

Bài báo khoa học

## Đánh giá các thay đổi dòng chảy trên dòng chính sông Mê Công và các giải pháp đảm bảo an ninh nguồn nước vùng ĐBSCL

Phan Trường Khanh<sup>1\*</sup>, Nguyễn Hồng Quân<sup>2,3</sup>, To Quang Toan<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Khoa Kỹ Thuật Công Nghệ Môi Trường, Trường Đại học An Giang – Đại học Quốc gia TPHCM; ptkhanhagu@gmail.com

<sup>2</sup> Viện Nghiên cứu Phát triển kinh tế tuần hoàn – Đại học Quốc gia TPHCM; nh.quan@iced.org.vn

<sup>3</sup> Trung tâm Quản lý nước và Biến đổi khí hậu, Viện Môi trường và Tài nguyên –Đại học Quốc gia TPHCM; nh.quan@iced.org.vn

<sup>4</sup> Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam; toan\_siwrr@yahoo.com

\*Tác giả liên hệ: ptkhanhagu@gmail.com; Tel.: +84-918440275

Ban Biên tập nhận bài: 12/4/2022; Ngày phản biện xong: 2/6/2022; Ngày đăng bài: 25/6/2022

**Tóm tắt:** Các phát triển ở thượng lưu sông Mê Công đang làm thay đổi dòng chảy, từ 2012 đến nay xuất hiện lũ nhỏ và mặn làm gia tăng các quan ngại về an ninh nguồn nước. Bài báo đánh giá các thay đổi dòng chảy trái qui luật trên sông Mê Công cả mùa lũ và mùa kiệt. Kết quả cho thấy, trước 2010 khi mà tác động thủy điện chưa đáng kể, dòng chảy năm lũ lớn 2000, tại Chiang Saen cao nhất 3.192 m<sup>3</sup>/s trong khi ở Kratie là 18.031 m<sup>3</sup>/s. Ở năm kiệt nước như 1998 là 2.560 m<sup>3</sup>/s tại Chiang Saen và 8.612 m<sup>3</sup>/s ở Kratie. Ở thượng nguồn hạn xuất hiện từ tháng 3, trong khi hạ nguồn vào tháng 4. Mùa lũ, lưu lượng tháng lớn nhất ở các trạm thượng nguồn thường xuất hiện sớm hơn các trạm hạ nguồn một tháng. Đỉnh lũ xuất hiện vào tháng 9 ở thượng nguồn trong khi ở hạ nguồn vào tháng 10. Sau 2010, do ảnh hưởng của thủy điện, mực nước trên dòng chính đã thay đổi đáng kể, dòng chảy kiệt bình quân tăng, tháng kiệt ở hạ lưu dịch sớm một tháng trùng với thời gian kiệt ở thượng lưu, đặc biệt lũ lớn chưa trở lại ở trạm đầu nguồn và cuối nguồn số năm lũ vượt mức báo động giảm. Bài báo cũng đưa ra các giải pháp để đảm bảo an ninh nguồn nước trên đồng bằng.

**Từ khóa:** An ninh nguồn nước; Dòng chảy mùa lũ; Dòng chảy mùa kiệt; Dòng chính sông Mê Công.

### 1. Mở đầu

Nước ngọt có vai trò quan trọng của sinh vật và xã hội loài người. Tuy nhiên, sự phân bố của nó không đồng đều trên trái đất dẫn đến sự cạnh tranh giữa những người dùng nước [1]. Xã hội ngày càng phát triển, nhu cầu nước ngày càng tăng [2]. Tính liên kết của môi trường, giao thông, năng lượng, lương thực và kinh tế...trong bối cảnh mới này đan xen với nước đang đặt ra nhiều khó khăn thách thức [3].

Lưu vực sông Mê Công có dân số và kinh tế ngày càng phát triển kéo theo nhu cầu về năng lượng ngày càng tăng, xây dựng thủy điện trong lưu vực để đáp ứng nhu cầu này [4]. Một số nước phát triển thủy điện như một con đường xóa đói giảm nghèo hoặc tối thiểu là một cách để cung cấp điện cho hàng triệu hộ gia đình trong khu vực vẫn chưa có điện [5]. Từ năm 1993-2005, hàng năm tăng 8% nhu cầu năng lượng, dự kiến sẽ tăng 6-7% mỗi năm vào năm 2025[6]. Sông Mê Công có tiềm năng thủy điện khoảng 176.350-250.000 MW. Bốn

quốc gia: Thái Lan, Việt Nam, Campuchia và Lào có tiềm năng thủy điện ước tính khoảng 50.000–64.750 MW, trong đó cung cấp 30.000 MW [7–8]. Tổng dung tích hữu ích của các hồ chứa trên Mê Công hiện nay vào khoảng 40 tỷ m<sup>3</sup> [9].

Trồng lúa là sinh kế chính của người dân trong vùng [10]. Tổng diện tích tưới tiêu cho trồng lúa ở sông Mê Công ước tính khoảng 4,3 triệu ha, trong đó Việt Nam chiếm 42%, Thái Lan 30%, Trung Quốc 12%, Campuchia 8%, Lào 7% và Myanmar là 2%. Diện tích được tưới thực tế ước tính khoảng 3,6 triệu ha. Ở hạ lưu vực, diện tích được tưới vào mùa khô khoảng 1,2 triệu ha, chưa đến 10% tổng diện tích nông nghiệp (15 triệu ha) [11]. Việc mở rộng canh tác nông nghiệp hiện nay trong lưu vực bị hạn chế bởi sự sẵn có của nước vào mùa khô [12]. Tổng lượng nước tưới tiêu ước tính là 62 km<sup>3</sup>, tương đương 13% lưu lượng hàng năm của sông Mekong, trong đó Việt Nam chiếm khoảng 52%, Thái Lan 29%, Trung Quốc 9%, Lào 5%, Campuchia 3 % và Myanmar 2% [13].

