

Περιγραφή του  
θαλάσσιου  
περιβάλλοντος

Επιφάνεια της  
θάλασσας

## Εισαγωγή στην Ακουστική Ωκεανογραφία

# Κύματα Επιφανείας (Βαρύτητας και Επιφανειακής τάσης)



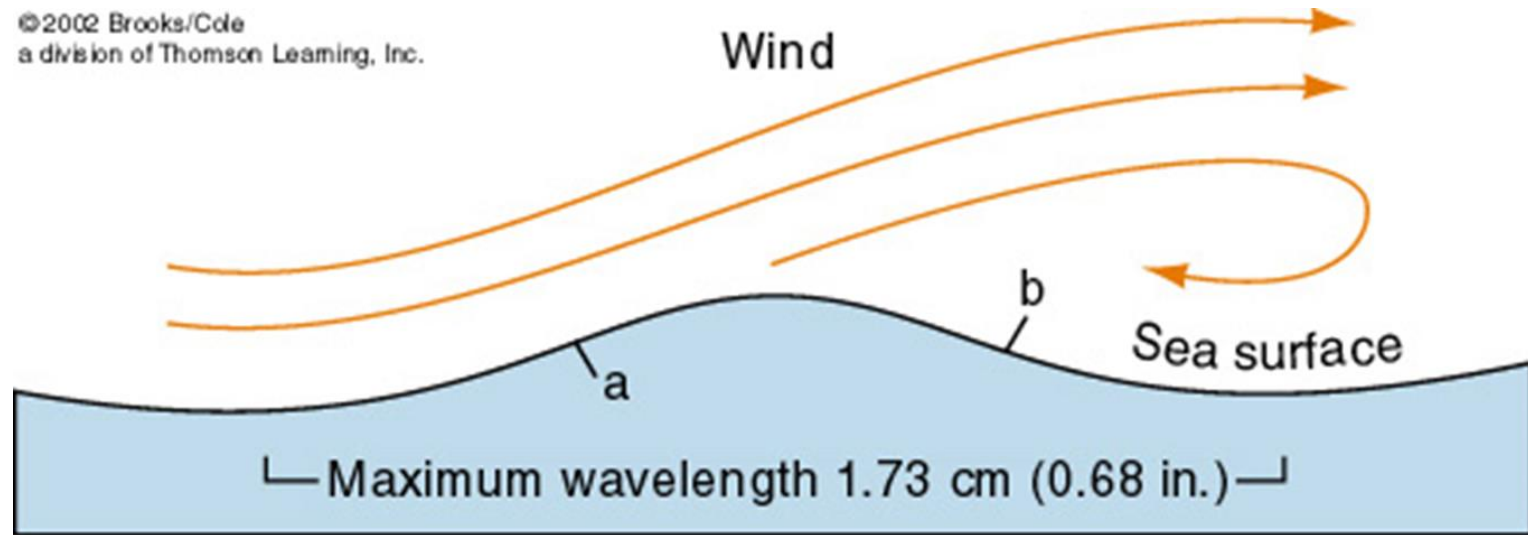
## Κύματα επιφανειακής τάσης (capillary waves)

Οφείλονται σε επιφανειακή τάση στο σύνορο νερού-αέρα, και έχουν μήκος κύματος που συνήθως δεν υπερβαίνει τα 2 εκατοστά



# Κύματα επιφανειακής τάσης (capillary waves)

©2002 Brooks/Cole  
a division of Thomson Learning, Inc.



## Ανεμογενή Κύματα

Είναι κύματα βαρύτητας (gravity waves) και είναι αυτά που παρατηρεί κανείς περισσότερο. Σχετίζονται με την βαρύτητα που είναι η αιτία που τα διατηρεί μετά την δημιουργία τους, η οποία βέβαια οφείλεται στην επενέργεια του ανέμου.

Χαρακτηρίζονται και ως «κυκλοειδή» (orbital) καθώς η κυκλοειδής κίνηση των μορίων τους είναι εκείνη που δημιουργεί την διάδοση

# Ανεμογενή κύματα

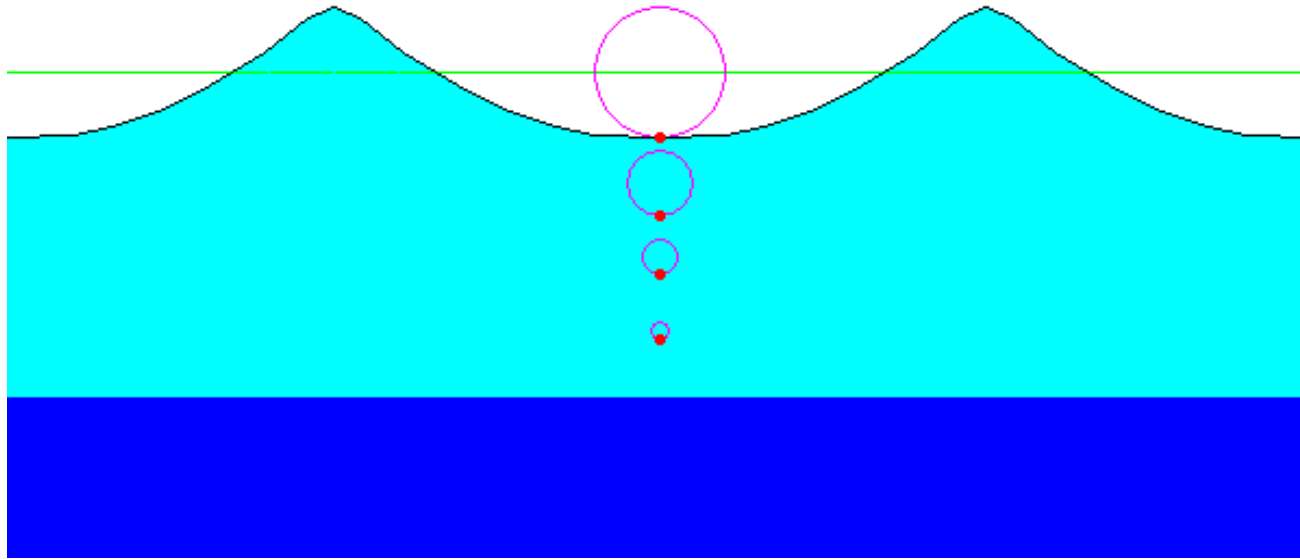
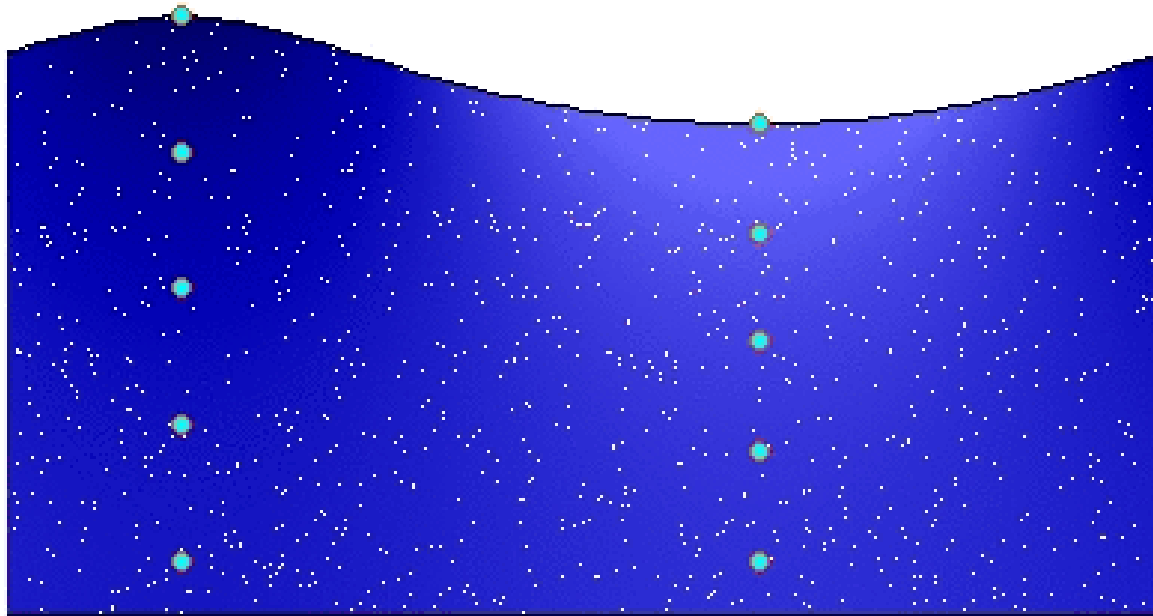


