

# THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

## Cẩm Nang

### Thiết kế Đô thị Thích ứng

### với Nước (WAUD)

TA-9205 VIE: Hồ Chí Minh Nước thải và  
Dự án cải thiện hệ thống thoát nước – Chi tiết  
thiết kế kỹ thuật

Đây là một phần của TA-9205 VIE: Dự án Cải thiện Hệ thống Thoát nước và Nước thải Thành phố Hồ Chí Minh – Thiết kế Kỹ thuật Chi tiết, được tài trợ bởi Quỹ Ủy thác Chống chịu Biến đổi Khí hậu Đô thị thuộc Quỹ Đối tác Tài chính Đô thị và do ADB quản lý.

Tài liệu này đã được chuẩn bị với sự hỗ trợ từ ADB và Thành phố HỒ CHÍ MINH. Đội ngũ thành viên tại Ramboll Studio Dreiseitl mong muốn cảm ơn những đối tác và từ Sở Quy hoạch – Kiến trúc TPHCM (DPA) và Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB) vì những đóng góp của họ trong quá trình phát triển cẩm nang WAUD này.

Các chỉ dẫn trong cẩm nang hoàn toàn không phải các công cụ có thể được sao chép và áp dụng đơn thuần vào bất kỳ bối cảnh nào, và do đó mục tiêu của chúng tôi đã và đang là cung cấp những giải pháp dễ tiếp cận và nhân rộng và có thể được tích hợp vào bối cảnh địa phương. Thông qua các buổi làm việc với những đối tác địa phương của chúng tôi và ADB, chúng tôi đã nhận được nhiều phản hồi có giá trị cũng như các quan điểm và ý tưởng của địa phương, thứ đóng vai trò then chốt trong việc hình thành nên tầm nhìn của cẩm nang này.

Đặc biệt cảm ơn cô Nguyễn Chi, giám đốc Groupe Huit.

Xin chân thành cảm ơn Sở Quy hoạch - Kiến trúc Thành phố Hồ Chí Minh đã hướng dẫn, đặc biệt cảm ơn và ghi nhận sự hướng dẫn và những đóng góp từ bà Lương Thu Anh - Trưởng phòng Quản lý Quy hoạch Khu Trung tâm - và đồng nghiệp.

Xin chân thành cảm ơn ông Alexander David Nash - Chuyên gia Phát triển Đô thị Cao cấp, ông Phạm Quang Tiến - Cán bộ Mua sắm và ông Satoshi Ishii, Giám đốc, phòng Lãnh vực Nước và Phát triển Đô thị, Nhóm Ngành tại ADB, vì sự lãnh đạo và hướng dẫn của họ đối với Ramboll (chuyên gia tư vấn ) trong việc hoàn thiện hướng dẫn.

