

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
BAN QUẢN LÝ DỰ ÁN 11-P04-VIE**

**Dự án
NGHIÊN CỨU THỦY TÀI DO BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG THÔNG TIN NHIỀU BÊN THAM
GIA
NHẪM GIẢM THIỂU TÍNH DỄ BỊ TỒN THƯƠNG
Ở BẮC TRUNG BỘ VIỆT NAM (CPIS)
Mã số: 11.P04.VIE
(Thuộc Chương trình thí điểm hợp tác nghiên cứu
Việt Nam - Đan hạc 2012-2015)**

BÁO CÁO KẾT QUẢ THỰC HIỆN NĂM 2012-2013

**Nội dung 4.1: Báo cáo tổng quan điều kiện thủy văn lưu vực sông
Lam (phần Nghệ An)**

Nhóm nghiên cứu: WP4

**Chủ dự án: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên
Giám đốc dự án: GS. TS. Phan Văn Tân**

Những người thực hiện:

Trưởng nhóm: PGS.TS. Trần Ngọc Anh

Các thành viên: CN. Nguyễn Kim Ngọc Anh

II.	ĐẶC ĐIỂM ĐỊA LÝ THỦY VĂN VÙNG NGHIÊN CỨU	3
1.1.	Đặc điểm địa lý và hệ thống sông	3
1.1.1	Vị trí địa lý	3
1.1.2	Đặc điểm hệ thống sông ngòi	3
1.2.	Đặc điểm khí hậu	4
1.2.1	Chế độ nhiệt ẩm	4
1.2.2	Chế độ ẩm	4
1.2.3	Lượng bốc hơi Piche	4
1.2.4	Tốc độ gió	4
1.2.5	Chế độ mưa	5
1.3.	Đặc điểm thủy văn	11
1.3.1	Dòng chảy năm	11
1.3.2	Phân phối dòng chảy trong năm	13
1.3.3	Đánh giá tài nguyên nước mặt	16
1.3.4	Diễn biến nước lũ trên lưu vực	17
1.3.5	Lưu lượng và tổng lượng lũ	23
III.	Tài liệu tham khảo	1

ĐẶC ĐIỂM ĐỊA LÝ THỦY VĂN VÙNG NGHIÊN CỨU

Đặc điểm địa lý và hệ thống sông

Vị trí địa lý

Lưu vực sông Cả ở vị trí từ $18^{\circ}15'50''$ đến $20^{\circ}10'30''$ vĩ độ Bắc, từ $103^{\circ}45'10''$ đến $105^{\circ}15'20''$ kinh độ Đông. Phía Bắc giáp lưu vực sông Chu. Phía Tây giáp lưu vực sông Mêkông. Phía Nam giáp lưu vực sông Gianh. Phía Đông giáp biển Đông. Tổng diện tích lưu vực là 27.200 km^2 , phần diện tích tại Việt Nam là 17.730 km^2 , chiếm 65,2% diện tích lưu vực. Diện tích thuộc Lào là 9.470 km^2 chiếm 34,8% diện tích lưu vực.

Dòng chính sông Cả có chiều dài 531km, trong đó chảy qua lãnh thổ Lào là 170km và qua địa phận Nghệ An - Hà Tĩnh là 361km.

Đặc điểm hệ thống sông ngòi

Hệ thống sông Cả có mật độ lưới sông $0,6 \text{ km/km}^2$. Các sông suối đổ vào dòng chính đều ngắn và dốc bắt nguồn từ vùng núi cao của các tỉnh Xiêm Khoảng, Nghệ An, Hà Tĩnh. Tổng số có 44 sông nhánh cấp I có diện tích nhỏ nhất như Khe Trờ 20 km^2 và sông có diện tích lớn nhất là sông Hiếu $F = 5.340 \text{ km}^2$.

Những sông nhánh lớn của sông Cả là Nậm Mô, Huồi Nguyên, sông Hiếu, sông Giăng và sông La. Các sông này đóng góp lượng dòng chảy đáng kể vào dòng chính sông Cả.

+ Sông La là hợp lưu của hai nhánh Ngàn Phố và Ngàn Sâu có tổng diện tích là 3.210 km^2 đổ vào hạ lưu sông Cả tại Chợ Tràng. Sông nhánh lớn Ngàn Sâu, Ngàn Phố bắt nguồn từ vùng núi cao phía Tây Hà Tĩnh có lượng mưa năm lớn. Lũ lớn và lũ quét thường xảy ra trên lưu vực đặc biệt là trên sông Ngàn Phố gây thiệt hại nghiêm trọng tới cuộc sống và tài sản của dân trong vùng. Những năm lũ lớn như năm 1960, 1989 và đặc biệt năm 2002 gây thiệt hại nghiêm trọng.

+ Sông Hiếu là sông nhánh cấp I lớn nhất của sông Cả bắt nguồn từ dãy núi cao Phu Hoạt có độ cao đỉnh núi 2.452m trên huyện Quế Phong, Quỳnh Châu, Nghĩa Đàn, Tân Kỳ đổ vào sông Cả tại ngã ba Cây Chanh. Diện tích toàn bộ lưu vực là 5.340 km^2 , chiều dài sông là 228km, lượng mưa trung bình thượng nguồn sông là 2.200mm, hạ du là 1.600mm. Dòng chảy năm chiếm 32,3% dòng chảy sông Cả tại Yên Thượng. Lũ lớn trên sông Hiếu xảy ra vào các năm 1962, 1978, 1988.

Ngoài hai sông nhánh lớn trên còn có các sông nhánh lớn như Nậm Mô, Huồi Nguyên, sông Giăng. Theo tính toán lượng dòng chảy năm của các sông Nậm Mô, sông Hiếu, sông Giăng chiếm tới 62,3% lượng dòng chảy năm tới Yên Thượng trên sông Cả.

Đặc điểm khí hậu

Vùng nghiên cứu nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa. Hàng năm trong vùng chịu ảnh hưởng của các hoàn lưu khí quyển sau:

+ Khối không khí cực đới lục địa Châu Á hoạt động mạnh từ tháng XI tới tháng III cho thời tiết lạnh và khô vào các tháng mùa đông. Mưa phùn vào các tháng cuối mùa đông.

+ Khối không khí xích đạo Thái Bình Dương hoạt động từ tháng V tới tháng X với đặc điểm là nóng ẩm mưa nhiều gây lũ lụt nghiêm trọng.

+ Khối không khí nhiệt đới ẩm Ấn Độ Dương hoạt động mạnh từ tháng V tới tháng VIII, mạnh nhất vào tháng VII mang đặc điểm khô nóng sau khi vượt núi tràn vào lưu vực. Đây là thời kỳ hoạt động mạnh của gió Lào.

+ Các nhiễu động thời tiết như hội tụ nhiệt đới, áp thấp nhiệt đới, ảnh hưởng tới lưu vực gây nên những đợt mưa có cường độ lớn kéo dài trên diện rộng gây lũ lụt khá nghiêm trọng như các năm 1978, 1988, 1996, 2002 v.v...

Chế độ nhiệt ẩm

Nhiệt độ trung bình nhiều năm đạt $23,8^{\circ}\text{C}$ tại vùng ven biển, càng gần vùng núi cao nhiệt độ giảm $23 \div 23,5^{\circ}\text{C}$. Tháng I có nhiệt độ thấp nhất đạt $16 \div 17^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ tháng VII đạt cao nhất $28 \div 29^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ cao nhất đạt tới $41 \div 42^{\circ}\text{C}$, thấp nhất đạt $4 \div 5^{\circ}\text{C}$.

Chế độ ẩm

Độ ẩm tương đối trung bình $84 \div 85\%$ cá biệt có vùng chỉ đạt 80% như tại Cửa Rào.

Lượng bốc hơi Piche

Bốc hơi Piche trung bình nằm trong vùng dao động từ $800 - 900\text{mm}$. Vùng ven biển do tốc độ gió trung bình đạt lớn hơn vùng núi cao, lượng bốc hơi lớn hơn.

Lượng bốc hơi nằm trung bình đạt 928mm tại Vinh, 835mm tại Cửa Rào, 852mm tại Tây Hiếu. Tháng VII có lượng bốc hơi cao nhất do ảnh hưởng của gió Lào đạt 183 mm tại Vinh, $94,2\text{ mm}$ tại Cửa Rào, 113mm tại Tây Hiếu. Tháng II có lượng bốc hơi nhỏ nhất, đạt trung bình từ $20 - 37\text{ mm/tháng}$ ở các trạm.

Tốc độ gió

Tốc độ gió trung bình năm tại các trạm đạt $1 - 2,2\text{ m/s}$ những vùng khuất gió chỉ đạt $0,6 - 1,0\text{ m/s}$, vùng đồng bằng ven biển đạt $2 - 2,2\text{ m/s}$. Hướng gió mùa đông thịnh hành là hướng Đông Bắc, mùa hè gió Tây Nam. Tốc độ gió bão đạt 37 m/s tại Vinh ngày 18/VIII/1965.

Chế độ mưa

Lượng mưa năm trung bình nhiều năm trên lưu vực sông Cả biến động khá mạnh mẽ ở các vùng nó dao động từ $1.122 \div 1.700\text{mm}$ ở vùng ít mưa như khu vực Khe Bó, Mường Xén, Cửa Rào, hạ sông Hiếu và từ $1.800 \div 2.500\text{mm}$ ở vùng mưa vừa và lớn như ở thượng nguồn sông Hiếu $2.000 \div 2.100\text{mm}$, vùng sông Giăng, khu giữa từ Cửa Rào - Nghĩa Khánh tới Dừa, lượng mưa năm trung bình từ $1.800 \div 2.100\text{mm}$. Vùng sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu lượng mưa năm trung bình đạt $2.200 \div 2.400\text{mm}$. Vùng đồng bằng ven biển lượng mưa năm đạt $1.800 \div 1.900\text{mm}$. Trên lưu vực xuất hiện vùng tâm mưa lớn nhất như tâm mưa thượng nguồn sông Hiếu, thượng nguồn sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu.

Vùng ít mưa xuất hiện ở những thung lũng kín, khuất gió như dọc theo thung lũng Mường Xén - Cửa Rào, Cửa Rào - Khe Bó lượng mưa năm chỉ đạt từ $1.200 \div 1.300$. Có năm tại Khe Bó lượng mưa năm chỉ đạt 511mm năm 1984, Cửa Rào đạt 773mm năm 1977.

Mùa mưa thay đổi theo từng vị trí của lưu vực. Vùng thượng nguồn sông Cả, sông Hiếu mùa mưa từ tháng V và kết thúc vào tháng X. Lượng mưa tháng lớn nhất vào tháng VIII, ba tháng có lượng mưa lớn nhất là tháng VII, VIII, IX. Càng về trung, hạ du sông Cả mùa mưa dịch chuyển dần bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng X, XI. Tháng XI có lượng mưa lớn nhất là tháng VIII, IX, X. Càng dần về phía nam của lưu vực mùa mưa bắt đầu từ tháng VIII và kết thúc tháng X như vùng sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu.

