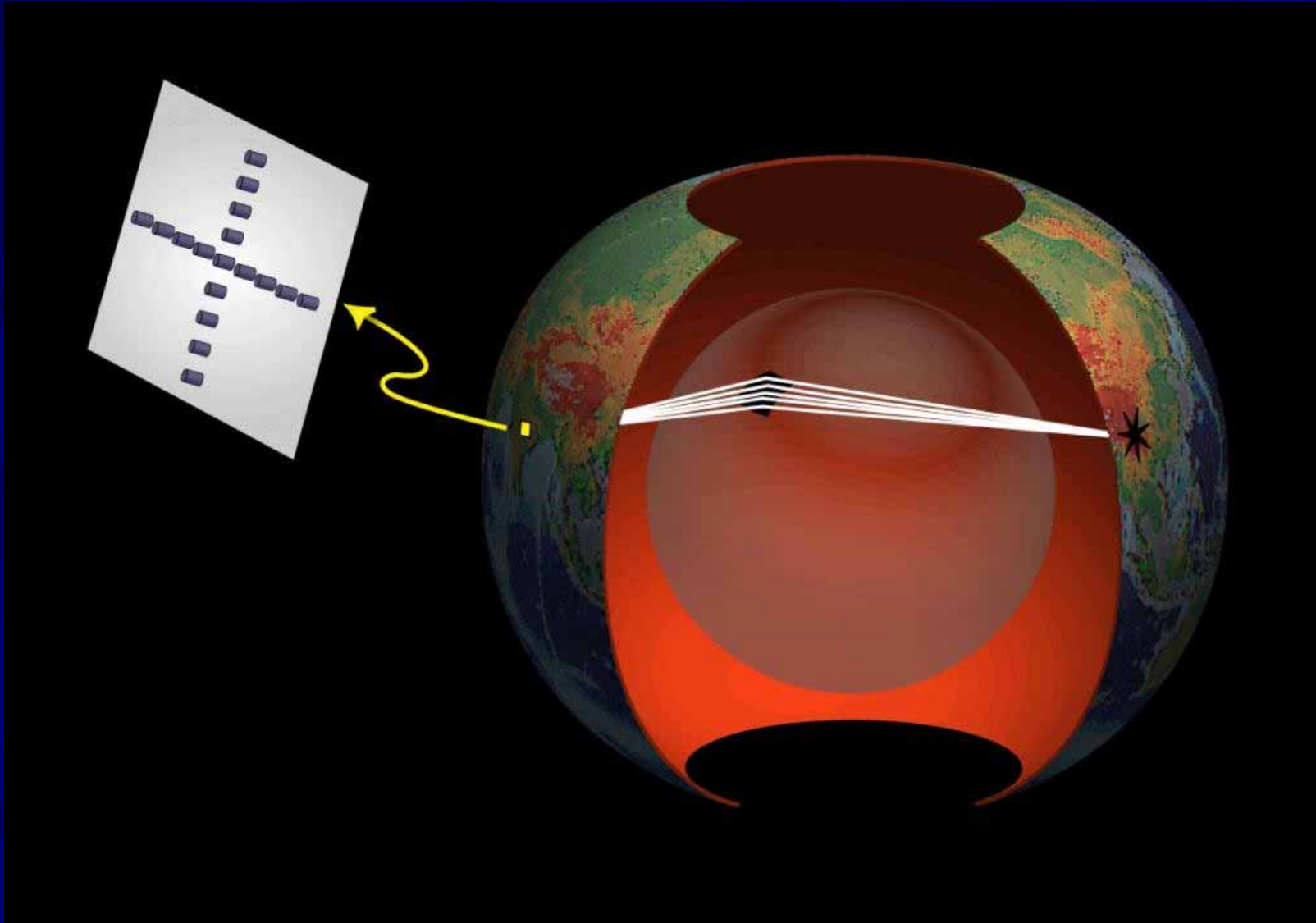


Σκιερές ζώνες Ανισοτροπία Στρώμα D''

- Φυσική της Λιθόσφαιρας
 - Κεφάλαιο 2

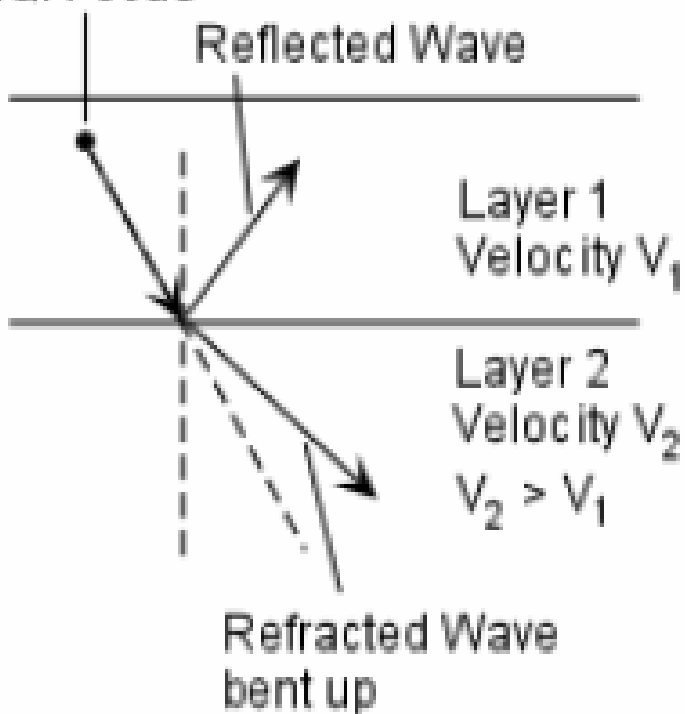
Καθ. Αναστασία Κυρατζή



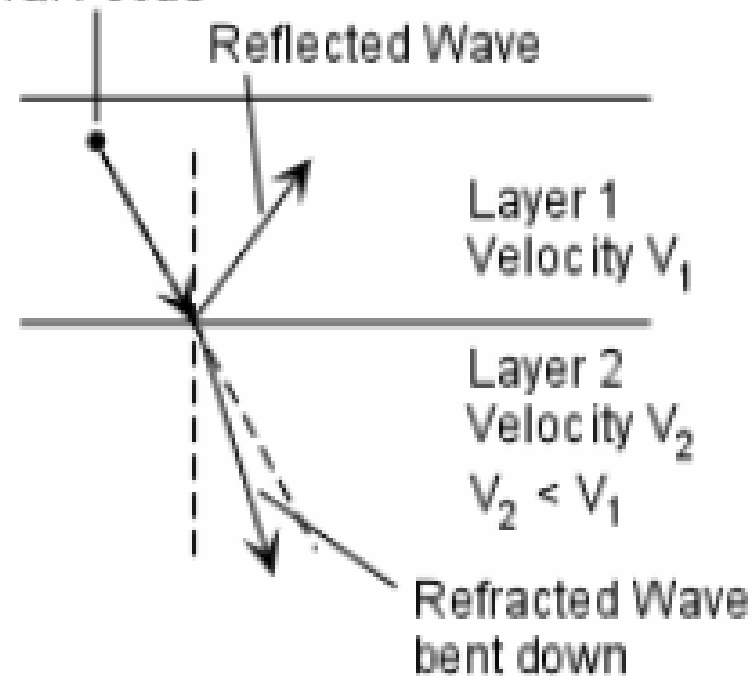
Διάδοση κυμάτων σε επιφάνειες ασυνέχειας

Διάθλαση και ανάκλαση των σεισμικών κυμάτων

E.Q. Focus



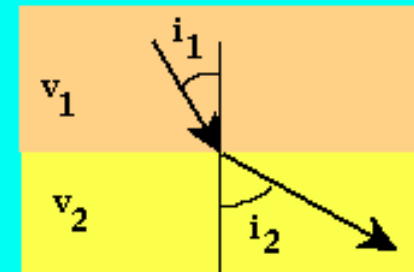
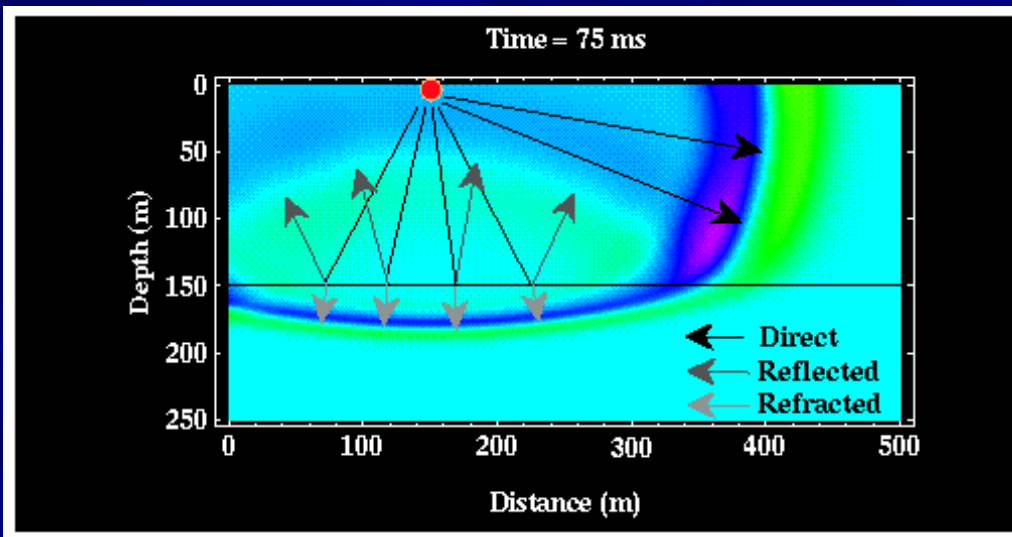
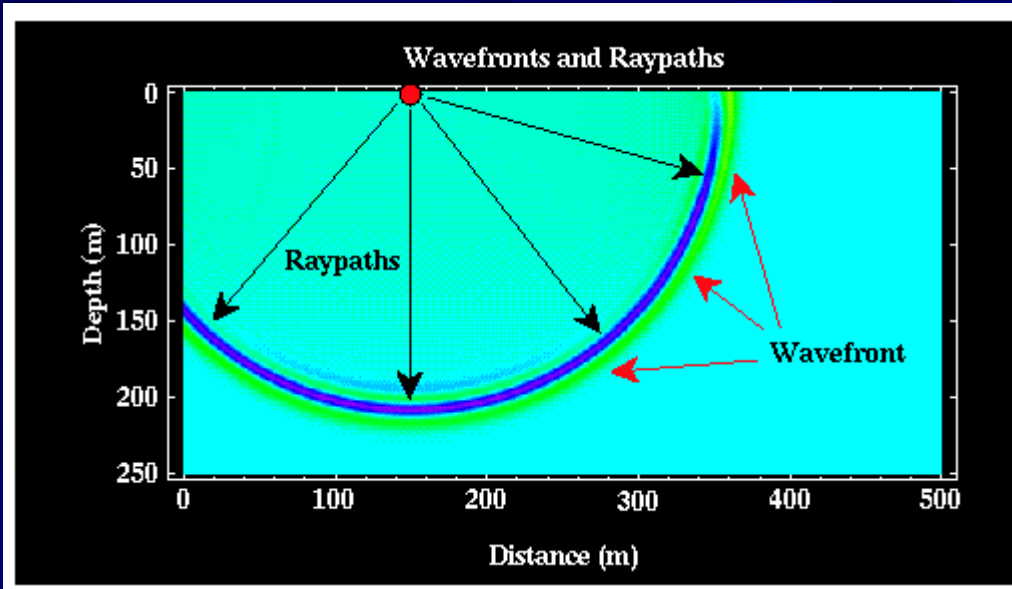
E.Q. Focus



Υποκείμενο Στρώμα Μεγαλύτερης Ταχύτητας
Το διαθλώμενο κύμα απομακρύνεται από την κατακόρυφο

