



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

Μάθημα: Φυσική Ι

1ο Εξάμηνο

Ακαδ. Έτος: 2021-2022

Θαλάσσια Κύματα και τσουνάμι



Αμαλία Νάστου (mm20272)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ/ABSTRACT

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ

- ΑΙΤΙΑ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ
- ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ-ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ(ΑΝΕΜΟΓΕΝΗ ΚΥΜΑΤΑ)

- **ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΧΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ**
- **ΘΑΛΑΣΣΙΟΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΒΑΘΕΙΑ,ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ ΚΑΙ ΡΗΧΑ ΝΕΡΑ**
- **ΜΟΡΦΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ**
- **ΘΡΑΥΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ**
- **ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ**

ΤΣΟΥΝΑΜΙ

- **ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙΑ**
- **ΑΙΤΙΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ**
- **ΧΑΡΑΧΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΝΑΜΙ**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Περίληψη

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος Φυσικής Ι και έχει ως αντικείμενο την μελέτη και την κατανόηση του θαλάσσιου κυματισμού-τσουνάμι.Ο κυματισμός αποτελεί ένα από τους γεωμορφολογικούς παράγοντες που δρουν στην

παράκτια ζώνη. Τα θαλάσσια κύματα είναι περιοδικές μηχανικές ταλαντώσεις των μορίων του θαλάσσιου νερού με τις οποίες μεταφέρεται ενέργεια. Έτσι, επειδή είναι ενδιαφέρον και αναγκαίο να γνωρίζει κανείς που οφείλεται ο θαλάσσιος κυματισμός και το τσουνάμι επιλέχθηκε η εκπόνηση αυτού του θέματος.

Abstract

This work was carried in the context of the course of Physics I and aims to study and understand the sea waves and tsunami. The swell consists one of the geomorphological factor and act of the coastal zone. The sea waves are periodical mechanical vibration of sea water molecules with this way the waves conduct energy. Thus, because it is interesting and necessary to know the cause of sea wave and tsunami, this topic was chosen.

Εισαγωγή

Ένα από τα βασικά θέματα της ναυτικής υδροδυναμικής είναι τα θαλάσσια κύματα. Τα θαλάσσια κύματα που ενδιαφέρουν την ναυτική υδροδυναμική μεταδίδονται λόγω της δύναμης της βαρύτητας, γι' αυτό λέγονται και κύματα βαρύτητας. Τα κύματα βαρύτητας δημιουργούνται από την πνοή του ανέμου πάνω από την θάλασσα και από την κίνηση των πλοίων επιφανείας ή άλλων σωμάτων που κινούνται σε μικρό βάθος.

Ο άνεμος είναι βέβαια η κυριότερη αιτία δημιουργίας κυματισμών στη θάλασσα. Η διαταραχή της θάλασσας είναι ανάλογη με την ένταση που έχει ο άνεμος και αναφέρεται σαν "κατάσταση της θάλασσας" (sea state).

Τα κύματα δεν σταματούν να υπάρχουν αμέσως μόλις σταματήσει ο άνεμος, αλλά συνεχίζουν να μεταδίδονται για αρκετό χρονικό διάστημα, μέχρι που να αποσβεθούν. Η κατάσταση αυτή της θάλασσας αναφέρεται διεθνώς σαν **swell**.

Το τσουνάμι είναι θαλάσσιο φαινόμενο, που δημιουργείται κατά την απότομη μετατόπιση μεγάλων ποσοτήτων νερού, σε ένα υδάτινο σχηματισμό, όπως ένας ωκεανός, μία θάλασσα ή μία λίμνη.

Η ονομασία προήλθε από μία ιαπωνική λέξη που σημαίνει "το κύμα στο λιμάνι". Δεν είναι

όμως ένα απλό παλλιρροϊκό κύμα αλλά μία σειρά τεράστιων,γιγαντιαίων κυμάτων.

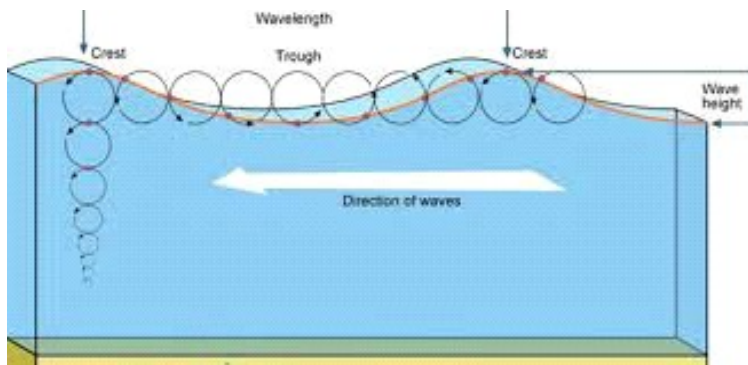


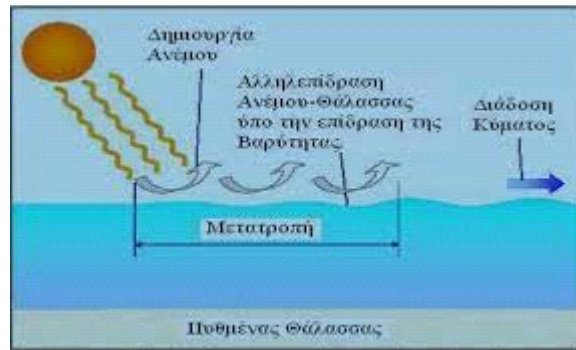
ΑΙΤΙΑ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

Ο θαλάσσιος κυματισμός δημιουργείται από διάφορα φυσικά φαινόμενα,όπως:

- Άνεμος (ανεμογενή κύματα)
- Σεισμός/πτώση ξηράς/πτώση μετεωρίτη
- Παλίρροιες (Παλιρροιακά κύματα)
- Κίνηση θαλάσσιων μαζών με διαφορετικές πυκνότητες(εσωτερικά κύματα)

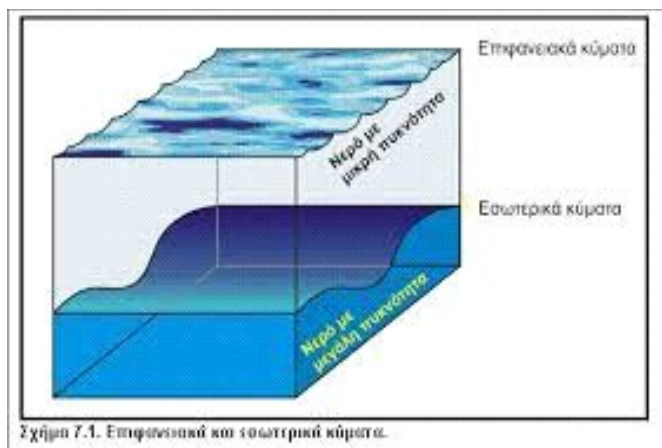
Το πιο συνηθισμένο αίτιο δημιουργίας θαλάσσιου κυματισμού είναι η επίδραση του ανέμου.





ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ-ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Εκτός από τα επιφανειακά (Ανεμογενή) θαλάσσια κύματα δημιουργούνται και τα εσωτερικά κύματα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας μεταξύ επιφανειακού και βαθύτερου νερού στο όριο δύο στρωμάτων διαφορετικής πυκνότητας, όπως το όριο του Θερμοκλίνους-Πυκνοκλίνους. Είναι το αποτέλεσμα της σχετικής κίνησης θαλασσίων μαζών με διαφορετικές πυκνότητες.



ΑΝΕΜΟΓΕΝΗ ΚΥΜΑΤΑ

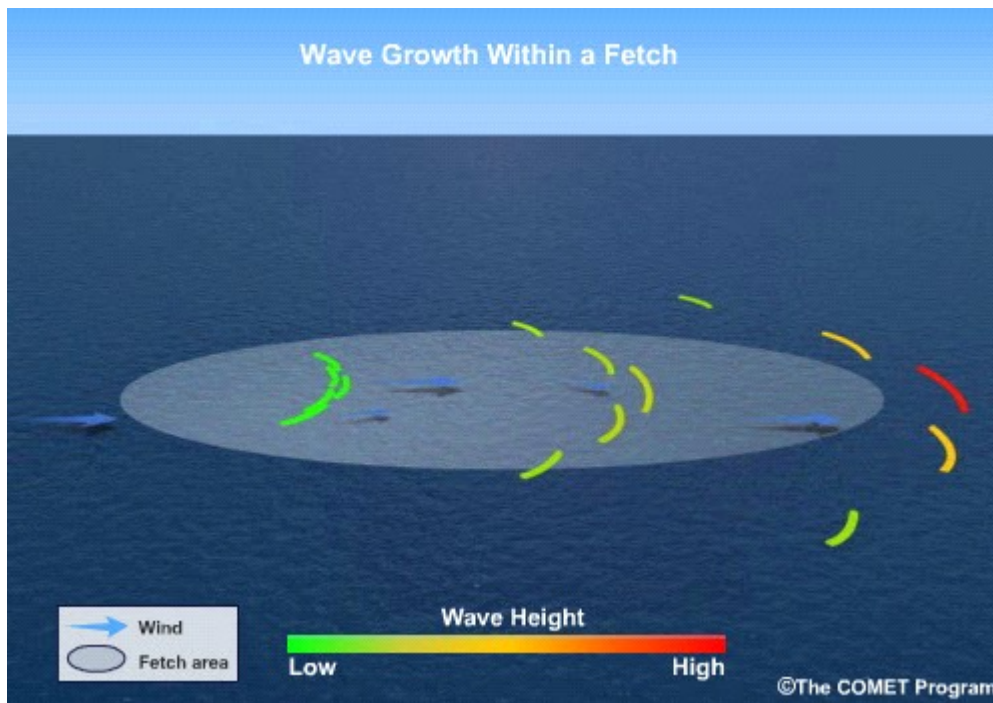
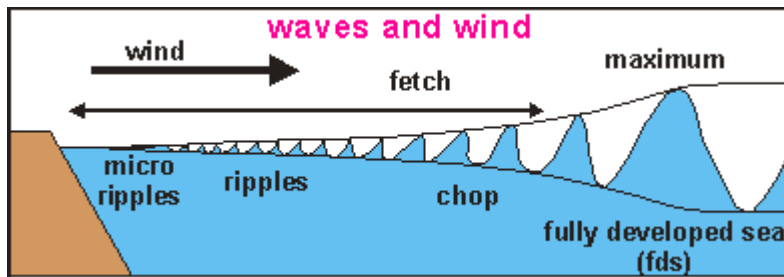
Όταν ο άνεμος αρχίζει να φυσά σε μία ήρεμη θαλάσσια περιοχή, δημιουργούνται στη θαλάσσια επιφάνεια διαταραχές (ρυτιδώσεις)

ακανόνιστου σχήματος. Με την πάροδο του χρόνου περισσότερη ενέργεια από τον άνεμο μεταφέρεται στην επιφάνεια της θάλασσας με αποτέλεσμα την αύξηση του ύψους, μήκους και της ταχύτητας του κύματος μέχρι το σημείο όπου η ταχύτητα εξισωθεί με την ταχύτητα του ανέμου (πλήρως ανεπτυγμένη θάλασσα/fully developed sea).

Τα στοιχεία του κυματισμού (ύψος, μήκος, περίοδος) που δημιουργούνται λόγω της επίδρασης του ανέμου είναι συνάρτηση των παρακάτω παραμέτρων :

1. Χρονική διάρκεια της πνοής του ανέμου.
2. Ένταση (ταχύτητας) του ανέμου
3. Μήκος ανάπτυξης κυματισμού (fetch).

Είναι η απόσταση στην οποία ο άνεμος επιδρά (σταθερή διεύθυνση, ταχύτητα) στην επιφάνεια της θάλασσας προς μία κατεύθυνση με σταθερή διεύθυνση/ένταση.



ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Κάθε κύμα έχει 4 κύρια χαρακτηριστικά.

- Το ύψος H , που είναι η κατακόρυφη απόσταση από τη κορυφή ως το βαθύτερο σημείο της κοιλίας.
- Το μήκος κύματος L , που είναι η οριζόντια απόσταση από κορυφή σε κορυφή.

- Η περίοδος T , που είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα που χρειάζεται για να περάσουν από ακίνητο παρατηρητή δύο διαδοχικές κορυφές.
- Η ταχύτητα, η οποία διαχωρίζεται στην ταχύτητα φάσης και στην ταχύτητα ομάδας.

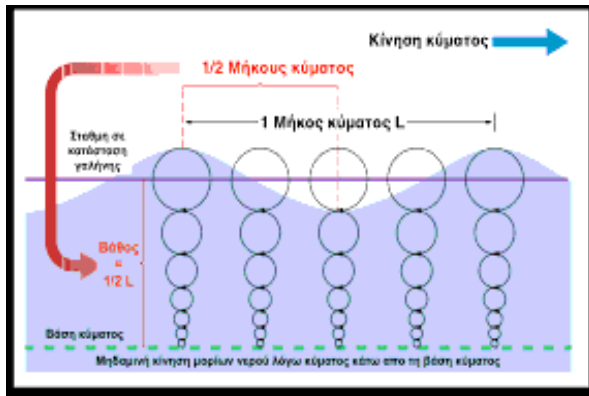
Τα χαρακτηριστικά του κυματισμού μεταβάλλονται καθώς το κύμα διαδίδεται από τα βαθιά νερά της ανοικτής θάλασσας προς τα ρηχά νερά κοντά στις ακτές. Οι σημαντικότερες από τις μεταβολές αυτές είναι:

- Μεταβολή του μήκους, ύψους και της περιόδου του κύματος
- Διάθλαση των κυμάτων
- Περίθλαση των κυμάτων
- Θραύση των κυμάτων

Για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών του κύματος δεν είναι μόνο μία θεωρία. Ανάλογα με την κατηγορία των κυμάτων χρησιμοποιείται η κατά περίπτωση καταλληλότερη θεωρία.

