

# CORSO DI REGIME E PROTEZIONE DEI LITORALI



## Esercitazione Trasformazione delle onde

# Esercizio n. 1

Un'onda di altezza al largo  $H_0 = 2$  m e periodo  $T = 10$  sec si propaga verso una spiaggia con pendenza  $m$  1:100. Assumendo di aver effettuato l'analisi di rifrazione e di aver ottenuto un  $K_r = 1.05$  in corrispondenza del punto in cui ci aspetta il frangimento, calcolare l'altezza d'onda e la profondità del fondale in corrispondenza del frangimento incipiente.

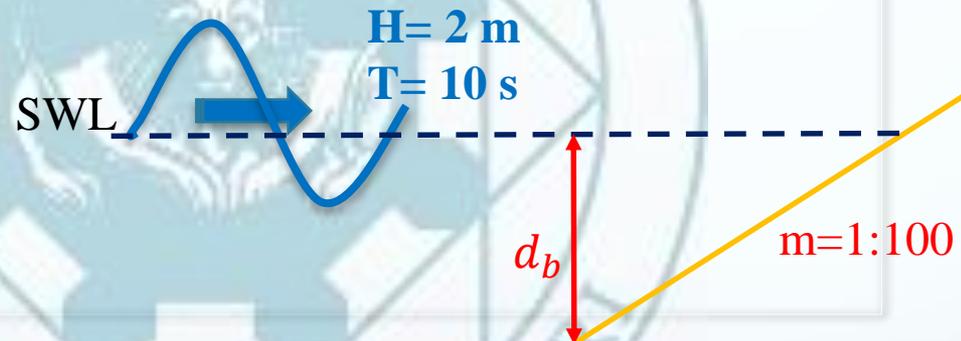
**Coefficiente di frangimento**

$$\Omega_b = H_b / H_0$$

Nota  $\Omega_b \rightarrow H_b = \Omega_b \cdot H_0$

$H_0 = H'_0$  (Altezza d'onda rifratta)

$H'_0 = K_r \cdot H_0 = 1.05 \cdot 2 = 2.1$  m



*Calcolo del coefficiente di frangimento  $\Omega_b$*

Esistono differenti formule empiriche valide sia per onde regolari che per onde irregolari. Per semplicità consideriamo onde regolari.

KOMAR, 1973

$$\Omega_b = 0.56 \cdot \left( \frac{H'_0}{L_0} \right)^{-\frac{1}{5}} = 1.3$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 156$$
 m

## Esercizio n. 2

Un'onda di altezza al largo  $H_0 = 2$  m e periodo  $T = 10$  sec si propaga verso una spiaggia con pendenza  $m$  1:100. Assumendo di aver effettuato l'analisi di rifrazione e di aver ottenuto un  $K_r = 1.05$  in corrispondenza del punto in cui ci aspetta il frangimento, calcolare l'altezza d'onda e la profondità del fondale in corrispondenza del frangimento incipiente.

*Calcolo di  $H_b$*

$$H_b = H'_0 \cdot \Omega_b = 2.1 \cdot 1.3 = 2.7 \text{ m}$$

*Calcolo di  $d_b$*

**Indice di frangimento**  $\gamma_b = H_b/d_b$

*Calcolo del coeff.  $\gamma_b$*

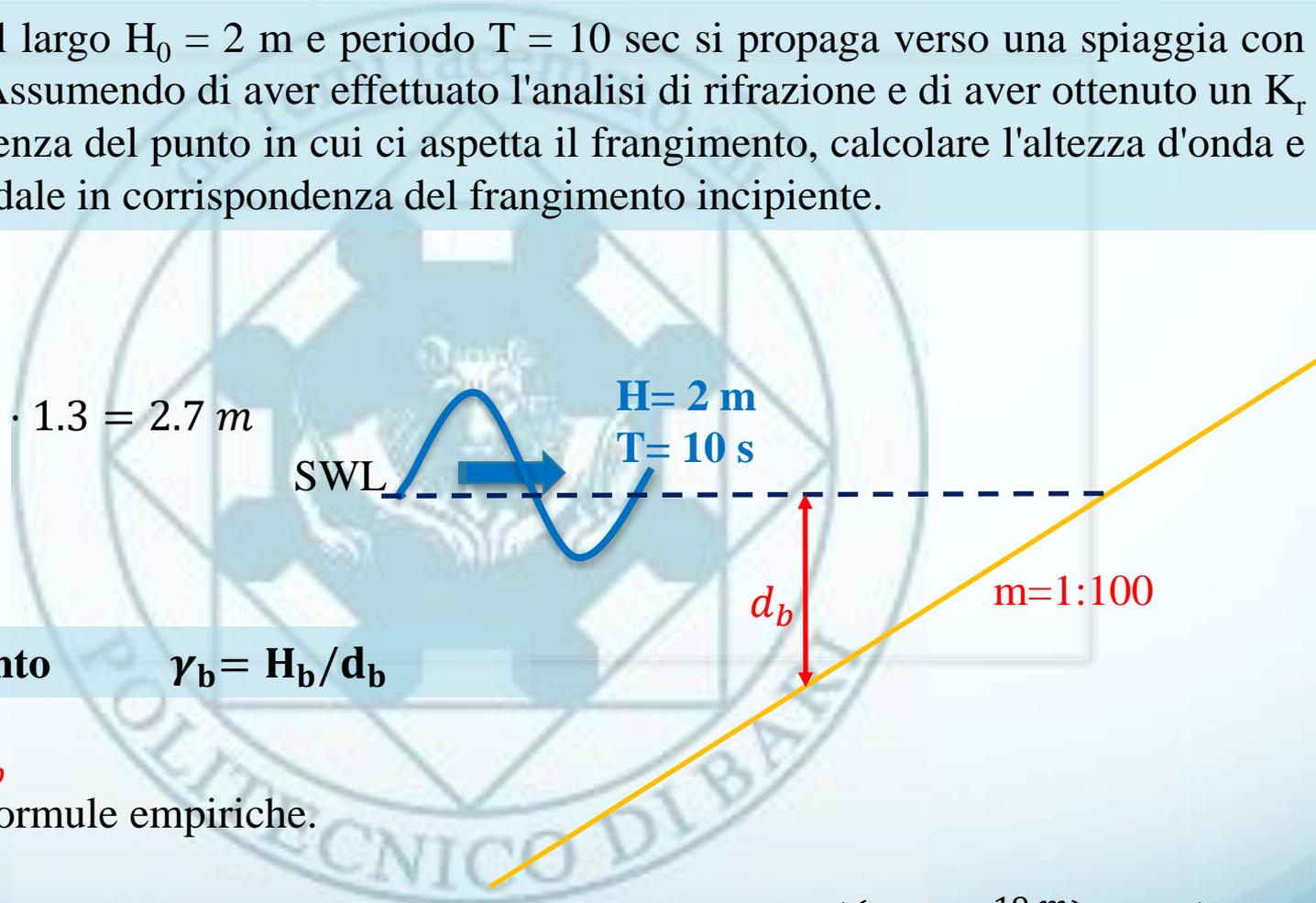
Esistono differenti formule empiriche.

