

# PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP PHÂN BỐ HỢP LÝ NGUỒN NƯỚC LƯU VỰC SÔNG BA

VŨ THANH TÂM, ĐỖ TIẾN HÙNG, TRẦN THÀNH LÊ

Email: vttam@monre.gov.vn

Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước - Bộ Tài nguyên và Môi trường

Ngày nhận bài: 2 - 10 - 2011

## 1. Mở đầu

Lưu vực Sông Ba (viết tắt là LVSB), có diện tích 13.900km<sup>2</sup> và dân số khoảng 1,4 triệu người, là một trong số 13 lưu vực sông lớn ở Việt Nam. Với lượng mưa trung bình 1.500-2.800 mm/năm nhưng phân bố không đều theo không gian và thời gian, tốc độ tăng trưởng dân số bình quân 2,34%/năm và tăng trưởng GDP 12.2%/năm, LVSB được dự án hỗ trợ kỹ thuật TA 4903-VIE do ADB và nhiều nước tài trợ xếp loại cận khan hiếm nước [Ngân hàng phát triển Á Châu ADB, 2005: Báo cáo “Đánh giá ngành nước Việt Nam” dự án hỗ trợ kỹ thuật TA 4903-VIE.]. Ngoài ra, hệ thống 5 hồ chứa và nhà máy thủy điện đang hoạt động với quy trình vận hành chưa thật hợp lý cũng góp phần làm căng thẳng tình hình cung ứng nguồn nước trên lưu vực.

Mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích đánh giá hoạt động của các thành phần của hệ thống tài nguyên nước theo các kịch bản phân ảnh điều kiện kinh tế-xã hội-cơ sở hạ tầng của lưu vực trong hai giai đoạn 2000-2010 và 2011-2020; từ đó đề xuất một số giải pháp phân bố hợp lý tài nguyên nước LVSB giai đoạn 2011-2020 trên quan điểm không làm thay đổi, điều chỉnh cơ sở hạ tầng cung ứng nước hiện có (tức là không làm thay đổi các công trình thủy lợi, hệ thống cấp nước hay các thứ tự ưu tiên cấp nước hiện có). Để đạt được mục tiêu trên, nghiên cứu này đã vận dụng lý thuyết phân tích hệ thống kết hợp với ứng dụng mô hình Quy hoạch và Đánh giá tài nguyên nước WEAP để phân tích đánh giá hiệu quả của phân bố chia sẻ tài nguyên nước ở lưu vực Sông Ba theo 3 kịch bản.

## 2. Nghiên cứu phân bố nguồn nước sông Ba bằng phương pháp phân tích hệ thống

### 2.1. Về phương pháp phân tích hệ thống trong quy hoạch phân bố tài nguyên nước

Quy hoạch phân bố tài nguyên nước thường rất khó khăn do nó liên quan đến quyền lợi và nghĩa vụ của nhiều đối tượng chịu quy hoạch. Có nhiều cách tiếp cận cho bài toán quy hoạch phân bố tài nguyên nước đã được nhiều chuyên gia và các nhà khoa học trên thế giới khởi xướng và áp dụng khá hiệu quả. Trong đó, phần lớn đều dựa trên nguyên tắc: phân bố trên cơ sở cân đối tài nguyên có thể khai thác được và nhu cầu sử dụng của các đối tượng sử dụng, và tuân theo một số nguyên tắc ưu tiên phân bố nhất định [4]. Trong gần 3 thập kỷ trở lại đây, một cách tiếp cận khác cũng đang được quan tâm nghiên cứu, đó là phân tích hệ thống và hiệu quả hoạt động của hệ thống trong một quy hoạch tài nguyên nước tổng hợp.

Theo Neil (1996) [3], hệ thống tài nguyên nước được định nghĩa như là một tổ hợp của các cơ sở hạ tầng kiểm soát tài nguyên nước và các yếu tố môi trường, xã hội cùng kết hợp và làm việc với nhau để đạt được các mục đích quản lý tài nguyên nước. Theo Hall và Dracup (1970) [1], phân tích hệ thống tài nguyên nước sử dụng hai công cụ chính là phương pháp tối ưu hóa và phương pháp mô phỏng. Do phương pháp tối ưu hóa có những hạn chế nhất định nên người ta thường áp dụng phương pháp mô phỏng, một phương pháp rất đặc thù và có hiệu lực của lý thuyết phân tích hệ thống.

Phương pháp mô phỏng là phương pháp sử dụng các mô hình số mô phỏng để đánh giá mỗi

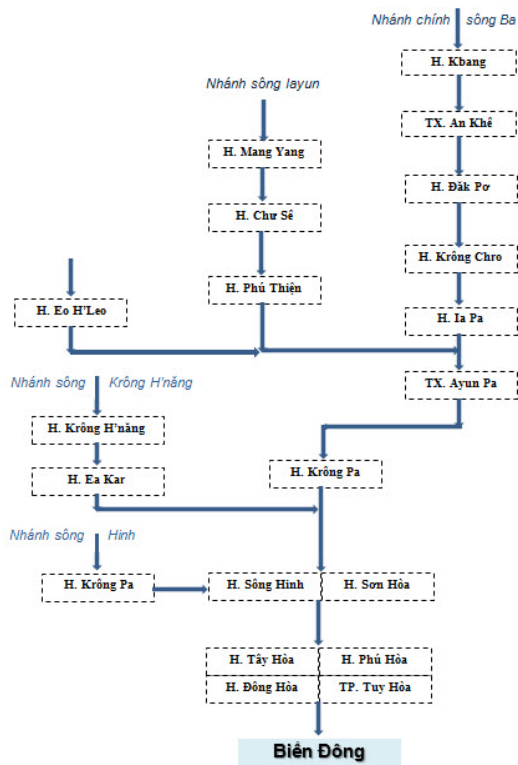
tương tác với nhau của các thành phần hệ thống và với môi trường ngoại vi của chúng; phân tích chất lượng của hệ thống bằng cách đưa ra tất cả những tình huống hoặc phương án có thể và phân tích tất cả phản hồi của hệ thống mà ta quan tâm tương ứng với các tình huống đã đặt ra. Theo sự đánh giá và phân tích đó, người nghiên cứu lựa chọn nghiệm của bài toán trong số các tình huống đã đặt ra. Quá trình tìm nghiệm là một quá trình “tạo ra và thử nghiệm” (trial and error). Như vậy, phương pháp mô phỏng chỉ tìm lời giải hợp lý trong tập hữu hạn các tình huống, vì nghiệm tìm được có thể không trùng với nghiệm tối ưu.

Có hai nguyên lý cơ bản khi tiếp cận lý thuyết phân tích hệ thống, đó là tiếp cận từng bước và phân chia nhỏ. Theo đó, đối với những hệ thống phức tạp do sự tồn tại các yếu tố bất định trong hệ thống nên người nghiên cứu không thể ngay một lúc phát hiện hết được những tính chất của hệ thống và cũng không thể dự báo ngay được xu thế phát triển của hệ thống; do vậy phải phân chia nhỏ hệ thống thành các phụ hệ thống và tiến hành phân tích đối với từng thành phần của từng phụ hệ thống trong mối quan hệ giữa chúng với nhau và với toàn bộ hệ thống. Trong nghiên cứu này, cả hai nguyên lý nói trên đều được vận dụng.

