

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP KỸ THUẬT CHỐNG NGẬP CHO KHU CÔNG NGHIỆP KIM BẢNG, HÀ NAM

Ngô Văn Quân^{1*}, Bùi Xuân Khoa¹

Tóm tắt: Trong những năm gần đây Hà Nam thường xuyên xảy ra mưa lớn gây úng ngập diện rộng, đặc biệt tại các khu đô thị và khu công nghiệp (KCN). Nghiên cứu này trình bày các giải pháp kỹ thuật chống ngập cho KCN Kim Bảng - một trong những dự án trọng điểm có vai trò quan trọng trong chiến lược phát triển công nghiệp và kinh tế địa phương. Kết quả nghiên cứu đã xác định được các đặc trưng khí tượng, thủy văn thiết kế trong khu vực dự án với trận mưa tiêu thiết kế 2 ngày max tại trạm Phú Lý ứng với tần suất $P = 2\%$ là 328 mm; mực nước thiết kế tại cửa ra của khu vực dự án là +3,1 m; cao độ san nền thiết kế KCN là +3,5 m. Bên cạnh đó, mô hình SWMM được sử dụng để mô phỏng hệ thống tiêu thoát nước của KCN, xác định được tổng lượng nước chảy tràn trên bề mặt gây úng ngập và các điểm ngập với tổng lượng nước gây ngập úng 41.140 m³; năng lực trữ của kênh hiện trạng trong KCN đạt được 13.300 m³. Dựa trên kết quả mô phỏng, thời gian yêu cầu tiêu hết trong một giờ, nghiên cứu đề xuất giải pháp kỹ thuật chống úng ngập cho KCN với trạm bơm tiêu có lưu lượng thiết kế $Q_b = 7,73 \text{ m}^3/\text{s}$. Kết quả nghiên cứu cung cấp một giải pháp hữu ích nhằm xác định được hạng mục, quy mô công trình tiêu thoát nước chống úng ngập, đảm bảo an toàn cho các nhà máy khi đi vào sử dụng trong trường hợp có mưa lớn xảy ra.

Từ khóa: Hệ thống tiêu thoát nước, chống úng ngập, mô hình SWMM, khu công nghiệp.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những thập niên gần đây, tốc độ đô thị hóa và công nghiệp hóa tại Việt Nam diễn ra mạnh mẽ, kéo theo sự gia tăng đáng kể diện tích bề mặt không thấm nước. Quá trình này làm thay đổi điều kiện thủy văn đô thị, rút ngắn thời gian tập trung dòng chảy, làm tăng nhanh lưu lượng đỉnh lũ, từ đó gây ra ngập úng cục bộ nghiêm trọng tại nhiều khu đô thị và công nghiệp (Huỳnh Thị Lan Hương và Pathirana Assela, 2013).

Biến đổi khí hậu cũng làm cho các sự kiện mưa cực đoan trong những năm gần đây xảy ra bất thường theo cả không gian và thời gian (Lê Thị Hòa Bình và nnk, 2019). Số liệu thống kê tại Thành phố Hồ Chí Minh cho thấy, trong thập niên 1950, hoàn toàn không ghi nhận trận mưa nào có cường độ trên 100 mm/giờ; tuy nhiên, con số này tăng lên 11 trận chỉ trong vòng 8 năm đầu của thập niên 2000 (UNDP, 2016). Tại Đồng bằng Sông Cửu Long, tổng lượng mưa ngày lớn nhất trong thập niên 1970 đạt 92 mm, thì trong các năm gần đây đã vượt mức 109 mm (Ngô Văn Quân, 2023). Tại Hà Nội và một số tỉnh lân cận trận mưa lịch sử ngày 31/10/2008 ghi nhận lượng mưa đạt từ 300 mm đến 550 mm. Đặc biệt, số liệu quan trắc được cho thấy đợt mưa ba ngày từ 21–25/5/2022 tại Vĩnh Phúc và Hà Nội có cường độ lần lượt lên đến 808 mm và 390 mm.

Hạ tầng tiêu thoát nước tại nhiều khu đô thị và

KCN ở nước ta được thiết kế chưa hợp lý. Các công trình điều tiết và hồ điều hòa chưa được quy hoạch đúng vị trí, thiếu kết nối với hệ thống tiêu thoát nước, hoặc có dung tích trữ không đủ (Luu Văn Quân và Nguyễn Tuấn Anh, 2013). Không ít KCN hiện nay được xây dựng mà không có hệ thống điều hòa nước riêng biệt, dẫn đến hiện tượng "dồn lũ" xuống các vùng lân cận hoặc gây ngập ngay trong nội khu khi mưa lớn xảy ra. Những hạn chế này cho thấy rõ ràng rằng ngập lụt không chỉ do nguyên nhân mưa lớn mà còn do quy hoạch và vận hành công trình kỹ thuật chưa phù hợp.

