

Châu Nguyễn Xuân Quang (Chủ biên)
Hồ Văn Hòa, Ngô Ngọc Hoàng Giang, Trần Ngọc Tiến Dũng

HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA GIẢM NGẬP ĐÔ THỊ

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH -

2023

MỤC LỤC

Danh mục hình.....	vi
Danh mục bảng	xi
Danh mục từ viết tắt	xiii
Lời nói đầu	xv
Tóm tắt	xvii
Chương 1: Mở đầu	1
1.1. Giới thiệu chung.....	1
1.2. Sự cần thiết của hệ thống trữ nước mưa đô thị	2
1.3. Tóm tắt hệ thống hạ tầng thoát nước khu vực TP HCM	4
1.4. Biến động lượng mưa khu vực TP HCM.....	5
1.5. Xu thế mực nước khu vực TP HCM	9
1.6. Diễn biến đô thị hóa khu vực TP HCM.....	15
1.7. Khuyến nghị áp dụng các giải pháp trữ nước mưa cho khu vực TP HCM.....	17
1.8. Cấu trúc tài liệu	19
Chương 2: Tổng quan các giải pháp trữ nước mưa đô thị.....	21
2.1. Giới thiệu chung.....	21
2.2. Tổng quan các kỹ thuật trữ nước mưa.....	24
2.2.1. Hồ điều tiết hồ	24
2.2.2. Hồ điều tiết ngầm.....	25
2.2.3. Mái nhà xanh.....	27
2.2.4. Thùng chứa nước mưa	28
2.2.5. Vía hè thấm	30
2.2.6. Ô trữ sinh học/vườn mưa.....	31
2.2.7. Rãnh thực vật	33

iv | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

2.3. Các chương trình trữ nước mưa điển hình tại Châu Á	36
2.3.1. Chương trình thành phố bọt biển.....	36
2.3.2. Chương trình ABC	38
2.3.3. Chương trình trữ nước mưa tại Hàn Quốc	40
2.3.4. Chương trình trữ nước mưa tại Nhật Bản	45

Chương 3: Tính toán dung tích điều tiết nước mưa

3.1. Các khái niệm cơ bản	49
3.1.1. Các khái niệm cơ bản về thủy văn, thủy lực đô thị.....	49
3.1.2. Các khái niệm cơ bản về hệ thống thoát nước	54
3.1.3. Các khái niệm cơ bản về biến đổi khí hậu	55
3.2. Nguyên lý trữ nước mưa đô thị.....	57
3.3. Quy trình thiết kế công trình điều tiết nước mưa	60
3.3.1. Tính toán lưu lượng đỉnh dòng chảy tràn lớn nhất.....	60
3.3.2. Phân tích địa điểm áp dụng	65
3.3.3. Lựa chọn hệ thống trữ nước mưa.....	65
3.3.4. Xác định dung tích điều tiết nước mưa	68
3.3.5. Phương pháp mô hình thủy văn và thủy lực	75
3.4. Thiết kế hệ thống xả nước mưa.....	76
3.4.1. Hệ thống xả qua lỗ.....	76
3.4.2. Hệ thống xả bằng bơm.....	77

Chương 4: Tính toán thiết kế các công trình trữ nước mưa đô thị điển hình

4.1. Giải pháp rãnh thấm.....	79
4.2. Giải pháp ô trữ sinh học.....	85
4.3. Giải pháp rãnh thấp.....	88
4.4. Giải pháp hồ ngầm	94
4.5. Giải pháp hồ hở quy mô nhỏ	101

Chương 5: Ứng dụng mô hình EPA-SWMM mô phỏng các giải pháp trữ nước mưa	107
5.1. Giới thiệu mô hình EPA-SWMM.....	107
5.2. Cài đặt EPA-SWMM.....	109
5.3. Cơ sở lý thuyết EPA-SWMM	110
5.3.1. Dòng chảy tràn bề mặt.....	111
5.3.2. Thẩm	113
5.3.3. Nước ngầm	114
5.3.4. Tuyết tan.....	115
5.3.5. Tính toán dòng chảy	116
5.3.6. Động nước và tạo áp lực.....	116
5.3.7. Tính toán chất lượng nước.....	117
5.3.8. Biểu diễn LID	118
5.4. Trình soạn thảo LID	121
5.5. Ứng dụng EPA-SWMM mô phỏng các giải pháp LID.....	135
5.5.1. Mô tả bài toán	135
5.5.2. Thiết lập mô hình	136
5.5.3. Kết quả mô phỏng	140
5.6. Ứng dụng EPA-SWMM thiết kế hồ điều tiết nước mưa	143
5.6.1. Mô tả bài toán	143
5.6.2. Mô tả hệ thống.....	144
5.6.3. Thiết lập mô hình	149
5.6.4. Kết quả mô phỏng.....	161
Tài liệu tham khảo	166
Phụ lục 1	173
Phụ lục 2	176
Phụ lục 3	179

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1	Tổng quan quá trình phát triển HTTN khu vực TP HCM	4
Hình 1.2	Số trận mưa hàng năm giai đoạn 1982 đến 2019	5
Hình 1.3	Số trận mưa cực trị giai đoạn 1982 đến 2019	6
Hình 1.4	Xu thế tổng lượng mưa thời đoạn 15 - 60 phút tại trạm Tân Sơn Hòa	7
Hình 1.5	Xu thế tổng lượng mưa thời đoạn 90 - 360 phút tại trạm Tân Sơn Hòa	8
Hình 1.6	Vị trí các trạm quan trắc mực nước	11
Hình 1.7	Minh họa xu thế mực nước lớn nhất	13
Hình 1.8	Xu thế mực nước nhỏ nhất	14
Hình 1.9	Xu thế mực nước trung bình	15
Hình 1.10	Sự thay đổi tỷ lệ (%) diện tích đất không thấm tại TP HCM	16
Hình 1.11	Phân loại bề mặt không thấm và thấm khu vực TP HCM giai đoạn 1985 - 2020 bằng dữ liệu viễn thám.....	16
Hình 1.12	Định hướng dung tích trữ nước mưa trong khu vực đô thị..	18
Hình 2.1	Minh họa biến động hệ thống thủy văn trước và sau khi ĐTH.....	21
Hình 2.2	So sánh thay đổi các đại lượng thủy văn trước và sau khi ĐTH.....	22
Hình 2.3	Tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập	23
Hình 2.4	Cấu tạo hồ ngầm bê tông cốt thép	26
Hình 2.5	Hồ ngầm công nghệ Cross-wave.....	26
Hình 2.6	Minh họa tường vây hồ ngầm	27
Hình 2.7	Một số hình dạng của cọc Barrette	27
Hình 2.8.	Sơ đồ các thành phần cấu tạo của mái nhà xanh	28

Hình 2.9	Minh họa giải pháp thùng mưa.....	29
Hình 2.10	Cấu tạo của một vỉa hè thấm	30
Hình 2.11	Một số hình ảnh về vỉa hè thấm	31
Hình 2.12	Minh họa giải pháp ô trữ sinh học.....	32
Hình 2.13	Rãnh thấm khô và ướt tại khuôn viên Đại học Sains, Malaysia	34
Hình 2.14	Mặt cắt ngang một rãnh thực vật điển hình	34
Hình 2.15	Công viên Fengxiang, Hạ Khẩu, Trung Quốc.....	37
Hình 2.16	Hướng tiếp cận của chương trình ABC.....	38
Hình 2.17	Trung tâm thể thao Sport Hub, Singapore	39
Hình 2.18	Vùng đất ngập nước và rãnh thấm, ô trữ sinh học khu vực trung tâm thể thao.....	40
Hình 2.19	Khung cảnh công viên Songdo Central, Hàn Quốc	42
Hình 2.20	Hệ thống hồ ngầm tại công viên Songdo Central.....	43
Hình 2.21	Kênh Cheonggyecheon trước và sau khi cải tạo	44
Hình 2.22	Hồ điều tiết Arakawa số 1 tại Saitama, Nhật Bản	46
Hình 2.23	Nước lũ đi theo hệ thống kè tràn để vào khu trung tâm thể thao và được trữ, làm chậm	47
Hình 2.24	Sân vận động Nissan trước và sau khi có lũ.....	48
Hình 3.1	Minh họa lưu vực sông điển hình	49
Hình 3.2	Các cơ chế gây mưa.....	50
Hình 3.3	Biểu đồ quá trình mưa và mưa lũy tích.....	51
Hình 3.4	Minh họa đường quá trình dòng chảy điển hình.....	52
Hình 3.5	Minh họa đường cong IDF	53
Hình 3.6	Minh họa biểu đồ mưa thiết kế	53
Hình 3.7	Minh họa sơ đồ bố trí HTTN cơ bản và trữ nước mưa bổ sung	57

viii | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Hình 3.8	Nguyên lý điều tiết nước mưa đô thị	58
Hình 3.9	Hồ trữ nước mưa trực tiếp	58
Hình 3.10	Hồ trữ nước gián tiếp.....	59
Hình 3.11	Sơ đồ tính toán thiết kế công trình điều tiết nước mưa cho lưu vực	60
Hình 3.12	Biểu đồ dòng chảy theo phương pháp Rational cải tiến	69
Hình 3.13	Biểu đồ xác định dung tích trữ cần thiết	71
Hình 3.14	Ví dụ minh họa các khu vực cần tính toán trữ nước.....	75
Hình 3.15	Minh họa các ứng dụng mô hình EPA-SWMM để xác định dung tích trữ cần thiết	76
Hình 3.16	Minh họa mô hình xả qua lỗ.....	77
Hình 3.17	Minh họa hồ trữ nước có hệ thống bơm xả.....	77
Hình 4.1	Rãnh thấm được xây dựng trong khu đậu xe	79
Hình 4.2	Nguyên lý hoạt động rãnh thấm	80
Hình 4.3	Ô trữ sinh học trong khu dân cư	85
Hình 4.4	Mô hình ô trữ sinh học	86
Hình 4.5	Rãnh thấp trong khu vực dân cư tại Pháp	89
Hình 4.6	Nguyên lý hoạt động rãnh thấp	90
Hình 4.7	Mặt cắt ngang điển hình rãnh thấp với công trình thấm bên dưới	91
Hình 4.8	Hồ ngầm bằng mô-đun lắp ghép	95
Hình 4.9	Mặt cắt ngang hồ ngầm bằng bê tông hoặc thép (hình A) và bằng mô-đun lắp ghép (dạng hộp, hầm hoặc tổ ong) siêu nhẹ bằng nhựa (hình B)	96
Hình 4.10	Đồ thị xác định thể tích mưa cần trữ.....	99
Hình 4.11	Đồ thị xác định thể tích mưa cần trữ: vị trí tiếp tuyến đường bao những cơn mưa cắt tung độ	101

Hình 4.12	Hồ trữ nước mưa và thấm sau đó	102
Hình 4.13	Mặt cắt ngang trình bày nguyên lý hoạt động hồ trữ quy mô nhỏ	102
Hình 4.14	Lưu vực tính toán của dự án khu dân cư	104
Hình 4.15	Đồ thị xác định thể tích mưa cần trữ.....	106
Hình 5.1	Cửa sổ giao diện chính của EPA-SWMM	108
Hình 5.2	Sơ đồ hóa mô phỏng dòng chảy tràn của tiểu lưu vực.....	111
Hình 5.3	Mô hình khái niệm về dòng chảy mặt.....	112
Hình 5.4	Mô hình nước ngầm hai vùng.....	114
Hình 5.5	Sơ đồ khái niệm của ô trữ sinh học trong LID.....	120
Hình 5.6	Minh họa trình soạn thảo điều khiển LID	121
Hình 5.7	Trình nhập các thông số lớp bề mặt	122
Hình 5.8	Trình nhập các thông số lớp mặt đường.....	124
Hình 5.9	Trình nhập các thông số lớp đất	127
Hình 5.10	Trình nhập các thông số lớp lưu trữ.....	128
Hình 5.11	Trình nhập các thông số lớp thoát nước.....	130
Hình 5.12	Trình nhập các thông số lớp thấm thoát nước.....	133
Hình 5.13	Trình nhập các thông số lớp loại bỏ ô nhiễm.....	134
Hình 5.14	Minh họa vị trí bố trí các giải pháp LID	136
Hình 5.15	Khai báo thông số rãnh thấp cho tiểu lưu vực S3	137
Hình 5.16	Khai báo thông số rãnh thấp cho tiểu lưu vực S4	137
Hình 5.17	Khai báo thông số rãnh thấm cho tiểu lưu vực S1	138
Hình 5.18	Khai báo thông tin rãnh thấm cho tiểu lưu vực S2.....	138
Hình 5.19	Khai báo thông tin ô trữ sinh học cho lưu vực S4	139
Hình 5.20	Khai báo thông tin vỉa hè thấm cho lưu vực S5.....	140
Hình 5.21	So sánh đường quá trình dòng chảy tại cửa ra của lưu vực trước và sau khi ĐTH	141

x | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Hình 5.22	Tỷ lệ triết giảm lưu lượng đỉnh và thể tích dòng chảy tràn theo các phương án áp dụng LID.....	141
Hình 5.23	Vị trí bố trí hồ điều tiết cho lưu vực đã ĐTH.....	144
Hình 5.24	Khai báo đơn vị trữ trong EPA-SWMM.....	145
Hình 5.25	Khai báo lỗ thoát trong EPA-SWMM.....	147
Hình 5.26	Khai báo các thông số đập tràn trong EPA-SWMM.....	148
Hình 5.27	Đồ thị xác định thể tích lưu trữ chất lượng nước (UDFCD, 2001)	150
Hình 5.28	Phác họa sơ đồ kích thước cần thiết của một hồ điều tiết điển hình.....	151
Hình 5.29	Kích thước hình học của hồ chứa đảm nhận dung tích WQCV	152
Hình 5.30	Cửa sổ khai báo các thông số cho đơn vị trữ SU1	154
Hình 5.31	Quan hệ giữa độ sâu và diện tích hồ thiết kế.....	154
Hình 5.32	Bản đồ khu vực nghiên cứu với hồ điều tiết SU1.....	155
Hình 5.33	Trình khai báo các thông số của lỗ thoát Or1 trong EPA-SWMM.....	157
Hình 5.34	Cửa sổ khai báo thông số của lỗ thoát Or2.....	159
Hình 5.35	Cửa sổ khai báo thông số của lỗ thoát Or3.....	160
Hình 5.36	Cửa sổ khai báo thông số của đập tràn W1	161
Hình 5.37	Khu vực mô phỏng và chi tiết cấu trúc cửa xả	162
Hình 5.38	Chi tiết cửa xả của hồ điều tiết	162
Hình 5.39	Đồ thị dòng chảy tràn tại cửa ra ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại 2 năm	163
Hình 5.40	Đồ thị dòng chảy tràn tại cửa ra ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại 10 năm	164
Hình 5.41	Đồ thị dòng chảy tràn tại cửa ra ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại 100 năm	164

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1	Các tham số thống kê kiểm định Mann-Kendall và độ dốc Sen	7
Bảng 1.2	Thông tin các trạm quan trắc mực nước	10
Bảng 1.3	Tổng hợp xu thế mực nước tại các trạm quan trắc	12
Bảng 2.1	Một số ưu/nhược điểm của giải pháp trữ nước mưa	35
Bảng 2.2	Thống kê trữ nước mưa tại Seoul, Hàn Quốc	41
Bảng 3.1	Giá trị hệ số dòng chảy	61
Bảng 3.2	Lượng mưa thiết kế ứng với các chu kỳ lặp lại	63
Bảng 3.3	Thời gian tập trung nước cho các diện tích lưu vực	63
Bảng 3.4	Đặc điểm của một số hệ thống trữ nước mưa	66
Bảng 3.5	Hệ số điều hòa nước mưa	68
Bảng 4.1	Thống kê diện tích bề mặt phủ của khu vực dự án	105
Bảng 5.1	Các lớp sử dụng để mô phỏng các loại kỹ thuật LID	120
Bảng 5.2	Ý nghĩa các trường của trình điều khiển LID	121
Bảng 5.3	Ý nghĩa các thuộc tính lớp bề mặt	123
Bảng 5.4	Ý nghĩa các thuộc tính lớp mặt đường	124
Bảng 5.5	Ý nghĩa các thuộc tính của lớp đất	127
Bảng 5.6	Ý nghĩa các thuộc tính lớp lưu trữ	129
Bảng 5.7	Ý nghĩa các thuộc tính lớp thoát nước	131
Bảng 5.8	Các thông số thiết kế rãnh thấp	136
Bảng 5.9	Các thông số thiết kế rãnh thấm	138
Bảng 5.10	Các thông số thiết kế ô trữ sinh học	139
Bảng 5.11	Các thông số thiết kế vỉa hè thấm	140

xii | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Bảng 5.12	Hiệu quả giảm đỉnh và thể tích dòng chảy của các phương án áp dụng LID	142
Bảng 5.13	Lưu lượng đỉnh tại cửa ra lưu vực trước và sau khi ĐTH ...	143
Bảng 5.14	Dữ liệu các tiểu lưu vực sau khi ĐTH	151
Bảng 5.15	Thiết kế lỗ thoát cho dung tích WQCV (Or1)	156

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Chú giải
ABC	: Active, Beautiful, Clean waters - Chủ động, Đẹp, Sạch
BĐKH	: Biến đổi khí hậu
BTCT	: Bê tông cốt thép
CGP và PGP	: Concrete and plastic grid pavers - Vía hè lưới bê tông và nhựa
CSTR	: Continuously stirred tank reactor - Thiết bị phản ứng thùng có khuấy liên tục
ĐTH	: Đô thị hóa
EPA	: Environmental Protection Agency - Cơ quan Bảo vệ Môi trường
GI	: Green Infrastructure - Hạ tầng xanh
GSEED	: Green Standard for Energy and Environmental Design - Tiêu chuẩn Xanh sửa đổi về Năng lượng và Thiết kế Môi trường
ha	: Đơn vị diện tích héc ta
HTTN	: Hệ thống thoát nước
IDF	: Intensity - Duration - Frequency - Cường độ mưa - Thời gian mưa - Tần suất mưa
LID	: Low impact development - Phát triển tác động thấp
MK và TFPW	: Mann-Kendall và Trend-free prewhitening
MRM	: Phương pháp cải tiến Rational
NBD	: Nước biển dâng
NRCS	: Phương pháp đường cong Narrow Roadway Curve Survey
PICP	: Permeable interlocking concrete pavers - Vía hè bê tông có khả năng thấm
PP	: Permeable pavement - Vía hè thấm
PA	: Porous asphalt - Vía hè nhựa xốp
PC	: Porous concrete - Vía hè bê tông xốp

xiv | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Từ viết tắt	Chú giải
SUDS	: Sustainable Urban Drainage Systems - Hệ thống thoát nước đô thị bền vững
SWMM	: Storm Water Management Model – Mô hình quản lý nước mưa
TP HCM	: Thành phố Hồ Chí Minh
UDFCD	: Urban Drainage and Flood Control District-Khu Thoát nước Đô thị và Kiểm soát Ngập lụt
WBHS	: Well-Balanced Hydrological System - Hệ thống thủy văn cân bằng
WQCV	: Water quality capture volume - Thể tích đảm bảo chất lượng nước
WSUD	: Water Sensitive Urban Design - Thiết kế đô thị nhạy cảm với nước

Lời nói đầu

Trữ nước mưa được xem là tiếp cận hiệu quả để kiểm soát sự gia tăng dòng chảy tràn ở các đô thị do hệ quả của biến đổi khí hậu và gia tăng quá mức cho phép diện tích bề mặt không thấm. Dòng chảy tràn thặng dư vượt quá năng lực thiết kế của hệ thống thoát nước được kiểm soát thông qua quá trình trữ, thấm, làm chậm dòng chảy. Bên cạnh mục tiêu giảm nhẹ ngập lụt, tiếp cận trữ nước mưa còn góp phần cải tạo cảnh quan đô thị, cải thiện điều kiện vi khí hậu, giảm thiểu ô nhiễm môi trường nước mặt, hỗ trợ sử dụng nước mưa và bổ cập nước ngầm.

Để khắc phục những hạn chế theo tiếp cận truyền thống, các đô thị trên thế giới đã và đang áp dụng tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập, thông qua việc chuyển đổi từ hạ tầng xám sang hạ tầng xanh, từ tiếp cận thoát nước nhanh sang thoát nước chậm. Nhiều chương trình kiểm soát 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.

Tài liệu sách chuyên khảo “*Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa đô thị*” được biên soạn nhằm giới thiệu về cung cấp những kiến thức và thông tin bổ ích để nâng cao nhận thức, phương pháp tính toán thiết kế và triển khai áp dụng các giải pháp trữ nước mưa phục vụ giảm ngập đô thị.

Nội dung sách chuyên khảo là tập hợp một số kết quả của đề tài “*Đề xuất các giải pháp trữ nước mưa góp phần quản lý ngập lụt bền vững cho TP HCM dưới tác động của tốc độ đô thị hóa và biến đổi khí hậu*” do Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP HCM chủ trì, Sở Khoa học và Công nghệ TP HCM tài trợ kinh phí.

Trong lần biên soạn đầu tiên, tài liệu không thể tránh khỏi những hạn chế, thiếu sót do kiến thức, kinh nghiệm về giải pháp trữ nước mưa đô thị còn

xvi | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

có hạn và thời gian biên soạn ngắn. Tập thể tác giả mong muốn nhận được góp ý của các bạn đọc để bổ sung, hoàn thiện tài liệu trong những lần tái bản tiếp theo. Thông tin góp ý xin vui lòng gửi về:

PGS. TS. Châu Nguyễn Xuân Quang

ĐT: 0933030801; Email: cnxquang@gmail

Xin trân trọng cảm ơn quý độc giả.

T/M Tập thể tác giả

PGS. TS. Châu Nguyễn Xuân Quang

TÓM TẮT

Tài liệu “*Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa đô thị*” được biên soạn nhằm mục tiêu giới thiệu về (1) sự cần thiết của giải pháp trữ nước mưa để giảm nhẹ ngập lụt đô thị; (2) tổng quan về các giải pháp trữ nước mưa đô thị điển hình; (3) phương pháp xác định dung tích trữ cần thiết và hướng dẫn tính toán thiết kế các công trình trữ nước mưa đô thị điển hình; (4) ứng dụng mô hình toán EPA-SWMM mô phỏng đánh giá hiệu quả kiểm soát dòng chảy tràn của các công trình trữ nước mưa điển hình.

Với mục tiêu như trên, tài liệu được biên soạn thành 5 chương với nội dung như sau:

Chương 1: Mở đầu

Chương 1 trình bày về sự cần thiết của hệ thống trữ nước mưa để thích ứng với tác động của biến đổi khí hậu và đô thị hóa nhanh trong khu vực đô thị. Bên cạnh đó, những thông tin cơ bản về hệ thống hạ tầng thoát nước, biến động xu thế lượng mưa, mực nước, diện tích bề mặt phủ tại TP HCM cũng được giới thiệu. Khuyến nghị về định hướng áp dụng các giải pháp trữ nước mưa cho khu vực TP HCM cũng được trình bày trong chương này.

Chương 2: Tổng quan các giải pháp trữ nước mưa đô thị

Chương 2 giới thiệu tóm tắt các kỹ thuật trữ nước mưa điển hình được áp dụng tại các đô thị trên thế giới như hồ điều tiết hồ, hồ điều tiết ngầm, mái nhà xanh, thùng chứa nước mưa, vỉa hè thấm, ô trữ sinh học/vườn mưa, rãnh thực vật. Ngoài ra, để cung cấp thêm thông tin về tình hình áp dụng các giải pháp trữ nước mưa tại các đô thị trên thế giới, các chương trình trữ nước mưa điển hình và thành công tại đô thị ở châu Á (Singapore, Trung Quốc, Hàn Quốc, Nhật Bản) cũng được giới thiệu.

Chương 3: Tính toán dung tích điều tiết nước mưa

Nội dung Chương 3 bao gồm các phần chính như sau:

- + Giới thiệu các khái niệm cơ bản về thủy văn, thủy lực đô thị, hệ thống thoát nước và biến đổi khí hậu.
- + Nguyên lý trữ nước mưa và quy trình thiết kế công trình điều tiết nước mưa (tính toán lưu lượng đỉnh, lựa chọn hệ thống trữ nước mưa, xác định dung tích điều tiết).
- + Thiết kế hệ thống xả công trình trữ nước mưa.

Chương 4: Tính toán thiết kế các công trình trữ nước mưa điển hình

Chương 4 trình bày về cách tính toán thiết kế một số công trình trữ nước mưa điển hình như giải pháp rãnh thấm, ô trữ sinh học, rãnh thấp, hồ điều tiết ngầm, hồ điều tiết hở quy mô nhỏ.

Chương 5: Ứng dụng mô hình EPA-SWMM mô phỏng các công trình trữ nước mưa

Nội dung Chương 5 gồm 2 phần chính như sau:

- + Giới thiệu tóm tắt về mô hình EPA-SWMM và cách mô phỏng các kiểm soát LID trong mô hình EPA-SWMM
- + Ứng dụng EPA-SWMM mô phỏng đánh giá hiệu quả kiểm soát dòng chảy tràn của các giải pháp LID như một hệ thống điều tiết phân tán trong khu vực và thiết kế hồ điều tiết nước mưa dạng hở điển hình.

Phân công biên soạn tài liệu như sau:

PGS. TS. Châu Nguyễn Xuân Quang là chủ biên và chủ trì biên soạn tất cả các chương.

TS. Trần Ngọc Tiến Dũng tham gia biên soạn chương 4.

NCS. ThS. Ngô Ngọc Hoàng Giang tham gia biên soạn chương 2.

NCS. ThS. Hồ Văn Hòa tham gia biên soạn chương 5.

CHƯƠNG

1

MỞ ĐẦU

1.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Lũ lụt là một vấn đề nghiêm trọng ở nhiều khu vực thành thị trên thế giới, đặc biệt là ở các nước đang phát triển trong mùa mưa. Nguyên nhân chính gây ra tình trạng ngập lụt là do hạ tầng thoát nước kém, biến đổi khí hậu (BĐKH) và đô thị hoá (ĐTH) quá mức cho phép. Giải pháp trữ nước mưa đang được xem là một trong những giải pháp hiệu quả để giảm nhẹ tình trạng ngập lụt đô thị do tác động của ĐTH và BĐKH.

Giải pháp trữ nước mưa đang được áp dụng phổ biến tại nhiều đô thị trên thế giới thông qua các cách tiếp cận như hệ thống thoát nước (HTTN) bền vững (SUDS), phát triển tác động thấp (LID), thiết kế đô thị nhạy cảm với nước (WSUD) và thành phố bọt biển (Sponge City). Áp dụng các giải pháp trữ nước mưa phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện tự nhiên, hạ tầng kỹ thuật và kinh tế - xã hội của đô thị. Do đó, việc triển khai các giải pháp này cần được nghiên cứu điều chỉnh cho phù hợp trước khi triển khai áp dụng.

2 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Tại TP HCM nói riêng và Việt Nam nói chung, tiếp cận trữ nước mưa đã được đề cập và triển khai thí điểm từ nhiều năm qua. Tuy nhiên, giải pháp này vẫn chưa được triển khai đại trà vì nhiều lý do khác nhau.

Các giải pháp trữ nước mưa có thể được phân loại thành 3 nhóm gồm: trữ nước mưa tập trung quy mô khu vực hoặc vùng, trữ nước mưa phân tán trên toàn bộ lưu vực và trữ nước mưa gắn với công trình riêng lẻ.

Tài liệu này nhằm giới thiệu về tiếp cận trữ nước mưa, cách xác định dung tích trữ nước mưa cần thiết, các mô hình trữ nước mưa điển hình, cách tính toán thiết kế một số công trình trữ nước mưa điển hình và ví dụ mô phỏng đánh giá hiệu quả hoạt động của các giải pháp trữ nước mưa bằng mô hình EPA-SWMM.

1.2. SỰ CẦN THIẾT CỦA HỆ THỐNG TRỮ NƯỚC MƯA ĐÔ THỊ

Quá trình ĐTH làm gia tăng bề mặt không thấm do bê tông hóa và giảm khả năng điều tiết tự nhiên của lưu vực do lượng thấm giảm và khu vực trũng thấp bị san lấp. Hệ quả trực tiếp của quá trình ĐTH là làm cho dòng chảy tràn tăng lên đáng kể so với trước khi ĐTH. Theo nghiên cứu của Arnold và nnk (1996), dòng chảy tràn tăng lên gấp hai lần so với lưu vực tự nhiên nếu diện tích bề mặt không thấm tăng từ 10 đến 20%, gấp ba lần nếu bề mặt không thấm tăng từ 35 đến 50% và gấp hơn năm lần nếu diện tích bề mặt không thấm tăng từ 75 đến 100% [1].

BĐKH làm cho các trận mưa cực trị xảy ra thường xuyên hơn và có tổng lượng mưa lớn hơn. Biến đổi chế độ mưa do tác động của BĐKH dẫn đến quá tải HTTN vốn đã được thiết kế ứng với lượng mưa thiết kế tính toán từ dữ liệu trong quá khứ. Do đó, lượng mưa gia tăng do tác động của BĐKH gây ra tình trạng ngập lụt tại các khu

vực đã xây dựng hoàn chỉnh hạ tầng thoát nước và làm trầm trọng thêm tình hình ngập lụt tại các khu vực chưa xây dựng hoàn chỉnh hạ tầng thoát nước.

Để thích ứng với tác động của ĐTH và BĐKH, các đô thị trên thế giới đang thực hiện quá trình chuyển đổi từ hạ tầng xám sang hạ tầng xanh với tiếp cận thoát nước từ thoát nhanh sang thoát chậm. Trái với tiếp cận thoát nước nhanh (giải pháp truyền thống) cố gắng vận chuyển lượng nước mưa ra nơi tiếp cận càng nhanh càng tốt, tiếp cận thoát nước chậm (giải pháp hiện đại) cố gắng làm chậm quá trình tập trung dòng chảy, trữ lại phần lớn lượng nước mưa, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thấm xảy ra và chỉ thoát ra nơi tiếp nhận nước khi cần thiết.

Các đô thị trên thế giới đã hình thành một không gian trữ nước mưa bằng nhiều giải pháp khác nhau để thực hiện quá trình chuyển đổi từ tiếp cận thoát nước nhanh sang thoát nước chậm, từ hạ tầng xám sang hạ tầng xanh. Không gian trữ nước mưa có thể là các hồ chứa tự nhiên hay nhân tạo hoặc các khu vực trữ nước mưa phân tán như rãnh thấm, ô trữ sinh học, các khu vực điều tiết khô hoặc các hồ trữ ngầm. Các bể chứa nước mưa ngầm hoặc hở gắn liền với công trình tòa nhà riêng lẻ cũng được khuyến khích áp dụng.

Hệ thống trữ nước mưa đóng vai trò điều tiết trữ tạm nước mưa khi lượng mưa đạt đỉnh, vượt quá khả năng thiết kế của HTTN. Tại thời điểm xảy ra mưa lớn, kết hợp với triều cường, lượng nước mưa không tiêu thoát được sẽ tích trữ tạm thời trong hồ và được thoát ra sông rạch ngay sau đó. Giải pháp sử dụng hồ điều tiết tuy chưa được sử dụng rộng rãi tại TP HCM nhưng đã được áp dụng thành công tại các đô thị lớn ở Nhật Bản, Hà Lan và các nước trong khu vực như Singapore, Thailand, Malaysia,....

4 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Ngoài mục đích trữ nước chống ngập, hồ điều tiết còn được xem là giải pháp hiệu quả nhằm cải thiện môi trường, tăng mỹ quan đô thị, khai thác và sử dụng hiệu quả nguồn tài nguyên nước mưa. Hơi nước và cây xanh xung quanh các hồ điều tiết sẽ giúp giảm sự nóng bức, thoáng mát hơn cho khu vực xung quanh hồ. Nguồn nước từ các hồ điều tiết này có thể còn phục vụ cho công tác phòng cháy chữa cháy, cấp nước, tưới nước cho cây xanh và bổ cập cho nguồn nước dưới đất đang bị khai thác quá mức như hiện nay.

1.3. TÓM TẮT HỆ THỐNG HẠ TẦNG THOÁT NƯỚC KHU VỰC TP HCM

Quá trình phát triển hạ tầng thoát nước khu vực TP HCM có thể được tóm tắt trong Hình 1.1.



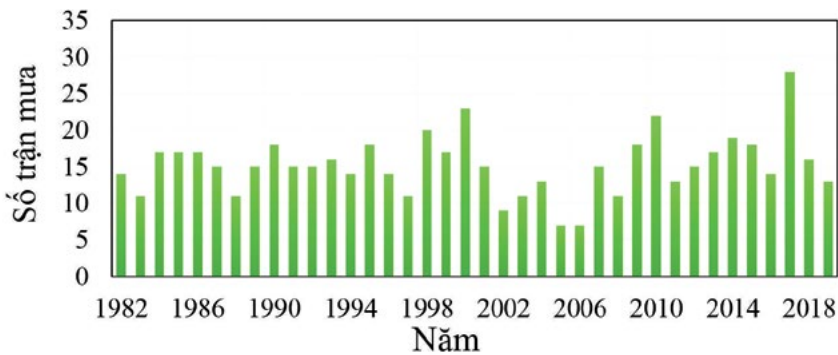
Hình 1.1 Tổng quan quá trình phát triển HTTN khu vực TP HCM

Kể từ năm 2001 đến nay, HTTN khu vực TP HCM đã và đang được đầu tư xây dựng theo 03 bản quy hoạch chính: Quy hoạch tổng thể HTTN TP HCM đến năm 2020 được Thủ tướng phê duyệt tại Quyết định số 752/QĐ-TTg ngày 19 tháng 6 năm 2001; Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực TP HCM được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 1547/QĐ-TTg ngày 28 tháng 10 năm 2008; 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.

Hầu hết các công trình HTTN của thành phố đều được thiết kế và xây dựng dựa theo tiếp cận thoát nước nhanh với kích thước công trình được xác định cố định từ các thông số khí tượng thủy văn, địa hình và quy hoạch sử dụng đất được xác định từ tài liệu trong quá khứ, nên rất khó thích ứng với những biến động trong tương lai như gia tăng cường độ mưa, nước biển dâng, hệ số dòng chảy tràn thực tế lớn hơn thiết kế.

1.4. BIẾN ĐỘNG LƯỢNG MƯA KHU VỰC TP HCM

Từ 1982 đến 2019 đã xảy ra 579 trận mưa có vũ lượng lớn hơn 30 mm (lượng mưa bắt đầu có khả năng gây ngập) tại trạm Tân Sơn Hòa. Năm 2017 là năm có số lượng trận mưa lớn nhất với 28 trận/năm lớn hơn 30 mm, năm 2005 và 2006 có số trận mưa ít nhất là 7 trận/năm, trung bình từ 1982 - 2019 mỗi năm xảy ra 15,2 trận mưa có vũ lượng lớn hơn 30 mm. Nhìn chung số lượng trận mưa có xu thế tăng nhẹ.

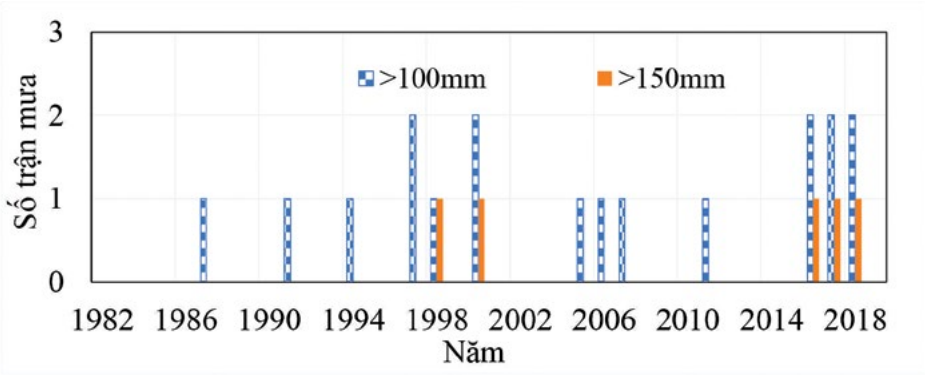


Hình 1.2 Số trận mưa hàng năm giai đoạn 1982 đến 2019

Trong vòng 18 năm (1982 - 1999) chỉ xảy ra 6 trận mưa có vũ lượng lớn hơn 100 mm nhưng trong vòng 20 năm (2000 - 2019) 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

6 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

hơn 100 mm nhưng từ 2016 - 2019 (4 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 - 2019 (4 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.

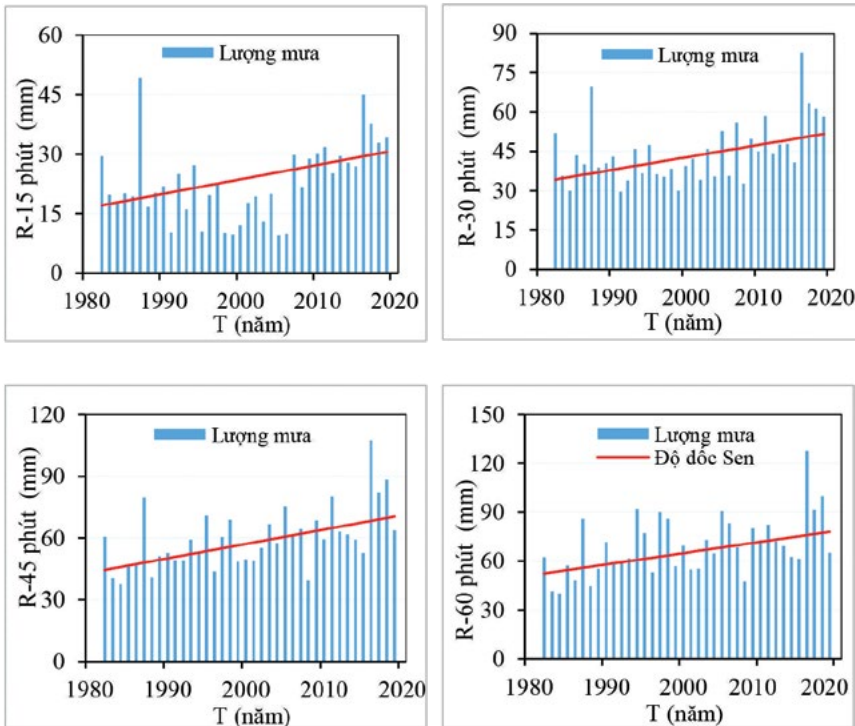


Hình 1.3 Số trận mưa cực trị trong giai đoạn 1982 đến 2019

Kết quả cho thấy lượng mưa lớn nhất của các thời đoạn ngắn từ 15 đến 90 phút 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. Lượng mưa thời đoạn 120 phút có xu thế tăng vừa phải và có ý nghĩa thống kê, trong khi đó lượng mưa thời đoạn dài từ 180 phút đến 360 phút là có xu thế tăng chậm nhưng không có ý nghĩa thống kê ($Z < 1,96$). Gia tăng lượng mưa trong thời đoạn ngắn dẫn đến gia tăng nguy cơ ngập lụt do một lượng mưa lớn tập trung trong khoảng thời gian ngắn vượt quá khả năng thiết kế của HTTN.

Bảng 1.1 Các tham số thống kê kiểm định Mann-Kendall và độ dốc Sen

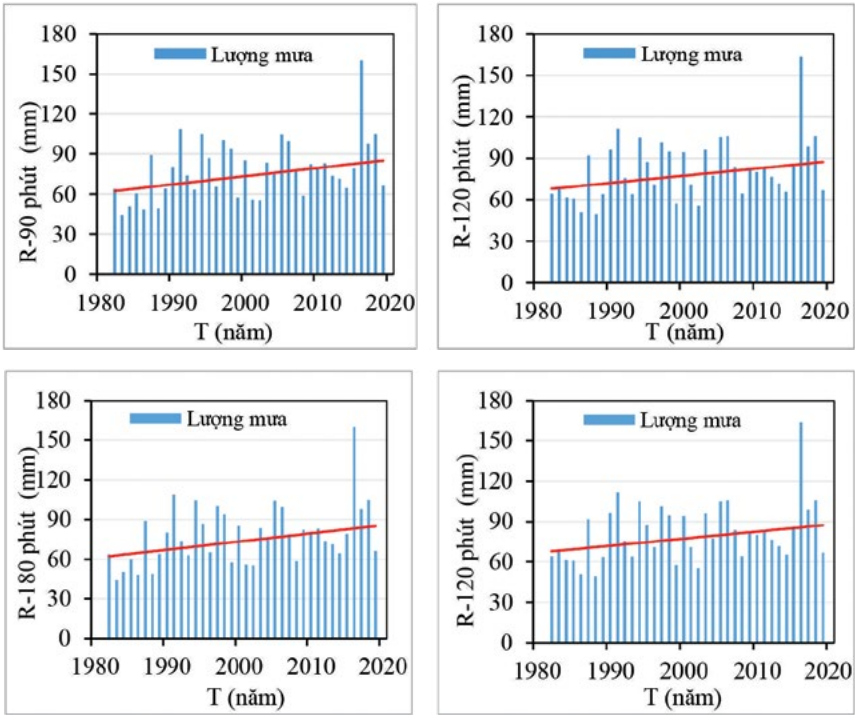
Thời đoạn (phút)	p	Z	Độ dốc Sen	Ý nghĩa thống kê
15	0,01	2,50	0,36	Có
30	0,01	2,73	0,47	Có
45	0,00	3,61	0,70	Có
60	0,01	2,79	0,69	Có
90	0,04	2,04	0,62	Có
120	0,05	1,99	0,53	Có
180	0,06	1,89	0,64	Không
360	0,39	0,85	0,44	Không



Hình 1.4 Xu thế tổng lượng mưa thời đoạn 15 - 60 phút tại trạm Tân Sơn Hòa

8 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Năm 1987 xảy ra lượng mưa lớn nhất thời đoạn 15 phút với giá trị 49,3 mm và lặp lại vào năm 2016 nhưng với lượng mưa 45 mm, nhỏ hơn so với năm lịch sử 1987. Tuy nhiên nếu xét lượng mưa trong thời đoạn 45 phút thì năm 2016 có lượng mưa lớn nhất là 82,5 mm và đây cũng là năm xảy ra trận mưa lịch sử với cường độ mưa lớn nhất cho tất cả các thời đoạn. Mặc dù trận mưa năm 2018 do ảnh hưởng của bão USAGI có tổng lượng mưa lớn nhất từ 1982 đến nay nhưng xảy ra trong thời gian 1.545 phút (25,75 giờ) và tổng lượng mưa tối đa trong thời đoạn 15 phút chỉ 30,19 mm nên xét về khía cạnh thoát nước nó không nguy hiểm bằng trận mưa xảy ra năm 2016.



Hình 1.5 Xu thế tổng lượng mưa thời đoạn 90 - 360 phút tại trạm Tân Sơn Hòa

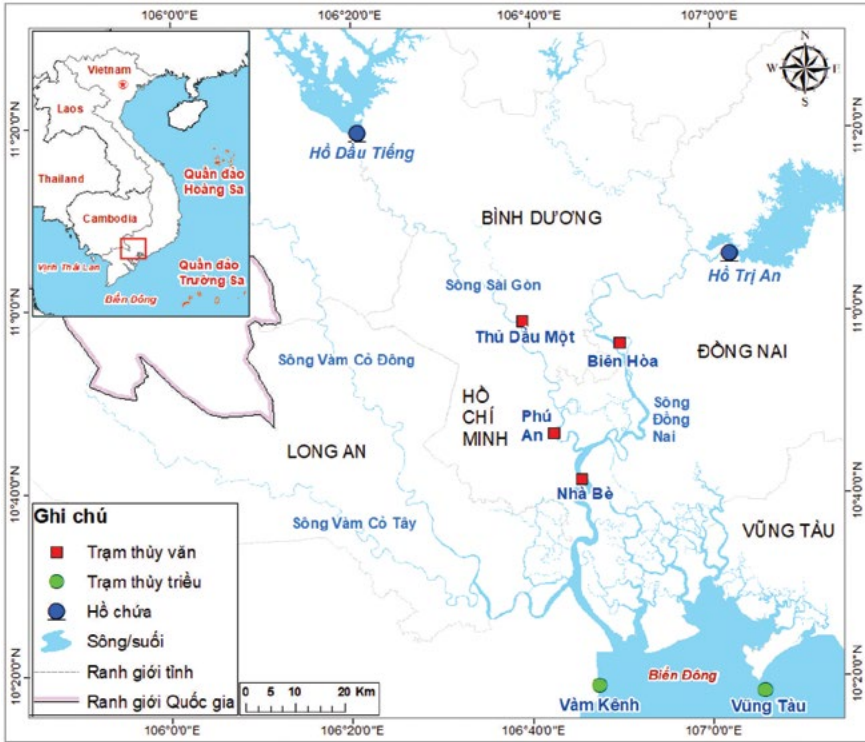
Nhìn chung trong giai đoạn trước năm 2010 chỉ có năm 1987 xảy ra mưa lớn nhất, thời gian xảy ra lượng mưa lịch sử được lặp lại sau 20 năm nhưng với tổng lượng và cường độ lớn hơn. Hơn nữa sau thời gian 2016, lượng mưa lớn nhất của các thời đoạn đều cao hơn so với thời kỳ trước 2016, đặc biệt là trong các thời đoạn ngắn. Điều này cho thấy xu thế gia tăng cường độ mưa đang gây ra áp lực đến HTTN khu vực TP HCM. Để ứng phó kịp thời thì việc bổ sung nâng cấp năng lực thoát nước là rất cần thiết để giảm nhẹ tác động của các trận mưa cực đoan gây ra ngập lụt nghiêm trọng như các đô thị khác trên thế giới.

