



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



TƯƠNG TÁC SÔNG - BIỂN

PGS.TS. BÙI HỒNG LONG
Viện Hải dương học



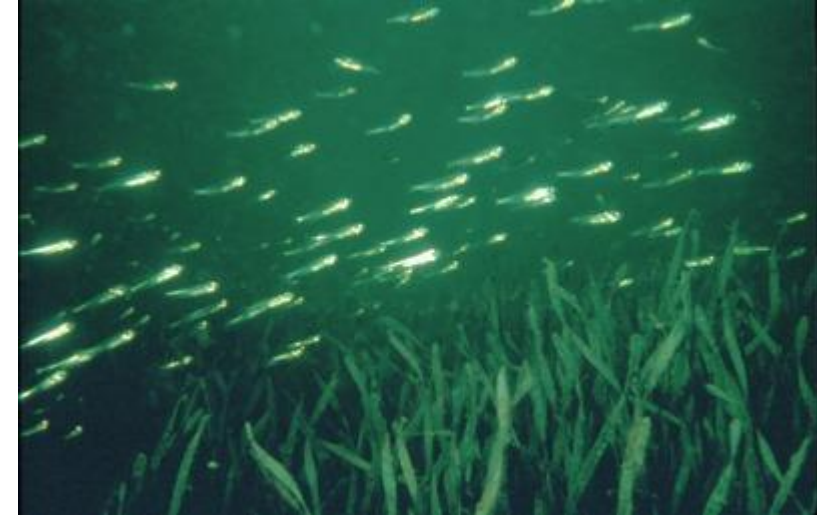
CHƯƠNG 1. CỬA SÔNG VÀ LẠCH TRIỀU

1.1. Vì sao cần phải nghiên cứu cửa sông.

1.2. Các khái niệm, phân loại về cửa sông và lạch triều

1.3. Cửa lạch triều

1.1. Vì sao cần phải nghiên cứu cửa sông?



Từ Cửa sông = estuary

- Từ cửa sông
 - tiếng Latinh aestus có nghĩa là thủy triều,
 - tính từ aestuarium có thủy triều hoặc sóng cao đột ngột như một ý nghĩa, một môi trường rất năng động với những thay đổi do các tác động tự nhiên.
- Dùng để chỉ nơi sông gặp biển, đặc trưng cho hoàn lưu ven biển.
- Hệ sinh thái chuyển tiếp giữa lục địa và đại dương (phức tạp, biến đổi) và sự can thiệp của con người là đặc điểm thường thấy của tất cả các cửa sông.
- Chúng có năng suất sinh học cao hơn so với các vùng nước sông trong lục địa và đại dương lân cận, do giàu các chất dinh dưỡng, sức sản xuất sơ cấp cao.



Kinh tế gắn liền với các cửa sông

- vị trí lý tưởng để đặt bến cảng và bến cảng; một lượng lớn chất hữu cơ được tạo ra từ các hoạt động này; một tuyến giao thông thủy nội địa thuận tiện như vậy, khối lượng nước của nó được thay mới định kỳ dưới tác động của sông và thủy triều.
- Là một hệ sinh thái, một số chức năng quan trọng được thực hiện bởi các cửa sông
 - động vật hoang dã tự nhiên (chim, thú và các loài cá),
 - nơi ấp trứng và môi trường ươm mầm cho một số cộng đồng sinh vật, và
 - tầm quan trọng cơ bản là các tuyến đường di cư của các loài cá kinh tế.

Định nghĩa cửa sông

Cửa sông là

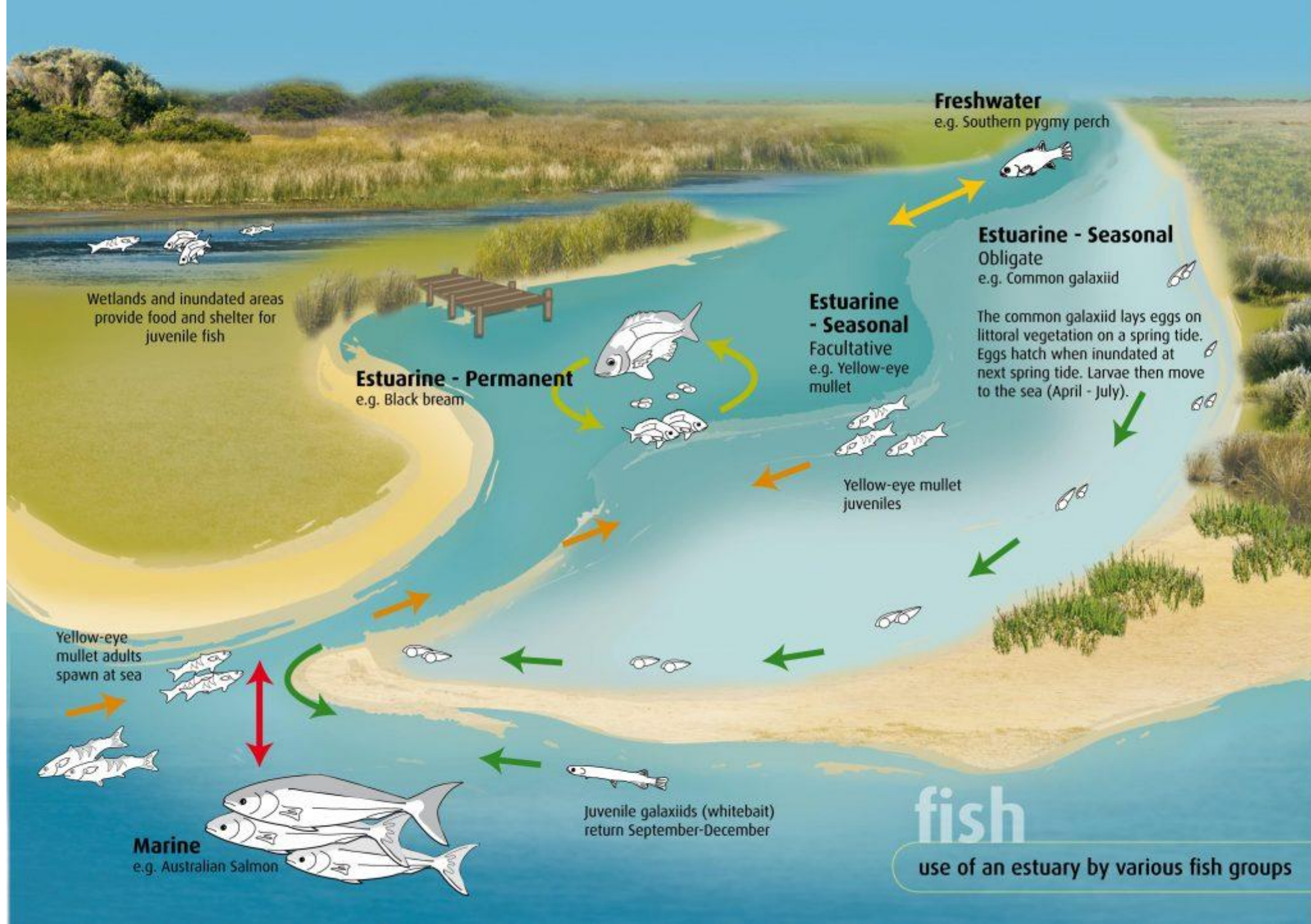
- (a) một vùng nước nửa kín và ven biển,
- (b) có thông tin liên lạc tự do với đại dương, và
- (c) trong đó nước đại dương bị pha loãng bởi nước ngọt có nguồn gốc từ đất liền.

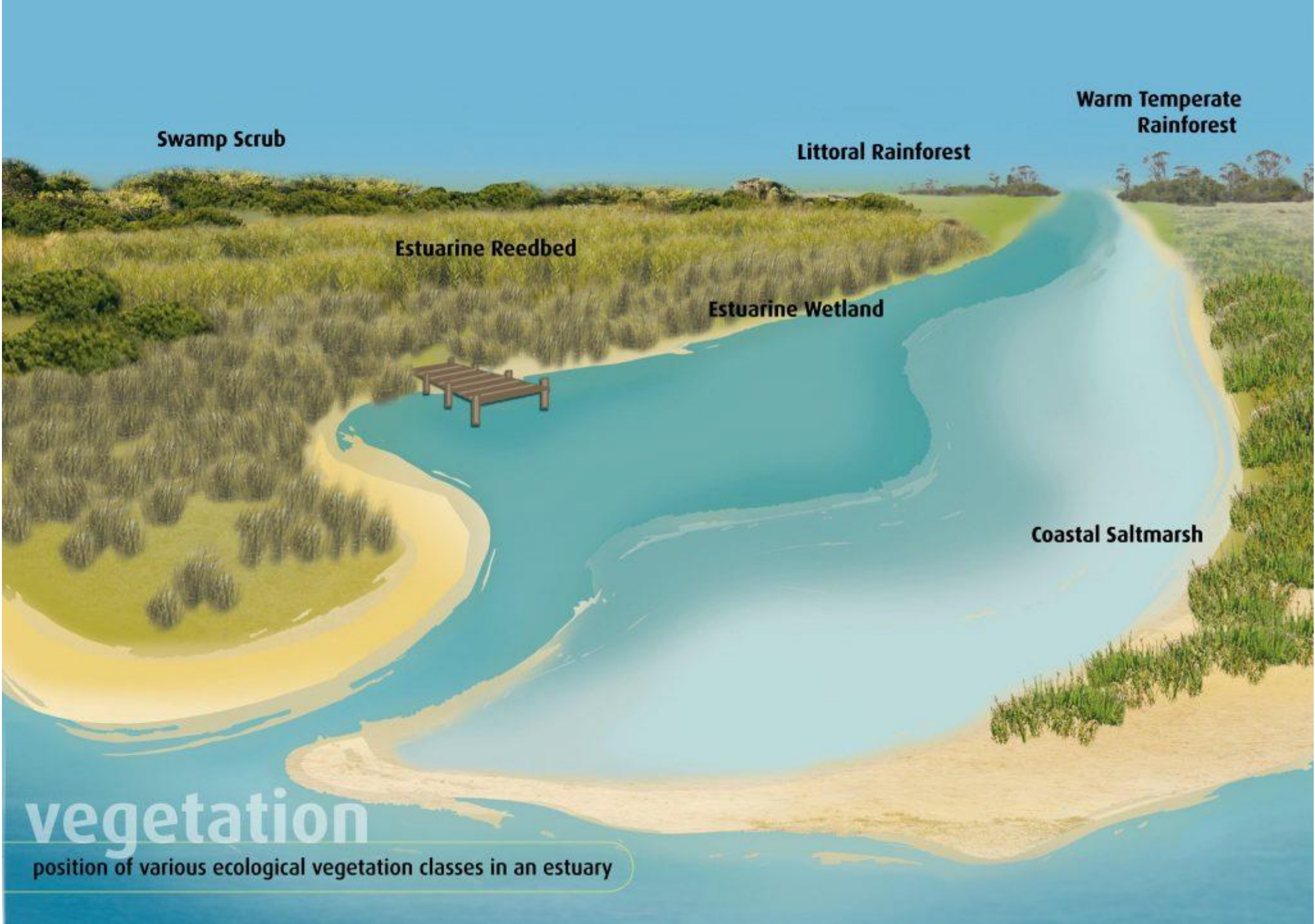
Các loại cửa sông

- Cửa sông
- Đầm phá.
- Vịnh
- Cửa vào
- Vịnh lớn
- Các eo biển hẹp

Ý nghĩa của sông

- Ý nghĩa về khoa học
 - Môi trường
 - hệ quả sinh thái
- tầm quan trọng lịch sử và liên tục đối với các hoạt động của con người
 - ý thức ngày càng tăng về nhu cầu bảo vệ môi trường của sông
- Các kiến thức khoa học có thể được sử dụng để giải quyết các vấn đề có tính chất thực tiễn





Swamp Scrub

Littoral Rainforest

**Warm Temperate
Rainforest**

Estuarine Reedbed

Estuarine Wetland

Coastal Saltmarsh

vegetation

position of various ecological vegetation classes in an estuary



Raptors - predators



Aerial feeders



Waterbird - **Divers**



Waterbird - **Dabblers**



Waterbird - **Surface feeders**



Margin dwellers
vegetated



Margin dwellers
non-vegetated

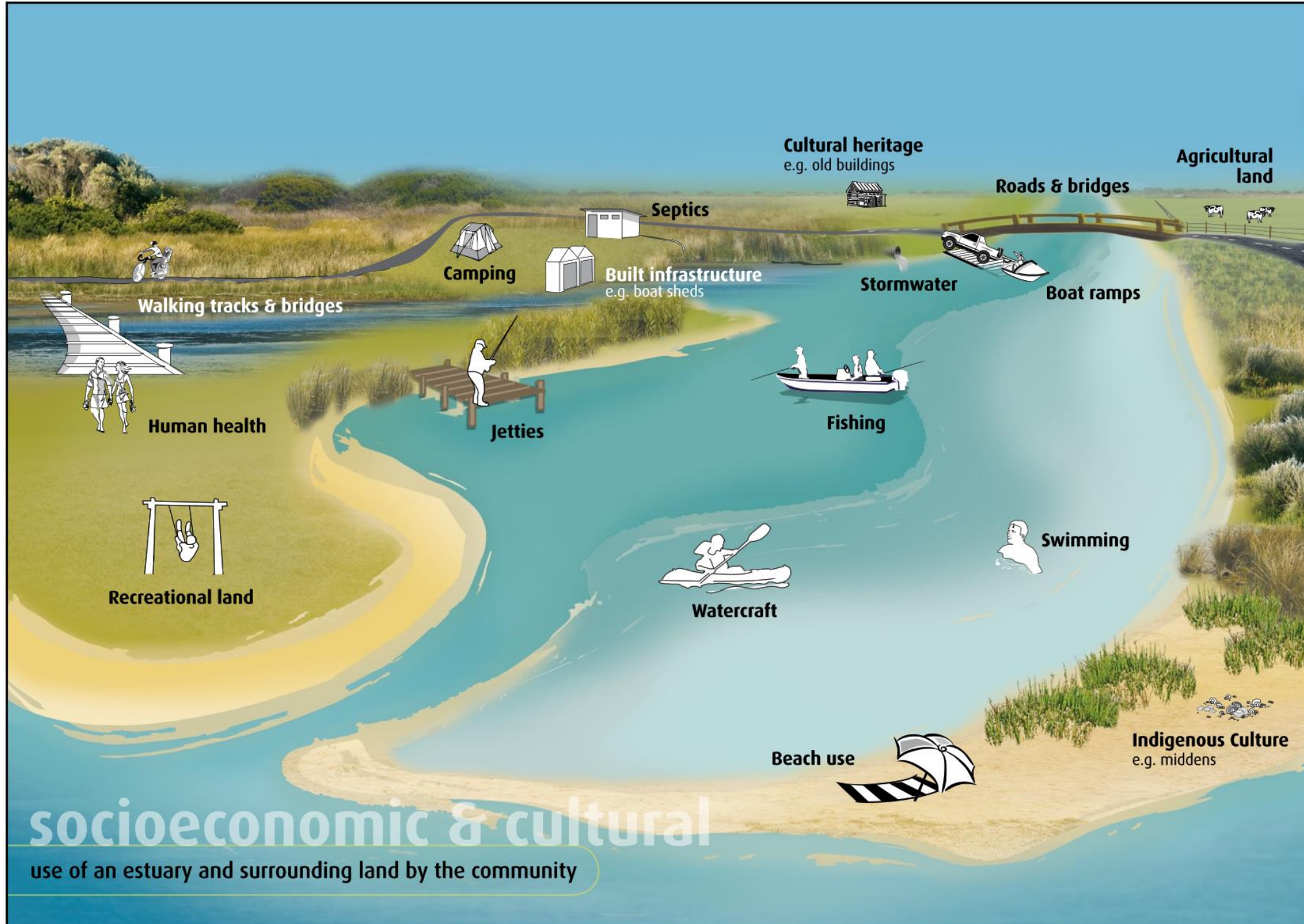


Sandy shore birds



birds

use of an estuary by various bird groups



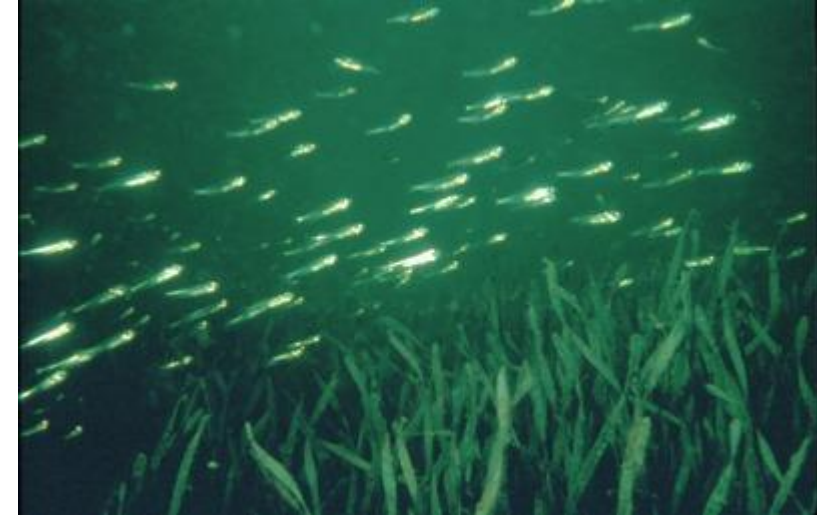
Sử dụng cửa sông

- Các cửa sông đã được sử dụng như một nơi chứa các chất tự nhiên và chất thải của các hoạt động công nghiệp, có thể làm suy giảm chất lượng nước:
 - Sinh vật gây bệnh, chất hữu cơ và chất dinh dưỡng: Chất thải đô thị.
 - Thuốc trừ sâu và thuốc diệt cỏ: Nông nghiệp.
 - Kim loại nặng, dầu, chất tẩy mới, các chất, hóa chất độc hại: Công nghiệp, vận tải biển,
 - Từ bầu khí quyển, đường cao tốc và đường bộ.
 - Nhiệt: Các nhà máy điện.
 - Trầm tích: Nông nghiệp và xây dựng nói chung.

Phương pháp nghiên cứu cửa sông

- Phương pháp nghiên cứu cửa sông hiện đại hiện nay là phương pháp Thủy văn sinh thái (Ecohydrology)

1.2. Các khái niệm, phân loại về cửa sông và lạch triều



Các khái niệm



Cửa sông <> lạch triều: giống nhau

- là đường thủy cung cấp hàng hải tới các cảng,
- trao đổi chất dinh dưỡng với vùng biển ven bờ, và
- tiếp cận với thức ăn và gây giống quan trọng cho động vật có vây (cá) và động vật có vỏ.

Cửa sông <> lạch triều: Khác nhau

Cửa sông

- tồn tại trong phạm vi rộng của các môi trường địa chất
- rias, thung lũng băng hà, các bờ cấu trúc, và các hệ thống xây dựng-cồn ngầm

Lạch triều

- gắn liền với các đường bờ có cồn chắn.
- Kích thước của cửa lạch triều và sự phân bố các thân cát liên kết với chúng được kiểm soát bởi
 - thể tích và sức mạnh của dòng triều,
 - nguồn cung cấp trầm tích và năng lượng sóng.

Sự hình thành cửa sông

Bắc bán cầu

- mực nước biển dâng sau suy thoái băng hà làm ngập thung lũng bị khoét sâu của các hệ thống sông, tạo ra cửa sông
- ngoại trừ các trường hợp, mà ở đó, các con sông có tải lượng trầm tích cao lấp đầy lòng của chúng (thung lũng),
- mực nước biển dâng vẫn tiếp tục làm ngập thung lũng, dẫn đến sự phát triển của đồng bằng châu thổ.
- Sự phân bố các thân cát kết hợp-cửa sông liên quan đến tính sẵn có và thành phần của trầm tích, năng lượng sóng, biên độ thủy triều và lắng trụ triều, và lưu lượng nước.

Nam bán cầu

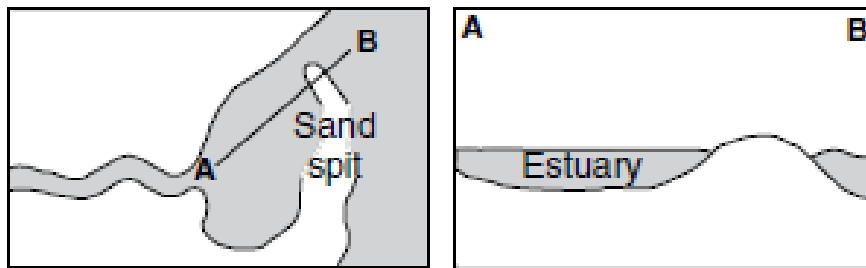
- sự hình thành của chúng phức tạp do lịch sử mực nước biển giảm trong quá khứ gần 6.000 năm qua ở các đại dương phái nam.
- Cần lưu ý rằng, một số cửa sông được phân loại như cửa lạch triều.
- Tại cửa của cửa sông, bị đóng kín một phần bởi các cồn cát chắn, thì kích thước của lòng dẫn cửa sông thường được kiểm soát bởi lắng trụ triều mạn và, do đó, các cửa sông này cũng là cửa lạch triều. Các cửa sông này có lưu lượng nước ngọt nhỏ so với lắng trụ triều mạn.

Tầm quan trọng

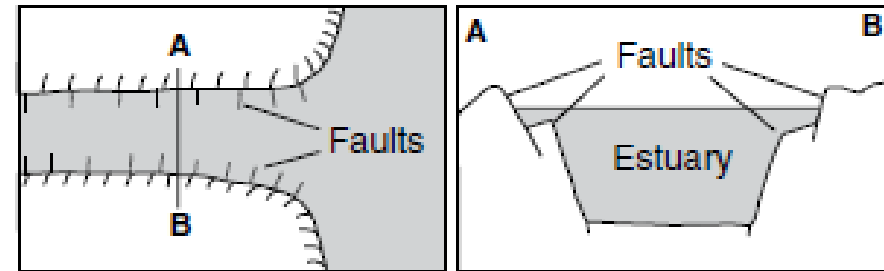
- Hiểu các quá trình cửa sông và cửa lạch triều không chỉ quan trọng đối với việc duy trì các tuyến đường thủy, mà còn cho việc quản lý các vùng đất ngập nước lân cận và các đường bờ biển có cồn chắn.
- Cửa sông là một trong những các nhà xuất khẩu chất dinh dưỡng chính cho các vùng biển ven bờ.
- Các cửa sông là một trong những hệ sinh thái hiệu quả nhất trên thế giới và có năng suất cao hơn bản thân sông hoặc vùng biển ven bờ mà nó đổ vào.
- Các cửa lạch triều làm gián đoạn vận chuyển trầm tích dọc bờ, ảnh hưởng đến cả nguồn cung cấp cát đến bãi biển do dòng trôi chảy ra và các quá trình tích tụ-xói lở dọc theo đường bờ cửa lạch. Cường độ biến động đường bờ lớn nhất dọc theo các cồn chắn xảy ra ở vùng lân cận các cửa lạch, và đây là một hệ quả trực tiếp của các quá trình cửa lạch-thủy triều.

