

Chương 5: DIỄN BIẾN BỜ BIỂN THEO PHƯƠNG NGANG

1. Hình dạng và các tương quan hình dạng
2. MCN bãi biển cân bằng & VCBC ngang bờ
3. Tương tác sóng, MN tới hình dạng MCN

Phạm vi nghiên cứu

Các nghiên cứu diễn biến bờ biển trong môn học chỉ xem xét trong không gian hai chiều với giả thiết mặt cắt ngang bãi biển có hình dạng đơn giản và vận chuyển bùn cát theo phương ngang là nguyên nhân chính gây ra diễn biến bờ biển.

Bãi biển mùa hè

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



(a)

Pat Abbott

- Bãi biển mùa hè tại Boomer Beach, La Jolla, California.
- Sóng mùa hè nhỏ, sóng gió, chiều dài và chiều cao sóng bé.
- Sóng nhỏ đẩy cát lên bãi biển, bãi biển được bồi tụ.

Bãi biển mùa đông

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

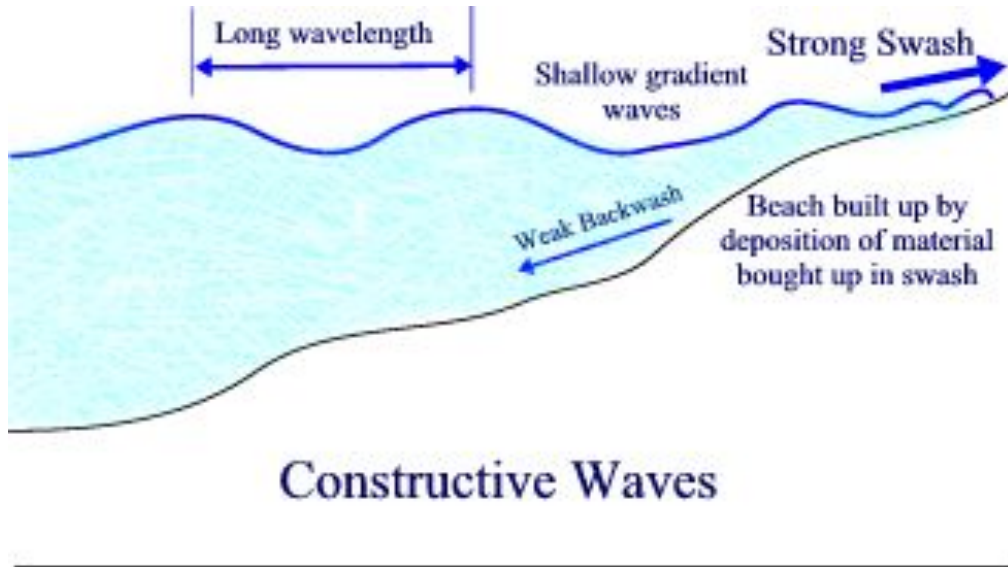


(b)

Pat Abbott

- Sóng bão mùa đông, chiều dài sóng, chiều cao sóng lớn, sóng lừng, năng lượng sóng lớn.
- Sóng đổ kiểu bổ nhào, backwash (sóng rút) mạnh hơn sóng tới, kéo cát trên mặt bãi ra vùng nước sâu

Sóng “thành tạo” bãi biển



- Chiều cao sóng nhỏ
- Bãi biển có độ dốc nhỏ
- Năng lượng sóng “yếu”
- Sóng dồn mạnh, sóng rút yếu, (cát được đưa lên bãi biển nhiều hơn khi sóng dồn)

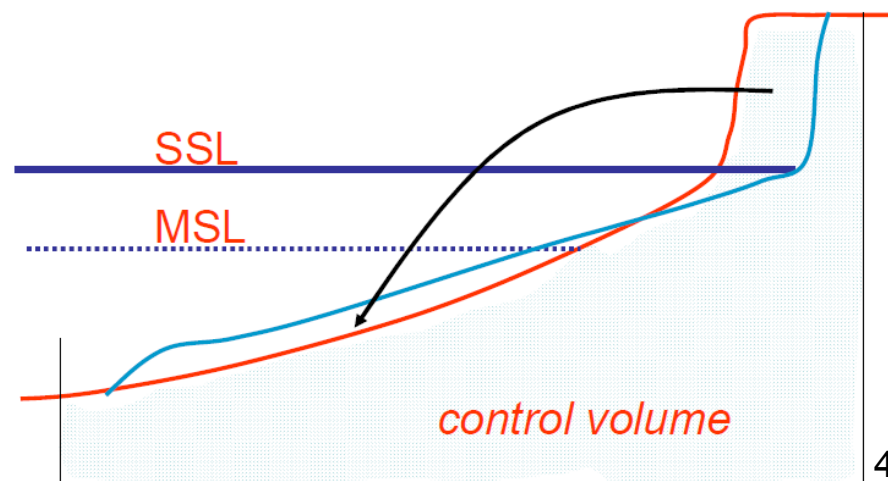
- Chu kỳ sóng: chu kỳ ngắn, < 8 sóng/phút
- Năng lượng sóng nhỏ và chiều cao sóng bé
- Sóng dồn (swash) mạnh, sóng rút (backwash) yếu
- Bùn cát do sóng dồn và thành tạo bãi biển lớn hơn bùn cát bị sóng rút đi → bãi biển được bồi tụ

Sóng “phá hủy” bãi biển



- Chiều cao sóng lớn
- Bãi biển dốc
- Năng lượng lớn
- Sóng dồn yếu, sóng rút nhỏ (bãi biển bị xói lở và suy thoái khi sóng rút kéo bùn cát trên mặt bãi ra biển)

- Năng lượng lớn khi tới bờ biển
- Nhịp độ lớn hơn 8 sóng/phút .
- Sóng có H lớn, hình thành do gió mạnh và đà gió dài
- Sóng dồn yếu nhưng sóng rút mạnh, gây xói lở bờ biển và kéo bùn cát ra ngoài thềm bãi



Hình dạng MCN & Các Tương quan

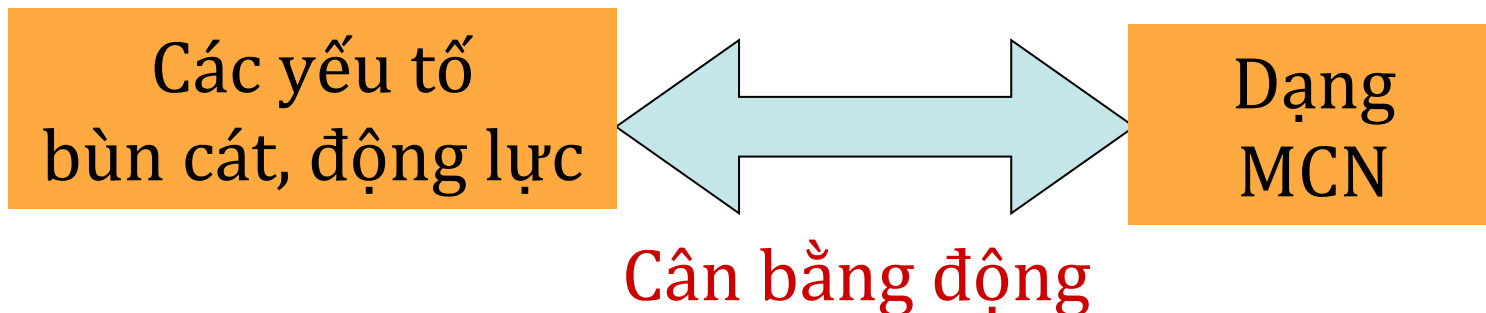


Bờ biển cửa Thuận An (Huế) Cửa sông Đà Rằng (Phú Yên) Cửa Mỹ Á (Quảng Ngãi)

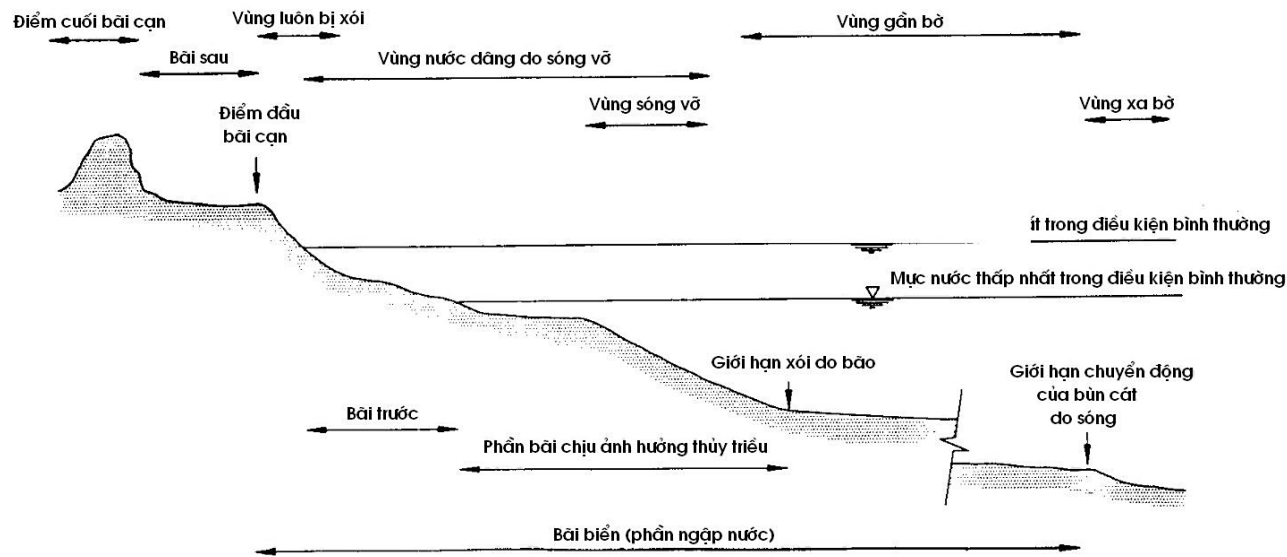
Ứng với những điều kiện nhất định của sóng, mực nước, dòng chảy, thủy triều và bùn cát sẽ tồn tại một hình dạng tương ứng của mặt cắt ngang bãi biển, mặt cắt này được gọi là “mặt cắt ngang ở trạng thái cân bằng”.

