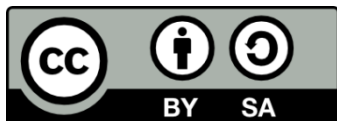




Ακτομηχανική και λιμενικά έργα

Διάλεξη 20^η. Στερεομεταφορά/Μηχανισμοί
μεταφοράς φερτών υλών

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.



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Φυσικοί μηχανισμοί στερεομεταφοράς ιζημάτων

Ποσοτική περιγραφή της επίδρασης των έργων στην μορφολογία των ακτών στα πλαίσια εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των έργων.

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ

Ειδικό βάρος υλικού κόκκων γ_s .

Η κύρια σύσταση των κόκκων των αμμωδών ακτών είναι χαλαζιακή με ειδικό βάρος $\gamma_s=2.65 \text{ t/m}^3$ (ή 26.5 kN/m^3)

Βυθισμένο ειδικό βάρος των φερτών υλών = $(\gamma_s-\gamma_w)(1-n)$, όπου γ_w : το ειδικό βάρος του νερού, n : το πορώδες



ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ

Χαρακτηριστική διάμετρος κόκκων D_{50} (μέση διάμετρος κόκκου)

Παράμετρος $\varphi = -\log_2(D)$

Όνομασία	Διάμετρος (mm)	Παράμετρος φ
Κροκάλες	250-60	-8 εως -6
Χάλικες	32-4	-5 εως -2
Άμμος	2-0.1	1 εως 4
Ίλυς	0.03-0.004	5 εως 8
Άργιλος	0.002-0.0002	9 εως 12

Ταξινόμηση εδαφών ακτών ανάλογα με μέγεθος κόκκων



ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ

Χαρακτηριστικά κοκκομετρικής ανάλυσης κόκκων ιζήματος:

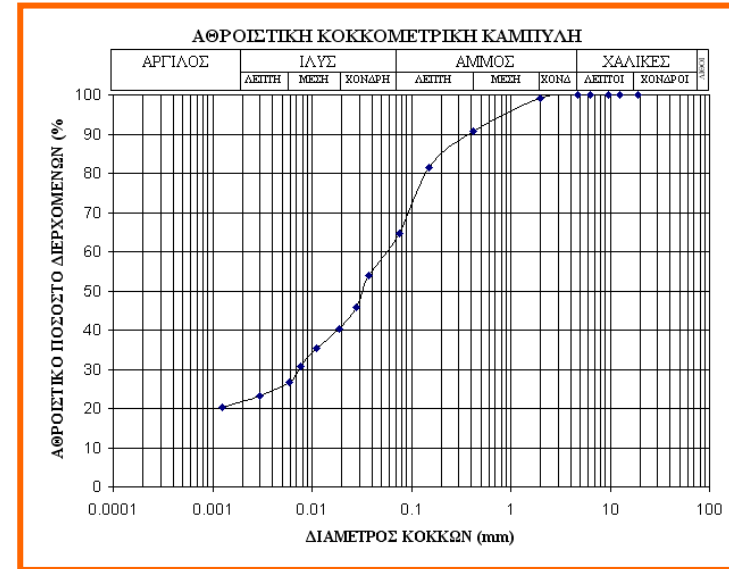
Μέση διάμετρος κόκκων $M\phi = (\phi_{84} + \phi_{50} + \phi_{16})/3$

Τυπική απόκλιση των κόκκων $\sigma\phi = (\phi_{84} - \phi_{16})/2$

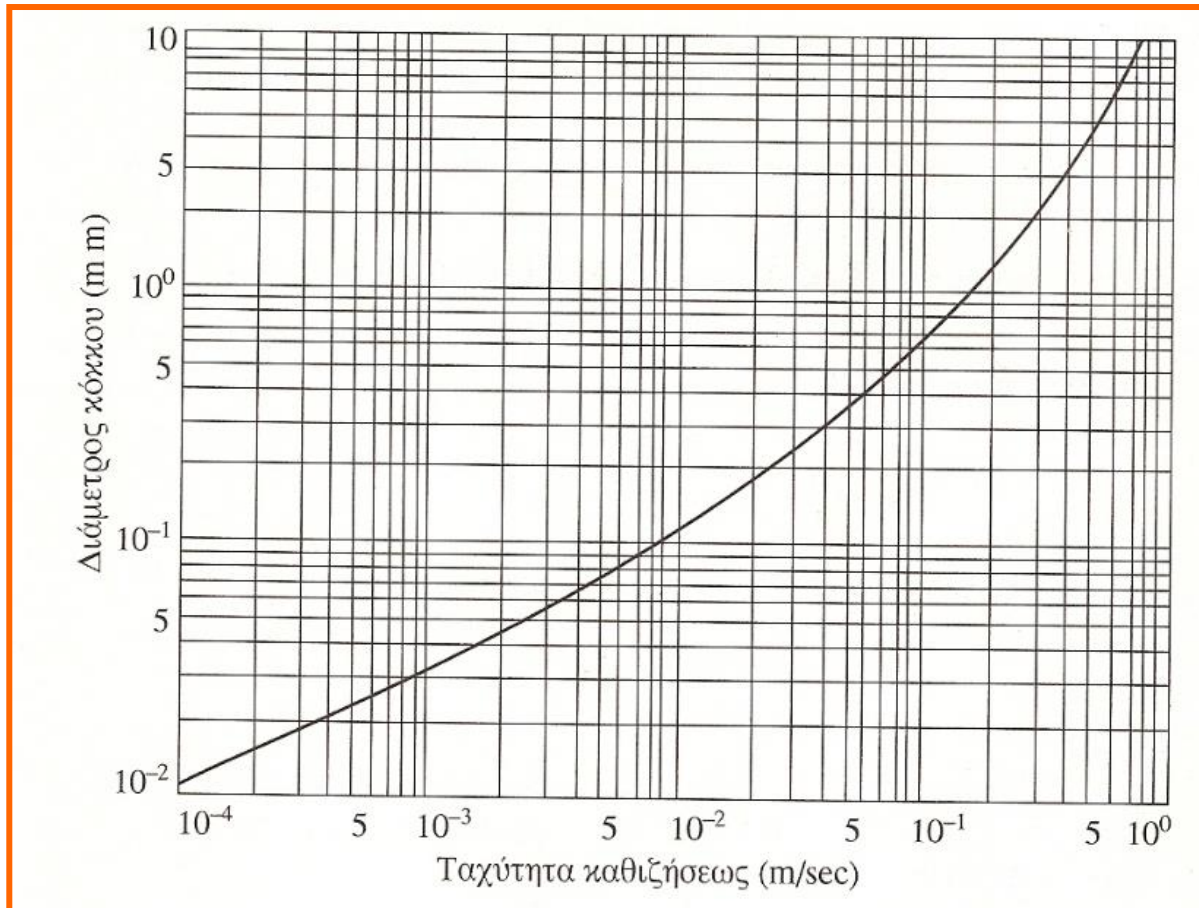
$$w_f = \left(\left(\frac{\gamma_s - 1}{\gamma} \right) g \right)^{0.7} \frac{D_{50}^{1.1}}{6 \cdot v^{0.4}} \quad \text{για} \quad 39 < \left(\frac{\gamma_s - 1}{\gamma} \right) \frac{g D_{50}^3}{v^2} < 10^4$$

Σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η ταχύτητα καθιζήσεως w_f των κόκκων