1.2.1. Đặc điểm hình thành và đặc trưng địa mạo

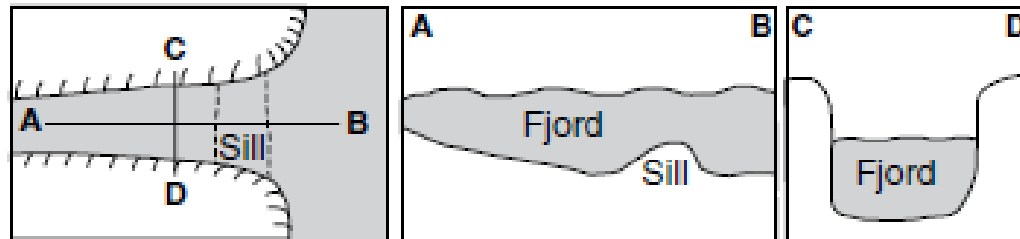
Bar-built estuaries



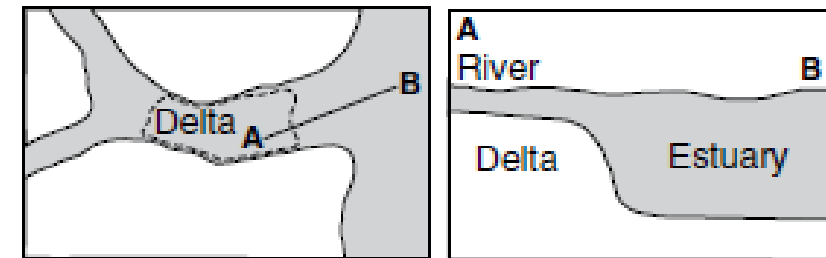
Tectonic estuaries



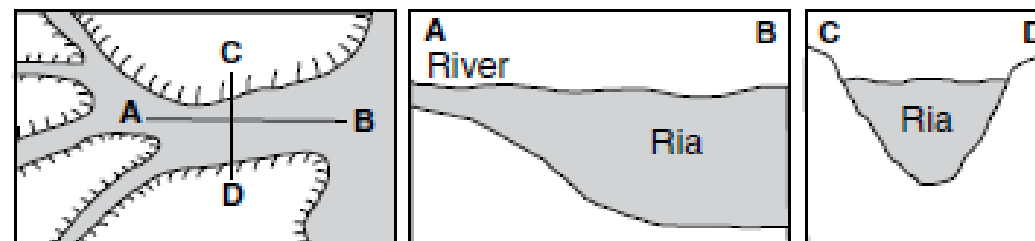
Fjords



Coastal plain estuaries



Rias



Cửa sông do xây dựng-cồn chắn (bar-built/Lagoon)

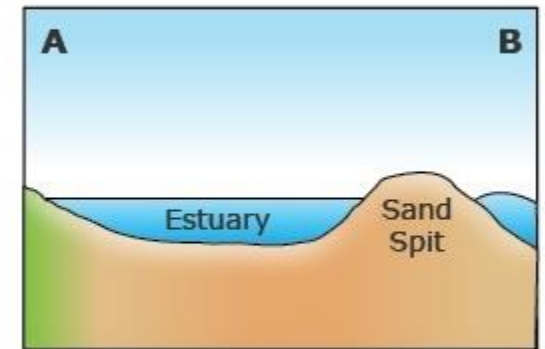
- tương tự như các thung lũng bị chìm ngập và đã từng là những vùng vịnh mở, dần dần bị đóng lại do tốc độ lắng đọng trầm tích cao và các quá trình bờ hoạt động ở gần cửa.
- Chúng phát triển dọc theo vùng đồng bằng nghiêng thoải trên các rìa thụ động hoặc ổn định về kiến tạo và các biển rìa.
- Vận chuyển dọc bờ ở gần cửa thúc đẩy sự hình thành các cồn cát ngầm (sandbar) song song với bờ, các nền cửa doi tích tụ và các doi cát, thường gắn liền vào mũi đất liền kề.
- Các cửa lạch đơn đến phức tạp duy trì trao đổi thủy triều với đại dương ven bờ.
- Các cửa sông do xây dựng-cồn ngầm có xu hướng nông, hiếm khi vượt quá 10 m. Chúng có đầu vào phù sa theo mùa và, về tiềm năng, có năng lực mang trầm tích lớn.

Top View



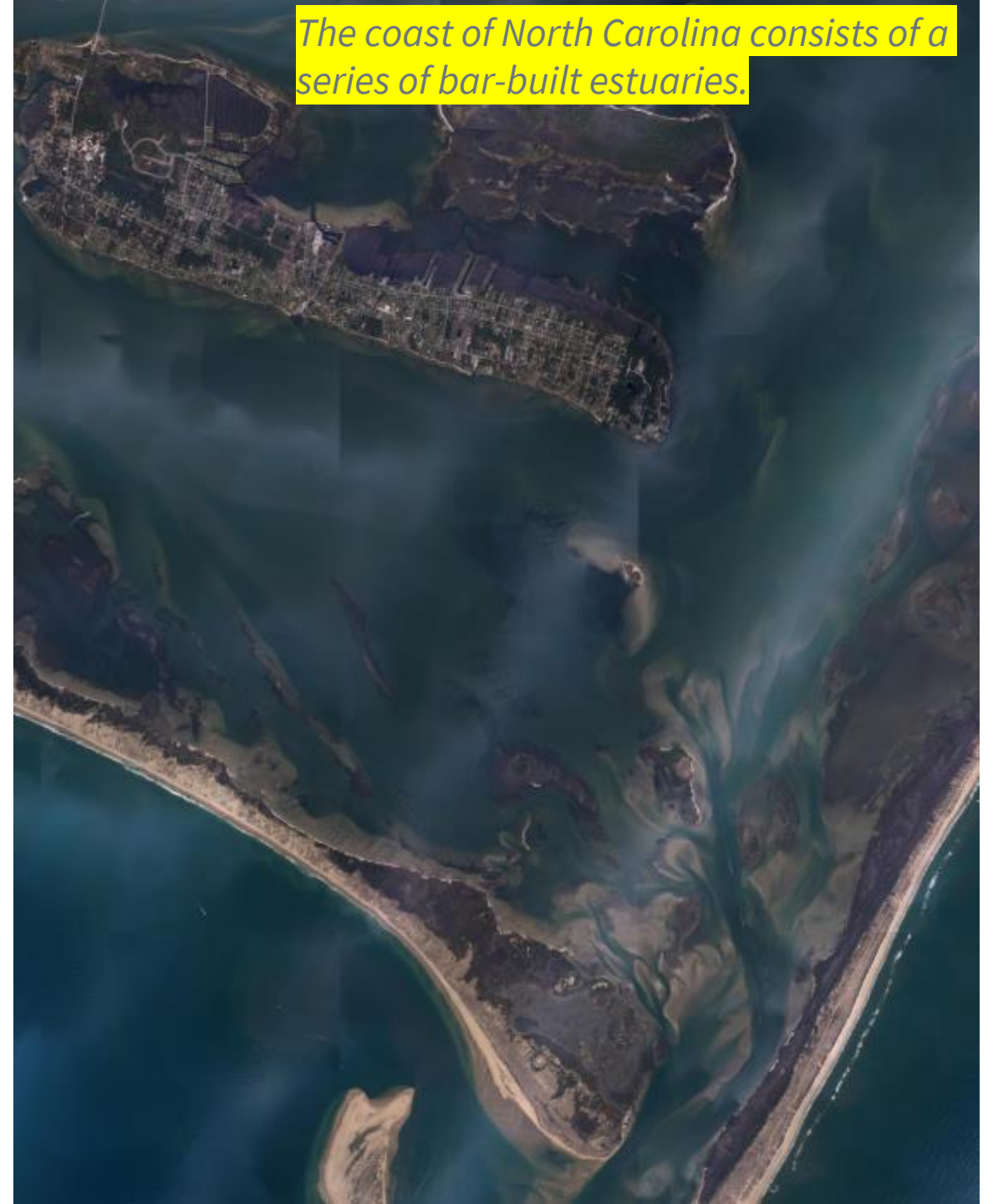
© Copyright, 2013. University of Waikato. All rights reserved.
www.sciencelearn.org.nz

Profile View





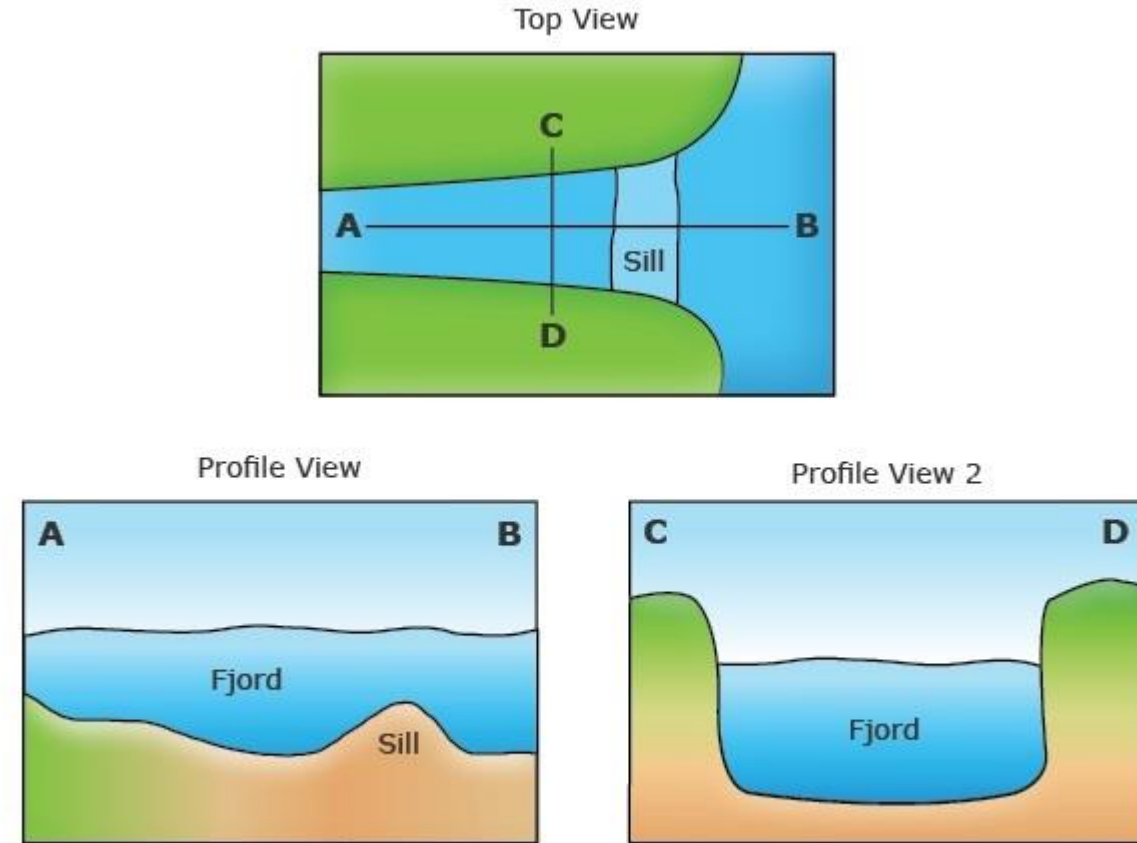
Mosquito Lagoon Barrier island



The coast of North Carolina consists of a series of bar-built estuaries.

Fjords (Vịnh hẹp)

- được tìm thấy ở các vùng vĩ độ cao và được gắn liền với các thung lũng băng hà bị xâm thực sâu.
- Chúng có xu hướng là dài (vài kilômét) và sâu (hàng trăm mét), với tỷ số rộng/sâu nhỏ (~ 1:10).
- mặt cắt hình chữ U, với những bức tường dốc đứng và thường có cồn băng đá bị ngập hoặc gần cửa được gắn liền với các tích tụ băng tích vào giai đoạn cuối.
- Trao đổi khối lượng nước gần cửa bị chi phối bởi sự cân bằng nổi của dầu vào nước ngọt ở thượng nguồn và nước mặn được đưa vào bởi các dao động thủy triều. Nguồn nước ngọt có thể là từ băng hà hoạt động hoặc đầu vào của sông.

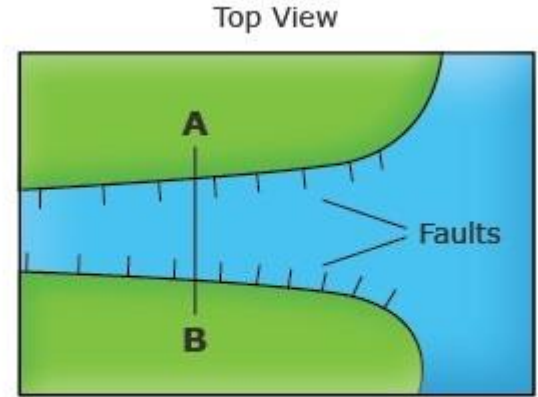




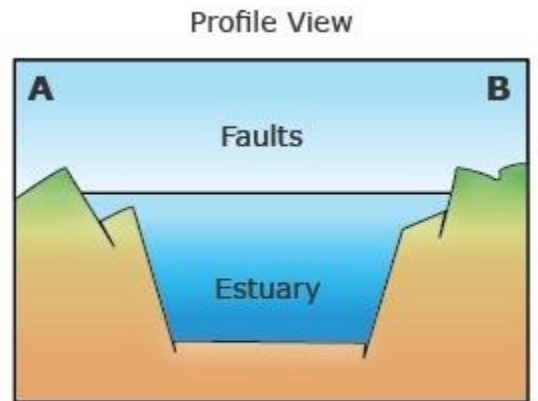
Geirangerfjord from Ørnesvingen, Stranda, Norway

Cửa sông kiến tạo (Tectonic estuaries)

- do khối đứt gãy gần ranh giới đại dương.
- Hồ sụt đã phát triển phát triển thông qua kiến tạo bị nước đại dương lấp đầy; mực nước biển dâng có thể hỗ trợ quá trình này.
- Đầu vào nước ngọt từ một hoặc một vài con sông.
- Ví dụ về các cửa sông như vậy bao gồm vịnh San Francisco ở Hoa Kỳ, cảng Manukau ở Auckland, New Zealand, tỉnh Oro của Papua New Guinea và một số cửa sông ở tây bắc Tây Ban Nha.



© Copyright, 2013. University of Waikato. All rights reserved.
www.sciencelearn.org.nz





The San Francisco Bay in California is an example of a tectonic estuary

Cửa sông ria

- xuất hiện ở cửa thung lũng sông đã bị chìm ngập do nước biển dâng.
- Mặc dù thung lũng sông có thể đã bị ngập bởi mực nước biển dâng trong lúc suy thoái băng hà lần cuối, bản thân thung lũng có thể già hơn nhiều, đặc biệt là những thung lũng sông dọc các bờ đá.
- Ví dụ, một số rias dọc theo bờ biển trung tâm của Maine (Hoa Kỳ), Ireland, Brazil và New Zealand nhờ nguồn gốc của chúng đối với xâm thực do sông trong suốt hàng trăm ngàn đến hàng triệu năm qua. Thông thường, cấu trúc đá gốc tạo ra sự kiểm soát mạnh mẽ đối với hình thái cửa sông.

Ria of [Rijeka Dubrovačka](#) in [Dubrovnik](#),
Croatia



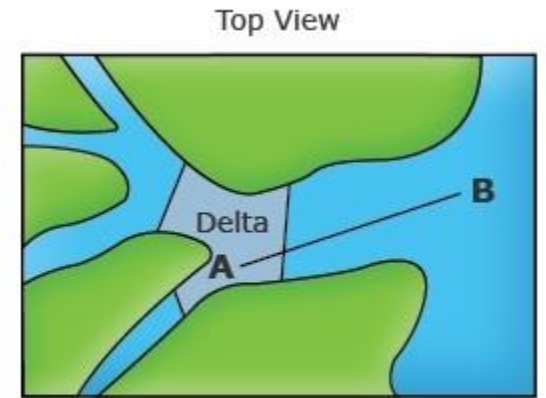
Ria of [San Vicente de la Barquera](#) in [Cantabria](#), Spain



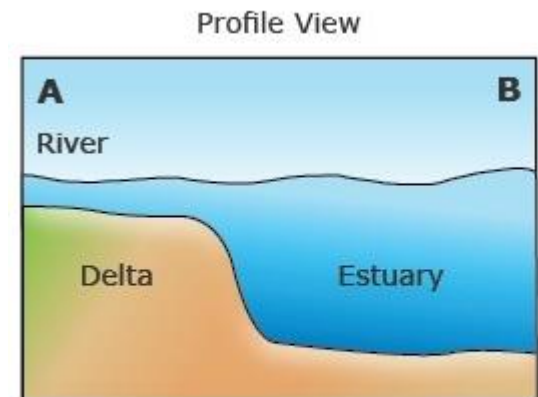
Ria of [Bay of Kotor](#) in [Kotor](#), Montenegro

Cửa sông đồng bằng ven biển (coastal plains)

- kiểu cửa sông ria đặc biệt được hình thành từ 18.000 đến 6000 năm trước, theo sâu mực nước biển dâng chân tỉnh lên đến hơn 100 mét, đánh dấu kết thúc giai đoạn băng hà Pleistocen cuối cùng. Trước sự kiện này, trong lúc mực nước biển thấp, các dòng sông đã mở rộng nguồn của mình trên thêm lục địa, đồng thời phát sinh và mở rộng thung lũng của chúng.
- Hầu hết các cửa sông trông giống như các dòng sông, mặc dù chúng thường có tỷ số chiều rộng đối với độ sâu rất lớn.
- Thông thường, các cửa sông này đều nông, với độ sâu đến hàng chục mét, chiều rộng vài kilômet và một lòng sông dần dần mở rộng và sâu hơn về phía cửa.
- Một số ví dụ về các cửa sông đồng bằng ven biển bao gồm Thames và Gironde ở Tây Âu, Delaware và Vịnh Chesapeake trên Bờ biển phía đông của Hoa Kỳ, St. Lawrence và Miramichi ở miền đông Canada và sông Orange ở Nam Phi.



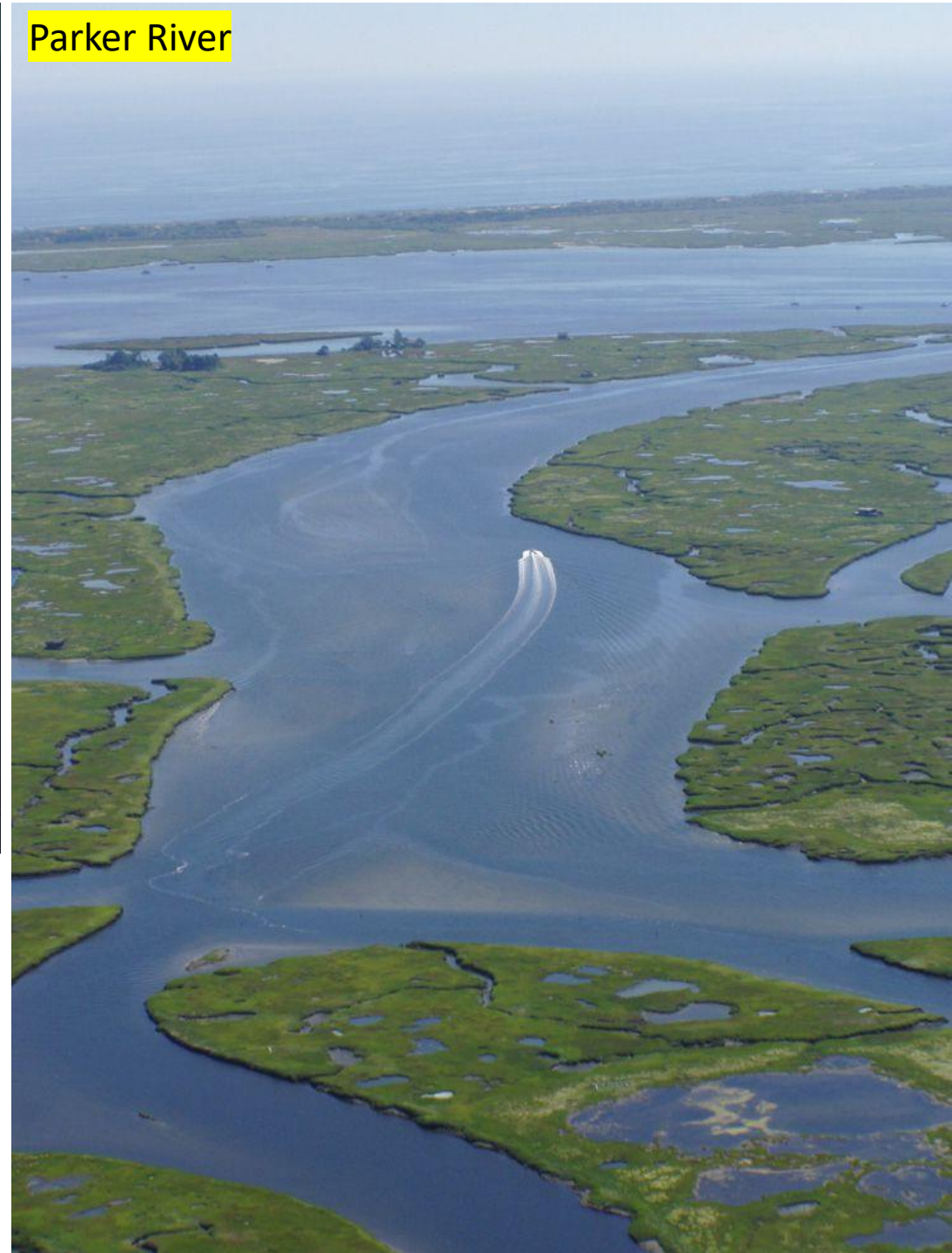
© Copyright. 2013. University of Waikato. All rights reserved.
www.sciencelearn.org.nz





Chesapeake Bay (center) and Delaware Bay (upper right)

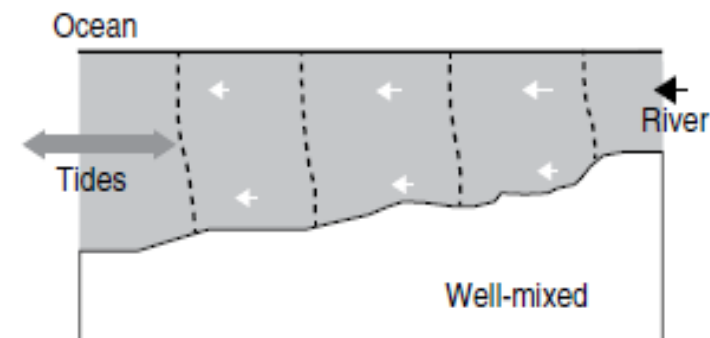
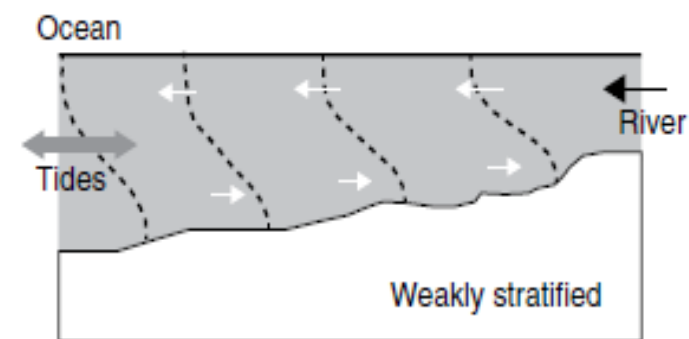
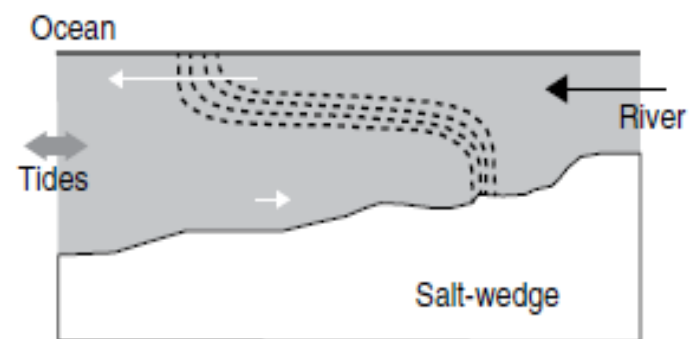
Parker River



Tổng quát

- Rias có xu hướng ngắn, sâu và dốc với lưu lượng sông thấp.
- Các cửa sông đồng bằng ven biển là tương đối dài và hình phễu, mặt cắt ngang có dạng chữ V và vùng triều rộng.
- Cửa sông được xây dựng do cồn ngầm có xu hướng ngắn, nông và có dòng sông chảy vào thấp.
- các cửa sông phát triển để phản ứng lại những thay đổi về các tham số này và các tham số thứ sinh khác, bằng cách điều chỉnh độ sâu hoặc chiều dài của chúng. Phản ứng sẽ tác động đến động lực và cân bằng giữa nhập khẩu và xuất khẩu trầm tích.
- Sự tiến hóa hình thái của các cửa sông nằm trong sự cân bằng tương đối của biên độ thủy triều đối ngược với dòng chảy sông.