WEGGEL, 1972

$$\gamma_b = b - a \cdot \frac{H_b}{gT^2} = 0.84$$

$$a = 43.75(1 - e^{-19 \cdot m}) = 7.58$$

$$b = \frac{1.56}{1 + e^{-19.5 \cdot m}} = 0.86$$



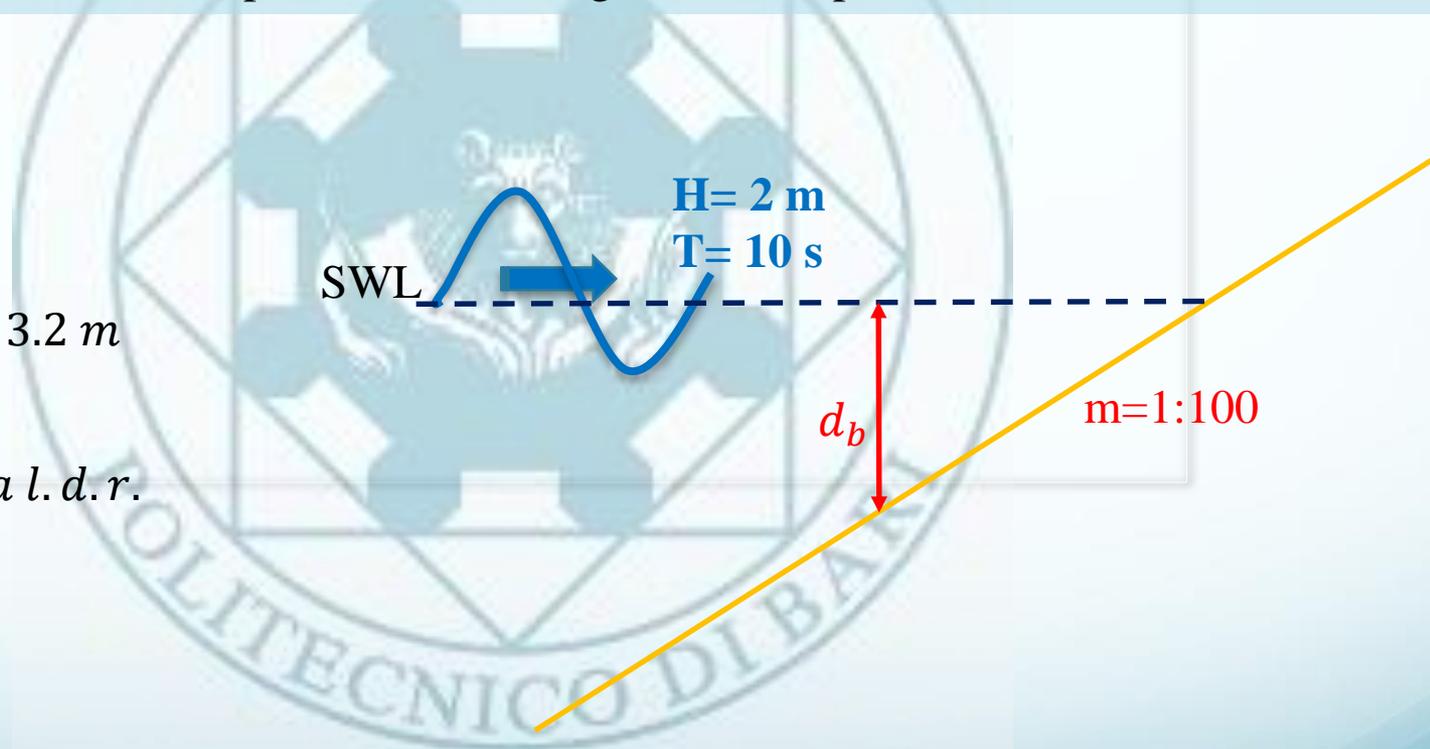
## Esercizio n. 2

Un'onda di altezza al largo  $H_0 = 2$  m e periodo  $T = 10$  sec si propaga verso una spiaggia con pendenza  $m$  1:100. Assumendo di aver effettuato l'analisi di rifrazione e di aver ottenuto un  $K_r = 1.05$  in corrispondenza del punto in cui ci aspetta il frangimento, calcolare l'altezza d'onda e la profondità del fondale in corrispondenza del frangimento incipiente.

