



Ban thư ký Ủy hội sông Mê Công  
Chương trình đào tạo môi trường

# GIỚI THIỆU KHOA HỌC MÔI TRƯỜNG TRONG LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

---



PHNOM PENH 10/2001

**MỤC LỤC**

<b>BÀI 1 - ĐỊNH NGHĨA MÔI TRƯỜNG LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG .....</b>	<b>2</b>
Thuỷ văn của lưu vực sông Mê công .....	3
Tài nguyên sinh thái của lưu vực sông mê công.....	4
<b>BÀI 2 . GIỚI THIỆU CÁC KHÁI NIỆM VỀ KHOA HỌC HỆ SINH THÁI.....</b>	<b>12</b>
Sinh học .....	12
Sinh thái .....	13
Hồ học.....	16
Thuỷ văn .....	18
<b>BÀI 3 - CÂN BẰNG NƯỚC VÙNG ĐẤT NGẬP NƯỚC TRONG LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG... </b>	<b>22</b>
Nước ngầm.....	23
Chức năng của đất ngập nước .....	25
Chu trình dinh dưỡng ở châu thổ sông Mê Công.....	26
<b>BÀI 4 - NHỮNG XÁO TRỘN ĐỐI VỚI TÀI NGUYÊN SINH THÁI Ở LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG .....</b>	<b>28</b>
Những xáo trộn trong lưu vực sông mê công.....	29
Phát triển kinh tế ở lưu vực sông mê công.....	29
<b>BÀI 5. CƠ SỞ QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG .....</b>	<b>37</b>
Chi phí cho quan trắc .....	37
Các loại chương trình quan trắc .....	38
Chiến lược quan trắc .....	38
Lấy mẫu .....	40
Đánh giá chất lượng nước .....	41
Các chỉ số sinh học .....	43
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	<b>45</b>

## **BÀI 1 - ĐỊNH NGHĨA MÔI TRƯỜNG LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG <sup>1</sup>**

Chúng ta nên định nghĩa thế nào về ‘môi trường’, ‘hệ sinh thái’, và ‘quá trình sinh thái’? Thông thường nói môi trường tự nhiên là những vật xung quanh hệ thống đặc thù của chúng ta (tức là bên ngoài hệ thống xã hội loài người). Môi trường tự nhiên bao gồm không khí, nước, khoáng vật, năng lượng mặt trời, thực vật và động vật hỗ trợ cuộc sống loài người. Các quần thể thực vật và động vật bên trong một môi trường sống cụ thể và sự tương tác của chúng tới không khí, nước, khoáng vật, và năng lượng mặt trời là những quần xã tự nhiên được gọi là hệ sinh thái.

Quá trình sinh thái làm sạch không khí và nước, xác định loại hình khí hậu thời tiết và tạo điều kiện tái tạo hệ sinh thái.

Các hệ sinh thái tiến hoá theo thời gian và có một số giai đoạn phát triển riêng biệt. Mỗi hệ thống là riêng rẽ nhưng lại gây ảnh hưởng và bị tác động bởi những hệ sinh thái lớn hay nhỏ hơn. Có nhiều hệ sinh thái trên trái đất và sự tương tác giữa chúng tạo thành sinh quyển.

Các hệ sinh thái trong Lưu vực Sông Mê Công (LVSMC) bao gồm môi trường ven sông ở dọc theo bờ sông, vùng châu thổ ngập lũ hàng năm, đầm phá ngập mặn và khu vực ven biển và rừng; đây là môi trường sống của nhiều loài có giá trị. Các nước ven sông Mê Công là Trung Quốc, Miến Điện, Lào, Thái Lan, Campuchia và Việt Nam. Phần diện tích lưu vực thuộc tỉnh Vân Nam Trung Quốc và Miến Điện được gọi là thượng lưu vực Sông Mê Công trong khi đó Hạ lưu vực Sông Mê Công (LMB) bao gồm diện tích thuộc Lào, Thái Lan, Campuchia và Việt Nam

Lưu vực sông Mê Công có bảy địa mạo tiêu biểu như sau:

- Lưu vực Sông Lancang, Vân Nam
- Cao nguyên phía Bắc (Lào, Miến Điện, Thái Lan)
- Cao nguyên Korat and Sakon (Thái Lan)
- Cao nguyên phía Đông (Lào, Việt Nam)
- Vùng cao phía Nam (Campuchia)
- Vùng trũng (Campuchia, Lào, Việt Nam)
- Vùng bờ biển (Việt Nam, Campuchia).

Những vùng này lại được chia thành các lưu vực và các tiểu lưu vực.

---

<sup>1</sup> Thông tin trong bài học này được trích từ tài liệu của Ủy hội Mê Công (1997).

## THUYẾT VẤN CỦA LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

Điều kiện thủy văn, hay chu kỳ dòng chảy vào và ra trong Lưu vực sông Mê Công là cực kỳ quan trọng đối với việc duy trì cấu trúc và chức năng của Lưu vực. Thủy văn của Lưu vực tác động đến loại hình và sự đa dạng các loài động thực vật hoang dã, sự tồn tại của các chất dinh dưỡng cho cả hệ thống và khả năng tái tạo của nó. Mặc dù chu kỳ thủy văn của Lưu vực dao động lớn theo mùa và theo từng năm, nước vẫn là yếu tố quyết định chức năng của hệ sinh thái. Hình 1 mô tả các thành phần chính và các dòng chảy của Lưu vực.

Sông Mê Công bắt nguồn từ dãy núi Tangula Shan ở bên rìa cao nguyên Tây tạng. Với độ dài 4.880 km, sông Mê Công là con sông dài nhất ở Đông Nam Á và dài thứ 12 trên thế giới. Lưu vực sông Mê Công có diện tích xấp xỉ 795.000 km<sup>2</sup>, xếp thứ 21 trong các lưu vực sông lớn nhất trên thế giới. Tổng lượng dòng chảy hàng năm từ lưu vực là 475.000 triệu m<sup>3</sup>. Đây là con sông có lượng dòng chảy lớn thứ 8 trên thế giới.

Đóng góp về dòng chảy từ các nước ven sông trong Lưu vực sông Mê Công rất khác nhau phụ thuộc vào diện tích từng tiểu lưu vực. Lào với 25% tổng diện tích lưu vực đóng góp dòng chảy lớn nhất, chiếm 35% tổng dòng chảy từ diện tích lưu vực. Trong khi đó, Miến Điện với 3% diện tích lưu vực chỉ đóng góp 2% tổng dòng chảy. Phần lớn những dòng chảy bề mặt của sông Mê Công là do các điều kiện khí hậu xảy ra trong suốt mùa khô và mùa mưa. Sự khác biệt lớn về mức độ dòng chảy trên sông rất rõ rệt giữa các mùa, đặc biệt ở khu vực hạ lưu.

Sông Mê Công thông thường mực nước lên vào tháng Chín đến tháng Mười Một, nước xuống từ tháng Hai đến tháng Ba. Mùa lũ kéo dài từ tháng Sáu đến tháng Mười hai với mức nước xấp xỉ 85 - 90 % tổng lượng hàng năm.

Quan sát cho thấy dòng chảy lớn nhất là vào tháng Chín, chiếm 25-30% tổng trữ lượng nước hàng năm. Trong khi đó, dòng chảy của một tháng mùa khô chỉ chiếm 1-2% tổng dòng chảy hàng năm.

Hàng năm lũ tràn về các vùng rộng lớn của miền nam Campuchia và Việt Nam - vùng ngập lũ này có diện tích xấp xỉ 30.000 km<sup>2</sup>, nằm phía dưới Biển Hồ và nơi giao nhau giữa sông Mê Công và sông Tônglê Sáp của Campuchia.

Biển Hồ và Sông Tônglê Sáp có tác dụng điều tiết lũ trong LMB bằng cách giảm đỉnh lũ ngay khi bắt đầu mùa lũ tới và tăng dòng chảy vào mùa khô. Trong mùa lũ, nước trên sông Mê Công sẽ chảy vào sông Tônglê Sáp dẫn đến sự gia tăng rất lớn lượng nước của Biển Hồ và làm ngập các rừng đầm lầy xung quanh.



**Hình 1.** Mô hình khái niệm về chu trình thủy văn: các thành tố chính và tuyến di chuyển

Trong mùa khô nước từ Biển Hồ chảy vào Sông Tônglê Sáp, sau đó nước từ con sông này đổ vào sông Mê Công làm tăng lưu lượng dòng chảy mùa khô ở sông Mê Công lên xấp xỉ 16%.

Hiệu quả tích cực của lũ là làm giàu thêm đất nông nghiệp bằng việc giữ lại lớp phù sa màu mỡ và phát triển nguồn thủy sản (ví dụ rừng ngập lũ của Biển Hồ là môi trường quan trọng cho cá đẻ trứng).

Chế độ thủy văn của sông Mê Công phụ thuộc vào sự thay đổi lượng mưa tự nhiên, có thể gây ra hạn hán hay ngập lụt ở một số nước ven sông (ví dụ hạn hán hiện thời ở Thái Lan tác động đến hệ thống tưới tiêu và nguồn cung nước cho đô thị). Những trận lũ quét vẫn xảy ra ở Lưu vực phần lãnh thổ Campuchia và vùng trũng ngập lũ ở miền Nam Việt Nam, những nơi này bị đe dọa nhiều nhất bởi các đợt lũ khốc liệt.

## TÀI NGUYÊN SINH THÁI CỦA LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

Lưu vực sông Mê Công là nơi cư trú của hàng ngàn loài động thực vật quý hiếm và đang bị đe dọa tuyệt chủng. Các hệ sinh thái trong lưu vực nằm trong số các hệ sinh thái có tính đa dạng sinh học cao nhất trên thế giới. Các hệ sinh thái này dễ bị tổn thương và chịu áp lực nặng nề do tăng dân số và phát triển công nghiệp tại Lưu vực. Các tài nguyên sinh thái hiện tại đang bị đe dọa đó là:

- Hệ thực vật trên cạn;
- Hệ động vật trên cạn;
- Hệ động vật thủy sinh;
- Các vùng đất ngập nước;
- Các hệ sinh thái đặc biệt (Biển Hồ, Tông-lê Sáp, và Đồng Tháp Mười);
- Đa dạng sinh học và những loài bị đe dọa tuyệt chủng.

### **Hệ thực vật trên cạn**

Các loại hình rừng trên cạn trong Lưu vực bao gồm rừng nhiệt đới, rừng thường xanh vùng đất thấp, rừng trên núi, rừng lá kim, và rừng vùng bán sơn địa.

Hệ sinh thái trên cạn trong Lưu vực đang bị xuống cấp bởi vì mức độ che phủ rừng - nơi hỗ trợ nhiều nhất đa dạng sinh học- đang bị suy giảm. Khai thác gỗ phục vụ cho thương mại, thu lượm gỗ củi để làm nhiên liệu, mở rộng nông nghiệp và chiến tranh làm giảm diện tích rừng trong Lưu vực. Độ che phủ rừng trong Lưu vực đã giảm đáng kể, với phần che phủ còn lại dự đoán chỉ vào khoảng 27% diện tích.

Ngoài sự suy giảm về độ che phủ rừng, nhiều khu vực rừng còn lại có chất lượng tương đối kém, với sự suy giảm về mật độ sinh khối và trữ lượng các loại gỗ thương mại (ví dụ: ở Lào, dự đoán chỉ khoảng 10% khu vực rừng còn lại có giá trị thương mại).

Việc chặt chọn các loài có giá trị cao để xuất khẩu đã làm giảm diện tích các khu rừng rậm. Đi đến các vùng sâu, vùng xa thông qua các con đường mòn vận chuyển gỗ càng làm tăng việc khai thác (thường là phi pháp) các loài thực vật còn sót lại.

Vẫn thiếu thông tin tin cậy về số lượng và chất lượng của các khu rừng còn sót lại ở Lưu vực sông Mê Công. Những khó khăn cho việc ước lượng độ che phủ của rừng sản xuất trong Lưu vực đó là:

- Thiếu sự thống nhất trong hệ thống phân loại, ví dụ vùng đất được phân loại là 'rừng' trên thực tế có thể là vùng cây bụi với rất ít giá trị sinh thái hoặc kinh tế. Rừng trồng đơn loài (ví dụ rừng bạch đàn) được phân loại là rừng nhưng lại có giá trị sinh thái rất nhỏ và đa dạng sinh học nghèo nàn;
- Hoạt động khai thác gỗ phi pháp và không được giám sát ở những vùng sâu, xa dẫn đến dự đoán thiếu chính xác mức độ che phủ rừng;
- Việc sử dụng các công nghệ đánh giá hiện đại như viễn thám nhằm cung cấp các số liệu điều tra rừng chính xác hơn là rất tốn kém. Tiếp cận đến các khu vực xa xôi cũng làm cho nhiệm vụ khảo sát thực địa để xác thực loại rừng phức tạp thêm.

### **Hệ động vật trên cạn**

Lưu vực sông Mê Công nuôi dưỡng một số lượng lớn các quần thể và các loài động vật trên cạn. Mặc dù đối với vùng hẻo lánh dữ liệu còn hạn chế, theo khảo sát của Ủy hội sông Mê Công Quốc tế (MRC) cho thấy ít nhất có 212 loài động vật có vú, 696 loài chim, và 213 loài bò sát và động vật lưỡng cư, thêm vào đó là các loài mới được phát hiện hàng năm.

Những quần thể động vật hoang dã ở Lưu vực sông Mê Công ngày càng chịu nhiều sức ép và bị tác động bởi các hoạt động phát triển và săn bắt tùy tiện. Các hoạt

động sản bất động vật để tiêu thụ nội địa, cho mục đích y tế và thị trường xuất khẩu là mối đe dọa nghiêm trọng đối với các quần thể và đa dạng sinh học ở Lưu vực.

### **Hệ động vật dưới nước**

Lưu vực sông Mê Công nuôi dưỡng một hệ thực vật thủy sinh rất đa dạng. Ước tính có khoảng 1.300 loài cá phân bố ở khắp các môi trường sống đa dạng ở Lưu vực (Jensen, 2000).

Các dạng nơi cư trú cho các loài cá khác nhau đó là:

- Khu vực cửa sông ở Châu thổ sông Mê Công là nơi sinh sống của nhiều loài cá sông và cá nước lợ theo mùa di cư ngược dòng để đẻ trứng ở môi trường nước lợ hay nước ngọt;
- Vùng thượng lưu của Sông Mê Công có rất nhiều loài nước ngọt (ví dụ *Cyprinidae*, *Siluridae*, *Clariidae*);
- Các nhánh sông Mê Công nằm sâu trong lục địa ở vùng Đông Bắc Thái lan, Lào và vùng đất ngập nước ở Campuchia đóng vai trò là môi trường sống để các loài động vật sinh sản và nuôi dưỡng con con trong đó có các loài có giá trị cả về mặt kinh tế và sinh thái.

Người ta tìm thấy loài tôm panda lớn nước ngọt (*Macrobrachium rosenbergii*) ở sông Mê Công di cư từ nước ngọt đến vùng nước mặn và từ vùng cửa sông để đẻ trứng. Các loài khác cũng đẻ trứng ở vùng cửa sông Mê Công trong khoảng thời gian từ tháng Ba đến tháng Tám. Thu hoạch tôm là hoạt động kinh tế ngày càng quan trọng ở Lưu vực sông Mê Công, đặc biệt đối với thị trường xuất khẩu.

Dữ liệu về số lượng thủy sản ở Lưu vực sông Mê Công còn hạn chế, dẫn đến việc khó đánh giá tác động của hoạt động đánh bắt hoặc của các hoạt động phát triển làm phá huỷ và suy thoái môi trường sống.