1.2.2. Theo mức độ phân tầng độ mặn



Phân tầng độ mặn

- Các cửa sông có thể được phân loại theo mức độ phân tầng theo chiều thẳng đứng, thay đổi từ các cửa sông được phân tầng cao đến cửa sông bị xáo trộn-tốt, với gradient độ mặn ít hoặc không theo chiều thẳng đứng
- Mức độ phân tầng bị ảnh hưởng bởi hình thái bờ biển, dạng hình học của lòng dẫn, đầu vào nước ngọt, độ lớn thủy triều gần cửa, và đặc điểm truyền sóng triều.
- Ví dụ, các cửa sông được xây dựng do cồn ngầm nông thường bị xáo trộn, trong khi các fiord sâu có thể được phân tầng cao.

Phân loại cửa sông dựa trên tỷ số giữa dòng chảy triều và dòng chảy lưu lượng sông

- Dòng chảy triều được xác định là dòng chảy vào trung bình của nước mặn lúc triều lên và dòng chảy sông là khối lượng nước ngọt trong một nửa chu kỳ thủy triều.
- Các loại cửa sông thay đổi:
 - tỷ số thấp (tỷ số ≤ 1), là cửa sông có nêm mặn,
 - phân tầng mạnh mẽ và phân tầng một phần (tỷ số $\leq 10 - 10^3$), và
 - phân tầng yếu hoặc xáo trộn theo chiều thẳng đứng (tỷ số $\geq 10^3$).

Phân loại cửa sông dựa trên tỷ số giữa dòng chảy triều và dòng chảy lưu lượng sông

- Một cửa sông có nêm mặn kinh điển xảy ra ở cửa sông Mississippi (Hoa Kỳ),
 - nước mặn của vịnh Mexico đi vào dọc theo đáy sông dưới dạng nêm, trong khi đồng thời một khối lượng nước ngọt lớn của dòng chảy sông Mississippi thoát ra cửa sông trên bề mặt-một quá trình duy trì phân tầng theo chiều thẳng đứng.
- Sự cân bằng thực tế giữa hai khối nước này thay đổi theo giai đoạn thủy triều, những thay đổi dòng chảy sông theo mùa, cơ cấu tạo ra do gió, và biên độ thủy triều.
- một số cửa sông mất hoàn toàn tính chất nêm mặn của mình trong các thời kỳ dòng chảy sông thấp và bị phân tầng một phần.
 - Ví dụ về các cửa sông bị xáo trộn một phần bao gồm sông James ở Vịnh Chesapeake, Hoa Kỳ, Miramichi, New Brunswick, Canada và Itajai, Santa Catarina, Brazil.

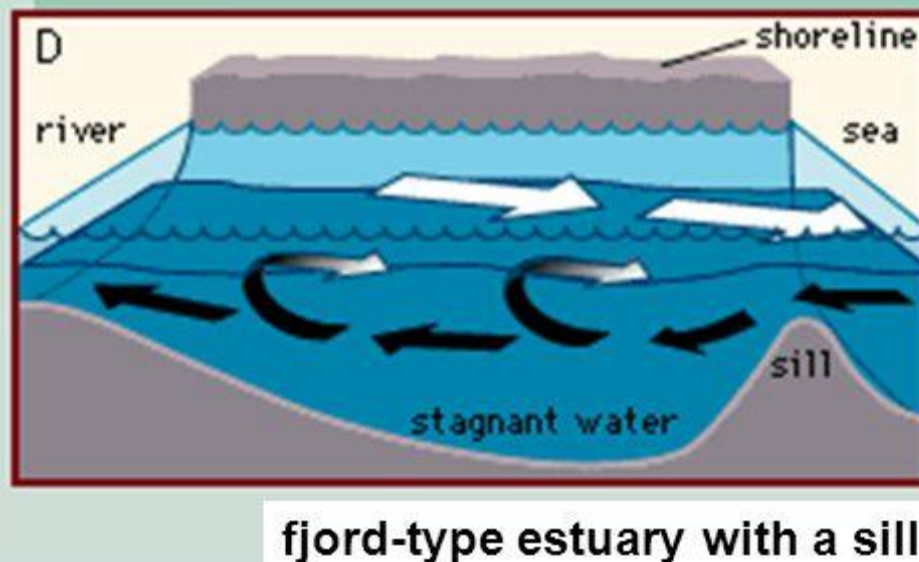
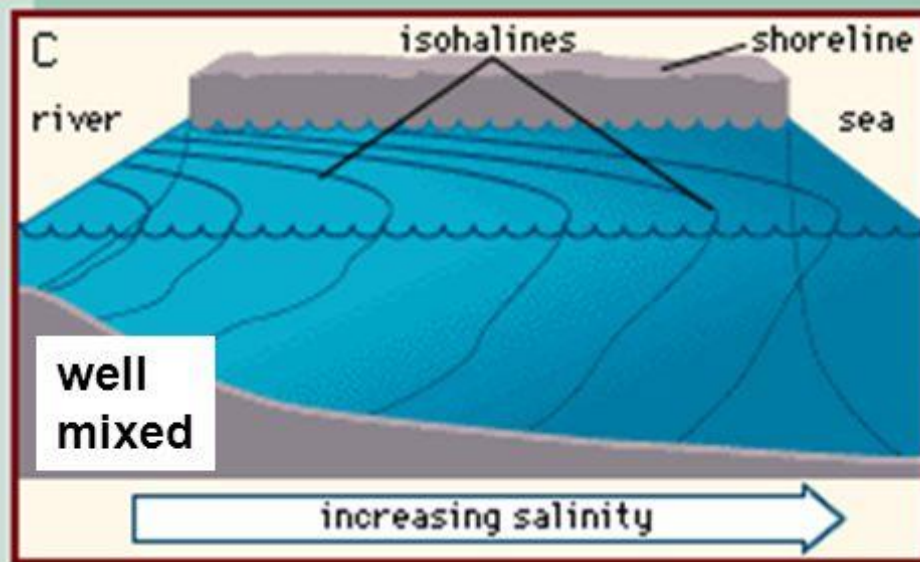
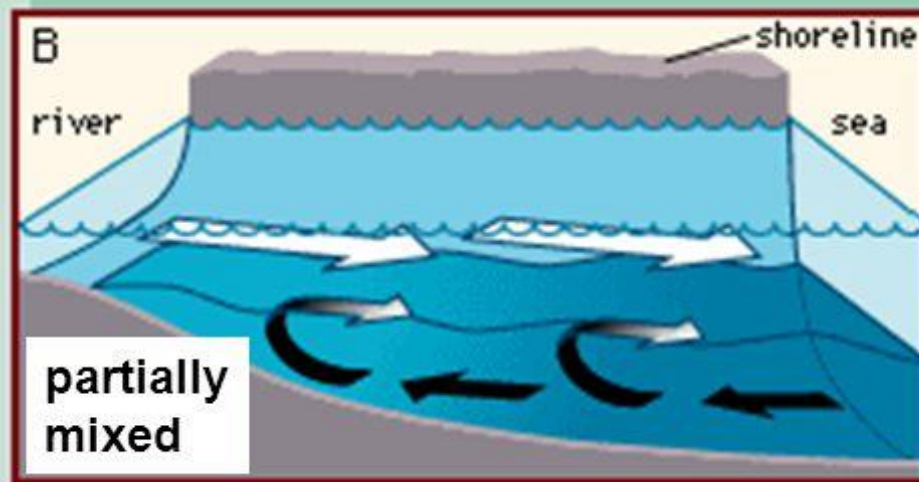
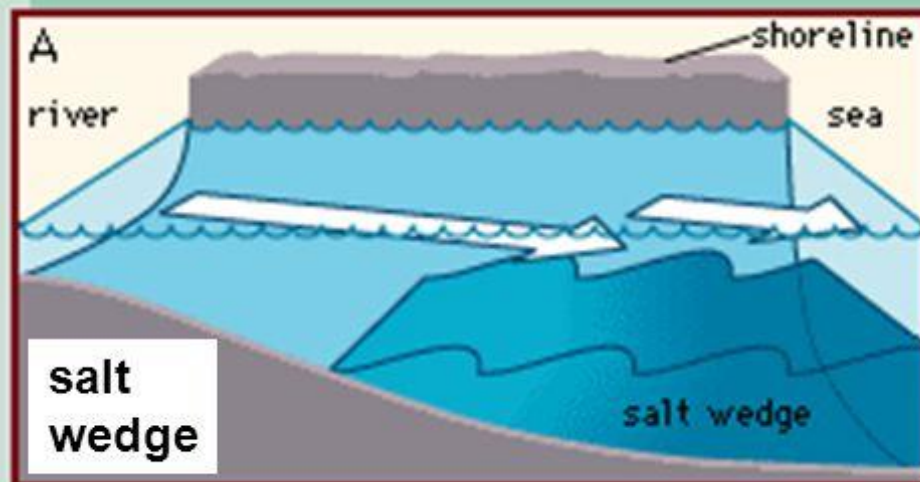
Cưỡng bức thủy triều tăng lên

- cưỡng bức của sông chiếm ưu thế, nên sự nhiễu loạn tạo ra do dòng chảy gây ra sự xáo trộn toàn bộ cột nước.
- Trong các cửa sông này, độ mặn thay đổi theo chiều ngang hơn là theo chiều thẳng đứng, dẫn đến điều kiện phân tầng vừa phải.
- Thường thì cơ chế cho dòng mặn là thông qua sự phân tán ứng suất ổn định định (dưới triều – sub-tidal), làm thay đổi nhiều bậc cường độ từ dòng mặn, được tạo ra trong quá trình chuyển đổi từ triều trực thể sang triều sóc-vọng.
- Bản chất tương đối rộng và nông của các cửa sông này làm cho chúng phản ứng với ứng suất gió một cách nhanh chóng, đóng góp thêm chi động lực của cơ chế vận chuyển dòng mặn, các quá trình xáo trộn và trao đổi.

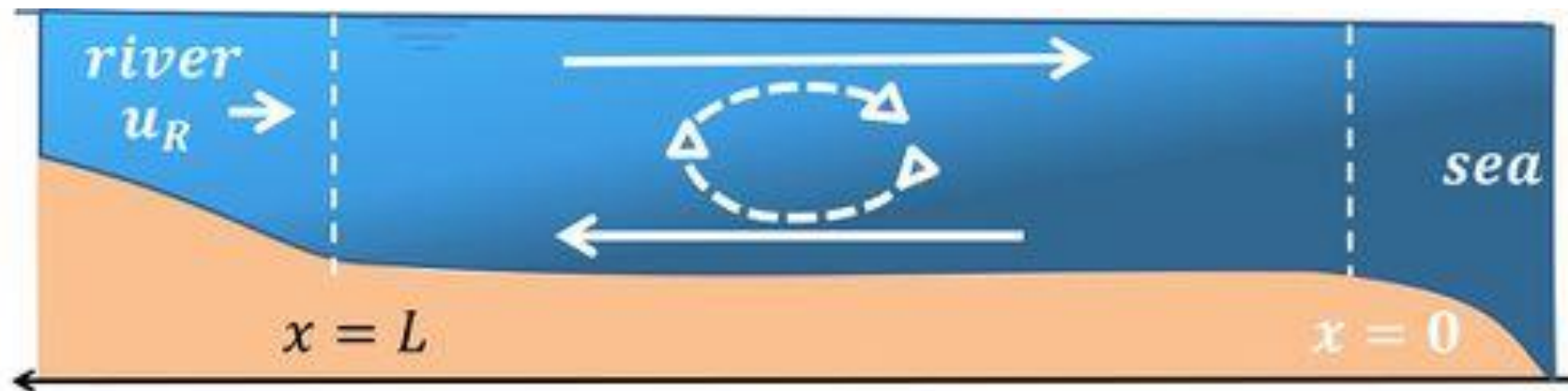
Các cửa sông xáo trộn-tốt

- xảy ra ở những nơi có sự xáo trộn của thủy triều đủ mạnh để vượt qua phân tầng thẳng đứng.
- phức tạp hơn và trong trường hợp không có phân tầng theo chiều thẳng đứng, thì dòng chảy và trao đổi phần lớn bị chi phối bởi gradient độ mặn theo tầng và nằm ngang.
- Khi các cửa sông này đủ rộng, lực Coriolis có thể cách ly các khối nước ngọt và nước mặn trong lúc ngập triều, khiến chúng chảy theo hướng ngược nhau (Masselink và Hughes, 2003).
 - Nước lũ đi vào được lái sang phải (bán cầu bắc) hoặc sang trái (bán cầu nam), tạo ra sự phân bố độ dốc độ mặn trong cửa sông.
 - Chế độ này bị biến đổi tiếp tục bởi độ sâu của cửa sông và sự hiện diện lòng dẫn tự nhiên hoặc nhân tạo (luồng hàng hải hoặc được nạo vét) sâu, có thể gây ra hội tụ theo trục và hoàn lưu thứ sinh, lần đến xáo trộn rồi, dẫn đến gradient độ mặn theo tầng và nằm ngang.

Types of Estuaries



1.2.3. Hoàn lưu và lắng đọng trầm tích



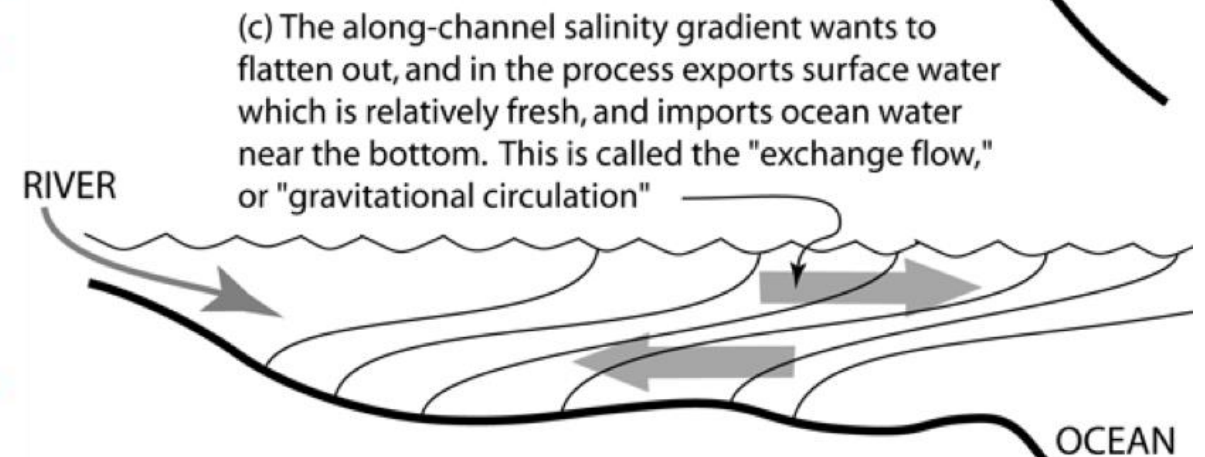
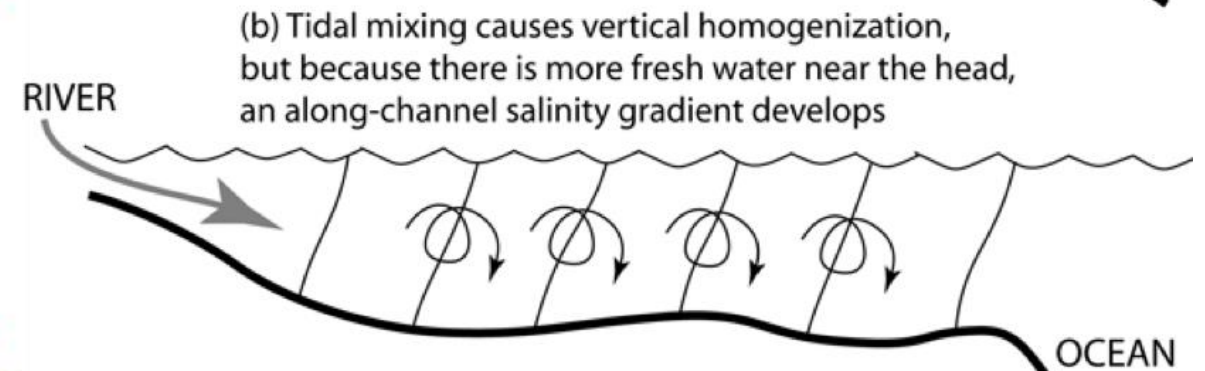
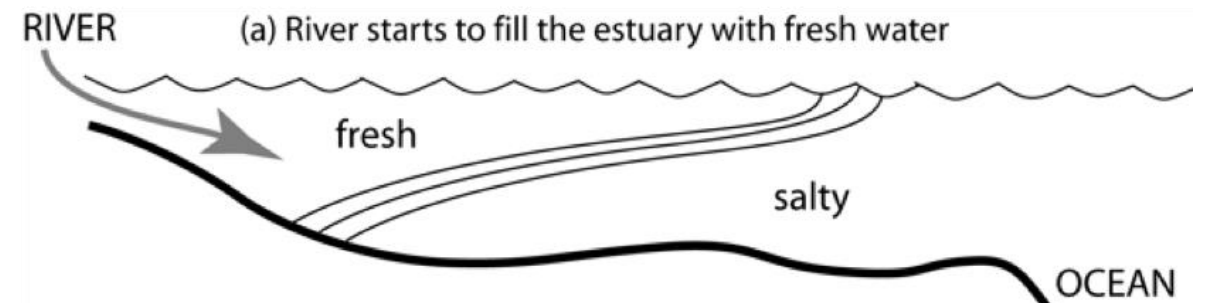
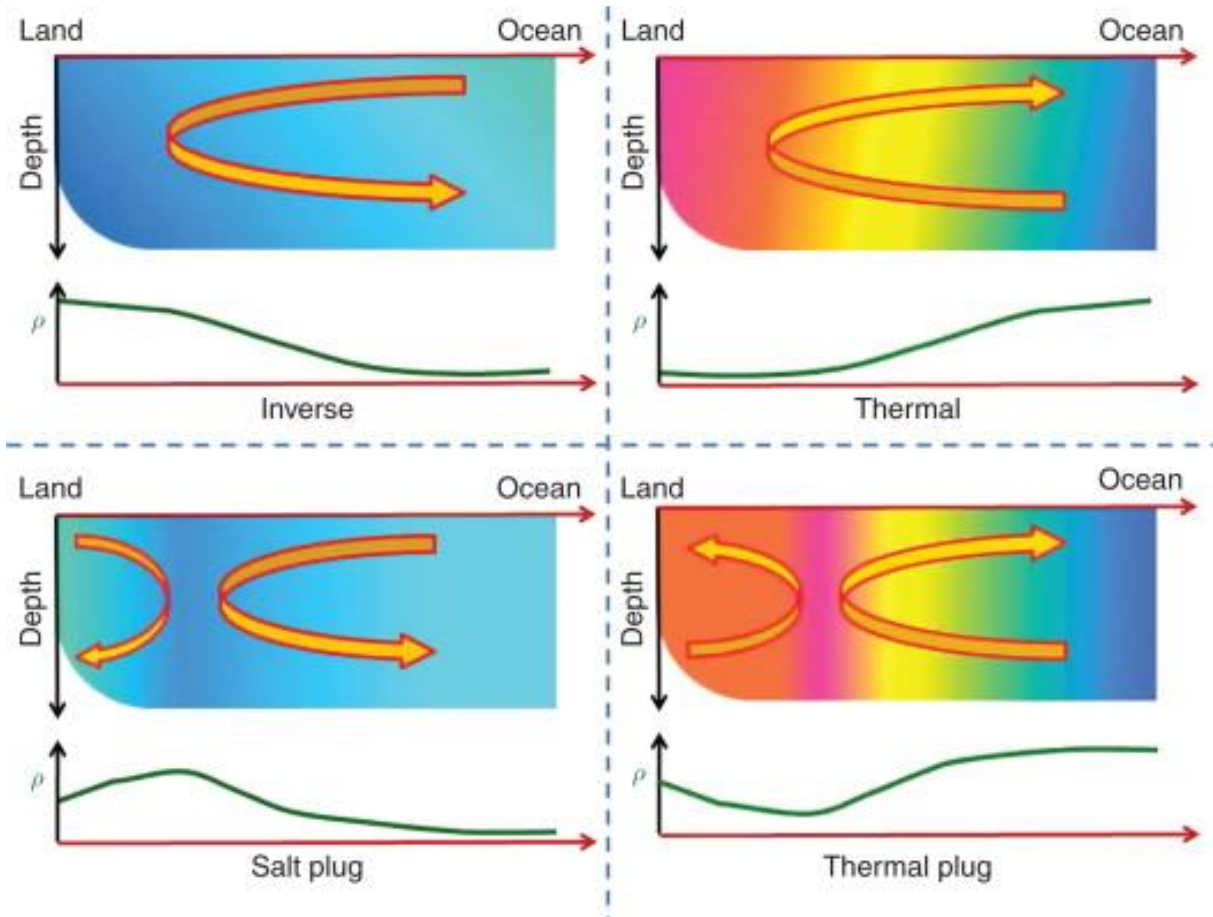
Đặc điểm hoàn lưu cửa sông

- Hoàn lưu trong cửa sông bị kiểm soát bởi sự cân bằng của dòng chảy nước ngọt của sông, biên độ thủy triều, gió và dòng chảy gây ra do sóng.
- Các dòng thứ cấp cũng được tạo ra thông qua xáo trộn nước mặn và nước ngọt; các khối nước này có tỷ trọng khác nhau do sự khác biệt về độ mặn và nhiệt độ.
- Nước ngọt của sông nhẹ hơn thường chảy bên trên nước mặn nặng hơn, tạo ra phân tầng mạnh mẽ và cửa sông có nêm nước mặn đặc trưng.
- Những thay đổi theo mùa về lưu lượng và nhiệt độ nước sông, đặc biệt là vào nhiệt độ đầu mùa xuân so với nhiệt độ mùa hè, có thể ảnh hưởng mạnh mẽ đến gradient mật độ (ví dụ: ở sông Mississippi).
- Khuếch tán phân tử (chuyển động của các phân tử muối từ nồng độ cao đến nồng độ thấp) và xáo trộn rối (chuyển động các phân nước giữa khu vực ngọt và mặn), như được tạo ra bởi các xoáy nước, là hai quá trình cơ bản làm giảm gradient độ mặn (Masselink và Hughes, 2003).