# MỤC LỤC

<b>1</b>	<b>GIỚI THIỆU</b>	<b>4</b>		
1.1	Giới thiệu Thành phố HỒ CHÍ MINH	6		
1.2	Thiết Kế Đô Thị Thích Ứng với Nước (WAUD) Là Gì?	8		
1.3	Mục đích của WAUD	10		
1.4	Ứng dụng thực tiễn của Cẩm nang	14		
1.5	Lộ trình thực hiện WAUD tại Thành phố HỒ CHÍ MINH	16		
<b>2</b>	<b>PHÂN TÍCH TÀI LIỆU</b>			
2.1	Quy định & Tiêu chuẩn địa phương	20		
2.2	Kinh nghiệm & Chương trình Quốc tế			
2.2.1	Chương trình Phát Triển Với Tác Động Hạn Chế - Oregon, Hoa Kỳ	22		
2.2.2	Thiết kế Đô Thị Thích ứng với Nước - New South Wales, Úc	23		
2.2.3	Chương trình Thành Phố Bọt Biển - Trung Quốc	24		
2.2.4	Chương trình ABC- Singapore	25		
<b>3</b>	<b>QUY HOẠCH &amp; THIẾT KẾ</b>			
3.1	Xác định Quy mô	28		
3.2	Xem xét Quy hoạch	30		
3.3	Quy trình Thiết kế			
3.3.1	Quy trình Thiết kế Tổng thể	34		
3.3.2	Thiết kế mặt cắt dọc theo dòng chảy	36		
3.3.3	Quản lý lưu lượng	38		
3.3.4	Kiểm soát chất lượng	40		
3.3.5	Kiểm soát Xói mòn	44		
3.3.6	Kiểm soát về Cảnh quan và Quy hoạch Đô thị	46		
<b>4</b>	<b>THÔNG SỐ VẬN HÀNH &amp; CÔNG CỤ ỨNG DỤNG</b>			
4.1	Điều tiết nước mưa			
4.1.1	Tổng quan về điều tiết nước mưa	50		
4.1.2	Các tiêu chí về điều tiết nước mưa	52		
4.1.3	Các công cụ điều tiết nước mưa	54		
4.2	Xử lý và dẫn nước			
4.2.1	Thẩm lọc sinh thái	56		
4.2.2	Kênh dẫn nước sinh thái	57		
4.2.3	Kênh lọc nước sinh thái	59		
4.2.4	Đầm thủy sinh nhân tạo	60		
4.2.5	Đầm thủy sinh bề mặt	61		
4.2.6	Đầm thủy sinh ngầm	61		
4.2.7	Bè thủy sinh	62		
4.2.8	Thẩm lọc sinh thái tuần hoàn	63		
4.3	Thu gom & Tái Sử dụng Nước mưa			
4.3.1	Tổng quan về thu gom nước mưa	64		
4.3.2	Các tiêu chí về thu gom nước mưa	65		
4.3.3	Công cụ thu gom nước mưa	66		
4.4	Cảnh quan & Quy hoạch Đô thị			
4.4.1	Không gian xanh trong đô thị	68		
4.4.2	Cung cấp không gian xanh quanh mặt tiền đô thị	70		
4.4.3	Cảnh quan cây xanh đường phố	74		
4.4.4	Không gian xanh trên công trình xây dựng	80		
4.4.5	Hệ thống bờ sông xanh	82		
4.5	Kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên			
4.5.1	Các công cụ gia cố bờ tự nhiên	84		
4.5.2	Tóm tắt về kỹ thuật, công cụ gia cố bờ tự nhiên	86		
<b>5</b>	<b>THI CÔNG, GIÁM SÁT &amp; BẢO DƯỠNG</b>			
5.1	Thi công & Giám sát			
5.1.1	Giám sát & thi công bề thu thập và điều tiết 90			
5.1.2	Giám sát & thi công các công trình WAUD và công trình gia cố bờ tự nhiên 92			
5.2	Bảo dưỡng			
5.2.1	Bảo dưỡng các công trình WAUD	96		
5.2.2	Bảo dưỡng và duy trì cảnh quan	98		
5.2.3	Bảo dưỡng bề thu thập và điều tiết nước mưa	98		
5.3	Tuyên truyền, giáo dục & Nâng cao nhận thức	100		
<b>6</b>	<b>PHÂN TÍCH TÌNH HUỐNG</b>			
6.1	Công viên Bishan - Ang Mo Kio, Singapore	104		
6.2	Jurong Lake Gardens West, Singapore	112		
6.3	Khu căn hộ Kampung Admiralty, Singapore	118		
6.4	Punggol Waterway Ridges, Singapore	124		
6.5	Putrajaya Wetland & Lakes, Malaysia	130		
6.6	Công viên văn hóa Thiên Tân, Trung Quốc	136		
<b>7</b>	<b>PHỤ LỤC</b>			
7.1	Hệ thống phân cấp đánh giá	144		
7.2	Danh mục bảo trì			
7.2.1	Danh mục bảo trì bề thu thập và điều tiết nước mưa	148		
7.2.2	Danh mục bảo trì thẩm lọc sinh thái	150		
7.2.3	Danh mục bảo trì kênh dẫn nước sinh thái	152		
7.2.4	Danh mục bảo trì thẩm lọc sinh thái tuần hoàn	153		
7.2.5	Danh mục bảo trì công trình gia cố bờ tự nhiên	155		
7.3	Ứng dụng WAUD – Nên và Không nên	156		
7.4	Tài liệu tham khảo	158		

