

Đánh giá sự biến đổi chế độ thủy văn hạ lưu lưu vực sông Ba dưới tác động của hệ thống hồ chứa

Nguyễn Tiền Giang^{1,*}, Nguyễn Thị Hương¹, Nguyễn Việt^{1,3}, Trần Thiết Hùng^{1,4},
Nguyễn Ngọc Hà^{1,5}, Trần Ngọc Anh^{1,2}, Trần Ngọc Vĩnh^{1,2}

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

²Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, ĐH KHTN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội

³Vụ Kế hoạch Tài chính, Tổng cục Thủy lợi, Bộ NN&PTNT, Số 2 Ngọc Hà, Ba Đình, Hà Nội

⁴Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Bộ NN&PTNT, 171 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội

⁵Trung tâm Quy hoạch và Điều Tra TNN, Bộ TN&MT, Số 93/95 Vũ Xuân Thiều, Hà Nội

Nhận ngày 14 tháng 6 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 22 tháng 6 năm 2016; Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 6 năm 2016

Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu về sự biến đổi dòng chảy hạ lưu dưới tác động của hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Ba bằng các chỉ số biến đổi thủy văn IHA (*Indicators Hydrologic of Alteration*). Thời kỳ dòng chảy tự nhiên (1977-1994) được chọn là thời kỳ nền để so sánh với thời kỳ điều tiết (dòng chảy chịu ảnh hưởng bởi sự điều tiết hồ chứa) thông qua 32 thông số biến đổi thủy văn. Kết quả cho thấy hệ thống hồ chứa trên lưu vực đóng vai trò trong cắt giảm dòng chảy ngày cực đại nhưng lại tác động tiêu cực đến chế độ thủy văn hạ lưu thời đoạn ngắn mùa cạn tại trạm Củng Sơn. Dòng chảy mùa lũ có xu hướng tăng vào hai tháng XI, XII và dòng chảy cực đại trong thời đoạn ngắn (1,3,7 ngày) giảm. Dòng chảy 1 ngày cực tiểu giảm 17% và tần suất dòng chảy xung thấp tăng 57% (đặc biệt từ năm 2008, hồ Ba Hạ đi vào hoạt động). Riêng hồ chứa Sông Hinh có ảnh hưởng tích cực đến dòng chảy mùa cạn tại vị trí trước đập Đồng Cam do có lượng nước xả qua tuốc bin phát điện vào sông Con và nhập vào dòng chính sông Ba tại phía dưới trạm thủy văn Củng Sơn.

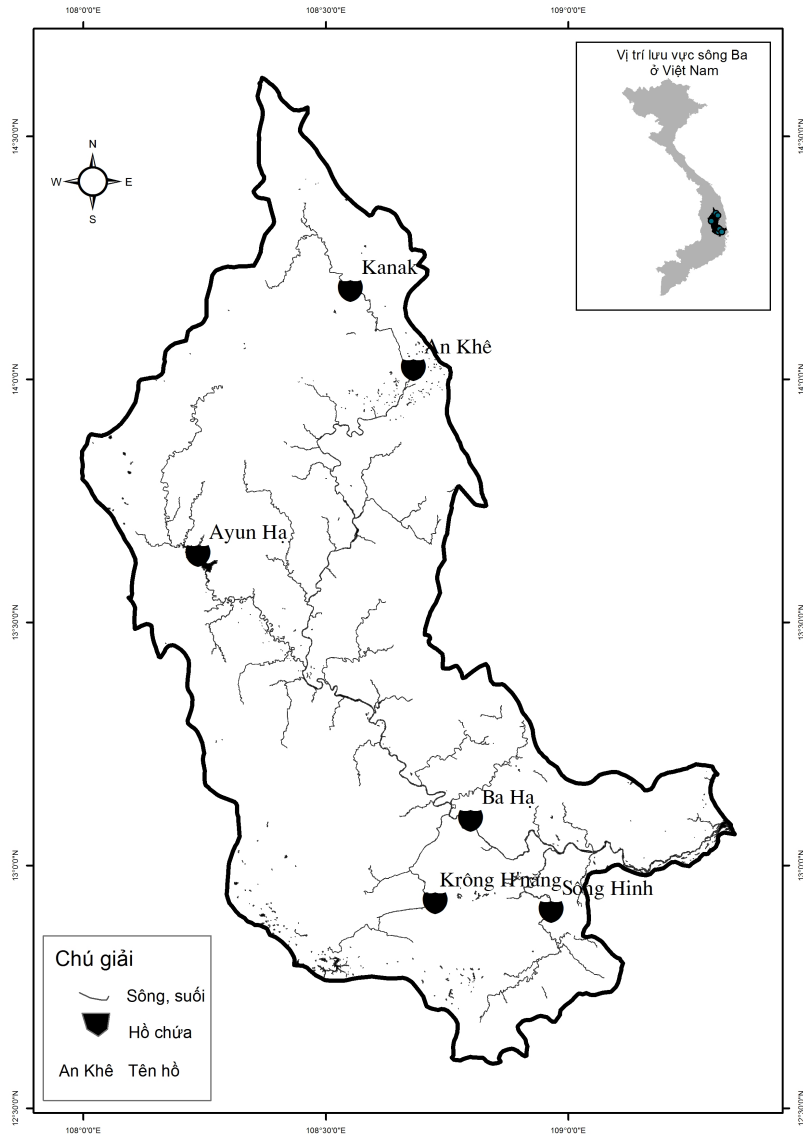
Từ khóa: Sông Ba, hồ chứa, chế độ thủy văn, chỉ số biến đổi thủy văn IHA.

1. Giới thiệu chung

Sông Ba là hệ thống sông lớn nhất khu vực Nam Trung Bộ thuộc lãnh thổ Việt Nam. Lưu vực sông Ba nằm trên địa phận 3 tỉnh Gia Lai, Đak Lắc, Phú Yên với tổng diện tích lưu vực khoảng 13300 km² (13900 km² nếu tính cả lưu vực sông Bàn Thạch). Sông Ba có 3 phụ lưu chính là sông IaYun, sông Krông H'Năng, sông Hinh và đều nằm ở hữu ngạn. Địa hình lưu vực

sông phức tạp bởi sự chia cắt của dải Trường Sơn nên đặc điểm khí hậu phân hóa theo các vùng tương đối phức tạp. Đây cũng là vùng có bão hoạt động mạnh, kết hợp với dải hội tụ nhiệt đới cùng các hình thế khác gây mưa lớn cho lưu vực. Theo chuỗi dữ liệu thủy văn tại trạm Củng Sơn xét trung bình nhiều năm giai đoạn từ năm 1977 đến năm 2014, lưu lượng trung bình mùa lũ sông Ba (tháng IX đến XII) là 595.8 m³/s và mùa kiệt (tháng I đến VIII) là 118.9 m³/s.