Đặc điểm

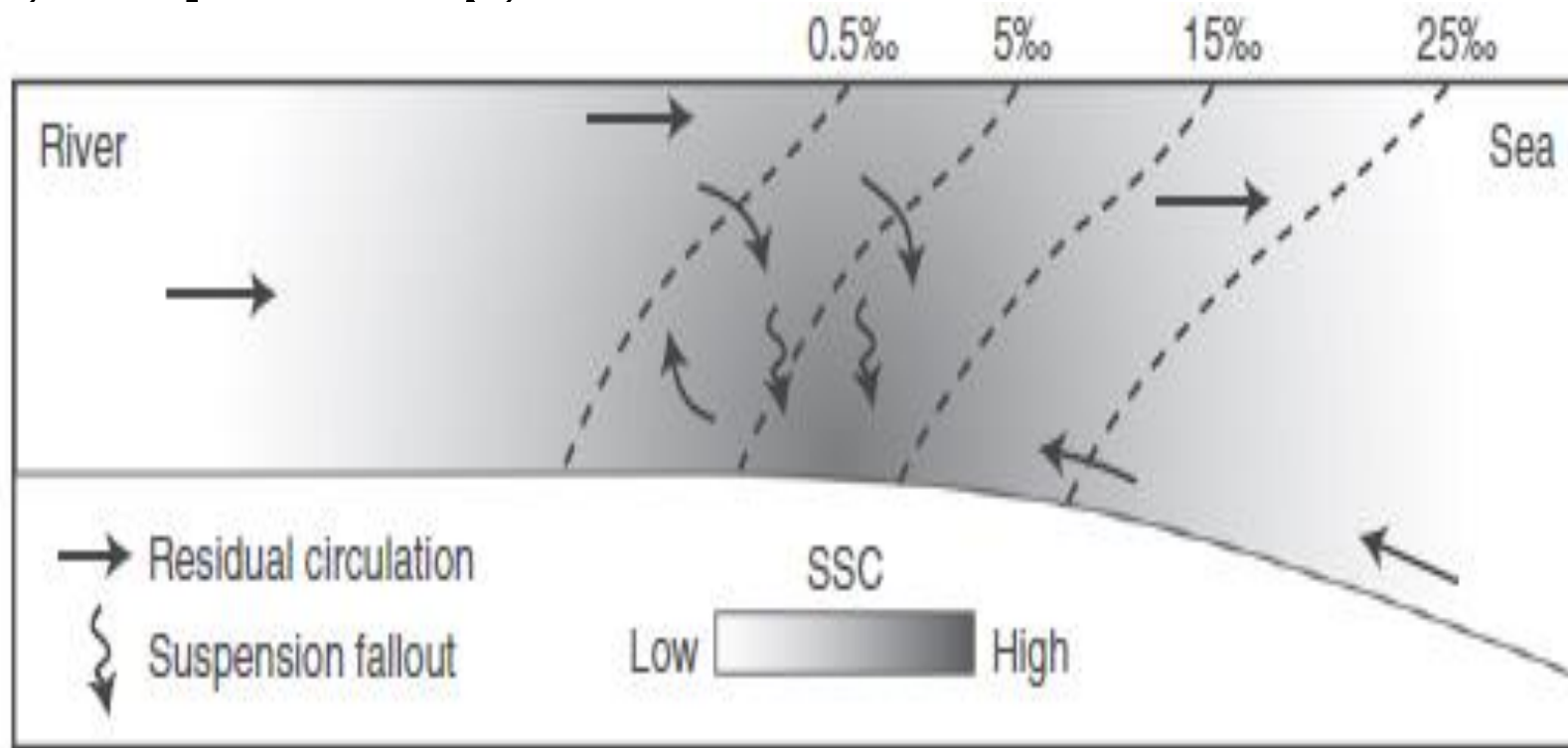
- Đầu vào nước ngọt to lớn tới cửa sông bởi các dòng sông tạo ra dòng chảy ra biển chun cuộc tại bề mặt cửa sông, có thể chịu trách nhiệm đối với lưu lượng trầm tích hạt mịn.
- Sự cuốn hút nước mặn bên dưới do dòng nước ngọt chảy ra tạo nên sự thiếu hụt khối lượng nước mặn, làm cho dòng nước mặn chảy về phía lục địa vào cửa sông.
- Sự chuyển tiếp từ nước ngọt sang nước mặn, được gọi là halocline hoặc pycnocline, xảy ra trên một phần nhỏ của cột nước, và ổn định trong các cửa sông có nêm mặn.
- Nêm mặn là cố định hoặc di chuyển các khoảng cách ngắn về phía đất liền và hướng ra biển cùng với chuyển động của thủy triều, đặc biệt là ở các vị trí thủy triều nhỏ (microtidal).
- Mặc dù thủy triều có thể đảo ngược dòng chảy hàng ngày, nhưng dòng dư trong khu vực nêm thường chịu trách nhiệm đối với vận chuyển trầm tích đáy về phía đất liền, chun cuộc và đưa trầm tích thổ vào cửa sông, đặc biệt là trong nêm mặn và các cửa sông bị xáo trộn một phần (Hình 1.2).
- Lưu lượng cao, bão và dòng chảy sinh ra do thủy triều mạnh có thể phá vỡ kiểu hoàn lưu này, tạo ra một cửa sông xáo trộn theo chiều thẳng đứng hơn.

Dòng chảy



NOTE: In a real estuary step (a) doesn't happen. Instead the estuary tends to oscillate between states (b) and (c), particularly over the Spring/Neap cycle.

Vị trí cực đại độ đục của cửa sông (ETM), cho thấy hoàn lưu cửa sông dư và lắng đọng trầm tích chung cuộc trong ETM.

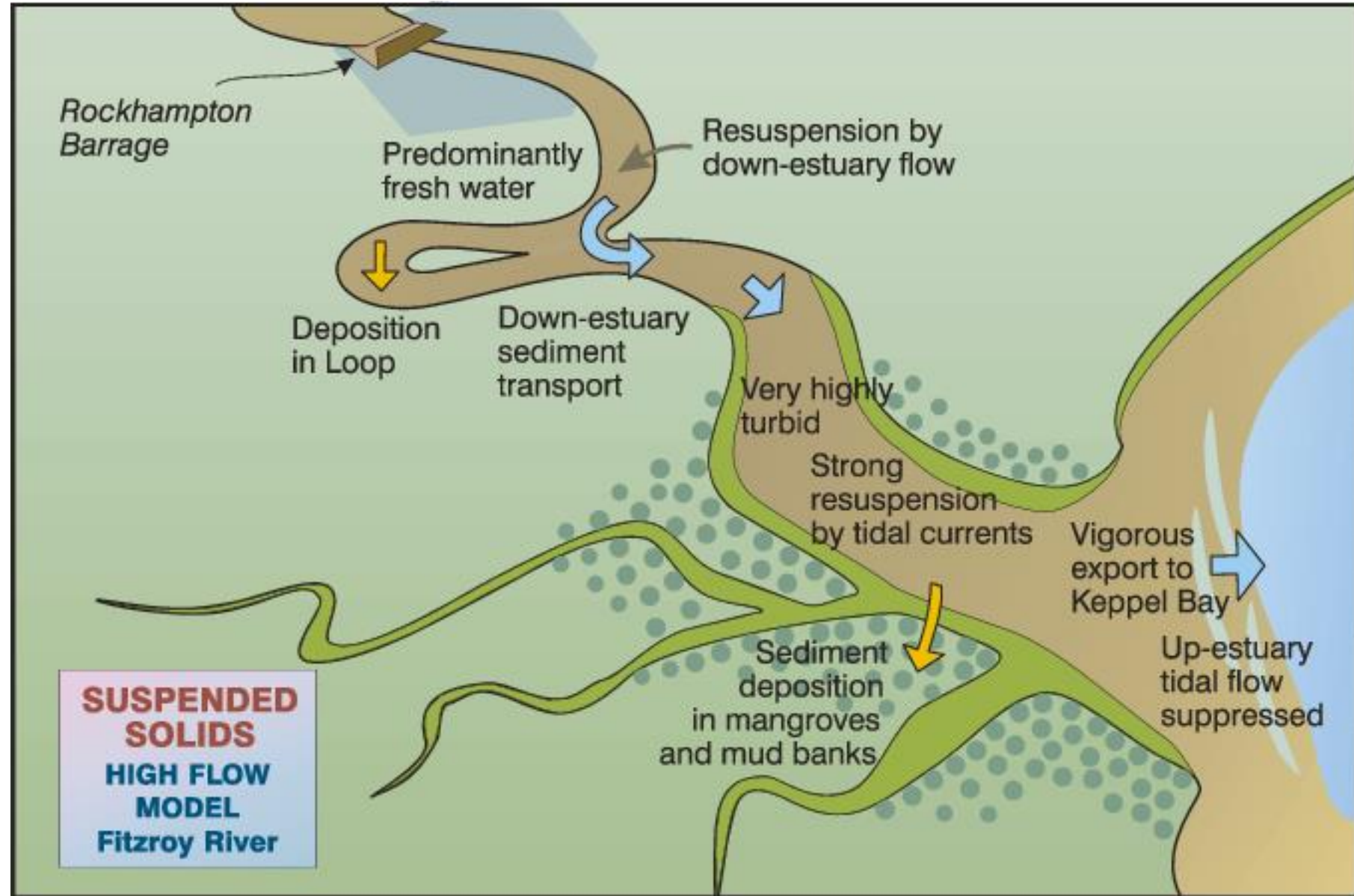


SSC là nồng độ trầm tích lơ lửng

Vùng cực đại độ đục của cửa sông (ETM)

- Ở các vùng ETM, nồng độ trầm tích lơ lửng cao hơn nhiều so với vùng nước hướng vào đất liền hoặc hướng ra biển và dao động từ 0,1 đến 20 g/l, tùy thuộc vào loại cửa sông và biên độ thủy triều.
- Nồng độ trầm tích lơ lửng cao thường được gắn liền với các cửa sông thủy triều lớn (macrotidal), như cửa sông Tamar và sông Thames (Anh), hoặc sông Fly (Papua New Guinea),
- trong khi nồng độ thấp thường được gắn liền với các cửa sông thủy triều nhỏ (microtidal), như Hawkesbury, Australia.
- Bên trong đới ETM, nồng độ trầm tích lơ lửng có thể thay đổi đáng kể, và bị ảnh hưởng bởi tốc độ và sự hỗn loạn của dòng chảy sông, biên độ thủy triều, độ sâu của estuary và động lực về cấu trúc độ mặn.
- Ở cửa sông Scheldt, trên biên giới của Bỉ và Hà Lan, nồng độ cao 0,28 g/l đã được báo cáo, bao gồm các kết bông kích thước lên đến 500 μm .
- Tốc độ lên tới 11 mm/s đóng góp khoảng 95% dòng trầm tích đo được (Manning và cs., 2007). Uncles (2002) đã chứng minh nồng độ trầm tích từ 0,2 đến 1,5 g/l ở cửa sông Tamar (Vương Quốc Anh).
- Điều này phù hợp với các kết quả khác cho thấy rằng, trong thời gian triều lên, một đỉnh nồng độ trầm tích lơ lửng đột ngột xảy ra khi nước mặn di chuyển về phía đất liền, chiếm một phần lớn hơn của cột nước và, do đó, ngăn chặn các hạt sét mịn di chuyển ra phía biển.

1.2.4. Chế độ trầm tích

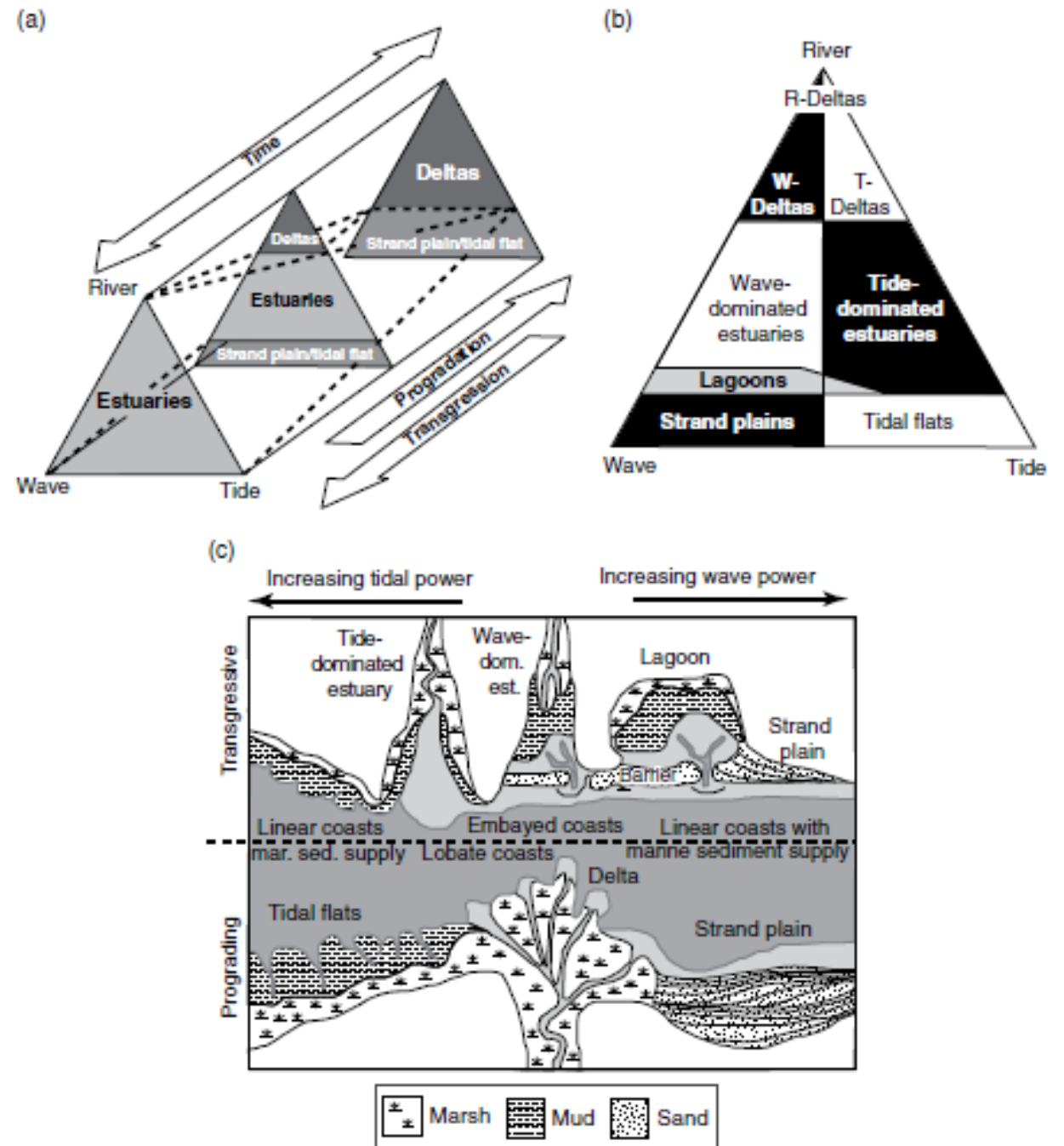


Đặc điểm trầm tích cửa sông

- Cửa sông là bẫy trầm tích có hiệu quả cao, bởi vì điều kiện năng lượng tương đối thấp so với các môi trường sông và biển liền kề (Biggs và Howell, 1984).
- Mặc dù mức độ mặn thường được sử dụng để xác định các giới hạn của cửa sông (Pritchard, 1967), nhưng về mặt địa chất, đó là các quá trình vật lý (sông-sóng-thủy triều) và sự chiếm ưu thế của mỗi quá trình đã tạo ra các môi trường trầm tích cửa sông cụ thể và các tướng thạch học đặc trưng.
- Các mô hình cửa sông địa chất xác định các giới hạn của cửa sông dựa trên ảnh hưởng của thủy triều thay vì độ mặn (Dalrymple và Choi, 2007).

Sơ đồ hình thái và tiến hóa cho các bờ biển tích tụ

(a) Sự tiến hóa của các cửa sông đối ngược với các bờ biển đồng bằng châu thổ/đồng bằng ven bờ là một hàm của nguồn cung cấp trầm tích và thay đổi mực nước biển. (b) Các bờ biển xây dựng có thể được phân loại theo sự thống trị tương đối của các quá trình sông, thủy triều hoặc sóng. (c) Mô hình hình thái quan niệm minh họa các kiểu hệ thống tích tụ đối với các chế độ biển tiến và biển lùi, cho thấy sự chiếm ưu thế của sóng đối ngược với ưu thế do thủy triều. Các mô hình cửa sông phù hợp nhất cho các môi trường đồng bằng ven biển, thung lũng sông bị chìm ngập. Qua thời gian, nguồn cung cấp trầm tích dồi dào dẫn đến sự lấp đầy cửa sông và cuối cùng là hình thành delta. (Nguồn: Harris và cs., 2003; Dalrymple và cs., 1992 và Boyd và cs., 1992)



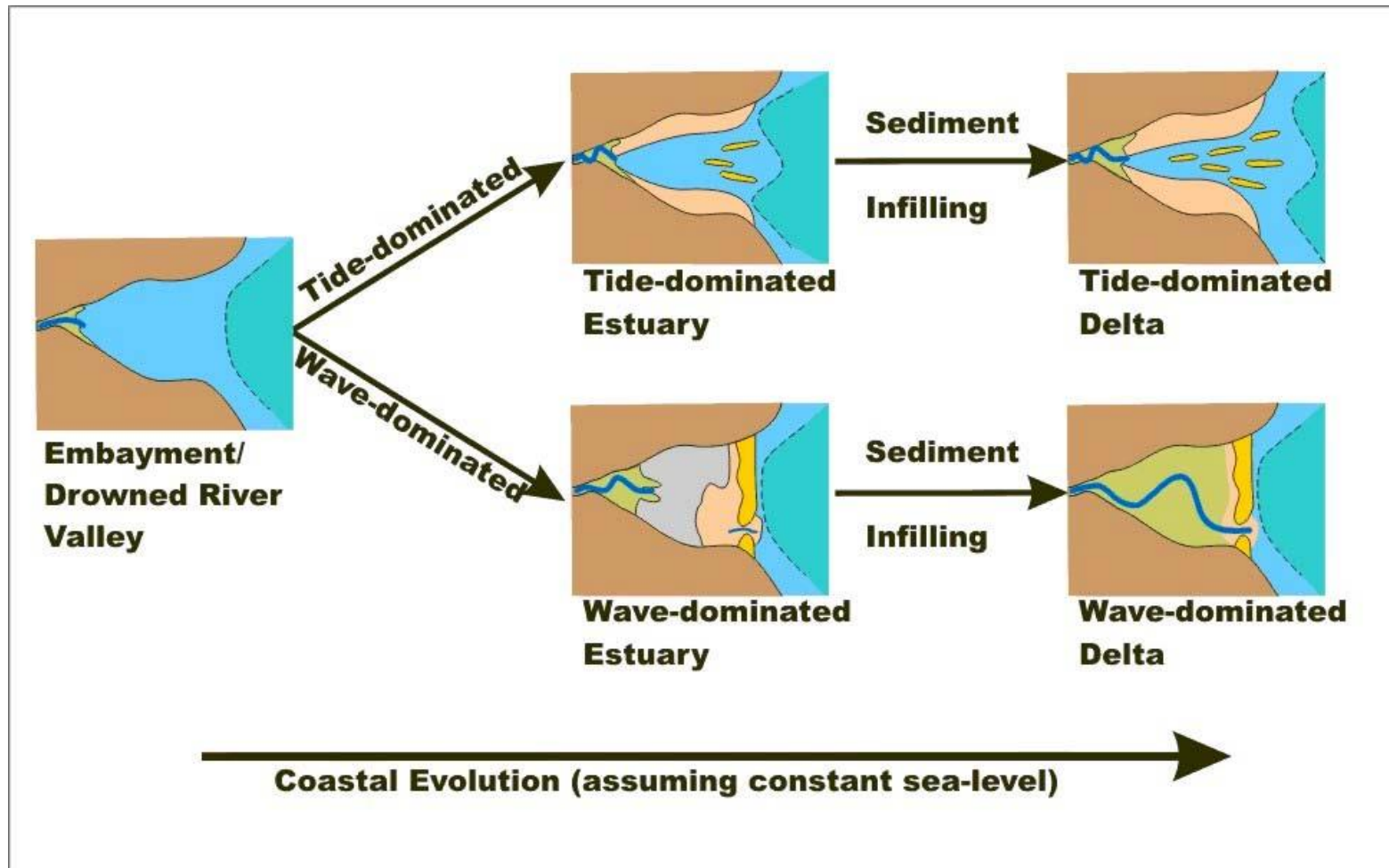
Thay đổi hình thái của sông

- Bởi vì hình thái cửa sông và phát triển tương phụ thuộc vào sự tương tác giữa các quá trình sông và biển, nên Dalrymple và cs. (1992) đã đề xuất hai mô hình thành viên lý tưởng về lắng đọng trầm tích cửa sông: thủy triều chiếm ưu thế và sóng chiếm ưu thế.
- Năng lượng sông giảm ở hạ lưu-cửa sông, do gradient thủy lực giảm khi dòng nước đạt đến mức cơ sở, trong khi năng lượng biển giảm về phía thượng-cửa sông.
- Ba đới trong hầu hết các cửa sông thủy triều và sóng chiếm ưu thế có thể được công nhận: (Dalrymple và cs., 1992; Boyd và cs., 1992).
 - (1) đới ngoài cùng chiếm ưu thế bởi các quá trình biển (sóng và dòng thủy triều);
 - (2) đới trung tâm năng lượng thấp; và
 - (3) đới bên trong, sông chiếm ưu thế

Thay đổi hình thái của sông

- Đới trung tâm, là vùng hội tụ và chế độ năng lượng thấp hơn tương đối, thường được đặc trưng bởi trầm tích đáy hạt mịn nhất trong hệ thống.
- Vận chuyển trầm tích về phía đất liền chung cuộc được bắt nguồn từ bên ngoài cửa cửa sông khác biệt với các cửa sông từ đồng bằng châu thổ (ở đó, vận chuyển trầm tích chung cuộc là ra phía biển).
- Tích tụ đồng bằng châu thổ bên trong cửa sông cũng rất phổ biến trong đới sông chiếm ưu thế là vùng đồng bằng châu thổ đỉnh-vịnh, vốn là phổ biến trong các cửa sông sóng chiếm ưu thế.