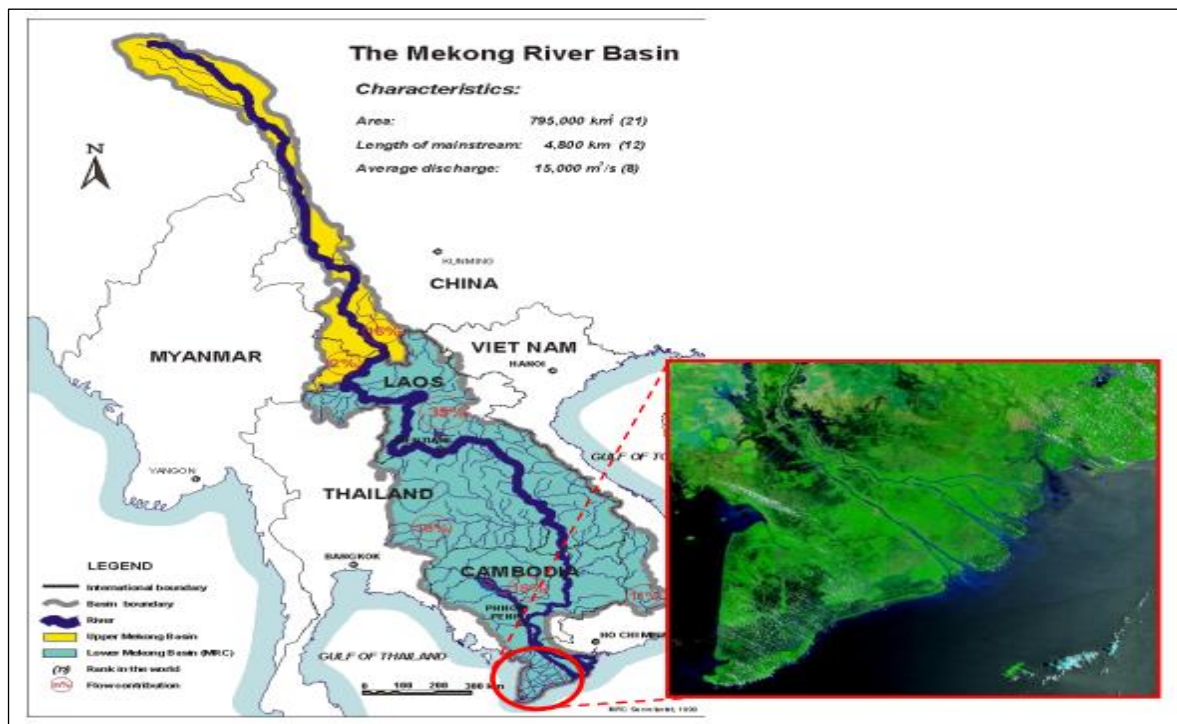
Trong vòng một thập kỷ qua rừng che phủ bị suy giảm đều trên toàn lưu vực như đồng bằng Korat thuộc các nhánh sông Mun và Chi ở Thái Lan, rừng che phủ giảm từ 42% trong năm 1961 đến 13% trong năm 1995 [11]. Theo WWF, hiện nay sông Mê Công có khoảng 98 triệu ha rừng tự nhiên. Tuy nhiên, diện tích này sẽ mất nhanh chóng nếu chúng ta không có biện pháp ngăn chặn [14]. Việc xây dựng các đập bậc thang ở Yunnan thuộc Trung Quốc và Luang Prabang, Sanakham thuộc Lào đã có bằng chứng làm thay đổi dòng chảy và tác động mạnh mẽ đến hạ lưu sông Mê Công [9, 11]. Một số quan ngại mùa khô có thể thiếu nước và mùa lũ có thể nhiều nước do các đập tích nước trong mùa khô để có thể chạy hết công suất máy và xả lũ trong mùa mưa để giảm nguy cơ vỡ đập [15].

Hiện có rất ít nghiên cứu về các cực trị thủy văn bị tác động bởi sự thay đổi lớp phủ trong lưu vực [11]. Tuy nhiên việc thay đổi lớp phủ thực vật vẫn đang diễn ra hàng năm, đặc biệt là việc biến mất một số lượng rất lớn rừng, đã làm suy giảm tiềm năng tích nước trong lưu vực và hệ quả là càng làm gia tăng các hiểm họa về lũ lụt và khô hạn [16]. Thủy điện đã ảnh hưởng đến chế độ thủy văn cũng như việc khí hậu ấm dần lên có thể làm dịch chuyển đường biên của các vùng đóng băng ở đồng bằng Tibet, Trung Quốc [9, 11]. “Hiệu ứng dòng chảy đói phù sa”– khiến nhiều hộ gia đình ở Thái Lan bị thua lỗ trong nông nghiệp, nhiều nông dân Việt Nam phải di cư nơi khác để tìm kiếm việc làm [17]. Việc tăng số đập sẽ dẫn đến thiệt hại ước tính khoảng 3.400 tấn phosphate mỗi năm ở đồng bằng ngập lũ sông Cửu Long, do đó, mỗi năm mất 24 triệu đồng để mua phân bón thay vì lượng phát phát [18]. Ở Việt Nam, bùn và đất sét ước tính giảm tương ứng 2,4 và 0,02 triệu tấn mỗi năm (tương ứng là 74% và 1%); sự giảm này sẽ dẫn đến giảm sản lượng gạo từ 2,3 đến 2,5% mỗi năm và trong sản xuất ngô từ 21 đến 22 phần trăm mỗi năm [18]. Theo Kiểm toán Nhà nước, tình trạng thiếu nước ở Việt Nam và Thái Lan có xu hướng gia tăng. Tại Việt Nam, lượng nước từ thượng nguồn đổ về Đồng bằng Sông Cửu Long năm 2020 thấp hơn 157 tỉ mét khối so với 2011. Theo dự báo, nếu cả 9 con đập ở Lào được xây dựng, lượng phù sa về đến ĐBSCL sẽ giảm còn 5–7% (10–13 triệu tấn/năm), Phù sa, bùn cát năm 2020 giảm 14 triệu tấn so với năm 2017 [19]. Với Thái Lan, số ngày có lượng nước ở mức cực thấp tại 6 trạm đo dọc sông Mekong từ năm 2019 tới nay đã tăng lên đáng kể so với giai đoạn trước đó [20]. Từ lũ 2016 đến nay, mực nước và lưu lượng tại các trạm trên dòng chính sông Mê Công luôn thấp hơn 1,0–4,0 m và 15–50% ở các tháng 6, 7 và 8 tương ứng so nhiều năm trước đây. Tuy nhiên, 2016 lưu lượng tháng 8 lại thấp hơn so năm 2015 và thấp nhất trong nhiều năm cùng kỳ [21]. Vào mùa kiệt, dòng chảy của sông Mê Công giảm mạnh, thấp nhất là tháng 3, tháng 4 lưu lượng chỉ 1.700 m<sup>3</sup>/s-2.500 m<sup>3</sup>/s [22], thấp hơn khoảng 30 lần so với đỉnh lũ [23]. Trong khi đó, nhu cầu nước ở ĐBSCL vào tháng 4 là 2.000 m<sup>3</sup>/s [24].

Nhận thấy tầm quan trọng của tài nguyên nước đối với người dân. Do đó, chúng ta cần phải đánh giá dòng chảy của sông Mê Công qua thời gian để làm cơ sở dữ liệu cho chính quyền địa phương và các nhà khoa học tìm các giải pháp phù hợp để đảm bảo an ninh nguồn nước cho hàng ngàn hộ dân sống dọc theo sông Mê Công.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu



Hình 1. Lưu vực sông Mê Công và Đồng bằng Sông Cửu Long.

Mê Công lớn nhất ở Đông Nam Á, bắt nguồn Tây Tạng, Trung Quốc chảy qua 6 quốc gia: Trung Quốc, Myanma, Lào, Thái Lan, Campuchia và Việt Nam trước khi đổ ra Biển Đông bằng 8 cửa sông. Chiều dài của sông 4.800 km, diện tích 795.000 km<sup>2</sup>, dòng chảy trung bình 15.000 m<sup>3</sup>/s (MRC, 2010). So các sông trên thế giới, Mê Công đứng thứ 8 về tổng lượng dòng chảy, thứ 12 về chiều dài và thứ 21 về diện tích. Sông Mê Công trải dài từ 90° đến 107° Kinh Đông, được chia thành hai vùng chính: Thượng lưu là phần diện tích ở Chiang Saen với chiều dài 2.200 km và diện tích 188.460 km<sup>2</sup> (Hình 1.). Hạ lưu có chiều dài là 2.600 km với diện tích 606.540 km<sup>2</sup> bao gồm 97% diện tích Lào (202.400 km<sup>2</sup>), 86% diện tích Campuchia (154.730 km<sup>2</sup>), 36% diện tích Thái Lan (184.200 km<sup>2</sup>) và 20% diện tích Việt Nam (65.170 km<sup>2</sup>).

### 2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Số liệu mực nước hàng ngày được thu thập từ 11 trạm khí tượng thủy văn trên dòng chính sông Mê Công từ trạm Chiang Saen đến trạm Kratie được Ủy hội sông Mê Công cung cấp. Số liệu lưu lượng được xây dựng từ đường tương quan mực nước và lưu lượng cho một số năm điển hình từ đường tương quan đó, ta tính được lưu lượng cho các năm khác tương ứng. Số liệu các trạm quan trắc dài nhất từ 1910 đến nay đó là trạm Stung Treng. Số liệu trạm ngắn nhất từ 1969 đến nay là trạm Nông Khai. Số liệu lưu lượng của 11 trạm được thống kê thành biểu bảng và một số trạm được biểu diễn bằng đồ thị.