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-912800896
Email: giangnt@vnu.edu.vn



Hình 1. Sông Ba và vị trí các hồ chứa lớn trên lưu vực sông Ba

Từ năm 1995 đến nay, trên lưu vực sông Ba có 5 hồ chứa thủy điện lớn đi vào hoạt động, bao gồm cụm hồ An Khê-Kanak, hồ Ayun Hạ, hồ Krông H'Năng, hồ Ba Hạ, hồ Sông Hinh (hình 1 và bảng 1). Từ năm 1999, hồ chứa sông Hinh đi vào vận hành phát điện, toàn bộ lưu lượng nước xả qua tước bin đổ vào sông Con rồi nhập lưu vào sông Ba ở phía dưới trạm thủy văn Củng Sơn tương ứng với công suất phát điện tối đa là $56 \text{ m}^3/\text{s}$, trung bình về mùa cạn khoảng $25\text{-}28 \text{ m}^3/\text{s}$ [1]. Cùng với các công trình

thủy lợi, thủy điện nhỏ khác [2], tác động của chúng đã làm thay đổi dòng chảy tự nhiên trên toàn hệ thống sông. Trong thời gian gần đây, công tác vận hành điều tiết hệ thống liên hồ chứa này đang thu hút nhiều sự chú ý của các nhà nghiên cứu, quản lý trên cả nước và các thành phần hưởng lợi trên lưu vực khi bị cho rằng đang còn nhiều bất cập trong cắt giảm lũ, giữ nước đảm bảo dòng chảy mùa cạn và làm ảnh hưởng đến tình hình bồi, xói vùng cửa sông Đà Diễn.

Bảng 1. Thông số của một số hồ chứa lớn trên lưu vực sông Ba [3]

Hồ chứa/ thông số	Năm vận hành	Flv	MNDBT	MNC	W _{tb}	W _{hi}
		km ²	m	m	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³
Ayun Hạ	1995	1670	204	195	253	201
Sông Hình	1999	772	209	196	357	323
Ba Hạ	2008	11115	105	101	349.7	165.9
Krông Hnăng	2010	1168	260	250	356.6	242.9
KaNak	2010	833	515	485	313.7	285.5
An Khê		1236	429	427	15.9	5.6

Flv: diện tích lưu vực không chế; MNDBT: mực nước dâng bình thường; CNC: mực nước chết; W_{tb}: dung tích toàn bộ hồ chứa; W_{hi}: dung tích hữu ích.

Một đánh giá toàn diện về sự thay đổi chế độ thủy văn hạ lưu dưới tác động của hệ thống hồ chứa trên toàn lưu vực sông Ba là cần thiết nhằm: i) đánh giá lại một cách khách quan vai trò của hệ thống hồ chứa, cũng như các quy trình vận hành của chúng trong công tác phòng chống lũ, đảm bảo cấp nước mùa cạn; ii) làm cơ sở đánh giá tác động của chúng đến diễn biến bồi xói vùng cửa sông và iii) làm cơ sở đề xuất các quy trình vận hành hợp lý nhằm đảm bảo phát triển bền vững vùng hạ lưu.

Để đánh giá tác động của các hồ chứa đến chế độ thủy văn vùng hạ du lưu vực sông, một số phương pháp đánh giá thường được áp dụng như phương pháp tương quan đơn biến-đa biến giữa dòng chảy trước và sau hồ chứa, phương pháp khôi phục dòng chảy tự nhiên trong thời kỳ điều tiết hay mô hình mô phỏng [4, 2]. Ưu điểm của các phương pháp sử dụng mô hình mô phỏng để hoàn nguyên dòng chảy là có thể đánh giá tại rất nhiều điểm trên hệ thống sông cả khi có và không có số liệu thực đo, đánh giá được chi tiết theo từng giờ đối với các sự kiện cực đoan (như trận lũ). Ngược lại nhược điểm của chúng là cần rất nhiều công sức và số liệu để kiểm định, hiệu chỉnh mô hình, kết quả đánh giá phụ thuộc rất lớn vào số liệu đầu vào, chất lượng mô hình, kỹ năng của người sử dụng mô hình, vốn mang nhiều tính bất định. Gần đây, phương pháp đánh giá dựa trên các chỉ số biến đổi thủy văn IHA (*Indicators Hydrologic of Alteration Method*) được sử dụng rộng rãi

trong việc đánh giá sự biến đổi chế độ thủy văn dưới tác động của hồ chứa trên các lưu vực sông [5-9]. Ưu điểm của phương pháp này là tính đơn giản và tiết kiệm công sức, số liệu sử dụng trong đánh giá (trong trường hợp có trạm số liệu thực đo đủ dài) và giảm tính bất định của kết luận đánh giá. Nhược điểm là vẫn cần đến sự kết hợp các phương pháp tương quan, mô hình hóa trong các trường hợp thiếu hoặc không có số liệu thực đo, khó áp dụng để đánh giá đối với các sự kiện cực đoan (như lũ) hay điều tiết của hồ chứa thủy điện theo biểu đồ phụ tải ngày và khó phân tách tác động của hồ chứa với các tác động khác như thay đổi thảm phủ, sử dụng đất, điều kiện khí tượng, khí hậu. Do vậy, phương pháp này phù hợp cho các đánh giá nhanh, các kết luận liên quan đến các thông số thủy văn có thời đoạn từ ngày, tháng, mùa đến năm (như ảnh hưởng của chế độ thủy văn, thủy lực đến diễn biến hình thái sông, cửa sông, chế độ lưu lượng theo ngày của mùa lũ, mùa cạn).

Bài báo này trình bày các kết quả đánh giá sự biến đổi chế độ thủy văn hạ lưu sông Ba (tại Củng Sơn và đập Đồng Cam) dưới tác động của hệ thống hồ chứa thông qua 32 thông số biến đổi thủy văn IHA. Phương pháp chỉ số biến đổi thủy văn IHA và dữ liệu sử dụng cho đánh giá được tóm tắt ở mục 2. Mục 3 trình bày các kết quả tính toán cũng như các phân tích liên quan. Cuối cùng, một số kết luận và kiến nghị cho các nghiên cứu tiếp theo được đề cập ở mục 4.

2. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu đánh giá

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp chỉ số biến đổi thủy văn (Phương pháp IHA - *Indicators Hydrologic of Alteration Method*) được đề xuất đầu tiên bởi Richer và các cộng sự ở Hoa Kỳ vào năm 1996. Phương pháp này đề xuất sử dụng 32 thông số biến đổi thủy văn (IHA parameters) được chia làm 5 nhóm gồm các đặc tính về độ lớn dòng chảy, thời gian xuất hiện, thời gian duy trì, tần suất và cường độ biến đổi (bảng 2). Các thông số này được kỳ vọng sẽ đặc trưng hóa được một cách chi tiết chế độ thủy văn, phục vụ mục đích đánh giá sự biến đổi thủy văn của một con sông dưới tác động của các hoạt động nhân sinh đến hệ sinh thái thủy sinh và có thể cả hình thái lòng dẫn [6]. Việc đánh giá các chỉ số IHA được thực hiện qua 4 bước: xác định các chuỗi

dữ liệu trong thời gian trước và sau tác động của hệ thống hồ chứa; tính giá trị 32 thông số IHA cho mỗi năm; tính toán thống kê 32 thông số IHA cho thời kỳ nhiều năm; so sánh trước và sau tác động và kết quả là độ lệch tương đối giữa trước và sau khi có hồ chứa.