1.5. XU THẾ MỨC NƯỚC KHU VỰC TP HCM

Để xem xét xu thế thủy văn khu vực, phương pháp kiểm định phi tham số Mann-Kendall (MK) và biến thể của nó TFPW được sử dụng nhằm loại bỏ ảnh hưởng của tính tự tương quan. Chuỗi dữ liệu mực nước sông được phân tích tại 6 trạm Biên Hòa, Nhà Bè trên sông Đồng Nai, trạm Thủ Dầu Một, Phú An trên sông Sài Gòn và trạm Vũng Tàu, Vàm Kênh (trạm quan trắc thủy triều) giai đoạn 1980 – 2019. Dữ liệu quan trắc theo giờ được thu thập tại Đài Khí tượng Thủy Văn khu vực Nam Bộ. Do đó, những dữ liệu này phản ánh đầy đủ sự dao động tự nhiên của mực nước sông và có thể được coi là một yếu tố để phân tích xu hướng thủy văn. Các kịch bản dữ liệu mực nước tối đa H_{\max} , mực nước trung bình H_{mean} và mực nước tối thiểu H_{\min} được đưa ra phân tích.

Bảng 1.2 Thông tin các trạm quan trắc mực nước

STT	Thông tin vị trí				Mực nước (m)		
	Trạm	Thời gian	Lat/ Long	Sông	Max	Mean	Min
1	Biên Hòa	1980 - 2019	10 ^o 56’/ 106 ^o 50’	Đồng Nai	2,19	0,31	-2,06
2	Nhà Bè	1981 - 2019	10 ^o 41’/ 106 ^o 45’	Đồng Nai	1,80	0,04	-2,70
3	Thủ Dầu Một	1980 - 2019	10 ^o 52’/ 106 ^o 42’	Sài Gòn	1,67	0,21	-2,55
4	Phú An	1980 - 2019	10 ^o 49’/ 106 ^o 43’	Sài Gòn	1,74	0,11	-2,52
5	Vàm Kênh	1984 - 2018	10 ^o 16’/ 106 ^o 43’	Triều	1,73	-0,07	-2,67
6	Vũng Tàu	1980 - 2019	10 ^o 22’/ 107 ^o 42’	Triều	1,48	-0,23	-3,32



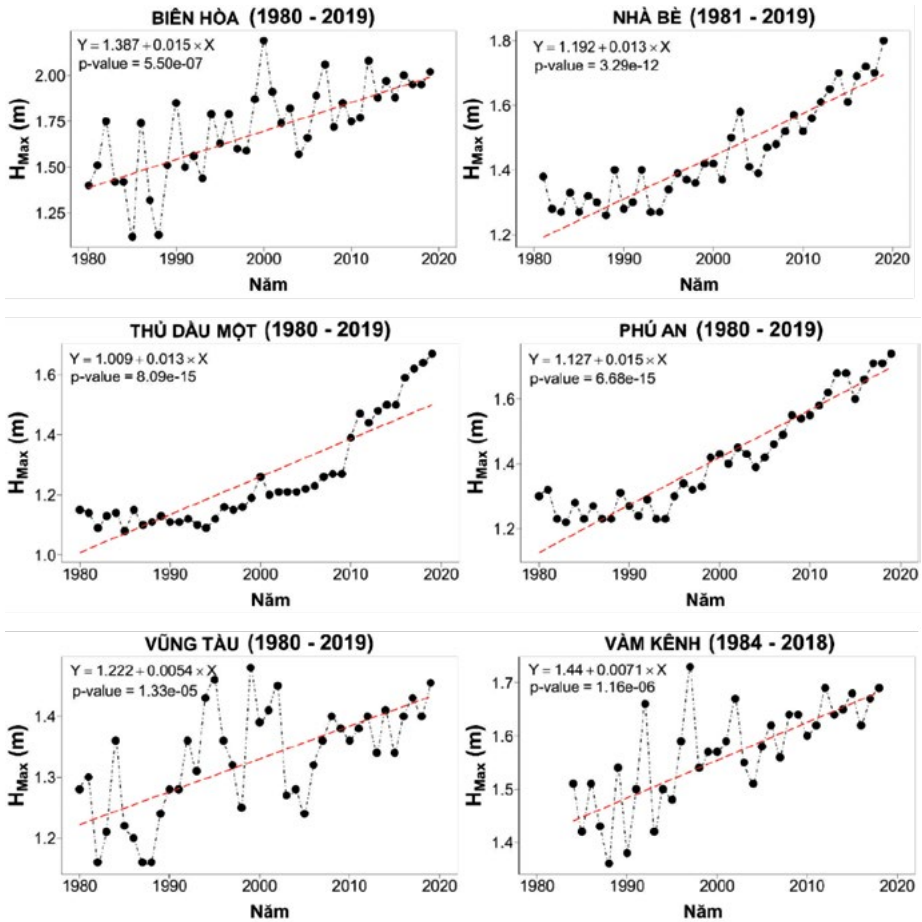
Hình 1.6 Vị trí các trạm quan trắc mực nước

Bảng 1.3 Tổng hợp xu thế mực nước tại các trạm quan trắc

Trạm quan trắc	Phương pháp	H _{Max}		H _{Mean}		H _{Min}	
		Z	Sen	Z	Sen	Z	Sen
Sông Đồng Nai							
Biên Hòa	TFPW	5,01	1,55	4,89	0,72	-0,94	-0,16
	MK	5,14	1,55	4,44	0,76	-0,47	-0,07
Nhà Bè	TFPW	6,96	1,32	6,54	0,45	-1,76	-0,36
	MK	6,58	1,25	5,78	0,42	-1,77	-0,38
Sông Sài Gòn							
Thủ Dầu Một	TFPW	7,77	1,26	7,02	0,75	5,37	1,84
	MK	7,04	1,11	5,6	0,70	4,94	1,80
Phú An	TFPW	7,79	1,47	6,41	0,49	1,6	0,25
	MK	7,15	1,38	5,58	0,47	0,9	0,17
Trạm thủy triều							
Vàm Kênh	TFPW	4,86	0,71	6,49	0,64	3,94	0,75
	MK	4,84	0,69	6,33	0,65	3,50	0,83
Vũng Tàu	TFPW	4,36	0,54	4,89	0,33	1,21	0,20
	MK	3,97	0,50	4,53	0,33	1,25	0,20

Ghi chú: Z có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%; +Z: xu hướng tăng, ngược lại -Z: xu hướng giảm

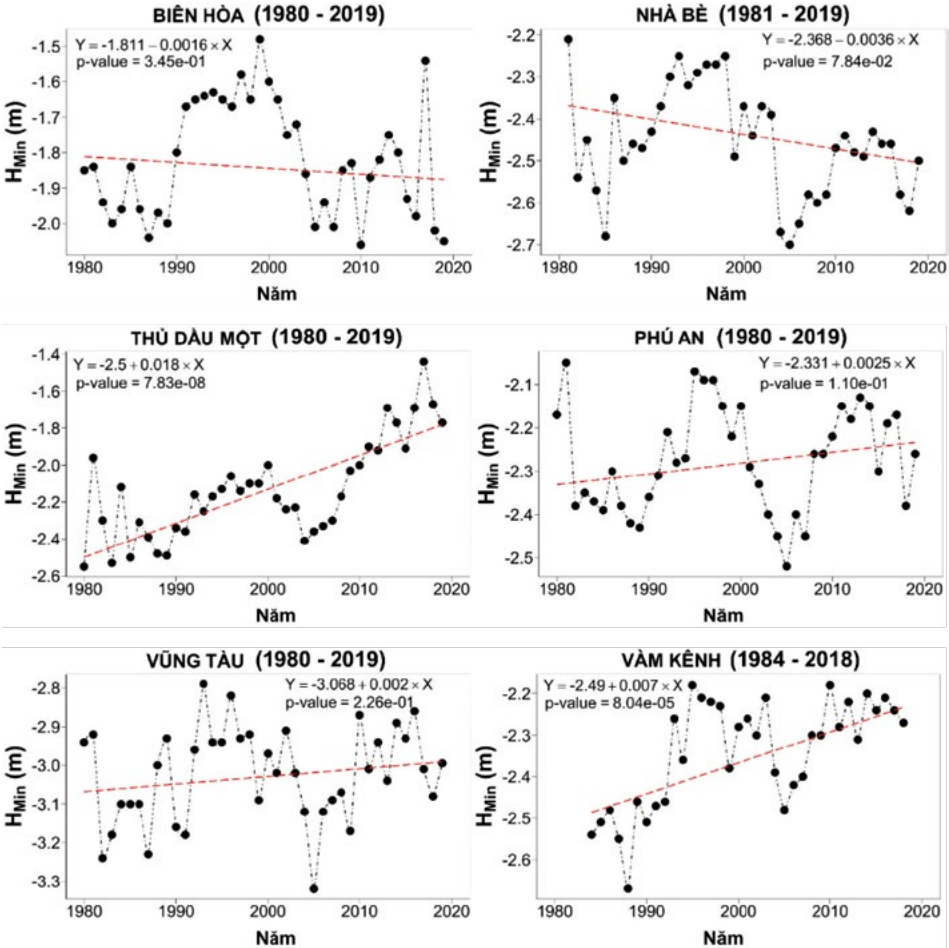
Mực nước lớn nhất tại các trạm quan trắc có xu hướng tăng lên và có ý nghĩa thống kê (độ tin cậy 95%) khi áp dụng cả hai phương pháp thử nghiệm MK và TFPW. Xu thế và tốc độ dâng mực nước lần lượt cao nhất vào khoảng 1,55 cm/năm, 1,32 cm/năm, 1,26 cm/năm và 1,47 cm/năm tại các trạm Biên Hòa, Nhà Bè, Thủ Dầu Một và Phú An (tính theo TFPW). Mặt khác, mực nước dâng chậm tại các trạm quan trắc mực nước triều (Vũng Tàu, Vàm Kênh), dao động trong khoảng 0,5 cm/năm đến 0,71 cm/năm.



Hình 1.7 Minh họa xu thế mực nước lớn nhất

Đối với xu hướng mực nước nhỏ nhất H_{min} tại các trạm quan trắc không rõ ràng ngoại trừ tại trạm Thủ Dầu Một và Vàm Kênh. Trên sông Sài Gòn, mực nước tại trạm Thủ Dầu Một tăng lên khoảng 1,8 cm/năm. Trong khi đó, mực nước tối thiểu ở trạm Phú An chỉ tăng nhẹ (0,17 cm/năm) và không có ý nghĩa thống kê. Trên sông Đồng Nai, mực nước tối thiểu tại trạm Biên Hòa không thay đổi nhiều nhưng tại trạm Nhà Bè có mức giảm nhẹ khoảng 0,38 cm/năm.

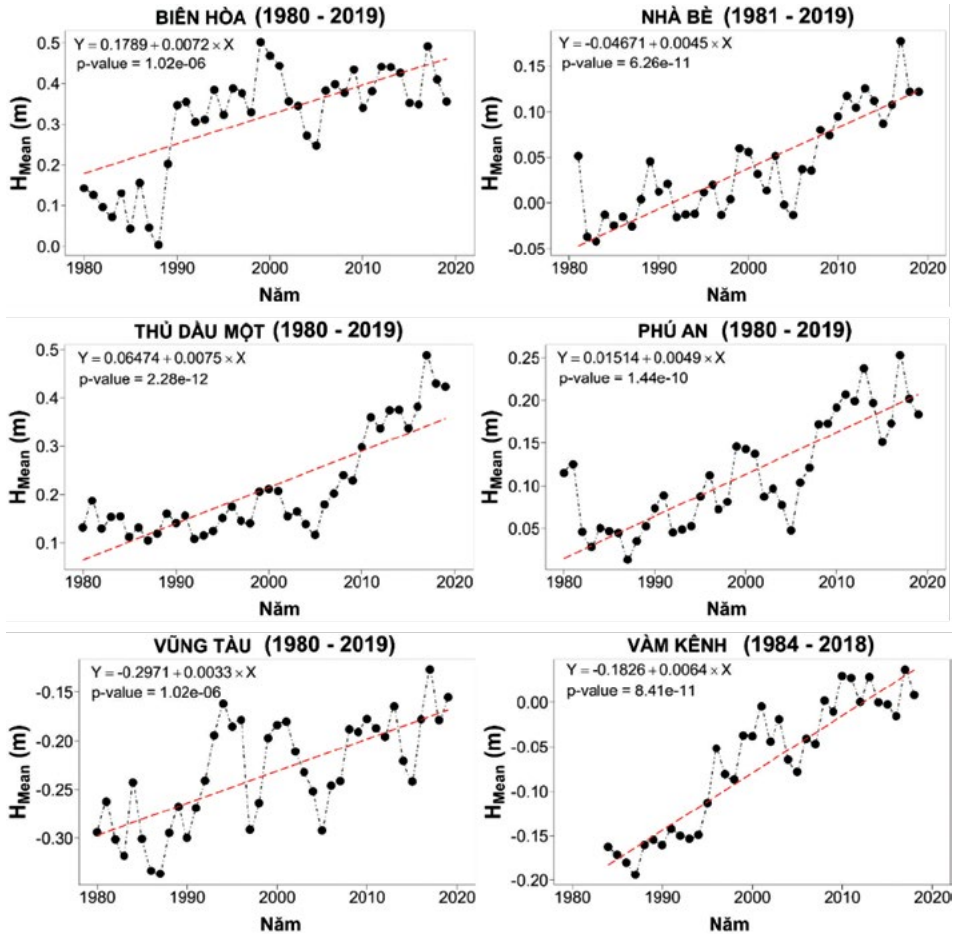
14 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị



Hình 1.8 Xu thế mực nước nhỏ nhất

Kết quả phân tích xu hướng mực nước bình quân H_{mean} cho thấy xu hướng ngày càng tăng trên tất cả các trạm quan trắc. Trên sông Đồng Nai, mực nước tăng trung bình khoảng 0,76 cm/năm tại trạm Biên Hòa và 0,42 cm/năm tại trạm Nhà Bè. Trên sông Sài Gòn, mực nước trung bình tăng khoảng 0,7 cm/năm tại Thủ Dầu Một và 0,47 cm/năm tại Phú An. Tương tự các trạm nội đồng, mực nước trung bình tại các trạm thủy triều có xu hướng tăng. Đáng chú ý, tốc độ gia tăng mực nước trung bình của trạm Vàm Kênh khoảng 0,65 cm/năm, cao hơn

hai lần so với tốc độ gia tăng mực nước trung bình tại trạm Vũng Tàu (0,33 cm/năm).



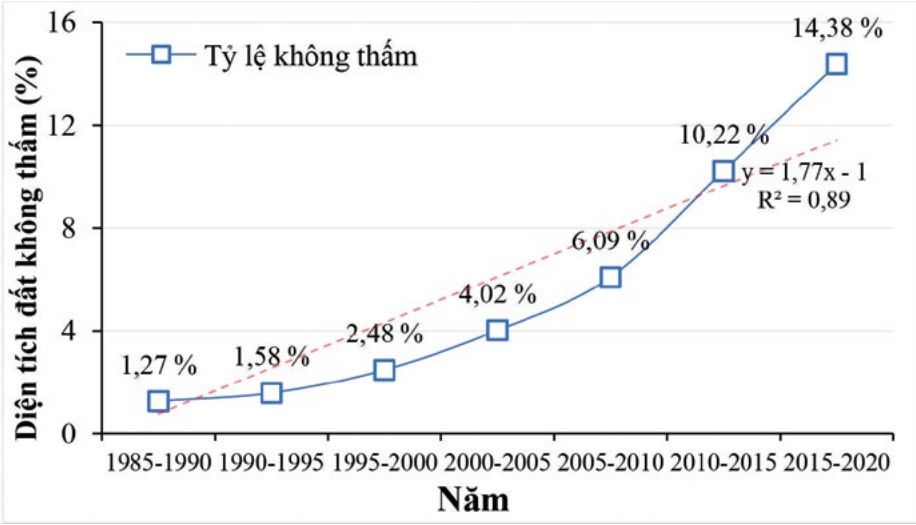
Hình 1.9 Xu thế mực nước trung bình

1.6. DIỄN BIẾN ĐÔ THỊ HÓA KHU VỰC TP HCM

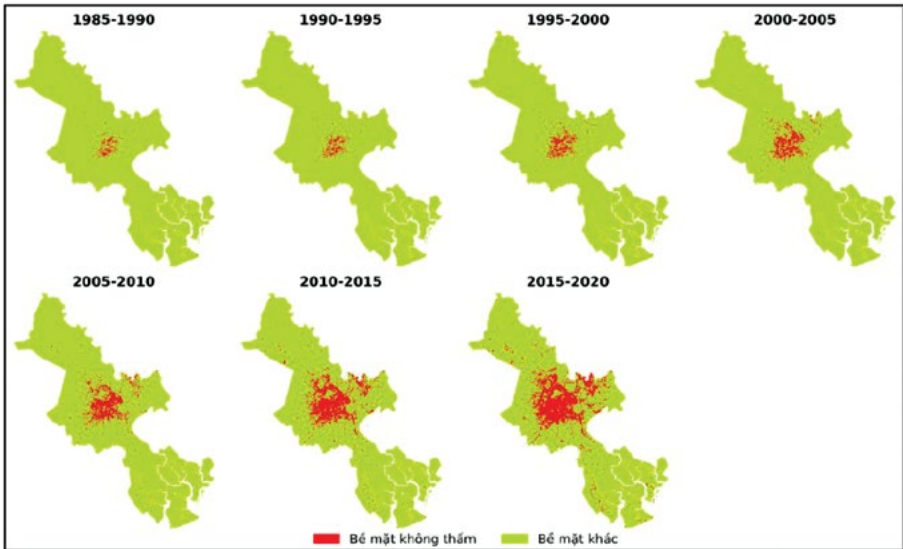
Kết quả phân tích tỷ lệ bề mặt không thấm cho thấy, diện tích đất không thấm có sự gia tăng tuyến tính khoảng 1,77%/5 năm. Tại thời điểm từ năm 1995 - 2000, tỷ lệ diện tích đất không thấm cao gấp 2 lần so với giai đoạn năm 1985 - 1990. Sau giai đoạn này, TP HCM

16 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

bắt đầu ĐTH mạnh nên có sự thay đổi sử dụng đất rõ rệt khi tỷ lệ đất không thấm đã tăng lên 4,02% (2000 - 2005) tức gấp hơn 1,5 lần giai đoạn 1995 - 2000 (2,48%).



Hình 1.10 Sự thay đổi tỷ lệ (%) diện tích đất không thấm tại TP HCM



Hình 1.11 Phân loại bề mặt không thấm và thấm khu vực TP HCM giai đoạn 1985-2020 bằng dữ liệu viễn thám

Quá trình ĐTH 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 tỷ lệ diện tích đất không thấm này tương đối đồng nhất với những nghiên cứu về ĐTH 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 khai thác, phát triển thiếu kiểm soát của các dự án bất động sản... [2], [3], [4].

Về mặt không gian, kết quả giải đoán ảnh viễn thám ghi nhận rằng, ĐTH 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 1.11).

1.7. KHUYẾN NGHỊ ÁP DỤNG CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA CHO KHU VỰC TP HCM

- Lựa chọn giải pháp trữ nước mưa phụ thuộc rất lớn vào hiện trạng ĐTH, hạ tầng kỹ thuật, điều kiện địa chất thủy văn, tình hình kinh tế - xã hội của khu vực.

- Đối với khu vực TP HCM dung tích trữ cần thiết được khuyến nghị phân bổ theo quy mô tập trung, phân tán và công trình như Hình 1.12 như sau:

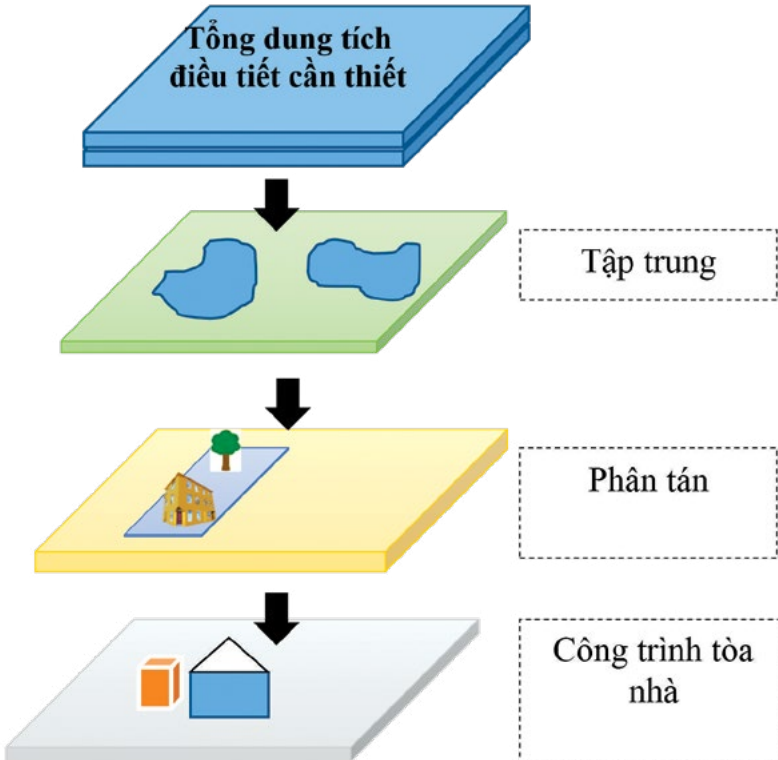
o Quy mô tập trung:

Dung tích điều tiết nên ưu tiên bố trí trong các hồ chứa tập trung quy mô vùng hoặc khu vực. Giải pháp này thích hợp với khu vực ngoại thành còn quỹ đất chưa phát triển. Các hồ chứa tập trung nên thiết kế theo hình thức đa mục tiêu để phục vụ cho trữ nước mưa, giải trí, du lịch sinh thái. Với mạng lưới kênh rạch dày đặc và các vùng trũng thấp hiện hữu, các khu vực phía Nam, Đông, Bắc và Tây Nam của thành phố rất thích hợp áp dụng giải pháp trữ nước mưa tập trung.

18 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

o Quy mô phân tán:

Tại các khu vực có mật độ đô thị hóa cao như khu vực nội thành hoặc các khu dân cư mới đã hoàn chỉnh hạ tầng thoát nước rất khó tìm kiếm quỹ đất để bố trí các hồ điều tiết nước mưa tập trung, quy mô vùng hoặc khu vực. Do đó giải pháp trữ nước mưa phân tán được khuyến nghị áp dụng cho các khu vực này. Các kỹ thuật LID như vỉa hè thấm, ô trữ sinh học, rãnh thấm, rãnh thấp,... nên được áp dụng. Giải pháp này sẽ hỗ trợ cải tạo cảnh quan khu vực cũng như gia tăng khả năng bổ cập nước ngầm.



Hình 1.12 Định hướng phân bố dung tích trữ nước mưa trong khu vực đô thị

o Quy mô công trình:

Dung tích điều tiết cần thiết nếu chưa thể bố trí theo phương án tập trung hoặc phân tán có thể được bố trí gắn với các công trình tòa nhà. Giải pháp này được khuyến khích áp dụng để tăng cường sử dụng tài nguyên nước mưa.

Tùy thuộc vào điều kiện tự nhiên, hiện trạng đô thị hóa, hạ tầng kỹ thuật đô thị, các phương án trữ nước mưa sẽ được tính toán thiết kế cho phù hợp.

1.8. CẤU TRÚC TÀI LIỆU

Tài liệu được biên soạn thành 5 chương như sau:

- Chương 1: Mở đầu
- Chương 2: Tổng quan các giải pháp trữ nước mưa đô thị
- Chương 3: Tính toán dung tích điều tiết nước mưa
- Chương 4: Tính toán thiết kế các công trình trữ nước mưa điển hình
- Chương 5: Ứng dụng mô hình EPA-SWMM mô phỏng các công trình trữ nước mưa

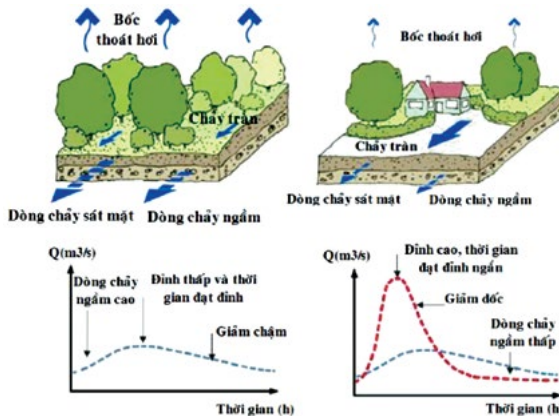
CHƯƠNG

2

TỔNG QUAN CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA ĐÔ THỊ

1.1. GIỚI THIỆU CHUNG

ĐTH làm thay đổi sâu sắc chế độ thủy văn của khu vực so với trước khi ĐTH (Hình 2.1, Hình 2.2). Lưu lượng đỉnh và tổng lượng dòng chảy tràn của lưu vực ĐTH 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.

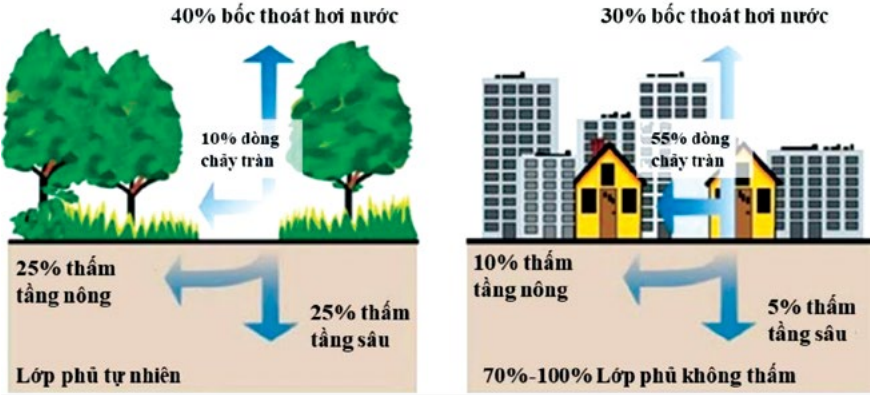


Hình 2.1 Minh họa biến động hệ thống thủy văn trước và sau khi ĐTH

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

22 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Bên cạnh đó, các nguồn ô nhiễm phát sinh từ các hoạt động nhân sinh 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.

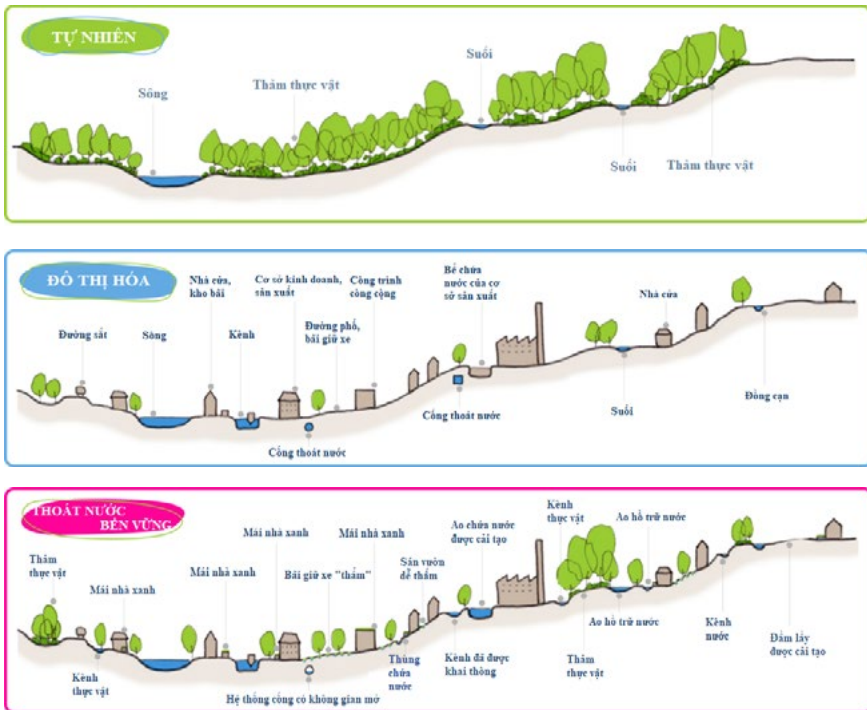


Hình 2.2 So sánh thay đổi các đại lượng thủy văn trước và sau khi ĐTH

Nguồn USEPA, 2007

Các giải pháp trữ nước mưa là một phần quan trọng của hướng tiếp cận thoát nước đô thị bền vững (Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS) hay một cụm từ thông dụng khác là đánh giá tác động thấp (Low impact development - LID). Ngoài tác dụng giảm ngập, trữ nước mưa còn mang lại nhiều lợi ích khác như cải thiện điều kiện vệ sinh môi trường, điều kiện vi khí hậu, phục hồi và bảo tồn hệ sinh thái, tái sử dụng nước mưa, góp phần nâng cao mỹ quan đô thị,... Một ưu điểm khác của giải pháp trữ nước mưa điều tiết dòng chảy là có thể triển khai linh hoạt, phân kỳ theo nhiều giai đoạn khác nhau, rất phù hợp để giảm ngập cục bộ trong khi chờ các dự án thoát nước được xây dựng và kết nối đồng bộ. Tiếp cận này đã được áp dụng thành công tại nhiều nơi trên thế giới như Mỹ, Canada, Hà Lan, Bắc Âu, Thái Lan, Singapore, Malaysia, Đài Loan,...

Hình 2.3 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, ĐTH; (iii) sau khi áp dụng các giải pháp tiếp cận trữ nước mưa hỗ trợ HTTN bền vững.



Hình 2.3 Tiếp cận trữ nước mưa giảm ngập

Nguồn: <https://www.slowtheflow.net>

- (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 thoát hơi, giữ bởi thực vật, dòng chảy bề mặt và thấm thấu đến mặt đất thoát nước tự do;
- (2) Do sự phát triển của con người, môi trường tự nhiên bị thay thế bởi đất có bề mặt cứng như mái nhà, đường sá, sân bê tông 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 lũ.

2.2. TỔNG QUAN CÁC KỸ THUẬT TRỮ NƯỚC MƯA

2.2.1. Hồ điều tiết hồ

Hồ điều tiết nước mưa thường được chia làm 3 loại: Hồ khô, hồ ướt, hoặc hồ/lưu vực thấm. 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 ướt thì lưu trữ nước quanh năm, luôn 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 tràn thông qua việc điều chỉnh tần suất và thời gian lượng nước đi qua hồ [6], [7], [8].

Giải pháp hồ điều tiết mang lại nhiều hiệu quả về mặt môi trường như: giảm lượng và đỉnh dòng chảy tràn 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 xuống gần 0,98 m (giảm 50%) [9]. 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 mức độ giảm không nhiều, khoảng 0,8 - 1,4% cho các kịch bản [10].

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 [11]–[13].

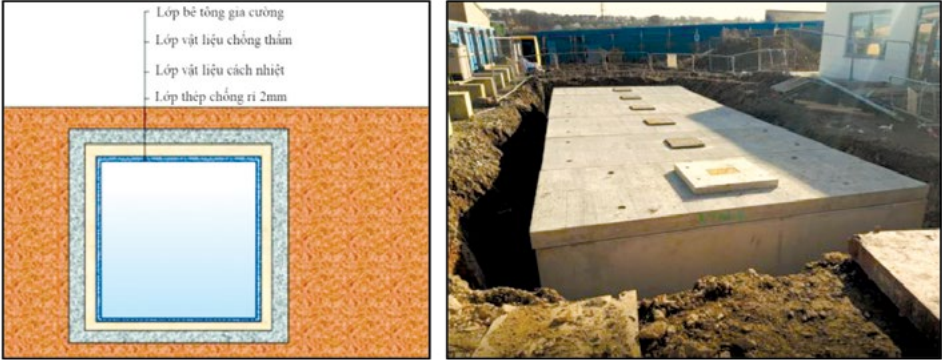
Tuy nhiên, các giải pháp hồ điều tiết hồ thường khó áp dụng đối với các khu vực đông dân cư, nên những hồ điều tiết ngầm là một giải pháp thay thế. Các giải pháp này cũng có tính năng tương tự như hồ hở: giảm dòng chảy tràn khi mưa lớn, thu giữ trầm tích và cải thiện chất lượng nước. Ví dụ nghiên cứu lý thuyết về khả năng giảm ngập tại khu vực đập hạ lưu gần 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%) [14]. Đối với khả năng cải thiện chất lượng nước, ví dụ tại hồ ngầm rộng 5,24 ha và sâu 1,4 m 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 5°C, tạo điều kiện thuận lợi cho cá sinh sống [15].

2.2.2. 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:

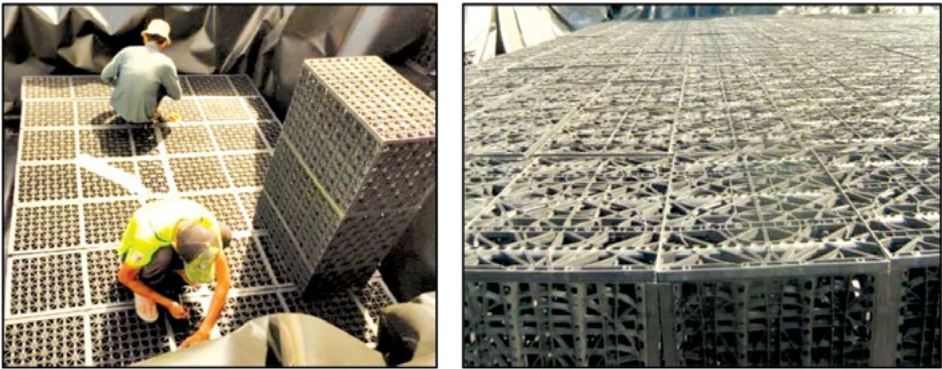
- (i) hồ ngầm bê tông cốt thép (BTCT);
- (ii) hồ ngầm thiết kế bằng công nghệ Cross-wave;
- (iii) hồ ngầm thiết kế bằng công nghệ tường vây và cọc Barrette.

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



Hình 2.4 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 mô-đun rỗng 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.



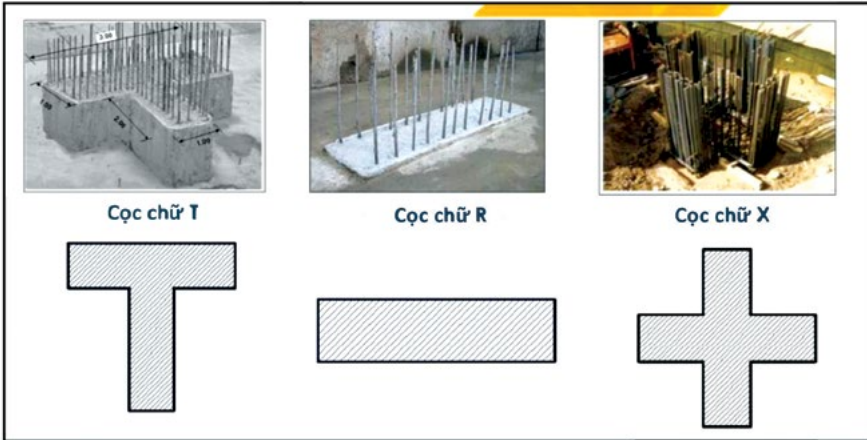
Hình 2.5 Hồ ngầm công nghệ Cross-wave

Một loại hồ ngầm khác là sử dụng công nghệ tường vây và cọc Barrette. 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.



Hình 2.6 Minh họa tường vây hồ ngầm

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



Hình 2.7 Một số hình dạng của cọc Barrette

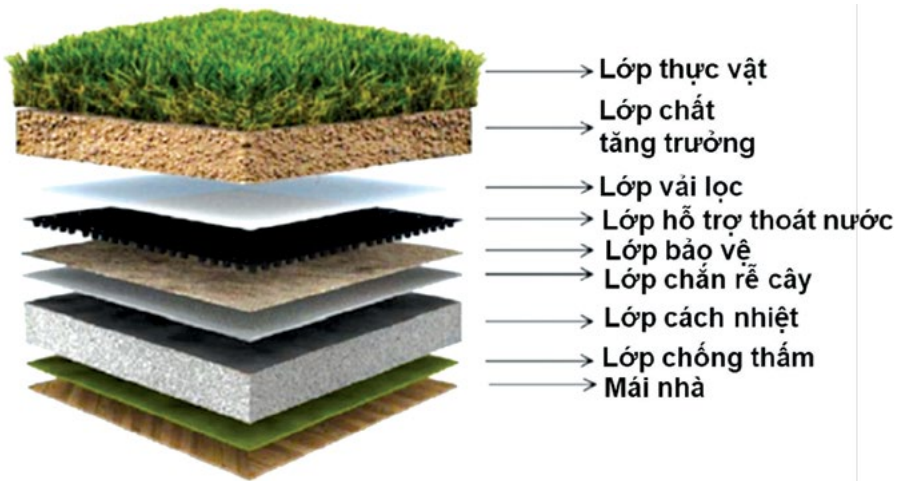
Nguồn: Seacfo Public Company Limited

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.

2.2.3. Mái nhà xanh

Mái nhà xanh là các mái nhà được phủ bởi một phần hoặc toàn bộ thực vật bên trên, nhằm 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 [16], [17]. Cấu trúc của một mái nhà xanh điển hình được thể hiện như sau [18]:



Hình 2.8 Sơ đồ các thành phần cấu tạo của mái nhà xanh

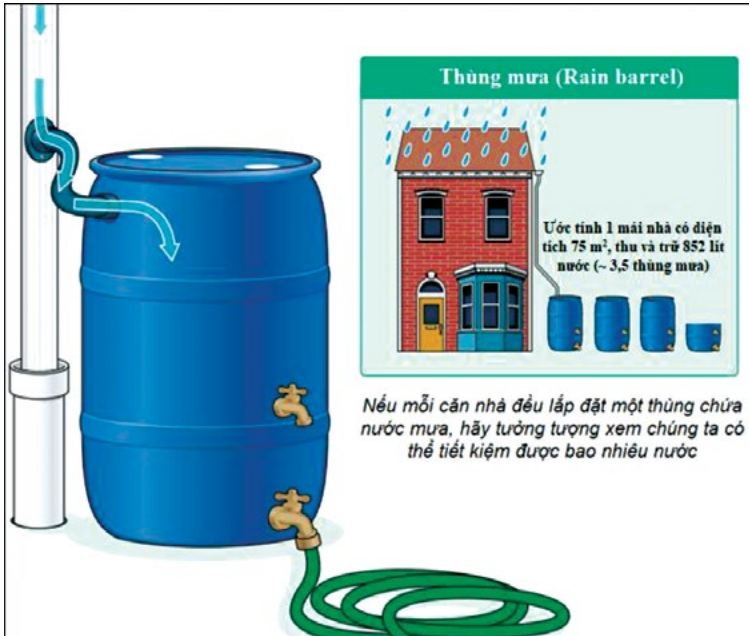
Về mặt hiệu quả, nghiên cứu thực nghiệm của Deska và cộng sự (2019) về 6 mô hình mái nhà xanh khác nhau cho thấy khả năng giữ nước mưa của chúng từ 29,5% đến 85,15% và đây là công cụ quản lý nước mưa hiệu quả [19]. Nghiên cứu của Charalambous và cộng sự (2019) khi thử nghiệm 16 loại mái nhà xanh khác nhau cũng cho thấy khả năng trữ nước mưa bình quân khoảng 77% tổng lượng mưa 371 mm trong vòng 15 tháng tại đảo Síp [20]. 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 của Liu và cộng sự (2021) [21].

2.2.4. Thùng chứa nước mưa

Thùng chứa nước mưa là một thùng chứa thường đặt ở góc nhà hoặc bãi đậu xe, để thu 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 1,5 m, với mật độ bố trí thùng cho các tiểu lưu vực tính toán từ 15,0 - 35,0%. 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 12,5 - 37,5%) cho các trận mưa với chu kỳ lặp lại 2 năm [22].



Hình 2.9 Minh họa giải pháp thùng mưa

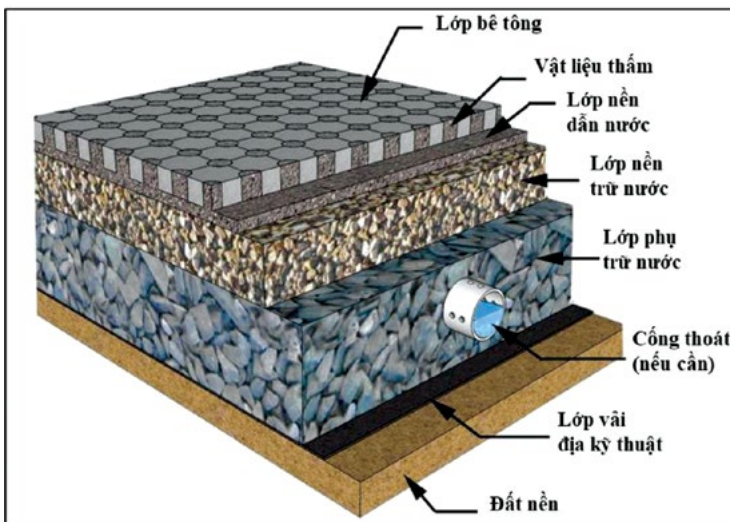
Nguồn: <https://water.phila.gov/>

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 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].

2.2.5. Vía hè thấm

Vía hè thấm (Permeable pavement) là một trong những giải pháp quan trọng trong nhóm các kỹ thuật SUDS. Chúng hỗ trợ nâng cao khả năng lưu trữ cục bộ thể tích nước mưa thông qua lưu trữ dưới lớp bề mặt đất, giúp bổ cập nước ngầm và cải thiện chất lượng nước sau khi xử lý. 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].



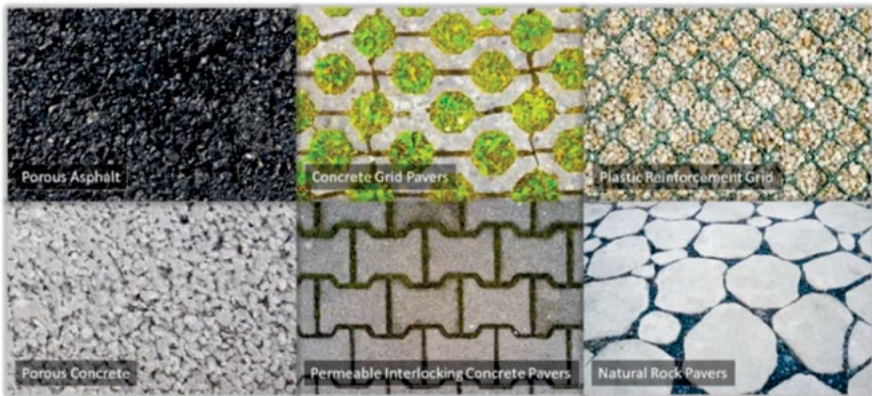
Hình 2.10 Cấu tạo của một vỉa hè thấm

Nguồn: [25]

Vía hè thấm có thể được chia làm 4 loại dựa trên vật liệu và cấu trúc cấu tạo của nó: (i) Vía hè bê tông có khả năng thấm (Permeable interlocking concrete pavers - PICP); (ii) Vía hè lưới bê tông và nhựa (Concrete and plastic grid pavers - CGP và PGP); (iii) Vía hè bê tông nhựa xốp (Porous asphalt - PA); (iv) Vía hè bê tông xốp (Porous concrete - PC).

Via hè thấm không chỉ được thiết kế 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 ngắn hạn [31]. Ví dụ, về khả năng trữ nước mưa, lượng nước trữ lại tại các vỉa hè trong trận mưa cường độ nhỏ (16 mm/30 phút) vào khoảng 16% tổng lượng mưa. Và đối với trận mưa cường độ lớn (22 mm/10 phút), vỉa hè thấm có thể giữ lại tới 66 % tổng lượng nước [29], [30]



Hình 2.11 Một số hình ảnh về vỉa hè thấm

Nguồn: [31]

2.2.6. Ô trữ sinh học/vườn mưa

Giải pháp ô trữ sinh học hay vườn mưa, là các vùng trồng, có thực vật bên trong, xử lý nước mưa tại chỗ, xả từ các bề mặt không thấm nước như: mái nhà, đường giao thông, vỉa hè, bãi đậu xe....

32 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Chúng được sử dụng để thu, 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].



Hình 2.12 Minh họa giải pháp ô trữ sinh học

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

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 – 130 m²) 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 mm [35] (BRCs. Tương tự về mặt chất lượng nước, khi thiết lập giải pháp ô trữ sinh

học tại khu vực rộng 6.530 m² ở South East Queensland, Úc (với khoảng 52% diện tích không thấm và cường độ mưa khoảng 3 mm/giờ đến 15 mm/giờ) cho thấy chúng có thể hỗ trợ trữ nước mưa từ 6 m³ đến 49,51 m³ 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%), NH₄⁺ (82,21%), NO₂⁻ (64,95%), NO₃⁻ (38,65%), Tổng Nitơ (47,93%), PO₄³⁻ (73,81%), Tổng Phốt pho (75,33%) [36].

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

2.2.7. Rãnh thực vật

Cấu tạo là một kênh hở với thực vật phủ phía trên. Thực vật hỗ trợ cải thiện chất lượng nước và làm giảm nước mưa chảy tràn. Khi mưa rơi xuống khu vực rãnh này, nước mưa chảy dọc theo các kênh, thảm thực vật làm chậm quá trình tập trung nước, cho phép lắng đọng, lọc và/hoặc thấm vào lớp đất bên dưới. Các rãnh thấm thường được thiết kế tại các khu vực đường cao tốc hoặc đường dân sinh [34].