1.2.5. Các sông cửa sông chiếm ưu thế



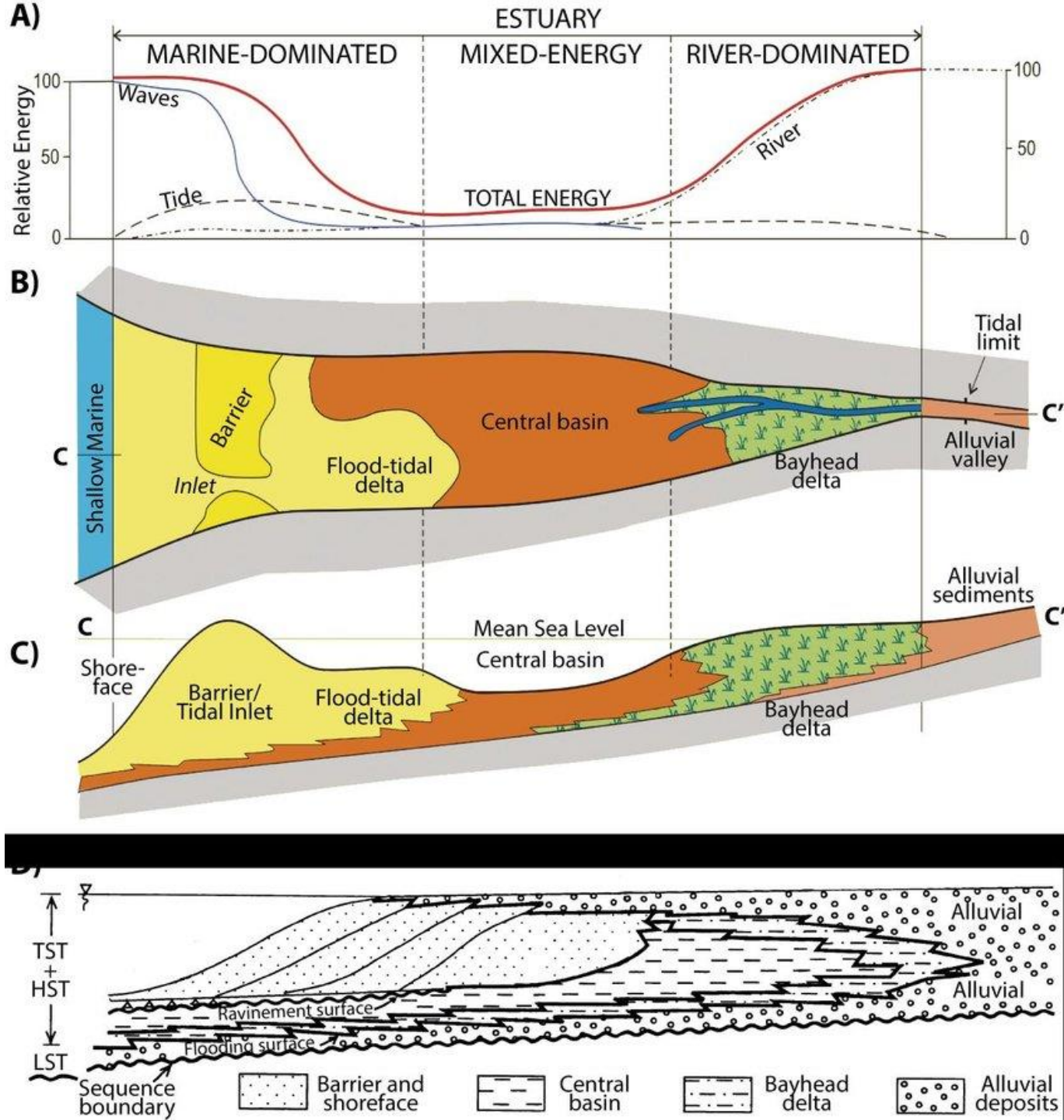
Mô hình quan niệm về cửa sông sóng chiếm ưu thế

(a) Chế độ năng lượng.

(b) Các đơn vị hình thái.

(c) Tập hợp tướng. MSL, có nghĩa là mực biển trung bình.

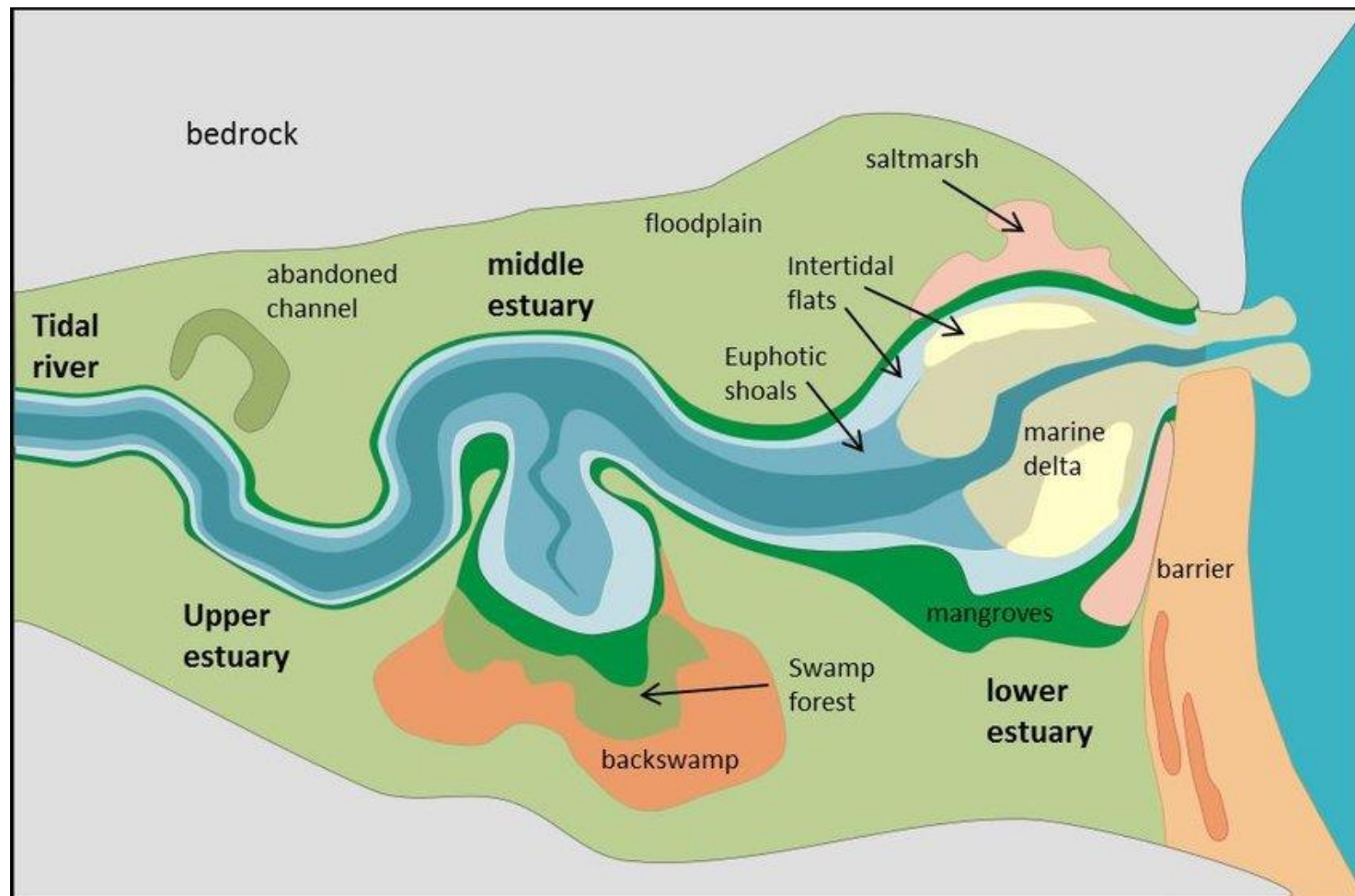
(Dalrymple và cs., 1992.)



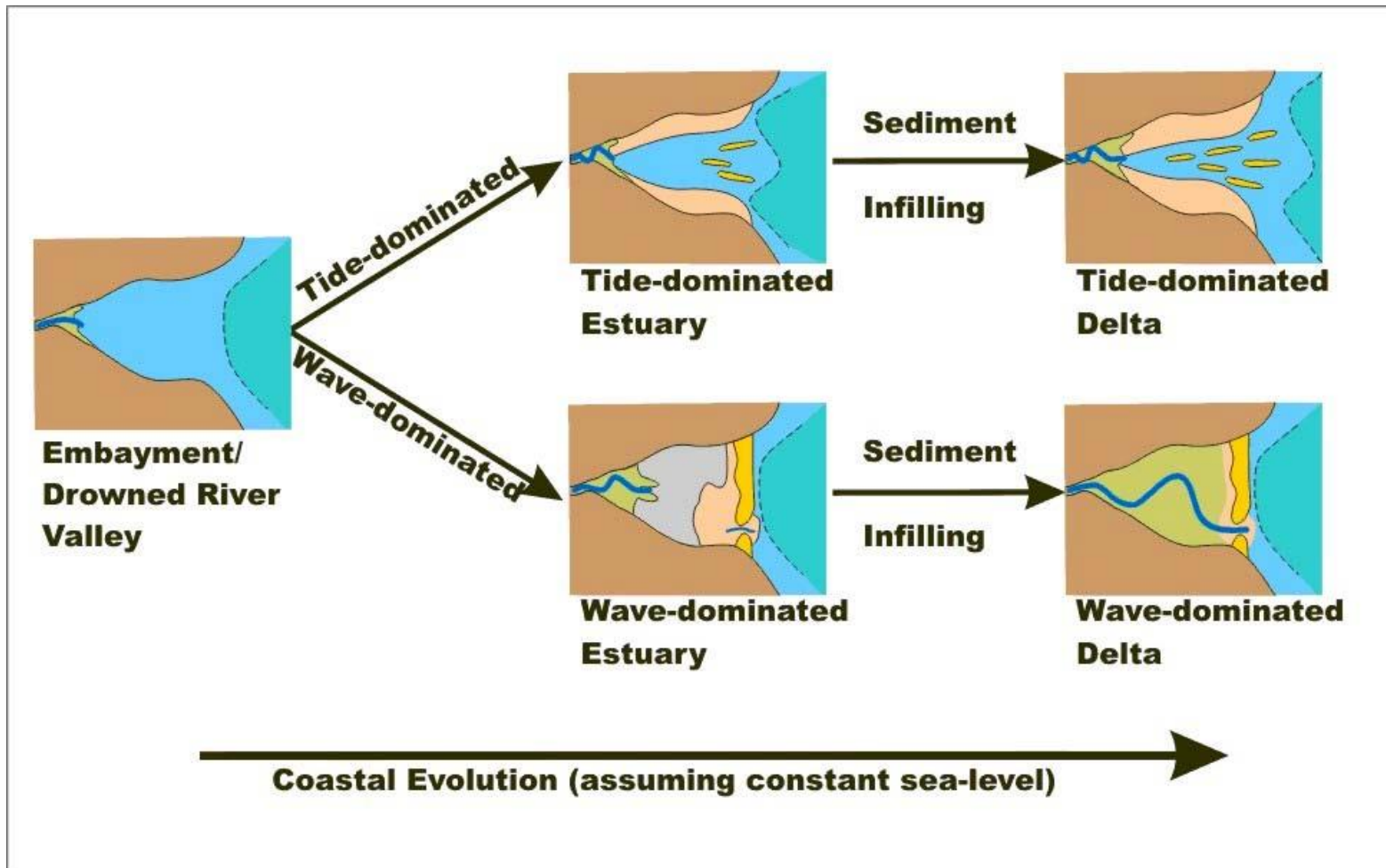
Các đồng bằng châu thổ

- Các đồng bằng châu thổ ở đỉnh vịnh phát triển tại đỉnh các cửa sông sóng-chiếm ưu thế, mà ở đó, trầm tích có nguồn gốc từ đổ vào cửa sông.
- Những đồng bằng châu thổ này có thể có hình sóng, thủy triều hoặc sông chiếm ưu thế, và chủ yếu bao gồm đới nước ngọt của cửa sông bị ảnh hưởng của thủy triều.
- Mặc dù các đồng bằng châu thổ này thường là tiến triển, nhưng bên trong các hệ thống cửa sông đang tái tiến triển toàn diện tại những nơi có sự vận chuyển trầm tích chiếm ưu thế theo hướng về phía đất liền, đã làm tăng tốc độ dâng mực biển tương đối có thể đảo ngược xu hướng này, dẫn đến bước lùi về phía đất liền (biến tiến) của hệ thống đồng bằng châu thổ đỉnh vịnh (Rodriguez và cs., 2010).
- Tương tự như vậy, mực nước biển dâng tăng cường sẽ tạo ra các cồn chắn, các đồng bằng châu thổ ngập triều và các trầm tích thủy triều thủy khác di chuyển về phía đất vào cửa sông.

Ví dụ



1.2.5. Các cửa sông thủy triều chiếm ưu thế



Mô hình quan niệm về chiếm ưu thế

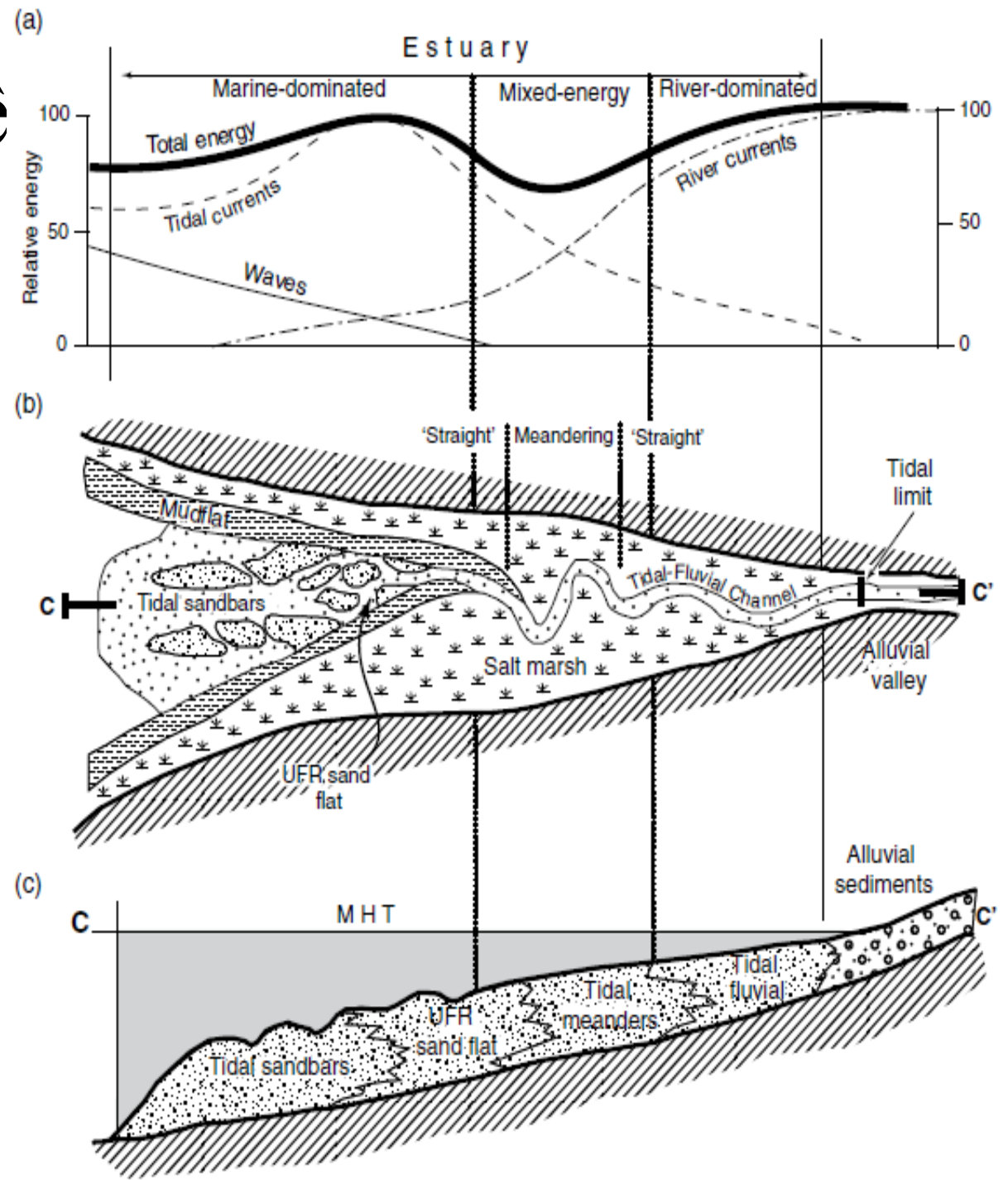
(a) Chế độ năng lượng.

(b) Các đơn vị hình thái.

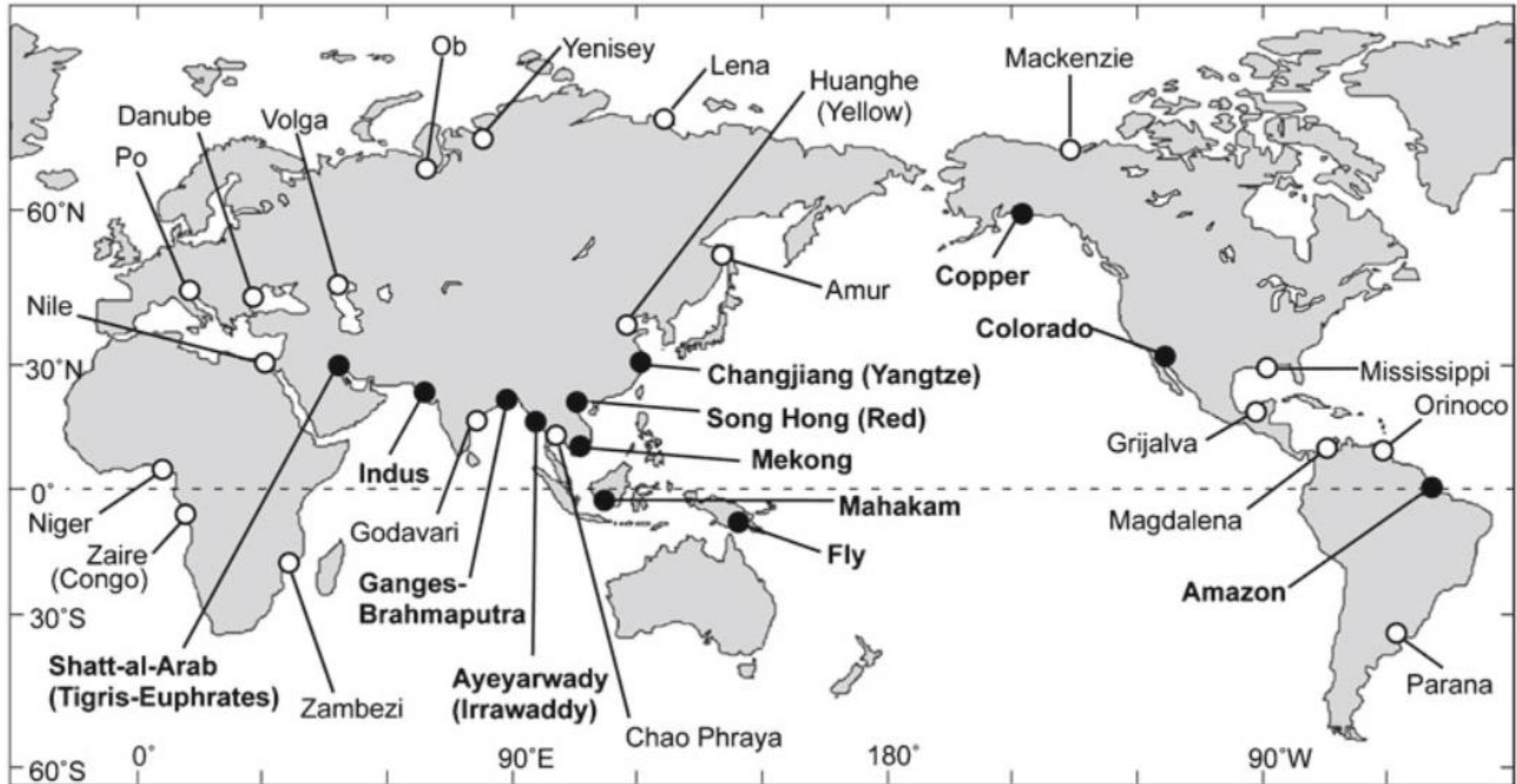
(c) Các tập hợp tương.

MHT-thủy triều cao
trung bình; UFR, khu
vực dòng chảy phía
trên/thượng lưu.