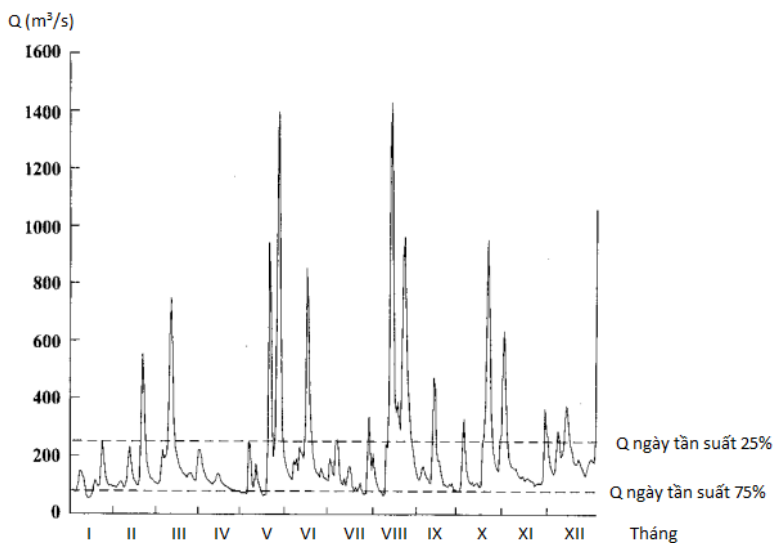
Cách xác định các thông số nhóm 4 và nhóm 5 được minh họa trên hình 2, hình 3. Các thông số nhóm 4: Số lần xuất hiện và thời gian duy trì các dòng chảy xung cao, thấp trong từng năm được xác định dựa trên trị số dòng chảy ngày tương ứng tần suất 25% và 75% trong thời kỳ chưa chịu tác động của hồ chứa. Các xung dòng chảy cao là dòng chảy ngày có trị số lớn hơn dòng chảy tần suất 25%, các xung dòng chảy thấp là dòng chảy ngày có trị số nhỏ hơn dòng chảy ngày tần suất 75%. Khoảng thời gian duy trì xung cao/thấp là trung bình các khoảng thời gian duy trì mỗi xung trong một năm (đơn vị ngày).

Bảng 2. 32 thông số biến đổi thủy văn

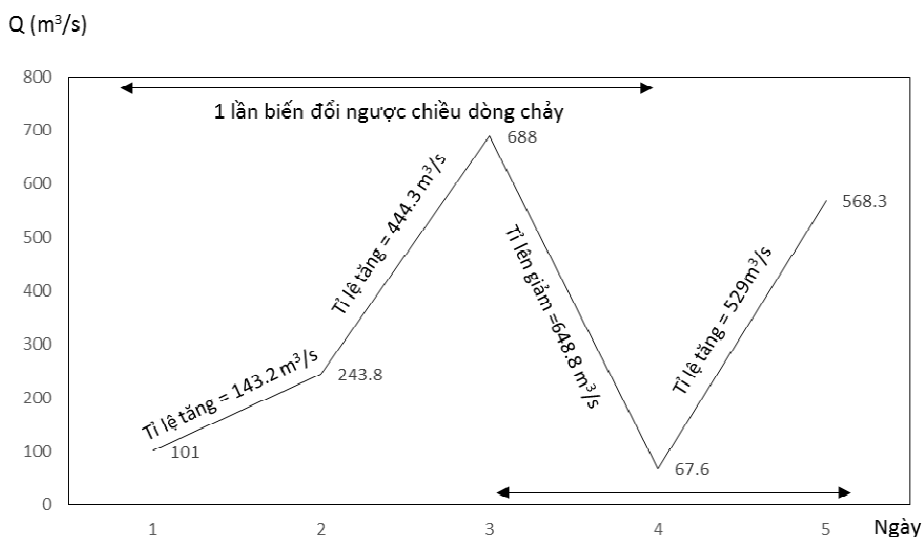
Nhóm các thông số IHA	Đặc tính	Thông số thủy văn
Nhóm 1: Độ lớn của dòng chảy hàng tháng (12 thông số)	Độ lớn Thời gian	Giá trị trung bình dòng chảy hàng tháng (12 tháng)
Nhóm 2: Độ lớn và khoảng thời gian của giá trị dòng chảy cực trị hàng năm (11 thông số)	Độ lớn Khoảng thời gian	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1, 3, 7, 30, 90 ngày liên tiếp nhỏ nhất năm ($Q_{min1}, Q_{min3}, Q_{min7}, Q_{min30}, Q_{min90}$) ▪ 1, 3, 7, 30, 90 ngày liên tiếp lớn nhất năm ($Q_{max1}, Q_{max3}, Q_{max7}, Q_{max30}, Q_{max90}$) ▪ Dòng chảy cơ sở (Q_{base}) (7 ngày nhỏ nhất chia cho dòng chảy trung bình năm)
Nhóm 3: Thời gian xuất hiện các giá trị dòng chảy cực trị hàng năm (2 thông số)	Thời gian	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ngày xuất hiện giá trị Q_{max1} trong năm (T_{max1}) ▪ Ngày xuất hiện của giá Q_{min1} trong năm (T_{min1}) (ngày thứ mấy trong tổng số ngày của năm)
Nhóm 4: Tần suất và khoảng thời gian của các xung dòng chảy cao và thấp (4 thông số)	Độ lớn Tần suất Khoảng thời gian	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Số lần xuất hiện xung cao mỗi năm ▪ Số lần xuất hiện xung thấp mỗi năm ▪ Khoảng thời gian duy trì xung cao mỗi năm ▪ Khoảng thời gian duy trì xung thấp mỗi năm
Nhóm 5: Tỷ lệ và tần suất của sự biến đổi dòng chảy (3 thông số)	Tần suất Tỷ lệ thay đổi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tỷ lệ giá trị dòng chảy tăng giữa các ngày liên tiếp ▪ Tỷ lệ giá trị dòng chảy giảm giữa các ngày liên tiếp ▪ Số lần dòng chảy biến đổi ngược chiều (FRC)

Cách xác định các thông số nhóm 4 và nhóm 5 được minh họa trên hình 2, hình 3. Các thông số nhóm 4: Số lần xuất hiện và thời gian duy trì các dòng chảy xung cao, thấp trong từng năm được xác định dựa trên trị số dòng chảy ngày tương ứng tần suất 25% và 75% trong thời kỳ chưa chịu tác động của hồ chứa. Các xung

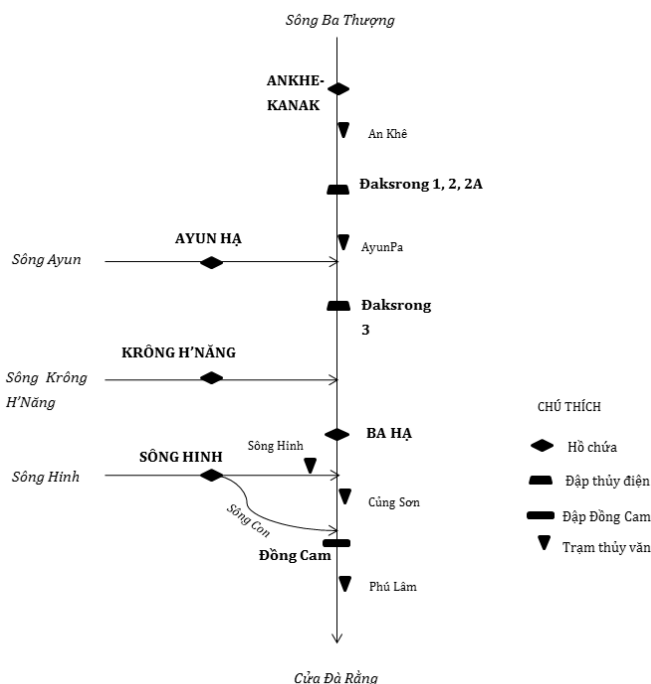
dòng chảy cao là dòng chảy ngày có trị số lớn hơn dòng chảy tần suất 25%, các xung dòng chảy thấp là dòng chảy ngày có trị số nhỏ hơn dòng chảy ngày tần suất 75%. Khoảng thời gian duy trì xung cao/thấp là trung bình các khoảng thời gian duy trì mỗi xung trong một năm (đơn vị ngày).