Có ba loại rãnh thấm chính gồm rãnh tiêu chuẩn, rãnh ướt, rãnh khô. 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 cung cấp khả năng xử lý và vận chuyển bổ sung. Rãnh ướt duy trì các điều kiện cơ bản như một dạng đầm, có độ dốc nông và lớp đất không thấm nước bên hông 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

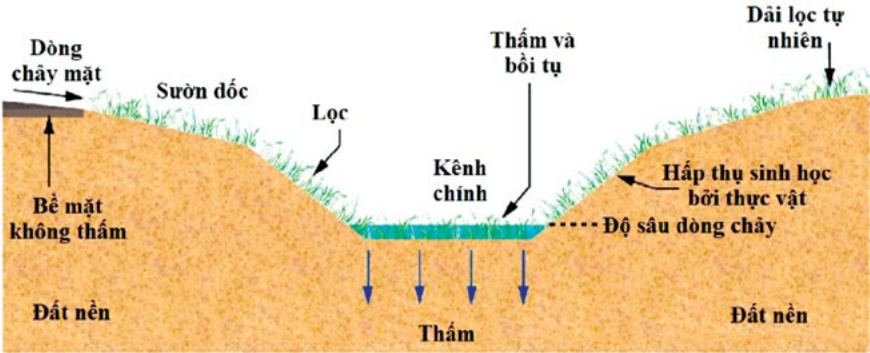
34 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

khoảng 1,5 m hoặc khuyến khích không nên đặt ở những nơi quá gần mực nước ngầm để tránh gây ô nhiễm [37].



Hình 2.13 Rãnh thấm khô và ướt tại khuôn viên Đại học Sains, Malaysia

Rãnh thực vật hỗ trợ giảm thể tích và 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 Nauy cho một rãnh thực vật dài 5,8 m 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].



Hình 2.14 Mặt cắt ngang một rãnh thực vật điển hình

Bảng 2.1 Một số ưu/nhược điểm của 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; - 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;
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; 	<ul style="list-style-type: none"> - Bảo trì cẩn thận - Không phù hợp với khu vực có độ dốc > 20%.
		<ul style="list-style-type: none"> - Có thể xử lý nhiều chất ô nhiễm và giúp giảm “Hiệu ứng đảo nhiệt đô thị”. 	<ul style="list-style-type: none"> - Không phù hợp khi mực nước ngầm cách mặt đất 2 m.
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...

STT	Giải pháp trữ nước mưa	Ưu điểm	Nhược điểm
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.
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.

2.3. CÁC CHƯƠNG TRÌNH TRỮ NƯỚC MƯA ĐIỂN HÌNH TẠI CHÂU Á

2.3.1. Chương trình thành phố bọt biển

Chương trình thành phố bọt biển (Sponge City, SPC) được triển khai 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 HTTN bền vững). SPC gồm 3 hợp phần chính: (i) hệ thống giảm thể tích dòng chảy tại nguồn; (ii) HTTN 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 [41].



Hình 2.15 Công viên Fengxiang, Hạ Khẩu, Trung Quốc

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

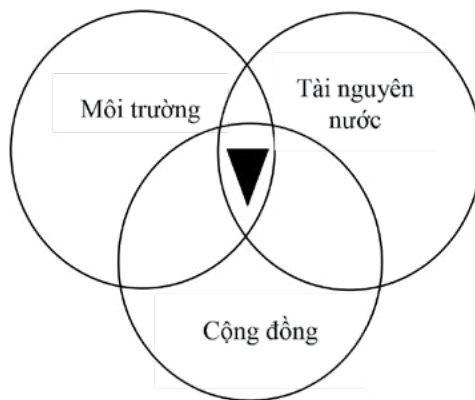
Một ví dụ điển hình là công viên Fengxiang rộng 80 ha thuộc lưu vực sông Meishe, Hạ Khẩu, Trung Quốc. Công viên được thiết kế dựa trên hướng tiếp cận của SPC, thay vì bê tông hóa kênh sông tự nhiên thì sử dụng các giải pháp thân thiện với môi trường nhằm giải quyết lũ lụt và ô nhiễm, phục hồi môi trường 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 đến 20% [42].

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: [43], [44], [45].

2.3.2. Chương trình ABC

Chương trình ABC (Active, Beautiful, Clean waters) của Singapore 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 [46]. 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 trũ 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) [47].



Hình 2.16 Hướng tiếp cận của chương trình ABC

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, 8.000 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 [46].

Một số dự án điển hình đã áp dụng thành công như trung tâm thể thao 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.



Hình 2.17 Trung tâm thể thao Sport Hub, Singapore

Nguồn: ABC Water design guidelines, PUB [48]

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 ra hồ Marina. Ngoài ra các vùng đất ngập nước được bố trí dọc sông, xung quanh trung tâm thể thao. 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.



Hình 2.18 Vùng đất ngập nước và rãnh thấm, ô trữ sinh học khu vực trung tâm thể thao

Nguồn: ABC Water design guidelines, PUB [46]

2.3.3. Chương trình trữ nước mưa tại Hàn Quốc

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 [48]. 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 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 1.000 m². Nếu khu vực đỗ xe rộng hơn 8 m 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 2.2 Thống kê trữ nước mưa tại Seoul, Hàn Quốc

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

Tính đến năm 2016, 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 và bao gồm quản lý nước

42 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

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 GSEED mới đã cố gắng khôi phục chu trình thủy văn tự nhiên của thành phố và giúp 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

Công viên Songdo Central, Hàn Quốc 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 tích khác.



Hình 2.19 Khung cảnh công viên Songdo Central, Hàn Quốc

Nguồn: [49]

Có 7 hồ trữ ngầm có thể thu trữ khoảng 5.400 m³ nước mưa trong mùa mưa. Nước mưa được tích trữ khi nhu cầu nước thấp, đặc biệt là vào mùa kiệt. 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 kiệt và hạn hán vào mùa khô [49].



Hình 2.20 Hệ thống hồ ngầm tại công viên Songdo Central

Nguồn: Incheon Free Economic Zone, 2023

- 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 với lưu lượng hơn 170.000 lượt xe 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

44 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

điện ngầm từ năm 2003 đến 2008. Kênh được hồi sinh hiện thu hút 64.000 du khách mỗi ngày.



Hình 2.21 Kênh Cheonggyecheon trước và sau khi cải tạo

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

Về mặt môi trường, kênh mới phục hồi khả năng chống ngập cho sự kiện lũ lụt tương ứng với trận mưa có tần suất 200 năm

(118 mm/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 kênh mát hơn từ 3,3°C đến 5,9°C. Giảm 35% ô nhiễm không khí dạng bụi mịn từ 74 xuống 48 microgam/m³ [50].

2.3.4. 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 [48], [51], [52]. 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.

Bên cạnh đó, Nhật Bản đã thúc đẩy việc sử dụng nước mưa từ những năm 1980 và thành lập chính quyền 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 [53]. Đặc biệt tại Tokyo, 5.000 hố thấm nhỏ (*soakaway*) đã 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

46 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

38 km đã được lắp đặt. Thực tiễn cho thấy các giải pháp này đang hoạt động khá hiệu quả ở Tokyo [54].

Ngoài ra, để tăng cường hỗ trợ công tác giảm ngập, Nhật Bản có nhiều giải pháp trữ nước mưa tập trung lớn điển hình như các hồ điều tiết, công trình đa mục tiêu (sân vận động, công viên) chống ngập. Một số ví dụ điển hình như:

- 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 thoát nước từ sông Arakawa khi nước sông dâng cao vượt qua mực nước dâng tối đa. Theo thiết kế, hồ Saiko hỗ trợ trữ lượng nước khoảng 39 triệu m³ (tương ứng trận lũ tần suất 200 năm) giúp trữ nước và giảm ngập khu vực lân cận [55].



Hình 2.22 Hồ điều tiết Arakawa số 1 tại Saitama, Nhật Bản

Nguồn: <https://www.mlit.go.jp/>

- 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 166.000 m². Đây là một trong những sân vận động thể thao lớn nhất Nhật Bản.



Hình 2.23 Nước lũ đi theo hệ thống kè tràn để vào khu trung tâm thể thao và được trữ, làm chậm

48 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

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.



Hình 2.24 Sân vận động Nissan trước và sau khi có lũ

CHƯƠNG

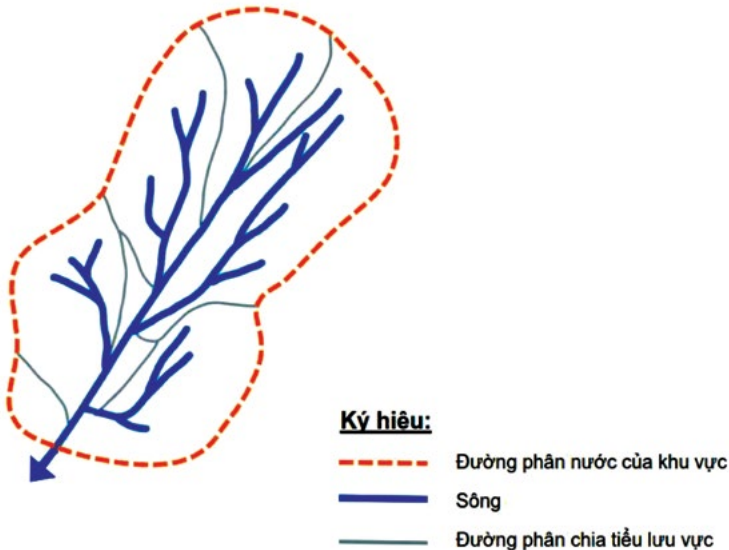
3

**TÍNH TOÁN DUNG TÍCH
ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA**

3.1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

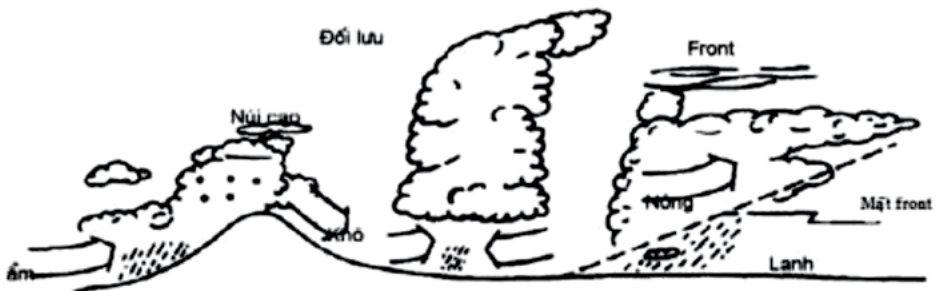
3.1.1. Các khái niệm cơ bản về thủy văn, thủy lực đô thị

- **Lưu vực sông:** Là phần diện tích mặt đất tự nhiên mà tất cả lượng nước mưa sau khi rơi xuống sẽ tập trung lại và thoát ra tại một tuyến cửa ra duy nhất. Lưu vực sông lớn có thể được phân chia thành nhiều tiểu lưu vực sông nhỏ.



Hình 3.1 Minh họa lưu vực sông điển hình

- **Lưu vực thoát nước:** Là một khu vực nhất định mà nước mưa hoặc nước thải được thu gom vào mạng lưới thoát nước chuyển tải về nhà máy xử lý nước thải hoặc xả ra nguồn tiếp nhận (Khoản 17 Điều 2 Nghị định 80/2014/NĐ-CP về thoát nước và xử lý nước thải). Lưu vực thoát nước mưa và nước thải trong khu vực đô thị có thể khác nhau do phụ thuộc vào cách phân vùng thu gom của các tuyến cống thoát nước.
- **Giáng thủy:** Bao gồm: mưa, tuyết và các quá trình nước rơi khác xuống mặt đất như mưa đá (hail), mưa tuyết (sleet). Giáng thủy hình thành đòi hỏi phải có sự chuyển động bốc lên cao của khối không khí làm cho khối không khí giảm nhiệt độ và một phần hơi ẩm ngưng kết lại. Có ba cơ chế tạo ra sự chuyển động lên của khối không khí:
 - + Đối lưu: Do sự đốt nóng mãnh liệt của không khí sát mặt đất dẫn đến sự giãn nở, phát triển theo chiều cao của không khí.
 - + Xoáy: Do sự kết hợp chuyển động của những khối khí lớn, như trong trường hợp của các luồng không khí nóng và luồng không khí lạnh.
 - + Địa hình, do sự nâng cơ học của những khối không khí ẩm trên những dãy núi như ở dãy Trường Sơn.



Hình 3.2 Các cơ chế gây mưa

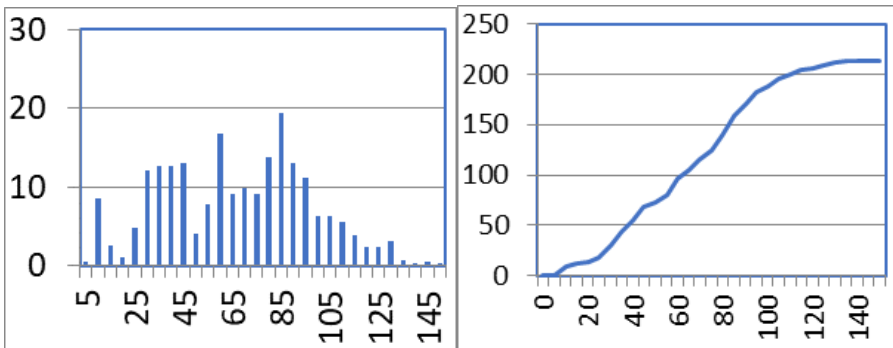
Nguồn: Hydrology and Floodplain Analysis

- **Đặc trưng biểu thị mưa**

+ *Lượng mưa*: Là chiều sâu lớp nước mưa đo được tại một điểm quan trắc trên một đơn vị diện tích trong một thời đoạn tính toán. Lượng mưa có đơn vị đo là mm.

+ *Cường độ mưa*: Là lượng mưa đo được trong một đơn vị thời gian tại một thời điểm bất kỳ ở vị trí quan trắc. Đơn vị đo là (mm/phút) hoặc (mm/h).

+ *Biểu đồ mưa*: Là đồ thị biểu diễn lượng mưa hoặc cường độ mưa biến thiên theo thời gian. Bằng cách cộng dồn các lượng mưa trong thời khoảng theo thời gian ta có được biểu đồ mưa lũy tích.



Hình 3.3 Biểu đồ mưa và mưa lũy tích

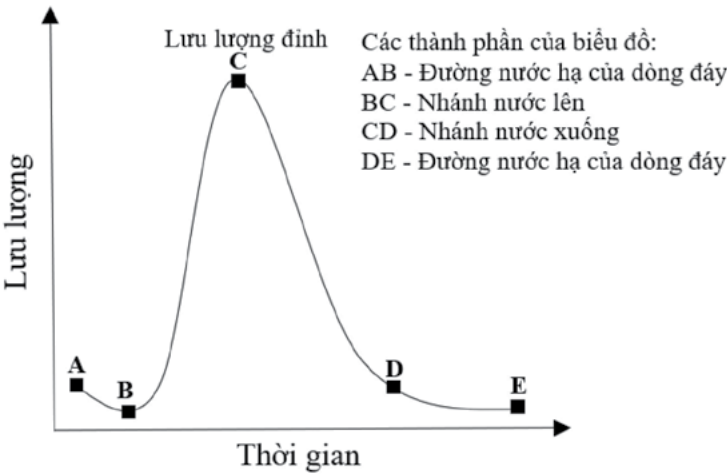
- **Đường quá trình dòng chảy**: (còn gọi là đường quá trình lưu lượng) là một đồ thị hay bảng biểu diễn lưu lượng dòng nước như là một hàm theo thời gian tại một địa điểm trên sông.

Đường quá trình lưu lượng là một biểu hiện tổng hợp của các đặc trưng khí hậu và địa - vật lý đã chi phối các mối quan hệ giữa mưa rào - dòng chảy của một lưu vực cụ thể, V. T. Chow (1953). Hai loại đường quá trình lưu lượng có tầm quan trọng đặc biệt là đường **quá trình lưu lượng năm** (*annual hydrograph*) và đường **quá trình trong trận mưa rào** (*storm hydrograph*).

Đường quá trình lưu lượng năm: Một đồ thị của lưu lượng trong sông biến thiên theo thời gian trong một năm, cho ta thấy rõ sự cân bằng dài hạn của mưa, bốc hơi và dòng chảy trên một lưu vực.

Đường quá trình lưu lượng trận mưa rào: Nghiên cứu các đường quá trình năm cho ta thấy các đỉnh của đường quá trình không phải xuất hiện một cách thường xuyên. Chúng là sản phẩm của các trận mưa rào đơn độc hoặc mưa rào.

Hình 3.4 chỉ rõ 4 thành phần của đường quá trình lưu lượng của sông trong một trận mưa rào. Trước khi có mưa lớn, dòng cơ sở giảm dần đi theo đường AB. Dòng chảy trực tiếp bắt đầu từ điểm B, có đỉnh xuất hiện tại C và kết thúc tại D. Tiếp theo là đoạn DE biểu thị sự tiếp tục của quá trình rút nước của dòng cơ sở.

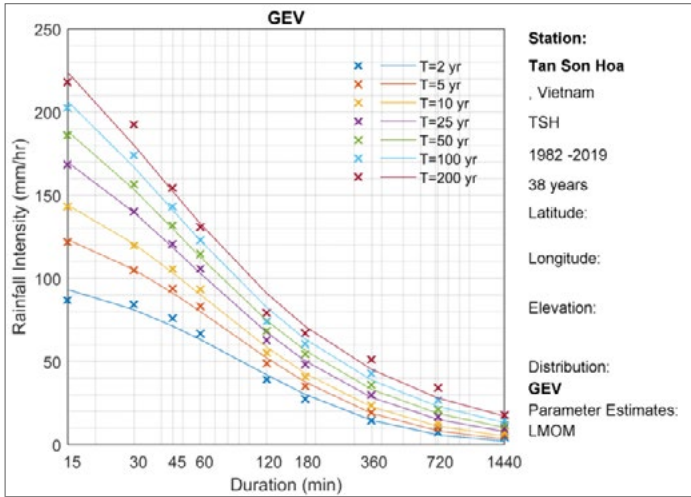


Hình 3.4 Minh họa đường quá trình dòng chảy điển hình

Nguồn: Hydrology and Floodplain Analysis

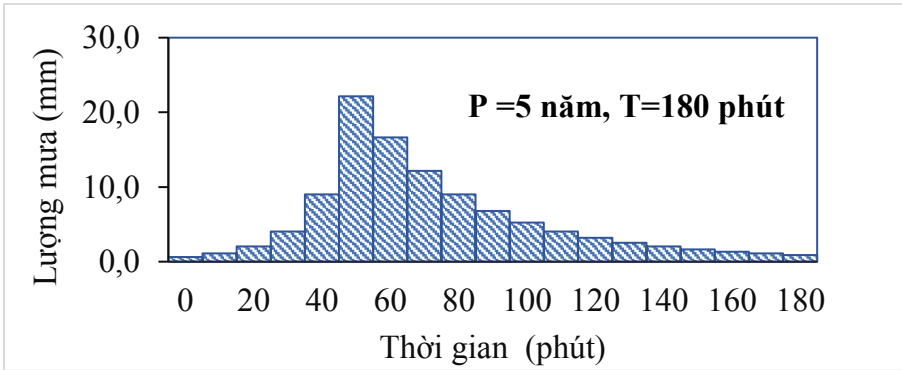
- Chu kỳ lặp lại T (Return Period) của một sự kiện $X \geq X_T$ là giá trung bình xuất hiện lại của X tính từ một số lớn các lần xuất hiện lại.

- Đường cong IDF: Viết tắt của Intensity - Duration - Frequency dùng để xác định cường độ mưa xảy ra trong một khoảng thời gian cụ thể với một tần suất nhất định.



Hình 3.5 Minh họa đường cong IDF

- Biểu đồ mưa thiết kế: Là phân phối theo thời gian của lượng mưa thiết kế trong một thời gian cụ thể.



Hình 3.6 Minh họa biểu đồ mưa thiết kế

- Hệ số dòng chảy tràn: Là tỷ số giữa lượng nước mưa chảy vào HTTN (ký hiệu q_c) và lượng nước mưa rơi xuống diện tích thoát nước (ký hiệu q_r).

- Thời gian tập trung nước (t_c): Là thời gian cần thiết để lượng mưa di chuyển từ điểm xa nhất của đường phân thủy để đến cửa xả.

3.1.2. Các khái niệm cơ bản về hệ thống thoát nước

- **Hệ thống thoát nước:** Gồm mạng lưới thoát nước (đường ống, cống, kênh, hồ điều hòa...), các trạm bơm thoát nước mưa, nước thải, các công trình xử lý nước thải và các công trình phụ trợ khác nhằm mục đích thu gom, chuyển tải, tiêu thoát nước mưa, nước thải, chống ngập úng và xử lý nước thải. HTTN được chia làm các loại sau đây:
 - + HTTN chung là hệ thống trong đó nước thải, nước mưa được thu gom trong cùng một hệ thống;
 - + HTTN riêng là HTTN mưa và nước thải riêng biệt;
 - + HTTN nửa riêng là HTTN chung có tuyến cống bao để tách nước thải đưa về nhà máy xử lý.
- **Hệ thống thoát nước mưa:** Bao gồm mạng lưới cống, kênh mương thu gom và chuyển tải, hồ điều hòa, các trạm bơm nước mưa, cửa thu, giếng thu nước mưa, cửa xả và các công trình phụ trợ khác nhằm mục đích thu gom và tiêu thoát nước mưa.
- **Hệ thống thoát nước thải:** Bao gồm mạng lưới cống, giếng tách dòng, đường ống thu gom và chuyển tải nước thải, trạm bơm nước thải, nhà máy xử lý nước thải, cửa xả,... và các công trình phụ trợ khác nhằm mục đích thu gom, tiêu thoát và xử lý nước thải.
- **Hồ điều hòa (hay còn gọi là hồ điều tiết):** Là các hồ tự nhiên hoặc nhân tạo có chức năng tiếp nhận nước mưa và điều hòa tiêu thoát nước cho HTTN.

3.1.3. Các khái niệm cơ bản về biến đổi khí hậu

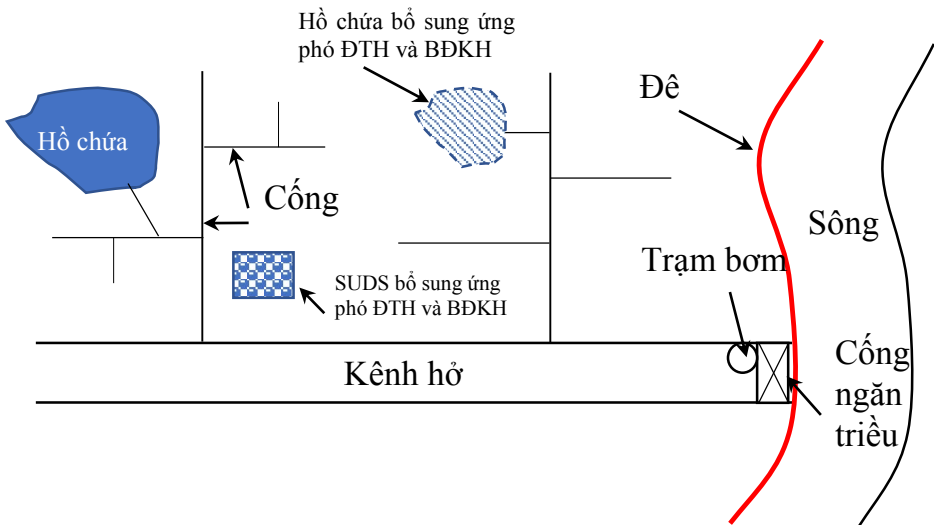
- **Khí hậu - Climate:** Là tổng hợp các điều kiện thời tiết ở một vùng nhất định, đặc trưng bởi các đại lượng thống kê dài hạn của các yếu tố khí tượng tại vùng đó.
- **Thời tiết - Weather:** Thời tiết là trạng thái khí quyển tại một địa điểm nhất định được xác định bằng tổ hợp các yếu tố: Nhiệt độ, áp suất, độ ẩm, tốc độ gió, mưa,...
- **Biến đổi khí hậu - Climate Change:** Là sự thay đổi của khí hậu trong một khoảng thời gian dài do tác động của các điều kiện tự nhiên và hoạt động của con người. BĐKH hiện nay biểu hiện bởi sự nóng lên toàn cầu, mực nước biển dâng và gia tăng các hiện tượng khí tượng thủy văn cực đoan.
- **Kịch bản khí hậu - Climate Scenario:** Một biểu diễn phù hợp và đơn giản hóa của khí hậu tương lai, dựa trên cơ sở một tập hợp nhất quán của các quan hệ khí hậu đã được xây dựng, sử dụng trong việc nghiên cứu hệ quả tiềm tàng của sự thay đổi khí hậu do con người gây ra, thường dùng như đầu vào cho các mô hình tác động. Các dự tính khí hậu thường được dùng như là nguyên liệu thô để xây dựng các kịch bản khí hậu, nhưng các kịch bản khí hậu thường yêu cầu các thông tin bổ sung ví dụ như các quan trắc khí hậu hiện tại.
- **Nóng lên toàn cầu - Global Warming:** Nói một cách chặt chẽ, sự nóng lên và lạnh đi toàn cầu là các xu thế nóng lên và lạnh đi tự nhiên mà trái đất trải qua trong suốt lịch sử của nó. Tuy nhiên, thuật ngữ này thường để chỉ sự tăng dần nhiệt độ trái đất do các chất khí nhà kính tích tụ trong khí quyển.
- **Nước biển dâng - Sea Level Rise:** Là sự dâng mực nước của đại dương trên toàn cầu, trong đó không bao gồm triều, nước dâng

do bão,... Nước biển dâng tại một vị trí nào đó có thể cao hơn hoặc thấp hơn so với trung bình toàn cầu vì có sự khác nhau về nhiệt độ của đại dương và các yếu tố khác.

- **Hiệu ứng nhà kính - Greenhouse Effect:** Hiệu ứng bức xạ hồng ngoại (bức xạ sóng dài) của tất cả các thành phần hấp thụ bức xạ sóng dài trong khí quyển. Các thành phần này bao gồm các chất khí nhà kính, mây hấp thụ bức xạ sóng dài từ bề mặt trái đất và mọi nơi trong khí quyển và phát xạ bức xạ sóng dài trở lại theo mọi hướng. Tuy nhiên tổng năng lượng bức xạ các thành phần này phát ra không gian nhỏ hơn phần chúng nhận được dẫn tới một phần năng lượng bức xạ sóng dài được giữ lại trong khí quyển làm khí quyển ấm hơn trường hợp không có các thành phần gây hiệu ứng nhà kính. Trong tự nhiên, hiệu ứng này giúp duy trì nhiệt độ trái đất cao hơn khoảng 30°C so với trường hợp không có các chất khí đó và do vậy trái đất không bị quá lạnh. Tuy nhiên, sự gia tăng nồng độ các khí nhà kính do hoạt động của con người làm tăng hiệu ứng này, thúc đẩy tốc độ ấm lên toàn cầu trong giai đoạn mấy thập kỷ gần đây.
- **Giảm nhẹ (Mitigation):** Các hoạt động nhằm giảm mức độ hoặc cường độ phát thải khí nhà kính.
- **Thích ứng (Adaptation):** Sự điều chỉnh hệ thống tự nhiên hoặc con người đối với hoàn cảnh hoặc môi trường thay đổi, nhằm mục đích giảm khả năng bị tổn thương do dao động và biến đổi khí hậu hiện hữu hoặc tiềm tàng và tận dụng các cơ hội do nó mang lại.
- **Ứng phó (Response):** Các hoạt động của con người nhằm thích ứng và giảm nhẹ BĐKH.

3.2. NGUYÊN LÝ TRỮ NƯỚC MƯA ĐÔ THỊ

Trữ nước mưa 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 do tác động của BĐKH. Hệ thống trữ nước mưa bổ sung được xem như là giải pháp hỗ trợ cho HTTN 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) như Hình 3.7.

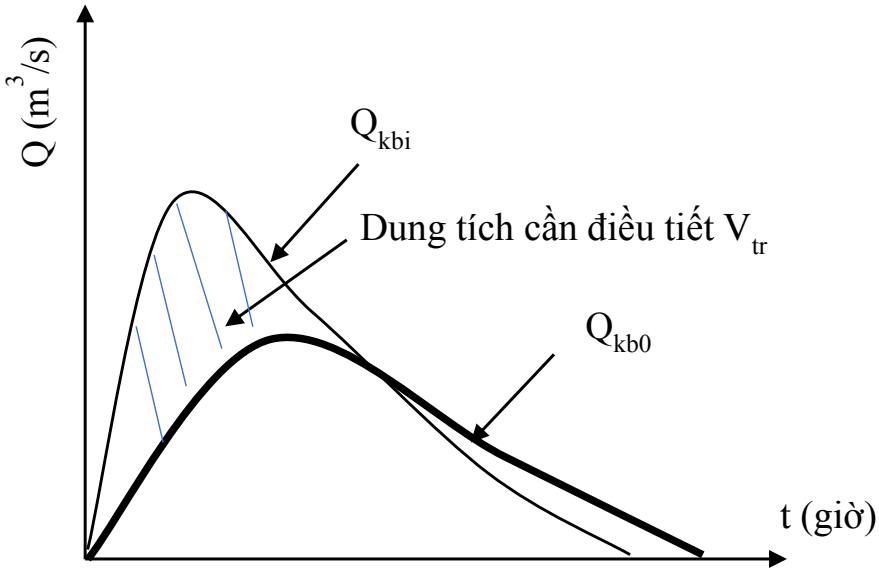


Hình 3.7 Minh họa sơ đồ bố trí HTTN cơ bản và trữ nước mưa bổ sung

- Các thành phần chính của HTTN đô thị thường bao gồm các công trình cống ngầm, kênh hở, hồ chứa, trạm bơm, cống ngăn triều và đê bao (Hình 3.7). 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.

58 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

- 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.

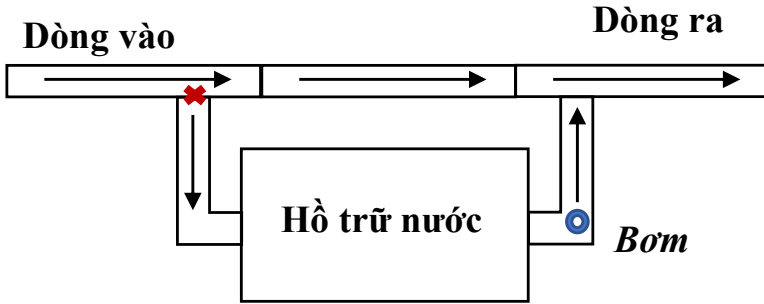


Hình 3.8 Nguyên lý điều tiết nước mưa đô thị

Hồ chứa điều tiết nước mưa có thể được thiết kế theo hai loại trực tiếp và gián tiếp, cụ thể như sau:



Hình 3.9 Hồ trữ nước mưa trực tiếp

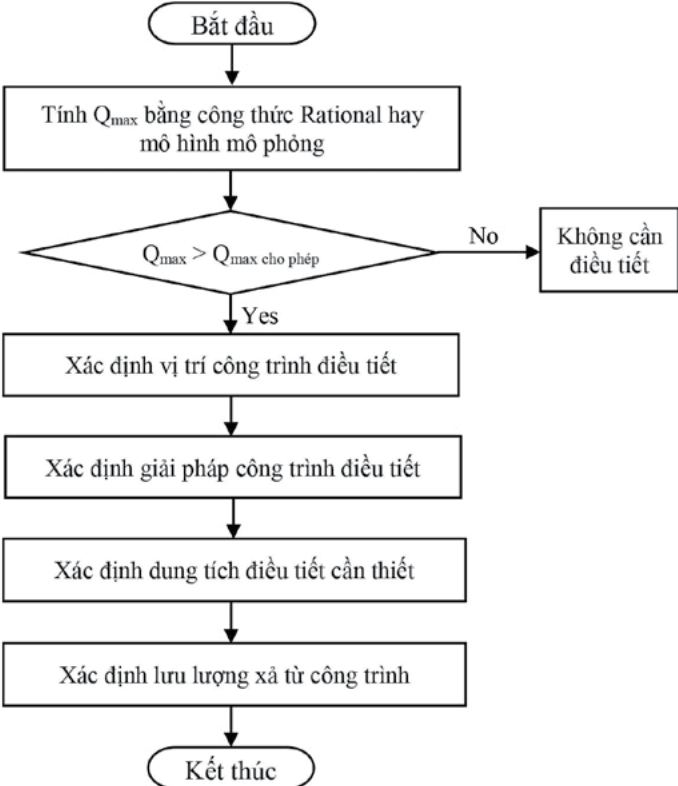


Hình 3.10 Hồ trữ nước gián tiếp

Nguồn: Technical guide for on-site stormwater detention tank systems

(i) Hồ trữ trực tiếp (on-line detention): Dòng chảy từ toàn bộ lưu vực thu nước mưa sẽ được chuyển qua hồ chứa thông qua một cửa vào và được xả ra ngoài thông qua một van kiểm soát lưu lượng; và (ii) Hồ trữ nước mưa gián tiếp (off-line detention): được đặt tách biệt hoặc song song với cống thoát nước. Do đó, chỉ một phần dòng chảy trong cống thoát nước được chuyển vào bể chứa. Khi mực nước trong cống thoát vượt quá một mức độ nhất định, dòng chảy dư thừa sẽ được chuyển sang bể trữ tạm, và nước từ bể sẽ được bơm ngược trở lại sau khi mực nước trong cống thoát hạ thấp để xả ra ngoài.

3.3. QUY TRÌNH THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA



Hình 3.11 Sơ đồ tính toán thiết kế công trình điều tiết nước mưa cho lưu vực

Quy trình tính toán xác định quy mô công trình điều tiết nước mưa cần thiết cho một lưu vực cụ thể được trình bày trong Hình 3.11.

3.3.1. Tính toán lưu lượng đỉnh chảy dòng tràn lớn nhất

Nội dung này được tham khảo, biên soạn từ tài liệu “Technical guide for on-site stormwater detention tank systems” của PUB, Cơ quan nước quốc gia Singapore. Lưu lượng chảy tràn lớn nhất sản sinh ra trên lưu vực tại tuyến cửa ra của một trận mưa có thể xác định bằng công thức Rational như sau:

Trong đó:
$$Q_r = \frac{1}{360} C_i A \tag{3.1}$$

Q_r : Dòng chảy đỉnh tại điểm thiết kế (m³/s);

C: Hệ số dòng chảy;

i: Cường độ mưa trung bình (mm/giờ);

A: diện tích lưu vực (ha).

Hệ số dòng chảy (C) của một địa điểm phụ thuộc vào việc sử dụng đất hoặc đặc điểm bề mặt của nó. Hệ số dòng chảy của khu vực sẽ được tính toán dựa trên trọng số C giá trị như được biểu thị bằng công thức sau:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i * C_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \tag{3.2}$$

Bảng 3.1 Giá trị hệ số dòng chảy

Tính chất bề mặt thoát nước	Chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán P (năm)				
	2	5	10	25	50
Mặt đường asphal	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90
Mái nhà, mặt phủ bê tông	0,75	0,80	0,81	0,88	0,92
Mặt cỏ, vườn, công viên (cỏ chiếm dưới 50%)					
- Độ dốc nhỏ 1 - 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44
- Độ dốc trung bình 2 - 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49
- Độ dốc lớn	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52

62 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Theo TCVN 7957, hệ số dòng chảy C xác định bằng mô hình tính toán quá trình thấm, trong trường hợp không có điều kiện xác định theo mô hình toán thì đại lượng C, phụ thuộc tính chất mặt phủ của lưu vực và chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán P, được chọn theo Bảng 3.1.

- *Cường độ mưa*

Đối với một trận mưa có chu kỳ lặp lại là T năm, cường độ mưa (*i*) là lượng mưa trung bình từ một trận mưa có thời gian bằng thời gian tập trung (*t_c*) của lưu vực. Cường độ mưa trung bình được xác định từ đường cong IDF, bằng cách ước tính thời gian mưa tương đương với thời gian tập trung nước của lưu vực và chu kỳ lặp lại T năm.

Đường cong cường độ mưa cho lượng mưa thiết kế với chu kỳ lặp lại 10 năm có thể được biểu diễn bằng công thức sau:

Trong đó:
$$i_p = \frac{a}{t_c + b} \quad (3.3)$$

- *i_p*: Cường độ mưa bình quân của trận mưa chu kỳ P năm (mm/giờ);
- *t_c*: Thời gian tập trung nước (phút).

Bảng 3.2 Lượng mưa thiết kế ứng với các chu kỳ lặp lại

(Đơn vị mm)

Thời gian (phút)	Chu kỳ lặp lại (năm)					
	2	5	10	25	50	100
15	21,7	30,5	35,8	42,2	46,5	50,6
30	42,2	52,4	59,9	70,1	78,3	87,1
45	57,1	70,4	79,2	90,5	99	107,4
60	66,9	83,3	93,6	105,9	114,7	123
120	78,6	97,9	110,4	125,9	137,2	148,2
180	82,3	105,8	122,5	145,2	163,2	182,1
360	86,7	116,4	141,3	180,2	215,7	257,7
720	91,6	121,7	150,5	201,3	253,4	321,4
1440	108,2	145,4	178,3	232,5	284,3	348,2

- *Thời gian tập trung nước*

Theo phương pháp Rational, đỉnh dòng chảy (Q_r) xuất hiện khi tất cả các phần của lưu vực nhận được một cường độ mưa ổn định, góp phần vào dòng chảy ra khỏi lưu vực. Điều kiện này được đáp ứng khi thời gian mưa bằng thời gian tập trung (t_c). Thời gian tập trung (t_c) bao gồm thời gian dòng chảy trên mặt đất (dòng đến) cộng với thời gian dòng chảy từ cửa thoát nước xa nhất đến điểm thiết kế (t_d), cụ thể: $t_c = t_o + t_d$.

Bảng 3.3 Thời gian tập trung nước cho các diện tích lưu vực

Diện tích khu vực (ha)	Thời gian tập trung nước, t_c (phút)
0,2 – 2,0	5
2,0 – 6,0	10
6,0 – 10,0	15
≥ 10	15

64 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

- *Tính toán dòng chảy cực đại sau khi có công trình xây dựng, phát triển*

Dựa theo công thức Rational, dòng chảy lớn nhất của một khu vực (sau khi có các công trình xây dựng, phát triển) không có kiểm soát dòng chảy có thể được xác định bằng công thức sau:

Trong đó:
$$Q_{\text{post}} = \frac{1}{360} C_{\text{post}} i_p A \quad (3.4)$$

- Q_{post} : Dòng chảy cực đại tại điểm thiết kế (m^3/s) (sau khi có các công trình xây dựng, phát triển);
 - C_{post} : Hệ số dòng chảy (sau khi có các công trình xây dựng, phát triển);
 - i_p : Cường độ mưa bình quân của trận mưa với chu kỳ lặp lại P năm ($\text{mm}/\text{giờ}$);
 - A: diện tích lưu vực (ha).
- *Tính toán đỉnh dòng chảy tối đa cho phép*

Dòng chảy đỉnh tối đa cho phép xả được tính toán dựa trên hệ số dòng chảy C_a :

Trong đó:
$$Q_{\text{max}} = \frac{1}{360} C_a i_p A \quad (3.5)$$

- Q_{max} : Dòng chảy cực đại cho phép (m^3/s);
- C_a : Hệ số dòng chảy tràn tối đa cho phép (theo kinh nghiệm của Singapore chọn $C_a = 0,55$);
- i_p : Cường độ mưa bình quân của trận mưa với chu kỳ lặp lại P năm ($\text{mm}/\text{giờ}$);
- A: diện tích lưu vực (ha).

3.3.2. Phân tích địa điểm áp dụng

Đối với các khu vực nhỏ, có thể có một hệ thống trữ nước để phục vụ toàn bộ khu vực. Tuy nhiên, đối với các địa điểm lớn hơn, có thể không khả thi nếu có một hệ thống trữ nước để phục vụ toàn bộ lưu vực vì nghĩa là sẽ cần một thể tích trữ nước rất lớn và hệ thống sẽ phải được đặt ở cuối hạ lưu của mạng lưới thoát nước nội bộ. Vì vậy, một khu vực áp dụng có thể được phân tích và chia thành các tiểu lưu vực khác nhau, áp dụng cách tiếp cận lưu vực phân tán. Tùy vào từng tiểu lưu vực cụ thể, các hệ thống trữ có thể được thiết kế cho mỗi tiểu lưu vực miễn là tổng lưu lượng cần thoát (Q_m), cho mỗi tiểu lưu vực nhỏ hơn hoặc bằng lưu lượng cho phép (Q_{max}) của toàn bộ khu vực thiết kế.

$$\sum_{i=1}^n Q_{m_i} \leq Q_{max} \quad (3.6)$$

Trong đó:

- Q_{m_i} : Lưu lượng đỉnh cần thoát của tiểu lưu vực (m^3/s);
- Q_{max} : Lưu lượng đỉnh tối đa cho phép (m^3/s).

3.3.3. Lựa chọn hệ thống trữ nước mưa

Có thể sử dụng các hệ thống trữ khác nhau để kiểm soát dòng chảy đỉnh của các khu vực cần thiết lập hệ thống trữ. Việc lựa chọn các hệ thống này sẽ phụ thuộc vào nhiều cân nhắc, chẳng hạn như không gian sẵn có, địa hình, cũng như khả năng hoạt động và bảo trì. Đối với các lưu vực rộng lớn và cần có tính linh hoạt cao hơn thì thực hiện một hoặc nhiều loại hệ thống trữ. Sau đây là một số thông tin so sánh về các loại hệ thống trữ phổ biến và các lợi ích cũng như hạn chế liên quan của từng hệ thống.

Bảng 3.4 Đặc điểm của một số hệ thống trữ nước mưa

Loại hệ thống	Trực tiếp		Gián tiếp
Thời gian xả	Trong quá trình mưa		Sau trận mưa
Cơ chế xả	Trọng lực	Bơm	Trọng lực hoặc bơm
Mô tả	<p>Hệ thống trữ này nhận được tất cả dòng chảy từ lưu vực. Tỷ lệ xả từ hệ thống này được điều chỉnh bởi một thiết bị điều khiển dạng van.</p>	<p>Hệ thống trữ này nhận được tất cả dòng chảy từ lưu vực. Tỷ lệ xả từ hệ thống này được điều chỉnh bởi một máy bơm.</p>	<p>Hệ thống trữ này nhận chỉ một phần của dòng chảy từ. Tỷ lệ xả từ một khu vực được quy định bởi sự chuyển hướng của dòng chảy vượt quá mức tối đa dòng chảy đỉnh cho phép, thông qua một cấu trúc chuyển hướng dòng chảy tương tự như đập một bên, vào hệ thống lưu trữ.</p>
Cơ điện, Thiết bị đo đạc & Hệ thống điều khiển	+ Không yêu cầu.	+ Bơm. + Thiết bị quan trắc mực nước (bên trong hệ thống).	+ Van kích hoạt máy bơm. + Thiết bị quan trắc mực nước/lượng mưa.

Loại hệ thống	Trực tiếp			Gián tiếp
Điểm mạnh	Không cần các thiết bị cơ và điện.	Phù hợp với mọi khu vực	Lượng dòng chảy từ phần của lại của lưu vực có thể bỏ qua việc kiểm soát	+ Yêu cầu lưu lượng trữ nhỏ hơn. + Hệ thống xả chỉ hoạt động sau các sự kiện mưa lớn (Tiết kiệm vận hành và bảo trì)
Giới hạn	Cần có đủ chênh lệch độ cao giữa hệ thống để xuất đầu vào và điểm đầu ra lớn hơn 1m, để hệ thống này có hiệu quả	Bơm cần thiết mỗi khi mưa lớn	Yêu cầu lượng lưu trữ lớn	Cơ khí và điện của hệ thống sẽ cần phải được phục vụ một cách thường xuyên để đảm bảo khả năng hoạt động trong các sự kiện mưa lớn.
Phương pháp thiết kế và Tính toán thiết kế	+ Phương pháp cải tiến Rational và xả trọng lực. + Mô hình thủy văn và thủy lực.	+ Phương pháp cải tiến Rational và xả qua bơm. + Mô hình thủy văn và thủy lực.	Phương pháp lưu trữ toàn bộ dòng chảy	Mô hình thủy văn và thủy lực

3.3.4. Xác định dung tích điều tiết nước mưa

3.3.4.1. Xác định theo TCVN 7957

Xác định thể tích điều tiết của hồ W (m³) bằng biểu đồ lưu lượng nước mưa chảy vào và xả ra khỏi hồ theo mức nước trung bình và mức nước lớn nhất.

Đối với những công trình nhỏ, không yêu cầu độ chính xác cao, khi áp dụng phương pháp cường độ giới hạn có thể tính toán thể tích điều hòa công thức sau:

$$W = K \cdot Q_n \cdot t \tag{3.7}$$

Trong đó:

- Q_n : Lưu lượng tính toán nước mưa chảy tới hồ (m³/s);
- t : Thời gian mưa tính toán của toàn bộ các lưu vực thuộc tuyến cống tới miệng xả vào hồ (căn cứ theo bảng tính thủy lực mạng lưới thoát nước mưa) (s);
- K : Hệ số, phụ thuộc đại lượng α , lấy theo Bảng 3.5.