Việc ứng dụng các mô hình mô phỏng thủy văn – thủy lực đóng vai trò quan trọng trong đánh giá khả năng thoát nước, xác định nguyên nhân ngập lụt và đề xuất các giải pháp quản lý, quy hoạch phù hợp. Trong số các công cụ hiện nay, mô hình Storm Water Management Model (SWMM) do Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA) phát triển được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng mô phỏng chi tiết quá trình dòng chảy mặt, sự vận chuyển nước trong hệ thống cống, hồ điều hòa và công trình kiểm soát dòng chảy (L. Rossman và M. Simon, 2022). SWMM cho phép mô phỏng đồng thời các quá trình mưa – dòng chảy – thoát nước với độ phân giải không gian và thời gian cao, phù hợp cho cả quy mô khu dân cư, đô thị và khu công nghiệp. Nhiều nghiên cứu gần đây đã ứng dụng mô hình SWMM để đánh giá hiệu quả hệ thống thoát nước hiện hữu, dự báo ngập lụt cho các đô thị tại Việt Nam theo các kịch bản mưa cực đoan và đề xuất các giải pháp kỹ thuật

¹Khoa Kỹ thuật tài nguyên nước, Trường Đại học Thủy lợi

* Tác giả liên hệ: ngovanquan@thu.edu.vn

nhằm giảm thiểu rủi ro ngập trong điều kiện biến đổi khí hậu và đô thị hoá (Lê Hoàng Nghĩa và nnk, 2024; Huỳnh Vương Thu Minh và nnk, 2024). Để mô phỏng chính xác các biến động của lũ lụt theo thời gian và không gian như vận tốc và độ sâu lũ trên lưu vực, *Khatooni và nnk* (2019) đã tích hợp SWMM vào trong mô hình HEC-RAS-2D, cho phép đánh giá chính xác hơn động lực học của quá trình lũ. Trong khi đó, *Rai và nnk* (2017) đã kết hợp hệ thống thông tin địa lý (GIS) để hiệu chuẩn mô hình SWMM và phân tích rủi ro ngập lụt.

Vùng đô thị Hà Nam nằm ở hạ lưu sông Đáy, địa hình thấp, hệ thống tiêu thoát nước chủ yếu phụ thuộc vào trạm bơm và kênh tự nhiên, trong các năm gần đây thường xuyên ghi nhận những đợt mưa lớn gây ngập úng nghiêm trọng, ảnh hưởng đến các hoạt động sản xuất công nghiệp (Bùi Tuấn Hải và nnk, 2021). Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu giải pháp kỹ thuật chống ngập cho KCN Kim Bảng, Hà Nam (cũ) mang ý nghĩa thực tiễn cấp bách nhằm xác định được hạng mục, quy mô đầu tư xây dựng công trình tiêu thoát nước. Nghiên cứu này áp dụng mô hình SWMM 5.2 để xác định phạm vi, mức độ ngập lụt trong KCN Kim Bảng. Từ đó, phân tích, đề xuất các giải pháp kỹ thuật chống ngập cho KCN, cụ thể: xác định dung tích điều hoà của kênh và quy mô trạm bơm tiêu theo các kịch bản vận

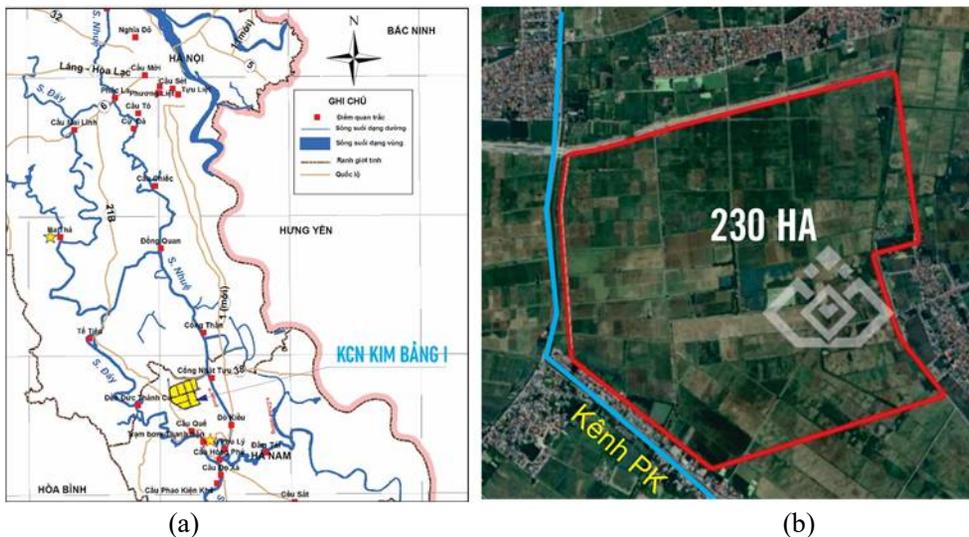
hành khác nhau. Kết quả nghiên cứu góp phần xây dựng cơ sở lý luận, có thể áp dụng cho nhiều địa phương, các KCN khác trong vùng để phòng tránh và giảm những thiệt hại do ngập lụt khi xuất hiện các trận mưa lớn xảy ra.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phạm vi và đối tượng nghiên cứu

KCN Kim Bảng có diện tích 230 ha, nay thuộc địa giới hành chính phường Lê Hồ, tỉnh Ninh Bình (trước đây thuộc TX. Kim Bảng, Hà Nam). Đây là khu vực có địa hình tương đối bằng phẳng, phần lớn là đất canh tác nông nghiệp của nhân dân xen kẽ có các khu vực trồng và hệ thống ao, mương và bờ thửa phục vụ canh tác. Cao độ địa hình từ 1,8 m – 2,4 m.

Vùng nghiên cứu nằm trong tiểu vùng tiêu nông nghiệp do trạm bơm Quế II phụ trách, tiêu nước ra sông Đáy. Trạm bơm Quế II được thiết kế để tiêu cho diện tích 2.123 ha đất nông nghiệp với công suất trạm bơm $Q_b = 7 \times 8.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Trạm bơm KCN Kim Bảng tiêu nước ra kênh PK nằm ở phía Tây Nam khu dự án (Hình 1b), sau đó dẫn về trạm bơm tiêu Quế II. Tuy nhiên, do không có số liệu vận hành của trạm bơm Quế II nên nghiên cứu này chưa xét tới khả năng phối hợp giữa trạm bơm Quế và trạm bơm của KCN. Hình 1 thể hiện sơ đồ tổng thể mạng lưới sông, vị trí KCN và ranh giới nghiên cứu.



Hình 1. Vị trí, phạm vi và ranh giới khu vực nghiên cứu: (a) vị trí KCN Kim Bảng trong sơ đồ tổng thể lưu vực tiêu, (b) phạm vi và ranh giới vùng nghiên cứu

2.2. Cơ sở và phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Cơ sở nghiên cứu: nguyên lý, chức năng, nhiệm vụ và yêu cầu kỹ thuật của hệ thống thoát nước KCN

Khu dự án gồm hai kênh làm nhiệm vụ thoát nước và điều hòa dòng chảy mặt cho KCN, đồng thời tạo cảnh quan, cải thiện vi khí hậu, tạo sinh thái môi

trường. Chi tiết hệ thống kênh tiêu trong KCN thể hiện trên Hình 2. Kênh Trung tâm (kênh TT) đi từ Bắc xuống Nam KCN, dọc tuyến đường rộng 43m, thu nước từ các tuyến công góp hai bên mặt kênh. Kênh đất phía Tây Nam KCN (kênh TN) nhận nước từ kênh TT, là vùng bán ngập, được kết nối với bể hút của trạm bơm tiêu KCN. Nguyên lý, chức năng nhiệm vụ và các

yêu cầu kỹ thuật của hệ thống kênh trong KCN được trình bày dưới đây:

Nguyên lý vận hành: Các kênh trong KCN (kênh TT và kênh TN) đảm nhiệm 2 chức năng chính: một là vận hành như kênh tiêu thoát nước chính trong KCN, hai là làm nhiệm vụ điều hoà lưu lượng dòng chảy khi mưa lớn. Hệ thống kênh trong KCN được kết nối liên thông với nhau và dẫn về trạm bơm đầu mối, tiêu nước ra kênh PK.

Nhiệm vụ của hệ thống kênh: Đối với các trận mưa không gây úng ngập, các kênh sẽ có chức năng tiếp nhận, trữ và điều hoà lượng nước mưa của toàn bộ dự án. Ngược lại, trong trường hợp xuất hiện trận mưa lớn gây ngập, công trình trạm bơm tiêu đầu mối vận hành để rút nước kênh về mực nước đệm (thấp hơn mức nước dâng bình thường, cụ thể theo các kịch bản mưa). Khi đó kênh làm việc như hồ điều hoà trong KCN. Đối với kênh TN, được thiết kế là vùng bán ngập, khi có mưa lớn kênh làm việc như hồ điều hoà, có thể mở rộng thể tích trữ, giảm quy mô trạm bơm tiêu trong KCN. Trường hợp mưa cục đoạn, lưu lượng vượt quá khả năng điều tiết của kênh trong KCN và mực nước ngoài kênh tiêu PK lớn, trạm bơm tiêu được vận hành để bơm nước ra ngoài khu dự án.

Yêu cầu kỹ thuật: Mực nước nhỏ nhất trong kênh $Z_{\min} = +1,6\text{m}$ (cao độ đáy kênh $+0,6\text{m}$), duy trì mực nước thấp nhất trong kênh cao hơn 1m so với đáy kênh để đảm bảo sinh thái môi trường và vi khí hậu vùng dự án. Mực nước dâng bình thường $Z_{\text{BT}} = +2,43\text{m}$. Mực nước dâng tối đa $Z_{\max} = +3,43\text{m}$. Độ sâu điều tiết khoảng $1,83\text{m}$

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, phương pháp mô hình toán sử dụng phần mềm SWMM được áp dụng để mô phỏng và phân tích các kịch bản tính toán. Sơ đồ khối đề xuất khung phương pháp tính toán dòng chảy cho hệ thống thoát được KCN Kim Bảng thể hiện trên Hình 3, bao gồm các bước chính như sau:

a) Xây dựng mạng lưới tiêu thoát nước

Khu vực nghiên cứu được chia thành 03 lưu vực thoát nước chính đổ về kênh Tây Nam (vùng bán ngập) trước khi kết nối với bể hút của máy bơm xả ra kênh PK (Hình 2). *Lưu vực 1 (phía Đông tuyến đường 43m):* hướng thoát nước chính từ Đông sang Tây về kênh trung tâm (TT) trên tuyến đường 43m. *Lưu vực 2 (phía Tây tuyến đường 43m):* hướng thoát nước chính từ Tây sang Đông về kênh tiêu trung tâm (TT) trên tuyến đường 43m. *Lưu vực 3 (phía Đông tuyến đường 48m và phía Đông Bắc tuyến đường 19,5m):* hướng thoát nước từ Đông sang Tây, từ Bắc xuống Nam về kênh tiêu phía Tây Nam (TN), vùng bán ngập của khu dự án.



Hình 2. Phối cảnh KCN Kim Bảng và vị trí các kênh tiêu trong khu vực nghiên cứu

Trong nghiên cứu này mô hình SWMM (Storm Water Management Model) được sử dụng để mô phỏng và tính toán xác định tổng lượng nước chảy tràn bề mặt gây úng ngập. Cơ sở lý thuyết của mô hình SWMM được giới thiệu trong tài liệu tham khảo (Rossman L và Simon M, 2022) và (Dương Thanh Lượng, 2010). Dựa trên phương pháp diễn toán trong SWMM, các đối tượng và thuộc tính của các đối tượng được khai báo trên mô hình bao gồm: trạm mưa, tiểu lưu vực, đường dẫn (cống, kênh), hố ga, nút nối, công trình trữ nước và cửa xả. Kết quả thiết lập bản đồ mạng lưới thoát nước cho toàn bộ hệ thống tiêu khu vực dự án và số liệu được cập nhật theo các tài liệu đã có của các dự án được thể hiện như Hình 4.

b) Điều kiện biên của mô hình

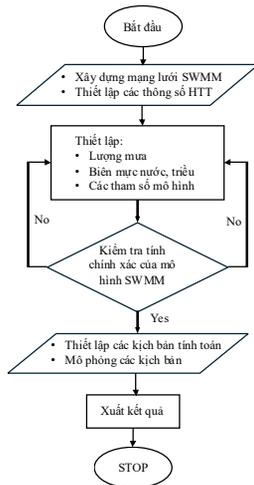
Mô hình mưa (biên trên của mô hình): Mô hình mưa đối với thời đoạn 1-h (thời gian mô phỏng cho 48 giờ của trận mưa 2 ngày max) ứng với tần suất thiết kế $P = 2\%$ của trạm khí tượng Phủ Lý được sử dụng để làm số liệu đầu vào mô hình. Dòng chảy từ các tiểu lưu vực chảy vào hệ thống đường ống thu nước coi như biên trên của mô hình.

Biên mực nước (biên dưới của mô hình): Mô hình mực nước thiết kế được khai báo tại cửa ra của trạm bơm tiêu (TB) ứng với mực nước bình quân 2 ngày max với tần suất $P = 2\%$ được tính truyền về cửa xả TB.

c) Lựa chọn phương pháp và thông số mô hình

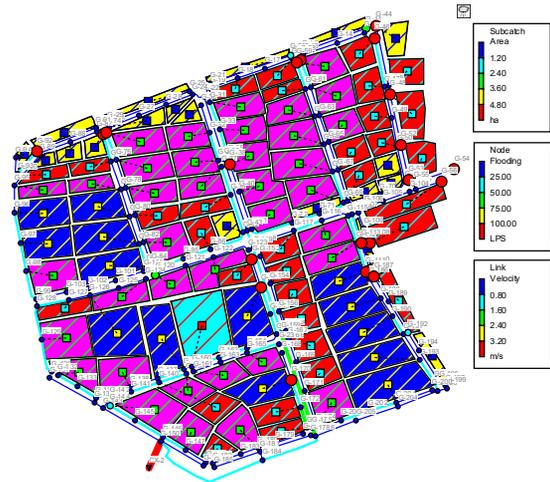
Để mô phỏng diễn toán dòng chảy bề mặt và dòng chảy trong hệ thống thoát nước trong KCN Kim Bảng, nghiên cứu lựa chọn: 1) Diễn toán dòng chảy sử dụng mô hình sóng động lực học (Dynamic Wave); 2) Mô hình thấm sử dụng phương pháp Horton; 3) Thời gian tính toán 2 ngày (48h); 4) Hệ số nhám (0,015); 5) Phương trình tính toán (Force main equation) theo phương pháp của Darcy-Weisbach; 6) Thời gian xuất

kết quả theo bước thời gian (5phút). Các thông số của mô hình được tham khảo từ các tài liệu hướng dẫn (về thủy lực, địa chất, thủy văn). Do mạng lưới thiết lập và các thông số đầu vào của hệ thống tiêu thoát nước KCN trong nghiên cứu này lấy theo quy hoạch và thiết kế nên việc hiệu chuẩn mô hình chỉ thực hiện việc hiệu chuẩn các thông số vật lý, các thông số khác như hệ số nhám của các đường dẫn, hệ số nhám bề mặt, các



Hình 3. Sơ đồ khối đề xuất khung phương pháp mô phỏng hệ thống thoát nước cho KCN Kim Bảng

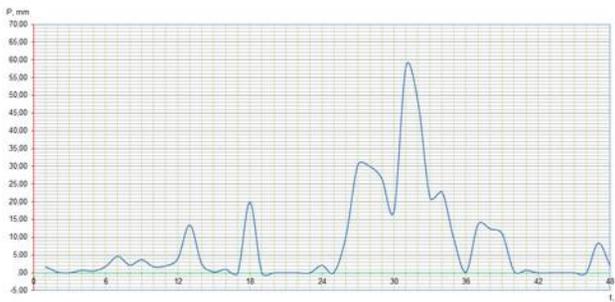
thông số thấm của đất lấy trực tiếp từ thông số thiết kế của khu dự án. Tuy nhiên, để có được bộ thông số tin cậy, nghiên cứu này đã tham khảo bộ thông số mô hình đã thực hiện mô phỏng cho một số KCN, đô thị hoàn chỉnh và nằm ở lân cận (Nguyễn Thanh Lê, 2020). (các thông số bề mặt không thấm tiêu lưu vực: $n=0,015$; độ dốc bề mặt: $i=(1÷3)×10^{-4}$ và hệ số nhám ống dẫn: $n=0,010$).



Hình 4. Kết quả thiết lập hệ thống tiêu thoát nước cho khu vực dự án

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả tính toán mô hình mưa tiêu thiết kế 2 ngày max



Hình 5. Kết quả mô hình mưa tiêu thiết kế 1 giờ với trận mưa 2 ngày max trạm Phú Lý

KCN Kim Bảng là khu công nghiệp tổng hợp đa ngành, có tính chất công nghiệp công nghệ kỹ thuật cao; vùng dự án nằm ở hạ du sông Đáy, địa hình thấp thường xuyên xảy ra ngập lụt. Do đó, tần suất tính toán lựa chọn $P = 2\%$ (ứng với chu kỳ ngập lụt 50 năm xảy ra một lần) là biện pháp giảm thiểu nguy cơ ngập lụt – rủi ro kinh tế, đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định và an toàn. Dựa trên số liệu quan trắc lượng mưa theo giờ của trận mưa 2 ngày max tại trạm Phú Lý trong thời đoạn 30 năm (1994 – 2023), mô hình mưa tiêu thiết kế

ứng với tần suất ($P_{tk} = 2\%$) được xác định sử dụng phương pháp xác suất thống kê. Kết quả tính toán lượng mưa 1 giờ trận mưa 2 ngày max, $X_{P_{tk}2\%}$ là 328 mm với lượng mưa được phân bổ theo các giờ trong ngày như được thể hiện tại Hình 5. Dựa vào phân bổ lượng mưa theo thời đoạn ngắn tính toán cho thấy lượng mưa tập trung chủ yếu trong giờ thứ 27 đến 34 với lượng mưa lớn nhất xấp xỉ 60 mm, thời gian còn lại lượng mưa hầu như không đáng kể.

3.2. Kết quả tính toán mô hình mực nước thiết kế

Theo tài liệu thống kê, mực nước lớn nhất tại trạm Phú Lý là + 4,93m vào ngày 21 tháng 8 năm 2017. Trung bình nhiều năm (trong giai đoạn 2017 – 2023) là +1,03m. Trong nghiên cứu này, tính toán mực nước tại cửa xả được xác định theo mực nước các tháng mùa lũ thường xuyên xuất hiện (trong giai đoạn 2017 – 2023).

Vùng dự án bị ảnh hưởng bởi chế độ thủy văn sông Đáy. Mực nước thiết kế tại cửa xả trạm bơm (TB) được xác định thông qua tính truyền mực nước tại trạm thủy văn Ba Thá trên sông Đáy và nội suy giữa hai trạm thủy văn Ba Thá (phía thượng lưu) và Phú Lý (hạ lưu) so với vị trí cửa xả (kênh PK tại vị trí KCN). Mực nước tại Trạm Ba Thá cách khu dự án 35km và Trạm Phú Lý các vị trí dự án 20 km tại cùng một thời điểm cho thấy chênh lệch mực nước giữa 2 trạm với độ dốc là 1/22.000, do khu vực địa hình bằng phẳng và không

có sự thay đổi nhiều, vì vậy nội suy được chênh lệch từ trạm Phủ Lý về cửa xả kênh PK với $\Delta h = L \cdot 1/22.000 \Rightarrow \Delta h = 20.000 \cdot 1/22.000 = 0,909$ (m). Vì vậy, mực nước trung bình được tính toán tại cửa

xả kênh PK của KCN là $2,193 + 0,909 = +3,102$ m (sử dụng cho điều kiện biên mực nước sau kênh tiêu PK). Kết quả tính toán với mực nước max tại cửa xả $Z_s = +3,1$ m.

Bảng 1. Mực nước trung bình 3 tháng mùa lũ lớn nhất tại trạm Phủ Lý, giai đoạn 2017 – 2023

Đơn vị: cm

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Trung bình 3 tháng mùa lũ lớn nhất
MN TB 2017	71	68	59	59	68	80	203	155	195	260	91	65	219,3
MN TB 2018	64	59	51	57	83	86	230	239	172	124	97	80	213,7
MN TB 2019	71	76	62	83	95	98	86	164	131	102	90	68	132,3
MN TB 2020	63	76	71	66	70	68	84	177	137	184	109	79	166,0
MN TB 2021	61	73	67	88	96	103	124	106	155	197	111	76	158,7
MN TB 2022	74	94	74	77	133	165	168	204	200	155	94	80	190,7
MN TB 2023	61	82	56	69	81	97	92	131	145	128	91	75	134,7
MN lớn nhất (trung bình các tháng mùa lũ lớn nhất)													219,3

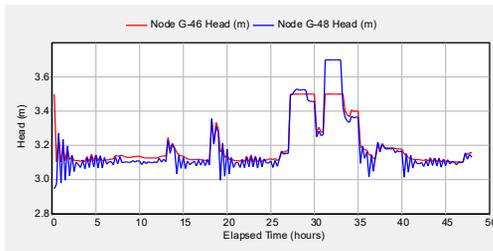
3.3. Kết quả mô phỏng mực nước và xác định tổng lượng chảy tràn

Kết quả mô phỏng mực nước dọc các tuyến ống chính khu vực dự án cho thấy, với lượng mưa 1 giờ của trận mưa 2 ngày max ứng tần suất tính toán $P_{tk} = 2\%$ thì một số điểm nút bị ngập tràn trên bề mặt (xem Hình 4), được mô phỏng kết quả từ Hình 6 đến Hình 9.

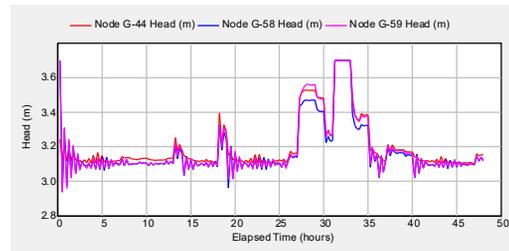
Dựa vào tài liệu thiết kế, để khu vực dự án không bị úng ngập thì cần khống chế cao trình mực nước dưới cao độ san nền là +3,5 m (chọn +3,5m làm cao độ khống chế). Cao độ khống chế mực nước khống chế với điều kiện ràng buộc:

$Z_{\max TB} (Q_{TB}, F_{\text{kênh}}) = [Z_{\max KCN}] \leq +3,1$ m (đảm bảo mực nước cao nhất khi xuất hiện trận mưa lớn gây úng ngập phải nhỏ hơn cao độ san nền của KCN 0,4m)

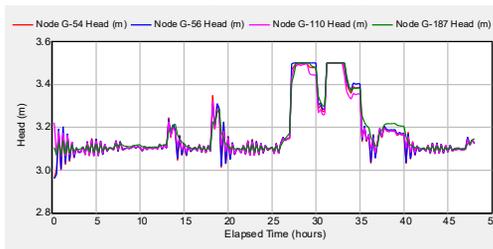
Trong đó, $Z_{\max TB}$, $Z_{\max KCN}$ lần lượt là mực nước lớn nhất và mực nước lớn nhất cho phép tại KCN. Đây là giá trị mực nước khống chế mà với giá trị này KCN được coi là tiêu triệt để, không còn điểm nào bị úng ngập; Q_{TB} là lưu lượng yêu cầu thiết kế trạm bơm đầu mối tại cửa xả (m^3/s); $F_{\text{kênh}}$ là diện tích trữ nước mưa trên các kênh (ha). Tại các cửa ra của tuyến ống có cao độ đáy cống +0,60m.



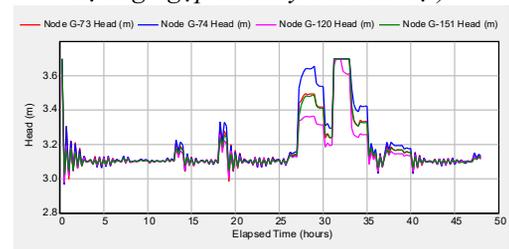
Hình 6. Đường quá trình mực nước gây ngập tại điểm G46 và G48 (các tiểu vùng bị úng ngập do chảy tràn bề mặt)



Hình 7. Đường quá trình mực nước gây ngập tại điểm G44, G58 và G59 (các tiểu vùng bị úng ngập do chảy tràn bề mặt)



Hình 8. Đường quá trình mực nước gây ngập tại hố ga G54, G56, G110 và G187 (các tiểu vùng bị úng ngập do chảy tràn bề mặt)



Hình 9. Đường quá trình mực nước gây ngập tại hố ga G73, G74, G120 và G151 (các tiểu vùng bị úng ngập do chảy tràn bề mặt)

Kết quả chạy và mô phỏng mô hình SWMM trong trường hợp không chế cốt nền và mực nước lớn nhất cho phép với lượng mưa 1h của trận mưa 2 ngày max cho thấy, tổng lượng nước chảy tràn gây úng ngập cho khu vực dự án là $W = 41.140 \text{ m}^3$.

3.4. Tính toán xác định quy mô và công suất của trạm bơm tiêu

Để xác định quy mô công suất của trạm bơm tiêu phù hợp cần thiết đưa điều kiện ràng buộc giữa quan hệ $Z_{\max TB} (QTB, F_{\text{kênh}}) = [Z_{\max KCN}] \leq +3,1\text{m}$. Cụ thể, với tổng lượng nước chảy tràn gây úng ngập cho khu vực dự án là $W = 41.140 \text{ m}^3$. Nếu dung tích điều hoà của kênh tăng thì quy mô của trạm bơm giảm và ngược lại. Do đó, để xác định quy mô và công suất hợp lý của trạm bơm tiêu cần dựa trên quan hệ trữ nước kênh, yêu cầu thời gian tiêu, và khả năng thoát nước

của cống sau bề xả tiêu của trạm bơm với các phương án trường hợp khác nhau được thể hiện như sau:

Trường hợp 1 (TH1): Năng lực trữ của kênh ứng mực nước ban đầu của kênh (trước khi mưa) tại cao trình $Z_0 = +2,0\text{m}$ và khi mưa mực nước cho phép dâng đến cao trình $Z_1 = +3,1\text{m}$, khi đó năng lực trữ của các kênh đạt được $W_1 = 20.000 \text{ m}^3$.

Trường hợp 2 (TH2): Năng lực trữ của kênh đạt được ứng với mực nước thường xuyên ban đầu của kênh (trước khi mưa) tại cao trình $Z_0 = +2,43\text{m}$ và khi mưa mực nước cho phép dâng đến cao trình $Z_1 = +3,1\text{m}$, khi đó năng lực trữ của các kênh đạt được $W_1 = 13.300 \text{ m}^3$.

Lưu lượng bơm tiêu thiết kế ứng với các trường hợp tính toán và yêu cầu thời gian tiêu khác nhau được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả tính toán chọn công suất máy bơm

Thời gian yêu cầu tiêu	Thời đoạn tiêu theo giờ	Tổng lượng nước ngập theo các giờ (m^3)	Vận hành máy bơm xác định lưu lượng tiêu (m^3)	Năng lực trữ/điều tiết của kênh (m^3)	Lưu lượng bơm tiêu TK (đã xét trữ tại kênh) (m^3/s)
TH1: với $Z_0 = +2,0\text{m}$; $Z_1 = +3,1\text{m} \rightarrow$ Năng lực trữ trong các kênh là $W = 20.000 \text{ m}^3$					
KB1h: tiêu hết trong 1 giờ	Giờ thứ 1	41.14	21.14	20	5,87
KB2h: tiêu hết trong 2 giờ	Giờ thứ 1	20	10.57	9.43	2,94
	Giờ thứ 2	21.14	10.57	10.57	
KB3h: tiêu hết trong 3 giờ	Giờ thứ 1	13	7.05	5.95	1,96
	Giờ thứ 2	13.5	7.05	6.45	
	Giờ thứ 3	14.64	7.05	7.59	
TH2: với $Z_0 = +2,43\text{m}$; $Z_1 = +3,1\text{m} \rightarrow$ Năng lực trữ trong các kênh là $W = 13.300 \text{ m}^3$					
KB1h: tiêu hết trong 1 giờ	Giờ thứ 1	41.14	<u>27.84</u>	<u>13.3</u>	<u>7,73</u>
KB2h: tiêu hết trong 2 giờ	Giờ thứ 1	20	13.92	6.08	3,87
	Giờ thứ 2	21.14	13.92	7.22	
KB3h: tiêu hết trong 3 giờ	Giờ thứ 1	13	9.28	3.72	2,58
	Giờ thứ 2	13.5	9.28	4.22	
	Giờ thứ 3	14.64	9.28	5.36	

3.5. Phân tích đánh giá và lựa chọn phương án

a. Yêu cầu mực nước tại cửa xả tiêu:

Căn cứ vào tài liệu thống kê mực nước sông Đáy tại trạm Phú Lý (Bảng 1), và kết quả xác định cao độ mực nước thiết kế có thể thấy rằng mực nước $Z_s = +3,1\text{m}$ tại kênh tiêu PK là phù hợp với tài liệu quan trắc. Dựa trên cơ sở đó và phân tích lựa chọn phương án vận hành kênh điều tiết và thông số trạm bơm tiêu theo kịch bản, mực nước yêu cầu tại kênh tiêu PK là $Z_s = +3,1\text{m}$.

b. Đánh giá lựa chọn phương án và công suất trạm bơm tiêu:

Dựa trên kết quả tính toán, mô phỏng các trường hợp vận hành và tận dụng khả năng trữ nước, điều tiết nước của hệ thống kênh trong KCN gồm kênh TT và kênh TN (vùng bán ngập); mực nước thường xuyên

xuất hiện trong hệ thống kênh khu vực và các kênh trong KCN; cao độ san nền của KCN cho thấy rằng:

- Đối với trường hợp TH1: theo số liệu đo đạc cho thấy mực nước thường xuyên trong kênh $+2,43\text{m}$, như vậy để đạt được năng lực trữ nước của kênh là 20.000 m^3 trước khi mưa chúng ta cần vận hành bơm để hạ thấp mực nước về $+2,0\text{m}$ và khi mưa, mực nước cho phép dâng không vượt quá $+3,1\text{m}$. Vì vậy, khi xuất hiện trận mưa lớn gây úng ngập máy bơm sẽ được khi hoạt để bơm khi mực nước trong kênh $\geq +2,0\text{m}$.

- Đối với trường hợp TH2: Ứng với mực nước thường xuyên trong kênh $+2,43\text{m}$, khi mưa cho phép mực nước trong kênh dâng lên $+3,1\text{m}$ khi đó năng lực trữ nước của kênh là 13.300 m^3 , trường hợp 2 không cần vận hành bơm trước khi mưa để hạ thấp mực nước

trong kênh. Vì vậy, khi xuất hiện trận mưa lớn gây úng ngập máy bơm sẽ được khi hoạt để bơm khi mực nước trong kênh $\geq +2,43\text{m}$.

Dựa trên những phân tích, đánh giá từ các trường hợp vận hành trên, kết quả cho thấy rằng để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật, an toàn chống úng ngập cho KCN trước những yêu tố cực đoan như biến đổi khí hậu, những yếu tố bất thường, nước chảy tràn hoặc xâm nhập từ khu vực lân cận vào KCN. Đề xuất phương án chọn ứng với trường hợp TH1 ($Z_0 = +2,43\text{m}$, $Z_1 = +3,1\text{m}$) để đảm bảo kênh giữ mực nước thường xuyên $+2,43\text{m}$ không phải bơm tiêu trước hạ thấp mực nước trước khi mưa. Dựa trên kết quả mô phỏng, thời gian yêu cầu tiêu hết trong một giờ, nghiên cứu đề xuất giải pháp kỹ thuật chống úng ngập cho KCN với trạm bơm tiêu có lưu lượng bơm thiết kế $Q_{TK} = 7,73 \text{ m}^3/\text{s}$.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tập trung vào việc lựa chọn giải pháp kỹ thuật (xác định quy mô kích thước công trình trữ nước và trạm bơm tiêu) nhằm đảm bảo tiêu thoát nước triệt để cho khu công nghiệp Kim Bảng dựa trên phương pháp xác suất thống kê và sử dụng mô hình SWMM mô phỏng khả năng tiêu nước theo các phương án đề xuất khác nhau. Nghiên cứu đã đạt được các kết quả sau:

1) Tính toán được các đặc trưng khí tượng thủy văn

thiết kế trong khu vực dự án sử dụng phương pháp xác suất thống kê: lượng mưa 1-h của trận mưa 2 ngày max ($X_{\text{ptk}2\%} = 328 \text{ mm}$); Mực nước lớn nhất của KCN tại cửa xả $Z_s = +3,1 \text{ m}$;

2) Mô phỏng hệ thống tiêu thoát nước của KCN Kim Bảng dựa trên các thông số kỹ thuật hạ tầng thiết kế của khu vực dự án. Kết quả mô phỏng xác định được vị trí ngập của tuyến cống, trên tuyến kênh và tính toán được tổng lượng nước chảy tràn trên bề mặt gây úng ngập, kết quả xác định được tổng lượng nước gây úng ngập là 41.140 m^3 .

3) Phân tích, đánh giá và đề xuất được phương án lựa chọn phù hợp về thông số thiết kế trạm bơm tiêu, đánh giá khả năng thoát nước sau bể xả, lựa chọn được quy mô trạm bơm tiêu đáp ứng yêu cầu tiêu mưa giờ nào tiêu hết giờ đó tương ứng với lưu lượng thiết kế trạm bơm $Q_{TK} = 7,73 \text{ m}^3/\text{s}$.