### **Đất ngập nước**

Đất ngập nước bao gồm các vùng đất ngập nước tạm thời và lâu dài như phần đất bồi ở biển, bãi ngập triều và bãi gian triều, vùng đầm lầy cửa sông, kênh và nhánh sông, ruộng lúa nước, vùng hoa màu ngập lũ, hồ tự nhiên, và hồ chứa nhân tạo. Môi trường sống cho các loài ở vùng đất ngập nước Lưu vực sông Mê Công chủ yếu là các hồ nông, ao và đầm lầy bị ngập bởi các trận mưa và lũ vĩnh viễn hoặc theo mùa.

Các môi trường đất ngập nước có ý nghĩa sinh thái lớn nhất ở Lưu vực sông Mê Công là:

- Hệ thống Biển Hồ và sông Tônglê Sáp ở Campuchia
- Vùng Đồng Tháp Mười ở Campuchia và Việt nam

- Rừng tràm (*Melaleuca leucadendron*) ở Việt nam
- Hệ thống sông Chi và sông Mun ở Thái Lan
- Châu thổ sông Mê Công.

Chức năng của đất ngập nước bao gồm: dự trữ nước; chống bão và giảm lũ; ổn định bờ biển và kiểm soát xói mòn; bổ sung nước ngầm; xả nước ngầm; giữ chất dinh dưỡng và phù sa; và ổn định điều kiện khí hậu địa phương, đặc biệt lượng mưa và nhiệt độ.

Đất ngập nước tạo ra các môi trường sinh sản và nuôi dưỡng rất phong phú cho nhiều quần thể các loài dưới nước cũng như trên cạn ở Lưu vực sông Mê Công - trợ giúp cho các loài cá và động vật vỏ giáp có giá trị sinh thái và kinh tế cao, là nguồn cung cấp protein chủ yếu cho người dân ở các nước ven sông. Chuỗi thức ăn vùng đầm lầy cũng hỗ trợ cho sự sống của các loài động vật có vú, bò sát, loài lưỡng cư, các loài chim cư trú và di cư quý hiếm và bị đe dọa tuyệt chủng.

### **Vùng Biển Hồ và Sông Tônlé Sáp**

Hệ sinh thái này có ý nghĩa quan trọng cả về mặt kinh tế và sinh thái ở Lưu vực sông Mê Công. Rừng ngập lũ xung quanh Biển Hồ rất quan trọng đối với năng suất sinh học của hệ thống. Các áp lực phát triển đối với rừng để sản xuất nhiên liệu từ gỗ, than gỗ và chuyển đổi sang đất nông nghiệp là mối quan tâm lớn.

Sự so sánh theo thời gian các dữ liệu viễn thám cho thấy độ che phủ rừng giảm đáng kể trong vòng 20-30 năm qua; xấp xỉ từ 1 triệu héc ta còn 361.700 ha rừng ngập lũ và 157.200 ha rừng bị thoái hoá và các thảm thực vật gắn liền với chúng.

Chế độ thủy văn đặc thù của hệ thống có vai trò cực kỳ quan trọng đối với một số lượng lớn các loài cá cư trú và di cư. Khoảng 40 loài có giá trị thương mại sống nhờ hệ thống này. Nguồn bổ sung từ hệ thống này hỗ trợ cho ngành hải sản ở sông Mê Công ngay cả trên tận thượng nguồn như tỉnh Vân Nam Trung Quốc.

Khai thác cá quá mức trong Hồ, sử dụng lan tràn các biện pháp thu hoạch có tính chất tàn phá, cũng như việc mất đi hay giảm chất lượng môi trường sống rất có thể làm giảm tỷ lệ thu bắt đối với một số loài và dẫn tới chiếm ưu thế là các loài có kích thước nhỏ hơn. Tỷ lệ bổ sung không đầy đủ cho một số loài (ví dụ: loài cá chép lớn nước ngọt, *Catlacarpio siamensis*) gây nên mối quan ngại về sự suy thoái quần thể không thể cứu vãn được.

Hệ thống cũng tạo ra nơi trú ngụ cho rất nhiều loài chim. Một số đàn chim nước





lớn đến thời kỳ sinh sản cũng đến vùng này, trong đó có những loài đang bị đe dọa tuyệt chủng cũng sử dụng khu vực này là nơi sinh sản (ví dụ, loài Sếu đầu đỏ - *Grus antigone sharpii*).

### **Vùng Đồng Tháp Mười**

Vùng Đồng Tháp Mười là hệ sinh thái xuyên biên giới, với diện tích xấp xỉ 700.000 ha thuộc Việt Nam và 300.000 ha thuộc Campuchia. Khu vực này có địa hình chủ yếu là những vùng đất thấp bằng phẳng ngập lũ theo mùa với một diện tích lớn bị ngập từ tháng 7 đến tháng 1 năm sau. Trong suốt mùa khô, vùng Đồng Tháp Mười hoàn toàn khô cạn trừ các ao đầm nằm rải rác.

Hệ thống này tạo ra nguồn lợi lớn về nông nghiệp, rừng và thủy sản. Vùng Đồng Tháp Mười hỗ trợ một dãy các hệ thực vật phức tạp bao gồm các loài thực vật dưới nước, trên bờ và trôi nổi, quần thể đồng cỏ rộng lớn và rừng phân tán (ví dụ, rừng tràm) và các khu rừng gỗ. Đa dạng sinh học là đặc điểm của các môi trường sống này, là nơi trú ngụ của rất nhiều loài cá và chim và đồng thời cung cấp một số lượng lớn các sản phẩm có giá trị thương mại như gỗ xây dựng, gỗ nhiên liệu, tinh dầu, và mật ong.

Trong mùa lũ, vùng Đồng Tháp Mười là nơi sinh sống của một số lượng lớn các loài cá di cư từ thượng lưu xuống để sinh sản và cư trú. Một số loài như tôm *Macrobrachium* là nguồn thủy sản quan trọng được thu hoạch với số lượng lớn vào cuối mùa mưa.

Vùng Đồng Tháp Mười cũng hỗ trợ rất nhiều loài chim nước trong đó có các loài di cư vào mùa đông bị đe dọa tuyệt chủng như loài sếu đầu đỏ, bởi đó là nơi có nguồn thức ăn phong phú hấp dẫn.

Vùng đất nhiễm chua phèn cao tìm thấy ở vùng Đồng Tháp Mười gây khó khăn cho các vấn đề bảo tồn và phát triển. Các hoạt động phát triển quan trọng như xử lý đất nhiễm chua phèn và dẫn nước từ sông Mê Công đến để thau chua khi nước lũ rút kết hợp với việc đánh luống trồng hoa màu giúp tăng nhanh sản xuất lúa gạo ở diện tích vùng Đồng Tháp Mười thuộc Việt Nam. Tuy nhiên, cần phải cân bằng việc duy trì đất nhiễm chua phèn nặng và chế độ lũ lụt tự nhiên nhằm duy trì mức độ bao phủ rừng để bảo tồn tính đa dạng sinh học.

### **Các hệ sinh thái ven biển**

Bờ biển châu thổ sông Mê Công dài khoảng 650 km, trong đó 350 km tiếp giáp với biển Đông và 300 km tiếp giáp với Vịnh Thái Lan.

Phần tiếp giáp với Biển Đông có chín cửa sông lớn, các đụn cát, đầm lầy ngập triều và rừng ngập mặn.

Phần tiếp giáp với Vịnh Thái Lan được chia làm hai phần riêng biệt: thứ nhất gồm vùng đầm lầy ngập triều rộng lớn và những vùng rừng ngập mặn giàu có; phần thứ hai gồm những vùng rừng ngập mặn nghèo, đầm lầy ngập triều hẹp, và một số vùng cao diện tích nhỏ.

Các vùng cửa sông ở Châu thổ sông Mê Công có vai trò quan trọng hỗ trợ cho rất nhiều loài tôm và cá mà cuộc sống của chúng phụ thuộc vào môi trường sống phong phú và nguồn thức ăn dồi dào để sinh sản và phát triển. Chu kỳ sống của các loài tôm có giá trị về kinh tế phụ thuộc rất lớn vào điều kiện môi trường ở các vùng cửa sông, vì đây là những vùng nước nông nơi tôm sinh sản, sau đó ấu trùng di chuyển cùng với thủy triều để tới vùng nước lợ để phát triển và sinh sống rồi quay ra biển khi trưởng thành. Những loài này dễ bị tổn thương bởi sự xáo trộn sinh học, hoá học và vật lý của hệ sinh thái cửa sông.

Tổng diện tích rừng ngập mặn hiện tại của Lưu vực sông Mê Công ước tính khoảng 120.000 ha. Môi trường rừng ngập mặn ven biển có ý nghĩa rất quan trọng, là khu vực sinh sản và cư trú cho nhiều loài cá, cua và tôm. Đó cũng là nơi sinh sống của nhiều loài côn trùng và sinh vật thủy sinh, là nguồn thức ăn cho các loài cá, chim, bò sát và động vật lưỡng cư.

Hệ sinh thái rừng ven biển có tác dụng như các rào cản tự nhiên bảo vệ sự xói lở bờ biển do sóng biển gây ra. Hậu quả chủ yếu của sự biến mất vùng đầm lầy và hệ sinh thái rừng ven biển là sự xói mòn nhanh chóng bờ biển, ảnh hưởng tới các cộng đồng dân cư ven biển và các hoạt động nông nghiệp. Dân số tăng ở vùng biển cùng với các hoạt động nuôi trồng thủy sản và nông nghiệp, và sự phát triển công nghiệp và đô thị đã dẫn đến việc phá huỷ các vùng sinh thái ngập mặn và rừng ven biển.

### ***Đa dạng sinh học***

Tất cả các nước ở Lưu vực sông Mê Công đều có mức độ đa dạng sinh học cao. Tính chung lại, các nước ven sông là nơi cư trú của hàng ngàn loài động thực vật đặc hữu của vùng.

Campuchia được xem là quốc gia có hệ sinh thái đất ngập nước có tính đa dạng sinh học cao nhất và phong phú nhất, bao gồm các loài động vật có vú và chim đã vắng bóng ở các nước khác thuộc lưu vực sông Mê Công. Lào đứng thứ hai, dù mức độ đa dạng thấp hơn, do nước này có những khu vực rộng lớn chưa bị tác động của con người. Thái Lan xếp thứ ba do có những khu vực diện tích nhỏ bé nhưng lại có tính đa dạng sinh học cao. Mức độ đa dạng sinh học ở Việt Nam cũng tương đối cao, đặc biệt ở những vùng đất ngập nước ở phía nam, và những vùng rừng xa xôi ở Tây Nguyên.

Khu vực đa dạng sinh học cao nhất thường tập trung ở biên giới các nước, là những nơi khó tiếp cận và hẻo lánh. Những vùng có đa dạng sinh học cao đó là:

- Biên giới ba nước Campuchia, Lào, và Việt Nam ;
- Dọc biên giới Lào và Việt Nam;
- Dọc biên giới Campuchia và Thái Lan;
- Khu vực biên giới ba nước Lào, Miến Điện, Thái Lan và tỉnh Vân Nam, Trung Quốc;

- Dọc biên giới Lào và Đông Bắc Thái Lan.

Dữ liệu về đa dạng sinh học thường không chính xác hoặc không hoàn chỉnh, gây khó khăn cho việc xác định mức độ ảnh hưởng của các hoạt động của con người và sự phát triển kinh tế tới đa dạng sinh học. Mặc dù không có con số chính xác, thông tin hiện thời dự đoán rằng đa dạng sinh học ở khắp Lưu vực đang giảm sút. Mối đe dọa đến môi trường ngày càng tăng là do:

- Phá huỷ môi trường sống do chuyển đổi canh tác, mở rộng đất nông nghiệp và trồng rừng;
- Sức ép khai thác rừng ngày càng tăng;
- Việc săn bắn bừa bãi và không kiểm soát được để lấy thực phẩm và buôn bán các sản phẩm động vật hoang dã;
- Môi trường sống bị chia cắt: sự mất đi ngày càng nhiều môi trường sống làm phá huỷ hành lang di cư hoặc làm giảm diện tích kiếm ăn của các quần thể động vật trên cạn.

Bảng 1 bao gồm tên một số loài đặc hữu ở Lưu vực sông Mê Công. Trạng thái bị đe dọa tuyệt chủng hoặc đang nguy cấp được liệt kê đối với một số loài dựa trên số liệu hiện có (WCMC,1997). Những loài **Cư trú** được biết đến là những loài đặc hữu của vùng; những loài này hoặc không bị đe dọa hoặc không có dữ liệu để xác định liệu chúng có đang bị đe dọa tuyệt chủng hay không.

Bảng 1. Một số loài động vật đại diện ở Lưu vực Sông Mê Công

<b>Động vật</b>	<b>Tên thông thường</b>	<b>Tên khoa học</b>	<b>Trạng thái</b>	
Chim	Sếu đầu đỏ	<i>Grus antigone sharpei</i>	Bị đe dọa	
	Greater adjutant	<i>Leptoptilos dubius</i>	Bị đe dọa	
	Diệc tai trắng ban đêm	<i>Gorsachius goisagi</i>	Đang nguy cấp	
	Asian dowitcher	<i>Limnodromus semipalmatus</i>	Phổ biến (di cư)	
	Anhinga	<i>Anhinga melanogaster</i>	Phổ biến (cư trú)	
	Bồ nông mỏ đốm	<i>Pelacanus philippensis</i>	Dễ tổn thương	
	Chim trĩ Việt Nam		<i>Lophura hatinhensis</i>	Bị đe dọa
			<i>Lophura imperialis</i>	Bị đe dọa
Động vật có vú	Sóc đen lớn	<i>Ratufa bicolor</i>	Cư trú	
	Cá heo	<i>Delphinus spp.</i>	Cư trú	
	Cá heo không vây	<i>Neophocaena phocaenoides</i>	Cư trú	
	Macaque	<i>Macaca mulatta</i>	Cư trú	
	Khỉ mũi hếch	<i>Pygathrix avunculus</i>	Đang nguy cấp	
	Kouprey	<i>Bos sauveli</i>	Đang nguy cấp	
Bò sát	Trăn (spp.)	<i>Python molurus</i>	Cư trú	
	Thằn lằn	<i>Python reticulatus</i>	Cư trú	
	Rùa sông	<i>Varanus sp.</i>	Cư trú	
	Cá sấu cửa sông	<i>Batagur baska</i>	Bị đe dọa	
	Rắn nước		<i>Crocodylus porosus</i>	Cư trú
			<i>Enhydris spp.</i>	Cư trú

## BÀI 2 . GIỚI THIỆU CÁC KHÁI NIỆM VỀ KHOA HỌC HỆ SINH THÁI

Nghiên cứu một khu vực phức tạp và đa dạng như Lưu vực sông Mê Công bao hàm một số ngành khoa học và kỹ thuật. Không có lĩnh vực khoa học riêng lẻ nào có thể mô tả đầy đủ các quá trình vật lý, sinh học và hoá học diễn ra trong Lưu vực và làm cho Lưu vực trở nên một vùng trù phú và đầy sức sống. Bài học này sẽ thảo luận một số yếu tố cơ bản của các lĩnh vực nghiên cứu để hiểu rõ hơn về các chức năng sinh thái của Lưu vực.

### **SINH HỌC**

Sinh học là môn khoa học nghiên cứu tất cả các vật thể sống. Từ cấp độ tế bào cơ bản đến hệ sinh thái - quy mô của Lưu vực sông Mê Công, và đến cấp sinh quyển, sinh học là môn khoa học nghiên cứu cách thức các cơ thể sống khai thác các nguồn năng lượng không sống từ trái đất và chuyển thành năng lượng cho các quá trình sống. Sinh học nghiên cứu cách thức các vật sống sử dụng những vật chất như nước, CO<sub>2</sub> và khí ôxy để sinh trưởng, duy trì sự sống và sinh sản.

### ***Cấu trúc của cơ thể sống***

Tế bào là đơn vị cấu trúc và chức năng cơ bản trong tất cả các cơ thể sống. Tế bào chứa một nhân, DNA (vật chất di truyền) và tế bào chất, tất cả được bao bọc trong một vỏ tế bào.