Cân bằng tĩnh, cân bằng động

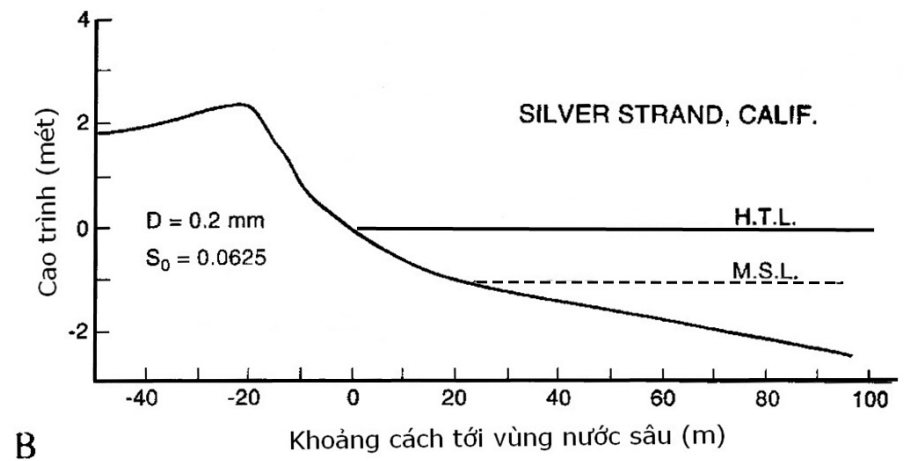
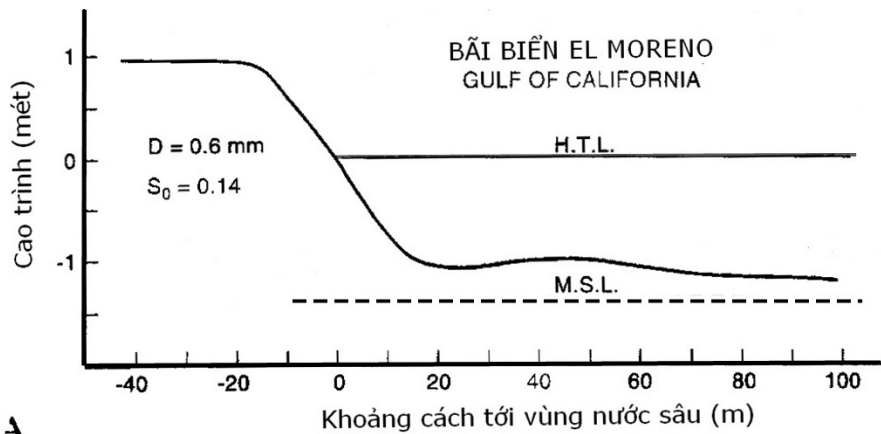
- Cân bằng tĩnh xảy ra khi các điều kiện biên là không đổi cho tới khi MCN đạt tới trạng thái cân bằng (trong phòng thí nghiệm)
- Điều kiện thực tế (cân bằng động), VD biến đổi MCN do bão:
 - Tác dụng của sóng bão đến bãi biển
 - Phản ứng của bãi biển: giảm độ dốc
 - Phân bố lại năng lượng sóng
 - Bãi biển tự điều chỉnh hình dạng cân bằng với năng lượng sóng



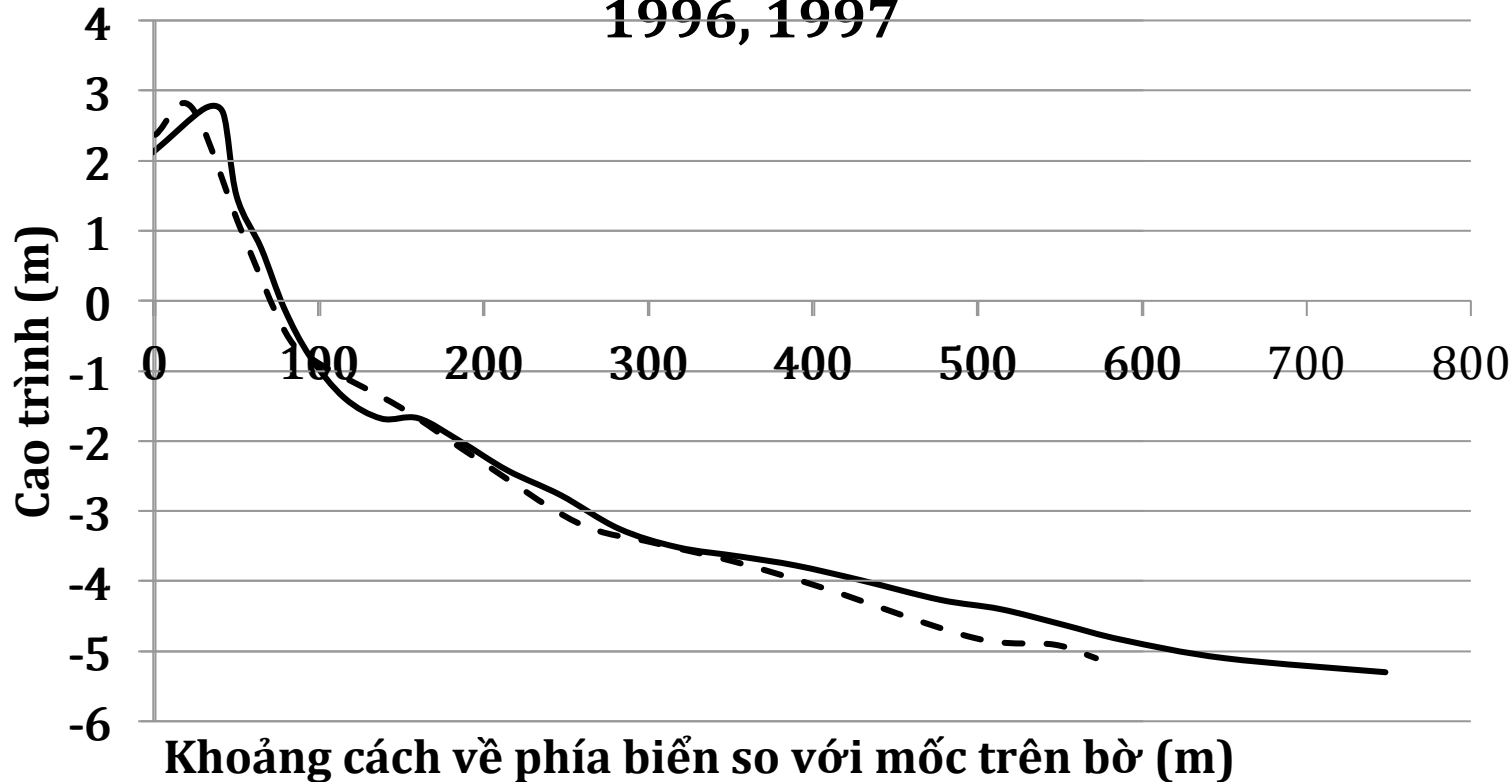
Đặc trưng & Tương quan hình dạng



- Thành phần MCN bãi biển: mặt dốc, thềm bãi, chân bãi. Trên thềm bãi có thể có một hoặc nhiều dải cát ngầm. MCN phức tạp (tồn tại nhiều dạng bãi, thềm bãi, cồn ngầm, v.v.)
- Các tham số ảnh hưởng tới hình dạng của MCN: D_{50} , Sóng, Dòng chảy, Triều và Nước dâng trong bão v.v...
- Hình dạng MCN bãi có quy luật chung: dốc ở sát bờ, độ dốc giảm dần khi h tăng
- Mô hình hóa các dạng MCN bằng biểu thức toán học. Ý nghĩa: nghiên cứu biến đổi động lực, hình thành dòng chảy ven bờ, VCBC, mô hình hóa.



Mặt cắt ngang đại biểu bãi biển Tư Hiền năm 1996, 1997



Mô tả toán học MCN bãi biển

Mô tả toán học mặt cắt ngang bãi biển của Bruun

$$h = A y^n$$

Áp dụng ngoài vùng sóng vỡ trong đó

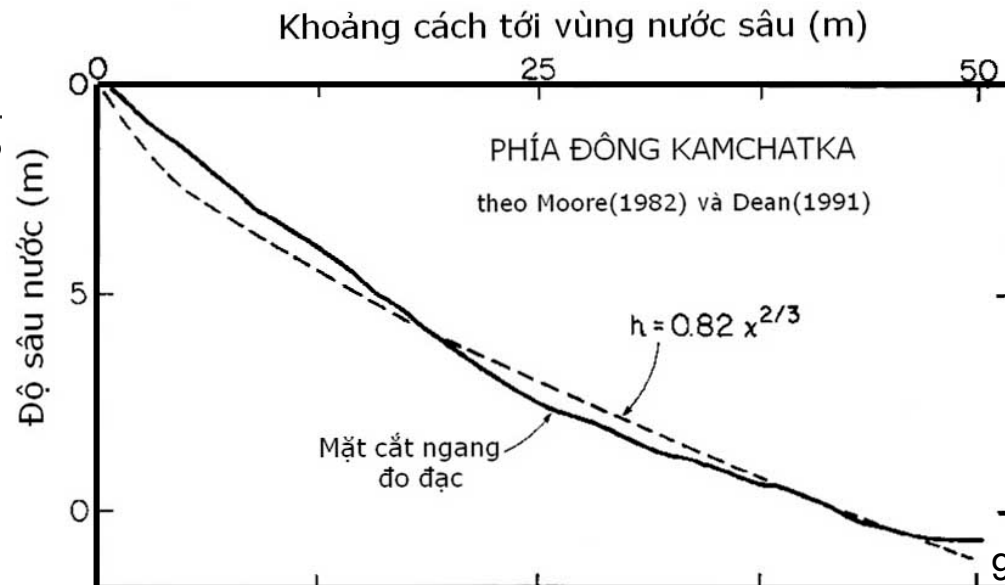
- h là độ sâu nước
- y là khoảng cách từ bờ hướng ra biển
- A là hệ số kinh nghiệm;
- n là hệ số mũ ($n < 1$), cong lõm vào trong bờ

Dean mở rộng cho toàn MCN.

