

## MỐI QUAN HỆ GIỮA NƯỚC-NĂNG LƯỢNG CỦA HỆ THỐNG HỒ CHỨA ĐA MỤC TIÊU TRÊN LƯU VỰC SÔNG BÉ

Nguyễn Thị Thùy Linh<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Với nguồn tài nguyên nước ngày càng hạn chế và mức tiêu thụ nước ngày càng tăng, chuyển đổi mục đích sử dụng nước là một trong những phương pháp quản lý cần được xem xét để cải thiện tình trạng thiếu nước và giúp phát triển bền vững. Điều này đòi hỏi một yêu cầu cấp thiết về sự phù hợp quản lý tài nguyên nước trong mối tương tác giữa Nước và Năng lượng (W-E). Nghiên cứu này đánh giá các chính sách phát điện của hệ thống hồ chứa bậc thang trên lưu vực sông Bé về an ninh cấp nước (W) và sản xuất năng lượng (E). Mô hình mô phỏng phân bổ nước tổng quát (Generalized Water Allocation Simulation Model) đã được áp dụng để mô phỏng việc sử dụng và phân phối nước của một hệ thống phức hợp bao gồm phát điện và cấp nước. Các phương án được đề xuất bằng việc thay đổi số giờ phát điện hàng tháng đã được mô hình hóa và so sánh. Kết quả chứng minh rằng việc thỏa hiệp giữa việc phát điện và cấp nước có thể giúp giảm thiểu mức độ trầm trọng của tình trạng thiếu nước. Nghiên cứu cung cấp cái nhìn tổng thể về hiệu suất hoạt động của hệ thống hồ chứa bậc thang đa mục tiêu trên lưu vực sông Bé, đồng thời góp thêm cơ sở khoa học trong việc nâng cao hiệu quả quản lý vận hành liên hồ chứa nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về nước và năng lượng ở Việt Nam.

**Từ khóa:** Cung cấp nước, phát điện, thiếu hụt, đa mục tiêu, hồ chứa bậc thang, mô phỏng, lưu vực sông Bé.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dân số và kinh tế tăng nhanh làm tăng nhu cầu về nước, năng lượng và nguồn thực phẩm (Water-Energy-Food). Do đó, sự phụ thuộc lẫn nhau của nước và năng lượng trở nên ngày càng phức tạp và cần được xem xét thận trọng. Tương tác phức tạp này được coi là một trong những thách thức để đạt được các mục tiêu phát triển bền vững (Hellegers và cộng sự, 2008; Bazilian và cộng sự, 2011; Scott và cộng sự, 2011; Hussey và cộng sự, 2012). Sự cần thiết phải xây dựng quy trình vận hành hồ chứa toàn diện, cân bằng các mục tiêu và giảm thiểu các tác động tiêu cực để đạt được sự phát triển bền vững. Mặc dù có một số nghiên cứu trước đây đã điều tra nghiên cứu về giảm thiểu thiệt hại do hạn hán gây ra (Vu và cộng sự 2015; Nội và cộng sự, 2015; Lê và cộng sự 2016; Trương và cộng sự, 2018) nhưng nghiên cứu về tương tác của năng lượng và nước để giảm thiểu thiệt hại do hạn hán hiếm khi được xem xét. Trong

nghiên cứu này, Mô hình mô phỏng phân bổ nước tổng quát (GWASIM) (Chou và cộng sự, 2010) được lựa chọn để mô tả chính xác và chi tiết hệ thống tài nguyên nước của lưu vực sông Bé. Các tương tác phức tạp của nước và năng lượng trong hệ thống hồ chứa được mô phỏng và phân tích trên cơ sở thay đổi các kịch bản về số giờ phát điện hàng tháng. Kết quả nghiên cứu góp thêm cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp thỏa hiệp giữa phát điện và cấp nước.

