

Κεφάλαιο 5

ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΑΥΤΩΝ ΜΕΣΑ ΣΤΗ ΓΗ

Για την μελέτη της διάδοσης των σεισμικών κυμάτων μέσα στη Γη γίνονται **3 υποθέσεις**.

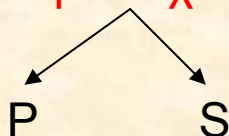
- 1) Τα πετρώματα μέσα από τα οποία διαδίδονται τα κύματα έχουν **ελαστικές ιδιότητες**
- 2) Τα πετρώματα αυτά είναι **ισότροπα** (βλ. Κεφάλαιο 2) και
- 3) Οι σχετικές μεταθέσεις των σημείων είναι **απειροστές**

ΤΗΝ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΜΕΣΑ ΣΤΗ ΓΗ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΚΥΡΙΩΣ:

- 1) Η πυκνότητα και
- 2) Οι ελαστικές σταθερές

(συνέχεια)

- Όπως έχουμε προαναφέρει έχουμε 2 μεγάλες ομάδες σεισμικών κυμάτων:
- **1) τα κύματα χώρου** (διαδίδονται προς κάθε κατεύθυνση) και



- **2) τα επιφανειακά κύματα** (διαδίδονται σε ορισμένες επιφάνειες)



- Υπάρχουν και άλλων ειδών κύματα που αποτελούν συνδυασμό των παραπάνω. Τέτοια είναι τα **διαυλικά κύματα** που διαδίδονται σε στρώματα μικρής ταχύτητας. Άλλα τέτοια κύματα είναι τα **στάσιμα κύματα** που παράγονται κατά την συμβολή των κυμάτων Rayleigh και Love και δημιουργούν την **ελεύθερη ταλάντωση** της Γης

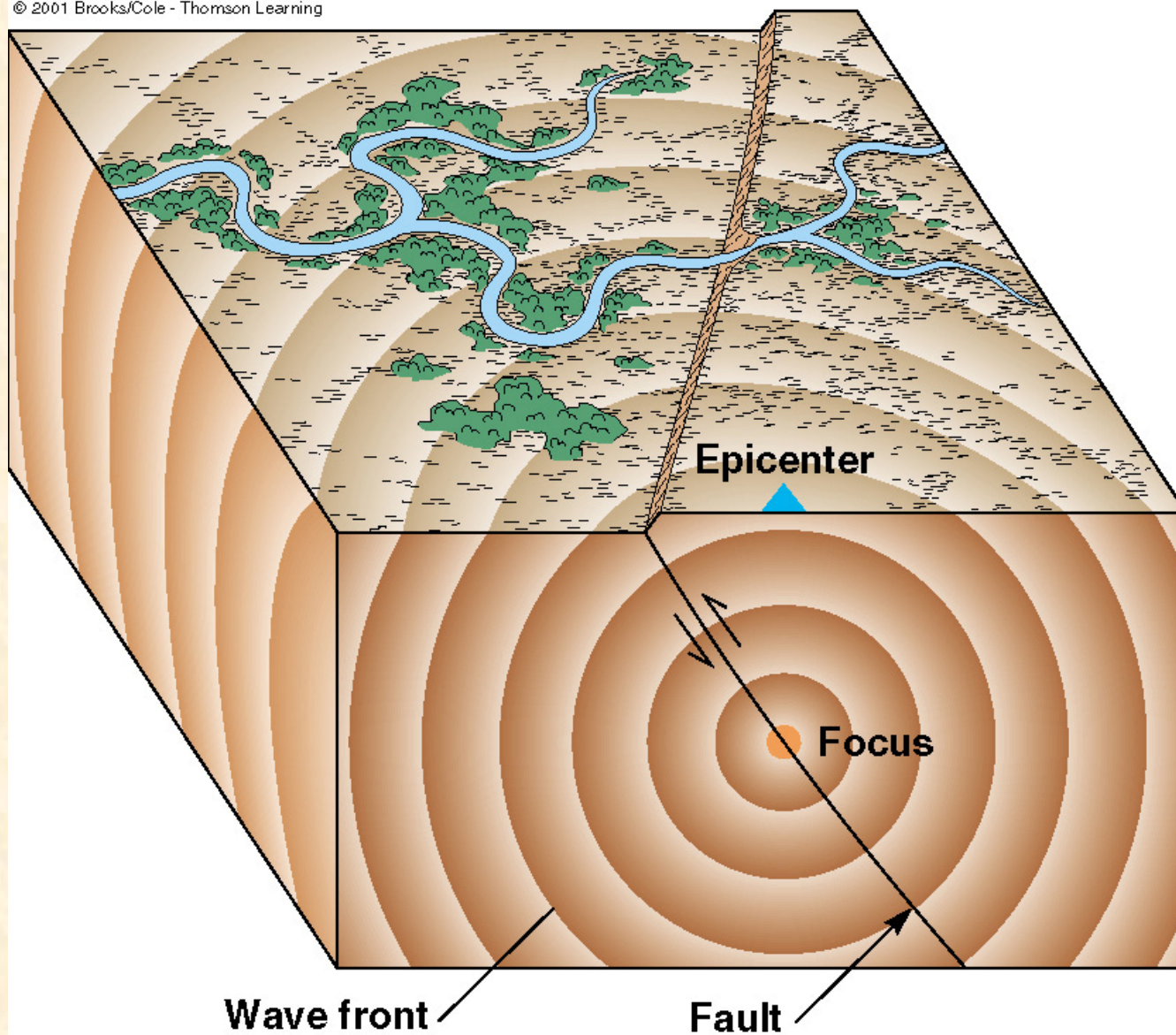
Βασικοί Ορισμοί

- Δίδονται οι ορισμοί βασικών εννοιών της Σεισμολογίας
- 1) Μικροσεισμική Εστία. Είναι το σημείο μέσα στη Γη που αρχίζει η διάρρηξη.
- 2) Χρόνος Γένεσης, H . Είναι ο χρόνος γένεσης των κυμάτων. Να επισημάνουμε εδώ ότι τα κύματα γενιούνται ταυτόχρονα και λόγω της διαφορετικής τους ταχύτητας αναγράφονται από τα όργανα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.
- 3) Μικροσεισμικό Επίκεντρο. Είναι το σημείο όπου η κατακόρυφος που περνάει από την μικροσεισμική εστία τέμνει την επιφάνεια της Γης.
- 4) Εστιακό Βάθος, h . Είναι η απόσταση μεταξύ εστίας και επικέντρου.
- 5) Μακροσεισμικό Επικέντρο. Είναι το κέντρο της περιοχής όπου σημειώνονται οι μεγαλύτερες βλάβες από έναν σεισμό. Η περιοχή με τις περισσότερες βλάβες λέγεται Πλειόσειστη περιοχή.

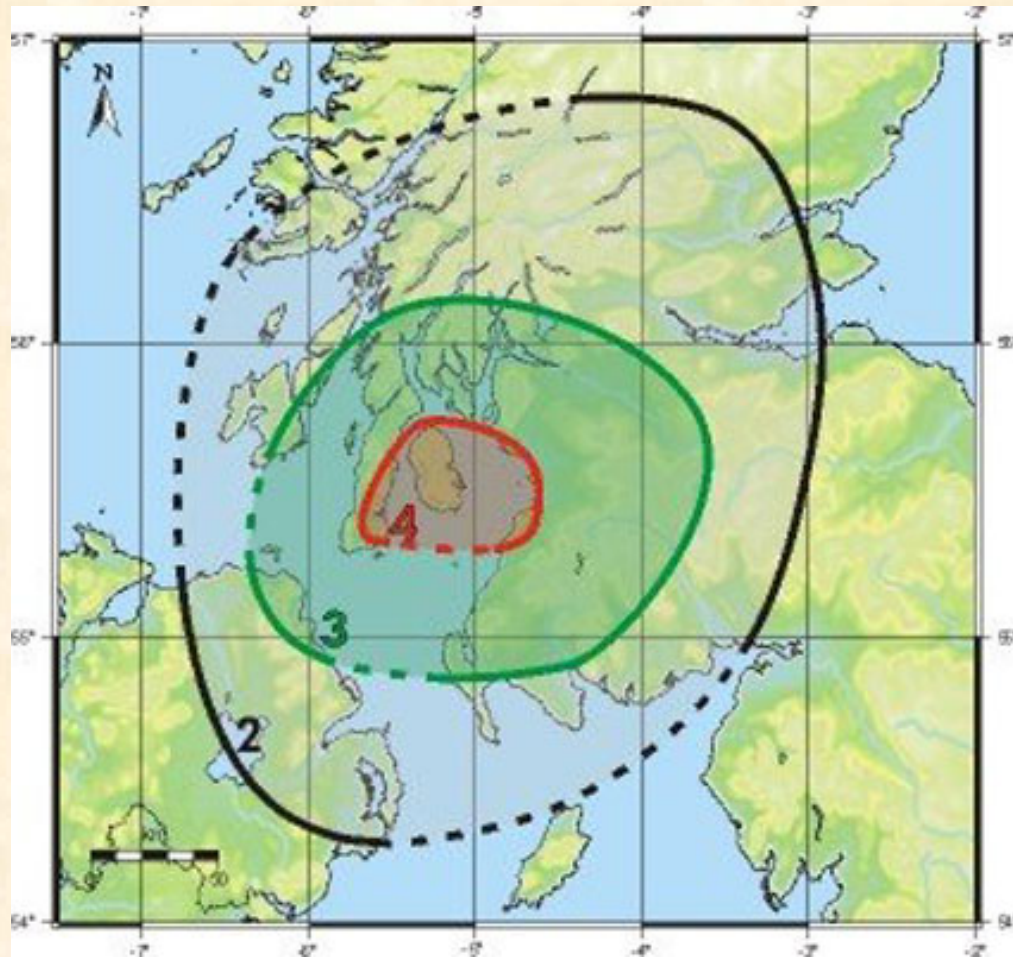
ΤΟ ΜΙΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟ ΕΠΙΚΕΝΤΡΟ ΔΕΝ ΣΥΜΠΙΠΤΟΥΝ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ.

(συνέχεια)

© 2001 Brooks/Cole - Thomson Learning

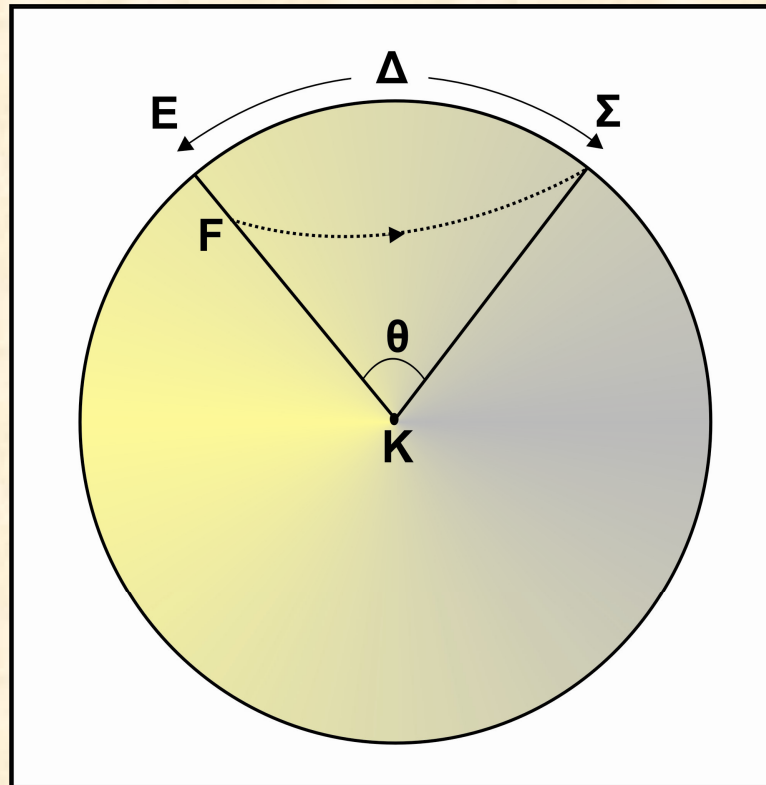


Η πλειόσειστη περιοχή με κόκκινο χρώμα



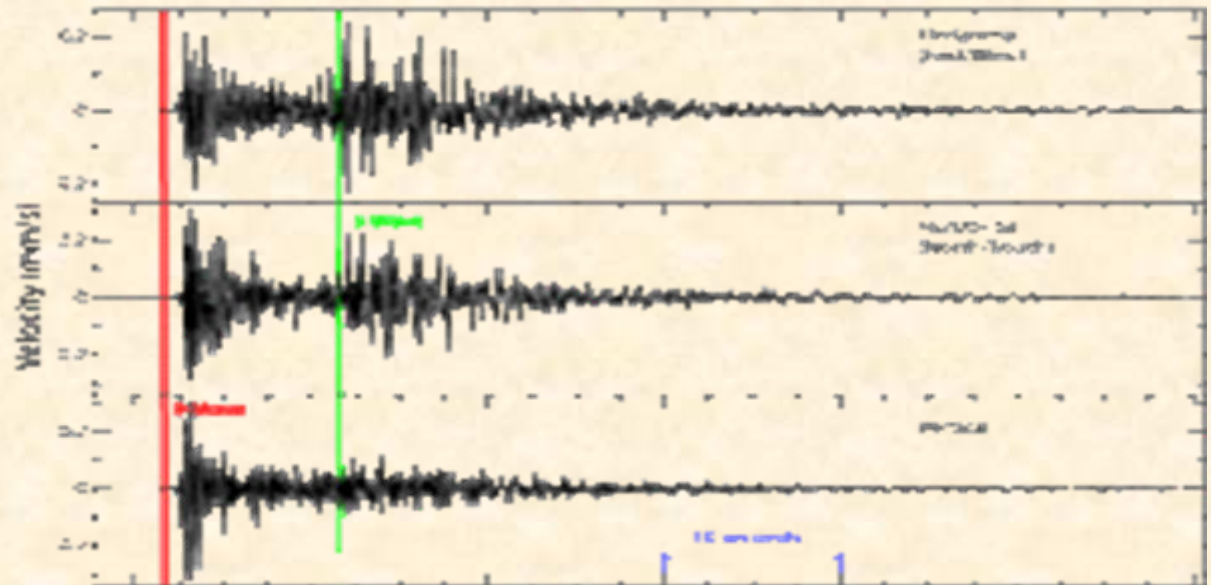
(συνέχεια)