$n = 2/3$ (SL đo 504 MCN ở bờ tây Mỹ và vịnh Mexico)

Dải giá trị của n khá rộng $0.2 < n < 1.2$

Tính chất phản xạ, tiêu tán năng lượng sóng của hình dạng MCN → số mũ n biến đổi



Xác định hệ số A

- Quan hệ giữa A với D và w_s của Moore (1982) và Dean (1987)

$$A = 0.5 w_s^{0.44} \quad (w_s \text{ theo m/s})$$

- Trực tiếp từ tài liệu đo đạc bằng cách logarit hóa biểu thức Dean/ Bruun, VD:

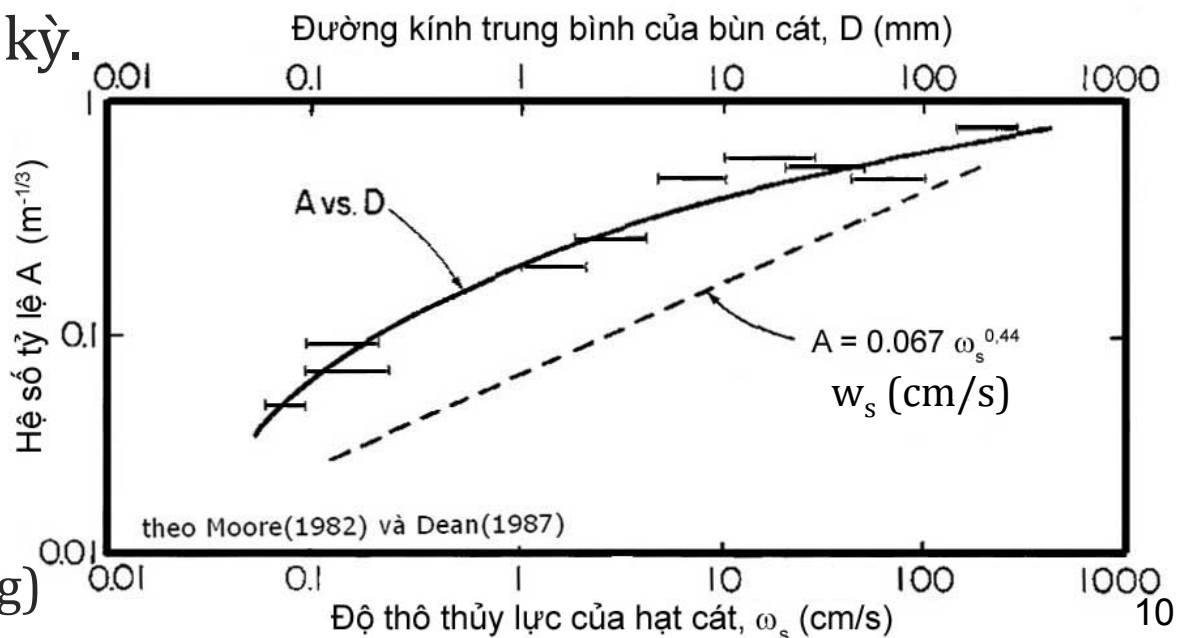
$$A = (1,04 + 0,086 \ln D)^2 \text{ với } 10^{-4} < D < 10^{-3} \text{ m.}$$

- Pruszek (1993): A được qui định bởi các yếu tố địa phương và thay đổi mang tính chu kỳ.

- Biển Baltic:
 $0.05 < A < 0.1 \text{ (m}^{1/3}\text{)}$
chu kỳ = 20-25 năm

- Biển Đen:
 $0.15 < A < 0.25 \text{ (m}^{1/3}\text{)}$
chu kì năm

- $A = f(D_{50}, \text{ trạng thái sóng})$



Bảng quan hệ $A = f(D)$

Summary of Recommended A Values (Units of A Parameter are $m^{1/3}$)

D(mm)	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.1	0.063	0.0672	0.0714	0.0756	0.0798	0.084	0.0872	0.0904	0.0936	0.0968
0.2	0.100	0.103	0.106	0.109	0.112	0.115	0.117	0.119	0.121	0.123
0.3	0.125	0.127	0.129	0.131	0.133	0.135	0.137	0.139	0.141	0.143
0.4	0.145	0.1466	0.1482	0.1498	0.1514	0.153	0.1546	0.1562	0.1578	0.1594
0.5	0.161	0.1622	0.1634	0.1646	0.1658	0.167	0.1682	0.1694	0.1706	0.1718
0.6	0.173	0.1742	0.1754	0.1766	0.1778	0.179	0.1802	0.1814	0.1826	0.1838
0.7	0.185	0.1859	0.1868	0.1877	0.1886	0.1895	0.1904	0.1913	0.1922	0.1931
0.8	0.194	0.1948	0.1956	0.1964	0.1972	0.198	0.1988	0.1996	0.2004	0.2012
0.9	0.202	0.2028	0.2036	0.2044	0.2052	0.206	0.2068	0.2076	0.2084	0.2092
1.0	0.210	0.2108	0.2116	0.2124	0.2132	0.2140	0.2148	0.2156	0.2164	0.2172

Notes:

(1) The A values above, some to four places, are not intended to suggest that they are known to that accuracy, but rather are presented for consistency and sensitivity tests of the effects of variation in grain size.

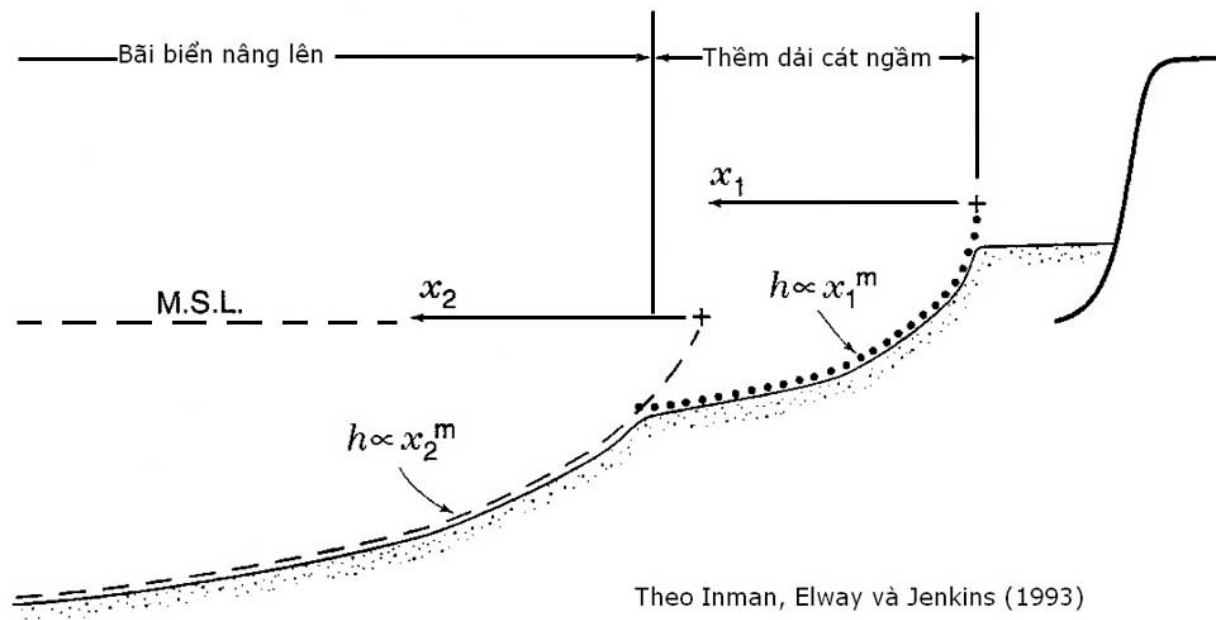
(2) As an example of use of the values in the table, the A value for a median sand size of 0.24 mm is: $A = 0.112 m^{1/3}$. To convert A values to feet^{1/3} units, multiply by $(3.28)^{1/3} = 1.49$.

Mô tả toán học MCN phức tạp

- Hạn chế của biểu thức Dean (còn ngầm trên MCN và các dạng MCN phức hợp khác)
- Phương pháp MCN hỗn hợp của Inman, Elwany, và Jenkins (1993), tổ hợp của các MCN Dean.
- Phạm vi áp dụng (độ dốc gần bờ)

$$S = \frac{dh}{dy} = \frac{2A}{3y^{1/3}}$$

$$S \rightarrow \infty \text{ khi } y \rightarrow 0.$$



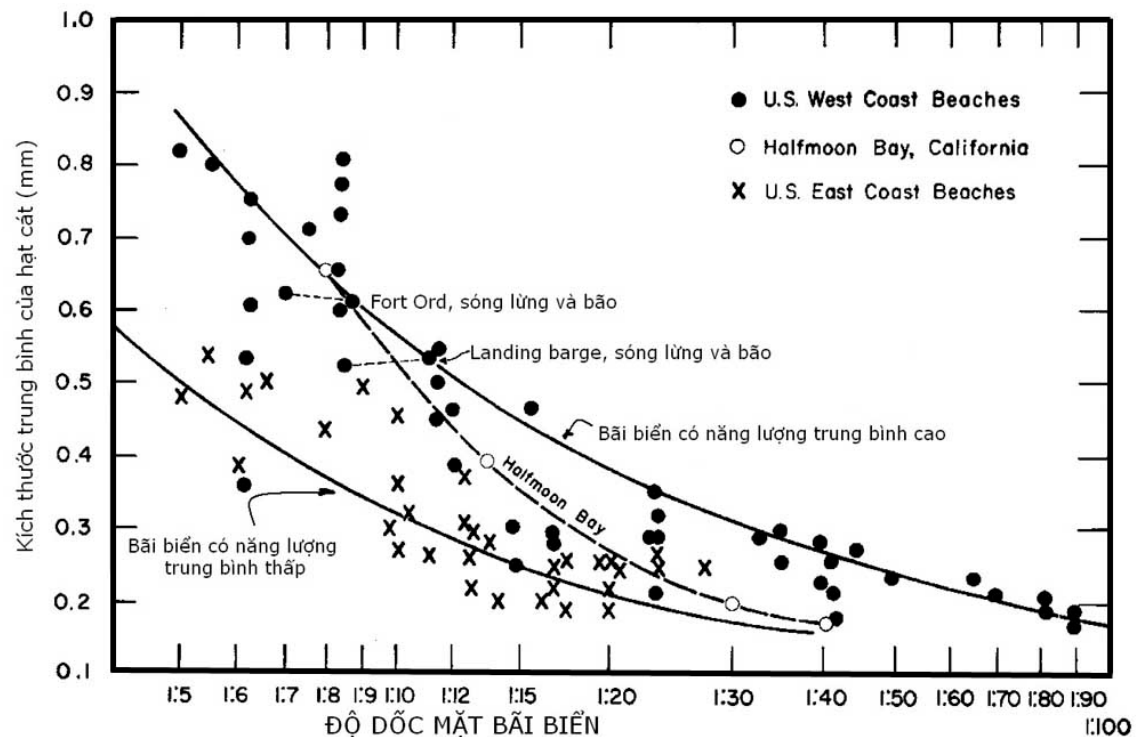
Các yếu tố ảnh hưởng đến S_0

- Độ dốc bãi biển bị chi phối bởi tính chất bất đối xứng giữa cường độ của sóng vỗ bờ (sóng dồn) với sóng rút ra từ bờ theo phương ngang.
- Tính chất thấm của nước vào bãi biển và lực kéo ma sát trên mặt bãi
- Các sóng rút có xu hướng nhỏ hơn so với sóng vỗ bờ
- Tính chất đối xứng này làm dịch chuyển bùn cát theo phương ngang
- Tạo lập độ dốc “cân bằng” mới
- Trọng lực làm nước rút ra biển mạnh hơn và làm gia tăng sự vận chuyển bùn cát ra vùng ngoài khơi.