Image source: [Steven Dutch, Natural and Applied Sciences, University of Wisconsin - Green Bay](#)

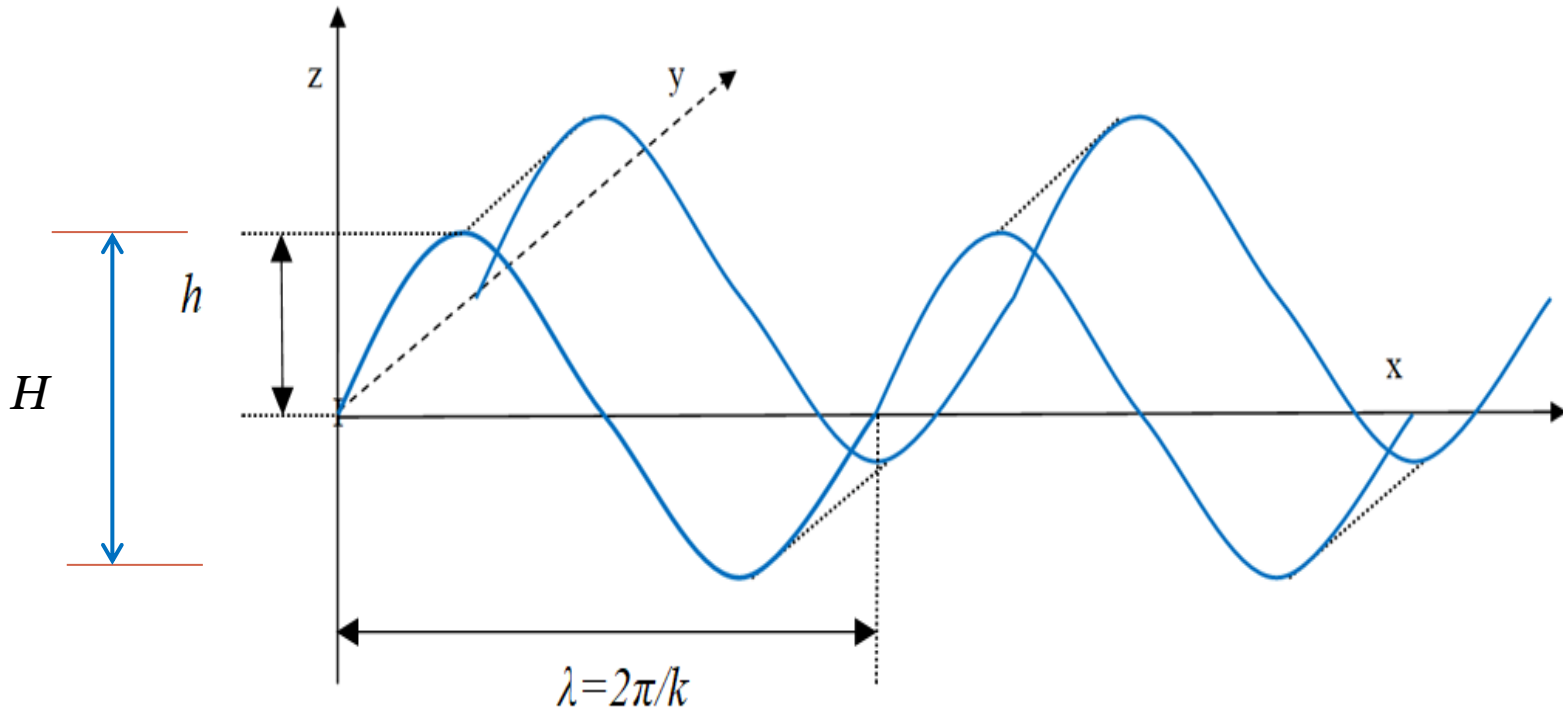
# Ανεμογενή κύματα

wave phase :  $t / T = 0.000$



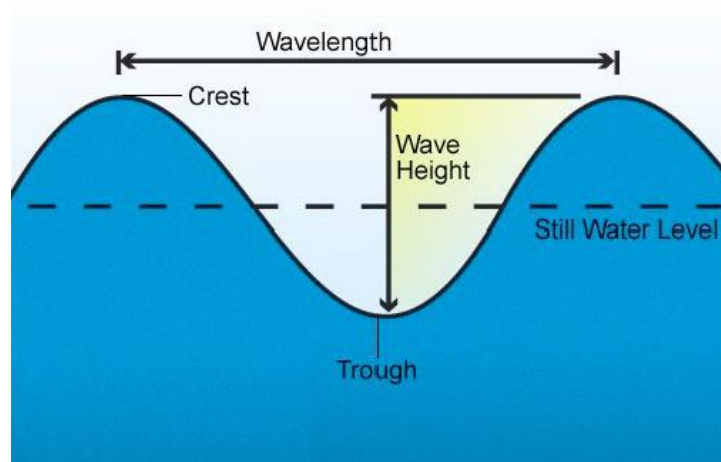
(Image from: By Kraaiennest - Own work, GFDL,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3374567>)

# Ανεμογενή κύματα



$h$  : Ανύψωση       $H$  : Ύψος κύματος





*Μήκος κύματος  $\lambda$*  : Απόσταση ανάμεσα σε δύο κορυφές

Η *περίοδος  $T$*  ενός κύματος βαρύτητας είναι ο χρόνος που απαιτείται για να περάσουν δύο διαδοχικές «κορυφές –crests» του κύματος από το ίδιο χωρικό σημείο.