Tỷ trọng lượng mưa mùa mưa chiếm từ 80 - 87% còn lại là mùa ít mưa trên lưu vực.

Mùa mưa có xu hướng chậm dần từ Bắc vào Nam từ thượng nguồn về hạ du. Trong mùa mưa thường xuất hiện 2 đỉnh cực trị. Vào tháng IX và tháng V hoặc tháng VI ... Tháng V, VI do hoạt động mạnh gió mùa Tây Nam và gió Tín Phong Bắc bán cầu. Sự hội tụ giữa hai luồng gió này gây nên mưa tiểu mãn vào tháng V, VI gây lũ tiểu mãn trong mùa mưa. Tổng lượng mưa hai tháng này có vùng chiếm tới 20% lượng mưa năm ở các trạm thượng nguồn sông Cả, sông Hiếu, Ngàn Phố, Ngàn Sâu. Trận lũ tiểu mãn lớn như tháng V/1943, tháng V/1989. Đặc biệt là trận mưa tháng V/1989 gây lũ lịch sử trên sông Ngàn Phố. Lượng mưa 1 ngày max đạt 483mm ngày 26/5/1989 tại Kim Cương, 296mm ngày 26/5/1989 tại Hoà Duyệt.

Do hoạt động của gió mùa Tây Nam gây nên thời tiết khô nóng do hiện tượng Föhn mà vào đầu mùa hạ lượng mưa đạt cực đại vào tháng V, VI và cực tiểu phụ vào tháng VII. Khi gió Lào hoạt động mạnh trên lưu vực lượng mưa tháng VII giảm nhỏ chỉ đạt $5 \div 10\%$ lượng mưa năm.

Sang tháng VIII, IX, X dải hội tụ nhiệt đới dịch chuyển dần về phía Nam kết hợp với các loại hình thế thời tiết gây mưa lớn như áp thấp nhiệt đới, bão đã tạo ra những trận mưa lớn kéo dài từ 3 ÷ 10 ngày gây lũ lớn trên các triền sông.

Lượng mưa hai tháng IX, X đạt tới 40% lượng mưa năm. Lượng mưa tháng IX, X phân bố không đều trên lưu vực. Vùng đồng bằng chịu ảnh hưởng của mưa do bão gây ra, lượng mưa hai tháng đạt 1.000 ÷ 1.100 mm. Càng về phía thượng lưu dòng chính lượng mưa hai tháng giảm dần do ảnh hưởng ít của bão chỉ đạt 500 ÷ 800 mm.

Lượng mưa cực tiểu tháng II vùng Mường Xén, Cửa Rào, thượng nguồn sông Hiếu chỉ đạt từ 6 ÷ 12 mm vào tháng này. Các tháng khác đạt từ 6 ÷ 12 mm, lượng mưa tháng II chỉ chiếm 1 ÷ 2% lượng mưa năm. Tổng lượng mưa 5 tháng mùa khô từ tháng XII tới tháng IV chỉ chiếm 10 ÷ 20% lượng mưa năm.

Biến động lượng mưa theo thời gian khá mạnh mẽ. Lượng mưa năm lớn nhất đạt 3.520mm năm 1989 tại Vinh, 3.670mm năm 1989 tại Hoà Duyệt, 3.470mm năm 1978 tại Đô Lương và từ 2.500 ÷ 2.700mm tại các vùng thượng sông Cả, sông Hiếu. Lượng mưa năm nhỏ nhất biến động tùy theo các vùng, vùng ít mưa như Khe Bô, Mường Xén, Cửa Rào có năm lượng mưa chỉ đạt 500 ÷ 700mm. Vùng mưa nhiều năm ít mưa nhất đạt từ 1.200 ÷ 1.500mm.

Hệ số biến sai Cv mưa năm dao động từ 0,25 ÷ 0,35.

* Cường độ mưa:

Cường độ mưa rất lớn nhất là khi có bão đổ bộ vào. Lượng mưa 1 ngày lớn nhất đạt 788mm ngày 27/9/1978 và 3 ngày lớn nhất 958 mm tại Đô Lương. Lượng mưa 1 giờ cao nhất đạt 142mm trong trận mưa ngày 8/10/1965 tại Vinh.

Khi có bão đổ bộ hoặc bão tan thành áp thấp nhiệt đới di chuyển lên phía Bắc gặp không khí lạnh tăng cường sẽ gây mưa lớn trên diện rộng toàn vùng như đợt áp thấp nhiệt đới và không khí lạnh trong tháng X/1988. Lượng mưa 1 ngày đạt từ 250 ÷ 400 mm, lượng mưa 3 ngày đạt 500 ÷ 600 mm.

Nhìn chung phân bố mưa trận lũ khi có bão đổ bộ lượng mưa giảm dần từ hạ du lên thượng nguồn. Vùng mưa lớn thường tập trung ở trung lưu sông Cả, nếu có điều kiện hội tụ các luồng không khí mang hơi ẩm lớn gây mưa. Do vậy lũ sinh ra ở phân trung lưu sông Cả rất lớn, trên sông Giăng lưu lượng lũ đạt 5.150 m³/s với mô số đỉnh lũ 6,56m³/s.km² trong trận lũ tháng IX/1978.

Bảng 1-1: Lượng mưa tháng năm trung bình nhiều năm

Đơn vị: mm

TT	Trạm	Thời kỳ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Xo
1	Quy Châu	1961-2000	15,7	14,0	26,6	86,4	214,4	221,4	195,1	265,3	322,8	234,0	55,7	22,5	1.674
		K%	0,9	0,8	1,6	5,2	12,8	13,2	11,7	15,8	19,3	14,0	3,3	1,3	100
2	Tây Hiếu	1960-200	21,1	23,4	42,7	126,6	150,3	167,6	166,3	256,4	348,8	293,9	75,1	22,1	1.694
		K%	1,2	1,4	2,5	7,5	8,9	9,9	9,8	15,1	20,6	17,3	4,4	1,3	100
3	Nghĩa Khánh	1977-2000	25,4	29,9	24,8	58,5	137,1	156,3	147,9	219,2	322,4	276,7	54,8	18,9	1.472
		K%	1,7	2,0	1,7	4,0	9,3	10,6	10,0	14,9	21,9	18,8	3,7	1,3	100
4	Nông Trường 3/2	1961-2000	20,1	22,5	31,2	69,2	166,2	196,8	142,6	231,0	351,2	259,3	61,2	17,1	1.568
		K%	1,3	1,4	2,0	4,4	10,6	12,5	9,1	14,7	22,4	16,5	3,9	1,1	100
5	Sông Con	1960-1989	19,8	24,9	35,0	65,5	143,7	152,9	152,8	221,2	362,1	312,3	69,3	16,7	1.576
		K%	1,3	1,6	2,2	4,2	9,1	9,7	9,7	14,0	23,0	19,8	4,4	1,1	100
6	Mường Xén	1960-2000	6,7	6,2	27,0	75,3	139,5	158,8	150,1	217,2	195,2	121,2	22,7	6,4	1.126
		K%	0,6	0,5	2,4	6,7	12,4	14,1	13,3	19,3	17,3	10,8	2,0	0,6	100
7	Cửa Rào	1960-2000	9,1	12,9	34,1	76,1	152,7	157,3	148,6	223,1	221,4	153,6	39,1	12,0	1.240
		K%	0,7	1,0	2,7	6,1	12,3	12,7	12,0	18,0	17,9	12,4	3,2	1,0	100
8	Con Cuông	1960-2000	33,0	33,4	45,6	89,3	182,0	158,6	155,5	257,8	340,6	287,2	84,2	29,3	1.697
		K%	1,9	2,0	2,7	5,3	10,7	9,3	9,2	15,2	20,1	16,9	5,0	1,7	100
9	Dừa	1960-2000	28,6	34,8	48,1	84,4	182,8	148,7	146,6	309,6	395,3	326,9	95,6	35,6	1.837
		K%	1,6	1,9	2,6	4,6	9,9	8,1	8,0	16,9	21,5	17,8	5,2	1,9	100
10	Đô Lương	1960-2000	31,8	32,8	40,1	83,2	153,9	143,1	148,3	250,8	403,3	387,1	105,9	35,5	1.816
		K%	1,8	1,8	2,2	4,6	8,5	7,9	8,2	13,8	22,2	21,3	5,8	2,0	100
11	Môn Sơn	1962-1990	55,1	60,6	73,4	115,5	165,6	151,0	132,1	260,1	425,8	345,1	125,7	56,2	1.966
		K%	2,8	3,1	3,7	5,9	8,4	7,7	6,7	13,2	21,7	17,6	6,4	2,9	100

Bảng 1-2: Lượng mưa tháng năm trung bình nhiều năm (tiếp theo)

Đơn vị: mm

TT	Trạm	Thời kỳ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Xo
12	Nam Đàn	1960-2000	26,2	27,8	36,2	69,0	143,6	139,0	112,0	227,5	403,9	399,5	119,4	42,7	1.747
		K%	1,5	1,6	2,1	4,0	8,2	8,0	6,4	13,0	23,1	22,9	6,8	2,4	100
13	Thanh Luân	1960-1990	40,0	27,6	48,1	102,9	199,0	148,6	120,8	231,9	408,6	412,2	130,1	38,9	1.909
		K%	2,1	1,4	2,5	5,4	10,4	7,8	6,3	12,1	21,4	21,6	6,8	2,0	100
14	Hoà Duyệt	1960-2000	65,0	51,3	55,3	83,9	219,4	146,0	135,7	271,3	514,3	550,0	212,4	100,0	2.405
		K%	2,7	2,1	2,3	3,5	9,1	6,1	5,6	11,3	21,4	22,9	8,8	4,2	100
15	Sơn Diêm	1960-2000	52,8	53,3	65,3	94,2	218,1	142,2	140,7	252,5	439,3	422,4	152,3	68,4	2.101
		K%	2,5	2,5	3,1	4,5	10,4	6,8	6,7	12,0	20,9	20,1	7,2	3,3	100
16	Linh Cảm	1960-2000	36,8	29,4	41,5	68,0	148,3	128,0	123,6	212,9	419,9	454,7	148,3	50,4	1.862
		K%	2,0	1,6	2,2	3,7	8,0	6,9	6,6	11,4	22,6	24,4	8,0	2,7	100
17	Chợ Trảng	1960-2000	41,0	33,2	41,2	61,5	125,1	122,0	97,0	216,1	464,3	552,3	179,2	69,6	2.003
		K%	2,0	1,7	2,1	3,1	6,2	6,1	4,8	10,8	23,2	27,6	8,9	3,5	100
18	Vinh	1960-2000	53,7	41,5	48,9	67,5	136,0	114,7	117,1	200,9	495,6	540,8	179,3	68,2	2.064
		K%	2,6	2,0	2,4	3,3	6,6	5,6	5,7	9,7	24,0	26,2	8,7	3,3	100
19	Nghi Xuân	1960-1990	77,9	60,8	53,1	66,4	145,2	120,6	115,2	222,5	541,7	578,1	240,4	82,1	2.304
		K%	3,4	2,6	2,3	2,9	6,3	5,2	5,0	9,7	23,5	25,1	10,4	3,6	100
20	Đại Lộc	1958-2000	31,9	25,4	36,6	62,7	134,9	126,4	102,4	184,3	540,3	553,5	188,3	63,5	2.050
		K%	1,6	1,2	1,8	3,1	6,6	6,2	5,0	9,0	26,4	27,0	9,2	3,1	100

