

ỦY BAN NHÂN DÂN
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

ĐẠI HỌC QUỐC GIA
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
VIỆN MÔI TRƯỜNG VÀ TÀI NGUYÊN

CHƯƠNG TRÌNH KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP THÀNH PHỐ

BÁO CÁO TỔNG HỢP

KẾT QUẢ NHIỆM VỤ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA GÓP PHẦN QUẢN LÝ
NGẬP LỤT BỀN VỮNG CHO TP. HỒ CHÍ MINH DƯỚI TÁC ĐỘNG
CỦA TỐC ĐỘ ĐÔ THỊ HÓA VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Cơ quan chủ trì nhiệm vụ: Viện Môi trường và Tài nguyên

Chủ nhiệm nhiệm vụ: ThS. Hồ Văn Hòa

TP. Hồ Chí Minh - 2023

ỦY BAN NHÂN DÂN
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

ĐẠI HỌC QUỐC GIA
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
VIỆN MÔI TRƯỜNG VÀ TÀI NGUYÊN

CHƯƠNG TRÌNH KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP THÀNH PHỐ

BÁO CÁO TỔNG HỢP
KẾT QUẢ NHIỆM VỤ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

**ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA GÓP PHẦN QUẢN LÝ
NGẬP LỤT BỀN VỮNG CHO TP. HỒ CHÍ MINH DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA
TỐC ĐỘ ĐÔ THỊ HÓA VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**

Chủ nhiệm nhiệm vụ

ThS. Hồ Văn Hòa

Cơ quan chủ trì nhiệm vụ

Viện trưởng

GS. TS. Lê Thanh Hải

TP. Hồ Chí Minh, ngày tháng năm 2023

BÁO CÁO THỐNG KÊ KẾT QUẢ THỰC HIỆN NHIỆM VỤ NGHIÊN CỨU KH&CN

I. THÔNG TIN CHUNG

1. Tên nhiệm vụ:

Đề xuất các giải pháp trữ nước mưa góp phần quản lý ngập lụt bền vững cho TP. Hồ Chí Minh dưới tác động của tốc độ đô thị hóa và biến đổi khí hậu

Thuộc: Chương trình/lĩnh vực: Kỹ thuật và Công nghệ

2. Chủ nhiệm nhiệm vụ:

Họ và tên: Hồ Văn Hòa

Ngày, tháng, năm sinh: 02/01/1986 Nam/ Nữ: Nam

Học hàm, học vị: Thạc sĩ

Chức danh khoa học: Nghiên cứu viên Chức vụ:

Điện thoại: Tổ chức: (028).2253.8586 Nhà riêng:

Mobile: 0917527768

Fax: (028) 3865 5670 E-mail: hvhoa.sdh19@hcmut.edu.vn

Tên tổ chức đang công tác: Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM

Địa chỉ tổ chức: Đường Nguyễn Du, KĐT ĐHQG-HCM, TP. Dĩ An, Tỉnh Bình Dương

Địa chỉ nhà riêng: Căn hộ M1-9-15, chung cư Jamonacity, Phường Phú

Thuận, Quận 7, TP. Hồ Chí Minh

3. Tổ chức chủ trì nhiệm vụ:

Tên tổ chức chủ trì nhiệm vụ: Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM

Điện thoại: (028) 2253 8586

Fax: (028) 3865 5670

E-mail: phongthkhhcmier@gmail.com

Website: <http://www.hcmier.edu.vn>

Địa chỉ: Đường Nguyễn Du, KĐT ĐHQG-HCM, TP. Dĩ An, Tỉnh Bình Dương

Họ và tên thủ trưởng tổ chức: GS.TS. Lê Thanh Hải

Số tài khoản: 3713.0.1056919.00000

Kho bạc Nhà nước Quận 10

Tên cơ quan chủ quản đề tài: Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

II. TÌNH HÌNH THỰC HIỆN

1. Thời gian thực hiện nhiệm vụ:

- Theo Hợp đồng đã ký kết: từ tháng 12 năm 2020 đến tháng 12 năm 2022.
- Thực tế thực hiện: từ tháng 12 năm 2020 đến tháng 06 năm 2023.
- Được gia hạn (nếu có): Từ tháng 01 năm 2023 đến tháng 06 năm 2023 theo Phụ lục số 80/2022/PLHĐ-QKH-CN ngày 26 tháng 10 năm 2022

2. Kinh phí và sử dụng kinh phí:

a) Tổng số kinh phí thực hiện: 3.450 tr.đ, trong đó:

+ Kinh phí hỗ trợ từ ngân sách khoa học: 3.450 tr.đ.

+ Kinh phí từ các nguồn khác: 0 tr.đ.

b) Tình hình cấp và sử dụng kinh phí từ nguồn ngân sách khoa học:

Số TT	Theo kế hoạch		Thực tế đạt được		Ghi chú (Số đề nghị quyết toán)
	Thời gian (Tháng, năm)	Kinh phí (Tr.đ)	Thời gian (Tháng, năm)	Kinh phí (Tr.đ)	
1	12/2020- 12/2021	1.725	12/2021- 9/2022	1.725	1.725

Số TT	Theo kế hoạch		Thực tế đạt được		Ghi chú (Số đề nghị quyết toán)
	Thời gian (Tháng, năm)	Kinh phí (Tr.đ)	Thời gian (Tháng, năm)	Kinh phí (Tr.đ)	
2	12/2021- 11/2022	1.380	9/2022- 6/2023	1.380	1.380
3	12/2022	345	06/2023		

c) Kết quả sử dụng kinh phí theo các khoản chi:

Đối với đề tài:

Đơn vị tính: Triệu đồng

Số TT	Nội dung các khoản chi	Theo kế hoạch			Thực tế đạt được		
		Tổng	NSKH	Nguồn khác	Tổng	NSKH	Nguồn khác
1	Trả công lao động (khoa học, phổ thông)	2.240,2	2.240,2				
2	Nguyên, vật liệu, năng lượng	0					
3	Thiết bị, máy móc	0					
4	Xây dựng, sửa chữa nhỏ						
5	Chi khác	1.209,8	1.209,8				
	Tổng cộng	3.450	3.450				

- Lý do thay đổi (nếu có):

Đối với dự án:

Đơn vị tính: Triệu đồng

Số TT	Nội dung các khoản chi	Theo kế hoạch			Thực tế đạt được		
		Tổng	NSKH	Nguồn khác	Tổng	NSKH	Nguồn khác
1	Thiết bị, máy móc mua mới						
2	Nhà xưởng xây dựng mới, cải tạo						
3	Kinh phí hỗ trợ công nghệ						
4	Chi phí lao động						
5	Nguyên vật liệu, năng lượng						
6	Thuê thiết bị, nhà xưởng						
7	Khác						
	Tổng cộng						

- Lý do thay đổi (nếu có):

3. Các văn bản hành chính trong quá trình thực hiện đề tài/dự án:

(Liệt kê các quyết định, văn bản của cơ quan quản lý từ công đoạn xét duyệt, phê duyệt kinh phí, hợp đồng, điều chỉnh (thời gian, nội dung, kinh phí thực hiện... nếu có); văn bản của tổ chức chủ trì nhiệm vụ (đơn, kiến nghị điều chỉnh ... nếu có)

Số TT	Số, thời gian ban hành văn bản	Tên văn bản	Ghi chú
1	16754/KH-SXD-ĐHQG ngày 24/12/2019	Kế hoạch triển khai hoạt động hợp tác giữa Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh và Sở Xây dựng TP. Hồ Chí Minh	
2	197/TTHT-NCCĐ ngày 17/01/2020	Đề xuất nội dung đặt hàng các đề tài nghiên cứu khoa	

Số TT	Số, thời gian ban hành văn bản	Tên văn bản	Ghi chú
		học với Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh	
3	1199/QĐ-SKHCN ký ngày 02/11/2020	Quyết định về việc phê duyệt nhiệm vụ nghiên cứu khoa học và công nghệ	
4	96/2020/HĐ-QPTKHCN ký ngày 03/12/2020	Hợp đồng thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu khoa học và công nghệ	
5	575/QĐSKHCN ngày 20/07/2022	Phê duyệt kế hoạch lựa chọn nhà thầu của nhiệm vụ: Đề xuất các giải pháp trữ nước mưa góp phần quản lý ngập lụt bền vững cho TP. Hồ Chí Minh dưới tác động của tốc độ đô thị hóa và biến đổi khí hậu	
6	809/QĐ-SKHCN ngày 25/10/2022	Gia hạn thời gian thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ	
7	80/2022/PLHĐ-QPTKHCN ngày 26/10/2022	Phụ lục Hợp đồng thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ	
8	1053/QĐ-SKHCN ngày 28/12/2022	Điều chỉnh Quyết định số 575/ QĐ-SKHCN ngày 25/10/2022 của Sở Khoa học và Công nghệ về phê duyệt kế quả lựa chọn nhà thầu	

4. Tổ chức phối hợp thực hiện nhiệm vụ:

Số TT	Tên tổ chức đăng ký theo Thuyết minh	Tên tổ chức đã tham gia thực hiện	Nội dung tham gia chủ yếu	Sản phẩm chủ yếu đạt được	Ghi chú*
1					
...					

- Lý do thay đổi (nếu có):

5. Cá nhân tham gia thực hiện nhiệm vụ:

(Người tham gia thực hiện đề tài thuộc tổ chức chủ trì và cơ quan phối hợp, không quá 10 người kể cả chủ nhiệm)

STT	Tên cá nhân đăng ký theo Thuyết minh	Tên cá nhân đã tham gia thực hiện	Nội dung tham gia chính	Sản phẩm chủ yếu đạt được	Ghi chú*
1	NCS. ThS. Hồ Văn Hòa	NCS. ThS. Hồ Văn Hòa	- Chủ nhiệm đề tài. - Xây dựng thuyết minh chi tiết đề tài, báo cáo tổng kết. - ND 1.3.3, 1.3.4, 1.3.5, 1.4, 2.2.1, 2.3.2, 3.3.1, 3.3.2, 3.4.1, 3.4.2, 4.1.1, 4.1.2, 5.1, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3	Báo cáo tổng hợp Báo cáo chuyên đề	
2	NCS. ThS. Ngô Ngọc Hoàng Giang	NCS. ThS. Ngô Ngọc Hoàng Giang	- Xây dựng thuyết minh chi tiết đề tài, báo cáo tổng kết. - ND 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.3.1, 3.3.4, 3.3.7, 3.3.4, 3.4.7	Báo cáo chuyên đề	
3	PGS. TS Châu Nguyễn Xuân Quang	PGS. TS Châu Nguyễn Xuân Quang	- ND 1.1, 1.3.2, 2.3.2, 3.2, 3.3.5, 3.3.6, 3.4.5, 3.4.6, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.4.1, 4.4.2, 5.1,	Báo cáo chuyên đề	

<i>STT</i>	<i>Tên cá nhân đăng ký theo Thuyết minh</i>	<i>Tên cá nhân đã tham gia thực hiện</i>	<i>Nội dung tham gia chính</i>	<i>Sản phẩm chủ yếu đạt được</i>	<i>Ghi chú*</i>
			5.4.1, 5.4.2, 5.4.3 - Báo cáo tổng kết		
4	PGS. TS Nguyễn Hồng Quân	PGS. TS Nguyễn Hồng Quân	- ND 3.3.3, 3.3.4, 3.4.3, 3.4.4, 4.2.1, 4.2.2	Báo cáo chuyên đề	
5	PGS. TS. Đào Nguyên Khôi	PGS. TS. Đào Nguyên Khôi	- ND 2.2.2, 2.3.1, 3.2, 3.3.5, 3.4.5	Báo cáo chuyên đề	
6	TS. Nguyễn Thanh Hùng	TS. Nguyễn Thanh Hùng	- ND 1.2, 3.3.6, 3.4.6	Báo cáo chuyên đề	
7	TS. Lê Thanh Hòa	TS. Lê Thanh Hòa	- ND 1.1, 3.1.1, 3.1.2, 3.1.4.	Báo cáo chuyên đề	
8	NCS. ThS. Trần Nguyễn Thiên Ân	NCS. ThS. Trần Nguyễn Thiên Ân	- ND 1.2, 1.3.1, 1.3.4, 1.5.1, 1.5.2, 2.2.2, 3.3.7, 3.4.7, 4.2.1, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.2	Báo cáo chuyên đề	
9	ThS. Phạm Quốc Khánh	ThS. Phạm Quốc Khánh	- ND 3.1.3, 3.3.3, 3.4.3.	Báo cáo chuyên đề	
10	ThS. Lê Thị Thu Hà	ThS. Lê Thị Thu Hà	- ND 1.5.2, 1.6.1, 1.6.2, 1.6.3, 1.6.4, 5.2.3, 5.3.3, 5.4.3	Báo cáo chuyên đề	

- Lý do thay đổi (nếu có):

6. Tình hình hợp tác quốc tế:

Số TT	Theo kế hoạch (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm, tên tổ chức hợp tác, số đoàn, số lượng người tham gia...)	Thực tế đạt được (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm, tên tổ chức hợp tác, số đoàn, số lượng người tham gia...)	Ghi chú*
1			
2			
...			

- Lý do thay đổi (nếu có):

7. Tình hình tổ chức hội thảo, hội nghị:

Số TT	Theo kế hoạch (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm)	Thực tế đạt được (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm)	Ghi chú*
1	Hội thảo khoa học - Nội dung: Trình bày và thảo luận các kết quả nghiên cứu đạt được của đề tài - Thời gian: 09/2022 - Kinh phí: 21.060.000đ - Địa điểm: Thuê hội trường	Hội thảo khoa học - Nội dung: Trình bày và thảo luận các kết quả nghiên cứu đạt được của đề tài gồm: + Đánh giá hiệu quả và tính khả thi của giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập đô thị. + Đề xuất giải pháp trữ nước mưa giảm ngập do tác động của BĐKH và đô thị hóa tại khu vực TP.HCM. + Giới thiệu các mô hình trữ nước mưa điển hình kiến nghị cho khu vực TP.HCM.	

Số TT	Theo kế hoạch (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm)	Thực tế đạt được (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm)	Ghi chú*
		+ Đánh giá nhận thức các bên liên quan về áp dụng giải pháp trữ nước mưa giảm ngập. - Thời gian: 10/03/2023 - Kinh phí: 21.060.000đ - Địa điểm: Phòng Hội thảo, Viện MT&TN, 142 Tô Hiến Thành, P.14, Quận 10. TP.HCM	
2	Hội nghị "Tập huấn chuyển giao kết quả nghiên cứu" - Nội dung: Tập huấn chuyển giao các kết quả nghiên cứu chính cho nhà khoa học, nhà quản lý, kỹ sư thiết kế trong lĩnh vực thoát nước, môi trường, quản lý đô thị, thủy văn, tài nguyên nước,.. - Thời gian: 11/2022 - Kinh phí: 5.050.000đ - Địa điểm: Thuê hội trường.	Hội nghị "Tập huấn chuyển giao kết quả nghiên cứu" - Nội dung: Tập huấn chuyển giao các kết quả nghiên cứu chính cho nhà khoa học, nhà quản lý, kỹ sư thiết kế trong lĩnh vực thoát nước, môi trường, quản lý đô thị, thủy văn, tài nguyên nước,.. gồm : - Thời gian: 25/04/2023 - Kinh phí: 3.000.000đ - Địa điểm: Hội nghị trực tuyến kết hợp trực tiếp tại Phòng Hội thảo, Viện MT&TN, 142 Tô Hiến Thành, P.14, Quận 10. TP.HCM.	

- Lý do thay đổi (nếu có):

8. Tóm tắt các nội dung, công việc chủ yếu:

(Nêu tại mục 15 của thuyết minh, không bao gồm: Hội thảo khoa học, điều tra khảo sát trong nước và nước ngoài).

Số TT	Các nội dung, công việc chủ yếu (Các mốc đánh giá chủ yếu)	Thời gian (Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)		Người, cơ quan thực hiện
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1	Nội dung 1: Đánh giá tính khả thi và hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập đô thị			
1.1	ND 1.1: Đánh giá tác động của đô thị hóa và biến đổi khí hậu đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM	Từ 12/2020 đến 01/2022	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Châu Nguyễn Xuân Quang - Lê Thanh Hòa - Huỳnh Thị Ngọc Tươi
1.2	ND 1.2: Tổng quan các giải pháp trữ nước mưa đô thị (tập trung - phân tán - kênh rạch)	Từ 12/2020 đến 01/2022	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Nguyễn Thanh Hùng - Trần Nguyễn Thiên Ân
1.3	ND 1.3: Đánh giá hiện trạng và hiệu quả các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập	Từ 01/2021 đến 02/2021	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Trần Nguyễn Thiên Ân - Nguyễn Thị Kim Uyên - Châu Nguyễn Xuân Quang - Nguyễn Đình Phúc - Hồ Văn Hòa - Trần Thị Kim Ngân - Huỳnh Thị Ngọc Tươi

Số TT	Các nội dung, công việc chủ yếu (Các mốc đánh giá chủ yếu)	Thời gian (Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)		Người, cơ quan thực hiện
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1.4	ND 1.4: Đánh giá hiệu quả giảm ngập của tiếp cận trữ nước mưa cho các lưu vực Nhiêu Lộc - Thị Nghè và Tân Hóa - Lò Gốm	Từ 01/2021 đến 03/2021	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Hồ Văn Hòa - Huỳnh Thị Ngọc Tươi
1.5	ND 1.5: Phân tích tính khả thi của tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập	Từ 02/2021 đến 05/2021	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Trần Nguyễn Thiên Ân - Nguyễn Đình Phúc - Lê Thị Thu Hà
	ND 1.6: Đánh giá sự đồng thuận của các bên liên quan về tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập	Từ 02/2021 đến 05/2021	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Lê Thị Thu Hà - Nguyễn Thế Văn
2	Nội dung 2: Cập nhật, kiểm định, hiệu chỉnh mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước chi tiết (chi tiết đến công cấp 3)			
2.1	ND 2.1: Đo đạc số liệu mực nước phục vụ hiệu chỉnh, kiểm định mô hình	Từ 12/2020 đến 02/2021	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Ngô Ngọc Hoàng Giang - Nguyễn Tiến Thành
2.2	ND 2.2: Cập nhật mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước (HTTN)	Từ 12/2020 đến 02/2021	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Hồ Văn Hòa - Cù Ngọc Thắng - Nguyễn Thị Kim Uyên

Số TT	Các nội dung, công việc chủ yếu (Các mốc đánh giá chủ yếu)	Thời gian (Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)		Người, cơ quan thực hiện
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
				- Nguyễn Đình Phúc - Đào Nguyên Khôi - Trần Nguyễn Thiên Ân - Tô Ngọc Hoài - Nguyễn Thị Hoa
2.3	ND 2.3: Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước	Từ 12/2020 đến 02/2021	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Đào Nguyên Khôi - Ngô Ngọc Hoàng Giang - Đoàn Thanh Vũ - Châu Nguyễn Xuân Quang - Hồ Văn Hòa - Cù Ngọc Thắng
3	Nội dung 3: Đề xuất giải pháp trữ nước mưa cho các vùng thoát nước			
3.1	ND 3.1: Cập nhật vị trí ao/hồ, vùng trũng thấp hiện hữu có khả năng trữ nước mưa	Từ 03/2021 đến 06/2021	Từ 01/2021 đến 10/2021	- Lê Thanh Hòa - Ngô Hoàng Đại Long - Nguyễn Thị Hoa - Phạm Quốc Khánh - Đào Phú Quốc - Nguyễn Tiến Thành
3.2	ND 3.2: Xây dựng các kịch bản trữ nước mưa theo các kịch bản mưa, mực nước và đô thị hóa	Từ 03/2021 đến 06/2021	Từ 03/2021 đến 12/2021	- Châu Nguyễn Xuân Quang - Đào Nguyên Khôi

Số TT	Các nội dung, công việc chủ yếu (Các mốc đánh giá chủ yếu)	Thời gian (Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)		Người, cơ quan thực hiện
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
	ND 3.3: Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho 7 vùng thoát nước theo các kịch bản bằng mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước	Từ 03/2021 đến 06/2021	Từ 03/2021 đến 12/2021	- Hồ Văn Hòa - Tô Ngọc Hoài - Cù Ngọc Thắng - Huỳnh Thị Ngọc Tươi - Đào Phú Quốc - Nguyễn Thị Kim Uyên - Nguyễn Thế Văn - Nguyễn Hồng Quân - Phạm Quốc Khánh - Trịnh Thanh Tú - Trần Thị Kim Ngân - Ngô Ngọc Hoàng Giang - Nguyễn Thị Hoa - Đào Nguyên Khôi - Nguyễn Đình Phúc - Nguyễn Thanh Hùng - Ngô Hoàng Đại Long - Trần Nguyễn Thiên Ân - Đoàn Thanh Vũ
	ND 3.4: Đề xuất giải pháp trữ nước mưa cho 7 vùng thoát nước	Từ 06/2021 đến 08/2021	Từ 03/2021 đến 12/2021	- Hồ Văn Hòa - Tô Ngọc Hoài - Huỳnh Thị Ngọc Tươi - Đào Phú Quốc

<i>Số TT</i>	<i>Các nội dung, công việc chủ yếu</i> (<i>Các mốc đánh giá chủ yếu</i>)	<i>Thời gian</i> (<i>Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm</i>)		<i>Người, cơ quan thực hiện</i>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
				- Nguyễn Thị Kim Uyên - Nguyễn Hồng Quân - Phạm Quốc Khánh - Trịnh Thanh Tú - Ngô Ngọc Hoàng Giang - Nguyễn Thị Hoa - Châu Nguyễn Xuân Quang - Đào Nguyên Khôi - Ngô Hoàng Đại Long - Đoàn Thanh Vũ - Trần Nguyễn Thiên Ân
4	Nội dung 4: Đề xuất các mô hình công trình trữ nước mưa điển hình phù hợp với điều kiện thực tiễn tại TP.HCM			
4.1	ND 4.1: Nhóm giải pháp trữ nước mưa tập trung: hồ hở, hồ ngầm, vùng trũng thấp	Từ 12/2021 đến 01/2022	Từ 03/2021 đến 12/2021	- Hồ Văn Hòa - Tô Ngọc Hoài - Ngô Hoàng Đại Long
4.2	ND 4.2: Nhóm giải pháp trữ nước mưa phân tán trong khu dân cư, công viên	Từ 01/2022 đến 05/2022	11/2022 đến 05/2023	- Nguyễn Hồng Quân - Trần Nguyễn Thiên Ân - Đoàn Thanh Vũ

Số TT	Các nội dung, công việc chủ yếu (Các mốc đánh giá chủ yếu)	Thời gian (Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)		Người, cơ quan thực hiện
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
4.3	ND 4.3: Nhóm giải pháp trữ quy mô hộ gia đình, công trình đơn lẻ	Từ 01/2022 đến 05/2022	11/2022 đến 05/2023	- Châu Nguyễn Xuân Quang - Trịnh Thanh Tú - Trần Thị Kim Ngân
4.4	ND 4.4: Xây dựng hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị	Từ 01/2022 đến 05/2022	11/2022 đến 05/2023	- Châu Nguyễn Xuân Quang - Trần Nguyễn Thiên Ân - Trịnh Thanh Tú
5	Nội dung 5: Thiết kế thí điểm giải pháp trữ nước mưa giảm ngập cho 3 khu vực điển hình (diện tích khu vực điển hình tối thiểu 50 ÷ 100ha)			
5.1	ND 5.1: Phân tích nội nghiệp lựa chọn 3 khu vực thiết kế thí điểm	Từ 02/2022 đến 03/2022	11/2022 đến 05/2023	- Hồ Văn Hòa - Châu Nguyễn Xuân Quang - Nguyễn Thị Hoa
5.2	ND 5.2: Thiết kế thí điểm giải pháp trữ nước mưa giảm ngập cho khu vực có địa hình cao, mật độ đô thị hóa cao và hệ thống thoát nước hoàn chỉnh	Từ 04/2022 đến 09/2022	11/2022 đến 05/2023	- Hồ Văn Hòa - Tô Ngọc Hoài - Nguyễn Thị Hoa - Lê Thị Thu Hà

Số TT	Các nội dung, công việc chủ yếu (Các mốc đánh giá chủ yếu)	Thời gian (Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)		Người, cơ quan thực hiện
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
5.3	ND 5.3: Thiết kế thí điểm giải pháp trữ nước mưa giảm ngập cho khu vực có mật độ đô thị hóa trung bình, có ao/ hồ hiện hữu	Từ 04/2022 đến 09/2022	11/2022 đến 05/2023	- Hồ Văn Hòa - Đoàn Thanh Vũ - Trịnh Thanh Tú - Lê Thị Thu Hà
5.4	ND 5.4: Thiết kế thí điểm giải pháp trữ nước mưa giảm ngập cho khu vực đang đô thị hóa, nằm vùng ở địa hình thấp	Từ 04/2022 đến 09/2022	11/2022 đến 05/2023	- Châu Nguyễn Xuân Quang - Lê Thị Thu Hà - Cù Ngọc Thắng - Đào Phú Quốc
6	Báo cáo tổng kết	Từ 06/2022 đến 11/2022	12/2022 đến 05/2023	- Hồ Văn Hòa - Ngô Ngọc Hoàng Giang

- Lý do thay đổi (nếu có):

III. SẢN PHẨM KH&CN CỦA NHIỆM VỤ

1. Sản phẩm KH&CN đã tạo ra

a) Sản phẩm dạng I

Số TT	Tên sản phẩm và chỉ tiêu chất lượng chủ yếu	Đơn vị đo	Số lượng	Theo kế hoạch	Thực tế đạt được
1					
2					
...					

- Lý do thay đổi (nếu có):

b) Sản phẩm dạng II :

STT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt		Ghi chú
		<i>Theo kế hoạch</i>	<i>Thực tế đạt được</i>	
1	Các báo cáo chuyên đề: - 01 Báo cáo “Tính khả thi và hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa tại đô thị TP.HCM” - 01 Báo cáo kết quả cập nhật, hiệu chỉnh, kiểm định mô hình mô phỏng HTTN - 03 bộ hồ sơ thiết kế thí điểm giải pháp trữ nước mưa giảm ngập	- Thể hiện được các luận điểm - Trình bày đầy đủ các nội dung yêu cầu của báo cáo chuyên đề, phương pháp luận, kết quả phân tích phải có cơ sở khoa học	- Thể hiện được các luận điểm - Trình bày đầy đủ các nội dung yêu cầu của báo cáo chuyên đề, phương pháp luận, kết quả phân tích phải có cơ sở khoa học	
2	Các bản đồ và CSDL: 01 Bộ dữ liệu bản đồ vị trí ao/hồ, vùng trũng thấp hiện hữu có khả năng trữ nước mưa (TL 1:25.000) 01 Bộ dữ liệu bản đồ dung tích và giải pháp trữ nước mưa theo các kịch bản (TL: 1:25.000)	(1) Đúng quy chuẩn bản đồ của bộ TN&MT (2) Thể hiện đầy đủ, tính chính xác, cập nhật, và pháp lý của thông tin. (3) Các bản đồ có hệ tọa độ quốc gia VN2000 theo quy định của Bộ TN&MT	(1) Đúng quy chuẩn bản đồ của bộ TN&MT (2) Thể hiện đầy đủ, tính chính xác, cập nhật, và pháp lý của thông tin. (3) Các bản đồ có hệ tọa độ quốc gia VN2000 theo quy định của Bộ TN&MT	
3	Báo cáo tóm tắt và báo cáo tổng kết	- Báo cáo tóm tắt phải rõ ràng, súc tích, thể hiện đầy đủ các nội dung chính của báo cáo tổng kết.	- Báo cáo tóm tắt phải rõ ràng, súc tích, thể hiện đầy đủ các nội dung chính của báo cáo tổng kết. - Báo cáo tổng kết phải:	

STT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt		Ghi chú
		<i>Theo kế hoạch</i>	<i>Thực tế đạt được</i>	
		<p>- Báo cáo tổng kết phải:</p> <p>+ Bố cục của báo cáo theo quy định về báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu</p> <p>+ Thể hiện được phương pháp luận tiếp cận để giải quyết vấn đề, phải có tính logic giữa các nội dung công việc thực hiện trong đề tài.</p> <p>+ Thể hiện được các kết quả nghiên cứu từ đề tài một cách cô đọng, dễ hiểu, các kết luận phải dựa trên cơ sở khoa học vững chắc và số liệu, dữ liệu đáng tin cậy.</p> <p>+ Thể hiện đầy đủ và đúng yêu cầu các kết quả cần đạt được của đề tài.</p>	<p>+ Bố cục của báo cáo theo quy định về báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu</p> <p>+ Thể hiện được phương pháp luận tiếp cận để giải quyết vấn đề, phải có tính logic giữa các nội dung công việc thực hiện trong đề tài.</p> <p>+ Thể hiện được các kết quả nghiên cứu từ đề tài một cách cô đọng, dễ hiểu, các kết luận phải dựa trên cơ sở khoa học vững chắc và số liệu, dữ liệu đáng tin cậy.</p> <p>+ Thể hiện đầy đủ và đúng yêu cầu các kết quả cần đạt được của đề tài.</p>	

- Lý do thay đổi (nếu có):

c) Sản phẩm dạng III : Bài báo ; Sách chuyên khảo ; và các sản phẩm khác

STT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt		Số lượng, nơi công bố (Tạp chí, nhà xuất bản)
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1	Bài báo trong nước	Tạp chí nằm trong danh mục hội đồng chức danh giáo sư nhà nước	Tạp chí nằm trong danh mục hội đồng chức danh giáo sư nhà nước	Số lượng: 01 bài Nơi công bố: Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Khoa học Trái đất và Môi trường, ĐHQG TP.HCM.
2	Bài báo quốc tế	Nằm trong danh mục Scopus, ISI	Bài báo quốc tế (nằm trong danh mục Scopus)	Số lượng: 01 Nơi công bố: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
3	Sách chuyên khảo : Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị	Được chấp nhận xuất bản	Được chấp nhận xuất bản	Số lượng: 01 Nơi xuất bản: Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

- Lý do thay đổi (nếu có):

d) Kết quả đào tạo:

STT	Cấp đào tạo, chuyên ngành đào tạo	Số lượng		Ghi chú (Thời gian kết thúc)
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1	Thạc sỹ ngành Quản lý Tài nguyên và Môi trường	01	03	

- Lý do thay đổi (nếu có):

đ) Tình hình đăng ký bảo hộ quyền sở hữu công nghiệp:

<i>Số TT</i>	<i>Tên sản phẩm đăng ký</i>	<i>Kết quả</i>		<i>Ghi chú (Thời gian kết thúc)</i>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1				
2				
...				

- Lý do thay đổi (nếu có):

e) Thông kê danh mục sản phẩm KHCN đã được ứng dụng vào thực tế

STT	Tên kết quả đã được ứng dụng	Thời gian	Địa điểm	Kết quả sơ bộ
1				
2				

2. Đánh giá về hiệu quả do nhiệm vụ mang lại:

a) Hiệu quả về khoa học và công nghệ:

(Nêu rõ danh mục công nghệ và mức độ nắm vững, làm chủ, so sánh với trình độ công nghệ so với khu vực và thế giới...)

- Nghiên cứu góp phần hoàn thiện phương pháp luận xác định các giải pháp trữ nước mưa cho khu vực đô thị hóa mật độ cao. Nghiên cứu góp phần nâng cao năng lực quản lý ngập lụt đô thị tại TP.HCM theo hướng liên ngành, lồng ghép mục tiêu chống ngập vào việc quy hoạch cảnh quan, môi trường sống của người dân.
- Về mặt công nghệ: đề tài cung cấp phương pháp ước tính dung tích trữ tổng quát, các giải pháp trữ nước mưa điển hình, có tính khả thi để xây dựng các công trình và giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập do ĐTH và BĐKH.

b) Hiệu quả về kinh tế xã hội:

(Nêu rõ hiệu quả làm lợi tính bằng tiền dự kiến do nhiệm vụ tạo ra so với các sản phẩm cùng loại trên thị trường...)

- Kết quả nghiên cứu đáp ứng nhu cầu cấp bách của cơ quan quản lý nhà nước, đơn vị tư vấn, chủ đầu tư trong công tác ra quyết định, hoạch định chính sách, triển khai thực hiện và quản lý vận hành, duy tu các công trình và giải pháp trữ nước mưa góp phần giải quyết ngập lụt đô thị do tác động của và BĐKH tại TP.HCM.

- Kết quả nghiên cứu cung cấp những thông tin có giá trị cho các cơ quan quản lý nhà nước, hoạch định chính sách, nhà khoa học, đơn vị tư vấn và tổ chức đầu tư trong các lĩnh vực: xây dựng cơ sở hạ tầng, quy hoạch đô thị, thủy lợi, môi trường và xã hội.
- Kết quả của đề tài cung cấp các thông tin quan trọng cho các dự án chính trang đô thị, phát triển kết cấu hạ tầng, giao thông.

3. Tình hình thực hiện chế độ báo cáo, kiểm tra của nhiệm vụ:

<i>Số TT</i>	<i>Nội dung</i>	<i>Thời gian thực hiện</i>	<i>Ghi chú</i> <i>(Tóm tắt kết quả, kết luận chính, người chủ trì...)</i>
I	Báo cáo tiến độ		
	Lần 1	06/2021	
	Lần 2	06/2022	
	Lần 3	12/2022	
II	Báo cáo giám định		
	Lần 1	12/2021	
	Lần 2	03/2022	
III	Nghiệm thu cơ sở	16/05/2023	Hội đồng tư vấn đã đồng ý thông qua kết quả và đề nghị chỉnh sửa bổ sung trước khi trình nộp hồ sơ cho Sở KH&CN TP.HCM

Chủ nhiệm đề tài

(Họ tên, chữ ký)

Thủ trưởng tổ chức chủ trì

(Họ tên, chữ ký và đóng dấu)

ThS. Hồ Văn Hòa

GS. TS. Lê Thanh Hải

MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	i
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	vii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ.....	xi
CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU	1
1.1. Đặt vấn đề	1
1.2. Mục tiêu	3
1.2.1. Mục tiêu tổng quát.....	3
1.2.2. Mục tiêu cụ thể.....	3
1.3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	3
1.3.1. Đối tượng nghiên cứu.....	3
1.3.2. Phạm vi nghiên cứu.....	4
1.4. Nội dung nghiên cứu	5
1.5. Cách tiếp cận và kỹ thuật nghiên cứu	6
1.5.1. Cách tiếp cận	6
1.5.2. Kỹ thuật nghiên cứu	7
1.6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn	8
1.6.1. Ý nghĩa khoa học.....	8
1.6.2. Ý nghĩa thực tiễn.....	8
1.7. Cấu trúc của báo cáo.....	9
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU.....	10
2.1. Tóm tắt	10
2.2. Tổng quan về ĐTH và BĐKH tại TP.HCM	10
2.2.1. Tổng quan về diễn biến ĐTH tại TP.HCM.....	10
2.2.2. Tổng quan về tác động của BĐKH tại TP.HCM	14
2.3. Tổng quan tình trạng ngập lụt tại TP.HCM.....	17
2.4. Tổng quan các quy hoạch và quá trình phát triển HTTN tại TP.HCM	18
2.5. Giới thiệu về nguyên lý trữ nước mưa đô thị	21
2.6. Tổng quan các giải pháp trữ nước mưa phân tán.....	23
2.7. Các chương trình trữ nước mưa phổ biến theo tiếp cận trữ phân tán	36

2.8. Tổng quan các giải pháp trữ nước tập trung.....	45
2.9. Tổng quan các giải pháp trữ nước trong hệ thống kênh/rạch hiện hữu	49
2.10. Tổng quan các nghiên cứu liên quan đến trữ nước mưa tại TP.HCM.....	55
2.11. Tiểu kết.....	61
CHƯƠNG 3: DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	62
3.1. Tóm tắt.....	62
3.2. Tóm tắt thông tin khu vực TP.HCM.....	62
3.3. Dữ liệu.....	68
3.3.1. Dữ liệu khí tượng - thủy văn	68
3.3.2. Dữ liệu giải đoán ảnh viễn thám	70
3.3.3. Dữ liệu quy hoạch sử dụng đất.....	71
3.3.4. Dữ liệu địa hình và địa chất thủy văn	72
3.3.5. Dữ liệu mạng lưới sông/kênh rạch và hệ thống thoát nước	72
3.3.6. Dữ liệu từ các đề tài, dự án có liên quan.....	74
3.3.7. Dữ liệu quan trắc mực nước cửa xả	75
3.3.8. Dữ liệu khảo sát thực địa.....	76
3.3.9. Tiểu kết.....	76
3.4. Phương pháp nghiên cứu.....	77
3.4.1. Phương pháp thu thập, xử lý và tổng hợp tài liệu	77
3.4.2. Phương pháp thống kê.....	78
3.4.3. Phương pháp mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước mưa	81
3.4.4. Phương pháp ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết.....	104
3.4.5. Phương pháp điều tra xã hội học và tham vấn ý kiến chuyên gia.....	116
CHƯƠNG 4: ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ VÀ TÍNH KHẢ THI CỦA CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA	119
4.1. Tóm tắt.....	119
4.2. Đánh giá tác động của ĐTH và BDKH đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM.....	120
4.2.1. Đánh giá tác động của ĐTH đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM.....	120
4.2.2. Đánh giá tác động của BDKH đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM.....	122
4.2.3. Tác động tổng hợp của ĐTH và BDKH đến ngập lụt TP.HCM.....	123
4.3. Đánh giá tính khả thi và hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa	125
4.3.1. Tính khả thi về mặt kỹ thuật, môi trường và sinh thái	125

4.3.2. Tính khả thi về mặt kinh tế - tài chính	130
4.4.Đánh giá hiệu quả của giải pháp trữ nước mưa cho lưu vực NLTN và THLG	133
4.4.1. Đánh giá hiệu quả giảm ngập khu vực NLTN	133
4.4.2. Đánh giá hiệu quả giảm ngập lưu vực THLG	138
4.5. Đánh giá hiện trạng và hiệu quả các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập	141
4.6. Đánh giá sự đồng thuận của các bên liên quan về tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập	146
4.6.1. Phân tích sự đồng thuận của người dân	146
4.6.2. Tham vấn ý kiến chuyên gia về giải pháp trữ nước mưa giảm ngập	151
4.7. Tiểu kết.....	159
CHƯƠNG 5: ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA	161
5.1. Tóm tắt	161
5.2. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết	162
5.2.1. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng phía Bắc	162
5.2.2. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng phía Tây	163
5.2.3. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng phía Nam	164
5.2.4. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng Trung tâm	165
5.2.5. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng Đông Bắc	167
5.2.6. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng phía Đông Nam.....	168
5.2.7. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng nằm giữa dự án kiểm soát triều Trung Nam và QH752.....	169
5.2.8. Tổng hợp ước tính dung tích trữ nước cho toàn bộ vùng nghiên cứu.....	170
5.2.9. Ước lượng dung tích cần điều tiết để hệ thống hiện trạng phát triển theo thiết kế đã quy hoạch đến 2025	176
5.3. Xác định các khu vực trũng thấp và ao hồ hiện hữu có khả năng trữ nước mưa	177
5.3.1. Mô tả phương pháp xác định các vùng trũng thấp và ao hồ hiện hữu có khả năng trữ nước mưa	177
5.3.2. Thống kê các khu vực trũng thấp có khả năng trữ nước mưa.....	178
5.3.3. Thống kê các ao hồ hiện hữu có khả năng trữ nước mưa	179
5.4. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa.....	182

5.4.1. Nguyên tắc phân bổ dung tích trữ nước mưa	182
5.4.2. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa cho các vùng thoát nước	184
5.5. Khuyến nghị hành lang hứng nước mưa dựa và dung tích có thể trữ trên sông/kênh	210
5.6. Đề xuất các mô hình trữ nước mưa điển hình cho TP.HCM.....	213
5.6.1. Nhóm giải pháp trữ nước mưa quy mô tập trung.....	213
5.6.2. Nhóm giải pháp trữ nước mưa phân tán.....	219
5.6.3. Nhóm giải pháp trữ nước mưa quy mô công trình.....	225
5.7. Tiểu kết.....	231
CHƯƠNG 6: NGHIÊN CỨU THÍ ĐIỂM CÁC MÔ HÌNH TRỮ NƯỚC MƯA ĐIỂN HÌNH	233
6.1. Phân tích lựa chọn các vị trí nghiên cứu điển hình	233
6.2. Giải pháp trữ nước mưa phân tán	234
6.2.1. Thông tin chung về lưu vực thí điểm	234
6.2.2. Thiết kế giải pháp trữ nước mưa	236
6.2.3. Dự toán chi phí	247
6.3. Giải pháp trữ nước mưa bằng hồ hồ kết hợp kênh rạch hiện hữu.....	248
6.3.1. Thông tin chung về lưu vực thí điểm rạch Thủ Đức	248
6.3.2. Thiết kế giải pháp trữ nước mưa	249
6.3.3. Dự toán chi phí	265
6.4. Giải pháp trữ nước mưa bằng hồ điều tiết ngầm.....	265
6.4.1. Thông tin chung về lưu vực thí điểm đường 3/2, Quận 10	265
6.4.2. Thiết kế giải pháp trữ nước mưa	266
6.4.3. Dự toán chi phí	278
Chương 7: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	279
7.1. Kết luận	279
7.2. Kiến nghị.....	282
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	284
PHỤ LỤC	PL-1

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Chú giải	Tên tiếng Anh
ADB	Ngân hàng châu Á	Asian Development Bank
BĐKH	Biến đổi khí hậu	
BTCT	Bê tông cốt thép	
CGP và PGP	Via hè lưới bê tông và nhựa	Concrete and plastic grid pavers
ĐTH	Đô thị hóa	
GCCW	Thành phố Xanh, Nước sạch	Green City, Clean Waters
GI	Hạ tầng xanh	Green Infrastructure
GIS	Hệ thống thông tin địa lý	Geographic Information System
ha	Đơn vị diện tích héc ta	Hecta
HT	Hiện trạng	
HTTN	Hệ thống thoát nước	
KH&CN	Khoa học và Công nghệ TP.HCM	
KHTLMN	Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam	
KTTV	Khí tượng thủy văn	
KT-XH	Kinh tế, xã hội	
LID	Phát triển tác động thấp	Low impact development
LIUDD	Thiết kế và Phát triển Đô thị Tác động Thấp	Low Impact Urban Design and Development
MAOUDC	Kênh thoát nước ngầm vòng ngoài khu vực đô thị	Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel
MT&TN	Môi trường và Tài nguyên	
NBD	Nước biển dâng	
NĐ-CP	Nghị định Chính phủ	
NLTN	Nhiều Lộ Thị Nghè	
NN&PTNT	Nông nghiệp và Phát triển nông thôn	
NSE	Hệ số tương quan Nash–Sutcliffe	Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient

Từ viết tắt	Chú giải	Tên tiếng Anh
PICP	Via hè bê tông có khả năng thấm	Permeable interlocking concrete pavers
QĐ-TTg	Quyết định Thủ tướng Chính phủ	
QH	Quy hoạch	
RCP	Đường nồng độ khí nhà kính đại diện	
SGĐN	Sài Gòn Đồng Nai	
SPC	Thành phố Bọt biển	Sponge city
SUDS	Hệ thống thoát nước đô thị bền vững	Sustainable Urban Drainage Systems
SWMM	Mô hình quản lý nước mưa	Storm Water Management Model
SWOT	Điểm mạnh, Điểm yếu, Cơ hội, Thách thức	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TDR	Cơ chế chuyển nhượng quyền phát triển	Transferable Development Rights
THLG	Tân Hóa Lò Gốm	
TP.HCM	Thành phố Hồ Chí Minh	
WSUD	Thiết kế đô thị nhạy cảm với nước	Water Sensitive Urban Design
V-I-P	Đường cong quan hệ giữa Thể tích – Diện tích không thấm – Lượng mưa	Relation Curve of Volume – Impervious area – Precipitation
V-C-P	Đường cong quan hệ giữa Thể tích – Hệ số chảy tràn – Lượng mưa	Relation Curve of Volume – Coefficient of Runoff – Precipitation

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2.1 Tỷ lệ (%) diện tích bề mặt không thấm của 7 vùng thoát nước	13
Bảng 2.2 Thay đổi lượng mưa tại TP.HCM theo kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5	16
Bảng 2.3 Nguy cơ ngập vì nước biển dâng do BĐKH-NBD.....	16
Bảng 2.4 Một số ưu/nhược điểm của các giải pháp trữ nước mưa	34
Bảng 2.5 Thống kê các giải pháp trữ nước mưa tại Seoul 2016.....	42
Bảng 3.1 Dân số TP.HCM phân theo khu vực năm 2021.....	67
Bảng 3.2 Thông tin các trạm quan trắc mưa	68
Bảng 3.3 Thống kê mức tăng diện tích bề mặt không thấm giai đoạn 1985 - 2020	70
Bảng 3.4 Bảng tổng hợp quy hoạch sử dụng đất đến năm 2025.....	71
Bảng 3.5 Các hệ số của hàm Wenzel biểu diễn đường cong IDF.....	80
Bảng 3.6 Tổng hợp chỉ số thống kê tại các trạm thủy văn (01/06 – 08/06/2009)	93
Bảng 3.7 Thống kê kiểm định mực nước 01/03/2015 – 30/03/2015	94
Bảng 3.8 Kịch bản tổng quát ước tính dung tích trữ cần thiết theo V-I-P.....	107
Bảng 3.9 Tổng hợp các kịch bản trữ nước mưa cần thiết theo V-I-P	108
Bảng 3.10 Kịch bản tổng quát ước tính dung tích trữ cần thiết theo V-C-P....	112
Bảng 3.11 Kịch bản cụ thể ước tính dung tích trữ cần thiết theo V-C-P.....	113
Bảng 4.1 Thống kê kịch bản tác động của ĐTH đến ngập lụt tại TP.HCM	121
Bảng 4.2 Thống kê kịch bản tác động của BĐKH đến ngập lụt tại TP.HCM.	123
Bảng 4.3 Kịch bản tác động tổng hợp của ĐTH và BĐKH lên ngập lụt TP.HCM	124
Bảng 4.4 Phân tích SWOT tính khả thi về mặt kỹ thuật, môi trường sinh thái	125
Bảng 4.5 Tổng quan mức độ hiệu quả tiềm năng của các giải pháp trữ nước mưa theo khía cạnh kỹ thuật, môi trường	130

Bảng 4.6 Phân tích SWOT tính khả thi về mặt kỹ thuật, môi trường sinh thái	130
Bảng 4.7 Tổng quan mức độ hiệu quả tiềm năng của các giải pháp trữ nước mưa theo khía cạnh kinh tế - tài chính	133
Bảng 4.8 Thông số của các hồ điều hòa đề xuất.....	135
Bảng 4.9 Hiệu quả của các kịch bản trữ nước phân tán lưu vực NLTN.....	138
Bảng 4.10 Hiệu quả của các kịch bản trữ nước phân tán lưu vực THLG.....	140
Bảng 4.11 Thứ tự ưu tiên nếu áp dụng giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM (%)	148
Bảng 4.12 Tính khả thi và mức độ hiệu quả khi áp dụng trữ nước mưa giảm ngập	154
Bảng 4.13 Nhận định về khả năng lồng ghép của các giải pháp trữ nước mưa	158
Bảng 5.1 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Bắc (V-I-P)	162
Bảng 5.2 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Bắc (V-C-P).....	162
Bảng 5.3 Ước lượng diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Tây (V-I-P)....	163
Bảng 5.4 Ước lượng diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Tây (V-C-P) ..	163
Bảng 5.5 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Nam (V-I-P)	164
Bảng 5.6 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Nam (V-C-P)	165
Bảng 5.7 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng Trung tâm (V-I-P)	166
Bảng 5.8 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng Trung Tâm (V-C-P).....	166
Bảng 5.9 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng Đông Bắc (V-I-P)	167

Bảng 5.10 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng Đông Bắc (V-C-P).....	167
Bảng 5.11 Ước lượng diện tích bố trí và chi phí cho vùng Đông Nam (V-I-P).....	168
Bảng 5.12 Ước lượng diện tích bố trí và chi phí cho vùng Đông Nam (V-C-P).....	168
Bảng 5.13 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng giữa QH752 và Trung Nam (V-I-P).....	169
Bảng 5.14 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng giữa QH752 và Trung Nam (V-C-P).....	169
Bảng 5.15 Ước lượng dung tích trữ, diện tích cần bố trí và chi phí thực hiện toàn vùng nghiên cứu (V-I-P).....	170
Bảng 5.16 Ước lượng dung tích trữ, diện tích cần bố trí và chi phí thực hiện toàn vùng nghiên cứu (V-C-P).....	173
Bảng 5.17 Dung tích trữ cần thiết để hệ thống hiện trạng phát triển theo định hướng quy hoạch 2025.....	176
Bảng 5.18 Bảng tổng hợp các khu vực trũng thấp.....	179
Bảng 5.19 Bảng tổng hợp các ao hồ hiện hữu.....	180
Bảng 5.20 Phân bổ trữ nước mưa vùng phía Bắc theo V-I-P.....	186
Bảng 5.21 Phân bổ trữ nước mưa vùng phía Bắc theo V-C-P.....	187
Bảng 5.22 Phân bổ trữ nước mưa vùng phía Tây theo V-I-P.....	190
Bảng 5.23 Phân bổ trữ nước mưa vùng phía Tây theo V-C-P.....	190
Bảng 5.24 Phân bổ trữ nước mưa vùng phía Nam theo V-I-P.....	192
Bảng 5.25 Phân bổ trữ nước mưa vùng phía Nam theo V-C-P.....	193
Bảng 5.26 Phân bổ trữ nước mưa vùng Trung Tâm theo V-I-P.....	196
Bảng 5.27 Phân bổ trữ nước mưa vùng Trung Tâm theo V-C-P.....	198
Bảng 5.28 Phân bổ trữ nước mưa vùng Đông Bắc theo V-I-P.....	201
Bảng 5.29 Phân bổ trữ nước mưa vùng Đông Bắc theo V-C-P.....	202
Bảng 5.30 Phân bổ trữ nước mưa vùng Đông Nam theo V-I-P.....	204
Bảng 5.31 Phân bổ trữ nước mưa vùng Đông Nam theo V-C-P.....	205

Bảng 5.32 Phân bổ trữ nước mưa vùng giữa QH752 và Trung Nam (V-I-P) .	208
Bảng 5.33 Phân bổ trữ nước mưa vùng giữa QH752 và Trung Nam (V-C-P)	208
Bảng 6.1 Bảng tổng hợp các kịch bản mô phỏng ngập lụt LV khu dân cư ĐTL	239
Bảng 6.2 Thống kê dung tích và mực nước ngập lớn nhất khu dân cư ĐTL ..	240
Bảng 6.3 Thống kê số lượng và dung tích tiềm năng của cấu kiện trữ.....	242
Bảng 6.4 Hiệu quả giảm ngập của công trình trữ nước mưa đối với KDC ĐTL	242
Bảng 6.5 Hiệu quả giảm ngập của công trình trữ nước mưa đối.....	244
Bảng 6.6 Bảng tổng hợp các kịch bản mô phỏng ngập lụt LV rạch Thủ Đức.	254
Bảng 6.7 Bảng thống kê dung tích ngập khu vực nghiên cứu và mực nước ngập lớn nhất đoạn đường Kha Vạn Cân.....	255
Bảng 6.8 Tổng hợp các kịch bản khu vực nghiên cứu sau khi có công trình ..	257
Bảng 6.9 Hiệu quả giảm ngập của công trình trữ nước mưa tại lưu vực RTD	258
Bảng 6.10 Bảng tổng hợp các kịch bản mô phỏng ngập lụt LV đường 3/2	271
Bảng 6.11 Bảng thống kê dung tích ngập và mực nước ngập lớn nhất đường 3/2 (đoạn LHP đến HVHC).....	272
Bảng 6.12 Các bước kiểm tra chi tiết.....	277

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1.1 Phạm vi nghiên cứu của đề tài	4
Hình 1.2 Khung tiếp cận các nội dung nghiên cứu của đề tài.....	7
Hình 2.1 Sự thay đổi tỷ lệ (%) diện tích đất không thấm tại TP.HCM	11
Hình 2.2 Phân loại bề mặt không thấm và thấm khu vực TP.HCM giai đoạn 1985-2020 bằng dữ liệu viễn thám	12
Hình 2.3 Tỷ lệ (%) diện tích bề mặt không thấm 7 vùng thoát nước	13
Hình 2.4 Thống kê các trận mưa lớn giai đoạn 1982-2021	15
Hình 2.5 Xu thế trận mưa 45 phút giai đoạn 1982 – 2021 tại trạm Tân Sơn Hòa	15
Hình 2.6 Số tuyến đường ngập do mưa trên địa bàn TP.HCM (2000-2021).....	17
Hình 2.7 Số tuyến đường ngập do triều trên địa bàn TP.HCM (2005-2021)	18
Hình 2.8 Tổng quan quá trình phát triển HTTN khu vực TP.HCM	19
Hình 2.9 Tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập	23
Hình 2.10 Minh họa về mái nhà xanh tại văn phòng Washington, Hoa Kỳ	24
Hình 2.11 Minh họa giải pháp thùng chứa nước mưa	25
Hình 2.12 Cấu tạo của một vỉa hè thấm	26
Hình 2.13 Một số hình ảnh về vỉa hè thấm [31]	27
Hình 2.14 Một ví dụ về thực hành Ô trữ sinh học	28
Hình 2.15 Rãnh thấm tại khô và ướt tại khuôn viên Đại học Sains, Malaysia ..	29
Hình 2.16 Mặt cắt ngang một rãnh thực vật.....	30
Hình 2.17 Cấu tạo hồ ngầm bê tông cốt thép.....	32
Hình 2.18 Hồ ngầm công nghệ Cross-wave	33
Hình 2.19 Minh họa tường vây khi thiết kế hồ ngầm	33
Hình 2.20 Một số hình dạng khoan của cọc Barrette.....	34
Hình 2.21 Công viên Fengxiang, Hạ Khẩu, Trung Quốc	38
Hình 2.22 Hướng tiếp cận của chương trình ABC	39
Hình 2.23 Trung tâm thể thao Sport Hub, Singapore	40
Hình 2.24 Vùng đất ngập nước và rãnh thấm, ô trữ sinh học khu vực trung tâm thể thao	40

Hình 2.25 Khung cảnh công viên Songdo Central, Hàn Quốc	43
Hình 2.26 Hệ thống hồ ngầm tại công viên Songdo Central	44
Hình 2.27 Một góc dự án TARP	46
Hình 2.28 Hình ảnh bên trong dự án G-Cans.....	47
Hình 2.29 Hồ điều tiết Pang Sua, Singapore.....	48
Hình 2.30 Hình ảnh dự án Kemling	49
Hình 2.31 Nguyên lý kết hợp trữ nước trên sông/kênh và hồ điều tiết [68].....	50
Hình 2.32 Hồ điều tiết Arakawa số 1 tại Saitama, Nhật Bản.....	51
Hình 2.33 Hệ thống trữ lũ khu vực trung tâm thể thao Yokohama	52
Hình 2.34 Sân vận động Nissan trước và sau khi có lũ [70].....	52
Hình 2.35 Khu vực hồ điều tiết của công viên Liupanshui	53
Hình 2.36 Thiết kế công viên Minghu với chủ đạo là hồ điều tiết và các vùng đất ngập nước	54
Hình 2.37 Kênh Cheonggyecheon trước và sau khi cải tạo.....	55
Hình 3.1 Bản đồ phạm vi khu vực TP.HCM	62
Hình 3.2 Bản đồ địa hình khu vực TP.HCM	65
Hình 3.3 Bản đồ vị trí các trạm quan trắc mưa	69
Hình 3.4 Vị trí các trạm thủy văn phục vụ hiệu chỉnh/kiểm định mô hình toán	70
Hình 3.5 Minh họa quá trình lắp đặt sensor ghi mực nước.....	75
Hình 3.6 Đường cong IDF cho trạm Tân Sơn Hòa (1982-2019).....	79
Hình 3.7 Biểu đồ mưa thiết kế với chu kỳ lặp lại $P = 5$ năm.....	80
Hình 3.8 Biểu đồ mưa thiết kế với chu kỳ lặp lại $P = 10$ năm.....	81
Hình 3.9 Biểu đồ mưa thiết kế với chu kỳ lặp lại $P = 20$ năm.....	81
Hình 3.10 Sơ đồ hóa tính toán dòng chảy tràn của tiểu lưu vực.....	82
Hình 3.11 Mô hình hồ chứa phi tuyến của tiểu lưu vực	82
Hình 3.12 Bản đồ phân vùng mô phỏng mô hình EPA-SWMM.....	83
Hình 3.13 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực Trung tâm	84
Hình 3.14 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực phía Tây và dự án Trung Nam	85
Hình 3.15 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực phía Nam	85

Hình 3.16 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực phía Bắc	86
Hình 3.17 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực phía Đông	86
Hình 3.18 Sơ đồ thủy lực hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai.....	88
Hình 3.19 Minh họa liên kết giữa mô hình MIKE11 và EPA-SWMM.....	91
Hình 3.20 Vị trí kết nối mô hình MIKE 11 và EPA-SWMM.....	92
Hình 3.21 Hiệu chỉnh lưu lượng tại trạm Kinh Lộ.....	93
Hình 3.22 Hiệu chỉnh mực nước tại trạm Kinh Lộ	94
Hình 3.23 Kiểm định lưu lượng tại Nhà Bè.....	94
Hình 3.24 Kiểm định mực nước tại Nhà Bè	95
Hình 3.25 Hiệu chỉnh mô hình cho trận mưa ngày 25-26/11/2018	95
Hình 3.26 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực tế tại các điểm trên tuyến đường khu Tây TP.HCM	96
Hình 3.27 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực tế tại các điểm trên tuyến đường khu Nam TP.HCM.....	96
Hình 3.28 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực tế tại các điểm trên tuyến đường khu Bắc	97
Hình 3.29 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực tế tại các điểm trên tuyến đường khu Đông.....	97
Hình 3.30 Vị trí quan trắc mực nước tại lưu vực NLTN	98
Hình 3.31 Kiểm định mực nước tại trạm NLTN_2, trận mưa 02/06/2022	99
Hình 3.32 Kiểm định mực nước tại trạm NLTN_2, trận mưa 15/08/2022	99
Hình 3.33 Vị trí các trạm quan trắc thuộc lưu vực THLG.....	100
Hình 3.34 Kiểm định mực nước tại trạm THLG_4, trận mưa 02/06/2022	100
Hình 3.35 Kiểm định mực nước tại trạm THLG_4, trận mưa 15/08/2022	101
Hình 3.36 Vị trí quan trắc mực nước tại lưu vực rạch Thủ Đức.....	101
Hình 3.37 Kiểm định mực nước tại trạm TD_3, trận mưa 02/06/2022	102
Hình 3.38 Kiểm định mực nước tại trạm TD_3, trận mưa 15/08/2022	102
Hình 3.39 Vị trí quan trắc mực nước tại lưu vực Thảo Điền.....	103
Hình 3.40 Kiểm định mực nước tại trạm TĐ2, trận mưa 02/06/2022	103
Hình 3.41 Kiểm định mực nước tại trạm TĐ2, trận mưa 15/08/2022	104

Hình 3.42 Minh họa sơ đồ bố trí HTTN cơ bản và trữ nước mưa bổ sung	105
Hình 3.43 Khung tiến trình ước lượng dung tích trữ nước mưa theo V-I-P....	110
Hình 3.44 Ước lượng dung tích cần trữ của hệ thống hiện trạng theo V-I-P ..	111
Hình 3.45 Minh họa xác định hệ số chảy tràn quy hoạch C_0 theo ô lưới	114
Hình 3.46 Khung tiến trình ước lượng dung tích trữ theo V-C-P.....	115
Hình 3.47 Ước lượng dung tích cần trữ của hệ thống hiện trạng theo V-C-P.	116
Hình 3.48 Sơ đồ các bước để khảo sát và xử lý số liệu khảo sát.....	117
Hình 3.49 Sơ đồ khảo sát theo cụm	118
Hình 4.1 Tiến trình thực hiện Chương 4	119
Hình 4.2 Minh họa biến động hệ thống thủy văn trước và sau khi đô thị hóa.	120
Hình 4.3 So sánh thay đổi các đại lượng thủy văn trước và sau khi đô thị hóa	121
Hình 4.4 Thống kê các điểm ngập nước theo các KB	122
Hình 4.5 Thống kê số lượng điểm ngập nước do tác động của BDKH.....	123
Hình 4.6 Thống kê số lượng điểm ngập nước do tác động của ĐTH và BDKH	124
Hình 4.7 Vị trí các hồ điều tiết.....	135
Hình 4.8 Đường quá trình mực nước mô phỏng trong hố ga tại đường Cộng Hòa (khu vực công viên Hoàng Văn Thụ).....	136
Hình 4.9 Đường quá trình mực nước mô phỏng trong hố ga tại đường Điện Biên Phủ (khu vực công viên Văn Thánh)	136
Hình 4.10 Đường quá trình mực nước mô phỏng trong hố ga tại đường 3 tháng 2 (khu vực công viên Kỳ Hòa)	137
Hình 4.11 Mô phỏng kịch bản trữ nước phân tán GP1 và GP2	137
Hình 4.12 Vị trí hồ điều tiết Bàu Cát	138
Hình 4.13 Hiệu quả hạ thấp mực nước khi bố trí hồ điều tiết Bàu Cát	139
Hình 4.14 Mô phỏng kịch bản trữ nước phân tán GP1 và GP2.....	140
Hình 4.15 Mô hình hồ trữ nước mưa và điều tiết dòng chảy khu vực hồ Bán Nguyệt, Quận 7	142

Hình 4.16 Mô hình trữ nước mưa và điều tiết dòng chảy tràn tại khu vực Jamonacity, Đào Trí, Quận 7	142
Hình 4.17 Hình ảnh thi công và lắp đặt hồ ngầm Crosswave Võ Văn Ngân .	144
Hình 4.18 Hồ điều tiết Thanh Đa	145
Hình 4.19 Hồ điều tiết Mễ Cốc	145
Hình 4.20 Tỷ lệ hộ dân được phỏng vấn tại các khu vực nghiên cứu	146
Hình 4.21 Đánh giá sự đồng thuận của người dân nếu áp dụng các giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM.....	147
Hình 4.22 Sự đồng thuận của người dân về việc đóng góp kinh phí xây dựng hệ thống trữ nước mưa tập trung tại địa phương	148
Hình 4.23 Sự đồng thuận của người dân về việc đóng góp kinh phí bảo trì hệ thống trữ nước mưa tập trung tại địa phương	149
Hình 4.24 Sự đồng thuận của người dân về việc đóng góp kinh phí bảo trì hệ thống trữ nước mưa phân tán tại địa phương.....	150
Hình 4.25 Sự đồng thuận của người dân trong việc tham gia các buổi hướng dẫn kỹ thuật về giải pháp trữ nước mưa giảm ngập quy mô hộ gia đình	151
Hình 4.26 Nhận định về nguyên nhân và tình hình ngập lụt trong tương lai ..	152
Hình 4.27 Nhận định mức độ ảnh hưởng của BĐKH và ĐTH hiện trạng và tương lai	153
Hình 4.28 Mức độ hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa.....	154
Hình 4.29 Nhận định về vị trí áp dụng tiềm năng.....	155
Hình 4.30 Nhận định về nguyên lý áp dụng	155
Hình 4.31 Nhận định về tính khả thi của các giải pháp	156
Hình 4.32 Nhận định về các giải pháp phi công trình	157
Hình 4.33 Nhận định về quy mô áp dụng	157
Hình 4.34 Nhận định về khả năng lồng ghép.....	159
Hình 5.1 Đường quan hệ V-I-P giữa các tiểu vùng nghiên cứu	172
Hình 5.2 Dung tích trữ cho 7 vùng thoát nước theo V-I-P (P=10 năm/I≥65%)	172
Hình 5.3 Đường quan hệ V-C-P giữa các tiểu vùng nghiên cứu	174

Hình 5.4 Dung tích trữ cho 7 vùng thoát nước theo V-C-P (P=10 năm/C=0,55)	175
Hình 5.5 Sơ đồ trình tự thực hiện xây dựng bản đồ vị trí ao, hồ các vùng trũng thấp	178
Hình 5.6 Bản đồ vị trí ao/ hồ và vùng trũng thấp có khả năng trữ nước mưa .	181
Hình 5.7 Định hướng phân bố dung tích trữ nước mưa trong khu vực đô thị .	182
Hình 5.8 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng phía Bắc.....	185
Hình 5.9 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng phía Tây.....	188
Hình 5.10 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng phía Nam	191
Hình 5.11 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng Trung tâm.....	195
Hình 5.12 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng Đông Bắc.....	200
Hình 5.13 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng Đông Nam	203
Hình 5.14 Bản đồ địa hình và thủy hệ vùng nằm giữa phạm vi dự án Trung Nam và QH752	207
Hình 5.15 Bản đồ ước lượng và phân bố dung tích trữ nước mưa cho 7 vùng thoát nước theo kịch bản P = 10 năm, ĐTH $\geq 65\%$	210
Hình 5.16 Minh họa vùng thể tích trữ trên kênh tiềm năng.....	211
Hình 5.17 Dung tích trữ tiềm năng cho từng mức mực nước hữu ích.....	211
Hình 5.18 Bản đồ đề xuất hành lang hứng nước mưa cho TP.HCM.....	213
Hình 5.19 Minh họa mặt bằng hồ điều tiết hở	214
Hình 5.20 Minh họa mặt bằng thiết kế vùng trũng thấp làm hồ điều tiết khô .	216
Hình 5.21 Minh họa nguyên lý hoạt động hồ ngầm	218
Hình 5.22 Mặt cắt thiết kế hồ ngầm công nghệ Cross-wave	219
Hình 5.23 Minh họa mặt bằng giải pháp hồ điều tiết.....	220
Hình 5.24 Mặt cắt dọc giải pháp hồ điều tiết hở dạng trữ nước	220
Hình 5.25 Mặt cắt dọc giải pháp hồ điều tiết ở dạng thấm	221
Hình 5.26 Rãnh thấp được xây dựng trong khu vực dự án nhà ở tại.....	221
Hình 5.27 Bản vẽ mặt cắt dọc một rãnh thấm điển hình.....	223
Hình 5.28 Bản vẽ mặt cắt dọc mô hình ô trữ sinh học.....	225
Hình 5.29 Cấu trúc của một mái nhà xanh điển hình.....	226

Hình 5.30 Bản vẽ thiết kế mái nhà xanh cho tòa nhà	227
Hình 5.31 Minh họa thiết kế bể chứa mặt đất	228
Hình 5.32 Thiết kế bể chứa ngầm cho tòa nhà.....	230
Hình 5.33 Minh họa thiết kế bể chứa trên sân thượng.....	230
Hình 6.1 Vị trí và phạm vi giới hạn khu dân cư Đông Tăng Long.....	235
Hình 6.2 Bản đồ địa hình khu dân cư Đông Tăng Long.....	236
Hình 6.3 Sơ đồ thống thoát nước mưa khu vực nghiên cứu	237
Hình 6.4 Phân bố bề mặt không thấm theo bản đồ QH khu dân cư ĐTL.....	238
Hình 6.5 Thông tin cơ bản của mô hình HTTN LV khu dân cư ĐTL.....	238
Hình 6.6 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước LV khu dân cư ĐTL	239
Hình 6.7 Mô phỏng kịch bản tương lai (KB-C) khu vực nghiên cứu	240
Hình 6.8 Sơ đồ thủy lực hệ thống trữ phân tán và hồ ngầm cho khu vực ĐTL	241
Hình 6.9 Kết quả vị trí ngập hồ ga nhiều nhất khu dân cư ĐTL khi có giải pháp công trình trữ: (a) (KB-A); và (b) (KB-C)	243
Hình 6.10 Mặt bằng thiết kế bố trí công trình trữ khu dân cư ĐTL	244
Hình 6.11 Mặt bằng và mặt cắt ngang cấu kiện rãnh thấm.....	245
Hình 6.12 Mặt bằng và mặt cắt ngang cấu kiện bể trữ sinh học.....	245
Hình 6.13 Mặt bằng và mặt cắt ngang cấu kiện rãnh thấp.....	246
Hình 6.14 Mặt bằng và mặt cắt ngang hồ ngầm	246
Hình 6.15 Vị trí dự kiến thực hiện thí điểm giải pháp trữ nước mưa tại khu vực rạch Thủ Đức.....	249
Hình 6.16 Bản đồ phân bố bề mặt không thấm năm 2019 tại lưu vực RTD ...	251
Hình 6.17 Thông tin cơ bản của mô hình mô phỏng HTTN của LV RTD.....	252
Hình 6.18 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước LV rạch Thủ Đức.....	252
Hình 6.19 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực đo tại các điểm trên tuyến đường khu vực nghiên cứu.....	253
Hình 6.20 Đường quá trình mực nước mô phỏng tại Dương Văn Cam ứng với trận mưa ngày 15/8/2022.....	254
Hình 6.21 Mô phỏng vị trí ngập với kịch bản tương lai KB-B.....	255

Hình 6.22 Phác thảo sơ đồ nguyên lý hoạt động của công trình trữ nước mưa giảm ngập rạch Thủ Đức (RTĐ)	256
Hình 6.23 Sơ họa sơ đồ đề xuất công trình trữ nước mưa chống ngập RTĐ ..	257
Hình 6.24 Mực nước hồ ga tại vị trí đường Kha Vạn Cân trước (a) KB C và sau khi có các công trình trữ nước mưa (b) KB C1	258
Hình 6.25 Mặt bằng thiết kế bố trí hồ trữ RTĐ	260
Hình 6.26 Mặt cắt ngang hồ điều tiết.....	260
Hình 6.27 Mặt bằng điển hình bờ hồ điều tiết	261
Hình 6.28 Mặt cắt ngang điển hình bờ hồ điều tiết.....	261
Hình 6.29 Mặt bằng trạm bơm điển hình RTĐ	263
Hình 6.30 Đại diện mặt cắt ngang kênh nạo vét	263
Hình 6.31 Vị trí dự kiến thực hiện thí điểm hồ trữ ngầm tại khu vực Quận 10	266
Hình 6.32 Bản đồ phân bố bề mặt không thấm năm 2019 tại lưu vực 3/2	268
Hình 6.33 Thống kê các thông tin cơ bản của mô hình HTTN LV đường 3/2	269
Hình 6.34 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước LV đường 3/2	269
Hình 6.35 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực đo tại các điểm trên tuyến đường khu vực nghiên cứu.....	270
Hình 6.36 Mô phỏng vị trí ngập với kịch bản tương lai KB-B.....	271
Hình 6.37 Phác thảo sơ đồ hệ thống hồ trữ ngầm khu vực khách sạn Kỳ Hòa	272
Hình 6.38 Mực nước hồ ga tại vị trí đường 3/2 theo: (a) trước khi có hồ (KB-A); và (b) sau khi có hồ ngầm (KB-C).....	273
Hình 6.39 Mặt bằng thiết kế bố trí hồ ngầm đường 3/2.....	274
Hình 6.40 Cấu trúc 1 cấu kiện khối rỗng	275
Hình 6.41 Mặt cắt dọc hồ điều tiết ngầm (A-A)	275
Hình 6.42 Mặt cắt dọc hồ điều tiết ngầm (B-B).....	276

CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU

1.1. Đặt vấn đề

Ngập lụt đô thị đang trở nên nghiêm trọng và ngày càng phổ biến không chỉ tại các thành phố lớn trên thế giới mà còn ở thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM). Tại TP.HCM, ngập lụt được gây ra bởi ảnh hưởng của gia tăng diện tích bề mặt không thấm quá mức cho phép do quá trình đô thị hóa (ĐTH), thay đổi lượng mưa và mực nước dưới tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) và nước biển dâng (NBD), sự xuống cấp của hệ thống thoát nước (HTTN), lũ thượng nguồn, sụt lún... Cụ thể, diện tích bề mặt không thấm tại TP.HCM đang gia tăng với tốc độ khoảng 1,77%/5 năm [1]. Xu thế lượng mưa thời đoạn ngắn (15 phút đến 90 phút) ngày càng tăng, với tốc độ lớn nhất khoảng 0,7mm/năm [2]. Mực nước lớn nhất tại Vũng Tàu và Vàm Kênh cũng gia tăng 0,5 cm/năm đến 0,71 cm/năm [3]. Trong lịch sử cũng đã có trường hợp hồ Dầu Tiếng xả lũ 600m³/s (năm 2000) về hạ lưu và gây ngập nhiều khu vực [1]. Theo kịch bản BĐKH và NBD năm 2020 của Bộ Tài nguyên & Môi trường dự đoán 17,15% diện tích TP.HCM có nguy cơ bị ngập khi NBD 100cm [4]. Những thông tin nêu trên cho thấy khu vực TP.HCM có tình trạng ngập lụt tại TP.HCM có nguy cơ trầm trọng hơn trong tương lai. Do đó, triển khai các giải pháp thích ứng và giảm nhẹ ngập lụt là rất cần thiết.

Trong thời gian vừa qua, các dự án phát triển hạ tầng thoát nước, chống ngập được triển khai theo Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước TP.HCM đến năm 2020 (*sau đây gọi tắt là QH752*) và Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực TP.HCM (*sau đây gọi tắt là QH1547*) đã giải quyết cơ bản tình hình ngập nước tại các lưu vực Nhiêu Lộc – Thị Nghè (NLTN), Tân Hóa – Lò Gốm (THLH) và lưu vực Trung tâm (LVTT). Bên cạnh đó, khi dự án kiểm soát triều Trung Nam đi vào hoạt động sẽ giúp giảm ngập do triều và hỗ trợ thoát nước do mưa cho khu vực có diện tích 570km². Tuy nhiên, những hầu hết các công trình hạ tầng thoát nước được thiết kế theo hướng tiếp cận truyền thống

(phát triển hạ tầng xám), với các công trình có thông số thiết kế “cứng”, khó đảm bảo tính linh hoạt khi ứng phó với sự *bất định* do tác động của BĐKH, và bản chất *phức tạp* của đô thị hiện hữu.

Hiện nay, nhằm khắc phục những hạn chế của tiếp cận thoát nước truyền thống, các nước trên thế giới đã và đang áp dụng tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập hiện đại, thông qua việc chuyển đổi từ hạ tầng xám sang hạ tầng xanh, chuyển từ tiếp cận thoát nước nhanh sang thoát nước chậm (trữ, thấm, sử dụng và thoát nước khi cần thiết). Nhiều chương trình trữ nước mưa đã áp dụng thành công như ABC (Active, Beautiful, Clean Waters) ở Singapore, Sponge city ở Trung Quốc, hay Green City, Clean Waters (GCCW) tại thành phố Philadelphia, Hoa Kỳ.

Tiếp cận mới ưu tiên việc tạo không gian cho nước, xem nước mưa là nguồn tài nguyên phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau. Ngoài ra, đây là giải pháp có tính linh hoạt mềm dẻo, có thể triển khai phân kỳ theo từng giai đoạn và từng khu vực. Đối với những khu vực chưa hoàn chỉnh hạ tầng thoát nước, giải pháp trữ nước mưa giúp giải quyết ngập lụt cục bộ, cấp bách trong khi chờ hệ thống hạ tầng thoát nước được xây dựng hoàn chỉnh. Sau khi hoàn thiện hạ tầng thoát nước cơ bản, hệ thống trữ nước mưa sẽ đóng vai trò tăng cường khả năng ứng phó với những yếu tố bất định như mưa cực trị, đô thị hóa quá mức cho phép, nước biển dâng... Đối với những khu vực đã hoàn chỉnh hạ tầng thoát nước như lưu vực NLTN, THLG, giải pháp trữ nước mưa sẽ đóng vai trò bù đắp năng lực thoát nước có thể “thiếu hụt” do thiết kế ban đầu hoặc ứng phó với “nhu cầu thoát nước” phát sinh trong tương lai do tác động của ĐTH và BĐKH. Tuy nhiên, vấn đề cốt yếu là phải có nghiên cứu và tính toán tổng thể về dung tích cần trữ, khu vực trữ, lộ trình và giải pháp kỹ thuật phù hợp để hỗ trợ triển khai các giải pháp này hiệu quả trong thực tế.

Với những nhận định trên, nghiên cứu này sẽ đánh giá tính khả thi, hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập đô thị, ước lượng và phân bổ dung

tích trữ nước mưa cần thiết tại các khu vực và đề xuất các giải pháp kỹ thuật trữ nước mưa phù hợp với điều kiện tự nhiên, hạ tầng kỹ thuật và kinh tế-xã hội tại TP.HCM, nhận định được mức độ đồng thuận của người cộng đồng và các bên liên quan. Nghiên cứu này nhằm trả lời các câu hỏi như sau:

- (1) *Tiếp cận trữ nước mưa có khả thi và hiệu quả với điều kiện tự nhiên, hạ tầng kỹ thuật và kinh tế xã hội tại TP.HCM?*
- (2) *Quy mô trữ nước mưa cần thiết theo khu vực? Giải pháp kỹ thuật nước mưa nào phù hợp với điều kiện thực tiễn tại TP.HCM?*
- (3) *Những giải pháp nào hỗ trợ triển khai thành công giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM?*

1.2. Mục tiêu

1.2.1. Mục tiêu tổng quát

Hỗ trợ kỹ thuật phục vụ ra quyết định và triển khai các giải pháp trữ nước mưa nhằm góp phần quản lý ngập lụt theo hướng tiếp cận bền vững do tác động của ĐTH và BĐKH tại đô thị TP.HCM.

1.2.2. Mục tiêu cụ thể

- (1) Đánh giá được tính khả thi và hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa kiểm soát dòng chảy tràn nhằm giảm nhẹ ngập lụt do tác động của ĐTH và BĐKH;
- (2) Ước lượng quy mô trữ nước mưa cần thiết cho từng khu vực và đề xuất các giải pháp kỹ thuật trữ nước mưa điển hình phù hợp với điều kiện thực tiễn tại đô thị TP.HCM;
- (3) Áp dụng thiết kế thí điểm các giải pháp trữ nước mưa điển hình để giảm ngập cho 3 khu vực cụ thể tại TP.HCM.

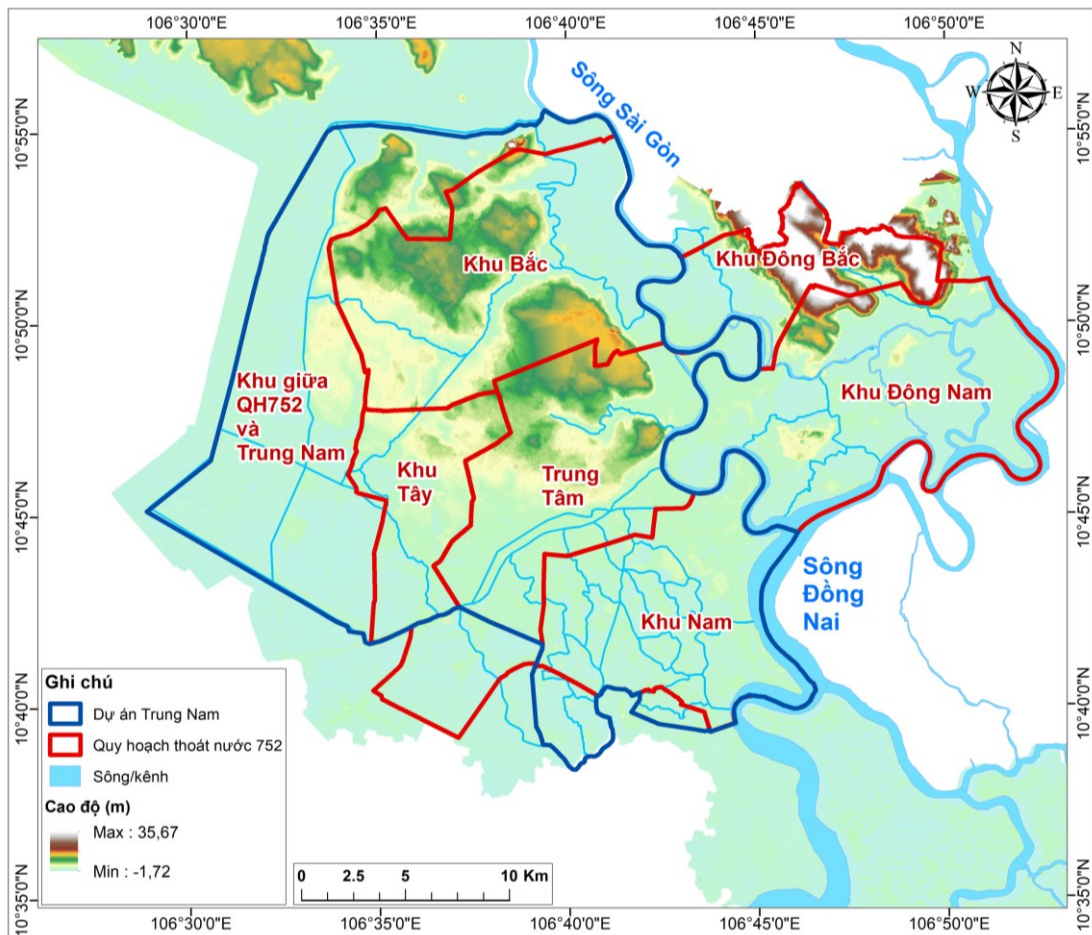
1.3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

1.3.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là các giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập do tác động của ĐTH quá mức cho phép và BĐKH. Cụ thể:

- Tính khả thi và hiệu quả của giải pháp trữ nước mưa;
- Sự đồng thuận các bên liên quan về giải pháp trữ nước mưa;
- Giải pháp và dung tích trữ nước mưa cần thiết;
- Các mô hình trữ nước mưa điển hình và các thiết kế thí điểm cho những khu vực nghiên cứu điển hình.

1.3.2. Phạm vi nghiên cứu



Hình 1.1 Phạm vi nghiên cứu của đề tài

Phạm vi nghiên cứu của đề tài được giới hạn trong phạm vi của Dự án giải quyết ngập do triều khu vực TP.HCM có xét đến yếu tố biến đổi khí hậu (giai đoạn 1) diện tích 570km² (sau đây gọi tắt là dự án Trung Nam) và vùng thoát nước phía Đông Bắc và Đông Nam thuộc QH752 có diện tích 210km². Phạm vi dự án được thể hiện theo **Hình 1.1**.

1.4. Nội dung nghiên cứu

Để đạt được các mục tiêu nghiên cứu đã đề ra, đề tài triển khai thực hiện 6 nội dung nghiên cứu theo đề cương được phê duyệt như sau:

Nội dung 1: Đánh giá tính khả thi và hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập đô thị

- Đánh giá tác động của ĐTH và BĐKH đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM;
- Tổng quan các giải pháp trữ nước mưa đô thị (tập trung - phân tán - kênh rạch);
- Đánh giá hiện trạng và hiệu quả các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập;
- Đánh giá hiệu quả giảm ngập của tiếp cận trữ nước mưa cho các lưu vực Nhiêu Lộc - Thị Nghè và Tân Hóa - Lò Gốm;
- Phân tích tính khả thi của tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập;
- Đánh giá sự đồng thuận của các bên liên quan về tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập.

Nội dung 2: Cập nhật, kiểm định, hiệu chỉnh mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước chi tiết (chi tiết đến công cấp 3)

- Đo đạc số liệu mực nước phục vụ hiệu chỉnh, kiểm định mô hình;
- Cập nhật mô hình mô phỏng HTTN (chi tiết đến công cấp 3);
- Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình mô phỏng HTTN.

Nội dung 3: Đề xuất giải pháp trữ nước mưa cho các vùng thoát nước

- Cập nhật vị trí ao/hồ, vùng trũng thấp hiện hữu có khả năng trữ nước mưa;
- Xây dựng các kịch bản trữ nước mưa theo các kịch bản mưa, mực nước và ĐTH;
- Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho 7 vùng thoát nước theo các kịch bản bằng mô hình mô phỏng HTTN;
- Đề xuất giải pháp trữ nước mưa cho 7 vùng thoát nước.

Nội dung 4: Đề xuất giải pháp kỹ thuật nâng cấp và cải tạo HTTN

- Nhóm giải pháp trữ nước mưa tập trung: hồ hở, hồ ngầm, vùng trũng thấp;
- Nhóm giải pháp trữ nước mưa phân tán trong khu dân cư, công viên;
- Nhóm giải pháp trữ quy mô hộ gia đình, công trình đơn lẻ;

- Xây dựng hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị.

Nội dung 5: Thiết kế thí điểm áp dụng giải pháp trữ nước mưa giảm ngập cho 3 khu vực điển hình (diện tích khu vực điển hình tối thiểu $50 \div 100ha$)

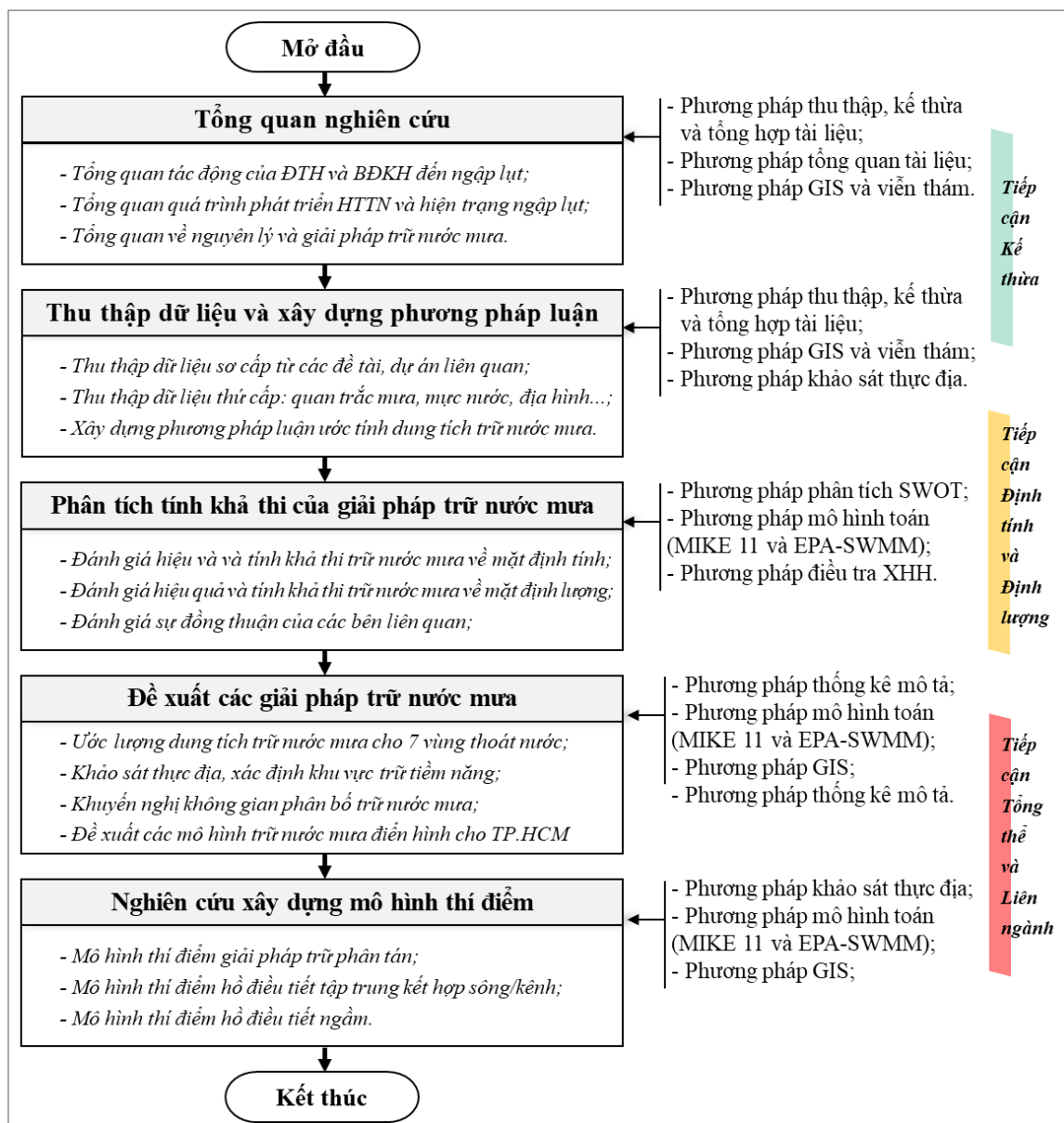
- Phân tích nội nghiệp lựa chọn 3 khu vực thiết kế thí điểm;
- Thiết kế thí điểm cho khu vực có mật độ ĐTH cao, hệ thống thoát nước hoàn chỉnh, nằm vùng địa hình cao;
- Thiết kế thí điểm cho khu vực có mật độ ĐTH trung bình, có ao/ hồ hiện hữu;
- Thiết kế thí điểm cho khu vực đang ĐTH, nằm vùng địa hình thấp.

(Chi tiết các nội dung nghiên cứu được thể hiện trong thuyết minh đề cương)

1.5. Cách tiếp cận và kỹ thuật nghiên cứu

1.5.1. Cách tiếp cận

- **Tiếp cận kế thừa:** Nghiên cứu kế thừa dữ liệu và các kết quả nghiên cứu có liên quan đã và đang thực hiện.
 - **Tiếp cận định tính:** Những phân tích định tính sẽ được thực hiện để đánh giá vai trò và hiệu quả của các giải pháp trữ nước mưa đô thị
 - **Tiếp cận định lượng:** Dung tích hệ thống các giải pháp trữ nước mưa theo các kịch bản được định lượng hóa bằng công cụ mô hình.
 - **Tiếp cận tổng thể:** Đề xuất các giải pháp trữ nước mưa cho đô thị TP.HCM được tiếp cận một cách tổng thể để xem xét tác động cho toàn bộ khu vực TP.HCM.
 - **Tiếp cận liên ngành:** Đề xuất các giải pháp trữ nước mưa sẽ được xem xét theo nhiều góc độ khác nhau từ khía cạnh kỹ thuật, kinh tế, tài chính và quản lý.
- Tiến trình nghiên cứu và hướng tiếp cận của đề tài:*



Hình 1.2 Khung tiếp cận các nội dung nghiên cứu của đề tài

1.5.2. Kỹ thuật nghiên cứu

• Kỹ thuật GIS và viễn thám

- Kỹ thuật GIS được sử dụng để phân tích, xử lý các bản đồ phục vụ nghiên cứu và tính toán, phân tích biến động các thông số mưa, bề mặt phủ, triều,... theo không gian và thời gian. GIS được sử dụng để phân tích chồng lớp, thống kê nhằm định lượng được mức độ biến động đô thị và mức độ che phủ bề mặt đất để xác định diện tích thấm và không thấm để xác định dòng chảy

tràn một cách chính xác, xác định các khu vực trũng thấp, ao/hồ hiện hữu có khả năng lòng ghép chức năng trữ nước mưa.

- Kỹ thuật viễn thám cung cấp thông tin bề mặt phủ khu vực nghiên cứu theo thời gian thông qua dữ liệu thu thập từ giải đoán các ảnh viễn thám.

- **Kỹ thuật mô phỏng**

- Mô hình thủy văn - thủy lực 1D mô phỏng hệ thống sông rạch chính và hệ thống thoát nước đô thị được sử dụng để xác định dung tích nước mưa cần thiết và đánh giá hiệu quả giảm ngập của các phương án trữ nước mưa.

- **Kỹ thuật phân tích thống kê**

- Được sử dụng để phân tích, đánh giá kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực. Phân tích và đánh giá các kết quả từ mô hình toán.
- Xây dựng mô hình mưa, triều phục vụ nghiên cứu các kịch bản BĐKH trong tương lai.
- Ngoài ra, phương pháp thống kê còn được sử dụng để phân tích số liệu quan trắc mưa, mực nước và dữ liệu khảo sát xã hội học.

Các kỹ thuật áp dụng được thể hiện chi tiết trong Chương 3, Mục 3.4.

1.6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

1.6.1. Ý nghĩa khoa học

- Kết quả nghiên cứu cung cấp thông tin về biến động diện tích không thấm từ 1985-2020 cho khu vực nghiên cứu cũng như mức độ gia tăng dòng chảy tràn do gia tăng diện tích không thấm.
- Nghiên cứu bổ sung cơ sở khoa học về tính toán ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết triển khai các giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập đô thị phù hợp với điều kiện thực tiễn tại khu vực TP.HCM.

1.6.2. Ý nghĩa thực tiễn

- Kết quả nghiên cứu góp phần thúc đẩy triển khai có hiệu quả giải pháp trữ nước mưa ứng phó với tác động của BĐKH và ĐTH đến ngập lụt khu vực TP.HCM
- Nghiên cứu góp phần nâng cao nhận thức về sự cần thiết, tính khả thi và hiệu

quả của giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

- Góp phần nâng cao năng lực cho các nhà khoa học trẻ về lĩnh vực quản lý ngập lụt đô thị, ứng phó BĐKH,....

1.7. Cấu trúc của báo cáo

Báo cáo được cấu trúc thành 7 chương như sau:

- Chương 1: Mở đầu
- Chương 2: Tổng quan tình hình nghiên cứu
- Chương 3: Dữ liệu và Phương pháp nghiên cứu
- Chương 4: Đánh giá hiệu quả và tính khả thi của các giải pháp trữ nước mưa
- Chương 5: Đề xuất các giải pháp trữ nước mưa cho các vùng thoát nước
- Chương 6: Nghiên cứu thí điểm các mô hình trữ nước mưa điển hình
- Chương 7: Kết luận và kiến nghị

CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

2.1. Tóm tắt

Trong chương này, nghiên cứu tổng quan về ĐTH và BDKH đến ngập lụt TP.HCM nhằm xem xét tổng thể những tác động của chúng đến khu vực nghiên cứu tại **Mục 2.2**. Tiếp theo, thông tin về tình trạng ngập lụt, cùng với quá trình phát triển HTTN của thành phố, và những quy hoạch mà TP.HCM đã triển khai để ứng phó với ngập lụt đô thị tại **Mục 2.3, 2.4**. Theo đó, với hướng tiếp cận thoát nước nhanh mà thành phố đang triển khai vẫn chưa giải quyết triệt để ngập lụt tại TP.HCM. Do đó, nghiên cứu này đề xuất hướng tiếp cận mới là thoát nước chậm thông qua các giải pháp trữ nước mưa tập trung, phân tán, trữ nước trên sông/kênh. Các giải pháp trữ này và những bài học kinh nghiệm từ các chương trình trữ nước mưa phổ biến trên thế giới được tổng quan tại **Mục 2.5 đến Mục 2.9**. Cuối cùng, nghiên cứu tổng quan một số đề tài/dự án đã thực hiện tại TP.HCM tại **Mục 2.10**.

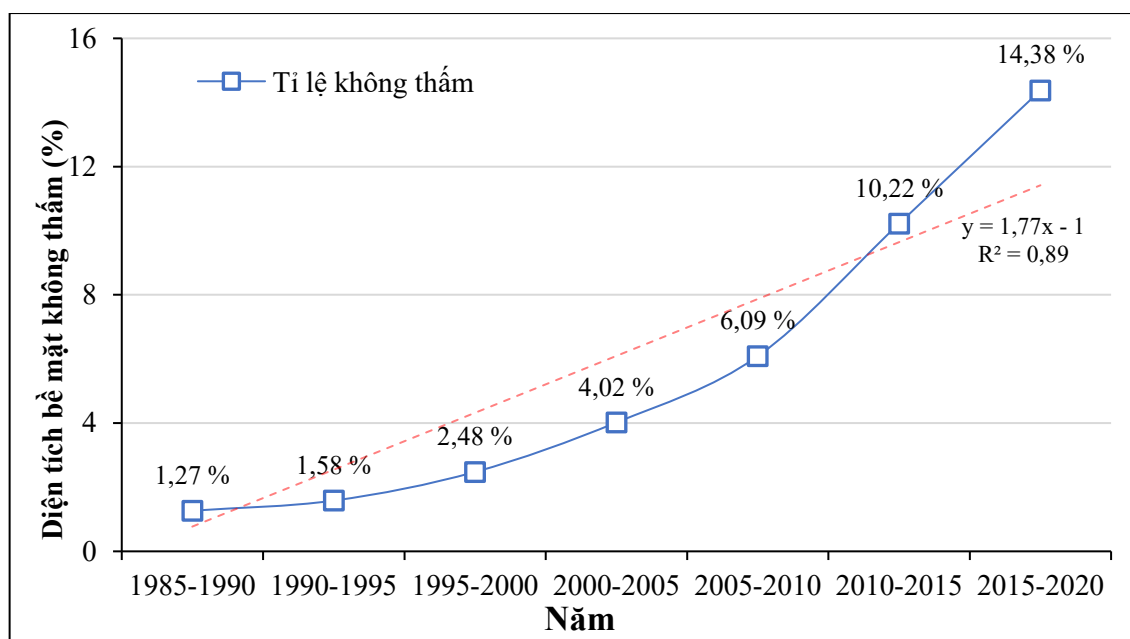
2.2. Tổng quan về ĐTH và BDKH tại TP.HCM

2.2.1. Tổng quan về diễn biến ĐTH tại TP.HCM

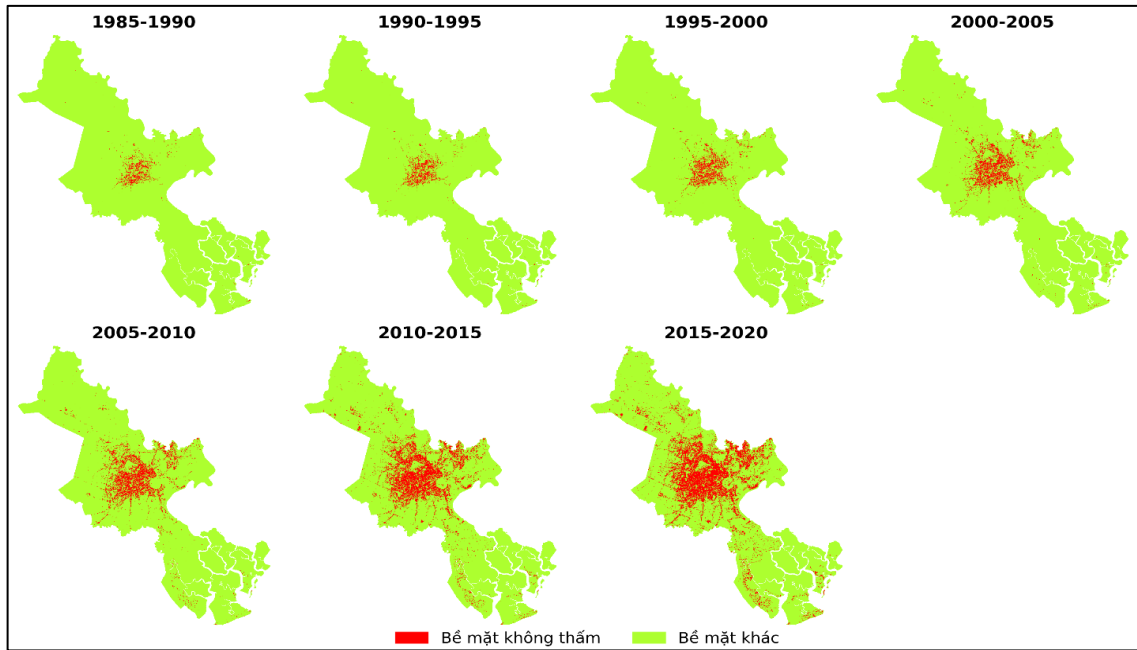
2.2.1.1. Diễn biến đô thị hóa khu vực TP.HCM giai đoạn 1985-2020

Dựa trên kết quả nghiên cứu của đề tài “*Nghiên cứu cải tạo và nâng cấp hệ thống thoát nước nhằm kiểm soát ngập lụt do lượng mưa và triều cường tăng trong điều kiện biến đổi khí hậu trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh*” [1], nhìn chung, diện tích bề mặt không thấm có sự gia tăng tuyến tính khoảng 1,77 %/5 năm. Trước năm 2000, cụ thể thời điểm khoảng năm 1995 – 2000, tỷ lệ diện tích đất không thấm cao gấp 2 lần so với giai đoạn năm 1985 – 1990. Sau giai đoạn này, TP.HCM bắt đầu đô thị hóa mạnh có sự thay đổi sử dụng đất rõ rệt khi tỷ lệ đất không thấm đã cao lên 4,02 % (2000 – 2005) tức gấp hơn 1,5 lần giai đoạn 1995 – 2000 (2,48 %) (**Hình 2.1**).

Quá trình đô thị hóa vẫn tiếp tục diễn ra mạnh mẽ trong các giai đoạn tiếp theo với tỷ lệ đất không thấm cho các năm 2005 – 2010, 2010 – 2015, 2015 – 2020 lần lượt là 6,09 %, 10,22 % và 14,38 %. Các kết quả thay đổi đất đô thị này tương đối đồng nhất với những nghiên cứu về đô thị hóa trước đó tại TP.HCM, mà nguyên nhân được cho là do tác động của việc gia tăng dân số nhập cư, chuyển đổi từ đất trồng trọt sang xây dựng, quá trình phát triển của các dự án bất động sản... [5], [6], [7].



Hình 2.1 Sự thay đổi tỷ lệ (%) diện tích đất không thấm tại TP.HCM

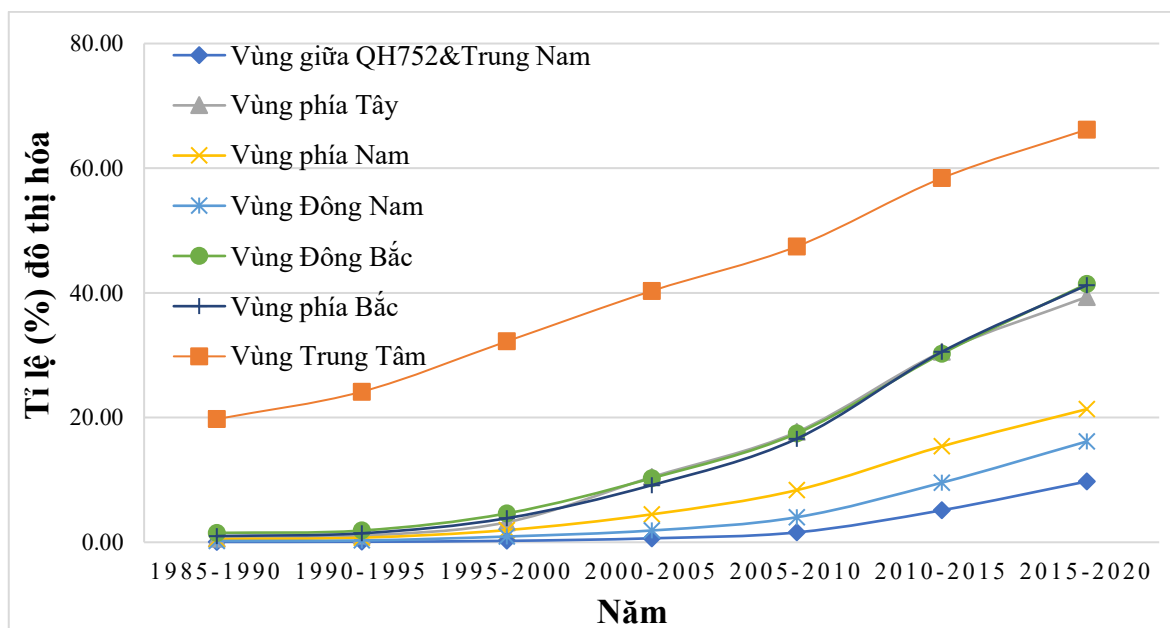


Hình 2.2 Phân loại bề mặt không thấm và thấm khu vực TP.HCM giai đoạn 1985-2020 bằng dữ liệu viễn thám

Về mặt không gian, dựa trên kết quả giải đoán ảnh viễn thám ghi nhận rằng, đô thị hóa xuất phát từ vùng lõi của TP.HCM, từ các quận 1, 3, 5 và lan rộng ra các khu vực vùng ven như huyện Củ Chi, Hóc Môn, Cần Giờ... (**Hình 2.2**)

2.2.1.2. Phân tích diễn biến diện tích không thấm của 7 vùng thoát nước

Nhìn chung, cả 7 vùng thoát nước đều có xu hướng gia tăng mức độ ĐTH thông qua việc gia tăng tỷ lệ (%) diện tích bề mặt không thấm. Giai đoạn hiện trạng 2015-2020, vùng thoát nước khu vực Trung tâm (gồm các Quận 1, 6, 8, Bình Thạnh) đang có mức độ ĐTH cao nhất, với tỷ lệ diện tích không thấm vào khoảng 66,19%. Các vùng thoát nước phía Tây (Quận Bình Tân), phía Bắc (Quận 12, Gò Vấp, Tân Bình) và Đông Bắc (Quận Thủ Đức cũ) có tỷ lệ bề mặt không thấm vào khoảng 40%. Các vùng còn lại như Đông Nam (Quận 9 cũ), phía Nam (huyện Nhà Bè), vùng giữa QH752 và Trung Nam (huyện Bình Chánh) chỉ có tỷ lệ bề mặt không thấm từ 10% đến 20% (**Hình 2.3, Bảng 2.1**).



Hình 2.3 Tỷ lệ (%) diện tích bề mặt không thấm 7 vùng thoát nước

Như vậy các khu vực trung tâm thành phố đã được khai thác triệt để hoàn toàn quỹ đất với tỷ lệ đất không thấm vào khoảng 66% và thành phố đang có xu hướng mở rộng và phát triển tiếp theo sang các trục phía Tây (Bình Chánh), Tây Bắc (Hóc Môn) và Đông Bắc (Thủ Đức). Việc đô thị hóa mạnh mẽ, sự hình thành các cộng đồng dân cư mật độ cao đồng nghĩa với việc gia tăng rủi ro ảnh hưởng từ ngập lụt do sự thay đổi cao độ nền cục bộ cũng như bởi sự quá tải của hệ thống hạ tầng. Do đó, mở rộng phát triển không gian đô thị tại vùng ven (khu phía Nam, Đông Nam, vùng giữa QH752&1547) nếu thiếu kiểm soát và không có lộ trình hợp lý thì tương lai sẽ tạo thành các khu vực đô thị hóa tương tự như khu trung tâm của TP.HCM (**Hình 2.3, Bảng 2.1**).

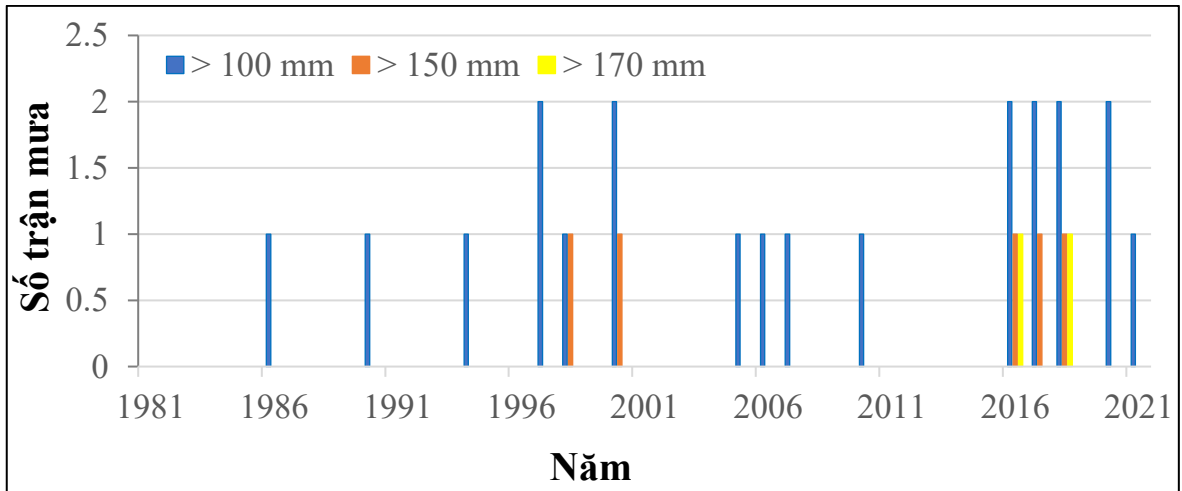
Bảng 2.1 Tỷ lệ (%) diện tích bề mặt không thấm của 7 vùng thoát nước

Vùng thoát nước	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
Vùng giữa QH752&Trung Nam	0,06	0,09	0,23	0,64	1,58	5,13	9,75
Vùng Trung Tâm	19,76	24,15	32,22	40,31	47,45	58,40	66,19
Vùng phía Tây	0,56	1,06	3,20	10,45	17,69	30,54	39,35

Vùng thoát nước	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
Vùng phía Nam	0,52	0,74	1,95	4,48	8,37	15,38	21,35
Vùng Đông Nam	0,21	0,29	0,92	1,89	4,02	9,56	16,17
Vùng Đông Bắc	1,51	1,88	4,63	10,27	17,46	30,25	41,44
Vùng phía Bắc	1,00	1,44	3,86	9,15	16,60	30,54	41,22

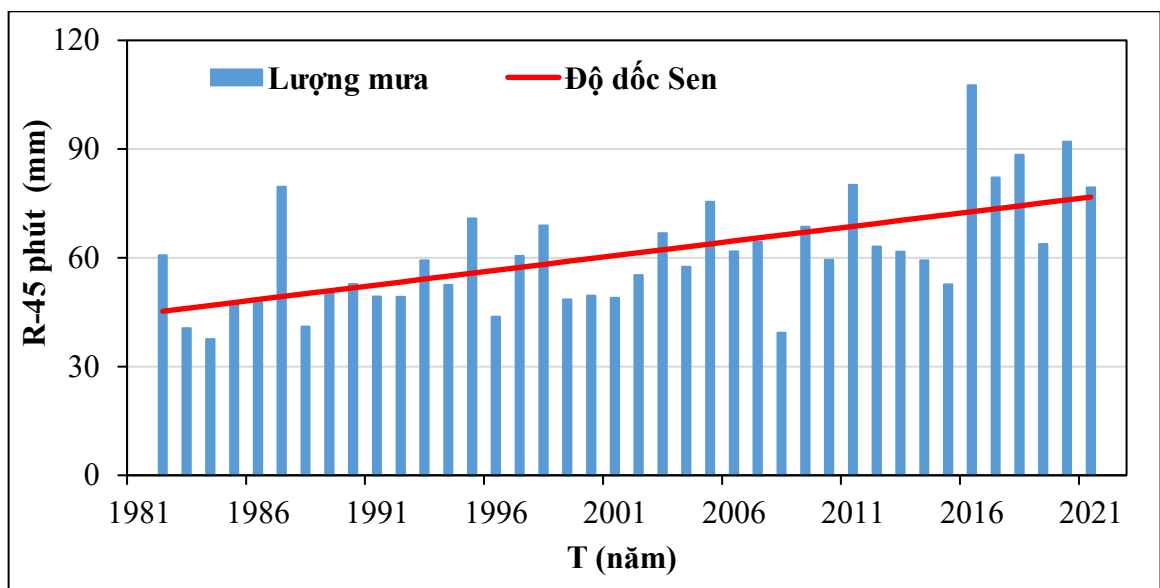
2.2.2. Tổng quan về tác động của BĐKH tại TP.HCM

Tương tự tác động của ĐTH thì các tác động BĐKH đến ngập lụt đô thị TP.HCM cũng đang là vấn đề đang được quan tâm. Nhiều nghiên cứu cho thấy đã có sự gia tăng lượng mưa, số trận mưa cực trị và mực nước lớn nhất tại các trạm quan trắc xung quanh TP.HCM gây ra bởi tác động của BĐKH và ĐTH, từ đó làm trầm trọng thêm tình hình ngập lụt [1], [8], [9], [10]. Theo kết quả kế thừa từ đề tài “*Nghiên cứu cải tạo và nâng cấp hệ thống thoát nước nhằm kiểm soát ngập lụt do lượng mưa và triều cường tăng trong điều kiện biến đổi khí hậu trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh*” [1] và cập nhật đến 2021, trong vòng 18 năm (1982-1999) chỉ xảy ra 6 trận mưa có vũ lượng lớn hơn 100 mm nhưng trong vòng 22 năm (2000-2021) lại xảy ra 12 trận mưa lớn hơn 100 mm, gấp đôi thời kỳ trước 2000. Hơn nữa trong giai đoạn 1982-2015 (34 năm) chỉ xảy ra 12 trận mưa lớn hơn 100 mm nhưng từ 2016-2021 (6 năm) lại xảy ra 6 trận mưa lớn hơn 100 mm. Tương tự như vậy, từ 1982-2015 (34 năm) chỉ xảy ra 2 trận mưa có vũ lượng lớn hơn 150 mm và chưa xảy ra trận mưa nào có vũ lượng lớn hơn 170 mm, nhưng kể từ năm 2016-2021 (6 năm) đã xảy ra 3 trận mưa với vũ lượng lớn hơn 150 mm (gần như xảy ra hàng năm) và 2 trận mưa với vũ lượng lớn hơn 170 mm. Điều này cho thấy số lượng trận mưa cực trị đang gia tăng trong những năm gần đây.



Hình 2.4 Thống kê các trận mưa lớn giai đoạn 1982-2021

Hoặc khi xem xét các xu thế mưa thời đoạn ngắn (các trận mưa có thời gian từ 15 đến 90 phút) đều có xu thế tăng mạnh và có ý nghĩa thống kê. Trong đó lượng mưa thời đoạn 45 phút tăng mạnh nhất với tốc độ trung bình khoảng 0,7 mm/năm.



Hình 2.5 Xu thế trận mưa 45 phút giai đoạn 1982 – 2021 tại trạm Tân Sơn Hòa

Ngoài ra, dựa trên kịch bản BĐKH của Bộ Tài nguyên và Môi trường 2020 [4], TP.HCM nằm trong vùng dễ bị tác động của BĐKH. Các kịch bản BĐKH trước đó cũng cho thấy sự gia tăng lượng mưa cũng như sự biến đổi bất thường

của các giá trị cực đoan. Do đó các thông tin cập nhật về BĐKH và mực nước biển dâng là vô cùng cần thiết để kịp thời ứng phó với các rủi ro liên quan đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM. Sau đây là một số kết quả chính về diễn biến thay đổi khí hậu tại khu vực TP.HCM theo kịch bản BĐKH 2020-2021:

Bảng 2.2 Thay đổi lượng mưa tại TP.HCM theo kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5

Tháng	Kịch bản RCP 4.5		Kịch bản RCP 8.5	
	2046 - 2065	2080 - 2099	2046 - 2065	2080 - 2099
Kịch bản biến đổi lượng mưa so với thời kỳ cơ sở (mm)				
XII – II	14,1 (-44,0 – 61,0)	22,8 (-45,0 – 65,2)	11,2 (-44,0 – 62,4)	11,8 (-47,7 – 57,9)
III – V	9,7 (-16,1 – 30,6)	2,9 (-16,0 – 24,5)	10,1 (-15,7 – 33,8)	4,7 (-26,1 – 39,1)
VI – VIII	12,9 (-1,2 – 26,3)	11,1 (-1,3 – 20,5)	14,2 (5,9 – 22,2)	16,6 (2,5 – 33,6)
IX – XI	23,1 (-0,6 – 47,3)	20,7 (6,0 – 32,6)	27,0 (13,4 – 40,3)	38,3 (16,1 – 63,0)
Trung bình	16,8 (-1,8 – 37,1)	14,0 (-0,9 – 28,6)	18,9 (6,7 – 31,1)	23,7 (8,9 – 40,7)

Lượng mưa có xu thế tăng bình quân từ 16,8mm – 18,9mm trong giai đoạn 2046-2065 theo kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5. Mức tăng này vào khoảng 14,0mm – 18,9mm trong giai đoạn 2080-2099. Xét về các tháng trong năm, lượng mưa tương lai có xu thế tăng mạnh vào các tháng từ IX – XI theo tất cả kịch bản và lớn nhất là khoảng 23,7 mm cho giai đoạn cuối thế kỷ (2080 – 2099) theo kịch bản RCP 8.5.

Ngoài ra, việc gia tăng mực nước dưới tác động của BĐKH cũng được dự báo sẽ góp phần làm tăng diện tích ngập lụt tại TP.HCM. Dự kiến khi mực nước biển dâng lên 30 cm thì TP.HCM sẽ ngập 9,53% ($19,65 \cdot 10^3$ ha) tương ứng năm 2050 theo kịch bản RCP 8.5 và năm 2060 theo kịch bản RCP 4.5).

Bảng 2.3 Nguy cơ ngập vì nước biển dâng do BĐKH-NBD

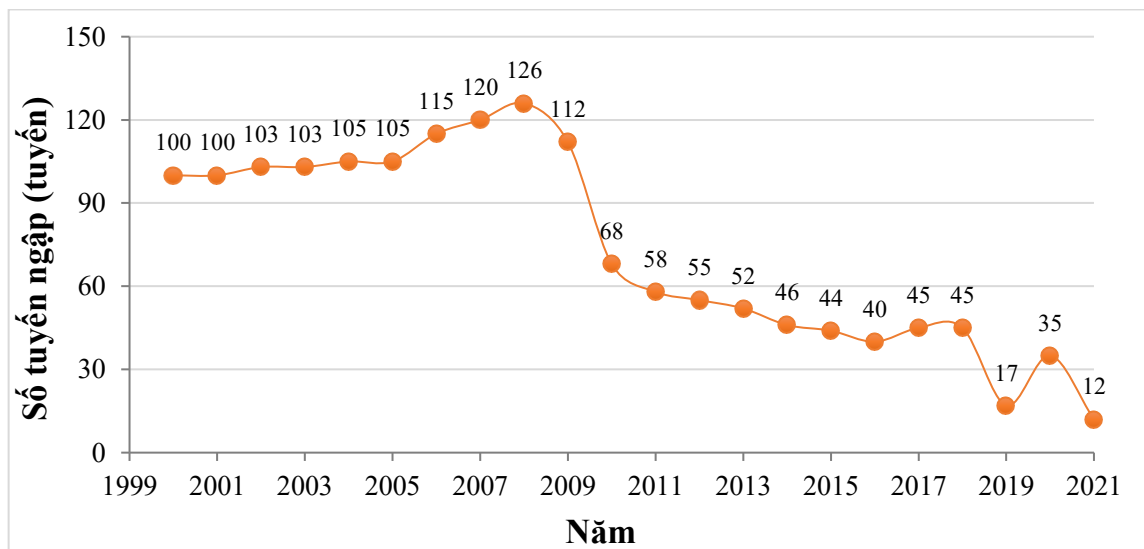
Khu vực	Diện tích (ha)	Tỷ lệ ngập (% diện tích) theo mực nước biển dâng							
		30cm	40cm	50cm	60cm	70cm	80cm	90cm	100cm
TP.HCM	209.962	9,36	10,41	11,53	12,71	12,90	15,21	16,58	17,15

2.3. Tổng quan tình trạng ngập lụt tại TP.HCM

Hiện nay, tác động của mưa, triều cường và tác động tổ hợp của chúng là một trong những nguyên nhân chính gây ra tình trạng ngập lụt trên địa bàn TP.HCM. Dựa trên kết quả thu thập từ Trung tâm Quản lý Hạ tầng Kỹ thuật Đô thị và nghiên cứu của Tân [11], tình hình ngập lụt gây ra bởi mưa và triều cường như sau:

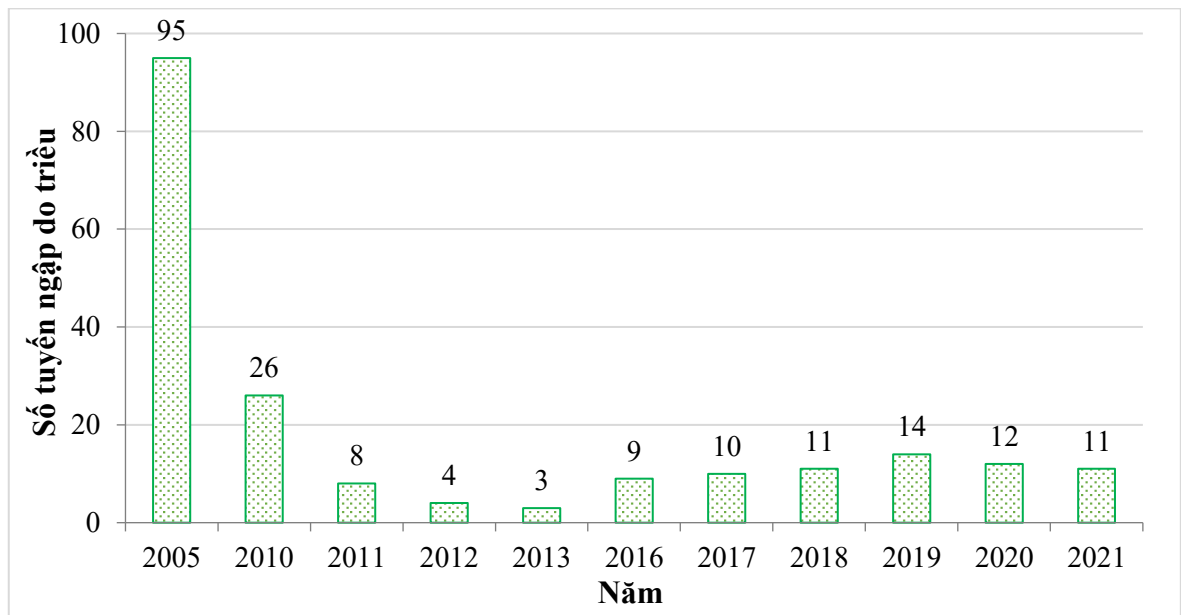
- Hiện trạng ngập do mưa

Tình trạng ngập nước do mưa trên địa bàn TP.HCM được ghi nhận tăng dần từ năm 2003 (103 tuyến đường bị ngập) đến năm 2008 (126 tuyến đường bị ngập) và giảm dần đến 2019 (còn 17 tuyến ngập). Mặc dù đến năm 2021, số tuyến đường bị ngập chỉ còn 12 tuyến, nhưng trước đó năm 2020, số tuyến ngập là 35 tuyến. Nguyên nhân vì số trận mưa gây ngập năm 2021 chỉ có 10 trận, ít hơn nhiều so với năm 2020 là 30 trận mưa gây ngập. Mặc dù xu thế tuyến ngập đang giảm, nhưng với tình hình BĐKH khó lường như hiện nay, nguy cơ ngập lụt cho đô thị TP.HCM vẫn còn rất cao do sự xuất hiện của nhiều trận mưa lớn gây ngập, ví dụ như năm 2020.



Hình 2.6 Số tuyến đường ngập do mưa trên địa bàn TP.HCM (2000-2021)

- *Hiện trạng ngập do triều*



Hình 2.7 Số tuyến đường ngập do triều trên địa bàn TP.HCM (2005-2021)

Tương tự vấn đề ngập do mưa, các tuyến đường ngập do triều cũng có xu thế giảm trong giai đoạn từ năm 2005 (95 tuyến ngập) đến 2013 (3 tuyến ngập). Tuy nhiên, trong giai đoạn sau 2016, các tuyến đường ngập do triều đang có xu thế tăng trở lại (**Hình 2.7**), với bình quân từ năm 2016 đến 2021 khoảng 11 tuyến ngập/năm.

Dựa trên kết quả đó cho thấy những công trình đầu tư xóa giảm ngập lụt đã bắt đầu phát huy tác dụng. Nhiều điểm ngập đã được xóa giảm trong thời gian vừa qua. Tuy nhiên, với tác động của ĐTH và BĐKH như đã phân tích, kết hợp với việc TP.HCM có khoảng 75% diện tích có cao độ dưới mức +2m, do đó tình trạng ngập lụt do mưa, triều sẽ có nguy cơ gia tăng. Đặc biệt, tình trạng ngập lụt trở nên nghiêm trọng hơn khi kết hợp giữa mưa lớn và triều cường.

2.4. Tổng quan các quy hoạch và quá trình phát triển HTTN tại TP.HCM

Để ứng phó với tác động của ngập lụt, TP.HCM đã có nhiều quy hoạch, cũng như trải qua nhiều quá trình cải tạo và nâng cấp mạng lưới HTTN.

Trước năm 1985, HTTN của thành phố chủ yếu là các cống vòm, và cống tròn, tập trung chủ yếu ở khu vực nội thành như quận 1, quận 5.

Giai đoạn 1985 đến 1995, HTTN vẫn còn lạc hậu, khoảng 20-30% diện tích khu vực nội thành chưa có hệ thống thoát nước; hơn 700 km hệ thống thoát nước cũ bị tắc nghẽn do không được nạo vét, sửa chữa định kỳ, hệ thống kênh rạch bị bồi lấp do nhiều nhà ở lấn chiếm các kênh, rạch, bờ sông; hầu hết các cống xả đều bị hư hỏng và xuống cấp [12].

Giai đoạn 1995 đến 2000, đây là giai đoạn ĐTH phát triển nhanh, tuy nhiên HTTN vẫn còn chưa hoàn chỉnh. Các quận mới thành lập (quận 2, 7, 9, 12, Bình Tân) xảy ra tình trạng đô thị hóa tự phát, nhiều công trình nhà cửa được xây dựng trái phép, lấn chiếm hệ thống thoát nước và kênh rạch hiện hữu, gây phát sinh nhiều điểm ngập mới [12]. Đến năm 2000, trên địa bàn TP.HCM đã đầu tư được tổng chiều dài cống khoảng 932km và còn tồn tại 100 tuyến đường trục chính ngập do mưa.

Giai đoạn 2001 đến 2005, thành phố ban hành Quyết định 752/QĐ-TTg, ngày 19/6/2001 (gọi tắt là QH752), về việc Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước TP.HCM đến năm 2020. Trong những năm này, thành phố đã xóa giảm được 62 tuyến đường trục chính ngập, tuy nhiên, phát sinh thêm 67 tuyến đường ngập mới. Đến cuối năm 2005, tổng chiều dài cống được đầu tư đến thời điểm này là 1.773 km.



Hình 2.8 Tổng quan quá trình phát triển HTTN khu vực TP.HCM

Giai đoạn 2006 đến 2010, thành phố tiếp tục phát triển HTTN theo Quyết định số 1547/QĐ-TTg, ngày 28/10/2008 (gọi tắt là QH1547), về Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực TP.HCM và Quyết định số 24/QĐ-TTg, ngày 06/01/2010 về Quy hoạch chung xây dựng TP.HCM đến năm 2025. Tổng chiều dài cống được đầu tư đến cuối giai đoạn này là 2.615 km, đã tăng gấp 3 lần so với thời điểm năm 2000.

Giai đoạn 2011 đến 2015, đây là giai đoạn mà thành phố bắt đầu tập trung nguồn lực đầu tư một cách đồng bộ, tiến hành đồng thời nhiều biện pháp công trình, phi công trình và các giải pháp cấp bách khác để từng bước xóa, giảm ngập trên địa bàn thành phố. Tuyến cống hiện hữu của thành phố đến thời điểm này là 2.806 km.

Giai đoạn 2016 đến nay, mục tiêu của giai đoạn này là tập trung giải quyết tình trạng ngập cho khu vực rộng 550 km² và phục vụ cho khoảng 6,5 triệu dân gồm vùng trung tâm thành phố và một phần của 5 lưu vực ngoại vi của thành phố. Tổng chiều dài cống thoát nước trên địa bàn thành phố là 4.176 km.

Mật độ cống thoát nước (không tính diện tích mặt nước) vào khoảng 2,7 km/km², khu vực các quận nội thành cũ có mật độ khá cao, khoảng 7,3 km/km², trong khi các quận nội thành phát triển chỉ có 2 km/km² và ngoại thành là 0,8 km/km². Hiện nay, hệ thống thoát nước chỉ mới phục vụ cho khoảng 70% dân số đô thị, chủ yếu tập trung ở vùng trung tâm thành phố, chưa đáp ứng được yêu cầu tiêu thoát nước.

Như vậy, với hiện trạng HTTN còn nhiều hạn chế, kích thước thiết kế dựa trên dữ liệu mưa quá khứ chưa tính đến BĐKH và gia tăng bề mặt không thấm quá mức cho phép, nên rất khó để hoàn thành nhiệm vụ thoát nước mưa cho giai đoạn hiện nay. Ngoài ra, như đã luận giải, ĐTH ngày một gia tăng tại TP.HCM, kết hợp với ảnh hưởng của BĐKH thông qua việc gia tăng các trận

mưa cực đoan trong thời gian qua sẽ góp phần gia tăng nguy cơ ngập lụt hiện trạng và tương lai cho thành phố. Do đó, cần thiết phải có các giải pháp theo hướng tiếp cận bền vững để ứng với những tác động tiêu cực này. Với định hướng đó, giải pháp trữ nước mưa giảm ngập được nghiên cứu lựa chọn. Để hiểu rõ hơn về những giải pháp này, các tổng quan về nguyên lý, ưu/nhược điểm, ví dụ các khu vực đã áp dụng của những giải pháp này sẽ được luận giải trong nội dung tiếp theo.

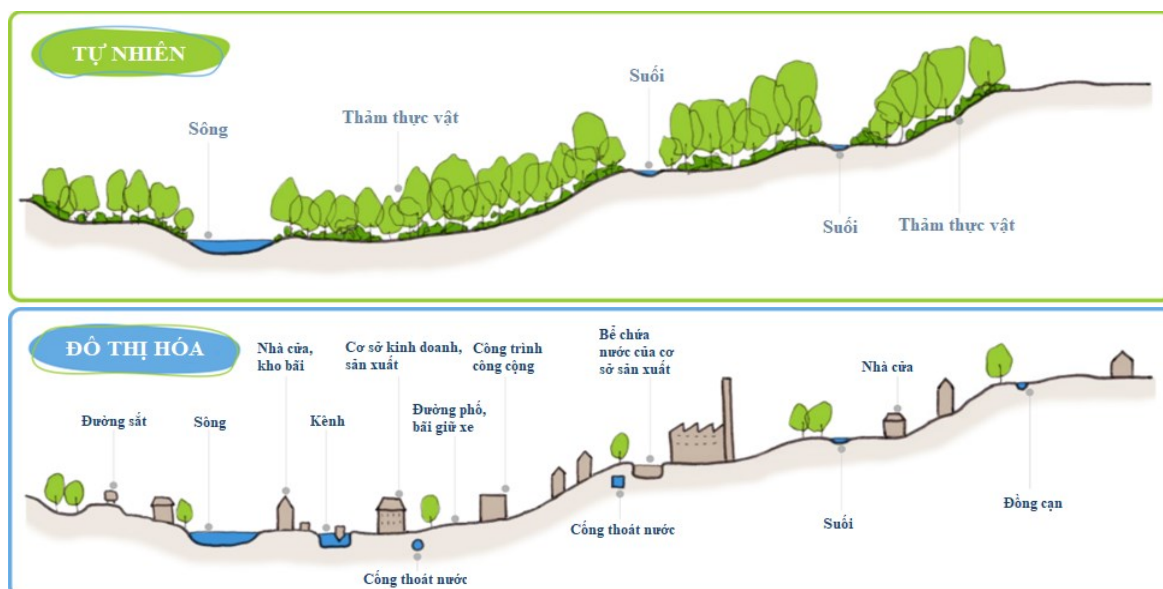
2.5. Giới thiệu về nguyên lý trữ nước mưa đô thị

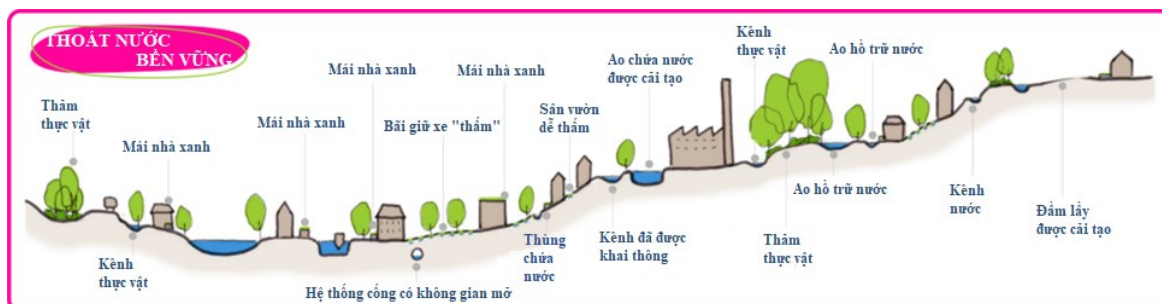
Quá trình đô thị hóa nhanh chóng và tác động tiêu cực của BĐKH lên hệ thống thủy văn đô thị đã dẫn đến sự thay đổi mô hình quản lý nước mưa truyền thống (mô hình thoát nước nhanh) sang mô hình quản lý nước mưa mới bền vững hơn (mô hình thoát nước chậm). Một trong những ý tưởng quản lý nước mưa theo tiếp cận mới đó có tên gọi là *Phát triển tác động thấp (Low Impact Development (LID))*. Các ý tưởng về mô hình quản lý nước mưa mới này được thiết kế nhằm bắt chước quá trình thủy văn tự nhiên và hướng đến tham vọng trả lại các lưu vực sông đã phát triển về điều kiện thủy văn trước khi phát triển thôn qua quá trình *trữ, thấm và bốc thoát hơi nước*. Các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập theo tiếp cận LID được biết đến phổ biến như: mái nhà xanh, vườn mưa, rãnh thực vật, vỉa hè thấm, hồ điều tiết, ...[13], [14], [15].

Các thực hành LID chủ yếu được sử dụng tại Bắc Mỹ, mà cụ thể đã được công bố rộng rãi từ năm 1998 tại Hoa Kỳ. Ngoài ra, những thuật ngữ sử dụng tiếp cận trữ nước mưa tương tự LID như là: SuDS (Sustainable urban Drainage Systems – Hệ thống thoát nước bền vững) tại Anh, Water Sensitive Urban Design (WSUD – Thiết kế đô thị nhạy cảm với nước) tại Úc, LIUDD (Low Impact Urban Design and Development - Thiết kế và Phát triển đô thị tác động thấp) tại NewZeland, Green Infrastructure (GI – Hạ tầng xanh) tại Hoa Kỳ, Sponge city (SPC – Thành phố Bọt biển) tại Trung Quốc,...[15], [16].

Dưới đây là minh họa tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập: (i) trước khi có tác động của con người; (ii) khi có tác động của hoạt động phát triển, đô thị hóa; (iii) sau khi áp dụng các giải pháp tiếp cận trữ nước mưa hỗ trợ hệ thống thoát nước bền vững.