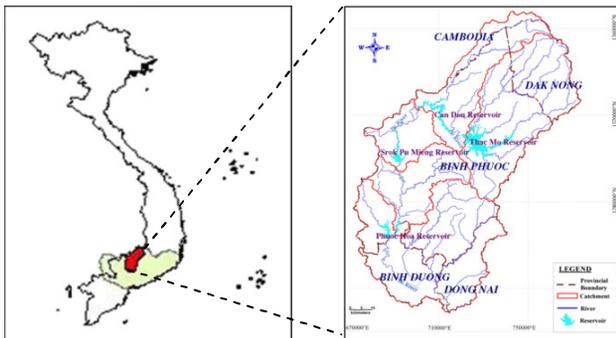
### 2. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU

Hạn chế về nguồn nước và chi phí cấp nước khổng lồ khiến chúng ta phải nâng cao hiệu quả quản lý nước và vận hành các nguồn nước sẵn có (Bozorg Haddad và Marino 2007). Tác động của biến đổi khí hậu đối với chu kỳ thủy văn làm thay đổi sự phân bố của dòng chảy trong tương lai theo không gian và thời gian, điều này có thể dẫn đến gia tăng căng thẳng trong việc quản lý tài nguyên nước. Do đó, điều quan trọng là phải điều chỉnh tiêu chuẩn quản lý hiện tại cho phù hợp với các thách thức mới (Yu et al. 2002; Jiang et al. 2007; Majone et al. 2012). Hồ chứa là một trong những

---

<sup>1</sup> Bộ môn Kỹ thuật tài nguyên nước và Môi trường, Phân hiệu trường Đại học Thủy lợi

công cụ hiệu quả nhất để quản lý tài nguyên nước. Một hồ chứa đa mục tiêu tồn tại nhiều mâu thuẫn như phát điện và cấp nước, nếu được vận hành thích hợp có thể giúp giảm thiểu căng thẳng của hệ thống tài nguyên nước. Hiện nay, phần lớn các nghiên cứu về tối ưu hóa hồ chứa đa mục tiêu tập trung vào việc tìm ra các chính sách vận hành tối ưu cho các mục đích khác nhau như tưới tiêu, cấp nước, phát điện, các yêu cầu về môi trường và kiểm soát lũ lụt (Chandramouli et al. 2001; Labadie 2004; Reddy et al. 2006; Kumar và cộng sự 2006; Nagesh Kumar và cộng sự 2007; Rani và cộng sự 2010). Mỗi quan hệ phụ thuộc lẫn nhau giữa cung cấp Nước- Năng lượng- Lương thực đã được chú trọng và được coi là những thách thức trong quản lý và phát triển bền vững tài nguyên nước (Velázquez và cộng sự 2011; Bhaduri và cộng sự 2015; Biggs và cộng sự 2015; Endo và cộng sự. 2015; Rasul và cộng sự 2016; Liu và cộng sự 2017; Cai và cộng sự 2018; Endo và cộng sự 2017; Inas và cộng sự 2017; Stamou và cộng sự 2018). Đòi hỏi các nhà quản lý phải đưa ra giải pháp thỏa hiệp giữa các mục tiêu khác nhau. Việc mô phỏng vận hành hồ chứa đa mục tiêu được xem là một trong những phương pháp tiếp cận được mong đợi sẽ tìm ra giải pháp toàn diện cho mối quan hệ phức tạp giữa Nước- Lương thực- Năng lượng (WFE Nexus) (Castelletti và cộng sự, 2012; Ramos và cộng sự, 2013; Ahmad và cộng sự, 2014; Hurford và Harou, 2014; Bai và cộng sự, 2015; Chu và cộng sự, 2015; Li và cộng sự, 2019a; Si và cộng sự, 2019; Li và cộng sự, 2019b). Trong nghiên cứu này, mối quan hệ giữa Nước-Năng lượng được phân tích thông qua các kịch bản về số giờ phát điện hàng tháng.



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Bé

### 3. PHƯƠNG PHÁP: MÔ HÌNH MÔ PHỎNG PHÂN BỐ NƯỚC TỔNG QUÁT (GENERALIZED WATER ALLOCATION MODEL)

Mô hình mô phỏng phân bố nước tổng quát (Generalized water allocation model - GWASIM) được phát triển dựa trên Network Flow Programming (NFP). Đây là mô hình phân bổ nước tổng quát tham chiếu mô hình MODSIM của Colorado State University (Labadie, 2004), sử dụng thuật toán Out-of-Kilter (Fulkerson, 1961) để giải quyết các vấn đề về NFP. GWASIM đặt các hệ số chi phí (cost coefficient) cho các nhu cầu nhân tạo (artificial demand) và lưu trữ trong hồ (storage arcs) để thể hiện quy tắc phân bổ nước. Chi phí của nút không đề cập đến giá trị thực tế của tiền tệ, mà là đề cập đến một số ưu tiên (priority) (hoặc yếu tố trọng số). Chi phí lưu trữ nhân tạo hoặc nhu cầu (demand arcs) trong GWASIM được đưa ra giả thuyết như phương trình sau:

$$c_i = -10000 + 10 \text{prior}_i \quad (1)$$

Trong đó  $c_i$ : Hệ số chi phí vận chuyển đơn vị của arc;  $\text{prior}_i$ : Ưu tiên arc  $i$ .