Bảng 3.5 Hệ số điều hòa nước mưa

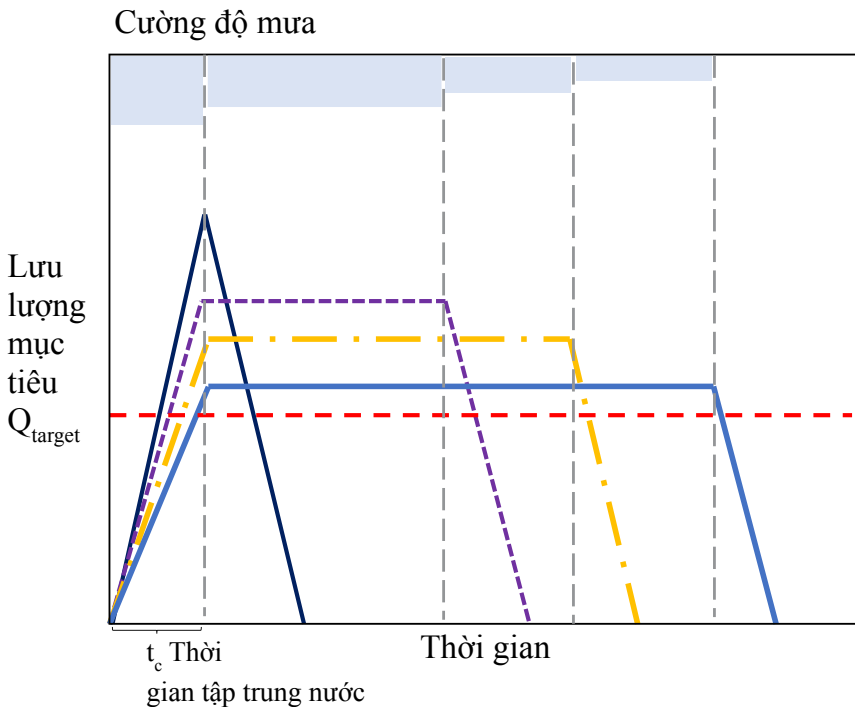
α	K	α	K	α	K
0,10	0,50	0,40	0,42		
0,15	1,10	0,45	0,36	0,70	0,13
0,20	0,85	0,50	0,30	0,75	0,10
0,25	0,69	0,55	0,25	0,80	0,07
0,30	0,58	0,60	0,21	0,85	0,04
0,35	0,5	0,65	0,16	0,90	0,02

Hệ số α là tỷ lệ giữa lưu lượng nước mưa đã được điều tiết chảy vào tuyến cống sau hồ Q_x và lưu lượng nước mưa tính toán chảy vào hồ Q_n :

$$\alpha = \frac{Q_x}{Q_n} \quad (3.8)$$

3.3.4.2. Phương pháp Rational cải tiến

Phương pháp cải tiến Rational (MRM) là một biến thể của phương pháp Rational và chủ yếu được sử dụng cho quy mô trữ trong khu vực đô thị. Phương pháp này sẽ cung cấp thiết kế hệ thống hỗ trợ nước và nên áp dụng cho hệ thống hỗ trợ nước phục vụ cho một lưu vực diện tích dưới 8 ha. Đặc biệt, phương pháp này có thể được sử dụng để xác định quy mô các hệ thống trữ trực tiếp, và có thể sử dụng giải pháp trọng lực để xả nước trong suốt trận mưa.



Hình 3.12 Biểu đồ dòng chảy theo phương pháp Rational cải tiến

70 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Phương pháp này giả định rằng tất cả dòng chảy từ lưu vực theo tuyến cống được chuyển vào hệ thống hồ trữ nước trực tiếp và xả ra ngoài thông qua cấu trúc lỗ thoát.

Trong khi phương pháp Rational giả định đường quá trình dòng chảy tràn hình tam giác, phương pháp Raitional cải tiến xem xét một họ đường quá trình dòng chảy tràn dạng hình thang. Hình 3.12 thể hiện một họ các biểu đồ đường quá trình dòng chảy vào của các khoảng thời gian mưa xảy ra khác nhau được xem xét để xác định kích thước của hồ trữ nước, với chu kỳ lặp lại T năm. Biểu đồ dòng chảy hình tam giác đầu tiên biểu thị sự kiện mưa với thời lượng bằng với thời gian tập trung nước (t_c). Các đường quá trình dòng chảy tiếp theo có dạng hình thang, tất cả đều đạt cực đại tại cùng một thời điểm tập trung nước (t_c) và tiếp tục trong suốt thời gian của trận mưa. Một khi trận mưa đã dừng, thời gian để xả nước trở về 0.

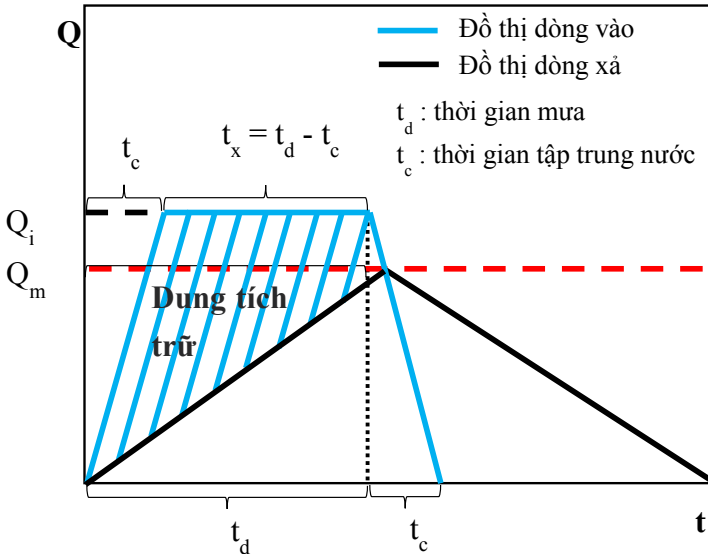
Tốc độ xả tối đa cho mỗi biểu đồ đường quá trình dòng chảy có thể được tính bằng công thức sau:

$$Q_r = \frac{1}{360} CiA \tag{3.9}$$

với $i = \frac{a}{t_d + b}$ trong đó t_d = thời gian mưa.

Đồ thị lưu lượng xả cho các hệ thống xả trọng lực trực tiếp (On-line) xấp xỉ bằng một đường thẳng dòng như hình sau:

Cường độ mưa



Hình 3.13 Biểu đồ xác định dung tích trữ cần thiết

Dung tích trữ cần thiết cho một trận mưa cụ thể được thể hiện bằng khu vực kẻ sọc giữa các biểu đồ dòng chảy vào và dòng chảy ra. Với Q_i là lưu lượng vào hệ thống, Q_m là lưu lượng cần thoát thiết kế.

Thể tích trữ:

$$V_t = Q_i (t_c + t_x) - \frac{1}{2} Q_{target} (2t_c + t_x) \quad (\text{đơn vị: m}^3) \quad (3.10)$$

Trong đó:

$$Q_{inflow} = \frac{1}{360} C_{post} \left(\frac{a}{t_d + b} \right) A \quad , \text{ và} \quad (3.11)$$

$$Q_{target} = \frac{1}{360} C_{target} \left(\frac{a}{t_c + b} \right) A \quad (3.12)$$

MRM bao gồm các bước tính toán lặp đi lặp lại để xác định các dung lượng trữ khác nhau cho thời gian mưa lên đến 4 giờ. Dung tích trữ tối đa thu được từ phép lặp tính toán là dung tích ước tính của hệ thống trữ cần thiết.

3.3.4.3. Lời giải trực tiếp cho phương pháp Rational cải tiến

Ngoài ra, một lời giải toán học trực tiếp có thể được sử dụng để tính toán dung lượng trữ tối đa bằng cách sử dụng nguyên lý thứ nhất của đạo hàm. Bằng cách lấy đạo hàm bậc nhất của hàm thể tích và gán bằng không, thời lượng mưa dẫn đến khối lượng trữ tối đa được yêu cầu có thể xác định được. Tuy nhiên, một điều kiện là dòng chảy vào (Q_i) trong thời gian mưa được xem xét không nên nằm dưới lưu lượng cần thoát Q_{\max} .

Các bước sau phác thảo phương pháp tính toán để xác định thể tích trữ cần thiết, thông qua lời giải trực tiếp sử dụng MRM kết hợp xả trọng lực có kiểm soát lỗ xả cho hồ trữ nước trực tiếp.

- Xác định thời gian mưa

Cho $\frac{dV_t}{dt} = 0$, thời gian mưa lớn nhất t_x dẫn đến khối lượng trữ tối đa ước tính được yêu cầu thông qua đạo hàm đầu tiên có thể được bắt nguồn bằng biểu thức sau:

$$t_{x\max} = k_3 \pm \sqrt{\frac{bk_1k_3}{k_2}}, \text{ với:}$$

$$k_1 = \frac{aC_{\text{post}}A}{6}, \quad k_2 = \frac{aC_{\text{max}}A}{12}, \quad k_3 = t_c + b$$

Biểu đồ dòng chảy vào tương ứng với $t_{x\max}$ có thể nằm dưới lưu lượng xả cần thoát lớn nhất, Q_{\max} . Như vậy, $t_{x\text{limit}}$ tương ứng với biểu đồ dòng chảy vào với lưu lượng cực đại bằng Q_{\max} phải là được xác định thông qua biểu thức:

$$t_{x\text{limit}} = \frac{(C_{\text{post}} - C_{\text{max}})(t_c - b)}{C_{\text{max}}} \quad (3.14)$$

Giá trị nhỏ hơn của 2 giá trị $t_{x_{max}}$ và $t_{x_{limit}}$ sẽ được coi là t_x tới hạn, $t_{x_{critical}}$:

Nếu $t_{x_{max}} < t_{x_{limit}}$, dung tích trữ tối đa xảy ra khi $t_{x_{critical}} = t_{x_{max}}$.

Nếu $t_{x_{max}} > t_{x_{limit}}$, dung tích trữ tối đa xảy ra khi $t_{x_{critical}} = t_{x_{limit}}$.

Lưu ý: Đối với các khu vực có $t_{x_{critical}} = t_{x_{limit}}$, Q_i cao nhất sẽ bằng Q_{max} . Đây là giải pháp toán học cho lượng trữ nước cần thiết ngay cả khi nó có vẻ như giống như một hệ thống trữ nước là không cần thiết vì đỉnh Q_i đã bằng với Q_{max} .

Giá trị t_x liên quan được thay thế vào phương trình sau đây để xác định giá trị ước tính thể tích chứa của hồ trữ nước.

$$V_t = \frac{k_1(t_c + t_{x_{critical}})}{k_3 + t_{x_{critical}}} - \frac{k_2(2t_c - t_{x_{critical}})}{k_3} \quad (m^3) \quad (3.15)$$

Chú ý: trường hợp sử dụng các phương trình IDF khác với hàm có $i = \frac{a}{t_d + b}$ thể dùng công cụ Solver trong phần mềm Microsoft Excel để tìm $t_{x_{max}}$.

3.3.4.4. Phương pháp Rational cải tiến kết hợp bơm

Phương pháp Rational cải tiến có thể được điều chỉnh để phù hợp với quy mô hệ thống trữ trực tiếp (On-line), mà lượng nước mưa được xả ra ngoài bằng máy bơm trong suốt trận mưa.

Để xác định thời lượng mưa tới hạn ($t_{x_{critical}}$) dẫn đến khối lượng nước trữ lớn nhất, có thể giả định rằng thời lượng mưa tới hạn và biểu đồ dòng chảy tràn thoát ra ngoài qua hệ thống bơm tương tự như hệ thống xả qua lỗ. Tuy nhiên, vì các biểu đồ dòng chảy tràn thoát ra ngoài thông qua lỗ được kiểm soát bởi trọng lực và hệ thống bơm có thể khác nhau, do đó thiết kế tính toán theo phương pháp trữ

74 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

tuyến tính là cần thiết. Sau khi thời lượng mưa tới hạn được xác định, biểu đồ đường quá trình dòng tràn chảy vào hồ dạng hình thang tương ứng có thể được xây dựng và trữ tuyến tính dựa trên trên tốc độ xả thực tế của bơm và mức khởi động của bơm sẽ được thiết lập.

Sự thay đổi thể tích trữ trong bể bằng lưu lượng vào trừ lưu lượng ra:

$$I - Q = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (3.16)$$

với I = Đầu vào, Q = Đầu ra, S = Lượng trữ

Sử dụng bảng tính Excel, có thể thực hiện các phép lập để xác định dòng chảy ra ở mỗi bước thời gian. Với điều này, có thể xác minh tính đầy đủ của thể tích trữ, công suất và hoạt động của máy bơm.

3.3.4.5. Phương pháp trữ hoàn toàn dòng chảy thặng dư

Lượng dòng chảy thặng dư do gia tăng hệ số chảy tràn quá mức cho phép được trữ lại toàn bộ.

$$V_{tr} = R_p \cdot (C_{post} - C_{max}) \quad (3.17)$$

Trong đó:

- V_{tr} : Lượng trữ nước/tổng diện tích kiểm soát (m^3/ha);
- R_p : Tổng lượng mưa thiết kế ứng với chu kỳ lặp lại P (mm);
- C_{post} : Hệ số dòng chảy tràn sau khi ĐTH;
- C_{max} : Hệ số dòng chảy tràn cho phép.

Tỷ lệ phần diện tích phải được kiểm soát = $C_{post} - C_{max}$

- Ví dụ tính toán lượng trữ bằng phương pháp giữ lại toàn bộ

Đối với khu đất 1,0 ha có C_{post} là 0,89 (0,2 ha thấm và 0,8 ha không thấm), hệ số dòng chảy khu vực kiểm soát = $C_{post} - C_{target}$ ($0,89 - 0,55 = 0,34$), dòng chảy từ 0,34 ha diện tích không thấm nước sẽ phải được trữ qua toàn bộ trận mưa để đáp ứng lưu lượng xả cho phép Q_{max} .

0,46 ha diện tích vùng không thấm không kiểm soát	0,34 ha diện tích không thấm cần kiểm soát
	0,20 ha vùng thấm không kiểm soát

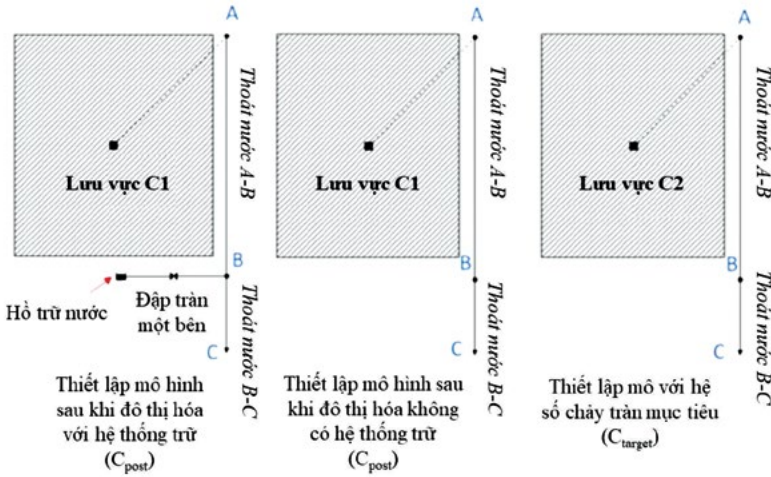
Hình 3.14 Ví dụ minh họa các khu vực cần tính toán trữ nước

Dòng chảy từ phần còn lại: 0,66 ha chưa kiểm soát được xả thải trực tiếp vào HTTN.

$$\begin{aligned} \text{Tổng dung tích trữ cần thiết} &= 1300.(C_{post} - C_{target}).A \\ &= [(1300 \times 0,89) - (1300 \times 0,55)] \times 1,0 = 442 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

3.3.5. Phương pháp mô hình thủy văn và thủy lực

Mô hình thủy văn thủy lực được áp dụng để xác định dung tích trữ trực tiếp hoặc gián tiếp cho các khu vực thoát nước, bao gồm cả khu vực có diện tích lớn hơn 8 ha hoặc khu vực có HTTN phức tạp hơn. Chủ đầu tư có thể lựa chọn các mô hình thủy văn, thủy lực phù hợp như U.S. EPA SWMM, MIKE 11, v.v. để xác định quy mô hoặc đánh giá sự phù hợp của hệ thống trữ nước mưa được đề xuất cho dự án.



Hình 3.15 Minh họa các ứng dụng mô hình EPA-SWMM để xác định dung tích trữ cần thiết

3.4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG XẢ NƯỚC MƯA

3.4.1. Hệ thống xả qua lỗ

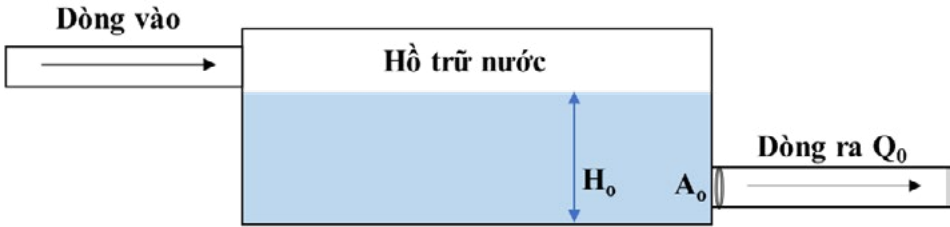
Đối với hệ thống xả qua lỗ (qua van), lỗ van sẽ đóng vai trò điều chỉnh lưu lượng cho hồ trữ nước. Chiều sâu trữ nước hiệu quả của hồ có thể được xác định bằng cách xem xét thông qua cấu tạo hệ thống, chẳng hạn như cao trình đáy cống đầu vào và cao trình cống xả. Khi độ sâu hiệu quả của hồ trữ được xác định, kích thước lỗ van có thể được tính toán dựa trên phương trình sau:

$$Q_0 = C_0 A_0 \sqrt{2gH_0}$$

Trong đó:

- Q_0 : Lượng nước qua van m^3/s ;
- C_0 : Hệ số lưu lượng;
- A_0 : Diện tích của miệng van (m^2);

- g : Gia tốc trọng trường $9,81 \text{ m}^2/\text{s}$;
- H_0 : Cột áp tối đa tại trung tâm lỗ thoát (m).

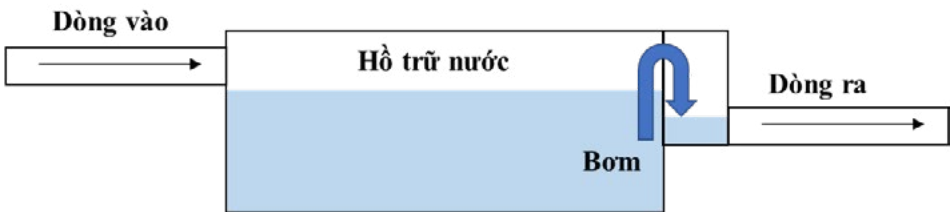


Hình 3.16 Minh họa mô hình xả qua lỗ

Lưu ý rằng phương trình trên áp dụng cho dòng chảy tự do với điều kiện xả qua lỗ, do đó, hồ trữ nước hoặc đường ống phía hạ lưu sẽ cần phải đáp ứng điều kiện này.

3.4.2. Hệ thống xả bằng bơm

Công suất bơm tối thiểu phải đủ để làm cạn bể trong vòng 4 giờ, sau khi kết thúc một trận mưa (kinh nghiệm của Singapore). Tùy thuộc vào điều kiện cụ thể, cần xác định thời gian tháo nước cạn bể chứa một cách hợp lý. Công suất bơm vận hành tối đa phải nhỏ hơn công suất xả tối đa.



Hình 3.17 Minh họa hồ trữ nước có hệ thống bơm xả

Tất cả các hệ thống xả bằng bơm phải được thiết kế để vận hành tự động, với tùy chọn điều khiển thủ công để thay thế hệ thống tự động trong trường hợp cần thiết.

78 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Hệ thống phải được thiết kế để đảm bảo không xảy ra hiện tượng chảy ngược bằng cách triển khai các ống cổ ngỗng. Hệ thống xả bằng bơm phải xả nước mưa từ hồ trữ nước vào HTTN bên trong của khu vực thiết kế. Không được phép bơm trực tiếp vào cống thoát nước công cộng. HTTN được bơm cần thiết để thoát nước của các cơ sở xây dựng ngầm (ví dụ: tầng hầm).

CHƯƠNG

4

**TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CÁC
CÔNG TRÌNH TRỮ NƯỚC MƯA
ĐÔ THỊ ĐIỂN HÌNH**

4.1. GIẢI PHÁP RÃNH THẨM

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 4.1 Rãnh thấm được xây dựng trong khu đậu xe

Nguồn: Bernard Chocat

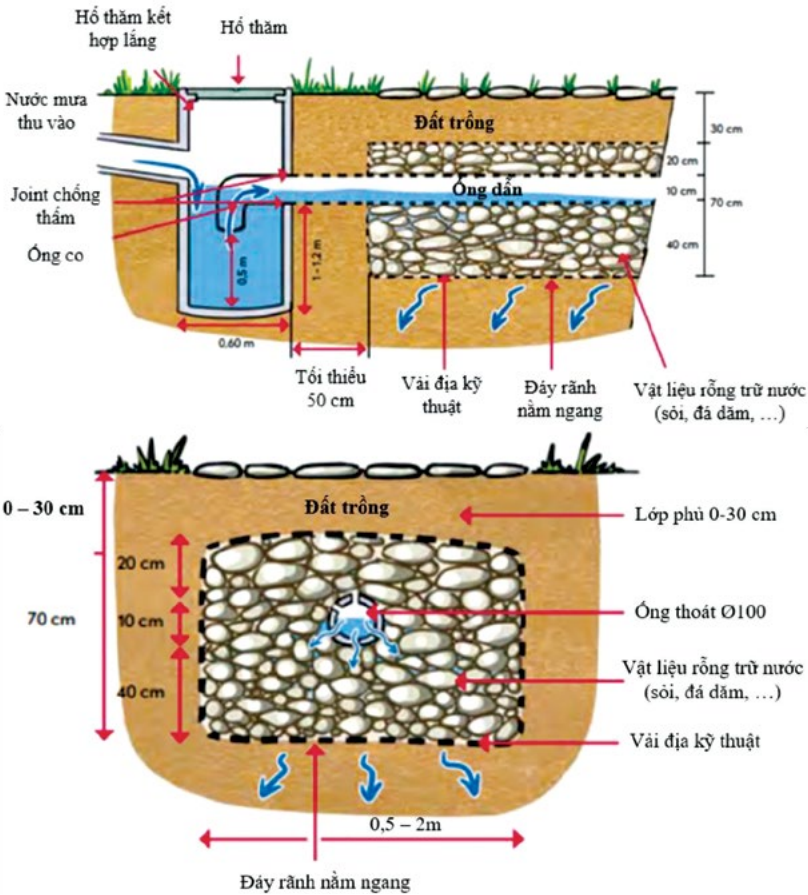
80 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

- 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 lượng nước trữ nhất.



Hình 4.2 Nguyên lý hoạt động rãnh thấm. Mặt cắt dọc (hình trên) và ngang (hình dưới) điển hình

Nguồn: LoireForez

- + Đáy rãnh nằm ngang (không có độ dốc đáy) để dễ thấm.
- + 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, nẹt cần làm sạch bề mặt phía trên rãnh và thay vật liệu hoặc vải địa kỹ thuật.
- *Tính toán thiết kế:*
 - + Độ sâu lớn nhất của rãnh thấm:

$$d = \frac{qT}{1000} \quad (4.1)$$

Trong đó:

- d (m): Là độ sâu lớn nhất của rãnh thấm;
- q ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ hoặc m/s): Là cường độ thấm thiết kế trên 1 đơn vị diện tích được xem bằng hệ số thấm k (m/s) xác định từ thí nghiệm Darcy ($k \sim 1 \times 10^{-5}$ m/s cho đất cát) với độ dốc thủy lực i (m/m) bằng 1 ($q = \frac{ki}{F}$) và F là hệ số an toàn (1,5: khu vực

82 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

không có nguy hại, 2 - 5: cho khu vực có nguy hại nhỏ và 10 có nguy hại lớn);

- T (giờ): Là thời gian tháo cạn nước (lý tưởng là 24 giờ).

Thể tích trữ nước (V_{tr}) trong rãnh được xác định:

$$V_{tr} = n.L.b.d \quad (4.2)$$

Với n (tỷ số giữa thể tích rỗng và thể tích tổng cộng) là độ rỗng (0,3 - 0,4 cho đá dăm, cuội sỏi tiêu chuẩn); L và b (m) là chiều dài và rộng của rãnh. Ước tính sơ bộ L và b từ thể tích nước mưa chảy tràn tính toán cho diện tích dự án và vũ lượng thiết kế.

Thể tích nước có thể tháo thông qua thấm vào đất:

$$V_{tháo} = Q_{tháo} \cdot t_{tháo} = \alpha.S.k.D/60 \quad (4.3)$$

Trong đó, diện tích tháo: $S_{tháo} = \alpha S$, với $S = (2L + 2b)\frac{d}{2}$; $\alpha = 0,5$ tính đến độ giảm thấm của rãnh khi mực nước trong rãnh sẽ dao động trong thời gian nước mưa chảy vào và tháo ra, vì vậy chấp nhận xem thấm diễn ra trong khoảng $\frac{1}{2}$ chiều sâu rãnh và bỏ qua thấm của đáy rãnh vì nhanh bị nghẽn; L và b lần lượt là chiều dài và rộng của rãnh; D (phút) là thời gian mưa thiết kế với chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán tại lưu vực.

Thể tích nước mưa chảy tràn vào lưu vực dự án (tính theo phương pháp Rational cho diện tích dự án < 8 ha):

$$V_{mưa} = K.C.I.A.D.60 \quad (4.4)$$

Trong đó: K là hệ số chuyển đổi $K = 1/360 = 2,78 \times 10^{-3}$; C hệ số dòng chảy tràn (0,7 - 0,95 cho khu vực trung tâm thành phố); I (mm/giờ) là cường độ mưa và A (ha) là diện tích lưu vực dự án. $V_{mưa}$ được tính toán cho mỗi thời gian mưa khác nhau (thông thường mỗi

15 phút). Thể tích cần trữ ΔV là hiệu số lớn nhất của $V_{mưa}$ (m^3) và $V_{thoát}$ (m^3). So sánh ΔV và $V_{trữ}$ để quyết định kích thước rãnh thấm.

Mức nước lớn nhất trong hệ thống thấm:

$$h_{max} = \frac{D \left(\frac{A_m}{A_t} \times I - q \right)}{n} \quad (4.5)$$

Trong đó, A_m và A_t lần lượt là diện tích bề mặt nước chảy tràn và bề mặt thấm.

Kiểm tra thời gian tháo cạn $\frac{1}{2}$ lượng nước trong rãnh thấm:

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{nh_{max}}{2q} \quad (4.6)$$

- Ví dụ áp dụng:

Trong một khu đất dự án, diện tích tổng cộng $850 m^2$, trong đó $600 m^2$ bề mặt không thấm (mái nhà và đường đi lại) và $250 m^2$ là bề mặt thấm. Hệ số dòng chảy tràn 0,95 và 0,12 lần lượt cho bề mặt không thấm và thấm. Hệ số thấm xác định cho đất tại chỗ là $50 mm/giờ$. Xác định kích thước của rãnh thấm.

1. Ước tính sơ bộ kích thước rãnh thấm

Với cường độ thấm thiết kế khi chọn hệ số an toàn là 2 cho khu vực dự án nguy hại nhỏ đến vùng bên ngoài và thời gian thoát cạn là 24 giờ, chiều sâu lớn nhất của rãnh thấm:

$$d = q \frac{T}{1000} = \frac{50}{2} \times \frac{24}{1000} = 0,6m$$

Chọn vũ lượng sơ bộ là $25 mm$, kích thước rãnh thấm ước tính từ thể tích mưa chảy tràn trữ (V_{tr}) trong rãnh thấm:

84 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

$$V_{tr} = \frac{0,95 \times 600 \times 25}{1000} = 0,35 \times L \times b \times 0,6$$

Chọn $b = 1,5$ m và $L = 45,4$ m

2. *Đánh giá thể tích tháo cạn của rãnh thấm và thể tích mưa chảy tràn vào lưu vực dự án*

$$V_{tháo} = \frac{\alpha S k D}{60}$$

$$= 0,5 \times (2 \times 45,4 + 2 \times 1,5) \times \frac{0,6}{2} \times \frac{50}{1000} \times \frac{D}{60} = 0,0117D$$

Chọn hệ số dòng chảy không đổi:

$$C = \frac{0,95 \times 600 + 0,12 \times 250}{600 + 250} = 0,71$$

Giả thiết cường độ của trận mưa thiết kế I (mm/giờ) với chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán 1 năm tính theo công thức sau:

$$I = \frac{6525}{D + 36,7}$$

Lập bảng tính $V_{mưa}$ và $V_{tháo}$ với $D = 15; 30; 45; 60; 120; 360; 720$ và 1440 phút và xác định h_{max} và $T_{1/2}$.

Kết quả cho thấy $h_{max} = 0,43$ m với thời gian mưa của trận mưa thiết kế là 120 phút, thời gian tháo cạn là 3 giờ (< 24 giờ, chấp nhận được), thì rãnh thấm với kích thước xác định như trên có thể trữ được lượng mưa chảy tràn sau khi thấm.

Tuy nhiên, nếu tính với chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán lớn hơn thì kích thước rãnh cần tăng lên (ưu tiên chiều dài vì càng dài càng hẹp thì thấm càng lớn) hoặc kết nối với HTTN khác để tháo lượng nước mà vượt quá khả năng của rãnh thấm.

4.2. GIẢI PHÁP Ô TRỮ SINH HỌC

Ô trữ sinh học là một vùng trồng cây cỏ cho phép dòng chảy tràn vào để trữ, thấm và lọc mà phía dưới là lớp lọc (sỏi và cát).



Hình 4.3 Ô trữ sinh học trong khu dân cư

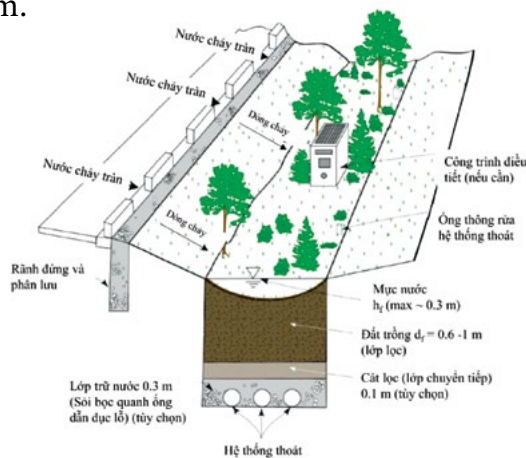
Nguồn: Montgomery County, MD Department of Environmental Protection

- *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 HTTN. 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 nhỏ hơn 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 gây xói mòn đất.
- + 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 cằn 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 - 4 m tùy vào địa chất.
- + Khoảng cách giữa đáy ô trữ sinh học và mực nước ngầm 0,6 - 1 m.



Hình 4.4 Mô hình ô trữ sinh học

Nguồn: MDDEP

- 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).

- *Tính toán thiết kế:*

Có hai loại ô trữ sinh học:

- + Ô trữ sinh học kích thước nhỏ, không đấu nối với HTTN bên ngoài, nước mưa chảy tràn thấm hoàn toàn.
- + Ô trữ sinh học kích thước lớn, có hệ thống ống thoát và màng chống thấm.

Là hệ thống đa chức năng vừa tham gia vào giải quyết dòng tràn, vừa góp phần xử lý dòng bản. Để tính toán diện tích ô trữ sinh học, cần xác định trước thể tích nước chảy tràn cần trữ (V_{ctr}) cho trận mưa thiết kế:

$$V_{ctr} = A.C.i \quad (4.7)$$

Trong đó, A (m^2) là diện tích dự án; C là hệ số dòng chảy và i (mm) là lượng mưa.

Diện tích ô trữ sinh học được ước tính bằng công thức:

$$A_f = \frac{V_{tr} d_f}{q(h_f + d_f)t_f} \quad (4.8)$$

Với d_f (m) là chiều dày lớp lọc; h_f (m) là chiều cao trung bình lớp nước trên mặt ô trữ (thông thường 1/2 chiều cao cột nước lớn nhất

88 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

trên ô trữ); q (mm/h) là cường độ thấm thiết kế; và t_f là thời gian tháo nước.

- Ví dụ áp dụng:

Xác định kích thước cho ô trữ sinh học của dự án bãi đỗ xe (hệ số dòng chảy 0,95) diện tích 0,47 ha với lượng mưa thiết kế 25 mm và thời gian tháo cạn 24 giờ.

1. Trường hợp không có ống thoát ở đáy ô (thấm trực tiếp vào đất xung quanh ô)

Tính thể tích trữ :

$$V_{ctr} = ACi = 0,47 \times 10000 \times 0,95 \times \frac{25}{1000} = 112 \text{ (m}^3\text{)}$$

Diện tích ô trữ sinh học với chiều dày lớp lọc thiết kế là 1 m, hệ số thấm 15 mm/giờ và chiều cao cột nước lớn nhất trên mặt ô trữ là 0,3 m:

$$A_f = \frac{V_{ctr} \cdot d_f}{q(h_f + d_f)t_f} = \frac{112 \times 1}{\frac{15}{2 \times 1000} \times \left(\frac{0,3}{2} + 1\right) \times 24} = 541 \text{ (m}^2\text{)}$$

Tùy theo thời gian tháo cạn quy định trong tiêu chuẩn thoát nước đô thị thì diện tích ô trữ sinh học có thể thay đổi.

2. Trường hợp có ống thoát ở đáy ô

$$A_f = \frac{V_{ctr} \cdot d_f}{q(h_f + d_f)t_f} = \frac{112 \times 1}{\frac{15}{2,4 \times 1000} \times \left(\frac{0,3}{2} + 1\right) \times 24} = 649 \text{ (m}^2\text{)}$$

(Tính đến lớp lọc bị nghẽn nên $q = \frac{K}{F}$ với $F = 2,4$)

4.3. GIẢI PHÁP RÃNH THẤP

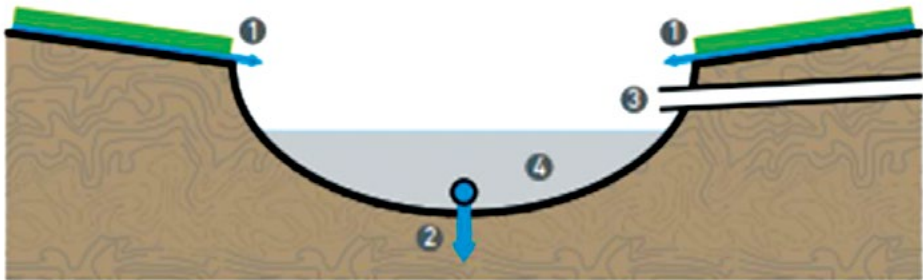
Rãnh thấp là dạng công trình rộng và nông giữ/trữ nước chảy tràn trực tiếp hoặc thông qua ống dẫn để làm chậm dòng chảy, bề mặt được phủ thực vật hoặc vật liệu xây dựng.



Hình 4.5 Rãnh thấp trong khu vực dân cư tại Pháp

- 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 HTTN bên ngoài với lưu lượng được điều tiết.



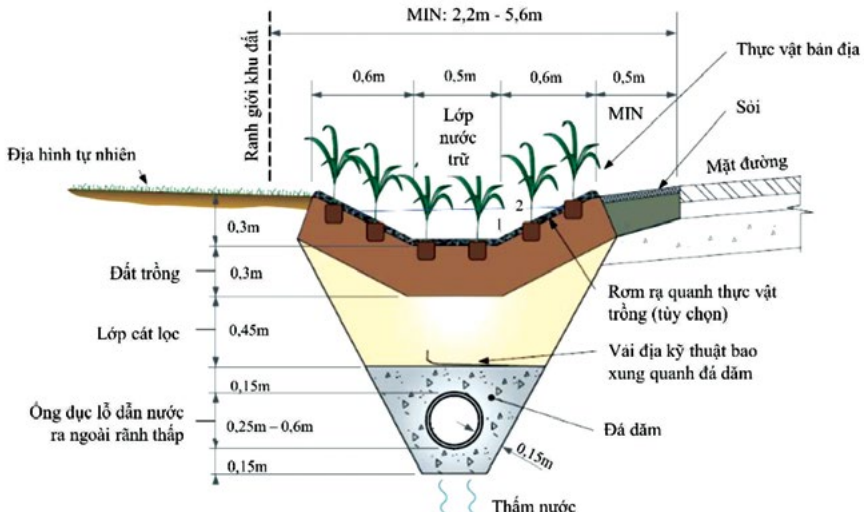
1. Nước chảy tràn 2. Nước tháo bằng thấm hoặc dẫn ra ngoài
3. Ống thu 4. Vách ngăn

Hình 4.6 Nguyên lý hoạt động rãnh thấp

Nguồn: Symasol

- 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.



Hình 4.7 Mặt cắt ngang điển hình rãnh thấp với công trình thấm bên dưới

Nguồn: Ville de Québec

- *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 tươi 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.
- *Tính toán thiết kế:*

Ước tính kích thước rãnh thấp từ diện tích đáy rãnh:

$$A_f = \frac{V_{tk} d_f}{q(h_f + d_f)t_f} \quad (4.9)$$

Trong đó, thể tích V_{tk} tạm thời được tính từ vũ lượng thiết kế; $q=k$, d_p , h_f và t_f được xác định trước.

Lưu lượng tháo khi nước thấm vào đất thông qua đáy rãnh:

$$Q_{tháo} = k.i.Af \quad (4.10)$$

Với i là độ dốc thủy lực tính toán với chiều cao cột nước trên đáy rãnh h_s :

$$i = \frac{h_s + d_f}{d_f} \quad (4.11)$$

Tính thể tích nước cần trữ ΔV là hiệu số giữa thể tích nước mưa chảy tràn vào khu vực dự án $V_{mưa}$ (có thể tính theo công thức 4.4 của phương pháp Rational) và thể tích tháo nước thông qua thấm:

$$V_{tháo} = Q_{tháo} \cdot D \quad (4.12)$$

Tính toán thể tích nước có thể trữ của rãnh thấp với mặt cắt ngang hình thang:

$$V_{tr} = N \frac{1}{2} h_s (b + mh_s) \frac{h_s}{p} \quad (4.13)$$

Trong đó, N là số ô giữ nước xác định từ khoảng cách giữa 2 vách ngăn $a \leq h_s / p$; b là chiều rộng đáy rãnh; m và p lần lượt là độ dốc mái dốc rãnh và độ dốc đáy rãnh. Đánh giá ΔV và V_{tr} để quyết định kích thước rãnh thấp.

- Ví dụ áp dụng:

Xác định kích thước rãnh thấp có chức năng thấm và giữ nước bằng những vách ngăn cho diện tích dự án 0,6 ha với 75% diện tích bề mặt không thấm cho trận mưa thiết kế 2 giờ, với lưu lượng 25 mm, chu kỳ lặp lại 2 năm. Thời gian tháo cạn lớn nhất 24 giờ.

Các thông số thiết kế của rãnh như sau:

+ Chiều dài tuyến rãnh: $L = 200 \text{ m}$.

+ Độ dốc đáy rãnh: $p = 0,5\%$.

+ Mái dốc rãnh 3H: 1V: $m = 3$.

+ Chiều dày lớp thấm lọc: $d_f = 0,45 \text{ m}$.

+ Hệ số thấm lớp thấm lọc: $k = 15 \text{ mm/giờ}$.

+ Chiều cao cột nước trên đáy rãnh: $h_s = 0,3 \text{ m}$.

+ Số ô chứa nước: $N = 3$ với khoảng cách giữa 2 vách ngăn là $0,3/0,005 = 60 \text{ m}$.

1. Ước tính sơ bộ kích thước rãnh thấp

Hệ số dòng chảy:

$$C = \frac{0,9 \times 0,75 \times 6000 + 0,2 \times 0,25 \times 6000}{6000} = 0,73$$

Diện tích đáy rãnh:

$$A_f = \frac{0,73 \times 6000 \times \frac{25}{1000} \times 0,45}{\frac{15}{1000} \times \left(\frac{0,3}{2} + 0,45 \right) \times 24} = 228 \text{ m}^2$$

Chọn chiều rộng đáy rãnh: $b = 1,2 \text{ m} \# A_f/L$

94 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

2. Tính thể tích nước cần trữ ΔV cho trận mưa thiết kế 2 giờ

$$Q_{\text{tháo}} = \frac{15}{1000} \times 228 \times \frac{0,3 + 0,45}{0,45} = 5,7 \text{ m}^3/\text{giờ}$$

$$V_{\text{tháo}} = Q_{\text{tháo}} \cdot D = \frac{15}{1000} \times 228 \times \frac{0,3 + 0,45}{0,45} \times 2 = 11,4 \text{ m}^3$$

Cường độ mưa thiết kế cho trận mưa 2 giờ, chu kỳ lặp lại 2 năm có thể tính theo công thức dưới đây:

$$I = \frac{401,85}{(D + 3,1)^{0,712}} = 13,06 \text{ mm/giờ}$$

$$V_{\text{mưa}} = K \cdot C \cdot I \cdot A \cdot D \cdot 60$$

$$= \frac{1}{360} \times 0,73 \times 13,06 \times 0,6 \times 120 \times 60 = 114,4 \text{ m}^3$$

$$\Delta V = V_{\text{mưa}} - V_{\text{tháo}} = 103 \text{ m}^3$$

Thời gian tháo cạn cho 103 m^3 nước là $103/5,7 = 18$ giờ.

3. Tính khả năng trữ của rãnh thấp

$$V_{\text{tr}} = N \times \frac{1}{2} \times h_s \times (b + mh_s) \times \frac{h_s}{p}$$

$$= 3 \times \frac{1}{2} \times 0,3 \times (1,2 + 3 \times 0,3) \times \frac{0,3}{0,005} = 56,7 \text{ m}^3$$

Khả năng trữ của rãnh nhỏ hơn thể tích mưa cần trữ. Vì vậy cần thay đổi kích thước rãnh hoặc độ dốc, hoặc thêm ô chứa.

4.4. GIẢI PHÁP HỒ NGẦM

Là công trình ngầm trữ nước mưa tạm thời có hệ thống điều tiết lưu lượng tháo.

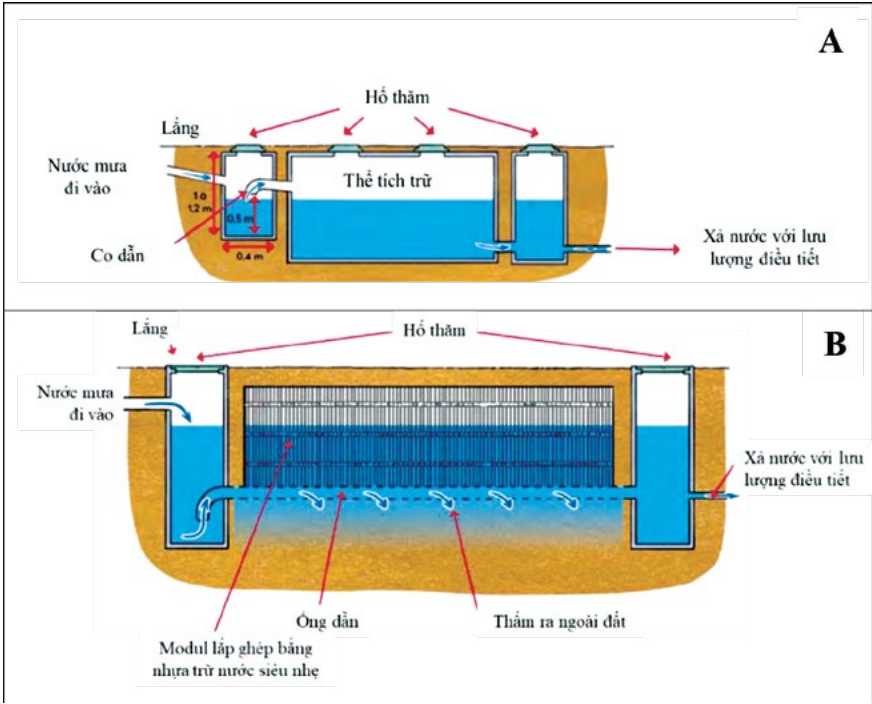


Hình 4.8 Hồ ngầm bằng mô-đun lắp ghép

Nguồn: Maelle Ancelle - Adopta

- 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.



Hình 4.9 Mặt cắt ngang hồ ngầm bằng bê tông cốt thép (hình A) và bằng mô-đun lắp ghép (dạng hộp, hầm hoặc tổ ong) siêu nhẹ bằng nhựa (hình B)

Nguồn: LoireForez

- 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 rộng, nguy cơ tắc nghẽn.
 - + Hồ ngầm phải dễ dàng tiếp cận để duy tu bảo dưỡng.
 - + Tạo mặt bằng lắp đặt cấu kiện mô-đun theo hướng dẫn của 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 sá 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).
 - + Biển báo để tránh quá tải xe chạy trên công trình.
 - + Nạo vét hồ ngầm định kỳ.
- *Tính toán thiết kế:*

Kích thước hồ ngầm có thể tích trữ (V_{tr}) phải phù hợp với thể tích trữ nước cần thiết (V_{ctr}) được tính toán theo lưu lượng mưa chảy tràn $Q_{mưa}$ trên diện tích bề mặt dự án:

$$V_{tr} = L.b.h.n \quad (4.14)$$

Với L , b và h (m) lần lượt là chiều dài, chiều rộng và chiều cao hồ ngầm; n là độ rỗng của cấu kiện modul lắp ghép ($n > 0,9$; $n = 1$ khi hồ ngầm bằng bê tông hoặc thép).

98 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Đường kính ống tháo xác định từ tiết diện ngang ống S:

$$Q_{mưa} = m.v.S \quad (4.15)$$

Với $v = \sqrt{2gh}$, h là chiều cao trung bình trên ống dẫn.

Thể tích trữ nước cần thiết V_{ctr} được tính toán tương tự như trình bày ở các giải pháp trên theo phương pháp thích hợp. Nó cũng có thể tính toán theo phương pháp cường độ mưa như sau :

Bước 1: Chọn tần suất mưa thiết kế (1/2 năm, 1/10 năm, ...)