Bảng 1-3: Tần suất lượng mưa năm tại một số trạm

Đơn vị: mm

TT	Trạm	Thời kỳ	X _o	C _v	C _s	X _p					X _o max	Năm	X _o min	Năm
						5	10	50	75	85				
1	Cửa Rào	1960 - 2000	1.249	0,21	0,21	1.695	1.591	1.240	1.067	979	1.636	1973	773	1977
2	Mường Xén	1961 - 2000	1.100	0,21	0,21	1.497	1.404	1.092	940	861	1.547	1978	606	1986
3	Dừa	1960 - 2000	1.791	0,25	0,64	2.610	2.394	1.744	1.466	1.333	3.089	1978	1.077	1998
4	Quy Châu	1962 - 2000	1.674	0,22	0,44	2.322	2.160	1.647	1.413	1.297	2.510	1978	1.058	1988
5	Nghĩa Khánh	1977 - 2000	1.500	0,32	1,48	2.436	2.140	1.390	1.150	1.058	2.910	1978	968	1998
6	Môn Sơn	1962 - 1990	1.962	0,34	0,68	3.177	2.853	1.887	1.480	1.288	3.608	1986	952	1968
7	Con Cuông	1960 - 2000	1.663	0,23	0,85	2.366	2.173	1.613	1.386	1.282	2.901	1978	996	1998
8	Đô Lương	1960 - 2000	1.821	0,26	1,33	2.737	2.455	1.721	1.484	1.373	3.532	1978	1.084	1998
9	Tây Hiếu	1960 - 2000	1.727	0,34	1,55	2.855	2.492	1.587	1.306	1.199	3.814	1995	1.016	1968
10	Nam Đàn	1960 - 2000	1.770	0,23	0,82	2.532	2.322	1.714	1.470	1.358	2.938	1978	1.053	1977
11	Chợ Trảng	1961 - 2000	1.969	0,22	0,33	2.720	2.537	1.945	1.666	1.524	2.972	1989	1.192	1977
12	Sơn Diệm	1960 - 2000	2.100	0,20	0,24	2.820	2.649	2.084	1.809	1.668	3.168	1989	1.364	1998
13	Hoà Duyệt	1960 - 2000	2.410	0,22	0,22	3.310	3.096	2.387	2.040	1.860	3.673	1989	1.191	1998
14	Linh Cảm	1960 - 2000	1.868	0,23	1,04	2.676	2.442	1.797	1.555	1.450	3.279	1989	1.175	1977
15	Đại Lộc	1959 - 2000	2.024	0,25	0,65	2.938	2.696	1.970	1.661	1.513	3.198	1964	1.287	1977
16	Nghi Lộc	1961 - 1989	2.314	0,22	0,22	3.183	2.978	2.296	1.962	1.789	3.162	1973	1.488	1969
17	Vinh	1960 - 2000	2.072	0,25	0,65	3.005	2.760	2.019	1.700	1.548	3.521	1989	1.186	1977

Bảng 1-4: Tần suất lượng mưa ngày lớn nhất

Đơn vị: mm

TT	Trạm	Thời kỳ	\bar{X}_{\max} (mm)	Cv	Cs	Xp					X1 max	Năm
						1	2	5	10	20		
1	Cửa Rào	1960 - 2000	104	0,31	0,77	197	183	163	148	129	175	1978
2	Quý Châu	1962 - 2000	144	0,44	1,11	344	311	266	230	192	304	1991
3	Nghĩa Đàn	1960 - 2000	159	0,39	0,99	350	319	277	243	206	317	1982
4	Dừa	1960 - 2000	190	0,56	2,24	586	504	399	323	249	684	1978
5	Đô Lương	1960 - 2000	199	0,60	2,4	653	557	435	347	263	788	1978
6	Con Cuông	1960 - 2000	156	0,47	1,92	423	371	303	252	202	450	1978
7	Tây Hiếu	1960 - 2000	156	0,36	0,74	320	295	261	233	201	279	1992
8	Sơn Diệm	1960 - 2000	185	0,36	1,09	392	358	311	274	234	364	1992
9	Hoà Duyệt	1960 - 2000	256	0,41	1,86	624	553	460	391	321	682	1983
10	Chợ Tràng	1961 - 2000	243	0,48	1,43	626	558	467	396	324	665	1996
11	Nam Đàn	1960 - 2000	190	0,43	1,07	441	400	344	299	251	419	1978
12	Vinh	1960 - 2000	234	0,36	0,72	478	442	391	348	302	388	1985
13	Hương Khê	1961 - 1995	253	0,35	0,89	518	476	419	372	322	493	1983

Đặc điểm thủy văn

Dòng chảy năm

Dòng chảy năm trên lưu vực sông Cả khá dồi dào với lượng mưa trung bình năm toàn lưu vực là 1.800mm tổng lượng nước trung bình nhiều năm trên toàn lưu vực là $23,5.109\text{m}^3$, tương ứng với lưu lượng trung bình nhiều năm là $745\text{ m}^3/\text{s}$, mô số dòng chảy $27,4\text{ l/s.km}^2$. Hệ số dòng chảy $\alpha = 0,48$. Trên dòng chính sông Cả tại Yên Thượng có $F_{IV} = 23.000\text{km}^2$, dòng chảy năm trung bình đạt 16.109m^3 , $Q_o = 199\text{ m}^3/\text{s}$, $M_o = 62,1\text{ l/s.km}^2$. Phần dòng chảy phát sinh trong lãnh thổ Việt Nam là $17,7.109\text{m}^3$, phần dòng chảy thuộc địa phận Lào ($F = 9.470\text{km}^2$) là $5,8.109\text{m}^3$.

- Biến đổi dòng chảy năm theo không gian

Thượng nguồn sông Cả tại Cửa Rào khổng chế diện tích 12.800km^2 , lưu lượng trung bình nhiều năm đạt $213\text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số dòng chảy $16,61\text{ l/s.km}^2$. Sông Nậm Mô tại Mường Xén có $F = 2.620\text{km}^2$, mô số dòng chảy năm trung bình là $24,8\text{ l/s.km}^2$. Trên sông Hiếu tại Quỳnh Châu, do có lượng mưa năm trung bình lớn 2.100mm , mô số dòng chảy năm trung bình đạt $52,7\text{ l/s.km}^2$. Tại Nghĩa Khánh trên sông Hiếu lượng dòng chảy năm chỉ đạt $4,13.109\text{ m}^3$, tương ứng với $Q_o = 131\text{ m}^3/\text{s}$, $M_o = 32,7\text{ l/s.km}^2$.

Tại Dừa do có sự tham gia dòng chảy bên sông Hiếu có mô số dòng chảy lớn đổ vào, mô số dòng chảy năm trung bình đạt $20,4\text{ l/s.km}^2$, $Q_o = 424\text{ m}^3/\text{s}$, $W_o = 13,4.109\text{ m}^3$.

Tại Cửa Rào $F = 12.800\text{km}^2$, chiếm 55,6% F tại Yên Thượng, nhưng dòng chảy năm trung bình đạt $6,72.109\text{m}^3$ chiếm 42% tổng lượng dòng chảy tại Yên Thượng.

Sông Hiếu có $F = 5.340\text{km}^2$, chiếm 17,47% diện tích tại yên Thượng nhưng lượng dòng chảy năm trung bình đạt $5,34.109\text{m}^3$ chiếm 33,4% lượng dòng chảy tại Yên Thượng.

Từ Dừa tới Yên Thượng diện tích khu giữa là 2.200km^2 , chiếm 9,56% diện tích tại Yên Thượng nhưng lượng dòng chảy năm đạt $2,6.106\text{m}^3$ chiếm 16,25% lượng dòng chảy tại Yên Thượng. Đoạn khu giữa này có sự gia nhập dòng chảy năm của sông Giăng có mô số dòng chảy lớn đạt $37,3\text{ l/s.km}^2$, dòng chảy năm tại Yên Thượng đạt $16,02.109\text{m}^3$, mô số dòng chảy $22,0\text{ l/s.km}^2$.

Hạ du sông Cả có sông La có diện tích 3.210km^2 đổ vào tại Chợ Tràng. Sông La là hợp lưu của hai sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu. Hai sông này bắt nguồn từ vùng núi cao có lượng mưa năm trung bình 2.300mm . Tại Hoà Duyệt trên sông Ngàn Sâu, dòng chảy năm trung bình đạt $3,88.109\text{m}^3$, mô số dòng chảy đạt $65,4\text{ l/s.km}^2$. Tại Sơn Diệm trên sông Ngàn Phố có $F = 790\text{ km}^2$, dòng chảy năm đạt $1,6.109\text{m}^3$ với $M_o = 64\text{ l/s.km}^2$.

Tổng lượng dòng chảy toàn bộ lưu vực sông La $6,29.109\text{m}^3$, $Q_o = 199\text{m}^3/\text{s}$, $M_o = 62,1\text{ l/s.km}^2$. Lượng dòng chảy này chiếm 39,3% dòng chảy tại Yên Thượng, trong khi đó diện tích lưu vực chỉ chiếm 14% diện tích lưu vực tại Yên Thượng.