## 3. Những thay đổi đặc trưng thủy văn giai đoạn trước và sau 2010

### 3.1. Các trạm thủy văn dòng chính

Bản đồ vị trí 11 đập thủy điện cùng vị trí các trạm thủy văn trên dòng chính được đưa ra ở Hình 2. Nghiên cứu phân tích chi tiết cho một số trạm này. Các trạm thủy văn dòng chính

được quản lý bởi các quốc gia thành viên (Việt Nam, Lào, Campuchia và Thái Lan) và chia sẻ số liệu với Ủy hội sông Mê Công.

### 3.2. Đặc trưng lưu lượng trước 2010

#### 3.2.1. Đặc trưng lưu lượng, lớn nhất, nhỏ nhất và trung bình

Các đặc trưng lưu lượng các trạm thủy văn dòng chính được đưa ra ở Bảng 1. Kết quả cho thấy, thay đổi lưu lượng lớn nhất trong năm ở các trạm dòng chính phía thượng nguồn là rất lớn, từ 23.500 m<sup>3</sup>/s vào mùa lũ năm 1996 tại trạm Chiang Saen, trung bình năm 2.655m<sup>3</sup>/s đến 78.093 m<sup>3</sup>/s tại trạm Stung Treng vào lũ năm 1939, trung bình năm 13.410m<sup>3</sup>/s. Lưu lượng mùa kiệt cũng thay đổi lớn dao động từ 199m<sup>3</sup>/s (04/1995) tại thượng nguồn Chiang Saen đến 1.076m<sup>3</sup>/s (04/1978) tại Kratie.

**Bảng 1.** Đặc trưng lưu lượng ngày ở các trạm dòng chính sông Mê Công.

Tên trạm	Lưu lượng trung bình (m <sup>3</sup> /s)	Lưu lượng lớn nhất (m <sup>3</sup> /s)	Ngày xuất hiện	Lưu lượng nhỏ nhất (m <sup>3</sup> /s)	Ngày xuất hiện
Chiang Saen	2.655	23.500	03/09/1966	199	11/04/1995
Luang Prabang	3.943	25.200	02/09/1966	485	26/04/1999
Chiang Khan	4.172	24.431	15/08/2008	716	01/04/2004
Vientiane	4.508	27.470	16/08/2008	602	05/04/1999
Nong Khai	4.500	25.100	01/09/1994	745	17/04/1995
Nakhon Phanom	7.583	35.321	05/09/1995	857	24/04/1989
Mukdahan	7.971	38.900	30/08/1923	958	06/04/1933
Khong Chiam	8.955	54.300	17/08/1978	1.230	12/04/1978
Pakse	10.108	56.000	17/08/1978	661	29/02/1996
Stung Treng	13.410	78.093	02/09/1939	855	02/05/1915
Kratie	12.973	67.320	03/09/1939	1.076	17/04/1960

Các đặc trưng lưu lượng trung bình năm theo giai đoạn và lưu lượng ở một số năm lũ lớn 2000, lũ trung bình 1999, lũ nhỏ 1998 được đưa ra ở Bảng 2. Lưu lượng bình quân hàng năm giai đoạn trước 1960 được xem là lớn hơn lưu lượng ở các giai đoạn sau (1961–2000; 2001–2010), có thể nói rằng độ che phủ mặt đệm ở lưu vực giai đoạn trước 1960 còn lớn nên khả năng giữ nước tốt hơn các giai đoạn sau.

**Bảng 2.** Đặc trưng lưu lượng trung bình hàng năm ở các trạm dòng chính sông Mê Công (Đơn vị: m<sup>3</sup>/s).

Tên trạm	Giai đoạn 1910–1960	Giai đoạn 1961–2000	Giai đoạn 2001–2010	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	1998	1999	2000
Chiang Saen	–	2.680	2.507	2.644	4.559	1.475	2.560	2.598	3.192
Luang Prabang	3.946	3.932	3.862	3.926	6.690	1.876	3.645	3.978	4.729
Chiang Khan	–	4.173	4.088	4.154	6.596	2.325	3.637	4.403	4.989
Vientiane	4.557	4.394	4.543	4.489	7.646	2.132	3.440	3.921	4.362
Nong Khai	–	4.500	4.423	4.482	6.896	2.408	4.006	4.667	5.221
Nakhon Phanom	7.695	7.130	8.692	7.550	12.192	3.831	6.151	7.892	10.257
Mukdahan	8.359	7.584	7.739	7.936	12.809	4.255	5.760	8.061	9.363
Khong Chiam	–	9.028	8.529	8.917	14.839	4.955	6.136	8.832	10.774
Pakse	10.387	9.759	10.064	10.065	16.439	5.480	7.202	10.197	12.666
Stung Treng	13.561	12.859	14.249	13.351	22.514	6.554	8.601	13.967	17.826
Kratie	13.252	12.612	12.944	12.923	21.469	6.634	8.612	14.301	18.031



Hình 2. Bản đồ các trạm thủy văn và thủy điện trên dòng chính.

Kết quả phân tích lưu lượng trung bình tháng lớn nhất (tháng 8, 9) và nhỏ nhất (tháng 3, 4) theo các giai đoạn và một số năm điển hình (lũ lớn 2000, lũ trung bình 1999 và lũ nhỏ 1998) ở các trạm thủy văn dòng chính được đưa ra ở

Bảng 3 và Bảng 4. Kết quả cho thấy lưu lượng lớn nhất dao động từ 10.000 m<sup>3</sup>/s đến 38.000 m<sup>3</sup>/s. Trong khi đó, lưu lượng tháng nhỏ nhất dao động từ 1.000 m<sup>3</sup>/s đến 1.800 m<sup>3</sup>/s. Và lưu lượng tháng 4 và tháng 9 ở các trạm Pakse, Stung Treng và Kratie đều cao hơn lưu lượng các trạm đầu nguồn Chiang Saen, Luang, Prabang ở hầu hết các giai đoạn và các năm lũ lớn, nhỏ, trung bình.

**Bảng 3.** Đặc trưng lưu lượng trung bình tháng lớn nhất ở các trạm dòng chính (Đơn vị: m<sup>3</sup>/s).

Tên trạm	Tháng	Giai đoạn 1910–1960	Giai đoạn 1961–2000	Giai đoạn 2001–2010	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	1998	1999	2000
Chiang Saen	8	–	6.435	5.692	6.312	10.995	2.860	7.077	5.545	6.356
Luang Prabang	8	10.982	9.893	10.085	10.253	16.906	3.934	9.724	8.933	9.478
Chiang Khan	8	–	10.496	10.322	10.456	18.123	5.142	9.281	8.884	9.772
Vientiane	8	12.595	10.905	11.833	11.828	19.677	4.760	9.022	7.839	8.996
Nong Khai	8	–	11.408	11.561	11.444	18.761	5.366	10.431	9.135	10.944
Nakhon Phanom	8	21.108	18.918	23.050	20.324	30.363	10.531	15.271	17.071	22.561
Mudahan	8	23.052	20.477	21.867	21.747	32.953	12.323	14.342	18.119	20.326
Khong Chiam	8	–	24.695	23.107	24.342	40.539	14.677	14.677	20.619	23.067
Pakse	9	28.676	26.353	26.820	27.409	40.031	16.327	20.929	29.013	36.392
Stung Treng	9	39.537	36.188	37.496	38.008	56.052	19.052	24.989	33.912	51.832
Kratie	9	38.259	35.786	35.653	36.823	51.529	18.993	24.905	34.802	50.580