- (1) Trong trường hợp tự nhiên, khi chưa có tác động của con người, dòng chảy sẽ duy trì sự cân bằng lưu thông nước thông qua các quá trình mưa, bốc hơi, ngăn chặn bởi lá và hấp thụ bởi thực vật, dòng chảy bề mặt và thấm thấu đến mặt đất;
- (2) Do sự phát triển của con người, môi trường tự nhiên bị thay thế bởi đất có bề mặt cứng, khó thấm như mái nhà, đường xá, sân trong và bãi đậu xe ô tô. Lượng mưa chảy ra nhanh hơn nhiều, gây ra lũ lụt bề mặt và hệ thống cống rãnh, và mực nước sông cao hơn;
- (3) Sử dụng tiếp cận trữ nước mưa để làm chậm dòng chảy trong các khu vực đô thị, cũng như ở thượng nguồn, có thể bắt chước quản lý nước tự nhiên. Nhiều thay đổi nhỏ có thể có tác động tổng hợp lớn đến việc giảm số lượng và chất lượng nước chảy tràn.





(Nguồn: <https://www.slowtheflow.net>)

Hình 2.9 Tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập

2.6. Tổng quan các giải pháp trữ nước mưa phân tán

Các giải pháp trữ nước mưa phân tán chủ yếu là các giải pháp mềm theo hướng tiếp cận bền vững, được bố trí tại các khu dân cư, công viên, bãi giữ xe, trường học... như: mái nhà xanh, vỉa hè thấm, vườn mưa/ô trữ sinh học, rãnh thấm,... Cần chú ý các hồ điều tiết hở/ngầm loại nhỏ cũng có thể được xem xét là giải pháp trữ phân tán nếu xét quy mô nhỏ, bố trí tại các công viên hoặc khu dân cư.

- **Mái nhà xanh**

Mái nhà xanh (**Hình 2.10**) là các mái nhà bằng thực vật, được xây dựng để bù đắp lại các khoảng xanh đã mất do việc xây dựng công trình. Chúng hỗ trợ việc giảm lượng nước mưa chảy tràn thông qua quá trình lưu trữ, bốc hơi [17], [18], [19].

Về mặt hiệu quả, nghiên cứu thực nghiệm của Deska và cộng sự (2019) về 6 mô hình mái nhà xanh khác nhau cho thấy khả năng giữ nước mưa của chúng từ 29,5% đến 85,15% và đây là công cụ quản lý nước mưa hiệu quả [20]. Hoặc nghiên cứu của Charalambous và cộng sự (2019) khi thử nghiệm 16 loại mái nhà xanh khác nhau cũng cho thấy khả năng trữ nước mưa bình quân khoảng 77% tổng lượng mưa 371mm trong vòng 15 tháng tại đảo Síp [19]. Các thông tin về tính hiệu quả khác như giảm dòng chảy tràn, điều hòa nhiệt độ, không khí xung quanh, giảm phát thải carbon... khi áp dụng mái nhà xanh có thể được tham khảo thêm tại tài liệu tổng quan [19].



(Nguồn: <https://www.epa.gov/heatislands/using-green-roofs-reduce-heat-islands>)

Hình 2.10 Minh họa về mái nhà xanh tại văn phòng Washington, Hoa Kỳ

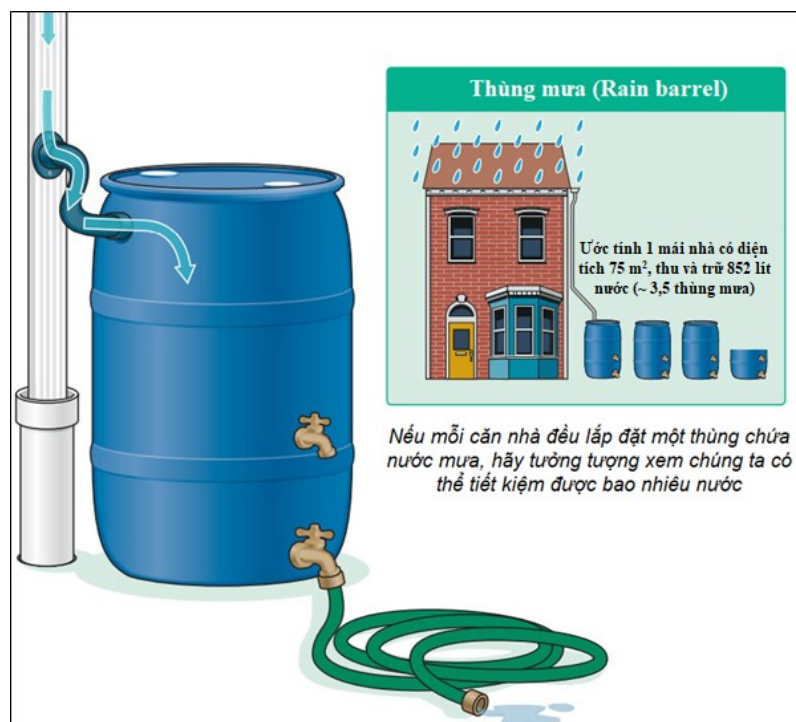
- ***Thùng chứa nước mưa***

Thùng chứa nước mưa (**Hình 2.11**) là một thùng chứa thường đặt ở góc nhà hoặc bãi đậu xe, hỗ trợ thu gom nước từ mái nhà sau các trận mưa nhằm phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau như cung cấp nước tưới, sinh hoạt (giặt, rửa, nước xả toilet). Ngoài ra, thùng chứa nước mưa còn hỗ trợ giảm dòng chảy tràn và ô nhiễm nước sau khi đi qua hệ thống và chi phí bảo trì hàng năm cũng tương đối thấp so với các giải pháp trữ nước mưa khác [21], [22].

Một nghiên cứu lý thuyết tại thành phố Shahrekord, Iran khi mô phỏng các giải pháp thùng mưa cao khoảng 1,5m, với mật độ bố trí thùng cho các tiểu lưu vực tính toán từ 15% đến 35%. Kết quả cho thấy chúng có khả năng hỗ trợ giảm dòng chảy tràn (giảm từ 15,63% - 35,15%) và đỉnh dòng chảy (giảm từ 12,50% - 37,50%) cho các trận mưa có chu kỳ lặp lại 2 năm [22].

Giải pháp thùng mưa có nhiều đặc điểm nổi bật đó là chi phí lắp đặt, bảo trì thấp, hỗ trợ tái sử dụng nước mưa góp phần giảm hóa đơn tiền nước, và có thể

lắp đặt dễ dàng ở nhiều khu vực hạn chế về mặt không gian. Tuy nhiên nhược điểm chính của chúng là về khả năng thấm, có thể là nơi sinh sống của côn trùng, sinh vật gây bệnh như muỗi, và những rủi ro liên quan đến chất lượng nước [23], [24].



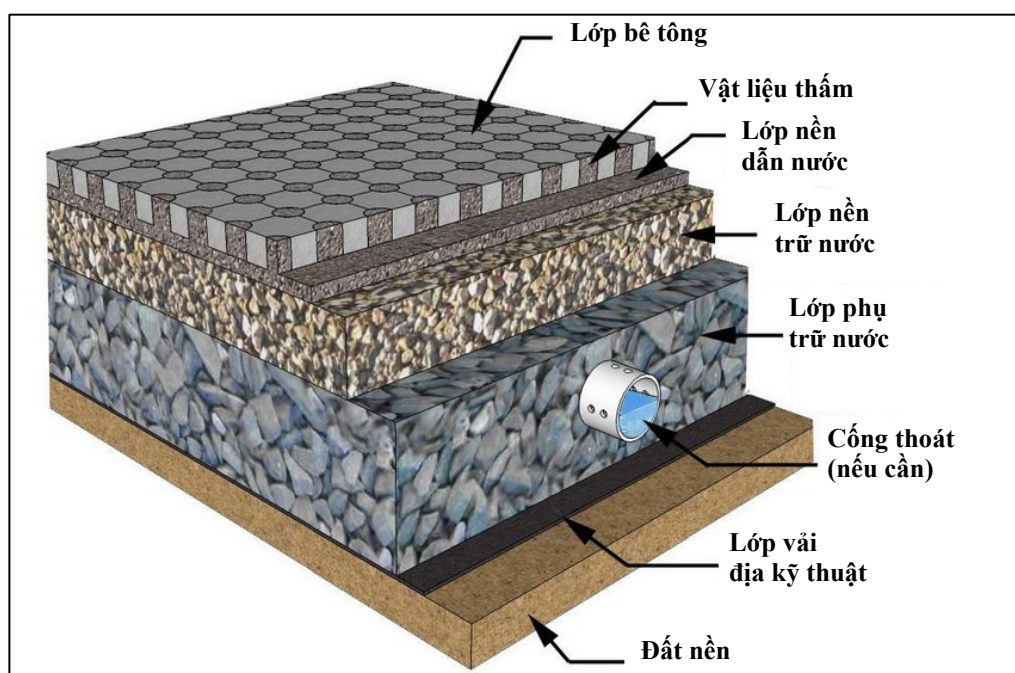
(Nguồn ảnh: <https://water.phila.gov/>)

Hình 2.11 Minh họa giải pháp thùng chứa nước mưa

- ***Giải pháp vỉa hè thấm***

Vỉa hè thấm (Permeable pavement-PP) là một trong những giải pháp quan trọng trong nhóm các kỹ thuật thoát nước bền vững (SUDS). Chúng hỗ trợ nâng cao thể tích nước mưa lưu trữ cục bộ thông qua lưu trữ dưới lớp bề mặt đất, bổ cập nước ngầm và cải thiện chất lượng nước sau khi xử lý. Các chất ô nhiễm có hại như hydrocarbon và kim loại nặng trong dòng chảy bề mặt có khả năng gây nguy hiểm cho tài nguyên đất và nước ngầm khi chúng không được phân hủy sinh học đầy đủ và/hoặc bị loại bỏ trong quá trình thấm. Các giải pháp này thường được áp dụng tại các vị trí: Bãi đậu xe, lề đường, lối đi dành cho người

đi bộ, đường dành cho xe đạp,...[25]. Cấu tạo của vỉa hè thấm được minh họa tại **Hình 2.12**.



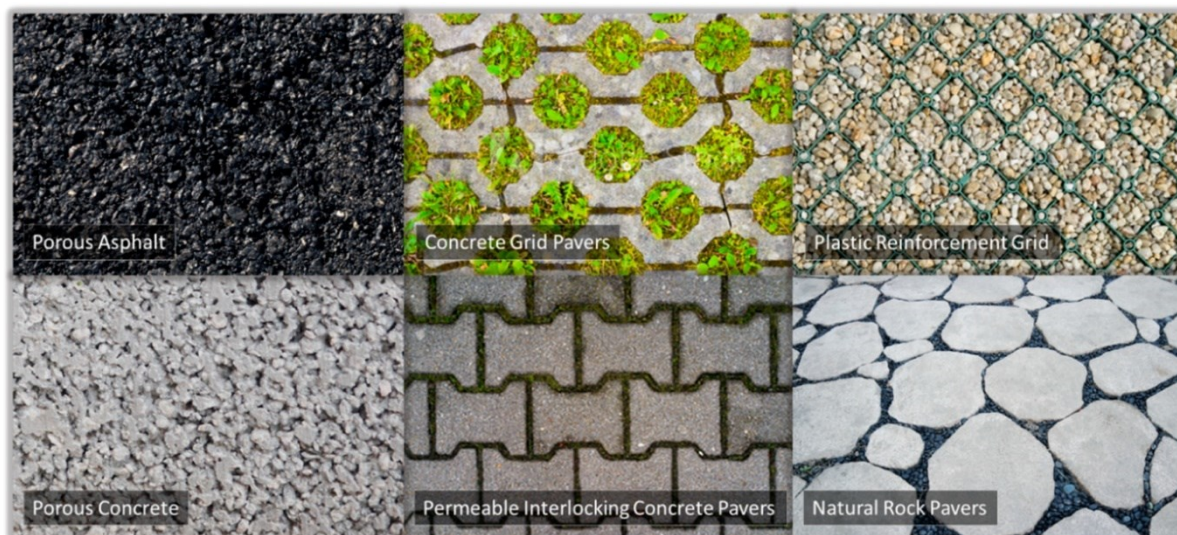
Hình 2.12 Cấu tạo của một vỉa hè thấm

Vỉa hè thấm có thể được chia làm 4 loại dựa trên vật liệu và cấu trúc cấu tạo chúng: (i) Vỉa hè bê tông có khả năng thấm (Permeable interlocking concrete pavers - PICP); (ii) Vỉa hè lưới bê tông và nhựa (Concrete and plastic grid pavers - CGP và PGP); (iii) Vỉa hè nhựa xốp (Porous asphalt); (iv) Vỉa hè bê tông xốp (Porous concrete - PC). Một số hình ảnh về vỉa hè thấm minh họa tại **Hình 2.13**.

Vỉa hè thấm không chỉ được thiết lập như một giải pháp SUDS, mà còn là một công nghệ kiểm soát ô nhiễm liên quan đến dòng chảy bề mặt từ các khu vực được sử dụng làm đường hoặc bãi đậu xe, nơi nước bị ô nhiễm có thể xâm nhập vào bên dưới đất [26].

Về mặt hiệu quả, vỉa hè thấm giúp giảm dòng chảy mặt, giảm đỉnh lũ, tăng cường khả năng trữ nước mưa, cải thiện chất lượng nước, giảm đảo nhiệt đô thị...[25], [27]–[29]. Junsong Wang (2022) đã thống kê khá chi tiết các nghiên cứu mô phỏng tính hiệu quả trữ nước của vỉa hè thấm trong giai đoạn dài hạn

và ngăn hạn [29]. Ví dụ, về khả năng trữ nước mưa, lượng nước trữ lại tại các vỉa hè trong trận mưa cường độ nhỏ (16mm/30 phút) vào khoảng 16% tổng lượng mưa. Đối với trận mưa cường độ lớn (22mm/10 phút), vỉa hè thấm có thể giữ lại tới 66% tổng lượng nước [29], [30].



Hình 2.13 Một số hình ảnh về vỉa hè thấm [31]

- ***Ô trữ sinh học/vườn mưa***

Giải pháp ô trữ sinh học hay vườn mưa, là các vùng trũng, có thực vật bên trong, xử lý nước mưa tại chỗ, xả từ các bề mặt không thấm nước như: mái nhà, đường lái xe, vỉa hè, bãi đậu xe.... Chúng được sử dụng để thu thập, lọc nước mưa thông qua hỗn hợp đất, cát và/hoặc sỏi. Thông qua các quá trình này, chúng làm giảm lưu lượng đỉnh trong hệ thống cống hạ lưu và cho phép loại bỏ chất ô nhiễm thông qua quá trình lọc và sự hấp thụ của thực vật, và bổ cập cho nước ngầm thông qua quá trình thấm [32], [33], [34]. Một ví dụ về giải pháp ô trữ sinh học thể hiện tại **Hình 2.14**.



(Nguồn ảnh: <https://megamanual.geosyntec.com/>)

Hình 2.14 Một ví dụ về thực hành Ô trữ sinh học

Ưu điểm của giải pháp này là làm giảm nước mưa chảy tràn và loại bỏ các chất ô nhiễm thông qua quá trình lưu trữ, thấm và bốc thoát hơi nước. Một nghiên cứu thực nghiệm ở khu vực Bắc Carolina, Hoa Kỳ cho thấy 3 ô trữ sinh học ($90 \text{ m}^2 - 130 \text{ m}^2$) được xây dựng trước đó đã hỗ trợ giảm dòng chảy tràn từ 64% - 90%. Đỉnh dòng chảy cũng giảm 75% đối với các trận mưa $< 25,4 \text{ mm}$ [35]. Tương tự về mặt chất lượng nước, khi thiết lập giải pháp ô trữ sinh học tại lưu vực rộng 6.530 m^2 ở South East Queensland, Úc (với khoảng 52% diện tích không thấm và cường độ mưa khoảng 3mm/giờ đến 15mm/giờ) cho thấy chúng có thể hỗ trợ trữ nước mưa từ 6 m^3 đến $49,51 \text{ m}^3$ ứng với 12 kịch bản mưa khác nhau. Ngoài ra, các giải pháp này cũng cải thiện chất lượng nước thông qua việc giảm nồng độ các chất ô nhiễm, ví dụ như: TSS (trung bình 80,78%), NH_4^+ (82,21%), NO_2^- (64,95%), NO_3^- (38,65%), Tổng Nitơ (47,93%), PO_4^{3-} (73,81%), Tổng Phốt pho (75,33%) [36].

Tuy nhiên, nhược điểm của các giải pháp này là ít hiệu quả khi áp dụng ở những vùng thoát nước lớn. Lớp đất ở trên có thể bị tắc theo thời gian do bồi lắng trầm tích. Giải pháp này cũng thường gặp khó khăn khi áp dụng đối với các khu vực có mưa rất lớn [32], [35].

- **Rãnh thực vật**

Cấu tạo là một kênh hở với thực vật phủ phía trên (**Hình 2.15**). Thực vật hỗ trợ cải thiện chất lượng nước và làm giảm thời gian tập trung nước mưa chảy tràn. Khi mưa rơi xuống khu vực rãnh này, nước mưa chảy dọc theo các kênh, thấm thực vật làm chậm quá trình tập trung nước, cho phép lắng đọng, lọc nước và/hoặc xâm nhập vào lớp đất bên dưới. Các rãnh thấm thường được thiết kế tại các khu vực đường cao tốc hoặc đường dân sinh [32].



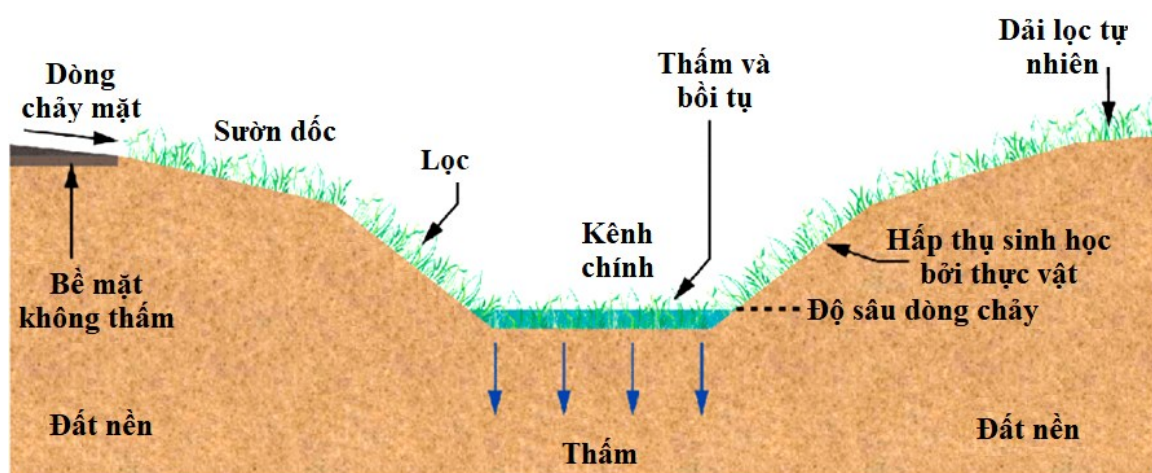
(Nguồn: <https://redac.eng.usm.my/html/projects/HydraResist>)

Hình 2.15 Rãnh thấm tại khô và ướt tại khuôn viên Đại học Sains, Malaysia

Có ba loại rãnh thấm chính gồm rãnh tiêu chuẩn (standard swale), rãnh ướt (wet swale), rãnh khô (dry swale). Các rãnh tiêu chuẩn thường sở hữu các kênh thực vật nông, rộng, hiệu quả để vận chuyển dòng chảy đến khu vực thoát nước và tạo điều kiện cho nước thấm vào đất. Rãnh khô được thiết kế để kết hợp với một lớp đất đã được chuẩn bị sẵn (lớp phủ trên một hệ thống thoát nước bên

dưới) cung cấp khả năng xử lý và vận chuyển bổ sung. Rãnh ứ đọng duy trì các điều kiện cơ bản như một dạng đầm, có độ dốc nông và lớp đất không thấm nước bên dưới nên không có khả năng có tác động đến nước ngầm. Tuy nhiên rãnh tiêu chuẩn và rãnh khô đều có khả năng gây ô nhiễm nước ngầm. Các rãnh thấm thường được thiết kế với đáy cách mực nước ngầm khoảng 1,5m hoặc khuyến khích không đặt ở những nơi quá gần mực nước ngầm để tránh gây ô nhiễm [37]. Cấu trúc của một rãnh thấm được minh họa tại **Hình 2.16**.

Việc rãnh thực vật hỗ trợ giảm dòng chảy tràn, giảm lưu lượng đỉnh lũ hoặc cải thiện chất lượng nước có thể được tham khảo tại [37], [38], [39], [40]. Ví dụ theo nghiên cứu thực nghiệm của Zaqout (2021) tại Naury cho một rãnh thực vật dài 5,8m cho thấy có thể giảm lưu lượng đỉnh khoảng 13%, tăng cường lượng thấm khoảng 22% vào mùa đông và 30-60% vào mùa hè [38].



(Nguồn ảnh: <https://content.ces.ncsu.edu/>)

Hình 2.16 Mặt cắt ngang một rãnh thực vật

- **Hồ điều tiết hồ**

Hồ điều tiết nước mưa (Stormwater pond) thường được chia làm 3 loại: Hồ khô (dry pond/detention pond), hồ ứ đọng (wet pond/retention pond), hoặc hồ/lưu vực thấm (infiltration basin). Trong đó, hồ khô là những hồ vận hành trữ điều tiết nước mưa trong thời gian ngắn, thông thường nhỏ hơn 24 giờ. Ngược lại hồ ứ đọng thì lưu trữ nước quanh năm, luôn có chứa một lượng nước nhất định.

Riêng hồ thấm thì hoạt động tương tự như hồ khô, tuy nhiên có sự khác biệt hơn về khả năng thấm và bổ cập nước ngầm, có thể kiểm soát được thể tích do đó rất hiệu quả trong việc xử lý dòng chảy lũ thông qua việc điều chỉnh tần suất và thời gian lượng nước đi qua hồ [41], [42], [43].

Giải pháp hồ điều tiết mang lại nhiều hiệu quả về mặt môi trường như: giảm lượng dòng chảy lũ, giảm đỉnh lũ, thông qua việc nâng cao khả năng trữ và thấm. Hoặc điều hòa vi khí hậu, cải thiện chất lượng nước, tăng cường mỹ quan khu vực.... Ví dụ tại lưu vực sông Tapi, Gujarat, Ấn Độ, nhóm tác giả đã mô phỏng tính toán khả năng giảm lũ khi thiết lập 20 hồ điều tiết. Kết quả cho thấy lưu lượng lũ chảy qua thành phố Surat giảm từ 220 triệu m³ xuống còn khoảng 110 triệu m³, ứng với độ sâu mực nước lũ giảm từ 2,004 m còn 0,98 m (giảm 50%) [44]. Hoặc một nghiên cứu của Stephen và cộng sự (2021) tại lưu vực sông Ouseburn, Úc, cho thấy hồ điều tiết có khả năng hỗ trợ giảm đỉnh lũ trong những trận mưa lớn, mặc dù lượng giảm không nhiều, khoảng 0,8% - 1,4% cho các kịch bản tính [45]. Các nghiên cứu tương tự về khả năng giảm lưu lượng dòng chảy, giảm đỉnh lũ của hồ điều tiết có thể tham khảo tại [46]–[48]. Ngoài khả năng giảm lũ, hồ điều tiết còn giúp cải thiện chất lượng nước thông qua việc loại bỏ các kim loại nặng, trầm tích lơ lửng (TSS), NO_x,...[49],[50],[51].

Tuy nhiên, các giải pháp hồ điều tiết hở thường khó áp dụng đối với các khu vực đông dân cư, bởi vậy những hồ điều tiết ngầm là một giải pháp thay thế. Các giải pháp này cũng có tính năng tương tự như hồ hở: giảm dòng chảy tràn khi mưa lớn, thu giữ trầm tích và cải thiện chất lượng nước. Ví dụ nghiên cứu lý thuyết về khả năng giảm ngập tại khu vực đập hạ lưu gần trường Đại học Seoul Hàn Quốc. Một hồ ngầm với dung tích khoảng 25.000 m³ đã hỗ trợ giảm đỉnh lũ từ 20,95 m³/s xuống còn 10,55 m³/s (giảm 49,43%) [52]. Hoặc đối với khả năng cải thiện chất lượng nước, ví dụ tại hồ ngầm rộng 5,24ha và sâu 1,4m đặt tại công viên thuộc thành phố Markham, Canada. Theo kết quả nghiên cứu

thực nghiệm, hồ có thể giảm được 82% lượng TSS, giảm nhiệt độ và làm mát nước khi ra khỏi hồ khoảng 5⁰C, tạo điều kiện thuận lợi cho cá sinh sống [53].

- **Hồ điều tiết ngầm**

Khác với các hồ điều tiết hở, các hồ ngầm thường được xây dựng và bố trí bên dưới mặt đất. Hiện nay, có 3 loại hồ ngầm phổ biến: (i) hồ ngầm bê tông cốt thép (BTCT) (**Hình 2.17**); (ii) hồ ngầm thiết kế bằng công nghệ Cross-wave (**Hình 2.18**); (iii) hồ ngầm thiết kế bằng công nghệ tường vây và cọc Barrette (**Hình 2.19**).

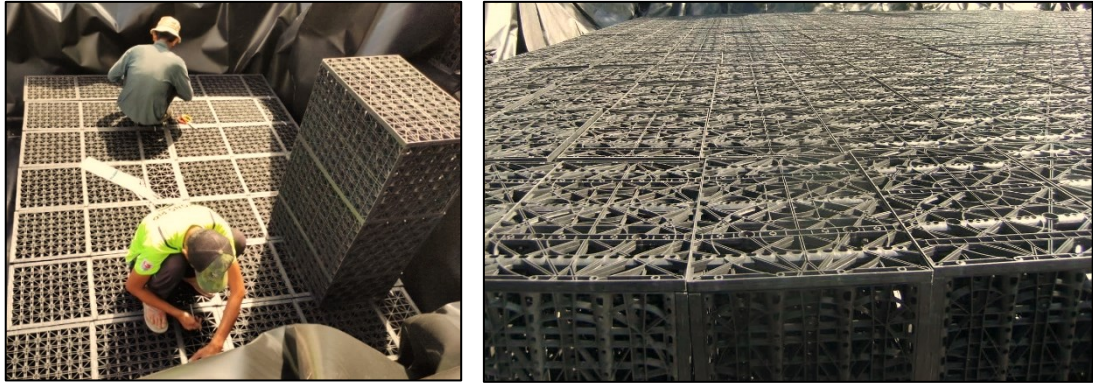
Trong đó hồ ngầm bằng BTCT có ưu điểm: chịu lực kéo tốt, chống cháy, thích ứng mọi loại thời tiết, chi phí bảo trì thấp. Tuy nhiên, tốn kém khi phá hủy hoặc di chuyển.



(Nguồn: <https://structville.com/> và [54])

Hình 2.17 Cấu tạo hồ ngầm bê tông cốt thép

Với hồ ngầm theo công nghệ Cross-wave, ưu điểm của chúng là được thiết kế bằng các Module rỗng Ellipse Tank được lắp ghép từ các tấm nhựa HDPE rời rạc, có khả năng chứa nước hơn 90% dung tích. Độ bền cao, dễ dàng tháo dỡ, chống côn trùng và rễ cây.



Hình 2.18 Hồ ngầm công nghệ Cross-wave

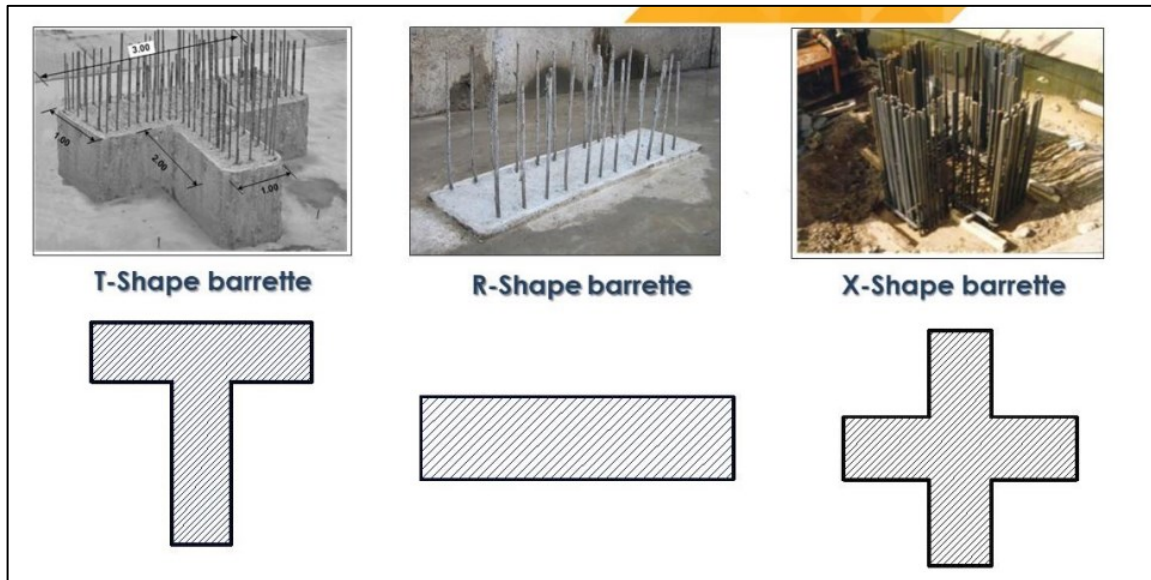
Một loại hồ ngầm khác là sử dụng công nghệ tường vây và cọc Barrette khi thiết kế. Trong đó, tường vây để giúp chống thấm cho hồ, hạn chế biến dạng công trình, định hình hình dạng công trình hồ điều tiết.



(Nguồn ảnh: <https://railsystem.net/diaphragm-wall-construction/>)

Hình 2.19 Minh họa tường vây khi thiết kế hồ ngầm

Cọc Barrette hỗ trợ làm tường vây, thực chất là một loại cọc nhồi bê tông, nhưng khác cọc khoan nhồi về hình dạng và phương pháp tạo lỗ. Khả năng chống cắt ngang và uốn tốt hơn so với cọc tròn. Dễ dàng điều chỉnh cấu trúc và có lực ma sát bên tốt hơn so với cọc tròn. Hình dạng cọc Barrette thường có 3 loại chính là: chữ T, R hoặc X. Minh họa hình dạng cọc được thể hiện tại **Hình 2.20**.



(Nguồn: Seacfo Public Company Limited)

Hình 2.20 Một số hình dạng khoan của cọc Barrette

• **Một số ưu/nhược điểm chính của các giải pháp trữ nước mưa**

Nhìn chung, các giải pháp trữ nước mưa có ưu điểm hỗ trợ giảm ngập, giảm ô nhiễm chất lượng nước, cải thiện vi khí hậu khi vực lắp đặt, nâng cao đa dạng sinh học, dễ dàng tích hợp với các hạ tầng sẵn có... Tuy nhiên, cần thường xuyên bảo trì, hay các vấn đề liên quan đến mùi hôi và côn trùng là những nhược điểm của những giải pháp này. Một số ưu/nhược điểm chính được thể hiện tại **Bảng 2.4**.

Bảng 2.4 Một số ưu/nhược điểm của các giải pháp trữ nước mưa

STT	Giải pháp trữ nước mưa	Ưu điểm	Nhược điểm
1	Mái nhà xanh	<ul style="list-style-type: none"> - Làm chậm dòng chảy, cách nhiệt cho tòa nhà, giảm chi phí làm mát và sưởi ấm; - Cải thiện chất lượng nước; - Và góp phần giảm dòng chảy tràn từ mưa 	<ul style="list-style-type: none"> - Thu hút côn trùng (muỗi, rắn, sâu, bọ...); - Cần bảo trì thường xuyên và đúng cách;

STT	Giải pháp trữ nước mưa	Ưu điểm	Nhược điểm
2	Vườn mưa	<ul style="list-style-type: none"> - Thích hợp ở những khu vực có không gian hạn chế; - Có thể cung cấp bổ cập nước ngầm và cải thiện mỹ quan đô thị; - Có thể xử lý nhiều chất ô nhiễm và giúp giảm "Hiệu ứng đảo nhiệt đô thị" 	<ul style="list-style-type: none"> - Bảo trì cẩn thận - Không phù hợp với khu vực có độ dốc > 20% - Không phù hợp khi mực nước ngầm cách mặt đất 2m.
3	Thùng mưa	<ul style="list-style-type: none"> - Đơn giản, chi phí thiết kế thấp. - Thu và lưu trữ hiệu quả dòng chảy từ trận mưa nhỏ đến trung bình. Nước được lưu trữ sau đó có thể được sử dụng để tưới và sinh hoạt. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cần bảo trì thường xuyên do lắng đọng trầm tích; - Nơi ở của muỗi, côn trùng...
4	Via hè thấm	<ul style="list-style-type: none"> - Kiểm soát nước mưa chảy tràn, giảm ngập lụt. - Dễ áp dụng tích hợp với cơ sở hạ tầng hiện có; - Tạo mỹ quan đô thị. 	<ul style="list-style-type: none"> - Thường xuyên bảo trì. - Tránh bố trí tại các vị trí gần mực nước ngầm và khu vực có mật độ giao thông cao.
5	Rãnh thực vật	<ul style="list-style-type: none"> - Làm chậm dòng chảy, gia tăng khả năng thấm, giảm ngập và xói mòn; - Điều hòa vi khí hậu. 	<ul style="list-style-type: none"> - Thường xuyên cắt tỉa cỏ; - Là nơi trú ngụ của muỗi; - Tránh bố trí tại các vị trí gần mực nước ngầm do có thể gây ô nhiễm.

STT	Giải pháp trữ nước mưa	Ưu điểm	Nhược điểm
6	Hồ điều tiết	<ul style="list-style-type: none"> - Làm chậm dòng chảy, cắt đỉnh dòng chảy lũ, gia tăng khả năng thấm, cải thiện chất lượng nước; - Điều hòa vi khí hậu; - Tạo cảnh quan đô thị. 	<ul style="list-style-type: none"> - Là nơi trú ngụ của côn trùng; - Cần không gian bố trí; - Thường xuyên bảo trì, loại bỏ rác thải của người dân.

2.7. Các chương trình trữ nước mưa phổ biến theo tiếp cận trữ phân tán

- Chương trình trữ nước mưa tại Philadelphia, Mỹ

Tại Mỹ, có rất nhiều dự án, chương trình áp dụng cách tiếp cận trữ nước mưa, một trong số đó là chương trình thành phố Xanh, Nước sạch (Green City, Clean Waters - GCCW) tại thành phố Philadelphia. Năm 2011, Philadelphia đã đạt được một thỏa thuận với Cục Bảo vệ Môi trường Pennsylvania (PWD) và EPA, để tiến hành một kế hoạch cơ sở hạ tầng quản lý nước mưa phân tán là xanh với chi phí ròng khoảng 1,2 tỷ USD trong vòng 25 năm [55]. Do đó, một nỗ lực đầy tham vọng và toàn diện để đại tu cơ sở hạ tầng thoát nước mưa đã được phát triển. Thành phố Xanh, Nước sạch (GCCW) không chỉ đưa Philadelphia trở thành thành phố đầu tiên ở Mỹ đáp ứng các yêu cầu về chất lượng nước của cả tiểu bang và liên bang thông qua các biện pháp can thiệp xanh, mà còn tiết kiệm cho thành phố khoảng 6,5 tỷ đô la chi phí xây dựng so với việc xây dựng các đường ống mới. GCCW là một kế hoạch độc đáo, hầu như dựa hoàn toàn vào hệ thống cơ sở hạ tầng thoát nước mưa xanh (GSI) để thu nước mưa, sử dụng nó để tưới cây và thực vật, sau đó tái chế nó trở lại mạch nước ngầm để ngăn nước thải tràn qua. Với mục tiêu chính là hợp nhất Thành

phố Philadelphia với môi trường nước của nó, phát triển thành phố theo hướng bền vững về kinh tế, xã hội và môi trường.

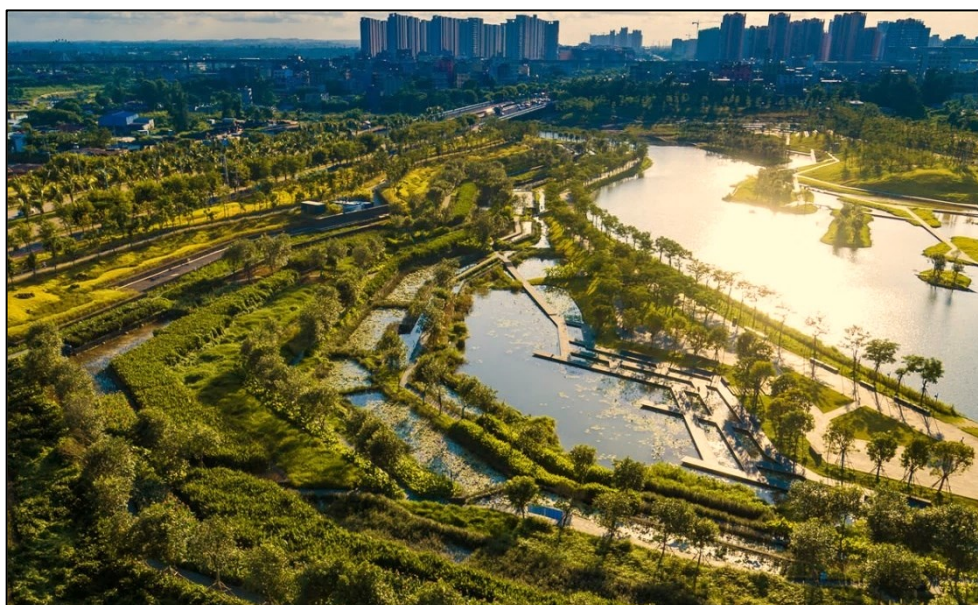
Sự thành công của việc triển khai cơ sở hạ tầng xanh dựa vào sự ủng hộ và tham gia của công chúng và GCCW là kết quả trực tiếp của sự ủng hộ rộng rãi của cộng đồng vì một cộng đồng bền vững và đáng sống hơn. Do đó, người dân thuộc mọi mức thu nhập được khuyến khích giúp xác định các cơ hội về cơ sở hạ tầng xanh trong khu vực lân cận của họ. PWD cũng cung cấp cho chủ nhà các thùng chứa nước mưa miễn phí và tài trợ cho chủ nhà để phát triển vườn mưa, trồng cây và các dự án lát nền. Hơn 3.000 thùng mưa đã được lắp đặt và 150 suất tài trợ đã được trao. Nhận thấy rằng thành công của GCCW nhờ vào sự ủng hộ của các đối tác cộng đồng và thành phố, PWD đã hợp tác với bộ phận đường phố Philadelphia, công viên và giải trí, bộ sở hữu công cộng, khu học chánh và ủy ban quy hoạch thành phố để xác định các cơ hội quản lý nước mưa trong các dự án về vốn và giao thông cũng như cải tạo công viên và sân chơi, tạo không gian xanh cộng đồng mới và phát triển sân trường xanh. Kể từ khi được thông qua, thành phố đã hoàn thành 113 dự án GSI với hơn 200 dự án đang được thiết kế hoặc đang xây dựng. PWD cũng cung cấp hỗ trợ kỹ thuật và tài chính cho các chủ sở hữu bất động sản tư nhân hiện có để trang bị thêm cơ sở hạ tầng xanh cho khu vực của họ và giảm phí nước mưa. Cho đến nay, PWD đã xem xét hơn 450 dự án phát triển tư nhân và cung cấp 14 triệu đô la tiền tài trợ cho 37 dự án trang bị thêm về các khu công nghiệp, trường đại học, nhà thờ và các địa điểm khác.

- *Chương trình Thành phố Bọt biển (Sponge city, SPC), Trung Quốc*

Chương trình SPC tại Trung Quốc là một ý tưởng sáng tạo cung cấp những giải pháp đồng bộ nhằm cải thiện môi trường nước đô thị. SPC tập trung vào việc cải thiện khả năng ứng phó với điều kiện thời tiết khắc nghiệt, các vấn đề liên quan đến môi trường nước và sinh thái. Lý thuyết của SPC tích hợp các giải pháp phát triển tác động thấp (LID)/hạ tầng xanh (GI) (bao gồm: mái nhà

xanh, ô trữ sinh học/vườn mưa, vỉa hè thấm nước...) và tối ưu hóa mạng lưới thoát đô thị (từ nâng cấp mạng lưới thoát nước truyền thống thành hệ thống thoát nước bền vững). SPC gồm 3 hợp phần chính: (i) hệ thống giảm thể tích dòng chảy tại nguồn; (ii) hệ thống thoát nước mưa chính và phụ; (iii) và hệ thống kiểm soát lũ đầu ra để giảm lưu lượng dòng chảy. Kết hợp “cơ sở hạ tầng xanh - xám” là một phương pháp quan trọng để xây dựng các SPC [56].

Một ví dụ điển hình là các công trình trữ phân tán tích hợp bên trong công viên Fengxiang rộng 80 ha thuộc lưu vực sông Meishe, Hạ Khẩu, Trung Quốc. Công viên được thiết kế dựa trên hướng tiếp cận SPC, thay vì bê tông hóa kênh sông tự nhiên thì sử dụng các giải pháp thân thiện với môi trường nhằm để giải quyết lũ lụt và ô nhiễm, phục hồi môi trường sống, nâng cao đa dạng sinh học, tạo không gian giải trí, và mang lại vẻ đẹp đến môi trường đô thị. Khu vực này đã giúp xử lý 6.000 tấn nước thải đô thị, 3.500 tấn nước thải sinh hoạt từ các địa phương lân cận. Ngoài ra, công viên còn là địa điểm thăm quan của hơn 620.000 lượt khách mỗi năm, và nâng cao giá trị bất động sản xung quanh lên 20% [57].



(Nguồn: <https://www.chinese-architects.com/>)

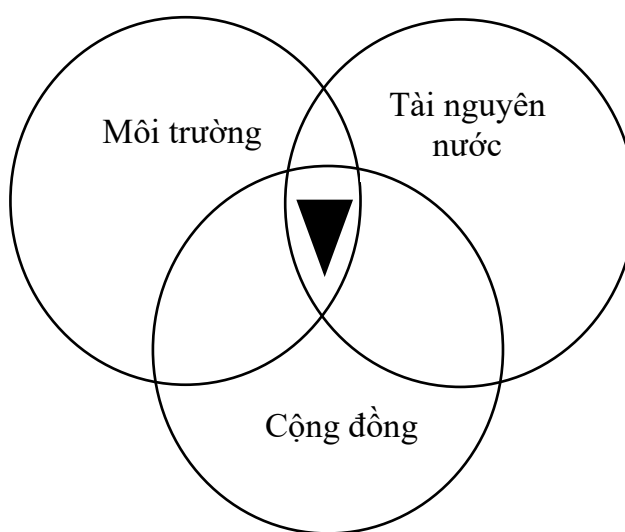
Hình 2.21 Công viên Fengxiang, Hạ Khẩu, Trung Quốc

Ngoài ví dụ điển hình trên còn rất nhiều các thành phố khác tại Trung Quốc đã áp dụng SPC. Các nghiên cứu, chương trình thí điểm, tính hiệu quả của SPC có thể được tham khảo tại các tài liệu sau: [58], [59], [16].

- *Chương trình Active, Beautiful, Clean waters (ABC) của Singapore*

Chương trình ABC là chương trình nhằm tích hợp môi trường, tài nguyên nước, và cộng đồng nhằm tạo ra không gian sống mới và khuyến khích con người sinh hoạt gần với nước hơn [60]. Nói một cách ngắn gọn: (i) Active là tạo ra một không gian sống mới cho cộng đồng xung quanh nguồn nước; (ii) Beautiful là nâng cao các khía cạnh thẩm mỹ; (iii) Clean là cải thiện chất lượng dòng chảy nước đô thị. Các giải pháp xanh như vỉa hè thấm, ô trữ sinh học, mái nhà xanh, hồ điều tiết,..., thay thế và tăng cường cho các hạ tầng thoát nước mưa truyền thống (dựa vào bê tông) [61].

Khi cộng đồng gần nước hơn, con người sẽ có ý thức trân trọng và nâng cao ý thức bảo vệ nguồn nước. Với sự thành công của các dự án thí điểm ban đầu, tính đến tháng 3 năm 2018, Singapore đã phát triển một mạng lưới với 17 hồ trữ nước lớn, 8000 km hệ thống cống, sông kênh. Ngoài ra, đã có hơn 30 dự án được hoàn thành và hơn 100 dự án tiềm năng đang chuẩn bị được thực hiện trong giai đoạn tới [60].



Hình 2.22 Hướng tiếp cận của chương trình ABC

Một số dự án điển hình đã áp dụng thành công như trung tâm thể thao Sport Hub với trung tâm là sân vận động quốc gia với 55.000 chỗ ngồi, cùng với các khu vực khác như nhà thi đấu đa chức năng, bảo tàng, thư viện thể thao... được xây dựng vào năm 2014 [60].



(Nguồn: ABC Water design guidelines,PUB)

Hình 2.23 Trung tâm thể thao Sport Hub, Singapore

Cơ sở hạ tầng của khu vực được xây dựng tích hợp với các giải pháp xanh hệ thống thu gom nước mưa từ mái nhà sân vận động quốc gia, ô trữ sinh học và rãnh thực vật được thiết kế tại các lối vào trung tâm với chức năng làm sạch, làm chậm nước mưa chảy tràn trước khi xả tới hồ Marina.



(Nguồn: ABC Water design guidelines,PUB)

Hình 2.24 Vùng đất ngập nước và rãnh thấm, ô trữ sinh học khu vực trung tâm thể thao

Ngoài ra các vùng đất ngập nước được bố trí dọc sông, xung quanh trung tâm thể thao. Hay những mái nhà xanh được bố trí tại thư viện, bảo tàng thể thao nhằm tạo không gian xanh, cải thiện mỹ quan khu vực.

- *Chương trình trữ nước mưa tại Hàn Quốc [62]*

Tại Hàn Quốc, các giải pháp trữ nước mưa dựa trên ý tưởng tương tự lý thuyết của LID, nhưng có những tên gọi khác như: Healthy Water-Cycle city, hoặc Rain city. Các phương pháp này dựa trên khái niệm quản lý nước mưa trong một khu vực thông qua lưu trữ, thấm và bốc thoát hơi nước. Thuật ngữ HWC2 đề cập đến một thành phố an toàn và bền vững cố gắng duy trì vòng tuần hoàn nước tự nhiên thông qua áp dụng các giải pháp xanh.

Năm 2010, các thực hành về LID đã được đưa vào luật nước của Hàn Quốc với nội dung chính mục đích giảm thiểu ô nhiễm nguồn nước và phục hồi chu trình thủy văn tự nhiên của đô thị. Cuối năm 2012, luật nước thải đã được sửa đổi để áp dụng nước thải đã qua xử lý, và được áp dụng để giảm thiệt hại do lũ lụt, giảm ô nhiễm nước và tái sử dụng nước thải cho các mục đích khác nhau như tưới tiêu và cấp nước, tăng cường các ứng dụng LID trong không gian mở như công viên, sân chơi và trường học...

Kể từ tháng 1 năm 2015, một kế hoạch xây dựng mới đã được chỉ định cho Seoul, bao gồm cơ sở quản lý nước mưa có diện tích hơn 1000m². Nếu khu vực đỗ xe rộng hơn 8m thì phải lắp đặt các thiết bị LID dọc hai bên đường, cũng tập trung về việc áp dụng các thông lệ LID/GI trong các khu vực hiện có và cố gắng làm cho thành phố trở nên an toàn, bền vững và thích ứng với BĐKH. Theo thống kê (tính đến năm 2016), các giải pháp trữ nước mưa tại thành phố Seoul như sau:

Bảng 2.5 Thống kê các giải pháp trữ nước mưa tại Seoul 2016

STT	Giải pháp	Số lượng công trình	Diện tích áp dụng (m ²)	Ước tính lượng dòng chảy tràn giảm (m ³ /giờ)
1	Via hè thấm	888	1.478.491	25.136
2	Mái nhà xanh	757	332.637	948
3	Rãnh thấm	705	73.264	4.196
4	Bể chứa nước	494	333.583	3.784

Để đảm bảo một thành phố an toàn và bền vững cho tất cả mọi người, Bộ Môi trường Hàn Quốc cũng sửa đổi các tiêu chuẩn chứng nhận công trình xanh vào năm 2016 và bao gồm quản lý nước mưa với luật mới về LID/GI. Các quy tắc mới nằm trong Tiêu chuẩn Xanh sửa đổi về Năng lượng và Thiết kế Môi trường (GSEED) với mục đích chính là giảm thiểu lượng nước mưa chảy tràn. Quy định mới GSEED trên đã cố gắng khôi phục chu trình thủy văn tự nhiên của thành phố và cũng giúp trong quản lý nước mưa tại chỗ ở các khu vực đô thị. Tuy nhiên, Hàn Quốc vẫn chưa có một chương trình hướng dẫn thật sự như tại Singapore hay Trung Quốc, nhằm áp dụng các giải pháp trữ nước mưa phù hợp với điều kiện khí hậu và đặc điểm tự nhiên ở đây. Một số dự án tiêu biểu áp dụng các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập tại Hàn Quốc:

- *Dự án thu trữ nước mưa tại công viên Songdo Central, Hàn Quốc*

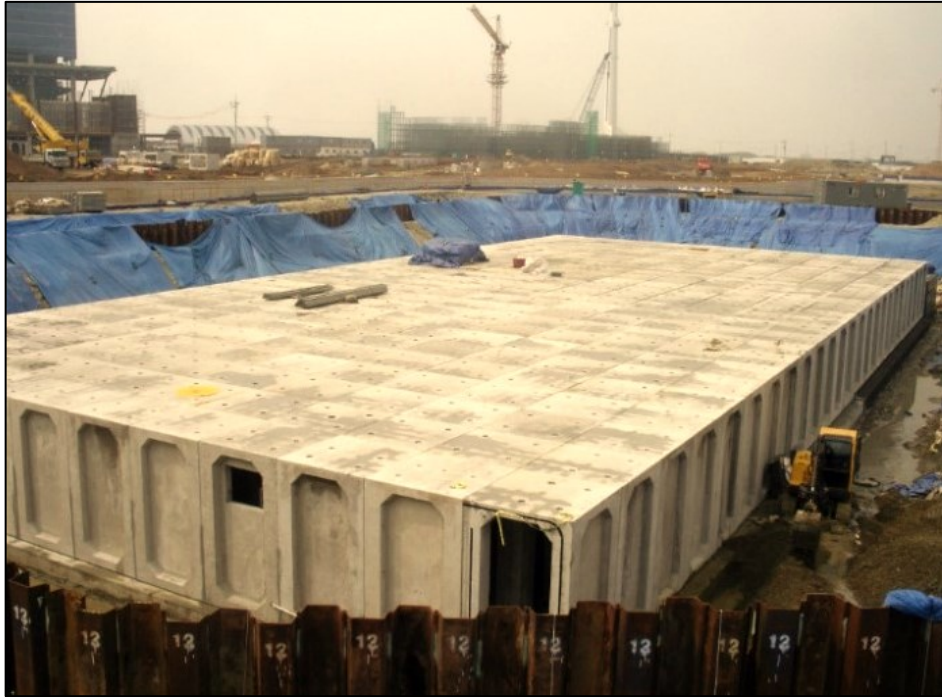
Công viên Songdo Central là một ốc đảo đa chức năng với diện tích hơn 607 ha, bao gồm một kênh dẫn nước biển lớn, khu vực có thể trồng cây từ vùng đất nạo vét biển, hệ thống tưới tiêu bền vững thông qua hệ thống thu gom nước mưa, và các tiện ích khác.



(Nguồn: [63])

Hình 2.25 Khung cảnh công viên Songdo Central, Hàn Quốc

Tại Công viên Trung tâm Songdo có 7 hồ trữ ngầm có thể thu trữ khoảng 5.400 m³ nước mưa trong mùa hè. Nước mưa được tích trữ khi nhu cầu nước thấp, đặc biệt là vào mùa đông. Khi nhiệt độ tăng, nước được lưu trữ được sử dụng để tưới tiêu. Một hồ lưu trữ có thể tiết kiệm khoảng 5 triệu Won (khoảng 5.000 đô la Mỹ) chi phí nước ngọt. Hơn nữa, hệ thống thu nước mưa cũng có tác động phòng chống ngập vào mùa mưa và hạn hán vào mùa khô [63].



(Nguồn: [64])

Hình 2.26 Hệ thống hồ ngầm tại công viên Songdo Central

- *Chương trình trữ nước mưa tại Nhật Bản*

Theo một số nghiên cứu, chương trình trữ nước mưa giảm ngập tại Nhật Bản có tên gọi là Well-Balanced Hydrological System (WBHS). Với mục tiêu tập trung vào sự cân bằng giữa sử dụng nước, kiểm soát lũ lụt và môi trường sinh thái trên lưu vực [62], [14], [65]. Nhìn chung, chương trình tại Nhật Bản có ý tưởng tương tự các giải pháp LID, tuy nhiên chưa có các hướng dẫn kỹ thuật cụ thể.

Sơ lược lịch sử, Nhật Bản đã thúc đẩy việc sử dụng nước mưa từ những năm 1980 và thành lập hội đồng kiểm soát ngập lụt tại Tokyo năm 1986. Các giải pháp lưu trữ và thấm nước mưa chảy tràn được xem là một phần quan trọng của việc kiểm soát ngập lụt. Những chính sách về việc xử lý và tái sử dụng nước mưa cũng được ban hành vào năm 2004. Vào năm 2014, luật mới được ban hành để khuyến khích việc sử dụng nước mưa, mở đường cho việc áp dụng các giải pháp LID tại Nhật Bản. Theo số liệu thống kê, lượng nước mưa sử

dụng đã đạt 7 triệu m³ mỗi năm kể từ năm 2009 và gần 80% trong số chúng được sử dụng trong các nhà vệ sinh [13]. Đặc biệt tại Tokyo, 5.000 hố thấm nhỏ (soakaway) đang được lắp đặt hàng năm tại Setagaya. Tại thành phố Koganei, ngoại ô Tokyo tính đến ngày 31/03/2005, có tới 48.935 soakaway và rãnh thấm dài tới 38 km đã được lắp đặt. Thực tiễn cho thấy các giải pháp này đang hoạt động khá hiệu quả ở Tokyo [66].

2.8. Tổng quan các giải pháp trữ nước tập trung

Các giải pháp trữ nước tập trung thông thường là các công trình quy mô lớn có khả năng trữ nước tập trung như các hồ điều tiết hờ/ngâm hoặc các công trình ngâm với quy mô trữ nước lớn. Một số ví dụ áp dụng tiếp cận trữ tập trung điển hình trên thế giới:

- *Dự án Đường hầm sâu TARP (Torrence Avenue Tunnel), Hoa Kỳ*

Tại Hoa Kỳ, để giải quyết vấn đề ô nhiễm nguồn nước cũng như hỗ trợ giảm ngập lụt, chính quyền thành phố Chicago đã kết hợp với Metropolitan Water Reclamation District (MWRDGC) thực hiện dự án Đường hầm sâu (Torrence Avenue Tunnel- TARP). Dự án này được đưa vào hoạt động giữa các năm 1970 và dự kiến hoàn thiện toàn bộ vào năm 2029 với kinh phí khoảng 3 tỷ USD. Giai đoạn I, chủ yếu xây dựng các hạng mục để kiểm soát ô nhiễm, bao gồm các đường hầm, đường trục, cống nổi và các công trình với chiều dài khoảng 175 km có khả năng lưu trữ 2,4 tỷ gallon nước, tương đương 9,08 triệu m³ nước. Giai đoạn II, bao gồm xây dựng các hồ chứa (3 hồ chứa nước thải), cơ sở bơm, đường hầm và trục bổ sung, đã được lên kế hoạch để phục vụ mục đích kép, dự kiến có khả năng lưu trữ được 17,45 tỷ gallon nước, tương đương 66,4 triệu m³ nước. Dự án TARP bao gồm bốn hệ thống: O'Hare, Mainstream, Des Plaines và Calumet, có tổng diện tích khoảng 971,24 km² và phục vụ thành phố Chicago và 51 vùng cộng đồng lân cận.



(Nguồn: <https://thebackwardriver.org/river-pipeline/>)

Hình 2.27 Một góc dự án TARP

- *Dự án G-Cans, Nhật Bản*

Thủ đô Tokyo của Nhật có truyền thống chống lũ lụt từ lâu, do thành phố được bao quanh bởi 5 hệ thống sông và hàng chục con sông lớn nhỏ. Năm 1993, chính phủ Nhật cho xây kênh thoát nước ngầm vòng ngoài khu vực đô thị (Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel - MAOUDC), hay còn gọi là dự án G-Cans. Dự án mất 13 năm để hoàn thành với kinh phí gần 3 tỷ USD. Công trình này gồm 5 giếng chứa cao 65m, rộng 32m được nối với nhau bằng đường ống dài 6,5km, đường kính 10m và nằm sâu dưới mặt đất 50m. Đường ống này sẽ dẫn tới một bể chứa nước khổng lồ cao 25,4m, dài 177m, rộng 78m với 59 trụ khổng lồ được kết nối với 78 máy bơm 10MW (13.000HP), có thể bơm 200m³/s vào sông Edo. Mỗi khi mưa lớn, nước sẽ được dẫn từ các trụ chứa tới bể chứa khổng lồ. Sau đó, người ta sẽ bơm nước từ bể chứa ra sông Edo với các máy bơm công suất lớn để tránh ngập cho toàn thành

phố. Nhờ có nó, người dân Tokyo và các vùng lân cận đã tránh được các đợt ngập lụt nặng trong những năm qua [67].



Hình 2.28 Hình ảnh bên trong dự án G-Cans

- *Hồ điều tiết Pang Sua, Singapore*

Hồ Pang Sua là một hồ thu nước mưa rộng 3 ha tiếp giáp với công viên khu phố Bukit Panjang. Trong quá trình cải tạo hồ Pang Sua, Ủy ban Công ích (PUB), thuộc cơ quan cấp nước quốc gia Singapore đã hợp tác chặt chẽ với Hiệp hội Nhân dân để đảm bảo rằng việc cải tạo sẽ mang lại lợi ích cho người dân và cộng đồng trong khu vực. Một lối đi lát ván được kết hợp với hồ điều hòa để cải thiện khả năng tiếp cận và kết nối cư dân với các tiện ích khác nhau xung quanh hồ Pang Sua.

Hồ có chu vi khoảng 770m, chỗ rộng nhất 260m. Với diện tích lưu vực 425 ha, hồ thu gom nước mưa chảy tràn từ khu dân cư Bukit Panjang. Nước trong hồ được bơm lên hồ Upper Seletar để lưu trữ. Có hai kênh nước mưa chính chảy vào ao Pang Sua. Kênh đào Pang Sua phía đông, chạy dọc theo đường Bukit Panjang. Con kênh còn lại chạy qua các khu nhà công vụ và đi vào cuối phía bắc của hồ Pang Sua. Nước từ ao tràn vào kênh hạ lưu dẫn đến hồ chứa nước Kranji.

Dự án này có lối đi bộ lát gỗ dài 480m mang đến cho cư dân một không gian sống độc đáo, trải nghiệm “đi bộ trên mặt nước”. Kết nối được tăng cường khi cư dân giờ đây có thể sử dụng lối đi lát ván để đến một số cơ sở trong vùng lân cận, chẳng hạn như tòa nhà mới Trung tâm chăm sóc sức khỏe 3G, câu lạc bộ cộng đồng Senja-Cashew và sân vận động Bukit, công viên khu phố Panjang 5. Hai đài quan sát cũng được xây dựng dọc theo lối đi bộ lát ván cho phép hành khách tạm dừng trên đường để tham quan bờ sông có cảnh quan đẹp. Nhìn ra bờ sông tại Hồ Pang Sua, một sân khấu đa năng có sức chứa hơn 250 người mang đến những khả năng thú vị cho nhiều loại các buổi biểu diễn ngoài trời, các sự kiện cộng đồng và các lựa chọn giải trí khác bằng cách nước.



(Nguồn: ABC Water design guidelines,PUB)

Hình 2.29 Hồ điều tiết Pang Sua, Singapore

Hoặc một dự án khác tại Thái Lan, Kaem Ling là một giải pháp kiểm soát lũ lụt thông qua các hồ trữ nước nhân tạo. Nước sẽ được bơm từ hệ thống kênh Phraya Ratchamontri vào những hồ chứa để tránh ngập lụt khi chịu các tác động như: thủy triều, mưa, nước đổ từ thượng nguồn phía bắc. Sau khi tình hình ổn định trở lại sẽ dần chuyển nước ra khỏi hồ và cho chảy lại vào hệ thống kênh. Đặc biệt là trước khi kết thúc mùa mưa lũ, nước sẽ được chuyển nước vào “túi” chứa nước để dự trữ cho mùa hạn, cung cấp cho nhà máy xử lý nước và phục vụ cho hoạt động sản xuất nông nghiệp của nhân dân.



(Nguồn: <https://www.teamgroup.co.th/en/>)

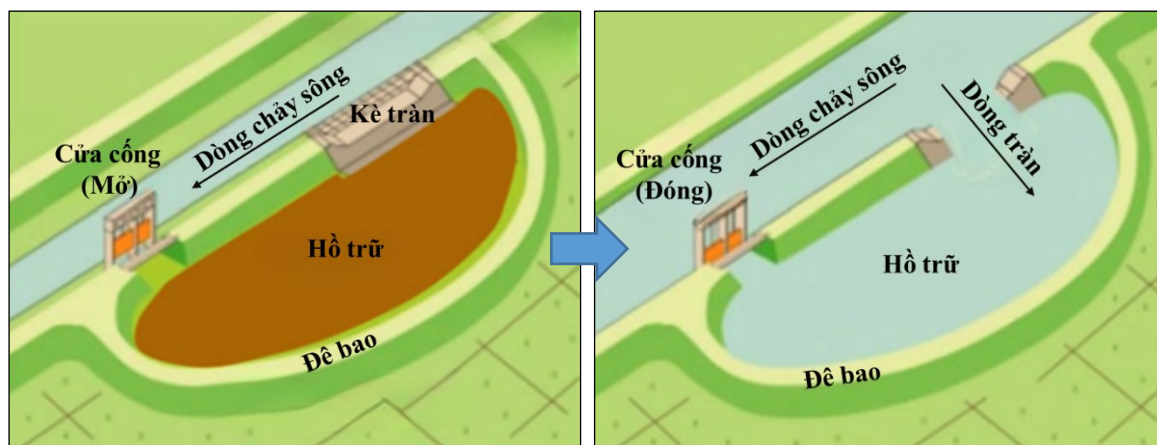
Hình 2.30 Hình ảnh dự án Kemling

Hồ có khả năng trữ lên đến 15.000m³ nước và sẽ tiếp tục mở rộng hơn nữa. Nhưng hiện tại, đây chỉ là hồ nhỏ nhất trong 26 hồ được xây dựng tại các khu vực vùng ngoại ô thủ đô Bangkok. Tính đến nay, sức chứa của 26 hồ đã lên đến 13 triệu m³ nước. Trong đó khả năng trữ nước ở phía tây khoảng 6 triệu m³, phía đông của Bangkok khoảng 7 triệu m³ đã góp phần giải quyết khá hiệu quả tình hình thiếu nước ngọt ở Bangkok trong bối cảnh Thái Lan đang trải qua mùa khô hạn nghiêm trọng nhất trong vòng 20 năm trở lại đây.

2.9. Tổng quan các giải pháp trữ nước trong hệ thống kênh/rạch hiện hữu

Để tăng cường hỗ trợ công tác giảm ngập, có thể cải tạo và sử dụng hệ thống sông/kênh hiện hữu để trữ nước. Hoặc một giải pháp khác là kết hợp các công trình lớn, điển hình như các hồ điều tiết, công trình đa mục tiêu (sân vận

động, công viên) trữ nước mưa kết hợp với các sông/kênh. Nguyên lý chính là lượng nước lũ dư thừa sẽ đi qua một kè tràn để vào khu trữ (hồ điều tiết, công viên, sân vận động lớn...). Sau đó nước lũ sẽ được tháo trở lại ra sông qua một cống ngăn.



Hình 2.31 Nguyên lý kết hợp trữ nước trên sông/kênh và hồ điều tiết [68]

- *Trữ nước trên sông kết hợp hồ điều tiết Arakawa số 1*

Hồ điều tiết Arakawa số 1 (hay còn gọi là hồ Saiko) nằm ở tỉnh Saitama. Hồ điều tiết này có khả năng trữ nước từ sông Arakawa khi nước sông dâng cao vượt qua mực nước dâng tối đa. Sau khi triều rút, nước được tháo ra khỏi hồ điều tiết thông qua một cửa cống.

Theo thiết kế, hồ Saiko hỗ trợ trữ lượng nước khoảng 39.000 nghìn m³ (tương ứng trận lũ chu kỳ lặp lại 200 năm) giúp trữ nước và giảm ngập khu vực lân cận [69].



(Nguồn: <https://www.mlit.go.jp/>)

Hình 2.32 Hồ điều tiết Arakawa số 1 tại Saitama, Nhật Bản

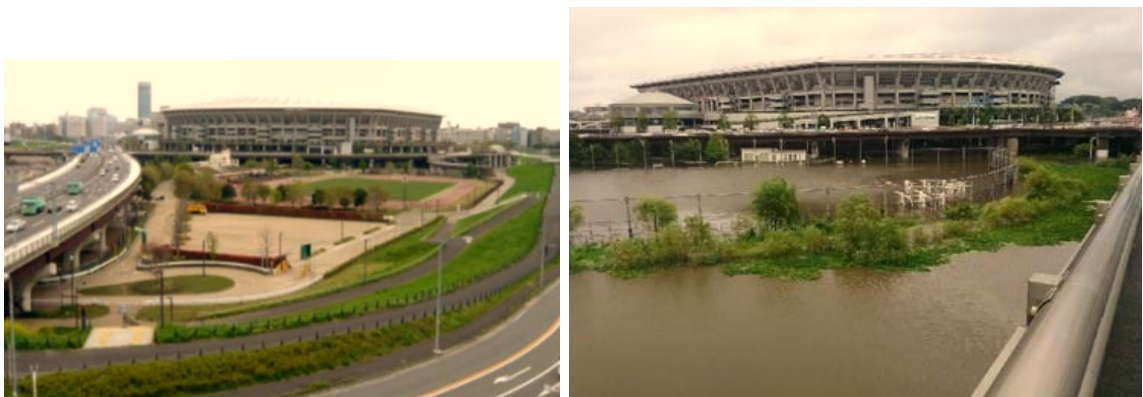
- *Dự án công viên thể thao đa chức năng Shin-Yokohama*

Công viên này là một cơ sở thể thao và giải trí, và sẽ là một công viên nơi người dân có thể thoải mái chơi thể thao, trung tâm là sân vận động Nissan. Sân vận động nằm ở một góc của công viên thể thao Yokohama, với sức chứa 70.000 người và tổng diện tích sàn khoảng 166.000m². Đây là một trong những sân vận động thể thao lớn nhất Nhật Bản.



Hình 2.33 Hệ thống trữ lũ khu vực trung tâm thể thao Yokohama

Nước lũ đi theo hệ thống kè tràn để vào khu trung tâm thể thao và được trữ, làm chậm tại đây. Một hệ thống sàn nâng được áp dụng để không cản trở khả năng chống lũ của sân vận động. Khả năng trữ nước của khu vực này được thiết kế vào khoảng 3,9 triệu m³, và dự kiến quy hoạch làm chậm dòng chảy lũ với lưu lượng 700 m³/s [70].



Hình 2.34 Sân vận động Nissan trước và sau khi có lũ [70]

- Dự án công viên đất ngập nước Minghu, Liupanshui, Trung Quốc

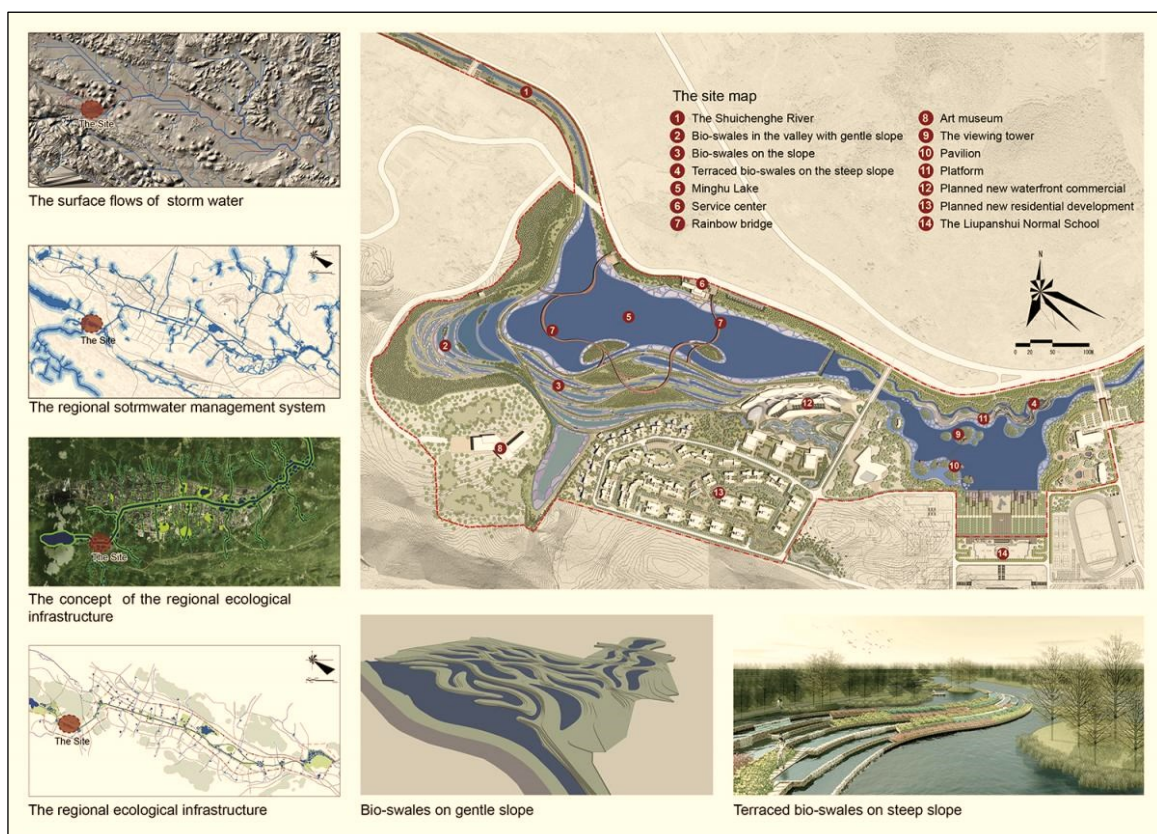
Dự án công viên đất ngập nước Minghu tại Liupanshui, Trung Quốc có quy mô 90 ha, là một phần chính của dự án cơ sở hạ tầng sinh thái toàn diện cho thành phố. Dự án quan tâm tập trung vào cả lưu vực thoát nước sông Shuicheng và thành phố. Đầu tiên, các dòng suối, vùng đất ngập nước và vùng đất trũng hiện có đều được tích hợp vào hệ thống quản lý nước mưa và được liên kết bởi dòng sông chính, tạo thành một loạt các hồ điều tiết và vùng đất ngập nước làm sạch với các khả năng khác nhau. Cách làm này không chỉ giảm thiểu ngập úng đô thị mà còn tăng dòng chảy ngầm để duy trì dòng chảy nước sông sau mùa mưa. Thứ hai, kè bê tông của dòng sông phân luồng đã bị dỡ bỏ. Một bờ sông tự nhiên đã được khôi phục để hồi sinh hệ sinh thái ven sông và tối đa hóa khả năng tự làm sạch của dòng sông. Thứ ba, các không gian công cộng liên tục được tạo ra để bố trí các lối đi dành cho người đi bộ và xe đạp giúp tăng khả năng tiếp cận bờ sông. Những hành lang này tích hợp các không gian sinh thái và giải trí đô thị. Cuối cùng, dự án kết hợp phát triển bờ sông và phục hồi sông. Cơ sở hạ tầng sinh thái xúc tác cho các nỗ lực đổi mới đô thị ở Liupanshui, làm tăng đáng kể giá trị đất đai và tăng cường sức sống đô thị.



(Nguồn: <https://www.metalocus.es/en/news/liupanshui-minghu-wetland-park-turenscape>)

Hình 2.35 Khu vực hồ điều tiết của công viên Liupanshui

Thông qua các kỹ thuật cảnh quan này, những vùng đất hoang ven đô thị đã được chuyển đổi thành khu vực có khả năng xử lý nước mưa và nước thải với hiệu suất cao và ít phải bảo trì. Chúng giúp điều tiết nước mưa, khôi phục môi trường sống tự nhiên cho đa dạng sinh học và thu hút người dân cũng như khách du lịch. Nơi đây đã trở thành công viên sinh thái quốc gia năm 2013.



(Nguồn: <https://www.metalocus.es/en/news/liupanshui-minghu-wetland-park-turenscape>)

Hình 2.36 Thiết kế công viên Minghu với chủ đạo là hồ điều tiết và các vùng đất ngập nước

- *Dự án phục hồi kênh Cheonggyecheon*

Chính quyền thành phố Seoul đã quyết định dỡ bỏ con đường 10 làn xe và đường cao tốc 4 làn xe chở hơn 170.000 phương tiện mỗi ngày dọc theo kênh Cheonggyecheon. Dự án đã góp phần làm tăng 15,1% lượng người đi xe buýt và tăng 3,3% lượng người đi tàu điện ngầm từ năm 2003 đến 2008. Con phố được hồi sinh hiện thu hút 64.000 du khách mỗi ngày.



(Nguồn: <https://globaldesigningcities.org/>)

Hình 2.37 Kênh Cheonggyecheon trước và sau khi cải tạo

Về mặt môi trường, kênh mới phục hồi có khả năng chống ngập cho sự kiện lũ lụt chu kỳ lặp lại 200 năm và có thể duy trì tốc độ dòng chảy 118mm/giờ. Tăng đa dạng sinh học tổng thể lên 639% với số loài thực vật tăng từ 62 lên 308, loài cá từ 4 lên 25, loài chim từ 6 lên 36, loài không xương sống dưới nước từ 5 đến 53, loài côn trùng từ 15 đến 192, động vật có vú từ 2 đến 4 và động vật lưỡng cư từ 4 đến 8. Ngoài ra, hiệu ứng đảo nhiệt đô thị đã giảm với nhiệt độ dọc theo dòng suối mát hơn từ 3,3° đến 5,9°C. Giảm 35% ô nhiễm không khí dạng hạt nhỏ từ 74 xuống 48 microgam trên một mét khối [71].

2.10. Tổng quan các nghiên cứu liên quan đến trữ nước mưa tại TP.HCM

So với các nước trên thế giới, việc thực hành SUDS/LID vẫn chưa phổ biến và ứng dụng rộng rãi tại Việt Nam nói riêng và TP.HCM nói chung. Một số nghiên cứu liên quan đến ứng phó ngập lụt và các giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM như sau:

Nghiên cứu “*Tận dụng khả năng trữ nước của hồ điều hòa để giảm ngập lụt trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh*” đã xác định vị trí bố trí hồ điều hòa cho 5 vùng tiêu thoát nước nhằm giảm thiểu ngập lụt cho TP.HCM. Nhóm tác giả đề xuất cần phát triển và biến hệ thống sông kênh rạch hiện hữu làm nhiệm vụ hệ thống

các hồ điều hòa trên phạm vi toàn thành phố. Tuy nhiên do mới nghiên cứu sơ bộ nên các thông số kỹ thuật của hồ điều hòa còn mang tính định hướng [72].

Nguyễn Việt Kỳ & Nguyễn Đình Tứ (2011), đã thực hiện nghiên cứu về các giải pháp thu gom nước mưa đã đề xuất “Mô hình Pilot bổ sung nhân tạo nước dưới đất bằng nước mưa tại ký túc xá Đại học Quốc gia TP.HCM”. Trong nghiên cứu này trình bày khả năng bổ cập nước mưa cho nước dưới đất dựa trên kết quả đo, quan trắc và phân tích lượng mưa, bốc hơi, kết quả đo địa vật lý, mực nước trong giếng thu gom, giếng quan trắc của hệ thống quan trắc mưa và bốc hơi, hệ thống thu gom và bổ cập nước dưới đất bằng nguồn nước mưa tại khuôn viên ký túc xá Đại học Quốc gia TP.HCM từ tháng 11/2007 cho đến tháng 2/2009 [73].

Lộc và cộng sự (2014) thực hiện khảo sát xã hội và những người phỏng vấn với cư dân địa phương để đánh giá tính ứng dụng của SUDS ở TP.HCM. 04 loại SUDS được xem xét: Thu hoạch nước mưa (Rainwater Harvesting), mái nhà xanh (Green Roofs), không gian xanh đô thị (Urban Green Space) và những vỉa hè thấm (Porous Pavements). Kết quả cho thấy có sự khác biệt giữa các giải pháp SUDS được lựa chọn tương ứng với mức thu nhập của người dân. Giải pháp vỉa hè thấm được lựa chọn nhiều nhất cho các đối tượng, tiếp theo là không gian xanh, thu hoạch nước mưa và mái nhà xanh. Điều này cho thấy sự lựa chọn kỹ thuật SUDS phụ thuộc vào điều kiện kinh tế của người dân [74].

Vào năm 2011, “*Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chống ngập cho TP.HCM*” với phương pháp sử dụng chính là áp dụng mô hình thủy văn, thủy lực MIKE 11 và MIKE MOUSE trong mô phỏng hiện trạng ngập lụt cũng như các kịch bản ngập theo các tần suất. Để giải quyết tình trạng ngập lụt chung, đề tài đã đề xuất xây dựng 12 công lớn kiểm soát triều, xây dựng đê bao để bảo vệ cho vùng dự án. Cùng với đó là kiểm soát mực nước để hỗ trợ hệ thống tiêu thoát nước mưa đô thị phát huy cao nhất năng lực của chúng và khống chế để mực nước tại hầu hết trên các kênh rạch trong nội vùng không vượt quá cao

trình +1,0m. Đối với ngập do mưa, một số giải pháp chung như thu trữ nước mưa (trữ mưa từ các mái nhà, sân vườn,...), xây dựng hồ điều hòa (trữ mưa ở những vùng có diện tích lớn) đã được đề xuất. Giải pháp cải tiến, bổ sung công trình tại các cửa xả cho một số hệ thống cống thoát nước thành phố. Đối với các khu vực ngập triều, giải pháp ngăn triều truyền thống là xây dựng các hệ thống cống kiểm soát triều, đê, trạm bơm hoặc kết hợp cả hai vừa cống vừa đê để ngăn đỉnh triều... Bên cạnh đó, việc nghiên cứu lợi dụng chân triều để tiêu nước, tạo bề tiêu khi mưa lớn là một trong những giải pháp được ưu tiên xem xét. Đối với ngập do lũ: TP.HCM nằm ở hạ lưu chịu tác động trực tiếp của lũ từ các sông Đồng Nai, sông Sài Gòn. Ngoài biện pháp nâng đê, xây công để ngăn nước lũ không cho ảnh hưởng đến vùng tiêu, thì việc phối hợp với các cơ quan quản lý hệ thống các công trình hồ chứa lớn ở thượng lưu nhằm làm giảm đến mức thấp nhất lượng nước lũ xả trong các thời kỳ mưa lớn, triều cường. Ngoài ra, đề tài cũng kiến nghị nên cải tạo hệ thống cống cũ, quy định tỷ lệ đô thị hóa đối với các khu vực mới phát triển, nâng cao ý thức người dân, và kiến nghị nên có một tổ chức đứng đầu điều hành và kết nối các bên liên quan cùng giải quyết vấn đề ngập lụt TP.HCM [75].

Vào năm 2016, với mục tiêu xác định chiến lược chống ngập lụt hợp lý và vạch ra lộ trình đầu tư công trình chống ngập một cách khoa học, phù hợp với khả năng huy động vốn và tiến tới giải quyết một cách dứt điểm tình trạng ngập lụt TP.HCM. Đề tài “*Nghiên cứu đề xuất lựa chọn chiến lược quản lý ngập lụt thích hợp trên cơ sở các dự án đã, đang và dự kiến triển khai tại TP.HCM*” đã ứng dụng phần mềm thủy lực F28 để mô phỏng hệ thống thủy lực tích hợp giải quyết bài toán ngập lụt đô thị và vùng ven với quy mô từ hạ lưu các hồ Trị An, Dầu Tiếng, Phước Hòa ra tới biển đông. Từ đó tiến hành tính toán các kịch bản và xây dựng bản đồ nguy cơ và rủi ro ngập lụt dựa trên sự thay đổi lượng mưa và mực nước triều tại khu vực TP.HCM theo các tần suất khác nhau, kết hợp với kịch bản BĐKH của Bộ TNMT năm 2016. Kết quả tính toán đều cho thấy

sự gia tăng về mức độ, quy mô ngập cũng như thiệt hại tài chính gia tăng (nghìn tỷ đồng), ứng với các kịch bản gia tăng mực nước và lượng mưa. Nghiên cứu này đề xuất hai hướng tiếp cận chính là: (i) trực tiếp tác động lên các yếu tố ngập lụt với mục tiêu giảm thiểu rủi ro và nguy cơ ngập lụt; và (ii) tiếp cận không đối đầu với mục tiêu tránh đối diện với rủi ro trực tiếp nếu không cần thiết. Đối với cách tiếp cận trực tiếp, nghiên cứu đã đề xuất xây dựng 7 hồ điều tiết: Kỳ Hòa (1,9 ha), công viên Chiến Thắng (0,82 ha), công viên Gia Định (0,77 ha), khu vực bến xe Chợ Lớn (0,69 ha), khu vực Thuận Kiều Plaza (0,91 ha), khu vực ngã tư Lý Thường Kiệt – Hòa Hảo (0,89 ha), khu vực trường Nguyễn Thị Minh Khai, quận 3 (0,83 ha). Các kết quả tính toán cho thấy mức độ giảm ngập tại các khu vực nội thành giảm đáng kể và đề xuất cần tiếp tục tiến hành nghiên cứu chuyên sâu về các giải pháp này. Ngoài ra, việc xây dựng quy trình vận hành hồ Dầu Tiếng, Trị An, hạn chế khai thác nước ngầm, cải thiện hệ thống cống, xây dựng 2 hồ điều tiết tại Cần Giờ hay xây dựng đê biển Gò Công – Vũng Tàu cũng được nghiên cứu đề xuất như những giải pháp tiềm năng. Đối với hướng tiếp cận không đối đầu thông qua việc giảm thiểu tối đa việc phát triển đô thị hoặc nâng nền/san nền tại các khu vực có nguy cơ ngập cao. Tuy nhiên các giải pháp này được xem xét chỉ nên áp dụng cho các khu đô thị mới đang phát triển. Cuối cùng nghiên cứu đề xuất lộ trình áp dụng các giải pháp, đặc biệt trong giai đoạn 2025 – 2050 nên xây dựng các hồ trữ tạm nước mưa trong khu vực nội thành [76].

Nhằm đánh giá được các khả năng ứng phó của hệ thống thoát nước hiện hữu đối với sự gia tăng của mưa cực đoan (về cường độ và tần suất) trong bối cảnh BĐKH nhằm từng bước giải quyết triệt để bài toán ngập lụt đô thị TP.HCM. Và kỳ vọng sẽ xây dựng lại bộ quy chuẩn thiết kế mới cho hệ thống thoát nước đô thị trong tình hình thời tiết hiện tại có tính đến biến đổi khí hậu đến cuối thế kỷ 21 nhằm phục vụ công tác xây dựng hệ thống thoát nước bền vững cho TP.HCM, giải quyết triệt để vấn đề ngập lụt hiện tại và trong tương

lai. Nghiên cứu “*Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh trong điều kiện biến đổi khí hậu*” (2018), đã sử dụng mô hình MIKE FLOOD với 3 module kết nối chính là MIKE 11, MIKE 21FM và MIKE URBAN. Các kịch bản bao gồm mực nước triều giai đoạn hiện trạng 2016, kịch bản BĐKH 2030, 2050, 2100 với điều kiện mưa theo chu kỳ lặp lại 10, 30, 50 và 100 năm được đưa vào tính toán. Kết quả tính toán ngập cho khu vực nghiên cứu điển hình là quận 1 cho thấy độ sâu ngập (trận mưa ngày 26/9/2016) dao động từ 10 - 35 cm, hệ thống thoát nước tại đây bị quá tải. Đối với các giai đoạn tương lai theo kịch bản BĐKH 2030 – 2100 ứng với những trận mưa từ vũ lượng 160mm đến 212mm trong 3 giờ làm giảm khả năng đáp ứng của các tuyến cống cấp 2, 3 và gây ngập nhiều khu vực 0,5m – 1m với thời gian lên tới 140 phút. Do đó nghiên cứu đề xuất một số giải pháp giảm ngập như: thay đổi mặt đệm, kè bờ, cống ngăn triều... Trong đó, đặc biệt là việc đề xuất lượng mưa thiết kế vẫn tuân theo QH 752 về tần suất thiết kế (sử dụng mưa thời đoạn 3 giờ, theo chu kỳ 3 năm và 5 năm) nhưng thay đổi về cường độ. Nghiên cứu còn hạn chế khi các giải pháp còn mang tính sơ khởi hoặc chưa thể hiện được hiệu quả giảm ngập khi áp dụng các giải pháp. Các kết quả tính toán bộ tiêu chuẩn mưa thiết kế thuộc giới hạn quy mô khu vực quận 1 và cần chi tiết hơn tại các khu vực khác [77].

Ngoài ra, đối với giải pháp phân lũ để giảm ngập cho TP.HCM khi hồ Dầu Tiếng xả lũ, Nghiên cứu về “*Nghiên cứu đề xuất các giải pháp phân lũ, chậm lũ, giảm lũ nhằm giảm ngập lụt cho TP.HCM khi hồ Dầu Tiếng xả lũ theo thiết kế hoặc gặp sự cố*” được thực hiện vào năm 2018. Phương pháp áp dụng chính trong nghiên cứu là mô hình thủy lực MIKE với các module MIKE 11HD, MIKE21FM, MIKE FLOOD để mô phỏng ngập lụt hạ du với các kịch bản thay đổi tần suất mưa, triều và xả lũ 10% kết hợp với các kịch bản BĐKH. Nghiên cứu chỉ ra rằng nếu áp dụng giải pháp phân lũ trên sông Sài Gòn qua tuyến Rạch Tra không có hiệu quả giảm ngập cho TP.HCM và ngược lại diện tích

ngập càng tăng lên nếu mở rộng rạch lên 60m, 100m hay 200m. Tương tự, khi phân lũ qua các tuyến Sóc Lào ra sông Vàm Cỏ, hoặc xây dựng vùng dự trữ lũ tại khu Bắc Củ Chi cũng không cho thấy sự hiệu quả. Mặc dù có hiệu quả giảm mực nước trên sông Sài Gòn nhưng tổng diện tích ngập và tổng thiệt hại do ngập gây ra chỉ giảm đi rất ít. Do đó, đối với trường hợp ngập lụt do xả lũ thượng lưu, nghiên cứu đề xuất nên nâng cao dung tích phòng lũ hồ Dầu Tiếng thông qua việc nâng cao đập. Theo tính toán sơ bộ của nghiên cứu, việc nâng cao dung tích hồ Dầu Tiếng sẽ tốn chi phí không lớn, có tính khả thi cao và kỹ thuật không quá phức tạp [78].

Gần đây là nghiên cứu “*Điều tra khảo sát và đánh giá thiệt hại do ngập lụt đến kinh tế - xã hội; xây dựng bản đồ thiệt hại do ngập lụt phục vụ công tác chống ngập, quy hoạch đô thị trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh*” (2021), đã xem xét đánh giá được các nguyên nhân chính gây ra tình trạng ngập lụt ngày càng nghiêm trọng trên địa bàn TP.HCM. Phân tích từng nguyên nhân gây ra ngập lụt, mức độ và tầm ảnh hưởng do từng nguyên nhân gây ra, tính toán và ghi nhận rằng xác suất xuất hiện tổ hợp mưa lớn ($>40\text{mm}$) và triều cường ($>1,3\text{m}$) sẽ có xác suất có khả năng gây ngập trên địa bàn thành phố khoảng 21%. Đây cũng là một điểm mới của nghiên cứu này, từ đó nghiên cứu xây dựng bản đồ ngập lụt và thiệt hại cho khu vực TP.HCM dựa trên kết quả điều tra và mô hình toán. Qua đó đề xuất một số chiến lược ưu tiên chống ngập trên địa bàn TP.HCM: (1) Xây dựng đội ngũ cán bộ lãnh đạo, quản lý có chuyên môn nghiệp vụ để đưa ra các giải pháp chống ngập hiệu quả; (2) Xác định được nguyên nhân gây ngập cho từng khu vực cụ thể; (3) Xác định rõ vai trò của các bên liên quan; (4) Nâng cấp và đầu tư hoàn thiện hệ thống hạ tầng kỹ thuật; (5) Đẩy nhanh tiến độ các dự án chống ngập. Ngoài ra, nghiên cứu còn đề xuất ứng dụng công nghệ thông tin (bộ công cụ quản lý cơ sở dữ liệu) trong quản lý và kiểm soát ngập thông qua sự hỗ trợ của người dân và các bên liên quan, cũng như dễ dàng trong việc quản lý, truy xuất dữ liệu nhằm kịp thời ra quyết định [79].

Đặc điểm chung của các nghiên cứu trước đây trong việc giải quyết vấn đề ngập lụt là ưu tiên áp dụng các giải pháp cứng như xây dựng đê bao, cống, trạm bơm... Và mặc dù các nghiên cứu có đề xuất các giải pháp trữ nước mưa như xây dựng hồ điều tiết trữ tạm, trữ từ các mái nhà, sân vườn,... nhưng cũng chỉ dừng ở mức tính toán sơ khởi. Một số nghiên cứu này được xem như những nghiên cứu tiền đề trong việc áp dụng các hướng tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập cho đô thị TP.HCM. Tuy nhiên, các nghiên cứu vẫn chưa thể hiện chi tiết và chỉ ra được rõ ràng khu vực nên áp dụng các giải pháp cụ thể, quy mô áp dụng, hiệu quả giải quyết vấn đề ở mức độ nào, và thời điểm lúc nào thì có thể thực hiện được,...

2.11. Tiểu kết

Kết quả tổng quan tài liệu đã trình bày cho thấy xu hướng ứng dụng các mô hình trữ nước mưa theo tiếp cận bền vững ngày càng phổ biến khắp nơi trên thế giới. Mặc dù tư duy về quản lý nước mưa bền vững cho khu vực đô thị đã xuất phát từ lâu đời, các giải pháp thoát nước bền vững với hướng tiếp cận mới mang lại nhiều lợi ích cũng như những kết quả tốt đẹp cho môi trường và cộng đồng. Tuy nhiên, tại TP.HCM, các nghiên cứu áp dụng giải pháp trữ nước mưa bền vững trong quản lý ngập lụt đô thị vẫn còn mới mẻ và gặp nhiều rào cản. Việc thực hiện các giải pháp trữ nước mưa theo tiếp cận mới là không hề dễ dàng bởi nhiều lý do như cần thiết minh chứng hiệu quả giải pháp, sự đồng thuận của người dân và các bên liên quan, vị trí và dung tích trữ tiềm năng...? Kết quả được thực hiện tại những nội dung tiếp theo sẽ hướng tới việc giải quyết các rào cản đó.

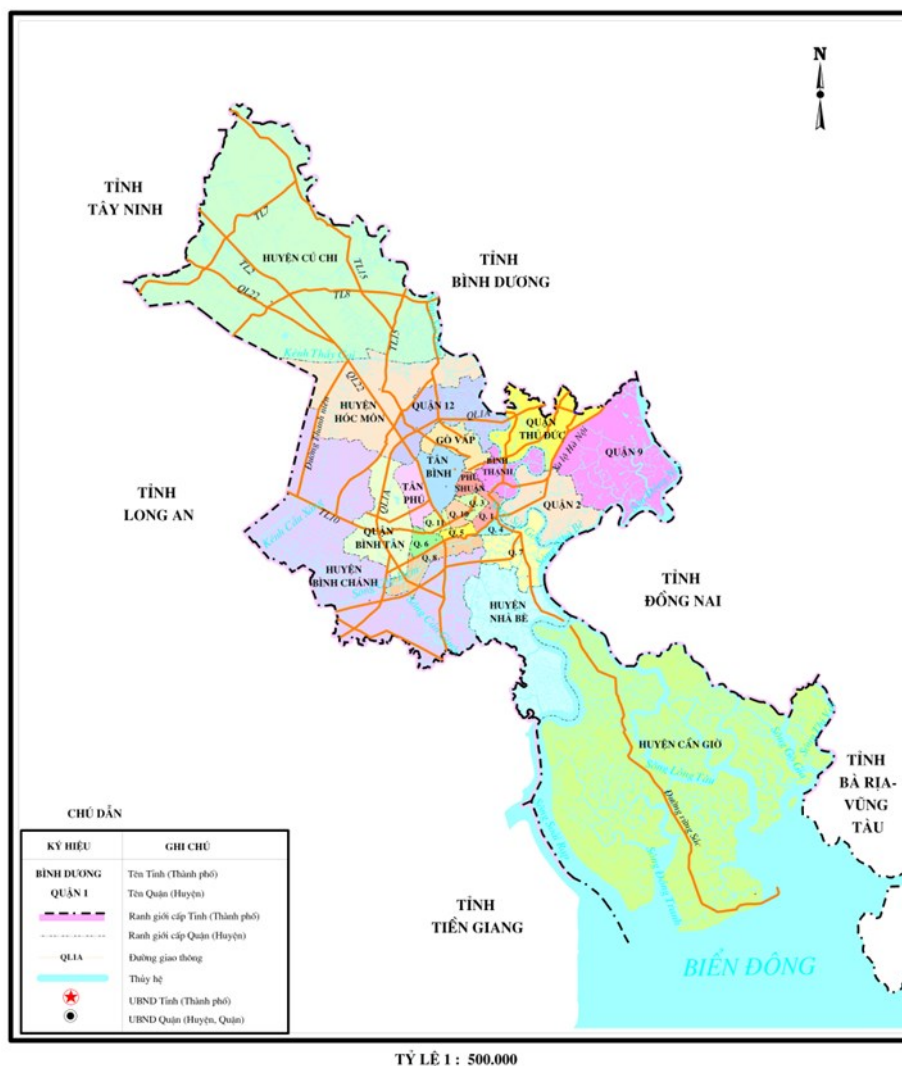
CHƯƠNG 3: DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Tóm tắt

Trong chương này, nghiên cứu tóm tắt các thông tin cơ bản về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội của TP.HCM tại **Mục 3.2**. Tiếp đó, nghiên cứu đề cập đến toàn bộ dữ liệu được sử dụng trong quá trình thực hiện đề tài như: dữ liệu khí tượng thủy văn, ảnh viễn thám, địa hình, QHSDD... tại **Mục 3.3**. Cuối cùng, những phương pháp được sử dụng trong đề tài được trình bày tại **Mục 3.4**.

3.2. Tóm tắt thông tin khu vực TP.HCM

TP.HCM có diện tích 2.095,06 km², nằm trong tọa độ địa lý khoảng 10°10' - 10°38' vĩ độ Bắc và 106°22' - 106°54' kinh độ Đông (**Hình 3.1**).



Hình 3.1 Bản đồ phạm vi khu vực TP.HCM

Phía Bắc giáp tỉnh Tây Ninh, Đông Bắc giáp tỉnh Bình Dương với ranh giới là sông Sài Gòn, Đông giáp tỉnh Đồng Nai với ranh giới là sông Đồng Nai và sông Nhà Bè, Đông Nam giáp tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu với ranh giới là sông Thị Vải và biển Đông, Tây và Tây Nam giáp tỉnh Long An.

- **Đặc điểm tự nhiên**

- *Đặc điểm lượng mưa*

TP.HCM nằm trong vùng cận xích đạo, thuộc khu vực có đặc trưng khí hậu nhiệt đới gió mùa, với nền bức xạ nhiệt dồi dào, nhiệt độ tương đối ổn định và có sự phân hóa mưa theo mùa khá rõ rệt:

- + Mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 tới đầu tháng 11 (khí hậu nóng ẩm, nhiệt độ cao mưa nhiều);
- + Mùa khô từ tháng 12 tới tháng 4 năm sau (khí hậu khô mát, nhiệt độ cao vừa mưa ít đôi khi không mưa);
- + Lượng mưa trung bình hàng năm giao dao động từ 1.070 mm ở khu vực phía Đông Nam (trạm Cần Giờ) đến 1.947 mm ở khu vực trung tâm (trạm trạm Tân Sơn Hòa). Nhìn chung, lượng mưa năm giảm từ Đông sang Tây Nam.

- *Đặc điểm thủy văn*

Sông Sài Gòn-Đồng Nai chịu ảnh hưởng mạnh của thủy triều. Mực nước trong sông thay đổi theo chu kỳ dòng triều. Lưu lượng dòng triều lên ở các cửa sông rất lớn (hàng trăm ngàn m³/s) và giảm dần lên pha thượng lưu do nước triều tích lại trong các vùng trũng ven sông. Biên độ dao động từ 3,5 - 4,0m, lên xuống mỗi ngày 2 lần với 2 đỉnh xấp xỉ nhau và 2 chân chênh nhau khá lớn. Thường thì thời gian giữa 2 chân và 2 đỉnh vào khoảng 12 giờ đến 12 giờ 30 phút. Trong 1 tháng có 2 lần triều cường và 2 lần triều kém khác nhau. Trong 1 năm đỉnh triều cao thường xuất hiện từ tháng IX đến tháng II của năm; đỉnh triều thấp thường xuất hiện từ tháng V đến tháng VIII.

- *Gió*

Khu vực TP.HCM tồn tại 3 hệ thống gió chính như sau:

- + Hướng Tây Nam (SW) tần suất xuất hiện chiếm 63% thời gian xuất hiện từ tháng 7 - 10, tốc độ gió trung bình từ 4 - 8 m/s, tốc độ gió lớn nhất theo hướng này là 28 m/s.
- + Hướng Đông Nam (SE) tần suất xuất hiện chiếm 30% thời gian xuất hiện từ tháng 2 - 6, tốc độ gió trung bình từ 1 - 12 m/s (trong đó cấp tốc độ 8 - 12 m/s chiếm 32%), tốc độ gió lớn nhất theo hướng này là 24 m/s.
- + Hướng Đông Bắc (NE) tần suất xuất hiện chiếm 7% thời gian xuất hiện từ tháng 11 năm trước đến tháng 1 năm sau, tốc độ gió trung bình từ 1 - 8 m/s (trong đó cấp tốc độ 8 - 12 m/s chiếm 32%), tốc độ gió lớn nhất theo hướng này là 24 m/s.

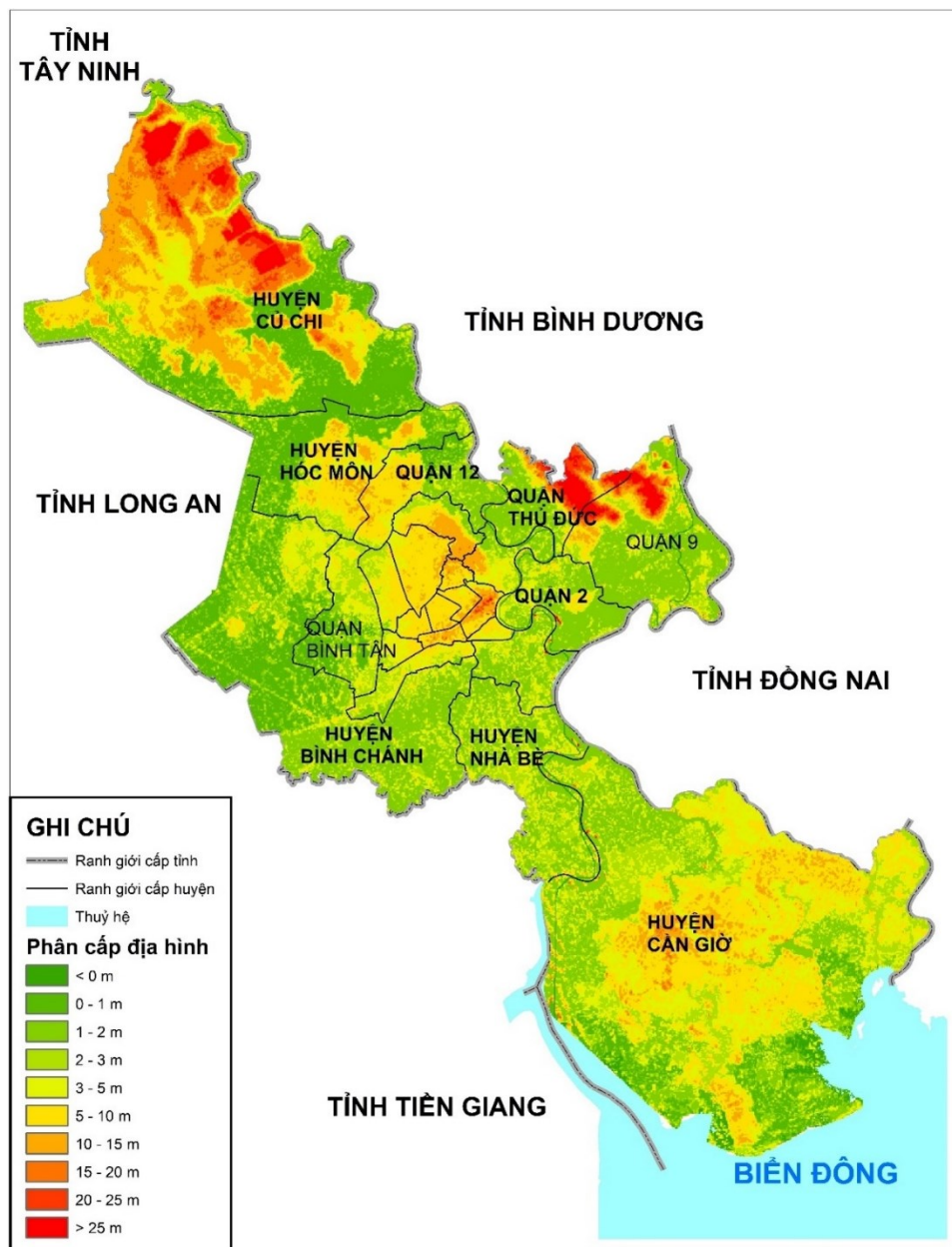
- *Bão*

TP.HCM rất ít chịu ảnh hưởng của bão, chỉ khoảng 10% số cơn bão đi vào Việt Nam có ảnh hưởng tới thành phố. Trong giai đoạn 1950 - 2010, chỉ có 12 trận bão nhiệt đới, bao gồm Vae (1952), Linda (1997) và Durian (2006) có ảnh hưởng đến thành phố. Tuy nhiên, các trận bão nhiệt đới được dự báo sẽ xuất hiện nhiều hơn ở phía nam Việt Nam và vì vậy sẽ có xác suất ảnh hưởng trực tiếp TP.HCM nhiều hơn (ADB, 2010). Cụ thể là trong năm 2017 và 2018, khu vực Cần Giờ đã chịu ảnh hưởng trực tiếp từ hai cơn bão lớn (Tembin và Usagi) hướng trực tiếp vào khu vực Nam Bộ, gây nên mưa lớn dẫn đến ngập lụt lịch sử, tác động trực tiếp đến người dân thành phố.

- *Đặc điểm địa hình*

Do vị trí địa lý nằm ở vùng chuyển tiếp giữa vùng đồi gò của miền Đông Nam Bộ và vùng đồng bằng thấp của miền Tây Nam Bộ, TP.HCM có địa hình phức tạp. Tuy toàn thành phố có độ dốc chủ yếu theo hướng Tây Bắc xuống Đông Nam, nhưng khi xét chi tiết từng khu vực thì độ dốc lại thay đổi theo

nhều hướng khác nhau, phụ thuộc vào sự chảy của các sông rạch lớn nhỏ trong từng lưu vực.



Hình 3.2 Bản đồ địa hình khu vực TP.HCM

TP.HCM có thể được phân thành các dạng địa hình sau:

- Dạng địa hình gò đồi kiểu bát úp xen kẽ với những lô đất bằng phẳng, cao độ biến đổi từ 2m đến 30m. Dạng địa hình này tập trung ở các quận nội thành, quận Thủ Đức, Quận 9, Quận 12, huyện Hóc Môn, huyện Củ Chi và một phần phía bắc của huyện Bình Chánh.

- Dạng địa hình đồng bằng thấp, mặt đất bằng phẳng cao độ biến đổi từ 0,8m đến 1,5m. Loại này được phân bố chủ yếu ở Quận 2, Quận 9, Quận 7, nam Bình Chánh, Nhà Bè, ven sông Sài Gòn, Thầy Cai, An Hạ... Đây là loại địa hình thấp nên đa phần các diện tích đều bị ngập do ảnh hưởng của thủy triều nếu không có công trình đê công bảo vệ.
- Dạng địa hình trũng thấp, mặt đất lồi lõm và biến động mạnh. Tiêu biểu của loại địa hình này là phần đất đai thuộc huyện Cần Giờ và một phần phía Nam của huyện Nhà Bè. Nhìn chung, cao độ mặt đất ở đây biến đổi từ 0,3m đến 2m, song đây là khu vực gần biển, biên độ thủy triều lớn, làm cho mặt đất 2 bên bờ sông và các kênh rạch bị xói, lở và cũng chính vì vậy mà cao độ mặt đất ở vùng ven lòng rạch không bằng phẳng và luôn có sự biến động.
- Nếu xem các diện tích đất đai thấp hơn cao trình 2,0 m đều có thể chịu ảnh hưởng triều, như vậy có đến 75,6% diện tích đất đai thành phố có thể chịu ảnh hưởng thủy triều.

• **Đặc điểm kinh tế - xã hội**

Năm 2021, dân số toàn TP.HCM là 9,16 triệu người (chiếm 10,75% dân số cả nước), mật độ dân số đạt 4.375 người/km² (cao gấp 14,7 lần so với nước). Trong đó dân số sống tại thành thị đạt gần 7,240 triệu người, chiếm 79% dân số toàn thành phố và dân số sống tại nông thôn đạt 1,927 triệu người, chiếm 21% dân số thành phố. TP.HCM gặp phải tình trạng quá tải dân số, tạo áp lực lớn lên cơ sở hạ tầng của khu vực. Cứ 5 năm, dân số TP.HCM tăng thêm trung bình 1 triệu người [80].

Xét trên tiêu chí về phân bố dân số, cho thấy thành phố có sự phân bố dân số không đồng đều, tập trung tại các quận trung tâm với mật độ dân số rất cao gồm quận 4 (42.072 người/km²), quận 10 (40.134 người/km²), quận 11 (40.889 người/km²), quận 3 (38.646 người/km²). Những năm gần đây, dân số các quận trung tâm có xu hướng giảm, trong khi dân số các quận mới lập vùng ven tăng

nhANH, do đón nhận dân từ trung tâm chuyển ra và người nhập cư từ các tỉnh thành khác đến sinh sống. Tập trung nhiều nhất ở TP. Thủ Đức với 1.208 triệu người, quận Bình Tân và huyện Bình Chánh có dân số khá cao (trên 700 ngàn dân), quận 12 và Gò Vấp dân số trên 600 ngàn dân.

Bảng 3.1 Dân số TP.HCM phân theo khu vực năm 2021

Thành phố/quận/huyện	Dân số (triệu người)	Tỷ lệ dân số (%)	Mật độ dân số (người/km²)
TP Thủ Đức	1.208	13,18	5.711
Quận 1	142	1,55	18.383
Quận 3	190	2,07	38.646
Quận 4	176	1,92	42.072
Quận 5	147	1,60	34.417
Quận 6	237	2,59	33.247
Quận 7	362	3,94	10.131
Quận 8	444	4,84	23.234
Quận 10	230	2,50	40.134
Quận 11	210	2,29	40.889
Quận 12	659	7,19	12.494
Gò Vấp	667	7,28	33.805
Tân Bình	465	5,08	20.744
Tân Phú	478	5,22	29.939
Bình Thạnh	501	5,47	24.117
Phú Nhuận	165	1,81	34.049
Bình Tân	784	8,56	15.077
H. Củ Chi	471	5,14	1.084
H. Hóc Môn	561	6,12	5.137
H. Bình Chánh	770	8,40	3.049
H. Nhà Bè	223	2,43	2.218
H. Cần Giờ	76	0,83	108
Tổng	9.167	100	4.375

Nguồn: Cục thống kê TP.HCM, 2021

Theo Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội quý IV và năm 2022 của TP.HCM, tổng sản phẩm trên địa bàn GRDP năm 2022 ước đạt 1.479.227 tỷ đồng (theo

giá hiện hành). Tính theo giá so sánh 2010 đạt 1.021.894 tỷ đồng, tăng 9,03% so với cùng kỳ. Trong đó: khu vực nông lâm thủy sản tăng 3,74%; khu vực công nghiệp và xây dựng tăng 11,95%, trong đó công nghiệp tăng 12,92%; khu vực thương mại dịch vụ tăng 8,37%; thuế sản phẩm tăng 7,41%.

3.3. Dữ liệu

Nghiên cứu đã thu thập, kế thừa các dữ liệu thứ cấp từ những đề tài, dự án đã thực hiện trước đó hoặc từ các cơ quan chuyên ngành, chi tiết như sau:

3.3.1. Dữ liệu khí tượng - thủy văn

3.3.1.1. Lượng mưa

Dữ liệu mưa ngày giai đoạn 1982-2021 (40 năm) tại 14 trạm nằm trong khu vực TP.HCM và vùng lân cận. Ngoài ra, dữ liệu mưa 15 phút giai đoạn 1982-2019 (38 năm) tại trạm Tân Sơn Hòa phục vụ tính toán đường cong IDF.

Bảng 3.2 Thông tin các trạm quan trắc mưa

STT	Tên trạm	Tọa độ		Địa điểm
		X(m)	Y(m)	
1	Hóc Môn	674.686	1.203.280	TP.HCM
2	Mạc Đĩnh Chi	685.680	1.192.280	TP.HCM
3	Bình Chánh	670.425	1.18.1140	TP.HCM
4	Củ Chi	661.518	1.213.170	TP.HCM
5	Cần Giờ	714.376	1.151.520	TP.HCM
6	Nhà Bè	692.306	1.181.260	TP.HCM
7	Tân Sơn Hòa	683481	1.194.480	TP.HCM
8	Biên Hòa	698.692	1.211.160	Đồng Nai
9	Thủ Dầu Một	678.434	1.220.150	Bình Dương
10	Mộc Hóa	590.555	1.188.570	Long An
11	Gò Dầu Hạ	631.030	1.233.940	Long An
12	Tam Thôn Hiệp	705.846	1.168.070	TP.HCM
13	Cát Lái	695.962	1.190.360	TP.HCM
14	Bến Lức	659.847	1.177.630	Long An

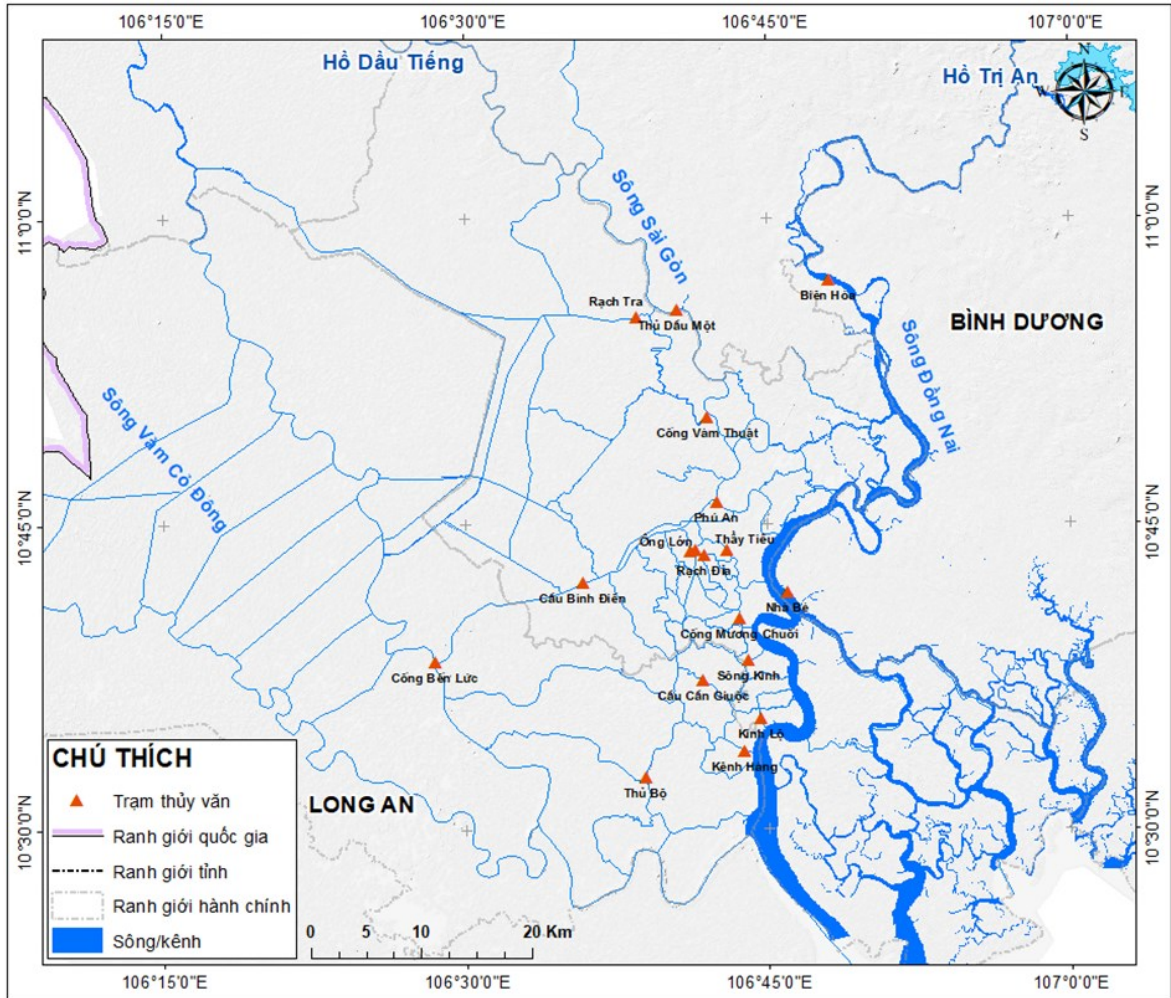


Hình 3.3 Bản đồ vị trí các trạm quan trắc mưa

3.3.1.2. Dữ liệu thủy văn

Bộ số liệu thủy văn được sử dụng trong đề tài, bao gồm:

- + Thu thập và kế thừa dữ liệu mực nước Thủ Dầu Một, Biên Hòa, Nhà Bè, Vàm Kênh, Vũng Tàu, Bến Lức, Tân An, lưu lượng xả hồ Phước Hòa, hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng giai đoạn 1980 – 2020 [1].
- + Ngoài ra, nghiên cứu cũng kế thừa bộ dữ liệu mực nước và lưu lượng 14 trạm đo nội đồng giai đoạn từ ngày 01/06 - 08/06 năm 2009 và 01/03 – 15/03 năm 2015 từ các đề tài/dự án đã thực hiện thuộc khu vực TP.HCM [1], [81].



Hình 3.4 Vị trí các trạm thủy văn phục vụ hiệu chỉnh/kiểm định mô hình toán

3.3.2. Dữ liệu giải đoán ảnh viễn thám

Nghiên cứu kế thừa dữ liệu giải đoán ảnh viễn thám kết quả bề mặt không thấm từ đề tài “Nghiên cứu cải tạo và nâng cấp hệ thống thoát nước nhằm kiểm soát ngập lụt do lượng mưa và triều cường tăng trong điều kiện biến đổi khí hậu trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh” do Viện MT&TN làm chủ trì [1].

Bảng 3.3 Thống kê mức tăng diện tích bề mặt không thấm giai đoạn 1985 - 2020

Giai đoạn	Diện tích (ha)	Mức độ gia tăng (lần)
1985-1990	2575,53	1,00
1990-1995	3225,69	1,25
1995-2000	5061,42	1,97
2000-2005	8229,24	3,20

Giai đoạn	Diện tích (ha)	Mức độ gia tăng (lần)
2005-2010	12495,6	4,85
2010-2015	21038,22	8,17
2015-2020	29621,88	11,50

3.3.3. Dữ liệu quy hoạch sử dụng đất

Nghiên cứu thu thập và kế thừa dữ liệu Quy hoạch sử dụng đất đến năm 2025 của TP.HCM. Một số thông tin cơ bản về QHSDD như sau:

Bảng 3.4 Bảng tổng hợp quy hoạch sử dụng đất đến năm 2025

TT	Quận, Huyện	Diện tích (ha)						
		Bãi cỏ	Đất công cộng	Dân cư	Giao thông	Đất công nghiệp	Đất nông nghiệp	Thủy hệ
1	Huyện Bình Chánh	64,92	4.636,49	7.630,60	200,99	395,16	10.891,2	1.110,49
2	Huyện Củ Chi	30,43	14.671,1	9.312,15	325,12	1.576,94	15.889,5	1.053,86
3	Huyện Hóc Môn	116,17	3.171,46	5.391,16	134,90	32,59	1.820,68	196,56
4	Huyện Nhà Bè		3.398,08	2.884,97	54,53	384,95	946,40	2.270,61
5	Huyện Cần Giờ	1,31	1.896,58	3.930,47	124,51	7,15	45.245,9	12.564,3
6	Quận 1		367,72	254,23	55,95			94,60
7	Quận 10	0,04	131,90	412,71	23,57			0,35
8	Quận 11		105,77	375,60	34,34			0,10
9	Quận 12	14,65	1.576,94	2.970,36	118,41	26,19	237,35	274,92
10	Quận 3		199,41	255,95	29,01		64,05	7,50
11	Quận 4		92,84	228,24	16,95			77,98
12	Quận 5		125,52	241,71	36,00			20,70
13	Quận 6		23,19	631,51	33,21			23,98
14	Quận 7	0,29	533,42	1.613,47	101,98	385,14	32,71	754,52
15	Quận 8		388,61	1.144,69	47,13	106,79	13,49	213,54
16	Quận Bình Thạnh		492,45	1.160,91	77,19		7,30	346,45
17	Quận Gò Vấp	0,36	423,29	1.419,58	52,48	22,20	15,67	49,17
18	Quận Phú Nhuận		67,37	378,46	24,14			12,74
19	Quận Tân Bình	0,97	1.130,73	1.048,48	54,87	0,22		3,73
20	Quận Tân Phú	3,14	120,83	1.312,10	47,21	93,14	8,25	5,53
21	Quận Bình Tân	0,01	1.013,61	3.647,78	144,57	116,09	196,82	70,61
22	TP.Thủ Đức	2,36	6.961,54	9.877,85	368,18	670,11	308,35	2.427,71
	Tổng cộng	234,65	41.528,92	56.122,98	2.105,24	3.816,67	75.677,89	21.580,01

3.3.4. Dữ liệu địa hình và địa chất thủy văn

3.3.4.1. Đặc điểm địa hình

Dữ liệu địa hình từ các nguồn sau đây đã được sử dụng để phân chia tiểu lưu vực và xây dựng mô hình mô phỏng HTTN và thiết kế các mô hình thí điểm trữ nước mưa cho lưu vực nghiên cứu điển hình.

- Dữ liệu DEM xây dựng từ bộ dữ liệu LIDAR năm 2012 của Sở KH&CN và dữ liệu địa hình của Sở TNMT.
- Bình đồ địa hình tỷ lệ 1/500, đường đồng mức 0,5m, của 2 khu vực nghiên cứu thí điểm là Đường 3/2 với diện tích 10 ha, và rạch Thủ Đức với diện tích khoảng 65 ha.
- Dữ liệu địa hình khu vực dân cư mới Đông Tăng Long của Tổng công ty Đầu tư phát triển nhà và đô thị (HUD).

3.3.4.2. Đặc điểm địa chất thủy văn

Dữ liệu bản đồ địa chất thủy văn được kế thừa từ nghiên cứu trước [1], nhằm hỗ trợ việc xác định vị trí phù hợp để thiết kế các công trình trữ nước mưa phục vụ nghiên cứu điển hình.

3.3.5. Dữ liệu mạng lưới sông/kênh rạch và hệ thống thoát nước

- *Dữ liệu mạng lưới sông/kênh rạch:*

Để phục vụ mô phỏng chế độ thủy văn, thủy lực khu vực hạ lưu SGĐN, nghiên cứu kế thừa bộ mô hình thủy lực MIKE 11 và dữ liệu mạng lưới sông kênh rạch từ đề tài “Nghiên cứu cải tạo và nâng cấp hệ thống thoát nước nhằm kiểm soát ngập lụt do lượng mưa và triều cường tăng trong điều kiện biến đổi khí hậu trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh” do Viện MT&TN làm chủ trì [1].

- *Dữ liệu mạng lưới thoát nước hiện trạng:*

Để phục vụ mô phỏng mạng lưới hiện trạng HTTN khu vực TP.HCM, bộ dữ liệu HTTN đã được thu thập từ các nguồn uy tín và có độ tin cậy cao:

- Các công trình thủy lợi được cập nhập nguồn từ số liệu thống kê của Chi cục Thủy lợi, Sở NN&PTNT TP.HCM và từ báo cáo thiết kế thi công dự án công ngăn triều chống ngập của công ty Trung Nam Group;
 - Bản đồ mạng lưới công, trắc dọc công, kênh chủ yếu được thu thập từ dự án Nâng cấp đô thị TP.HCM;
 - Dữ liệu từ đề tài “*Nghiên cứu tính toán ngập úng lưu vực quận 12 – Thành phố Hồ Chí Minh bằng mô hình MIKE FLOOD của Phân viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu*” (2015);
 - Tài liệu quy hoạch: đô thị, thoát nước, thủy lợi, giao thông và hạ tầng kỹ thuật, phát triển KT-XH;
 - Quy hoạch chung xây dựng TP.HCM đến năm 2025 được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 24/QĐ-TTg ngày 06 tháng 01 năm 2010;
 - Dự án Vệ sinh môi trường TP.HCM, Công ty TNHH MTV Thoát nước Đô thị và dữ liệu dự án Vệ sinh môi trường TP.HCM;
 - Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn TP. HCM trong điều kiện biến đổi khí hậu, Phân viện Khoa học Khí tượng - Thủy văn và BDKH [82];
 - Tài liệu thiết kế các dự án cải thiện vệ sinh môi trường, nâng cấp đô thị như Nhiêu Lộc-Thị Nghè, Tân Hóa-Lò Gò, Tham Lương-Bến Cát,...
- *Bên cạnh đó, nghiên cứu còn thu thập thông tin quy hoạch thoát nước của Thành phố có liên quan như:*
 - Quy hoạch tổng thể hệ thống thoát nước mưa và nước thải TP.HCM đến năm

2020 được nghiên cứu bởi Công ty Tư vấn quốc tế Thái Bình Dương (PCI) dưới sự tài trợ của Cơ quan hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA) và đã được Thủ tướng Chính phủ Việt Nam phê duyệt năm 2001 tại Quyết định số 752/QĐ-TTg (sau đây gọi tắt là Quy hoạch 752);

- Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực TP.HCM được thực hiện bởi các chuyên gia đến từ các cơ quan của Bộ NN&PTNT (thành lập theo Quyết định số 3608/QĐ-BNN-KHCN của Bộ trưởng Bộ NN&PTNT ngày 25/11/2007). Quy hoạch sau đó đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt theo Quyết định số 1547/QĐ-TTg (sau đây gọi tắt là Quy hoạch 1547);
- Quy hoạch xây dựng không chỉ ảnh hưởng tới quá trình phát triển kinh tế-xã hội của TP.HCM mà còn là yếu tố làm thay đổi bề mặt phủ đô thị dẫn đến sự thay đổi của chế độ thủy văn đô thị. Tuy đối tượng nghiên cứu của quy hoạch xây dựng tập trung vào sử dụng đất và công trình xây dựng, các yếu tố liên quan đến việc điều tiết thoát nước mưa như đất bảo tồn dự trữ cho mục đích điều tiết thoát nước, cao độ nền xây dựng và các nội dung định hướng cho tổ chức thoát nước mưa (dòng chảy mặt đô thị), v.v. cũng là những nội dung được nghiên cứu và đề cập đến. Đối với TP.HCM, đồ án “Điều chỉnh Quy hoạch chung xây dựng TP.HCM đến năm 2025” được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại quyết định số 24/QĐ-TTg năm 2010 là đồ án quy hoạch xây dựng mới nhất có phạm vi nghiên cứu trên quy mô toàn TP.HCM.

3.3.6. Dữ liệu từ các đề tài, dự án có liên quan

- *Số liệu địa hình lòng dẫn, mặt cắt sông rạch từ các dự án đã thực hiện:*
 - Dữ liệu mặt cắt 106 nhánh sông được kế thừa từ kết quả khảo sát và đo đạc của đề tài KC08.18/06-10 (KHTLMN, 2010).
 - Nghiên cứu chế độ thủy động lực và chất lượng nước vùng cửa sông Sài Gòn - Đồng Nai (Bảo Thanh, 2011).

- Nghiên cứu khoa học liên quan đến dự án về chính trị luồng, đánh giá về sa bồi sau nạo vét (Viện KHTLMN, tháng 11/2014).
- *Tài liệu biến đổi khí hậu:*
 - Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam 2021, Bộ Tài nguyên và Môi trường [84];
 - Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn TP. HCM trong điều kiện biến đổi khí hậu, Phân viện KH khí tượng Thủy văn và BDKH [82].

Ngoài các dữ liệu thứ cấp đã nêu trên, trong khuôn khổ đề tài cũng đã tiến hành thu thập các dữ liệu sơ cấp liên quan đến quan trắc mực nước hồ ga, khảo sát xã hội học, khảo sát thực địa xác định vị trí trữ nước tiềm năng, cụ thể:

3.3.7. Dữ liệu quan trắc mực nước cửa xả

Nghiên cứu tiến hành khảo sát mực nước tại 16 cửa xả thuộc khu vực: (i) kênh NLTN; (ii) kênh THLG; (iii) khu vực phường Linh Đông, Linh Tây (TP. Thủ Đức); (iii) khu vực phường Thảo Điền (TP. Thủ Đức) phục vụ kiểm định mô hình thoát nước đô thị EPA-SWMM. Kết quả quan trắc vào mùa mưa từ tháng 8/2022 đến tháng 2/2023.



Hình 3.5 Minh họa quá trình lắp đặt sensor ghi mực nước

3.3.8. Dữ liệu khảo sát thực địa

- *Dữ liệu điều tra xã hội học*
 - Dữ liệu khảo sát xã hội học 405 hộ dân (so với 300 phiếu khảo sát đã được phê duyệt theo thuyết minh) trên địa bàn TP. Thủ Đức, Quận 10, và huyện Hóc Môn về tính khả thi của các giải pháp trữ nước mưa;
 - Dữ liệu phỏng vấn 29 chuyên gia về tính khả tính khi áp dụng các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh.
- *Dữ liệu khảo sát các khu vực ao hồ và vùng trũng thấp*: phục vụ xác định vị trí trữ nước tiềm năng cho khu vực TP.HCM.

3.3.9. Tiểu kết

- *Nghiên cứu đã thu thập các dữ liệu thứ cấp bao gồm*:
 - + Dữ liệu mưa, mực nước từ các trạm quan trắc chính trên địa bàn TP.HCM thuộc giai đoạn 1980-2022. Kế thừa bộ dữ liệu mực nước và lưu lượng năm 2009 và 2015 từ các nghiên cứu khác;
 - + Dữ liệu lòng dẫn, mặt cắt sông kênh từ các dự án khác ;
 - + Dữ liệu bản đồ: địa hình, địa chất thủy văn, mạng lưới sông kênh, hệ thống thoát nước, hiện trạng và quy hoạch sử dụng đất, bề mặt không thấm, thủy lợi, giao thông...;
 - + Tài liệu hiện trạng và quy hoạch: đô thị, thoát nước, thủy lợi, giao thông và hạ tầng kỹ thuật, phát triển KT-XH,...
 - + Các báo cáo tổng hợp của các đề tài nghiên cứu trước; số liệu thu thập từ các cơ quan ban ngành; thừa hưởng các kết quả tính toán và đánh giá từ các đề tài nghiên cứu trước đây, báo cáo và nguồn số liệu từ Trung tâm Quản lý Hạ tầng Kỹ thuật TP.HCM, báo cáo của Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ,....

- + Tổng hợp các nghiên cứu liên quan trong và ngoài nước về ngập đô thị, thiệt hại do ngập cũng như mối quan hệ giữa ngập với thiệt hại kinh tế do ngập gây ra dưới tác động của BĐKH-NBD.
- *Các dữ liệu sơ cấp mà nghiên cứu đã trực tiếp thu thập*
 - + Dữ liệu mực nước trong công tại 16 cửa xả năm 2022;
 - + Dữ liệu đo đạc địa hình bổ sung khu vực nghiên cứu thí điểm: Quận 10, TP. Thủ Đức.;
 - + Dữ liệu khảo sát xã hội học 405 hộ dân và 29 chuyên gia;
 - + Dữ liệu khảo sát ao hồ, vùng trũng thấp có tiềm năng trữ nước.

Như vậy, đề tài thu thập dữ liệu từ các cơ quan chức năng chuyên ngành như: Trung tâm Quản lý Hạ tầng và Kỹ thuật TP.HCM, Đài Khí tượng Thủy văn Nam Bộ, Liên đoàn Địa chất miền Nam, Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam, Sở Giao thông Vận tải, Sở Tài nguyên và Môi trường, Sở NN&PTNT,... do đó các tài liệu đều đảm bảo độ tin cậy phục vụ nghiên cứu này.

3.4. Phương pháp nghiên cứu

3.4.1. Phương pháp thu thập, xử lý và tổng hợp tài liệu

- Thu thập, tổng hợp, kế thừa các tài liệu, dữ liệu về điều kiện tự nhiên, và kinh tế xã hội,... từ các đề tài, dự án, báo cáo thống kê đã được thực hiện tại các sở, ban, ngành địa phương tại khu vực nghiên cứu điển hình.
- Thu thập, tổng hợp, xử lý các bản đồ địa hình, bản đồ hệ thống sông suối, bản đồ hành chính, ... phục vụ nghiên cứu điển hình.
- Thu thập tài liệu, các báo cáo khoa học, bài báo khoa học về kịch bản BĐKH trên địa bàn TP.HCM và khu vực lân cận... tại các trường đại học, viện nghiên cứu, website... phục vụ việc tổng quan về kịch bản BĐKH và tổng hợp các kịch bản đã được xây dựng cho phạm vi nghiên cứu.

- Xử lý số liệu là một trong những phương pháp cơ bản của hầu hết các nghiên cứu khoa học: xử lý các số liệu thô thành những nhận định, kết luận hữu ích trong công tác nghiên cứu và quản lý.
- Phương pháp xử lý số liệu được áp dụng trong hầu hết các nội dung của báo cáo như: tổng hợp các kịch bản BĐKH, tổng hợp diễn biến các yếu tố khí tượng thủy văn, so sánh, đánh giá các kịch bản....

3.4.2. Phương pháp thống kê

- Tổng hợp, phân tích số liệu, chỉnh lý và xử lý dữ liệu khí tượng, thủy văn, dựa trên phương pháp thống kê để làm đầu vào cho các mô hình;
- Nghiên cứu mô phỏng và tính toán mô hình nhằm phục vụ bài toán lũ cũng như các vấn đề liên quan đến ngập lụt xảy ra khi có điều kiện cực đoan. Do đó các tiêu chí thống kê đưa vào đánh giá mô hình bao gồm hệ số tương quan Pearson, hệ số Nash-Sutcliffe [74], và sai số đỉnh bình quân của giá trị thực đo và mô phỏng. Các công thức tính hệ số hiệu quả mô hình:

$$\text{Hệ số tương quan Pearson: } r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3.1)$$

$$\text{Hệ số Nash-Sutcliffe: } NSE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 - \sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (3.2)$$

$$\text{Sai số đỉnh bình quân: } E = \frac{1}{k} \left| \sum_{i=1}^k (peakX_i - peakY_i) \right| \quad (3.3)$$

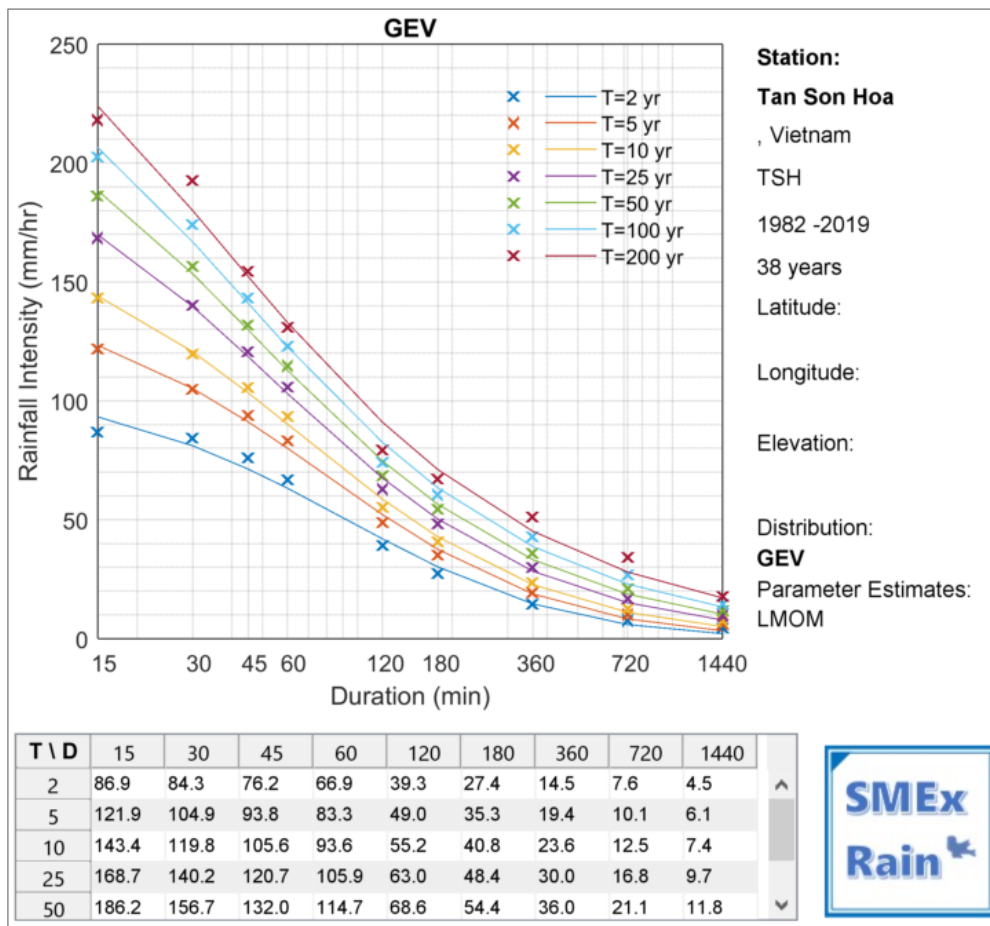
Trong đó: n là độ dài số liệu quan trắc; X_i , Y_i lần lượt là số liệu quan trắc và tính toán thứ i; và \bar{X} , \bar{Y} là bình quân số liệu quan trắc và tính toán; $peakX_i$ và $peakY_i$ là các giá trị đỉnh dữ liệu quan trắc và tính toán; k là số lượng đỉnh của chuỗi dữ liệu.