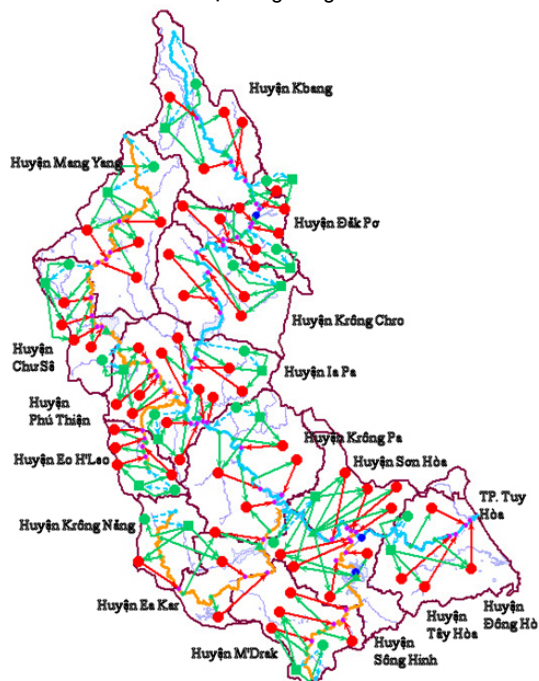
## 2.2. Mô hình phân tích hệ thống tài nguyên nước lưu vực Sông Ba

Trong số các phần mềm thường được sử dụng trong nghiên cứu phân bố, quản lý tổng hợp tài nguyên nước trên thế giới, nghiên cứu này lựa chọn phần mềm Quy hoạch và Đánh giá Tài nguyên nước WEAP (Water Evaluation And Planning System) [2] để phân tích hệ thống tài nguyên nước LVSB. Theo những luận điểm, nguyên lý tiếp cận lý thuyết phân tích hệ thống nói trên, toàn bộ hệ thống tài nguyên nước LVSB được chia thành 16 phụ hệ thống (còn gọi là các khối phân tích tính toán) để thiết lập trong WEAP (hình 1). Ranh giới mỗi khối này trùng với ranh giới hành chính của một (hoặc nhiều) huyện, thị nằm trong lưu vực (hình 2). Trên mỗi khối như vậy (hình 3) bao gồm:

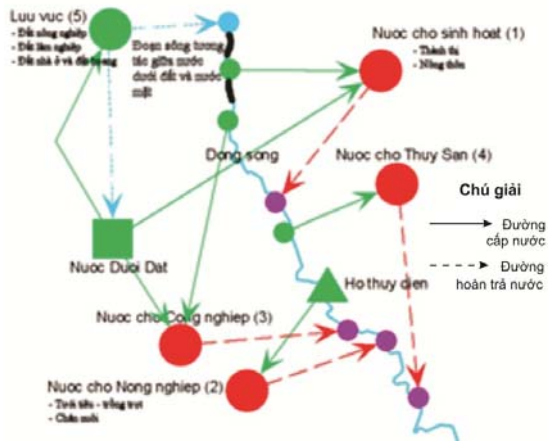
- Các nguồn cấp nước (tầng chứa nước dưới đất; các đoạn, nhánh sông; các hồ chứa);
- Các nhóm đối tượng sử dụng nước chính trong lưu vực (sinh hoạt, sản xuất công nghiệp, sản



Hình 1. Sơ đồ khối phân tích các thành phần của hệ thống sông Ba



Hình 2. Sơ đồ khối minh họa liên kết giữa các thành phần của từng khối với nhau và với các khối khác trong tổng thể toàn bộ LVSB



Hình 3. Minh họa chi tiết các thành phần của một khối tính toán và phân tích các thành phần của hệ thống

xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản). Từng nhóm đối tượng này có thể chia nhỏ hơn nữa, ví dụ: nước cho sinh hoạt bao gồm hai thành phần: nước cấp cho dân sống ở đô thị và nước cấp cho dân sống ở nông thôn; nước cho sản xuất nông nghiệp bao gồm hai thành phần là nước cho trồng trọt và nước cho chăn nuôi; chăn nuôi cũng có thể chia nhỏ hơn nữa thành nhóm gia súc và nhóm gia cầm,...

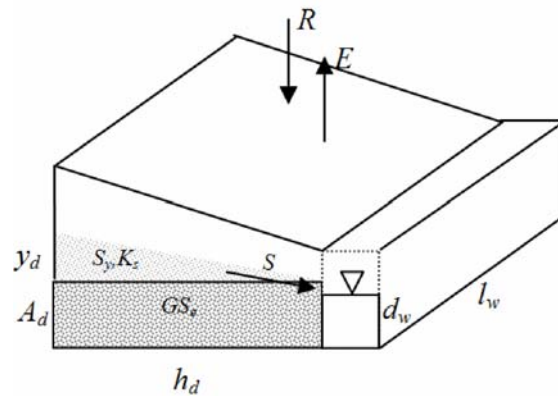
- Nguồn cấp liên hệ với đối tượng sử dụng thông qua đường kết nối cung cấp và lượng nước sau khi sử dụng được trả về hệ thống qua đường kết nối hồi quy. Một nguồn cấp có thể cấp đồng thời cho nhiều đối tượng sử dụng và một đối tượng sử dụng có thể trả lượng nước sau khi sử dụng về hệ thống qua nhiều đường hồi quy đến các nguồn cấp khác nhau. Một đối tượng có thể sử dụng nước từ các nguồn cấp khác nhau, thậm chí nguồn cấp từ khối khác;

- Một "lưu vực" đại diện cho toàn bộ diện tích đất đai cũng như các loại hình sử dụng đất chủ yếu (đất nông nghiệp, đất lâm nghiệp, đất nhà ở và đất hoang) trong khối, đóng vai trò như một "cầu nối" chuyển hóa lượng nước mưa thành dòng chảy sông suối cũng như đóng vai trò tương tác giữa nước dưới đất và nước mặt. Lượng mưa rơi xuống đất, ngoài phần bốc hơi, một phần sẽ ngấm cung cấp cho hệ thống nước dưới đất (bằng một liên kết chảy ngầm kết nối lưu vực với tầng chứa nước dưới đất) và phần còn lại chuyển thành dòng chảy mặt (theo phương pháp FAO Crop Requirements Method) cung cấp cho dòng sông bằng một liên kết chảy tràn kết nối lưu vực với một điểm trên dòng sông;

- Nước dưới đất tương tác với nước mặt thông qua một đoạn được chỉ định trên dòng sông (hình 4): nước dưới đất sẽ cung cấp cho nước sông nếu mực nước sông thấp hơn mực nước dưới đất và ngược lại được mô phỏng theo định luật Darcy như sau:

$$S = 2(K_s \frac{y_d}{h_d})(l_w)(d_w)$$

trong đó:  $K_s$  là hệ số dẫn thủy lực của tầng chứa,  $d_w$  là chiều cao cột nước sông,  $l_w$  là chiều dài đoạn sông có liên hệ thủy lực với tầng chứa,  $y_d$  là chiều cao mực nước hiện tại so với mức cân bằng,  $h_d$  là khoảng cách theo chiều vuông góc với sông.