*Calcolo di  $d_b$*

$$d_b = \frac{H_b}{\gamma_b} = \frac{2.7}{0.84} = 3.2 \text{ m}$$

$$\frac{3.2}{0.01} = 320 \text{ m dalla l. d. r.}$$



Nota la profondità al frangimento, si può calcolare il nuovo coefficiente di rifrazione e ripetere il procedimento, calcolando i nuovi valori di altezza d'onda e profondità al frangimento

## Esercizio n. 2

Un'onda di altezza al largo  $H_0 = 2$  m e periodo  $T = 10$  sec si propaga verso una spiaggia con pendenza  $m$  1:100. Assumendo di aver effettuato l'analisi di rifrazione e di aver ottenuto un  $K_r = 1.05$  in corrispondenza del punto in cui ci aspetta il frangimento, calcolare l'altezza d'onda e la profondità del fondale in corrispondenza del frangimento incipiente.

Tipologia di frangimento	$H/L_0$	$\gamma$	$\xi_0$	$\xi_b$
SPILLING	<0.06	0.08	<0.5	<0.4
PLUNGING	<0.03	1	0.5÷3.3	0.4÷2
SURGING	<0.009	1.2÷1.3	>3.3	>2

$$\xi = \frac{m}{\sqrt{(H_0/L_0)}} = 0.08 \quad \text{SPILLING}$$

## Esercizio n. 3

Determinare i tipi di frangimento sottocosta per le seguenti onde aventi determinate caratteristiche:

- onda 1:  $H_{b1}$  (altezza d'onda al frangimento) = 0.4 m,  $T_1$  (periodo d'onda) = 5.1 s e  $\alpha_1$  (pendenza media sottocosta della spiaggia) =  $20^\circ$ ;
- onda 2:  $H_{b2} = 3.2$  m,  $T_2 = 3.7$  s e  $\alpha_2 = 10^\circ$ ;
- onda 3:  $H_{b3} = 2.2$  m,  $T_3 = 6.2$  s e  $\alpha_3 = 15^\circ$ .

**Parametro di frangimento,  $\xi$** , (caratterizza il tipo di frangimento sottocosta dell'onda su di una spiaggia con pendenza media  $\alpha$ )

$$\xi b = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_b}{L_0}}}$$

Al fine di determinare il valore di  $\xi$ , occorre preliminarmente determinare la lunghezza d'onda al largo (ovvero nella condizione di acque profonde),  $L_0$ :

## Esercizio n. 3

Determinare i tipi di frangimento sottocosta per le seguenti onde aventi determinate caratteristiche:

- onda 1:  $H_{b1}$  (altezza d'onda al frangimento) = 0.4 m,  $T_1$  (periodo d'onda) = 5.1 s e  $\alpha_1$  (pendenza media sottocosta della spiaggia) =  $20^\circ$ ;
- onda 2:  $H_{b2} = 3.2$  m,  $T_2 = 3.7$  s e  $\alpha_2 = 10^\circ$ ;
- onda 3:  $H_{b3} = 2.2$  m,  $T_3 = 6.2$  s e  $\alpha_3 = 15^\circ$ .

**Parametro di frangimento,  $\xi$** , (caratterizza il tipo di frangimento sottocosta dell'onda su di una spiaggia con pendenza media  $\alpha$ )

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_b}{L_0}}}$$

$L_{01} = 40.6$  m,  $L_{02} = 21.4$  m e  $L_{03} = 60.1$  m

$\xi_1 = 3.66$ , che comporta un frangimento di tipo *surging*, essendo  $\xi > 3.3$ ;

$\xi_1 = 0.46$ , che comporta un frangimento di tipo *spilling*, essendo  $\xi < 0.5$ ;

$\xi_1 = 1.40$ , che comporta un frangimento di tipo *plunging*, essendo  $0.5 < \xi < 3.3$ ;

## Esercizio n. 4

Un'onda di altezza al largo  $H_0 = 2$  m e periodo  $T = 10$  sec si propaga verso una spiaggia con pendenza  $m$  1:20. Assumendo di aver effettuato l'analisi di rifrazione e di aver ottenuto un  $K_r = 1.05$  in corrispondenza del punto in cui ci aspetta il frangimento, calcolare l'altezza d'onda e la profondità del fondale in corrispondenza del frangimento incipiente.