Ngoài các phương pháp thống kê, độ tin cậy của mô hình cũng được đánh giá bằng so sánh trên biểu đồ chuỗi số liệu tính toán và thực đo.

- Xây dựng đường cong IDF từ dữ liệu mưa:

Đường cong IDF thể hiện quan hệ cường độ – thời đoạn – tần suất mưa. Tại các thời đoạn mưa riêng biệt sẽ được mô phỏng bằng hàm phân phối xác suất GEV dựa trên phương trình phân phối xác suất tích lũy CDF và bộ tham số thống kê tương ứng. Trong nghiên cứu này, các đường cong IDF mưa được xây dựng tương ứng với các khoảng thời gian 15 phút, 30 phút, ..., 3 giờ, 6 giờ, 9 giờ, 12 giờ và 24 giờ với chu kỳ lặp lại là $P = 5$ năm, 10 năm, ..., 100 năm.

Đường cong IDF mưa được xây dựng trong nghiên cứu này dựa trên phần mềm SME x Rain của Đại học McHill, Canada [85]. Nghiên cứu xây dựng đường cong IDF dựa trên dữ liệu mưa trạm Tân Sơn Hòa giai đoạn 1982-2019. Phân bố giá trị cực trị tổng quát (GEV) được sử dụng để phù hợp với chuỗi cực trị. Phương pháp L-moment được sử dụng để ước tính ba tham số của phân bố GEV cho mỗi chuỗi thời gian mưa.



Hình 3.6 Đường cong IDF cho trạm Tân Sơn Hòa (1982-2019)

- Xây dựng biểu đồ phân phối mưa:

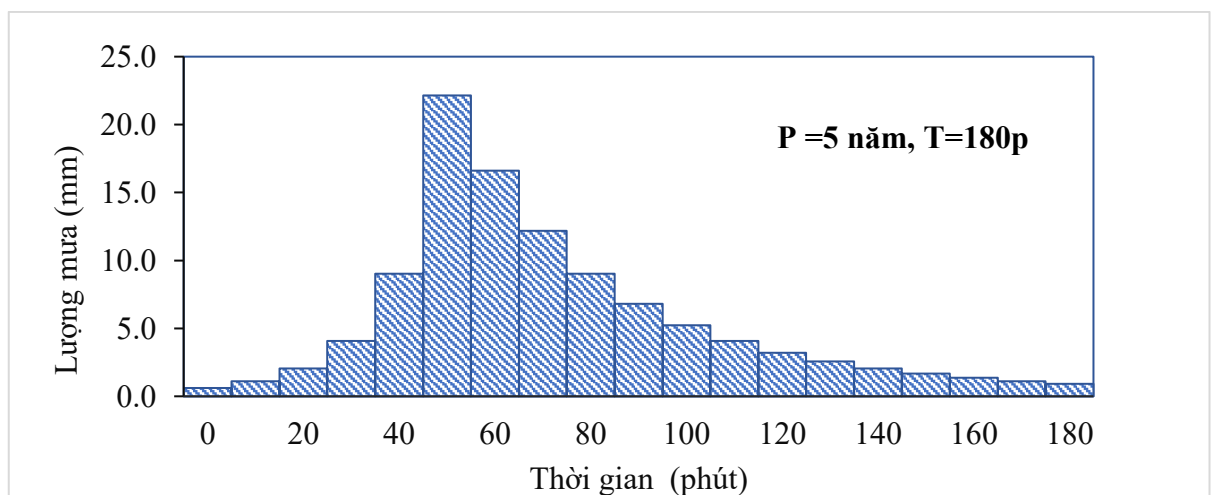
Biểu đồ mưa thiết kế được xây dựng theo phương pháp tam giác [86]. Dựa trên số liệu mưa tại trạm Tân Sơn Hòa (1982 – 2019), bình quân thời gian trận mưa đạt đỉnh khoảng 45 phút. Thời gian cả trận mưa kéo dài 180 phút (3 giờ), tham khảo theo tiêu chuẩn Việt Nam: TCVN7957-2008.

Cường độ mưa tức thời theo Wenzel (1982) [87], và các thông số c, e và f của phương pháp phân phối mưa tam giác được tính toán bằng hàm mục tiêu tối ưu với hệ số R^2 lớn nhất và tổng độ lệch đỉnh $\sum \sigma(X_{IDF} - X_{wenzel})$ là nhỏ nhất.

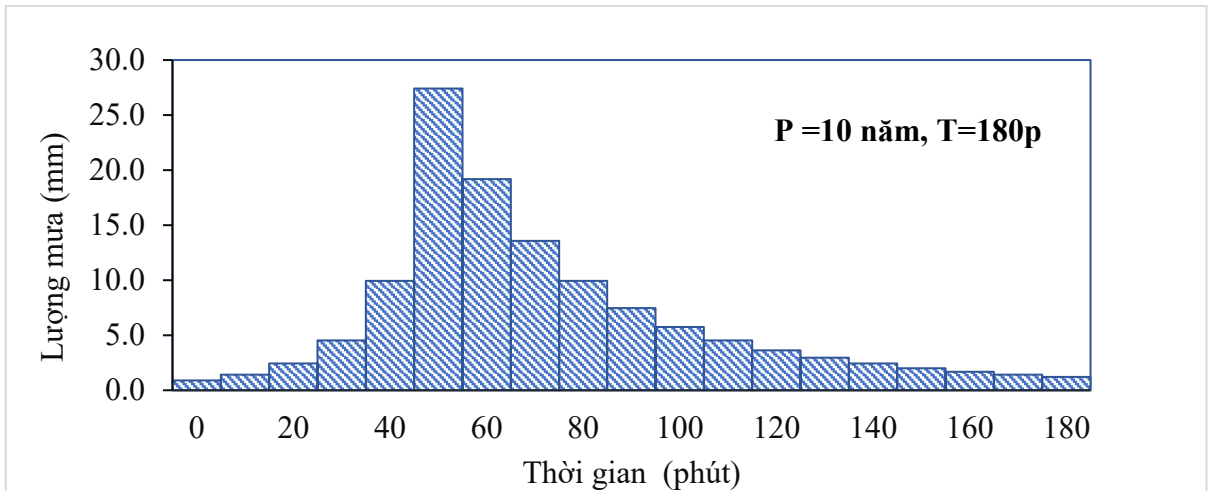
Bảng 3.5 Các hệ số của hàm Wenzel biểu diễn đường cong IDF

STT	Tần suất	Hệ số			R^2
		c	e	f	
1	5 năm, 180 phút	19994,4	1,1539	139,97	0,996
2	10 năm, 180 phút	15816,31	1,12	91,12	0,997
3	20 năm, 180 phút	19959,66	1,11	103,8	0,995

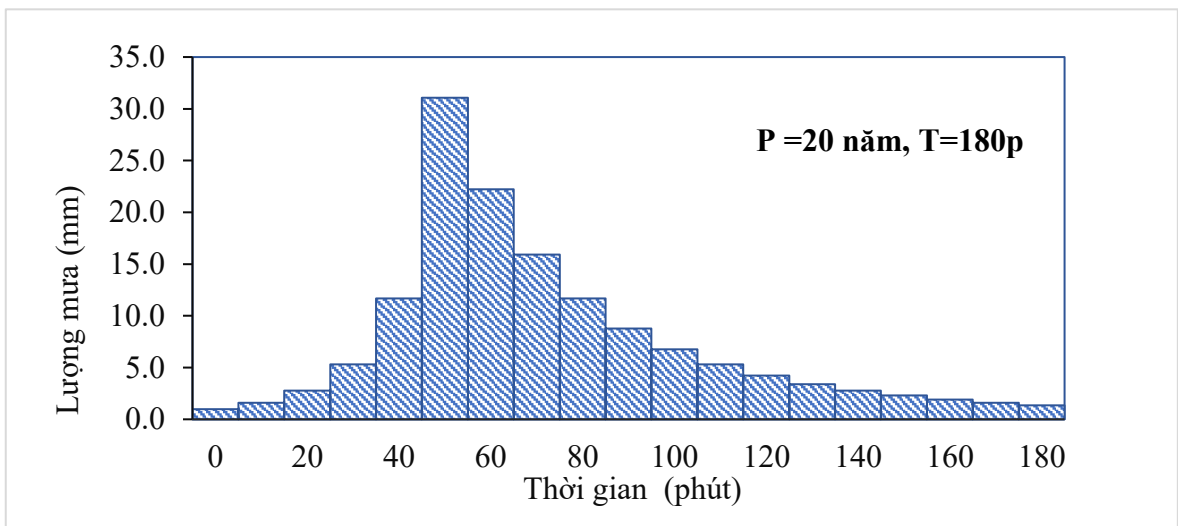
Kết quả phân bố mưa theo các tần suất thiết kế, với trận mưa 3 giờ như sau:



Hình 3.7 Biểu đồ mưa thiết kế với chu kỳ lặp lại P = 5 năm



Hình 3.8 Biểu đồ mưa thiết kế với chu kỳ lặp lại P = 10 năm



Hình 3.9 Biểu đồ mưa thiết kế với chu kỳ lặp lại P = 20 năm

3.4.3. Phương pháp mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước mưa

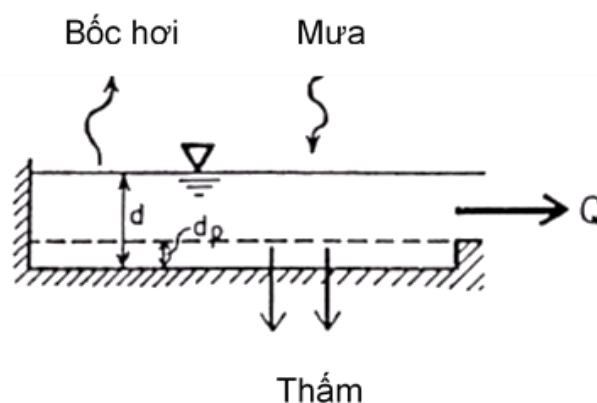
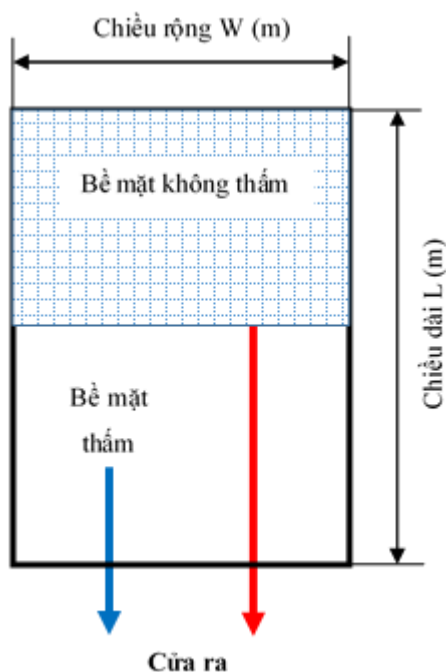
3.4.3.1. Mô hình EPA-SWMM

Mô hình EPA-SWMM được phát triển bởi Cơ quan Bảo vệ Môi trường Mỹ vào năm 1971 và được nâng cấp thành Version 5.2 (mới nhất) vào năm 2021 [88]. EPA-SWMM là chương trình máy tính dùng để mô phỏng hệ thống thủy văn, thủy lực và chất lượng nước cho mạng lưới cống kín/hở trong lưu vực thoát nước (đô thị hay nông thôn). Mô hình có khả năng mô phỏng quá trình thủy văn và thủy lực của lưu vực tính toán.

Mô phỏng thủy văn: Lưu vực tính toán được chia thành nhiều tiểu lưu vực nhỏ căn cứ theo địa hình và hệ thống hạ tầng đô thị hiện hữu. Mỗi tiểu lưu vực được sơ đồ hóa dạng hình chữ nhật bao gồm phần diện tích thấm và không thấm để tính toán dòng chảy tràn sinh ra trên tiểu lưu vực (Hình 3.10). Mỗi tiểu lưu vực được xem như là một hồ chứa phi tuyến (Hình 3.11). Dòng chảy tràn sinh ra trên từng tiểu lưu vực được tính toán theo công thức sau:

$$Q = \frac{1}{n} W (d - d_p)^{5/3} S^{1/2} \quad (3.4)$$

Trong đó: Q: dòng chảy tràn sinh ra trên lưu vực (m³/s); W: bề rộng lưu vực (m); n: hệ số Manning; d: chiều sâu lớp nước trên lưu vực (m); d_p: chiều sâu lớp nước trữ trong lưu vực (m); S: độ dốc lưu vực (m/m).



Hình 3.10 Sơ đồ hóa tính toán dòng chảy tràn của tiểu lưu vực

Hình 3.11 Mô hình hồ chứa phi tuyến của tiểu lưu vực

Mô phỏng thủy lực: dòng chảy trong hệ thống cống/kênh hở được diễn tả bằng hệ phương trình Saint Venant như sau:

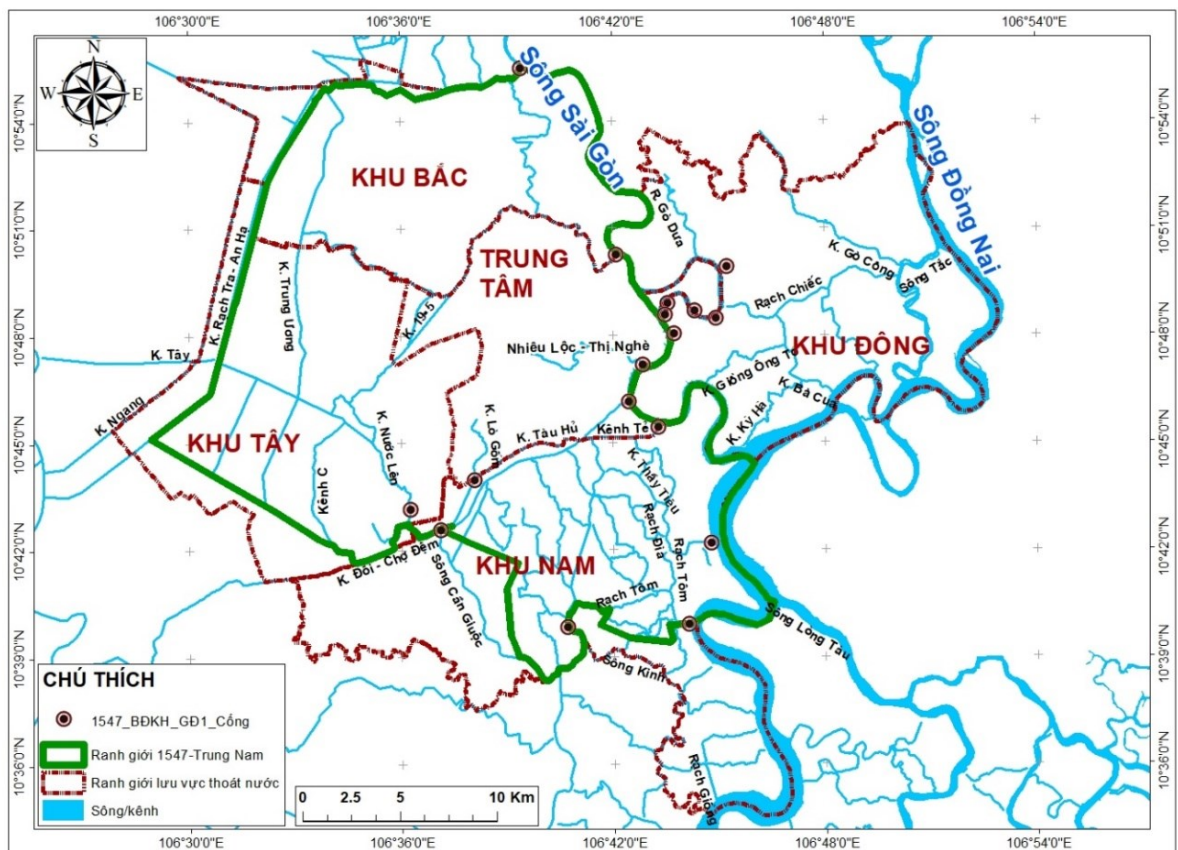
$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (3.5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (3.6)$$

Với: x: khoảng cách (m); t: thời gian (s); Q: lưu lượng (m³/s); A: diện tích mặt cắt ngang (m²); H: mực nước trong cống (Z+Y) (m); Z: cao trình đáy cống (m); Y: chiều sâu nước trong cống (m); S_f: độ dốc ma sát; g: gia tốc trọng trường (m/s²).

3.4.3.2. Xây dựng mô hình thoát nước đô thị cho khu vực nghiên cứu

Mô hình EPA-SWMM được sử dụng để mô phỏng hệ thống thoát nước đô thị cho phạm vi QH752 và vùng mở rộng giới hạn bởi QH752 và dự án Trung Nam như **Hình 3.12**.

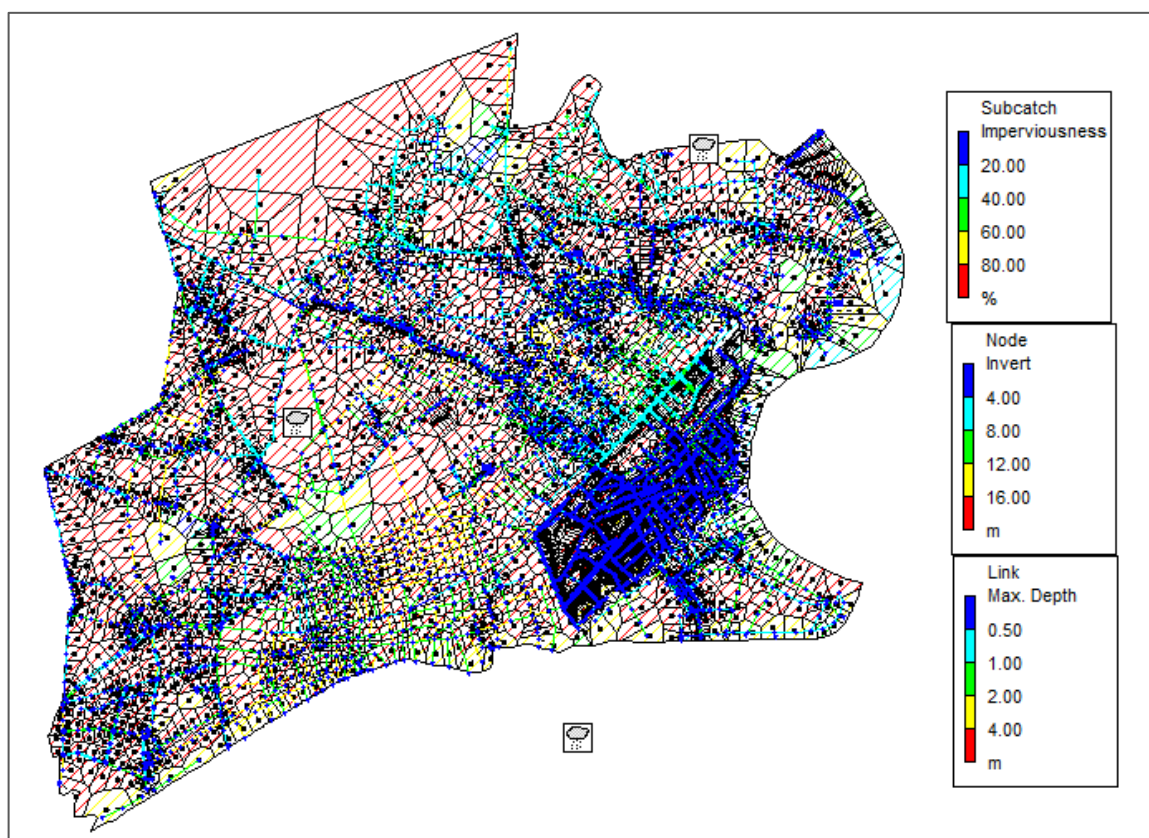


Hình 3.12 Bản đồ phân vùng mô phỏng mô hình EPA-SWMM

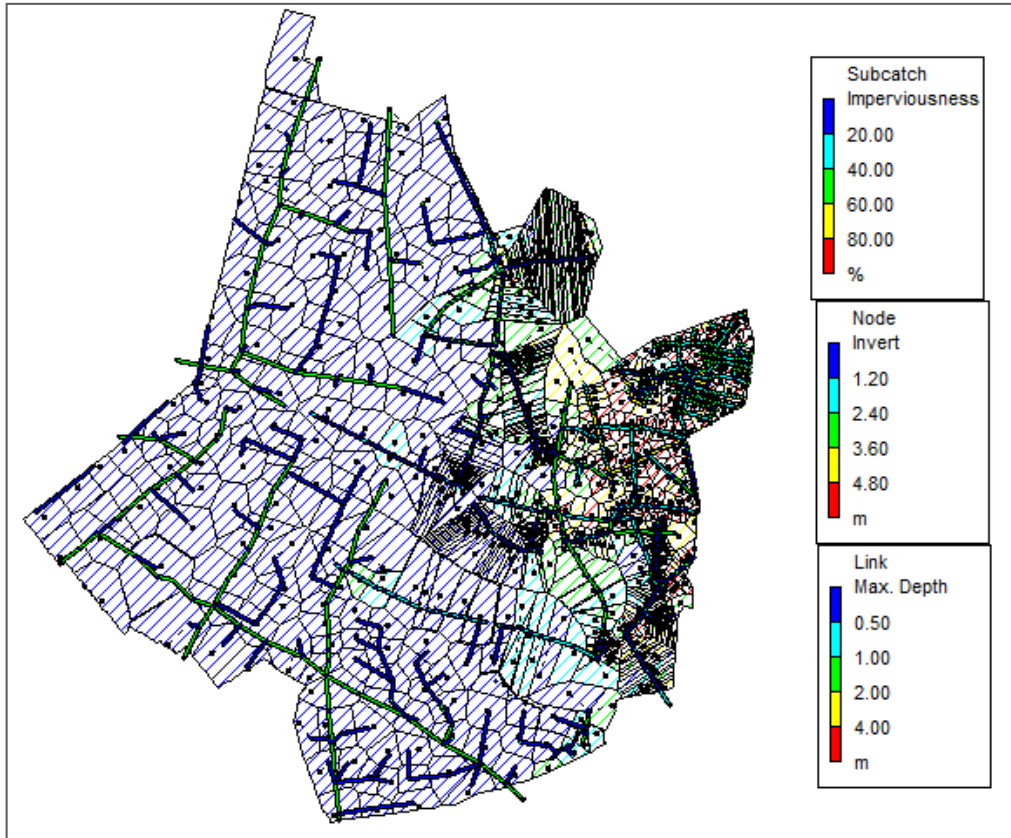
Mô hình được thiết lập cho các vùng thoát nước như sau:

- **Khu vực Bắc:** 804 điểm nút, 806 đoạn cống thoát nước, 53 cửa thoát nước và diện tích khoảng 16.213 ha.
- **Khu vực phía Tây:** 962 điểm nút, 998 đoạn cống thoát nước, 38 cửa thoát nước và diện tích lưu vực khoảng 20.693 ha.
- **Khu vực Đông:** 1.423 điểm nút, 1.418 đoạn cống thoát nước, và 67 cửa thoát nước và diện tích lưu vực khoảng 21.195 ha.
- **Khu vực Trung tâm:** 3.929 điểm nút, 4.392 đoạn cống thoát nước, 131 cửa thoát nước và diện tích lưu vực khoảng 7.334 ha.
- **Khu vực Nam và dự án Trung Nam:** 419 điểm nút, 438 đoạn cống thoát nước, 25 cửa thoát nước và diện tích lưu vực vào khoảng 25.339 ha.

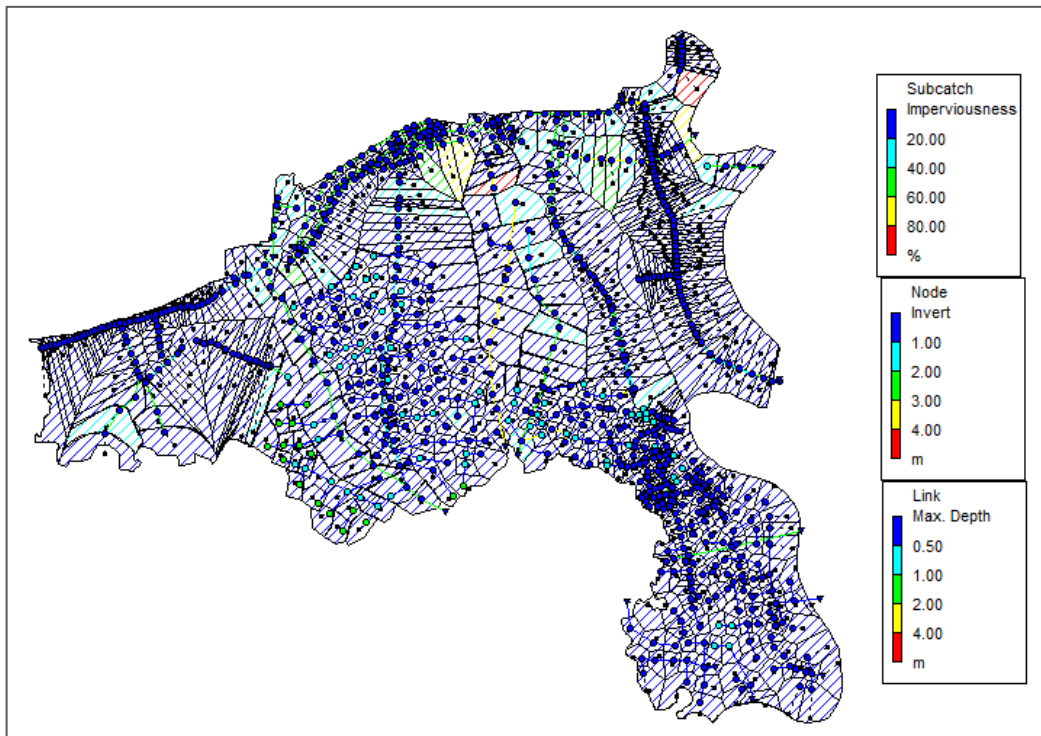
Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước được trình bày trong các hình sau:



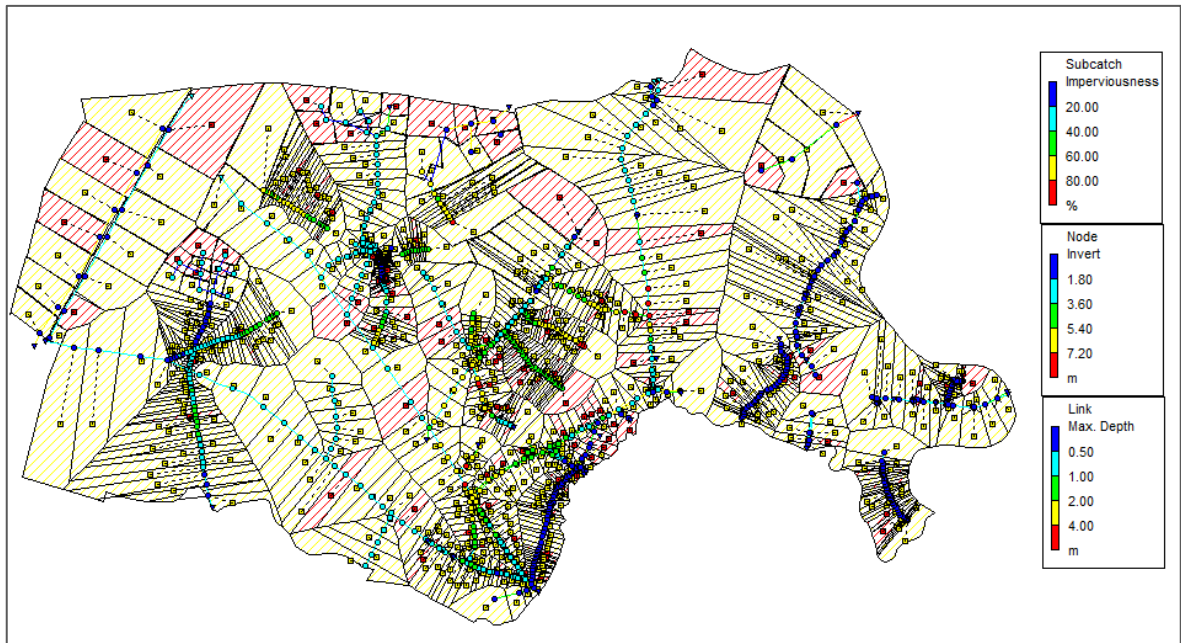
Hình 3.13 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực Trung tâm



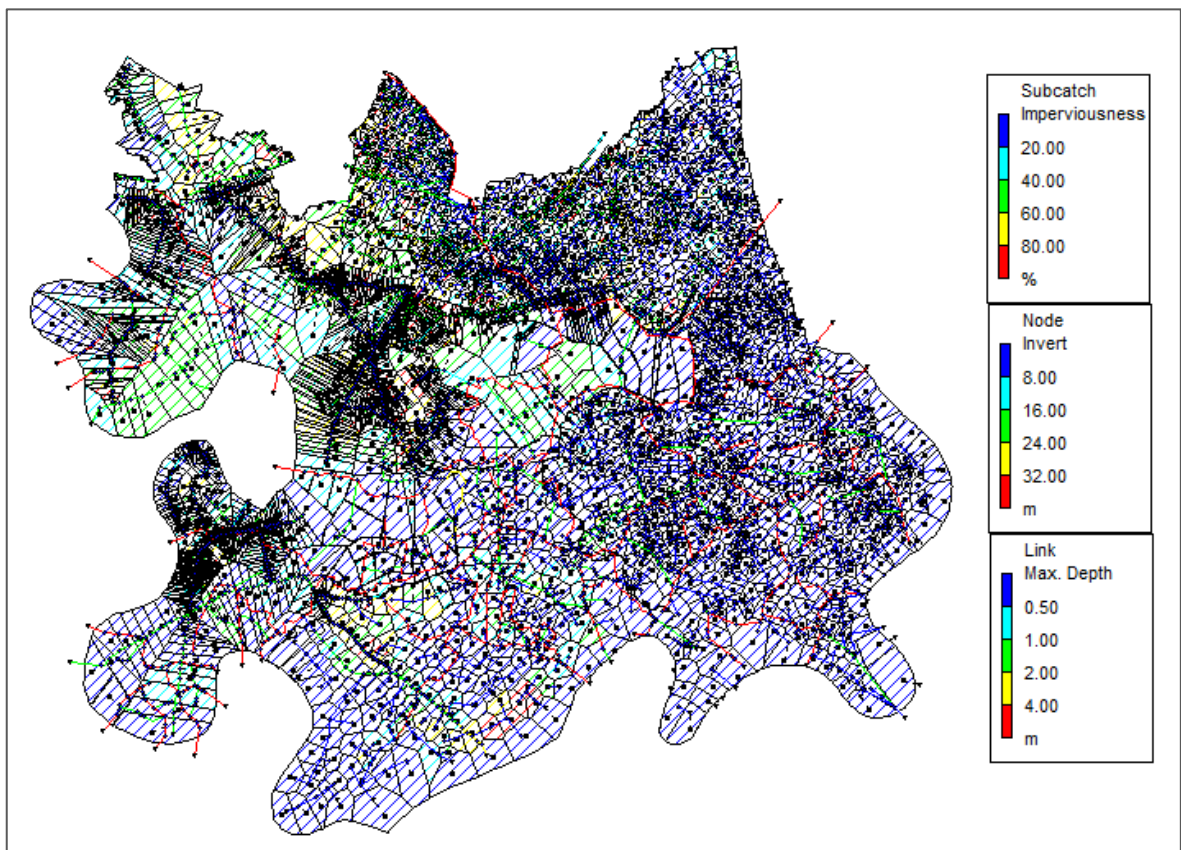
Hình 3.14 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực phía Tây và dự án Trung Nam



Hình 3.15 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực phía Nam



Hình 3.16 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực phía Bắc



Hình 3.17 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực phía Đông

3.4.3.3. Mô hình mô phỏng mạng lưới sông rạch vùng hạ lưu lưu vực sông Đồng Nai

• Giới thiệu

MIKE 11 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng mô phỏng lưu lượng, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát ở cửa sông, sông, hệ thống tưới, kênh dẫn và các hệ thống dẫn nước khác. MIKE 11 là công cụ lập mô hình động lực một chiều, thân thiện với người sử dụng nhằm phân tích chi tiết, thiết kế, quản lý và vận hành cho sông và hệ thống kênh dẫn đơn giản và phức tạp. Với môi trường đặc biệt thân thiện với người sử dụng, linh hoạt và tốc độ, MIKE 11 cung cấp một môi trường thiết kế hữu hiệu về kỹ thuật công trình, tài nguyên nước, quản lý chất lượng nước và các ứng dụng quy hoạch. Mô đun mô hình thủy động lực (HD) là một phần trung tâm của hệ thống lập mô hình MIKE 11 và hình thành cơ sở cho hầu hết các mô đun bao gồm: dự báo lũ, tái khuếch tán, chất lượng nước và các mô đun vận chuyển bùn cát. Mô đun MIKE 11 HD giải các phương trình tổng hợp theo phương đứng để đảm bảo tính liên tục và bảo toàn động lượng Saint Venant [89].

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (3.7)$$

Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (3.8)$$

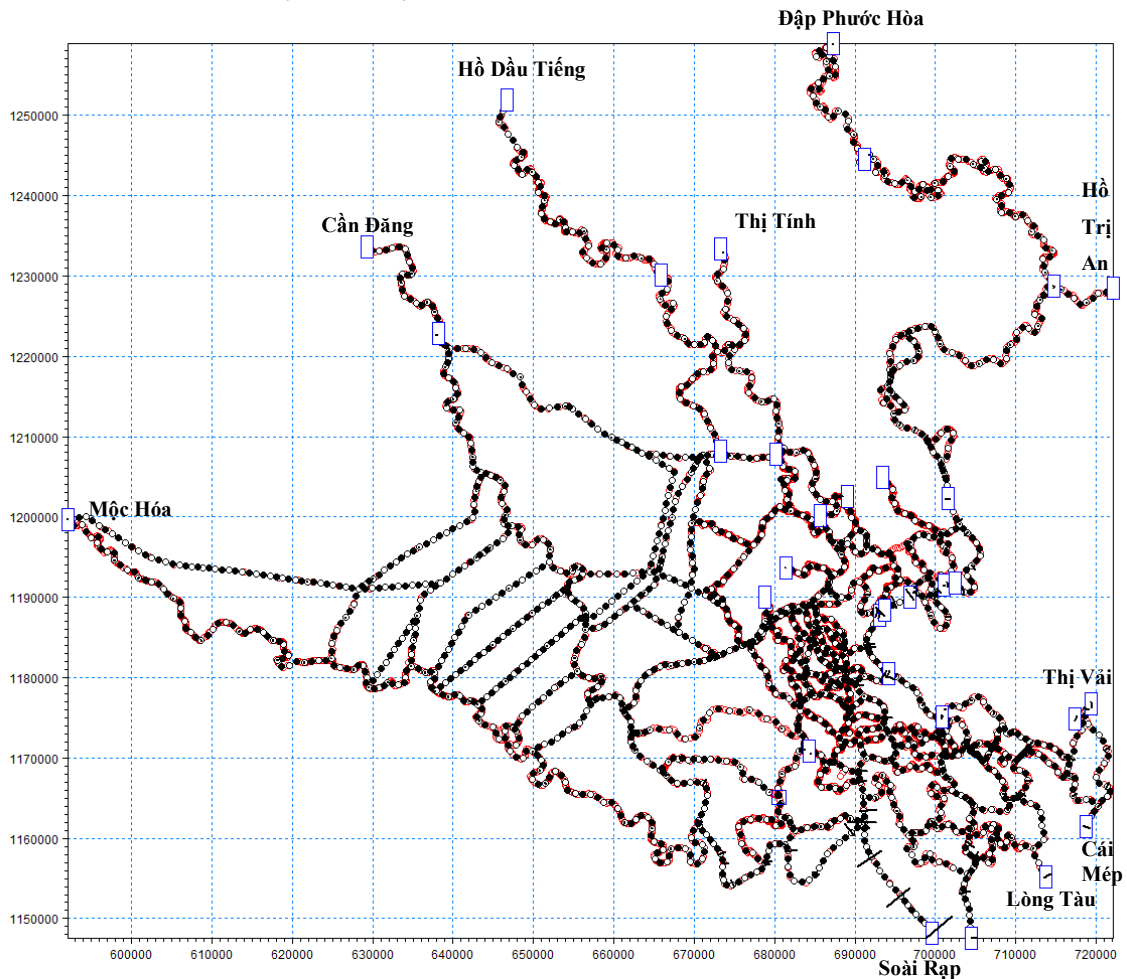
Trong đó:

- Q : lưu lượng dòng chảy (m^3/s);
- A : diện tích mặt cắt ướt (m^2);
- q : lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông (m^3/s);
- C : Hệ số Chezy;

- R : bán kính thủy lực (m);
- h : mực nước so với độ cao chuẩn (m);
- g : gia tốc trọng trường, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$;

• **Sơ đồ tính khu vực nghiên cứu**

Sơ đồ thủy lực hệ thống sông vùng HLSGĐN gồm 149 nhánh, trải dài từ biên giới Việt Nam - Campuchia đến cửa biển Soài Rạp – Vũng Tàu. Phạm vi tính toán từ sau đập hồ Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn, đập Trị An trên sông Đồng Nai, đập Phước Hòa trên sông Bé, vị trí cầu Gò Dầu Hạ trên sông Vàm Cỏ Đông, vị trí cầu Bình Châu trên sông Vàm Cỏ Tây ra tới Biển Đông. Chế độ thủy lực sông chính chịu sự chi phối mạnh của triều biển Đông; lượng xả của các hồ chứa Trị An và Dầu Tiếng, Phước Hòa; nhu cầu nước của vùng HLSGĐN và khu vực lân cận.



Hình 3.18 Sơ đồ thủy lực hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai

- **Điều kiện biên**

- *Biên lưu lượng thượng lưu*

Sơ đồ toán bao gồm 12 biên lưu lượng thượng lưu, trong đó biên lưu lượng xả từ hồ Trị An, Dầu Tiếng và Phước Hòa có ảnh hưởng lớn đến chế độ thủy lực của khu vực nghiên cứu; các biên khác có trị số lưu lượng không đáng kể.

- *Biên lưu lượng nhập bên*

Lưu lượng nhập bên bao gồm: bao gồm các biên lưu lượng từ mô hình mưa dòng chảy dựa trên module NAM và URBAN thuộc mô hình MIKE 11.

- *Biên mực nước*

Sơ đồ tính của vùng nghiên cứu kết thúc tại cửa sông Soài Rạp – Vũng Tàu, do đó biên mực nước được thiết lập cho 4 vị trí tại các cửa sông chính của khu vực này. Giá trị mực nước các trạm biên từ năm 1980 đến năm 2020.

Mực nước tại Soài Rạp và Cái Mép được hiệu chỉnh so với trạm Vũng Tàu tham khảo theo báo cáo Thủy lực của dự án “*Giải quyết ngập do triều khu vực TP.HCM có xét đến yếu tố biến đổi khí hậu (giai đoạn 1)*” do Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam thực hiện:

$$H_{\text{Soài Rạp}} = H_{\text{Vũng Tàu}} \times 1,0646 + 25,833 \text{ (cm)}$$

$$H_{\text{Cái Mép}} = H_{\text{Vũng Tàu}} \times 1,095 + 15,2 \text{ (cm)}$$

- **Mặt cắt sông**

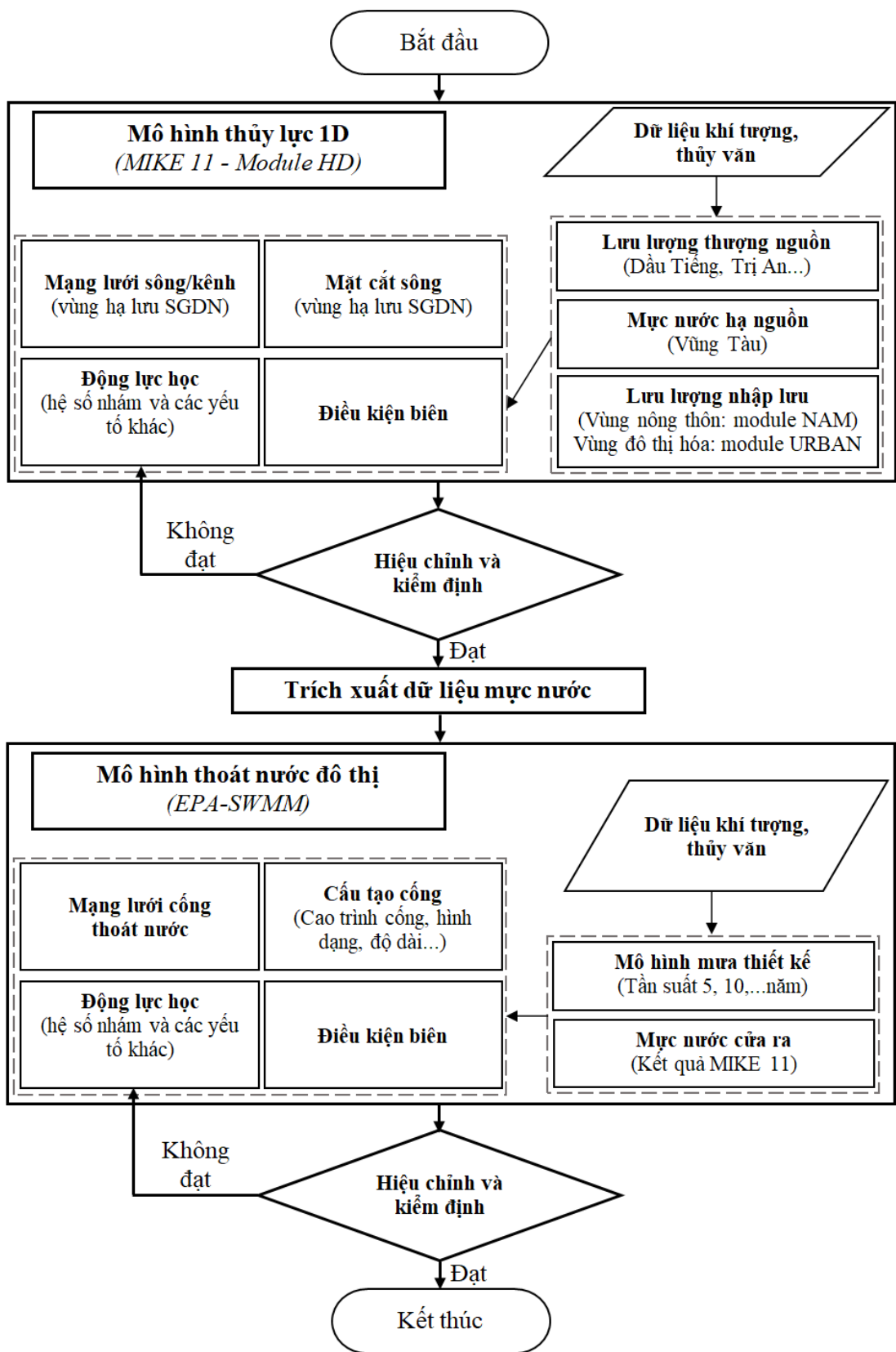
Dữ liệu mặt cắt được kế thừa từ kết quả khảo sát và đo đạc của đề tài KC08.18/06-10 [10] là những mặt cắt thực đo điển hình sao cho có thể đại diện cho đoạn sông làm cho lòng dẫn trong mô hình gần sát với thực tế của sông trong vùng nghiên cứu.

3.4.3.4. Tiếp cận thiết lập mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước khu vực TP.HCM

+ Nghiên cứu sử dụng tiếp cận Top – Down để liên kết 2 mô hình MIKE-11 và EPA-SWMM. Pha thủy văn và thủy lực được mô phỏng đầy đủ cho cấp độ vùng. Mực nước, lưu lượng được kiểm định kỹ lưỡng trong các kênh rạch

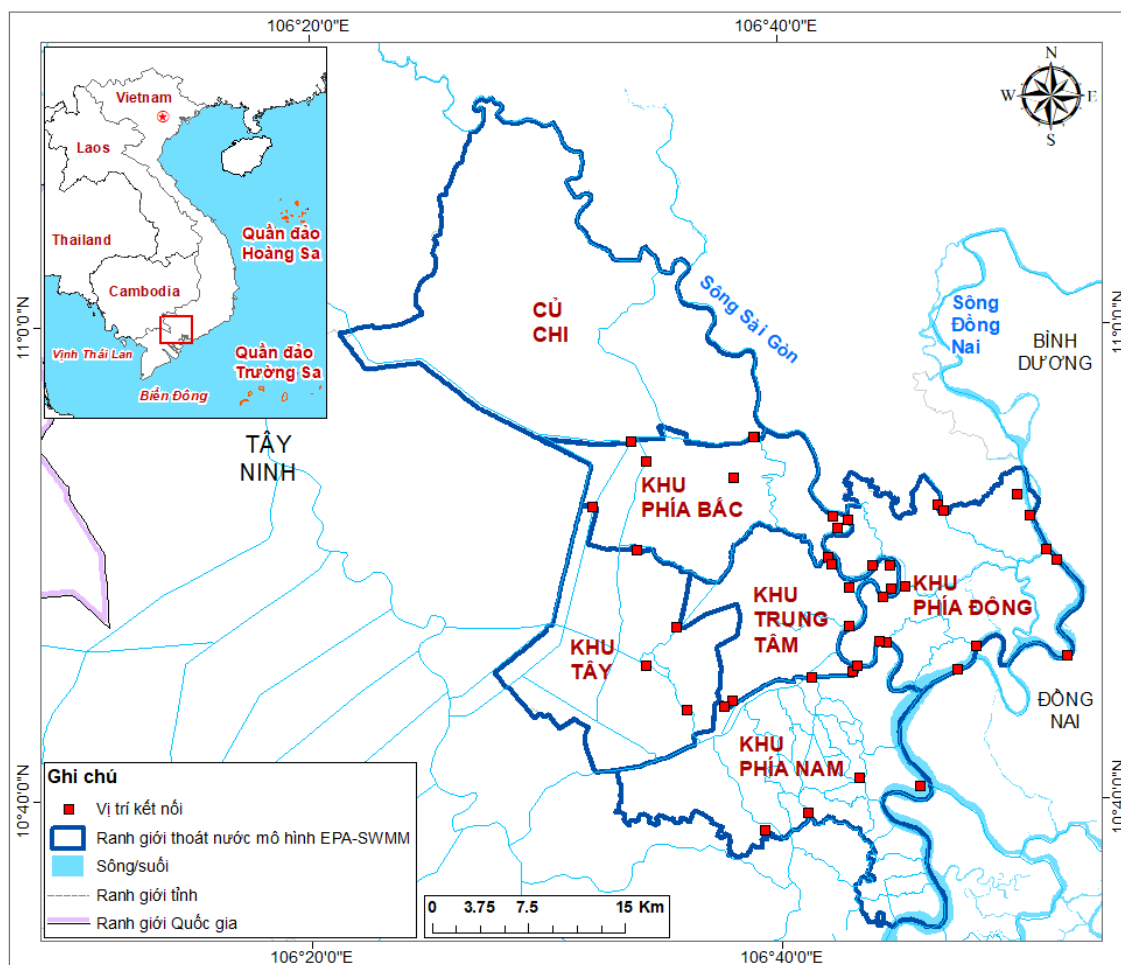
nhỏ (vị trí gần các biên của mô hình EPA-SWMM cho các tiểu lưu vực) để làm giảm sai số mô hình.

- + Module NAM (khu vực nông thôn), URBAN (đô thị) mô phỏng bao trùm cho cả khu vực đô thị để mô phỏng quá trình mưa và dòng chảy trong các tiểu lưu vực. Kết quả mô phỏng sẽ làm biên nhập lưu đầu vào hệ thống sông kênh vùng hạ lưu SGĐN thuộc module thủy lực MIKE 11-HD. Quá trình thiết lập mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước cho khu vực TP.HCM được thể hiện như sau:



Hình 3.19 Minh họa liên kết giữa mô hình MIKE11 và EPA-SWMM

Sau khi mô phỏng thủy lực 1D trên các sông kênh chính, kết quả mực nước sẽ là biên đầu vào của mô hình EPA-SWMM, với 58 vị trí được sử dụng. Ngoài ra, số liệu mưa được thu thập tại các trạm quan trắc, tính toán thống kê và xây dựng thành các kịch bản tính toán thông qua các biểu đồ mưa thiết kế cũng là điều kiện biên cho mô hình EPA-SWMM.



Hình 3.20 Vị trí kết nối mô hình MIKE 11 và EPA-SWMM

3.4.3.5. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11

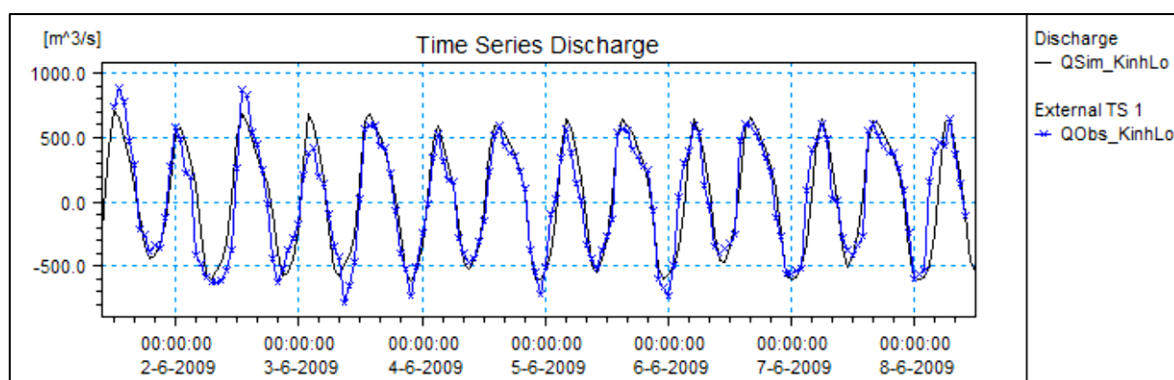
• *Hiệu chỉnh mô hình MIKE 11*

Dữ liệu và kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11 được kế thừa từ đề tài “Nghiên cứu cải tạo và nâng cấp hệ thống thoát nước nhằm kiểm soát ngập lụt do lượng mưa và triều cường tăng trong điều kiện biến đổi khí hậu trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh” do Viện MT&TN làm chủ trì [1]. Trong đó, mô hình

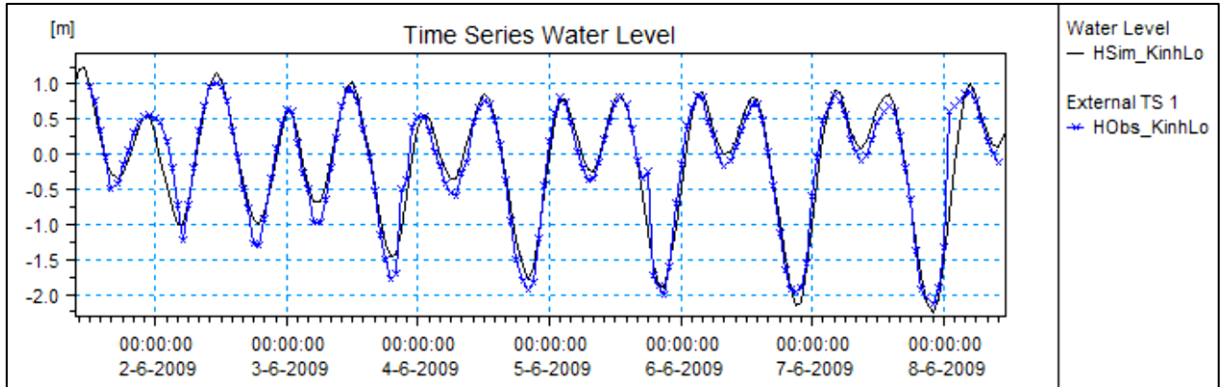
đã hiệu chỉnh mực nước và lưu lượng thực đo tại 14 trạm đo nội đồng giai đoạn từ ngày 01/06 - 08/06 năm 2009.

Bảng 3.6 Tổng hợp chỉ số thống kê tại các trạm thủy văn (01/06 – 08/06/2009)

STT	Trạm	Q (m ³ /s)			H (m)		
		Pearson	NSE	Sai số đỉnh	Pearson	NSE	Sai số đỉnh
1	Thủ Bộ	0,97	0,93	79,13	0,92	0,83	-0,06
2	Kênh Hàng	0,91	0,80	-140,60	0,96	0,90	-0,12
3	Kinh Lộ	0,93	0,86	-16,05	0,95	0,90	-0,02
4	Sông Kinh	0,90	0,74	-94,00	0,96	0,91	-0,02
5	Mương Chuối	0,94	0,89	6,03	0,97	0,90	-0,17
6	Cầu Thầy Tiêu	0,94	0,76	-7,96	0,98	0,95	0,09
7	Cầu Rạch Địa	0,95	0,90	1,19	0,98	0,96	-0,02
8	Cầu Ông Lớn	0,92	0,81	20,06	0,97	0,93	0,03
9	Cầu Ông Bé	0,92	0,75	-0,66	0,95	0,89	-0,09
10	Cầu Cần Giuộc	0,92	0,85	-9,53	0,99	0,90	0,05
11	Cầu Bình Điền	0,95	0,83	-24,88	0,97	0,95	0,03
12	Vàm Thuật	0,90	0,81	9,80	0,97	0,81	0,21
13	Rạch Tra	0,91	0,82	-17,14	0,98	0,86	0,20
14	Bến Lức	0,91	0,79	2,10	0,90	0,73	-0,07



Hình 3.21 Hiệu chỉnh lưu lượng tại trạm Kinh Lộ



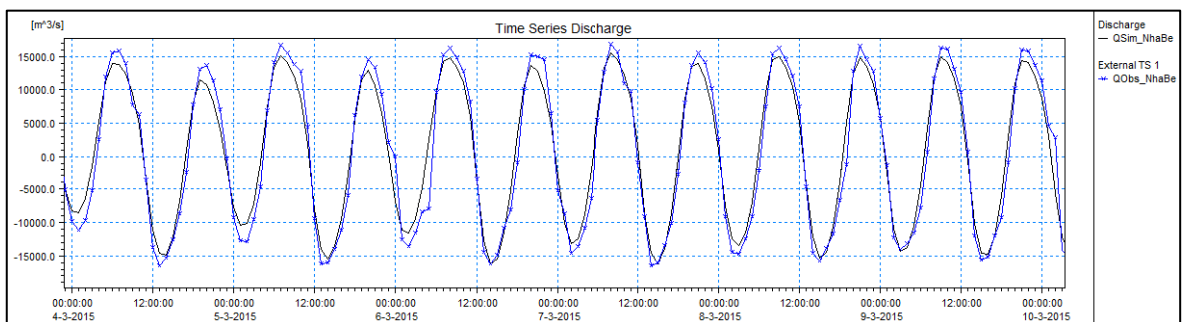
Hình 3.22 Hiệu chỉnh mực nước tại trạm Kinh Lộ

- **Kiểm định mô hình MIKE 11**

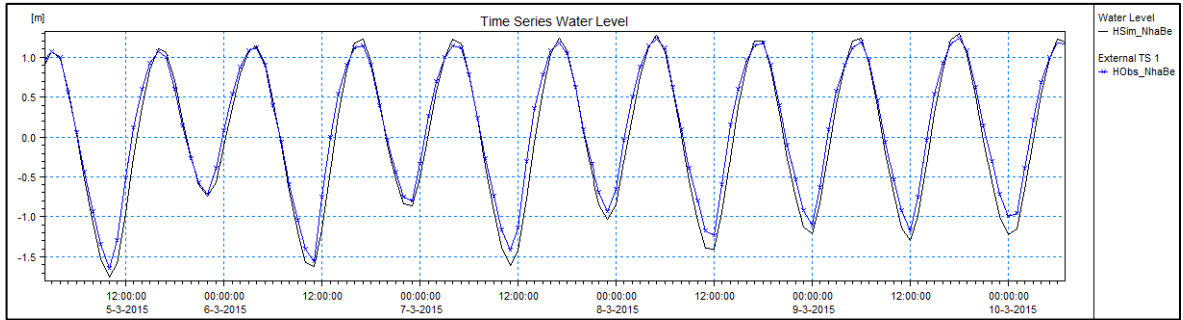
Mô hình thủy lực MIKE 11 tiếp tục được kiểm định cho chuỗi dữ liệu mùa khô giai đoạn 01/03/2015 – 30/03/2015, được kế thừa từ đề tài [81].

Bảng 3.7 Thống kê kiểm định mực nước 01/03/2015 – 30/03/2015

STT	Trạm	Q (m ³ /s)			H (m)		
		Pearson	NSE	Sai số đỉnh	Pearson	NSE	Sai số đỉnh
1	Thủ Dầu Một	0,96	0,93	-78,60	0,98	0,82	0,2
2	Phú An	0,98	0,96	-141,10	0,98	0,96	0,15
3	Biên Hòa	0,97	0,95	-366,23	0,96	0,94	0,12
4	Nhà Bè	0,98	0,96	192,69	0,98	0,94	0,1



Hình 3.23 Kiểm định lưu lượng tại Nhà Bè



Hình 3.24 Kiểm định mực nước tại Nhà Bè

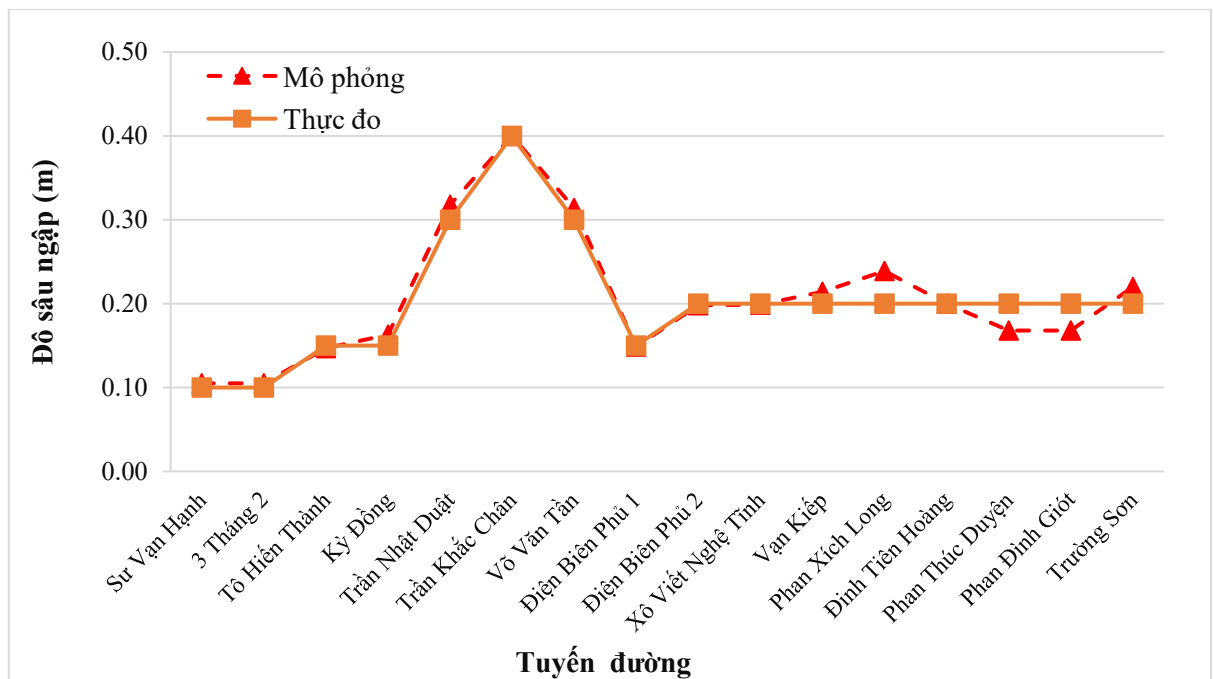
3.4.3.6. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình EPA-SWMM

- **Hiệu chỉnh mô hình EPA-SWMM**

- **Vùng dự án Trung Nam**

- + **Vùng Trung Tâm TP.HCM**

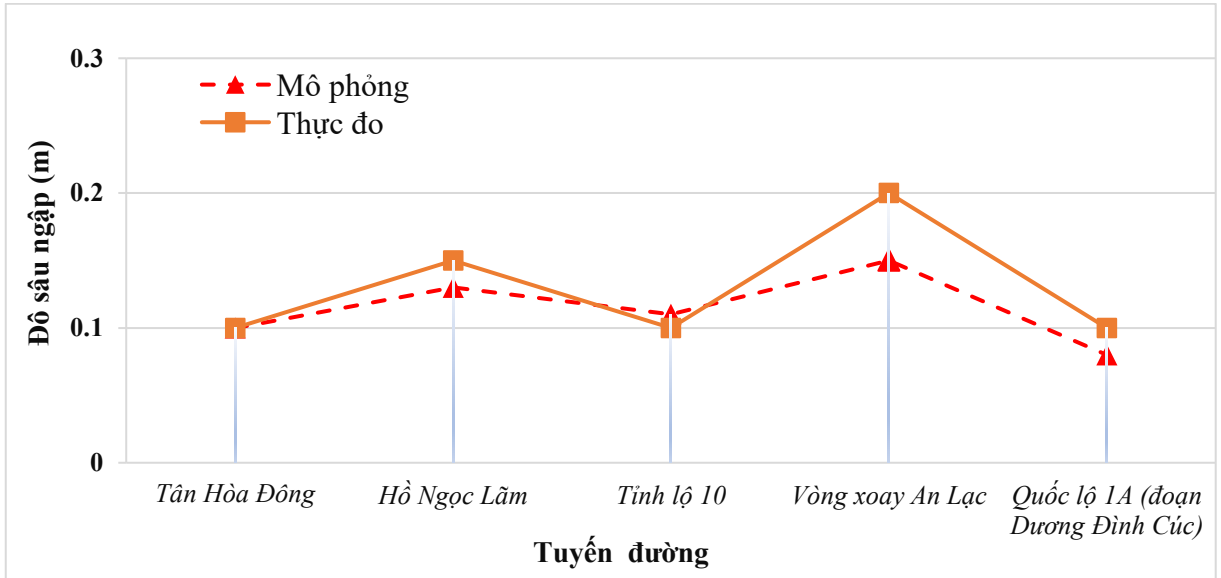
Mô hình hiệu chỉnh độ sâu ngập cho trận mưa ngày 25/11/2018. Kết quả mô phỏng cho thấy mức độ chênh lệch đỉnh giữa thực đo và mô phỏng của 16 tuyến ngập từ 0,006-0,06m.



Hình 3.25 Hiệu chỉnh mô hình cho trận mưa ngày 25/11/2018

+ *Vùng phía Tây TP.HCM*

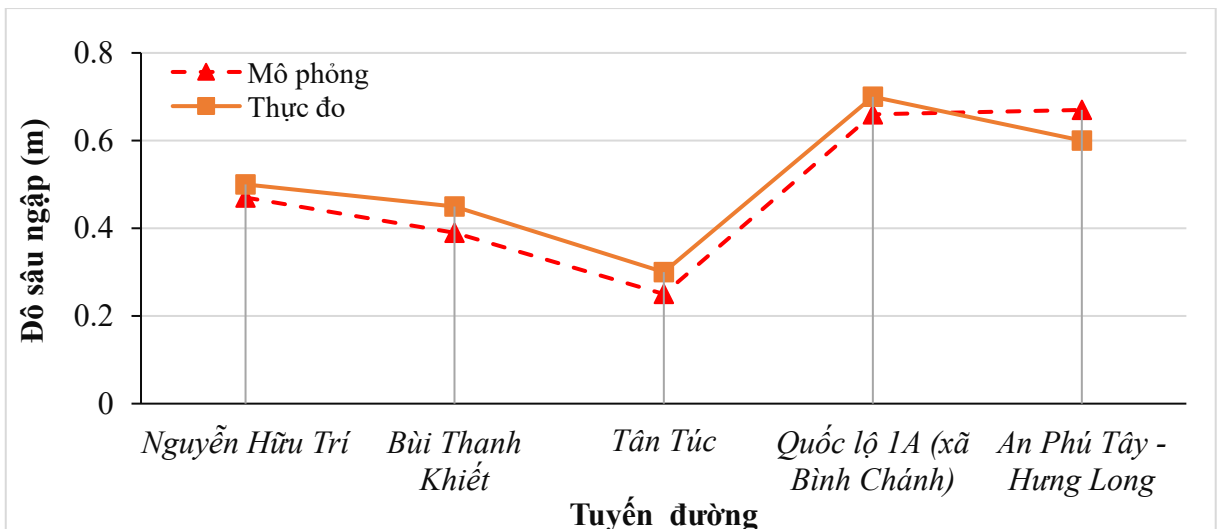
Hiệu chỉnh 5 tuyến ngập khu phía Tây với chênh lệch đỉnh giữa thực đo và mô phỏng của từ 0,006-0,01m.



Hình 3.26 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực tế tại các điểm trên tuyến đường khu Tây TP.HCM

+ *Vùng phía Nam TP.HCM*

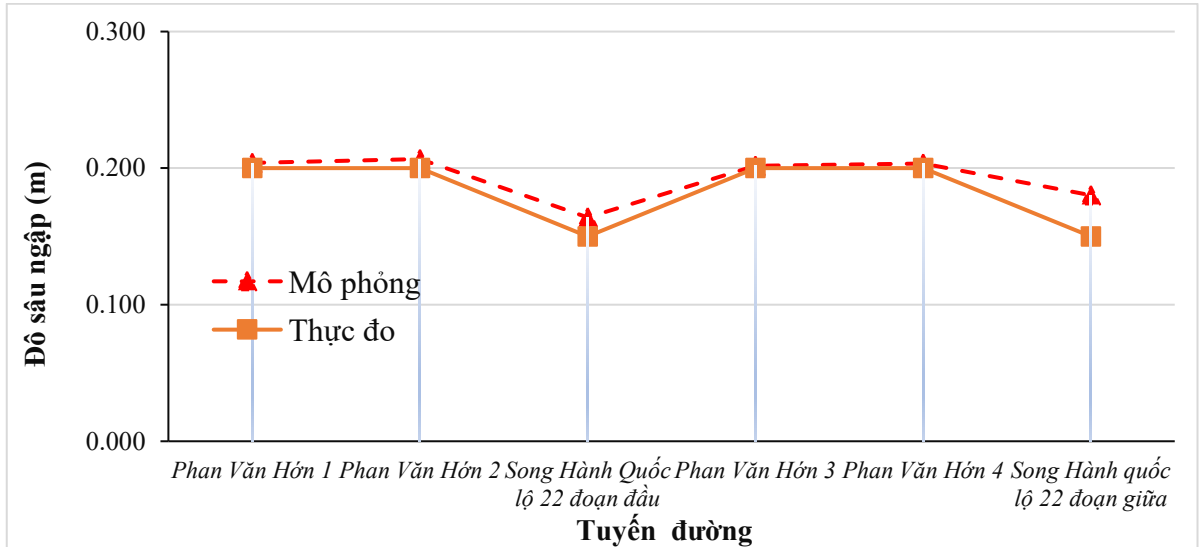
Hiệu chỉnh 4 tuyến ngập khu phía Nam cho thấy chênh lệch đỉnh giữa thực đo và mô phỏng từ 0,003-0,008m.



Hình 3.27 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực tế tại các điểm trên tuyến đường khu Nam TP.HCM

+ *Vùng phía Bắc TP.HCM*

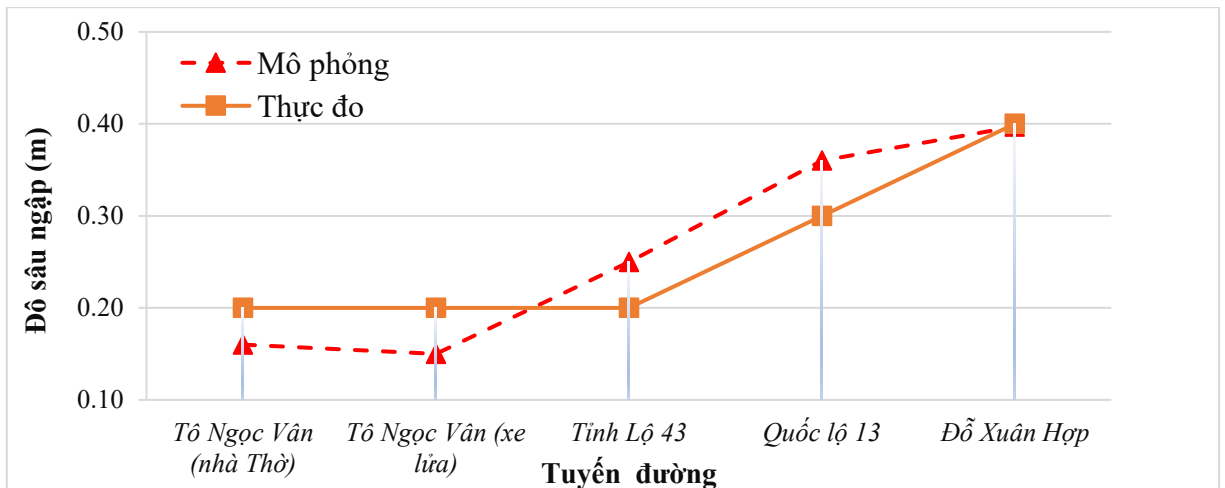
Hiệu chỉnh 5 tuyến ngập khu phía Bắc cho thấy chênh lệch đỉnh giữa thực đo và mô phỏng từ từ 0,004-0,03m.



Hình 3.28 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực tế tại các điểm trên tuyến đường khu Bắc

- *Vùng II, QH 1547*

+ *Vùng phía Đông TP.HCM*



Hình 3.29 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực tế tại các điểm trên tuyến đường khu Đông

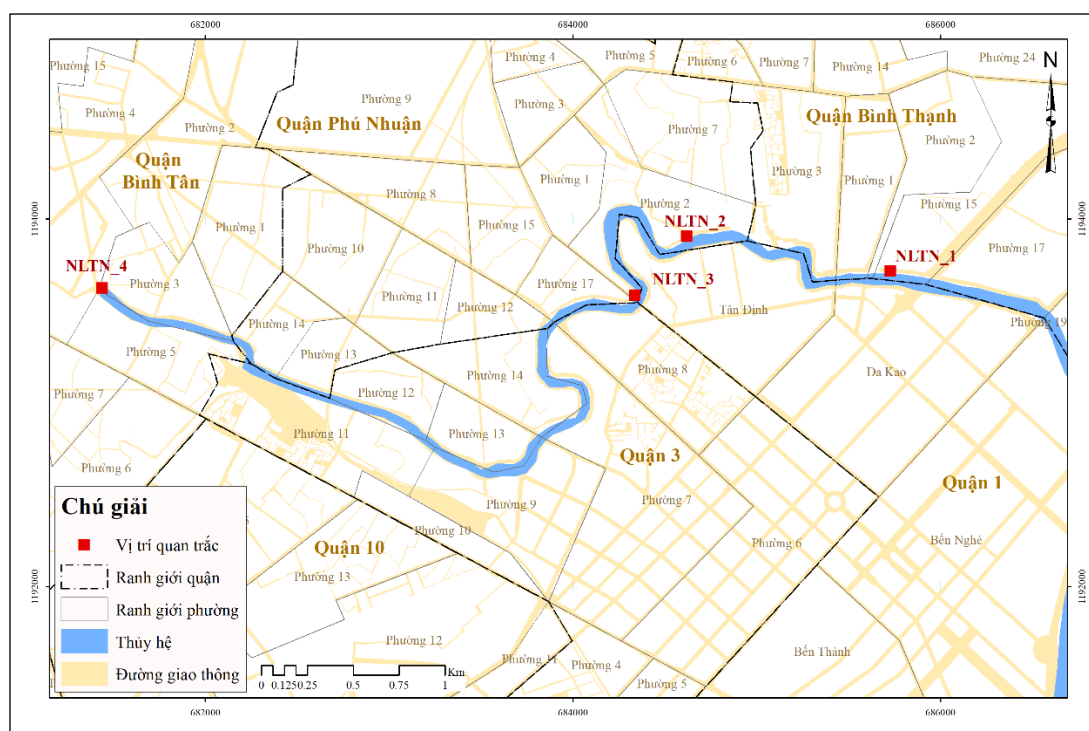
Kết quả hiệu chỉnh cho 5 tuyến ngập tại khu Đông cho thấy sai số lệch đỉnh từ 0,003-0,05m.

- *Kiểm định mô hình EPA-SWMM*

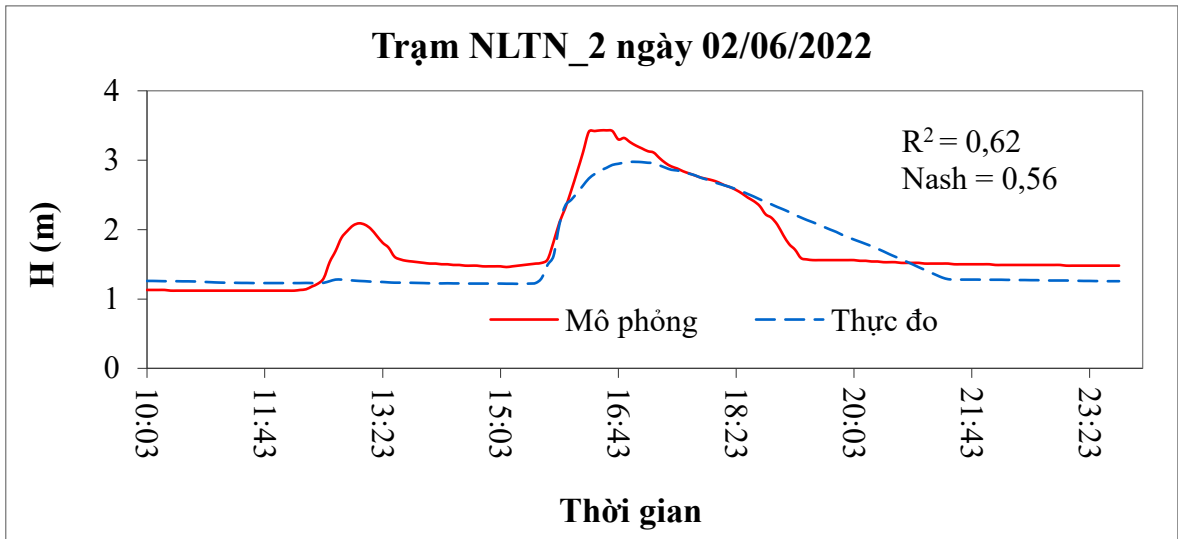
Nghiên cứu tiến hành kiểm định mô hình thông qua kết quả quan trắc mực nước các cửa xả cho trận mưa ngày 02/06/2022 và 15/08/2022 tại lưu vực NLTN, THLG, rạch Thủ Đức, và Thảo Điền. Kết quả kiểm định mô hình thoát nước khu vực nghiên cứu tại 16 điểm đo đều cho hệ số tương quan R^2 (0,5 - 0,96) > 0,5 và Nash (0,5 - 0,77) > 0,5. Theo nghiên cứu của Yang (2013) và Frida (2012) thì mô hình mô phỏng với hệ số Nash > 0,5 là chấp nhận được [90], [91]. Tuy nhiên, nghiên cứu sẽ còn tiếp tục cải thiện chất lượng mô hình để nâng cao độ tin cậy của kết quả tính toán.

Dựa trên kết quả hiệu chỉnh và kiểm định rút ra được hệ số nhám của các tuyến cống của TP. HCM giao động từ 0,015-0,017. Hệ số nhám bề mặt không thấm giao động từ 0,016-0,02. Hệ số nhám bề mặt thấm giao động (0,1-0,2). Các thông số này sẽ được áp dụng cho toàn bộ lưu vực tương tự. Một số hình ảnh về vị trí quan trắc và kết quả kiểm định mô hình được thể hiện như sau:

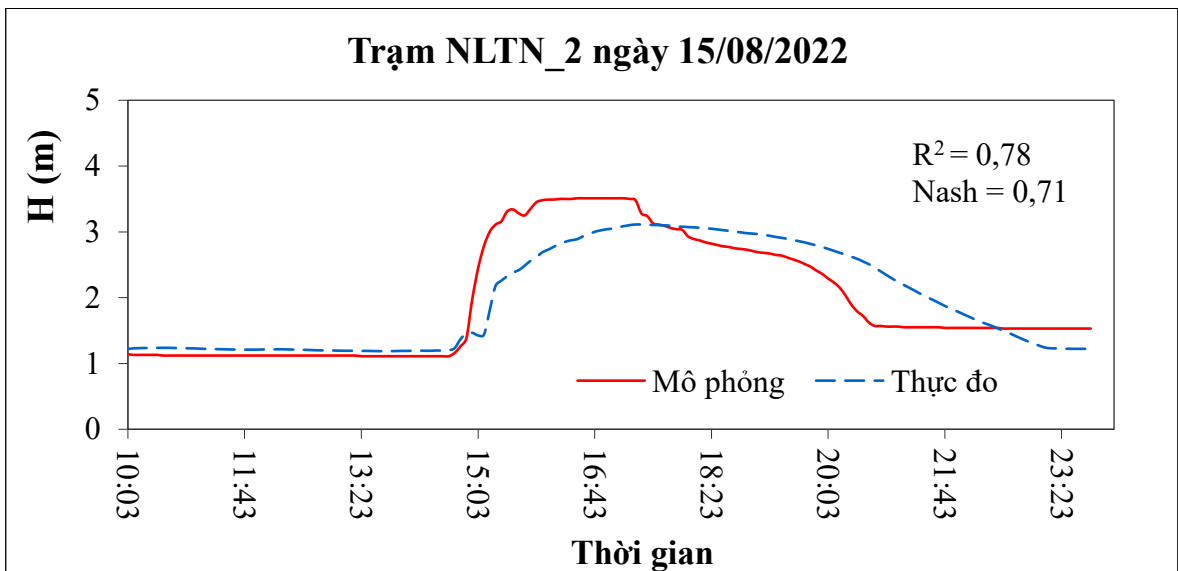
- *Kiểm định mô hình tại lưu vực NLTN*



Hình 3.30 Vị trí quan trắc mực nước tại lưu vực NLTN

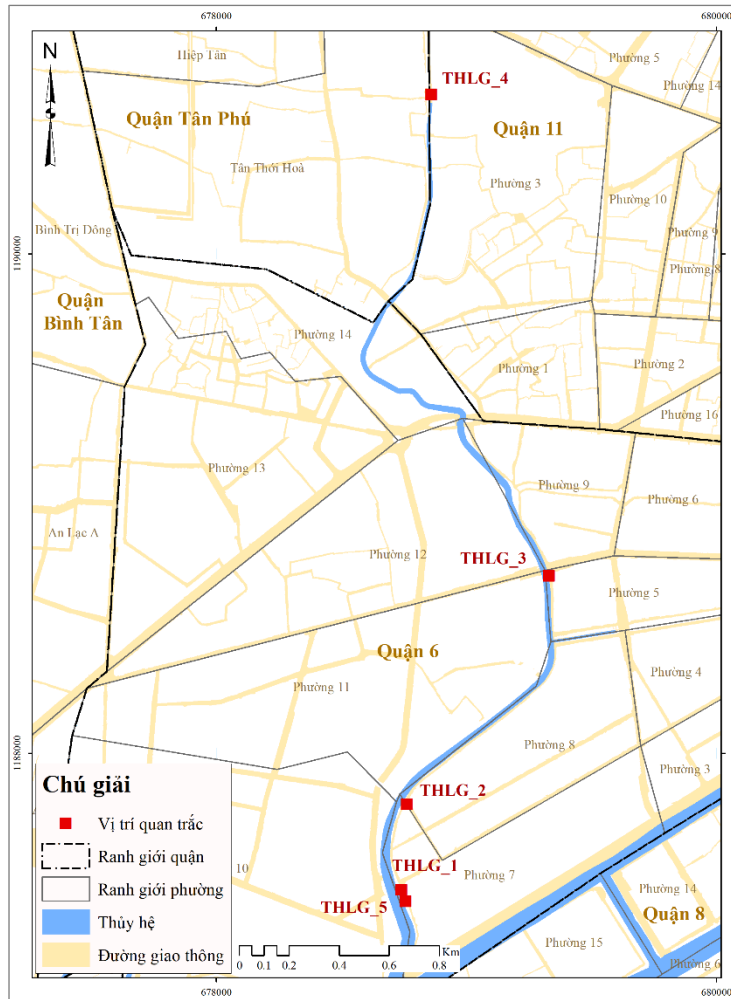


Hình 3.31 Kiểm định mực nước tại trạm NLTN_2, trận mưa 02/06/2022

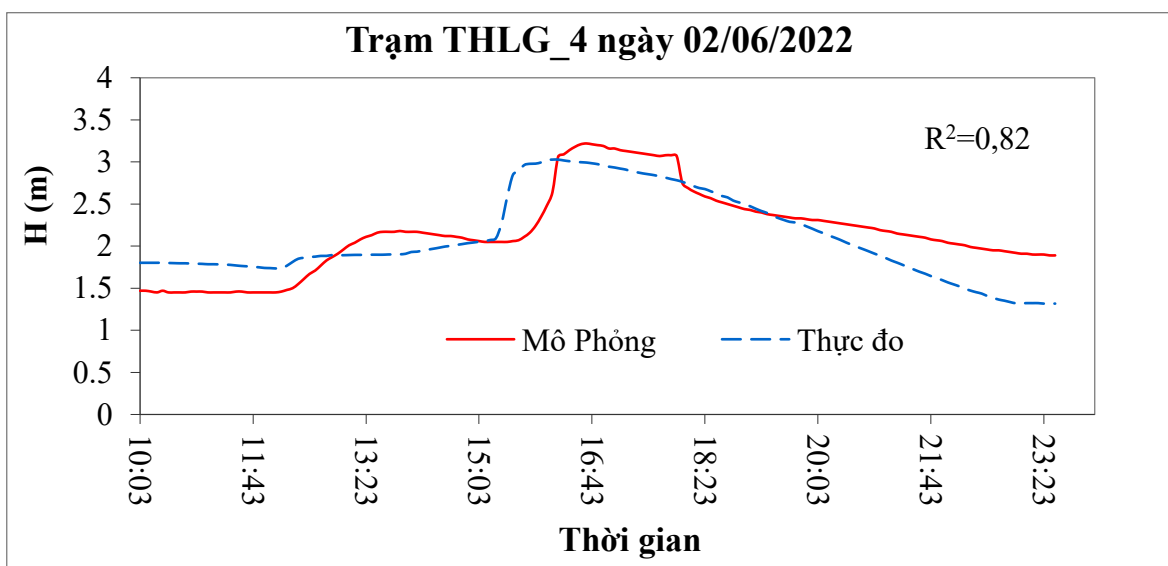


Hình 3.32 Kiểm định mực nước tại trạm NLTN_2, trận mưa 15/08/2022

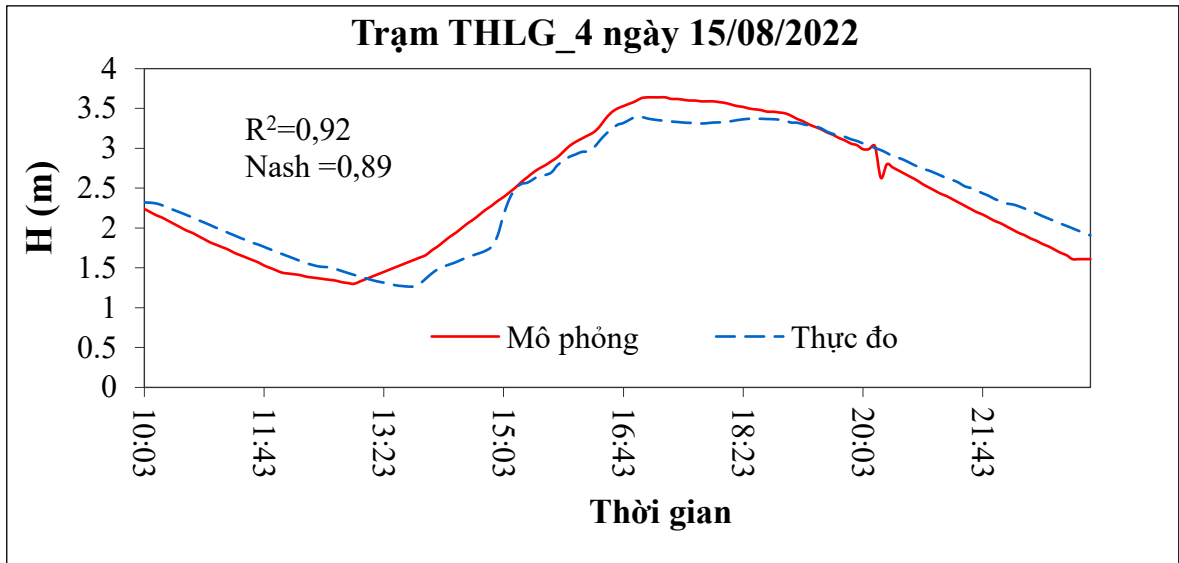
- Kiểm định mô hình tại lưu vực THLG



Hình 3.33 Vị trí các trạm quan trắc thuộc lưu vực THLG

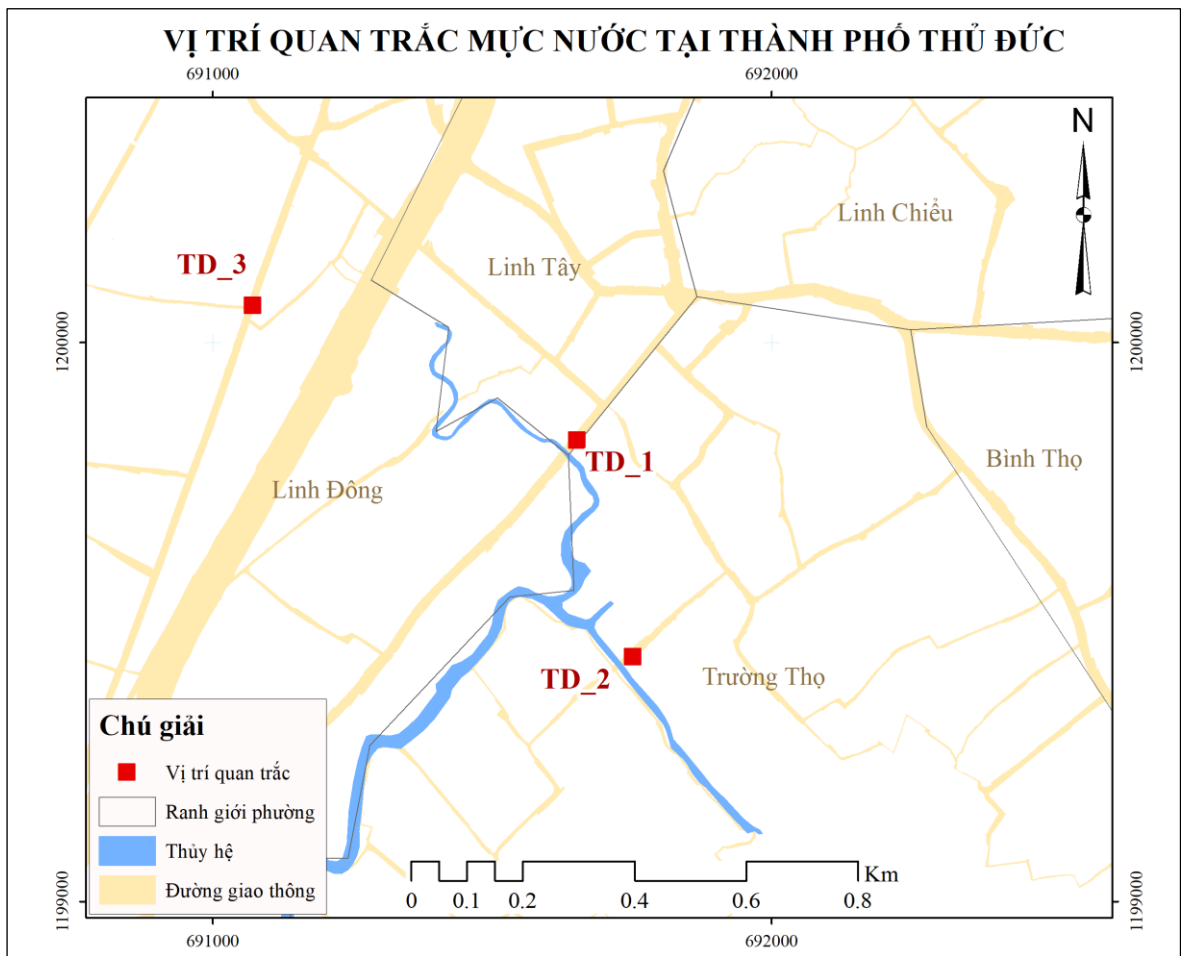


Hình 3.34 Kiểm định mực nước tại trạm THLG_4, trận mưa 02/06/2022

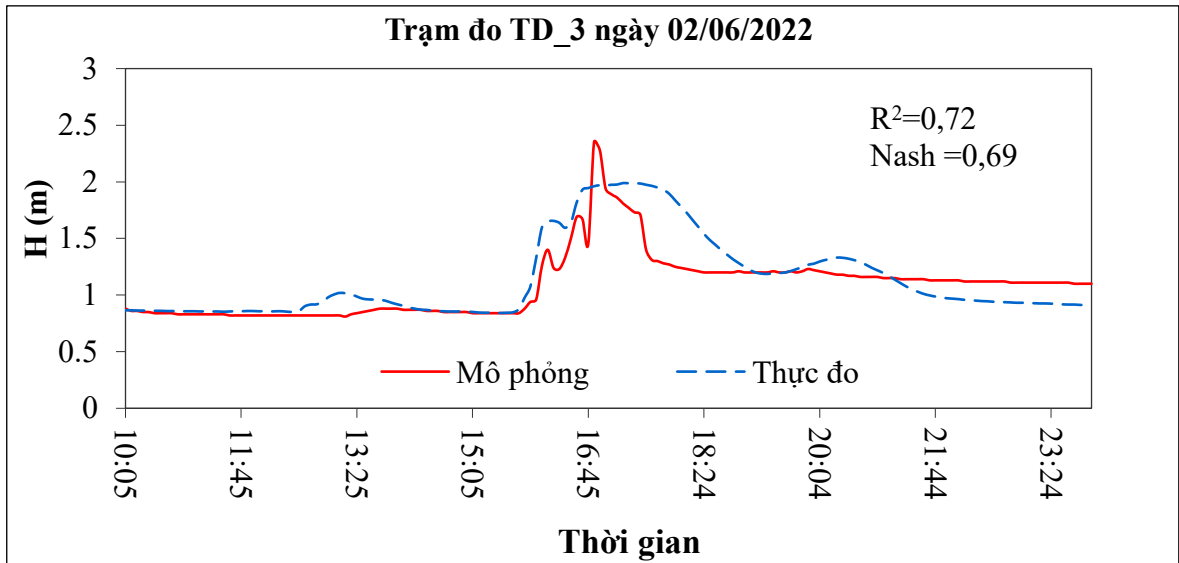


Hình 3.35 Kiểm định mực nước tại trạm THLG_4, trận mưa 15/08/2022

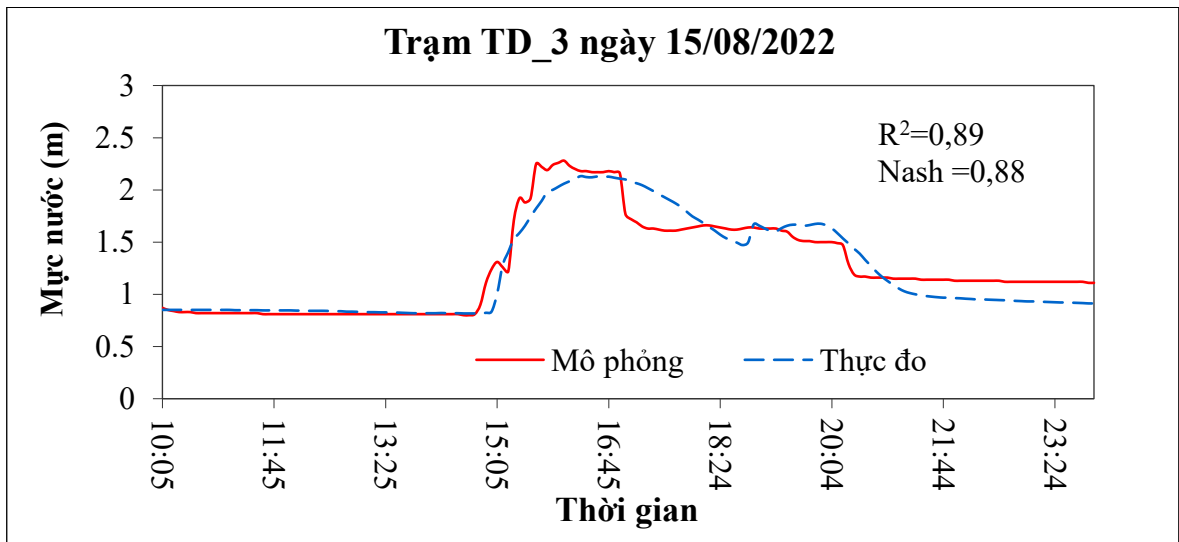
- Kiểm định mô hình tại lưu vực rạch Thủ Đức



Hình 3.36 Vị trí quan trắc mực nước tại lưu vực rạch Thủ Đức

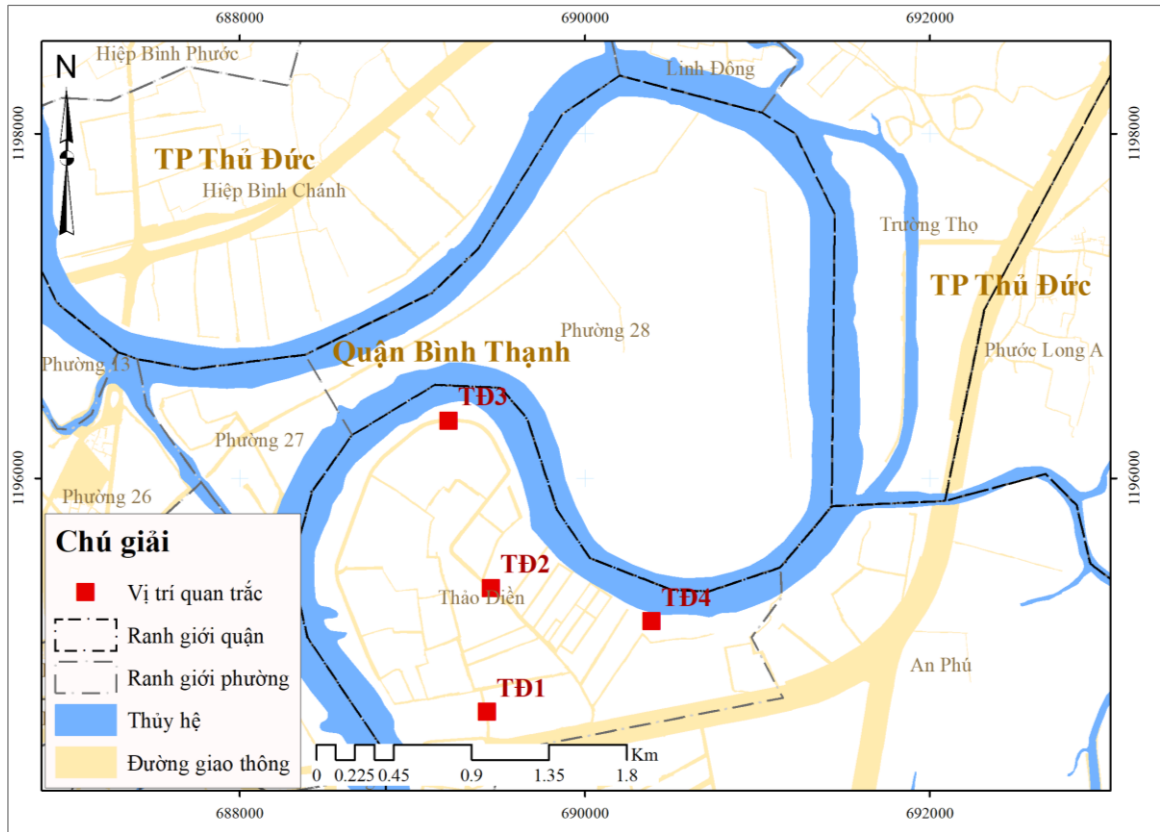


Hình 3.37 Kiểm định mực nước tại trạm TD_3, trận mưa 02/06/2022

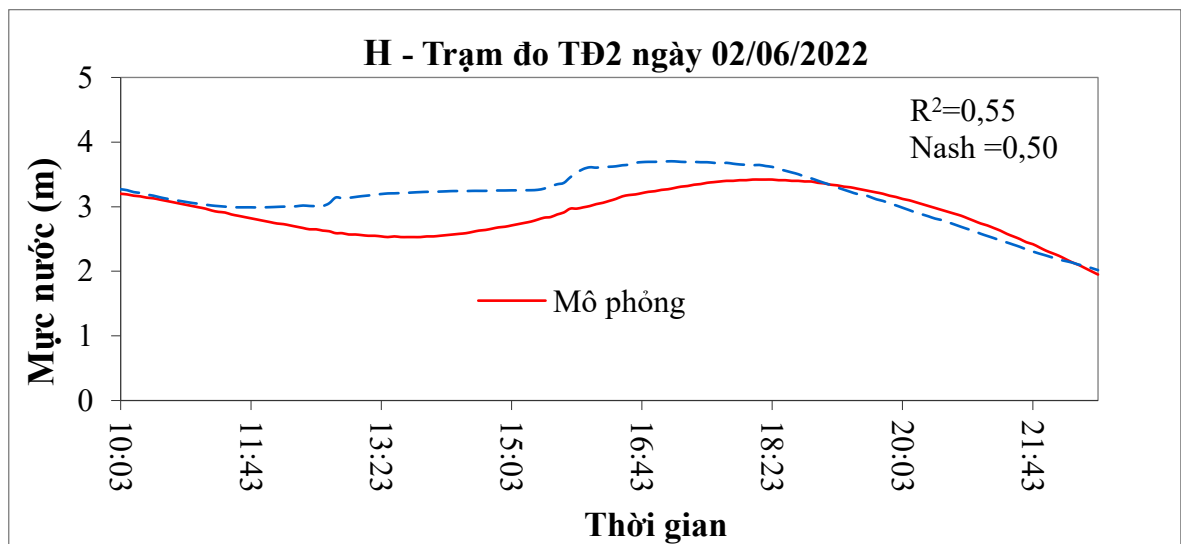


Hình 3.38 Kiểm định mực nước tại trạm TD_3, trận mưa 15/08/2202

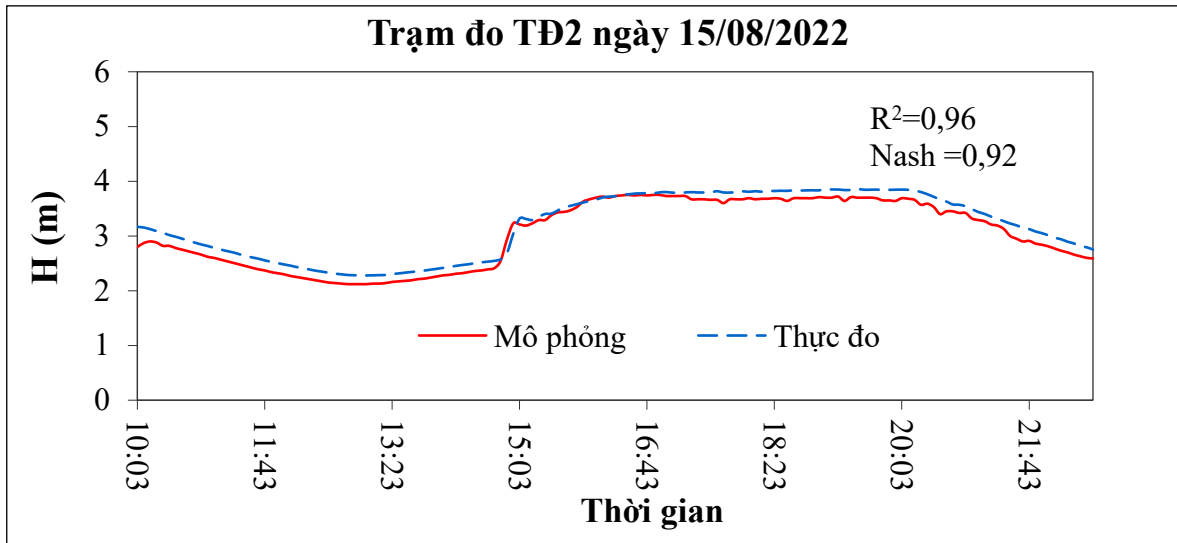
- Kiểm định mô hình tại lưu vực Thảo Điền



Hình 3.39 Vị trí quan trắc mực nước tại lưu vực Thảo Điền



Hình 3.40 Kiểm định mực nước tại trạm TĐ2, trận mưa 02/06/2202



Hình 3.41 Kiểm định mực nước tại trạm TĐ2, trận mưa 15/08/2202

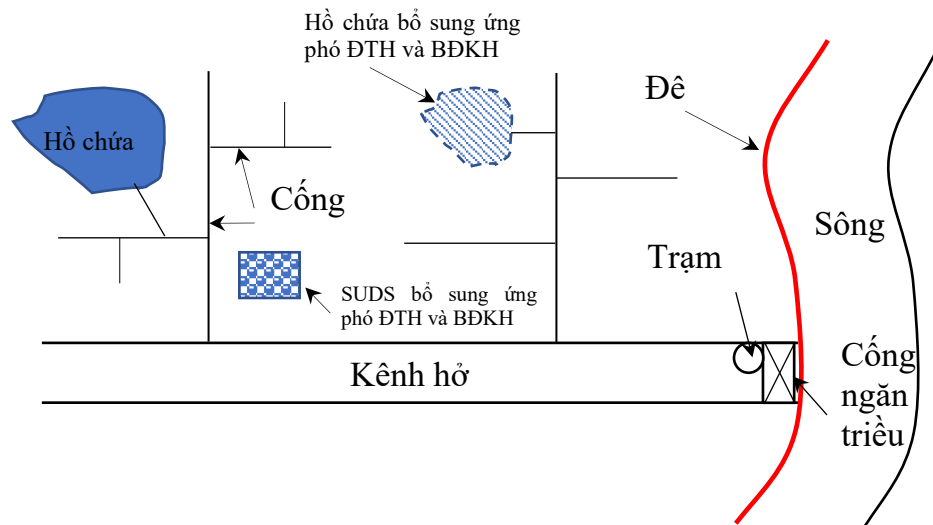
Các kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11 và EPA-SWMM được trình bày chi tiết tại Chuyên đề: “*Báo cáo kết quả cập nhật, hiệu chỉnh, kiểm định mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước*” thuộc nghiên cứu này.

3.4.4. Phương pháp ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết

3.4.4.1. Nguyên tắc trữ nước mưa ứng phó với ĐTH và BĐKH

Giải pháp trữ nước mưa trong nghiên cứu này được xác định là giải pháp bổ sung giúp giảm nhẹ ngập lụt do tác động của ĐTH vượt quá mức cho phép và lượng mưa gia tăng vượt quá tần suất thiết kế của hệ thống dưới tác động của BĐKH.

Hệ thống trữ nước mưa bổ sung được xem như là giải pháp hỗ trợ cho hệ thống thoát nước cơ bản của lưu vực chứ không phải là giải pháp thay thế cho HTTN truyền thống. Do đó, HTTN có thể chia thành hệ thống cơ sở (đảm nhận vai trò thoát nước chính cho khu vực) và hệ thống bổ sung (đóng vai trò ứng phó với sự gia tăng dòng chảy tràn vượt quá khả năng thiết kế ban đầu).



Hình 3.42 Minh họa sơ đồ bố trí HTTN cơ bản và trữ nước mưa bổ sung

Các thành phần chính của HTTN đô thị thường bao gồm các công trình công ngầm, kênh hở, hồ chứa, trạm bơm, cống ngăn triều và đê bao (**Hình 3.42**). Do đó giải pháp trữ nước mưa có thể được sử dụng trong HTTN cơ bản của khu vực nhưng quy mô của nó được xác định trong quá trình tính toán thiết kế HTTN cơ bản. Tại các khu vực chưa hoàn chỉnh HTTN có thể xây dựng trước các giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập cục bộ mang tính cấp bách. Các công trình trữ nước mưa lúc này sẽ tạm thời đảm nhận chức năng của HTTN cơ sở và sẽ chuyển sang chức năng bổ sung cho hệ thống sau khi HTTN cơ sở được đầu tư hoàn chỉnh.

Hệ thống hồ điều tiết nước mưa chỉ đảm nhận vai trò trữ nước mưa rơi trên khu vực, không đảm nhận vai trò trữ nước lũ thượng lưu và triều. Các hồ điều tiết lũ và triều (nếu có) sẽ được xác định riêng.

3.4.4.2. Một số định nghĩa

- Hệ thống thoát nước cơ bản: Là hệ thống thoát nước được tính toán thiết kế đảm bảo thoát nước cho khu vực ứng với trận mưa có chu kỳ lặp lại theo quy định.

- Hệ thống trữ nước mưa bổ sung: là một hệ thống được xây dựng nhằm đáp ứng việc tăng lượng dòng chảy tràn vượt quá mức cho phép do sự gia tăng diện tích bề mặt không thấm, được gây ra bởi quá trình đô thị hóa và tác động của biến đổi khí hậu.
- Đường cong dung tích trữ - diện tích không thấm – lượng mưa (V-I-P): là đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa dung tích trữ cần thiết ứng với tỷ lệ diện tích không thấm của khu vực và lượng mưa.
- Đường cong dung tích trữ - hệ số dòng chảy – lượng mưa (V-C-P): là đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa dung tích trữ cần thiết ứng với hệ số dòng chảy của khu vực và lượng mưa.
- Dòng chảy tràn thiết kế (Q_o - m^3/s): là dòng chảy tràn được xác định theo các thông số thiết kế ban đầu gồm lượng mưa ứng với chu kỳ lặp lại P và hệ số chảy tràn phụ thuộc vào điều kiện sử dụng đất của lưu vực. *(Trong nghiên cứu này, điều kiện sử dụng đất theo Quy hoạch 2025 được sử dụng để tính toán dòng chảy tràn thiết kế, gọi là kịch bản nền.)*
- Dòng chảy tràn hiện hữu (Q_e - m^3/s): là dòng chảy tràn được xác định theo các thông số đầu vào hiện trạng gồm lượng mưa ứng với chu kỳ lặp lại P và hệ số chảy tràn phụ thuộc vào điều kiện sử dụng đất hiện hữu của lưu vực. *(Giải pháp trữ nước mưa được áp dụng khi dòng chảy tràn hiện hữu lớn hơn dòng chảy tràn thiết kế.)*
- Dòng chảy tràn tính toán (Q_i - m^3/s): là lượng dòng chảy tràn có khả năng xảy ra trong tương lai được xác định bằng các kịch bản mưa và hệ số dòng chảy (hoặc tỷ lệ diện tích không thấm).

3.4.4.3. Phương pháp xác định dung tích trữ cần thiết

a) Ước lượng dung tích trữ theo đường quan hệ V-I-P

Dung tích trữ nước mưa phụ thuộc vào lượng mưa thiết kế với chu kỳ lặp lại (P), diện tích không thấm (I) của lưu vực và mực nước tính toán tại các cửa xả. Trên thực tế, hai thông số (P) và (I) có tính không chắc chắn cao gây ra bởi

sự bất cập trong quá trình phát triển đô thị và tác động của BĐKH, do đó khó dự đoán chính xác hai thông số này trong tương lai. Để khắc phục nhược điểm này, nghiên cứu đề xuất phương pháp ước tính dung tích trữ nước mưa theo đường quan hệ V-I-P. Để xây dựng đường quan hệ V-I-P, kịch bản tổng quát sẽ được thiết lập chi tiết như sau:

• **Xây dựng kịch bản tổng quát theo phương pháp V-I-P**

Bảng 3.8 Kịch bản tổng quát ước tính dung tích trữ cần thiết theo V-I-P

TT	Thông số	Kịch bản nền	Kịch bản tổng quát
1	Mưa (P)	P = 5 năm	P = 5, 10, 20 năm
2	DTKT (I)	QHSDĐ 2025	DTKT ≥ 25% - 95%
3	Mực nước	H = +1,0 m (mực nước kiểm soát triều theo dự án Trung Nam)	

Ghi chú:

- Mưa: Là thông số rất quan trọng, có ảnh hưởng mạnh mẽ đến mức độ ngập lụt. Đường quan hệ V-I-P được xây dựng với kịch bản nền P = 5 năm, và sự thay đổi lượng mưa theo các kịch bản tổng quát P = 5, 10, 20 năm. Giá trị lượng mưa thiết kế và mô hình mưa thiết kế được nghiên cứu tính toán bằng mô hình phân bố xác suất GEV.
- DTKT: Dữ liệu đô thị hóa với tỉ lệ DTKT sẽ thay đổi từ 25% đến 95% nhằm xem xét tổng quát toàn bộ lượng dòng chảy tràn khi có sự thay đổi của bề mặt đô thị.
- Giá trị mực nước: Chọn bằng +1,0 m bằng giá trị mực nước vận hành hệ thống kiểm soát triều theo dự án Trung Nam.
- Kịch bản nền: là kịch bản có DTKT được lựa chọn dựa trên Quy hoạch sử dụng đất đến năm 2025 (QHSDĐ 2025) và lượng mưa thiết kế P = 5 năm.
- Kịch bản tổng quát: là tổ hợp giữa mô hình mưa thiết kế P = 5, 10, 20 năm và DTKT từ 25% đến 95%. Dung tích trữ nước mưa cần thiết ước tính theo phương pháp đường quan hệ V-I-P được xây dựng dựa trên sự thay đổi dung tích của các kịch bản tổng quát so với kịch bản nền.

• **Đề xuất kịch bản cụ thể theo phương pháp V-I-P**

Dựa trên kịch bản tổng quát đã xây dựng, nghiên cứu đề xuất 2 kịch bản cụ thể cho TP.HCM là : (1) kịch bản trung hạn 2040 - KB1: P = 10 năm, DTKT \geq 65%; và (2) kịch bản dài hạn 2060 - KB2: P = 20 năm, DTKT \geq 85% (**Bảng 3.9**). Các kết quả tính toán ước lượng dung tích trữ nước mưa cho các kịch bản cụ thể được thể hiện tại *Chương 5, Mục 5.2*.

Bảng 3.9 Tổng hợp các kịch bản trữ nước mưa cần thiết theo V-I-P

Mưa	P = 5 năm	P = 5 năm	P = 10 năm	P = 20 năm
Diện tích không thấm	QHSDĐ 2025	DTKT 2015-2020	DTKT \geq 65%	DTKT \geq 85%
Thông số	KB nền (KB0)	Hiện trạng (KBE)	Trung hạn 2040 (KB1), Mưa tăng trung bình, DTKT tăng trung bình	Dài hạn 2060 (KB2), Mưa tăng mạnh, DTKT tăng mạnh

Ghi chú:

- Mưa: Căn cứ vào xu thế gia tăng lượng mưa hiện nay, nghiên cứu đề xuất sử dụng lượng mưa thiết kế P = 5 năm cho kịch bản hiện trạng và quy hoạch ngắn hạn 2025. Để đánh giá tác động của BĐKH đến lượng mưa, mô hình mưa thiết kế P=10 năm được lựa chọn cho kịch bản trung hạn 2040 và P=20 năm cho kịch bản dài hạn 2060.
- QHSDĐ 2025: Quy hoạch sử dụng đất năm 2025 theo QHXD 2010;
- DTKT 2015-2020: Tỷ lệ diện tích không thấm giai đoạn 2015-2020 (xác định theo dữ liệu viễn thám);
- DTKT \geq 65%: Khu vực đang có % diện tích không thấm < 65% sẽ được gán giá trị 65%, khu vực có % diện tích không thấm \geq 65% nhận giá trị thực tế.
- DTKT \geq 85%: Khu vực đang có % diện tích không thấm < 85% sẽ được gán giá trị 85%, khu vực có % diện tích không thấm \geq 85% nhận giá trị thực tế.

- Với tốc độ đô thị hóa nhanh như hiện nay, diện DTKT sẽ gia tăng nên không xét đến kịch bản tổ hợp DTKT không tăng hoặc giảm.

- **Tiến trình xây dựng đường quan hệ V-I-P**

Dung tích trữ nước mưa cần thiết (V_{tr} hoặc ΔV_i) theo đường quan hệ V-I-P được xác định qua công thức:

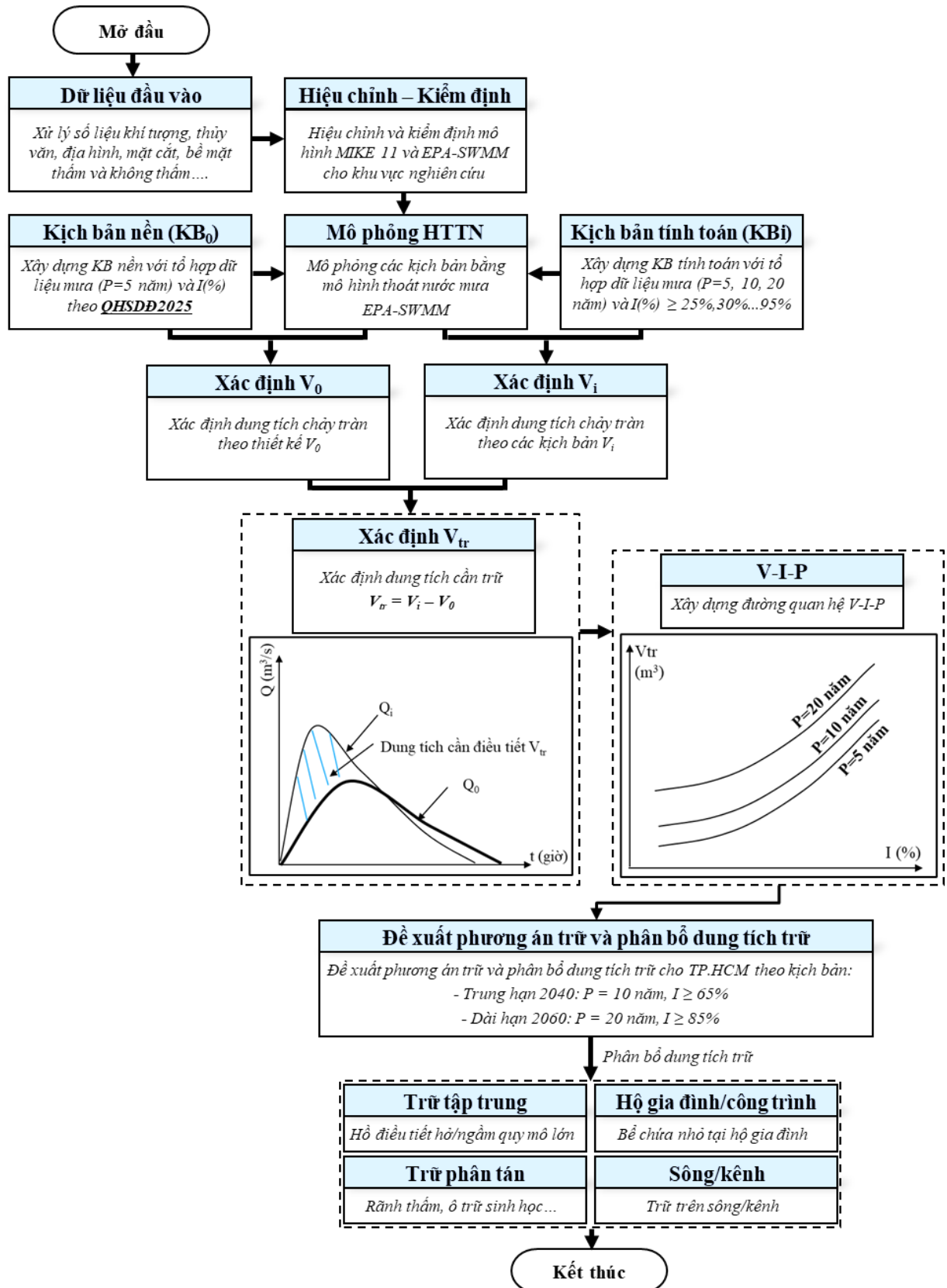
$$V_{tr} = \Delta V_i = V_i - V_0.$$

Trong đó :

- V_{tr} (m^3) : Lượng nước mưa cần trữ;
- V_0 (m^3): Lượng chảy tràn tính theo kịch bản nền, được xác định bằng mô hình toán dựa trên tổ hợp dữ liệu đầu vào là lượng mưa theo chu kỳ lặp lại P=5 năm và I (%) bề mặt không thấm là QHSDD 2025;
- V_i (m^3) : Lượng chảy tràn theo kịch bản tính toán. Được xác định bằng mô hình toán dựa trên tổ hợp dữ liệu đầu vào là lượng mưa theo chu kỳ lặp lại P=5, 10, 20 năm và I (%) bề mặt không thấm thay đổi từ 25% đến 95%.

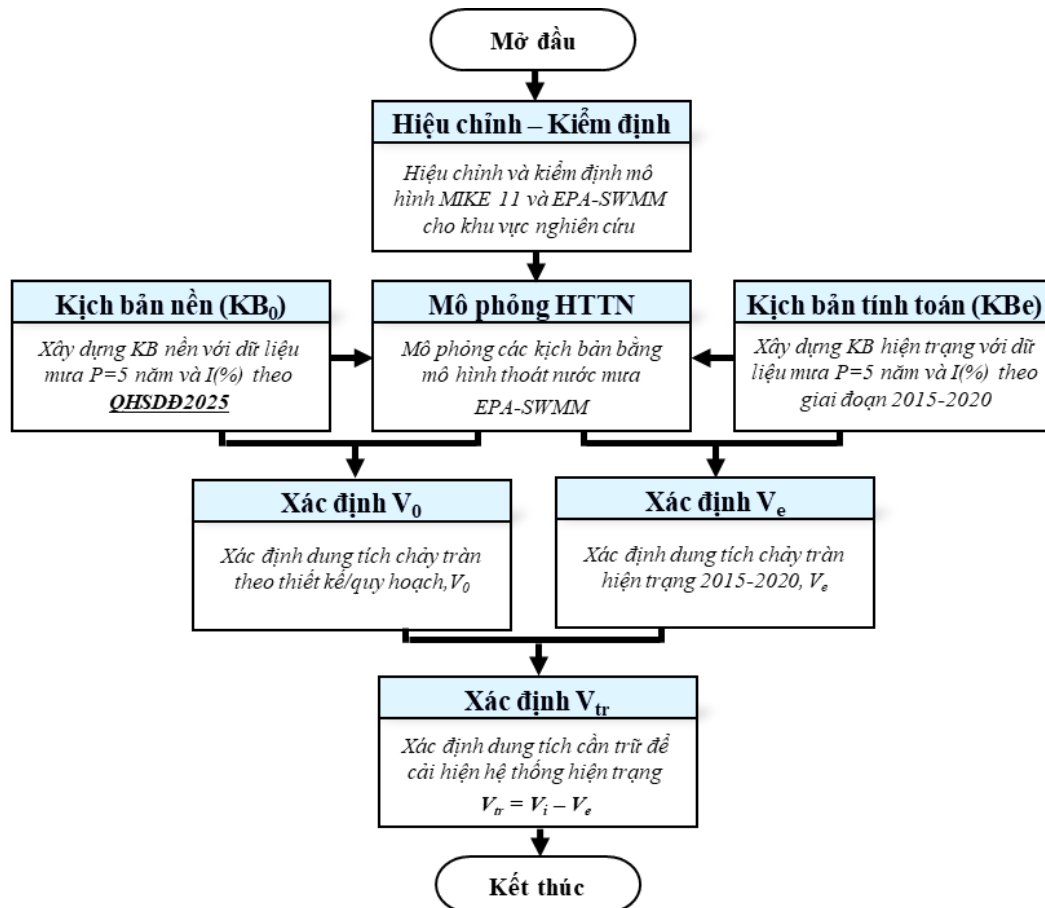
Thông số bề mặt không thấm được xác định thông qua việc giải đoán ảnh viễn thám, và tổng lượng mưa thiết kế theo chu kỳ lặp lại P = 5, 10, 20 năm được xác định thông qua đường cong IDF.

Với đường quan hệ V-I-P, người sử dụng có thể tùy chọn trích xuất các kết quả dung tích trữ cần thiết cho khu vực mong muốn dựa trên dữ liệu bề mặt không thấm sẵn có. Tiến trình xây dựng đường cong ước lượng dung tích trữ nước mưa V-I-P được thực như **Hình 3.43**.



Hình 3.43 Khung tiến trình ước lượng dung tích trữ nước mưa theo V-I-P

Ngoài ra, vì hiện nay mức độ đô thị hóa hiện trạng (giai đoạn 2015-2020) đã vượt quá thiết kế so với quy hoạch 2025, do đó nghiên cứu tính toán ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết để hệ thống hiện trạng hoạt động theo đúng thiết kế của quy hoạch (kịch bản KBE, **Bảng 3.9**). Phương pháp tính dựa trên phương pháp V-I-P đã đề xuất, với tiến trình như sau:



Hình 3.44 Ước lượng dung tích cần trữ của hệ thống hiện trạng theo V-I-P

Kết quả tính toán ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết để hệ thống hiện trạng hoạt động theo thiết kế mà quy hoạch đã đề ra được thể hiện tại *Chương 5, Mục 5.2.9*.

b) Ước lượng dung tích trữ theo đường quan hệ V-C-P

Như đã phân tích, ước lượng dung tích trữ nước mưa theo đường quan hệ V-I-P cần dựa trên việc kiểm soát bề mặt không thấm (I). Tuy nhiên, thực tế việc kiểm soát xây dựng tại TP.HCM đang gặp khó khăn do sự phát triển đô thị

còn nhiều bất cập. Do đó, một giải pháp ước lượng dung tích trữ khác mà nghiên cứu đề xuất là thông qua kiểm soát hệ số dòng chảy tràn C, gọi là đường quan hệ V-C-P. Trong nghiên cứu này, để xây dựng đường quan hệ V-C-P, kịch bản tổng quát được thiết lập như sau:

• **Xây dựng kịch bản tổng quát theo phương pháp V-C-P**

Bảng 3.10 Kịch bản tổng quát ước tính dung tích trữ cần thiết theo V-C-P

TT	Thông số	Kịch bản nền	Kịch bản tổng quát
1	Mưa (P)	P = 5 năm	P = 5, 10, 20 năm
2	Hệ số dòng chảy kịch bản (C)	C ₀ : QHSDD 2025	C _i : 0,25 – 1,0

Ghi chú:

- Mưa: lựa chọn tương tự như khi xây dựng đường quan hệ V-I-P, với mô hình mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại P = 5, 10, 20 năm.
- Hệ số dòng chảy tràn: là tỷ số giữa lượng dòng chảy mặt do nước mưa sinh ra và tổng lượng mưa rơi xuống bề mặt hứng nước. Hệ số C_i theo các kịch bản tổng quát sẽ được thay đổi từ 0,25 đến 1.
- Kịch bản nền: là kịch bản có hệ số dòng chảy tràn thiết kế/quy hoạch C₀ được tính dựa trên QHSDD 2025 và lượng mưa thiết kế P = 5 năm.
- Kịch bản tổng quát: là tổ hợp giữa mô hình mưa thiết kế P = 5, 10, 20 năm và hệ số C_i từ 0,25 đến 1,0. Dung tích trữ nước mưa cần thiết ước tính theo phương pháp đường quan hệ V-C-P được xây dựng dựa trên sự thay đổi dung tích của các kịch bản tổng quát so với kịch bản nền.

• **Đề xuất kịch bản cụ thể theo phương pháp V-C-P**

Dựa trên kịch bản tổng quát V-C-P đã xây dựng, nghiên cứu đề xuất 2 kịch bản cụ thể cho TP.HCM là : (1) KB_{VCP1}: P=10năm/C_i = 0,55 (tham khảo trường hợp nghiên cứu điển hình tại Singapore), và KB_{VCP2}: P = 10 năm/C_i = 0,7 (đề

xuất cho TP.HCM) (**Bảng 3.11**). Các kết quả tính toán này được thể hiện tại *Chương 5, Mục 5.2*.

Bảng 3.11 Kích bản cụ thể ước tính dung tích trữ cần thiết theo V-C-P

STT	Thông số	Kích bản			
		KB0 (Kích bản nền)	KB E (Kích bản hiện trạng)	KB _{VCP1}	KB _{VCP2}
1	Mưa	P = 5 năm	P = 5 năm	P = 10 năm	
2	Hệ số dòng chảy tràn	C ₀ : QHSDD 2025	C _e : hiện trạng 2015-2020	C _i = 0,55	C _i = 0,70

Ghi chú:

- Mưa: Căn cứ vào xu thế gia tăng lượng mưa hiện nay, nghiên cứu đề xuất sử dụng lượng mưa thiết kế P = 5 năm cho kích bản hiện trạng và quy hoạch ngắn hạn 2025. Để đánh giá tác động của BĐKH đến lượng mưa, mô hình mưa thiết kế P=10 năm, theo kết quả tính toán gia tăng lượng mưa do BĐKH.
- Hệ số dòng chảy tràn C₀: được tính toán dựa trên QHSDD 2025 và TCVN 7957: 2008.
- Hệ số dòng chảy tràn C_e: được tính toán từ mô hình toán cho giai đoạn hiện trạng 2015-2020.

• **Tiến trình xây dựng đường quan hệ V-C-P**

Dung tích trữ theo đường quan hệ V-C-P được tính theo công thức sau:

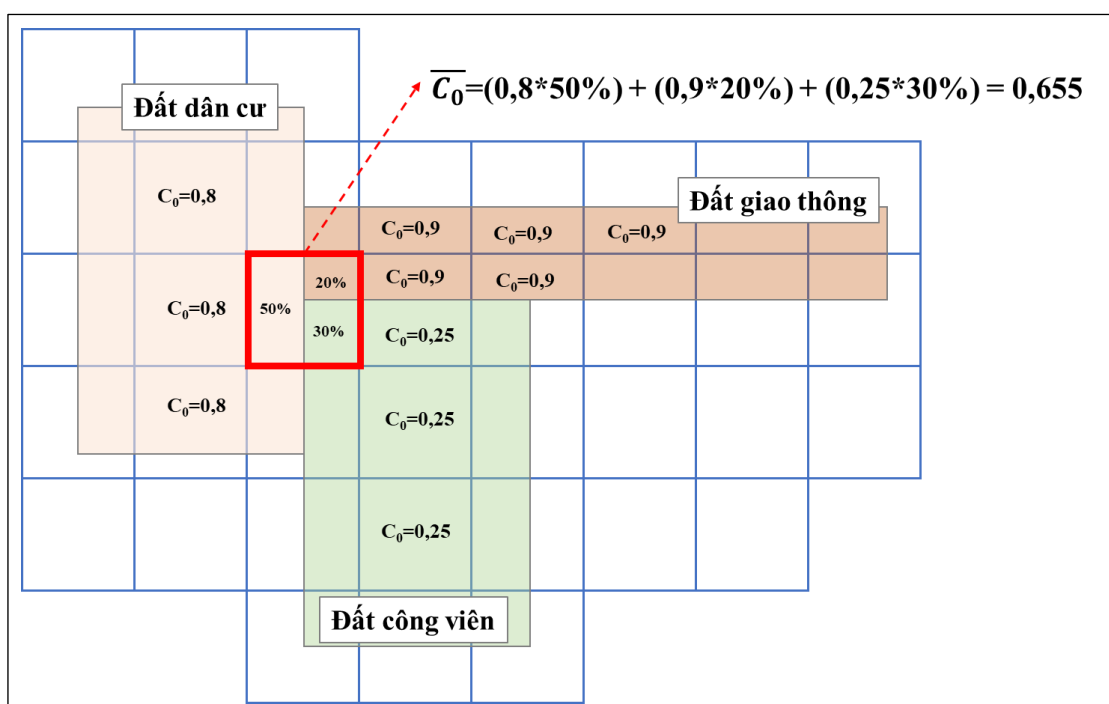
$$V_{tr} = R_p * (C_i - C_0) * A$$

Trong đó:

- V_{tr}: dung tích cần trữ (m³);
- A: Diện tích ô lưới (m²)
- R_p: Tổng lượng mưa thiết kế được xác định thông qua đường cong IDF với các chu kỳ lặp lại P = 5 năm, 10 năm, 20 năm;

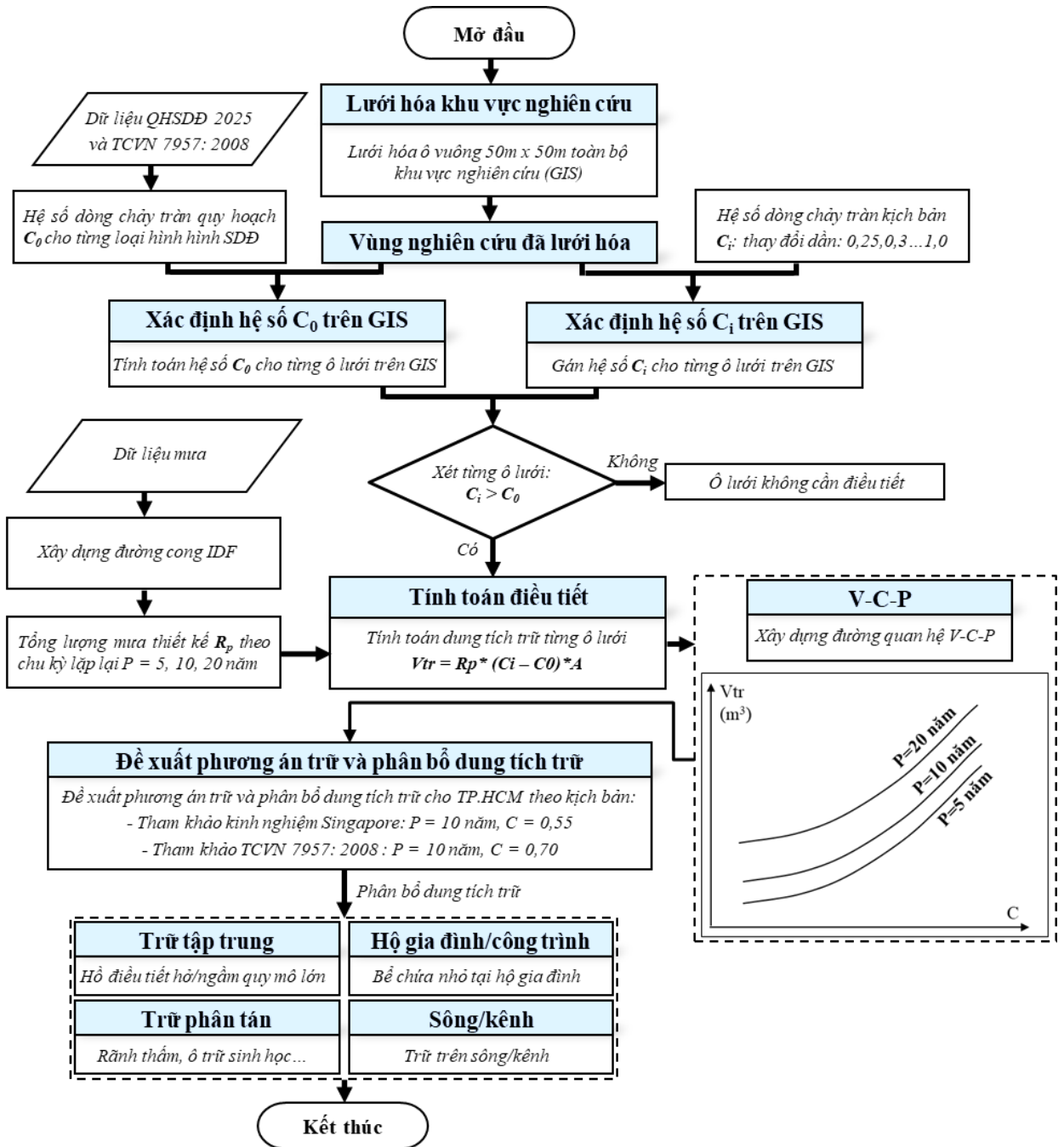
- C_i : hệ số dòng chảy tràn thực tế. Để xây dựng đường quan hệ V-C-P, hệ số tràn thực tế C_i được thay đổi dần đều từ 0,2, 0,25, 0,3... đến 1;
- C_0 : Hệ số tràn thiết kế được xác định thông qua QHSĐĐ đến năm 2025 (theo Quy hoạch chung xây dựng 2010) và chọn làm kịch bản nền vì HTTN của TP.HCM sẽ được thiết kế theo quy hoạch đã phê duyệt.