Mặc dù vậy, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế nhất định như: 1) chưa xét đến khả năng phối hợp trạm bơm tiêu vùng Quế II với trạm bơm KCN Kim Bảng để xác định quy mô tối ưu của trạm bơm KCN; 2) chưa xét đến mối liên hệ mực nước giữa hệ thống cống đầu kênh PK và trạm bơm Quế II đến mực nước bể xả của trạm bơm KCN; và 3) chưa có số liệu thực đo để hiệu chuẩn và kiểm định mô hình thủy văn – thủy lực. Tất cả những hạn chế nêu trên sẽ tiếp tục mở rộng thực hiện trong các nghiên cứu trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bùi Tuấn Hải, Nguyễn Duy Quang, Lê Viết Sơn, Phạm Văn Trinh và Bùi Thế Văn. (2021). *Nghiên cứu ứng dụng mô hình PCSWMM trong mô phỏng ngập úng hệ thống thủy lợi Bắc Nam Hà*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 729, 14-28.
- Dương Thanh Lượng. (2010). *Mô phỏng mạng lưới thoát nước bằng SWMM*. NXB Xây dựng, 2010.
- Lưu Văn Quân và Nguyễn Tuấn Anh. (2013). *Thực trạng sử dụng hồ điều hòa trong hệ thống thoát nước mưa ở một số đô thị thuộc đồng bằng Bắc bộ Việt Nam*. Tạp chí khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường, số 41, 2013.
- Ngô Văn Quận. (2023). *Ứng dụng mô hình Mike Urban mô phỏng úng ngập do mưa dưới tác động của biến đổi khí hậu tại khu đô thị mới tỉnh Sóc Trăng*. Tạp chí Tài nguyên nước, số 2, 2023.
- Nguyễn Thanh Lên. (2020). *Ứng dụng mô hình thủy văn EPA SWMM, sóng động lực phân tích mạng lưới thoát nước cho khu đô thị mới Lê Minh Xuân, huyện Bình Chánh, Tp. Hồ Chí Minh*. Tạp chí khoa học và công nghệ Đà Nẵng, số 18, 2020.
- Binh, L. T. H., Agilan, V., Umamahesh, N. V., & Rathnam, E. V. (2019). *Modelling spatial variation of extreme precipitation over Ho Chi Minh City under nonstationary condition*. Acta Geophysica, 67, 849-861.
- Huong, H. T. L., & Pathirana, A. (2013). *Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam*. Hydrology and Earth System Sciences, 17(1), 379-394.
- Khatooni, K., Hooshyaripor, F., Malek Mohammadi, B., & Noori, R. (2025). *A new approach for urban flood risk assessment using coupled SWMM-HEC-RAS-2D model*. Journal of Environmental Management, 374, 123849.
- Le, H. N., Vo, D. P., Nguyen, Q. D., Nguyen, B. Q., & Nguyen, C. C. (2024). *Assessing the impacts of urbanization and climate change on urban drainage system*. River, 3(2), 181-190.
- Minh, H. V. T., Kumar, P., Meraj, G., Van Thinh, L., Downes, N. K., Van Ty, T.,... & Almazroui, M. (2024). *Climate-driven runoff variability in semi-mountainous reservoirs of the Vietnamese Mekong Delta: Insights for sustainable water management*. Irrigation and Drainage, 73(4), 1633-1653.

- Rai, P. K., Chahar, B. R., & Dhanya, C. T. (2017). *GIS-based SWMM model for simulating the catchment response to flood events*. *Hydrology Research*, 48(2), 384-394.
- Rossman, L and Simon, M. (2022). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2*. Center for Environmental Solutions and Emergency Response, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, 26 Martin Luther King Drive, Cincinnati, OH 45268.
- UNDP. (2016). *Research on Integrated Water Resources Management in the context of climate change, sea level rise, and rapid socio-economic development in the Mekong Delta in Viet Nam*.

Abstract:

**A STUDY ON TECHNICAL FLOOD CONTROL SOLUTIONS
FOR KIM BANG INDUSTRIAL PARK, HA NAM**

Kim Bang Industrial Park, covering an area of 230 hectares, is a key economic development zone in Ha Nam. It is located in the low-lying downstream area of the Day River which faces significant flood risks due to heavy rainfall and limited drainage capacity. In recent years, this area have witnessed increasingly frequent and intense rain events, causing widespread inundation, especially in newly developed urban and industrial zones. This study aims to propose technical solutions for flood mitigation to ensure production safety and sustainable development within the Kim Bang industrial park. Hydrometeorological analysis identified a 2-day design rainfall of 328 mm (with a return period of 50 years, $P = 2\%$) at Phu Ly Station. The design water level at the drainage outlet was determined to be +3,1 m, while the industrial park's finished ground elevation was +3,5 m. Using the SWMM model, surface runoff and flood-prone areas were simulated. Results showed a total flood volume of 41.140 m³, exceeding the current internal canal storage capacity of 13.300 m³. To meet the requirement of draining stormwater within one hour, a pumping station with a design capacity of 7,73 m³/s was proposed. The study provided a scientific basis for determining appropriate drainage infrastructure and flood control measures, contributing to the safe and resilient development of Kim Bang Industrial Park under extreme weather conditions.

Keywords: Drainage systems, inundation prevention, SWMM model, industrial zones.

Ngày nhận bài: 18/7/2025

Ngày chấp nhận đăng: 20/12/2025