



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΜΠ535 Παράκτια Μηχανική

2^η Εβδομάδα

Μετασχηματισμός θαλάσσιων κυματισμών

Γενικά

Βασικά χαρακτηριστικά

- μετασχηματίζονται

Διάδοση κυματισμών

- από βαθιά σε ρηχά

Ταχύτητα και μήκος

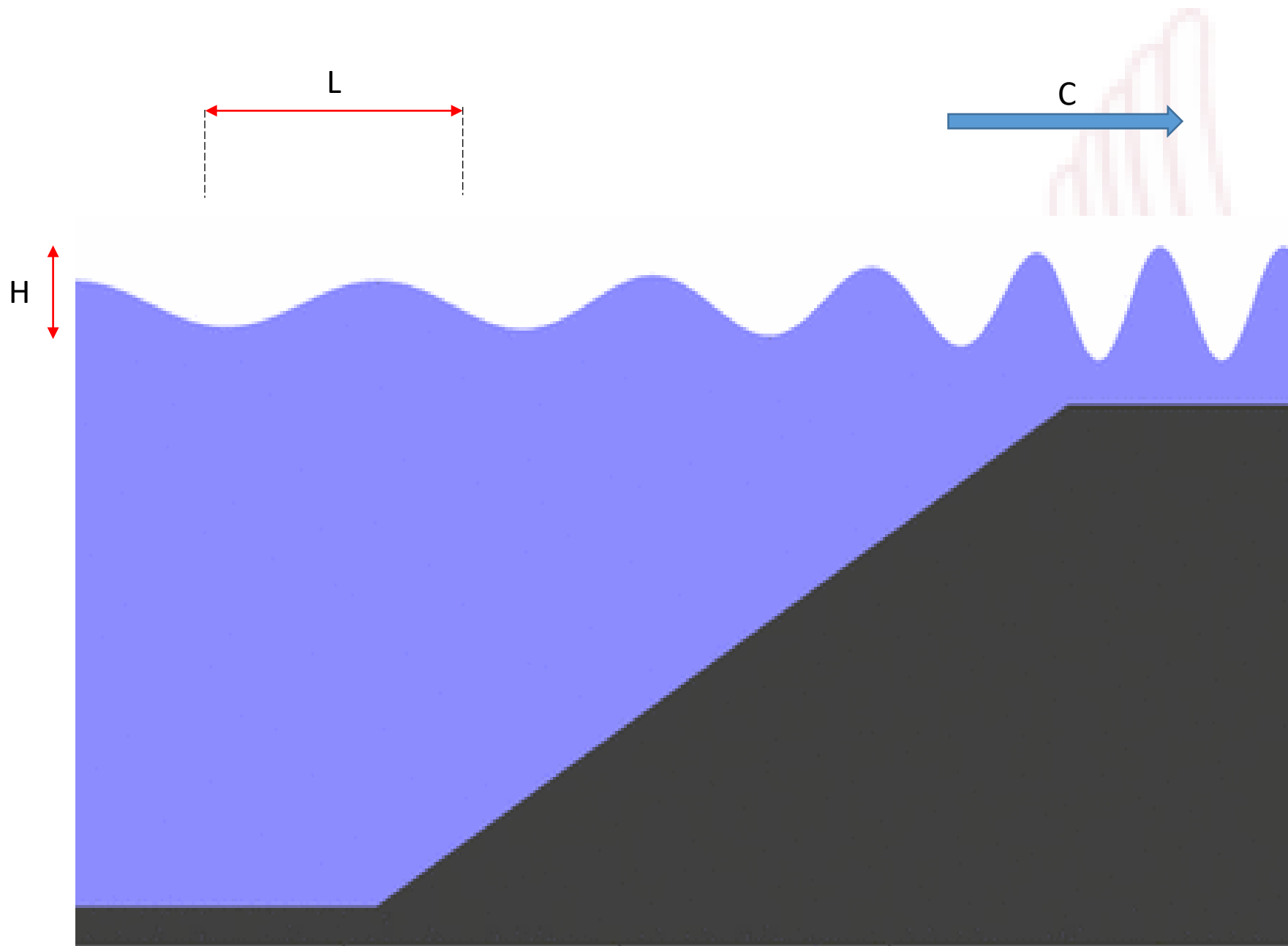
- μειώνονται

Ύψος

- αυξάνει

Περίοδος

- σταθερή



Βασικές διεργασίες μετασχηματισμού

(α)
Ρήχωση

(β)
Διάθλαση

(γ)
Περίθλαση

Μεταβολές του ανάγλυφου
του πυθμένα –
διαμόρφωση ακτής

Βασικότερες διεργασίες.

(-)
(δ) Θραύση

(-)
(ε) Απόσβεση
ενέργειας λόγω
τριβής

Καταστροφείς
ενέργειας

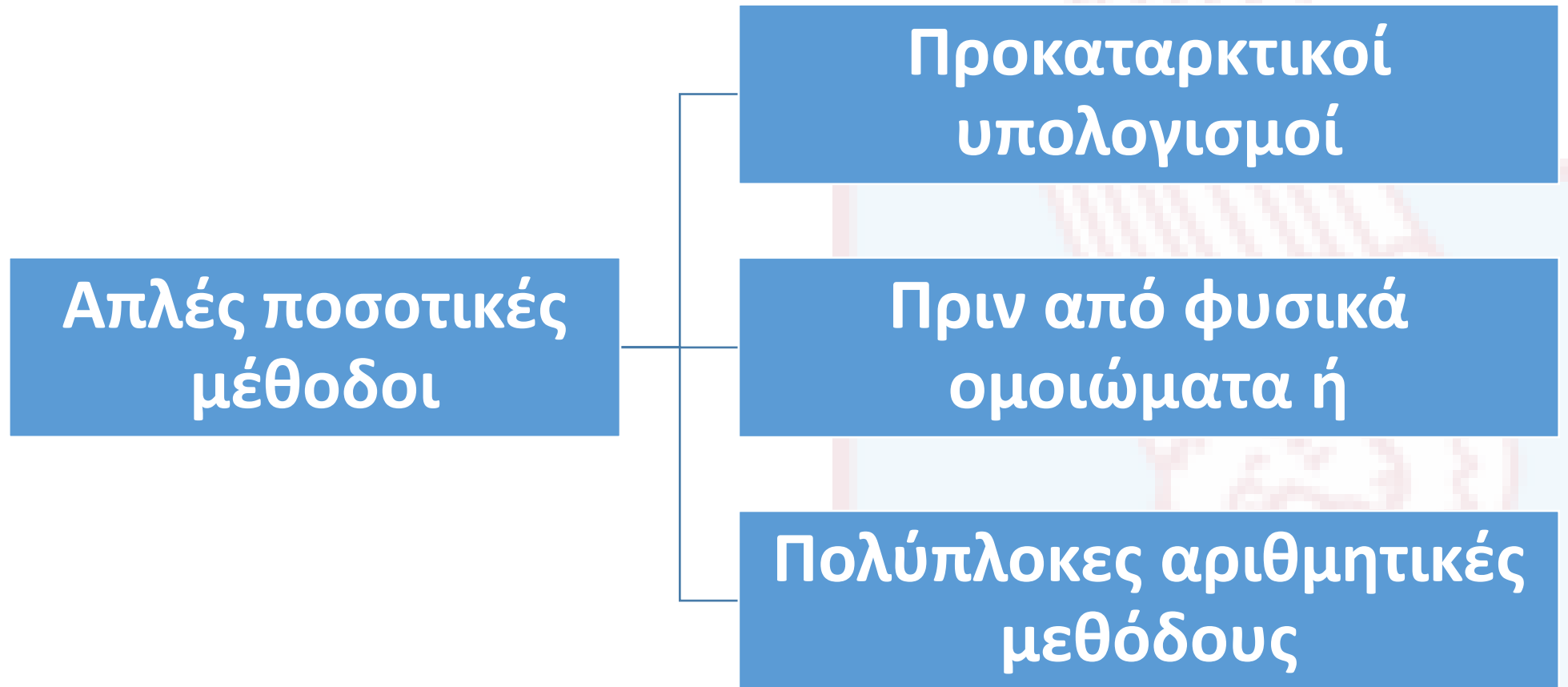
(+)
(ζ) Επιπλέον
ανάπτυξη
λόγω ανέμου

(+ ή -)
(η) Αλληλεπίδραση
κύματος-ρεύματος

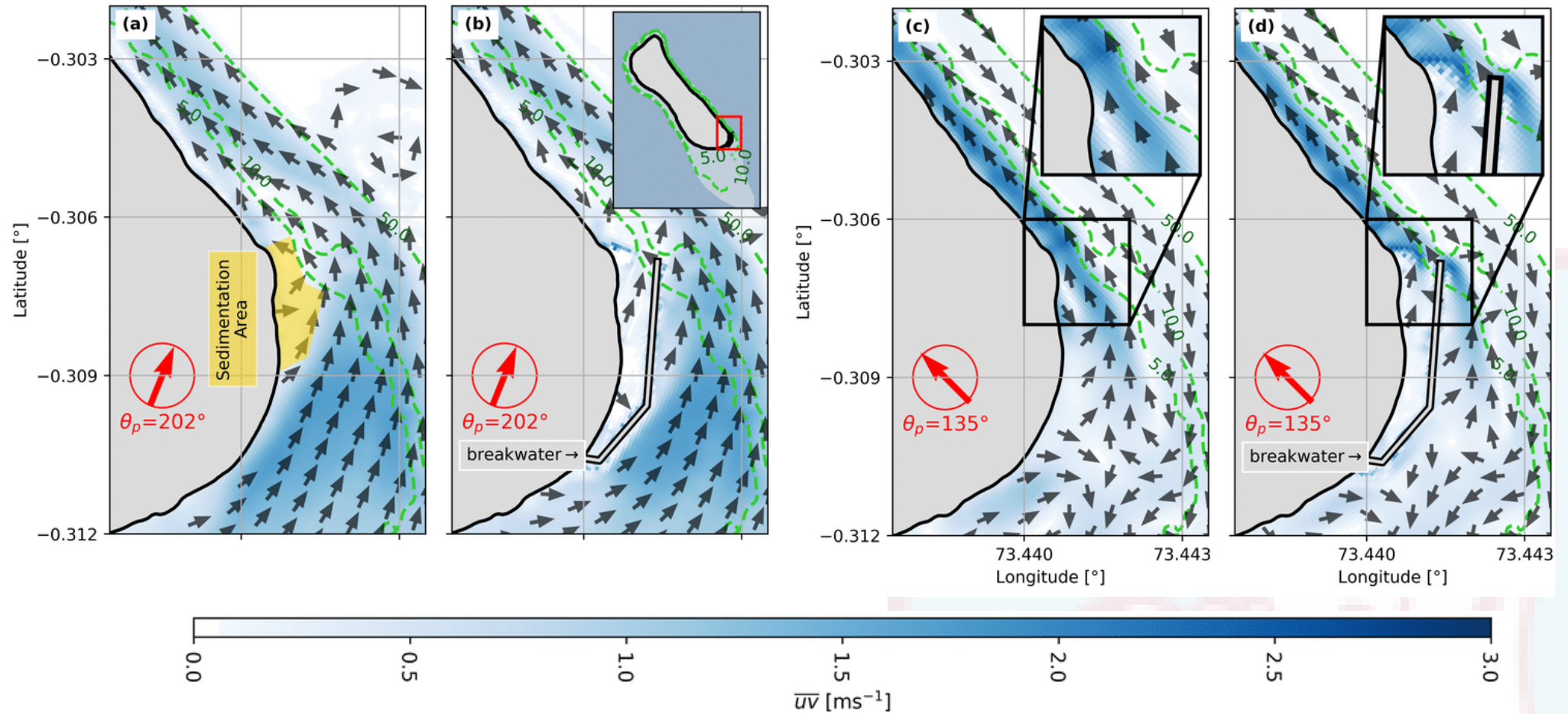
(+ ή -)
(θ) Αλληλεπίδραση
κύματος-κύματος

Πιο σύνθετα
φαινόμενα

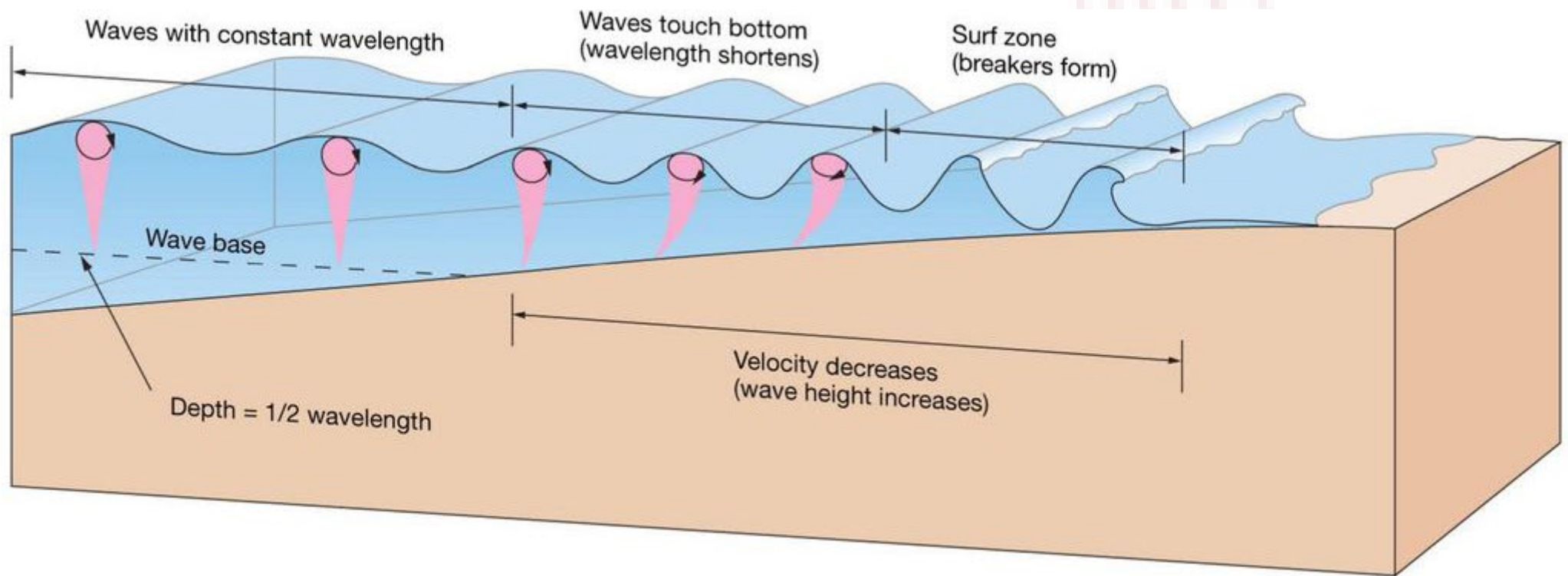
Ρήχωση, Διάθλαση, Περίθλαση και Θραύση







Ρήχωση (wave shoaling)



Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.

Η διεργασία κατά την οποία κυματισμοί που μεταδίδονται πάνω σε έναν επικλινή πυθμένα, σε διεύθυνση κάθετη στις ισοβαθείς, υπόκεινται σε αλλαγές στο ύψος H και στο μήκος L , με την περίοδο να παραμένει σταθερή.

Ρήχωση (wave shoaling)

Όσο το βάθος ↓ Ύψος κύματος ↑

Προϋποθέσεις για ποσοτική περιγραφή:

- (α) Παράλληλες ισοβαθείς
- (β) Ήπια κλίση πυθμένα
- (γ) Κυματική ενέργεια διαδίδεται κάθετα
- (δ) Απουσία ρευμάτων
- (ε) Κυματισμοί δεν θραύονται
- (ζ) Περίοδος T σταθερή

Εξίσωση Ρήχωσης

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{n_1 E_1}{T} = \frac{n_2 E_2}{T} \Rightarrow \frac{n_1 \rho g H_1^2 L_1}{8T} = \frac{n_2 \rho g H_2^2 L_2}{8T}$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \sqrt{\frac{n_1 L_1}{n_2 L_2}} = k_s$$

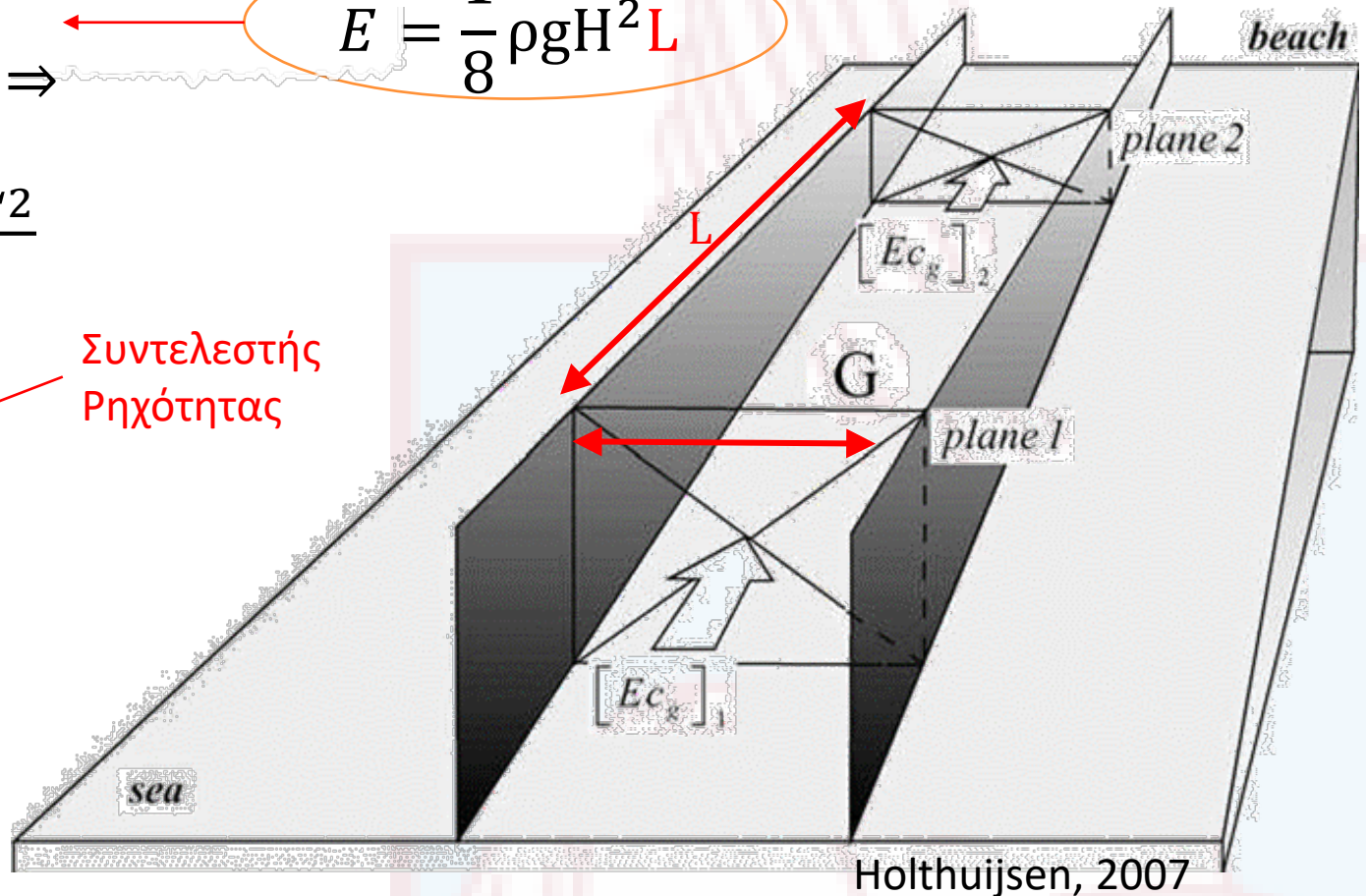
ή

$$\frac{H_i}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n_i L_i}} = k_s$$