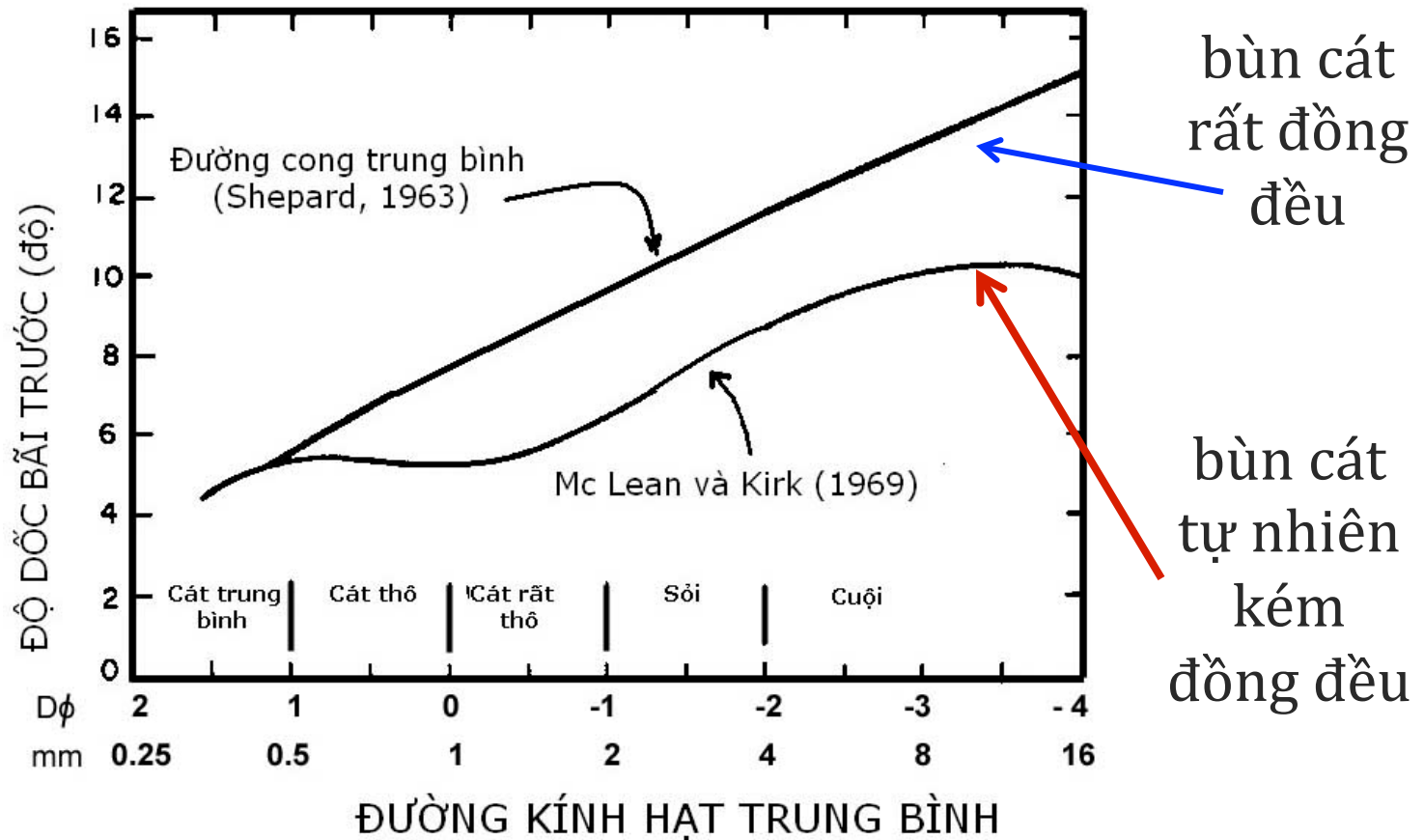
Tương quan S_0 với Đường kính hạt

- Trạng thái "cân bằng động lực" của bãi biển theo phương ngang. (VCBC theo 2 hướng cân bằng)
- Độ dốc bãi biển ở trạng thái cân bằng động lực phụ thuộc vào lượng nước thấm vào bên trong bãi biển. Hiện tượng thấm = $f(D_{50})$. Cát thô thấm nhanh hơn cát mịn \rightarrow bãi biển D_{50} lớn dốc hơn bãi biển có D_{50} nhỏ.

Khác biệt về độ dốc giữa bờ biển ở phía Tây và bờ biển ở phía đông nước Mỹ & Mức độ quan trọng của NL sóng



So & Mức độ tuyển chọn của bùn cát



Tốc độ thấm trên mặt bãi → Mức độ tuyển chọn
vật liệu trên mặt bãi → D_{50}
Bùn cát thô → đồng đều hơn → độ dốc lớn

Tương quan S_0 với độ dốc sóng, hạt trầm tích

- Độ dốc bãi biển phụ thuộc vào độ dốc sóng. Kết quả thực nghiệm trên máng sóng (Rector, 1954) với $D = 0.22$ mm chỉ ra

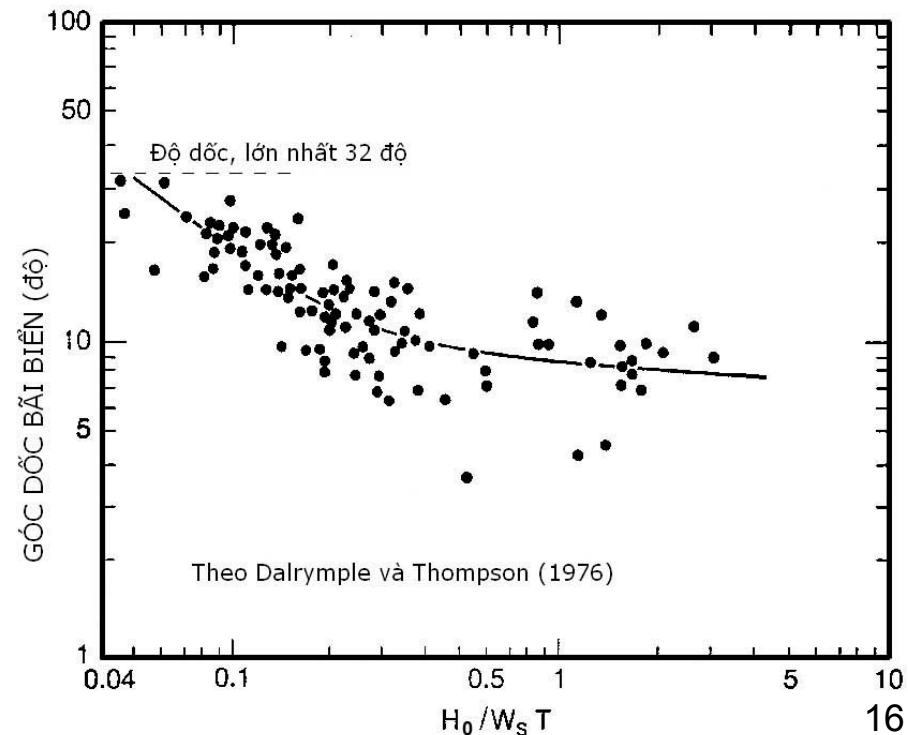
$$S_0 = f(H_0/L_0)$$
$$S_0 = 0.30 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-0.30}$$

- Độ dốc bãi biển tương quan với số Dean $\Omega = H_0/w_s T$

- Dubois (1972) thí nghiệm trên bãi biển có thành phần khoáng vật nặng: $S_0 \nearrow$ khi $D_{50} \nearrow$

- Vai trò của mức độ thấm của bãi biển với S_0

- Vai trò của w_s : Khoáng vật nặng $\rightarrow w_s \nearrow \rightarrow \Omega \searrow \rightarrow S_0 \nearrow$



Tương quan S_0 & năng lượng sóng

Sunamura dựa trên ...

các nghiên cứu trong phòng TN & số liệu thực đo hiện trường

$$S_0 = \frac{0.013}{\left(H_b / \sqrt{gDT}\right)^2} + 0.15$$

$$S_0 = \frac{0.12}{\sqrt{H_b / \sqrt{gDT}}}$$

S_0 trong PTN > S_0 hiện trường ! → Vai trò của trọng lực

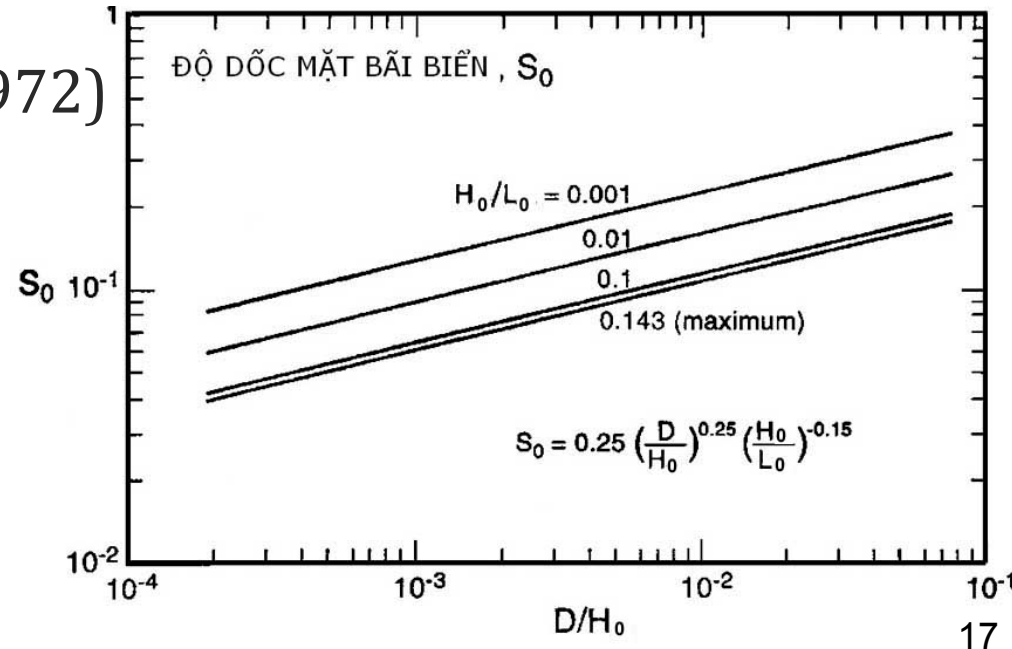
S_0 là hàm của tham số sóng nước sâu

Công thức Komar & Gaughan (1972)

$$S_0 = 0.25 \left(\frac{D}{H_0}\right)^{0.25} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{-0.15}$$

S_0 tỷ lệ nghịch với độ dốc sóng nước sâu, H_0/L_0

S_0 tỷ lệ thuận với D_{50}



Luận điểm & Giả thiết chính

- MCN ở trạng thái cân bằng là kết quả cân bằng giữa các lực phá hoại và lực thành tạo nên MCN bãi biển.
- MCN bãi biển sẽ đạt tới trạng thái cân bằng khi lượng vận chuyển bùn cát "tĩnh" theo phương ngang bằng 0.
- Các lực phá hoại (hướng ra biển) và thành tạo nên bãi biển (hướng vào bờ) là các lực đối nghịch nhau
- Khi trạng thái cân bằng bị phá vỡ → bãi sẽ bị thay đổi (xói hoặc bồi) → hình thành cân bằng mới
- Không có cân bằng "tĩnh" tuyệt đối. Nhưng có thể coi là "cân bằng tĩnh" trong 1 thời đoạn (theo mùa)
- Giả thiết: Không có sự biến đổi về lượng của bùn cát theo hướng dọc bờ

Các phương pháp xác định mặt cắt ngang bãi biển cân bằng

1. Tiếp cận theo quan điểm động học

- Xem xét sự chuyển động của một hạt bùn cát đơn lẻ (ở trạng thái lơ lửng hay di đáy) trong môi trường mà nó chuyển động (Eagleson, Glenne, và Dracup 1963). Xét theo quan điểm liên tục của dòng chảy và bảo toàn vật chất.
- Đây là một hướng nghiên cứu rất có triển vọng vì:
 - *Nó xem xét được hoàn chỉnh quá trình vận chuyển bùn cát*
 - *Qui luật vận động của bùn cát được mô phỏng bằng các phương trình thủy động lực + lan truyền + khuếch tán.*
- Tuy nhiên, các nhân tố ảnh hưởng quá nhiều. Chính vì vậy chưa có nhiều tác giả đề cập tới hướng này.

