

# XÁC ĐỊNH BIẾN TRÌNH LƯU LƯỢNG TỪ LƯU VỰC ĐÔ THỊ THEO BIẾN TRÌNH ĐỘ DẪN ĐIỆN CỦA DÒNG CHẢY DO MƯA

ThS. Nguyễn Thị Băng Thanh

Viện Địa lý

Trung tâm Khoa học tự nhiên và Công nghệ quốc gia

*Dựa vào phương trình cân bằng muối và một số giả thiết đơn giản, biến trình lưu lượng lũ của trận mưa ngày 18-VI-1999 đã được tính thử nghiệm cho 2 tiểu lưu vực đô thị của thành phố Hà Nội căn cứ vào: 1) biến trình độ dẫn điện của dòng chảy do mưa; 2) lưu lượng và độ dẫn điện của dòng nước thải lúc không ảnh hưởng mưa; và 3) tổng lượng mưa sinh dòng chảy. Như vậy, việc đo lưu lượng dòng chảy có thể xác định bằng việc lấy mẫu đo độ dẫn điện liên tục, phương pháp này có thể thực hiện trong những trường hợp khi chưa đủ điều kiện trang thiết bị và kinh phí.*

## 1. Đặt vấn đề

Trong quy hoạch và cải tạo hệ thống thoát nước đô thị, việc xác định biến trình lưu lượng dòng chảy do mưa sinh ra là một bước quan trọng nhằm xác định kích cỡ các công trình thoát và xử lý nước khi mưa. Cách đo thông thường là thiết lập đường cong lưu lượng-mức nước tại một mặt cắt ổn định và biến trình lưu lượng dòng chảy có thể thu được căn cứ vào các giá trị mức nước ghi nhận được. Tuy nhiên, trong thực tế các đô thị hiện nay, thường khó có được mặt cắt ổn định tại các vị trí cần đo do thường xuyên có hiện tượng đổ rác thải xuống mương. Còn nếu sử dụng trực tiếp thiết bị đo lưu lượng khi mưa thì việc cố định được thiết bị ở các vị trí cần thiết trong (hoặc trên) dòng lũ vẫn đang là vấn đề nan giải. Ngoài ra, cũng còn có một số cách đo lưu lượng dòng chảy đơn giản khác, nhưng lại đòi hỏi nhiều kinh phí và sự chuẩn bị công phu. Trong bài báo này, tác giả sẽ trình bày quan điểm tính toán biến trình lưu lượng lũ dựa vào phương pháp đo độ dẫn điện và một số giả định đơn giản. Hy vọng, cách tiếp cận này sẽ góp phần giúp cho việc xác định biến trình lưu lượng lũ khi mưa dễ thực hiện hơn mà vẫn đảm bảo được độ chính xác cho phép.

## 2. Cơ sở lý thuyết

Như đã biết, lưu lượng của dòng chảy có thể được xác định bằng phương pháp đo độ dẫn điện. Phương pháp này đã được đề cập sơ bộ trong bài báo [2]. Theo đó, một lượng nước muối có thể tích và độ dẫn điện xác định được đổ xuống dòng nước và lưu lượng dòng chảy được tính căn cứ vào biến trình độ dẫn điện của dòng chảy có đỉnh muối đi qua (tại chỗ nước muối được xáo trộn đều trong dòng nước), biến trình độ dẫn điện nền của chính dòng chảy cần đo, và thể tích, độ dẫn điện của lượng nước muối được đổ vào dòng. Một cách tương tự, lưu lượng dòng chảy cũng có thể tính được khi có hõm muối đi qua. Ở đây, hõm muối được tạo nên nhờ dòng nước mưa pha loãng đến từ lưu vực. Độ dẫn điện và lưu lượng của dòng nước thải lúc không ảnh hưởng mưa được coi là các giá trị nền. Sự khác biệt của cách tính này chỉ là ở chỗ: lưu lượng cần đo là lưu lượng tổng cộng của hỗn hợp nước mưa-nước thải, trong đó lưu lượng nước thải được coi là xác định từ trước của ngày không ảnh hưởng mưa.