Συντελεστής
Ρηχότητας

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 L$$

Μηχανικό ενεργειακό
περιεχόμενο στήλης νερού
με πλάτος 1m και μήκος L



Το πλάτος παραμένει σταθερό

Από τη προηγούμενη διάλεξη:

Μηχανική ενέργεια και ισχύς κύματος

Κινητική ενέργεια
(κίνηση μορίων νερού)

$$E_k = \frac{1}{16} \rho g H^2$$

Δυναμική ενέργεια
(μετατόπιση ελεύθερης επιφάνειας)

$$E_p = \frac{1}{16} \rho g H^2$$

Πυκνότητα ενέργειας

$$E = E_k + E_p$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2$$

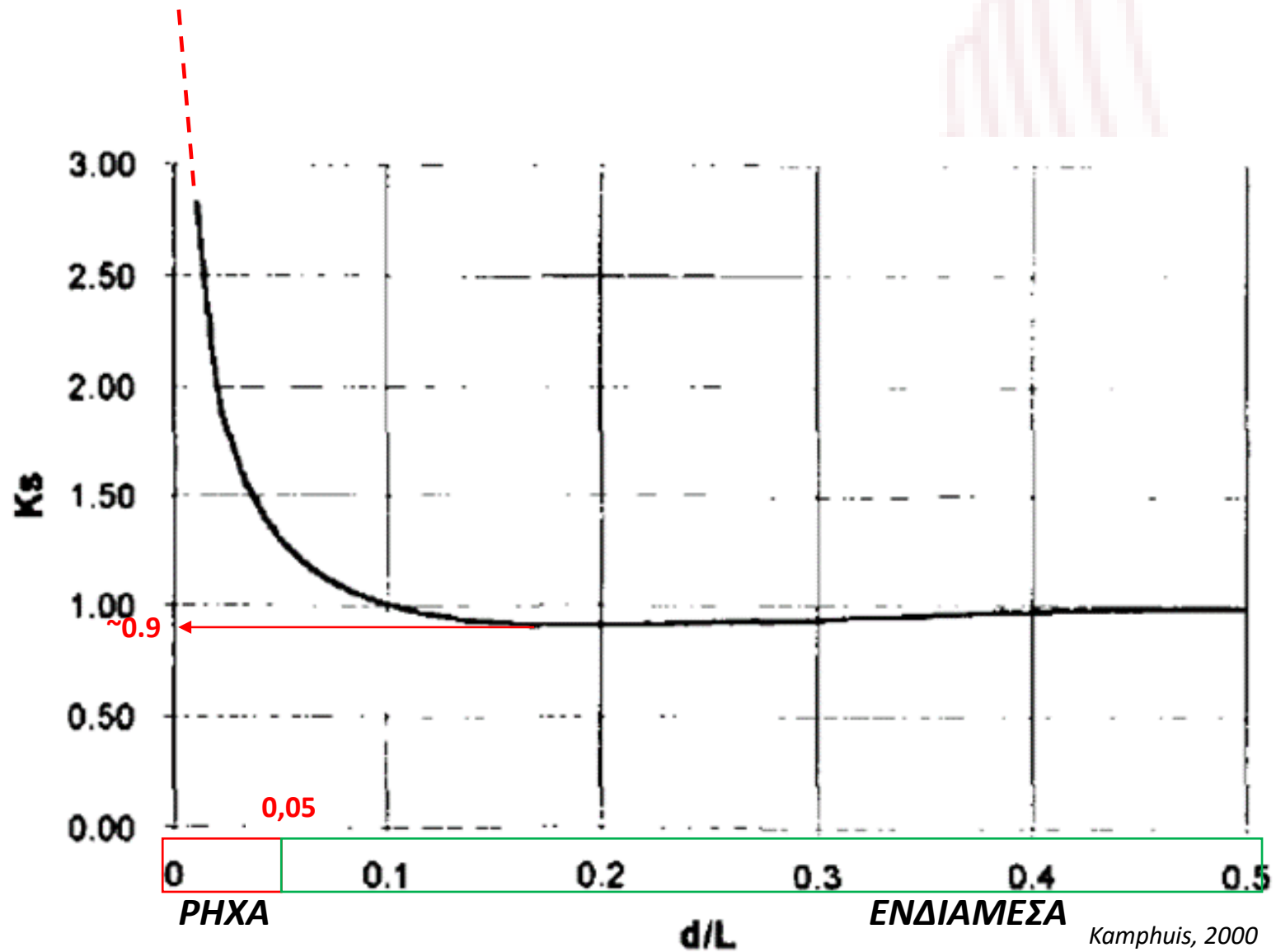
(IX)

(ανά μονάδα επιφάνειας)

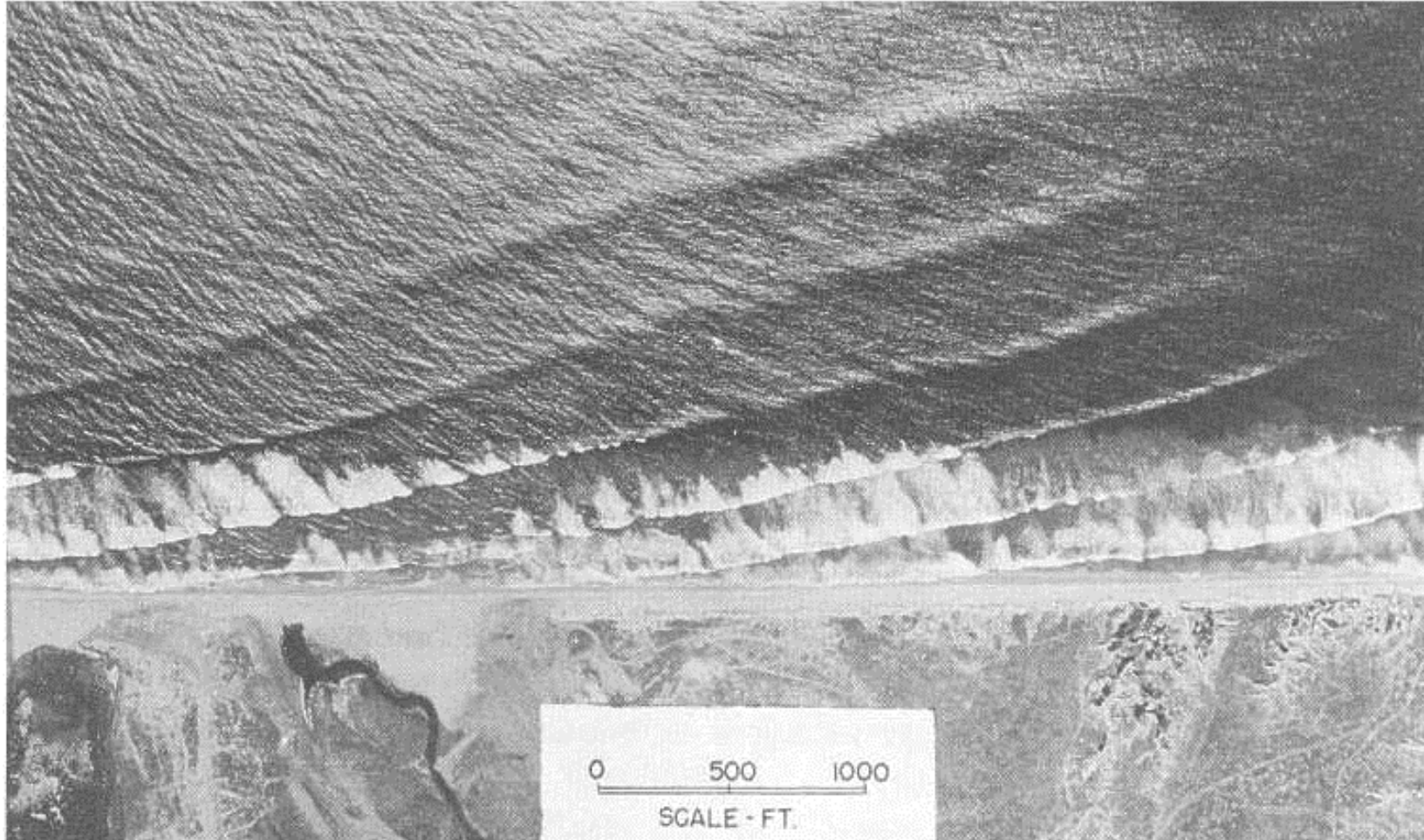
$$\text{Ισχύς κύματος} \rightarrow P = \frac{E n}{T} \quad (X), \text{ όπου } n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$$

(βαθιά νερά) $0.5 < n < 1$ (ρηχά νερά)

Συντελεστής Ρηχότητας

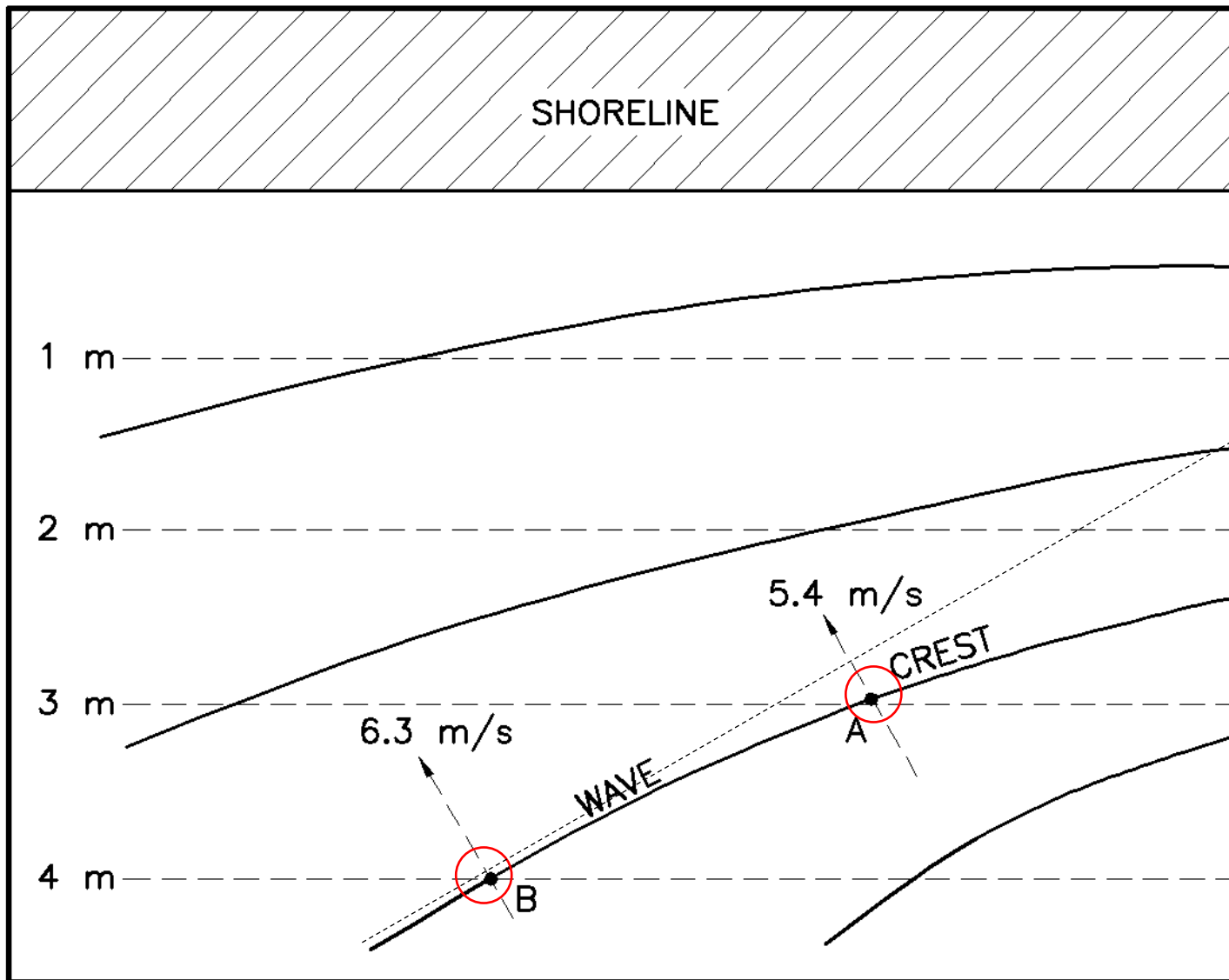


Διάθλαση (wave refraction)



Όταν κυματισμοί κινούνται διαγωνίως των ισοβαθών, το κομμάτι του κυματισμού που βρίσκεται στα βαθύτερα ύδατα κινείται ταχύτερα από το κομμάτι του κυματισμού που βρίσκεται στα ρηχότερα ύδατα. Αυτή η διαφορά αναγκάζει τον κυματισμό να στρέφεται παράλληλα προς τις ισοβαθείς.

Διάθλαση (wave refraction)



Ρηχά νερά

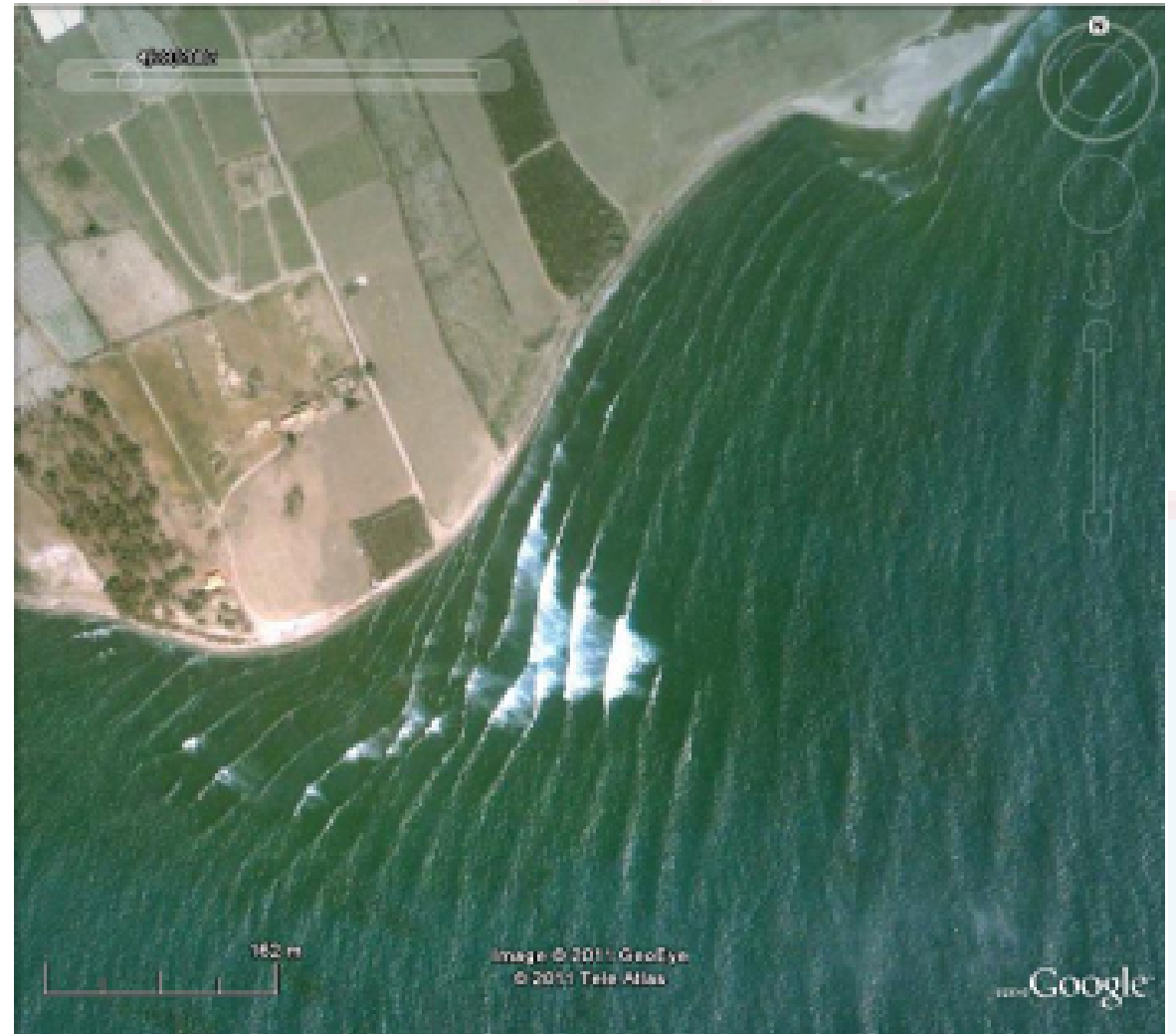
$$C_A = \sqrt{gd_A}$$
$$C_B = \sqrt{gd_B}$$