2. Tiếp cận theo quan điểm động lực

- Cơ sở tiếp cận: hình dạng MCN sẽ đạt tới trạng thái cân bằng "động lực" khi các **lực phá hoại** và các **lực thành tạo** ở đáy là **cân bằng nhau**. Dù không phản ánh đầy đủ và chính xác các lực tác động trên quy mô chi tiết như phương pháp động học, nhưng đây là p^2 dùng trong môn học vì:
 - Phù hợp với khả năng và hiểu biết hiện tại (khả thi hơn),
 - Cho kết quả tốt nhất khi áp dụng giải thích các quá trình diễn biến bờ biển quan trọng. Đây là công cụ để giải quyết một số bài toán thực tế trong lĩnh vực KTB (ví dụ như tính toán lượng bùn cát nuôi bãi, xác định vị trí nuôi bãi, đánh giá ảnh hưởng mực nước biển dâng hay tác động của bão đối với hình dạng bãi biển...)

3. Tiếp cận kinh nghiệm

- Mô tả hình dạng MCN bằng biểu thức toán học sao cho phù hợp nhất với một hình dạng MCN trong tự nhiên.
- Đưa ra tương quan giữa đặc trưng hình dạng MCN với các thông số kinh nghiệm như D_{50} , các đặc trưng sóng hoặc với cả hai.

Các lực phá hoại bãi biển

a) Trọng lực

- Tác động trên mái dốc bờ biển và thường có hướng ra phía biển trên mặt cắt có 1 độ dốc duy nhất.
- Với MCN phức hợp (có cồn ngầm), trọng lực có hướng vào trong bờ đối với phần mái trước của cồn ngầm.
- Có xu thế làm trơn các điểm bất thường trên MCN và giảm độ dốc của MCN cân bằng.
- Đôi khi có vai trò như lực ổn định, hạn chế sự dịch chuyển bùn cát khỏi đáy, chống lại tác dụng khuếch tán làm bùn cát nổi lơ lửng.

b) Lực phản hồi ở đáy (undertow)

- Do dòng chảy hồi quy có hướng ra phía biển tạo thành sau khi sóng vỗ bờ, sẽ tạo nên ứng suất ở đáy có hướng từ bờ ra phía biển. Với sóng tuyến tính, lưu lượng trung bình của dòng chảy hồi quy ra biển là:

$$Q = \frac{E}{\rho C}$$

- Giả sử dòng chảy hồi quy được phân bố đều trên toàn bộ độ sâu nước, theo lý thuyết sóng tuyến tính ở vùng nước nông, V_{tb} của dòng hồi quy là:

$$\bar{V} = \frac{\sqrt{g}H^2}{8h^{3/2}} \quad (\text{vùng nước nông})$$

c) Lực phá hoại do tác dụng rối động trong vùng sóng đổ

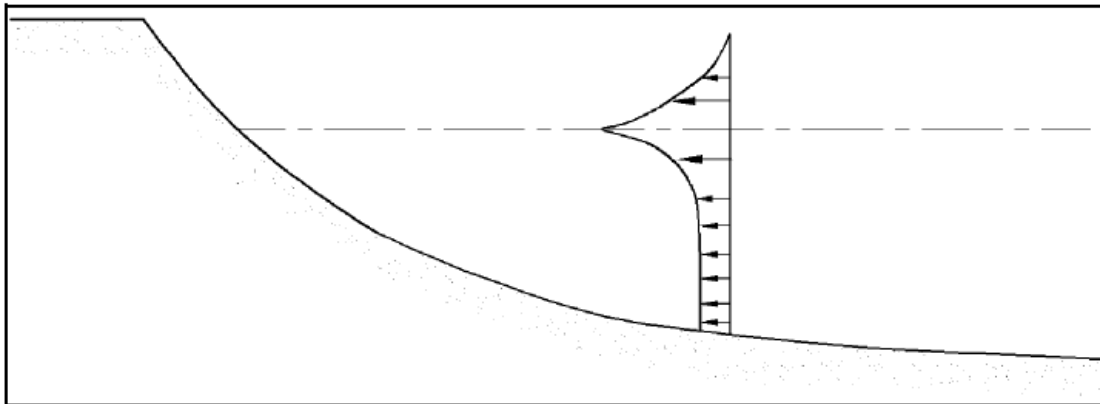
- Lực do rối động trong dải sóng vỡ.
- Sóng vỡ chuyển năng lượng sóng thành các dao động rối hỗn loạn và đánh bật các hạt cát đang ở trạng thái “nghỉ” ở đáy.
- Nó kết hợp với trọng lực đẩy các hạt bùn cát theo hướng từ bờ → biển.
- Nếu MCN có độ dốc nhỏ thì trạng thái rối động sẽ ở mức thấp do quá trình sóng vỡ được phân bố trên toàn bộ chiều rộng của dải sóng vỡ.
- Trong vùng sóng vỡ với MCN có độ dốc ngang lớn, sóng sẽ tiêu tán các năng lượng của nó trong một phạm vi tương đối hẹp ở vùng sát bờ và kết quả là cường độ của các dao động rối sẽ lớn hơn nhiều và cũng sẽ mở rộng xuống sâu hơn vào trong cột nước.
- Lực rối tỉ lệ thuận với D_{50} của hạt bùn cát.

e) Lực phá hoại do gió sinh ra

- Thường xuất hiện gió mạnh thổi từ ngoài biển vào bờ khi có bão lớn. Gió trong bão tạo thành dòng chảy trên mặt có hướng từ biển vào trong bờ và dòng chảy đáy có hướng ngược lại.
- Dòng đáy do gió sẽ có tác dụng phá hoại khi gió thổi từ biển vào bờ, trong trường hợp gió thổi theo hướng ngược lại thì nó sẽ sinh ra dòng chảy hướng vào bờ và tạo thành lực thành tạo bãi biển.

d) Lực do ứng suất tiếp đáy có hướng ra biển

- Longuet-Higgins & Stewart (1964), sóng khi truyền vào bờ, sẽ xuất hiện thành phần thông lượng hướng vào bờ của mô men tuyến tính năng lượng sóng.
- Khi sóng vỡ, mô men này được truyền vào trong cột nước tạo thành lực đẩy có hướng vào bờ làm dâng cao mực nước trong vùng sóng vỡ bờ.
- Chênh lệch mực nước do hiện tượng này tỷ lệ với độ dốc ở đáy.
- Vùng nước nông (lý thuyết sóng tuyến tính), $1/3$ thông lượng động lượng sóng hình thành trong vùng từ chân sóng tới đỉnh sóng và trọng tâm của nó nằm tại chính mực nước biển trung bình. $2/3$ động lượng còn lại hình thành trong vùng từ đáy tới mặt nước biển trung bình và phân bố đều theo độ sâu, trọng tâm của phân bố này nằm ở giữa cột nước.
- Khi sóng vỡ, nó sẽ tạo ra ứng suất tiếp đáy có hướng ra biển trong vùng sóng đổ. Độ lớn của ứng suất tiếp đáy tương ứng với tốc độ tiêu tán năng lượng sóng.



Động lượng năng lượng sóng – Phần mạch động

Các lực thành tạo bãi biển

a) Lực thành tạo bãi biển do tính bất đối xứng của sóng

do ứng suất tiếp đáy có hướng từ biển vào bờ, hình thành từ hình dạng phi tuyến (không đối xứng) của sóng nước nông.

Ứng suất biến dạng trung bình (τ_b) có tương quan bậc hai với vận tốc sát đáy U_b :

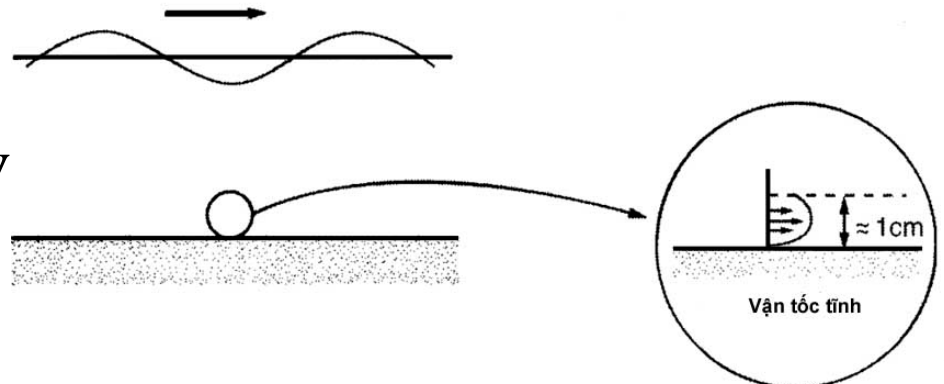
$$\overline{\tau_b} = \frac{\rho f}{8} \overline{U_b |U_b|}$$

b) Lực thành tạo bãi biển tại lớp biên của đáy

Lực hình thành ở lớp biên của đáy, gây ra vận tốc trung bình "tĩnh" theo hướng truyền sóng từ biển vào bờ.

