



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Δυναμική Γεωλογία

Ενότητα 1: Αποκλίνοντα Περιθώρια -  
Ηπειρωτική Ταφρογένεση

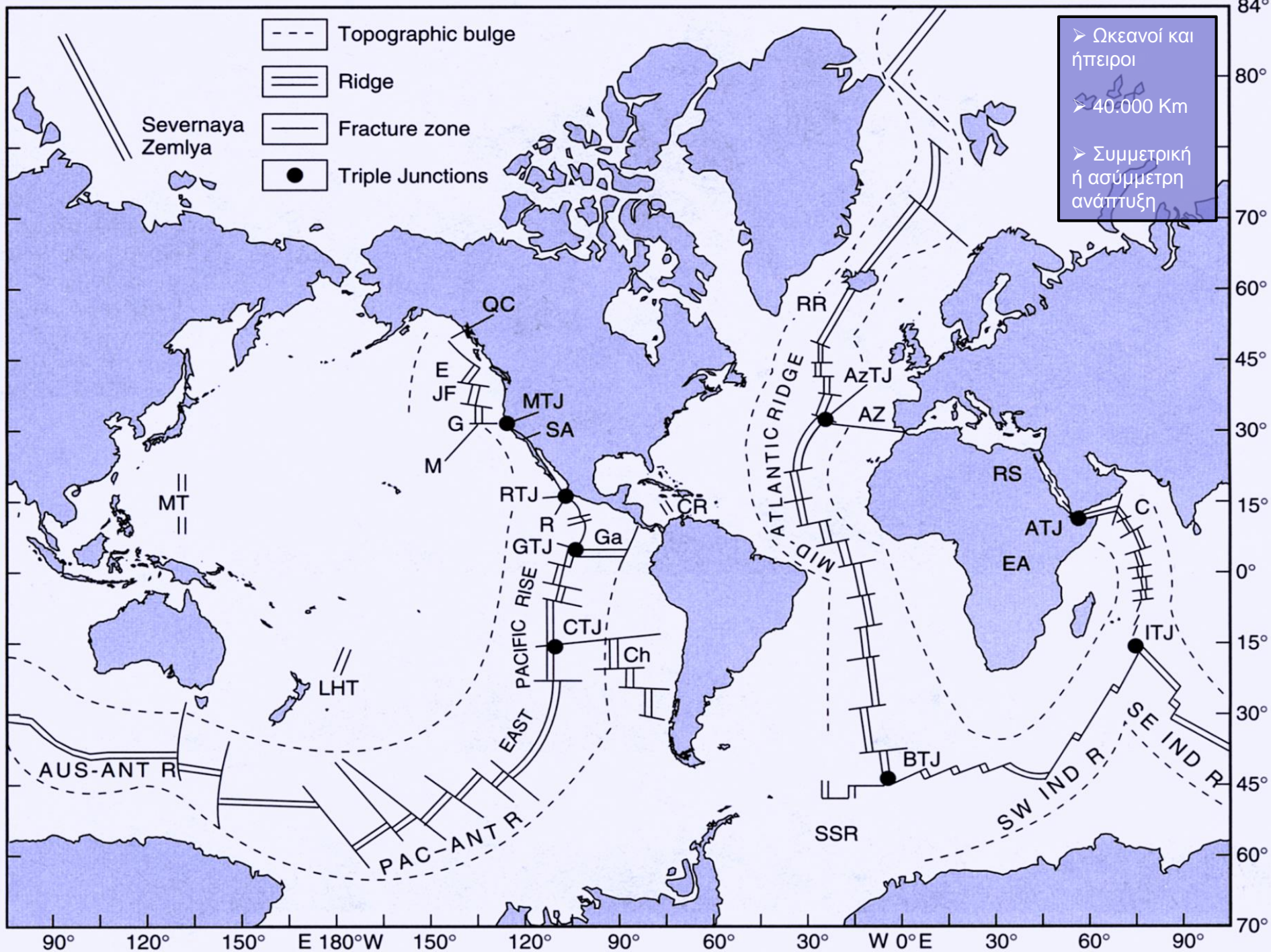
Στυλιανός Λόζιος

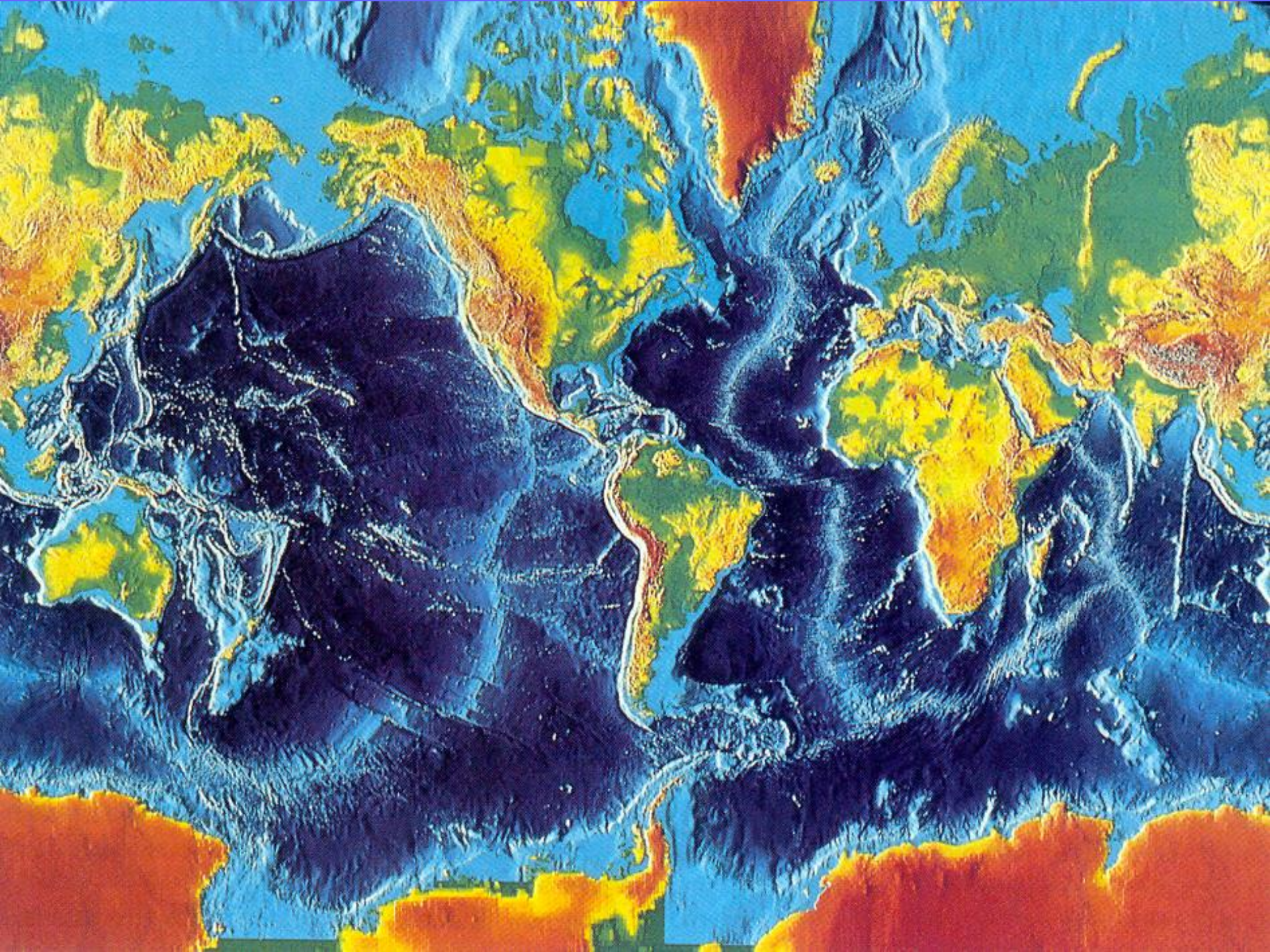
Σχολή Θετικών Επιστημών

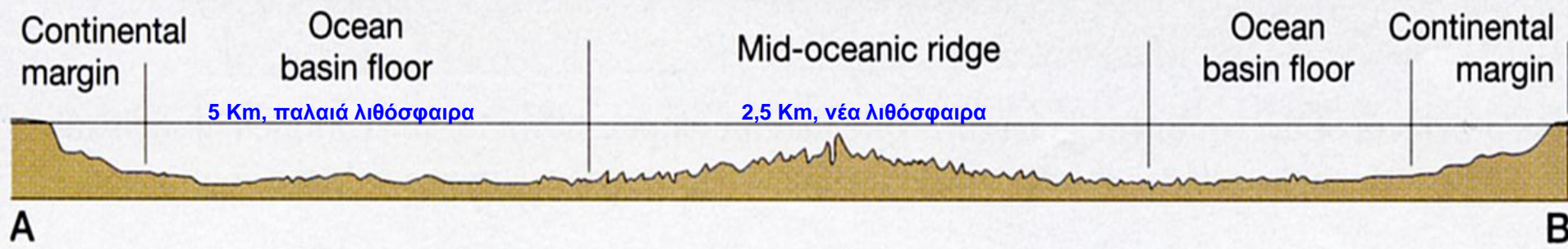
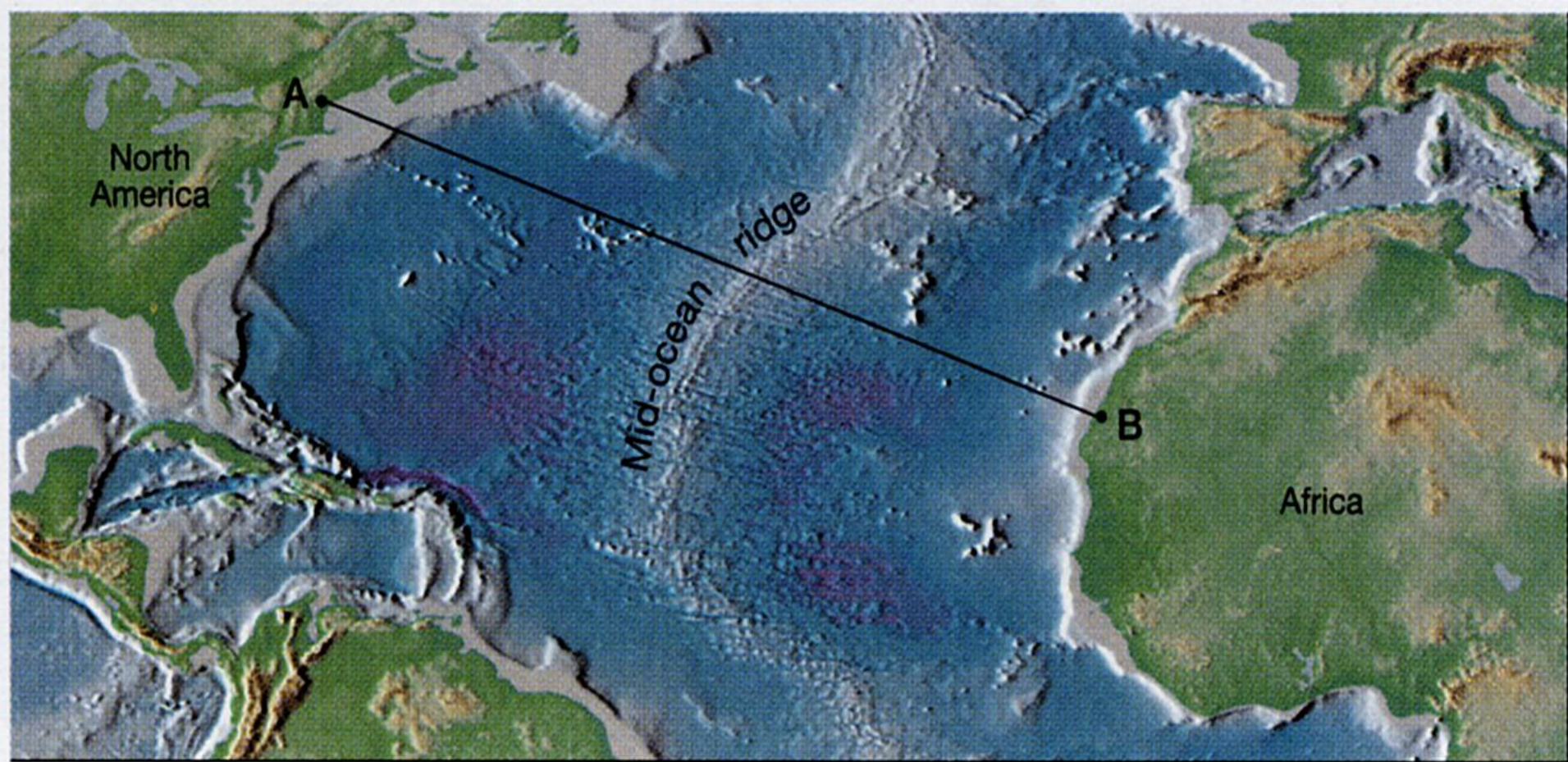
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος



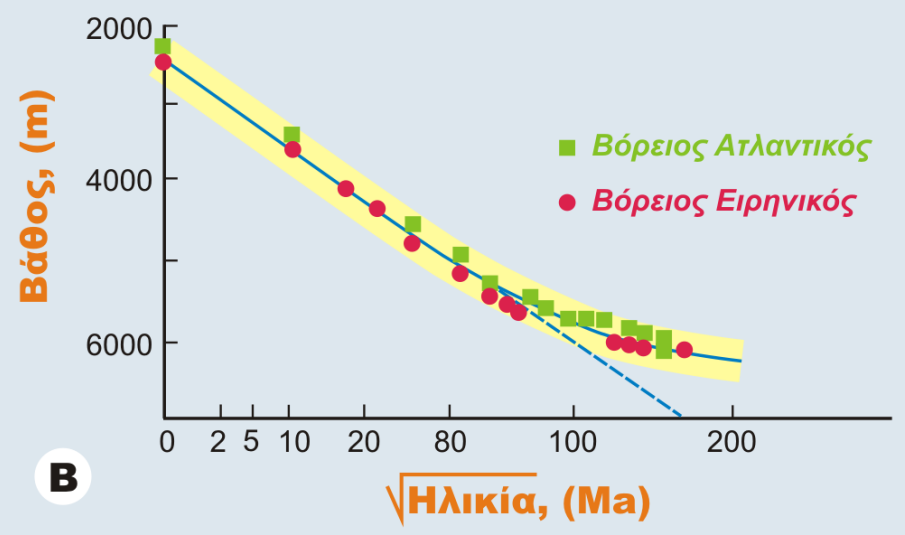
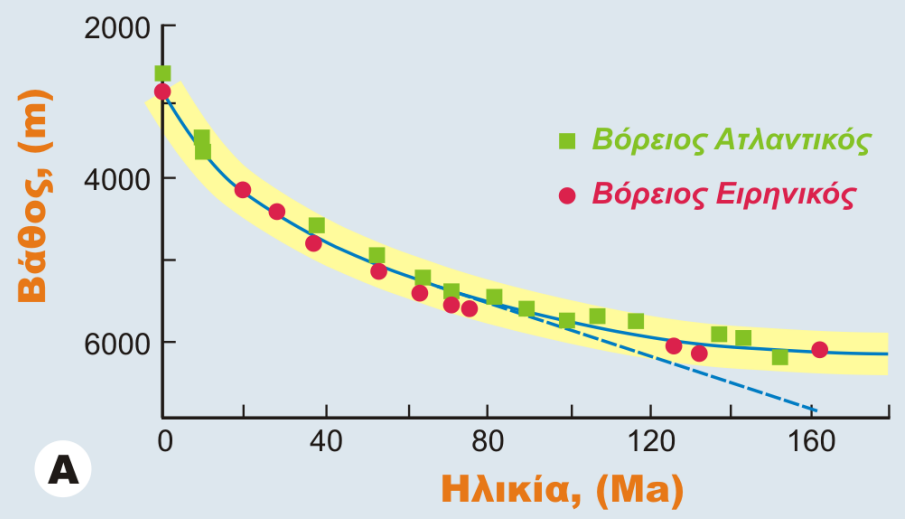
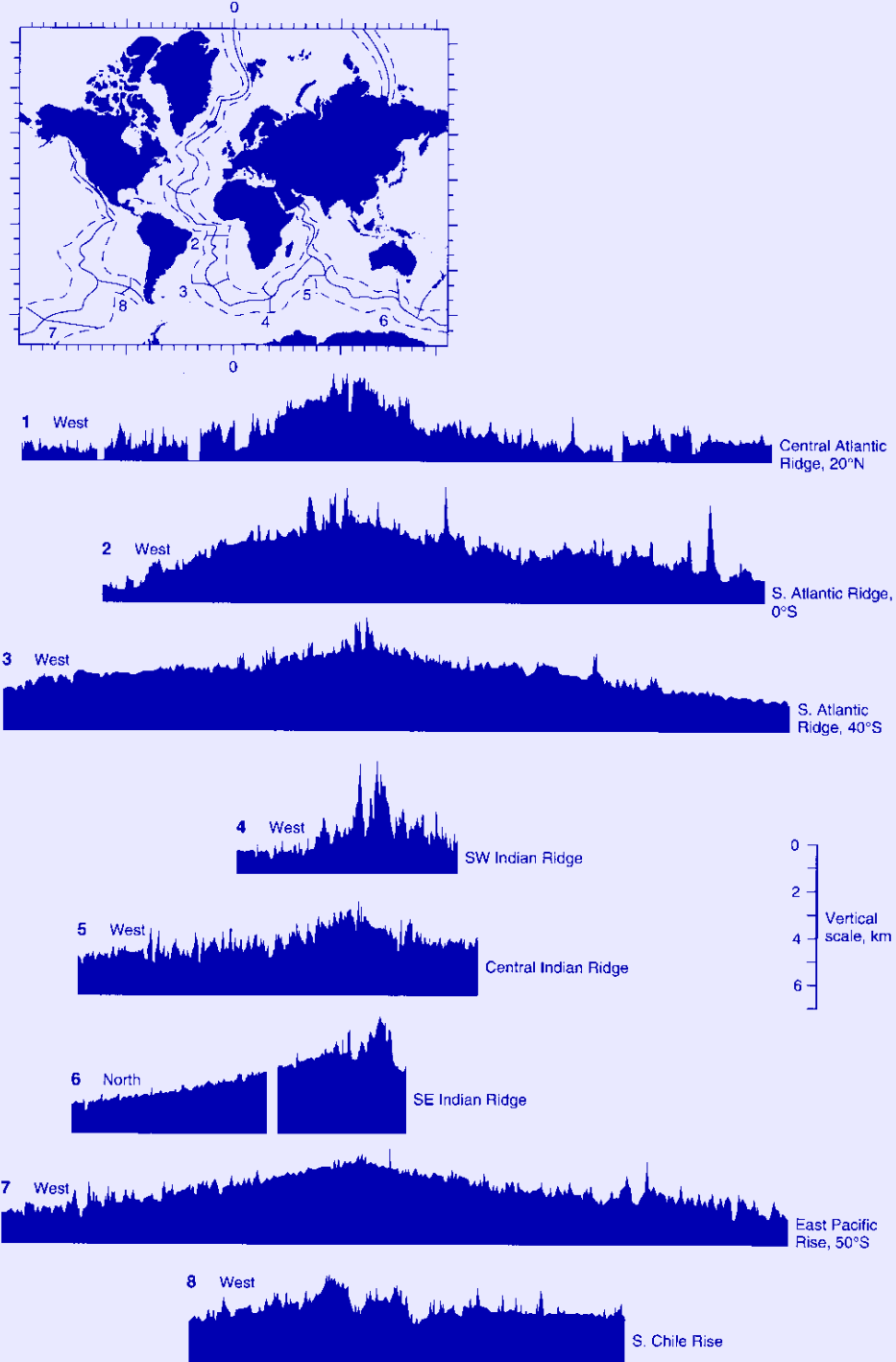
# **Αποκλίνοντα Περιθώρια – Ηπειρωτική Ταφρογένεση**







- ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΧΩΡΙΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΓΕΓΟΝΟΣ
- ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΜΟΝΟ από την ηλικία και την πυκνότητα της ωκεανικής λιθόσφαιρας.



**ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ:**

- ορισμένοι δευτερεύοντες κλάδοι (πολλά P.M. – κοντά στα ηπειρωτικά περιθώρια → Αν. Αφρική, Basin & Range κλπ.) και
- ανεξάρτητα συστήματα (περιθ. λεκάνες, Καραϊβική κλπ.)

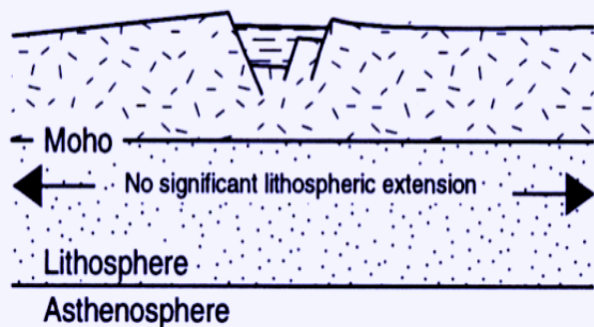
# Continental Rifting → Ηπειρωτική Ταφρογένεση

Επιμήκειες τεκτονικοί τάφροι + ηφαιστειότητα + υψηλή θερμική ροή + σεισμικότητα + ιδιόμορφος φλοιός και μανδύας → ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΑΣ & ΑΣΘΕΝΟΣΦΑΙΡΑΣ.

## Simple Graben

(Strain < 5%)

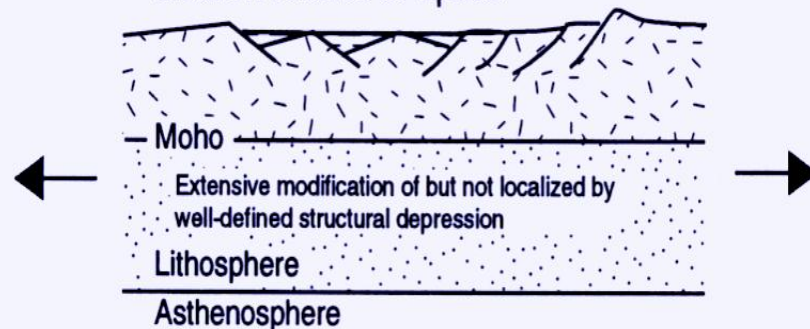
Minor structural depression



## Highly Extended Terrane

(Strain > 50%)

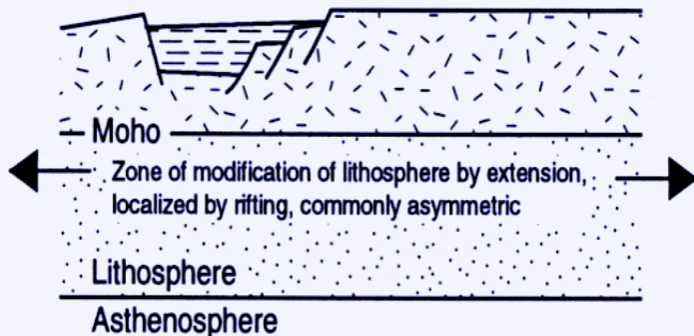
Broad zone of extension forming shallow basins of uplifts



## Continental Rift

(Strain ~10-20%)

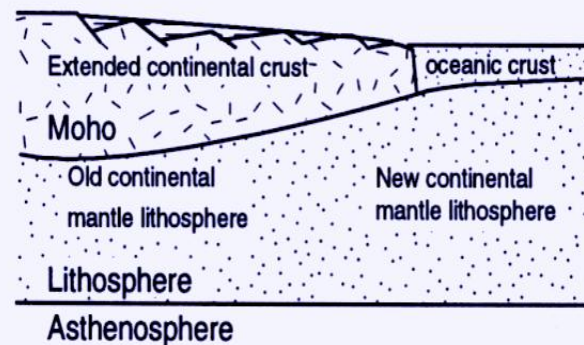
Major structural depression



## Passive Margin

(Strain up to 800%)

Continental shelf and slope



Increasing Extensional Strain

Increasing Extensional Strain

# Continental Rifting

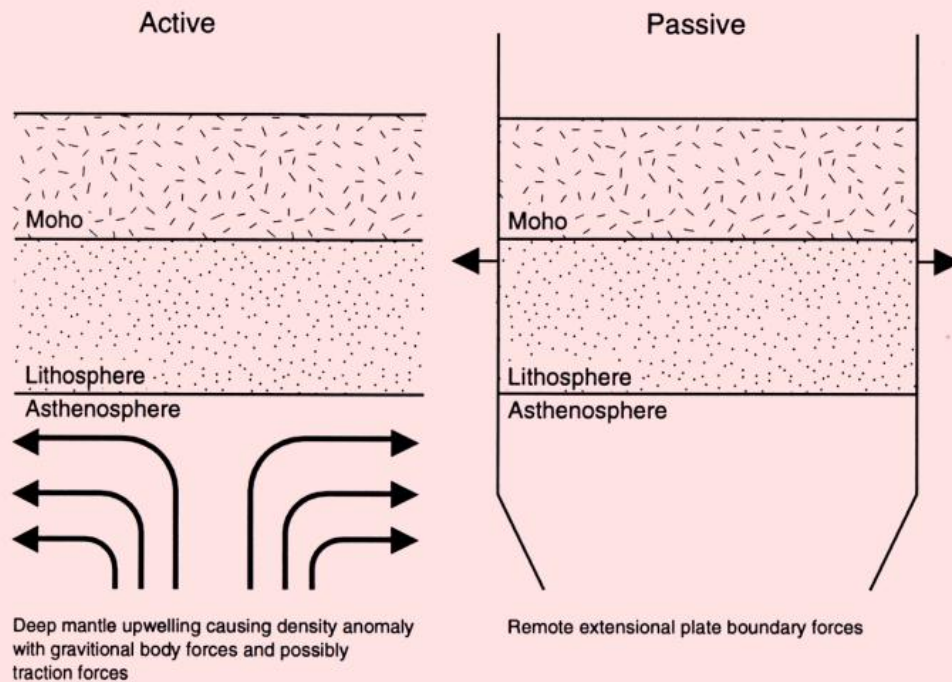
## Ηπειρωτική Ταφρογένεση

Όρος	Σύντομος Ορισμός
<b>Ηπειρωτική Τεκτονική Τάφρος (Continental Rift)</b>	Επίμηκες τεκτονικό βύθισμα, που σχετίζεται με το γεγονός ότι το σύνολο της λιθόσφαιρας έχει τροποποιηθεί κάτω από εφελκυσμό
<b>Σύστημα Τεκτονικών Τάφρων (Rift System)</b>	Σειρά από τεκτονικές τάφρους που διασυνδέονται τεκτονικά
<b>Σύγχρονη Τεκτονική Τάφρος (Modern Rift)</b>	Τεκτονική τάφρος ενεργή από τεκτονική ή/και μαγματική άποψη και/ή παραμένοντα θερμικά φαινόμενα (υψηλή επιφανειακή θερμική ροή, θερμική αναθόλωση, χαμηλή ισόθερμη Curie, μικρές σεισμικές ταχύτητες στον αν. μανδύα κλπ.)
<b>Παλαιο-Τεκτονική Τάφρος (Paleorift)</b>	"Απολιθωμένη", δηλαδή νεκρή ή αδρανής τεκτονική τάφρος χωρίς παραμένοντα θερμικά φαινόμενα
<b>Αποτυχημένος Κλάδος (Failed Arm)</b>	Αποτελεί υποδιαίρεση του paleorift και αντιπροσωπεύει έναν από τους τρεις κλάδους διάνοιξης ενός σημείου τριπλής συμβολής (triple junction), που δεν εξελίσσεται σε ωκεάνια λεκάνη

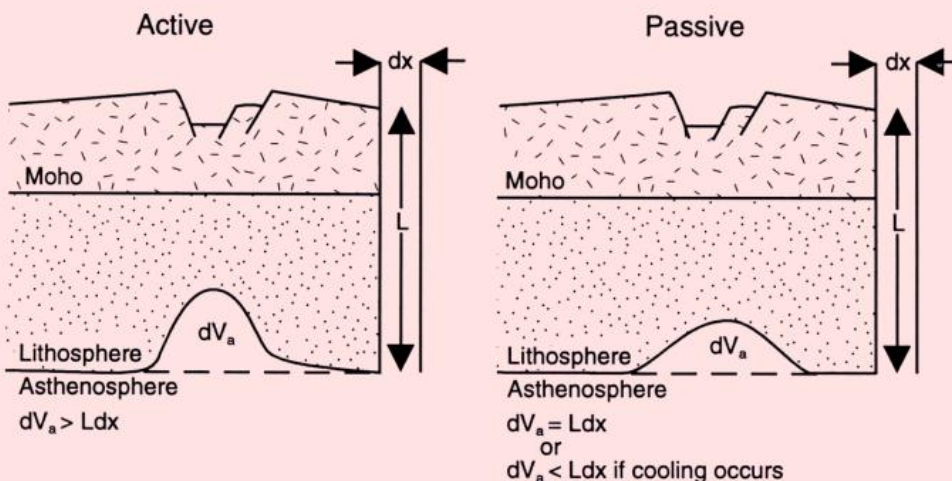
<b>Αυλακογενές (Aulacogen)</b>	Μία παλαιο-τεκτονική τάφρος, ή ένας αποτυχημένος κλάδος, σε μια παλαιά πλατφόρμα, που έχει επαναδραστηριοποιηθεί με συμπιεστική παραμόρφωση
<b>Ενεργός Ταφρογένεση (Active Rifting)</b>	Αναφέρεται, όπως και ο επόμενος όρος, στους αρχικούς μηχανισμούς δημιουργίας της ταφρογένεσης και αντιπροσωπεύει μια τεκτονική τάφρο που δημιουργείται από θερμική εκλέπτυνση της λιθόσφαιρας και θερμική άνοδο της ασθενόσφαιρας, όπου οι τάσεις που προκαλούν τη δημιουργία της οφείλονται στις πλευρικές θερμικές διαφοροποιήσεις της λιθόσφαιρας και της υποκειμένης ασθενόσφαιρας (Εικ. 4.7)
<b>Παθητική Ταφρογένεση (Passive Rifting)</b>	Η ταφρογένεση που είναι το αποτέλεσμα της εκλέπτυνσης της λιθόσφαιρας λόγω εφελκυσμού, εξ' αιτίας ενός εντατικού πεδίου, που οφείλεται στις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα απομακρυσμένο όριο τεκτονικών πλακών (Εικ. 4.7)



## A. Origins of Causative Stresses



## B. Direct Implications of Causative Mechanisms for Lithospheric Thinning



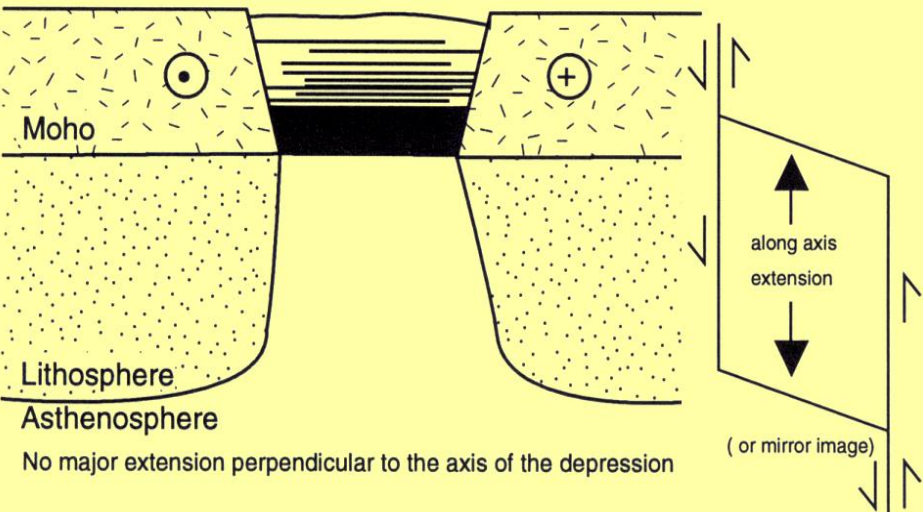
### Ενεργός Ταφρογένεση (Active Rifting)

Αναφέρεται, όπως και ο επόμενος όρος, στους αρχικούς μηχανισμούς δημιουργίας της ταφρογένεσης και αντιπροσωπεύει μια τεκτονική τάφρο που δημιουργείται από θερμική εκλέπτυνση της λιθόσφαιρας και θερμική άνοδο της ασθενόσφαιρας, όπου οι τάσεις που προκαλούν τη δημιουργία της οφείλονται στις πλευρικές θερμικές διαφοροποιήσεις της λιθόσφαιρας και της υποκείμενης ασθενόσφαιρας (Εικ. 4.7)