Ngoài ra nghiên cứu lưới hóa (dạng ô vuông 50m x 50m) cho khu vực tính nhằm thuận tiện trong việc tính toán, chồng lớp và trích xuất dữ liệu. Minh họa cách xác định hệ số dòng chảy tràn thiết kế C_0 như sau:



Hình 3.45 Minh họa xác định hệ số chảy tràn quy hoạch C_0 theo ô lưới

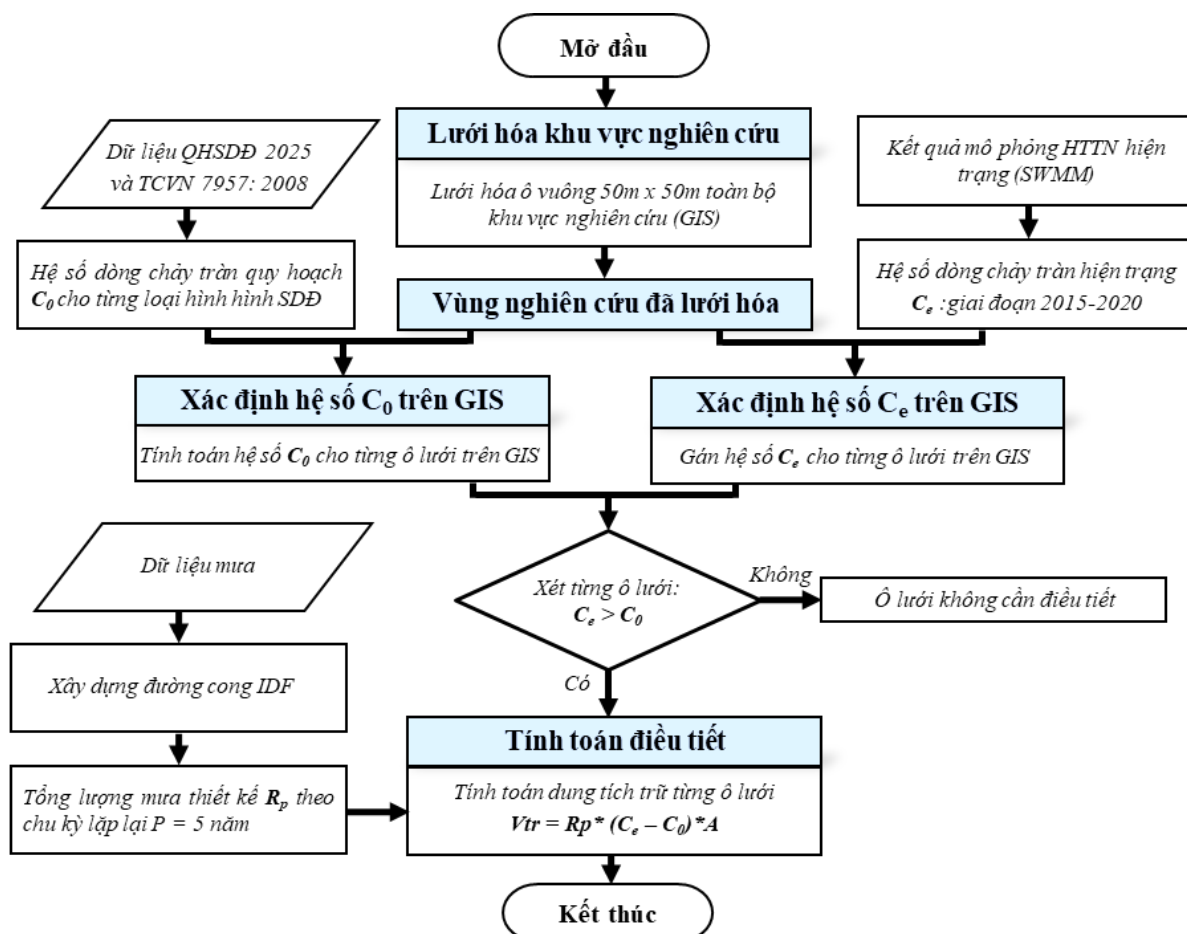
Với đường quan hệ V-C-P, người sử dụng có thể tùy chọn trích xuất các kết quả dung tích trữ cần thiết cho khu vực mong muốn dựa trên dữ liệu bề mặt không thấm sẵn có. Tiến trình xây dựng đường cong V-C-P được thể hiện như **Hình 3.46**.



Hình 3.46 Khung tiến trình ước lượng dung tích trữ theo V-C-P

Ngoài ra, vì ảnh hưởng của đô thị hóa và BĐKH đã làm hệ số dòng chảy tràn hiện trạng (C_{HT}) tại TP.HCM vượt mức quy hoạch (C_{QH2025}) ở nhiều khu vực. Do đó, nghiên cứu tính toán ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết để hệ thống hiện trạng hoạt động theo đúng thiết kế của quy hoạch (kịch bản KB_E , Bảng 3.11). Nghĩa là nếu hệ số dòng chảy tràn hiện trạng $C_{HT2020} > C_{QH2025}$ thì

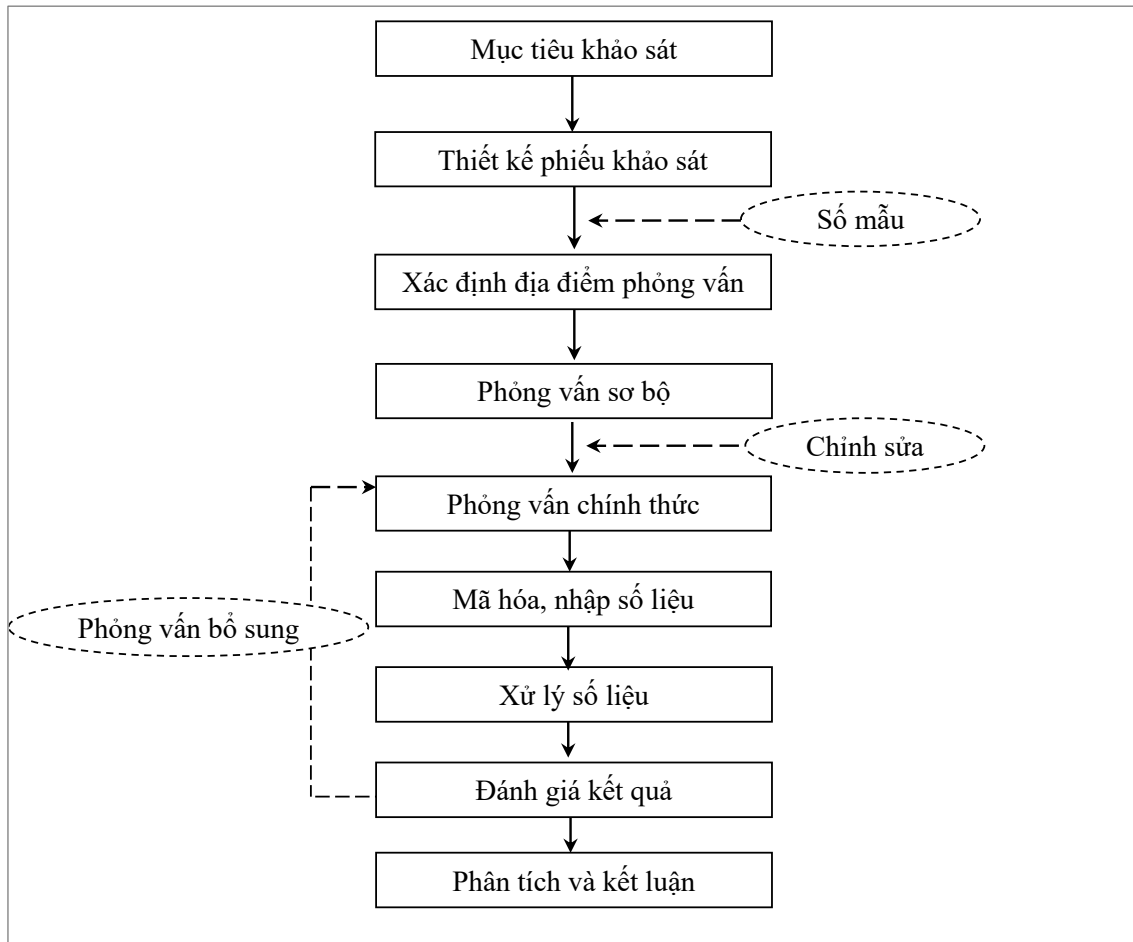
sẽ cần điều tiết bổ sung, và ngược lại thì không cần. Phương pháp tính dựa trên phương pháp V-C-P đã đề xuất, với tiến trình như sau:



Hình 3.47 Ước lượng dung tích cần trữ của hệ thống hiện trạng theo V-C-P
Các kết quả ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết để hệ thống hiện trạng hoạt động theo thiết kế đã quy hoạch được thể hiện tại *Chương 5, Mục 5.2.9*.

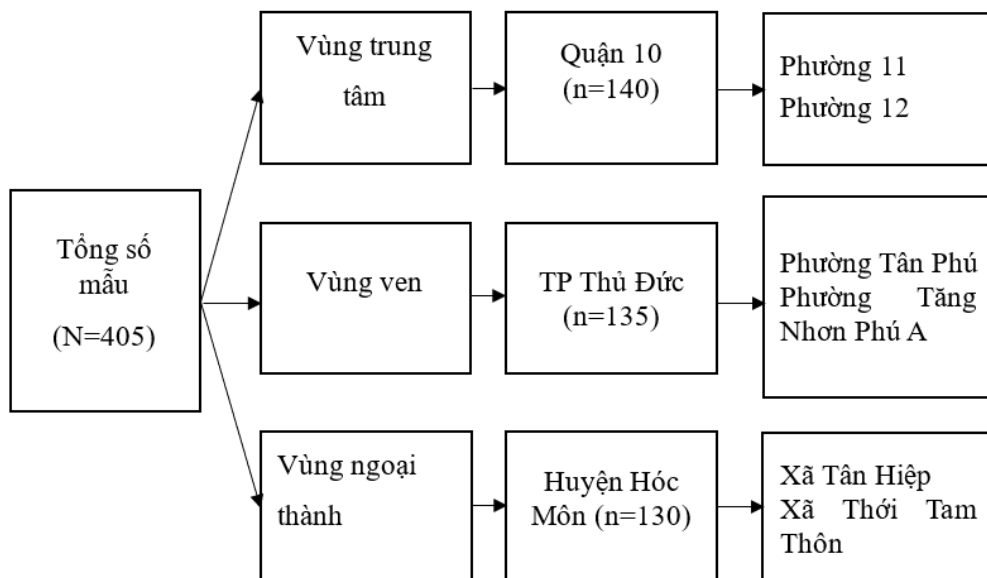
3.4.5. Phương pháp điều tra xã hội học và tham vấn ý kiến chuyên gia

Nhằm xem xét mức độ đồng thuận của cộng đồng/chuyên gia về việc áp dụng các giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập, nghiên cứu tiến hành tham vấn ý kiến của những chuyên gia trong lĩnh vực nghiên cứu và phỏng vấn người dân tại các khu vực có mức độ đô thị hóa khác nhau. Quá trình thiết kế phiếu, khảo sát thực địa và tổng hợp xử lý số liệu được thể hiện như **Hình 3.48**, **Hình 3.49**.



Hình 3.48 Sơ đồ các bước để khảo sát và xử lý số liệu khảo sát

- Nghiên cứu lựa chọn các chuyên gia có kinh nghiệm để thực hiện tham vấn các ý kiến về tính khả thi, hiệu quả và những vấn đề liên quan khác. Những ý kiến này được tổng hợp, phân tích để nhận định một số vấn đề liên quan đến tính khả thi, hiệu quả, sự cần thiết và khuyến nghị giải pháp triển khai có thành công giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị.
- Đối với người dân: Với quy mô dân số đông và nghiên cứu muốn tiếp cận thông tin từ những người dân ở các khu vực có đặc điểm đô thị hóa khác nhau, do đó nghiên cứu đã chọn phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên theo cụm trong quá trình điều tra. Lấy mẫu theo cụm rất hữu ích khi dân số phân tán rộng rãi. Để đảm bảo về mặt thống kê, khoảng hơn 60 phiếu phỏng vấn được thực hiện tại mỗi phường/xã được chọn.



Hình 3.49 Sơ đồ khảo sát theo cụm

- Với tổng số phiếu là 405 được thực hiện tại 3 khu vực với sự khác nhau về mức độ ĐTH tại TP.HCM (**Hình 3.49**):

- + Khu vực đô thị hóa ổn định: Nơi đây quá trình đô thị hóa đã hoàn tất. Khu vực này hiện chuyển sang giai đoạn chỉnh trang đô thị do đô thị hóa trong thời gian trước là đô thị hóa quá tải, điển hình là quận 10.
- + Khu vực đô thị hóa đang diễn ra mạnh mẽ: bao gồm các quận vùng ven. Nơi đây đang có sự chuyển đổi từ nông thôn sang đô thị, cụ thể trong nghiên cứu là Thành phố Thủ Đức.
- + Khu vực ngoại thành đang đô thị hóa: huyện Hóc Môn.

Nghiên cứu sử dụng công thức của Yamane Taro (1967) để ước tính tổng số lượng mẫu phiếu phỏng vấn. Vì số lượng dân số tổng thể của khu vực phỏng vấn ≥ 100.000 dân, nên lựa chọn cỡ mẫu sẽ phỏng vấn ≥ 400 phiếu, cụ thể:

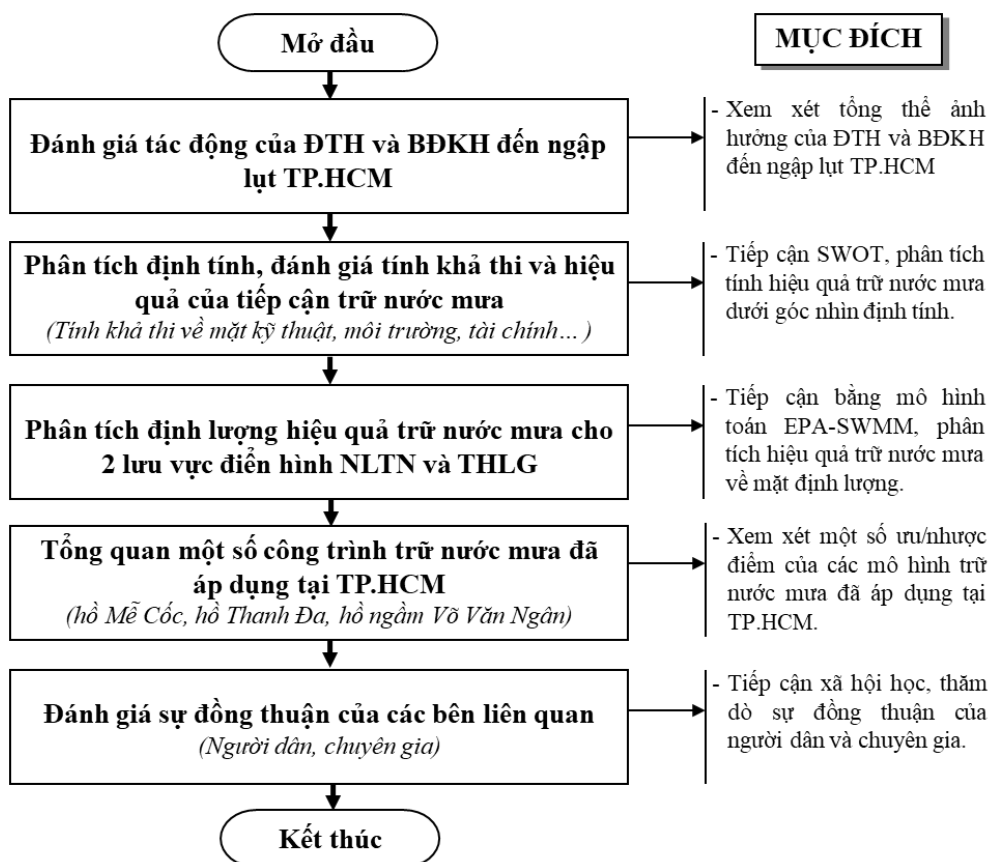
$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \quad (3.9)$$

Với n : là số phiếu sẽ phỏng vấn; N : là số lượng mẫu tổng thể; e : là giới hạn sai số $\pm 5\%$.

CHƯƠNG 4: ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ VÀ TÍNH KHẢ THI CỦA CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA

4.1. Tóm tắt

Trong nội dung Chương 2 *Tổng quan tình hình nghiên cứu* đã phân tích những ảnh hưởng của BĐKH và ĐTH đến ngập lụt TP.HCM. Trong chương này, các tác động đó được đánh giá định lượng cụ thể tại **Mục 4.2**. Vì những tác động khó lường của ĐTH và BĐKH, nghiên cứu đề xuất tiếp cận trữ nước mưa phục vụ giảm ngập theo hướng bền vững. Tuy nhiên, để trả lời cho câu hỏi: liệu các giải pháp này có hiệu quả và khả thi hay không và quan điểm của cộng đồng như thế nào?, nghiên cứu tiến hành phân tích định tính tính khả thi tại **Mục 4.3** và phân tích định lượng mức độ hiệu quả bằng mô hình toán tại **Mục 4.4**. Một số công trình trữ nước mưa thực tế đã áp dụng tại TP.HCM cũng được giới thiệu tại **Mục 4.5**. Cuối cùng, các thông tin về sự đồng thuận của người dân và chuyên gia được đánh giá thông qua kết quả phỏng vấn XHH tại **Mục 4.6**.

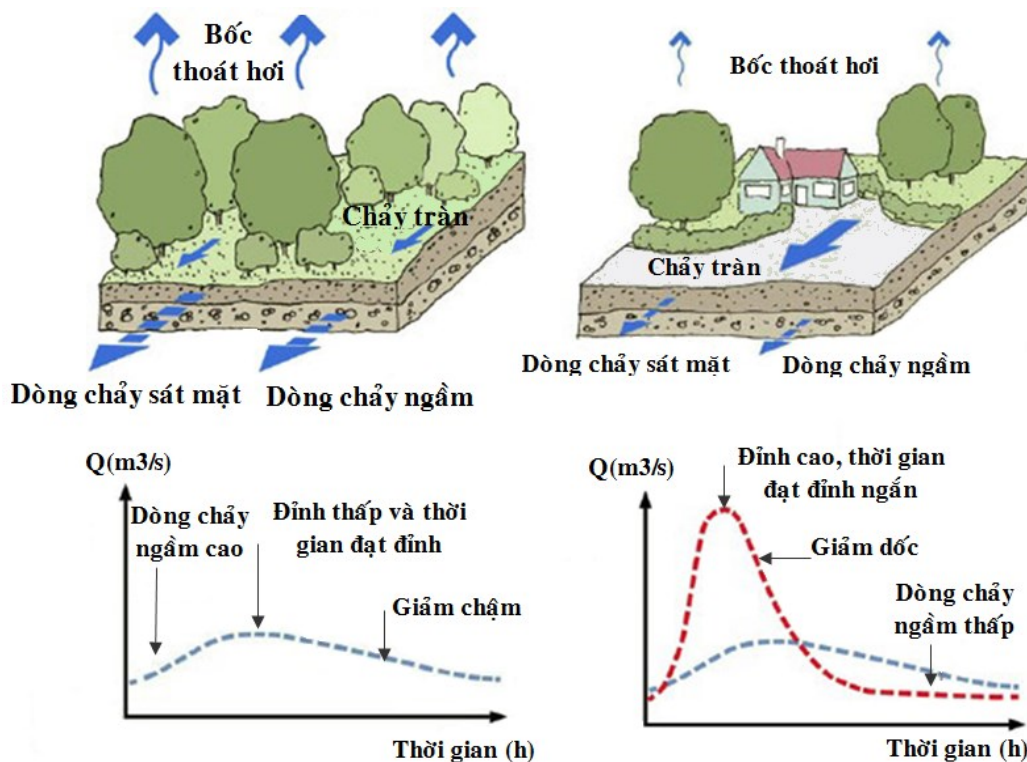


Hình 4.1 Tiến trình thực hiện Chương 4

4.2. Đánh giá tác động của ĐTH và BDKH đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM

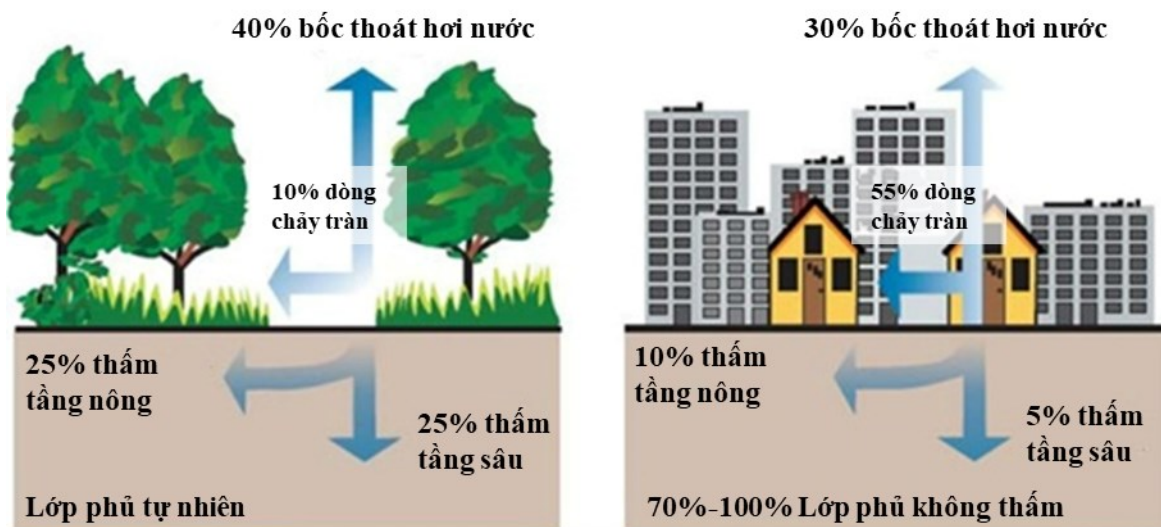
4.2.1. Đánh giá tác động của ĐTH đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM

Đô thị hóa làm thay đổi sâu sắc chế độ thủy văn của khu vực so với trước khi đô thị hóa (Hình 4.2, Hình 4.3). Lưu lượng đỉnh và tổng lượng dòng chảy tràn của lưu vực đô thị hóa gia tăng đáng kể trong khi đó lượng bốc thoát hơi lại giảm. Nguyên nhân chính là do thảm thực vật, diện tích mặt nước bị thay thế bằng bề mặt không thấm làm giảm khả năng thấm và bốc thoát hơi. Các công trình thoát nước nhân tạo và bề mặt bê tông hóa làm cho quá trình tập trung dòng chảy tràn nhanh hơn. Bên cạnh đó, các nguồn ô nhiễm phát sinh từ các hoạt động con người làm tăng khả năng ô nhiễm nguồn nước mặt tại khu vực đô thị. Những thay đổi của hệ thống thủy văn đô thị tạo ra nhiều áp lực cho công tác quản lý ngập lụt, ô nhiễm môi trường nước mặt đô thị.



(Nguồn: <http://www.scotland.gov.uk/Publications/2013/02/7909/1>)

Hình 4.2 Minh họa biến động hệ thống thủy văn trước và sau khi đô thị hóa



(Nguồn: *Protecting Water Quality from Urban Runoff*, 2003 [93])

Hình 4.3 So sánh thay đổi các đại lượng thủy văn trước và sau khi đô thị hóa

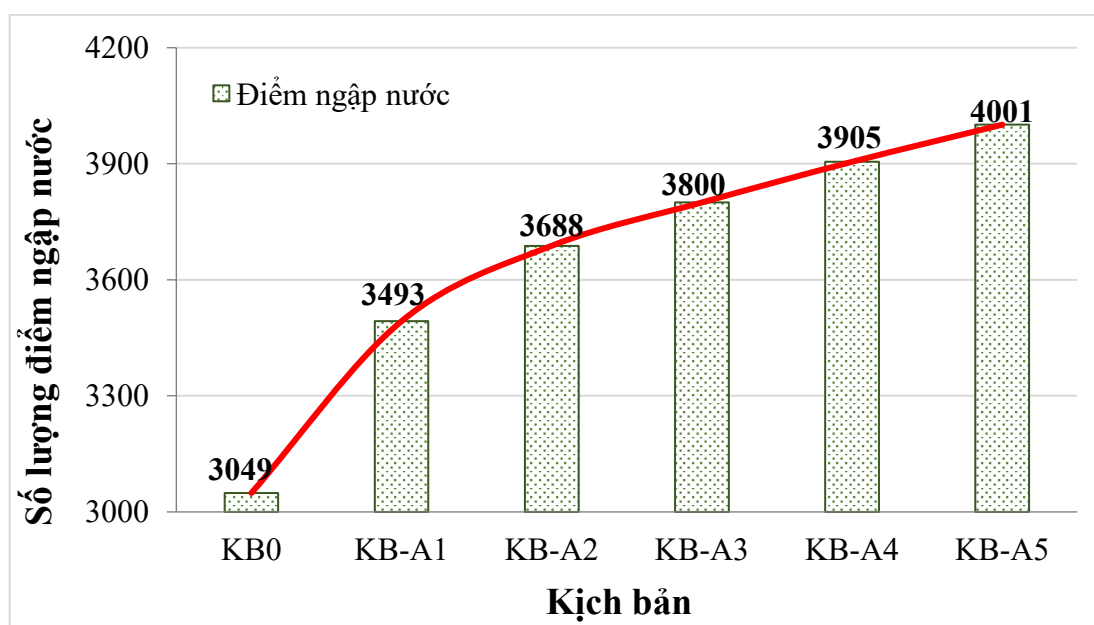
Nhằm xem xét ảnh hưởng của ĐTH đến ngập lụt tại TP.HCM, một số kịch bản tính toán đã được đề xuất. Theo đó, nghiên cứu lựa chọn mức độ ĐTH (đặc trưng bằng diện tích bề mặt không thấm) của giai đoạn 2015-2020, với trận mưa thiết kế P= 5 năm (tổng lượng 105,9mm), và mực nước triều H = +1,0m (ứng với điều kiện mực nước triều được kiểm soát theo dự án kiểm soát triều Trung Nam) làm kịch bản nền (**KB0**). Tiếp theo, thông tin về bề mặt không thấm được điều chỉnh tăng dần 10% đến 50% so với KB nền, tương ứng từ **KB-A1** đến **KB-A5**, nhằm xem xét mức độ ảnh hưởng do sự gia tăng ĐTH. Cụ thể các kịch bản như sau:

Bảng 4.1 Thống kê kịch bản tác động của ĐTH đến ngập lụt tại TP.HCM

Thông tin	KB0	KB-A1	KB-A2	KB-A3	KB-A4	KB-A5
Bề mặt không thấm	2015-2020	KB0 + 10%	KB0 + 20%	KB0 + 30%	KB0 + 40%	KB0 + 50%
Lượng mưa	P = 5 năm	P = 5 năm	P = 5 năm	P = 5 năm	P = 5 năm	P = 5 năm
Triều	H = +1,0 m (kiểm soát triều theo dự án Trung Nam)					

Sau khi mô phỏng các kịch bản, những nút tính có độ sâu ngập > 10 cm và thời gian ngập > 10 phút được xem xét như là “điểm ngập nước”, tính như một nút ngập (Tham khảo văn bản số 338/BXD-KTQH của Bộ Xây dựng, 2003).

Kết quả mô phỏng cho thấy, số lượng điểm nút ngập nước của toàn vùng nghiên cứu gia tăng khi bề mặt không thấm tăng. Ứng với kịch bản nền, có khoảng 3.049 điểm ngập nước, và tăng dần đến hơn 4.000 điểm theo **KB-A5**. Minh chứng này cho thấy ĐTH có ảnh hưởng rõ rệt đến mức độ ngập lụt tại TP.HCM.



Hình 4.4 Thống kê các điểm ngập nước theo các KB

4.2.2. Đánh giá tác động của BĐKH đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM

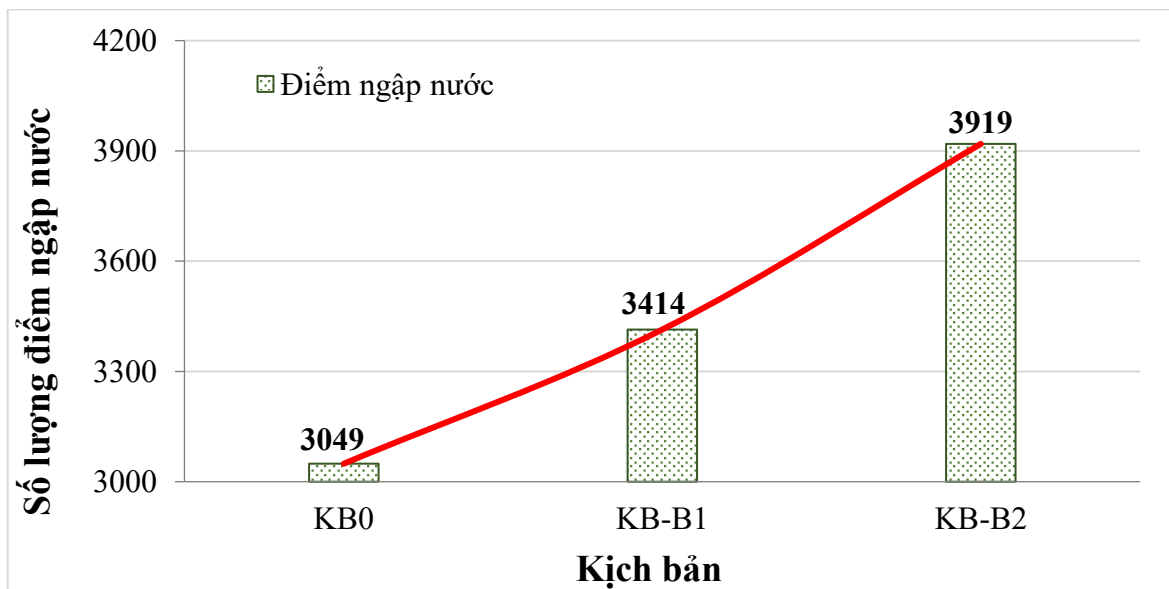
Tương tự, nghiên cứu thiết lập kịch bản tính toán để xem xét các tác động của BĐKH đến ngập lụt cho toàn bộ khu vực nghiên cứu tại TP.HCM. Trong đó, lượng mưa theo chu kỳ lặp lại $P = 5$ năm (tổng lượng 105,9mm), với dữ liệu bề mặt không thấm giai đoạn 2015-2020 và $H = +1,0m$ được chọn làm KB nền – KB0. Tác động của BĐKH sẽ được thể hiện qua sự gia tăng lượng mưa, mà cụ thể là thay đổi thông số mô hình mưa thiết kế $P = 10$ năm có tổng lượng

122,4 mm (KB-A1) và P = 20 năm có tổng lượng 144,6 mm (KB-A2). Các kịch bản được thể hiện chi tiết như sau:

Bảng 4.2 Thống kê kịch bản tác động của BĐKH đến ngập lụt tại TP.HCM

STT	Tên kịch bản	Mưa	Đô thị hóa	Mức nước
1	KB0	P = 5 năm	2015-2020	H = +1,0m
2	KB-A1	P = 10 năm	2015-2020	H = +1,0m
3	KB-A2	P = 20 năm	2015-2020	H = +1,0m

Kết quả mô phỏng cho thấy, dưới tác động của sự gia tăng lượng mưa, cụ thể khi thay đổi tần suất mưa là P = 10 năm và P = 20 năm, số điểm ngập nước đã gia tăng đáng kể so với kịch bản nền.



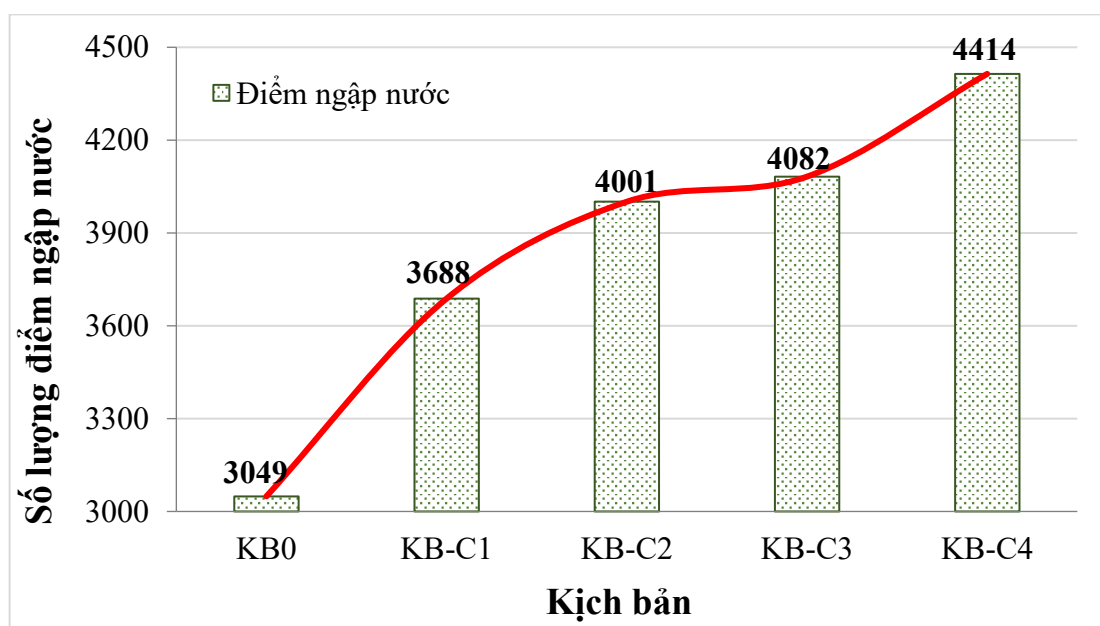
Hình 4.5 Thống kê số lượng điểm ngập nước do tác động của BĐKH

4.2.3. Tác động tổng hợp của ĐTH và BĐKH đến ngập lụt TP.HCM

Để đánh giá tác động của ĐTH và ảnh hưởng của BĐKH thông qua việc gia tăng lượng mưa đến đô thị TP.HCM, nghiên cứu sử dụng thông tin bề mặt không thấm 2015 – 2020, trận mưa thiết kế P = 5 năm, và H = +1,0m làm kịch bản nền KB0. Tiếp theo, tần suất mưa và tỷ lệ (%) diện tích bề mặt không thấm được thay đổi theo từng kịch bản, cụ thể như sau:

Bảng 4.3 Kịch bản tác động tổng hợp của ĐTH và BĐKH lên ngập lụt TP.HCM

STT	Tên kịch bản	Lượng mưa	Diện tích không thấm	Ghi chú
1	KB0	P = 5 năm	2015-2020	Hiện trạng
2	KB-C1	P = 5 năm	tăng 20%	So với 2015-2020
3	KB-C2	P = 5 năm	tăng 50%	So với 2015-2020
4	KB-C3	P = 10 năm	tăng 20%	So với 2015-2020
5	KB-C4	P = 10 năm	tăng 20%	So với 2015-2020



Hình 4.6 Thống kê số lượng điểm ngập nước do tác động của ĐTH và BĐKH

Nhìn chung, khi gia tăng diện tích bề mặt không thấm và lượng mưa, các điểm ngập nước cũng gia tăng nhanh chóng. Điều này minh chứng rõ ràng rằng tác động của ĐTH và BĐKH là một trong những nguyên nhân chính và có ảnh hưởng rõ rệt đến tình trạng ngập lụt hiện tại tại TP.HCM. Các giải pháp ứng phó với tình trạng ngập lụt là hết sức cần thiết và cấp bách. Tiếp cận trữ nước mưa theo khía cạnh bền vững được đề xuất như một phương án giảm thiểu rủi ro ngập lụt. Tuy nhiên, có rất ít các nghiên cứu trước đó áp dụng tiếp cận này tại TP.HCM, vì vậy tính khả thi và hiệu quả về kỹ thuật, môi trường, kinh tế -

tài chính, hay thông tin về mối quan tâm của người dân và các bên liên quan về những giải pháp này chưa được hiểu biết rõ ràng. Do đó, những phân tích về mặt định tính và định lượng cũng như ý kiến về sự đồng thuận của người dân về các giải pháp trữ nước mưa được xem xét tiếp theo đây.

4.3. Đánh giá tính khả thi và hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa

Phân tích SWOT là một công cụ hữu ích cho việc lập kế hoạch chiến lược và phát triển chính sách quy hoạch phù hợp. Phân tích SWOT về tính khả thi khi áp dụng các giải pháp trữ nước mưa sẽ cũng cấp cho các nhà hoạch định chính sách, các chuyên gia quản lý đô thị có cái nhìn tổng quát về các điểm yếu, điểm mạnh, cơ hội và những thách thức có thể có của tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập. Từ đó xem xét, cân nhắc lựa chọn các giải pháp này trở thành giải pháp hỗ trợ cho hệ thống thoát nước mưa.

4.3.1. Tính khả thi về mặt kỹ thuật, môi trường và sinh thái

Bảng 4.4 Phân tích SWOT tính khả thi về mặt kỹ thuật, môi trường sinh thái

Điểm mạnh (S)	Điểm yếu (W)
<ul style="list-style-type: none"> + Giảm rủi ro ngập lụt; + Đáp ứng được 3 mục tiêu chính là số lượng, chất lượng và đa dạng sinh học; + Có nhiều tính năng đa dạng; + Hỗ trợ trong việc quản lý chu trình thủy văn đô thị; + Điều hòa vi khí hậu khu vực, cải thiện chất lượng không khí, nâng cao chất lượng cuộc sống. 	<ul style="list-style-type: none"> + Khó khăn khi định lượng hiệu quả của các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập; + Một số giải pháp cần thường xuyên bảo trì; + Nhiều công nghệ còn mới và chưa được kiểm chứng với hệ thống thoát nước truyền thống;

	+ Nhiều hệ thống trữ nước mưa giảm ngập cần không gian mở, rộng lớn để triển khai.
Cơ hội (O)	Thách thức (T)
+ Tăng cường cơ hội cung cấp nước cho các mục đích: tưới, sinh hoạt,...; + Hỗ trợ cho sinh thái đô thị; + Có thể tích hợp với quá trình chỉnh trang đô thị; + Có cơ hội tách biệt hệ thống thoát nước mưa và nước thải tại các khu đô thị mới; + Có cơ hội phát triển các hệ thống cảnh báo ngập hoàn chỉnh.	+ Khó khăn trong việc thuyết phục các nhà ra quyết định và thiếu dữ liệu, thông tin về tính hiệu quả của các giải pháp này; + Có thể gây ảnh hưởng đến sức khỏe và an toàn nếu không bảo trì; + Sự bất thường của các yếu tố khí hậu có thể là thách thức với các hệ thống mới.

- **Điểm mạnh**

- Một trong những điểm mạnh chính của tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập là khả năng giảm thiểu rủi ro lũ lụt. Không giống như các hệ thống quản lý nước mưa thông thường tìm cách loại bỏ nước càng nhanh càng tốt khỏi các khu vực đô thị, các yếu tố LID/SUDS góp phần giảm thiểu nguy cơ lũ lụt bằng cách giảm hoặc trì hoãn việc chảy bề mặt thông qua việc lưu trữ trong lòng đất hoặc nơi khác, do đó đảm bảo đỉnh lũ thấp.
- Một điểm mạnh khác là có thể đáp ứng được 3 mục tiêu về chất lượng, số lượng và về môi trường/đa dạng sinh học. Do đó, hệ thống ứng được các mục tiêu này, thay vì chỉ một mục tiêu là loại bỏ nước khỏi bề mặt càng nhanh càng tốt, tiếp cận trữ nước mưa có thể cung cấp cho các thành phố cơ hội

tiến bộ theo hướng bền vững về môi trường, xã hội và kinh tế và khả năng chống chịu với các tác động của biến đổi khí hậu.

- Điểm mạnh tiếp theo là hỗ trợ phát triển đô thị theo hướng bền vững. Nếu các giải pháp trữ nước mưa được tích hợp vào các dự án quy hoạch đô thị mới hoặc chỉnh trang đô thị có thể mang lại tiềm năng lớn về phát triển các khu đô thị sinh thái, đô thị thân thiện với thiên nhiên hoặc các đô thị kiểu mẫu khác phát triển theo hướng bền vững.
- Một điểm mạnh cuối cùng so với các hệ thống thoát nước thông thường là hỗ trợ công tác quản lý tài nguyên nước đô thị, hỗ trợ chu trình thủy văn đô thị thông qua việc thu trữ nước mưa và tái sử dụng nước. Giúp tăng cường nguồn cung cấp nước và cải thiện chất lượng nước.
- Việc áp dụng các giải pháp này sẽ góp phần tạo cải tạo môi trường xung quanh, cải thiện chất lượng không khí. Cải thiện chất lượng không khí bằng cách tăng cường thảm thực vật, đặc biệt là cây cối, hấp thụ các chất gây ô nhiễm không khí, bao gồm carbon dioxide (CO₂), nitơ điôxít (NO₂), ôzôn tầng mặt đất (O₃), điôxít lưu huỳnh (SO₂) và vật chất dạng hạt 10 µm hoặc nhỏ hơn (PM₁₀). Giảm ô nhiễm không khí mang lại lợi ích cho sức khỏe con người thông qua việc giảm tỷ lệ mắc bệnh hô hấp và giảm chi phí liên quan đến việc tuân thủ quy định chất lượng không khí.

- **Điểm yếu**

- Các dự án liên quan đến giải pháp trữ nước mưa giảm ngập tại TP.HCM hiện chưa có nhiều, do đó thiếu dữ liệu đánh giá cũng như định lượng tính hiệu quả của các giải pháp.
- Một số giải pháp trữ nước mưa cần tiến hành bảo trì liên tục, ví dụ như giải pháp rãnh thực vật, hồ điều tiết khô,... vì chúng rất dễ bị hư hỏng nếu không được duy trì công tác bảo trì thường xuyên.
- Hiện nay việc phát triển các kỹ thuật trữ nước mưa vẫn giảm ngập vẫn tiếp tục được nghiên cứu và phát triển trên toàn thế giới. Đây vẫn là một ngành

khoa học khá mới, do đó vẫn chưa có một hệ thống phương pháp luật để xác định tính bền vững rõ ràng. Nhiều công nghệ còn mới, chưa được kiểm chứng so với hệ thống thoát nước truyền thống. Do đó còn mang lại nhiều nghi ngờ cho các nhà quản lý, khó khăn trong việc cung cấp nguồn vốn để đầu tư phát triển.

- Đa số các giải pháp trữ nước mưa đều cần diện tích để xây dựng, đặc biệt là các giải pháp về hồ điều tiết. Tuy nhiên, với tình hình phát triển đô thị hiện nay, quỹ đất còn rất hạn chế, nên đây là một trong những yếu tố gây khó khăn trong việc áp dụng các giải pháp này.

- **Cơ hội**

- Tăng cường cơ hội cung cấp nước cho các mục đích như: tưới, sinh hoạt... thông qua việc tái sử dụng nước mưa.
- Tạo cơ hội phát triển các khu vực đô thị sinh thái, đặc biệt là các khu vực chưa đô thị hóa quá nhiều xung quanh TP.HCM như khu vực Củ Chi, Bình Chánh, Cần Giờ... Trong tương lai, khi các mô hình được áp dụng hợp lý, việc cải thiện được chất lượng nước và tái sử dụng nước sẽ có khả năng cung cấp nước tốt và có thể cải thiện việc phát triển nông nghiệp tại các vùng ven thành phố.
- Một cơ hội khác là tiềm năng áp dụng các giải pháp trữ nước mưa vào các dự án chỉnh trang đô thị hiện hữu. Việc lồng ghép kết hợp với các dự án này phần nào sẽ tiết kiệm được chi phí xây dựng cũng như cải thiện cảnh quan, thẩm mỹ đô thị, tiết kiệm được quỹ đất xây dựng.
- Trong tương lai khi các hệ thống thoát nước bền vững được nâng cấp hoặc triển khai rộng rãi, các khu vực đô thị mới sẽ được thiết kế riêng biệt hệ thống thoát nước mưa và nước thải, thay vì sử dụng chung như hiện nay.
- Cơ hội để các hệ thống cảnh báo ngập lụt đô thị được triển khai để bổ cập cho hệ thống thoát nước bền vững.

- **Thách thức**

- Thách thức trong việc thuyết phục các nhà hoạch định chính sách về tính khả thi của phương án trữ nước mưa giảm ngập khi so sánh với hệ thống thoát nước thông thường. Hoặc ngay cả khi các nhà quản lý sẵn sàng tham gia thì các dữ liệu về hiệu quả áp dụng các giải pháp này là chưa có nhiều, chưa có sự đối chiếu để so sánh do thiếu dự án thực tế.
- Thách thức trong việc ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng khi các dự án này không được bảo trì đúng cách, làm nước bị ứ đọng trong thời gian dài, trở thành môi trường sống cho các sinh vật gây bệnh.
- Dưới tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng sẽ là thách thức không nhỏ cho các hệ thống thoát nước bởi chưa thể lường trước được hết tất cả các yếu tố cực đoan.

- ***Phân tích tiềm năng khi áp dụng các giải pháp trữ nước mưa***

Sau khi phân tích và đánh giá tổng thể thông qua công cụ SWOT cho các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập, nghiên cứu tiếp tục tiến hành đánh giá cụ thể hơn cho từng loại, nhóm giải pháp. Dựa trên nghiên cứu trước đó của CIRIA cho thấy các giải pháp tiếp cận trữ nước mưa đều có những điểm mạnh riêng về khía cạnh kỹ thuật khi áp dụng thực tế [94], [95]. Đặc biệt là 2 giải pháp giếng thấm (Soakaway) và giải pháp vỉa hè thấm là có hiệu quả vượt trội khi có khả năng giảm được đỉnh dòng chảy tràn, giảm về tổng lượng và hiệu quả cao trong việc cải thiện chất lượng nước. Ngoài ra các giải pháp hồ điều tiết cũng mang lại hiệu quả cao trong việc giảm lượng dòng chảy đỉnh khi mưa lớn xảy ra. Tuy nhiên về mặt môi trường và sinh thái, các giải pháp về hồ điều tiết hay ô trữ sinh học có hiệu quả tiềm năng cao hơn các giải pháp khác. Như vậy, khi xem xét các khía cạnh kỹ thuật và môi trường sinh thái, các giải pháp như: hồ điều tiết, giếng thấm, hoặc vỉa hè thấm là những giải pháp có tiềm năng lớn và có thể áp dụng thử nghiệm khu một số khu vực TP.HCM để phân tích sâu hơn về hiệu quả trữ nước mưa giảm ngập.

Bảng 4.5 Tổng quan mức độ hiệu quả tiềm năng của các giải pháp trữ nước mưa theo khía cạnh kỹ thuật, môi trường

(Nguồn: [95])

Nhóm	Các giải pháp tiếp cận trữ nước mưa	Chất lượng nước	Giảm tổng lượng dòng chảy	Giảm đỉnh dòng chảy	Môi trường
Giải pháp trữ	Hồ điều tiết (ướt)	C	T	C	C
	Hồ điều tiết (khô)	C	T	C	TB
Giải pháp thấm	Giếng thấm (Soakaway)	C	C	C	T
Giải pháp lọc	Ô trữ sinh học	C	T	T	C
	Dải lọc	TB	T	T	T
Giải pháp kênh hở	Rãnh thực vật	C	TB	TB	TB
Giải pháp kiểm soát tại nguồn	Mái nhà xanh	C	TB	TB	C
	Thu gom nước mưa	TB	TB	TB	T
	Via hè thấm	C	C	C	T

Ký hiệu: mức độ - C: Cao, Thấp: T, TB: Trung bình

4.3.2. Tính khả thi về mặt kinh tế - tài chính

Bảng 4.6 Phân tích SWOT tính khả thi về mặt kỹ thuật, môi trường sinh thái

Điểm mạnh (S)	Điểm yếu (W)
<ul style="list-style-type: none"> + Được cho là tiết kiệm chi phí hơn khi áp dụng dài hạn; + Tiết kiệm chi phí năng lượng bởi thu gom và tái sử dụng nước. 	<ul style="list-style-type: none"> + Bảo trì và vận hành có thể tốn kém chi phí cho những giải pháp áp dụng công nghệ mới; + Khó tạo ra giá trị kinh tế.

Cơ hội (O)	Thách thức (T)
<ul style="list-style-type: none"> + Giảm chi phí khi tích hợp với quá trình chỉnh trang đô thị; + Giảm thiệt hại kinh tế gây ra bởi các rủi ro ngập lụt; + Cơ hội phát triển du lịch sinh thái. 	<ul style="list-style-type: none"> + Chi phí đền bù, giải tỏa cao cho các giải pháp cần diện tích xây dựng; + Gây ảnh hưởng đến cộng đồng có thu nhập thấp; + Các nguồn tài chính cho dự án đa số đều từ ngân sách nhà nước.

- **Điểm mạnh**

- Có nhiều nghiên cứu cho thấy rằng việc sử dụng tiếp cận trữ nước mưa để quản lý nước mưa có thể rẻ hơn so với cơ sở hạ tầng quản lý nước mưa thông thường về lâu dài, ngay cả khi so sánh vốn và chi phí vận hành.
- Các mô hình trữ nước và tái sử dụng nước mưa sẽ có khả năng cung cấp nước phục vụ cho các mục đích khác nhau như tưới, sinh hoạt... tiết kiệm được chi phí sử dụng nước.

- **Điểm yếu**

- Một số giải pháp trữ nước mưa cần tiến hành bảo trì liên tục vì chúng rất dễ bị hư hỏng nếu không được duy trì công tác bảo trì thường xuyên. Việc bảo trì thường tốn kém về kinh phí và nhân công có kinh nghiệm. Do đó, đây là một trong những điểm yếu quan trọng khi áp dụng các giải pháp này.
- Đa số các hệ thống thoát nước bền vững chủ yếu mang lại giá trị về mặt môi trường và xã hội, khó mang lại lợi ích kinh tế ngoại trừ một số giải pháp như hồ điều tiết, công viên sinh thái... có tiềm năng phát triển du lịch.

- **Cơ hội**

- Tiềm năng áp dụng các giải pháp trữ nước mưa vào các dự án chỉnh trang đô thị hiện hữu sẽ tiết kiệm được chi phí xây dựng cũng như cải thiện cảnh quan, thẩm mỹ đô thị, tiết kiệm được quỹ đất xây dựng.

- Áp dụng giải pháp trữ nước mưa giảm ngập góp phần giảm thiểu rủi ro ngập lụt trong tương lai, mang đến cơ hội giảm thiểu các thiệt hại kinh tế do ảnh hưởng của ngập lụt gây ra.
- Một số khu vực phát triển theo hướng thành phố sinh thái, đô thị sinh thái, sẽ tạo cơ hội phát triển du lịch cho TP.HCM và các khu vực lân cận, mang lại lợi ích kinh tế cho khu vực.

- ***Thách thức***

- Một số giải pháp cần diện tích sử dụng đất trong khu vực có mật độ đô thị hóa sẽ là một thách thức lớn bởi vấn đề đền bù và giải phóng mặt bằng.
- Các khu vực cộng đồng có thu nhập thấp thường chịu sự hạn chế trong việc tiếp cận lợi ích của SUDS. Nếu các dự án SUDS không có kế hoạch rõ ràng và đầy đủ, dù có thể dẫn đến bất bình đẳng xã hội lớn hơn, với những người có hoàn cảnh khó khăn buộc phải di chuyển chỗ ở hoặc không được hưởng các lợi ích cải thiện các dịch vụ hệ sinh thái.
- Các nguồn tài chính chủ yếu đến từ các khoản trợ cấp của chính phủ trong giai đoạn này đầu tư và xây dựng vì các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập không tạo ra lợi ích kinh tế một cách chính xác để thu hút đầu tư tư nhân. Tuy nhiên, khi không còn các chính sách này hoặc thu hẹp các chương trình hỗ trợ, thì sẽ làm ngưng trệ quá trình hoạt động của các giải pháp này.
- Ma trận phân tích tiềm năng của các giải pháp trữ nước mưa

- ***Phân tích tiềm năng khi áp dụng các giải pháp trữ nước mưa***

Tương tự, sau khi phân tích và đánh giá tổng thể về mặt kinh tế, tài chính thông qua công cụ SWOT cho các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập, nghiên cứu tiếp tục tiến hành đánh giá cụ thể hơn cho từng loại, nhóm giải pháp. Có thể nhận thấy, nhóm giải pháp như mái nhà xanh, hay các giải pháp thu gom nước mưa bằng thùng có chi phí vận hành và bảo trì cao. Các nhóm giải pháp này sẽ khó áp dụng cho điều kiện TP.HCM. Mặc khác, các nhóm giải pháp như:

hồ điều tiết, rãnh thực vật, vỉa hè thấm, giếng thấm có tiềm năng áp dụng bởi chi phí bảo trì thấp hơn.

Bảng 4.7 Tổng quan mức độ hiệu quả tiềm năng của các giải pháp trữ nước mưa theo khía cạnh kinh tế - tài chính

(Nguồn: [95])

Nhóm	Các giải pháp tiếp cận trữ nước mưa	Kinh tế - tài chính	
		Bảo trì	Chi phí xây dựng, vận hành
Giải pháp trữ	Hồ điều tiết (ướt)	TB	TB
	Hồ điều tiết (khô)	T	T
Giải pháp thấm	Giếng thấm (Soakaway)	T	TB
Giải pháp lọc	Ô trữ sinh học	C	TB
	Dải lọc	TB	TB
Giải pháp kênh hở	Rãnh thực vật	T	T
Giải pháp kiểm soát tại nguồn	Mái nhà xanh	C	C
	Thu gom nước mưa	C	C
	Vỉa hè thấm	TB	TB

Ký hiệu: mức độ - C: Cao, Thấp: T, TB: Trung bình

4.4. Đánh giá hiệu quả của giải pháp trữ nước mưa cho lưu vực NLTN và THLG

Mô hình thoát nước mưa đô thị EPA-SWMM cho lưu vực NLTN và THLG đã được hiệu chỉnh và kiểm định. Các kết quả được thể hiện tại *Chương 3, Mục 3.3.3* và báo cáo chuyên đề: “*Tính khả thi và hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa tại đô thị TP. Hồ Chí Minh*”. Do đó, mô hình đủ độ tin cậy để mô phỏng và đánh giá tính hiệu quả của các giải pháp trữ nước mưa cho 2 khu vực này.

4.4.1. Đánh giá hiệu quả giảm ngập khu vực NLTN

- *Mô phỏng hiệu quả giảm ngập bằng giải pháp trữ nước mưa tập trung*

Để xem xét khả năng giảm ngập khi xây dựng các hồ điều tiết tập trung, nghiên cứu này giả định xây dựng 03 hồ xung quanh khu vực NLTN và mô phỏng tính toán. Các tiêu chí lựa chọn vị trí hồ điều tiết như sau:

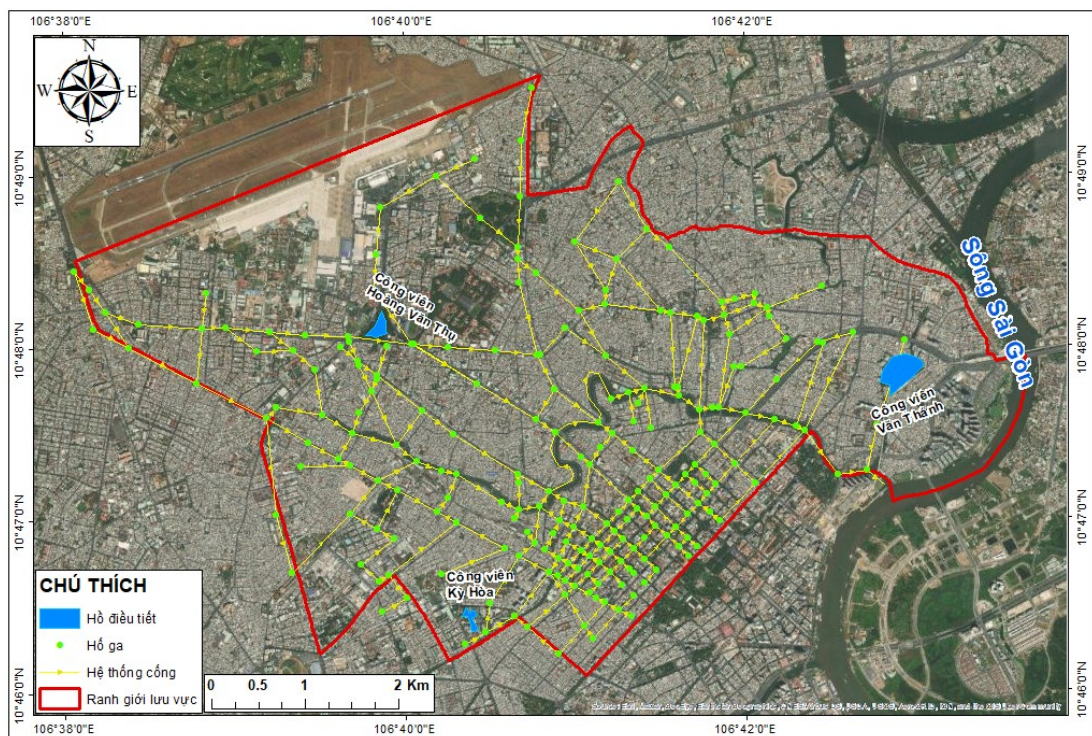
- *Tiêu chí sinh thái, môi trường*

- + Độ cao địa hình phù hợp để nước mưa chảy tới hồ với lưu lượng lớn nhất.
- + Thời gian dòng chảy thu được từ các tuyến cống, kênh rạch chảy tới hồ là ngắn nhất.
- + Dòng chảy vào và ra hồ là hợp lý nhất.
- + Kết hợp công trình xung quanh cải thiện tự nhiên, tạo cảnh quan môi trường sinh thái, ngăn ngừa ô nhiễm nước.
- + Đảm bảo không gian nước.

- *Tiêu chí kinh tế*

- + Ít phải di dời, phù hợp qui hoạch sử dụng đất.
- + Vận hành đơn giản, ít tốn chi phí nhân công, sửa chữa.
- + Giải quyết được vấn đề ngập lụt
- + An toàn cho cư dân địa phương

Vị trí và diện tích các hồ được xác định sơ bộ bằng phần mềm Google Earth và sau đó thực địa kiểm tra với giả thiết độ sâu trung bình của mỗi hồ là 3m.

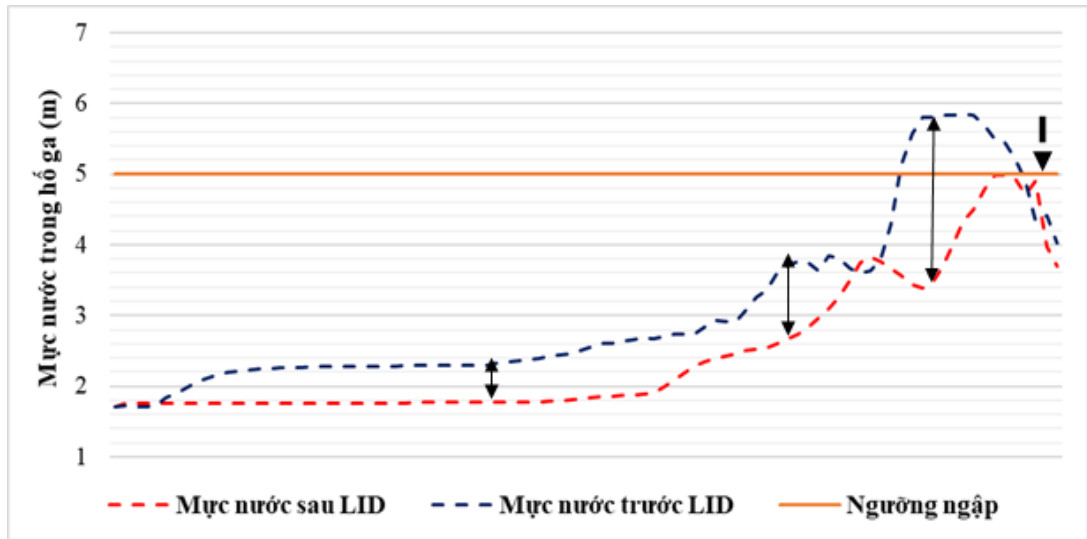


Hình 4.7 Vị trí các hồ điều tiết

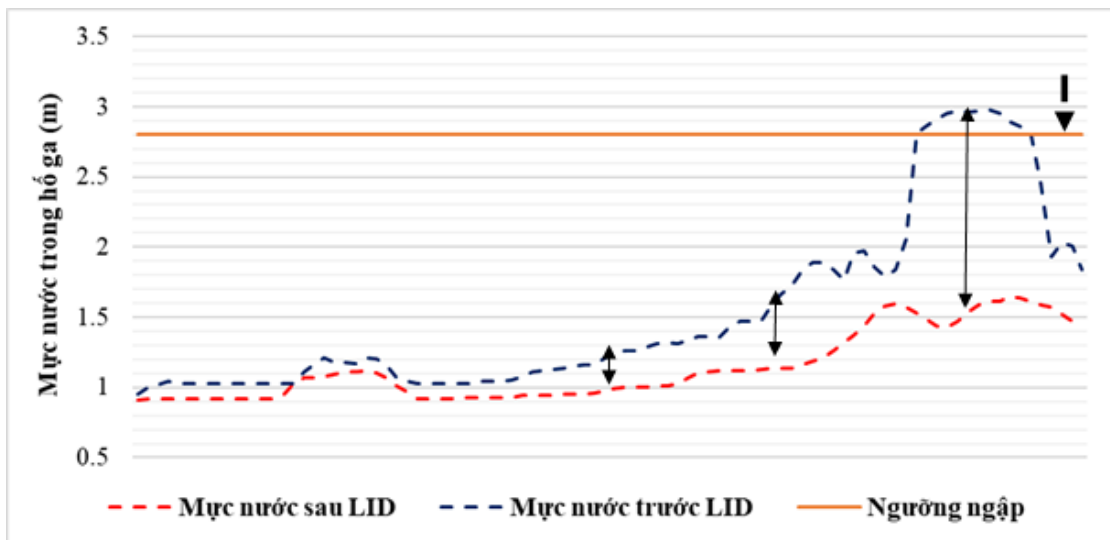
Bảng 4.8 Thông số của các hồ điều hòa đề xuất

STT	Ký hiệu	Vị trí	Diện tích (m ²)	Độ sâu (m)	Thể tích (m ³)
1	HDH-CVHVTh	Công viên Văn Thánh	114.971	3	344.913
2	HDH-CVHVTh	Công viên Hoàng Văn Thụ	28.580	3	85.740
3	HDH-CVKyH	Công viên Kỳ Hòa	16.539	3	49.617

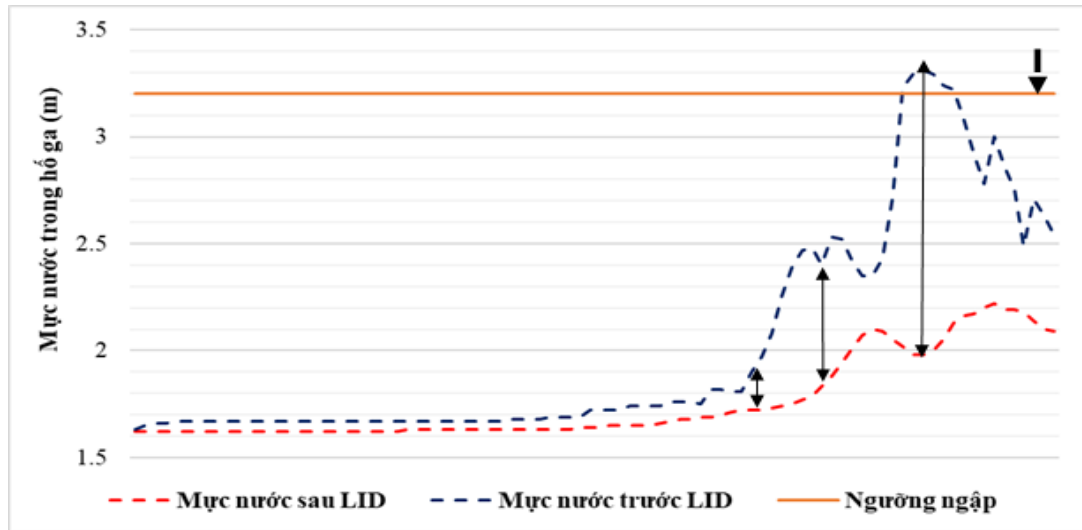
Kết quả mô phỏng tại 3 vị trí điển hình bao gồm: Đường Cộng Hòa (khu vực công viên Hoàng Văn Thụ), đường Điện Biên Phủ (công viên Văn Thánh), đường 3/2 (công viên Kỳ Hòa) cho thấy hồ điều tiết có tác dụng giảm ngập tại cả 3 vị trí. Ví dụ tại tuyến đường Cộng Hòa, mực nước trong hố ga sau khi áp dụng hồ điều tiết hạ khá thấp dưới ngưỡng ngập. Trong đó có khoảng 3 giờ, mực nước trong hố ga thấp tới 2,5m so với khi không có hồ. Kết quả này cho thấy hồ điều tiết có khả năng giảm ngập đáng kể khi xảy ra mưa lớn.



Hình 4.8 Đường quá trình mực nước mô phỏng trong hố ga tại đường Cộng Hòa (khu vực công viên Hoàng Văn Thụ)



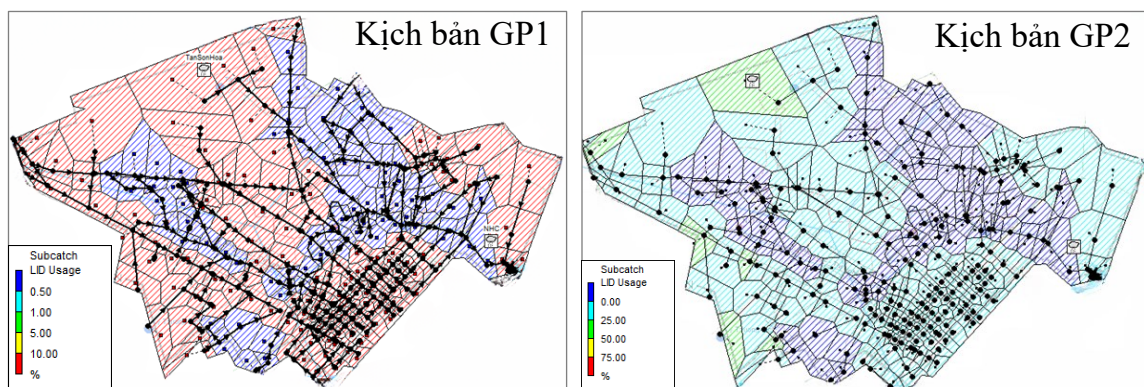
Hình 4.9 Đường quá trình mực nước mô phỏng trong hố ga tại đường Điện Biên Phủ (khu vực công viên Văn Thánh)



Hình 4.10 Đường quá trình mực nước mô phỏng trong hố ga tại đường 3 tháng 2 (khu vực công viên Kỳ Hòa)

- *Mô phỏng hiệu quả giảm ngập bằng giải pháp trữ nước mưa phân tán*

Nghiên cứu bố trí các giải pháp trữ nước phân tán (rãnh thấm, vườn mưa...) phân bố khoảng 10% cho theo kịch bản trữ GP1 và từ 20% cho kịch bản GP2 xung quanh khu vực NLTN nhằm xem xét tính hiệu quả của các giải pháp.



Hình 4.11 Mô phỏng kịch bản trữ nước phân tán GP1 và GP2

Kết quả mô phỏng cho thấy, các giải pháp trữ phân tán góp phần giảm ngập từ 19,31% đối với kịch bản GP1 và lên tới 48,31% đối với kịch bản GP2. Các giải pháp phân tán đã giúp giảm dòng chảy tràn của lưu vực khi giảm hệ số dòng chảy từ 0,93 (kịch bản nền) xuống còn 0,83 và 0,74 lần lượt cho các kịch

bản GP1 và GP2. Như vậy, bố trí trữ phân tán tại lưu vực NLTN là phương án có hiệu quả và nên cân nhắc áp dụng cho các khu vực khác tại TP.HCM.

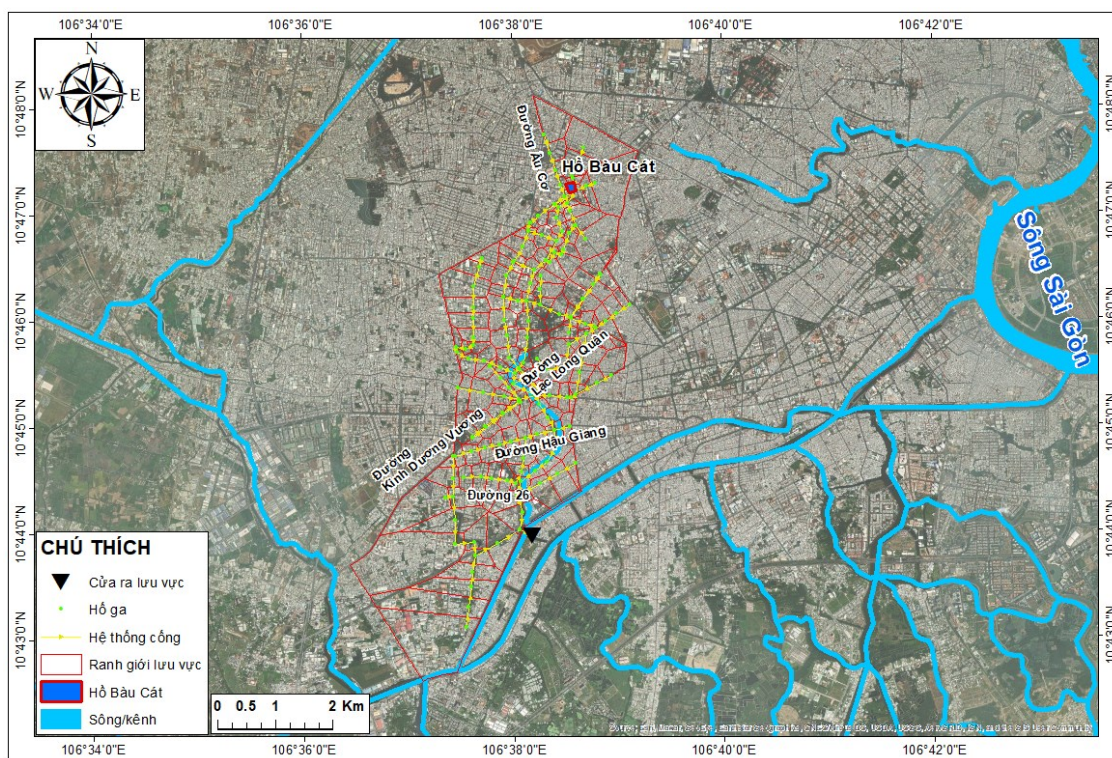
Bảng 4.9 Hiệu quả của các kịch bản trữ nước phân tán lưu vực NLTN

Kịch bản (Mưa P = 10 năm: 122,4 mm)	V_{chảy tràn} (10 ⁶ m ³)	C_{tb}	V_{ngập} (10 ⁶ m ³)	% giảm ngập
Hiện trạng (2015-2020)	3,819	0,93	0,727	0
GP1: (10% diện tích vườn mưa, rãnh thấm)	3,409	0,83	0,587	19,31
GP2: (20% diện tích vườn mưa, rãnh thấm)	3,029	0,74	0,376	48,31

4.4.2. Đánh giá hiệu quả giảm ngập lưu vực THLG

- *Mô phỏng hiệu quả trữ nước mưa tập trung tại lưu vực THLG*

Giải pháp trữ nước mưa trong công viên Bàu Cát được nghiên cứu để phục vụ giải ngập cho khu vực dân cư xung quan đường Bàu Cát, thuộc lưu vực THLG **Hình 4.12**.



Hình 4.12 Vị trí hồ điều tiết Bàu Cát

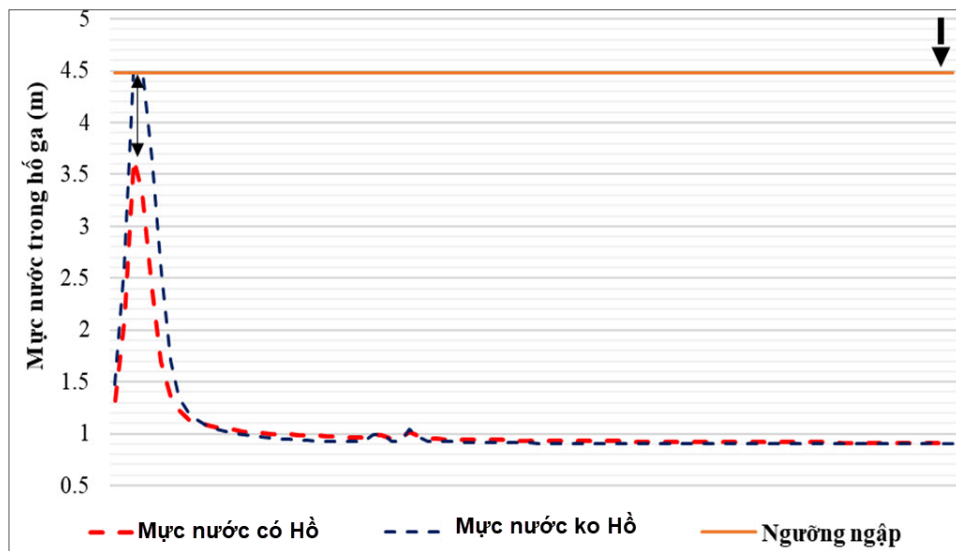
Các thông số kỹ thuật sơ bộ của hồ được đề xuất như sau:

- Kiểu thiết kế: hồ chứa ngầm, kết cấu BTCT hình hộp chữ nhật;
- Kích thước bể ngầm: 20 m x 100 m x 6 m (BxLxH);

Đáy bể dày 0,3 m, nắp bể dày 0,25 m, phía bên trên có lớp đất 1m để trồng cây tạo cảnh quan cho khu vực công viên.

- *Đánh giá tính hiệu quả của các giải pháp trữ*

Kết quả mực nước mô phỏng tại vị trí ngã 4 đường Đồng Đen và Hồng Lạc (khu vực bị ngập) cho thấy giải pháp hồ điều tiết đã giúp giảm ngập tại điểm này và các khu vực lân cận khoảng 1,0 m so với khi không có hồ điều tiết. Kết quả này minh chứng cho hiệu quả giảm ngập đô thị của giải pháp trữ nước mưa, đặc biệt là khi xảy ra mưa lớn.

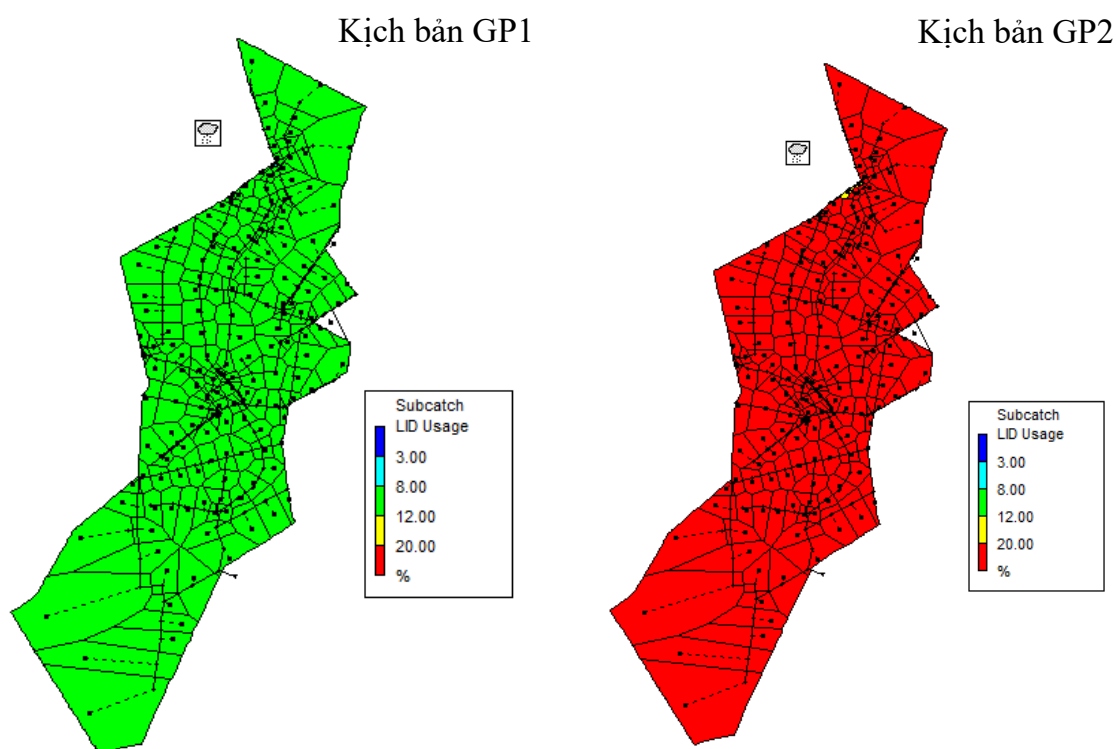


Hình 4.13 Hiệu quả hạ thấp mực nước khi bố trí hồ điều tiết Bàu Cát

- *Mô phỏng hiệu quả giảm ngập bằng giải pháp trữ nước mưa phân tán cho lưu vực THLG*

Nghiên cứu bố trí các giải pháp trữ nước phân tán như rãnh thấm, vỉa hè thấm cho khu vực ĐTH > 80%. Và bố trí vườn mưa, ô trữ sinh học cho khu vực công viên hay khu vực có mức độ ĐTH < 80% với mức phân bố là 10% diện

tích cho từng tiểu lưu vực theo kịch bản GP1 và 20% cho kịch bản GP2 xung quanh khu vực THGL nhằm xem xét tính hiệu quả của các giải pháp.



Hình 4.14 Mô phỏng kịch bản trữ nước phân tán GP1 và GP2

Kết quả mô phỏng cho thấy, các giải pháp trữ phân tán góp phần giảm ngập từ 40,5% đối với kịch bản GP1 và lên tới 76,5% đối với kịch bản GP2. Các giải pháp phân tán đã giúp giảm dòng chảy tràn của lưu vực khi giảm hệ số dòng chảy từ 0,99 (kịch bản nền) xuống còn 0,52 và 0,43 lần lượt cho các kịch bản GP1 và GP2. Như vậy, bố trí trữ phân tán tại lưu vực THLG là phương án có hiệu quả và nên cân nhắc áp dụng cho các khu vực khác tại TP.HCM.

Bảng 4.10 Hiệu quả của các kịch bản trữ nước phân tán lưu vực THLG

Kịch bản (Mưa P = 10 năm: 122,4 mm)	V_{tràn} (10 ⁶ m ³)	C_{tb}	V_{ngập} (10 ⁶ m ³)	% giảm ngập
Hiện trạng (2015-2020)	2,308	0,99	0,44	0
GP1: (10% diện tích vườn mưa, rãnh thấm,...)	1,180	0,52	0,26	40,5

Kịch bản (Mưa P = 10 năm: 122,4 mm)	$V_{\text{tràn}}$ (10^6 m^3)	C_{tb}	$V_{\text{ngập}}$ (10^6 m^3)	% giảm ngập
GP2: (20% diện tích vườn mưa, rãnh thấm,...)	0,928	0,43	0,24	76,5

4.5. Đánh giá hiện trạng và hiệu quả các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập

- *Hiện trạng ứng dụng các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập tại TP.HCM*

Tại TP.HCM hiện nay cũng đã có nhiều nghiên cứu liên quan đến các giải pháp trữ nước mưa theo tiếp cận bền vững cho việc hỗ trợ quản lý tài nguyên nước mưa cũng như ngập lụt đô thị điển hình như sau:

Với tốc độ ĐTH nhanh như hiện nay làm cho những thách thức về ngập lụt tại TP.HCM càng lớn hơn. Tỷ lệ dân cư tại các đô thị đã tăng từ 29% lên 36% trong giai đoạn từ năm 2008 đến năm 2018. Đến năm 2025, theo ước tính, một nửa dân số Việt Nam sẽ sinh sống ở những trung tâm đô thị [96]. ĐTH dẫn đến những mảng xanh ngày càng bị thu hẹp để nhường chỗ cho những công trình xây dựng dẫn đến tình trạng ngập lụt tại Thành phố sau mỗi trận mưa, triều hay lũ. Gia tăng lượng mưa đã gây nên tình trạng ngập cục bộ khi hệ thống thoát nước tự nhiên bị giảm dần và công trình thoát nước của đô thị bị xuống cấp và chưa được phát triển đồng bộ. Cũng như nhiều quốc gia trên thế giới, TP.HCM đã từng bước tiếp cận hệ thống thoát nước bền vững đô thị (Sustainable Urban Drainage System – SUSUD) để quản lý hiệu quả việc thoát nước mặt và tạo cảnh quan cho đô thị.



Hình 4.15 Mô hình hồ trữ nước mưa và điều tiết dòng chảy khu vực hồ Bán Nguyệt, Quận 7



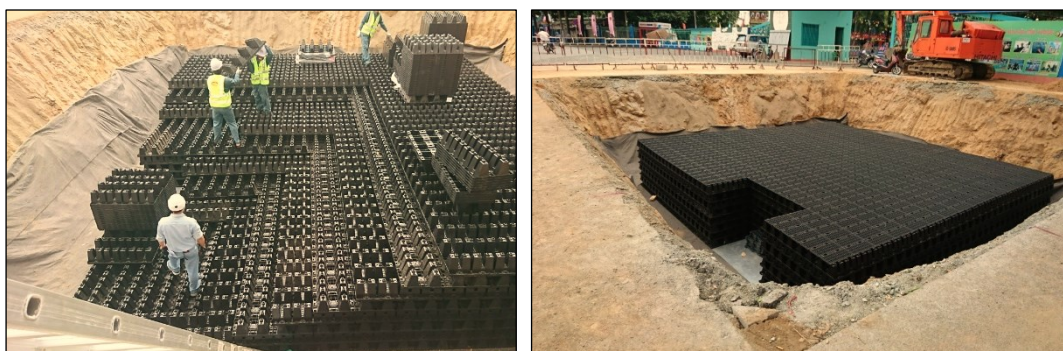
Hình 4.16 Mô hình trữ nước mưa và điều tiết dòng chảy tràn tại khu vực Jamonacity, Đào Trí, Quận 7

Việc ứng dụng các mô hình như hồ Bán Nguyệt và mô hình trữ nước mưa Jamonacity sẽ góp phần hỗ trợ giảm ngập cho khu vực lân cận. Các giải pháp trữ nước được áp dụng để quản lý nước chảy tràn bề mặt tại chỗ, thông qua việc thu gom, lưu trữ và làm sạch trước khi xả ra từ từ trở lại vào cống thoát nước

hoặc môi trường. Trong đó, các giải pháp phổ biến có thể phù hợp với TP.HCM đã được đề xuất bởi [97] và [98]:

- Hệ thống thu nước mưa: Nước mưa được thu từ mái nhà vào các vật dụng thu trữ nước mưa như bình chứa, bể trữ nước hay bể ngầm. Nước mưa tại đây được lưu trữ tạm thời để tái sử dụng hoặc thấm xuống đất.
- Thùng thu nước mưa hộ gia đình: Thùng thu nước mưa có thể áp dụng cho khu dân cư, khu vực thương mại, công nghiệp để kiểm soát nước mưa từ mái nhà. Nước mưa thu được có thể dùng tưới vườn, nông nghiệp, vệ sinh, rửa xe... Lượng mưa vượt quá khả năng của thùng chứa sẽ được dẫn theo ống thoát vào hệ thống thoát nước chung.
- Rãnh thực vật: Nước mưa chảy từ các tòa nhà, đường giao thông được các ao thực vật hoặc kênh hở giữ lại, qua đó làm giảm đỉnh lũ nhờ lưu giữ một khối lượng nước và một phần được thấm vào đất.
- Hệ thống trữ sinh học: Khu vực là nơi thu gom và trữ nước mưa đồng thời là khu vực đa chức năng (vui chơi giải trí, tổ chức các hoạt động công cộng). Nước mưa tại đây được lưu trữ tạm thời và thấm từ từ xuống lòng đất hoặc được lọc và tái sử dụng.
- Bể trữ nước ngầm: Bể trữ nước ngầm thu gom nước mưa lưu lượng lớn và tích trữ. Nước mưa tại đây được tích trữ trong thời gian dài, được lọc và đưa vào tái sử dụng (nước sinh hoạt, nước uống,...).
- *Đánh giá hiệu quả giảm ngập hồ điều tiết ngầm Võ Văn Ngân, TP. Thủ Đức:*
Vào ngày 29/7/2017, Trung tâm Chống ngập đã phối hợp với Công ty Sekisui (Nhật Bản) và công ty cổ phần phát triển hạ tầng kỹ thuật VMCTech triển khai lắp đặt Hồ điều tiết thông minh chống ngập nước trên đường Võ Văn Ngân, phía trước cổng Nhà Văn hóa thiếu nhi, quận Thủ Đức. Hồ này có dung

tích 109 m³ và giúp giảm ngập nước cho đoạn đường Võ Văn Ngân từ đường số 6 đến Nhà Văn hóa thiếu nhi quận Thủ Đức.



Hình 4.17 Hình ảnh thi công và lắp đặt hồ ngầm Crosswave Võ Văn Ngân

Theo kết quả khảo sát của Trung tâm chống ngập TP.HCM, trước khi lắp đặt, khu vực thường xuyên ngập khi có mưa với vũ lượng từ 30mm, với chiều sâu ngập 10cm đến 15cm. Nhưng đến nay khu vực chỉ ngập khi xuất hiện trận mưa với vũ lượng 60mm. Thực tế cho thấy tình hình ngập nước tại khu vực đã giảm về số lần ngập, chiều sâu ngập và diện tích ngập. Tuy nhiên, do thí điểm với mô hình trữ chỉ với hơn 100 m³ nên khả năng đáp ứng xóa ngập tại khu vực vẫn còn hạn chế, vẫn còn hiện tượng ngập khi mưa lớn. Ngoài ra, với hồ ngầm Cross-wave còn có nhiều công dụng như sau:

- Cross-wave được chế tạo từ Polypropylene, có tính bền cơ học cao, dễ dàng thi công và tháo lắp, thời gian xây dựng nhanh, có thể áp dụng tại các khu vực mặt bằng nhỏ, hẹp, không gian trữ nước trên 90% và thân thiện với môi trường;
- Nước mưa có thể thấm tự nhiên vào lòng đất hoặc lưu trữ lại để tái sử dụng. Hồ điều tiết ngầm Cross-wave có thể lắp đặt dưới sân vận động, dưới công viên, sân trường, bãi đỗ xe... ;
- Sau khi thi công, mặt bằng được hoàn trả với khả năng chịu tải thẳng đứng lên đến 25 tấn.

Với những ưu điểm trên, việc ứng dụng vật liệu "Cross-wave" trong xây dựng hồ điều tiết ngầm rất thích hợp cho những thành phố lớn, năng động, có

quỹ đất công hạn chế như Thành phố Hồ Chí Minh. Việc thực hiện thí điểm xây dựng hồ điều tiết bằng sản phẩm "Cross-wave" là cần thiết để đánh giá hiệu quả dự án khi ứng dụng sản phẩm này vào thực tế và lựa chọn phương án tối ưu cho thiết kế và xây dựng hồ điều tiết trong tương lai.

- *Đánh giá hiệu quả giảm ngập của hồ điều tiết Thanh Đa, Bình Thạnh:*



Hình 4.18 Hồ điều tiết Thanh Đa

- + Ưu điểm: Giảm ngập hiệu quả khu vực phường 27, Quận Bình Thạnh, với dung tích 80.000 m³ và trạm bơm 2.577 m³/giờ. Tạo mảng xanh, lá phổi của cư dân khu vực công viên.
- + Nhược điểm: Cục bộ, dung tích hồ nhỏ để phục vụ chống ngập cho 15,4ha.

- *Đánh giá hiệu quả giảm ngập của hồ điều tiết Mễ Cốc, Quận 8:*



Hình 4.19 Hồ điều tiết Mễ Cốc

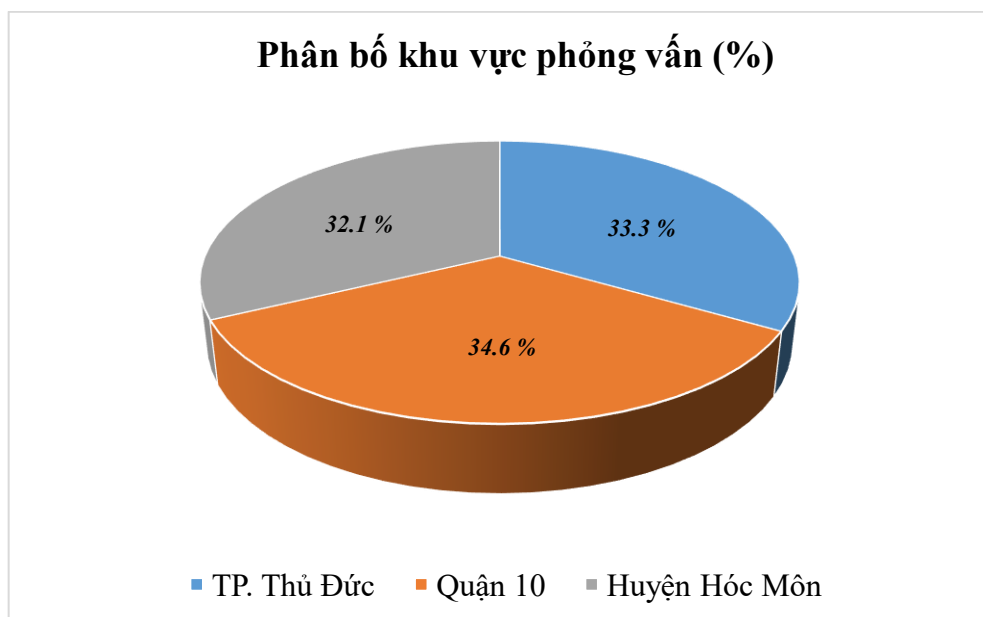
- + Ưu điểm: Giảm ngập hiệu quả cục bộ khu vực phường 15, Quận 8, nước trong hồ được bơm ra kênh Đồi với $Q=3,780\text{m}^3/\text{giờ}$ khi đạt mức +0,3m.
- + Nhược điểm: Bị tồn đọng rác và ô nhiễm nhẹ vào mùa kiệt nước gây mùi hôi; Chỉ phục vụ riêng lẻ cho cụm dân cư.

4.6. Đánh giá sự đồng thuận của các bên liên quan về tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập

4.6.1. Phân tích sự đồng thuận của người dân

- *Thông tin chung về các hộ được phỏng vấn*

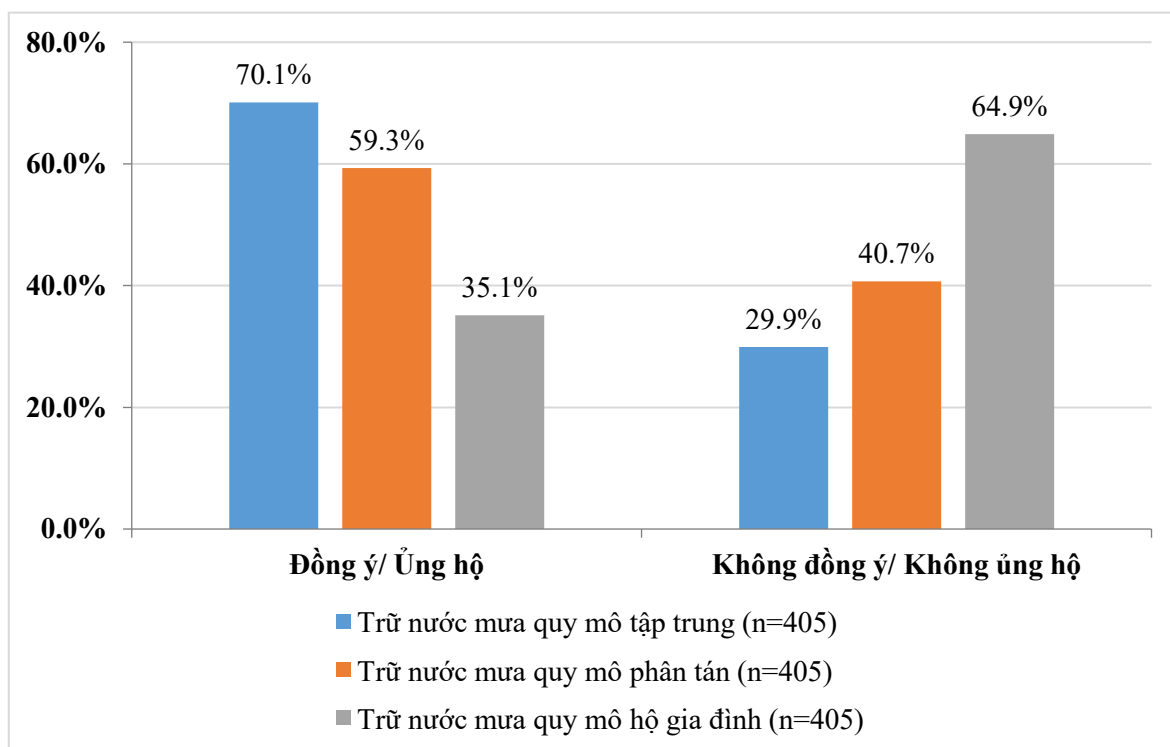
Nghiên cứu tiến hành triển khai phỏng vấn xã hội học 405 hộ dân đại diện cho các khu vực khác nhau của TP.HCM (xem **Hình 4.20**) thông qua công tác phỏng vấn trực tiếp, sử dụng Bảng câu hỏi đã được thiết kế sẵn. Đa số những hộ dân tham gia phỏng vấn là những người hiểu rõ và sống lâu năm tại địa phương: độ tuổi trung bình là 45,5 tuổi và họ đã sống tại địa phương trên 24 năm. Thu nhập bình quân/tháng của các hộ được hỏi khoảng 17 triệu đồng/tháng/hộ, mức độ dao động khá lớn từ 2 triệu đồng/người/hộ tới 300 triệu đồng/người/hộ.



Hình 4.20 Tỷ lệ hộ dân được phỏng vấn tại các khu vực nghiên cứu

- *Đánh giá sự đồng thuận của người dân về các giải pháp trữ nước mưa*
 - *Sự ủng hộ của người dân trong việc áp dụng các giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM*

Nhìn chung, phần lớn người dân ủng hộ việc áp dụng các giải pháp trữ nước mưa tập trung (70,1% người được hỏi) và giải pháp trữ nước mưa phân tán (59,3% người được hỏi) nhằm giảm ngập cho TP.HCM trong điều kiện diễn biến phức tạp của BĐKH-NBD và ĐTH hiện nay. Về giải pháp trữ nước mưa tại hộ gia đình, với những quan ngại về hiệu quả áp dụng do chi phí và điều kiện thực tế tại mỗi hộ, có nhiều người dân (64,9% người được khảo sát) chưa ủng hộ phương án này (Hình 4.21).



Hình 4.21 Đánh giá sự đồng thuận của người dân nếu áp dụng các giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM

- *Thứ tự ưu tiên khi triển khai các giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM:*

Theo kết quả khảo sát, phần lớn người dân cho rằng nên đặt mức “Ưu tiên cao” cho việc áp dụng nhóm giải pháp trữ nước mưa tập trung (51,8% người lựa chọn), tiếp theo là “Ưu tiên trung bình” cho nhóm giải pháp trữ nước mưa

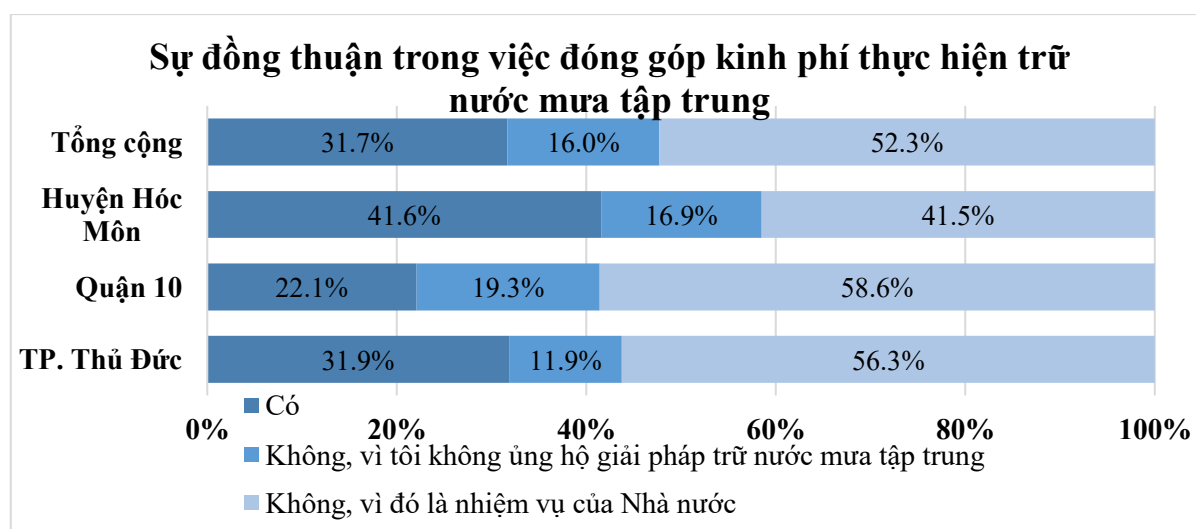
phân tán (58,5% người lựa chọn), và nhóm các giải pháp trữ nước mưa tại các hộ gia đình nên có mức “Ưu tiên thấp” (46,5% người lựa chọn) hoặc thậm chí “Không ưu tiên” (27,4% người lựa chọn) (Bảng 4.11).

Bảng 4.11 Thứ tự ưu tiên nếu áp dụng giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM (%)

TT	Các giải pháp trữ nước mưa được đề xuất	Thứ tự ưu tiên áp dụng			
		1	2	3	0
1	Trữ nước mưa quy mô tập trung (n=398)	51,8	14,8	16,8	16,6
2	Trữ nước mưa quy mô phân tán (n=398)	23,1	58,5	6,0	12,3
3	Trữ nước mưa quy mô hộ gia đình (n=398)	17,6	8,5	46,5	27,4

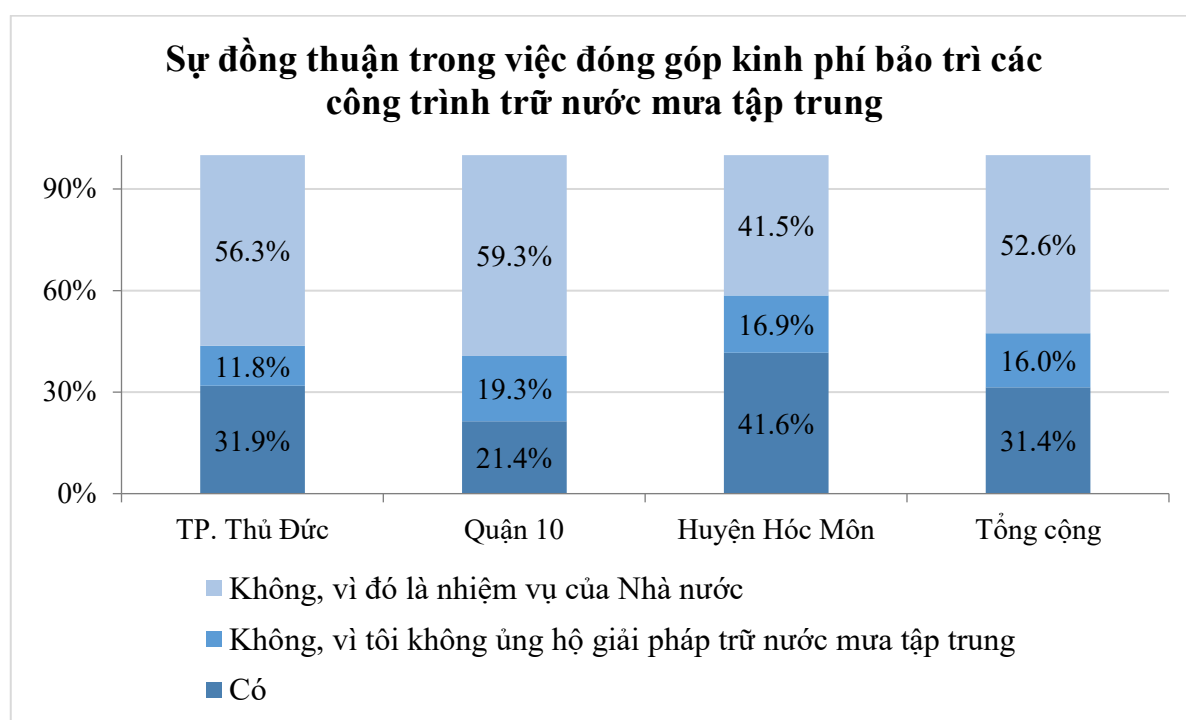
Ghi chú: 1 = ưu tiên cao 2 = ưu tiên trung bình
3 = ưu tiên thấp 0 = Không ưu tiên

- Nhận thức của người dân trong việc đóng góp kinh phí để thực hiện hoặc bảo trì hệ thống trữ nước mưa để kiểm soát ngập tại TP.HCM



Hình 4.22 Sự đồng thuận của người dân về việc đóng góp kinh phí xây dựng hệ thống trữ nước mưa tập trung tại địa phương

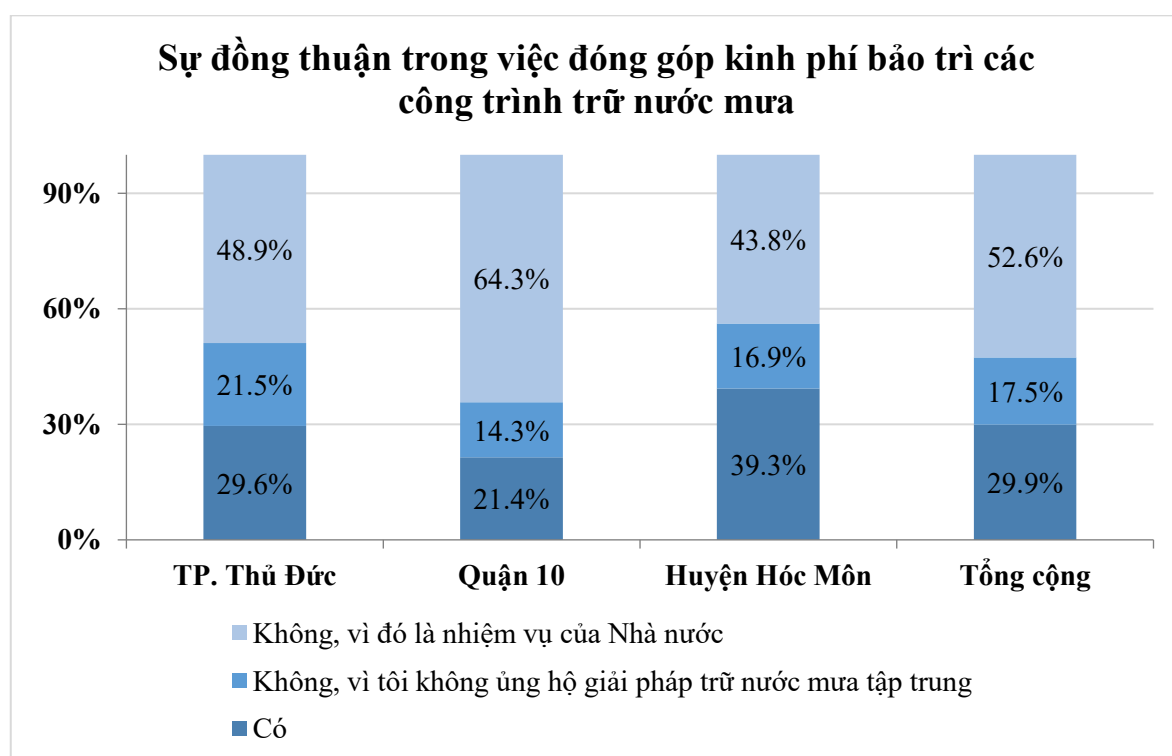
Liên quan đến việc đóng góp kinh phí thực thi các giải pháp trữ nước mưa tập trung tại khu vực sinh sống, có khoảng hơn 1/3 người dân (31,7%) đồng ý ủng hộ kinh phí, tỷ lệ này cao nhất tại Huyện Hóc Môn (41,6%) và thấp nhất tại Quận 10 (22,1% đồng ý góp kinh phí nếu cần). Phần lớn người dân (52,3%) cho biết họ sẽ không đóng góp kinh phí để xây dựng các công trình trữ nước mưa tập trung do theo họ đây là nhiệm vụ của nhà nước (Hình 4.22).



Hình 4.23 Sự đồng thuận của người dân về việc đóng góp kinh phí bảo trì hệ thống trữ nước mưa tập trung tại địa phương

Về các chi phí bảo trì hệ thống trữ nước mưa tập trung tại khu vực sinh sống, phần lớn (52,6%) người được hỏi cho rằng đó là trách nhiệm của nhà nước và chính quyền địa phương trong việc đầu tư/duy trì kinh phí bảo trì hệ thống. Tuy nhiên, có khoảng 1/3 số người được hỏi cho rằng họ có thể đóng góp một phần kinh phí để hỗ trợ duy tu và bảo dưỡng định kỳ các công trình trữ mưa tại địa phương nhằm giảm tác động của ngập lụt. Tỷ lệ người đồng ý hỗ trợ chi phí bảo trì cao nhất ở Huyện Hóc Môn (với 41,6%) và thấp nhất tại Quận 10 (21,4%).

Tương tự, hầu hết người được hỏi (52,6%) cho rằng kinh phí duy trì và bảo dưỡng hệ thống trữ nước mưa phân tán là trách nhiệm của Nhà nước nên không đồng ý đóng góp tiền cho hoạt động này. Tỷ lệ này đặc biệt cao tại Quận 10, nơi có tới 64,3% người dân không ủng hộ. Mặc dù vậy có gần 1/3 người được hỏi đồng ý đóng góp kinh phí để bảo trì các công trình trữ mưa phân tán tại địa phương.

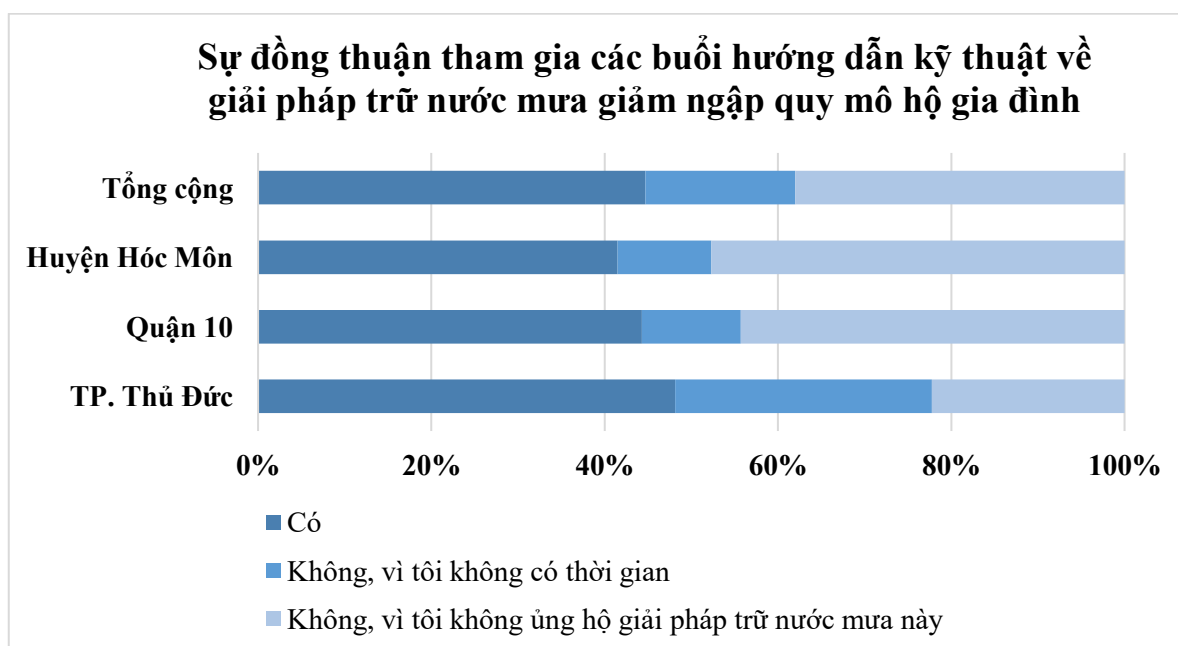


Hình 4.24 Sự đồng thuận của người dân về việc đóng góp kinh phí bảo trì hệ thống trữ nước mưa phân tán tại địa phương

- *Nhận thức của người dân trong việc tham gia và hướng dẫn về hiệu quả của các giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM*

Có 44,7% người được khảo cho biết họ sẵn sàng tham gia các buổi tập huấn, hướng dẫn kỹ thuật về việc áp dụng các giải pháp trữ nước mưa quy mô hộ gia đình, tỷ lệ này tương đối đồng đều tại các khu vực khảo sát (Hình 4.25). Số còn lại (tương ứng 45,3% người được khảo sát) không đồng ý tham gia các buổi

hướng dẫn kỹ thuật do không có thời gian (17,3%) và do không ủng hộ giải pháp trữ nước mưa tại hộ (38%).



Hình 4.25 Sự đồng thuận của người dân trong việc tham gia các buổi hướng dẫn kỹ thuật về giải pháp trữ nước mưa giảm ngập quy mô hộ gia đình

Liên quan đến câu hỏi có tham gia giới thiệu, tuyên truyền về các giải pháp trữ nước mưa nhằm giảm tác động của ngập lụt tại TP.HCM hay không, có 30,2% người được hỏi cho biết họ sẵn sàng chia sẻ kiến thức và hiểu biết của cá nhân họ với những người khác về lợi ích và hiệu quả của các giải pháp trữ nước mưa. Một bộ phận khác (23,3%) cho biết họ cũng đồng ý tuyên truyền về các giải pháp mà họ cho là hiệu quả và các giải pháp mà họ ủng hộ thực hiện. Mặc dù vậy, có gần ½ người được hỏi (46,5%) cho biết họ sẽ không tham gia vì không có thời gian để thực hiện việc này.

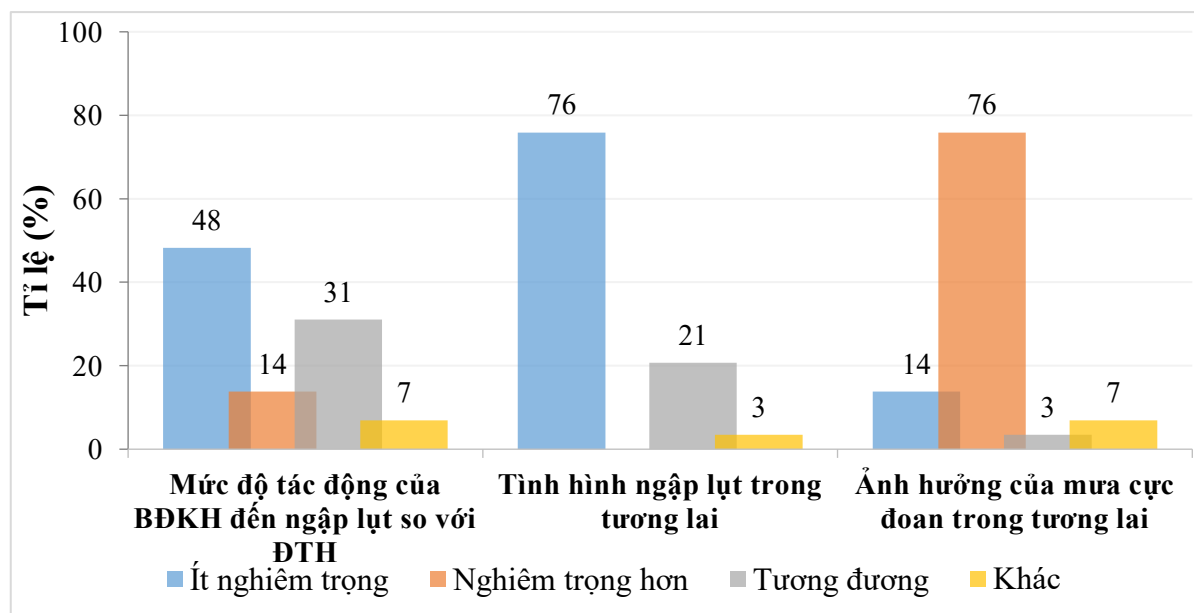
4.6.2. Tham vấn ý kiến chuyên gia về giải pháp trữ nước mưa giảm ngập

- **Tác động của biến đổi khí hậu và đô thị hóa tình hình ngập lụt**

- *Tác động của BĐKH và ĐTH hiện trạng và tương lai*

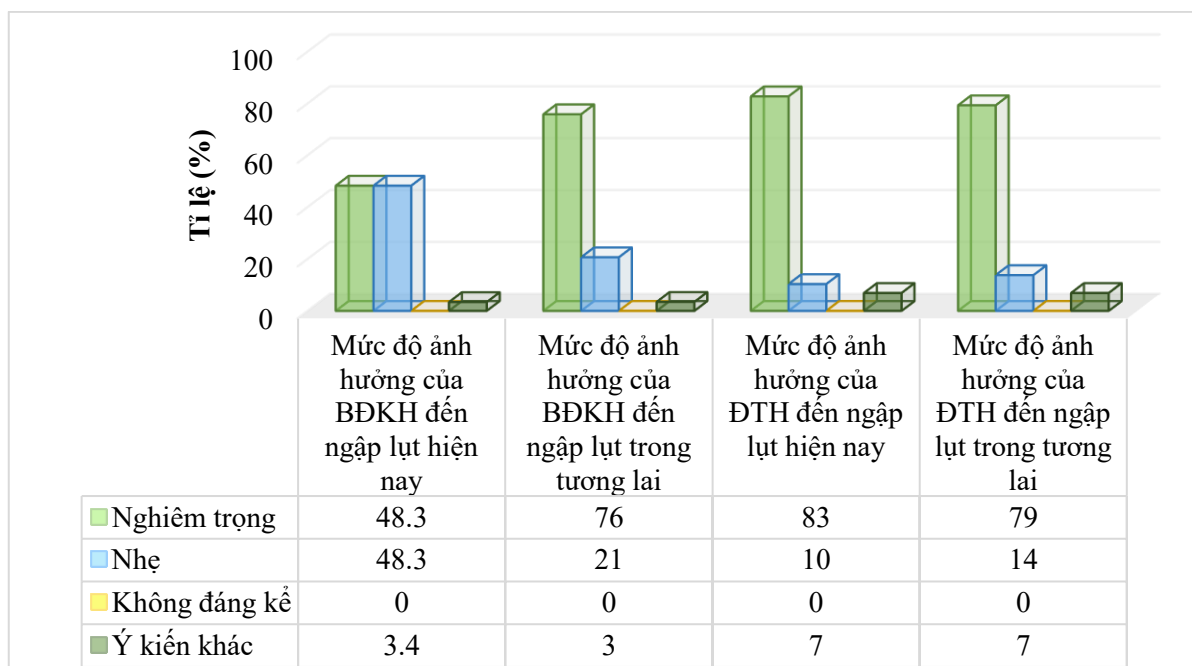
Qua khảo sát, 29 chuyên gia đã đánh giá rất cao mức độ tác động của hai

yếu tố ĐTH và BĐKH đều tác động tiêu cực đến tình trạng ngập lụt, trong đó nguyên nhân do BĐKH ít nghiêm trọng hơn so với ĐTH (48% ý kiến) và dự kiến tình hình ngập lụt sẽ còn gia tăng trong tương lai (**Hình 4.26**).



Hình 4.26 Nhận định về nguyên nhân và tình hình ngập lụt trong tương lai

Hầu hết các chuyên gia đều đồng ý ngập lụt tại TP.HCM chủ yếu do ĐTH (83% cho rằng đang tác động nghiêm trọng và 79% dự báo sẽ còn nghiêm trọng hơn trong tương lai). Bên cạnh đó, các chuyên gia cũng bày tỏ lo ngại trước những tác động tiêu cực của BĐKH đến ngập lụt (trên 48%) và sẽ nghiêm trọng hơn trong tương lai (76%) (**Hình 4.27**).



Hình 4.27 Nhận định mức độ ảnh hưởng của BDKH và ĐTH hiện trạng và tương lai

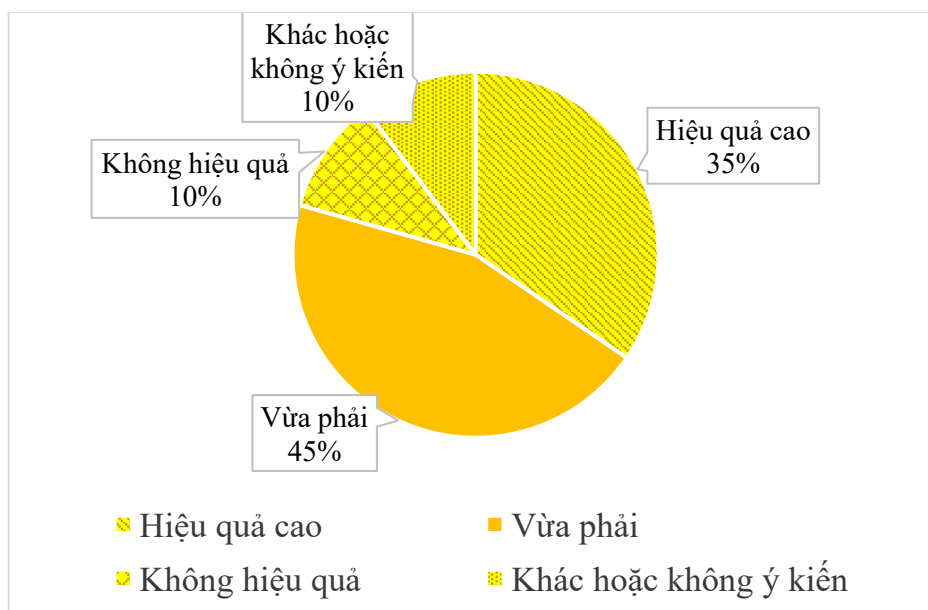
- Nhận định về tính khả thi: mức độ hiệu quả, vị trí tiềm năng, nguyên lý và loại hình áp dụng

Để cải thiện tình hình ngập lụt, việc áp dụng các giải pháp tiếp cận trữ nước mưa hỗ trợ thoát nước đô thị bền vững là hoàn toàn cần thiết. Nghiên cứu tiếp tục thăm dò ý kiến của chuyên gia về tính khả thi của các giải pháp này. Các chuyên gia được phỏng vấn đều cho rằng việc áp dụng tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập cho TP.HCM là có khả thi với 45% ý kiến “*Hoàn toàn có thể*” và 38% ý kiến “*Có thể*” (**Bảng 4.12**).

Bên cạnh nhận định về tính khả thi của các giải pháp trữ nước mưa, các chuyên gia cũng cho rằng các giải pháp này sẽ có hiệu quả trong việc giảm ngập cho TP.HCM. Tuy nhiên hiệu quả giảm ngập chưa được đánh giá cao với 35% tin rằng sẽ có hiệu quả cao trong việc giảm ngập, 45% cho rằng chỉ có hiệu quả ở mức độ vừa phải, trong khi vẫn có một vài chuyên gia (10%) còn nghi ngờ về sự hiệu quả của nó (**Bảng 4.12, Hình 4.28**).

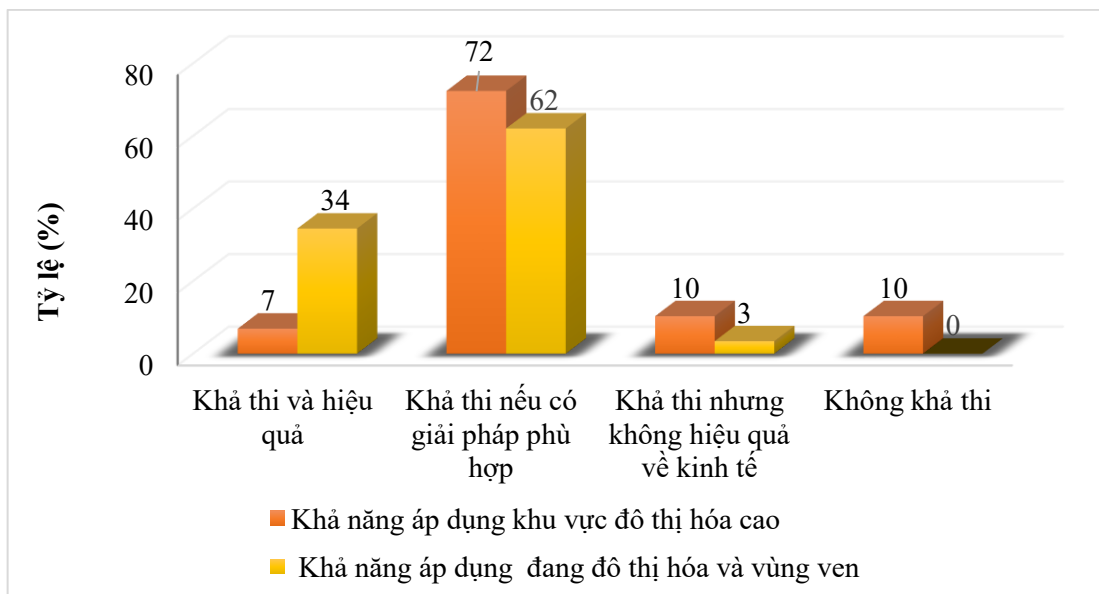
Bảng 4.12 Tính khả thi và mức độ hiệu quả khi áp dụng trữ nước mưa giảm ngập

STT	Tính khả thi khi áp dụng tiếp cận trữ nước mưa có thể áp dụng tại TP.HCM		Mức độ hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa phục vụ giảm ngập	
1	Hoàn toàn có thể	45 %	Hiệu quả cao	35 %
2	Có thể	38 %	Vừa phải	45 %
3	Không khả thi	10 %	Không hiệu quả	10 %
4	Khác hoặc không ý kiến	7%	Khác hoặc không ý kiến	10%



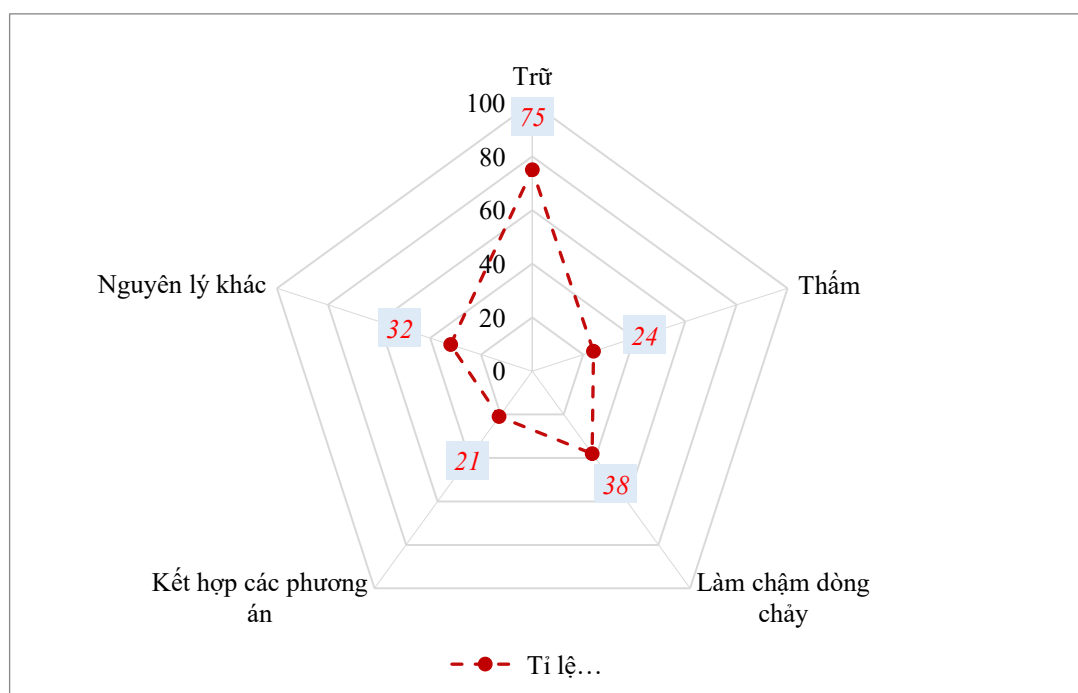
Hình 4.28 Mức độ hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa

Đối với vị trí thiết lập các giải pháp trữ nước mưa tiềm năng, nghiên cứu thăm dò ý kiến chuyên gia về 2 khu vực chính: vùng đô thị hóa cao; vùng đang đô thị hóa và vùng ven. Kết quả khảo sát cho thấy, các chuyên gia cho rằng ở khu vực đang đô thị hóa và vùng ven sẽ khả thi hơn nếu áp dụng các giải pháp trữ nước mưa so với khu vực đã đô thị hóa cao (34% so với 7%). Tuy nhiên, nếu có các giải pháp phù hợp cho từng khu vực cụ thể sẽ mang lại hiệu quả cao và khả thi hơn (trên 60%) (**Hình 4.29**).



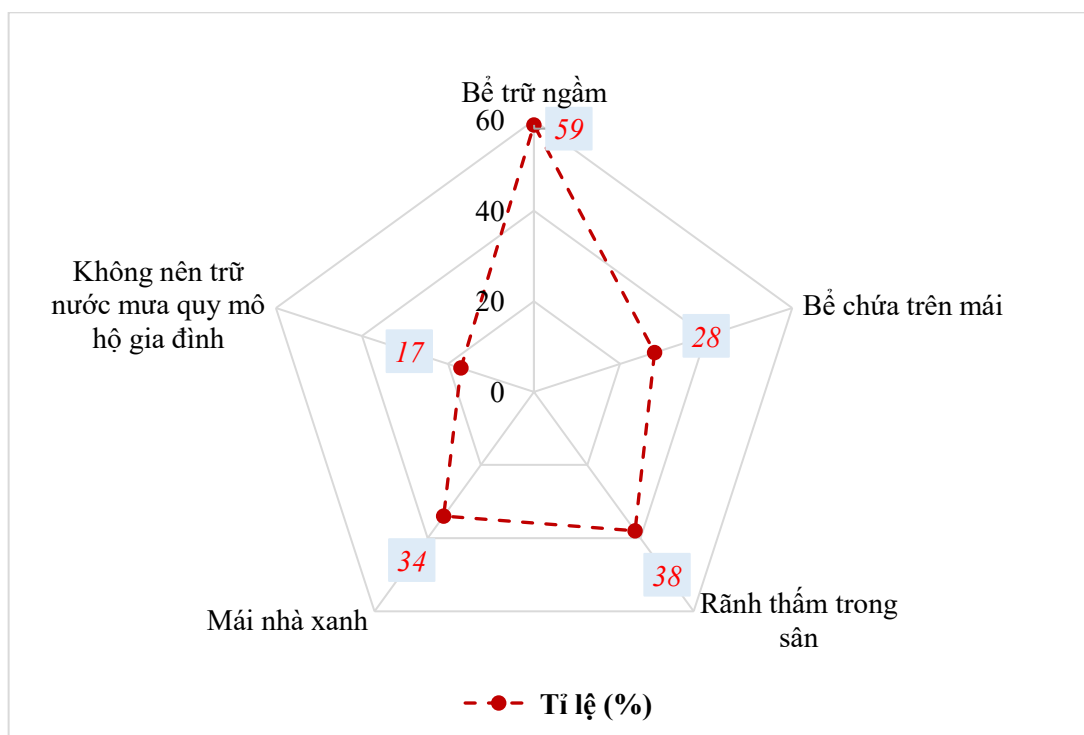
Hình 4.29 Nhận định về vị trí áp dụng tiềm năng

Về mặt nguyên lý, đa số các chuyên gia cho rằng việc áp dụng các giải pháp trữ nước mưa theo nguyên lý *Trữ* và *Làm chậm dòng chảy* sẽ phù hợp hơn cho TP.HCM, với tỷ lệ lựa chọn lần lượt là 75 % và 38 %. Trong khi các giải pháp như *Thấm* hoặc *Kết hợp* toàn bộ các giải pháp có ưu tiên thấp hơn với trung bình khoảng 22% sự lựa chọn. Đây là một phần cơ sở để nghiên cứu sẽ cân nhắc khi áp dụng các giải pháp tại TP.HCM (**Hình 4.30**).



Hình 4.30 Nhận định về nguyên lý áp dụng

Khi được tham vấn về các trữ nước quy mô hộ gia đình, các chuyên gia cho rằng nên áp dụng bể chứa ngầm (59%) và rãnh thấm trong sân (38%) thì phù hợp hơn so với các giải pháp khác như mái nhà xanh (34%) hay bể chứa trên mái (28%). Tuy nhiên, một số chuyên gia vẫn chưa đồng ý áp dụng các giải pháp trữ nước mưa quy mô gia đình (17%), có thể họ lo ngại mức độ hiệu quả và những vấn đề khác liên quan đến dịch bệnh cho người dân (**Hình 4.31**).



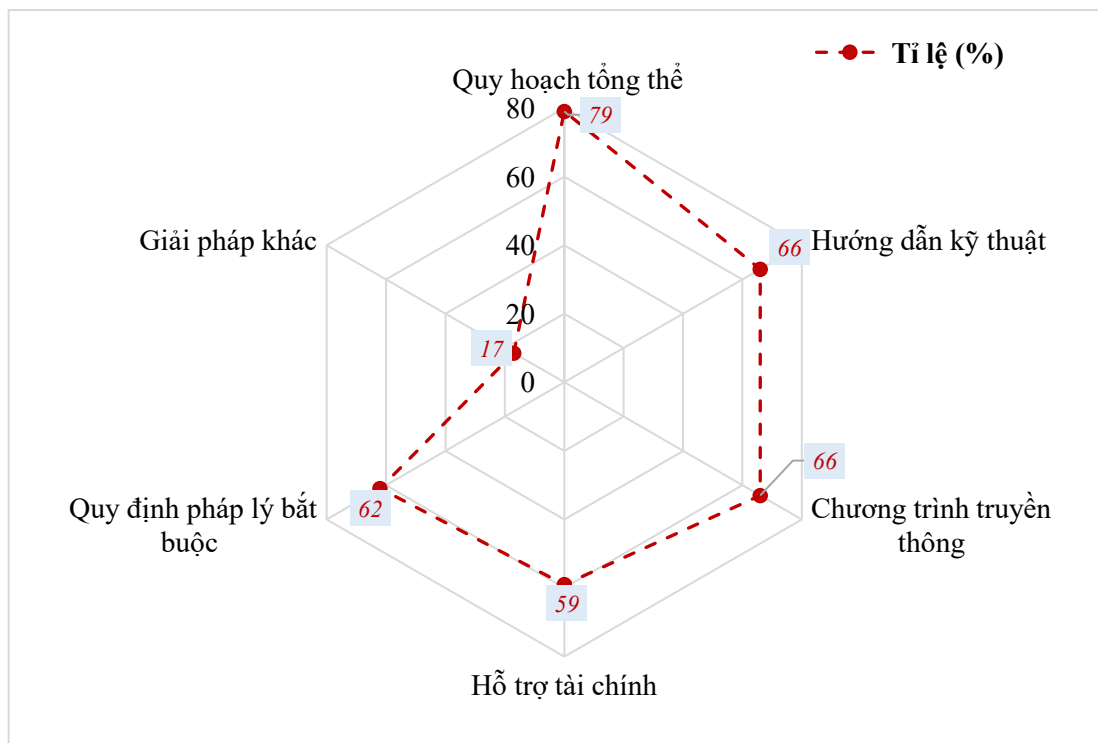
Hình 4.31 Nhận định về tính khả thi của các giải pháp

• **Nhận định về các giải pháp**

- *Các giải pháp phi công trình cần thiết để triển khai thành công*

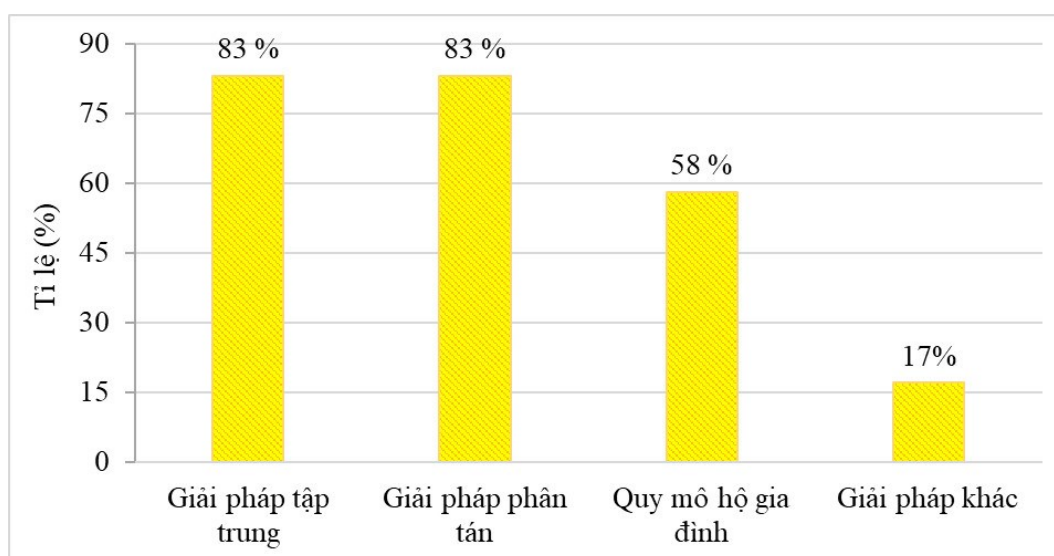
Hầu hết các chuyên gia đều cho rằng cần kết hợp các giải pháp phi công trình như: quy hoạch tổng thể, hướng dẫn kỹ thuật, truyền thông, hỗ trợ tài chính và quy định pháp lý để hỗ trợ triển khai hệ thống trữ nước mưa giảm ngập. Tuy nhiên, về mức độ ưu tiên, 79% các chuyên gia cho rằng nên thực hiện giải pháp quy hoạch tổng thể và tổ chức các chương trình truyền thông về hiệu quả của SUDS. Mối quan tâm của các chuyên gia về những giải pháp còn

lại như *Hướng dẫn kỹ thuật*, *Chương trình truyền thông*, *Hỗ trợ tài chính*, *Quy định pháp lý bắt buộc* là xấp xỉ nhau, khoảng 59% – 66% số lượng lựa chọn (**Hình 4.32**).