Bước 2: Xác định thể tích tháo:

Tính toán lưu lượng tháo nếu hồ ngầm cho phép nước trữ thấm xuống đất:

$$Q_{tháo} = k.A_f \quad (4.16)$$

Với $q = ki$ (m/s), $i = 1$ và A_f (m²) là diện tích đáy hồ ngầm.

Hoặc lấy lưu lượng tháo cho phép trong lưu vực dự án:

$$Q_{tháo} = 2 - 3 \text{ l/s/ha}$$

Từ đó:

$$V_{tháo} = 60.Q_{tháo}.t \quad (4.17)$$

Với t (phút) là thời gian mưa.

Bước 3: Xác định thể tích mưa chảy vào lưu vực của dự án tính toán theo phương pháp cường độ mưa

Từ đường cong IDF, tính toán thể tích mưa chảy vào lưu vực của dự án theo thời gian bằng công thức sau:

$$V_{mưa} = H.S_a.10 \quad (4.18)$$

Với $H(t, T)$ là lượng mưa (mm) phụ thuộc thời gian mưa và tần suất mưa; S_a (ha) là diện tích bề mặt mà mưa tạo thành dòng chảy tràn được tính như sau:

$$S_a = C_a \cdot S \quad (4.19)$$

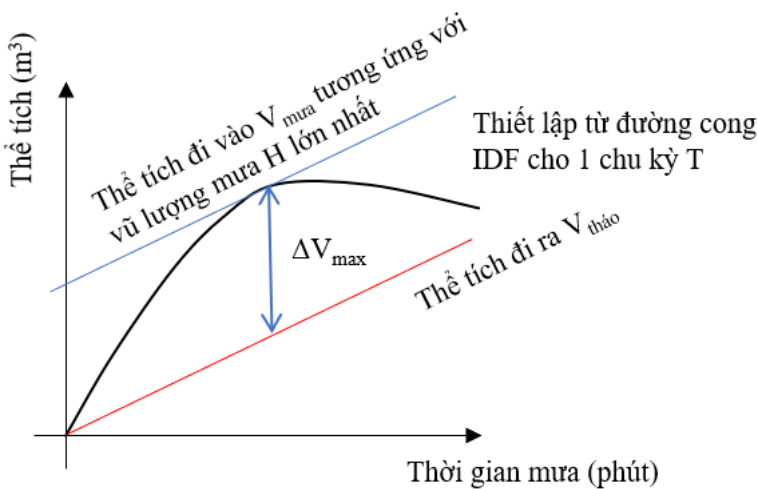
Với hệ số dòng chảy toàn cục C_a là tỷ số giữa thể tích mưa chảy vào công trình thiết kế và thể tích rơi trên toàn diện tích dự án. Tuy nhiên, C_a có thể gần đúng theo C tính theo diện tích không thấm:

$$C_a = \frac{\sum C_{\text{imp}} S_{\text{imp}} + \sum C_{\text{per}} S_{\text{per}}}{S_{\text{imp}} + S_{\text{per}}} \quad (4.20)$$

C_{imp} và C_{per} là hệ số dòng chảy cho diện tích bề mặt không thấm (S_{imp}) và thấm (S_{per}).

Bước 4: Vẽ đồ thị $V_{\text{tháo}}$ và $V_{\text{mưa}}$ để xác định thể tích cần trữ V_{ctr}

Vẽ đường thẳng $V_{\text{tháo}}(t)$ theo công thức 4.17 và đường cong $V_{\text{mưa}}(t)$ theo công thức 4.18.



Hình 4.10 Đồ thị xác định thể tích mưa cần trữ

100| Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Vẽ đường thẳng tiếp xúc với đường cong $V_{mưa}(t)$. Vị trí tiếp xúc là chênh lệch lớn nhất ΔV_{max} giữa $V_{tháo}$ và $V_{mưa}$. Từ đó, $V_{ctr} = \Delta V_{max}$.

Bước 5: Kiểm tra thời gian tháo nước cho thể tích cần trữ

$$T_{tháo} = \Delta V_{tháo} / Q_{tháo} \quad (20)$$

Thời gian tháo nước nên nhỏ hơn 24 giờ, có thể lớn hơn nhưng không vượt quá 48 giờ.

- *Ví dụ áp dụng:*

Tính toán kích thước hồ ngầm cho dự án diện tích 1,5 ha trong đó 1,1 ha đất không thấm và 0,4 ha đất có thể thấm. Hệ số thấm của đất thí nghiệm hiện trường 5×10^{-6} m/s.

Bước 1: Chọn trận mưa thiết kế với chu kỳ là 10 năm. Sơ bộ kích thước đáy hồ là 500 m^2 (20 m x 25 m).

Bước 2: Xác định thể tích tháo

$Q_{tháo} = 5 \times 10^{-6} \times 500 = 2.5 \times 10^{-3}$ (m³/s), hay 0,15 m³/phút, hay 9 m³/giờ

$$V_{tháo} = 0,15.t$$

Bước 3: Xác định thể tích mưa chảy vào lưu vực của dự án

$$C_a = \frac{1,1 \times 0,9 + 0,4 \times 0,5}{1,5} = 0,793$$

$$S_a = 1,5 \times 0,793 = 1,19 \text{ (m}^2\text{)}$$

Đường cong IDF với vũ lượng xác định theo công thức Montana:

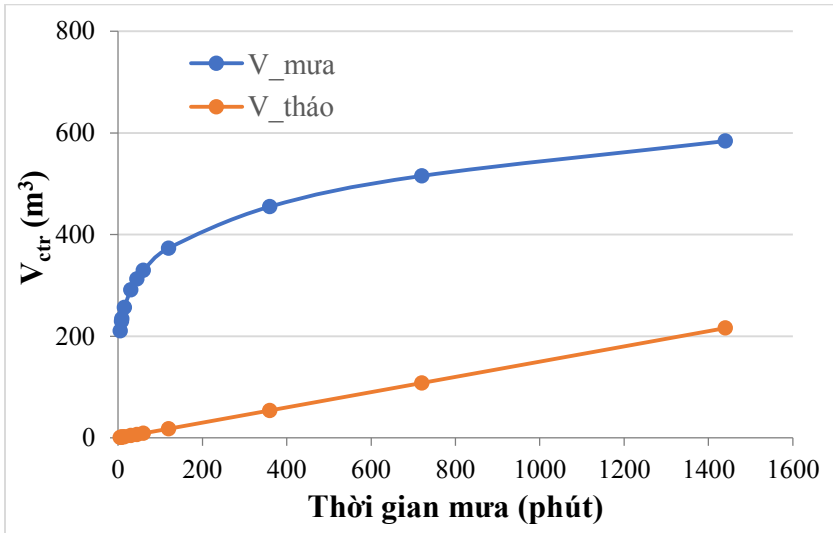
$$H = at^{1-b}$$

Dữ liệu mưa lấy từ trạm sân bay Roissy-Charles de Gaulle cho $a = 13,25$ và $b = 0,82$ (theo Meteo France):

$$V_{mưa} = 145,75 \times t^{0,18}$$

Bước 4: Vẽ đồ thị $V_{\text{tháo}}$ và $V_{\text{mưa}}$ để xác định V_{ctr} theo thời gian từng trận mưa 5 phút, 15 phút, 30 phút, 45 phút, 1 giờ, 2 giờ, 6 giờ, 12 giờ và 1 ngày.

$$V_{\text{ctr}} = \Delta V_{\text{max}} = 407 \text{ m}^3$$



Hình 4.11 Đồ thị xác định thể tích mưa cần trữ: vị trí tiếp tuyến đường bao những cơn mưa cắt tung độ

Bước 5 : Kiểm tra thời gian tháo nước cho thể tích cần trữ:

$$T_{\text{tháo}} = \frac{407}{9} = 45,2 \text{ (giờ)}$$

Hồ ngầm có kích thước 20 x 25 x 1 m (chiều sâu 1m) và thời gian tháo nước gần 2 ngày.

4.5. GIẢI PHÁP HỒ HỖ QUY MÔ NHỎ

- *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 hỡ khác nhau:

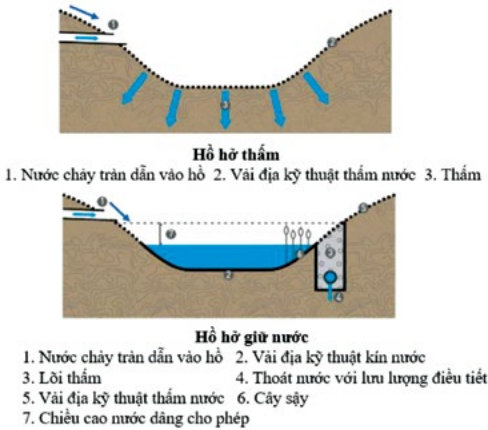
102 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

hồ chứa nước thường xuyên, hồ khô (nước mưa tháo hoàn toàn sau khi trữ tạm thời), hồ thấm (nước mưa thấm vào đất).



Hình 4.12 Hồ trữ nước mưa và thấm

- Nguyên lý hoạt động:



Hình 4.13 Mặt cắt ngang trình bày nguyên lý hoạt động hồ hồ quy mô nhỏ

Nguồn: Symasol

Nước mưa chảy vào hồ hở trực tiếp hoặc hồ hở là nơi đặt cửa xả của 1 HTTN, hoặc là hồ trữ tạm lượng mưa chảy tràn thông qua 1 cống dẫn tránh quá tải HTTN khi mưa lớn. Sau đó, nước mưa trữ trong hồ hở được thấm xuống đất và được dẫn điều tiết ra HTTN bên ngoài.

- *Nguyên tắc bố trí:*

- + Thiết kế tích hợp cảnh quan toàn bộ hồ.
- + Hồ hở đa chức năng phải bảo đảm an toàn cho người (thanh chắn, hàng rào, biển báo,...).
- + Mái dốc < 30% để bảo đảm chảy kịp khi nước lên.
- + 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 hở.

- *Phạm vi áp dụng:*

- + Những nơi cảnh quan công cộng như sân bóng, công viên, nơi dạo mát,...
- + Thích hợp cho khu vực có diện tích đất đủ lớn.

- *Duy tu, bảo dưỡng:*

- + Duy tu, bảo dưỡng làm vệ sinh định kỳ hàng năm.
- + Bảo dưỡng mảng xanh: cắt cỏ, phát quang lau sậy.
- + Hồ hở khô: ngoài việc làm sinh hồ chú ý quản lý chặn rác.
- + Hồ hở nước: theo dõi chất lượng nước, thu gom rác lơ lửng và chú ý phú dưỡng hóa.
- + Hồ hở khô và thấm: theo dõi chất lượng thấm, nếu thấm nước không đủ thì thay lớp đất bề mặt.

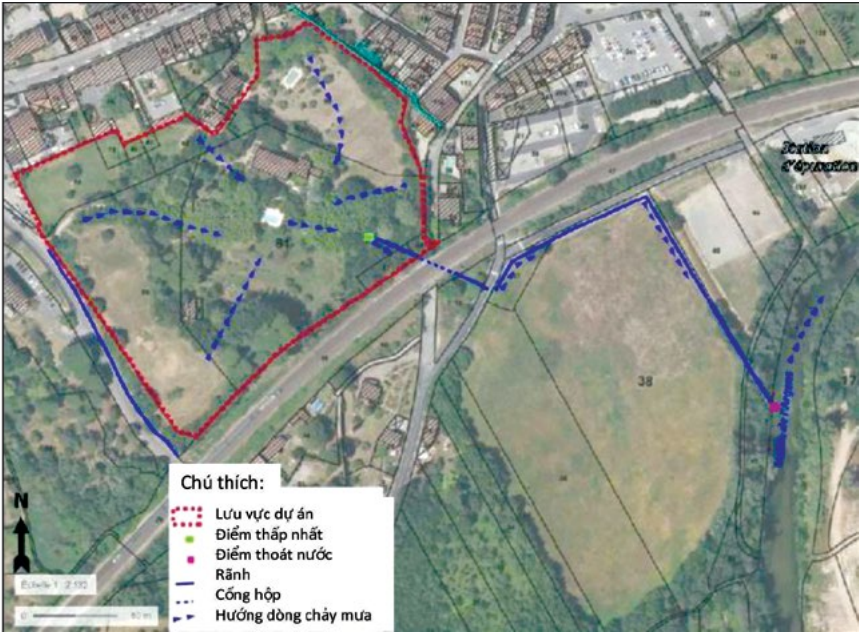
104 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

- *Tính toán thiết kế:*

Kích thước hồ trữ có thể tích trữ V_{tr} phải phù hợp với thể tích trữ nước cần thiết V_{ctr} được tính toán theo lưu lượng mưa chảy tràn $Q_{mưa}$ trên diện tích bề mặt dự án. Phương pháp thủy lực xác định kích thước hồ cũng giống như cho hồ ngầm.

- *Ví dụ áp dụng:*

Xác định diện tích hồ trữ nước cho dự án xây dựng khu dân cư có diện tích lưu vực tổng cộng là 3,34 ha.



Hình 4.14 Lưu vực tính toán của dự án khu dân cư

Nguồn: PACA <http://www.paca.developpementdurable.gouv.fr>

Dự án nhà ở sẽ tác động đến dòng chảy mặt, vì nó chặn hướng thoát của lưu vực và thay đổi dòng chảy mặt khi hình thành khu dân cư với bề mặt không thấm (đường, mái nhà) và bề mặt bán thấm (sân chơi trẻ em, khu vực công cộng ngoài trời, vỉa hè đi bộ) mà trước đó là bề mặt tự nhiên hầu hết là mảng thực vật.

Diện tích bề mặt dự án như sau:

Bảng 4.1 Thống kê diện tích bề mặt phủ của khu vực dự án

Loại bề mặt	Diện tích (ha)	Hệ số dòng chảy
Bãi đậu xe	0,49	0,9
Đường phố	0,36	0,9
Khu vực rừng cần bảo vệ	0,50	0,3
Vườn	0,35	0,3
Đường đi bộ	0,20	0,4
Sân chơi trẻ em	0,014	0,5
Sân bóng	0,012	0,5
Hồ trữ	0,081	0,9
Hồ bơi	0,01	0,9
Mảng xanh	0,87	0,3
Nhà cửa	0,43	0,9
Sân	0,026	0,9
Tổng cộng	3,34	0,56*

*: hệ số dòng chảy toàn cục C_a

Diện tích dự án tính toán tương ứng với C_a :

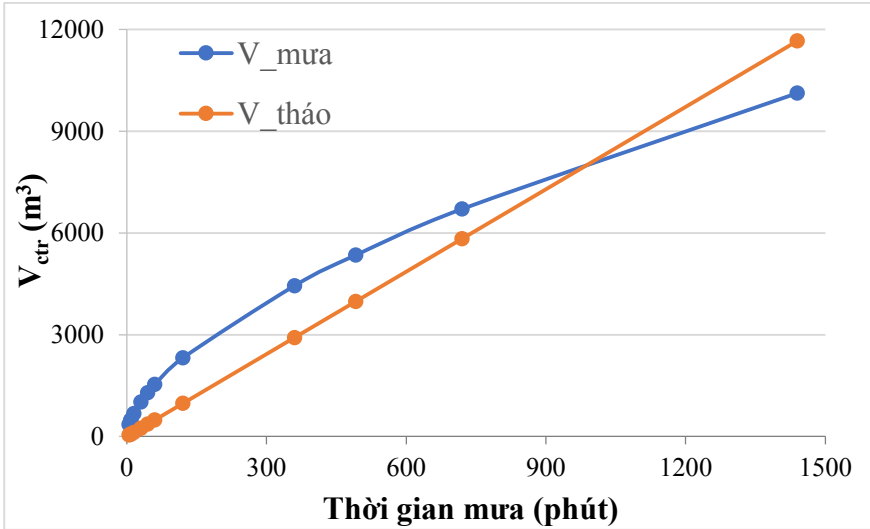
$$S_a = 0,56 \times 3,3383 = 1,86$$

Lưu lượng tháo nước của các công trình hiện diện trên dự án:

$$Q_{\text{tháo}} = 135 \text{ l/s}$$

Đường cong IDF với vũ lượng xác định theo công thức Montana cho trận mưa thiết kế với tần suất 100 năm:

$$H = at^{1-b} \text{ với } a = 7,204 \text{ và } b = 0,406$$



Hình 4.15 Đồ thị xác định thể tích mưa cần trữ

Từ đồ thị, ta xác định được thể tích cần trữ nước mưa lớn nhất: $V_{ctr} = \Delta V_{max} = 1.527 \text{ m}^3$ với thời gian mưa là 360 phút.

Hồ trữ có diện tích đáy 813 m^2 , mái dốc lớn nhất 1/1, chiều sâu lớn nhất 2 m, xây dựng ở vị trí không ngập nước của dự án.

Đường kính ống tháo điều tiết lưu lượng xác định từ tiết diện ngang ống S:

$$Q_{mưa} = m\sqrt{2ghS}$$

Trong đó: Lưu lượng thiết kế ứng với trận mưa có chu kỳ lặp lại 5 năm: $Q_{mưa} = 0,23 \text{ m}^3/\text{s}$; Hệ số lưu lượng: $m = 0,6$; Chiều cao mực nước ở tâm ống tháo: $h = 1,58 \text{ m}$; Tiết diện ống tháo: $S = 0,069 \text{ m}^2$; Đường kính ống: $D = 300 \text{ mm}$.

CHƯƠNG

5

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH
EPA-SWMM MÔ PHÒNG
CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA**

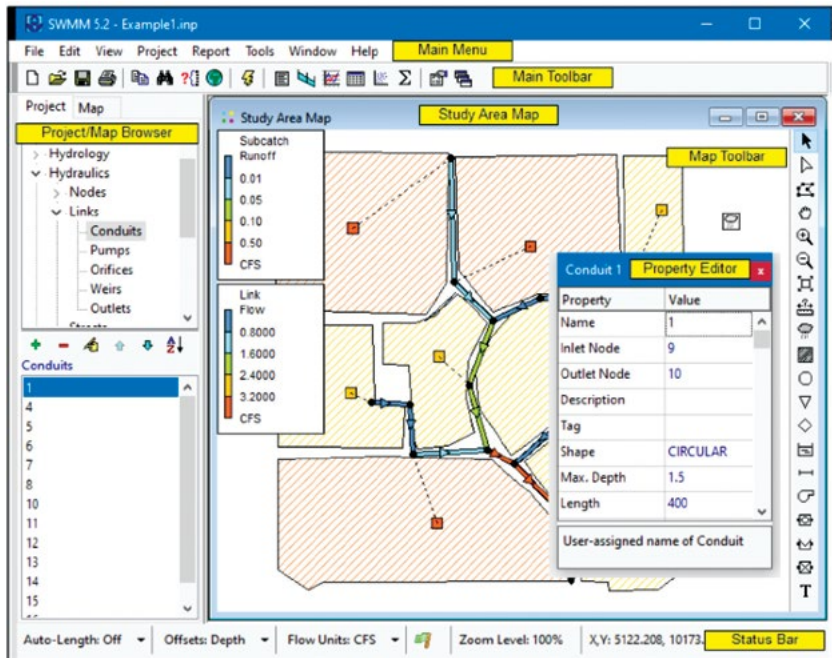
Chương 5 được biên soạn nhằm cung cấp các thông tin cơ bản về (1) mô hình quản lý nước mưa đô thị EPA-SWMM; (2) nguyên lý và phương pháp mô phỏng các điều khiển LID để kiểm soát nước mưa tại nguồn, (3) các ví dụ minh họa ứng dụng của EPA-SWMM để mô phỏng các giải pháp trữ nước mưa phân tán bằng các điều khiển LID và hồ điều tiết. Các nội dung trong chương này được biên soạn tóm lược từ tài liệu “Hướng dẫn sử dụng mô hình quản lý nước mưa đô thị, phiên bản 5.2” [56] và tài liệu “Hướng dẫn áp dụng mô hình quản lý nước mưa đô thị” của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Mỹ [8].

5.1. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH EPA-SWMM

Mô hình quản lý nước mưa đô thị EPA-SWMM (Environmental Protection Agency – Storm Water Management Model) 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. EPA-SWMM là mô hình toán mô phỏng quan hệ mưa - dòng chảy được sử dụng để mô

108 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

phòng lượng và chất lượng dòng chảy tràn từ khu vực đô thị theo từng trận mưa hoặc liên tục theo thời gian. Mô hình này đã được ứng dụng phổ biến để tính toán thiết kế, quy hoạch, quản lý rủi ro ngập lụt và đánh giá hiệu quả của các giải pháp kiểm soát nước mưa tại nguồn cho hàng ngàn dự án trên thế giới.



Hình 5.1 Cửa sổ giao diện chính của EPA-SWMM

Phần dòng chảy tràn của EPA-SWMM điều khiển diện tích tiểu lưu vực mà ở đó nó nhận lượng mưa rơi xuống và tạo ra dòng chảy tràn và tải lượng ô nhiễm. Phần tính toán dòng chảy của EPA-SWMM vận chuyển dòng chảy tràn này qua một hệ thống đường ống, kênh, công trình lưu trữ/xử lý, máy bơm và các công trình điều chỉnh dòng chảy. EPA-SWMM theo dõi lượng và chất lượng dòng chảy được tạo ra trong mỗi tiểu lưu vực và tốc độ dòng chảy, độ sâu dòng chảy và chất lượng nước trong mỗi đường ống và kênh trong giai đoạn mô phỏng bao gồm nhiều bước thời gian.

Cửa sổ chính của EPA-SWMM được mô tả như Hình 5.1, bao gồm các thành phần giao diện người dùng: Menu chính, Thanh công cụ chính, Thanh trạng thái, cửa sổ Bản đồ khu vực nghiên cứu chứa Thanh công cụ bản đồ, bảng Trình duyệt và cửa sổ Trình chỉnh sửa thuộc tính.

5.2. CÀI ĐẶT EPA-SWMM

EPA-SWMM 5.2 chạy trên cả hai phiên bản 32-bit và 64-bit của Microsoft Windows. Nó được phân phối dưới dạng một tệp duy nhất có tên **swmm52#(x86)_setup.exe** cho phiên bản 32 bit hoặc **swmm52#(x64)_setup.exe** cho phiên bản 64 bit (trong đó # là số phát hành của phiên bản) chứa chương trình thiết lập tự giải nén. Để cài đặt EPA-SWMM:

1. Chọn biểu tượng Search từ Windows Taskbar và nhập từ khóa Run.
2. Khi hộp thoại Run xuất hiện, nhấp vào nút Browse để định vị tệp thiết lập EPA-SWMM trên máy tính của bạn.
3. Nhấp vào nút OK để bắt đầu quá trình thiết lập.

Chương trình thiết lập sẽ yêu cầu bạn chọn một thư mục nơi sẽ đặt các tệp chương trình EPA-SWMM. Sau khi các tệp được cài đặt, Menu Bắt đầu của bạn sẽ có một mục mới có tên là **EPA-SWMM 5.2.#** trong đó # là số phát hành của phiên bản. Để khởi động chạy EPA-SWMM, hãy chọn mục này từ Start Menu, sau đó chọn EPA-SWMM 5.2 từ menu con (Tên của tệp thực thi chạy SWMM trong Windows là epaswmm5.exe.)

Cài đặt cá nhân của người dùng để chạy EPA-SWMM được lưu trong thư mục có tên EPASWMM trong thư mục dữ liệu ứng dụng của người dùng (ví dụ: Người dùng\<<tên người dùng>\AppData\

110 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Roaming\EPASWMM). Nếu bạn cần lưu các cài đặt này vào một vị trí khác, bạn có thể cài đặt lối tắt đến SWMM 5 trên màn hình nền bao gồm tên đường dẫn đầy đủ của tệp thực thi SWMM 5, theo sau là /s <userfolder>, trong đó <userfolder> là tên của thư mục nơi các cài đặt cá nhân sẽ được lưu. Ví dụ như:

“c:\Tệp chương trình\EPA SWMM 5.2\epaswmm5.exe” /s “Thư mục cá nhân\SWMM5”.

Một số bộ dữ liệu ví dụ đã được tích hợp trong gói cài đặt để giúp người dùng làm quen với chương trình. Chúng được đặt trong một thư mục con có tên "Dự án SWMM EPA\Dự án mẫu" trong thư mục "Tài liệu" của người dùng. Mỗi ví dụ bao gồm một tệp .INP chứa dữ liệu của dự án cùng với tệp .TXT mô tả hệ thống đang được lập mô hình.

Để xóa EPA SWMM khỏi máy tính của bạn, hãy làm như sau:

1. Chọn Cài đặt từ Start Menu của Windows.
2. Chọn Ứng dụng từ trang Cài đặt.
3. Chọn EPA SWMM 5.2.# từ danh sách các chương trình xuất hiện.
4. Nhấp vào nút Gỡ cài đặt.

5.3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT EPA-SWMM

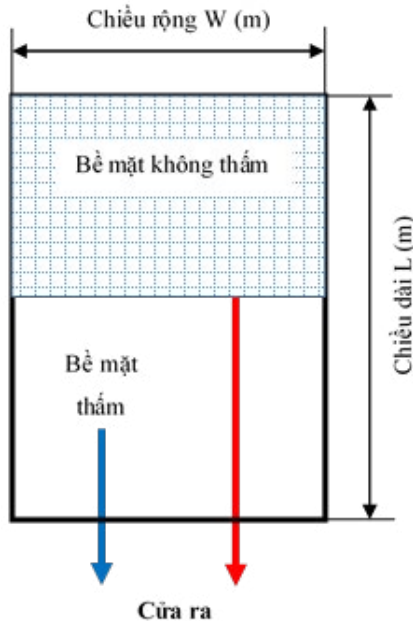
EPA-SWMM là mô hình mô phỏng thời gian rời rạc và dựa trên cơ sở vật lý. Nó sử dụng các nguyên lý bảo toàn khối lượng, năng lượng và động lượng tùy thuộc vào trường hợp cụ thể. Phần này tóm tắt các phương pháp mà EPA-SWMM sử dụng để mô hình hóa lượng và chất lượng dòng chảy tràn thông qua các quá trình vật lý gồm: Dòng chảy mặt, nước dưới đất, dòng nước bề mặt, thấm, tuyết tan, chất lượng nước, lan truyền dòng chảy (flow routing), phát triển

tác động thấp.

Các nội dung chi tiết hơn về quy trình tính toán có thể tham khảo trong các tài liệu hướng dẫn trên website chính thức của EPA-SWMM theo địa chỉ <https://www.epa.gov/water-research>.

5.3.1. Dòng chảy tràn bề mặt

Để mô phỏng dòng chảy tràn bề mặt (*surface runoff*), EPA-SWMM chia lưu vực tính toán 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 như Hình 5.2.



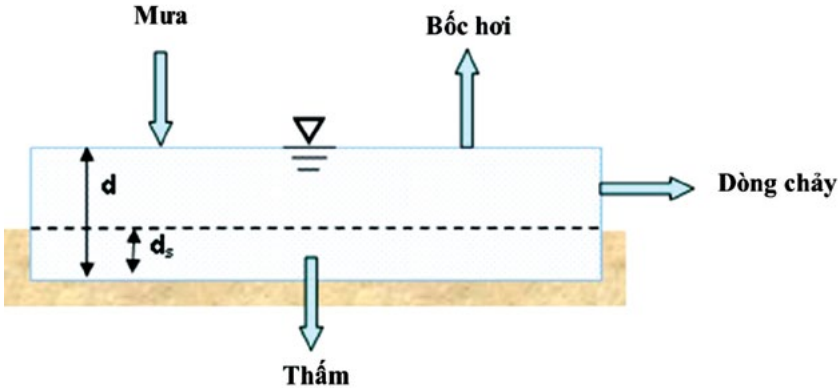
Hình 5.2 Sơ đồ hóa mô phỏng dòng chảy tràn của tiểu lưu vực

Mỗi bề mặt tiểu lưu vực được coi là một “hồ chứa” phi tuyến như minh họa trong Hình 5.3. Các dòng chảy vào tiểu lưu vực có thể

112 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

là lượng mưa và dòng chảy tràn từ các tiểu lưu vực thượng lưu. Các dòng chảy ra khỏi lưu vực bao gồm thấm, bốc hơi và dòng chảy tràn bề mặt. Dung tích của “hồ chứa” này là lượng nước tối đa trữ ở khu vực trũng, và chính là lượng lưu trữ tối đa trên bề mặt được cung cấp bởi quá trình đọng nước, làm ướt bề mặt và cầm giữ bởi thực vật hoặc công trình.

Dòng chảy tràn trên một đơn vị diện tích chỉ xảy ra khi độ sâu của nước trong “hồ chứa” vượt quá lượng nước điền trũng tối đa, d_s , với điều kiện dòng chảy ra ngoài lưu vực được giải theo phương trình Manning. Độ sâu lớp nước của tiểu lưu vực (d) liên tục được tính toán và cập nhật theo thời gian bằng cách giải phương trình cân bằng nước theo phương pháp số.



Hình 5.3 Mô hình khái niệm về dòng chảy mặt

Dòng chảy tràn sinh ra trên từng tiểu lưu vực được xác định theo công thức sau:

$$Q = \frac{1}{n} W (d - d_s)^{5/3} S^{1/2} \tag{5.1}$$

Trong đó:

- Q: Dòng chảy tràn sinh ra trên lưu vực (m^3/s);

- W: Bề rộng lưu vực (m);
- n: Hệ số Manning;
- d: Chiều sâu lớp nước trên lưu vực (m);
- d_s : Chiều sâu lớp nước trữ trong lưu vực (m);
- S: Độ dốc lưu vực (m/m).

5.3.2. Thẩm

Thẩm (*infiltration*) là quá trình nước mưa thẩm thấu qua bề mặt đất và vào vùng đất không bão hòa nước ở phần diện tích bề mặt tiểu lưu vực cho phép thẩm nước. EPA-SWMM cung cấp 5 lựa chọn để mô hình hóa quá trình thẩm thấu, bao gồm:

(1) *Phương pháp Horton*: Phương pháp này dựa trên các quan sát thực nghiệm cho thấy khả năng thẩm giảm theo cấp số nhân từ mức tối đa ban đầu xuống đến mức tối thiểu trong suốt thời gian mưa dài. Các tham số đầu vào mà phương pháp này yêu cầu bao gồm tốc độ thẩm tối đa và tối thiểu, hệ số phân rã (để mô tả tốc độ giảm nhanh như thế nào theo thời gian và thời gian để đất bão hòa khô hoàn toàn).

(2) *Phương pháp Horton cải tiến*: Đây là một phiên bản được cải tiến từ phương pháp Horton, sử dụng lượng thẩm tích lũy vượt quá mức tối thiểu làm biến số trạng thái của nó (thay vì thời gian trên đường cong Horton), cung cấp ước tính thẩm chính xác hơn cho trường hợp mưa có cường độ thấp. Phương pháp này sử dụng các thông số đầu vào giống như phương pháp Horton.

(3) *Phương pháp Green-Ampt*: Phương pháp này giả định rằng tồn tại một bề mặt ướt trong cột đất, tách phần đất có lượng ẩm ban đầu ở phía dưới so với phần đất bão hòa ở phía trên. Các thông số đầu vào yêu cầu bao gồm độ ẩm thiếu hụt ban đầu của đất, độ dẫn thủy lực của đất và độ ẩm ở mặt ướt của đất. Tốc độ phục hồi sự thiếu hụt

114 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

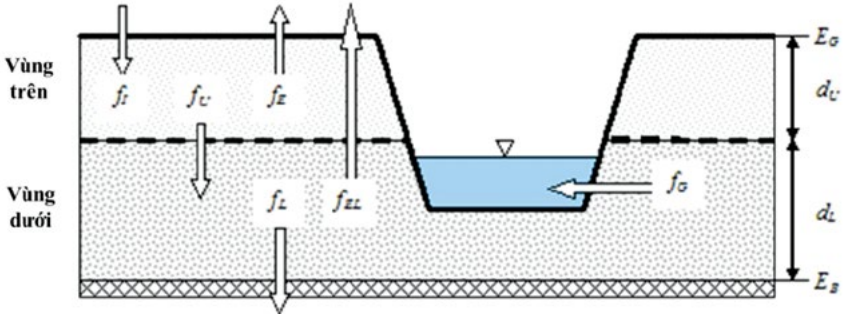
độ ẩm trong các thời kỳ khô hạn được tính toán bằng công thức thực nghiệm thông qua độ dẫn thủy lực của đất.

(4) *Phương pháp Green-Ampt cải tiến*: Phương pháp này cải tiến phương pháp Green-Ampt ban đầu bằng cách không làm giảm độ thiếu hụt ẩm ở lớp trên cùng của đất trong thời kỳ ban đầu có lượng mưa thấp như đã được thực hiện trong phương pháp Green-Ampt. Thay đổi này có thể mô tả quá trình thấm thực tế hơn cho các trận mưa có giai đoạn ban đầu dài, trong đó cường độ mưa thấp hơn độ dẫn thủy lực bão hòa của đất.

(5) *Phương pháp số hiệu đường cong*: Cách tiếp cận này được áp dụng từ phương pháp đường cong NRCS. Nó giả định rằng tổng khả năng thấm của đất có thể được xác định thông qua bảng tra từ đường cong NRCS của đất. Trong một trận mưa, khả năng thấm này bị suy giảm do hai yếu tố là lượng mưa tích lũy và khả năng thấm còn lại. Các thông số đầu vào cho phương pháp này là đường cong và thời gian để đất bão hòa đến khi khô ráo hoàn toàn.

5.3.3. Nước ngầm

Hình 5.4 là một phác thảo định nghĩa của mô hình nước ngầm hai khu vực được sử dụng trong EPA-SWMM. Vùng phía trên không bão hòa với độ ẩm thay đổi θ . Vùng phía dưới được bão hòa hoàn toàn và do đó độ ẩm của nó được cố định bằng độ xốp của đất ϕ .



Hình 5.4 Mô hình nước ngầm hai vùng

Các thông lượng thể hiện trong hình, được biểu thị bằng thể tích trên một đơn vị diện tích trên một đơn vị thời gian, bao gồm:

f_T : Thẩm từ bề mặt;

f_E : Bốc thoát hơi nước từ vùng phía trên là một phần cố định của sự bốc hơi bề mặt không được sử dụng;

f_U : Thẩm từ vùng trên xuống vùng dưới phụ thuộc vào độ ẩm của vùng trên θ và độ sâu d_U ;

f_{EL} : Bốc thoát hơi nước từ vùng dưới, là hàm của độ sâu của vùng trên d_U ;

f_L : Thẩm từ dưới vào nước ngầm sâu phụ thuộc vào độ sâu của dưới d_L ;

f_G : Dòng nước ngầm bên cạnh giao thoa với HTTN, điều này phụ thuộc vào độ sâu vùng dưới d_L cũng như độ sâu trong kênh hoặc nút tiếp nhận.

Sau khi tính toán các dòng nước tồn tại trong một bước thời gian nhất định, cân bằng khối lượng được ghi nhận cho sự thay đổi lượng nước được lưu trữ trong mỗi vùng để có thể tính toán độ sâu mực nước ngầm mới và độ ẩm vùng chưa bão hòa cho bước thời gian tiếp theo.

5.3.4. Tuyết tan

Phần mềm EPA-SWMM có tính năng mô phỏng quá trình tan tuyết là một phần của quá trình mô hình hóa dòng chảy. Nó cập nhật trạng thái của các mảng tuyết liên quan đến mỗi tiểu lưu vực bằng cách tính toán việc tích lũy tuyết, phân bố lại tuyết bằng các hoạt động giảm diện tích và loại bỏ, và quá trình tan tuyết thông qua tính toán nguồn nhiệt. Bất kỳ sự tan tuyết nào từ mảng tuyết đều được xem như là một nguồn lượng mưa bổ sung cho tiểu lưu vực.

5.3.5. Tính toán dòng chảy

Tính toán dòng chảy (*flow routing*) bên trong các tuyến cống trong EPA-SWMM được mô tả bởi hệ phương trình Saint Venant như sau:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (5.2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (5.3)$$

Trong đó:

- 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).

5.3.6. Động nước và tạo áp lực

Thông thường trong tính toán dòng chảy, khi dòng chảy vào một nút vượt quá khả năng của hệ thống để vận chuyển nó xa hơn về phía hạ lưu, lượng nước dư thừa sẽ tràn ra khỏi hệ thống và bị mất đi. Có một tùy chọn để thay vào đó lượng nước thừa được lưu trữ tại đỉnh nút, dưới dạng một hồ trữ, và được đưa trở lại hệ thống khi năng lực cho phép. Trong tính toán dòng chảy dạng Steady và Kinematic Wave, lượng nước động được lưu trữ đơn giản dưới dạng một thể tích dư thừa. Đối với lan truyền dòng chảy dạng Dynamic

Wave, bị ảnh hưởng bởi độ sâu của nước được duy trì tại các nút, lượng nước vượt quá được giả định là đọng trên nút với diện tích bề mặt không đổi. Diện tích bề mặt này là một tham số đầu vào được khai báo tại các nút.

Ngoài ra, người dùng có thể muốn biểu diễn hệ thống tràn bề mặt một cách rõ ràng. Trong các hệ thống kênh hở, điều này có thể bao gồm lượng nước tràn qua đường tại các cầu hoặc cống giao cắt cũng như các khu vực đất ngập nước bổ sung. Trong các hệ thống ống dẫn kín, nước tràn trên bề mặt có thể được truyền xuống các đường phố, ngõ hẻm hoặc các tuyến đường trên mặt đất khác đến cửa thu nước mưa hoặc kênh hở tiếp theo. Nước tràn cũng có thể được diễn trưng ở những chỗ lõm trên bề mặt như bãi đậu xe, sân sau hoặc các khu vực khác.

Trong các HTTN có áp và đường ống dẫn áp lực, cột áp thủy lực tại các nút đôi khi có thể vượt quá độ cao mặt đất theo tính toán Dynamic Wave. Điều này thường dẫn đến tràn, như đã mô tả ở trên, có thể bị thất thoát hoặc đọng nước lại. EPA-SWMM cho phép người dùng chỉ định độ sâu “quá tải (surcharge)” cho các nút nhằm cho phép chúng tạo áp lực và ngăn chặn bất kỳ dòng chảy nào cho đến khi vượt quá độ sâu bổ sung này. Nếu cả việc đọng nước và tạo áp lực được chỉ định cho một nút thì đọng nước được ưu tiên và độ sâu quá tải được bỏ qua. Cơ chế đọng nước không áp dụng cho các nút hồ chứa.

5.3.7. Tính toán chất lượng nước

Tính toán chất lượng nước trong các liên kết cống giả định rằng cống hoạt động như một lò phản ứng bể khuấy liên tục (continuously stirred tank reactor - CSTR). Mặc dù giả định bể phản ứng dòng chảy liên tục có thể chính xác hơn, nhưng sự khác biệt sẽ nhỏ nếu thời gian di chuyển qua tuyến cống theo cùng thứ tự với bước thời gian

118 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

tính toán. Nồng độ của một thành phần thoát ra khỏi tuyến cống ở cuối bước thời gian được xác định bằng cách tích hợp phương trình bảo toàn khối lượng, sử dụng các giá trị trung bình cho các đại lượng có thể thay đổi theo bước thời gian, chẳng hạn như tốc độ dòng chảy và thể tích cống dẫn.

Mô hình hóa chất lượng nước trong các nút đơn vị lưu trữ tuân theo cách tiếp cận tương tự được sử dụng cho đường cống. Đối với các loại nút khác không có thể tích, chất lượng nước thoát ra khỏi nút chỉ đơn giản là nồng độ hỗn hợp của tất cả nước đi vào nút. Nồng độ chất ô nhiễm trong cả tuyến cống và nút lưu trữ sẽ bị giảm bởi phản ứng phân rã bậc nhất nếu hệ số phân rã bậc nhất của chất ô nhiễm khác không.

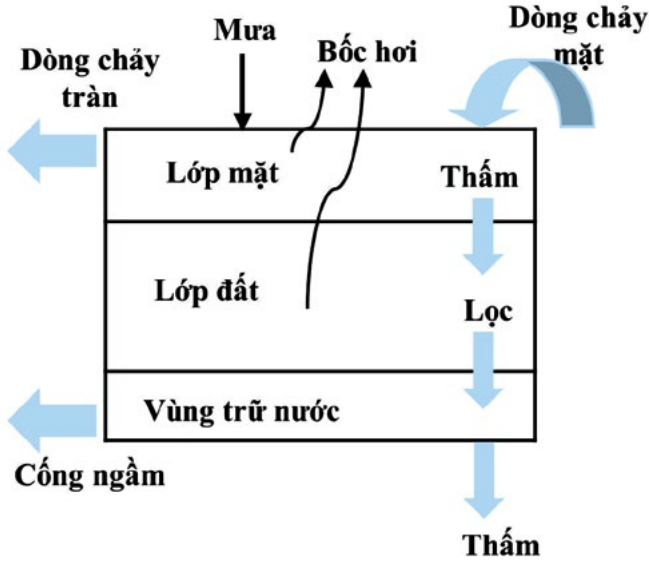
5.3.8. Biểu diễn LID

Các điều khiển LID được biểu diễn bằng sự kết hợp của các lớp theo phương đứng có thuộc tính được xác định trên cơ sở đơn vị diện tích. Điều này cho phép các LID có cùng thiết kế nhưng phạm vi bao phủ khác nhau để dàng được đặt trong các tiểu lưu vực khác nhau của khu vực nghiên cứu. Trong quá trình mô phỏng, EPA-SWMM thực hiện cân bằng độ ẩm để theo dõi lượng nước di chuyển giữa và được lưu trữ trong mỗi lớp LID. Ví dụ, các lớp được sử dụng để lập mô hình ô trữ sinh học và các đường dẫn dòng chảy giữa chúng được thể hiện tại Hình 5.5. Các lớp khác nhau có thể bao gồm như sau:

- Lớp bề mặt tương ứng với bề mặt đất (hoặc mặt đường) nhận lượng mưa và dòng chảy trực tiếp từ các khu vực đất phía thượng lưu, lưu trữ dòng chảy dư thừa vào trong khu vực trữ và tạo ra dòng chảy bề mặt đi vào HTTN hoặc chảy vào các khu vực phía hạ lưu.
- Lớp mặt đường là lớp bê tông xốp hoặc nhựa đường được sử dụng trong các hệ thống mặt đường thấm nước liên tục, hoặc là

các khối lát và vật liệu độn được sử dụng trong các hệ thống mô-đun.

- Lớp đất là hỗn hợp đất kỹ thuật được sử dụng trong các ô trữ sinh học để hỗ trợ sự phát triển của thực vật. Nó cũng có thể là một lớp cát được đặt bên dưới lớp vỉa hè để cung cấp chất nền và lọc.
- Lớp lưu trữ là một lớp đá dăm hoặc sỏi cung cấp khả năng lưu trữ trong các ô trữ sinh học, mặt đường xốp và hệ thống rãnh thấm. Đối với một thùng mưa, nó chỉ đơn giản là thùng chứa.
- HTTN dẫn nước ra khỏi lớp chứa sỏi của các ô trữ sinh học, hệ thống vỉa hè thấm và rãnh thấm (thường là các ống có xẻ rãnh) vào một khu vực thoát nước chung. Đối với thùng chứa nước mưa, nó chỉ đơn giản là van thoát nước ở đáy thùng trong khi đó đối với việc tách nước mưa từ mái nhà thì đó là hệ thống ống nước và ống xả, đó là hệ thống máng xối và ống xả trên mái nhà.
- Lớp thảm thoát nước được đặt giữa lớp đất và mái nhà trong một mái nhà xanh với mục đích là chuyển bất kỳ lượng nước nào thoát qua lớp đất ra khỏi mái nhà.



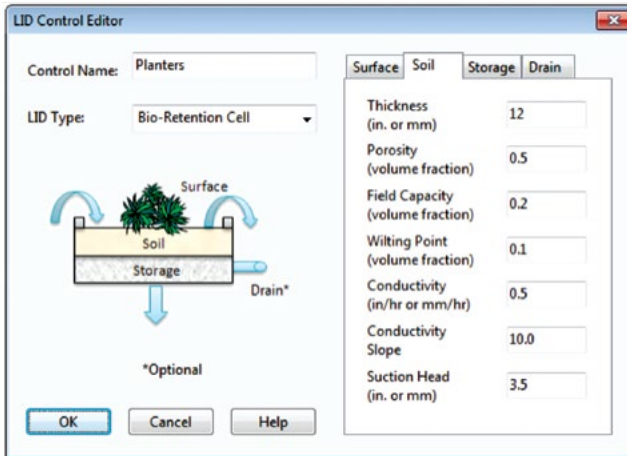
Hình 5.5 Sơ đồ khái niệm của ô trữ sinh học trong LID

Bảng 5.1 Các lớp sử dụng để mô phỏng các loại kỹ thuật LID

Loại LID	Bề mặt	Via hè	Đất	Trữ	Hệ thống thoát	Thảm thoát nước
Ô trữ sinh học	x		x	o	o	
Vườn mưa	x		x			
Mái nhà xanh	x		x			x
Via hè thấm	x	x	o	x	o	
Rãnh thấm	x			x	o	
Thùng chứa nước mưa				x	x	
Ngắt kết nối mái nhà	x				x	
Rãnh thực vật	x					

5.4. TRÌNH SOẠN THẢO LID

LID Control Editor (trình soạn thảo điều khiển LID) (Hình 5.6) được sử dụng để thiết lập các điều khiển phát triển tác động thấp nhằm mô phỏng quá trình trữ, thấm và bốc hơi của dòng chảy tràn tại tiểu lưu vực nghiên cứu. Điều khiển LID được thiết kế theo cơ sở diện tích đơn vị nên nó có thể được bố trí trong bất kỳ tiểu lưu vực nào, với các kích cỡ hoặc số lần lặp lại khác nhau. Các trường trong *LID Control Editor* được thể hiện trong Bảng 5.2.