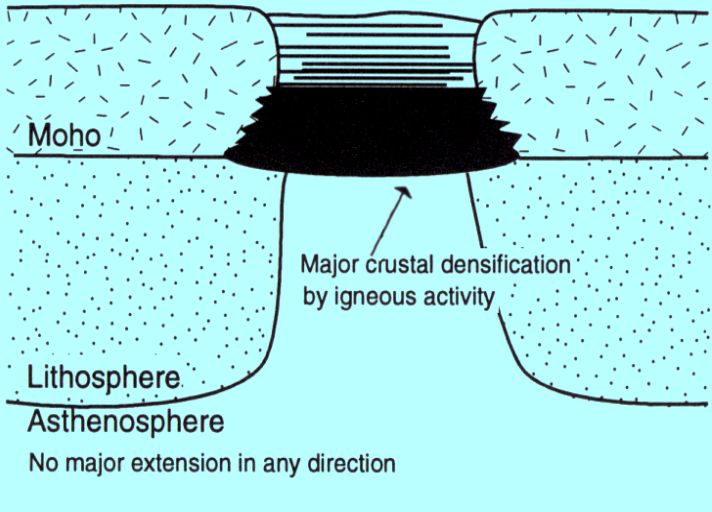
### Παθητική Ταφρογένεση (Passive Rifting)

Η ταφρογένεση που είναι το αποτέλεσμα της εκλέπτυνσης της λιθόσφαιρας λόγω εφελκυσμού, εξ' αιτίας ενός εντατικού πεδίου, που οφείλεται στις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα απομακρυσμένο όριο τεκτονικών πλακών (Εικ. 4.7)

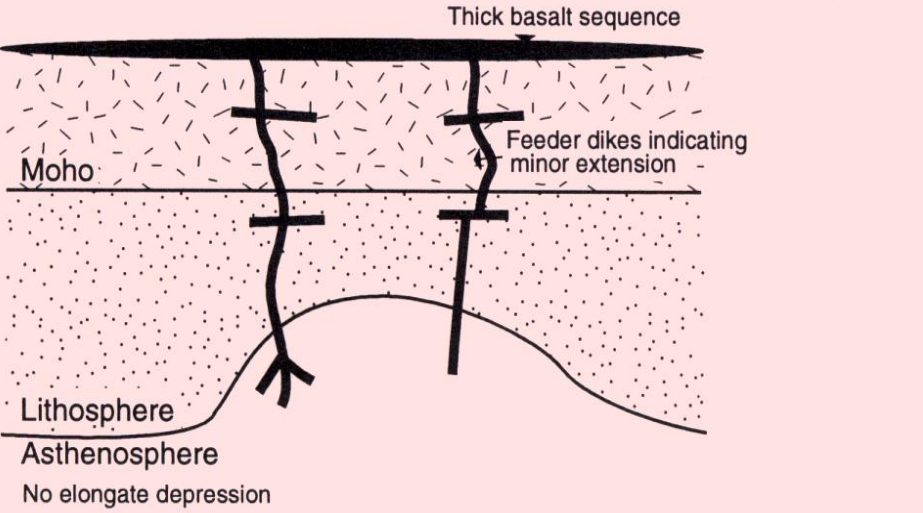
### A. Pull-Apart Basin



### B. Volcano-Tectonic Depression



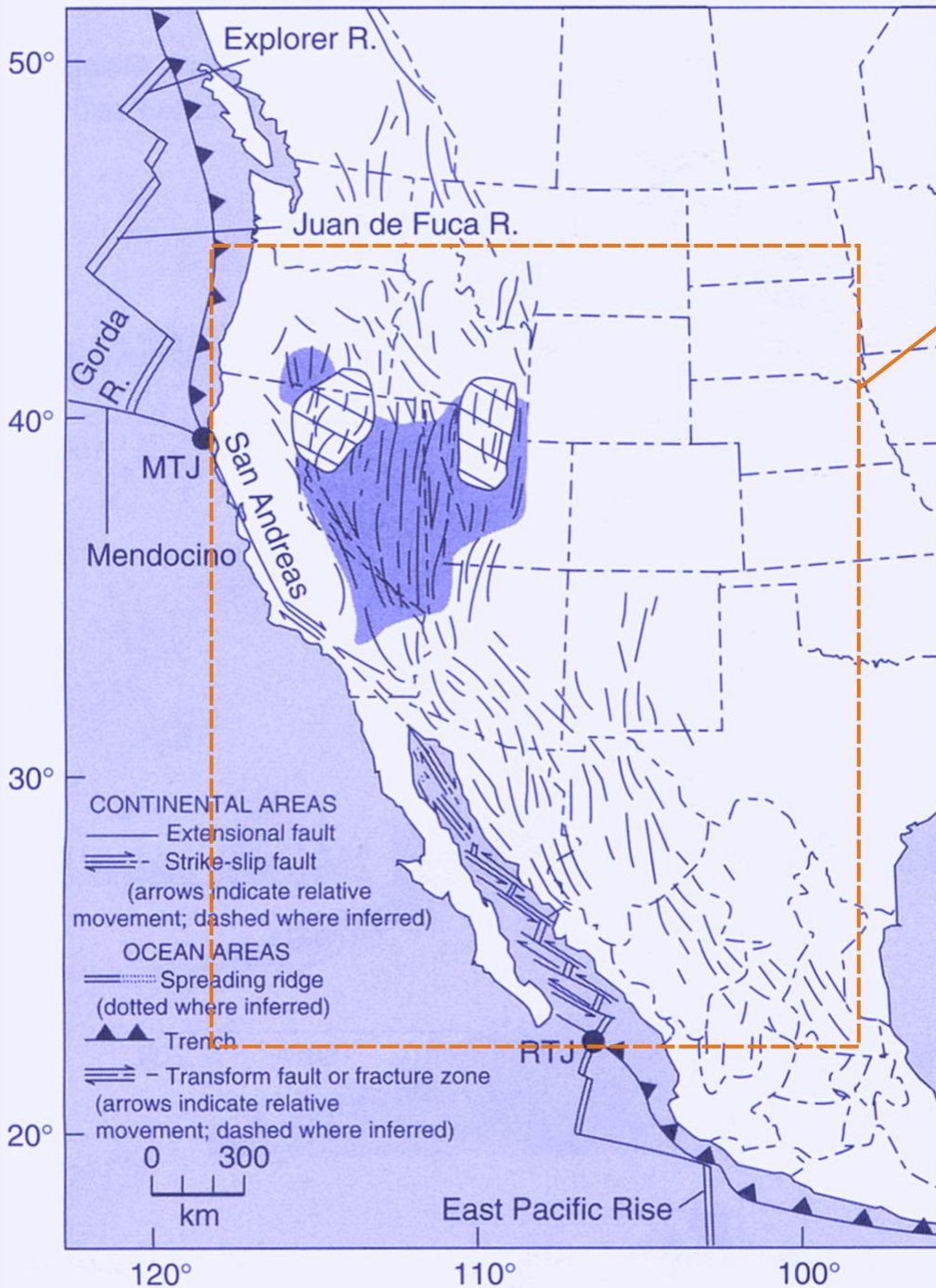
### C. Continental Flood Basalts



# Pseudorifts

Θερμο-τεκτονικής προέλευσης δομές, που μοιάζουν, αλλά δεν είναι rifting.

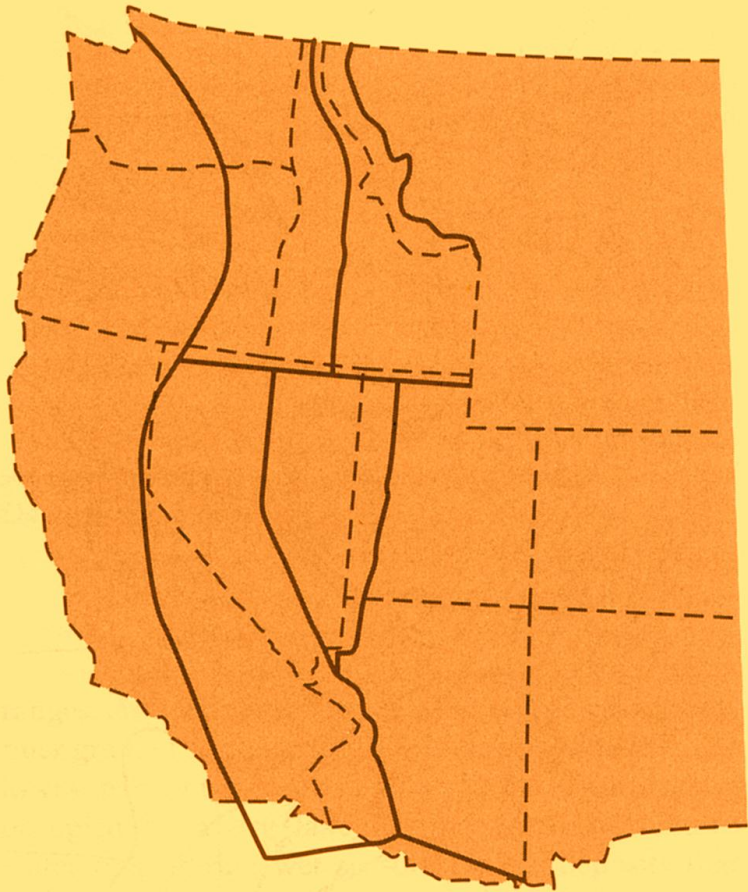
# Η ΕΠΑΡΧΙΑ BASIN AND RANGE ΤΗΣ Β. ΑΜΕΡΙΚΗΣ



B. Μεξικό – Καναδάς (3.000 x 1.000 Km, οριοθετείται από μεγαδομές τεκτ. πλακών).

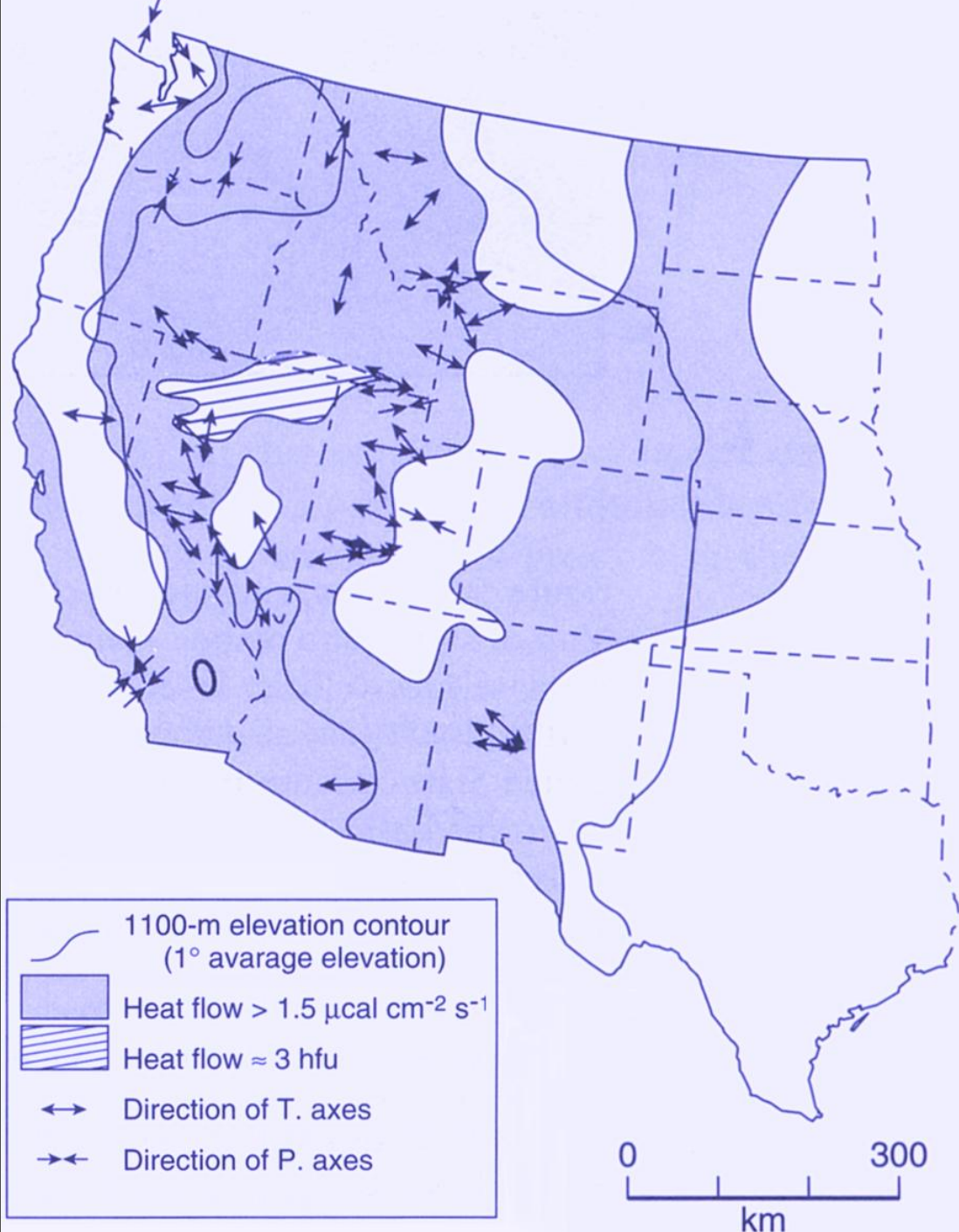
“Basin” and “Range” (οριοθετούνται από κανονικά ρήγματα, λιστρικά, βαθιά στο φλοιό ή πιο επιφανειακά, μετατοπίσεις 8-10 Km, αλλά και 15-20 Km, επιμήκη περιστρεμμένα ρηξιτεμάχη, τάφροι και ημι-τάφροι).

Υψόμετρα 1-2 Km. // < 1.500 m) -“Great Basin”, εσωτερικό υδρογραφικό δίκτυο.



Εγκάρσιες μετατοπίσεις 60-300 Km.

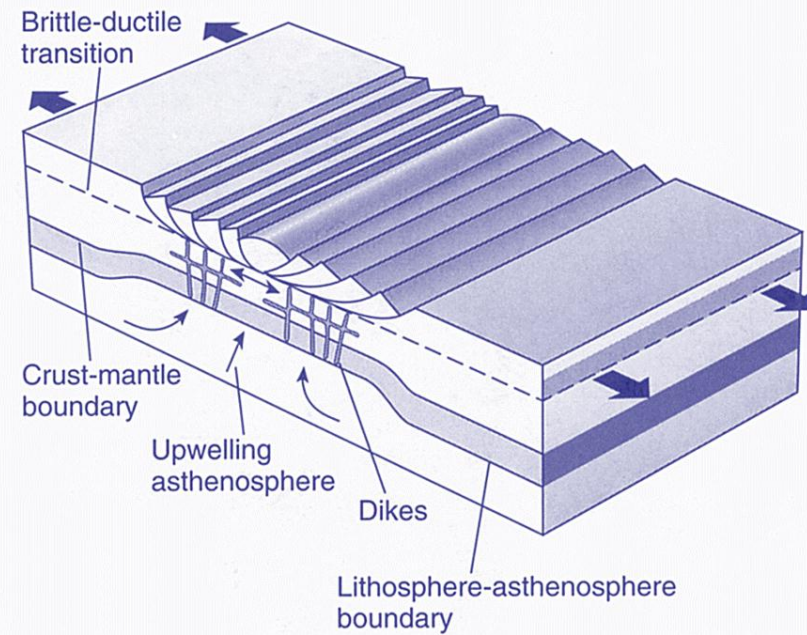
Θερμική ροή, Σεισμικότητα (2 ζώνες), Πάχος φλοιού, Πότε ξεκίνησε η έκταση της περιοχής? (20 Ma NE-SW – 10 Ma E-W), Ρυθμός έκτασης (1-5 cm/y, ridge 2-20 cm/y), Πετρώματα (ριπίδια, ηπ. & λιμν. ιζήματα, γύψοι, εβαπορίτες, βασάλτες+ ρυόλιθοι → bimodal).



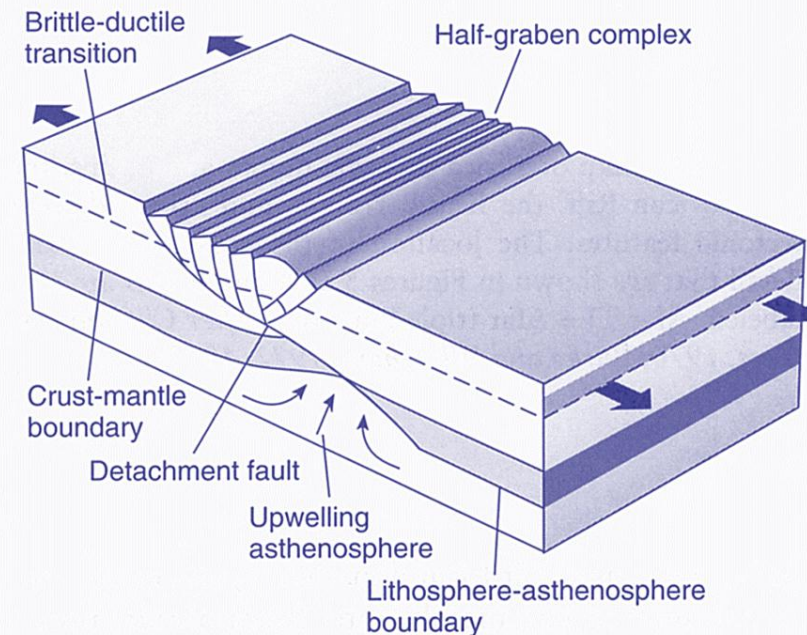
Εκλέπτυνση του φλοιού και της λιθόσφαιρας στην επαρχία Basin and Range της Βόρειας Αμερικής, που βρίσκεται κάτω από την επίδραση σύγχρονου εφελκυστικού πεδίου.

Το σύστημα των κανονικών ρηγμάτων δημιουργεί ασύμμετρες τάφρους και περιστραμμένα τεκτονικά κέρατα.

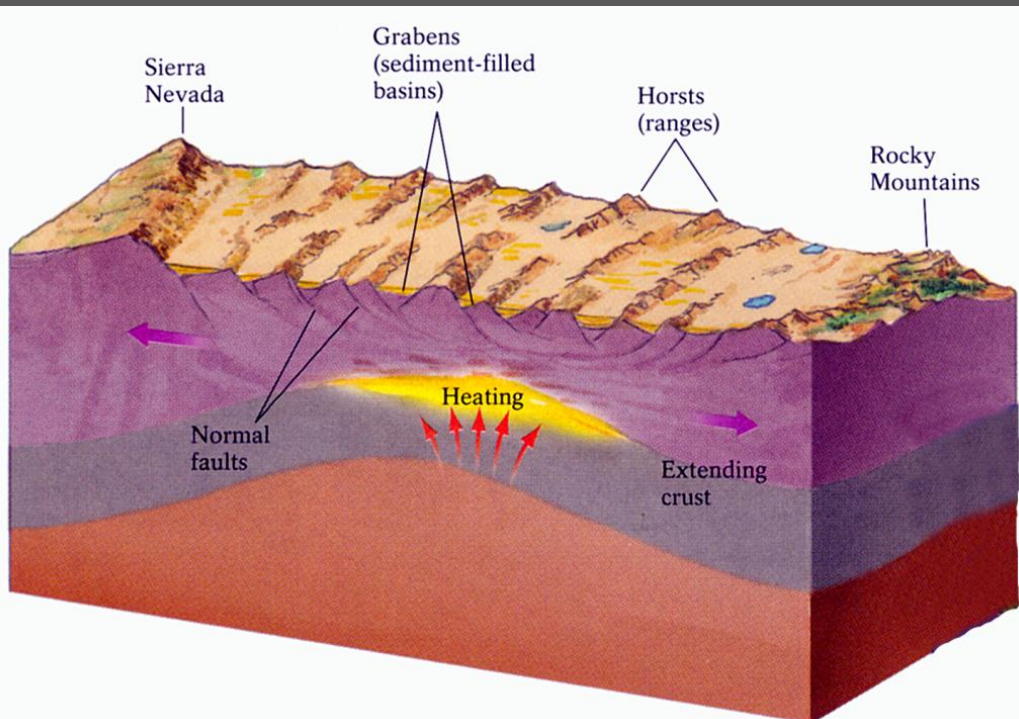
Για τον υπολογισμό της έκτασης έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα.



**A.**



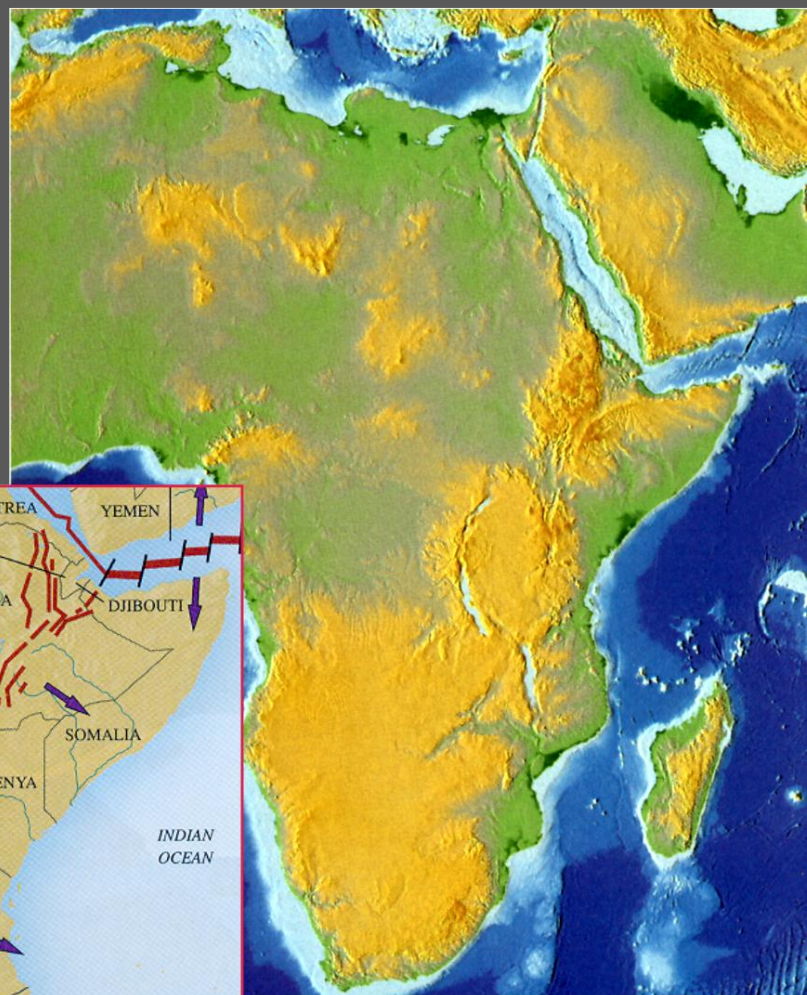
**B.**



# ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΕΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΤΑΦΡΟΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΦΡΙΚΗΣ



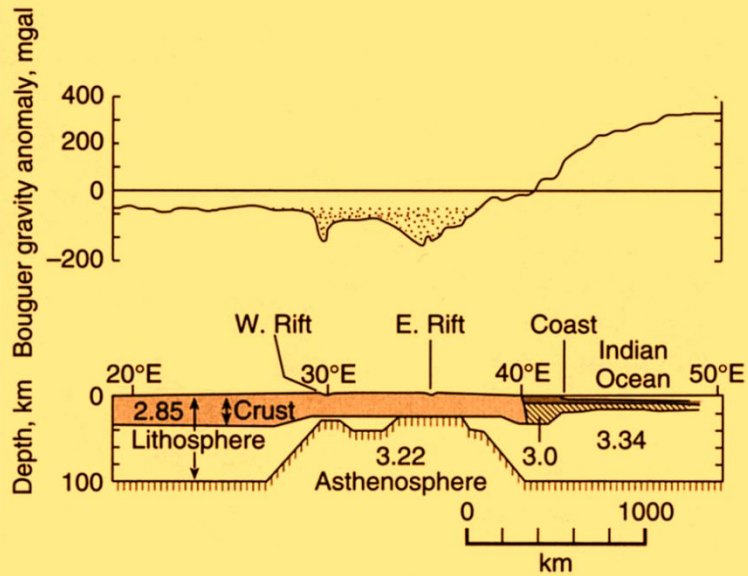
Area of detail shown in Figure 4.15 B



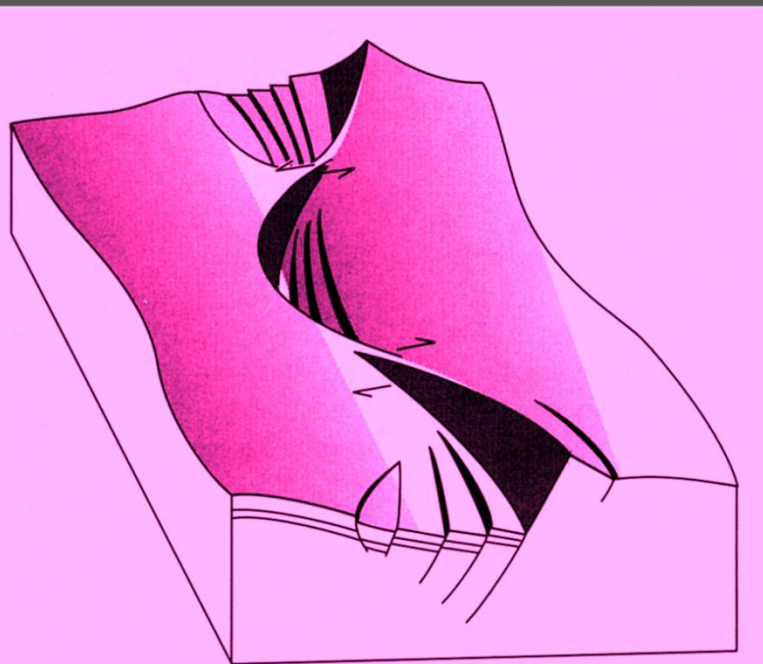
- Μεγάλης κλίμακας δόμοι και λεκάνες.
- Σύστημα τεκτονικών τάφρων της Ανατολικής Αφρικής (3.000 Km).
- Afar TJ = Afar Triple Junction (σημείο τριπλής συμβολής του Αφάρ).

Σύγκριση με Basin & Range που έχει πιο πολύπλοκη δομή, πλάγιο χαρακτήρα και πιο γρήγορο ρυθμό.

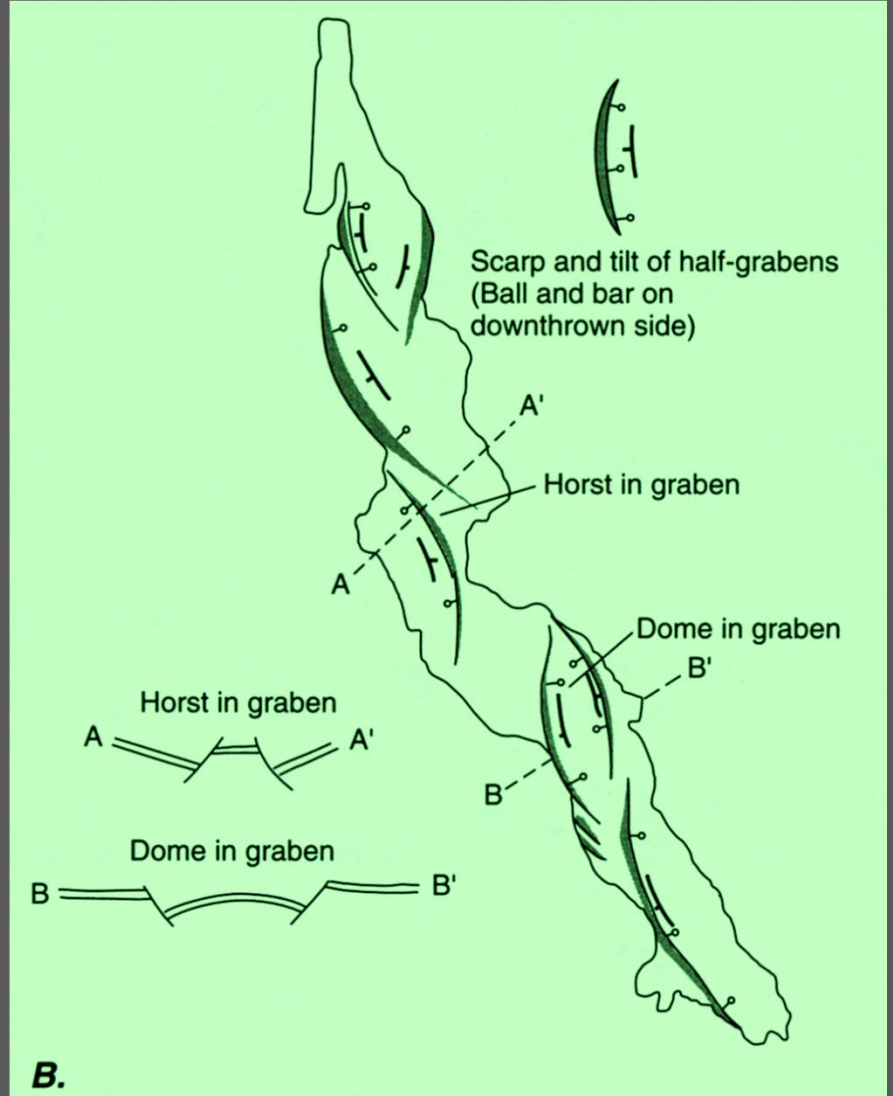
Θερμική ροή, Σεισμικότητα, Πάχος φλοιού, Πότε ξεκίνησε η έκταση της περιοχής?, Ρυθμός έκτασης (0,5 cm/y), Πετρώματα



**A.**



**C.**



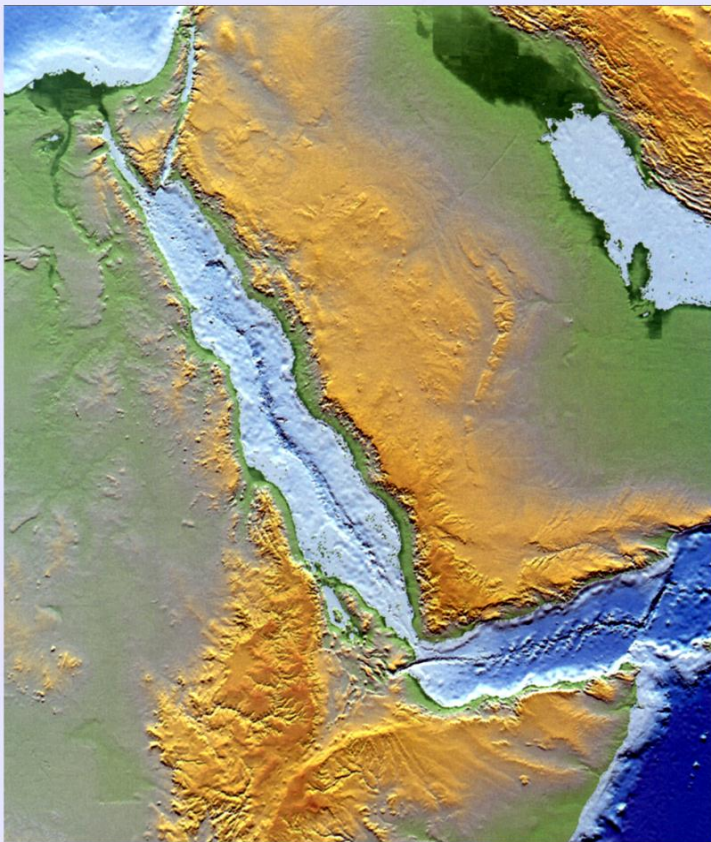
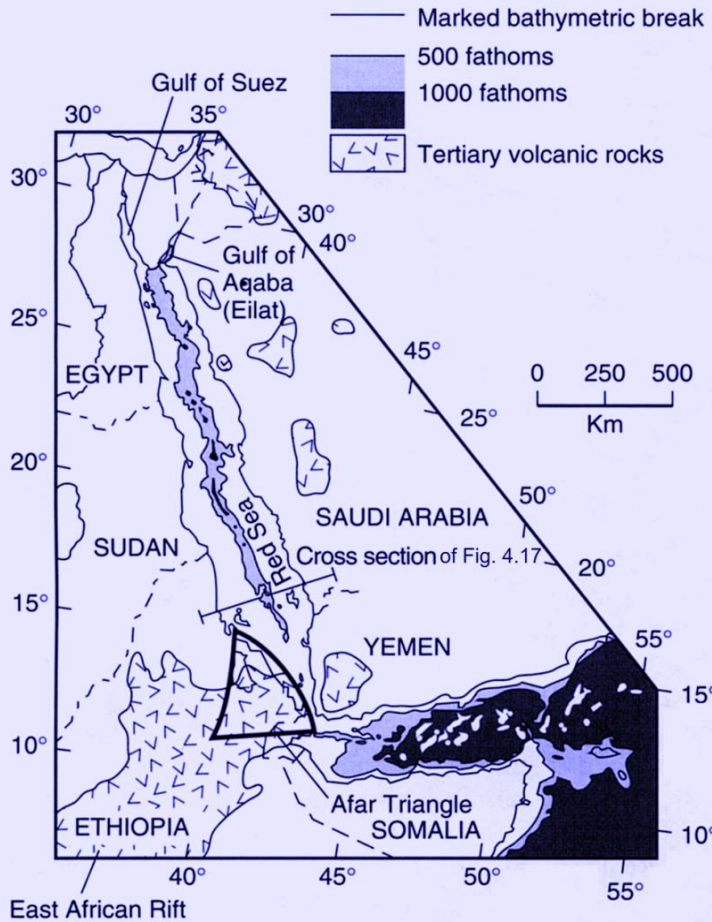
**B.**

Γεωτεκτονικά και γεωδυναμικά χαρακτηριστικά του συστήματος των τεκτονικών τάφρων της Ανατολικής Αφρικής.