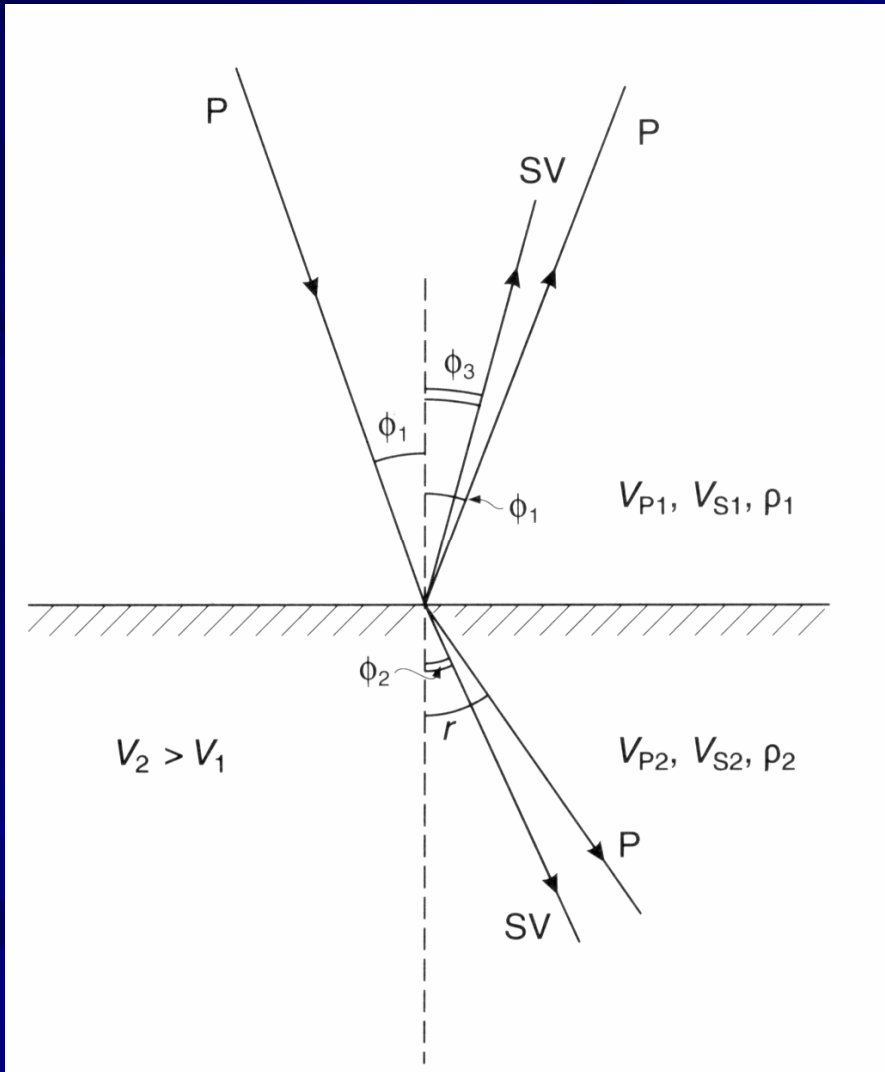
Υποκείμενο Στρώμα Μικρότερης Ταχύτητας
Το διαθλώμενο κύμα πλησιάζει προς την κατακόρυφο

Snell's Law



$$\frac{\sin i_1}{v_1} = \frac{\sin i_2}{v_2}$$

Αλλαγές στο είδος των κυμάτων

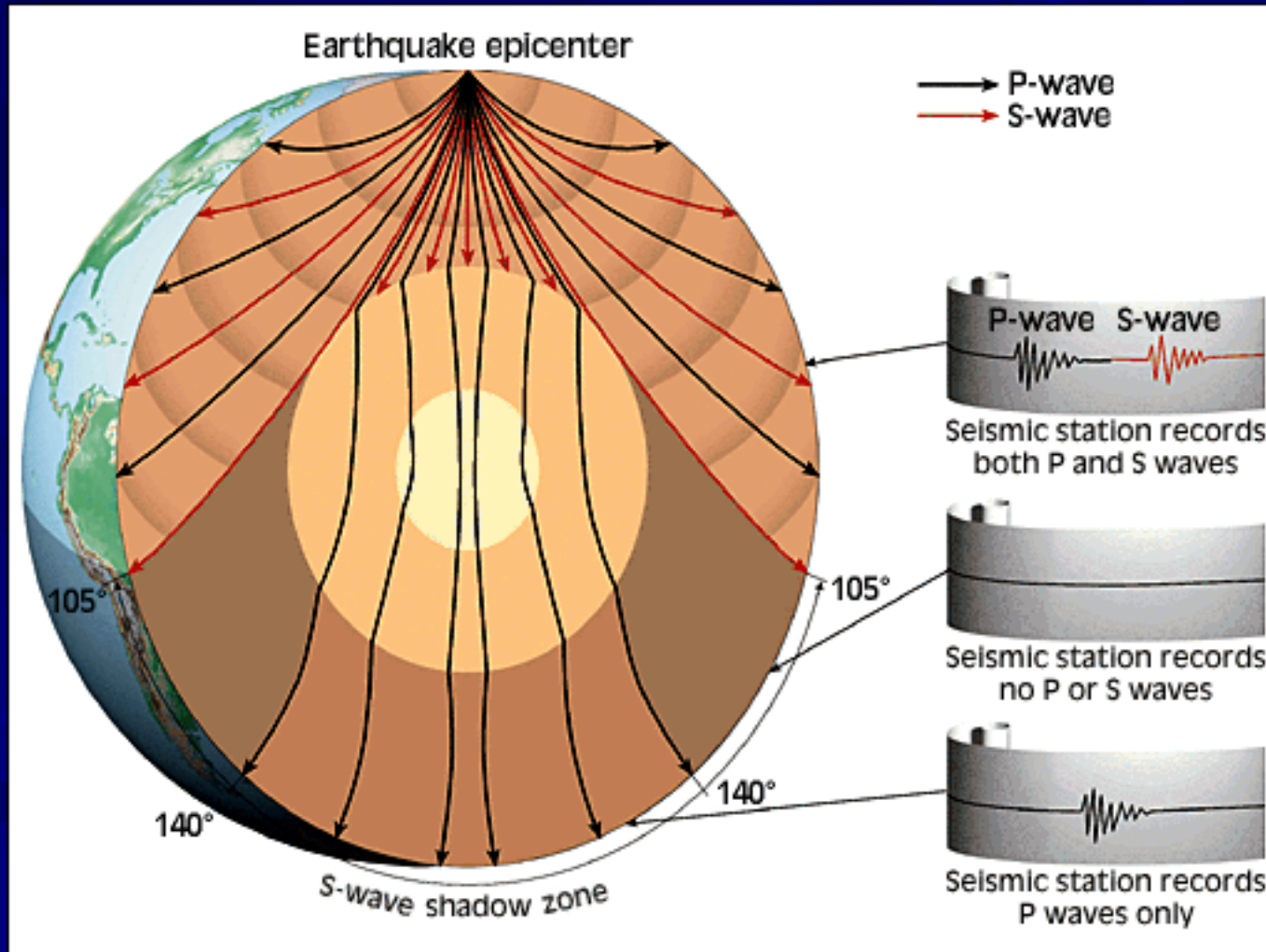


$$\frac{\sin \phi_1}{V_{P1}} = \frac{\sin \phi_3}{V_{S1}} =$$

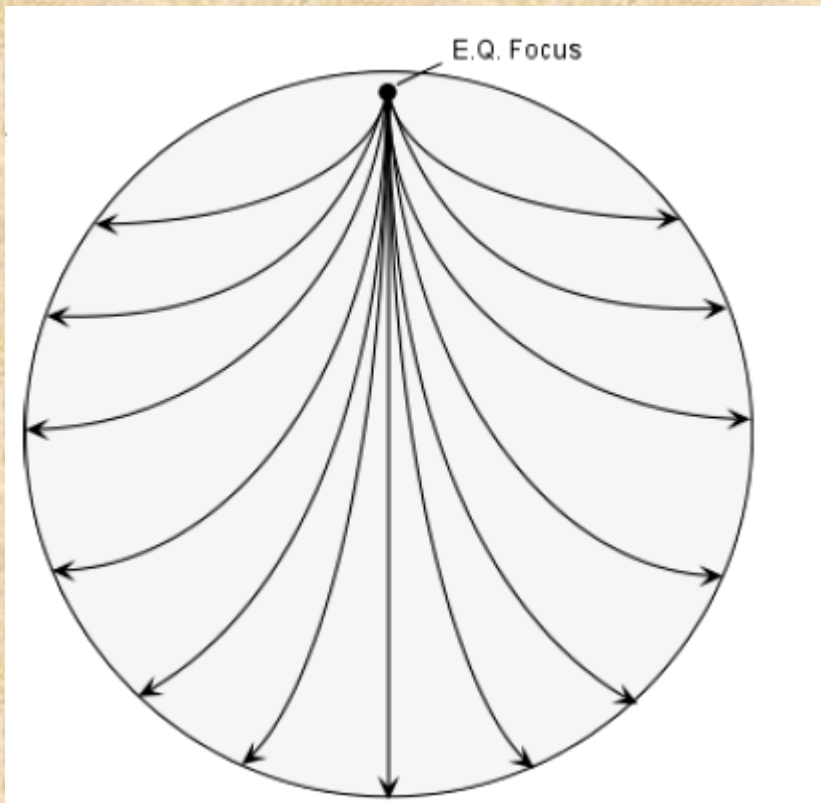
$$\frac{\sin \phi_2}{V_{S2}} = \frac{\sin \phi_4}{V_{P2}} =$$

ρ (ray parameter)

Σκιερές Ζώνες των P- & S-κυμάτων



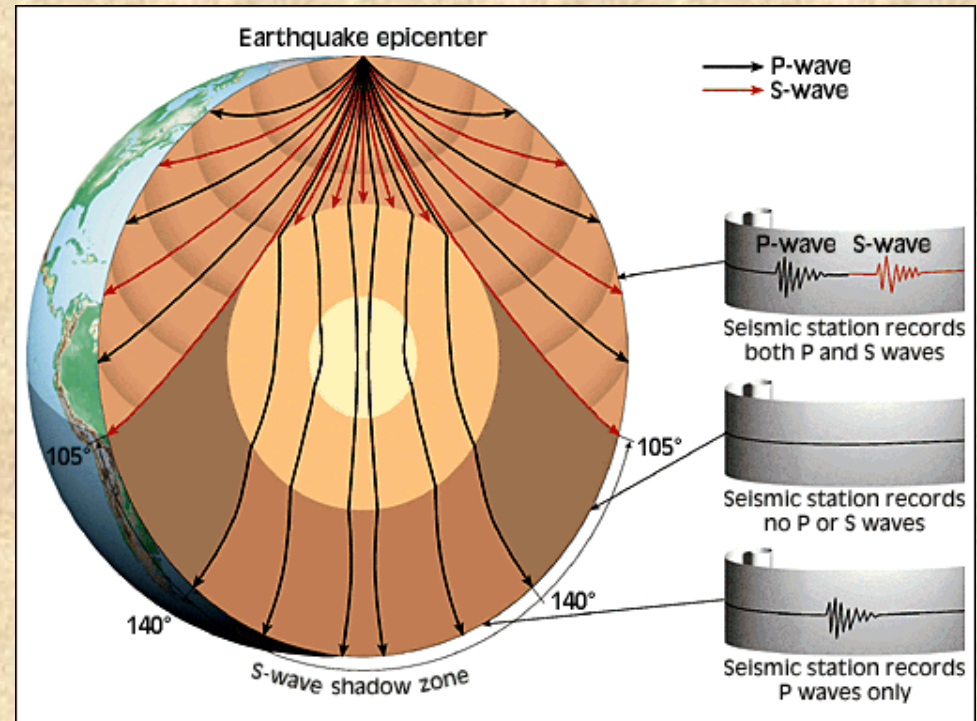
Συνεχής αύξηση της ταχύτητας με το βάθος



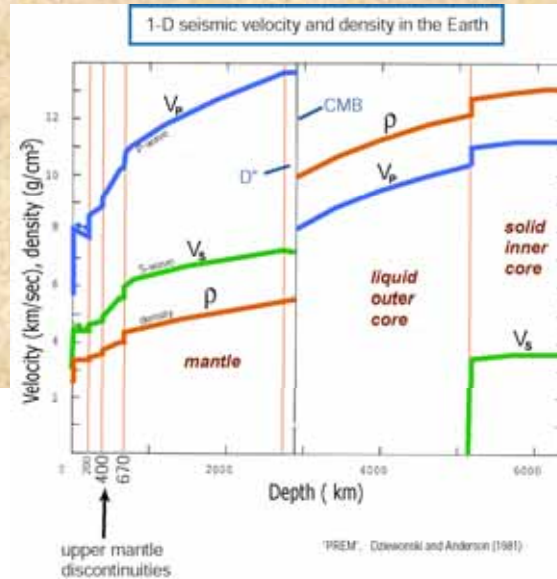
Αν η ταχύτητα αυξάνονταν συνεχώς με το βάθος μέσα στη Γη τότε τα σεισμικά κύματα θα διαδίδονται κατά μήκος καμπύλων γραμμών όπως φαίνονται στο σχήμα.

