

TÁC ĐỘNG CỦA ĐẬP THƯƠNG NGUỒN ĐẾN DÒNG VÀ QUỸ DINH DƯỠNG NITƠ VÀ PHOSPHO TRONG NƯỚC CÁC VÙNG CỬA SÔNG VEN BỜ BẮC BỘ

Nguyễn Đức Cư, Nguyễn Đức Toàn, Nguyễn Văn Phúc, Vũ Duy Vinh

Viện Tài nguyên và Môi trường biển
246, Đà Nẵng, Ngô Quyền, Hải Phòng
Email : cund@imer.ac.vn

Tóm tắt:

Đại ven bờ Bắc Bộ có hai vùng cửa sông lớn là vùng biển Bạch Đằng và châu thổ Sông Hồng được hình thành và phát triển từ hệ thống Sông Hồng và sông Thái Bình. Các dòng dinh dưỡng N và P của hai hệ thống Sông Hồng và sông Thái Bình từ lúc đưa đưa ra qua chín cửa sông: Đà Bạch, Lạch Tray, Cửa Cấm, Văn Úc, Thái Bình, Trà Lý, Ba Lạt, Ninh Cơ và Cửa Dày. Quỹ dinh dưỡng N và P của các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ luôn được cân bằng với vùng biển Vịnh Bắc Bộ bởi các dòng dinh dưỡng từ lúc đưa, dòng tuao đổi ra phía biển, dòng lên phía Bắc và dòng xuống phía Nam của bờ Tây Vịnh Bắc Bộ. Trong đó dòng dinh dưỡng từ lúc đưa đóng góp đến trên 90% quỹ dinh dưỡng đưa vào các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ. Khi đập các đập thượng nguồn các dòng dinh dưỡng N và P bị giam ở khoảng 30 - 50% và lập tức quỹ dinh dưỡng tại các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ cũng bị giam ở cả về hàm lượng trong nước và tổng khối lượng trong các vùng cửa sông.

THE IMPACTS OF UPPER STREAM DAMS ON THE FLOWS AND BUDGETS OF N AND P NUTRIENTS IN WATER OF NORTH COASTAL RIVER MOUTH AREAS

Nguyen Duc Cu, Nguyen Duc Toan, Nguyen Van Phuc, Vu Duy Vinh

Abstract:

The two large coastal areas of Bach Dang Estuary and Red River Delta are formed by the two river systems of Red River and Thai Binh and receive nutrient flows of N and P of the two river systems through their nine river mouths, including Da Bach, Lach Tray, Cam, Van Uc, Thai Binh, Tra Ly, Ba Lat, Ninh Co and Cua Day. The budgets of N and P nutrients in North coastal estuaries are balanced with Tonkin Gulf waters by the nutrient flows from mainland, from and to the areas and offshore waters, from and to the North, and from and to the South of Tonkin Gulf coast. The nutrient flow from

mainland contributes 90% nutrient budgets to North coastal waters. After construction of upper stream dams, nutrient flows of N and P have been reduced by about 30-50% and nutrient budgets in the areas have been down in their concentration in water and total volume in coastal estuaries.

MỞ ĐẦU

Chất lượng của một thủy vực ven bờ được nghiên cứu thông qua mô hình sinh địa hóa xảy ra bên trong các thủy vực và cân bằng các dòng vật chất Vào và Ra. Các nghiên cứu về môi trường nước ngọt và nước mặn đã phát triển trong hơn 30 năm gần đây (Gordon D.C., et al., PR Bondreau, K H Munn, et al. LOICZ, Vladimir N Bashkin, Robert W. Howarth ...). Ở Việt Nam, hướng nghiên cứu này cũng đã được một số Viện khoa học tiếp cận triển khai như Viện Thủy văn học Nha Trang, Viện Tài nguyên và Môi trường Biển ... [1, 2, 3]. Các mục tiêu nghiên cứu các dòng và quỹ vật chất trên các vùng cửa sông bị tác động do đập đập làm hồ chứa chúng tôi đã sử dụng phương pháp luận mới của LOICZ [5,8] để nghiên cứu và tính toán theo mô hình CABARET (hình 1) nhằm đưa ra những kết quả cụ thể được trình bày một cách tương đối