Κάθε θεωρία στηρίζεται σε ορισμένες παραδοχές όσον αφορά τη σχέση του ύψους του κύματος ως προς το βάθος του νερού, ή το βάθος του νερού ως προς το μήκος κύματος. Με τον τρόπο αυτό εξετάζεται η διάδοση του κυματισμού σε:

- Βαθιά νερά [$\text{Βάθος} > L/2$]
- Ενδιάμεσα νερά [$L/20 < \text{Βάθος} < L/2$]
- Ρηχά νερά [$\text{Βάθος} < L/20$]



Διασκευή από Essentials of
Oceonography 10th ed. - A.Trujillo, H. Thurman

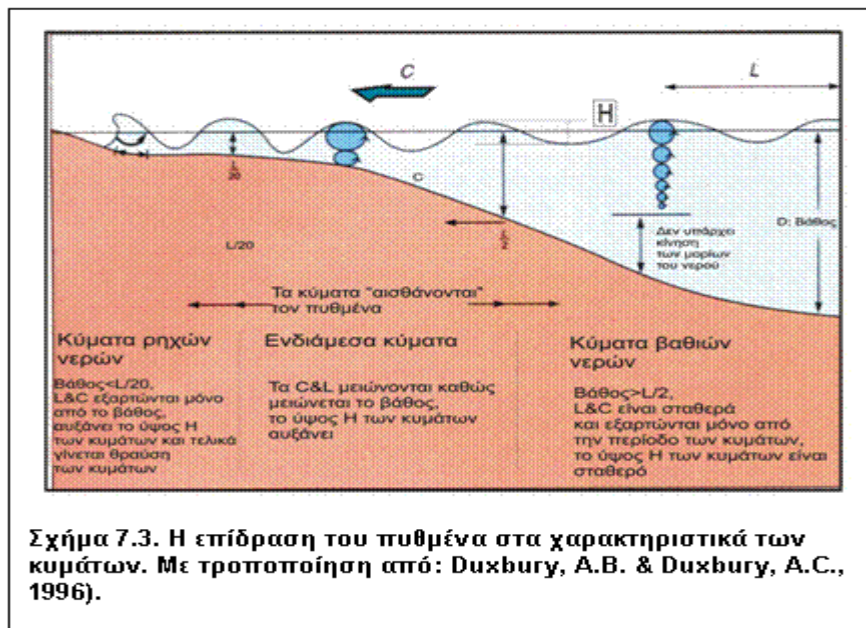
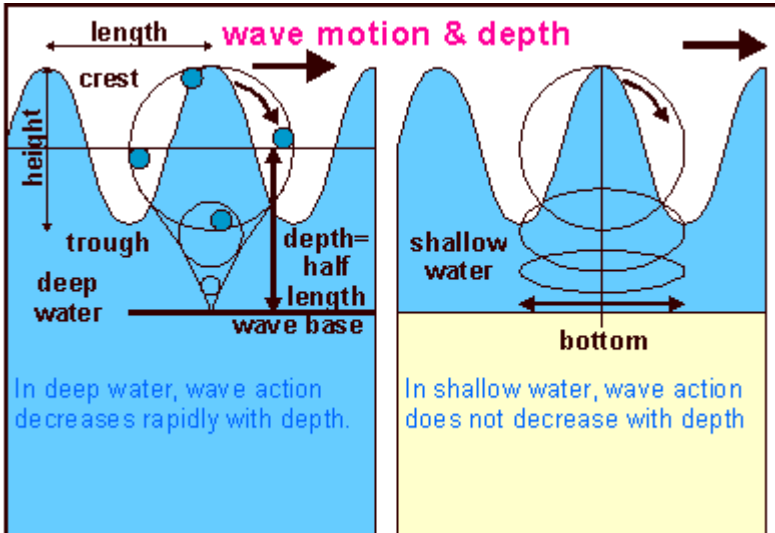
ΘΑΛΑΣΣΙΟΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΒΑΘΕΙΑ, ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ ΚΑΙ ΡΗΧΑ ΝΕΡΑ

Η κίνηση των μορίων του θαλάσσιου νερού εξαρτάται από το βάθος της θάλασσας.

Στην περίπτωση των βαθιών νερών , κάθε ανεξάρτητο σωματίδιο

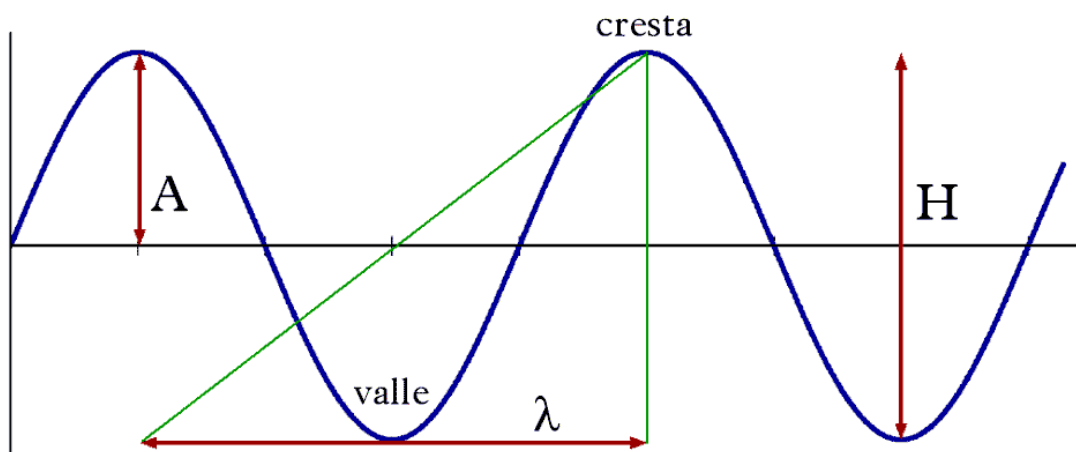
νερού διαγράφει κύκλους των οποίων η ακτίνα μειώνεται με το βάθος ,στην επιφάνεια δε η ακτίνα (r) είναι ίση με το πλάτος του κύματος (a) , ενώ η ταχύτητα (u) του σωματιδίου ισούται με την περιφέρεια του κύκλου , διαιρούμενης με την περίοδο του κύματος. Όμως τόσο η ακτίνα (r) , όσο και η ταχύτητα (u) του σωματιδίου είναι παράμετροι που μεταβάλλονται πολύ γρήγορα σε σχέση με το βάθος της θάλασσας.