Όρια σκιερών ζωνών

- 1^η Σκιερή Ζώνη {έλλειψη απευθείας **P**-κυμάτων}
 - 105° ως 140°
- 2^η Σκιερή Ζώνη {έλλειψη απευθείας **S**-κυμάτων}
 - 105° ως 180°



Σκιερές ζώνες και οι πρώτες σεισμολογικές ανακαλύψεις

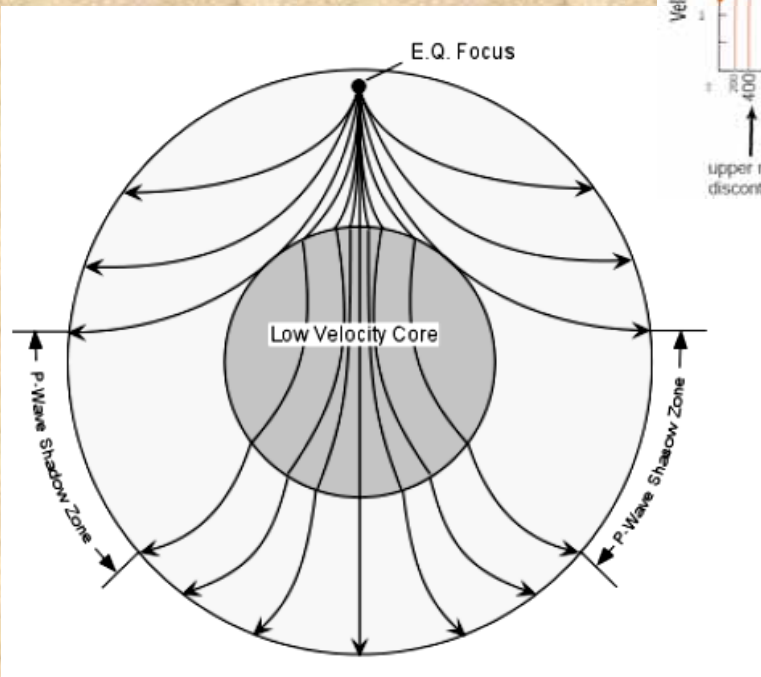


Μια από τις πρώτες σεισμολογικές ανακαλύψεις ήταν η ασυνέχεια στο βάθος των 2900 km όπου ελαττώνεται απότομα η ταχύτητα των P- κυμάτων.

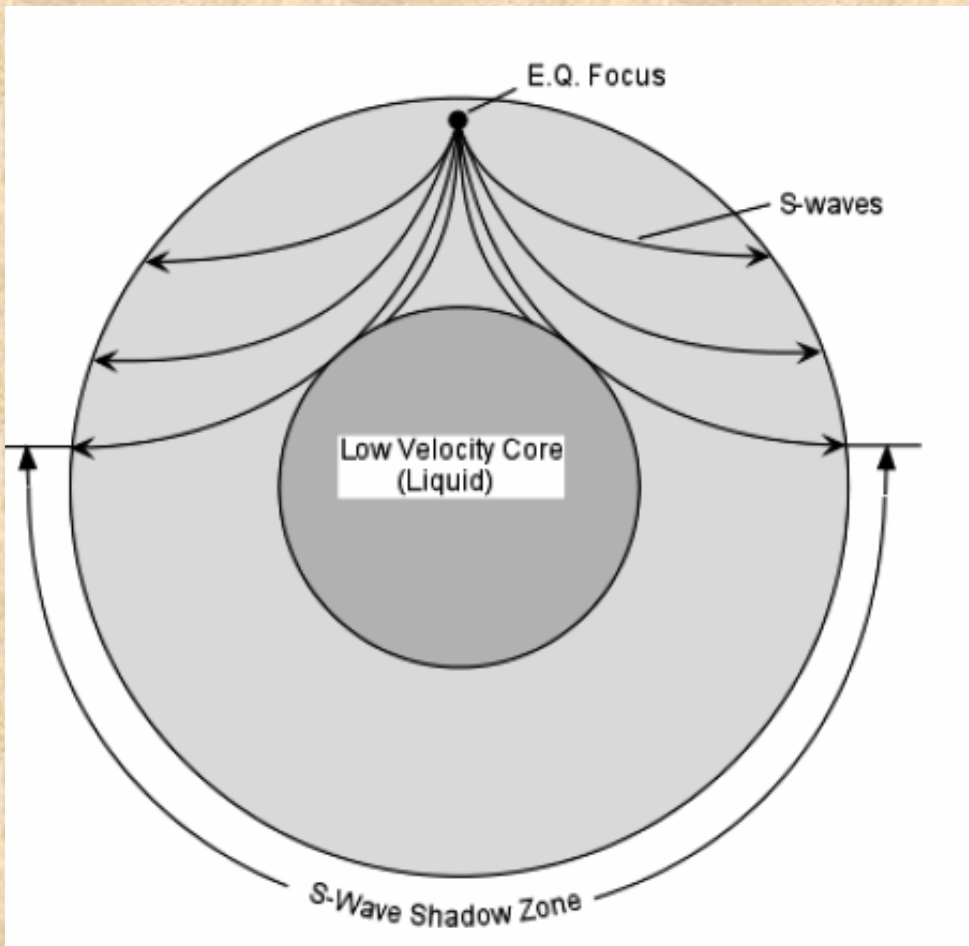
Αυτό είναι το όριο μανδύα – πυρήνα και ανακαλύφθηκε επειδή σε μια ζώνη στην αντίθετη πλευρά του επικέντρου ενός σεισμού δεν αναγράφονται απευθείας P-κύματα.

Αυτό συμβαίνει γιατί αυτά τα κύματα διαθλώνται πλησιάζοντας προς την κατακόρυφο, ως αποτέλεσμα της απότομης ελάττωσης της ταχύτητας στο όριο.

Αυτή η ζώνη ονομάζεται **Σκιερή Ζώνη των Επιμήκων Κυμάτων.**



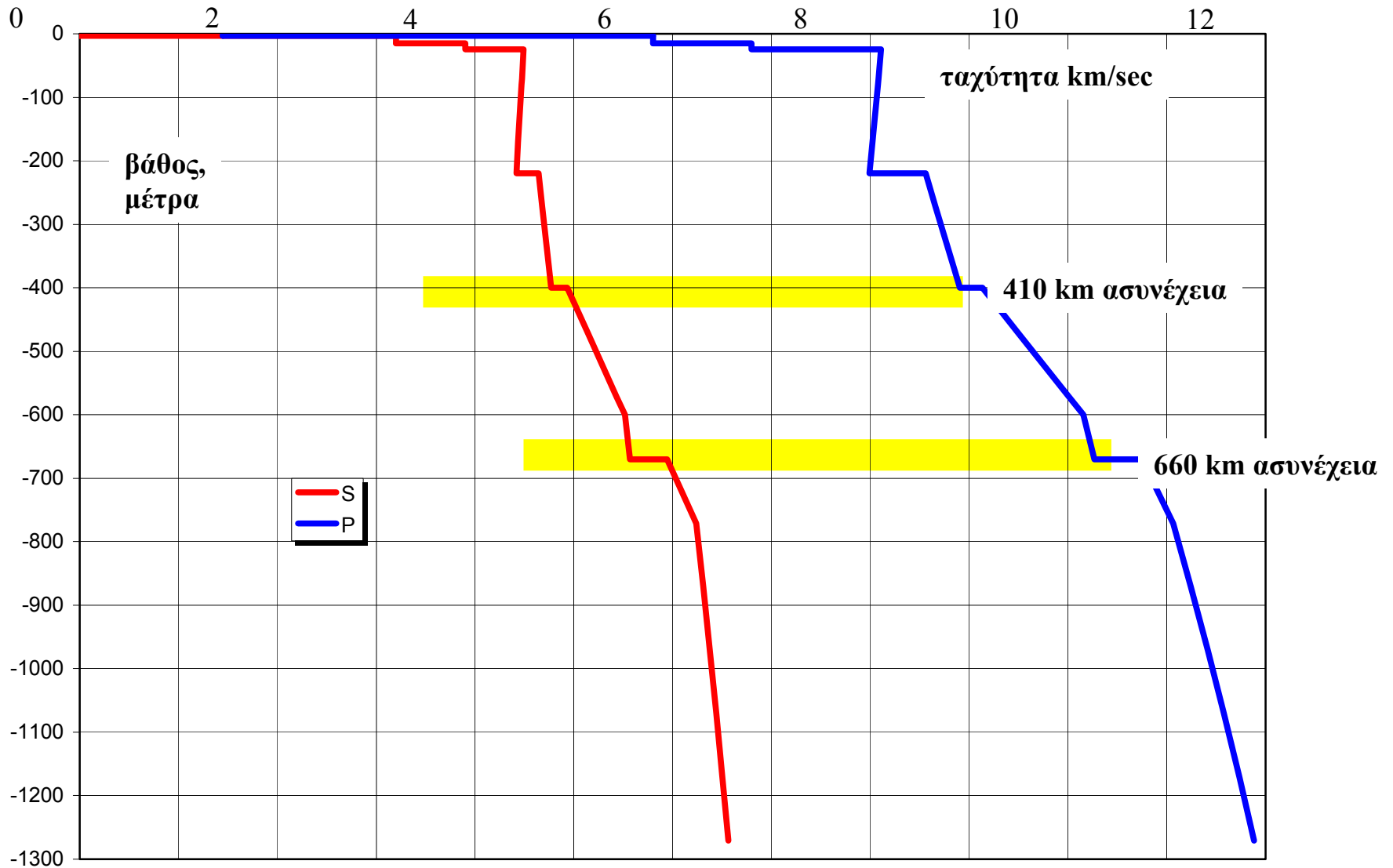
Σκιερές ζώνες και οι πρώτες σεισμολογικές ανακαλύψεις



**Σκιερή Ζώνη των
Εγκαρσίων Κυμάτων
105° – 180°**

**Δεν διέρχονται εγκάρσια
από τον πυρήνα άρα αυτός
έχει $\mu=0$ και είναι σε υγρή
κατάσταση**

Μοντέλο ταχυτήτων σεισμικών κυμάτων για τον άνω μανδύα (PREM)

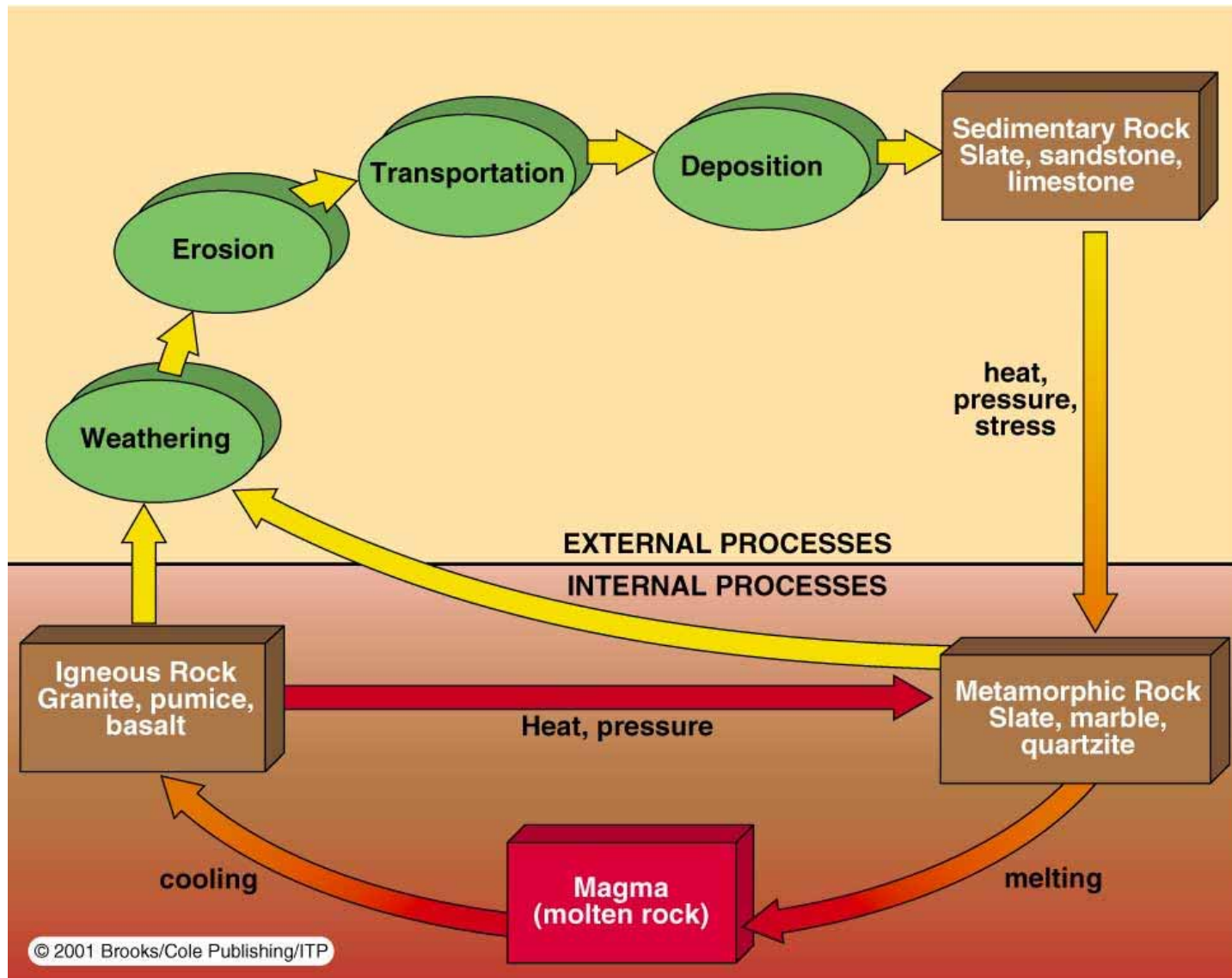


Κατανομή της πυκνότητας στο εσωτερικό της Γης

■ Πυκνότητα

- Φλοιός: 2.5 έως 3.0 g / cm³
 - Κυρίως βασαλτικής & γρανιτικής σύστασης
- Μανδύας: 3.3 έως 5.5 g / cm³
 - Κυρίως υπερβασικά
- Πυρήνας: 10 έως 13 g / cm³
 - Κυρίως σίδηρος & νικέλιο
 - Υλικά που συναντώνται σε μετεωρίτες
 - Συμβατά με μέταλλα υπό υψηλή πίεση

