

Ứng dụng mô hình mã nguồn mở TELEMAC2D xây dựng mô hình tính toán thoát nước mưa TP. Quảng Ngãi

Application of TELEMAC2D open source building a rainwater drainage calculation model Quang Ngai city

Nguyễn Thông^{1*}, Trần Thanh Thảo² và Nguyễn Tấn Danh³

¹Trường Đại học Bách Khoa - ĐHQG TP.HCM;

²Khoa Kỹ thuật Hạ tầng đô thị, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây;

³Sở Xây dựng tỉnh Quảng Ngãi;

*Tác giả liên hệ: nthong56@yahoo.fr

■Nhận bài: 02/04/2025 ■Sửa bài: 11/06/2025 ■Duyệt đăng: 21/08/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm xây dựng mô hình tính toán thoát nước mưa tại chỗ cho Thành phố Quảng Ngãi. Đây là thành phố đang phát triển với sử dụng một hệ thống thoát nước mưa đã xuống cấp và lạc hậu. Hiện trạng thoát nước của hệ thống quá tải do phát triển đô thị đã gây nên hiện tượng ngập tại chỗ ngày càng trầm trọng. Hiện tượng ngập càng trầm trọng hơn trong bối cảnh biến đổi cực đoan của thời tiết với cường độ các trận mưa có cường độ lớn ngày càng xảy ra thường xuyên hơn. Mô hình toán số mã nguồn mở; đây là ưu điểm của mô hình Telemac2D so với các phần mềm khác đang sử dụng. Kết quả tính toán cho thấy một số khu vực của thành phố ngập nước rất sâu, phù hợp với các số liệu quan trắc đã được ghi nhận trong thời gian qua, nên cần thiết phải nâng cấp một số trục thoát nước chính của thành phố.

Từ khóa: Telemac2D; Mã nguồn mở; Thoát nước đô thị; Thành phố Quảng Ngãi.

ABSTRACT

The study aims to develop a model for calculating on-site stormwater drainage for Quang Ngai City. This is a developing city using a degraded and outdated stormwater drainage system. The current overloaded drainage system due to urban development has caused increasingly serious local flooding. The flooding phenomenon is even more serious in the context of extreme weather changes with heavy rains occurring more and more frequently. Open source numerical model; this is the advantage of the Telemac2D model compared to other software currently in use. The calculation results show that some areas of the city are deeply flooded, consistent with the monitoring data recorded in the past, so it is necessary to upgrade some of the city's main drainage axes.

Keywords: Telemac2D; Open source; Urban drainage; Quang Ngai city.

1. GIỚI THIỆU

Xây dựng mô hình tính toán thoát nước thành phố Quảng Ngãi được giới hạn trong phạm vi sau:

- Bắc giáp sông Trà Khúc.
- Nam giáp sông Bàu Giang.
- Tây giới hạn bởi đường cao tốc Quảng Ngãi – Đà Nẵng.
- Phía Đông giới hạn bởi tuyến đường Trường Sa – Dốc Sỏi.



Hình 1. Thành phố Quảng Ngãi
Nguồn: Google Earth

Xây dựng mô hình tính toán thoát nước cho Thành phố Quảng Ngãi bước đầu sẽ cho phép đánh giá hiện trạng vận hành thoát nước của hệ thống. Xác định được trục thoát nước chính khu vực, đánh giá các tác động phương án quy hoạch thoát nước cho thành phố. Ngoài ra, trục thoát nước chính cho Thành phố Quảng Ngãi là sông Trà Khúc nằm phía Bắc thành phố. Trên đoạn sông này theo quy hoạch sẽ xây dựng một đập dâng phía hạ lưu và tạo ra một hồ nhân tạo phía thượng lưu. Theo thiết kế mực nước hồ nhân tạo này là 3.5m và với cao trình này nhất định sẽ ảnh hưởng đến khả năng tiếp nhận thoát nước ra từ thành phố Quảng Ngãi. Mô hình xây dựng được sẽ là một công cụ cần thiết nhằm nghiên cứu một cách định lượng các phương án thiết kế quy hoạch thoát nước cho thành phố trong tương lai ngắn và dài hạn. Mô hình toán số sử dụng là Telemac2D với mã nguồn mở để mô phỏng dòng chảy 2 chiều (2D) theo phương nằm ngang [1], [2].