Στα αβαθή νερά η κατάσταση είναι περισσότερο πολύπλοκη. Τα σωματίδια του νερού διαγράφουν ελλειπτικές τροχιές(ελλείψεις), η ακτίνα δε της έλλειψης κατά το μικρότερο άξονα της είναι ίση με το πλάτος του κύματος στην επιφάνεια ,ενώ μειώνεται γραμμικά με το βάθος μέχρι τον πυθμένα όπου η κίνηση είναι μόνο οριζόντια. Η τιμή της ακτίνας της έλλειψης κατά το μεγάλο άξονα(οριζόντιο), είναι συνάρτηση του βάθους του νερού , του μήκους και του πλάτους του κύματος.



ΜΟΡΦΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

A. Κύματα με μικρό σχετικό ύψος (H/L), τα οποία έχουν τη μορφή ημιτονοειδούς καμπύλης

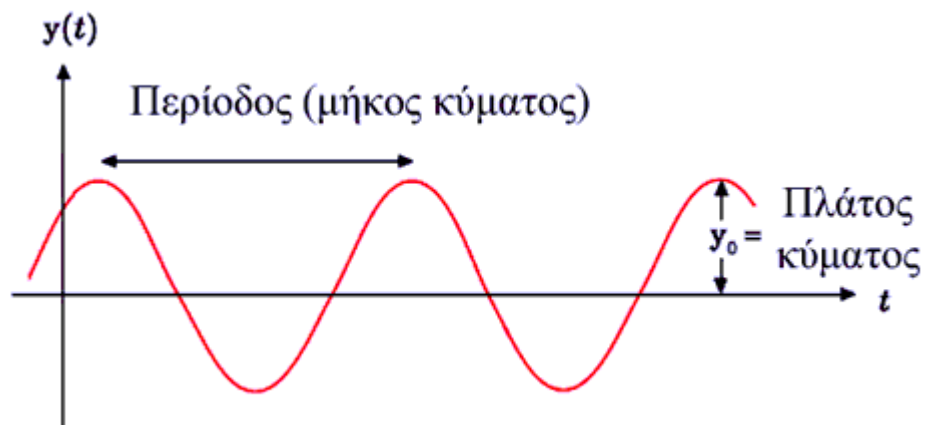


B. Κύματα με μεγαλύτερο σχετικό ύψος (H/L) στα οποία οι κορυφές τείνουν να σχηματίσουν γωνία και αποκλίνουν από τη μορφή της ημιτονοειδούς.

Τα κύματα της μορφής αυτής θραύονται όταν:

- Η γωνία στην κορυφή γίνει μικρότερη από 120 μοίρες
- Το σχετικό ύψος H/L γίνει μεγαλύτερο από $1/7$ $H/L > 1/7$

Γ. Περιοδικά κύματα με πολύπλοκη μορφή



Δ. Μη περιοδικά κύματα με τυχαία (χαοτική) μορφή.

ΘΡΑΥΣΗ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

Η θραύση ενός κύματος συμβαίνει για δύο κυρίως αιτίες :

1^η αιτία θραύσης κυματισμού: Αστάθεια που εμφανίζεται στο κύμα, σαν σώμα ρευστού, όταν ξεπεραστούν ορισμένα όρια στο σχήμα του, από γεωμετρική άποψη. Αυτό συμβαίνει όταν ισχύει η συνθήκη:

$$H/L < 1/7 \text{ Θεωρητική Τιμή}$$

$$H/L < 1/12 \text{ Συνηθής στην πράξη}$$

2^η αιτία θραύσης κυματισμού: Αν τα κορυφαία τμήματα του κύματος αποκτήσουν

μεγαλύτερη ταχύτητα από την ταχύτητα διάδοσης της υπόλοιπης μάζας του κύματος:
Αυτό συμβαίνει όταν ισχύει η συνθήκη:

$$H/D=0.8$$

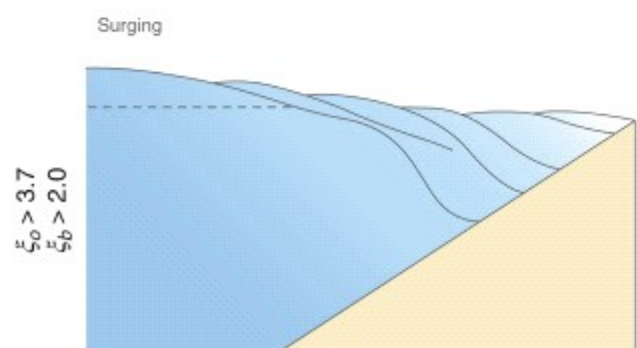
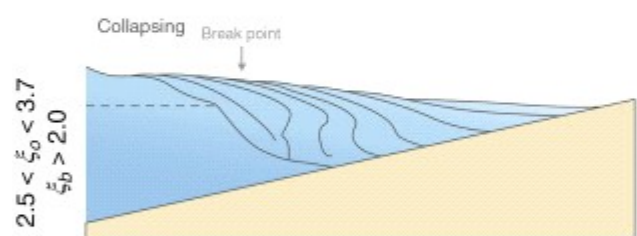
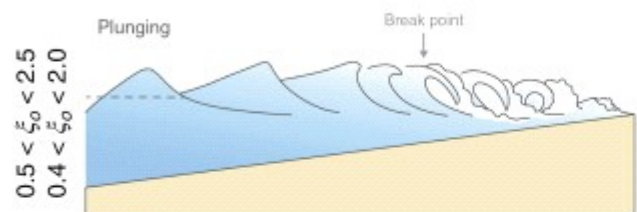
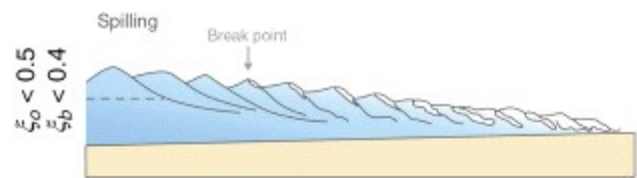
Στα βαθιά η θραύση συμβαίνει συνήθως με θυελλώδης ανέμους που αυξάνουν διαρκώς το ύψος των κυμάτων ώσπου να γίνουν ασταθή.