Σημαντικό φυσικό μέγεθος είναι η διαπερατότητα των κόκκων



ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ



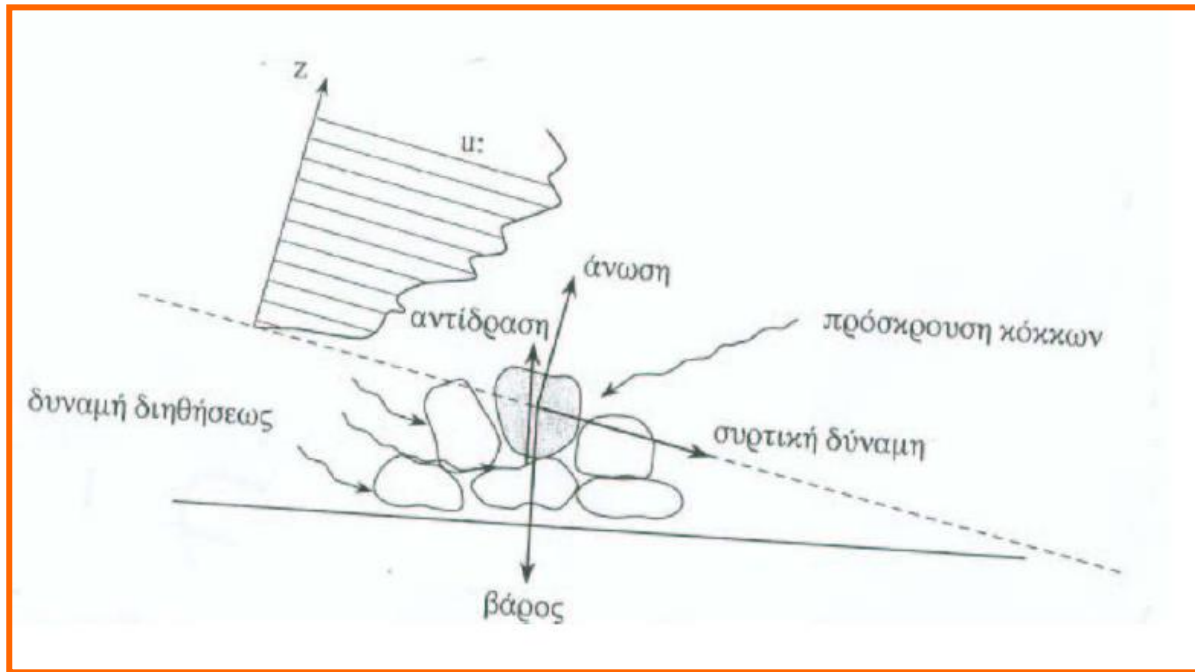
Ταχύτητα καθιζήσεως w_f κόκκων



ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Δυνάμεις που επιδρούν στον κόκκο για χονδρόκοκο υλικό, **μη συνεκτικό όπως τα χαλίκια ή άμμος** (ορθές και διατμητικές τάσεις, υδροδυναμικές πιέσεις κ.α.

Επίδραση στερεοποίησης και μοριακές δυνάμεις στην περίπτωση λεπτόκοκκων υλικών, **συνεκτικών όπως η ιλύς ή άργιλος**.



Δυνάμεις που επιδρούν στον κόκκο μη συνεκτικού υλικού



ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Κίνηση των κόκκων των φερτών υλών με δύο τρόπους:

με κύλιση στον πυθμένα και διαδοχικά άλματα σε απόσταση $\sim 5-10D$ και περιοδική επαφή με πυθμένα

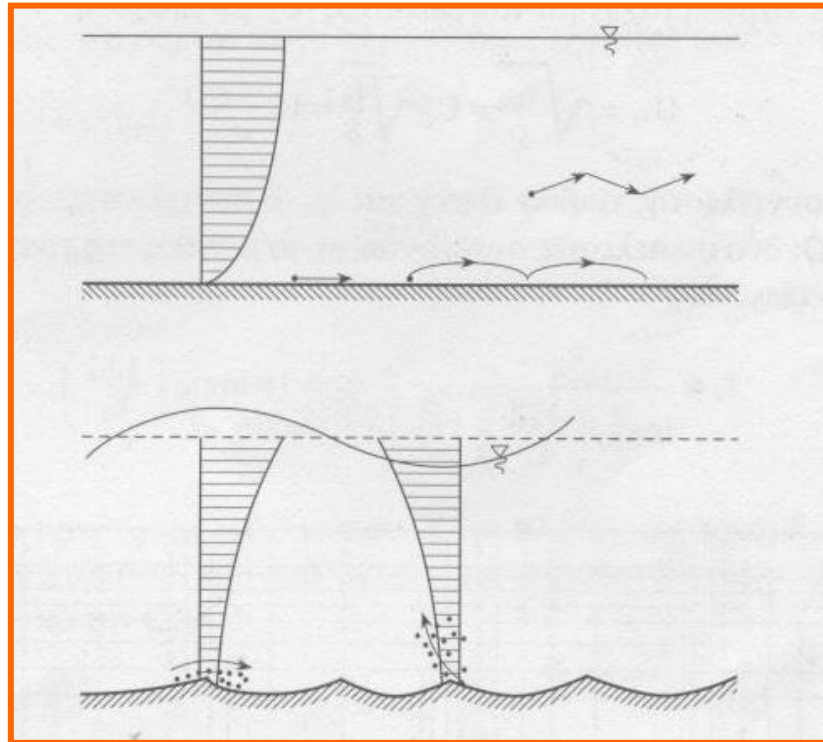
χωρίς επαφή με τον πυθμένα, σε αιώρηση μέσα στην υδάτινη στήλη.

Τεχνητή διάκριση του φορτίου φερτών υλών ανάλογα με τους δυο τρόπους μεταφοράς.



ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

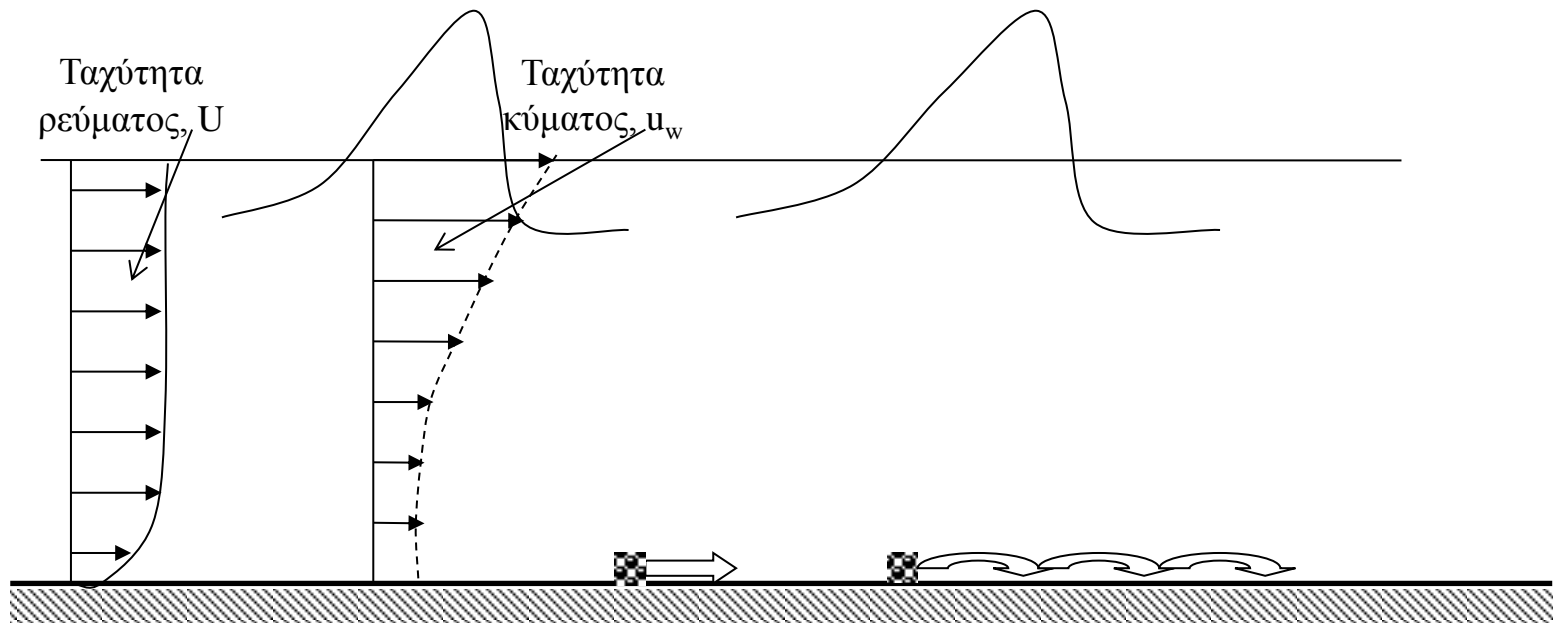
Διαφορά της μορφής πυθμένα μεταξύ περιβάλλοντος όπου επικρατούν μέτριας έντασης ρεύματα (επίπεδος πυθμένας με ανωμαλίες της τάξης του κόκκου) και σε περιβάλλον όπου επικρατούν οι κυματισμοί (αμμοκυμάτια ύψους μερικών εκατοστών)