- 6) Ορίζουμε σαν επικεντρική απόσταση Δ ενός σεισμού από ένα σταθμό το μήκος το τόξου ενός μεσημβρινού που βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της Γης μεταξύ σταθμού και επικέντρου ή την αντίστοιχη επικεντρική γωνία θ . Η επικεντρική απόσταση μετριέται σε μοίρες ή σε Km ($1^\circ = 111,11$ Km).
- Στο σχήμα F=εστία σεισμού, E = μικροσεισμικό επίκεντρο, και Σ = σεισμολογικός σταθμός

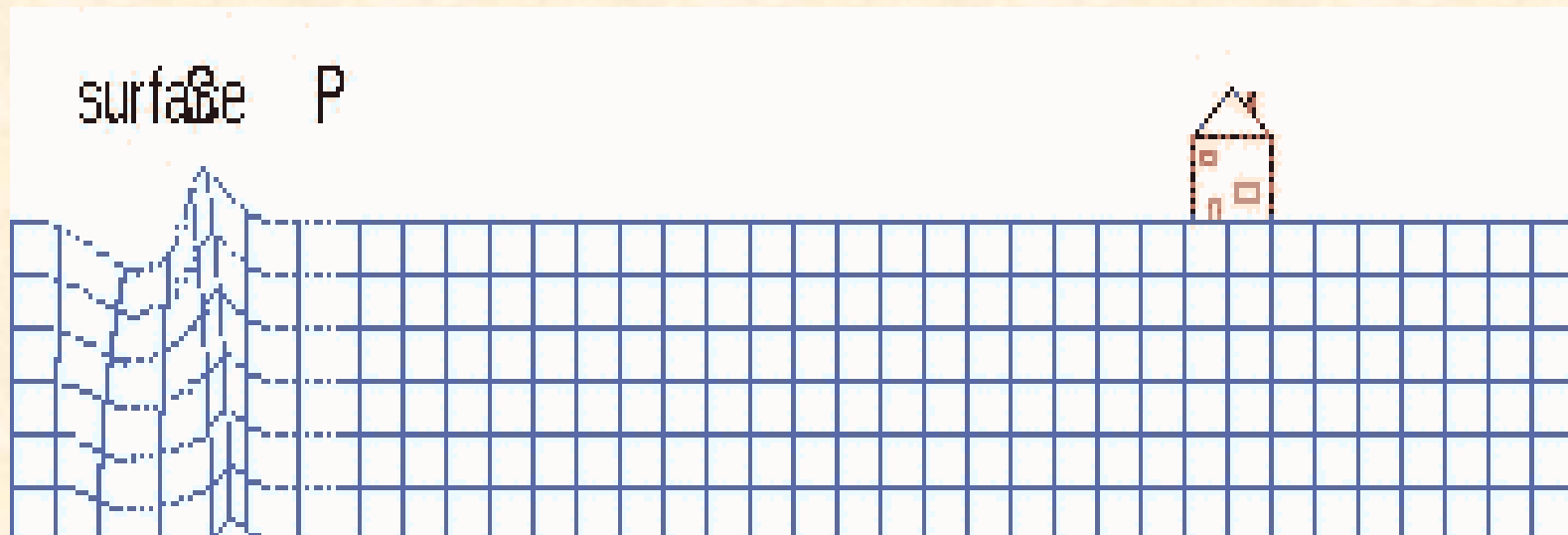


(συνέχεια)

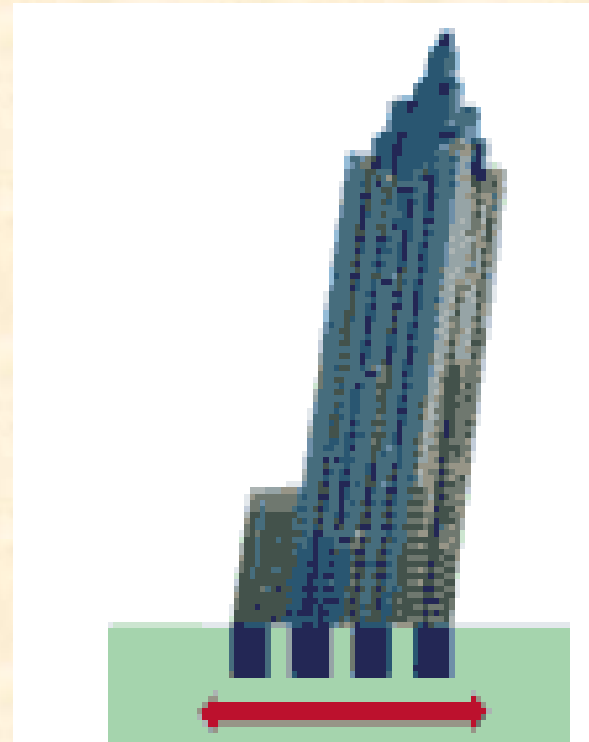
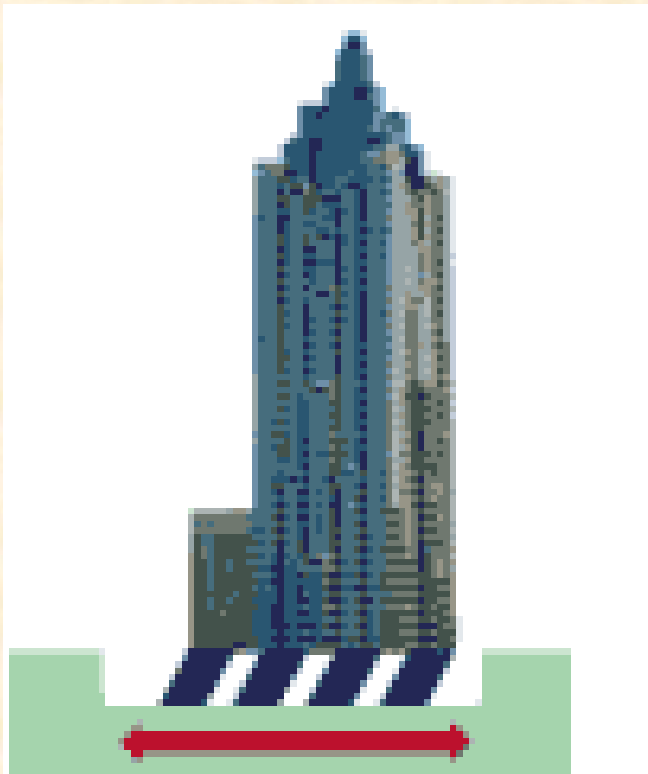
- Οι διάδοση των σεισμικών κυμάτων περιγράφεται με τις **σεισμικές ακτίνες**.
- 1) Ονομάζουμε **χρόνο άφιξης, t** ενός κύματος τον χρόνο που φτάνει και γράφεται το σεισμικό κύμα σε έναν σεισμολογικό σταθμό (στο παρακάτω σχήμα διακρίνονται οι χρόνοι άφιξης των κυμάτων P και S).
- 2) Ονομάζουμε **χρόνο διαδρομής, τ** ενός κύματος τον χρόνο που κάνει το σεισμικό κύμα για να διατρέξει την απόσταση (που διαγράφεται από την σεισμική ακτίνα) μεταξύ της εστίας και ενός σεισμολογικού σταθμού.
- **ΙΣΧΥΕΙ Η ΣΧΕΣΗ $t=H+\tau$**



ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΗΚΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ



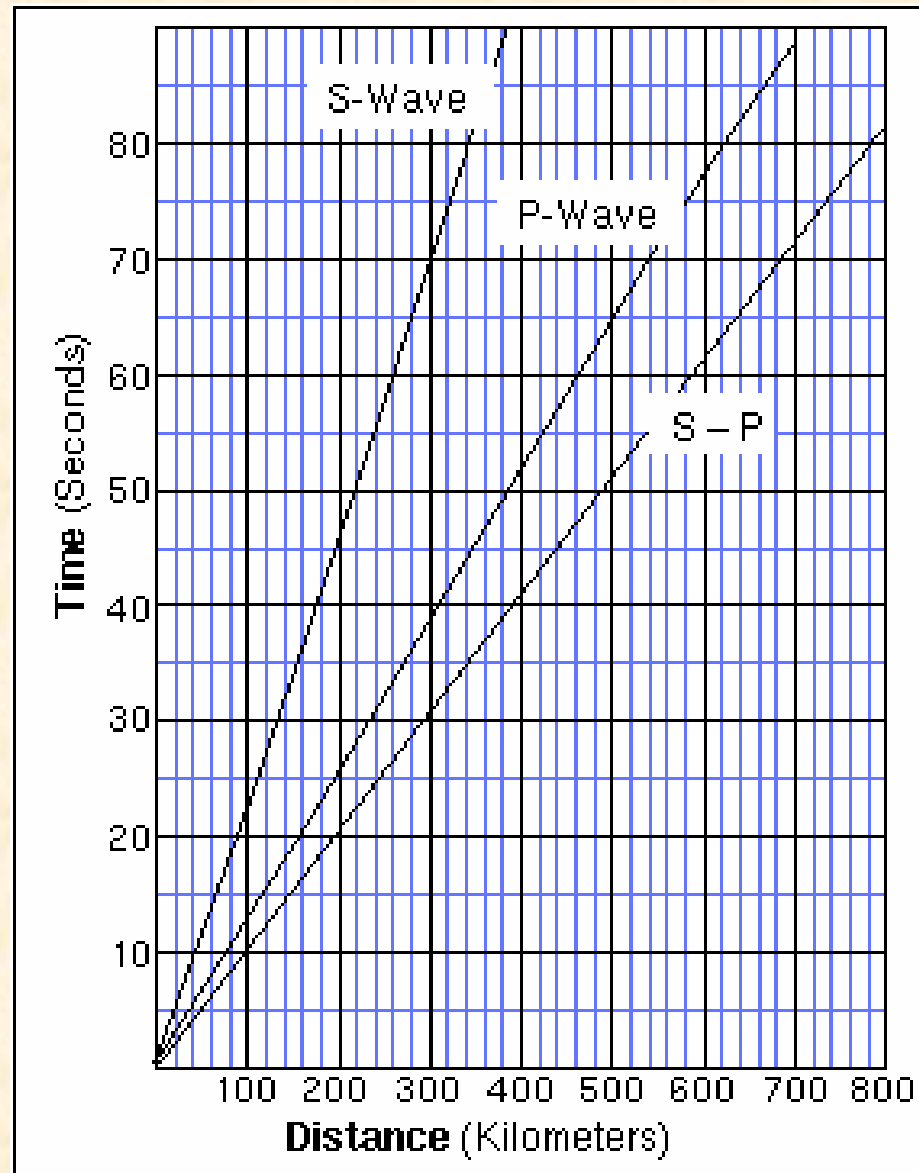
Κραδασμός κατασκευής από την διέλευση σεισμικών κυμάτων



ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΧΡΟΝΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

- Μετά την έκλυσή τους τα κύματα διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης και καταγράφονται σε όποιους σεισμολογικούς σταθμούς βρεθούν στην διαδρομή τους (χρόνος άφιξης).
- Αν είναι γνωστά η εστία και ο χρόνος γένεσης εύκολα υπολογίζονται οι επικεντρικές αποστάσεις και οι αντίστοιχοι χρόνοι διαδρομής.
- Αν η ίδια διαδικασία επαναληφθεί για πολλούς σεισμούς μπορούμε να κατασκευάσουμε πίνακες που δίνουν τους χρόνους διαδρομής σε συνάρτηση με την επικεντρική απόσταση. Είναι δε γνωστοί σαν **πίνακες χρόνων διαδρομής**. Επειδή στις πυρηνικές ή σε άλλες εκρήξεις είναι γνωστά η εστία και ο χρόνος γένεσης τους με μεγάλη ακρίβεια (επειδή είναι προγραμματισμένα) οι σύγχρονοι πίνακες χρόνων διαδρομής έχουν κατασκευασθεί εν πολλοίς στηριζόμενοι σε αυτές.
- Αν χαρτογραφήσουμε τους χρόνους διαδρομής σε σχέση με τις επικεντρικές τους αποστάσεις οι γραφικές παραστάσεις που θα πάρουμε λέγονται **καμπύλες χρόνων διαδρομής**

ΤΥΠΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΧΡΟΝΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ



(συνέχεια)

- Οι ταχύτητες των σεισμικών κυμάτων μεταβάλλονται κυρίως με το βάθος μέσα στην Γη.
- **Κανονική μεταβολή της ταχύτητας** έχουμε όταν υπάρχει συνεχής μεταβολή της ταχύτητας u με το βάθος h μέσα στην Γη, και η βαθμίδα αυτής της μεταβολής (δηλ. du/dh) είναι μικρή.
- Συνήθως έχουμε κανονική μεταβολή
- Υπάρχει σήμερα η άποψη ότι τα κύματα P διαδίδονται με μεγαλύτερη ταχύτητα όσο βαθύτερα προχωρούν μέσα στην Γη.