A. Μοντέλο για το φλοιό και τον ανώτερο μανδύα, που βασίζεται σε γεωφυσικά και σεισμολογικά δεδομένα.

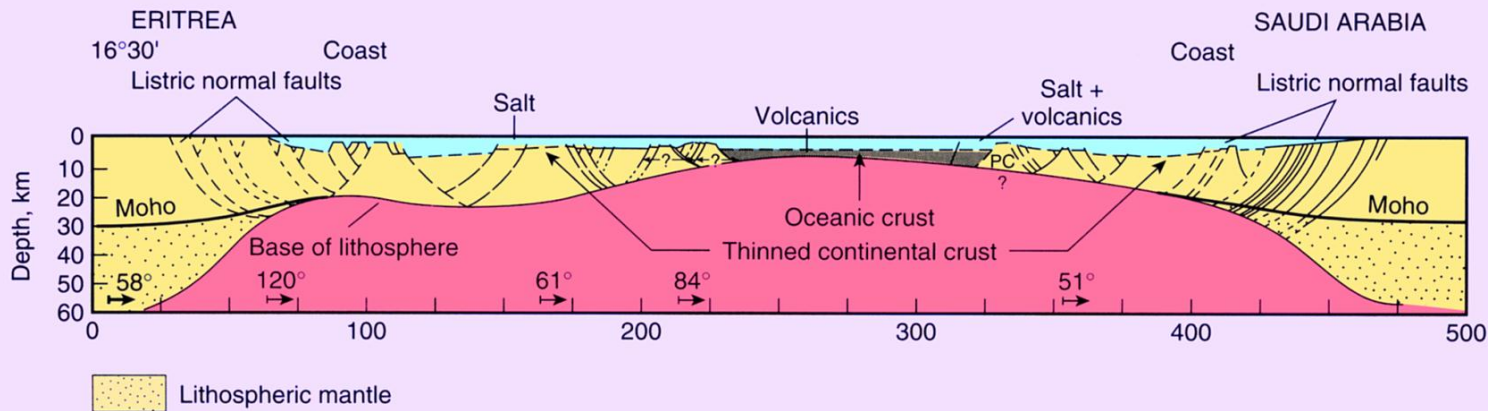
B. Απλοποιημένος τεκτονικός χάρτης των ρηγμάτων της περιοχής της Λίμνης Ταγκανίκας.

C. Τρισδιάστατο μοντέλο των ρηγμάτων της ίδιας περιοχής.



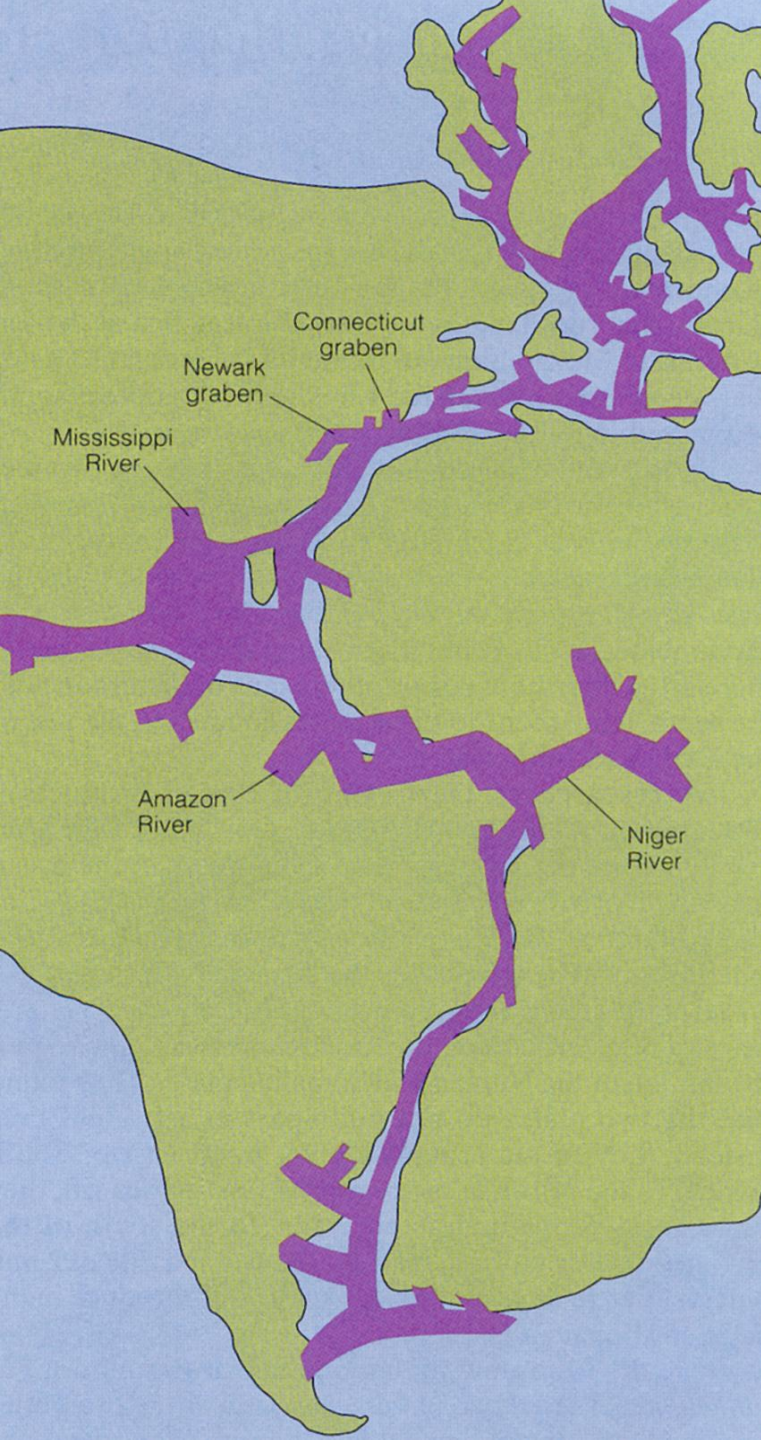
# Η ΝΕΑ ΩΚΕΑΝΙΑ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΕΡΥΘΡΑΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

- Μήκος 3.000 km.
- Πλάτος 100-300 km.
- Ρηξιγενή περιθώρια (μέτωπα 3 km).
- Λιστρικά ρήγματα – Εκλέπτυνση φλοιού.
- Εβαπορίτες.
- Διάνοιξη αρχές Τριτογενούς.
- Ηφαιστειότητα πιο ανατολικά.
- Βόρειο – Νότιο τμήμα διαφορές.
- Νότια 5 km + συμμετρικές μαγν. Ανωμαλίες.
- Πάχος φλοιού – Moho – Όριο λιθόσφ./ασθενόσφ.

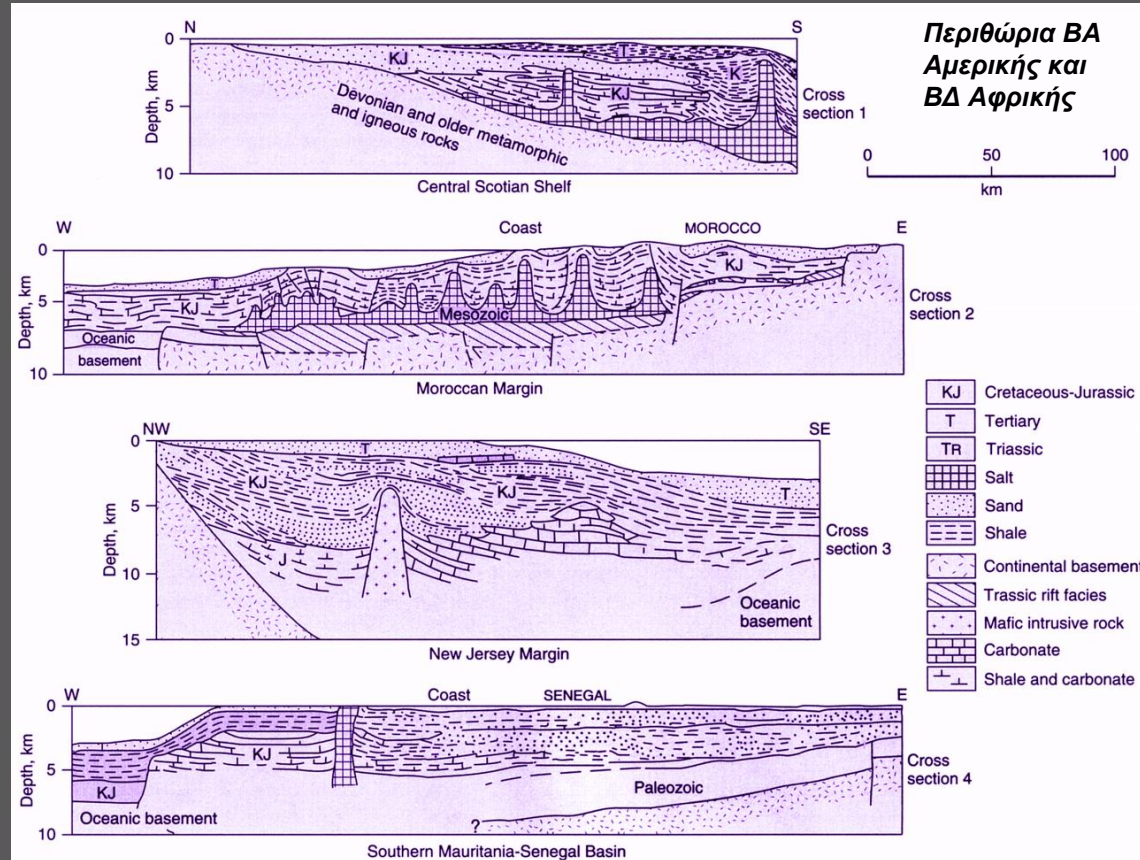


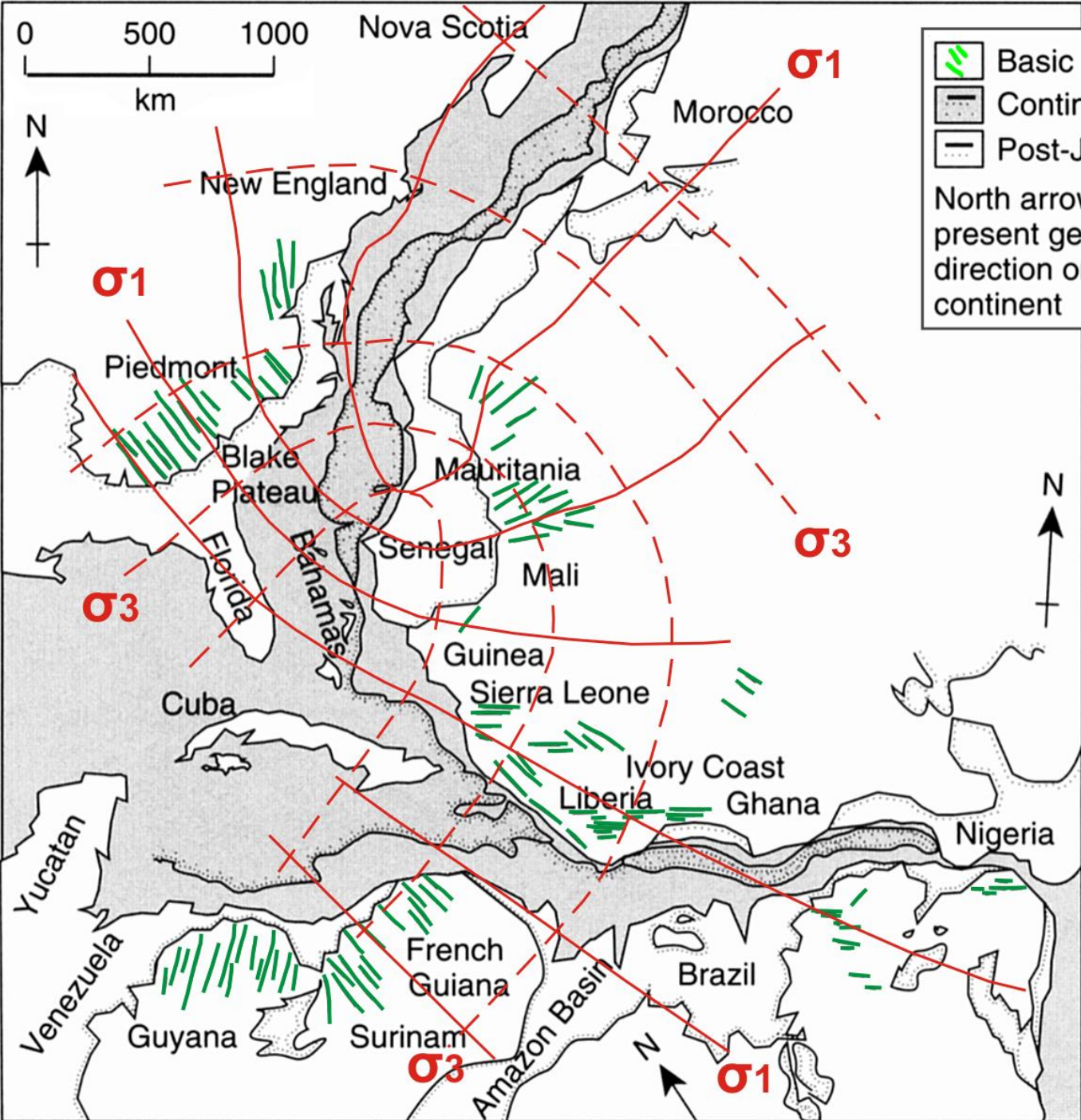





# ΠΑΘΗΤΙΚΑ Ή ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ



- Απομάκρυνση ηπείρων.
- Ψύξη λιθόσφαιρας → Καταβύθιση → Μεγάλο πάχος νηριτικών ιζημάτων.
- Ηπειρωτικά ιζήματα – Εβαπορίτες στη βάση σε περιστραμένα ρηξιτεμάχη.
- Διαπειρικά φαινόμενα.

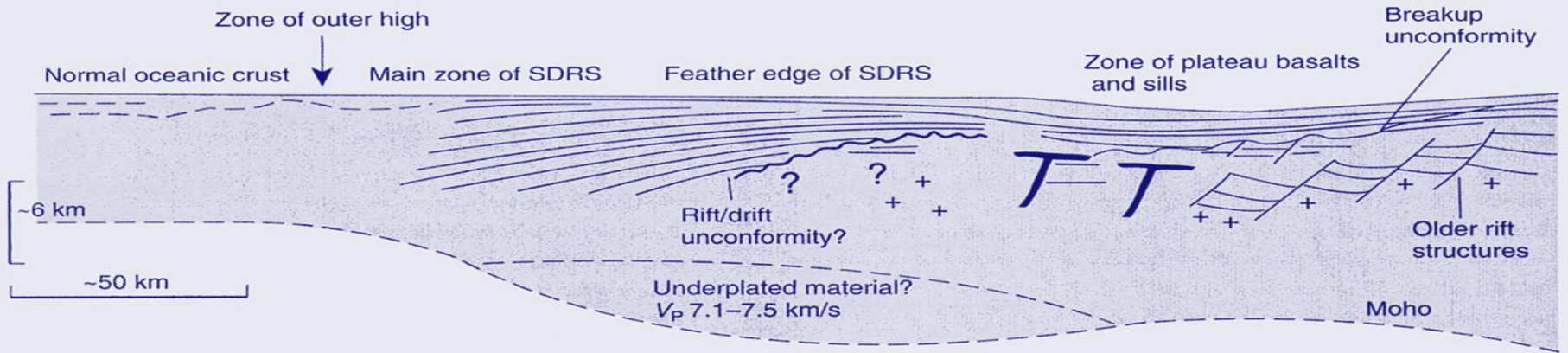




-  Basic dikes
-  Continental shelf edge
-  Post-Jurassic sediments

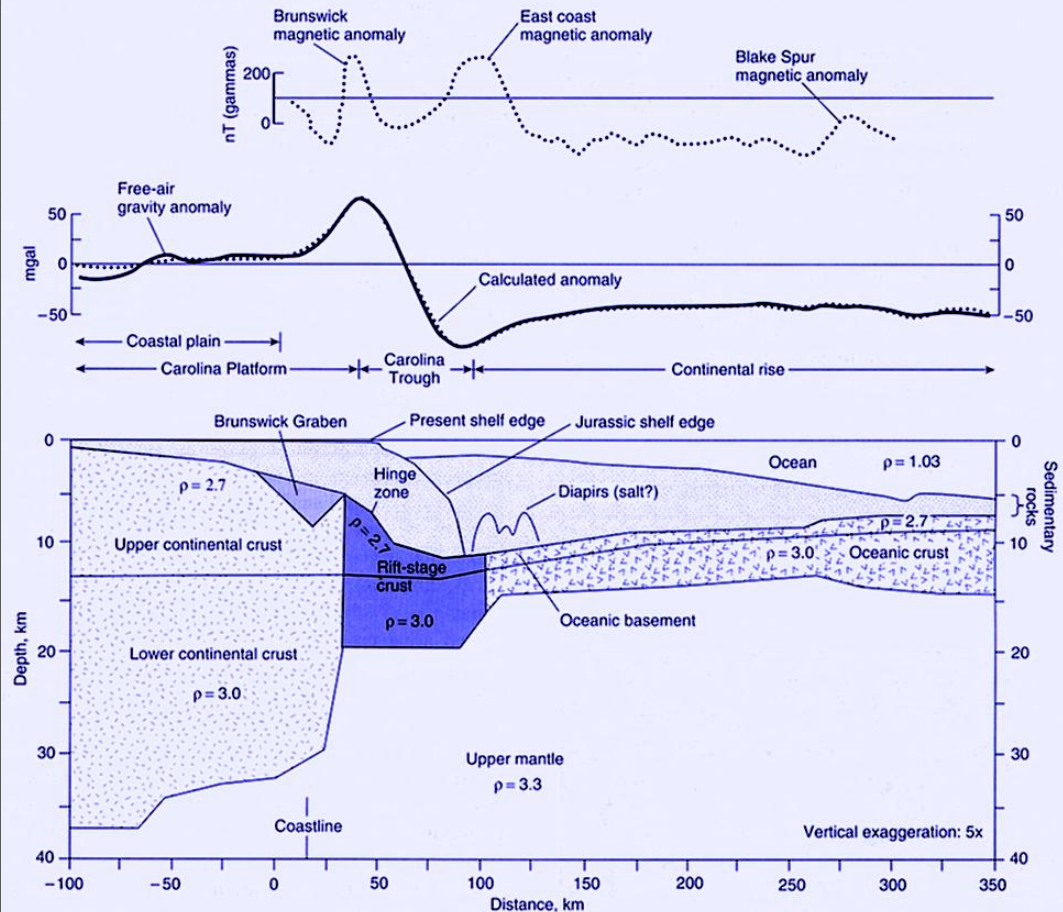
North arrows indicate present geographic direction on each continent

Η διάταξη των βασικών φλεβών, στο χάρτη ανακατασκευής των ηπείρων πριν τη διάνοιξη του Ατλαντικού, παρουσιάζει μια ακτινωτή διάταξη γύρω από το σημείο τριπλής συμβολής (triple junction). Η δυναμική ανάλυση των φλεβών ως εφελκυστικών ρωγμών, παρουσιάζει μια αντίστοιχη κατανομή της μέγιστης και ελάχιστης τάσης  $\sigma_1$  και  $\sigma_3$  γύρω από το ίδιο σημείο, γεγονός αναμενόμενο σε μια μεγάλη περιοχή, που αναθολώνεται με τη μορφή ενός μεγάλης κλίμακας δόμου.

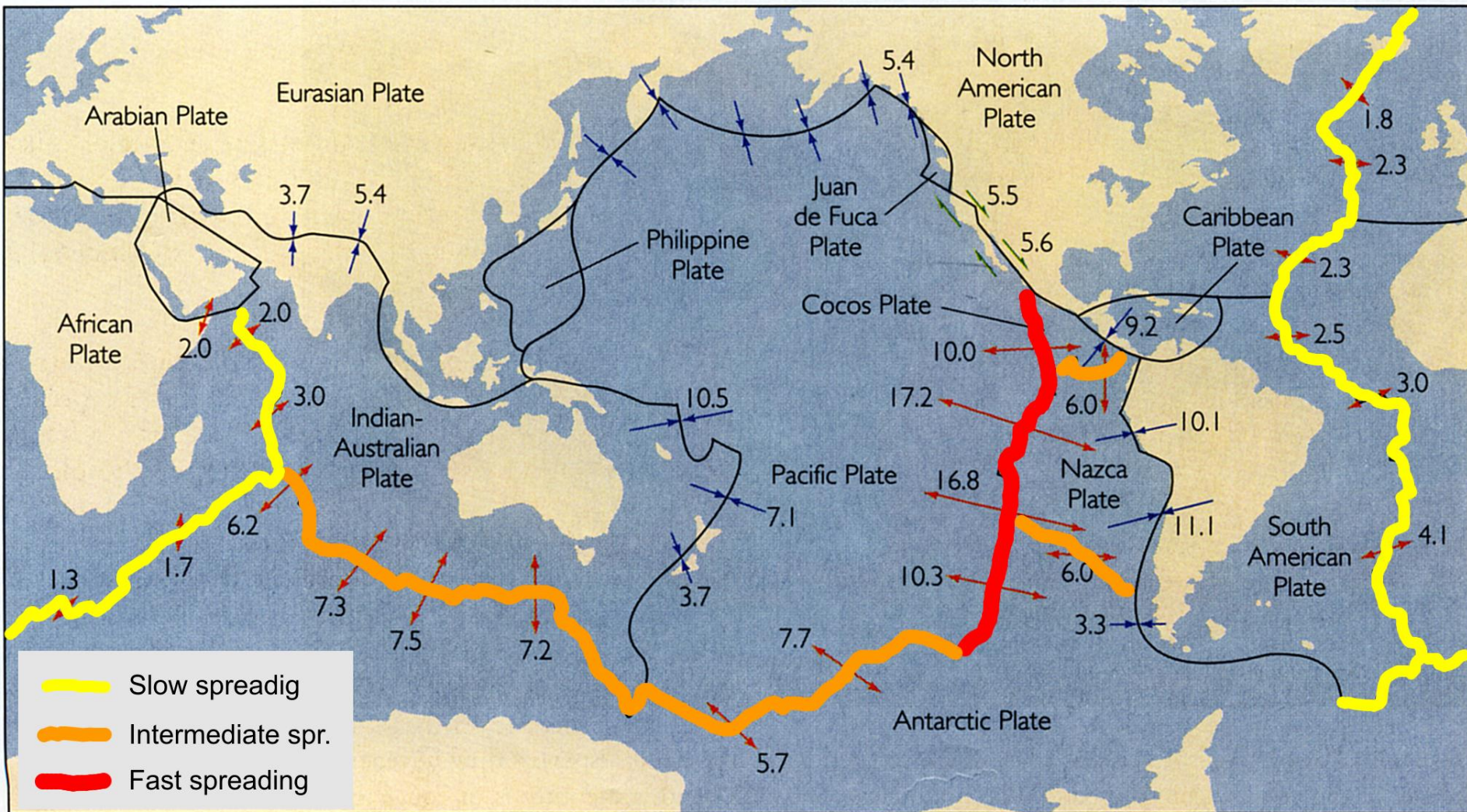


Παθητικά περιθώρια πλούσια σε ηφαιστειακά, έχουν εντοπισθεί σε αρκετές περιοχές (κίτρινες τελείες στο χάρτη). Όπως δείχνει η τομή από ένα τέτοιο περιθώριο, η ζώνη των ανακλαστήρων, που αντιπροσωπεύει τα ηφαιστειακά, παρουσιάζει μια χαρακτηριστική κλίση προς την μεριά της θάλασσας και μια εκλέπτυνση προς την μεριά της ξηράς. Η ζώνη αυτή διαχωρίζει το διερρηγμένο ηπειρωτικό περιθώριο από τον τυπικό ωκεάνιο φλοιό.

Χαρακτηριστικά γεωφυσικά προφίλ, κατά μήκος ενός τυπικού παθητικού ηπειρωτικού περιθωρίου (ανατολικές ακτές Βόρειας Αμερικής). Τα βαρυτικά προφίλ παρουσιάζουν ένα τυπικό μέγιστο στη ζώνη μετάβασης, ενώ οι μαγνητικές ανωμαλίες παρουσιάζουν μια πιο πολύπλοκη εικόνα.



# ΩΚΕΑΝΙΟΣ ΦΛΟΙΟΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΑ ΩΚΕΑΝΙΚΗΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ



## WORLD OCEANIC RIFT SYSTEM:

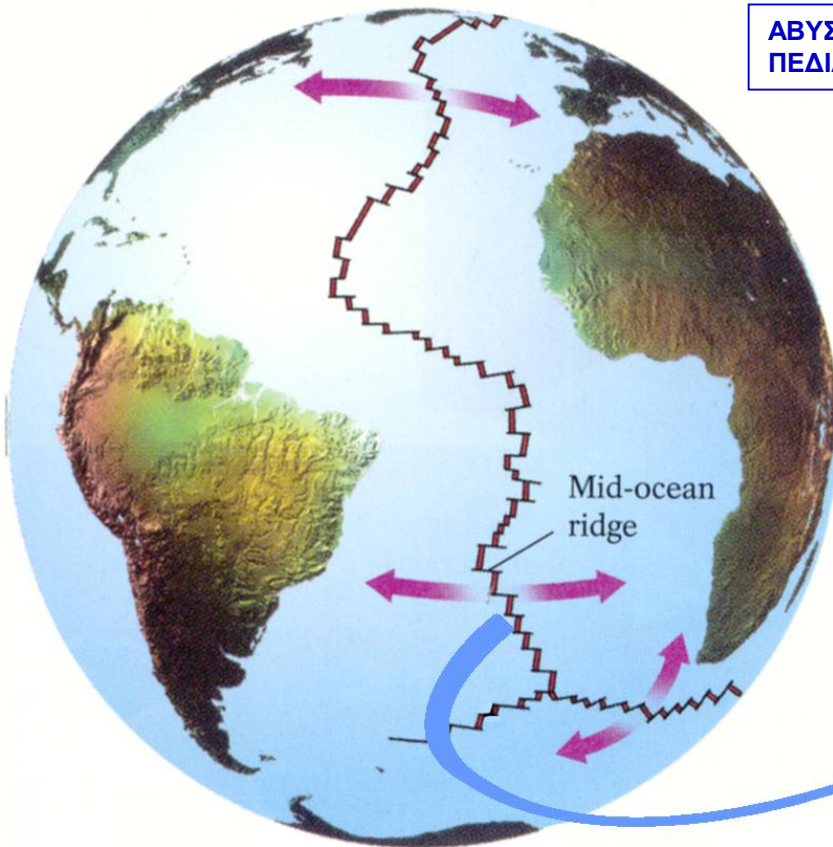
Ρυθμός διάνοιξης → διαφορές σε: → Τοπογραφία, πετρώματα, δομή, μαγνητικές και βαρυτικές ανωμαλίες, σεισμικότητα, θερμική ροή ... κλπ.

- Ηλικίας μαγνητικών ανωμαλιών
- Πάχους & ηλικίας ιζημάτων
- Πυκνότητας & ηλικίας ωκεάνιου φλοιού
- Βάθους ωκεανού (5.000 m ← 2.500 m)

**Αβυσική πεδιάδα**

A Y Ξ Η Σ Η

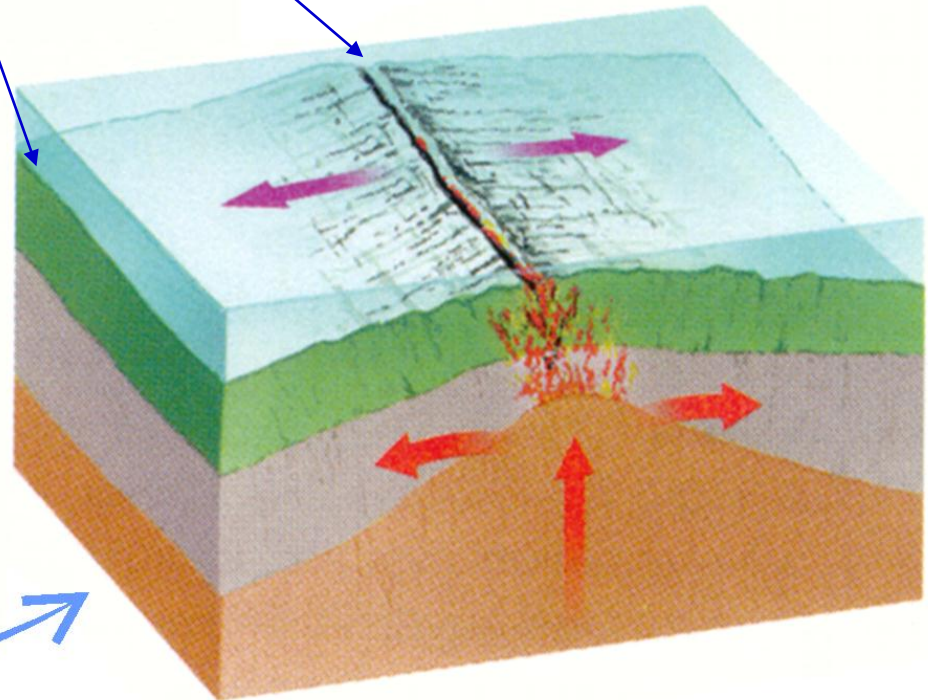
**Ράχη**



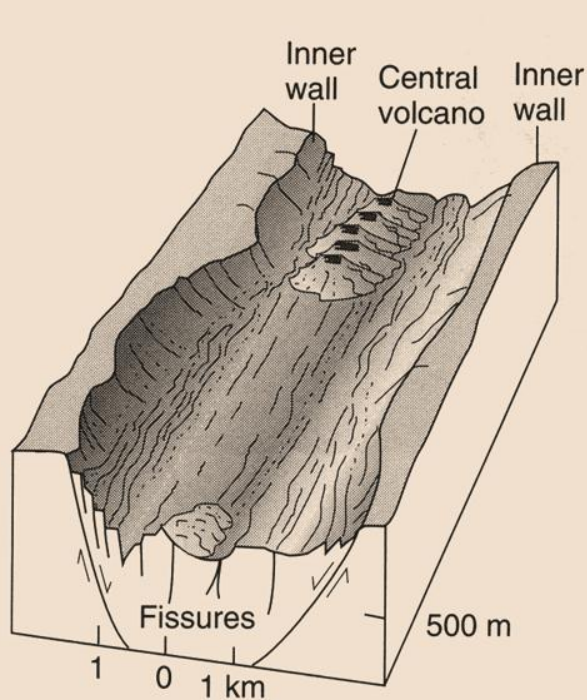
**ΑΒΥΣΙΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ**

**ΡΑΧΗ**

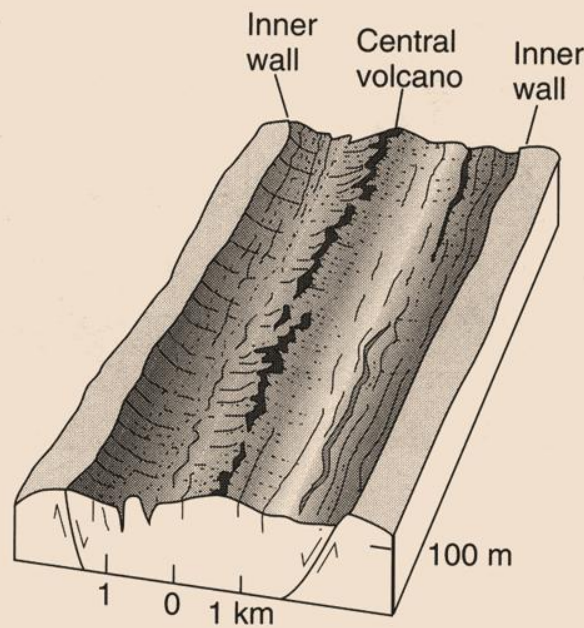
- Με rift (αν  $V_{\text{διάνοιξης}} > 3 \text{ cm/year}$ ), ή χωρίς.
- Έντονη τεκτονική και σεισμική δραστηριότητα (εστιακά βάθη  $< 70-100 \text{ Km}$ ).
- Αλληλεπίδραση με θαλασσινό νερό (μεταμορφισμός, αλμυρότητα).



