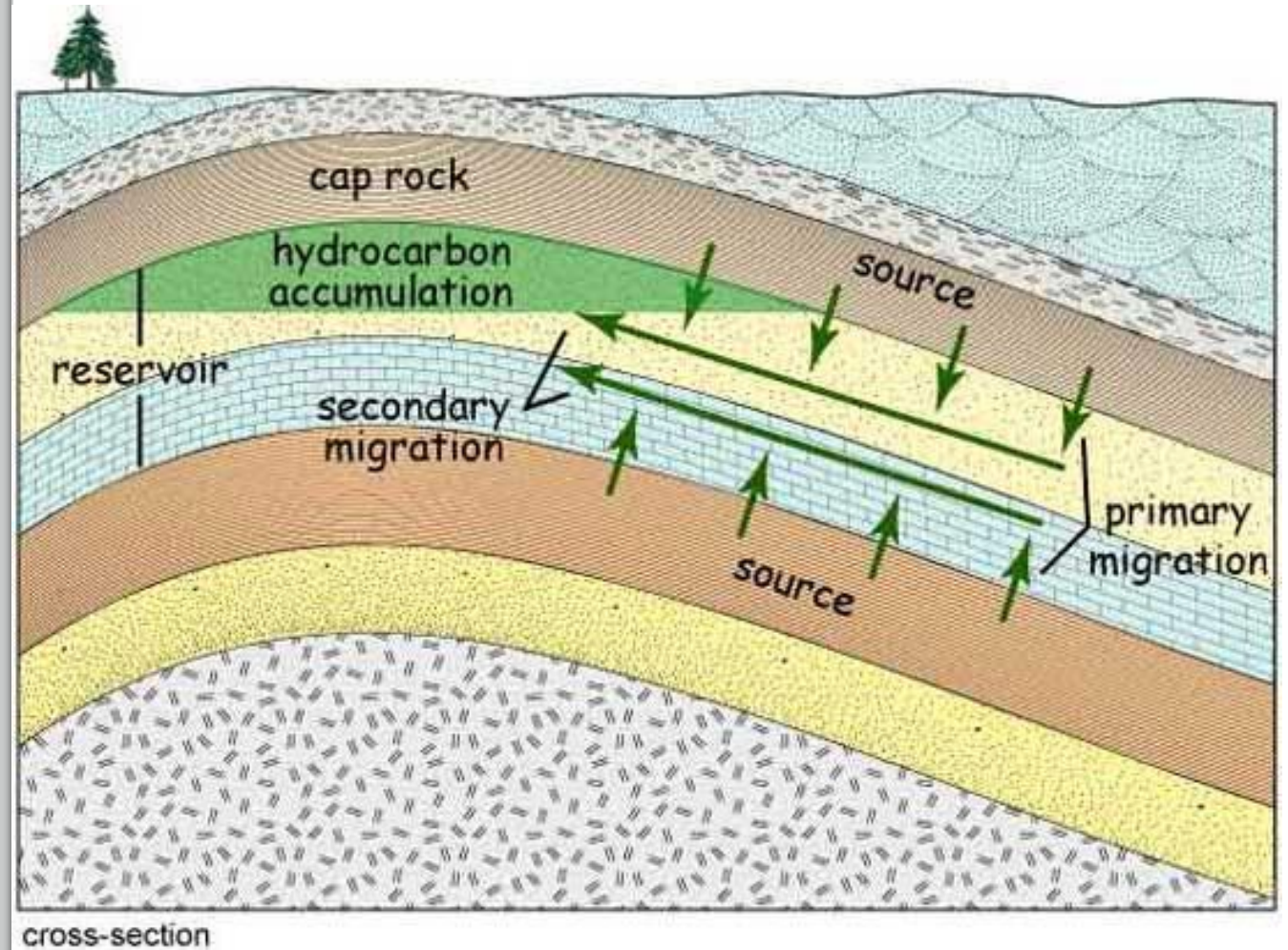
ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ



Εικόνα 1,2. Απεικόνιση πρωτογενής και δευτερογενής μετανάστευση πετρελαίου.