Hình 2. Cách xác định nhóm 4: xung dòng chảy cao, thấp.



Hình 3. Cách xác định các thông số nhóm 5: tỉ lệ sự biến đổi dòng chảy.



Hình 4. Sơ đồ hóa hệ thống đập, hồ chứa và trạm thủy văn trên lưu vực sông Ba.

2.2. Dữ liệu đánh giá

Chuỗi dữ liệu được đề xuất để đánh giá 32 thông số IHA cho mỗi thời kỳ là 20 năm [6]. Tuy nhiên, do tài liệu quan trắc thủy văn tại lưu vực sông Ba mới bắt đầu từ năm 1977 nên nghiên cứu phân tách thời kỳ dòng chảy chưa có hệ thống hồ chứa là *thời kỳ tự nhiên* (1977-1994) 18 năm và được chọn làm nền để đánh giá thay đổi dòng chảy trong các giai đoạn, thời kỳ điều tiết. Thời kỳ chịu tác động của hệ thống hồ chứa là *thời kỳ điều tiết* (1996-2014) 19 năm được chia thành các giai đoạn điều tiết tương ứng với thời gian các hồ chứa đi vào vận hành.

Dữ liệu được sử dụng để đánh giá là số liệu quan trắc dòng chảy ngày (m^3/s) tại trạm thủy văn Củng Sơn, tỉnh Phú Yên (hình 4) trong thời kỳ nhiều năm, kết hợp với số liệu quan trắc lượng mưa ngày của 7 trạm trong và lân cận lưu vực sông Ba đó là Pleiku, Sơn Hòa, Tuy Hòa, An Khê, Cheo Reo, M'dak, Buôn Hồ từ năm 1977 đến năm 2014 để tính lượng mưa bình quân lưu vực (BQLV). Lưu lượng xả phát điện

từng ngày tại nhà máy thủy điện Sông Hinh từ năm 2000 đến nay được thu thập bổ sung dòng chảy để đánh giá đến trước đập Đồng Cam.

3. Kết quả tính toán và phân tích đánh giá

Nghiên cứu sử dụng phần mềm IHA của The Nature Conservancy [10] để tính toán 32 thông số biến đổi thủy văn cho từng năm và tổng hợp cho từng thời kỳ (bảng 3). Tại trạm thủy văn Củng Sơn, các trị số ngưỡng của xung dòng chảy cao và thấp được xác định tương ứng là $847.4 m^3/s$ và $60.7 m^3/s$.

Để đánh giá chế độ thủy văn đến trước đập Đồng Cam, nghiên cứu đã tính toán bổ sung lưu lượng xả phát điện hồ chứa sông Hinh từ năm 2000 đến nay. Do dòng chảy được xả qua sông Con còn đáp ứng nhu cầu sử dụng nước phục vụ tưới tiêu cho khoảng 1472 ha vùng Sơn Giang-Sơn Thành và cấp nước cho sinh hoạt và công nghiệp trong khu vực [11] nên lưu lượng hồi quy về sông Ba trước đập Đồng Cam được ước tính còn khoảng 60%.

Bảng 3. Kết quả 32 chỉ số biến đổi thủy văn qua các giai đoạn, thời kỳ điều tiết so với thời kỳ tự nhiên

32 Chỉ số biến đổi thủy văn (IHA)	Tk Tự nhiên (1977-1994)		GĐ điều tiết 1 (1996-1999)		GĐ điều tiết 2 (2000-2008)				GĐ điều tiết 3 (2011-2014)				Tk điều tiết (1996-2014)		
	Tại Củng Sơn		Tại Củng Sơn		Tại Củng Sơn		Tại Đồng Cam		Tại Củng Sơn		Tại Đồng Cam		Tại Củng Sơn		
	TB (1)	Hệ số phân tán (2)	TB (1)	Độ lệch TB (%) (3)	TB (1)	Độ lệch TB (%) (3)	TB (1)	Độ lệch TB (%) (3)	TB (1)	Độ lệch TB (%) (3)	TB (1)	Độ lệch TB (%) (3)	TB (1)	Độ lệch TB (%) (3)	Độ lệch PT (%) (4)
Nhóm 1: Dòng chảy tháng (Q trung bình tháng)															
Tháng 1	146.7	0.3731	217.1	48.06	157	7.03	181.5	23.75	146	-0.4796	173.7	18.44	166.2	13.3	50.95
Tháng 2	83.77	0.2746	120.1	43.35	80.25	-4.196	100.5	19.95	73.19	-12.62	101.2	20.83	86.41	3.154	77.6
Tháng 3	53.11	0.2853	69.53	30.92	53.23	0.2332	74.6	40.47	58.33	9.833	87.25	64.29	58.27	9.725	46.06
Tháng 4	44.56	0.4083	81.63	83.2	43.73	-1.853	64.79	45.4	41.96	-5.835	69.35	55.65	51.15	14.79	68.61
Tháng 5	85.18	0.6755	148.2	73.93	102.4	20.2	123.3	44.7	100.4	17.86	129.4	51.97	111.4	30.77	-14.62
Tháng 6	144.4	0.698	134.2	-7.063	121	-16.19	139.8	-3.21	142.7	-1.17	165.3	14.42	130.7	-9.527	-2.68
Tháng 7	140	0.5144	122.4	-12.55	125.4	-10.42	141.3	0.9472	132.9	-5.068	149.1	6.506	127.1	-9.179	8.47
Tháng 8	247.4	0.5601	238.7	-3.54	235.5	-4.846	248.7	0.5095	276	11.53	291.3	17.74	248.9	0.6009	-41.87
Tháng 9	367.9	0.4229	342	-7.036	426.6	15.96	440.7	19.81	482.2	31.08	492.7	33.93	426.3	15.89	12.05
Tháng 10	768.8	0.5854	601.8	-21.72	569.2	-25.97	588	-23.52	632.3	-17.75	648.1	-15.7	596	-22.48	-13.85
Tháng 11	814.4	0.5902	1218	49.59	837.3	2.808	859.5	5.545	806.7	-0.9377	830.2	1.944	907.8	11.47	16.79
Tháng 12	370.9	0.7483	1025	176.3	450.7	21.49	478.2	28.92	282.1	-23.95	308.1	-16.93	518.3	39.73	21.89
Nhóm 2: Dòng chảy cực trị															
Qmin1	26.49	0.4003	38.93	46.92	24.99	-5.683	37.33	40.91	5.802	-78.1	23.49	-11.34	21.86	-17.48	143.1
Qmin3	27.06	0.3881	39.73	46.86	26.06	-3.682	40.54	49.85	13.47	-50.22	34.69	28.21	24.96	-7.738	108.4
Qmin7	28.7	0.381	42.56	48.26	27.83	-3.05	45.65	59.03	17.95	-37.46	42.79	49.08	27.81	-3.112	89.92
Qmin30	35.76	0.3302	53.42	49.4	39.11	9.38	58.71	64.18	34.09	-4.665	58.22	62.82	40.54	13.37	68.48
Qmin90	48.31	0.2862	79.02	63.57	51.66	6.936	72.77	50.63	52.96	9.621	81.17	68.01	57.83	19.71	74.51
Qmax1	5542	0.5784	5188	-6.391	4044	-27.02	4069	-26.58	4201	-24.2	4205	-24.12	4334	-21.78	3.543
Qmax3	3945	0.5411	3664	-7.119	3172	-19.6	3196	-18.99	3201	-18.87	3209	-18.65	3285	-16.74	3.916
Qmax7	2426	0.4976	2571	5.974	2155	-11.17	2180	-10.16	2004	-17.4	2018	-16.81	2195	-9.526	0.1526
Qmax30	1182	0.5111	1521	28.72	1163	-1.623	1183	0.1404	1116	-5.543	1131	-4.299	1223	3.526	-3.439
Qmax90	711.9	0.41	982	37.94	689	-3.213	709	-0.4074	692.6	-2.711	710.6	-0.1749	751.8	5.61	7.726
Dòng chảy cơ bản (Qbase)	0.1173	0.624	0.1291	10.13	0.1181	0.7076	0.1776	51.47	0.07891	-32.7	0.1632	39.15	0.108	-7.859	4.528