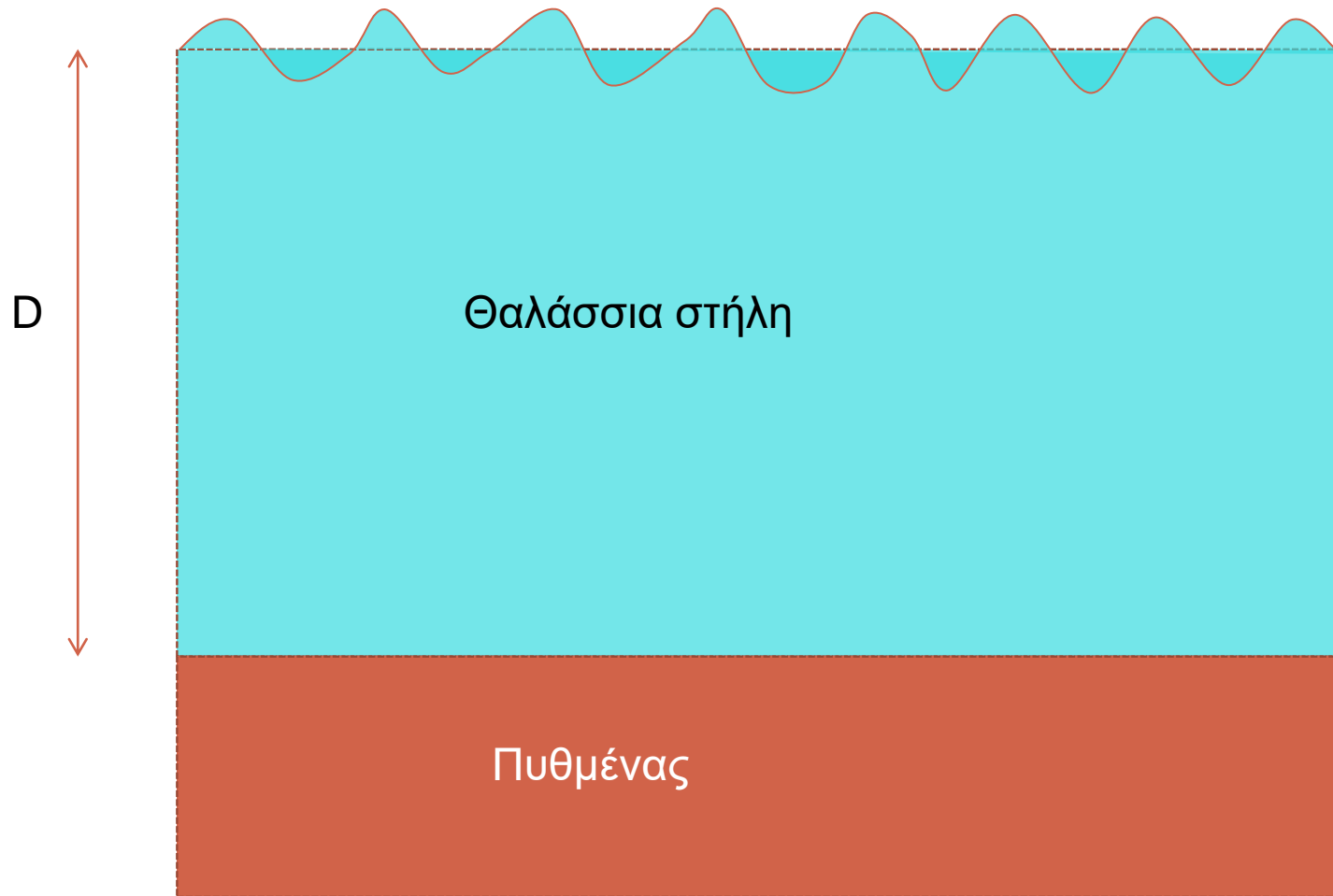
Αριθμός κύματος  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

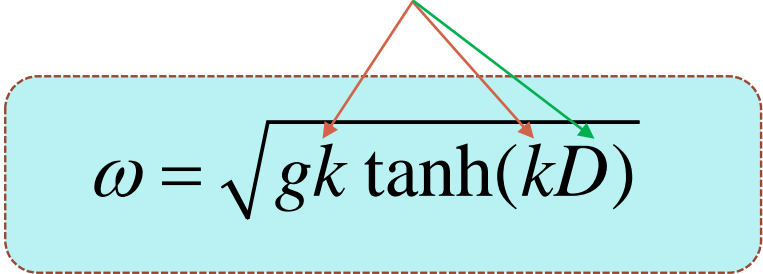
Συχνότητα  $f = 1/T$

Φασική ταχύτητα  $c = \frac{\lambda}{T} = \frac{2\pi}{kT} = \frac{2\pi f}{k}$

Κυκλική συχνότητα  $\omega = 2\pi f$

$$k = \frac{\omega}{c}$$




$$\omega = \sqrt{gk \tanh(kD)}$$

$$kD \rightarrow \infty \quad \tanh(kD) \rightarrow 1$$

$$kD \rightarrow 0 \quad \tanh(kD) \rightarrow kD$$

Βαθειά θάλασσα  $\frac{D}{\lambda} > 0,5$

Ρηχή θάλασσα  $kD \ll 1$

## Βαθιά θάλασσα

$$\omega = \sqrt{gk \tanh(kD)} \longrightarrow \omega = \sqrt{gk} \quad k = \omega / c$$

$$c = \sqrt{\frac{g}{k}}$$

όπου  $g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας =  $9.8 \text{ m/s}^2$

Η φασική ταχύτητα εξαρτάται από το μήκος κύματος

## Βαθιά θάλασσα

Στην περίπτωση που θεωρηθεί και η επιφανειακή τάση στον κυματισμό τότε η φασική ταχύτητα δίδεται από την σχέση