Όμως $d_A < d_B$

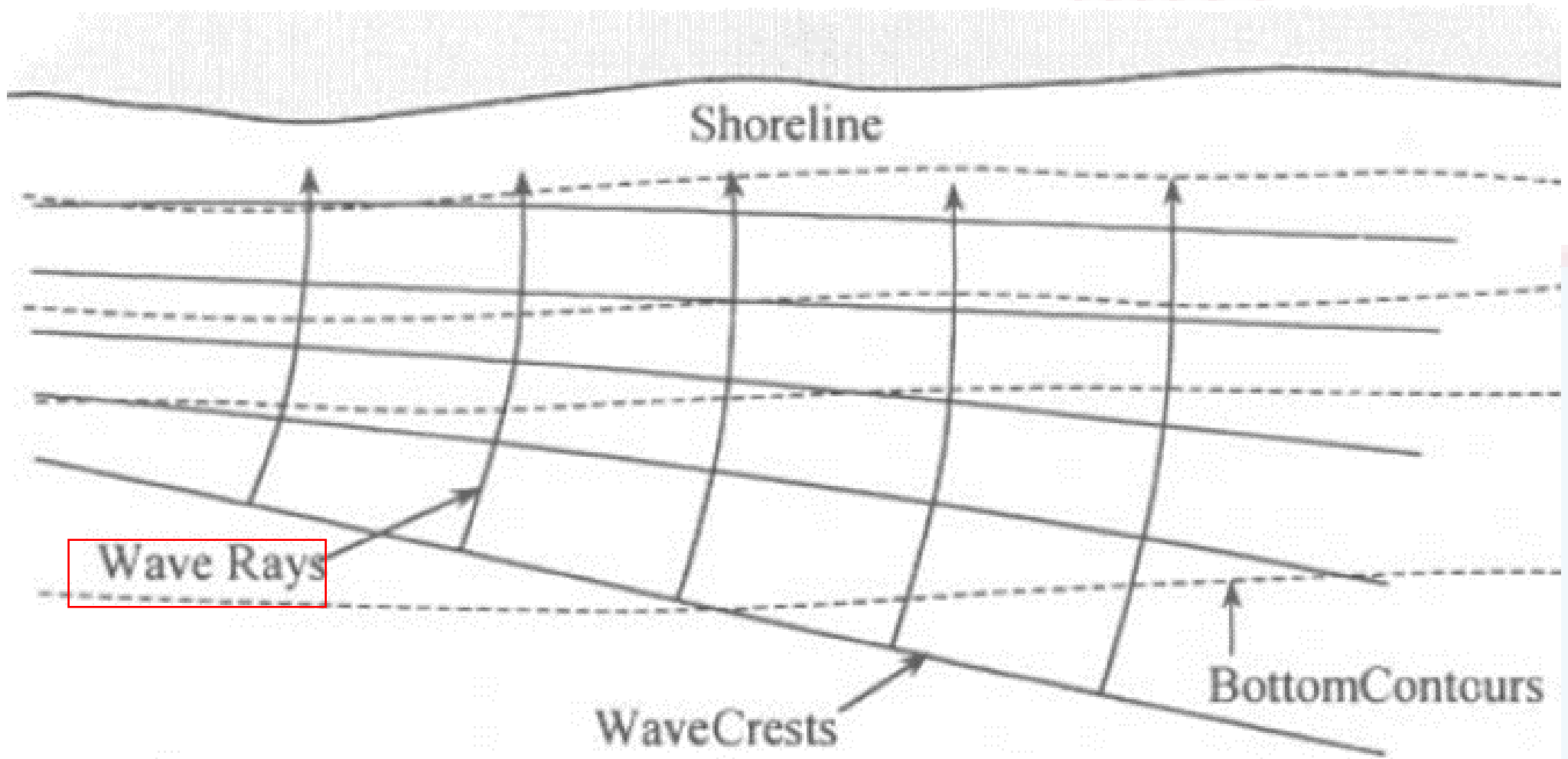


$$U_A < U_B$$

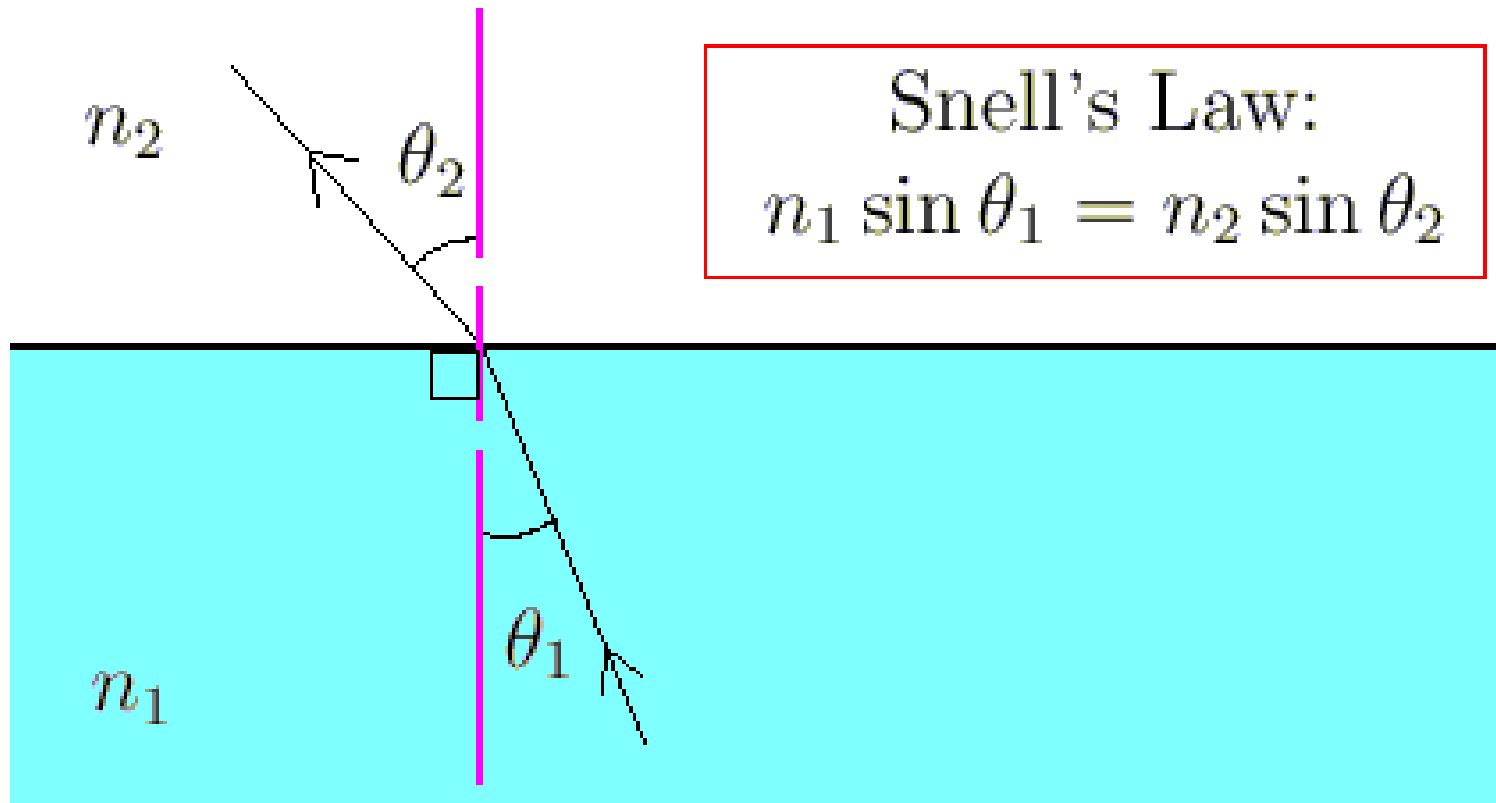
Διάθλαση (wave refraction)



Αποτέλεσμα της διάθλασης



Ο νόμος του Snell για τη διάθλαση



«Όταν το φως μετακινείται από ένα μέσο σε άλλο, κάμπτεται ή διαθλάται».

Ο νόμος της διάθλασης μας δίνει έναν τρόπο να προβλέψουμε το μέγεθος της στροφής.

Γράφημα διάθλασης κύματος κατά Snell

$$\sin \varphi_1 = \frac{L_1}{x} \rightarrow x = \frac{L_1}{\sin \varphi_1}$$

Επίσης $x = \frac{L_2}{\sin \varphi_2}$

Άρα $\frac{L_1}{\sin \varphi_1} = \frac{L_2}{\sin \varphi_2}$

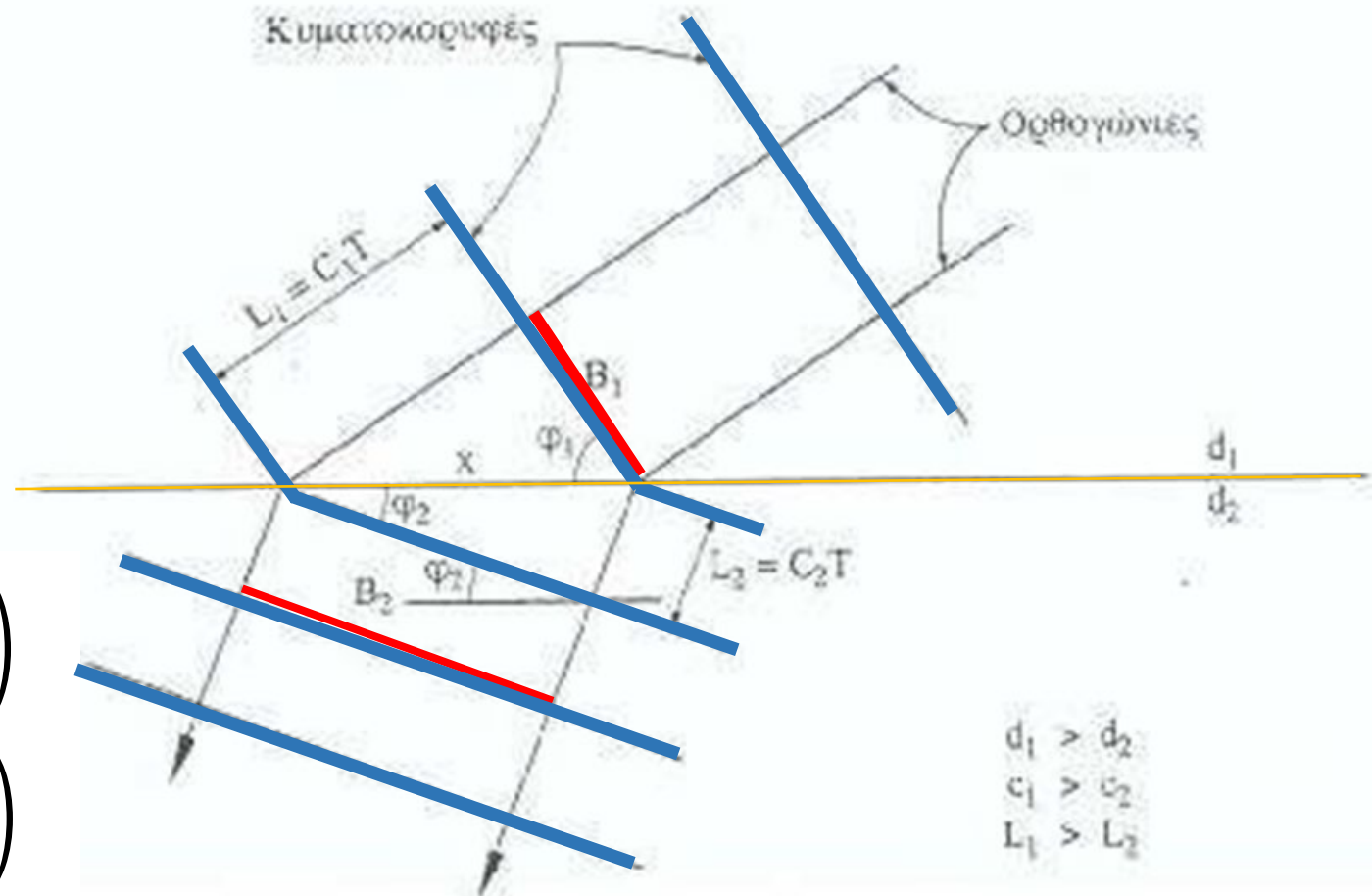
$$\varphi_2 = \arcsin \left(\frac{L_2}{L_1} \sin \varphi_1 \right)$$

$$\varphi_2 = \arcsin \left(\frac{C_2}{C_1} \sin \varphi_1 \right)$$

επίσης

$$B_2 = B_1 \frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1}$$

ΒΑΘΙΑ



PHXA

Κουτίτας, 1994

Διατήρηση Ισχύος Κυματισμού

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \mathbf{LB}$$

Μηχανικό ενεργειακό
περιεχόμενο στήλης
νερού με πλάτος 1m και
μήκος L

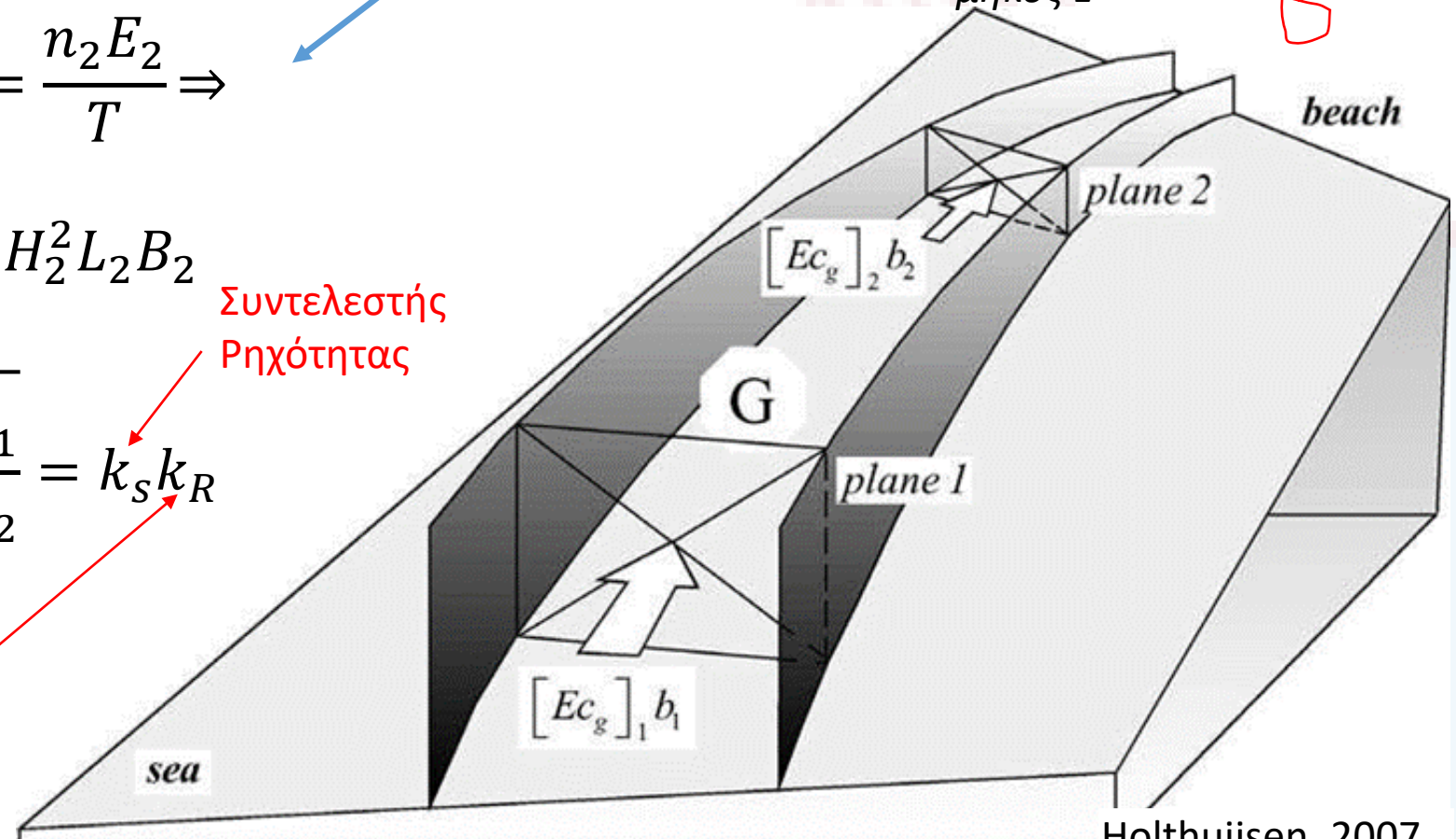
$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{n_1 E_1}{T} = \frac{n_2 E_2}{T} \Rightarrow$$

$$n_1 H_1^2 L_1 B_1 = n_2 H_2^2 L_2 B_2$$

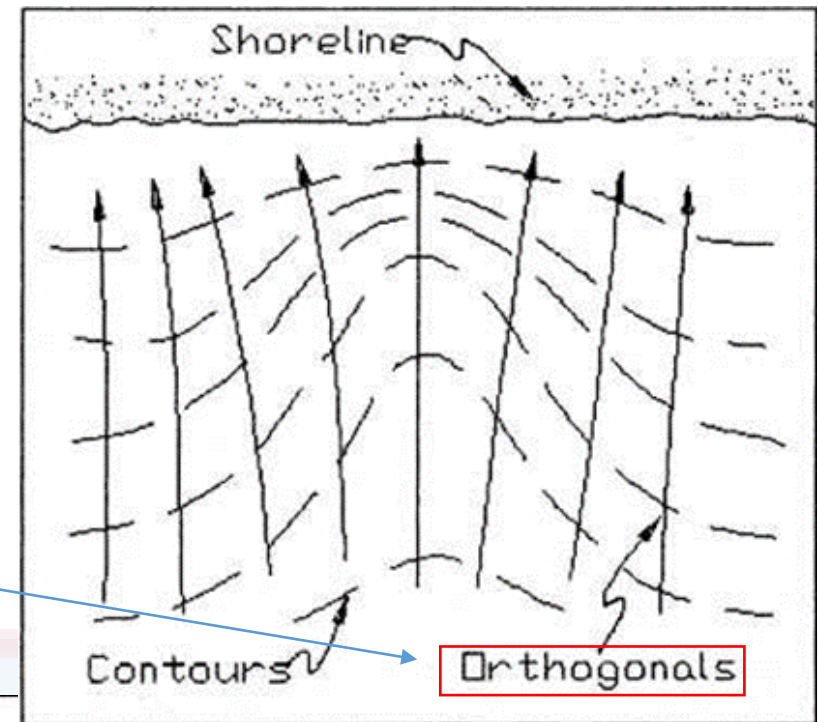
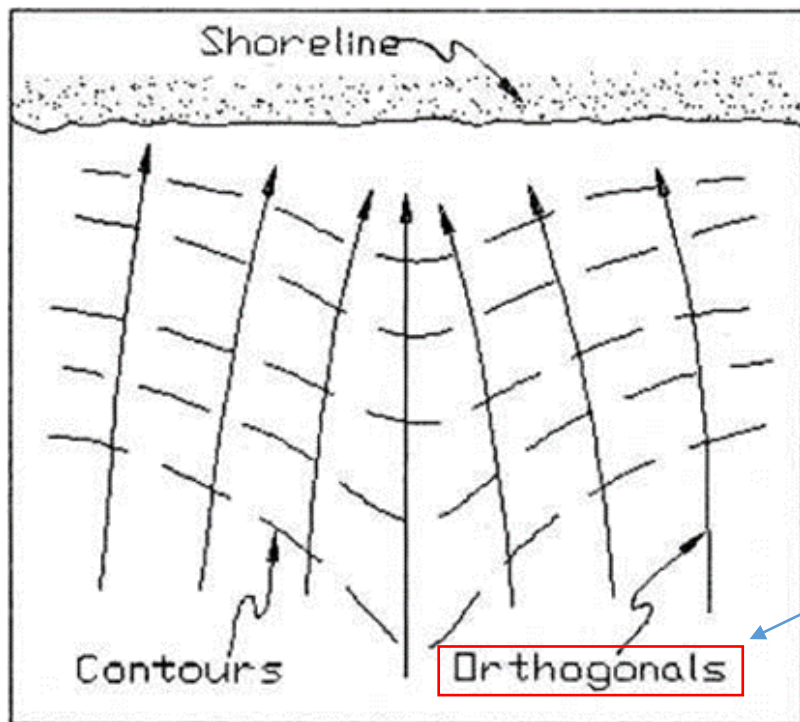
Συντελεστής
Ρηχότητας

$$\frac{H_2}{H_1} = \sqrt{\frac{n_1 L_1}{n_2 L_2}} \sqrt{\frac{B_1}{B_2}} = k_s k_R$$