Các loại tế bào khác nhau đều có trong hầu hết các cơ thể sống. Những loại tế bào tương tự nhau về loại hình và chức năng tạo thành các mô. Ví dụ, cá có các mô cho hô hấp, thị giác, tiếp nhận cảm giác, bơi và tất cả các chức năng cần thiết khác để sinh trưởng và sinh sản. Thực vật có các mô bảo vệ bề mặt bên ngoài, tạo điều kiện để chuyển ánh sáng mặt trời thành năng lượng (quá trình quang hợp), chuyển chất dinh dưỡng và chất hoá học qua các mô thực vật làm cho cây có khả năng sinh trưởng và sinh sản. Tế bào và mô tạo thành những tích hợp phức tạp còn gọi là các cơ quan. Da, tim, và phổi là ví dụ của các cơ quan. Một nhóm các cơ quan cùng có chức năng tạo thành một hệ cơ quan, như hệ hô hấp hay hệ sinh sản. Và cuối cùng, một nhóm các hệ cơ quan cùng hoạt động để tạo thành một cơ thể sống như cá, cây, và chính bản thân chúng ta.

### ***Năng lượng***

Tất cả các quá trình sống đều cần năng lượng dưới một số dạng nhất định. Thực tế tất cả các dạng năng lượng sử dụng cho các quá trình sống đều xuất phát từ mặt trời và được cây cối hấp thụ thông qua quá trình quang hợp. Hầu hết các sinh vật không có khả năng hấp thụ trực tiếp năng lượng mặt trời và vì thế chúng hấp thụ năng lượng bằng cách ăn các loài cây cỏ, hay ăn thịt các loài ăn thực vật. Theo cách đó

năng lượng được chuyển đi trong một phần của hệ sinh thái thông qua chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái. Năng lượng chuyển tới các cấp độ dinh dưỡng liên tiếp. Ví dụ, các loài cá ở tầng thức ăn thấp **nhất như** cá chép ăn tảo và thực vật thủy sinh. Sau đó các loài cá ăn thịt ăn các loài ở tầng thức ăn thấp này, và cuối cùng con người ăn các loài cá ăn thịt.

Năng lượng tiếp tục được chuyển tiếp trong hệ sinh thái qua mạng lưới thức ăn, hoặc chuỗi thức ăn liên kết. Một số năng lượng thoát ra thông qua hô hấp, nhưng phần lớn năng lượng được sử dụng nhiều nhất cho các hoạt động của cơ thể, gọi là sự trao đổi chất. Dưới đây là hai quy luật cơ bản về sự tồn tại của năng lượng cho tất cả các quá trình sống:

Quy luật thứ nhất về Nhiệt động học (Định luật Bảo toàn Năng lượng) nói rằng vật chất không tự sinh ra và cũng không tự mất đi. Trên thực tế, năng lượng cần cho các hoạt động trong một hệ thống nào đó, ví dụ một tế bào, không tự nhiên sinh ra. Năng lượng phải bắt đầu từ nguồn nào đó từ bên ngoài hệ thống, đó có thể là từ một tế bào hoặc một đám mây ven sông. Khi năng lượng đã vào trong hệ thống, nó có thể được quay vòng trong hệ thống.

Quy luật thứ hai của Nhiệt động học nói rằng trong hệ vũ trụ, tổng năng lượng sẵn có để hoạt động đang giảm dần. Lý do của sự suy giảm này là do hầu hết năng lượng được chuyển hoá thành nhiệt, sau đó năng lượng nhiệt này lại không thể sử dụng cho các hoạt động sống. Nói cách khác, nguồn cung cấp năng lượng cho quá trình sống là có giới hạn.

## **SINH THÁI**

Sinh thái là môn khoa học nghiên cứu mối quan hệ, sự phân bố và độ phong phú của tất cả các cơ thể sống và quan hệ của chúng với môi trường sống. Sinh thái cũng nghiên cứu các quá trình xác định chức năng của hệ sinh thái, thay đổi của hệ qua thời gian, và sự xáo trộn xảy ra đối với hệ.

Chúng ta có thể bắt đầu thảo luận về sinh thái bằng việc xem xét sự mở rộng các cấp độ tổ chức của sự sống. Nhóm gồm các cá thể tương tự, như loài Sếu đầu đỏ, tạo thành một quần thể. Quần thể Sếu này sống ở cùng một khu vực, có khả năng giao phối và chia sẻ bộ gen tương đồng. Nhiều nhóm loài khác nhau chung một khu vực địa lý tạo thành một quần xã. Quần xã bao gồm tất cả các cơ thể sống, gồm có thực vật, động vật có vú, nấm, và vi sinh vật.

Quần xã có thể được xem xét trong phạm vi rộng lớn hơn, đó là hệ sinh thái. Một hệ sinh thái bao gồm tất cả các cơ thể sống cùng với môi trường vô sinh (đất, nước, không khí và các chất dinh dưỡng) có chức năng vận chuyển chất dinh dưỡng và tạo ra năng lượng. Chúng ta nhấn mạnh vào các thành phần của hệ sinh thái, nhưng các quá trình sinh thái diễn ra trong hay bắt nguồn từ các thành phần này mới là yếu tố quan trọng quyết định chức năng của hệ sinh thái.

### ***Sinh thái quần thể***

*Sức tải* là khái niệm cơ bản để hiểu về các quần thể. Sức tải để chỉ số lượng các cá thể của một loài nào đó có thể sống được trong một hệ sinh thái nhất định với điều kiện sống ít thuận lợi nhất trong một đơn vị thời gian, mà không gây ra suy thoái hệ sinh thái. Xem xét vùng Đồng Tháp Mười là một ví dụ. Vùng này nằm ở vùng đất thấp bằng phẳng của Lưu vực sông Mê Công và phải chịu sự thay đổi lớn về mức nước hàng năm. Vào tháng Mười, tức là cuối mùa mưa, một phần diện tích trong vùng này trở thành các hồ rộng ngập lũ với độ sâu lên đến 4 m. Trong mùa khô, vùng Đồng Tháp Mười cạn nước, trừ một số các ao và đầm lầy rải rác. Với mức nước lên xuống thất thường như vậy, sự sống sót của các quần thể thực vật thủy sinh có thể bị hạn chế bởi sự khắc nghiệt và thời gian khô hạn kéo dài hàng năm.

Môi trường vùng Đồng Tháp Mười làm hạn chế sự phong phú và đa dạng của các loài thực vật thủy sinh. Những hạn chế này ảnh hưởng đến các loài động vật như cá, tôm, chim nước do cuộc sống của chúng phụ thuộc vào các loài thực vật đó. Nói tóm lại, chất lượng và trữ lượng nước hàng năm phần nào quyết định số lượng các loài động thực vật. Sức tải của hệ sinh thái là có hạn.

Chúng ta có thể khai thác kỹ hơn ví dụ về vùng Đồng Tháp Mười để mô tả khái niệm sức tải. Sinh vật tại những ao đầm nhỏ còn lại khi nước lũ rút đi không còn phải đối mặt với các nhân tố hạn chế về nước, mà là về không gian. Số lượng các loài thực vật và động vật thủy sinh mà các môi trường sống vi mô có thể nuôi dưỡng quanh năm liên quan trực tiếp đến diện tích tự nhiên tại đó. Ngay cả một hệ sinh thái với quy mô tương đương Lưu vực sông Mê Công cũng thể hiện áp lực của sức tải lên quần thể các loài động thực vật cư trú. Sự tương tác của các yếu tố như hàm lượng chất dinh dưỡng, mực nước, và sức khoẻ và sự phong phú của thực vật quang hợp và các loài vật làm môi xác định số lượng hữu hạn của sự sống mà Lưu vực có thể duy trì.

Các tác động gây xáo trộn hệ sinh thái và tốc độ khai thác tài nguyên tăng lên do con người là một nguy cơ to lớn gây ra các ảnh hưởng tiêu cực tới sức tải tự nhiên của một hệ sinh thái nhất định.

### ***Sinh thái quần xã***

Sự phát triển của các quần xã và diễn thế của các hệ sinh thái là các quá trình liên kết chặt chẽ với nhau. Sự diễn thế chỉ hàng loạt các thay đổi về cấu trúc, chức năng và thành phần loài của hệ sinh thái theo thời gian. Sự ưu thế tương đối của một hay một số các loài trong hệ sinh thái thay đổi thông qua quá trình diễn thế, và hệ sinh thái cuối cùng sẽ hoàn thiện và tự bền vững, chỉ trải qua rất ít các thay đổi sau đó. Hệ sinh thái này gọi là một quần xã cực đỉnh, được hỗ trợ bởi thảm thực vật phát triển tới đỉnh điểm.

Các hệ sinh thái trong giai đoạn đầu của quá trình diễn thế chủ yếu là các loài tiên phong. Nếu giả sử chúng ta bước vào một khu rừng vừa bị đốn, thì chúng ta sẽ nhìn thấy rất nhiều khu đất trống lưa thưa cỏ dại. Nếu chúng ta trở lại vài tuần sau đó,

chúng ta có thể rất ngạc nhiên khi nhìn thấy rất nhiều cây mới đã mọc lên. Đó là giai đoạn đầu trong quá trình diễn thế, những loài cây xanh mới này sẽ là các loài tiên phong hoặc, theo thuật ngữ sinh thái, là các loài chọn lọc r. Những loài thực vật này phát triển nhanh chóng sau khi có sự xáo trộn, khi các điều kiện về môi trường không ổn định và hàm lượng chất hữu cơ trong đất rất nghèo. Những loài thực vật tiên phong này kích thước tương đối nhỏ, đời sống ngắn, và hàng năm thường nảy hạt hoặc đâm chồi gần mặt đất.

Các loài động vật chọn lọc r cũng xuất hiện sớm. Giống như thực vật, thông thường những loài này có kích thước nhỏ, đời sống ngắn, và sinh sản rất sớm ở chu kỳ sống của chúng. Chúng có xu hướng rất ít hay không quan tâm đến con của chúng, và có thể đẻ hơn một lứa trong năm. Loài gặm nhấm cỡ nhỏ như chuột là một ví dụ về các loài động vật đi đầu này. Theo nguyên tắc chung, các loài chọn lọc r này có sức khoẻ dẻo dai, dễ thích nghi, và có khả năng phát triển lan rộng trong một thời gian tương đối ngắn. Chúng được gọi là “loài phổ biến” trong hệ sinh thái. Các hệ sinh thái trong giai đoạn đầu của diễn thế có xu hướng chỉ có rất ít loài, hay có mức độ đa dạng loài thấp.

Qua thời gian, có lẽ chỉ trong vòng hai đến ba năm tại nơi cây bị đốn, chúng ta sẽ thấy dấu hiệu của sự diễn thế tiếp sau đó. Nhiều loài cỏ dại đã chết, chúng làm màu mỡ cho đất, và những loài mọc chậm hơn, sống lâu năm bắt đầu xuất hiện. Những cây con cũng mọc lên, và hạt vẫn còn trong đất dù sau khi cây già đã bị khai thác. Xuất hiện nhiều loài cỏ và cây bụi, tạo nên tầng dưới của những đám rừng mới. Nhiều loài động vật xuất hiện thêm, bởi vì khi đó có thêm các nguồn thức ăn. Diễn biến của hệ sinh thái bắt đầu có xu hướng thuận lợi cho các loài động thực vật sinh trưởng chậm và có kích thước lớn hơn, hay còn gọi là các loài chọn lọc k. Những loài này gọi là các “loài chuyên hoá” của hệ sinh thái. Các loài này có xu hướng sinh sản muộn trong chu kỳ sống của chúng và bỏ ra nhiều công sức để nuôi con cháu. Những loài này cần có một loạt các điều kiện môi trường đặc biệt hơn các loài phổ biến, chính điều này giải thích tại sao những loài đặc biệt này chỉ phát triển khi một hệ sinh thái đã qua một số giai đoạn của quá trình diễn thế.

Khi một hệ sinh thái đạt đến giai đoạn cực đỉnh, sự đa dạng về các loài động thực vật sẽ tăng lên. Chỉ ở những quần xã lâu năm chúng ta mới có thể thấy tập hợp rất nhiều loài mang lại tính đa dạng sinh học cao cho hệ sinh thái. Các sinh vật như kouprey, gấu Mặt trời, sếu đầu đỏ, cò quăm lớn và rái cá có râu mũi chỉ có thể sống được ở nơi có đủ thực vật hoặc thức ăn để duy trì quần thể của chúng. Cần một khoảng thời gian nhiều năm, nhiều thập kỷ hay lâu hơn nữa để một hệ sinh thái phát triển tới một điểm mà tại đó có thể duy trì một số loài quý hiếm tìm thấy ở Lưu vực sông Mê Công.



### DIỄN THỂ HỆ SINH THÁI DƯỚI NƯỚC Ở LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

Vùng đầm lầy thường được xem là giai đoạn chuyển tiếp giữa hồ và rừng trên cạn. Đây là quan điểm cổ điển về quá trình diễn thế, với các quần xã thực vật thay đổi và toàn bộ hệ sinh thái tiến đến thành nhóm quần xã cực đỉnh hoàn thiện và ổn định. Những bằng chứng mới, tuy nhiên, chỉ ra rằng không phải trường hợp nào cũng diễn ra như vậy. Một số loài thực vật tìm thấy ở những vùng đất ngập nước thích nghi với điều kiện môi trường ở đó, như sự thay đổi theo mùa của mực nước và hàm lượng chất dinh dưỡng. Những vùng đầm lầy nước ngọt trong đất liền, đầm nước mặn, rừng ngập mặn và đầm lầy ở ven sông đều có các loài thực vật đặc trưng thích ứng với điều kiện môi trường cụ thể của từng hệ sinh thái. Các loài thực vật cũng được phân bố hợp lý dọc theo gradien thủy văn của mỗi hệ thống. Các loài chịu được lũ thường ở gần mặt nước, trong khi đó các loài khác chỉ thấy ở những nơi đất bão hoà. Cách tổ chức các loài như vậy có thể tồn tại tương đối trong một thời gian nào đó khi hệ thống chưa bị xáo trộn.

Nhìn trên góc độ hệ sinh thái, rất nhiều vùng đất ngập nước ở Lưu vực sông Mê Công có thể đã hoàn thiện theo cách này và chưa hoàn thiện theo cách khác. Năng suất sơ cấp cao và chu kỳ dinh dưỡng chưa khép kín; đây là hai đặc tính của hệ sinh thái chưa hoàn thiện. Tuy nhiên, sự tích lũy vật chất hữu cơ thường khá cao và chu kỳ sống ở những vùng đất ngập nước có xu hướng phức tạp. Những mô hình này gợi đến một hệ sinh thái hoàn thiện. Vì vậy đâu là nguyên nhân làm cho hệ sinh thái đất ngập nước thay đổi theo thời gian? Thay đổi chế độ thủy văn là nhân tố chủ đạo kiểm soát hình thái thực vật ở những vùng đất ngập nước. Những xáo trộn do con người hay thiên nhiên gây ra như tháo nước hoặc lắng đọng bùn cát có thể có tác động lớn tới sự ổn định và tổ thành loài của hệ sinh thái.

## HỒ HỌC

Hồ học là môn học nghiên cứu hệ sinh thái nước ngọt trong đất liền, đối tượng nghiên cứu cơ bản là các dòng sông và hồ. Để hiểu rõ hơn nữa mối quan hệ giữa môi trường tự nhiên và chất lượng nước, chúng ta cần phải biết nền tảng của các vùng chứa nước trong Lưu vực sông Mê Công. Sông và hồ trong Lưu vực là các thành phần quan trọng đảm bảo cho sự bền vững lâu dài của khu vực.

### **Địa mạo học**

Địa mạo học của sông hồ chỉ sự phát triển, hình thái hiện tại và cấu trúc của sông hồ. Nó được phản ánh rất rõ trong các quá trình vật lý, hoá học, và sinh học trong lưu vực và đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát mô hình sông và hồ.