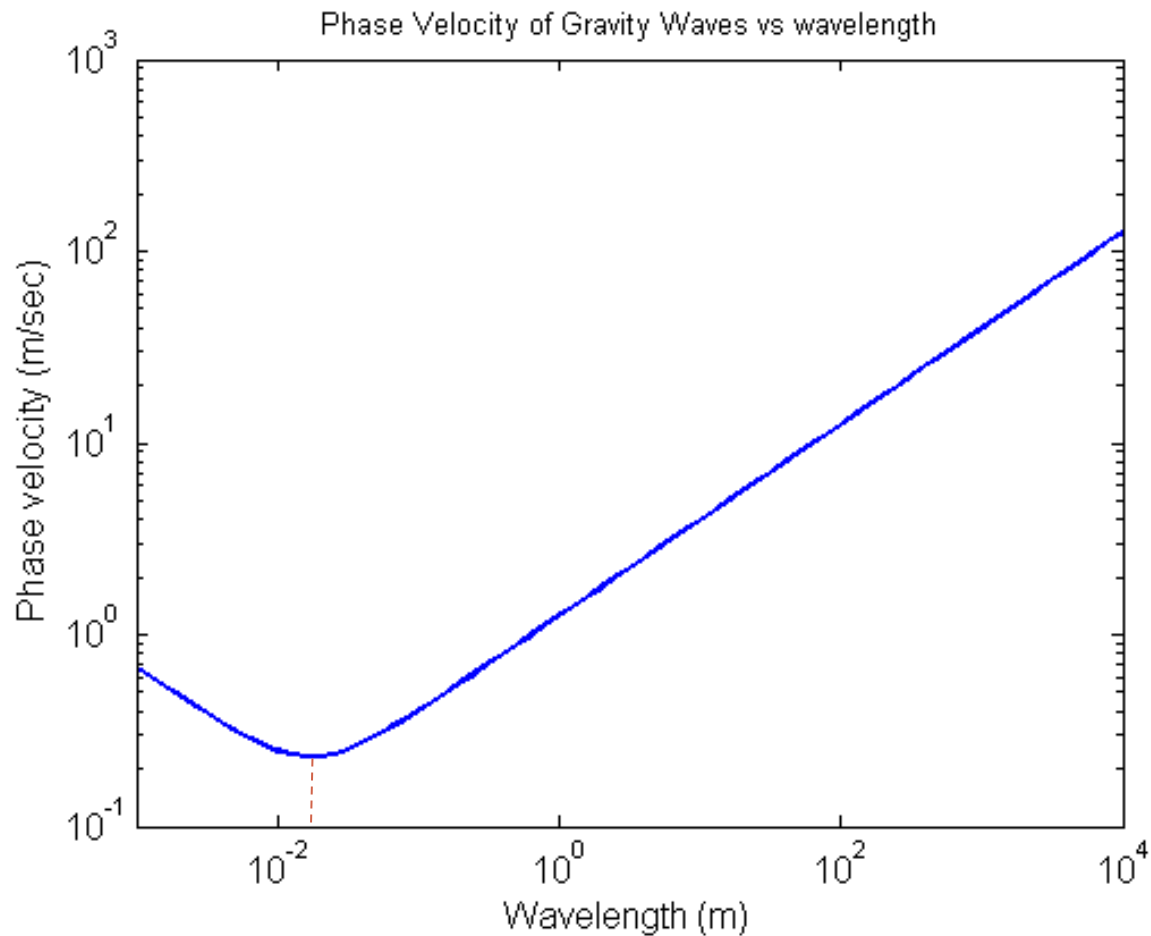
$$c = \sqrt{\frac{g}{k} + \frac{\sigma k}{\rho}}$$

όπου

$\sigma$  είναι η επιφανειακή τάση (τυπική τιμή  $7.4 \times 10^{-2} \text{ N/m}$ )

και

$\rho$  είναι η πυκνότητα του νερού ( $\text{kg/m}^3$ ).



Το ελάχιστο παρατηρείται σε μήκος κύματος 1,73 cm και είναι της τάξης των 0,23 m/sec

# Ρηχή Θάλασσα

$$\omega = \sqrt{gk \tanh(kD)} \longrightarrow \omega = \sqrt{gk^2 D} \quad k = \omega / c$$

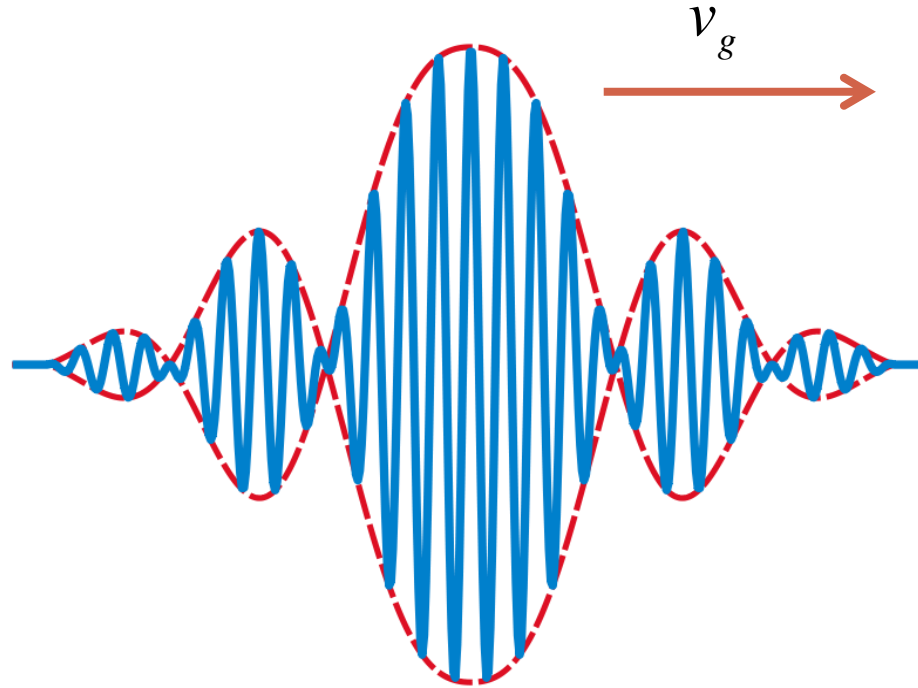
$$c = \sqrt{gD}$$

όπου  $g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας =  $9.8 \text{ m/s}^2$