Διάκριση μορφής πυθμένα

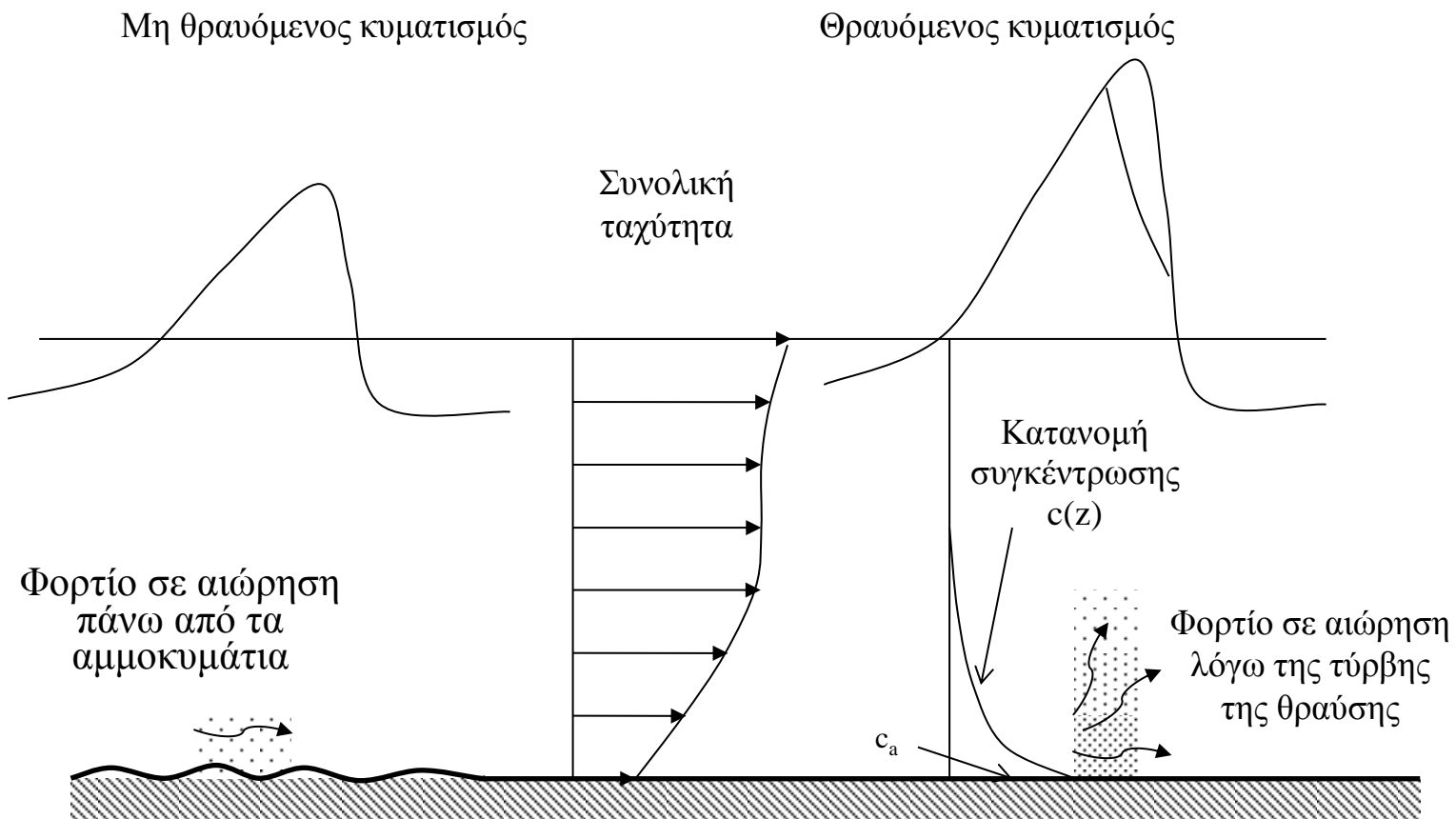
ΦΟΡΤΙΟ ΠΥΘΜΕΝΑ

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



Φορτίο πυθμένα

Το φορτίο πυθμένα, q_b περιορίζεται σε ζώνη πάχους $z_a=2k_s$, όπου

k_s : τραχύτητα πυθμένα, η χαρακτηριστική διάσταση ανωμαλιών πυθμένα

$k_s = D_{50}$ στην περίπτωση επίπεδου πυθμένα

$k_s = \text{ύψος αμμοκυματίων}$ στην περίπτωση δράσης κυματισμών

Φορτίο σε αιώρηση

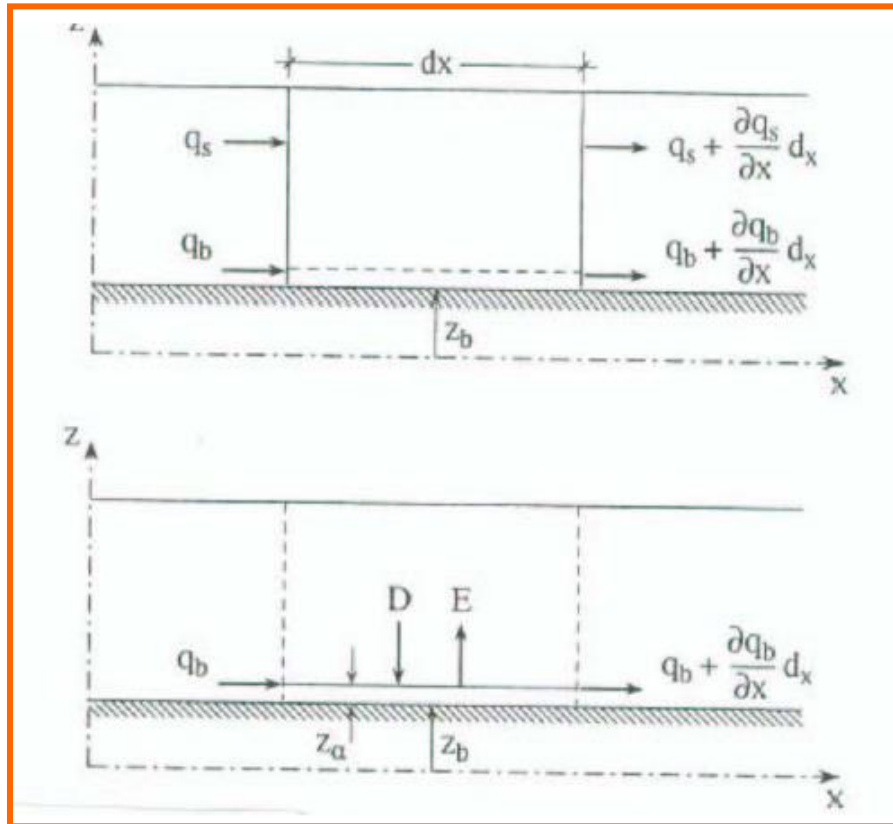
Το φορτίο σε αιώρηση, q_s υπολογίζεται από τη θέση z_a ως τη θέση της ελεύθερης επιφάνειας, h , συναρτήσει της ταχύτητας και της συγκέντρωσης όγκου των φερτών σε αιώρηση c

$$q_s = \int_{z_a}^h c u dz$$



ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Η διάκριση των δύο περιοχών μεταφοράς φερτών σε αιώρηση και παραπυθμένα σχηματίζεται στο σχήμα