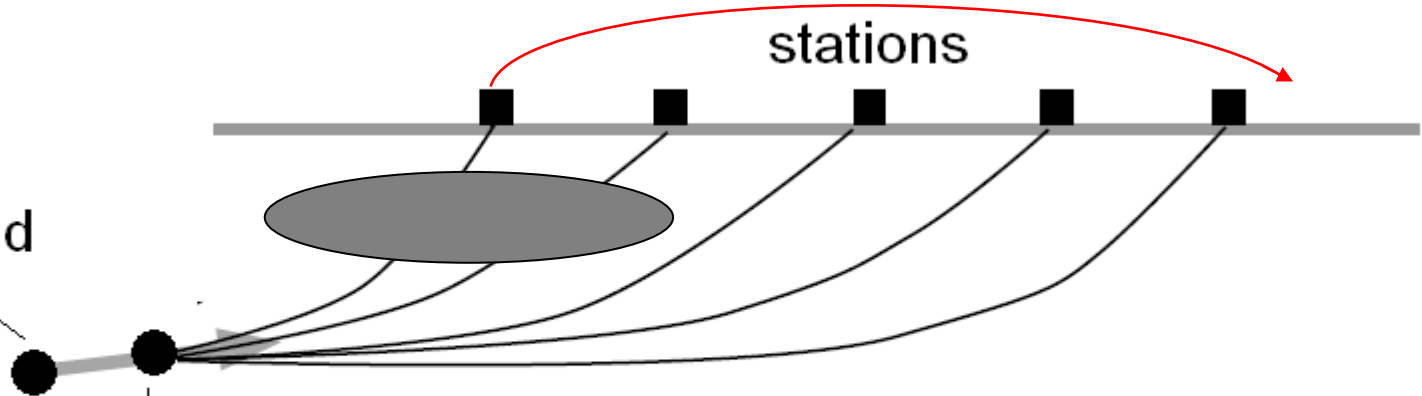
(συνέχεια)

- Από τον κανόνα αυτόν υπάρχουν και δύο εξαιρέσεις.
- 1) Όταν υπάρχει μέσα στην Γη **στρώμα μεγάλης ταχύτητας** τότε παρατηρούμε το εξής φαινόμενο. Σεισμικές ακτίνες προερχόμενες από μεγαλύτερες αποστάσεις που περνούν μέσα από το στρώμα αυτό να εμφανίζονται νωρίτερα στα όργανα των σταθμών από ότι θεωρητικά αναμένονταν. Ενώ ακτίνες που δεν πέρασαν από αυτό το στρώμα (κοντινές αποστάσεις) εμφανίζονται κανονικά στους σταθμούς, αν και φαίνεται ότι καθυστερούν αφού γράφονται μετά από τους πρώτους που πέρασαν από το στρώμα,

far and
early

close
and late

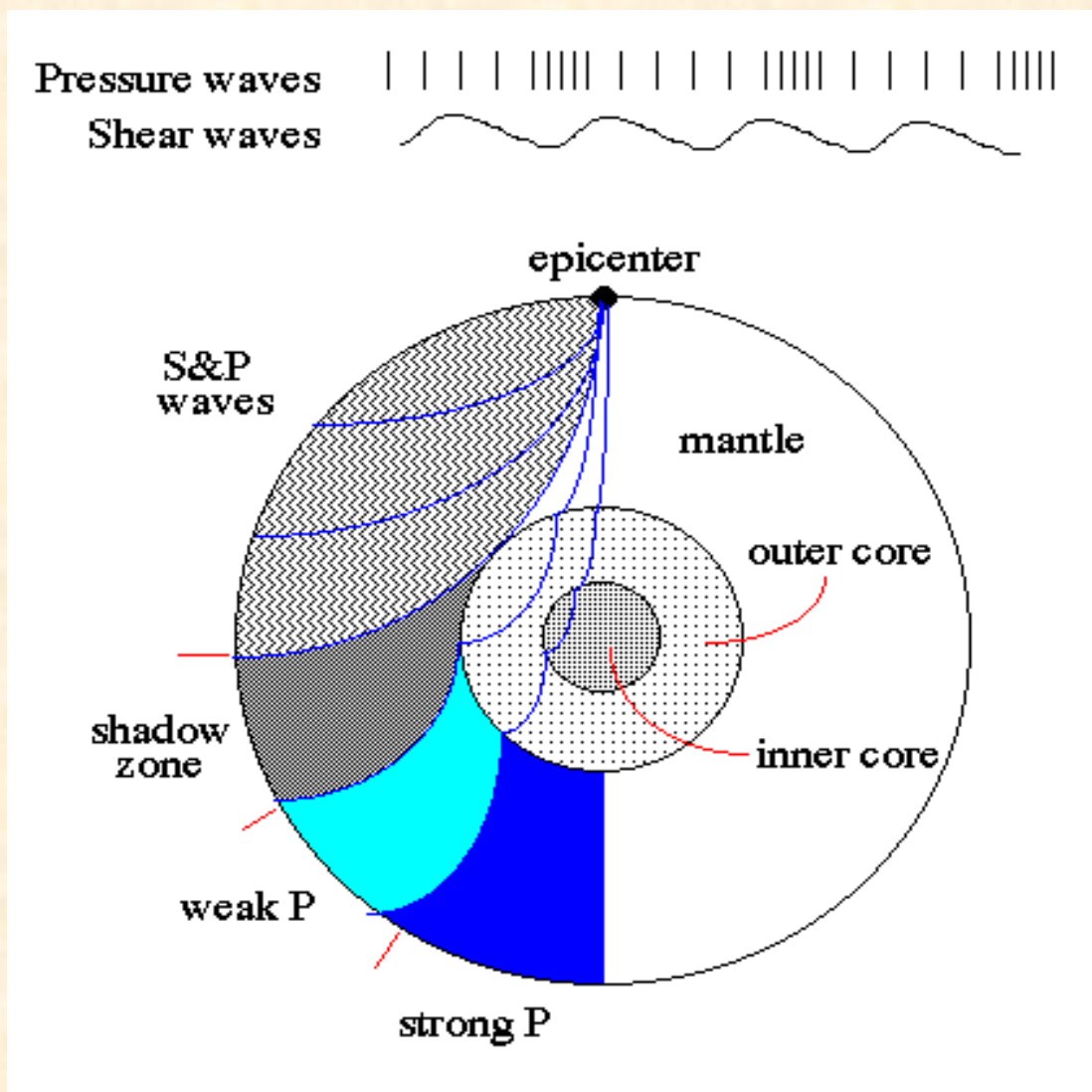
stations



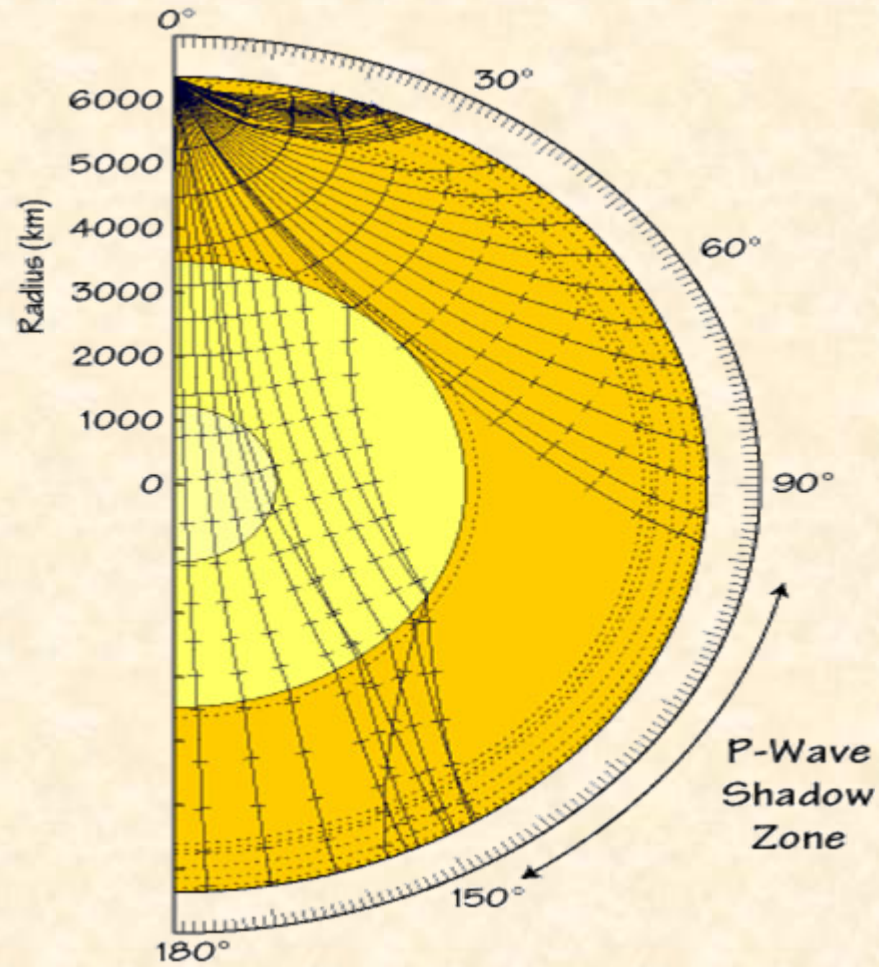
(συνέχεια)

- Άλλη περίπτωση είναι η ύπαρξη στρώματος μικρής ταχύτητας. Τότε η ταχύτητα μέσα στο στρώμα ελαττώνεται με το βάθος, ενώ πάνω και κάτω από το στρώμα η ταχύτητα μεταβάλλεται κανονικά. Για παράδειγμα τέτοια περίπτωση υπάρχει στο όριο μανδύα-πυρήνα. Οι ακτίνες καμπυλώνονται έντονα και εμφανίζονται μακρύτερα από ότι αναμένονταν. Έτσι μεταξύ π.χ. των ακτινών που περνούν πάνω από το στρώμα και των ακτινών που περνούν μέσα από το στρώμα δεν αναδύονται ακτίνες με αποτέλεσμα να δημιουργείται η λεγόμενη **σκιερή ζώνη**.