Hình 5.6 Minh họa trình soạn thảo điều khiển LID

Bảng 5.2 Ý nghĩa các trường của trình điều khiển LID

STT	Tên trường	Diễn giải
1	Tên điều khiển (Control Name)	Tên được sử dụng để xác định điều khiển LID cụ thể.
2	Loại LID (LID Type)	Loại LID tổng quát được định nghĩa (ô trữ sinh học, vườn mưa, mái nhà xanh, rãnh thấm, vỉa hè thấm nước, thùng chứa nước mưa hoặc rãnh thấp thực vật).
3	Các lớp xử lý	Chúng bao gồm các lớp sau đây, tùy thuộc vào loại LID được chọn: <i>Bề mặt, mặt đường, đất, lưu trữ, thoát nước, thấm thoát nước.</i>

Lớp bề mặt (Surface Layer)

Trang *Lớp bề mặt* của *LID Control Editor* (Hình 5.7) được sử dụng để mô tả các thuộc tính bề mặt của tất cả các loại điều khiển LID ngoại trừ thùng chứa nước mưa. Thuộc tính lớp bề mặt bao gồm các thông số được diễn tả trong Bảng 5.3.

	Soil	Storage	Drain
	Surface	Pavement	
"Chiều cao gờ"	Berm Height (in. or mm)		<input type="text" value="0.0"/>
"Tỷ lệ thực vật"	Vegetation Volume Fraction		<input type="text" value="0.0"/>
"Hệ số nhám bề mặt"	Surface Roughness (Mannings n)		<input type="text" value="0.1"/>
"Độ dốc vỉa hè"	Surface Slope (percent)		<input type="text" value="1.0"/>

Hình 5.7 Trình nhập các thông số lớp bề mặt

Bảng 5.3 Ý nghĩa các thuộc tính lớp bề mặt

STT	Thông tin về lớp bề mặt
1	Chiều cao gờ/Độ sâu lưu trữ (Berm Hight)
	Khi áp dụng tường hoặc gờ chắn thì đó độ sâu tối đa mà nước có thể đọng lại phía trên bề mặt của giải pháp LID trước xuất hiện dòng chảy tràn (tính bằng inch hoặc mm). Đối với loại LID <i>Ngắt kết nối trên mái nhà</i> thì đó là độ sâu triển trũng của mái nhà và đối với <i>Rãnh thấp thực vật</i> thì đó là chiều cao của mặt cắt ngang hình thang.
2	Tỷ lệ thể tích thực vật (Vegetation Volume Fraction)
	Phần thể tích nằm trong độ sâu lưu trữ được chiếm chỗ bởi thảm thực vật. Đây là thể tích chiếm giữ bởi thân và lá, không phải diện tích bề mặt của chúng. Thông thường có thể bỏ qua thể tích này, nhưng trong một số trường hợp tỷ lệ này cao đến 0,1 đến 0,2 đối với khu vực có thực vật phát triển dày đặc.
3	Độ nhám bề mặt (Surface Roughness)
	Hệ số nhám Manning (n) đối với dòng chảy tràn trên bề mặt đất, mặt đường, mái nhà hoặc rãnh thấp thực vật. Khai báo giá trị bằng 0 cho các loại LID khác.
4	Độ dốc bề mặt (Surface slope)
	Độ dốc (%) của bề mặt mái nhà, bề mặt vỉa hè hoặc rãnh thấp thực vật. Sử dụng 0 cho các loại LID khác.
5	Độ dốc mái rãnh thấp (Swale Side Slope)
	Độ dốc mái 2 bên mặt cắt ngang của rãnh thấp thực vật. Giá trị này bị bỏ qua đối với các loại LID khác. <i>Nếu giá trị độ nhám bề mặt hoặc Độ dốc bề mặt bằng 0 thì bất kỳ lượng nước đọng nào vượt quá độ sâu lưu trữ bề mặt được giả định là tràn hoàn toàn khỏi điều khiển LID trong một bước thời gian tính toán.</i>

Lớp mặt đường (Pavement Layer)

Trang *Lớp mặt đường* của *LID Control Editor* (Hình 5.8) cung cấp các giá trị cho các thuộc tính sau của loại LID mặt đường thấm nước. Trang này chỉ hiển thị khi chọn áp dụng loại LID mặt đường thấm.

124 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

	Soil	Storage	Drain
	Surface	Pavement	
"Độ dày lớp gạch lót"	Thickness (in. or mm)	<input type="text" value="60"/>	
"Tỷ lệ rỗng"	Void Ratio (Voids / Solids)	<input type="text" value="0.2"/>	
"% hệ số không thấm"	Impervious Surface Fraction	<input type="text" value="0.2"/>	
"Hệ số thấm"	Permeability (in/hr or mm/hr)	<input type="text" value="50"/>	
"Hệ số tắc nghẽn"	Clogging Factor	<input type="text" value="0"/>	
	Regeneration Interval (days)	<input type="text" value="0"/>	
	Regeneration Fraction	<input type="text" value="0"/>	

Hình 5.8 Trình nhập các thông số lớp mặt đường

Ý nghĩa của các thông số trong lớp mặt đường được trình bày trong Bảng 5.4 như sau.

Bảng 5.4 Ý nghĩa các thuộc tính lớp mặt đường

STT	Thông tin về lớp vỉa hè
1	Độ dày (Thickness)
	Độ dày của lớp mặt đường (inch hoặc mm). Giá trị điển hình từ 4 đến 6 inch (100 đến 150 mm).
2	Tỷ số rỗng (Void ratio)
	Thể tích lỗ rỗng so với thể tích chất rắn của bề mặt đường đối với môi trường vật liệu liên tục hoặc vật liệu san lấp được sử dụng trong các hệ thống mô-đun LID. Giá trị điển hình từ 0,12 đến 0,21. Lưu ý: độ rỗng = tỷ số rỗng / (1 + tỷ số rỗng).

STT	Thông tin về lớp vỉa hè
3	Tỷ lệ bề mặt không thấm (Impervious Surface Fraction)
	Tỷ lệ vật liệu lát không thấm nước trên tổng diện tích cho các hệ thống mô-đun LID; Gán giá trị 0 đối với hệ thống mặt đường xấp xỉ liên tục.
4	Tính thấm (Permeability)
	Tốc độ thấm của bê tông hoặc nhựa đường đối với các vật liệu môi trường liên tục hoặc độ dẫn thủy lực đối với vật liệu san lấp (sỏi hoặc cát) được sử dụng trong các hệ thống mô-đun LID (tính bằng in/giờ hoặc mm/giờ). Tốc độ thấm của bê tông xấp xỉ hoặc nhựa đường mới rất cao (ví dụ: hàng trăm in/giờ) nhưng có thể giảm dần theo thời gian do bị tắc nghẽn bởi các hạt mịn trong dòng chảy tràn.
5	Hệ số tắc nghẽn (Clogging Factor)
	<p>Lượng thể tích dòng chảy tràn được xử lý để làm tắc nghẽn hoàn toàn lỗ rỗng của lớp mặt đường. Gán giá trị 0 nếu bỏ qua sự tắc nghẽn. Tắc nghẽn làm giảm dần tính thấm của mặt đường và tương quan trực tiếp với thể tích lũy tích của dòng chảy tràn được xử lý</p> <p>Nếu ước tính số năm cần để hệ thống bị tắc hoàn toàn (Yclog), hệ số tắc nghẽn có thể được tính như sau:</p> $CF = Y_{clog} * P_a * CR * (1 + VR) * (1 - ISF) / (T * VR)$ <p>Trong đó: Pa là lượng mưa hàng năm, CR là tỷ lệ hấp thụ của mặt đường (diện tích đóng góp dòng chảy vào mặt đường chia cho diện tích của chính mặt đường), VR là hệ số rỗng của hệ thống, ISF là tỷ lệ bề mặt không thấm nước, và T là độ dày lớp mặt đường.</p>

STT	Thông tin về lớp vỉa hè
5	Hệ số tắc nghẽn (Clogging Factor)
	Ví dụ, giả sử phải mất 5 năm để làm tắc hệ thống vỉa hè xấp xỉ liên tục tại một khu vực có lượng mưa hàng năm là 0,9 m/năm. Nếu mặt đường dày 0,15 m, có tỷ lệ rỗng là 0,2 và chỉ thu được dòng chảy từ chính bề mặt của nó, thì hệ số tắc nghẽn là $0,15 \times 0,9 \times (1 + 0,2) / 6 / 0,2 = 0,135$.
6	Khoảng thời gian tái tạo (Regeneration Interval)
	Số ngày mà lớp mặt đường được phép tắc nghẽn trước khi khả năng thấm của nó được phục hồi, thường là bằng cách hút bụi bề mặt của nó. Gán giá trị 0 (mặc định) để chỉ ra rằng không xảy ra quá trình tái tạo tính thấm.
7	Tỷ lệ tái tạo (Regeneration Fraction)
	Là tỷ lệ mà tính thấm của mặt đường được phục hồi khi đạt đến một khoảng thời gian phục hồi. Giá trị mặc định là 0 (không khôi phục) trong khi giá trị 1 biểu thị khôi phục hoàn toàn giá trị độ thấm ban đầu. Khi xảy ra quá trình tái tạo, mặt đường lại bắt đầu tắc nghẽn với tốc độ được xác định bởi <i>Hệ số tắc nghẽn</i> .

Lớp đất (Soil Layer)

Trang *Lớp đất* của *LID Control Editor* (Hình 5.9) mô tả các thuộc tính của hỗn hợp đất kỹ thuật được sử dụng trong các loại LID ô trữ sinh học và lớp cát tùy chọn bên dưới vỉa hè thấm nước. Những thuộc tính này được diễn giải trong Bảng 5.5.

"Độ dày lớp đất"	Thickness (in. or mm)	<input type="text" value="100"/>
"Độ rỗng"	Porosity (volume fraction)	<input type="text" value="0.5"/>
"Hệ số phân rỗng không nước"	Field Capacity (volume fraction)	<input type="text" value="0.2"/>
"% không thấm"	Wilting Point (volume fraction)	<input type="text" value="0.1"/>
"Hệ số thấm"	Conductivity (in/hr or mm/hr)	<input type="text" value="20"/>
"Độ dốc thấm"	Conductivity Slope	<input type="text" value="10.0"/>
"Độ sâu hút nước"	Suction Head (in. or mm)	<input type="text" value="10"/>

Hình 5.9 Trình nhập các thông số lớp đất

Bảng 5.5 Ý nghĩa các thuộc tính của lớp đất

STT	Thông tin về lớp đất
1	Độ dày (Thickness)
	Độ dày của lớp đất (inch hoặc mm). Giá trị điển hình từ 18 đến 36 inch (450 đến 900 mm) đối với vườn mưa, cây trồng trên đường phố và ô trữ sinh học, nhưng chỉ từ 3 đến 6 inch (75 đến 150 mm) đối với mái nhà xanh.
2	Độ xốp (Porosity)
	Tỷ lệ tương đối giữa thể tích không gian lỗ rỗng so với tổng thể tích đất.
3	Khả năng giữ nước (Field Capacity)
	Thể tích nước lỗ rỗng tương đối so với tổng thể tích sau khi đất được thoát nước hoàn toàn. Dưới mức này sẽ không xảy ra hiện tượng thoát nước theo phương thẳng đứng qua lớp đất.

STT	Thông tin về lớp đất
4	Điểm cây héo (Wilting Point)
	Thể tích nước lỗ rỗng tương đối so với tổng thể tích đối với đất khô. Độ ẩm của đất không thể giảm xuống dưới giới hạn này.
5	Độ dẫn (Conductivity)
	Độ dẫn thủy lực đối với đất bão hòa hoàn toàn (in/giờ hoặc mm/giờ).
6	Độ dốc độ dẫn (Conductivity Slope)
	Độ dốc trung bình của đường cong Log (độ dẫn) so với độ ẩm của đất (độ rỗng trừ độ ẩm, không có đơn vị). Các giá trị điển hình nằm trong khoảng từ 30 đến 60. Có thể ước tính từ phân tích kích thước hạt đất tiêu chuẩn là $0,48*(\% \text{ cát}) + 0,85*(\% \text{ sét})$.
7	Chiều cao hút (Suction Head)
	Giá trị trung bình của lực hút mao dẫn của đất dọc theo bề mặt ướt (in hoặc mm). Đây là tham số được sử dụng trong mô hình thấm Green-Ampt.

Lớp lưu trữ (Storage Layer)

	Surface	Pavement
	Soil	Storage Drain
"Bề dày lớp trữ"	Thickness (in. or mm)	<input type="text" value="300"/>
"Tỷ lệ phần rỗng"	Void Ratio (Voids / Solids)	<input type="text" value="0.75"/>
"Vận tốc thấm"	Seepage Rate (in/hr or mm/hr)	<input type="text" value="13"/>
"Hệ số tắc nghẽn (rác)"	Clogging Factor	<input type="text" value="0"/>

Hình 5.10 Trình nhập các thông số lớp lưu trữ

Trang *Lớp lưu trữ* của *LID Control Editor* (Hình 5.10) mô tả các thuộc tính của lớp đá dăm hoặc sỏi được sử dụng trong các ô trữ sinh học, hệ thống vỉa hè thấm nước và rãnh thấm dưới dạng lớp lưu trữ/ thoát nước dưới đáy. Nó cũng được sử dụng để chỉ định chiều cao của thùng mưa (hoặc bể chứa nước).

Các trường dữ liệu của trang *Lớp lưu trữ* được mô tả trong Bảng 5.6 như sau.

Bảng 5.6 Ý nghĩa các thuộc tính lớp lưu trữ

STT	Thông tin về lớp lưu trữ
1	Độ dày (Thickness)
	Đây là độ dày của lớp sỏi hoặc chiều cao của thùng chứa nước mưa (inch hoặc mm). Các lớp đá dăm và sỏi thường dày từ 6 đến 18 inch (150 đến 450 mm) trong khi các thùng chứa nước mưa dành cho gia đình đơn lẻ có chiều cao từ 24 đến 36 inch (600 đến 900 mm).
2	Tỷ số độ rỗng (Void Ratio)
	Tỷ lệ tương đối giữa thể tích của lỗ rỗng so với thể tích chất rắn trong lớp. Các giá trị điển hình nằm trong khoảng từ 0,5 đến 0,75 đối với các lớp sỏi. Lưu ý rằng $\text{Độ rỗng} = \text{Tỷ số rỗng} / (1 + \text{Tỷ số rỗng})$.
3	Tốc độ thấm (Seepage Rate)
	Tốc độ nước thấm vào đất (tính bằng in/giờ hoặc mm/giờ). Đây thường là <i>Độ dẫn thủy lực bão hòa</i> của tiểu lưu vực xung quanh nếu sử dụng quá trình thấm Green-Ampt hoặc <i>Tốc độ thấm tối thiểu</i> đối với quá trình thấm Horton. Nếu có sùn hoặc lớp lót không thấm nước bên dưới lớp thì giá trị này bằng 0.
4	Hệ số tắc nghẽn (Clogging Factor)
	Tổng thể tích dòng chảy tràn được xử lý cần để làm tắc nghẽn hoàn toàn phần đáy của lớp chia cho thể tích rỗng của lớp. Sử dụng giá trị 0 để bỏ qua sự tắc nghẽn. Sự tắc nghẽn làm giảm tốc độ thấm tương quan trực tiếp với thể tích lũy tích của dòng chảy tràn được xử lý và chỉ có thể quan tâm đối với trường hợp rãnh thấm có đáy thấm nước và không có cống thoát. Tham khảo trang <i>Lớp mặt đường</i> để có thêm thông tin về Hệ số tắc nghẽn.

130 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

STT	Thông tin về lớp lưu trữ
5	Độ che phủ (Covered) - chỉ áp dụng cho Thùng chứa nước mưa
	Để chỉ định thùng chứa nước mưa có được che phủ hay không. Một thùng chứa nước mưa có mái che không nhận được lượng mưa trực tiếp.

Lớp thoát nước (Drain Layer)

Lớp lưu trữ của các giải pháp LID có thể có một hệ thống thoát nước tùy chọn để thu gom nước chảy vào lớp và chuyển đến cống thoát nước thông thường hoặc vị trí khác (có thể khác với đầu ra của tiểu lưu vực của giải pháp LID). Dòng thoát này cũng có thể được đưa trở lại khu vực thấm nước của tiểu lưu vực của giải pháp LID. Cao trình cống thoát có thể được bố trí cao hơn cao trình đáy lớp lưu trữ để giữ lại một phần lượng dòng chảy tràn (sau đó được thấm hết) trước khi tràn ra ngoài qua cống thoát. Đối với loại LID *Ngắt kết nối trên mái nhà*, hệ thống thoát nước bao gồm các máng xối và ống xả của mái nhà có khả năng vận chuyển tối đa.

Trang *Thoát nước* của *LID Control Editor* (Hình 5.11) mô tả các thuộc tính của hệ thống thoát nước của giải pháp LID.

	Surface		Pavement	
	Soil	Storage	Drain	
"Hệ số dòng chảy"	Flow Coefficient*		<input type="text" value="0"/>	
"Hệ số mũ"	Flow Exponent		<input type="text" value="0.5"/>	
"Khoảng cách đặt ống cách đáy"	Offset (in or mm)		<input type="text" value="6"/>	
	Open Level (in or mm)		<input type="text" value="0"/>	
	Closed Level (in or mm)		<input type="text" value="0"/>	
	Control Curve		<input type="text" value="v"/>	
			Drain Advisor	
	*Flow is in in/hr or mm/hr; use 0 if there is no drain.			

Hình 5.11 Trình nhập các thông số lớp thoát nước

Ý nghĩa của các trường nhập dữ liệu của *Lớp thoát nước* được mô tả trong Bảng 5.7.

Bảng 5.7 Ý nghĩa các thuộc tính lớp thoát nước

STT	Thông tin về lớp thoát nước
1	<p>Hệ số và hệ số mũ lưu lượng (Drain Flow Coefficient and Drain Flow Exponent)</p> <p>Hệ số lưu lượng C và số mũ n xác định tốc độ dòng chảy qua cống như là một hàm của chiều cao mực nước được lưu trữ nằm phía trên chiều cao chên lệch đáy cống. Phương trình sau đây được sử dụng để tính tốc độ dòng chảy này (trên một đơn vị diện tích của đơn vị LID):</p> $q = Ch^n$ <p>Trong đó, <i>q</i> là lưu lượng xả (in/giờ hoặc mm/giờ), <i>h</i> là độ cao vùng bão hòa trên hệ thống thoát (in hoặc mm). Giá trị tiêu chuẩn của n sẽ là 0,5 (làm cho hệ thống thoát hoạt động như một ống thông). Lưu ý rằng đơn vị của C phụ thuộc vào hệ thống đơn vị được sử dụng cũng như giá trị được gán cho n. Nếu lớp không có cống thoát thì khai báo C bằng 0.</p>
2	<p>Chiều cao chên lệch đáy cống thoát (Drain Offset Height)</p> <p>Đây là chiều cao của đường thoát nước nằm phía trên đáy của lớp trữ hoặc thùng chứa nước mưa (in hoặc mm).</p>
3	<p>Độ trễ thoát nước (Drain Delay) - chỉ cho thùng mưa</p> <p>Số giờ không mưa trước khi thoát nước trong thùng mưa được mở (đường thoát nước được giả định đóng khi mưa bắt đầu). Giá trị 0 biểu thị rằng đường thoát nước của thùng luôn mở và thoát nước liên tục. Tham số này bị bỏ qua đối với các loại thực hành LID khác.</p>
4	<p>Khả năng dòng chảy (Flow Capacity) - chỉ dành cho loại LID ngắt kết nối trên mái nhà</p>

STT	Thông tin về lớp thoát nước
	<p>Đây là tốc độ dòng chảy tối đa mà máng xối và ống xả của mái nhà có thể xử lý (tính bằng in/giờ hoặc mm/giờ) trước khi tràn. Đây là thông số thoát nước duy nhất được sử dụng cho loại LID ngắt kết nối mái nhà.</p>
5	Mức độ mở (Open Level)
	<p>Chiều cao (tính bằng inch hoặc mm) trong lớp lưu trữ của cống thoát làm cho cống tự động mở khi mực nước dâng cao hơn nó. Giá trị mặc định là 0 có nghĩa là tính năng này bị tắt.</p>
6	Mức độ đóng (Closed Level)
	<p>Chiều cao (tính bằng inch hoặc mm) trong Lớp lưu trữ của cống làm cho cống tự động đóng khi mực nước giảm xuống dưới mức đó. Giá trị mặc định là 0.</p>
7	Đường cong điều khiển (Control Curve)
	<p>Tên của Đường cong điều khiển tùy chọn điều chỉnh lưu lượng nước thoát được tính toán dưới dạng hàm của cột nước phía trên cống. Để trống nếu không áp dụng.</p>

Lớp thảm thoát nước (Drainage Mat)

Mái nhà xanh thường chứa một tấm hoặc thảm thoát nước nằm bên dưới lớp đất và bên trên kết cấu mái. Mục đích của nó là chuyển bất kỳ lượng nước nào thoát qua lớp đất ra khỏi mái nhà. Trang *Thảm thoát nước* của *LID Control Editor* (Hình 5.12) cho giải pháp mái nhà xanh liệt kê các thuộc tính của lớp này bao gồm:

+ *Độ dày*

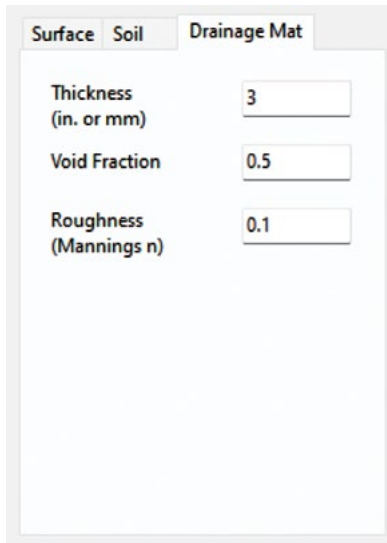
Độ dày của tấm hoặc thảm (inch hoặc mm). Nó thường dao động trong khoảng từ 1 đến 2 inch (25,4 đến 50,8 mm).

+ *Tỷ số rỗng*

Tỷ lệ thể tích rỗng trên tổng thể tích trong thảm. Nó thường nằm trong khoảng từ 0,5 đến 0,6.

+ *Độ nhám*

Đây là hệ số nhám Manning (n) được sử dụng để tính tốc độ dòng chảy ngang của nước thoát qua thảm. Nó không phải là thông số kỹ thuật tiêu chuẩn của sản phẩm do nhà sản xuất cung cấp và do đó phải được ước tính. Các nghiên cứu lập mô hình trước đây đã đề xuất sử dụng giá trị tương đối cao, chẳng hạn như từ 0,1 đến 0,4.



Surface	Soil	Drainage Mat
Thickness (in. or mm) <input type="text" value="3"/>		
Void Fraction <input type="text" value="0.5"/>		
Roughness (Mannings n) <input type="text" value="0.1"/>		

Hình 5.12 Trình nhập các thông số lớp thảm thoát nước

Lớp loại bỏ ô nhiễm (Pollutant Removal)

Trang *Loại bỏ ô nhiễm* của *LID Control Editor* (Hình 5.13) cho phép người dùng chỉ định mức độ loại bỏ chất ô nhiễm bằng điều khiển LID khi dòng chảy đi ra khỏi giải pháp LID qua cống thoát nước bên dưới. Vì vậy, nó chỉ áp dụng cho các thực hành LID có cống thoát nước bên dưới (ô trữ sinh học, vỉa hè thấm, rãnh thấm và thùng chứa nước mưa).

Trang này chứa một lưới nhập dữ liệu với các tên chất gây ô nhiễm của dự án được liệt kê trong một cột và phần trăm loại bỏ mà

134 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

mỗi đơn vị LID nhận được trong cột thứ hai có thể chỉnh sửa. Nếu giá trị phần trăm loại bỏ bị bỏ trống thì giá trị đó được coi là 0.

Surface	Soil	Storage
Drain	Pollutant Removals	
Pollutant	% Removal	
TSS	10	
Oil	15	
Enter percent removal for pollutants in underdrain outflow.		

Hình 5.13 Trình nhập các thông số lớp loại bỏ ô nhiễm

Việc loại bỏ chỉ định trên trang này được áp dụng cho cống thoát nằm bên dưới của công trình LID khi đưa dòng chảy vào một tiểu lưu vực hoặc vào một nút của mạng lưới thoát nước. Chúng không áp dụng cho bất kỳ dòng chảy tràn bề mặt nào thoát ra từ công trình LID.

Ví dụ: Nếu dòng chảy tràn được xử lý bởi công trình LID có nồng độ TSS là 100 mg/L và tỷ lệ loại bỏ là 90%, nếu dòng chảy tràn có lưu lượng là 141,5 lít/s chảy từ cống thoát của LID vào nút trên mạng lưới thoát nước sẽ đóng góp tải lượng vào nút là $100 \times (100 - 90) \times 141,5 / 100 = 1.415$ mg/s. Ngoài ra, nếu công trình LID có dòng chảy tràn bề mặt là 28,3 lít/s thoát vào cùng một nút, tải lượng từ dòng chảy này sẽ là $100 \times 28,3 = 2.830$ mg/s.

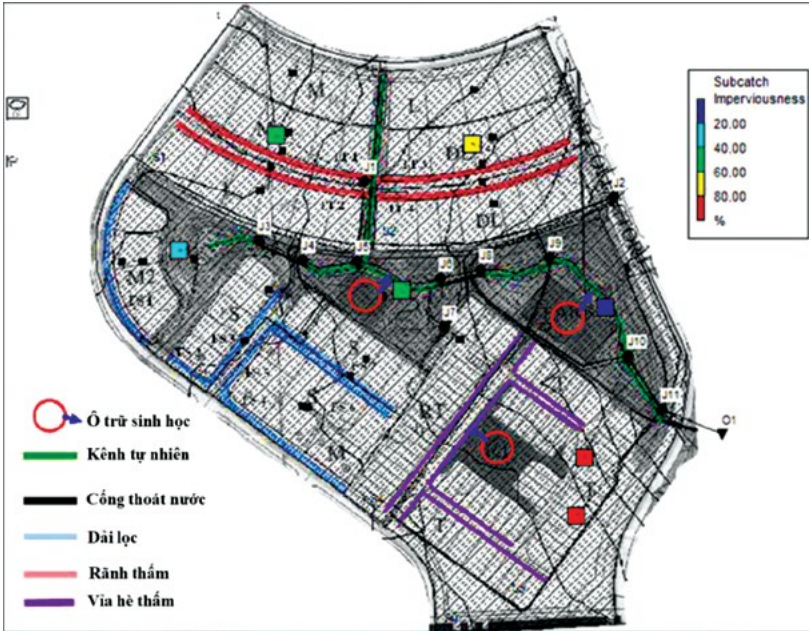
5.5. ỨNG DỤNG EPA-SWMM MÔ PHỎNG CÁC GIẢI PHÁP LID

5.5.1. Mô tả bài toán

Ví dụ này trình bày cách sử dụng EPA-SWMM để đánh giá hiệu quả thủy lực các giải pháp LID, như hệ thống trữ nước mưa phân tán, nhằm kiểm soát việc tràn dòng trong một khu dân cư đã được đô thị hóa. Các giải pháp LID được áp dụng gồm rãnh thấm, rãnh thấp/dải lọc, ô trữ sinh học và vỉa hè thấm. Đây là các giải pháp kiểm soát nước mưa tại nguồn quy mô nhỏ, phân tán và chủ yếu dựa vào quá trình thấm và lưu trữ để giảm tổng lượng và đỉnh dòng chảy tràn từ các tiểu lưu vực ra cống, kênh, sông và cải thiện chất lượng nước.

Lưu vực mô phỏng được minh họa như trong Hình 5.14. Các giải pháp LID được bố trí như sau:

- 04 rãnh thấm (vùng màu hồng) sẽ được đặt ở mỗi bên của đường Đông - Tây ở phần trên của khu vực nghiên cứu.
- Các rãnh thấp/dải lọc (màu xanh lục), sẽ được sử dụng để kiểm soát dòng chảy từ các lô S, M và M2, nằm ở phần phía Tây - Nam của khu vực. Những rãnh này sẽ được xây dựng dọc theo vỉa hè để kiểm soát dòng chảy từ các lô đất trước khi chảy vào rãnh thu nước.
- Các giải pháp ô trữ sinh học được xây dựng ở các công viên lô S4, S5 và S7 để lọc và trữ nước như hồ chứa nhỏ trước khi xả ra kênh.
- Cuối cùng, phần vỉa hè thấm được bố trí ở lô S5 hướng Đông - Nam nhằm kiểm soát dòng chảy ở lô này.



Hình 5.14 Minh họa vị trí bố trí các giải pháp LID

5.5.2. Thiết lập mô hình

Diện tích lưu vực mô phỏng là 11,70 ha và được chia thành 7 tiểu lưu vực từ S1-S7. HTTN có tổng chiều dài 675 m, cao độ các nút từ 1.515,8 m đến 1.510 m.

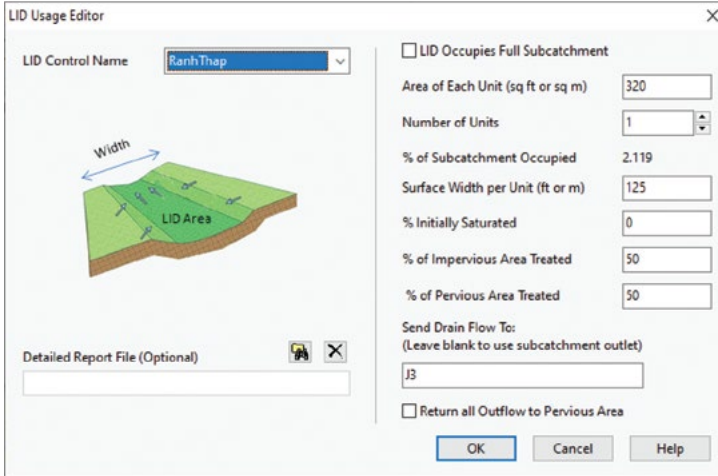
(1) Thiết lập rãnh thấp/dải lọc

Các rãnh thấp này được bố trí tại các tiểu lưu vực S3 và S4 với thông tin như Bảng 5.8.

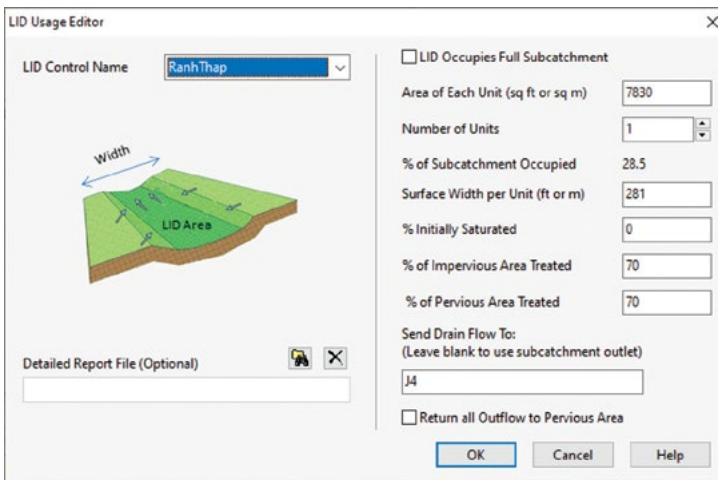
Bảng 5.8 Các thông số thiết kế rãnh thấp

STT	Rãnh thấp		
	Diện tích (ha)	Rộng (m)	Độ sâu trữ (mm)
S3	0,032	125	300
S4	0,783	281	300

Tiếp theo, tiến hành khai báo thông số các rãnh thấp trong EPA-SWMM như sau:



Hình 5.15 Khai báo thông số rãnh thấp cho tiểu lưu vực S3



Hình 5.16 Khai báo thông số rãnh thấp cho tiểu lưu vực S4

(2) Thiết lập rãnh thấm cho tiểu lưu vực

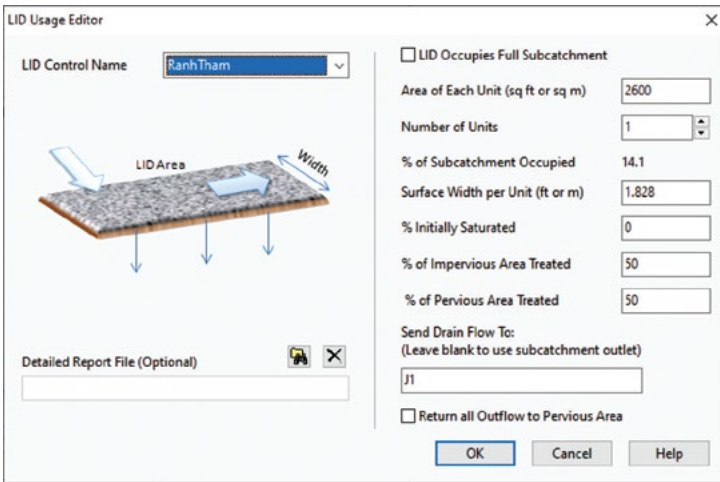
Các rãnh thấp này được bố trí tại các tiểu lưu vực S1 và S2 với thông tin như Bảng 5.9.

138 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

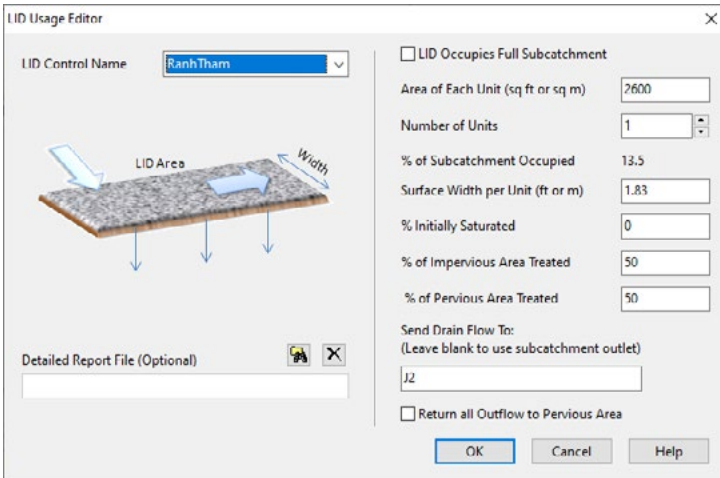
Bảng 5.9 Các thông số thiết kế rãnh thấm

STT	Rãnh thấp		
	Diện tích (ha)	Rộng (m)	Độ sâu trữ (mm)
S1	0,26	1.83	366
S2	0,26	1.83	366

Khai báo thông số bố trí rãnh thấm cho các tiểu lưu vực S1 và S2 trong EPA-SWMM như sau:



Hình 5.17 Khai báo thông số rãnh thấm cho tiểu lưu vực S1



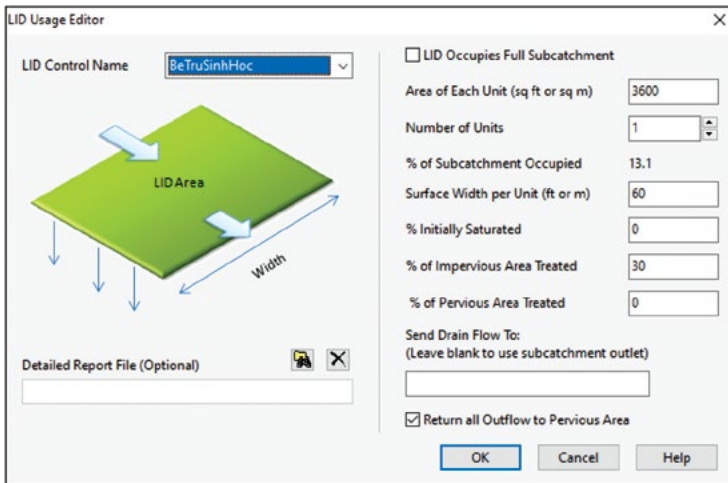
Hình 5.18 Khai báo thông tin rãnh thấm cho tiểu lưu vực S2

(3) Thiết lập mô hình ô trữ sinh học

Các ô trữ sinh học được bố trí ở các tiểu lưu vực S4, S5 và S7 với các thông tin như sau:

Bảng 5.10 Các thông số thiết kế ô trữ sinh học

STT	Ô trữ sinh học		
	Diện tích (ha)	Rộng (m)	Độ sâu trữ (mm)
S4	0,36	64	800
S5	0,36	64	800
S7	0,36	64	800

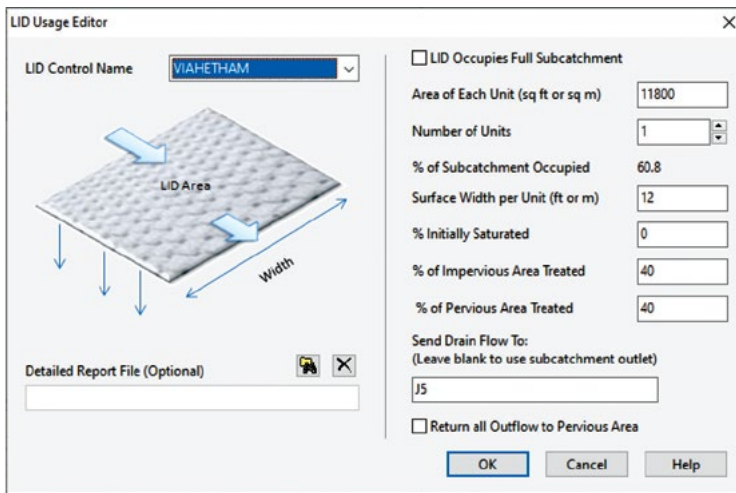


Hình 5.19 Khai báo thông tin ô trữ sinh học cho lưu vực S4

(4) Thiết lập mô hình vỉa hè thấm

Khai báo thông số của vỉa hè thấm vào tiểu lưu vực của EPA-SWMM như sau:

140 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị



Hình 5.20 Khai báo thông tin vỉa hè thấm cho lưu vực S5

Do lưu vực S5 có mật độ ĐTH cao với tỷ lệ là 87,7%, nên bố trí thêm vỉa hè thấm để giảm dòng chảy tràn như sau:

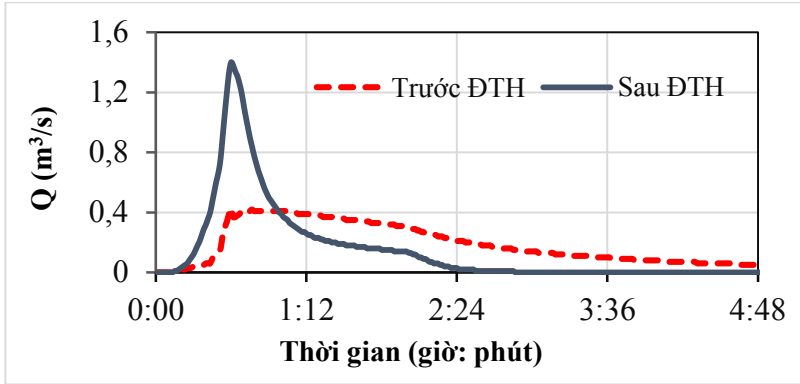
Bảng 5.11 Các thông số thiết kế vỉa hè thấm

STT	Vỉa hè thấm		
	Diện tích (ha)	Rộng (m)	Chiều sâu trữ (mm)
S5	1,18	3	460

Chi tiết tệp tin đầu vào mô hình EPA-SWMM mô phỏng các giải pháp LID có thể tải về từ website: <https://stormwater.hydroware.edu.vn/EPA-SWMM>.

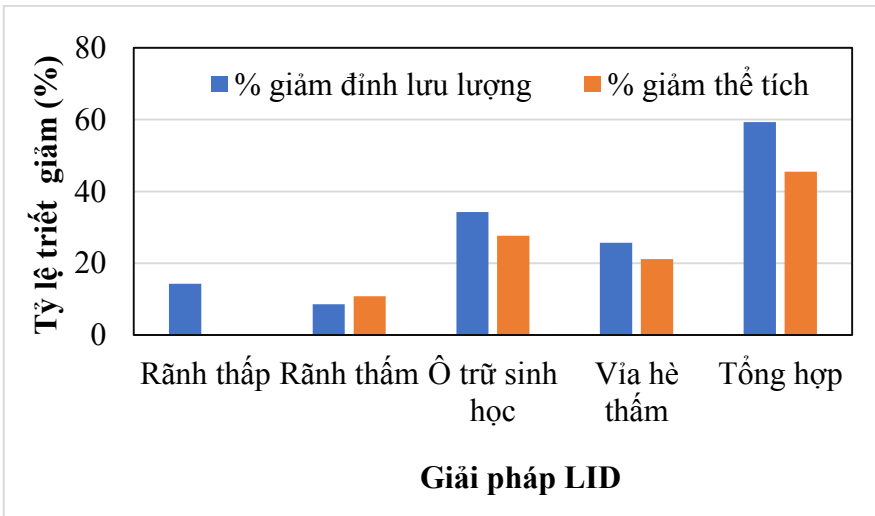
5.5.3. Kết quả mô phỏng

Hình 5.21 so sánh đường quá trình dòng chảy tràn tại cửa ra của lưu vực nghiên cứu ứng với trận mưa thiết kế P=10 năm cho trường hợp trước và sau khi ĐTH. Kết quả cho thấy lưu lượng đỉnh dòng chảy tràn trước khi ĐTH (với tỷ lệ diện tích không thấm là 5%) là 0,43 m³/s. Sau khi ĐTH (với tỷ lệ diện tích không thấm là 56%), lưu lượng đỉnh dòng chảy tràn là 1,4 m³/s, tăng 3,25 lần so với trước ĐTH.



Hình 5.21 So sánh đường quá trình dòng chảy tại cửa ra của lưu vực trước và sau khi ĐTH

Kết quả tính toán tác động của các giải pháp LID đến thể tích và đỉnh dòng chảy tràn bằng mô hình EPA-SWMM được trình bày trong Hình 5.21 và Bảng 5.12.



Hình 5.22 Tỷ lệ triết giảm lưu lượng đỉnh và thể tích dòng chảy tràn theo các phương án áp dụng LID

Bảng 5.12 Hiệu quả giảm đỉnh và thể tích dòng chảy của các phương án áp dụng LID

STT	Giải pháp	Q_{\max} (m^3/s)	V (m^3)	% giảm đỉnh	% giảm thể tích
1	Hiện trạng	1,4	2716,8	-	
2	Rãnh thấp	1,2	2716,8	14,3	0,0
3	Rãnh thấm	1,28	2540,4	8,6	10,8
4	Ô trữ sinh học	0,92	1966,2	34,3	27,6
5	Via hè thấm	1,04	2143,8	25,7	21,1
6	Tổng hợp (2+3+4+5)	0,57	1481,4	59,3	45,5

Kết quả cho thấy, giải pháp rãnh thấp có hiệu quả thấp trong mục tiêu giảm thiểu tổng lượng dòng chảy tràn, nhưng đạt hiệu quả tốt về giảm đỉnh dòng chảy là 14,3%.

Đối với giải pháp rãnh thấm giúp giảm 10,8% thể tích dòng chảy và giảm 8,6% đỉnh dòng chảy. Trong khi đó, giải pháp ô trữ sinh học mang lại hiệu quả tương đối cao giúp giảm 27,3% thể tích dòng chảy và giảm 34,3% đỉnh lưu lượng.

Giải pháp via hè thấm giúp giảm 21,1% thể tích và 25,7% đỉnh lưu lượng dòng chảy tại cửa ra.

Cuối cùng, tổng hợp các giải pháp LID (rãnh thấp, rãnh thấm, ô trữ sinh học và via hè thấm) giúp giảm 45,5% thể tích dòng chảy và giảm 59,3% đỉnh lưu lượng.

Tóm lại, các phương án LID đều mang lại hiệu quả tốt trong việc giảm đỉnh lưu lượng tại cửa ra, góp phần giảm ngập lụt khu vực hạ lưu. Riêng rãnh thấp không có tác dụng giảm tổng thể tích dòng chảy, chỉ góp phần giảm đỉnh lũ, nếu muốn tăng khả năng trữ lại thì phải làm các gờ tràn dọc tuyến rãnh thấp.

5.6. ỨNG DỤNG EPA-SWMM THIẾT KẾ HỒ ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA

Ví dụ này minh họa cách thiết kế và đánh giá hồ điều tiết nước mưa đô thị bằng mô hình EPA-SWMM. Các chức năng trữ, lỗ tháo và đập tràn sẽ được sử dụng để mô phỏng hồ điều tiết đa mục tiêu, được xây dựng để chứa dung tích duy trì chất lượng nước (water quality capture volume – WQCV) và kiểm soát đỉnh dòng chảy tràn tăng lên do quá trình ĐTH.

5.6.1. Mô tả bài toán

Lưu vực nghiên cứu có diện tích 11,70 ha được chia thành 7 tiểu lưu vực ký hiệu từ S1-S7. Mạng lưới thoát nước có tổng chiều dài 675 m, cao trình nắp hố ga từ 1515,8 m đến 1510,0 m. Kết quả tính toán cho thấy sau khi ĐTH dòng chảy tràn sản sinh từ khu vực nghiên cứu đã có sự gia tăng đáng kể so với trước khi ĐTH (Bảng 5.13). Do đó ý tưởng bố trí hồ điều tiết được đề xuất để giảm đỉnh dòng chảy tràn nhằm giảm ngập cho khu vực hạ lưu.