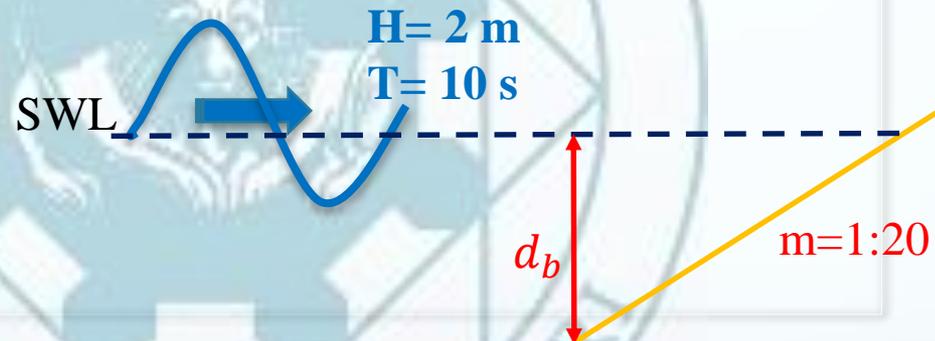
**Coefficiente di frangimento**

$$\Omega_b = H_b / H_0$$

Nota  $\Omega_b \rightarrow H_b = \Omega_b \cdot H_0$

$H_0 = H'_0$  (Altezza d'onda rifratta)

$H'_0 = K_r \cdot H_0 = 1.05 \cdot 2 = 2.1$  m



*Calcolo del coeff.  $\Omega_b$*

GODA, 1970

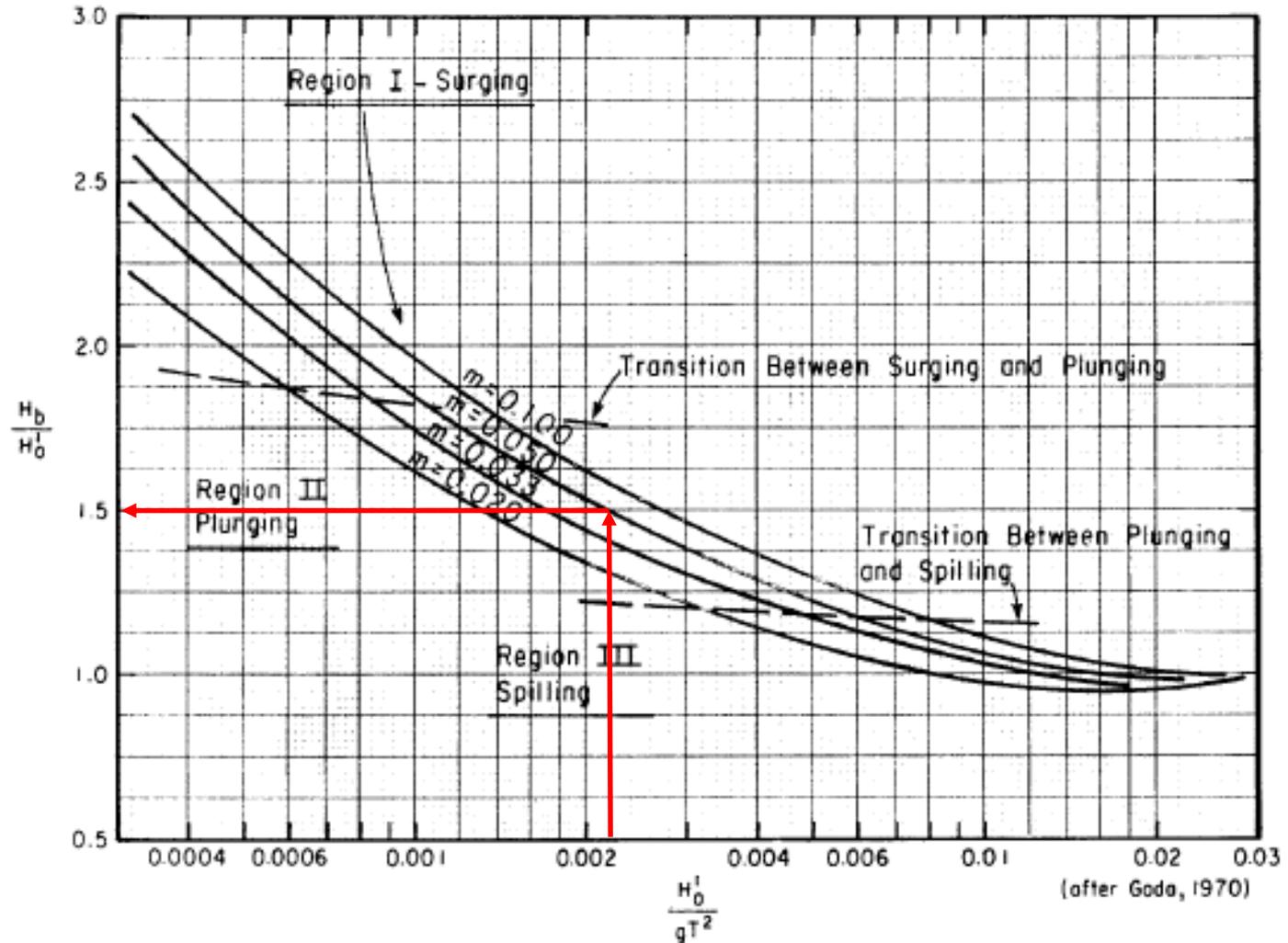
$$\frac{H'_0}{gT^2} = 0.00214 \rightarrow \frac{H_b}{H'_0} = 1.5$$

*Calcolo di  $H_b$*

$$H_b = 2.1 \cdot 1.5 = 3.15$$
 m

# Esercizio n. 4

GODA, 1970



## Esercizio n. 4

Un'onda di altezza al largo  $H_0 = 2$  m e periodo  $T = 10$  sec si propaga verso una spiaggia con pendenza  $m$  1:20. Assumendo di aver effettuato l'analisi di rifrazione e di aver ottenuto un  $K_r = 1.05$  in corrispondenza del punto in cui ci aspetta il frangimento, calcolare l'altezza d'onda e la profondità del fondale in corrispondenza del frangimento incipiente.