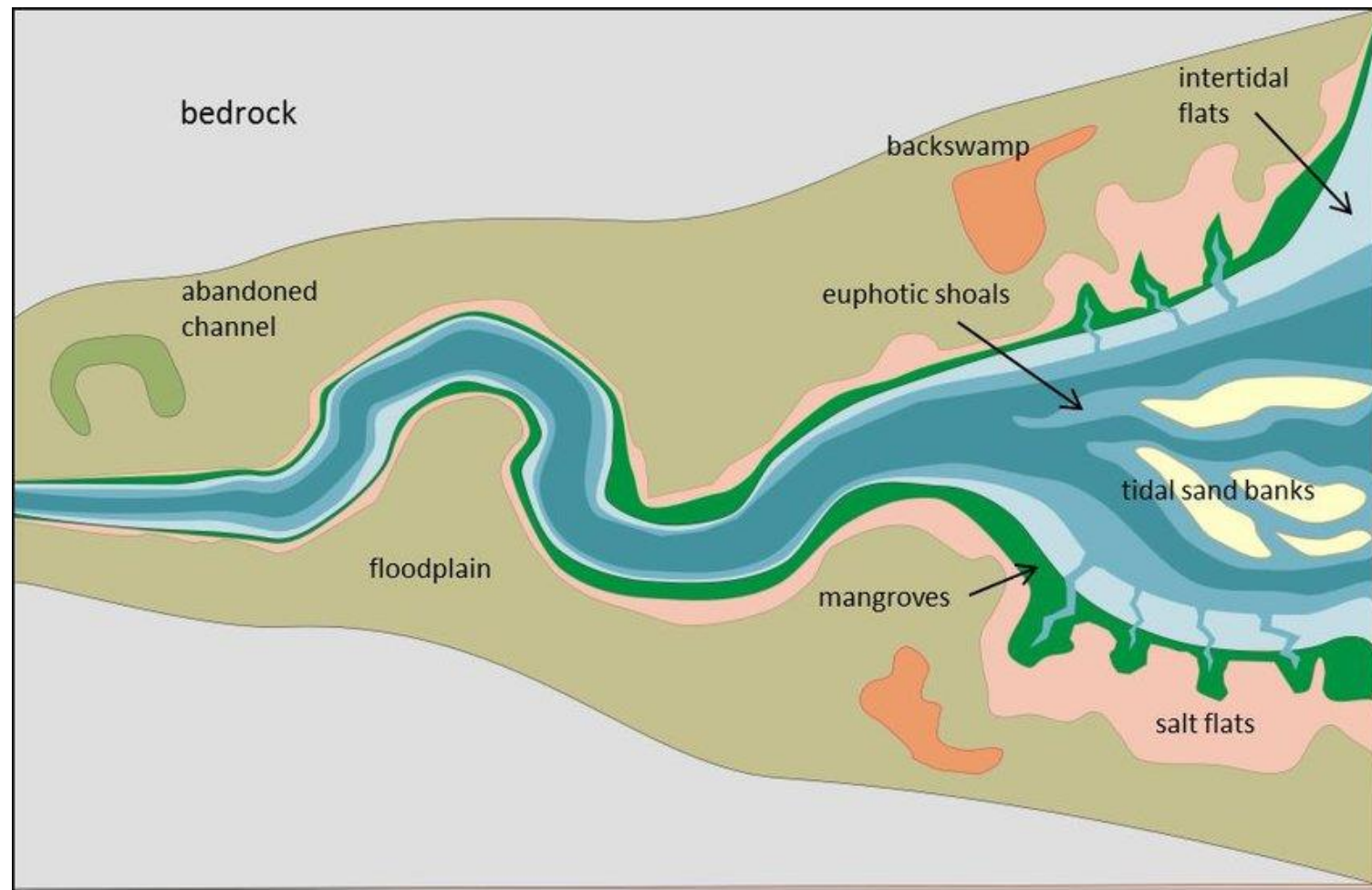
(Dalrymple và cs.,
1992)



Vị trí các cửa sông thủy triều chiếm ưu thế



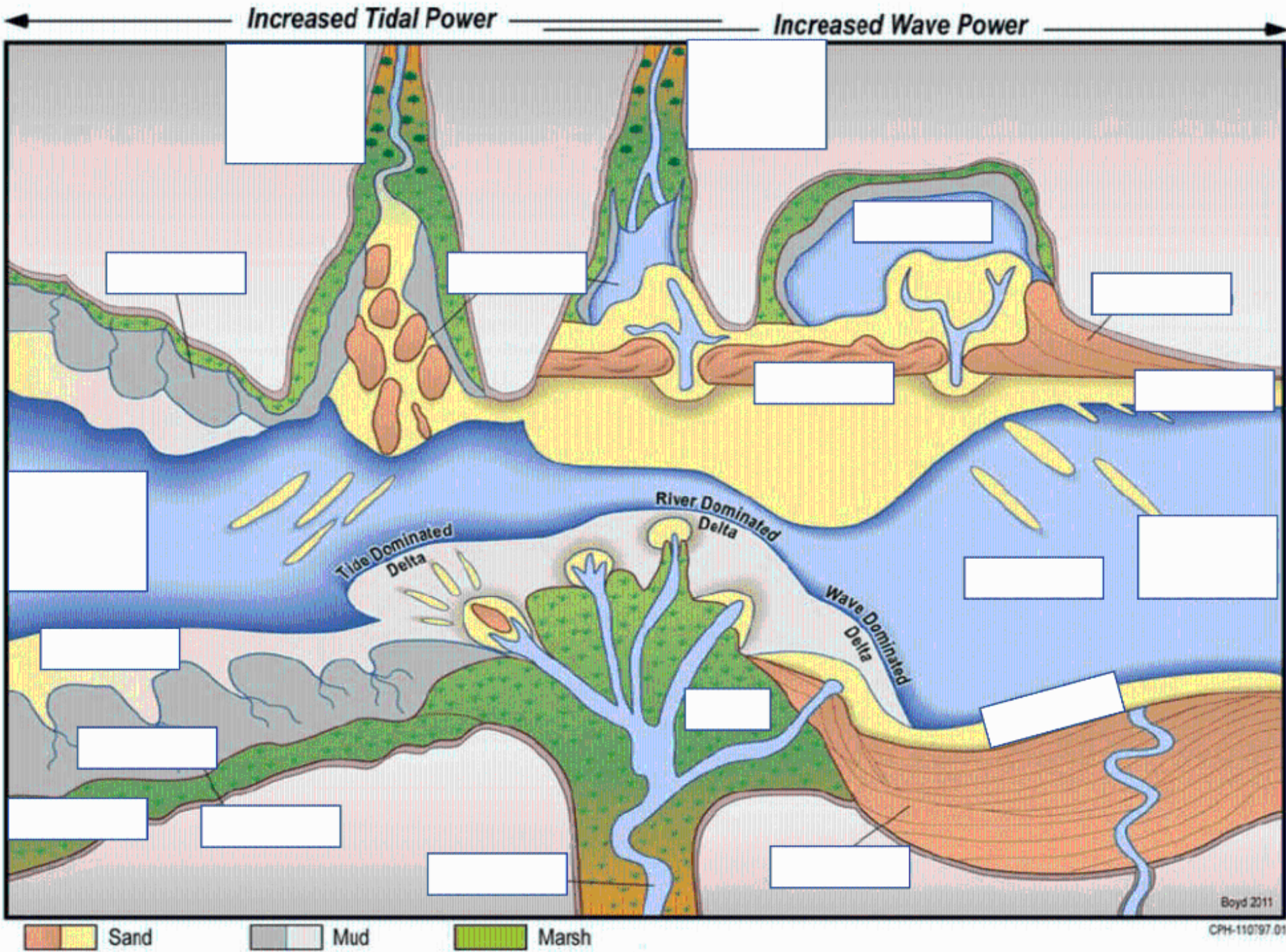
Ví dụ



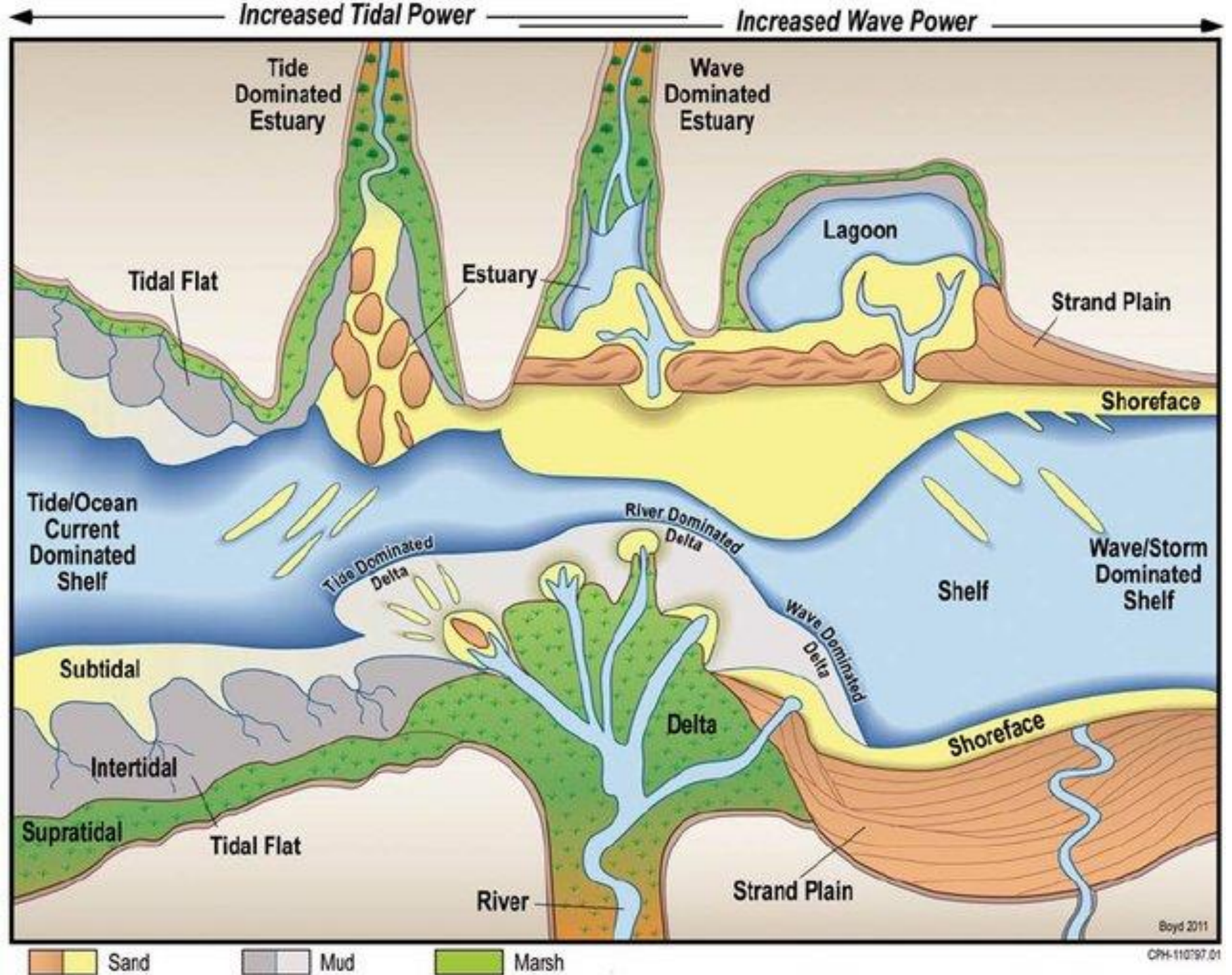
Bài tập

- Xác định các dạng cửa sông

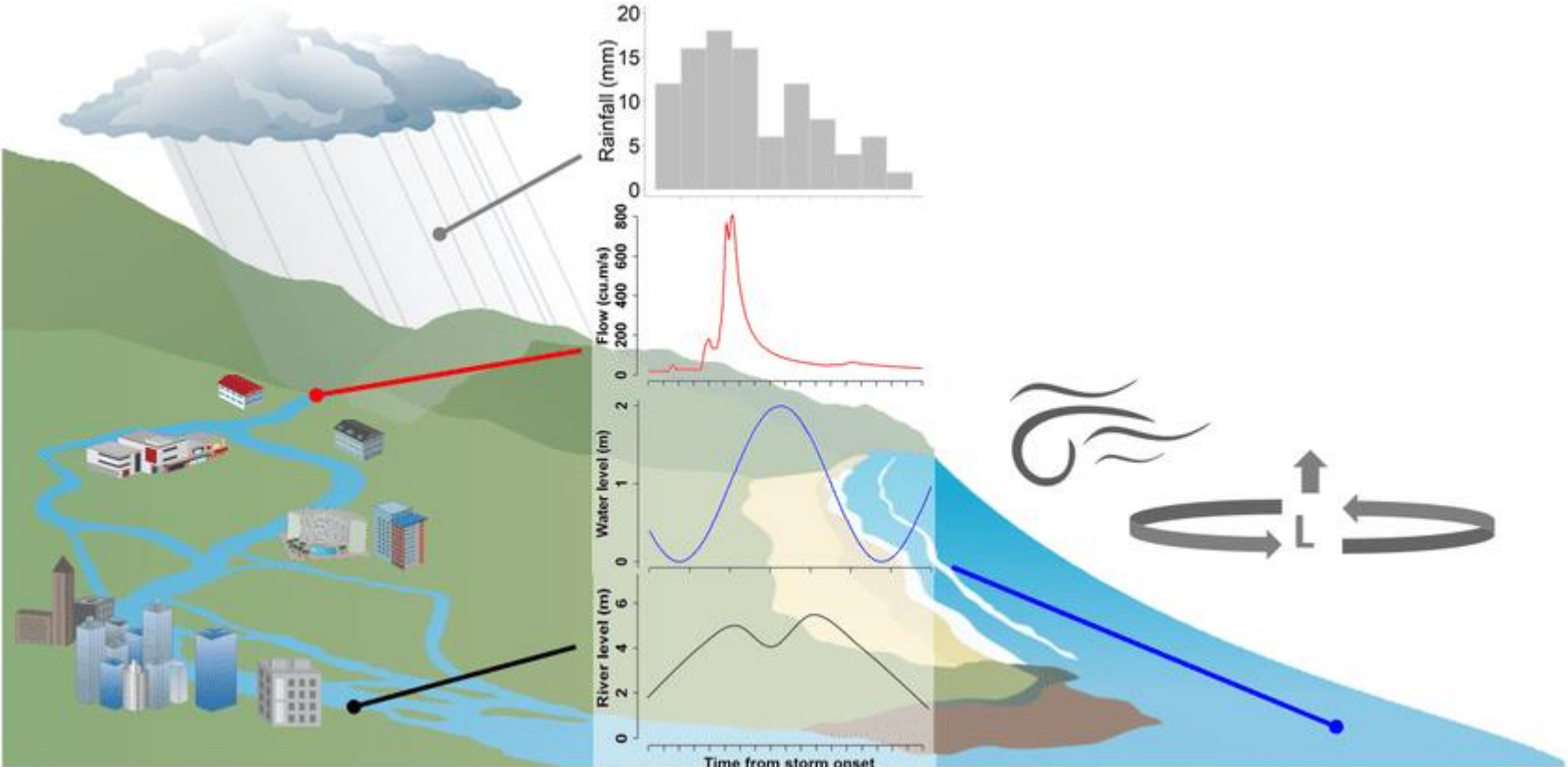
Bài tập



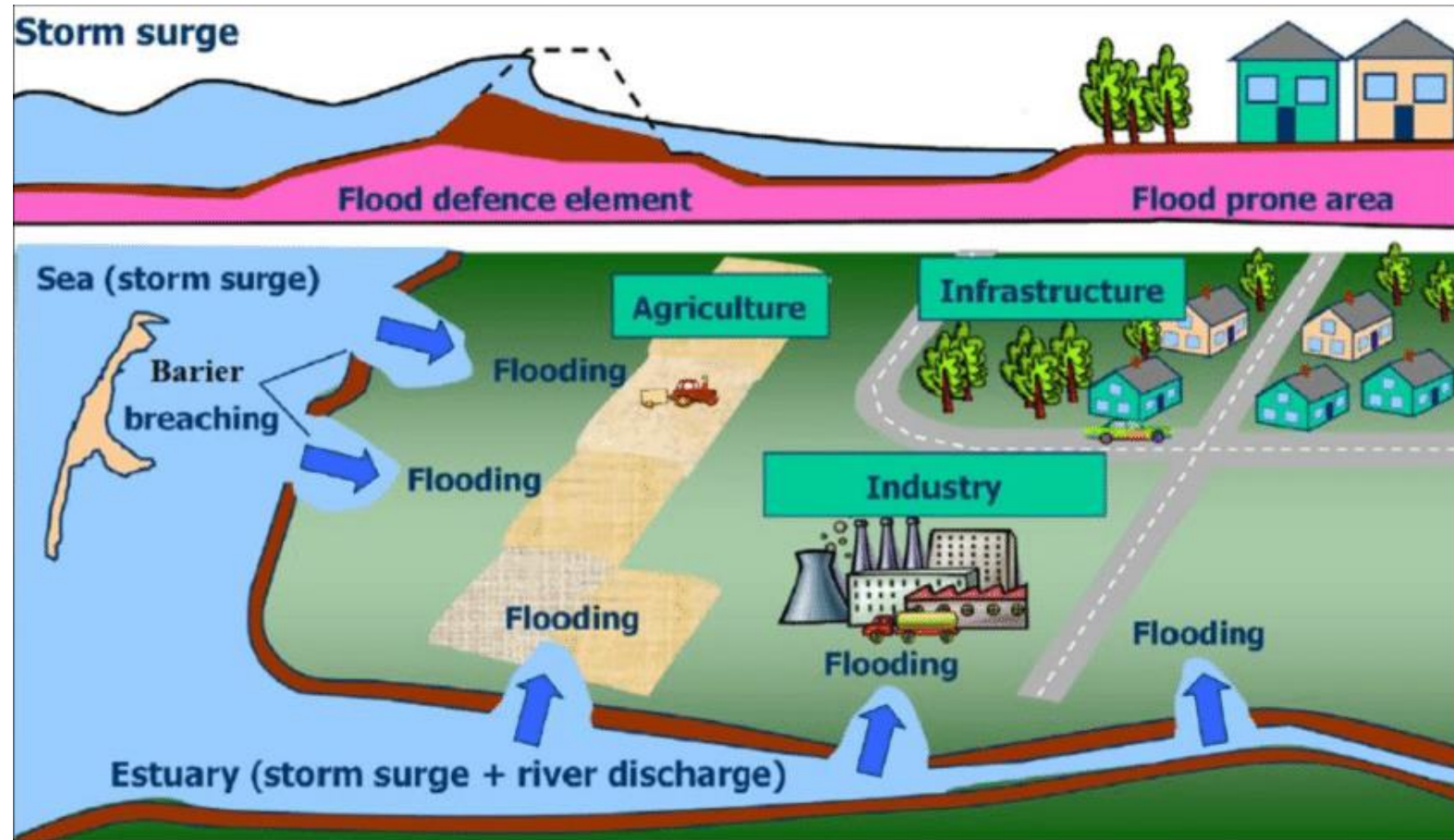
Trả lời



1.2.7. Ảnh hưởng của lũ ở cửa sông



Lũ ở cửa sông



Đặc điểm

- thuộc tính chính của cửa sông là chúng tích lũy trầm tích được bắt nguồn từ dòng sông chảy vào, cũng như trầm tích nhập từ bên ngoài cửa cửa sông, do lưu thông được thiết lập bởi dòng chảy trong sông, thủy triều và sự khác biệt về mặt độ giữa nước đại dương và nước sông.
- Mặc dù đây là chế độ lắng đọng trầm tích bình thường, nhưng một số cửa sông chiếm ưu thế bởi các giải phóng năng lượng cao trong lúc chúng vận chuyển trầm tích đẩy ra vùng biển ven bờ.
- Các cửa sông lấy vật liệu xói lở, cát ở thượng nguồn trong các trận lũ lớn để nuôi dưỡng các cồn chắn gần đó (FitzGerald và cs., 2002).
- trầm tích lắng dần ở các cửa sông này bao gồm cát hạt trung đến hạt thô và đều trưởng thành về kiến trúc.
- Những dòng sông này có thể tích tụ cát trong hàng chục năm, trước khi dòng nước dâng lên đột ngột vào mùa lũ nâng lên các mức độ khác nhau và làm tăng dòng chảy nước ngọt lên một đến hai cấp (Fenster và FitzGerald, 1996).
- Trong những lúc này, cát bị rửa trôi khỏi bồn lắng đọng, bị xói lở từ các cồn ngầm của cửa sông và từ đáy lòng dẫn, và cuối cùng được vận chuyển tới vùng biển ven bờ.

Ảnh hưởng của lũ

- Nước dâng đột ngột vào mùa lũ, khi mưa lớn kết hợp việc xả lũ ở các đập thượng nguồn, lưu lượng nước ngọt có thể thay thế toàn bộ lượng triều nước mặn của cửa sông, mặc dù độ lớn của thủy triều có thể vượt quá 2,5 mét, dẫn đến dòng chảy hướng ra biển trong cửa sông kéo dài từ một đến vài tuần.
- Lưu lượng lũ cao cũng có thể được gây ra bởi mưa lớn kèm theo bão hoặc bão lớn.
- Nước dâng đột ngột trong lũ chính không chỉ kiểm soát các tuyến trầm tích hạt thô trong các cửa sông này, mà còn kiểm soát hệ thống phân cấp và định hướng hình dạng đáy.
- Ví dụ, ở cửa sông Kennebec trên bờ biển trung tâm Maine, Hoa Kỳ, trong điều kiện lưu lượng nước ngọt bình thường, các dạng đáy (các ngân cát lớn và các sông cát) thể hiện sự định hướng biến đổi tùy thuộc vào vị trí và điều kiện thủy triều của chúng.
- Tuy nhiên, các dạng đáy lớn nhất trong cửa sông (các cồn ngầm nằm ngang) vẫn được định hướng ra phía biển cả năm, chỉ ra sự chiếm ưu thế của vận chuyển trầm tích ra phía biển và kiểm soát bản chất các sự kiện cường độ cao.

Vai trò của lũ

- cung cấp trầm tích hạt thô cho cửa sông và ngoài khơi.
- Trong các trận lũ không thường xuyên, nêm nước mặn được đẩy hoàn toàn ra khỏi cửa sông, và trầm tích sông được mang ra đến biển.
- Milliman (1980) cũng chỉ ra rằng, 80% trầm tích được di chuyển qua cửa sông Fraser ở British Columbia, Canada, xảy ra trong lúc nước dâng cao đột ngột mùa xuân, như được chỉ định bởi các sóng cát định hướng theo thủy triều xuống và các dữ liệu thủy văn khác.
- Dọc theo bờ biển Oregon, Hoa Kỳ, cát tích tụ trong cửa sông trong lúc điều kiện dòng chảy thấp vào mùa hè bị xả ra khỏi cửa sông trong điều kiện lưu lượng cao mùa đông (Boggs và Jones, 1976).