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu mô hình Telemac2D

Telemac2D [3] là một phần mềm thủy lực dùng để mô phỏng dòng chảy 2 chiều theo phương nằm ngang (trung bình theo phương thẳng đứng) với hệ phương trình Saint Venant 2D như sau:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \text{div}(h\vec{U}) = q$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial Z_s}{\partial x} + F_x + \frac{1}{h} \text{div}[h\nu_e \text{grad}(u)]$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \text{div}(h\vec{U}) = q \quad \frac{\partial y}{\partial t} + \text{div}(h\vec{U}) = q$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial Z_s}{\partial y} + F_y + \frac{1}{h} \text{div}[h\nu_e \text{grad}(v)]$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = Q + v_T \Delta(T)$$

Trong đó: $h(m)$ – chiều sâu, u & $v(m/s)$ – thành phần vận tốc theo phương ngang x & y của vận tốc U , $q(m/s)$ – lưu lượng đơn vị của nguồn, $Z_s(m)$ – cao độ mặt thoáng, $F_{x,y}(m/s^2)$ – các ngoại lực (không kể trọng lực, ví dụ lực

Coriolis,...) tác dụng trên một đơn vị khối lượng chiếu theo phương ngang x & y , $V_e(m^2/s)$ – hệ số khuếch tán, $T(g/l)$ – nồng độ chất, Q – số hạng nguồn, v_T – khuếch tán chất.

Bài toán số được lập trình có thể xử lý được các dạng điều kiện biên như: Biên mực nước Z , biên lưu lượng Q , biên lưu lượng và mực nước ($Q&Z$), biên vận tốc (u, v), biên vận tốc và mực nước ($u, v&Z$) hoặc dạng biên số đến.

2.2. Phương pháp giải và các khả năng ứng dụng

Mô hình toán số sử dụng có thể chọn với các phương pháp số khác nhau như sau:

- Phương pháp phần tử hữu hạn;
- Phương pháp thể tích hữu hạn;
- Phương pháp Boussinesq.

Mô hình tính toán thủy động lực Telemac2D có thể kết hợp (mô phỏng chạy đồng thời hoặc riêng lẻ) với bài toán tính toán biến hình lòng dẫn, vận chuyển chất với module (Sisyphe, Gaia) hay với bài toán tính toán sóng vùng ven bờ biển hoặc công trình cảng (Tomawac, Artemic) hoặc bài toán mô trường với module (WaqTel). Mô hình cho phép mô phỏng các loại công trình như: Cống, Đập, Siphon, Trạm bơm, Hồ điều hòa. Khi có hiện tượng mưa trong miền tính sẽ được mô phỏng với mô hình thủy văn mưa dòng chảy SCS (The Soil Conservation Service) của Mỹ. Mô hình Telemac2D có thể áp dụng để tính toán cho những bài toán có miền tính lớn với độ phân giải cao nhờ vào kỹ thuật lập trình tính toán song song chạy trên các hệ thống máy tính lớn (HPCC).

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN SỐ MÔ PHỎNG KHẢ NĂNG THOÁT NƯỚC MƯA KHU VỰC NAM SÔNG TRÀ KHÚC TP. QUẢNG NGÃI

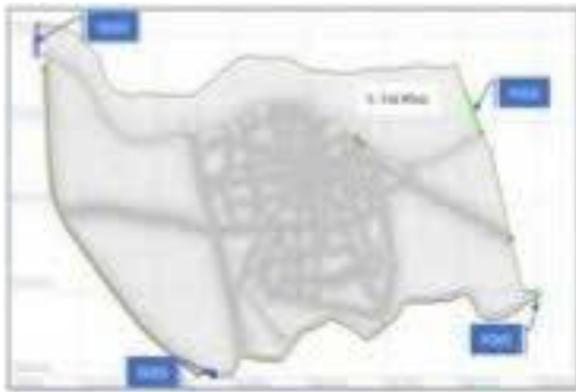
3.1. Miền và lưới tính

Nội thị thành phố Quảng Ngãi là khu vực đã và đang phát triển, miền tính được xác định phía Bắc giáp sông Trà Khúc, phía Nam giáp