Địa mạo học sông hồ kiểm soát bản chất của sự thoát nước, chất dinh dưỡng đổ vào sông hồ, và khối lượng nước chảy vào sông hồ trong mối quan hệ với khoảng thời gian khôi phục lại mức nước của sông hồ. Mô hình nhiệt (nhiệt độ) và sự phân tầng (sự bố trí về không gian) bị ảnh hưởng rõ rệt bởi hình thái của Lưu vực và khối

lượng nước chảy vào. Hình thái để chỉ đường bình đồ dưới lòng sông hồ, hình dạng và nguồn gốc địa chất của nó.

Hơn 76 loại hồ được phân biệt trên cơ sở địa mạo học. Các hồ thông thường có thể chỉ giới hạn bởi chín nhóm hồ riêng biệt, mỗi nhóm hình thành bởi các quá trình khác nhau.

Phần lớn hồ tự nhiên hình thành bởi các thảm họa thiên nhiên, đó là:

- Các lưu vực hồ kiến tạo;
- Hoạt động của núi lửa;
- Các hồ tạm hay lâu dài xuất phát từ sự trượt đất vào các thung lũng sông suối;
- Sự xói mòn và trầm tích của các sông băng;

Các loại hồ khác hình thành từ các quá trình chậm hơn:

- Hồ hình thành từ những nơi bị ngập nước (đầm nước);
- Sự xói mòn và trầm tích của nước sông có thể chia cắt chỗ sụt lún tạo thành hồ;
- Sự xói mòn do gió có thể tạo thành chỗ sụt lún nông chứa nước tạm thời hay theo mùa;
- Các hồ ở gần biển thường hình thành do cấu trúc không đồng đều của bờ biển.

Các hồ chứa nước được tạo thành phần lớn là do con người xây dựng các đập ngăn sông. Chúng cũng có thể hình thành do các xáo trộn tự nhiên.

Sông được phân loại theo chế độ dòng chảy và lượng nước đổ ra biển. Chế độ dòng chảy của sông Mê Công và các dòng nhánh thường chịu những tác động đáng kể của các vùng trũng chứa nước tự nhiên, các hồ, đập hoặc các hồ chứa. Đặc điểm dòng chảy của nhiều đoạn sông thay đổi do việc đào kênh hoặc yêu cầu về sử dụng nước, tưới tiêu hoặc các nhu cầu cấp nước khác. Các thay đổi về đặc tính lũ cũng phát sinh do sự thay đổi khả năng thấm của đất do các hoạt động nông nghiệp và đô thị hoá.

Các hệ thống sông thể hiện dòng chảy động của nước thoát, là sản phẩm cuối cùng của dòng chảy mặt đất, lượng ngấm vào mạch nước ngầm và lưu lượng nước ngầm.

Hình 1 mô tả những vùng khác nhau của Sông Mê Công.

**Vùng nước chảy xiết (*lotic zone*)** để chỉ phần sông có tốc độ dòng chảy lớn nhất. Nước nói chung luôn chảy trên phần sông này, mang theo chất dinh dưỡng, bùn cát, và các chất ô nhiễm tiềm ẩn và làm lắng đọng các chất đó ở nhiều nơi ở hạ lưu.

**Vùng nước chảy chậm (*lentic zone*)** đặc trưng bởi những nơi nước chảy với tốc độ chậm và biến thiên về nhiệt độ rất thấp. Bùn cát có thể lắng đọng và cây dưới nước có thể xuất hiện ở vùng này.

**Vùng dưới đáy (*hyporheic zone*)** là khu vực ngay bên dưới lớp đáy sông. Nó khác với nước ngầm, bởi vì vẫn có dòng nước chảy (tuy khá chậm) và nước có thành phần hoá học tương tự như nước sông.

Đồng bằng ngập lũ sông Mê Công có lẽ là một trong những vùng đặc biệt nhất. Lũ lụt thường như là một dấu hiệu cho các hoạt động sinh học, từ sinh sản của cá đến sự sinh trưởng của các loài thủy sinh theo mùa. Ở môi trường nhiệt đới ẩm áp có nhiệt độ và độ dài của một ngày gần như không thay đổi quanh năm, lũ lụt rất quan trọng cho việc duy trì nhịp điệu sinh thái của sông. Cả các sinh vật dưới nước và trên cạn đều có thể thích nghi với các điều kiện khô hạn và ẩm ướt thay đổi do lũ lụt gây ra. Trong mùa khô, canh tác lúa ở đồng bằng ngập lũ đem lại sự ổn định về kinh tế và dinh dưỡng cho vùng.

## **THUỶ VĂN**

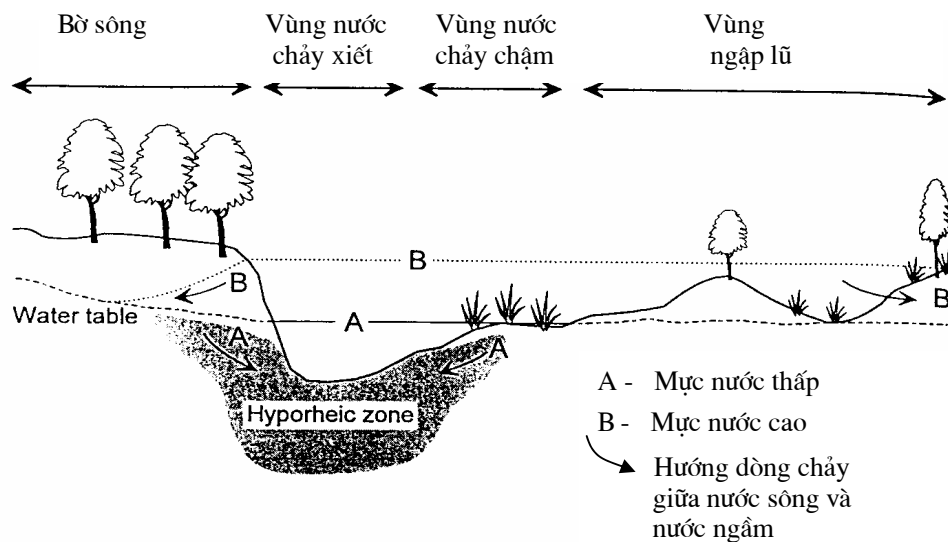
Thuỷ văn là khoa học nghiên cứu sự di chuyển của nước thông qua chu trình thuỷ văn. Chúng ta đã xem xét cụ thể thuỷ văn đất ngập nước của lưu vực sông Mê Công. Bây giờ chúng ta sẽ nhìn tổng quát hơn về chuyên ngành thuỷ văn.

Nước bốc hơi. Sau đó di chuyển vào không khí và trở thành một phần của mây, rồi rơi xuống đất dưới dạng mưa hay tuyết. Sau đó lại bốc hơi. Quá trình này lặp đi lặp lại trong một chu trình thuỷ văn không có sự kết thúc. Nước di chuyển và thay đổi từ dạng rắn sang lỏng và khí, quá trình này cứ lặp đi lặp lại như vậy.

Mưa tạo thành dòng chảy trên mặt đất và làm đầy sông hồ. Một phần lượng mưa thấm xuống đất vào tầng ngậm nước. Những vùng gần biển và hồ đầm rộng có lượng nước bốc hơi tạo mây nhiều hơn nên lượng mưa ở đây lớn hơn các vùng khác. Những vùng có lượng mưa thấp thường nằm xa nước hay gần núi. Khi mây di chuyển lên cao và vượt qua núi, hơi nước ngưng tụ lại và đóng băng. Tuyết sẽ rơi xuống các đỉnh núi.

Chu trình thuỷ văn gồm nhiều quá trình phạm vi toàn cầu tác động đến phân bố và chuyển động của nước:

- Bay hơi nhiều ở đại dương được cân bằng với lượng mưa rất lớn ở mặt đất.
- Hàm lượng nước trong khí quyển nhỏ, chu kỳ giữ nước ngắn, chu kỳ ở đây trung bình là chín ngày.
- Nước bốc hơi khỏi bề mặt sẽ quay trở lại dưới dạng nước mưa. Một phần lớn nước mưa lại trở lại khí quyển thông qua bốc hơi bề mặt và thoát hơi nước từ cây cối.



Hình 1. Mặt cắt thủy văn của sông Mê Công

- Trên mặt đất, nước ngầm vào đất được giữ trong mạch nước ngầm, và tiếp tục chuyển động tới các dòng kênh và lòng hồ do tác dụng của trọng lực. Thời gian giữ nước trong mạch nước ngầm rất biến động, phụ thuộc vào thành phần của đất, đá, độ dốc, mức độ bao phủ của thực vật, và khí hậu. Tốc độ dòng chảy của nước ngầm thường chậm và quãng đường nước di chuyển thường dài.
- Thời gian giữ nước ở hồ thường ngắn (trung bình 6-7 năm, nhưng có thể lâu hơn).
- Những hoạt động làm thay đổi môi trường của con người có thể dẫn đến sự biến đổi cân bằng nước và thay đổi khí hậu toàn cầu.

Lượng nước và thời gian giữ nước ở các hồ thay đổi là do sự biến đổi trạng thái cân bằng giữa tỷ lệ nước vào hệ thống và tỷ lệ nước mất đi.

Lượng nước chảy vào hồ từ các nguồn:

- Lượng mưa trên mặt hồ
- Nước từ các nhánh sông của lưu vực
- Nước ngầm chảy vào hồ từ phía dưới mặt hồ thông qua bùn cát như những con suối nhỏ dưới bề mặt.

Mất nước hồ xảy ra do:

- Nước chảy ra khỏi hồ hay thấm xuống đất vào mạch nước ngầm ở những hồ thấm.
- Bốc hơi trực tiếp từ mặt hồ

- Sự thoát nước từ các thực vật thủy sinh trôi nổi hoặc thực vật có phân nhô lên khỏi mặt nước.

### ***Các đặc điểm của thủy động lực học***

Tất cả các nơi chứa nước ngọt đều nối với nhau, từ trong khí quyển tới biển, thông qua chu trình thủy văn. Theo cách đó nước cấu thành một thể liên tục ở những trạng thái khác nhau, từ dạng nước mưa đến nước biển mặn.

Sông có đặc điểm là dòng chảy một hướng với tốc độ tương đối cao, trung bình từ 0.1mét đến 1mét/giây (m/s). Dòng chảy của sông thay đổi theo thời gian, phụ thuộc vào điều kiện khí hậu và mô hình thoát nước. Nói chung, sự pha trộn của nước theo chiều dọc một cách liên tục và chặt chẽ ở các con sông là do các dòng chảy ưu thế và dòng xoáy. Còn sự pha trộn của nước theo chiều ngang có thể chỉ diễn ra ở một khoảng cách đáng kể theo chiều hạ lưu từ các ngã ba sông chính.

Hồ có đặc điểm là tốc độ dòng chảy bề mặt thấp trung bình từ 0.001 đến 0.01 m/s. Vì vậy, nước hay thời gian giữ nước khoảng từ một tháng đến vài trăm năm thường được sử dụng để định tính sự di chuyển khối lượng vật chất. Dòng chảy trong hồ có tính đa hướng. Nhiều hồ có sự luân phiên giữa tình trạng phân tầng nước rõ rệt và tình trạng pha trộn giữa các tầng nước theo chiều dọc; chu kỳ luân phiên của chúng do điều kiện thời tiết và độ sâu của hồ quy định.

Nước ngầm có đặc điểm có hướng và tốc độ dòng chảy ổn định. Tốc độ dòng chảy trung bình ở tầng ngầm nước từ  $10^{-10}$  đến  $10^{-3}$  m/s, với độ lớn của tốc độ dòng chảy phụ thuộc chủ yếu vào độ rỗng và tính thấm nước của các vật liệu địa chất. Kết quả là sự pha trộn của các dòng chảy rất ít khi xảy ra và phụ thuộc vào đặc điểm thủy văn của khu vực, ở đây động lực nước ngầm có thể có những biến đổi lớn.

Hồ chứa mang các đặc điểm trung gian giữa sông và hồ. Chúng có quy mô từ các nơi ngăn nước lớn, như Hồ Nasser ở Ai Cập, đến các sông có đập ngăn nước được vận hành theo mùa với mức nước lên xuống liên quan rất nhiều tới lưu lượng dòng chảy trên sông, đến những hồ chứa được con người xây dựng hoàn toàn và được bơm nước vào và ra. Thủy động lực học của các hồ chứa chịu ảnh hưởng lớn bởi chế độ quản lý vận hành hồ.

Vùng ngập lũ là trạng thái trung gian giữa sông và hồ có đặc điểm biến đổi theo mùa. Tuy nhiên mô hình thủy lực của chúng được quyết định bởi chế độ dòng chảy của sông.

Đầm lầy có cả đặc điểm của hồ và tầng nước ngầm. Đặc điểm thủy động lực của chúng cũng khá phức tạp.

Tầng bồi tích và đá vôi ngầm nước là trung gian giữa sông và tầng nước ngầm. Nhìn chung chúng khác nhau về chế độ dòng chảy, tầng bồi tích ngầm nước có tốc độ dòng chảy khá chậm so với tầng đá vôi. Tầng đá vôi ngầm nước thường được gọi là sông ngầm.

Đặc điểm thủy động lực học của mỗi mô hình chứa nước phụ thuộc nhiều vào kích thước của mô hình đó và điều kiện khí hậu của lưu vực. Yếu tố chủ đạo của một dòng sông là chế độ thủy văn (tức là sự thay đổi lưu lượng). Hồ được phân loại theo thời gian giữ nước, và chế độ nhiệt dẫn đến các mô hình phân tầng khác nhau. Mặc dù một số hồ chứa có nhiều đặc điểm giống hồ, phần lớn hồ chứa có đặc điểm phụ thuộc vào nguồn gốc hình thành. Đặc điểm chung nhất cho tất cả các hồ chứa là nhằm để điều tiết dòng chảy vào ra cho các mục đích cụ thể.

Nước ngầm phụ thuộc phần lớn vào chế độ nấp nước (là việc thấm nước qua tầng nước ngầm chưa bão hòa), điều này đảm bảo việc khôi phục các túi nước ngầm.

### BÀI 3 - CÂN BẰNG NƯỚC VÙNG ĐẤT NGẬP NƯỚC TRONG LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

Thủy văn của Lưu vực sông Mê Công (LVSMC) đã được thảo luận ngắn gọn ở bài học trước. Bài học này sẽ đưa ra chi tiết hơn tầm quan trọng của chế độ thủy văn vùng đất ngập nước, một trong các thành phần quan trọng nhất của hệ sinh thái thủy sinh trong Lưu vực.

Đầm lầy, vùng ngập lũ, và vùng cửa sông rất phổ biến ở LVSMC là những hệ sinh thái chuyển tiếp giữa hệ sinh thái vùng cao nguyên trên cạn và hệ sinh thái dưới nước như chính sông Mê Công hay vùng bờ biển Campuchia. Những hệ sinh thái đất ngập nước này được coi là hệ sinh thái chuyển tiếp do trong không gian chúng nằm ở giữa vùng đất cao nguyên và vùng sông biển. Tuy nhiên, lượng nước mà chúng lưu giữ và vận chuyển cũng là trung gian. Các vùng ngập nước trung gian này là bờ nước của nhiều loài cây trên cạn, và là bờ cạn của nhiều loài thực vật dưới nước. Những thay đổi nhỏ về thủy văn ở vùng đất ngập nước này có thể dẫn đến những biến đổi sinh học đáng kể trong hệ sinh thái. Chế độ thủy văn có thể trực tiếp gây biến đổi hoặc làm thay đổi các đặc tính hoá học và vật lý của hệ sinh thái như hàm lượng chất dinh dưỡng, độ mặn của đất, chất lắng đọng và độ pH. Khi điều kiện thủy văn ở một vùng đất ngập nước thay đổi không đáng kể ví dụ như khi đưa một lượng nước nhỏ vào tưới đất nông nghiệp, hệ sinh vật có thể có những biến đổi lớn về thành phần các loài và tính đa dạng loài, hay thay đổi lớn về năng suất của hệ sinh thái.