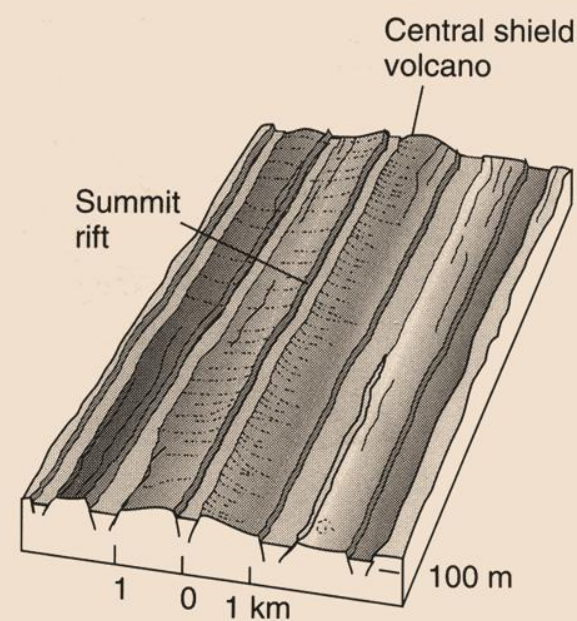
# Τοπογραφία και δομή της αξονικής ζώνης μιας ωκεάνιας ράχης ανάλογα με το ρυθμό διάνοιξης



**A.**



**B.**



**C.**

## Αργή διάνοιξη 1-5 mm/χρόνο

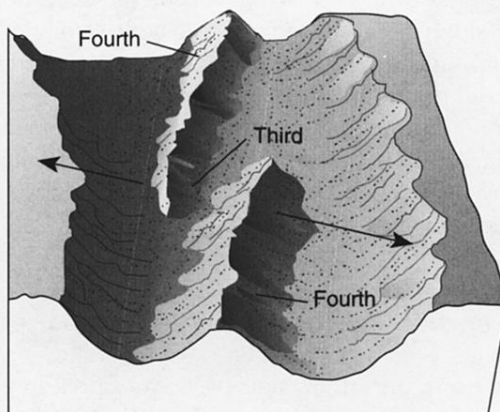
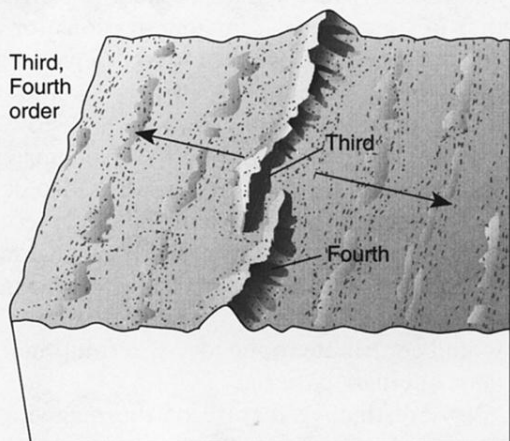
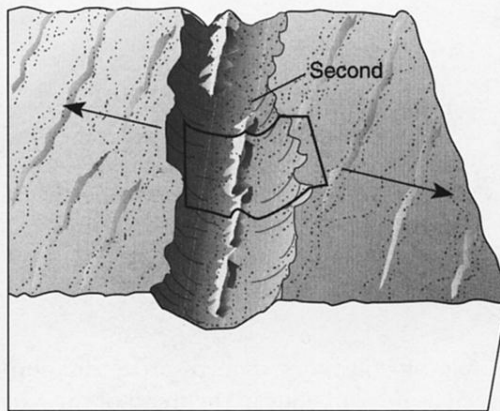
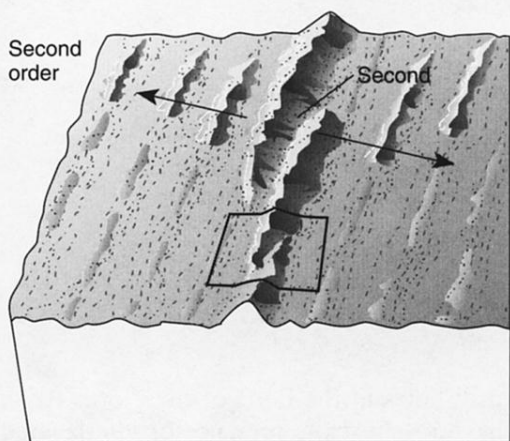
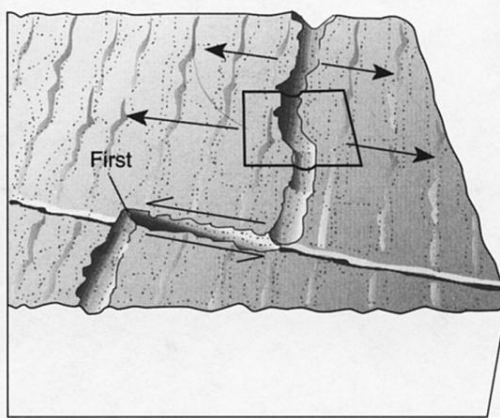
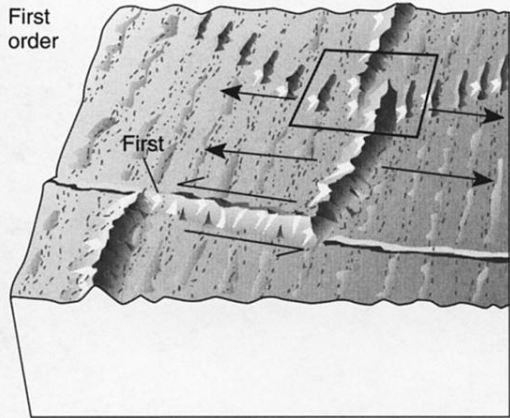
- Βαθιά αξονική τάφρος (1,5 – 3 km).
- Γραμμική ανάπτυξη ζωνών ηφαιστείων κατά διαστήματα (με διακοπές).

## Μέση διάνοιξη 5-9 mm/χρόνο

- Πιο ήπια μορφολογία με αξονική τάφρο 100-200 m.
- Μικρές διακοπές στη ζώνη των ηφαιστείων (en echelon εφελκυστικές διαρρήξεις).

## Ταχεία διάνοιξη 9-18 mm/χρόνο

- Ομαλή μορφολογία χωρίς αξονική τάφρο.
- Γραμμική ανάπτυξη ζωνών ηφαιστείων ουσιαστικά χωρίς διακοπές.



Τρισδιάστατη απεικόνιση των ασυνεχειών στις μεσο-ωκεάνιες ράχες.

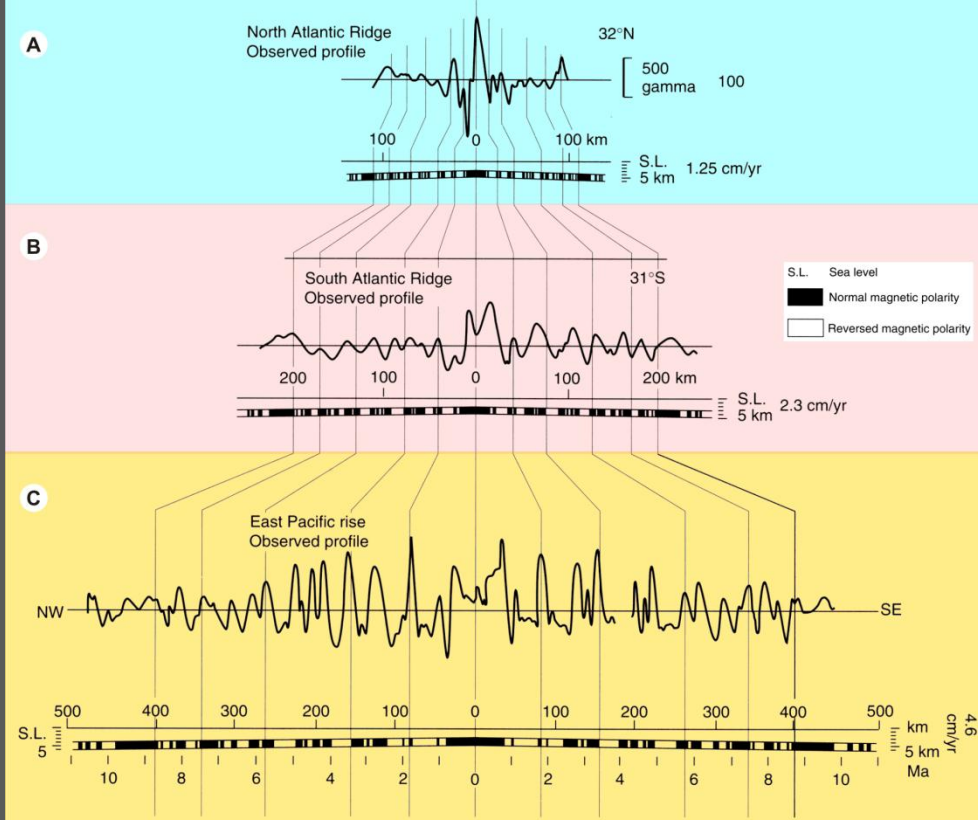
Οι πρώτης τάξης ασυνέχειες είναι τα ρήγματα μετασχηματισμού.

Οι δεύτερης τάξης ασυνέχειες στις ταχείας-διάνοιξης ράχες είναι μικρές επικαλύψεις του άξονα διάνοιξης, που σε κάτοψη έχουν τη μορφή οξύληκτου V, ενώ στις αργής-διάνοιξης καμπές της αξονικής κοιλάδας.

Οι τρίτης και τέταρτης τάξης ασυνέχειες αντιπροσωπεύονται από μικρότερες επικαλύψεις, μεταθέσεις των ηφαιστειών ή ελαφρές αποκλίσεις της διεύθυνσης.

A. Ταχείας-διάνοιξης κέντρα.

B. Αργής-διάνοιξης κέντρα.



Η ανάπτυξη συμμετρικών ζωνών μαγνητικών ανωμαλιών (D), παρατηρείται σε όλους τους ωκεανούς, το πρότυπο που προκύπτει όμως εξαρτάται από το ρυθμό διάνωσης (A, B & C).

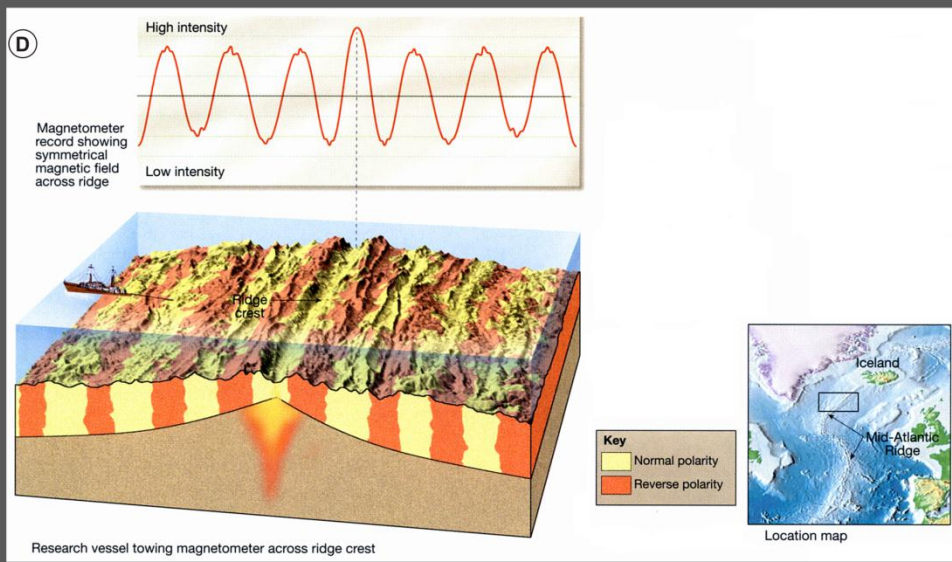
Πιο σαφή όρια παρατηρούνται στις ταχείας διάνωσης ράχες.

Στις μαγνητικές τομές οι οριζόντιες μπάρες αναπαριστούν την ιστορία της αναστροφής των μαγνητικών ανωμαλιών τα τελευταία 11 Ma.

Είναι χαρακτηριστική η συμμετρική επανάληψη εκατέρωθεν του άξονα της ράχης, σε μια κλίμακα που αντανακλά τον μέσο όρο διάνωσης σε τοπικό επίπεδο.

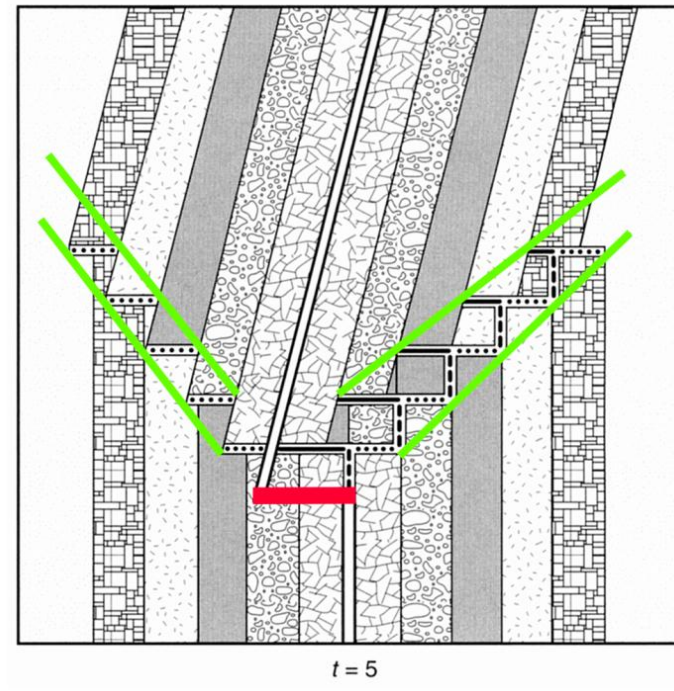
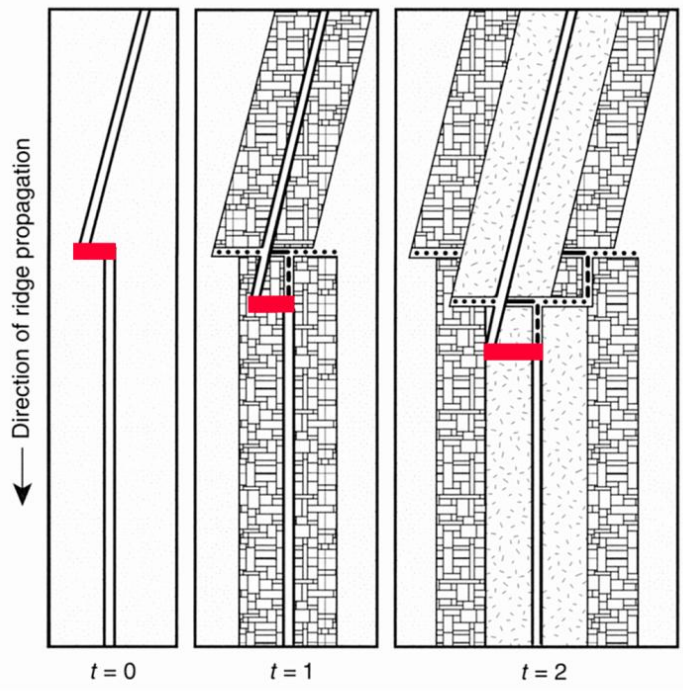
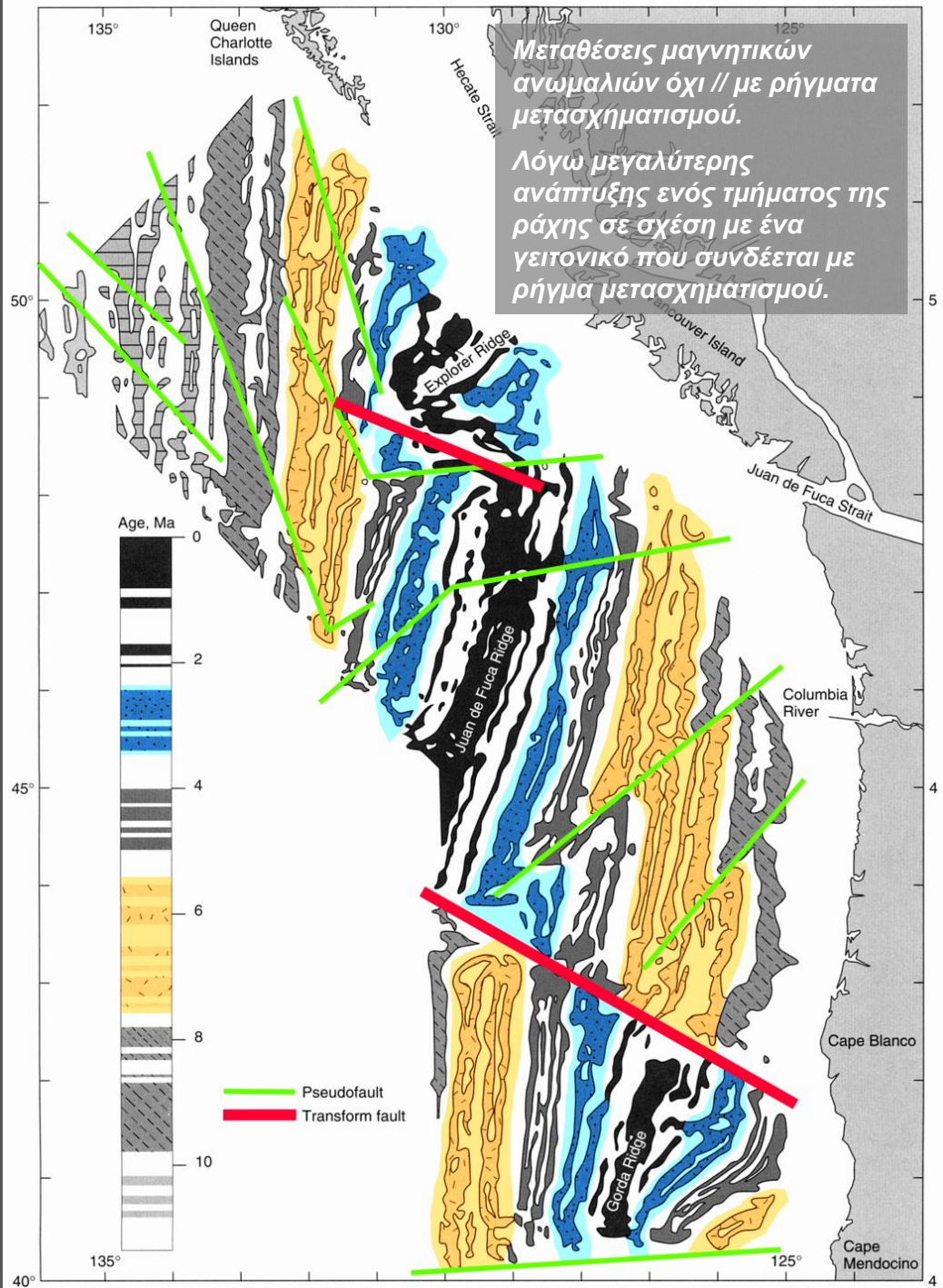
Χαρακτηριστική είναι επίσης η μείωση του πλάτους των μαγνητικών ανωμαλιών όσο απομακρυνόμαστε από την αξονική περιοχή. Ερμηνεύεις:

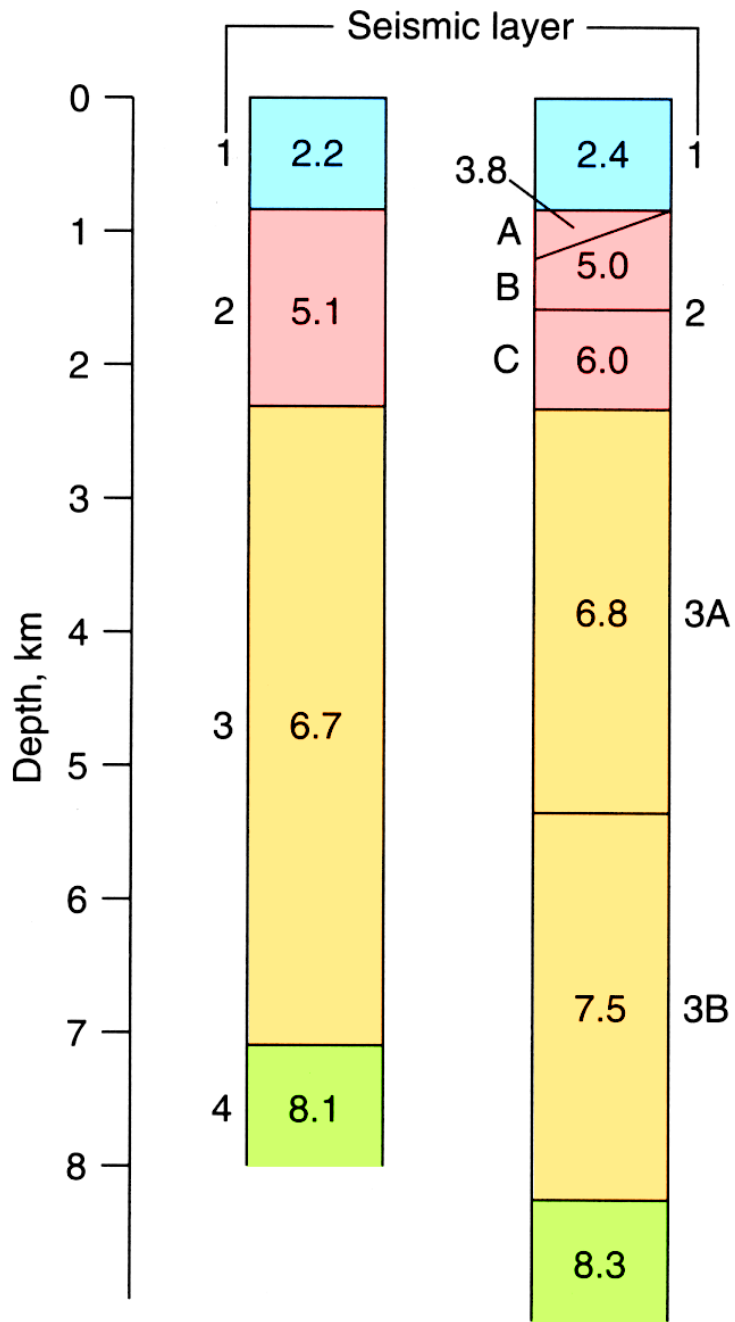
- μεταμόρφωση ή οξειδωση φλοιού,
- διείσδυση μάγματος,
- ενδιστρώσεις υλικών με διαφορετική πολικότητα &
- περιστροφές από λιστρικά ρήγματα.





# Propagating rift

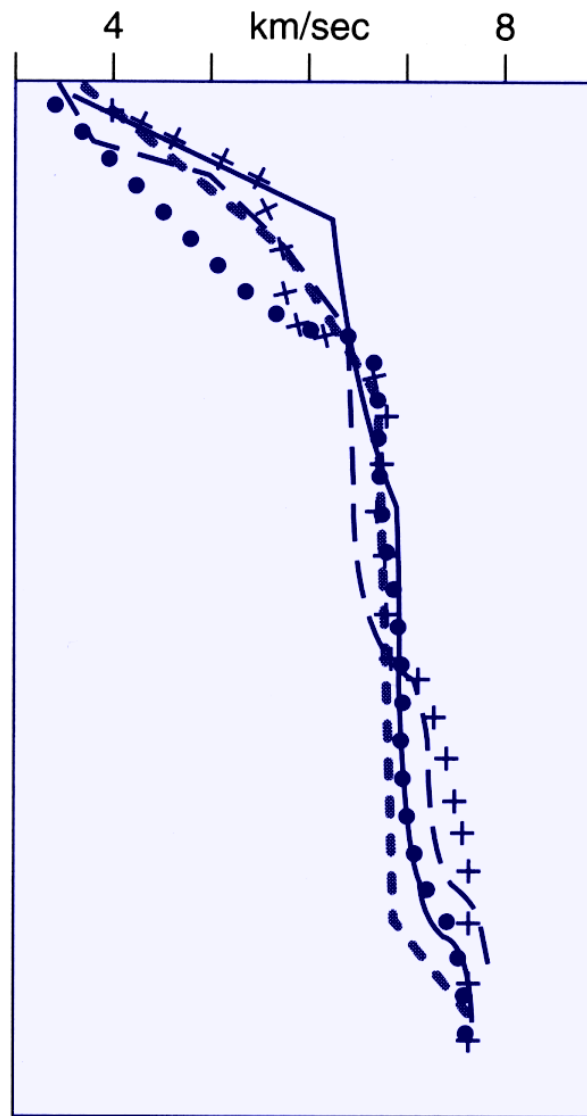




**A.**

**B.**

**C.**

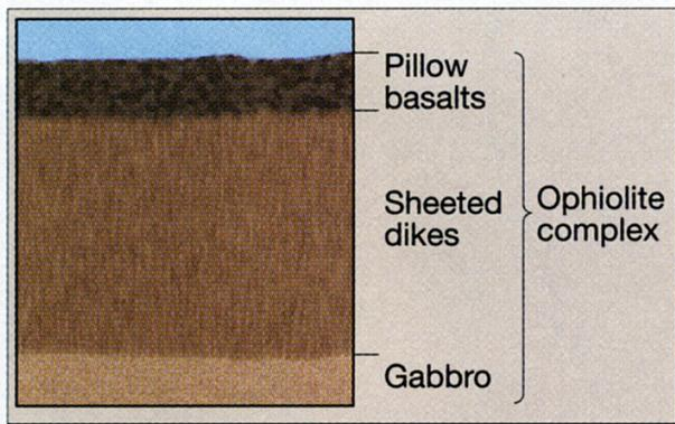


## Σεισμικά μοντέλα για τον ωκεάνιο φλοιό.

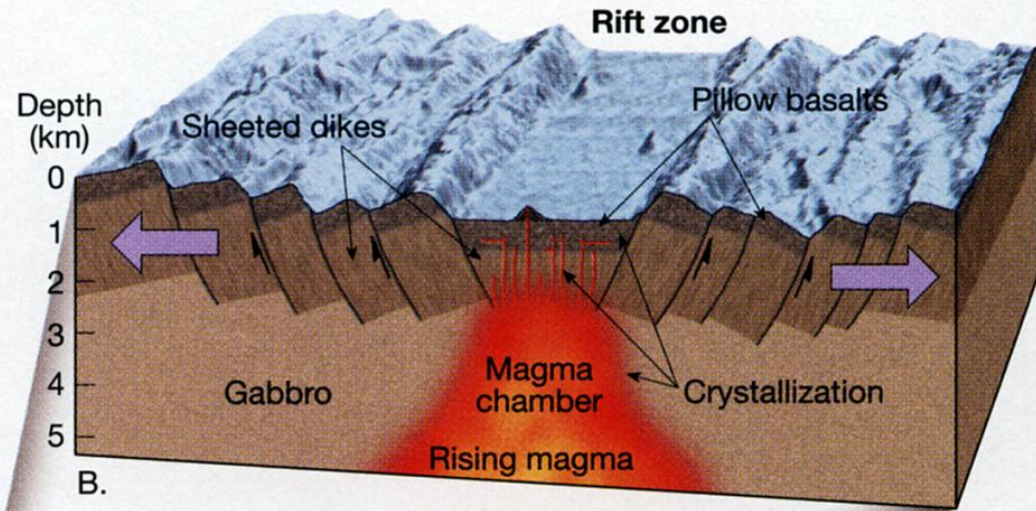
*A. Απλό μοντέλο τριών στρωμάτων του φλοιού πάνω από τη Moho.*

*B. Πιο λεπτομερές μοντέλο όπου τα στρώματα 2 και 3 του φλοιού, υποδιαιρούνται σε επιμέρους στρώματα.*

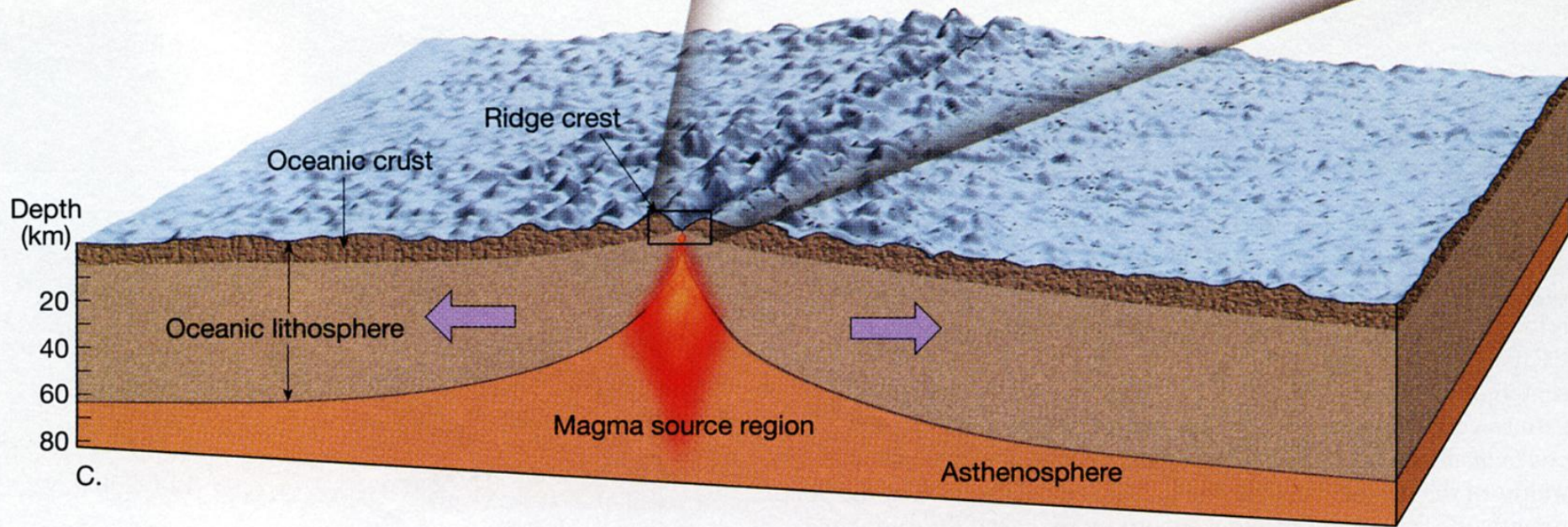
*C. Μοντέλο όπου παρουσιάζεται η συνεχής μεταβολή της ταχύτητας με το βάθος. Οι ασυνέχειες και η διάκριση των επιμέρους στρωμάτων βασίζεται στις αλλαγές της κλίσης των καμπυλών.*



A.



B.

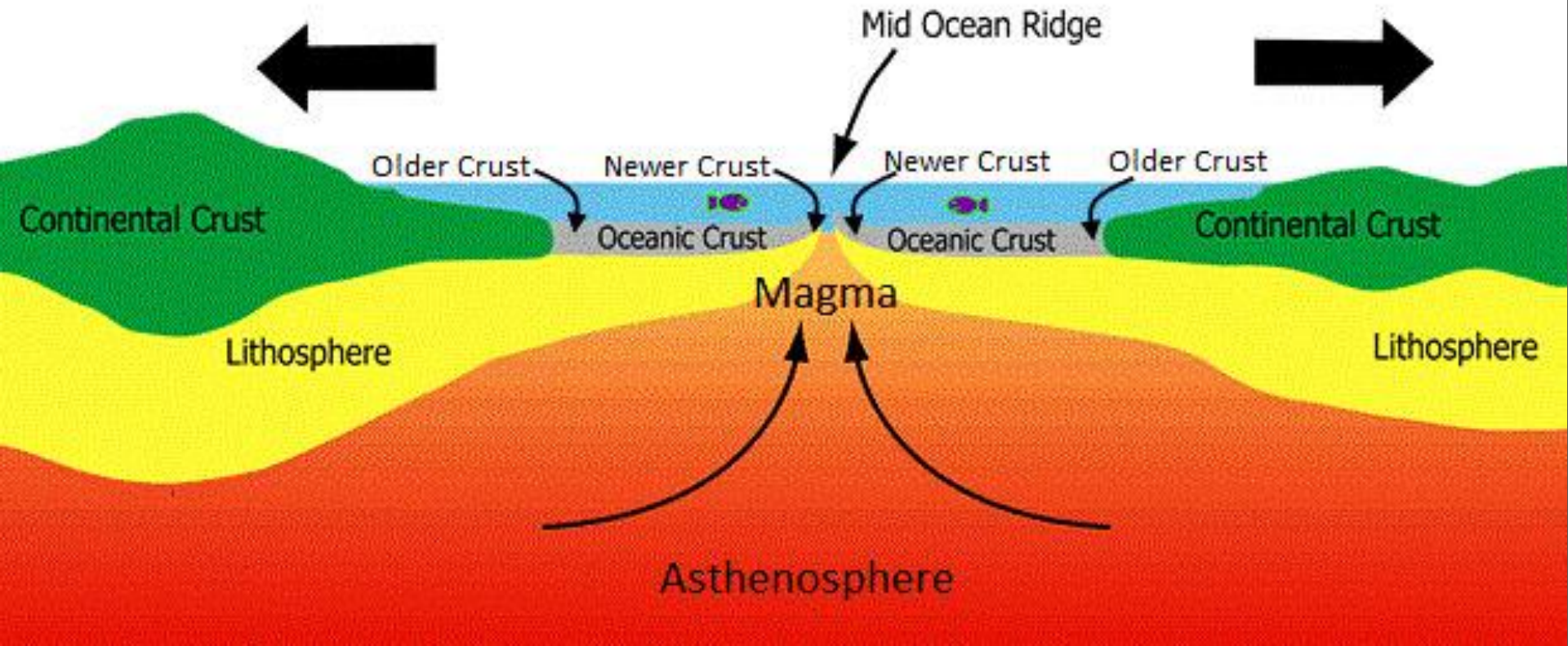


C.