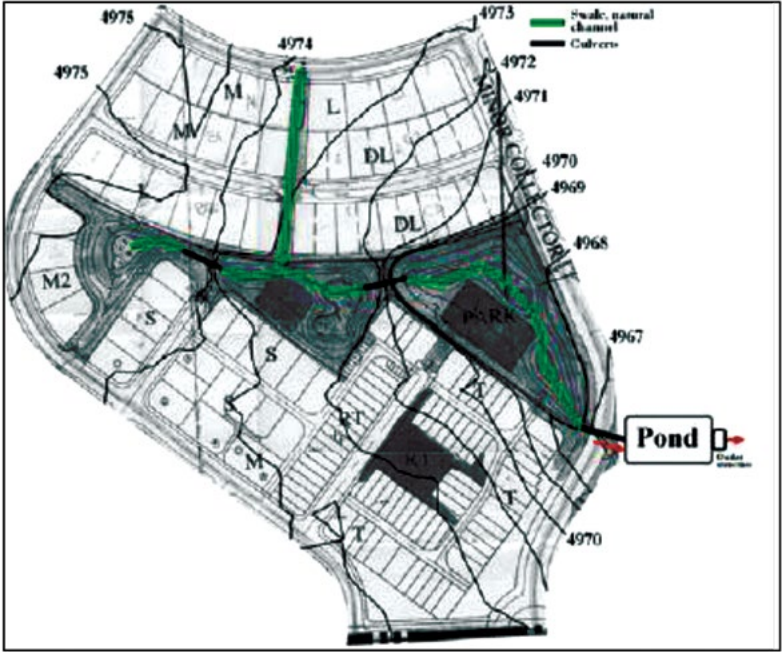
Bảng 5.13 Lưu lượng đỉnh tại cửa ra lưu vực trước và sau khi ĐTH

Chu kỳ lặp lại (năm)	Tổng lượng mưa (mm)	Lưu lượng đỉnh trước khi ĐTH (m ³ /s)	Lưu lượng đỉnh sau ĐTH (m ³ /s)
2	24,9	0,12	0,95
10	43,4	0,21	1,76
100	93,2	0,89	4,64

Bên cạnh nhiệm vụ điều tiết lưu lượng xả theo yêu cầu, công trình hồ còn có nhiệm vụ ổn định thể tích trữ nhằm duy trì chất lượng nước (WQCV). WQCV được định nghĩa là một thể tích phù hợp để lưu trữ lại hồ trong một khoảng thời gian đủ dài nhằm đạt được mục tiêu loại bỏ chất ô nhiễm. Thể tích lưu trữ cần thiết và thời

144 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

gian tháo nước thay đổi tùy theo các chính sách kiểm soát nước mưa khác nhau [65].



Hình 5.23 Vị trí bố trí hồ điều tiết cho lưu vực đã ĐTH

Trong ví dụ này, thể tích WQCV phải được xả hết sau thời gian 40 giờ, trong thời gian đó một phần đáng kể các chất ô nhiễm dạng hạt có trong nước mưa đô thị được loại bỏ. Cuối cùng, vì lý do an toàn, cao trình hồ 1,8 m được xem xét cho phương án thiết kế cuối. Các trận mưa nhỏ (chu kỳ lặp lại 2 năm) và các trận mưa lớn (chu kỳ lặp lại 10 và 100 năm) sẽ được trữ lại trong các phần riêng biệt của hồ chứa. Cả hai phần này của hồ điều có dạng lăng trụ hình thang. Vị trí của hồ điều tiết trong khu vực nghiên cứu được thể hiện trong Hình 5.23.

5.6.2. Mô tả hệ thống

Các thành phần chính được sử dụng để thiết kế hồ chứa trong EPA-SWMM là các đơn vị trữ “Storage Units” cùng với cửa xả là lỗ

thoát “Orifice” và ngưỡng tràn “Weir”. Ba thành phần này được mô tả như sau:

(1) Đơn vị trữ

Storage Unit SU1	
Property	Value
Name	SU1
X-Coordinate	1471.427
Y-Coordinate	458.889
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	1510.6
Max. Depth	1.8
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Evap. Factor	0
Seepage Loss	NO
Storage Curve	TABULAR
Functional Curve	
Coefficient	1000
Exponent	0
Constant	0
Tabular Curve	
Curve Name	SU1
User-assigned name of storage unit	

Hình 5.24 Khai báo đơn vị trữ trong EPA-SWMM

Các đơn vị trữ trong EPA-SWMM được mô hình hóa như các nút. Chúng tương tự như các nút kết nối HTTN nước nhưng có một số điểm khác biệt cơ bản: thể tích trữ được mô tả bằng đường cong trữ “Storage Curve”, hệ số bốc hơi “Evaporation Factor” có thể được định nghĩa và chiều sâu trữ tối đa “Maximum Depth of storage” là thông số cần được xác định.

Đường cong trữ: Đường cong này xác định hình dạng của đơn vị trữ bằng cách mô tả sự biến thiên diện tích bề mặt của hồ chứa theo chiều sâu mực nước. Đường cong này được EPA-SWMM tích hợp để tính toán thể tích nước trữ như là một hàm theo chiều sâu mực nước. Nó có thể được xác định cho mô hình dưới dạng phương trình hàm hoặc đường cong dạng bảng (dữ liệu độ sâu - diện tích).

Hệ số bốc hơi: Hệ số này được gán bằng 1 nếu quá trình bốc hơi tính toán bao gồm cả quá trình bốc hơi từ hồ chứa. Dữ liệu bốc hơi được khai báo cho mô hình thông qua Trình soạn thảo Khí hậu của EPA-SWMM (EPA-SWMM’s Climatology Editor). Giá trị mặc định cho tham số này là 0, ngụ ý rằng quá trình bốc hơi bị bỏ qua.

Độ sâu tối đa: Độ sâu tối đa của đơn vị trữ phải được xác định và không nên sử dụng giá trị 0 mặc định. Nếu độ sâu của đơn vị trữ không được xác định, mô hình sẽ hiểu rằng đơn vị trữ có độ sâu bằng 0 ngay cả khi đường cong lưu trữ đã được khai báo hoặc cống dẫn nước đã được kết nối với kết cấu trữ. Nếu độ sâu lớn nhất trên đường cong trữ thấp hơn độ sâu tối đa, giá trị diện tích cuối cùng trên đường cong sẽ được mở rộng ra bên ngoài.

(2) Lỗ thoát “Orifices”

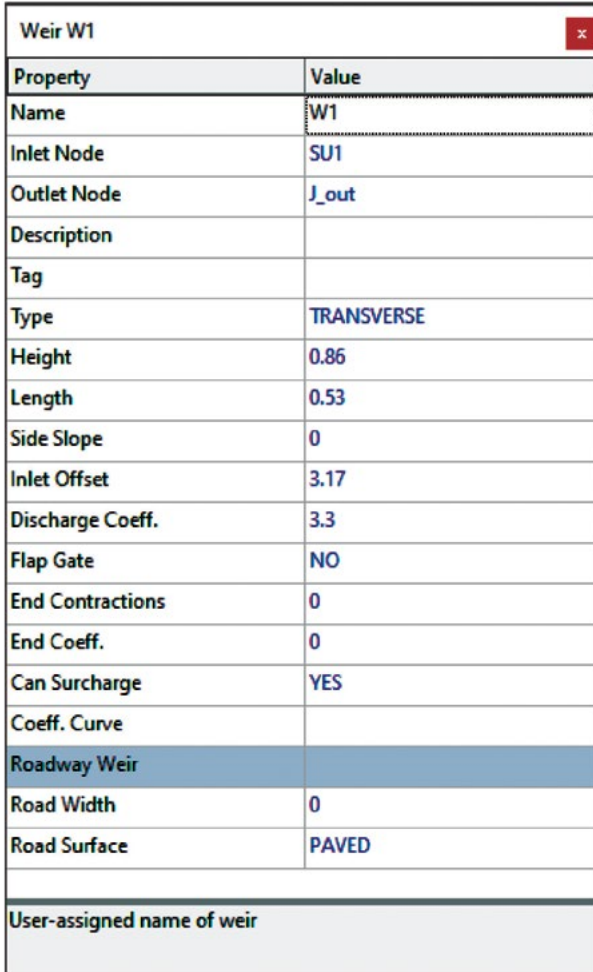
Liên kết kiểu lỗ thoát của EPA-SWMM có thể được sử dụng để mô phỏng độ mở của cửa xả cạnh hoặc đáy của hồ chứa. Nút thượng lưu của lỗ thoát là đơn vị trữ và nút hạ lưu sẽ là nút nối kết nối lỗ

thoát với cống hạ lưu. Các thuộc tính của lỗ thoát cần được xác định bao gồm chiều cao của nó so với đáy của đơn vị trữ (invert offset), loại lỗ thoát (lỗ thoát bên hoặc đáy), hình dạng (hình chữ nhật hoặc hình tròn và các kích thước tương ứng) và các đặc tính thủy lực (hệ số lưu lượng và có/không có van một chiều để ngăn dòng chảy ngược).

Orifice Or3	
Property	Value
Name	Or3
Inlet Node	SU1
Outlet Node	J_out
Description	
Tag	
Type	SIDE
Shape	RECT_CLOSED
Height	0.08
Width	0.11
Inlet Offset	2.22
Discharge Coeff.	1.84
Flap Gate	NO
Time to Open/Close	0
User-assigned name of orifice	

Hình 5.25 Khai báo lỗ thoát trong EPA-SWMM

(3) Đập tràn “Weirs”



Property	Value
Name	W1
Inlet Node	SU1
Outlet Node	J_out
Description	
Tag	
Type	TRANSVERSE
Height	0.86
Length	0.53
Side Slope	0
Inlet Offset	3.17
Discharge Coeff.	3.3
Flap Gate	NO
End Contractions	0
End Coeff.	0
Can Surcharge	YES
Coeff. Curve	
Roadway Weir	
Road Width	0
Road Surface	PAVED
User-assigned name of weir	

Hình 5.26 Khai báo các thông số đập tràn trong EPA-SWMM

Liên kết kiểu tràn của EPA-SWMM có thể sử dụng để mô tả độ mở phía trên của hồ đóng vai trò là kết cấu chảy tràn. Tương tự như với kết cấu lỗ thoát, nút thượng lưu của đập tràn là đơn vị trữ trong khi nút hạ lưu kết nối đập tràn với một cống hạ lưu. Các đặc tính của “Đập tràn” cần được xác định bao gồm chiều cao của đập so với đáy của đơn vị trữ, hình dáng của tràn (ngang, rãnh chữ V hoặc hình

thang), hình học và các đặc tính thủy lực của nó (hệ số lưu lượng, sự co hẹp ở đầu và có (không có) van một chiều để ngăn dòng chảy ngược).

5.6.3. Thiết lập mô hình

EPA-SWMM có thể được sử dụng mô phỏng hạ tầng trữ nước mưa được áp dụng để thu nhận dòng chảy từ các trận mưa thiết kế khác nhau và thoát ra kênh tiếp nhận với lưu lượng được kiểm soát. Ví dụ này minh họa cho cách thiết kế hồ trữ là một quy trình lặp đi lặp lại trong đó kích thước của hồ và các cửa xả được thay đổi để đáp ứng các tiêu chí thiết kế và những ràng buộc của các trận mưa thiết kế được xem xét. Ba bước chính được sử dụng để thiết kế hồ trữ nước là:

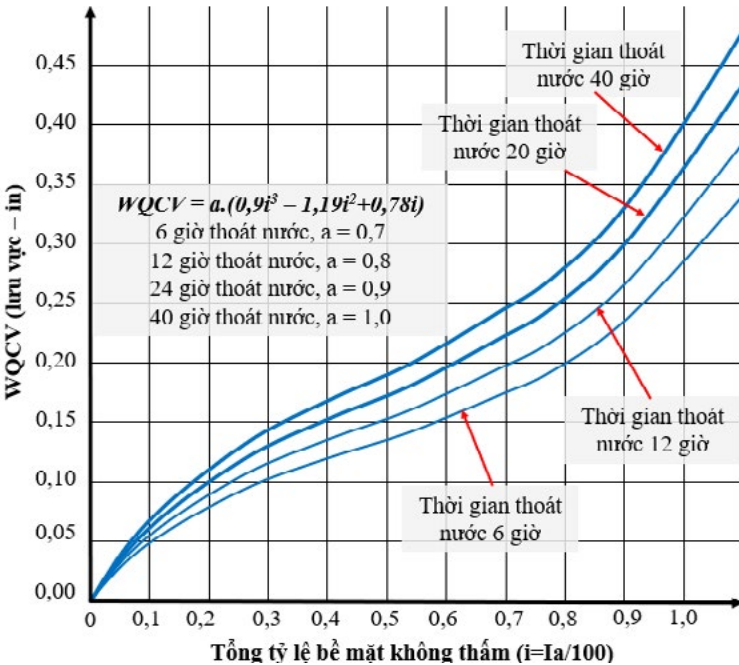
1. Ước lượng thể tích đảm bảo chất lượng nước (WQCV).
2. Xác định quy mô dung tích trữ và cửa xả để điều tiết tốc độ thoát của WQCV.
3. Xác định quy mô dung tích trữ và cửa xả để điều tiết đỉnh lưu lượng xả ứng với các trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại 2, 10 và 100 năm.

Thiết kế cuối sẽ là đơn vị trữ với hình dạng cụ thể được xác định theo vị trí, điều kiện khí hậu và lượng mưa, quan hệ giữa chiều sâu trữ nước và diện tích bề mặt của hồ và kết cấu đa cửa xả để điều tiết các kịch bản dòng chảy khác nhau. Hình 5.28 cho thấy sơ đồ của một hồ chứa và các cửa xả của nó được thiết kế để kiểm soát WQCV và lưu lượng đỉnh cho ba trận mưa thiết kế. Hình khối lăng trụ hình thang xếp chồng lên nhau như hình vẽ sẽ được sử dụng trong ví dụ này; lăng trụ trên cùng trên sẽ dùng để điều tiết các trận mưa lớn (chu kỳ lặp lại 10 và 100 năm) trong khi lăng trụ dưới sẽ điều tiết các trận mưa nhỏ (WQCV và trận mưa có chu kỳ lặp lại 2 năm).

Chú ý rằng lưu lượng của các trận mưa khác nhau thường được điều tiết bằng cách kết hợp các lỗ thoát và đập tràn hơn là sử dụng một cửa xả duy nhất. Lỗ thoát 1 trong Hình 5.28 điều tiết cho lưu lượng thoát của WQCV; lỗ thoát 1 và 2 điều tiết cho lưu lượng thoát của dòng chảy tràn từ trận mưa có chu kỳ lặp lại 2 năm, lỗ thoát 1, 2 và 3 kiểm soát dòng chảy cho trận mưa có chu kỳ lặp lại 10 năm và tất cả các lỗ thoát kết hợp với đập tràn điều tiết lưu lượng thoát của trận mưa có chu kỳ lặp lại 100 năm.

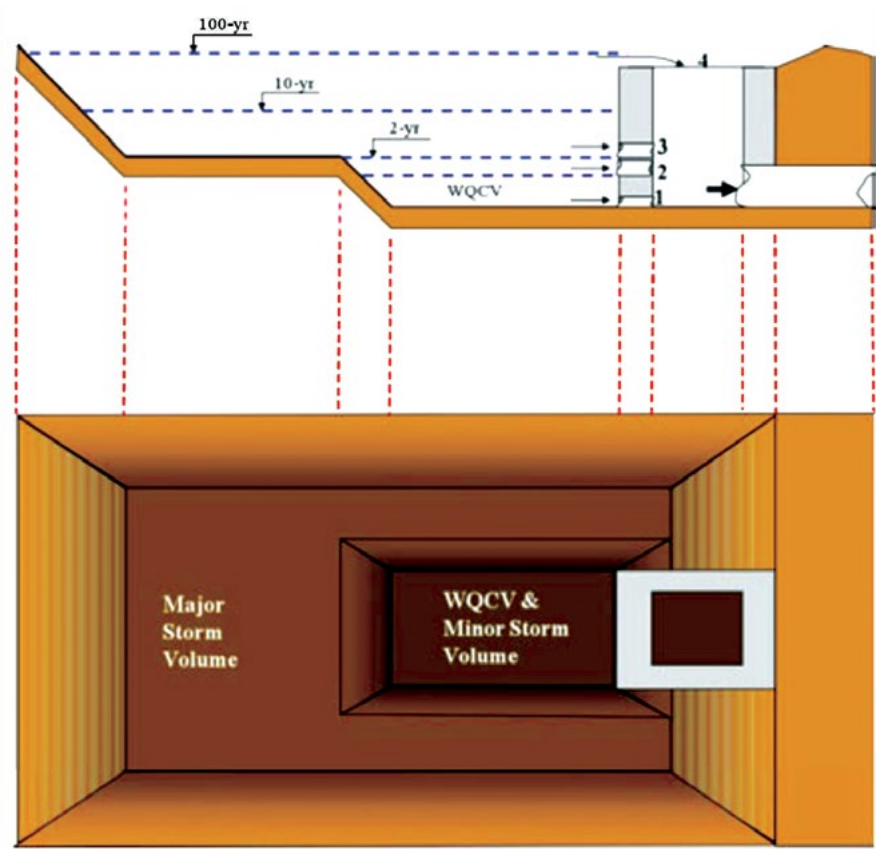
- Ước lượng dung tích duy trì chất lượng nước

WQCV là thể tích dòng chảy tràn tới hạn được sử dụng để thiết kế nâng cấp chất lượng cơ sở hạ tầng HTTN. Trong ví dụ này sử dụng phương pháp do UDFCD (2001) đề xuất để xác định lượng trữ cần thiết [58]. Các bước sau đây được sử dụng để ước tính WQCV cho hồ chứa được thiết kế:



Hình 5.27 Đồ thị xác định thể tích lưu trữ chất lượng nước

Nguồn: UDFCD, 2001 [59]



Hình 5.28 Phác họa sơ đồ kích thước cần thiết của một hồ điều tiết điển hình

1. Xác định diện tích không thấm nước, có thể dựa vào tỷ lệ (%) diện tích ĐTH được xử lý bằng ảnh viễn thám. Bảng 5.14 thể hiện dữ liệu diện tích các tiểu lưu vực và tỷ lệ diện tích không thấm cho ví dụ này.

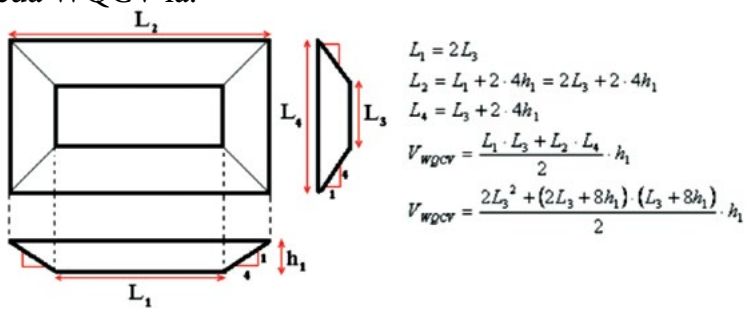
Bảng 5.14 Dữ liệu các tiểu lưu vực sau khi ĐTH

Tiểu lưu vực	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Diện tích (ha)	1,84	1,92	1,51	2,75	1,94	0,80	0,94
Diện tích không thấm (%)	56,8	63	39,5	49,9	87,7	95	0

2. Kế tiếp, tính toán tỷ lệ (%) diện tích không thấm nước trung bình của khu vực bằng cách tính trọng số không thấm nước của từng tiểu lưu vực theo diện tích của nó và chia cho tổng diện tích (11,70 ha) của khu vực nghiên cứu. Phần trăm diện tích không thấm nước trung bình của khu vực được xác định bằng phương pháp này là 57,0%.
3. Bước tiếp theo là xác định WQCV trong lưu vực tính bằng mm. Giả sử rằng khu vực trong ví dụ tính toán của EPA-SWMM sẽ có thời gian 40 giờ để tháo hết nước. Từ Hình 5.27, WQCV tương ứng theo sẽ là 5,84 mm. Do đó, tổng thể tích trữ để kiểm soát chất lượng nước là bằng tổng diện tích lưu vực là 11,70 ha * WQCV (có giá trị là 5,84 mm) sẽ bằng 684 m³.

- Thiết kế hình học và kích thước của hồ chứa

Hình dạng của đơn vị trữ sẽ phụ thuộc vào các quy định tại vị trí mà hồ chứa sẽ được xây dựng. Nói chung, nên tối đa hóa khoảng cách giữa đầu vào và đầu ra của công trình; tỷ lệ chiều dài và chiều rộng từ 2:1 đến 3:1 là đủ. Ví dụ này sẽ sử dụng tỷ lệ chiều dài trên chiều rộng là 2:1, độ sâu WQCV (h_1) là 0,457 m và mái dốc hồ là 4:1 (H:V). Hình 5.29 cho thấy hình dạng của WQCV và các phương trình được phát triển dựa trên tỷ lệ chiều dài trên chiều rộng (2:1) và mái dốc của hồ là (4:1). Các bước được sử dụng để xác định kích thước của WQCV là:



Hình 5.29 Kích thước hình học của hồ chứa đảm nhận dung tích WQCV

- + Thay các thông số vào các phương trình trong Hình 5.29 ta tìm thấy giá trị $L_3 = 26,21$ m. Tương tự $L_1 = 52,12$ m, $L_2 = 56,08$ m, $L_4 = 29,9$ m.
- + Định nghĩa đường cong quan hệ độ sâu và diện tích để khai báo trong mô hình EPA-SWMM như sau: Tại độ sâu 0,0 m có diện tích là $L_1 * L_3 = 1.366$ m², tại độ sâu 0,45 m của có diện tích là $L_2 * L_4 = 1.675$ m².

- Khai báo một đơn vị trữ trong mô hình EPA-SWMM

Sơ đồ thoát nước của lưu vực nghiên cứu được chuẩn bị sẵn chưa có thêm cấu kiện hồ điều tiết được sử dụng. Các bước thiết lập cấu kiện trữ (hồ điều tiết) được tiến hành theo các bước như sau:

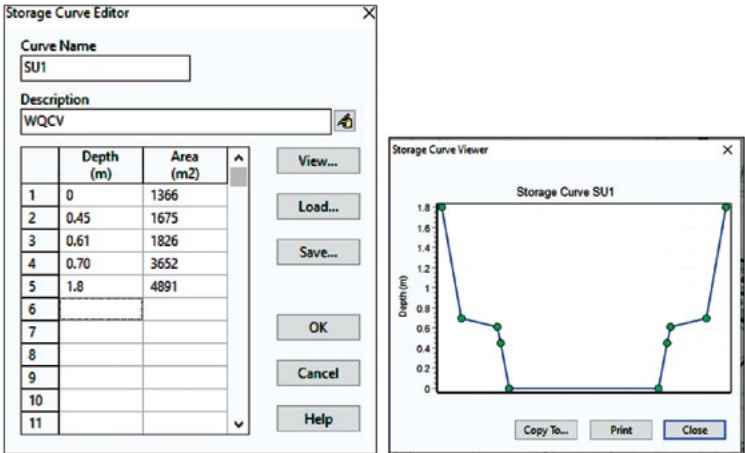
1. Quan hệ đường cong trữ được đặt tên SU1 được thiết lập theo kết quả tính toán ở trên được thể hiện trong Hình 5.29.
2. Sau đó một nút cấu kiện trữ mới được thêm vào với tên là SU1, được thực hiện trên bản đồ khu vực nghiên cứu như Hình 5.30, Hình 5.31. Các thuộc tính nó được khai báo như sau cho cấu kiện trữ SU1: Đường cong trữ “Storage Curve” = Tabular “Dạng bảng”, tên đường cong SU1, độ sâu đặt hồ “Invert Elevation” = 1510,6 m (thấp hơn cao trình nút thoát lưu vực 1,8m); độ sâu mực nước lớn nhất “Maximum Depth” = 1,8 m và độ sâu mực nước ban đầu “Initial Depth” = 0;

154 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

Property	Value
Name	SU1
X-Coordinate	1471.427
Y-Coordinate	458.889
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	1510.6
Max. Depth	1.8
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Evap. Factor	0
Seepage Loss	NO
Storage Curve	TABULAR
Functional Curve	
Coefficient	1000
Exponent	0
Constant	0
Tabular Curve	
Curve Name	SU1

User-assigned name of storage unit

Hình 5.30 Cửa sổ khai báo các thông số cho đơn vị trữ SU1



Hình 5.31 Quan hệ giữa độ sâu và diện tích hồ thiết kế



Hình 5.32 Bản đồ khu vực nghiên cứu với hồ điều tiết SU1

- Xác định kích thước lỗ thoát

Bước tiếp theo là thiết kế kích thước cửa xả của hồ điều tiết sao cho toàn bộ dung tích WQCV được thoát ra trong vòng 40 giờ. Cửa xả có dạng lỗ thoát kết nối đơn vị trữ với cửa xả O_2 ở phía hạ lưu. Lỗ thoát này có thể được đặt ở đáy hoặc cạnh sườn của đơn vị trữ và có dạng hình tròn hoặc hình chữ nhật. Các bước sau đây được sử dụng để xác định kích thước lỗ thoát để toàn bộ dung tích WQCV thoát ra trong 40 giờ.

1. Lỗ thoát cạnh (Or1) được thêm vào giữa đơn vị trữ (SU1) và nút (J_out) dẫn đến nút cửa xả. Nó có dạng hình chữ nhật và cao trình đáy được gán bằng 0, nghĩa là nó có cùng cao trình với đơn vị trữ. Hệ số lưu lượng được giả định giá trị mặc định là 0,65.
2. Các tùy chọn về bước thời gian mô phỏng được thiết lập như sau: bước thời gian xuất kết quả, thời tiết ướm và bước thời gian truyền tải mô phỏng là 15 giây và bước mô phỏng thời tiết khô

156 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

là 1 giờ. Thời gian mô phỏng phải dài hơn 40 giờ để có thể đánh giá chính xác hoạt động của lỗ thoát; trong ví dụ này thời gian mô phỏng là 72 giờ.

3. Kích thước cuối cùng của lỗ thoát Or1 được xác định bằng cách chạy EPA-SWMM nhiều lần sử dụng phương pháp định tuyến “Dynamic Wave” để thay đổi lặp lại kích thước lỗ cho đến khi tìm thấy kích thước làm cạn dung tích WQCV trong khoảng 40 giờ. Đối với mỗi lần chạy, kích thước của lỗ được thay đổi trong khi vẫn giữ độ sâu của nước ban đầu trong đơn vị trữ ở độ sâu của WQCV là 0,45 m. Có thể giả định rằng về cơ bản, hồ cạn khi độ sâu nước nhỏ hơn 0,015 m. Lưu ý lưu lượng dòng chảy hình thành từ các trận mưa rơi xuống các tiểu lưu vực không ảnh hưởng đến đơn vị trữ trong phần này của ví dụ vì nó không được kết nối với HTTN.

Quá trình này được lặp đi lặp lại đến khi xác định được kích thước của lỗ thoát có chiều cao là 0,091 m và chiều rộng là 0,076 m. Kết quả chi tiết được trình bày trong bảng sau.

Bảng 5.15 Thiết kế lỗ thoát cho dung tích WQCV (Or1)

Lần lặp	1	2	3	4
Chiều cao (m)	0,051	0,076	0,076	0,091
Chiều rộng (m)	0,076	0,076	0,122	0,076
Khoảng cách đáy hồ (m)	0	0	0	0
Hệ số lưu lượng	1,84	1,84	1,84	1,84
Thời gian thoát nước (giờ:phút)	53:58	43:21	27:07	40:12

Orifice Or1	
Property	Value
Name	Or1
Inlet Node	SU1
Outlet Node	J_out
Description	
Tag	
Type	SIDE
Shape	RECT_CLOSED
Height	0.09
Width	0.08
Inlet Offset	0
Discharge Coeff.	1.84
Flap Gate	NO
Time to Open/Close	0
User-assigned name of orifice	

Hình 5.33 Trình khai báo các thông số của lỗ thoát Or1 trong EPA-SWMM

- *Xác định kích thước lỗ thoát cho trận mưa thiết kế P=2 năm*

Lưu lượng dòng chảy tràn hình thành từ trận thiết kế chu kỳ lặp lại 2 năm sẽ lớn hơn thể tích WQCV thiết kế trong phần trước. Do đó, thể tích của hồ trữ phải được mở rộng và phải xác định thêm cửa xả mới. Cửa xả mới, được đặt ở độ cao 0,45 m so với đáy bể, sẽ bắt đầu xả khi lượng nước chảy tràn từ bất kỳ trận mưa nào vượt quá dung tích WQCV. Cửa xả này không chỉ kiểm soát lưu lượng dòng chảy đỉnh của trận mưa P = 2 năm mà còn kiểm soát một phần lưu lượng dòng chảy từ các trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại lớn hơn 2 năm.

Thể tích trữ gia tăng theo yêu cầu sẽ đạt được bằng cách mở rộng các cạnh của đơn vị trữ nằm phía trên cao trình dung tích WQCV trong khi vẫn giữ độ dốc của mái hồ là 4:1 (H:V) như thể hiện trong sơ đồ lưu vực Hình 5.32. Các bước sau đây sẽ trình bày tóm tắt cách thiết kế lỗ thoát cho trận mưa cho chu kỳ lặp lại 2 năm.

1. Trước tiên, đơn vị trữ được kết nối với HTTN. Điều này có thể được thực hiện bằng cách thay đổi cửa xả của cống C11 thành SU1 và xóa nút cửa xả ban đầu O1.
2. Diện tích mặt cắt ngang của lỗ thoát Or2 (A) được xác định bằng phương trình tính toán lưu lượng qua lỗ thoát:

$$Q = CA(2gh)^{1/2},$$

Với $C = 0,65$, $Q = Q_{2y} - Q_{or1} = 0,12 - 0,018 = 0,102 \text{ m}^3/\text{s}$, $h = 0,41 \text{ m}$, ta xác định được $A = 0,054 \text{ m}^2$, (ban đầu giả định chiều cao lỗ thoát $h_{or2} = 0,177 \text{ m}$ và bề rộng là $B = 0,305 \text{ m}$).

3. Sau đó thay đổi kích thước chiều cao với khoảng 0,016 m và giảm bề rộng tương tự để tổng lưu lượng dòng chảy xả cho cả lỗ xả Or1 và Or2 bằng gần đúng 0,12 m³/s.
4. Quá trình được chạy lặp lại bằng mô hình EPA-SWMM cho kết quả $h = 0,15 \text{ m}$ và bề rộng $B = 0,61 \text{ m}$ khi đạt được giá trị $Q = 0,115 \text{ m}^3/\text{s}$.

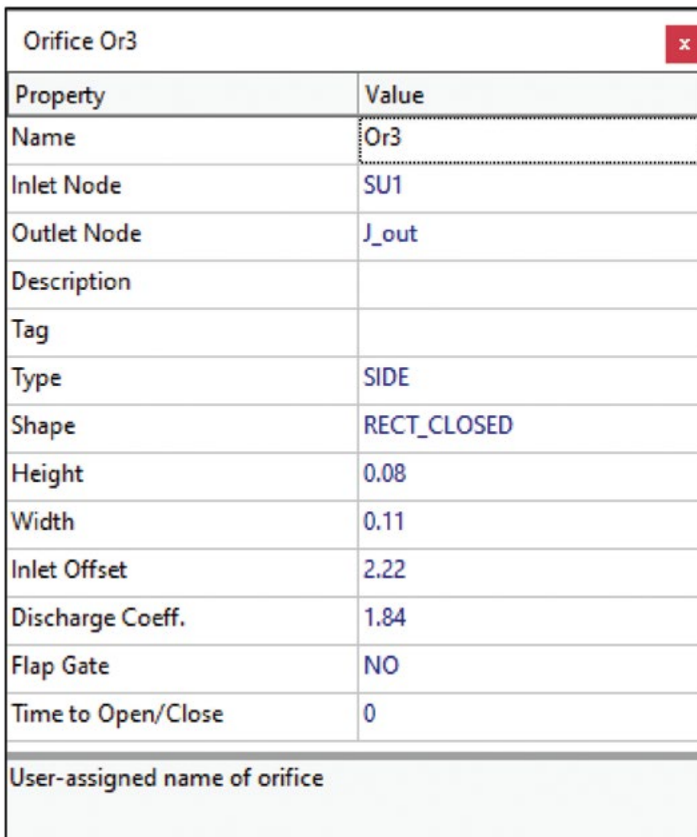
Orifice Or2	
Property	Value
Name	Or2
Inlet Node	SU1
Outlet Node	J_out
Description	
Tag	
Type	SIDE
Shape	RECT_CLOSED
Height	0.15
Width	0.61
Inlet Offset	1.5
Discharge Coeff.	1.84
Flap Gate	NO
Time to Open/Close	0
User-assigned name of orifice	

Hình 5.34 Cửa sổ khai báo thông số của lỗ thoát Or2

- *Xác định kích thước lỗ thoát cho trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại 10 năm*

Tương tự đối với trận mưa thiết kế $P = 10$ năm, hồ điều tiết thiết kế thêm một lỗ thoát Orc3 với yêu cầu xả tổng lưu lượng là $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$. Vị trí đặt lỗ thoát cách đáy bể là $0,67\text{m}$. Chạy mô hình EPA-SWMM ta tìm được kích thước lỗ thoát Or3 có chiều cao là $0,08 \text{ m}$ và bề rộng là $0,11 \text{ m}$.

160 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị



Property	Value
Name	Or3
Inlet Node	SU1
Outlet Node	J_out
Description	
Tag	
Type	SIDE
Shape	RECT_CLOSED
Height	0.08
Width	0.11
Inlet Offset	2.22
Discharge Coeff.	1.84
Flap Gate	NO
Time to Open/Close	0
User-assigned name of orifice	

Hình 5.35 Cửa sổ khai báo thông số của lỗ thoát Or3

- *Xác định kích thước lỗ thoát cho trận mưa thiết kế $P=100$ năm*

Tương tự đối với trận mưa chu kỳ lặp lại 100 năm, hồ điều tiết cần được thiết kế thêm 1 tràn xả lũ, để đảm bảo tiêu thoát lưu lượng $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ và đảm bảo mực nước hồ không được vượt quá 1,8 m. Đập tràn được bố trí cách đáy bể 0,97 m và kích thước đập tràn sau khi chạy thử dẫn bằng mô hình EPA-SWMM có chiều cao là 0,86 m và chiều rộng tràn là 0,53 m.

Weir W1	
Property	Value
Name	W1
Inlet Node	SU1
Outlet Node	J_out
Description	
Tag	
Type	TRANSVERSE
Height	0.86
Length	0.53
Side Slope	0
Inlet Offset	3.17
Discharge Coeff.	3.3
Flap Gate	NO
End Contractions	0
End Coeff.	0
Can Surcharge	YES
Coeff. Curve	
Roadway Weir	
Road Width	0
Road Surface	PAVED
User-assigned name of weir	

Hình 5.36 Cửa sổ khai báo thông số của đập tràn W1

5.6.4. Kết quả mô phỏng

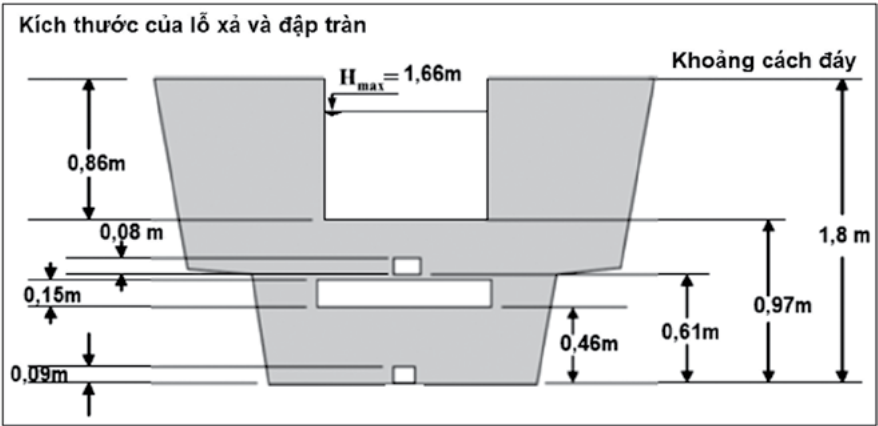
Mô hình EPA-SWMM mô phỏng HTTN khu vực dân cư đã ĐTH và áp dụng giải pháp hồ điều tiết được thể hiện trong Hình 5.37. Chi tiết tệp tin đầu vào mô hình EPA-SWMM cho giải pháp LID có thể tải về từ Website: <https://stormwater.hydroware.edu.vn/>

162 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

EPA-SWMM. Hình 5.38 minh họa các thông số của các thành phần của cửa xả hồ điều tiết.

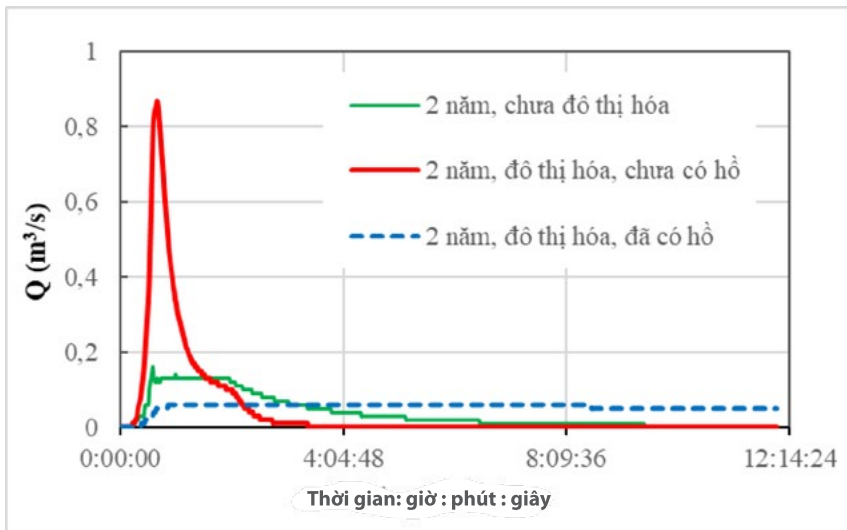


Hình 5.37 Khu vực mô phỏng và chi tiết cấu trúc cửa xả



Hình 5.38 Chi tiết cửa xả của hồ điều tiết

Đồ thị dòng chảy tràn tại cửa ra của lưu vực khi có hồ điều tiết được so sánh với trường hợp không áp dụng hồ điều tiết và trường hợp chưa ĐTH như Hình 5.39. Kết quả cho thấy rằng hồ chứa có thể kiểm soát đỉnh lưu lượng dòng chảy của lưu vực ĐTH đạt bằng đỉnh lưu lượng dòng chảy tràn khi chưa ĐTH. Tuy nhiên, lưu ý rằng hồ chứa không có tác dụng giảm tổng thể tích dòng chảy tràn sau khi ĐTH do có sự gia tăng lớn diện tích không thấm nước và hồ điều tiết hầu như không có tác dụng trữ nước lâu dài dùng cho mục đích sinh hoạt vì nó phải thoát hết lượng nước của cửa trận mưa trước để chuẩn bị đón trận mưa khác.



Hình 5.39 Đồ thị dòng chảy tràn tại cửa ra ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại 2 năm



Hình 5.40 Đồ thị dòng chảy tràn tại cửa ra ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại 10 năm



Hình 5.41 Đồ thị dòng chảy tràn tại cửa ra ứng với trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại 100 năm

Tóm tắt

Ví dụ này cho thấy cách sử dụng mô hình EPA-SWMM để thiết kế hồ điều tiết đô thị và cấu trúc cửa xả của nó nhằm xác định thể tích yêu cầu đảm bảo chất lượng nước WQCV và kiểm soát dòng chảy đỉnh. Thể tích WQCV được thiết kế để đảm bảo thời gian rút nước là 40 giờ để đáp ứng các yêu cầu xử lý chất lượng nước trong khi mục tiêu dòng chảy đỉnh là hạn chế lượng xả tối đa sau khi ĐTH đối với các trận mưa thiết kế P=2, 10 và 100 năm so với các giá trị dòng chảy tràn khi chưa ĐTH. Một số vấn đề chính được minh họa thông qua ví dụ này như sau:

- Cấu trúc lỗ thoát của thể tích WQCV có thể được thiết kế bằng cách sử dụng một đơn vị trữ với (thể tích = WQCV) được xác định bằng cách ngắt kết nối khỏi HTTN và kích thước lỗ thoát được thử dẫn cho đến khi toàn bộ lượng nước trữ được thoát hết trong khoảng thời gian theo quy định của địa phương (trong ví dụ này là 40 giờ).
- Kích thước các thành phần khác của cửa xả (ví dụ: lỗ thoát và đập tràn) được sử dụng để kiểm soát lưu lượng đỉnh có thể được thiết kế tuần tự. Độ sâu nước tối đa đạt được khi sử dụng một trận mưa thiết kế là vị trí của khoảng cách từ đáy bể đến lỗ thoát hoặc đập tràn được sử dụng để kiểm soát trận mưa thiết kế có chu kỳ lặp lại lớn hơn tiếp theo.
- Các phương trình tính lưu lượng qua lỗ thoát và đập tràn rất hữu ích để ước tính kích thước ban đầu của cửa xả.
- Hồ điều tiết mang lại hiệu quả trong việc kiểm soát lưu lượng đỉnh dòng chảy tràn nhưng nó không có tác dụng giảm tổng lượng dòng chảy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. L. Arnold and C. J. Gibbons, “Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator” *J. Am. Plan. Assoc.*, vol. 62, no. 2, pp. 243–258, Jun. 1996, doi: 10.1080/01944369608975688.
- [2] C. Kontgis, A. Schneider, J. Fox, S. Saksena, J. H. Spencer, and M. Castrence, “Monitoring peri-urbanization in the greater Ho Chi Minh City metropolitan area” *Appl. Geogr.*, vol. 53, pp. 377–388, Sep. 2014, doi: 10.1016/j.apgeog.2014.06.029.
- [3] T. T. Van and H. D. Xuan 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, no. 1, pp. 86–96, 2010, doi: 10.1111/j.1745-5871.2009.00607.x.
- [4] 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.
- [5] “<http://www.scotland.gov.uk/Publications/2013/02/7909/1>.” .
- [6] U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), “Storm water technology fact sheet” no. EPA 832-F-99-048, p. 7, 1999.
- [7] S. Carolina DHEC, “Dry Detention Ponds Dry Detention Ponds Description” no. June, 2005.
- [8] EPA, “Stormwater Best Management Practice Design Guide Volume 3: Basin Best Management Practices” *United States Environ. Prot. Agency*, vol. 3, no. September, p. 122, 2004.
- [9] R. K. Waghwal and 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, no. December 2018, p. 101155, 2019, doi: 10.1016/j.ijdr.2019.101155.
- [10] S. J. Birkinshaw, C. Kilsby, G. O’donnell, P. Quinn, R. Adams, and 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, no. 18, 2021, doi: 10.3390/w13182521.
- [11] S. N. Sahoo and 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, no. 1, p. 05017008, 2018, doi: 10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000271.
- [12] T. B. Ayalew, W. F. Krajewski, and R. Mantilla, “Insights into Expected Changes in Regulated Flood Frequencies due to the Spatial Configuration of Flood Retention Ponds” *J. Hydrol. Eng.*, vol. 20, no. 10, p. 04015010, 2015, doi: 10.1061/(asce)he.1943-5584.0001173.
- [13] C.N Chen, “Reduction of discharge hydrograph and flood stage resulted from upstream detention ponds” *Hydrol. Process. An Int. J.*, vol. 21, no. 25, pp. 3492–3506, 2007, doi: 10.1002/hyp.
- [14] C. G. Song, I. W. Seo, and Y. J. Jung, “Reduction of Rainfall Runoff by Constructing Underground Storage Tank” *J. Korean Soc. Civ. Eng.*, vol. 33, no. 3, pp. 927–935, 2013, doi: 10.12652/ksce.2013.33.3.927.
- [15] J. Drake, D. Young, and N. McIntosh, “Performance of an underground stormwater detention chamber and comparison with stormwater management ponds” *Water (Switzerland)*, vol. 8, no. 5, 2016, doi: 10.3390/w8050211.
- [16] D. J. Sailor, “A green roof model for building energy simulation programs” *Energy Build.*, vol. 40, no. 8, pp. 1466–1478, 2008, doi: 10.1016/j.enbuild.2008.02.001.
- [17] L. Fan *et al.*, “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, no. 32, pp. 40893–40906, 2020, doi: 10.1007/s11356-020-09896-6.
- [18] H. Liu *et al.*, “Impacts of green roofs on water, temperature, and air quality: A bibliometric review” *Build. Environ.*, vol. 196, no. March, p. 107794, 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107794.

- [19] I. Deska, M. Mrowiec, E. Ociepa, and A. Lewandowska, "Influence of the hydrogel amendment on the water retention capacity of extensive green roof models" *J. Ecol. Eng.*, vol. 21, no. 1, pp. 195–204, 2020, doi: 10.12911/22998993/112763.
- [20] Chavalamboos, K. et al. (2019). Stormwater retention and reuse at the residential plot level-green roof experiment and water balance computation for long-term use in Cyprus. *Water (Switzerland)*, 11(5).
- [21] Y. Liu, V. F. Bralts, and 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, pp. 298–308, 2015, doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.12.077.
- [22] M. O. Arjenaki, H. R. Z. Sanayei, H. Heidarzadeh, and 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, no. 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, and 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, and T. E. Cloete, "Domestic rainwater harvesting: Microbial and chemical water quality and point-of-use treatment systems" *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 224, no. 7, 2013, doi: 10.1007/s11270-013-1629-7.
- [25] J. A. P. Drake, A. Bradford, and J. Marsalek, "Review of environmental performance of permeable pavement systems: State of the knowledge" *Water Qual. Res. J. Canada*, vol. 48, no. 3, pp. 203–222, 2013, doi: 10.2166/wqrjc.2013.055.
- [26] J. Mullaney and T. Lucke, "Practical Review of Pervious Pavement Designs" *CLEAN - Soil, Air, Water*, vol. 42, no. 2, pp. 111–124, Feb. 2014, doi: 10.1002/clen.201300118.
- [27] N. Xie, M. Akin, and X. Shi, "Permeable concrete pavements: A review of environmental benefits and durability" *J. Clean. Prod.*, vol. 210, pp. 1605–1621, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.134.