Hình 4. Mô phỏng tính lượng nước tương tác giữa nước sông - nước dưới đất

Trong lưu vực, các khối liên kết với nhau theo trật tự từ thượng nguồn xuống hạ lưu như trình bày ở hình 2. Một số thành phần của khối thượng nguồn có thể có các liên kết xuôi với một hoặc nhiều thành phần của khối hạ lưu nhưng không thể có liên kết ngược. Ví dụ một hồ chứa thuộc khối thượng nguồn không thể cấp nước cho một đối tượng sử dụng của khối nằm ở phía trên mà chỉ có thể cấp cho một đối tượng ở cùng khối hay ở khối hạ lưu; tương tự một đối tượng sử dụng không thể xả, trả nước sau khi sử dụng về một điểm trên dòng sông thuộc khối thượng nguồn.

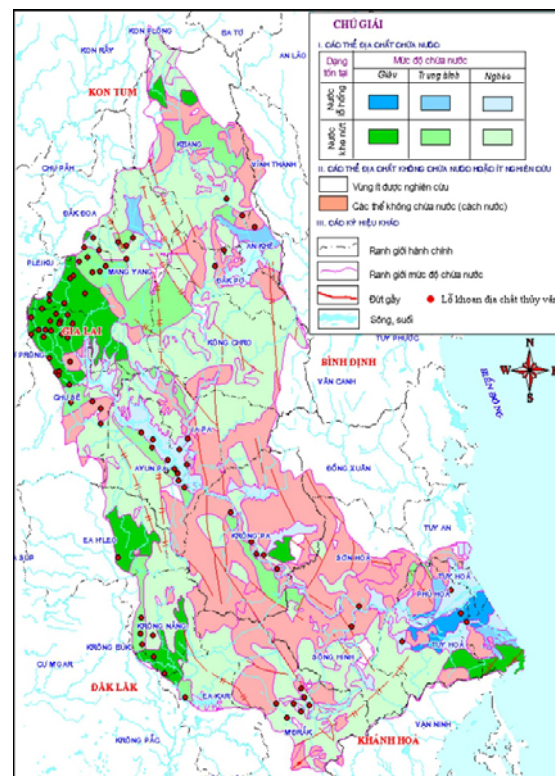
Trong phân tích hệ thống tài nguyên nước, ngoài việc phân chia và nhóm gộp các thành phần của hệ thống nói trên, người ta còn quan tâm đến các quy tắc ưu tiên phân phối nước của từng đối tượng sử dụng (giá trị trong ()) bên phải từng đối tượng sử dụng nước ở hình 3) cũng như quy tắc ưu tiên lựa chọn nguồn cấp (trong trường hợp đối

tượng sử dụng có đồng thời nhiều nguồn cấp). Trong nghiên cứu này, quy tắc ưu tiên cấp nước được sắp xếp theo thứ tự sau: (1) Cấp nước cho sinh hoạt (đặc biệt ưu tiên cho các khu đô thị, các khu vực có khí hậu khắc nghiệt thường xuyên bị khô hạn); (2) Cấp nước cho sản xuất công nghiệp và các ngành dịch vụ, đặc biệt các ngành công nghiệp chế biến thủy sản, chế biến nông lâm sản, chế biến thức ăn cho người, gia súc và các khu công nghiệp tập trung đã được quy hoạch; (3) Cấp nước cho các hoạt động sản xuất nông - lâm nghiệp, đặc biệt các cây lương thực và các cây công nghiệp mang lại giá trị kinh tế và xuất khẩu cao (cà phê, điều, chè, thuốc lá, mía, mè); (4) Cấp nước cho nuôi trồng thủy sản; và (5) Sản xuất điện, cải tạo môi trường. Quy tắc ưu tiên lựa chọn nguồn nước là: (1) nước dưới đất; (2) nước mặt đối với đối tượng sử dụng là sinh hoạt và công nghiệp, còn đối với các đối tượng khác thì ngược lại. Tuy nhiên quy tắc ưu tiên cấp nước và ưu tiên lựa chọn nguồn nước này không áp dụng một cách cứng nhắc cho tất cả các khối tính toán mà thay đổi tùy thuộc vào tầm quan trọng của từng đối tượng trong quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội của từng địa phương trong LVSB.

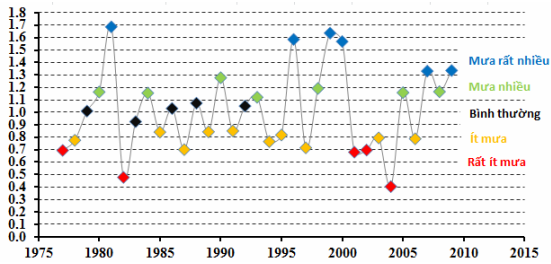
Khi tính toán cân bằng - chia sẻ nguồn nước cũng như tính toán mưa - dòng chảy và tương tác nước mặt - nước dưới đất, mô hình WEAP cần thông số đầu vào là sức chứa cực đại của tầng chứa nước ( $W_{max}$ ). Theo kết quả tổng hợp [Cục Quản lý tài nguyên nước, 2009: Báo cáo tổng hợp kết quả điều tra tình hình khai thác, sử dụng tài nguyên nước và xả nước thải vào nguồn nước lưu vực sông Ba] từ các báo cáo điều tra, đánh giá, tìm kiếm nước trước đây, tổng trữ lượng tiềm năng nước dưới đất trên lưu vực tính theo cấp C<sub>2</sub> khoảng 1,6 triệu m<sup>3</sup>/ngày (584 triệu m<sup>3</sup>/năm). Trong nghiên cứu này,  $W_{max}$  tại mỗi khối tính toán được tính bằng tích của tổng trữ lượng tiềm năng nước dưới đất trên toàn lưu vực × tỷ lệ phần trăm của phần diện tích tầng chứa nước lộ ra tại địa phương đó so với tổng diện tích của tầng chứa nước lộ ra trên toàn lưu vực × hệ số chứa nước tương đối của tầng chứa nước đó (hình 5).

Cuối cùng, lượng mưa là một thành phần không thể thiếu trong phân tích hệ thống tài nguyên nước. Diễn biến tổng lượng nước nhiều năm đo tại trạm thủy văn Củng Sơn nằm cuối lưu vực (hình 6) cho thấy chỉ trong giai đoạn 1990-1995 là dòng chảy

sông Ba tương đối điều hòa, tức là tổng lượng dòng chảy của từng năm nằm trong khoảng dao động 0,9÷1,1 lần tổng lượng nước trung bình nhiều năm. Giai đoạn 1997 đến nay, thủy văn lưu vực có sự thay đổi rất lớn khi chuyển nhanh từ trạng thái mưa nhiều (tổng lượng dòng chảy của từng năm nằm trong khoảng dao động 1,1÷1,3 lần tổng lượng nước trung bình nhiều năm) và mưa rất nhiều (tổng lượng dòng chảy của từng năm nằm trong khoảng dao động >1,3 lần tổng lượng nước trung bình nhiều năm) trong các năm 1997-2000 sang trạng thái mưa ít (tổng lượng dòng chảy của từng năm nằm trong khoảng dao động 0,7÷0,9 lần tổng lượng nước trung bình nhiều năm) và mưa rất ít (tức là tổng lượng dòng chảy của từng năm nằm trong khoảng dao động < 0,7 lần tổng lượng nước trung bình nhiều năm) trong các năm 2001-2004. Giai đoạn 2007-2009 lại là một chu kỳ mưa nhiều, rất nhiều.