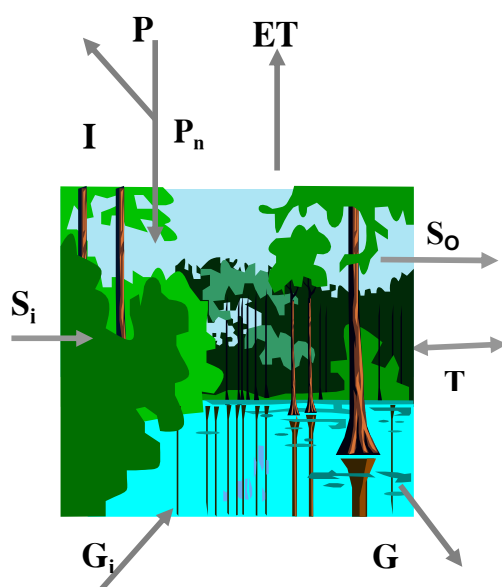
Để hiểu rõ hơn tầm quan trọng của thủy văn ở vùng đất ngập nước trong tình trạng khoẻ mạnh ở LVSMC, cần phải bàn về khái niệm cân bằng nước (hay quỹ nước) ở vùng ngập nước. Chu trình thủy văn ở vùng đất ngập nước là kết quả của những yếu tố sau: (1) Trạng thái cân bằng giữa dòng chảy vào và ra; (2) Các đường bình độ bề mặt địa hình; (3) Đất phía dưới và các điều kiện địa chất và nước ngầm. Điều kiện (1) xác định quỹ nước ở vùng đất ngập nước (mô tả ở Hình 1), điều kiện (2) và (3) xác định khả năng trữ nước của vùng đất ngập nước. Trạng thái cân bằng tổng quát giữa việc trữ nước và dòng chảy vào và ra có thể được tóm tắt trong công thức sau:

$$\Delta V/\Delta t = P_n + S_i + G_i - ET - S_o - G_o \pm T$$

trong đó,

- $V$  = khối lượng nước trữ trong vùng đất ngập nước (ha/m)
- $\Delta V/\Delta t$  = thay đổi khối lượng nước trữ trong vùng đất ngập nước trên một đơn vị thời gian (h/m)
- $P_n$  = lượng mưa thực (mm)
- Lượng mưa thực = Tổng lượng mưa ( $P$ ) - Lượng mưa bị chặn lại trước khi xuống tới mặt đất ( $I$ )

- $S_i$  = dòng chảy mặt vào hệ thống, bao gồm dòng chảy lũ ( $m^3$  trên một trận bão hay một đơn vị thời gian)
- $G_i$  = dòng chảy ngầm vào hệ thống ( $m^3$  hay  $m^3$  trên một đơn vị thời gian)
- $ET$  = lượng nước bốc hơi (mm trên một đơn vị thời gian)
- $S_o$  = dòng chảy mặt ra khỏi hệ thống ( $m^3$  trên một trận bão hay một đơn vị thời gian)
- $G_o$  = dòng chảy ngầm ra khỏi hệ thống ( $m^3$  hay  $m^3$  trên một đơn vị thời gian)
- $T$  = dòng thủy triều vào (+) hay ra (-) ( $m^3$  hay  $m^3$  trên một đơn vị thời gian)



**Hình 1** Cân bằng nước ở vùng đất ngập nước: những nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi lượng nước được trữ trong hệ thống trong một đơn vị thời gian

## NƯỚC NGẦM

Nếu không đề cập tới nước ngầm thì việc bàn luận về chế độ nước ở những vùng đất ngập nước trong LVSMC sẽ không hoàn thiện. Nước ngầm đơn giản là: nước ở dưới đất mà chúng ta không thể nhìn thấy. Nước ngầm có trữ lượng rất lớn trong Lưu vực, và trên trái đất. Ước tính có khoảng 22% nước tìm thấy trên hành tinh được trữ dưới dạng nước ngầm. Khoảng 97% nước ngọt tiềm ẩn có sẵn cho con người sử dụng là nước ngầm; phần còn lại nằm trong sông, hồ và đầm lầy (UNEP, 1996).

Trữ lượng nước ngầm được bổ sung nhờ mưa thấm qua đất vào tầng đất phía dưới. Các môi trường sống thủy sinh ở vùng nước nông và đất ngập nước cũng góp phần làm tăng lượng nước ngầm thông qua quá trình thấm nước. Khi nước ở dưới ngầm, tốc độ dòng chảy có thể biến động trong khoảng từ 10m một ngày đến chỉ có 1 m một năm, cuối cùng cũng chảy đến điểm thoát nước.



Vật chất mang nước ở dưới bề mặt của trái đất được gọi là tầng ngậm nước. Vật chất này có thể là sỏi hay các vật chất rắn chắc như đá mẹ hay sa thạch. Cát có thể trữ gần 30% thể tích của nó là nước; đá trữ nước ở các lỗ hổng hay trong các kẽ nứt nhỏ. Tầng ngậm nước thường có giới hạn trên là vùng bão hoà chứa cả nước và không khí, và giới hạn dưới là lớp đất sét hay đá khô không thấm nước. Ranh giới giữa vùng bão hoà và không bão hoà được gọi là mực nước ngầm. Ở những vùng khô hơn trên thế giới, mực nước ngầm có thể thấp hơn bề mặt trái đất tới 100 m; còn ở những vùng ẩm và thấp hơn ở LVSMC, mực nước ngầm có thể tương đương hoặc ngay dưới bề mặt đất.

### **Ô nhiễm nước ngầm**

Gần 1/3 dân số Châu á phụ thuộc vào nguồn cung cấp nước từ nước ngầm. Ngay với sự dồi dào của nước trên bề mặt ở LVSMC, người ta vẫn phụ thuộc vào nước ngầm bởi vì chi phí phục hồi thấp và chỉ cần qua xử lý đơn giản. Điều gì sẽ xảy ra khi tầng nước ngầm bị ô nhiễm?

Các hoạt động nông nghiệp, công nghiệp và đô thị hoá là nguyên nhân sâu xa gây ra ô nhiễm nước ngầm ở LVSMC. Khi đã bị ô nhiễm, công tác làm sạch nước ngầm là vô cùng khó khăn do nước ngầm có khối lượng lớn, khó tiếp cận và tốc độ dòng chảy chậm.

Nguy cơ ô nhiễm nước ngầm phụ thuộc vào khả năng dễ bị ô nhiễm của tầng ngậm nước và khối lượng chất gây ô nhiễm tiềm ẩn xâm nhập vào môi trường. Các chất ô nhiễm có thể bao gồm phân bón, thuốc bảo vệ thực vật, hoá chất công nghiệp, hay nước thải trực tiếp. Khả năng dễ bị ô nhiễm phụ thuộc một phần vào khối lượng chất ô nhiễm bị giữ lại trên con đường di chuyển từ mặt đất xuống mực nước ngầm, và tốc độ xâm nhập của phân chất ô nhiễm còn lại vào tầng ngậm nước.

Bảo vệ nguồn cung cấp nước ngầm bao gồm việc xác định các nguồn ô nhiễm, như các nhà máy công nghiệp, bãi rác và bãi nước thải. Cần có các nỗ lực để làm giảm ô nhiễm từ những nguồn này thông qua cải thiện các hoạt động xử lý chất thải và đưa ra các quy định lập kế hoạch sử dụng đất nghiêm khắc hơn. Một số nguồn ô nhiễm rất khó phát hiện và kiểm soát, như các vùng đất nông nghiệp thâm canh. Với một nguồn ô nhiễm phân tán rộng như vậy, cần có các quy định về chủng loại và lượng chất hoá học bán ra để bảo vệ tầng ngậm nước.



## CHỨC NĂNG CỦA ĐẤT NGẬP NƯỚC

Các hệ sinh thái đất ngập nước của LVSMC đóng vai trò quan trọng trong bảo vệ và nâng cao đa dạng sinh học trong vùng, đồng thời duy trì và làm sạch nguồn nước cung cấp cho dân cư địa phương. Khi nước tràn vào làm đầy các vùng đất ướt, các chức năng quan trọng của các vùng này phải được thay thế dựa vào chi phí do đóng góp của người dân, chính quyền địa phương và các tổ chức quốc tế. Một số chức năng của các hệ sinh thái đất ngập nước ở LVSMC được mô tả dưới đây:

### ***Làm giảm lũ***

Đất ngập nước chặn giữ lại và trữ nước mưa bão, theo cách đó làm chậm lại rất lớn tốc độ dòng chảy đỉnh (con lũ tiềm ẩn) để nước vận chuyển trong thời gian lâu hơn. Bởi vì thường dòng chảy đỉnh gây ra các thiệt hại do lũ, nên vai trò của các vùng đất ngập nước là để giảm nhẹ nguy cơ của lũ. Những vùng đất ngập nước ven sông phổ biến trong LVSMC rất có giá trị với chức năng giảm lũ. Đất ngập nước ven biển cũng có chức năng giảm lũ để bảo vệ các làng mạc, thành phố nằm ở vùng thấp; chúng có thể ngăn chặn bớt sự hung dữ của bão biển trước khi chúng di chuyển tới bờ. Khi hệ sinh thái nước ngọt và hệ sinh thái đất ngập nước ven biển bị ngập lũ hay bị suy thoái, xã hội phải chịu các chi phí xây dựng những nơi chứa nước mưa bão và các đê chắn sóng ven biển, nếu không phải chịu đựng sự tàn phá huỷ hoại của bão lũ.

### ***Nạp tầng ngậm nước***

Một số các vùng đất ngập nước có chức năng nạp nước cho tầng nước ngầm. Nhìn chung, hiện tượng nạp nước ngầm thường xảy ra xung quanh rìa vùng đất ngập nước và có lẽ liên quan đến tỷ số *chiều dài rìa/trữ lượng* của vùng đất ngập nước. Tốc độ thấm nước tỉ lệ với diện tích bề mặt vùng đất ngập nước và độ sâu mực nước ngầm.

### ***Chất lượng nước***

Đất ngập nước có khả năng loại các chất dinh dưỡng hữu cơ và vô cơ và các chất độc hại khỏi nước khi nó chảy qua. Thực tế, việc thiết kế và xây dựng các vùng đất ngập nước nhân tạo là để lợi dụng chức năng này của đất ngập nước. Các loại chất gây ô nhiễm như thuốc bảo vệ thực vật trong nông nghiệp, phân bón và các chất thải của con người và động vật có thể được xử lý và hấp thụ vào trong đất và sinh khối thực vật của đất ngập nước. Vùng đất ngập nước có khả năng loại bỏ các chất ô nhiễm theo những cách sau:

- Giảm tốc độ dòng chảy khi nước vào vùng này, gây ra hiện tượng các chất bùn cát và chất hoá học kết hợp lại với nhau và thoát ra khỏi cột nước
- Gây ra các hiện tượng khử nitơ, ngưng tụ các chất hoá học, và các phản ứng hoá học khác; các phản ứng này loại bỏ một số chất hoá học nhất định ra khỏi nước thông qua hoạt động của các quá trình ưa khí và kỵ khí khác nhau

- Các vùng đất ngập nước nhiệt đới thường có năng suất cao, tạo điều kiện thuận lợi cho thực vật hấp thu các chất hoá học và chất khoáng, sau đó các chất này nằm dưới dạng trầm tích trong đất khi thực vật chết.
- Sự đa dạng của các sinh vật phân huỷ đẩy nhanh các quá trình phân huỷ các chất trầm tích trong vùng ngập nước
- Tích lũy một khối lượng lớn các chất hữu cơ gây ra sự chôn vùi vĩnh viễn các chất hoá học
- Sự tiếp xúc mức độ cao giữa nước chảy vào vùng đất ngập nước với các chất trầm tích ở các vùng ngập nước nông dẫn đến một mối quan hệ trao đổi chặt chẽ giữa nước và chất bùn lắng.

## **CHU TRÌNH DINH DƯỠNG Ở CHÂU THỔ SÔNG MÊ CÔNG**

Các chất dinh dưỡng xâm nhập vào vùng đất ngập nước thông qua các con đường như mưa, lũ ở sông, thủy triều, và các dòng chảy trên bề mặt cũng như mạch nước ngầm. Lượng chất dinh dưỡng đi ra khỏi hệ thống chủ yếu được kiểm soát bởi lượng nước thoát ra. Dòng chảy thủy văn và dòng các chất dinh dưỡng ở vùng đất ngập nước gây ảnh hưởng lớn tới năng suất và sự phân huỷ diễn ra trong hệ sinh thái đất ngập nước. Chính mức độ ‘mở’ của hệ thống đất ngập nước làm thay đổi mức nước và trữ lượng nước tạo ra một hệ sinh thái có năng suất sơ cấp rất cao. Vùng đất ngập nước có xu hướng đọng nước hay bị ngập lũ thường xuyên, rất ít biến đổi lưu lượng nước vào và ra, nhìn chung có năng suất thấp. Hệ sinh thái những vùng đất ngập nước ngập lũ theo mùa do ảnh hưởng lũ sông, như Châu thổ Mê Công, hay những vùng chịu ảnh hưởng của thủy triều thường có năng suất cao. Những vùng đất ngập nước lũ vĩnh viễn nơi mà chất dinh dưỡng vào hệ thống chỉ thông qua nước mưa thường có năng suất thấp nhất. Đồng bằng ngập lũ rộng lớn của Châu thổ Mê Công có năng suất rất lớn, do lượng chất dinh dưỡng cực lớn đi vào vùng đất ngập nước thông qua lũ trên sông. Những vùng đất ngập nước trung gian giữa thủy triều và nước ngọt có thể là hệ sinh thái cho năng suất cao nhất trong LVSMC, bởi vì chúng vừa tiếp nhận chất dinh dưỡng từ các dòng chảy của sông và vừa tiếp nhận chất dinh dưỡng từ thủy triều, trong khi tránh được các áp lực của đất nhiễm mặn.

Sự cân bằng khối của hệ sinh thái đất ngập nước thể hiện sự mô tả định tính quá trình vào, ra và vận động nội tại của các chất dinh dưỡng và chất hoá học trong hệ sinh thái. Sự cân bằng khối của các yếu tố thiết yếu cho sự sống như nitơ, các bon và photpho có thể gọi là quỹ dinh dưỡng của vùng đất ngập nước.

Kiến thức về khái niệm cân bằng khối là quan trọng để hiểu sự biến chuyển của các chất hoá học trong nông nghiệp và các chất độc hại tiềm ẩn khác trong đất và nước. Khi chất dinh dưỡng và hoá học xâm nhập các vùng đất ngập nước, chúng sẽ trao đổi với chất dinh dưỡng và hoá học từ các nguồn khác nhau của vùng đất ngập nước. Chu kỳ trao đổi này bao gồm các quá trình như sản sinh ra chất thải, phân

huỷ, chuyển hoá các chất dinh dưỡng thành dạng sẵn sàng cho các hoạt động sinh học.

Khi các chất hoá học độc hại tiềm ẩn xâm nhập vào đất, một phần nhỏ có thể thấm xuống đất hoặc có thể di chuyển sang các vùng khác khi có bão. Cho dù chất hoá học ở đâu, những vùng đất ngập nước được bảo tồn khá nguyên vẹn đều có khả năng thu nhận và lưu giữ một khối lượng lớn các chất hoá học đó trước khi chúng di chuyển nhập vào dòng chảy sông hoặc vùng cửa sông gần biển. Vùng đất ngập nước có chức năng như là một bể chứa chất hoá học, tức là nó duy trì việc lưu giữ một khối lượng các chất hoá học. Ví dụ, cây cối hấp thụ chất dinh dưỡng và chất hoá học thông qua một quá trình gọi là *hoán vị*. Chất hoá học ở trong đất sẽ được rễ cây hấp thụ, sau đó di chuyển dọc theo thân đến các cành và vào lá. Như vậy hàm lượng các chất hoá học trong môi trường tiếp nhận giảm đi một cách có hiệu quả, miễn là cây cối không bị thu hoạch. Các chất hoá học cũng có thể bị giữ lại hoặc bị cô lập trong các chất trầm tích ở vùng đất ngập nước, chuyển chúng thành dạng không sẵn sàng cho các hoạt động sinh học, tình trạng này được duy trì mãi nếu vùng đó vẫn bị ngập nước và yếm khí.