Hình 1: Mô hình CABARET

Tất cả các dòng vật chất đều được phân chia, tính toán dựa trên điều kiện cụ thể của từng vùng cửa sông, tuy nhiên đều nằm trong chu trình sinh địa hóa chung [6, 7, 8, 10, 11]. Với đối tượng cụ thể là vùng cửa sông hình phễu Bạch Đằng và vùng cửa sông châu thổ Sông Hồng, chúng tôi sử dụng chu trình sinh địa hóa biến [6, 7, 9].

Ven bờ Bắc Bộ có hai vùng cửa sông lớn là hình phễu Bạch Đằng và châu thổ Sông Hồng. Mỗi vùng cửa sông đều có các dòng vật chất trao đổi từ lục địa đưa ra và dọc theo ven bờ xuống phía Nam, lên phía Bắc và ra phía vịnh Bắc Bộ. Giữa hai vùng cửa sông còn có sự trao đổi các dòng vật chất cho nhau theo hai mùa và bản thân mỗi vùng cửa sông còn có dòng vật chất trao đổi giữa lớp nước bề mặt và trầm tích đáy. Các dòng vật chất được đưa vào môi trường nước tại hai vùng cửa sông được phân chia theo nhiều nguồn nhưng chủ yếu qua sự vận chuyển của nước. Các đập chứa thượng nguồn hệ thống sông Hồng đã làm thay đổi điều tiết nguồn nước đưa ra các vùng cửa sông theo hai mùa và lưu giữ một lượng lớn phù sa trên các hồ chứa, làm thay đổi các dòng dinh dưỡng đưa vào các vùng cửa sông. Báo cáo này sẽ trình bày các kết quả nghiên cứu về sự thay đổi các dòng và quỹ dinh dưỡng ni tơ và photpho (N,P) trong các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ.

I. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Tài liệu nghiên cứu dựa trên kết quả khảo sát, phân tích và xử lý số liệu về động thái dinh dưỡng và các quá trình sinh địa hóa N, P trong nước hai vùng cửa sông cửa sông đề tài: Nghiên cứu, đánh giá tác động của các công trình hồ chứa thượng nguồn đến diễn biến

hình thái và tài nguyên - môi trường vùng cửa sông ven biển Đồng bằng Bắc Bộ; mã số ĐTDI. 2009T/05.

Nhóm các phương pháp để giải quyết các nội dung nghiên cứu được trình bày dưới đây.

Việc tính toán sự thay đổi lưu lượng nước và bùn cát dựa vào phương pháp thống kê của 05 trạm quan trắc tại thượng nguồn bao gồm các Trạm: Vụ Quang (Sông Lô), Yên Bái (Sông Thao), Hòa Bình (Sông Đà), Sơn Tây (Sông Hồng) và Thượng Cát (Sông Duống). Thời gian trước đập đập chứa Hòa Bình, giai đoạn 1960-1979 và sau đập đập giai đoạn 1989-2008. Trên cơ sở số liệu thống kê về phân phối lưu lượng nước và bùn cát tại thượng nguồn, áp dụng mô hình toán (MIKE 21) để có được kết quả phân phối lưu lượng nước và bùn cát phân phối ra chín cửa sông trước và sau đập các đập chứa.

Phương pháp xử lý tương quan sinh địa hóa N, P dựa trên việc thiết lập được hàm tương quan giữa Nts với các dạng N khoáng ($N - NH_4^+$, $N - NO_2^-$, $N - NO_3^-$) và Pts với P dạng khoáng ($P - PO_4^{3-}$). Dựa trên sự thay đổi về lưu lượng nước và phù sa do tác động của đập các đập chứa chúng tôi sẽ tính được sự thay đổi các dòng và quỹ dinh dưỡng N và P tại các vùng cửa sông

Phương pháp nghiên cứu trao đổi các dòng dinh dưỡng trên các vùng cửa sông dựa trên cơ sở về sự trao đổi quỹ nước theo phương pháp mô hình động lực Delf3D. Dòng dinh dưỡng trao đổi dọc bờ được tính qua các mặt cắt vuông góc với đường bờ đến độ sâu 25m tại Cát Bà để xác định các dòng dinh dưỡng đi vào và đi ra phía Đông Bắc và tại Lạch Trường để xác định các dòng dinh dưỡng đi vào và đi ra phía Tây Nam của các vùng cửa sông. Sự trao đổi quỹ nước của các vùng cửa sông tại đới độ sâu 25m được tính toán để xác định dòng dinh dưỡng từ vùng cửa sông ra biển và ngược lại.

II. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Quỹ dinh dưỡng của các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ.

Kết quả nghiên cứu đã khẳng định các đập chứa thượng nguồn đã làm giảm quỹ dinh dưỡng các dạng khác nhau của N và P trên các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ, trung bình giảm khoảng 32 - 44% so với trước khi đập các đập chứa thượng nguồn (Bảng 1). Nguyên nhân giảm quỹ dinh dưỡng trên các vùng cửa sông liên quan đến giảm các dòng dinh dưỡng từ lục địa đưa ra biển do lưu giữ nguồn nước và phù sa lơ lửng tại các hồ chứa thượng nguồn, khoảng 50% so với trước đập đập.

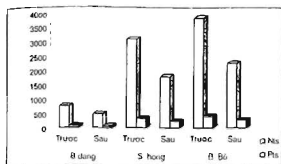
2. Sự thay đổi các dòng dinh dưỡng

2.1. Các dòng dinh dưỡng từ lục địa đưa ra các vùng cửa sông

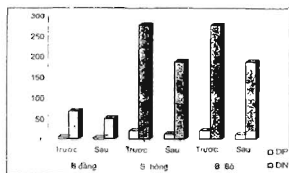
Khi đập các đập chứa đã làm thay đổi rất lớn các dòng dinh dưỡng từ lục địa đổ qua 09 cửa sông: Đá Bạch, Cửa Cẩm, Lạch Tray, Văn Úc, Thái Bình, Trà Lý, Ba Lạt, Ninh Cơ và Cửa Dáy ra các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ (Hình 1). Mức độ giảm các dòng dinh dưỡng khoáng và tổng số của N, P theo hai mùa và trung bình năm vào khoảng 23 - 43% so với trước đập các đập chứa thượng nguồn.

Bảng 1. Biến đổi quỹ định đường khoáng và tổng số N và P các cửa sông ven bờ Bắc Bộ trước và sau đập đập

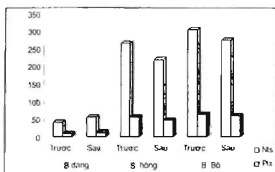
Mùa	Vùng cửa sông	Khoảng thời gian	N-NH ₄ ⁺ (tấn)	N-NO ₃ ⁻ (tấn)	N-NO ₂ ⁻ (tấn)	P-PO ₄ ³⁻ (tấn)	N _{TK} (10 ⁴ tấn)	P _{TK} (10 ⁴ tấn)
Mưa	Bạch Đằng	Trước	88.05	350.17	44.60	46.55	2.55	0.30
		Sau	64.86	275.23	39.42	32.88	1.81	0.20
	Sông Hồng	Trước	1743.09	6386.16	707.07	870.42	52.46	5.96
		Sau	951.24	3727.02	472.48	463.47	27.53	3.06
	Toàn vùng	Trước	1831.14	6736.33	751.67	916.96	55.01	6.26
		Sau	1016.10	4002.25	511.90	496.36	29.34	3.27
Khô	Bạch Đằng	Trước	29.67	161.29	21.38	15.19	0.95	0.10
		Sau	29.33	158.99	21.48	14.78	0.90	0.09
	Sông Hồng	Trước	1028.36	5326.33	623.27	523.65	38.47	4.21
		Sau	651.61	3408.34	407.74	330.18	23.68	2.54
	Toàn vùng	Trước	1058.03	5487.62	644.66	538.83	39.42	4.32
		Sau	680.94	3567.33	429.22	344.95	24.57	2.64
T.B Năm	Bạch Đằng	Trước	117.72	511.46	65.98	61.74	3.50	0.40
		Sau	94.19	434.22	60.90	47.66	2.71	0.30
	Sông Hồng	Trước	2771.45	11712.50	1330.35	1394.06	90.92	10.17
		Sau	1602.85	7135.36	880.22	793.65	51.21	5.61
	Toàn vùng	Trước	2889.17	12224.00	1396.32	1455.80	94.42	10.57
		Sau	1697.03	7569.58	941.12	841.31	53.92	5.90