GWASIM có thể mô phỏng sản lượng của một hệ thống khu vực theo tiêu chí thiết kế cụ thể, chỉ số thiếu nước (Shortage Index-SI), với bước thời gian mô phỏng là 1 ngày.

$$SI = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{DF_i}{D_i} \right)^2 \quad (2)$$

Trong đó SI: Chỉ số thiếu hụt nước; N: Số năm thời gian phân tích;  $DF_i$ : Nhu cầu nước trong năm thứ  $i$ ;  $D_i$ : Lượng thiếu hụt nước trong năm thứ  $i$ .

Hiệu suất của nguồn cung cấp nước được đánh giá bằng SR trong nghiên cứu này. SR là tổng lượng nước thiếu hụt trong một thời kỳ nhất định chia cho lượng nước dự kiến cung cấp trong cùng thời kỳ đó. Chỉ số này là chỉ số cơ bản và thường xuyên được sử dụng để đo hiệu suất của hệ thống cấp nước. SR được tính bằng công thức dưới đây:

$$SR = \frac{\text{Lượng nước thiếu hụt trong một giai đoạn}}{\text{Lượng cấp nước theo thiết kế trong một giai đoạn}} \times 100\% \quad (3)$$

Trong nghiên cứu này, hệ thống hồ chứa được vận hành theo chế độ điều tiết năm, tuân theo biểu đồ điều phối, bao gồm các đường quy tắc giới hạn trên và giới hạn dưới để chỉ dẫn việc điều tiết lượng nước của hồ chứa, đáp ứng cho các mục

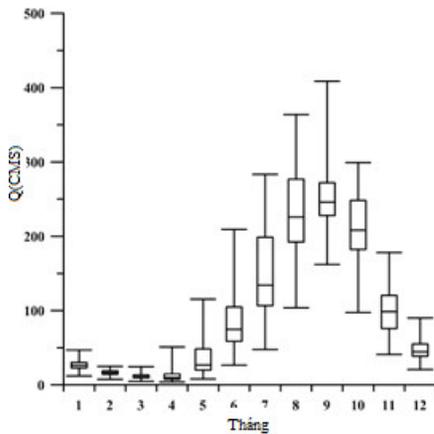
tiêu cấp nước khác nhau. Khu vực nghiên cứu bao gồm bốn hồ chứa chính là hồ chứa Thác Mơ, Cần Đơn, Srock Phu Miêng và Phước Hòa (hình 1). Các hồ Thác Mơ, Cần Đơn, Srock Phu Miêng ngoài nhiệm vụ phát điện còn có nhiệm vụ cấp nước sinh hoạt, công nghiệp và nước tưới nông nghiệp. Hồ chứa Phước Hòa có nhiệm vụ cấp nước tưới cho nông nghiệp, chuyển nước cho hồ Dầu Tiếng và duy trì dòng chảy môi trường ở khu vực hạ lưu. Từ trước đến nay, phát điện là nhiệm vụ luôn được ưu tiên của các hồ chứa này. Tuy nhiên, do tình trạng thiếu nước trong những năm gần đây, nên chính sách vận hành của các hồ chứa (Thác Mơ, Cần Đơn, Srock Phu Miêng và Phước Hòa) trên lưu vực sông Bé, cần thay đổi theo nguyên tắc ưu tiên cung cấp nước cho dân sinh và công nghiệp. Trong sáu kịch bản, xem xét ưu tiên cho nhu cầu thủy điện xếp sau ưu tiên cấp nước sinh hoạt và công nghiệp, và xếp trước ưu tiên cấp nước cho nông nghiệp.