Στα ρηχά νερά, η ταχύτητα του κύματος είναι συνάρτηση του βάθους του νερού που προκαλεί μια συνεχή μείωση της ταχύτητας καθώς το κύμα πλησιάζει στην ακτή. Η μείωση της ταχύτητας προκαλεί ελλάτωση στο μήκος του κύματος, οπότε, για να διατηρηθεί η ενέργεια σταθερή γίνεται αύξηση του ύψους, με αποτέλεσμα πέρα από ένα όριο το κύμα να γίνει ασταθές.

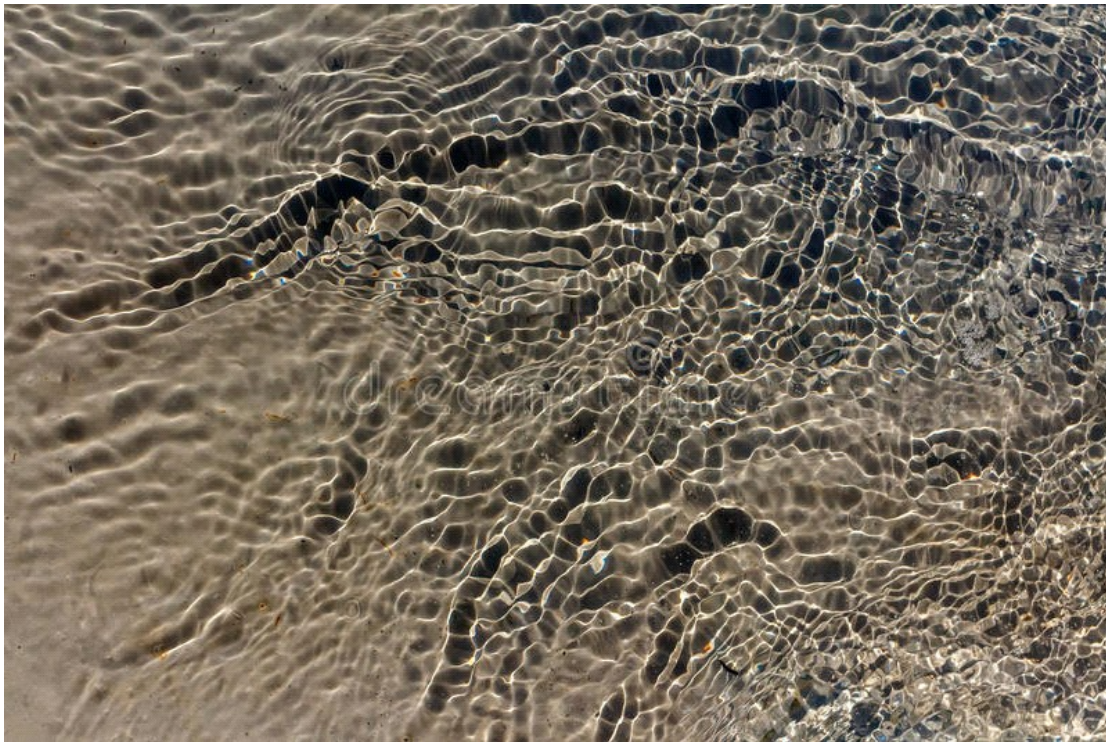
Και οι δύο περιπτώσεις θραύσης ισχύουν ταυτόχρονα στα ρηχά νερά. Τελικά η θραύση συμβαίνει ανάλογα με τα ποια συνθήκη θα ικανοποιηθεί πρώτη.

Η θραύση των θαλασσίων κυμάτων διακρίνεται σε:

- Θραύση στην κορυφή(plunging breakers): Παρατηρείται σε ακτές με ομαλή κλίση βυθού. Κατάρρευση του εμπρόσθιου μετώπου του κύματος στην κορυφή. Συνήθως ακολουθεί ομαλός παφλασμός του θαλάσσιου νερού.
- Θραύση στο μέτωπο(Spilling breakers): Παρατηρούνται αναταράξεις του θαλάσσιου νερού και πολλές φουσαλίδες στο εμπρόσθιο μέρος του μετώπου του κύματος. Η θραύση στο μέτωπο εμφανίζεται σε αρκετά διαδοχικά κύματα σε περιοχές με ομαλή μικρή κλίση βυθού.
- Θραύση στη βάση(Collapsing/Surgin breakers): Η θραύση παρατηρείται στο 1/2 του ύψους κύματος. Εμφανίζεται είτε ως κατάρρευση του μετώπου(Collapsing breakers) είτε ως αναρρίχηση του μετώπου στην ακτή (Surgin breakers).



ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ



Η διάθλαση των θαλάσσιων κυμάτων εμφανίζεται σε βάθη μικρότερα από το μισό του μήκους κύματος [$d < L/2$] και οφείλεται στην μεταβολή της ταχύτητας διάδοσης c ανάλογα με το βάθος.

Τα χαρακτηριστικά της διάθλασης των θαλασσίων κυμάτων προσδιορίζονται με το γνωστό από την οπτική νόμο του Snell:

Όταν ο πυθμένας βρίσκεται σε βάθος D μεγαλύτερο από το μισό του μήκους κύματος [$D > (L/2)$], τότε ο πυθμένας δεν έχει καμία επίπτωση στον κυματισμό.

Καθώς τα κύματα πλησιάζουν την ακτή και το βάθος ελαττώνεται, αρχίζει ο πυθμένας να επιδρά στην ταχύτητα διάδοσης του κύματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι η επιβράδυνση τμημάτων του μετώπου του κύματος που βρίσκονται σε ρηχά νερά σε σχέση με τα τμήματα που βρίσκονται σε βαθύτερα νερά. Έτσι δημιουργείται μία παραμόρφωση στο αρχικό μέτωπο του κύματος ανάλογα με τα βάθη επάνω από τα οποία περνά.

Στην πράξη δημιουργείται η τάση το μέτωπο του κύματος να γίνει σχεδόν παράλληλο με

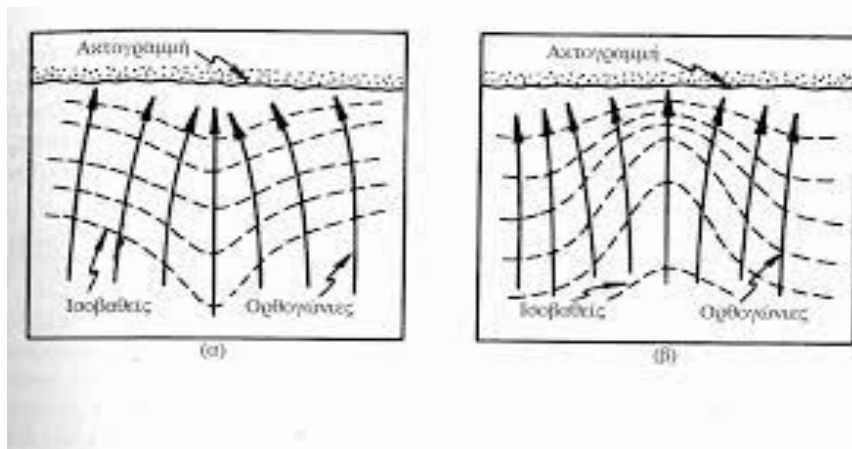
τις ισοβαθείς χωρίς ποτέ να το κατορθώνει τελείως.

