



Ακτομηχανική και λιμενικά έργα

Διάλεξη 13^η. Συνολική άσκηση/
Παράκτια στερεομεταφορά και μορφολογία ακτών

Θεοφάνης Καραμπάς
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

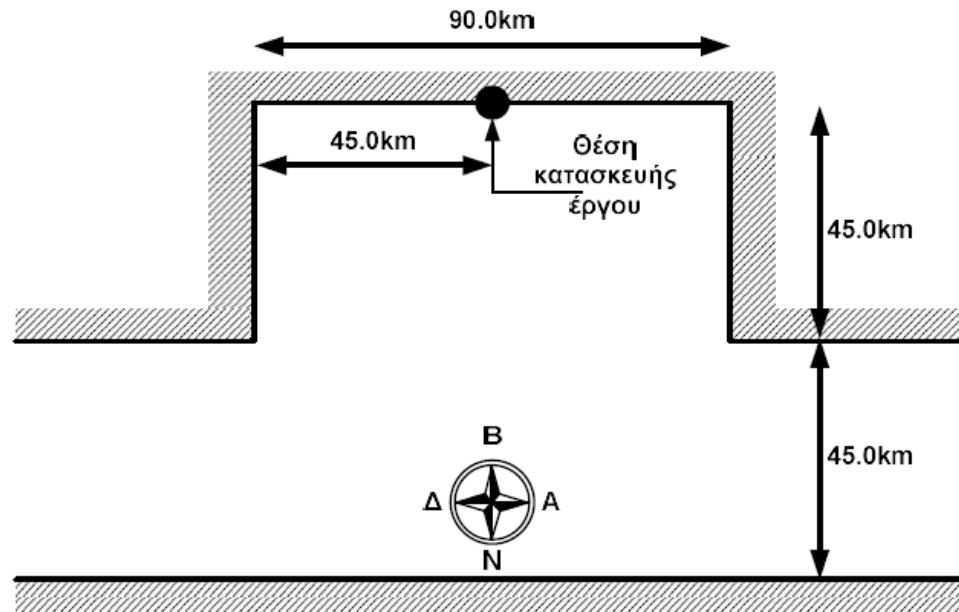
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού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



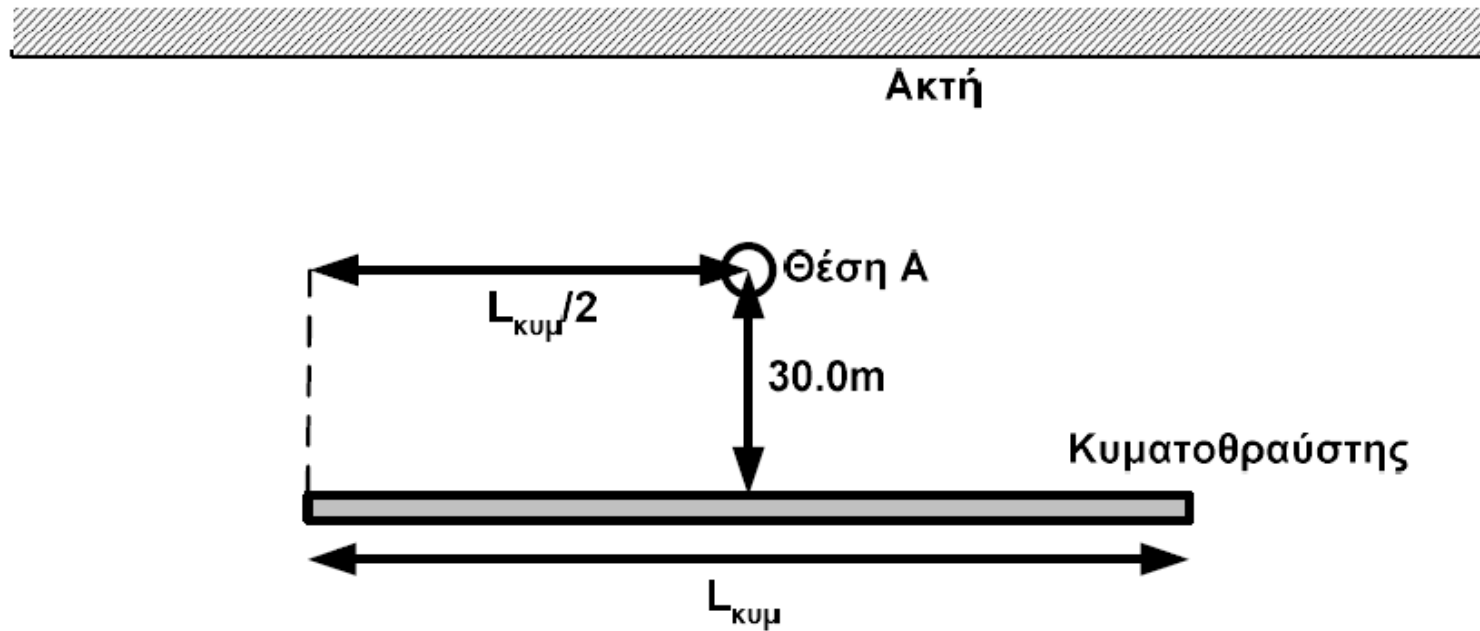
ΑΣΚΗΣΗ

Σε παράκτια περιοχή στην οποία πρόκειται να κατασκευαστεί λιμενικό έργο επικρατούν άνεμοι ΝΑ και ΝΔ διεύθυνσης. Οι άνεμοι είναι ταχύτητας $U_{10(NΑ)}=8.5\text{m/sec}$ και $U_{10(NΔ)}=10.5\text{m/sec}$ με διάρκεια πνοής $t_{D(NΑ)}=8.0\text{hr}$ και $t_{D(NΔ)}=5.0\text{hr}$ αντίστοιχα. Το ισοδύναμο μήκος αναπτύγματος για τον άνεμο ΝΔ διεύθυνσης ισούται με 65km .