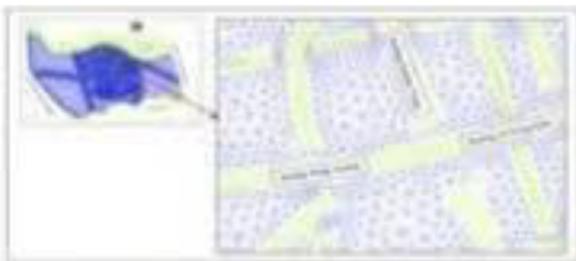
sông Bàu Giang, phía Tây giới hạn bởi cao tốc Quảng Ngãi - Đà Nẵng và phía Đông giáp tuyến đường Trường Sa - Dốc Sỏi + Đập dâng. Diện tích miền tính khoảng 45 km². Miền tính được mô tả bởi 99895 phần tử tam giác phi cấu trúc với lưới lớn nhất có cạnh 100m, cạnh nhỏ nhất là 4m.



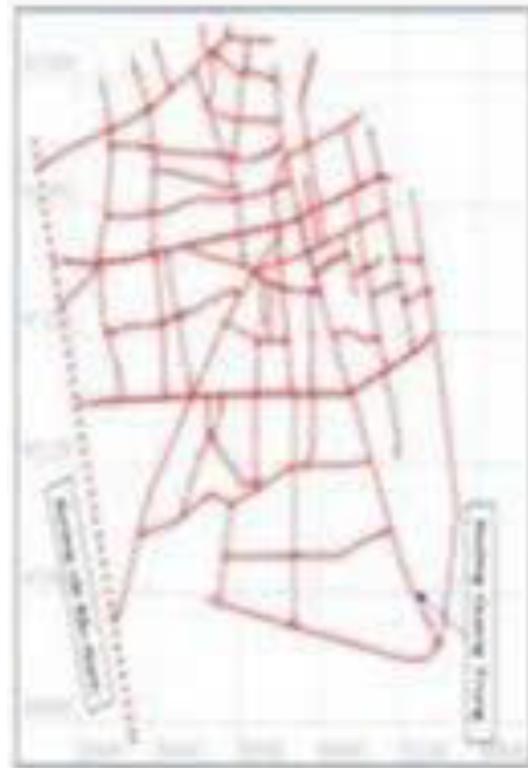
Hình 2. Lưới 2D miền tính với 105341 phần tử tam giác phi cấu trúc



Hình 3. Điều kiện biên



Hình 4. Chi tiết A



Hình 5. Hệ thống cống thoát nước chính

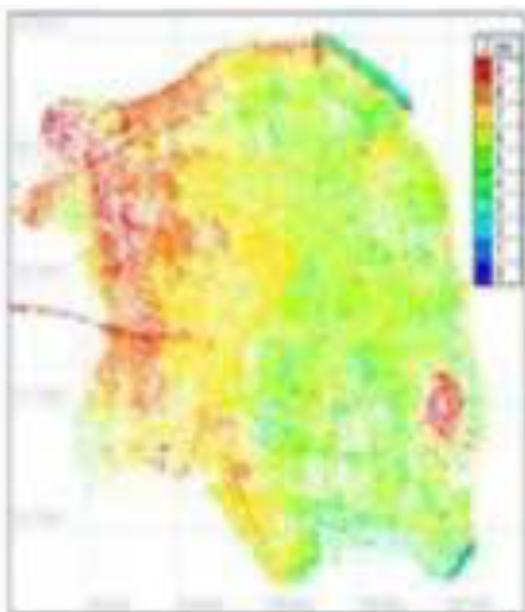
Hệ thống cống thoát nước ngầm dưới đường được mô phỏng bởi 1839 đoạn có tổng chiều dài 62,44km. Trao đổi lưu lượng giữa dòng chảy trong cống ngầm và dòng chảy tràn 2D trên đường thông qua các vị trí hố ga với các mực nước tương ứng tại các vị trí nút lưới miền tính 2D.