*Calcolo  $d_b$*

**Indice di frangimento**

$$\gamma_b = H_b / d_b$$

*Calcolo del coeff.  $\gamma_b$*

Esistono differenti formule empiriche.

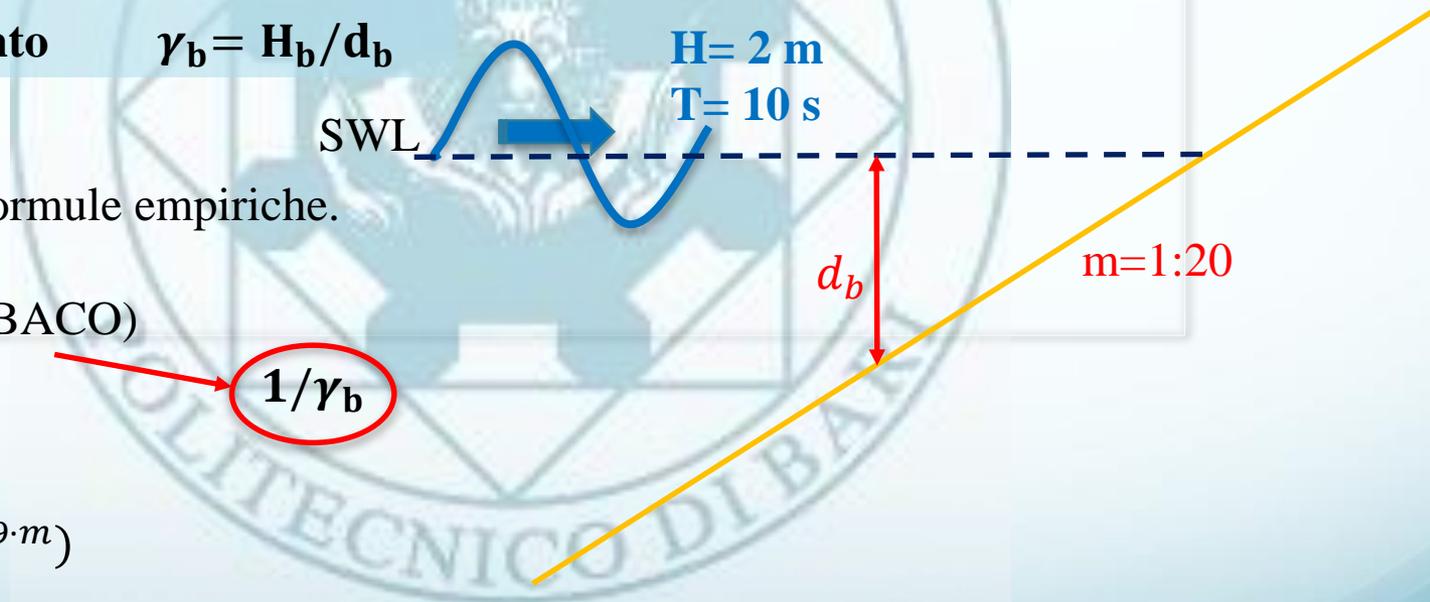
WEGGEL, 1972 (ABACO)