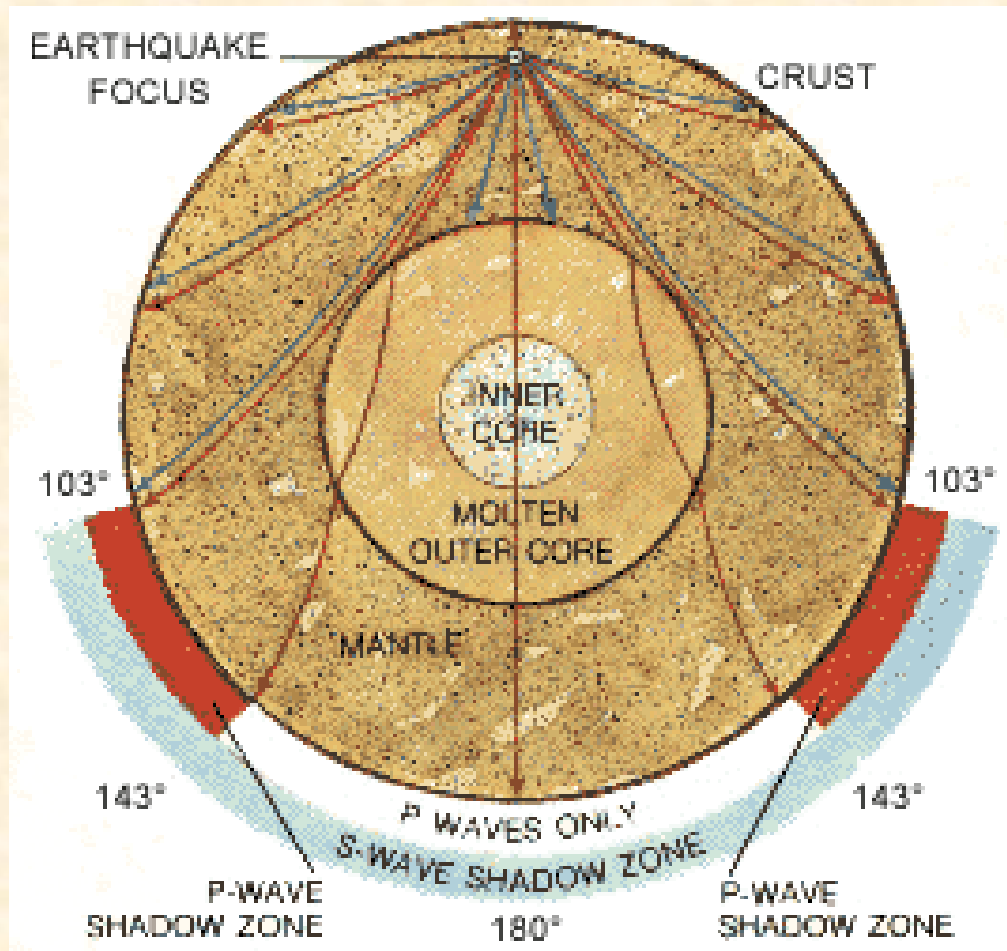
Σχηματική παράσταση σκιερής ζώνης



Σκιερή Ζώνη



ΣΚΙΕΡΗ ΖΩΝΗ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΧΩΡΟΥ

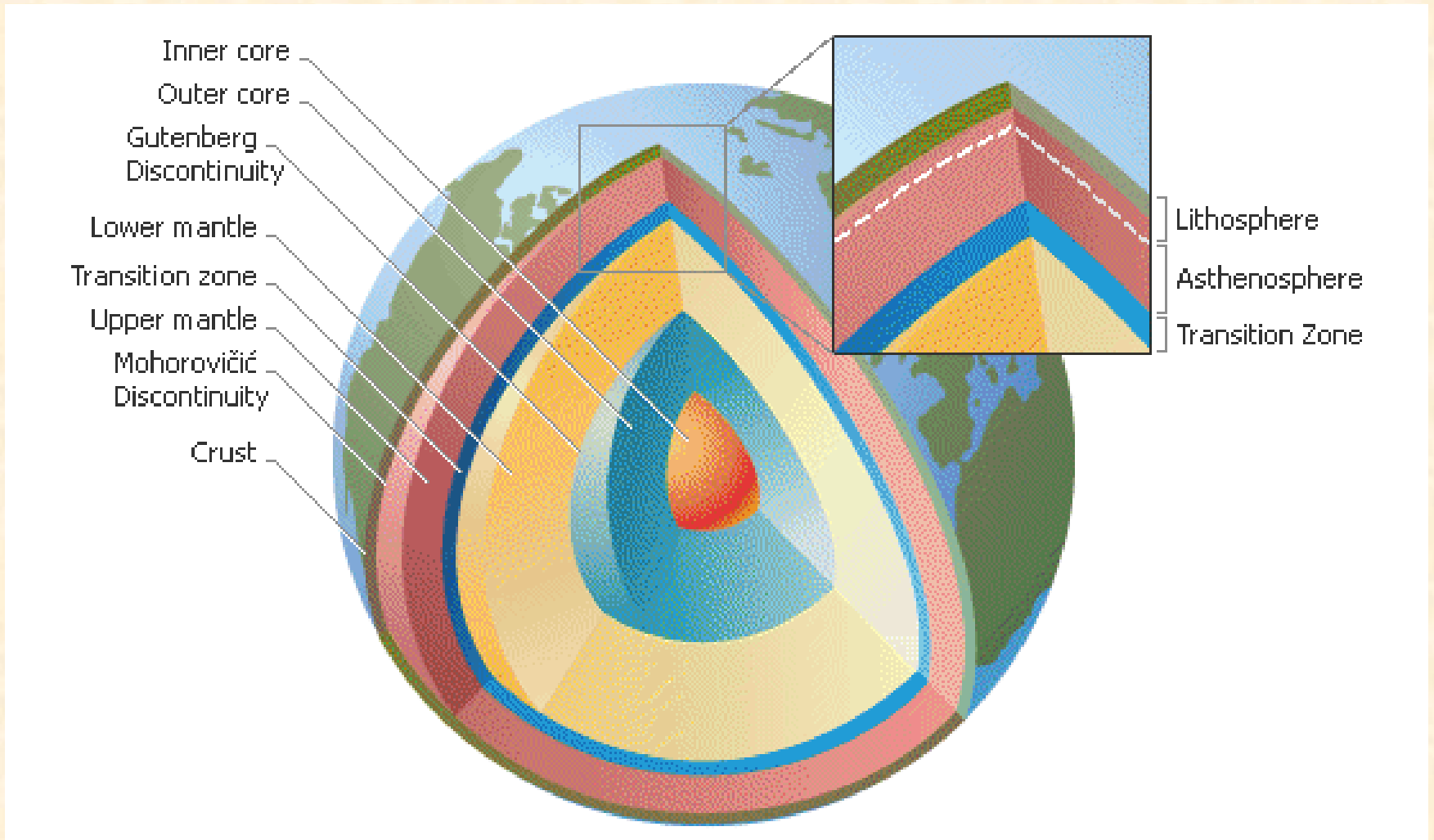


ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Με βάση την μεταβολή των κυμάτων μέσα στην Γη, παρατηρήθηκε ότι σε ορισμένα βάθη της η μεταβολή από κανονική αυξάνει απότομα. Έχουμε όπως λέμε **ασυνέχειες ταχυτήτων**.
 - Με βάση λοιπόν τις ασυνέχειες αυτές η Γη χωρίζεται σε 3 στρώματα δηλαδή:
 - **α) τον φλοιό**
 - **β) τον μανδύα**
 - **γ) τον πυρήνα**
- ασυνέχεια Mohorovicic
και
ασυνέχεια Gutenberg

Οι δύο αυτές ασυνέχειες λέγονται **ασυνέχειες πρώτης τάξης**

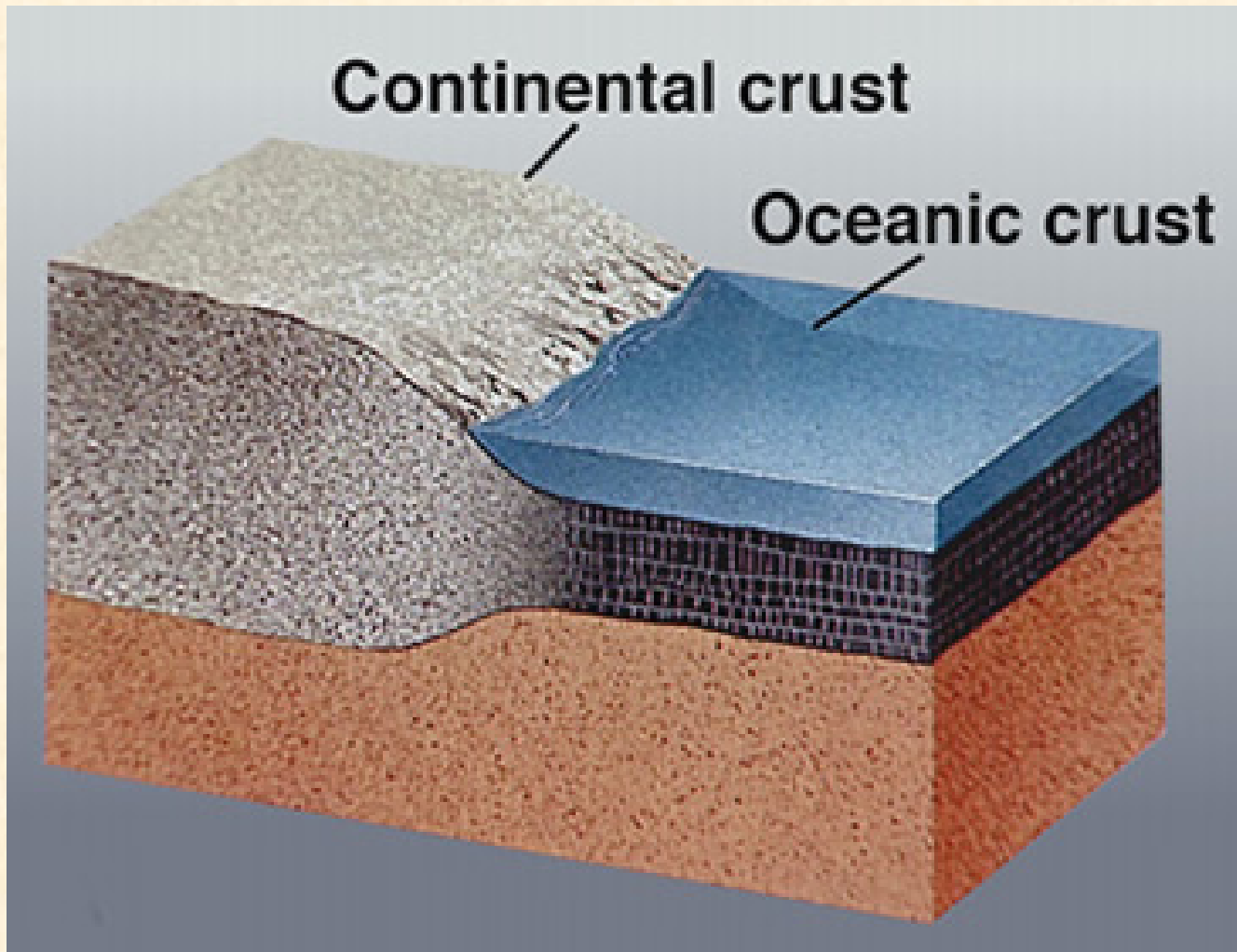
Τα στρώματα της Γης



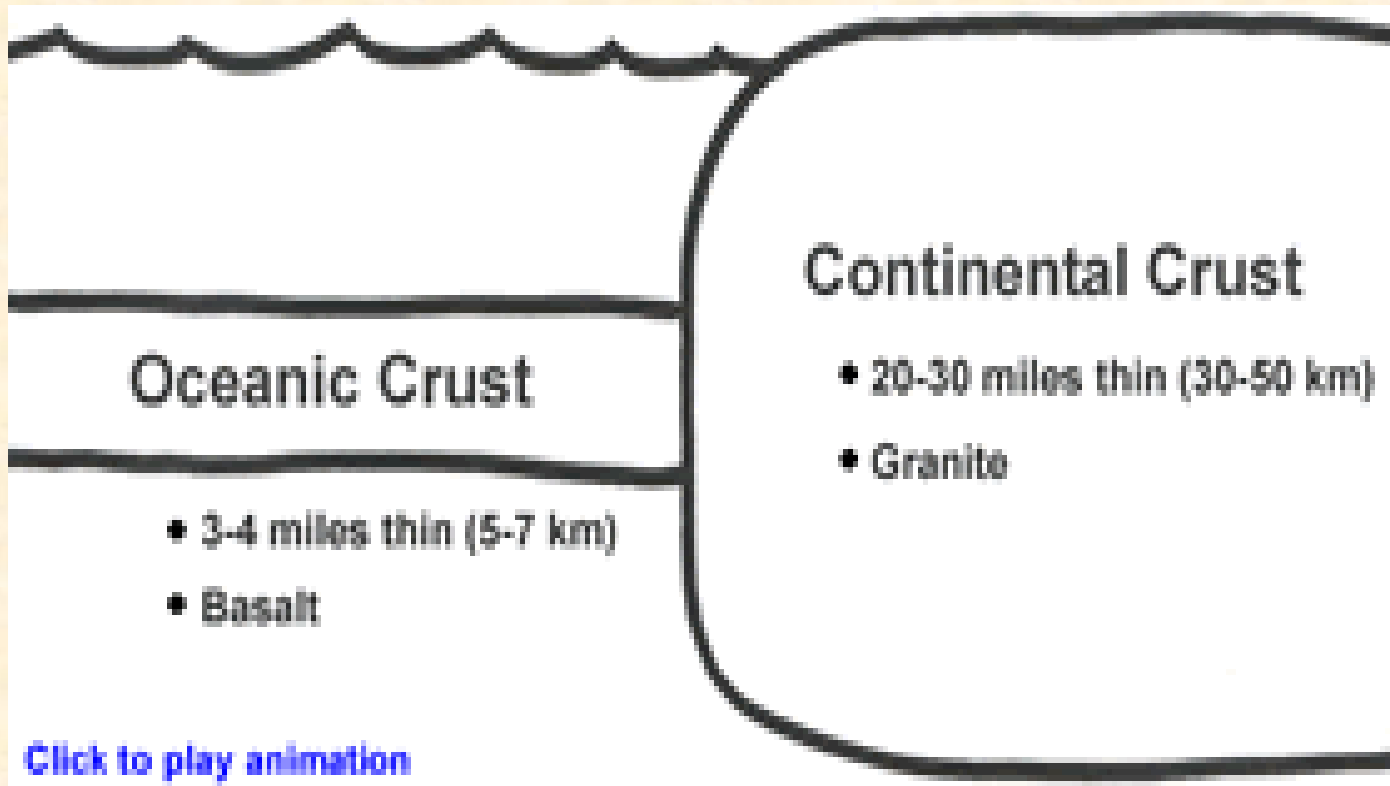
(συνέχεια)

- Το πάχος του φλοιού για τις ηπειρούς διαφέρει από περιοχή σε περιοχή (20-70 Km) με μέσο πάχος τα 35 Km, ενώ το μέσο πάχος του φλοιού κάτω από τους ωκεανούς είναι 7 Km.
 - Ο ηπειρωτικός φλοιός χωρίζεται σε 3 στρώματα:
 - α) το ιζηματογενές στρώμα
 - β) το γρανιτικό στρώμα
 - γ) το βασαλτικό στρώμα
- ασυνέχεια Conard
- Ο ωκεάνιος φλοιός δεν έχει γρανιτικό στρώμα

Ηπειρωτικός και ωκεάνιος φλοιός



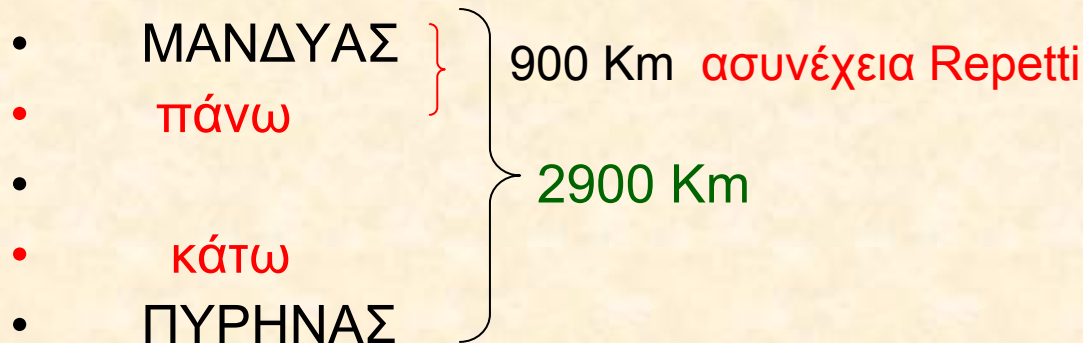
Διαφορά μεταξύ ηπειρωτικού και ωκεάνιου φλοιού



(συνέχεια)

- Ο **ΜΑΝΔΥΑΣ** αρχίζει από την επιφάνεια Mohorovicic και φθάνει σε βάθος μέχρι τα 2900 Km.