Συντελεστής
διάθλασης

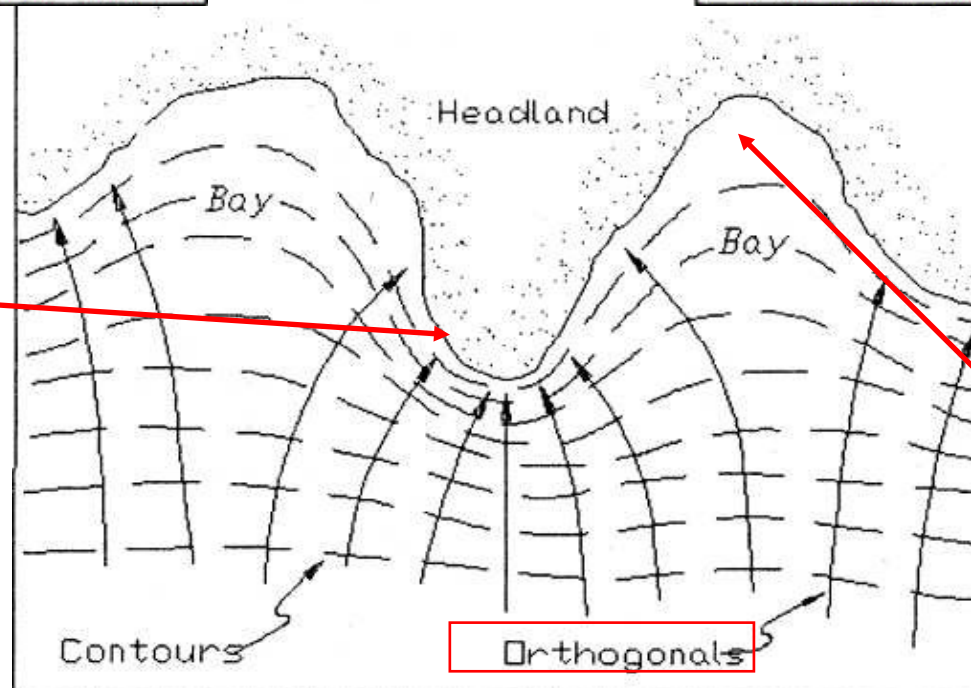


Holthuijsen, 2007



Ακτίνες διάδοσης
ή ορθογώνιες

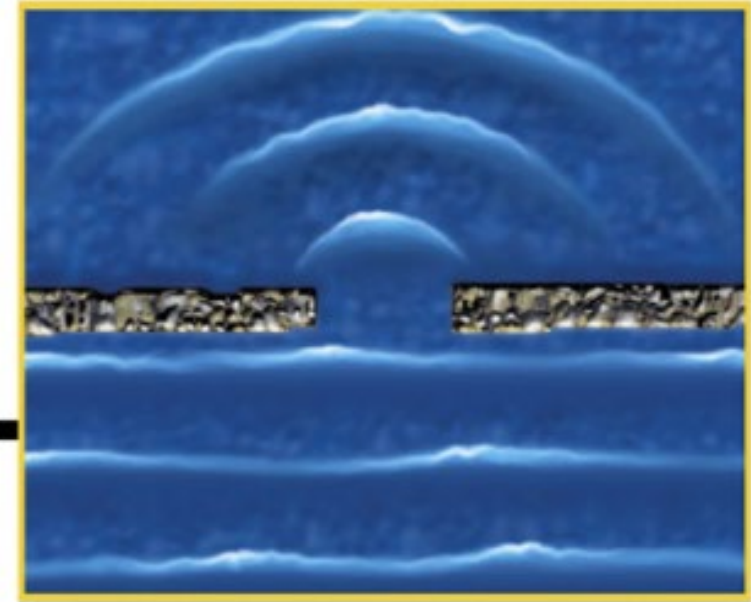
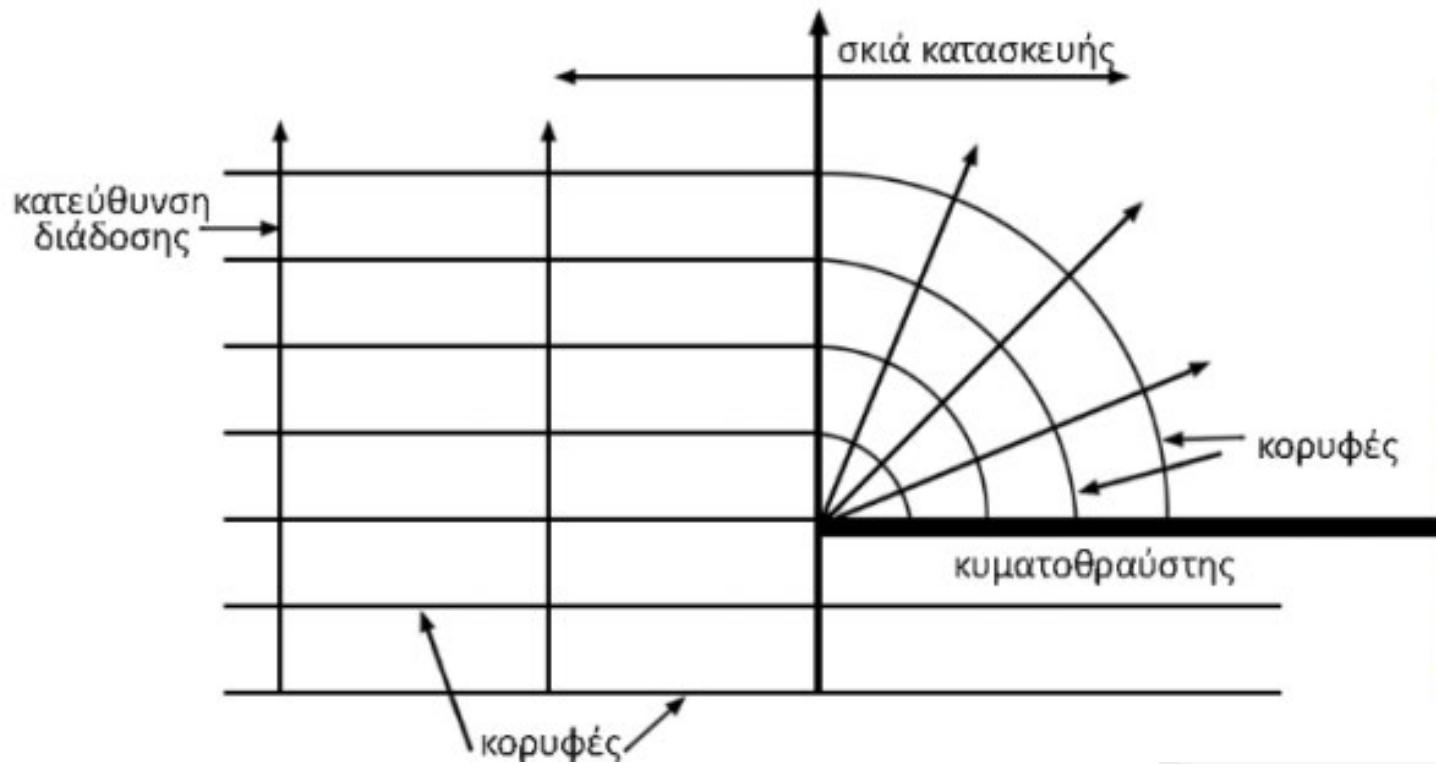
Αύξηση ενεργειακής
πυκνότητας



Μείωση ενεργειακής
πυκνότητας

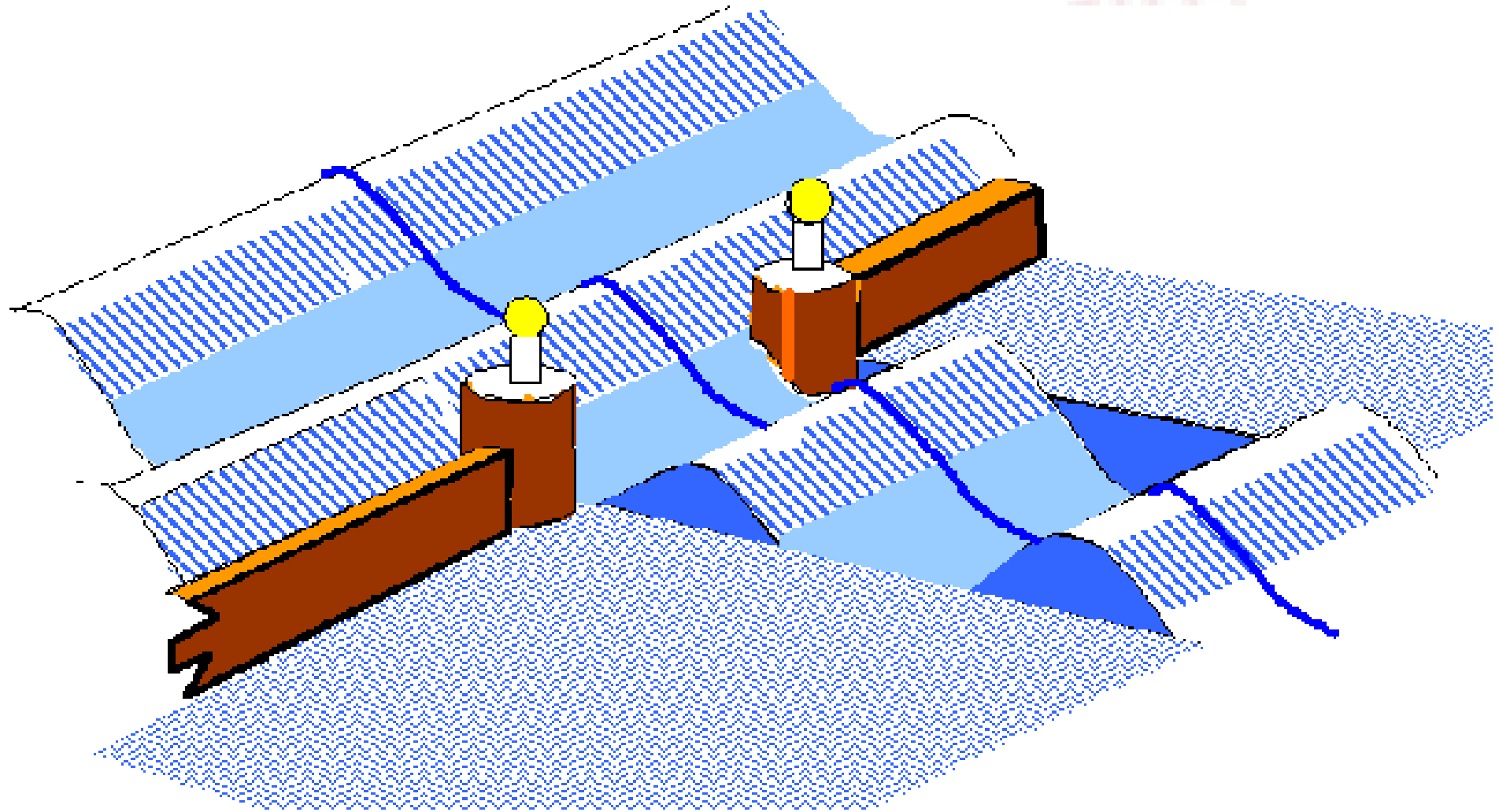
CEM, 2002

Περίθλαση (wave diffraction)

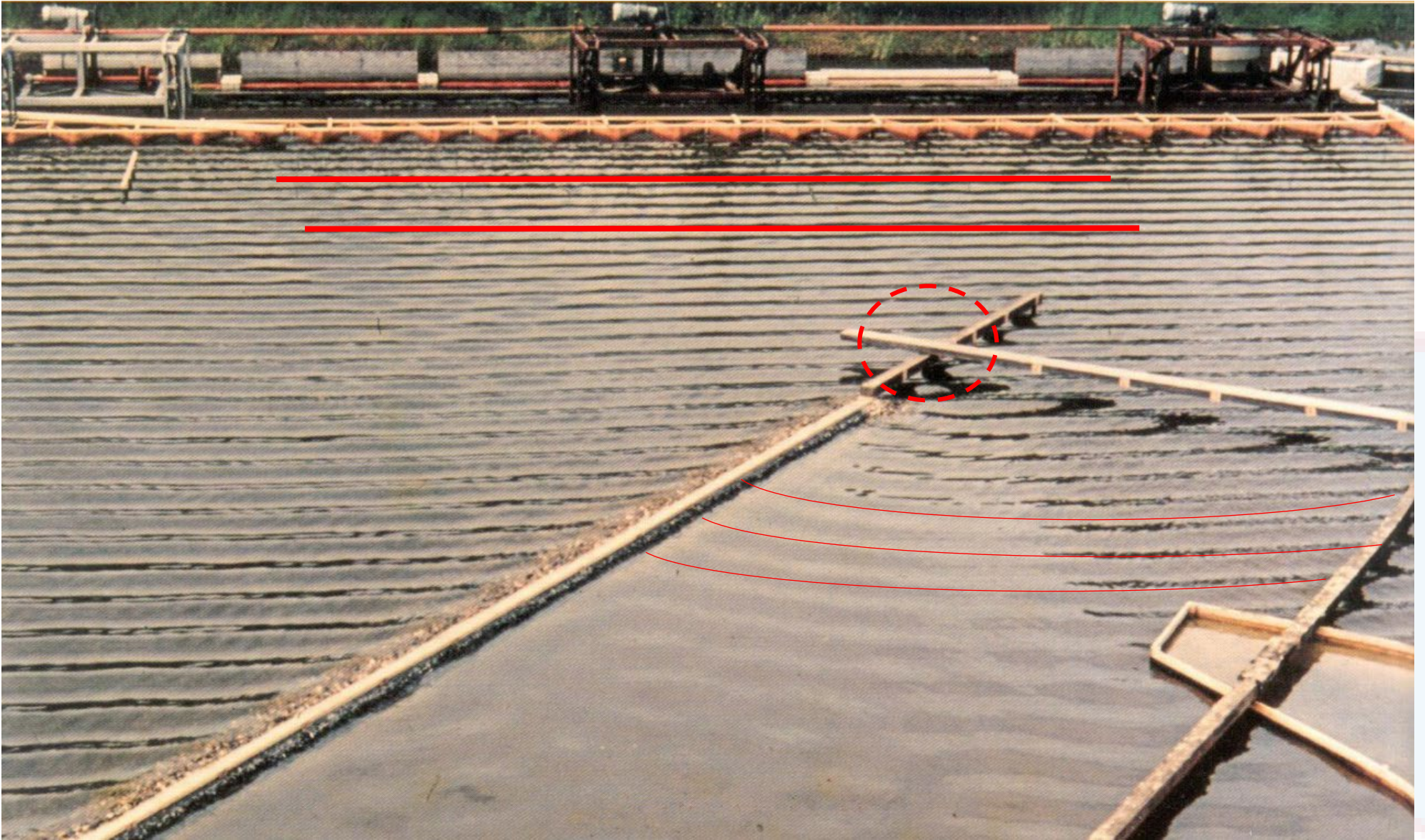


Φαινόμενο κατά το οποίο όταν κυματισμοί συναντήσουν ένα εμπόδιο, μεταδίδονται στην πίσω πλευρά του, υπό μορφή ομόκεντρων κυκλικών τόξων συνεχώς ελαττούμενου ύψους.