3.2. Điều kiện biên miền nghiên cứu

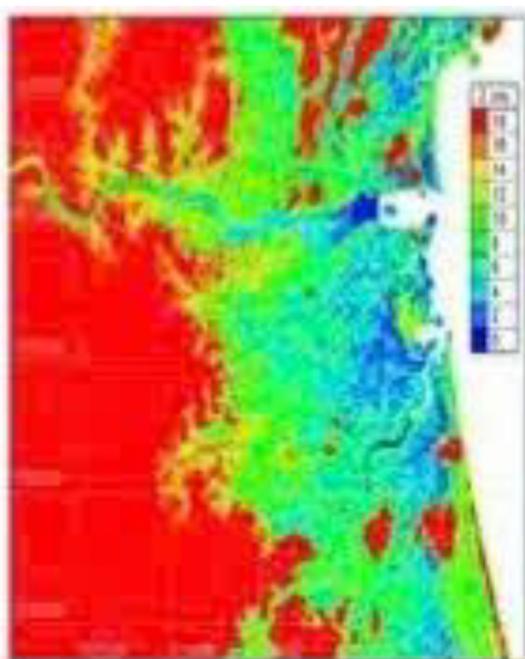
Miền tính gồm 2 biên mực nước: (1) tại vị trí đập dâng (hạ lưu đoạn sông Trà Khúc), $H_1(t)$ và (2) hạ lưu sông Bàu Giang $H_2(t)$, 2 biên lưu lượng: (a) vị trí thượng lưu, đó là tại cầu nổi cao tốc Đà Nẵng – Quảng Ngãi qua sông Trà Khúc $Q_1(t)$ và (b) thượng lưu đoạn sông Bàu Giang $Q_2(t)$.

3.3. Số liệu địa hình

Mô hình sử dụng các số liệu địa hình thu thập từ các dự án liên quan trong nội thị thành phố Quảng Ngãi và các sông Trà Khúc, Bàu Giang. Bổ sung địa hình từ bản đồ 1/10000 và cơ sở dữ liệu mở SRTM.



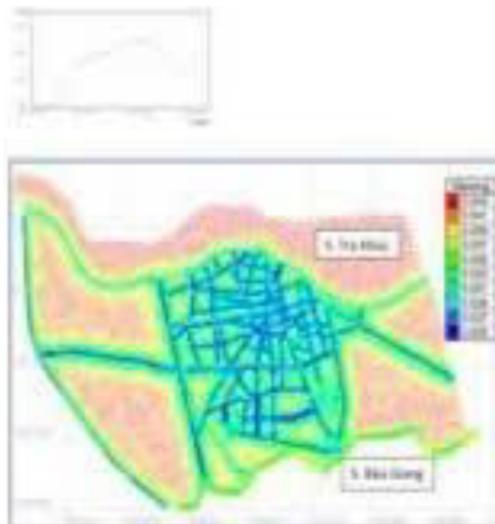
Hình 6. DEM nội thị thành phố Quảng Ngãi
 Nguồn: Sở xây dựng Tỉnh Quảng Ngãi



Hình 7. DEM (SRTM) thành phố Quảng Ngãi
 Nguồn: Internet

4. KẾT QUẢ THẢO LUẬN

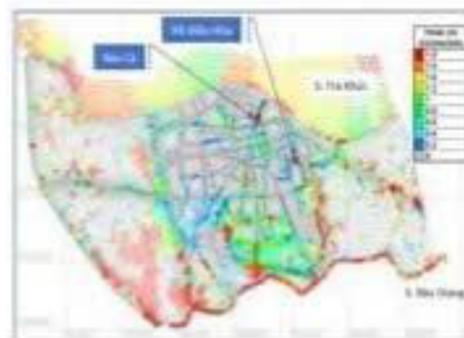
Nhằm xây dựng mô hình tính toán thoát nước mưa khu vực phía Nam sông Trà Khúc, thành phố Quảng Ngãi, mô phỏng sẽ được hiệu chỉnh và kiểm định [5] theo số liệu mưa, ngập thành phố trong thời gian 24h (ngày 23-24/10/2021), cường độ trận mưa là 532mm/24h và mưa ngày 23/11/2023 kéo dài 180phút, cường độ mưa là 130.4mm.