Για να απεικονισθεί η πορεία των κυμάτων που διαθλούνται σε χάρτη,χαράσσονται καμπύλες που κάθε φορά είναι κάθετες στο μέτωπο τοπυ κύματος.Οι καμπύλες αυτές ονομάζονται ορθόγωνες.

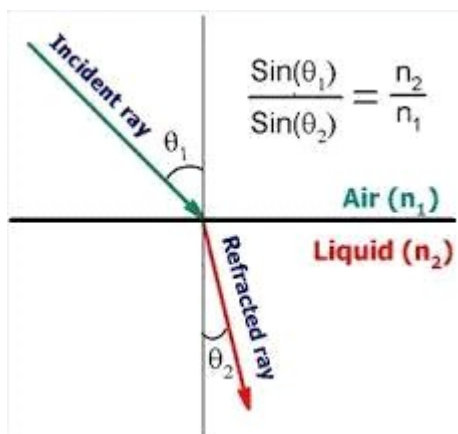
Όταν τελικά το μέτωπο του κύματος φθάσει στην ακτή,οι ορθογώνιες συγκλίνουν ή αποκλίνουν.

Η σύγκλιση συμβαίνει στα ακρωτήρια με αύξηση της προσπίπτουσας κυματικής ενέργειας.

Η απόκλιση συμβαίνει σε κόλπους με εξασθένηση της κυματικής ενέργειας.