Vùng đất ngập nước cũng có thể đóng vai trò là *máy biến đổi*, ở đó một vật chất có hại tiềm tàng được chuyển thành dạng vô hại thông qua hàng loạt các quá trình sinh học. Các vùng đất ngập nước của LVSMC đóng vai trò là những bộ lọc cho khu vực. Chúng có khả năng hấp thụ và lưu giữ các chất thải sinh ra từ việc sử dụng đất và những tác động tới tài nguyên đất do con người gây ra. Tuy nhiên, khả năng xử lý chất thải của các vùng đất ngập nước là có giới hạn, và tình trạng phá huỷ hệ sinh thái đất ngập nước bừa bãi sẽ càng đóng góp vào việc tiếp tục làm giảm chức năng lọc của chúng.

## BÀI 4 - NHỮNG XÁO TRỘN ĐỐI VỚI TÀI NGUYÊN SINH THÁI Ở LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

Cuộc sống của những người dân ở Lưu vực sông Mê Công phụ thuộc rất lớn vào các nguồn tài nguyên thiên nhiên. Kết quả của sự phụ thuộc này cùng với các vấn đề khác như sự tăng trưởng dân số, áp lực của phát triển và sự yếu kém trong công tác quản lý môi trường dẫn đến môi trường của Lưu vực đang bị xuống cấp nghiêm trọng. Nếu không có phương pháp quản lý thích hợp, tăng trưởng kinh tế và các hoạt động phát triển cơ sở hạ tầng có thể sẽ là nguy cơ gây ra sự suy thoái về số lượng và chất lượng nước, và sự toàn vẹn của môi trường sinh thái.



Bất chấp gặp phải những áp lực này, các nguồn tài nguyên vật lý (không khí, thổ nhưỡng, khoáng sản, đất và không khí) ở LVSMC vẫn trong điều kiện tương đối tốt, trừ một số các khu vực, bao gồm:

- Ô nhiễm nước của sông Mê công có liên hệ với nước thải do sự phát triển của đô thị hoá và nông nghiệp thâm canh ở Châu thổ sông Mê công và Cao nguyên Corat;
- Biến đổi thủy văn của sông Mê công là do sự phát triển các nhà máy thủy điện và hệ thống tưới tiêu;
- Ảnh hưởng của sự phát triển rừng và nông nghiệp lên ngành đánh bắt và nuôi trồng thủy sản.

Các hoạt động của con người cũng tác động tới sự toàn vẹn của hệ sinh thái Lưu vực, các hệ sinh thái này ngày càng bị đe dọa bởi các hoạt động phát triển. Đa dạng sinh học ở LVSMC, một trong những khu vực đa dạng nhất trên thế giới, đang bị tác động bởi sự mất đi nơi cư trú của sinh vật do sự phát triển rừng, nông nghiệp, thủy điện kết hợp với việc khai thác một lượng lớn hệ động thực vật hoang dã. Kết quả là sự giảm đi nhanh chóng số lượng cá, mất đi sự đa dạng các loài sinh vật và giảm số lượng động vật hoang dã.

Sức ép lên nguồn tài nguyên thiên nhiên ở LVSMC nối kết với nhau theo một cách thức phức tạp. Các nhân tố như nghèo đói, quyền sử dụng đất không ổn định và lâu dài, sự di cư, và thiếu nhận thức về môi trường kết hợp với nhau gây nên sự xuống cấp của môi trường. Các nguồn tài nguyên thiên nhiên bị khai thác nhiều hơn là được bảo tồn hay sử dụng bền vững.

Lưu vực đang bước vào một giai đoạn phải đối đầu với sự phát triển với tốc độ chóng mặt, có khả năng dẫn đến thay đổi một cách vĩnh viễn phong cảnh, sự toàn vẹn của hệ sinh thái và chất lượng cuộc sống của người dân. Sự phát triển là không thể tránh khỏi: ta chỉ có thể điều chỉnh được hình thức và thời gian xảy ra các hoạt động phát triển. Một phương thức quản lý phù hợp sẽ là rất cần thiết để giảm nhẹ các tác động được dự đoán trước tới môi trường và xã hội, và để đảm bảo sự bền vững lâu dài các nguồn tài nguyên thiên nhiên.

## **NHỮNG XÁO TRỘN TRONG LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG**

Các tài nguyên sinh thái của LVSMC là rất quan trọng đối với đời sống dân cư trong Lưu vực. Con người cơ bản phải dựa vào tài nguyên thiên nhiên để tiến hành các hoạt động nông, lâm, thủy sản để đảm bảo kinh tế cho cuộc sống của họ và sự bảo vệ chính mình khỏi những thảm họa thiên nhiên như lũ lụt.

Các nguồn sinh thái của LVSMC được xem là ‘trung bình’ đến ‘nghèo nàn’ sau hai thập kỷ phát triển kinh tế ở Thái Lan và công cuộc tái thiết đất nước sau chiến tranh của Campuchia, Lào và Việt Nam. Những hoạt động phát triển này dẫn đến tình trạng khai thác tài nguyên trên quy mô lớn và không bền vững.

Mặc dù công nghiệp hoá diễn ra ở Lưu vực sông Mê Công gây ra sự suy thoái môi trường mang tính cục bộ, rải rác nhưng quy mô của các hoạt động công nghiệp còn hạn chế, nên đánh giá một cách tổng thể thì những tác động của các hoạt động này tới môi trường ở giai đoạn hiện nay là không đáng kể. Tình trạng này có lẽ sẽ thay đổi theo chiều hướng xấu hơn khi gia tăng các hoạt động phát triển công nghiệp trong Lưu vực trừ khi có các biện pháp thích đáng để tránh hay làm giảm các tác động tiềm ẩn tới môi trường (ví dụ bằng cách thực hiện các quy trình đánh giá tác động môi trường thích hợp [EIA]).

Hai tác nhân chính dẫn tới sự suy thoái tài nguyên sinh thái ở Lưu vực đó là:

- Cơ sở hạ tầng không đầy đủ (cung cấp nước, xử lý chất thải rắn và xử lý nước thải) ở các trung tâm đô thị lớn đã dẫn đến sự suy giảm ngày càng tăng của chất lượng nước.
- Dân số tăng nhanh và sự đói nghèo ở cộng đồng nông thôn cũng như sự thiếu nhận thức về các vấn đề môi trường dẫn đến việc khai thác tùy tiện không bền vững các nguồn tài nguyên sinh thái (thủy sản) và việc mở rộng hoạt động nông nghiệp vào các khu vực nhạy cảm về sinh thái.

## **PHÁT TRIỂN KINH TẾ Ở LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG**

Nền kinh tế của các nước ven sông có đặc điểm chung là có tốc độ tăng trưởng lớn. Mặc dù sự suy thoái kinh tế diễn ra gần đây ở Đông Nam Á làm giảm tốc độ tăng trưởng nền kinh tế của các nước, nhưng mô hình tăng trưởng tương tự dự kiến lại

được hồi phục khi một số nước tiếp tục phát triển công nghiệp hoặc phát triển kinh tế thị trường.

Mặt tiêu cực của tăng trưởng kinh tế là nó làm tăng tốc độ khai thác và sử dụng tài nguyên, dẫn đến tăng sức ép đối với những hệ sinh thái tự nhiên nhạy cảm.

Các thách thức trong quản lý đối với các chính phủ là phải đảm bảo lợi ích của tăng trưởng kinh tế được phân bổ đều cho tất cả các vùng (nghĩa là xoá bỏ đói nghèo ở các khu vực nông thôn) và đảm bảo được việc sử dụng bền vững các nguồn tài nguyên thiên nhiên trong khi hạn chế tới mức tối đa suy thoái môi trường.

### **Nông nghiệp**

Nông nghiệp là thành phần kinh tế cơ bản ở LVSMC. Với những nền kinh tế nông nghiệp là chủ yếu như Campuchia và Việt Nam, hơn ba phần tư số dân làm nghề nông đóng góp quan trọng tới tổng sản phẩm quốc dân (GNP).

Việc mở rộng đất trồng trọt cho mục đích nông nghiệp dẫn đến loại bỏ ngày càng nhiều đất rừng - vì những vấn đề về phong tục không thể phá vỡ ở Campuchia, nhiều nông dân chọn con đường khai phá những vùng đất mới hơn là cày cấy ở những khu vực trồng lúa đã có sẵn.

Tăng cường nông nghiệp ở LVSMC dẫn đến sử dụng ngày càng nhiều chất hoá học trong nông nghiệp - việc sử dụng thuốc bảo vệ thực vật ở Thái lan tăng gần sáu lần từ năm 1976 đến 1989 với gần một nửa triệu tấn chất hoá học được sử dụng. Việc sử dụng rộng rãi phân bón và thuốc bảo vệ thực vật có thể có tác động không tốt tới chất lượng nước ở bề mặt và nước ngầm, và sức khoẻ của người và động vật. Trong đó vấn đề lo ngại nhất là việc sử dụng các loại thuốc bảo vệ thực vật bền như DDT, những chất như vậy là mối đe dọa lâu dài tới sức khoẻ và môi trường sống của con người.

Việc duy trì tập quán du canh bị chỉ trích rất nhiều bởi đó là nhân tố đóng góp rất lớn vào việc làm thoái hoá rừng và xói mòn đất. Dự đoán tác hại của các tác động này là một công việc khó. Tập quán du canh hay bán du canh truyền thống được chấp nhận khi đất có khoảng thời gian bỏ hoang đủ dài để khôi phục lại một cách tự nhiên. Vấn đề ở chỗ, với mật độ dân số tăng lên, chu kỳ canh tác trở nên quá ngắn, đất kém màu mỡ hơn, và các hoạt động du canh trở nên không bền vững.

Tác động của các tập quán canh tác không bền vững có xu hướng làm trầm trọng hơn mức độ xói mòn và các vấn đề về đất do phá rừng, đặc biệt ở những nơi có độ dốc cao. Mở rộng đất nông nghiệp thường đi theo sau đốn rừng, dẫn đến việc mở đường vào những vùng trước đó không thể đến được. Mặc dù những vùng đất mới được khai phá ban đầu cho năng suất thu hoạch khá cao (do độ dinh dưỡng cao trong đất), sản lượng thường giảm mạnh sau một số chu kỳ canh tác dẫn đến việc xâm lấn canh tác nông nghiệp ngày càng rộng tới những vùng đất mới.

Một phần nguyên nhân của việc phá rừng và làm thoái hoá đất do việc mở rộng đất canh tác nông nghiệp có thể là do việc cấp Giấy chứng nhận Quyền sử dụng đất. Nông dân thường không có quyền sở hữu đất hoặc quyền sử dụng đất một cách rõ

ràng - do di cư từ nơi khác đến hoặc trong trường hợp quy định pháp luật không rõ ràng, người dân có nhu cầu tìm kiếm vùng đất ổn định để cày cấy ở những vùng cao. Hậu quả của việc không có quyền sở hữu hay sử dụng đất rõ ràng là người dân thường không có trách nhiệm bảo vệ đất và thường áp dụng những hoạt động canh tác không bền vững.

### **Các hoạt động quản lý hiệu quả nhất**

Cách thức quản lý hiệu quả nhất (BMPs) là bất kỳ hoạt động sử dụng đất nào có thể làm giảm hay loại bỏ các tác động môi trường có hại. Hầu như tất cả các thành phần kinh tế ở LVSMC, trong đó có nông nghiệp, lâm nghiệp và nuôi trồng thủy sản đều có BMPs để làm giảm các tác động tiêu cực do các hoạt động sử dụng đất gây ra và kéo dài tình trạng ổn định và lợi ích của các nguồn tài nguyên.

Lấy nông nghiệp làm ví dụ. Nông nghiệp ở LVSMC thường gây ô nhiễm. Lẽ dĩ nhiên hy vọng con người không cày cấy để bảo vệ môi trường là không thực tế. Nhưng, cũng có rất nhiều hoạt động sử dụng đất có thể làm giảm các tác động từ canh tác nông nghiệp. Một số các BMPs trong nông nghiệp như sau:

#### ***Giảm xói mòn:***

Trồng các hoa màu có khả năng giữ đất. Điều này giữ cho đất được bao phủ và trả lại các vật chất hữu cơ vào đất. Nó cũng cải thiện sự thoáng khí và cấu trúc của đất, hỗ trợ một kết cấu tốt hơn giữa các phân tử đất.

Reo hạt ở tất cả các bờ rãnh và không để các dải đất chống giữa các rãnh và các cánh đồng canh tác. Công việc này ngăn chặn bùn cát trôi xuống các mương rãnh và bảo vệ các bờ rãnh không bị xói mòn. Cuối cùng, biện pháp này có thể làm giảm lượng chất bùn đọng ở những nơi chứa nước.

Trồng cây làm hàng rào chắn gió. Các hàng cây dọc theo chu vi các cánh đồng canh tác có khả năng bảo vệ các cánh đồng khỏi các thiệt hại do gió, bằng cách đó giảm đi sự mất đất.

#### ***Giảm tác động của thuốc trừ sâu và thuốc diệt cỏ:***

Trồng các hoa màu có khả năng bảo vệ đất. Trồng các cây ngũ cốc loại nhỏ hay trồng các loài rau đậu có khả năng lấn át các loài cỏ dại, do đó sẽ làm giảm nhu cầu sử dụng chất hoá học.

Trường hợp bắt buộc phải sử dụng chất bảo vệ thực vật, không được làm các động tác như đổ thuốc vào bình hay rửa bình phun trong các giếng nước. Thực hiện điều này sẽ ngăn cản ô nhiễm nguồn nước ngầm.

### **Lâm Nghiệp**

Người dân ở các vùng nông thôn ở tất cả các nước LVSMC phụ thuộc phần lớn vào gỗ củi để làm nhiên liệu phục vụ nhu cầu nấu nướng và sưởi (Campuchia 95%; Lào 80%; Thái Lan 52%; Việt Nam 98%)



Mặc dù một lượng lớn gỗ được sử dụng, trên thực tế ảnh hưởng của việc khai thác gỗ củi làm nhiên liệu là ít hơn nhiều so với hoạt động khai thác rừng phục vụ cho thương mại; gỗ nhiên liệu được khai thác từ các nguồn lẻ tẻ và không liên quan đến việc phá hoại các khu rừng nguyên sinh.

Hoạt động khai thác gỗ thương mại đe dọa nghiêm trọng tới hệ sinh thái rừng ở LVSMC. Nhu cầu xuất khẩu gỗ tròn và gỗ xẻ có giá trị gây sức ép lên hoạt động khai thác gỗ ở các nước LVSMC. Bất chấp các lệnh cấm và tạm ngừng khai thác gỗ được ban hành ở Campuchia, Lào, Thái Lan và Việt Nam, sự vận chuyển gỗ qua biên giới vẫn tiếp tục tăng do các hoạt động khai thác gỗ phi pháp không kiểm soát được.

Các nỗ lực trồng rừng ở LVSMC được xem như là không đủ để bù đắp cho diện tích rừng bị giảm do các hoạt động khai thác gỗ. Rừng trồng thường bao gồm các loài cây tăng trưởng nhanh để cung cấp gỗ xây dựng, nguyên liệu thô cho sản xuất bột gỗ và bột giấy, cung cấp gỗ nhiên liệu và phủ xanh những vùng đất trọc. Cho dù với những nỗ lực lớn trồng cây gây rừng ở các nước như Campuchia và Thái Lan, các cánh rừng được trồng rất nghèo về đa dạng sinh học so với các cánh rừng nguyên sinh. Thêm vào đó, nếu không nỗ lực tạo ra các vùng đệm xung quanh các con suối và sông ngay khi các hoạt động khai thác bắt đầu xảy ra thì việc trồng rừng không thể giải quyết được các ảnh hưởng tiêu cực lên nguồn nước ngọt trên bề mặt và các nguồn tài nguyên trên cạn. Rừng trồng đơn loài thường không phải là một môi trường thuận lợi cho các hệ động vật dưới nước và trên cạn nên việc trồng rừng không thể làm giảm các tác động lâu dài tới nơi cư trú của chúng.