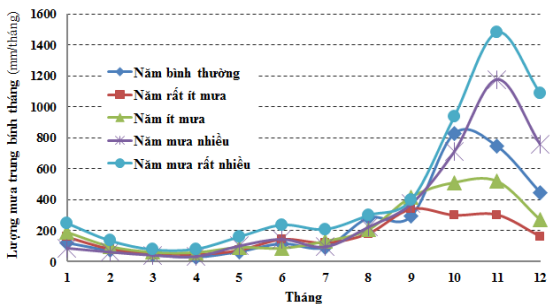


Hình 5. Sơ đồ địa chất thủy văn LVSB [Cục Quản lý tài nguyên nước, 2009: Báo cáo tổng hợp Kết quả điều tra tình hình khai thác, sử dụng tài nguyên nước và xả nước thải vào nguồn nước lưu vực sông Ba]

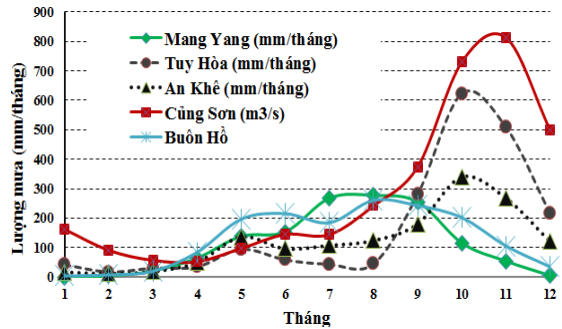


Hình 6. Biến động của tỷ số Tổng lượng nước từng năm/ Tổng lượng nước trung bình nhiều năm ( $W = 8,733$  tỷ  $m^3/năm$ ) theo số liệu quan trắc tại trạm Củng Sơn giai đoạn 1977-2009

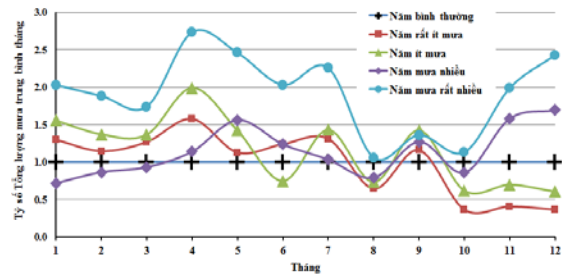
Thực tế quan trắc nhiều năm tại trạm Củng Sơn (hình 7) cho thấy vào các tháng I-IX hầu như không có sự khác biệt lớn giữa các năm mưa rất ít, mưa ít, bình thường, mưa nhiều (trừ năm mưa nhiều). Tuy nhiên, các tháng mùa mưa lũ từ tháng X-XII có sự khác biệt rõ rệt và rất lớn giữa các năm thủy văn nói trên (hình 8 và 9). Việc dự đoán kiểu năm thủy văn (mưa rất ít, mưa ít, bình thường, mưa nhiều, hay mưa rất nhiều) của năm sắp tới và sử dụng biểu đồ biến động tỷ số ở hình 9 để dự báo lượng mưa tháng của năm tới là một cách tiếp cận đã và đang được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới áp dụng. Trong mô hình mô phỏng phân tích hệ thống sông Ba, dự đoán lượng mưa tháng trong tương lai, ví dụ cho năm 2011 được dự đoán là năm mưa ít, được tính theo công thức: lượng mưa trung bình tháng của trạm tương ứng (hình 8)  $\times$  Biến động tỷ số Tổng lượng nước trung bình tháng của năm thủy văn tương ứng (hình 9).



Hình 7. Tổng lượng nước trung bình tháng ( $W_{tb}$ ) của các năm mưa rất ít, mưa ít, bình thường, mưa nhiều và mưa rất nhiều đo tại trạm Củng Sơn



Hình 8. Lượng mưa trung bình tháng nhiều năm tại các trạm Mang Yang (khu vực Tây Trường Sơn), Tuy Hòa (khu vực Đông Trường Sơn), An Khê (khu vực trung gian) và lưu lượng dòng chảy trung bình tháng nhiều năm tại Củng Sơn.



Hình 9. Biến động tỷ số Tổng lượng nước trung bình tháng ( $W_{tb}$ ) của các năm mưa rất ít, mưa ít, mưa nhiều và mưa rất nhiều/Tổng lượng nước trung bình tháng ( $W_{tb\text{ tháng}}$ ) của năm mưa bình thường theo số liệu trạm đo Củng Sơn

### 2.3. Các kịch bản phân tích

Để phân tích hoạt động của các thành phần của hệ thống tài nguyên nước LVSB, 3 kịch bản đã được xây dựng cho hai giai đoạn 2000-2010 và 2011-2020 như sau:

- Kịch bản Ia: hệ thống vận hành theo các điều kiện cơ sở hạ tầng và mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội giai đoạn 2000-2010 với các hồ chứa - nhà máy thủy điện lớn (Ayun Hạ, Sông Ba Hạ, Sông Hinh và Krông Năng - hình 10) đã được xây dựng, tích nước và vận hành hoạt động theo quy trình vận hành đơn lẻ đã được các bộ chủ quản phê duyệt (Bộ CT, 2009 [5]; Bộ NN&PTNT, 2004 [6]), còn cụm hồ chứa An Khê - Kanac đã được xây dựng nhưng chưa phát điện (chưa phân dòng cấp nước cho cụm máy phát An Khê ở bậc cuối cùng chảy ra lưu vực sông Côn ở Bình Định).



Hình 10. Sơ đồ vị trí các hồ thủy điện trên LVSB

- Kịch bản Ib: tương tự như kịch bản Ia, nhưng các hồ chứa được giữ định hoạt động theo quy trình vận hành liên hồ chứa trong mùa lũ hàng năm (Thủ tướng Chính Phủ, 2010 [7]); ngoài ra đảm bảo dòng chảy tối thiểu  $\geq 1\text{m}^3/\text{s}$  ngay dưới đập Kanac (theo cam kết khi xây dựng thủy điện là  $\geq 1\text{m}^3/\text{s}$ , dòng chảy nhỏ nhất đã quan trắc được là  $0,3\text{m}^3/\text{s}$ ) và  $\geq 20\text{m}^3/\text{s}$  tại Củng Sơn (dòng chảy nhỏ nhất đã quan trắc được là  $7,7\text{m}^3/\text{s}$ ) vào các tháng khô hạn.

- Kịch bản II: hệ thống vận hành theo các mục tiêu nêu trong Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội giai đoạn 2011-2020 của các tỉnh đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt với 5 hồ chứa - nhà máy thủy điện lớn hoạt động theo quy trình vận hành liên hồ chứa trong mùa lũ hàng năm, trong đó cụm hồ chứa An Khê - Kanac phân dòng cấp nước cho cụm máy phát ở bậc cuối cùng

chảy ra lưu vực sông Côn ở Bình Định; Ngoài ra, đảm bảo dòng chảy tối thiểu  $\geq 3\text{m}^3/\text{s}$  ngay dưới đập Kanac và  $\geq 20\text{m}^3/\text{s}$  tại Củng Sơn vào các tháng khô hạn, và áp dụng các biện pháp kỹ thuật nâng cao hiệu quả sử dụng nước trong nông nghiệp để giảm 5% lượng nước tiêu thụ trong giai đoạn 2011-2015 và 10% trong giai đoạn 2015-2020.