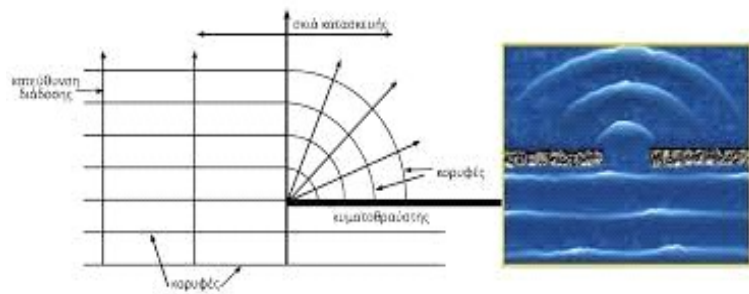
SNELL'S LAW BASIC DIAGRAM



ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

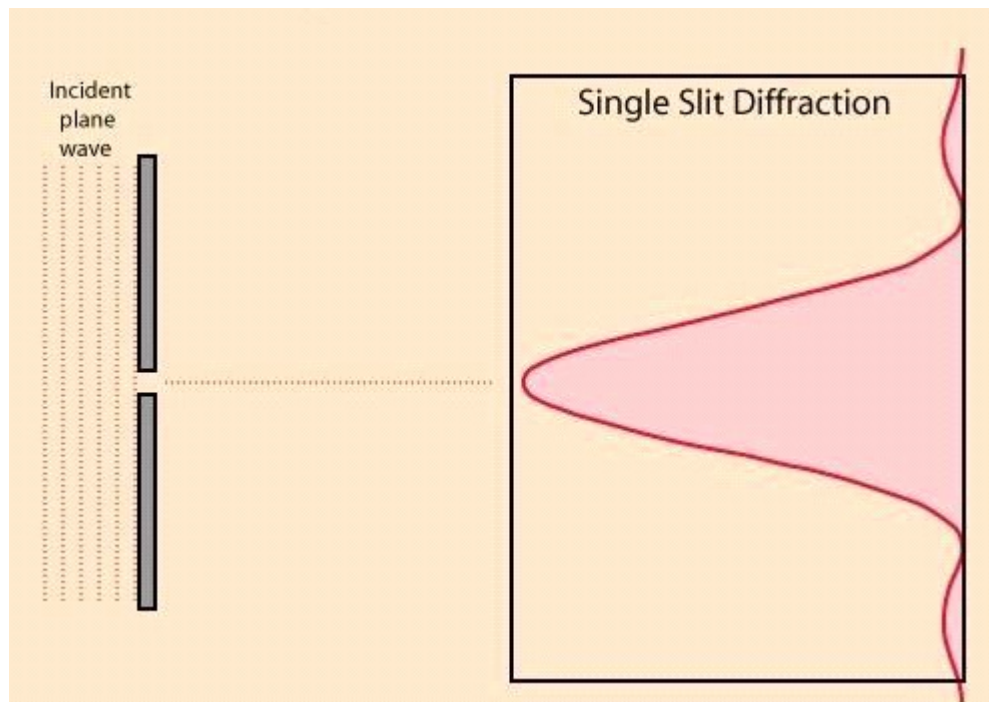


Παράδειγμα 1ο
Περίθλαση στο άκρο κυματοθραύστη

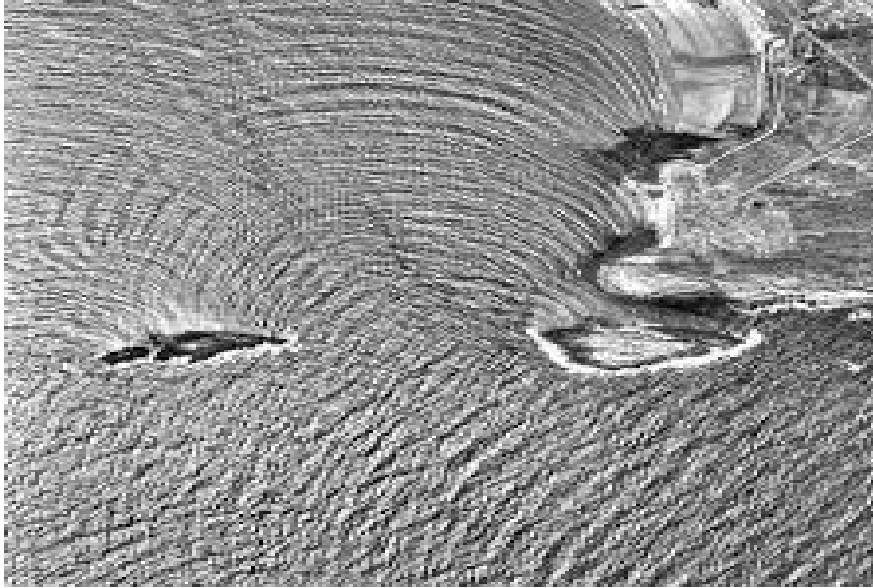


Παράδειγμα 2ο

Περίθλαση μεταξύ δύο κυματοθραυστών



Συνδυασμός περίθλασης και διάθλασης θαλασσιου κυματισμου

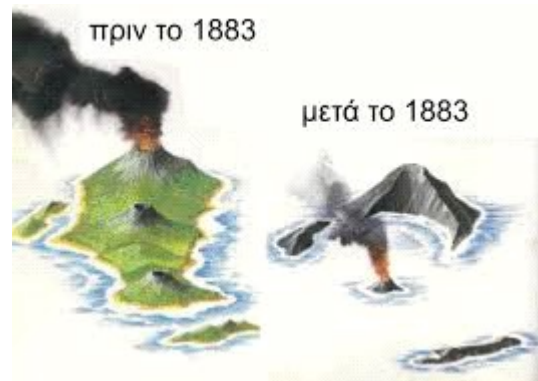
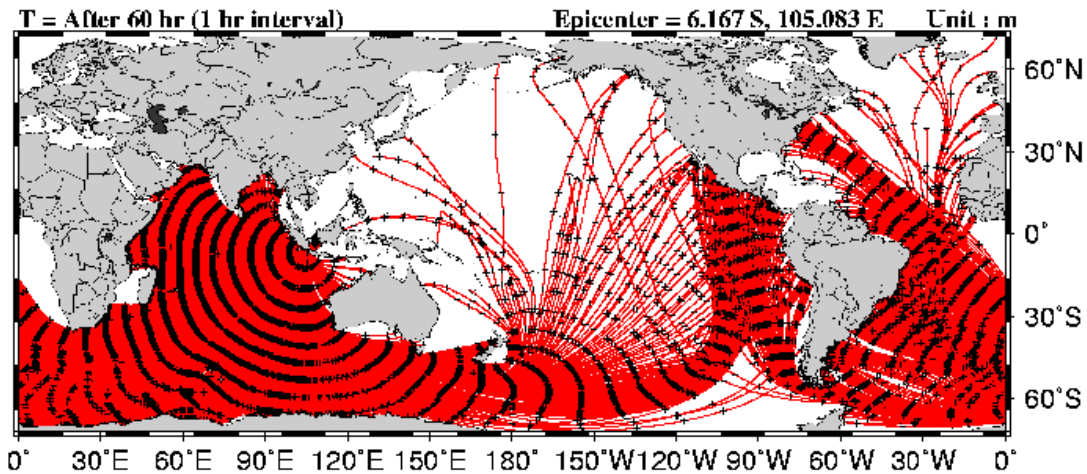


ΤΣΟΥΝΑΜΙ

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ:

- Κρακατόα 1883: Το μεγαλύτερο σε μέγεθος τσουνάμι στην ιστορία, σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, ήταν αυτό που δημιουργήθηκε από την έκρηξη του ηφαιστείου Κρακατόα (Ινδονηδία), στις 27 Αυγούστου 1883. Το μέγιστο ύψος των κυμάτων που δημιουργήθηκαν, εκτιμήθηκε στα 30 - 40 μέτρα.

Krakatau Tsunami Travel Time



- **Ινδονησία 2004:** Ένα από τα πλέον καταστρεπτικά τσουνάμι της σύγχρονης ιστορίας (και αυτό με τον μεγαλύτερο αριθμό ανθρώπινων θυμάτων), εκδηλώθηκε μετά τον σεισμό της 26ης Δεκεμβρίου 2004 στην Ινδονησία, μεγέθους 9,3 ρίχτερ και είχε ως αποτέλεσμα ,σχεδόν 250.000 νεκρούς και τεράστιες υλικές ζημιές.



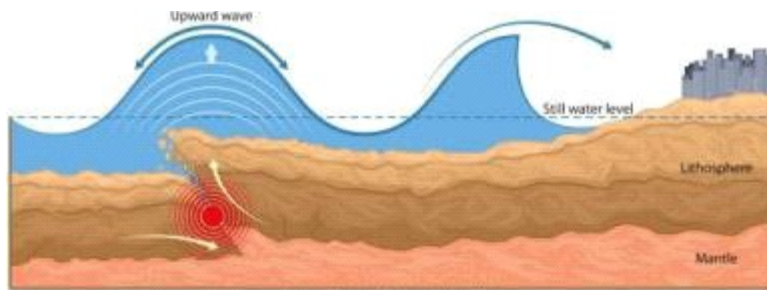
- Ιαπωνία 2011: Στις 11 Μαρτίου 2011 σημειώθηκε σεισμός μεγέθους 9,0 ρίχτερ στην βορειοανατολική Ιαπωνία, με αποτέλεσμα να διαδοθεί τσουνάμι στον Ειρηνικό ωκεανό. Στις Ιαπωνικές ακτές το τσουνάμι έφτασε σε ύψος έως και 10 μέτρα , προκαλώντας χιλιάδες απώλειες σε ανθρώπινες ζωές και τεράστιες καταστροφές.



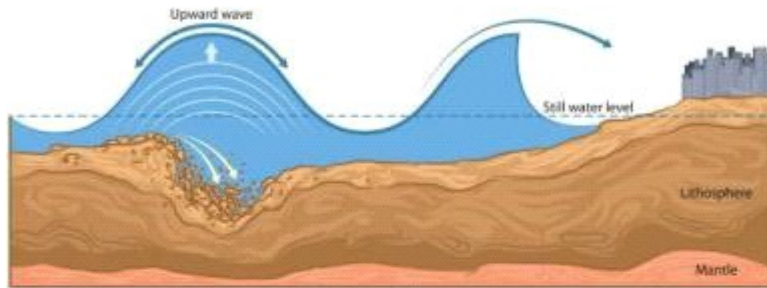
ΑΙΤΙΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

- Υποθαλάσσιος σεισμός
- Ηφαιστειακή έκρηξη
- Γεωλίσθηση του πυθμένα των ωκεανών
- Πυρηνική έκρηξη ή δοκιμές
- Ακόμα και μία σύγκρουση μετεωριτών ή αστεροειδών με τη Γη.