-



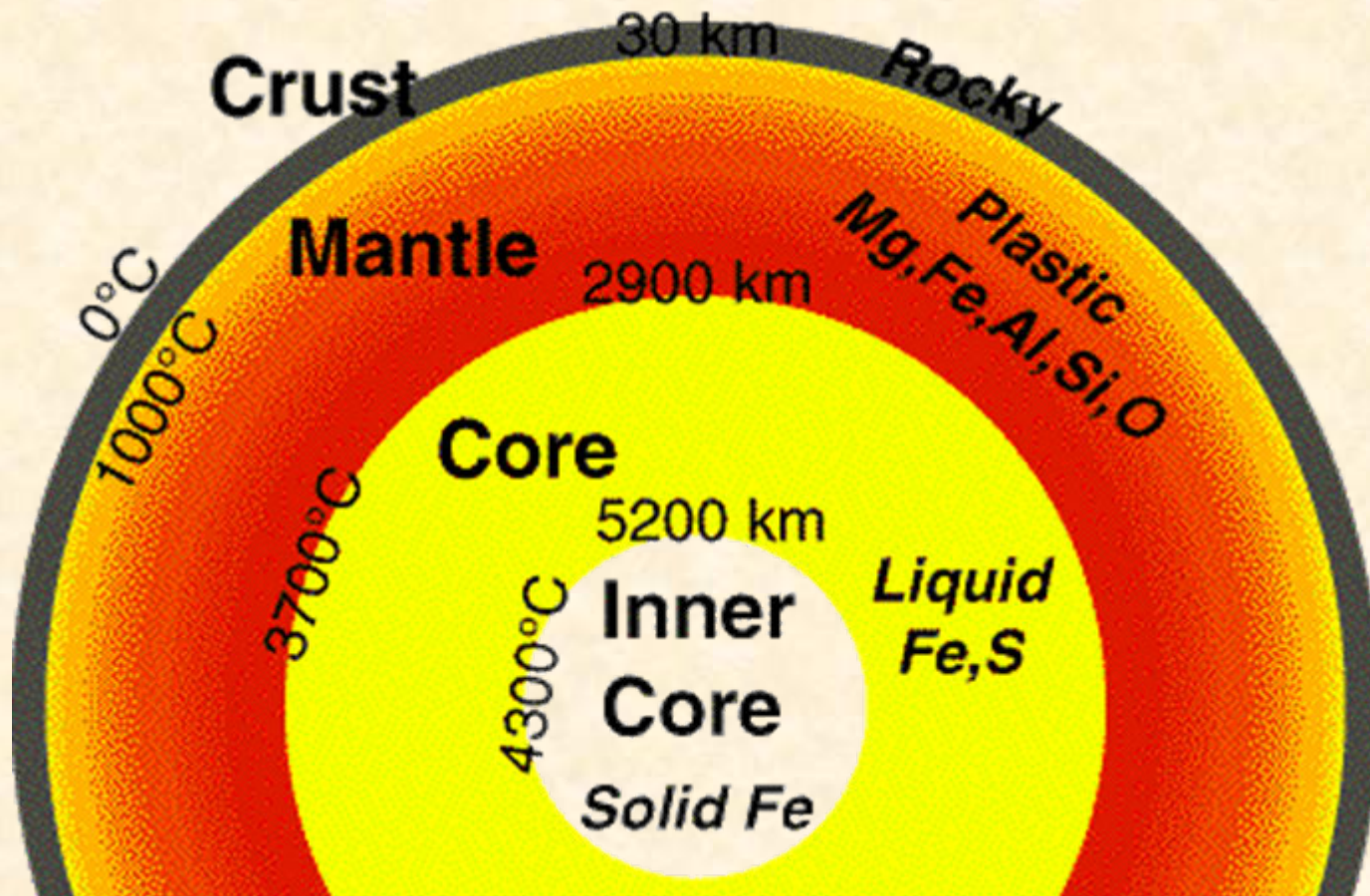
- Εξωτερικός (ΔΕΝ ΠΕΡΝΟΥΝ ΤΑ S ΚΥΜΑΤΑ)
- Εσωτερικός

- ΚΕΝΤΡΟ ΓΗΣ (6371 Km)

- Η ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ ΕΧΕΙ ΠΑΧΟΣ ΠΕΡΙΠΟΥ 80 KM ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΦΛΟΙΟ ΚΑΙ ΤΟ ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΠΑΝΩ ΜΑΝΔΥΑ

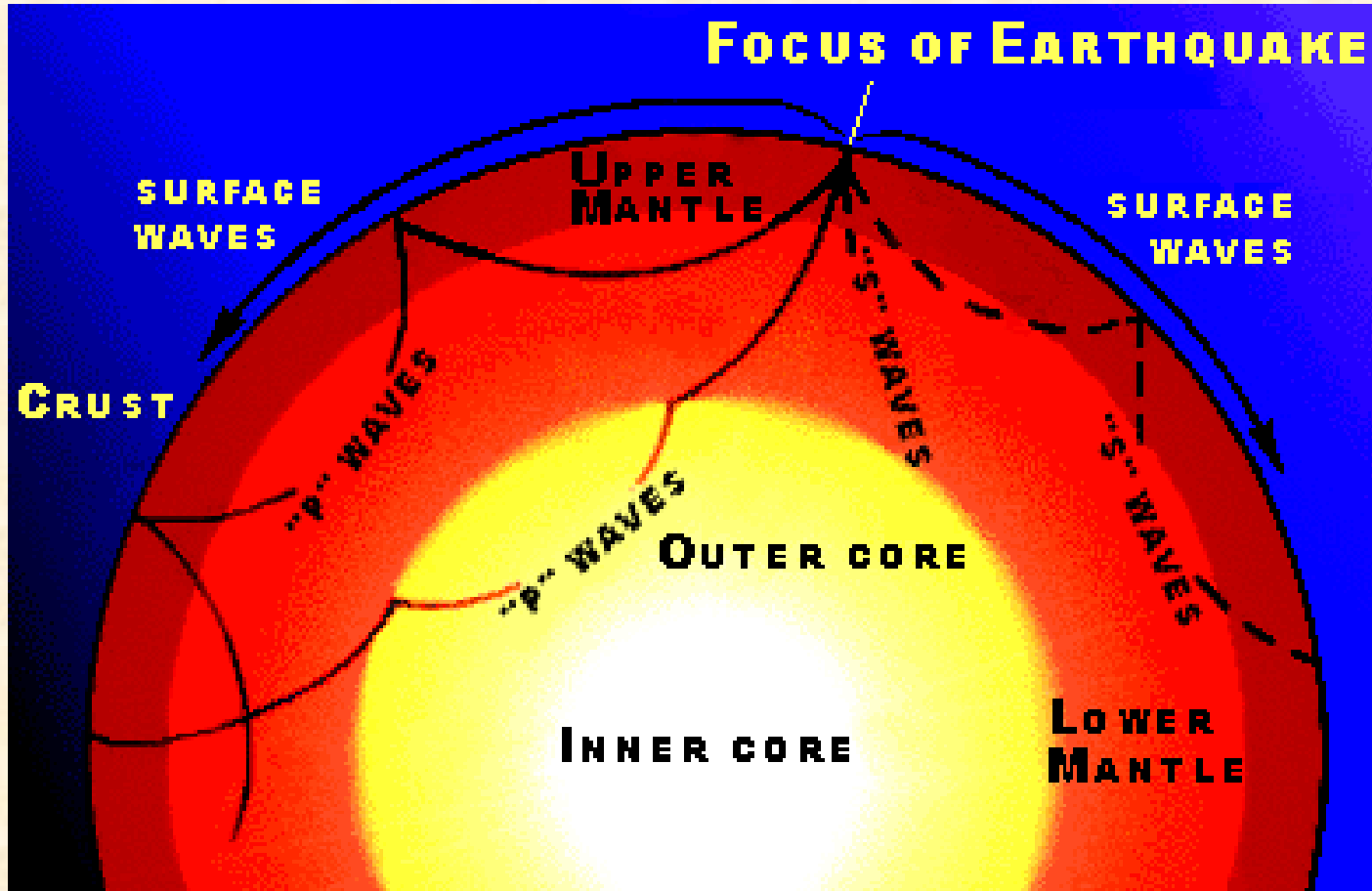
- Οι ασυνέχειες Conard και Repetti ονομάζονται ασυνέχειες δεύτερης τάξης

Αποστάσεις των διαφόρων στρωμάτων από την επιφάνεια της Γης και οι θερμοκρασίες τους



ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ ΜΕΣΑ ΣΤΗ ΓΗ.

Παρατηρήστε τα κύματα S που δεν εισχωρούν στον υγρό εξωτερικό πυρήνα



Φαινόμενη ταχύτητα σεισμικών κυμάτων

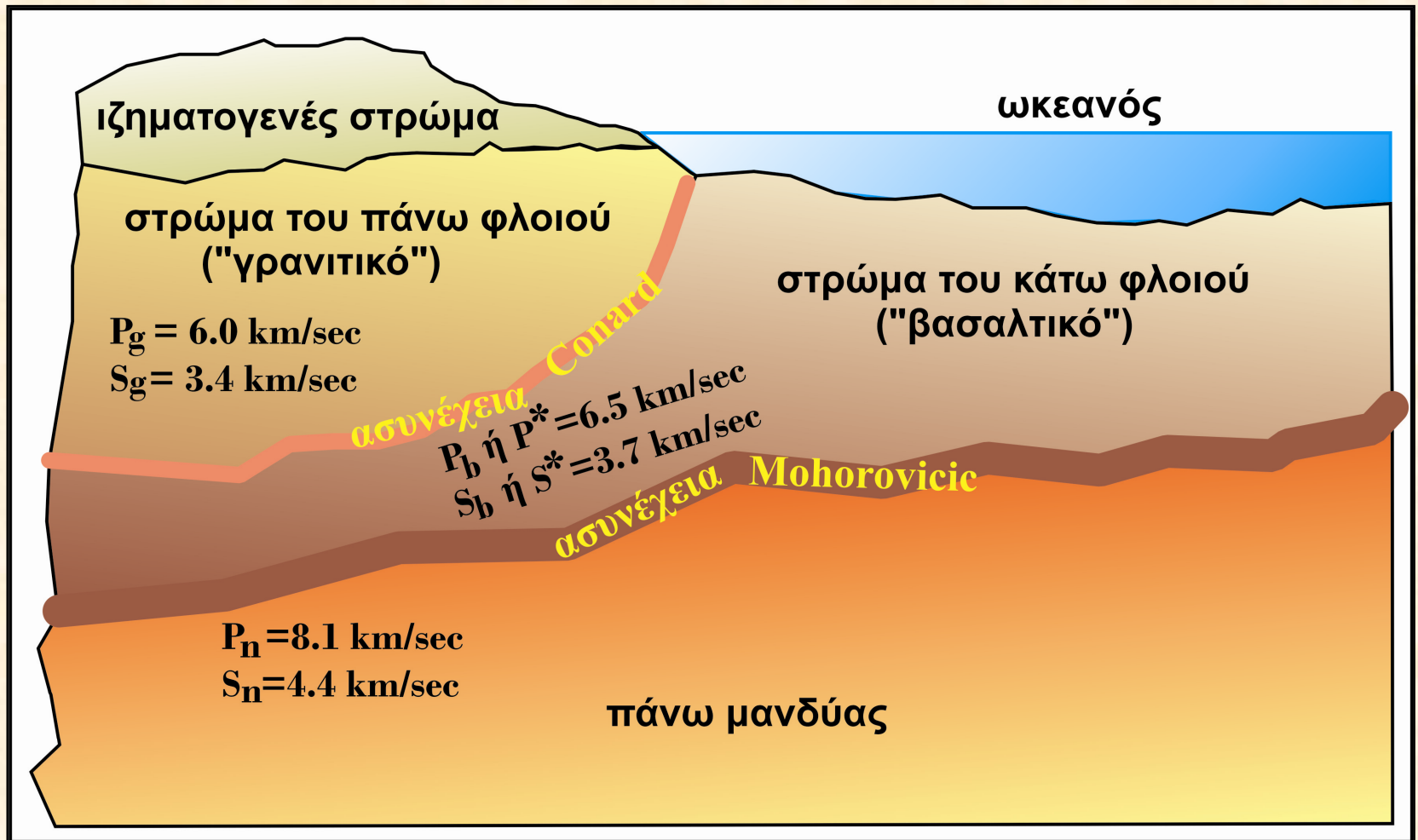
- Κατά την διαδρομή τους στη Γη τα σεισμικά κύματα παθαίνουν διαθλάσεις, ανακλάσεις, κτλ. στα διάφορα στρώματα ή τις ασυνέχειες της Γης. Έτσι λοιπόν στους σεισμολογικούς σταθμούς γράφεται ένα μεγάλο εύρος κυμάτων, που λέγονται **ΦΑΣΕΙΣ** με συγκεκριμένες ιδιότητες που διαφέρουν μεταξύ τους προς την φαινόμενη ταχύτητα, την περίοδο, το πλάτος, κτλ. Μελετώντας τις ιδιότητες αυτές μπορούμε να βγάλουμε διάφορα συμπεράσματα για τις συνθήκες που επικρατούν μέσα στη Γη και πως αυτές συμμετέχουν στη γένεση των φάσεων αυτών.
- **Η ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ V** , διάδοσης ενός κύματος σε ορισμένο σημείο της επιφάνειας της Γης είναι ίση με το αντίστροφο της κλίσης της καμπύλης χρόνων διαδρομής, για απόσταση ίση με την επικεντρική απόσταση, είναι δηλαδή **$V=d\Delta/dT$** .
- Η φαινόμενη ταχύτητα είναι ίση με την πραγματική στο κατώτερο σημείο του δρόμου που διατρέχει το κύμα από την εστία μέχρι το σημείο καταγραφής.

ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ ΧΩΡΟΥ ΣΤΟΝ ΦΛΟΙΟ

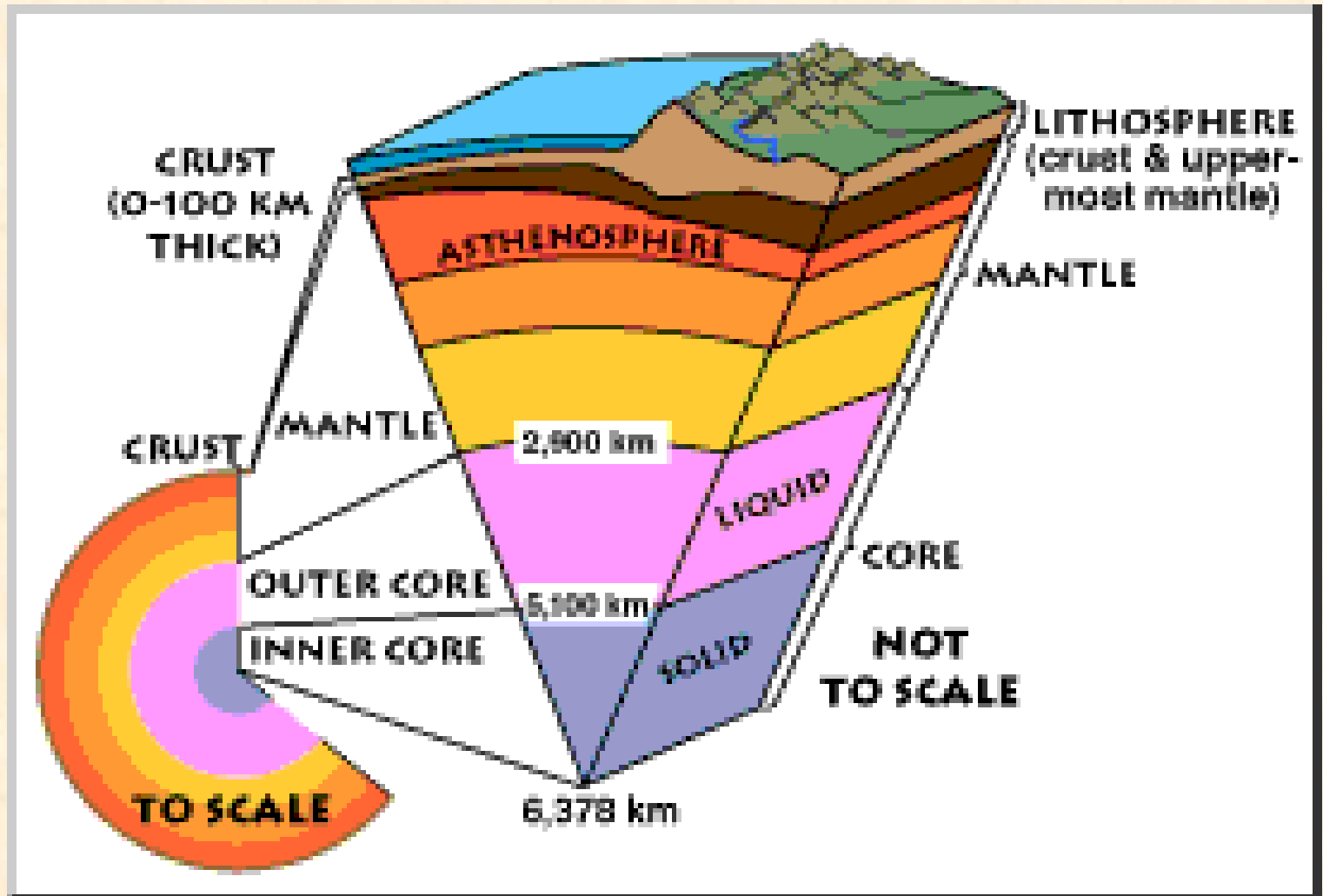
- Οι βασικές γνώσεις μας για τις ιδιότητες του φλοιού της Γης έγινε από την μελέτη διαφόρων φάσεων σεισμών που καταγράφηκαν μέχρι μία απόσταση των 1000 Km.
- Τα διάφορα στρώματα του φλοιού της Γης οι φάσεις των κυμάτων με τις οποίες αναγνωρίστηκαν και οι φαινόμενες ταχύτητές τους δείχνονται παρακάτω.

- **Γρανιτικό στρώμα**
 - $P_g, V=5.6 \text{ Km/sec}$
 - $S_g, V=3.4 \text{ Km/sec}$
- **Βασαλτικό στρώμα**
 - $P_b, V=6.5 \text{ Km/sec}$
 - $S_b, V=3,7 \text{ Km/sec}$
- **Ασυνέχεια Mohorovicic**
 - $P_n, V=8.1 \text{ Km/sec}$
 - $S_n, V=4.4 \text{ Km/sec}$

Τα στρώματα της λιθόσφαιρας



ΤΟΜΗ ΤΗΣ ΓΗΣ



(συνέχεια)

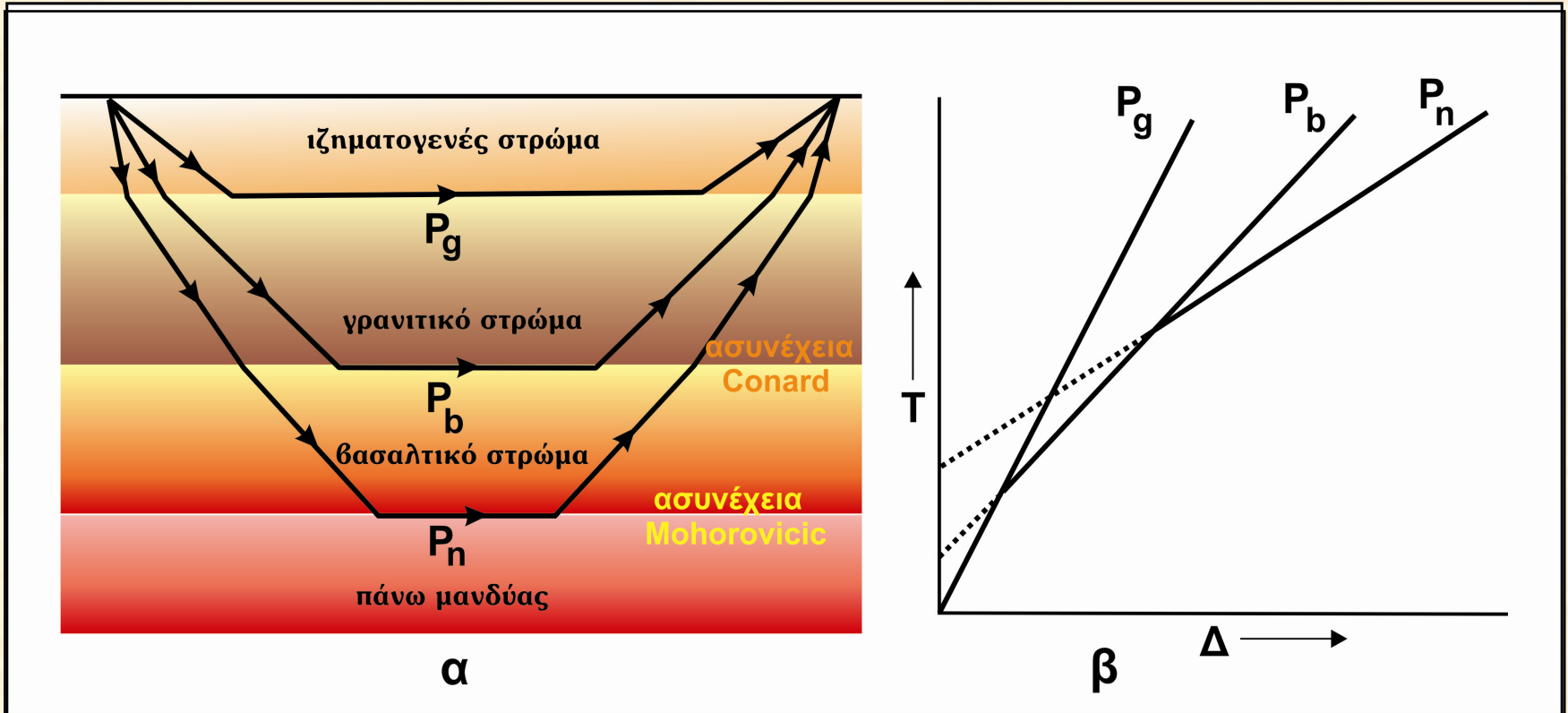
- Υπάρχει διαφωνία μεταξύ των σεισμολόγων όσον αφορά την διάδοση των κυμάτων P_g και S_g . Οι δύο επικρατέστερες απόψεις είναι του α) Jeffreys και του β) Gutenberg.
- α) **ΚΥΜΑΤΑ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ**
- **Περίπτωση 1^η** : Εστία στο γρανιτικό στρώμα-ευθύγραμμη διάδοση στο γρανιτικό-διάθλαση στην επιφάνεια (ορική) μεταξύ γρανιτικού-και ιζηματογενούς-διάδοση στο ιζηματογενές-άφιξη στο σταθμό.
- **Περίπτωση 2^η** : Εστία στο ιζηματογενές στρώμα-πρόσπτωση (ίση με την ορική γωνία) στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ ιζηματογενούς και γρανιτικού-διάθλαση και διάδοση κατά μήκος της διαχωριστικής επιφάνειας με την ταχύτητα του γρανιτικού στρώματος (5.6 Km/sec)-επαναδιαθλάται στη διαχωριστική επιφάνεια γρανιτικού και ιζηματογενούς- άφιξη στο σταθμό από τον συμμετρικό δρόμο.
- Τα ανάλογα ισχύουν για το S_g κύμα

(συνέχεια)

- Τα κύματα P_b - πρόσπτωση στη ασυνέχεια Conard-διάδοση κατά μήκος της τομής της επιφάνειας αυτής και του κατακορύφου επιπέδου-με την ταχύτητα του βασαλτικού στρώματος-άφιξη στο σταθμό από τον συμμετρικό δρόμο.
- Τα κύματα P_n – πρόσπτωση την ασυνέχεια Mohorovicic- διάδοση κατά μήκος της τομής της επιφάνειας αυτής και του κατακορύφου επιπέδου-με ταχύτητα αυτή που έχουν κάτω από τον φλοιό- άφιξη στο σταθμό από συμμετρικό δρόμο.
- Τα ανάλογα ισχύουν για τα κύματα S_b και S_n .
- Η ορική γωνία είναι ο λόγος της ταχύτητα ενός κύματος αμέσως πάνω και αμέσως κάτω από μία διαχωριστική επιφάνεια.

$$\eta \mu i_c = \frac{v}{V}$$

Κύματα διάθλασης α) στον φλοιό και β) οι αντίστοιχες καμπύλες χρόνων διαδρομής



(συνέχεια)

- β) **ΑΠ' ΕΥΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΥΛΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ**
- Σύμφωνα με τον Gutenberg και με επεξεργασία σεισμών της Καλιφόρνιας η μέση ταχύτητα των κυμάτων P που διαδίδονται απ'ευθείας από το βάθος των 16 Km μέχρι την επιφάνεια της Γης είναι 6.34 Km/sec, δηλαδή μεγαλύτερη από ταχύτητα των κυμάτων P_g .
- **Ερμηνεία:** Παραδέχθηκε την ότι μέσα στο γρανιτικό στρώμα από το βάθος των 20 μέχρι τα 10 Km υπάρχει ένα στρώμα που ονομάζεται **γρανιτικός διάυλος** όπου η ταχύτητα των κυμάτων P είναι ίση με την φαινόμενη ταχύτητα δηλαδή μικρότερη από αυτήν που υπάρχει πάνω και κάτω από τον διάυλο που είναι μεγαλύτερη

(συνέχεια)

- Για αποστάσεις $\Delta < 60$ Km-**πρώτα τα απευθείας κύματα-p ή s** (για εγκάρσια)
- **Ακολουθεί η ΣΚΙΕΡΗ ΖΩΝΗ**
- Για μεγαλύτερες αποστάσεις $\Delta \leq 130$ Km-**πρώτα τα διαυλικά P_g -συμβολίζονται με το P_d .**
- Για απόσταση $\Delta > 130$ Km-**πρώτα τα P_n .**
- Εκτός των ηπειρωτικών υπάρχουν και τα ωκεάνια διαυλικά που είναι γνωστά σαν **φάση T**. Περίοδος $T=1$ sec και $V=1.5$ Km/sec. Η διάδοση αυτής της φάσης γίνεται σε ένα υδάτινο δίαυλο σε ένα βάθος 1300 m. Οι συνθήκες(κυρίως της θερμοκρασίας) ευνοούν την δημιουργία στρώματος μικρής ταχύτητας. Η αναγραφή στους σταθμούς κυρίως του Ειρηνικού είναι σημάδι για επερχόμενο tsunami.