Φασική ταχύτητα ανεξάρτητη από το μήκος κύματος



# Ταχύτητα ομάδας



Σύνθετος κυματισμός

# Ταχύτητα ομάδας

Η ταχύτητα διάδοσης ενός σύνθετου κυματισμού,  
καθορίζεται από την  
**ταχύτητα ομάδας (*group velocity*)**  
που δίδεται από την σχέση :

$$v_g = \left. \frac{d\omega}{dk} \right|_{k=k_0} \quad k_0 \quad \text{Μέσος αριθμός κύματος}$$

# Ταχύτητα ομάδας

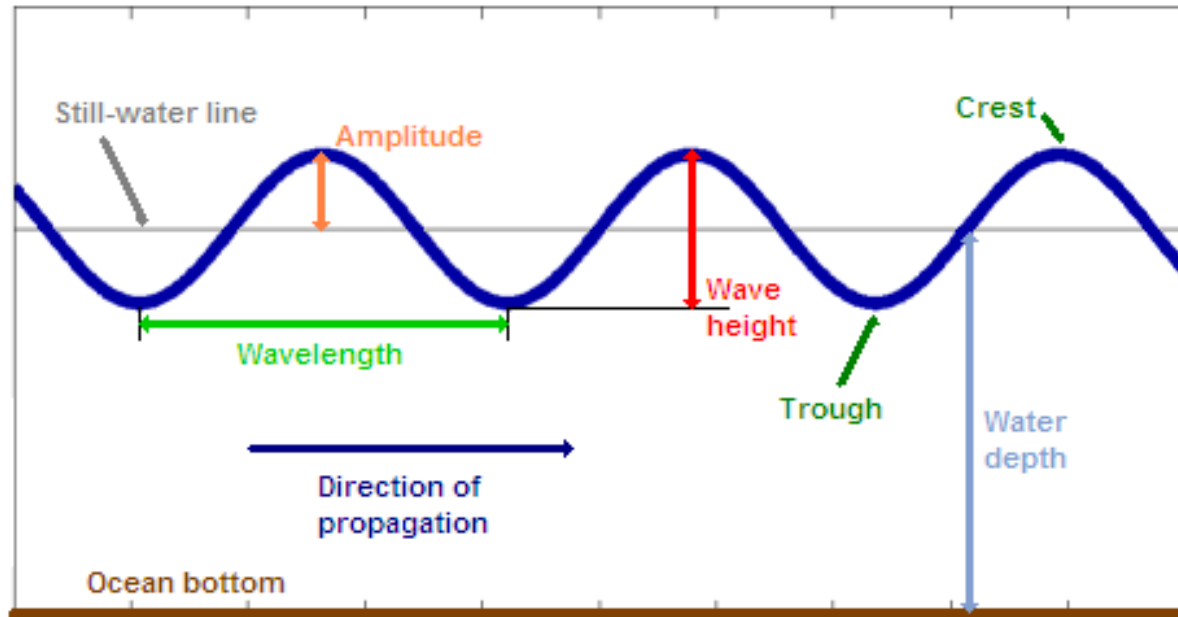
Η ταχύτητα διάδοσης ενός σύνθετου κυματισμού,  
καθορίζεται από την  
**ταχύτητα ομάδας (*group velocity*)**  
που δίδεται από την σχέση :

Σε βαθειά θάλασσα

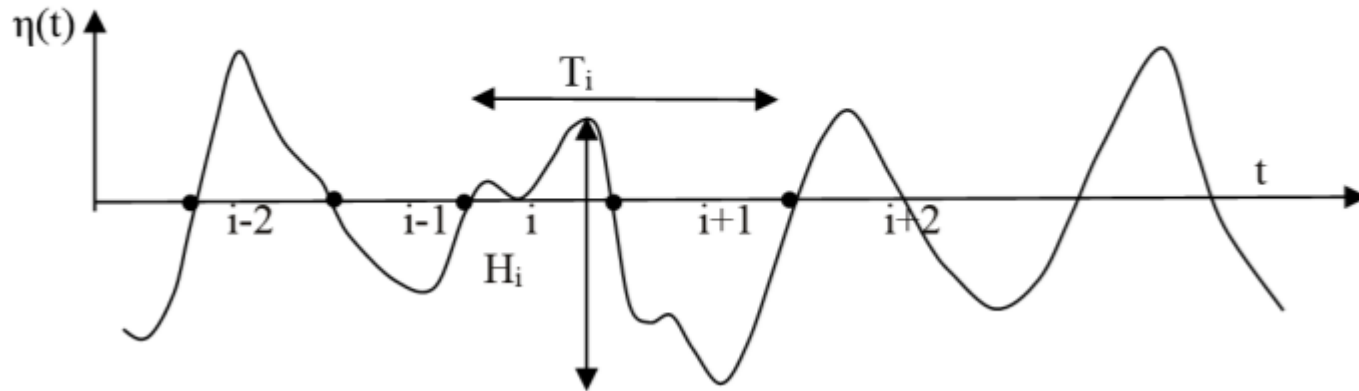
$$v_g = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{k_0}} = \frac{1}{2} c_0$$