$$\overline{U_b} = \frac{3\sigma k H^2}{16 \sinh^2 kh}$$

Tại vùng nước nông, khi H_s tỷ lệ với độ sâu sóng vỡ, U_b có giá trị bằng 1,5 lần độ lớn của dòng phản hồi ở đáy



c) Lực thành tạo bãi biển do rối động bên dưới đỉnh sóng

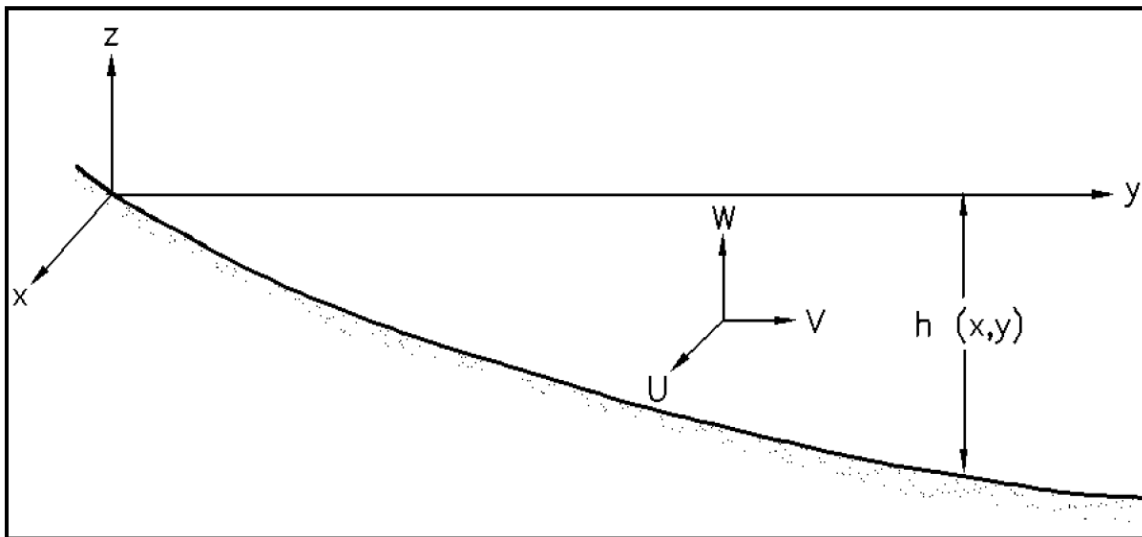
- Lực thành tạo do *hiện tượng nổi lơ lửng gián đoạn* và sự vận chuyển của các hạt cát do vận tốc đỉnh sóng tạo nên (có hướng vào trong bờ).
- Khi sóng vỡ sẽ phát sinh rối động mạnh ở dưới đỉnh sóng.
- Rối động này kết hợp với vận tốc chuyển động của chất điểm nước khuấy bùn cát trở thành lơ lửng trong nước và tham gia vào VCBC.
- Hạt bùn cát nổi lơ lửng tại vùng đỉnh sóng có hướng vào trong bờ và nếu thời gian chìm của nó nhỏ hơn $\frac{1}{2}$ chu kỳ sóng thì vận chuyển bùn cát tịnh theo hướng vào bờ (thành tạo bãi biển)
- Nhưng nếu thời gian chìm của hạt cát lại nằm trong khoảng từ $\frac{1}{2}$ đến 1 lần chu kỳ sóng thì lúc này hạt cát sẽ bị dịch chuyển ra phía biển (phá hoại bãi biển).

Mô hình mặt cắt cân bằng

Quan điểm cân bằng lực

Dean (1977) khảo sát hình dạng của các MCN bãi biển cân bằng đã đề xuất 3 loại mô hình tính dạng MCN cân bằng (dựa trên các nhân tố phá hoại chính):

- Lực do sự tiêu tán năng lượng sóng trong 1 đơn vị thể tích nước biển
- Lực do sự tiêu tán năng lượng sóng trên 1 đơn vị diện tích bề mặt bãi biển
- Ứng suất tiếp đều trung bình theo hướng dọc bờ trong vùng sóng vỡ



Hệ trục tọa độ:

Trục x có hướng dọc theo bờ biển với chiều dương ở phía bên tay phải của một người quay mặt ra phía biển và trục y có phương vuông góc với bờ theo chiều hướng ra biển.

LỰC DO TIÊU TÁN NĂNG LƯỢNG SÓNG TRONG 1 ĐƠN VỊ THỂ TÍCH

- Mô hình này được xây dựng trên cơ sở giả thiết khi sóng vỡ sinh các rối động là các lực phá hoại bờ biển. Mức độ rối động đặc trưng bởi năng lượng sóng bị tiêu tán trong một đơn vị thể tích nước biển. Nó đại diện cho sự biến thiên độ lớn của rối động (các lực phá hoại) trong một đơn vị thể tích.
- Sự tiêu tán một cách đồng đều năng lượng sóng trong một đơn vị thể tích nước đối với hạt cát có kích thước cho trước sẽ là $D^*(d)$ và có thể biểu diễn dưới dạng bảo toàn năng lượng:

$$\frac{1}{h} \frac{dF}{dy'} = -D_*(d) \quad \rightarrow \quad \frac{d\left(\frac{1}{8} \rho g \gamma^2 h^2 \sqrt{gh}\right)}{dy'} = -hD_*(d)$$

Trong đó: F là năng thông sóng; D^* : Hàm của đường kính hạt cát d ; D^* độc lập với y' . Từ đó lấy đạo hàm để xác định được D^* và $h = f(y')$:

$$D_*(d) = \frac{5}{16} \rho g^{3/2} \gamma^2 h^{1/2} \frac{dh}{dy} \qquad h(y) = \left(\frac{24D_*(d)}{5\rho g \sqrt{g\gamma^2}} \right)^{2/3} y^{2/3} = A(d) y^{2/3}$$

LỰC DO SỰ TIÊU TÁN NĂNG LƯỢNG SÓNG TRÊN 1 ĐƠN VỊ DIỆN TÍCH

Khi không xét tới độ sâu, bỏ qua đại lượng (1/h), PT bảo toàn trở thành $dF/dy' = -D^*(d)$ và qua biến đổi tương tự ta được dạng MCN cân bằng:

$$h = A_2 y^{2/5}$$

trong đó A_2 là hệ số hằng số có thứ nguyên.

LỰC SINH RA DO ỨNG SUẤT TIẾP ĐỒNG NHẤT Ở ĐÁY

Thành phần ứng suất tiếp theo phương ngang xem như là không đổi trên toàn bộ chiều rộng của dải sóng vỡ có giá trị là:

$$\tau_b = - \frac{dS_{yx}}{dy}$$

τ_b là ứng suất tiếp đáy trung bình có hướng dọc bờ được do sóng vỡ sinh ra và S_{yx} là ứng suất phát xạ cho phần động lượng sóng dọc bờ chuyển tải theo phương y.

Sử dụng các đặc trưng sóng ở vùng nước nông cho thành phần ứng suất khuếch tán và luật Snell, ta có:

$$\tau_b = - \frac{1}{8} \frac{d \left(\rho g \gamma^2 h^2 \sqrt{gh} (\sin \theta / C) \right)}{dy}$$

Lấy tích phân theo độ sâu ta có:

$$h = \left(\frac{8\tau_b}{\rho g \gamma^2 \sqrt{g}} \frac{C}{\sin \theta} \right)^{2/5} y^{2/5} = A_3 y^{2/5}$$

Mô hình mặt cắt cân bằng

Quan điểm vận chuyển bùn cát

- Luận điểm Bowen (1980) nếu MCN bãi biển ở trạng thái cân bằng, thì VCBC “tĩnh” theo phương ngang tại mỗi điểm trên mặt cắt đều bằng không.
- Bowen đã xây dựng mô hình MCN cân bằng từ mô hình vận chuyển bùn cát của Bagnold,
- Mô hình được xây dựng trên cơ sở coi vận chuyển tịnh của bùn cát lơ lửng theo phương ngang tại mỗi điểm trên mặt cắt ngang có giá trị bằng 0, và từ đó dẫn tới mô hình mặt cắt ngang bãi biển cân bằng có dạng sau $h = Ay^{2/3}$, trong đó

$$A = \left(\frac{(7.5 w_s)^2}{g} \right)^{1/3} \quad A = f(w_s)$$

- Mặt cắt cân bằng do Bodge (1992) & Komar và McDougal (1994) đề nghị:

$$h(y) = h_0 (1 - e^{-ky})$$

h_0 : độ sâu tại đó không còn thay đổi hình dạng mặt cắt ngang; k là hằng số chiết giảm

- Độ dốc bãi biển tính toán bằng:

$$\frac{dh}{dy} = h_0 k e^{-ky}$$

Tương tác sóng, mực nước với hình dạng mặt cắt ngang

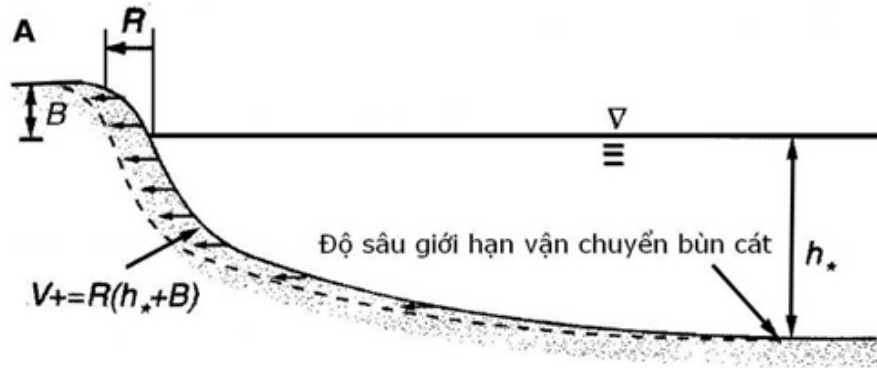
Mô hình tương tác bãi biển với mực nước

1. Khi mực nước hay điều kiện sóng thay đổi, hình dạng của mặt cắt ngang bãi biển sẽ có những thay đổi tương ứng để đạt tới trạng thái cân bằng mới.
2. Nếu các biến đổi chậm thì hình dạng mặt cắt ngang cũng thay đổi chậm và mô hình "thủy tĩnh" có thể áp dụng để mô tả tương tác của bãi biển.
3. Tuy nhiên trong một trận bão thì bờ biển biến đổi nhanh, khi đó cần các mô hình thủy động để mô tả sự tương tác của bờ biển với các biến đổi nhanh.

Quy tắc Bruun (1962)

- Mỗi liên hệ giữa sự biến đổi tầng MN với sự thay đổi hình dạng MCN
- Không áp dụng dạng MCN cân bằng nào trong thực tế
- Cần biết hình dạng của MCN ban đầu
- Xét sự thoái lui của đường bờ theo phương ngang R và mức độ dâng lên của MN (S)
- Sử dụng 2 giả thiết quan trọng
 1. Hình dạng mặt cắt ngang cân bằng không thay đổi khi đường bờ bị suy thoái.
 - Sau khi bị dịch chuyển về phía đất liền và lên trên hình dạng mặt cắt ngang không thay đổi
 - Có hai thành phần cấu thành nên sự dịch chuyển của hình dạng mặt cắt này là R (thoái lui theo phương ngang) và S (thoái lui theo phương đứng) được xét riêng rẽ
 2. Bảo toàn thể tích bùn cát trong mặt cắt ngang.