Với số liệu có được về diễn biến độ dẫn điện của dòng lũ, ta có thể tính suy ra một thủy đồ lũ tương ứng căn cứ vào các giả thiết và lập luận sau:

1. Dòng nước được pha trộn đều và đồng nhất trong dòng chảy.
2. Độ dẫn điện của nước tỷ lệ thuận với độ muối tương ứng.

Khi đó, theo phương trình cân bằng muối, tại mỗi thời điểm  $i$  ta có:

$$C_{Mi} \cdot Q_{Mi} + C_{Ti} \cdot Q_{Ti} = C_{HHi} \cdot Q_{HHi} \quad (1)$$

Trong đó:  $C_{Mi}$ ,  $Q_{Mi}$  - Độ dẫn điện và lưu lượng của dòng nước mưa đến mặt cắt cần đo,

$C_{Ti}$ ,  $Q_{Ti}$  - Độ dẫn điện và lưu lượng của dòng nước thải. Các giá trị này được coi bằng các giá trị đo được vào các thời điểm tương ứng của ngày không ảnh hưởng mưa trước đó,

$C_{HHi}$ ,  $Q_{HHi}$  - Độ dẫn điện và lưu lượng của hỗn hợp nước mưa-nước thải (dòng nước lũ trong cống).

$$Q_{HHi} = Q_{Mi} + Q_{Ti} \quad (2)$$

Kết hợp các phương trình (1) và (2), dòng nước mưa đến mặt cắt,  $Q_{Mi}$ , được tính theo công thức sau:

$$Q_{Mi} = \frac{Q_{Ti} \cdot (C_{Ti} - C_{HHi})}{C_{HHi} - C_{Mi}} \quad (3)$$

Ở đây,  $C_{Mi}$  không phải là độ dẫn điện của nước mưa thuần khiết mà là độ dẫn điện của dòng nước mưa sau khi đã hòa tan thêm được các muối khoáng trong các vật chất cuốn theo trên đường đi của nó (trên bề mặt lưu vực và trong lòng cống). Vì thế, giá trị độ dẫn điện của dòng chảy tăng lên trong thời kỳ đầu trận mưa, và giảm đi khi trận mưa kéo dài và dòng chảy trong sông bị pha loãng nhiều, và lại tăng lên khi lượng mưa ít đi. Nói tóm lại, sự biến đổi của  $C_{Mi}$  tương tự với sự biến đổi của độ dẫn điện trong chính dòng hỗn hợp nước mưa-nước thải ( $C_{HHi}$ ) vì chính nó cũng đóng góp một phần đáng kể vào dòng hỗn hợp đó. Tuy nhiên, do bị pha loãng nhiều bởi nước mưa,  $C_{Mi}$  luôn thấp hơn  $C_{HHi}$ . Do đó, ta có thể viết:

$$C_{Mi} = k \cdot C_{HHi} \quad \text{với } k < 1 \quad (4)$$

Với  $k$  là hệ số;

Nếu thay  $C_{Mi}$  của biểu thức (4) vào biểu thức (3) ta rút ra được giá trị  $k_i$  của các thời điểm:

$$k_i = 1 - \frac{Q_{Ti}}{Q_{Mi}} \left( \frac{C_{Ti}}{C_{HHi}} - 1 \right) \quad (5)$$

Với biểu thức (5), nếu coi các giá trị về lượng và chất của nước thải ( $Q_{Ti}$ ,  $C_{Ti}$ ) gần như không đổi trong biến trình lũ thì có thể thấy: Khi dòng chảy tăng lên (mưa lớn kéo dài) giá trị của tỷ số các lưu lượng  $Q_{Ti}/Q_{Mi}$  có xu thế giảm, còn giá trị của biểu thức có liên quan đến tương quan các hàm lượng ở trong ngoặc lại tăng (vì  $C_{HHi}$  giảm). Còn khi dòng nước mưa đến giảm thì lại xảy ra ngược lại. Có nghĩa là tương quan về lượng và chất trong dòng lũ luôn có xu hướng giữ cho các giá trị của hệ số  $k_i$  ổn định ở một mức nào đó và ta có thể chấp nhận một giá trị  $k$  không đổi trong suốt trận lũ. Ở đây, giá trị của hệ số  $k$  được dò tìm sao cho sau khi thay (4) vào (3) và tính  $Q_{Mi}$  cho toàn trận lũ thì tổng lượng dòng chảy phải bằng tổng lượng mưa rơi xuống trừ đi các tổn thất. Có nghĩa là:

$$\sum Q_{Mi} \cdot \Delta t = F \cdot (\sum P_i - L) \quad (6)$$

Trong đó:  $\Delta t$  - thời đoạn tính toán (ph);  
 $F$  - diện tích lưu vực ( $\text{km}^2$ );  
 $L$  - tổn thất tổng cộng (mm).