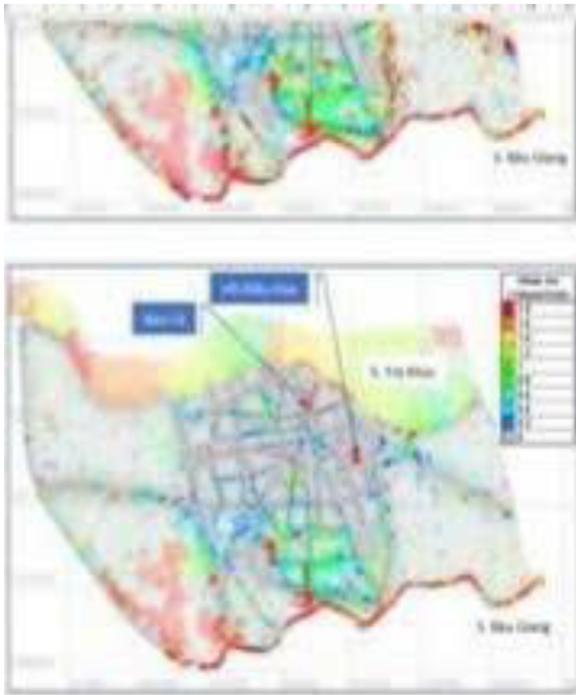
Hình 8. Hệ số ma sát đáy Manning



Hình 9. Hệ số CN mô hình thủy văn SCS



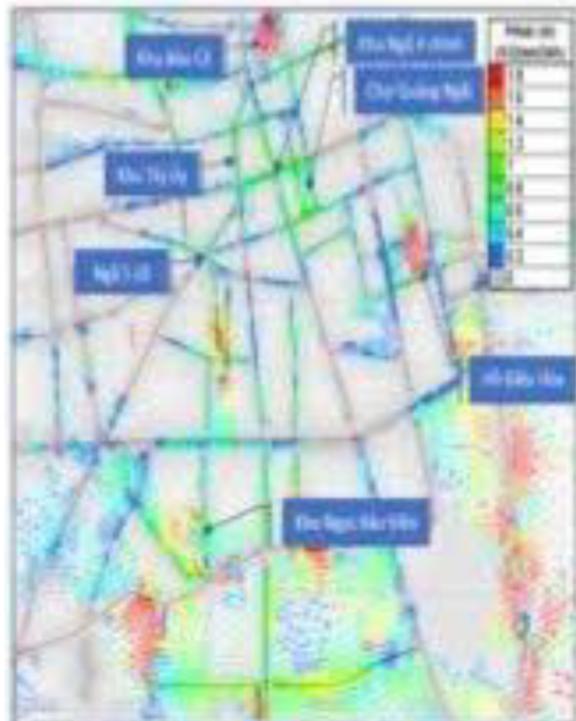
Hình 10. Kết quả mô phỏng độ sâu ngập max (H_{max}), trận mưa ngày 23-24/10/2021



Hình 11. Kết quả mô phỏng độ sâu ngập max (H_{max}), trận mưa ngày 23/11/2023



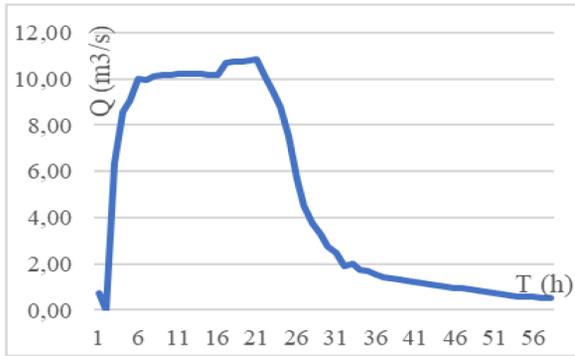
Hình 13. Kết quả mô phỏng độ sâu ngập H_{max} khu trung tâm, trận mưa ngày 23/11/2023