### ***Thủy sản***

Trong LVSMC, trong số xấp xỉ 120 loài thủy sản dưới nước có giá trị thương mại, có khoảng 30-50 loài được xem là có ý nghĩa quan trọng về mặt kinh tế.

Cá và các loài động vật thủy sinh khác là nguồn cung cấp protein rẻ nhưng có giá trị dinh dưỡng cao đối với người dân ở Lưu vực cũng như tạo ra nguồn thu cho xuất khẩu. Ví dụ, các sản phẩm thủy sản như tôm nước mặn đóng góp đến 10% thu nhập ngoại hối của Việt Nam.

Đánh bắt thủy sản góp đến 90% tổng sản lượng thủy sản thu hoạch trong LVSMC thường ở các vùng:

- Dòng chính Sông Mê Công và các nhánh sông chính
- Biển Hồ và sông Tông-Lê Sáp
- Vùng ngập lũ mở rộng xuống dưới hạ lưu từ Phnom Pênh đến vùng thượng lưu của Châu thổ sông Mê công của Việt Nam
- Các hồ chứa ở Lào và đông bắc Thái Lan
- Các vùng nước mặn ở cửa sông Mê công.

Nuôi trồng thủy sản chiếm 10% còn lại trong tổng sản lượng thủy sản ở LVSMC bao gồm:

- Nuôi trồng ở ao theo phương pháp truyền thống với quy mô nhỏ ở hộ gia đình và các làng mạc;
- Mô hình nuôi và nuôi trồng trong lồng chủ yếu ở vùng Biển Hồ tại Campuchia và một số nơi khác ở sông Mê Công và sông Bassac của Việt nam;
- Canh tác các mô hình tôm - lúa và cá - lúa không thâm canh;
- Nuôi trồng bán thâm canh hoặc thâm canh với mục đích thương mại.

Có khoảng 30 loài thủy sản được nuôi trồng ở LVSMC. Nhiều hoạt động của con người gây ảnh hưởng lớn tới số lượng cá của các quần thể cá tự nhiên, như việc đánh bắt một cách rộng rãi hai loài cá da trơn (catfish) ở Châu thổ sông Mê công của Việt nam. Ngành thủy sản phụ thuộc nhiều vào lợi ích từ việc đánh bắt thủy sản ở khu vực sông Mê Công gần biên giới Việt nam và Cam Pu Chia.

Khi các loài thủy sản phục vụ đánh bắt ở LVSMC suy giảm, thì việc mở rộng hoạt động nuôi trồng thủy sản là tất yếu. Mặc dù các hoạt động nuôi trồng này có thể bù đắp phần suy giảm sản lượng đánh bắt, có một số vấn đề liên quan đến nuôi trồng thủy sản như:

- Mô hình nuôi trồng thủy sản quy mô nhỏ truyền thống làm phát sinh các vấn đề về vệ sinh và sức khỏe, đồng thời góp phần làm ô nhiễm môi trường nước - chẳng hạn như việc sử dụng các chất thải của con người làm thức ăn cho cá làm lan truyền các bệnh xuất phát từ môi trường nước.
- Khi không được lập kế hoạch cẩn thận, các hoạt động nuôi trồng thủy sản thâm canh sẽ không bền vững, dẫn đến việc phá hủy hệ thực vật trên cạn. Ví dụ, nuôi tôm thâm canh ở Việt Nam đã dẫn đến việc phá hủy môi trường sống tại các vùng ngập mặn và giảm chất lượng nước bề mặt.

### ***Công nghiệp khai thác khoáng sản***

Các hoạt động khai mỏ ở các nước LVSMC chưa được mở rộng. Tình trạng này có thể được thay đổi trong tương lai khi con người ngày càng nhận ra được tiềm năng kinh tế của các nguồn khoáng sản này.

Lào có nguồn khoáng sản lớn (như đá quý, thiếc) và công nghiệp khai mỏ dự đoán sẽ tăng lên đáng kể trong thời gian tới. Việt nam cũng có các mỏ cao lanh và bôxít có thể khai thác được ở khu vực Cao nguyên miền trung. Bên cạnh các mỏ đá quý, Campuchia còn có các mỏ vàng, bôxít và măng gan.

Hoạt động khai mỏ và xử lý quặng có thể gây ra các tác động nghiêm trọng tới môi trường nếu chúng không được kiểm soát một cách đúng đắn. Vì lý do này, các nước như Lào kiểm tra chặt chẽ hoạt động khai mỏ (thông qua áp dụng một cách

khất khe quy trình đánh giá tác động môi trường - EIA) để giảm thiểu các tác động tiềm ẩn như:

- Sự lắng đọng trầm tích
- Huỷ hoại thực vật
- Biến đổi cảnh quan (về mặt thẩm mỹ)
- Ô nhiễm nguồn nước mặt và nước ngầm (như nước chảy từ các mỏ axit ảnh hưởng đến chất lượng nước uống và nước cung cấp cho tưới tiêu và thủy sản)
- Ô nhiễm không khí (như mưa axit)
- Tác động thứ cấp (như tác động tới giao thông, và nguồn năng lượng thủy điện phục vụ công nghiệp luyện quặng).

Công tác kiểm soát hoạt động khai mỏ rất phức tạp và kém hiệu quả, do một số nhân tố sau:

- Thiếu sự hiểu biết khoa học về các tác động môi trường tiềm ẩn
- Quy trình EIA được áp dụng thiếu tính tổng hợp và toàn diện
- Yếu kém ở khâu khảo sát kỹ lưỡng các tác động thực tế trong hoạt động khai mỏ
- Khó tiếp cận tới các khu vực khai mỏ ở xa.

### ***Tưới / sử dụng nước***

Mặc dù sự phát triển hệ thống tưới tiêu diễn ra ở mọi nơi trong Lưu vực, nhưng những hệ thống tưới tiêu với quy mô lớn chỉ có ở một số nơi thuộc Lưu vực sông Mê công (như cao nguyên Korat ở đông bắc Thái lan).

Những dự án này thường có nhiều mục tiêu như:

- Tưới
- Kiểm soát lũ
- Phát điện
- Cung cấp nước (ví dụ: bổ sung nước vào lưu vực sông Chrao Phyra và làm tăng nguồn nước cung cấp cho Băng cốc).

Các tác động đến môi trường của các dự án phân nước chính có thể bao gồm :

- Biến đổi chế độ thủy văn

- Đất ngập nước ở hạ lưu và các hệ sinh thái cửa sông phụ thuộc vào lũ theo mùa cũng có thể bị tác động
- Mất đi các khu rừng ngập nước do xây dựng các hồ chứa
- Tái định cư.

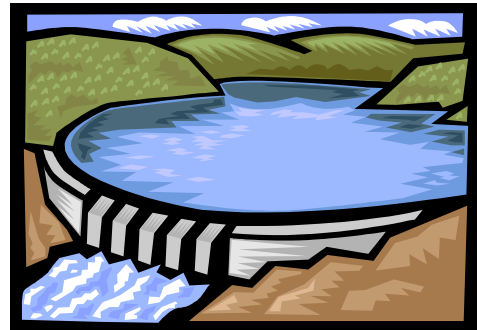
### ***Phát triển thủy điện***

Sông Mê công có tiềm năng đáng kể về thủy điện (hơn bất kỳ hệ thống sông nào khác ở Nam á). Địa hình cao ở Lưu vực sông Lancang, các cao nguyên phía bắc và các khu vực ở cao nguyên phía đông và vùng bán sơn địa phía nam rất thích hợp cho phát triển thủy điện.

Các dự đoán về khả năng phát triển thủy điện tiềm ẩn cũng khác nhau do sự thiếu hiểu biết hiện nay về chế độ thủy văn toàn lưu vực.

Động lực chủ yếu của phát triển thủy điện ở Lưu vực là nhu cầu ngày càng tăng về điện, đặc biệt ở Thái lan và Việt nam. Sự giảm sút nhu cầu gần đây do sự khủng hoảng kinh tế diễn ra ở khu vực có khả năng chỉ là tạm thời nhưng thực tế giá điện giảm làm các dự án phát triển thủy điện kém khả thi hơn.

Dự án thủy điện rất có khả năng gây ra các ảnh hưởng tới môi trường và xã hội. Mặc dù các dự án ngăn đập có những hệ quả tích cực như kiểm soát lũ và bổ sung dòng chảy thấp vào mùa khô, tuy nhiên cũng cần xem xét cẩn thận các tác động tiêu cực như:



- Sản lượng nông nghiệp giảm ở các khu vực hạ nguồn do giảm quá trình bồi tích phù sa do giảm mức độ ngập nước hay do sự giảm khối lượng bùn cát lắng đọng;
- Giảm diện tích ở bờ sông hay diện tích các đảo phù hợp cho trồng trọt do sự thay đổi dòng chảy ở hạ nguồn;
- Ngập lụt đất rừng;
- Mâu thuẫn với các khu vực bảo tồn đa dạng sinh học hiện có hay được đề xuất;
- Sản lượng thủy sản giảm;
- Các tác động thứ cấp tới rừng (như xây dựng đường hay khai thác gỗ) xảy ra do sự dễ tiếp cận hơn tới các khu vực xa xôi;
- Các tác động xã hội ( như di dời hay gián đoạn các hoạt động nông nghiệp).

Thủy sản có lẽ bị tác động nặng nề nhất do sự phát triển của thủy điện. Các tác động tiềm ẩn tới thủy sản do:

- Sự lên xuống của mức nước
- Chất lượng nước xuống cấp
- Mất đi môi trường sinh sản do ngập lụt
- Mất môi trường sinh sản và cư trú do sự thay đổi chế độ thủy văn.

### **Giao thông**

Giao thông phát triển ở LVSMC bao gồm việc xây dựng đường, đường sắt, đường thủy trong đất liền, và cảng. Trong khi hệ thống giao thông hiện nay không đáp ứng được nhu cầu của hầu hết các nước trong khu vực (trừ Thái Lan), hướng phát triển chủ yếu được lên kế hoạch hay đề xuất tập trung vào phát triển khu vực thông qua tăng cường vận chuyển hàng hoá và đi lại của con người giữa các nước.

Vấn đề trung tâm của phát triển giao thông ở LVSMC là xây dựng hành lang các tuyến đường:

- Nối liền vùng ven biển phía Đông giữa Bangkok – Phnôm Pênh - Vũng Tàu
- Nối liền Đông Tây giữa Thái Lan - Lào - Việt Nam
- Nối liền Bắc Nam giữa Chang Rai - Myanmar - Lào - Kuming.

Phát triển các tuyến giao thông và cơ sở hạ tầng liên quan (như cầu và đường dây điện) rất có khả năng gây ra các tác động lên môi trường và xã hội. Các tác động này bao gồm:

- Thoái hoá môi trường sống của các loài thủy sản và hệ sinh thái thủy sinh
- Xói mòn và lắng đọng tăng lên
- Chia cắt mạnh mẽ các môi trường sống khoẻ mạnh dẫn đến mất đi đa dạng sinh học
- Ô nhiễm không khí
- Ô nhiễm nước
- Tái định cư.

## BÀI 5. CƠ SỞ QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG

Hệ sinh thái biển, duyên hải, và nước ngọt rộng lớn ở LVSMC có khả năng đặc biệt là tự làm sạch các chất ô nhiễm. Tuy nhiên, sự hấp thu và hàn gắn ô nhiễm vượt quá khả năng của nhiều thủy vực do phải đối mặt với lượng chất ô nhiễm ngày càng tăng xâm nhập vào những hệ sinh thái này. Tăng trưởng dân số không ngừng, phát triển rộng rãi đô thị và công nghiệp, cùng với hạ tầng cơ sở hệ thống thoát nước thải nghèo nàn sẽ tiếp tục là các mối đe dọa đến sự bền vững của môi trường nước.

Khi bảo vệ môi trường trở nên một vấn đề được quan tâm hơn ở LVSMC, chỉ chính sách thôi không đủ để đảm bảo phát triển bền vững. Một số công cụ có tính thực tiễn và khoa học là rất cần thiết để đánh giá được tình trạng của các hệ sinh thái trong lưu vực và để hướng dẫn các hoạt động quản lý. Quan trắc môi trường là một trong những công cụ quan trọng nhất sẵn có để phát hiện những cải thiện hay sự tiếp tục xuống cấp hơn của một số hệ sinh thái hoặc của toàn Lưu vực

Quan trắc môi trường bao gồm một loạt các hoạt động được thực hiện để cung cấp các thông tin quản lý về các điều kiện hoặc các chất gây ô nhiễm môi trường. Chúng được tiến hành để đánh giá tình trạng môi trường và bảo vệ môi trường khỏi bị các tác động phá huỷ do các hoạt động của con người gây nên, như xử lý chất thải hoặc khai thác gỗ. Cụ thể hơn, quan trắc được sử dụng để:

- Nhận diện và định tính các vấn đề còn tồn tại và đưa ra các cảnh báo sớm về các vấn đề có khả năng xảy ra trong tương lai.
- Đánh giá hiệu quả của chương trình làm giảm ô nhiễm và các chương trình quản lý và điều tiết khác.
- Đánh giá việc tuân thủ các quy định hay các tiêu chuẩn môi trường.
- Nâng cao kiến thức cơ sở về các hệ thống dưới nước (cả nước ngọt lẫn vùng cửa sông) và tình trạng môi trường.
- Thông tin cho các nhà ra quyết định về sự xuống cấp của môi trường.
- Xếp hạng hay ưu tiên hoá các vấn đề ô nhiễm, như vậy có thể sử dụng các nguồn lực (ngân sách sẵn có và nhân sự đã được đào tạo) tập trung vào các vấn đề quan trọng nhất.

### CHI PHÍ CHO QUAN TRẮC

Có lẽ vấn đề cần xem xét ở đây là cái giá của việc KHÔNG quan trắc. Nếu chính phủ lựa chọn giải pháp là không quan trắc, có thể dẫn đến các hậu quả về kinh tế và xã hội, đó là:

- **Hậu quả về kinh tế.** Các hoạt động khắc phục sau khi xảy ra suy thoái môi trường cuối cùng lại tốn kém hơn nhiều so với tiến hành quan trắc. Ngoài ra, môi trường sống bị suy thoái sẽ không bao giờ quay trở lại được trạng thái lúc ban đầu. Do vậy ngăn ngừa tốt hơn là sửa chữa.
- **Hậu quả về xã hội.** Các vấn đề về sức khỏe cộng đồng có thể gia tăng. Ô nhiễm nguồn nước ngầm hay nước bề mặt có thể gây ra bệnh tật, hay làm cho nguồn nước sạch cung cấp cho sinh hoạt trở nên không thể sử dụng được.

## **CÁC LOẠI CHƯƠNG TRÌNH QUAN TRẮC**

Một số vấn đề cần được xem xét khi thiết kế một chương trình quan trắc thích hợp. Ví dụ, cần xác định các vấn đề môi trường cụ thể có thể xảy ra. Đồng thời phải xác định các phương pháp đánh giá mức độ tác động của các vấn đề môi trường này. Hoặc là, các nhà quản lý môi trường có thể lựa chọn để quan trắc một hệ sinh thái để quyết định một ‘khoảng chấp nhận được’ về chất dinh dưỡng, sự dao động của mức nước, di cư của các loài động vật hoang dã, hay khối lượng chất bùn cát lắng đọng.

Ví dụ, một nghiên cứu cơ sở được tiến hành để điều tra các điều kiện môi trường hiện tại. Sau đó một chương trình quan trắc được áp dụng để so sánh các số liệu thực địa đo được với các giá trị quy định hay các tiêu chuẩn. Một số loại chương trình quan trắc khác nhau được mô tả ở Bảng 1.