Διάκριση τρόπων μεταφοράς φερτών υλών

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Εφαρμογή της αρχής διατήρησης της μάζας (όγκου) για την περιγραφή της εξέλιξης της βαθυμετρίας σε 2 οριζόντιες διαστάσεις.

$$\frac{\partial}{\partial t} z_b + \frac{\partial}{\partial x} (q_{bx} + q_{sx}) + \frac{\partial}{\partial y} (q_{by} + q_{sy}) = 0$$

Αν ληφθεί υπ' όψη η οριακή συνθήκη πυθμένα για το φορτίο σε αιώρηση (με την εισαγωγή των παραμέτρων **E (erosion-διάβρωση)** και **D (deposition εναπόθεση)**) τότε η παραπάνω εξίσωση γίνεται

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} = D - E$$

* E (erosion-διάβρωση)
D (deposition εναπόθεση)



Κρίσιμη διατμητική τάση πυθμένα τ_{bcr} ορίζεται η διατμητική τάση, της οποίας η υπέρβαση έχει ως αποτέλεσμα την αποκόλληση και αποσταθεροποίηση των κόκκων.

Οι κυματισμοί είναι ο κύριος παράγοντας που προκαλεί την αποσταθεροποίηση των κόκκων (υπέρβαση της κρίσιμης διατμητικής τάσης στον πυθμένα) και στη συνέχεια τα θαλάσσια ρεύματα αναλαμβάνουν τη μεταφορά των κόκκων σε μεγάλες οριζόντιες αποστάσεις.

Η τυρβώδης ροή του ρεύματος μαζί με τις περιοδικές τροχιές των κυμάτων αυξάνουν την κατακόρυφη διάχυση.



ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Χαρακτηριστικά μεγέθη:

τ_b διατμητική τάση πυθμένα

u_* ταχύτητα τριβής

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}}$$

Κρίσιμες συνθήκες για την έναρξη της κίνησης

τ_{bcr} κρίσιμη διατμητική τάση πυθμένα

u_{*cr} κρίσιμη ταχύτητα τριβής

$$u_{*cr} = \sqrt{\frac{\tau_{bcr}}{\rho}}$$

δείκτης ρεύματος (c: current)

$$\tau_{bc}, u_{*c}$$

δείκτης κύματος (w: wave)

$$\tau_{bw}, u_{*w}$$



ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Κρίσιμες συνθήκες για την έναρξη της κίνησης (κατώφλι κίνησης) σε περιβάλλον ρεύματος (δείκτης c) με ταχύτητα U_c . Η ταχύτητα τριβής u_{*c} συνδέεται με την ταχύτητα του ρεύματος U_c .

$$u_{*c} = \sqrt{\frac{\tau_{bc}}{\rho}} = U_c \frac{\sqrt{g}}{c_c}$$

ταχύτητα τριβής λόγω ρεύματος

$$\tau_{bc} = \rho u_{*c}^2$$

όπου c_c ο συντελεστής τριβής κατά Chezy, και f_c ο συντελεστής τριβής κατά Darcy
δείκτης ρεύματος (c : current)

$$c_c = 18 \log_{10} \left(\frac{12d}{k_s} \right)$$

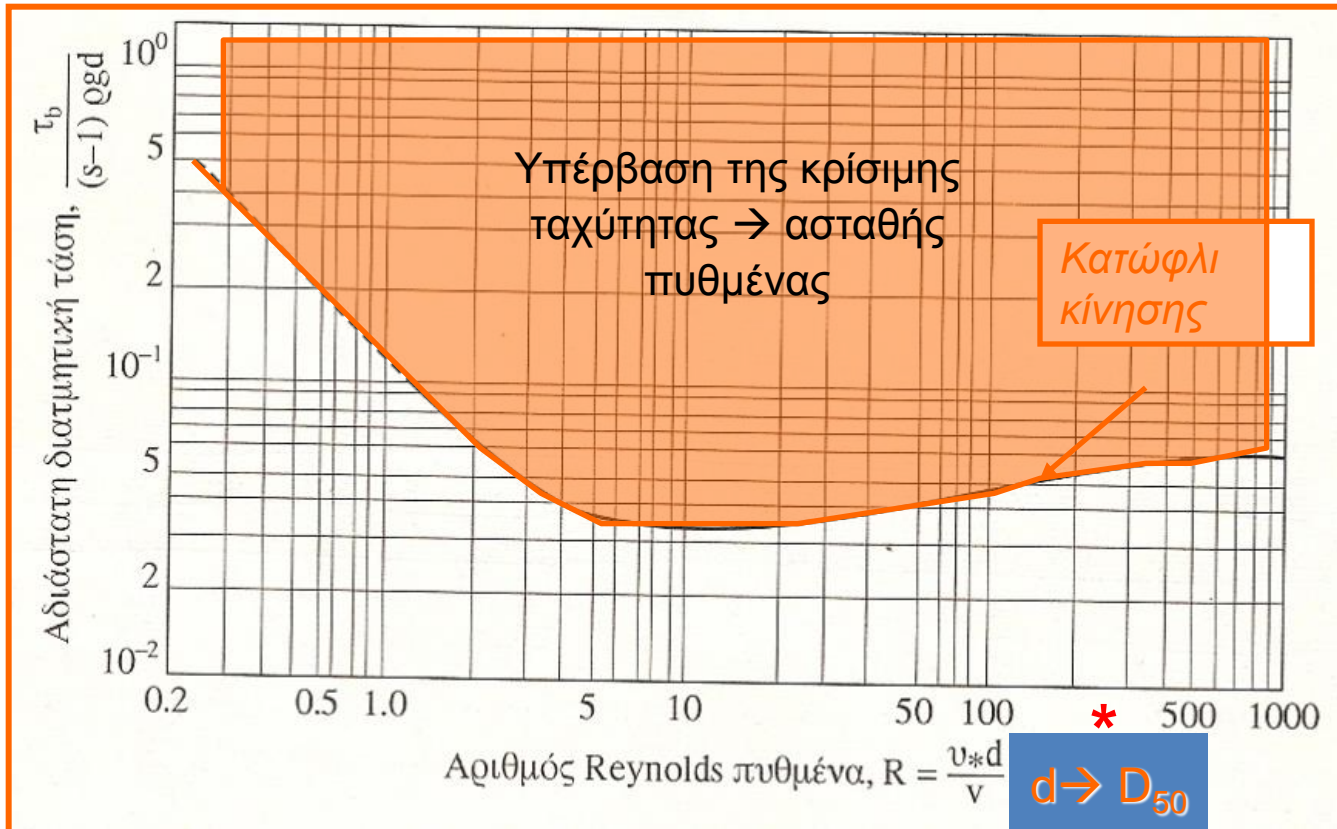
όπου d το βάθος,

και k_s η φυσική τραχύτητα του πυθμένα



ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Για τον υπολογισμό των κρίσιμων συνθηκών, έναρξης της κίνησης των κόκκων, γίνεται χρήση του διαγράμματος του Shields (συσχέτιση της ανηγμένης διατμητικής τάσης $\tau_b/((s-1)\rho g D_{50})$ με τον αριθμό Reynolds $R = u_* D_{50}/\nu$, D_{50} = η διάμετρος των κόκκων