Δημιουργία ωκεάνιου φλοιού στις μεσο-ωκεάνιες ράχεις (C), που η δομή του (B), θεωρείται ομόλογη με αυτή των οφιολιθικών συμπλεγμάτων στην ξηρά (A).

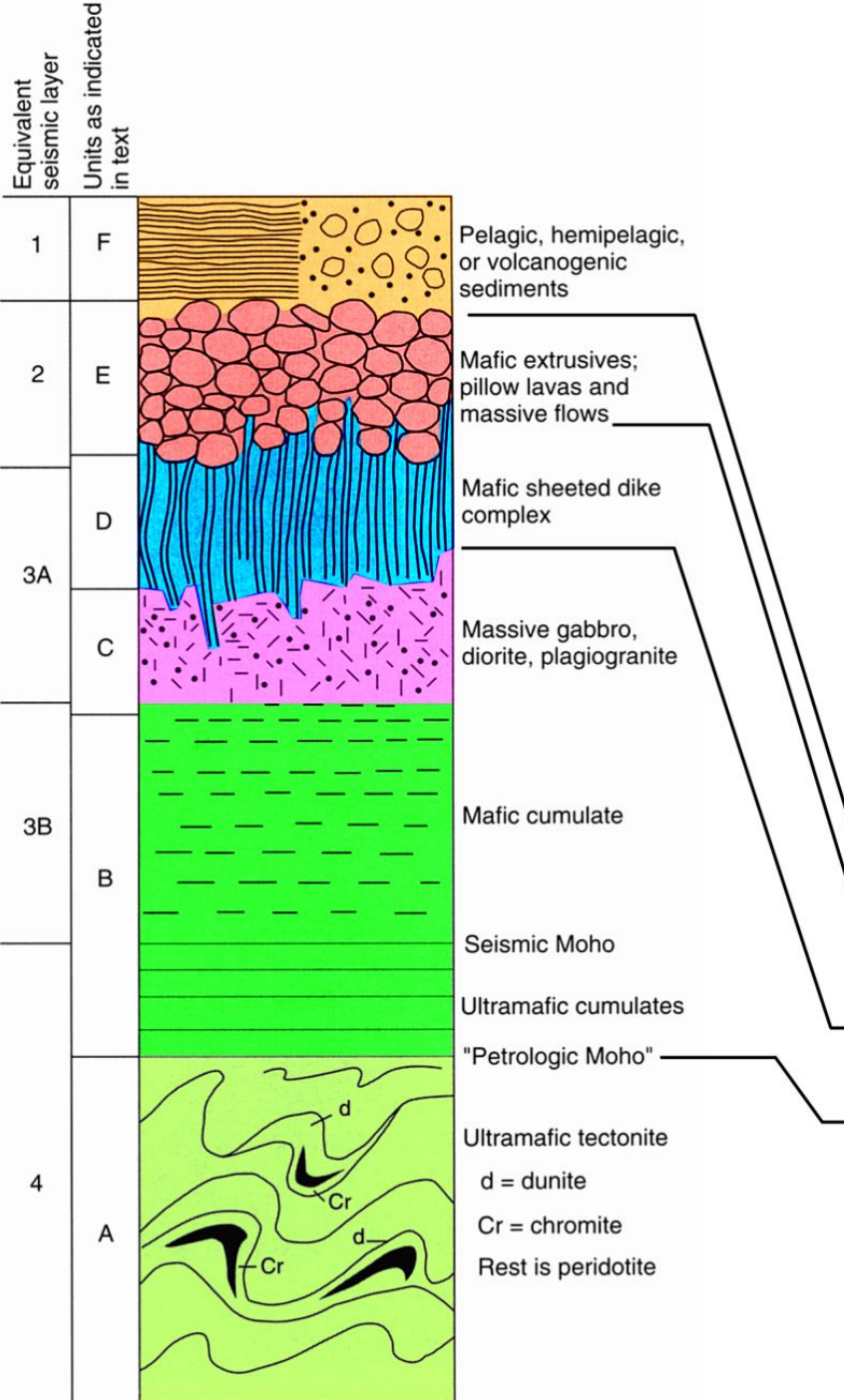
Η ύπαρξη μαγματικού θαλάμου (πλάτος 4 km και βάθος μερικές εκατοντάδες μέτρα) επιβεβαιώνεται μόνο για τις ενδιάμεσες—ή ταχείας—διάνοιξης ράχεις, σε αντίθεση με της αργής—διάνοιξης, που απουσιάζει.

# Sea Floor Spreading



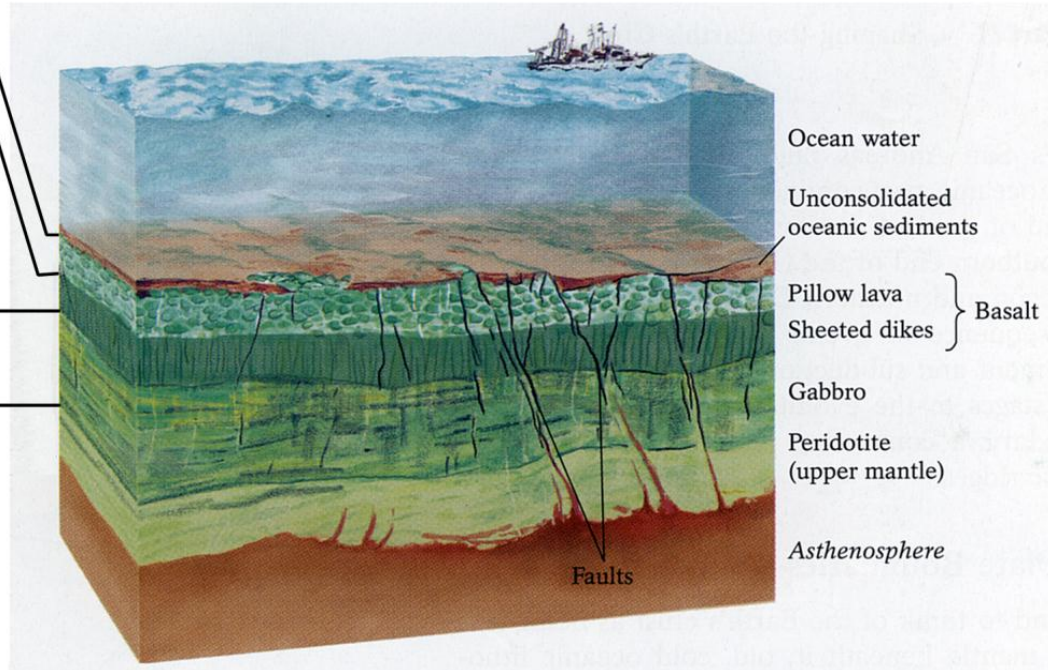
- Μικρό πάχος λιθόσφαιρας ή παντελής έλλειψη στην αξονική περιοχή.
- Αύξηση πάχους εκατέρωθεν της αξονικής περιοχής.
- Φθάνει τα 100 km στην ηλικία των 80 ma.
- Δεκαπλάσια θερμική ροή στην αξονική περιοχή.

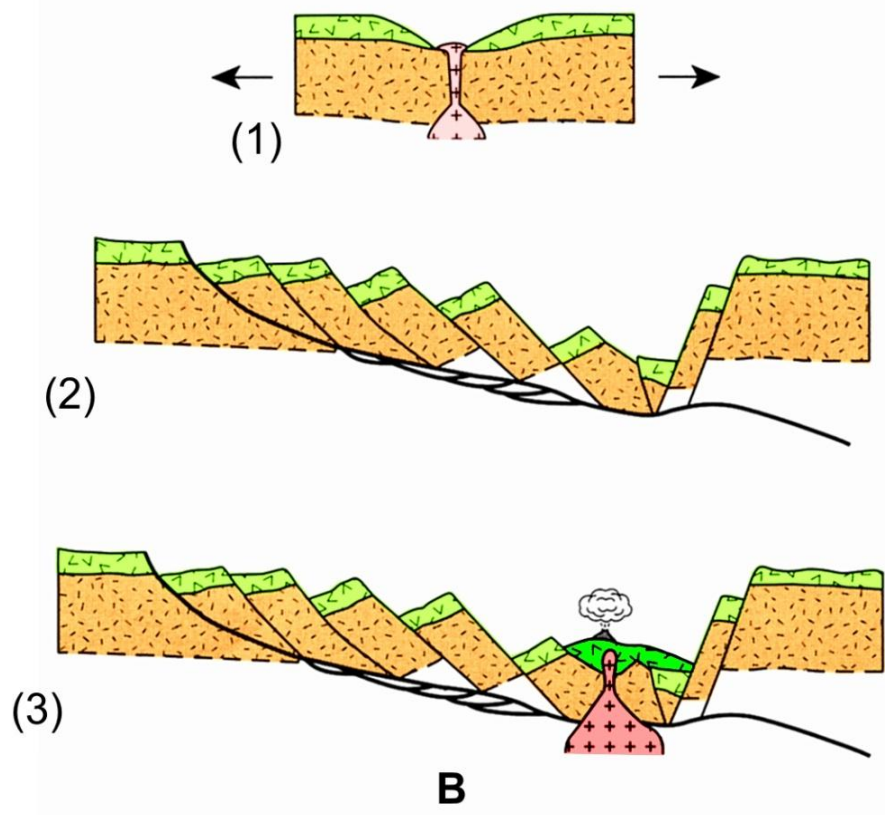
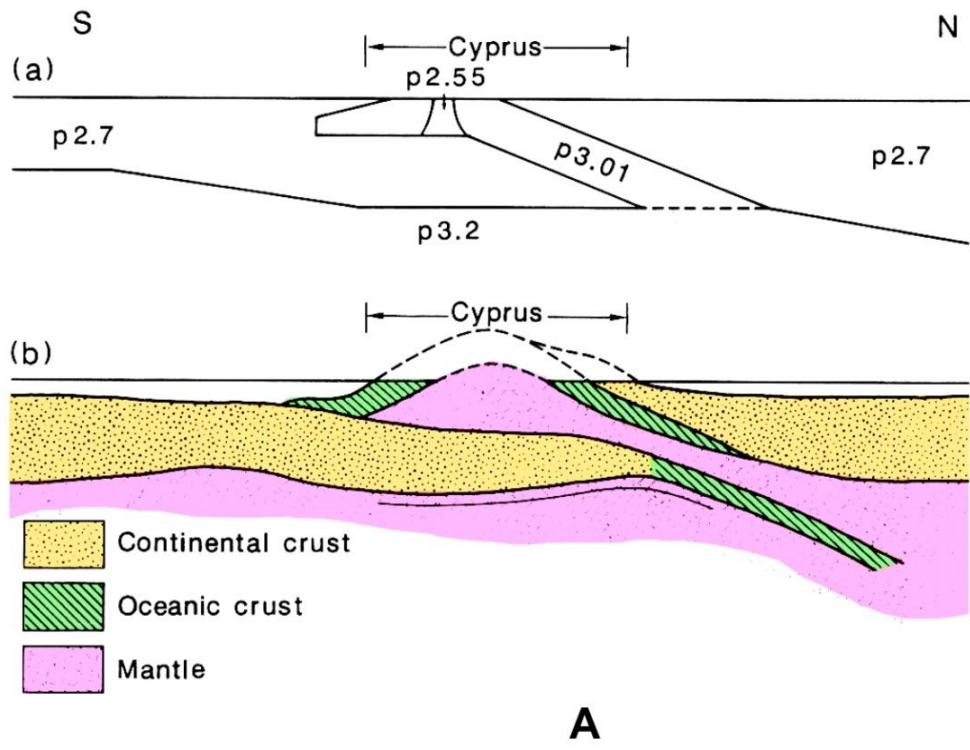
- Η υδροθερμική δραστηριότητα και η απώλεια θερμότητάς από αυτή (που είναι δύσκολο να εκτιμηθεί) δεν υπολογίζεται στην θερμική ροή (ΠΟΥ προσδιορίζει μόνο την αγωγή απώλεια).
- Άρα οι τιμές θερμικής ροής στους πυθμένες των ωκεανών αντιστοιχούν στις ελάχιστες τιμές.



**Τα επιμέρους μέλη που παρουσιάζει μια ιδανική οφιολιθική ακολουθία. Παρατίθεται επίσης και ο συσχετισμός με τα σεισμικά στρώματα.**

**Στη δεξιά εικόνα παρουσιάζεται μια απλοποιημένη τρισδιάστατη απεικόνιση του ωκεάνιου φλοιού και ο συσχετισμός του με την τυπική οφιολιθική ακολουθία.**



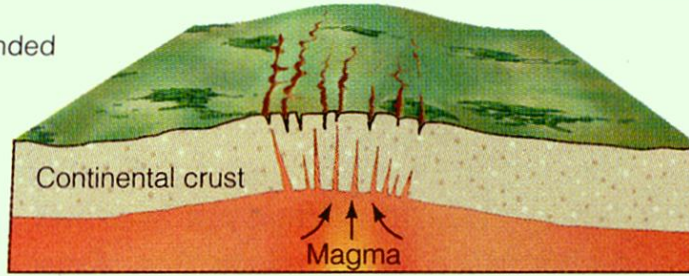


*Η σημερινή γεωτεκτονική τοποθέτηση της Κύπρου (A) και*

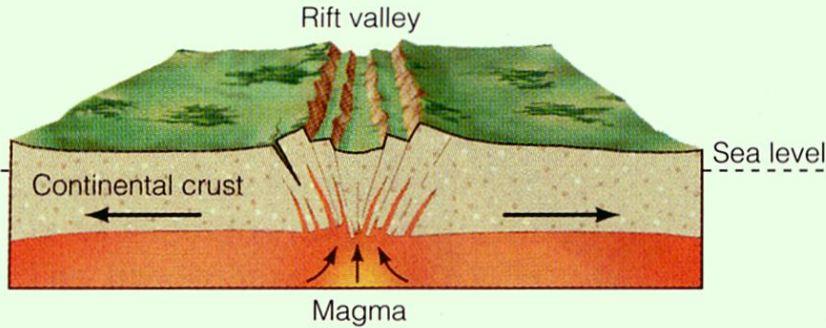
*σχηματική τομή του συστήματος φλεβών και εκχύσεων, ενός τμήματος του οφιολιθικού συμπλέγματος Τρόδος (B), που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της Νήσου. Διακρίνεται η παραμόρφωση με περιστραμμένα ρηξιτεμάχη λόγω λιστρικών ρηγμάτων, που στη βάση περνάνε σε μια περίπου οριζόντια ζώνη διάτμησης, στο όριο θραυσιγενούς-όλκιμης παραμόρφωσης των ωκεανικών πετρωμάτων.*

- (1). Εφελκυσμός και μαγματική δράση.*
- (2). Εφελκυσμός και εκλέπτυνση.*
- (3). Εφελκυσμός και νέα μαγματική δράση.*

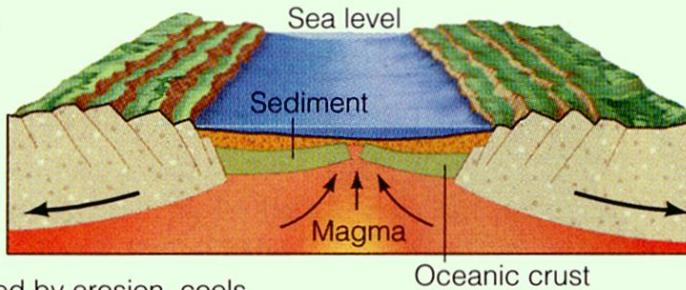
Uplift of a broad area  
Crust heated and expanded  
Example:  
Colorado Plateau



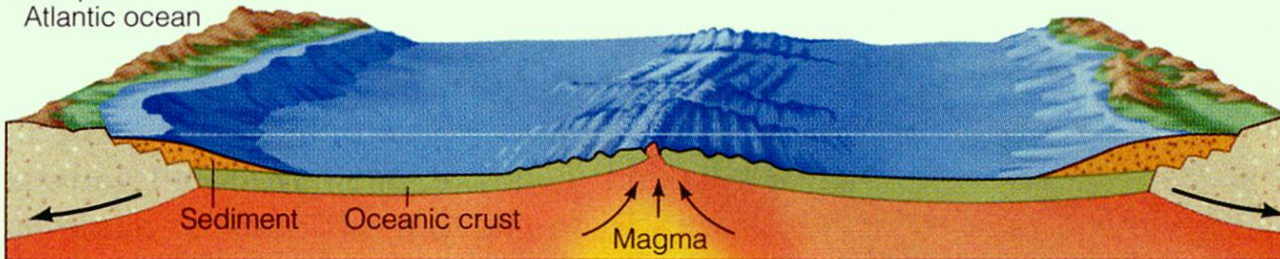
Rift valleys formed  
Example:  
African Rift Valley  
Rio Grande Rift  
Lake Baikal



Oceanic crust and new  
ocean forms  
Erosion reduces height  
of flanking continent  
Example:  
Red Sea



Continental crust, thinned by erosion,  
cools, contracts and sinks beneath the sea  
Example:  
Atlantic ocean



Από την

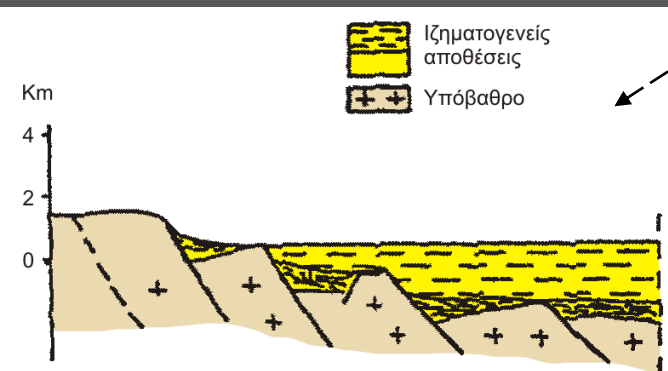
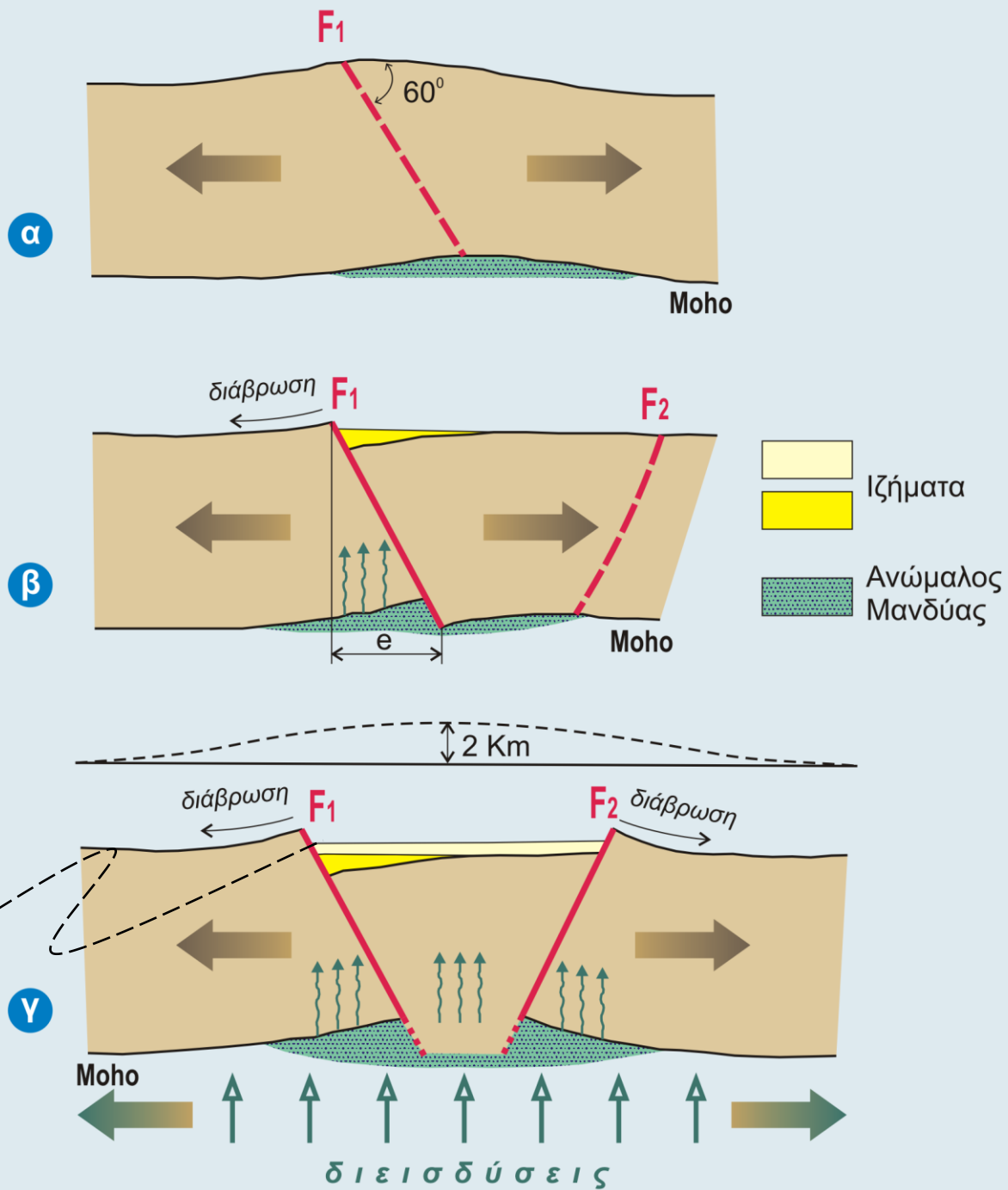
ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗ  
ΤΑΦΡΟΓΕΝΕΣΗ

ΣΤΟΝ

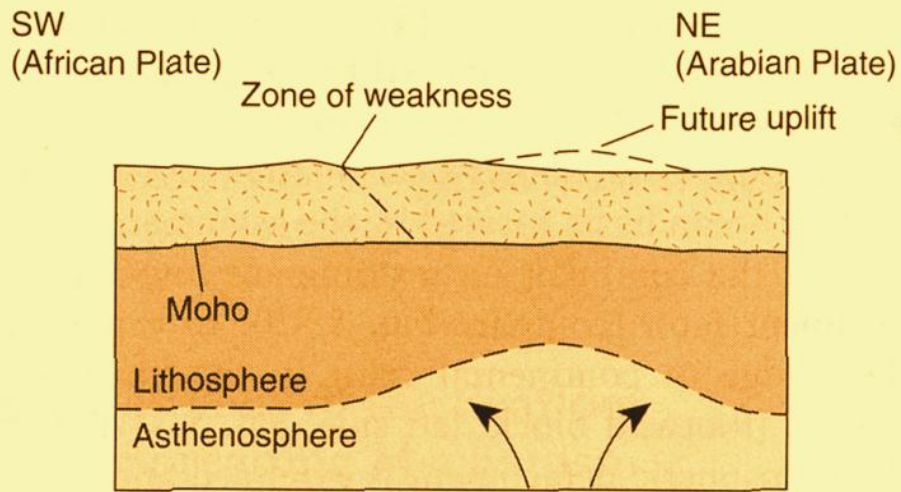
ΩΚΕΑΝΟ

# ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΜΙΑΣ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ

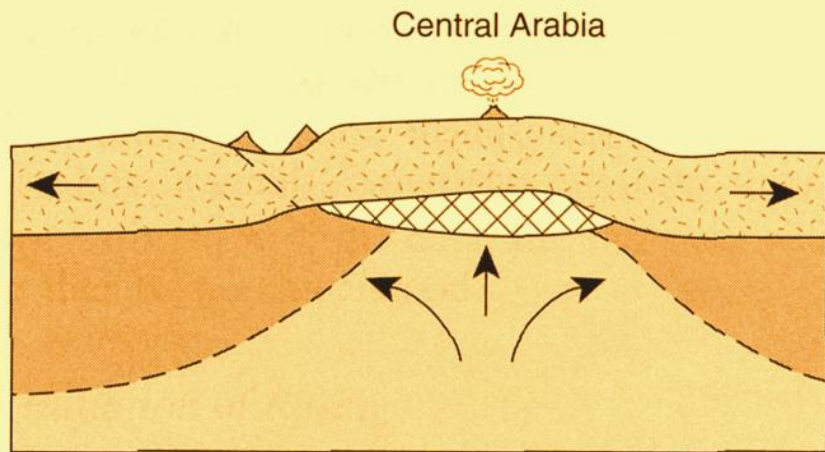
- Εφελκυσμός.
- Κύρτωση, αναθόλωση.
- Ρήγματα // στον άξονα της τάφρου > άλμα από τα συζυγή τους.
- Λέπτυνση φλοιού.
- Συσσώρευση ιζημάτων, ασυμμετρία ιζημάτων.
- Μαγματικές διεισδύσεις μανδουακής προέλευσης.



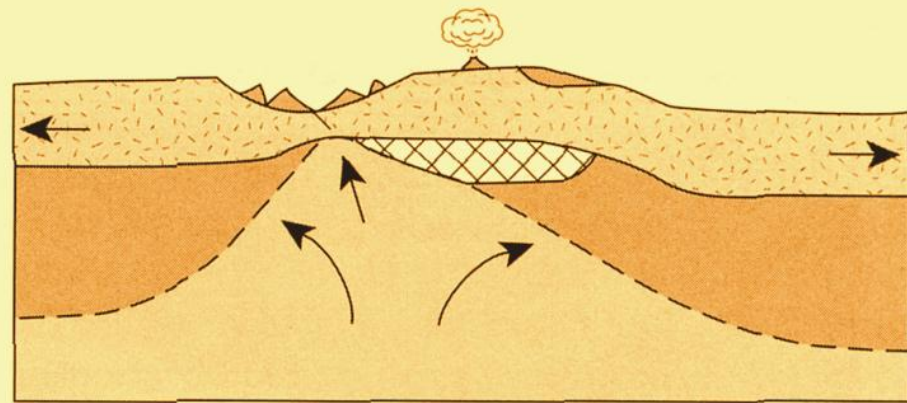




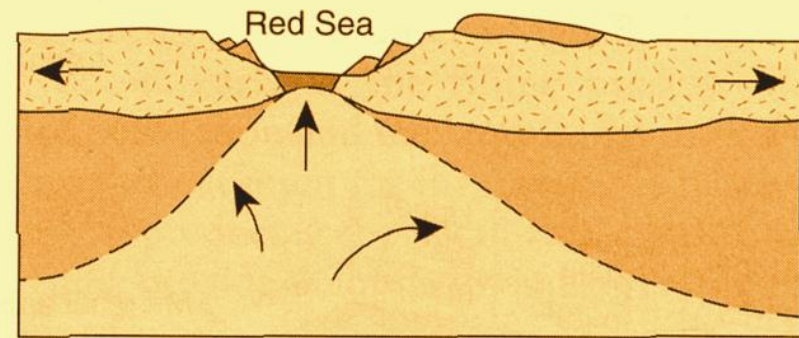
A.



B.



C.



D.

## Μοντέλο για την εξέλιξη της ηφαιστειότητας και της δομής εκατέρωθεν της Ερυθράς Θάλασσας.

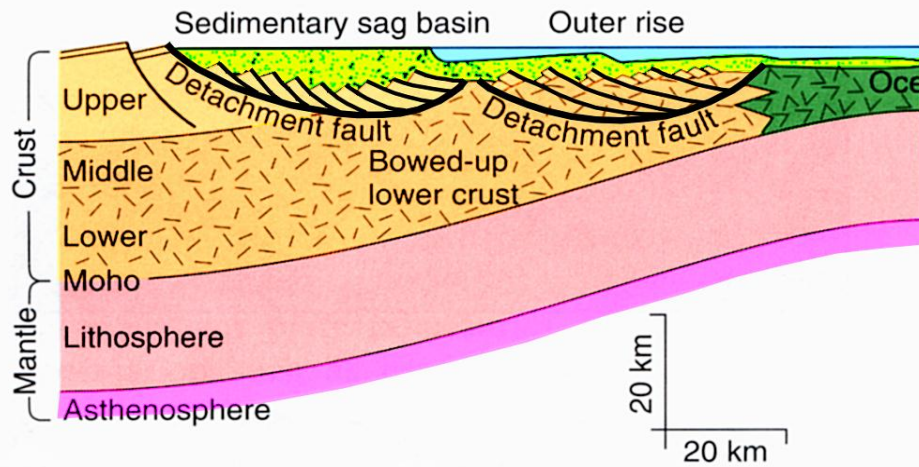
A. Η αναθόλωση του μανδύα κάτω από τον ηπειρωτικό φλοιό πραγματοποιείται ανατολικότερα από την ασθενή ζώνη που θα αποτελέσει το μελλοντικό σπάσιμο.

B. Η τοποθέτηση μάγματος κάτω από το φλοιό προκαλεί αναθόλωση, πάχυνση του φλοιού και επιφανειακή ηφαιστειότητα. Η ταφρογένεση ξεκινά στην ασθενή ζώνη.

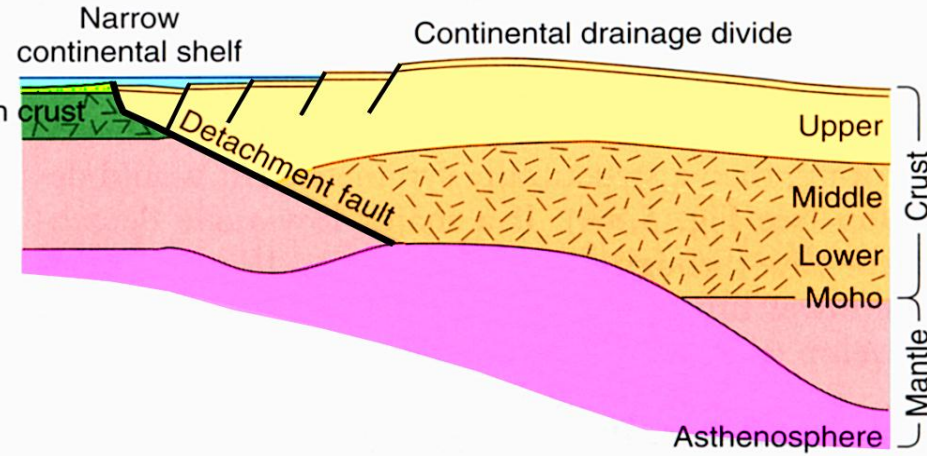
C. Ο ηπειρωτικός φλοιός μεταναστεύει πάνω από την αναθόλωση της ασθενόσφαιρας καθώς η ηφαιστειότητα ελαττώνεται και η διάνοιξη συνεχίζει στην περιοχή της τάφρου.