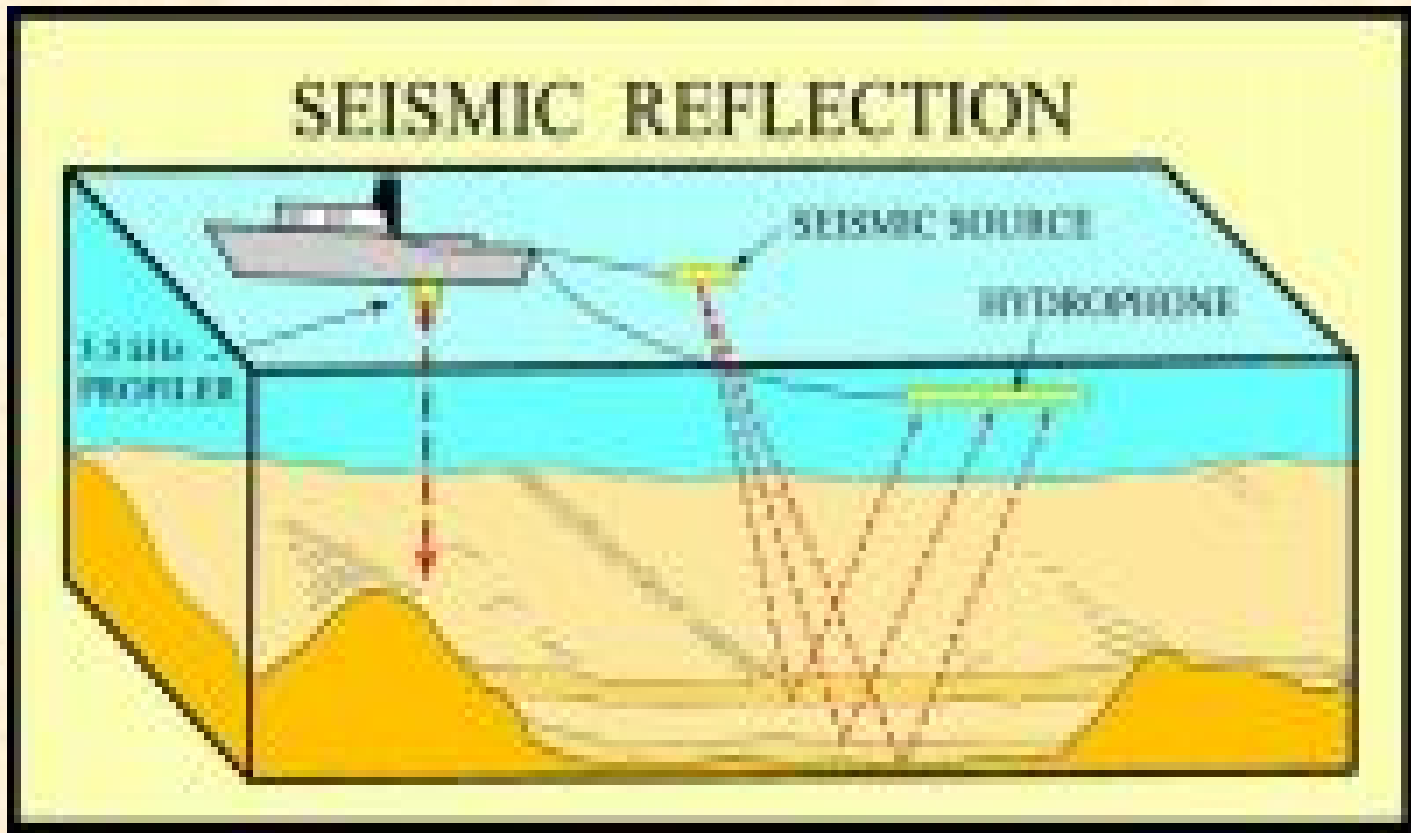
•

(συνέχεια)

- γ) ΚΥΜΑΤΑ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ
- Αναχώρηση από την εστία που βρίσκεται μέσα στον φλοιό-πρόσπτωση στη επιφάνεια Mohorovicic-ανάκλαση και επιστροφή στην επιφάνεια της Γης,
- Παριστάνονται με $P_{33}P$ ή $S_{33}S$ ή $P_{33}S$

(συνέχεια)

- Έρευνα της μορφολογίας του θαλάσσιου πυθμένα με κύματα ανάκλασης



ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ ΧΩΡΟΥ ΣΤΟΝ ΜΑΝΔΥΑ

- Τα κύματα που πέφτουν στη επιφάνεια Mohorovicic με γωνία μικρότερη της ορικής εισχωρούν στον μανδύα.
- Τα κύματα P και S ακολουθούν απλή διαδρομή: παθαίνουν μία διάθλαση στην επιφάνεια Mohorovicic -**είσοδος στον μανδύα- όπου διατρέχουν καμπύλη-δεύτερη διάθλαση στην επιφάνεια Mohorovicic- άφιξη στο σταθμό.**
- Τα κύματα P εμφανίζονται μέχρι επικεντρικές αποστάσεις των 103° . Στην απόσταση αυτή αναδύεται η σεισμική ακτίνα που περνάει από την εστία και εφάπτεται εξωτερικά στον πυρήνα της Γης.
- **Περίθλαση** είναι το φαινόμενο της ευθύγραμμης διάδοσης ενός κύματος που συνεχίζει την διάδοσή του προς όλες τις διευθύνσεις πίσω από ένα διάφραγμα με σχισμή.
- Κύματα P παρατηρήθηκαν και πέρα από αυτήν την επικεντρική απόσταση. Αυτά είναι κύματα περίθλασης που προσπίπτουν στη στην επιφάνεια του πυρήνα, διαδίδονται για λίγο μέσα σε αυτόν και κατόπιν μέσω του μανδύα και του φλοιού φθάνουν στο σταθμό- (**P'**)

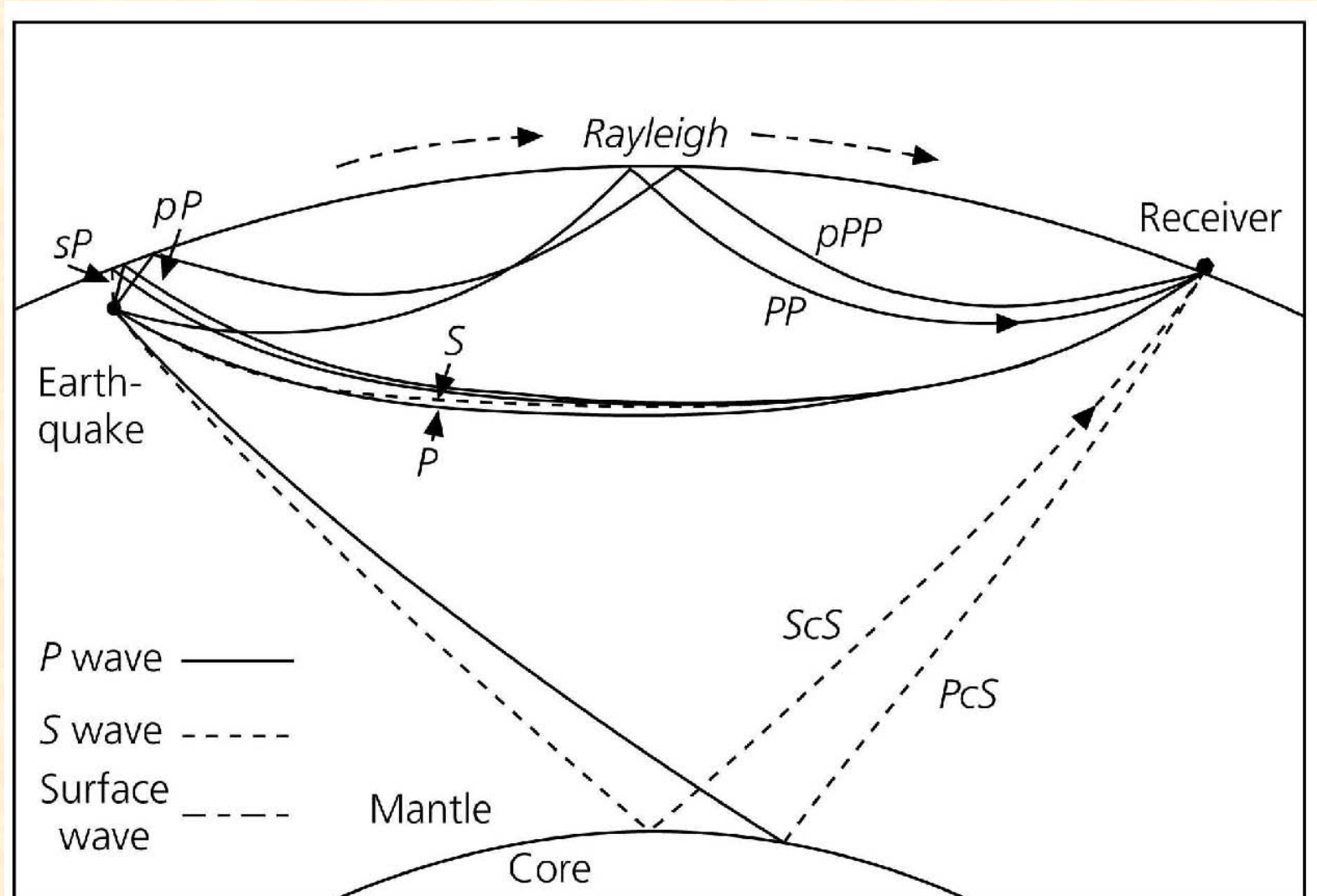
(συνέχεια)

- Υπάρχουν κύματα που παθαίνουν μία, ή δύο ή τρεις ανακλάσεις στην επιφάνεια της Γης.
- **Απλά** λέγονται τα κύματα που είναι ίδια σε όλη τους την διαδρομή (ξεκινούν π.χ. σαν P και καταλήγουν σαν P),
- **Σύνθετα** είναι τα κύματα στα οποία δεν συμβάνει αυτό (π.χ. ξεκινούν από την εστία τους σαν P και αναγράφονται στο σταθμό σαν S).
- Συμβολίζονται ανάλογα με τις ανακλάσεις που παθαίνουν στην επιφάνεια της Γης PP ή SS (μία), PPP ή SSS (δύο).
- Έχουν επίσης παρατηρηθεί κύματα PS ή PPS ή SSP. Το πρώτο σύμβολο του κύματος δείχνει πως φεύγει το κύμα από την εστία και το τελευταίο πως τελικά γράφεται στο σταθμό.

(συνέχεια)

- Στους σεισμούς βάθους έχουν παρατηρηθεί τόσο απλά όσο και σύνθετα κύματα που το σημείο ανάκλασής τους είναι κοντά στο επίκεντρο. Παριστάνονται με **pP**, **sS**, **pS**, **sP**.
- Υπάρχουν κύματα που φθάνουν στο σταθμό αφού υποστούν ανάκλαση στην εξωτερική επιφάνεια του πυρήνα. Συμβολίζονται με **PcP**, **ScS**, **PcS**, κτλ.
- Μέσα στον μανδύα έχει παρατηρηθεί ο **ασθenoσφαιρικός διάυλος**. Είναι ασυνέχεια δεύτερης τάξης και έχει σπουδαία σημασία από γεωδυναμική άποψη. Οι ταχύτητες των επιμήκων αλλά κυρίως των εγκαρσίων κυμάτων είναι μικρότερες μέσα στον ασθenoσφαιρικό διάυλο από ότι είναι πάνω και κάτω από αυτόν.