**Bảng 1-5: Tổng lượng dòng chảy năm
trên lưu vực sông Cả**

Trạm	Sông	F lưu vực		$W_o.10^9 m^3$		Q_o (m^3/s)	M_o l/s.km ²	Y_o (mm)
		F_{lv} (km ²)	% Yên Thượng	$W_o.10^9$	% Yên Thượng			
Cửa Rào	Cả	12.800	55,6	6,72	42,0	213	16,6	525
Dừa	Cả	20.800	90,5	13,37	84,0	424	20,4	643
Yên Thượng	Cả	23.000	100,0	16,00	100	508	22,1	695
Mường Xén	Nậm Mô	2.620	11,4	2,05	13,0	65,0	24,8	782
Cửa sông	Nậm Mô	3.930	17,1	2,83	17,7	89,7	22,7	720
Quý Châu	Hiếu	1.500	6,52	2,49	15,4	79,1	52,7	1660
Nghĩa Khánh	Hiếu	4.020	17,5	4,13	25,8	132	32,6	1027
Cửa sông	Hiếu	5.340	23,2	5,34	33,4	169	31,6	1000
Thác Muối	Giăng	785	3,41	1,15	7,19	36,4	46,4	1465
Cửa sông	Giăng	1.050	4,57	1,49	9,31	47,2	44,9	1419
Sơn Diệm	Ngàn Phố	790	3,43	1,60	10,0	50,6	64,1	2025
Cửa sông	Ngàn Phố	1.060	4,60	2,00	12,5	63,4	59,8	1686
Hoà Duyệt	Ngàn Sâu	1.880	8,17	3,88	24,3	123	65,4	2063
Cửa sông	Cửa sông	3.210	14,00	6,29	39,3	199	62,0	1960
Cửa sông	Toàn l vực	27.200		23,5		745	27,4	864

- Biến đổi của dòng chảy năm theo thời gian

Sự biến đổi dòng chảy năm theo thời gian khá mạnh mẽ. Chuỗi quan trắc về số liệu dòng chảy năm ở một số trạm trên dòng chính và các sông nhánh lớn có tài liệu trên 40 năm cho thấy hệ số biến đổi Cv dòng chảy năm đạt từ 0,26 ÷ 0,38. Nhưng sông suối nhỏ, hệ số biến đổi Cv dòng chảy năm 0,35 ÷ 0,38.

Năm nhiều nước do ảnh hưởng của mưa bão, lượng dòng chảy năm rất lớn có thể gấp 3 ÷ 4 lần năm ít nước. Những năm nước lớn như các năm 1973 - 1974, 1964 - 1965 tại

thượng nguồn sông Cả, 1978 - 1979 tại hạ du sông Cả, sông Hiếu, năm 1964 - 1965, 1960 - 1961 tại các sông trên lưu vực sông La.

Trước hoặc sau năm lũ là những năm có dòng chảy năm hoặc dòng chảy mùa kiệt khá nhỏ như các 1979 - 1980 tại Cửa Rào, 1977 - 1978 tại Dừa, Yên Thượng, 1976 - 1977 tại Quỳnh Châu, Nghĩa Đàn, 1977 - 1978 tại Sơn Diệm, 1975 - 1976 tại Hoà Duyệt.

Trong phạm vi biến đổi tần suất từ 5 ÷ 10% thì có thể chọn mô hình các năm nước lớn như 1964 - 1965, 1973 - 1974, 1978 - 1979, 1960 - 1961.

Các năm nước kiệt tần suất từ 75 - 90% có thể chọn các thủy văn 1969 - 1970, 1968 - 1969, 1976 - 1977, 1977 - 1978.

Bảng 1-6: Tần suất dòng chảy năm

Trạm	Sông	Thời kỳ	Q _o m ³ /s	C _v	C _s	X _p				
						5	10	50	75	85
Mường Xén	Nậm Mô	1960 - 2000	65	0,26	1,0	94,4	87,4	64,3	53,1	47,4
Cửa Rào	Cả	1962 - 2000	213	0,27	1,14	312	288	210	173	154
Dừa	Cả	1960 - 2000	424	0,28	0,42	664	581	416	340	302
Yên Thượng	Cả	1960 - 2000	508	0,33	0,66	810	731	489	387	339
Cốc Nà	Choang	1961 - 1976	11,8	0,37	0,73	19,7	17,6	11,3	8,70	7,5
Quỳnh Châu	Hiếu	1961 - 2000	79,1	0,30	0,6	122	111	76,7	62,1	55,1
Nghĩa Khánh	Hiếu	1961 - 2000	131	0,38	0,76	223	198	125	95,2	81,4
Thác Muối	Giăng	1967 - 1983	36,4	0,38	0,90	62,6	55,2	34,4	26,2	22,5
Sơn Diệm	Ngàn Phố	1961 - 1981	50,6	0,26	0,52	74,1	68,1	49,5	41,3	37,2
Hoà Duyệt	Ngàn Sâu	1960 - 1981	123	0,28	0,56	185	169	120	98,7	88,2
Hoà Quân	Trai	1975 - 1989	6,95	0,44	1,64	12,9	10,9	6,18	4,74	4,21

Phân phối dòng chảy trong năm

Phụ thuộc vào chế độ mưa, chế độ dòng chảy trong năm phân thành hai mùa rõ rệt: Mùa cạn và mùa lũ. Song ngay trong mùa lũ cũng có thể xảy ra kiệt do ảnh hưởng của gió Tây khô nóng. Trên toàn lưu vực thời gian bắt đầu và kết thúc mùa lũ, mùa kiệt cũng khác nhau.

Thượng nguồn sông Cả thời gian mùa lũ bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng X, càng về hạ du thời gian mùa lũ chậm hơn bắt đầu từ tháng VII kết thúc vào tháng XI. Vùng lưu vực sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu mùa lũ rút ngắn lại chỉ còn 3 tháng, bắt đầu từ tháng IX kết thúc vào tháng XI. Trên dòng chính sông Cả lượng nước mùa lũ chiếm 70 ÷

75% lượng nước năm, mùa cạn từ 25 ÷ 30% lượng nước năm. Trên các sông suối vừa và nhỏ, lượng nước mùa lũ biến đổi 65 ÷ 70% lượng nước năm, còn lại là mùa kiệt. Hai tháng có lượng nước lớn nhất IX, X có tổng lượng nước chiếm 40% tổng lượng nước năm. Tháng III trên dòng chính sông Cả, sông Hiếu có lượng nước trung bình nhỏ nhất. Tháng IV trên hệ thống sông La có lượng dòng chảy nhỏ nhất năm.

Do xu hướng mưa muộn dần từ Bắc vào Nam nên tỷ lệ dòng chảy tháng VII, IX, X cũng có sự thay đổi đáng kể. Tại Cửa Rào tỷ lệ dòng chảy tháng VIII đạt 19,6% lượng dòng chảy năm, tỷ lệ này chỉ đạt 15,7% ở Dừa, 14,7% ở Yên Thượng, 7,1% ở Hoà Duyệt. Tháng IX tỷ lệ dòng chảy tháng so với năm đạt 20,4% tại Cửa Rào, 21,7% tại Dừa, Yên Thượng, 21,4% tại Sơn Diêm, 20,4% tại Sơn Diêm, 20,4% tại Hoà Duyệt.

Tháng XI tỷ lệ dòng chảy này đạt 6,9% tại Cửa Rào, 8,2% tại Dừa, 9,2% tại Yên Thượng, 12,4% tại Sơn Diêm, 12,8% tại Hoà Duyệt.

Về các tháng kiệt nhất ở những vùng mưa nhỏ, tỷ lệ dòng chảy tháng III so với dòng chảy năm chỉ đạt 2,4%. Tại Cửa Rào ở những vùng mưa lớn, tỷ lệ này biến đổi từ 3 - 3,6%.

Càng đi về phía Nam do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc giảm dần, lượng mưa phùn cuối mùa đông giảm nhỏ, lượng dòng chảy có xu hướng kiệt muộn dần, có năm kiệt tháng xảy ra vào tháng IV, V, kiệt ngày xảy ra vào tháng IV, tháng V, VII.

Trong mùa mưa thường xuất hiện lũ tiêu mẫn vào tháng V, VI do sự hội tụ của gió mùa Tây Nam và gió Tín Phong. Có năm lượng mưa tiêu mẫn rất lớn gây lũ tiêu mẫn vào cuối tháng V và tháng VI gây thiệt hại nặng nề cho lúa hè thu khi mới gieo trồng như trận lũ tháng V/1989 gây nên lũ lịch sử ở sông Ngàn Phố và gây lũ lớn ở hạ du sông Cả.

Mô số dòng chảy tháng kiệt nhất phụ thuộc vào lượng trữ nước, nước ngầm trên lưu vực. Mô số dòng chảy tháng kiệt nhất tháng III đạt 4,7 l/s.km² tại Cửa Rào, 5,9 l/s.km² tại Dừa, 6,2 l/s.km² tại Yên Thượng, 21 l/s.km² tại Quỳnh Châu, 11,3 l/s.km² tại Nghĩa Khánh, 20,2 l/s.km² tại Thác Muối.

Trên sông La, tháng IV có dòng chảy nhỏ nhất đạt mô số dòng chảy 27,8 l/s.km² tại Sơn Diêm trên sông Ngàn Phố, 23,8 l/s.km² trên sông Ngàn Sâu tại Hoà Duyệt.

Bảng 1-7: Phân phối dòng chảy tháng năm trung bình nhiều năm tại một số vị trí trên sông Cả

Trạm	Thời kỳ	Loại	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Qo
Mường Xén	1960-2000	Qi(m ³ /s)	26,6	21,8	19,6	20,0	35,0	75,0	126,5	165,4	150,1	86,5	49,3	34,1	67,5
		K%	3,3	2,7	2,4	2,5	4,3	9,3	15,6	20,4	18,5	10,7	6,1	4,2	100,0
Cửa Rào	1960-2000	Qi(m ³ /s)	85,8	70,2	60,7	66,3	108,2	204,2	334,0	500,8	522,0	319,7	176,8	108,8	213
		K%	3,4	2,7	2,4	2,6	4,2	8,0	13,1	19,6	20,4	12,5	6,9	4,3	100,1
Dừa	1960-2000	Qi(m ³ /s)	169,8	138,8	123,1	125,6	209,0	377,0	519,0	797,3	1101,7	883,7	415,1	232,5	424
		K%	3,3	2,7	2,4	2,5	4,1	7,4	10,2	15,7	21,7	17,4	8,2	4,6	100,1
Yên Thượng	1968-2000	Qi(m ³ /s)	207,6	161,6	142,3	148,2	263,5	405,3	552,5	897,2	1325,3	1140,8	561,7	287,0	508
		K%	3,4	2,7	2,3	2,4	4,3	6,6	9,1	14,7	21,7	18,7	9,2	4,7	100,0
Quỳ Châu	1961-2000	Qi(m ³ /s)	43,0	36,0	31,4	32,6	55,4	80,6	85,6	118,1	171,1	154,8	85,3	55,2	79,1
		K%	4,5	3,8	3,3	3,4	5,8	8,5	9,0	12,4	18,0	16,3	9,0	5,8	100,0
Nghĩa Khánh	1972-2000	Qi(m ³ /s)	60,1	50,7	45,3	45,3	83,8	117,8	137,6	179,3	333,9	305,7	135,5	74,0	131
		K%	3,8	3,2	2,9	2,9	5,3	7,5	8,8	11,4	21,3	19,5	8,6	4,7	100,0
Cốc Nà	1961-1976	Qi(m ³ /s)	8,22	6,41	6,16	5,73	8,11	11,03	12,88	16,74	38,27	34,30	22,62	11,82	15,2
		K%	4,5	3,5	3,4	3,1	4,4	6,0	7,1	9,2	21,0	18,8	12,4	6,5	99,9
Thác Muối	1967-1983	Qi(m ³ /s)	22,3	16,6	15,9	15,6	17,4	18,2	20,4	30,9	95,9	90,7	63,0	29,8	36,4
		K%	5,1	3,8	3,6	3,6	4,0	4,2	4,7	7,1	22,0	20,8	14,4	6,8	100,0
Khe Lá	1969-1993	Qi(m ³ /s)	0,222	0,201	0,177	0,176	0,201	0,261	0,428	0,646	1,727	2,283	0,601	0,270	0,599
		K%	3,1	2,8	2,5	2,4	2,8	3,6	6,0	9,0	24,0	31,8	8,4	3,8	100,1
Hoà Quân	1975-1989	Qi(m ³ /s)	4,08	3,82	3,43	3,72	6,85	5,43	3,04	5,10	13,06	20,53	9,64	4,54	6,936
		K%	4,9	4,6	4,1	4,5	8,2	6,5	3,6	6,1	15,7	24,7	11,6	5,5	100,0
Sơn Diệm	1961-1981	Qi(m ³ /s)	30,4	23,6	22,4	22,0	29,4	33,0	46,4	42,8	132,8	118,3	77,2	41,9	51,7
		K%	4,9	3,8	3,6	3,5	4,7	5,3	7,5	6,9	21,4	19,1	12,4	6,7	100,0
Hoà Duyệt	1960-1981	Qi(m ³ /s)	70,3	52,7	49,2	44,9	67,5	63,9	68,2	110,0	305,4	371,8	192,0	102,9	124,9
		K%	4,7	3,5	3,3	3,0	4,5	4,3	4,5	7,3	20,4	24,8	12,8	6,9	100,0
Trại Trụ	1964-1981	Qi(m ³ /s)	4,90	3,78	3,70	3,47	4,28	4,37	4,26	6,41	17,37	16,84	11,70	6,55	7,3
		K%	5,6	4,3	4,2	4,0	4,9	5,0	4,9	7,3	19,8	19,2	13,4	7,5	100,0

Đánh giá tài nguyên nước mặt

Tổng lượng dòng chảy năm trên lưu vực sông Cả là 23,5 tỷ m³ nước với lưu lượng trung bình là 745 m³/s, mô số trung bình là 27,4 l/s.km².

Phân bố dòng chảy không đều theo không gian:

+ Vùng thượng nguồn sông Cả tại Cửa Rào có F = 12.800km², tổng lượng dòng chảy năm 6,72 tỷ m³, chiếm 42,0% dòng chảy sông Cả tới Yên Thượng, 28,6% lượng dòng chảy năm toàn lưu vực trong khi đó diện tích lưu vực chiếm 55,6% diện tích lưu vực sông Cả tại Yên Thượng, 47% diện tích toàn lưu vực.

+ Sông Hiếu một nhánh lớn của sông Cả có tổng lượng dòng chảy năm 5,34 tỷ m³ chiếm 33,7% lượng dòng chảy năm của sông Cả tại Yên Thượng và bằng 22,7% dòng chảy trên toàn lưu vực. Trong khi đó diện tích của lưu vực sông Hiếu 23,2% diện tích lưu vực sông Cả tại Yên Thượng, 19,6% diện tích toàn lưu vực. Dòng chảy trên lưu vực sông Hiếu khá dồi dào với mô số bình quân toàn lưu vực 31,6 l/s.km².

+ Khu giữa từ Cửa Rào, cửa sông Hiếu tới Yên Thượng có diện tích là 4.860km², chiếm 21,1% diện tích sông Cả tại Yên Thượng 17,9% diện tích toàn lưu vực. Tổng lượng dòng chảy năm là 3,94 tỷ m³, chiếm 24,6% dòng chảy sông Cả tại Yên Thượng và bằng 16,8% lượng dòng chảy toàn lưu vực sông Cả.

+ Khu giữa có sông Giăng nhập lưu vào sông Cả với diện tích lưu vực 1.050km² chiếm 4,57% diện tích lưu vực sông Cả tại Yên Thượng, 3,86% diện tích lưu vực sông Cả, nhưng tổng lượng dòng chảy năm đạt 1,49 tỷ m³ chiếm 9,31% tổng lượng dòng chảy sông Cả tại Yên Thượng, 6,34% lượng dòng chảy toàn lưu vực. Mô số dòng chảy năm trung bình đạt 44,9 l/s.km².

+ Lưu vực sông La có diện tích 3.210km², chiếm 11,8% diện tích toàn lưu vực sông Cả. Tổng lượng dòng chảy năm 6,29 tỷ m³ chiếm 26,8% tổng lượng dòng chảy năm toàn lưu vực. Mô số dòng chảy năm trung bình rất lớn đạt 62,0 l/s.km².

Theo thời gian trong năm phân phối dòng chảy năm trung bình không đều. Mùa lũ từ tháng VII ÷ XI với tổng lượng dòng chảy năm là 17 tỷ m³ chiếm 72,5 lượng dòng chảy năm, mùa kiệt từ tháng XII tới tháng VI với tổng lượng dòng chảy 6,45 tỷ m³ chiếm 27,5% lượng dòng chảy năm. Ba tháng kiệt nhất là tháng II, III, IV với tổng lượng dòng chảy là 2,23 tỷ m³ chiếm 9,5% dòng chảy năm.

Với tần suất P = 75%, tổng lượng dòng chảy năm trên lưu vực là 18,4 tỷ m³, lượng dòng chảy mùa lũ là 12,8 tỷ m³, mùa kiệt là 5,61 tỷ m³, ba tháng kiệt nhất 1,85 tỷ m³.

Với tần suất P = 85%, tổng lượng dòng chảy năm là 16,1 tỷ m³, mùa lũ 11,2 tỷ m³, mùa kiệt 4,95 tỷ m³, 3 tháng kiệt nhất là 1,63 tỷ m³.

Với tần suất $P = 95\%$, tổng lượng dòng chảy năm trên lưu vực là 13 tỷ m^3 , lượng dòng chảy mùa lũ là 9 tỷ m^3 , mùa kiệt là $4,05 \text{ tỷ m}^3$, ba tháng kiệt nhất $1,34 \text{ tỷ m}^3$.

Nhận xét chung: Dòng chảy năm trên lưu vực sông Cả là khá dồi dào, tuy nhiên phân bố dòng chảy không đều theo không gian và thời gian. Trong năm lượng dòng chảy mùa lũ lớn chiếm $72,5\%$ lượng dòng chảy năm còn lại là mùa kiệt. Dòng chảy 3 tháng nhỏ nhất trung bình chỉ chiếm $9,5\%$ lượng dòng chảy năm. Cần phải có biện pháp công trình điều hoà phân phối lại dòng chảy để phục vụ cho nhu cầu nước về mùa kiệt.

Diễn biến nước lũ trên lưu vực

Nếu như trên sông Hồng ở Bắc Bộ mùa lũ bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng X, lũ lớn nhất năm thường xuất hiện vào tháng VII, VIII thì mùa lũ trên lưu vực sông Cả tại hạ du bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng XI. Lũ lớn xuất hiện tập trung vào tháng IX, X chậm hơn so với Bắc Bộ 1 tháng. Tuy nhiên khả năng xuất hiện lũ lớn vào các tháng trong năm ở từng vùng cũng khác nhau. Vùng thượng nguồn sông Cả lũ lớn nhất trong năm xuất hiện vào tháng VIII chiếm $52,9\%$, tháng IX là $23,5\%$, tháng X, XI không xuất hiện lũ lớn nhất trong năm.

Tại Dừa vùng trung lưu sông Cả cơ hội xuất hiện lũ lớn nhất vào tháng VIII chỉ còn $17,2\%$ và vào tháng X tăng lên tới 31% . Vùng hạ du sông Cả tại Yên Thượng cơ hội xuất hiện lũ lớn nhất năm đạt 15% vào tháng VIII, 45% vào tháng IX và 25% vào tháng X. Vùng lưu vực sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu cơ hội này vào tháng VIII giảm nhỏ hẳn mà tập trung vào tháng IX, X và trong tháng XI. Do mức độ tập trung lũ và khả năng xảy ra lũ lớn nhất ở các vùng không đồng nhất đã phần nào giảm bớt được nguy cơ gây lũ lớn ở hạ du vào các năm. Tuy nhiên có những năm do mưa bão lớn trên diện rộng lũ đặc biệt lớn ở dòng chính gặp lũ lớn ở các sông nhánh ở hạ du vẫn gây nên lũ lịch sử ở hạ du sông Cả.

Diễn biến lũ trong năm: Vào đầu mùa mưa tháng V, VI do hoạt động mạnh của gió Tín Phong Bắc Bán Cầu và gió mùa Tây Nam thường gây nên lũ tiểu mãn trong vùng tuy nhiên lũ tiểu mãn không kéo dài, lượng lũ không lớn nhưng cường suất lũ lên nhanh cũng gây tổn thất nặng nề cho vùng bãi ven sông như trận lũ tháng V/1989. Lũ trên sông Cả tại Nam Đàn mực nước đạt $7,17\text{m}$ trên báo động 2, lưu lượng ở Yên Thượng đạt $3.720\text{m}^3/\text{s}$ gần lưu lượng lũ trung bình nhiều năm. Tại Sơn Diệm trận lũ tiểu mãn này đã tạo nên con lũ lịch sử về Q_{\max} , $Q_{\max} = 4.400 \text{ m}^3/\text{s}$ với $M_{\max} = 5,53 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ gây xói lở nghiêm trọng trong vùng hạ du sông Ngàn Phố.

Bắt đầu từ tháng VII, VIII trở đi khi mà các hoạt động của các hình thế thời tiết gây mưa lớn xảy ra liên tiếp đặc biệt là ảnh hưởng của bão vào Bắc Bộ vùng Ninh Bình, Thanh Hoá ảnh hưởng vào thượng nguồn lưu vực sông Cả gây lũ lớn như tháng VII/1963, tháng VII/1971 và đặc biệt là trận lũ tháng VIII/1973 gây lũ lịch sử tại Cửa Rào ở hạ du. Mực nước bắt đầu dâng cao đưa lũ thượng nguồn dồn về, mực nước cao nhất tháng tại Nam Đàn là $8,04\text{m}$ tháng VIII/1973.

Bắt đầu vào tháng IX, X khi mà các nhiễu động thời tiết trở nên mạnh mẽ, hoạt động của bão tăng lên, nhiều trận bão trực tiếp đổ bộ hoặc ảnh hưởng gián tiếp đến vùng gây nên những đợt mưa có cường độ lớn trên diện rộng và kéo dài. Đặc biệt bão tan thành áp thấp di chuyển lên phía Bắc gặp khối không khí lạnh tăng cường gây nên lượng mưa lớn toàn vùng như đợt mưa tháng X/1988 gây lũ lớn ở thượng, hạ du sông Cả hoặc bão liên tiếp đổ bộ vào trong 15 ngày cuối tháng IX/1978, 3 cơn bão số 6, 7, 8 đã đổ bộ vào lưu vực gây mưa đặc biệt lớn ở trung hạ lưu gây lũ lịch sử ở hạ du sông Cả.

Cường xuất lũ lên rất cao từ 1m/giờ các sông suối nhỏ ($7 \div 8$)m/ngày ở các sông suối lớn. Tốc độ dòng chảy lớn nhất ở dòng chính đạt $2 \div 3$ m/s. Do bão đổ bộ vào hạ du vùng ven biển, di chuyển dần lên thượng nguồn nên diện mưa lớn thường tập trung ở hạ du và trung lưu sông Cả. Nước lũ thượng du tràn về góp phần nước lũ ở các sông nhánh trung hạ du đổ vào làm mực nước ở trung hạ du tăng nhanh đột ngột. Thời gian truyền lũ ngắn lại trên các đoạn sông trung hạ du sông Cả.

Thời gian truyền lũ trung bình từ Đô Lương tới Yên Thượng là $12 \div 18$ giờ nhưng trong trận lũ tháng IX/1978 thời gian truyền lũ rút ngắn lại chỉ còn $7 \div 8$ giờ.

Thời gian lũ lên nhanh $3 \div 5$ ngày ở các lưu vực sông lớn, một vài giờ ở lưu vực sông nhỏ. Do mưa lớn dồn dập ảnh hưởng vào lưu vực. Dạng quá trình lũ kép thường xuất hiện ở phía thượng nguồn sông Cả, sông Hiếu, sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu. Càng về hạ du do bị điều tiết mạnh, phần những trận lũ đặc biệt lớn như trận lũ tháng IX/1978 bị vỡ đê Phượng Kỳ quá trình lũ bẹt ra, thời gian duy trì đỉnh lũ ở mực nước cao từ $3 \div 5$ giờ thời gian lũ kéo dài $15 \div 20$ ngày như các trận lũ lớn năm 1973, 1978, 1988. Số liệu quan trắc mực nước lũ trong vòng 40 năm trở lại đây cho thấy trên lưu vực các trận lũ lớn xảy ra ở dòng chính sông Cả là trận lũ 1954, 1973, 1978, 1988 trung bình cứ $9 \div 10$ năm lại xuất hiện những trận lũ lớn.

Thượng nguồn sông Cả tại Cửa Rào lưu lượng, mực nước lũ lớn nhất vào năm 1973 với $H_{\max} = 57,3$ m; $Q_{\max} = 5.690$ m³/s, $M_{\max} = 0,44$ m³/s.km². Từ Dừa trở về hạ du mực nước lũ lớn nhất xuất hiện trận lũ tháng IX/1978 với $H_{\max} = 22,42$ m tại Đô Lương lớn hơn lũ năm 1954 là 0,14m. Tại Nam đàn mực nước lũ thực đo là 9,76m, Chợ Tràng là 7,35m, Bền Thủy 5,68m vào ngày 29/XI, ngày 28/XI năm 1978. Mực nước lũ hoàn nguyên lũ tháng IX/1978 cao nhất tại Nam Đàn là 10,43m (29/IX/1978), 7,6m (29/IX/1978) tại Chợ Tràng, Bền Thủy là 6,16m (28/IX/1978), Linh Cảm là 8,05m (29/IX/1978).

Các sông nhánh lớn của sông Cả mực nước lũ lớn nhất không xuất hiện đồng bộ với mực nước lũ ở dòng chính: sông Hiếu tại Quỳnh Châu mực nước lũ lớn nhất xuất hiện là 80,54 (hay 88,54m) (tháng IX/1954), tại Nghĩa Đàn là 50,74m ngày 30/IX/1962).

Trên sông Giảng mực nước lũ cao nhất vào tháng IX/1978 với $Q_{\max} = 5.150\text{m}^3/\text{s}$. Trên sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu mực nước lũ cao nhất xảy ra vào năm 1960, 1978, 1988, 1989, H_{\max} tại Hoà Duyệt đạt 12,98m cao hơn H_{\max} tháng IX/1978 là 1,34m.

Trên sông Ngàn Phố tại Sơn Diêm mực nước lũ cao nhất đạt 15,82m ngày 20/IX/2002 cao hơn mực nước lũ lịch sử năm 1989 là 0,47m (H_{1989} là 15,35 ngày 26/ /1989 sau đó là các trận lũ tháng X/1988, $H_{\max} = 15,05\text{m}$ (17/X/1978), 14,54m (X/1978). Nước lũ sông La tại Linh Cảm phụ thuộc vào lũ của sông Cả khi lũ sông Cả và sông La xảy ra đồng thời và lớn mặc dù lũ sông La ở thượng nguồn chưa đạt cực đại song mực nước lũ ở sông La tại Linh Cảm cũng rất cao đạt tới 7,95m trong trận lũ tháng IX/1978. Trong khi đó lũ tháng X/1960 ở sông Ngàn Sâu rất lớn, sông Ngàn Phố thuộc loại lớn nhưng bên sông Cả tại Nam Đàn chưa phải là lớn, mực nước lũ tại Linh Cảm chỉ ở mức 7,82m, lũ tháng IX/2002 cả hai sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu đều lớn $H_{\max} = 7,71\text{m}$ (21/IX/2002) tại Linh Cảm.

Đặc biệt là trường hợp lũ lớn năm 1983 trên sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu khá lớn song lũ sông Cả tại Nam Đàn nhỏ, mực nước lũ ở Linh Cảm chỉ đạt 6,6m cao hơn mực nước lũ trung bình là 1,5m.

Tại Cửa Hội mực nước lũ còn phụ thuộc vào thủy triều, nước dâng do bão. Những trận lũ lớn ở thượng nguồn đổ về gặp triều cường gây mực nước lớn ở Cửa Hội đạt 2,14m (28/IX/1978), 2,12m (16/X/1988) và 2,7m (IX/1954). Đặc biệt trường hợp nước dâng do bão năm 1989 đã làm cho mực nước tại Cửa Hội đạt 4,86m (IX/1989).

Bảng 1 - 8: Tần suất mực nước lũ lớn nhất hạ du sông Cả, sông La

Trạm	Số lần	H_{\max}	C_v	C_s	H_{\max} P				H_{\max} (m)	Th, ngày
§« L□ -ng	C¶	15.55	0.36	0.72	21.75	19.45	18.45	17.26	20.14	10/1988
Nam §µn	C¶	6.79	0.19	0.76	10.44	9.19	8.58	7.92	10.43	9/1978
Chí Trụng	C¶	3.91	0.25	1.1	7.74	6.25	5.56	4.82	7.6	9/1978
BỐn Thuû	C¶	2.92	0.24	1.39	6.58	5.08	4.4	3.71	6.16	9/1978
Cõa Hói	C¶	1.86	2.0	0.2	4.43	3.27	2.77	2.29	4.86	

										1989
Linh C¶m	C¶	5.1	0.20	0.93	8.49	7.21	6.62	5.96	8.05	9/1978

Bắt đầu vào tháng IX, X khi mà các hình thế thời tiết gây mưa hoạt động mạnh nhất là có nhiều trận bão đổ bộ trực tiếp vào miền Trung hoặc bão tan thành áp thấp di chuyển lên phía Bắc gặp không khí lạnh tăng cường đã gây ra những đợt mưa lớn như đợt mưa lũ tháng IX/1978 hoặc những đợt mưa dài ngày liên tục như đợt mưa tháng X/1988 đã làm cho mực nước lũ ở các sông suối lên nhanh, cường suất nước lũ đạt 1m/1giờ ở các sông suối nhỏ và đạt 7 - 8 m/ngày ở các sông lớn. Tốc độ nước lũ ở dòng chính đạt từ 3 - 4 m/s. Do bão đổ bộ vào vùng ven biển và di chuyển từ hạ du lên thượng nguồn cho nên nước lũ ở hạ du một phần do thượng nguồn đổ về, phần do nước lũ ở các sông tại đó dồn lại, mực nước ở hạ du sông Cả lên rất nhanh thời gian truyền lũ thường rút ngắn lại như trong trận lũ tháng IX/1978, thời gian truyền lũ từ Dừa tới Đô Lương chỉ còn 2 giờ so với thời gian truyền lũ trung bình từ 4 ÷ 8 giờ.

Thời gian truyền lũ từ Đô Lương tới Yên Thượng rút ngắn chỉ còn 7 giờ so với mức trung bình từ 12 ÷ 18 giờ.

Thời gian lũ lên rất nhanh có thể kéo dài từ 3 ÷ 5 ngày ở lưu vực lớn, một vài giờ ở lưu vực nhỏ. Thời gian lũ xuống gấp 1 tới 5 lần thời gian lũ lên. Đường quá trình lũ thường dạng lũ kép ở các vị trí thượng nguồn sông Cả, sông Hiếu, sông Ngàn Sâu, Ngàn Phố. Càng về hạ du do bị điều tiết, do bị vỡ đê đường quá trình lũ càng bị bẹt ra. Thời gian duy trì đỉnh lũ kéo dài từ 3 ÷ 5 giờ, thời gian lũ xuống kéo dài từ 15 ÷ 20 ngày ở các trận lũ lớn (đường quá trình lũ 1973, 1978, 1988).

Số liệu mực nước lũ trên lưu vực chỉ có khoảng 30 năm lại đây. Trên lưu vực lũ lớn xảy ra vào các năm 1954, 1973, 1978, 1988 trung bình cứ 9 -10 năm lại xuất hiện một trận lũ lớn.