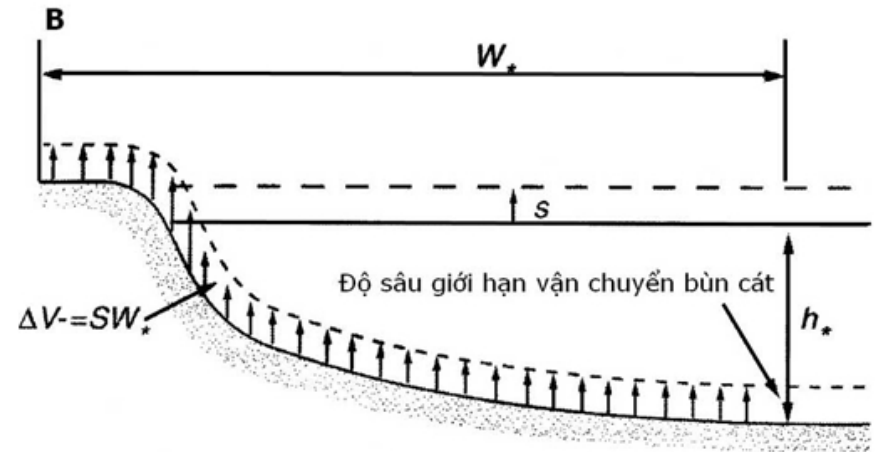
Thể tích cát sinh ra do suy thoái bờ biển



Đây là thể tích sinh ra từ sự suy thoái của hình dạng mặt cắt ngang theo phương nằm ngang R và là tích của R với kích thước theo phương thẳng đứng của hình dạng mặt cắt ở bên ngoài khoảng cách W^* . Chúng ta có thể biểu diễn kích thước mặt cắt theo phương ngang = $(h^* + B)$

Thể tích sinh ra: $\Delta V_+ = R \times (h^* + B) \times 1 \text{ m}$

Thể tích cát yêu cầu

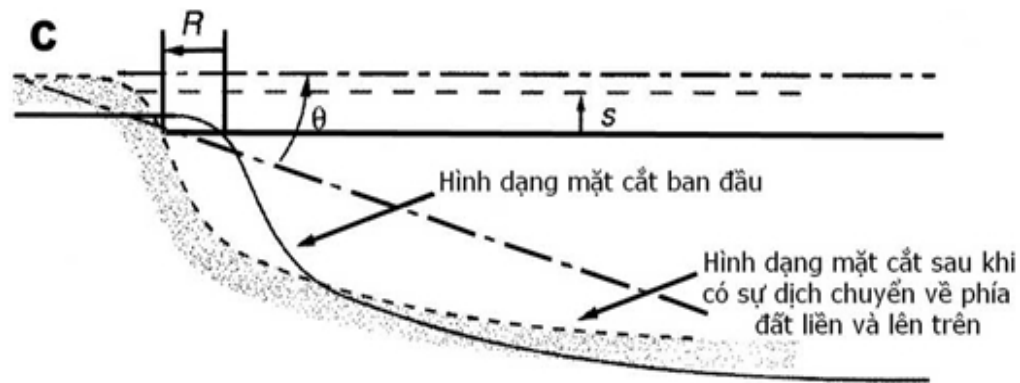


Thể tích bùn cát cần có do sự dâng lên của mực nước biển là tích giữa chiều cao mực nước biển dâng (S) và chiều rộng (W) của hình dạng mặt cắt "hoạt động".

Thể tích yêu cầu: $\Delta V_- = W^* \times S \times 1 \text{ m}$

- Cân bằng hai thể tích bùn cát được sinh ra do sự suy thoái đường bờ và mặt cắt được duy trì chống lại sự dâng lên của mực nước biển, ta có:

$$\Delta y = -R = -S \frac{W_*}{(h_* + B)} = -\frac{S}{\tan \theta}$$



($\tan \theta$: độ dốc trung bình của mặt cắt “hoạt động”)

Ví dụ. Một bãi biển có đường kính hạt cát trên bãi biển $D_{50} = 0.2$ mm, chiều cao thềm bãi $B = 2$ m. Nếu độ sâu “hoạt động” của mặt cắt ngang (h^*) là 6 m, thì với độ dốc $\tan \theta$ bằng bao nhiêu và đường bờ sẽ biến đổi thế nào khi MNB dâng lên một khoảng là S ?

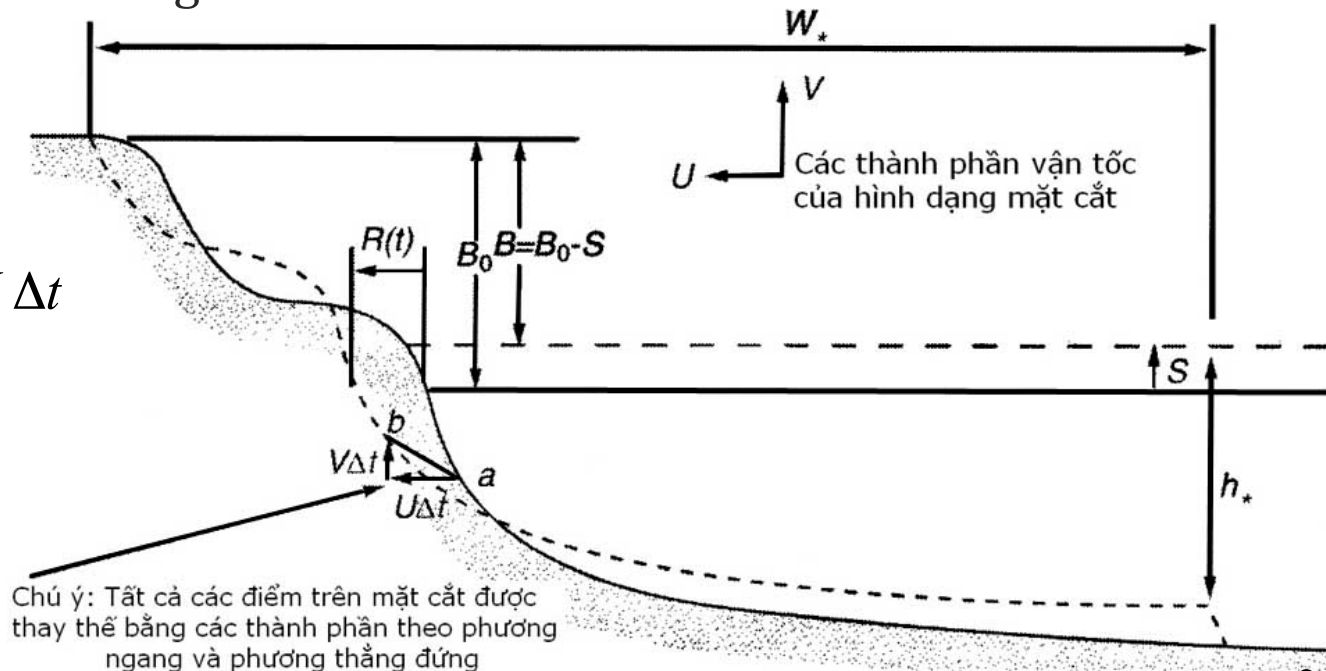
- Giả thiết mặt cắt ngang cân bằng $h = Ay^{2/3}$, với $D = 0.2$ mm, tra quan hệ trong $A = f(D)$, ta có $A = 0.1 \text{ m}^{1/3}$ và $W_* = (h^* / A)^{3/2} = 465$ m. Tính được $\tan \theta = ((h^* + B) / W_*) = 0.0172$.
- Từ công thức trên $\Delta y = -58.1 \times S$. Hay khi mực nước biển dâng thêm 1 m thì đường bờ bị thoái lui gần 60 m.
- Phần lớn bờ biển trên thế giới đều tuân theo quy tắc Bruun, có nghĩa là đường bờ thường bị suy thoái từ 50 đến 100 lần so với mức độ dâng lên của mực nước biển.

Phương pháp Edelman

1. Qui tắc Bruun chỉ đúng khi ($S \ll B$). Edelman (1972) còn xét tới sự giảm dần chiều cao tương đối của các đụn cát.
2. Edelman xét mặt cắt ngang có hình dạng mặt cắt luôn ở trạng thái cân bằng. Tốc độ suy thoái của đường bờ theo phương nằm ngang là U ; mức độ dâng lên của mực nước biển theo phương thẳng đứng là V . Sau Δt , 1 phần tử thuộc mặt cắt ngang sẽ dịch chuyển từ điểm a đến b . Chiều cao đụn cát B được xem là hàm của thời gian.

$$(h_* + B)U \Delta t = W_* V \Delta t$$

$$U = \frac{W_* V}{(h_* + B)}$$



Phương pháp Edelman (2)

$$\left. \begin{aligned} R &= -\Delta y = \int_{t_0}^t U dt \\ V &= \frac{dS}{dt}; \\ h_* + B &= h_* + B_0 - S \\ U &= \frac{W_* V}{(h_* + B)} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\Rightarrow R = \int_{t_0}^t \frac{W_*}{(h_* + B_0 - S)} \frac{dS}{dt} dt \\ &\Downarrow \\ R &= -\Delta y = W_* \ln \left(\frac{h_* + B_0}{(h_* + B_0 - S)} \right) \end{aligned}$$

Khoảng cách thoái R tính ra sẽ lớn hơn so với quy tắc Bruun (làm lại VD).

Phương pháp Dean

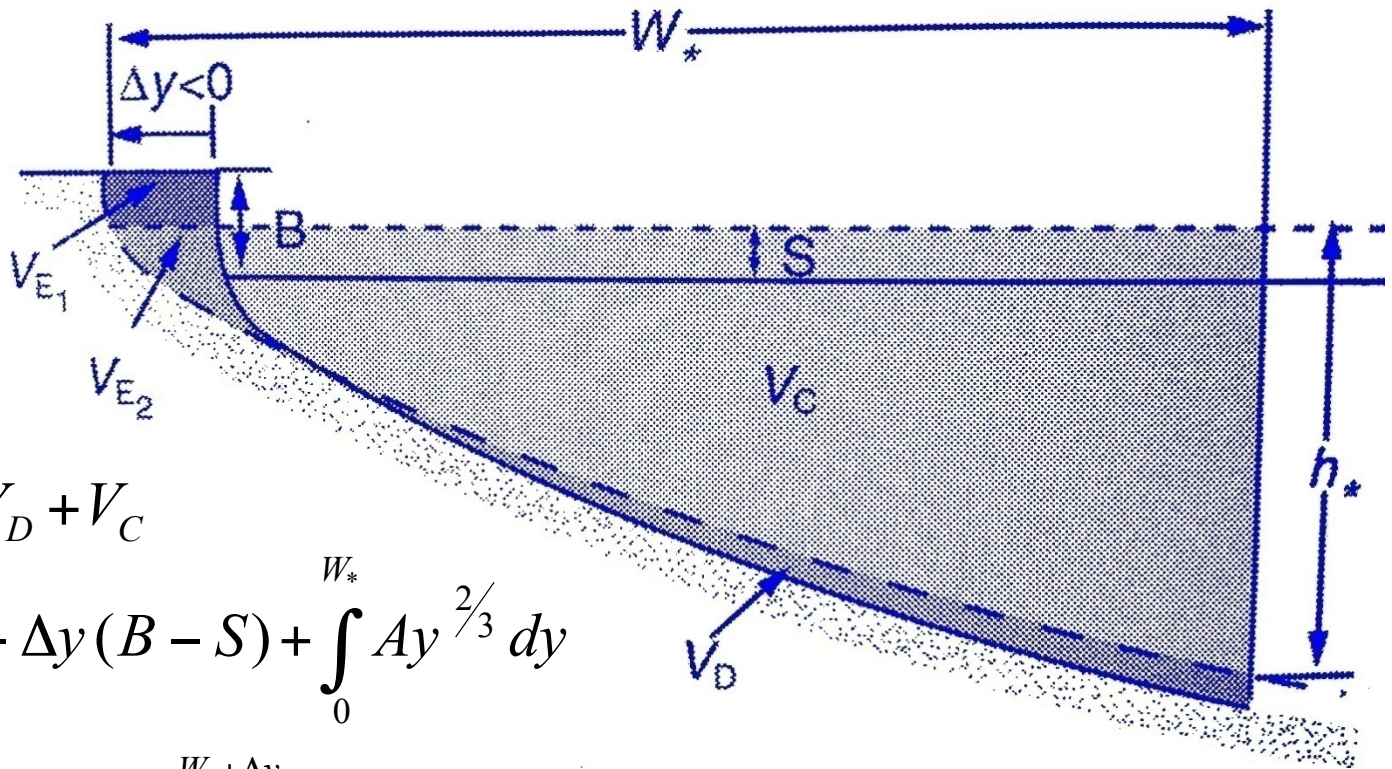
Sóng gây ra nước dâng (wave set-up), cùng với MNB dâng gây thoái lui đường bờ.