Διάδοση διαφόρων ειδών κυμάτων στο φλοιό και στον μανδύα

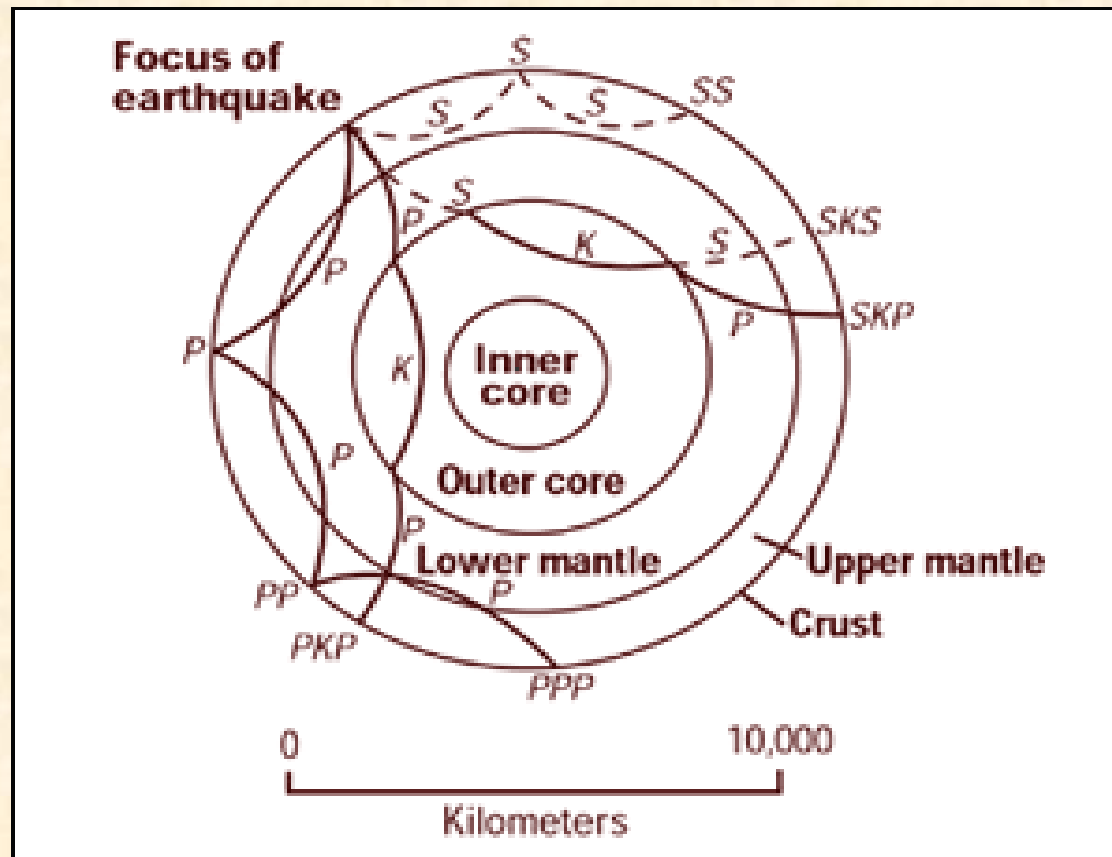


ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ ΧΩΡΟΥ ΣΤΟΝ ΠΥΡΗΝΑ

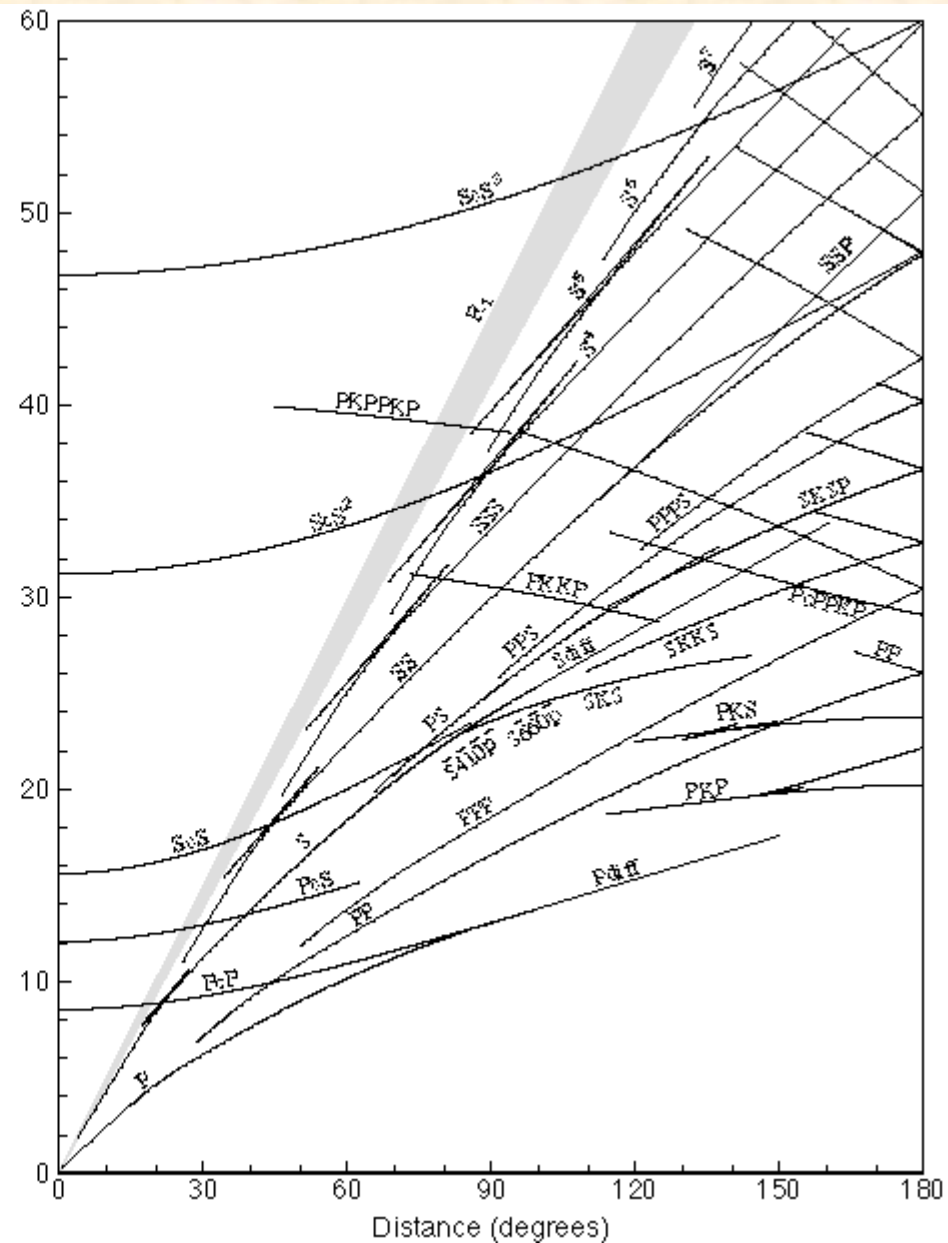
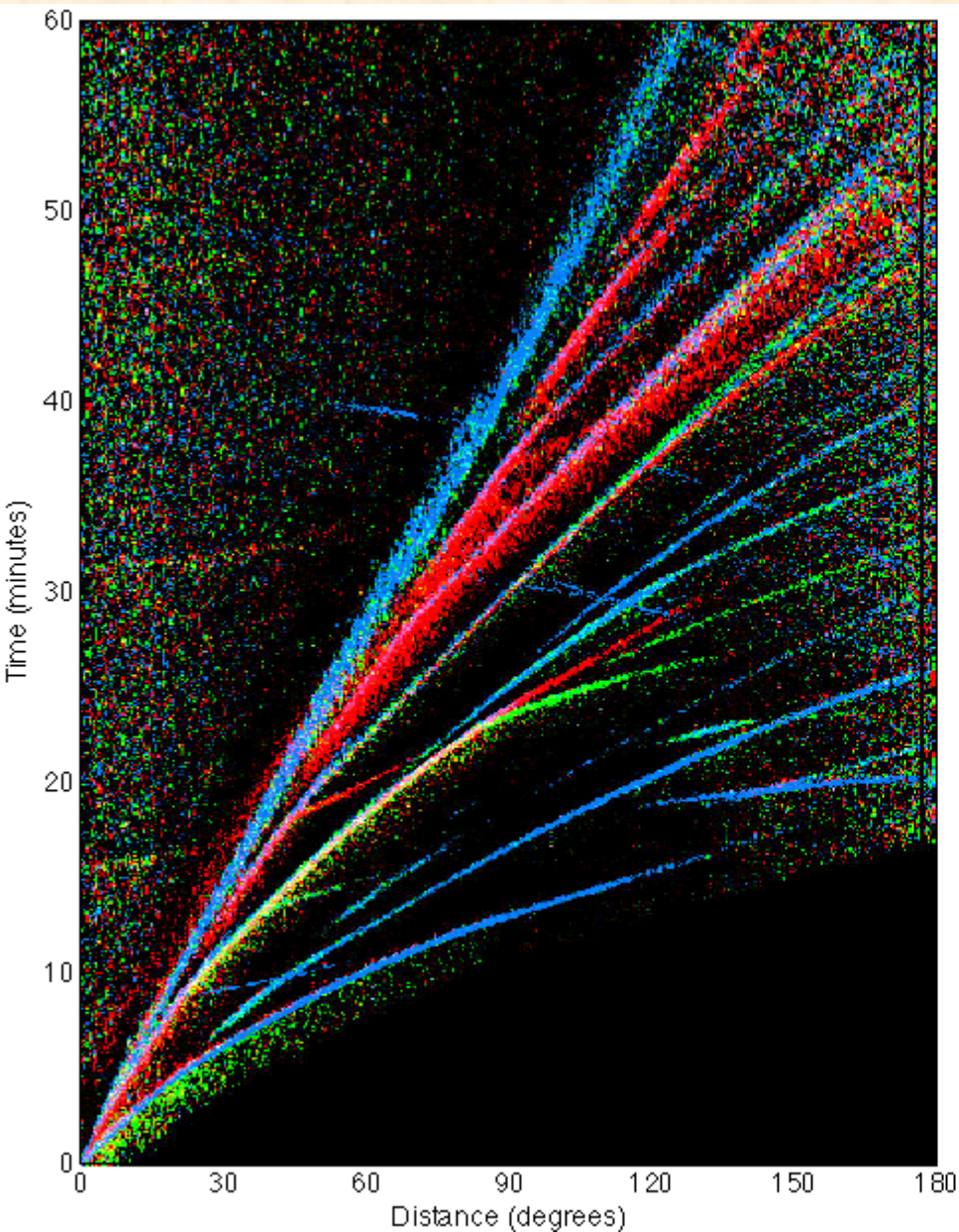
- Στον **εξωτερικό πυρήνα** διαδίδονται μόνο επιμήκη κύματα τα οποία **συμβολίζονται με K** , γιατί αυτός έχει ιδιότητες υγρού. Το SKS για παράδειγμα συμβολίζει το κύμα που διατρέχει τον μανδύα σαν S μετά διατρέχει τον εξωτερικό πυρήνα σαν επίμηκες και επανέρχεται στον μανδύα σαν κύμα S.
- Όταν ένα επίμηκες κύμα περνά από τον εξωτερικό πυρήνα ανακλάται στην επιφάνεια της Γης και περνάει για δεύτερη φορά από τον εξωτερικό πυρήνα **παριστάνεται σαν $P'P'$** .
- Στον εσωτερικό πυρήνα διαδίδονται και επιμήκη αλλά και εγκάρσια που παράγονται από την πρόσπτωση επιμήκων κυμάτων στην επιφάνειά του.
- Τα επιμήκη κύματα στην περίπτωση αυτή **συμβολίζονται με το I** , ενώ τα εγκάρσια κύματα **συμβολίζονται με J** . Έχουμε για παράδειγμα κύμα PKJKP.

Διάδοση διαφόρων σεισμικών κυμάτων στη Γη

- Παρατηρήστε: α) την σκιερή ζώνη και β) την μη διάδοση κύματος S στον εξωτερικό πυρήνα

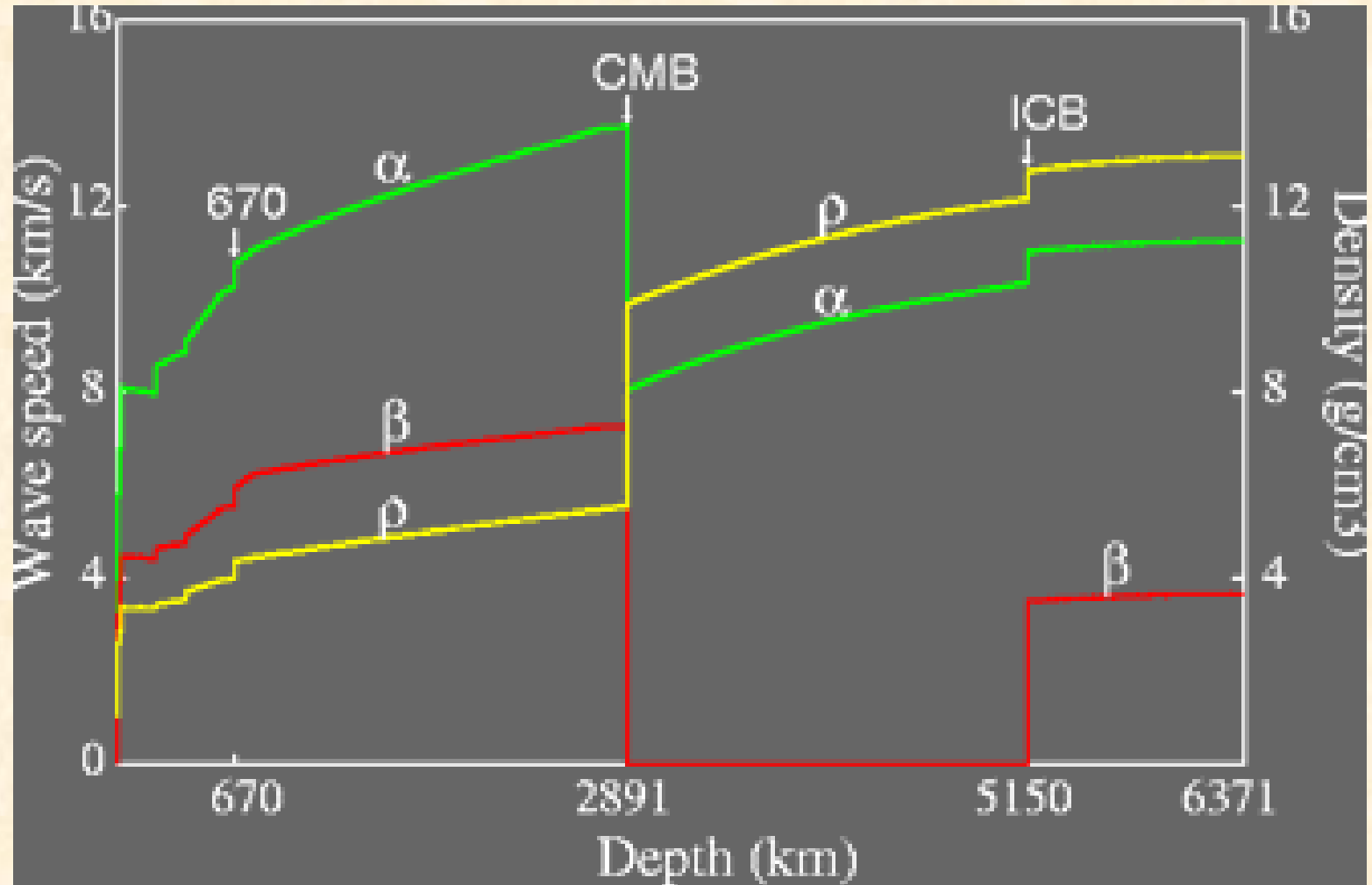


Καμπύλες χρόνων διαδρομής για διάφορα είδη κυμάτων



Διάδοση κυμάτων χώρου και πυκνότητα σε φλοιό μανδύα πυρήνα

Παρατηρήστε την μηδενική ταχύτητα των S κυμάτων στον εξωτερικό πυρήνα.



ΔΙΑΔΟΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΗ

- Κατά την διάδοση των επιφανειακών κυμάτων (Rayleigh και Love) μέσα στη Γη αυτά παθαίνουν **σκέδαση**. Εξαρτάται η ταχύτητά τους από την περίοδό τους. Συνήθως έχουμε αύξηση της ταχύτητας τους όταν αυξάνει η περίοδός τους οπότε λέμε ότι έχουμε **κανονική** σκέδαση.
- Έχει παρατηρηθεί ότι κατά την διάδοση των επιφανειακών κυμάτων αυτά που έχουν μικρή περίοδο επηρεάζονται από τις ιδιότητες του φλοιού, και αυτά που έχουν μεγάλη περίοδο επηρεάζονται από τις ιδιότητες του πάνω μανδύα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΕ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ($M \geq 8.0$) Η ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΝΑ ΤΕΘΕΙ Η ΓΗ ΟΛΟΚΛΗΡΗ ΣΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ.
- Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΕΤΟΙΩΝ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ ΕΙΝΑΙ ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ (π.χ. 57 min).
- ΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΣΕ ΣΦΑΙΡΟΕΙΔΕΙΣ ('Η ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΕΣ) ΚΑΙ ΣΕ ΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ('Η ΣΤΡΕΨΗΣ).
- ΣΤΙΣ ΣΦΑΙΡΟΕΙΔΕΙΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΤΟΣΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ, ΟΣΟ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ. ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΛΛΗ ΜΕΡΙΑ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΜΟΝΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ.