

ÁP DỤNG MÔ HÌNH THÔNG TIN CÔNG TRÌNH HẠ TẦNG KỸ THUẬT (INFRABIM) CHO THIẾT KẾ HỆ THỐNG THOÁT NƯỚC MƯA

Lê Đức Mạnh^a, Đặng Thị Thanh Huyền^{a,*}

^a*Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 08/7/2021, Sửa xong 23/9/2021, Chấp nhận đăng 23/9/2021

Tóm tắt

Ở Việt Nam, mô hình thông tin công trình (BIM) đã và đang được coi như một cách tiếp cận quan trọng giúp tối ưu hóa trong quy trình thiết kế và vận hành các công trình xây dựng. Trong bài báo này, mô hình BIM được áp dụng cho công trình hạ tầng kỹ thuật (sau đây được gọi là InfraBIM) nhằm mô hình hoá các thiết kế hệ thống thoát nước mưa nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu. Các công trình thoát nước được áp dụng thiết kế bởi InfraBIM bao gồm bể ngầm chứa nước mưa và hệ thống cống thu gom cho một đô thị thuộc tỉnh Ninh Bình. Kết quả cho thấy áp dụng mô hình InfraBIM giúp giảm thời gian tính toán (do điều chỉnh dữ liệu đầu vào nhanh, tối ưu hoá mô hình thủy lực, giảm thời gian bóc tách dự toán, ...), đánh giá được nhiều phương án so với cách tính thông thường trong cùng thời gian. Việc áp dụng InfraBIM nên được nhân rộng áp dụng trong các dự án xây dựng, phù hợp với xu hướng của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 trong phát triển đô thị bền vững hiện nay.

Từ khoá: mô hình InfraBIM; thoát nước; thiết kế tối ưu; quy trình thực hiện; các lợi ích.

APPLICATION OF INFRABIM FOR THE DESIGN OF DRAINAGE SYSTEMS

Abstract

In Vietnam, Building Information Modeling (BIM) has emerged as an important approach to optimize the design and operation processes for not only civil and industrial construction projects. In this paper, BIM for infrastructure (InfraBIM) has been applied to illustrate the design of a sustainable drainage system to adapt to climate change. The applied works include underground rainwater tanks and drain system for a city in Ninh Binh province. The results show that applying InfraBIM model helped to reduce the design time (due to fast input data adjustment, hydraulic model optimization, reduction of bill and quantity time, etc.), evaluates many alternatives within the same design period in comparison with conventional design. The application of InfraBIM should be recommended for application in construction projects, in line with the industrial revolution 4.0 in sustainable urban development today.

Keywords: BIM for Infrastructure (InfraBIM); drainage systems; optimal design; procedures; advantages.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2021-15\(4V\)-13](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2021-15(4V)-13) © 2021 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Tổng quan

Trong vòng thập kỷ vừa qua, mô hình thông tin công trình (BIM) đã được giới thiệu và bước đầu ứng dụng tại Việt Nam. BIM là quá trình tạo, quản lý và sử dụng thông tin cho dự án. BIM là công nghệ, sử dụng rất nhiều phần mềm, công cụ khác nhau cho các giai đoạn thực hiện dự án xây

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: huyendtt@nuce.edu.vn (Huyền, Đ. T. T.)

dựng gồm (1) bắt đầu hình thành dự án, (2) thiết kế sơ bộ, (3) thiết kế kỹ thuật, (4) thi công, (5) chuyển giao, (6) quản lý vận hành [1]. Đồng thời, các bộ môn nhau cũng sử dụng các phần mềm khác nhau để triển khai công việc đặc thù của bộ môn đó. Chẳng hạn, bộ môn Kiến trúc dùng các phần mềm như Revit Architectures, ArchiCAD, SketchUp, Rhino, Lumion, ...; bộ môn Kết cấu dùng Revit Structures, Tekla Structures, RAM Steel, ...; bộ môn Cơ Điện lựa chọn Revit MEP, Green Building Studio, AutoCAD MEP, còn phạm vi công việc kỹ thuật hạ tầng sử dụng Infracore, Civil 3D, Revit. Ngoài ra, vai trò điều phối BIM cần dùng đến Navisworks, Dalux, ... hay một số phần mềm dự toán khác dành cho lĩnh vực kinh tế xây dựng. Do phải đầu tư các phần mềm khác nhau, nguồn nhân lực có chuyên môn kỹ năng cao, đầu tư phần cứng máy tính, thiết bị, phí bản quyền sử dụng từng phần mềm, ... khiến cho chi phí toàn dự án tăng lên khoảng 2,02% [2]. Ứng dụng BIM có nhiều ưu điểm như: (i) giúp tăng cường khả năng phối hợp chia sẻ thông tin giữa các bên dự án, (ii) thiết kế, vận hành có tính chính xác, không chồng chéo; (iii) giải pháp thiết kế và thi công được thể hiện rõ, có thể lựa chọn linh hoạt; (iv) giảm thời gian thiết kế và chi phí do tính toán được tối ưu [3–5] và (v) giảm được các rủi ro và thiệt hại tiềm năng [6].