Ở thượng nguồn sông Cả mực nước lũ cao nhất xuất hiện vào năm 1973 với $H_{max} = 57,43m$ và $Q_{max} = 5.690 m^3/s$, mô số lưu lượng lớn là $0,44m^3/s.km^2$ tại Cửa Rào. Từ Dừa trở về mực nước lũ lớn nhất xuất hiện tháng IX/1978 với $H_{max} = 22,42m$ tại Dừa cao hơn mực nước lũ tháng IX/1954 là 0,14m. Từ hạ lưu đập Đô Lương trở xuống mực nước lũ thực đo của năm 1978 cao hơn mực nước lũ thực đo năm 1954 tại Yên Thượng là 0,14m, Nam Đàn là 0,82m, Chợ Trảng là 1,05m; Bến Thủy là 1,47m. Trận lũ tháng X/1988 cũng xảy ra rất lớn. Mực nước lũ tại Dừa đạt 22,5m cao hơn mực nước lũ tháng IX/1978 là 0,08m. Từ hạ lưu đập Đô Lương mực nước lũ thực đo tháng 10/1988 thấp hơn mực nước lũ thực đo tháng 9/1978. Tại Nam Đàn mực nước lũ đạt 9,53m ngày 19/X/1988 thấp hơn mực nước thực đo tháng IX/1978 là 0,23m, tại Bến Thủy $H_{max} = 5,32m$ thấp hơn mực nước lũ tháng IX/1978 là 0,36m.

Trên sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu mực nước lũ của các năm 1960, 1978, 1988 cũng rất cao. Trên sông Ngàn Sâu tại Hoà Duyệt mực nước lũ lớn nhất xuất hiện vào tháng 10/1960 với $H_{\max} = 12,98\text{m}$ cao hơn mực nước lũ thực đo tháng 9/1978 là 1,34m và tháng 10/1988 là 1,70m, mực nước lũ tháng IX/2002 đạt 11,77 (ngày 22/IX/2002).

Trên sông Ngàn Phố mực nước lũ lớn nhất tại Sơn Diệm là 15,82m ngày 20/X/2002 đạt mức lịch sử cao hơn mực nước lũ năm 1989 là 0,47m và mực nước lũ ở trận lũ tháng IX/1978 là 1,76m.

Nước lũ sông La tại Linh Cảm phụ thuộc không những vào nước lũ sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu mà còn phụ thuộc vào nước lũ sông Cả. Khi nước lũ sông La và sông Cả xảy ra đồng thời, mặc dù lũ sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu chưa đạt tới trị số cực đại song mực nước lũ của sông La tại Linh Cảm cũng rất cao đó là trường hợp lũ năm 1978, mực nước thực đo lớn nhất tại Linh Cảm là 7,95m cao hơn mực nước lũ tháng 10/1960 là 0,13m.

Năm 1983 mực nước lũ của hai sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu khá cao chỉ thấp thua lũ tháng X/1960 nhưng mực nước lũ ở sông Cả không lớn nên mực nước lũ tại Linh Cảm chỉ đạt ở mức 6,61m. Lũ lớn sông Cả trùng hợp với lũ lớn sông La thì mực nước lũ không những ở sông La lớn mà mực nước lũ ở hạ du cũng rất lớn.

Bảng 1 - 9: Đặc trưng mực nước lũ của một số trận lũ lớn nhất thực đo, điều tra ở một số vị trí trên sông Cả

Trạm	1954		1960		1973		1978		1988		1989		2002	
	Đtra	H _{nguyên}	H _{max}	ngày	H _{max}	ngày	H _{max}	ngày	H _{max}	ngày	H _{max}	ngày	H _{max}	ngày
Cửa Rào			49.19	15/8	57.34	27/8	51.07	28/9	53.81	18/10				
Dừa	22.28		19.59	15/10	23.66	28/8	24.90	28/9	24.98	18/10				
Đô Lương	19.8	20.0			17.88	28/8	19.71	28/9	19.88	18/10				
Yên Thượng	12.5				9.84	30/8	12.38	28/9	12.18	19/10			9.30	22/9
Nam Đàn	8.94	10.24	7.26	7/10	7.92	30/8	9.64	29/9	9.41	19/10			7.82	22/9
Chợ Tràng	6.30	7.24			4.30	20/9	7.05	29/9	6.66	18/10			5.45	22/9
Bến Thuỷ	4.21	5.85			3.37	20/9	5.68	28/9	5.32	8/10				
Cửa Hội	2.61	2.70			1.63	8/7	1.99	28/9	1.97	16/10			1.64	21/9
Sơn Diệm			14.78	5/10	10.2	30/9	14.06	28/9	14.60	17/10			15.82	20/9
Hoà Duyệt			12.74	6/10	9.11	9/7	11.40	28/9	11.40	17/10			11.77	22/9
Linh Cảm			7.47	6/10	4.98	20/9	7.73	29/9	7.28	18/10			7.71	21/9

Ghi chú: - Cao độ đã đưa về hệ quốc gia.

- Tài liệu H_{max} (1954) chỉ để tham khảo.

Lưu lượng và tổng lượng lũ

Trên dòng chính sông Cả lưu lượng trung bình nhiều năm tại Cửa Rào là 2.360 m³/s tương ứng với mô số trung bình là 0,184 m³/s.km², tại Dừa là 3.770 m³/s tương ứng với mô số lưu lượng lũ trung bình là 0,181 m³/s.km², tại Yên Thượng là 3.900 m³/s tương ứng với mô số trung bình là 0,170 m³/s.km².

Các sông nhánh lớn của sông Cả, lưu lượng lũ trung bình đạt 2.460 m³/s tương ứng với mô số lũ trung bình là 0,6 m³/s.km² tại Nghĩa Đàn trên sông Hiếu và đạt 1.190 m³/s tương ứng với mô số lũ trung bình là 1,52 m³/s.km² tại Thác Chuối. Trên sông Ngàn Phố tại Sơn Diệm mô số đỉnh lũ trung bình đạt 1,96 m³/s.km² và trên sông Ngàn Sâu đạt 1,01 m³/s.km². ở các sông suối nhỏ mô số lũ trung bình đạt tới 3,35 m³/s.km² tại Khe Lá sông Thiêm và đạt 5,19 m³/s.km² tại Trại Trụ trên sông Thiêm.

Lưu lượng lũ lớn nhất đo được tại Cửa Rào là 5.690 m³/s tương ứng với mô số đỉnh lũ là 0,445 m³/s.km², trong trận lũ 27/8/1973, tại Yên Thượng là 9.000 m³/s tương ứng với mô số là 0,391 m³/s.km² trong trận lũ 28/9/1978. Trên sông Giăng ở Thác Chuối lưu lượng lớn nhất tháng 9/1978 đo được là 5.150 m³/s tương ứng với mô số là 6,56 m³/s.km² hoặc trên sông Ngàn Trươi tại Hướng Đại lưu lượng lũ đạt tới 2.040 m³/s tương ứng với mô số là 5,0 m³/s.km². Ở các sông suối nhỏ mô số đỉnh lũ lớn nhất có thể đạt tới 11,6 m³/s.km² tại Trại Trụ trong trận lũ 24/10/1971 hoặc đạt 9,2 m³/s.km² tại Khe Lá trên sông Thiêm trong trận lũ tháng 9/1978.

Khi xem xét về thành phần lượng lũ và khả năng xuất hiện lũ ở các sông nhánh và dòng chính sông Cả cho thấy như sau:

- Tại Cửa Rào diện tích lưu vực chiếm 55,6% diện tích lưu vực tính tới Yên Thượng, 61,5% diện tích lưu vực tính tới Dừa nhưng lũ lớn nhất trong năm tại Cửa Rào xuất hiện cùng thời gian với lũ lớn nhất trong năm tại Dừa chiếm tỷ lệ 43,3%. Tại Cửa Rào, trung bình thành phần lượng lũ 7 ngày tương ứng với lượng lũ 7 ngày max ở Yên Thượng chiếm tỉ lệ là 10% thành phần lượng lũ này thay đổi như sau:

+ Năm 1973 là năm xảy ra lũ lớn nhất ở thượng nguồn sông Cả, mực nước lớn nhất đạt tới 57,34m tương ứng với lưu lượng là 5.690 m³/s ngày 27/8/1973 và tổng lượng lũ 7 ngày max 1.590.106m³ chiếm tổng lượng lũ 7 ngày tại Dừa và 62,5% lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Trong khi đó bên sông Hiếu tại Nghĩa Khánh, trận lũ tương ứng chỉ chiếm 27,2% lượng lũ 7 ngày tại Dừa và 24,7% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Thành phần lượng lũ khu giữa từ Cửa Rào, Nghĩa Khánh tới Dừa chiếm tỷ lệ 10,9% lượng lũ 7 ngày tại Dừa 9,5% lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Tháng 9/1978 lũ lớn nhất trong năm tại Cửa Rào chỉ ở mức trung bình. Mực nước lũ của năm này còn thua mực nước lũ của các năm 1962, 1963, 1971, 1972, 1980, 1988. Lưu lượng lớn nhất tại Cửa Rào là 2.560 m³/s tương ứng với mực nước 51,09m ngày

28/IX/1978. Tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất là 734.106m³ chiếm 24% tổng lượng lũ 7 ngày tương ứng tại Dừa và 14,6% tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất tại Yên Thượng. Trong khi đó bên sông Hiếu tại Nghĩa Khánh trận lũ này có tổng lượng lũ 7 ngày khá lớn đạt 800.106m³ chiếm 26,1% tổng lượng lũ tại Dừa 15,9% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Thành phần lượng lũ ở khu giữa từ Cửa Rào, Nghĩa Khánh tới Dừa chiếm tỷ lệ 49,9% lượng lũ 7 ngày tại Dừa và 30,5% lượng lũ 7 ngày lớn nhất ở Yên Thượng. Tháng 10/1988 trên sông Cả lại xuất hiện trận lũ lớn chỉ thấp thua lũ 1978.

+ Tại Cửa Rào mực nước lũ cao nhất năm 1988 đạt 53,81m tương ứng với lưu lượng lũ lớn nhất là 3.890m³/s và tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất đạt tới 1.403.106m³. Trận lũ này tại Cửa Rào thuộc loại lớn nhưng còn thấp thua mực nước lũ tháng 7/1963; tháng 8/1973; tháng 9/1980.