### 3. Kết quả phân tích hệ thống tài nguyên nước lưu vực Sông Ba và thảo luận

Dựa trên kết quả tính toán của mô hình WEAP, việc đánh giá và so sánh hiệu quả hoạt động của từng thành phần hệ thống tài nguyên nước LVSB theo các kịch bản đã được xây dựng được tiến hành theo các tiêu chí sau:

(i) Nhu cầu sử dụng của các đối tượng sử dụng nước chính và khả năng đáp ứng của hệ thống tài nguyên nước lưu vực sông Ba:

Xét trên bình diện toàn lưu vực, trong giai đoạn 2000-2010, theo kịch bản Ia, trung bình hàng năm toàn lưu vực có nhu cầu cấp nước 1.280,71 triệu  $\text{m}^3$  trong khi đó thực tế mới chỉ được cấp và sử dụng 1.063,01 triệu  $\text{m}^3$ , đạt khoảng 83,0% nhu cầu (bảng 1). Cũng trong giai đoạn này, theo kịch bản Ib thì cũng chỉ đáp ứng 84,76%. Còn trong giai đoạn 2011-2020, theo kịch bản II, trung bình hàng năm toàn lưu vực có nhu cầu cấp nước 1.416,80 triệu  $\text{m}^3$ , trong khi đó khả năng thực tế có thể cấp được là 1.186,23 triệu  $\text{m}^3$ , đạt khoảng 83,73% nhu cầu; nếu tính đến cả lượng nước phân dòng sang lưu vực sông Côn cho nhà máy thủy điện An Khê đặt ở Bình Định thì nhu cầu cấp nước là 1.719,55 triệu  $\text{m}^3$ , trong khi đó khả năng thực tế có thể cấp được là 1.359,66 triệu  $\text{m}^3$ , đạt khoảng 79,07% nhu cầu. Xét trên tất cả các đối tượng sử dụng nước thì nhu cầu giai đoạn 2011-2020 đều tăng so với giai đoạn 2000-2010 (Công nghiệp = 46,16%, Nông nghiệp = 6,73%, Sinh hoạt = 24,09%, Thủy sản = 21,01%). Tương ứng với đó là tỷ lệ đáp ứng nhu cầu sử dụng giai đoạn 2011-2020 (kịch bản II) trên hầu hết các đối tượng cũng tăng hơn so với giai đoạn 2000-2010 (kịch bản Ia).

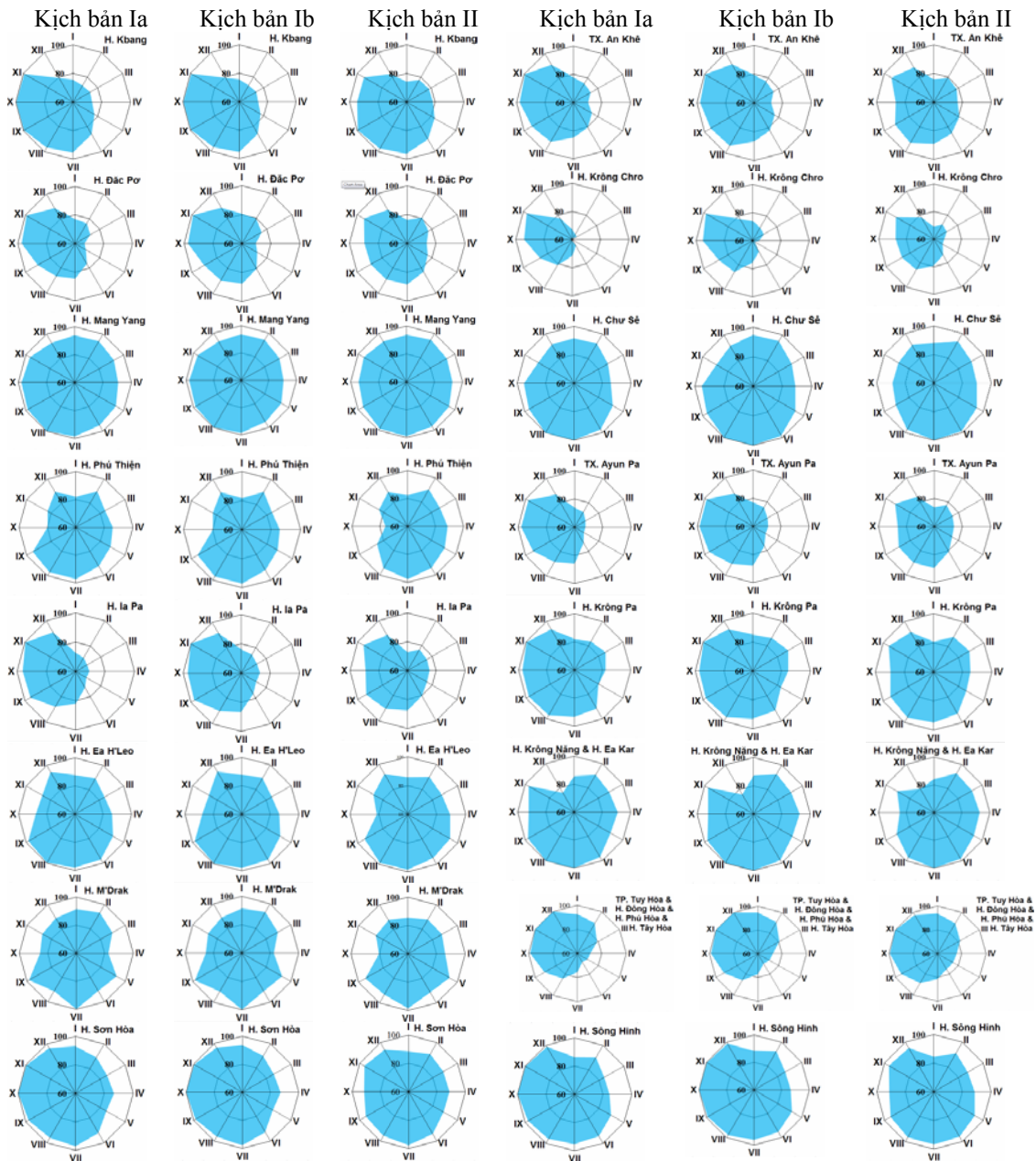
**Bảng 1. Nhu cầu cấp nước hàng năm và tỷ lệ % đáp ứng nhu cầu của toàn LVSB theo các kịch bản**

| Kịch bản | Nhu cầu cấp nước hàng năm (triệu $\text{m}^3$ ) |             |           |          |           | Tỷ lệ % đáp ứng nhu cầu |             |           |          |            |       |
|----------|---|-------------|-----------|----------|-----------|-------------------------|-------------|-----------|----------|------------|-------|
|          | Công nghiệp                                     | Nông nghiệp | Sinh hoạt | Thủy sản | Tổng      | Công nghiệp             | Nông nghiệp | Sinh hoạt | Thủy sản | Trung bình |       |
| Ia       | 44,80   | 1.020,92    | 49,47     | 165,52   | 1.280,71  | 84,9                    | 83,08       | 92,31     | 79,21    | 83,00      |       |
| Ib       |   |             | Như trên  |          |           |                         | 86,26       | 85,08     | 92,60    | 80,00      | 84,76 |
| II       | 65,48   | 1.089,64    | 61,39     | 200,29   | 1.416,80  | 87,44                   | 83,70       | 93,69     | 82,68    | 83,73      |       |
|          | 368,22*   |             |           |          | 1.719,55* | 62,65*                  |             |           |          | 79,07*     |       |