GWRASIM mô phỏng cách thức phân chia

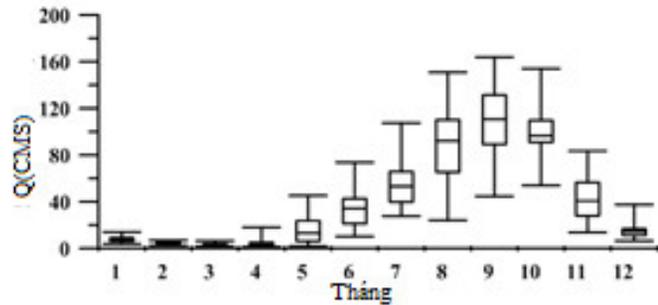
nước và quy định vận hành hồ chứa trong hệ thống dựa trên quy tắc gán các hệ số chi phí cho nút nhu cầu nước và nút lưu trữ nước (thể hiện nước trữ trong hồ chứa). Thứ tự ưu tiên cấp nước của lưu vực được thể hiện qua hệ số chi phí  $c_i$  (đã đề cập ở công thức 1) và thứ tự ưu tiên được thể hiện như sau:

$$c_{DDI} < c_{DHP} < c_{DAG} < c_{Diver} < c_{SF}$$

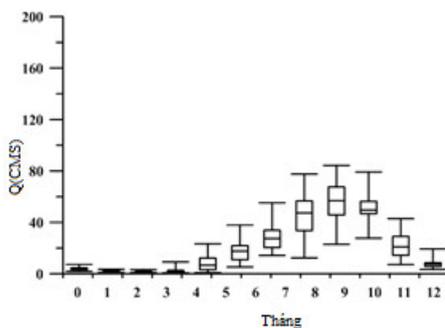
Trong đó,  $c_{DDI}$  và  $c_{DAG}$  là hệ số chi phí của nhu cầu nước sinh hoạt và công nghiệp và nhu cầu nước tưới nông nghiệp;  $c_{DHP}$  hệ số chi phí của nhu cầu phát điện;  $c_{Diver}$  và  $c_E$  là hệ số chi phí của nhu cầu chuyển nước và môi trường;  $c_{SF}$  là hệ số chi phí của vùng lưu trữ kiểm soát lũ. Số liệu nhu cầu nước cho các mục đích khác nhau được cung cấp bởi Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam cho năm 2015. Số liệu lưu lượng từ năm 1978 đến năm 2010 được sử dụng để mô phỏng (Hình 2).



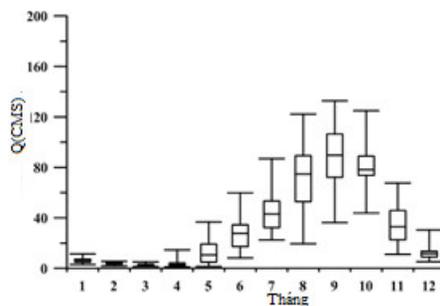
(a) Dòng chảy vào hồ chứa Thác Mơ



(b) Dòng chảy khu giữa hồ chứa Cần Đơn



(c) Dòng chảy khu giữa hồ chứa Srock Phu Miêng



(d) Dòng chảy khu giữa hồ chứa Phước Hòa

Hình 2. Biểu đồ Box-Whisker về lưu lượng trung bình hàng tháng

## 4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

### 4.1. Kích bản mô phỏng

Ngày nay các nhu cầu ngày càng gia tăng và cạnh tranh khi nguồn tài nguyên nước ngày càng hạn chế, việc vận hành hệ thống hồ chứa một cách tối ưu trở nên phức tạp hơn. Nhiều phương án khác nhau đã được phân tích khi vận hành hệ thống hồ chứa. Trong nghiên cứu này, sáu phương án với các giờ phát điện khác nhau đã được phân tích, từ Phương án 0 đến Phương án 5. Mỗi phương án được xác định tương ứng là giờ phát điện ban đầu giảm đi 10%, 20%, 30%, 40% và 50%. Phương án 0 ứng với giờ tạo hiện tại được sử dụng làm chuẩn để so sánh với các phương án vận hành khác. Hệ thống tài nguyên nước được thể hiện trong GWASIM giống như một mạng lưới mà các nút (node) được kết với nhau bởi các liên kết (link). Bảy loại nút khác nhau (bao gồm dòng chảy, hợp lưu, chuyên nước, hồ chứa, nhu cầu nước, nhu cầu nước không tiêu hao và hạ lưu) để tạo nên mạng lưới. Các phương án khác nhau ứng với giờ phát điện của các hồ chứa khác nhau được coi như các biến đầu vào mô hình. Mô hình sẽ mô phỏng hiện trạng tài nguyên nước thông qua khả năng cấp nước và phát điện của hệ thống hồ chứa. Trong nghiên cứu này, các chỉ số SI, DPD và SR được sử dụng để mô tả tình trạng thiếu nước của hệ thống và được coi là những chỉ số đánh giá hệ thống hồ chứa với nhiệm vụ cấp nước. Tổng trung bình sản lượng thủy điện hàng năm được xem xét là chỉ số đánh giá khả năng vận hành của hệ thống hồ chứa bậc thang với nhiệm vụ tạo năng lượng.