Σχετικό ειδικό βάρος

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right) = (s - 1)$$

$$\frac{\tau_b}{(s - 1)\rho g D_{50}}$$

Διάγραμμα του Shields

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Στην περίπτωση περιβάλλοντος κυματισμών (δείκτης w), τότε η διατμητική τάση πυθμένα σχετίζεται με το πλάτος της ταχύτητας κοντά στον πυθμένα U_o

δείκτης κύματος (w : wave)

$$U_o = \frac{\pi H}{T} \frac{1}{\sinh(kd)}$$

$$\tau_{bw} = \rho f_w \frac{U_o^2}{2}$$

Διατμητική τάση πυθμένα λόγω κύματος

Όπου f_w συντελεστής τριβών

$$f_w = \exp\left(5.2 \left(\frac{\Xi}{k_{sw}}\right)^{-0.914} - 6\right) \quad f_{wmax}=0.3$$

Το πλάτος της τροχιάς των μορίων κοντά στον πυθμένα

$$\Xi = U_o \cdot \frac{T}{2\pi}$$



ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Στην περίπτωση συνύπαρξης κυματισμού και ρεύματος (έστω στην ίδια κατεύθυνση) υποτίθεται επαλληλία των διατμητικών τάσεων πυθμένα. Υπολογίζεται η τάση που προκύπτει από τη σύνθετη δράση

$$\tau_{bwc} = \mu_c \tau_{bc} + \mu_w \tau_{bw}$$

όπου μ_c και μ_w συντελεστές, «βάρη» σχετιζόμενοι με την τραχύτητα πυθμένα σε περιβάλλον ρεύματος (επίπεδος πυθμένας), ή κυμάτων (εμφάνιση αμμοκυματίων)

Για συνδυασμένη δράση είναι δυνατή η προσέγγιση του k_{scw}

$$\gamma = 0.75 \div 1.10$$



ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

Συσχέτιση ειδικών στερεοπαροχών όγκου φερτών υλών σε περιβάλλον κυματισμών και ρεύματος, με την υδροδυναμική κατάσταση στον πυθμένα και τις ιδιότητες των κόκκων.

Προσέγγιση Kalinski-Frijlink

Αρχικά υπολογίζεται το φορτίο πυθμένα q_{bwc} λόγω συνδυασμένης δράσης κύματος και ρεύματος

$$q_{bwc} = \frac{5D_{50}U\sqrt{g}}{c_{wc}} \cdot e^{\frac{-0.27 \cdot \frac{\Delta\rho}{\rho} \cdot g \cdot D_{50}}{\mu_c \cdot u_{*wc}^2}}$$

φορτίο πυθμένα

$$u_{*wc} = \left(\frac{U^2 \cdot g}{c_{wc}^2} + \frac{f_w}{2} U_o^2 \right)^{1/2}$$

ταχύτητα τριβής για συνδυασμένη δράση

όπου c_{wc} ο συντελεστής τριβής κατά Chezy, υπολογίζεται για $k_s = k_{scw}$



ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

Με βάση αυτή την τιμή στερεοπαροχής πυθμένα q_{bwc} υπολογίζεται η τιμή της ισοδύναμης συγκέντρωσης c_a μέσα στη ζώνη παραπυθμείας μεταφοράς πάχους

z_a

$$c_a = \frac{q_{bwc}}{6.34 \sqrt{\frac{\tau_{bwc}}{\rho}} \cdot k_{scw}}$$

u_{*wc}

Το πάχος της παραπυθμείας μεταφοράς, z_a , υπολογίζεται

$$z_a = \frac{0.015 \cdot D_{50} \cdot T^{1.5}}{c_a \cdot D_*^{0.3}}$$

όπου T η παράμετρος διατμήσεως

$$T = \frac{\tau_{bcw} - \tau_{bcr}}{\tau_{bcr}}$$

υπολογίζεται από διάγραμμα Shields



ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

Απλούστερη, με μειωμένη ακρίβεια, είναι η σχέση των Engelund-Hansen που δίνει την ολική ειδική στερεοπαροχή

$$q_{T_{wc}} = q_{b_{wc}} + q_{s_{wc}} = \frac{0.05 \cdot U \cdot c_{wc} \cdot u_{*_{wc}}^4}{g^{5/2} \cdot \left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)^2 \cdot D_{50}}$$

Πιο ακριβείς και σύνθετες οι σχέσεις που στηρίζονται στην προσέγγιση του Baillard που διαχωρίζοντας τις δύο συνιστώσες στερεοπαροχής εισάγει παραμέτρους όπως η ασυμμετρία του κύματος και η κλίση του πυθμένα για τις μέσες κατά την περίοδο του κύματος στερεοπαροχές.

$$u_{*_{wc}} = \left(\frac{U^2 \cdot g}{c_{wc}^2} + \frac{f_w}{2} U_o^2 \right)^{1/2}$$

$$c_{cw} = 18 \log_{10} \left(\frac{12d}{k_{s_{wc}}} \right)$$



ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΤΙΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Τεχνητή διαφοροποίηση της ενιαίας δισδιάστατης διαδικασίας στερεομεταφοράς σε δύο κατευθύνσεις:

- α) την εγκάρσια και
- β) την παράλληλη προς την ακτή.

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ

Το όριο επιδράσεως των κυματισμών καθορίζεται από τη σχέση Halmeier, που σχετίζει τη μέγιστη κυματική ταχύτητα κοντά στον πυθμένα με τη διάμετρο και το ε.β. των φερτών

$$U_o = \frac{\pi H}{T} \frac{1}{\sinh(kd)} = U_{ocr} = \left(8 \frac{\Delta\rho}{\rho} g D_{50} \right)^{0.5}$$

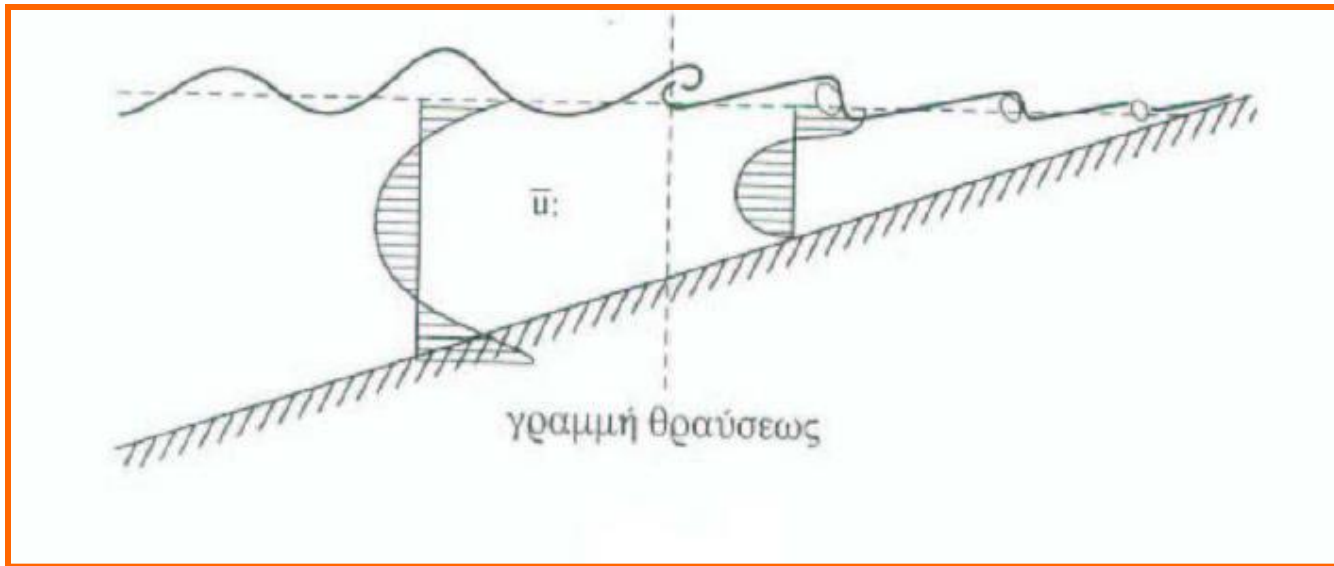
Η σχέση αυτή δίνει τους συνδυασμούς κύματος με H, T για τους οποίους βρίσκεται το οριακό βάθος d επιδράσεως των κυματισμών στο υλικό του πυθμένα



ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ

Κατεύθυνση προς την ακτή, έξω από τη ζώνη θραύσεως.

Κατεύθυνση προς την ανοιχτή θάλασσα, μέσα στη ζώνη θραύσεως (λόγω κυρίως του υποβρυχίου ρεύματος επιστροφής, undertow)



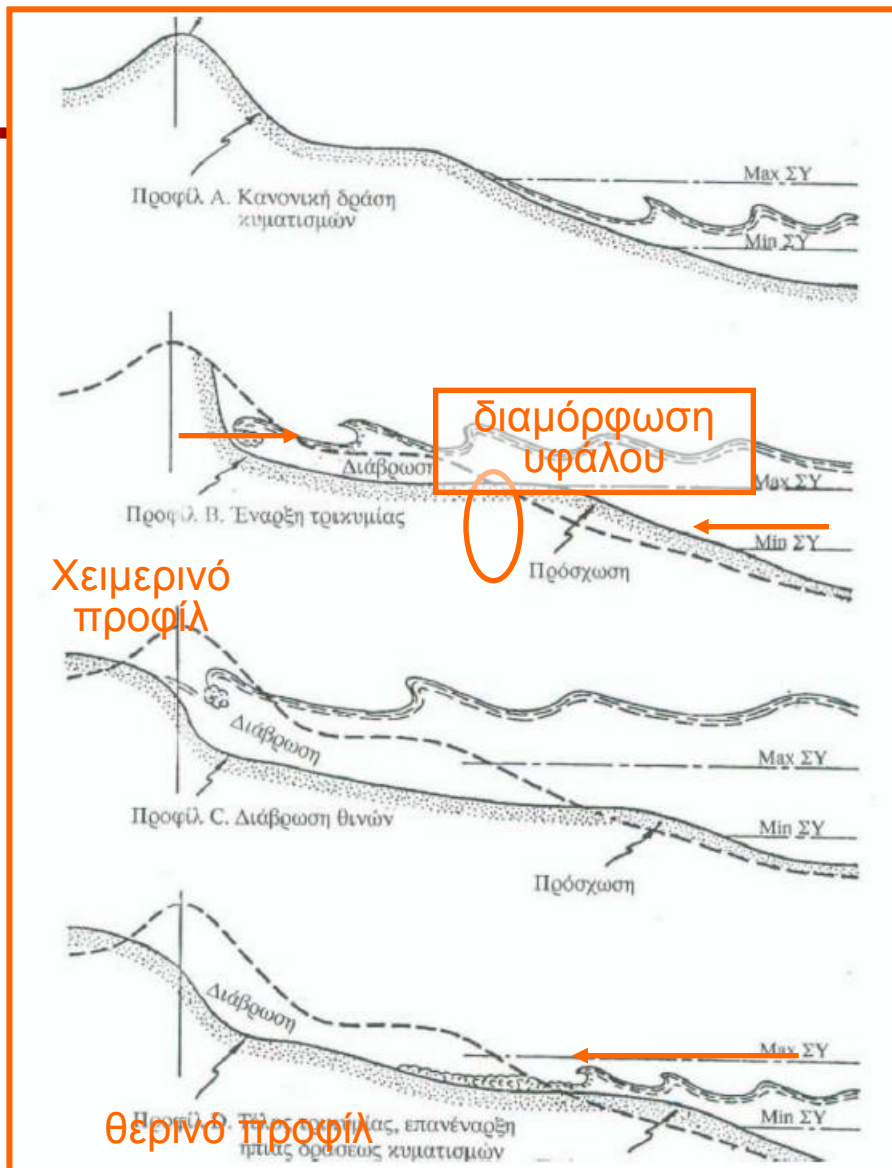
Κατευθύνσεις εγκάρσιας στερεομεταφοράς λόγω κυματισμών έξω και μέσα στη ζώνη θραύσης

Διαμόρφωση στη γραμμή θραύσεως υφάλου, παράλληλου στην ακτή, με υλικό διάβρωσης της ακτής, που αποτελεί προφυλακή της ακτής για την διακοπή της πιο πέρα διάβρωσης.

Διαφοροποίηση «χειμερινού» και «θερινού» προφίλ της ακτής



ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ



Διάκριση χειμερινού και θερινού προφίλ ακτής ανάλογα με την καμπυλότητα του κύματος (\uparrow τον χειμώνα \downarrow το θέρος)

Κύματα με μεγάλη καμπυλότητα H_o/L_o

Κύματα με μικρή καμπυλότητα H_o/L_o



ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ

Κριτήριο διάβρωσης/ πρόσχωσης ανάλογα με την καμπυλότητα του κύματος και την φύση του υλικού του πυθμένα.

Σχέση Dean

$$F_o = \frac{H_o}{w_f T}$$

Ανάλογα με τη τιμή του F_o , διακρίνονται δυο περιπτώσεις:

$F_o > 1$: διάβρωση

$F_o < 1$: προσάμμωση

Σχέση Sunamura-Horikawa

$$G_o = \frac{H_o}{L_o} (\tan \theta)^{0.27} \left(\frac{D_{50}}{L_o} \right)^{-0.67}$$