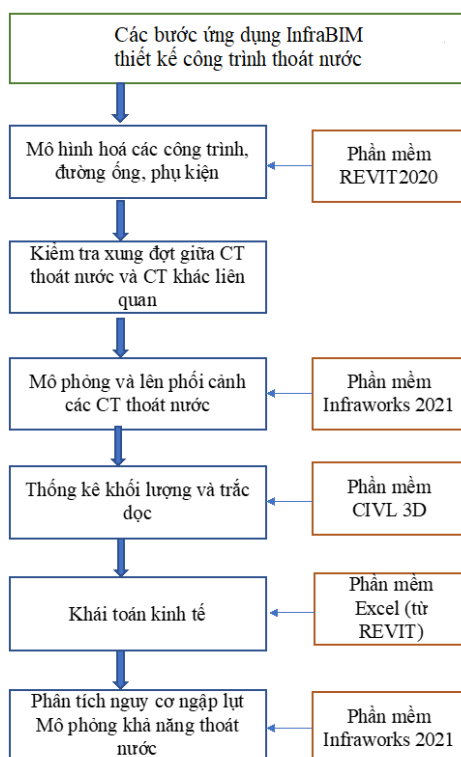
Theo nhóm nghiên cứu của Cheng [7], mô hình thông tin công trình hạ tầng kỹ thuật (InfraBIM) là một thuật ngữ thường được sử dụng trong ngành xây dựng để chỉ việc áp dụng BIM cho công trình hạ tầng kỹ thuật như hệ thống cấp, thoát nước, cầu, đường, hầm, ... Mô hình InfraBIM sẽ được đề cập trong toàn bộ phần còn lại của bài báo vì nội dung chính của bài báo liên quan đến thiết kế công trình hạ tầng. Trong lĩnh vực hạ tầng thoát nước, việc ứng dụng công nghệ InfraBIM gồm các phần mềm Infracore, Civil 3D, Revit đem đến những lợi thế riêng trong việc cung cấp nền tảng thiết kế hiệu quả cho hệ thống thoát nước, tuy nhiên, một số vấn đề đã phát sinh trong quá trình sử dụng InfraBIM. Thứ nhất, InfraBIM chứa một số lượng lớn dữ liệu thủy văn phục vụ thiết kế hệ thống thoát nước, bao gồm xuyên suốt quá trình thiết kế, xây dựng, quản lý và ngân sách, ... Nếu một số thông số có vấn đề, thì sẽ khó sửa đổi hơn. Mặc dù truy vấn dữ liệu thuận tiện hơn, nhưng vẫn phụ thuộc nhiều vào dữ liệu thông số đầu vào. Thứ hai, việc thiết kế công trình cấp thoát nước phụ thuộc vào nhiều yếu tố liên quan như các công trình ngầm khác, quá trình thi công phụ thuộc vào giao thông và các công trình hiện trạng, ... Do đó, đòi hỏi phải có hệ công cụ hỗ trợ hơn nữa để tìm kiếm phương pháp thiết kế tối ưu hơn [4]. Đồng thời việc áp dụng InfraBIM trong thiết kế hạ tầng cấp thoát nước cũng cần đòi hỏi mỗi địa phương, mỗi nước phải bổ sung thêm các tiêu chuẩn kỹ thuật, quy định phù hợp [8, 9]. Áp dụng InfraBIM trong thiết kế và thi công công trình hạ tầng kỹ thuật khó hơn đối với công trình toà nhà do khối lượng và mức độ phức tạp hơn [10]. Nhóm nghiên cứu Lê Hoài Nam, 2018 [10] cũng chỉ ra rằng ứng dụng InfraBIM cho các công trình hạ tầng kỹ thuật ở nước ta chưa được đề cập một cách cụ thể và chuyên sâu trong các hệ thống văn bản pháp luật và trong các hướng dẫn và các tiêu chuẩn, quy chuẩn, định mức kỹ thuật liên quan. Tuy vậy, Quyết định số 2500/QĐ-TTg của Thủ tướng công bố năm 2016 nêu rõ tiến trình thực hiện áp dụng mô hình thông tin cho các công trình xây dựng và Hướng dẫn tạm thời cho việc áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong giai đoạn thí điểm của Bộ Xây dựng cũng góp phần thúc đẩy việc áp dụng BIM trong một số công trình hạ tầng kỹ thuật trong vòng 05 năm qua. Mặc dù vậy, những công trình này chủ yếu là các công trình cầu, đường, hoặc hệ thống cấp thoát nước trong toà.

Bài báo này sẽ giới thiệu quy trình ứng dụng các phần mềm InfraBIM trong mô hình hoá, mô phỏng các thiết kế hệ thống thoát nước mưa (gồm đường ống thu gom và bể ngầm chứa nước mưa). Cần lưu ý rằng, bể ngầm thoát nước mưa là một ví dụ điển hình của thoát nước bền vững [11], là giải pháp được lựa chọn trong bài báo này để ứng dụng InfraBIM cho việc thiết lập mô hình trực quan, tự động cập nhật với bất kỳ thay đổi thiết kế nào về kích thước hình học.

2. Phương pháp tính toán thiết kế công trình thoát nước dùng InfraBIM

2.1. Phương pháp nghiên cứu chung

Việc áp dụng InfraBIM được thực hiện theo các bước mô tả trên Hình 1. Sau khi tính toán thiết kế sơ bộ các công trình trong hệ thống, nhóm tiến hành mô hình hóa 3D các công trình, đường ống và phụ kiện bằng phần mềm Revit 2020; kiểm tra xung đột giữa mô hình hệ thống thoát nước với các công trình khác như kiến trúc, kết cấu. Sau đó lập phối cảnh hệ thống đường ống thoát nước hạ tầng bằng phần mềm Infracore 2021. Từ đó, xuất liệu được thông số về trắc dọc, thống kê khối lượng thiết bị, ống và phụ kiện, và khái toán kinh tế. Trên cơ sở số liệu đã có, có thể thay đổi các phương án để tối ưu hóa về thiết bị và thủy lực. Mọi thông tin, dữ liệu trong quá trình triển khai mô hình InfraBIM được trao đổi trên môi trường dữ liệu chung qua giao diện Cloud. Qua Hình 1, có thể thấy các phần mềm được sử dụng trong quá trình thiết kế là phần mềm Revit, Infracore, Civil 3D, và Excel.



Hình 1. Các bước tính toán thiết kế công trình thoát nước mưa dùng InfraBIM (CT: công trình)

2.2. Mô tả khu vực nghiên cứu

Bài báo áp dụng công nghệ InfraBIM để mô hình hóa cho các giải pháp thiết kế hệ thống cống thu gom và bể chứa ngầm nước mưa cho khu vực công viên Khủng Long, thuộc khu đô thị Ninh Bình, tỉnh Ninh Bình. Diện tích khu vực là 2 ha. Công viên Khủng long là công trình vui chơi, giải trí với quy mô đầu tư lớn, tọa lạc tại Quảng trường 3, phường Ninh Khánh, thành phố Ninh Bình, tỉnh Ninh Bình hay thuộc Phân khu 1-1-A trong quy hoạch chung Đô thị Ninh Bình. Địa điểm này được chọn để thiết kế lắp đặt bể ngầm chứa nước mưa, chống ngập lụt cho vùng dân cư đô thị xung quanh, theo tiêu chí thiết kế các công trình thoát nước bền vững, ứng phó với biến đổi khí hậu [11, 12].

2.3. Cơ sở lý thuyết tính toán

Bên cạnh tuân thủ tiêu chuẩn thiết kế TCVN 7957:2008, việc tính toán thủy lực đã được kết hợp đưa vào phần mềm FlowHy và truy xuất kết quả dưới dạng bảng tính Excel.

a. Tính toán đường ống thu gom nước mưa

Tính toán lưu lượng dòng chảy nước mưa trong tuyến cống thực chất là việc tính toán lưu lượng lớn nhất sinh ra trên diện tích lưu vực phục vụ của tuyến cống đó tại mặt cắt cửa ra. Lưu lượng lớn nhất này phụ thuộc vào quá trình mưa, quá trình tổn thất do ngấm và bốc hơi, quá trình tập trung nước về tuyến cửa ra (hay còn gọi là quá trình tập trung nước từ điểm xa nhất lưu vực đến điểm cuối của tuyến cống tính toán).

- Lựa chọn tuyến ống thu gom nước mưa phục vụ một phần lưu vực công viên được đánh dấu trong Hình 2.

- Diện tích lưu vực lựa chọn tính toán trên khoảng 10.000 (m²), trong đó các loại mặt phủ bao gồm cây cỏ với diện tích phủ xanh là 1.240,136 (m²) và bê tông rỗng xếp kết hợp sỏi với diện tích 4.759,864 (m²), còn lại là bê tông thường.

Đối với các loại mặt cỏ, một phần nước mưa ngấm xuống đất, còn lại sẽ bố trí quả cầu thu mưa. Trên bề mặt bê tông rỗng xếp và sỏi, bố trí các giếng thu nước mưa (catch basin).

Nước mưa từ bề mặt cỏ được gom vào quả cầu thu mưa, theo đường ống tự chảy đến giếng thu nước mưa (catch basin). Tại đây cũng thu nước mưa chảy trên bề mặt bê tông rỗng xếp kết hợp sỏi, nước mưa theo đường ống tự chảy đến các giếng thăm.

- Áp dụng công thức (1) để tính cường độ mưa tính toán đã trình bày bên trên để xác định lưu lượng nước mưa chảy vào ống:

$$q = \frac{q_{20} \times (20 + b)^n \times (1 + C \times \lg P)}{(t + b)^n} \times f \quad (\text{l/s}) \quad (1)$$

trong đó các hệ số $q_{20} = 4930$, $b = 19$, $n = 0,8$, $C = 0,48$, là các hằng số khí hậu tham khảo từ số liệu trạm Ninh Bình (TCVN 7957:2008); P là chu kỳ lặp lại của mưa (năm) và t là thời gian mưa (phút).

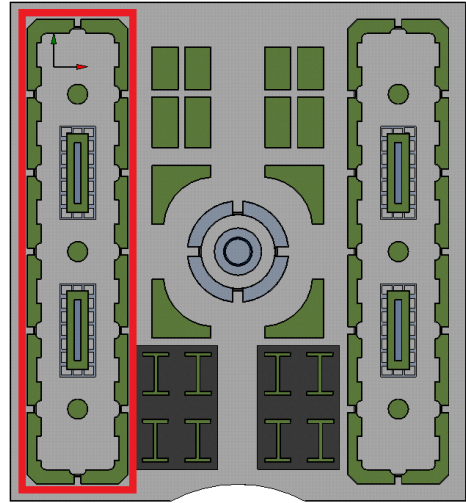
b. Tính toán bể chứa nước mưa

Bể chứa nước mưa được tính toán theo lượng mưa tích lũy từ đường cong dựa đường cong IDF (Rainfall Intensive Duration Frequency curve) tính cho từng địa phương.

Thể tích bể lưu trữ nước mưa được tính theo lượng mưa tích lũy dựa theo công thức (2):

$$V = F \times q_{tt} \times \varphi \times t \quad (\text{m}^3) \quad (2)$$

trong đó F là diện tích lưu vực thu nước (m²); q_{tt} là cường độ mưa tích lũy (mm/giờ) dựa trên đường cong IDF (Rainfall Intensive Duration Frequency curve) của địa phương tính toán; φ là hệ số dòng chảy mặt; t là thời gian mưa tính toán (giờ).



Hình 2. Lưu vực được lựa chọn tính thủy lực tuyến ống dẫn hình thu gom nước mưa

2.4. Thiết lập mô hình bằng phần mềm Revit 2020

a. Thiết lập hệ thống đường ống

Sử dụng phần mềm Revit 2020 để thiết lập hệ thống đường ống thoát nước mưa. Để thiết lập chủng loại đường ống, chọn Type Properties để gán các tham số và phụ kiện đường ống. Pipe segment chọn loại ống của một nhà cung cấp để thiết lập các phụ kiện ống phía sau đúng chuẩn cho hệ thống đường ống thiết lập ở trên. Các phụ kiện ống được tạo lập và Load family từ Template mặc định của phần mềm Revit 2020 ở mục Pipe Fittings. Lưu ý là loại vật liệu ống và phụ tùng cần được xác định rõ ngay từ ở bước này, do đơn vị sản xuất nào cung cấp, với các đặc điểm ống và phụ tùng cụ thể.

b. Thiết lập dải đường kính ống và độ dốc

Từ bảng Routing Preferences trong quá trình thiết lập chủng loại ống Pipe Types, chọn Segments and Sizes để tạo các dải đường kính và dải độ dốc khi mô hình 3D đường ống thoát nước mưa. Thông tin về độ nhám cũng được nhập đầy đủ, theo thông tin của loại ống của nhà sản xuất được lựa chọn ở trên.

Khi mô hình hoá 3D hệ thống ống thoát nước mưa, chọn System > Pipe (hoặc lệnh PI theo cài đặt mặc định của phần mềm Revit) để vẽ ống. Khi đến các góc ngoặt, hay thay đổi đường kính, độ dốc ống, lựa chọn giá trị đã thiết lập và mô hình 3D của ống sẽ tự động cập nhật theo tùy chỉnh. Ống thoát nước khác với ống cấp nước là có độ dốc, nên khi kết nối các góc chéo 45°, nên cần chú ý cập nhật thông tin về độ dốc, cũng như xác định những đoạn ống cụt (Cap Open Ends).

2.5. Mô phỏng bằng phần mềm Infracore 2021

Để mô phỏng tuyến ống thoát nước, chọn một đoạn đường phố và áp dụng công cụ Add Drainage Network. Thao tác này sẽ tự động tạo sơ đồ bố trí tuyến ống thoát nước ban đầu, sơ bộ cho đường thành phần đã chọn. Điều chỉnh các cấu trúc và vật liệu của tuyến ống thoát nước, bao gồm cả các cửa xả nếu cần.

Sử dụng Rain content để quản lý dữ liệu trận mưa của địa phương, có thể chỉ định dữ liệu lượng mưa theo mô hình cụ thể để thiết kế hệ thống thoát nước chính xác hơn.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả tính toán và mô hình 3D thiết bị, cấu kiện cho công trình thoát nước

Trong phạm vi bài báo này sẽ nhấn mạnh kết quả của áp dụng mô hình InfraBIM là chủ yếu, phần kết quả tính toán thủy lực các công trình sẽ chỉ trình bày ngắn gọn như sau.

a. Bể ngầm chứa nước mưa

Như đã giới thiệu ở trên, thể tích bể lưu trữ nước mưa được tính theo lượng mưa tích lũy dựa theo đường cong IDF (Rainfall Intensive Duration Frequency curve) [13]. Lượng mưa tiếp nhận trung bình sẽ là $q_{tr} = 50 \text{ mm/giờ}$.

Φ là hệ số dòng chảy được xác định phụ thuộc tính chất mặt phủ của lưu vực tính toán và chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán, $= 0,63$; t : thời gian mưa là 2 giờ. Khi đó thể tích bể lưu trữ nước mưa là 1260 m^3 . Lựa chọn xây dựng 02 bể ngầm chứa nước mưa kiểu module lắp ghép với tổng dung tích phục vụ là $1260 \text{ (m}^3\text{)}$, sử dụng module chứa nước thiết kế dạng khối rỗng, nhiều mảnh ghép lại với nhau thành khối, sản xuất bằng vật liệu nhựa tái chế có trọng lượng nhẹ, kích thước linh hoạt. Xung quanh bể và dưới đáy có gia cố và phủ lớp vải địa kỹ thuật, ngăn nước thấm ra xung quanh. Bể được đảm bảo chống ngập nhờ ống thoát tràn có gắn van một chiều, đầu nối đến hố ga hiện hữu. Dung tích mỗi bể là $630 \text{ (m}^3\text{)}$, xây dựng ngầm dưới bãi đỗ xe trong công viên. Kích thước mỗi bể: chiều rộng $\times$ chiều dài $\times$ chiều cao $= 15 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 2,1 \text{ m}$.

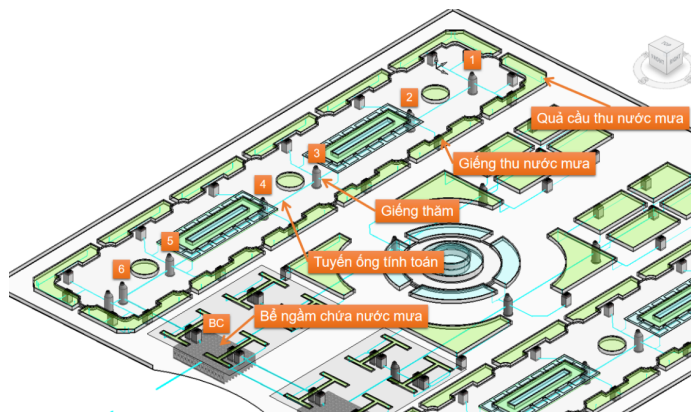
b. Tính toán tuyến ống thoát nước

Tuyến cống thoát nước tính toán cho lưu vực nghiên cứu điển hình sẽ thu gom nước mưa và đổ vào bể ngầm chứa nước mưa, phần nước mưa tràn từ bể chứa nước mưa sẽ đổ vào cống thoát nước mưa gần đó. Các tuyến cống này có đường kính từ D300mm, với độ sâu chôn cống từ 1,03 m đến 1,69 m.

c. Mô phỏng tính toán bằng InfraBIM

Sau khi có được kết quả tính toán từ phần mềm FlowHy, dữ liệu được xuất bản dưới dạng file Excel (.xlsx). Sau đó, nhóm nghiên cứu tiến hành nhập dữ liệu vào hệ thống InfraBIM bằng cách chèn tập tin định dạng (.xlsx) vào phần mềm Revit. Lúc này trong giao diện Revit, bảng kết quả được thể hiện trong mục Schedule và định dạng (.rvt). Dữ liệu từ bảng Schedule được cập nhật theo bộ lọc được thiết lập bởi nhóm nghiên cứu trong phần mềm Revit, số liệu thuộc nhóm bộ lọc nào sẽ tự động gán cho đặc tính của cấu kiện theo bộ lọc tương ứng. Ví dụ, kết quả đường kính ống ở bảng Schedule sẽ tự động gán cho mục Diameter trong bảng đặc tính (Properties) của mô hình đường ống tương ứng với tên bộ lọc (Filter).

Sau khi tạo lập được mô hình 3D các công trình thiết bị, thiết bị này đang ở dạng (.rvt) sẽ được truy xuất sang phần mềm Infraworks bằng thao tác Add-in trên thanh công cụ. Mô hình sau khi truy xuất có định dạng (.dae) và nhóm nghiên cứu tiến hành chèn file (.dae) vào phần mềm Infraworks để thao tác sắp đặt, phối cảnh hạ tầng cùng với cảnh quan đô thị.



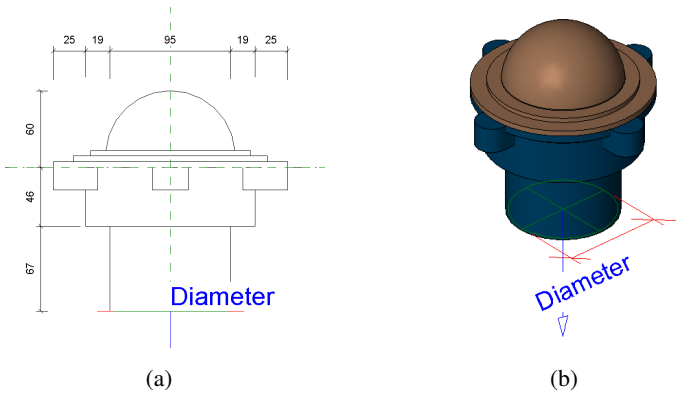
Hình 3. Mô phỏng hệ thống thoát nước mưa và các công trình liên quan

Hình 3 mô phỏng tuyến ống thu gom nước (màu xanh), bể ngầm chứa nước mưa (màu xám) và các giếng thu nước mưa bằng phần mềm Infraworks 2021.

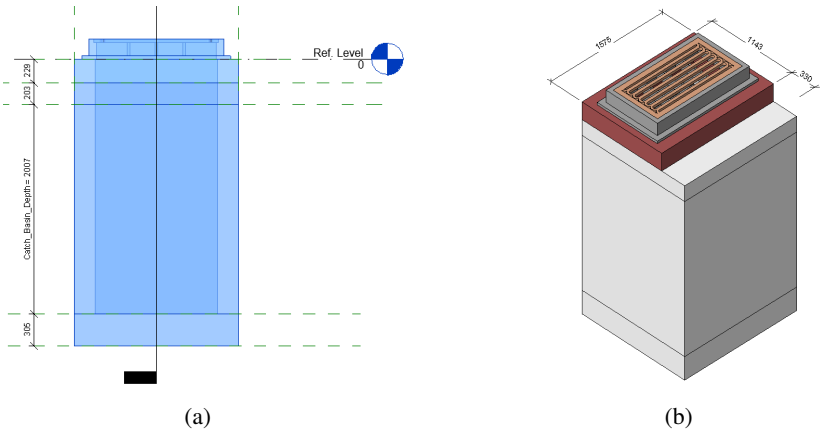
Cầu thu mưa có chức năng thu nước mưa bề mặt, loại bỏ rác đi vào hệ thống đường ống. Lựa chọn cầu thu nước mưa trực đứng, đường kính kết nối ống 100 mm. Tổng số lượng cầu thu nước mưa phục vụ lưu vực công viên là 96 cấu kiện.

Để thu nhận nước mưa vào mạng lưới cống ngầm, cần xây dựng các giếng thu nước mưa, có nắp cống đặt trên bề mặt lưu vực, vị trí thấp của rãnh ven đường, các ngã giao nhau (Hình 4). Đối với khu vực nghiên cứu, thể tích trữ nước của mỗi giếng thu nước mưa chọn sơ bộ là 4 m³, tổng cộng có 62 giếng thu nước mưa trong lưu vực công viên.

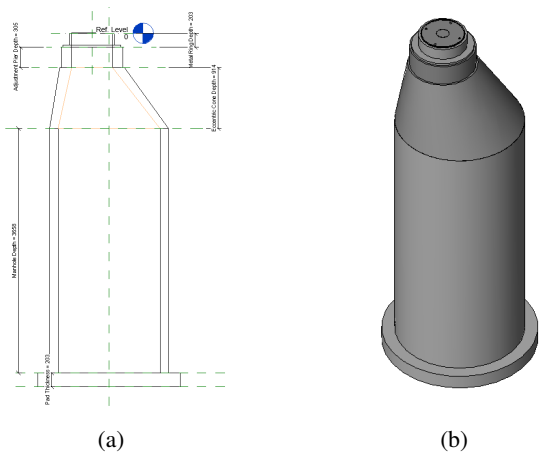
Giếng thăm có chức năng kiểm tra chế độ làm việc của cống thoát nước, nạo vét, sửa chữa và thông hơi hệ thống (Hình 5). Giếng thăm được bố trí ở chỗ thay đổi hướng tuyến, thay đổi độ dốc và đường kính cống, ở những nơi cống gặp nhau. Ngoài ra, còn đặt giếng thăm theo khoảng cách. Tổng cộng có 20 giếng thăm được bố trí trong khu vực nghiên cứu.



Hình 4. Chi tiết cầu thu mưa 2D (a) và sau khi áp dụng InfraBIM (b)



Hình 5. Chi tiết giếng thu nước mưa 2D (a) và sau khi áp dụng InfraBIM (b)



Hình 6. Mô hình giếng thăm 2D (a) và sau khi áp dụng InfraBIM (b)

Hình 7 thể hiện mô phỏng toàn cảnh hệ thống bằng phần mềm Infracore 2021.



Hình 7. Mô phỏng phối cảnh toàn bộ hệ thống

Bên cạnh đó, kết quả thống kê khối lượng được thao tác trong mục Schedule của phần mềm Revit. Bảng khối lượng được truy xuất dưới dạng (.txt) và chèn vào phần mềm Excel để đọc kết quả dưới dạng (.xlsx) để thực hiện khái toán kinh tế (Bảng 1).

Bảng 1. Khối lượng bóc tách cho tuyến cống thu gom nước mưa từ mô hình InfraBIM

Ống/thiết bị	Kiểu loại	Kích cỡ (mm)	Tổng chiều dài (m)/ Số lượng (chiếc)
Ống thoát nước	Nhựa Tiên Phong uPVC Class 1	300	854
		350	272
		400	866
		450	300
Giếng thu nước mưa	Bê tông	4 (m ³)	62
Giếng thăm	Bê tông	7 (m ³)	20
Bể chứa nước mưa	Vật liệu nhựa/Module lắp ghép	650 (m ³)	2

3.2. Nhận xét và thảo luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc áp dụng công nghệ InfraBIM để mô phỏng các thiết kế công trình thoát nước mưa cho khu vực nghiên cứu đem lại hiệu quả khá tốt. Cụ thể đánh giá được thể hiện ở Bảng 2.

Một số hiệu quả có thể đánh giá cụ thể như sau. Thứ nhất, việc áp dụng mô hình InfraBIM giúp cho phần thiết kế có tính hợp tác và cập nhật giữa các bên liên quan trong quá trình thiết kế. InfraBIM được sử dụng để xây dựng mô hình 3D lưu chứa cả thông tin hình học và thông tin phi hình học về hệ thống thoát nước mưa. Chẳng hạn như khối lượng đất san nền thoát nước mưa hay kích thước của giếng thu nước mưa và các thông tin khác đều giúp người quản lý thu thập được từ mô hình InfraBIM, các dữ liệu chuyên sâu khác cũng hoàn toàn được truyền trực tiếp. Mô hình có thể được cập nhật tự động khi thực hiện các thay đổi đối với một vài dữ liệu, tham số hay thậm chí là phương án thiết kế. Tất cả các bên liên quan đều có thể truy cập, kiểm tra trên môi trường dữ liệu chung, điều này giúp

Bảng 2. Đánh giá hiệu quả sử dụng mô hình InfraBIM cho nghiên cứu điển hình

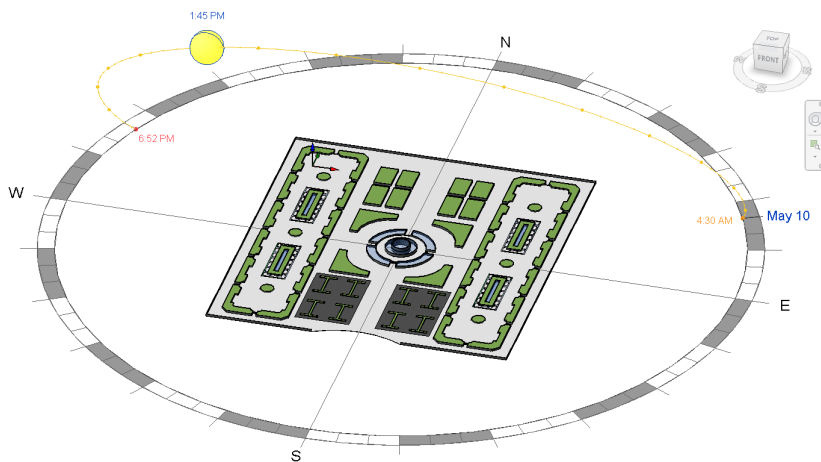
STT	Nội dung đánh giá	Dùng phương pháp truyền thống (Auto-CAD 2D, bóc tách khối lượng thủ công)	Dùng mô hình InfraBIM (gồm Revit, Civil 3D, Infraworks)
1	Thời gian tính toán thuyết minh và vẽ kỹ thuật sơ bộ	Giống nhau	Giống nhau
2	Thời gian bóc tách khối lượng	Dài hơn do phải đếm từng hạng mục và tính toán. Thống kê vất vả khi thay đổi phương án thiết kế.	Giảm khoảng 80% thời gian so với phương pháp truyền thống do có thể dùng lệnh xuất ra bảng khối lượng bao gồm toàn bộ đối tượng đã mô hình hóa. Khi thay đổi phương án, bảng thống kê sẽ tự động cập nhật số lượng, đặc tính các đối tượng theo phương án mới nhất.
3	Số phương án có thể thực hiện trong cùng một thời gian	- Một phương án. - Khả năng điều chỉnh và tối ưu phương án khó vì mỗi lần thay đổi phương án cần bóc tách lại khối lượng và tính kinh phí lại.	- Nhiều phương án (Hiệu quả rõ nhất khi cần thay đổi phương án). - Thực hiện thay đổi phương án dễ dàng và phát hiện được luôn những bất hợp lý khi mô hình hoá, kiểm soát được chênh lệch chi phí giữa phương án cũ và phương án cập nhật. - Do đó, tổng thời gian thiết kế giảm khoảng 15% khi thực hiện tối ưu hoá trong quá trình thiết kế.
4	Khả năng kiểm tra và chạm với hệ thống hạ tầng KT khác	Cần phải xem nhiều loại bản vẽ riêng biệt khác nhau: bản vẽ về kiến trúc, kết cấu, cơ điện, thoát nước, ... do đó khó quan sát, kéo dài thời gian phát hiện và khắc phục và chạm	Do trên cùng 1 bản vẽ 3D về hạ tầng thoát nước có kết hợp cả bản vẽ kết cấu, kiến trúc, cơ điện cùng xuất hiện trên một bản vẽ/mô hình, ... nên nhận ra được sự không hợp lý khi bố trí công trình, nhanh chóng điều chỉnh và tối ưu phương án.
5	Tăng cường trao đổi dữ liệu giữa các bên	Chậm hơn vì mất thời gian phải gửi các bản vẽ cho từng bên liên quan, phải chờ phản hồi, cập nhật thông tin mới có thể triển khai tiến độ công việc tiếp theo.	Môi trường dữ liệu chung (CDE – Common Data Environment) cho phép nhiều bên xem một lúc và góp ý, chỉnh sửa. Dễ dàng thao tác, truy cập để xem, chỉnh sửa các phiên bản cập nhật mới nhất. Các bên liên quan sẽ đóng góp thông tin, bản vẽ có cập nhật lên CDE theo lịch phân công, từ đó kiểm soát được kế hoạch công việc.
6	Giảm thiểu chất thải xây dựng	Có rủi ro phát sinh chất thải nhiều hơn do chưa lường trước được những sai lầm do va chạm các công trình khác.	Do phát hiện sớm các va chạm giữa các bên, nên giảm thiểu được rủi ro làm sai, không cần phá vỡ công trình hoặc lấp lại đường ống.
7	Quản lý bản vẽ	Chỉ lưu trữ được trong máy tính và phải chia sẻ, bị giới hạn dung lượng, cần đội ngũ công nghệ thông tin quản lý cây thư mục	Có thể lưu trữ trên Cloud, không bị giới hạn dung lượng, bảo mật tốt, chỉ cần bỏ ra chi phí bản quyền ban đầu, tự động nhận được thông tin khi có thay đổi, cập nhật về thư mục của các bên liên quan.
8	Khắc phục sự cố trong vận hành	Mất thời gian tra cứu thông tin từ các bản vẽ khác nhau.	Nhanh hơn do thông tin hình học và thông tin phi hình học từ BIM đầy đủ hơn (từ kết cấu đến thiết bị, loại thiết bị, kích thước thiết bị, nhà sản xuất, thời gian bảo hành, đơn vị bảo hành, ...)

đơn giản hóa các quy trình trao đổi tài liệu và thúc đẩy dòng công việc theo quy trình liên kết chặt chẽ. Nếu các mô hình đã được bắt kỳ bên liên quan nào truy cập sửa đổi phương án thiết kế, các bên khác hoàn toàn được thông báo và có thể kịp thời thảo luận về những thay đổi đó nhằm nâng cao hiệu quả hợp tác của thiết kế.

Thứ hai, về thiết kế trực quan. Thiết kế thoát nước hạ tầng truyền thống chủ yếu dựa trên hệ thống AutoCAD, thông tin bản đồ quy hoạch, thông tin cao độ san nền hay thông tin trắc đạc địa hình. Để xác định hợp lý các đặc điểm kiến trúc và kết cấu phải được các nhà thiết kế thoát nước hạ tầng khôi phục và tích hợp. Nếu gặp phải các cấu trúc địa hình, đường xá phức tạp và cần bù khoảng thời gian, trong trường hợp này, việc truyền dữ liệu có thể gây ra biến dạng dữ liệu. Nếu dữ liệu thông tin 3D của dự án được áp dụng InfraBIM, công nghệ này trực quan và truyền tải tốt hơn nhiều. Khi có một mức độ khác biệt nhất định trong thiết kế, mô hình thoát nước thường được phân chia theo các tuyến ống dựa vào địa hình thiết kế, và thiết kế thoát nước hạ tầng chủ yếu dựa trên thiết kế san nền. Nếu thay đổi cục bộ, thì tất cả số liệu về trắc dọc, trắc ngang sẽ bị ảnh hưởng. Cao độ nền là cơ sở trong mô hình thiết kế thoát nước truyền thống, hệ thống nền đường bị chia cắt, trong trường hợp có những thay đổi nhỏ sẽ ảnh hưởng đến một số bản vẽ. Nhưng khi áp dụng InfraBIM, dữ liệu cục bộ thay đổi, dữ liệu khác sẽ được cập nhật tự động và việc kiểm soát hệ thống rất thuận tiện.

Thứ ba, Autodesk [14] đã phát triển phần mềm Revit và Infracore cho InfraBIM, giúp người dùng có khả năng xây dựng và duy trì các mô hình có chất lượng và hiệu quả năng lượng tốt hơn. Trong mô hình Revit, tất cả thuộc tính 2D, 3D, bảng dữ liệu, bảng thống kê, bản vẽ, ... đều được lưu dưới dạng thông tin công trình giống nhau. Nếu các thông số của mô hình Revit được sửa đổi, các thành phần của công trình liên kết của nó có thể hướng dẫn thiết kế các vị trí khác nhau; tuyến ống thoát nước thiết kế cũng có thể sửa đổi và tinh chỉnh các tham số bất kỳ lúc nào và nội dung của cơ sở dữ liệu được cập nhật tự động. Kết quả chạy mô hình trong nghiên cứu này có thể được sửa đổi và cập nhật dễ dàng trong mô hình InfraBIM và phần mềm Excel.

Thứ tư, về thiết kế đường ống. Thông qua mô hình InfraBIM cho thiết kế thoát nước mưa bên vững, nhóm nghiên cứu có thể bỏ qua rất nhiều liên kết bản vẽ. Chiều cao thông thủy của đường ống có thể được hiển thị trực quan. InfraBIM có thể đáp ứng được nhu cầu công việc. Đối với sự tồn tại của các xung đột và vấn đề khác nhau trong quá trình thiết kế, nhóm nghiên cứu có thể được xác định bằng cách sử dụng mô phỏng và thử nghiệm mô hình InfraBIM, đồng thời chương trình có thể được thực hiện các thay đổi và điều chỉnh kịp thời.



Hình 8. Kiến trúc cảnh quan của công viên sẽ được phối hợp để kiểm tra và chạm với hệ thống thoát nước

Thứ năm là về cài đặt mô phỏng. Công nghệ InfraBIM có thể cung cấp hướng dẫn vận hành và thiết kế tiêu chuẩn hóa cho các nhà thiết kế thoát nước mưa bên vững. Đặc biệt là việc bố trí đường ống phức tạp, hạn chế về không gian, dễ gây ra sự cố lắp đặt. Việc lắp đặt đường ống hiệu quả giúp kiểm soát tiến độ của dự án và điều phối các công việc thiết kế của các bộ môn khác nhau. Ví dụ,

trong dự án thiết kế thoát nước mưa bền vững được đề cập trong bài báo này, công nghệ InfraBIM đã được sử dụng để mô phỏng quá trình hoàn thiện lắp đặt đường ống. Đầu tiên, xác định vị trí của giếng thăm, giếng thu nước mưa, cầu thu mưa, các hình ảnh 3D có thể được di chuyển trực tiếp theo tuyến ống, mà không cần phải xác định trên mặt bằng bản vẽ. Hệ thống thoát nước mưa bền vững được tạo ra trong mô hình, sau đó công nghệ InfraBIM được chỉnh sửa để bổ sung các cấu kiện lưu trữ nước mưa như bể chứa ngầm; cuối cùng, chức năng mô phỏng ảo với phối cảnh cây cối, xe cộ, con người, ... của công nghệ InfraBIM được sử dụng để kiểm tra thẩm mỹ cảnh quan và hiệu quả của hệ thống thoát nước.