## **CHIẾN LƯỢC QUAN TRẮC**

Những bước đầu tiên triển khai chiến lược quan trắc là nhận diện và xác định đặc điểm ban đầu của các tác nhân gây tác động, hệ sinh thái có nguy cơ bị tác động, và các tác động sinh thái có khả năng xảy ra. Thực hiện các bước phân tích này là một quá trình tương tác đóng góp vào sự phát triển của một mô hình nhận thức.

Các tác nhân gây tác động có thể là những chất hoá học hữu cơ hoặc vô cơ khác nhau, như thuốc bảo vệ thực vật hoặc PCBs. Các tác nhân sinh học có thể bao gồm chất dinh dưỡng dư thừa từ các hoạt động nông nghiệp. Các tác nhân vật lý có thể là việc phá huỷ nơi cư trú, nước thải nóng, hoặc bùn cát lắng đọng do hoạt động phá rừng. Xác định các tác nhân tiềm ẩn giúp cho việc xác định các nguồn tài nguyên đang có nguy cơ gặp rủi ro, cũng như các ảnh hưởng về sinh thái có khả năng xảy ra.

**Bảng 1** Đặc điểm của một số loại chương trình quan trắc

Loại chương trình	Số lượng, loại biến số/ công cụ	Quy mô không gian	Quy mô thời gian		Mức độ, loại hình phân tích dữ liệu
			Tần số đo đạc	Thời hạn	
Ban đầu (cơ sở)	Nhiều biến số Vật lý, hoá học, sinh học	Trung bình	Thấp - trung bình	= 1 năm	Mức độ thấp đến trung bình Mô tả, tóm tắt
Tuần thủ	Ít biến số Thường là hoá học, chất độc hại	Nhỏ	Trung bình - cao	Biến đổi (thường dài)	Mức độ trung bình Mô tả, tóm tắt, kiểm định giả thuyết
Đánh giá tác động/ Kiểm định giả thuyết	Ít đến nhiều biến số Vật lý, hoá học, sinh học, chất độc hại	Trung bình	Thấp - trung bình	= 1 năm	Mức độ cao Kiểm định giả thuyết
Tình trạng	Ít biến số Vật lý, hoá học, sinh học, chất độc hại	Rộng (quy mô khu vực)	Thấp (thường chỉ khảo sát một lần)	Ngắn	Mức độ trung bình tới thấp Mô tả, tóm tắt
Xu hướng	Ít biến số Thường là vật lý, hoá học	Biến đổi	Thấp (hàng năm) đến trung bình (theo mùa)	Dài (= 10 năm)	Mức độ trung bình tới thấp Mô tả, tóm tắt, phân tích chuỗi thời gian

Các đặc điểm của các tác nhân gây tác động bao gồm:

- Loại - hoá học, vật lý hay sinh học
- Môi trường - nước, chất lắng đọng, mô cơ thể
- Cường độ - mật độ hay độ lớn
- Thời gian - ngắn hay dài hạn
- Tần số - sự kiện đơn lẻ, diễn ra theo từng thời kỳ hay liên tục
- Thời điểm - thời điểm diễn ra tương đối trong chu kỳ sinh học



- Quy mô - sự tương đồng và phạm vi không gian.

Nếu các tác nhân được nhận diện trước, như lượng bùn cát lắng đọng tăng lên do phát quang đất, thì thông tin về sự phân bố không gian và thời gian của các tác nhân gây tác động này sẽ hữu ích cho việc xác định các nguồn tài nguyên có nguy cơ bị tác động. Nếu các tác động tới các nguồn tài nguyên được nhận diện trước, như số lượng cá giảm, thì các tác động này có thể trực tiếp chỉ ra các thành phần sinh thái cần được xét trong chương trình quan trắc.

Khi các tác nhân gây tác động và các nguồn tài nguyên bị đe dọa đã được xác định hay còn hoài nghi, có thể bắt đầu tiến hành phát triển một mô hình nhận thức. Mô hình nhận thức chỉ là sự miêu tả định tính về cách thức mà các thành phần sinh thái khác nhau tương tác với các tác nhân gây tác động, và các tác động kèm theo.

### ***Phạm vi bao trùm***

Phạm vi bao trùm của các chương trình quan trắc xác định các loại câu hỏi có thể được trả lời. Đó là:

- Xã hội hay kinh tế
- Không gian hay thời gian
- Sinh thái - xuất phát từ quá trình vật lý, hoá học hay sinh học
- Kỹ thuật - xác định bởi các hạn chế của thiết bị sẵn có
- Hành chính hay chính trị.

### ***Giả thuyết***

Các biểu hiện phản ứng diễn ra khi hệ sinh thái tiếp xúc với các tác nhân gây tác động sẽ xác định việc thiết kế mẫu và các biến số cần đo.

Nếu các dự đoán được đưa ra một cách rõ ràng, các mục tiêu quan trắc có thể được thiết lập và các câu hỏi kiểm định được (giả thuyết) có thể được phát triển như là cơ sở cho bước tiếp theo - lấy mẫu.

## **LẤY MẪU**

Lấy mẫu bao gồm việc lựa chọn thực tế các biến số đo đạc và thu thập các dữ liệu thực địa. Theo lý tưởng, lấy mẫu có thể trả lời các câu hỏi nghiên cứu. Bảng 2 lên danh sách các loại biến đo đạc.

Tuy nhiên thật là không thực tế khi mong muốn quan trắc tất cả các chất gây ô nhiễm và mọi thành phần sinh học của hệ sinh thái. Sự hạn chế về thời gian và ngân sách không cho phép điều này. Vì vậy, cần phải xem xét cẩn thận khi lựa chọn các biến đo đạc thích hợp trong giai đoạn ban đầu phát triển chương trình quan trắc. Lựa chọn cũng phụ thuộc một phần vào bản chất của các câu hỏi nghiên cứu. Các

biến được lựa chọn phải đảm bảo có thể đo được, phải có tác dụng trả lời các câu hỏi nghiên cứu và không quá tốn kém cho công tác đo lường.

**Bảng 2.** Danh sách các biến số quan trắc môi trường có thể sử dụng

<b>LOẠI BIẾN</b>	<b>CHỨC NĂNG</b>
Hoá học	Đo chất ô nhiễm, chỉ số biến đổi, chất dinh dưỡng
Cột nước	Đo chất ô nhiễm, chỉ số biến đổi (độ mặn), chất dinh dưỡng
Mô	Đo mức độ tiếp xúc của các tổ chức sống với các tác nhân Đo mức độ ô nhiễm (đối với con người, sinh vật tiêu thụ)
Vật lý	Các chất gây ô nhiễm: các chất rắn lơ lửng hay lắng đọng Chỉ số biến đổi : nhiệt độ nước, kích thước hạt lắng đọng
Chất độc hại	Đo trực tiếp các tác động (chất độc)
Sinh học	Đo trực tiếp các tác động trong hệ sinh thái
Sinh vật đáy không xương sống	Đo các tác động ở cấp độ quần xã Các loài sinh vật đáy là các loài làm môi dưới nước quan trọng.
Cá	Đo các tác động ở nhiều cấp độ (quần xã, quần thể, cá thể )

## **ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC**

Quan trắc hệ sinh thái thủy sinh về cơ bản đã được thảo luận ở phần trên của bài học này. Tuy nhiên, đánh giá chất lượng nước là loại chương trình quan trắc được tiến hành thường xuyên nhất để cung cấp thông tin cho quá trình ra các quyết định trong quản lý. Đánh giá chất lượng nước đòi hỏi thu thập các số liệu vật lý, hoá học và sinh học liên quan đến nước cũng như việc rút ra các kết luận hữu ích cho các vấn đề quản lý tài nguyên và nguồn lực.

Quy trình đánh giá được áp dụng ở các giai đoạn khác nhau chịu ảnh hưởng của các nhân tố sau:

- Bản chất của vấn đề
- Mức độ sẵn có và tin cậy của dữ liệu nguồn
- Mức độ sẵn có và tin cậy của các phương pháp đánh giá và tình trạng sẵn sàng áp dụng phương pháp
- Thời gian và nguồn lực sẵn có.

Quá trình xác định các mục tiêu nên bắt đầu với việc điều tra tỉ mỉ tất cả các nhân tố và hoạt động có thể gây các ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến chất lượng nước. Cần tiến hành điều tra theo các nội dung sau:

- Đặc điểm địa lý của khu vực nghiên cứu, gồm có địa hình, địa thế, thạch học, thổ nhưỡng, khí hậu, sử dụng đất, địa chất thuỷ văn, thuỷ văn....
- Việc sử dụng nước, gồm có các đập, kênh, dẫn nước về thành phố và cho công nghiệp, các hoạt động nông nghiệp, tưới tiêu, thuỷ sản...
- Các nguồn ô nhiễm (hiện tại và tương lai), bao gồm trong các hộ gia đình, công nghiệp và nông nghiệp, cũng như tình trạng kiểm soát ô nhiễm và các phương tiện xử lý chất thải.

Đánh giá chất lượng nước là quá trình đánh giá toàn diện bản chất vật lý, hoá học và sinh học của nước, trong khi quan trắc chất lượng nước là việc thu thập các thông tin (dữ liệu) liên quan.

Theo truyền thống, lý do chính để tiến hành đánh giá chất lượng môi trường dưới nước đó là xác định xem chất lượng nước có phù hợp với mục đích sử dụng hay không, như để uống hay tưới nông nghiệp. Trong những năm gần đây, mục đích của việc áp dụng biện pháp quan trắc là để xác định xu hướng biến đổi của chất lượng môi trường nước và để đánh giá mức độ ảnh hưởng tới chất lượng môi trường nước của các tác nhân như: việc thải các chất gây ô nhiễm, các hoạt động khác của con người, và các hoạt động xử lý chất thải.

Quan trắc ngày càng được áp dụng nhiều hơn để dự đoán tình trạng chất dinh dưỡng hay chất ô nhiễm đổ ra từ sông, nước ngầm, hồ, và đại dương hay vận chuyển xuyên biên giới quốc gia.

Có hai loại chương trình quan trắc khác nhau, phụ thuộc vào số lượng các chủ đề đánh giá được bao trùm trong chương trình quan trắc :

- Quan trắc theo một chủ đề được áp dụng trong trường hợp chỉ quan tâm đến một vấn đề. Chương trình quan trắc này bao gồm quan trắc một tập hợp đơn giản các biến như: độ pH, hàm lượng ancan và một số cation đối với mưa axit; chất dinh dưỡng và sắc tố diệp lục đối với chu trình dinh dưỡng; các hợp chất nitơ đối với ô nhiễm nitơrat hoá; hoặc natri, canxi, clorua và các thành phần khác đối với tưới.
- Quan trắc đa chủ đề bao trùm các vấn đề sử dụng nước khác nhau và cung cấp dữ liệu cho từ hai chương trình đánh giá trở lên, như cấp nước sinh hoạt, công nghiệp, thuỷ sản hoặc đời sống thuỷ sinh, và do đó tập hợp các biến số quan trắc cũng phức tạp hơn.

Một chương trình quan trắc hoặc đánh giá chất lượng nước có thể tập trung vào sự phân bố chất lượng nước trong không gian (số lượng các trạm quan trắc cao), hay xu hướng (tần số thu thập số liệu cao), hoặc chất ô nhiễm (điều tra theo chiều sâu).

Kết quả là, các khảo sát ban đầu là cần thiết để xác định trọng tâm cho một chương trình quan trắc.

Quan trắc phải đưa ra dữ liệu cần thiết để trợ giúp việc giải thích các quá trình và để đưa ra các quyết định quản lý, nhưng phải tránh thu thập một khối lượng lớn các dữ liệu không cần thiết mà công tác thu thập đòi hỏi rất tốn kém, và các dữ liệu này lại không giúp gì thêm cho sự hiểu biết về chất lượng nước. Ba giai đoạn quan trắc được phân biệt như sau:

- Quan trắc giản đơn dựa vào số lượng có hạn các mẫu, tiến hành các phân tích và quan sát cơ bản, và xử lý dữ liệu sơ bộ.
- Quan trắc ở mức độ trung bình yêu cầu một số các phương tiện thí nghiệm cụ thể và hỗ trợ tài chính nhiều hơn để tăng số lượng trạm quan trắc, mẫu, và các biến số phân tích, ..v..v...
- Quan trắc ở mức độ cao đòi hỏi các kỹ thuật phức tạp và các kỹ thuật viên có trình độ cao. Các phương tiện phân tích có thể thực hiện bất cứ các xác định chất gây ô nhiễm cần thiết nào, với số lượng nhiều hơn các mẫu được thu thập và nhiều hơn số các biến đo trên một mẫu.

## **CÁC CHỈ SỐ SINH HỌC**

Các chỉ số sinh học là các con số đo đạc thể hiện tình trạng sinh thái của khu vực. Sự phát triển và quan trắc các chỉ số sinh học có thể là một công cụ quan trọng tạo điều kiện kết hợp các thông tin môi trường vào quá trình ra quyết định. Mỗi chỉ số có thể tạo ra bức tranh về tình trạng hay xu hướng tương ứng với một vấn đề. Khi đi cùng với nhau, một nhóm các chỉ số có thể đưa ra một bức tranh tổng quan về tình trạng hệ sinh thái.

Các chỉ số có thể được sử dụng theo các cách sau:

- Để tăng cường nhận thức về các vấn đề môi trường
- Để tiến hành quan trắc tiến triển của một loài hay một hệ sinh thái
- Xác định lỗ hổng thông tin
- Đưa ra các ưu tiên trong công tác bảo tồn và nghiên cứu.

Các chỉ số được mong muốn là các biến số có khả năng tóm tắt hay nói cách khác có khả năng đơn giản hoá các thông tin quan tâm, chỉ ra xu hướng, và định tính, đo đạc và truyền đạt thông tin. Các chỉ số sinh học có thể là các ‘phát hiện cảnh báo sớm’ quan trọng, được sử dụng để tiến hành sửa chữa kịp thời các rắc rối có khả năng gây ra suy thoái môi trường. Một số chỉ số sinh học phù hợp cho LVSMC được liệt kê ở Bảng 3.

**Bảng 3. Các chỉ số sinh học có thể được Ủy hội Mê Công Quốc tế sử dụng**

<b>Giá trị môi trường</b>	<b>Chỉ số</b>
Chất lượng nước	Độ đục Trực khuẩn ruột ở phân pH Việc sử dụng các chất hoá học trong nông nghiệp Diện tích đất bị tác động bởi quá trình mặn hoá, và trầm tích nặng. Nhu cầu oxy cho sinh học
Đa dạng sinh học	Cường độ khai thác gỗ Tỷ lệ tương đối giữa các loài ngoại lai với các loài bản địa Các loài có số lượng giảm Số lượng các khu bảo tồn Phần trăm số loài bản địa đang có nguy cơ hoặc bị đe dọa tuyệt chủng Phần trăm đất rừng độc canh

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

Jensen, J. G. 2000. Thủy sản, Đồng bằng ngập lũ và An toàn thực phẩm ở Hạ lưu sông Mê công. Tài liệu chuẩn bị cho Hội thảo quản lý Sông quốc tế lần thứ 3, Brisbane, Australia, 6-8/9, 2000.

MRC. 1997. Nghiên cứu chẩn đoán Lưu vực sông Mê công. Báo cáo cuối cùng. Ủy hội sông Mê công. Băng Cốc, Thái Lan.

UNEP. 1996. Nước ngầm: Tài nguyên bị đe dọa. Chương trình môi trường của Liên hiệp quốc. UNEP Environment Libarary No. 15. 36pp.

WCMC. 1997. Đánh giá tình trạng đa dạng sinh học và bền vững. Groombridge, B. and Jenkins, M.D. (EDS). World Conservation Monitoring Centre. Conservation Press. Cambridge, UK. 104pp.