**Bảng 4.** Đặc trưng lưu lượng trung bình tháng nhỏ nhất ở các trạm dòng chính (Đơn vị: m<sup>3</sup>/s).

Tên trạm	Tháng	Giai đoạn 1910–1960	Giai đoạn 1961–2000	Giai đoạn 2001–2010	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	1998	1999	2000
Chiang Saen	3	–	831	774	819	1.185	496	655	702	920
Luang Prabang	3	1.080	1.065	1.047	1.067	1.441	673	932	673	1.223
Chiang Khan	4	–	1.060	1.146	1.080	1.376	817	1.194	943	1.324
Vientiane	3	1.192	1.167	1.312	1.194	1.664	756	952	756	1.233
Nong Khai	3	–	1.177	1.305	1.207	1.564	971	1.119	971	1.354
Nakhon Phanom	4	1.437	1.543	2.156	1.568	2.577	976	1.852	1.592	2.236
Mudahan	4	1.536	1.572	1.811	1.584	2.303	1.006	1.655	1.514	1.927
Khong Chiam	4	–	1.838	2.149	1.907	2.422	1.372	1.783	1.789	2.112
Pakse	4	1.698	1.813	2.046	1.789	2.492	1.098	1.858	1.687	2.427
Stung Treng	4	1.784	2.002	2.950	1.986	3.444	1.043	2.033	2.388	3.056
Kratie	4	1.850	1.967	2.600	1.990	3.185	1.209	2.247	2.231	2.938

Kết quả ở Bảng 3 và 4 cũng cho thấy, mùa lũ lưu lượng tháng lớn nhất ở các trạm thượng nguồn từ Chiang Saen đến Khong Chiam thường xuất hiện sớm hơn các trạm hạ nguồn (Stung Treng đến Kratie) đến 1 tháng và được xem là sớm hơn so với lũ về ĐBSCL từ 1 đến 1,5 tháng (đỉnh lũ cuối tháng 9 và đầu tháng 10). Lưu lượng bình quân tháng lớn nhất được xem là nhỏ hơn đáng kể so với lưu lượng đỉnh lũ vào khoảng 40–90%. Trong đó các trạm ở



thượng nguồn (Chiang Saen) có khác biệt lớn hơn phản ánh lũ ở lưu vực nhỏ, thời gian ngắn. Các trạm ở hạ lưu (Kratie) có sự khác biệt ít hơn do lũ được điều tiết trên suốt chiều dài lưu vực trước khi về đến các trạm này.

Kết quả Bảng 4 cho thấy, lưu lượng tháng nhỏ nhất ở các trạm thượng nguồn từ Chiang Saen đến Nong Khai thường xuất hiện sớm hơn các trạm hạ nguồn (Nakhon Phanom đến Kratie) đến 1 tháng. Ở thượng nguồn hạn đã xuất hiện từ tháng 3, trong khi ở hạ nguồn phổ biến vào tháng 4. Lưu lượng bình quân tháng nhỏ nhất được xem là chỉ khác nhau vài chục, vài trăm đến khoảng 2.000 m<sup>3</sup>/s ở các trạm.

### 3.2.2. Đặc trưng lưu lượng theo các tần suất

Lưu lượng đỉnh lũ hàng năm của các trạm thủy văn trên dòng chính ứng với các tần suất được đưa ra ở bảng 4.

**Bảng 4.** Đặc trưng dòng chảy lớn nhất về các trạm thủy văn theo tần suất.

Tên trạm	Trung bình	Lưu lượng lớn nhất theo các tần suất (m <sup>3</sup> /s)							
		P <sub>1%</sub>	P <sub>2%</sub>	P <sub>5%</sub>	P <sub>10%</sub>	P <sub>25%</sub>	P <sub>50%</sub>	P <sub>75%</sub>	P <sub>85%</sub>
Chiang Saen	10.289	20.383	18.517	16.027	14.118	11.534	9.486	8.186	7.741
Luang Prabang	15.152	23.740	22.467	20.673	19.193	16.954	14.794	12.961	12.105
Chiang Khan	15.866	24.724	23.432	21.605	20.089	17.777	15.522	13.580	12.661
Vientiane	16.776	26.021	24.693	22.805	21.233	18.820	16.442	14.368	13.375
Nongkhai	16.727	26.048	24.692	22.772	21.179	18.746	16.370	14.319	13.347
Nakhon Phanom	25.961	39.932	37.978	35.183	32.833	29.185	25.524	22.262	20.670
Muk-dahan	28.424	43.622	41.512	38.487	35.939	31.969	27.968	24.382	22.623
Khong Chiam	34.107	52.724	50.078	46.308	43.157	38.296	33.471	29.227	27.178
Pakse	37.487	57.340	54.613	50.694	47.381	42.195	36.931	32.173	29.822
Stung Treng	53.741	82.690	78.636	72.839	67.969	60.408	52.830	46.082	42.790
Kratie	48.285	73.795	70.301	65.276	61.024	54.360	47.584	41.446	38.408

Đặc trưng dòng chảy bình quân năm của các trạm thủy văn trên dòng chính theo tần suất được đưa ra ở

Bảng 5. Có thể thấy rằng thủy điện được thiết kế với lưu lượng dòng chảy năm khá lớn, lớn hơn trung bình nhiều năm và tương đương với tần suất 5–10%, tương ứng với thời gian trở lại vào khoảng 10–20 năm (có tính đến điều tiết của thủy điện dòng nhánh) là nguyên nhân mực nước các trạm dòng chính thay đổi lớn những năm gần đây cả mùa lũ lẫn mùa kiệt.

**Bảng 5.** Đặc trưng dòng chảy bình quân năm về các trạm thủy văn theo tần suất.

Tên trạm	Đặc trưng dòng chảy bình quân năm theo các tần suất (m <sup>3</sup> /s)						
	1%	2%	5%	10%	50%	75%	85%
Chiang Saen	4.586	4.287	3.868	3.528	2.548	2.162	1.988
Luang Prabang	6.452	6.117	5.630	5.215	3.871	3.237	2.918
Chiang Khan	6.452	6.117	5.630	5.215	3.871	3.237	2.918
Vientiane	7.352	6.975	6.428	5.960	4.432	3.704	3.335
Nong Khai	7.354	6.975	6.423	5.951	4.421	3.696	3.330
Nakhon Phanom	12.391	11.750	10.821	10.025	7.447	6.227	5.610
Mudahan	12.968	12.311	11.354	10.532	7.841	6.551	5.894
Khong Chiam	14.626	13.872	12.777	11.840	8.797	7.355	6.625
Pakse	16.417	15.592	14.389	13.354	9.951	8.311	7.473
Stung Treng	21.798	20.698	19.095	17.717	13.195	11.023	9.915
Kratie	21.119	20.049	18.489	17.150	12.767	10.667	9.598

Đặc trưng lưu lượng trung bình tháng của các tháng lớn nhất và các tháng nhỏ nhất theo các tần suất ở các trạm thủy văn dòng chính được đưa ra ở các bảng dưới. Kết quả phân tích cho thấy giai đoạn trước 2010, khác biệt lưu lượng theo các tần suất và theo các năm ở tháng lũ và tháng kiệt nhất là khá lớn.