Περίθλαση (wave diffraction)



Περίθλαση (wave diffraction)

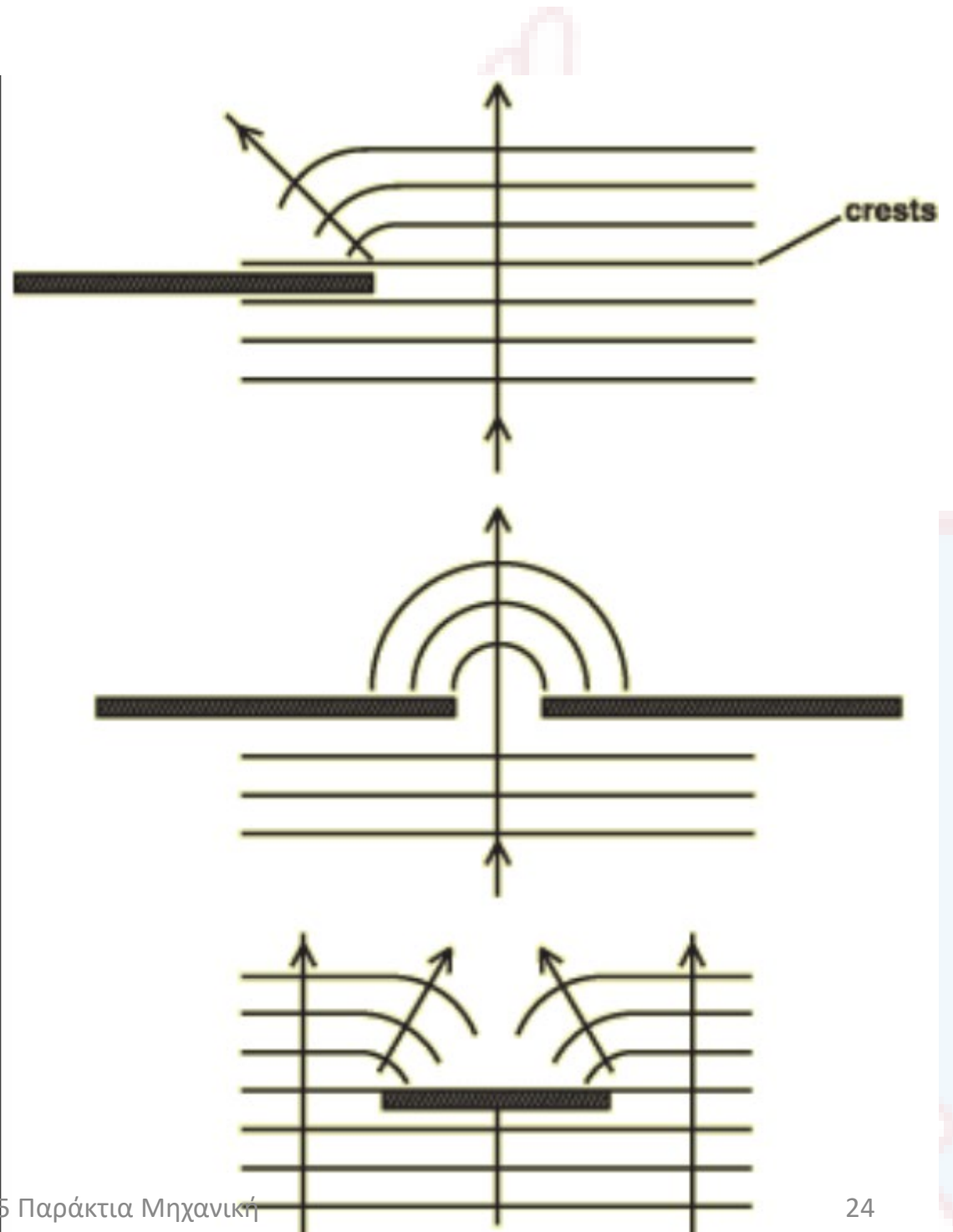


Είδη περίθλασης

Περίθλαση από ένα άκρο
ημι-άπειρου εμποδίου

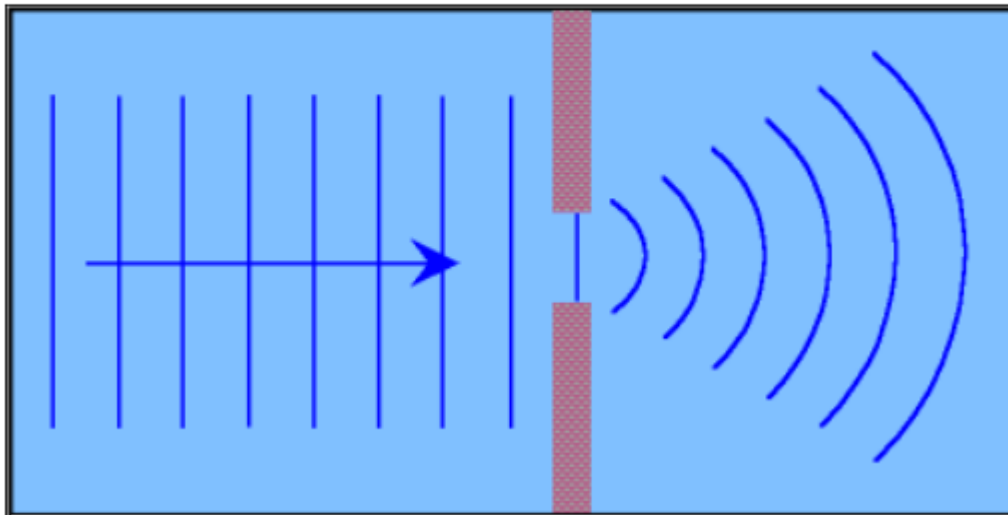
Περίθλαση από άκρα
δύο ημιάπειρων
εμποδίων (π.χ. είσοδος
λιμενολεκάνης)

Περίθλαση από τα άκρα
πεπερασμένου
εμποδίου

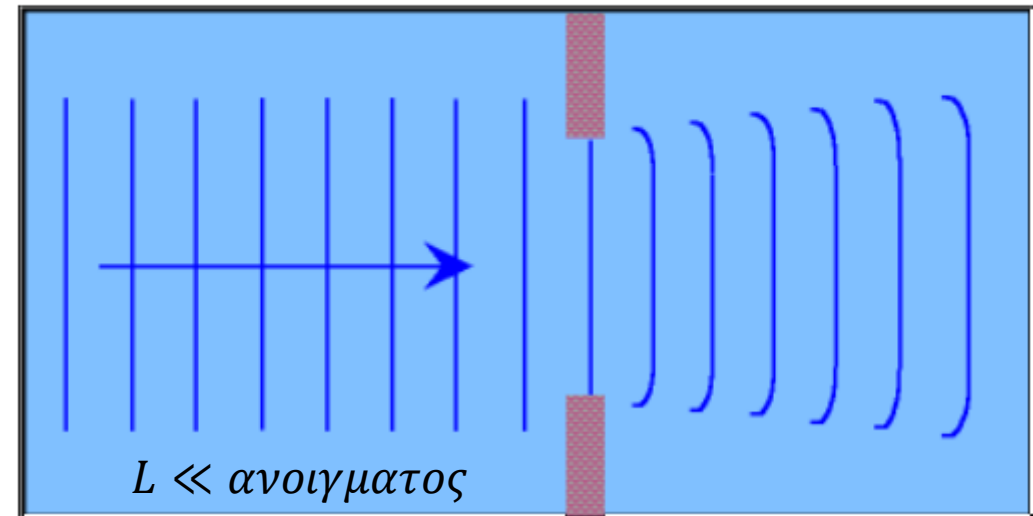


Περίθλαση

Έντονη Περίθλαση



Σχεδόν Μηδενική Περίθλαση



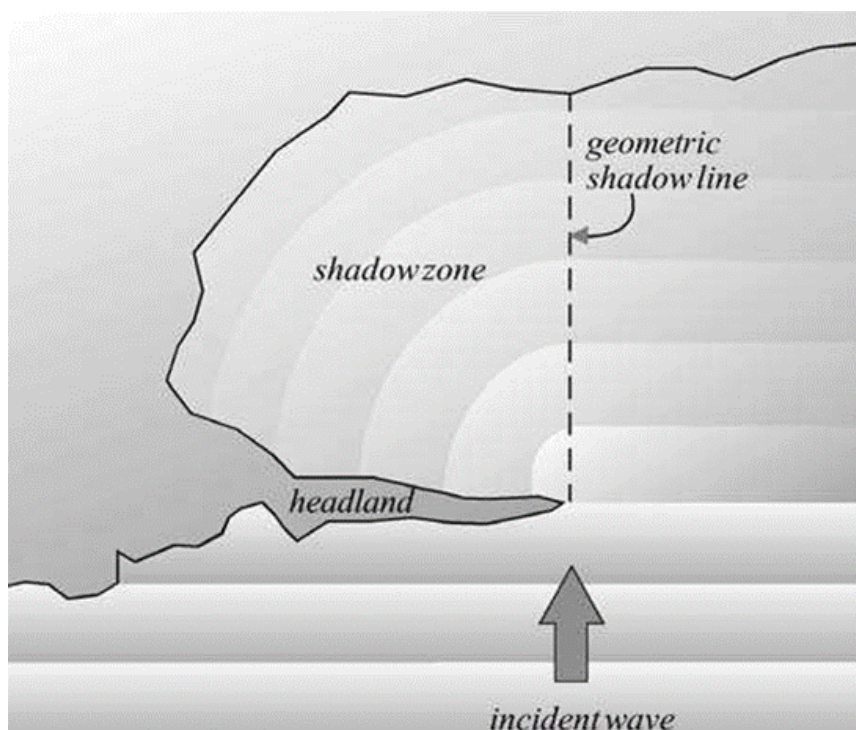
Για σταθερό άνοιγμα,

$L \uparrow$

Περίθλαση $\uparrow$

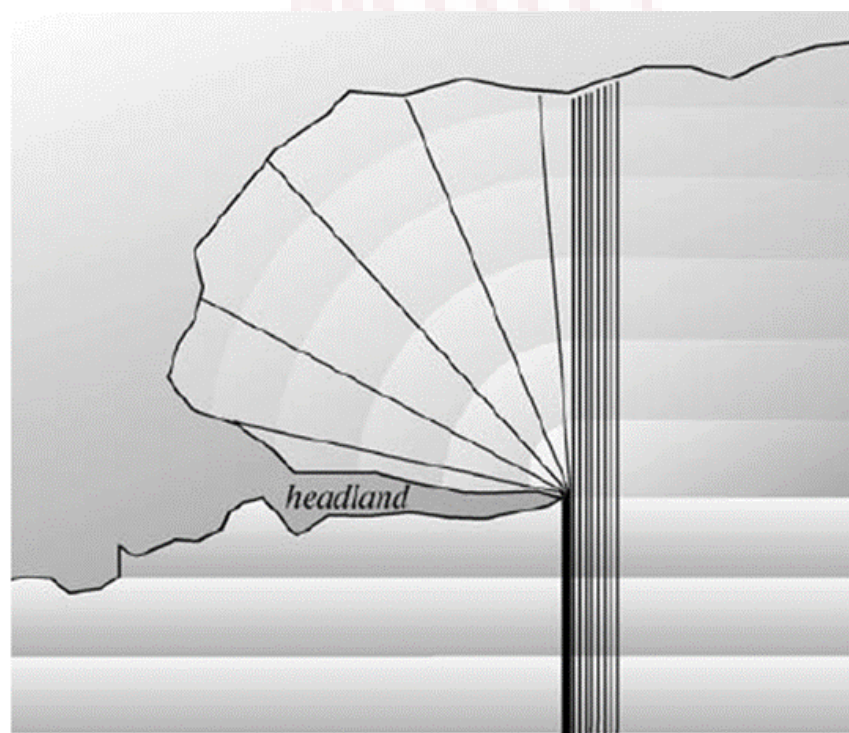
Περίθλαση γύρω από ακρωτήριο

Κυκλική διάδοση κυματοκορυφών
στη ζώνη σκίασης



Holthuijsen, 2007

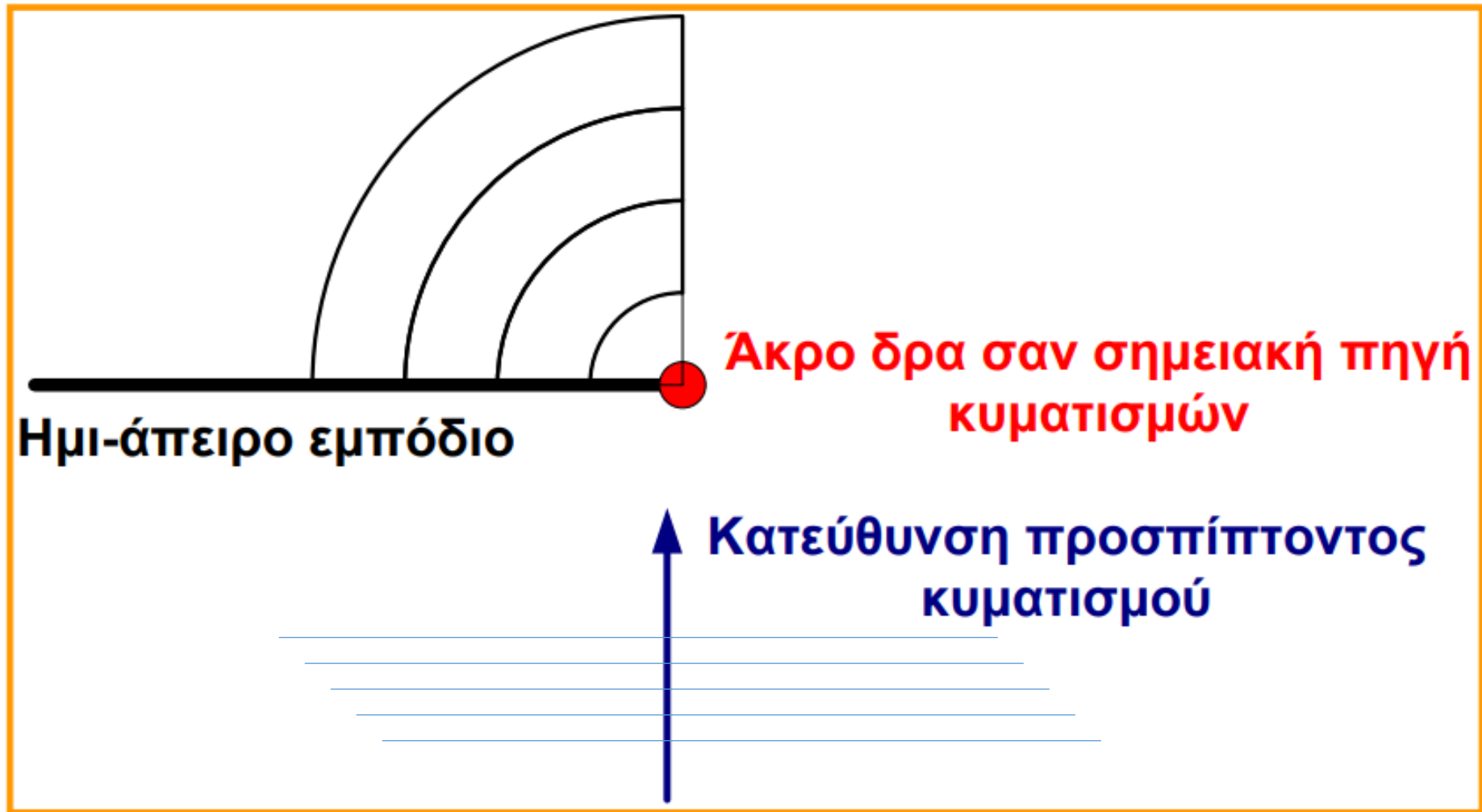
Ακτίνες διάδοσης στη ζώνη
σκίασης



Holthuijsen, 2007

Holthuijsen, 2007

Περίθλαση γύρω από ακρωτήριο



Κυκλική διαμόρφωση κυματοκορυφών στην σκιά της κατασκευής σαν να αποτελούσε η άκρη της κατασκευής σημειακή πηγή κυματισμών

Περίθλαση γύρω από ακρωτήριο



Περίθλαση σε κλειστή λεκάνη

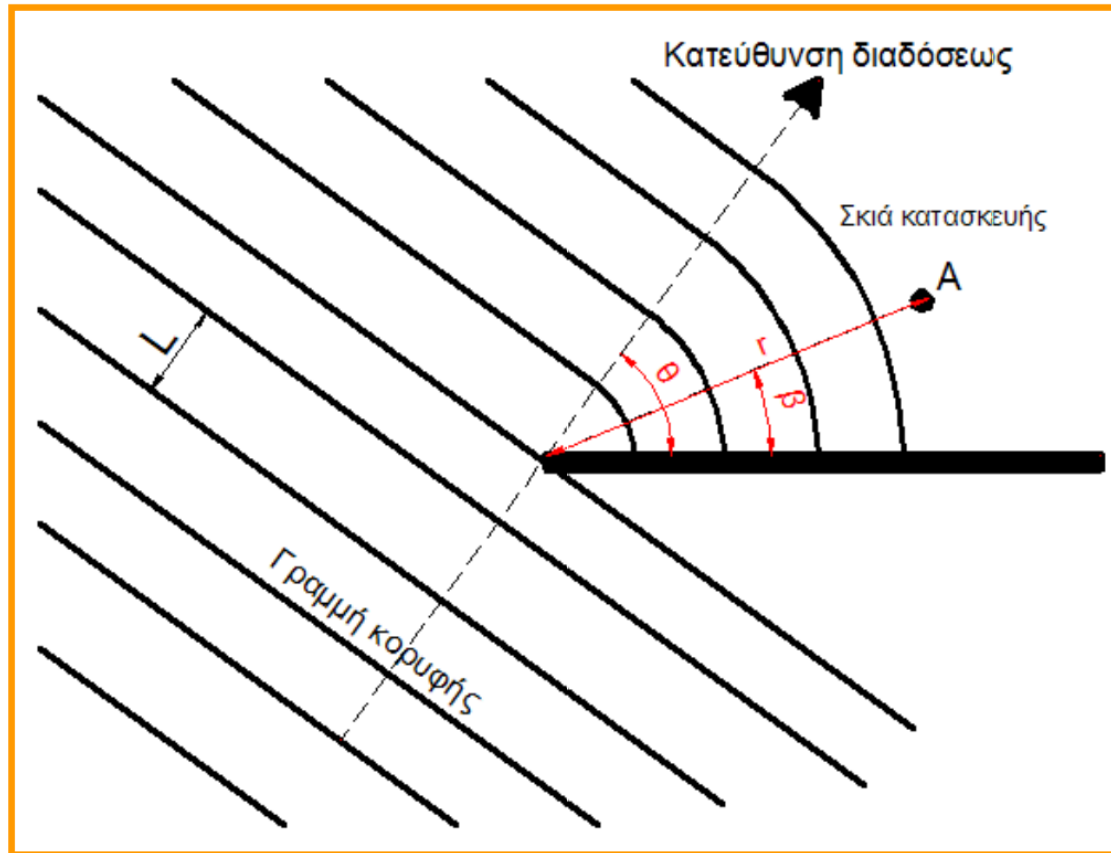


Περίθλαση γύρω από πεπερασμένο εμπόδιο



Περίθλαση

Συμβολισμοί περίθλασης γύρω από ημιάπειρο εμπόδιο



Κουτίτας, 1994

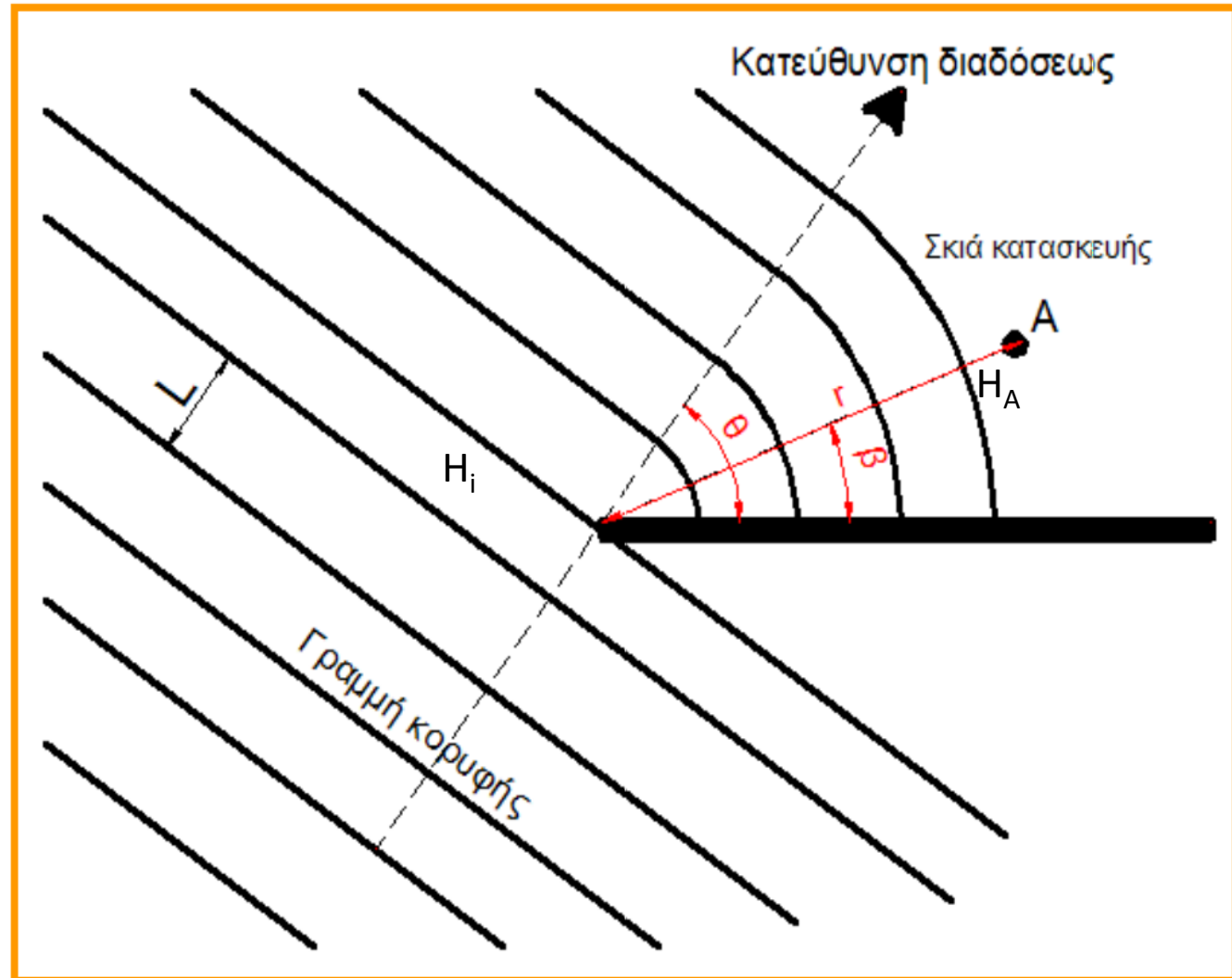
Ύψος κύματος στην προστατευμένη περιοχή καθορίζεται από:

- ύψος και μήκος προσπίπτοντος κυματισμού (L, H_i)
- γωνία πρόσπτωσης θ
- λόγο r/L και
- γωνία β της ακτίνας r από το άκρο

Συντελεστής περίθλασης K_D

$$H_A = k_D H_i$$

$$k_D = k_D(\theta, \beta, \frac{r}{L})$$



Κουτίτας, 1994

Συντελεστής περίθλασης K_D

Υπολογισμός

Συντελεστή

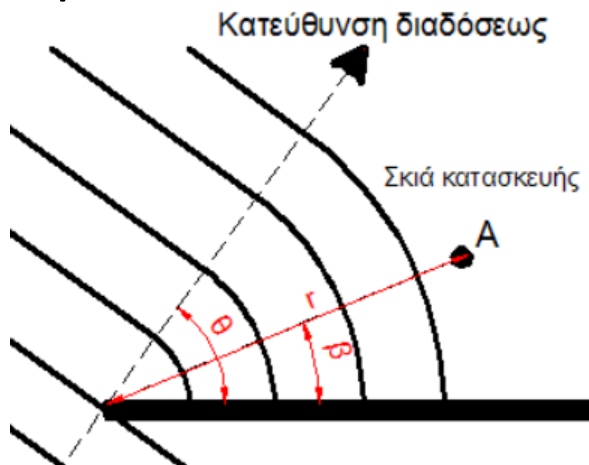
Περίθλασης:

Πίνακας Wiegel

π.χ.:

$\theta=45^\circ$, $\beta=30^\circ$, $r/L=2$

$K_D=0.39$ (κύμα ύψους
40% του κύματος που
προσπίπτει



Πίνακας τιμών συντελεστού περιθλάσεως γύρω από ημιάπειρο κυματοθραύστη.

Θ	r/L	B													
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
15	1/2	0.49	0.79	0.83	0.90	0.97	1.01	1.03	1.02	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00	
	1	0.38	0.73	0.83	0.95	1.04	1.04	0.99	0.98	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	
	2	0.21	0.68	0.86	1.05	1.03	0.97	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	5	0.13	0.63	0.99	1.04	1.03	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	
	10	0.35	0.58	1.10	1.05	0.98	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
30	1/2	0.61	0.63	0.68	0.76	0.87	0.97	1.03	1.05	1.03	1.01	0.99	0.95	1.00	
	1	0.50	0.53	0.63	0.78	0.95	1.06	1.05	0.98	0.98	1.01	1.01	0.97	1.00	
	2	0.40	0.44	0.59	0.84	1.07	1.03	0.96	1.02	0.98	1.01	0.99	0.95	1.00	
	5	0.27	0.32	0.55	1.00	1.04	1.04	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	0.97	1.00	
	10	0.20	0.24	0.54	1.12	1.06	0.97	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	
45	1/2	0.49	0.50	0.55	0.63	0.73	0.85	0.96	1.04	1.06	1.04	1.00	0.99	1.00	
	1	0.38	0.40	0.47	0.59	0.76	0.95	1.07	1.06	0.98	0.97	1.01	1.01	1.00	
	2	0.29	0.31	0.39	0.56	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	1.00	
	5	0.18	0.20	0.28	0.54	1.01	1.04	1.05	1.03	1.00	0.99	1.01	1.00	1.00	
	10	0.13	0.15	0.22	0.53	1.13	1.07	0.96	0.98	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	
60	1/2	0.40	0.41	0.45	0.52	0.60	0.72	0.85	1.13	1.04	1.06	1.03	1.01	1.00	
	1	0.31	0.32	0.36	0.44	0.57	0.75	0.96	1.08	1.06	0.98	0.98	1.01	1.00	
	2	0.22	0.23	0.28	0.37	0.55	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	
	5	0.14	0.15	0.18	0.28	0.53	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00	1.00	
	10	0.10	0.11	0.13	0.21	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	1.00	
75	1/2	0.34	0.35	0.38	0.42	0.50	0.59	0.71	0.85	0.97	1.04	1.05	1.02	1.00	
	1	0.25	0.26	0.29	0.34	0.43	0.56	0.75	0.95	1.02	1.06	0.98	0.98	1.00	
	2	0.18	0.19	0.22	0.26	0.36	0.54	0.83	1.09	1.04	0.96	1.03	0.99	1.00	
	5	0.12	0.12	0.13	0.17	0.27	0.52	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00	
	10	0.08	0.08	0.10	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	
90	1/2	0.31	0.31	0.33	0.36	0.41	0.49	0.59	0.71	0.85	0.96	1.03	1.03	1.00	
	1	0.22	0.23	0.24	0.28	0.33	0.42	0.56	0.75	0.96	1.07	1.05	0.99	1.00	
	2	0.16	0.16	0.18	0.20	0.26	0.35	0.54	0.69	1.08	1.04	0.96	1.02	1.00	
	5	0.10	0.10	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.05	1.02	0.99	1.00	
	10	0.07	0.07	0.08	0.09	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.99	1.01	1.00	

Συντελεστής Περίθλασης

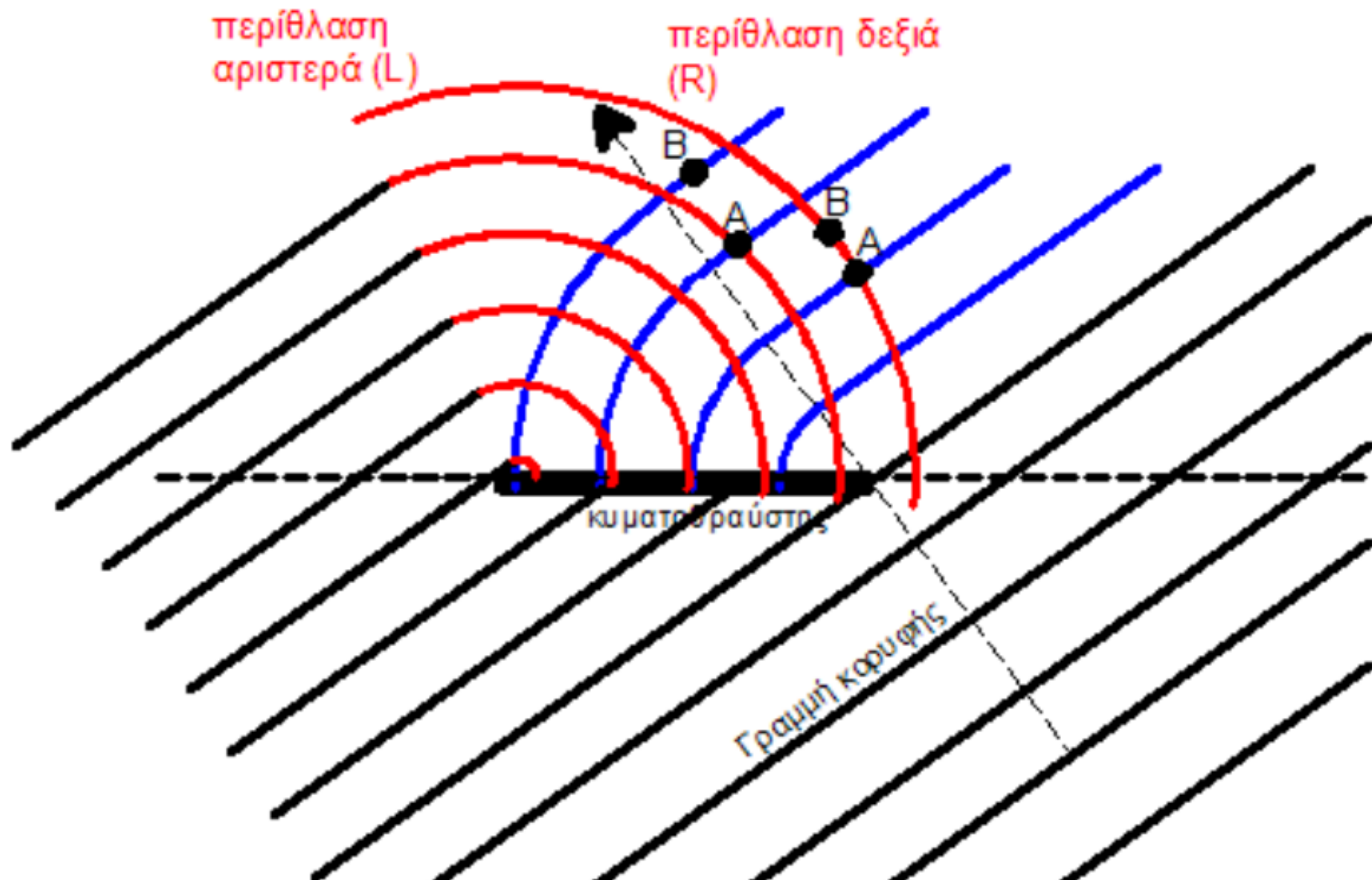
Περίθλαση και
σε γωνίες θ άνω
των 90° !!!!

Πίνακας τιμών συντελεστού περίθλασης γύρω από ημιάπειρο κυματοθραύστη

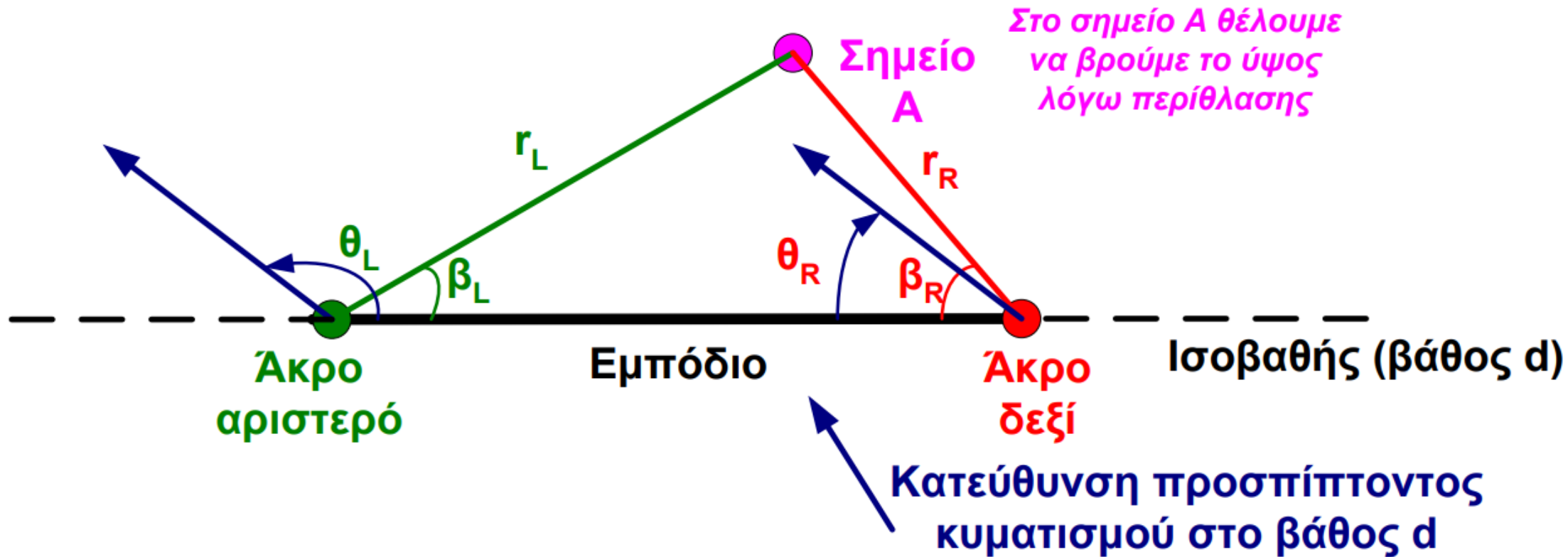
Πίνακας Wiegel

θ	r/L	B												
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
105	1/2	0.28	0.28	0.29	0.32	0.35	0.41	0.49	0.59	0.72	0.85	0.97	1.01	1.00
	1	0.20	0.20	0.24	0.23	0.27	0.33	0.42	0.56	0.75	0.95	1.06	1.04	1.00
	2	0.14	0.14	0.13	0.17	0.20	0.25	0.35	0.54	0.83	1.08	1.03	0.97	1.00
	5	0.09	0.09	0.10	0.11	0.13	0.17	0.27	0.52	1.02	1.04	1.04	1.02	1.00
	10	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09	0.12	0.20	0.52	1.14	1.07	0.97	0.99	1.00
120	1/2	0.25	0.26	0.27	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.60	0.73	0.87	0.97	1.00
	1	0.18	0.19	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33	0.43	0.57	0.76	0.95	1.04	1.00
	2	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.36	0.55	0.83	1.07	1.03	1.00
	5	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.03	1.00
	10	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.13	0.20	0.52	1.13	1.06	0.98	1.00
135	1/2	0.24	0.24	0.25	0.26	0.28	0.32	0.36	0.42	0.52	0.63	0.76	0.90	1.00
	1	0.18	0.17	0.18	0.19	0.21	0.23	0.28	0.34	0.44	0.59	0.78	0.95	1.00
	2	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.37	0.56	0.84	1.05	1.00
	5	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.17	0.28	0.54	1.00	1.04	1.00
	10	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.13	0.21	0.53	1.12	1.05	1.00
150	1/2	0.23	0.23	0.24	0.25	0.27	0.29	0.33	0.38	0.45	0.55	0.68	0.83	1.00
	1	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.22	0.24	0.29	0.36	0.47	0.63	0.83	1.00
	2	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	0.22	0.28	0.39	0.59	0.86	1.00
	5	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.18	0.29	0.55	0.99	1.00
	10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.22	0.54	1.10	1.00
165	1/2	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.63	0.79	1.00
	1	0.16	0.16	0.17	0.17	0.19	0.20	0.23	0.26	0.32	0.40	0.53	0.73	1.00
	2	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.16	0.19	0.23	0.31	0.44	0.68	1.00
	5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.20	0.32	0.63	1.00
	10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.11	0.11	0.21	0.58	1.00
180	1/2	0.20	0.25	0.23	0.24	0.25	0.28	0.31	0.34	0.40	0.49	0.61	0.78	1.00
	1	0.10	0.17	0.16	0.18	0.18	0.23	0.22	0.25	0.31	0.38	0.50	0.70	1.00
	2	0.02	0.09	0.12	0.12	0.13	0.18	0.16	0.18	0.22	0.29	0.40	0.60	1.00
	5	0.02	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	0.27	0.46	1.00
	10	0.01	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.13	0.20	0.36	1.00

Περίθλαση από τα άκρα πεπερασμένου εμποδίου



Περίθλαση από τα άκρα πεπερασμένου εμποδίου

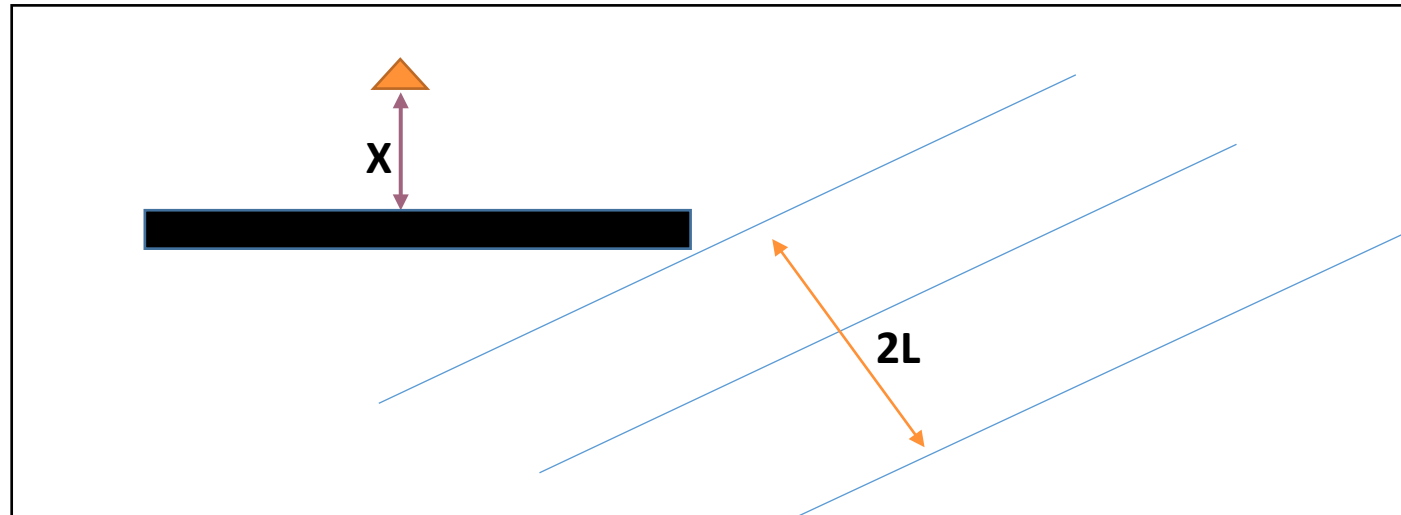


Διακρίνονται 2 περιπτώσεις

Περίθλαση από τα άκρα πεπερασμένου εμποδίου

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Α:

Η απόσταση (κάθετη) του σημείου πίσω από το εμπόδιο μικρότερη από $2L$



A1) Διαφορά φάσης 0° : συνάντηση δύο κορυφών $\rightarrow$ τα περιθλόμενα από τα δύο άκρα κύματα βρίσκονται σε φάση ($kD = kD_R + kD_L$)

A2) Διαφορά φάσης 180° : συνάντηση κορυφής και κοιλιάς $\rightarrow$ τα περιθλόμενα από τα δύο άκρα κύματα βρίσκονται εκτός φάσεως ($kD = kD_R - kD_L$)

$$H_A = k_D H_i$$



Περίθλαση από τα άκρα πεπερασμένου εμποδίου

B) Η κάθετη απόσταση (X) του σημείου πίσω από το εμπόδιο μεγαλύτερη από 2L ->

Πίνακα Wiegel

$$k_{DL} = k_{DL}(\theta_L, \beta_L, \frac{r_L}{L})$$
$$k_{DR} = k_{DR}(\theta_R, \beta_R, \frac{r_R}{L})$$

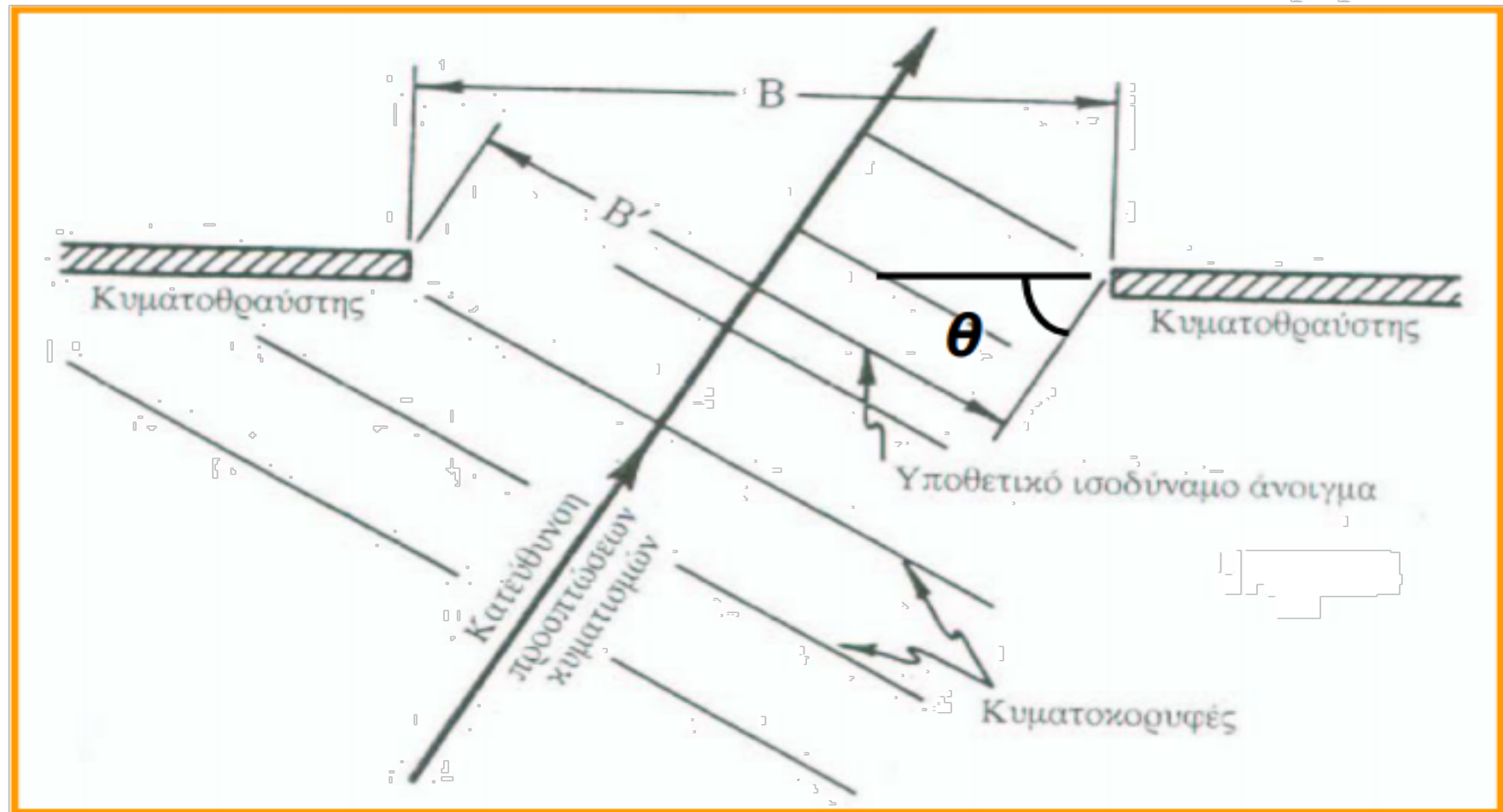


$$H_A = k_{DL} H_i + k_{DR} H_i$$

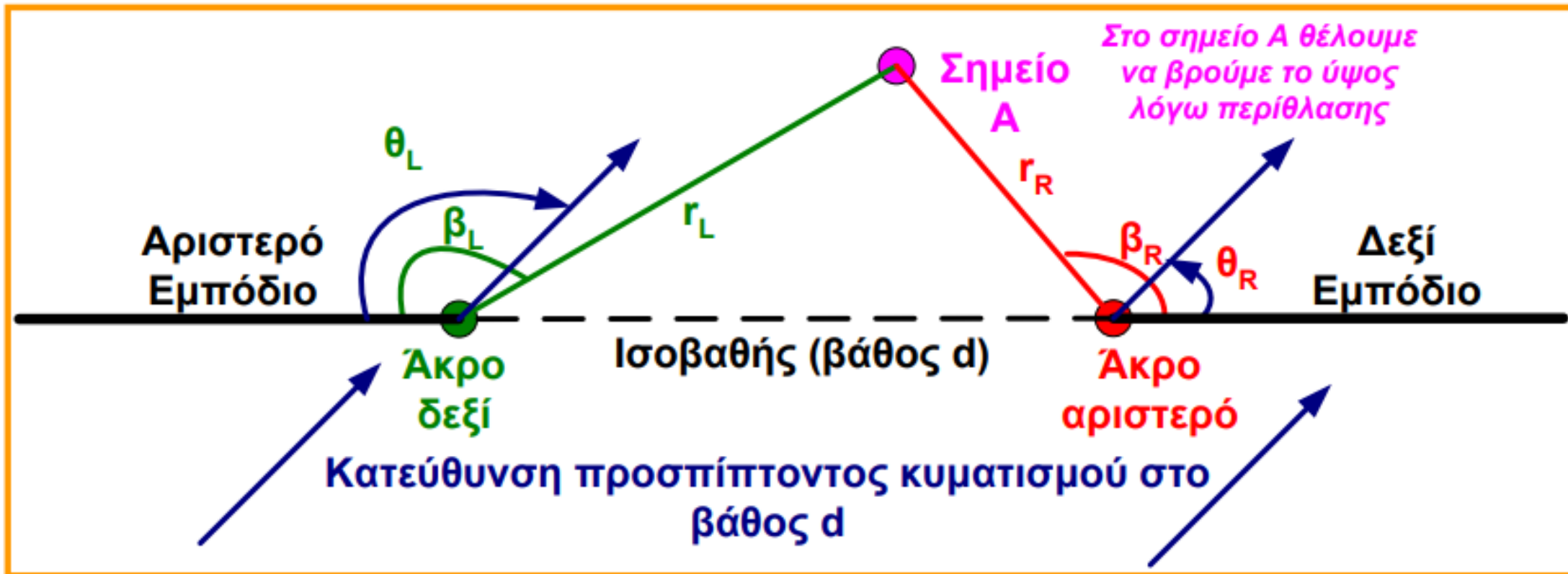
Περίθλαση από άκρα δύο ημι-άπειρων εμποδίων (π.χ. είσοδος λιμενολεκάνης)

Από την γωνία πρόσπτωσης θ καθορίζεται το ισοδύναμο άνοιγμα (πλάτος εισόδου) B' (προβολή του B στην κατεύθυνση πρόσπτωσης):

$$B' = B \sin(\theta)$$



Περίθλαση από άκρα δύο ημι-άπειρων εμποδίων (π.χ. είσοδος λιμενολεκάνης)



Περίθλαση από άκρα δύο ημι-άπειρων εμποδίων (π.χ. είσοδος λιμενολεκάνης)

Διακρίνονται 2 περιπτώσεις:

A) Το άνοιγμα $B' > 5L \rightarrow$ Πίνακα Wiegel

$$k_{DL} = k_{DL}(\theta_L, \beta_L, \frac{r_L}{L})$$
$$k_{DR} = k_{DR}(\theta_R, \beta_R, \frac{r_R}{L})$$



$$H_A = k_{DL} H_i + k_{DR} H_i$$

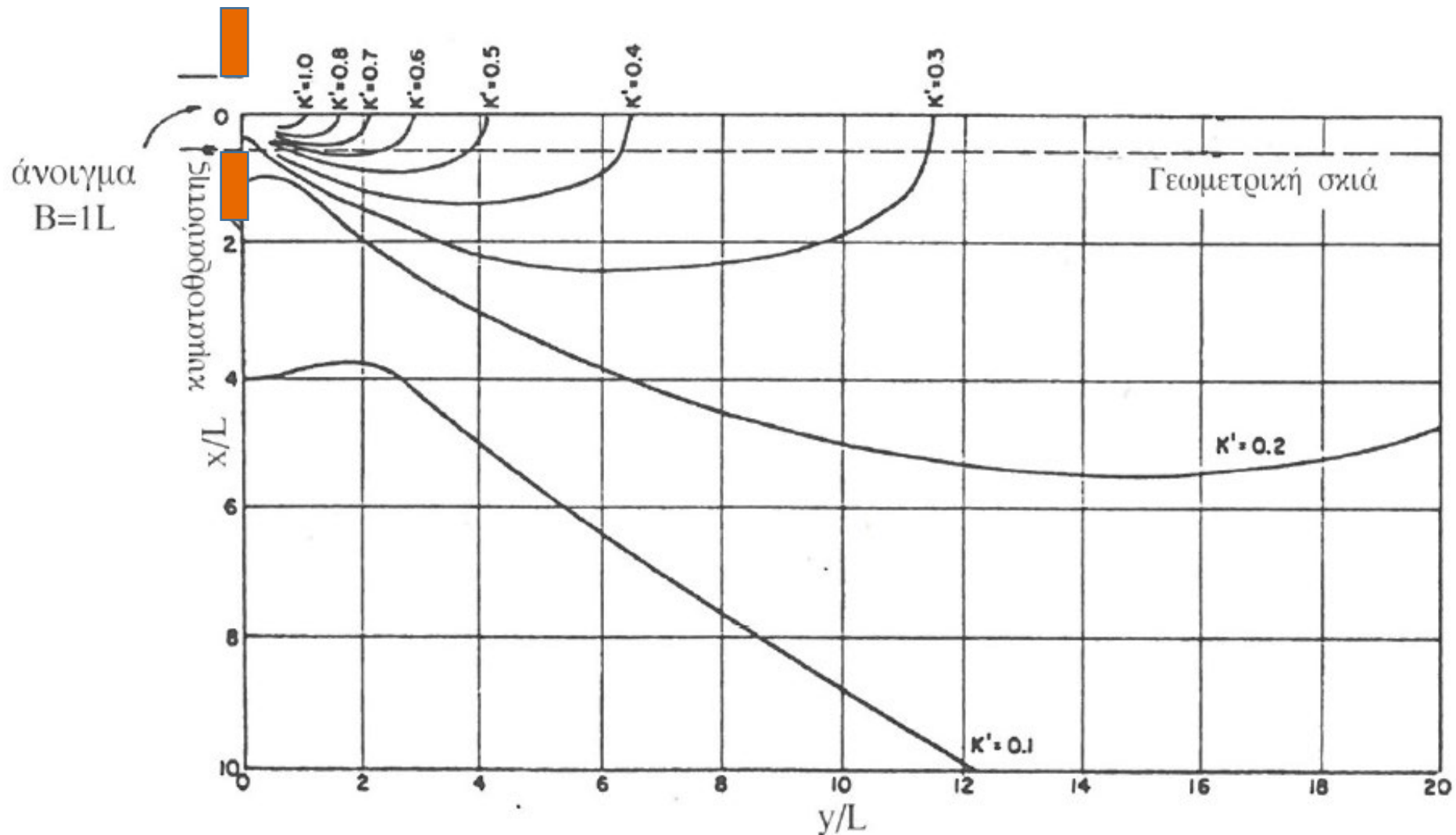
B) Το άνοιγμα $B' < 5L$

$$H_A = k_D H_i$$

Εύρεση K_d από νομογραφήματα...

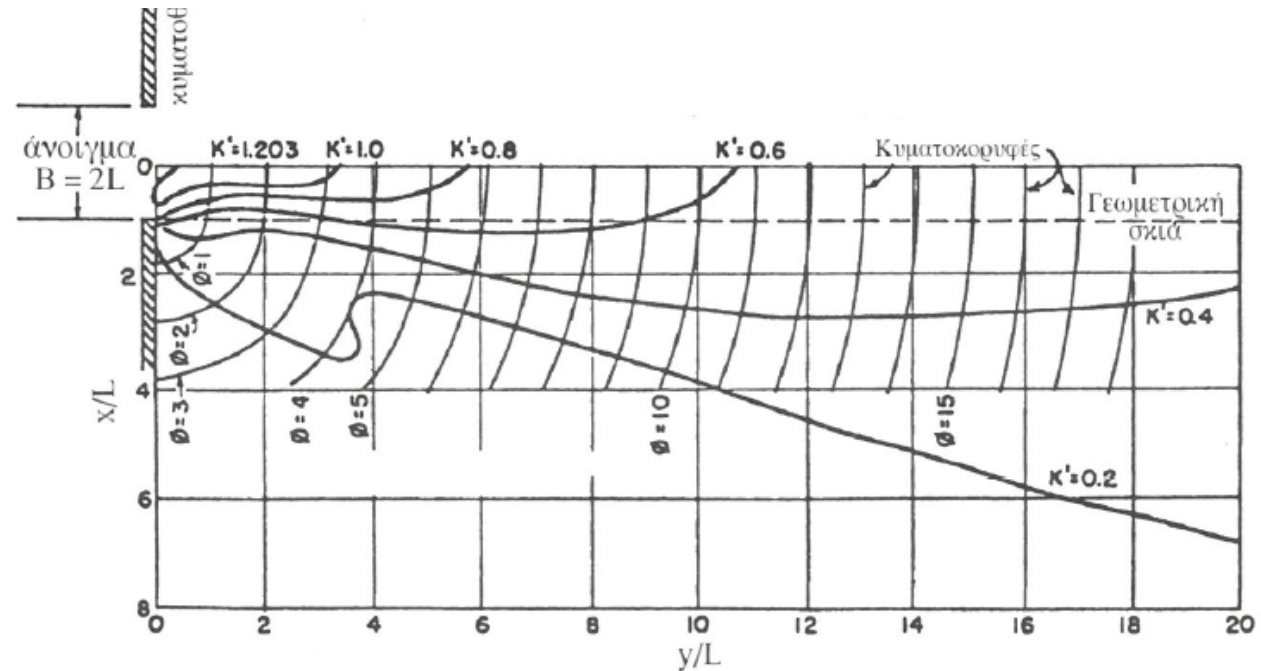
Περίθλαση από άκρα δύο ημι-άπειρων εμποδίων (π.χ. είσοδος λιμενολεκάνης)

B) Το άνοιγμα $B' < 5L \rightarrow B=L$

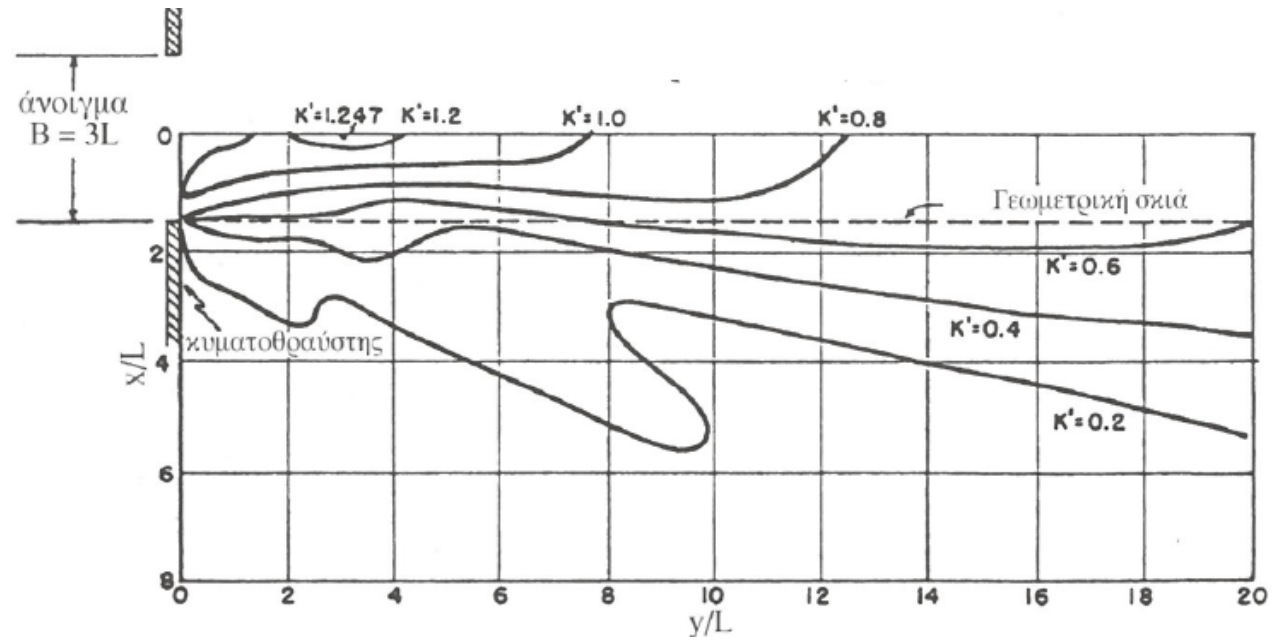


Περίθλαση από άκρα δύο ημι-άπειρων εμποδίων (π.χ. είσοδος λιμενολεκάνης)