- [28] M. Scholz and P. Grabowiecki, “Review of permeable pavement systems” *Build. Environ.*, vol. 42, no. 11, pp. 3830–3836, Nov. 2007, doi: 10.1016/j.buildenv.2006.11.016.
- [29] J. Wang *et al.*, “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, no. July, 2022, doi: 10.1016/j.watres.2022.118755.
- [30] C. Hernández-Crespo, M. Fernández-Gonzalvo, M. Martín, and 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, pp. 303–313, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.271.
- [31] C. E. Sprouse, C. Hoover, O. Obritsch, and H. Thomazin, “Advancing pervious pavements through nomenclature, standards, and holistic green design” *Sustain.*, vol. 12, no. 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.*, no. December, 2021.
- [33] L. Zhang, Z. Ye, and S. Shibata, “Assessment of rain garden effects for the management of urban storm runoff in japan” *Sustain.*, vol. 12, no. 23, pp. 1–17, 2020, doi: 10.3390/su12239982.
- [34] W. F. Hunt, A. R. Jarrett, J. T. Smith, and L. J. Sharkey, “Evaluating Bioretention Hydrology and Nutrient Removal at Three Field Sites in North Carolina” *J. Irrig. Drain. Eng.*, vol. 132, no. 6, pp. 600–608, 2006, doi: 10.1061/(asce)0733-9437(2006)132:6(600).
- [35] J. P. Johnson and W. F. Hunt, “Field Assessment of the Hydrologic Mitigation Performance of Three Aging Bioretention Cells” *J. Sustain. Water Built Environ.*, vol. 6, no. 4, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1061/jswbay.0000925.
- [36] I. R. Mangangka, A. Liu, P. Egodawatta, and A. Goonetilleke, “Performance characterisation of a stormwater treatment

170 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

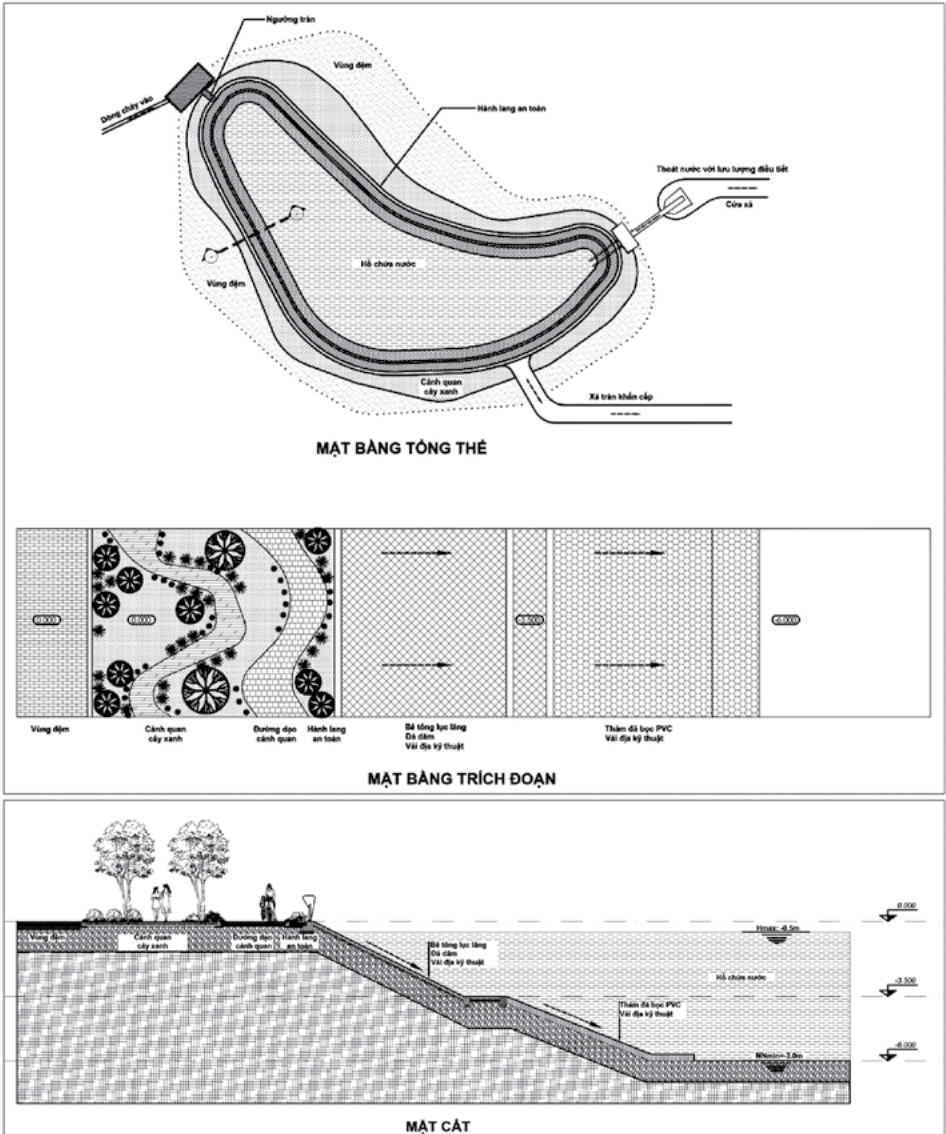
- bioretention basin” *J. Environ. Manage.*, vol. 150, pp. 173–178, 2015, doi: 10.1016/j.jenvman.2014.11.007.
- [37] D. M. Revitt, J. B. Ellis, and L. Lundy, “Assessing the impact of swales on receiving water quality” *Urban Water J.*, vol. 14, no. 8, pp. 839–845, 2017, doi: 10.1080/1573062X.2017.1279187.
- [38] T. Zaqout and 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, and N. Tindale, “Pollutant removal and Hydraulic reduction performance of field grassed swales during runoff simulation experiments,” *Water (Switzerland)*, vol. 6, no. 7, pp. 1887–1904, 2014, doi: 10.3390/w6071887.
- [40] M. I. Iman and N. A. Ahmad, “A Performance Review of Grass Swales Channel in Malaysia” *Recent Trends Civ. Eng. Built Environement*, vol. 3, no. 1, pp. 663–671, 2022.
- [41] D. Yin *et al.*, “Sponge city practice in China: A review of construction, assessment, operational and maintenance” *J. Clean. Prod.*, vol. 280, p. 124963, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124963.
- [42] Centre for Liveable Cities, “Turning Grey Into Green” *Urban Solut.*, pp. 68–73, 2020.
- [43] Y. Ma, Y. Jiang, and S. Swallow, “China’s sponge city development for urban water resilience and sustainability: A policy discussion” *Sci. Total Environ.*, vol. 729, p. 139078, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139078.
- [44] J. Griffiths, F. K. Shun Chan, M. Shao, F. Zhu, and D. L. Higgitt, “Interpretation and application of Sponge City guidelines in China” *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 378, no. 2168, 2020, doi: 10.1098/rsta.2019.0222.
- [45] D. Yin *et al.*, “Sponge City Practices in China: From Pilot Exploration to Systemic Demonstration” *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 10, 2022, doi: 10.3390/w14101531.

- [46] P. U. B. (PUB), “Active, Beautiful, Clean Waters, 4th Edition” Singapore, 2018.
- [47] F. K. S. Chan, C. J. Chuah, A. D. Ziegler, M. Dąbrowski, and O. Varis, “Towards resilient flood risk management for Asian coastal cities: Lessons learned from Hong Kong and Singapore” *J. Clean. Prod.*, vol. 187, pp. 576–589, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.217.
- [48] M. Shafique and R. Kim, “Recent progress in low-impact development in South Korea: Water-management policies, challenges and opportunities” *Water (Switzerland)*, vol. 10, no. 4, 2018, doi: 10.3390/w10040435.
- [49] Arup, “<https://www.arup.com/projects/new-songdo-city-central-park-and-canal>”.
- [50] C. Stream and R. Project, “Cheonggyecheon Stream Restoration Project – Seoul , South Korea Methodology for Landscape Performance Benefits Environmental” pp. 2009–2011, 2011.
- [51] Y. Sun, L. Deng, S.-Y. Pan, P.-C. Chiang, S. S. Sable, and K. J. Shah, “Integration of green and gray infrastructures for sponge city: Water and energy nexus” *Water-Energy Nexus*, vol. 3, pp. 29–40, 2020, doi: 10.1016/j.wen.2020.03.003.
- [52] M. Shafique and R. Kim, “Green stormwater infrastructure with low impact development concept: A review of current research” *Desalin. Water Treat.*, vol. 83, no. October, pp. 16–29, 2017, doi: 10.5004/dwt.2017.20981.
- [53] N. Bin Chang, J. W. Lu, T. F. M. Chui, and N. Hartshorn, “Global policy analysis of low impact development for stormwater management in urban regions” *Land use policy*, vol. 70, no. November 2017, pp. 368–383, 2018, doi: 10.1016/j.landusepol.2017.11.024.
- [54] C. Saraswat, P. Kumar, and 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, pp. 101–117, 2016, doi: 10.1016/j.envsci.2016.06.018.

172 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

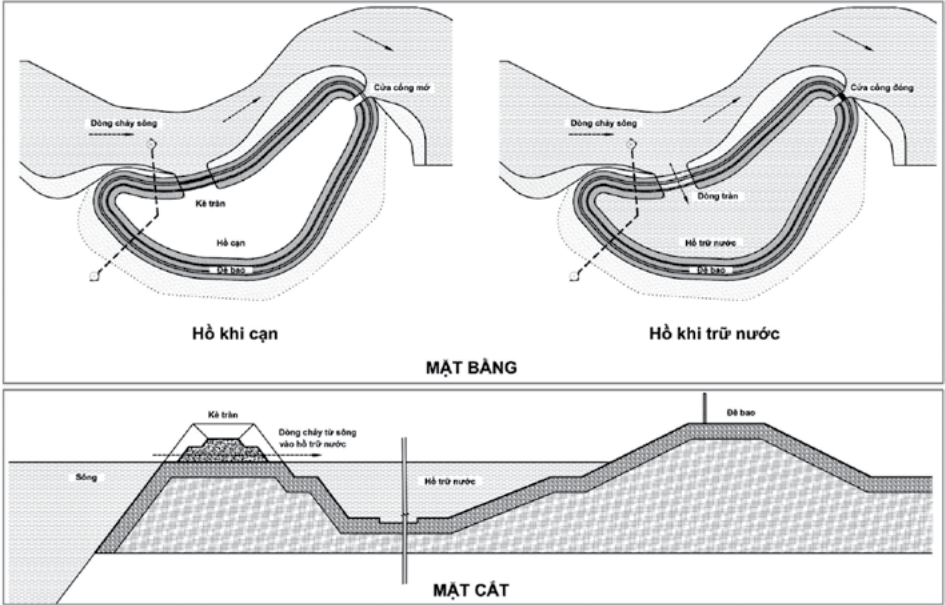
- [55] W. B. Group, *Learning from Japan's Experience in Integrated Urban Flood Risk Management: A Series of Knowledge Notes*. Washington, D.C, 2020.
- [56] L. A. Rossman, *Storm water management model user's manual, version 5.1*. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency, 2015.
- [57] A. O. Akan and R. J. Houghtalen, *Urban Hydrology, Hydraulics and Stormwater Quality*. 2013.
- [58] C. Manual, "Drainage Drainage" *Changes*, vol. 1, no. April 2008, p. 237, 2001.
- [59] Urban Drainage and Flood Control District (2001). *Urban storm drainage criteria manual*.

PHỤ LỤC 1 - MÔ HÌNH TRỮ NƯỚC MƯA TẬP TRUNG

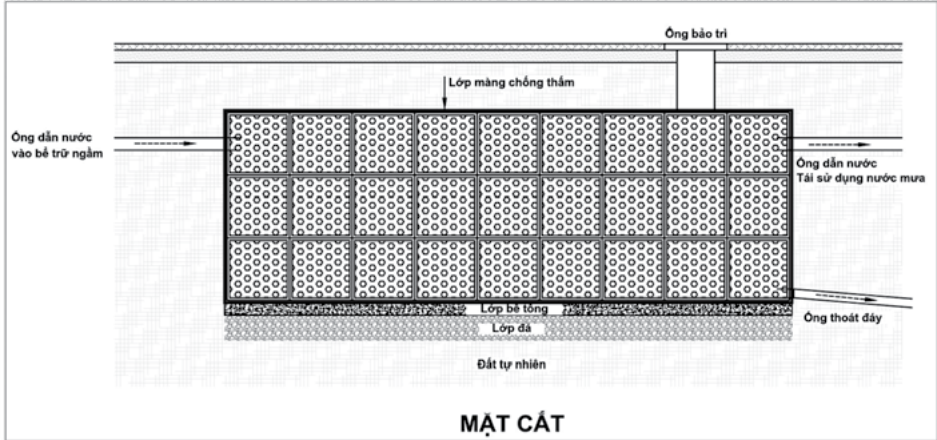
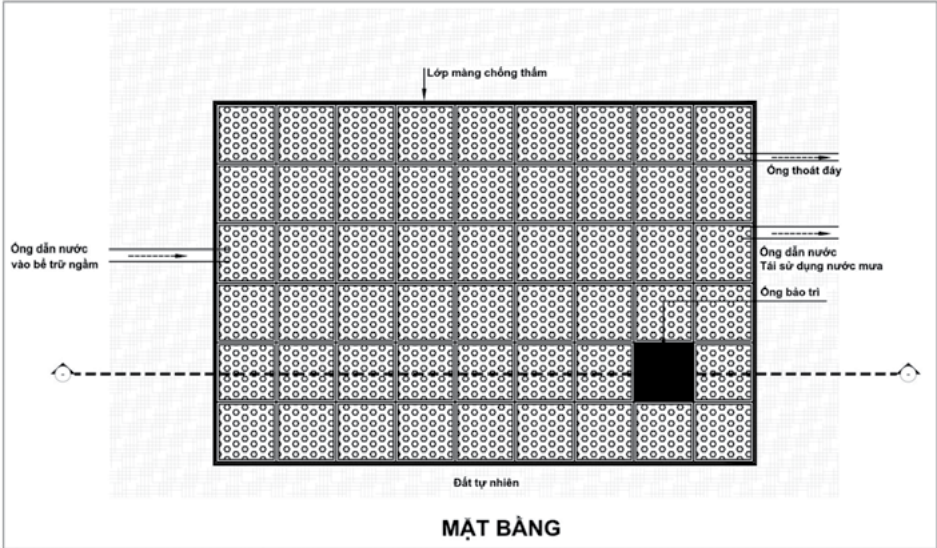


Hồ điều tiết ứ

174 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

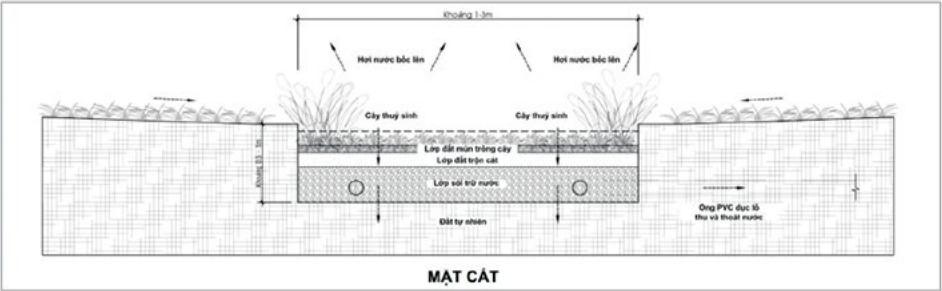
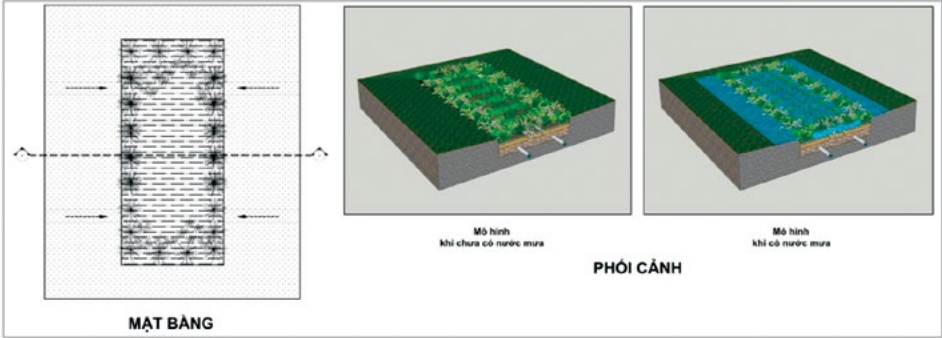


Hồ điều tiết ướt

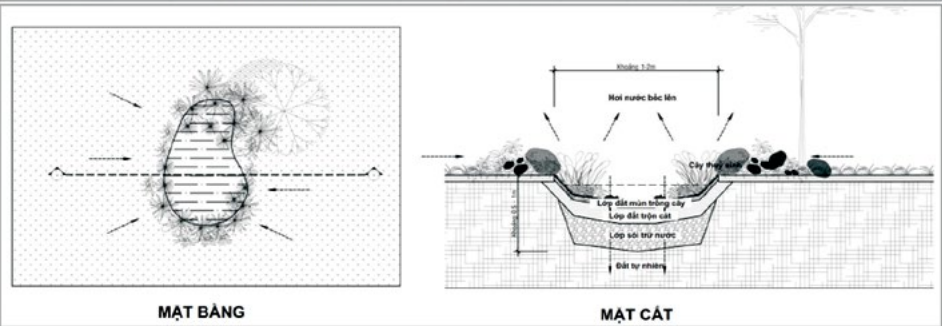
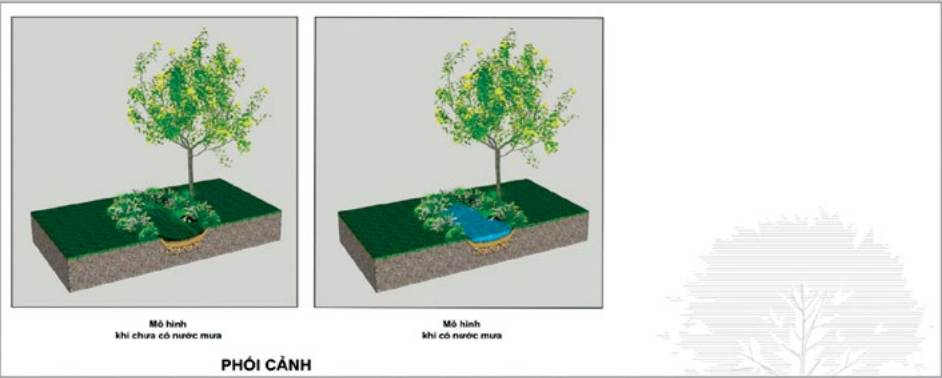


Hồ điều tiết ngầm

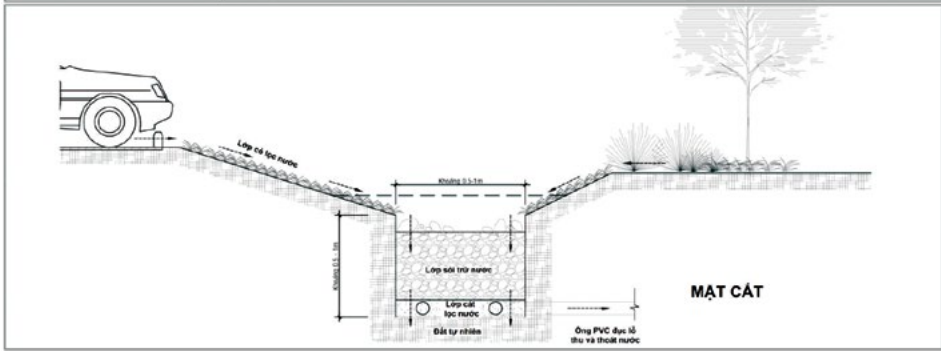
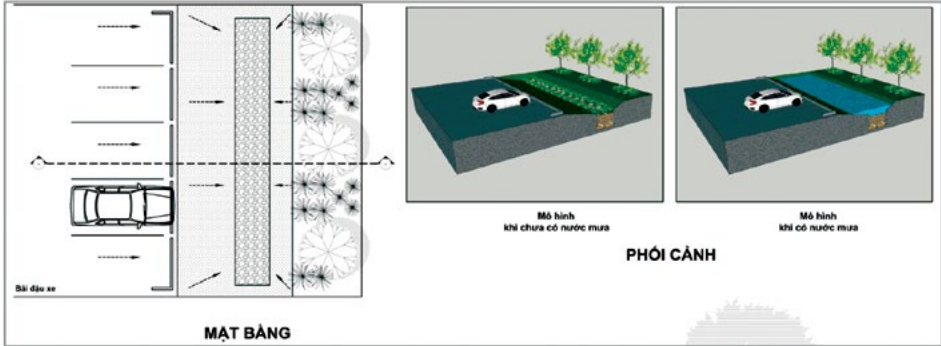
PHỤ LỤC 2 - MÔ HÌNH TRỮ NƯỚC MƯA PHÂN TÁN



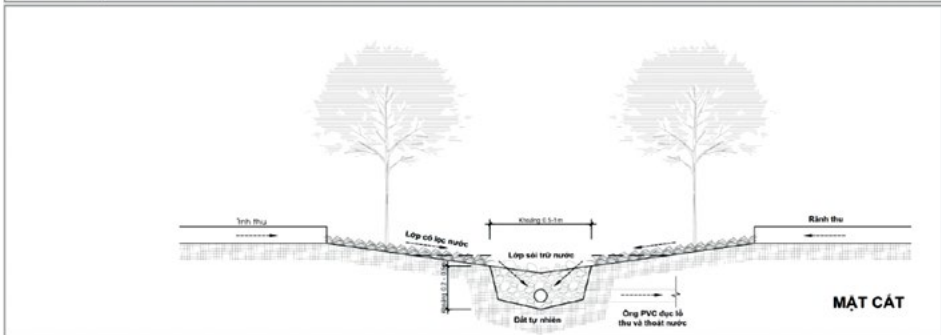
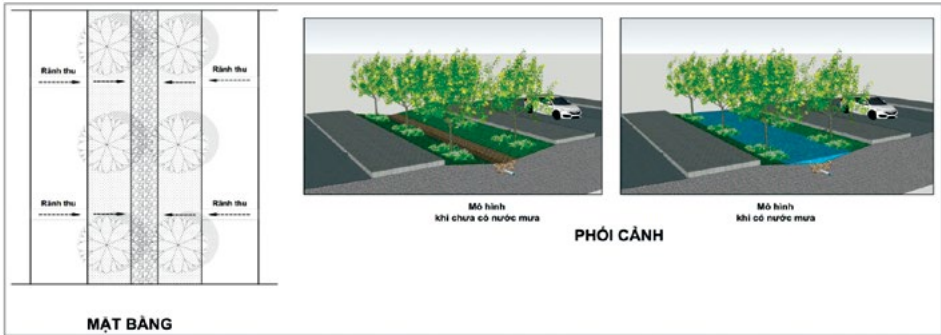
Giải pháp ô trữ sinh học



Giải pháp vườn mưa

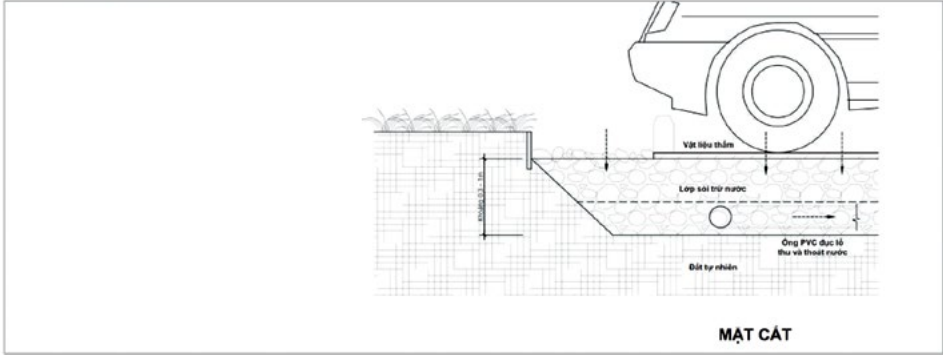


Giải pháp rãnh thấm

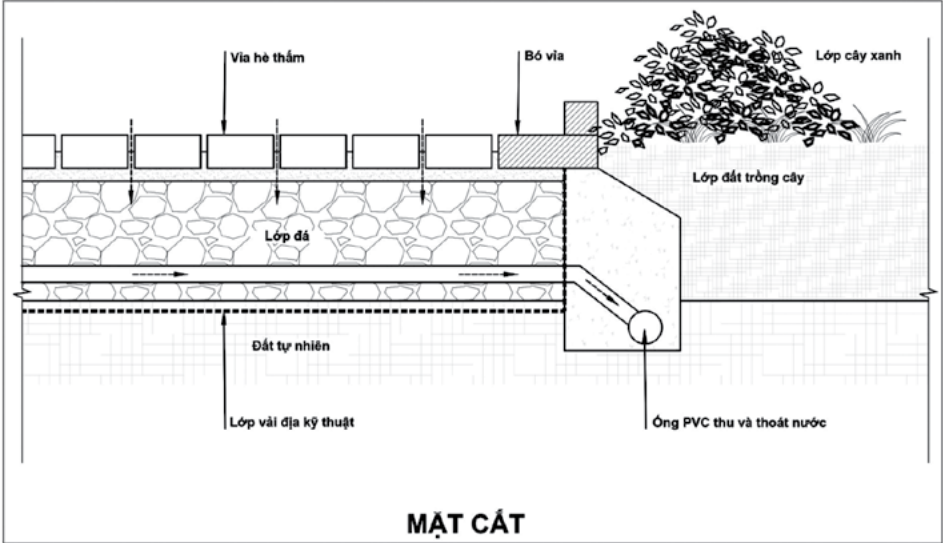


Giải pháp rãnh thấp

178 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị

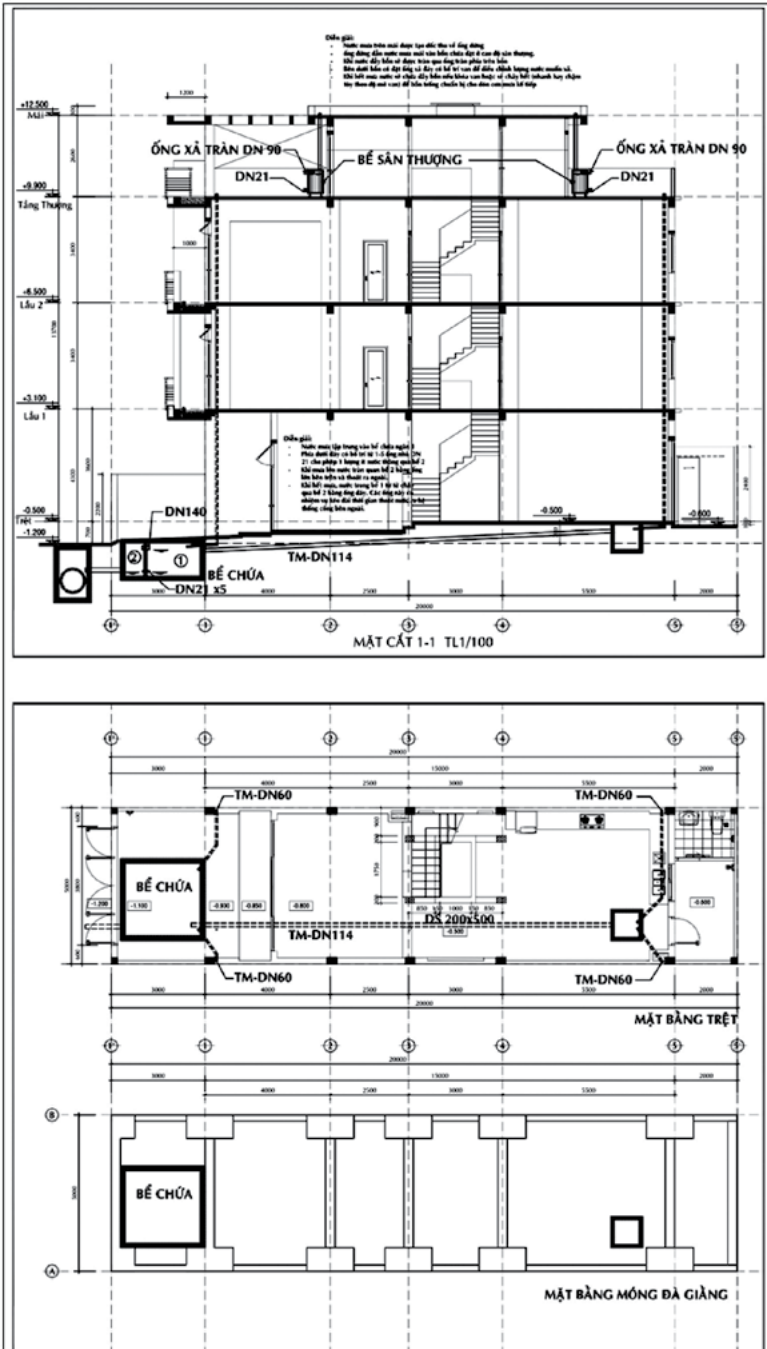


Giải pháp vật liệu thấm



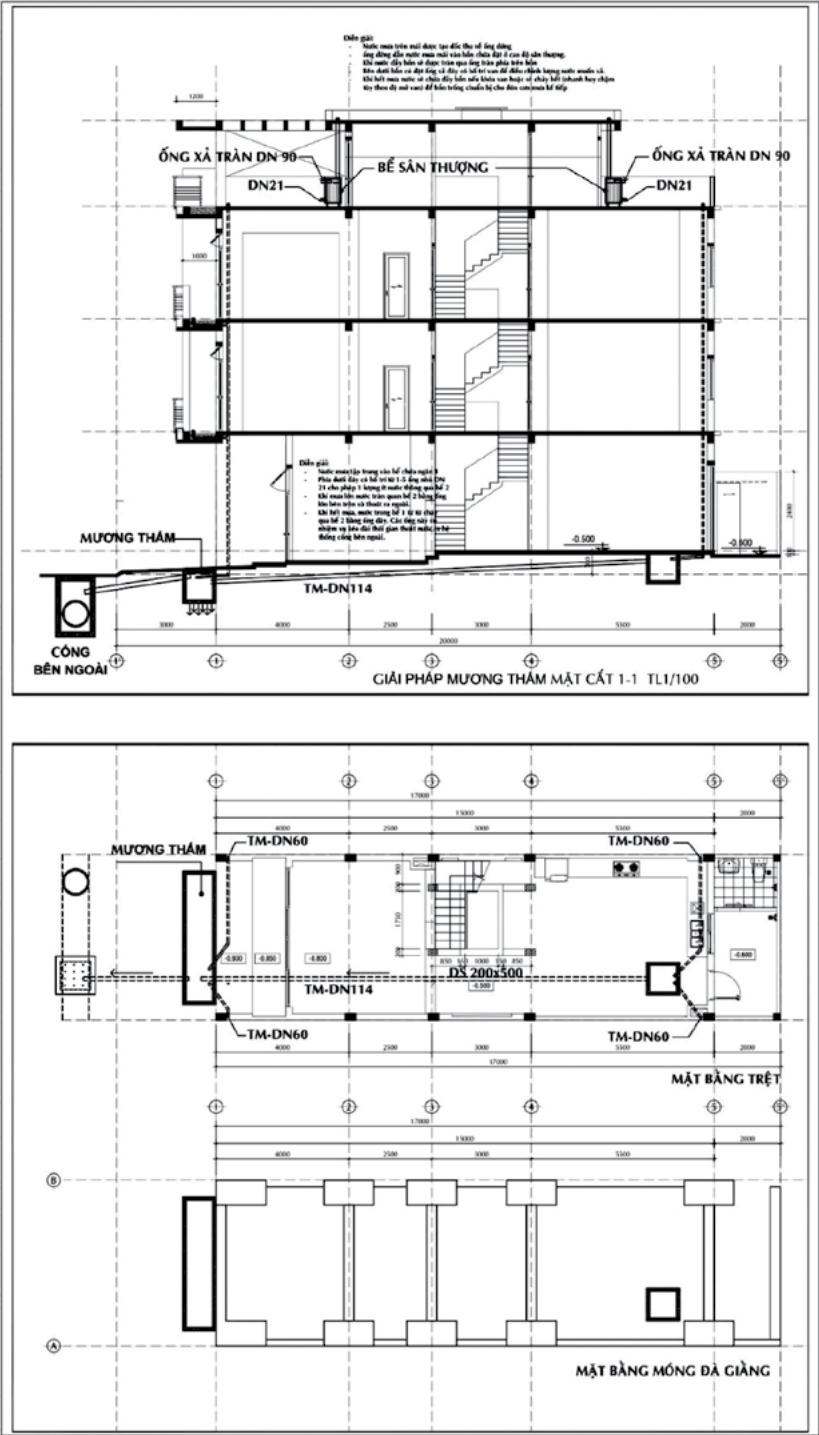
Giải pháp vỉa hè thấm

PHỤ LỤC 3 – MÔ HÌNH TRỮ NƯỚC MƯA GẮN VỚI CÔNG TRÌNH

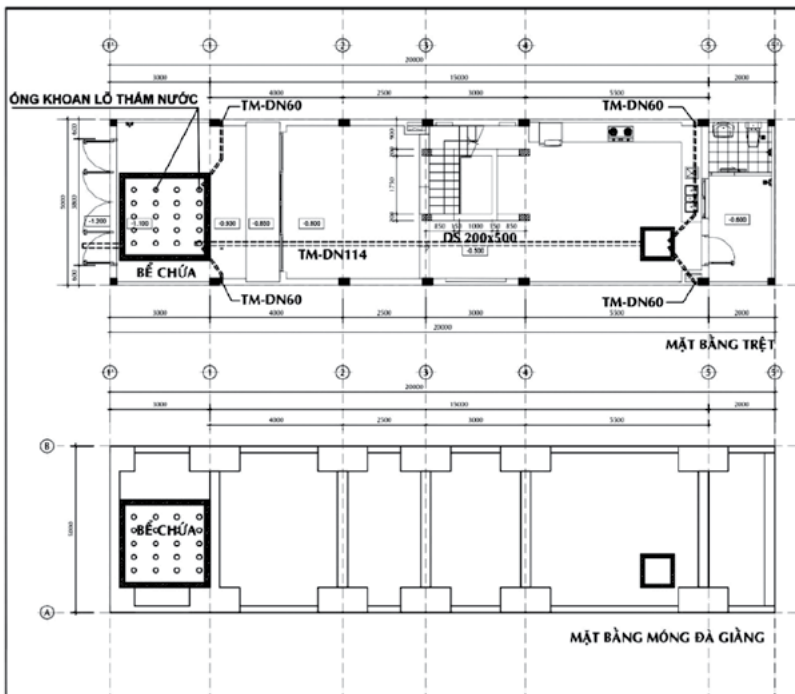
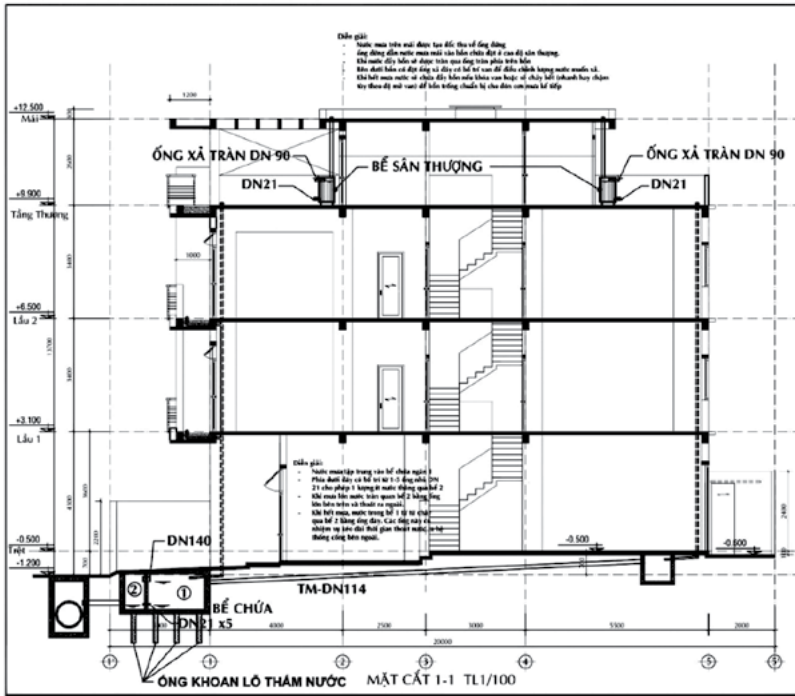


Mô hình bể chứa trên mái và bể ngầm quy mô công trình

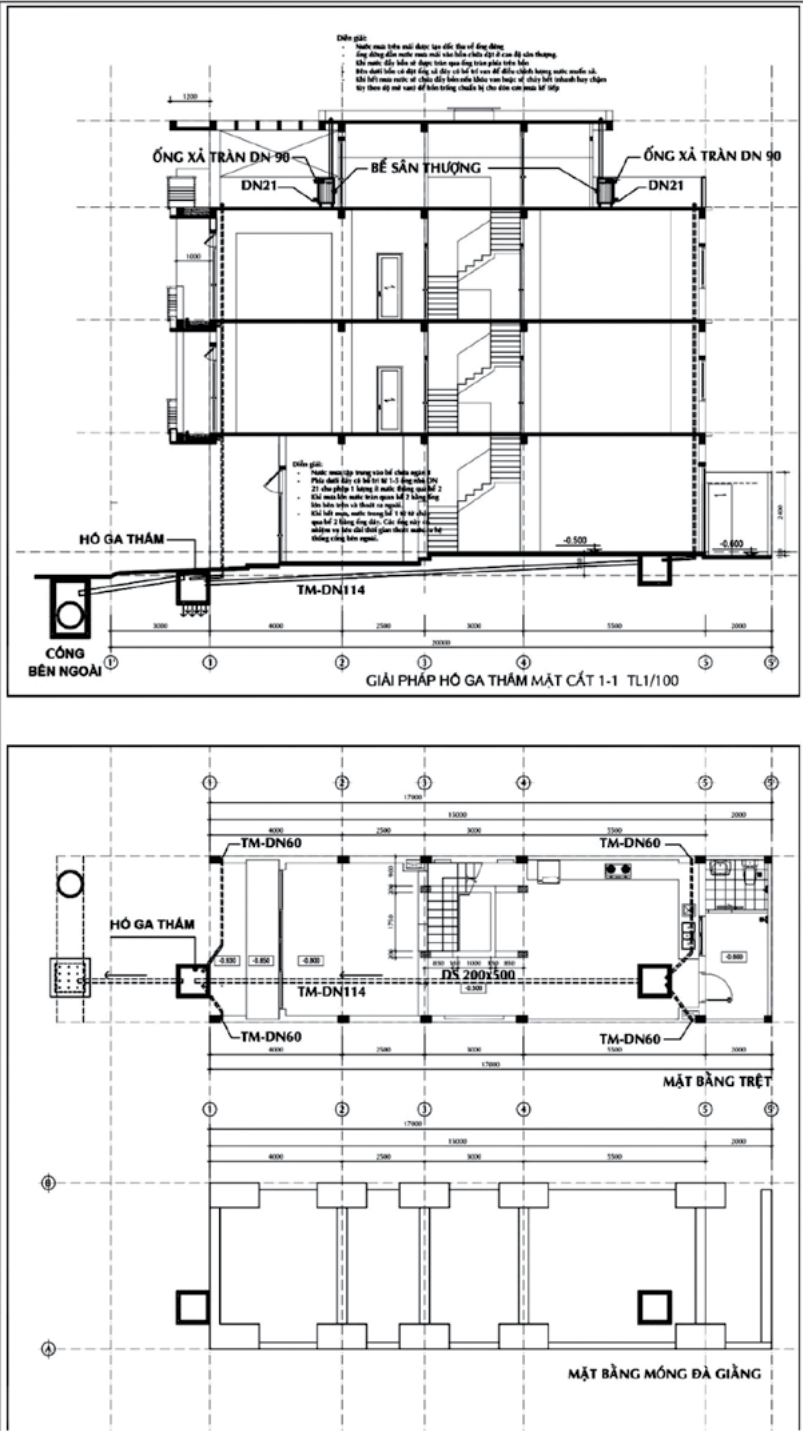
180 | Hướng dẫn kỹ thuật các giải pháp trữ nước mưa giảm ngập đô thị



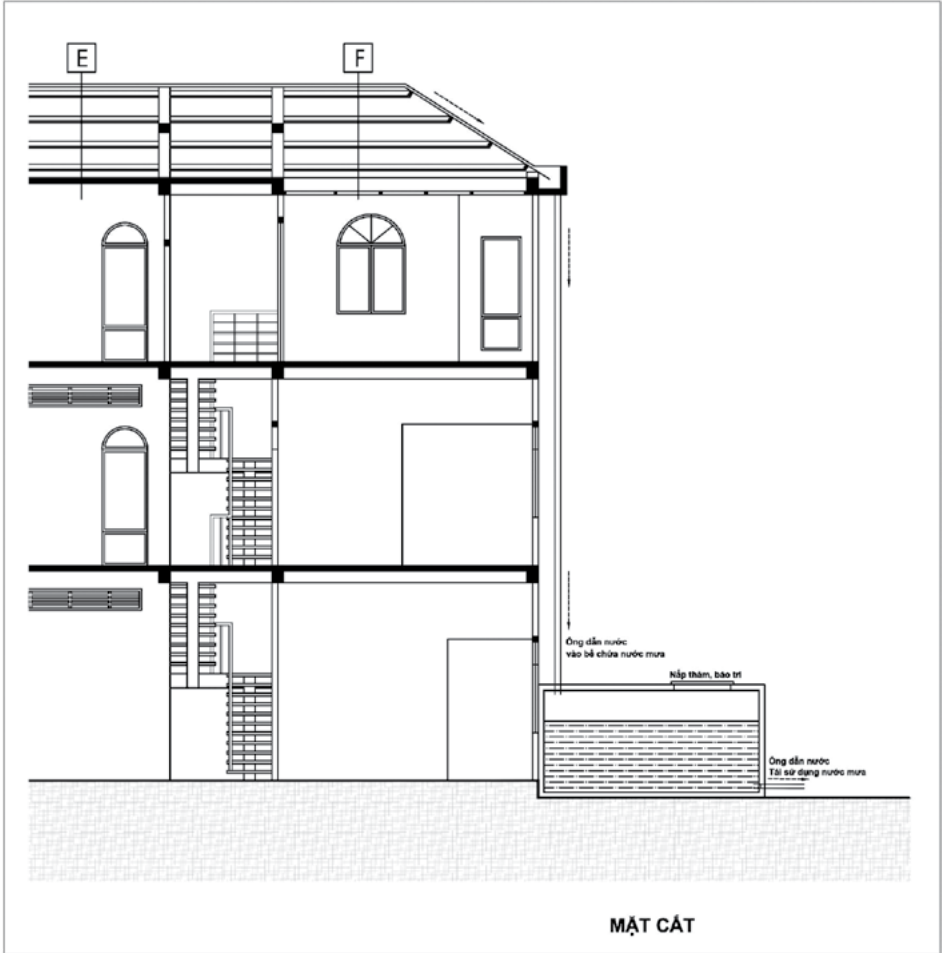
Mô hình bể chứa kết hợp mương thấm



Mô hình bể chứa kết hợp giếng thấm



Mô hình bể chứa kết hợp hồ ga thấm



Mô hình bể chứa mặt đất tại hộ gia đình

HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT CÁC GIẢI PHÁP TRỮ NƯỚC MƯA GIẢM NGẬP ĐÔ THỊ

Châu Nguyễn Xuân Quang (Chủ biên), Hồ Văn Hòa,
Ngô Ngọc Hoàng Giang, Trần Ngọc Tiến Dũng,
Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Trụ sở:

Phòng 501, Nhà Điều hành ĐHQG-HCM, P. Linh Trung, TP Thủ Đức,
TP.HCM.

ĐT: 028 62726361

E-mail: vnuhp@vnuhcm.edu.vn

Website: www.vnuhcmpress.edu.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản và nội dung

TS ĐỖ VĂN BIÊN

Biên tập

NGUYỄN THỊ NGỌC ANH

Sửa bản in

PHƯỚC HUỆ

Trình bày bìa

VÕ THỊ HỒNG

Đối tác liên kết

VIỆN MÔI TRƯỜNG VÀ TÀI NGUYÊN- (ĐHQG-HCM)

Xuất bản lần thứ 1. Số lượng in: 200 cuốn, khổ 16 x 24cm. Số XNĐKXB:
858-2023/CXBIPH/32-12/ĐHQGTPHCM. QĐXB số: 33/QĐ-NXB cấp ngày
27/3/2023. In tại: Công ty TNHH MTV In Tín Lộc. Địa chỉ: 117/5 Võ Thị
Thừa, phường An Phú Đông, quận 12, TP.HCM. Nộp lưu chiếu: Năm 2023.
ISBN: 978-604-73-9774-7.

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật Xuất bản và Luật Sở hữu trí
tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội
dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Nhà xuất bản.

ĐỂ CÓ SÁCH HAY, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!