**Bảng 6.** Đặc trưng dòng chảy trung bình tháng lớn nhất về các trạm thủy văn theo tần suất.

Tên trạm	Đặc trưng dòng chảy trung bình tháng lớn nhất theo các tần suất (m <sup>3</sup> /s)							
	Tháng	1%	2%	5%	10%	50%	75%	85%
Chiang Saen	8	11.185	10.454	9.428	8.585	6.099	5.078	4.606
Luang Prabang	8	17.346	16.352	14.930	13.737	10.028	8.377	7.571
Chiang Khan	8	18.086	16.944	15.339	14.019	10.125	8.523	7.780
Vientiane	8	19.842	18.722	17.120	15.772	11.578	9.704	8.789
Nong Khai	8	19.985	18.762	17.023	15.572	11.141	9.216	8.291
Nakhon Phanom	8	33.691	31.869	29.245	27.022	19.968	16.731	15.123
Mudahan	8	36.020	34.079	31.283	28.911	21.373	17.905	16.180
Khong Chiam	8	40.451	38.240	35.061	32.373	23.892	20.030	18.120
Pakse	9	45.231	42.834	39.369	36.422	26.977	22.582	20.382
Stung Treng	9	62.658	59.353	54.572	50.500	37.424	31.321	28.260
Kratie	9	60.547	57.390	52.815	48.908	36.292	30.359	27.368

**Bảng 7.** Đặc trưng dòng chảy trung bình tháng nhỏ nhất về các trạm thủy văn theo tần suất.

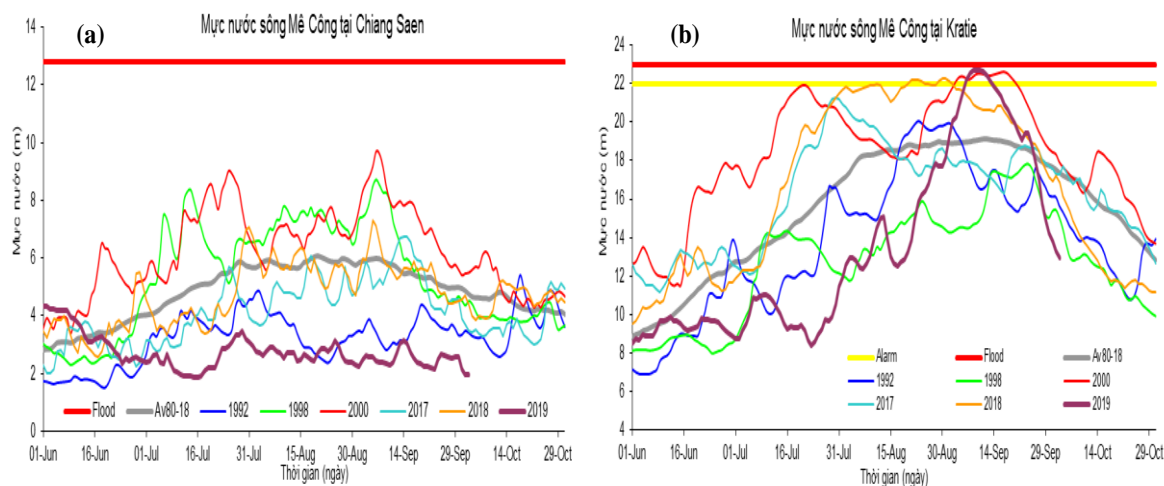
Tên trạm	Đặc trưng dòng chảy trung bình tháng nhỏ nhất theo các tần suất (m <sup>3</sup> /s)							
	Tháng	1%	2%	5%	10%	50%	75%	85%
Chiang Saen	3	1.340	1.272	1.172	1.087	808	675	608
Luang Prabang	3	1.749	1.659	1.529	1.417	1.053	881	793
Chiang Khan	4	1.762	1.673	1.544	1.433	1.068	892	802
Vientiane	3	1.952	1.853	1.709	1.585	1.179	986	887
Nong Khai	3	2.027	1.911	1.746	1.608	1.180	992	900
Nakhon Phanom	4	2.686	2.519	2.285	2.092	1.520	1.284	1.175
Mudahan	4	2.595	2.462	2.269	2.103	1.563	1.307	1.177
Khong Chiam	4	3.118	2.959	2.729	2.531	1.883	1.574	1.416
Pakse	4	2.943	2.789	2.567	2.377	1.764	1.475	1.330
Stung Treng	4	3.490	3.271	2.961	2.704	1.928	1.597	1.441
Kratie	4	3.427	3.209	2.905	2.655	1.925	1.629	1.493

### 3.3. Thay đổi dòng chảy những năm gần đây từ sau năm 2010

#### 3.3.1. Thay đổi dòng chảy mùa lũ

Từ sau 2010 đến nay, dòng chảy trên lưu vực có những thay đổi lớn, đặc biệt là từ khi các đập thủy điện lớn ở Trung Quốc được hình thành, thủy điện Xiaowan và Nuozhadu. Xu thế lũ ngày càng nhỏ đi và mất đi hình dạng lũ phổ biến trên lưu vực với 2 đỉnh (đỉnh lũ sớm và đỉnh lũ chính vụ), thay vào đó là hình dạng lũ phẳng chữ nhật hay hình thang. Do ảnh hưởng của thủy điện dòng chính và dòng nhánh, mực nước trên dòng chính đã thay đổi đáng kể, đặc biệt lũ lớn không còn xuất hiện ở trạm đầu nguồn Chiang Saen và cuối nguồn số năm lũ vượt mức báo động giảm.





Hình 3. (a) Diễn biến mực nước lũ trạm Chiang Saen; (b) Diễn biến mực nước lũ tại Kratie.