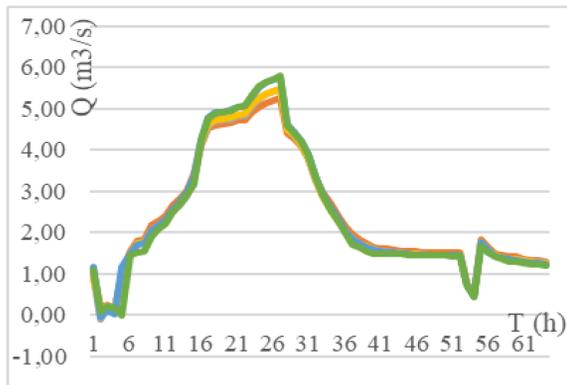
Hình 12. Kết quả mô phỏng độ sâu ngập H_{max} khu trung tâm, trận mưa ngày 23-24/10/2021



Kết quả chiều sâu ngập max trình bày ở hình trên cho thấy khu ngập lớn nhất hiện tại nằm về khu vực phía Nam (về nguyên tắc có hướng thoát nước chính ra sông Bàu Giang). Trong đó khu dân cư Ngọc Bảo Viên chịu ngập khá sâu cục bộ có nơi nước ngập sâu đến 1.7m. Kết quả này cho thấy cần có giải pháp xây dựng các trục thoát nước chính ra hướng sông Bàu Giang trong tương lai. Khu vực trung tâm thành phố kết quả mô phỏng cũng cho thấy các vị trí ngập sâu điển hình như khu vực Thành Ủy, khu vực Ngã tư chính đường Quang Trung và đường Hùng Vương, khu vực Chợ cũ Quảng Ngãi cũng như khu vực Ngã 5 cũ như trong thực tế hiện tại quan sát sau các trận mưa lớn xảy ra trên thành phố. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy 2 vị trí thu nước tạm với vai trò hoạt động như hồ điều hòa cho thành phố là Bàu Cả và Hồ điều hòa ở quảng trường Phạm Văn Đồng, phát huy tác dụng. Nói khác đi đây là các vị trí cần phải có trong tính toán quy hoạch hệ thống thoát nước cho thành phố hiện tại cũng như tương lai.

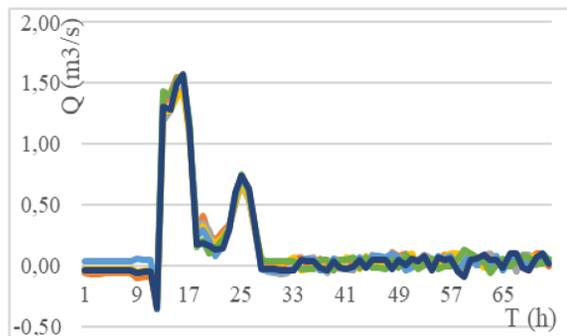


Hình 14. Q(t) mô phỏng cống cuối kênh Bàu Cá ra sông Trà Khúc

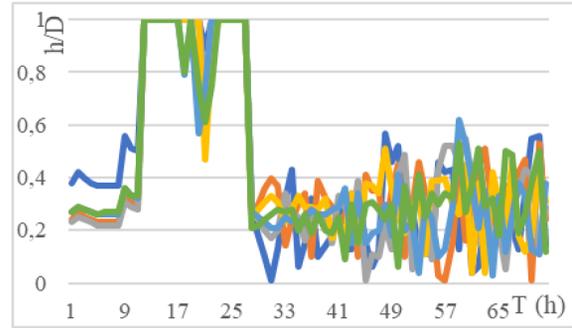


Hình 15. Q(t) mô phỏng tuyến cống Trần Thị Hiệp về hướng Bàu He

Các đồ thị nêu trên trình bày lưu lượng Q(t) thoát ra sông Trà Khúc và thoát qua đường tránh phía Đông thành phố chảy về Bàu He tương ứng với mưa ngày 23-24/10/2021. Thoát nước ra sông Trà Khúc giữ vai trò quan trọng. Lưu ý là mô phỏng này thực hiện trong điều kiện chưa xây dựng đập dâng trên sông Trà Khúc (sẽ có trong quy hoạch tương lai). Khi đó mực nước trong sông sẽ có xu thế dâng cao so với hiện tại và sẽ ảnh hưởng tiêu cực đến khả năng thoát nước từ thành phố ra sông.