### 4.2. Kết quả so sánh các phương án

Các chỉ số thiếu nước và phát điện được tính toán cho các phương án khác nhau như thể hiện trong Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3 và Hình 3. Nói chung, giá trị của các chỉ số thiếu nước (SI, SR, DPD) giảm từ Phương án 0 đến Phương án 5 ở tất cả các nhu cầu nước trong vùng nghiên cứu. Có nghĩa là lượng nước cung cấp tăng lên khi số giờ phát điện giảm dần. Như thể hiện trong Bảng 1, giá trị của SI là 4,38 ở Phương án 0 giảm xuống còn 0,45 ở Phương án 5 ở Thượng nguồn trong khi các giá trị đó ở Thác Mơ là 0,67 và 0,22. Các giá trị của SI dưới 1, chỉ số thiếu hụt được thiết kế

cho cung cấp nước ở Đài Loan (Huang và cộng sự, 2002), ở tất cả các khu vực có nhu cầu ngoài trừ khu vực có nhu cầu ở thượng nguồn. Tương tự, việc giảm giá trị DPD của cấp nước sinh hoạt và công nghiệp từ Phương án 0 đến Phương án 5 được trình bày trong Bảng 2. Giá trị DPD ở Thượng nguồn và Thác Mơ giảm từ 17472 và 3824 (Phương án 0) xuống 5062 và 2971 (Phương án 5) lần lượt. Tại Thác Mơ, giá trị SI của cấp nước sinh hoạt và công nghiệp giảm từ 0,67 (Phương án 0) xuống 0,22 (Phương án 5), như đã đề cập ở trên (Bảng 1). Trong khi giá trị DPD là 3824 trong Phương án 0 và giảm xuống tới 2971 trong Phương án 5. Điều này có nghĩa là mặc dù giá trị SI khá nhỏ hơn 1, giá trị DPD vẫn có thể ở trên mức chấp nhận được. Nó chứng minh rằng DPD có thể được sử dụng để thể hiện mức độ nghiêm trọng của sự kiện thâm hụt, là một tiêu chí chặt chẽ hơn để khám phá mức độ nghiêm trọng của các sự kiện hạn hán. Mặc dù giá trị DPD tăng nhẹ từ Phương án 0 đến Phương án 5 ở khu vực hạ lưu của các khu vực có nhu cầu SRPM và hạ lưu, những giá trị đó vẫn dưới 600. Việc giảm cung cấp nước ở các khu vực nhu cầu hạ lưu dẫn đến cải thiện đáng kể nguồn cung cấp nước ở các khu vực thượng nguồn của các điểm cầu Thượng nguồn, Thác Mơ và Cồn Đơn được thể hiện bằng cách giảm giá trị DPD. Nó chứng minh sự tăng cường đáng kể của việc cung cấp nước bằng cách giảm giờ phát điện của thủy điện. Đối với nhu cầu nước nông nghiệp, SR, giống như SI và DPD, giảm dần nhiều hơn từ Phương án 0 đến Phương án 5 như được trình bày trong Bảng 3. SR của sáu phương án là dưới 30%, nói chung là tỷ lệ thiếu nước có thể chấp nhận được cho nông nghiệp. Ngoài ra, các mục tiêu về dòng chảy môi trường cũng đã được chú ý bên cạnh việc phát triển các cách thức để đáp ứng nhu cầu nước của con người với giá trị SR dưới 3% trong tất cả các phương án.

Để phân tích sâu hơn về hiệu suất phát điện của hệ thống, trung bình tổng lượng điện hàng năm của sáu phương án được trình bày và thể hiện trong Hình 3. So với thực tiễn vận hành hiện tại (Phương án 0), tổng sản lượng năng lượng giảm từ  $1229 \times 10^6 \text{Kwh}$  trong Phương án 1 xuống  $1146 \times 10^6 \text{Kwh}$  trong Phương án 5 tương ứng với