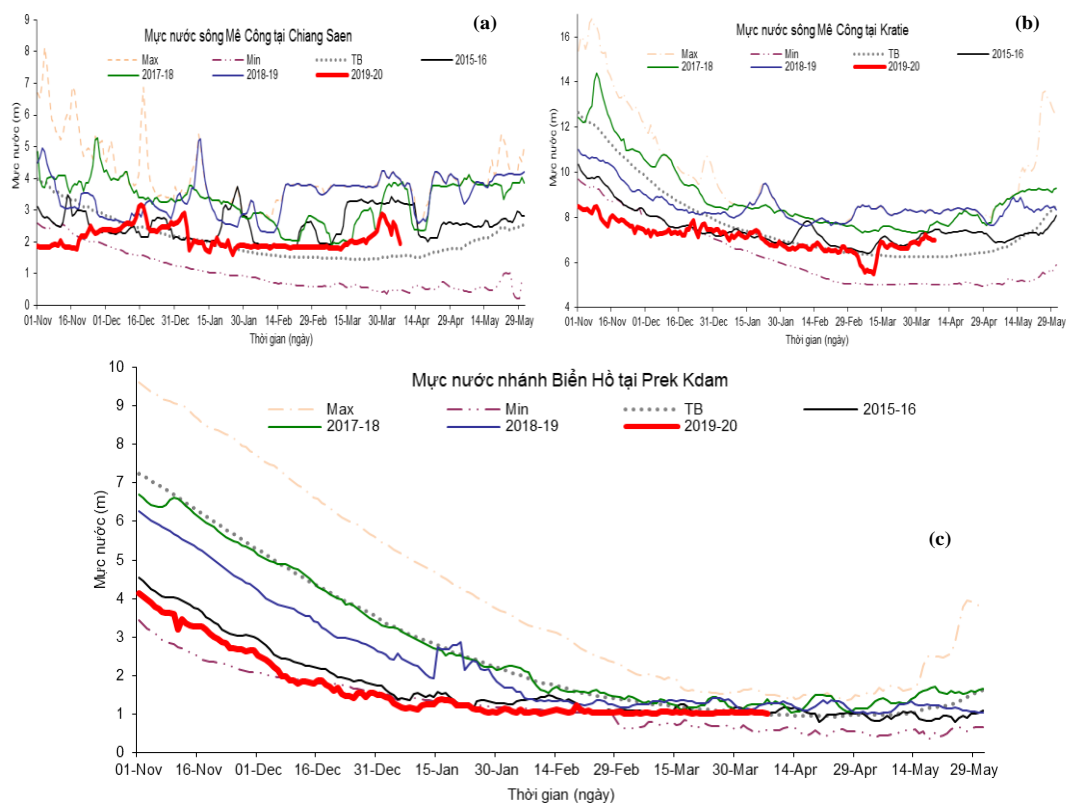
### 3.3.2. Thay đổi dòng chảy mùa kiệt

Cùng với sự gia tăng của thủy điện, dòng chảy mùa kiệt đã có những thay đổi tương ứng, lưu lượng đầu mùa khô giảm nhanh làm mặn đến sớm trên đồng bằng, lưu lượng kiệt nhất tại Kratie dịch chuyển về tháng 2 hoặc tháng 3 thay vì ở tháng 4 như trước đây (Hình 4). Kết quả cập nhật và phân tích các thay đổi dòng chảy các trạm thủy văn dòng chính lưu vực sông Mê Công được đưa ra ở bảng 8, trong đó:

- ntv: năm thủy văn bắt đầu từ đầu mùa lũ năm trước đến hết mùa kiệt năm kế tiếp;
- Qtbn: lưu lượng trung bình năm (tháng 1 đến tháng 12 cùng năm);
- QtbnTV: lưu lượng trung bình năm thủy văn (tháng tháng 6 năm trước đến hết tháng 5 năm sau);
- Qtbml: lưu lượng trung bình mùa lũ (tháng 6–tháng 11 ở năm trước);
- Qtbmk: lưu lượng trung bình mùa kiệt (từ 12 năm trước đến hết tháng 5 năm sau).

Bảng 8. Lưu lượng bình quân tháng ở trạm Kratie những năm gần đây.

Năm Tháng	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	3.278	4.518	3.349	5.076	4.157	3.132	4.847	5.089	5.240
2	2.603	3.555	3.022	3.841	3.286	3.037	3.598	4.214	4.064
3	2.449	3.218	2.892	4.033	3.266	2.613	4.392	3.545	4.900
4	2.874	3.322	2.745	4.199	4.135	3.404	4.655	4.132	4.823
5	4.621	4.343	4.339	4.634	4.136	3.296	6.811	5.970	4.945
6	10.553	10.341	7.333	9.615	5.532	5.997	13.310	11.275	6.655
7	24.905	16.535	16.169	25.583	10.721	15.276	25.656	27.460	7.566
8	43.085	26.901	33.118	39.165	22.959	20.623	33.934	52.899	18.527
9	47.933	29.868	38.769	27.517	22.642	28.917	28.979	41.434	43.239
10	36.822	15.525	27.388	17.391	16.248	20.192	21.773	15.121	8.777
11	14.922	7.123	13.150	8.321	6.373	11.764	12.554	8.118	4.318
12	6.758	4.631	7.646	5.503	3.842	6.954	7.523	5.168	3.468
Qtbnl	16.734	10.823	13.327	12.906	8.941	10.434	14.003	15.369	9.710
QtbnTV	9.917	16.994	10.606	13.780	12.673	8.650	11.169	13.890	15.454
Qtbml	29.703	17.715	22.655	21.265	14.079	17.128	22.701	26.051	14.847
Qtbmk	3.546	4.286	3.496	4.905	4.080	3.221	5.209	5.079	4.857



**Hình 4.** (a) Diễn biến mực nước mùa kiệt trạm Chiang Saen; (b) Diễn biến mực nước mùa kiệt trạm Kratie; (c) Diễn biến mực nước mùa kiệt trạm Prek Kdam.

Kết quả phân tích cho thấy tổng lượng dòng chảy chưa có những thay đổi lớn, tuy nhiên, có thay đổi đáng kể dòng chảy mùa lũ và dòng chảy mùa kiệt. Để làm rõ hơn các thay đổi này, những phân tích thay đổi tần suất dòng chảy dọc theo các trạm dòng chính ở phần dưới được thực hiện.

3.3.3. Phân tích các thay đổi dòng chảy trên lưu vực những năm gần đây theo tần suất

Phân tích lưu lượng bình quân các tháng, so sánh tính toán tần suất xuất hiện các lưu lượng này so với quá khứ được đưa ra ở bảng 9. Kết quả cho thấy, có sự gia tăng đáng kể dòng chảy mùa kiệt và mùa lũ khi mà tần suất dòng chảy trung bình năm vẫn ở mức trung bình nhiều năm tuy nhiên tần suất dòng chảy mùa lũ chỉ ở mức thấp. Tương tự, tần suất dòng chảy mùa kiệt lại lớn hơn, thậm chí vượt ra ngoài các mức đã xảy ra trước đây mặc dù tổng lượng dòng chảy năm chỉ ở mức bình quân nhiều năm.

**Bảng 9.** Phân tích tần suất dòng chảy trung bình năm ở những năm gần đây so với trước 2010 (Đơn vị: %).

Trạm	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CSE	12	#N/A	5	13	4	#N/A	32	53	#N/A
VTE	72	7	24	17	4	7	31	74	#N/A
NAK	97	43	68	62	35	43	93	95	4
MUD	93	8	26	24	5	7	44	86	#N/A
KHC	92	6	32	26	3	6	58	69	#N/A
PAK	#N/A	8	45	31	5	8	73	80	#N/A
STR	#N/A	26	77	68	6	23	90	96	12
KRA	97	15	59	48	2	11	70	90	5

Trong đó: CSE: Chiang Saen; VTE: Viên Chăn; NAK: Nakhon Panom; MUD: Mukdahan; KHC: Khong Chiam; PAK: Pakse; STR: Stung Treng; KRT: Kratie; #N/A: vượt ra ngoài lưu lượng đã xảy ra trước đây từ 1924–2010.

**Bảng 10.** Phân tích tần suất dòng chảy mùa kiệt ở những năm gần đây so với trước 2010 (Đơn vị: %).

Trạm*	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CSE	85	4	86	#N/A	#N/A	93	#N/A	#N/A	#N/A
VTE	67	34	59	#N/A	98	74	#N/A	#N/A	#N/A
NAK	95	94	96	#N/A	#N/A	96	#N/A	#N/A	#N/A
MUD	78	68	82	#N/A	97	83	#N/A	#N/A	#N/A
KHC	72	78	72	#N/A	86	68	#N/A	#N/A	#N/A
PAK	88	88	77	#N/A	98	76	#N/A	#N/A	#N/A
STR	96	99	95	#N/A	99	92	#N/A	#N/A	#N/A
KRA	79	97	77	#N/A	94	62	#N/A	#N/A	#N/A

\* Ký hiệu xem diễn giải ở Bảng trên

**Bảng 11.** Phân tích tần suất dòng chảy trung bình tháng ở Kratie những năm gần đây so với trước 2010 (Đơn vị: %).

Năm Tháng	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	43	91	47	97	87	33	97	97	98
2	59	98	88	#N/A	94	88	99	#N/A	#N/A
3	88	#N/A	97	#N/A	#N/A	95	#N/A	#N/A	#N/A
4	93	#N/A	92	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
5	89	88	88	89	83	63	98	97	92
6	61	61	34	55	14	20	78	66	28
7	74	25	23	75	6	21	75	83	2
8	89	20	38	79	4	3	42	99	2
9	96	17	65	6	3	13	13	74	82
10	98	5	78	19	9	33	42	3	2
11	91	6	82	20	4	66	76	17	2
12	85	21	97	53	5	87	97	43	2
Qtbn	97	15	59	48	2	11	70	90	5
QtbnTV	5	98	12	68	45	#N/A	19	68	90
Qtbml	3	98	7	48	33	1	5	50	84
Qtbnk	79	97	77	#N/A	94	62	#N/A	#N/A	#N/A

Kết quả cũng chỉ ra rằng những năm gần đây đã có thay đổi đáng kể đến dòng chảy năm, ngoại trừ năm 2011 là năm lũ lớn, tổng lượng lớn, đặc biệt ảnh hưởng lớn đến dòng chảy mùa kiệt các năm hạn. Kết quả là các năm 2015 và 2019 là những năm siêu hạn khi mà dòng chảy mùa lũ chỉ ở chiếm 2% và 5% số năm hạn, tương đương với tần suất lũ 98% và 95%, trong khi đó dòng chảy ở tháng kiệt, như tháng 3, trong các năm này lại ở mức rất cao, vượt ra ngoài tần suất dòng chảy đã xảy ra trước đó.