Hình 4.32 Nhận định về các giải pháp phi công trình

- *Quy mô áp dụng*



Hình 4.33 Nhận định về quy mô áp dụng

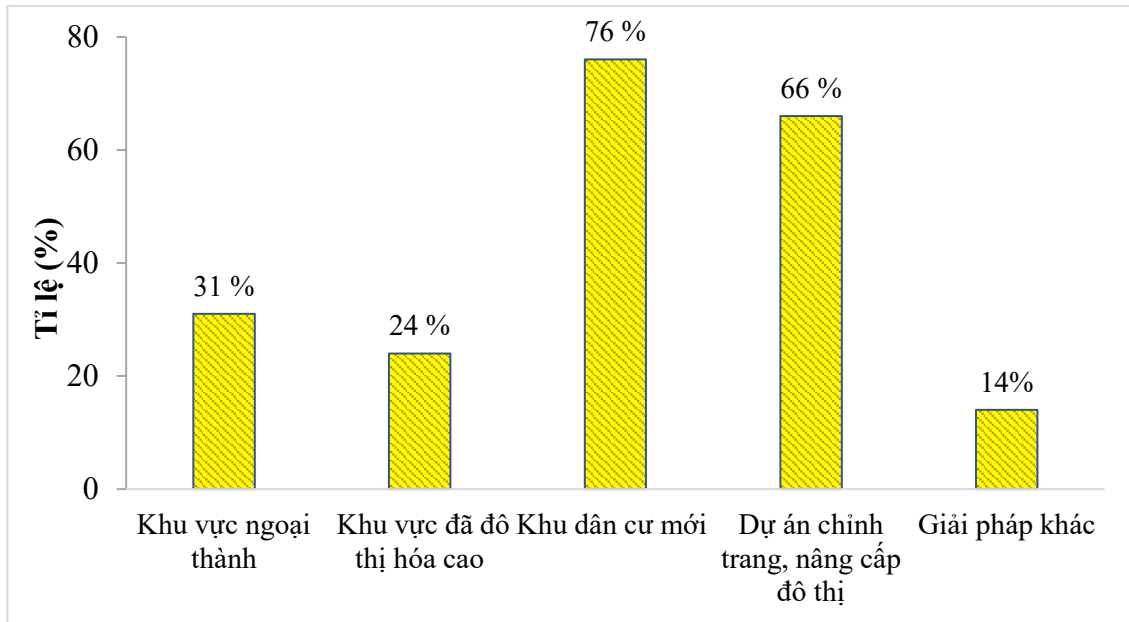
Về mặt quy mô tiếp cận, các chuyên gia nhận định rằng việc tiếp cận theo hướng trữ tập trung và phân tán sẽ mang lại hiệu quả cao (83% tỉ lệ lựa chọn cho cả hai giải pháp). Đối với quy mô hộ gia đình, chỉ khoảng 58% các chuyên gia đồng thuận.

- Tính lồng ghép

Đa số các chuyên gia (99%) cho rằng sẽ phù hợp nếu lồng ghép các giải pháp trữ nước mưa vào những dự án chỉnh trang đô thị. Trong đó, đa số các chuyên gia đồng ý rằng việc lồng ghép các giải pháp trữ nước mưa sẽ chỉ gia tăng chi phí dự án phát triển hạ tầng, chỉnh trang đô thị, khu dân cư mới ở mức độ vừa phải và chấp nhận được (75%). Các khu vực đã đô thị hóa và khu ngoại thành nhận được ít sự đồng thuận hơn với lần lượt khoảng 31 % và 24%. Mặc khác, nên có bộ hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa, với tổng 93% số ý kiến rất cần thiết và cần thiết xây dựng (**Bảng 4.13**).

Bảng 4.13 Nhận định về khả năng lồng ghép của các giải pháp trữ nước mưa

STT	Thông tin phỏng vấn	Tỉ lệ đồng thuận (%)
1	Mức độ phù hợp khi lồng ghép các giải pháp trữ nước mưa vào các dự án phát triển hạ tầng, chỉnh trang đô thị, khu dân cư mới	99 %
2	Lồng ghép các giải pháp trữ nước mưa sẽ chỉ gia tăng chi phí dự án phát triển hạ tầng, chỉnh trang đô thị, khu dân cư mới ở mức độ vừa phải	75 %
3	Sự cần thiết nên xây dựng bộ hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa	93 %



Hình 4.34 Nhận định về khả năng lồng ghép

Việc ưu tiên triển khai tại các khu dân cư mới hoặc tại các dự án chỉnh trang và nâng cấp đô thị được các chuyên gia đánh giá cao, với lần lượt là 76 % và 66 % ý kiến ủng hộ thực hiện (**Hình 4.34**).

4.7. Tiểu kết

Nội dung chương 4 đã đưa ra các kết quả minh chứng cho thấy xu hướng tăng dần điểm nút ngập khi gia tăng ĐTH, hoặc lượng mưa do BĐKH hoặc tổ hợp của chúng. Ngoài ra, các giải pháp giảm ngập thông qua tiếp cận trữ nước mưa, đánh giá tính khả thi cũng như hiệu quả của các giải pháp này thông qua phân tích SWOT và mô hình toán EPA-SWMM, hay quan điểm của cộng đồng về những giải pháp này cũng đã được đề cập.

Theo đó, về mặt định tính, các giải pháp trữ nước mưa có *điểm mạnh* về giảm ngập (giảm đỉnh dòng chảy tràn, và tổng lượng dòng chảy), nâng cao đa dạng sinh học, điều hòa vi khí hậu, tiết kiệm hơn khi áp dụng và đầu tư dài hạn. Tuy nhiên, về *điểm yếu*, các giải hệ thống trữ cần thường xuyên được bảo trì, nhiều công nghệ mới còn chưa được kiểm chứng tính hiệu quả, và một số hệ thống trữ cần không gian áp dụng (ví dụ hồ điều tiết hồ tập trung). Tham khảo

về tính hiệu quả tiềm năng của các giải pháp từ CIRIA, các giải pháp hồ điều tiết, và vĩa hè thấm có ưu điểm *Cao* trong công tác hỗ trợ giảm ngập, với chi phí bảo trì, vận hành *Thấp* đến *Trung Bình*. Đây là thông tin tham khảo hữu ích có thể áp dụng cho trường hợp TP.HCM.

Về mặt định lượng, khi áp dụng các giải pháp trữ nước mưa tập trung và phân tán cho khu vực NLTN và THLG đều cho thấy những hồ điều tiết có khả năng hỗ trợ giảm ngập cho khu vực. Ví dụ, tại NLTN, khi áp dụng bố trí trữ phân tán đã giảm ngập cho trận mưa ngày 26/11/2018 là 19,31% khi bố trí trữ phân tán cho 10% diện tích lưu vực, và giảm đến 48,31% khi bố trí cho 20% diện tích lưu vực. Các kết quả giảm ngập tương tự khi áp dụng cho kênh THLG.

Về mặt đồng thuận xã hội, người dân và các chuyên gia đều cho rằng áp dụng trữ nước mưa là phù hợp cho điều kiện TP.HCM. Cụ thể, người dân có xu hướng ủng hộ các giải pháp trữ tập trung, với 70,1% tỷ lệ đồng tình, và 59,3% người được hỏi đồng ý với giải pháp trữ phân tán. Người dân có khuynh hướng ít đồng ý áp dụng các giải pháp trữ quy mô công trình, hộ gia đình (35,1%) vì lo ngại về dịch bệnh từ côn trùng và chi phí đầu tư cao. Tương tự, các chuyên gia cũng cho rằng các giải pháp trữ nước mưa (tập trung và phân tán) có thể áp dụng khả thi tại TP.HCM, với tỷ lệ lên tới 83%. Các giải pháp trữ theo quy mô hộ gia đình ít được các chuyên gia đồng tình (58%).

Như vậy, thông qua các phân tích định tính, định lượng về hiệu quả của những giải pháp trữ cũng như thông qua ý kiến về sự đồng thuận của người dân và chuyên gia, việc áp dụng các giải pháp trữ nước mưa theo tiếp cận bền vững tại TP.HCM hoàn toàn có tiềm năng cao. Tuy nhiên, lượng nước mưa cần thiết phải trữ nên trữ là bao nhiêu, hay nên phân bố trữ như thế nào ? nhằm hỗ trợ giảm ngập cho TP.HCM. Những thông tin này sẽ được tính toán và đề cập trong nội dung Chương 5.

CHƯƠNG 5: ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA

5.1. Tóm tắt

Nội dung *Chương 5* trình bày kết quả ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho 7 vùng thoát nước bao gồm: khu phía Bắc (136,2 km²), khu Đông Bắc (64,91 km²), khu Đông Nam (119,37 km²), khu phía Tây (72,91 km²), khu Trung tâm (106,41 km²), khu phía Nam (81,74 km²), và khu giữa QH752 và dự án Trung Nam (178,89 km²). Phương pháp ước tính dung tích trữ cần thiết dựa theo đường quan hệ V-I-P và V-C-P đã được trình bày ở **Mục 3.4.4** trong *Chương 3*.

Hai đường quan hệ V-I-P và V-C-P được xây dựng dựa trên những *kịch bản tổng quát*, là tổ hợp của các yếu tố: lượng mưa (P), diện tích bề mặt không thấm (I) hoặc hệ số dòng chảy tràn (C). Từ các kịch bản tổng quát đó, nghiên cứu đề xuất 2 *kịch bản cụ thể* cho TP.HCM: (1) Kịch bản trữ nước mưa cho giai đoạn trung hạn 2040, với P = 10 năm và I ≥ 65%; (2) và kịch bản trữ nước mưa cho giai đoạn dài hạn 2060, với P = 20 năm và I ≥ 85%. Vì các mốc thời gian này phù hợp với quy hoạch chung và quy hoạch thoát nước thành phố giai đoạn 2040 và tầm nhìn 2060 đang được triển khai. Tương tự, đối với phương pháp V-C-P, nghiên cứu đề xuất 2 kịch bản cho TP.HCM là: (1) KB_{VCP1} với C = 0,55 (tham khảo theo kinh nghiệm của Singapore), P = 10 năm; (2) và KB_{VCP2}: với C = 0,7 (đề xuất cho TP.HCM), P = 10 năm. Các kết quả này được thể hiện tại **Mục 5.2**.

Ngoài ra, để xác định lượng dung tích trữ cần thiết để hệ thống thoát nước hiện trạng (giai đoạn 2015-2020) hoạt động phù hợp với thiết kế của QHSDD2025, nghiên cứu tính toán các kết quả này tại **Mục 5.2.9**.

Tiếp theo, nghiên cứu điều tra khảo sát thực địa nhằm xác định vị trí các khu vực ao/hồ, vùng trữ nước có tiềm năng bố trí trữ nước mưa tại **Mục 5.3**. Khuyến nghị vị trí trữ, lượng nước trữ cần phân bố cho từng loại giải pháp (tập

trung, phân tán, quy mô công trình, hộ gia đình) được trình bày tại **Mục 5.4**. Khuyến nghị về hành lang hứng nước mưa và dung tích có thể trữ trên sông/kênh nội đô được thể hiện tại **Mục 5.5**. Cuối cùng, những mô hình trữ nước mưa điển hình đề xuất cho TP.HCM được giới thiệu tại **Mục 5.6**.

5.2. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết

5.2.1. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng phía Bắc

Theo V-I-P, khu phía Bắc cần trữ khoảng 0,797 triệu m³ nước giai đoạn 2040 (P = 10 năm, I ≥ 65%), và khoảng 1,217 triệu m³ giai đoạn 2060. Trong trường hợp mong muốn kiểm soát hệ số dòng chảy tràn $C = 0,55/P=10$ năm, hoặc $C = 0,7/P = 10$ năm thì dung tích cần trữ cho khu vực lần lượt là 1,356 triệu m³ và 2,374 triệu m³. Kết quả chi tiết thể hiện tại **Bảng 5.1**, **Bảng 5.2**.

Bảng 5.1 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Bắc (V-I-P)

Vtrữ (triệu m ³) – V-I-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}
P5	0,686	1,000	0,50	0,73	2.743	3.999
P10	<u>0,797</u>	1,133	<u>0,58</u>	0,83	<u>3.186</u>	4.531
P20	0,866	<u>1,217</u>	0,64	<u>0,89</u>	3.464	<u>4.867</u>

Bảng 5.2 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Bắc (V-C-P)

Vtrữ (triệu m ³) - V-C-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}
P5	1,173	2,054	0,86	1,51	4.692	8.217
P10	<u>1,356</u>	<u>2,374</u>	<u>1,00</u>	<u>1,74</u>	<u>5.423</u>	<u>9.497</u>
P20	1,568	2,747	1,15	2,02	6.274	10.987

Ghi chú: Đơn giá ước tính chi phí theo thực tế: 4 triệu VNĐ/ m³ nước cần trữ, tương tự cho các trường hợp tính toán các khu vực thoát nước khác.

Khi xem xét tỷ lệ diện tích cần bố trí cho khu phía Bắc, với giả định mỗi khu vực bố trí trữ nước có độ sâu 1m, thì vùng sẽ cần sử dụng khoảng 0,58% và 0,89% diện tích, lần lượt cho kịch bản ngắn hạn 2040 và dài hạn 2060 (theo V-I-P). Nếu tính theo V-C-P, thì cần thiết phải sử dụng khoảng 1,00% đến 1,74% diện tích của khu vực để bố trí trữ nước theo kịch bản $C = 0,55$ hoặc $0,7$ ($P = 10$ năm).

Chi phí để điều tiết lượng nước trữ tại khu vực phía Bắc, cần kinh phí từ 3 nghìn tỷ đồng đến hơn 9 nghìn tỷ đồng, tùy vào kịch bản dựa trên V-I-P hoặc V-C-P. Chi tiết tính toán tại **Bảng 5.1, Bảng 5.2.**

5.2.2. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng phía Tây

Theo V-I-P, khu phía Tây cần trữ khoảng 0,6 triệu m³ nước giai đoạn 2040 ($P = 10$ năm, $I \geq 65\%$), và khoảng 1,182 triệu m³ giai đoạn 2060. Trong trường hợp mong muốn kiểm soát hệ số dòng chảy tràn $C = 0,55/P=10$ năm, hoặc $C = 0,7/P = 10$ năm thì dung tích cần trữ cho khu vực lần lượt là 0,6 triệu m³ và 1 triệu m³. Các kết quả chi tiết được thể hiện tại **Bảng 5.3, Bảng 5.4.**

Bảng 5.3 Ước lượng diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Tây (V-I-P)

V trữ (triệu m ³) – V-I-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}
P5	0,546	1,014	0,75	1,39	2.185	4.054
P10	0,600	1,097	0,82	1,51	2.399	4.390
P20	0,655	1,182	0,90	1,62	2.620	4.727

Bảng 5.4 Ước lượng diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Tây (V-C-P)

V trữ (triệu m ³) - V-C-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}
P5	0,520	0,868	0,71	1,19	2.081	3.470
P10	0,601	1,003	0,82	1,38	2.405	4.011
P20	0,696	1,160	0,95	1,59	2.783	4.640

Khi xem xét tỷ lệ diện tích cần bố trí cho khu phía Tây, với giả định mỗi khu vực bố trí trữ nước có độ sâu 1m, thì vùng sẽ cần sử dụng khoảng 0,82% và 1,62% diện tích, lần lượt cho kịch bản ngắn hạn 2040 và dài hạn 2060 (theo V-I-P). Nếu tính theo V-C-P, thì cần thiết phải sử dụng khoảng 0,82% đến 1,38% diện tích của khu vực để bố trí trữ nước theo kịch bản $C = 0,55$ hoặc $0,7$ ($P = 10$ năm).

Chi phí để điều tiết lượng nước trữ tại khu phía Tây cần khoảng 2 nghìn tỷ đồng đến khoảng 4,7 nghìn tỷ đồng, tùy vào kịch bản theo V-I-P hoặc V-C-P. Các kết quả tính toán chi phí cần thiết theo kịch bản V-I-P, V-C-P được thể hiện chi tiết tại **Bảng 5.3, Bảng 5.4**.

5.2.3. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng phía Nam

Theo V-I-P, khu phía Nam cần trữ khoảng 1,137 triệu m^3 nước giai đoạn 2040 ($P = 10$ năm, $I \geq 65\%$), và khoảng 2,007 triệu m^3 giai đoạn 2060. Trong trường hợp mong muốn kiểm soát hệ số dòng chảy tràn $C = 0,55/P=10$ năm, hoặc $C = 0,7/P = 10$ năm thì dung tích cần trữ cho khu vực lần lượt là 1,153 triệu m^3 và 1,821 triệu m^3 (**Bảng 5.5, Bảng 5.6**).

Bảng 5.5 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Nam (V-I-P)

V trữ (triệu m^3) – V-I-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}
P5	1,035	1,711	1,27	2,09	4.142	6.844
P10	<u>1,137</u>	1,858	<u>1,39</u>	2,27	<u>4.549</u>	7.431
P20	1,243	<u>2,007</u>	1,52	<u>2,46</u>	4.971	<u>8.028</u>

Bảng 5.6 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng phía Nam (V-C-P)

Vtrữ (triệu m ³) - V-C-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}
P5	0,998	1,576	1,22	1,93	3.991	6.302
P10	<u>1,153</u>	<u>1,821</u>	<u>1,41</u>	<u>2,23</u>	<u>4.613</u>	<u>7.284</u>
P20	1,334	2,107	1,63	2,58	5.336	8.427

Khi xem xét tỷ lệ diện tích cần bố trí cho khu phía Nam, với giả định mỗi khu vực bố trí trữ nước có độ sâu 1m, thì vùng sẽ cần sử dụng khoảng 1,39% và 2,46% diện tích, lần lượt cho kịch bản ngắn hạn 2040 và dài hạn 2060 (theo V-I-P). Nếu tính theo V-C-P, thì cần thiết phải sử dụng khoảng 1,41% đến 2,23% diện tích của khu vực để bố trí trữ nước theo kịch bản $C = 0,55$ hoặc $0,7$ ($P = 10$ năm).

Chi phí để điều tiết lượng nước trữ tại khu phía Nam cần khoảng 4,5 nghìn tỷ đồng đến khoảng 8 nghìn tỷ đồng, tùy vào kịch bản theo V-I-P hoặc V-C-P. Các kết quả tính toán chi phí cần thiết theo kịch bản V-I-P, V-C-P được thể hiện chi tiết tại **Bảng 5.5, Bảng 5.6**.

5.2.4. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng Trung tâm

Theo V-I-P, khu Trung tâm cần trữ khoảng 1,387 triệu m³ nước giai đoạn 2040 ($P = 10$ năm, $I \geq 65\%$), và khoảng 1,803 triệu m³ giai đoạn 2060. Trong trường hợp mong muốn kiểm soát hệ số dòng chảy tràn $C = 0,55/P=10$ năm, hoặc $C = 0,7/P = 10$ năm thì dung tích cần trữ cho khu vực lần lượt là 0,4 triệu m³ và 0,659 triệu m³ (**Bảng 5.7, Bảng 5.8**).

Bảng 5.7 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng Trung tâm (V-I-P)

Vtrữ (triệu m ³) – V-I-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}
P5	1,333	1,686	1,25	1,58	5.334	6.745
P10	<u>1,387</u>	1,747	<u>1,30</u>	1,64	<u>5.547</u>	6.988
P20	1,436	<u>1,803</u>	1,35	<u>1,69</u>	5.742	<u>7.213</u>

Bảng 5.8 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng Trung Tâm (V-C-P)

Vtrữ (triệu m ³) - V-C-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}
P5	0,346	0,570	0,33	0,54	1.386	2.282
P10	<u>0,400</u>	<u>0,659</u>	<u>0,38</u>	<u>0,62</u>	<u>1.601</u>	<u>2.637</u>
P20	0,463	0,763	0,44	0,72	1.853	3.051

Khi xem xét tỷ lệ diện tích cần bố trí cho khu Trung tâm, với giả định mỗi khu vực bố trí trữ nước có độ sâu 1m, thì vùng sẽ cần sử dụng khoảng 1,30% và 1,69% diện tích, lần lượt cho kịch bản ngắn hạn 2040 và dài hạn 2060 (theo V-I-P). Nếu tính theo V-C-P, thì cần thiết phải sử dụng khoảng 0,38% đến 0,62% diện tích của khu vực để bố trí trữ nước theo kịch bản C = 0,55 hoặc 0,7 (P = 10 năm).

Chi phí để điều tiết lượng nước trữ tại khu phía Trung tâm cần khoảng 1,6 nghìn tỷ đồng đến khoảng 7,2 nghìn tỷ đồng, tùy vào kịch bản theo V-I-P hoặc V-C-P. Các kết quả tính toán chi phí cần thiết theo kịch bản V-I-P, V-C-P được thể hiện chi tiết tại **Bảng 5.7**, **Bảng 5.8**.

5.2.5. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng Đông Bắc

Theo V-I-P, khu vực Đông Bắc cần trữ khoảng 0,284 triệu m³ nước giai đoạn 2040 (P = 10 năm, I ≥ 65%), và khoảng 0,694 triệu m³ giai đoạn 2060. Trong trường hợp mong muốn kiểm soát hệ số dòng chảy tràn C = 0,55/P=10 năm, hoặc C = 0,7/P = 10 năm thì dung tích cần trữ cho khu vực lần lượt là 0,277 triệu m³ và 0,437 triệu m³ (**Bảng 5.9, Bảng 5.10**).

Bảng 5.9 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng Đông Bắc (V-I-P)

Vtrữ (triệu m ³) – V-I-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}
P5	0,271	0,639	0,42	0,98	1.084	2.555
P10	0,284	0,667	0,44	1,03	1.137	2.670
P20	0,296	0,694	0,46	1,07	1.186	2.776

Bảng 5.10 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng Đông Bắc (V-C-P)

Vtrữ (triệu m ³) - V-C-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}
P5	0,240	0,378	0,37	0,58	958	1.513
P10	0,277	0,437	0,43	0,67	1.108	1.749
P20	0,320	0,506	0,49	0,78	1.281	2.023

Khi xem xét tỷ lệ diện tích cần bố trí cho khu Đông Bắc, với giả định mỗi khu vực bố trí trữ nước có độ sâu 1m, thì vùng sẽ cần sử dụng khoảng 0,44% và 1,07% diện tích, lần lượt cho kịch bản ngắn hạn 2040 và dài hạn 2060 (theo V-I-P). Nếu tính theo V-C-P, thì cần thiết phải sử dụng khoảng 0,43% đến 0,67% diện tích của khu vực để bố trí trữ nước theo kịch bản C = 0,55 hoặc 0,7 (P = 10 năm).

Chi phí để điều tiết lượng nước trữ tại khu phía Trung tâm cần khoảng 1 nghìn tỷ đồng đến khoảng 2,8 nghìn tỷ đồng, tùy vào kịch bản theo V-I-P hoặc V-C-P. Các kết quả tính toán chi phí cần thiết theo kịch bản V-I-P, V-C-P được thể hiện chi tiết tại **Bảng 5.9, Bảng 5.10**.

5.2.6. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng phía Đông Nam

Theo V-I-P, khu vực Đông Nam có thể điều tiết khoảng 1,307 triệu m³ nước giai đoạn 2040 (P = 10 năm, I ≥ 65%), và khoảng 2,855 triệu m³ giai đoạn 2060. Trong trường hợp mong muốn kiểm soát hệ số dòng chảy tràn $C = 0,55/P=10$ năm, hoặc $C = 0,7/P = 10$ năm thì có thể điều tiết cho khu vực lần lượt là 1,267 triệu m³ và 1,982 triệu m³ (**Bảng 5.11, Bảng 5.12**)

Bảng 5.11 Ước lượng diện tích bố trí và chi phí cho vùng Đông Nam (V-I-P)

Vtrữ (triệu m ³) – V-I-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}
P5	1,216	2,560	1,02	2,14	4.866	10.239
P10	1,307	2,716	1,10	2,28	5.229	10.864
P20	1,391	2,855	1,16	2,39	5.562	11.418

Bảng 5.12 Ước lượng diện tích bố trí và chi phí cho vùng Đông Nam (V-C-P)

Vtrữ (triệu m ³) - V-C-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}
P5	1,096	1,715	0,92	1,44	4.383	6.859
P10	1,267	1,982	1,06	1,66	5.066	7.927
P20	1,465	2,293	1,23	1,92	5.861	9.171

Khi xem xét tỷ lệ diện tích cần bố trí cho khu Đông Nam, với giả định mỗi khu vực bố trí trữ nước có độ sâu 1m, thì vùng sẽ cần sử dụng khoảng 1,10% và 2,39% diện tích, lần lượt cho kịch bản ngắn hạn 2040 và dài hạn 2060 (theo

V-I-P). Nếu tính theo V-C-P, thì cần thiết phải sử dụng khoảng 1,06% đến 1,66% diện tích của khu vực để bố trí trữ nước theo kích bản $C = 0,55$ hoặc $0,7$ ($P = 10$ năm).

Chi phí để điều tiết lượng nước trữ tại khu phía Trung tâm cần khoảng 5 nghìn tỷ đồng đến khoảng 11 nghìn tỷ đồng, tùy vào kích bản theo V-I-P hoặc V-C-P. Các kết quả tính toán chi phí cần thiết theo kích bản V-I-P, V-C-P được thể hiện chi tiết tại **Bảng 5.11**, **Bảng 5.12**.

5.2.7. Ước lượng dung tích trữ nước mưa cần thiết cho vùng nằm giữa dự án kiểm soát triều Trung Nam và QH752

Theo V-I-P, khu vực giữa QH752 và Trung Nam cần trữ khoảng 4,817 triệu m^3 nước giai đoạn 2040 ($P = 10$ năm, $I \geq 65\%$), và khoảng 7,538 triệu m^3 giai đoạn 2060. Trong trường hợp mong muốn kiểm soát hệ số dòng chảy tràn $C = 0,55/P=10$ năm, hoặc $C = 0,7/P = 10$ năm thì dung tích cần cho khu vực lần lượt là 4,922 triệu m^3 và 7,370 triệu m^3 (**Bảng 5.13**, **Bảng 5.14**).

Bảng 5.13 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng giữa QH752 và Trung Nam (V-I-P)

V trữ (triệu m^3) – V-I-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	$I_{65\%}$	$I_{85\%}$	$I_{65\%}$	$I_{85\%}$	$I_{65\%}$	$I_{85\%}$
P5	4,253	6,141	2,38	3,44	17.012	24.562
P10	4,817	6,855	2,69	3,83	19.267	27.418
P20	5,360	7,538	3,00	4,22	21.439	30.151

Bảng 5.14 Ước lượng dung tích trữ cần thiết, diện tích bố trí và chi phí cho vùng giữa QH752 và Trung Nam (V-C-P)

V trữ (triệu m^3) - V-C-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	$C_{0,55}$	$C_{0,70}$	$C_{0,55}$	$C_{0,70}$	$C_{0,55}$	$C_{0,70}$
P5	4,258	6,377	2,38	3,57	17.033	25.507

Vtrữ (triệu m ³) - V-C-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}
P10	<u>4,922</u>	<u>7,370</u>	<u>2,75</u>	<u>4,12</u>	<u>19.687</u>	<u>29.481</u>
P20	5,694	8,527	3,19	4,77	22.776	34.106

Khi xem xét tỷ lệ diện tích cần bố trí cho khu QH752 và Trung Nam, với giả định mỗi khu vực bố trí trữ nước có độ sâu 1m, thì vùng sẽ cần sử dụng khoảng 2,69% và 4,22% diện tích, lần lượt cho kịch bản ngắn hạn 2040 và dài hạn 2060 (theo V-I-P). Nếu tính theo V-C-P, thì cần thiết phải sử dụng khoảng 2,75% đến 4,12% diện tích của khu vực để bố trí trữ nước theo kịch bản C = 0,55 hoặc 0,7 (P = 10 năm).

Chi phí để điều tiết lượng nước trữ tại khu phía Trung tâm cần khoảng 19 nghìn tỷ đồng đến khoảng 30 nghìn tỷ đồng, tùy vào kịch bản theo V-I-P hoặc V-C-P. Các kết quả tính toán chi phí cần thiết theo kịch bản V-I-P, V-C-P được thể hiện chi tiết tại **Bảng 5.13**, **Bảng 5.14**.

5.2.8. Tổng hợp ước tính dung tích trữ nước cho toàn bộ vùng nghiên cứu

• Kết quả tính toán theo phương pháp đường cong V-I-P

Bảng 5.15 Ước lượng dung tích trữ, diện tích cần bố trí và chi phí thực hiện toàn vùng nghiên cứu (V-I-P)

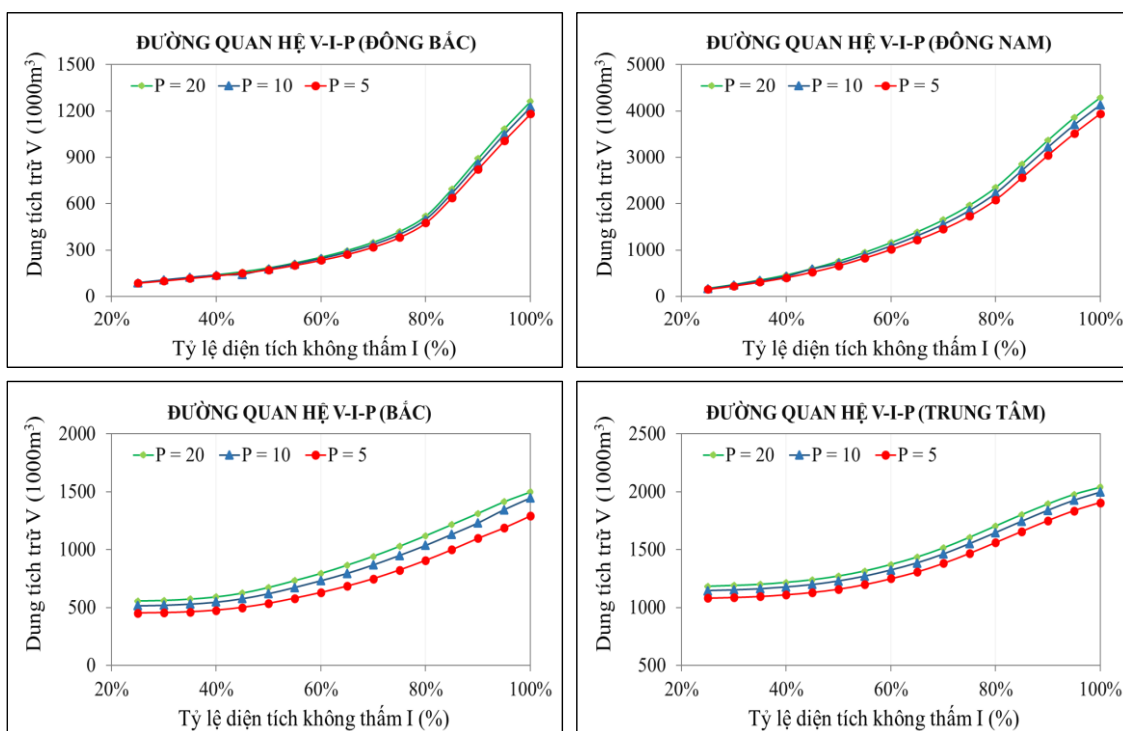
Vtrữ (triệu m ³) – V-I-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}	I _{65%}	I _{85%}
P5	9,341	14,749	1,23	1,94	37.365	58.998
P10	<u>10,329</u>	16,073	<u>1,36</u>	2,11	<u>41.314</u>	64.292
P20	11,246	<u>17,295</u>	1,48	<u>2,27</u>	44.985	<u>69.179</u>

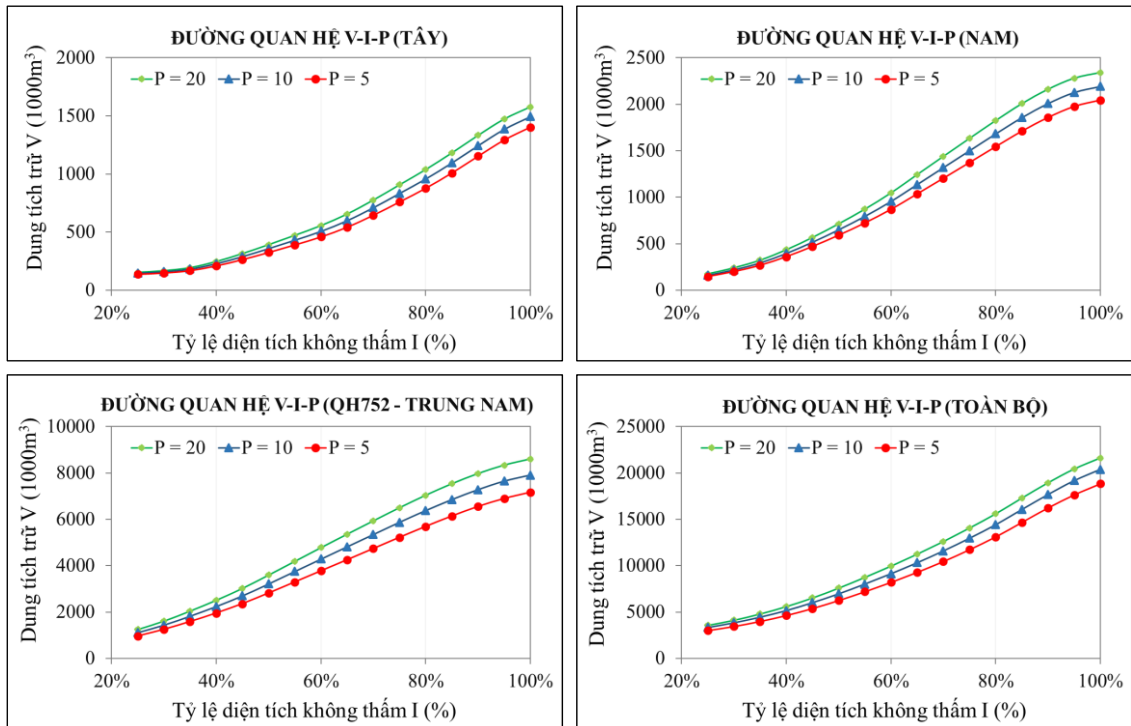
Nhìn chung, dung tích trữ cần thiết tại các vùng nghiên cứu đều tăng khi gia tăng tỷ lệ diện tích không thấm và lượng mưa. Ứng với giai đoạn trung hạn 2040 (KB1: P₁₀, I_{65%}), tổng dung tích trữ cần thiết cho toàn vùng vào khoảng

10,329 triệu m³, và tăng đến hơn 17,295 triệu m³ đối với giai đoạn dài hạn 2060 (KB2: P₂₀, I_{85%}), chi tiết tại **Bảng 5.15**.

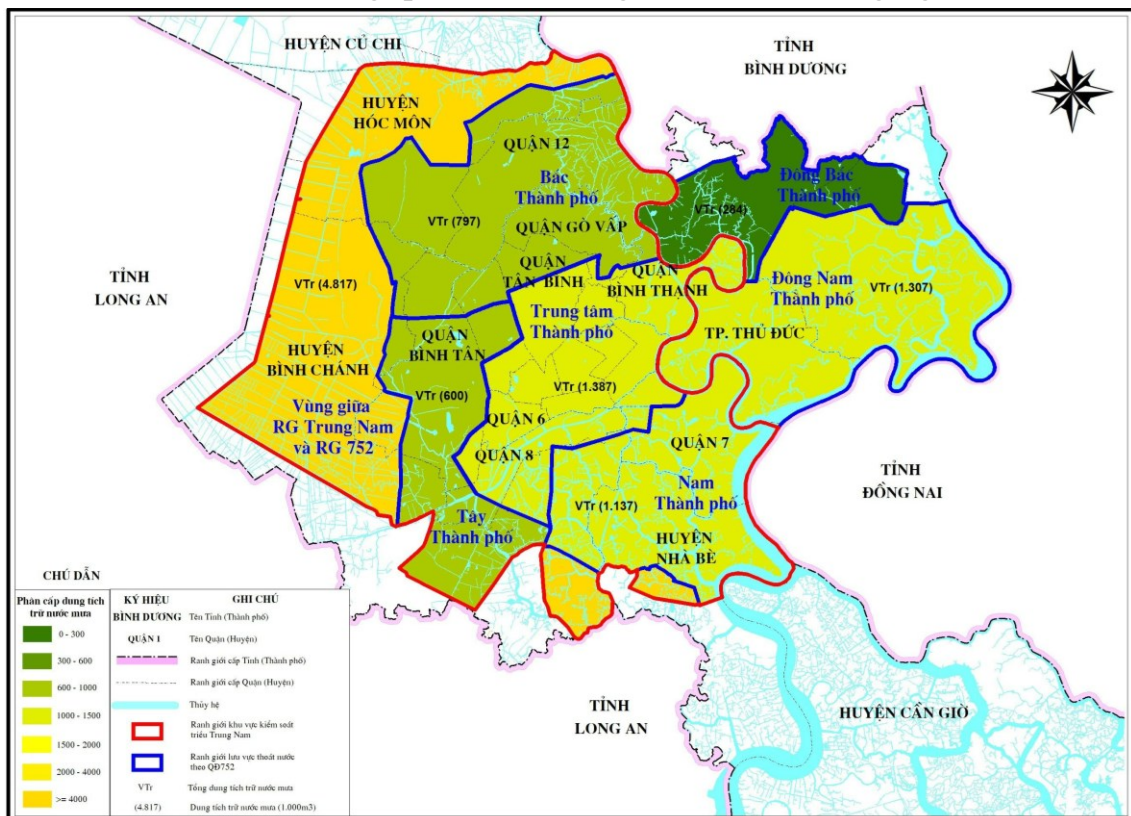
Trường hợp cần bố trí trữ nước với giả định mỗi giải pháp trữ có độ sâu 1m thì cần diện tích cần sử dụng cho toàn vùng chỉ chiếm từ 1,36% đến 2,27% (theo kịch bản P10/I_{65%} và P20/I_{85%}). Tuy nhiên, đối với kinh phí để giải quyết vấn đề trữ nước, cần một nguồn kinh phí rất lớn vào khoảng 41 nghìn tỷ đồng đến khoảng hơn 69 nghìn tỷ đồng (**Bảng 5.15**). Đây cũng là rào cản chung mà các nước trên thế giới đều gặp phải khi thực hiện các giải pháp trữ nước mưa hỗ trợ HTTN [99],[100], [101], [102].

Kết quả ước tính dung tích trữ theo V-I-P được thể hiện tại **Hình 5.1**, và phân bố không gian dung tích trữ nước cho 7 khu thoát nước tại **Hình 5.2**





Hình 5.1 Đường quan hệ V-I-P giữa các tiểu vùng nghiên cứu



Hình 5.2 Dung tích trữ cho 7 vùng thoát nước theo V-I-P (P=10 năm/I \geq 65%)

Xét phân bố không gian, các khu vực phía Trung tâm, khu Đông Bắc, khu Tây, khu Bắc thành phố cần trữ khoảng 0,3 triệu m³ đến 1,3 triệu m³ (ví dụ cho KB1: P=10 năm/I \geq 65%), thấp hơn các khu vực như phía Nam, Đông Nam, hoặc khu giữa QH752 và Trung Nam (cần trữ khoảng 1,2 triệu m³– hơn 4,9 triệu m³). Vì theo QHSDĐ2025, các khu vực trung tâm TP.HCM có mật độ xây dựng cao, bề mặt không thấm lớn hơn các khu vực khác. Trong khi đó, bề mặt không thấm theo các kịch bản được lựa chọn (I \geq 65%/ I \geq 85%) đã xấp xỉ tại các vùng này. Do đó dung tích cần trữ nước tại các vùng này thấp, để hệ thống phát triển như quy hoạch. Ngược lại, khu giữa QH752 và Trung Nam, được quy hoạch với yêu cầu diện tích không thấm lớn, mật độ công trình bê tông phải thấp, nên dung tích trữ cần thiết lớn để đảm bảo hệ thống hoạt động theo quy hoạch.

• **Kết quả tính toán theo phương pháp đường cong V-C-P**

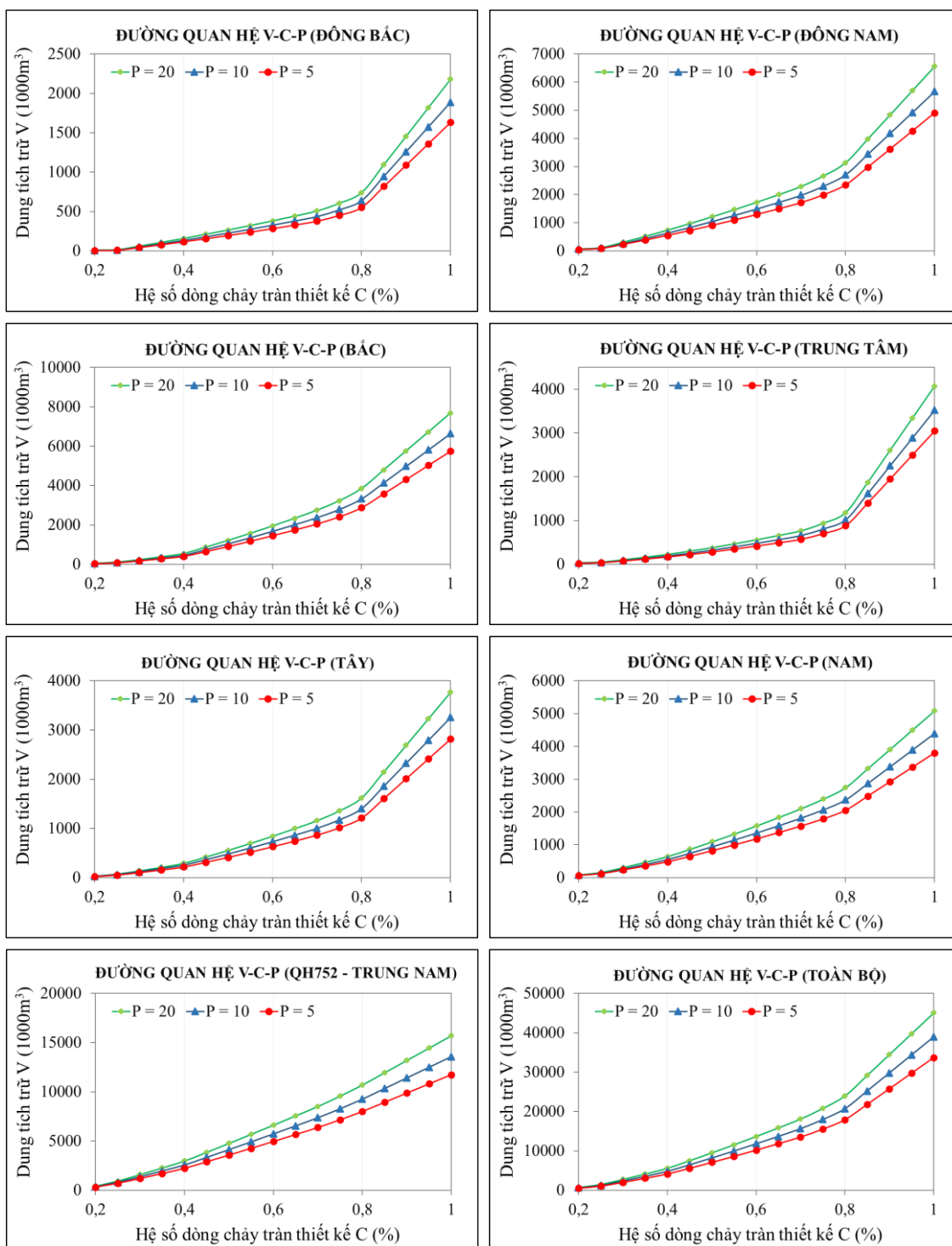
Trong trường hợp, nếu TP.HCM kiểm soát dòng chảy tràn theo kinh nghiệm của Singapore với hệ số C = 0,55, thì ước tính dung tích trữ cho toàn vùng nghiên cứu vào khoảng 9,976 triệu m³ (P = 10 năm). Hoặc với kịch bản C = 0,7/P=10 năm thì lượng nước cần trữ khoảng 15,647 triệu m³ (**Bảng 5.16**).

Bảng 5.16 Ước lượng dung tích trữ, diện tích cần bố trí và chi phí thực hiện toàn vùng nghiên cứu (V-C-P)

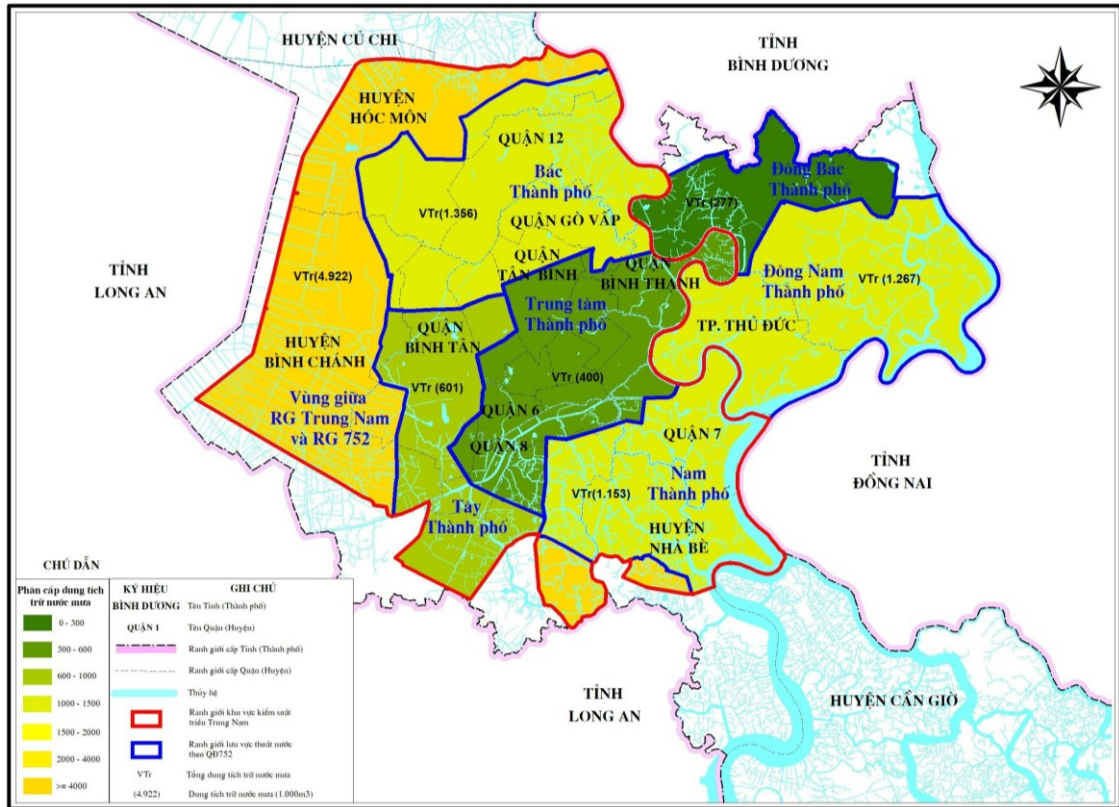
V trữ (triệu m ³) - V-C-P			Tỷ lệ (%) diện tích cần trữ (ước lượng cho độ sâu 1m)		Chi phí (tỷ đồng)	
Tần suất	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}	C _{0,55}	C _{0,70}
P5	8,631	13,538	1,14	1,78	34.524	54.152
P10	<u>9,976</u>	<u>15,647</u>	<u>1,31</u>	<u>2,06</u>	<u>39.904</u>	<u>62.588</u>
P20	11,541	18,101	1,52	2,38	46.164	72.404

Về mặt diện tích cần bố trí, cần sử dụng từ khoảng 1,31% đến 2,06% cho các kịch bản lựa chọn. Như vậy là diện tích cần bố trí là khá nhỏ, TP.HCM có khả năng phân bổ diện tích để thực hiện các giải pháp trữ nước.

Kết quả ước tính dung tích trữ theo V-C-P được thể hiện tại **Hình 5.3**, và phân bố không gian dung tích trữ nước cho 7 khu thoát nước tại **Hình 5.4**.



Hình 5.3 Đường quan hệ V-C-P giữa các tiểu vùng nghiên cứu



Hình 5.4 Dung tích trữ cho 7 vùng thoát nước theo V-C-P ($P=10$ năm/ $C=0,55$)

Về mặt không gian, các khu vực phía Trung tâm, khu Đông Bắc, khu Tây thành phố có dung tích cần trữ khoảng 0,3 triệu m^3 đến 0,6 triệu m^3 (ví dụ cho KB: $P=10$ năm/ $C=0,55$ như **Hình 5.4**), thấp hơn so với các khu vực như phía Nam, Đông Nam, phía Bắc hoặc khu giữa QH752 và Trung Nam (cần trữ khoảng 1,2 triệu m^3 – hơn 4,9 triệu m^3). Điều này được lý giải vì khi thiết kế hệ thống dựa trên QHSDĐ2025, hệ số chảy tràn các khu vực vùng ngoài như khu giữa QH752 và Trung Nam, khu Nam, khu Bắc yêu cầu về hệ số dòng chảy tràn phải thấp, quy hoạch các khu vực này có mức độ ĐTH thấp so với các khu vực Trung tâm nội thành. Trong khi đó, hệ số dòng chảy theo các kịch bản được lựa chọn ($C=0,55/C=0,7$) cao hơn tại các vùng này. Do đó cần dung tích trữ nước lớn hơn để đảm bảo hệ số dòng chảy theo kịch bản trở về thấp như quy hoạch. Ngược lại, khu vực Trung tâm được quy hoạch với hệ số dòng chảy tràn từ trung bình đến cao, nên dung tích trữ cần thiết để đảm bảo hệ thống thoát nước hoạt động theo quy hoạch không quá cao.

5.2.9. Ước lượng dung tích cần điều tiết để hệ thống hiện trạng hoạt động theo đúng thiết kế dựa trên quy hoạch

Với tốc độ đô thị hóa cao như hiện nay, diện tích bề mặt không thấm hoặc hệ số dòng chảy tràn hiện trạng một số khu vực đã vượt mức so với QH2025. Để hệ thống hiện trạng hoạt động đúng như quy hoạch thì cần phải bổ sung dung tích trữ là bao nhiêu? Vì vậy, dung tích trữ cần thiết này sẽ được ước tính theo phương pháp V-I-P và V-C-P đã được trình tại *Chương 3, Mục 3.4.4.4*.

Kết quả cho thấy, toàn vùng nghiên cứu cần trữ khoảng 2,41 triệu m³ (V-I-P), xấp xỉ 2,65 triệu m³ (tính theo V-C-P). Và cần sử dụng bình quân khoảng 0,3% diện tích để bố trí trữ nước, với kinh phí khoảng 10 nghìn tỷ đồng.

Hiện nay các khu vực phía Đông Bắc, Đông Nam, khu Nam có xu thế phát triển phù hợp với quy hoạch. Trong khi các khu vực như khu Bắc, khu Tây, khu giữa QH752 và Trung Nam, mà đặc biệt là khu Trung Tâm đang phát triển quá mức cho phép. Cụ thể, khu vực Trung tâm TP.HCM cần phải điều tiết nhiều nhất, với khoảng 1,15 triệu m³ (V-C-P), hoặc 1,59 triệu m³ (V-I-P). Ngược lại, khu vực Đông Bắc và Đông Nam (TP. Thủ Đức), khu Nam (khu vực huyện Nhà Bè) cần mức độ điều tiết thấp hơn, khoảng 0,03 triệu m³ đến 0,15 triệu m³, chi tiết tại **Bảng 5.17**.

Bảng 5.17 Dung tích trữ cần thiết để hệ thống thoát nước hiện trạng hoạt động theo thiết kế dựa trên quy hoạch

TT	Tên khu vực	V-I-P			V-C-P		
		Vtr (triệu m ³)	Tỷ lệ (%)	Chi phí (tỷ đồng)	Vtr (triệu m ³)	Tỷ lệ (%)	Chi phí (tỷ đồng)
1	Trung Tâm	1,59	1,49	6.354	1,15	1,08	4.608
2	Khu Bắc	0,35	0,25	1.384	0,40	0,30	1.609
3	Nằm giữa QH752& Trung Nam	0,14	0,08	556	0,29	0,16	1.179
4	Khu Tây	0,14	0,19	542	0,30	0,41	1.186

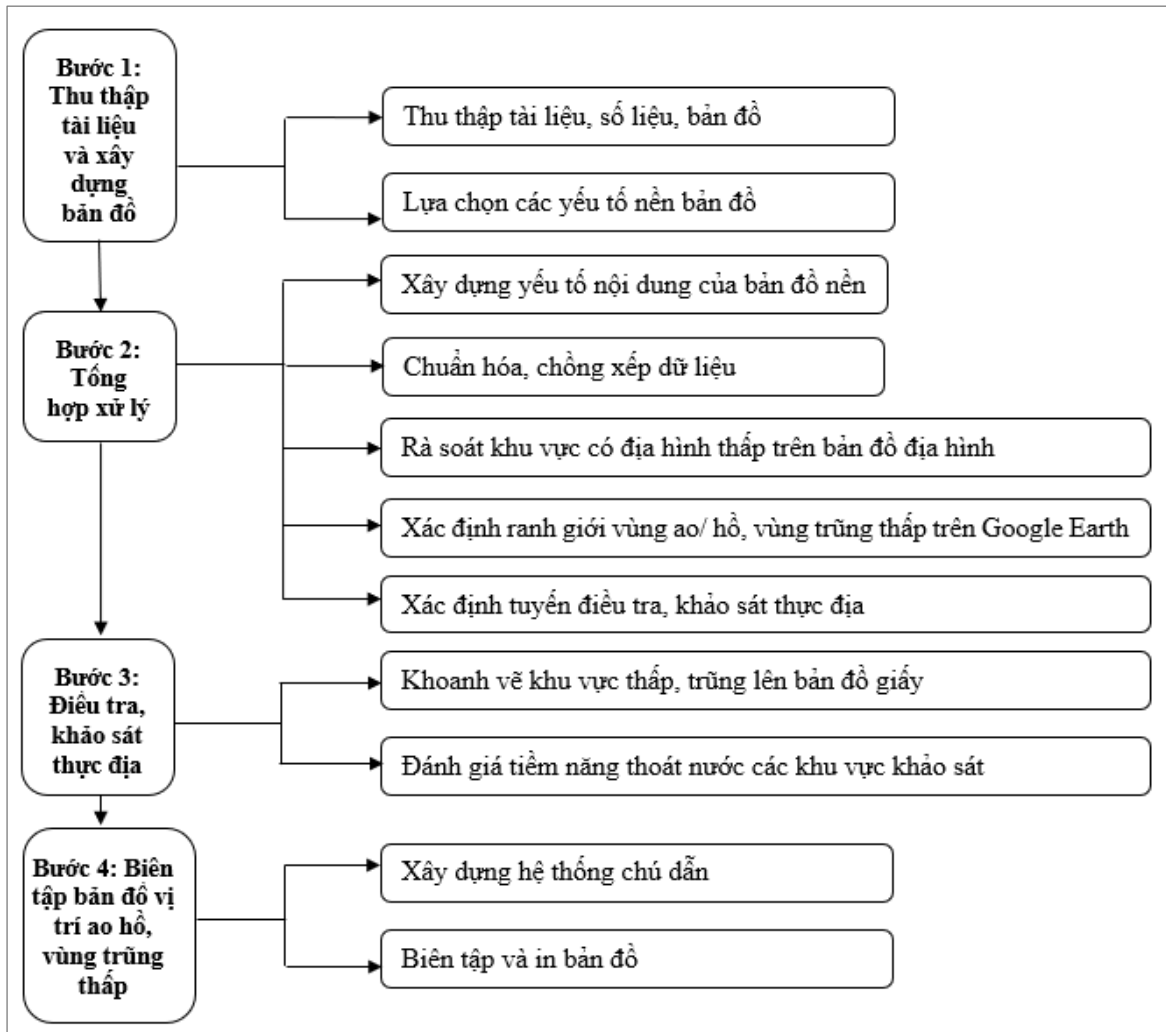
TT	Tên khu vực	V-I-P			V-C-P		
		Vtr (triệu m ³)	Tỷ lệ (%)	Chi phí (tỷ đồng)	Vtr (triệu m ³)	Tỷ lệ (%)	Chi phí (tỷ đồng)
5	Khu Nam	0,12	0,14	480	0,23	0,28	929
6	Khu Đông Nam	0,03	0,03	131	0,12	0,10	500
7	Khu Đông Bắc	0,06	0,09	232	0,15	0,23	597
8	Toàn vùng	2,41	0,32	9.679	2,65	0,35	10.608

5.3. Xác định các khu vực trũng thấp và ao hồ hiện hữu có khả năng trữ nước mưa

Sau khi ước lượng được dung tích cần trữ cần thiết cho các vùng thoát nước, nghiên cứu tiếp tục tiến hành phân bổ lượng nước cần trữ thông qua các giải pháp trữ tập trung, trữ phân tán, hoặc trữ trên sông/kênh. Tuy nhiên, cần thiết phải xác định các khu vực ao/hồ và vùng trũng thấp hiện hữu có tiềm năng trữ nước ngoài thực tế. Do đó, nhóm nghiên cứu tiến hành điều tra khảo sát thực địa để xác định các vị trí này. Những kết quả khảo sát thực địa và tính toán khuyến nghị phân bổ không gian trữ nước cho 7 vùng nghiên cứu được thể hiện trong các nội dung sau đây.

5.3.1. Mô tả phương pháp xác định các vùng trũng thấp và ao hồ hiện hữu có khả năng trữ nước mưa

Các khu vực có tiềm năng trữ nước mưa gồm ao, hồ hiện hữu, các vùng trũng thấp (cục bộ của khu vực) được khảo sát thống kê. Trình tự thực hiện như sau:



Hình 5.5 Sơ đồ trình tự thực hiện xây dựng bản đồ vị trí ao, hồ các vùng trũng thấp

5.3.2. Thống kê các khu vực trũng thấp có khả năng trữ nước mưa

Nhóm thực hiện đề tài tiến thành khảo sát và thống kê được khoảng 139/205 vị trí vùng trũng thấp, với gần 5.900 ha trong khu vực nghiên cứu có tiềm năng trữ nước mưa. Dù số lượng không nhiều nhưng những khu vực thấp trũng này lại rất rộng lớn, là nơi có địa hình thấp, hoặc còn sản xuất nông nghiệp, hoặc bỏ hoang, là đất bằng chưa sử dụng. Vùng này tập trung chủ yếu tại các Quận, huyện ngoại thành như Nhà Bè, Bình Chánh, Bình Tân, TP. Thủ Đức,...

Bảng 5.18 Bảng tổng hợp các khu vực trũng thấp

STT	Quận (Huyện)	Vùng đã khảo sát	Diện tích (ha)	Vùng chưa tiếp cận	Diện tích (ha)
1	Huyện Bình Chánh	34	547,2	5	1.223,2
2	Huyện Hóc Môn	5	454,76	1	257,4
3	Huyện Nhà Bè	14	2.731,41	6	1.318,2
4	Quận 12	22	117,36	6	234,7
5	Quận 7	1	189,89	1	4,8
6	Quận 8	5	74,93	-	-
7	Quận Bình Tân	13	182,51	2	3,1
8	Quận Bình Thạnh	3	142,4	1	5,1
9	Quận Gò Vấp	7	53	-	-
10	TP. Thủ Đức	35	1.400,58	9	1.454,4
	Tổng cộng	139	5.894,04	66	4.501

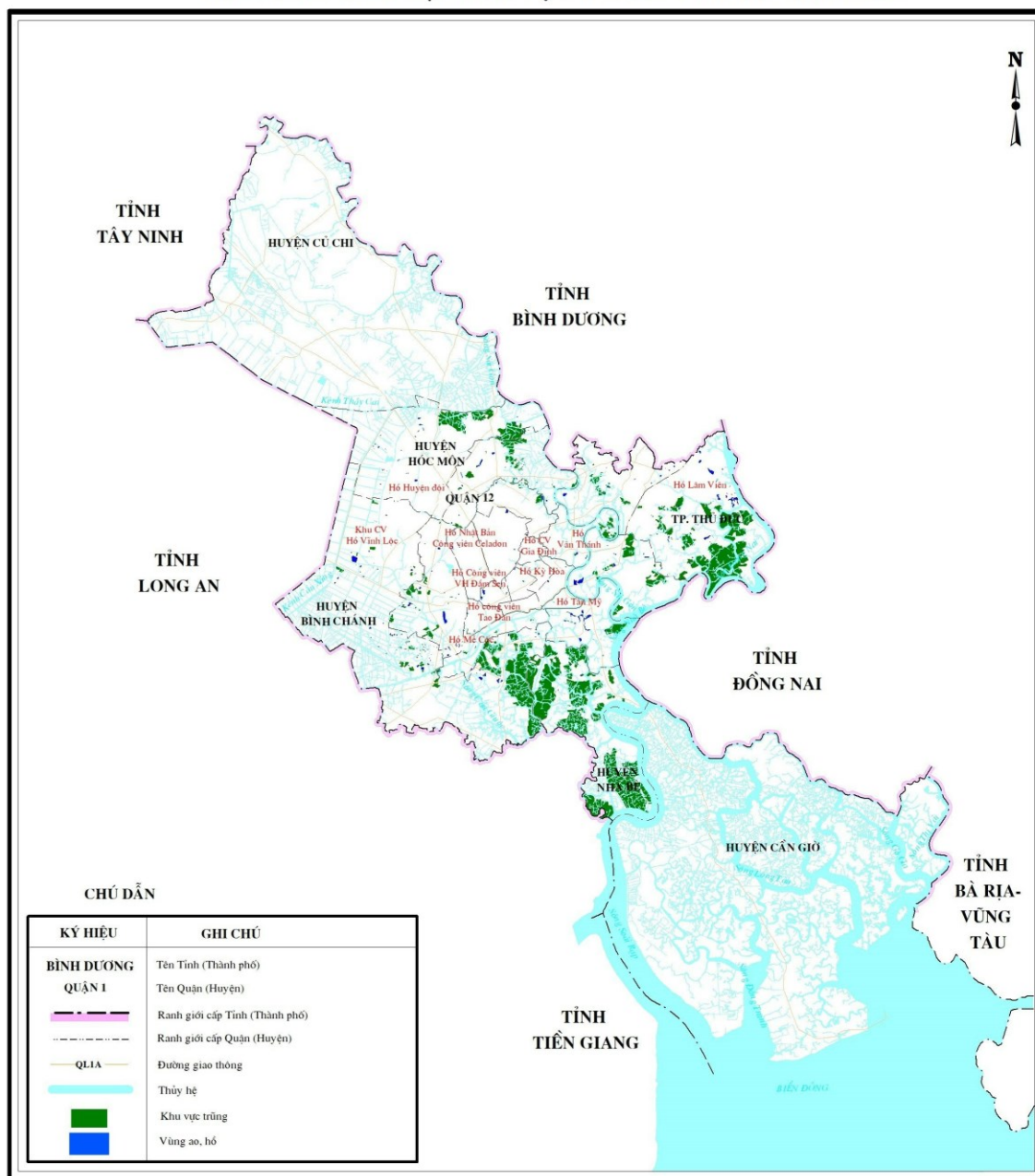
5.3.3. Thống kê các ao hồ hiện hữu có khả năng trữ nước mưa

Sau khi phân tích nội nghiệp xác định vị trí 267 khu vực ao, hồ trên địa bàn thành phố, nhóm nghiên cứu tiến hành khảo sát thực địa kiểm chứng. Trong quá trình điều tra, khảo sát thực địa có những khu vực ao/hồ hoặc vùng trũng thuộc đất quận sự, đất tư nhân,... nên chưa xác định rõ ràng tính chất của các khu vực này. Qua quá trình điều tra, toàn thành phố có 114 khu vực ao, hồ với diện tích vào khoảng gần 200 ha mặt nước có tiềm năng trữ nước mưa, được kỳ vọng sẽ làm giảm tình trạng ngập lụt, trong đó tập trung chủ yếu tại các Quận huyện ngoại thành, nơi có địa hình thấp, còn nguồn quỹ đất nông nghiệp và đất chưa sử dụng còn phong phú như: Huyện Bình Chánh với 29 vị trí, Huyện Hóc Môn và Nhà Bè là 11 vị trí, Quận Bình Tân là 10 vị trí, Quận 12 là 20 vị trí, TP. Thủ Đức là 24 vị trí. Các khu vực Quận 4, Quận 1, Quận 10, Quận Bình Thạnh,... chỉ có 1-3 vị trí được chọn do đây là khu vực trung tâm, nơi đô thị hoá cao, nguồn tài nguyên đất rất quý giá và diện tích đất trống không còn nhiều.

Bảng 5.19 Bảng tổng hợp các ao hồ hiện hữu

STT	Quận (Huyện)	Ao/hồ đã khảo sát	Diện tích (ha)	Ao/hồ chưa tiếp cận	Diện tích (ha)
1	Huyện Bình Chánh	29	22,57	42	67,51
2	Huyện Hóc Môn	6	6,95	23	18,27
3	Huyện Nhà Bè	5	1,5	4	3,88
4	Quận 1	1	2,34	1	0,67
5	Quận 10	1	1,63	1	0,76
	Quận 11	-	-	4	11,24
6	Quận 12	20	20,02	6	3,95
	Quận 4	-	-	1	0,28
7	Quận 6	1	0,78	2	0,98
8	Quận 7	7	32,24	3	19,95
9	Quận 8	3	6,11	1	0,86
10	Quận Bình Tân	10	17,37	14	34,11
11	Quận Bình Thạnh	3	5,09	-	-
12	Quận Gò Vấp	2	7,22	3	2,48
13	Quận Tân Bình	1	0,6	1	5
14	Quận Tân Phú	1	0,45	3	3,25
15	TP. Thủ Đức	24	68,39	44	66,61
Tổng cộng		114	193,26	153	239,8

BẢN ĐỒ VỊ TRÍ AO, HỒ, VÀ VÙNG TRỪNG THẤP HIỆN HỮU CÓ KHẢ NĂNG TRỮ NƯỚC MƯA TẠI KHU VỰC THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH



Hình 5.6 Bản đồ vị trí ao/ hồ và vùng trũng thấp có khả năng trữ nước mưa

Các kết quả dữ liệu khảo sát và hình ảnh ao hồ, vùng trũng thấp tiềm năng được lưu trữ và công bố trên WebGIS: <http://stormwater.hydroware.edu.vn/> và phụ lục của báo cáo này.

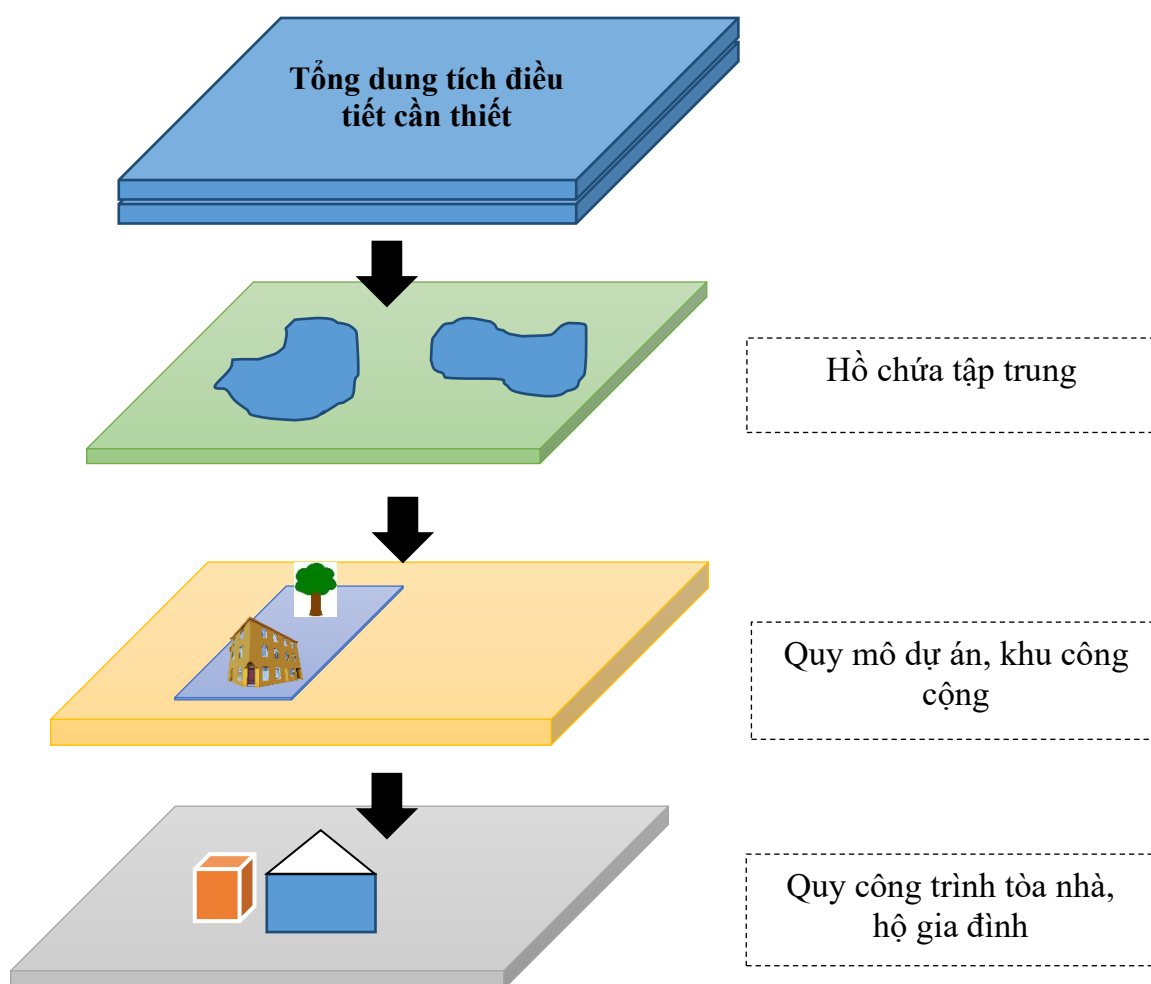
Ngoài ra, đề tài đã xây dựng ứng dụng **Hydroware App** cho hệ điều hành Android, nhằm ghi nhận thông tin ao/hồ và vùng trũng thấp tiềm năng từ cộng

đồng. Ứng dụng này đã đăng tải trên WebGIS và đang đăng ký trên **Google Play Store**. Chi tiết về ứng dụng được thể hiện trong tài liệu “Hướng dẫn sử dụng WebGIS” của đề tài này.

5.4. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa

5.4.1. Nguyên tắc phân bổ dung tích trữ nước mưa

Dung tích trữ nước mưa cần thiết của các khu vực được định hướng bố trí theo mức độ ưu tiên gồm: Hồ chứa tập trung, phân tán trong khu vực công cộng và phân tán trong các công trình tòa nhà và hộ gia đình (**Hình 5.7**). Một số mô hình trữ nước mưa được thể hiện trong Phụ lục 9.



Hình 5.7 Định hướng phân bổ dung tích trữ nước mưa trong khu vực đô thị

Trong khu vực đô thị, giá trị đất khá cao, đặc biệt là các quận trung tâm nội thành, nên việc tìm kiếm diện tích đất đủ lớn để trữ nước mưa là rất khó khăn, trừ khi tận dụng các hồ chứa hiện hữu đã có hoặc đã được quy hoạch từ trước. Để giải quyết vấn đề này, giải pháp hồ ngầm có thể được áp dụng. Hiện nay hồ ngầm có thể được xây dựng bằng công nghệ lắp ráp các khối rỗng với thời gian thi công rất nhanh với chi phí hợp lý và có thể tái sử dụng rất dễ dàng. Ngoài ra, công nghệ cọc Barrette cũng có thể áp dụng thi công các hồ ngầm với dung tích vài ngàn m³ (đã được áp dụng tại một số khu vực đô thị ở Pháp).

Bên cạnh đó, dung tích trữ nước mưa có thể được bố trí phân tán trong khu vực công cộng như công viên, các kênh rạch nội đô, vỉa hè, các công sở có diện tích khuôn viên rộng. Giải pháp này đã được áp dụng ở Singapore với quy định khu đất có diện tích lớn hơn 0,2 ha phải tự điều tiết nước mưa để đảm bảo hệ số chảy tràn của khu vực nhỏ hơn 0,55.

Ngoài ra, lượng nước mưa còn thể trữ ở quy mô công trình tòa nhà và hộ gia đình theo các hồ chứa ngầm hoặc bể chứa nước mái. Giải pháp bể chứa nước mưa trên mái không được khuyến nghị cho nhà riêng lẻ tại các khu vực có đất nền địa chất yếu vì lý do làm gia tăng đáng kể chi phí cho kết cấu công trình, chi phí chống thấm.

Nghiên cứu tạm thời đề nghị công thức bố trí dung tích trữ nước mưa theo nguyên tắc như sau:

- Ưu tiên bố trí vào các hồ chứa và vùng trũng thấp đã có với dung tích:

$$V_{AH} = A_{(ao\ hồ)} * H \text{ và } V_{TT} = A_{(vùng\ trũng\ thấp)} * H$$

Trong đó: A: là diện tích ao/hồ hoặc vùng trũng thấp; H(m) là chiều sâu hồ dùng để trữ nước mưa, tạm thời chọn H = 1,0m

- Trữ phân tán trong khu vực công cộng:

$$V_{PT} = 70\%(V_{Tr} - V_{AH} - V_{TT})$$

- Trữ phân tán quy mô công trình tòa nhà và hộ gia đình:

$$V_{CT} = 30\%(V_{Tr} - V_{AH} - V_{TT})$$

Trong đó, V_{PT} : là thể tích trữ phân tán khu vực công cộng, V_{CT} : là dung tích trữ phân tán khu vực tòa nhà, hộ gia đình, V_{Tr} : là tổng dung tích trữ nước, V_{AH} : là dung tích trữ cho khu vực ao hồ, V_{TT} : là dung tích trữ cho vùng trũng thấp.

- Sau khi đã bố trí vào các hồ chứa (V_{AH}) và vùng trũng thấp (V_{TT}), nghiên cứu tạm thời đề nghị tỷ lệ phân bố lượng nước trữ phân tán cho khu vực công cộng (V_{PT}) và công trình tòa nhà, quy mô hộ gia (V_{CT}) đình theo tỷ lệ 70% và 30%. Nghiên cứu sẽ tiếp tục xem xét tỷ lệ phân bố phù hợp trong thời gian tới.

Giải pháp trữ nước mưa được đề xuất cho giai đoạn trung hạn (2040) và dài hạn 2060. Các mốc thời gian này phù hợp với quy hoạch chung và quy hoạch thoát nước thành phố giai đoạn 2040 và tầm nhìn 2060 đang được triển khai.

KB1 ($P = 10$ năm và diện tích không thấm $\geq 65\%$) được sử dụng cho phương án trữ nước mưa trung hạn và KB2 ($P = 20$ năm và diện tích không thấm $\geq 85\%$) được sử dụng cho phương án trữ nước mưa dài hạn.

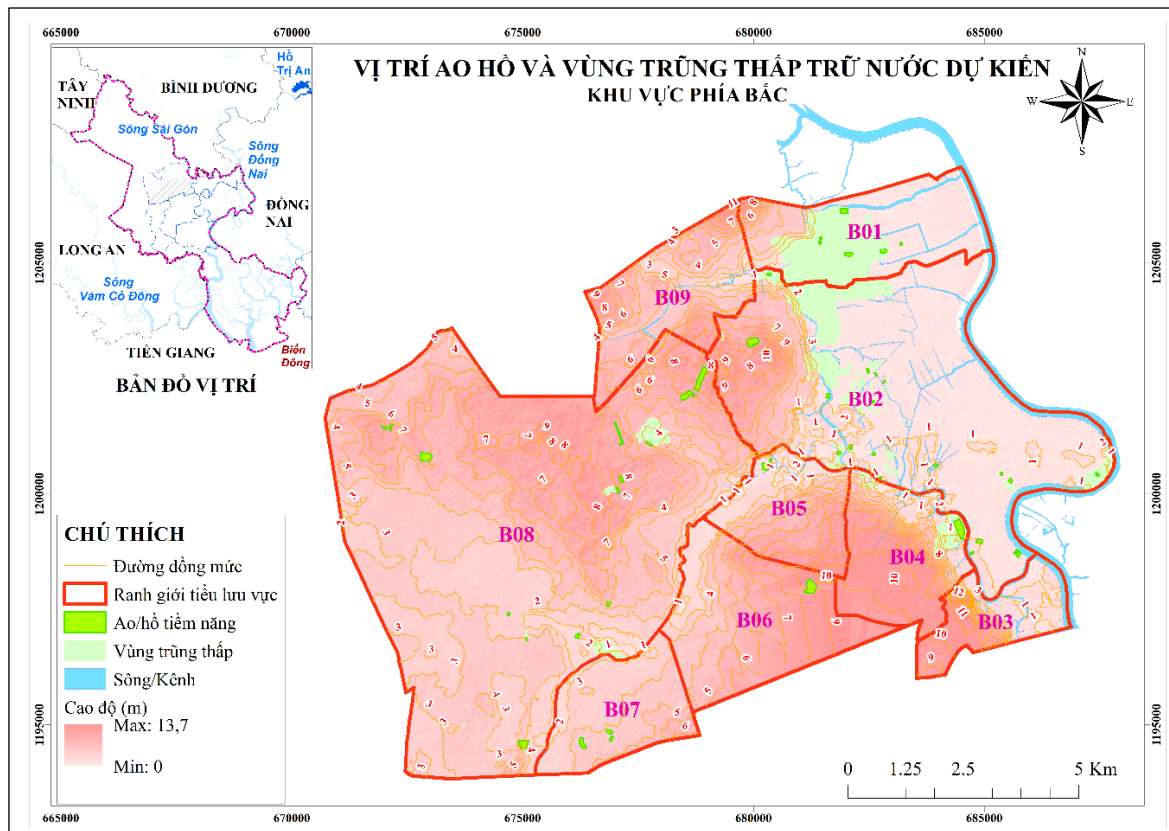
Đề xuất giải pháp trữ nước mưa cần dựa vào: hiện trạng thoát nước, hiện trạng đô thị hóa, điều kiện địa chất, thủy văn, hiện trạng ao hồ, địa hình, sông rạch, quy hoạch xây dựng, cảnh quan khu vực.

5.4.2. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa cho các vùng thoát nước

5.4.2.1. Khuyến nghị cho vùng thoát nước phía Bắc

- *Phân tích hiện trạng vùng phía Bắc:*
- + *Địa hình:* Vùng phía Bắc có địa hình tương đối cao so với các vùng khác, trung bình khoảng 2m - 5,5m và phân hóa khá rõ rệt. Khu vực phía Bắc (thuộc các tiểu lưu vực B08, B09) và phía Nam (thuộc các tiểu lưu vực B04 - B06) của vùng có địa hình cao từ 2m - 13m. Trong khi đó khu vực gần sông Sài Gòn (B01, B02) có địa hình khá thấp 0,5m-1m.
- + *Đô thị hóa:* Mật độ đô thị hóa cao ở những khu vực trung tâm của vùng này (B03 đến B06), với tỉ lệ diện tích không thấm vào khoảng hơn 40% đến 80%.

Những khu vực còn lại có tỉ lệ thấp hơn, đặc biệt khu phía Đông của vùng vẫn còn chưa đô thị hóa nhiều với tỉ lệ khoảng 10%-25%.



Hình 5.8 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng phía Bắc

- + *Hiện trạng ao/hồ, vùng trũng thấp*: Ao/hồ, vùng trũng thấp tập trung chủ yếu ở phía Đông của khu vực (B01, B02) với tổng diện tích hơn 500 ha. Các khu vực còn lại có mật độ ao hồ thấp.
- + *Mật độ HTTN*: Nhìn chung, toàn vùng có mật độ HTTN phát triển trung bình. Trong đó, những vùng có HTTN tương đối phát triển là khu vực phía Nam của vùng (B03 đến B06).
- + *Hiện trạng ngập lụt*: Khu vực có nhiều tuyến đường ngập lụt như tuyến Lê Văn Thọ, Phan Văn Chiêu, Phan Huy Ích, Bùi Quang Là (Quận Gò Vấp). Nguyên nhân ngập chủ yếu vì HTTN cũ có tiết diện nhỏ, mưa lớn vượt tần suất thiết kế gây ra ngập. Chi tiết hiện trạng ngập được thể hiện tại Phụ lục.
- *Khuyến nghị không gian trữ nước*:

Khu vực này có một số ao/hồ hiện hữu và trũng thấp cục bộ, hệ thống kênh rạch nội đô khá dày đặc, hệ thống thoát nước thiếu, chưa đồng bộ và mật độ đô thị hóa chưa cao. Do đó giải pháp trữ nước mưa đề xuất như sau:

- + Duy trì tối đa các hồ chứa hiện hữu để trữ nước mưa;
- + Nghiên cứu sử dụng hệ thống kênh rạch hiện hữu để trữ nước mưa theo mô hình hồ điều tiết Mễ Cốc, Quận 8;
- + Khuyến khích bố trí hồ trữ nước mưa trong các khu dân cư mới phát triển.
- + Đề nghị quy định hệ số dòng chảy tràn của các khu dân cư mới phải nhỏ hơn 0,55 (áp dụng theo kinh nghiệm của Singapore);
- + Nghiên cứu bố trí các hồ chứa ở vùng có địa hình cao ở Quận 12, Gò Vấp để ngăn chặn dòng chảy tập trung xuống các khu vực thấp hơn xung quanh.

Bảng 5.20 Phân bố trữ nước mưa vùng phía Bắc theo V-I-P

(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, I ≥ 65%							
B01	42,9	2.792,4	58,68	42,9	15,7	-	-
B02	105,7	2.871,2	114,38	105,7	8,6	-	-
B03	-	-	16,27	-	-	11,39	4,88
B04	54,7	453,7	52,39	52,4	-	-	-
B05	19,7	1,4	33,20	19,7	1,4	8,46	3,62
B06	50,0	-	58,22	50,0	-	5,72	2,45
B07	32,5	0,7	40,81	32,5	0,7	5,34	2,29
B08	208,2	531,8	285,45	208,2	77,2	-	-
B09	-	-	137,12	-	-	95,98	41,14
Toàn vùng	513,70	6.651,20	796,52	511,40	103,60	126,89	54,38
Kịch bản: P = 20 năm, I ≥ 85%							
B01	42,9	2.792,4	88,76	42,9	45,8	-	-
B02	105,7	2.871,2	156,92	105,7	51,2	-	-
B03	-	-	24,12	-	-	16,88	7,24
B04	54,7	453,7	79,81	54,7	25,1	-	-

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	$V_{trữ}$	V_{AH}	V_{TT}	V_{PT}	V_{CT}
B05	19,7	1,4	48,63	19,7	1,4	19,26	8,25
B06	50,0	-	77,75	50,0	-	19,39	8,31
B07	32,5	0,7	61,88	32,5	0,7	20,09	8,61
B08	208,2	531,8	507,83	208,2	299,6	-	-
B09	-	-	170,95	-	-	119,67	51,29
Toàn vùng	513,70	6.651,20	1.216,65	513,70	423,80	195,29	83,70

Bảng 5.21 Phân bố trữ nước mưa vùng phía Bắc theo V-C-P

(Đơn vị: 1.000 m³)

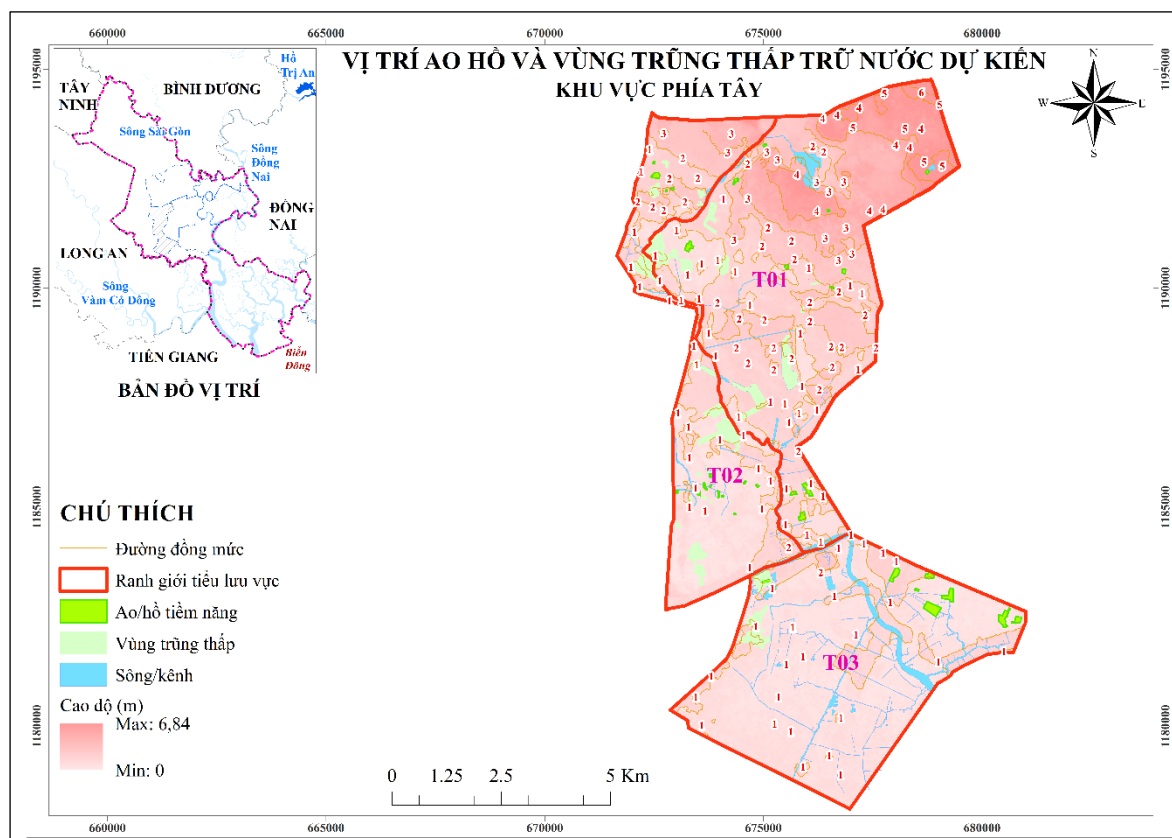
Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	$V_{trữ}$	V_{AH}	V_{TT}	V_{PT}	V_{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,55							
B01	42,9	2.792,4	259,65	42,9	216,7	-	-
B02	105,7	2.871,2	327,74	105,7	222,0	-	-
B03	-	-	6,22	-	-	4,35	1,87
B04	54,7	453,7	25,97	26,0	-	-	-
B05	19,7	1,4	3,69	3,69	-	-	-
B06	50,0	-	17,4	17,4	-	-	-
B07	32,5	0,7	20,7	20,7	-	-	-
B08	208,2	531,8	590,03	208,2	381,8	-	-
B09	-	-	104,39	-	-	73,07	31,32
Toàn vùng	513,70	6.651,20	1.355,79	424,59	820,50	77,42	33,19
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,7							
B01	42,9	2.792,4	398,89	42,9	356,0	-	-
B02	105,7	2.871,2	545,22	105,7	439,5	-	-
B03	-	-	11,65	-	-	8,16	3,50
B04	54,7	453,7	40,50	40,5	-	-	-
B05	19,7	1,4	8,08	8,1	-	-	-
B06	50,0	-	36,78	36,8	-	-	-
B07	32,5	0,7	35,13	32,5	0,7	1,37	0,59
B08	208,2	531,8	1.100,98	208,2	531,8	252,68	108,29

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	$V_{trữ}$	V_{AH}	V_{TT}	V_{PT}	V_{CT}
B09	-	-	197,10	-	-	137,97	59,13
Toàn vùng	513,70	6.651,20	2.374,33	474,70	1.328,00	400,18	171,51

5.4.2.2. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa cho vùng thoát nước phía Tây

- Phân tích hiện trạng khu vực phía Tây:

+ Địa hình: Vùng phía Tây có địa hình tương đối thấp từ 0m - 3m và chia làm 2 khu vực phân bố chính. Khu phía Bắc của vùng là khu vực đồi cao, có cao độ từ 1,5m đến 6m. Khu phía Nam của vùng là khu vực trũng thấp với cao độ từ 0,5m - 1m.



Hình 5.9 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng phía Tây

- + *Đô thị hóa*: Vùng trung tâm của khu vực (T01) có mức độ đô thị hóa cao, với tỉ lệ diện tích bề mặt không thấm vào khoảng 67%, các khu vực còn lại có mật độ thấp hơn từ 8% đến 40%.
- + *Hiện trạng ao/hồ, vùng trũng thấp*: Khu vực này có nhiều ao/hồ, vùng trũng thấp, phân bố rải rác trên toàn bộ khu vực. Tổng diện tích ao/hồ, vùng trũng thấp của khu vực vào khoảng hơn 250 ha.
- + *Mật độ HTTN*: Nhìn chung, toàn vùng có mật độ HTTN phát triển từ trung bình đến dày đặc, tập trung chủ yếu ở vùng T01 (Quận 6, Bình Tân).
- + *Hiện trạng ngập lụt*: Khu vực có nhiều tuyến đường ngập lụt như tuyến Tân Hòa Đông (Bình Tân), Trịnh Quang Nghị. Nguyên nhân ngập chủ yếu vì triều cường kết hợp mưa lớn, và HTTN đã xuống cấp. Chi tiết hiện trạng ngập được thể hiện tại Phụ lục 8.

- *Khuyến nghị không gian trữ nước*:

Khu vực này có một số ao hồ hiện hữu và địa hình trũng thấp, hệ thống kênh rạch nội đô khá dày đặc bị ảnh hưởng của thủy triều, hệ thống thoát nước kém và thiếu đồng bộ và mật độ đô thị hóa cao ở khu vực Bình Tân và dọc tuyến đường Nguyễn Văn Linh huyện Bình Chánh. Khi dự án kiểm soát triều Trung Nam đi vào hoạt động mực nước trong kênh, rạch sẽ được kiểm soát ở mức +1,0m. Khu vực này có nguy cơ sụt lún cao. Do đó giải pháp trữ nước mưa đề xuất như sau:

- + Duy trì tối đa các hồ chứa hiện hữu để trữ nước mưa.
- + Nghiên cứu sử dụng hệ thống sông/rạch hiện hữu để trữ nước mưa
- + Khuyến khích bố trí hồ trữ nước mưa trong các khu dân cư mới phát triển.
- + Đề nghị quy định hệ số dòng chảy tràn của các khu dân cư mới phải nhỏ hơn 0,55 (áp dụng theo kinh nghiệm của Singapore).

Bảng 5.22 Phân bổ trữ nước mưa vùng phía Tây theo V-I-P(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, I ≥ 65%							
T01	353,9	1.147,0	118,23	118,23	-	-	-
T02	167,9	1.109,0	139,15	139,15	-	-	-
T03	254,8	412,7	342,37	254,8	87,5	-	-
Toàn vùng	776,6	2668,7	599,75	512,18	87,5	-	-
Kịch bản: P = 20 năm, I ≥ 85%							
T01	353,9	1.147,0	199,73	199,7	-	-	-
T02	167,9	1.109,0	305,61	167,9	137,7	-	-
T03	254,8	412,7	676,29	254,8	412,7	6,14	2,63
Toàn vùng	776,60	2.668,70	1.181,63	622,40	550,40	6,14	2,63

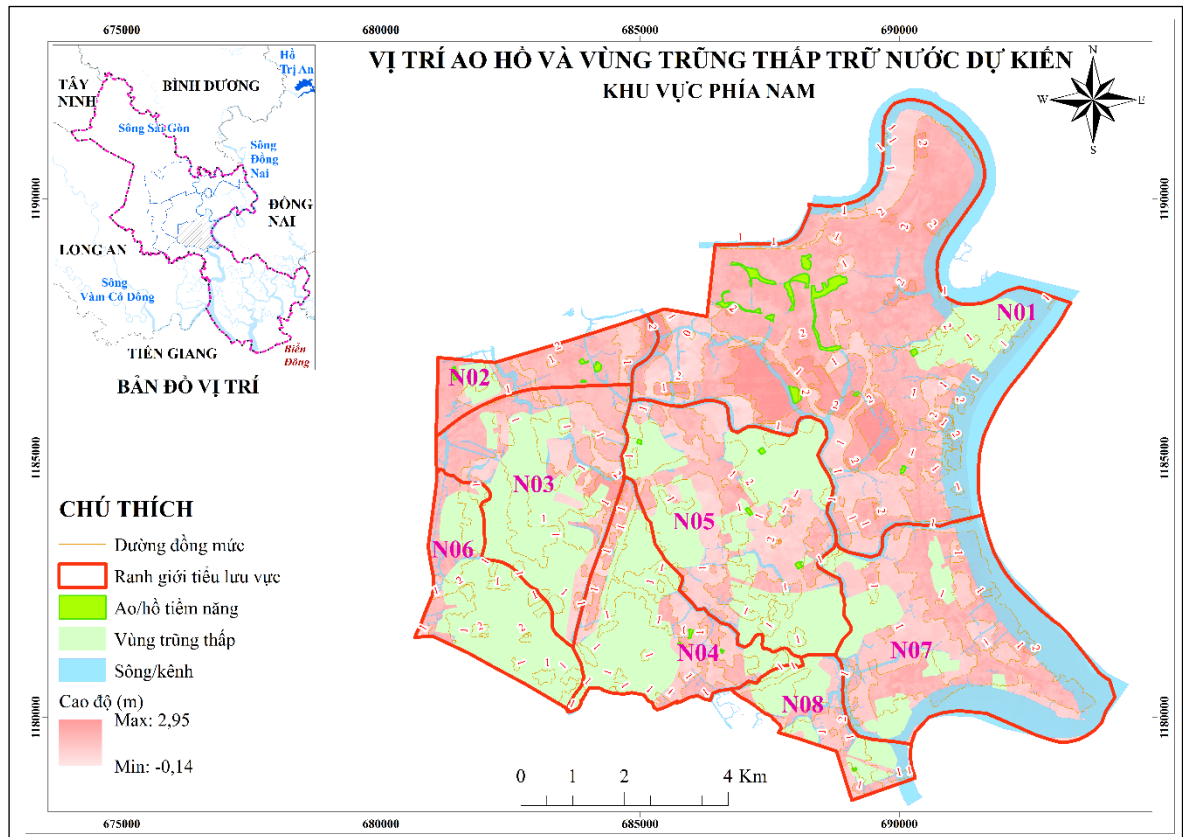
Bảng 5.23 Phân bổ trữ nước mưa vùng phía Tây theo V-C-P(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,55							
T01	353,9	1.147,0	53,27	53,27	-	-	-
T02	167,9	1.109,0	194,08	167,9	26,1	-	-
T03	254,8	412,7	354,01	254,8	99,2	-	-
Toàn vùng	776,60	2.668,70	601,36	475,97	125,30	-	-
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,7							
T01	353,9	1.147,0	94,60	94,6	-	-	-
T02	167,9	1.109,0	327,98	167,9	160,0	-	-
T03	254,8	412,7	580,16	254,8	325,3	-	-
Toàn vùng	776,6	2668,7	1002,74	517,3	485,3	-	-

5.4.2.3. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa cho vùng thoát nước phía Nam

- Phân tích hiện trạng vùng phía Nam:

+ *Địa hình*: Vùng phía Nam là khu vực có địa hình rất thấp, trung bình khoảng 1,1m. Những khu vực có địa hình cao của vùng từ 2-2,5m tập trung tại tiểu lưu vực N01 (thuộc quận 7). Phần lớn các khu vực còn lại có địa hình thấp từ -0,2m đến 1m.



Hình 5.10 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng phía Nam

+ *Đô thị hóa*: Vùng có mật độ đô thị hóa không cao, với diện tích bề mặt không thấp từ khoảng 6% đến 20%, tập trung chủ yếu tại các tiểu lưu vực phía Nam (N03 đến N08) thuộc huyện Nhà Bè. Các khu vực N01, N02 thuộc Quận 7, Quận 8 có mức độ đô thị hóa cao hơn, với khoảng 35%-45% diện tích có mặt không thấm.

+ *Hiện trạng ao/hồ, vùng trũng thấp*: Ao/hồ của khu vực không có nhiều, nhưng có nhiều vùng trũng thấp có tiềm năng trữ nước. Các vùng trũng thấp phân bố rải rác trên toàn bộ khu vực, và có diện tích từ 200 ha đến 800 ha.

- + *Mật độ HTTN*: Mật độ HTTN của vùng còn chưa hoàn thiện, HTTN chủ yếu tập trung tại các khu vực Quận 7, và Quận 8.
- + *Hiện trạng ngập lụt*: Khu vực có nhiều tuyến đường ngập lụt như tuyến Trần Xuân Soạn, Nguyễn Thị Thập, QL50 đến Nguyễn Văn Linh... Nguyên nhân ngập chủ yếu vì triều cường, với độ sâu ngập khoảng 0,15m. Chi tiết hiện trạng ngập được thể hiện tại Phụ lục 8.
- *Khuyến nghị không gian trữ nước*:

Khu vực này có một số ao hồ hiện hữu và địa hình trũng thấp, hệ thống kênh rạch nội đô khá dày đặc bị ảnh hưởng của thủy triều, hệ thống thoát nước kém và thiếu đồng bộ và mật độ đô thị hóa cao ở khu vực Quận 7 và dọc tuyến đường Huỳnh Tấn Phát, Nguyễn Hữu Thọ ở huyện Nhà Bè.

Khi dự án kiểm soát triều Trung Nam đi vào hoạt động mực nước trong kênh, rạch sẽ được kiểm soát ở mức +1,0m. Khu vực này có nguy cơ sụt lún cao. Do đó giải pháp trữ nước mưa đề xuất như sau:

- + Duy trì tối đa các hồ chứa hiện hữu để trữ nước mưa.
- + Nghiên cứu sử dụng hệ thống sông/rạch hiện hữu để trữ nước mưa
- + Khuyến khích bố trí hồ trữ nước mưa trong các khu dân cư mới phát triển.
- + Đề nghị quy định hệ số dòng chảy tràn của các khu dân cư mới phải nhỏ hơn 0,55 (áp dụng theo kinh nghiệm của Singapore).

Bảng 5.24 Phân bố trữ nước mưa vùng phía Nam theo V-I-P

(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, I ≥ 65%							
N01	521,9	1.959,0	111,41	111,4	-	-	-
N02	50,0	450,5	62,42	50,0	12,42	-	-
N03	-	5.664,3	126,16	-	126,2	-	-
N04	13,4	5.057,5	194,05	13,4	180,6	-	-

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
N05	35,2	7.971,2	256,81	35,2	221,6	-	-
N06	-	5.484,2	221,31	-	221,3	-	-
N07	-	2.392,9	57,17	-	57,2	-	-
N08	5,3	1.971,6	107,95	5,3	102,6	-	-
Toàn vùng	625,80	30.951,20	1.137,28	215,30	921,92	-	-
Kịch bản: P = 20 năm, I ≥ 85%							
N01	521,9	1.959,0	282,48	282,5	-	-	-
N02	50,0	450,5	93,64	50,0	43,6	-	-
N03	-	5.664,3	242,22	-	242,2	-	-
N04	13,4	5.057,5	327,60	13,4	314,2	-	-
N05	35,2	7.971,2	444,86	35,2	409,7	-	-
N06	-	5.484,2	322,51	-	322,5	-	-
N07	-	2.392,9	135,25	-	135,3	-	-
N08	5,3	1.971,6	158,32	5,3	153,0	-	-
Toàn vùng	625,80	30.951,20	2.006,88	386,40	1.620,50	-	-

Bảng 5.25 Phân bổ trữ nước mưa vùng phía Nam theo V-C-P

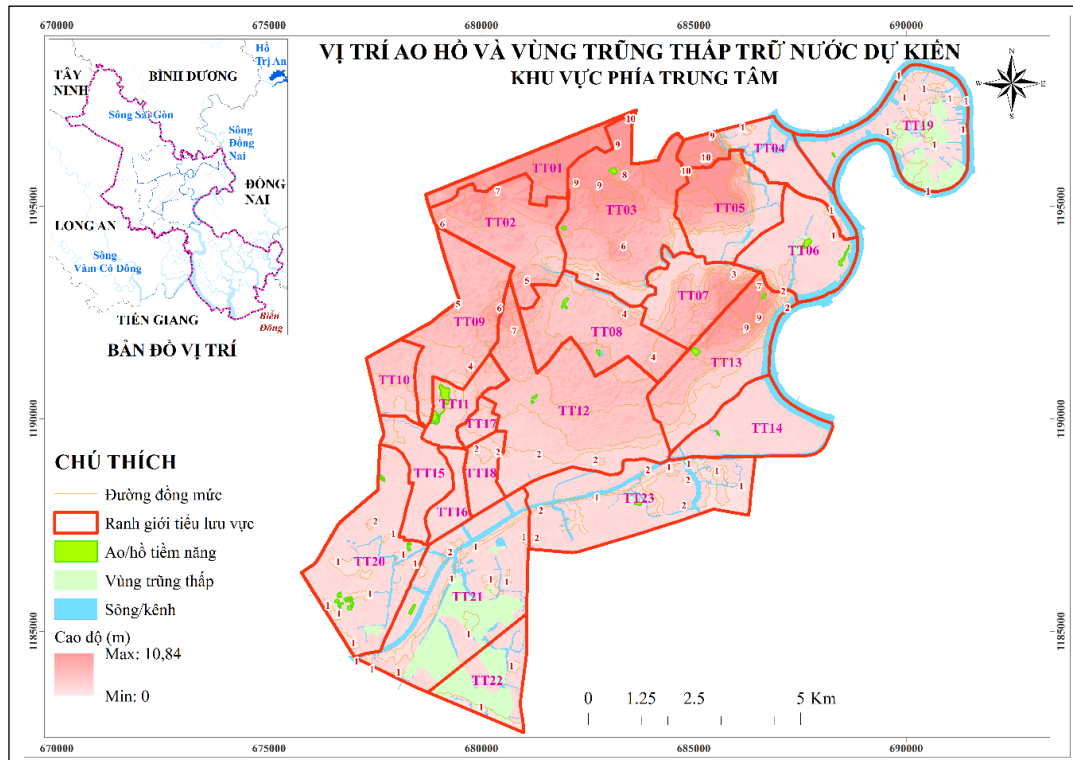
(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,55							
N01	521,9	1.959,0	181,87	181,87	-	-	-
N02	50,0	450,5	55,40	50,0	5,4	-	-
N03	-	5.664,3	129,70	-	129,7	-	-
N04	13,4	5.057,5	204,38	13,4	191,0	-	-
N05	35,2	7.971,2	245,26	35,2	210,1	-	-
N06	-	5.484,2	177,62	-	177,6	-	-
N07	-	2.392,9	79,42	-	79,4	-	-
N08	5,3	1.971,6	79,47	5,3	74,1	-	-
Toàn vùng	625,80	30.951,20	1.153,12	285,77	867,30	-	-
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,7							

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
N01	521,9	1.959,0	285,49	285,5	-	-	-
N02	50,0	450,5	93,29	50,0	43,3	-	-
N03	-	5.664,3	210,11	-	210,1	-	-
N04	13,4	5.057,5	323,46	13,4	310,0	-	-
N05	35,2	7.971,2	398,86	35,2	363,7	-	-
N06	-	5.484,2	259,70	-	259,7	-	-
N07	-	2.392,9	130,74	-	130,7	-	-
N08	5,3	1.971,6	119,36	5,3	114,0	-	-
Toàn vùng	625,80	30.951,20	1.821,01	389,40	1.431,50	-	-

5.4.2.4. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa cho vùng thoát nước khu vực Trung Tâm

- *Phân tích hiện trạng vùng thoát nước Trung Tâm:*
- + *Địa hình:* Vùng Trung tâm thành phố có cao độ bình quân khoảng 3m - 5m. Các khu vực có địa hình cao từ 5 - 11m chủ yếu tập trung gần khu vực sân bay Tân Sơn Nhất (thuộc tiểu lưu vực TT01-TT05) hoặc các khu vực thuộc kênh NL-TN. Những khu vực còn lại nằm phía Nam của vùng Trung tâm có địa hình thấp từ 0,5 - 1,5m.
- + *Đô thị hóa:* Vùng có mật độ đô thị hóa cao, với diện tích bề mặt không thấm từ hơn 50% đến 90% và tập trung chủ yếu tại các tiểu lưu vực TT01 đến TT20 thuộc những Quận trung tâm. Các TLV phía Nam (TT21, TT22) của vùng có mức độ đô thị hóa thấp hơn so với khu trung tâm.
- + *Hiện trạng ao/hồ, vùng trũng thấp:* Khu vực trung tâm của vùng gần như không còn các ao/hồ, vùng trũng thấp hiện hữu. Tuy nhiên, các vùng ngoài rìa của khu vực như TT19 (bán đảo Thanh Đa), và các khu vực phía Nam của vùng như TT21, TT22 (Quận 6) còn một số vùng trũng thấp.



Hình 5.11 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng Trung tâm

+ *Mật độ HTTN*: Mật độ HTTN của vùng tương đối dày đặc và hoàn chỉnh so với các khu vực khác. Tuy nhiên, HTTN nhiều khu vực đã xuống cấp và đang trong quá trình tu sửa.

+ *Hiện trạng ngập lụt*: Khu vực có nhiều tuyến đường ngập lụt như tuyến Nguyễn Xí-Đinh Bộ Lĩnh-Bạch Đằng, tuyến Ung Văn Khiêm-Nguyễn Gia Trí, Tuyến Calmette - Lê Thị Hồng Gấm ... Nguyên nhân ngập chủ vì nhiều lý do như mưa lớn kết hợp với triều cường, HTTN xuống cấp, khu vực thường ngập có địa hình thấp..., với độ sâu ngập khoảng 0,1m đến 0,2m. Chi tiết hiện trạng ngập được thể hiện tại Phụ lục 8.

- *Khuyến nghị không gian trữ nước*:

Khu vực này có mật độ đô thị hóa cao, hệ thống thoát nước được nâng cấp cải tạo mới theo các dự án thành phần của QH752, có một số ao hồ hiện hữu có khả năng trữ nước mưa. Do đó giải pháp trữ nước mưa đề xuất như sau:

+ Duy trì tối đa các hồ chứa hiện hữu để trữ nước mưa.

- + Nghiên cứu bố trí các hệ thống hồ ngầm trong công viên như Gia Định, Hoàng Văn Thụ, Tao Đàn, Lê Văn Tám, 23/9,... để trữ nước mưa.
- + Khuyến khích bố trí hồ trữ nước mưa trong các công trình tòa nhà và hộ gia đình.
- + Khuyến khích bố trí phân tán hệ thống nước mưa ở khu vực công viên, vỉa hè, công sở có diện tích lớn.
- + Đề nghị quy định hệ số dòng chảy tràn của các khu dân cư mới phải nhỏ hơn 0,55 (áp dụng theo kinh nghiệm của Singapore).

Bảng 5.26 Phân bố trữ nước mưa vùng Trung Tâm theo V-I-P

(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trung thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, I ≥ 65%							
TT01	-	-	32,61	-	-	22,83	9,78
TT02	-	-	87,83	-	-	61,48	26,35
TT03	23,5	-	142,81	23,5	-	83,53	35,80
TT04	-	-	34,52	-	-	24,16	10,36
TT05	-	-	63,31	-	-	44,32	18,99
TT06	48,4	50,8	63,51	48,4	15,1	-	-
TT07	-	-	46,01	-	-	32,21	13,80
TT08	23,9	-	87,22	23,9	-	44,31	18,99
TT09	-	-	81,57	-	-	57,10	24,47
TT10	-	-	35,62	-	-	24,93	10,69
TT11	104,0	-	36,57	36,6	-	-	-
TT12	8,4	2,8	220,62	8,4	2,8	146,55	62,81
TT13	30,0	-	73,80	30,0	-	30,63	13,13
TT14	2,8	-	55,22	2,8	-	36,71	15,73
TT15	-	-	36,81	-	-	25,77	11,04
TT16	-	-	17,71	-	-	12,40	5,31
TT17	-	-	9,78	-	-	6,85	2,93
TT18	-	-	24,28	-	-	17,00	7,28
TT19	2,4	1.422,4	87,12	2,4	84,8	-	-
TT20	63,5	86,5	26,12	26,1	-	-	-

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
TT21	13,7	2.534,2	52,31	13,7	38,6	-	-
TT22	-	1.415,8	20,30	-	20,3	-	-
TT23	8,6	26,7	51,15	8,6	26,7	11,11	4,76
Toàn vùng	329,20	5.539,20	1.386,80	224,40	188,30	681,89	292,22
Kịch bản: P = 20 năm, I ≥ 85%							
TT01	-	-	49,02	-	-	34,31	14,71
TT02	-	-	103,12	-	-	72,18	30,94
TT03	23,5	-	161,98	23,5	-	96,95	41,55
TT04	-	-	49,21	-	-	34,45	14,76
TT05	-	-	70,87	-	-	49,61	21,26
TT06	48,4	50,8	74,99	48,4	26,6	-	-
TT07	-	-	57,59	-	-	40,31	17,28
TT08	23,9	-	99,64	23,9	-	53,01	22,72
TT09	-	-	85,86	-	-	60,10	25,76
TT10	-	-	38,03	-	-	26,62	11,41
TT11	104,0	-	41,12	41,1	-	-	-
TT12	8,4	2,8	244,71	8,4	2,8	163,41	70,03
TT13	30,0	-	94,31	30,0	-	44,98	19,28
TT14	2,8	-	67,22	2,8	-	45,11	19,33
TT15	-	-	40,43	-	-	28,30	12,13
TT16	-	-	19,73	-	-	13,81	5,92
TT17	-	-	10,18	-	-	7,13	3,05
TT18	-	-	25,88	-	-	18,12	7,76
TT19	2,4	1.422,4	109,57	2,4	107,2	-	-
TT20	63,5	86,5	49,30	49,3	-	-	-
TT21	13,7	2.534,2	134,55	13,7	120,8	-	-
TT22	-	1.415,8	56,15	-	56,2	-	-
TT23	8,6	26,7	119,89	8,6	26,7	59,23	25,38
Toàn vùng	329,20	5.539,20	1.803,35	252,10	340,30	847,63	363,27

Bảng 5.27 Phân bổ trữ nước mưa vùng Trung Tâm theo V-C-P(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,55							
TT01	-	-	0,87	-	-	0,61	0,26
TT02	-	-	0,97	-	-	0,68	0,29
TT03	23,5	-	28,13	23,5	-	3,26	1,40
TT04	-	-	12,38	-	-	8,67	3,71
TT05	-	-	12,53	-	-	8,77	3,76
TT06	48,4	50,8	19,54	19,5	-	-	-
TT07	-	-	2,26	-	-	1,58	0,68
TT08	23,9	-	1,18	1,2	-	-	-
TT09	-	-	0,15	-	-	0,11	0,05
TT10	-	-	-	-	-	-	-
TT11	104	-	12,39	12,4	-	-	-
TT12	8,4	2,8	14,94	8,4	2,8	2,57	1,10
TT13	30	-	16,50	16,5	-	-	-
TT14	2,8	-	4,99	2,8	-	1,55	0,67
TT15	-	-	3,18	-	-	2,23	0,95
TT16	-	-	1,18	-	-	0,83	0,35
TT17	-	-	-	-	-	-	-
TT18	-	-	0,22	-	-	0,15	0,07
TT19	2,4	1.422,40	73,63	2,4	71,3	-	-
TT20	63,5	86,5	11,25	11,3	-	-	-
TT21	13,7	2.534,20	92,31	13,7	78,6	-	-
TT22	-	1.415,80	30,70	-	30,7	-	-
TT23	8,6	26,7	61,09	8,6	26,7	18,07	7,74
Toàn vùng	329,20	5.539,20	400,39	120,30	210,10	49,08	21,03
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,7							
TT01	-	-	1,96	-	-	1,37	0,59
TT02	-	-	2,09	-	-	1,46	0,63
TT03	23,5	-	45,57	23,5	-	15,46	6,63
TT04	-	-	20,57	-	-	14,40	6,17
TT05	-	-	21,21	-	-	14,85	6,36

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
TT06	48,4	50,8	31,44	31,4	-	-	-
TT07	-	-	5,10	-	-	3,57	1,53
TT08	23,9	-	2,64	2,6	-	-	-
TT09	-	-	0,51	-	-	0,36	0,15
TT10	-	-	0,04	-	-	0,03	0,01
TT11	104	-	19,96	20,0	-	-	-
TT12	8,4	2,8	25,03	8,4	2,8	9,64	4,13
TT13	30	-	28,00	28,0	-	-	-
TT14	2,8	-	9,04	2,8	-	4,39	1,88
TT15	-	-	5,70	-	-	3,99	1,71
TT16	-	-	2,20	-	-	1,54	0,66
TT17	-	-	-	-	-	-	-
TT18	-	-	0,45	-	-	0,32	0,14
TT19	2,4	1.422,40	117,52	2,4	115,2	-	-
TT20	63,5	86,5	19,21	19,2	-	-	-
TT21	13,7	2.534,20	151,07	13,7	137,3	-	-
TT22	-	1.415,80	50,91	-	50,9	-	-
TT23	8,6	26,7	99,01	8,6	26,7	44,61	19,12
Toàn vùng	329,20	5.539,20	659,23	160,60	332,90	115,99	49,71

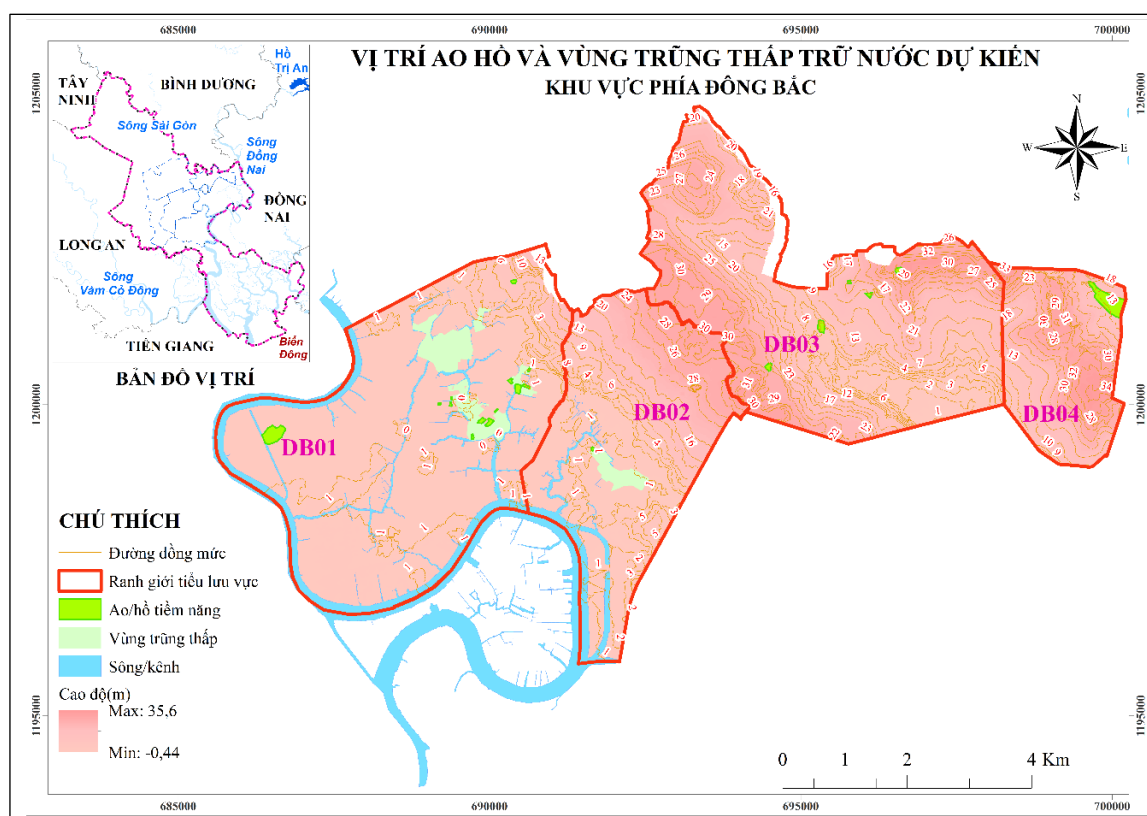
5.4.2.5. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa cho vùng thoát nước phía Đông Bắc

- Phân tích hiện trạng vùng thoát nước Đông Bắc:

- + Địa hình: Vùng Đông Bắc có cao độ bình quân khoảng 0m - 2,5m và phân bố không đồng đều. Khu vực đồi cao tập trung tại khu giữa của vùng Đông Bắc (tiểu lưu vực DB02 và DB03) khoảng 10m - 35m. Địa hình thoải dần về phía hai bên của vùng và có cao độ thấp từ 1m - 10m.
- + Đô thị hóa: Dân cư và mật độ xây dựng tập trung chủ yếu tại phía Đông và trung tâm của vùng (tiểu lưu vực DB01, DB02, DB03) với tỉ lệ từ 38% đến

55% diện tích không thấm. Khu vực còn lại của vùng có tỉ lệ đô thị hóa thấp hơn vào khoảng 14,33%.

- + *Hiện trạng ao/hồ, vùng trũng thấp*: Khu vực phía Đông (DB01) và phía Tây (DB04) của vùng có nhiều vùng ao/hồ và trũng thấp với diện tích khoảng từ 80ha – 120ha, thuận lợi cho bố trí trữ tiềm năng. Các khu vực còn lại có diện tích ao/hồ ít hơn với khoảng nhỏ hơn 25ha.



Hình 5.12 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng Đông Bắc

- + *Mật độ HTTN*: Khu vực có mật độ hiện trạng HTTN trung bình, chưa phát triển tối đa. Riêng khu vực phía Đông của vùng (DB04) HTTN vẫn còn đang phát triển và chưa hoàn thiện.
- + *Hiện trạng ngập lụt*: Khu vực có nhiều tuyến đường ngập lụt như Tuyến QL13 – Hiệp Bình, QL1A (gần chợ đầu mối Thủ Đức), ngã 4 Phạm Văn Đồng và Tô Ngọc Vân, ... với độ sâu ngập khoảng 0,15m. Nguyên nhân ngập chủ yếu là các khu vực này có địa hình trũng thấp, HTTN cũ đã xuống cấp, mưa lớn gây ra ngập. Chi tiết hiện trạng ngập được thể hiện tại Phụ lục.

- *Khuyến nghị không gian trữ nước:*

Khu vực này có một số ao hồ hiện hữu và các khu vực trũng thấp cục bộ ở phường Hiệp Bình và Hiệp Bình Chánh, hệ thống thoát nước kém, thiếu đồng bộ và mật độ đô thị hóa cao ở khu vực các Phường Linh Đông, Linh Tây, Linh Trung và phía Bình Dương. Do đó giải pháp trữ nước mưa đề xuất như sau:

- + Duy trì tối đa các hồ chứa hiện hữu để trữ nước mưa, đặc biệt là hồ Gò Dưa.
- + Nghiên cứu sử dụng hệ thống kênh rạch hiện hữu như rạch Vĩnh Bình, rạch Gò Dưa để trữ nước mưa theo mô hình hồ điều tiết Mễ Cốc, Quận 8.
- + Khuyến khích bố trí hồ trữ nước mưa trong các khu dân cư mới phát triển.
- + Đề nghị quy định hệ số dòng chảy tràn của các khu dân cư mới phải nhỏ hơn 0,55 (áp dụng theo kinh nghiệm của Singapore).
- + Nghiên cứu bố trí các hồ chứa ở vùng có địa hình cao ở các phường Linh Trung, Linh Tây và một phần phường Linh Đông để ngăn chặn dòng chảy tập trung xuống các khu vực thấp hơn xung quanh.

Bảng 5.28 Phân bố trữ nước mưa vùng Đông Bắc theo V-I-P

(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, I ≥ 65%							
DB01	122,0	1.000,8	66,60	66,6	-	-	-
DB02	9,6	255,8	28,57	9,6	19,0	-	-
DB03	44,4	-	68,52	44,4	-	16,88	7,24
DB04	128,1	-	120,45	120,5	-	-	-
Toàn vùng	304,1	1256,6	284,14	241,1	19	16,88	7,24
Kịch bản: P = 20 năm, I ≥ 85%							
DB01	122,0	1.000,8	217,07	122,0	95,1	-	-
DB02	9,6	255,8	105,28	9,6	95,7	-	-

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
DB03	44,4	-	188,59	44,4	-	100,93	43,26
DB04	128,1	-	183,06	128,1	-	38,48	16,49
Toàn vùng	304,1	1.256,6	694	304,1	190,8	139,41	59,75

Bảng 5.29 Phân bổ trữ nước mưa vùng Đông Bắc theo V-C-P

(Đơn vị: 1.000 m³)

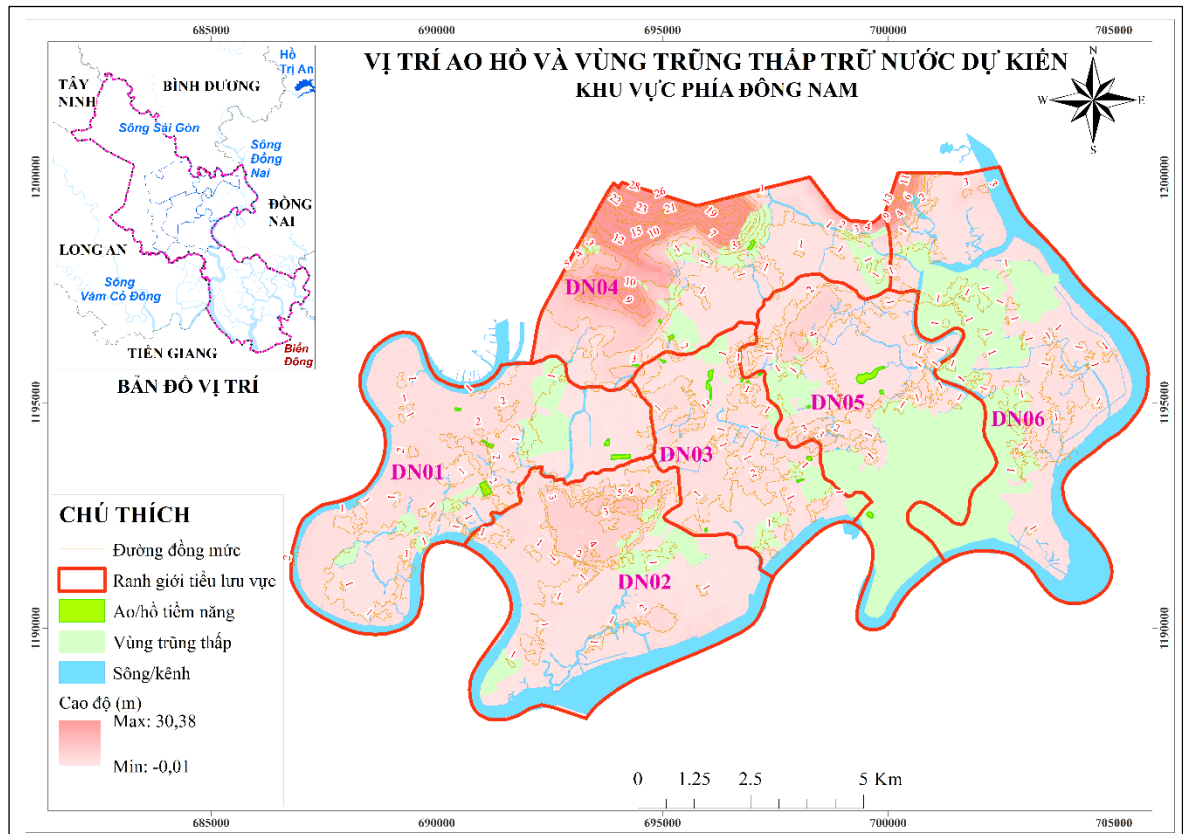
Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,55							
DB01	122,0	1.000,8	105,62	105,6	-	-	-
DB02	9,6	255,8	38,66	9,6	29,1	-	-
DB03	44,4	-	40,47	40,5	-	-	-
DB04	128,1	-	92,16	92,2	-	-	-
Toàn vùng	304,1	1.256,6	276,91	247,9	29,1	-	-
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,7							
DB01	122,0	1.000,8	169,17	122,0	47,2	-	-
DB02	9,6	255,8	60,81	9,6	51,2	-	-
DB03	44,4	-	65,96	44,4	-	15,09	6,47
DB04	128,1	-	141,31	128,1	-	9,26	3,97
Toàn vùng	304,1	1.256,6	437,25	304,1	98,4	24,35	10,44

5.4.2.6. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa cho vùng thoát nước phía Đông Nam

- Phân tích hiện trạng khu vực phía Đông Nam:

+ Địa hình: Vùng Đông Nam có địa hình tương đối thấp, trung bình từ 0m-1,5m. Khu đồi cao nhất nằm phía Bắc vùng Đông Nam (thuộc tiểu lưu vực DN04) với cao độ từ 26-30m. Các khu vực còn lại độ cao chỉ giao động từ 0m đến cao nhất là 4m. Đặc biệt phía Đông của vùng là vị trí DN06 cao độ chỉ từ 0,5m-1m.

+ *Đô thị hóa*: Khu vực có mật độ đô thị hóa thấp, tỉ lệ diện tích bề mặt không thấm từ khoảng 0,75% đến 37%. Trong đó dân cư tập trung chủ yếu tại các vùng trung tâm của khu vực như DN02, DN04. Như vậy, khu vực thuận lợi vì có quỹ đất cho việc thiết kế mới HTTN.



Hình 5.13 Bản đồ thông tin hiện trạng vùng Đông Nam

- + *Hiện trạng ao/hồ, vùng trũng thấp*: Khu vực có nhiều vùng ao/hồ, trũng thấp có tiềm năng trữ nước, tập trung ở phía Đông (DN05, DN06) với hơn 1.800 ha. Ngoài ra, các khu vực khác cũng có nhiều ao hồ, và kênh rạch nhỏ.
- + *Mật độ HTTN*: Nhìn chung, toàn vùng có mật độ HTTN chưa thực sự hoàn thiện, đang xây dựng mới. Các khu vực có mật độ HTTN dày hơn so với các khu khác là vùng DN01 (phường Thảo Điền), hoặc DN04 (phường Tăng Nhơn Phú).
- + *Hiện trạng ngập lụt*: Khu vực có nhiều tuyến đường ngập lụt như tuyến Quốc Hương, Nguyễn Văn Hương, Nguyễn Duy Trinh, Đỗ Xuân Hợp ... với độ

sâu ngập khoảng 0,15m. Nguyên nhân ngập chủ yếu là các khu vực này có địa hình trũng thấp, mưa lớn vượt tần suất thiết kế gây ra ngập. Chi tiết hiện trạng ngập được thể hiện tại Phụ lục.

- *Khuyến nghị không gian trữ nước:*

Khu vực này có một số ao hồ hiện hữu và các khu vực trũng thấp Quận 9 (cũ), hệ thống kênh rạch nội đô khá dày đặc, hệ thống thoát nước kém và thiếu đồng bộ và mật độ đô thị hóa cao ở khu vực các phường Long Bình, phường Tân Phú, Tăng Nhơn Phú, Khu Công nghệ cao. Do đó giải pháp trữ nước mưa đề xuất như sau:

- + Duy trì tối đa các hồ chứa hiện hữu để trữ nước mưa.
- + Nghiên cứu sử dụng hệ thống sông/rạch hiện hữu như rạch Chiềc, sông Tắc,... để trữ nước.
- + Khuyến khích bố trí hồ trữ nước mưa trong các khu dân cư mới phát triển.
- + Đề nghị quy định hệ số dòng chảy tràn của các khu dân cư mới phải nhỏ hơn 0,55 (áp dụng theo kinh nghiệm của Singapore).
- + Xem xét tăng cường khả năng chống chịu với ngập lụt cho khu vực công nghệ cao để ứng phó với những bất định chưa lường trước được trong tương lai nhằm giảm nhẹ thiệt hại cho khu vực quan trọng này.

Bảng 5.30 Phân bố trữ nước mưa vùng Đông Nam theo V-I-P

(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, I ≥ 65%							
DN01	396,5	2.287,0	264,77	264,8	-	-	-
DN02	-	1.846,1	115,77	-	115,8	-	-
DN03	68,7	1.527,0	73,57	68,7	4,9	-	-
DN04	34,5	2.519,7	37,29	34,5	2,8	-	-
DN05	120,2	9.847,2	261,55	120,2	141,4	-	-

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	$V_{trữ}$	V_{AH}	V_{TT}	V_{PT}	V_{CT}
DN06	342,3	9.412,4	554,34	342,3	212,0	-	-
Toàn vùng	962,2	27.439,4	1.307,29	830,5	476,9	-	-
Kịch bản: $P = 20$ năm, $I \geq 85\%$							
DN01	396,5	2.287,0	651,37	396,5	254,8	-	-
DN02	-	1.846,1	306,45	-	306,5	-	-
DN03	68,7	1.527,0	241,72	68,7	173,0	-	-
DN04	34,5	2.519,7	211,50	34,5	177,0	-	-
DN05	120,2	9.847,2	517,78	120,2	397,6	-	-
DN06	342,3	9.412,4	925,76	342,3	583,5	-	-
Toàn vùng	962,2	27.439,4	2.854,58	962,2	1.892,4	-	-

Bảng 5.31 Phân bổ trữ nước mưa vùng Đông Nam theo V-C-P

(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	$V_{trữ}$	V_{AH}	V_{TT}	V_{PT}	V_{CT}
Kịch bản: $P = 10$ năm, $C = 0,55$							
DN01	396,5	2.287,0	328,80	328,8	-	-	-
DN02	-	1.846,1	134,91	-	134,9	-	-
DN03	68,7	1.527,0	122,62	68,7	53,9	-	-
DN04	34,5	2.519,7	25,49	25,5	-	-	-
DN05	120,2	9.847,2	234,94	120,2	114,8	-	-
DN06	342,3	9.412,4	419,84	342,3	77,5	-	-
Toàn vùng	962,20	27.439,40	1.266,60	885,50	381,10	-	-
Kịch bản: $P = 10$ năm, $C = 0,7$							
DN01	396,5	2.287,0	514,62	396,5	118,1	-	-
DN02	-	1.846,1	213,88	-	213,9	-	-
DN03	68,7	1.527,0	195,55	68,7	126,8	-	-
DN04	34,5	2.519,7	47,19	34,5	12,7	-	-
DN05	120,2	9.847,2	362,59	120,2	242,4	-	-
DN06	342,3	9.412,4	647,95	342,3	305,7	-	-

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	$V_{trữ}$	V_{AH}	V_{TT}	V_{PT}	V_{CT}
Toàn vùng	962,20	27.439,40	1.981,78	962,20	1.019,60	-	-

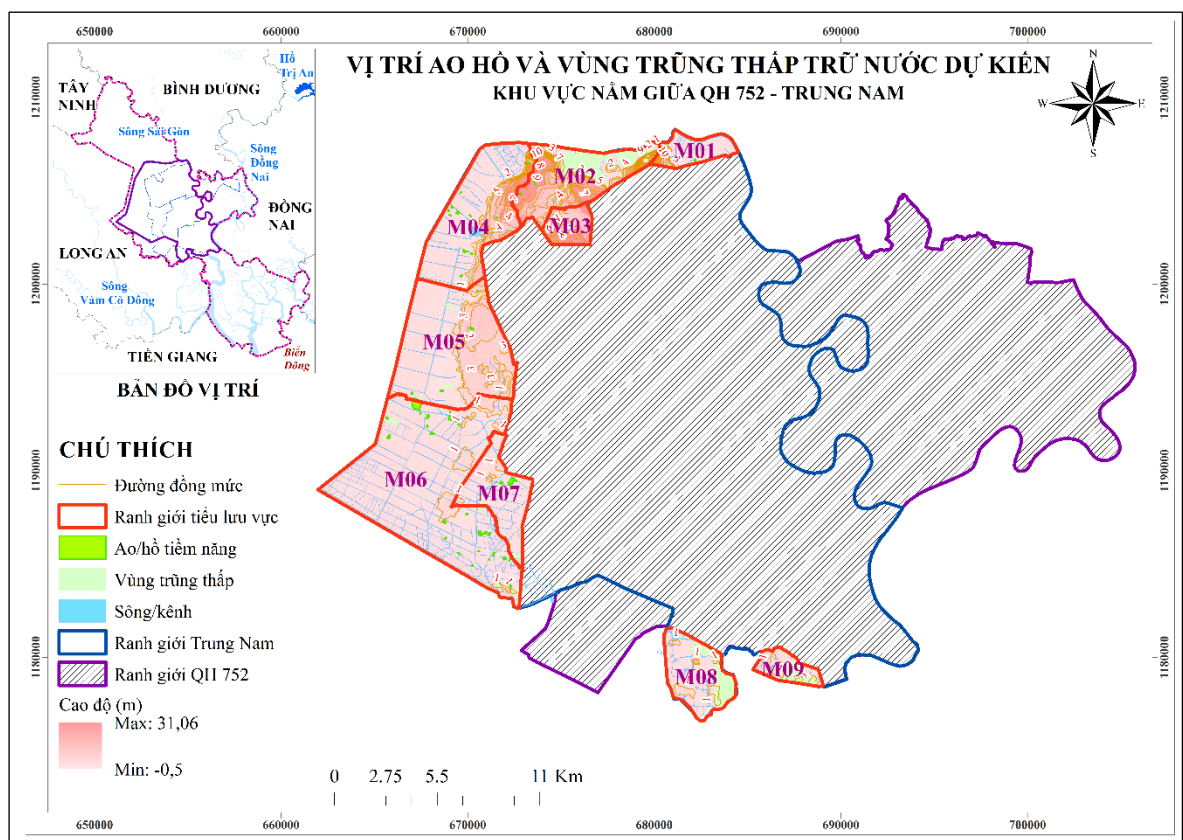
5.4.2.7. Khuyến nghị không gian trữ nước mưa cho vùng thoát nước nằm giữa dự án kiểm soát triều Trung Nam và QH752

- *Phân tích hiện trạng vùng thoát nước giữa dự án Trung Nam và QH752:*
- + *Địa hình:* Vùng còn lại của dự án Trung Nam và QH1547 có địa hình bình quân khoảng 0,5- 2m, và trung bình khoảng 1,3m. Khu vực địa hình cao nằm tập trung phía Bắc của vùng này, với địa hình từ 4,5m - 10m. Địa hình tương đối thấp tại các khu phía Tây của vùng, với cao độ trung bình khoảng 0,5m.
- + *Đô thị hóa:* Vùng có mật độ đô thị hóa thấp, với tỉ lệ diện tích không thấm vào khoảng 4% đến 20% (thuộc huyện Bình Chánh), ngoại trừ một phần nhỏ thuộc huyện Hóc Môn (TLV M03) có tỉ lệ cao (40%). Như vậy, thích hợp để xây dựng và bố trí mới các HTTN.
- + *Hiện trạng ao/hồ, vùng trũng thấp:* Vùng có số lượng ao/hồ tương đối nhiều nhưng diện tích không lớn, với tổng diện tích chỉ khoảng 70ha. Tuy nhiên, khu vực trũng thấp của vùng lại có diện tích nhiều và diện tích khoảng hơn 800 ha, thuộc huyện Bình Chánh (từ M04 đến M09).
- + *Mật độ HTTN:* Mật độ HTTN của vùng còn chưa hoàn thiện, và chủ yếu là các kênh thủy lợi.
- + *Hiện trạng ngập lụt:* Khu vực có một số tuyến đường ngập lụt như tuyến rạch Bà Triệu, tuyến Song Hành, Nguyễn Ảnh Thủ. Độ sâu ngập khoảng 0,15m. Chi tiết hiện trạng ngập được thể hiện tại Phụ lục.
- *Khuyến nghị không gian trữ nước:*

Khu vực này có, hệ thống kênh rạch nội đô khá dày đặc bị ảnh hưởng của thủy triều, hệ thống thoát nước kém và thiếu đồng bộ và mật độ đô thị hóa thấp.

Khi dự án kiểm soát triều Trung Nam đi vào hoạt động mực nước trong kênh, rạch sẽ được kiểm soát ở mức +1,0m. Khu vực này có nguy cơ sụt lún cao. Do đó giải pháp trữ nước mưa đề xuất như sau:

- + Duy trì tối đa các hồ chứa hiện hữu để trữ nước mưa.
- + Nghiên cứu sử dụng hệ thống sông/rạch hiện hữu để trữ nước mưa
- + Khuyến khích bố trí hồ trữ nước mưa trong các khu dân cư mới phát triển.
- + Đề nghị quy định hệ số dòng chảy tràn của các khu dân cư mới phải nhỏ hơn 0,55 (áp dụng theo kinh nghiệm của Singapore).



Hình 5.14 Bản đồ địa hình và thủy hệ vùng nằm giữa phạm vi dự án Trung Nam và QH752

Bảng 5.32 Phân bố trữ nước mưa vùng giữa QH752 và Trung Nam (V-I-P)(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, I ≥ 65%							
M01	6,7	-	68,55	6,7	-	43,31	18,56
M02	48,0	4.544,5	294,01	48,0	246,1	-	-
M03	-	-	110,84	-	-	77,59	33,25
M04	113,6	0,8	192,46	113,6	0,8	54,67	23,43
M05	66,1	259,2	1.326,69	66,1	259,2	700,96	300,41
M06	408,7	674,5	2.049,67	408,7	674,5	676,55	289,95
M07	91,7	323,9	167,48	91,7	75,8	-	-
M08	-	2.918,8	420,94	-	420,9	-	-
M09	-	1.743,3	186,07	-	186,1	-	-
Toàn vùng	734,80	10.465,00	4.816,71	734,80	1.863,40	1.553,08	665,60
Kịch bản: P = 20 năm, I ≥ 85%							
M01	6,7	-	97,36	6,7	-	63,48	27,21
M02	48,0	4.544,5	414,41	48,0	366,5	-	-
M03	-	-	153,70	-	-	107,59	46,11
M04	113,6	0,8	258,29	113,6	0,8	100,76	43,18
M05	66,1	259,2	2.079,14	66,1	259,2	1.227,68	526,15
M06	408,7	674,5	3.315,45	408,7	674,5	1.562,59	669,68
M07	91,7	323,9	345,46	91,7	253,8	-	-
M08	-	2.918,8	616,51	-	616,5	-	-
M09	-	1.743,3	257,42	-	257,4	-	-
Toàn vùng	734,80	10.465,00	7.537,74	734,80	2.428,70	3.062,10	1.312,33

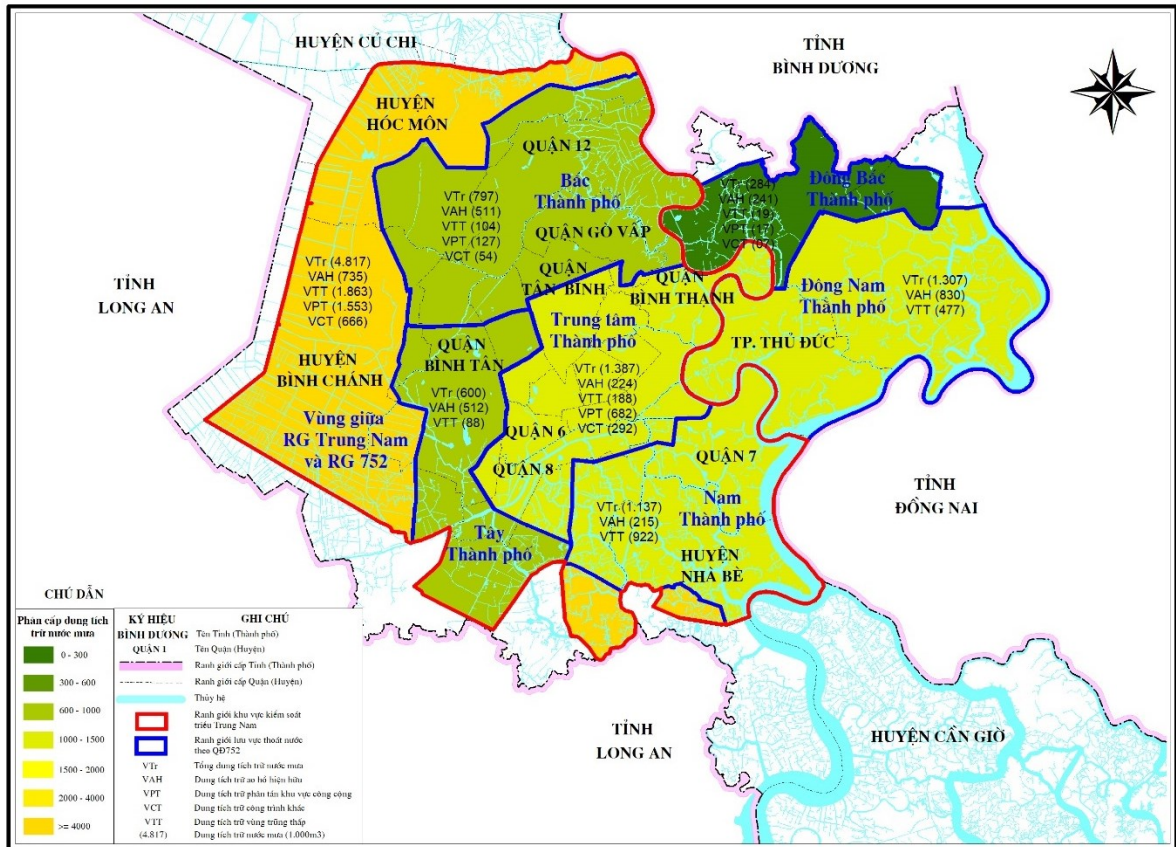
Bảng 5.33 Phân bố trữ nước mưa vùng giữa QH752 và Trung Nam (V-C-P)(Đơn vị: 1.000 m³)

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,55							
M01	6,7	-	185,48	6,7	-	125,16	53,64
M02	48,0	4.544,5	444,50	48,0	396,5	-	-
M03	-	-	89,19	-	-	62,43	26,76
M04	113,6	0,8	495,73	113,6	0,8	266,96	114,41

Tiểu lưu vực	Dung tích Ao/hồ tiềm năng trữ nước	Dung tích vùng trũng thấp tiềm năng trữ nước	V _{trữ}	V _{AH}	V _{TT}	V _{PT}	V _{CT}
M05	66,1	259,2	1.212,33	66,1	259,2	620,91	266,11
M06	408,7	674,5	1.843,82	408,7	674,5	532,45	228,19
M07	91,7	323,9	196,99	91,7	105,3	-	-
M08	-	2.918,8	306,06	-	306,1	-	-
M09	-	1.743,3	147,73	-	147,7	-	-
Toàn vùng	734,80	10.465,00	4.921,83	734,80	1.890,10	1.607,91	689,11
Kịch bản: P = 10 năm, C = 0,7							
M01	6,7	-	277,13	6,7	-	189,32	81,14
M02	48,0	4.544,5	724,16	48,0	676,2	-	-
M03	-	-	172,63	-	-	120,84	51,79
M04	113,6	0,8	818,22	113,6	0,8	492,71	211,16
M05	66,1	259,2	1.728,26	66,1	259,2	982,06	420,88
M06	408,7	674,5	2.684,66	408,7	674,5	1.121,04	480,44
M07	91,7	323,9	311,58	91,7	219,9	-	-
M08	-	2.918,8	443,75	-	443,8	-	-
M09	-	1.743,3	209,99	-	210,0	-	-
Toàn vùng	734,80	10.465,00	7.370,38	734,80	2.484,40	2.905,97	1.245,41

- *Kết quả tổng hợp khuyến nghị không gian phân bố trữ nước mưa cho 7 vùng thoát nước*

Sau khi tính toán ước lượng dung tích trữ tại **Mục 5.2** và phân bố trữ chi tiết cho từng tiểu lưu vực tại **Mục 5.4**, nghiên cứu tiến hành số hóa và xây dựng bộ dữ liệu bản đồ phân bố không gian cho từng kịch bản đã đề xuất. Ví dụ, kịch bản trung hạn 2040 (P=10 năm/ĐTH ≥ 65%), các vùng như khu giữa QH752 và 1547, khu Tây, khu Đông Nam, cần trữ khoảng 0,5 triệu m³, có thể ưu tiên bố trí trữ tập trung. Ngược lại, khả năng trữ nước của các khu vực trung tâm khá thấp (nhỏ hơn 0,1 triệu m³), nguyên nhân vì hiện nay các khu vực này đã ĐTH quá cao, chỉ ưu tiên trữ phân tán. Các bản đồ theo những kịch bản khác được thể hiện chi tiết tại phần Phụ lục 5.



TỶ LỆ 1 : 250.000

Hình 5.15 Bản đồ ước lượng và phân bổ dung tích trữ nước mưa cho 7 vùng thoát nước theo kịch bản P = 10 năm, ĐTH ≥ 65%

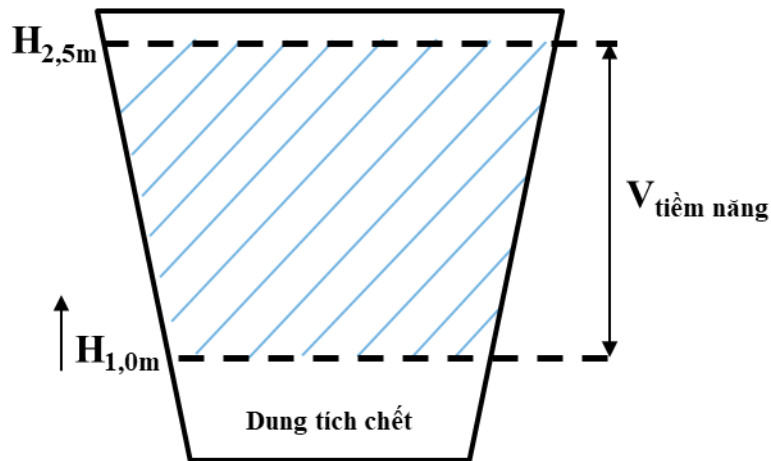
5.5. Khuyến nghị hành lang hứng nước mưa dựa vào dung tích có thể trữ trên sông/kênh

- *Kết quả ước tính dung tích trữ nước trên sông/kênh*

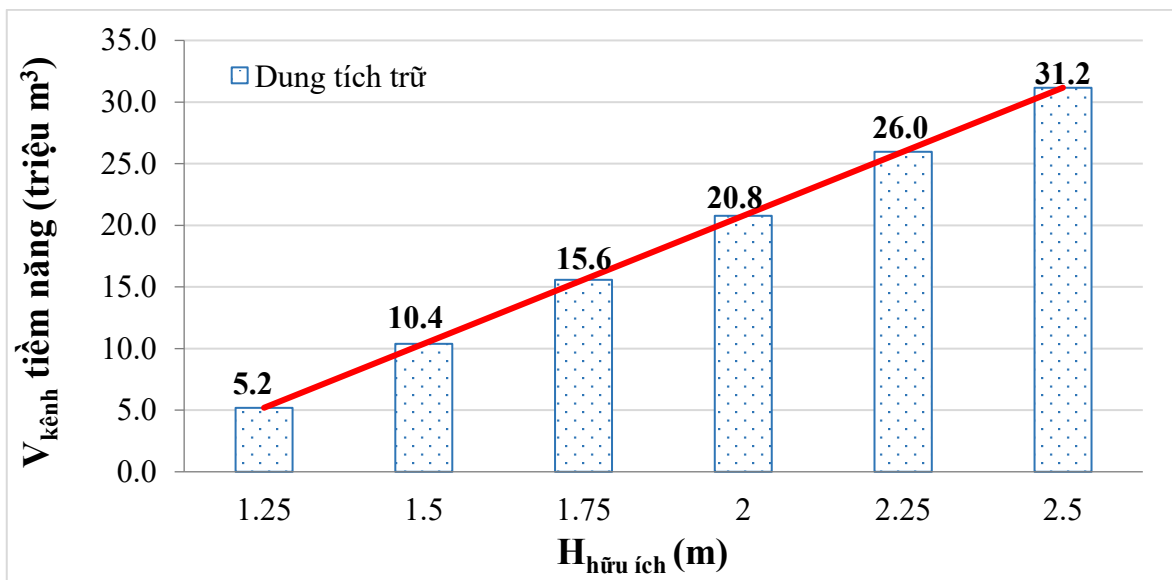
Lượng dung tích có thể trữ tiềm năng trên sông/kênh được ước tính như sau:

$$V_{\text{sông}} = H_i \times B_{\text{mc}} \times L_{\text{sông}}$$

Trong đó, $V_{\text{sông}}$: Thể tích trữ tiềm năng của đoạn sông tính toán; H_i : độ cao hữu ích có thể trữ trong kênh, với cao trình đê bao quy hoạch là 2,5m, mực nước duy trì trên sông theo quy hoạch cố định $H = +1,0\text{m}$, do đó $H_i = 1,5\text{m}$; $L_{\text{sông}}$: chiều dài đoạn sông tính toán.



Hình 5.16 Minh họa vùng thể tích trữ trên kênh tiềm năng



Hình 5.17 Dung tích trữ tiềm năng cho từng mức mực nước hữu ích

Với cao trình mực nước $H = 1,5\text{m}$ và $1,75\text{m}$, thể tích trữ trên kênh lần lượt là $10,4$ triệu m^3 và $20,8$ triệu m^3 . Kết quả này hoàn toàn đáp ứng được lượng cần trữ cho trường hợp ngắn hạn 2040 (yêu cầu $10,3$ triệu m^3), và dài hạn 2060 (yêu cầu $17,3$ triệu m^3) đã tính toán V-I-P tại Chương 5. Như vậy, việc trữ nước trên kênh là một trong những lựa chọn khả thi cho TP.HCM, trong tình trạng thiếu quỹ đất hiện nay.

- *Kết quả đề xuất hành lang hứng nước mưa*

Nhằm hỗ trợ cho công tác bố trí trữ phân tán cho các sông/kênh, nghiên cứu tính toán và thiết lập hành lang hứng nước mưa. Theo đó, bề rộng hành lang (HL) hứng nước mưa được đề xuất theo công thức sau:

Xét thể tích trên một đơn vị chiều dài: $V_{HL} = V_{sông} \Rightarrow B_{HL} \times P_5 \times k = H_i \times B_{mc}$

Do đó, độ rộng hành lang là: $B_{HL} = \frac{H_i \times B_{mc}}{k \times P_5}$

Trong đó, V_{HL} : Thể tích hành lang hứng nước;

$V_{sông}$: Thể tích đoạn sông tính toán;

B_{HL} : Độ rộng hành lang hứng nước;

H_i : độ cao trữ nước hữu ích trong kênh, với cao trình đê bao quy hoạch là 2,5m, mực nước theo quy hoạch cố định $H = +1,0m$, do đó $H_i = 1,5m$;

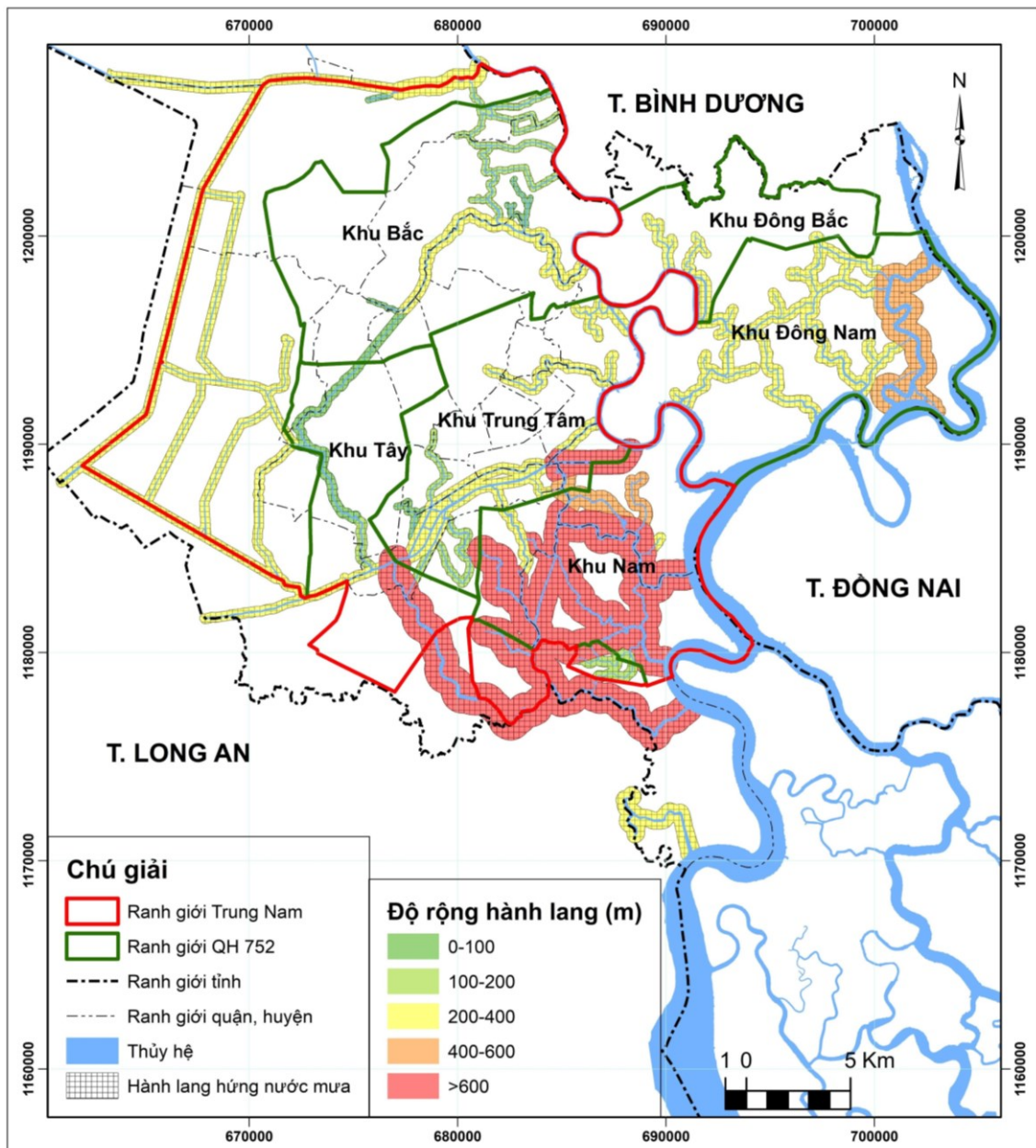
B_{mc} : Độ rộng bình quân mặt cắt sông tính toán;

P_5 : tần suất mưa thiết kế $P = 5$ năm;

k : Hệ số triết giảm do bốc hơi và điền trũng, chọn $k = 0,8$.

Chú ý: tính toán ước lượng với mặt cắt ngang kênh là hình thang.

Kết quả cho thấy, bình quân các kênh cần hành lang hứng nước rộng khoảng 250m – 400m. Một số kênh nhỏ thuộc khu vực phía Bắc đề xuất hành lang vào khoảng 100m, trong khi đó các kênh phía Nam đề xuất hành lang rộng khoảng 600m.



Hình 5.18 Bản đồ đề xuất hành lang hứng nước mưa cho TP.HCM

5.6. Đề xuất các mô hình trữ nước mưa điển hình cho TP.HCM

5.6.1. Nhóm giải pháp trữ nước mưa quy mô tập trung

5.6.1.1. Giải pháp trữ nước mưa hồ hồ

- *Định nghĩa:*

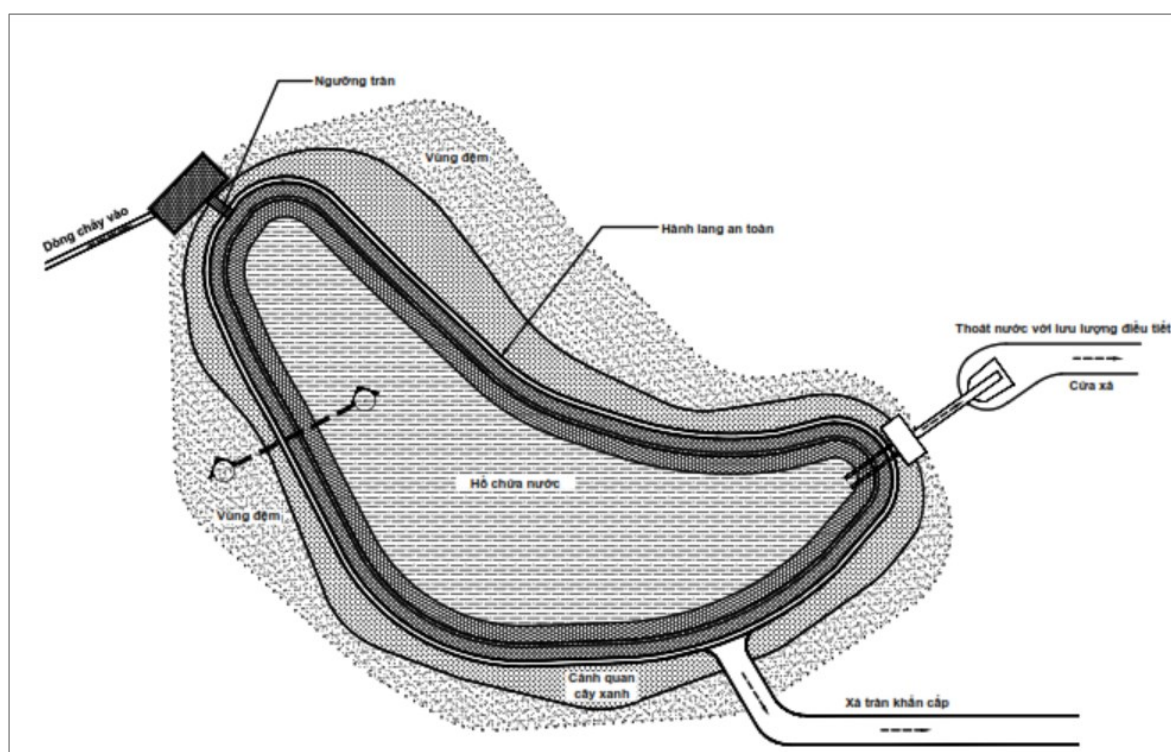
Là công trình đệm trữ nước lộ thiên, tiếp nhận nước mưa trực tiếp và/hoặc thông qua công trình chuyển tiếp sau đó thoát ít nhất một phần thông qua thấm xuống đất. Có nhiều loại hồ hồ khác nhau: hồ chứa nước thường xuyên, hồ khô

(nước mưa tháo hoàn toàn sau khi trữ tạm thời), hồ thấm (nước mưa thấm vào đất).

- Nguyên lý hoạt động:

Nước mưa chảy vào hồ hở trực tiếp hoặc thông qua cửa xả của một hệ thống thoát nước. Hoặc nước mưa chảy vào hồ từ một hồ trữ tạm thông qua cống dẫn, tránh quá tải hệ thống thoát nước khi mưa lớn. Sau đó, được dẫn điều tiết ra hệ thống thoát nước bên ngoài hoặc thấm xuống đất.

Hệ thống xả nước: Hệ thống xả nước được tích hợp vào hồ chứa để giúp điều tiết lượng nước thừa trong các trường hợp mưa lớn và đảm bảo an toàn cho khu vực xung quanh. Hệ thống xả nước này có thể bao gồm các công xả nước hoặc các đường ống thoát nước để đảm bảo nước được giải phóng ra một cách an toàn.



Hình 5.19 Minh họa mặt bằng hồ điều tiết hồ

- Nguyên tắc bố trí:

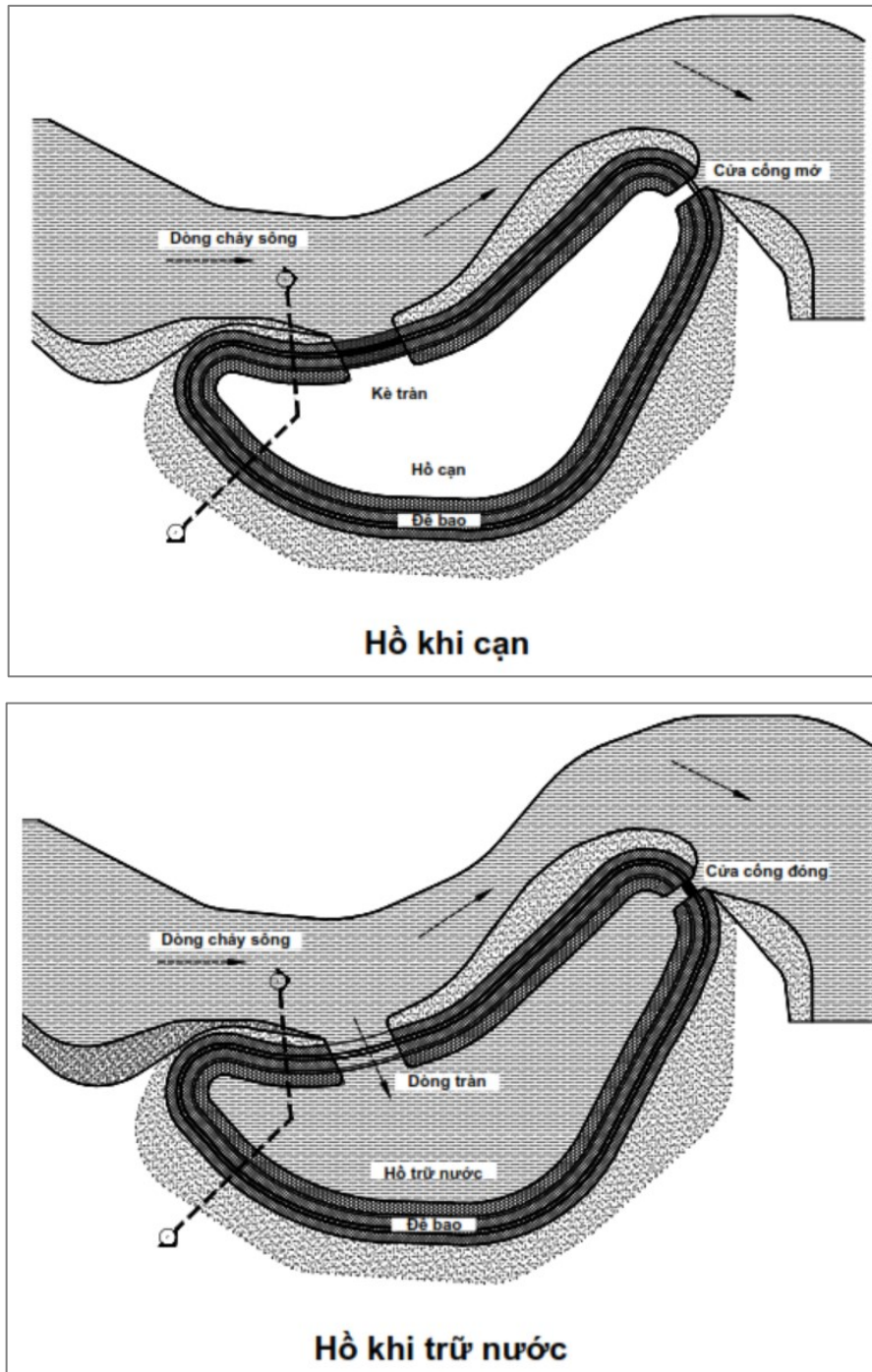
+ Thiết kế tích hợp cảnh quan quanh hồ.

- + Hồ hử đa chức năng phải bảo đảm an toàn cho người (thanh chắn, hàng rào, biển báo, ...).
 - + Máu độc < 30% để bảo đảm con người và sinh vật khác có thể rời khỏi khu vực hồ.
 - + Có đường dốc dẫn xuống đáy hồ để dễ dàng duy tu bảo dưỡng.
 - + Bố trí công trình ngăn rác, lắng lọc trước khi nước mưa đi vào hồ hử.
 - + Các hồ điều tiết hử thường được xây dựng ở những vị trí địa hình cao để đảm bảo lượng nước không tràn ra khỏi khu vực chứa. Ưu tiên thiết lập ở những nơi có diện tích đất đủ lớn.
- *Duy tu, bảo dưỡng:*
- + Duy tu, bảo dưỡng làm vệ sinh định kỳ hằng năm.
 - + Bảo dưỡng mảng xanh : cắt cỏ, phát quang lau sậy.
 - + Hồ hử khô: ngoài việc làm vệ sinh hồ, chú ý quản lý cặn rác.
 - + Hồ hử nước: theo dõi chất lượng nước, thu gom rác lơ lửng và chú ý phú dưỡng hóa.
 - + Hồ hử khô và thấm: theo dõi chất lượng thấm, nếu thấm nước không đủ thì thay lớp đất bề mặt.

5.6.1.2. Giải pháp trữ nước mưa hồ điều tiết khô cho vùng trũng thấp

- *Định nghĩa:* Đây là khu vực trũng thấp có thể được thiết kế như một hồ điều tiết khô kết hợp với kênh để trữ nước.
- *Nguyên lý hoạt động:*

Nước chảy vào hồ thông qua kè tràn khi mực nước ngoài sông dâng cao vượt quá đỉnh kè. Sau đó nước được trữ lại để thấm xuống đất và bốc hơi hoặc xả ra ngoài thông qua một cửa cống khi triều trên sông rút.



Hình 5.20 Minh họa mặt bằng thiết kế vùng trũng thấp làm hồ điều tiết khô

- Nguyên tắc bố trí:

- + Đỉnh kè tràn bố trí thấp hơn đỉnh đê bao.
- + Hồ cạn đa chức năng phải bảo đảm an toàn cho người (thanh chắn, hàng rào, biển báo, ...).

- + Mái dốc < 30% để bảo đảm để bảo đảm con người và sinh vật khác có thể rời khỏi khu vực hồ.
- + Có đường dốc dẫn xuống đáy hồ để dễ dàng duy tu bảo dưỡng.
- + Bố trí công trình ngăn rác, lắng lọc trước khi nước mưa đi vào hồ hồ.
- + Ưu tiên thiết lập ở những nơi có diện tích đất đủ lớn.
- *Duy tu, bảo dưỡng:*
 - + Duy tu, bảo dưỡng làm vệ sinh định kỳ hằng năm.
 - + Cắt cỏ, phát quang lau sậy xung quanh hồ định kỳ.
 - + Hồ hồ khô: ngoài việc làm vệ sinh hồ chú ý quản lý cặn rác.
 - + Hồ hồ khô và thấm: theo dõi chất lượng thấm, nếu thấm nước không đủ thì thay lớp đất bề mặt.

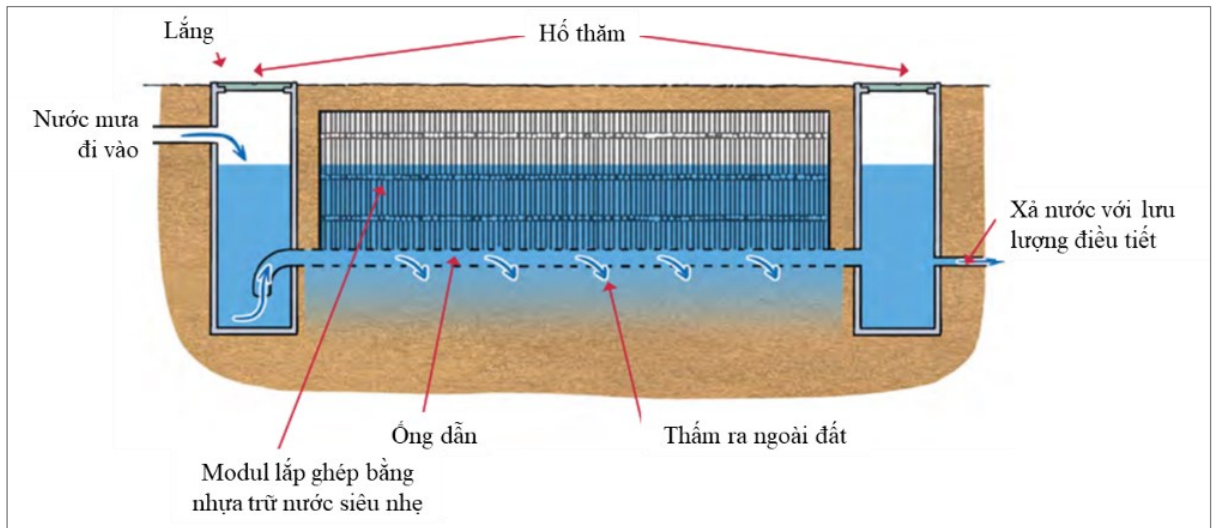
5.6.1.3. Giải pháp hồ trữ ngầm tập trung

- Định nghĩa:

Là công trình ngầm trữ nước mưa tạm thời có hệ thống điều tiết lưu lượng tháo. Hồ ngầm hỗ trợ quản lý nước mưa bằng cách tạo ra một khu vực lưu trữ dưới mặt đất để lưu trữ và điều tiết nước mưa. Dưới đây là những đặc điểm của giải pháp này:

- + Hệ thống bao gồm một hồ chứa nước ngầm để lưu trữ và điều tiết nước mưa.
- + Nước mưa được lọc thông qua lớp đất và các tầng đất phía dưới trước khi được chứa trong hồ ngầm.
- + Hệ thống có thể được tích hợp vào các công trình xây dựng hoặc các công trình cảnh quan.
- *Nguyên lý hoạt động:*

Nước mưa được trữ sau đó thoát ra ống xả với lưu lượng điều tiết. Có 3 chức năng có thể kết hợp cho công trình hồ ngầm: trữ để tái sử dụng, hồ chứa tạm và thấm nếu đất có hệ số thấm khả thi.

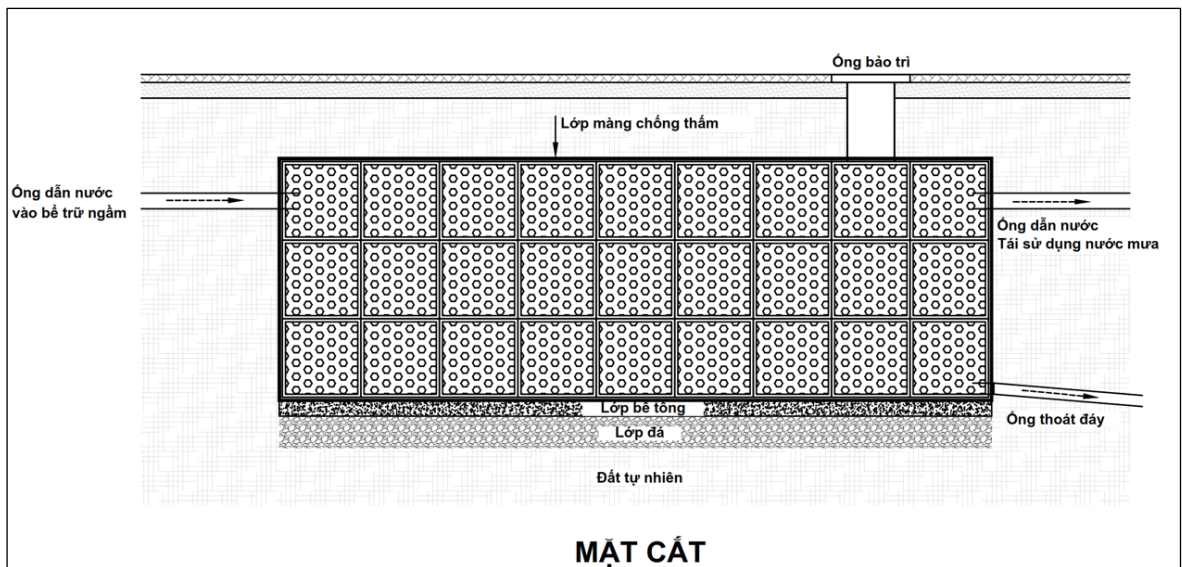


(Nguồn: LoireForez)

Hình 5.21 Minh họa nguyên lý hoạt động hồ ngầm

- Nguyên tắc bố trí:
 - + Xem xét điều kiện khả thi cho địa kỹ thuật (hệ số thấm, hiện diện mực nước ngầm, tải tĩnh và động).
 - + Chú ý độ rỗng, nguy cơ tắc nghẽn.
 - + Hồ ngầm phải dễ dàng tiếp cận để duy tu bảo dưỡng.
 - + Tạo mặt bằng lắp đặt cấu kiện modul theo hướng dẫn nhà sản xuất.
 - + Lắp đặt hệ thống thông gió để tránh hồ ngầm bị tăng áp hay giảm áp.
 - + Cần công trình lắng phía trước hồ ngầm và hệ thống điều tiết phía sau (cần công trình tách dầu nếu cần) sao cho dễ dàng duy tu bảo dưỡng.
 - + Bố trí xa cây rễ sâu cách tối thiểu 3 m.
- Phạm vi áp dụng :
 - + Hồ ngầm có thể sử dụng cho dự án nhà ở hoặc khu vực công cộng cải tạo cảnh không gian đô thị ở dưới mảng xanh, đường xá hay bãi đậu xe.
 - + Thích hợp cho trữ nước mưa hộ gia đình.
- Duy tu, bảo dưỡng:
 - + Bảo dưỡng định kỳ hằng năm.

- + Kiểm tra sau trận mưa lớn.
 - + Bảo dưỡng và súc rửa định kỳ công trình phụ trợ (bể lắng, thiết bị loại bỏ dầu, hệ thống điều tiết lưu lượng).
 - + Biên báo để tránh quá tải xe chạy trên công trình.
 - + Nạo vét hồ ngầm định kỳ.
- Một số giải thiết kế giải pháp hồ ngầm

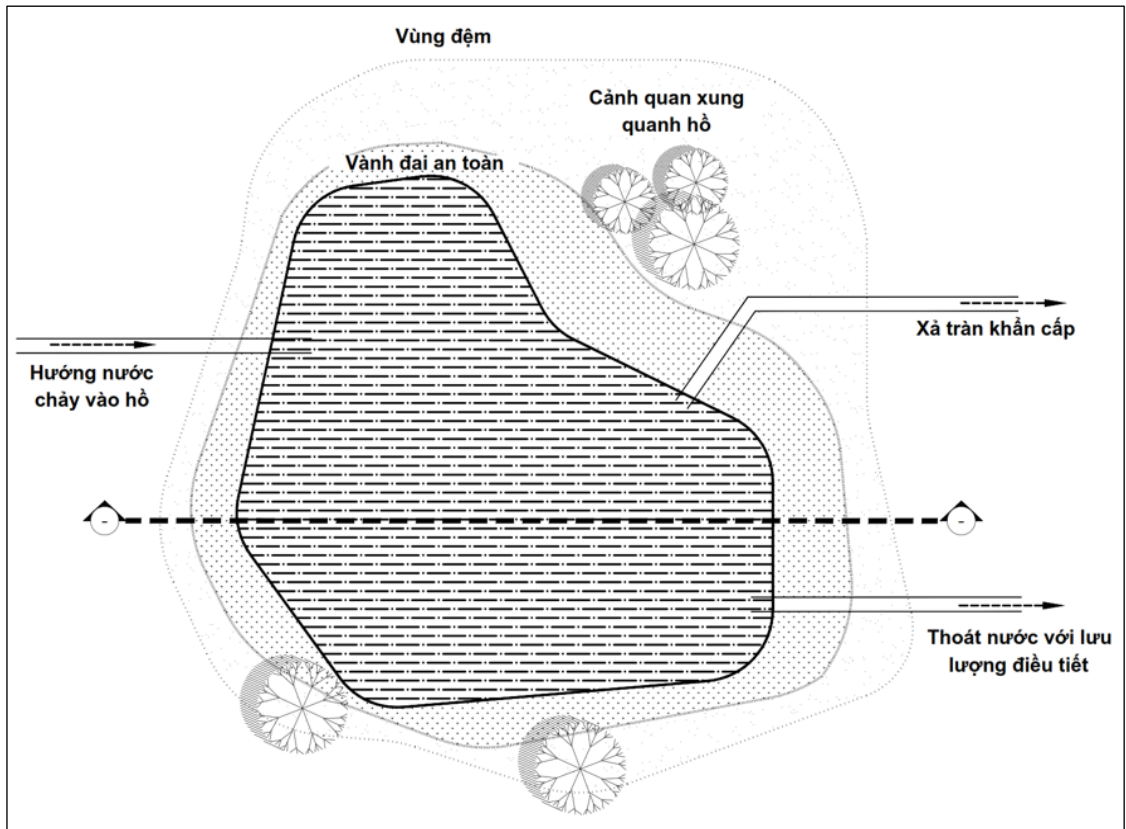


Hình 5.22 Mặt cắt thiết kế hồ ngầm công nghệ Cross-wave

5.6.2. Nhóm giải pháp trữ nước mưa phân tán

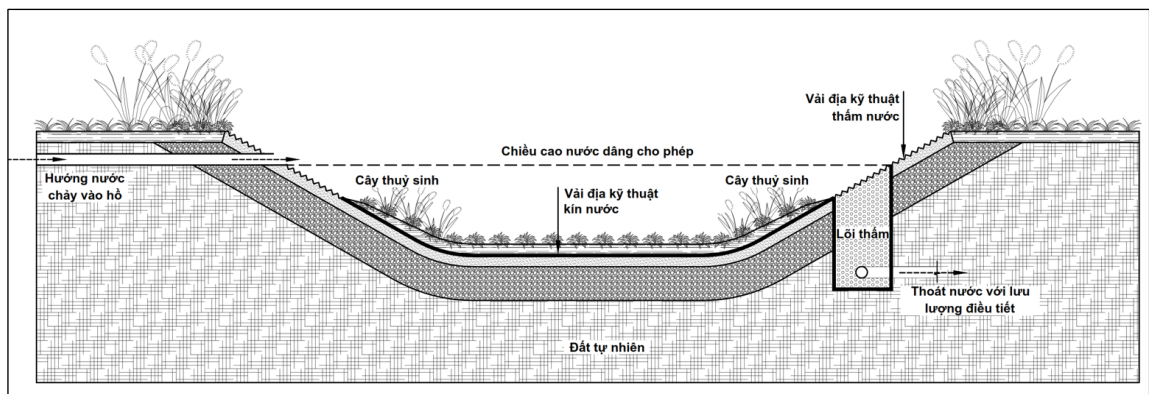
5.6.2.1. Giải pháp hồ hử phân tán quy mô nhỏ

Nguyên lý hoạt động tương tự các hồ hử tập trung quy mô lớn, tuy nhiên các hồ phân tán quy mô nhỏ thường được bố trí tại các khu vực có diện tích hạn chế chẳng hạn như trên đất trồng hoặc bãi đỗ xe không sử dụng đến để tận dụng diện tích sẵn có trong khu vực đô thị. Dưới đây là minh họa thiết kế các hồ trữ nước phân tán quy mô nhỏ đề xuất cho TP.HCM:



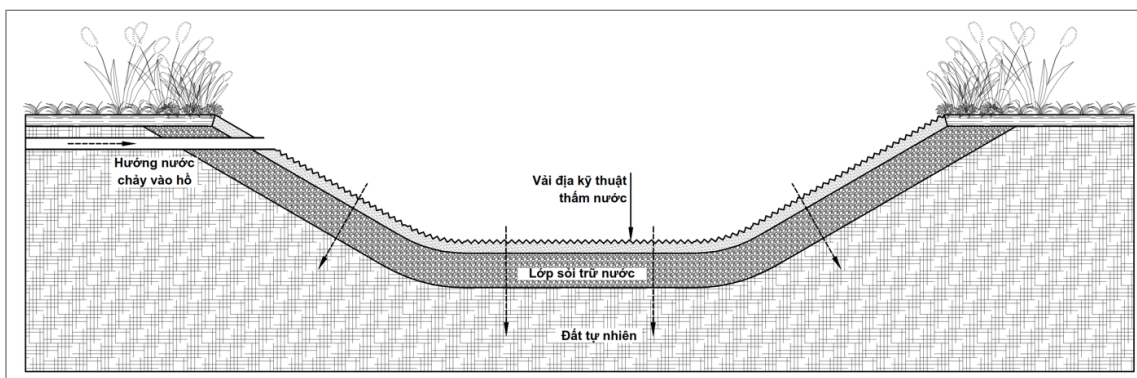
Hình 5.23 Minh họa mặt bằng giải pháp hồ điều tiết

- Giải pháp hồ điều tiết hồ trữ nước phân tán



Hình 5.24 Mặt cắt dọc giải pháp hồ điều tiết hồ dạng trữ nước

- Giải pháp hồ thấm

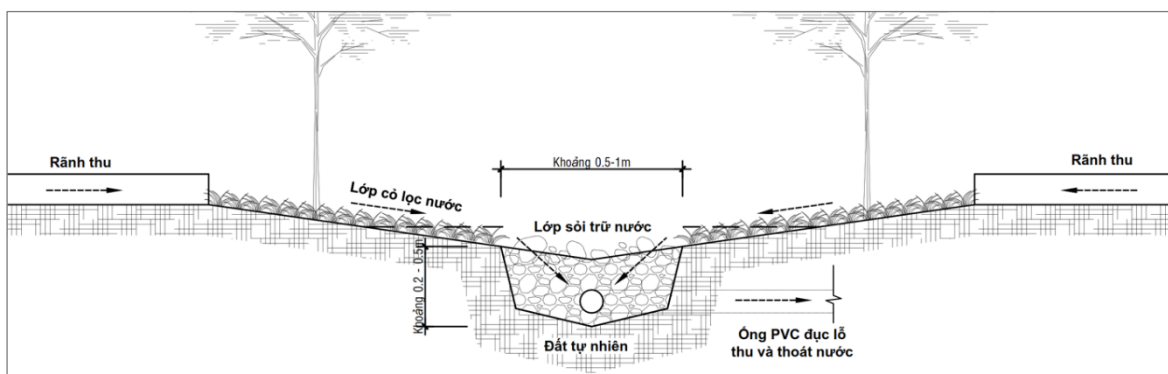


Hình 5.25 Mặt cắt dọc giải pháp hồ điều tiết ở dạng thấm

5.6.2.2. Giải pháp rãnh thấp

- Định nghĩa :

Rãnh thấp là dạng công trình rộng và nông giữ/trữ nước chảy tràn trực tiếp hoặc thông qua ống dẫn để làm chậm dòng chảy, bề mặt được phủ thực vật hoặc vật liệu xây dựng.



Hình 5.26 Rãnh thấp được xây dựng trong khu vực dự án nhà ở tại

- Nguyên lý hoạt động:

Thu và trữ nước tạm thời nước chảy tràn ở mặt thoáng, sau đó nước thấm xuống đất và/hoặc dẫn ra hệ thống thoát nước bên ngoài với lưu lượng được điều tiết.

- Nguyên tắc bố trí:

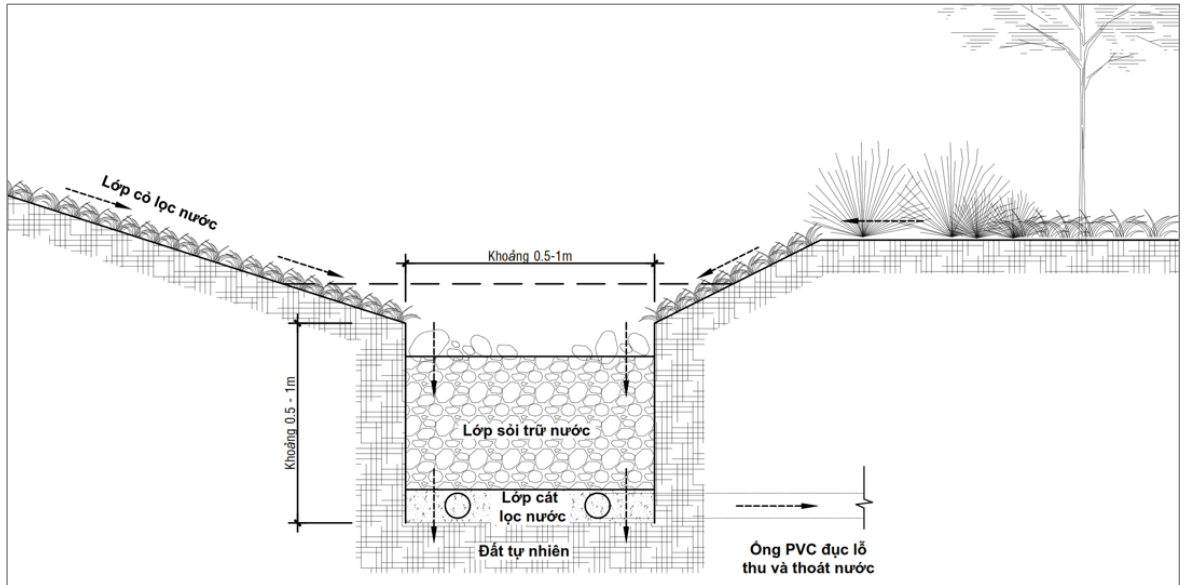
- + Xây dựng theo hướng của dòng chảy tràn hoặc vuông góc để chặn dòng và làm chậm vận tốc dòng chảy.

- + Mái dốc < 30% và độ dốc đáy rãnh < 0,2% – 0,3%. (Độ dốc rãnh càng nhỏ thì càng dễ duy tu bảo dưỡng.
 - + Làm rãnh nhỏ ở đáy rãnh để tránh nước tù đọng nếu độ dốc đáy không cho phép chảy tự do.
 - + Không đầm nén mặt đáy và phủ lớp đất thực vật (dày ít nhất 20 cm để trồng cỏ hoặc thực vật ưa nước).
 - + Nếu độ dốc của dự án lớn cần xây dựng những vách ngăn để gia tăng thể tích nước trữ và giảm vận tốc dòng chảy.
 - + Mặt cắt ngang rãnh có thể là cong, hình chữ nhật hoặc hình thang.
 - + Trong trường hợp đất khu vực dự án ít thấm thời gian tháo cạn lâu (hơn 3 ngày), có thể kết hợp công trình thấm bên dưới.
- Phạm vi áp dụng :
 - + Dọc theo đường giao thông.
 - + Xung quanh khuôn viên công trình dân dụng.
 - Duy tu, bảo dưỡng:
 - + Đáy rãnh được làm tơi thoáng định kỳ 3 – 6 năm để duy trì độ thấm tốt.
 - + Cắt cỏ (2 lần/năm), làm vệ sinh rãnh theo định kỳ cần thiết, đặc biệt trước mùa mưa.
 - + Thay lớp đất thực vật nếu bị nén chặt.
 - + Nạo vét khu vực đặt ống dẫn điều tiết nước ra bên ngoài.

5.6.2.3. Giải pháp rãnh thấm

- Định nghĩa:

Rãnh thấm là công trình tuyến dài và nông chứa vật liệu cấp phối thô có độ rỗng lớn như sỏi, đá dăm, cho phép trữ và thấm tại chỗ nước mưa chảy tràn từ những bề mặt không thấm.



Hình 5.27 Bản vẽ mặt cắt dọc một rãnh thấm điển hình

- Nguyên lý hoạt động:

Tiếp nhận nước mưa từ chảy tràn hoặc từ đường ống dẫn, sau đó trữ và thấm vào đất, hoặc dẫn thoát ra hệ thống với lưu lượng được điều tiết (nếu cần).

- Nguyên tắc bố trí:

- + Vuông góc với dòng chảy tràn để tiếp nhận nhiều thể tích trữ.
- + Đáy rãnh nằm ngang (không có độ dốc đáy) để dễ thấm nước.
- + Không trồng cây rễ sâu phía trên và khoảng cách nhỏ hơn 1 m.
- + Bố trí cách công trình dân dụng tối thiểu 2 m.
- + Không nằm trong khu vực bảo vệ nước ngầm.
- + Kiểm tra nơi bố trí có hệ số thấm khả thi.

- Phạm vi áp dụng :

- + Dọc theo tuyến đường : dưới vỉa hè hoặc khu vực bãi đậu xe.
- + Xung quanh nhà.

- Duy tu, bảo dưỡng:

- + Làm sạch rác cản trở dòng chảy vào rãnh
- + Bảo dưỡng bề mặt thoát nước hướng đến rãnh

- + Trong trường hợp bị nghẽn, nạo vét làm sạch bề mặt phía trên rãnh và thay vật liệu hoặc vải địa kỹ thuật.

5.6.2.4. Giải pháp ô trữ sinh học

- Định nghĩa:

Ô trữ sinh học hay vườn mưa là một vùng trồng trồng cây cỏ cho phép dòng chảy tràn vào để trữ, thấm và lọc mà phía dưới là lớp lọc (sỏi và cát). Giải pháp ô trữ sinh học giảm ngập là một phương pháp quản lý nước mưa tiên tiến và bền vững. Đây là một hệ thống ô trữ được thiết kế để tiếp nhận, xử lý và lưu giữ nước mưa trước khi đưa vào hệ thống thoát nước tổng thể.

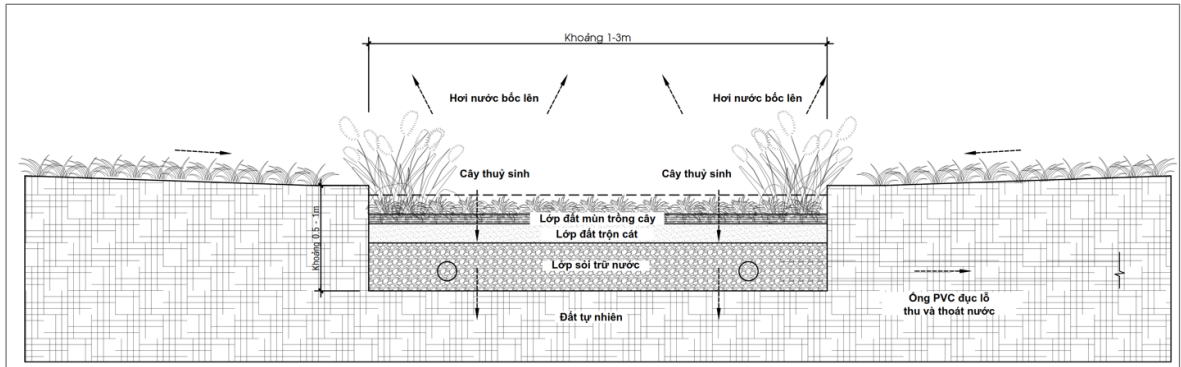
- Nguyên lý hoạt động:

Sau khi trữ trên bề mặt ô, nước mưa được lọc bằng thực vật và lớp lọc trước khi thấm xuống đất và/hoặc được thu gom dẫn vào hệ thống thoát nước. Trong giải pháp này, những quá trình tự nhiên liên quan đến hệ sinh thái của đất bảo đảm trữ nước và loại bỏ ô nhiễm trong nước chảy tràn. Chất ô nhiễm được xử lý thông qua cơ chế lọc vật lý chất lơ lửng, hấp thụ chất ô nhiễm hòa tan, bốc hơi, phân hủy sinh học và những tương tác với thực vật.

- Nguyên tắc bố trí:

- + Thiết kế cho lưu vực dự án với diện tích hạn chế < 1 ha (vì đây là một giải pháp quản lý dòng chảy tràn thượng lưu).
- + Độ dốc của lưu vực < 20%, nên 1% - 5% để tránh xói mòn.
- + Thiết kế ở vị trí thấp của lưu vực và địa hình tự nhiên được duy trì hiện trạng.
- + Không nên bố trí ở khu vực khô cạn ít thực vật.
- + Bố trí ở những nơi nhiều công trình xây dựng đã hoàn thành để tránh vấn đề tắc nghẽn.
- + Khoảng cách tối thiểu giữa ô trữ sinh học và công trình xây dựng 1.5 m – 4 m tùy vào địa chất.

+ Khoảng cách giữa đáy ô trữ sinh học và mực nước ngầm 0.6 m – 1 m.



Hình 5.28 Bản vẽ mặt cắt dọc mô hình ô trữ sinh học

- Phạm vi áp dụng :

- + Bên trong hoặc ngoài khu vực đậu xe.
- + Trong dải phân cách giữa đường phố.
- + Trong khu thương mại và công nghiệp.
- + Trong khu vực công cộng hay khu dân cư.

- Duy tu, bảo dưỡng:

- + Bảo vệ bề mặt thấm, đặc biệt ở khu vực đông khách bộ hành qua lại.
- + Dự kiến việc duy tu, bảo dưỡng định kỳ để cải tạo cảnh quan.
- + Dự kiến hai lần kiểm tra hiện trường sau 6 tháng hoàn thành xây dựng ô trữ sinh học. Kiểm tra hiện trường để duy tu, bảo dưỡng định kỳ trước khi mùa mưa và sau những trận mưa lớn (> 50 mm).

5.6.3. Nhóm giải pháp trữ nước mưa quy mô công trình

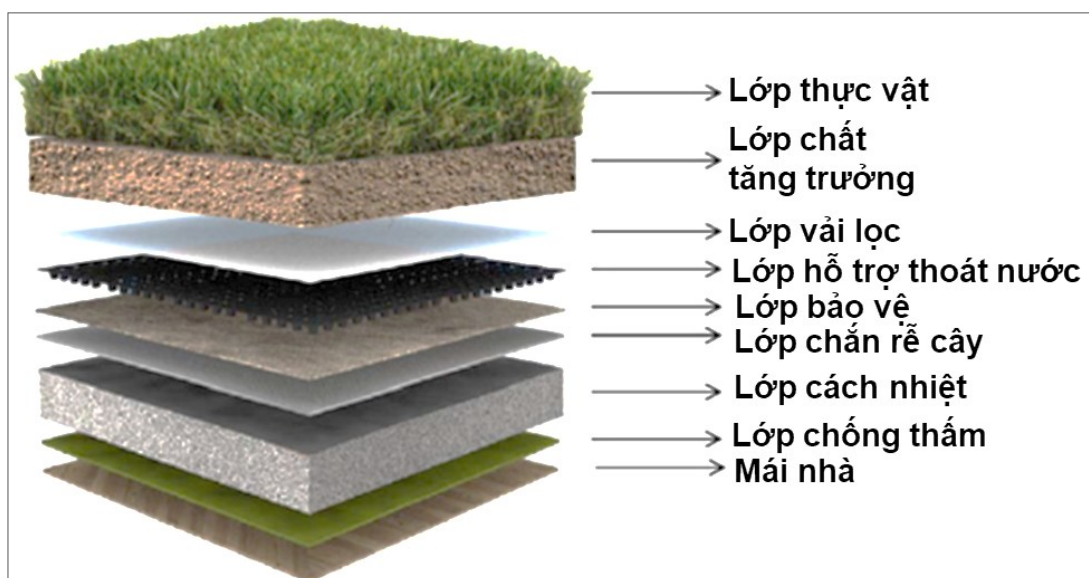
5.6.3.1. Giải pháp mái nhà xanh

- Định nghĩa:

Thuật ngữ “mái nhà xanh” dùng để chỉ mái nhà có trồng các thảm thực vật. Mái nhà xanh còn có thể được gọi là mái nhà sống, mái nhà thực vật hoặc mái nhà sinh thái. Việc xây dựng những mái nhà xanh thường có rất nhiều ưu điểm. Trước hết, giống như một máy điều hòa không khí tự nhiên, thảm thực vật xanh trên mái giúp cho tòa nhà tránh được hơi nóng trực tiếp của mặt trời. Thảm thực

vật trên mái còn giúp hấp thụ từ 10 - 20% bụi bẩn trong không khí, và cải thiện tính cách âm tới 8dB. Điều này có ý nghĩa rất thiết thực đối với các toà nhà và công trình có vị trí gần sân bay hoặc gần các khu vực nhiều tiếng ồn.

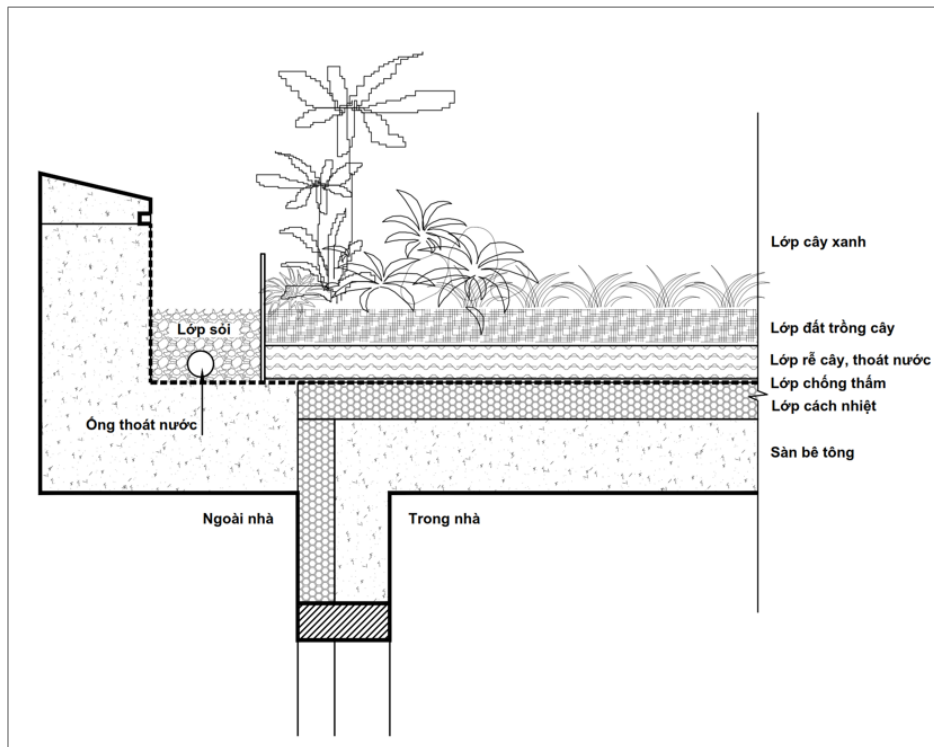
- *Cấu tạo của một mái nhà xanh được thiết kế như sau [19]:*



Hình 5.29 Cấu trúc của một mái nhà xanh điển hình

- + **Thảm thực vật:** đây là phần trên cùng của mái nhà và bao gồm thảm thực vật chịu lực và thẩm mỹ. Nó cũng phải mang lại các lợi ích vật chất mang tính xây dựng (cách nhiệt, bảo vệ âm thanh, v.v.) và các lợi ích sinh thái (giữ mưa, làm sạch không khí, v.v.). Do đó, lý tưởng nhất là thảm thực vật này càng dày đặc càng tốt và có chiều cao đồng đều nhất có thể.
- + **Cơ chất:** đây là lớp hỗ trợ thảm thực vật và chứa rễ và các chất dinh dưỡng. Về vấn đề này, điều quan trọng là lớp này phải có đủ thể tích không khí để cho phép rễ xâm nhập, cũng như đủ trợ để ngăn chặn sự phát triển quá mức của thảm thực vật hoặc sự hình thành cỏ dại.
- + **Lọc:** lớp này ngăn các phần của chất nền hình thành bùn do mưa thấm xuống các lớp bên dưới.
- + **Lớp thoát nước:** chức năng của lớp này là tránh đọng nước quá mức trong chất nền có thể gây hại cho thảm thực vật.

- + Lớp chắn rễ: Chúng được định vị sao cho ngăn ngừa hư hại cho các lớp chống thấm mái nhà hoặc cấu trúc của tòa nhà.
- + Tấm chống thấm: Cái này độc lập với tấm chắn rễ và được đặt bên dưới nó. Chức năng chính của nó là bịt kín mái nhà bằng cách chuyển hướng nước đến các ống thoát nước.

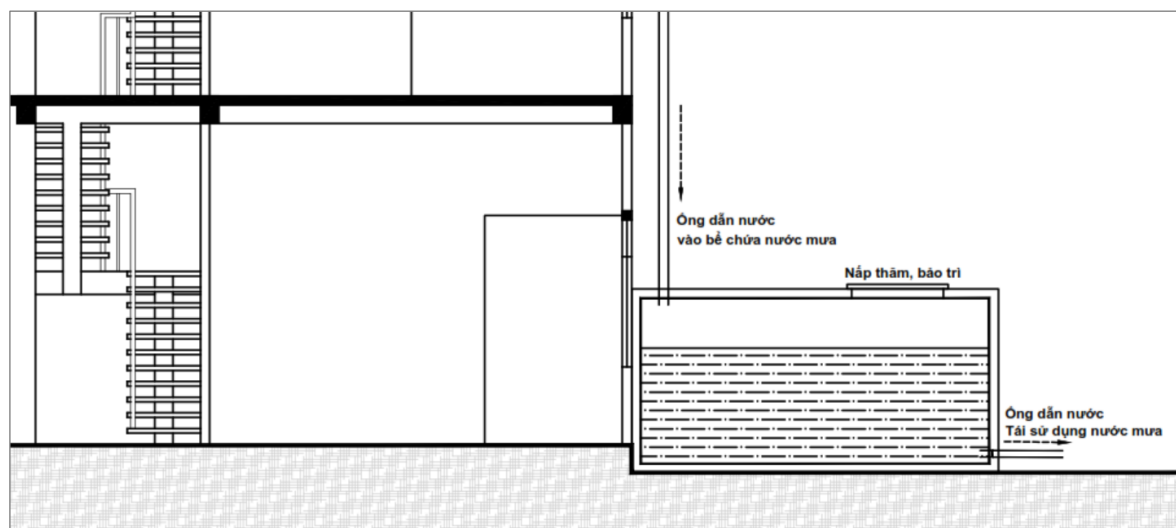


Hình 5.30 Bản vẽ thiết kế mái nhà xanh cho tòa nhà

5.6.3.2. Giải pháp bề chứa mặt đất

- Định nghĩa:

Giải pháp bề chứa nước trên mặt đất là một giải pháp đơn giản và dễ dàng thực hiện để giảm thiểu tác động của nước mưa vào môi trường.



Hình 5.31 Minh họa thiết kế bể chứa mặt đất

- Nguyên lý hoạt động:
 - + Bể chứa nước được thiết kế để có khả năng chứa đựng một lượng nước lớn, đảm bảo tính hiệu quả của hệ thống.
 - + Hệ thống bể chứa nước thường được tích hợp với các hệ thống xử lý nước để lọc bớt các tạp chất và tăng tính an toàn vệ sinh của nước.
 - + Việc thiết kế và xây dựng bể chứa nước trên mặt đất cần được thực hiện đúng cách để đảm bảo tính hiệu quả của hệ thống. Cần tính toán kỹ lưỡng để đảm bảo rằng bể chứa nước đủ lớn để chứa đựng một lượng nước mưa đủ lớn, mà không gây ảnh hưởng đến các khu vực xung quanh. Cần lựa chọn vật liệu xây dựng phù hợp và đảm bảo tính an toàn, đồng thời cần đảm bảo hệ thống xử lý nước đảm bảo chất lượng nước được lưu giữ trong bể chứa.
- Nguyên tắc bố trí:
 - + Bể chứa nước thường được xây dựng trên mặt đất, với hình dạng và kích thước phù hợp với mục đích sử dụng và đặc điểm địa hình.
 - + Bể chứa nước thường được xây dựng bằng các vật liệu như bê tông, sỏi, đá hoặc nhựa.
- Phạm vi áp dụng:

Tổng thể, giải pháp bể chứa nước trên mặt đất là một giải pháp đơn giản, dễ dàng triển khai và hiệu quả trong việc quản lý nước mưa. Nó cũng có thể tích hợp vào các hệ thống khác như hệ thống tưới cây cối hoặc sinh hoạt, giúp tăng tính bền vững cho hệ thống quản lý nước.

- *Ưu điểm:*

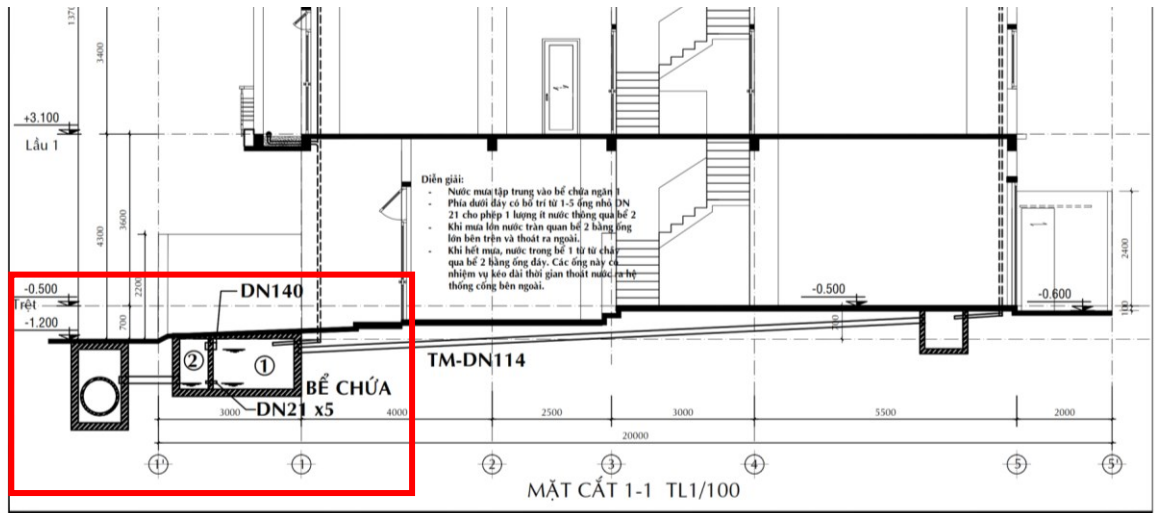
- + Giảm tốc độ thoát nước và ngăn chặn ngập lụt trong các khu vực đô thị.
- + Tăng khả năng chống hạn hán bằng cách lưu giữ nước mưa để sử dụng lại cho mục đích tưới cây cối hoặc sinh hoạt.
- + Tăng tính thẩm mỹ của khu vực xung quanh bể chứa.

- *Nhược điểm:*

- + Yêu cầu một chi phí đầu tư ban đầu để xây dựng bể chứa và hệ thống cấp nước.
- + Bể chứa phải được thiết kế sao cho đủ lớn để chứa đủ nước mưa và đảm bảo hiệu quả của hệ thống.
- + Cần đảm bảo quản lý và bảo trì bể chứa để tránh gây ô nhiễm môi trường.

5.6.3.3. Giải pháp bể chứa ngầm quy mô nhỏ

Bể chứa ngầm quy mô nhỏ (công trình văn phòng, hộ gia đình,...) cũng có các đặc tính, nguyên lý hoạt động tương tự như bể chứa mặt đất đã phân tích tại mục trên. Dưới đây là minh họa một thiết kế hồ trữ ngầm cho quy mô tòa nhà, trong đó nước mưa được tập trung tại bể chứa số 1. Khi có mưa lớn xảy ra, nước mưa sẽ tập trung vào bể chứa số 2, và thoát ra ngoài. Khi hết mưa, nước trong bể 1 từ từ chảy qua bể 2 bằng ống đáy – các ống này có tác dụng kéo dài thời gian thoát nước ra ngoài của hệ thống. Các phương án thiết kế bể chứa ngầm khác được thể hiện tại báo cáo phụ lục của nghiên cứu này.

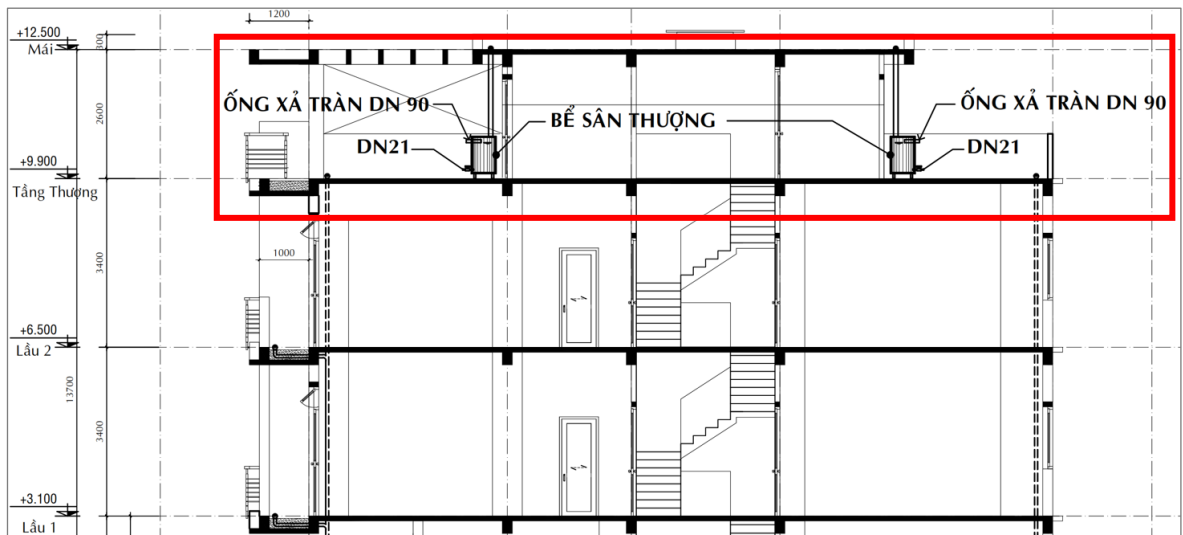


Hình 5.32 Thiết kế bể chứa ngầm cho tòa nhà

5.6.3.4. Giải pháp bể chứa trên mái

- *Định nghĩa:*

Giải pháp bể chứa nước mưa trên mái nhà là một phương pháp quản lý nước mưa bằng cách thu thập và lưu trữ nước mưa trên mái nhà để sử dụng cho mục đích khác, giúp giảm ngập lụt và tiết kiệm tài nguyên nước. Nguyên lý hoạt động tương tự như các giải pháp bể chứa trên mặt đất.



Hình 5.33 Minh họa thiết kế bể chứa trên sân thượng

- *Ưu điểm:*

- + Giảm thiểu tốc độ thoát nước và hỗ trợ ngăn chặn ngập lụt trong các khu vực đô thị;

- + Tiết kiệm tài nguyên nước và giảm chi phí cho việc sử dụng nước;
- + Tăng tính thẩm mỹ của ngôi nhà.
- *Nhược điểm:*
 - + Yêu cầu chi phí đầu tư ban đầu để xây dựng hệ thống bể chứa và cần bảo trì định kỳ để đảm bảo hiệu quả của hệ thống;
 - + Không phù hợp với các khu vực có lượng mưa ít hoặc không đều;
 - + Có thể gây ra rủi ro về môi trường nếu không được thiết kế và xây dựng đúng cách;
 - + Tổng thể, giải pháp bể chứa nước mưa trên mái nhà là một phương pháp tiết kiệm tài nguyên và bền vững để quản lý nước mưa trong các khu vực đô thị. Tuy nhiên, việc thiết kế và xây dựng hệ thống bể chứa cần được thực hiện đúng cách để tránh gây ra rủi ro cho môi trường và đảm bảo hiệu quả của hệ thống.

5.7. Tiểu kết

Nội dung chương này đề cập đến kết quả tính toán dung tích trữ nước mưa theo 2 đường cong V-I-P và V-C-P. Ứng với các dữ liệu và biểu đồ đường cong đã tính, người sử dụng có thể tra bảng và trích xuất dung tích trữ nước mưa dựa trên thông số mô hình mưa thiết kế và bề mặt không thấm hoặc hệ số dòng chảy tràn lưu vực.

Trong đề tài này chỉ ưu tiên phân tích 2 kịch bản đề xuất là: KB1 (P=10 năm, $I \geq 65\%$), và KB2 (P=20 năm, $I \geq 85\%$) thuộc đường cong V-I-P. Và kịch bản C=0,55/P=10 năm và C=0,7/P=10 năm thuộc đường cong V-C-P. Kết quả ước lượng dung tích trữ theo V-I-P cho thấy, với giai đoạn ngắn hạn 2040 (theo KB1), cần bố trí trữ khoảng 10,329 triệu m³, tương ứng cần 1,3% diện tích toàn vùng và chi phí khoảng 41 nghìn tỷ đồng. Đến giai đoạn dài hạn 2060, cần bố trí trữ khoảng 17,295 triệu m³, tương ứng cần 2,18% diện tích toàn vùng và khoảng 69 nghìn tỷ đồng. Kết quả tính toán theo đường cong V-C-P cũng cho kết quả

tương tự về dung tích cần trữ cũng như diện tích và chi phí thực hiện. Như vậy, mặc dù cần chi phí khá cao, nhưng yêu cầu về diện tích cần bố trí các loại hình trữ nước mưa là không nhiều, khoảng 2% tổng diện tích toàn vùng, nên các giải pháp này hoàn toàn có khả thi để thực hiện cho TP.HCM.

Nghiên cứu cũng đã định hướng phân bổ lượng nước trữ cho các giải pháp ao/hồ và vùng trũng thấp, khu vực công trình công cộng hay hộ gia đình ứng với từng vùng nghiên cứu. Theo đó, các khu vực Trung tâm và vùng Đông Bắc ưu tiên quy hoạch phát triển công trình với hệ số dòng chảy tràn cao, nên khả năng trữ thấp. Các khu vực vệ tinh như phía Tây và Nam của thành phố có thể bố trí được nhiều không gian cho trữ nước hơn.

Ngoài ra, nghiên cứu cũng đã ước tính lượng trữ trên kênh và đề xuất hành lang hứng nước mưa. Theo đó, với mật độ sông/kênh hiện nay trên địa bàn TP.HCM hoàn toàn có đủ khả năng để bố trí trữ nước mưa giảm ngập ứng với các kịch bản ngắn hạn 2040, và dài hạn 2060.

Một số mô hình trữ nước mưa điển hình phù hợp với TP.HCM như trữ tập trung, phân tán, trữ theo quy mô công trình, hộ gia đình cũng đã được nghiên cứu đề xuất. Dựa trên các giải pháp này, nghiên cứu tiếp tục xây dựng mô hình trữ nước mưa thí điểm cho 3 khu vực điển hình, được thể hiện tại *Chương 6*.

CHƯƠNG 6: NGHIÊN CỨU THÍ ĐIỂM CÁC MÔ HÌNH TRỮ NƯỚC MƯA ĐIỂN HÌNH

6.1. Phân tích lựa chọn các vị trí nghiên cứu điển hình

• Tính cấp thiết

Dựa trên những kết quả đã phân tích tại *Chương 4 và 5*, giải pháp trữ nước mưa theo quy mô tập trung, phân tán hoặc trữ trên sông/kênh hoàn toàn khả thi tại TP.HCM. Tuy nhiên, vì sự khác biệt trong phân bố địa hình, đặc điểm ĐTH, đặc điểm HTTN của mỗi khu vực cũng khác nhau ở TP.HCM, do đó cần thiết xây dựng các mô hình trữ nước mưa phù hợp với từng địa điểm cụ thể.

Thứ nhất, TP.HCM đã có nhiều khu đô thị như: Phú Mỹ Hưng (DT 750 ha), Vạn Phúc (DT 198 ha), Sala (DT 113 ha)..., và đang định hướng mở rộng nhiều khu đô thị mới như Zeitgeist Nhà Bè (DT 350 ha), Sài Gòn Bình An (DT 117 ha), Đông Tăng Long (160,70 ha). Những khu đô thị mới với thiết kế các công trình trữ nước mưa phân tán, có thể giảm thiểu áp lực trên hệ thống thoát nước chính, giảm thiểu tình trạng ngập lụt và giúp duy trì cung cấp nước cho khu vực trong thời gian khô hạn. Ngoài ra, các công trình trữ nước mưa, như hồ điều tiết, công viên công cộng có chức năng trữ nước có thể được thiết kế thành không gian xanh, cung cấp không gian sống và giải trí cho cư dân đồng nâng cao giá trị tài sản của khu vực được thiết kế tích hợp. Mô hình trữ phân tán này được nghiên cứu thí điểm tại khu dân cư mới Đông Tăng Long, TP.Thủ Đức.

Thứ hai, TP.HCM có hệ thống sông/kênh rộng khắp và nhiều vùng ao/hồ hoặc vùng đất trũng thấp liền kề (ví dụ khu vực TP. Thủ Đức, huyện Nhà Bè, Bình Chánh...). Việc sử dụng sông/kênh trữ nước hỗ trợ giảm ngập là khả thi cho TP.HCM như đã đề xuất trước đó. Vì vậy, nghiên cứu đề xuất mô hình trữ nước mưa bằng hồ điều tiết hồ kết hợp kênh và trạm bơm. Mô hình này được nghiên cứu điển hình tại lưu vực rạch Thủ Đức.

Thứ ba, hiện nay TP.HCM có nhiều khu vực đô thị hóa cao, ví dụ như vùng Trung tâm (Quận 1, 3, 5...), và thường xảy ra ngập lụt khi mưa lớn. Việc áp

dụng các giải pháp trữ nước mưa hỗ trợ hệ thống thoát nước tại những khu vực này là hoàn toàn cần thiết. Tuy nhiên, vấn đề chung của những khu vực đô thị hóa cao là quỹ đất xây dựng hạn chế, do đó nghiên cứu này đề xuất mô hình hồ điều tiết ngầm nhằm khắc phục nhược điểm đó. Mô hình này được nghiên cứu điển hình tại khu vực khách sạn Kỳ Hòa, đường 3/2, quận 10.

- **Mục tiêu:**

Áp dụng thiết kế thí điểm các giải pháp trữ nước mưa điển hình để giảm ngập cho 3 khu vực cụ thể tại TP.HCM.

- **Nội dung thực hiện:** Thiết kế thí điểm các giải pháp trữ nước mưa dạng tập trung và phân tán cho 3 khu vực nghiên cứu điển hình. Cụ thể:

- Mô hình số 1: Thiết kế hồ điều tiết ngầm trong khu vực có đô thị hóa cao;
- Mô hình số 2: Thiết kế hồ điều tiết hở kết hợp kênh và trạm bơm;
- Mô hình số 3: Thiết kế các công trình trữ nước mưa phân tán trong khu dân cư.

- **Tiêu chí thiết kế:**

- Đối với Mô hình số 1, là dạng hồ ngầm theo công nghệ Cross-wave. Với tiêu chí được thiết lập để bố trí tại khu vực có mật độ đô thị hóa cao, hệ thống thoát nước hoàn chỉnh và thuộc vùng địa hình cao.
- Đối với Mô hình số 2, là dạng hồ hở kết hợp kênh. Với tiêu chí là thiết kế cho khu vực có mật độ đô thị hóa trung bình, có ao hồ hiện hữu kết nối.
- Đối với Mô hình số 3, là các công trình trữ nước mưa phân tán. Với tiêu chí là thiết kế cho khu vực có mật độ đô thị hóa thấp, khu dân cư đang phát triển, nằm ở vùng địa hình thấp.

6.2. Giải pháp trữ nước mưa phân tán

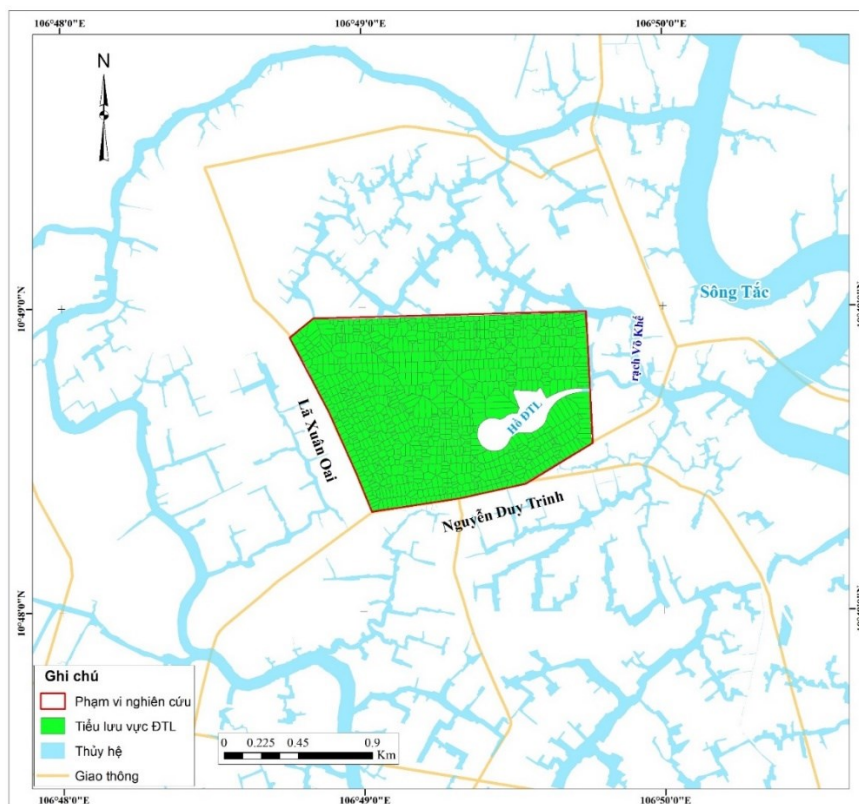
6.2.1. Thông tin chung về lưu vực thí điểm

Căn cứ theo nội dung đề tài, tiến hành lựa chọn lưu vực nghiên cứu điển hình có diện tích từ 50 ha ÷ 100 ha với các tiêu chí sau:

- (1) Diện tích lưu vực phù hợp với mục tiêu đã đề ra (50 ha ÷ 100 ha);

- (2) Khu vực có hệ thống hạ tầng thoát nước đang hoàn thiện và kết nối với các khu vực xung quanh, đang trong quá trình đô thị hóa, nằm vùng địa hình thấp;
- (3) Dữ liệu phục vụ nghiên cứu tương đối đầy đủ: khí tượng thủy văn (KTTV), địa hình, mặt cắt sông rạch, HTTN, ...
- (4) Ưu tiên cho lưu vực có một số điểm ngập hiện hữu cần giải quyết hoặc có nguy cơ ngập lụt trong tương lai;
- (5) Được sự ủng hộ của chính quyền địa phương..

Sau khi tiến hành phân tích nội nghiệp bằng dữ liệu bản đồ sẵn có và dữ liệu từ khảo sát thực địa, trao đổi với các địa phương, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn khu dân cư Đông Tăng Long (KDC ĐTL) nằm ở phường Trường Thạnh, TP. Thủ Đức làm khu vực nghiên cứu điển hình (**Hình 6.1**). KDC ĐTL có diện tích 160,7 ha, đang trong quá trình đô thị hóa, mật độ dân cư và xây dựng khá thưa thớt so với quy hoạch.



Hình 6.1 Vị trí và phạm vi giới hạn khu dân cư Đông Tăng Long

Địa hình KDC ĐTL được san lấp với cao trình khá bằng phẳng, dao động từ 0,5 – 3,0m (**Hình 6.2**). Hạ tầng thoát nước khu vực được xây dựng hoàn chỉnh cùng với quá trình phát triển hạ tầng kỹ thuật của KDC. Hiện tại KDC ĐTL có hồ điều tiết nước mưa hiện hữu với diện tích 7 ha thông với rạch Võ Khê (**Hình 6.1**).

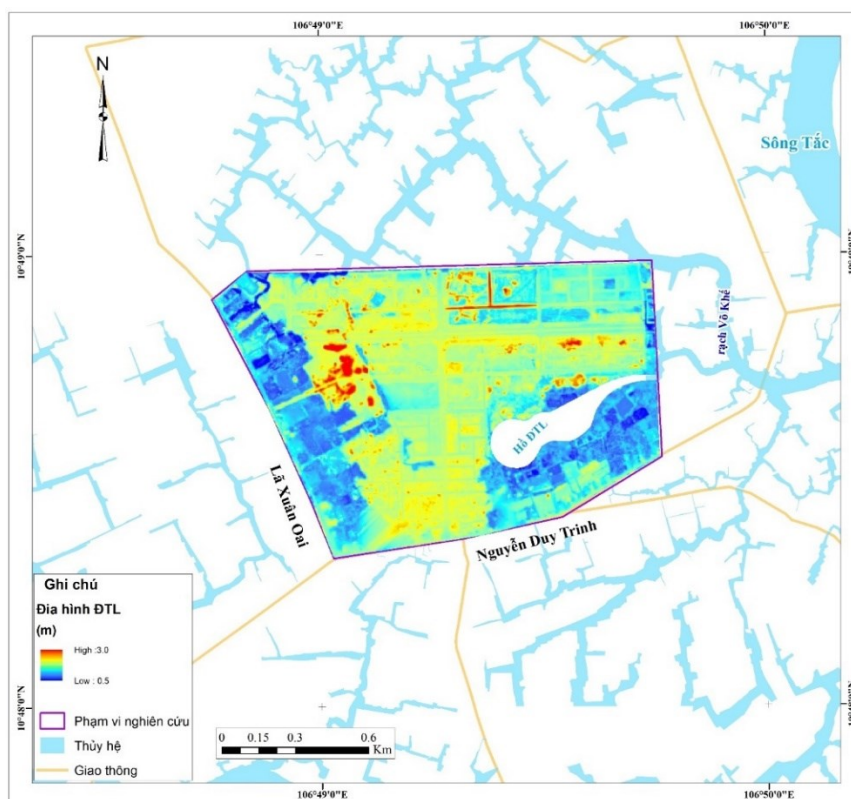
Với hệ thống thoát nước hiện trạng, KDC ĐTL sẽ không xuất hiện tình trạng ngập lụt ứng với trận mưa và hệ số chảy tràn nằm trong giới hạn thiết kế. Tuy nhiên, trong tương lai nếu lượng mưa tăng và hệ số chảy tràn tăng, KDC ĐTL có thể xuất hiện tình trạng ngập lụt nếu không có giải pháp thích ứng phù hợp.

6.2.2. Thiết kế giải pháp trữ nước mưa

6.2.2.1. Tính toán, xác định giải pháp công trình

- **Dữ liệu**

- *Dữ liệu địa hình*: được thu thập từ chủ đầu tư được sử dụng để phân chia tiểu lưu vực và xây dựng mô hình mô phỏng HTTN và thiết kế các giải pháp nâng cấp, cải tạo HTTN cho lưu vực nghiên cứu điển hình (**Hình 6.2**).



Hình 6.2 Bản đồ địa hình khu dân cư Đông Tăng Long

- *Dữ liệu khí tượng – thủy văn*

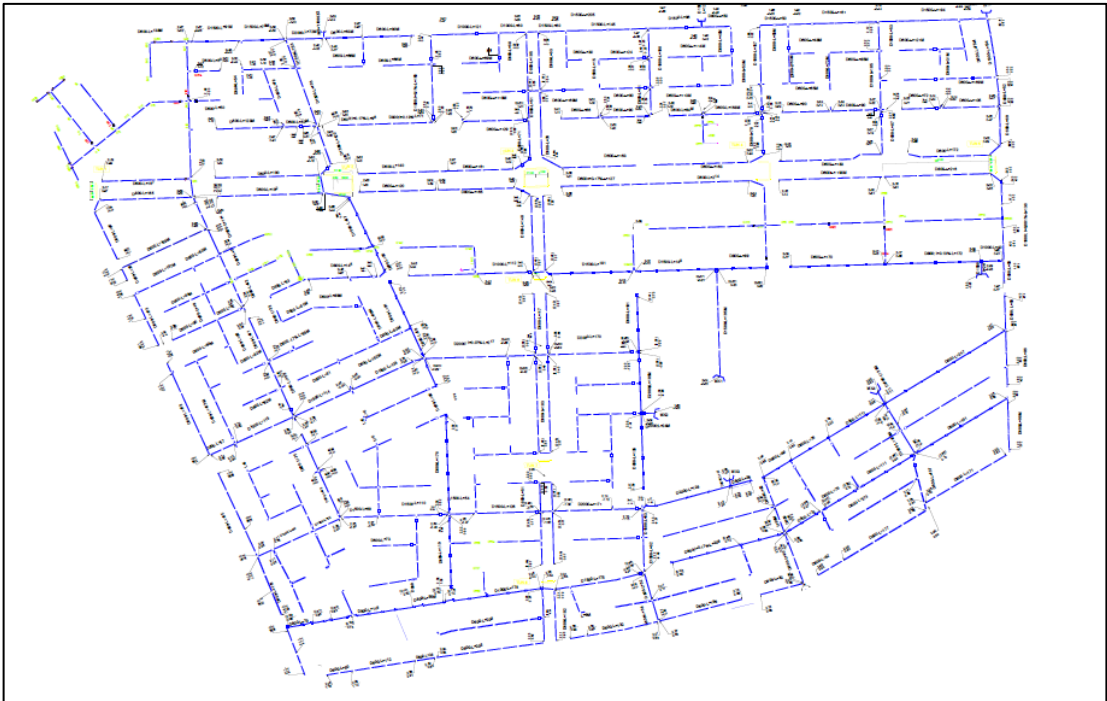
+ Số liệu mưa thời đoạn 15 phút của các trận mưa có tổng lượng mưa lớn hơn 30mm tại trạm Tân Sơn Hòa từ năm 1982-2019.

+ Các biểu đồ mưa thiết kế theo tần suất khác nhau tại trạm Tân Sơn Hòa.

- *Dữ liệu công thoát nước*

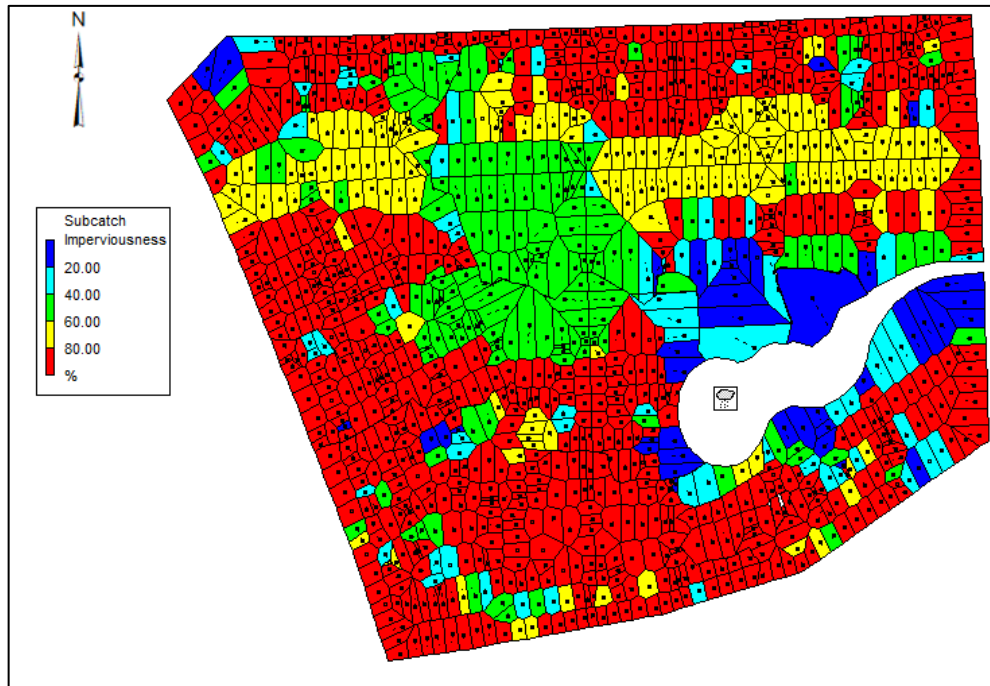
+ Dữ liệu công thu thập từ bản vẽ thiết kế và hoàn công hệ thống thoát nước của chủ đầu tư KDC ĐTL (Hình 6.3).

+ Dữ liệu điều tra, khảo sát các tuyến cống bổ sung do đề tài thực hiện.



Hình 6.3 Sơ đồ thống thoát nước mưa khu vực nghiên cứu

- *Dữ liệu bề mặt không thấm:* Dữ liệu bề mặt không thấm phục vụ mô phỏng quan hệ mưa dòng chảy được trích xuất từ dữ liệu quy hoạch KDC ĐTL (**Hình 6.4**). Khu vực nghiên cứu khi hoàn thiện thì sẽ có mức độ đô thị hóa cao với tỉ lệ diện tích không thấm bình quân là 82,00%.



Hình 6.4 Phân bố bề mặt không thấm theo bản đồ QH khu dân cư ĐTL

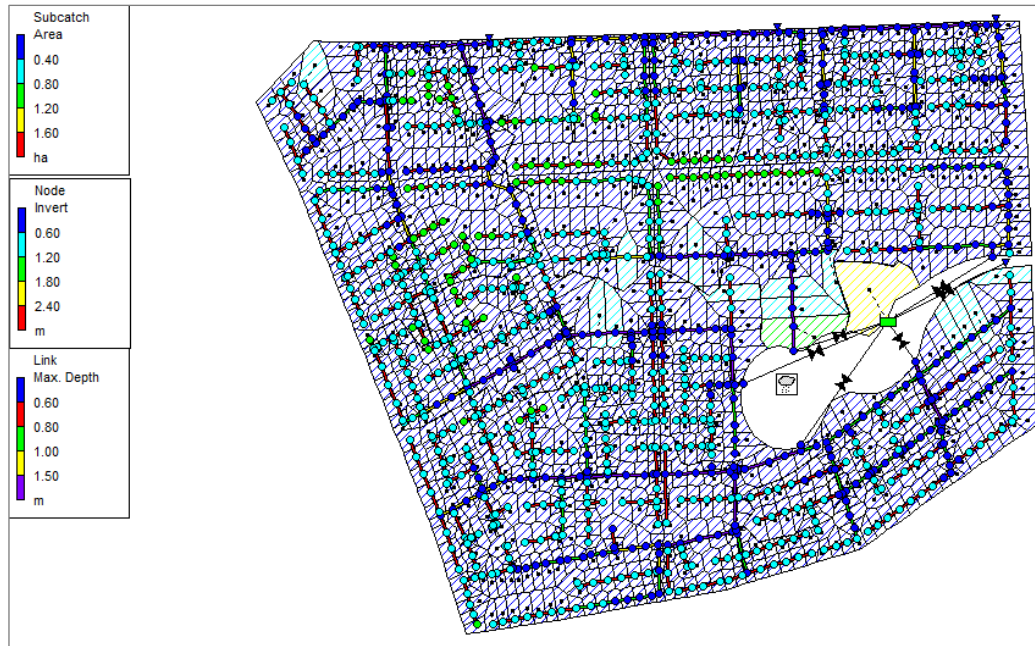
- **Thiết lập mô hình mô phỏng hệ thống thoát nước**

Lưu vực thoát nước được chia thành 1.164 tiểu lưu vực với diện tích là 160,7 ha. với mức độ đô thị hóa trung bình sau khi hoàn thành dự án 78,6% (1-100%), độ dốc trung bình lưu vực là 0,85%. Hệ thống cống gồm 1.163 tuyến cống với tổng chiều dài 4,66 km, 1.168 nút và 4 cửa xả như **Hình 6.5**.

Project Summary	
Raingages	1
Subcatchments	1164
Aquifers	0
Snowpacks	0
RDII Hydrographs	0
Infiltration Model	HORTON
Junction Nodes	1168
Outfall Nodes	4
Divider Nodes	0
Storage Nodes	1
Conduit Links	1163
Pump Links	0
Orifice Links	0

Hình 6.5 Thông tin cơ bản của mô hình HTTN LV khu dân cư ĐTL

Sơ đồ mô phỏng HTTN tại KDC ĐTL bằng phần mềm EPA-SWMM được trình bày như sau:



Hình 6.6 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước LV khu dân cư ĐTL

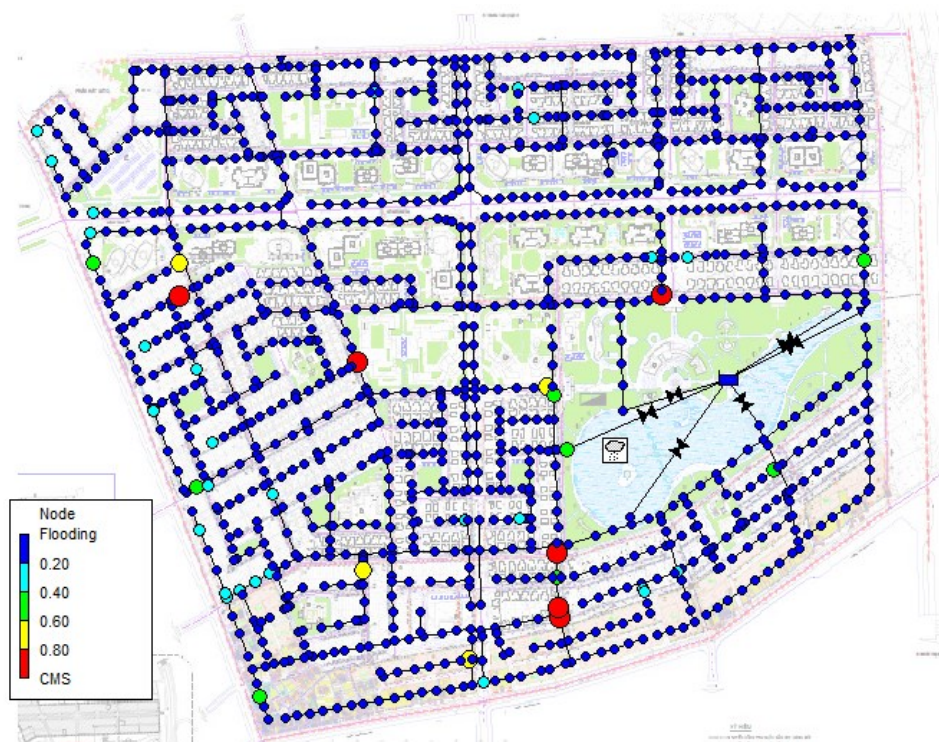
• **Mô phỏng đánh giá nguy cơ ngập lụt tại LV khu dân cư ĐTL**

Nghiên cứu mô phỏng tình hình ngập lụt theo 3 kịch bản chính: (i) Kịch bản thiết kế, với mức độ ĐTH theo quy hoạch và mưa P = 5 năm; (ii) kịch bản cho giai đoạn trung hạn 2040 với ĐTH theo quy hoạch, và P = 10 năm. (iii) kịch bản cho giai đoạn dài hạn 2060 với ĐTH theo quy hoạch, và P = 20 năm.

Bảng 6.1 Bảng tổng hợp các kịch bản mô phỏng ngập lụt LV khu dân cư ĐTL

STT	Tên kịch bản	Mưa	Đô thị hóa	Mực nước	Công trình
1	KB-A	P = 5 năm	Theo QH	H =+ 1,0 m	ĐTH theo quy hoạch
2	KB-B	P = 10 năm	Theo QH	H =+ 1,0 m	Trung hạn 2040 (ĐTH theo QH và lượng mưa tăng vừa)
3	KB-C	P = 20 năm	Theo QH	H =+1,0 m	Dài hạn 2060 (ĐTH theo QH và lượng mưa tăng cao)

Kết quả mô phỏng cho thấy xuất hiện nhiều điểm ngập tại tuyến khu dân cư ĐTL, với độ ngập giao động từ 0,01m-0,15m (**Hình 6.7**).



Hình 6.7 Mô phỏng kịch bản tương lai (KB-C) khu vực nghiên cứu

Bảng 6.2 Thống kê dung tích và mực nước ngập lớn nhất khu dân cư ĐTL

STT	Tên kịch bản	Tổng dung tích nước ngập (10^3 m^3)	Mực nước ngập max (ĐTL)
1	KB-A	38,9	H = 0,31m
2	KB-B	55,1	H = 0,36m
	KB-C	67,3	H = 0,41m

Trong các kịch bản đánh giá thì dung tích nước ngập từ hồ ga theo KB-C giai đoạn 2060 là $67,3 \times 10^3 \text{ m}^3$. Tính toán sơ bộ cấu kiện trữ (ô trữ sinh học, rãnh thấm, rãnh thấp, vườn mưa, bể trữ ngầm được giả định khả năng trữ 0,3 m được phân bố phân tán, thì diện tích cần thiết để bố trí các cấu kiện trữ này khoảng gần 14,1% (22,6 ha). Thiên về an toàn, nghiên cứu sẽ đánh giá hiệu quả thủy lực của 15% diện tích giải pháp công trình trữ được bố trí phân tán theo

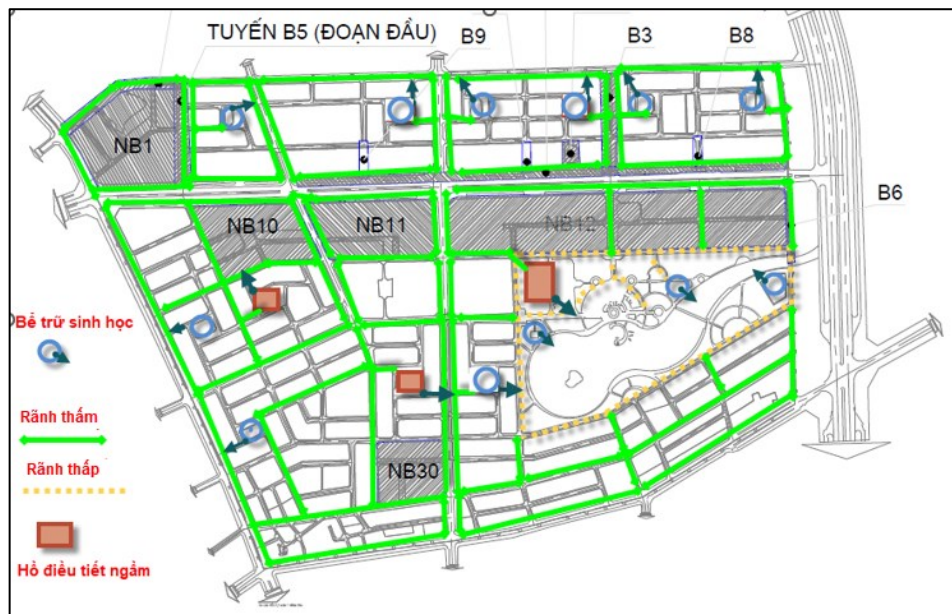
từng khu vực có nhu cầu và không gian cho phép theo thiết kế sẽ được trình bày ở phần tiếp theo.

• **Mô phỏng các giải pháp trữ nước mưa cho LV khu dân cư ĐTL**

Thông số thiết kế và sơ họa mặt bằng bố trí các giải pháp trữ nước mưa phân tán cho KDC ĐTL như sau:

- Thiết kế các giải pháp trữ theo module và lắp đặt tại các vị trí phù hợp để trữ nước mưa giảm thiểu dòng chảy tràn.
- Các nguyên lý giảm thiểu dòng chảy tràn gồm: Trữ, thấm, trữ và thấm
- Thiết kế theo module, thuận tiện thi công và quản lý vận hành.
- Các module đề xuất
 - + Mô hình rãnh thấm dọc theo vỉa hè;
 - + Mô hình ô trữ sinh học trong công viên (ưu tiên khu vực có các điểm ngập nguy hiểm);
 - + Mô hình rãnh thấp trong công viên;
 - + Mô hình hồ ngầm công nghệ lắp ghép trong công viên (ưu tiên khu vực có các điểm ngập nguy hiểm).

Mặt bằng bố trí công trình trữ phân tán LID và hồ ngầm cho KDC ĐTL như sau:



Hình 6.8 Sơ đồ thủy lực hệ thống trữ phân tán và hồ ngầm cho khu vực ĐTL

Bảng 6.3 Thống kê số lượng và dung tích tiềm năng của cấu kiện trữ

STT	Giải pháp trữ	Diện tích (m ²)	Dung tích (1000 m ³)
1	Rãnh thấm (chiều cao trữ tương đương 0,3m)	189.410	56,8
2	Rãnh thấp (chiều tương đương 0,3m)	24.343	7,303
3	Ô trữ sinh học (chiều cao trữ tương đương 0,6m)	6.235	3,74
4	Hồ ngầm công nghệ lắp ghép (3 hồ với độ sâu mỗi hồ 2 m)	7.000	14,0
Tổng			81,8

Bảng 6.3 thể hiện kết quả tổng thể tích trữ ước tính khi thiết kế các cấu kiện trữ phân tán là $81,8 \times 10^3 \text{ m}^3$. Thể tích này được thiết kế lớn hơn thể tích ngập **KB-C**: $67,3 \times 10^3 \text{ m}^3$ (**Bảng 6.2**), vì trong quá trình hoạt động thủy văn, dòng chảy các cấu kiện trữ nước phải có thời gian để trữ hết dung tích ngập. Do đó, nên thiết kế thiên về an toàn với dung tích lựa chọn lớn hơn dung tích tính toán từ mô hình.

- **Hiệu quả thủy lực giải pháp trữ phân tán LID và hồ ngầm**

Giải pháp các công trình trữ phân tán được đề xuất trong **Hình 6.8** được cập nhật vào mô hình mô phỏng HTTN KDC ĐTL đã được hiệu chỉnh kiểm định. Hiệu quả giảm ngập của giải pháp công trình trữ phân tán được đánh giá bằng cách chạy mô hình cập nhật theo các kịch bản như trong **Bảng 6.2**. Và kết quả về mức độ giảm ngập của giải pháp công trình được trình bày tóm tắt trong **Bảng 6.4** như sau:

Bảng 6.4 Hiệu quả giảm ngập của công trình trữ nước mưa đối với KDC ĐTL

STT	Tên kịch bản	Tổng dung tích nước ngập (1000m ³)	H max	% giảm ngập dung tích
1	KB-A	3,47	0,099	91,1
2	KB-B	8,13	0,115	85,3
3	KB-C	14,4	0,15	78,6

Bảng 6.7 (a) cho thấy sau khi có công trình trữ nước mưa đề xuất ở trên đã làm số điểm ngập KB-A giảm chỉ còn 2 điểm ngập dưới 0,1m. Đối với KB-C do lượng mưa tăng, mặc dù có công trình trữ nhưng chỉ giúp làm giảm các điểm ngập ở KB-C nhưng vẫn có điểm ngập với độ cao 0,15m. Kết quả cho thấy, hiệu quả giảm dung tích ngập toàn KDC ĐTL đã làm giảm 91,1 % tổng lượng ngập đối với mưa P=5 năm, và 78,6% với P=20 năm (**Bảng 6.5**).



Hình 6.9 Kết quả vị trí ngập hồ ga nhiều nhất khu dân cư ĐTL khi có giải pháp công trình trữ: (a) (KB-A); và (b) (KB-C)

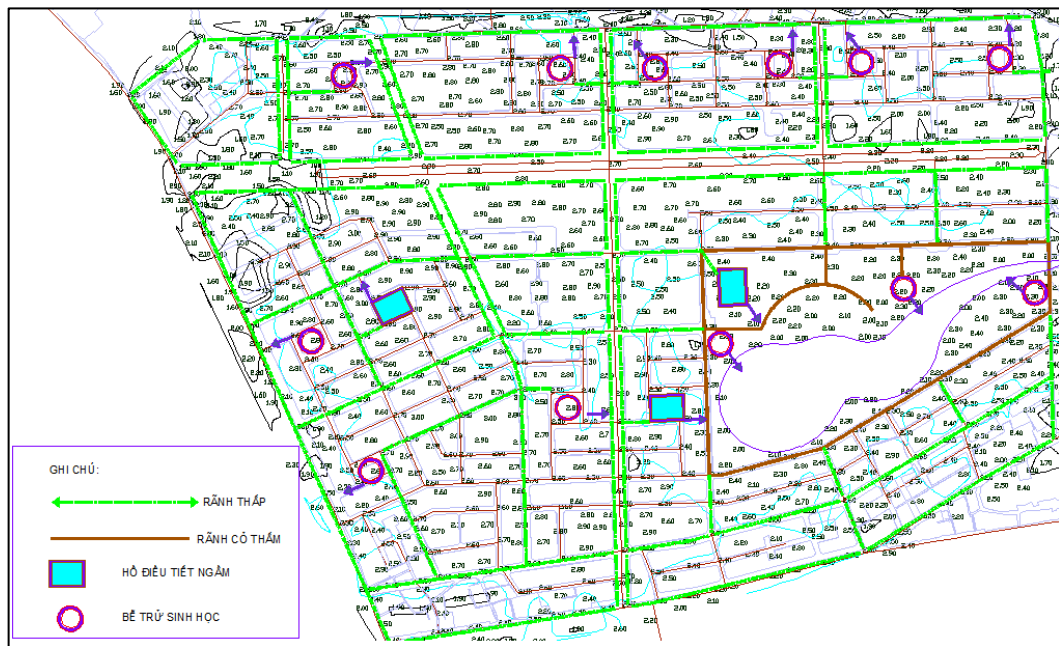
Bảng 6.5 Hiệu quả giảm ngập của công trình trữ nước mưa đối

STT	Tên kịch bản	Tổng dung tích nước ngập (1000m ³)	H max	% giảm ngập dung tích
1	KB A1	3,47	0,099	91,1
2	KB B1	8,13	0,115	85,3
3	KB C1	14,4	0,15	78,6

6.2.2.2. Thiết kế kỹ thuật các giải pháp trữ phân tán

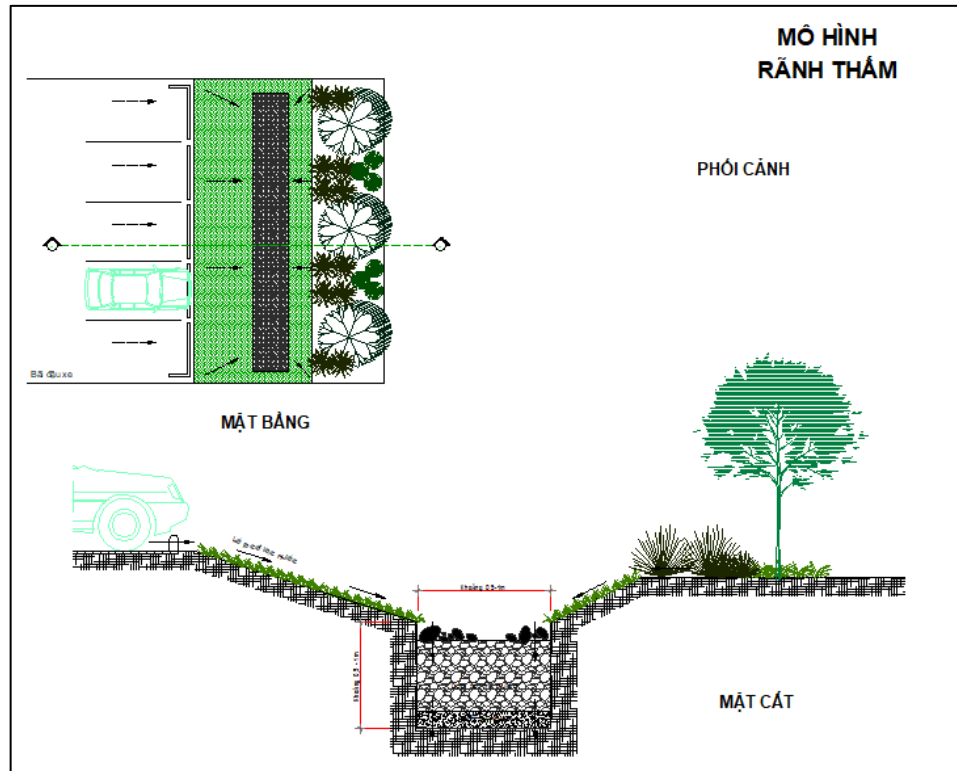
Giải pháp trữ nước mưa phân tán gồm các kỹ thuật rãnh thấm, rãnh thấm, ô trữ sinh học và bể trữ ngầm. Các giải pháp được thiết kế theo dạng module và bố trí theo mặt bằng đã được thiết kế sẵn.

Căn cứ vào bình đồ và hạ tầng thoát nước hiện trạng và kết quả mô phỏng thủy lực, phương án bố trí mặt bằng công trình trữ nước mưa được thể hiện trong **Hình 6.10** như sau:

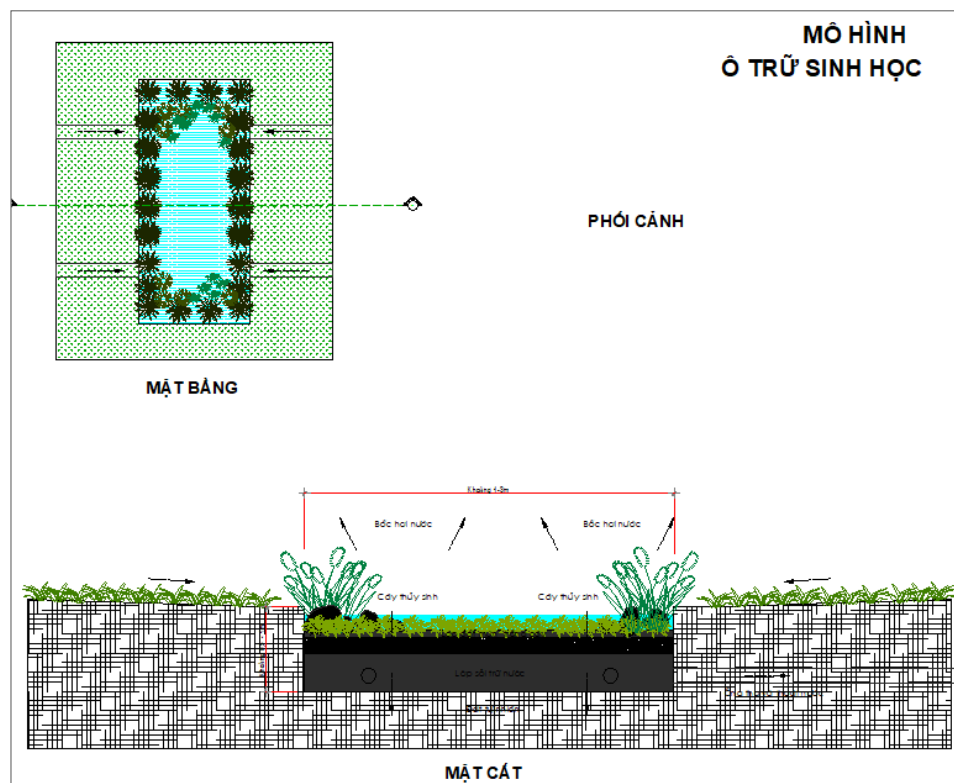


Hình 6.10 Mặt bằng thiết kế bố trí công trình trữ khu dân cư ĐTL

- Các module được thiết kế như sau:
- + Mô hình rãnh thấm dọc theo vỉa hè

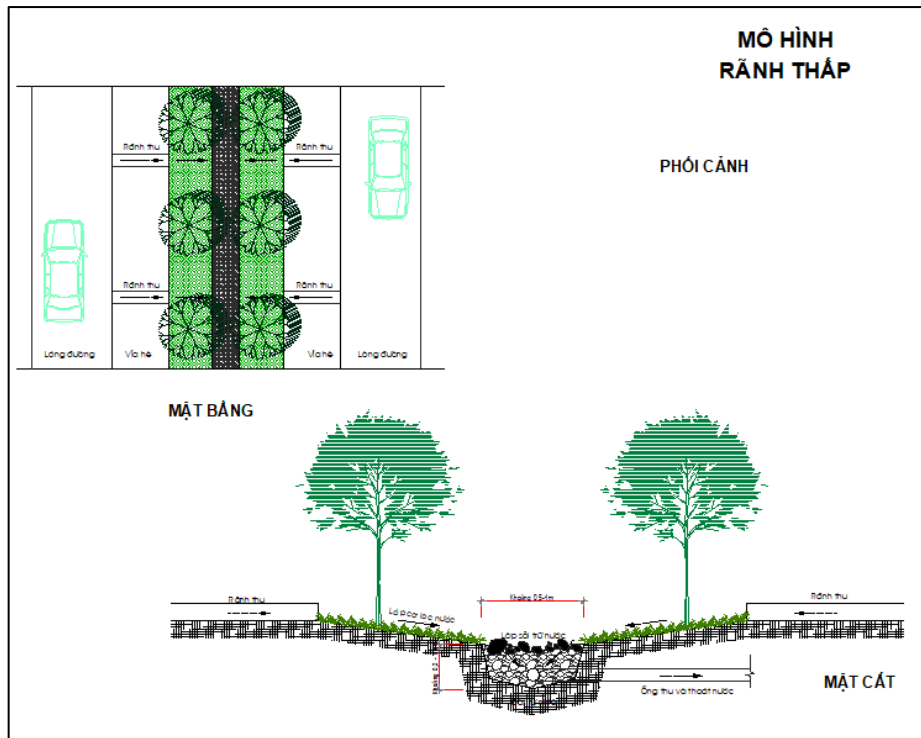


Hình 6.11 Mặt bằng và mặt cắt ngang cấu kiện rãnh thấm
+ Mô hình ô trữ sinh học trong công viên (ưu tiên khu vực có các điểm ngập)



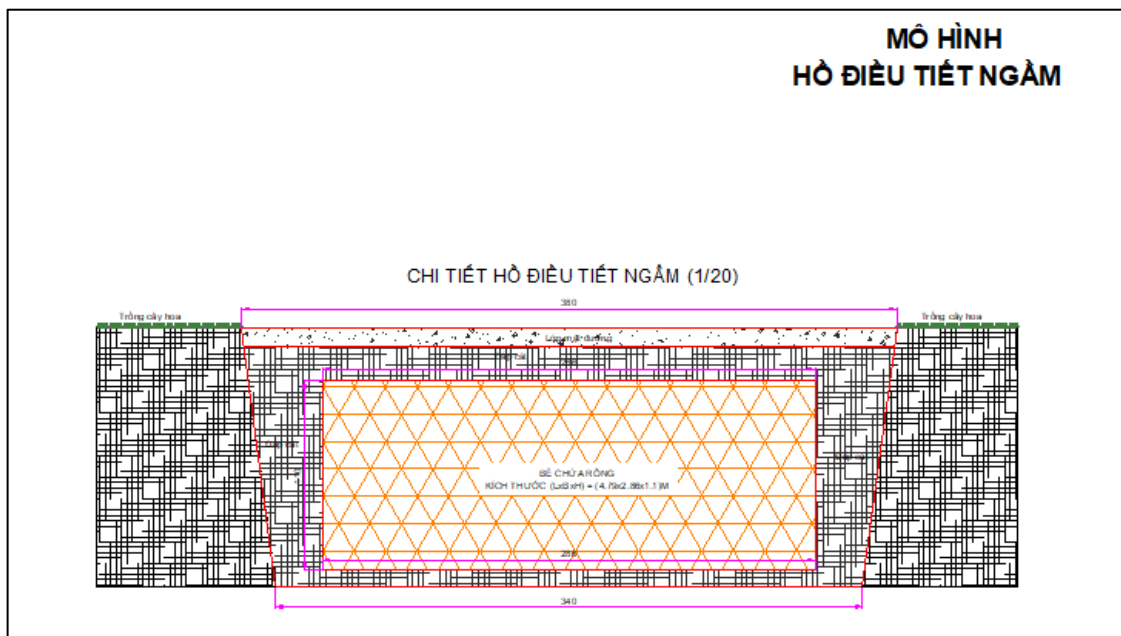
Hình 6.12 Mặt bằng và mặt cắt ngang cấu kiện bể trữ sinh học

+ Mô hình rãnh thấp trong công viên



Hình 6.13 Mặt bằng và mặt cắt ngang cấu kiện rãnh thấp

+ Mô hình hồ ngầm công nghệ lắp ghép trong công viên (ưu tiên khu vực có các điểm ngập)



Hình 6.14 Mặt bằng và mặt cắt ngang hồ ngầm

6.2.2.3. Quy trình vận hành và bảo dưỡng

- Tham khảo “Quy trình hướng dẫn vận hành và bảo dưỡng hệ thống trữ nước mưa của tổ chức NCDENR-BMP (USA), 2009” và tài liệu hướng dẫn của công ty REHAU (<https://www.rehau.com/vn-en>), quy trình vận hành và bảo dưỡng được kiến nghị như sau:
- Các yêu cầu chung:
- Rác và bùn đất hoặc bất kỳ vật liệu nào khác không được phép chất đống trên bề mặt của rãnh thu nước và hố ga.
- Thiết bị nặng (xe tải hạng nặng) không được phép chạy ngang trên khu vực hồ ngầm.
- Đối với bể ngầm thì tại vị trí công trình, nhân viên vận hành phải thường xuyên theo dõi mực nước trong bể sau trận mưa lớn thông qua các hố ga để đảm bảo bể phải rút hết sau trận mưa 1 ngày.
- Hai năm một lần, kiểm tra khả năng thu nước của hồ ngầm nếu khả năng thấm giảm còn 50% như ban đầu thì phải tiến hành sửa chữa, nâng cấp hoặc kiểm tra độ thấm của đất bằng thí nghiệm.
- Sau khi hoàn tất việc xây dựng hồ ngầm, phải kiểm tra mỗi tháng một lần và trong vòng 24 giờ sau mỗi lần xảy ra mưa hơn lớn hơn 25mm. Lịch sử vận hành và bảo dưỡng hồ ngầm phải được lưu lại và luôn có sẵn để tham khảo mỗi khi cần thiết.
- Chi phí bảo dưỡng và vận hành hàng năm: khoảng 0,25 % chi phí xây dựng theo TT 11/2012/TT-BXD: khoảng 44,2 triệu VNĐ/năm.

6.2.3. Dự toán chi phí

Kinh phí đầu tư công trình trữ khu vực dân cư ĐTL được dự toán là : 15.323.812,000 VNĐ (*Bằng chữ : Mười lăm tỉ, ba trăm hai mươi ba triệu, tám trăm mười hai nghìn VNĐ*). Bảng khối lượng và dự toán chi tiết công trình ĐTL được thể hiện tại Báo cáo Thuyết minh: “*Thiết kế thi điểm giải pháp trữ nước mưa giảm ngập cho khu vực đang đô thị hóa, nằm vùng địa hình thấp*”.

6.3. Giải pháp trữ nước mưa bằng hồ trữ kết hợp kênh rạch hiện hữu

6.3.1. Thông tin chung về lưu vực thí điểm rạch Thủ Đức

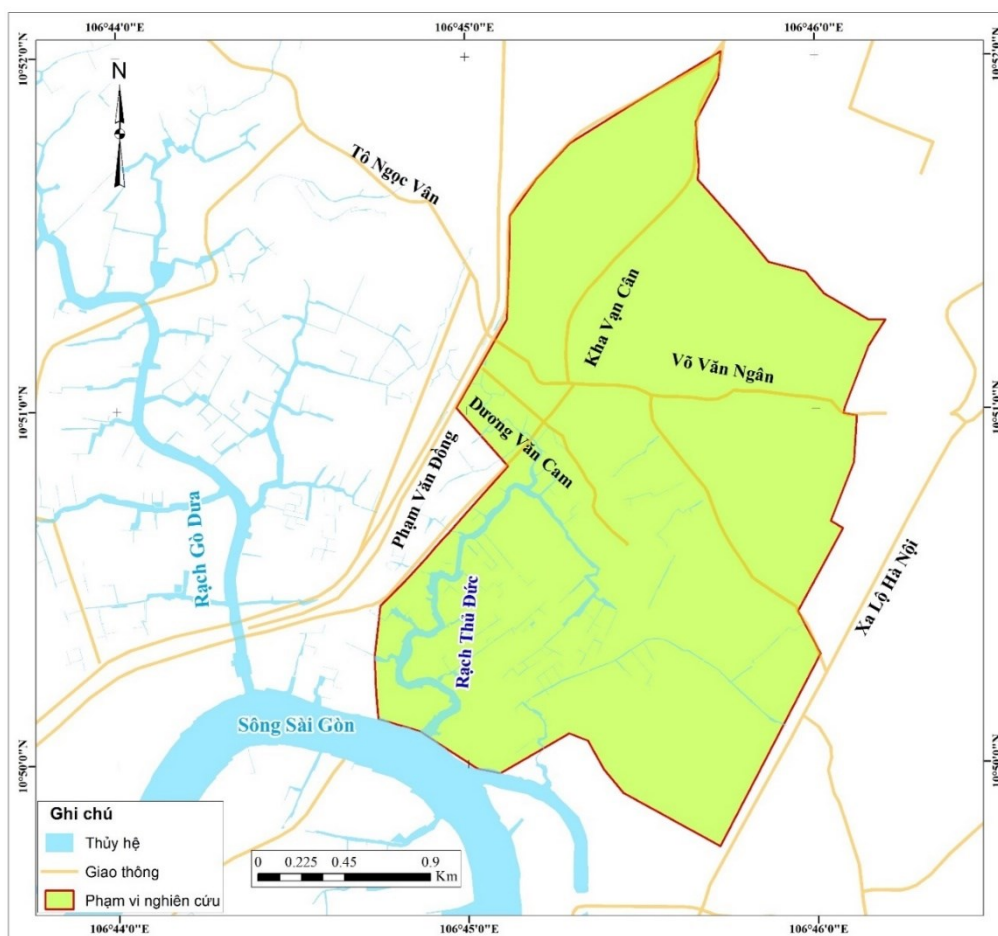
Căn cứ theo nội dung đề tài, tiến hành lựa chọn lưu vực nghiên cứu điển hình có diện tích từ 50 ha ÷ 100 ha với các tiêu chí sau:

- (1) Diện tích lưu vực phù hợp với quy mô của chuyên đề, nằm ở khu vực có mật độ ĐTH trung bình, có ao/ hồ, kênh rạch hiện hữu.
- (2) Hệ thống hạ tầng thoát nước tương đối hoàn thiện; có mật độ đô thị trung bình, có ao, rạch hiện hữu.
- (3) Dữ liệu phục vụ nghiên cứu tương đối đầy đủ: KTTV, địa hình, mặt cắt sông rạch; HTTN, ...
- (4) Ưu tiên cho lưu vực có một số điểm ngập hiện hữu cần giải quyết hoặc có nguy cơ ngập lụt trong tương lai;
- (5) Được sự ủng hộ của chính quyền địa phương.

Sau khi tiến hành phân tích nội nghiệp dựa trên dữ liệu và bản đồ có sẵn, khảo sát thực địa và trao đổi với các địa phương, nhóm nghiên cứu quyết định lựa chọn lưu vực rạch Thủ Đức phía tả đường Phạm Văn Đồng, hiện trạng đang có các điểm ngập thường xuyên khu vực chợ Thủ Đức, đường Dương Văn Cam làm lưu vực nghiên cứu điển hình. Lưu vực này có nguy cơ bị ngập nghiêm trọng trong tương lai do dòng chảy tràn gia tăng khi toàn bộ diện tích lưu vực được ĐTH ở mức cao (với diện tích bề mặt không thấm lớn hơn 75% như khu vực nội thành).

Lưu vực rạch Thủ Đức có diện tích là 615 ha, với mức độ ĐTH trung bình với tỷ lệ diện tích bề mặt không thấm khoảng 59,12%, độ dốc trung bình lưu vực là 1,7% (Hình 6.15). Phần thượng lưu của lưu vực bắt đầu gần đầu tuyến đường Phạm Văn Đồng, nước mưa chảy tràn tập trung từ phía thượng lưu về hạ lưu rạch Thủ Đức và thoát ra cửa ra của lưu vực tại cống ngăn triều nằm ở đầu rạch Thủ Đức. Khi mực nước triều đạt +0,2m thì cống được đóng lại. Trạm bơm hiện trạng có công suất 7.200 m³/giờ sẽ bơm nước ra ngoài sông Sài Gòn

khi mực nước trong kênh vượt mức +1,5m, để chống ngập cho khu vực trũng thấp của lưu vực (theo tài liệu của Ban Quản lý rạch Thủ Đức).



Hình 6.15 Vị trí dự kiến thực hiện thí điểm giải pháp trữ nước mưa tại khu vực rạch Thủ Đức

6.3.2. Thiết kế giải pháp trữ nước mưa

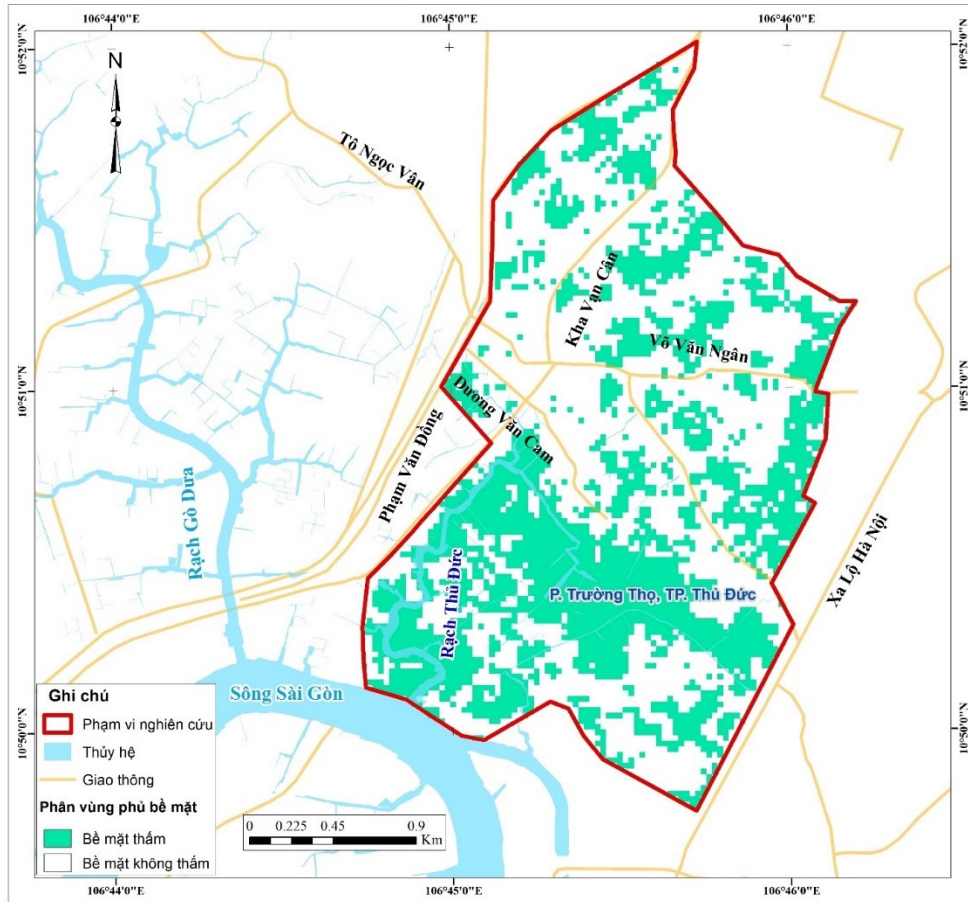
6.3.2.1. Tính toán, xác định giải pháp công trình

- **Dữ liệu**

- *Dữ liệu địa hình:* Dữ liệu địa hình từ các nguồn sau đây đã được sử dụng để phân chia tiểu lưu vực và xây dựng mô hình mô phỏng HTTN và thiết kế các giải pháp nâng cấp, cải tạo HTTN cho lưu vực nghiên cứu điển hình.
- + Dữ liệu DEM xây dựng từ bộ dữ liệu LIDAR năm 2012 của Sở KH&CN và dữ liệu địa hình của Sở TNMT.