Πετρώματα - Επανάληψη



Α. Κυρατζή "Φυσική της
Λιθόσφαιρας"

Άνω μανδύας “Περιδοτίτης”:65% olivine: $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ 25% orthopyroxene $(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 10% clinopyroxene $(\text{Ca,Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$ + garnet $(\text{Mg,Fe})_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ***Αλλαγές φάσης στη μεταβατική ζώνη*****Κατώτερος Μανδύας**85% Perovskite: $(\text{Mg}_{0.9}\text{Fe}_{0.1})\text{SiO}_3$ 15% magnesiowustite $(\text{Mg}_{0.9}\text{Fe}_{0.1})\text{O}$ + Ca Perovskite $(\text{Ca, Mg, Fe})\text{SiO}_3$ + Corundum Al_2O_3 **Εξωτερικός Πυρήνας**

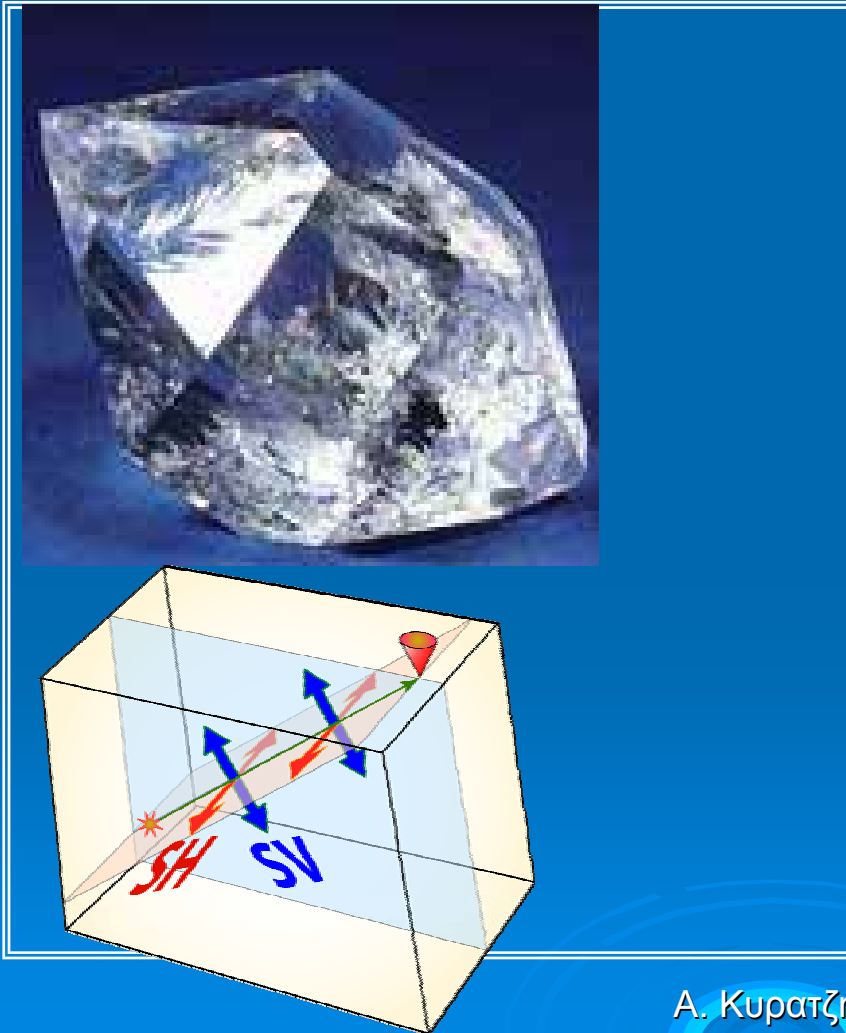
90% Fe (Ni)

10% ελαφρύτερα κράματα (FeO, S, Si, ?)

Εσωτερικός Πυρήνας

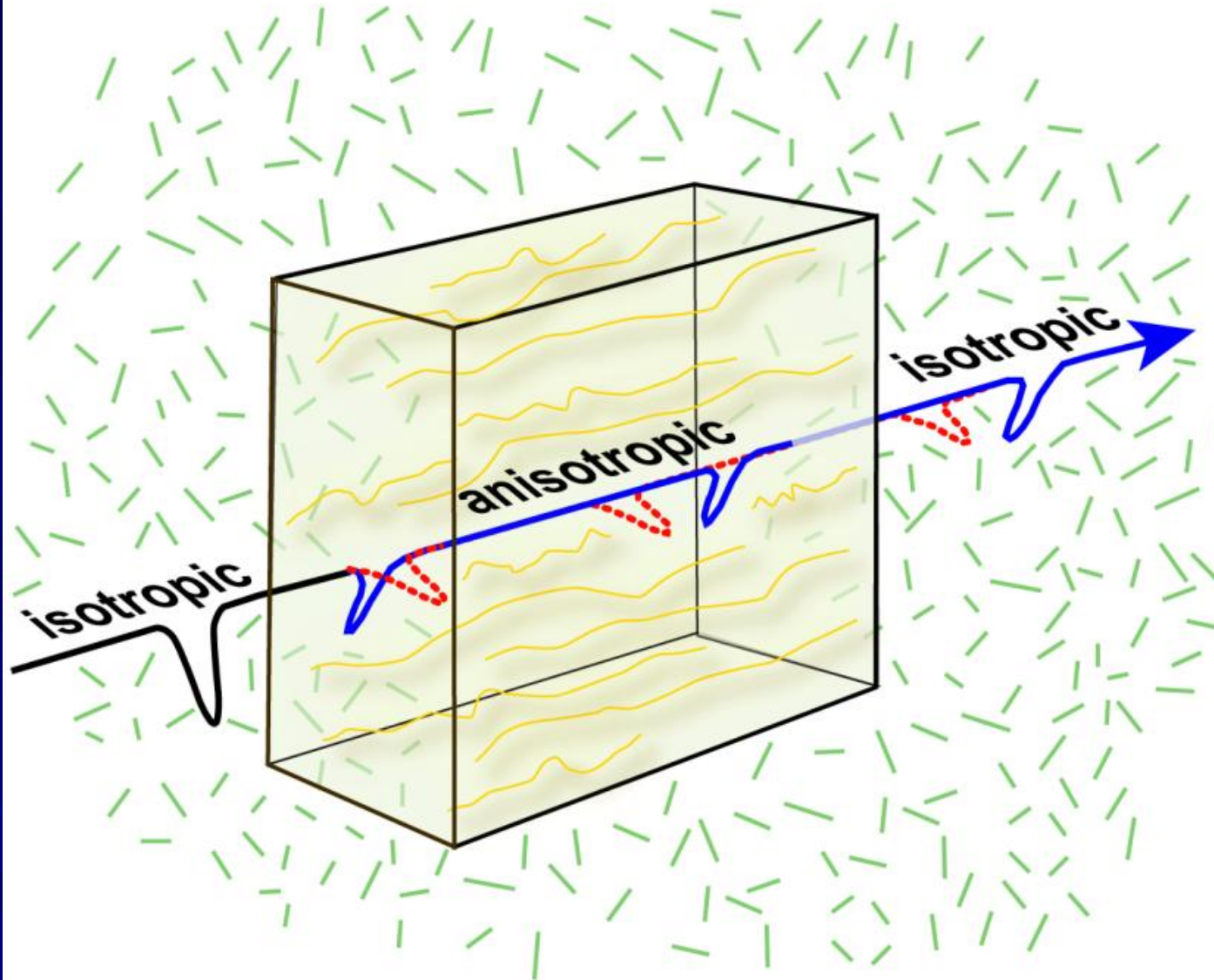
Στερεός Fe + ?

Ανισοτροπία

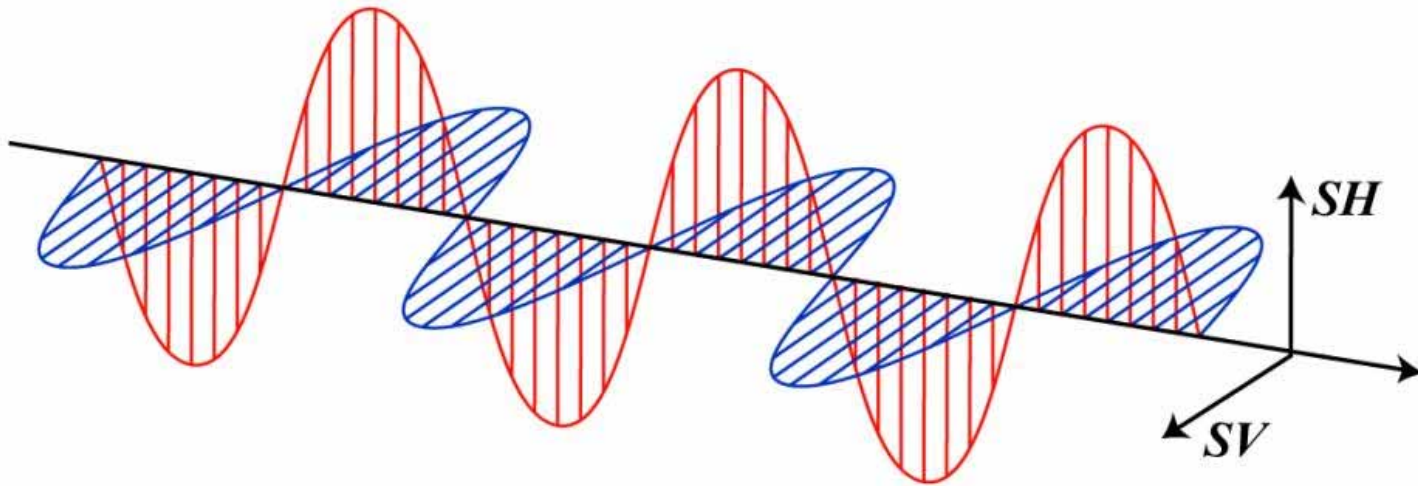


- Διαφορετικές ταχύτητες των σεισμικών κυμάτων για τους διαφορετικούς κρυσταλλογραφικούς άξονες συμμετρίας.
- Η ενέργεια που διαδίδεται ως προς ένα άξονα μπορεί να έχει μεγαλύτερη ή μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με τα κύματα που ταξιδεύουν στον άξονα τον κάθετο.
- Τα ορυκτά του μανδύα είναι ανισότροπα
- Στον κατώτερο μανδύα ο περοβσκίτης $(Mg, Si)SiO_3$ και ο μαγνησιοβουσίτης $(Mg, Fe)O$, είναι εξαιρετικά ανισότροπα.