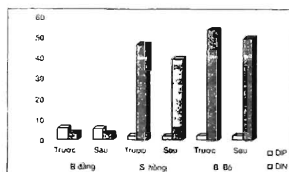
Mùa Mưa



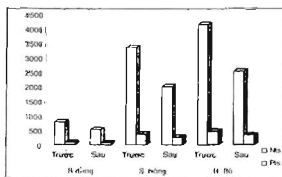
Mùa Mưa



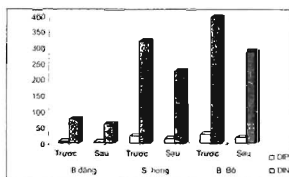
Mùa Khô



Mùa Khô

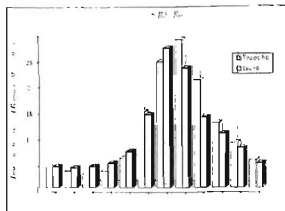


Trung bình năm

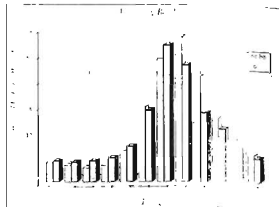


Trung bình năm

Hình 1: Sự thay đổi tài lượng (Tấn/ngày) các dòng dinh dưỡng khoáng và tổng số của N và P từ lục địa đưa ra các vùng cư sống ven bờ Bắc Bộ



Hình 2: Biến đổi tổng lượng nước đưa ra ở cửa sông ven bờ trước và sau đắp đập



Hình 3: Biến đổi tổng lượng bùn cát đưa ra ở cửa sông ven bờ trước và sau đắp đập

Các dạng tồn tại của dinh dưỡng khoáng có hàm tương quan rất chặt chẽ với hàm lượng bùn cát lơ lửng trong nước từ lục địa đưa ra biển. Khi đắp các đập chứa thượng nguồn, tuy tổng lượng nước ít thay đổi (hình 2) nhưng tổng lượng bùn cát giảm đi rất lớn, khoảng 50% so với trước đắp đập (hình 3). Vì vậy, các dòng dinh dưỡng từ lục địa đưa ra các vùng cửa sông giảm rất lớn, dẫn đến giảm quỹ dinh dưỡng trên các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ.

2.2. Các dòng dinh dưỡng trên các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ

Cả hai vùng cửa sông hình phễu Bạch Đằng và châu thổ sông Hồng bị tác động trực tiếp bởi đắp các đập thượng nguồn luôn có các dòng dinh dưỡng N, P trao đổi với vùng biển Vịnh Bắc Bộ gồm các dòng:

- Dòng dinh dưỡng N và P trao đổi giữa các vùng cửa sông với vùng biển Cát Bà-Hạ Long: cân bằng các hướng ở mặt cắt không chế vuông góc với đường bờ tại Cát Bà-Hải Phòng (bảng 3) cho thấy các dòng dinh dưỡng cả trước và sau đắp các đập đều có hướng đi ra khỏi các vùng cửa sông lên phía Đông Bắc theo mùa mưa, mùa khô và cả năm. Tuy nhiên, các dòng dinh dưỡng đi ra khỏi vùng cửa sông sau đắp đập đều nhỏ hơn trước đắp đập.

- Dòng dinh dưỡng N và P trao đổi giữa các vùng cửa sông và vùng biển Thanh Hóa - Nghệ An: cân bằng các dòng dinh dưỡng tại mặt cắt không chế vuông góc với đường bờ tại Lạch Trường - Thanh Hóa (bảng 4) cả trước và sau đắp các đập đều có hướng đi ra khỏi các vùng cửa sông xuống phía Tây Nam theo mùa mưa, mùa khô và cả năm. Tuy nhiên, các dòng dinh dưỡng đi ra khỏi vùng cửa sông sau đắp đập đều nhỏ hơn so với trước đắp đập.