Cuối cùng, về bảng thống kê thiết bị, vật liệu. Trước đây, việc đo đạc từ bản AutoCAD và bảng thông tin vật tư của công trình thoát nước rất công kềnh và dễ bị nhầm lẫn trong quá trình bóc tách khối lượng. Dữ liệu ban đầu phải được tiến hành thống kê lại một lần nữa đối với các bản vẽ thiết kế đã được chỉnh sửa. Việc sử dụng công nghệ InfraBIM có thể chấm dứt tình trạng này, bởi vì thông tin liên quan đến hệ thống kỹ thuật được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu InfraBIM, bất kỳ thông tin liên quan đến vật liệu, kích thước đều rất dễ tìm và dữ liệu có thể được trích để lập khái toán kinh phí cho các hạng mục công trình.

Nói chung, hiệu quả áp dụng InfraBIM để mô phỏng các thiết kế các công trình hạ tầng cũng đã được đánh giá tốt trong các nghiên cứu trước. Năm 2019, nhóm nghiên cứu của Đại học Kiến trúc thấy rằng áp dụng phần mềm Revit trong thiết kế công trình nước thay cho phần mềm AutoCAD 2D thông thường thì tiết kiệm được 27% thời gian thiết kế và 87% thời gian bóc dự toán [15]. Đồng thời, ứng dụng BIM giúp phát hiện hiệu quả những rủi ro ảnh hưởng đến hệ thống cống thoát nước ngầm phía dưới toà nhà, do sụt lún công trình [16].

4. Kết luận

Qua áp dụng công nghệ InfraBIM cho khu vực nghiên cứu, nhóm nghiên cứu thấy rằng các phần mềm trong InfraBIM là những công cụ rất hữu hiệu để thể hiện dự án một cách chính xác và toàn diện. Tất nhiên, với những công trình phức tạp hơn thì đòi hỏi nhiều bản vẽ và thông tin đầu vào từ nhiều bên liên quan để có thể thiết kế chính xác. Tuy nhiên, một điều có thể thấy rõ là việc áp dụng InfraBIM giúp nhóm ít phải làm lại hơn. Đặc biệt, đối với nghiên cứu này InfraBIM giúp giảm được khoảng 15% thời gian thiết kế, 80% thời gian bóc tách khối lượng so với nếu chỉ dùng phần mềm AutoCAD.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vilutienė, T., Šarkienė, E., Šarka, V., Kiaulakis, A. (2020). [BIM Application in Infrastructure Projects](#). *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 15(3):74–92.
- [2] Salih, S. (2012). *The Impact of BIM/VDC on ROI; Developing a Financial Model for Savings and ROI Calculation of Construction Projects*. Master of Science Thesis. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.
- [3] Sanchez, A., Kraatz, J., Hampson, K., Loganathan, S. (2014). BIM for sustainable whole-of-life transport infrastructure asset management. *Proceedings of the 2014 IPWEA Sustainability in Public Works Conference*, The Institute of Public Works Engineering Australasia (IPWEA), 1–7.
- [4] Wei, T., Chen, G., Wang, J. (2017). [Application of BIM Technology in Building Water Supply and Drainage Design](#). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 100:012117.
- [5] Yin, X., Liu, H., Chen, Y., Al-Hussein, M. (2019). [Building information modelling for off-site construction: Review and future directions](#). *Automation in Construction*, 101:72–91.
- [6] Zhang, S., Sulankivi, K., Kiviniemi, M., Romo, I., Eastman, C. M., Teizer, J. (2015). [BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning](#). *Safety Science*, 72:31–45.

- [7] Cheng, J. C., Lu, Q., Deng, Y. (2016). [Analytical review and evaluation of civil information modeling](#). *Automation in Construction*, 67:31–47.
- [8] Yang, R., Song, W. (2015). [BIM for Building Water Supply and Drainage Design](#). *Proceedings of the 2015 International Conference on Automation, Mechanical Control and Computational Engineering*, Atlantis Press.
- [9] Bradley, A., Li, H., Lark, R., Dunn, S. (2016). [BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective](#). *Automation in Construction*, 71:139–152.
- [10] Nam, L. H., Dung, V. T. K., Giang, H. V., Cầm, Đ. N. (2018). [BIM cho các công trình hạ tầng kỹ thuật ở Việt Nam: Thực trạng, rào cản ứng dụng và giải pháp](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 12(1):53–64.
- [11] Huyền, Đ. T. T., Toàn, B. K. (2019). *Hướng dẫn áp dụng thiết kế hệ thống thoát nước mưa đô thị theo hướng bền vững*. Báo cáo kỹ thuật của GIZ, Hà Nội.
- [12] Ballard, W., Wilson, B., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R. (2015). *The SUDS manual*. CIRIA Publisher, London, UK.
- [13] Minh, L. N. (2008). [Development of Intensity-Duration-Frequency Relationships Based on Scaling Characteristics of Rainfall Extremes](#). Doctoral desertation, University of Kyoto, Japan.
- [14] Autodesk (2015). *Implementing BIM for infrastructure: a guide to the essential steps*. Autodesk BIM for Infrastructure implementation white paper.
- [15] Ngoc, N. M., Son, T. T. (2019). [Advantages, Difficulties and Challenges of Applying BIM in the Design and Construction of Water Supply and Drainage System for High Buildings in Vietnam](#). *Proceedings of 2nd International Conference about BIM in Construction and Architecture.*, Saint Petersburg, Russia, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.
- [16] Wrzesiński, G. (2020). [Hazards resulting from improper building drainage system by the use of BIM](#). *Acta Science Polonorum - Architectura*, 19(2):21–29.