Κύματα διασποράς

# Στατιστική ανάλυση κυματισμών



# Στατιστική ανάλυση κυματισμών

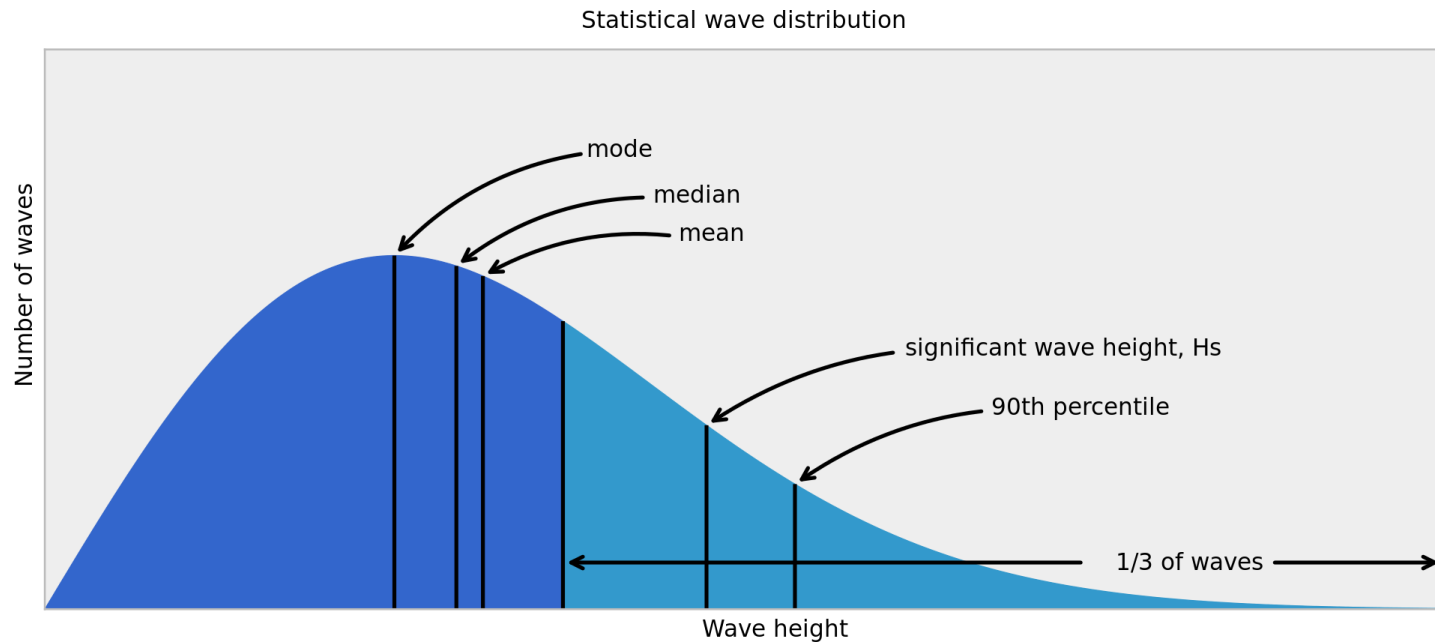


Χρονοσειρά καταγεγραμμένων κυματισμών

Το ύψος κύματος ακολουθεί κατανομή Rayleigh

$$P(H_i) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{H_i}{H_{rms}}\right)^2\right] \quad H_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}}$$