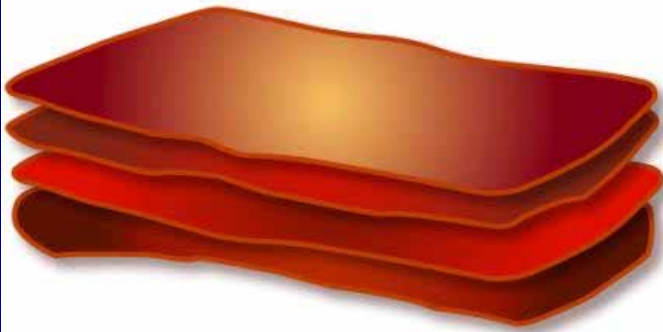
Shear wave splitting in anisotropic media



(After Crampin, 1981)



Sheets



Discs

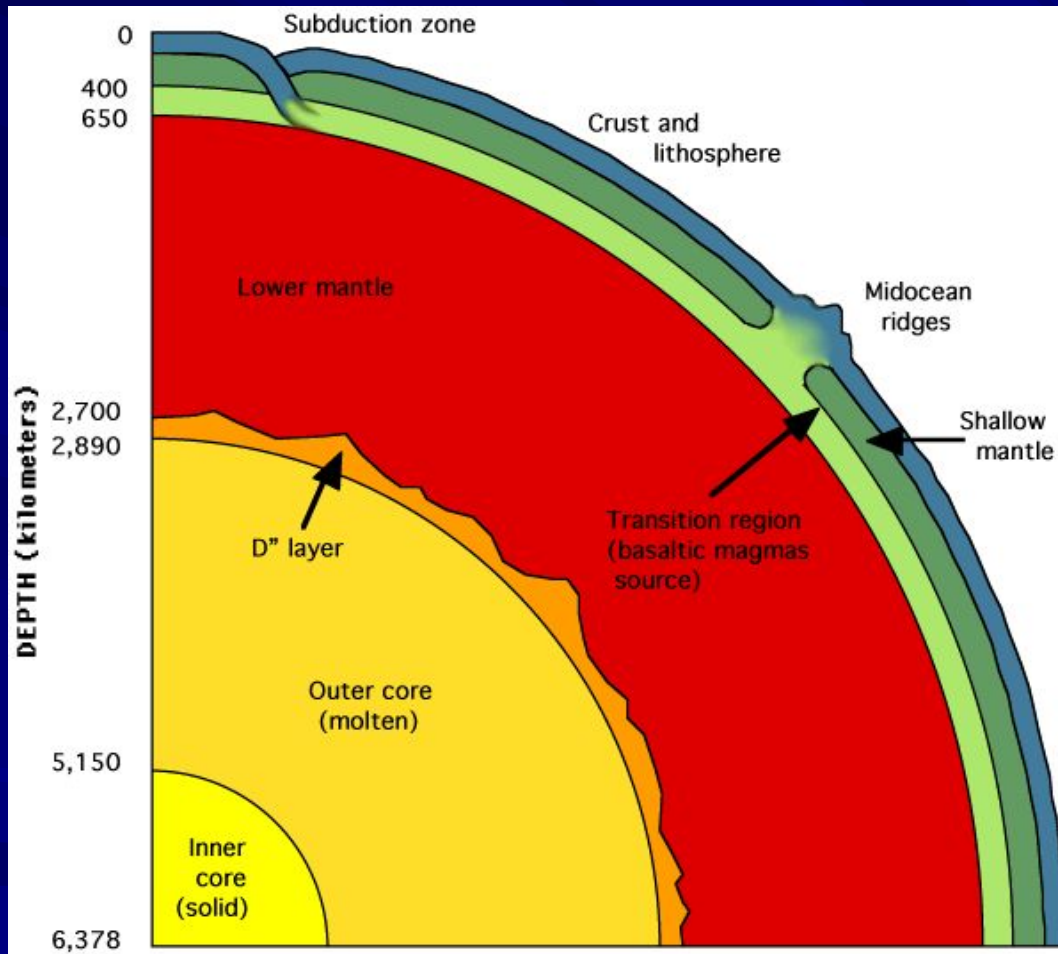


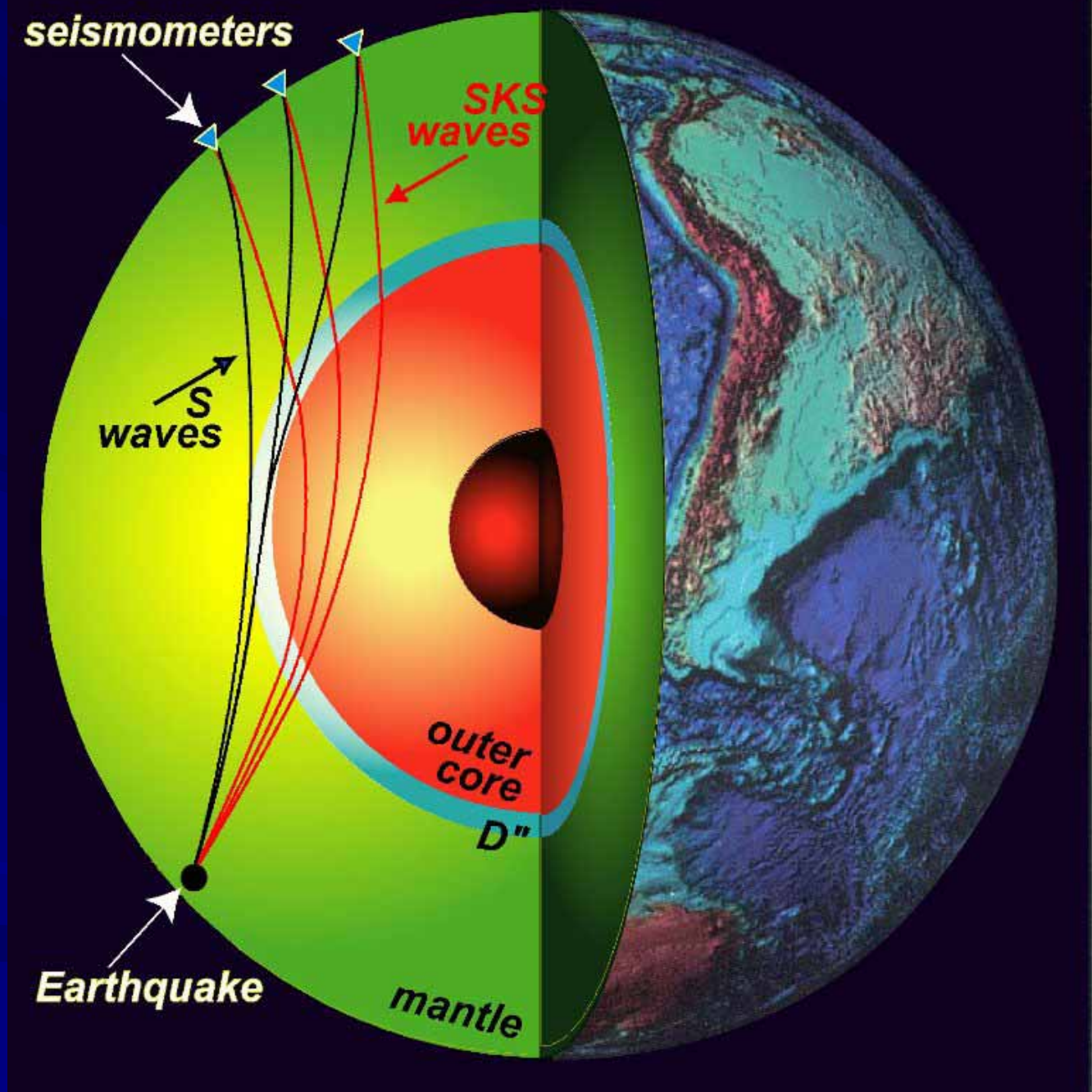
Ανισοτροπία του κατώτερου μανδύα

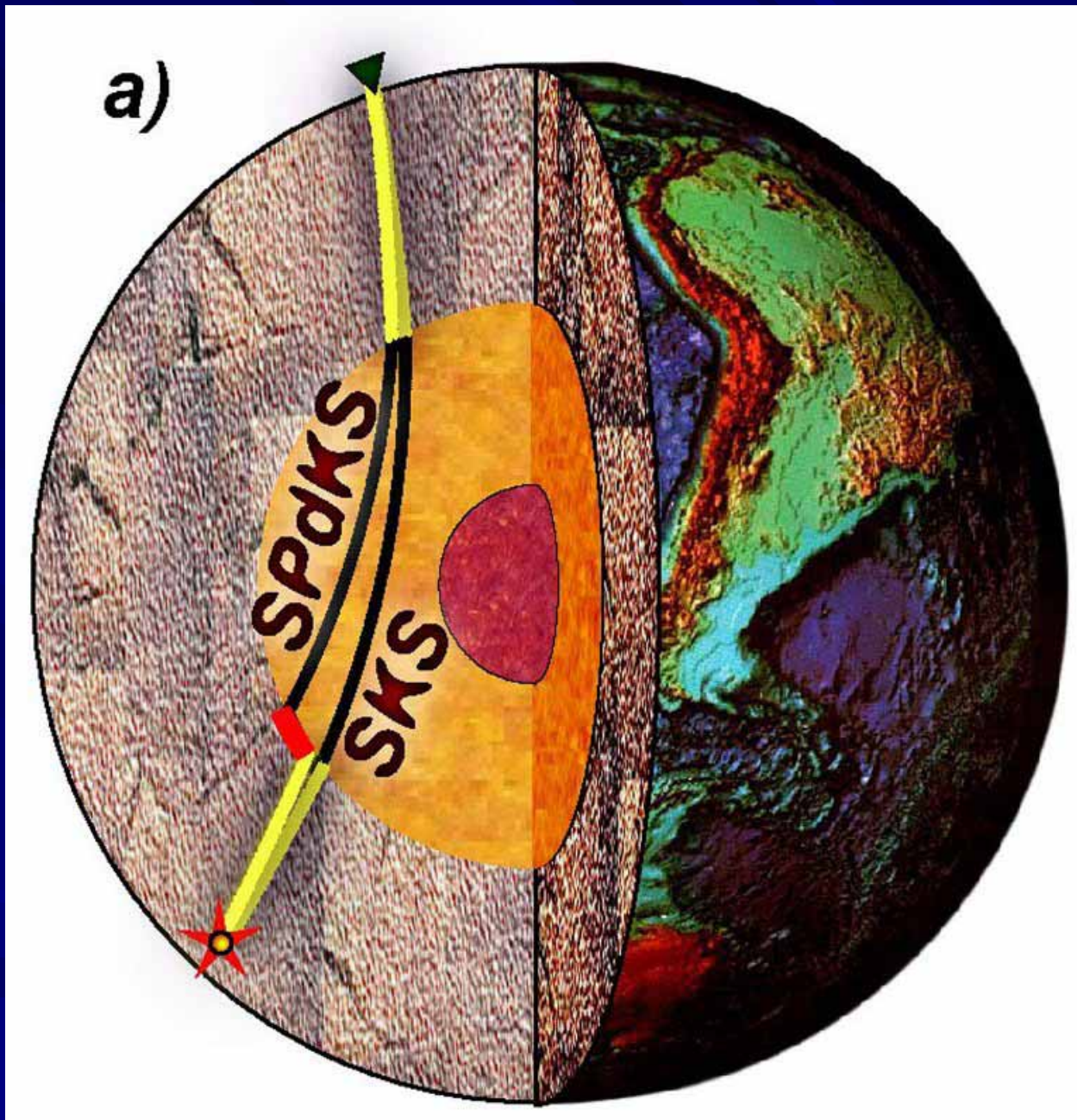
- Ζώνες πολύ χαμηλής ταχύτητας

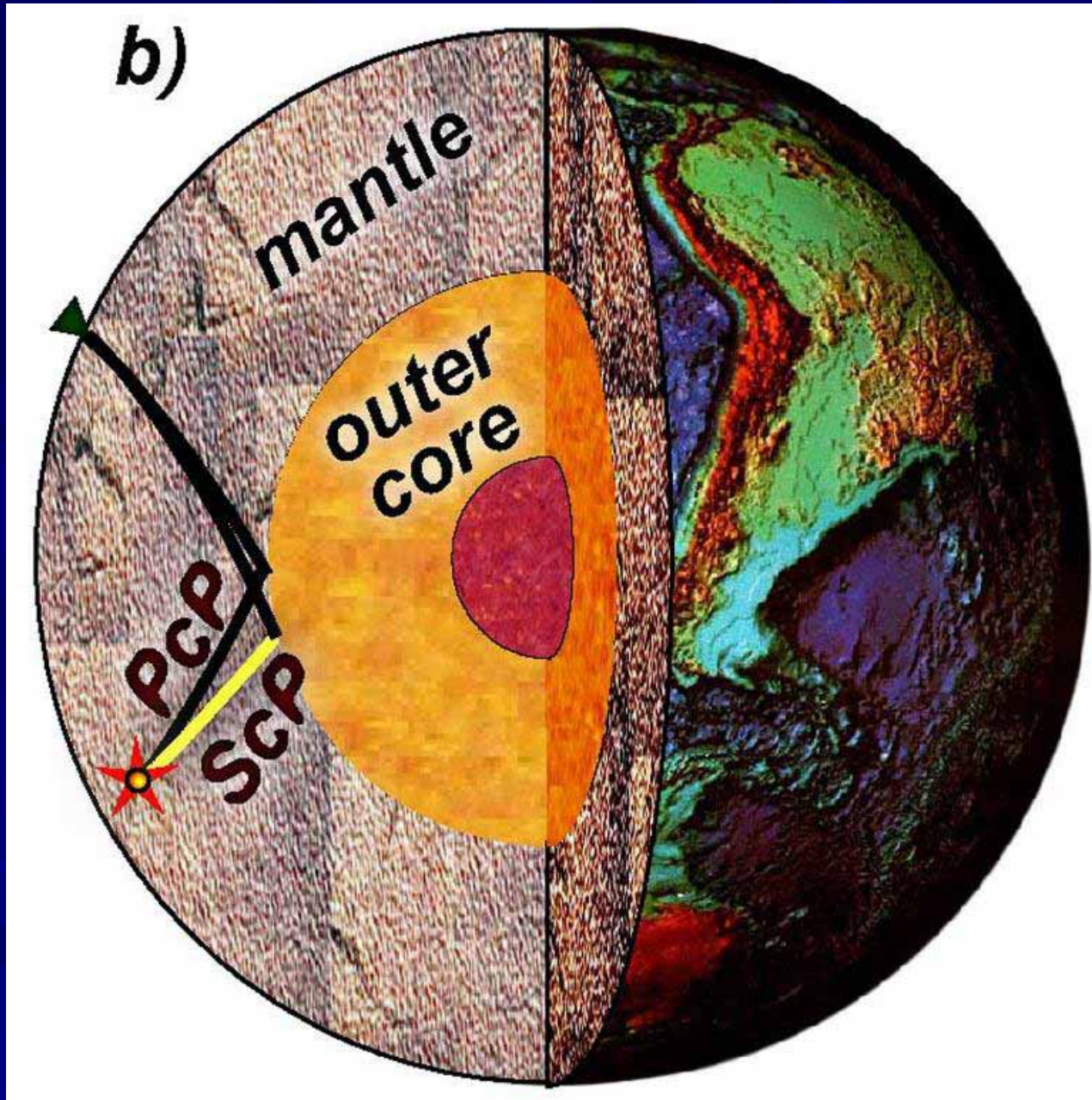
- Στρώμα D''
- Επιφάνεια αναφοράς του κατώτερου
μανδύα
- Θερμές κηλίδες