mức giảm từ 0,91% đến 6,81%. Sản lượng thủy điện giảm từ 0,91% xuống 6,81% dẫn đến giảm giá trị SI, DPD và SR của nguồn cung cấp nước trên tất cả các điểm có nhu cầu trong lưu vực. Điều này chỉ ra rằng hồ chứa có thể tăng khả năng xả nước để phục vụ cấp nước khi giảm giờ phát điện. Khi số giờ phát lớn, hồ sẽ xả nước để đáp ứng yêu cầu phát điện thay vì duy trì trữ lượng cho giai đoạn vận hành tiếp theo. Điều này có thể dẫn đến lượng nước lưu trữ ít hơn và giảm khả

năng hoàn thành nhiệm vụ cấp nước và phát điện cho thời đoạn tiếp theo đặc biệt vào thời kỳ hạn hán. Nhìn chung, sáu kịch bản này có thể thể hiện những xung đột trong việc chia sẻ nguồn nước giữa cung cấp nước và năng lượng. Từ kết quả của sáu phương án trên thấy được, khi hồ chứa phát điện với phương án giảm thời gian phát điện thì khả năng cấp nước cho các nhu cầu trong lưu vực cải thiện hơn đặc biệt khi trong những trường hợp hạn hán nghiêm trọng.

**Bảng 1. Chỉ số thiếu hụt SI của các phương án**

Mục đích	Khu vực tưới	Phương án					
		0	1	2	3	4	5
Sinh hoạt & công nghiệp	Thượng lưu	4.38	2.81	2.00	1.42	0.83	0.45
	Thác Mơ	0.67	0.55	0.47	0.40	0.30	0.22
	Cần Đơn	0.66	0.56	0.47	0.40	0.31	0.23
	SRPM	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Hạ lưu	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Bảng 2. Chỉ số phần trăm thâm hụt trong ngày (DPD) của năm hạn hán nghiêm trọng nhất**

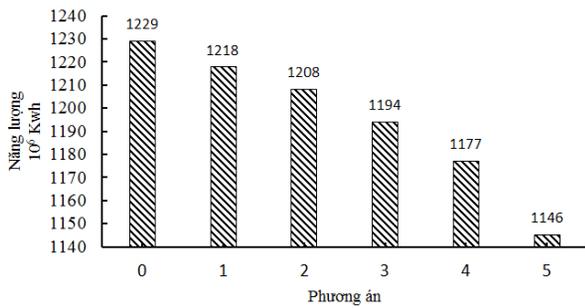
Mục đích	Khu vực tưới	Phương án					
		0	1	2	3	4	5
Domestic and Industry	Thượng lưu	17472	13040	11752	9197	7200	5062
	Thác Mơ	3824	3725	3735	3696	3147	2971
	Cần Đơn	3850	3751	3761	3722	3169	2991
	SRPM	468	570	631	631	641	611
	Hạ lưu	461	561	621	621	631	601

**Bảng 3. Tỷ lệ thiếu hụt (SR) của các phương án**

Mục đích	Khu vực tưới	Phương án					
		0	1	2	3	4	5
Nông nghiệp	Thượng lưu	28.64%	25.48%	23.07%	20.29%	16.81%	13.25%
	Thác Mơ	23.34%	21.42%	19.28%	16.64%	13.09%	10.17%
	Cần Đơn	19.93%	17.60%	15.25%	12.70%	9.60%	7.26%
	SRPM	1.91%	1.49%	1.21%	0.63%	0.38%	0.30%
	Hạ lưu	0.82%	0.65%	0.52%	0.27%	0.17%	0.15%
	Thượng lưu	2.00%	1.57%	1.27%	0.67%	0.41%	0.59%
Mục đích khác	Dòng chảy MT	2.77%	2.22%	1.78%	0.95%	0.59%	1.63%
	Chuyển nước	2.77%	2.22%	1.78%	0.95%	0.59%	1.63%

Từ phân tích sáu phương án trong nghiên cứu này thấy rằng những xung đột trong việc chia sẻ nguồn nước giữa cung cấp nước và phát điện tại lưu vực Sông Bé.

Hơn nữa, kết quả cho thấy việc thay đổi giờ phát điện của chính sách thủy điện có ảnh hưởng đến sản xuất thủy điện và cung cấp nước trên lưu vực sông Bé.