- + Bình đồ địa hình tỷ lệ 1/500, đường đồng mức 0,5m, của 38 tuyến đường khảo sát bổ sung theo tỉ lệ 1/500 với tổng diện tích khoảng 65 ha.
- + Bình đồ địa hình thu thập từ các dự án khác trong khu vực.
- *Dữ liệu khí tượng – thủy văn*
 - + Số liệu mưa thời đoạn 15 phút của các trận mưa có tổng lượng mưa lớn hơn 30mm tại trạm Tân Sơn Hòa từ năm 1982-2019.
 - + Các biểu đồ mưa thiết kế theo tần suất khác nhau tại trạm Tân Sơn Hòa.
 - + Dữ liệu mưa ngày 02/06/2022 trạm Dương Văn Cam
- *Dữ liệu cống thoát nước*
 - + Dữ liệu cống thu thập từ đề tài “Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh trong điều kiện biến đổi khí hậu” do Phân viện KTTV và BĐKH thực hiện [103].
 - + Dữ liệu điều tra, khảo sát các tuyến cống, kênh rạch bổ sung cho các tuyến khu vực ngodo đề tài thực hiện.
 - + Thông tin về các tuyến cống thu thập bổ sung từ cán bộ quản lý thoát nước tại địa bàn khu vực nghiên cứu
- *Dữ liệu bề mặt không thấm*

Dữ liệu bề mặt không thấm phục vụ mô phỏng quan hệ mưa dòng chảy được trích xuất từ dữ liệu giải đoán ảnh viễn thám năm 2019. Khu vực nghiên cứu có mức độ đô thị hóa cao với tỷ lệ diện tích không thấm bình quân là 59,12%..



Hình 6.16 Bản đồ phân bố bề mặt không thấm năm 2019 tại lưu vực RTD

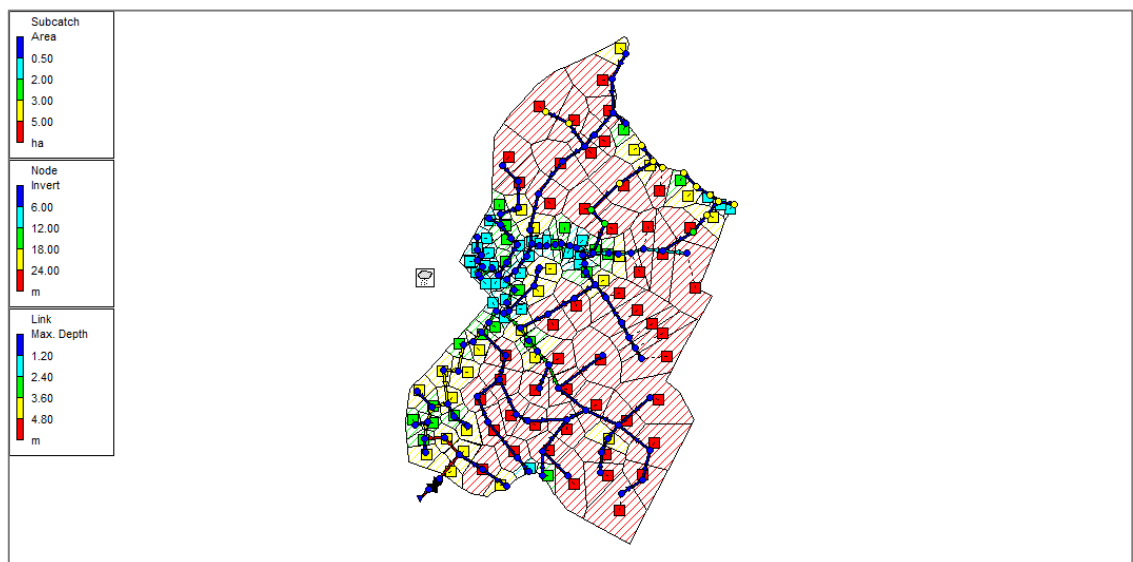
- ***Thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực***

Lưu vực thoát nước được chia thành 125 tiểu lưu vực với diện tích là 615 ha. với mức độ đô thị hóa trung bình 59,12% (2-100%), độ dốc trung lưu vực là 1,7%. Hệ thống công gồm 129 đoạn công tổng chiều dài 21,58 km, 124 nút, 1 công ngăn triều, 1 trạm bơm 2 m³/s và 1 cửa xả (**Hình 6.17**).

Raingages	1
Subcatchments	125
Aquifers	0
Snowpacks	0
RDII Hydrographs	0
Infiltration Model	HORTON
Junction Nodes	124
Outfall Nodes	1
Divider Nodes	0
Storage Nodes	0
Conduit Links	129
Pump Links	0
Orifice Links	0

Hình 6.17 Thông tin cơ bản của mô hình mô phỏng HTTN của LV RTD

Sơ đồ mô phỏng HTTN tại LV RTD bằng phần mềm EPA-SWMM được trình bày như sau:

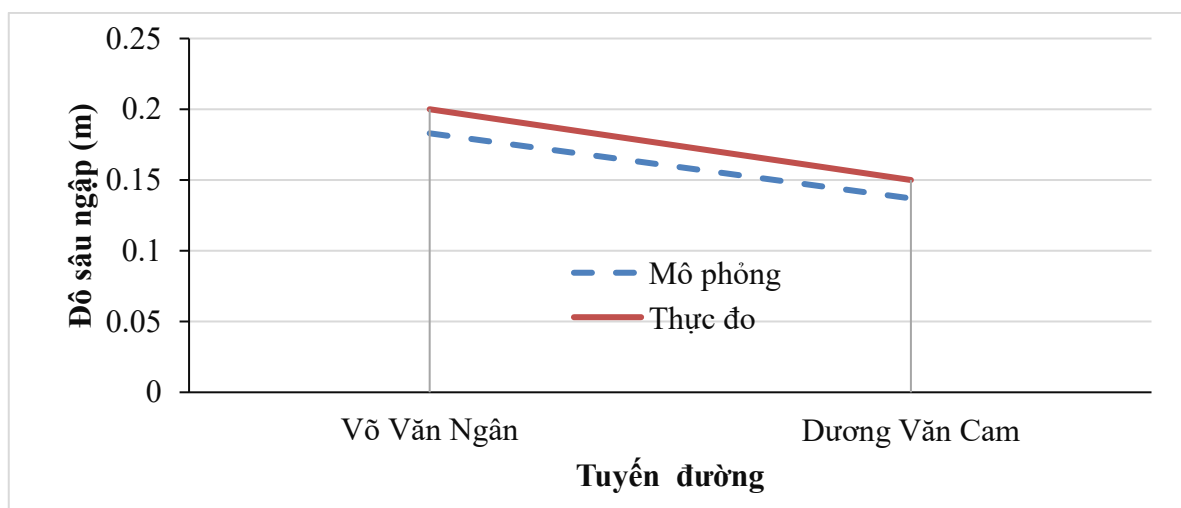


Hình 6.18 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước LV rạch Thủ Đức

Mô hình được hiệu chỉnh chiều sâu ngập tại các tuyến đường Võ Văn Ngân và Dương Văn Cam (trận mưa ngày 25/11/2018) và kiểm định mực nước tại hố

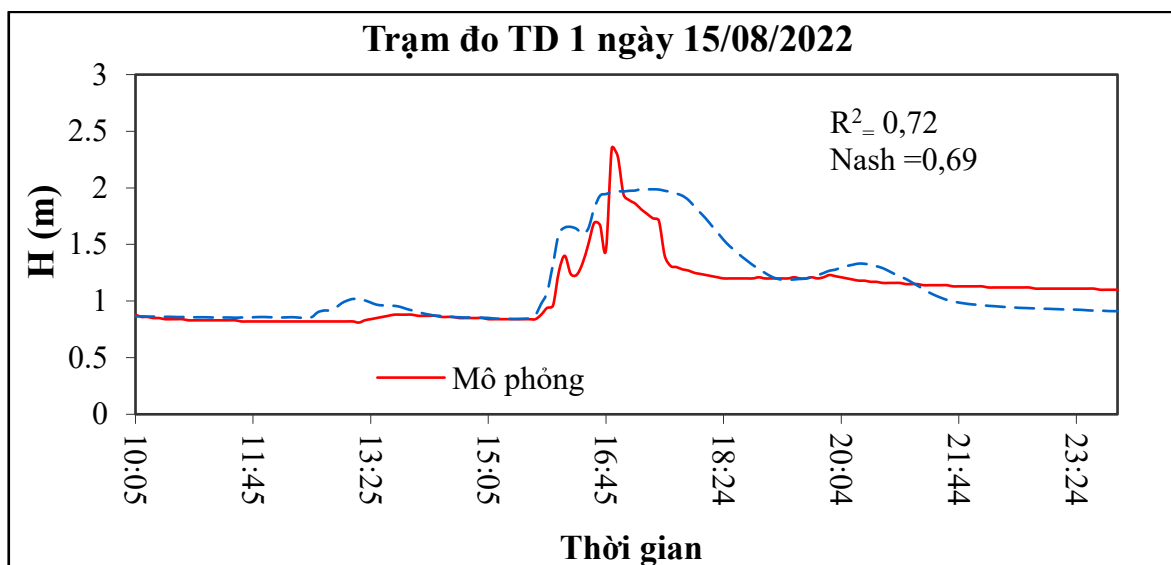
ga trên đường Kha Vạn Cân (hố ga TD2) cho trận mưa ngày 2/6/2022.

Kết quả mô phỏng đường quá trình mực nước tại Dương Văn Cam và Võ Văn Ngân cho trận mưa ngày 25/11/2018 được trình bày tại **Hình 6.19**. Mực nước mô phỏng lớn nhất và mực nước thực đo chỉ chênh lệch từ 0,013- 0,017 m.



Hình 6.19 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực đo tại các điểm trên tuyến đường khu vực nghiên cứu

Hình 6.20 thể hiện đường quá trình mực nước mô phỏng và quan trắc tại nút DVC_Node_114 (vị trí đặt sensor TD_1). Kết quả cho thấy mực nước mô phỏng khá phù hợp với xu thế mực nước quan trắc. Các giá trị thống kê R^2 , hệ số Nash lần lượt là 0,72 và 0,69 là trên mực trung bình. Đặc biệt mực nước lớn nhất giữa mô phỏng và thực đo xấp xỉ nhau. Điều này cho thấy mô hình có thể tin cậy để mô phỏng tính toán cho các kịch bản.



Hình 6.20 Đường quá trình mực nước mô phỏng tại Dương Văn Cam ứng với trận mưa ngày 15/8/2022

• **Mô phỏng đánh giá nguy cơ ngập lụt tại LV rạch Thủ Đức**

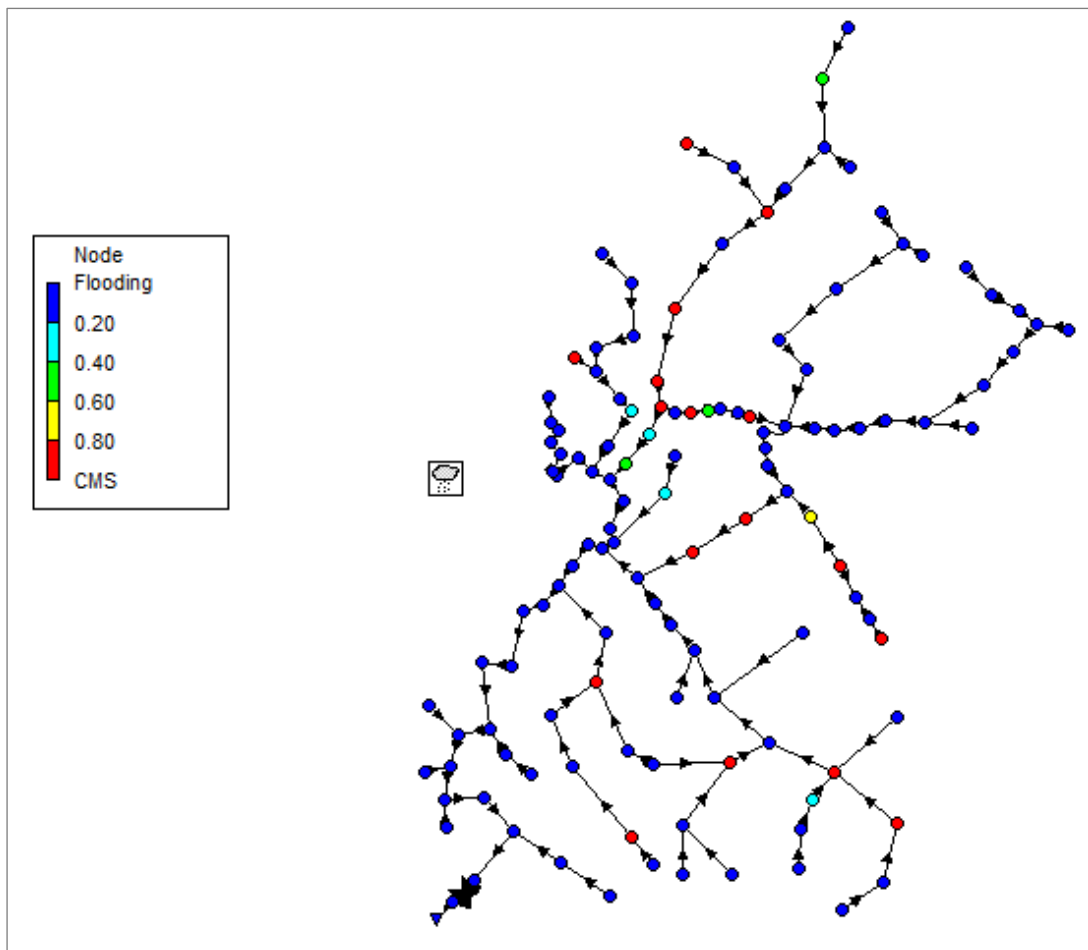
Mục tiêu của mô phỏng là xác định quy mô công trình trữ nước mưa cho khu vực nghiên cứu theo các kịch bản khác nhau. Có 3 kịch bản được xem xét bao gồm kịch bản hiện trạng (KB-A), kịch bản trung hạn (KB-B), kịch bản dài hạn (KB-C) đánh giá cả tác động của BĐKH và ĐTH. Việc xác định được dựa vào các kịch bản tính toán trong **Bảng 6.6** sau:

Bảng 6.6 Bảng tổng hợp các kịch bản mô phỏng ngập lụt LV rạch Thủ Đức

STT	Tên kịch bản	Mưa	Đô thị hóa	Mực nước	Công trình
1	KB-A	P = 5 năm	2015-2020	H = +1,0m	ĐTH hiện trạng
2	KB-B	P = 10 năm	≥ 65%	H = +1,0m	Trung hạn 2040 (ĐTH tăng và BĐKH)
3	KB-C	P = 20 năm	≥ 85%	H = +1,0m	Dài hạn 2060 (ĐTH tăng và BĐKH)

Kịch bản tương lai được xem xét cho khu vực nghiên cứu có mức độ ĐTH ít nhất 65% ở giai đoạn trung hạn 2040 và dài hạn 2060 ở mức ĐTH ít nhất 85%. Và lượng mưa thiết kế chu kỳ P=10 năm và P = 20 năm (xét đến tác động

của BĐKH). Kết quả mô phỏng cho thấy xuất hiện nhiều điểm ngập ở chợ Thủ Đức đến đường Dương Văn Cam trung bình trong khoảng 0,11m đến 0,29m (Hình 6.21).



Hình 6.21 Mô phỏng vị trí ngập với kịch bản tương lai KB-B

Bảng 6.7 Bảng thống kê dung tích ngập khu vực nghiên cứu và mực nước ngập lớn nhất đoạn đường Kha Vạn Cân

STT	Tên kịch bản	Tổng dung tích nước ngập (1000m ³)	Mực nước ngập max (Kha Vạn Cân)
1	KB-A	284,7	H = 0,115
2	KB-B	310,3	H = 0,199
2	KB-C	477,3	H = 0,291

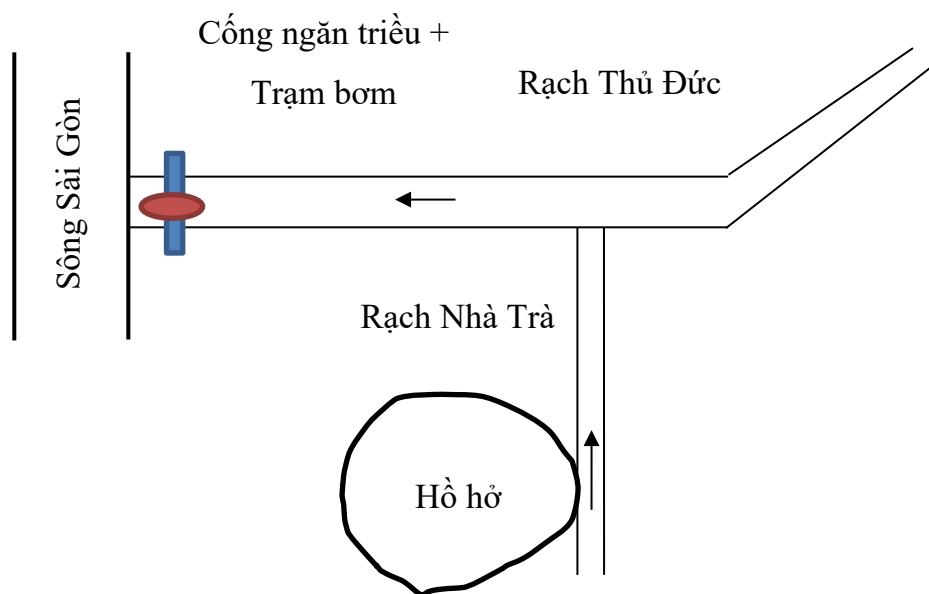
Trong các kịch bản đánh giá thì dung tích nước ngập với **KB-C** giai đoạn 2060 là 477,3 x10³ m³ (**Bảng 6.7**). Do đó để giảm thiểu ngập lụt cho khu vực

này cần phải nghiên cứu bố trí dung tích trữ nước mưa phù hợp.

- **Mô phỏng các giải pháp trữ nước mưa cho LV rạch Thủ Đức**

+ Thông số thiết kế và sơ họa công trình trữ nước mưa LV RTD như sau:

+ Mô hình hồ hử kết hợp kênh, cống ngăn triều và trạm bơm



Hình 6.22 Phát thảo sơ đồ nguyên lý hoạt động của công trình trữ nước mưa giảm ngập rạch Thủ Đức (RTĐ)

+ Thông số hồ hử:

- Diện tích: 5 ha (chiếm khoảng 15% diện tích đất diện hữu còn trống đang quy hoạch đất hỗn hợp)
- Cao trình đáy hồ: -4,0
- Cao trình đỉnh bờ hồ + 2,5 m
- Mực nước max: +1,0 m
- Mực nước min -3,0m
- Kết cấu bờ hồ: Mái nghiêng m =2

+ Công suất trạm bơm: $4\text{m}^3/\text{s}$, bơm khi cao trình mực nước sau cống +1,3 m (thay thế quy trình cũ bơm +1,5 m)

- + Nâng cấp tuyến công đường Kha Vạn Cân đoạn giao với Võ Văn Ngân đến rạch Thủ Đức (315m), D=2,0m.
- + Thông số nạo vét kênh – rạch:



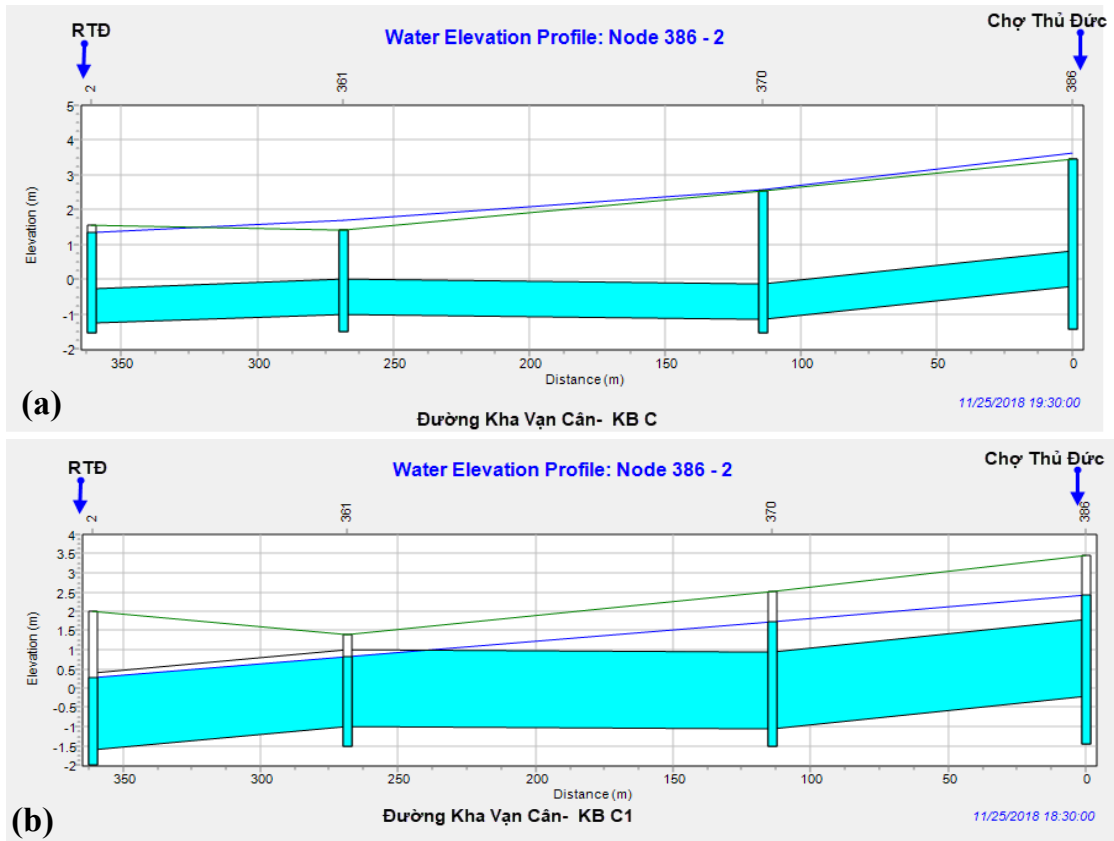
Hình 6.23 Sơ họa sơ đồ đề xuất công trình trữ nước mưa chống ngập RTĐ

Bảng 6.8 Tổng hợp các kịch bản khu vực nghiên cứu sau khi có công trình

STT	Tên kịch bản	Mưa	Đô thị hóa	Mức nước	Công trình
1	KB A1	P = 5 năm	2015-2020	H = +1,0m	ĐTH hiện trạng + công trình trữ RTĐ
2	KB B1	P = 10 năm	>=65%	H = +1,0m	Trung hạn 2040 (ĐTH và BDKH)+ công trình trữ RTĐ
3	KB C1	P = 20 năm	>=85%	H = +1,0m	Dài hạn 2060 (ĐTH và BDKH)+ công trình trữ RTĐ

Tính toán và kiểm tra khả năng trữ và tiêu thoát theo phương án hiện trạng và 2 phương án thiết ứng với các tần suất mưa 10 năm và 20 năm.

+ *Hiệu quả thủy lực giải pháp công trình trữ RTĐ :*



Hình 6.24 Mực nước hồ ga tại vị trí đường Kha Vạn Cân trước (a) KB C và sau khi có các công trình trữ nước mưa (b) KB C1

Bảng 6.9 và **Hình 6.24** cho thấy sau khi có công trình trữ nước mưa đề xuất ở trên đã làm mực nước lớn nhất (cùng thời điểm) của **KB-C1** trong các hồ ga từ đoạn Chợ Thủ Đức đến điểm xả ra rạch Thủ Đức của tuyến cống đường Kha Vạn Cân chính giảm đi từ 0,2-0,6m so với **KB-C**. Mực nước trong hồ ga không còn dâng lên gây ngập cục bộ khu vực này.

Bảng 6.9 Hiệu quả giảm ngập của công trình trữ nước mưa tại lưu vực RTĐ

STT	Tên kịch bản	Tổng dung tích nước ngập (1000m ³)	% giảm ngập
1	KB A1	160,1	56,2

STT	Tên kịch bản	Tổng dung tích nước ngập (1000m ³)	% giảm ngập
2	KB B1	184,2	41,9
3	KB C1	302,6	36,6

Kết quả giải pháp hỗ trợ giải quyết ngập cho các tuyến đường lân cận chợ Thủ Đức (Kha Vạn Cân, Tô Ngọc Vân và Dương Văn Cam). Hiệu quả giảm ngập toàn LV RTĐ đã làm giảm từ 36,6% - 56,2 % tổng lượng ngập. Các lượng ngập còn lại có thể giải quyết triệt để bằng giải pháp trữ phân tán (LID).

6.3.2.2. Thiết kế kỹ thuật

Căn cứ vào bình đồ hiện trạng và kết quả tính toán thủy lực, phương án thiết kế giải pháp trữ nước mưa được trình bày như sau:

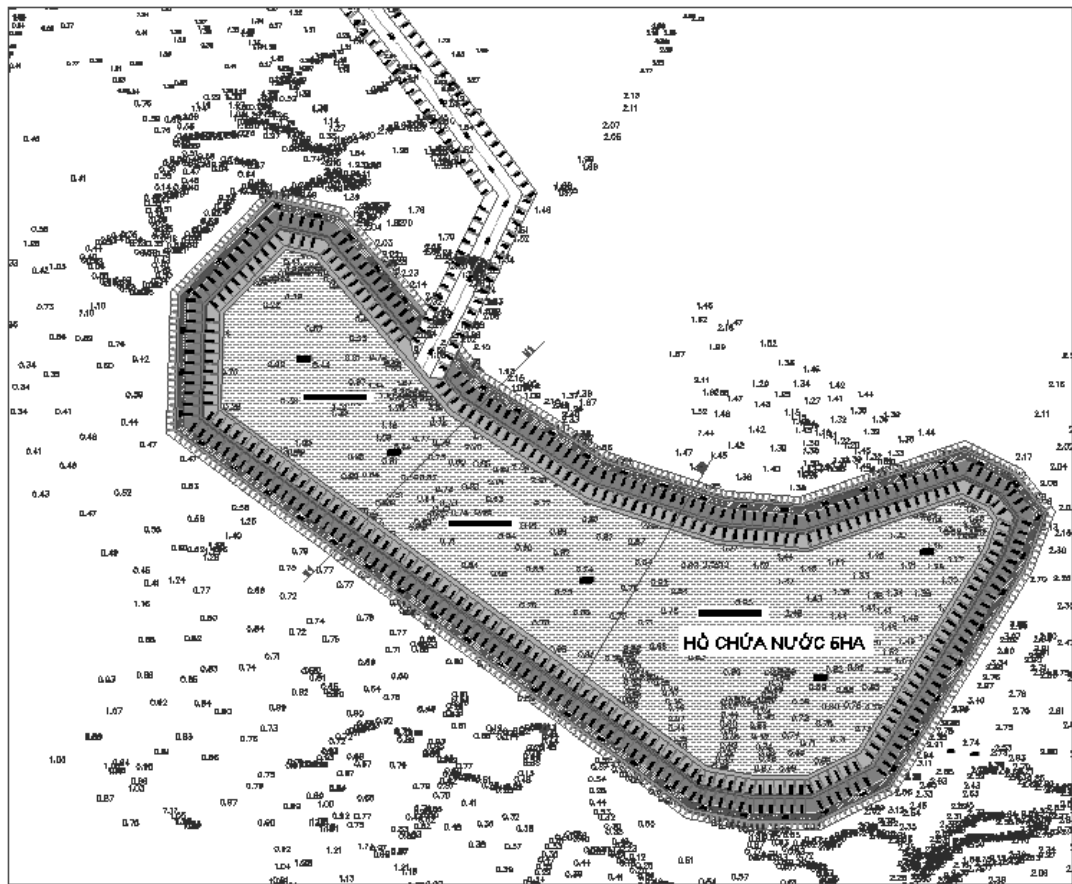
(1) Công trình hồ điều tiết hồ

Thông số chính của hồ điều tiết hồ như sau:

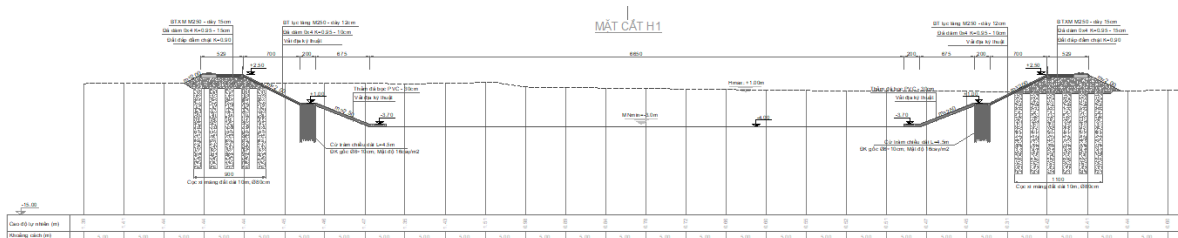
- Tên công trình: Hồ điều tiết nước mưa kết hợp cảnh quan lưu vực rạch Thủ Đức
- Địa điểm: Phường Trường Thọ, TP.Thủ Đức
- Diện tích mặt hồ: 5 ha
- Tổng dung tích hồ: $275 \times 10^3 \text{ m}^3$.
- Cao trình đáy hồ: -4,0 m
- Bờ hồ kết hợp đường đi bộ quanh hồ:
 - + Cao trình tim đỉnh đường: $Z_{\text{đỉnh}} = +2,50\text{m}$.
 - + Cao trình đáy hồ: $Z_{\text{đáy}} = -4,0\text{m}$.
 - + Bề rộng nền đường: $B_{\text{nền}} = 5,2\text{m}$.
 - + Bề rộng mặt đường: $B_{\text{mặt}} = 3,0\text{m}$.
 - + Hệ số mái dốc: $m_1 = 2,0$; $m_2 = 2,5$.
 - + Cao trình cơ: $Z_{\text{cơ}} = -1,0\text{m}$.
 - + Bề rộng cơ: $B_{\text{cơ}} = 2,0\text{m}$.
- Kết cấu đường đi bộ:

- + Nền đường đi bộ (bờ bao quanh bờ hồ) kết cấu đất đắp đầm chặt $K \geq 0,9$.
- + Mặt đường kết cấu cấp phối đá dăm 0x4, $K=0,95$ ($D_{max} \leq 37,5\text{mm}$) dày 15cm. (Xem Hình 3.2 và Hình 3.4)

Mặt bằng và mặt cắt ngang điển hình hồ được trình bày như **Hình 6.25** và **Hình 6.26** như sau

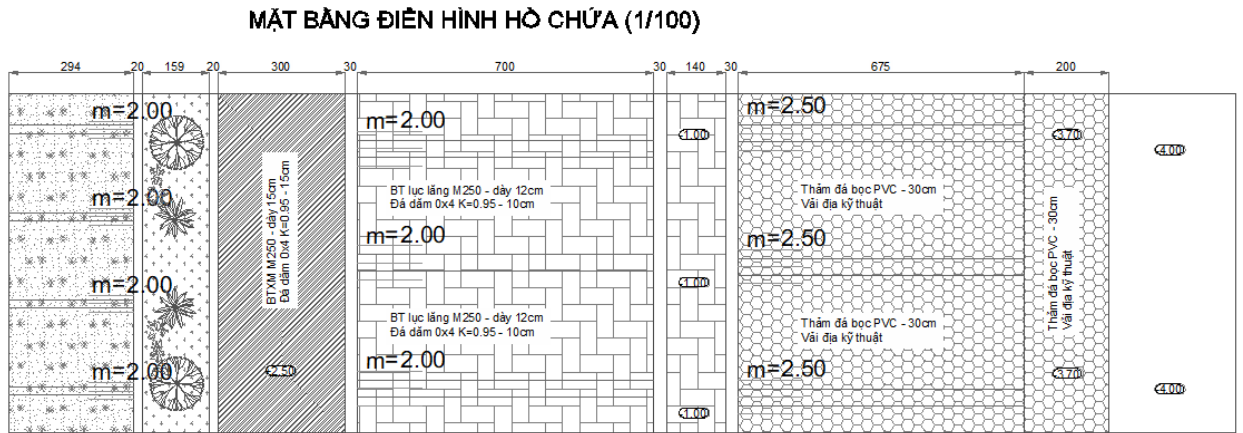


Hình 6.25 Mặt bằng thiết kế bố trí hồ hồ RTD

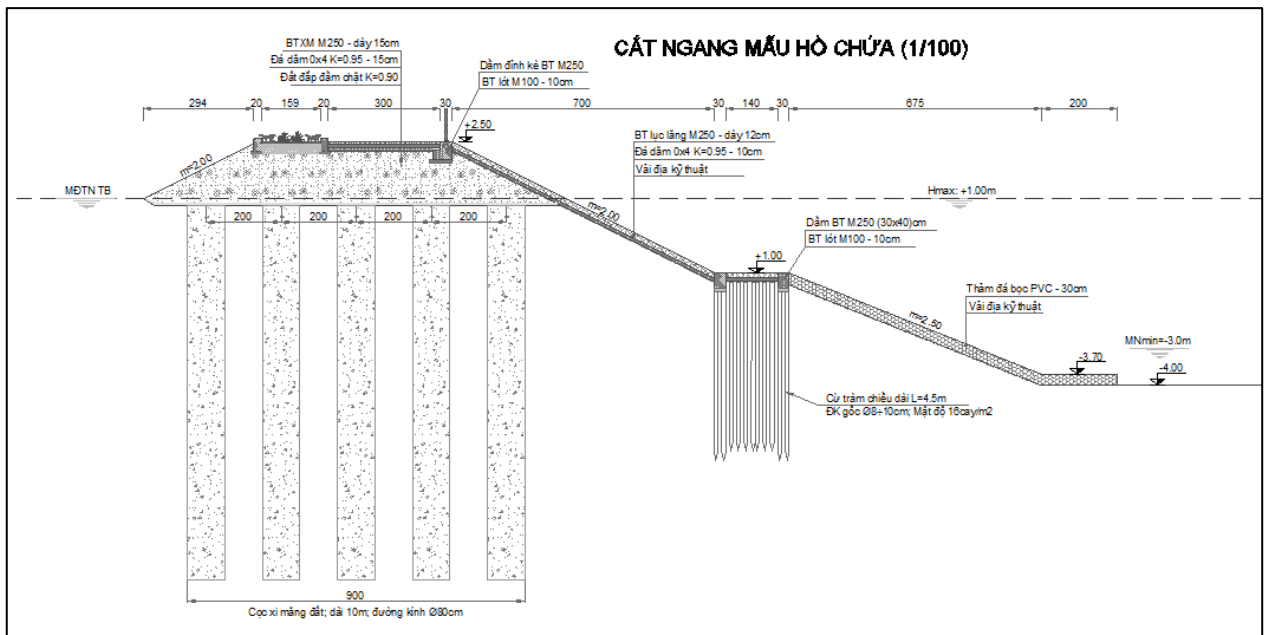


Hình 6.26 Mặt cắt ngang hồ điều tiết

Mặt bằng và mặt cắt ngang điển hình của bờ hồ được trình bày như **Hình 6.27, Hình 6.28.**



Hình 6.27 Mặt bằng điển hình bờ hồ điều tiết



Hình 6.28 Mặt cắt ngang điển hình bờ hồ điều tiết

Tài liệu địa chất tham khảo từ khu vực rạch Gò Dưa (cách hồ điều tiết RTĐ 2,5 km (Phụ lục 1) do Công ty TV&CGCN Trường ĐHTL lập tháng 10/2015 cho thấy địa tầng lớp 1 là đất bùn lẫn cát, màu xám xanh, xám đen, trạng thái chảy, chiều dày khoảng 17m đến 36m. Với chiều dày lớp đất bùn lớn thì việc chọn kết cấu bờ hồ là kè mái nghiêng, nền được gia cố bằng cọc xi măng đất là phù hợp, đảm bảo điều kiện ổn định.

Ngoài nhiệm vụ điều tiết nước mưa, hồ điều tiết có chức năng cải tạo môi trường cảnh quan phù hợp với quy hoạch của khu vực, tiếp nối hài hòa với tuyến công trình lân cận, đảm bảo yêu cầu về kỹ thuật, môi trường và kinh tế.

(2) Thiết kế hệ thống thu nước vào hồ

Hệ thống thu nước được thiết kế gồm rạch Nhà Trà (phần nằm liền kề rạch Thủ Đức) được nạo vét xuống cao trình -3,0m dẫn nước mưa vào/ra hồ tự do (**Hình 6.25**). Bên cạnh đó tuyến cống Kha Vạn Cân có kích thước $D=1,0\text{m}$, dài 350 thu nước vào rạch Thủ Đức cũng được đề xuất nâng cấp lên $D=2,0\text{m}$, để tăng khả năng thu thoát nước vào rạch và hồ.

(3) Nâng cấp hệ thống bơm nước tiêu ngập ra ngoài sông Sài Gòn

Hệ thống máy bơm sẽ vận hành để bơm thoát lượng nước mưa chảy tràn vượt quá khả năng trữ của hồ điều tiết và kênh. Ứng với mực nước +1,5m sẽ ngập cho một số vị trí ở lưu vực rạch Thủ Đức, do đó, mực nước tối đa trong kênh và hồ được đề xuất là +1,3m. Tổng lượng dung tích cần bơm dự phòng $V = V_{\text{ngập (KB-B1)}} - (V_{\text{hồ}} + V_{\text{rạch (gia tăng)}}) = 66,5 \times 10^3 \text{ m}^3$. Với trạm bơm hiện tại $2 \text{ m}^3/\text{s}$ thì thời gian bơm khoảng 9 giờ. Nghiên cứu đề xuất nâng cấp trạm bơm lên $4 \text{ m}^3/\text{s}$ để giảm thời gian bơm khoảng 4,5 giờ, để phục vụ chống ngập trong điều kiện BĐKH và ĐTH.

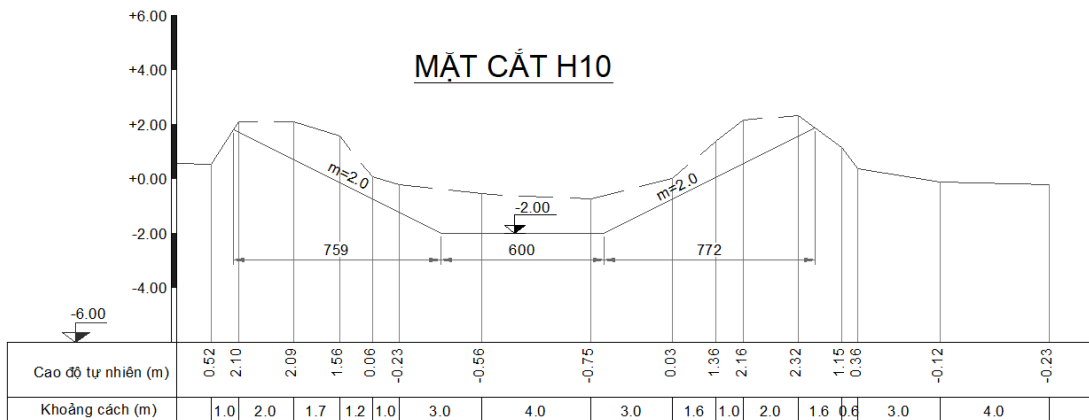
Trạm bơm điện công suất $14.400 \text{ m}^3/\text{giờ}$, cao trình đáy bơm -4,0m, thiết kế gồm 3 máy bơm 1 máy bơm chính $7.200 \text{ m}^3/\text{giờ}$ và 2 máy bơm dự phòng $3.600 \text{ m}^3/\text{giờ}$. Vị trí máy bơm, nhà bơm được bố trí như **Hình 6.29**.



Hình 6.29 Mặt bằng trạm bơm điển hình RTĐ

(4) Nạo vét kênh rạch

- Do hiện trạng rạch Thủ Đức và rạch Nhà Trà đang bị bồi lắng với cao trình đáy khá cao với cao trình đáy của cửa cống ngăn triều và hồ. Do đó, cần thiết phải nạo vét 2 rạch này để lưu thông dòng chảy từ hồ điều tiết ra sông Sài Gòn và tăng dung tích trữ cho hệ thống.
- Cao trình nạo vét đáy kênh thay đổi từ: -2,0- đến -4,0m, hệ số mái m=2. Bề rộng đáy kênh từ B=(6,0 ÷ 17,0)m. Tổng chiều dài nạo vét khoảng 3.550 m.



Hình 6.30 Đại diện mặt cắt ngang kênh nạo vét

(5) Quy trình vận hành và bảo dưỡng

- Vận hành hồ:
 - + Hồ được vận hành trên nguyên tắc nước vào ra hồ tự do theo kênh dẫn;
 - + Cần phải thiết lập hệ thống giám sát trong hồ điều tiết để vận hành hồ hợp lý.
 - + Máy bơm phải được vận hành để kiểm soát mực nước tối đa trong các rạch và hồ ở mức +1,3m.
 - + Thường xuyên dọn rác mặt hồ để giảm mùi hôi và bồi lắng lòng hồ.
 - + Tăng cường quản lý chất lượng nước mặt trong hồ, nghiêm cấm mọi hành vi xả thải vào hồ, giám sát chặt chẽ chất lượng nước từ các kênh rạch chảy vào hồ.
 - + Tăng cường quản lý xả thải trên lưu vực rạch Thủ Đức để đảm bảo chất lượng nước mặt trong hồ.
- Yêu cầu chung
 - + Rác và bùn đất hoặc bất kỳ vật liệu nào khác không được phép chất đống trên bề mặt của rãnh thu nước và hố ga.
 - + Thiết bị nặng (xe tải hạng nặng) không được phép chạy ngang trên khu vực hồ.
 - + Nhân viên vận hành phải thường xuyên theo dõi mực nước trong hồ sau trận mưa để đảm bảo bề phải rút hết sau trận mưa 1 ngày.
 - + Hai năm một lần, kiểm tra khả năng thu nước của hồ tiết nếu phát hiện giảm dung tích trữ cần tiến hành duy tu bảo dưỡng.
 - + Sau khi hoàn tất việc xây dựng hồ, phải kiểm tra định kỳ mỗi tháng một lần và trong vòng 24 giờ sau mỗi lần xảy ra mưa hơn lớn hơn 50mm.
 - + Lịch sử vận hành và bảo dưỡng hồ phải được lưu lại và luôn có sẵn để tham khảo mỗi khi cần thiết.
 - + Chi phí bảo dưỡng và vận hành hàng năm: khoảng 0,25% chi phí xây dựng theo TT 11/2012/TT-BXD: khoảng 205 triệu VNĐ/năm.

6.3.3. Dự toán chi phí

Kinh phí dự toán xây dựng công trình trữ LV RTĐ được dự toán là (chi phí này bao gồm chi phí thiết bị trạm bơm dự trữ 10.000.000.000 VNĐ): 70.449.037.000 VNĐ (*Bằng chữ : Bảy mươi tỷ, bốn trăm bốn mươi chín triệu, không trăm ba mươi bảy ngàn đồng*). Bảng khối lượng và dự toán chi tiết công trình RTĐ được thể hiện tại Báo cáo Thuyết minh: “*Thiết kế thí điểm giải pháp trữ nước mưa giảm ngập cho khu vực có mật độ đô thị hóa trung bình, có ao/hồ hiện hữu*”.

6.4. Giải pháp trữ nước mưa bằng hồ điều tiết ngầm

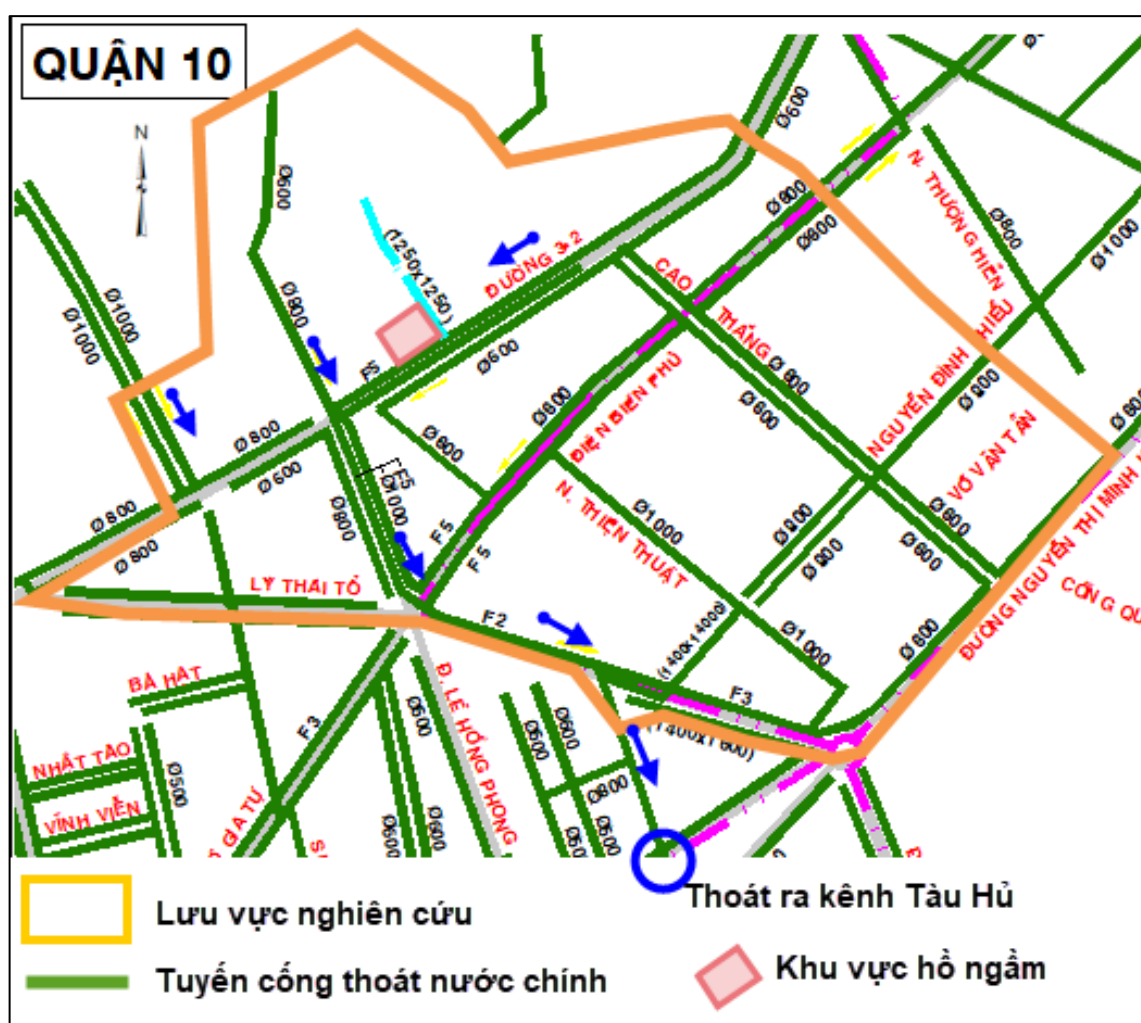
6.4.1. Thông tin chung về lưu vực thí điểm đường 3/2, Quận 10

Căn cứ theo nội dung đề tài, tiến hành lựa chọn lưu vực nghiên cứu điển hình có diện tích từ 50 ha ÷ 100 ha với các tiêu chí sau:

- (1) Diện tích lưu vực phù hợp với mục tiêu đã đề ra (50 ha ÷ 100 ha);
- (2) Khu vực có hệ thống hạ tầng thoát nước tương đối hoàn thiện, có mật độ ĐTH cao, nằm vùng địa hình cao;
- (3) Dữ liệu phục vụ nghiên cứu tương đối đầy đủ: khí tượng thủy văn (KTTV), địa hình, mặt cắt sông rạch, HTTN, ...
- (4) Ưu tiên cho lưu vực có một số điểm ngập hiện hữu cần giải quyết hoặc các điểm ngập mới có thể phát sinh trong tương lai;
- (5) Được sự ủng hộ của chính quyền địa phương.

Sau khi tiến hành phân tích nội nghiệp dựa trên đề án chống ngập của TP.HCM giai đoạn 2020-2045 kết hợp với dữ liệu sẵn có và dữ liệu từ khảo sát thực địa, trao đổi với địa phương, nhóm nghiên cứu quyết định lựa chọn lưu vực đường 3/2 làm khu vực nghiên cứu thí điểm. Cụ thể thực hiện thiết kế thí điểm tại khuôn viên phía trước khách sạn Kỳ Hòa, bố trí công trình trữ ngầm để giải quyết ngập cục bộ trên đường 3/2 từ đoạn Học viện Hành chính đến đường Lê Hồng Phong (Theo thống kê các điểm ngập 2018, của Trung tâm chống ngập).

Lưu vực nghiên cứu được bao quanh bởi các đường Nguyễn Thị Minh Khai, Lê Hồng Phong và Cách Mạng Tháng Tám (CMT8) (**Hình 6.31**). Lưu vực thoát nước được chia thành 41 tiểu lưu vực với tổng diện tích là 148 ha, Tỷ lệ đô thị hóa khoảng 82% (57-100%). Độ dốc trung bình lưu vực là 0,67%. Hệ thống cống gồm 47 tuyến cống tổng chiều dài 4.66 km. với đường kính cống dao động từ 1,6 đến 3,0 m. Cao độ khu vực dao động từ 3,3 m đến gần 5,0 m. nên chủ yếu là ngập do mưa và tuyến cống khu vực đường 3/2 và đoạn đường Điện Biên Phủ bị trũng xuống so với địa hình xung quanh.



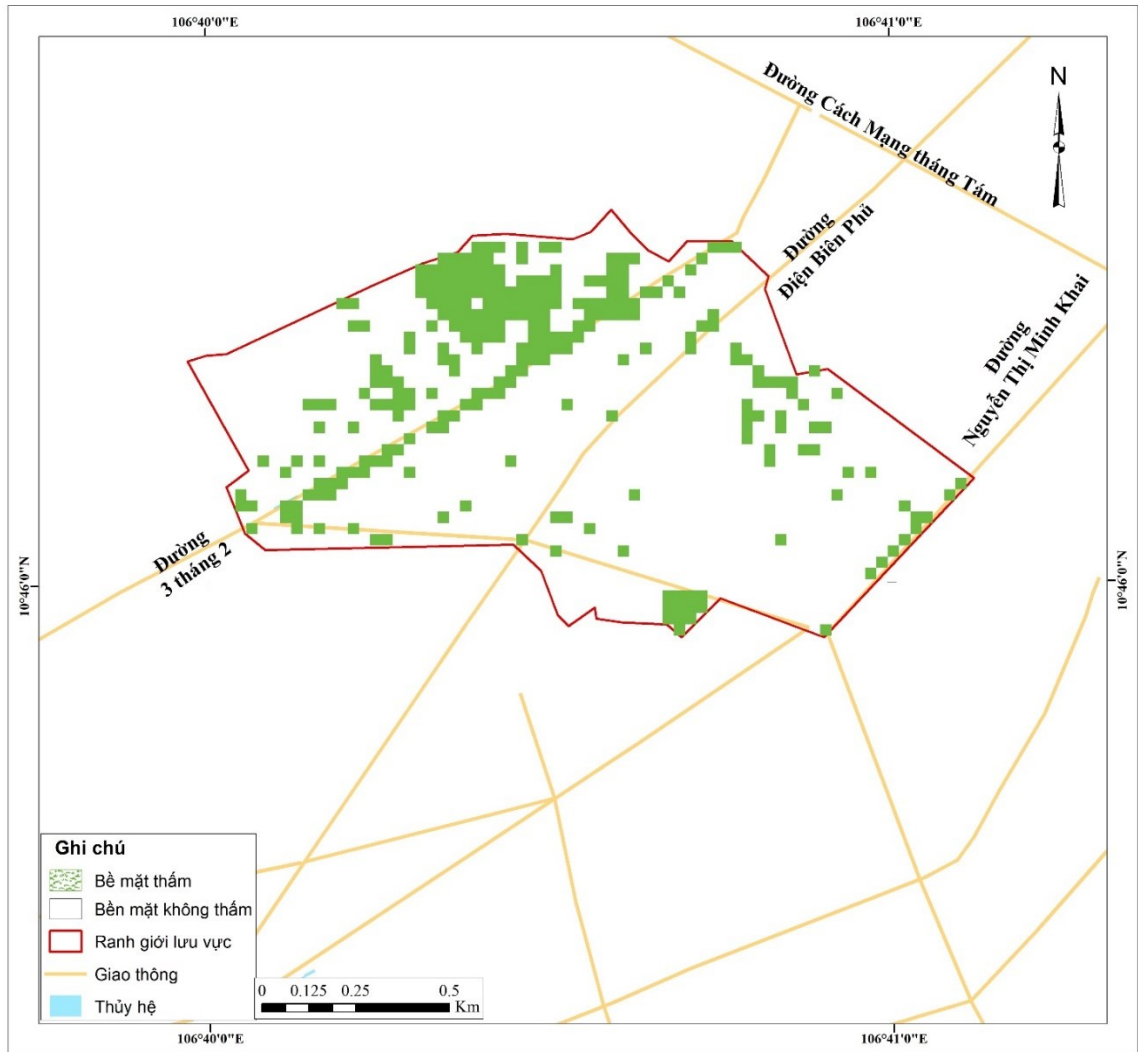
Hình 6.31 Vị trí dự kiến thực hiện thí điểm hồ trữ ngậm tại khu vực Quận 10

6.4.2. Thiết kế giải pháp trữ nước mưa

6.4.2.1. Tính toán, xác định giải pháp công trình

- ***Dữ liệu***

- *Dữ liệu địa hình*: thu thập từ các nguồn sau đây và được sử dụng để phân chia tiểu lưu vực và xây dựng mô hình mô phỏng HTTN và thiết kế các giải pháp nâng cấp, cải tạo HTTN cho lưu vực nghiên cứu điển hình.
 - + Dữ liệu DEM xây dựng từ bộ dữ liệu LIDAR năm 2012 của Sở KH&CN và dữ liệu địa hình của Sở TNMT.
 - + Bình đồ địa hình Tỉ lệ 1/500, đường đồng mức 0,5m, của 16 tuyến đường khảo sát bổ sung theo tỉ lệ 1/500 với tổng diện tích khoảng 10,0 ha.
 - + Bình đồ địa hình thu thập từ các dự án khác trong khu vực.
- *Dữ liệu khí tượng – thủy văn*
 - + Số liệu mưa thời đoạn 15 phút của các trận mưa có tổng lượng mưa lớn hơn 30mm tại trạm Tân Sơn Hòa từ năm 1982-2019.
 - + Các biểu đồ mưa thiết kế theo tần suất khác nhau tại trạm Tân Sơn Hòa.
- *Dữ liệu cống thoát nước*
 - + Dữ liệu công thu thập từ đề tài “Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh trong điều kiện biến đổi khí hậu” do Phân viện KTTV và BĐKH thực hiện [103].
 - + Dữ liệu điều tra, khảo sát các tuyến cống bổ sung cho các tuyến đường 3/2, Điện Biên Phủ, Lê Hồng Phong do đề tài thực hiện.
 - + Thông tin về các tuyến cống thu thập bổ sung từ cán bộ quản lý thoát nước tại địa bàn khu vực nghiên cứu.
- *Dữ liệu bề mặt không thám*
 - + Dữ liệu bề mặt không thám phục vụ mô phỏng quan hệ mưa dòng chảy được trích xuất từ dữ liệu giải đoán ảnh viễn thám Landsat 8 năm 2019 (**Hình 6.32**). Khu vực nghiên cứu có mức độ đô thị hóa cao với tỉ lệ diện tích không thám bình quân là 82,00%.



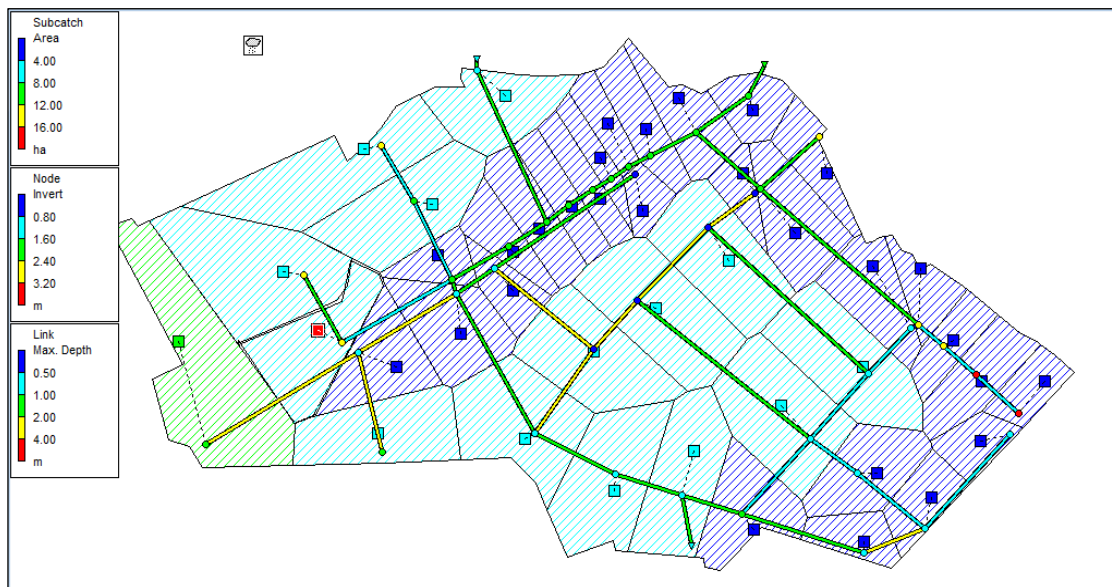
Hình 6.32 Bản đồ phân bố bề mặt không thấm năm 2019 tại lưu vực 3/2

• ***Thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực***

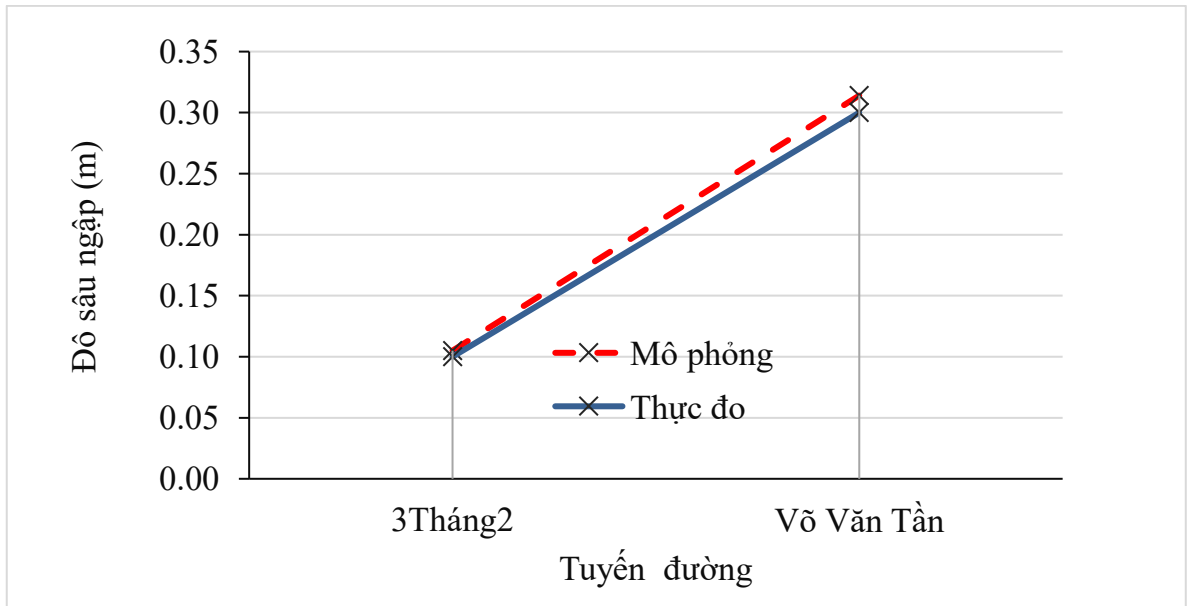
Lưu vực thoát nước được chia thành 41 tiểu lưu vực với diện tích là 148 ha. với mức độ đô thị hóa trung bình 82% (57-100%). độ dốc trung lưu vực là 0.67%. Hệ thống cống gồm 50 tuyến cống tổng chiều dài 4,66 km, 42 nút và 3 cửa xả như **Hình 6.33**.

Project Summary	
Raingages	1
Subcatchments	42
Aquifers	0
Snowpacks	0
RDII Hydrographs	0
Infiltration Model	HORTON
Junction Nodes	42
Outfall Nodes	3
Divider Nodes	0
Storage Nodes	0
Conduit Links	50
Pump Links	0
Orifice Links	0

Hình 6.33 Thống kê các thông tin cơ bản của mô hình HTTN LV đường 3/2
 Sơ đồ mô phỏng HTTN tại LV 3/2 bằng phần mềm EPA-SWMM được trình bày như sau:



Hình 6.34 Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước LV đường 3/2



Hình 6.35 Biểu đồ so sánh độ sâu ngập lớn nhất mô phỏng và thực đo tại các điểm trên tuyến đường khu vực nghiên cứu

Mô hình được tách ra từ mô hình thoát nước lớn lưu vực trung tâm đã được hiệu chỉnh các hệ số lưu vực và hệ số thoát nước tại Báo cáo chuyên đề 2 của đề tài này. Nên trong phần báo cáo này chỉ kiểm định lại kết quả mô phỏng ngập lụt được so sánh với thực đo theo số liệu ngập thu thập từ nguồn Trung tâm Điều hành chương trình chống ngập nước theo trận mưa ngày 25/11/2018. Kết quả mô phỏng mô hình hiện trạng hệ thống thoát nước (trận mưa 25/11/2018) cho thấy tính tương đồng về mặt xu ngập thể tại tuyến đường 3/2 và Võ Văn Tần (**Hình 6.35**). Với hệ số lệch đỉnh giữa thực đo và mô phỏng của 2 tuyến ngập từ 0,001-0,005m. Mô hình đảm bảo độ tin cậy để tiếp tục mô phỏng các kịch bản để đánh giá hiệu quả các giải pháp trữ nước mưa.

- **Mô phỏng đánh giá nguy cơ ngập lụt tại LV đường 3/2**

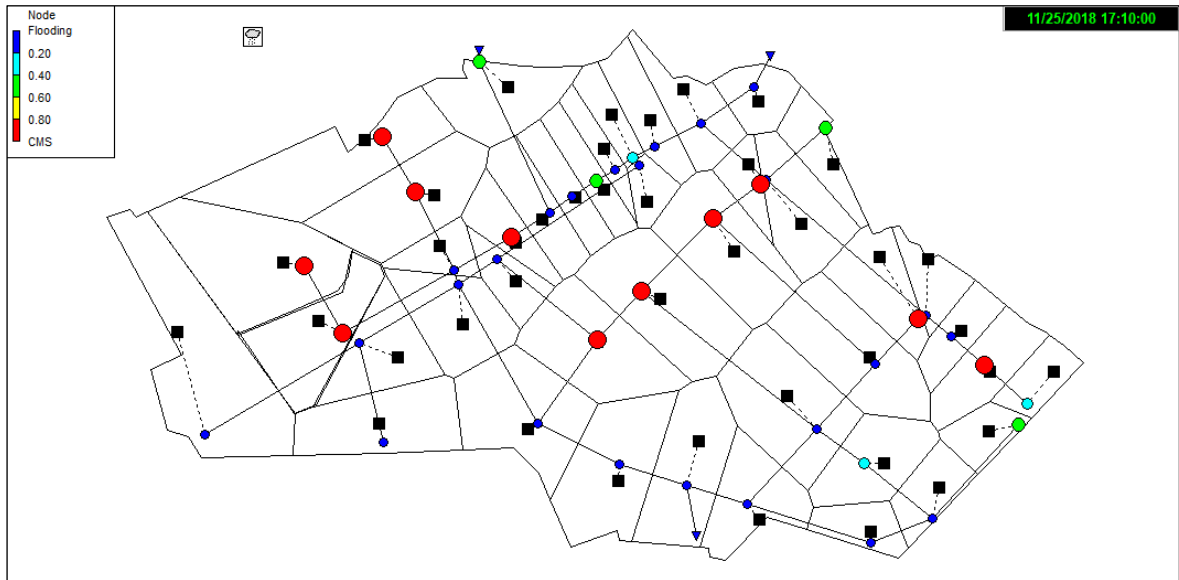
Xác định vị trí ngập và mức độ ngập (thể tích nước tràn ra các hồ ga) của khu vực nghiên cứu, để từ đó xác định được vị trí tiềm năng đặt hồ trữ ngầm và dung tích cần trữ. Nghiên cứu mô phỏng 3 kịch bản chính bao gồm: (i) Kịch bản hiện trạng, với mức độ ĐTH giai đoạn 2015-2020, và mưa $P = 5$ năm; (ii)

kịch bản trung hạn cho giai đoạn 2040; (iii) và kịch bản dài hạn 2060 với ĐTH $\geq 85\%$ và P = 20 năm. Thông số các kịch bản được trình bày trong bảng sau:

Bảng 6.10 Bảng tổng hợp các kịch bản mô phỏng ngập lụt LV đường 3/2

STT	Tên kịch bản	Mưa	Đô thị hóa	Mức nước	Công trình
1	KB-A	P = 5 năm	2015-2020	H =+ 1,0 m	ĐTH hiện trạng
2	KB-B	P = 10 năm	$\geq 65\%$	H =+1,0 m	Trung hạn 2040 (ĐTH cao và lượng mưa tăng cao)
2	KB-C	P = 20 năm	$\geq 85\%$	H =+1,0 m	Dài hạn 2060 (ĐTH cao và lượng mưa tăng cao)

Kết quả mô phỏng cho thấy xuất hiện nhiều điểm ngập tại tuyến đường 3/2, với độ ngập giao động từ 0,1m-0,15m. Phạm vi ngập chính kéo dài từ rạp hát Hòa Bình đến Học Viện Hành Chính và các đường lân cận khác (như đường Điện Biên Phủ), trung bình trong khoảng 0,25m (**Hình 6.36**).



Hình 6.36 Mô phỏng vị trí ngập với kịch bản tương lai KB-B

Bảng 6.11 Bảng thống kê dung tích ngập và mực nước ngập lớn nhất đường 3/2 (đoạn LHP đến HVHC)

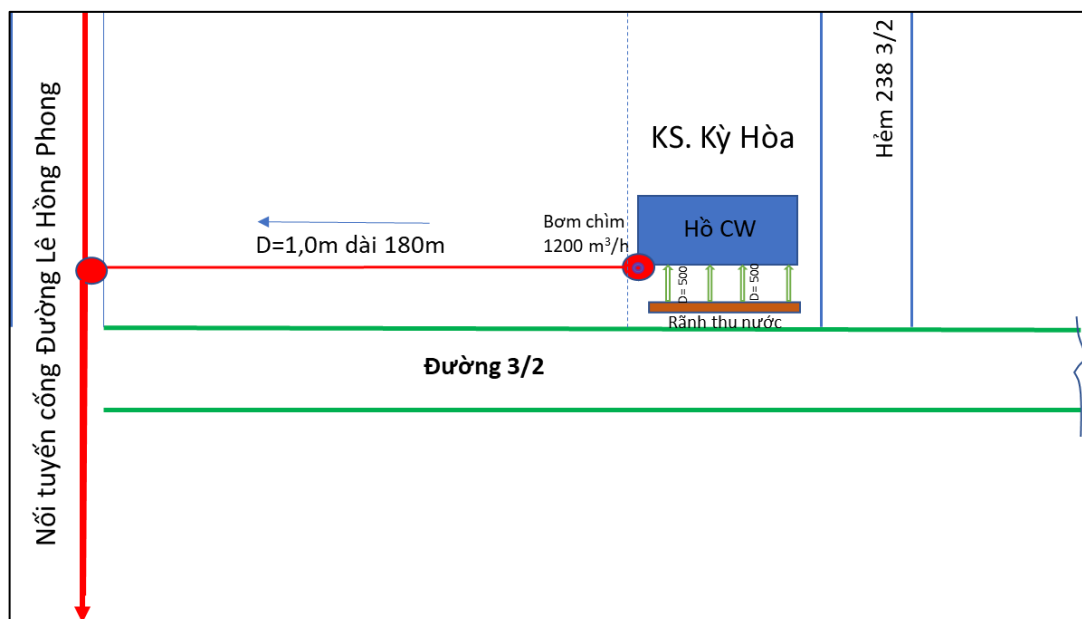
STT	Tên kịch bản	Tổng dung tích nước ngập (m ³)	Mực nước ngập max (3/2)
1	KB-A	10	H = 0,01m
2	KB-B	146	H = 0,05m
3	KB-C	2884	H = 0,15m

Trong các kịch bản đánh giá thì dung tích nước ngập từ hồ ga theo **KB-C** giai đoạn 2060 là 2.884 m³. Tham khảo đề án chống ngập của TP.HCM giai đoạn 2020-2045, nghiên cứu đề xuất thiết kế hồ trữ nước dạng ngầm với dung tích là 3.500 m³, lớn hơn dung tích ngập của **KB-C**.

• **Mô phỏng các giải pháp trữ nước mưa cho LV đường 3/2**

- Thông số thiết kế và sơ họa hồ ngầm 3/2 như sau:

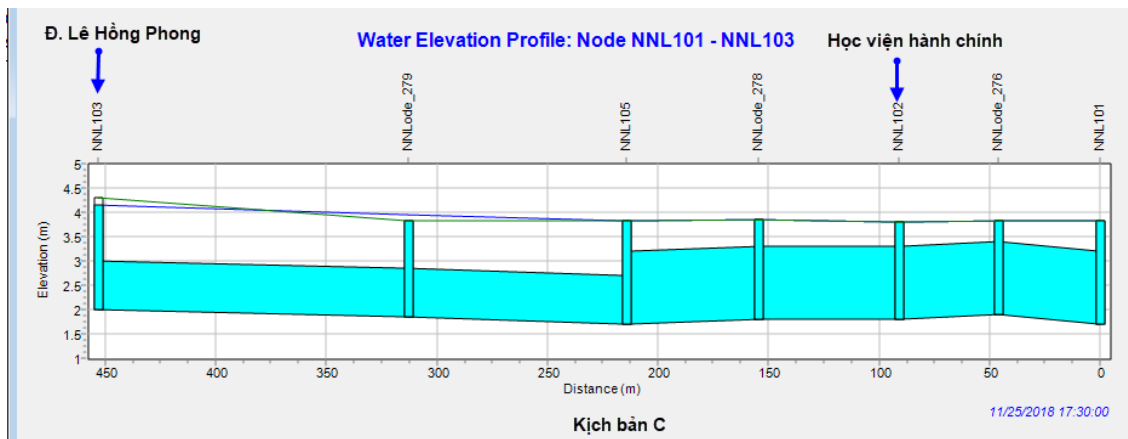
- + Xây dựng hồ ngầm công nghệ lắp ghép có dung tích 3.500m³
- + Trạm bơm công suất 1.200 m³/giờ
- + Lắp đặt cống tròn D1000, dài 180 m đầu nối vào hệ thống cống đường Lê Hồng Phong (**Hình 6.37**)



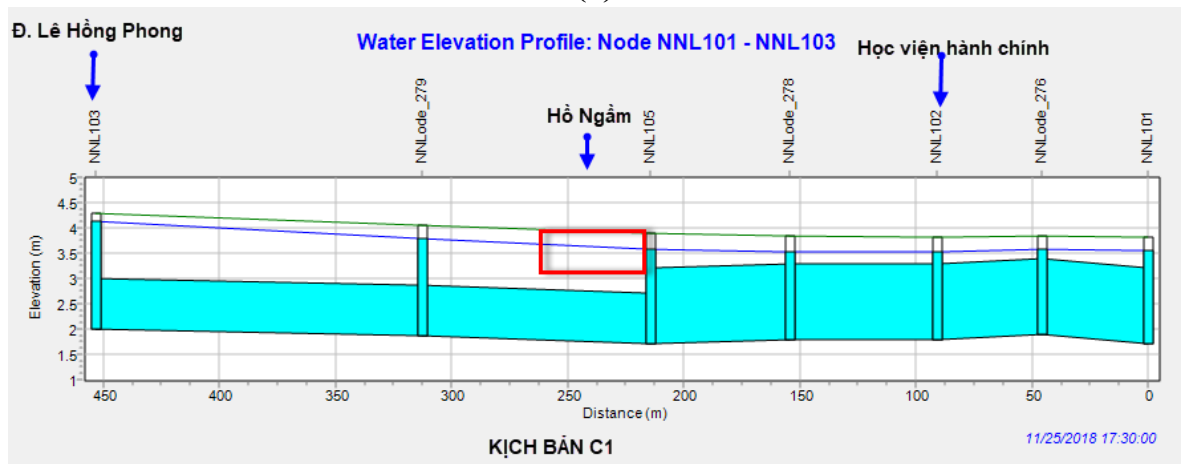
Hình 6.37 Phác thảo sơ đồ hệ thống hồ trữ ngầm khu vực khách sạn Kỳ Hòa

Tính toán và kiểm tra khả năng trữ và tiêu thoát theo phương án hiện trạng và 2 phương án ứng với các tần suất mưa P = 10 năm, 20 năm. Một bể trữ nước ngầm được thiết kế gồm các thông số chính sau: Bề rộng, chiều cao và chiều dài của bể trữ nước ngầm (LxBxH).

- Hiệu quả thủy lực giải pháp hồ ngầm 3/2 :



(a)



(b)

Hình 6.38 Mực nước hồ ga tại vị trí đường 3/2 theo: (a) trước khi có hồ (KB-A); và (b) sau khi có hồ ngầm (KB-C)

Dựa trên **Hình 6.38** cho thấy sau khi có hồ ngầm đã làm mực nước lớn nhất (cùng thời điểm) của KB-C trong các hồ ga từ đoạn Lê Hồng Phong đến Học Viện Hành chính giảm đi từ 0,1-0,2m so với KB-C.

Trong trường hợp BĐKH và ĐTH nguy hiểm nhất trong 3 KB trên mực nước trong hồ ga của KB-C (giai đoạn 2060), không còn dâng lên gây ngập cục

bộ khu vực này do phần tổng lượng đỉnh ngập được trữ vào trong hồ điều tiết ngầm 3.500 m³. Tương tự các KB-A, và C đoạn đường 3/2 này cũng được giải quyết ngập. Kết quả giải pháp đảm bảo giải quyết ngập đường 3/2 đoạn từ rạp hát Hòa Bình đến Học Viện Hành Chính Quốc Gia.

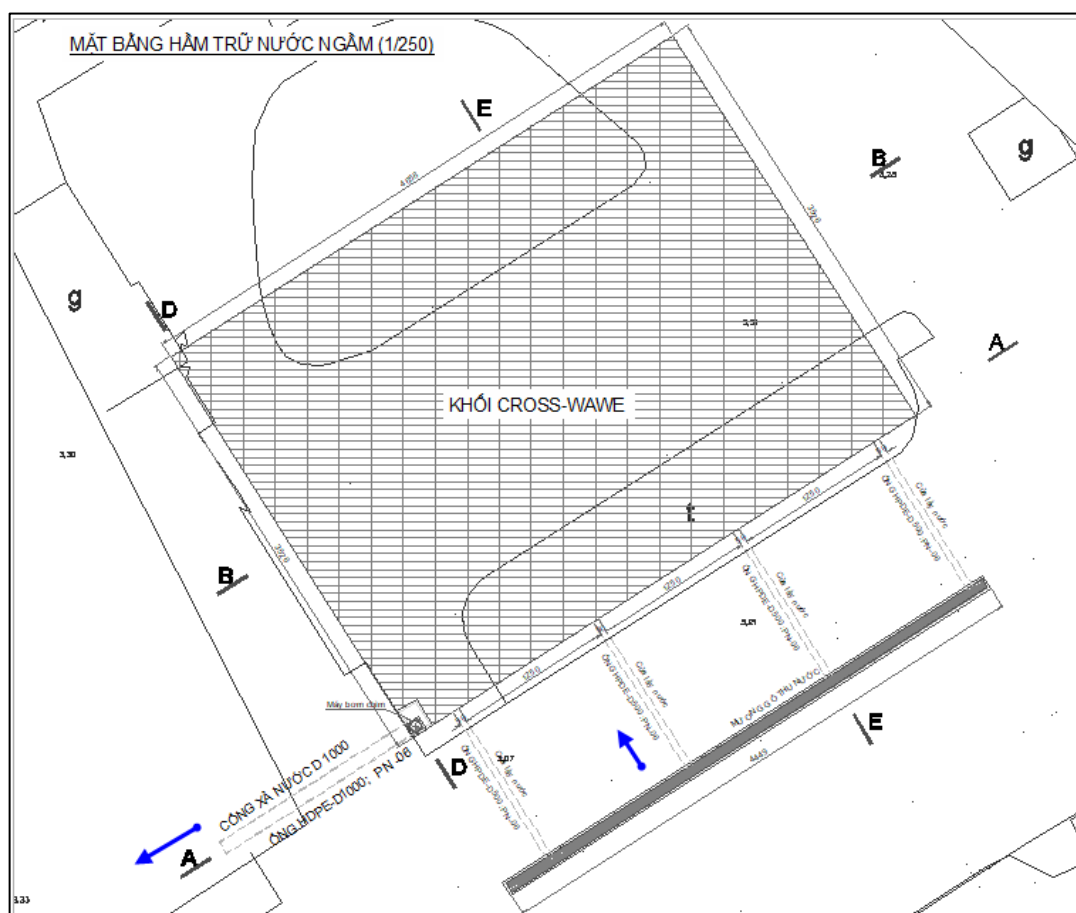
6.4.2.2. Thiết kế kỹ thuật

Căn cứ vào bình đồ và hạ tầng thoát nước hiện trạng, quy mô phê duyệt của đề án chống ngập TP. HCM giai đoạn 2020-2045 cho khu vực đường 3/2, phương án thiết kế hệ thống hồ ngầm trữ nước mưa được thể hiện như sau:

(1) Lắp đặt 1 bể trữ ngầm bằng khối rỗng Crosswave (Penta Octo)

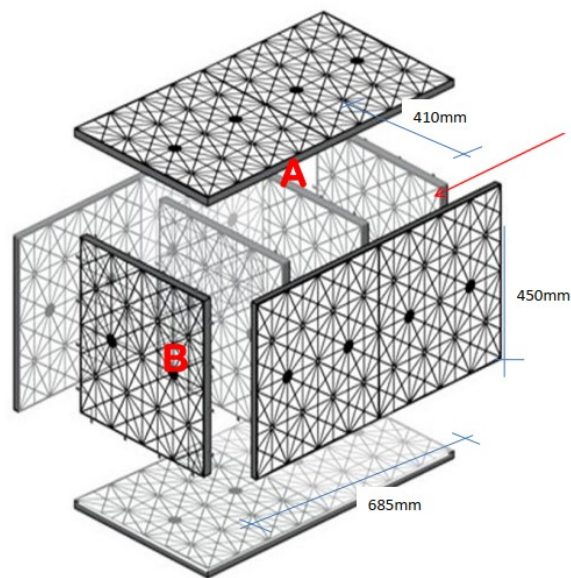
Kích thước cơ sở của 1 module rỗng: H = 450 mm, B = 410 mm, L = 685 mm, Tỷ lệ rỗng 0,95, thể tích thủy lực 1 cấu kiện V = 0,12 m³ (Hình 6.39).

Với dung tích thủy lực hồ được chọn như đã đề xuất ở Chương 2 là: 3.500 m³

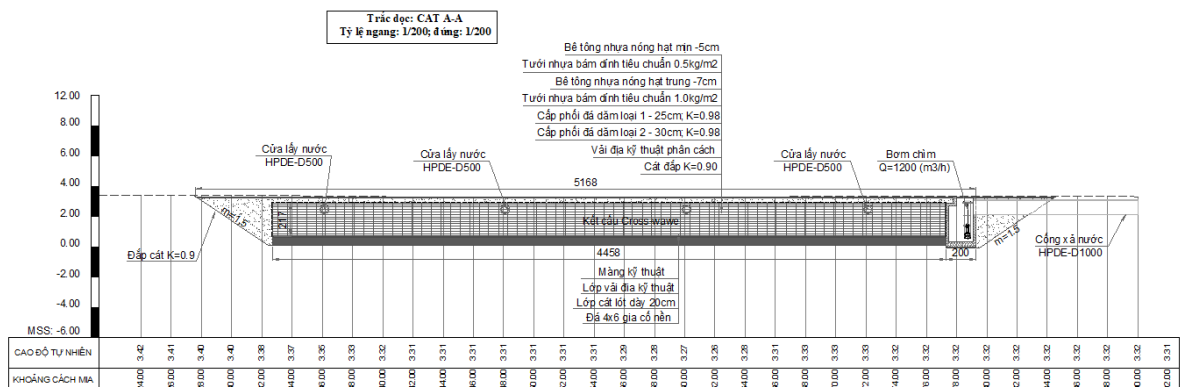


Hình 6.39 Mặt bằng thiết kế bố trí hồ ngầm đường 3/2

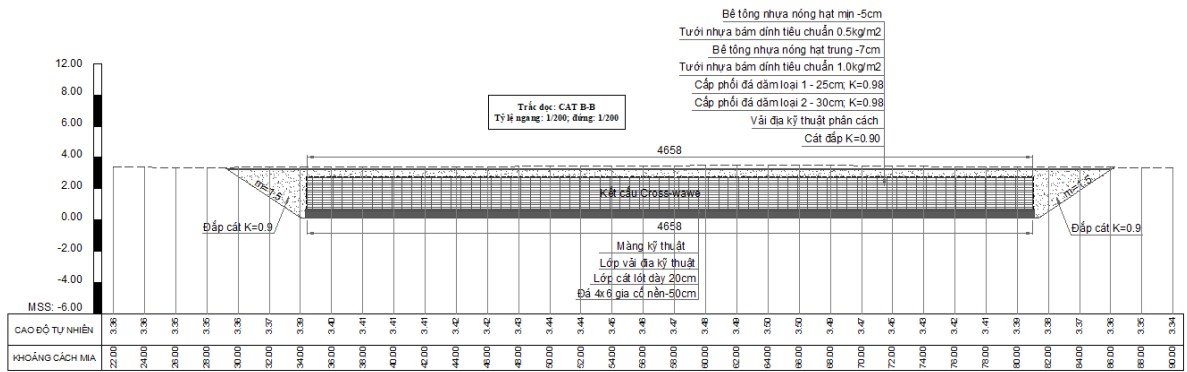
Chọn chiều cao hồ phù hợp khả năng tránh mực nước ngầm và đảm bảo cấu trúc là: $H = 2,17$ m tương đương với 5 lớp khối rỗng xếp chồng lên nhau ($H = 450 + 4 \cdot 430 = 2.170$ mm). Chọn số lượng khối rỗng theo chiều rộng: 86 hàng và số khối rỗng theo chiều dọc: 68 hàng. Từ đó suy ra chiều rộng hồ: 35,26 m; chiều dài hồ: 46,58 m và thể tích thủy lực sau khi thi công: 3.510,65 m³ là phù hợp với thể tích thủy lực thiết kế 3.500 m³. Các mặt của hồ được thể hiện ở các **Hình 6.41** và **Hình 6.42**.



Hình 6.40 Cấu trúc cấu kiện khối rỗng điển hình



Hình 6.41 Mặt cắt dọc hồ điều tiết ngầm (A-A)



Hình 6.42 Mặt cắt dọc hồ điều tiết ngầm (B-B)

Sau khi lấp đặt hồ, mặt bằng hồ được tráng lại bê tông nhựa nền như hiện trạng, cấp phối lớp nền được thể hiện trong **Hình 6.42**.

(2) Thiết kế hệ thống thu nước vào hồ

Hệ thống thu nước được thiết kế gồm mương gô đặt tại khu vực nghiên cứu thu nước mặt cắt đỉnh ngập tràn từ cống dọc đường 3/2 qua rãnh thu nước (mương gô) sau đó được dẫn vào hồ bởi 4 ống thu D500 với độ dốc 0,1.

(3) Lắp đặt hệ thống bơm nước ra hồ

Thiết kế thủy lực yêu cầu cần bơm trong 3 giờ cho mực nước hồ xuống đến 0,0m nên suy ra tổng dung tích hồ cần bơm là 3.500 m³. Từ đó tính ra được máy bơm có công suất 1.200 m³/giờ tương đương với 0,333 m³/s. Đề xuất lắp 2 máy bơm mỗi máy công suất bơm 600 m³/giờ, để dự phòng trường hợp 1 máy hư hoặc bơm trận mưa có dung tích nước ít hơn.

Hệ thống máy bơm chìm công suất 1.200 m³/s được bố trí tại hố ga thu nước trong hồ khi dâng lên ở cao trình sắp đầy hồ +2,0m hoặc sau các trận mưa. Máy bơm nước trong hồ ngầm ra đường ống D1000 dài 180m nối với tuyến cống đường Lê Hồng Phong thoát nước ra kênh Tàu Hủ.

(4) Quy trình vận hành và bảo dưỡng

Tham khảo “Quy trình hướng dẫn vận hành và bảo dưỡng hệ thống trữ nước mưa của tổ chức NCDENR-BMP (USA), 2009” và tài liệu về cấu kiện trữ bằng

polymer của công ty REHAU (<https://www.rehau.com/vn-en>), quy trình vận hành và bảo dưỡng được đề xuất như sau:

- *Yêu cầu chung*

- + Rác và bùn đất hoặc bất kỳ vật liệu nào khác không được phép chất đống trên bề mặt của rãnh thu nước và hố ga.
- + Thiết bị nặng (xe tải hạng nặng) không được phép chạy ngang trên khu vực hồ ngầm.
- + Đối với bể ngầm thì tại vị trí công trình, nhân viên vận hành phải thường xuyên theo dõi mực nước trong bể sau trận mưa lớn thông qua các hố ga để đảm bảo bể phải rút hết sau trận mưa 1 ngày.
- + Hai năm một lần, kiểm tra khả năng thu nước của hồ ngầm nếu khả năng thấm giảm còn 50% như ban đầu thì phải tiến hành sửa chữa, nâng cấp hoặc kiểm tra độ thấm của đất bằng thí nghiệm.

- *Các bước kiểm tra chi tiết:*

Bảng 6.12 Các bước kiểm tra chi tiết

Cấu kiện trữ nước mưa	Vấn đề tiềm năng	Cách giải quyết
Kiểm tra toàn bộ hồ ngầm	Rác thải và mảnh vỡ	Loại bỏ rác thải và mảnh vỡ
Các công trình thu nước: đường ống, rãnh thu nước	Đường ống và rãnh thu nước bị tắc nghẽn	Thông đường ống, rãnh thu. Loại bỏ bùn cát ra khỏi khu các rãnh, đường ống
	Đường ống bị vỡ hoặc nứt	Thay thế đường ống mới
Đường ống thoát ngầm	Tắc nghẽn đường ống	Rửa đường ống ngầm
Hố thu	Tắc nghẽn hố thu	Loại bỏ bùn cát ra ngoài hố thu
	Hố thu bị hỏng	Sửa chữa hoặc thay thế.
Bể ngầm	- Nước không vào được trong bể. - Bể không rút hết nước	- Tiến hành loại bỏ rác ở các vị trí ống thu nước vào bể. - Mở nắp hố thăm và dùng bơm hút nước xả ra hố ga cống hiện hữu, sau đó nhân viên bảo quản sẽ thông rác

Cấu kiện trữ nước mưa	Vấn đề tiềm năng	Cách giải quyết
		trong đường ống thoát bề ra hồ ga hệ thống thoát nước.

Chi phí bảo dưỡng và vận hành hàng năm: khoảng 0,25 % chi phí xây dựng theo TT 11/2012/TT-BXD: khoảng 44,2 triệu VNĐ/năm.

6.4.3. Dự toán chi phí

Kinh phí công trình trữ ngầm khu vực 3/2 là (chi phí này bao gồm chi phí thiết bị bơm dự trữ 1.320.000.000 VNĐ): 19.453.245.000 VNĐ (*Bằng chữ: Mười chín tỉ, bốn trăm năm mươi ba triệu, hai trăm bốn mươi năm ngàn đồng*). Bảng khối lượng và dự toán chi tiết về hồ ngầm đường 3/2 được thể hiện tại Báo cáo Thuyết minh: “*Thiết kế thí điểm giải pháp trữ nước mưa giảm ngập cho khu vực có mật độ đô thị hóa cao, hệ thống thoát nước hoàn chỉnh, nằm vùng địa hình cao*”.

Chương 7: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

7.1. Kết luận

Trong bối cảnh tình hình ngập lụt tại TP. Hồ Chí Minh đang trở nên ngày càng nghiêm trọng do tác động của tốc độ đô thị hóa và biến đổi khí hậu, nghiên cứu này đề xuất những giải pháp trữ nước mưa theo tiếp cận bền vững nhằm hỗ trợ công tác quản lý ngập lụt cho thành phố. Một số kết quả chính được tổng kết từ nghiên cứu như sau:

(1) Nghiên cứu đã tổng quan tài liệu về các giải pháp trữ nước mưa, nguyên lý hoạt động, ưu/nhược điểm, cũng như mức độ hiệu quả giảm ngập của chúng dựa trên các công trình trước đó. Có thể thấy trữ nước mưa giảm ngập thông qua quá trình chuyển đổi từ hạ tầng xám sang hạ tầng xanh, với tiếp cận từ thoát nước nhanh (giải pháp truyền thống) sang thoát nước chậm (giải pháp hiện đại), đang là xu thế chung trên toàn thế giới. Cụ thể, sự hiệu quả của những giải pháp này được tham khảo qua các chương trình như ACB của Singapore hay Sponge city của Trung Quốc. Ngoài ra, những bài học tương tự, dự án phổ biến trên thế giới về những giải pháp này cũng đã được đề cập.

(2) Tuy nhiên, để xem xét liệu các giải pháp trữ nước mưa có khả thi và hiệu quả khi áp dụng tại TP.HCM, nghiên cứu tiến hành đánh giá các giải pháp thông qua phân tích định tính SWOT về tính khả thi về mặt kỹ thuật-môi trường, kinh tế-tài chính. Về mặt định lượng, nghiên cứu cũng đã bố trí các giải pháp trữ tập trung (hồ điều tiết) và trữ phân tán (vườn mưa, rãnh thấm...) trên hai khu vực nghiên cứu điển hình là NLTN và THLG. Các kết quả mô phỏng mô hình toán cho thấy những giải pháp trữ tập trung và phân tán đều giúp giảm ngập trên địa bàn của hai khu vực nghiên cứu. Ví dụ nếu bố trí trữ 20% diện tích là các vườn mưa, rãnh thấm tại lưu vực NLTN có thể giảm 48,31% ngập so với hiện trạng.

(3) Bên cạnh đó, tham vấn ý kiến của các chuyên gia và người dân là hoàn toàn cần thiết khi áp dụng trữ nước mưa tại TP.HCM. Nghiên cứu phỏng vấn hơn 400 người dân trên địa bàn 3 khu vực: Quận 10 (đã đô thị hóa), TP. Thủ Đức

(đô thị hóa trung bình), huyện Hóc Môn (đang đô thị hóa), và 29 chuyên gia có liên quan đến lĩnh vực môi trường, xã hội, quản lý ngập lụt đô thị... Kết quả cho thấy rằng người dân có xu hướng ủng hộ các giải pháp trữ nước mưa dạng tập trung (70,1%) và không ủng hộ các giải pháp trữ tại hộ gia đình (64,9%). Các giải pháp trữ phân tán cũng được người dân ủng hộ nhưng chỉ chiếm khoảng 60%. Trong khi đó, các chuyên gia cho rằng trữ phân tán và tập trung đều quan trọng, và cùng đồng tình ở mức 83% cho mỗi giải pháp. Theo các chuyên gia (72%), các khu dân cư mới nên được áp dụng lồng ghép những giải pháp này.

(4) Tiếp theo, nghiên cứu đề xuất các khái niệm mới để ước tính dung tích trữ nước mưa cần thiết và các nguyên lý trữ nước mưa như: hệ thống thoát nước cơ bản, hệ thống thoát nước bổ sung, đường quan hệ dung tích trữ – diện tích không thấm – lượng mưa (V-I-P), đường quan hệ dung tích trữ - hệ số chảy tràn – lượng mưa (V-C-P), dòng chảy tràn thiết kế, dòng chảy tràn hiện hữu, dòng chảy tràn tính toán, hành lang hứng nước mưa, định hướng bố trí dung tích trữ nước mưa.

(5) Nghiên cứu đã đề xuất 2 phương pháp luận để ước tính dung tích trữ cần thiết là đường quan hệ V-I-P (kiểm soát theo diện tích không thấm), và V-C-P (kiểm soát theo hệ số chảy tràn). Với các đường quan hệ V-I-P và V-C-P được lập sẵn, dung tích trữ được ước lượng một cách dễ dàng thông qua giá trị lượng mưa thiết kế và tỷ lệ diện tích không thấm/ hệ số chảy tràn của lưu vực. Với trường hợp TP.HCM, nghiên cứu đề xuất kịch bản trữ nước cần thiết cho giai đoạn trung hạn 2040 và dài hạn 2060, hay theo kinh nghiệm Singapore. Theo đó, ứng với trường hợp tần suất mưa $P = 10$ năm/ $I \geq 65\%$ (KB trung hạn 2040) và tần suất mưa $P = 20$ năm/ $I \geq 85\%$ (KB dài hạn 2060) thì 7 vùng thoát nước cần trữ lần lượt là 10,329 triệu m^3 và 17,295 triệu m^3 . Với mức trữ này tương đương cần sử dụng 1,3% đến 2,18% diện tích của vùng và khoảng 41 – 70 nghìn tỷ đồng để thực thi (tính toán theo đường cong V-I-P). Do đó, giải pháp

trữ nước mưa hoàn toàn khả thi vì chỉ sử dụng một phần nhỏ diện tích. Tuy nhiên bài toán về kinh phí cần được xem xét vì cần sử dụng một khoản đầu tư khá lớn, Do đó, giải pháp trữ nước mưa nên ưu tiên tiếp cận theo hướng bố trí phân tán, lồng ghép với các công trình hạ tầng khác và phân kỳ theo từng giai đoạn, từng khu vực nhỏ ưu tiên/trọng điểm để giảm chi phí.

(6) Nghiên cứu đã xác định được dung tích cần điều tiết khi TP.HCM phát triển hạ tầng theo quy hoạch 2025. Theo đó, tổng dung tích cần điều tiết vào khoảng 2,43 triệu m³ (tính theo V-I-P), 2,65 triệu m³ (tính theo V-C-P). Với tổng tỉ lệ diện tích cần sử dụng là 0,3%, và kinh phí khoảng 10 nghìn tỷ đồng. Trong đó, khu vực Trung tâm hiện nay đã phát triển quá mức và cần kinh phí lớn để điều tiết để đưa hệ thống thoát nước hoạt động theo đúng thiết kế ban đầu.

(7) Sau khi xác định được dung tích cần trữ, nghiên cứu tiếp tục trả lời câu hỏi: khuyến nghị bố trí và phân bổ các giải pháp trữ như thế nào? - thông qua việc xác định các vị trí trữ nước tiềm năng. Theo đó, những vị trí tiềm năng có khả năng trữ nước được xác định bằng phân tích nội nghiệp từ tài liệu của các cơ quan chuyên ngành, và dữ liệu địa hình, ảnh viễn thám, Google Earth. Từ kết quả đó, nhóm nghiên cứu khảo sát thực địa nhằm kiểm chứng lại những vị trí đã liệt kê trong phân tích nội nghiệp. Có 114/260 ao hồ hiện hữu và 139/205 vị trí vùng trũng thấp có khả năng chứa nước đã được kiểm chứng. Một vài khu vực khác không thể khảo sát vì thuộc đất quốc phòng và khu vực tư nhân chưa có điều kiện tiếp cận. Các vùng trữ nước tiềm năng, dung tích trữ cho từng loại hình cũng được tính toán và thể hiện thông qua bảng biểu, bản đồ và cập nhật trên webGIS: <http://stormwater.hydroware.edu.vn/>. Ngoài ra, một ứng dụng điện thoại (Hydroware App) hỗ trợ thu thập thông tin hình ảnh về khu vực trữ nước tiềm năng từ cộng đồng và gửi về máy chủ cũng đã được xây dựng cho hệ điều hành Android.

(8) Tiếp theo, từ kết quả khảo sát thực địa, cùng với kết quả ước tính dung tích trữ, đặc điểm hiện trạng các vùng thoát nước, nghiên cứu khuyến nghị phân bổ

không gian trữ nước cho từng vùng. Theo đó, ưu tiên duy trì các ao hồ hiện hữu để trữ nước. Khuyến khích bố trí hồ trữ nước mưa cho các khu vực mới phát triển và kiểm soát hệ số dòng chảy tràn theo kinh nghiệm Singapore ($C=0,55$). Hoặc nghiên cứu hệ thống trữ nước trên kênh, kết hợp hồ điều tiết.

(9) Cuối cùng, nghiên cứu đề xuất và thiết kế các mô hình thí điểm áp dụng giải pháp trữ nước mưa cho các khu vực có đặc trưng điển hình, nhằm trình diễn khả năng thích ứng và tính linh hoạt của các giải pháp mềm này. Có 3 khu vực được lựa chọn là: (i) khu vực địa hình cao, đô thị hóa cao thuộc tuyến Đường 3/2 (Quận 10) – bố trí hồ trữ ngầm 3.500 m^3 ; (ii) khu vực đô thị hóa trung bình Rạch Thủ Đức – bố trí hồ điều tiết hở; (iii) khu vực dân cư đang phát triển – khu đô thị Đông Tăng Long (Quận 9 cũ) – bố trí trữ phân tán. Các kết quả cho thấy những giải pháp trữ nước mưa đều hỗ trợ giảm ngập khá tốt cho các khu vực nghiên cứu. Ví dụ tại khu vực Đường 3/2, hồ điều tiết ngầm có khả năng hỗ trợ giảm ngập $0,2\text{m}$ khu vực nghiên cứu so với trước khi bố trí. Ngoài ra, hồ ngầm còn giải quyết được bài toán khó khăn trong việc thiếu diện tích xây dựng công trình tại các khu vực đô thị hóa cao.

7.2. Kiến nghị

(1) Nâng cao nhận thức của người dân là rất quan trọng trong việc áp dụng các giải pháp trữ nước mưa theo tiếp cận bền vững tại TP.HCM. Do đó, kiến nghị cần hoạt động truyền thông mạnh mẽ, cũng như có các buổi giới thiệu dự án điển hình, có hướng dẫn kỹ thuật... công chúng hiểu rõ hơn về những tiếp cận này như chương trình ABC của Singapore hoặc Sponge city của Trung Quốc.

(2) Đề xuất xây dựng hành lang pháp lý để khuyến khích lồng ghép các giải pháp trữ nước mưa với các dự án phát triển hạ tầng đang triển khai.

(3) Đề xuất xây dựng một lộ trình cụ thể nhằm định hướng chiến lược triển khai các giải pháp trữ nước mưa.

(4) Đề xuất khi xây dựng quy hoạch tổng thể HTTN cần tính đến dung tích trữ nước mưa, và cần có quy hoạch chi tiết về trữ nước mưa.

- (5) Đề xuất xây dựng chương trình kiểm soát hệ số dòng chảy tràn C hoặc diện tích bề mặt không thấm, tương tự theo kinh nghiệm của Singapore.
- (6) Đề xuất các nghiên cứu trong tương lai nên tính toán đến chi phí – lợi ích trong việc áp dụng các giải pháp để vượt qua rào cản về mặt tài chính.
- (7) Đề xuất thiết lập các trạm quan trắc khí tượng, thủy văn tự động như: mực nước, lượng mưa phân bố rộng khắp trên toàn TP.HCM tạo nguồn dữ liệu hỗ trợ tính toán và giảm thiểu rủi ro trong việc ra quyết định.
- (8) Đề nghị cập nhật dung tích trữ cần thiết theo định kỳ để phù hợp với quy hoạch mới, hiện trạng bề mặt không thấm, hạ tầng thoát nước hiện hữu, đặc trưng mưa. Với bộ dữ liệu và phương pháp tính, mô hình được thiết lập sẵn, công tác cập nhật có thể được triển khai rất thuận lợi.
- (9) Đề nghị thành phố nên tranh thủ các khoản vay từ nguồn ưu đãi thích ứng BĐKH từ các tổ chức quốc tế để cải thiện hạ tầng đô thị kết hợp lồng ghép với trữ nước mưa. Mức vay có thể tham khảo theo mức kinh phí ước tính cho các giải pháp trữ nước mưa của đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Viện Môi trường và Tài nguyên, “Nghiên cứu cải tạo và nâng cấp hệ thống thoát nước nhằm kiểm soát ngập lụt do lượng mưa và triều cường tăng trong điều kiện biến đổi khí hậu trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh”, 2022.
- [2] C.N.X. Quang, N.N.H.Giang, H.V.Hoa, P.Q.Khanh “Analysis of rainfall trends in period 1982-2019 at Tan Son Hoa Meteorological Station, Ho Chi Minh City”, *Sci. Technol. Dev. Journal-Science Earth Environ.*, vol 5, số p.h 1, tr 58–64, 2021.
- [3] N.N.H.Giang, C.N.X.Quang, D.T.Long, P.D.Ky, N.D.Vu, D.D.Tran , “Statistical and Hydrological Evaluations of Water Dynamics in the Lower Sai Gon-Dong Nai River, Vietnam”, *Water (Switzerland)*, vol 14, số p.h 1, 2022, doi: 10.3390/w14010130.
- [4] Bộ Tài nguyên và Môi trường, “Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam”, 2016.
- [5] C. Kontgis, A. Schneider, J. Fox, S. Saksena, J. H. Spencer, và M. Castrence, “Monitoring peri-urbanization in the greater Ho Chi Minh City metropolitan area”, *Appl. Geogr.*, vol 53, tr 377–388, tháng 9 2014, doi: 10.1016/j.apgeog.2014.06.029.
- [6] T.T.Van và H.D.X.Bao, “Study of the impact of urban development on surface temperature using remote sensing in Ho Chi Minh City, Northern Vietnam”, *Geogr. Res.*, vol 48, số p.h 1, tr 86–96, 2010, doi: 10.1111/j.1745-5871.2009.00607.x.
- [7] L. V. Duy, P. N., Chapman, L., Tight, M., Linh, P. N., & Thuong, “Increasing vulnerability to floods in new development areas: evidence from Ho Chi Minh City”, *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag.*, 2018.
- [8] L. V. Việt, “Sự phát triển đô thị và xu thế biến đổi khí hậu tại TP.HCM”, *Tạp chí KTTV*, vol 558, tr 29–35, 2007.
- [9] C. N. X. Quang, “Phân tích xu thế mực nước lớn nhất năm vùng hạ du lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai”, *Tạp chí NN&PTNT*, vol 8, tr 65–71, 2015.
- [10] C. N. X. Quang, H.L.Phi “Phân tích sự thay đổi lượng mưa thiết kế tại đô thị TP.HCM”, *Tạp Chí Nông Nghiệp và Phát Triển Nông Thôn*, vol 5, tr 19–22, 2015.
- [11] D. P. Tân, “Thử xây dựng mô hình dự báo chỉ tiêu số tuyến ngập do mưa trên địa bàn TP.HCM”, trong *Thực trạng triển khai các giải pháp giảm ngập nước trong 5 năm qua và đề xuất các giải pháp và chỉ tiêu định hướng cho giai đoạn 2021 – 2025 trên địa bàn thành phố*, 2019.
- [12] N. T. Long, “Phát triển hạ tầng thoát nước của TP. Hồ Chí Minh từ năm

1975 đến nay”, 2019.

- [13] N. Bin Chang, J. W. Lu, T. F. M. Chui, và N. Hartshorn, “Global policy analysis of low impact development for stormwater management in urban regions”, *Land use policy*, vol 70, số p.h November 2017, tr 368–383, 2018, doi: 10.1016/j.landusepol.2017.11.024.
- [14] Y. Sun, L. Deng, S.-Y. Pan, P.-C. Chiang, S. S. Sable, và K. J. Shah, “Integration of green and gray infrastructures for sponge city: Water and energy nexus”, *Water-Energy Nexus*, vol 3, tr 29–40, 2020, doi: 10.1016/j.wen.2020.03.003.
- [15] K. Eckart, Z. McPhee, và T. Bolisetti, “Performance and implementation of low impact development – A review”, *Sci. Total Environ.*, vol 607–608, tr 413–432, 2017, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.254.
- [16] D. Yin và c.s., “Sponge City Practices in China: From Pilot Exploration to Systemic Demonstration”, *Water (Switzerland)*, vol 14, số p.h 10, 2022, doi: 10.3390/w14101531.
- [17] D. J. Sailor, “A green roof model for building energy simulation programs”, *Energy Build.*, vol 40, số p.h 8, tr 1466–1478, 2008, doi: 10.1016/j.enbuild.2008.02.001.
- [18] L. Fan và c.s., “Whether the carbon emission from green roofs can be effectively mitigated by recycling waste building material as green roof substrate during five-year operation?”, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol 27, số p.h 32, tr 40893–40906, 2020, doi: 10.1007/s11356-020-09896-6.
- [19] H. Liu và c.s., “Impacts of green roofs on water, temperature, and air quality: A bibliometric review”, *Build. Environ.*, vol 196, số p.h March, tr 107794, 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107794.
- [20] I. Deska, M. Mrowiec, E. Ociepa, và A. Lewandowska, “Influence of the hydrogel amendment on the water retention capacity of extensive green roof models”, *J. Ecol. Eng.*, vol 21, số p.h 1, tr 195–204, 2020, doi: 10.12911/22998993/112763.
- [21] Y. Liu, V. F. Bralts, và B. A. Engel, “Evaluating the effectiveness of management practices on hydrology and water quality at watershed scale with a rainfall-runoff model”, *Sci. Total Environ.*, vol 511, tr 298–308, 2015, doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.12.077.
- [22] M. O. Arjenaki, H. R. Z. Sanayei, H. Heidarzadeh, và N. A. Mahabadi, “Modeling and investigating the effect of the LID methods on collection network of urban runoff using the SWMM model (case study: Shahrekord City)”, *Model. Earth Syst. Environ.*, vol 7, số p.h 1, 2021, doi: 10.1007/s40808-020-00870-2.
- [23] S. Rahman, M. T. R. Khan, S. Akib, N. B. C. Din, S. K. Biswas, và S. M.

- Shirazi, “Sustainability of rainwater harvesting system in terms of water quality”, *Sci. World J.*, vol 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/721357.
- [24] M. De Kwaadsteniet, P. H. Dobrowsky, A. Van Deventer, W. Khan, và T. E. Cloete, “Domestic rainwater harvesting: Microbial and chemical water quality and point-of-use treatment systems”, *Water. Air. Soil Pollut.*, vol 224, số p.h 7, 2013, doi: 10.1007/s11270-013-1629-7.
- [25] J. A. P. Drake, A. Bradford, và J. Marsalek, “Review of environmental performance of permeable pavement systems: State of the knowledge”, *Water Qual. Res. J. Canada*, vol 48, số p.h 3, tr 203–222, 2013, doi: 10.2166/wqrjc.2013.055.
- [26] J. Mullaney và T. Lucke, “Practical Review of Pervious Pavement Designs”, *CLEAN - Soil, Air, Water*, vol 42, số p.h 2, tr 111–124, tháng 2 2014, doi: 10.1002/clen.201300118.
- [27] N. Xie, M. Akin, và X. Shi, “Permeable concrete pavements: A review of environmental benefits and durability”, *J. Clean. Prod.*, vol 210, tr 1605–1621, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.134.
- [28] M. Scholz và P. Grabowiecki, “Review of permeable pavement systems”, *Build. Environ.*, vol 42, số p.h 11, tr 3830–3836, tháng 11 2007, doi: 10.1016/j.buildenv.2006.11.016.
- [29] J. Wang và c.s., “Performance synergism of pervious pavement on stormwater management and urban heat island mitigation: A review of its benefits, key parameters, and co-benefits approach”, *Water Res.*, vol 221, số p.h July, 2022, doi: 10.1016/j.watres.2022.118755.
- [30] C. Hernández-Crespo, M. Fernández-Gonzalvo, M. Martín, và I. Andrés-Doménech, “Influence of rainfall intensity and pollution build-up levels on water quality and quantity response of permeable pavements”, *Sci. Total Environ.*, vol 684, tr 303–313, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.271.
- [31] C. E. Sprouse, C. Hoover, O. Obritsch, và H. Thomazin, “Advancing pervious pavements through nomenclature, standards, and holistic green design”, *Sustain.*, vol 12, số p.h 18, 2020, doi: 10.3390/SU12187422.
- [32] United States Environmental Protection Agency (EPA), “Stormwater Best Management Practice Bioretention (Rain Gardens)”, *NPDES Stormwater Best Manag. Pract. - Bioretention (Rain Gard.*, số p.h December, 2021, [Online]. Available at: <https://www.epa.gov/npdes>
- [33] L. Zhang, Z. Ye, và S. Shibata, “Assessment of rain garden effects for the management of urban storm runoff in japan”, *Sustain.*, vol 12, số p.h 23, tr 1–17, 2020, doi: 10.3390/su12239982.
- [34] W. F. Hunt, A. R. Jarrett, J. T. Smith, và L. J. Sharkey, “Evaluating

- Bioretention Hydrology and Nutrient Removal at Three Field Sites in North Carolina”, *J. Irrig. Drain. Eng.*, vol 132, số p.h 6, tr 600–608, 2006, doi: 10.1061/(asce)0733-9437(2006)132:6(600).
- [35] J. P. Johnson và W. F. Hunt, “Field Assessment of the Hydrologic Mitigation Performance of Three Aging Bioretention Cells”, *J. Sustain. Water Built Environ.*, vol 6, số p.h 4, tr 1–13, 2020, doi: 10.1061/jswbay.0000925.
- [36] I. R. Mangangka, A. Liu, P. Egodawatta, và A. Goonetilleke, “Performance characterisation of a stormwater treatment bioretention basin”, *J. Environ. Manage.*, vol 150, tr 173–178, 2015, doi: 10.1016/j.jenvman.2014.11.007.
- [37] D. M. Revitt, J. B. Ellis, và L. Lundy, “Assessing the impact of swales on receiving water quality”, *Urban Water J.*, vol 14, số p.h 8, tr 839–845, 2017, doi: 10.1080/1573062X.2017.1279187.
- [38] T. Zaqout và H. Ó. Andradóttir, “Hydrologic performance of grass swales in cold maritime climates: Impacts of frost, rain-on-snow and snow cover on flow and volume reduction”, *J. Hydrol.*, vol 597, 2021, doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.126159.
- [39] T. Lucke, M. A. K. Mohamed, và N. Tindale, “Pollutant removal and Hydraulic reduction performance of field grassed swales during runoff simulation experiments”, *Water (Switzerland)*, vol 6, số p.h 7, tr 1887–1904, 2014, doi: 10.3390/w6071887.
- [40] M. I. Iman và N. A. Ahmad, “A Performance Review of Grass Swales Channel in Malaysia”, *Recent Trends Civ. Eng. Built Environement*, vol 3, số p.h 1, tr 663–671, 2022.
- [41] U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), “Storm water technology fact sheet”, số p.h EPA 832-F-99-048, tr 7, 1999, [Online]. Available at: <http://nepis.epa.gov/>
- [42] S. Carolina DHEC, “Dry Detention Ponds Dry Detention Ponds Description”, số p.h June, 2005.
- [43] EPA, “Stormwater Best Management Practice Design Guide Volume 3: Basin Best Management Practices”, *United States Environ. Prot. Agency*, vol 3, số p.h September, tr 122, 2004.
- [44] R. K. Waghwalá và P. G. Agnihotri, “Flood risk assessment and resilience strategies for flood risk management: A case study of Surat City”, *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol 40, số p.h December 2018, tr 101155, 2019, doi: 10.1016/j.ijdrr.2019.101155.
- [45] S. J. Birkinshaw, C. Kilsby, G. O’donnell, P. Quinn, R. Adams, và M. E. Wilkinson, “Stormwater detention ponds in urban catchments—analysis

- and validation of performance of ponds in the ouseburn catchment, Newcastle Upon Tyne, UK”, *Water (Switzerland)*, vol 13, số p.h 18, 2021, doi: 10.3390/w13182521.
- [46] S. N. Sahoo và S. Pekkat, “Detention Ponds for Managing Flood Risk due to Increased Imperviousness: Case Study in an Urbanizing Catchment of India”, *Nat. Hazards Rev.*, vol 19, số p.h 1, tr 05017008, 2018, doi: 10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000271.
- [47] T. B. Ayalew, W. F. Krajewski, và R. Mantilla, “Insights into Expected Changes in Regulated Flood Frequencies due to the Spatial Configuration of Flood Retention Ponds”, *J. Hydrol. Eng.*, vol 20, số p.h 10, tr 04015010, 2015, doi: 10.1061/(asce)he.1943-5584.0001173.
- [48] C.-N. Chen, “Reduction of discharge hydrograph and flood stage resulted from upstream detention ponds”, *Hydrol. Process. An Int. J.*, vol 21, số p.h 25, tr 3492–3506, 2007, doi: 10.1002/hyp.
- [49] A. D. Wissler, W. F. Hunt, và R. A. McLaughlin, “Hydrologic and water quality performance of two aging and unmaintained dry detention basins receiving highway stormwater runoff”, *J. Environ. Manage.*, vol 255, số p.h November 2019, tr 109853, 2020, doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109853.
- [50] Y. Jiang, Y. Yuan, và H. Piza, “A review of applicability and effectiveness of low impact development/green infrastructure practices in Arid/Semi-Arid United States”, *Environ. - MDPI*, vol 2, số p.h 2, tr 221–249, 2015, doi: 10.3390/environments2020221.
- [51] B. Yang, A. A. Goodwin, R. R. Dupont, và M. Ryciewicz-Borecki, “Form-based Variables for Stormwater Quality Performance”, *Urban Plan. Des. Res.*, vol 2, số p.h January, 2014.
- [52] C. G. Song, I. W. Seo, và Y. J. Jung, “Reduction of Rainfall Runoff by Constructing Underground Storage Tank”, *J. Korean Soc. Civ. Eng.*, vol 33, số p.h 3, tr 927–935, 2013, doi: 10.12652/ksce.2013.33.3.927.
- [53] J. Drake, D. Young, và N. McIntosh, “Performance of an underground stormwater detention chamber and comparison with stormwater management ponds”, *Water (Switzerland)*, vol 8, số p.h 5, 2016, doi: 10.3390/w8050211.
- [54] J. Lu, G. He, và F. Mao, “Solar seasonal thermal energy storage for space heating in residential buildings: Optimization and comparison with an air-source heat pump”, *Energy Sources, Part B Econ. Plan. Policy*, vol 00, số p.h 00, tr 279–296, 2020, doi: 10.1080/15567249.2020.1786192.
- [55] P. W. Department, “Green City Clean Waters”, 2011.
- [56] D. Yin và c.s., “Sponge city practice in China: A review of construction,

- assessment, operational and maintenance”, *J. Clean. Prod.*, vol 280, tr 124963, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124963.
- [57] Centre for Liveable Cities, “Turning Grey Into Green”, *Urban Solut.*, tr 68–73, 2020, [Online]. Available at: <https://www.clc.gov.sg/docs/default-source/urban-solutions/urban-solutions-17-adapting-to-a-disrupted-world.pdf>
- [58] Y. Ma, Y. Jiang, và S. Swallow, “China’s sponge city development for urban water resilience and sustainability: A policy discussion”, *Sci. Total Environ.*, vol 729, tr 139078, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139078.
- [59] J. Griffiths, F. K. Shun Chan, M. Shao, F. Zhu, và D. L. Higgitt, “Interpretation and application of Sponge City guidelines in China”, *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.*, vol 378, số p.h 2168, 2020, doi: 10.1098/rsta.2019.0222.
- [60] P. U. Board, “Active, Beautiful, Clean Waters, 4th Edition”, Singapore, 2018.
- [61] F. K. S. Chan, C. J. Chuah, A. D. Ziegler, M. Dąbrowski, và O. Varis, “Towards resilient flood risk management for Asian coastal cities: Lessons learned from Hong Kong and Singapore”, *J. Clean. Prod.*, vol 187, tr 576–589, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.217.
- [62] M. Shafique và R. Kim, “Recent progress in low-impact development in South Korea: Water-management policies, challenges and opportunities”, *Water (Switzerland)*, vol 10, số p.h 4, 2018, doi: 10.3390/w10040435.
- [63] Arup, “<https://www.arup.com/projects/new-songdo-city-central-park-and-canal>”.
- [64] I. Baek, “A study on the sustainable infrastructure of the Songdo City Project: from the viewpoint of the metabolic flow perspective”, Stellenbosch University, 2015.
- [65] M. Shafique và R. Kim, “Green stormwater infrastructure with low impact development concept: A review of current research”, *Desalin. Water Treat.*, vol 83, số p.h October, tr 16–29, 2017, doi: 10.5004/dwt.2017.20981.
- [66] C. Saraswat, P. Kumar, và B. K. Mishra, “Assessment of stormwater runoff management practices and governance under climate change and urbanization: An analysis of Bangkok, Hanoi and Tokyo”, *Environ. Sci. Policy*, vol 64, tr 101–117, 2016, doi: 10.1016/j.envsci.2016.06.018.
- [67] [Online] Available at <https://edition.cnn.com/2012/10/31/world/asia/japan-flood-tunnel/> [Accessed 01/11/ 2012]., “How giant tunnels protect Tokyo from flood

- threat”. 2012.
- [68] N. Ishiyama và c.s., “Flood-Control Basins as Green Infrastructures: Flood-Risk Reduction, Biodiversity Conservation, and Sustainable Management in Japan”, số p.h January, tr 189–207, 2022, doi: 10.1007/978-981-16-6791-6_12.
- [69] W. Bank, *Learning from Japan’s Experience in Integrated Urban Flood Risk Management: A Series of Knowledge Notes*. Washington, 2020.
- [70] T. D. L. Center, “Enriching and Protecting Communities through Flood Water Storage”, 2003.
- [71] C. Stream và R. Project, “Cheonggyecheon Stream Restoration Project – Seoul , South Korea Methodology for Landscape Performance Benefits Environmental”, tr 2009–2011, 2011.
- [72] L. Sâm, N. Đ. Vương, và T. M. Tuấn, “Tận dụng khả năng trữ nước của hồ điều hoà để giảm thiểu ngập lụt trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, vol 9, số p.h 2, tr 39–45, 2010.
- [73] N. V. Kỳ và N. Đ. Tú, “Mô hình pilot bổ sung nhân tạo nước dưới đất bằng nước mưa tại ký túc xá ĐHQG-HCM”, *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, vol 14, số p.h M2, 2011.
- [74] H. H. Lộc, “Social Aspects of the Application of SUDS for the case of Nhieu Loc – Thi Nghe Basin, Ho Chi Minh City”. 2014.
- [75] Viện Khoa học Thủy lợi miền nam, “Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chống ngập cho thành phố Hồ Chí Minh”, 2011.
- [76] Trường Đại học Bách khoa TP.HCM, “Nghiên cứu đề xuất lựa chọn chiến lược quản lý ngập lụt thích hợp trên cơ sở các dự án đã, đang và dự kiến triển khai tại TP.HCM”, 2016.
- [77] Phân viện Khoa học Khí tượng, “Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh trong điều kiện biến đổi khí hậu”, 2019.
- [78] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, “Nghiên cứu đề xuất các giải pháp phân lũ, chậm lũ, giảm lũ nhằm giảm ngập lụt cho Tp.HCM khi hồ Dầu Tiếng xả lũ theo thiết kế hoặc gặp sự cố”, 2018.
- [79] Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ, “Điều tra khảo sát và đánh giá thiệt hại do ngập lụt đến kinh tế - xã hội; xây dựng bản đồ thiệt hại do ngập lụt phục vụ công tác chống ngập, quy hoạch đô thị trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh”, 2021.
- [80] Cục Thống kê thành phố Hồ Chí Minh, “Niên giám thống kê thành phố Hồ Chí Minh”, 2021.
- [81] Vũ Văn nghị và cộng sự, “Đánh giá mức độ khan hiếm tài nguyên nước

- ngọt cho TP.HCM bằng chỉ số áp lực về nước WSI theo các kịch bản quy hoạch phát triển đến năm 2030 trong điều kiện biến đổi khí hậu khi nước biển dâng và đề xuất các giải pháp tổng thể giảm thiểu”, 2016.
- [82] M. V. Khiêm, “Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn TP. HCM trong điều kiện biến đổi khí hậu”, 2019.
- [83] KHTLMT, “Quản lý tổng hợp và sử dụng hợp lý tài nguyên nước hệ thống sông Đồng Nai”, *Đề tài cấp nhà nước KC.08.18/06-10*, 2010.
- [84] Bộ Tài nguyên và Môi trường, “Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam”, Hà Nội, 2021.
- [85] N. T. Huy và N. V. T. Van, “Linking climate change to urban storm drainage system design: An innovative approach to modeling of extreme rainfall processes over different spatial and temporal scales”, *J. Hydro-Environment Res.*, vol 29, tr 80–95, 2020, doi: 10.1016/j.jher.2020.01.006.
- [86] H. H. Keifer, C. J., & Chu, “Synthetic storm pattern for drainage design”, *J. Hydraul. Div.*, vol 83(4), số p.h 1–25, 1957.
- [87] Wenzel, “Rainfall for Stormwater”, *Stormwater, Urban*, vol 7, số p.h 1, 1984.
- [88] J. Huber, WC and Dickinson, RE and Roesner, LA and Aldrich, *Storm water management model user’s manual, Version 4. Project summary*, số p.h August 1988. Athens, Georgia, United States: US Environmental Protection Agency, 1988.
- [89] DHI, “A Modelling System for Rivers and Channels Reference Manual”, *Hørsholm, Denmark*, tr 1–536, 2014.
- [90] K. K. (2013) Yang, X. L., Zhu, B., Li, Y. L., & Hua, “Simulation of nonpoint source nitrogen transport in two separated catchments in the hilly area of purple soil”, *J. Hydraul. Eng*, vol 44, số p.h 10, tr 1197–1203, 2013.
- [91] A. Dechmi, F., Burguete, J., & Skhiri, “SWAT application in intensive irrigation systems: Model modification, calibration and validation”, *J. Hydrol.*, vol 470, tr 227–238, 2012.
- [92] “<http://www.scotland.gov.uk/Publications/2013/02/7909/1>”.
- [93] USEPA, “Protecting Water Quality from Urban Runoff”, *United States Environmental Protection Agency*, số p.h February. tr EPA-841-F-03-003, 2003.
- [94] CIRIA, *Guidance on the Construction of SuDS*. 2017.
- [95] B. W. Ballard và c.s., *The SuDS Manual*. 2015.
- [96] GIZ, “Hệ thống thoát nước mưa đô thị theo hướng bền vững”, 2018.