α) Να γίνει πρόγνωση κυματισμού για τους δύο ανέμους βάσει της μεθόδου JONSWAP.



β) Στην εν λόγω παράκτια περιοχή και σε βάθος $d=6.0\text{m}$ κατασκευάζεται κυματοθραύστης μήκους $L_{\text{κυμ}}=100.0\text{m}$, ο οποίος τοποθετείται παράλληλα με την ακτή (Σχήμα 2). Για την δυσμενέστερη από τις παραπάνω προγνώσεις, να υπολογιστεί το ύψος κύματος στη Θέση A (Σχήμα 2). Για τους υπολογισμούς να ληφθεί η μέση περίοδος των προσπίπτοντων κυματισμών. Επίσης, να θεωρηθεί ότι οι ισοβαθείς είναι παράλληλες με την ακτογραμμή, ενώ οι κυματισμοί που φθάνουν στο σημείο A βρίσκονται σε φάση.



Υπολογισμός ισοδύναμων μήκων ανάπτυξης:

Λόγω γεωμετρίας της περιοχής και της διεύθυνσης πνοής των δύο ανέμων, προκύπτει ότι το ισοδύναμο μήκος αναπτύγματος είναι το ίδιο και στις δύο περιπτώσεις ανέμου λόγω συμμετρίας. Επομένως:

$$F_{\text{eff (NA)}} = F_{\text{eff (NΔ)}} = F_{\text{eff}} = 65\text{km} \Rightarrow F_{\text{eff}} = 65000\text{m}$$

Πρόγνωση κυματισμών με τη μέθοδο JONSWAP:

► *Πρόγνωση κυματισμού λόγω πνοής NA ανέμου:*

Υπολογίζουμε αρχικά την τιμή της ρυθμισμένης ταχύτητας U_A :

$$U_A = 0.71U_{10}^{1.23} = 0.71 \cdot 8.5^{1.23} \Rightarrow U_A = 9.873\text{m/sec}$$

Ελέγχουμε αν ο κυματισμός έχει πλήρη ανάπτυξη,:

$$\frac{g \cdot F_{\text{eff}}}{U_A^2} \geq 22.8 \cdot 10^3 \Rightarrow \frac{g \cdot F_{\text{eff}}}{U_A^2} = \frac{9.81 \cdot 65000}{9.873^2} = 6541.77 < 22.8 \cdot 10^3$$

Επομένως ο κυματισμός αναπτύσσεται *υπό περιορισμό*.



Ελέγχουμε αν ισχύει περιορισμός μήκους ή διάρκειας

$$\frac{g \cdot t_D}{U_A} > 68.8 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.66}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{g \cdot t_D}{U_A} &= \frac{9.81 \cdot 8 \cdot 3600}{9.873} = 28616.589 \\ 68.8 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.66} &= 68.8 \left(\frac{9.81 \cdot 65000}{9.873^2} \right)^{0.66} = 22695.89 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{g \cdot t_D}{U_A} > 68.8 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.66}$$

Ισχύει η ανίσωση και άρα ο κυματισμός αναπτύσσεται **υπό περιορισμό μήκους αναπτύγματος**.



Επομένως $\chi = F_{eff}$

$$g \frac{H_s}{U_A^2} = 0.0016 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.5} \Leftrightarrow H_s = 0.0016 \frac{U_A^2}{g} \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.5}$$

$$\Rightarrow H_s = 0.0016 \frac{9.873^2}{9.81} \left(\frac{9.81 \cdot 65000}{9.873^2} \right)^{0.5} \Rightarrow H_s = 1.29\text{m}$$

$$g \frac{T_p}{U_A} = 0.286 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.33} \Leftrightarrow T_p = 0.286 \frac{U_A}{g} \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.33}$$

$$\Rightarrow T_p = 0.286 \frac{9.873}{9.81} \left(\frac{9.81 \cdot 65000}{9.873^2} \right)^{0.33} \Rightarrow T_p = 5.23\text{sec}$$

Η μέση περίοδος T_z για τον κυματισμό θα είναι:

$$T_z = 0.8 \cdot T_p = 0.8 \cdot 5.23 \Rightarrow T_z = 4.18\text{sec}$$



► Πρόγνωση κυματισμού λόγω πνοής $N\Delta$ ανέμου:

$$U_A = 0.71U_{10}^{1.23} = 0.71 \cdot 10.5^{1.23} \Rightarrow U_A = 12.803 \text{ m/sec}$$

Ελέγχουμε αν ο κυματισμός έχει πλήρη ανάπτυξη:

$$\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \geq 22.8 \cdot 10^3 \Rightarrow \frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} = \frac{9.81 \cdot 65000}{12.803^2} = 3889.91 < 22.8 \cdot 10^3$$

Επομένως ο κυματισμός αναπτύσσεται *υπό περιορισμό*.