Tổn thất tổng cộng  $L$  trong một trận mưa chủ yếu bao gồm: 1) tổn thất do thấm trên các bề mặt dễ thấm (bãi cỏ, đất trống), hoặc trong các lòng mương, ao, hồ chưa được bê tông hoá; và 2) tổn thất do diên trùng bề mặt lưu vực. Các tổn thất này thường khó xác định nên cần được ước định. Trong các nghiên cứu và mô phỏng, giá trị của tổn thất  $L$  trên các bề mặt lưu vực khác nhau được ước định như sau [1]:

- $L = 3$  mm trên các bề mặt thấm nhấp nhô,
- $L = 2$  mm trên các bề mặt không thấm nhấp nhô,
- $L = 1$  mm trên các bề mặt không thấm tương đối ít nhấp nhô. Giá trị này thường tiêu biểu đối với các lưu vực đô thị.

### 3. Cơ sở số liệu

Trong bài báo này, biến trình lưu lượng dòng chảy đã được tính cho trận mưa ngày 18-VI-1999 tại hai vị trí cống ở Hà Nội là cống Láng Trung và cống Ngọc Hà [2, 3].

Cống Láng Trung tiếp nhận nước thải từ một tiểu lưu vực cống nửa ngầm, diện tích  $1,22 \text{ km}^2$ , và dòng chảy khi không ảnh hưởng mưa xấp xỉ  $100 \text{ l/s}$ . Còn tiểu lưu vực cống ngầm Ngọc Hà có diện tích  $0,3 \text{ km}^2$ . Dòng chảy tại cống này khi không ảnh hưởng mưa xấp xỉ  $60 \text{ l/s}$ . Theo số liệu của trạm khí tượng Láng, trận mưa ngày 18-VI-1999 có tổng lượng  $83,6 \text{ mm}$  và kéo dài từ 7:00 giờ đến 11:00 giờ, với phần lớn lượng mưa rơi vào giờ đầu của trận mưa.

Số liệu được sử dụng tính toán gồm các giá trị về độ dẫn điện (đo cả lúc không ảnh hưởng mưa và có ảnh hưởng mưa) và lưu lượng (đo lúc không ảnh hưởng mưa). Các số liệu của lúc không ảnh hưởng mưa được đo 2 giờ một lần. Khi mưa, mẫu được lấy 15 phút một lần trong giờ đầu của trận mưa, 1 giờ một lần cho đến khi mưa tạnh, và sau đó 2 giờ một lần khi lượng dòng chảy bắt đầu giảm.

Căn cứ vào đặc thù của từng lưu vực và hệ thống cống thoát, tổn thất  $L$  được ước định bằng  $2 \text{ mm}$  cho vị trí cống Láng Trung và  $1 \text{ mm}$  cho vị trí cống Ngọc Hà. Dựa vào các công thức (3), (4), và (6) cùng các số liệu kể trên, giá trị của hệ số  $k$  được dò tìm (với thời đoạn tính toán  $\Delta t = 15$  phút) cho trận mưa được xét là:  $k = 0.945$  đối với cống Láng Trung; và  $k = 0.910$  đối với cống Ngọc Hà.

Đồng thời, ta cũng thu được các giá trị tương ứng của lưu lượng nước mưa đến  $Q_{Mi}$  tại hai vị trí cống. Cuối cùng, lưu lượng dòng hỗn hợp nước mưa-nước thải  $Q_{HHI}$  được xác định theo công thức (2). Biến trình lưu lượng lũ tại các vị trí quan trắc được thể hiện ở hình 1 cùng với biến trình mưa và biến trình độ dẫn điện đo được. Các đặc trưng dòng chảy tương ứng được tổng kết ở bảng 1.