- [97] Hoàng Tùng, “Quy hoạch đô thị thích ứng ngập nước – một số kinh nghiệm quốc tế và khả năng ứng dụng tại TPHCM”, *Kiến trúc Việt Nam*, 2018.
- [98] Nguyễn Ngọc Hiếu, Trịnh Thanh Tú, Hồ Văn Hòa, và Trần Hoàng Nam, “Đánh giá phương pháp tiếp cận giảm ngập phân tán khu vực trũng thấp đã đô thị hóa ở ngoại vi thành phố Hồ Chí Minh”, tr 1–21, 2017.
- [99] L. Li, A. M. Collins, A. Cheshmehzangi, và F. K. S. Chan, “Identifying enablers and barriers to the implementation of the Green Infrastructure for urban flood management: A comparative analysis of the UK and China”, *Urban For. Urban Green.*, vol 54, tr 126770, 2020, doi: 10.1016/j.ufug.2020.126770.
- [100] A. L. Mayer và c.s., “Environmental Reviews and Case Studies: Building Green Infrastructure via Citizen Participation: A Six-Year Study in the Shepherd Creek (Ohio)”, *Environ. Pract.*, vol 14, số p.h 1, tr 57–67, tháng 3 2012, doi: 10.1017/S1466046611000494.
- [101] C. Staddon và c.s., “Contributions of green infrastructure to enhancing urban resilience”, *Environ. Syst. Decis.*, vol 38, số p.h 3, tr 330–338, 2018, doi: 10.1007/s10669-018-9702-9.
- [102] A. A. Zuniga-Teran và c.s., “Challenges of mainstreaming green infrastructure in built environment professions”, *J. Environ. Plan. Manag.*, vol 63, số p.h 4, tr 710–732, 2020, doi: 10.1080/09640568.2019.1605890.
- [103] Phân viện KH khí tượng Thủy văn và BDKH, “Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh trong điều kiện biến đổi khí hậu”, 2019.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1 - QUAN TRẮC MỨC NƯỚC CỬA XÁ (Kết quả Chương 3)	2
PHỤ LỤC 2 – QUAN TRẮC MƯA (KẾT QUẢ Chương 3).....	7
PHỤ LỤC 3 - PHIẾU KHẢO SÁT CHUYÊN GIA (Kết quả Chương 4)	11
PHỤ LỤC 4 - PHIẾU KHẢO SÁT NGƯỜI DÂN (Kết quả Chương 4).....	18
PHỤ LỤC 5 – ƯỚC LƯỢNG DUNG TÍCH TRỮ VÀ PHÂN BỐ DUNG TÍCH TRỮ CHO 7 VÙNG THOÁT NƯỚC (Kết quả Chương 5).....	24
PHỤ LỤC 6 - HÌNH ẢNH ĐIỀU TRA THỰC ĐỊA KIỂM TRA HIỆN TRẠNG AO/HỒ, VÙNG TRũng THẤP HIỆN HỮU (Kết quả Chương 5)	26
PHỤ LỤC 7 - BẢNG THỐNG KÊ VỊ TRÍ AO/HỒ VÀ VÙNG TRũng THẤP HIỆN HỮU (Kết quả chương 5).....	28
PHỤ LỤC 8 - THÔNG TIN HIỆN TRẠNG 7 VÙNG THOÁT NƯỚC (Kết quả chương 5)	38
PHỤ LỤC 9 – CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA ĐIỂN HÌNH.....	45

PHỤ LỤC 1 - QUAN TRẮC MỨC NƯỚC CỬA XÃ (Kết quả Chương 3)

Ngày tháng	Thời gian	NLT N 1	NLT N 2	NLT N 3	NLT N 4	THL G 1	THL G 2	THL G 3	THL G 4	THL G 5	TD 1	TD 2	TD 3	TĐ 1	TĐ 2	T Đ3	T Đ4
8/15/2022	12:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,0	1,9	2,8	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	1,7
8/15/2022	12:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	1,9	2,8	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	1,7
8/15/2022	12:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	1,8	2,8	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	1,7
8/15/2022	12:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	1,8	2,8	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	1,7
8/15/2022	12:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	1,8	2,8	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	1,7
8/15/2022	12:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	1,8	2,8	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	1,7
8/15/2022	12:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	1,7	2,8	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	12:40:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	1,7	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	12:45:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	1,7	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	12:50:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,7	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	12:55:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,6	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:00:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,6	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,6	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,6	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,6	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:40:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:45:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,7
8/15/2022	1:50:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,6
8/15/2022	1:55:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,6
8/15/2022	2:00:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,6
8/15/2022	2:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,6
8/15/2022	2:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,4	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,6
8/15/2022	2:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,4	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,6
8/15/2022	2:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,4	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,6	2,2	1,6
8/15/2022	2:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	1,6
8/15/2022	2:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	1,6
8/15/2022	2:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	1,6
8/15/2022	2:40:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,8	2,2	1,6

Ngày tháng	Thời gian	NLT N 1	NLT N 2	NLT N 3	NLT N 4	THL G 1	THL G 2	THL G 3	THL G 4	THL G 5	TD 1	TD 2	TD 3	TĐ 1	TĐ 2	T Đ3	T Đ4
8/15/2022	2:45:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,4	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,8	2,2	1,6
8/15/2022	2:50:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,8	2,1	1,6
8/15/2022	2:55:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,9	2,1	1,6
8/15/2022	3:00:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,9	2,2	1,6
8/15/2022	3:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,5	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,9	2,1	1,6
8/15/2022	3:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,0	2,1	1,6
8/15/2022	3:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,0	2,1	1,6
8/15/2022	3:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,0	2,2	1,6
8/15/2022	3:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,0	2,2	1,6
8/15/2022	3:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,1	2,2	1,6
8/15/2022	3:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,5	2,7	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,1	2,3	1,6
8/15/2022	3:40:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,6	2,7	1,3	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,1	2,3	1,6
8/15/2022	3:45:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,6	2,7	1,3	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,1	2,4	1,6
8/15/2022	3:50:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,6	2,8	1,4	1,2	0,9	0,9	0,8	0,8	2,2	2,4	1,6
8/15/2022	3:55:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,7	2,8	1,4	1,2	0,9	0,9	0,8	0,8	2,2	2,5	1,6
8/15/2022	4:00:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,7	2,8	1,4	1,2	0,9	1,0	0,8	0,8	2,2	2,5	1,7
8/15/2022	4:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,7	2,9	1,5	1,2	0,9	1,1	0,8	0,8	2,2	2,5	1,7
8/15/2022	4:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,6	1,8	3,0	1,5	1,2	0,9	1,1	0,8	0,8	2,3	2,5	1,7
8/15/2022	4:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,8	3,2	1,5	1,2	0,9	1,2	0,8	0,8	2,3	2,5	1,7
8/15/2022	4:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,8	3,3	1,5	1,2	0,9	1,3	0,8	0,8	2,3	2,5	1,7
8/15/2022	4:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,9	3,4	1,6	1,2	0,9	1,3	0,8	0,8	2,3	2,5	1,7
8/15/2022	4:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,9	3,4	1,6	1,2	0,9	1,4	0,8	0,8	2,4	2,5	1,7
8/15/2022	4:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	1,9	3,5	1,6	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,4	2,5	1,7
8/15/2022	4:40:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	2,0	3,6	1,6	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,4	2,5	1,7
8/15/2022	4:45:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	2,0	3,6	1,6	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,4	2,5	1,7
8/15/2022	4:50:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	2,0	3,7	1,6	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,4	2,5	1,7
8/15/2022	4:55:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,7	2,0	3,7	1,7	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,5	2,5	1,7
8/15/2022	5:00:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	2,1	3,8	1,7	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,5	2,5	1,8
8/15/2022	5:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	2,1	3,8	1,7	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,5	2,5	1,8
8/15/2022	5:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	2,1	3,9	1,7	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,5	2,5	1,9
8/15/2022	5:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	2,2	3,9	1,7	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,5	2,5	1,9
8/15/2022	5:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	2,2	4,0	1,7	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,6	2,5	1,9
8/15/2022	5:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	2,2	4,1	1,7	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,6	2,5	1,9

Ngày tháng	Thời gian	NLT N 1	NLT N 2	NLT N 3	NLT N 4	THL G 1	THL G 2	THL G 3	THL G 4	THL G 5	TD 1	TD 2	TD 3	TĐ 1	TĐ 2	T Đ3	T Đ4
8/15/2022	5:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,8	2,3	4,1	1,7	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,6	2,5	1,9
8/15/2022	5:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	2,3	4,1	1,7	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,6	2,5	1,9
8/15/2022	5:40:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	2,3	4,1	1,8	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,6	2,5	2,0
8/15/2022	5:45:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	2,4	4,2	1,8	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,5	2,0
8/15/2022	5:50:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	2,4	4,2	1,8	1,3	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,5	2,0
8/15/2022	5:55:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	2,4	4,2	1,8	1,3	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,5	2,0
8/15/2022	6:00:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	3,9	2,5	4,2	1,8	1,3	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,5	2,0
8/15/2022	6:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,0	2,5	4,2	1,8	1,3	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,5	2,0
8/15/2022	6:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,0	2,6	4,2	1,8	1,3	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,5	2,1
8/15/2022	6:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,0	2,6	4,2	1,8	1,4	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,5	2,1
8/15/2022	6:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,0	2,7	4,2	1,8	1,4	1,0	1,4	0,8	0,8	2,8	2,6	2,1
8/15/2022	6:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,0	2,7	4,2	1,9	1,4	1,0	1,4	0,8	0,8	2,8	2,6	2,1
8/15/2022	6:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,0	2,8	4,2	1,9	1,4	1,0	1,4	0,8	0,8	2,8	2,6	2,1
8/15/2022	6:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	2,9	4,2	1,9	1,5	1,0	1,4	0,8	0,8	2,8	2,6	2,2
8/15/2022	6:40:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	3,0	4,2	1,9	1,5	1,0	1,4	0,8	0,8	2,8	2,6	2,2
8/15/2022	6:45:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	3,0	4,2	1,9	1,5	1,0	1,4	0,9	0,8	2,9	2,6	2,2
8/15/2022	6:50:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	3,1	4,2	1,9	1,5	1,0	1,4	0,9	0,8	2,9	2,6	2,2
8/15/2022	6:55:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,2	3,2	4,2	1,9	1,5	1,0	1,4	0,8	0,8	2,9	2,6	2,2
8/15/2022	7:00:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,2	3,3	4,2	1,9	1,6	1,0	1,4	0,8	0,8	2,9	2,6	2,2
8/15/2022	7:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,2	3,3	4,2	1,9	1,6	1,0	1,4	0,9	0,8	2,9	2,6	2,3
8/15/2022	7:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,2	3,4	4,2	2,0	1,6	1,0	1,4	0,9	0,8	2,9	2,6	2,3
8/15/2022	7:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,3	3,4	4,2	2,0	1,6	1,0	1,4	0,9	0,8	2,9	2,6	2,3
8/15/2022	7:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,3	3,5	4,2	2,0	1,6	1,0	1,4	0,9	0,8	2,9	2,6	2,3
8/15/2022	7:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,3	3,5	4,3	2,0	1,7	1,0	1,4	0,9	0,9	2,9	2,6	2,3
8/15/2022	7:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,4	3,5	4,3	2,0	1,7	1,0	1,4	0,9	0,9	2,9	2,6	2,3
8/15/2022	7:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,4	3,6	4,3	2,0	1,7	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,3
8/15/2022	7:40:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,5	3,6	4,3	2,0	1,7	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,3
8/15/2022	7:45:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,5	3,6	4,3	2,0	1,8	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	7:50:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,5	3,6	4,4	2,0	1,8	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	7:55:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	4,6	3,6	4,4	2,1	1,8	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:00:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,3	4,6	3,6	4,4	2,1	1,9	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,3	4,7	3,6	4,4	2,1	1,9	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,3	4,7	3,6	4,4	2,1	1,9	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4

Ngày tháng	Thời gian	NLT N 1	NLT N 2	NLT N 3	NLT N 4	THL G 1	THL G 2	THL G 3	THL G 4	THL G 5	TD 1	TD 2	TD 3	TĐ 1	TĐ 2	T Đ3	T Đ4
8/15/2022	8:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,3	4,7	3,6	4,4	2,1	2,0	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,3	4,8	3,6	4,4	2,1	2,0	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,3	4,8	3,6	4,4	2,1	2,0	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,3	4,8	3,6	4,3	2,1	2,0	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,3	4,9	3,6	4,3	2,1	2,1	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:40:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	4,9	3,6	4,3	2,2	2,1	1,0	1,4	0,9	1,0	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:45:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	4,9	3,6	4,2	2,2	2,1	1,0	1,4	0,9	1,0	3,0	2,6	2,4
8/15/2022	8:50:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,0	3,5	4,2	2,2	2,1	1,0	1,4	0,9	1,0	3,0	2,6	2,3
8/15/2022	8:55:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,0	3,5	4,2	2,2	2,1	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	2,3
8/15/2022	9:00:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,0	3,5	4,2	2,2	2,2	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	2,3
8/15/2022	9:05:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,0	3,4	4,1	2,2	2,2	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	2,2
8/15/2022	9:10:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,4	4,1	2,2	2,2	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	2,2
8/15/2022	9:15:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,4	4,1	2,2	2,2	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	2,1
8/15/2022	9:20:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,4	4,0	2,2	2,2	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	2,1
8/15/2022	9:25:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,3	4,0	2,3	2,3	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	2,0
8/15/2022	9:30:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,3	4,0	2,3	2,3	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,7	2,0
8/15/2022	9:35:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,3	3,9	2,3	2,3	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,7	2,0
8/15/2022	9:40:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,2	3,9	2,3	2,3	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,7	1,9
8/15/2022	9:45:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,2	3,9	2,3	2,3	1,0	1,4	0,9	1,0	3,2	2,7	1,9
8/15/2022	9:50:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,2	3,8	2,3	2,3	1,0	1,4	0,9	1,0	3,2	2,7	1,9
8/15/2022	9:55:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,1	3,8	2,3	2,3	1,0	1,4	0,9	1,1	3,2	2,7	1,8
8/15/2022	10:00:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,1	3,8	2,3	2,2	1,0	1,4	0,9	1,0	3,2	2,6	1,8
8/15/2022	10:05:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,1	3,7	2,3	2,2	1,0	1,4	0,9	1,0	3,2	2,6	1,8
8/15/2022	10:10:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,0	3,7	2,3	2,2	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	1,8
8/15/2022	10:15:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,0	3,7	2,3	2,2	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	1,8
8/15/2022	10:20:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,1	3,0	3,6	2,3	2,1	1,0	1,4	0,9	1,0	3,1	2,6	1,7
8/15/2022	10:25:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,0	2,9	3,6	2,2	2,1	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,6	1,7
8/15/2022	10:30:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,0	2,9	3,6	2,2	2,1	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,5	1,7
8/15/2022	10:35:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	5,0	2,9	3,6	2,2	2,1	1,0	1,4	0,9	0,9	3,0	2,5	1,7
8/15/2022	10:40:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	4,9	2,8	3,5	2,1	2,0	1,0	1,4	0,9	0,9	2,9	2,5	1,7
8/15/2022	10:45:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,3	4,9	2,8	3,5	2,1	2,0	1,0	1,4	0,9	0,8	2,9	2,5	1,7
8/15/2022	10:50:00 AM	1,1	1,2	1,0	1,2	4,9	2,8	3,5	2,1	2,0	1,0	1,4	0,9	0,8	2,8	2,5	1,7
8/15/2022	10:55:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,8	2,8	3,4	2,0	2,0	1,0	1,4	0,9	0,8	2,8	2,4	1,7

Ngày tháng	Thời gian	NLT N 1	NLT N 2	NLT N 3	NLT N 4	THL G 1	THL G 2	THL G 3	THL G 4	THL G 5	TD 1	TD 2	TD 3	TĐ 1	TĐ 2	T Đ3	T Đ4
8/15/2022	11:00:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,8	2,7	3,4	2,0	1,9	1,0	1,4	0,9	0,8	2,8	2,4	1,7
8/15/2022	11:05:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,8	2,7	3,4	2,0	1,9	1,0	1,4	0,8	0,8	2,8	2,3	1,7
8/15/2022	11:10:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,7	2,7	3,3	1,9	1,9	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,3	1,7
8/15/2022	11:15:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,7	2,6	3,3	1,9	1,8	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,2	1,7
8/15/2022	11:20:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,7	2,6	3,3	1,9	1,8	1,0	1,4	0,8	0,8	2,7	2,2	1,7
8/15/2022	11:25:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,7	2,6	3,2	1,8	1,8	1,0	1,4	0,8	0,8	2,6	2,2	1,7
8/15/2022	11:30:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,6	2,5	3,2	1,8	1,7	1,0	1,3	0,8	0,8	2,6	2,2	1,7
8/15/2022	11:35:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,6	2,5	3,2	1,8	1,7	1,0	1,3	0,8	0,8	2,6	2,2	1,7
8/15/2022	11:40:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,6	2,5	3,2	1,8	1,7	1,0	1,2	0,8	0,8	2,6	2,2	1,7
8/15/2022	11:45:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,5	2,4	3,2	1,7	1,6	1,0	1,1	0,8	0,8	2,5	2,2	1,7
8/15/2022	11:50:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,5	2,4	3,2	1,7	1,6	1,0	1,0	0,8	0,8	2,5	2,2	1,7
8/15/2022	11:55:00 AM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,5	2,4	3,2	1,7	1,6	1,0	0,9	0,8	0,8	2,5	2,2	1,7
8/15/2022	12:00:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,4	2,4	3,2	1,6	1,5	1,0	0,9	0,8	0,8	2,5	2,2	1,7
8/15/2022	12:05:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,4	2,3	3,1	1,6	1,5	1,0	0,8	0,8	0,8	2,4	2,2	1,7
8/15/2022	12:10:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,4	2,3	3,1	1,6	1,5	1,0	0,8	0,8	0,8	2,4	2,2	1,7
8/15/2022	12:15:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,4	2,3	3,1	1,6	1,5	1,0	0,8	0,8	0,8	2,4	2,2	1,7
8/15/2022	12:20:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,4	2,3	3,1	1,5	1,4	1,0	0,8	0,8	0,8	2,4	2,2	1,7
8/15/2022	12:25:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,3	2,3	3,1	1,5	1,4	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,7
8/15/2022	12:30:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,3	2,2	3,1	1,5	1,4	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,7
8/15/2022	12:35:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,3	2,2	3,0	1,5	1,4	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,7
8/15/2022	12:40:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,3	2,2	3,0	1,5	1,3	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,7
8/15/2022	12:45:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,2	2,2	3,0	1,5	1,3	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,7
8/15/2022	12:50:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,2	2,1	3,0	1,4	1,3	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,7
8/15/2022	12:55:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,2	2,1	3,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,7
8/15/2022	1:00:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,2	2,1	2,9	1,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,7
8/15/2022	1:05:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,2	2,1	2,9	1,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,6
8/15/2022	1:10:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	2,1	2,9	1,3	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,6
8/15/2022	1:15:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	2,0	2,9	1,3	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,6
8/15/2022	1:20:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	2,0	2,9	1,3	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,6
8/15/2022	1:25:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	2,0	2,8	1,3	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,6
8/15/2022	1:30:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	2,0	2,8	1,3	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,6
8/15/2022	1:35:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	2,0	2,8	1,3	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,3	2,2	1,6
8/15/2022	1:40:00 PM	1,1	1,2	0,9	1,2	4,1	2,0	2,8	1,3	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	2,4	2,2	1,6

PHỤ LỤC 2 – QUAN TRẮC MƯA (KẾT QUẢ Chương 3)

Ngày/giờ	Mưa (mm)	Ngày/giờ	Mưa (mm)	Ngày/giờ	Mưa (mm)	Ngày/giờ	Mưa (mm)	Ngày/giờ	Mưa (mm)
8/15/2022 0:05	0,0	8/16/2022 0:05	0,0	8/17/2022 0:05	0,0	8/18/2022 0:05	0,0	8/19/2022 0:05	0,0
8/15/2022 0:15	0,0	8/16/2022 0:15	0,0	8/17/2022 0:15	0,0	8/18/2022 0:15	0,0	8/19/2022 0:15	0,0
8/15/2022 0:25	0,0	8/16/2022 0:25	0,0	8/17/2022 0:25	0,0	8/18/2022 0:25	0,0	8/19/2022 0:25	0,0
8/15/2022 0:35	0,0	8/16/2022 0:35	0,0	8/17/2022 0:35	0,0	8/18/2022 0:35	0,0	8/19/2022 0:35	0,0
8/15/2022 0:45	0,0	8/16/2022 0:45	0,0	8/17/2022 0:45	0,0	8/18/2022 0:45	0,0	8/19/2022 0:45	0,0
8/15/2022 0:55	0,0	8/16/2022 0:55	0,0	8/17/2022 0:55	0,0	8/18/2022 0:55	0,0	8/19/2022 0:55	0,0
8/15/2022 1:05	0,0	8/16/2022 1:05	0,0	8/17/2022 1:05	0,0	8/18/2022 1:05	0,0	8/19/2022 1:05	0,0
8/15/2022 1:15	0,0	8/16/2022 1:15	0,0	8/17/2022 1:15	0,0	8/18/2022 1:15	0,0	8/19/2022 1:15	0,0
8/15/2022 1:25	0,0	8/16/2022 1:25	0,0	8/17/2022 1:25	0,0	8/18/2022 1:25	0,0	8/19/2022 1:25	0,0
8/15/2022 1:35	0,0	8/16/2022 1:35	0,0	8/17/2022 1:35	0,0	8/18/2022 1:35	0,0	8/19/2022 1:35	0,0
8/15/2022 1:45	0,0	8/16/2022 1:45	0,0	8/17/2022 1:45	0,0	8/18/2022 1:45	0,0	8/19/2022 1:45	0,0
8/15/2022 1:55	0,0	8/16/2022 1:55	0,0	8/17/2022 1:55	0,0	8/18/2022 1:55	0,0	8/19/2022 1:55	0,0
8/15/2022 2:05	0,0	8/16/2022 2:05	0,0	8/17/2022 2:05	0,0	8/18/2022 2:05	0,0	8/19/2022 2:05	0,0
8/15/2022 2:15	0,0	8/16/2022 2:15	0,0	8/17/2022 2:15	0,0	8/18/2022 2:15	0,0	8/19/2022 2:15	0,0
8/15/2022 2:25	0,0	8/16/2022 2:25	0,0	8/17/2022 2:25	0,0	8/18/2022 2:25	0,0	8/19/2022 2:25	0,0
8/15/2022 2:35	0,0	8/16/2022 2:35	0,0	8/17/2022 2:35	0,0	8/18/2022 2:35	0,0	8/19/2022 2:35	0,0
8/15/2022 2:45	0,0	8/16/2022 2:45	0,0	8/17/2022 2:45	0,0	8/18/2022 2:45	0,0	8/19/2022 2:45	0,0
8/15/2022 2:55	0,0	8/16/2022 2:55	0,0	8/17/2022 2:55	0,0	8/18/2022 2:55	0,0	8/19/2022 2:55	0,0
8/15/2022 3:05	0,0	8/16/2022 3:05	0,0	8/17/2022 3:05	0,0	8/18/2022 3:05	0,0	8/19/2022 3:05	0,0
8/15/2022 3:15	0,0	8/16/2022 3:15	0,0	8/17/2022 3:15	0,0	8/18/2022 3:15	0,0	8/19/2022 3:15	0,0
8/15/2022 3:25	0,0	8/16/2022 3:25	0,0	8/17/2022 3:25	0,0	8/18/2022 3:25	0,0	8/19/2022 3:25	0,0
8/15/2022 3:35	0,0	8/16/2022 3:35	0,0	8/17/2022 3:35	0,0	8/18/2022 3:35	0,0	8/19/2022 3:35	0,0
8/15/2022 3:45	0,0	8/16/2022 3:45	0,0	8/17/2022 3:45	0,0	8/18/2022 3:45	0,0	8/19/2022 3:45	0,0
8/15/2022 3:55	0,5	8/16/2022 3:55	0,0	8/17/2022 3:55	0,0	8/18/2022 3:55	0,0	8/19/2022 3:55	0,0
8/15/2022 4:05	2,7	8/16/2022 4:05	0,0	8/17/2022 4:05	0,0	8/18/2022 4:05	0,0	8/19/2022 4:05	0,0
8/15/2022 4:15	4,4	8/16/2022 4:15	0,0	8/17/2022 4:15	0,0	8/18/2022 4:15	0,0	8/19/2022 4:15	0,0
8/15/2022 4:25	4,4	8/16/2022 4:25	0,0	8/17/2022 4:25	0,0	8/18/2022 4:25	0,0	8/19/2022 4:25	0,0
8/15/2022 4:35	4,6	8/16/2022 4:35	0,0	8/17/2022 4:35	0,0	8/18/2022 4:35	0,0	8/19/2022 4:35	0,0
8/15/2022 4:45	4,6	8/16/2022 4:45	0,0	8/17/2022 4:45	0,3	8/18/2022 4:45	0,0	8/19/2022 4:45	0,0
8/15/2022 4:55	4,6	8/16/2022 4:55	0,0	8/17/2022 4:55	0,5	8/18/2022 4:55	0,0	8/19/2022 4:55	0,0
8/15/2022 5:05	4,6	8/16/2022 5:05	0,0	8/17/2022 5:05	1,0	8/18/2022 5:05	0,0	8/19/2022 5:05	0,0
8/15/2022 5:15	4,6	8/16/2022 5:15	0,0	8/17/2022 5:15	1,0	8/18/2022 5:15	0,0	8/19/2022 5:15	0,0
8/15/2022 5:25	4,6	8/16/2022 5:25	0,0	8/17/2022 5:25	1,0	8/18/2022 5:25	0,0	8/19/2022 5:25	0,0
8/15/2022 5:35	4,6	8/16/2022 5:35	0,0	8/17/2022 5:35	1,0	8/18/2022 5:35	0,0	8/19/2022 5:35	0,0
8/15/2022 5:45	4,6	8/16/2022 5:45	0,0	8/17/2022 5:45	1,0	8/18/2022 5:45	0,0	8/19/2022 5:45	0,0
8/15/2022 5:55	4,6	8/16/2022 5:55	0,0	8/17/2022 5:55	1,0	8/18/2022 5:55	0,0	8/19/2022 5:55	0,0
8/15/2022 6:05	4,6	8/16/2022 6:05	0,0	8/17/2022 6:05	1,0	8/18/2022 6:05	0,0	8/19/2022 6:05	0,0
8/15/2022 6:15	4,9	8/16/2022 6:15	0,0	8/17/2022 6:15	1,0	8/18/2022 6:15	0,0	8/19/2022 6:15	0,0
8/15/2022 6:25	4,9	8/16/2022 6:25	0,0	8/17/2022 6:25	1,0	8/18/2022 6:25	0,0	8/19/2022 6:25	0,0
8/15/2022 6:35	4,9	8/16/2022 6:35	0,0	8/17/2022 6:35	1,0	8/18/2022 6:35	0,0	8/19/2022 6:35	0,0

Ngày/giờ	Mưa (mm)	Ngày/giờ	Mưa (mm)	Ngày/giờ	Mưa (mm)	Ngày/giờ	Mưa (mm)	Ngày/giờ	Mưa (mm)
8/15/2022 20:45	0,0	8/16/2022 20:45	0,0	8/17/2022 20:45	0,0	8/18/2022 20:45	0,0	8/19/2022 20:45	0,0
8/15/2022 20:55	0,0	8/16/2022 20:55	0,0	8/17/2022 20:55	0,0	8/18/2022 20:55	0,0	8/19/2022 20:55	0,0
8/15/2022 21:05	0,0	8/16/2022 21:05	0,0	8/17/2022 21:05	0,0	8/18/2022 21:05	0,0	8/19/2022 21:05	0,0
8/15/2022 21:15	0,0	8/16/2022 21:15	0,0	8/17/2022 21:15	0,0	8/18/2022 21:15	0,0	8/19/2022 21:15	0,0
8/15/2022 21:25	0,0	8/16/2022 21:25	0,0	8/17/2022 21:25	0,0	8/18/2022 21:25	0,0	8/19/2022 21:25	0,0
8/15/2022 21:35	0,0	8/16/2022 21:35	0,0	8/17/2022 21:35	0,0	8/18/2022 21:35	0,0	8/19/2022 21:35	0,0
8/15/2022 21:45	0,0	8/16/2022 21:45	0,0	8/17/2022 21:45	0,0	8/18/2022 21:45	0,0	8/19/2022 21:45	0,0
8/15/2022 21:55	0,0	8/16/2022 21:55	0,0	8/17/2022 21:55	0,0	8/18/2022 21:55	0,0	8/19/2022 21:55	0,0
8/15/2022 22:05	0,0	8/16/2022 22:05	0,0	8/17/2022 22:05	0,0	8/18/2022 22:05	0,0	8/19/2022 22:05	0,0
8/15/2022 22:15	0,0	8/16/2022 22:15	0,0	8/17/2022 22:15	0,0	8/18/2022 22:15	0,0	8/19/2022 22:15	0,0
8/15/2022 22:25	0,0	8/16/2022 22:25	0,0	8/17/2022 22:25	0,0	8/18/2022 22:25	0,0	8/19/2022 22:25	0,0
8/15/2022 22:35	0,0	8/16/2022 22:35	0,0	8/17/2022 22:35	0,0	8/18/2022 22:35	0,0	8/19/2022 22:35	0,0
8/15/2022 22:45	0,0	8/16/2022 22:45	0,0	8/17/2022 22:45	0,0	8/18/2022 22:45	0,0	8/19/2022 22:45	0,0
8/15/2022 22:55	0,0	8/16/2022 22:55	0,0	8/17/2022 22:55	0,0	8/18/2022 22:55	0,0	8/19/2022 22:55	0,0
8/15/2022 23:05	0,0	8/16/2022 23:05	0,0	8/17/2022 23:05	0,0	8/18/2022 23:05	0,0	8/19/2022 23:05	0,0
8/15/2022 23:15	0,0	8/16/2022 23:15	0,0	8/17/2022 23:15	0,0	8/18/2022 23:15	0,0	8/19/2022 23:15	0,0
8/15/2022 23:25	0,0	8/16/2022 23:25	0,0	8/17/2022 23:25	0,0	8/18/2022 23:25	0,0	8/19/2022 23:25	0,0
8/15/2022 23:35	0,0	8/16/2022 23:35	0,0	8/17/2022 23:35	0,0	8/18/2022 23:35	0,0	8/19/2022 23:35	0,0
8/15/2022 23:45	0,0	8/16/2022 23:45	0,0	8/17/2022 23:45	0,0	8/18/2022 23:45	0,0	8/19/2022 23:45	0,0
8/15/2022 23:55	0,0	8/16/2022 23:55	0,0	8/17/2022 23:55	0,0	8/18/2022 23:55	0,0	8/19/2022 23:55	0,0

PHỤ LỤC 3 - PHIẾU KHẢO SÁT CHUYÊN GIA (Kết quả Chương 4)

PHIẾU KHẢO SÁT Ý KIẾN CHUYÊN GIA

Thông tin chung về dự án

- Tên đề tài “**Đề xuất các giải pháp trữ nước mưa góp phần quản lý ngập lụt bền vững cho TP. Hồ Chí Minh dưới tác động của tốc độ đô thị hóa và biến đổi khí hậu**”
- Cơ quan chủ trì: Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM
- Cơ quan cấp kinh phí: Sở Khoa học và Công nghệ TP.Hồ Chí Minh
- Thời gian thực hiện: 11/2020 – 11/2022 (24 tháng), gia hạn đến tháng 6/2023
- Mục tiêu: Hỗ trợ kỹ thuật phục vụ ra quyết định và triển khai các giải pháp trữ nước mưa nhằm góp phần quản lý ngập lụt theo hướng tiếp cận bền vững do tác động của đô thị hóa (ĐTH) và biến đổi khí hậu (BĐKH) tại đô thị TP.HCM.
- Phiếu khảo sát này nhằm:
 - (1) Tham vấn ý kiến chuyên gia về các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập
 - (2) Thu thập những kiến thức, kinh nghiệm và sáng kiến của chuyên gia về tình hình ngập nước và giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập nước đô thị.

Chúng tôi cam kết những ý kiến cá nhân của Ông/Bà được bảo mật và chỉ sử dụng cho mục đích nghiên cứu và tham vấn cho công tác triển khai các giải pháp trữ nước mưa.

Trân trọng cảm ơn Ông/Bà đã dành thời gian quý báu để hoàn thành phiếu khảo sát này.

A. THÔNG TIN CHUNG CỦA CHUYÊN GIA

1. Họ và tên:
2. Lĩnh vực nghiên cứu/ Công tác
3. Cơ quan công tác:
4. Số năm kinh nghiệm công tác:

B. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ ĐÔ THỊ HÓA TÌNH HÌNH NGẬP LỤT

5. Theo Ông/Bà mức độ ảnh hưởng của BĐKH đến ngập lụt tại TP.HCM hiện nay?
 - a. Nghiêm trọng
 - b. Khá nghiêm trọng
 - c. Không đáng kể
6. Theo Ông/Bà mức độ ảnh hưởng của BĐKH đến ngập lụt tại TP.HCM trong tương lai?
 - a. Nghiêm trọng
 - b. Khá nghiêm trọng
 - c. Không đáng kể
7. Theo Ông/Bà mức độ ảnh hưởng của ĐTH đến ngập lụt tại TP.HCM hiện nay?
 - a. Nghiêm trọng
 - b. Khá nghiêm trọng
 - c. Không đáng kể
8. Theo Ông/Bà mức độ ảnh hưởng của ĐTH đến ngập lụt tại TP.HCM trong tương lai?
 - a. Nghiêm trọng
 - b. Khá nghiêm trọng
 - c. Không đáng kể
9. Theo Ông/Bà mức độ tác động của BĐKH đến ngập lụt tại TP.HCM so với ĐTH là?

- a. Ít nghiêm trọng b. Nghiêm trọng hơn c. Tương đương
10. Theo Ông/Bà tình hình ngập lụt tại TP.HCM trong tương lai (10 năm tới) sẽ như thế nào?
a. Nghiêm trọng hơn b. Không còn ngập c. Ít nghiêm trọng hơn
11. Theo Ông/Bà các trận mưa cực đoan¹ gây ngập lụt nghiêm trọng tại TP.HCM trong tương lai (10 năm tới) sẽ xảy ra như thế nào?
a. Rất thường xuyên b. Thường xuyên c. Ít thường xuyên d. Rất hiếm

C. HIỆU QUẢ VÀ KHẢ THI CỦA TIẾP CẬN TRỮ NƯỚC MƯA GIẢM NGẬP

12. Theo Ông/Bà các nguyên lý trữ nước mưa nào nên được áp dụng để phục vụ giảm ngập để ứng phó với tác động của BĐKH và ĐTH tại TP.HCM?
a. Trữ b. Thẩm c. Làm chậm dòng chảy (điều tiết trên lưu vực)
d. Nguyên lý khác (*xin vui lòng ghi rõ*):
13. Theo Ông/Bà tiếp cận trữ nước mưa có thể áp dụng tại TP.HCM để phục vụ giảm ngập để ứng phó với tác động của BĐKH và ĐTH?
a. Hoàn toàn có thể b. Có thể c. Không khả thi
14. Theo Ông/ Bà mức độ hiệu quả của tiếp cận trữ nước mưa phục vụ giảm ngập tại đô thị TP.HCM?
a. Hiệu quả cao b. Vừa phải c. Không hiệu quả
15. Theo Ông/ Bà khả năng triển khai giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập khu vực đô thị hóa cao?
a. Khả thi và hiệu quả b. Khả thi nếu có giải pháp phù hợp
c. Khả thi nhưng không hiệu quả về kinh tế d. Không khả thi
16. Theo Ông/ Bà khả năng triển khai giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập khu vực đang đô thị hóa và khu vực vùng ven?
a. Khả thi và hiệu quả b. Khả thi nếu có giải pháp phù hợp
c. Khả thi nhưng không hiệu quả về kinh tế d. Không khả thi
17. Theo Ông/ Bà các giải pháp trữ nước mưa quy mô hộ gia đình nào là khả thi?
(*có thể chọn nhiều đáp án*)
a. Bể trữ ngầm b. Bể chứa trên mái c. Rãnh thấm trong sân
d. Mái nhà xanh e. Không nên trữ nước mưa quy mô hộ gia đình
18. Theo Ông/Bà giải pháp trữ nước mưa nên được xem là giải pháp hỗ trợ hay là giải pháp thay thế cho hệ thống thoát nước truyền thống (cống, trạm bơm, cửa van)?

¹ Trận mưa có tổng lượng hơn 120mm

- a. Hỗ trợ thoát nước b. Thay thế cho giải pháp thoát nước truyền thống
19. Theo Ông/Bà tài nguyên nước mưa có tiềm năng giúp tiết kiệm nước sạch tại TP.HCM?
- a. Tiềm năng cao b. Trung bình c. Ít tiềm năng
20. Theo Ông/Bà mức độ áp dụng giải pháp trữ nước mưa tại khu vực TP.HCM?
- a. Phổ biến b. Hạn chế c. Chưa áp dụng

D. THÁCH THỨC VÀ RÀO CẢN CỦA TIẾP CẬN TRỮ NƯỚC MƯA GIẢM NGẬP

21. Theo quan điểm của Ông/bà các trở ngại khi áp dụng giải pháp trữ nước mưa là gì?
(có thể chọn nhiều đáp án)
- a. Khía cạnh kỹ thuật b. Vấn đề môi trường
 - c. Chi phí d. Thể chế, pháp lý e. Nhận thức về tính hiệu quả
 - g. Nguyên nhân khác (xin vui lòng ghi rõ):
22. Theo Ông/Bà những khó khăn về mặt kỹ thuật có thể xảy ra khi áp dụng giải pháp trữ nước mưa?
(có thể chọn nhiều đáp án)
- a. Địa chất, thủy văn c. Kết nối hệ thống thoát nước hiện hữu
 - b. Quản lý môi trường/duy tu d. Diện tích xây dựng
 - e. Yếu tố khác (xin vui lòng ghi rõ):.....
-
-

Các khó khăn này có thể được khắc phục hay không?

- a. Có b. Có nhưng chi phí cao c. Rất khó d. Không

23. Theo Ông/Bà vấn đề môi trường chính của giải pháp trữ nước mưa là gì?
(có thể chọn nhiều đáp án)
- a. Rác b. Ô nhiễm chất lượng nước
 - c. Bồi lắng d. Mùi hôi, dịch bệnh, côn trùng
 - e. Yếu tố khác (xin vui lòng ghi rõ):.....
-
-

Các vấn đề môi trường này có thể được khắc phục hay không?

- a. Có b. Rất khó c. Không

24. Theo Ông/ Bà các giải pháp trữ nước mưa áp dụng ở các đô thị nước ngoài (Singapore, Thái Lan, Malaysia) có phù hợp với điều kiện hạ tầng kỹ thuật, hiện trạng đô thị hóa, điều kiện khí tượng thủy văn tại TP.HCM?

- a. Rất phù hợp b. Phù hợp c. Ít phù hợp d. Không phù hợp

25. Theo Ông/Bà hiện nay đã có quy định pháp lý, tiêu chuẩn kỹ thuật, bộ đơn giá cho áp dụng giải pháp trữ nước mưa tại TP.HCM hay chưa?

- a. Đã có b. Chưa có c. Không có thông tin

E. GIẢI PHÁP TRIỂN KHAI THÀNH CÔNG GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA

26. Theo quý chuyên gia các giải pháp nào sau đây là cần thiết để triển khai thành công và có hiệu quả giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập và cải thiện cảnh quan, môi trường?
(có thể chọn nhiều đáp án)

- a. Quy hoạch tổng thể² b. Hướng dẫn kỹ thuật c. Chương trình truyền thông
d. Hỗ trợ tài chính e. Quy định pháp lý bắt buộc
f. Giải pháp khác *(xin vui lòng ghi rõ)*:

.....
.....
.....

27. Theo quý chuyên gia các giải pháp kỹ thuật nào sau đây nào sau đây có khả năng áp dụng để trữ nước mưa tại TP.HCM
(có thể chọn nhiều đáp án)

- a. Giải pháp tập trung (Hồ chứa hồ, hồ ngầm trong khu vực công cộng, khu vực điều tiết tạm thời (hồ điều tiết khô), ...)
b. Phân tán trong khu vực đô thị (Vía hè thấm, rãnh thấp ven đường, công viên,...)
c. Quy mô hộ gia đình (bể chứa, mái nhà xanh,)
d. Giải pháp khác *(xin vui lòng ghi rõ)*:.....

.....
.....
.....

² Quy hoạch tổng thể hệ thống trữ nước mưa phục vụ giảm ngập

**DANH SÁCH CHUYÊN GIA ĐƯỢC THAM VẤN VỀ GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT
NƯỚC MƯA TẠI NGUỒN**

STT	Họ và tên	Kinh nghiệm (năm)	Đơn vị công tác
1	Lê Văn Anh	18	Trung tâm Nghiên cứu vùng và đô thị
2	Nguyễn Ngọc Anh	48	Hội thủy lợi miền Nam
3	Thái Vũ Bình	26	Viện Môi trường và Tài Nguyên
4	Nguyễn Ngọc Diễm	24	Viện KHXH Vùng Nam Bộ
5	Trần Đức Dũng	17	Trung tâm Quản lý Nước và Biến đổi khí hậu-Viện MT&TN ĐHQG.HCM
6	Trần Ngọc Tiến Dũng	7	Viện Môi trường và Tài Nguyên
7	Lê Song Giang	33	Trường Đại học Bách Khoa - ĐHQG-TP.HCM
8	Nguyễn Vĩnh Hải	25	Cty Nghiên cứu phát triển đô thị Bách Phú
9	Phạm Trần Hải	24	Viện Nghiên cứu phát triển TP.HCM
10	Trần Tuấn Hoàng	18	Viện Khoa học Tài nguyên Môi trường và BDKH
11	Lê Thị Thu Hương	20	Trường Đại học Việt - Đức
12	Phạm Cao Huyền	21	Công ty TNHH Tư vấn xây dựng Cao khoa
13	Đinh Thị Hương Lan	15	Phòng Hạ tầng kỹ thuật - Sở xây dựng
14	Nguyễn Hoàng Mỹ Lan	15	Trường ĐH KHXH&NV – ĐHQG-TPHCM
15	Trần Nhật Nguyên	15	Viện Nghiên cứu phát triển
16	Lâm Vũ Thanh Nội	21	Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam
17	Nguyễn Hương Thuỳ Phần	30	Độc lập
18	Nguyễn Ngọc Minh Phú	16	Sở Xây dựng
19	Nguyễn Đình Phương	5	Công ty TNHH Kiến Trúc Cảnh Quan Sài Gòn
20	Nguyễn Trường Sinh	17	Công ty TNHH kỹ thuật NTS
21	Lê Bửu Thạch	25	Viện sinh thái học miền Nam
22	Nguyễn Thi Thanh	20	Ban Đô thị, Hội đồng Nhân dân TP.HCM

STT	Họ và tên	Kinh nghiệm (năm)	Đơn vị công tác
23	Phạm Gia Trân	40	Đại Học Khoa Học Xã Hội và Nhân Văn – ĐHQG TP.HCM
24	Phan Phạm Thanh Trang	7	Trung tâm quản lý Hạ tầng kỹ thuật
25	Nguyễn Anh Tuấn	23	Sở QHKT
26	Võ Anh Tuấn	17	Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM
27	Trịnh Công Vấn	40	Viện Đổi mới công nghệ thủy lợi Mekong (VUSTA)
28	Nguyễn Đình Vượng	21	Viện khoa học Thủy lợi miền Nam
29	Lê Hồng Nhật	12	Viện Nghiên cứu phát triển Thành phố Hồ Chí Minh

PHỤ LỤC 4 - PHIẾU KHẢO SÁT NGƯỜI DÂN (Kết quả Chương 4)

STT:.....Ngày:...../...../.....

PHIẾU KHẢO SÁT Ý KIẾN CỘNG ĐỒNG

THÔNG TIN CHUNG VỀ ĐỀ TÀI

- Tên đề tài “**Đề xuất các giải pháp trữ nước mưa góp phần quản lý ngập lụt bền vững cho TP. Hồ Chí Minh dưới tác động của tốc độ đô thị hóa và biến đổi khí hậu**”
- Cơ quan chủ trì: Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM
- Cơ quan cấp kinh phí: Sở Khoa học và Công nghệ TP.Hồ Chí Minh
- Thời gian thực hiện: 11/2020 – 11/2022 (24 tháng), gia hạn đến tháng 6/2023
- Mục tiêu đề tài: Hỗ trợ kỹ thuật phục vụ ra quyết định và triển khai các giải pháp trữ nước mưa nhằm góp phần quản lý ngập lụt theo hướng tiếp cận bền vững do tác động của đô thị hóa (ĐTH) và biến đổi khí hậu (BĐKH) tại đô thị TP.HCM.
- Phiếu khảo sát này nhằm:

(1) Đánh giá *mức độ đồng thuận của cộng đồng* về việc áp dụng các giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập đô thị cho khu vực TP.HCM.

(2) Thu thập những *kiến thức, kinh nghiệm và sáng kiến cộng đồng* về tình hình ngập nước và giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập nước đô thị.

Chúng tôi cam kết những ý kiến cá nhân của Ông/Bà được bảo mật và chỉ sử dụng cho mục đích nghiên cứu và tham vấn cho công tác triển khai các giải pháp trữ nước mưa.

Trân trọng cảm ơn Ông/Bà đã dành thời gian quý báu để hoàn thành phiếu khảo sát này.

A. Thông tin chung

1. Họ và tên:.....
2. Địa chỉ:
3. Tuổi:Số năm sinh sống tại địa chỉ nói trên:.....
4. Giới tính: Nam Nữ
5. Trình độ học vấn:.....
6. Số người trong hộ người
7. Thu nhập bình quân tháng/hộ triệu đồng/tháng
8. Tình hình ngập nước tại khu vực Ông/Bà đang sinh sống ảnh hưởng như thế nào đến cá nhân và gia đình Ông/Bà?
 1. Không bị ngập nước 2. Có ngập nước nhưng ảnh hưởng không nghiêm trọng
 3. Ngập và ảnh hưởng nghiêm trọng 4. Ngập và ảnh hưởng rất nghiêm trọng
9. Ông/ Bà có bị ảnh hưởng do ngập lụt trong khi lưu thông trên đường không?
 1. Không 2. Ảnh hưởng nhẹ 3. Nghiêm trọng 4. Rất nghiêm trọng

19. Theo Ông/Bà nếu cần thiết phải triển khai **giải pháp trữ nước mưa tập trung** thì thứ tự ưu tiên tại các khu vực như thế nào? (ghi mức độ ưu tiên theo thứ tự 1, 2, 3,...)

Khu vực	Mức độ ưu tiên	Khu vực	Mức độ ưu tiên
Khu vực đô thị hóa cao như khu vực nội thành cũ (Q1, Q3, Q5, Q10,...)		Khu vực có địa hình cao	
Khu vực đang đô thị hóa (TP. Thủ Đức, khu vực Nam Sài Gòn, Q12,...)		Khu vực có địa hình thấp, đất ngập nước	
Khu vực đô thị hóa thấp (Bình Chánh, Hóc Môn, Củ Chi,...)		Ý kiến khác:	

20. Ông/Bà có biết, đã được nghe nói về các **giải pháp trữ nước mưa quy mô phân tán** trong khu dân cư, công viên?

Giải pháp	Đã biết/nghe		Gợi ý	
	Có	Chưa	Có	Không
1- Ao/ hồ hồ dung tích nhỏ phân tán	1	0	1	0
2- Hồ chứa ngầm dung tích nhỏ phân tán	1	0	1	0
3- Vía hè thấm	1	0	1	0
4- Rãnh thấm	1	0	1	0
5- Ô trữ sinh học/Vườn mưa	1	0	1	0
6- Trữ tạm ở khu vực trũng thấp cục bộ (rãnh thấp hoặc khu vực điều tiết khô)	1	0	1	0
7- Khác:	1	0	1	0

21. Đánh giá của Ông/Bà về mức độ phù hợp khi yêu cầu lồng ghép các **giải pháp trữ nước mưa quy mô phân tán** vào các dự án phát triển hạ tầng, chỉnh trang đô thị, khu dân cư mới?

1. Không phù hợp 2. Có thể phù hợp 3. Phù hợp 4. Rất phù hợp

22. Theo Ông/Bà nếu cần thiết phải triển khai **giải pháp trữ nước mưa quy mô phân tán** thì thứ tự ưu tiên tại các khu vực như thế nào? (ghi mức độ ưu tiên theo thứ tự 1, 2, 3,...)

Khu vực	Mức độ ưu tiên	Khu vực	Mức độ ưu tiên
Khu vực đô thị hóa cao như khu vực nội thành cũ (Q1, Q3, Q5, Q10,...)		Khu vực có địa hình cao	
Khu vực đang đô thị hóa (TP. Thủ Đức, khu vực Nam Sài Gòn, Q12,...)		Khu vực có địa hình thấp, đất ngập nước	
Khu vực đô thị hóa thấp (Bình Chánh, Hóc Môn, Củ Chi,...)		Ý kiến khác:	

23. Ông/Bà có biết, đã được nghe nói về các **giải pháp trữ nước mưa quy mô hộ gia đình, công trình đơn lẻ**?

Giải pháp	Đã biết/nghe		Gợi ý	
	Có	Chưa	Có	Không
1- Thùng/ bồn chứa trên mái	1	0	1	0
2- Bê trử ngầm dưới nền nhà hoặc sân	1	0	1	0
3- Mái nhà xanh	1	0	1	0
4- Thấm đơn giản (giếng/hố khô thấm đơn giản tại nhà)	1	0	1	0
5- Khác:	1	0	1	0

Ông/ Bà vui lòng nêu lý do:

Đồng ý:.....

.....

Không đồng ý:.....

.....

32. Theo Ông/Bà, có **đồng ý** với việc áp dụng giải pháp trữ nước mưa **quy mô phân tán** trong khu dân cư, công viên để góp phần giảm nhẹ tình trạng ngập lụt đô thị hiện nay và ngập lụt do tác động của BĐKH/NBD và ĐTH tại khu vực TP.HCM không?

1. Đồng ý

2. Không đồng ý

Ông/ Bà vui lòng nêu lý do:

Đồng ý:.....

.....

Không đồng ý:.....

.....

33. Theo Ông/Bà, có **đồng ý** với việc áp dụng giải pháp trữ nước mưa **quy mô công trình/hộ gia đình riêng lẻ** để góp phần giảm nhẹ tình trạng ngập lụt đô thị hiện nay và ngập lụt do tác động của BĐKH/NBD và ĐTH tại khu vực TP.HCM không?

1. Đồng ý

2. Không đồng ý

Ông/ Bà vui lòng nêu lý do:

Đồng ý:.....

.....

Không đồng ý:.....

.....

34. Theo Ông/Bà có nên áp dụng quy định trữ nước mưa để kiểm soát ngập lụt theo từng khu vực hay không?

1. Không phù hợp

2. Cần thiết

3. Rất cần thiết

35. Theo Ông/Bà có nên bắt buộc áp dụng giải pháp trữ nước mưa quy mô hộ gia đình/ công trình riêng lẻ trong khi cấp phép xây dựng hoặc sửa chữa công trình?

1. Cần thiết

2. Chưa cần thiết

3. Không, vì tôi không ủng hộ giải pháp trữ nước mưa này

36. Gia đình Ông/Bà có đồng thuận nếu chính quyền triển khai các dự án trữ nước mưa tập trung giảm ngập ngay cạnh nơi sinh sống hiện nay?

<input type="checkbox"/> 1. Có, nếu mang lại hiệu quả giảm ngập và không phát sinh vấn đề về MT-XH	<input type="checkbox"/> 2. Có, nhưng nên thực hiện ở nơi khác	<input type="checkbox"/> 3. Không, vì tôi không ủng hộ giải pháp trữ nước mưa này
--	--	---

37. Gia đình Ông/Bà có đồng thuận nếu được kêu gọi góp kinh phí để thực hiện các dự án trữ nước mưa tập trung giảm ngập trong khu vực đang sinh sống?

<input type="checkbox"/> 1. Có	<input type="checkbox"/> 2. Không, vì tôi không ủng hộ giải pháp trữ nước mưa tập trung	<input type="checkbox"/> 3. Không, vì đó là nhiệm vụ của Nhà nước
--------------------------------	---	---

38. Gia đình Ông/Bà có đồng thuận nếu được kêu gọi đóng góp kinh phí bảo trì các công trình trữ nước mưa tập trung giảm ngập trong khu vực đang sinh sống?

<input type="checkbox"/> 1. Có	<input type="checkbox"/> 2. Không, vì tôi không ủng hộ giải pháp trữ nước mưa tập trung	<input type="checkbox"/> 3. Không, vì đó là nhiệm vụ của Nhà nước
--------------------------------	---	---

39. Gia đình Ông/Bà có đồng thuận nếu được kêu gọi góp kinh phí để thực hiện các dự án trữ nước mưa phân tán giảm ngập trong khu vực đang sinh sống?

<input type="checkbox"/> 1. Có	<input type="checkbox"/> 2. Không, vì tôi không ủng hộ giải pháp trữ nước mưa phân tán	<input type="checkbox"/> 3. Không, vì đó là nhiệm vụ của Nhà nước
--------------------------------	--	---

40. Gia đình Ông/Bà có đồng thuận nếu được kêu gọi đóng góp kinh phí bảo trì các công trình trữ nước mưa phân tán giảm ngập trong khu vực đang sinh sống?

<input type="checkbox"/> 1. Có	<input type="checkbox"/> 2. Không, vì tôi không ủng hộ giải pháp trữ nước mưa phân tán	<input type="checkbox"/> 3. Không, vì đó là nhiệm vụ của Nhà nước
--------------------------------	--	---

41. Gia đình Ông/Bà có sẵn sàng tham gia các buổi hướng dẫn kỹ thuật về giải pháp trữ nước mưa giảm ngập quy mô hộ gia đình, công trình riêng lẻ không?

<input type="checkbox"/> 1. Có	<input type="checkbox"/> 2. Không, vì tôi không có thời gian	<input type="checkbox"/> 3. Không, vì tôi không ủng hộ giải pháp trữ nước mưa này
--------------------------------	--	---

42. Gia đình Ông/Bà có sẵn sàng tham gia tuyên truyền quảng bá về lợi ích, hiệu quả các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập không?

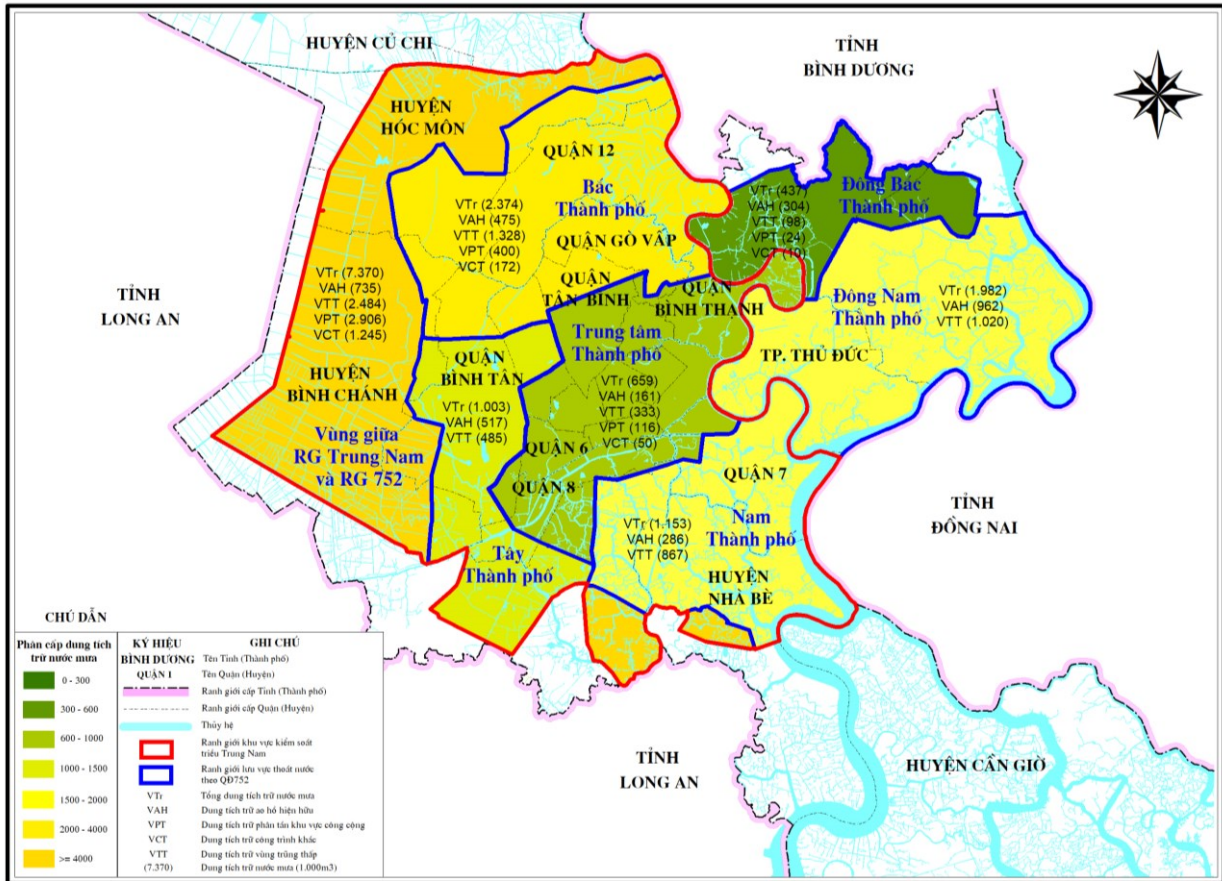
<input type="checkbox"/> 1. Có	<input type="checkbox"/> 1. Có, nhưng chỉ những giải pháp tôi ủng hộ	<input type="checkbox"/> 3. Không, vì tôi không có thời gian
--------------------------------	--	--

Người phỏng vấn

Người cung cấp thông tin

- Ước tính dung tích trữ theo V-C-P, kịch bản P=10 năm, C=0,7

**DỮ LIỆU BẢN ĐỒ DUNG TÍCH VÀ GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA
THEO KỊCH BẢN (P=10 NĂM; C=0,7) CHO 7 VÙNG THOÁT NƯỚC
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



TỶ LỆ 1 : 25.000

**PHỤ LỤC 6 - HÌNH ẢNH ĐIỀU TRA THỰC ĐỊA KIỂM TRA HIỆN TRẠNG
AO/HỒ, VÙNG TRỪNG THẤP HIỆN HỮU (Kết quả Chương 5)**

MỘT SỐ HÌNH ẢNH HIỆN TRẠNG AO/HỒ HIỆN HỮU TẠI TP. HCM



MỘT SỐ HÌNH ẢNH HIỆN TRẠNG VÙNG TRỪNG THẤP HIỆN HỮU TẠI TP.HCM



**PHỤ LỤC 7 - BẢNG THỐNG KÊ VỊ TRÍ AO/HỒ VÀ VÙNG TRÙNG THÁP
HIỆN HỮU (Kết quả chương 5)**

BẢNG THỐNG KÊ VỊ TRÍ AO, HỒ HIỆN HỮU

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	X (độ)	Y (độ)	Phường/Xã	Quận/ Huyện
1	HH1	1,26	106,64	10,91	Xã Đông Thạnh	Huyện Hóc Môn
2	HH2	0,67	106,67	10,91	Xã Nhị Bình	Huyện Hóc Môn
3	HH3	1,93	106,54	10,79	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
4	HH4	1,92	106,58	10,91	Xã Tân Hiệp	Huyện Hóc Môn
5	HH5	1,80	106,52	10,78	Xã Lê Minh Xuân	Huyện Bình Chánh
6	HH6	1,77	106,55	10,89	Xã Xuân Thới Sơn	Huyện Hóc Môn
7	HH7	0,96	106,55	10,87	Xã Xuân Thới Thượng	Huyện Hóc Môn
8	HH8	0,88	106,54	10,80	Xã Vĩnh Lộc B	Huyện Bình Chánh
9	HH9	0,86	106,54	10,78	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
10	HH10	0,84	106,55	10,89	Xã Xuân Thới Sơn	Huyện Hóc Môn
11	HH11	0,60	106,53	10,80	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
12	HH12	0,50	106,54	10,78	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
13	HH13	0,46	106,55	10,89	Xã Xuân Thới Sơn	Huyện Hóc Môn
14	HH14	0,40	106,55	10,79	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
15	HH15	0,40	106,55	10,79	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
16	HH16	0,39	106,56	10,87	Xã Xuân Thới Thượng	Huyện Hóc Môn
17	HH17	0,37	106,53	10,79	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
18	HH18	0,31	106,55	10,90	Xã Tân Thới Nhì	Huyện Hóc Môn
19	HH19	0,28	106,56	10,88	Xã Xuân Thới Sơn	Huyện Hóc Môn
20	HH20	0,25	106,55	10,89	Xã Xuân Thới Sơn	Huyện Hóc Môn
21	HH21	0,23	106,55	10,78	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
22	HH22	0,22	106,55	10,79	Xã Vĩnh Lộc B	Huyện Bình Chánh
23	HH23	0,18	106,55	10,87	Xã Xuân Thới Thượng	Huyện Hóc Môn
24	HH24	0,18	106,55	10,79	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
25	HH25	0,16	106,54	10,78	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
26	HH26	0,15	106,55	10,79	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh
27	HH27	2,59	106,54	10,74	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
28	HH28	0,56	106,55	10,74	Xã Lê Minh Xuân	Huyện Bình Chánh
29	HH29	0,13	106,59	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
30	HH30	0,12	106,58	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
31	HH31	0,12	106,73	10,85	Phường Tam Phú	Quận Thủ Đức

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	X (độ)	Y (độ)	Phường/Xã	Quận/ Huyện
32	HH32	0,11	106,58	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
33	HH33	0,11	106,59	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
34	HH34	0,10	106,58	10,78	Xã Vĩnh Lộc B	Huyện Bình Chánh
35	HH35	0,10	106,59	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
36	HH36	0,10	106,73	10,85	Phường Tam Phú	Quận Thủ Đức
37	HH37	0,10	106,59	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
38	HH38	0,51	106,66	10,86	Phường Thới An	Quận 12
39	HH39	0,51	106,74	10,80	Phường Thảo Điền	Quận 2
40	HH40	0,50	106,73	10,73	Phường Tân Phú	Quận 7
41	HH41	0,50	106,59	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
42	HH42	0,49	106,62	10,80	Phường Sơn Kỳ	Quận Tân Phú
43	HH43	0,49	106,83	10,81	Phường Long Trường	Quận 9
44	HH44	0,48	106,79	10,87	Phường Linh Trung	Quận Thủ Đức
45	HH45	0,47	106,63	10,73	Phường 10	Quận 6
46	HH46	0,47	106,67	10,86	Phường Thạnh Xuân	Quận 12
47	HH47	0,47	106,59	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
48	HH48	0,47	106,82	10,84	Phường Long Thạnh Mỹ	Quận 9
49	HH49	0,47	106,78	10,81	Phường Phước Long B	Quận 9
50	HH50	0,46	106,63	10,78	Phường Phú Thọ Hòa	Quận Tân Phú
51	HH51	0,44	106,59	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
52	HH52	0,44	106,70	10,85	Phường An Phú Đông	Quận 12
53	HH53	0,42	106,57	10,86	Xã Xuân Thới Thượng	Huyện Hóc Môn
54	HH54	0,41	106,85	10,85	Phường Long Bình	Quận 9
55	HH55	0,41	106,59	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
56	HH56	0,40	106,68	10,86	Phường Thạnh Lộc	Quận 12
57	HH57	0,39	106,74	10,85	Phường Linh Đông	Quận Thủ Đức
58	HH58	0,39	106,67	10,88	Phường Thạnh Xuân	Quận 12
59	HH59	0,37	106,71	10,85	Phường An Phú Đông	Quận 12
60	HH60	0,37	106,74	10,85	Phường Tam Phú	Quận Thủ Đức
61	HH61	0,37	106,63	10,70	Xã Phong Phú	Huyện Bình Chánh
62	HH62	0,36	106,80	10,81	Phường Phú Hữu	Quận 9
63	HH63	0,35	106,83	10,84	Phường Long Thạnh Mỹ	Quận 9
64	HH64	0,35	106,69	10,84	Phường An Phú Đông	Quận 12
65	HH65	0,34	106,78	10,81	Phường Phước Long B	Quận 9

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	X (độ)	Y (độ)	Phường/Xã	Quận/ Huyện
66	HH66	0,33	106,60	10,79	Phường Bình Hưng Hòa	Quận Bình Tân
67	HH67	0,33	106,78	10,82	Phường Phước Long B	Quận 9
68	HH68	0,33	106,80	10,81	Phường Phú Hữu	Quận 9
69	HH69	0,31	106,67	10,86	Phường 15	Quận Gò Vấp
70	HH70	0,31	106,59	10,80	Phường Bình Hưng Hoà B	Quận Bình Tân
71	HH71	0,93	106,70	10,68	Xã Nhơn Đức	Huyện Nhà Bè
72	HH72	0,76	106,81	10,79	Phường Phú Hữu	Quận 9
73	HH73	0,70	106,62	10,76	Phường Bình Trị Đông	Quận Bình Tân
74	HH74	4,39	106,71	10,74	Phường Tân Quy	Quận 7
75	HH75	0,93	106,71	10,72	Xã Phước Kiển	Huyện Nhà Bè
76	HH76	0,90	106,62	10,85	Phường Trung Mỹ Tây	Quận 12
77	HH77	4,15	106,64	10,70	Xã Phong Phú	Huyện Bình Chánh
78	HH78	4,09	106,72	10,75	Phường Tân Thuận Tây	Quận 7
79	HH79	3,81	106,79	10,81	Phường Phước Long B	Quận 9
80	HH80	3,61	106,58	10,86	Xã Xuân Thới Sơn	Huyện Hóc Môn
81	HH81	3,61	106,78	10,79	Phường An Phú	Quận 2
82	HH82	3,47	106,63	10,70	Phường 7	Quận 8
83	HH83	0,90	106,74	10,71	Phường Phú Mỹ	Quận 7
84	HH84	0,88	106,78	10,86	Phường Linh Trung	Quận Thủ Đức
85	HH85	0,86	106,74	10,85	Phường Tam Phú	Quận Thủ Đức
86	HH86	0,86	106,68	10,74	Phường 4	Quận 8
87	HH87	0,85	106,67	10,90	Phường Thạnh Xuân	Quận 12
88	HH88	0,84	106,62	10,80	Phường Sơn Kỳ	Quận Tân Phú
89	HH89	0,83	106,68	10,73	Xã Bình Hưng	Huyện Bình Chánh
90	HH90	0,80	106,79	10,82	Phường Phước Long B	Quận 9
91	HH91	0,67	106,61	10,82	Phường Tân Thới Nhất	Quận 12
92	HH92	0,63	106,59	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
93	HH93	0,60	106,66	10,80	Phường 2	Quận Tân Bình
94	HH94	0,59	106,66	10,77	Phường 15	Quận 11
95	HH95	0,57	106,69	10,72	Xã Phước Kiển	Huyện Nhà Bè
96	HH96	0,56	106,63	10,86	Xã Tân Chánh Hiệp	Quận 12
97	HH97	0,56	106,62	10,83	Phường Tân Thới Nhất	Quận 12
98	HH98	0,56	106,62	10,85	Phường Trung Mỹ Tây	Quận 12
99	HH99	0,55	106,57	10,86	Xã Xuân Thới Thượng	Huyện Hóc Môn

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	X (độ)	Y (độ)	Phường/Xã	Quận/ Huyện
100	HH100	0,55	106,81	10,79	Phường Phú Hữu	Quận 9
101	HH101	0,53	106,66	10,87	Phường Thới An	Quận 12
102	HH102	0,53	106,66	10,90	Xã Đông Thạnh	Huyện Hóc Môn
103	HH103	0,51	106,63	10,73	Phường 10	Quận 6
104	HH104	0,22	106,71	10,68	Xã Nhơn Đức	Huyện Nhà Bè
105	HH105	3,42	106,65	10,88	Phường Hiệp Thành	Quận 12
106	HH106	0,31	106,68	10,73	Xã Bình Hưng	Huyện Bình Chánh
107	HH107	0,31	106,65	10,89	Phường Thới An	Quận 12
108	HH108	0,30	106,58	10,78	Xã Vĩnh Lộc B	Huyện Bình Chánh
109	HH109	3,38	106,64	10,76	Phường 3	Quận 11
110	HH110	2,97	106,60	10,80	Phường Bình Hưng Hòa	Quận Bình Tân
111	HH111	2,86	106,72	10,80	Phường 22	Quận Bình Thạnh
112	HH112	0,78	106,62	10,75	Phường 13	Quận 6
113	HH113	0,29	106,73	10,66	Xã Long Thới	Huyện Nhà Bè
114	HH114	0,29	106,61	10,76	Phường Bình Trị Đông	Quận Bình Tân
115	HH115	0,29	106,81	10,80	Phường Long Trường	Quận 9
116	HH116	0,28	106,80	10,81	Phường Phú Hữu	Quận 9
117	HH117	0,28	106,60	10,83	Xã Bà Điểm	Huyện Hóc Môn
118	HH118	0,27	106,84	10,85	Phường Long Bình	Quận 9
119	HH119	0,26	106,74	10,85	Phường Hiệp Bình Chánh	Quận Thủ Đức
120	HH120	0,26	106,60	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
121	HH121	0,25	106,66	10,76	Phường 15	Quận 11
122	HH122	0,24	106,60	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
123	HH123	0,23	106,75	10,84	Phường Trường Thọ	Quận Thủ Đức
124	HH124	0,23	106,79	10,87	Phường Linh Trung	Quận Thủ Đức
125	HH125	0,22	106,59	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
126	HH126	0,94	106,71	10,71	Xã Phước Kiển	Huyện Nhà Bè
127	HH127	2,54	106,59	10,77	Phường Bình Trị Đông A	Quận Bình Tân
128	HH128	2,35	106,58	10,70	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
129	HH129	2,33	106,63	10,70	Xã Phong Phú	Huyện Bình Chánh
130	HH130	2,15	106,61	10,71	Phường An Lạc	Quận Bình Tân
131	HH131	2,09	106,59	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
132	HH132	2,00	106,72	10,80	Phường 22	Quận Bình Thạnh
133	HH133	3,00	106,59	10,90	Xã Tân Hiệp	Huyện Hóc Môn

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	X (độ)	Y (độ)	Phường/Xã	Quận/ Huyện
134	HH134	1,18	106,59	10,90	Xã Tân Hiệp	Huyện Hóc Môn
135	HH135	1,17	106,56	10,83	Xã Vĩnh Lộc A	Huyện Bình Chánh
136	HH136	0,50	106,58	10,90	Xã Tân Thới Nhì	Huyện Hóc Môn
137	HH137	0,39	106,57	10,88	Xã Xuân Thới Sơn	Huyện Hóc Môn
138	HH138	0,32	106,56	10,85	Xã Xuân Thới Thượng	Huyện Hóc Môn
139	HH139	1,98	106,65	10,86	Phường 12	Quận Gò Vấp
140	HH140	2,68	106,61	10,72	Phường An Lạc	Quận Bình Tân
141	HH141	1,95	106,66	10,73	Xã Bình Hưng	Huyện Bình Chánh
142	HH142	1,94	106,68	10,73	Xã Bình Hưng	Huyện Bình Chánh
143	HH143	1,93	106,58	10,78	Xã Vĩnh Lộc B	Huyện Bình Chánh
144	HH144	1,93	106,61	10,80	Phường Sơn Kỳ	Quận Tân Phú
145	HH145	1,91	106,65	10,69	Xã Phong Phú	Huyện Bình Chánh
146	HH146	1,81	106,79	10,86	Phường Linh Trung	Quận Thủ Đức
147	HH147	1,64	106,84	10,84	Phường Long Bình	Quận 9
148	HH148	7,03	106,58	10,76	Phường Tân Tạo A	Quận Bình Tân
149	HH149	1,78	106,56	10,73	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
150	HH150	1,46	106,57	10,76	Phường Tân Tạo A	Quận Bình Tân
151	HH151	1,35	106,56	10,73	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
152	HH152	0,92	106,57	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
153	HH153	0,84	106,57	10,73	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
154	HH154	0,61	106,57	10,72	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
155	HH155	0,58	106,57	10,73	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
156	HH156	0,48	106,57	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
157	HH157	0,32	106,58	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
158	HH158	0,27	106,57	10,72	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
159	HH159	1,64	106,66	10,79	Phường 15	Quận 10
160	HH160	1,63	106,66	10,91	Xã Nhị Bình	Huyện Hóc Môn
161	HH161	1,53	106,80	10,84	Phường Tăng Nhơn Phú A	Quận 9
162	HH162	1,51	106,62	10,86	Xã Tân Chánh Hiệp	Quận 12
163	HH163	1,38	106,63	10,72	Phường 15	Quận 8
164	HH164	1,33	106,75	10,80	Phường An Phú	Quận 2
165	HH165	1,28	106,71	10,74	Phường Tân Quy	Quận 7
166	HH166	0,22	106,58	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
167	HH167	0,22	106,68	10,90	Phường Thạnh Xuân	Quận 12
168	HH168	0,21	106,61	10,78	Phường Bình Hưng Hoà A	Quận Bình Tân

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	X (độ)	Y (độ)	Phường/Xã	Quận/ Huyện
169	HH169	0,21	106,67	10,87	Phường Thanh Xuân	Quận 12
170	HH170	0,21	106,58	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
171	HH171	0,20	106,67	10,85	Phường 15	Quận Gò Vấp
172	HH172	0,20	106,74	10,86	Phường Linh Đông	Quận Thủ Đức
173	HH173	0,19	106,70	10,68	Xã Nhơn Đức	Huyện Nhà Bè
174	HH174	0,19	106,58	10,79	Xã Vĩnh Lộc B	Huyện Bình Chánh
175	HH175	0,19	106,60	10,82	Phường Bình Hưng Hoà B	Quận Bình Tân
176	HH176	0,19	106,67	10,87	Phường Thanh Xuân	Quận 12
177	HH177	0,18	106,67	10,87	Phường Thanh Xuân	Quận 12
178	HH178	0,18	106,73	10,85	Phường Tam Phú	Quận Thủ Đức
179	HH179	0,17	106,70	10,85	Phường An Phú Đông	Quận 12
180	HH180	0,16	106,59	10,72	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
181	HH181	0,14	106,59	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
182	HH182	0,14	106,74	10,85	Phường Tam Phú	Quận Thủ Đức
183	HH183	1,25	106,83	10,78	Phường Long Trường	Quận 9
184	HH184	1,22	106,74	10,73	Phường Phú Thuận	Quận 7
185	HH185	1,18	106,74	10,85	Phường Linh Đông	Quận Thủ Đức
186	HH186	1,10	106,70	10,84	Phường An Phú Đông	Quận 12
187	HH187	1,10	106,72	10,70	Xã Phước Kiển	Huyện Nhà Bè
188	HH188	1,09	106,67	10,90	Xã Đông Thạnh	Huyện Hóc Môn
189	HH189	1,06	106,77	10,80	Phường An Phú	Quận 2
190	HH190	1,06	106,69	10,84	Phường An Phú Đông	Quận 12
191	HH191	1,06	106,80	10,87	Phường Linh Trung	Quận Thủ Đức
192	HH192	18,63	106,72	10,74	Phường Bình Thuận	Quận 7
193	HH193	13,98	106,85	10,84	Phường Long Bình	Quận 9
194	HH194	8,90	106,72	10,74	Phường Bình Thuận	Quận 7
195	HH195	7,82	106,83	10,81	Phường Trường Thạnh	Quận 9
196	HH196	7,47	106,71	10,75	Phường Tân Kiểng	Quận 7
197	HH197	7,43	106,84	10,84	Phường Long Bình	Quận 9
198	HH198	7,35	106,71	10,85	Phường Hiệp Bình Phước	Quận Thủ Đức
199	HH199	7,15	106,64	10,69	Xã Phong Phú	Huyện Bình Chánh
200	HH200	7,06	106,64	10,77	Phường 3	Quận 11
201	HH201	5,49	106,69	10,84	Phường 17	Quận Gò Vấp
202	HH202	5,15	106,64	10,87	Phường Hiệp Thành	Quận 12
203	HH203	5,02	106,66	10,83	Phường 15	Quận Tân Bình

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	X (độ)	Y (độ)	Phường/Xã	Quận/ Huyện
204	HH204	5,01	106,59	10,70	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
205	HH205	4,98	106,75	10,79	Phường An Phú	Quận 2
206	HH206	4,92	106,65	10,69	Xã Phong Phú	Huyện Bình Chánh
207	HH207	5,02	106,72	10,73	Phường Tân Phú	Quận 7
208	HH208	0,88	106,56	10,73	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
209	HH209	0,55	106,57	10,86	Xã Xuân Thới Thượng	Huyện Hóc Môn
210	HH210	2,98	106,63	10,87	Xã Tân Chánh Hiệp	Quận 12
211	HH211	0,42	106,57	10,86	Xã Xuân Thới Thượng	Huyện Hóc Môn
212	HH212	9,97	106,85	10,84	Phường Long Bình	Quận 9
213	HH213	0,69	106,58	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
214	HH214	2,35	106,58	10,70	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
215	HH215	2,09	106,59	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
216	HH216	0,21	106,58	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
217	HH217	0,67	106,74	10,85	Phường Tam Phú	Quận Thủ Đức
218	HH218	0,47	106,59	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
219	HH219	0,69	106,58	10,71	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh
220	HH220	0,38	106,56	10,72	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
221	HH221	0,63	106,55	10,72	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
222	HH222	0,39	106,56	10,72	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
223	HH223	0,53	106,54	10,73	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh
224	HH224	0,62	106,55	10,86	Xã Xuân Thới Thượng	Huyện Hóc Môn
225	HH225	0,79	106,52	10,79	Xã Lê Minh Xuân	Huyện Bình Chánh
226	HH226	0,76	106,67	10,77	Phường 12	Quận 10
227	HH227	0,24	106,72	10,82	Phường 27	Quận Bình Thạnh
228	HH228	0,28	106,70	10,76	Phường 5	Quận 4
229	HH229	12,86	106,83	10,87	Phường Long Bình	Quận 9
230	HH230	23,82	106,61	10,75	Phường Bình Trị Đông B	Quận Bình Tân
231	HH231	0,42	106,74	10,87	Phường Tam Bình	Quận Thủ Đức
232	HH232	0,69	106,62	10,72	Phường An Lạc	Quận Bình Tân
233	HH233	0,69	106,62	10,72	Phường An Lạc	Quận Bình Tân
234	HH234	0,70	106,62	10,72	Phường An Lạc	Quận Bình Tân
235	HH235	0,46	106,62	10,72	Phường An Lạc	Quận Bình Tân
236	HH236	0,71	106,62	10,72	Phường An Lạc	Quận Bình Tân
237	HH237	0,81	106,62	10,72	Phường An Lạc	Quận Bình Tân
238	HH238	0,55	106,61	10,72	Phường An Lạc	Quận Bình Tân

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	X (độ)	Y (độ)	Phường/Xã	Quận/ Huyện
239	HH239	0,90	106,61	10,72	Phường An Lạc	Quận Bình Tân
240	HH240	1,28	106,60	10,70	Phường 7	Quận 8
241	HH241	16,17	106,72	10,78	Phường Thủ Thiêm	Quận 2
242	HH242	3,99	106,82	10,87	Phường Long Bình	Quận 9
243	HH243	2,68	106,82	10,88	Phường Long Bình	Quận 9
244	HH244	0,33	106,79	10,78	Phường Phú Hữu	Quận 9
245	HH245	2,35	106,69	10,77	Phường Bến Thành	Quận 1
246	HH246	0,67	106,71	10,79	Phường Bến Nghé	Quận 1
247	HH247	1,76	106,67	10,81	Phường 3	Quận Gò Vấp
248	HH248	0,83	106,60	10,78	Phường Bình Hưng Hoà A	Quận Bình Tân
249	HH249	0,62	106,61	10,77	Phường Bình Trị Đông A	Quận Bình Tân
250	HH250	22,69	106,53	10,79	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh

BẢNG THỐNG KÊ VỊ TRÍ VÙNG THẤP TRUNG THẤP

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	Phường/ Xã	Quận/ Huyện	Ghi chú
1	VT1	388,78	Xã Phong Phú	Huyện Bình Chánh	
2	VT10	6,24	Phường Tam Phú	Quận Thủ Đức	
3	VT11	6,12	Xã Vĩnh Lộc B	Huyện Bình Chánh	
4	VT12	6,05	Phường Trường Thạnh	Quận 9	
5	VT13	5,28	Phường Bình Trưng Đông	Quận 2	
6	VT14	4,22	Phường Long Thạnh Mỹ	Quận 9	
7	VT16	3,24	Phường Bình Trưng Đông	Quận 2	
8	VT17	3,01	Phường Tăng Nhơn Phú B	Quận 9	
9	VT18	2,65	Phường Tam Phú	Quận Thủ Đức	
10	VT19	2,09	Phường Tân Tạo A	Quận Bình Tân	
11	VT20	2,02	Xã Vĩnh Lộc B	Huyện Bình Chánh	
12	VT21	1,55	Phường Bình Trưng Đông	Quận 2	
13	VT22	1,44	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
14	VT23	1,41	Phường Tam Bình	Quận Thủ Đức	
15	VT24	1,34	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
16	VT25	1,15	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
17	VT26	1,15	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
18	VT27	0,81	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
19	VT28	0,47	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
20	VT29	3,17	Xã Phạm Văn Hai	Huyện Bình Chánh	
21	VT3	18,15	Phường Tăng Nhơn Phú B	Quận 9	
22	VT30	17,17	Phường Tân Tạo A	Quận Bình Tân	
23	VT31	15,28	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
24	VT32	11,91	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh	
25	VT33	5,42	Phường Tân Tạo A	Quận Bình Tân	
26	VT34	2,63	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
27	VT35	1,42	Phường Tân Tạo A	Quận Bình Tân	

STT	Kí hiệu	Diện tích (ha)	Phường/ Xã	Quận/ Huyện	Ghi chú
28	VT36	12,70	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
29	VT37	12,22	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
30	VT38	10,28	Xã Tân Nhựt	Huyện Bình Chánh	
31	VT39	8,25	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
32	VT4	13,45	Phường Long Thạnh Mỹ	Quận 9	
33	VT40	1,89	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
34	VT41	0,92	Xã Tân Kiên	Huyện Bình Chánh	
35	VT42	10,81	Xã Vĩnh Lộc A	Huyện Bình Chánh	
36	VT43	0,25	Xã Vĩnh Lộc A	Huyện Bình Chánh	
37	VT44	0,32	Xã Vĩnh Lộc A	Huyện Bình Chánh	
38	VT45	0,38	Xã Vĩnh Lộc A	Huyện Bình Chánh	
39	VT46	11,08	Xã Vĩnh Lộc B	Huyện Bình Chánh	
40	VT47	19,02	Xã Lê Minh Xuân	Huyện Bình Chánh	
41	VT48	16,17	Xã Nhơn Đức	Huyện Nhà Bè	
42	VT49	10,23	Thị trấn Tân Túc	Huyện Bình Chánh	
43	VT50	12,19	Phường 7	Quận 8	
44	VT51	10,93	Xã An Phú Tây	Huyện Bình Chánh	
45	VT52	18,31	Xã An Phú Tây	Huyện Bình Chánh	
46	VT6	8,75	Phường Tân Tạo A	Quận Bình Tân	
47	VT7	7,25	Xã Phú Xuân	Huyện Nhà Bè	
48	VT9	6,53	Phường Tân Tạo A	Quận Bình Tân	

PHỤ LỤC 8 - THÔNG TIN HIỆN TRẠNG 7 VÙNG THOÁT NƯỚC (Kết quả chương 5)

STT	Tên tiểu lưu vực	Diện tích (ha)	Diện tích không thấm (%)	Phân cấp đô thị hóa	Hiện trạng địa hình	Hiện trạng vùng trũng thấp có tiềm năng trữ nước		Hiện trạng ao hồ có tiềm năng trữ nước		Mật độ hiện trạng hệ thống thoát nước	Hiện trạng ngập lụt (thống kê năm 2021)
						(7)	(8)	(9)	(10)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
I - Vùng Đông Bắc						Số lượng	Diện tích (ha)	Số lượng	Diện tích (ha)		
1	DB01	1954,89	37,53	Trung bình	Vùng Đông Bắc có cao độ bình quân khoảng 0m - 2,5m và phân bố không đồng đều. Khu vực đồi cao tập trung tại khu giữa của vùng Đông Bắc (tiểu lưu vực DB02 và DB03) khoảng 10m - 35m. Địa hình thoải dần về phía hai bên của vùng và có cao độ thấp từ 1m - 10m.	13	110,35	13	12,2	Trung bình	<ul style="list-style-type: none"> - Tuyến quốc lộ 13 - đường Hiệp Bình và tuyến Tỉnh lộ 13 - Lê Thị Hoa. Ngập do khu vực trũng thấp và hệ thống thoát nước đã xuống cấp. - Tuyến quốc lộ 1A (trước chợ đầu mối Thủ Đức). Ngập do tuyến đường có độ dốc lớn, vị trí ngập trũng thấp so với khu vực, mưa lớn gây ngập cục bộ. - Tuyến Hiệp Bình (trường Trung học Cơ sở Hiệp Bình). Ngập do khu vực trũng thấp so với khu vực, mưa lớn gây ngập cục bộ.
2	DB02	1135,00	55,27	Cao		1	25,57	1	0,23	Trung bình	<ul style="list-style-type: none"> - Tuyến Phạm Văn Đồng - Tô Ngọc Vân từ trụ đèn chiếu sáng A245 đến A260. Ngập do khu vực đường có địa hình thấp. - Tuyến Dương Văn Cam - Đặng Thị Rành - Tô Ngọc Vân - Kha Vạn Cân do đường thấp, một số cống đã xuống cấp, lòng rạch thoát nước Cầu Ngang gần đó bị lấn chiếm. - Tuyến Hồ Văn Tư (gần công an phường Trường Thọ) do đường trũng thấp và là hạ nguồn của lưu vực. - Tuyến Võ Văn Ngân - Đặng Văn Bi (chợ Thủ Đức). Ngập do các tuyến cống hiện đang trong quá trình duy tu và sửa chữa.
3	DB03	1677,70	43,47	Trung bình				5	4,4	Trung bình	<ul style="list-style-type: none"> - Tuyến Bình Lợi, với độ sâu khoảng 0,15 m, chiều dài 100 m, diện tích ngập 1000 m².

STT	Tên tiểu lưu vực	Diện tích (ha)	Diện tích không thấm (%)	Phân cấp đô thị hóa	Hiện trạng địa hình	Hiện trạng vùng trũng thấp có tiềm năng trữ nước		Hiện trạng ao hồ có tiềm năng trữ nước		Mật độ hiện trạng hệ thống thoát nước	Hiện trạng ngập lụt (thống kê năm 2021)
						1	33,29	10	53,37		
4	DB04	2460,94	14,33	Thấp		1	33,29	10	53,37	Chưa hoàn thiện	- Tuyến ngập từ đường Nguyễn Văn Khôi đến UBND P.8, Gò Vấp. Ngập sâu 0,15 m, chiều dài 100 m, diện tích ngập 1300 m ² .
II - Vùng Đông Nam											
1	DN01	2504,56	18,04	Thấp	Vùng Đông Nam có địa hình tương đối thấp, trung bình từ 0m-1,5m. Khu đồi cao nhất nằm phía Bắc vùng Đông Nam (thuộc tiểu lưu vực DN04) với cao độ từ 26-30m. Các khu vực còn lại độ cao chỉ giao động từ 0m đến cao nhất là 4m. Đặc biệt phía Đông của vùng là vị trí DN06 cao độ chỉ từ 0,5m-1m.	16	228,69	5	11,44	Trung bình	- Tuyến Quốc Hương trước trường đại học Văn Hóa. Ngập sâu 0,15m, chiều dài 100 m, diện tích ngập 800 m ² . - Tuyến Nguyễn Văn Hưởng, trước chung cư Hoàng Anh Gia Lai. Ngập sâu 0,175 m, chiều dài 110m, diện tích ngập 1170 m ² .
2	DN02	2495,89	23,28	Thấp		11	194,64			Chưa hoàn thiện	- Tuyến Nguyễn Duy Trinh (trước nhà văn hóa thiếu nhi quận 2). Ngập do khu vực trũng thấp, hệ thống thoát nước chưa được đầu tư đồng bộ.
3	DN03	1414,82	13,75	Thấp		6	152,69	8	6,9	Chưa hoàn thiện	- Tuyến Lê Văn Việt (chân cầu Bến Nọc). Ngập do hệ thống thoát nước chưa được đầu tư đồng bộ. Đường trũng thấp cục bộ
4	DN04	2148,47	36,56	Trung bình		17	290,63	5	3,45	Trung bình	- Tuyến Đỗ Xuân Hợp (trước nhà thờ Tân Đức) và Tuyến Lê Xuân Oai - đường số 8. Ngập do mưa vượt tần suất thiết kế của công và đường trũng thấp cục bộ.
5	DN05	2239,05	6,66	Thấp		6	990,74	4	9,8	Chưa hoàn thiện	
6	DN06	2450,32	0,75	Thấp		3	907,96			Chưa hoàn thiện	
III - Vùng phía Bắc											
1	B01	911,29	10,13	Thấp	Vùng phía Bắc có địa hình tương đối cao so với các vùng khác, trung bình khoảng 2m - 5,5m và phân hóa khá rõ rệt. Khu vực phía Bắc (thuộc các tiểu	1	279,24	5	4,29	Chưa hoàn thiện	
2	B02	3113,72	26,12	Thấp		26	286,74	18	10,57	Trung bình	

STT	Tên tiểu lưu vực	Diện tích (ha)	Diện tích không thấm (%)	Phân cấp đô thị hóa	Hiện trạng địa hình	Hiện trạng vùng trũng thấp có tiềm năng trữ nước		Hiện trạng ao hồ có tiềm năng trữ nước		Mật độ hiện trạng hệ thống thoát nước	Hiện trạng ngập lụt (thống kê năm 2021)	
3	B03	442,89	60,94	Cao	lưu vực B08,B09) và phía Nam (thuộc các tiểu lưu vực B04 - B06) của vùng có địa hình cao từ 2m - 13m. Trong khi đó khu vực gần sông Sài Gòn (B01,B02) có địa hình khá thấp 0,5m-1m.					Trung bình		
4	B04	737,48	66,26	Cao		3	45,36	1	5,46	Trung bình		
5	B05	568,68	77,27	Cao		1	0,14	1	1,97	Trung bình	- Các tuyến ngập bao gồm: Lê Văn Thọ, Phạm Văn Chiêu, Phan Huy Ích, Bùi Quang Là (Gò Vấp). Ngập do hệ thống cống cũ và tiết diện nhỏ.	
6	B06	1071,44	38,78	Trung bình				1	5	Trung bình		
7	B07	681,67	63,39	Cao		1	0,07	3	3,24	Trung bình		
8	B08	5525,22	44,76	Trung bình		5	53,1	13	20,17	Trung bình	- Tuyến Phan Văn Hớn và tuyến Nguyễn Văn Quá (trước chùa Long Thành), ngập do ngập do địa hình trũng thấp cục bộ, mưa lớn vượt quá tần suất thiết kế của hệ thống.	
9	B09	943,78	38,66	Trung bình						Trung bình		
IV - Vùng phía Tây												
1	T01	3375,92	66,64	Cao		Vùng phía Tây có địa hình tương đối thấp từ 0m - 3m và chia làm 2 khu vực phân bố chính. Khu phía Bắc của vùng là khu vực đồi cao, có cao độ từ 1,5m đến 6m. Khu phía Nam của vùng là khu vực trũng thấp với cao độ từ 0,5m - 1m.	10	123,41	11	11,66	Dày đặc	- Ngập tuyến Tân Hòa Đông (trước cửa nhà 268, quận Bình Tân). Ngập do mưa và triều cao kết hợp, cùng với đó là hệ thống thoát nước đã xuống cấp.
2	T02	1244,77	39,74	Trung bình	20		108,31	15	5,7	Trung bình		
3	T03	2648,39	7,86	Thấp	3		41,26	8	25,45	Chưa hoàn thiện	- Tuyến Trịnh Quang Nghị (Trung tâm hỗ trợ Giáo dục). Ngập do triều cường và mặt đường thấp, độ sâu ngập: 0,25 m, chiều dài: 250 m, diện tích 1500 m ² .	
V - Vùng phía Nam												

STT	Tên tiểu lưu vực	Diện tích (ha)	Diện tích không thấm (%)	Phân cấp đô thị hóa	Hiện trạng địa hình	Hiện trạng vùng trũng thấp có tiềm năng trữ nước		Hiện trạng ao hồ có tiềm năng trữ nước		Mật độ hiện trạng hệ thống thoát nước	Hiện trạng ngập lụt (thống kê năm 2021)
1	N01	3415,82	35,11	Trung bình	Vùng phía Nam là khu vực có địa hình rất thấp, trung bình khoảng 1,1m. Những khu vực có địa hình cao của vùng từ 2-2,5m tập trung tại tiểu lưu vực N01(thuộc quận 7). Phần lớn các khu vực còn lại có địa hình thấp từ -0,2m đến 1m.	3	195,89	10	52,89	Trung bình	<ul style="list-style-type: none"> - Ngập tuyến Trần Xuân Soạn (trước cửa nhà số 02). Ngập do triều cường, độ sâu ngập: 0,15 m, chiều dài: 400 m, diện tích 3200 m². - Tuyến Nguyễn Thị Thập (bệnh viện quận 7). Ngập do triều cường, Ngập do triều cường, độ sâu ngập: 0,1 m, chiều dài: 200 m, diện tích 2400 m². - Tuyến Phạm Hữu Lâu - Cầu Phước Long. Ngập do triều cường, Ngập do triều cường, độ sâu ngập: 0,1 m, chiều dài: 600 m, diện tích 4800 m².
2	N02	525,96	44,59	Trung bình		1	45	4	5	Chưa hoàn thiện	<ul style="list-style-type: none"> - Tuyến quốc Lộ 50 - Nguyễn Văn Linh. Ngập do triều cường, Ngập do triều cường, độ sâu ngập: 0,15 m, chiều dài: 100 m, diện tích 1200 m².
3	N03	1100,32	9,93	Thấp		4	556,43			Trung bình	
4	N04	849,22	8,86	Thấp		2	507,53	3	1,34	Chưa hoàn thiện	
5	N05	1490,78	11,17	Thấp		7	797,12	4	3,5	Chưa hoàn thiện	<ul style="list-style-type: none"> - Tuyến Đào Duy Tích - Cầu Vân. Ngập do triều cường. Ngập do triều cường và do khu vực có địa hình thấp. Độ sâu ngập: 0,2 m, chiều dài: 350, diện tích 2800 m². - Tuyến Lê Văn Lương, đoạn Cầu Long Kiên - Phạm Hữu Lâu. Ngập do triều cường. Độ sâu ngập: 0,2 m, chiều dài: 600 m, diện tích: 4800 m². - Tuyến Lê Văn Lương, đoạn Đào Duy Tích - Lê Thị Kinh. Ngập do triều cường. Độ sâu ngập 0,15 m, chiều dài: 70 m, diện tích: 560 m².
6	N06	663,78	7,85	Thấp		2	548,47			Chưa hoàn thiện	

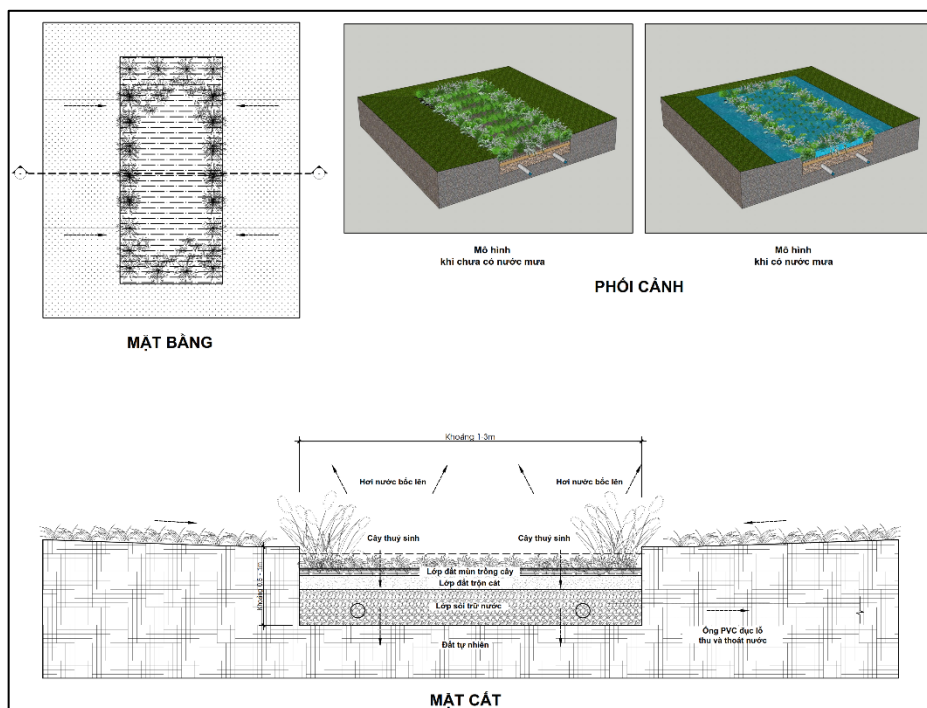
STT	Tên tiểu lưu vực	Diện tích (ha)	Diện tích không thấm (%)	Phân cấp đô thị hóa	Hiện trạng địa hình	Hiện trạng vùng trũng thấp có tiềm năng trữ nước		Hiện trạng ao hồ có tiềm năng trữ nước		Mật độ hiện trạng hệ thống thoát nước	Hiện trạng ngập lụt (thống kê năm 2021)	
7	N07	1586,43	20,05	Thấp		8	246,5			Trung bình	- Tuyến Huỳnh Tấn Phát (đoạn Trần Xuân Soạn - Cầu Phú Xuân) và từ số nhà 842 đến số nhà 925. Ngập do triều cường, độ sâu ngập: 0,15 m, tổng chiều dài: 500 m, tổng diện tích 3600 m ² .	
8	N08	444,37	6,21	Thấp		6	207,79	1	0,29	Chưa hoàn thiện		
VI - Vùng Trung Tâm												
1	TT01	269,70	59,78	Cao	Vùng Trung tâm thành phố có cao độ bình quân khoảng 3m - 5m. Các khu vực có địa hình cao từ 5 - 11m chủ yếu tập trung gần khu vực sân bay Tân Sơn Nhất (thuộc tiểu lưu vực TT01-TT05) hoặc các khu vực thuộc kênh Nhiêu Lộc - Thị Nghè. Những khu vực còn lại nằm phía Nam của vùng Trung tâm có địa hình thấp từ 0,5 - 1,5m.					Dày đặc	- Tuyến đường An Dương Vương - Tân Hòa Đông. Ngập sâu 0,25 m, chiều dài 250 m, diện tích ngập 2500 m ² .	
2	TT02	526,38	79,21	Cao							Dày đặc	
3	TT03	882,28	81,45	Cao				2	2,34		Dày đặc	
4	TT04	348,38	68,38	Cao							Dày đặc	- Tuyến Đinh Bộ Lĩnh - Nguyễn Xí. Ngập do mưa lớn vượt tần suất thiết kế, các công đã đầu tư lâu đời. Một số vị trí đường ngập do trũng thấp cục bộ.
5	TT05	461,23	84,83	Cao							Dày đặc	- Tuyến Bạch Đằng - Đinh Bộ Lĩnh - Điện Biên Phủ. Ngập do nước đều tập trung thoát ra cửa rạch Cầu Sơn nên hệ thống bị quá tải.
6	TT06	433,72	72,69	Cao		1	5,01	2	4,48		Dày đặc	- Tuyến Ung Văn Khiêm - Nguyễn Gia Trí và tuyến Điện Biên Phủ - Nguyễn Hữu Cánh. Ngập do hệ thống thoát nước đầu tư đã lâu, một số vị trí bị xuống cấp, mặt đường trũng thấp cục bộ.
7	TT07	371,92	73,20	Cao							Dày đặc	
8	TT08	533,02	78,07	Cao				2	2,39		Dày đặc	
9	TT09	516,93	90,25	Cao							Dày đặc	
10	TT10	174,50	88,29	Cao							Dày đặc	- Tuyến Phan Anh - Tô Hiệu. Ngập sâu 0,25 m, chiều dài 200 m, diện tích ngập 2000 m ² .
11	TT11	182,79	76,99	Cao				2	10,39		Dày đặc	

STT	Tên tiểu lưu vực	Diện tích (ha)	Diện tích không thấm (%)	Phân cấp đô thị hóa	Hiện trạng địa hình	Hiện trạng vùng trũng thấp có tiềm năng trữ nước		Hiện trạng ao hồ có tiềm năng trữ nước		Mật độ hiện trạng hệ thống thoát nước	Hiện trạng ngập lụt (thống kê năm 2021)	
						1	0,28	2	0,84			
12	TT12	1093,57	81,85	Cao		1	0,28	2	0,84	Dày đặc	- Tuyến Trần Hưng Đạo (đoạn từ Nguyễn Biểu đến Trần Bình Trọng) và tuyến Nguyễn Biểu (đoạn từ Trần Hưng Đạo - Cao Đạt), ngập do mưa và triều cường kết hợp, cao độ mặt đường thấp.	
13	TT13	605,92	64,55	Cao				2	3	Dày đặc	- Tuyến Calmette - Lê Thị Hồng Gấm. Ngập sâu 0,2 m, chiều dài 250 m, diện tích ngập 2500 m ² . - Tuyến Nguyễn Thái Bình - Ký Con. Ngập sâu 0,15 m, chiều dài 75 m, diện tích ngập 750 m ² .	
14	TT14	420,22	67,58	Cao				1	0,28	Dày đặc	- Tuyến Tôn Thất Huyết (từ số nhà 20 - 70, số nhà 90 - 96, số nhà 143 - 155). Ngập do triều cường, độ sâu ngập: 0,1 m, chiều dài: 50 m, diện tích 500 m ² .	
15	TT15	245,02	85,10	Cao						Dày đặc	- Tuyến đường 26 - Bình Phú. Ngập sâu 0,2 m, chiều dài 150 m, diện tích ngập 1800 m ² .	
16	TT16	121,84	84,59	Cao						Dày đặc		
17	TT17	65,78	91,23	Cao						Dày đặc		
18	TT18	136,30	85,66	Cao						Dày đặc	- Tuyến Mai Xuân Thương - Lê Quang Sung, ngập do tuyến đường có cao độ thấp, ảnh hưởng bởi triều cường và mưa lớn kéo dài nước không kịp thoát.	
19	TT19	639,19	12,94	Thấp			4	142,34	1	0,24	Trung bình	
20	TT20	716,17	66,89	Cao			1	8,6	20	6,34	Dày đặc	- Tuyến Võ Văn Kiệt (trước công ty nhựa Duy Tân), Ngập sâu 0,12m, chiều dài 60m, diện tích ngập 900 m ² . - Tuyến Trương Đình Hội (công ty Hoa Tiêu). Ngập do triều cường và mưa lớn kết hợp. Độ sâu ngập: 0,1 m, chiều dài: 50 m, diện tích 500 m ² .

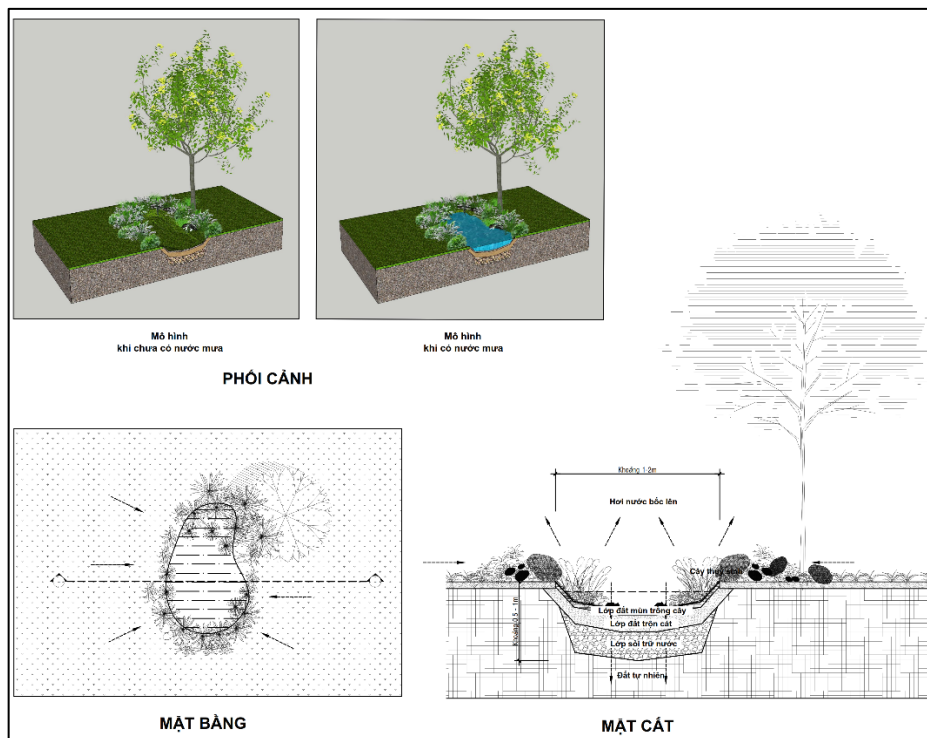
STT	Tên tiểu lưu vực	Diện tích (ha)	Diện tích không thấm (%)	Phân cấp đô thị hóa	Hiện trạng địa hình	Hiện trạng vùng trũng thấp có tiềm năng trữ nước		Hiện trạng ao hồ có tiềm năng trữ nước		Mật độ hiện trạng hệ thống thoát nước	Hiện trạng ngập lụt (thống kê năm 2021)
21	TT21	1006,25	39,17	Trung bình		4	500	1	1,37	Trung bình	
22	TT22	315,59	13,48	Thấp		2	283,16			Trung bình	
23	TT23	669,82	71,92	Cao		1	2,67	1	0,86	Dày đặc	
VII - Vùng còn lại QH752 - Trung Nam											
1	M01	564,34	5,93	Thấp	Vùng còn lại của dự án Trung Nam và QH1547 có địa hình bình quân khoảng 0,5- 2m, và trung bình khoảng 1,3m. Khu vực địa hình cao nằm tập trung phía Bắc của vùng này, với địa hình từ 4,5m - 10m. Địa hình tương đối thấp tại các khu phía Tây của vùng, với cao độ trung bình khoảng 0,5m.			1	0,66	Chưa hoàn thiện	
2	M02	1836,60	18,67	Thấp				4	4,1	Chưa hoàn thiện	
3	M03	443,04	45,21	Cao		1	0,08	13	10,14	Trung bình	- Tuyến Bà Triệu - Rạch Bà Triệu. Ngập sâu 0,15 m, chiều dài 380 m, diện tích ngập 3040 m ² - Tuyến Song Hành quốc lộ 22 - Nguyễn Ảnh Thủ, ngập sâu: 0,1 m, chiều dài 300 m, diện tích ngập 2400 m ² .
4	M04	2657,49	6,44	Thấp						Chưa hoàn thiện	
5	M05	3455,11	9,46	Thấp		12	51,84	5	6,6	Chưa hoàn thiện	
6	M06	6280,62	5,68	Thấp		26	179,31	38	48,9	Chưa hoàn thiện	
7	M07	1329,23	12,17	Thấp		12	64,78	13	10,92	Chưa hoàn thiện	
8	M08	1204,97	10,28	Thấp		1	291,84			Chưa hoàn thiện	
9	M09	378,09	3,81	Thấp		1	168,7			Chưa hoàn thiện	

PHỤ LỤC 9 – CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA ĐIỂN HÌNH

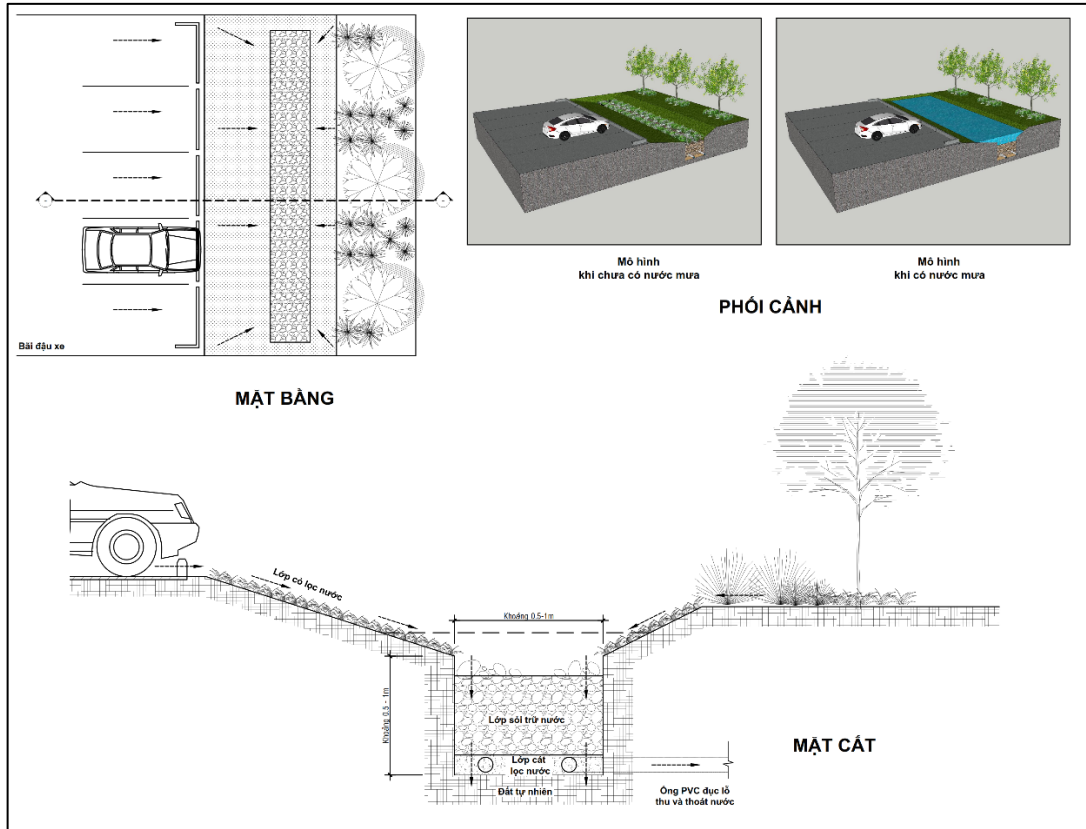
B- NHÓM GIẢI PHÁP TRỮ PHÂN TÁN



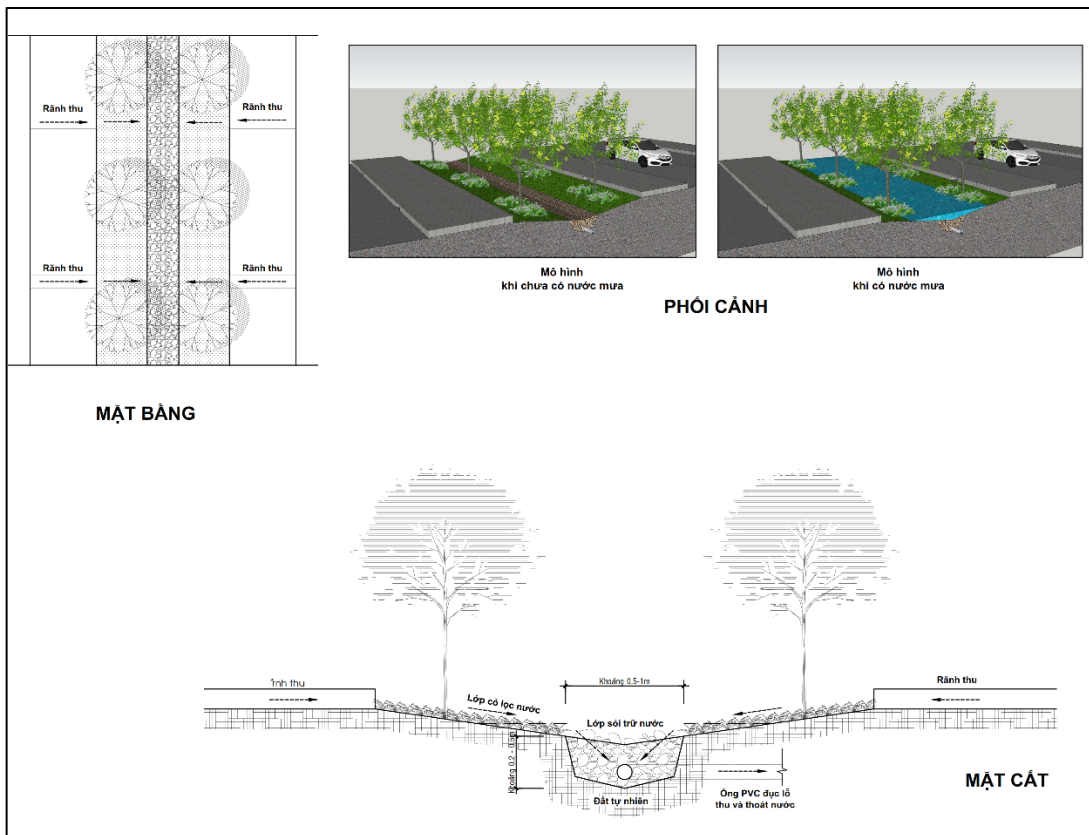
Thiết kế Ô trữ sinh học



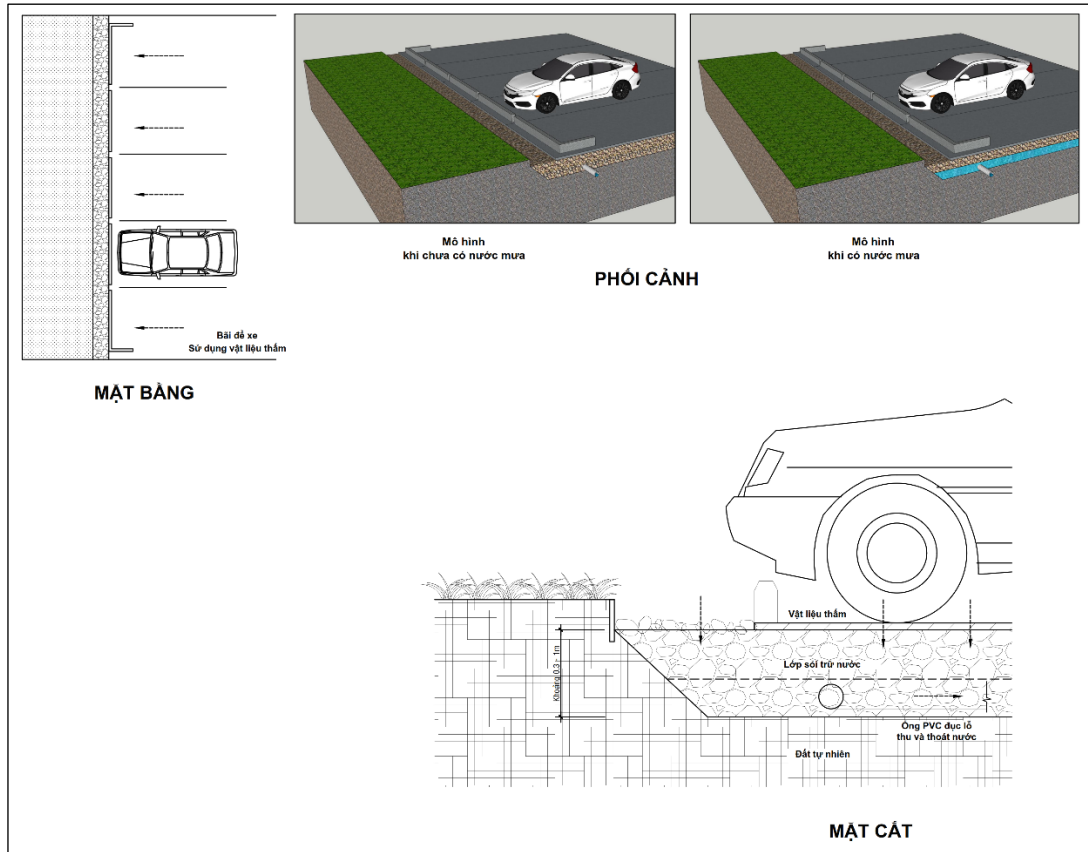
Thiết kế Vườn mưa



Mô hình rãnh thẳm



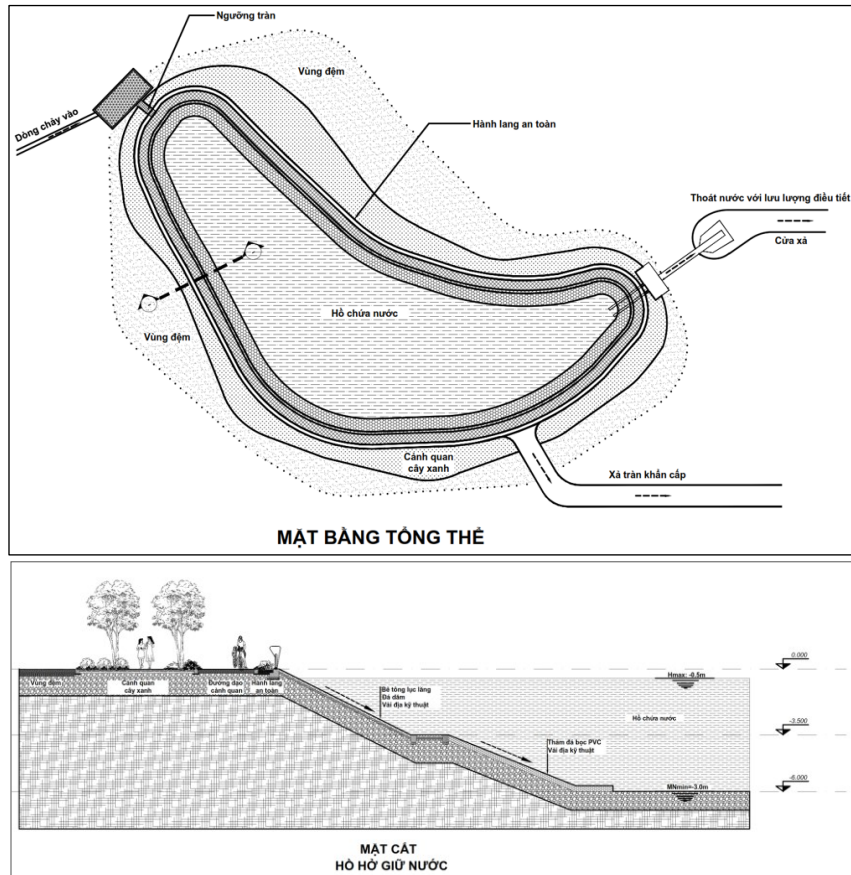
Mô hình rãnh thấp



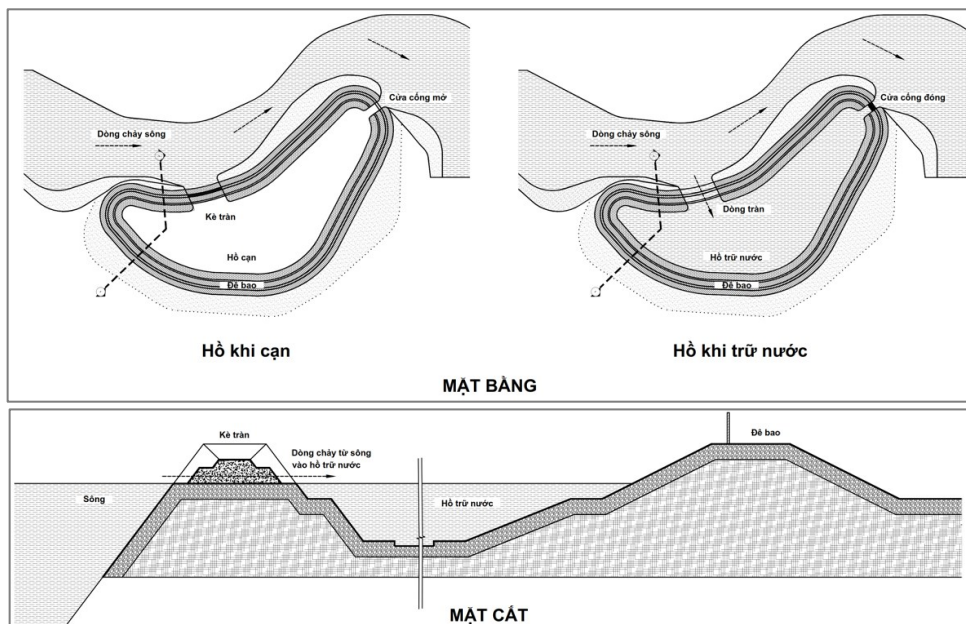
Mô hình vỉa hè thấm tại bãi đậu xe

C- NHÓM GIẢI PHÁP TRỮ TẬP TRUNG

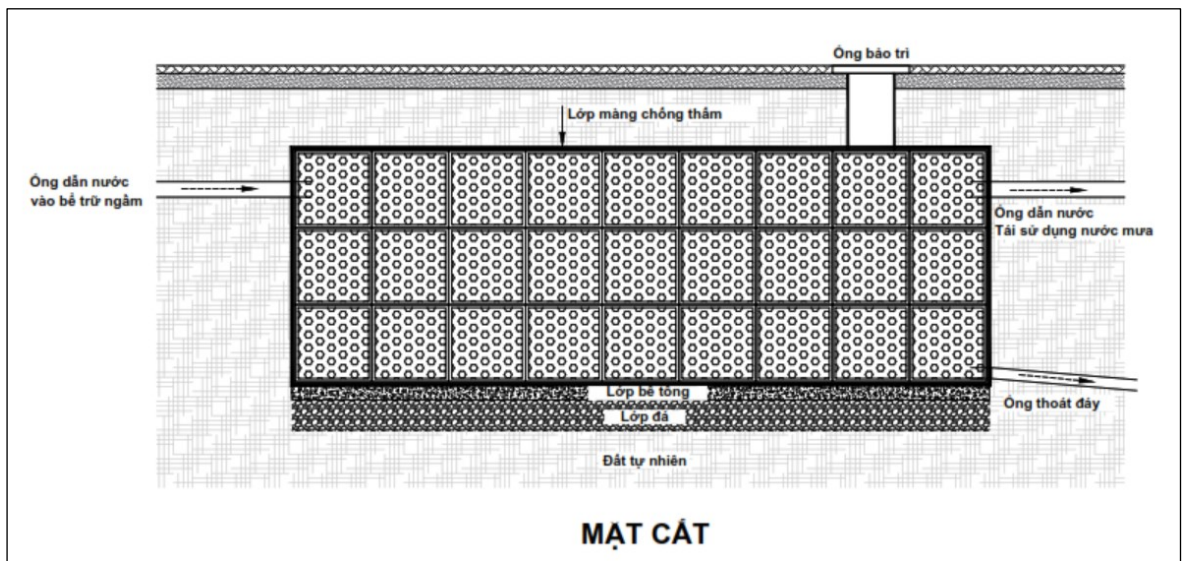
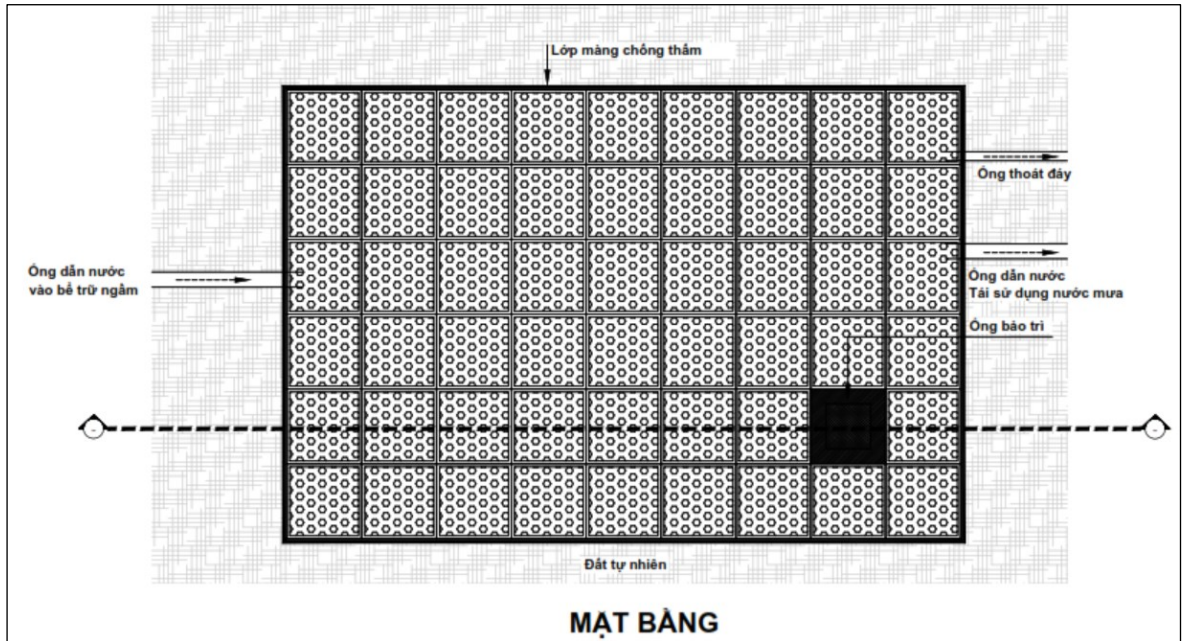
- Hồ điều tiết hồ tập trung (hồ ướt)



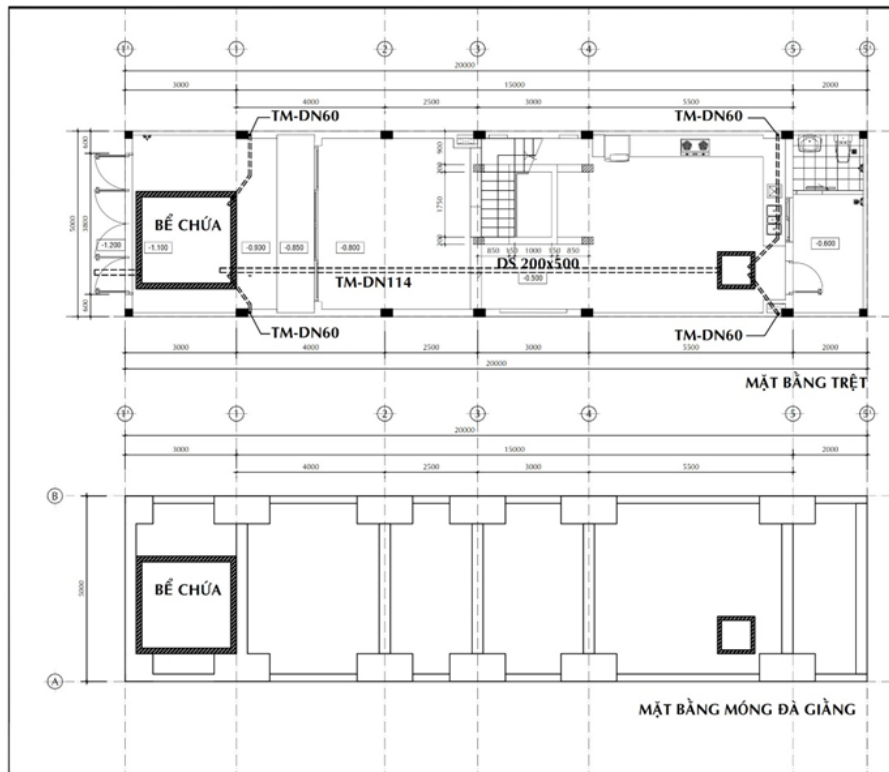
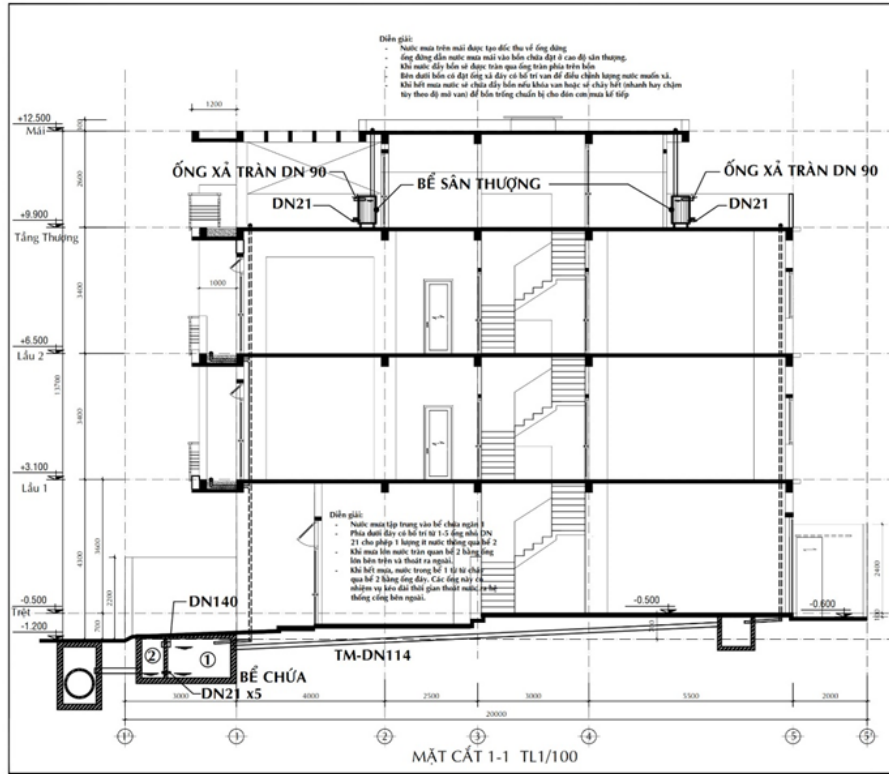
- Hồ điều tiết hồ tập trung (hồ khô)



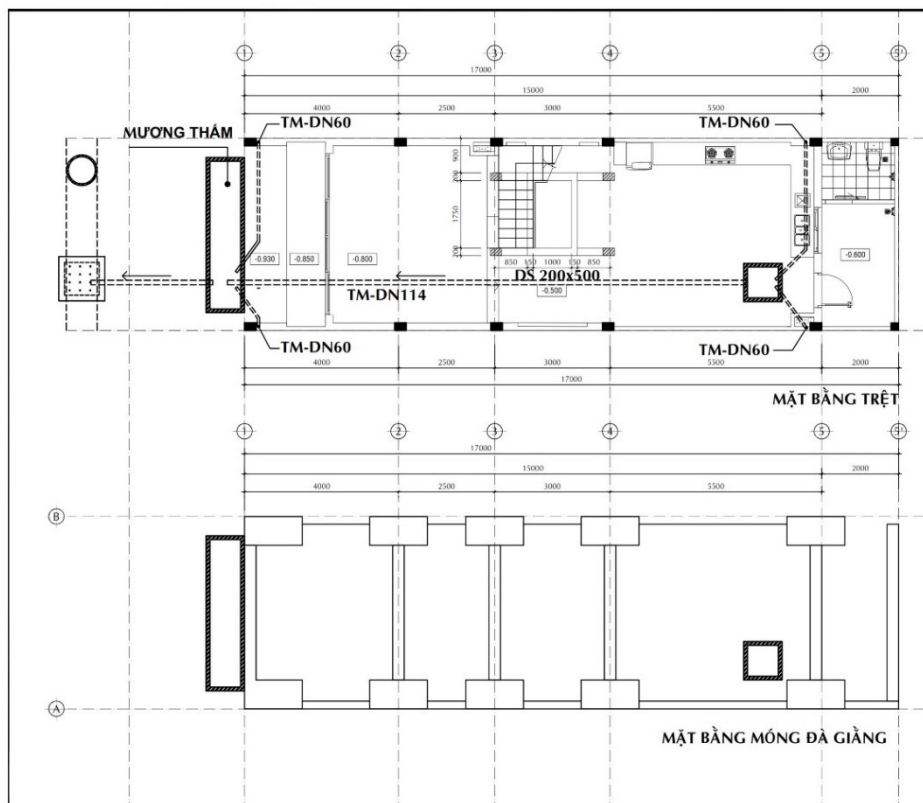
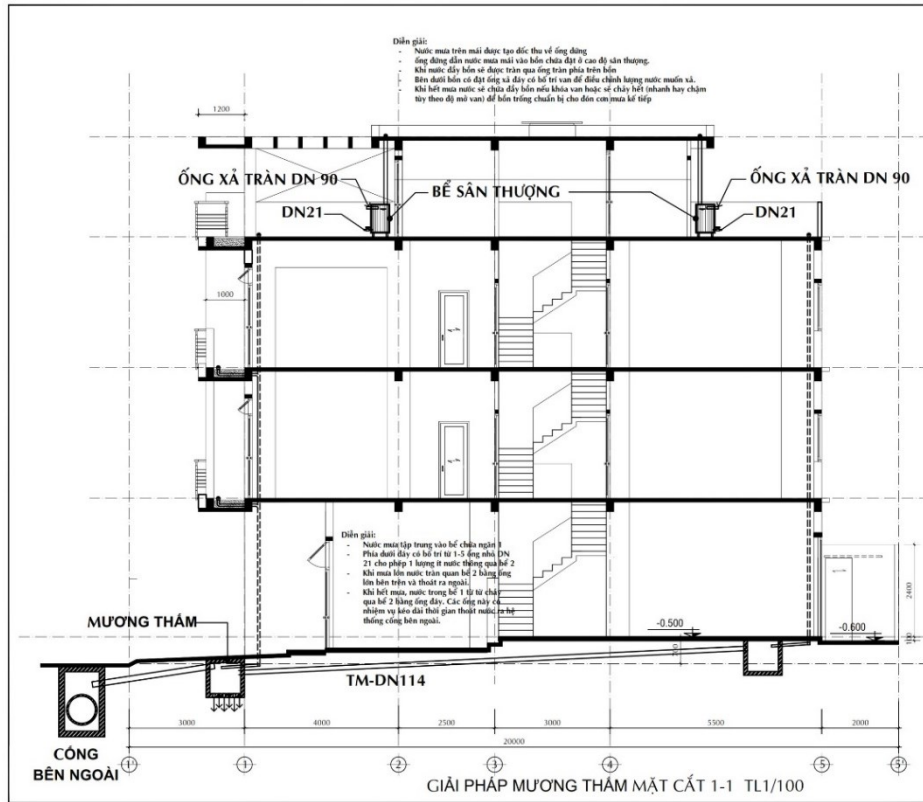
- Hồ điều tiết ngầm tập trung



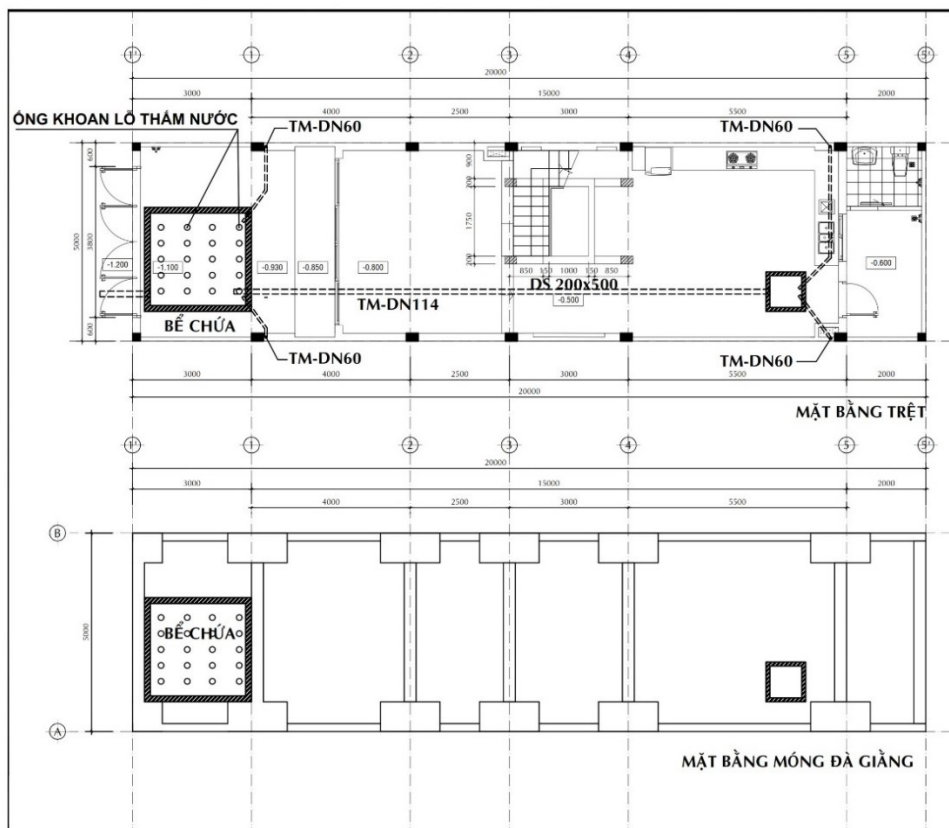
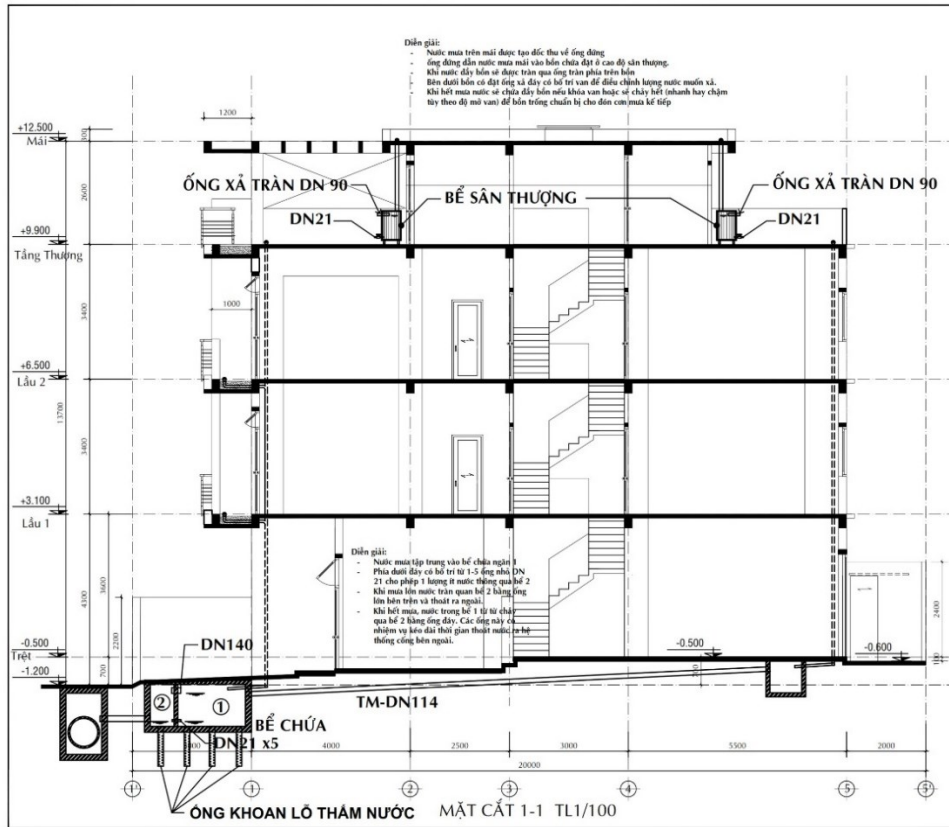
NHÓM GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA GẮN VỚI CÔNG TRÌNH



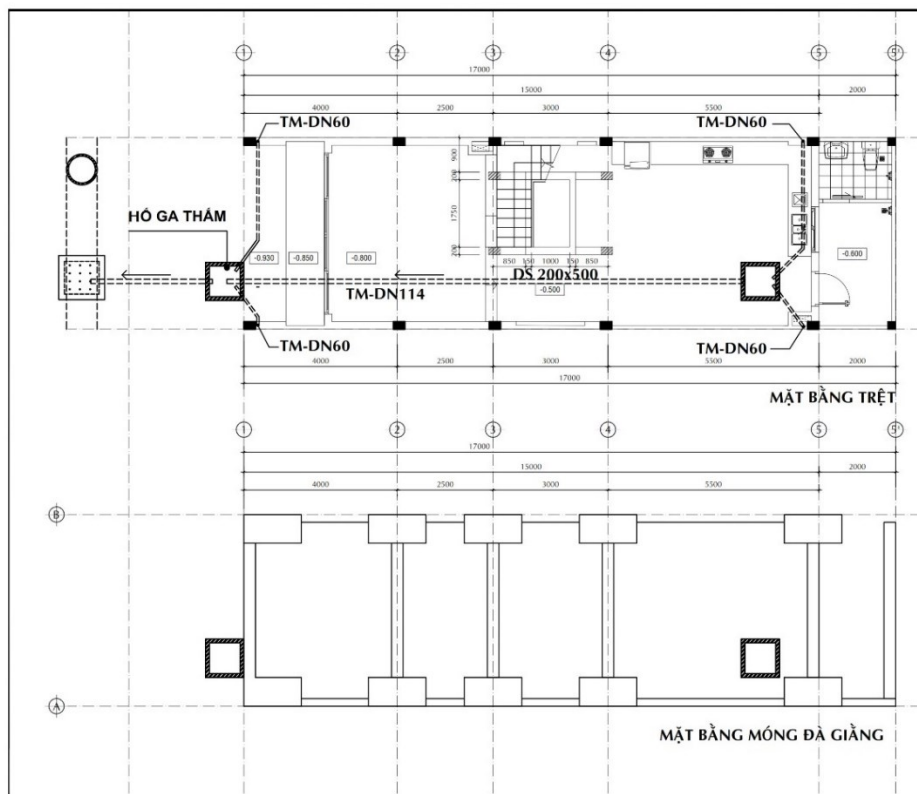
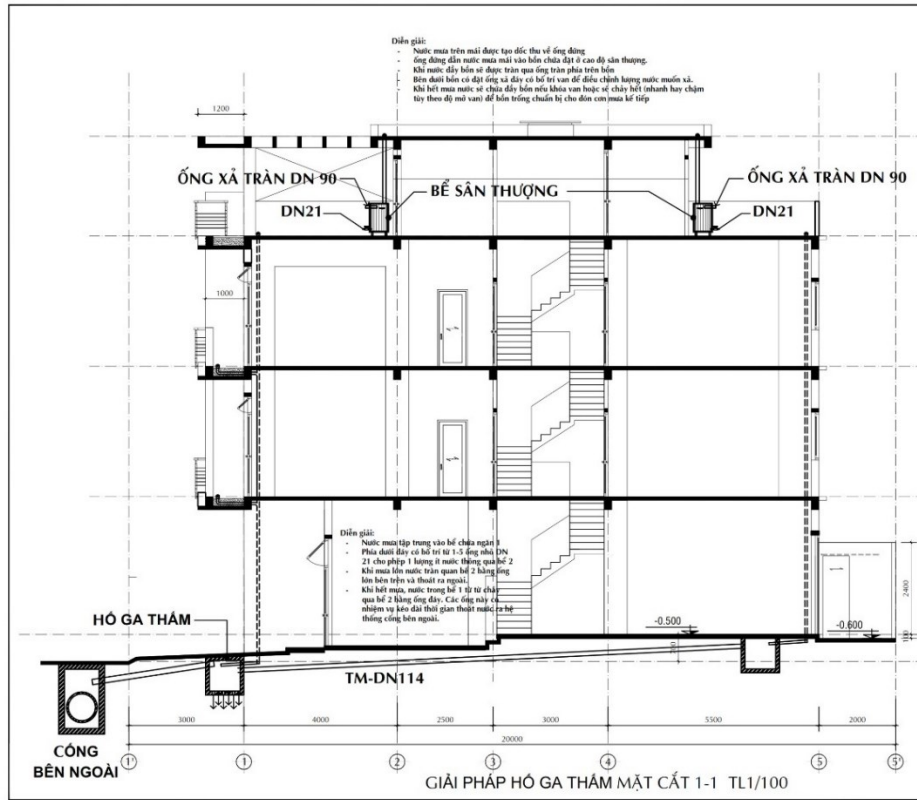
Mô hình bể chứa sân thượng và bể ngầm quy mô nhỏ



Mô hình bể chứa sân thượng và mương thâm



Mô hình bể chứa sân thượng và giếng thấm



Mô hình bể chứa sân thượng và hồ ga thăm