Ελέγχουμε αν ισχύει: $\frac{g \cdot t_D}{U_A} > 68.8 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.66}$

$$\left. \begin{aligned} \frac{g \cdot t_D}{U_A} &= \frac{9.81 \cdot 5 \cdot 3600}{12.803} = 13791.78 \\ 68.8 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.66} &= 68.8 \left(\frac{9.81 \cdot 65000}{12.803^2} \right)^{0.66} = 16104.559 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{g \cdot t_D}{U_A} < 68.8 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{0.66}$$

ΔΕΝ ισχύει η ανίσωση και άρα ο κυματισμός αναπτύσσεται **υπό περιορισμό διάρκειας πνοής του ανέμου**.

Υπολογίζω το F λύνοντας την παραπάνω ανίσωση σαν ισότητα και έχω:

$$\frac{g \cdot t_D}{U_A} = 68.8 \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{0.66} \Rightarrow \frac{g \cdot F}{U_A^2} = \left(\frac{g \cdot t_D}{68.8 \cdot U_A} \right)^{\frac{1}{0.66}} \Rightarrow F = \frac{U_A^2}{g} \left(\frac{g \cdot t_D}{68.8 \cdot U_A} \right)^{\frac{1}{0.66}} \Rightarrow$$

$$F = \frac{12.803^2}{9.81} \left(\frac{9.81 \cdot 5 \cdot 3600}{68.8 \cdot 12.803} \right)^{\frac{1}{0.66}} \Rightarrow F = 51393m$$



Νέο $x = F$:

$$g \frac{H_s}{U_A^2} = 0.0016 \left(\frac{g \cdot x}{U_A^2} \right)^{0.5} \Leftrightarrow H_s = 0.0016 \frac{U_A^2}{g} \left(\frac{g \cdot x}{U_A^2} \right)^{0.5}$$
$$\Rightarrow H_s = 0.0016 \frac{12.803^2}{9.81} \left(\frac{9.81 \cdot 51393}{12.803^2} \right)^{0.5} \Rightarrow \mathbf{H_s = 1.48m}$$

$$g \frac{T_p}{U_A} = 0.286 \left(\frac{g \cdot x}{U_A^2} \right)^{0.33} \Leftrightarrow T_p = 0.286 \frac{U_A}{g} \left(\frac{g \cdot x}{U_A^2} \right)^{0.33}$$
$$\Rightarrow T_p = 0.286 \frac{12.803}{9.81} \left(\frac{9.81 \cdot 51393}{12.803^2} \right)^{0.33} \Rightarrow \mathbf{T_p = 5.28sec}$$

Η μέση περίοδος T_z για τον κυματισμό θα είναι: $T_z = 0.8 \cdot T_p = 0.8 \cdot 5.28 \Rightarrow \mathbf{T_z = 4.23sec}$



β) Ο δυσμενέστερος από τους κυματισμούς είναι ο κυματισμός λόγω πνοής ΝΔ ανέμου. Επομένως $H_s=1.48\text{m}$ και $T_z=4.23\text{sec}$.

Υπολογισμός μήκους κύματος στη θέση κατασκευής του έργου:

Υπολογίζουμε το μήκος κύματος, L_1 , στη θέση που θα κατασκευαστεί ο κυματοθραύστης ($d=6\text{m}$) με χρήση πινάκων:

$$\frac{d}{L_0} = \frac{6}{27.909} = 0.215 \xrightarrow{\text{ΠΙΝΑΚΑΣ}} \frac{d}{L_1} = 0.2378 \Rightarrow L_1 = \frac{6}{0.2378} \Rightarrow L_1 = 25.231\text{m}$$

Υπολογισμός ύψους κύματος στη θέση κατασκευής του έργου:

$$H_1 = H_s K_s K_r$$

Για τον *συντελεστή ρήχωσης* έχουμε:

$$n_0=0.5$$



$$n_1 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2k_1 d}{\sinh(2k_1 d)} \right) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2 \frac{2\pi}{L_1} d}{\sinh \left(2 \frac{2\pi}{L_1} d \right)} \right) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2 \frac{2\pi}{25.231} \cdot 6}{\sinh \left(2 \frac{2\pi}{25.231} \cdot 6 \right)} \right) \Rightarrow n_1 = 0.651$$

$$k_1 = \frac{2\pi}{L_1} = \frac{2 \cdot 3.14}{25.231} \Rightarrow k_1 = 0.249$$

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o L_o}{n_1 L_1}} = \sqrt{\frac{0.5 \cdot 27.909}{0.651 \cdot 25.231}} \Rightarrow K_s = 0.922$$



Για τον *συντελεστή διάθλασης* έχουμε:

$$\varphi_0 = 45^\circ$$

$$\varphi_1 = \arcsin\left(\frac{L_1}{L_0} \sin \varphi_0\right) = \arcsin\left(\frac{25.231}{27.909} \sin 45\right) \Rightarrow \varphi_1 = 39.74^\circ$$

Επομένως:

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \varphi_0}{\cos \varphi_1}} = \sqrt{\frac{\cos 45}{\cos 39.74}} \Rightarrow K_r = 0.959$$

Με βάση τα παραπάνω το ύψος κύματος στην ισοβαθή των 6m ισούται με:

$$H_1 = 1.48 * 0.922 * 0.959 \Rightarrow H_1 = 1.31\text{m}$$



Στη θέση A ο κυματισμός είναι αποτέλεσμα της περίθλασης του προσπίπτοντος στον κυματοθραύστη κυματισμού από τα δύο άκρα του κυματοθραύστη (Σημεία B και Γ).