Nhóm 3: Thời gian xuất hiện dòng chảy cực trị															
T (Qmin1)	128.7	0.0709	146.5	9.745	136	4.007	122.6	3.339	115.3	7.286	153.3	13.48	131.7	1.649	14.84
T (Qmax1)	300	0.09041	326.8	14.62	300.6	0.3036	300.6	0.3036	286.2	7.559	286.2	7.559	301.5	0.834	23.98
Nhóm 4: Dòng chảy xung cao, xung thấp															
Số lần xuất hiện xung thấp (LPC)	6.056	0.3944	3.5	-42.2	6.333	4.587	4.556	-24.77	18.17	200	15.67	158.7	9.474	56.45	97.38
Khoảng thời gian duy trì xung thấp (LPD)	18.86	0.8357	16.94	-10.16	16.49	-12.59	11.29	-40.15	4.963	-73.69	2.705	-85.66	12.5	-33.73	-18.99
Số lần xuất hiện xung cao (HPC)	4.611	0.4151	4.75	3.012	4.667	1.205	4.444	-3.614	4.333	-6.024	4.333	-6.024	4.526	-1.839	32.02
Khoảng thời gian duy trì xung cao (HPD)	3.968	0.5026	7.092	78.73	4.56	14.93	4.943	24.57	4.824	21.58	4.869	22.7	5.244	32.16	-3.201
Nhóm 5: Tỷ lệ và tần suất biến đổi dòng chảy															
Tỷ lệ tăng	149	0.4582	151.8	1.933	120.9	-18.83	104.5	-29.82	96.18	-35.44	96.08	-35.5	119.6	-19.7	-6.046
Tỷ lệ giảm	-65.76	-0.4703	-81.74	24.31	-61.57	-6.373	-61.37	-6.666	-81.85	24.48	-82.19	24.99	-72.22	9.83	-1.996
BĐ ngược chiều (FRC)	99.17	0.1052	104	4.874	105.7	6.555	134.9	36.02	182	83.53	186.8	88.4	129.4	30.51	181.3

Chú giải bảng 3:

1. là trị số trung bình của các thông số IHA trong thời kỳ tự nhiên ($\overline{K_1}$) và các giai đoạn, thời kỳ điều tiết ($\overline{K_2}$)
2. là hệ số phân tán (hệ số biến đổi), phản ánh sự biến đổi các thông số IHA xung quanh trị số trung bình trong các thời kỳ tự nhiên
3. Độ lệch tương đối trị số dòng chảy trung bình các giai đoạn (chỉ số biến đổi), thời kỳ điều tiết so với thời kỳ tự nhiên

$$D_{tb} = \frac{\overline{K_2} - \overline{K_1}}{\overline{K_1} \cdot 100} \%$$

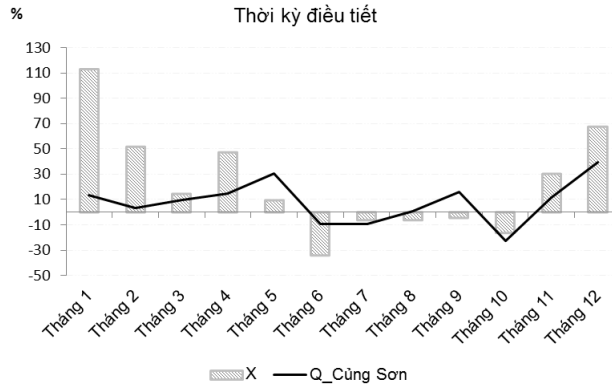
4. Độ lệch tương đối hệ số phân tán của các giai đoạn, thời kỳ điều tiết (C_{v2}) so với thời kỳ tự nhiên (C_{v1})

$$D_{\delta} = \frac{C_{v2} - C_{v1}}{C_{v1} \cdot 100} \%$$

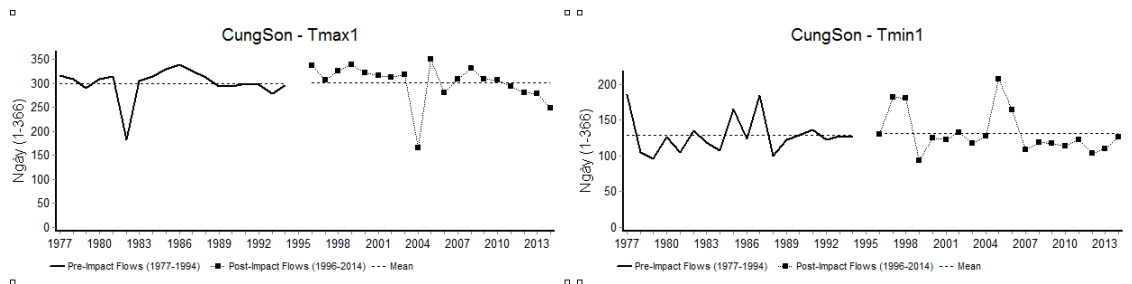
3.1. Đánh giá chế độ thủy văn tại Củng Sơn (1996-2014)

Nhóm các thông số dòng chảy tháng tại Củng Sơn có sự biến đổi. Trong thời kỳ có hồ chứa hoạt động, dòng chảy trung bình các tháng