Straight Channel Setup & Delta Formation

A quick demonstration, live streamed Jan 20, 2020

Emriver Em3 Single Tilt with Memphis color-coded media

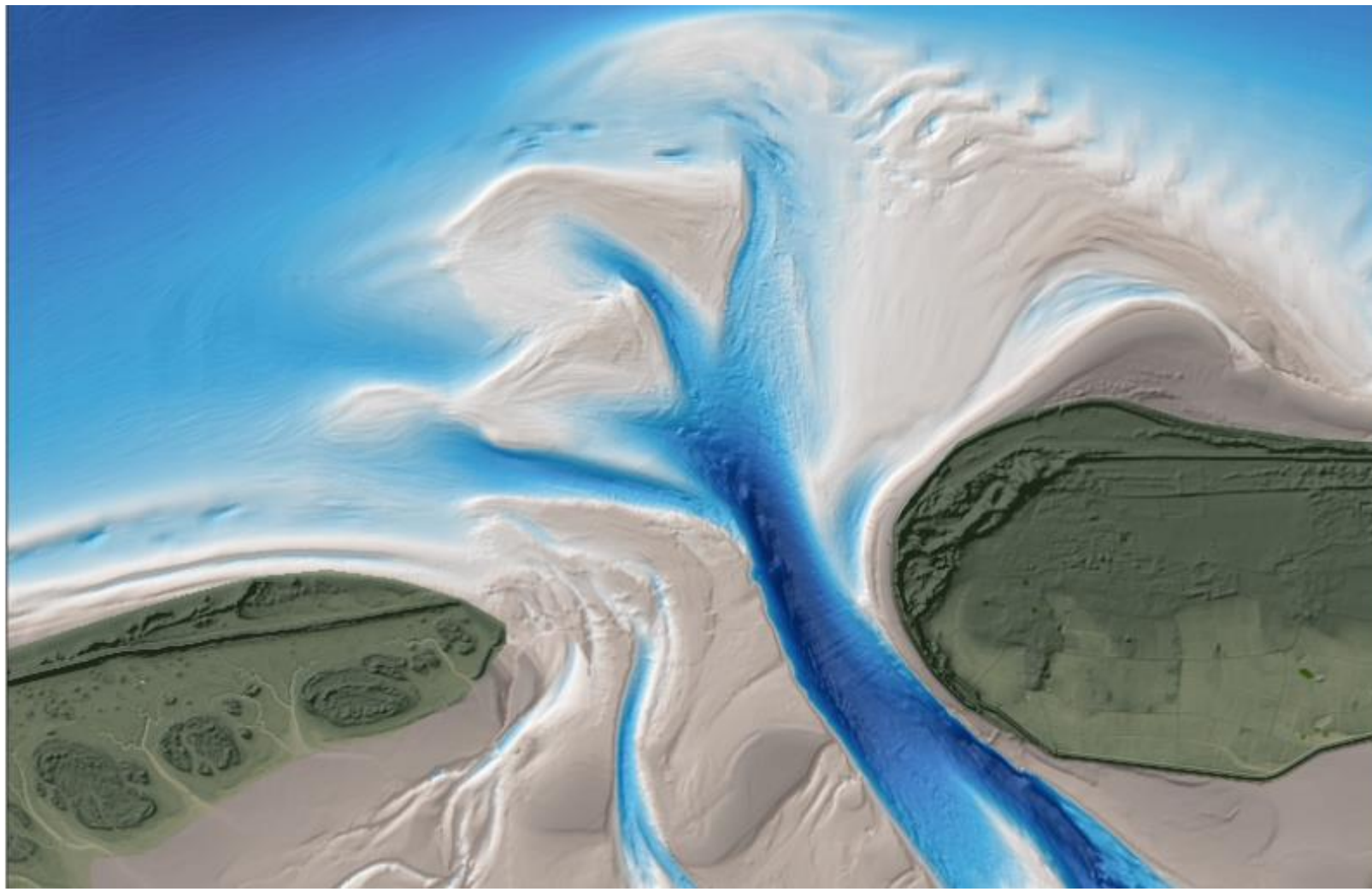
This process works with all our models and media.

Total run time: 3 hours, 31 minutes

Little River Research and Design
550 North University Avenue
Carbondale, IL 62901
618.549.7423
emriver.com
info@emriver.com



1.3. Cửa lạch triều



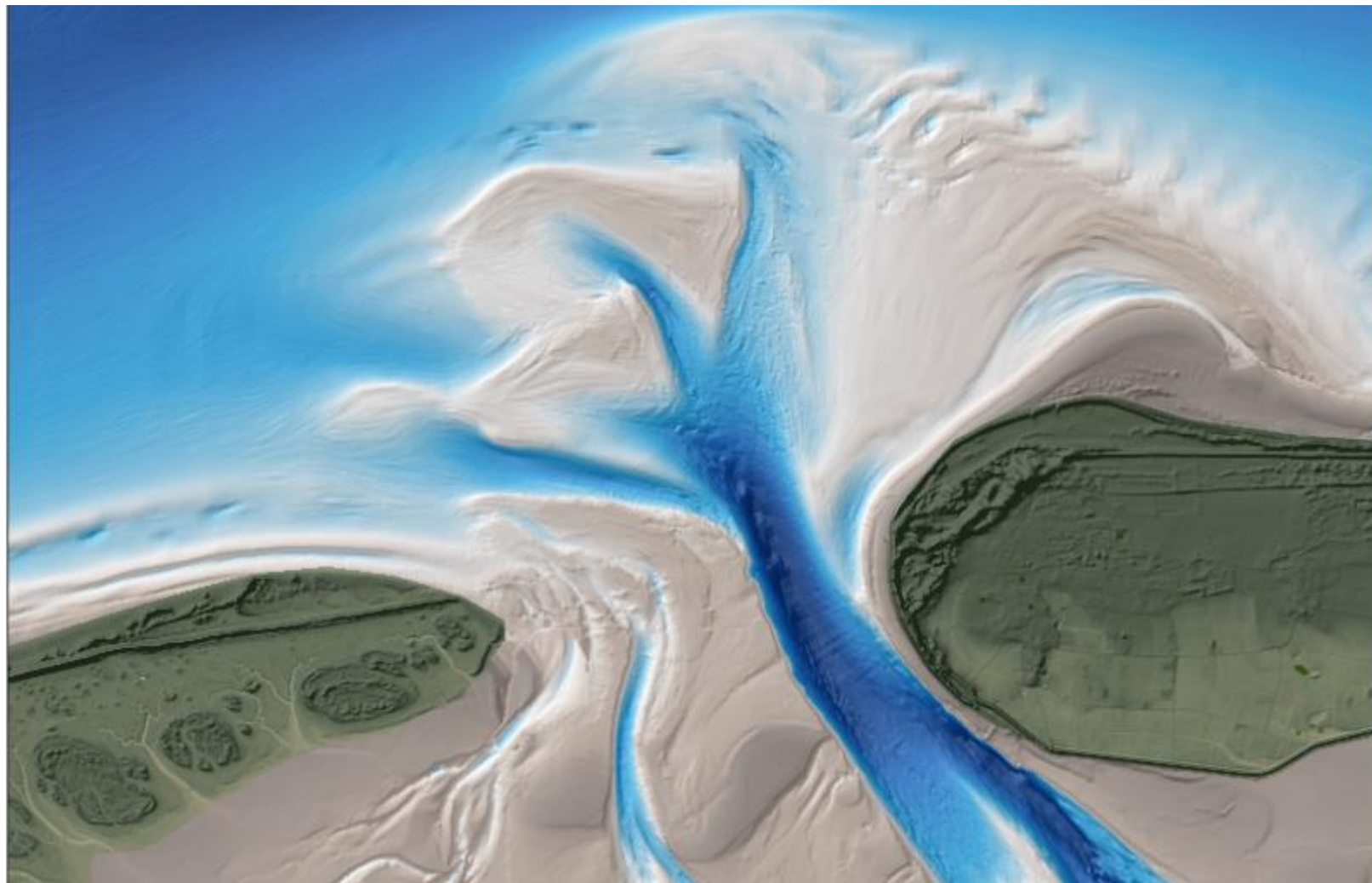
Intertidal Zone



Hình thái-động lực

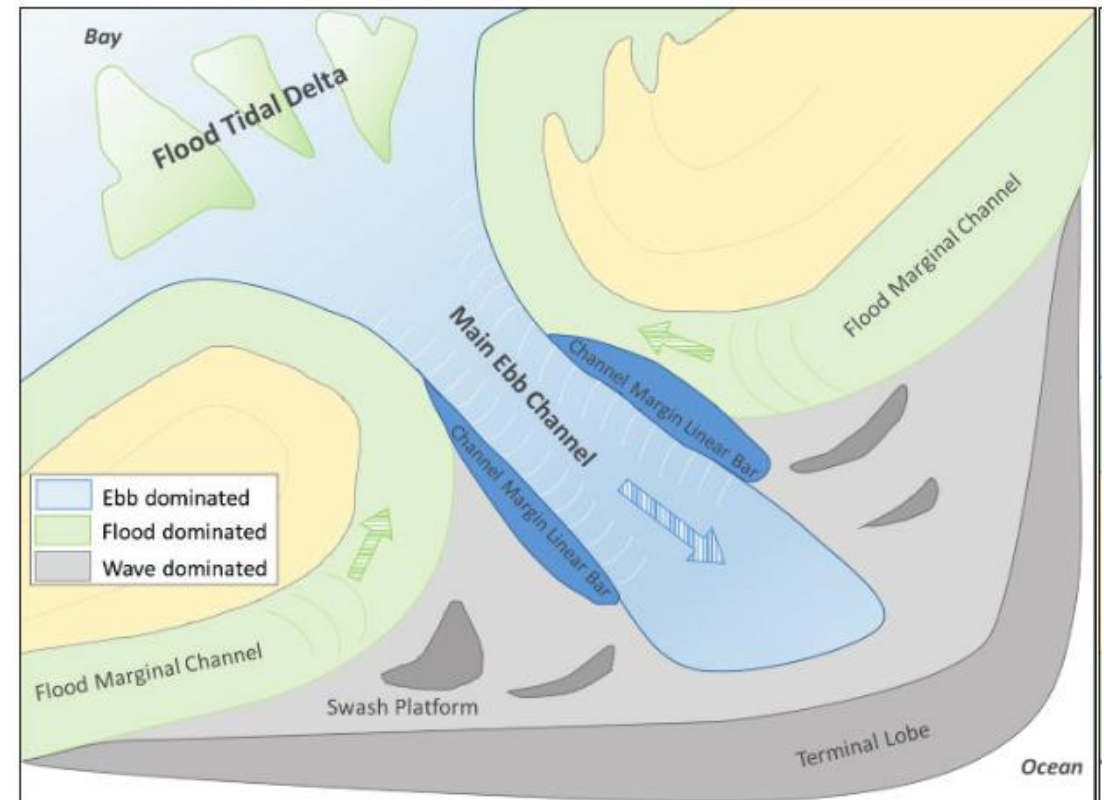
- Đa dạng về hình thái, dấu hiệu thủy lực và các kiểu vận chuyển trầm tích của cửa lạch triều chứng tỏ tính phức tạp về các quá trình của chúng.
- Tính biến thiên về các tham số địa chất, khí tượng và hải dương, như độ lớn thủy triều, năng lượng sóng, nguồn cung cấp trầm tích, cường độ và tần suất bão, dòng nước ngọt và chất nền địa chất, và ngưỡng mỗi tương tác của các nhân tố này, chi phối biến động lớn của các môi trường cửa lạch triều.

Cửa lạch triều là gì?



Định nghĩa

- Cửa lạch triều (tidal inlet)
 - là một khoảng mở ở đường bờ biển,
 - nước thâm nhập vào đất liền, do đó, cung cấp sự kết nối giữa đại dương và vịnh, đầm phá, và các hệ thống đầm lầy và lạch triều.
 - Các dòng triều duy trì lòng dẫn chính của cửa lạch triều.



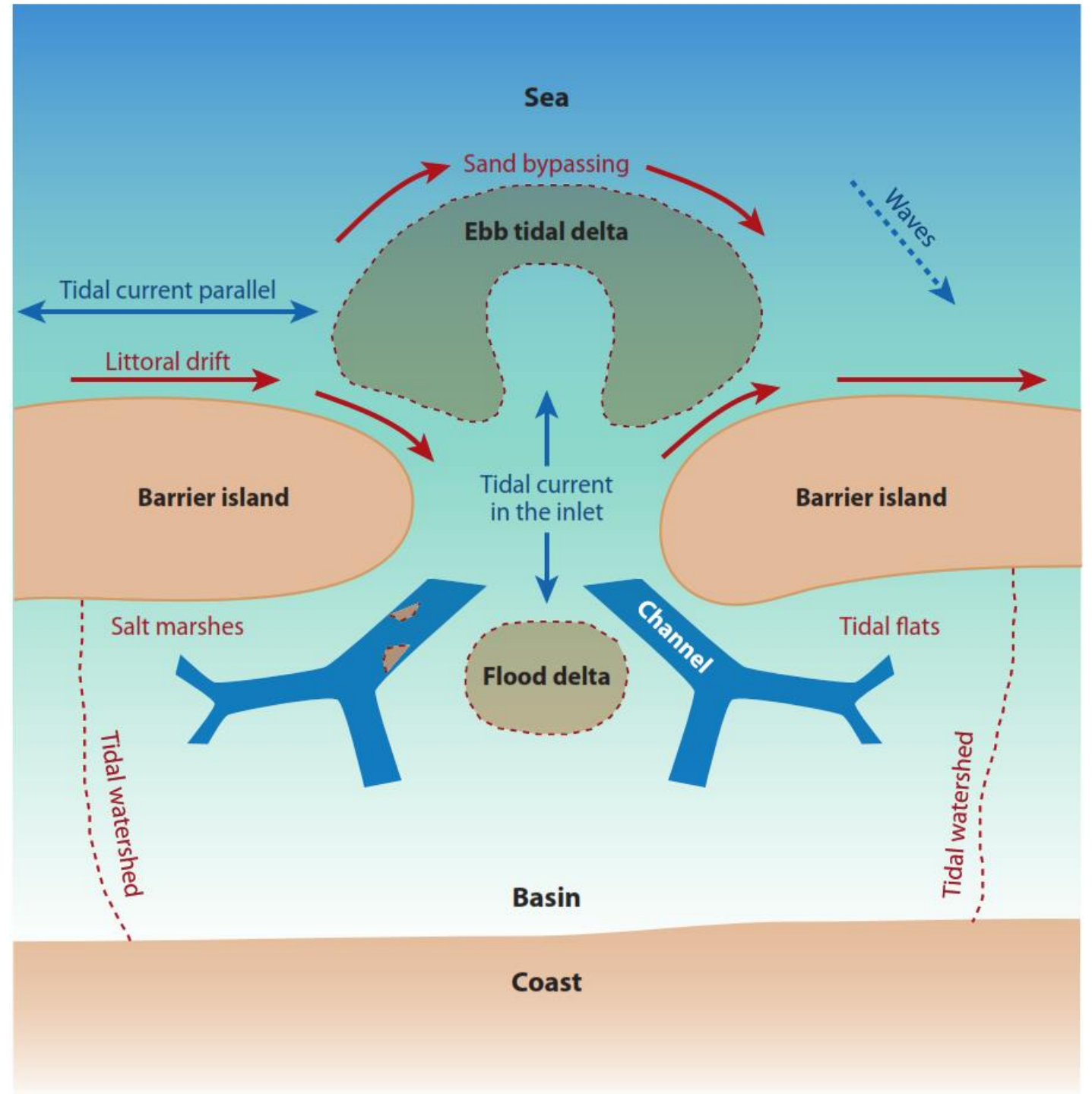
Phân biệt cửa lạch triều với các vực nước khác

- Phân biệt cửa lạch triều với các vũng, vịnh hoặc các hành lang mở và rộng lớn, dọc theo các bờ đá.
- Các dòng triều tại cửa lạch chịu trách nhiệm đối với việc di dời trầm tích liên tục đổ vào lòng dẫn chính do tác động của sóng.
- các cửa lạch triều xuất hiện dọc theo các đường bờ có cồn chắn bằng cát và sạn-sỏi, mặc dù một phía có thể tiếp giáp với mũi đá gốc.
- Một số cửa lạch triều trùng với cửa các con sông (estuary), nhưng trong những trường hợp này, kích thước cửa lạch và các xu hướng vận chuyển trầm tích vẫn bị chi phối lớn bởi khối lượng nước trao đổi ở cửa lạch và dòng triều đảo ngược, tương ứng.

Lăng trụ thủy triều (tidal prism)

- Tại hầu hết các cửa lạch triều, qua thời gian lâu dài, khối lượng nước vào cửa lạch trong lúc triều dâng bằng khối lượng nước ra khỏi cửa lạch trong chu kỳ tuần hoàn. Khối lượng này được gọi là lăng trụ thủy triều (tidal prism).
- Lăng trụ triều là một hàm
 - vùng nước mở và
 - độ lớn thủy triều trong phức hợp sau cồn chắn,
 - các nhân tố ma sát, chi phối sự dễ dàng của dòng chảy qua cửa lạch và đầm phá.

Hình thái cửa lạch triều

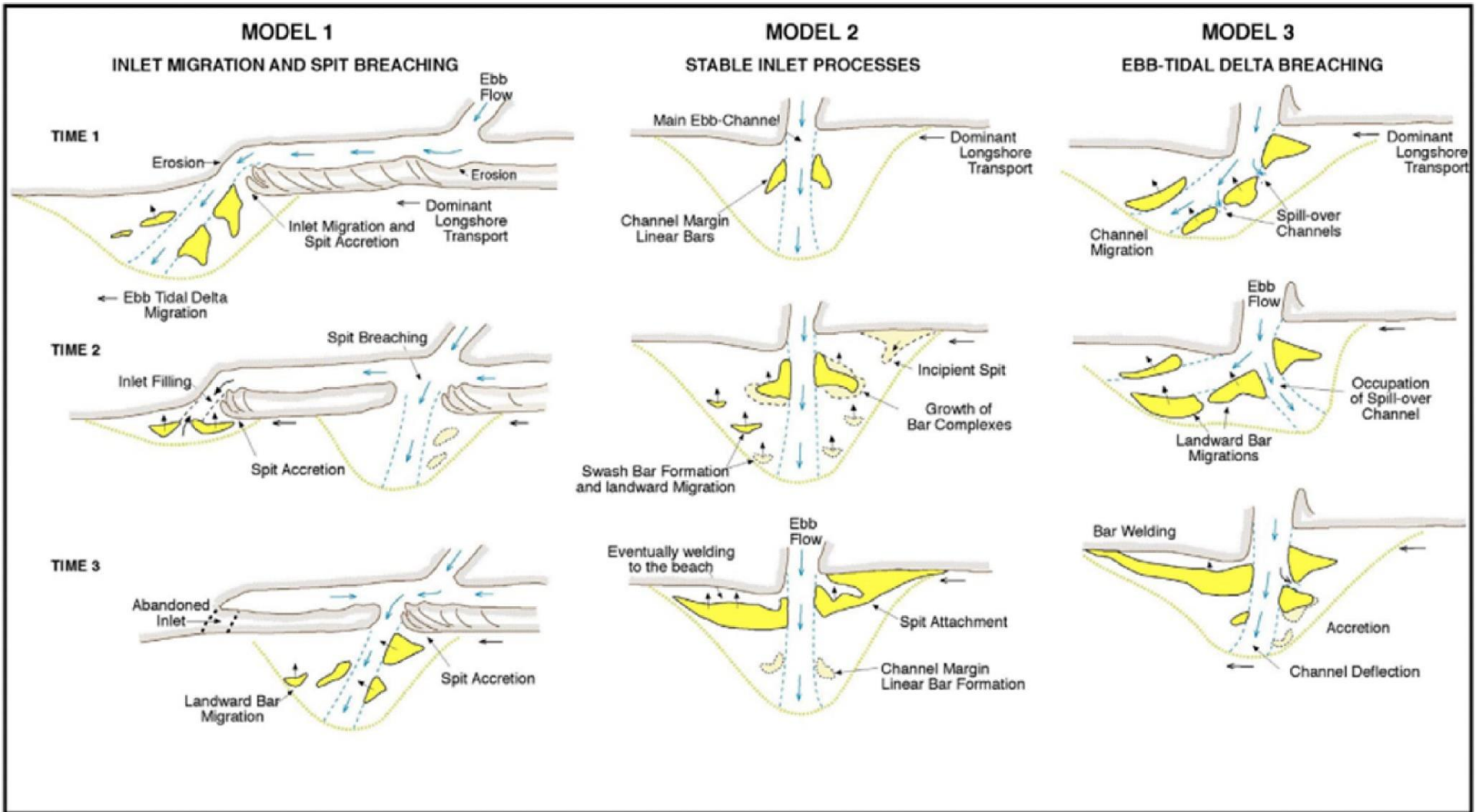


(Swart and Zimmerman, 2009,
doi: 10.1146/annurev.fluid.010908.165159

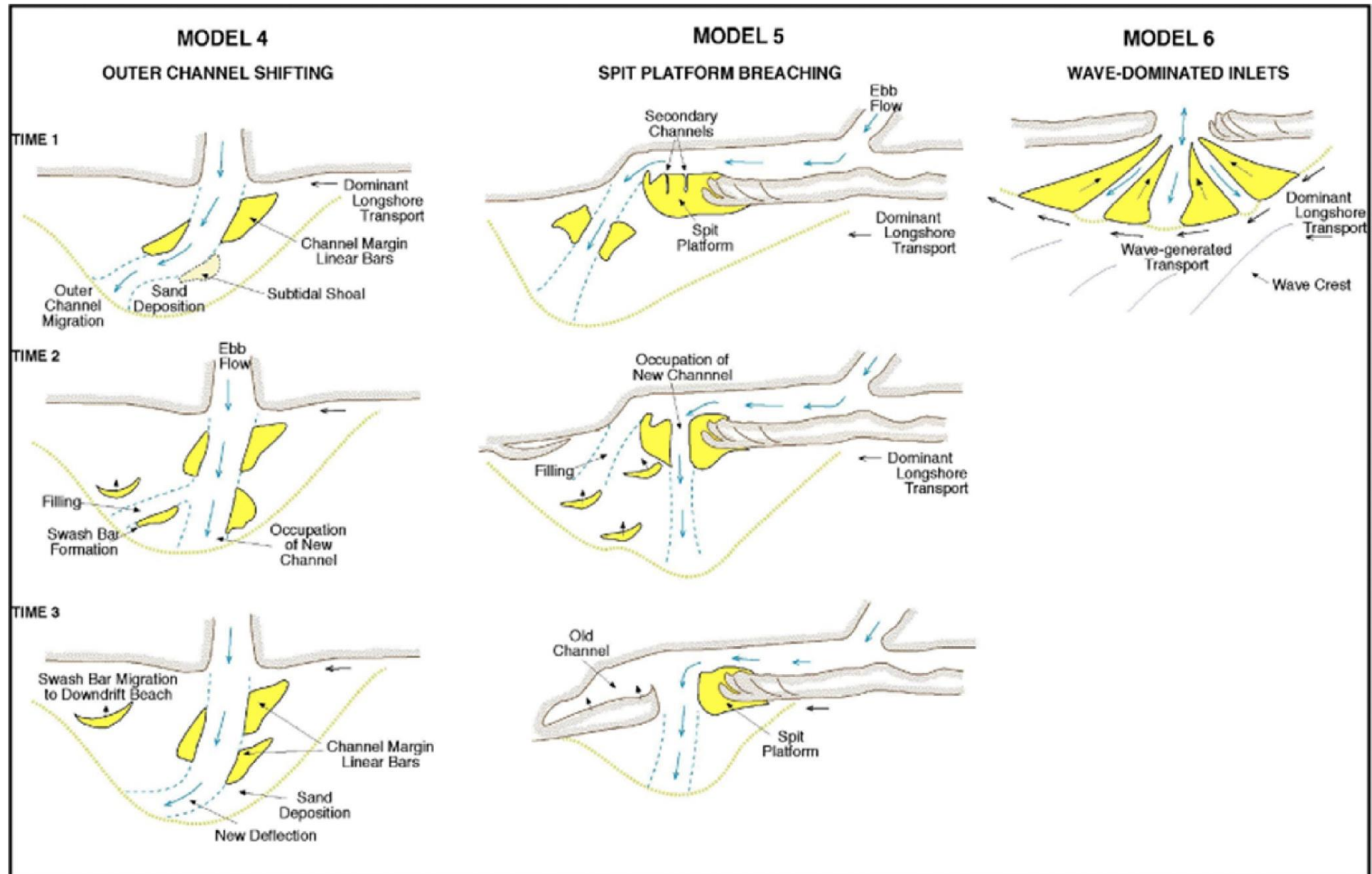
Hình thái cửa lạch triều

- một vùng giữa hai cồn chắn hoặc giữa cồn chắn và đá gốc liền kề hoặc mũi băng hà.
- các dãy doi tích tụ cong, bao gồm cát được vận chuyển về phía sau cồn chắn bằng sóng khúc xạ và dòng triều, tạo thành hai bên cửa lạch.
- Phần sâu nhất của cửa lạch, họng cửa lạch (inlet throat), bình thường, nằm ở vị trí, mà doi tích tụ của một hoặc cả hai cồn chắn giáp nhau đều làm hạn chế lòng dẫn của cửa lạch tới chiều rộng cực tiểu và diện tích mặt cắt tối thiểu. Ở đây, dòng triều thường đạt vận tốc cực đại. Thường thì sức mạnh của các dòng chảy tại họng làm cho cát bị di dời khỏi đáy lòng dẫn, để lại phía sau một tích tụ trầm tích bao gồm sạn-sỏi hoặc vỏ sò ốc, hoặc ở một số địa điểm lộ ra đá gốc hoặc trầm tích cứng.