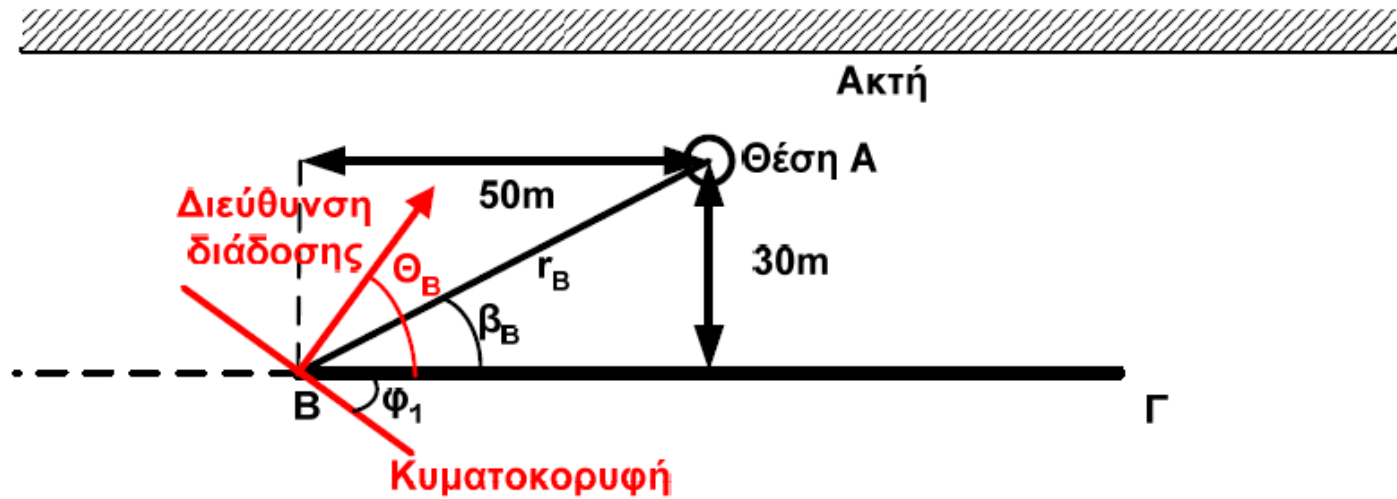
$$H_B = H_\Gamma = H_1 = 1.31\text{m}$$

Ο συντελεστής περίθλασης προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους συντελεστών από τα δύο άκρα (K_{DB} και $K_{D\Gamma}$):

$$K_D = K_{DB} + K_{D\Gamma}$$



Περίθλαση από το άκρο B (αριστερό άκρο)



Επομένως έχουμε:

$$\Theta_B = 90^\circ - \varphi_1 = 90^\circ - 39.74^\circ = 50.26^\circ$$

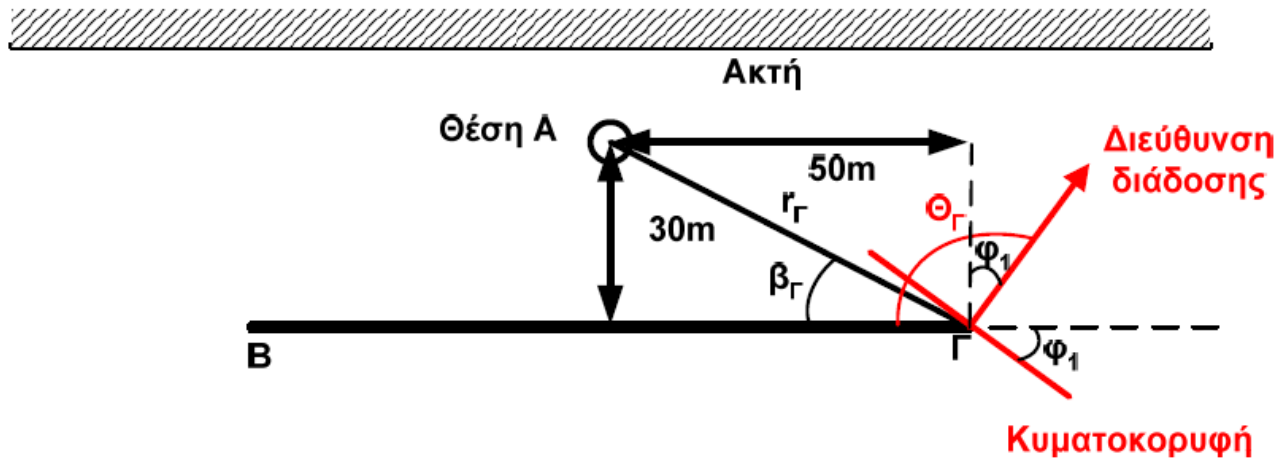
$$r_B = ((30)^2 + (100/2)^2)^{0.5} = 58.310\text{m} \Rightarrow r_B/L_1 = 58.310/25.231 \Rightarrow r_B/L_1 = 2.31 \Rightarrow r_B/L_1 \approx 2.00$$

$$\beta_B = \arctan((30)/(100/2)) = 30.96^\circ \Rightarrow \beta_B \approx 30^\circ$$

$$K_{DB} = 0.351 \text{ (με παρεμβολή για τιμές } \Theta)$$



Περίθλαση από το άκρο Γ (δεξί άκρο)