Hình 3. Sản lượng thủy điện hàng năm của các phương án

## 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này tập trung vào việc giảm thiểu tình trạng thiếu nước của hệ thống hồ chứa bậc thang trên lưu vực sông Bé bằng cách thay đổi chính sách phát điện (số giờ phát thủy điện của các tháng). Mô hình GWASIM được áp dụng để mô phỏng các kịch bản phân bổ nước và đánh giá việc quản lý tài nguyên nước

của lưu vực sông Bé. Sự đánh đổi giữa tình trạng thiếu nước (cấp nước sinh hoạt, công nghiệp và nông nghiệp) và việc phát điện của hệ thống hồ chứa được trình bày dựa vào phân tích các phương án khác nhau. Khi sản lượng thủy điện giảm, thì nguồn cung cấp nước cho người dùng sinh hoạt và công nghiệp đã có những cải thiện đáng kể. Ngoài ra, sự khác biệt về sản lượng điện và các chỉ số thiếu nước giữa các phương án cho thấy việc thay đổi giờ phát điện của chính sách thủy điện có ảnh hưởng đến sản xuất điện và cung cấp nước trên lưu vực sông Bé. Nhìn chung, nghiên cứu này cung cấp những hiểu biết về khả năng khai thác của hệ thống hồ chứa bậc thang đa mục tiêu. Từ những kết quả có được giúp hỗ trợ việc ra quyết định và xây dựng nền tảng cho các nghiên cứu trong tương lai nhằm giải quyết thách thức về nước và năng lượng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ahmad, A., El-Shafie, A., Razali, S. F. M., & Mohamad, Z. S. (2014). *Reservoir optimization in water resources: a review*. *Water resources management*, 28(11), 3391-3405.
- Bhaduri, A.Ringler, C.Dombrowski, I.Mohtar, R.& Scheumann, W. (2015). *Sustainability in the water–energy–food nexus: Taylor & Francis*.
- Biggs, E. M. et al. (2015). *Sustainable development and the water–energy–food nexus: A perspective on livelihoods*. *Environmental Science & Policy*, 54, 389-397.
- Cai, X.Wallington, K.Shafiee-Jood, M.& Marston, L. (2018). *Understanding and managing the food–energy–water nexus–opportunities for water resources research*. *Advances in Water Resources*, 111, 259-273.
- Castelletti, A. F., Pianosi, F., Quach Thi, Xuan., & Soncini Sessa, Rodolfo. (2012). *Assessing water resources management and development in Northern Vietnam*.
- Chandramouli, V.& Raman, H. (2001). *Multireservoir modeling with dynamic programming and neural networks*. *Journal of water resources planning and management*, 127(2), 89-98.
- Chu, J., Zhang, C., Fu, G., Li, Y., & Zhou, H. (2015). *Improving multi-objective reservoir operation optimization with sensitivity-informed dimension reduction*.
- De CD Melo, D., Scanlon, B. R., Zhang, Z., Wendland, E., & Yin, L. (2016). *Reservoir storage and hydrologic responses to droughts in the Paraná River basin, south-eastern Brazil*. *Hydrology & Earth System Sciences*, 20(11).
- Endo, A., Burnett, K., Orencio, P., Kumazawa, T., Wada, C., Ishii, A., Tsurita, I.& Taniguchi, M. (2015). *Methods of the water-energy-food nexus*. *Water*, 7(10), 5806-5830.
- Fulkerson, D. R. (1961). *An out-of-kilter method for minimal-cost flow problems*. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 9(1), 18-27.