Στρώμα D''

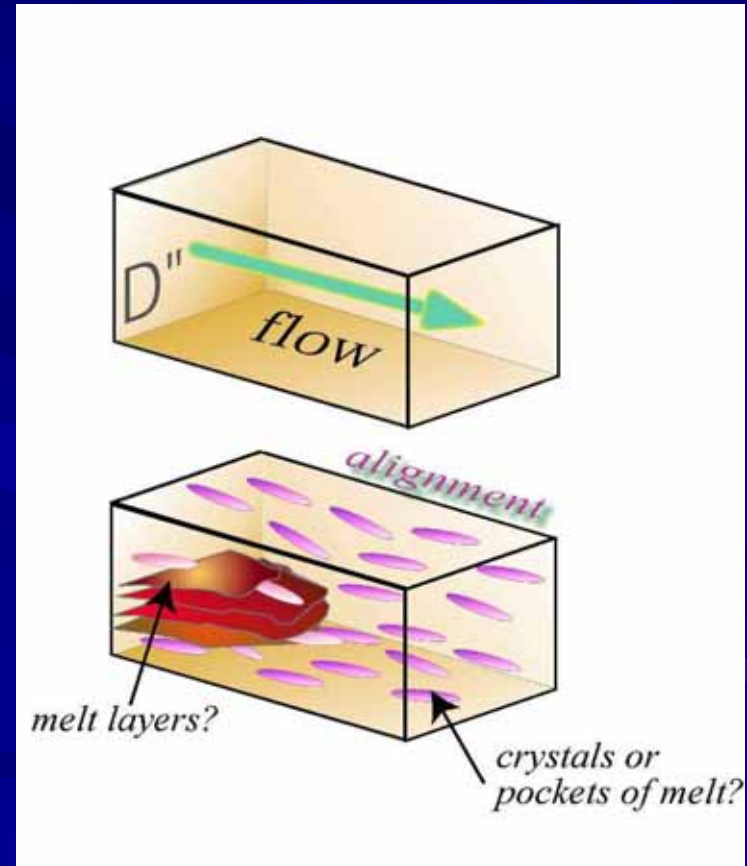
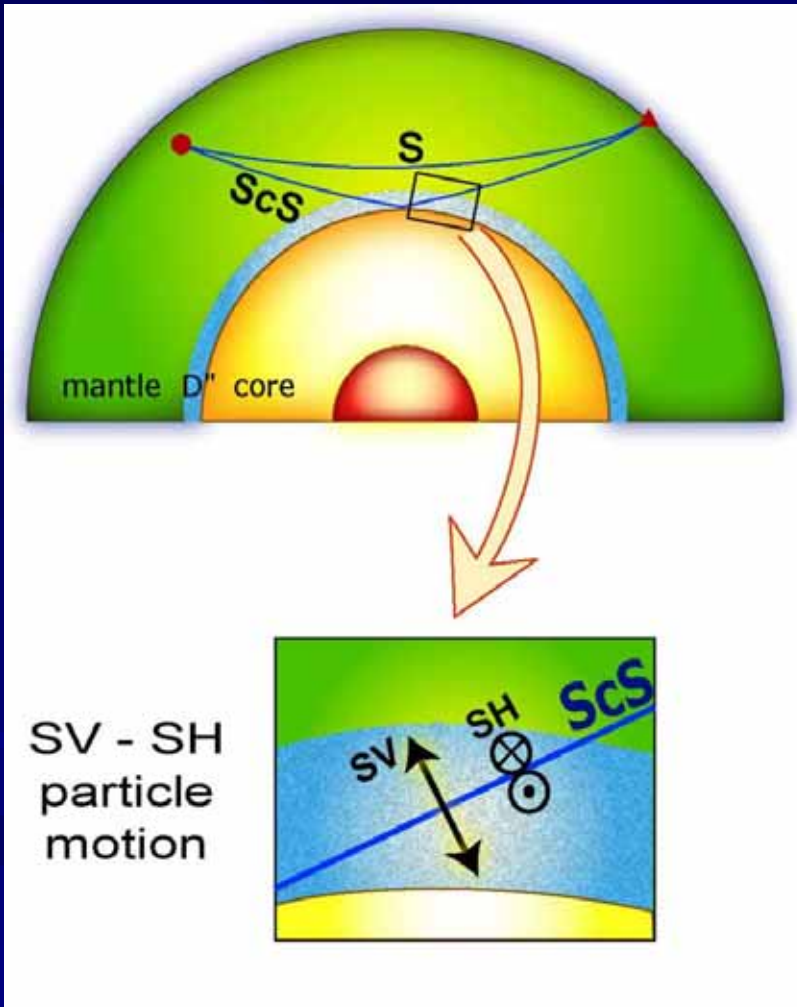