Επομένως έχουμε:

$$\Theta_B = 90^\circ + \phi_1 = 90^\circ + 39.74^\circ = 129.74^\circ$$

$$r_\Gamma = ((30)^2 + (100/2)^2)^{0.5} = 58.310\text{m} \Rightarrow r_\Gamma/L_1 = 58.310/25.231 \Rightarrow r_\Gamma/L_1 = 2.31 \Rightarrow r_\Gamma/L_1 \approx 2.00 \text{ (ίσο με } r_B/L_1 \text{ λόγω συμμετρίας)}$$

$$\beta_\Gamma = \text{atan}((30)/(100/2)) = 30.96^\circ \Rightarrow \beta_\Gamma \approx 30^\circ \text{ (ίσο με } \beta_B \text{ λόγω συμμετρίας)}$$

$$K_{B\Gamma} = 0.134 \text{ (με παρεμβολή για τιμές } \Theta)$$



Άρα ο συντελεστής περίθλασης του κυματισμού στο σημείο A είναι

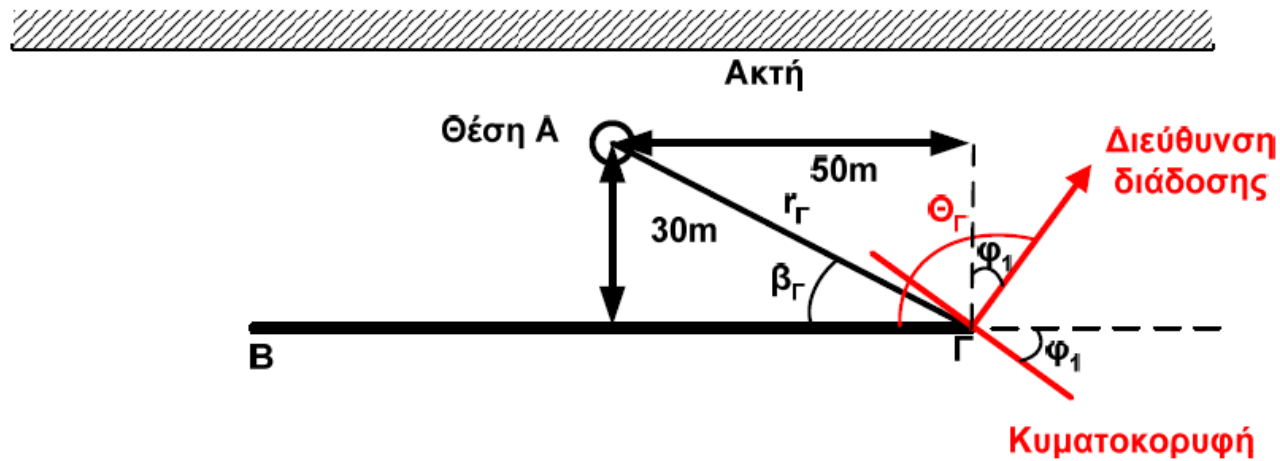
$$K_D = 0.351 + 0.134 \Rightarrow K_D = 0.485$$

Και το ύψος κύματος στο A θα είναι: $H_A = K_D H_1 = 0.485 * 1.31 \Rightarrow$

$$H_A = 0.636\text{m}$$



Περίθλαση από το άκρο Γ (δεξί άκρο)



Επομένως έχουμε:

$$\Theta_B = 90^\circ + \phi_1 = 90^\circ + 39.74^\circ = 129.74^\circ$$

$$r_\Gamma = ((30)^2 + (100/2)^2)^{0.5} = 58.310\text{m} \Rightarrow r_\Gamma/L_1 = 58.310/25.231 \Rightarrow r_\Gamma/L_1 = 2.31 \Rightarrow r_\Gamma/L_1 \approx 2.00 \text{ (ίσο με } r_B/L_1 \text{ λόγω συμμετρίας)}$$

$$\beta_\Gamma = \text{atan}((30)/(100/2)) = 30.96^\circ \Rightarrow \beta_\Gamma \approx 30^\circ \text{ (ίσο με } \beta_B \text{ λόγω συμμετρίας)}$$

$$K_{B\Gamma} = 0.134 \text{ (με παρεμβολή για τιμές } \Theta)$$



ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ

□ ΕΙΣΑΓΩΓΗ- ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΟΥ ΑΚΤΩΝ

□ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

➤ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ

➤ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ

□ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

□ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΚΤΩΝ-ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΕΡΓΩΝ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ακτές και ο πυθμένας των παρακτίων περιοχών από γεωλογική άποψη:

βραχώδεις → χρονική κλίμακα μεταβολής : αιώνες

Αμμώδεις/γαιώδεις → χρονική κλίμακα μεταβολής : από ορισμένες ώρες (διάρκεια θύελλας) ως αιώνες

Τεράστιες ποσότητες κοκκώδους υλικού του πυθμένα κινούνται στον χώρο των ακτών κάτω από την αποσταθεροποιητική δράση των κυματισμών μεταφορική ικανότητα των ρευμάτων

Τα παράκτια τεχνικά έργα διαταράσσουν την προϋπάρχουσα δυναμική φυσική ισορροπία, επηρεάζουν την παράκτια κυκλοφορία (αναμόρφωση πεδίου ταχυτήτων) και τελικά το ρυθμό στερεομεταφοράς.

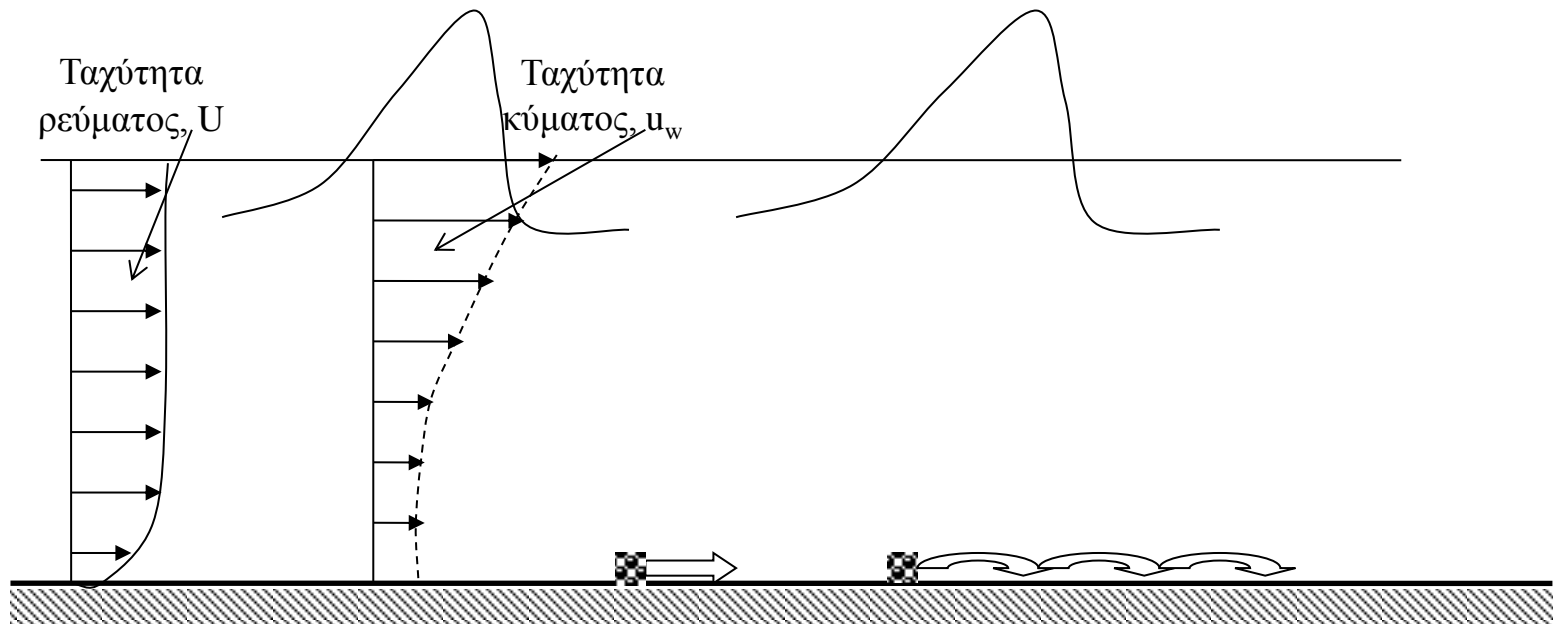
Πιθανές συνέπειες: προσάμμωση και αχρήστευση ενός λιμενικού έργου ή διάβρωση μιας οικιστικά αναπτυσσόμενης ακτής.