D. Ωκεάνιος φλοιός σχηματίζεται πάνω από την ασθενόσφαιρα.

**Lower plate margin**



**Upper plate margin**

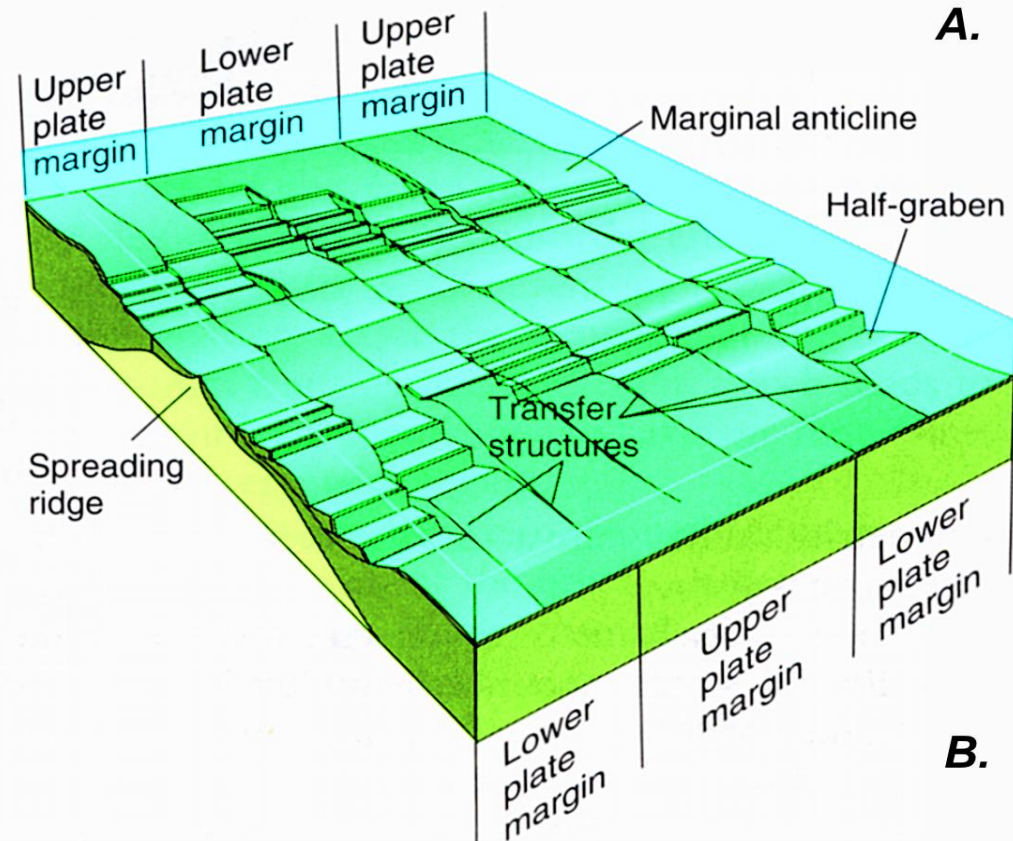


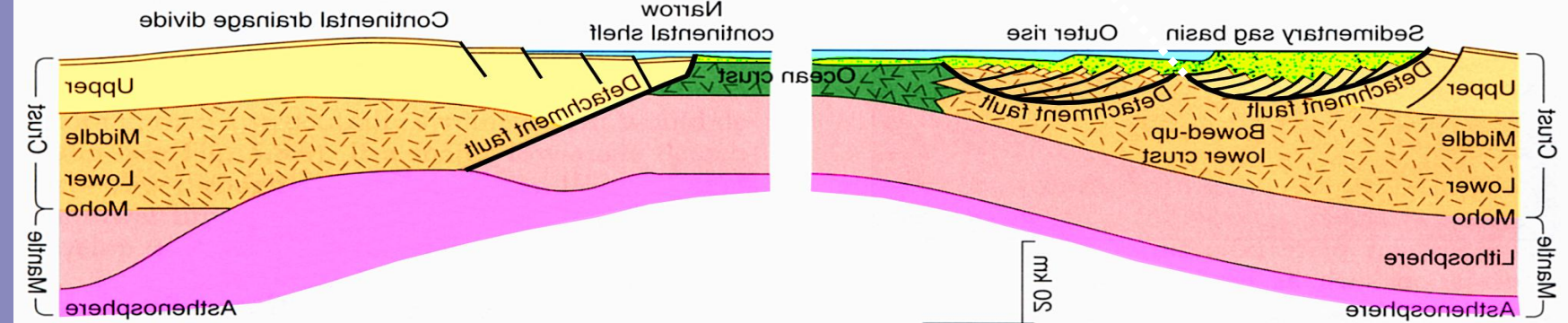
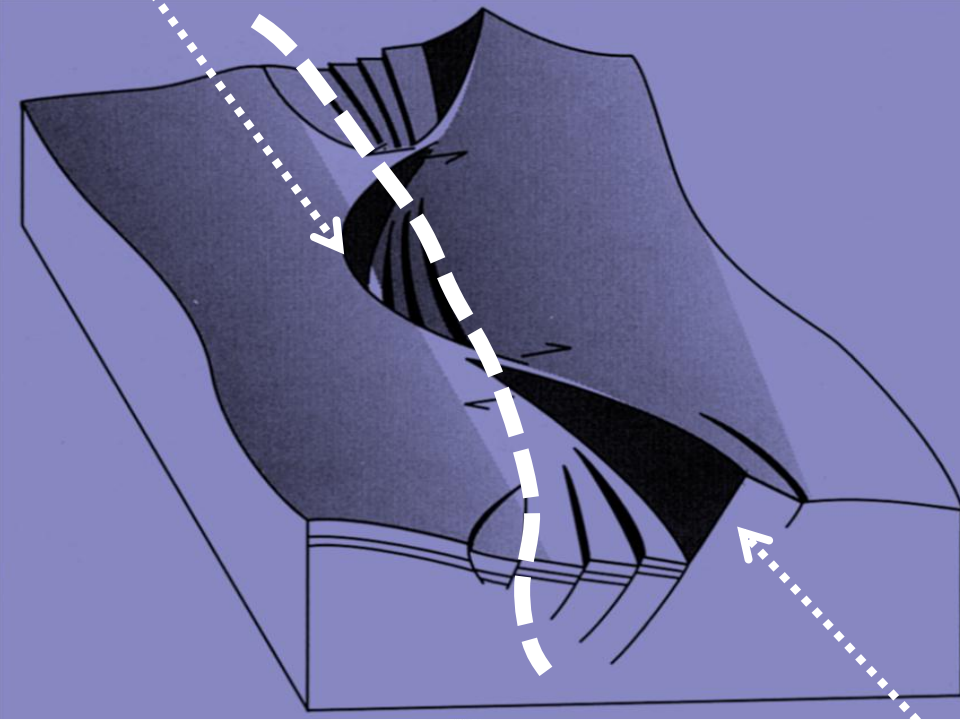
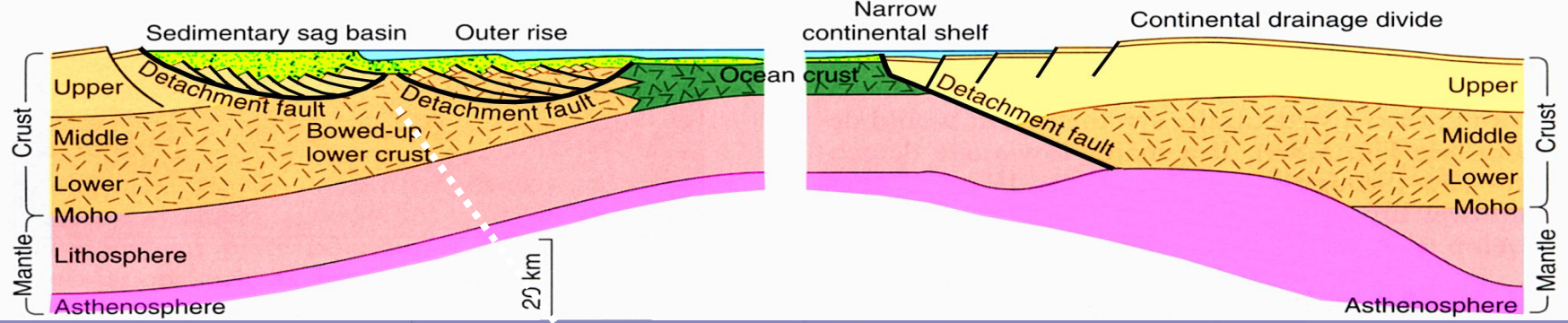
## ΜΟΝΤΕΛΑ ΜΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟΥ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

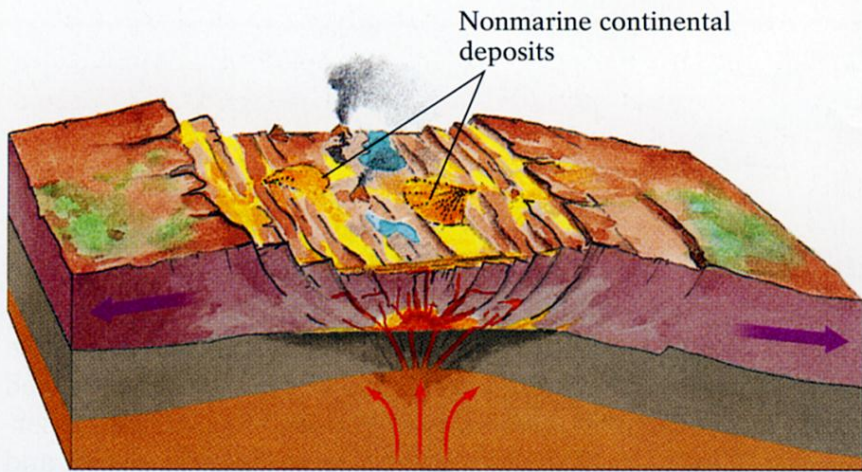
Τα πιθανά χαρακτηριστικά μετάβασης από τον ηπειρωτικό στον ωκεάνιο φλοιό στην περίπτωση που η ταφρογένεση και η διάνοιξη πραγματοποιούνται κατά μήκος μιας μη-συμμετρικής ημι-τάφρου.

A. Σχηματική τομή όπου παρουσιάζεται η δομή των περιθωρίων της ανώτερης και κατώτερης πλάκας.

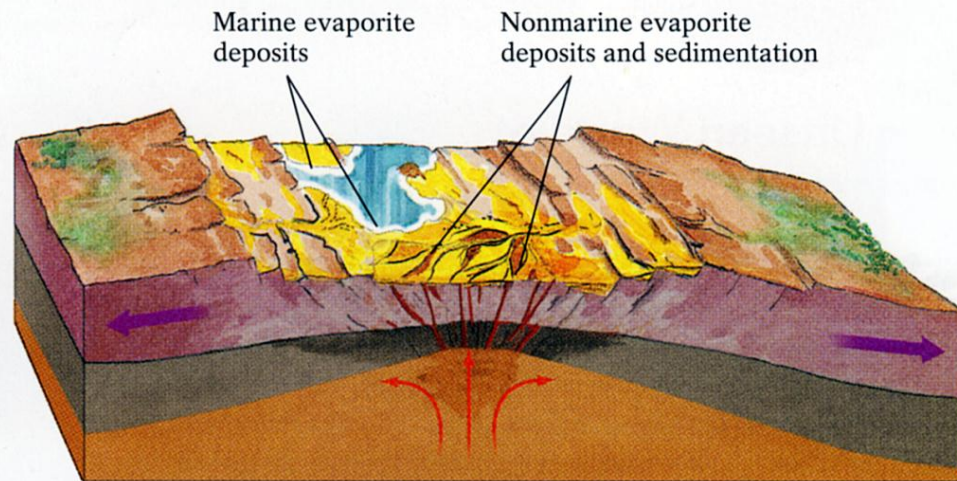
B. Στερεοδιάγραμμα που παρουσιάζει τις εναλλαγές της ασυμμετρίας, που παρατηρούνται κατά μήκος συζυγών διερρηγμένων ηπειρωτικών περιθωρίων (conjugate rifted continental margins), με ζώνες διαφορετικής πολικότητας, που χωρίζονται μεταξύ τους από μεταθετικές δομές (transfer structures).





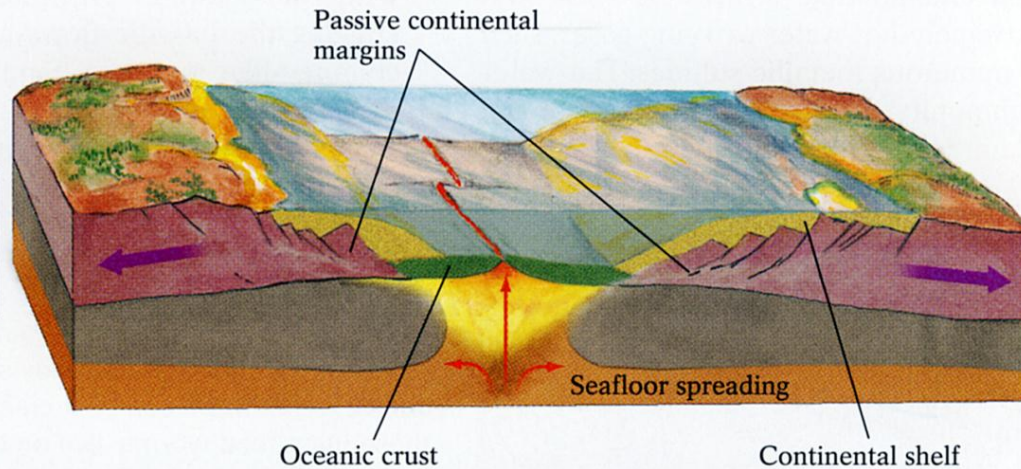


**1** Erosion of steep rift-valley walls causes rapid sedimentation



**2** Rift valley widens; water alternately fills basin and evaporates with changing sea levels

**3** Further widening of rift valley prevents evaporation; continued sedimentation produces continental shelf at passive continental margin



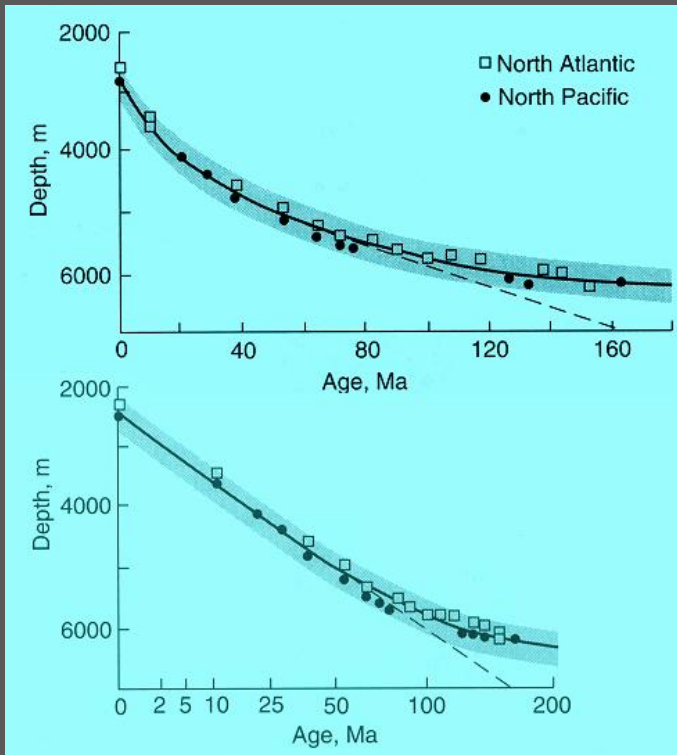
Οι διάφοροι τύποι ιζηματογένεσης, που χαρακτηρίζουν την εξέλιξη των σταθερών ηπειρωτικών περιθωρίων, από το στάδιο της ταφρογένεσης, μέχρι τη διάνοιξη του ωκεανού.

1. Αδρομερή κλαστικά ιζήματα στα περιθώρια της τάφρου και ποτάμια και λιμναία ιζήματα στην αξονική περιοχή.
2. Είσοδος του θαλάσσιου νερού, δημιουργία κλειστών θαλασσών, ιζηματογένεση εβαποριτών.
3. Δημιουργία μιας παχιάς ακολουθίας από ιζήματα κρηπίδας, κλιτύων και ρηχής θάλασσας, στα παθητικά περιθώρια.

# ΨΥΞΗ ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΑΣ

## ΩΚΕΑΝΙΚΗ

- Ψύξη → αύξηση πυκνότητας → καταβύθιση.
- Ελάττωση θερμικής ροής από ράχη σε περιθώριο.
- Ιζήματα + νερό.
- Ρυθμός ωκεανικής διάνοιξης και υπολογισμός ηλικίας από το βάθος.

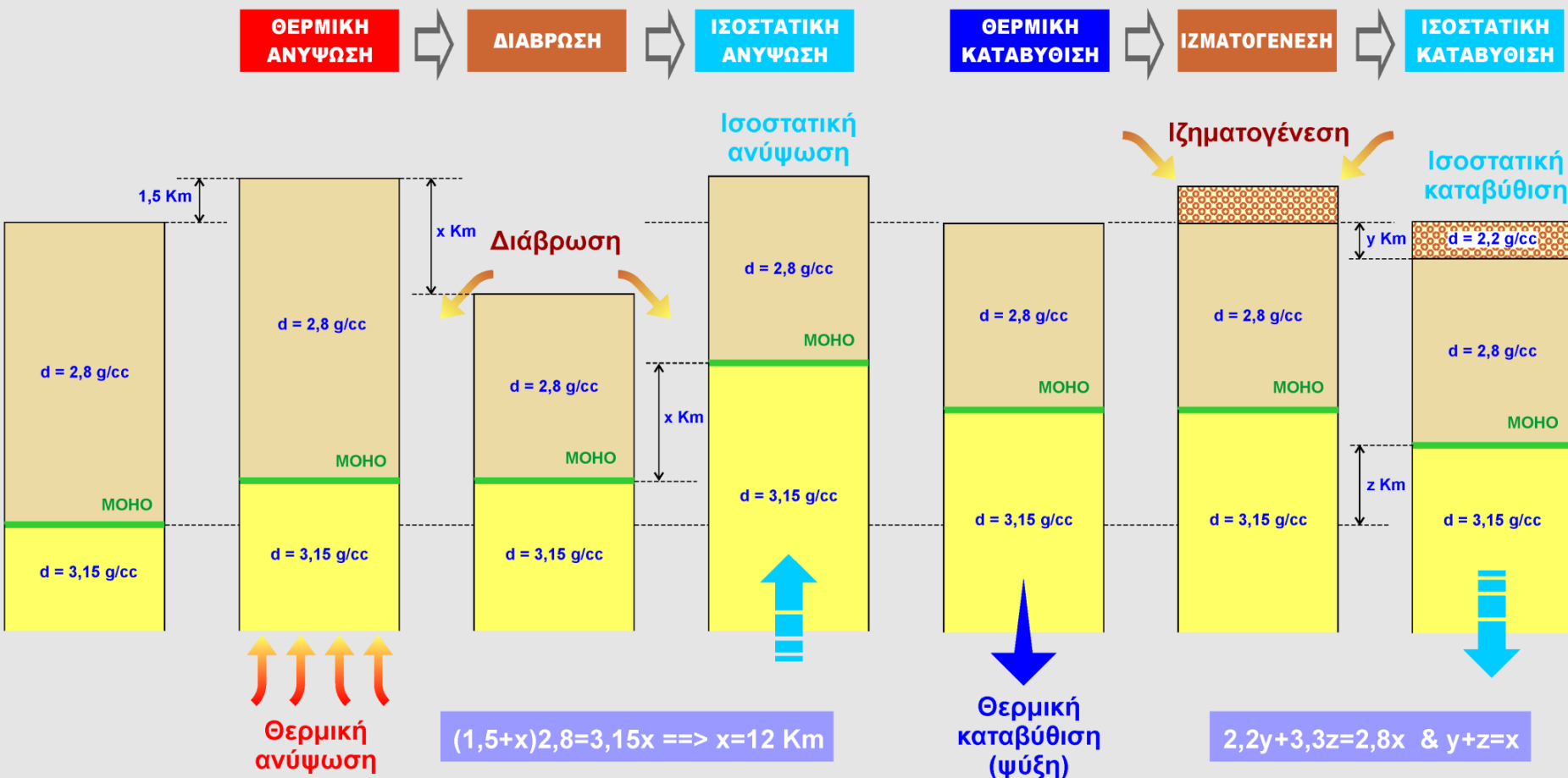


## ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗ

- Διαφορετικοί μηχανισμοί σε σχέση με ωκεανική.
- Ψύξη όταν η τάφρος παύει να είναι ενεργή (δεν δίνει ωκεανό).
- Ψύξη λόγω μετανάστευσης όταν δημιουργείται ωκεανός.
- Καταβύθιση λόγω ψύξης (κυρίως κρηπίδα & ενδοκρατονικές λεκάνες) αλλά και λόγω τεκτονισμού (τάφρος).
- Σχέση ρυθμού καταβύθισης και πάχους ιζημάτων στις κρηπίδες.
- Θερμική καταβύθιση ηπειρωτικής λιθόσφαιρας  $\approx$  με αυτή της ωκεανικής.

$$d(\text{βάθος}) = a * \sqrt{t(\text{ηλικία})}$$

# ΔΙΑΒΡΩΣΗ & ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗ ΣΤΙΣ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΕΣ ΤΑΦΡΟΥΣ



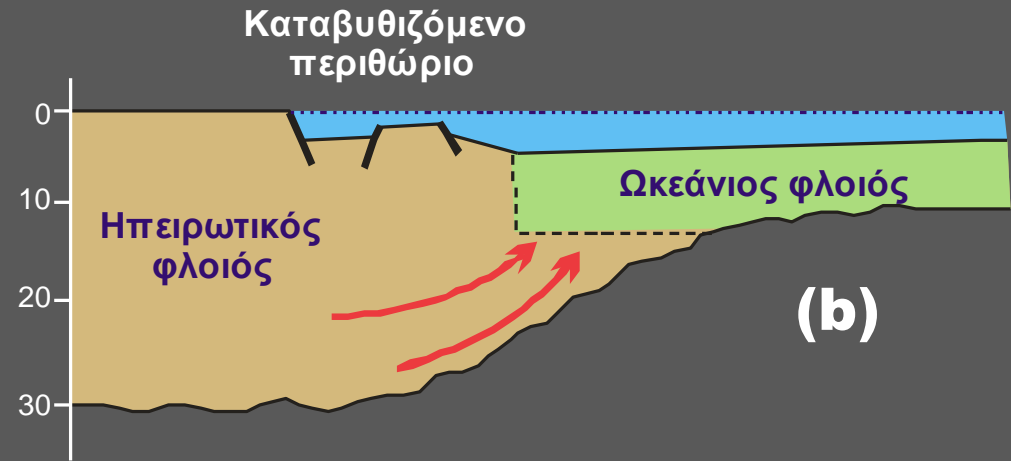
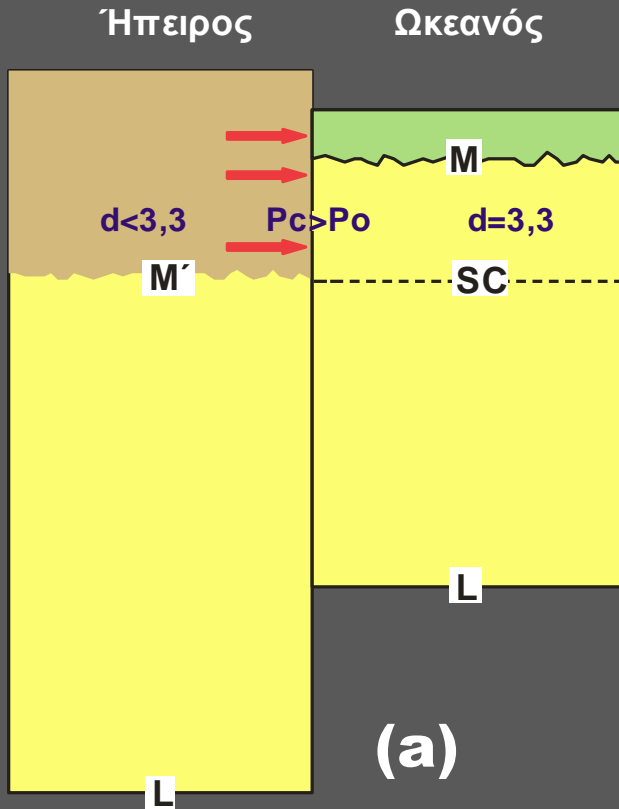
- Η διάβρωση αφορά τις τάφρους και όχι τις ωκεάνιες ράχεις που είναι κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Διάβρωση της τάξης των 12 Km ισχύει για ολική καταστροφή αναγλύφου.
- Συνήθως είναι αρκετά μικρότερη (π.χ. για την τάφρο του Ρήνου, που άρχισε από το τέλος του Κρητιδικού, είναι γύρω στα 5 Km).

- Αν  $x=12 \text{ Km}$ , τότε  $y=5,5 \text{ Km}$ . Αν  $x=5 \text{ Km}$ ,  $y=2,25 \text{ Km}$ .
- Εφαρμογή σε κρηπίδες (αύξηση πάχους ιζημάτων προς τα έξω) και ενδοκρατονικές λεκάνες (αύξηση πάχους ιζημάτων προς τα έσω).
- Συνολικά όλα τα φαινόμενα αυτά δίνουν καταβυθίσεις της τάξης των 2-3 Km, που δεν δικαιολογούν το >> πάχος των ιζημάτων. Άρα και άλλα γεωδυναμικά φαινόμενα λαμβάνουν χώρα στα περιθώρια.

# Η ΕΚΛΕΠΤΥΝΣΗ ΤΟΥ ΦΛΟΙΟΥ ΣΤΑ ΣΤΑΘΕΡΑ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΑ ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ

Καταβύθιση περθωρίων ως αποτέλεσμα ισοστατικών φαινομένων – Η φύση του ενδιάμεσου φλοιού – Η μαγνητικά ήρεμη ζώνη Z.M.C. – Η ερμηνεία με βάση μικρό πάχος ηπειρωτικού φλοιού – Προοδευτική εκλέπτυνση από την ήπειρο προς τον ωκεανό .

## Η υπόθεση της ροής του φλοιού



$M, M' = \text{Μοχο}, d = \text{πυκνότητα σε gr/cm}^3$

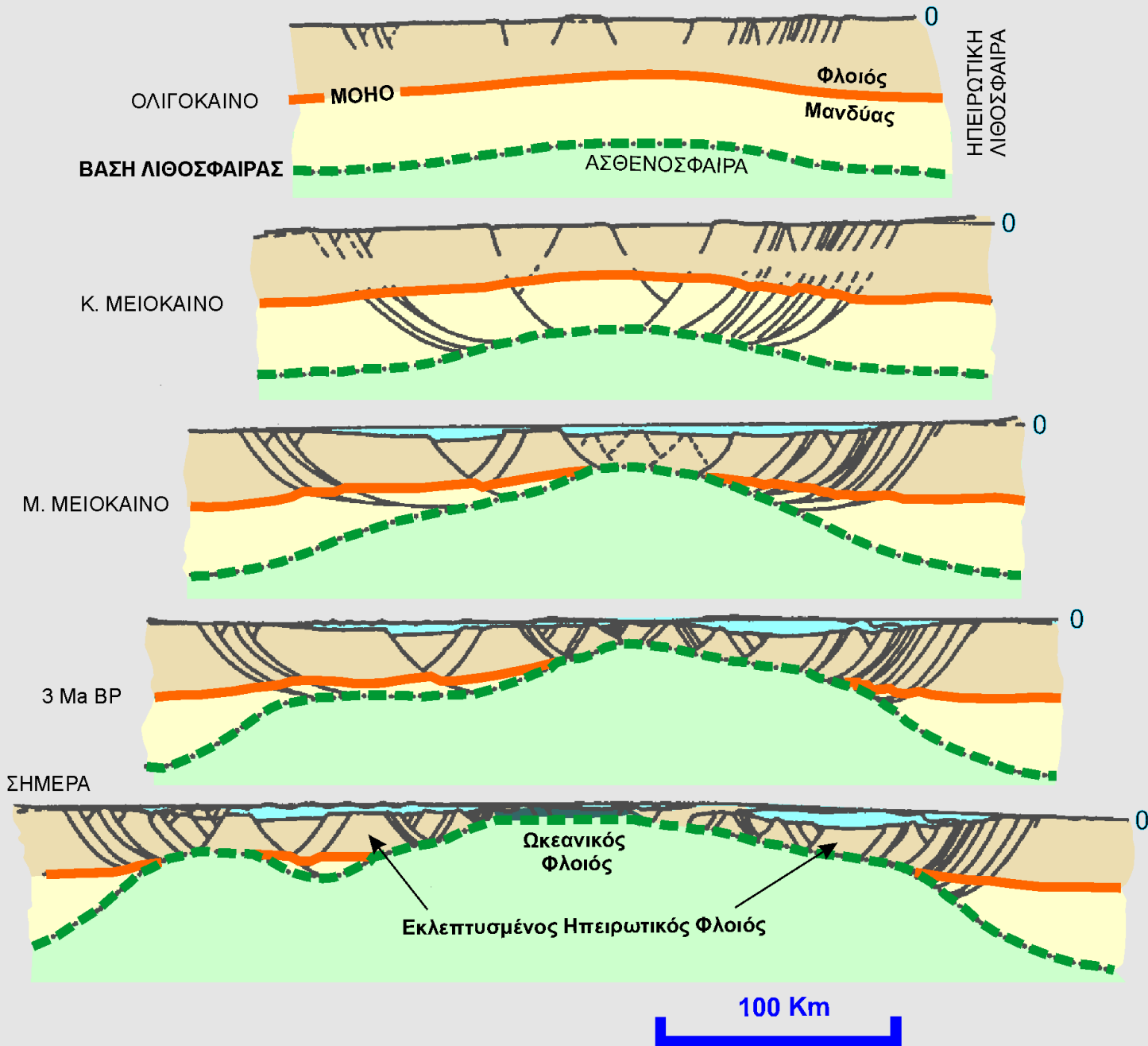
$SC = \text{επιφάνεια ίσων πιέσεων}$

Η ανύψωση της θερμοκρασίας της λιθόσφαιρας και η διαφορά των πιέσεων προκαλούν ροή του κατώτερου τμήματος του ηπειρωτικού φλοιού από τις περιοχές των υψηλών πιέσεων προς τις περιοχές των χαμηλών, δηλαδή προς την ωκεανική λιθόσφαιρα – Μηχανισμός “HOT CREEP” → ανύψωση Μοχο, εφελκυσμός, ταφροποίηση, εκλέπτυνση φλοιού.

Μέχρι στιγμής το πρότυπο αυτό παραμένει θεωρητικό, δεδομένου ότι δεν έχει αποδειχθεί με καμμία μεθοδολογία.

ΕΡΥΘΡΕΑ

ΣΑΟΥΔΙΚΗ ΑΡΑΒΙΑ



**ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ  
(ΚΑΝΟΝΙΚΑ  
ΡΗΓΜΑΤΑ)**

**ΚΑΙ**

**ΕΚΛΕΠΤΥΝΣΗ**

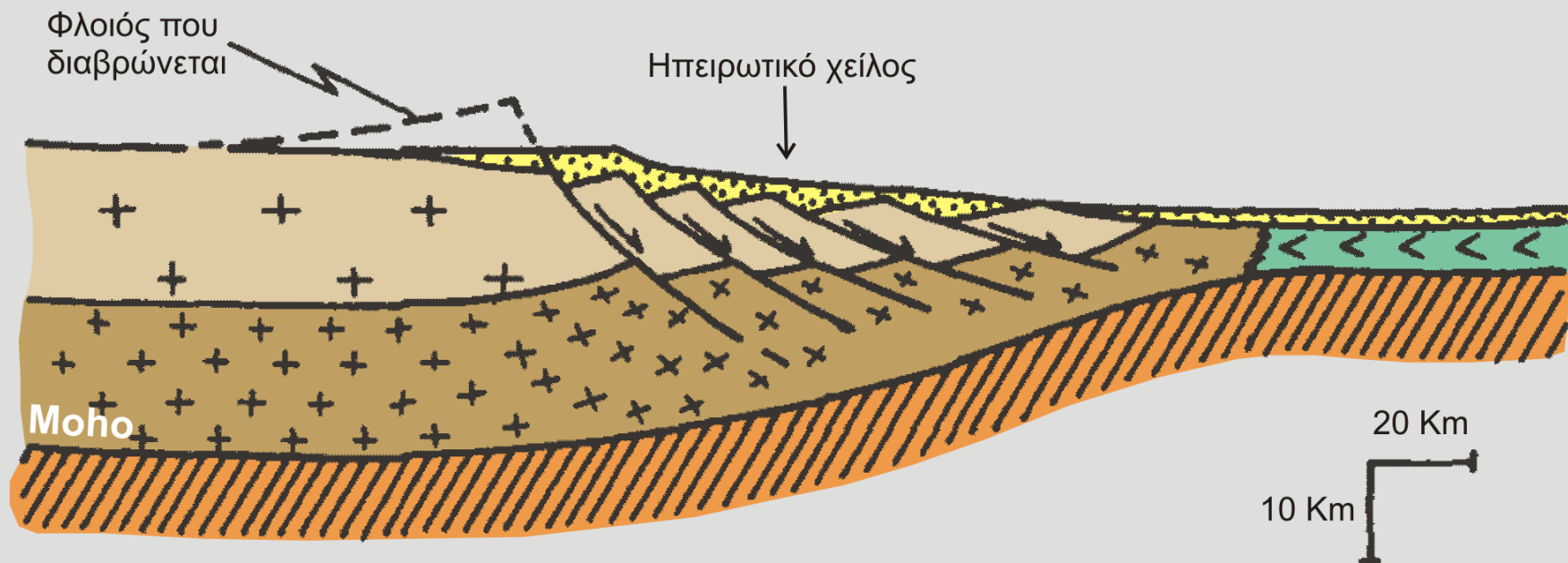
**ΤΟΥ ΦΛΟΙΟΥ**

**ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ  
ΤΗΣ ΕΡΥΘΡΑΣ  
ΘΑΛΑΣΣΑΣ**



# ΠΡΟΤΥΠΟ ΛΕΠΤΥΝΣΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΩΡΙΟΥ ΑΠΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ

(1) Ιζήματα, (2) Ανώτερος ηπειρωτικός φλοιός, (3) Κατώτερος ηπειρωτικός φλοιός, (4) Μανδύας, (5) Ωκεάνιος φλοιός



- Συγγένεια ενδιάμεσου φλοιού με ωκεάνιο λόγω διείσδυσης βασαλτικών μαγμάτων από εφελκυσμό.
- Συγγένεια με το βαθύ ηπειρωτικό αφού λόγω εφελκυσμού πλησιάζουν στην επιφάνεια τα βαθύτερα στρώματα του φλοιού (γρανουλιτική φάση).
- Αντιστοιχία γρανουλιτικού υποβάθρου & οφιολίθων.



