

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU TIẾT CÁC HỒ CHỨA THƯỜNG LƯU ĐẾN DÒNG CHẢY KIẾT CẤP NƯỚC VÙNG HẠ DU SÔNG CẢ

PGS.TS. Nguyễn Quang Trung

ThS. Lương Ngọc Chung

Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường

Tóm tắt: Sông Cả đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế xã hội của hai tỉnh Nghệ An và Hà Tĩnh. Tổng lượng nước trung bình hàng năm vào khoảng 21 đến 23 tỷ mét khối. Tuy nhiên mùa khô kéo dài trong 9 tháng, lượng nước chỉ chiếm khoảng 25 đến 30%, đặc biệt trong các tháng III và IV mực nước sông hạ xuống rất thấp đã ảnh hưởng lớn đến việc cấp nước cho các ngành kinh tế. Để phục vụ phát triển kinh tế xã hội cho các địa phương trên lưu vực, một số hồ chứa trên thượng lưu đã và đang được xây dựng với mục đích cấp nước trong mùa khô, cắt lũ trong mùa mưa và phát điện. Kết quả tính toán thủy lực mô tả dòng chảy kiệt trong mạng sông ứng với các phương án điều tiết và các tần suất khác nhau để làm cơ sở cho việc đề xuất giải pháp phù hợp, đảm bảo cấp nước cho việc phát triển nông nghiệp, thủy sản, các ngành kinh tế và môi trường.

Summary: Ca River plays an important role in socio-economic development of Nghe An and Ha Tinh provinces. Total annual discharge is about of 21 to 23 million m³. However, in 9 months of dry season, water discharge occupies of 25 to 30% only, especially in March and April, water level drops down very low which impact to water supply for economic sectors. In order to develop socio-economic in the basin, reservoirs in upstream have been built for flood control in rainy season, water supply in dry season and electricity generation. Results of hydraulic simulation with the operation options and frequencies to determine proper measures for ensuring water supply in dry season in lower river basin.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sông Cả là một hệ thống sông liên quốc gia, có tổng diện tích tự nhiên toàn lưu vực là 27.200km², trong đó phần diện tích nằm trên đất Cộng hòa Dân chủ Nhân dân Lào là 9.470km², trên đất Việt Nam 17.730km². Sông Cả gồm nhiều nhánh sông nhỏ nhập lưu như sông Hiếu, sông Giảng, sông La (bao gồm Ngàn Sâu, Ngàn Phố). Vùng hưởng lợi từ hệ thống sông Cả và cũng là vùng chịu tác động của nguồn nước sông Cả nằm chủ yếu ở hạ du sông thuộc địa bàn của hai tỉnh Nghệ An và Hà Tĩnh.

Mặc dù diện tích lưu vực sông Cả rất lớn, nguồn nước khá dồi dào, trung bình một năm tải ra biển tổng lượng nước từ 21-23 tỷ m³

nhưng phân bố không đều theo thời gian. Trong ba tháng mùa mưa tổng lượng dòng chảy chiếm tới 15-16 tỷ m³, trong khi đó mùa khô 9 tháng tổng lượng dòng chảy chỉ từ 6-7 tỷ m³ làm cho mực nước trên sông bị hạ thấp, mặn xâm nhập sâu và ảnh hưởng lớn đến khả năng khai thác của các công trình thủy lợi dọc sông gây nên tình trạng hạn hán, mất mùa và khó khăn trong việc cấp nước cho các ngành kinh tế.

Mục đích của nghiên cứu này là tính toán thủy lực nhằm xác định mực nước, lưu lượng mùa kiệt cho hệ thống sông Cả nhằm mô tả chế độ dòng chảy mùa kiệt trong mạng sông ứng với các tần suất thiết kế 75%; 85% và 90% cho giai đoạn hiện tại và năm 2020 trong các trường hợp có sự tham gia điều tiết các hồ chứa thượng lưu để làm cơ sở cho việc đề xuất giải pháp phù hợp, đảm bảo cấp nước cho việc phát triển nông nghiệp, thủy sản, các ngành

Người phân biên:

Ngày nhận bài:

Ngày thông qua phân biên:

Ngày duyệt đăng:

kinh tế và môi trường.

II. PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Phạm vi nghiên cứu bao gồm: Sông Cả (toàn bộ dòng chính thuộc Việt Nam), toàn bộ lưu vực sông Hiếu, sông Giăng Sông La (bao gồm 2 nhánh là Sông Ngàn sâu, Ngàn Phố) và các nhánh sông suối nhỏ: Huồi Nguyên, Khe

Choang, sông Trai, suối Rô, sông Rào Gang, sông Cầu Nậy...

III. ĐẶC ĐIỂM DÒNG CHÍNH SÔNG CẢ

Đặc trưng hình thái lưu vực sông Cả được thể hiện qua các chỉ tiêu đánh giá lưu vực như Bảng 1.

Bảng 1: Đặc trưng hình thái một số lưu vực sông

TT	Lưu vực	F (km ²)	Lsông g (km)	Độ cao bq(m)	Độ dốc bq/v (‰)	Bbq km/k m ²	Mật số lưới sông km/km ²	Hệ số không đối xứng	Hệ số hình dạng lưu vực
1	Sông Cả	27.200	531	294	1,83	89	0,60	-0,14	0,29
2	S. Nậm Mô	3.970	173	960	2,57	38,2		0,22	0,27
3	S. Giăng	1.050	77	492	1,72	15,8		-0,09	0,24
4	Sông Hiếu	5.340	228	303	1,30	32,5	0,71	0,02	0,20
5	Sông La	3.210	135	362	2,82	46,6	0,87	0,53	0,68

IV. MÔ HÌNH THỦY LỰC HỆ THỐNG SÔNG

4.1. Sơ đồ mạng sông:

Sông Cả là một hệ thống sông hoàn chỉnh, do vậy khi nghiên cứu bài toán thủy lực mùa kiệt ở hạ lưu cần phải xem xét tính toán toàn bộ mạng sông. Mạng tính toán thủy lực bao gồm toàn bộ dòng chính và các phụ lưu chính của vùng trung, hạ du trong lưu vực sông Cả, cụ thể như sau:

+ Dòng chính sông Cả: Từ ngã ba Cửa Rào đến cửa sông tại Cửa Hội.

+ Sông Hiếu: Từ trạm thủy văn Nghĩa Khánh đến nhập lưu vào sông Cả tại ngã ba Cây Chanh.

+ Sông Giăng: Từ tuyến Thác Muối đến nhập lưu vào sông Cả.