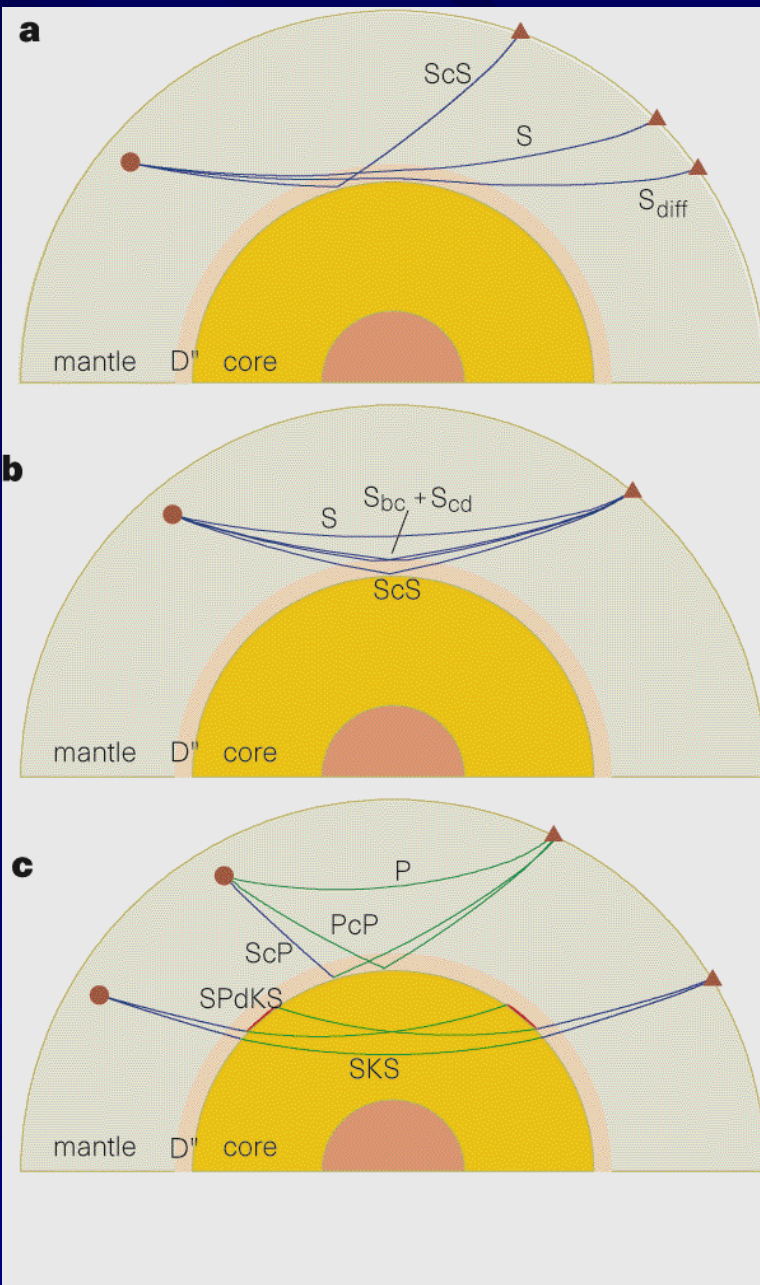




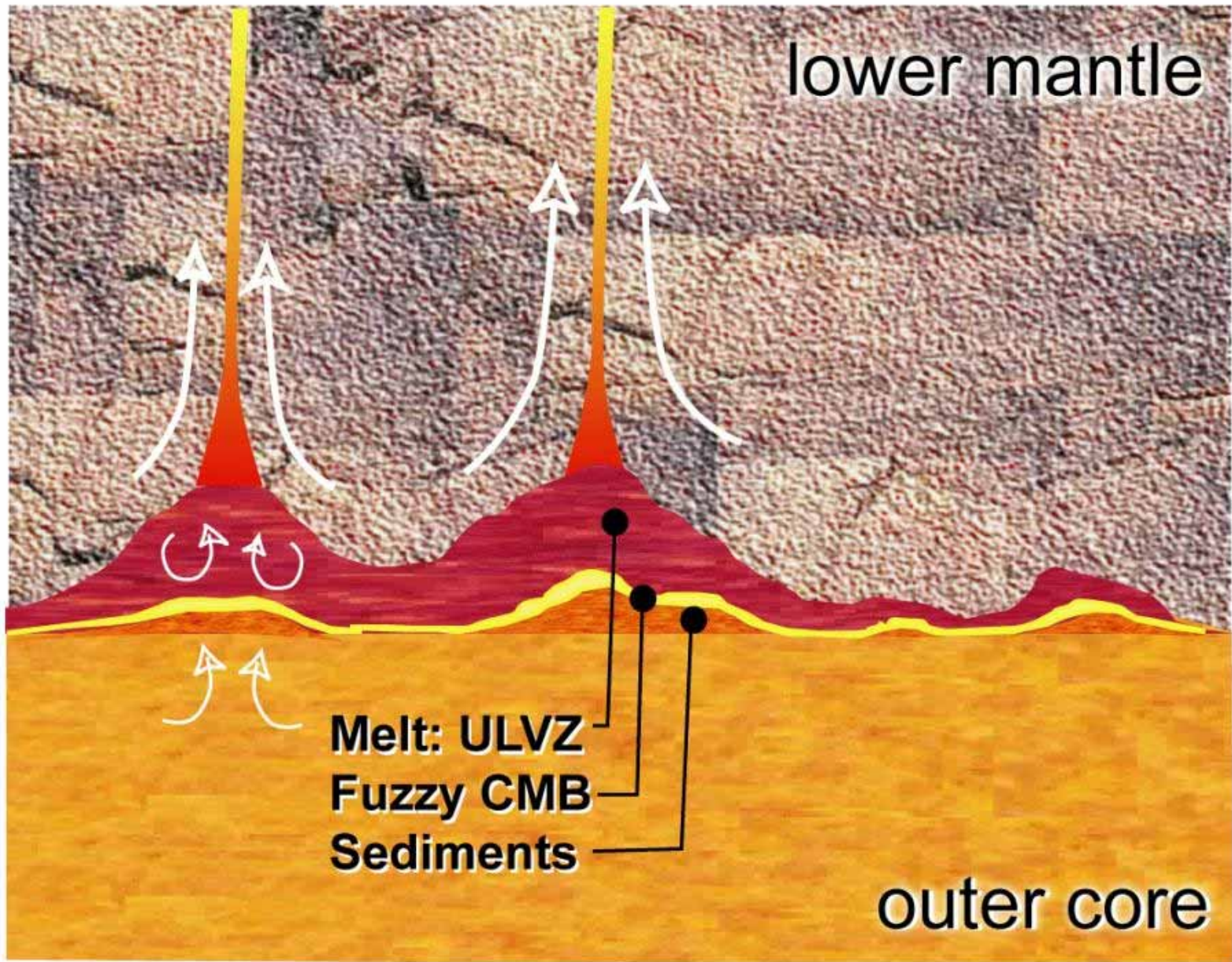


Το πιο ανισότροπο στρώμα όλου του εσωτερικού της Γης

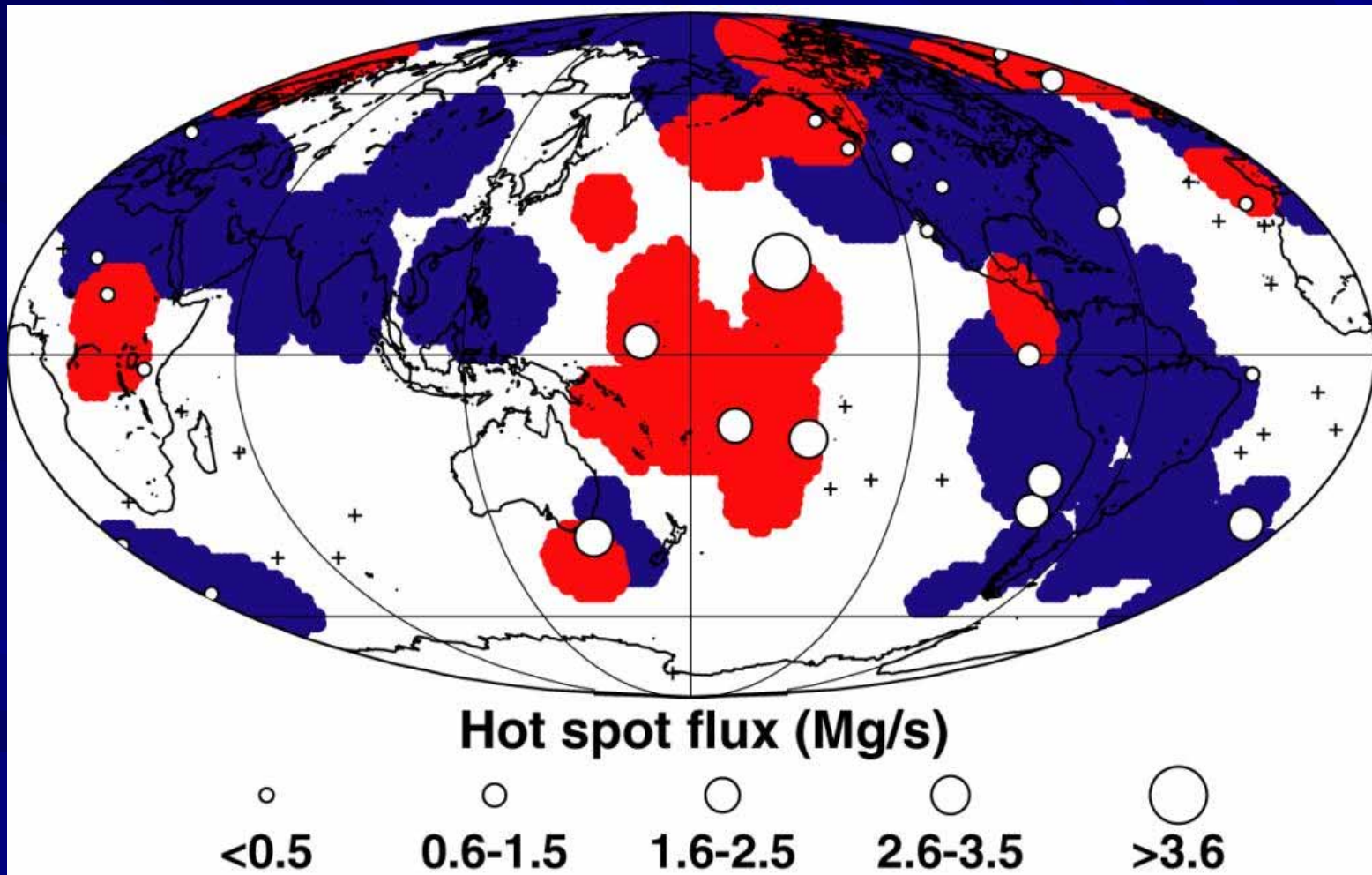




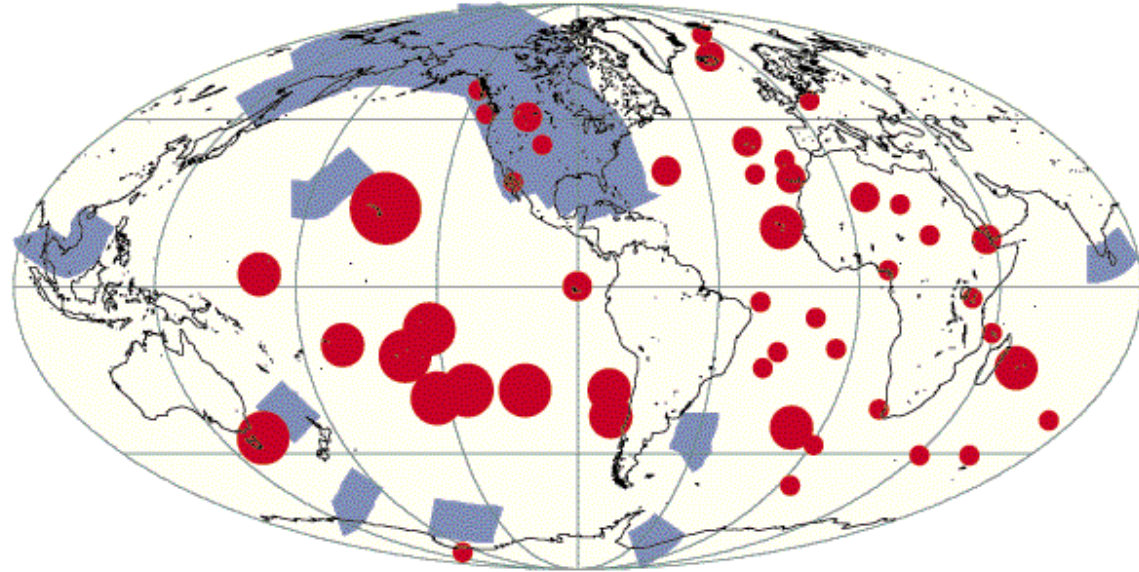
Σεισμικές φάσεις που χρησιμοποιούνται στη μελέτη της δομής του στρώματος D' του κατώτερου μανδύα



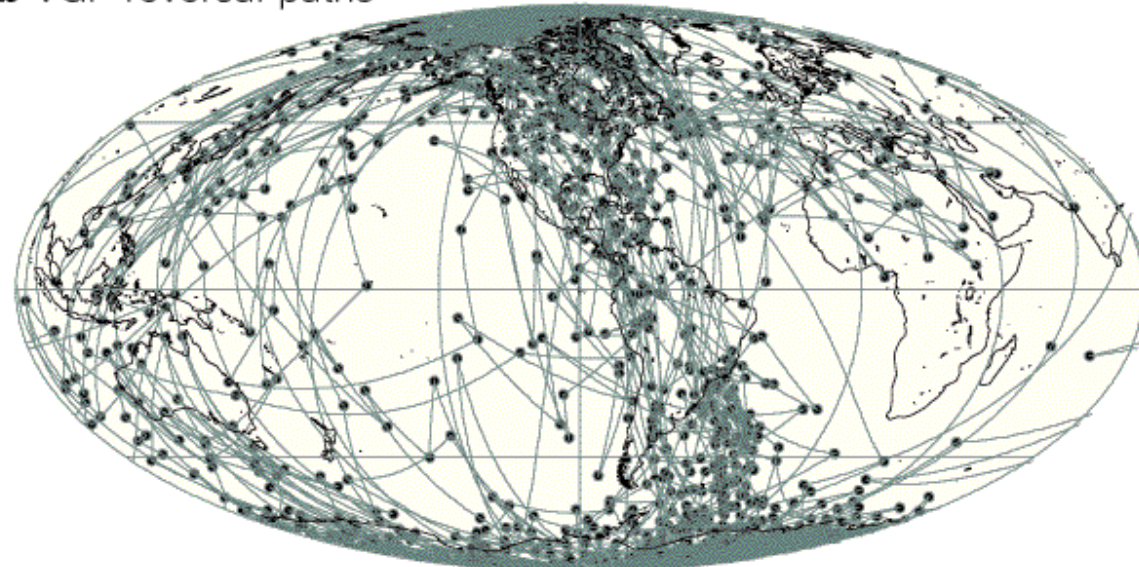
Θερμές κηλίδες και ULVZ



a Hotspots (red) and slabs at the CMB (blue)