- Hurford, A. P., & Harou, J. J. (2014). *Balancing ecosystem services with energy and food security—assessing trade-offs for reservoir operation and irrigation investment in Kenya's Tana basin*. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(1), 1343-1388.
- Inas, E.-G., Grigg, N. & Waskom, R. (2017). *Water-food-energy: Nexus and non-Nexus approaches for optimal cropping pattern*. *Water resources management*, 31(15), 4971-4980.
- Jalilov, S. M., Keskinen, M., Varis, O., Amer, S., & Ward, F. A. (2016). *Managing the water–energy–food nexus: Gains and losses from new water development in Amu Darya River Basin*. *Journal of Hydrology*, 539, 648-661.
- Jiang, T., Chen, Y. D., Xu, C. Y., Chen, X., Chen, X., & Singh, V. P. (2007). *Comparison of hydrological impacts of climate change simulated by six hydrological models in the Dongjiang Basin, South China*. *Journal of hydrology*, 336(3-4), 316-333.
- Kumar, D. N. & Reddy, M. J. (2006). *Ant colony optimization for multi-purpose reservoir operation*. *Water resources management*, 20(6), 879-898.
- Labadie, J. W. (2004). *Optimal operation of multi reservoir systems: State-of-the-art review*. *Journal of water resources planning and management*, 130(2), 93-111.
- Labadie, J. W. (2004). *Optimal operation of multireservoir systems: state-of-the-art review*. *Journal of water resources planning and management*, 130(2), 93-111.
- Le, M. H., Perez, G. C. Solomatine, D. & Nguyen, L. B. (2016). *Meteorological drought forecasting based on climate signals using artificial neural network—a case study in Khanhhoa Province Vietnam*. *Procedia Engineering*, 154, 1169-1175.
- Li, M., Fu, Q., Singh, V. P., Ji, Y., Liu, D., Zhang, C., & Li, T. (2019b). *An optimal modelling approach for managing agricultural water-energy-food nexus under uncertainty*. *Science of the Total Environment*, 651, 1416-1434
- Liu, J. et al. (2017). *Challenges in operationalizing the water–energy–food nexus*. *Hydrological sciences journal*, 62(11), 1714-1720.
- Majone, B., Bovolo, C. I., Bellin, A., Blenkinsop, S., & Fowler, H. J. (2012). *Modeling the impacts of future climate change on water resources for the Gállego river basin (Spain)*. *Water Resources Research*, 48(1).
- Nagesh Kumar, D. & Janga Reddy, M. (2007). *Multipurpose reservoir operation using particle swarm optimization*. *Journal of water resources planning and management*, 133(3), 192-201.
- Ramos, H. M., Teyssier, C., & López-Jiménez, P. A. (2013). *Optimization of retention ponds to improve the drainage system elasticity for water-energy nexus*. *Water resources management*, 27(8), 2889-2901.
- Rani, D. & Moreira, M. M. (2010). *Simulation–optimization modeling: a survey and potential application in reservoir systems operation*. *Water resources management*, 24(6), 1107-1138.
- Rasul, G. & Sharma, B. (2016). *The nexus approach to water–energy–food security: an option for adaptation to climate change*. *Climate Policy*, 16(6), 682-702.
- Reddy, M. J. & Nagesh Kumar, D. (2007). *Multi - objective particle swarm optimization for generating optimal trade - offs in reservoir operation*. *Hydrological Processes: An International Journal*, 21(21), 2897-2909.
- Stamou, A.-T. & Rutschmann, P. (2018). *Pareto optimization of water resources using the nexus approach*. *Water resources management*, 32(15), 5053-5065.
- Velázquez, E., Madrid, C. & Beltrán, M. J. (2011). *Rethinking the concepts of virtual water and water footprint in relation to the production–consumption binomial and the water–energy nexus*. *Water resources management*, 25(2), 743-761.

- Vu, M. T., Raghavan, S. V., Pham, D. M. & Liang, S.-Y. (2015). *Investigating drought over the Central Highland, Vietnam, using regional climate models*. Journal of hydrology, 526, 265-273.
- Yu, P. S., Yang, T. C., & Wu, C. K. (2002). *Impact of climate change on water resources in southern Taiwan*. Journal of Hydrology, 260(1-4), 161-175.
- Zhou, Y., Guo, S., Xu, C. Y., Liu, D., Chen, L., & Ye, Y. (2015). *Integrated optimal allocation model for complex adaptive system of water resources management (I): methodologies*. Journal of Hydrology, 531, 964-976.

**Abstract:**

**THE WATER-ENERGY NEXUS OF THE MULTI-PURPOSE  
MULTI-RESERVOIR SYSTEM IN THE BE RIVER BASIN**

*To meet increasing water consumption with limited water resources, management approaches that transfer water between purposes must be improved for sustainable development. This entails an urgent requirement for appropriate water resources management within water-energy interaction if the severe water shortage occurs occasionally. This study evaluates hydropower generation policies of a cascade reservoirs system in the Be River Basin in terms of security of water supply and energy production. The Generalized Water Allocation Simulation Model (GWASIM) was applied to simulate the water use of a complex system of hydropower generation and water supply. The alternatives defined by varying monthly generating hours were modeled and compared. The results demonstrate that a compromise between hydropower generation and water supply can be negotiated to reduce the severity of water shortages. Different monthly hours of hydropower generation among alternatives shows an effect on improving power production and reliable water supply. This study provides overall insight into the performance of a multi-purpose cascade reservoirs system. It will provide a foundation for improving future study of reservoir operations in meeting the increasing demands of water and energy of Vietnam.*

**Keywords:** Water supply, hydropower generation, shortage, multi-purpose, cascade reservoirs, simulation, Be River Basin.

---

Ngày nhận bài: 25/5/2022

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2022