$$R = (S + 0,068H_b) \frac{W_b}{B + h_b}$$

Biến đổi hình dạng MCN do bão

Bão sinh ra nước dâng và sóng leo dẫn tới mặt cắt bãi mất cân bằng sinh xói bãi tạo ra cân bằng mới

Sau bão khi trở lại ĐK bình thường, sẽ có quá trình tạo mặt cắt cân bằng như trước khi có bão



$$V_{E_1} + V_{E_2} = V_D$$

$$V_{E_1} + V_{E_2} + V_C = V_D + V_C$$

$$V_{E_1} + V_{E_2} + V_C = -\Delta y (B - S) + \int_0^{W_*} Ay^{2/3} dy$$

$$V_D + V_C = (W_* + \Delta y) S + \int_0^{W_* + \Delta y} Ay^{2/3} dy$$

Cân bằng 2 vế, ta được:
$$-\Delta y B + \frac{3}{5} A W_*^{5/3} = W_* S + \frac{3}{5} A (W_* + \Delta y)^{5/3}$$

Lưu ý: với mặt cắt $h = Ay^{2/3}$
phần diện tích mặt cắt nước từ bờ
đến chỗ $y=W$ là: $AW^{5/3}$

Đơn giản và rút gọn, ta có:
$$\frac{\Delta y}{W_*} = -\frac{S}{B} + \frac{3h_*}{5B} \left[1 - \left(1 + \frac{\Delta y}{W_*} \right)^{5/3} \right] \quad (*)$$

$$h^* = AW_*^{2/3}.$$

$$\Delta y' = \Delta y / W_*$$

Đặt các hệ số không thứ nguyên $S' = S / B$

$$B' = B / h_*$$

Công thức (*) dạng không thứ nguyên:

$$\Delta y' = -S' + \frac{3}{5B'} \left[1 - \left(1 + \Delta y' \right)^{5/3} \right] \quad (**)$$

Giải PT tìm ra $\Delta y'$ (bằng máy tính Casio hoặc tra biểu đồ slide sau).

Nhìn chung, $R \ll$ bề rộng của dải sóng vỡ $\rightarrow \Delta y' \ll 1 \rightarrow$ công thức (**) có thể lấy xấp xỉ dưới dạng nhị thức (công thức Bruun).

Ví dụ: Tính toán xói lở bờ biển trong bão

- Cho mặt cắt ngang bãi biển ở trạng thái cân bằng.
 D_{50} của bùn cát trên bề mặt bãi biển = 0.20 mm,
Độ dốc mặt bãi biển 1:100 và chiều cao thềm bãi $B = 3\text{ m}$.

Bãi biển bị xói lở trong bão, biết mực nước dâng lớn nhất đo đạc được tại bãi biển $S = 1.5\text{ m}$ và $h_* = 3\text{ m}$.

Xác định chiều rộng xói lở trên bề mặt bãi biển và thể tích bùn cát bị xói lở.

- Gợi ý giải: $D_{50} \rightarrow$ tra giá trị $A = 0.1\text{ m}^{1/3}$
Tính $W^* = (h^*/A)^{1.5} = (3/0.1)^{1.5} = 164\text{ m}$.
Tính $S' = S/B = 1.5/3 = 0.5$
Tính $B' = B/h^* = 3/3 = 1.0$

Biểu đồ xác định xói lở trong bão

$$\Delta y' = \Delta y / W_*$$

$$S' = S / B$$

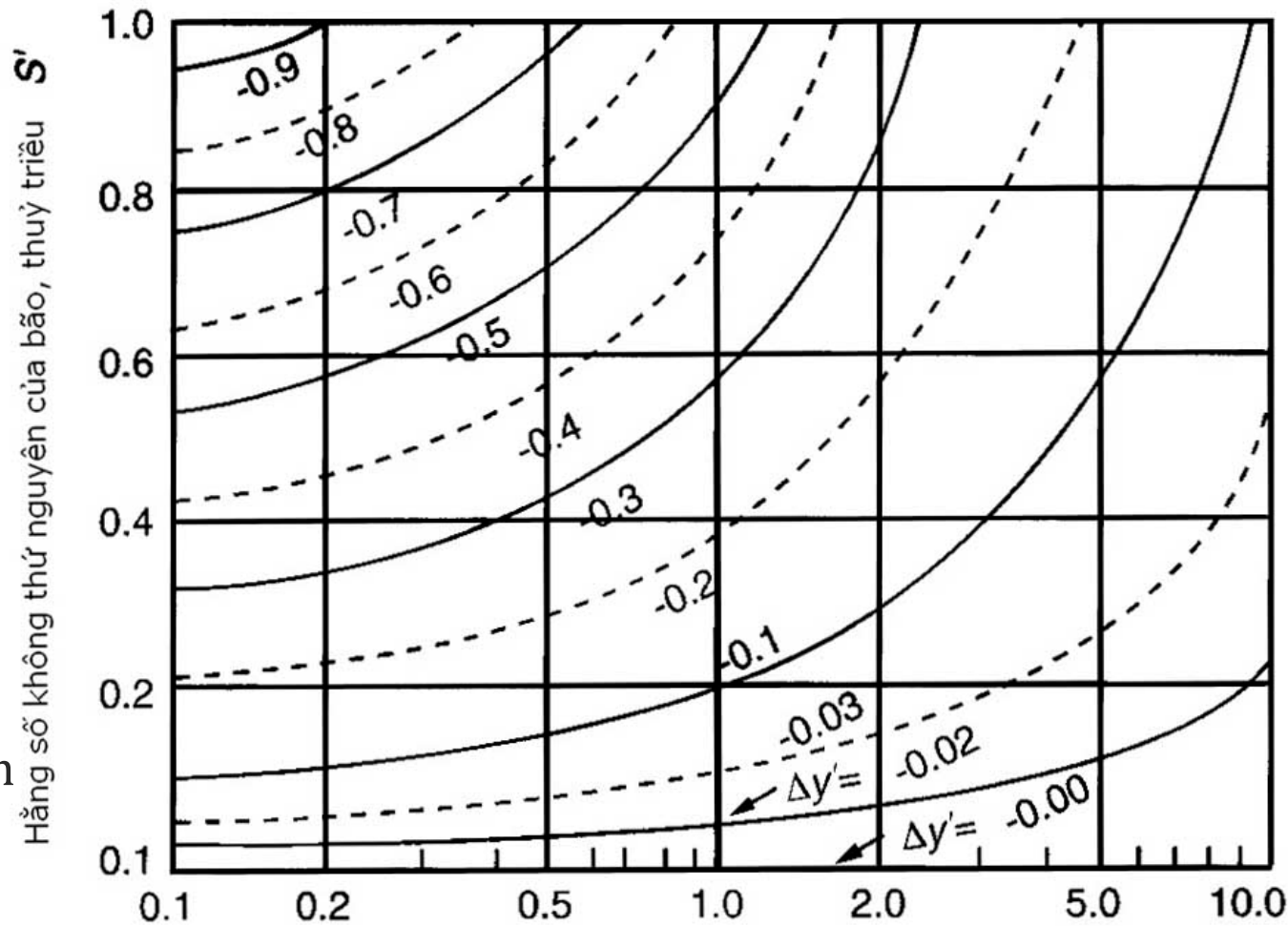
$$B' = B / h_*$$

Tra biểu đồ ta có

$$\Delta y' = \Delta y / W^* = -0.27$$

Chiều rộng bãi biển
xói lở do bão

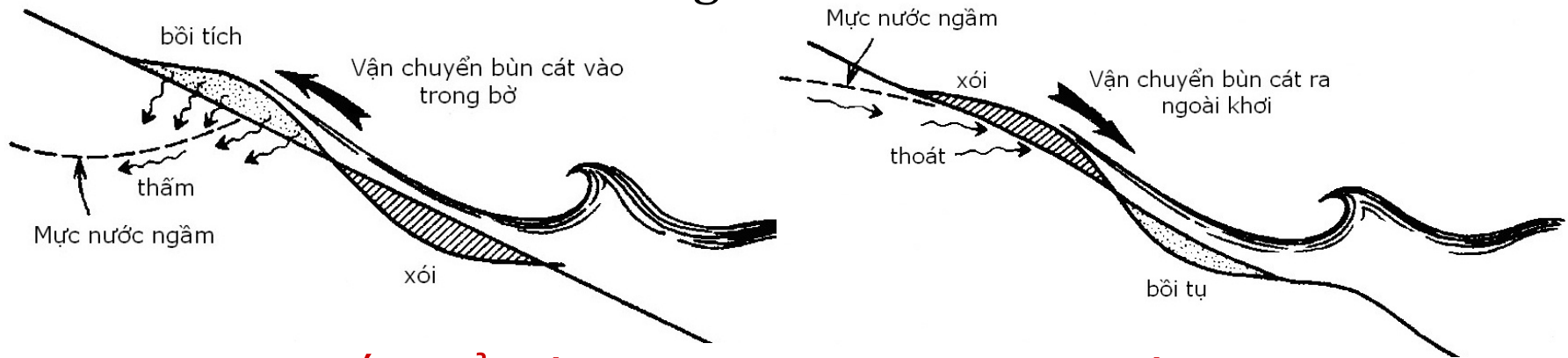
$$\Delta y = 0.27 \times W^* = 44.3 \text{ m}$$



Độ sâu sóng vỡ và không thứ nguyên của trận bão $\frac{h_*}{B} = \frac{1}{B'}$

Biến đổi hình dạng MCN do triều

1. Dao động MN ngày: Nhật triều, bán nhật triều
2. Dao động MN triều tháng: Triều cường, triều kém
3. Sóng, gió tác động lên bãi biển tương ứng với MN
4. Vùng tác động thay đổi → bồi xói bãi biển \neq nhau
5. Biến đổi MCN do triều dâng và do triều rút.



Biến đổi hình dạng MCN theo mùa

- Trường gió mùa hè \neq trường gió mùa đông
 - Thủy triều khác nhau giữa các mùa
- Trường sóng các mùa khác nhau