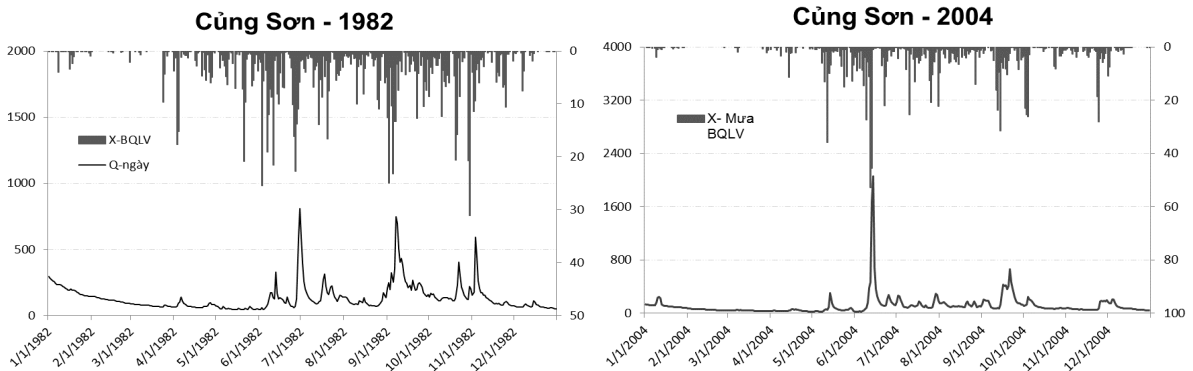
cuối mùa cạn (tháng VI, VII) có xu hướng giảm và hai tháng cuối mùa lũ lại có xu hướng tăng, tháng XII tăng đến 39% (hình 5). Tuy nhiên khi xét cùng với lượng mưa BQLV trung bình trong các tháng này cho thấy sự tăng giảm này đều tương ứng với sự tăng giảm của mưa.



Hình 5. Độ lệch tương đối lượng mưa BQLV- dòng chảy tháng tháng tại Củng Sơn.



Hình 6. Thời gian xuất hiện giá trị dòng chảy ngày lớn nhất Tmax1 và nhỏ nhất Tmin1.



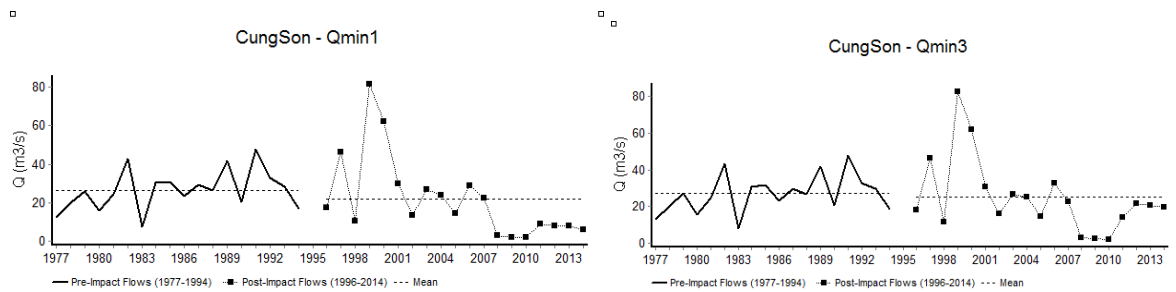
Hình 7. Diễn biến lưu lượng và mưa BQLV tại trạm Củng Sơn năm 1982, 2004.

Hồ chứa ít tác động đến thời gian xuất hiện dòng chảy cực đại hay cực tiểu tại Củng Sơn (hình 6) bởi trong cả hai thời kỳ, thời gian xuất hiện dòng chảy cực tiểu đều xuất hiện vào khoảng cuối tháng III/đầu tháng IV, dòng chảy cực đại xuất hiện vào cuối tháng X/đầu tháng XI. Riêng các năm 1982 và 2004, thời gian xuất hiện Qmax sớm bất thường (tháng VI, VII) được lý giải đây là các năm xuất hiện lũ tiểu mãn sau khi so sánh với diễn biến mưa BQLV (hình 7) [12].

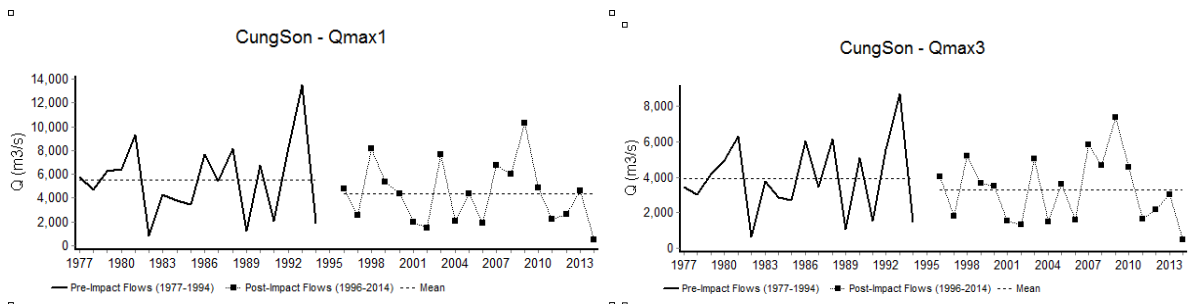
Trong thời kỳ điều tiết, dòng chảy nhỏ nhất trung bình 1, 3, 7 ngày đều giảm trong đó Qmin1 giảm tới 17% so với thời kỳ tự nhiên và có diễn biến phức tạp (hình 8). Riêng từ năm 1996 đến năm 1999 khi hồ Ayun Hạ mới đi vào vận hành, Qmin1 ngày tăng đến 47%, bởi hồ Ayun Hạ với mục tiêu chính là hồ thủy lợi, công suất xả trung bình 23 m³/s liên tục trong hơn chục năm nay với nhiệm vụ cung cấp nước tưới là chính [1] nên hồ có thể đã góp phần nâng cao dòng chảy nhỏ nhất mùa cạn, điều này có lợi cho việc sử dụng nước hạ lưu. Từ năm 2000 đến 2014 dòng chảy cực tiểu đều giảm rõ

rệt, đặc biệt trong giai đoạn điều tiết 3 (2009-2014) giảm tới 78% đã phản ánh tác động tiêu cực của hồ Ba Hạ, hồ Krông H' năng và hồ thượng nguồn An Khê-Kanak đến dòng chảy cực tiểu thời đoạn ngắn tại Củng Sơn. Thêm vào đó, hồ Sông Hình xả phát điện qua sông Con cũng là một trong những nguyên nhân làm thiếu hụt dòng chảy tại Củng Sơn.