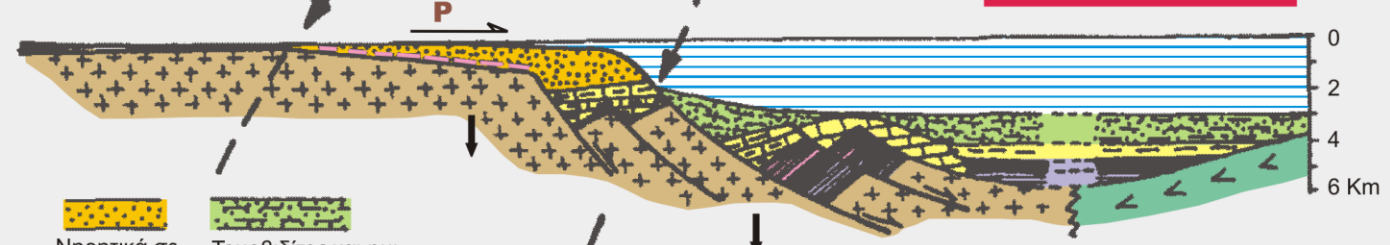
Εβαπορίτες  
Παλαιά ηφαιστειοζηματογενή

**Στάδιο  
ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ**



Βιοκλαστικά & Πελαγικά

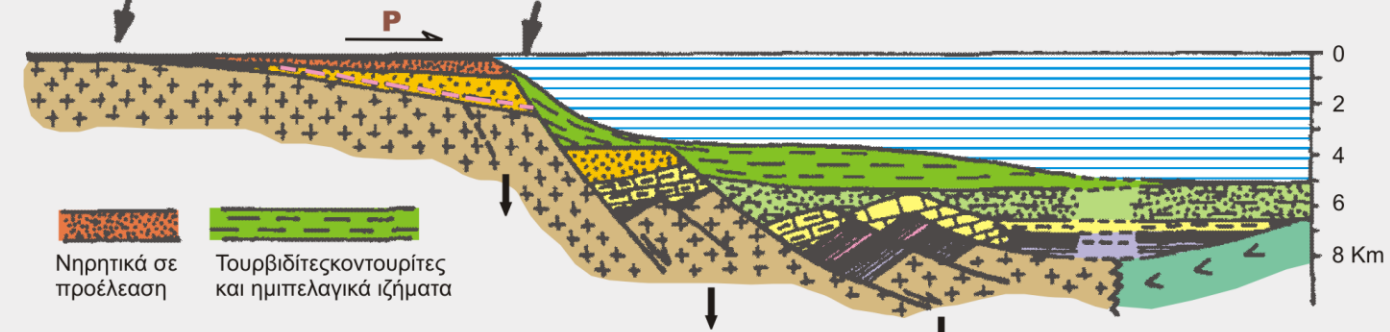
**Στάδιο  
ΕΡΥΘΡΑΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ**



Νηρητικά σε προέλεση  
Τουρβιδίτες και ημι-πελαγικά ιζήματα

Εβαπορίτες

**Στάδιο  
ΣΤΕΝΟΥ ΩΚΕΑΝΟΥ**



Νηρητικά σε προέλεση  
Τουρβιδίτες κοντουριτές και ημιπελαγικά ιζήματα

**Στάδιο  
ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΥ ΩΚΕΑΝΟΥ**

**P:** Ροή κλαστικών **Π:** Παράκτιο **H:** Ηπειρωτική κατωφέρεια

- Το υλικό της διάβρωσης εκτός τάφρου.
- Ποτάμια & λιμναία ιζήματα, εβαπορίτες ή αβαθή θαλάσσια.
- Ηφαιστειοζηματογενείς ακολουθίες στρωμάτων.
- Πάχος ιζημάτων Km.
- Τάφρος κλειστή → διατήρηση οργανικού υλικού → πετρέλαια.

- Δημιουργία στενής ζώνης ωκεανικού φλοιού. Κατάκλιση από θάλασσα (κλειστή).
- Το υλικό της διάβρωσης εκτός τάφρου (π.χ. Νείλος).
- Δημιουργία κρηπίδας (υφαλώδεις ασβεστ.).
- Σαπροπηλοί, μαύρη υλή → πετρέλαια.
- Αυξημένη αλατότητα – εβαπορίτες.
- Τουρβιδίτες και διαπυρισμός → αποθηκευτικά στρώματα πετρελαίου.
- Ηφαιστειότητα → κοιτάσματα.

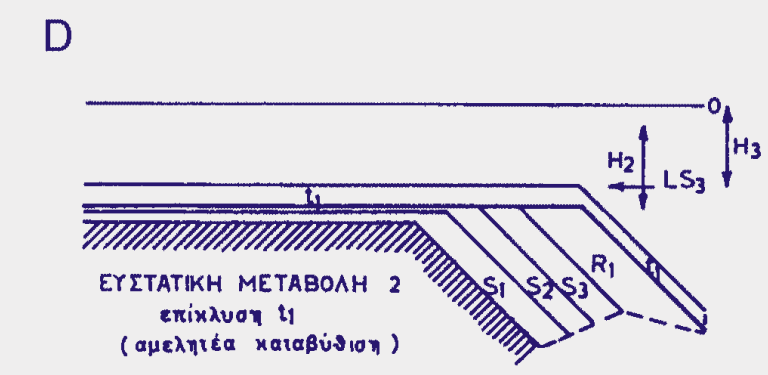
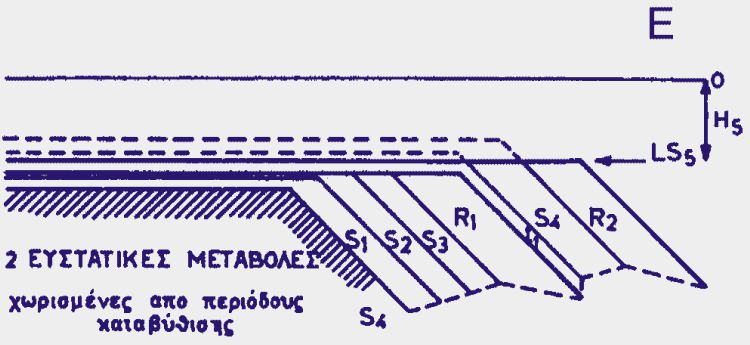
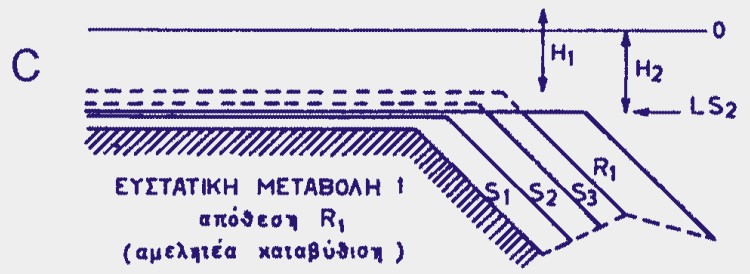
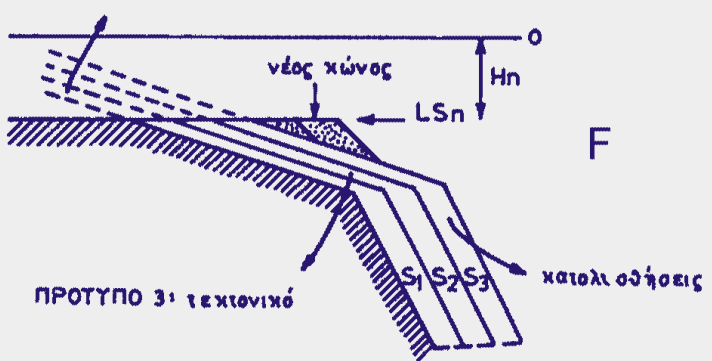
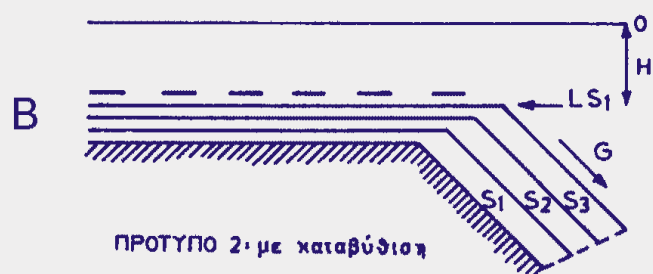
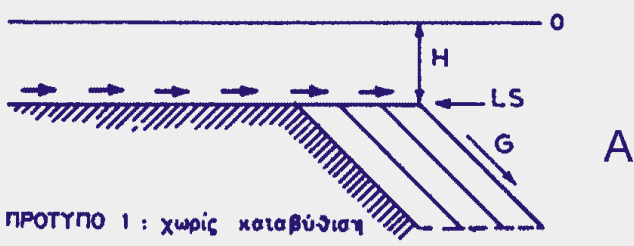
- Συσσώρευση κλαστικού υλικού στη λεκάνη. Τουρβιδίτες και πελεγικά στα βαθύτερα.
- Μικρότερο πετρελαιογενετικό δυναμικό.
- Εβαπορίτες από την επίκλιση των σκελών της τάφρου.
- Διάβρωση κρηπίδας (υφάλων), οπισθοχώρηση ηπειρωτικής κατωφέρειας.
- Εξαιρέση δυτικά περιθώρια Ατλαντικού (οικονομική σημασία για τα πετρέλαια).
- Ιζηματογενετικός ρόλος ηπειρωτικής κατωφέρειας (ζώνη διαμετακόμισης – τουρβιδίτες, μέτωπο προώθησης κρηπίδας, πελαγική ιζηματογένεση – στρώματα συμπυκνώσεως, ζώνη διάβρωσης).

- Άνοικτος ωκεανός, κυκλοφορία νερού, αλλαγή συνθηκών ιζηματογένεσης.
- Καταστροφή οργανικού υλικού.
- Τουρβιδίτες & ρεύματα βόθους, περιοχές με μικρή συσσώρευση ιζημάτων και άλλες με μεγάλη (ηπειρωτικά χείλη – κοντουριτές).
- Επίκλίσεις και αποσύρσεις στην κρηπίδα, ευστατικές ή από γρήγορη διάνοιξη).

**ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ**

# ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΡΗΠΙΔΑΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ

- Βάθη συνήθως στα 180 m (120-130 m, 500 m).
- Στενές κρηπίδες → Στάδιο τάφρου ή Ε. Θάλασσας.
- Πλατιές → Στάδιο στενού ωκεανού ή Ατλαντικού,
- Νηρητικά ιζήματα (βιοκλαστικά, ασβεστόλιθοι, διάτομα, πηλίτες, μάργκες, άμμοι ...)

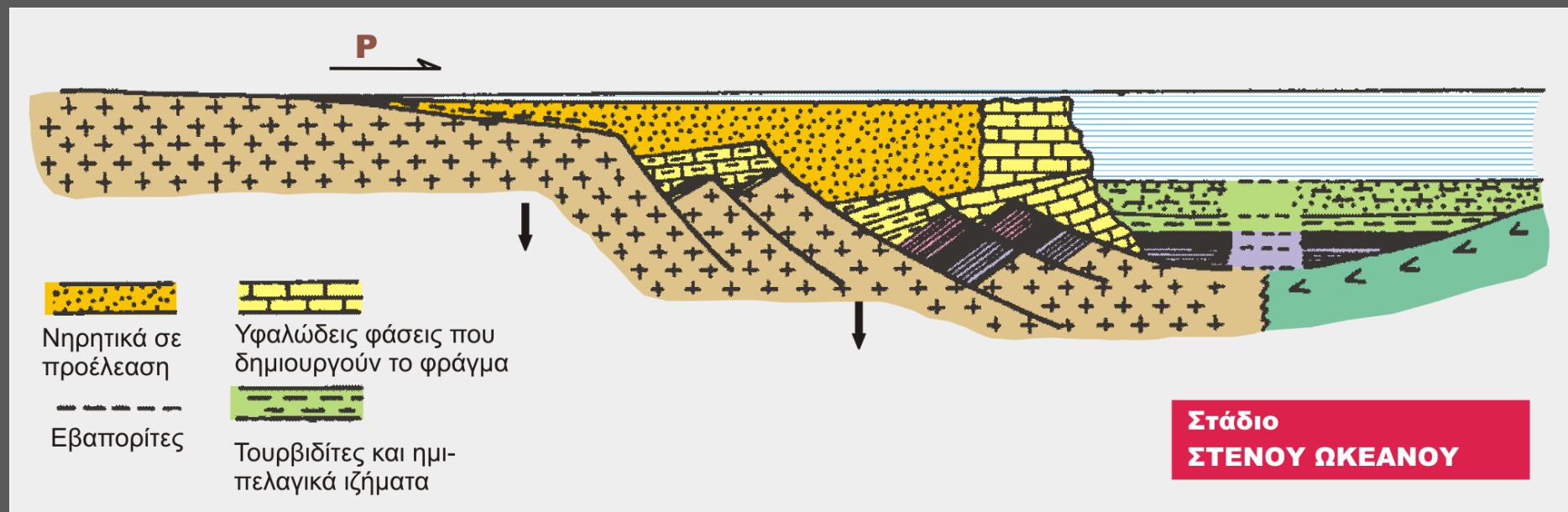
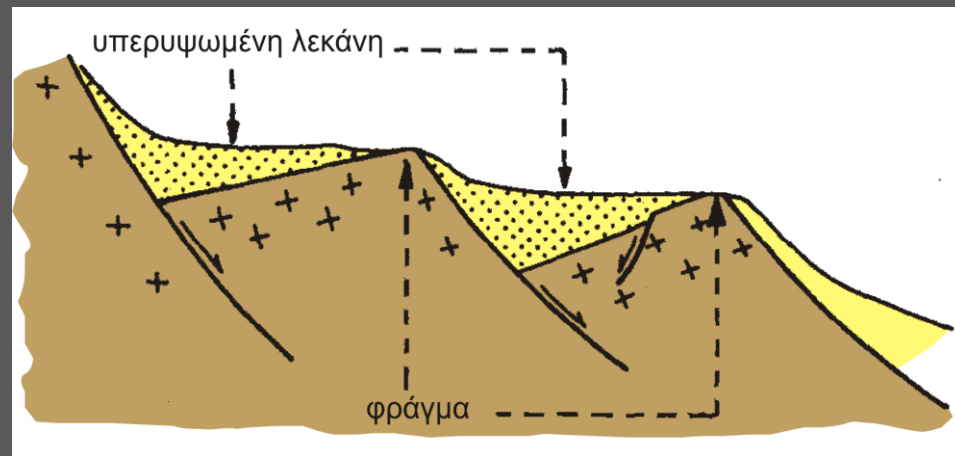
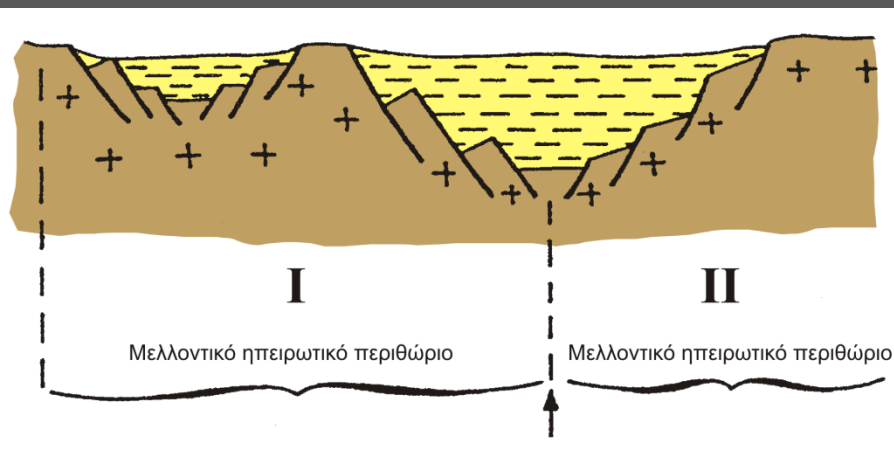


## Η ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΡΗΠΙΔΑΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑ ΑΠΟ:

- Το βάθος σταθερότητας των τεμαχιδίων.
- Τις ευστατικές μεταβολές στάθμης θάλασσας.
- Τις τεκτονικές κινήσεις.
- Την ποσότητα των προσφερόμενων ιζημάτων.

- Ανάδυση κρηπίδας – Λιθοποίηση ιζημάτων.
- Νέα και καταβυθιζόμενα περιθώρια ή παλιά περιθώρια που επαναβυθίζονται από τεκτονική → κρηπίδα από σύγχρονη ιζηματογένεση (σχήμα B).
- Παλαιά περιθώρια που η καταβύθιση έχει σταματήσει → διάβρωση κρηπίδας (σχήμα A).

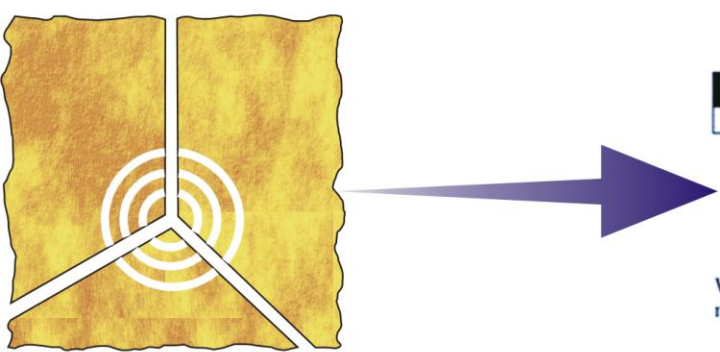
# ΕΞΕΛΙΞΗ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗΣ ΚΑΤΩΦΕΡΙΑΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ



Υποθαλάσσια Canyons

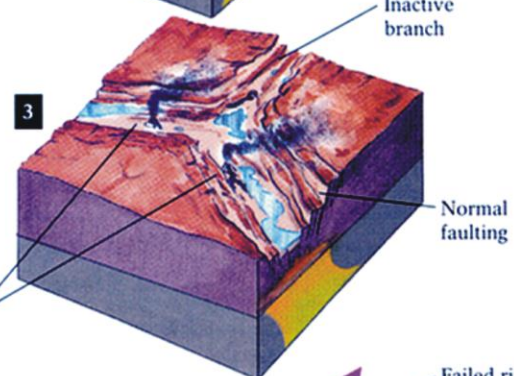
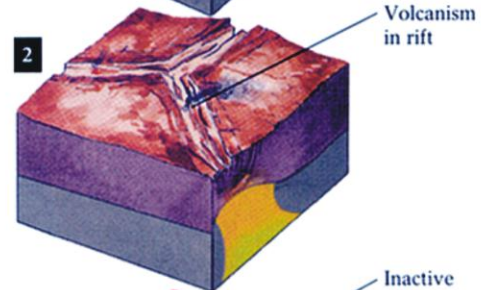
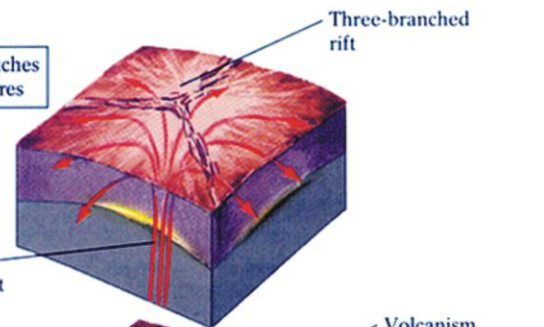
Περιθωριακά Plateaux

Φράγματα



1 Crust stretches and fractures

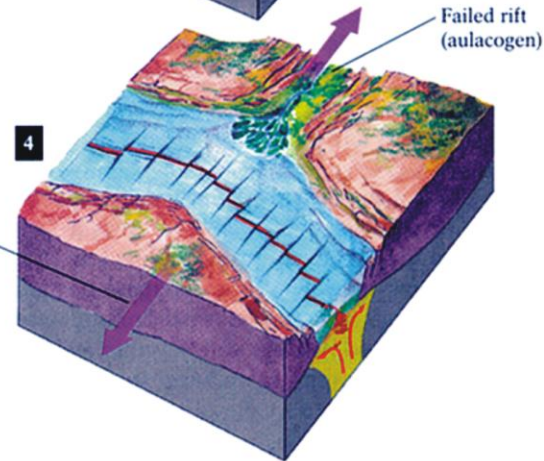
Warm, rising mantle current



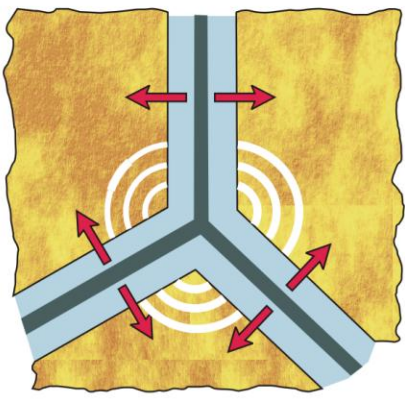
Active rift branches

Normal faulting

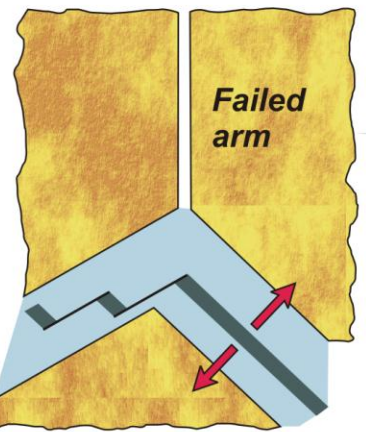
Failed rift (aulacogen)



A.



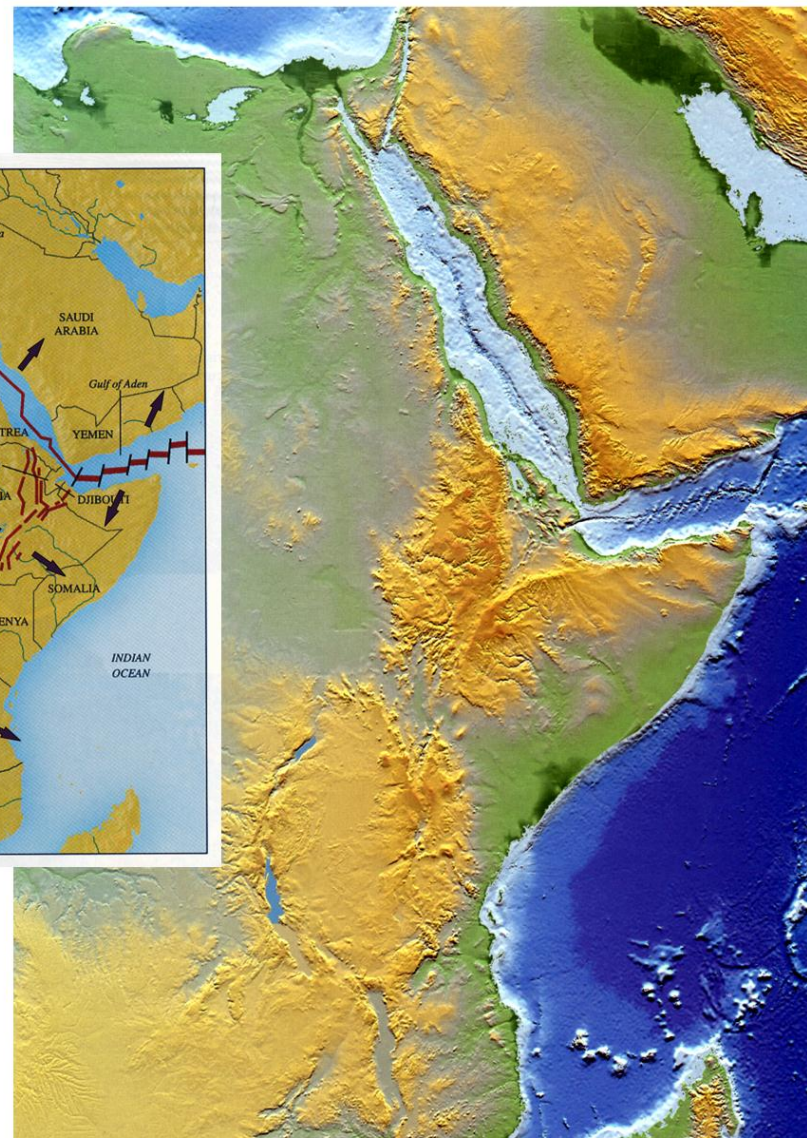
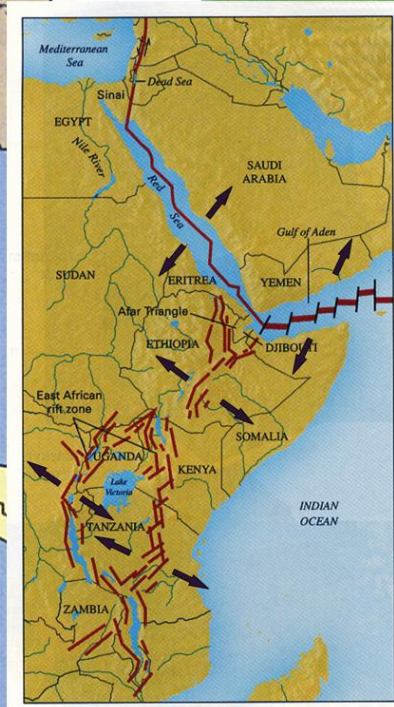
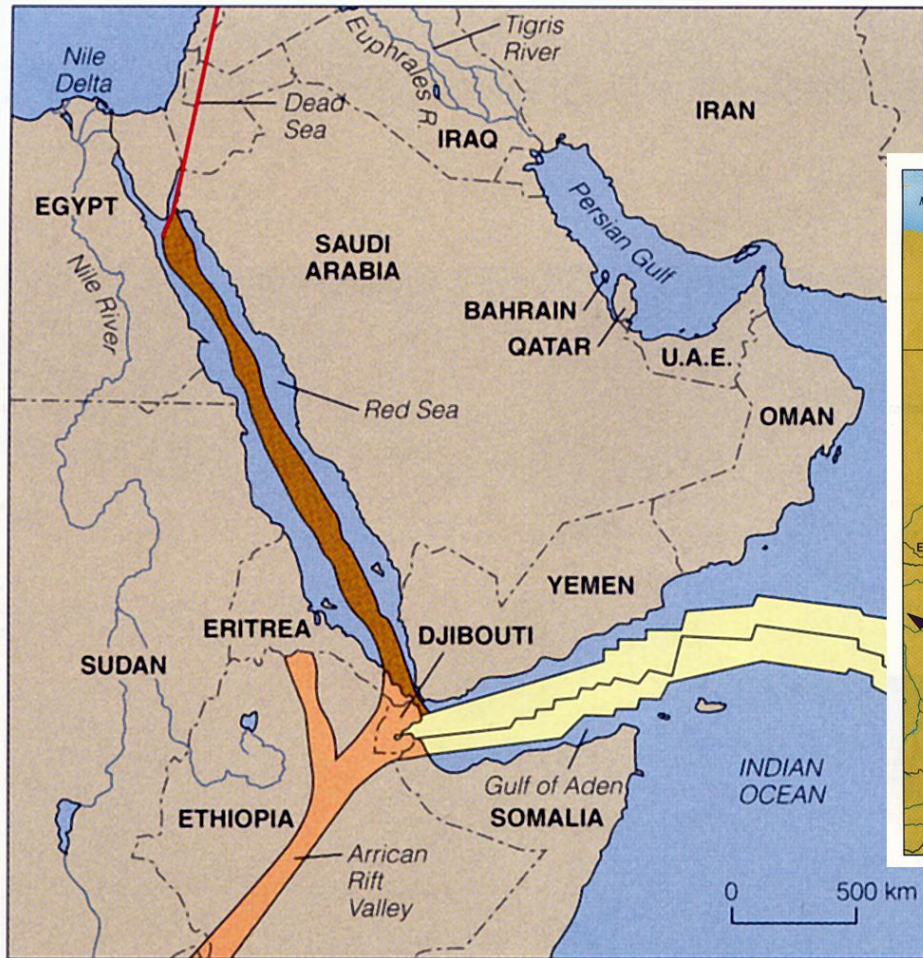
B.



Η εξέλιξη της ταφρογένεσης που αρχίζει με μία τάφρο με τρεις κλάδους πάνω σε ένα δόμο.

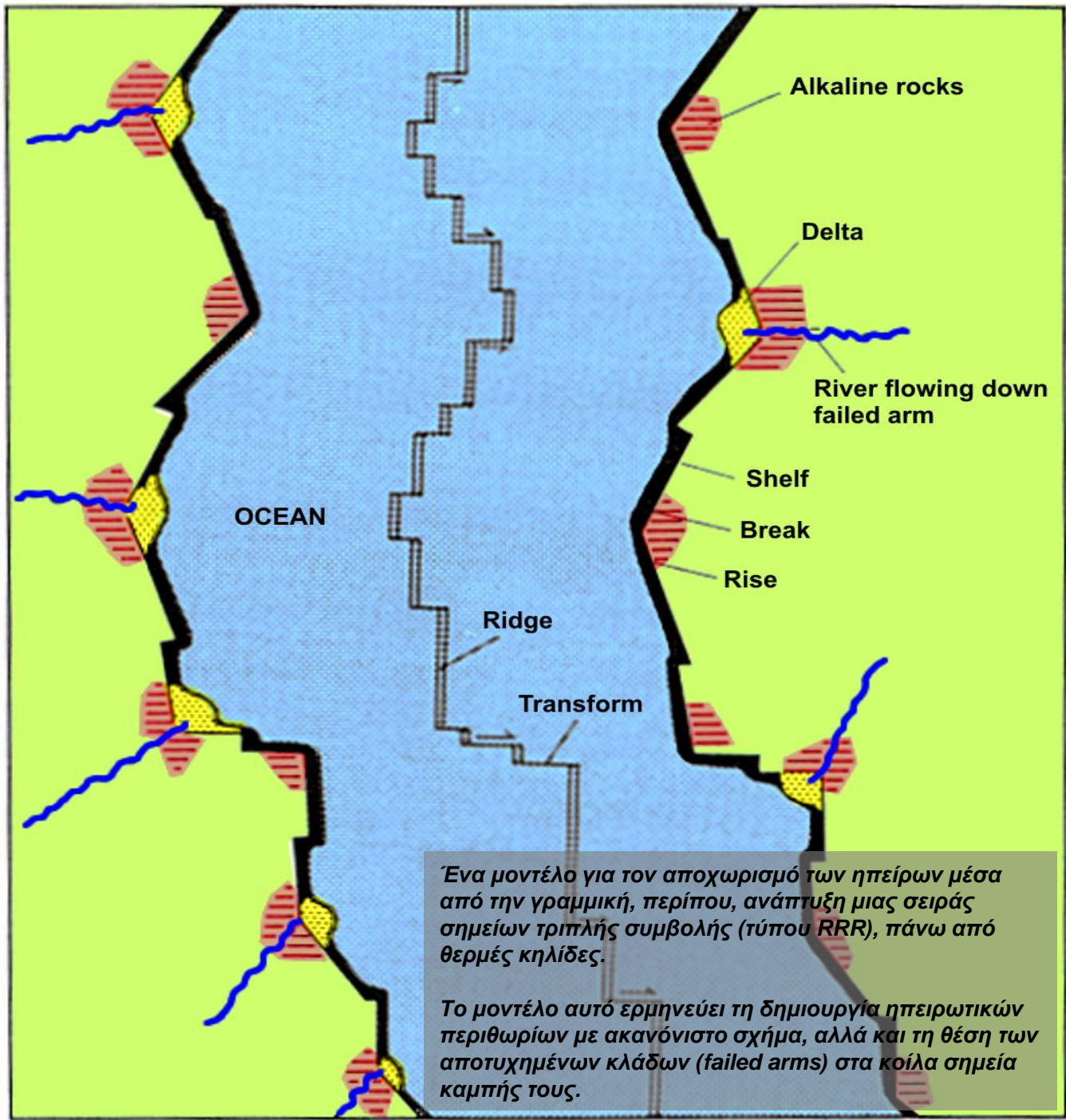
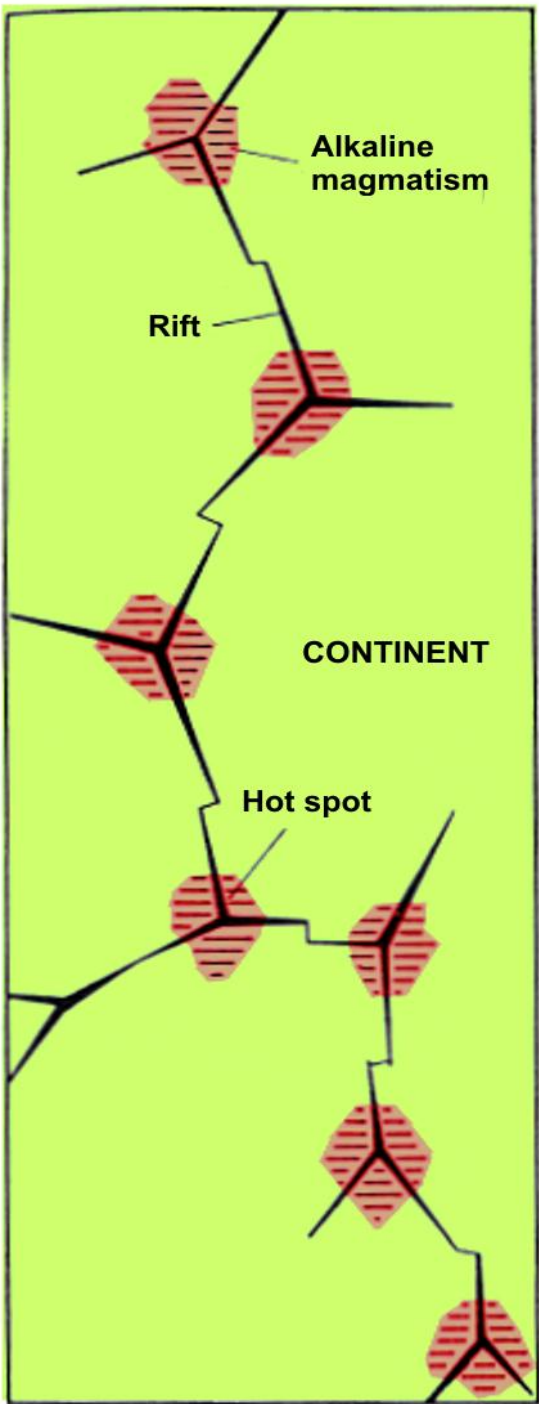
A. Τεμαχισμός της ηπείρου σε τρία τεμάχη, και ανάπτυξη ενός σημείου τριπλής συμβολής (triple junction), τύπου RRR (Ράχη-Ράχη-Ράχη).