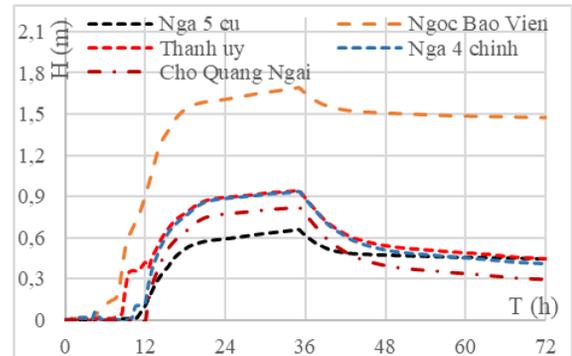
Hình 16. Q(t) mô phỏng các đoạn cống trên đường Nguyễn Bá Loan, mưa 11/2023



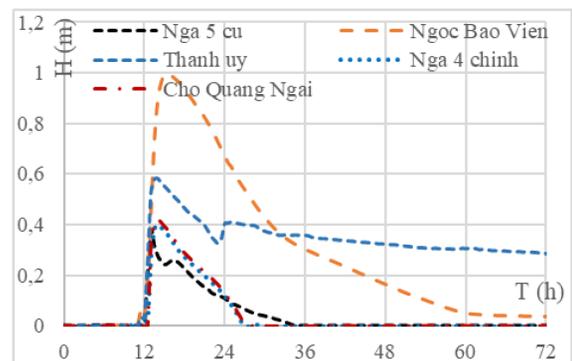
Hình 17. Độ đầy h/D(t) của một số đoạn cống trên đường Nguyễn Bá Loan, mưa 11/2023

Các đồ thị nêu trên trình bày lưu lượng Q(t) trên một số đoạn cống và tuyến cống điển hình. Kết quả cho thấy lưu lượng thoát nước từ các vị trí ngập trung tâm thành phố trên tuyến cống đường Nguyễn Bá Loan giữ vai trò quan trọng thông qua giá trị lưu lượng Q(t) lớn so với các tuyến cống khác.

Các đồ thị sau trình bày chiều sâu ngập H(t) tại các vị trí thường xuyên bị ngập khi có mưa cục bộ lớn trên thành phố.



Hình 18. Chiều sâu ngập nước với trận mưa 543mm/24h, ngày 23-24/10/2021



Hình 19. Chiều sâu ngập nước với trận mưa 130.4mm/1h30ph, ngày 23/11/2023

Các đồ thị nêu trên cho thấy khu vực Ngọc Bảo Viên bị ngập sâu nhất với chiều sâu max có thể đạt đến 1.7m với trận mưa ngày

23-24/11/2021. Khu vực trung tâm cho thấy vị trí gần Thành Ủy có chiều sâu lớn nhất có thể đạt đến 0.9m. Khu vực Ngã tư đường Quang Trung và Hùng Vương cũng như khu Chợ cũ cũng bị ngập sâu với chiều sâu max đạt đến 0.7m ÷ 0.9m.

Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định với trận mưa lịch sử ngày 23-24/10/2021 với tổng lượng mưa 532mm, và trận mưa tháng 11/2023 có cường độ 130.4mm/1h30ph. Kết quả bước đầu cho thấy mô hình có khả năng phản ánh lại hiện tượng ngập xảy ra trong thành phố tương đối phù hợp với hiện trạng được ghi nhận [5]. Xu hướng thoát nước chính cho khu vực là hướng thoát ra sông Trà Khúc ở phía Bắc và kế đó là hướng Đông về hướng Bàu He. Trong khi đó thoát nước về hướng Nam để đi vào sông Bàu Giang tương đối hạn chế do các công trình thoát nước chưa được hoàn chỉnh và bản thân sông Bàu Giang giảm khả năng thoát nước do hiện tượng bồi lắng nhiều cũng như các chướng ngại dòng chảy trên sông. Một số nhận xét chính cho kết quả mô phỏng trận mưa nói trên như sau:

- Khu vực phía Nam thành phố, điển hình là khu Ngọc Bảo Viên bị ngập sâu nhất, có nơi chiều sâu ngập max có thể đạt đến trên 1.7m.