Ghi chú: \* nếu tính cả lượng nước phân dòng sang lưu vực sông Côn cho nhà máy thủy điện An Khê đặt ở Bình Định

Xét ở góc độ tỷ lệ % đáp ứng nhu cầu cấp nước hàng tháng ở các địa phương trên lưu vực sông Ba (hình 11) thì:

+ Ở vùng trung gian: trong kịch bản Ia, thiếu nước thường xảy ra ở mức trung bình tại hầu khắp các huyện, thị (H. Kbang, TX. An Khê, H. Đắc Pơ,



Hình 11. Biểu đồ hoa dạng radar biểu diễn tỷ lệ % (phần tô sẫm màu) đáp ứng nhu cầu cấp nước theo các tháng (các đường bán kính tỏa tia với góc tọa độ = 60%) của các địa phương trong lưu vực theo các kịch bản

H. Krông Chro, TX. Ayun Pa, H. Ia Pa) trong khoảng thời gian từ tháng I đến tháng VI. Cá biệt trong các tháng III-V, hiện tượng thiếu nước xảy ra

gần chạm mức nghiêm trọng (tức là tỷ lệ % đáp ứng nhu cầu cấp nước hàng tháng của 4 nhóm đối tượng sử dụng nước chính: sinh hoạt, công nghiệp,

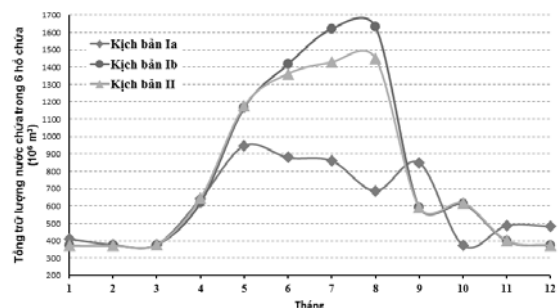
nông nghiệp và thủy sản đạt dưới 60%) tại huyện Krông Chro. Tuy nhiên, tình trạng thiếu nước ở các địa phương nói trên giảm dần khi đi từ kịch bản Ib đến II. Đặc biệt, tình hình thiếu nước gần chạm mức nghiêm trọng xảy ra ở huyện Krông Chro đã biến mất trong kịch bản Ib và II. Ở các vùng khác như Đông Trường Sơn (các huyện Tây Hòa, Đông Hòa, Phú Hòa và thị xã Tuy hòa) và vùng Tây Trường Sơn (huyện Phú Thiện, Krông Hnăng - Ea Kar), tình trạng thiếu nước cũng giảm dần khi đi từ kịch bản Ia đến Ib và II.

+ Tuy nhiên, vào các tháng có mưa, trong khi ở kịch bản I và Ia (tức là giai đoạn 2000-2010) ở hầu hết các địa phương không xảy ra tình trạng thiếu nước thì ở kịch bản II (tức là giai đoạn 2011-2020) lại xuất hiện tình trạng thiếu nước ở mức nhẹ (tức là tỷ lệ % đáp ứng nhu cầu cấp nước hàng tháng của 4 nhóm đối tượng sử dụng nước chính: sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp và thủy sản nằm trong khoảng  $\geq 90$  và  $< 100$ ). Điều này phản ánh một thực tế rằng nhu cầu sử dụng nước trong giai đoạn 2011-2020 tăng cao và vượt giới hạn có khả năng đáp ứng của hệ thống tại mọi thời điểm. Điều đó cũng có nghĩa: về lâu dài bắt buộc phải giảm bớt nhu cầu sử dụng nước ở tất cả các địa phương trong lưu vực và đây là giải pháp duy nhất để lưu vực phát triển bền vững.

(ii) Tổng trữ lượng nước trong các hồ chứa:

Hệ thống hồ chứa chỉ phát huy hiệu quả cao khi lượng nước chứa trong nó càng cao. Xét theo tiêu chí này, rõ ràng là nếu các hồ chứa vận hành theo Quy trình vận hành liên hồ chứa đã được Thủ tướng Chính phủ ban hành (các kịch bản Ib và II trong hình 12) thì lượng nước dự trữ trong hệ thống hồ này lớn hơn nhiều so với nếu các hồ chứa vận hành theo quy trình đơn lẻ của các Bộ chủ quản đã được áp dụng trước thời điểm 2011 (kịch bản Ia trong hình 12). Cũng cần phải lưu ý rằng, trong kịch bản Ib, dòng chảy tối thiểu dưới chân

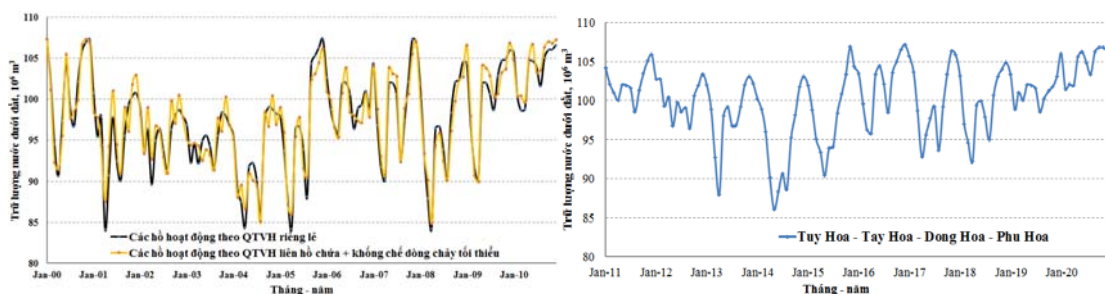
đập An Khê là  $1\text{ m}^3/\text{s}$ ; trong khi đó, trong kịch bản II, ngoài dòng chảy tối thiểu  $3\text{ m}^3/\text{s}$ , hồ chứa An Khê còn phải phân dòng với tổng lượng 173,425 triệu  $\text{m}^3/\text{năm}$  sang lưu vực sông Côn để chạy tổ máy phát điện. Do vậy, lượng nước dự trữ trong các hồ chứa trong kịch bản II nhỏ hơn tổng lượng dự trữ trong các hồ chứa theo kịch bản Ib. Điều đó nói lên rằng phương án phân bổ chia sẻ tài nguyên nước trong lưu vực theo kịch bản II là hiệu quả hơn so với các kịch bản khác.



Hình 12. Tổng trữ lượng nước chứa trong các hồ chứa (tính trung bình tháng theo kết quả của mô hình WEAP) theo các kịch bản Ia và Ib (giai đoạn 2000-2010) và kịch bản II (giai đoạn 2011-2020)

(iii) Biến động trữ lượng nước dưới đất theo thời gian:

Dựa trên kết quả tính toán của mô hình WEAP (hình 13), có thể thấy rằng tỷ số trữ lượng nước dưới đất  $W_{\max}/W_{\min}$  có giá trị thấp nhất trong kịch bản Ia ( $84.13/107.35 = 0,78$ ), tiếp theo sau là kịch bản Ib ( $84.86/107.35 = 0,79$ ) và cao nhất là ở kịch bản II ( $86,03/107,12 = 0,8031$ ). Trong cả 3 kịch bản, tuy chưa đạt đến giới hạn an toàn cho phép (theo khuyến cáo của Hội đồng trữ lượng quốc gia không nên khai thác quá 1/3 trữ lượng để đảm bảo môi trường), nhưng đối với khu vực ven biển cần phải tính đến khả năng xâm nhập mặn lần sâu vào đất liền do tăng lượng khai thác.