ΦΟΡΤΙΟ ΠΥΘΜΕΝΑ

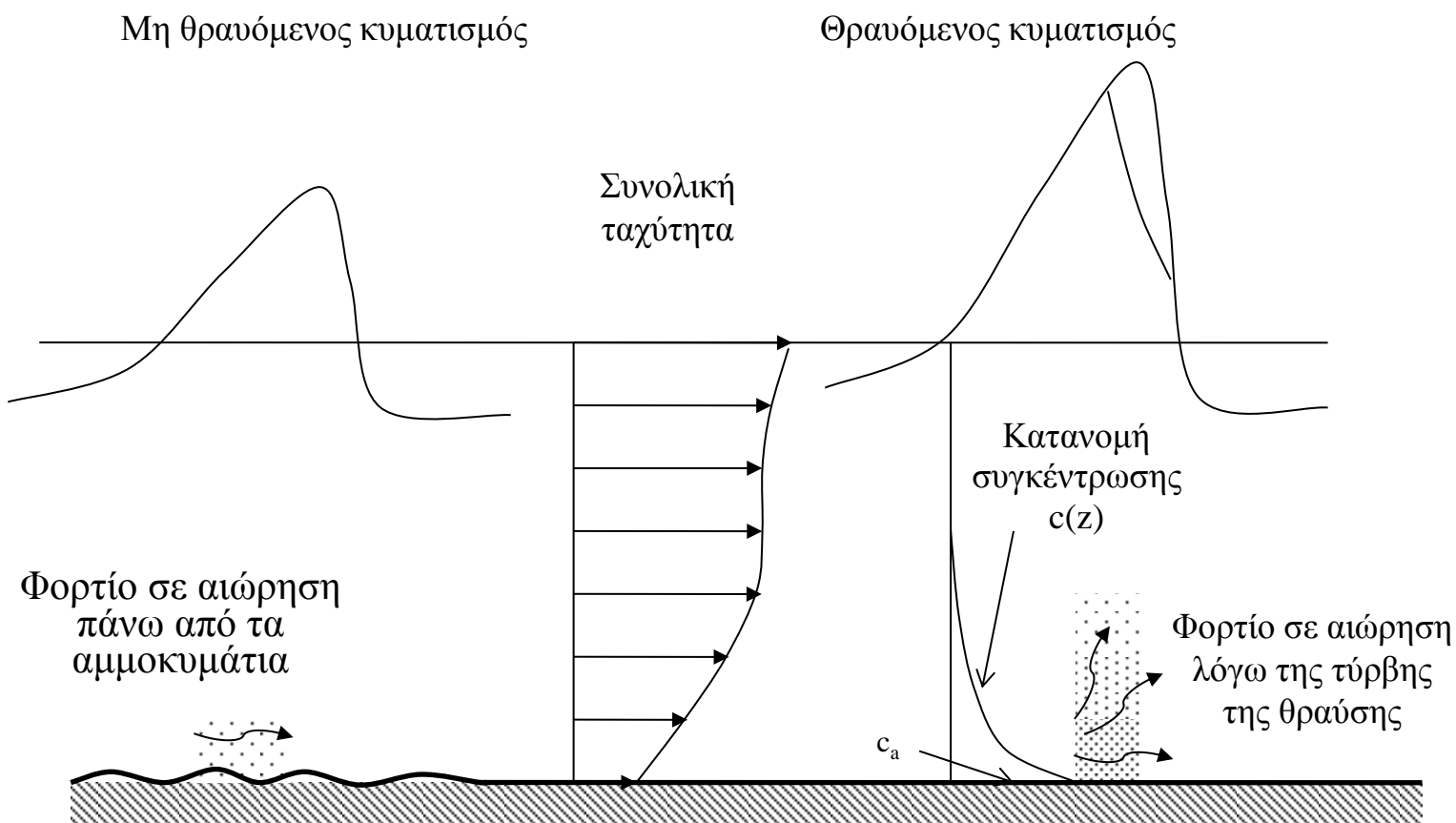
Η κυματική κίνηση, αυξάνοντας την διατμητική τάση πυθμένα, θέτει σε κίνηση τους κόκκους των ιζημάτων.

Αφού πραγματοποιηθεί η αποκόλληση των κόκκων, αυτοί μεταφέρονται προς την κατεύθυνση του ρεύματος