$$\gamma_b = b - a \cdot \frac{H_b}{gT^2}$$

$$a = 43.75(1 - e^{-19 \cdot m})$$

$$b = \frac{1.56}{1 + e^{-19.5 \cdot m}}$$

$1/\gamma_b$



## Esercizio n. 4

WEGGEL, 1972

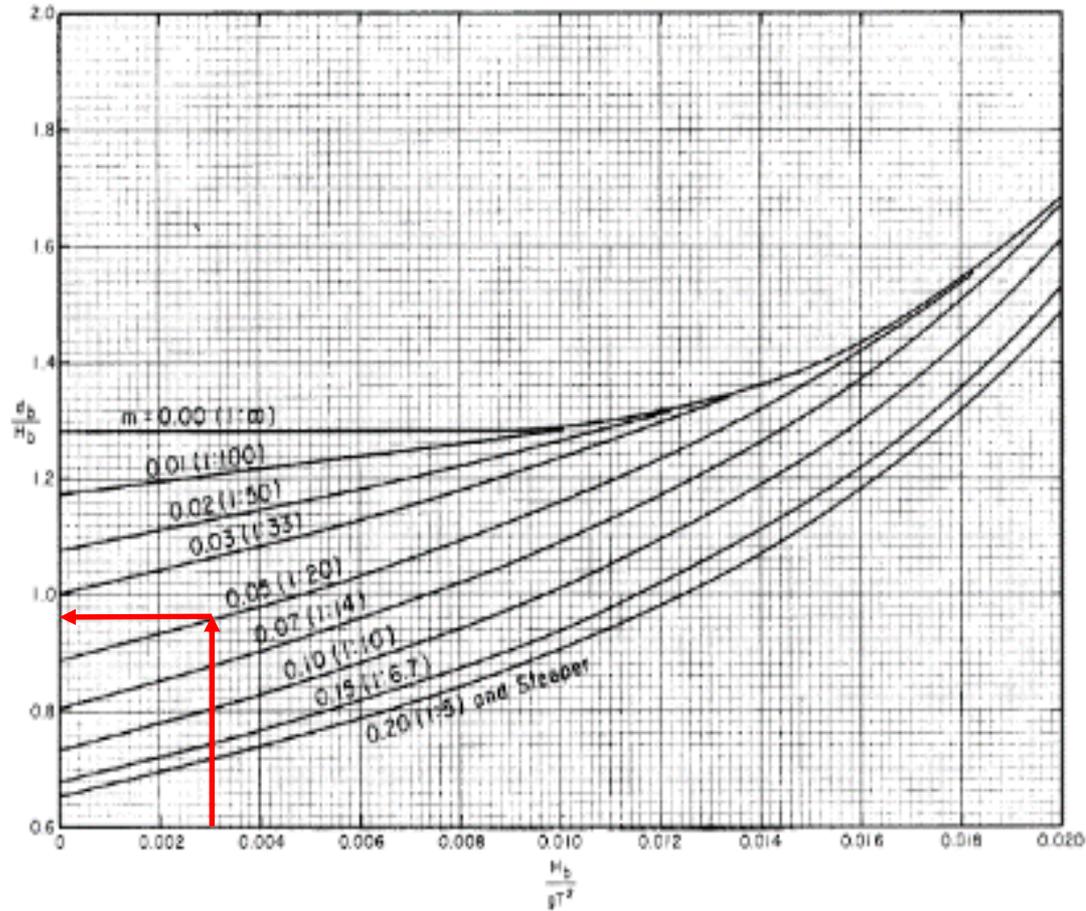


Figure 2-73. Dimensionless depth at breaking versus breaker steepness.

$$\frac{H_b}{gT^2} = 0.00321 \rightarrow \frac{d_b}{H_b} = 0.96$$

$$d_b = \gamma_b \cdot H_b = 3.15 \cdot 0.96 = 3.02 \text{ m}$$

$$\frac{3.02}{0.05} = 60.4 \text{ m dalla l. d. r.}$$

## Esercizio n. 4

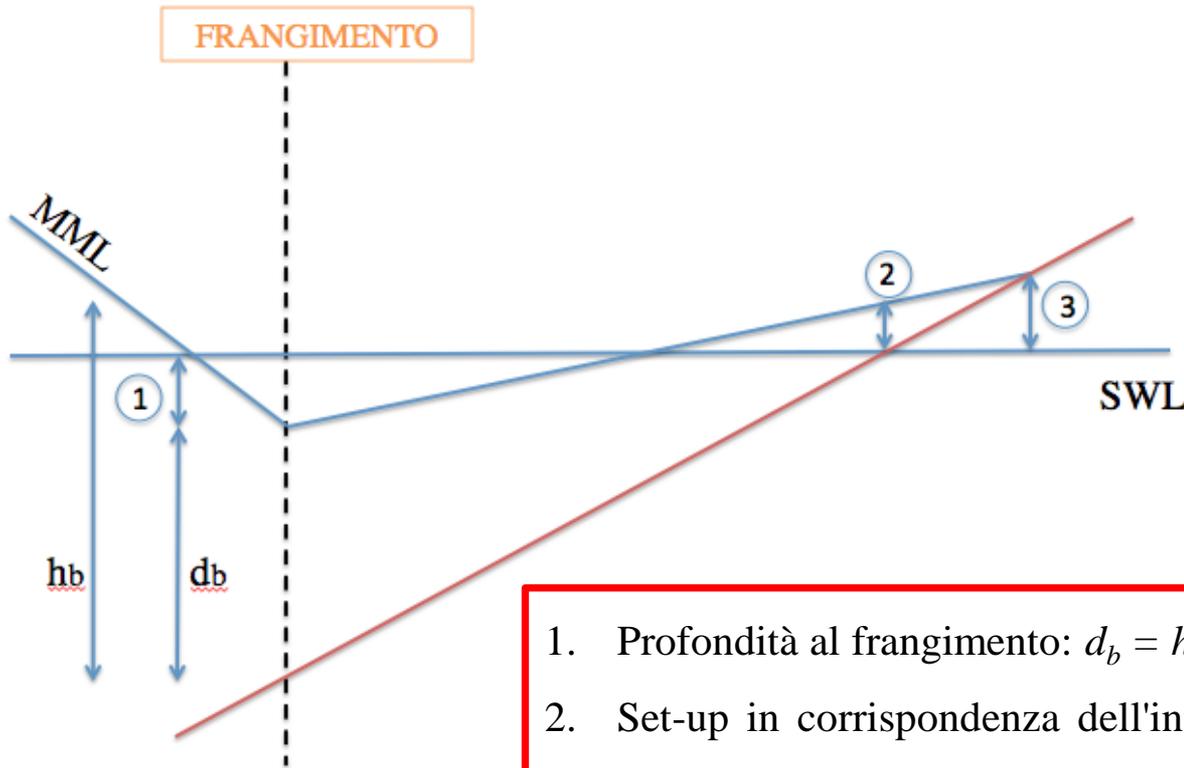
Un'onda di altezza al largo  $H_0 = 2$  m e periodo  $T = 10$  sec si propaga verso una spiaggia con pendenza  $m$  1:20. Assumendo di aver effettuato l'analisi di rifrazione e di aver ottenuto un  $K_r = 1.05$  in corrispondenza del punto in cui ci aspetta il frangimento, calcolare l'altezza d'onda e la profondità del fondale in corrispondenza del frangimento incipiente.

Tipologia di frangimento	$H/L_0$	$\gamma$	$\xi_0$	$\xi_b$
SPILLING	<0.06	0.08	<0.5	<0.4
PLUNGING	<0.03	1	0.5÷3.3	0.4÷2
SURGING	<0.009	1.2÷1.3	>3.3	>2

$$\xi = \frac{m}{\sqrt{(H_0/L_0)}} = 0.43 \quad \text{SPILLING}$$

## Esercizio n. 5

Si consideri una spiaggia con pendenza 1:100. Sulla spiaggia arriva un'onda incidente (perpendicolarmente alla linea di riva) con altezza al largo  $H_0=2$  m e periodo  $T=10$  s. Determinare il valor del set-up lungo la surf zone.