Hình 13. Biến động trữ lượng nước dưới đất vùng đồng bằng Tuy Hòa theo các kịch bản Ia và Ib (hình trái) và II (hình phải) dựa trên kết quả tính toán của mô hình WEAP



Trong kịch bản Ia và Ib, trữ lượng nước dưới đất có xu hướng giảm dần trong giai đoạn 2001-2005 và tăng dần trở lại giai đoạn 2008-2010. Điểm này khá phù hợp với biến động khí hậu và tài nguyên nước mặt trong vùng khi mà giai đoạn 2001-2005 là khô hạn và giai đoạn 2008-2010 là mưa, mưa nhiều. Còn trong kịch bản II trong giai đoạn 2011-2014 trữ lượng nước dưới đất ở vùng đồng bằng Tuy Hòa có xu hướng giảm dần phản ánh tương đối sát với chuỗi năm thủy văn đã giả định (năm 2011-bình thường; 2012 -ít mưa; 2013-rất ít mưa; 2014-rất ít mưa). Năm 2014 là cạn kiệt nhất ( $\frac{W_{max}}{W_{min}} = \frac{85}{107.35} = 79,18\%$ ). Tiếp theo đó là

chuỗi các năm 2015-2017 mà trữ lượng nước dưới đất phục hồi dần mặc dù vẫn có sự sụt giảm cục bộ vào các tháng khô hạn và do khai thác nước cho sử dụng (2015-mưa nhiều; 2016-mưa rất nhiều; 2017-mưa nhiều). Vào các năm sau đó (2018-mưa ít; 2019-bình thường; 2010-mưa rất nhiều), trữ lượng nước ngầm tăng dần và đạt giá trị gần đỉnh vào năm 2020.

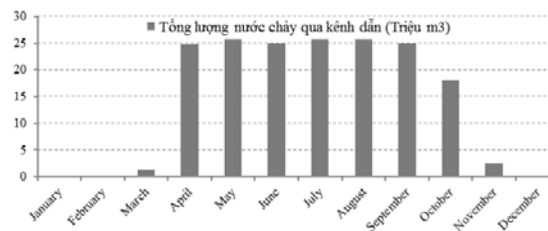
Mặc dù sự tăng giảm trữ lượng nước dưới đất phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó quan trọng nhất là lượng mưa bổ cập và lượng khai thác sử dụng, nhưng diễn biến trữ lượng nước dưới đất mà WAEP tính cho thấy kịch bản II có những ưu điểm nhất định của sử dụng nước so với 2 kịch bản Ia và Ib.

(iv) Lượng nước phân cắt dòng sang lưu vực sông Côn, Bình Định:

Mặc dù việc phân dòng và cụm máy phát điện An Khê chỉ bắt đầu hoạt động từ năm 2011 (tức chỉ có trong kịch bản II, không có trong kịch bản Ia và Ib) nhưng nghiên cứu này vẫn phân tích hiệu quả hoạt động của nó trong bối cảnh điều hòa phân phối nguồn nước chung cho toàn lưu vực.

Theo kết quả tính toán của mô hình WEAP, tổng lượng nước bình quân năm giai đoạn 2011-2020 chảy qua kênh dẫn phân dòng từ hồ chứa (thuộc lưu vực sông Ba) đến nhà máy thủy điện An Khê (đặt ở tỉnh Bình Định thuộc lưu vực sông Côn) là 173,425 triệu m<sup>3</sup>/năm, chiếm khoảng 57,28% lượng nước mà các nhà thiết kế nhà máy thủy điện đã kỳ vọng (lưu lượng thiết kế trung bình 9,6m<sup>3</sup>/s tương đương 302,746 triệu m<sup>3</sup>/năm). Lượng điện hàng năm sản xuất ra tương ứng với lượng nước nói trên là 390,097 KWh, chỉ bằng 54,21% công suất thiết kế (2 tổ máy × 80 MW =

160MW hay 694 triệu KWh). Đặc biệt, trong khoảng thời gian các tháng XII-III thì nhà máy phát điện phải ngừng, hầu như không hoạt động để đảm bảo dòng chảy tối thiểu 3m<sup>3</sup>/s dưới hạ lưu đập An Khê (hình 14).



Hình 14. Lượng nước trung bình tháng (trục đứng, triệu m<sup>3</sup>) chảy qua kênh dẫn phân dòng từ hồ chứa đến nhà máy phát điện An Khê giai đoạn 2011-2020 theo kết quả của mô hình WEAP

Nếu chỉ đảm bảo dòng chảy tối thiểu  $\geq 1\text{m}^3/\text{s}$  dưới hạ lưu đập An Khê, lượng điện sản xuất ra có thể đạt tới 67,05% công suất thiết kế và nhà máy có thể hoạt động hầu như quanh năm (trừ tháng I-II). Tuy nhiên trường hợp này sẽ gây thiếu nước nghiêm trọng trong một số tháng mùa khô (I-V) ở các huyện thị vùng trung gian.

Kết quả chạy mô hình nói trên cho thấy: không thể thỏa mãn đồng thời nhu cầu cấp nước dưới hạ lưu (dòng chảy tối thiểu tại chân đập An Khê  $\geq 3\text{m}^3/\text{s}$ ) và hoạt động hiệu quả cao của nhà máy thủy điện An Khê.

Như vậy, mặc dù trong giai đoạn 2011-2020 nhu cầu sử dụng nước trên toàn LVSB tăng lên đáng kể so với trong giai đoạn 2000-2011, dựa trên các tiêu chí đã phân tích nói trên có thể thấy rằng các thành phần của hệ thống tài nguyên nước LVSB trong kịch bản II hoạt động hiệu quả hơn so với kịch bản Ia và Ib.

#### 4. Kết luận

Với việc mô phỏng và phân tích hoạt động của một số thành phần thuộc hệ thống tài nguyên nước của lưu vực sông Ba theo cách tiếp cận lý thuyết phân tích hệ thống kết hợp với sử dụng mô hình Quy hoạch và Đánh giá tài nguyên nước WEAP, có thể thấy rằng trong giai đoạn 2011-2020, nhu cầu sử dụng tài nguyên nước để đáp ứng quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội của các địa phương đã vượt quá khả năng cung ứng của lưu vực. Với quan điểm không làm thay đổi, điều chỉnh cơ sở hạ tầng

cung ứng nước hiện có (tức là không làm thay đổi các công trình thủy lợi, hệ thống cấp nước hay các chính sách, thứ tự ưu tiên cấp nước hiện có), chúng tôi đề xuất nhóm giải pháp sau đây để tăng khả năng đáp ứng nhu cầu sử dụng nước của các đối tượng và các địa phương trong lưu vực trong giai đoạn 2011-2020:

- Nâng cao chức năng điều tiết của hệ thống hồ chứa trong lưu vực. Kết quả mô phỏng hoạt động của hệ thống cho thấy nếu hoạt động theo “Quy trình vận hành liên hồ chứa”, tỷ lệ % đáp ứng nhu cầu sử dụng nước của các đối tượng ở các địa phương đều cao hơn so với nếu hoạt động theo “Quy trình vận hành đơn lẻ”. Tuy nhiên, do “Quy trình vận hành liên hồ chứa” nêu trong quyết định số 1757/QĐ-TTg ban hành ngày 23/9/2010 chỉ tập trung cắt lũ, không quy định cụ thể lưu lượng xả xuống hạ lưu phải bảo đảm vào mùa cạn kiệt nên qua kết quả tính toán của mô hình WEAP, chúng tôi kiến nghị phải bảo đảm dòng chảy tối thiểu  $\geq 3\text{m}^3/\text{s}$  ở hạ lưu đập An Khê và  $\geq 20\text{m}^3/\text{s}$  ở Củng Sơn. Nếu áp dụng kết hợp hai giải pháp này có thể đảm bảo tỷ lệ % đáp ứng nhu cầu sử dụng nước của các đối tượng ở mức có thể chấp nhận được.