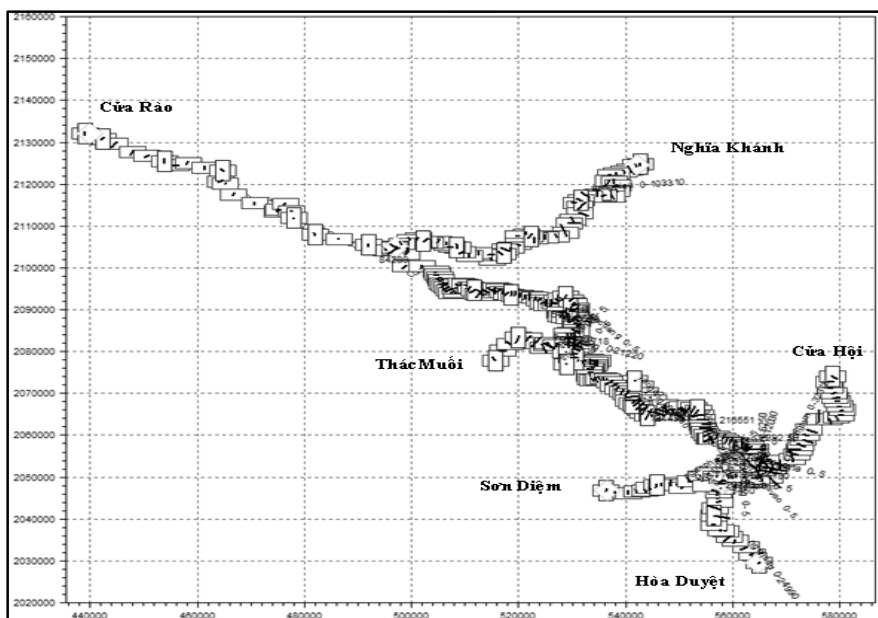
+ Sông Gang: Tại vị

tri bắt đầu có đề đến nhập lưu vào sông Cả.

+ Sông Ngàn Phố: Từ trạm thủy văn Sơn Diệm đến ngã ba Linh Cầm.

+ Sông Ngàn Sâu: Từ trạm thủy văn Hoà Duyệt đến ngã ba Linh Cầm.

+ Sông La: Từ Linh Cầm đến nhập lưu vào sông Cả tại ngã ba Chợ Tràng.



Hình 1. Sơ đồ mạng sông

4.2. Các biên tính toán

Với mạng sông tính toán đã được xác định ở trên, biên trên của mô hình thủy lực là quá trình lưu lượng theo thời gian $Q=f(t)$ cụ thể như sau

+ Biên lưu lượng tại trạm thủy văn Cửa Rào (Flv= 12.800 km²) trên dòng chính sông Cả.

+ Trên sông Hiếu biên lưu lượng tại Nghĩa Khánh (Flv= 4.020 km²)

+ Trên sông Giăng biên lưu lượng tại Thác Muối (Flv= 785 km²)

+ Trên sông Rào Gang tại vị trí đầu đê (Flv= 478 km²)

+ Trên sông Ngàn Phố tại trạm thủy văn Sơn Diệm (Flv= 790 km²)

+ Trên sông Ngàn Sâu tại trạm thủy văn Hoà Duyệt (Flv= 1.880 km²)

b. Biên dưới của mô hình:

Biên dưới của mô hình thủy lực là quá trình mực nước theo thời gian $Z=f(t)$ tại Cửa Hội.

c. Biên dọc sông của mô hình:

Các biên gia nhập vào trung lưu sông Cả và các sông khác: Huồi Nguyên, Khe Choang, Hối Quất, các khu giữa khác sông Cả, sông Hiếu, sông Giăng, sông Ngàn Sâu, Ngàn Phố...

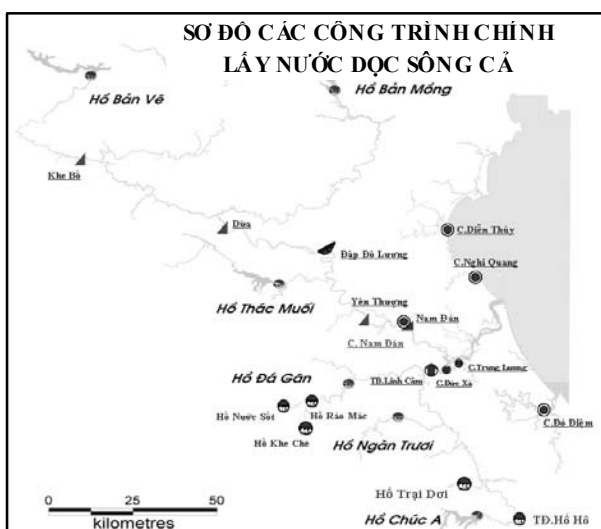
Bảng 2: Chỉ tiêu cơ bản của các biên gia nhập khu giữa sông Cả

TT	Biên gia nhập	Flv (km ²)	Thuộc sông
1	Tả sông Cả 1	130	Sông Cả
2	Huồi Nguyên	800	Sông Cả
3	Hữu sông Cả 1	156	Sông Cả
4	Khe Choang	431	Sông Cả
5	Hữu sông Cả 2	147	Sông Cả
6	Tả sông Cả 2	351	Sông Cả
7	Tả sông Cả 3	150	Sông Cả
8	Hối Quất	152	Sông Cả
9	Tả sông Cả 4	180	Sông Cả
10	Hữu sông cả 3	51,5	Sông Cả
11	Sông Trai	201,5	Sông Cả
12	Sông Rồ	125	Sông Cả
13	Khe Lung	219	Sông Cả
14	Hữu sông Cả 4	79	Sông Cả
15	Tả sông Hiếu 1	177	Sông Hiếu
16	Tả sông Hiếu 2	150	Sông Hiếu
17	Tả sông Hiếu 3	134	Sông Hiếu
18	Hữu sông Hiếu 1	284	Sông Hiếu
19	Hữu sông Hiếu 2	569	Sông Hiếu
20	Khu giữa sông Giăng	265	Sông Giăng
21	Khu giữa sông Rào Gang	183	Sông Rào Gang
22	Khu giữa sông Ngàn Phố	270	Sông Ngàn Phố
23	Khu giữa sông Ngàn Sâu	188	Sông Ngàn Sâu

d. Các vị trí lấy nước khu giữa:

Bảng 3: Chỉ tiêu cơ bản của các vị trí lấy nước dọc sông

Các cụm dùng nước	Trên sông	Lưu lượng (m ³ /s)	
		hiện tại	Tương lai
Các trạm bơm Anh Sơn	Cả	1,739	2,635
Các trạm bơm Thanh Chương			
1. Trên Rào Gang	Rào Gang	2,148	2,460
2. Trên sông Lam			
-Thượng sông Giăng	Cả	1,509	2,182
- Hạ sông Giăng	Cả	2,266	3,324
- Gắn cửa sông Gang	Cả	0,540	1,932
- TB. sông Giăng	Giăng	1,486	1,958
Các vị trí lấy nước Đô Lương			
- Trạm bơm	Cả	5,854	7,245
- Hệ thống Đô Lương	Cả	30,417	44,000
Các vị trí lấy nước Nam Đàn			
- Công Nam Đàn	Cả	23,000	44,040
- Hệ thống trạm bơm 1	Cả	1,395	2,082
- Hệ thống trạm bơm 2	Cả	2,693	3,245
Các trạm bơm Hưng Nguyên			
- Tại Yên Xuân	Cả	1,345	1,541
- Tại TV Chợ Tràng	Lam	1,402	1,990
TP. Vinh	Lam	0,114	0,214
Hệ thống lấy nước Đức Thọ	La		
- TB. Linh Cảm	La	10,158	0,000
- TB nhỏ	La	0,617	0,750
- Công Đức Xá	La	3,600	4,970
- Công Trung Lương	Hào	6,500	8,970
TB Sông Ngàn Phố	Ngàn phố	2,464	3,881
TB Sông Ngàn Sâu	Ngàn Sâu	0,735	1,446
Tổng		99,981	138,880



Các trạm kiểm tra dọc sông

Chợ Tràng, Bến Thủy, Hưng Nhân, Hưng Hoà, Rào

Đừng (sông Lam); Linh Cảm (sông La); Trung Lương (sông Hào).

4.3. Khai thác mô hình MIKE11 tính toán thủy lực mùa kiệt

4.3.1. Tính toán mô phỏng:

Nhằm xác định bộ thông số dòng chảy và xâm nhập mặn trong mùa kiệt cho vùng hạ du sông Cả, trong nghiên cứu này chúng tôi chọn thời kỳ từ ngày 07-20/04/1989 để tính toán mô phỏng. Đây là thời đoạn của một con

triều thường bị kiệt nhất, có nhu cầu về nước cao trong năm của lưu vực, đồng thời có số

liệu quan trắc đầy đủ, đồng bộ nhất.
Kết quả tính toán mô phỏng và thực đo tại một

số trạm có quan trắc mực nước trong thời kỳ
kiệt trên sông Cả như sau

Bảng 4: Kết quả mực nước thực đo và tính toán mô phỏng

TT	Vị Trí	Sông	Hmax (m)			Hmin (m)		
			Thực đo	Tính toán	Sai số	Thực đo	Tính toán	Sai số
1	TV Yên Thượng	Cả	1,97	1,98	0,01	1,76	1,79	0,03
2	TV Chợ Tràng	Lam	1,15	1,05	0,10	-1,07	-1,10	0,03
3	TV Bến Thủy	Lam	1,08	1,01	0,07	-1,34	-1,14	0,20
4	Hung Nhân	Lam	1,08	1,03	0,05	-1,38	-1,27	0,11
5	Hung Hoà	Lam	1,16	1,03	0,13	-1,35	-1,27	0,08
6	Rào Đung	Lam	1,06	1,05	0,01	-1,25	-1,33	0,08
7	TV Linh Cảm	La	1,18	1,08	0,10	-0,55	-0,34	0,21
8	Trung Lương	Hào	1,04	1,04	0,00	-1,34	-1,10	0,24

Đường quá trình mực nước tính toán mô phỏng kiệt năm 1989 và thực đo tại một số vị trí trên sông Cả

Nghiên cứu đã chọn thời kỳ kiệt có số liệu thực đo từ 25-30/07/2011 để tính toán kiểm định. Kết quả tính toán mô phỏng và thực đo tại một số trạm thủy văn trên sông Cả như sau:

4.3.2. Tính toán kiểm định mô hình:

Bảng 5: Kết quả mực nước thực đo và tính toán mô phỏng

TT	Vị Trí	Sông	Hmax (m)			Hmin (m)		
			Thực đo	Tính toán	Sai số	Thực đo	Tính toán	Sai số
1	TV Chợ Tràng	Lam	1,16	1,09	0,07	0,89	0,81	0,08
2	TV Bến Thủy	Lam	1,05	1,03	0,02	-1,01	-0,89	0,08
3	Hung Nhân	Lam	1,11	1,07	0,04	-0,85	-0,85	0,00
4	Rào Đung	Lam	1,10	0,99	0,11	-1,11	-1,08	0,03
5	C. Đức Xá	La	1,25	1,22	0,03	-0,30	-0,31	0,01

Kết quả mô phỏng kiệt từ 07-20/04/1989 và kiểm định từ 25-30/07/2011 cho thấy:

- Mực nước, nồng độ mặn tính toán và giá trị thực đo chênh nhau không đáng kể; đường quá trình diễn biến mực nước trong thời kỳ kiệt năm 1989 và kiểm định 2011 giữa quá trình tính toán và quá trình thực đo tương đối bám sát nhau

- Kết quả tính toán mô phỏng và kiểm định khá phù hợp với thực tế khảo sát, như vậy bộ thông số sử dụng trong mô hình thủy lực đã phản ánh khá chính xác chế độ thủy lực trong mùa kiệt của mạng sông Cả, đủ độ tin cậy để tiến hành các tính toán thủy lực kiệt, mặn cho các trường hợp nghiên cứu trên hệ thống sông Cả.

4.3.3. Các phương án tính toán:

a. Tính toán khi không có hồ chứa bổ sung lưu lượng trong mùa kiệt cho hạ du:

- Trường hợp khai thác nguồn nước trên sông Cả phục vụ nhu cầu nước như hiện nay không có công trình hồ chứa thượng nguồn bổ sung lưu lượng cho hạ du trong mùa kiệt ứng với các tần suất (Ký hiệu HT-75%; HT 85% và HT 90%);

- Trường hợp khai thác nguồn nước trên sông Cả phục vụ nhu cầu nước tương lai 2020, không có công trình hồ chứa thượng nguồn bổ sung lưu lượng cho hạ du trong mùa kiệt với các tần suất (ký hiệu TL2020-75%; TL2020-85% và TL2020-90%)

b. Tính toán khi có hồ chứa bổ sung lưu lượng

trong mùa kiệt cho hạ du:

Trường hợp 1:

Có hồ Bản Vẽ: Nhiệm vụ của công trình này là phát điện, tham gia cắt lũ cho hạ du và bổ sung nguồn nước tham gia đầy mẫn cho hạ du sông Cả trong mùa kiệt với lưu lượng là 80m³/s ứng với các tần suất (Ký hiệu THC75%-1, THC85%-1 và THC90%-1)

Trường hợp 2 (Ký hiệu THC75%-2; 85%-2 và THC90%-2), với các trường hợp:

- Hồ Bản Vẽ bổ sung xuống hạ du sông Cả trong mùa kiệt Q=80m³/s.