Xu hướng hình thành lạch triều

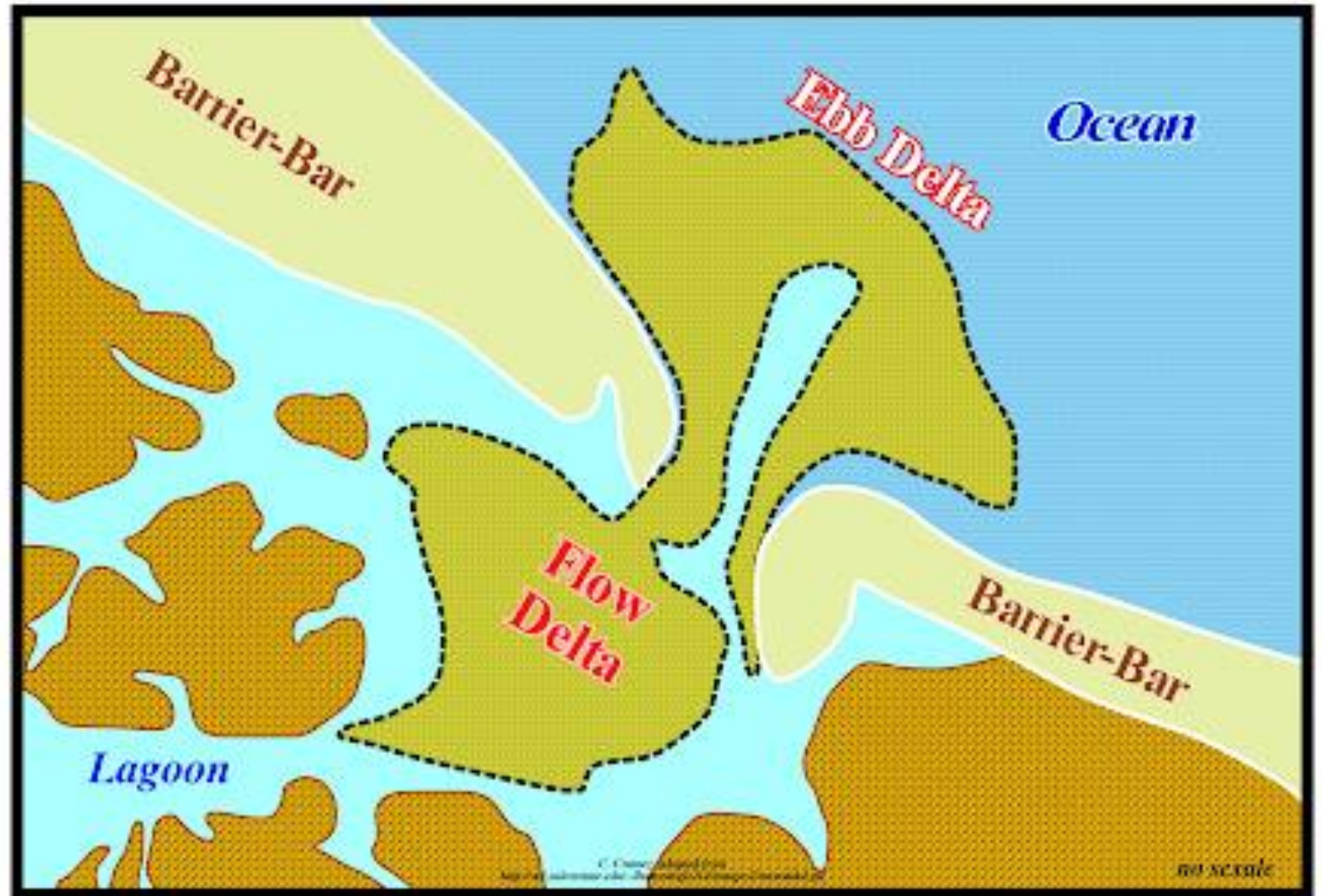


Xu hướng...



Tidal Deltas

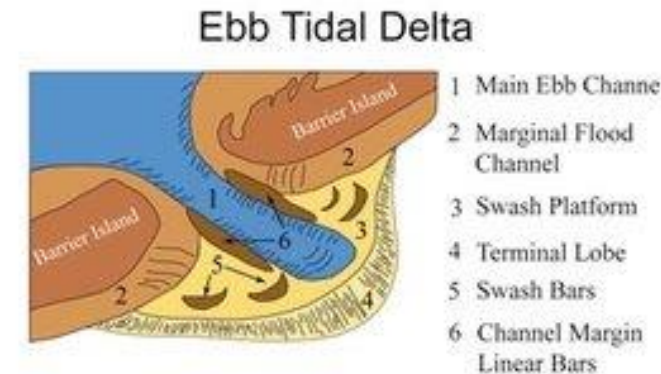
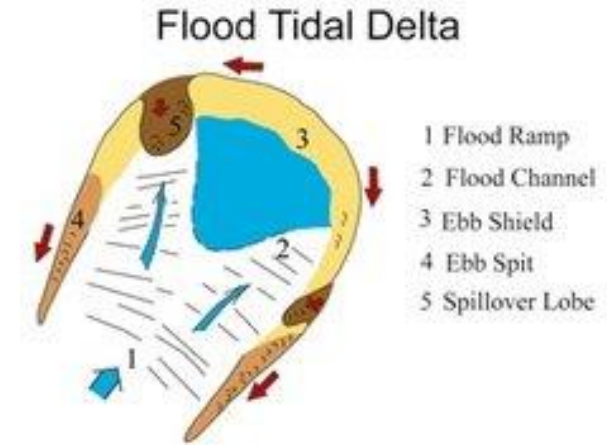
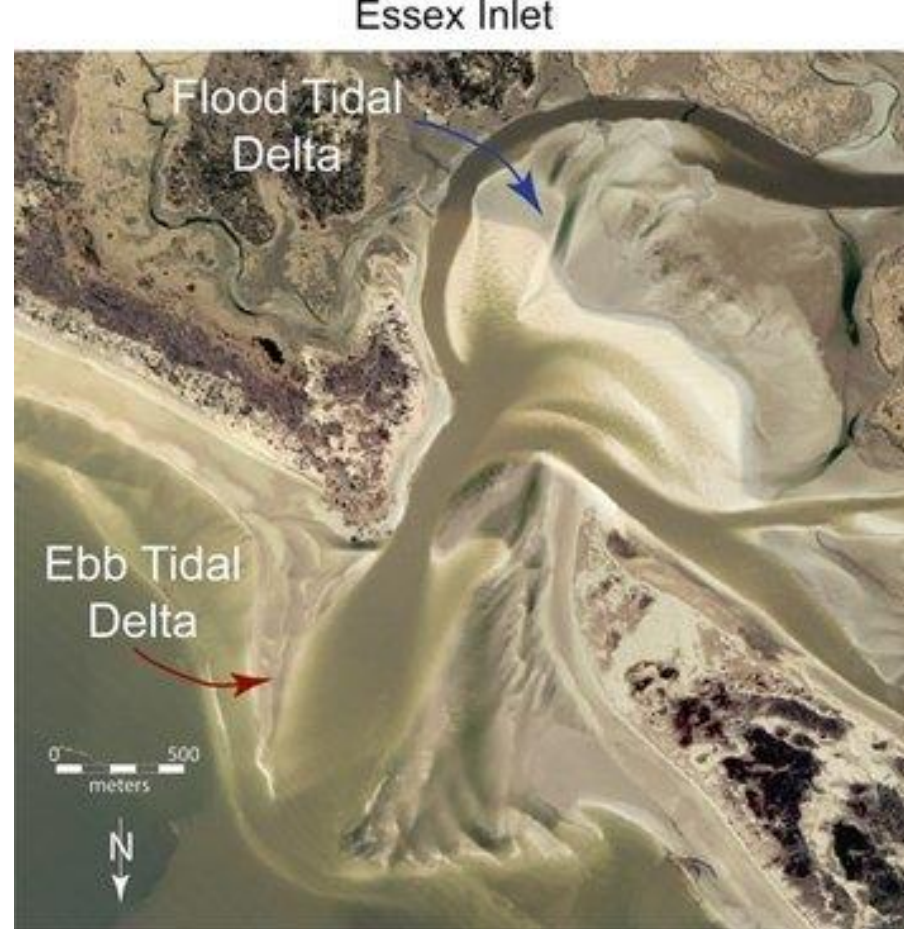
Delta thủy triều



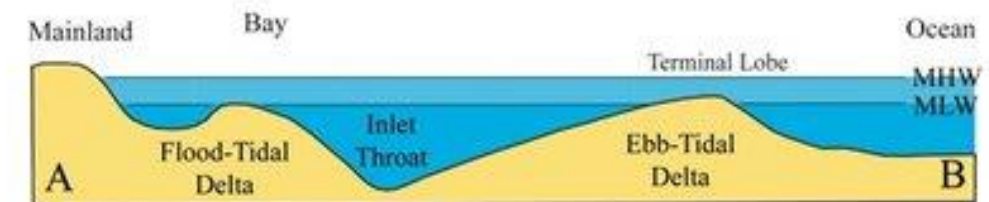
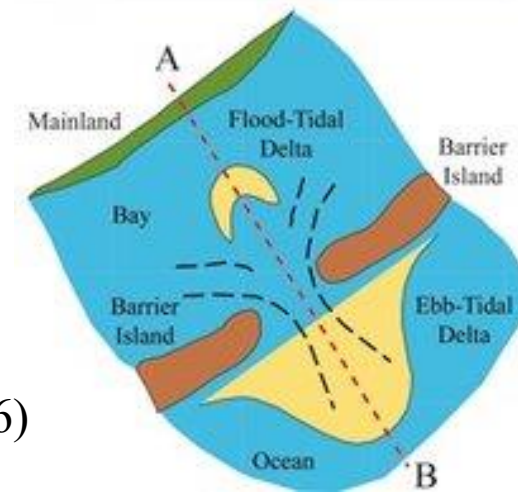
Delta thủy triều: Định nghĩa

- Được gắn liền chặt chẽ với các cửa lạch triều là các bãi cát nông và các lòng dẫn triều nằm trên cả phía về đất liền và phía ra biển của cửa lạch.
- Dòng triều lên làm tích tụ cát về phía đất liền của cửa lạch, hình thành delta triều lên và
- Dòng triều xuống làm tích tụ cát trên phía hướng ra biển, tạo thành delta triều xuống.

Mô hình deltas triều lên và xuống



Ảnh hàng không của cửa lạch triều Essex, Massachusetts, Hoa Kỳ.
MHW-nước cao trung bình;
MLW-là nước thấp trung bình.



(Nguồn: Hayes 1979. Ảnh: FitzGerald 1996)

Đặc điểm Delta triều lên

- Sự có mặt hay vắng mặt, và kích thước và sự phát triển của các delta triều lên có liên quan đến độ lớn thủy triều, năng lượng sóng, nguồn cung cấp trầm tích và không gian thích nghi phía sau cồn chắn.
- Các cửa lạch triều được hỗ trợ bởi một hệ thống lòng dẫn triều và bãi lầy mặn (bờ biển năng lượng hỗn hợp) thường bao gồm một delta triều lên hình móng ngựa đơn giản
- Các cửa lạch triều được hỗ trợ bởi các vịnh nông, rộng lớn có thể bao gồm các delta triều lên phức tạp.

Đặc điểm Delta triều lên

- Dọc theo một số bờ biển thủy triều nhỏ, các delta triều lên hình thành tại nút của các lòng dẫn hẹp cắt qua cồn chắn.
- Những thay đổi về vị trí tích tụ tại các delta này tạo ra hình thái đa thùy, giống như delta sông có dạng thùy.
- Kích thước delta triều lên thường tăng lên, số lượng diện tích vùng nước mở ở phía sau cồn chắn tăng lên.
- Ở một số khu vực, các delta triều lên bị xâm chiếm và bị thay đổi do tăng trưởng bãi lầy, và không còn có thể nhận ra là delta triều lên trước đây.
- Tại các vị trí khác, các bộ phận của delta triều lên được nạo vét để phục vụ đường hàng hải, và do đó, bị biến đổi cao.

Đặc điểm Delta triều lên

- Delta triều lên được phát triển tốt nhất ở các vùng có độ lớn triều từ trung bình đến lớn (1,5–3,0 mét) vì ở các vùng này chúng được lộ ra lúc triều thấp.
- Khi độ lớn thủy triều giảm, các delta triều lên trở thành các bãi nông dưới triều rộng lớn.
- Hình thái Delta triều lên:
 - Bờ dốc do triều dâng (Flood ramp).
 - Lòng dẫn do triều dâng (Flood channel)
 - Khiên triều rút (Ebb shield)
 - Doi tích tụ do triều rút (Ebb spit)
 - Các thùy do tràn (Spillover lobe)

Thành phần của Delta triều lên

- Bờ dốc do triều dâng (Flood ramp). Đây là lòng dẫn nông về phía đất liền, dốc lên phía trên hướng tới phần đới triều của delta triều dâng. Các dòng triều dâng mạnh mẽ và vận chuyển cát về phía đất liền dưới dạng sóng cát theo định hướng theo dòng triều dâng chiếm ưu thế bờ dốc.
- Lòng dẫn do triều dâng (Flood channel). Bờ dốc do triều dâng chia thành hai lòng dẫn do triều dâng nông. Giống như bờ dốc do triều dâng, các lòng dẫn này bị chi phối bởi các dòng triều-dâng và các sóng cát định hướng theo dòng triều dâng. Cát được phân phát qua các lòng dẫn này tới delta triều dâng.

Thành phần của Delta triều lên

- Khiên triều rút (Ebb shield). Điều này xác định bộ phận cao nhất và xa nhất về phía đất liền của delta triều dâng và có thể được che phủ một phần bởi thực vật bãi lầy. Nó che chắn phần còn lại của delta khỏi các ảnh hưởng của dòng triều rút.
- Doi tích tụ do triều rút (Ebb spit). Những doi tích tụ này mở rộng từ khiên triều rút về phía cửa lạch. Chúng hình thành từ cát bị xói mòn từ khiên triều rút và được vận chuyển trở lại về phía cửa lạch do các dòng triều rút.
- Các thùy do tràn (Spillover lobe). Chúng là các thùy bằng cát, hình thành ở những nơi có dòng triều rút chọc thủng qua các doi tích tụ do triều rút hoặc khiên triều rút, tích tụ cát ở bên trong delta.

Phát triển của Delta triều lên

- một số delta thủy triều dâng tích tụ theo chiều thẳng đứng và/hoặc mở rộng ra biên.
 - sự tăng mở rộng diện tích của các loại cỏ bãi lầy ở độ cao nhất định bên trên mực nước thấp trung bình.
- Tại các cửa lạch đang dịch chuyển ra biên, các delta triều dâng mới được hình thành do cửa lạch di chuyển dọc bờ biển và gập các vùng nước mở mới ở phía sau cồn chắn.
- Tại các cửa lạch ổn định nhất, cát bao gồm delta triều dâng bị xoay vòng một cách đơn giản.

Vận chuyển bùn cát trong Delta triều lên

- được kiểm soát theo độ cao của thủy triều, và sức mạnh và hướng của các dòng triều.
- Trong lúc thủy triều dâng, dòng chảy của nó đạt tốc độ mạnh nhất của mình gần thủy triều cao, khi toàn bộ delta triều dâng được bao phủ bởi nước. Do đó, có sự vận chuyển cát cuối cùng lên bờ dốc do triều dâng, qua các lòng dẫn do triều dâng và vào khiên triều rút. Một số cát được di chuyển qua khiên triều rút và vào lòng dẫn triều xung quanh.
- Trong lúc thủy triều xuống, dòng triều rút mạnh nhất xảy ra ở gần mực nước thấp và trung bình. Tại thời điểm này, khiên triều rút nằm ngoài vùng nước và làm lệch hướng dòng chảy xung quanh delta triều dâng. Dòng triều xuống làm xói lở từ mặt về phía đất liền của khiên triều rút và vận chuyển nó dọc các doi tích tụ do triều rút và cuối cùng vào lòng dẫn cửa lạch, ở đó, một lần nữa nó sẽ được chuyển vào bờ dốc do triều dâng, do đó, hoàn thành con quay cát (sand gyre).

Các delta triều rút: Định nghĩa

- những tích tụ của cát được tích tụ bởi các dòng triều rút và, sau đó, bị biến đổi bởi sóng và dòng triều.
- Các delta triều rút thể hiện một loạt các dạng, phụ thuộc vào độ mạnh tương đối của năng lượng sóng và năng lượng thủy triều khu vực, cũng như các kiểm soát địa chất.



Thành phần của Delta triều rút

- Lòng dẫn triều rút chính. Đây là một lòng dẫn nông hướng ra biển, bị sục lên trong cát delta triều rút và hòng của cửa lạch. Nó bị chi phối bởi dòng triều rút.
- Thùy cuối cùng (terminal lobe). Trầm tích được vận chuyển ra ngoài lòng dẫn chính lúc triều rút được lắng đọng trong một thùy cát, tạo thành thùy cuối cùng. Các sườn tích tụ tương đối dốc về phía ra biển của nó. Đường nét của thùy cuối cùng được xác định rõ bằng sóng vỡ lúc có bão hoặc hoặc thời kỳ sóng lừng lớn ở mực thủy triều thấp.
- Nền sóng vỡ (swash platform). Đây là một nền cát rộng, nông nằm ở cả hai phía của lòng dẫn triều rút chính, xác định sự mở rộng chung của delta triều rút.

Thành phần của Delta triều rút

- Các cồn ngầm dạng tuyến ở rìa lòng dẫn. Đây là những cồn ngầm bao quanh lòng dẫn triều rút chính và nằm trên nền sóng vỗ. Các cồn ngầm này có xu hướng làm hạn chế dòng chảy triều rút và được phơi lộ tại mực thủy triều thấp.
- Các cồn ngầm do sóng vỗ (Swash bar). Sóng phá vỡ trên thùy cuối cùng và trên nền sóng vỗ tạo thành các cồn ngầm do sóng vỗ hình vòng cung dịch chuyển vào bờ. Các cồn ngầm thường dài 50-150 mét, rộng 50 mét và cao 1-2 mét.
- Các lòng dẫn tdo triều dâng ven rìa (Marginal-flood channel). Đây là những lòng dẫn (sâu 0-2 mét tại mực nước thấp trung bình) nằm giữa các cồn ngầm ngầm dạng tuyến ở rìa lòng dẫn và các bãi biển thẳng góc với bờ. Các lòng dẫn bị chi phối bởi các dòng triều dâng.

Hình thái Delta triều rút

- Hình dạng chung của một delta thủy triều rút và sự phân bố các thân cát của nó được xác định bởi cường độ tương đối của các quá trình vận chuyển cát khác nhau hoạt động tại cửa lạch triều.
- Tại các cửa lạch do thủy triều chiếm ưu thế, delta triều rút kéo dài, có lòng dẫn triều rút chính và còn ngầm dạng tuyến ria lòng dẫn kéo dài ra xa ngoài khơi.
- Vận chuyển cát tạo ra do sóng đóng một vai trò thứ yếu trong việc sửa đổi hình dạng delta tại các cửa lạch này. Bởi vì hầu hết vận chuyển cát là theo hướng vào bờ-ra ngoài khơi, nên các delta triều rút đều chùng chéo lên một chiều dài tương đối nhỏ của đường bờ cửa lạch. Điều này có ý nghĩa quan trọng liên quan đến mức độ, mà tới đó, đường bờ cửa lạch trải qua những thay đổi xói lở và tích tụ.

Hình thái Delta triều rút

- Các hệ thống cửa lạch do sóng chiếm ưu thế có xu hướng nhỏ hơn so với các cửa lạch do thủy triều chiếm ưu thế.
- Các delta triều rút của chúng được lái vào bờ, gần với cửa lạch, bởi các quá trình sóng chiếm ưu thế.
- Thùỵ cuối cùng và/hoặc cồn ngầm do sóng vỗ tạo thành một vòng cung nhỏ nằm ngoài ngoại vi của delta triều rút.
- Trong nhiều trường hợp, delta triều rút của các cửa lạch này hoàn toàn nằm ở vùng dưới triều. Trong các trường hợp khác, các thân cát làm tắc nghẽn lối vào cửa lạch, dẫn đến sự hình thành một số lòng dẫn thủy triều lớn và nhỏ.

Hình thái Delta triều rút

- Tại các cửa lạch triều năng lượng hỗn hợp, hình dạng của delta là kết quả của các quá trình thủy triều và sóng.
- Những delta này có một lòng dẫn triều rút chính, là sản phẩm của dòng triều rút.
- Nền do sóng vỗ và các thân cát của kiểu cửa lạch này chổng chéo lên đường bờ cửa lạch nhiều lần, nên chiều rộng của hòng cửa lạch do các quá trình sóng và dòng triều dâng.

Hình thái Delta triều rút

- Các delta triều rút cũng có thể rất bất đối xứng, là do lòng dẫn triều rút chính và các thân cát liên quan của nó được định vị chủ yếu dọc theo một trong những đường bờ cửa lạch.
- Hình dạng này thường xảy ra khi lòng dẫn phía sau cồn chắn tiếp cận cửa lạch dưới một góc xiên, hoặc khi tích lũy cát ưu đãi trên phía dòng trôi lên của delta triều rút, làm lệch hướng của lòng dẫn triều rút chính dọc đường bờ cồn chắn do dòng trôi xuống.

A word cloud on a dark blue background. The central text is 'Q&A' in large, white, bold letters. Surrounding it are various question words in different colors (yellow, green, blue, orange) and sizes. The words include: 'What?', 'Where?', 'When?', 'How?', 'Who?', 'Why?', 'What?', 'Where?', 'When?', 'How?', 'Who?', 'Why?', 'What?', 'Where?', 'When?', 'How?', 'Who?', 'Why?'. The words are arranged in a circular pattern around the center, with some words appearing multiple times.