1. Profondità al frangimento:  $d_b = h_b + (-\eta_b)$
2. Set-up in corrispondenza dell'intersezione dello SWL con il profilo di spiaggia (l.d.r.):  $\eta_s$
3. Set up max  $\eta_{\max}$

## Esercizio n. 5

Si consideri una spiaggia con pendenza 1:100. Sulla spiaggia arriva un'onda incidente (perpendicolarmente alla linea di riva) con altezza al largo  $H_0=2$  m e periodo  $T=10$  s. Determinare il valor del set-up lungo la surf zone.

1)

Per determinare il set-down al frangimento  $\eta_b$ , si utilizza la formula di **Longuet-Higgins and Stewart, 1963**:

$$\eta_m = -\frac{1}{8} H^2 \cdot \frac{2\pi}{L} / \sinh \frac{4\pi d}{L}$$

valida per la teoria lineare con onde incidenti perpendicolari alla l.d.r., a monte della zona dei frangenti.

Considerando che:  $H = H_b = d_b \cdot \gamma_b$   $\sinh \frac{4\pi d}{L} \approx \frac{4\pi d}{L}$

$$\eta_b = -\frac{1}{8} \gamma_b^2 d_b^2 \cdot \frac{\frac{2\pi}{L}}{\frac{4\pi d_b}{L}} = -\frac{1}{16} d_b \gamma_b^2$$

$$\gamma_b = 0.84 \Rightarrow d_b = 3.2 \text{ m (Es. 3)}$$



$$\eta_b = -0.14 \text{ m}$$

(NB. Il massimo abbassamento del livello del mare, set-down, si verifica vicino alla sezione di frangimento dell'onda)

## Esercizio n. 5

Si consideri una spiaggia con pendenza 1:100. Sulla spiaggia arriva un'onda incidente (perpendicolarmente alla linea di riva) con altezza al largo  $H_0=2$  m e periodo  $T=10$  s. Determinare il valor del set-up lungo la surf zone.

2)

Lungo la surf-zone, dal punto di frangimento alla l.d.r., il set-up tende ad aumentare. Assumendo valida la teoria lineare

$$F_{xx} = \frac{3}{16} \rho g H^2$$

il gradiente è dato dalla seguente equazione:

$$\frac{d\eta_m}{dx} = -\frac{3}{16} \cdot \frac{1}{d + \eta_m} d(H^2)/dx$$

Combinando tale equazione con l'equazione di Longuet-Higgins and Stewart, si ottiene l'espressione del set-up  $\eta_s$  in corrispondenza della l.d.r.:

$$\eta_s = \eta_b + \left( \frac{1}{1 + \frac{8}{3\gamma_b^2}} \right) \cdot d_b = 0.56 \text{ m}$$

## Esercizio n. 5

Si consideri una spiaggia con pendenza 1:100. Sulla spiaggia arriva un'onda incidente (perpendicolarmente alla linea di riva) con altezza al largo  $H_0=2$  m e periodo  $T=10$  s. Determinare il valor del set-up lungo la surf zone.

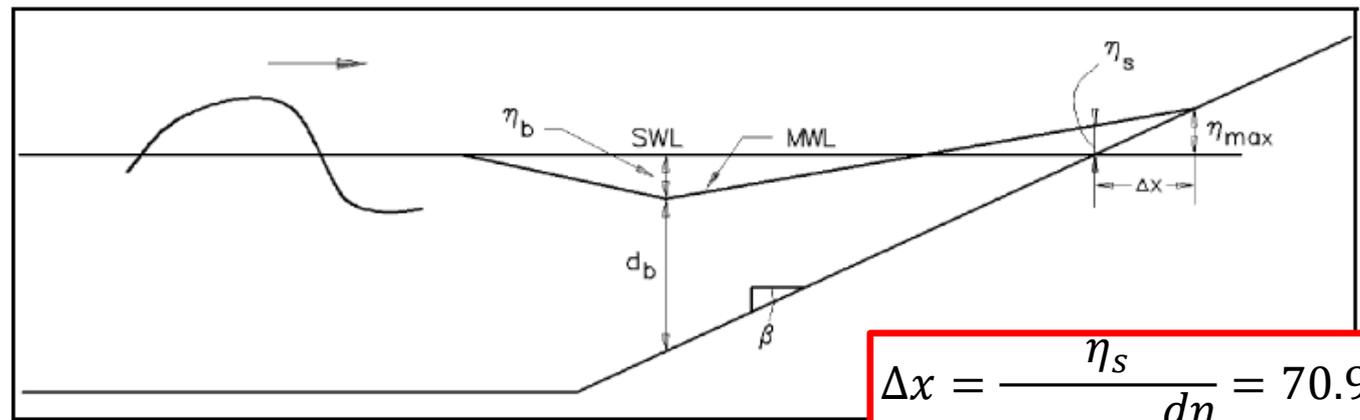
3)  
Determinazione del set-up massimo sulla spiaggia

Il gradiente del set-up lungo la surf zone può essere espresso dalla seguente equazione:

$$\frac{d\eta_m}{dx} = \left( \frac{1}{1 + \frac{8}{3\gamma_b^2}} \right) \cdot \tan\beta = 0.0021 \text{ m/m}$$

Per calcolare il set-up massimo e la posizione media della l.d.r., è necessario conoscere il punto di intersezione tra il set-up e il profilo della spiaggia.