Bảng 1. Các đặc trưng dòng chảy của trận mưa ngày 18-VI-1999 tại các vị trí quan trắc

Vị trí cống	Tổng lượng dòng chảy ( $\text{m}^3$ )	Lưu lượng lớn nhất, (l/s)	Thời gian kéo dài trận lũ, (giờ)	Thời gian nước lên, (giờ:phút)
C. Láng Trung	99550	3460	72	2:00
C. Ngọc Hà	24771	2760	17	1:00

#### 4. Đánh giá kết quả và đề xuất

Biến trình dòng chảy tính được theo cách trên phản ánh khá rõ ảnh hưởng của các đặc thù lưu vực và hệ thống thoát. Tại cống Láng Trung, nơi có diện tích lưu vực lớn hơn 1,22 km<sup>2</sup>, với sự có mặt của hồ Láng Thượng cùng nhiều ao nhỏ, dòng chảy do mưa có thể kéo dài tới 3 ngày. Trong đó, dòng chảy mặt kéo dài 9 giờ, còn lại là dòng điều tiết của hồ, lòng mương và một phần nhỏ của nước ngầm tầng nông (vào thời điểm đo, vẫn còn nhiều đoạn bờ mương và bờ hồ bằng đất). Còn ở cống Ngọc Hà, do lưu vực tương đối nhỏ (0,3 km<sup>2</sup>) và lòng cống đã được bê tông hoá, nên dòng chảy do mưa chỉ kéo dài hơn 17 giờ. Phân phối dòng chảy ở cống Láng Trung cũng điều hoà hơn, tổng lượng dòng chảy trong một giờ đầu trận mưa chỉ chiếm khoảng 9% tổng lượng dòng chảy, trong khi đó ở cống Ngọc Hà, giá trị này là 21 %.

Theo cách tiếp cận này, độ chính xác của lưu lượng tính được phụ thuộc vào độ chính xác đo các đại lượng đưa vào tính toán như: 1) lưu lượng và độ dẫn điện của dòng nước thải khi không ảnh hưởng mưa; 2) độ dẫn điện của dòng chảy khi mưa; 3) tổn thất dòng chảy ước định cho trận mưa; và 4) tổng lượng mưa đo được.

1) Đối với dòng nước thải khi không ảnh hưởng mưa, việc đo lưu lượng thường đơn giản hơn. Phương pháp đo lưu lượng phù hợp nhất cần được lựa chọn phụ thuộc vào đặc thù vị trí cần đo [2]. Mẫu nước đo độ dẫn điện cần được lấy ở vị trí có sự xáo trộn đều trong dòng. Thực ra, có sự dao động nhất định của các giá trị lưu lượng và độ dẫn điện khi nó được đo vào các ngày khác nhau. Vì thế, biến trình dòng chảy tính được sẽ sát với thực tế hơn nếu các giá trị lưu lượng và độ dẫn điện của ngày không ảnh hưởng mưa đưa vào tính toán gần sát hơn với các giá trị nền của dòng nước thải lúc mưa. Có nghĩa là sẽ chính xác hơn nếu điều kiện nhiệt độ của ngày đo các đại lượng này gần với của ngày mưa và ít nhất cần có một mẫu đo độ dẫn điện được lấy trước lúc mưa.

2) Khi mưa, mẫu đo độ dẫn điện cần được lấy ở vị trí đủ sâu và đập kín để hạn chế tối đa sự xáo trộn của nước mưa tại chỗ. Độ chính xác của kết quả tính sẽ cao hơn nếu thời đoạn giữa các lần lấy mẫu càng ngắn, đặc biệt khi nước lên (2-5 phút/lần).

3) Đối với giá trị ước định của tổn thất  $L$ , xu thế chung là khi tổn thất tăng thì hệ số  $k$  giảm và lưu lượng nước mưa đến cũng giảm. Kết quả tính toán cho thấy, khi tăng tổn thất  $L$  từ 1 mm lên 2 mm, lưu lượng dòng lũ giảm 1,22 % ở cống Láng Trung và 1,10 % ở cống Ngọc Hà. Mức độ giảm này dường như không đáng kể đối với một trận mưa lớn như trận mưa đang xét. Tuy nhiên, đối với các trận mưa nhỏ hơn, (hoặc đối với các lưu vực lớn), mức độ chênh lệch này có thể là đáng kể. Theo logic ta có thể thấy, trên cùng một lưu vực, với trận mưa lớn hơn thì tổn thất cũng lớn hơn. Vì thế, cần có cách tính tổn thất tổng quát hơn. Thực tế cho thấy, độ sâu lớp dòng chảy do mưa sinh,  $W$  mm, còn có thể được tính theo công thức kinh nghiệm mưa-dòng chảy. Thí dụ, công thức tổng hợp kết quả đo của hơn 100 trận mưa tại 6 vị trí cống (của các lưu vực đô thị nhỏ) ở thành phố Portland, Oregon - Mỹ [1] có dạng như sau:

$$W \cong P - 1 \cdot \left( 1 - e^{-\frac{P}{\tau}} \right) = \frac{\Delta t \cdot \sum Q_{Mi}}{F} \quad (7)$$