Bảng 3: Dòng dinh dưỡng N, P (Tấn/ngày) trao đổi dọc bờ tại Mũi cắt Cát Bà - Hai Phòng trước và sau đắp đập

Thôn g số	Thời kỳ	Mùa mưa			Mùa khô			Trung bình năm		
		Hường đi chuyển			Hường đi chuyển			Hường đi chuyển		
		DB (+)	TN (-)	C.bảng	DB (+)	TN (-)	C.bảng	DB (+)	TN (-)	C.bảng
N-NH ₄ ⁺	Trước	291	104	186	66	6	60	357	110	246
	Sau	170	39	131	42	3	39	212	42	169
N-NO ₃	Trước	953	405	548	311	72	239	1264	477	786
	Sau	628	170	458	210	42	168	837	212	625
N-NO ₂	Trước	88	50	39	34	8	26	122	58	65
	Sau	72	0	72	23	5	18	95	5	90
P-PO ₄ ³⁻	Trước	128	60	69	32	3	29	160	63	97
	Sau	72	21	51	21	2	19	93	23	70
N _{tot}	Trước	7724	2679	5045	2401	193	2207	10124	2872	7253
	Sau	4630	1023	3608	1548	108	1440	6178	1130	5048
P _{tot}	Trước	839	398	441	246	21	225	1085	419	666
	Sau	504	152	352	151	11	140	655	163	492

Bảng 4: Dòng dinh dưỡng N, P (Tấn/ngày) trao đổi dọc bờ tại Mũi cắt Lạch trường - Thanh Hóa trước và sau đắp đập

Thôn g số	Thời kỳ	Mùa mưa			Mùa khô			Trung bình năm		
		Hường đi chuyển			Hường đi chuyển			Hường đi chuyển		
		DB (+)	TN (-)	C.bảng	DB (+)	TN (-)	C.bảng	DB (+)	TN (-)	C.bảng
N-NH ₄ ⁺	Trước	30	103	-73	16	47	-31	45	149	-104
	Sau	15	42	-27	7	42	-35	22	84	-62
N-NO ₃	Trước	132	387	-255	92	248	-156	224	635	-411
	Sau	72	170	-98	45	232	-187	117	402	-285
N-NO ₂	Trước	18	44	-26	11	30	-18	30	74	-44
	Sau	12	23	-11	6	29	-23	18	52	-34
P-PO ₄ ³⁻	Trước	19	54	-34	9	25	-16	28	78	-50
	Sau	10	21	-12	4	22	-18	14	44	-30
N _{tot}	Trước	787	2970	-2183	575	1736	-1161	1362	4706	-3345
	Sau	389	1182	-793	386	1512	-1126	775	2694	-1919
P _{tot}	Trước	134	357	-223	70	193	-123	204	550	-346
	Sau	65	138	-74	32	167	-135	97	305	-208

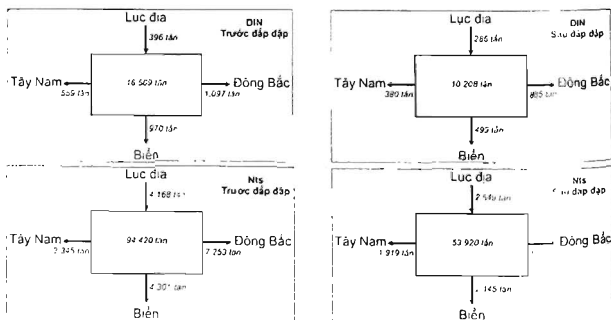
- Dòng dinh dưỡng N và P trao đổi giữa các vùng cửa sông và vùng biển phía ngoài theo hướng vuông góc với đường bờ (Bảng 5): kết quả nghiên cứu cho thấy một lượng lớn các dòng dinh dưỡng của N và P theo hai mùa và cả năm đều có hướng từ các vùng cửa sông ra biển. Tuy nhiên, cũng như các dòng dinh dưỡng dọc bờ, sau đắp các đập thượng nguồn các dòng dinh dưỡng này đều giảm so với trước đắp đập