- Hồ Bản Mông khởi công xây dựng năm 2010 trên nhánh sông Hiếu, với nhiệm vụ bổ sung nước cho hạ du sông Cả trong mùa kiệt 22m³/s.

- Hồ Ngàn Trươi khởi công xây dựng năm 2009 trên nhánh Ngàn Trươi, với nhiệm vụ bổ sung cho hạ du trong mùa kiệt với lưu lượng 4m³/s.

Trường hợp 3 (Ký hiệu THC75%-3; THC85%-

Bảng 6: Mục nước max, min một số vị trí trên sông - P=75%

3 và THC90%-3) với các trường hợp:

- Như trường hợp 2.

- Xây dựng hồ Thác Muối trên nhánh sông Giăng tười và bổ sung nguồn nước cho hạ du trong mùa kiệt Q=18,5m³/s.

- Xây dựng hồ Chúc A, Trại Dơi trên nhánh Ngàn Sâu tười và bổ sung nguồn nước cho hạ du trong mùa kiệt Q=9,4m³/s.

- Xây dựng hồ Đá Cấn, Khe Chè, Nước Sốt, Rào Mắc trên nhánh Ngàn Phố tười và bổ sung nguồn nước cho hạ du trong mùa kiệt Q=11,5m³/s.

Tóm lại: Trên dòng chính sông Cả sẽ có 3 hồ bổ sung cho hạ du với lưu lượng 120,5m³/s; Trên nhánh sông La có 7 hồ bổ sung với lưu lượng 24,9m³/s.

4.3.4. Kết quả tính toán kiệt với tần suất P=75%

Kết quả tính toán mực nước, lưu lượng các vị trí trên hệ thống sông Cả như sau

Đơn vị: m

Vị trí	HT-75%		Tương lai 2020							
			TL2020-75%		THC75%-1		THC75%-2		THC75%-3	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1. Sông Cả										
Thủy văn Dừa	13.54	13.66	13.54	13.66	13.99	14.07	14.08	14.16	14.08	14.16
TL Bara Đô Lương	9.88	9.92	9.86	9.91	10.06	10.10	10.11	10.15	10.11	10.15
HL Bara Đô Lương	6.13	6.33	6.04	6.26	6.81	6.93	6.96	7.07	6.96	7.08
TV Yên Thượng	1.34	1.53	1.08	1.31	2.01	2.12	2.16	2.25	2.27	2.36
TV Nam Đàn	0.95	1.12	0.29	0.64	1.36	1.47	1.51	1.60	1.62	1.71
Cống Nam Đàn mới	0.93	1.10	0.29	0.64	1.33	1.44	1.47	1.56	1.57	1.66
T. bom Hùng Lĩnh	0.07	0.80	-0.22	0.73	0.30	0.87	0.41	0.91	0.49	0.95
T. bom Hùng Long	-0.48	0.78	-0.62	0.75	-0.33	0.83	-0.24	0.85	-0.17	0.87
Cầu Yên Xuân	-0.54	0.76	-0.64	0.75	-0.43	0.81	-0.36	0.83	-0.31	0.85
2. Sông Lam										
Ngã ba Chợ Trảng	-0.77	0.72	-0.80	0.73	-0.74	0.78	-0.72	0.80	-0.69	0.82
TB Hưng Khánh	-0.76	0.71	-0.78	0.73	-0.75	0.76	-0.74	0.78	-0.72	0.79
H. Châu-H. Nhân	-0.79	0.73	-0.80	0.75	-0.77	0.77	-0.76	0.77	-0.74	0.78
TV Bến Thủy	-0.82	0.74	-0.83	0.75	-0.82	0.76	-0.81	0.76	-0.80	0.77
Cống Hưng Hoà	-0.81	0.76	-0.82	0.79	-0.81	0.79	-0.80	0.80	-0.80	0.80
Cống Rào Đưng	-0.86	0.79	-0.87	0.80	-0.86	0.81	-0.86	0.81	-0.86	0.81
TV Cửa Hội	-0.91	0.80	-0.91	0.80	-0.91	0.80	-0.91	0.80	-0.91	0.80

Vị trí	HT-75%		Tương lai 2020							
			TL2020-75%		THC75%-1		THC75%-2		THC75%-3	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
3. Sông La										
Linh Cẩm	-0.41	0.71	-0.38	0.73	-0.36	0.78	-0.34	0.80	-0.22	0.85
CầuChợ Thượng	-0.42	0.70	-0.41	0.73	-0.38	0.78	-0.36	0.80	-0.26	0.84
Công Đức Xá	-0.45	0.70	-0.45	0.73	-0.43	0.78	-0.41	0.79	-0.34	0.82
Liên Minh-Đ.Tùng	-0.47	0.71	-0.48	0.72	-0.46	0.77	-0.44	0.78	-0.38	0.81
Ngã ba Chợ Tràng	-0.77	0.72	-0.80	0.73	-0.74	0.78	-0.72	0.80	-0.69	0.82
4. Sông Hào										
Cổng Trung Lương	-0.72	0.70	-0.79	0.72	-0.74	0.76	-0.73	0.78	-0.69	0.80