B. Τεμαχισμός της ηπείρου σε δύο τεμάχη, και σχηματισμός: i) ενός ορίου απόκλισης όπου κυριαρχεί η ράχη, ii) ενός ορίου απόκλισης με κυρίαρχα τα ρήγματα μετασχηματισμού και iii) ενός αποτυχημένου κλάδου (failed arm), η τάφρος του οποίου ξεκινάει από το κοίλο τμήμα της γωνίας που σχηματίζει το ηπειρωτικό περιθώριο. Στο διπλανό σχήμα αναπαρίσταται στις τρεις διαστάσεις η δεύτερη περίπτωση.



- Graben on land
- Sediment filled rift beneath the sea with ocean floor
- Transform fault
- Mid-ocean ridge and central graben

Από τους τρεις αρχικούς κλάδους της ταφρογένεσης, οι δύο (Ερυθρά Θάλασσα και Κόλπος του Αden), συνεχίζουν τη διάνοιξη και στον πυθμένα τους έχει ήδη σχηματισθεί ωκεάνιος φλοιός. Αντίθετα η ηπειρωτική τάφρος της Ανατολικής Αφρικής αποτελεί τον αποτυχημένο κλάδο (failed arm), που δεν θα εξελιχθεί ποτέ σε ωκεανό ?

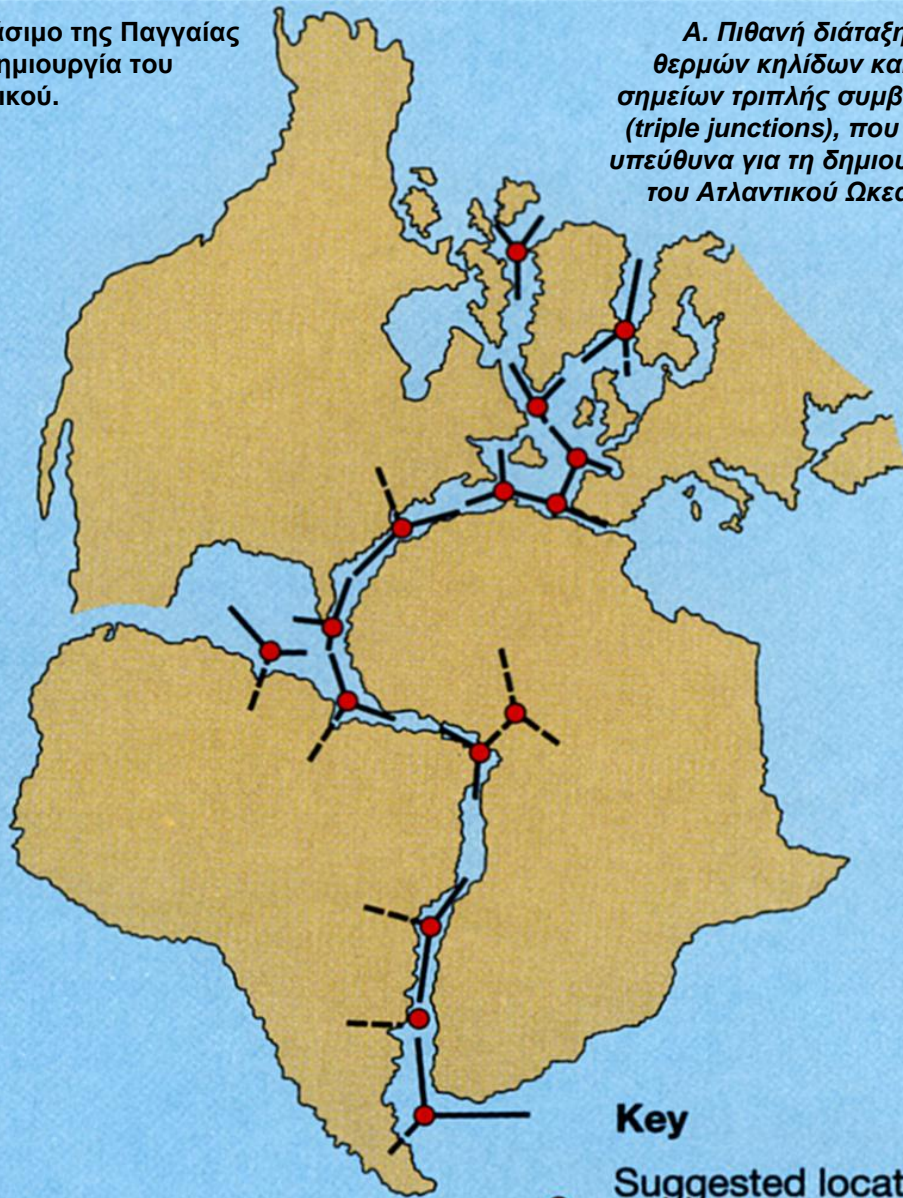


Ένα μοντέλο για τον αποχωρισμό των ηπείρων μέσα από την γραμμική, περίπου, ανάπτυξη μιας σειράς σημείων τριπλής συμβολής (τύπου RRR), πάνω από θερμές κηλίδες.

Το μοντέλο αυτό ερμηνεύει τη δημιουργία ηπειρωτικών περιθωρίων με ακανόνιστο σχήμα, αλλά και τη θέση των αποτυχημένων κλάδων (failed arms) στα κοίλα σημεία καμπής τους.

Το σπάσιμο της Παγγαίας και η δημιουργία του Ατλαντικού.

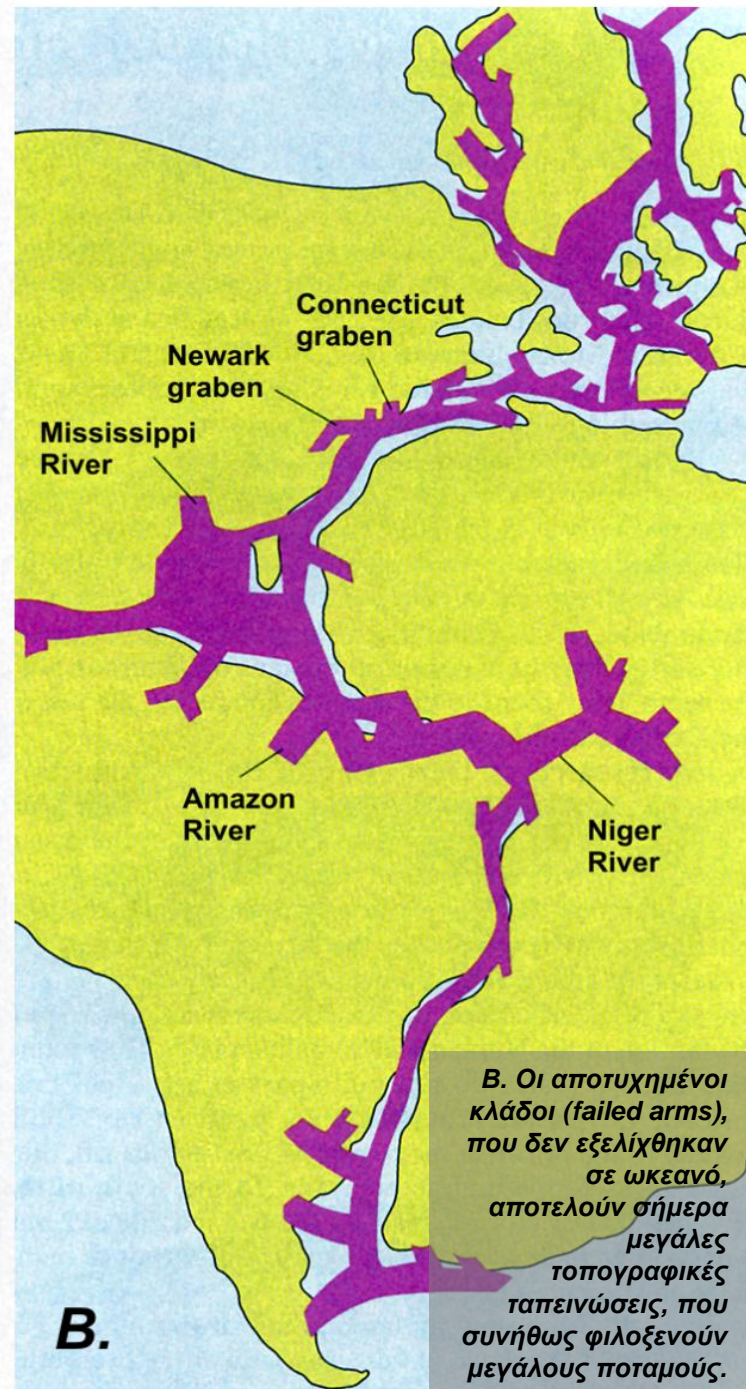
Α. Πιθανή διάταξη των θερμών κηλίδων και των σημείων τριπλής συμβολής (triple junctions), που ήταν υπεύθυνα για τη δημιουργία του Ατλαντικού Ωκεανού.



**Key**

- Suggested locations for hot spots
- Successful rifts
- Failed rifts

**A.**



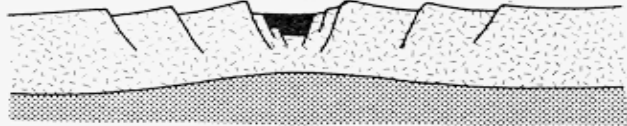
Β. Οι αποτυχημένοι κλάδοι (failed arms), που δεν εξελίχθηκαν σε ωκεανό, αποτελούν σήμερα μεγάλες τοπογραφικές ταπεινώσεις, που συνήθως φιλοξενούν μεγάλους ποταμούς.

**B.**



### Plate margin

Dome with crestal graben filled by continental sediments and alkali basalt-rhyolite



Mantle upwelling

### Aulacogen

Graben stage

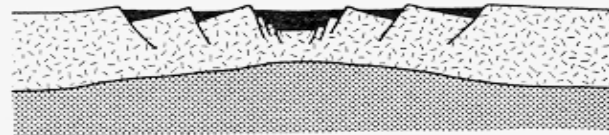


Mantle upwelling

Red Sea-type small rift ocean

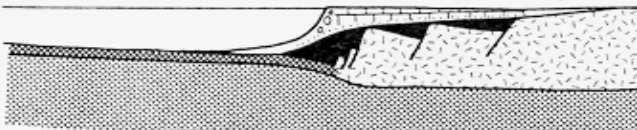


Oceanic lithosphere produced

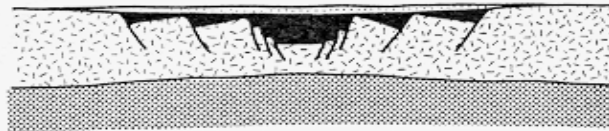


Miogeocline

Abyssal Plain    Rise    Continental shelf



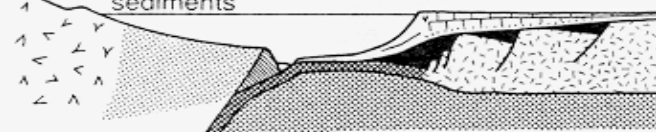
Downwarp stage



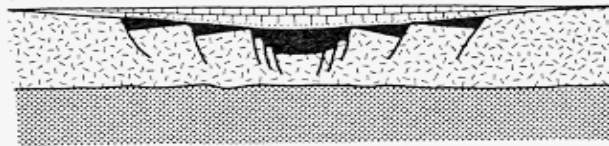
Mantle contraction

Arc-trench system

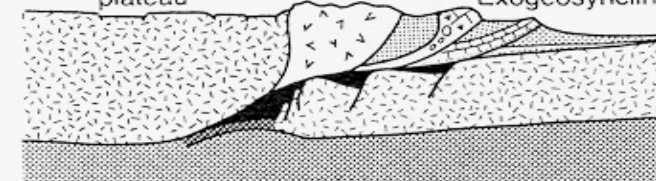
Volcanic arc    Arc-derived sediments    Trench



Oceanic lithosphere subducted  
Orogenic belt

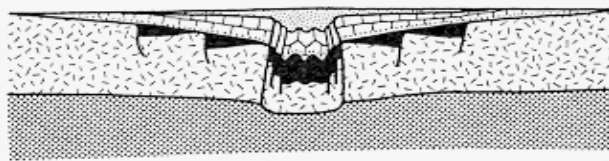


Tibetan-type hinterland plateau    Nappes    Exogeosyncline



Continental collision

Compressional stage



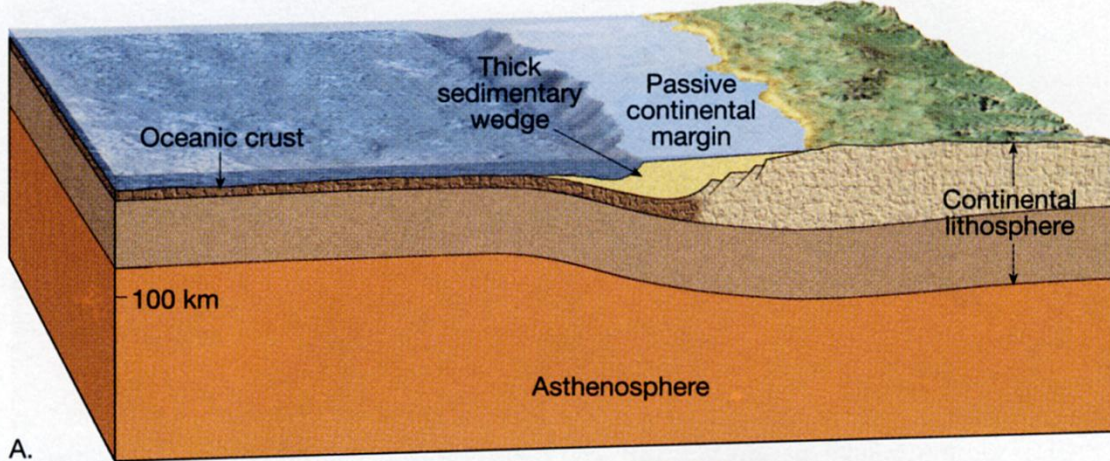
Medial block founders

*Σύγκριση της εξέλιξης ανάμεσα στα όρια των πλακών και ενός αυλακογενούς (aulacogen).*

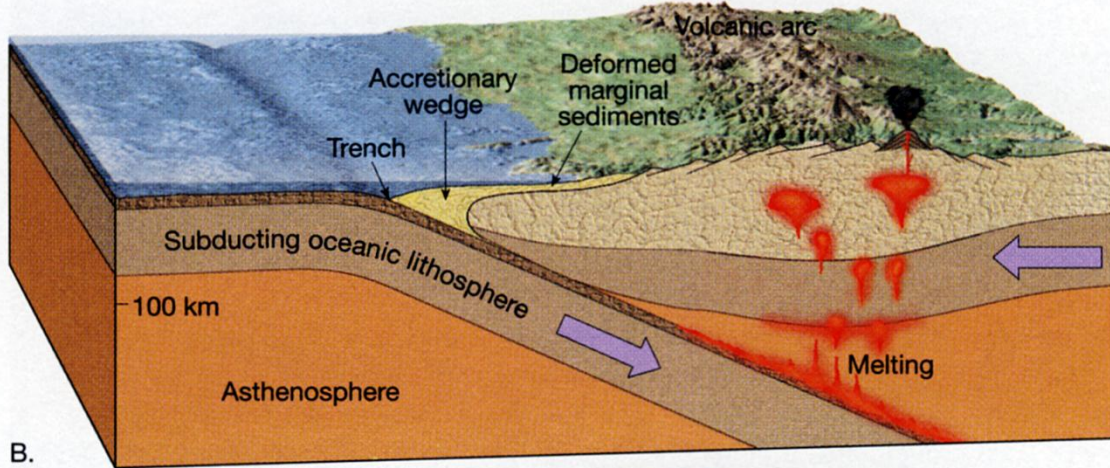
*Η αρχή της διαδρομής τους είναι κοινή, αφού αποτελούν κλάδους του ίδιου συστήματος ταφρογένεσης, που αναπτύσσεται στο εσωτερικό μιας ηπείρου.*

*Η μετέπειτα εξέλιξή τους όμως είναι τελείως διαφορετική.*

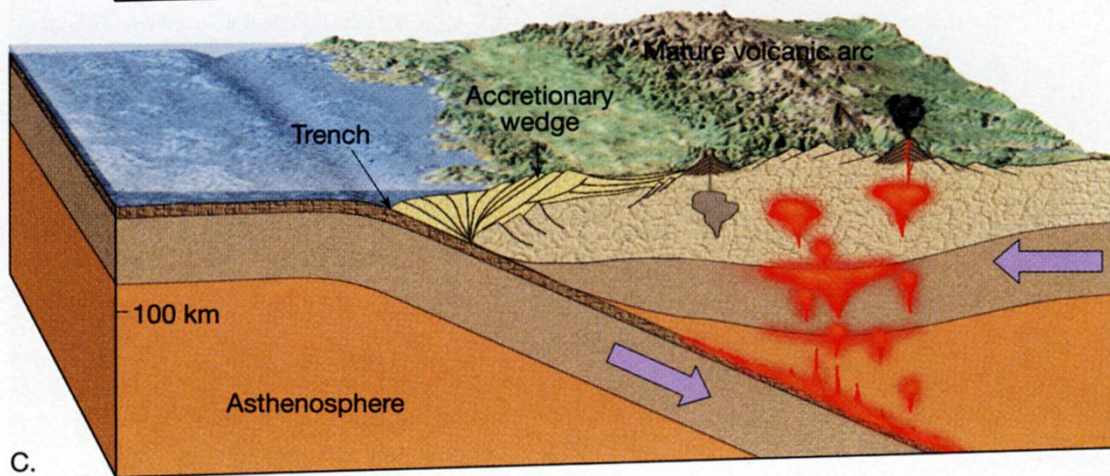
# ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟΥ ΣΕ ΕΝΕΡΓΟ



A.



B.



C.

Τέλος

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη εδώ <http://eclass.uoa.gr/courses/GEOL170/>



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Στυλιανός Λόζιος, Μανώλης Σκούρτσος 2015, Στυλιανός Λόζιος, Μανώλης Σκούρτσος. «Δυναμική Γεωλογία. Ενότητα 1: Αποκλίνοντα Περιθώρια - Ηπειρωτική Ταφρογένεση». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL101/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.





# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/11)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## **Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

Εικόνα 1, Διαφάνεια 3: Γενικευμένος χάρτης των μεσο-ωκεάνιων συστημάτων διάνοιξης. Copyrighted.

Εικόνα 2, Διαφάνεια 4: Surface of the Earth, Revised March 2000. Public domain.  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth\\_surface\\_NGDC\\_2000.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth_surface_NGDC_2000.jpg)

Εικόνα 3, Διαφάνεια 5: Τοπογραφική απεικόνιση των διαφόρων τμημάτων του ωκεάνιου πυθμένα, σε μια χαρακτηριστική τομή από τη Βόρεια Αμερική (Νέα Αγγλία) μέχρι τις δυτικές ακτές της Βόρειας Αφρικής. Copyrighted.  
[http://www.fmboschetto.it/didattica/Anno\\_della\\_Terra/deriva/topografia\\_Atlantico.jpg](http://www.fmboschetto.it/didattica/Anno_della_Terra/deriva/topografia_Atlantico.jpg)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/11)

Εικόνα 4, Διαφάνεια 6: Χαρακτηριστικές τοπογραφικές τομές κατά μήκος των συστημάτων των μεσο-ωκεάνιων ράχων. Copyrighted.

Εικόνα 5, Διαφάνεια 6: Η σχέση ανάμεσα στο βάθος και την ηλικία του ωκεάνιου πυθμένα, σε τομές εγκάρσιες προς τις μεσο-ωκεάνιες ράχεις του Ατλαντικού και του Ειρηνικού. Copyrighted.

Εικόνα 6, Διαφάνεια 7: Οι κυριότεροι τύποι μεγάλης κλίμακας τεκτονικών δομών που σχετίζονται με ηπειρωτικό εφελκυσμό. Copyrighted.

Εικόνα 7, Διαφάνεια 9: Οι δύο αρχικοί μηχανισμοί που ερμηνεύουν τη δημιουργία της ηπειρωτικής ταφρογένεσης (ενεργή και παθητική). Copyrighted.

Εικόνα 8, Διαφάνεια 10: Τεκτονικές και μαγματικές μεγα-δομές με χαρακτηριστικά που θυμίζουν τεκτονικές τάφρους (pseudorifts). Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/11)

Εικόνα 9, Διαφάνεια 11: Απλοποιημένος τεκτονικός χάρτης και χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου, του δυτικού τμήματος της Βόρειας Αμερικής, όπου διακρίνονται οι διαδοχικές εναλλαγές εξάρσεων και βυθισμάτων της επαρχίας Basin and Range. Copyrighted.

Εικόνα 10, Διαφάνεια 12: Διάγραμμα των δυτικών Η.Π.Α., όπου παρουσιάζεται η έκταση που έχει υποστεί η επαρχία Basin and Range. Copyrighted.

Εικόνα 11, Διαφάνεια 12: Οι μηχανισμοί γένεσης των ενδοηπειρωτικών σεισμών και η κατανομή της θερμικής ροής, για την επαρχία Basin and Range των δυτικών ορίων των πολιτειών στο Ηώκαινο, Η.Π.Α. Copyrighted.

Εικόνα 12, Διαφάνεια 13: Εκλέπτυνση του φλοιού και της λιθόσφαιρας στην επαρχία Basin and Range της Βόρειας Αμερικής, που βρίσκεται κάτω από την επίδραση σύγχρονου εφελκυστικού πεδίου. Copyrighted.

[https://www.esci.umn.edu/courses/1001/Summer\\_Session/BasinRangeModel.jpg](https://www.esci.umn.edu/courses/1001/Summer_Session/BasinRangeModel.jpg)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/11)

Εικόνα 13, Διαφάνεια 13: Τεκτονικά μοντέλα, που έχουν προταθεί για τον υπολογισμό της έκτασης σε περιοχές με κανονικά ρήγματα, όπως η επαρχία Basin and Range της Βορειοαμερικανικής ηπείρου. Copyrighted.

Εικόνα 14, Διαφάνεια 14: Απλοποιημένος τεκτονικός χάρτης και χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου της Αφρικανικής ηπείρου. Copyrighted.

Εικόνα 15, Διαφάνεια 15: Γεωτεκτονικά και γεωδυναμικά χαρακτηριστικά του συστήματος των τεκτονικών τάφρων της Ανατολικής Αφρικής. Copyrighted.

Εικόνα 16, Διαφάνεια 16: Απλοποιημένος γεωγραφικός και γεωλογικός χάρτης και χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου, της ευρύτερης περιοχής της Ερυθράς Θάλασσας. Copyrighted.

Εικόνα 17, Διαφάνεια 16: Τεκτονική τομή στο νότιο τμήμα της Ερυθράς Θάλασσας, όπου διακρίνονται τα κανονικά ληστρικά ρήγματα, η βάση του φλοιού (Moho) και η βάση της λιθόσφαιρας. Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/11)

Εικόνα 18, Διαφάνεια 17: Ανακατασκευή των ηπείρων που περιβάλλουν τον Ατλαντικό, πριν την απομάκρυνσή τους. Copyrighted.

[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033\\_SCORM\\_MFFTT600120-EN/content/8/1\\_1/8\\_04\\_rift\\_rivers.jpg](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFTT600120-EN/content/8/1_1/8_04_rift_rivers.jpg)

Εικόνα 19, Διαφάνεια 17: Γεωλογικές και τεκτονικές τομές εγκάρσια στα παθητικού- (ή Ατλαντικού-) τύπου ηπειρωτικά περιθώρια της ΒΑ Αμερικής και της ΒΔ Αφρικής. Copyrighted.

Εικόνα 20, Διαφάνεια 18: Η διάταξη των βασικών φλεβών, στο χάρτη ανακατασκευής των ηπείρων πριν τη διάνοιξη του Ατλαντικού, παρουσιάζει μια ακτινωτή διάταξη γύρω από το σημείο τριπλής συμβολής (triple junction). Copyrighted.

Εικόνα 21, Διαφάνεια 19: Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/11)

Εικόνα 22, Διαφάνεια 19: Χαρακτηριστικά γεωφυσικά προφίλ, κατά μήκος ενός τυπικού παθητικού ηπειρωτικού περιθωρίου (ανατολικές ακτές Βόρειας Αμερικής). Copyrighted.

Εικόνα 23, Διαφάνεια 20: Χάρτης του παγκόσμιου συστήματος μεσο-ωκεάνιων ραχών, ταξινομημένο ανάλογα με το ρυθμό διάνοιξης. Copyrighted.

<http://www.geo2geo.de/weltkarten/geologie/press-460.jpg>

Εικόνα 24, Διαφάνεια 21: Copyrighted.

Εικόνα 25, Διαφάνεια 22: Σχηματικά διαγράμματα όπου απεικονίζεται η μορφολογία και η δομή των αξονικών ζωνών των μεσο-ωκεάνιων ράχων, ανάλογα με το ρυθμό διάνοιξης. After Macdonald, 1982. Copyrighted.

Εικόνα 26, Διαφάνεια 23: Τρισδιάστατη απεικόνιση των ασυνεχειών στις μεσο-ωκεάνιες ράχες. Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/11)

Εικόνα 27, Διαφάνεια 24: Copyrighted.

Εικόνα 28, Διαφάνεια 24: Ανάπτυξη συμμετρικών ζωνών μαγνητικών ανωμαλιών. Copyrighted. [http://images.slideplayer.com/5/1595706/slides/slide\\_27.jpg](http://images.slideplayer.com/5/1595706/slides/slide_27.jpg)

Εικόνα 29, Διαφάνεια 25: Χάρτης της κατανομής των μαγνητικών ανωμαλιών εκατέρωθεν της μεσοωκεάνιας ράχης Juan de Fuca, όπου σημειώνονται τα ψευδορήγματα και οι εξαπλωνόμενες ράχεις. Copyrighted.

Εικόνα 30, Διαφάνεια 25: Η επίδραση του φαινομένου της εξαπλωνόμενης ράχης, στο πρότυπο των μαγνητικών ανωμαλιών, για διάφορες χρονικές στιγμές. Copyrighted.

Εικόνα 31, Διαφάνεια 26: Σεισμικά μοντέλα για τον ωκεάνιο φλοιό. Copyrighted.

Εικόνα 32, Διαφάνεια 27: Δημιουργία ωκεάνιου φλοιού στις μεσο-ωκεάνιες ράχεις. Copyrighted.

<https://www.asu.edu/courses/gph111/PlateTectonics/Closeup.jpg>





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/11)

Εικόνα 33, Διαφάνεια 28: Sea Floor Spreading. Copyrighted. <http://www.ontrack-media.net/science8/s8m3l8image6.jpg>

Εικόνα 34, Διαφάνεια 29: Τα επιμέρους μέλη που παρουσιάζει μια ιδανική οφιολιθική ακολουθία. Copyrighted.

Εικόνα 35, Διαφάνεια 30: Η σημερινή γεωτεκτονική τοποθέτηση της Κύπρου και σχηματική τομή του συστήματος φλεβών και εκχύσεων, ενός τμήματος του οφιολιθικού συμπλέγματος Τρόδος, που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της Νήσου. Copyrighted.

Εικόνα 36, Διαφάνεια 31: Ένα απλοποιημένο σχήμα που παρουσιάζει την εξέλιξη των διερρηγμένων ηπειρωτικών περιθωρίων, από το στάδιο της αρχικής αναθόλωσης και έκτασης του ηπειρωτικού φλοιού και τη δημιουργία της ηπειρωτικής τάφρου, μέχρι τη δημιουργία της μεσο-ωκεάνιας ράχης και τη διάνοιξη του ωκεανού. John Willey and Sons, Inc., 1999. Copyrighted. <http://mysteresdelanature.free.fr/images/dorsalecroq.jpg>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (9/11)

Εικόνες 37-38, Διαφάνεια 32: Δισδιάστατο μοντέλο όπου απεικονίζεται σχηματικά η εξέλιξη μιας ηπειρωτικής τάφρου από το αρχικό στάδιο της αναθόλωσης του φλοιού (δημιουργία δόμου), μέχρι το σχηματισμό της. Copyrighted.

Εικόνα 39, Διαφάνεια 33: Μοντέλο για την εξέλιξη της ηφαιστειότητας και της δομής εκατέρωθεν της Ερυθράς Θάλασσας. Copyrighted.

Εικόνες 40-41, Διαφάνειες 34-35 : Μοντέλα μη συμμετρικού εφελκυσμού. Copyrighted.

Εικόνα 42, Διαφάνεια 36: Οι διάφοροι τύποι ιζηματογένεσης, που χαρακτηρίζουν την εξέλιξη των σταθερών ηπειρωτικών περιθωρίων, από το στάδιο της ταφρογένεσης, μέχρι τη διάνοιξη του ωκεανού. Copyrighted.

Εικόνα 43, Διαφάνεια 38: Διάβρωση και ιζηματογένεση στις ηπειρωτικές τάφρους. Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (10/11)

Εικόνα 44, Διαφάνεια 39: Η εκλέπτυνση του φλοιού στα σταθερά ηπειρωτικά περιθώρια. Copyrighted.

Εικόνα 45, Διαφάνεια 40: Ένα συμμετρικό μοντέλο για την εξέλιξη της Ερυθράς Θάλασσας, που δείχνει το ρόλο των ληστρικών κανονικών ρηγμάτων στη λέπτυνση του ηπειρωτικού φλοιού. Copyrighted.

Εικόνα 46, Διαφάνεια 41: Ένα μοντέλο λέπτυνσης σταθερού ηπειρωτικού περιθωρίου από εφελκυσμό. Copyrighted.

Εικόνα 47, Διαφάνεια 42: Τα στάδια εξέλιξης των σταθερών ηπειρωτικών περιθωρίων. Copyrighted.

Εικόνες 48-49-50, Διαφάνειες 43-44: Εξέλιξη ηπειρωτικής κατωφέρειας σταθερών περιθωρίων. Copyrighted.

Εικόνα 51, Διαφάνεια 45: Η εξέλιξη της ταφρογένεσης που αρχίζει με μία τάφρο με τρεις κλάδους πάνω σε ένα δόμο. Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (11/11)

Εικόνα 52, Διαφάνεια 46: Copyrighted.

Εικόνα 53, Διαφάνεια 47: Ένα μοντέλο για τον αποχωρισμό των ηπείρων μέσα από την γραμμική, περίπου, ανάπτυξη μιας σειράς σημείων τριπλής συμβολής (τύπου RRR), πάνω από θερμές κηλίδες. Copyrighted.

Εικόνα 54, Διαφάνεια 48: Το σπάσιμο της Παγγαίας και η δημιουργία του Ατλαντικού. Copyrighted.

Εικόνα 55, Διαφάνεια 49: Σύγκριση της εξέλιξης ανάμεσα στα όρια των πλακών και ενός αυλακογενούς. Copyrighted.

Εικόνα 56, Διαφάνεια 50: Μετατροπή σταθερού ηπειρωτικού περιθωρίου σε ενεργό. Copyrighted. <http://2.bp.blogspot.com/-EESBxXKVxG8/UMegvFEv2AI/AAAAAAAAAAxA/1u5l0svilKs/s1600/16.jpg>