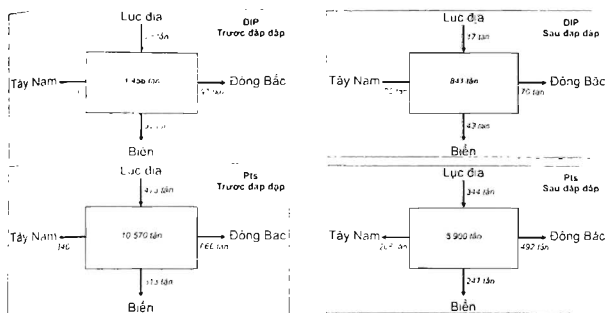
Bảng 5 Dòng dinh dưỡng N,P (Tấn/ngày) trao đổi vuông góc bờ giữa các vùng cửa sông và biển trước và sau đập đập

Thông số	Thời kỳ	Mùa mưa			Mùa khô			Trung bình năm		
		Hướng di chuyển			Hướng di chuyển			Hướng di chuyển		
		DB (-)	TN (-)	C.bằng	DB (+)	TN (-)	C.bằng	DB (+)	TN (-)	C.bằng
N-NH ₄ ⁺	Trước	277	78	199	163	50	113	220	61	156
	Sau	132	38	94	93	33	60	113	35	77
N-NO ₃	Trước	1170	385	785	992	339	652	1081	362	719
	Sau	617	209	408	548	215	332	583	212	370
N-NO ₂	Trước	158	63	96	148	53	95	153	58	95
	Sau	94	39	55	83	34	49	88	36	52
P-PO ₄ ³⁻	Trước	174	61	113	106	35	70	140	48	92
	Sau	81	29	52	56	22	35	68	25	43
Nts	Trước	6672	1738	4934	5315	1646	3669	5993	1692	4301
	Sau	3447	925	2522	2739	971	1768	3093	948	2145
Pts	Trước	909	332	577	683	231	451	796	282	514
	Sau	440	165	275	358	139	219	399	157	247

2.3. Các dòng dinh dưỡng nội tại bên trong các vùng cửa sông

Kết quả nghiên cứu cân bằng các dòng dinh dưỡng của tổng dinh dưỡng khoáng N (DIN) và P(DIP) và dinh dưỡng tổng số của N (Nts) và của P (Pts) cho thấy quỹ dinh dưỡng N và P với các dạng kể trên tại các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ đều lớn hơn các dòng đi vào và đi ra khỏi hệ các cửa sông (Hình 4).





Hình 4. Cân bằng các dòng và quỹ dinh dưỡng trên các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ trong năm.

Kết quả nghiên cứu cân bằng các dòng dinh dưỡng của N và P đều cho giá trị âm (-) với giá trị tuyệt đối rất lớn thể hiện giá trị của các dòng dinh dưỡng nội tại được sinh ra bởi các quá trình sinh địa hóa trên các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ. Trước đập các đập thượng nguồn các dòng này lớn gần gấp 2 lần so với sau đập đập và nguyên nhân là do giảm nguồn dinh dưỡng từ các lục địa đưa ra biển bởi phù sa bùn sét được lưu giữ và chôn vùi trên các hồ chứa thượng nguồn

Bảng 6: Cân bằng các dòng đi vào và đi ra trên các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ trước và sau đập đập

Thông số (Tấn/ngày)	Thời kỳ	Quỹ	Vào (+)	Ra (-)			Tổng Ra (-)	C.Bằng
				ĐB	T.N	Biển		
DIN	Trước	16590	396	1097	599	970	2666	-2270
	Sau	10208	286	885	380	499	1764	-1478
DIP	Trước	1456	28	97	50	92	239	-211
	Sau	841	17	70	30	43	143	-126
N _P	Trước	94420	4168	7253	3345	4321	14919	-10751
	Sau	53920	2549	5048	1919	2145	9112	-6563
Pts	Trước	10570	473	666	346	513	1525	-1052
	Sau	5900	344	492	208	247	947	-603

III. KẾT LUẬN

1. Quỹ dinh dưỡng N và P trên các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ thời kỳ sau đập đập giảm rất lớn, khoảng 30-40% so với trước khi đập các đập thượng nguồn. Nguyên nhân quỹ dinh dưỡng giảm sau khi đập các đập có liên quan đến các dòng dinh dưỡng từ lục địa đưa ra biển giảm so với trước khi đập các đập.