Bảng 7: Lưu lượng max, min một số vị trí trên sông - P=75%

Đơn vị: m³/s

Vị trí	HT-75%		Tương lai 2020							
			TL2020-75%		THC75%-1		THC75%-2		THC75%-3	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1. Sông Cả										
Thủy văn Đưa	74	91	74	91	154	171	176	193	176	193
TL Para Đô Lương	77	94	77	94	157	174	179	196	179	196
HL Para Đô Lương	50	67	43	61	123	141	145	163	145	163
TV Yên Thượng	53	69	46	62	127	143	149	165	167	183
Cổng Nam Đàn mới	36	56	-17	18	82	98	104	121	122	139
Trạm bơm Hưng Lĩnh	-21	70	-67	39	43	108	72	129	93	146
Trạm bơm Hưng Long	-76	92	-110	61	-23	121	22	140	51	157
Cầu Yên Xuân	-166	138	-185	116	-98	170	-75	186	-56	200
Ngã ba Chợ Tràng	-419	275	-413	255	-382	301	-370	315	-364	329
2. Sông Giăng										
Thác Muôi	5	6	5	6	5	6	5	6	24	25
Cửa sông Giăng	6	7	6	7	6	7	6	7	24	26
3. Sông Lam										
Ngã ba Chợ Tràng	-714	545	-645	524	-610	572	-596	587	-573	609
TB Hưng Khánh	-940	709	-839	683	-812	727	-800	740	-780	762
Hưng Châu-H. Nhân	-1006	819	-943	794	-898	836	-880	849	-851	870
Thủy văn Bên Thủy	-1540	1023	-1283	999	-1256	1036	-1244	1048	-1223	1067
Hưng Hoà	-1445	1234	-1411	1208	-1365	1245	-1347	1255	-1320	1275
Cổng Rào Đùng	-1831	1510	-1768	1484	-1724	1520	-1707	1530	-1685	1550
4. Sông Ngàn Phố										
Sơn Diệm	9	11	9	11	9	11	9	11	20	22
Cửa sông Ngàn Phố	-12	20	-10	20	-10	21	-10	21	3	31
5. Sông Ngàn Sâu										
Hoà Duyệt	16	24	16	24	16	24	20	28	29	37
Cửa sông Ngàn Sâu	-67	68	-62	66	-68	68	-66	71	-59	78
6. Sông La										
TV Linh Cẩm	-89	94	-78	92	-85	95	-85	98	-66	114
Công Đức Xá	-188	155	-180	155	-193	158	-192	160	-175	173
Cửa sông La	-244	208	-238	208	-254	210	-255	211	-239	221
7. Sông Hào										
Cổng Trung Lương	-25	19	-24	19	-24	20	-24	20	-22	21

4.3.5. Kết quả tính toán kiệt với tần suất $P=85\%$:

Kết quả tính toán mực nước, lưu lượng các vị trí trên hệ thống sông Cả như sau

Bảng 8: Mực nước max, min một số vị trí trên sông - $P=85\%$

Đơn vị: m

Vị trí	HT-85%		Tương lai 2020							
			TL2020-85%		THC85%-1		THC85%-2		THC85%-3	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1. Sông Cả										
Thủy văn Dừa	13.49	13.61	13.49	13.61	13.95	14.03	14.05	14.12	14.05	14.12
TL Bara Đô Lương	9.86	9.90	9.85	9.88	10.04	10.08	10.09	10.13	10.09	10.13
HL Bara Đô Lương	6.04	6.23	5.94	6.15	6.75	6.87	6.91	7.01	6.91	7.02
TV Yên Thượng	1.21	1.39	0.95	1.17	1.94	2.06	2.10	2.20	2.22	2.31
TV Nam Đàn	0.83	1.02	-0.21	0.47	1.29	1.43	1.46	1.56	1.57	1.67
C. Nam Đàn mới	0.82	1.00	-0.21	0.47	1.26	1.39	1.42	1.52	1.53	1.62
T. bom Hưng Lĩnh	0.01	0.77	-0.30	0.70	0.25	0.87	0.37	0.90	0.45	0.94
T. bom Hưng Long	-0.52	0.76	-0.65	0.73	-0.37	0.83	-0.28	0.85	-0.20	0.87
Cầu Yên Xuân	-0.57	0.74	-0.67	0.73	-0.44	0.81	-0.38	0.83	-0.32	0.85
2. Sông Lam										
Ngã ba Chợ Trảng	-0.78	0.71	-0.81	0.72	-0.75	0.78	-0.72	0.80	-0.69	0.82
TB Hưng Khánh	-0.77	0.71	-0.78	0.73	-0.75	0.76	-0.74	0.78	-0.72	0.79
H. Châu-H. Nhân	-0.79	0.73	-0.81	0.75	-0.78	0.76	-0.76	0.77	-0.75	0.78
TV Bến Thủy	-0.83	0.74	-0.84	0.75	-0.82	0.76	-0.81	0.76	-0.80	0.77
Cống Hưng Hoà	-0.82	0.75	-0.82	0.78	-0.81	0.79	-0.80	0.80	-0.80	0.80
Cống Rào Đung	-0.87	0.79	-0.87	0.80	-0.86	0.81	-0.86	0.81	-0.86	0.81
TV Cửa Hội	-0.91	0.80	-0.91	0.80	-0.91	0.80	-0.91	0.80	-0.91	0.80
3. Sông La										
Linh Cảm	-0.43	0.70	-0.46	0.70	-0.44	0.76	-0.36	0.80	-0.24	0.85
Cầu Chợ Thượng	-0.44	0.68	-0.47	0.71	-0.44	0.76	-0.38	0.80	-0.28	0.84
Cống Đức Xá	-0.46	0.69	-0.50	0.71	-0.47	0.77	-0.42	0.79	-0.36	0.82
Liên Minh-D.Tùng	-0.48	0.70	-0.51	0.71	-0.49	0.76	-0.45	0.78	-0.40	0.81
Ngã ba Chợ Trảng	-0.78	0.71	-0.81	0.72	-0.75	0.78	-0.72	0.80	-0.69	0.82
4. Sông Hào										
Cống Trung Lương	-0.72	0.70	-0.80	0.71	-0.76	0.76	-0.73	0.78	-0.70	0.80

Bảng 9: Lưu lượng max, min một số vị trí trên sông - $P=85\%$

Đơn vị: m³/s

Vị trí	HT-85%		Tương lai 2020							
			TL2020-85%		THC85%-1		THC85%-2		THC85%-3	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1. Sông Cả										
Thủy văn Dừa	67	83	67	83	147	163	169	185	169	185
TL Para Đô Lương	70	86	70	86	150	166	172	188	172	188
HL Para Đô Lương	43	59	36	52	116	132	138	154	138	154
TV Yên Thượng	45	59	38	52	118	133	140	155	159	174
Cống Nam Đàn mới	25	46	-22	9	73	90	95	111	113	130
Trạm bơm Hưng Lĩnh	-34	62	-76	31	42	104	71	123	92	141
Trạm bơm Hưng Long	-85	87	-119	53	-22	119	22	136	51	152
Cầu Yên Xuân	-176	134	-189	108	-96	162	-75	179	-56	193
Ngã ba Chợ Trảng	-422	270	-413	248	-380	295	-370	309	-364	322