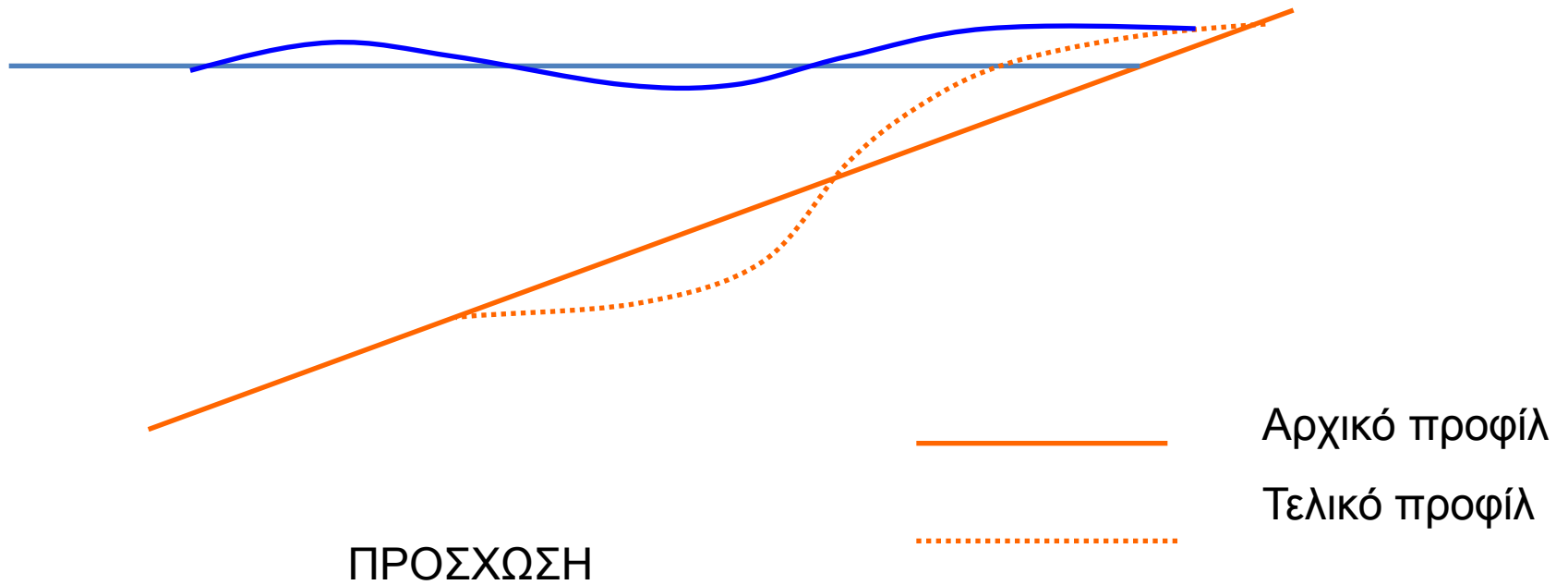
$G_o > 18$: διάβρωση

$G_o < 9$: προσάμμωση



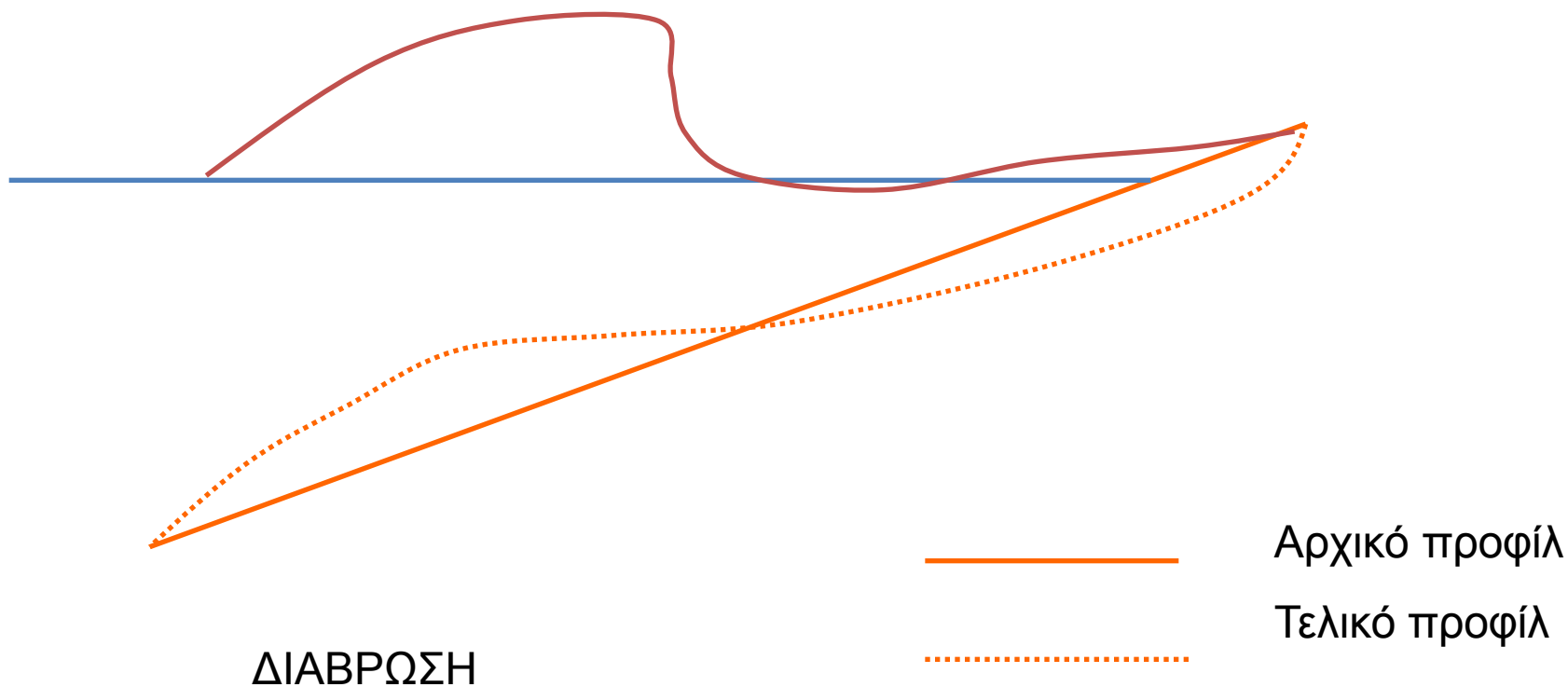
Θέρος

Κύματα με μικρή
καμπυλότητα H_0/L_0



Χειμώνας

Κύματα με μεγάλη
καμπυλότητα H_o/L_o



ΘΡΑΥΣΗ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

- Στην παράκτια περιοχή (ρηχά νερά)

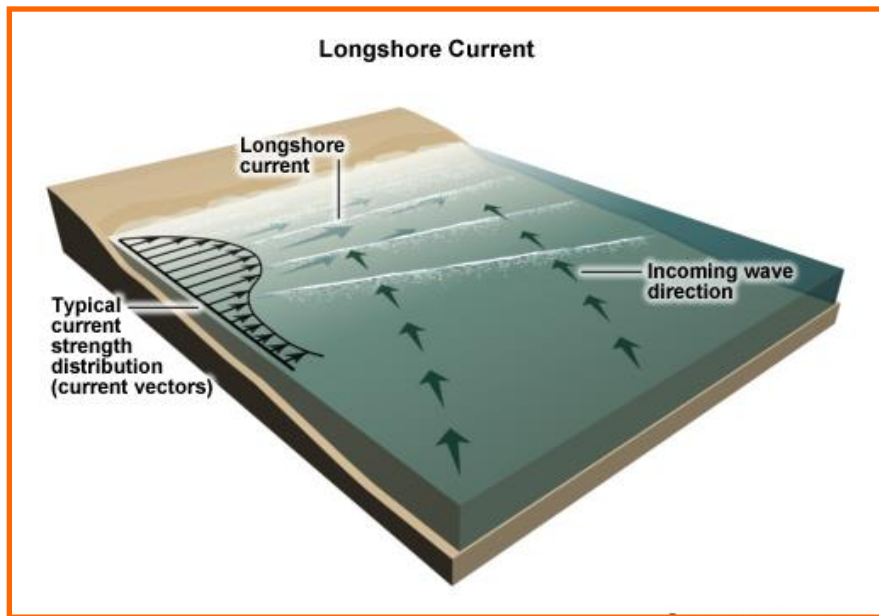


Στην παράκτια περιοχή η θραύση των κυματισμών συναρτάται με το φαινόμενο της ρήχωσης (αύξηση του ύψους του κύματος λόγω μείωσης του βάθους της θάλασσας)
→ εμφάνιση υδροδυναμικής αστάθειας,

η κορυφή του διαδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα από την κοιλία του