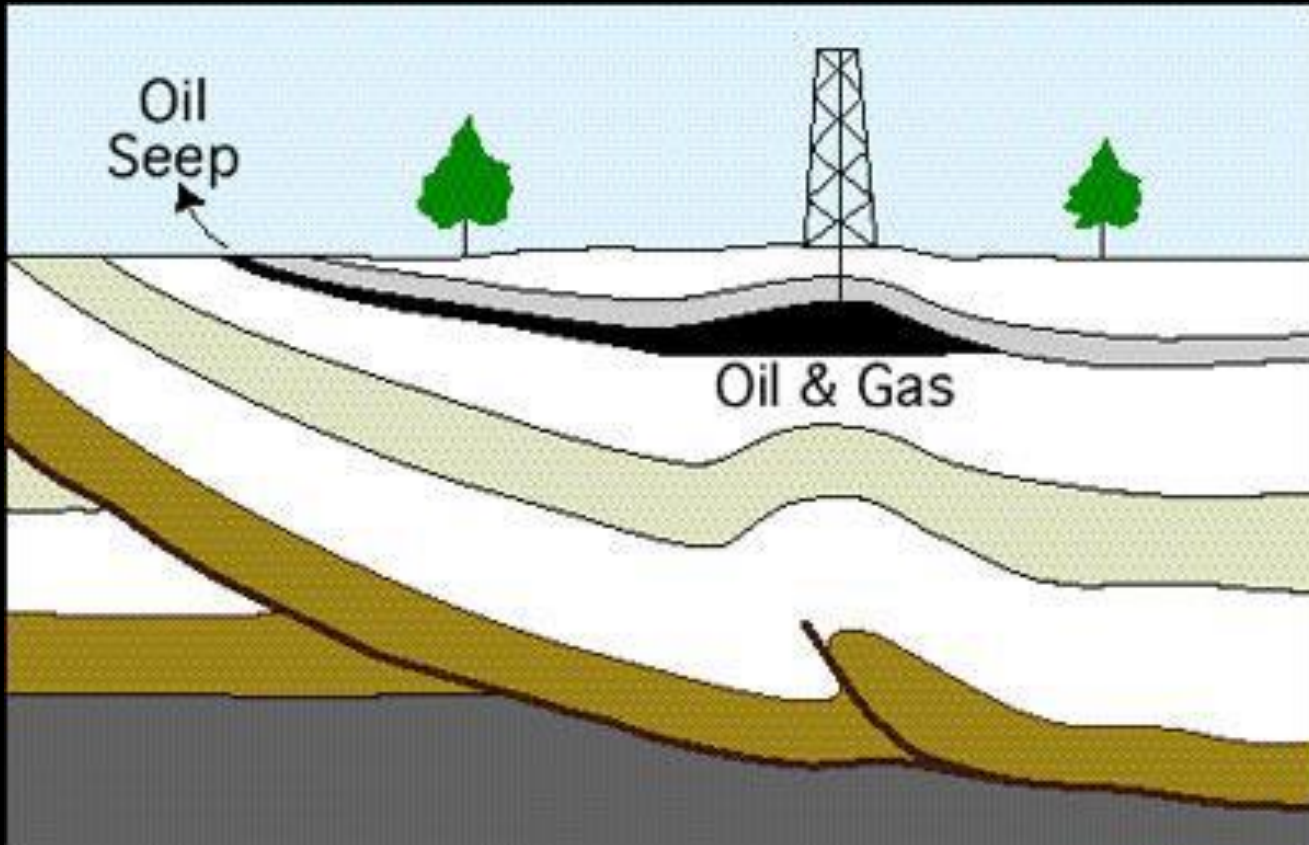


ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

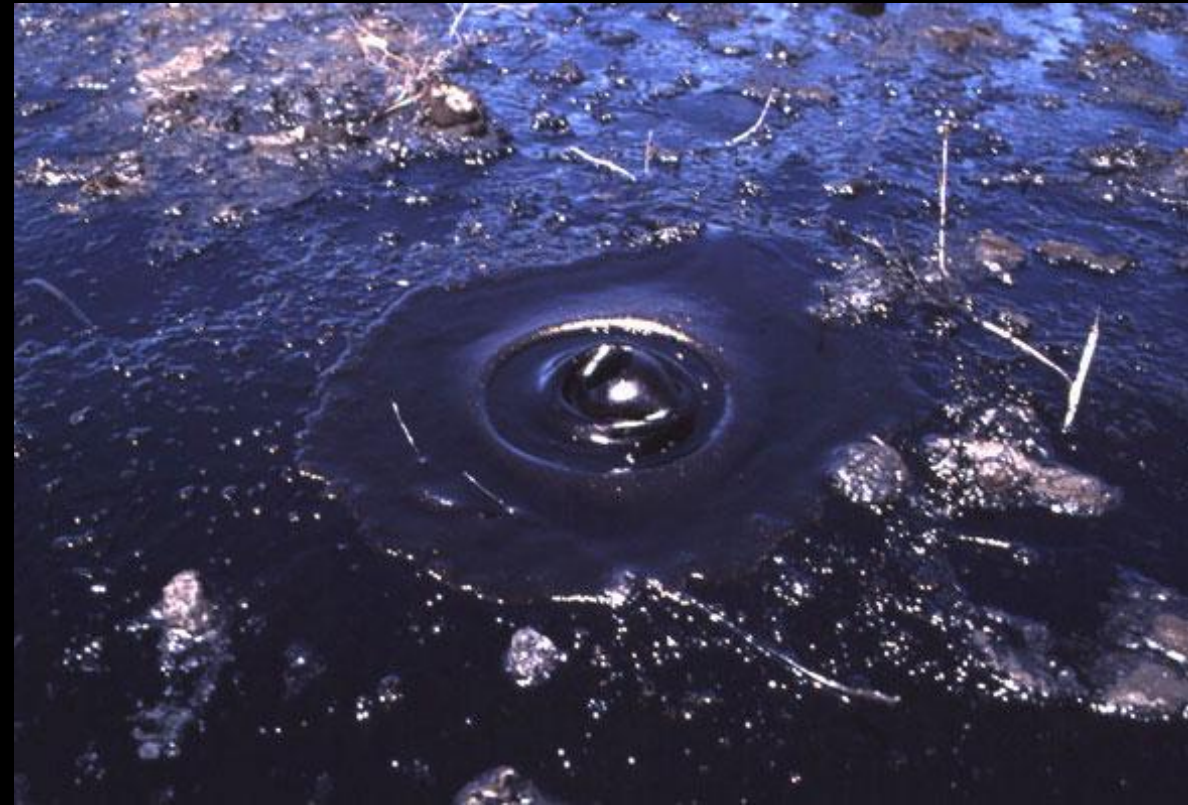


Εικόνα 3. (www.gg.uwyo.edu)

ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ



Εικόνα 4. (www.cedarstrat.com)



Εικόνα 5. (www.conservation.ca.gov)

ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

- Η δευτερογενής μετανάστευση αφορά στην μετακίνηση του πετρελαίου από το μητρικό πέτρωμα μέχρι τους ταμιευτήρες και τις παγίδες, μελετά και το στρώμα μεταφοράς προς το σημείο όπου το πετρέλαιο παγιδεύεται και δύναται να αποκτήσει εμπορικό ενδιαφέρον.
- Η πρωτογενής μετανάστευση αναφέρεται μόνο στις διεργασίες εξαγωγής από το μητρικό πέτρωμα.
- Η κίνησή στο στρώμα μεταφοράς είναι ανάλογη της κίνησης από τον ταμιευτήρα προς την γεώτρηση, κατά την διάρκεια της παραγωγής.
- Η διεργασία της μετανάστευσης αναστέλλεται όταν το πετρέλαιο παγιδευτεί, και ολοκληρώνεται όταν φτάσει στην επιφάνεια της Γης.

ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

- Ο βασικός μηχανισμός της δευτερογενούς μετανάστευσης είναι η **διαφορά πυκνότητας** ανάμεσα στο πετρέλαιο και το νερό (πιο πυκνό).
- Σε υδροστατικές συνθήκες, η πλευστότητα (buoyancy drive) καθοδηγεί αποκλειστικά την μετανάστευση. Οι υδροδυναμικές συνθήκες έχουν περιορισμένο ενδιαφέρον, αλλά είναι σημαντικές όταν τα στρώματα μεταφοράς έχουν πολύ μικρές κλίσεις ($<5^\circ$)
- Αν η πλευστότητα είναι η κύρια δύναμη μετανάστευσης, η αντίθετη δύναμη είναι οι τριχοειδείς πιέσεις που αυξάνονται όσο μειώνεται το πορώδες.

ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Οι απώλειες της μετανάστευσης υπολογίζονται από την αφαίρεση του παγιδευμένου πετρελαίου (μαζί με αυτό που φτάνει στην επιφάνεια) από το πετρέλαιο που παράγεται στο μητρικό πέτρωμα.

Τυπικές τιμές ρυθμού μετανάστευσης είναι 1-1000km/myr για τους Ψαμμίτες και 0,01-10km/myr για τα ανθρακικά στρώματα μεταφοράς.

Η «Τριτογενής μετανάστευση» (μια έκφραση που γενικά δε χρησιμοποιείται αλλά θα μπορούσαμε να πούμε) αφορά στο πετρέλαιο που φτάνει στην επιφάνεια της Γης με την μορφή διαφυγών και seeps. Πολλές φορές, οι διαφυγές αυτές είναι δείκτης για ανεξερεύνητες λεκάνες.

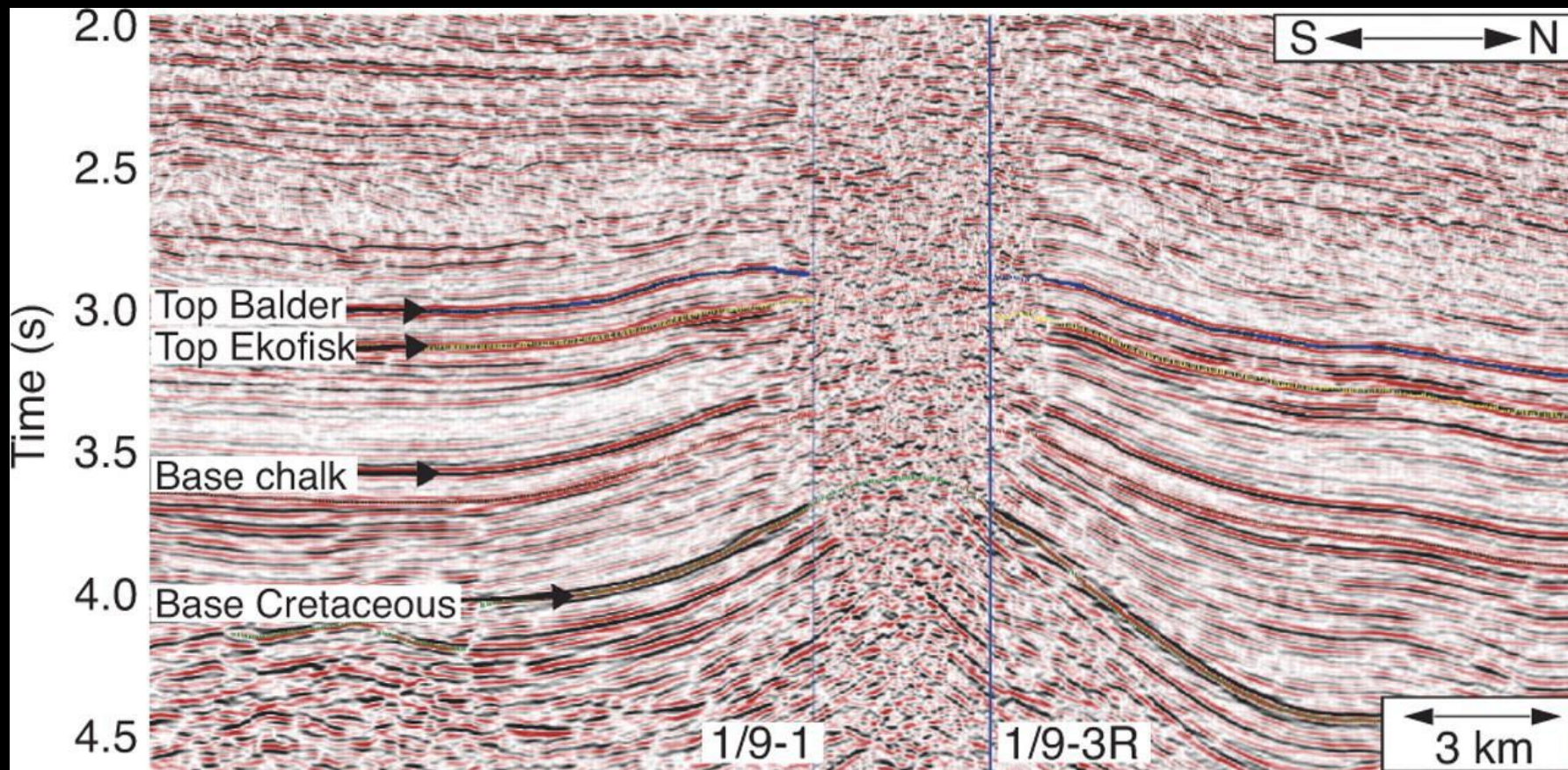
ΔΡΟΜΟΙ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗΣ

Η μετανάστευση μπορεί να είναι κάθετη, οριζόντια ή και σε συνδυασμό.

Σε γενικά πλαίσια, οι λεκάνες προχώρας χαρακτηρίζονται από αναπτυγμένη οριζόντια και πλευρική μετανάστευση, ενώ τα παθητικά περιθώρια τείνουν να έχουν μεγαλύτερη ανάπτυξη κάθετων δρόμων.

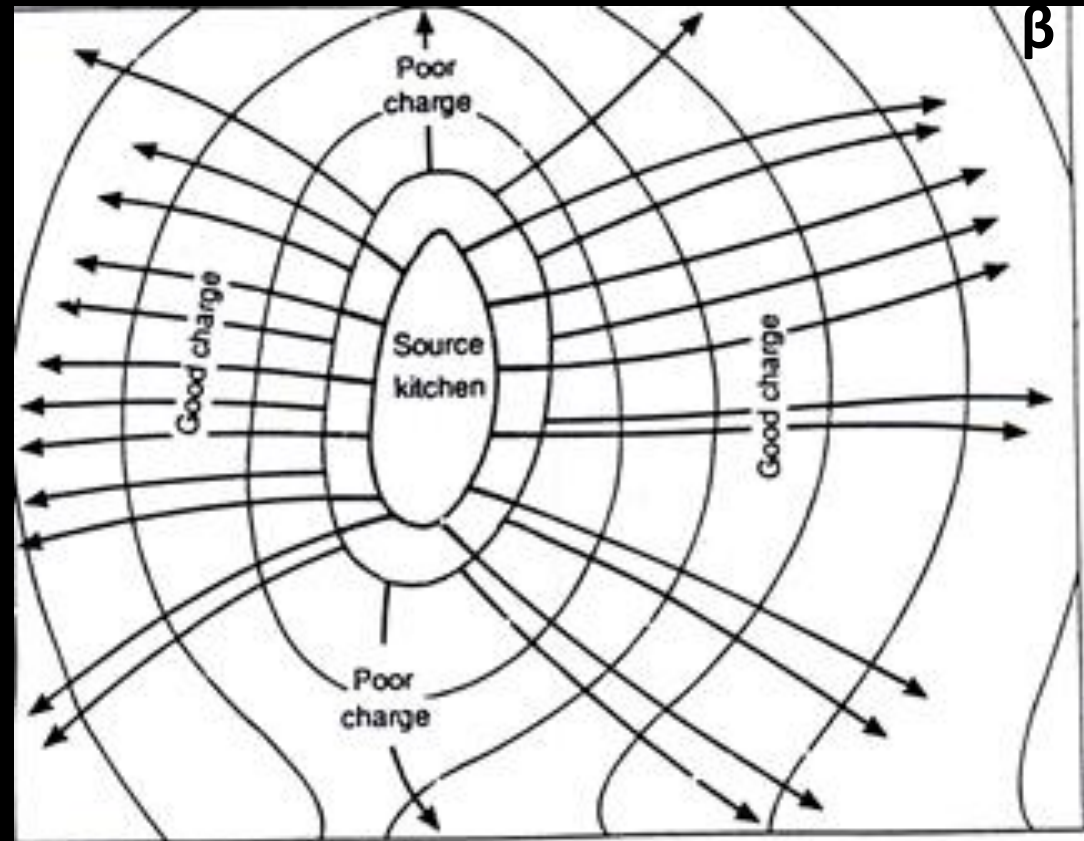
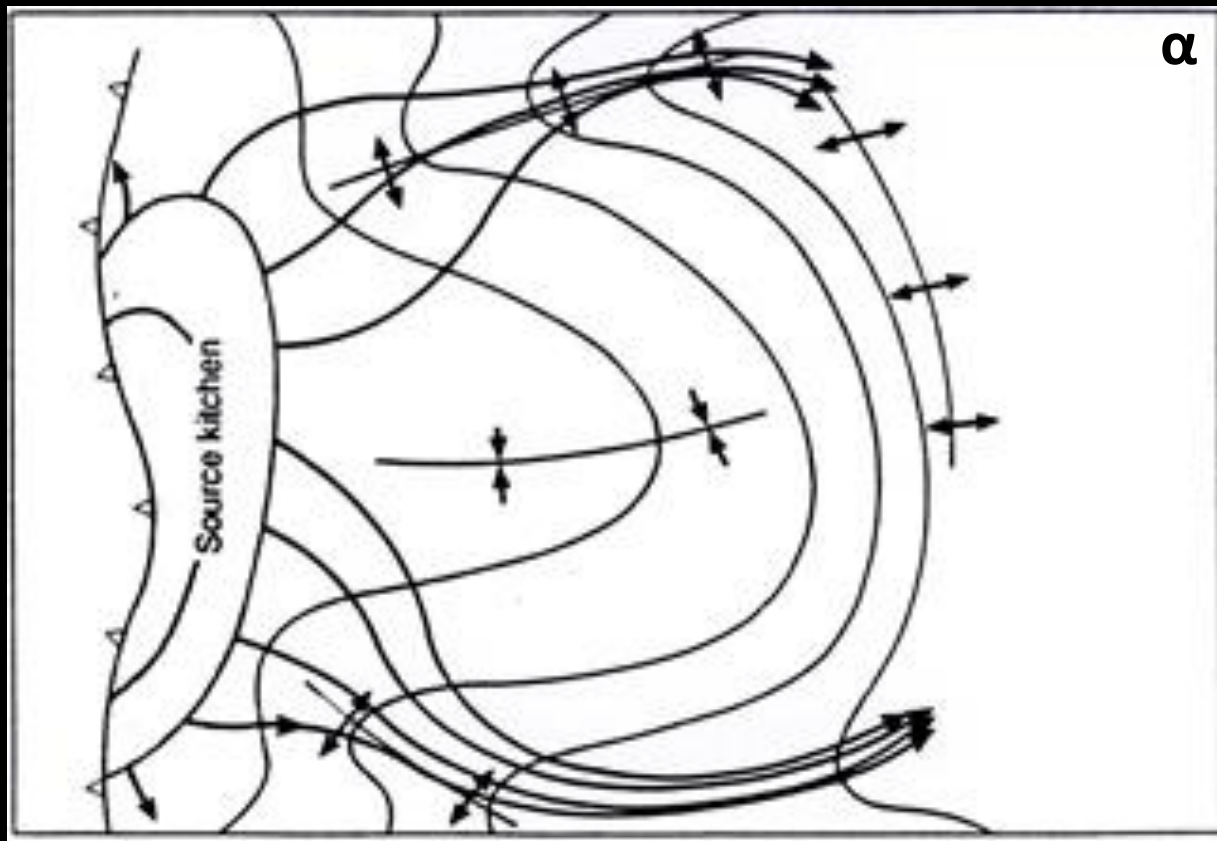
Σημαντικό ρόλο παίζουν ξανά τεκτονικές δομές, όπως τα ρήγματα αλλά και στρωματογραφικά χαρακτηριστικά: Ρήγματα μόνωσης μπορούν να εκτρέψουν πλευρικά την ροή ενώ ρήγματα μη μόνωσης επιτρέπουν ροή κατά μήκος του επιπέδου του ρήγματος. Αντίστοιχα, αποσφηνώσεις του μονωτήρα δημιουργούν επικοινωνία ανάμεσα σε στρώματα μεταφοράς.

ΔΡΟΜΟΙ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗΣ



Εικόνα 6. (Granli et al, 1999).