Trong đó,  $l$  là tổn thất ban đầu lớn nhất có thể, phụ thuộc vào đặc thù từng lưu vực. Giá trị của  $l$  nằm trong khoảng 1-2,5 mm.

Theo công thức (7), tổn thất thực tế sẽ giảm khi lượng mưa P giảm và tăng tối đa đến giá trị l khi lượng mưa tăng. Trước mắt, ta cũng có thể sử dụng công thức này với cách ước định l tương tự như ở mục (2), công thức (6) coi  $l = L$ .

4) Theo cách tính lưu lượng dòng chảy đề xuất, tổng lượng mưa của trạm đo mưa gần nhất nằm trên lưu vực cống Láng Trung được đưa vào tính toán. Với áp dụng tốt nhất các lưu vực đủ nhỏ để có thể coi lượng mưa đo được là đồng đều trên toàn lưu vực. Ảnh hưởng của độ chính xác đo tổng lượng mưa cũng tương đương như ảnh hưởng của ước định tổn thất. Trận mưa càng lớn thì ảnh hưởng này càng nhỏ.

Tóm lại, việc xác định biến trình dòng chảy theo phương pháp đo độ dẫn điện phù hợp hơn với các trận mưa đủ lớn trên các lưu vực nhỏ với các bề mặt không thấm là chủ yếu. Trận mưa cần đủ lớn để dòng nước mưa đến được xáo trộn đều trong dòng nước cần đo. Quan sát bước đầu cho thấy, một trận mưa 7,4 mm (3-III-1999) kéo dài trong khoảng 30 phút đã có thể sinh ra dòng chảy có sự xáo trộn mạnh ở cống Láng Trung.

## 5. Kết luận

Dựa vào phương trình cân bằng muối và một số giả thiết đơn giản, biến trình lưu lượng dòng chảy của trận mưa ngày 18-VI-1999 đã được tính thử nghiệm cho 2 tiểu lưu vực đô thị của thành phố Hà Nội căn cứ vào: 1) biến trình độ dẫn điện của dòng chảy; 2) lưu lượng và độ dẫn điện của dòng nước thải lúc không ảnh hưởng mưa; và 3) tổng lượng mưa sinh dòng chảy. Kết quả thu được phản ánh khá rõ các đặc thù của lưu vực và hệ thống thoát nước.

Cách tiếp cận này phù hợp với những trận mưa lớn trên những lưu vực nhỏ có bề mặt không thấm là chủ yếu.

Việc tổ chức đo đạc và lấy mẫu tương đối gọn nhẹ. Nhưng quá trình thực hiện (để có được số liệu tính toán cần thiết) đòi hỏi nhiều thời gian và công sức hơn so với các cách đo thông thường. Nếu xét trong cùng một tổng thể nghiên cứu động thái thay đổi về lượng và chất lượng nước thải của một vùng xác định thì cách tiếp cận này dễ được chấp nhận. Phương pháp này cần được hoàn thiện thêm để nâng cao độ chính xác của các đại lượng đưa vào tính toán.

## Tài liệu tham khảo

1. James W. (editor). *Advances in Modelling the Management of Stormwater Impacts*.- Ann Arbor Press, ISBN 1-57504-031-X, 1996.
2. Nguyễn Thị Băng Thanh, Nguyễn Văn Tuệ. Nghiên cứu diễn biến môi trường nước trong lưu vực thượng sông Tô Lịch.- *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, Hà Nội, số 8, 2000.
3. Nguyễn Thị Băng Thanh, Nguyễn Văn Tuệ. Bước đầu nghiên cứu ảnh hưởng của các trận mưa đến môi trường nước trong lưu vực thượng sông Tô Lịch. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, Hà Nội, số 2, 2001.