### 3.4. Giải pháp đảm bảo an ninh nguồn nước vùng ĐBSCL

Từ phân tích dòng chảy ở trên cho thấy, có sự thay đổi lớn lưu lượng vào mùa lũ và mùa kiệt về ĐBSCL. Những tác động này bao gồm cả các tác động do biến đổi khí hậu, nước biển dâng và các hoạt động phát triển trên lưu vực, đây được xem là những thách thức lớn đối với đồng bằng. Đặc biệt là hạn mặn xảy ra năm 2016 và 2020, làm ảnh hưởng đến đời sống và sản xuất của người dân, vì vậy cần thực hiện các giải pháp chủ động để bảo vệ an ninh nguồn nước, bao gồm cả các giải pháp công trình và phi công trình sau:

### 3.4.1. Giải pháp phi công trình

- Nâng cao nhận thức của cộng đồng và tăng cường năng lực thích ứng với các tác động của biến đổi khí hậu và phát triển thượng lưu, chung tay bảo vệ môi trường nước.
- Quy hoạch sử dụng đất, nước hợp lý, hỗ trợ các giải pháp sinh kế nhằm giảm thiểu thiệt hại cho các nhóm dễ bị tổn thương do BĐKH.
- Xây dựng và triển khai các giải pháp an sinh xã hội nhằm hỗ trợ cho người có ít diện tích đất, người nghèo có thu nhập thấp (day nghề, chuyển giao các tiến bộ kỹ thuật... cung cấp nước sạch cho vùng nông thôn).
- Chuyển đổi sản xuất và thời vụ canh tác, giảm tập trung nước các tháng kiệt, giảm phụ thuộc nước ngọt vùng ven biển, nâng cao hiệu quả sử dụng đất mùa lũ, rà soát qui hoạch sử dụng đất vùng lũ do xu thế lũ giảm.
- Tăng cường hợp tác quốc tế, chia sẻ các thông tin về nước và duy trì dòng chảy trên dòng chính giảm thiểu thiệt hại do hạn hán thiếu nước.

### 3.4.2 Giải pháp công trình

- Thay thế từng phần, chuyển đổi cách vận hành các công ngăn triều và kiểm soát mặn để chủ động về nước tưới.
- Liên kết các hệ thống thủy lợi nhỏ lẻ thành các hệ thống lớn hơn để đảm bảo chủ động nguồn nước trong các thời kì mặn có thể kéo dài.
- Bổ sung các trạm bơm có qui mô vừa và nhỏ cho các vùng ven biển để đáp ứng các yêu cầu về nước phục vụ sản xuất, bơm tưới, tiếp nước và gạn ngọt.
- Thiết lập các trạm quan trắc mực nước, độ mặn ở các hệ thống thủy lợi, tăng cường dự báo nguồn nước, xâm nhập mặn để phục vụ chỉ đạo điều hành sản xuất và vận hành của các công trình thủy lợi.
- Xem xét các giải pháp ngăn triều cường tại các cửa sông lớn (các cống Hàm Luông, Cỏ Chiên...).
- Điều tiết các hồ chứa thượng lưu, thương thảo lượng nước xả hợp lý nhằm giảm thiểu thiệt hại trên đồng bằng do hạn hán và xâm nhập mặn.

## 4. Kết luận

Trên cơ sở cập nhật, tổng hợp và phân tích các điều kiện tự nhiên, số liệu khí tượng thủy văn, phân tích các thay đổi dòng chảy những năm gần đây trên lưu vực sông Mê Công, một số kết luận được đưa ra dưới đây:

- Trước 2010, các tác động của thủy điện chưa rõ rệt, dòng chảy còn xem là khá tự nhiên, dòng chảy kiệt về đồng bằng thường xuất hiện vào tháng 3 ở thượng nguồn và vào tháng 4 ở hạ nguồn, lưu lượng tháng kiệt nhất tại Kratie chỉ đạt 1.208 m<sup>3</sup>/s.
- Giai đoạn sau 2010 đến nay, dòng chảy xuống hạ lưu đã có thay đổi đáng kể, dòng chảy kiệt nhất trong năm xuất hiện sớm hơn, ở tháng 2 hoặc tháng 3. Tổng lượng dòng chảy kiệt thường lớn hơn nhiều so với trước 2010, lưu lượng bình quân các tháng phổ biến ở mức tần suất < 10% hoặc chưa từng xảy ra trước đó, lưu lượng tháng kiệt nhất ở hạn lịch sử năm 2016 cũng đạt 2.613 m<sup>3</sup>/s.
- Các tác động do thủy điện đã và sẽ góp phần làm thay đổi lớn lượng phù sa và chế độ dòng chảy. Cần thiết nghiên cứu mức độ thay đổi để chủ động các giải pháp thích ứng và chiến lược phát triển phù hợp với điều kiện mới này.
- Nhìn chung dòng chảy thay đổi theo hướng tích cực, mùa lũ giảm, mùa cạn tăng, tuy nhiên các thay đổi dòng chảy là trái qui luật tự nhiên, không được cảnh báo trước và khó lường, là mối đe dọa đến an ninh nguồn nước trên đồng bằng và làm gia tăng các thiệt hại về hạn mặn ở những năm này, rất cần các giải pháp chủ động an ninh nguồn nước trong những trường hợp như vậy.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.T.K.; N.H.Q.; Xử lý số liệu: V.Q.T.; N.H.Q.; Viết bản thảo bài báo: P.T.K.; V.Q.T.; Chỉnh sửa bài báo: V.Q.T.; N.H.Q.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Đại học Quốc gia TP.HCM, mã số B2020\_16\_03. Bên cạnh đó, tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ Ban Giám hiệu và Ban Khoa học công nghệ Đại học Quốc gia TPHCM; Phòng Quản lý Khoa học và Ban Giám hiệu trường Đại học An Giang đã tạo điều kiện thuận lợi để nhóm thực hiện thành công nghiên cứu này.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể của các tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