Vị trí	HT-85%		Tương lai 2020								
			TL2020-85%		THC85%-1		THC85%-2		THC85%-3		
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
2. Sông Giăng											
Thác Muối	5	6	5	6	5	6	5	6	23	24	
Cửa sông Giăng	5	6	5	6	5	6	5	6	23	25	
3. Sông Lam											
Ngã ba Chợ Trảng	-719	537	-659	511	-612	559	-596	579	-573	601	
TB Hưng Khánh	-944	701	-852	669	-814	714	-800	733	-780	754	
Hưng Châu-H. Nhân	-1011	811	-953	780	-907	823	-884	841	-856	862	
Thủy văn Bến Thủy	-1544	1016	-1301	986	-1256	1025	-1244	1041	-1223	1060	
Hưng Hoà	-1451	1226	-1422	1193	-1375	1234	-1351	1248	-1324	1268	
Công Rào Đưng	-1836	1502	-1777	1468	-1731	1509	-1710	1523	-1688	1543	
4. Sông Ngàn Phố											
Sơn Diệm	7	9	7	9	7	9	7	9	19	21	
Cửa sông Ngàn Phố	-14	19	-13	18	-13	20	-14	20	3	30	
5. Sông Ngàn Sâu											
Hoà Duyệt	14	20	14	20	14	20	18	24	27	34	
Cửa sông Ngàn Sâu	-68	65	-62	65	-68	67	-68	69	-61	75	
6. Sông La											
TVLinh Cảm	-92	90	-81	89	-87	92	-90	94	-68	110	
Công Đức Xá	-192	151	-193	146	-205	149	-197	157	-180	170	
Cửa sông La	-246	205	-247	200	-264	202	-258	209	-243	218	
7. Sông Hào											
Công Trung Lương	-25	18	-25	19	-25	19	-24	20	-22	21	

4.3.6. Kết quả tính toán kiệt với tần suất $P=90\%$:

Kết quả tính toán mực nước, lưu lượng các vị trí trên hệ thống sông Cả như sau

Bảng 10: Mực nước max, min một số vị trí trên sông - $P=90\%$

Đơn vị: m

Vị trí	HT-90%		Tương lai 2020								
			TL2020-90%		THC90%-1		THC90%-2		THC90%-3		
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
1. Sông Cả											
Thủy văn Dừa	13.46	13.57	13.46	13.57	13.94	14.00	14.04	14.10	14.04	14.10	
TL Bara Đô Lương	9.85	9.89	9.84	9.87	10.03	10.06	10.08	10.12	10.08	10.12	
HL Bara Đô Lương	5.97	6.17	5.88	6.08	6.72	6.83	6.88	6.98	6.88	6.98	
TV Yên Thượng	1.13	1.31	0.85	1.05	1.89	2.00	2.07	2.16	2.07	2.16	
TV Nam Đàn	0.75	0.95	-0.72	0.28	1.25	1.35	1.42	1.51	1.42	1.51	
C. Nam Đàn mới	0.74	0.94	-0.69	0.28	1.22	1.32	1.39	1.47	1.39	1.47	
T. bom Hưng Lĩnh	-0.02	0.71	-0.31	0.58	0.22	0.77	0.34	0.81	0.34	0.82	
T. bom Hưng Long	-0.55	0.67	-0.68	0.62	-0.39	0.74	-0.30	0.76	-0.30	0.77	
Cầu Yên Xuân	-0.59	0.67	-0.69	0.63	-0.47	0.72	-0.40	0.74	-0.39	0.75	
2. Sông Lam											
Ngã ba Chợ Trảng	-0.79	0.65	-0.82	0.64	-0.76	0.69	-0.74	0.71	-0.73	0.72	
TB Hưng Khánh	-0.77	0.64	-0.79	0.64	-0.76	0.67	-0.75	0.68	-0.74	0.69	
H. Châu-H. Nhân	-0.79	0.67	-0.81	0.68	-0.78	0.68	-0.77	0.69	-0.77	0.70	
TV Bến Thủy	-0.83	0.67	-0.84	0.69	-0.82	0.68	-0.82	0.68	-0.81	0.69	
Công Hưng Hoà	-0.82	0.69	-0.83	0.71	-0.81	0.69	-0.81	0.70	-0.81	0.70	
Công Rào Đưng	-0.87	0.74	-0.87	0.76	-0.86	0.74	-0.86	0.74	-0.86	0.75	

Vị trí	HT-90%		Tương lai 2020							
			TL2020-90%		THC90%-1		THC90%-2		THC90%-3	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
TV Cửa Hội	-0.91	0.80	-0.91	0.80	-0.91	0.80	-0.91	0.80	-0.91	0.80
3. Sông La										
Linh Cảm	-0.44	0.60	-0.47	0.58	-0.45	0.62	-0.43	0.66	-0.32	0.72
Cầu Chợ Thượng	-0.45	0.60	-0.48	0.59	-0.46	0.62	-0.43	0.65	-0.34	0.70
Công Đức Xá	-0.47	0.60	-0.51	0.59	-0.48	0.62	-0.46	0.64	-0.40	0.69
Liên Minh-Đ.Tùng	-0.49	0.63	-0.52	0.62	-0.50	0.66	-0.48	0.69	-0.44	0.71
Ngã ba Chợ Trảng	-0.79	0.65	-0.82	0.64	-0.76	0.69	-0.74	0.71	-0.73	0.72
4. Sông Hào										
Công Trung Lương	-0.73	0.64	-0.81	0.63	-0.77	0.66	-0.75	0.68	-0.73	0.70

Bảng 11: Lưu lượng max, min một số vị trí trên sông - P=90%

Đơn vị: m³/s

Vị trí	HT-90%		Tương lai 2020							
			TL2020-90%		THC90%-1		THC90%-2		THC90%-3	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1. Sông Cả										
Thủy văn Đừa	63	78	63	78	143	158	165	180	165	180
TL Para Đô Lương	65	80	65	80	145	160	167	182	167	182
HL Para Đô Lương	38	53	31	46	111	126	133	148	133	148
TV Yên Thượng	40	53	34	47	113	127	135	149	135	149
Công Nam Đàn mới	17	40	-16	3	68	82	90	104	90	104
Trạm bơm Hưng Lĩnh	-49	61	-78	27	17	95	51	114	49	114
Trạm bơm Hưng Long	-99	86	-121	51	-51	112	-7	128	-10	128
Cầu Yên Xuân	-183	134	-195	106	-124	158	-80	174	-84	175
Ngã ba Chợ Trảng	-446	267	-452	247	-417	292	-405	305	-413	306
2. Sông Giăng										
Thác Muối	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
Cửa sông Giăng	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
3. Sông Lam										
Ngã ba Chợ Trảng	-793	532	-772	507	-769	554	-754	568	-745	580
TB Hưng Khánh	-1115	696	-1089	664	-1108	709	-1101	723	-1094	735
Hưng Châu-H. Nhân	-1253	806	-1200	777	-1241	818	-1229	831	-1220	844
Thủy văn Bến Thủy	-1965	1012	-1866	983	-1956	1021	-1947	1032	-1939	1043
Hưng Hoà	-2141	1222	-1962	1188	-2129	1229	-2116	1240	-2105	1252
Công Rào Đùng	-2573	1497	-2365	1462	-2563	1504	-2553	1514	-2544	1528
4. Sông Ngàn Phố										
Sơn Diệm	6	8	6	8	6	8	6	8	18	19
Cửa sông Ngàn Phố	-13	17	-14	17	-15	18	-16	18	2	27
5. Sông Ngàn Sâu										
Hoà Duyệt	12	18	12	18	12	18	16	22	26	32
Cửa sông Ngàn Sâu	-67	64	-63	63	-70	65	-69	68	-65	74
6. Sông La										
TV Linh Cảm	-90	88	-85	87	-95	89	-96	92	-72	107
Công Đức Xá	-198	149	-197	143	-211	147	-212	149	-195	161
Cửa sông La	-259	203	-251	198	-268	201	-270	202	-258	212
7. Sông Hào										
Công Trung Lương	-27	18	-25	19	-27	19	-27	19	-25	20

Ghi chú: Lưu lượng âm thể hiện dòng chảy ngược.

V. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ TÍNH TOÁN CÁC TRƯỜNG HỢP KIẾT LƯU VỰC SÔNG CẢ VÀ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG LẤY NƯỚC CỦA CÁC CÔNG TRÌNH HẠ DU

Qua kết quả tính toán thủy lực kiệt các tần suất kiệt (75%, 85% và 90%) lưu vực sông các trường hợp tính toán cho thấy:

- Vùng chịu ảnh hưởng mạnh của chế độ thủy triều Trên sông Lam từ ngã ba Chợ Tràng đến cửa Hội, trên sông La từ ngã ba Linh Cầm đến ngã ba Chợ Tràng không có sự biến động mạnh do đây là vùng chịu tác động mạnh của thủy triều:

+ Các trường hợp TL2020-75%, THC75%-1, THC75%-2, THC75%-3 tại ngã ba Chợ Tràng mực nước nhỏ nhất biến động từ $-0,80 \div -0,69\text{m}$, mực nước lớn nhất biến động từ $0,73 \div 0,82\text{m}$; tại cống Đức Xá trên sông La mực nước nhỏ nhất biến động từ $-0,45 \div -0,34\text{m}$, mực nước lớn nhất biến động từ $0,73 \div 0,82\text{m}$.

Về lưu lượng: Đây là vùng chịu ảnh hưởng của chế độ thủy triều rất mạnh. Khi lưu lượng thượng nguồn trong mùa khô nhỏ nên hoạt động của thủy triều thắng thế sinh ra dòng chảy ngược (lưu lượng âm) khi thủy triều lên. Khi thủy triều rút, lưu lượng theo đó chảy ra biển (lưu lượng dương) bao gồm cả lưu lượng của sông và một phần lưu lượng được đẩy vào khi triều lên. Vì vậy đối với vùng hạ du từ Linh Cầm, ngã ba Chợ Tràng trở xuống lưu lượng tương đối dôi dào. Tuy nhiên, khi chưa có hồ chứa thượng nguồn bổ sung nước thì vùng này bị mặn uy hiếp khá mạnh gây khó khăn cho việc lấy nước (diễn biến mặn hạ du sông Cả sẽ được trình bày trong một bài viết khác).

+ Các trường hợp TL2020-85%, PA75%-1, PA85%-2, PA85%-3 tại ngã ba Chợ Tràng mực nước nhỏ nhất biến động từ $-0,81 \div -0,69\text{m}$, mực nước lớn nhất biến động từ $0,72 \div 0,82\text{m}$; tại cống Đức Xá trên sông La

mực nước nhỏ nhất biến động từ $-0,50 \div -0,36\text{m}$, mực nước lớn nhất biến động từ $0,71 \div 0,82\text{m}$.

+ Các trường hợp TL2020-90%, PA75%-1, PA90%-2, PA90%-3 tại ngã ba Chợ Tràng mực nước nhỏ nhất biến động từ $-0,82 \div -0,73\text{m}$, mực nước lớn nhất biến động từ $0,68 \div 0,72\text{m}$; tại cống Đức Xá trên sông La mực nước nhỏ nhất biến động từ $-0,49 \div -0,40\text{m}$, mực nước lớn nhất biến động từ $0,65 \div 0,69\text{m}$.

Tương tự trường hợp 75% về lưu lượng từ Linh Cầm, ngã ba Chợ Tràng trở xuống hạ du tương đối dôi dào, tuy nhiên khi chưa có hồ chứa thượng nguồn bổ sung nguồn thì vùng này bị mặn uy hiếp mạnh hơn so với tần suất 75% nên việc lấy nước diễn ra rất khó khăn.

Từ những phân tích trên cho thấy: mực nước, lưu lượng hạ du sông Lam, sông La không bị tác động nhiều từ biến động của lưu lượng ở thượng nguồn, mà chịu tác động mạnh của chế độ thủy triều ngoài cửa Hội. Đây cũng là vùng chịu tác động mạnh của xâm nhập mặn, ảnh hưởng rất lớn đến hoạt động của các công trình thủy lợi.

- Vùng không và ít bị ảnh hưởng của thủy triều: Về mùa kiệt do nhu cầu lấy nước trên sông tăng (qua cống Nam Đàn, cống Đô Lương Trung Lương Đức Xá, các trạm bơm dọc sông...) làm cho mực nước trên sông giảm khá mạnh và có sự chênh lệch giữa các tần suất tính toán:

+ So sánh trường hợp hiện trạng và tương lai 2020 khi chưa có hồ điều tiết với các tần suất tính toán tại hạ lưu Bara Đô Lương mực nước tương lai bị hạ thấp $7 \div 10\text{cm}$. Do phía thượng nguồn chỉ có một số trạm bơm nhỏ lấy nước tưới, nên lưu lượng về đến đập Đô Lương còn tương đối lớn từ $77-94\text{m}^3/\text{s}$ (trường hợp chưa có hồ thượng nguồn điều tiết), đảm bảo lấy nước cấp cho vùng Bắc Nghệ An với nhu cầu hiện tại $30,4\text{m}^3/\text{s}$ và tương lai $44\text{m}^3/\text{s}$.

Tại trạm thủy văn Yên Thượng mực nước đến 2020 bị hạ thấp so với hiện tại 17÷26cm; lưu lượng tại Yên Thượng được bổ sung thêm nguồn từ sông Giảng, tuy nhiên từ hạ lưu Bara Đô Lương đến Nam Đàn có rất nhiều trạm bơm lấy nước. Lưu lượng tại Yên Thượng khi chưa có hồ điều tiết tính cho giai đoạn 2020 còn là 46÷62m³/s (tần suất 75%), 38÷52m³ (P=85%) và 34÷47m³/s (P=90%) đây là lưu lượng trên sông Cả trước khi lấy vào cống Nam Đàn.