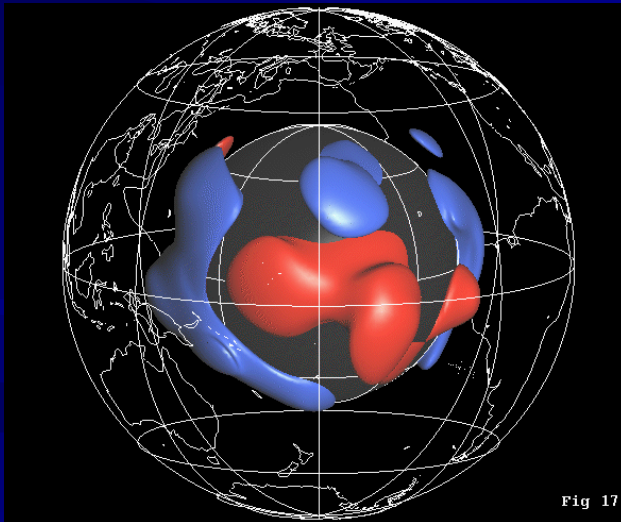


b VGP reversal paths

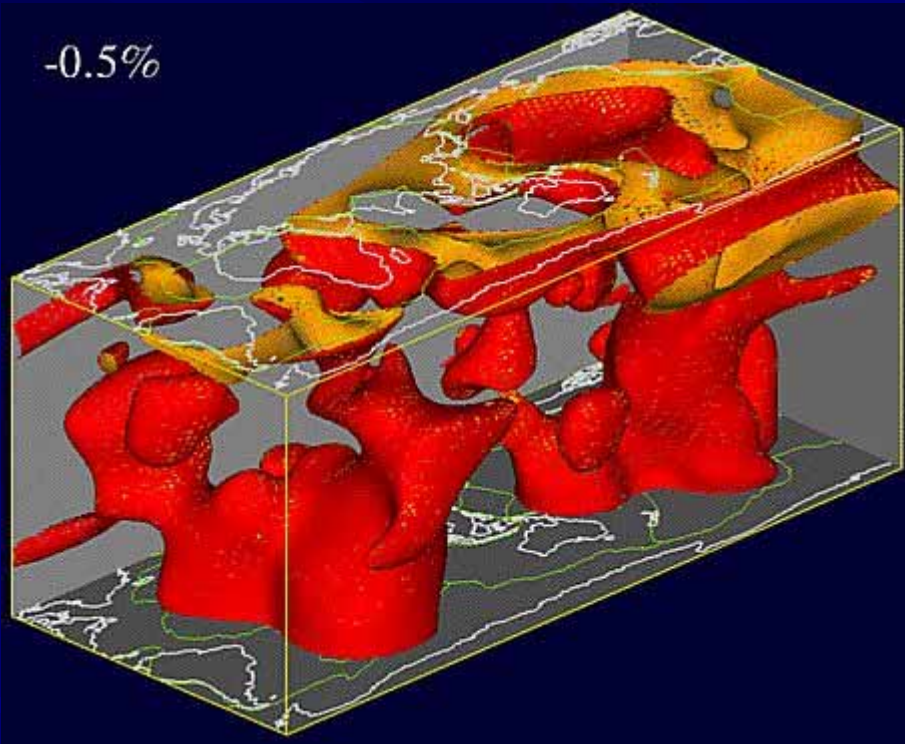


Τομογραφία του ορίου CMB

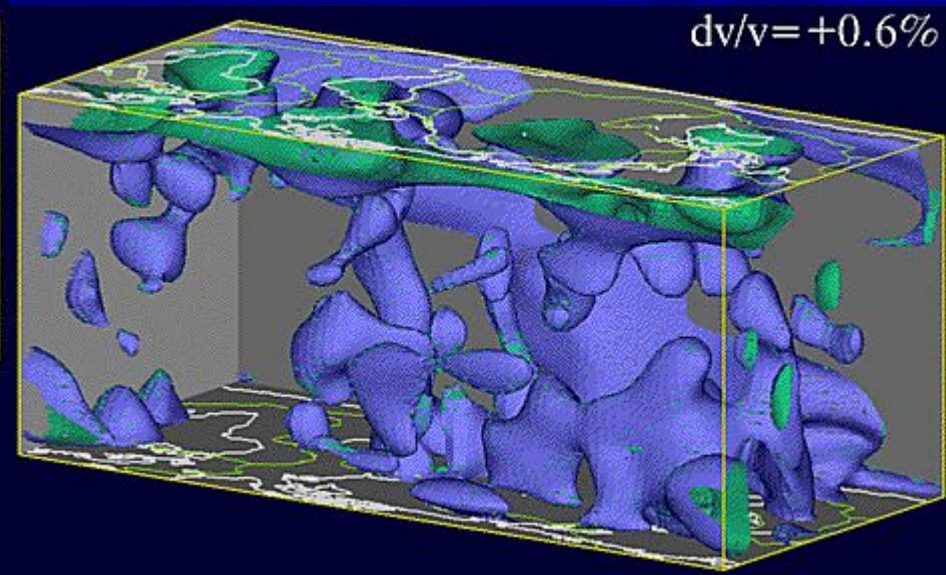
Core-Mantle Boundary



Plumes



Slabs

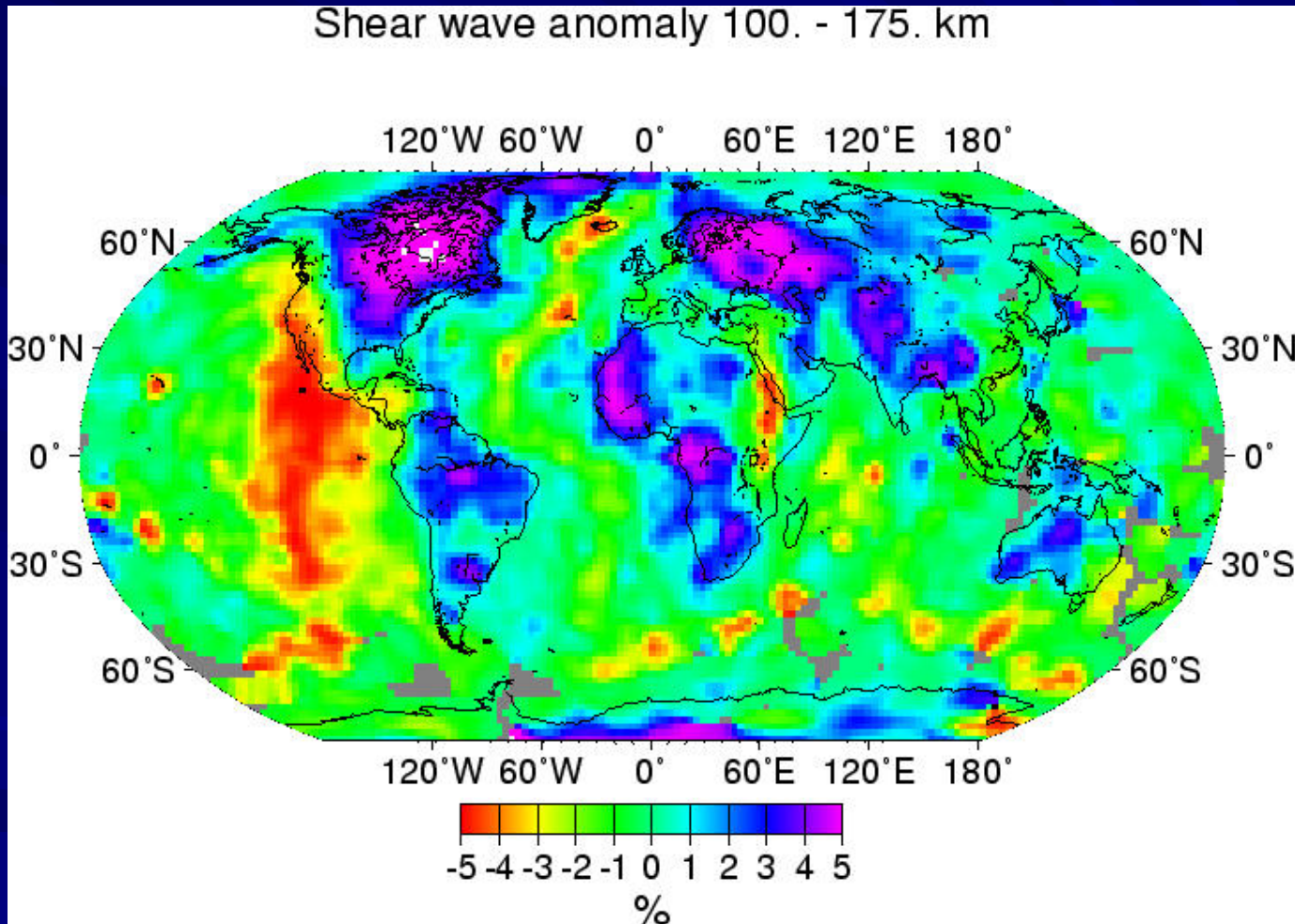


ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

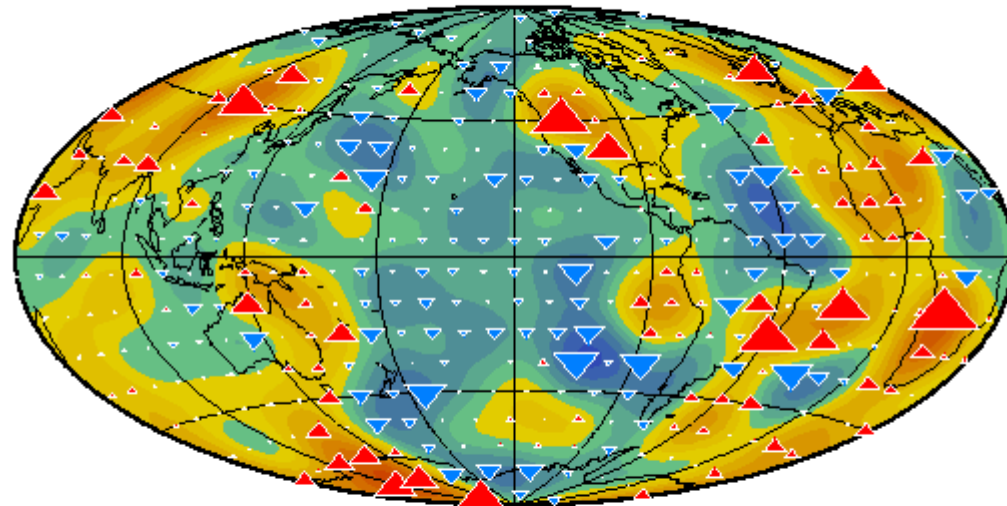
Τομογραφική αποτύπωση των ασυνεχειών
στο εσωτερικό της Γης

Τομογραφία

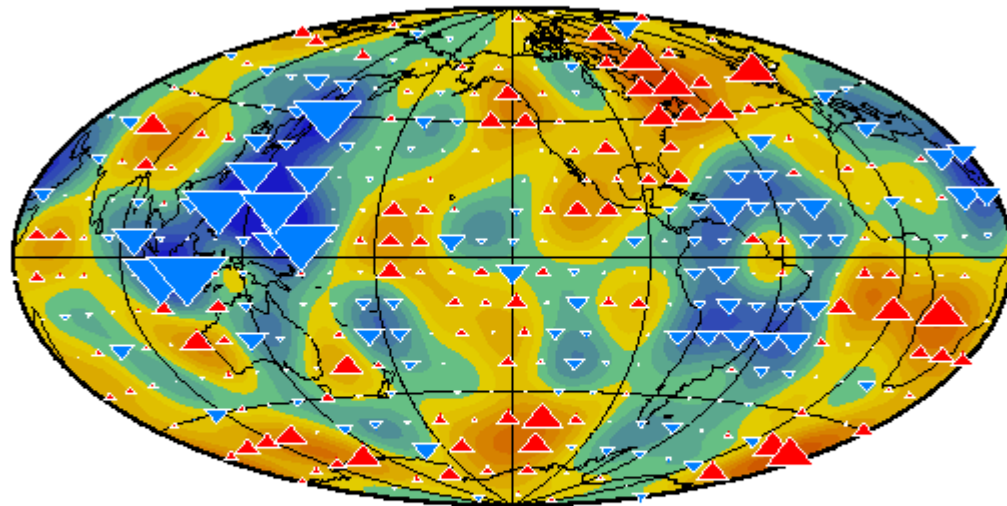
Το εσωτερικό της Γης στο βάθος των 100 -175 km



410 topography

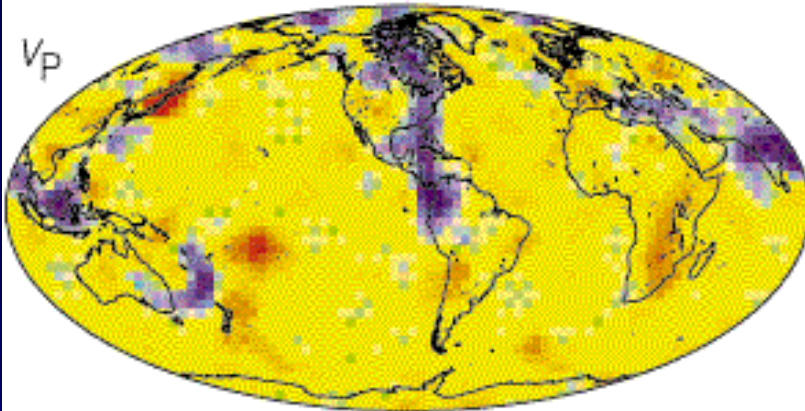


660 topography



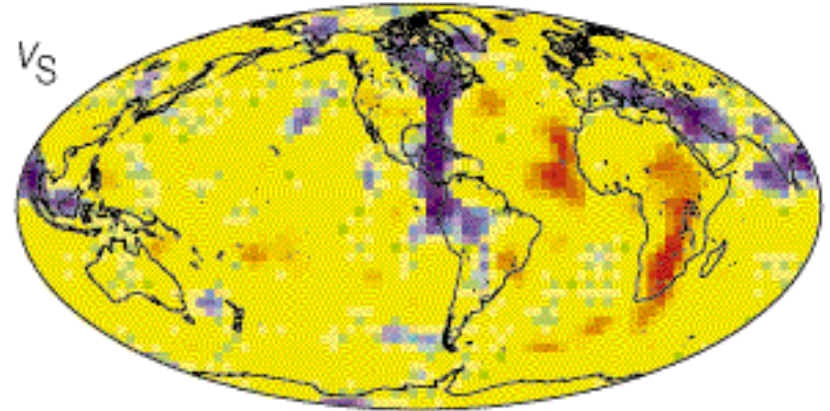
a $Z = 1,350$ km

V_p



Maximum anomaly = $\pm 0.4\%$

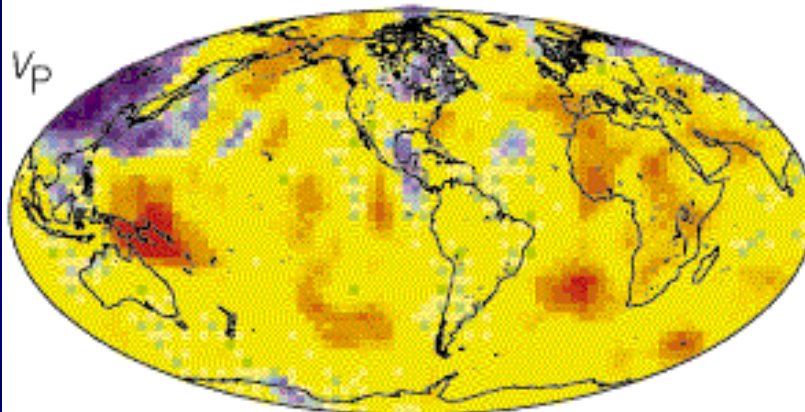
V_s



Maximum anomaly = $\pm 0.4\%$

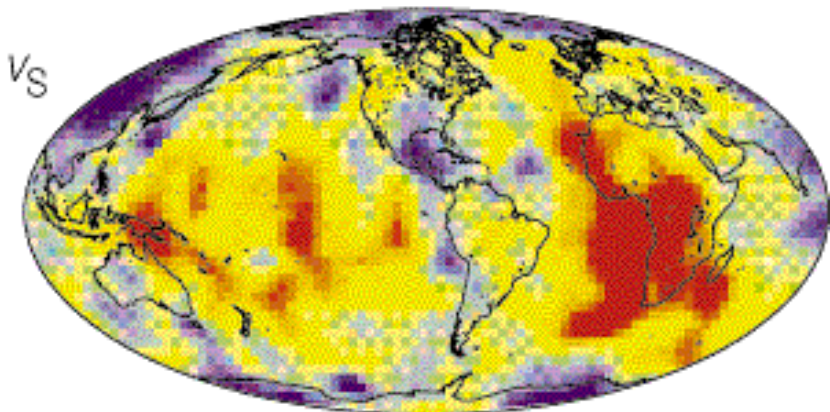
b $Z = 2,750$ km

V_p



Maximum anomaly = $\pm 0.5\%$

V_s



Maximum anomaly = $\pm 1.8\%$