B) Το άνοιγμα $B' < 5L \rightarrow B=2L$



B) Το άνοιγμα $B' < 5L \rightarrow B=3L$



Θραύση (wave breaking)

Κύριος τρόπος εκδήλωσης
υδροδυναμικής αστάθειας

↓
Οι κυματισμοί
παραμένουν
υδροδυναμικά
ευσταθείς εάν δεν
ξεπεραστούν κάποιες
Οριακές τιμές H , L και d

Ως μηχανισμός
προκαλεί

Περιορισμό
ύψους κύματος
με δεδομένη T

Ανάμιξη
επιφανειακών
νερών

Θραύση (wave breaking)



Βαθιά

$$\bullet \frac{H_0}{L_0} > \frac{1}{7}$$



Ρηχά

$$\bullet \frac{H_b}{d_b} > 0,78$$



Θραύση (wave breaking)

Βάθος στο οποίο
θραύεται ο κυματισμός ->
Σημείο θραύσης

Ζώνη που διαδίδονται
οι θραυόμενοι
κυματισμοί -> **Ζώνη
θραύσης (surf zone)**

Ύψος θραυόμενου
κύματος εξαρτάται

- Βάθος
- Κλίση του πυθμένα

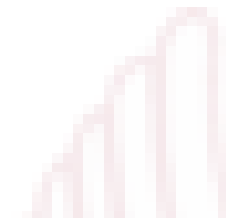
Διαφορετικοί τύποι
θραύσης ανάλογα με

- Κλίση πυθμένα
- Κλίση κυματισμού

Βάθος θραύσης



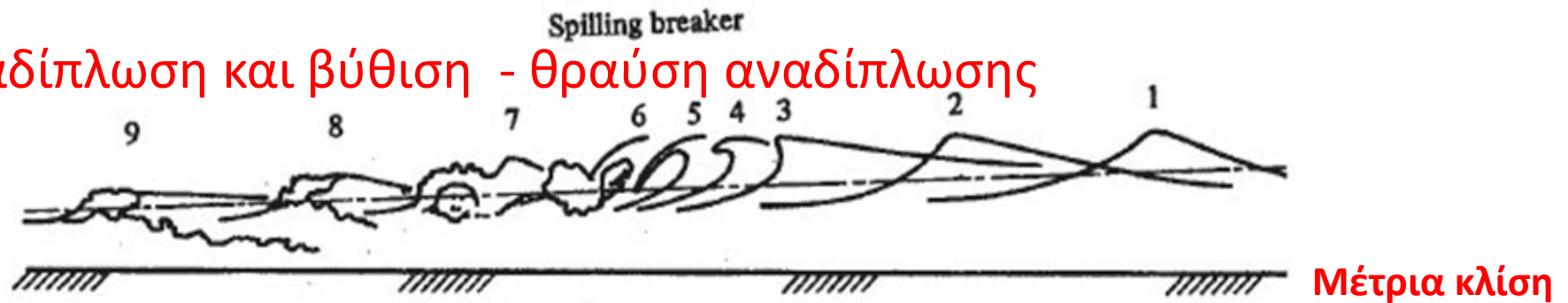
Τύποι θραύσης



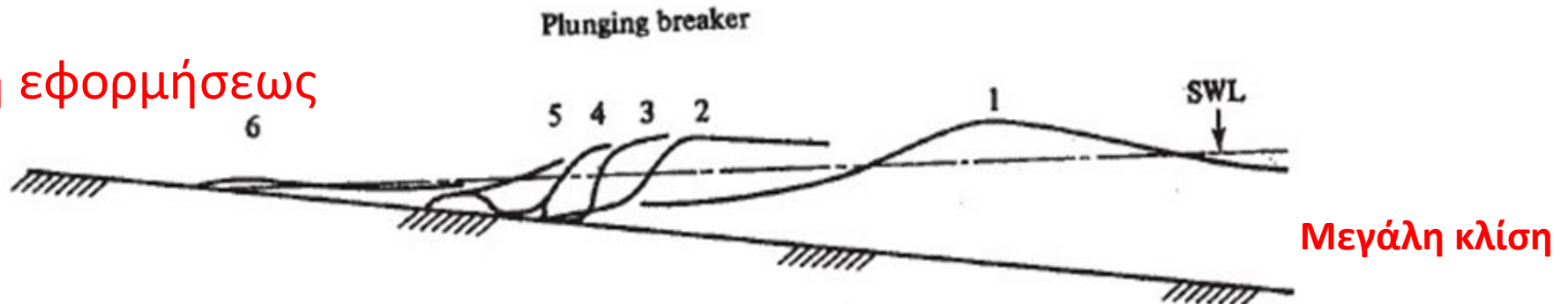
(α) Με εκχείλιση – θραύση υπερχείλισης



(β) Με αναδίπλωση και βύθιση - θραύση αναδίπλωσης



(γ) θραύση εφορμήσεως



Surging breaker



Εκχείλιση – υπερχείλιση -
spilling

Wave breaking, spilling type.



Αναδίπλωση - plunging



Εφόρμηση - Surging

Παράμετρος ξ (Iribarren number)

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H}{L}}} \quad \text{όπου } \alpha \text{ η κλίση πυθμένα}$$

Βαθιά

Ρηχά

υπερχείλισης
(spilling)

$$\xi_0 < 0.5$$

$$\xi_b < 0.4$$

καταδύσεως
(plunging)

$$0.5 < \xi_0 < 3.3$$

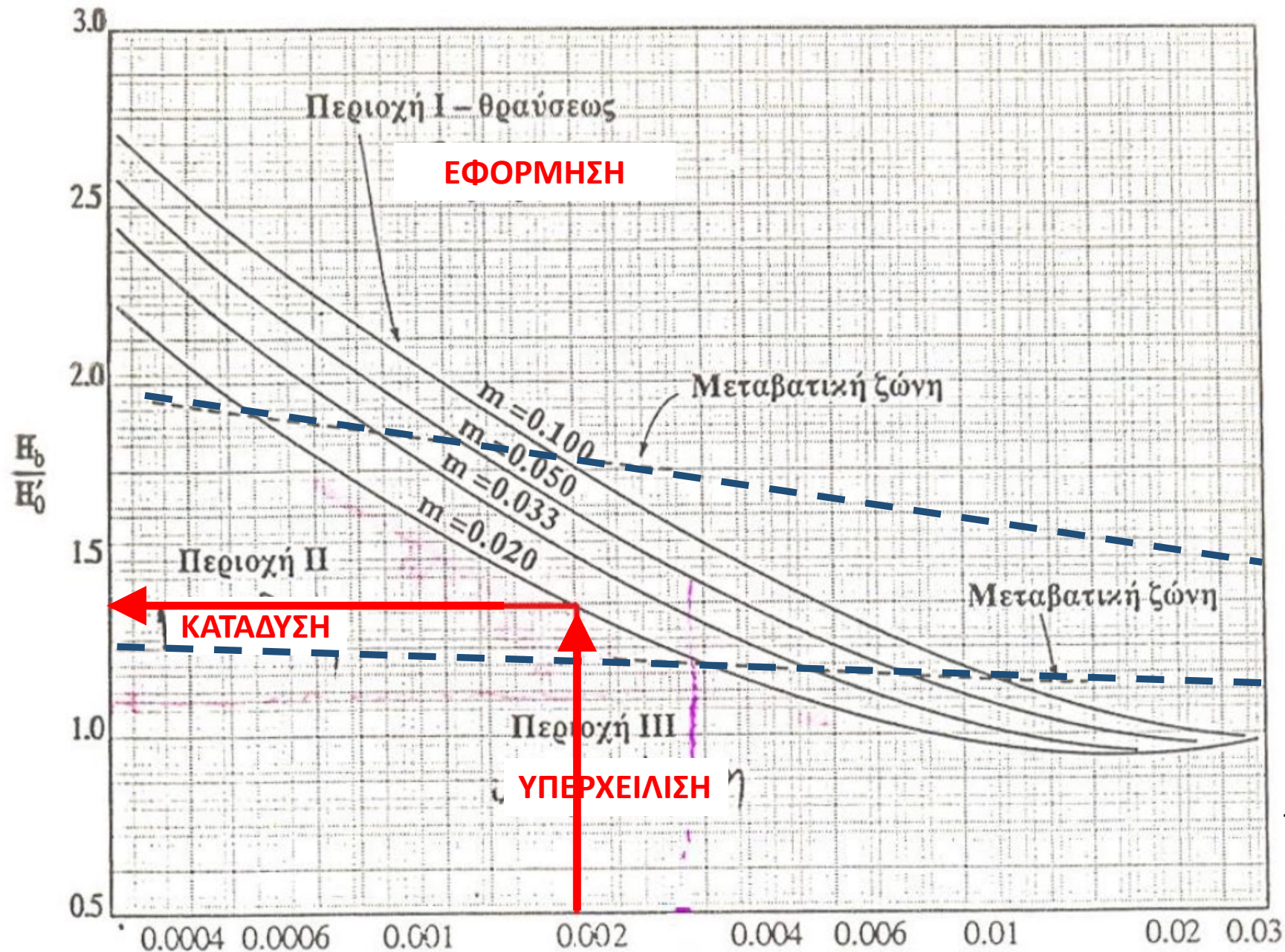
$$0.4 < \xi_b < 2$$

εφορμήσεως
(surging)

$$\xi_0 > 3.3$$

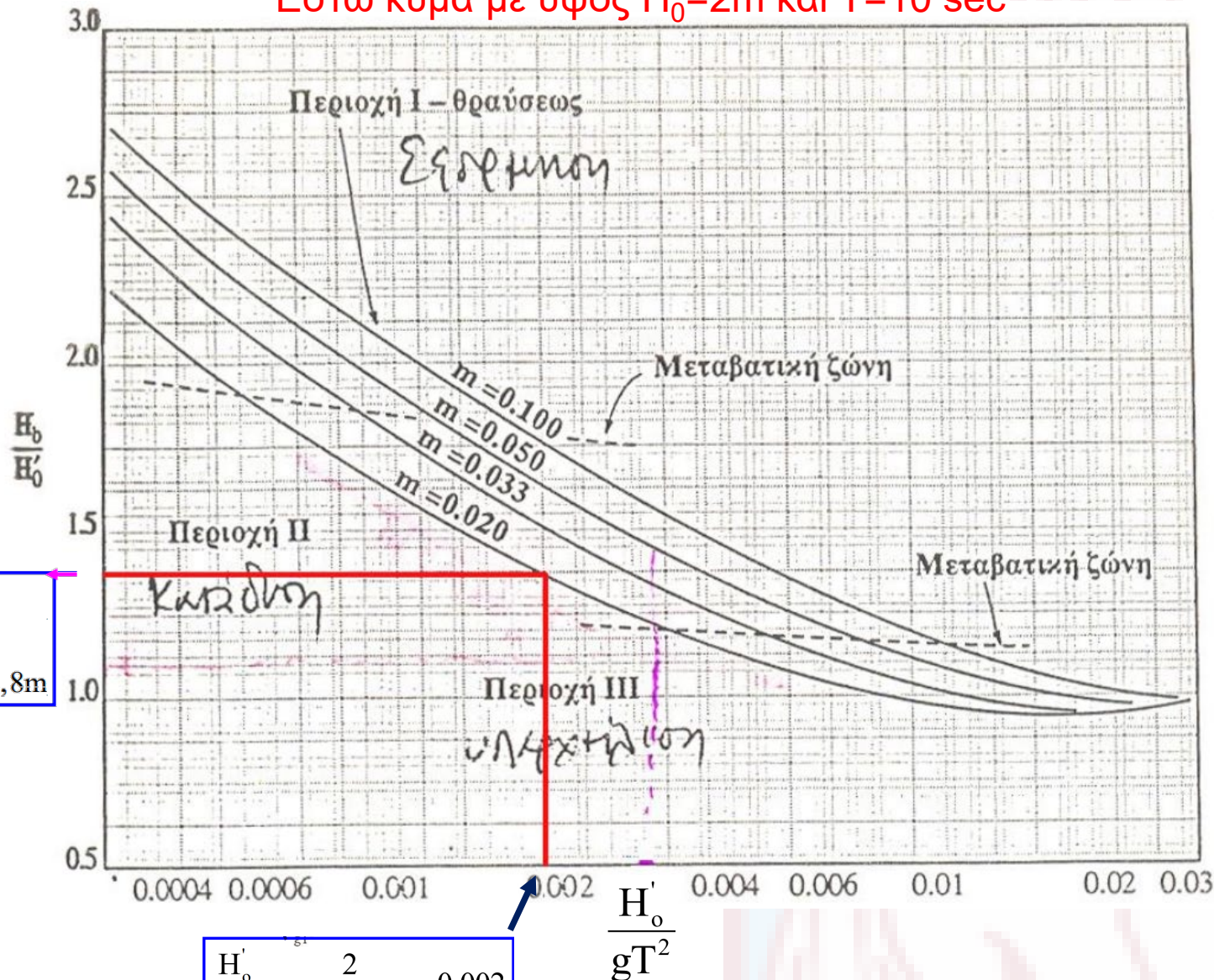
$$\xi_b > 2$$

Υπολογισμός σημείου θραύσης



Υπολογισμός ύψους κύματος στο σημείου θραύσης

Έστω κύμα με ύψος $H_0=2\text{m}$ και $T=10\text{ sec}$

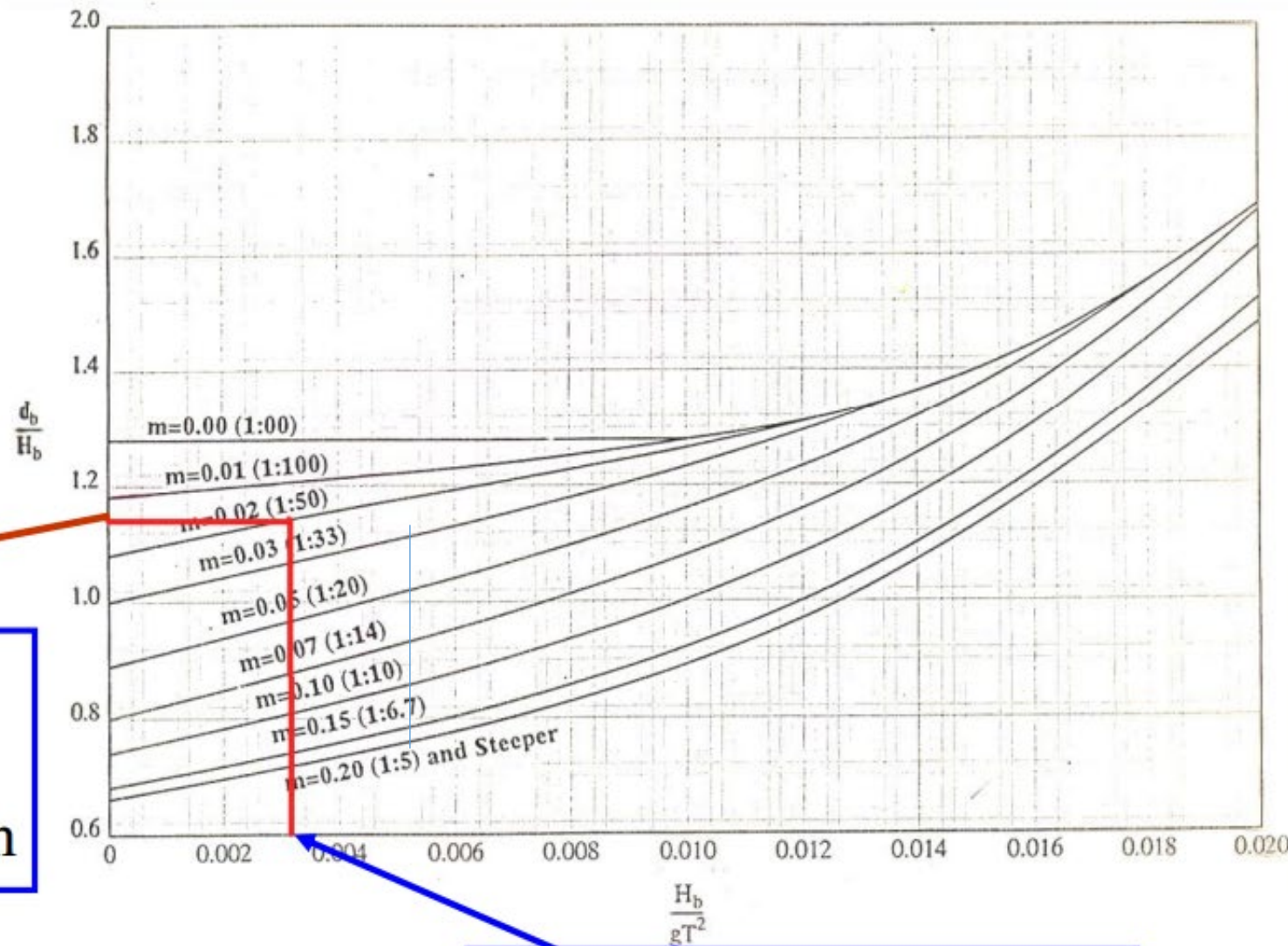


$$\frac{H_b}{H_0} = 1,4 \rightarrow$$

$$H_b = 1,4 \times 2,0 = 2,8\text{m}$$

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{2}{9.81 \times 10^2} = 0.002$$

Υπολογισμός βάθους στο σημείο θραύσης



$$\frac{d_b}{H_b} = 1,15$$
$$\rightarrow d_b = 2,8 \times 1,15 = 3,22\text{m}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{2,8}{9.81 \times 10^2} = 0.0028$$

Βιβλιογραφία

- Holthuijsen L.H., Waves in Oceanic and Coastal Waters, 2007, Cambridge University Press
- Kamphuis J.W., Introduction to Coastal Engineering and Management, 2000, Advanced series on Ocean Engineering Vol.16, World Scientific Publishing
- Sorensen R.M., Basic Coastal Engineering (3rd Edition), 2006, Springer
- U.S.A.C.E., Coastal Engineering Manual, 2002
- Κουτίτας Χ., 1998, Εισαγωγή στην Παράκτια Τεχνική και τα Λιμενικά Έργα, Εκδόσεις Ζήτη
- «Ακτομηχανική και λιμενικά έργα. Διαμόρφωση Κυματισμών στον Παράκτιο Χώρο-Περίθλαση κυματισμών». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS425/>
- «Παράκτια Ωκεανογραφία. Θραύση και αναρρίχηση κυματισμών». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS318/>