- Ưu tiên cấp nước sản xuất điện cho cụm máy phát điện An Khê đặt ở Bình Định phải xếp sau ưu tiên cấp nước cho sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp, công nghiệp và nuôi trồng thủy sản. Các đối tượng sử dụng nước ở các địa phương phải giảm bớt lượng yêu cầu và chấp nhận tỷ lệ đáp ứng chỉ ở mức 75-90%; trong khi đó cụm máy phát điện An Khê phải chấp nhận mức sản xuất điện chỉ bằng 50-55% công suất thiết kế. Đây có thể là sự lãng phí lớn đối với một công trình được đầu tư gần 4.000 tỷ đồng (theo dự toán được phê duyệt năm 2005) nhưng việc tăng sản lượng điện quá mức này sẽ dẫn đến việc giảm tỷ lệ % đáp ứng của các đối tượng sử dụng ở các địa phương dưới hạ lưu và tác động tiêu cực tới môi trường.

- Áp dụng khoa học kỹ thuật tiên tiến trong sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là trồng lúa nước, nhằm tăng hiệu quả sử dụng nước, phấn đấu giảm 5% lượng nước tiêu thụ/ha.vụ trong giai đoạn 2011-2015 và 10% /ha.vụ trong giai đoạn 2015-2020. Nói chung, việc giảm lượng nước sử dụng và tiêu thụ/đơn vị sản phẩm trong các hoạt động sản xuất là biện pháp duy nhất và lâu dài nhằm giảm bớt tình hình căng thẳng trong cung ứng nước trong lưu vực.

- Nước dưới đất ở các địa phương trong lưu vực sông Ba nói chung tương đối đủ đáp ứng cho các nhu cầu sinh hoạt và sản xuất công nghiệp, ngoại trừ khu vực đồng bằng Tuy Hòa. Đối với khu vực này, nếu xây dựng thêm các khu công nghiệp lớn thì cần phải hết sức hạn chế việc sử dụng nước dưới đất làm nguồn cung chính, thay vào đó phải là các nguồn nước mặt.

Kết quả nghiên cứu này có thể dùng làm cơ sở khoa học để các cơ quan hoạch định chính sách ở địa phương rà soát lại các mục tiêu nêu trong các Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội giai đoạn 2011-2020 của các tỉnh trong LVSB đã được phê duyệt. Cách tiếp cận, giải quyết vấn đề cũng như kết quả nghiên cứu này có thể là một gợi ý cho các cơ quan quản lý chuyên ngành của Bộ Tài nguyên và Môi trường nghiên cứu và xây dựng một quy trình vận hành liên hồ chứa cho lưu vực sông Ba thích hợp hơn để thay thế các quy trình vận hành hiện hành.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này sử dụng nhiều số liệu và kết quả của đề tài KHCN cấp Bộ “Nghiên cứu ứng dụng mô hình phân tích hệ thống nhằm phân bổ hợp lý nguồn nước trong quy hoạch tài nguyên nước” từ nguồn vốn KHCN của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Tập thể tác giả trân trọng cảm ơn.

#### TÀI LIỆU DẪN

[1] *Hall, Warren A., and John Dracup*, 1970: Water Resources engineering. McGraw Hill, New York.

[2] *Jack Sieber and David Purkey*, 2011: WEAP - Water Evaluation And Planning System - User Guide. Stockholm Environment Institute, U.S. Center, 335p.

[3] *Neil S.G.*, 1996: Water Resources Management: Principles, Regulations, and cases. McGraw Hill Publisher.

[4] *Richard N. Palmer and Kathryn V. Lundberg*, 2004: Integrated water resource planning. University of Washington, Seattle, Washington.

[5] Bộ Công Thương, 2009: Quyết định 1863/QĐ-BCT Ban hành quy trình vận hành hồ chứa thủy điện sông Ba Hạ.

[6] Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2004: Quyết định 64/2004/QĐ-BNN về việc ban hành quy trình vận hành điều tiết hồ chứa nước Ayun Hạ tỉnh Gia Lai.

[7] Thủ tướng Chính Phủ, 2010: Quyết định 1757/QĐ-TTg 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.

## SUMMARY

### **System analysis of water resources and proposal of sustainable water resources allocation for Ba River Catchment**

In this paper, a system analysis methodology is tested in conjunction with the application of the Water Evaluation And Planning (WEAP) package to analyze the effectiveness of water resources allocation and sharing in the Ba River water scarce Catchment. Principal components of the catchment water resources system such as infrastructure, major water users and stakeholders, policies and plans on socio-economic development and water resources management are identified and defined by separate regions of the catchment. Three scenarios are constructed: the first scenario represents economic-socio-water resources infrastructure conditions and water resources management reality of the catchment in the period 2000-2010; the second one is an imaginary application of the currently issued multi-reservoir operation rule for the 5 largest hydropower reservoirs in the same economic-socio-water resources infrastructure conditions of the catchment for the period 2000-2010; and the third scenario simulates the water usage and sharing in accordance with the economic-social development of the catchment in the period 2011-2020 when the multi-reservoir operation rule is actually implemented and a portion of Ba River water is diverted to a neighbourhood catchment for hydropower production. The WEAP system combining embedded simulations of reservoir operation and rainfall-runoff as well as surface-ground water interaction processes is used to analyze and obtain an insight into performance of components of the water resources system in the above-mentioned three scenarios. Comparison of the three scenarios was done on the basis of meeting the water demand of major water users, groundwater and reservoir storage variation in time, which unveils inadequacies of the current reservoir operation rule. Besides, the analysis result shows that:

- The water shortage often occurs in many localities of the Ba Catchment, especially in the intermediate zone, during period from January till May every year, and is attenuated from scenario Ia to Ib to II;
- In the period 2011-2020 the water use demand exceeds the limit which can be afforded by the catchment;
- Given a flow requirement of larger than 3 m<sup>3</sup>/s and 20 m<sup>3</sup>/s is imposed right downstream of the An Khe dam and at Cung Son, respectively, the An Khe hydropower plant can only operates at 54% of its designed capacity. The higher the power generation, the less water demand coverage at the downstream localities.

A set of measures are therefore proposed to ensure the minimal meet rate at 70% of monthly water demand for all major water users in the catchment for the period 2011-2020.