# Στατιστική ανάλυση κυματισμών

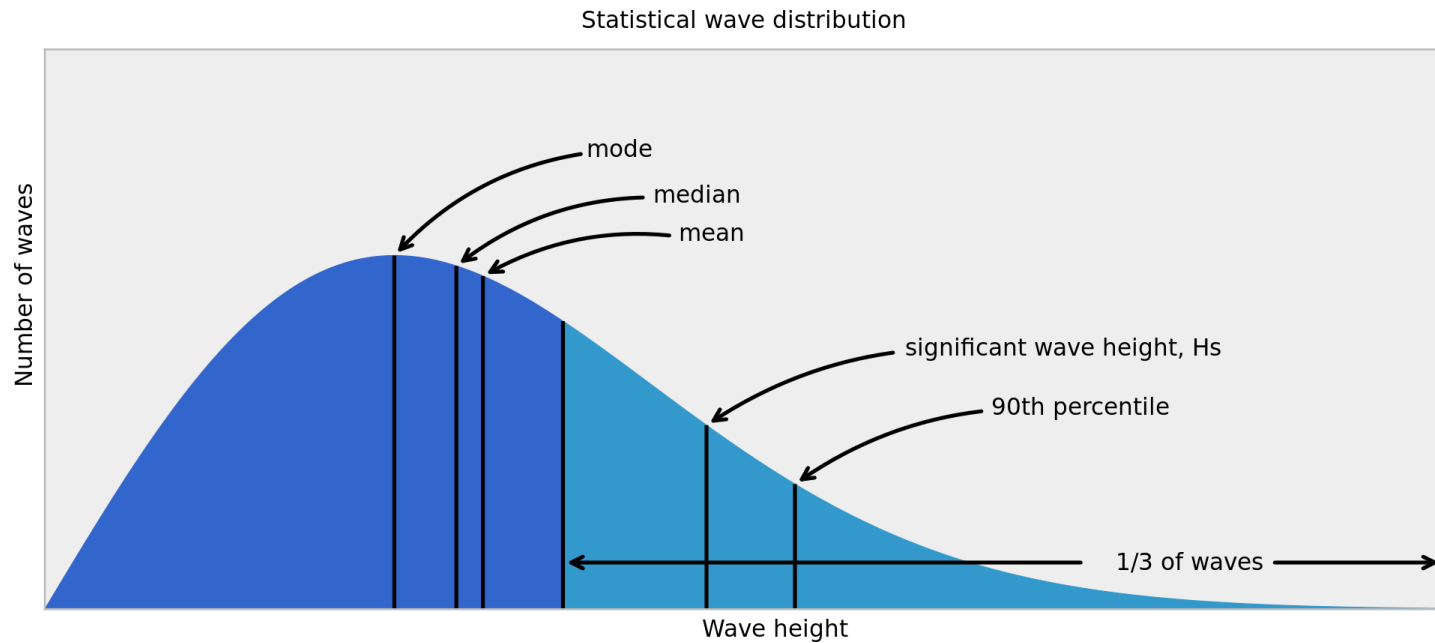


Σημαντικό ύψος κύματος  $H_s$  Μέση τιμή του ανώτερου 1/3 των υψών κύματος

By NOAA - NOAA UCAR COMET

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20498122>

# Στατιστική ανάλυση κυματισμών

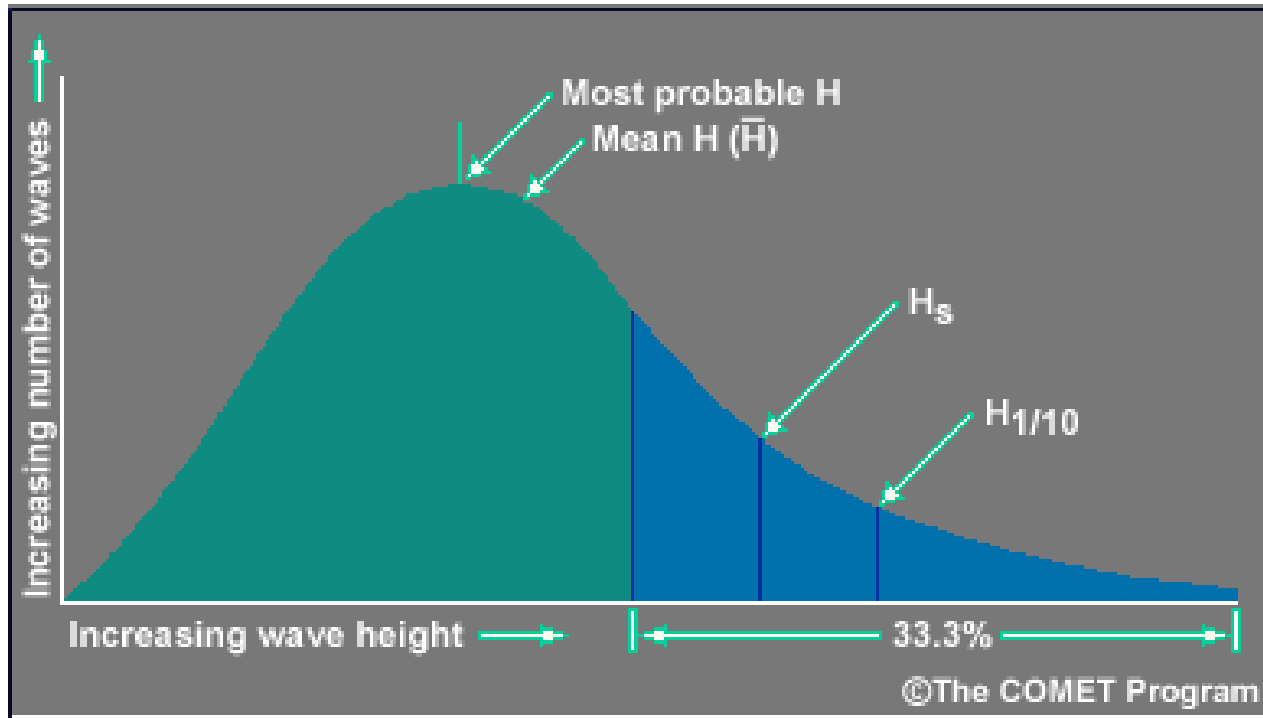


Σημαντικό ύψος κύματος  $H_s$

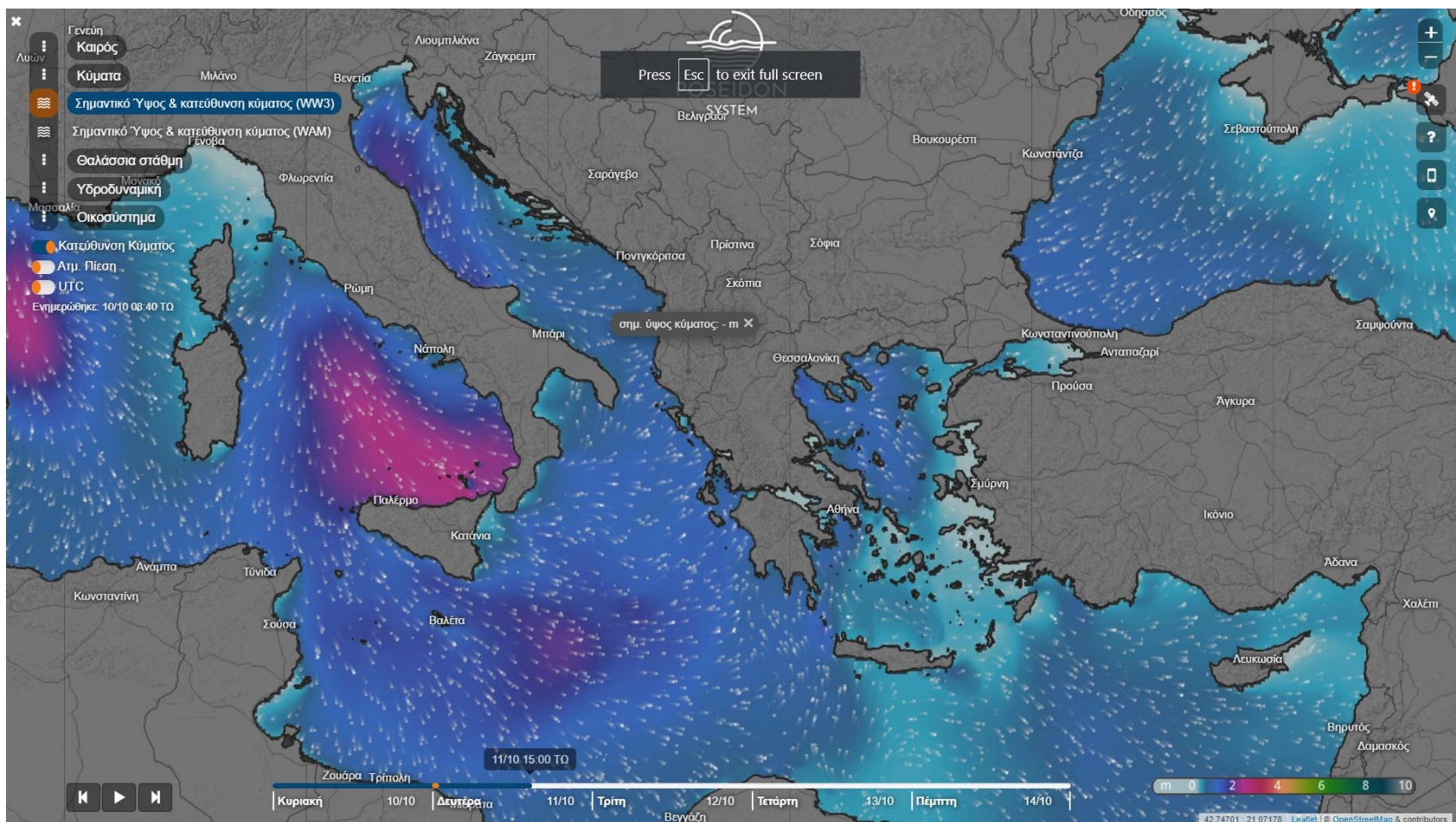