- Khu vực trung tâm thành phố các vị trí ngập sâu lần lượt là khu Thành ủy, khu ngã tư Hùng Vương+Quang Trung, khu chợ cũ Quảng Ngãi cũng như khu Ngã 5 cũ.

- Trục chính thoát nước khu trung tâm thành phố gồm ra hướng Bàu Cả, thoát ra sông Trà Khúc.

- Khu vực quảng trường thành phố thoát nước chính về hướng Hồ điều Hòa và thoát qua đường tránh phía Đông để đi về khu vực địa hình thấp Bàu He, phía Đông và sau đó thoát ra sông Trà Khúc.

5. KẾT LUẬN

Mô hình mã nguồn mở Telemac2D đã được áp dụng để xây dựng mô hình tính toán thoát nước đô thị cho thành phố Quảng Ngãi, phía Nam sông Trà Khúc do mưa xảy ra trên khu vực. Lưới tính gồm 99895 phần tử tam giác phi cấu trúc với phần tử tam giác có cạnh nhỏ nhất là 4m có thể mô tả dòng chảy 2D trên các trục đường phố chính cũng như các khu

phố và các khu vực có cao độ địa hình phức tạp. Hệ thống cống ngầm mô phỏng bởi dòng chảy 1D, được mô tả bởi 1839 đoạn cống liên kết hình thành mạng lưới thoát nước ngầm. Về mặt thủy động lực, dòng chảy 2D trên mặt đường được liên kết với dòng chảy 1D trong hệ thống cống thoát nước dưới đường thông qua cao độ mực nước tại các nút lưới 2D trùng với vị trí cửa thu nước dọc đường. Đây là điểm mới so với các mô hình toán số khác đang được áp dụng tại Việt Nam.

Cần lưu ý là các kết luận nêu trên chỉ là bước đầu với các giả thiết về cường độ mưa, bản đồ địa hình độ chính xác còn hạn chế, số liệu về hệ thống cống ngầm thoát nước, công trình thu nước dọc đường vào cống ngầm, số liệu thủy động lực khu vực chưa được thu thập đầy đủ cần thiết,... do vậy kết quả nghiên cứu chỉ mang tính tham khảo. Cần có các khảo sát thu thập dữ liệu tự nhiên, công trình,... đầy đủ hơn để có thể chạy các kịch bản có thể rút ra các kết luận chính xác phục vụ trong thiết kế công trình và quy hoạch thoát nước cho trung hạn và dài hạn cho Thành phố.

6. LỜI CẢM ƠN

Các mô phỏng đã được thực hiện trên hệ thống máy tính hiệu năng cao (HPCC), trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. HERVOUET Jean Michel (2007). *Hydrodynamics of Free Surface Flows modelling with the finite element method*. WILEY.
- [2]. LANG Pierre *et al.* (2020), “*Telemac2d _manuel_utilisateur_v8p0*”. EDF.
- [3]. Báo cáo nghiên cứu khả thi dự án: “*Hệ thống thu gom, xử lý nước mưa, nước thải thành phố Quảng Ngãi lưu vực phía nam hạ lưu sông Trà Khúc*”. Công ty Cổ phần Nước và Môi trường Việt Nam, 2024.
- [4]. Phan Quang Hưng và nnk, 2024. “*Đánh giá hiện tượng lũ quét khu du lịch sinh thái thác Bào Đại – Tuyên Lâm, Tp. Đà Lạt*”. Tạp chí Cấp thoát nước, số 163, tháng 4/2024. ISSN 1859-3623.
- [5]. PHAN Quang Hưng và nnk, 2024. “*Mô phỏng tác động thủy động lực cao tốc Dầu Giây - Phan Thiết đoạn Km25+419 lên dòng chảy khu vực*”. Tạp chí Tài nguyên nước, số 2/2024. ISSN 1859-3771.