ΔΡΟΜΟΙ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗΣ



Εικόνα 7. Ορθογραμμές που δείχνουν τους δρόμους της δευτερογενούς μετανάστευσης. α) επίδραση μιας επιμηκυσμένης κουζίνας στη διεύθυνση της μετανάστευσης, β) η μετανάστευση εστιάζεται κατά μήκος τοπικών υβωμάτων στην περιοχή της λεκάνης αποστράγγισης.

ΧΡΟΝΟΣ

Ο χρόνος σχηματισμού της παγίδας συγκριτικά με τον χρόνο μετανάστευσης του πετρελαίου είναι καθοριστικός. Οι χρόνοι πρέπει να συμπίπτουν για να παγιδευτεί το πετρέλαιο.

Δομικές μεταβολές μετά την παγίδευση είναι εξίσου σημαντικές καθώς μπορούν να προκαλέσουν νέα μετανάστευση.

Ανάλογη χρονική εξάρτηση υπάρχει ανάμεσα στην αποθήκευση στον ταμιευτήρα και τον σχηματισμό των παγίδων. ω

Οι δομικές μεταβολές κατά την μετανάστευση είναι πολύ πιο σημαντικές από το αν οι αρχικές δομές είναι συναποθετικές ή μεταποθετικές.

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Σημαντικές αλλαγές με μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον μπορούν να λάβουν χώρα στο πετρέλαιο, όσο αυτό είναι παγιδευμένο.

Οι σημαντικότερες είναι: Βιοαποικοδόμηση, Πλύσιμο με νερό, Απασφαλοποίηση, Θερμική μεταβολή.

Η επίδραση των μετατροπών αυτών μπορεί να περιορίσει το αξιοποιήσιμο κλάσμα και την σύνολη αξία ενός πεδίου.

Με τον όρο **βιοαποικοδόμηση** ορίζεται η βακτηριακή μετατροπή του βαριού πετρελαίου. Τα βακτήρια χρησιμοποιούν και καταναλώνουν το οξυγόνο, είτε διαλυμένο στο νερό των πόρων ή από τα ιόντα του θείου.

Αυτό οδηγεί στην αύξηση της πυκνότητας και του ιξώδους.

Η βιοαποικοδόμηση λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες $<60^{\circ}\text{C}$. Απαιτεί επίσης παροχή μετεωρικού νερού. Οι συνθήκες αυτές πληρούνται σε λεκάνες προχώρας, ενώ επίσης πληρούνται στις επαφές νερού-πετρελαίου (πεδίο Burgan, Κουβέιτ).

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Το *πλύσιμο με νερό* συνοδεύει συνήθως την βιοαποικοδόμηση. Τα ελαφρά αλκάνια και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες με χαμηλό σημείο βρασμού (π.χ. Ξυλένιο) είναι ευδιάλυτα.

Βασική απαίτηση είναι συνεχής ροή μετεωρικού νερού και θερμοκρασίες $>70^{\circ}$.

Τελικό αποτέλεσμα είναι αλλαγές στη σύνθεση του πετρελαίου. Για την μελέτη αυτή χρειάζεται να εξεταστεί η τροφοδοσία σε μετεωρικό νερό σε συνάρτηση με την γεωθερμική βαθμίδα της λεκάνης.

Η *απασφαλοποίηση* είναι η διεργασία καθίζησης της βαριάς ασφάλτου, ως αποτέλεσμα της εμφύσησης ελαφρών υδρογονανθράκων.

Λαμβάνει χώρα κατά την υψηλή ωρίμανση στην μητρική κουζίνα και όταν η πετρελαϊκή συγκέντρωση δέχεται την τελευταία αέρια φόρτιση.

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Ανάλογες *θερμικές μεταβολές* που λαμβάνουν χώρα από τη στιγμή της γένεσης μέχρι την ωρίμανση, επισυμβαίνουν και κατά την παγίδευση.

Βαριά συστατικά αντικαθίστανται βαθμιαία από ελαφρότερα.

Σε ψηλές θερμοκρασίες $>160^{\circ}$ οι αντιδράσεις διάσπασης του πετρελαίου γίνονται με τέτοιο ρυθμό που μπορούν να καταστρέψουν μια πετρελαϊκή συγκέντρωση σε σχετικά μικρή περίοδο.