$$H_s = \sqrt{2}H_{rms}$$

By NOAA - NOAA UCAR COMET

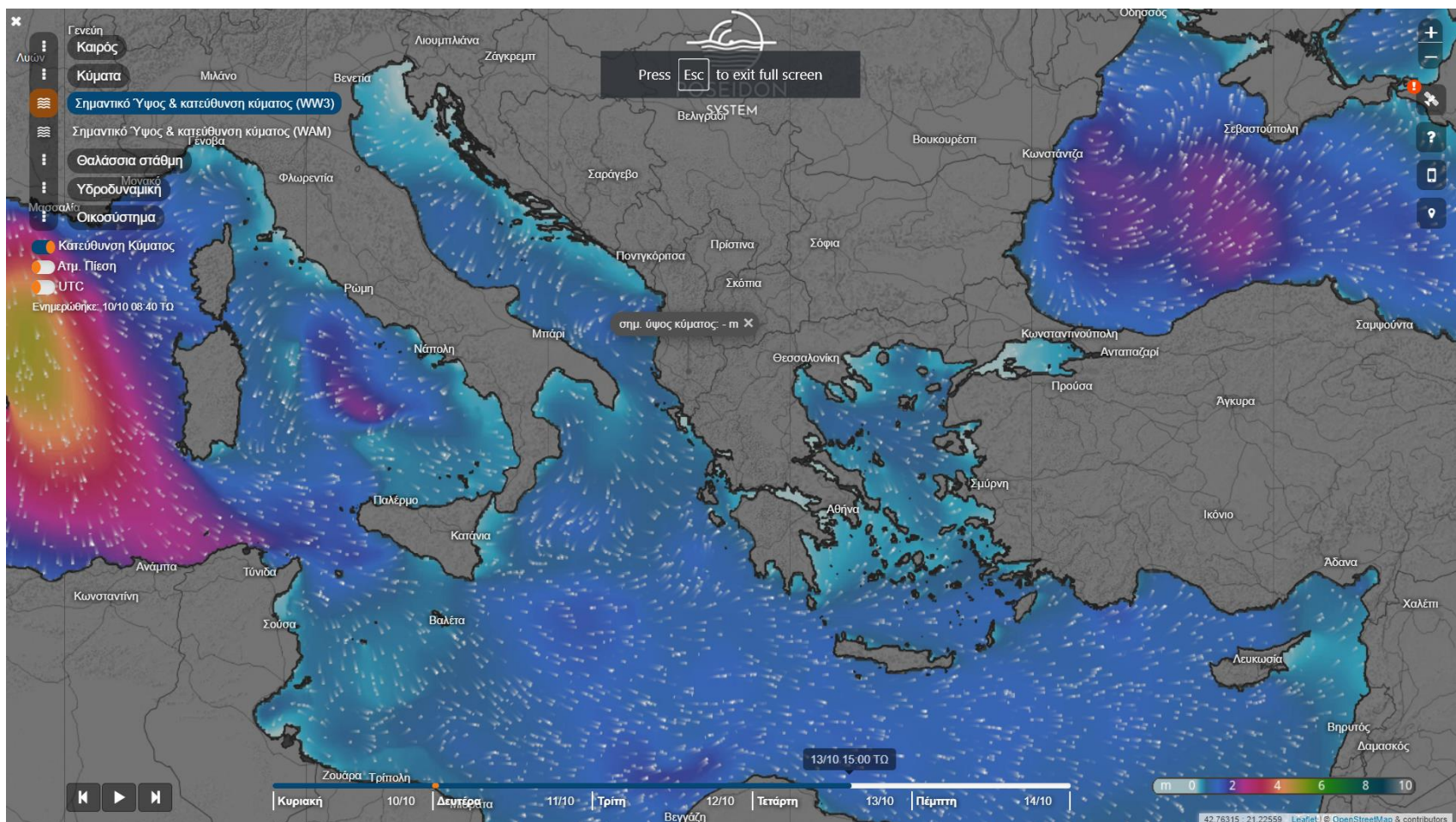
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20498122>



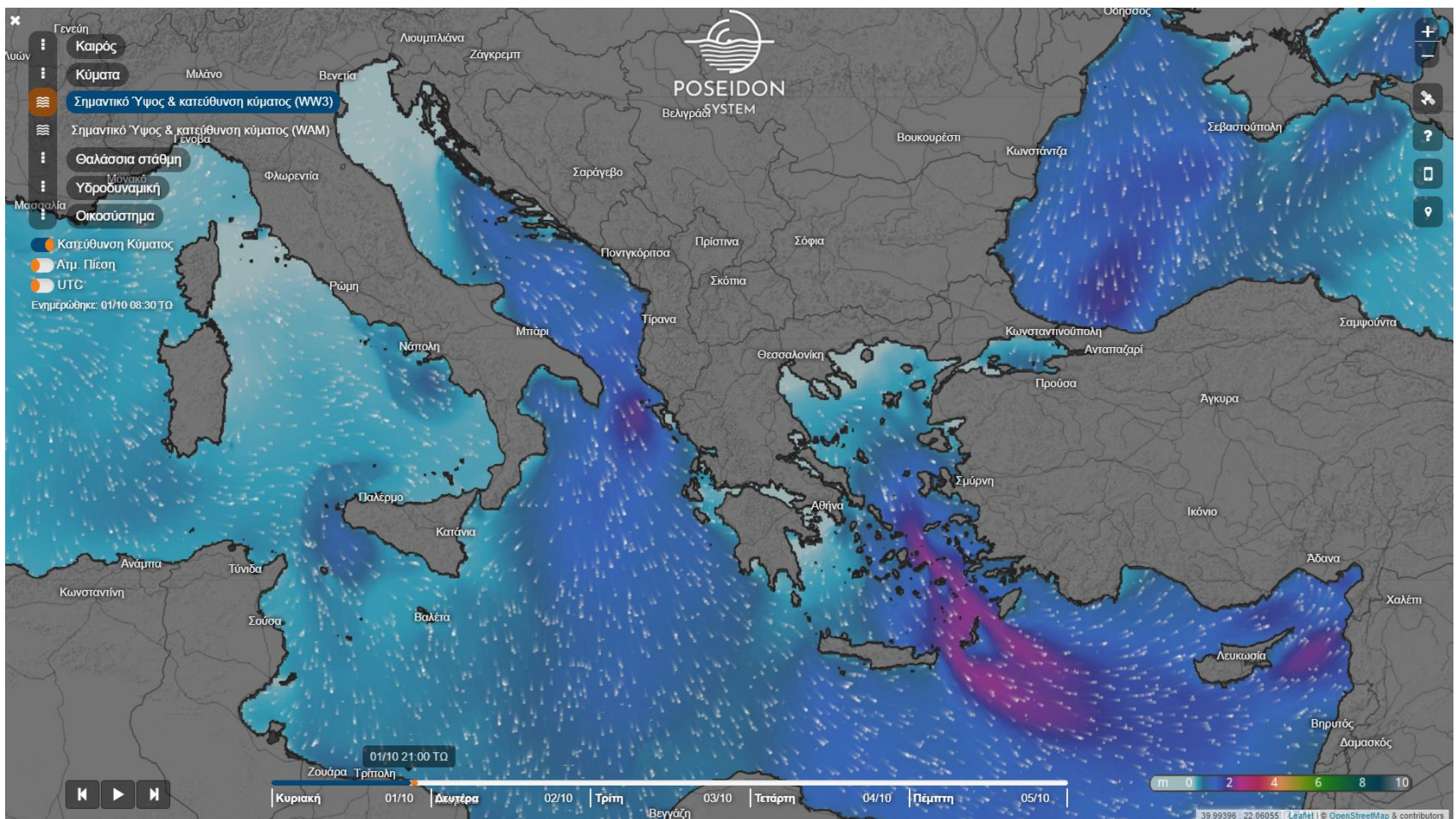




Σημαντικό ύψος κύματος Δευτέρα 11/10/2021 15:00



Σημαντικό ύψος κύματος Τετάρτη 13/10/2021 15:00



Σημαντικό ύψος κύματος Κυριακή 01/10/2023 21:00