Questo può essere effettuato attraverso un'analisi di iterazione.



$$\Delta x = \frac{\eta_s}{\tan\beta - \frac{d\eta}{dx}} = 70.9 \text{ m}$$

## Esercizio n. 5

Si consideri una spiaggia con pendenza 1:100. Sulla spiaggia arriva un'onda incidente (perpendicolarmente alla linea di riva) con altezza al largo  $H_0=2$  m e periodo  $T=10$  s. Determinare il valor del set-up lungo la surf zone.

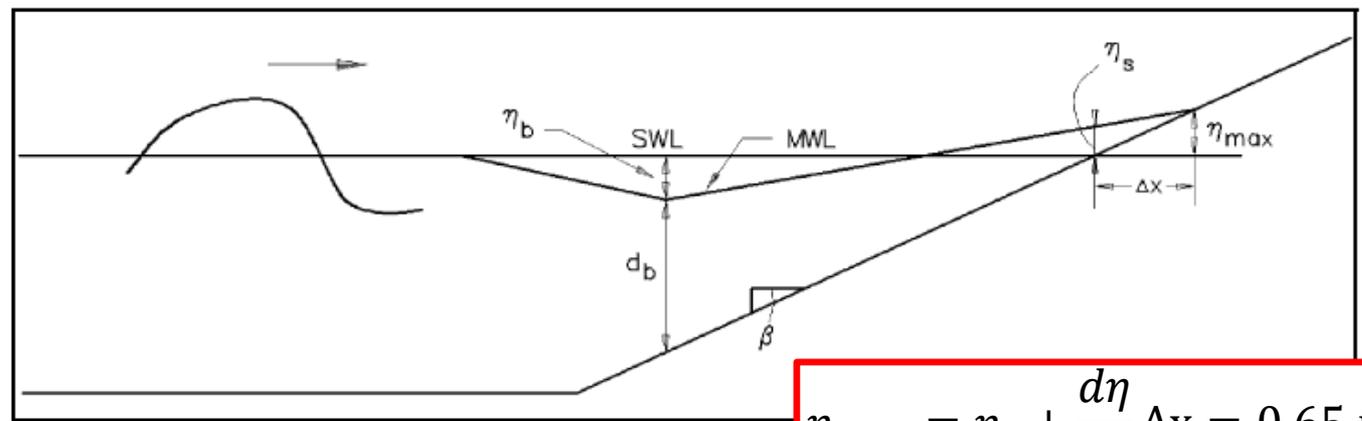
3)  
Determinazione del set-up massimo sulla spiaggia

Il gradiente del set-up lungo la surf zone può essere espresso dalla seguente equazione:

$$\frac{d\eta_m}{dx} = \left( \frac{1}{1 + \frac{8}{3\gamma_b^2}} \right) \cdot \tan\beta = 0.0021 \text{ m/m}$$

Per calcolare il set-up massimo e la posizione media della l.d.r., è necessario conoscere il punto di intersezione tra il set-up e il profilo della spiaggia.

Questo può essere effettuato attraverso un'analisi di iterazione.



$$\eta_{max} = \eta_s + \frac{d\eta}{dx} \Delta x = 0.65 \text{ m}$$

## Esercizio n.6

Una spiaggia con pendenza 1:80, viene investita da onde caratterizzate da un'altezza al largo  $H_0$  pari a 4 m e periodo  $T$  uguale a 9 s. Trovare i valori del run-up massimo e significativo.

**MASE, 1989**

$$\frac{R_{2\%}}{H_0} = 1.86 \cdot \xi^{0.71}$$

**$R_{2\%}$**  = valore di run-up superato dal 2% delle onde in arrivo sulla costa.

$$\frac{R_{1/10}}{H_0} = 1.70 \cdot \xi^{0.71}$$

**$R_{1/10}$**  = valore di run-up corrispondente alla media di 1/10 delle altezze d'onda in arrivo sulla costa.

$$\frac{R_{1/3}}{H_0} = 1.38 \cdot \xi^{0.70}$$

**$R_{1/3}$**  = valore di run-up corrispondente alla media di 1/3 delle altezze d'onda in arrivo sulla costa.

$$\frac{R_{medio}}{H_0} = 0.88 \cdot \xi^{0.69}$$

**$R_{medio}$**  = valore di run-up corrispondente alla media di tutte le altezze d'onda in arrivo sulla costa.

$$R_{max} = 2.32 \cdot H_0 \cdot \xi_0^{0.77}$$

## Esercizio n. 6

Una spiaggia con pendenza 1:80, viene investita da onde caratterizzate da un'altezza al largo  $H_0$  pari a 4 m e periodo  $T$  uguale a 9 s. Trovare i valori del run-up massimo e significativo.

**MASE, 1989**

$$\frac{R_{2\%}}{H_0} = 1.86 \cdot \xi^{0.71}$$

$$\frac{R_{1/10}}{H_0} = 1.70 \cdot \xi^{0.71}$$

$$\frac{R_{1/3}}{H_0} = 1.38 \cdot \xi^{0.70} = 0.86 \text{ m}$$

$$\frac{R_{medio}}{H_0} = 0.88 \cdot \xi^{0.69}$$

$$R_{max} = 2.32 \cdot H_0 \cdot \xi_0^{0.77} = 1.2 \text{ m}$$

$$L_0 = 126 \text{ m}$$

$$\xi_0 = 0.07$$