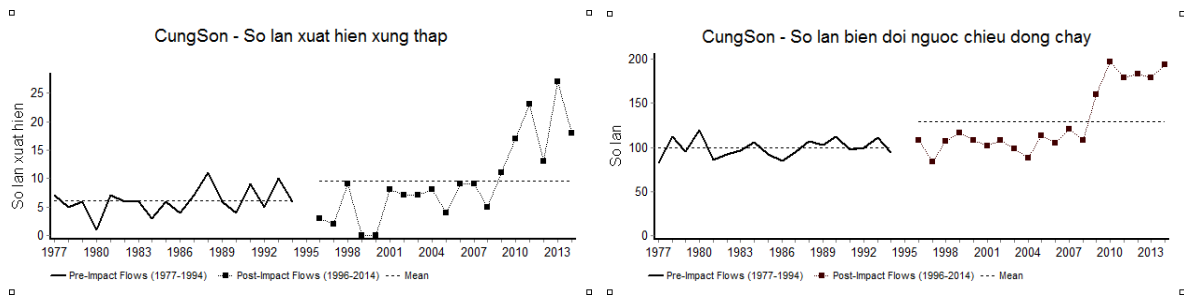
Nhóm thông số dòng chảy cực đại thời đoạn ngắn 1, 3, 7 ngày đều giảm trong đó Qmax1 giảm tới 21% cho thấy vai trò cắt giảm dòng chảy ngày cực đại của hồ chứa khi tính trung bình trong cả thời kỳ điều tiết. Tuy nhiên cần lưu ý trong trận lũ đầu tháng 11 năm 2009, Qmax1,3,7 ngày khi so sánh với Qmax1,3,7 ngày của lũ lịch sử năm 1993 tương ứng có tỷ lệ là 76%, 85% và 92% (hình 9). Trong khi tỷ lệ mưa mùa sinh lũ tương ứng (tính BQLV) Xmax1,3,7 ngày lại chỉ bằng 68%, 64% và 54%. Kết quả này đã phần nào phản ánh khả năng điều tiết có hạn của hồ chứa Ba Hạ đối với trận lũ năm 2009, là năm chưa có quy trình vận hành liên hồ mùa lũ (2010).



Hình 8. Diễn biến các giá trị dòng chảy 1, 3 ngày liên tiếp nhỏ nhất năm.



Hình 9. Diễn biến các giá trị dòng chảy 1, 3 ngày liên tiếp lớn nhất năm.



Hình 10. Số lần xuất hiện giá trị xung thấp và biến đổi ngược chiều dòng chảy.

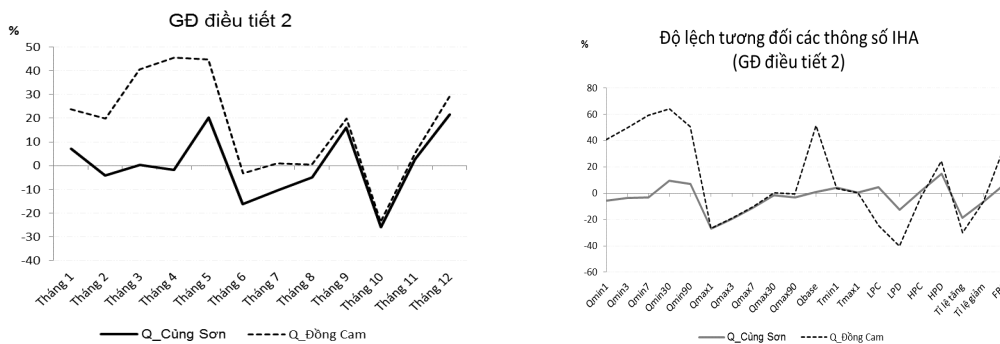
Trị số trung bình số lần xuất hiện các giá trị xung thấp ($Q < 60.7 \text{ m}^3/\text{s}$) trong thời kỳ điều tiết tăng đến 57% và độ phân tán tăng 97% (hình 10), trong khi đó trung bình khoảng thời gian xuất hiện xung thấp lại giảm từ 18 ngày xuống 12 ngày. Trị số trung bình số lần dòng chảy biến đổi ngược chiều thời kỳ điều tiết 1996-2014 tăng đến 30% so với thời kỳ tự nhiên từ 99 lần/năm lên 129 lần/năm. Kết quả này cho thấy tác động tiêu cực của hồ chứa đến dòng chảy thấp mùa cạn tại Củng Sơn.

Từ khi hồ Ba Hạ đi vào vận hành, do hồ có dung tích hữu ích nhỏ nhất trong các hồ nên khả năng giữ nước cho mùa cạn rất hạn chế, gần như phát điện phụ thuộc chủ yếu vào lưu lượng đến hồ nhưng lưu lượng xả phát điện tối thiểu $120 \text{ m}^3/\text{s}$, lưu lượng này khá lớn và không thể đáp ứng được trong mùa cạn [1]. Mùa cạn hồ chỉ xả từ 6-10h/ngày, cao nhất 14 giờ trong năm nhiều nước nên sự tăng liên tiếp về số lần xuất hiện, giảm mạnh về thời gian duy trì dòng chảy xung thấp và số lần biến đổi ngược chiều dòng chảy có sự tăng mạnh đột ngột từ năm 2008 là do điều tiết hồ chứa Ba Hạ tác động. Tuy năm

2010 đã có ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa sông Ba [13] nhưng chỉ áp dụng cho mùa lũ nên trong mùa cạn, việc điều tiết và phân phối dòng chảy vẫn còn nhiều bất cập.

3.2. Đánh giá chế độ thủy văn tại Đồng Cam (2000-2008)

Giai đoạn từ năm 2000-2008, hồ chứa Sông Hình đi vào vận đã xả nước qua tuabin phát điện vào sông Con, nhập lưu ở phía dưới trạm Củng Sơn. Vì vậy khi xét tới trước đập Đồng Cam, dòng chảy có sự gia tăng vào cả mùa cạn (tháng I-VIII) so với dòng chảy tại Củng Sơn (hình 11). Đặc biệt, các thông số dòng chảy cực tiểu như Q_{min30} tăng đến 64%, số lần xuất hiện dòng chảy xung thấp LPC giảm tới 40% so với thời kỳ tự nhiên. Dòng chảy cực đại tại Củng Sơn và Đồng Cam gần như ít biến đổi so với nhau nhưng so với thời kỳ tự nhiên lại có mức giảm tới 26%. Kết quả này cho thấy hồ Sông Hình đã tác động tích cực đến chế độ thủy văn hạ lưu sau hồ.



Hình 11. Độ lệch tương đối các thông số IHA tại Củng Sơn và Đồng Cam (2000-2008).

4. Kết luận và kiến nghị

4.1. Kết luận

Hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Ba là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến chế độ thủy văn hạ lưu. Các chỉ số biến đổi thủy văn IHA có ý nghĩa trong việc phân tích sự thay đổi chế độ thủy văn bằng chuỗi số liệu quan trắc lưu lượng ngày dựa trên 32 thông số thủy văn được đặc trưng bởi cường độ, tần số, thời gian duy trì, thời gian xuất hiện, và tốc độ thay đổi dòng chảy.

Kết quả nghiên cứu cho thấy dòng chảy hạ lưu tại trạm Củng Sơn dưới ảnh hưởng của hệ thống hồ chứa đến các thông số thủy văn thời kỳ 1996-2014 là có sự biến đổi. Vào mùa lũ, dòng chảy tăng vào hai tháng cuối mùa (tháng XI, XII) và dòng chảy cực đại 1 ngày giảm 21%. Vào mùa cạn, dòng chảy các tháng đầu mùa có xu hướng tăng nhưng lại giảm vào các tháng cuối mùa, dòng chảy cực tiểu thời đoạn ngắn giảm rõ rệt và số lần xuất hiện xung dòng chảy thấp tăng đến 57%. Sự hiện diện của hồ chứa đã góp phần cắt giảm dòng chảy ngày cực đại khi tính trung bình cho cả thời kỳ điều tiết nhưng lại tác động tiêu cực đến dòng chảy thời đoạn ngắn mùa cạn.