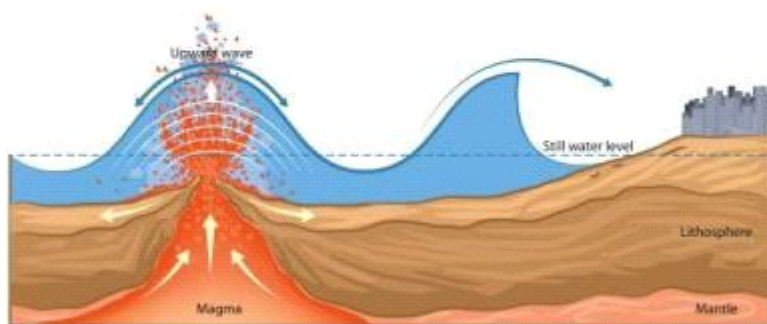
Γενικά , το τσουνάμι οφείλεται σε ξαφνικές μεταβολές της τοπογραφίας του θαλάσσιου πυθμένα που προκαλούνται από κατολισθήσεις κατά μήκος των ρηγμάτων , κινήσεις υποθαλάσσιων στοιβάδων υλικών λόγω τουρβιδικών ρευμάτων, δημιουργία μεγάλων ωκεάνιων ηφαιστείων και υποθαλάσσιες ηφαιστειακές εκρήξεις.Εν ολίγοις , οι ,μηχανισμοί που δημιουργούν ένα τσουνάμι είναι κυρίως σεισμικά φαινόμενα.**Για το λόγο αυτό, το τσουνάμι αποτελεί σεισμικό θαλάσσιο κύμα.**Τα ρήγματα που προκαλούν κατακόρυφες αναταράξεις μεταβάλλουν τη ποσότητα νερού στην ωκεάνια λεκάνη και έτσι επηρεάζεται η υδάτινη στήλη και δημιουργείται τσουνάμι.



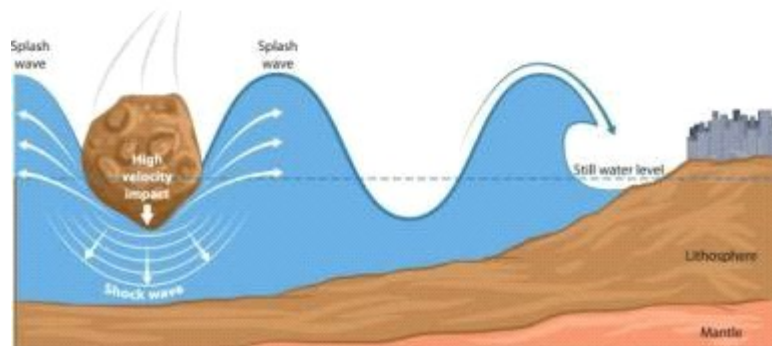
Tsunami caused by an earthquake.



Tsunami caused by erosion



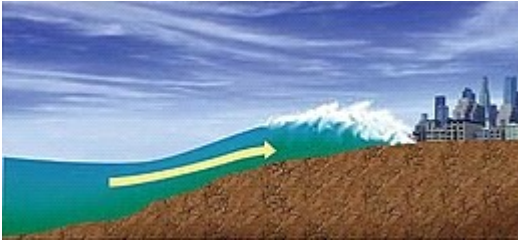
Tsunami caused by the volcano



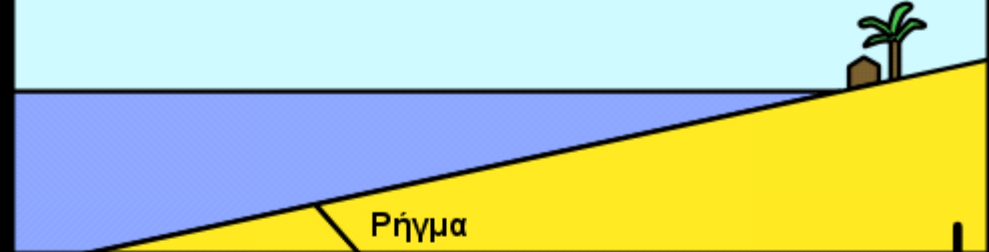
Tsunami (Mega tsunami) caused by falling meteoroid

Επίσης, το πουνάμι εκδηλώνεται ως κύματα, τα οποία στα βαθιά νερά των ωκεανών (μέσο βάθος 4.500 μέτρα) οδεύουν με μέση ταχύτητα 210 μέτρων / δευτερολέπτο ή 756 χμλ. / ώρα (παραπάνω από το μισό της ταχύτητας

του ήχου στην ατμόσφαιρα της Γης).



Κανονική κατάσταση



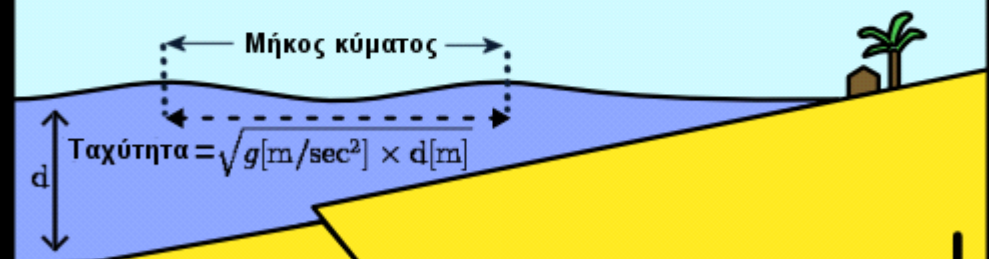
Διαταραχή



Διαταραχή



Διάδοση



Άφιξη στην ακτή



ΧΑΡΑΧΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

- Τα κύματα αυτά έχουν μεγάλο μήκος κύματος και μεταφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας.
- Όσο διαδίδονται στην ανοιχτή θάλασσα με μεγάλο βάθος ,έχουν ελάχιστο ύψος ,που δεν ξεπερνά συνήθως τα 1 - 2 μέτρα και ταξιδεύουν προς όλες τις επιτρεπτές από τον αρχικόν σχηματισμό του μετώπου,κατευθύνσεις,με ταχύτητα 700-800 χλ / ώρα.Παρά την τρομακτική αυτή ταχύτητα,δεν γίνονται αντιληπτά,από τα πλοία στην ανοιχτή θάλασσα , ούτε καν από βάρκες ,καθώς φαίνονται,ως μία φουσκοθαλασσιά (λείας επιφάνειας,με κορυφές που δεν σκάνε,ούτε ασπρίζουν), που περνάει <<σαν αστραπή>> και φεύγει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΗΓΕΣ:

- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%83%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B9>
- Διασκευή Essentials of Oceanography 10th Edition, Alan P. Trujillo and Harold V.
- [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CF%84%CF%83%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B9_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%99%CE%BD%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D_%CE%A9%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%8D_\(2004\)](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CF%84%CF%83%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B9_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%99%CE%BD%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D_%CE%A9%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%8D_(2004))