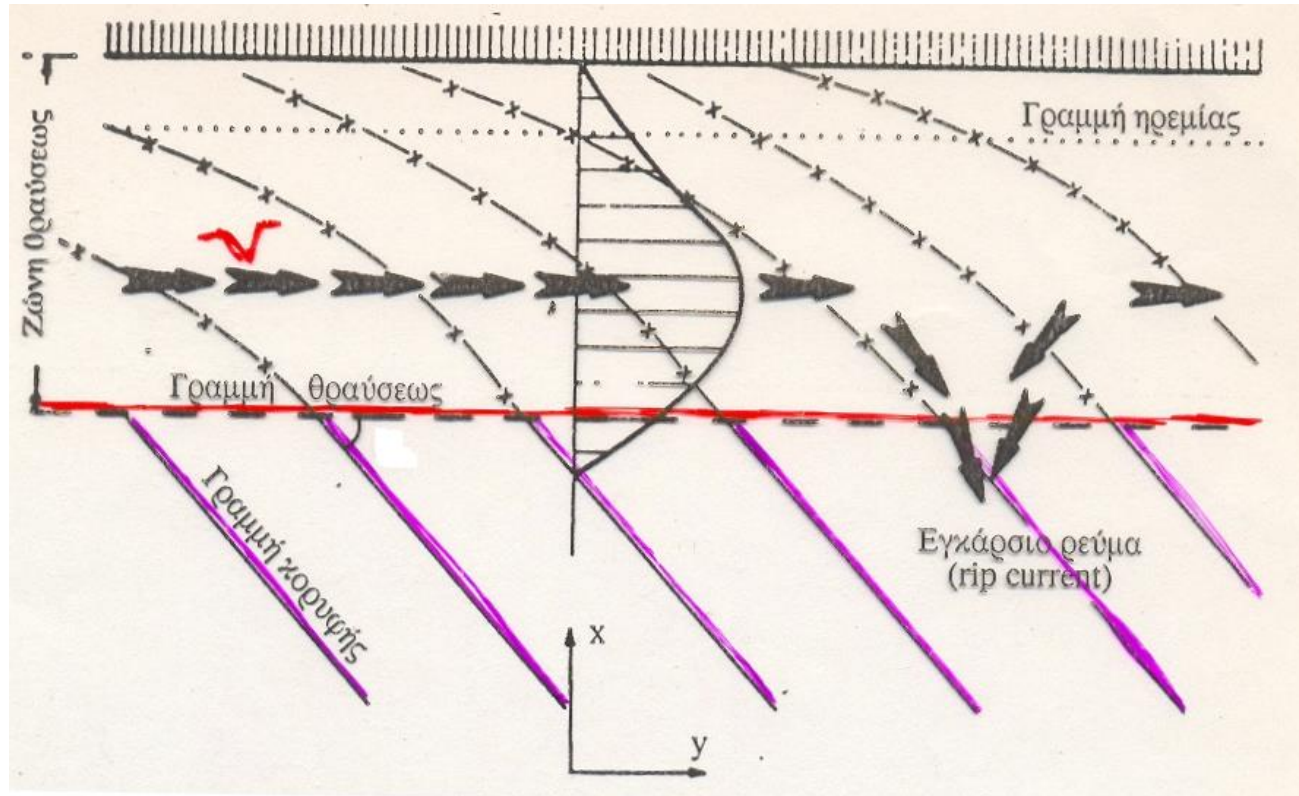


ΦΟΡΤΙΟ ΣΕ ΑΙΩΡΗΣΗ

Λόγω της τύρβης τα λεπτόκοκκα ιζήματα αιωρούνται και μεταφέρονται προς την κατεύθυνση του ρεύματος



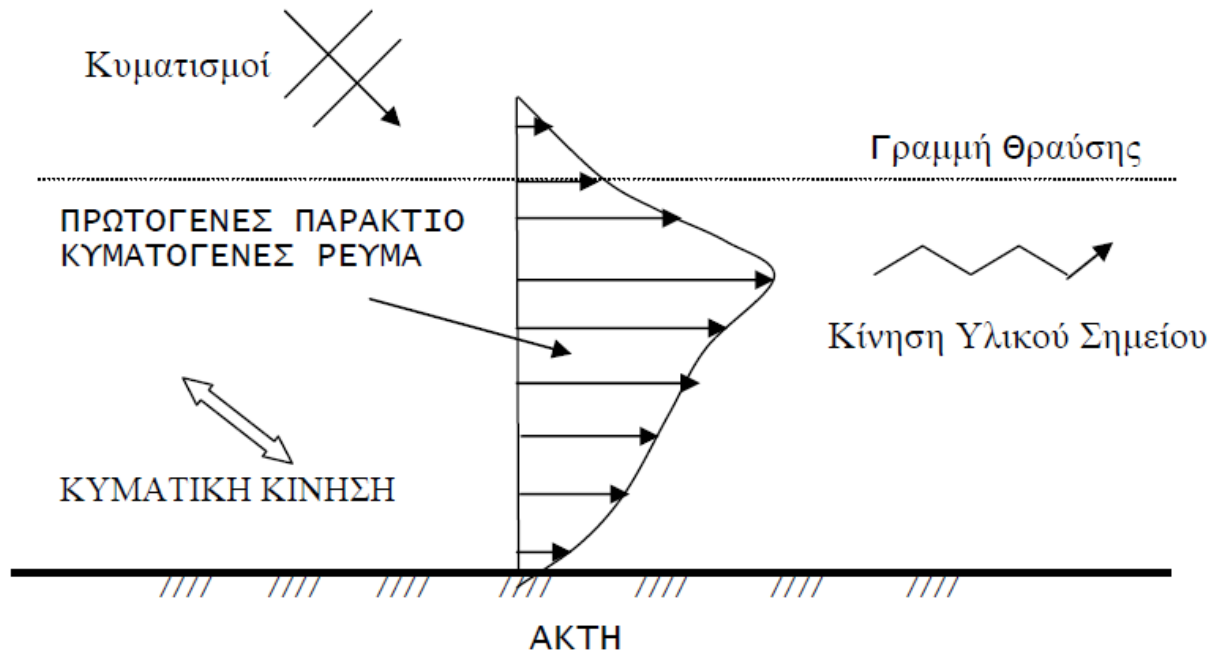
Παράλληλα στην ακτογραμμή ρεύματα



$$V = \frac{5\pi \tan(\beta^*)}{16 C_f} \gamma_b \sqrt{gd_b} \sin a_b \cos a_b$$



ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ



$$Q_l = 1290P_{ls}$$

$$P_{ls} = \frac{\rho g}{16} H_{sb}^2 \cdot c_{gb} \cdot \sin 2a_b$$



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Καραμπάς Θεοφάνης.
«Ακτομηχανική και λιμενικά έργα. Συνολική άσκηση/ Παράκτια στερεομεταφορά και μορφολογία ακτών». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS425/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [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».



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

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





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Μαυρίδου Σοφία>
Θεσσαλονίκη, <Χειμερινό Εξάμηνο 2013-2014>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

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.