+ Thành phần lượng lũ 7 ngày này tại Cửa Rào chiếm 37,7% lượng lũ 7 ngày tại Dừa và chiếm 28,6% lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Trong khi đó bên sông Hiếu tại Nghĩa Khánh trận lũ tháng 10/1988 có tổng lượng lũ 7 ngày là 1.527.106m³ chiếm 41,1 % tổng lượng lũ 7 ngày tại Dừa và chiếm 31,1% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Tổng lượng lũ 7 ngày khu giữa từ Cửa Rào, Nghĩa Khánh tới Dừa tháng 9/1978 đạt 1.526.106m³ chiếm 50% tổng lượng lũ 7 ngày tương ứng tại Dừa và 30,5% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Trận lũ tháng 10/1988 tại Cửa Rào, trận lũ này có lưu lượng, mực nước, tổng lượng lũ còn thấp hơn các trận lũ tháng 7/1963, tháng 8/1973 nhưng lớn hơn trận lũ tháng 9/1978. Trận lũ này thuộc loại lũ lớn trên sông Cả tại Cửa Rào có lưu lượng là 3890m³/s và mực nước lũ là 53,91m ngày 18/10/1988. Tổng lượng lũ 7 ngày là 1403.106m³ chiếm 37,7% tổng lượng lũ 7 ngày tại Dừa, 28,6% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Trên sông Hiếu tại Nghĩa Khánh trận lũ tương ứng có tổng lượng lũ 7 ngày 1.527.106m³ chiếm 41,1% tổng lượng lũ 7 ngày tại Dừa, 31,1% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Thành phần lượng lũ 7 ngày ở phần diện tích khu giữa từ Cửa Rào, Nghĩa Khánh tới Dừa chiếm 21,1% lượng lũ 7 ngày tại Dừa và 16% lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Trên lưu vực sông Hiếu, theo số liệu thống kê từ năm 1959 - 2002 cho thấy lũ lớn nhất trong năm tại Nghĩa Đàn trường hợp với lũ lớn nhất trong năm tại Dừa là 20 trận lũ chiếm tỷ lệ đồng bộ là 66,7%. Thành phần lượng lũ 7 ngày tương ứng với tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất của Yên Thượng chiếm tỷ lệ trung bình là 23,7% tổng lượng 7 ngày tại Dừa, 18,2% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Tháng 9/1962 trên sông Hiếu tại Nghĩa Đàn xảy ra trận lũ lớn nhất trong thời kỳ từ 1959 - 1988. Lưu lượng lớn nhất tại Nghĩa Đàn là 5.750 m³/s, mực nước lũ cao nhất là 50,74m ngày 30/9/1962 và tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất là 28/9 ÷ 4/10/1962 là 1.390.106m³. Nhưng bên sông Cả tại Cửa Rào xuất hiện trận lũ không lớn lắm nên lưu

lượng ở Yên Thượng chỉ đạt $5.880\text{m}^3/\text{s}$ và mực nước lũ ở Nam Đàn đạt tới $8,21\text{m}$ ngày 3/10/1962.

+ Về lưu lượng lũ lớn nhất tại Nghĩa Đàn trên sông Hiếu được xếp theo thứ tự như sau: lớn nhất là lũ 1962, rồi đến lũ tháng 9/1978, tháng 10/1988. Về tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất là trận lũ tháng 10/1988 sau đó là trận lũ tháng 9/1962; tháng 9/1978.

+ Từ Dừa tới Yên Thượng sông Cả chảy qua Vinh có lượng mưa lớn, dòng chảy được tăng lên do sự nhập lưu của các sông suối nhất là sông Giăng. Diện tích khu giữa từ Dừa tới Yên Thượng là 2.200 km^2 chỉ chiếm 9,56% diện tích lưu vực sông Cả tính tới Yên Thượng.

+ Thành phần lượng lũ 7 ngày tương ứng với lượng lũ 7 ngày lớn nhất ở Yên Thượng chiếm tỷ lệ trung bình là 23,4% lượng lũ 7 ngày lớn nhất ở Yên Thượng. Tỷ lệ tham gia về lượng lũ này xấp xỉ tỷ lệ lượng lũ 7 ngày của sông Hiếu tại Nghĩa Đàn mặc dù diện tích của nó nhỏ hơn nhiều. Khu vực này nằm trong vùng mưa lớn và chịu ảnh hưởng mạnh của bão, lượng mưa một ngày có cường độ rất lớn đạt tới 782 mm tại Đô Lương, 684 mm tại Dừa, 547mm tại Hoà Quân trong trận mưa bão tháng 9/1978.

+ Lượng mưa lớn tập trung trong thời gian ngắn xảy ra trên diện rộng đã tạo nên những cơn lũ lớn ở khu giữa tập trung rất nhanh về dòng chính đã làm cho mực nước lũ lên rất nhanh. Thời gian truyền lũ từ Dừa tới Đô Lương, từ Đô Lương tới Yên Thượng rút ngắn lại so với thời gian truyền lũ trung bình gây khó khăn cho việc chống lũ.

+ Tại Thác Muối trên sông Giăng có diện tích lưu vực là 785 km^2 , lưu lượng lớn nhất thực đo trong trận lũ tháng 9/1978 là $5.150\text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số đỉnh lũ là $6,5\text{ m}^3/\text{s.km}^2$ và tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất trong trận lũ tháng 9/1978 lên tới 802.106m^3 chiếm tới 20% tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất tại Yên Thượng trong trận lũ này. Tại Thác Chuối thành phần lượng lũ 7 ngày tương ứng với 7 ngày lớn nhất của Yên Thượng chiếm tỷ lệ trung bình là 9,1% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Qua Yên Thượng nước lũ chảy về vùng đồng bằng hạ du sông Cả. Những năm lũ lớn như trận lũ tháng 9/1978; tháng 10/1988 đã gây ra tình trạng ngập úng lớn, do khả năng thoát lũ lòng sông có hạn, do sự gặp gỡ lũ lớn bên sông La, do ảnh hưởng của triều cường.

Đặc tính chung nước lũ vùng hạ du là lũ lớn nhất trong năm xuất hiện chậm hơn so với lũ ở thượng nguồn một tháng. Càng về hạ du lòng sông được mở rộng, nước lũ bị điều tiết mạnh, do ảnh hưởng của thủy triều thời gian duy trì đỉnh lũ kéo dài từ 4 -5 giờ, thời gian nước rút kéo dài, đường quá trình lũ bị bẹt ra, thời gian duy trì mực nước lũ ở mực nước cao lâu hơn ảnh hưởng tới việc bảo vệ đê và sản xuất nông nghiệp.

Ở hạ du sông Cả, nước lũ không chỉ phụ thuộc vào lũ dòng chính sông Cả mà còn phụ thuộc vào nước lũ sông La.

**Bảng 1-10 : Thành phần lượng lũ ngày tương ứng với 7 ngày max ở Yên Thượng
của một số trận lũ lớn**

Trận lũ	Loại	Cửa Rào	Nghĩa Khánh	Khu giữa Cửa Rào Nghĩa Khánh tới Yên Thượng	Dừa	Khu giữa từ Dừa tới Yên Thượng	Yên Thượng
VIII/1963	$W \cdot 10^6 m^3$	1.500	672	828	3.000	320	3.320
	%Dừa	50	22,4	27,6	100		
	% Yên Thượng	45,2	20,2	24,9	90,3	9,7	100
VIII/1973	$W_{7\text{ngày}} \cdot 10^6 m^3$	1.590	694	266	2.550	260	2.810
	%Dừa	62,3	27,2	10,5	100		
	% Yên Thượng	56,5	24,7	9,5	90,7	9,3	100
IX/1978	$W_{7\text{ngày}} \cdot 10^6 m^3$	734	800	1526	3.060	1943	5.003
	%Dừa	24,0	26,1	49,9	100		
	% Yên Thượng	14,6	15,9	30,5	61,1	38,9	100
X/1988	$W_{7\text{ngày}} \cdot 10^6 m^3$	1.430	1527	725	3.715	1195	4.910
	%Dừa	37,7	41,1	21,1	100		
	% Yên Thượng	28,6	31,1	16,0	75,7	24,3	100
Trung bình nhiều năm	$W_{7\text{ngày}} \cdot 10^6 m^3$	600	552	358	1.510	460	1.970
	%Dừa	39,7	36,5	23,7	100		
	% Yên Thượng	30,5	28,0	18,2	76,6	23,4	100

Lũ sông La là tổ hợp nước lũ của 2 nhánh sông lớn Ngàn Phố và Ngàn Sâu. Lũ sông La lớn nhất năm thường xảy ra vào tháng IX, X. Tuy nhiên có năm lũ lớn nhất năm xảy ra vào tháng 5, 6. Khi chịu ảnh hưởng của bão sớm hoặc sự hội tụ của gió mùa Tây Nam và gió Tín Phong gây ra lũ lớn. Trường hợp lũ tháng V/1989 trên sông Ngàn Phố xảy ra trận lũ đặc biệt lớn với mực nước lũ đạt 15,35m ngày 26/V/1989 và $Q_{\max} = 4.400\text{m}^3/\text{s}$ chỉ thấp thua trận lũ lịch sử vào tháng IX/2002 về mực nước là 0,47m.

Trên sông Ngàn Sâu tại Hoà Duyệt mực nước lũ cao nhất xảy ra vào năm 1960 với $H_{\max} = 12,74\text{m}$, $Q_{\max} = \dots \text{m}^3/\text{s}$. Sau đó là trận lũ tháng IX/2002 với $H_{\max} = 11,77$ ngày 22/IX/2002, $Q_{\max} = 2.740\text{m}^3/\text{s}$. Các trận lũ tháng IX/1978, X/1988 đều cho mực nước và lưu lượng thấp hơn lũ tháng IX/2002. H_{\max} 1978 = 11,40m ngày 28/IX/1978 và = 11,04m ngày 17/X/1988.

Lũ tháng IX/2002 bên sông Ngàn Phố vào loại đặc biệt lớn, lũ sông Ngàn Sâu vào loại lớn mặc dù lũ sông Cả tại Nam Đàn chưa phải là loại lớn thấp hơn báo động 3 là 0,08m, nhưng mực nước lũ ở sông La tại Linh Cảm đã đạt tới 7,71m trên báo động 3 là 1,2m và thấp hơn đỉnh lũ thực đo năm 1978 là 0,02m. Mực nước lũ sông La tại Linh Cảm vừa chịu ảnh hưởng chính của lũ sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu còn chịu ảnh hưởng của lũ sông Cả và thủy triều.

Trường hợp lũ tháng IX/2002 thì lũ sông Cả ở mức xấp xỉ báo động 3 tại Nam Đàn, nhưng mực nước thủy triều tại Cửa Hội thấp, đỉnh triều ở Cửa Hội đạt 1,64m ngày 21/IX và 1,44m ngày 22/IX. Điều này đã tạo điều kiện cho việc tiêu thoát nhanh phần lũ ở hạ du sông Cả khi có sông La vào.

Trận lũ tháng IX/2002 tuy không ảnh hưởng mạnh tới lũ trên dòng chính sông Cả nhưng gây thiệt hại nghiêm trọng cho vùng Hương Sơn và Hương Khê, Đức Thọ, Vũ Quang.

Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo tổng hợp “*Quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Cả*”, 2002.
2. Báo cáo “*Nghiên cứu xác định đặc điểm chế độ thủy văn, phân tích quan hệ phân bố mưa, nhiệt độ, bốc hơi đến tài nguyên nước của 9 lưu vực sông (lưu vực sông Hồng, Thái Bình, Kỳ Cùng – Bằng Giang, Mã – Chu, Cả, Thu Bồn – Vu Gia, Ba, Đồng Nai, Cửu Long)*”