Từ năm 1995, hồ Ayun Hạ vận hành đã góp phần nâng cao dòng chảy mùa cạn. Từ năm 1999, hồ chứa Sông Hình vận hành xả nước phát điện qua sông Con (dưới trạm Củng Sơn) đã tác động tích cực đến chế độ thủy văn hạ lưu khi xét từ đoạn nhập lưu sông Con đến đập Đồng Cam. Đến năm 2008, hồ chứa Ba Hạ hoạt động điều tiết dòng chảy lại gây bất lợi cho hạ du vào mùa cạn.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở để đề xuất các biện pháp hỗ trợ phục hồi và quản lý như thay đổi quy trình điều tiết hệ thống hồ chứa nhằm đưa các thông số biến đổi thủy văn (IHA) nằm trong phạm vi cần đạt. Kết quả này cũng là bước đầu để đánh giá ảnh hưởng của hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Ba đến diễn biến hình thái cửa sông Đà Diễn.

4.2. Kiến nghị

Các chỉ số biến đổi thủy văn IHA được đề xuất với khoảng thời gian 20 năm cho mỗi thời

kỳ trước và sau khi có hồ chứa nhưng do số liệu quan trắc tại sông Ba chưa đáp ứng được nên trong tương lai có thể bổ sung bằng cách kéo dài số liệu. Ngoài ra, quy trình vận hành liên hồ chứa sông Ba mới được ban hành [14] nên chưa thể nêu lên được vai trò ở đây do chuỗi số liệu tính toán mới dừng ở năm 2014. Nghiên cứu chưa đề cập đến biến đổi dòng chảy giờ trong ngày để đánh giá khả năng điều tiết cắt giảm đỉnh lũ của hồ chứa. Các tác động của biến đổi khí hậu, thay đổi sử dụng đất và các hoạt động khác của con người chưa được phân tích rõ ràng và được giả thiết là nhỏ so với tác động của các hồ chứa trên lưu vực. Các kết luận liên quan đến hồ sông Hình dựa trên số liệu xả qua tuốc bin do cơ quan vận hành hồ cung cấp cho các cơ quan quản lý, chưa phải số liệu thực đo. Các vấn đề này sẽ được làm rõ trong các nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn

Nội dung bài báo là một phần kết quả của đề tài độc lập “Nghiên cứu cơ sở khoa học để xác định cơ chế bồi lấp, sạt lở và đề xuất các giải pháp ổn định các cửa sông Đà Diễn và Đà Nông tỉnh Phú Yên phục vụ phát triển bền vững cơ sở hạ tầng và kinh tế xã hội”, mã số ĐTĐL.CN.15/15. Bài báo được chỉnh sửa, bổ sung qua các góp ý của phản biện. Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ từ đề tài và của phản biện.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo tính toán và xây dựng quy trình vận hành liên hồ chứa các hồ sông Ba Hạ, Sông Hình, Krông H' năng, Ayun Hạ và An Khê - Ka Nak trong mùa cạn (2013).
- [2] Nguyễn Văn Tuấn, Bùi Nam Sách, Đào Xuân Thăng, Trần Thị Nhung (2014). Tác động của các công trình giao thông và hồ chứa thủy điện đến lũ vùng hạ du sông Ba. Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, số 45 (6/2014).
- [3] PECC1, Quy hoạch bậc thang thủy điện sông Ba, Hà Nội, 2002
- [4] Dương Thị Thanh Hương, Nguyễn Tiền Giang (2011), Thiết lập bộ mô hình mô phỏng phục vụ

- xây dựng quy trình vận hành hệ thống liên hồ chứa thủy điện trên lưu vực sông Ba, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Tập 27, số 1S, tr. 136-150.
- [5] Caruso, B.S., 2011. Hydrologic modification from hydroelectric power operations in a mountain basin. *Rivers Res. Appl.* 29 (4), 420–440.
- [6] Brian D. Richter, Jeffrey V. Baumgartner, Jennifer Powell And David P. Braun (1996). A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems. *Conservation Biology*, volum 10, no.4, August 1996: 1163-1174.
- [7] Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J. & Braun, D.P (1997). How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37: 231-249.
- [8] Brian D. Richter, Jeffrey V. Baumgartner, David P. Braun and Jennifer Powell (1998). A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. *Regulated Rivers: Research and Management* 14 (4), 329-340.
- [9] Fantin-Cruz, I., O. Pedrollo, P. Girard, P. Zeilhofer, and S.K. Hamilton. 2015. Effects of a diversion hydropower facility on the hydrological regime of the Correntes River, a tributary to the Pantanal floodplain, Brazil. *Journal of Hydrology* 531: 810-820.
- [10] The Nature Conservancy 2009. Indicators of hydrologic alteration, version 7.1. User's manual.
- [11] Bộ NN&PTNT, Quyết định số 1843/QĐ-BNN-XD. Quyết định bổ sung dự án sử dụng nước sau nhà máy thủy điện Sông Hinh, tỉnh Phú Yên.
- [12] Trung tâm khí tượng thủy văn Quốc gia. Đặc điểm khí tượng thủy văn năm 2004.
- [13] Số: 1757/QĐ-TTg (23/09/2010), Quyết định về việc ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa các hồ: sông Ba Hạ, Sông Hinh, Krông H'nh, Ayun Hạ và An Khê – Ka Nak trong mùa lũ hàng năm.
- [14] Số: 1077/QĐ-TTg (07/07/2014), Quyết định về việc ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Ba.

Assessment of Hydrologic Alterations Downstream of the Ba River Basin under the Impact of Reservoir System

Nguyen Tien Giang¹, Nguyen Thi Huong¹, Nguyen Viet^{1,3}, Tran Thiet Hung^{1,4},
Nguyen Ngoc Ha^{1,5}, Tran Ngoc Anh^{1,2}, Tran Ngoc Vinh^{1,2}

¹VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam

²Center for Environmental Fluid Dynamics, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi

³Financial Planning Services, Ministry of Agriculture and Rural Development, 2 Ngoc Ha, Ba Dinh, Hanoi

⁴Vietnam Academy for Water Resources, 171 Tay Son, Dong Da, Hanoi

⁵National Center for Water Resource Planning and Investigation, Ministry of Natural Resources and Environment, 93/95 Vu Xuan Thieu, Sai Dong, Long Bien, Hanoi

Abstract: This article presents the results of a current study, which uses the method of Indicators of Hydrologic Alteration (IHA), to assess the hydrologic alteration downstream of the Ba River caused by a reservoir system upstream. A “natural period” (1977-1994) was chosen as the base period to compare with the “regulated period” (1996-2014), using 32 IHA parameters. The results show that the reservoir system has made decrease in maximum daily flows but had a negative impact on the hydrologic regime in the dry season at Cung Son station. Within the regulated period, there were increases in downstream flows during the flood season in November, December and decreases in the mean annual 1-, 3-, 7-day maximum flow. The mean annual 1-day minimum flow decreased by 17% and low pulse counts flow increased by 57%. In contrast, the Hinh River's reservoir had a positive impact on the dry season flow downstream at the position in front of Dong Cam weir.

Keywords: Ba River, the reservoir, hydrologic regime, Indicators of Hydrologic Alteration (IHA).