Παράκτιο ρεύμα παράλληλο στην ακτή (longshore current) μέσα στη ζώνη θραύσης από λοξά θραυόμενους κυματισμούς. Η εγκάρσια προς την ακτή ορμή του κυματισμού απορροφάται από την θραύση ενώ η περίσσεια ορμής παράλληλα προς την ακτή διαμορφώνει το παράκτιο ρεύμα

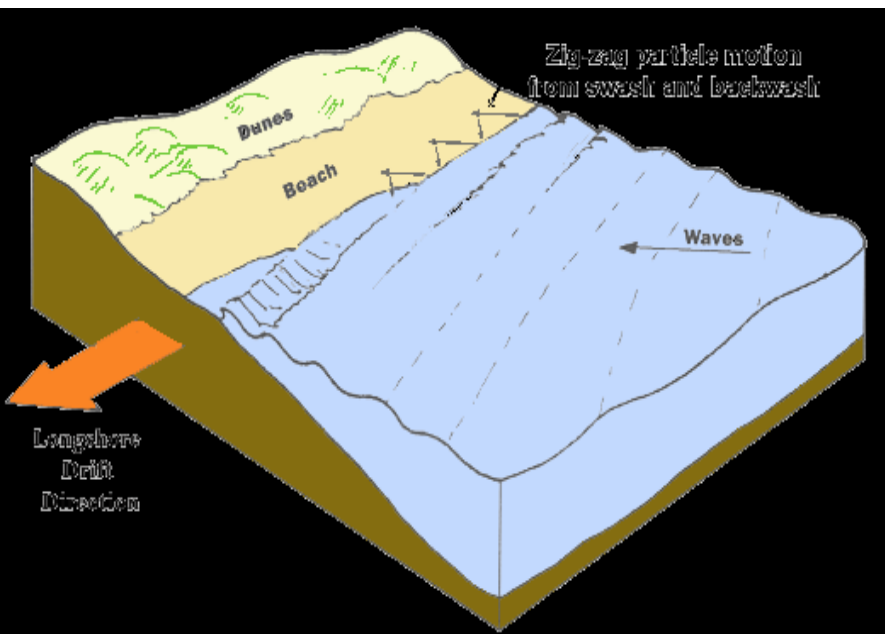


<http://stream1.cma.gov.cn/pub/comet/CoastalWeather/www/comet/marine/SWW/print.htm>

Ρεύμα παράλληλο στην ακτή (longshore current)



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



Παραδοχή: ομογενής ακτή σταθερής βυθομετρίας (ισοβαθείς παράλληλες στην ακτογραμμή) και εφαρμόζεται η γραμμική θεωρία των κυματισμών:

$$\tan(\beta^*) = \frac{\tan(\beta)}{1 + (3\gamma_b^2 / 8)} \quad \text{και} \quad \gamma_b = H_b / d_b$$

http://www.geolsoc.org.uk/ks3/webdav/site/GSL/shared/images/education_and_careers/RockCycle/RocksAroundBritain/Longshore%20xtrawide.gif



ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ

Πειραματική συσχέτιση παράκτιας ροής κυματικής ενέργειας λόγω της λοξής θραύσης των κυματισμών με την ολική (παραπυθμένα και σε αιώρηση) στερεοπαροχή

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

ροή ενέργειας κατά μήκος της ακτής στο σύνολο της ζώνης θραύσης [J/m/s]

$$Q_l = 1290P_{ls}$$

Συνολικός όγκος φερτών στο σύνολο της ζώνης θραύσης [m³/έτος]

Η τιμή του Q_{ls} πρέπει να πολλαπλασιαστεί με την μέση ετήσια συχνότητα f% εμφανίσεως της συγκεκριμένης κατάστασης κυματισμών ώστε να δίνει την πραγματική ετήσια παράκτια στερεοπαροχή



ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Σοβαρό τεχνικό πρόβλημα η **εκτίμηση του ετήσιου ισοζυγίου φερτών υλών** σε ένα τμήμα της ακτής, που είτε είναι εκ φύσεως προβληματικό είτε κινδυνεύει από τις αναδράσεις της φύσης πάνω σε σχεδιαζόμενο τεχνικό έργο.

Φυσιογραφική μονάδα: τμήμα ακτής το οποίο ανεξάρτητο ως προς την στερεομεταφορά από τα παρακείμενα. Στο τμήμα αυτό μπορεί να περιέχονται **πηγές (sources)** και **παγίδες (sinks)** φερτών υλών

Πηγές φερτών υλών

Υδατορρεύματα

Διάβρωση γαιωδών όγκων

Ανεμογενής μεταφορά κόκκων

Βιογενής απόθεση από κελύφη νεκρών θαλασσίων οργανισμών (π.χ. coral reefs)

Τεχνητή τροφοδοσία ακτών



ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Παγίδες φερτών υλών

Παλιρροιακά στόμια (tidal inlet)

Υποβρύχια φαράγγια

Αμμοληψίες

Άστοχα παράκτια έργα

Με βάση τη σχέση υπολογισμού της παράκτιας στερεομεταφοράς, είναι δυνατό να γίνει ποσοτική ανάλυση του ισοζυγίου φερτών υλών κατά τη διάρκεια του έτους κατά μήκος μιας ακτής.

Ετήσιο ισοζύγιο Ω

$$\Omega = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i Q_i f_i$$

$i = 1, 2, \dots, N$, οι διάφορες κυματικές καταστάσεις,
 H_{is} , a_{bi}

ε_i : το πρόσημο της κατεύθυνσης της
στερεομεταφοράς

Q_i : ο αντίστοιχος ετήσιος όγκος φερτών

f_i : η συχνότητα εμφάνισης της καταστάσεως



ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ

Πειραματική συσχέτιση παράκτιας ροής κυματικής ενέργειας λόγω της λοξής θραύσης των κυματισμών με την ολική (παραπυθμένα και σε αιώρηση) στερεοπαροχή

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

ροή ενέργειας κατά μήκος της ακτής στο σύνολο της ζώνης θραύσης [J/m/s]

$$Q_l = 1290 P_{ls}$$

Συνολικός όγκος φερτών στο σύνολο της ζώνης θραύσης [m³/έτος]

Η τιμή του Q_{ls} πρέπει να πολλαπλασιαστεί με την μέση ετήσια συχνότητα $f\%$ εμφανίσεως της συγκεκριμένης κατάστασης κυματισμών ώστε να δίνει την πραγματική ετήσια παράκτια στερεοπαροχή



ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Παγίδες φερτών υλών

Παλιρροιακά στόμια (tidal inlet)

Υποβρύχια φαράγγια

Αμμοληψίες

Άστοχα παράκτια έργα

Με βάση τη σχέση υπολογισμού της παράκτιας στερεομεταφοράς, είναι δυνατό να γίνει ποσοτική ανάλυση του ισοζυγίου φερτών υλών κατά τη διάρκεια του έτους κατά μήκος μιας ακτής.

Ετήσιο ισοζύγιο Ω

$$\Omega = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i Q_i f_i$$

$i = 1, 2, \dots, N$, οι διάφορες κυματικές καταστάσεις,
 H_{is} , a_{bi}

ε_i : το πρόσημο της κατεύθυνσης της
στερεομεταφοράς

Q_i : ο αντίστοιχος ετήσιος όγκος φερτών

f_i : η συχνότητα εμφάνισης της καταστάσεως



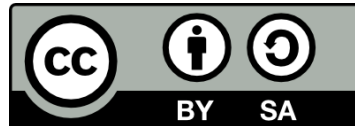
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Καραμπάς Θεοφάνης.
«Ακτομηχανική και λιμενικά έργα. Στερεομεταφορά/Μηχανισμοί μεταφοράς
φερτών υλών». 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>



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.