Qua đó cho thấy nếu trong tương lai, lượng nước cần phải lấy vào cống Nam Đàn cấp cho vùng Nam Hưng Nghi là 4,04m³/s. Khi chưa có thượng nguồn điều tiết, lưu lượng trên sông Cả sẽ không đảm bảo cấp cho vùng này, thiếu khoảng 6÷10m³/s, vì vậy mặn cũng sẽ xâm nhập rất sâu

+ Khi có hồ Bản Vẽ bổ sung lưu lượng trong mùa kiệt thêm 80m³/s làm mực nước vùng không ảnh hưởng bởi triều tăng lên rất nhiều, do lưu lượng bổ sung thêm đảm bảo lượng nước cấp cho các công trình lấy nước dọc sông cụ thể:

Mực nước tại hạ lưu Bara Đô Lương tăng thêm được so với khi chưa có hồ điều tiết là 67÷77cm ứng với tần suất 75%, 72÷81cm ứng với tần suất 85% và 75÷84cm ứng với tần suất 90%. Lưu lượng tần suất 75%, 85%, 90% tại thượng lưu Bara Đô Lương là 157÷196m³/s thoả mãn lượng nước cấp theo yêu cầu tương lai của hệ thống Đô Lương

Mực nước max tại cống Nam Đàn mới là 1,44m và min 1,33m tăng thêm được so với khi chưa có hồ điều tiết là 80÷107cm (ứng với tần suất 75%); tần suất 85% có mực nước max 1,39m và min là 1,26m tăng thêm được 145÷147cm; tần suất 90% có mực nước max là 1,32m và min là 1,22m tăng thêm 1,04÷191cm; Lưu lượng tại thượng lưu công trình (Yên Thượng) từ 113÷143m³/s đảm bảo lượng nước cấp cho các công trình, trong đó có cống Nam Đàn (44,04m³/s).

Tóm lại: Khi được bổ sung nước từ hồ Bản Vẽ thì mực nước, lưu lượng trên triền sông Cả tăng cao trong mùa kiệt, đảm bảo cho việc khai thác của các công trình thủy lợi dọc sông. Mặt khác sẽ điều tiết làm giảm nồng độ mặn ở hạ du sông Cả

+ Khi có hồ Bản Vẽ bổ sung lưu lượng nước trong mùa kiệt thêm 80m³/s, Bản Mông bổ sung 22m³/s và hồ Ngàn Trươi bổ sung 4m³/s (Phía sông Cả được tăng cường thêm lưu lượng trong mùa kiệt thêm 102m³/s, sông La thêm 4m³/s): Mực nước tại hạ lưu Bara Đô Lương tăng thêm được so với khi có hồ Bản Vẽ điều tiết với các tần suất từ 14÷16cm; Mực nước max tại cống Nam Đàn mới tăng thêm so với trường hợp chỉ có hồ Bản Vẽ từ 12÷17cm. Lưu lượng tại thượng lưu Bara Đô Lương từ 167÷196m³/s, tại Yên Thượng (thượng lưu cống Nam Đàn) từ 135÷165m³/s đảm bảo lưu lượng cho các công trình lấy nước (hệ thống Đô Lương, cống Nam Đàn và các trạm bơm dọc sông)

Tóm lại: Khi có sự bổ sung lưu lượng từ hồ Bản Vẽ, Bản Mông, Ngàn Trươi mực nước, lưu lượng trên dọc sông Cả được cải thiện rất tốt, đảm bảo cao trình mực nước, lưu lượng cho việc khai thác của các công trình thủy lợi dọc sông.

VI. KẾT LUẬN

Lưu vực sông Cả có vị trí địa lý thuận lợi để có thể phát triển kinh tế, sản xuất hàng hóa đa dạng với với những ngành mũi nhọn đặc thù. Đây là vùng có thế mạnh cả về công nghiệp, nông nghiệp, ngư nghiệp và gia công chế biến hàng xuất khẩu. Công tác thủy lợi ở đây đóng một vai trò hết sức quan trọng nhằm khai thác nguồn nước một cách bền vững, đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội của các địa phương trong lưu vực.

Mặc dù nguồn nước sông Cả là rất lớn nhưng phân bố không đều theo không gian và thời gian, trong mùa kiệt chỉ chiếm khoảng 25-30% tổng lượng dòng chảy năm gây khó khăn rất nhiều cho việc lấy nước cấp cho sản xuất nông

ng nghiệp và các ngành kinh tế trong lưu vực, đặc biệt là vùng hạ du còn bị mặn xâm nhập rất sâu, đặc biệt là những năm cạn kiệt như năm 1998, 2002, 2005, 2010...gây cản trở nhiều cho sản xuất nông nghiệp, mặn xâm nhập vào sâu nội địa cũng hạn chế việc lấy nước tại các trạm bơm, các cửa cống lấy nước.

Chuyên đề tính toán thủy lực kiệt của nghiên cứu đã tính toán cho các trường hợp hiện trạng, tương lai không có hồ và có hồ điều tiết ở thượng nguồn với các tần suất thiết kế 75%,

85% và 90% từ đó đánh giá, phân tích được khó khăn, thuận lợi trong việc khai thác nguồn nước ở hạ du sông Cả tại các vị trí lấy nước dọc sông trên dòng chính sông Cả như tại cống Nam Đàn, các trạm bơm...; trên sông La tại cống Đức Xá, cống Trung Lương... làm cơ sở đề xuất những giải pháp phù hợp với từng vùng nhằm đáp ứng sự phát triển kinh tế xã hội vùng hạ du và khai thác bền vững nguồn nước lưu vực sông Cả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chuyên đề “Đánh giá tác động của dòng chảy kiệt đến vùng hạ lưu sông Cả”, thuộc đề tài Nghiên cứu đề xuất giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của dòng chảy kiệt phục vụ sản xuất nông nghiệp và thủy sản vùng hạ du sông Cả và sông Mã. 2013.
- [2]. Chuyên đề thủy lực dự án “Quy hoạch tổng thể thủy lợi khu vực Miền Trung trong điều kiện Biến đổi khí hậu - nước biển dâng”, Viện Quy hoạch Thủy lợi 2012.
- [3]. Chuyên Thủy lực dự án “Rà soát quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Cả”, Viện Quy hoạch Thủy lợi, 2012.
- [4]. Bảng đặc trưng hình thái các lưu vực sông Việt Nam.
- [5]. Báo cáo Tổng kết tình hình hạn hán, xâm nhập mặn năm 2010 của Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh Nghệ An, Hà Tĩnh.
- [6]. Báo cáo hiện trạng công trình khai thác nguồn nước trên hệ thống sông Cả của Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh Nghệ An, Hà Tĩnh.