2. Sau khi đập các đập thượng nguồn các dòng dinh dưỡng N và P từ lục địa đưa vào các vùng cửa sông ven bờ Bắc Bộ giảm đi khoảng 23 - 43%, trung bình 32%. Các dòng dinh dưỡng từ lục địa đưa ra biển sau đập các đập bị giảm liên quan đến phù sa sau đập đập giảm khoảng 50% do bị lưu giữ và chôn vùi trên các hồ chứa thượng nguồn

3. Các dòng dinh dưỡng trao đổi giữa vùng biển bờ Tây Vịnh Bắc Bộ với các vùng cửa sông có 03 dòng chính là dọc bờ lên phía Đông Bắc và xuống phía Tây Nam và dòng trao đổi trực tiếp giữa các vùng cửa sông và biển ven bờ. Các dòng dinh dưỡng N, P trao đổi giữa các vùng cửa sông và Vịnh Bắc Bộ sau khi đập các đập bị giảm đi khoảng 30-40%, tương đương với mức độ giảm các dòng dinh dưỡng từ lục địa và quỹ của các vùng cửa sông

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đoàn Bộ và Nguyễn Đức Cự. (1996). *Nghiên cứu năng suất sơ cấp sinh học của thực vật nổi trong hệ sinh thái vùng triều cửa Sông Hồng*. Tuyển tập Tài nguyên và Môi trường biển. Tập III, tr 169 - 175. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
2. Nguyễn Đức Cự và NNK, 1998. *Khảo sát, đánh giá chất lượng nước Vịnh Hạ Long*. Thuộc dự án: "Nghiên cứu lập kế hoạch quản lý môi trường Vịnh Hạ Long, nước Cộng hoà Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam". JICA 1998
3. Nguyễn Đức Cự và nnk (1998). *Điều tra khảo sát chất lượng môi trường và động thái dinh dưỡng vùng cửa sông châu thổ Sông Hồng*. Báo cáo đề án điều tra cơ bản cấp Nhà nước. Lưu tại Viện Tài nguyên và Môi trường biển.
4. Nguyễn Mạnh Cường (2005). *Phương pháp xử lý, bảo quản và phân tích các thông số N - NH₄⁺, N - NO₂⁻, N - NO₃⁻ và P - PO₄³⁻ trong nước biển ven bờ*. Luận văn tốt nghiệp Thạc sỹ, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
5. Daniel L. Childers and et al. A Dynamic Nutrient Budget of Subsystem Interactions in a Salt Marsh Estuary, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (1993), 36, 105 - 131.
6. Fred T. Mackenzie and et al. *Coupled Biogeochemical Cycles and Nitrogen, Phosphorus and sulfur in the land - ocean - atmosphere system*. NATO ASI Series Vol 14
7. Henry Blackburn, Jan Sorensen, (1985), *Nitrogen Cycling in Coastal Marine Environments*. Department of Ecology and Genetics. University of Aarhus. Denmark
8. Gordon D C, Jr., PR. Bondreau, K.H. Mann, et al. LOIZC. *Biogeochemical Modelling Guidelines*. LOIZC Report and Studies No 5.

9. Redfield, A.C. (1958) *The biological control of chemical factors in the environment*, Amer. Sci.
10. Richards, F.A. 1965. Anoxic basins and fjords, in Riley, J.P., and Skirrow, G. *Chemical Oceanography*, Vol.1, New York, Academic Press, 611 - 645.
11. Roy Chester (1989). *Marine Geochemistry*, Department of Earth Sciences, University of Liverpool