### Tài liệu tham khảo

- Schmeier, S.; Hartog, J.; Kortlandt, J.; Meijer, K.; Meurs, E.; Sasse, R.; ter Horst, R. Water scarcity and conflict: Not such a straightforward link. *ECDPM Great Insights magazine* 2019, 8(4). <https://ecdpm.org/great-insights/complex-link-climate-change-conflict/water-scarcity-conflict/>.
- Okello, C.; Tomasello, B.; Greggio, N.; Wambiji, N.; Antonellini, M. Impact of Population Growth and Climate Change on the Freshwater Resources of Lamu Island, Kenya. *Water* **2015**, 7(3), 1264–1290. <https://doi.org/10.3390/w7031264>.
- Jury, W.; Vaux, H. The role of science in solving the world's emerging water problems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2005**, 102(44), 15715–15720. <https://doi.org/10.1073/pnas.0506467102>.
- Ngoc, T.T.H.; Khanh, P.T. Transboundary Issues of Water Governance in Mekong River Basin. *Int. J. Adv. Sci. Technol.* **2020**, 29(8s), 4290–4305.
- WWF. Challenges of Hydropower and infrastructure. 2020. [http://greatermekong.panda.org/challenges\\_in\\_the\\_greater\\_mekong/infrastructure\\_development\\_in\\_the\\_greater\\_mekong/](http://greatermekong.panda.org/challenges_in_the_greater_mekong/infrastructure_development_in_the_greater_mekong/).
- ICEM. Strategic Environmental Impact Assessment for Hydropower on the Mekong Mainstream. Final Report, prepared for the Mekong River Commission, Hanoi. 2010. <http://www.mrcmekong.org/ish/SEA/SEA-Main-Final-Report.pdf>.
- MRC. IWRM-based Basin Development Strategy for the Lower Mekong Basin. Fourth draft. Mekong River Commission, 2010.
- CGIAR Challenge Program on Water and Food. “CPWF Mekong”. Truy cập ngày 19 tháng 5 năm 2018.
- Toản, T.Q.; Thắng, T.Đ.; Thuận, P.K. Phân tích các ảnh hưởng của các hồ đập thượng lưu đến thay đổi thủy văn dòng chảy mùa khô về châu thổ Sông Mekong. *Tap chí Khoa học và công nghệ thủy lợi và Môi trường* **2016**, 52, 37–43.
- CDRI. Cambodia's Development Policy Research Institute. Framing research on water resources management and governance in Cambodia: a literature review. Working paper 37, 2008. <http://www.cdri.org.kh/webdata/download/wp/wp37e.pdf>. Accessed on 06/12/2010.
- MRC. Overview of the Hydrology of the Mekong Basin. MRC, Vientiane, Laos, 2005.
- Le, T.A. Water balance for agriculture production in the dry seasons of the Mekong River Delta in Vietnam. *VN J. Sci. Technol. Eng.* **2020**, 62(3), 56–61. Doi:10.31276/VJSTE.62(3).56-61.
- FAO. Mekong river basin. 2011. [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/basins/mekong/mekong-CP\\_eng.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/basins/mekong/mekong-CP_eng.pdf)

14. Trung, T. Nguy cơ mất diện tích rừng ở tiểu vùng sông Mekong. 2013. <https://vnexpress.net/nguy-co-mat-dien-tich-rung-o-tieu-vung-song-mekong-2743395.html>.
15. Anh, H. Mực nước sông Mekong thấp nhất 6 thập kỷ và mối lo từ đập thủy điện Trung Quốc. 2022. <https://vov.vn/the-gioi/quan-sat/muc-nuoc-song-mekong-thap-nhat-6-thap-ky-va-moi-lo-tu-dap-thuy-dien-trung-quoc-post922892.vov>.
16. WWF. Biến đổi khí hậu lưu vực sông Mekong. 2009. [http://awsassets.panda.org/downloads/climate\\_change\\_document.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/climate_change_document.pdf).
17. Thắng, H. Hiệu ứng dòng nước đói bào mòn đời sống người dân lưu vực sông Mekong. 2021. <https://thesaigontimes.vn/hieu-ung-dong-nuoc-doi-bao-mon-doi-song-nguoi-dan-luu-vuc-song-mekong/>.
18. Bộ Tài nguyên và Môi trường (Bộ TN&MT). Study on the Impacts of Mainstream Hydropower on the Mekong River, 2015. <https://mekongeye.com/wp-content/uploads/sites/2/2016/04/MDS-Final-Project-Report-Eng.pdf>.
19. Quang, N.M. ĐBSCL trước nguy cơ mất an ninh nguồn nước: Nguyên nhân và thách thức. *Tap Chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam* 2020. <https://vjst.vn/vn/tin-tuc/2723/dbscl-truoc-nguy-co-mat-an-ninh-nguon-nuoc--nhung-nguyen-nhan-va-thach-thuc.aspx>.
20. Uyên, N. Chất lượng nước lưu vực sông Mê Công đang có dấu hiệu ô nhiễm. 2021. <https://cand.com.vn/binh-luan-quoc-te/chat-luong-nuoc-luu-vuc-song-me-cong-dan-g-co-dau-hieu-o-nhiem-i637792/>.
21. Trí, Đ.Q.; Huệ, L.T. Mô hình hóa dự báo dòng chảy lưu vực sông Mê Công, Việt Nam. Hội nghị khoa học – Khí tượng thủy văn và hải dương học, Khoa khí tượng thủy văn phát triển và hội nhập, 2016.
22. Tuan, L.A.; Hoanh, C.T.; Miller, F.; Sinh, B.T. Floods and Salinity Management in the Mekong Delta, Vietnam, The Sustainable Mekong Research Network (Sumernet)'s publication, Stockholm, Sweden, 2008.
23. ADB and SEI. Strategic environmental framework: Integrating development and environment in the transport and water resources sectors, 2002.
24. Eslami, S.; Hoekstra, P.; Kernkamp, H.W.J. Trung, N.N.; Duc, D.D.; Quang, T.T.; Februarianto, M.; Dam Van A.; Van der Gets, M. Flow division dynamics in the Mekong Delta: application of a 1D–2D coupled model. *Water* 2019, 11(4), 1–25.

## **Assessment of flow changes on the mainstream of the Mekong River and solutions to ensure water security in the Mekong Delta**

**Phan Truong Khanh<sup>1\*</sup>, Nguyen Hong Quan<sup>2,3</sup>, To Quang Toan<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Environment Technology Engineering, University of An Giang – Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam; [ptkhanhagu@gmail.com](mailto:ptkhanhagu@gmail.com);

<sup>2</sup> The Institute for Circular Economy Development (ICED)–Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam; [nh.quan@iced.org.vn](mailto:nh.quan@iced.org.vn)

<sup>3</sup> Center for Water Management and Climate Change, Institute of Environment and Natural Resource –Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam;

<sup>4</sup> Southern Institute of Irrigation Science; [toan\\_siwrr@yahoo.com](mailto:toan_siwrr@yahoo.com)

**Abstract:** Agricultural and hydropower developments in the upper of Mekong River have been significantly changing the flow. From 2012 to present, the appearance of drought and salinity, are raising concerns about water security in the delta. The article evaluated the

changes of irregular flow changes on the mainstream of the Mekong River in both the flood and dry season. Results showed that before 2010, when the hydroelectric impact was not significant, the flow in 2000– big flood, at Chiang Saen station the highest flow was 3,192 m<sup>3</sup>/s while at Kratie station was 18,031 m<sup>3</sup>/s. In the drought year (1998) with only 8,612 m<sup>3</sup>/s in Kratie and 2,560 m<sup>3</sup>/s at Chiang Saen station was observed. Upstream drought appeared during March, while downstream it was common in April. During flood season, the largest monthly discharge at upstream stations usually occurred earlier than stations at downstream up to one month. The flood peak occurred during September at upstream while the flood peak occurred in downstream during October. After 2010, due to the influence of hydropower, the water level on the main stream has changed significantly. Especially large floods, no longer occurs in the watershed of Chiang Saen. Since many years the flood exceeds the alarm level is reduced in downstream. The study has proposed solutions to ensure water security in the delta.

**Keywords:** Water Security; Discharge in flood season; Discharge in dry season; The mainstream of the Mekong River.