## LỜI CẢM ƠN

Tài liệu này đã được chuẩn bị với sự hỗ trợ từ ADB và Thành phố HỒ CHÍ MINH. Đội ngũ thành viên tại Ramboll Studio Dreiseitl mong muốn cảm ơn những đối tác và từ Sở Quy hoạch – Kiến trúc TPHCM (DPA) và Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB) vì những đóng góp của họ trong quá trình phát triển cẩm nang WAUD này.

Các chỉ dẫn trong cẩm nang hoàn toàn không phải các công cụ có thể được sao chép và áp dụng đơn thuần vào bất kỳ bối cảnh nào, và do đó mục tiêu của chúng tôi đã và đang là cung cấp những giải pháp dễ tiếp cận và nhân rộng và có thể được tích hợp vào bối cảnh địa phương. Thông qua các buổi làm việc với những đối tác địa phương của chúng tôi và ADB, chúng tôi đã nhận được nhiều phản hồi có giá trị cũng như các quan điểm và ý tưởng của địa phương, thứ đóng vai trò then chốt trong việc hình thành nên tầm nhìn của cẩm nang này.

## 1 GIỚI THIỆU

- 1.1 Giới thiệu Thành phố HỒ CHÍ MINH
- 1.2 Thiết Kế Đô Thị Thích Ứng với Nước (WAUD) Là Gì?
- 1.3 Mục đích của WAUD
- 1.4 Ứng dụng thực tiễn của Cẩm nang
- 1.5 Lộ trình thực hiện WAUD tại Thành phố HỒ CHÍ MINH

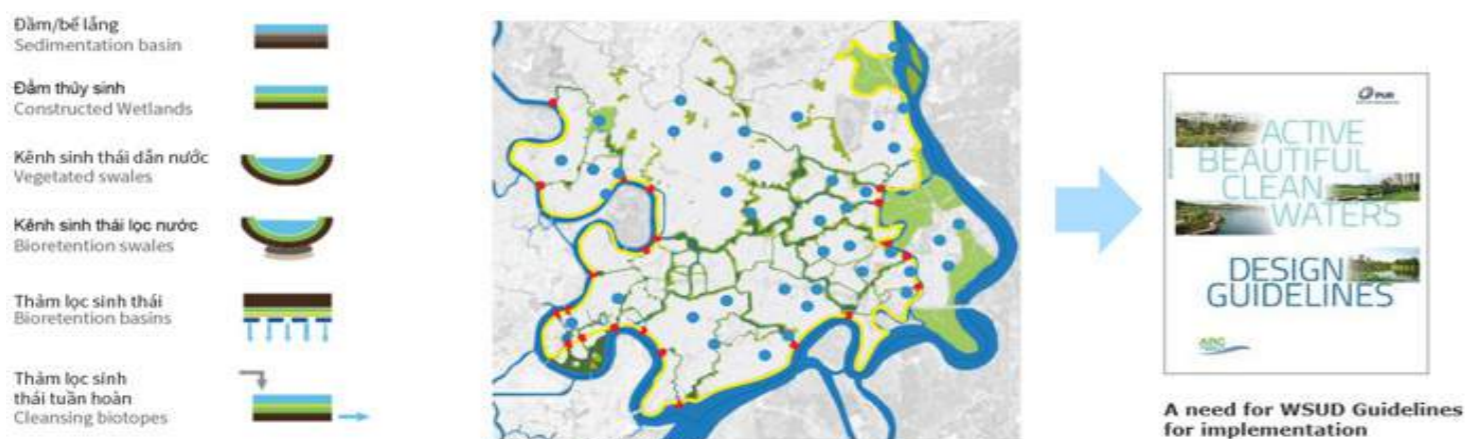
# 1.1 GIỚI THIỆU THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

## TÂM ĐIỂM CHUYỂN ĐỔI CHẤT LƯỢNG SỐNG CỦA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

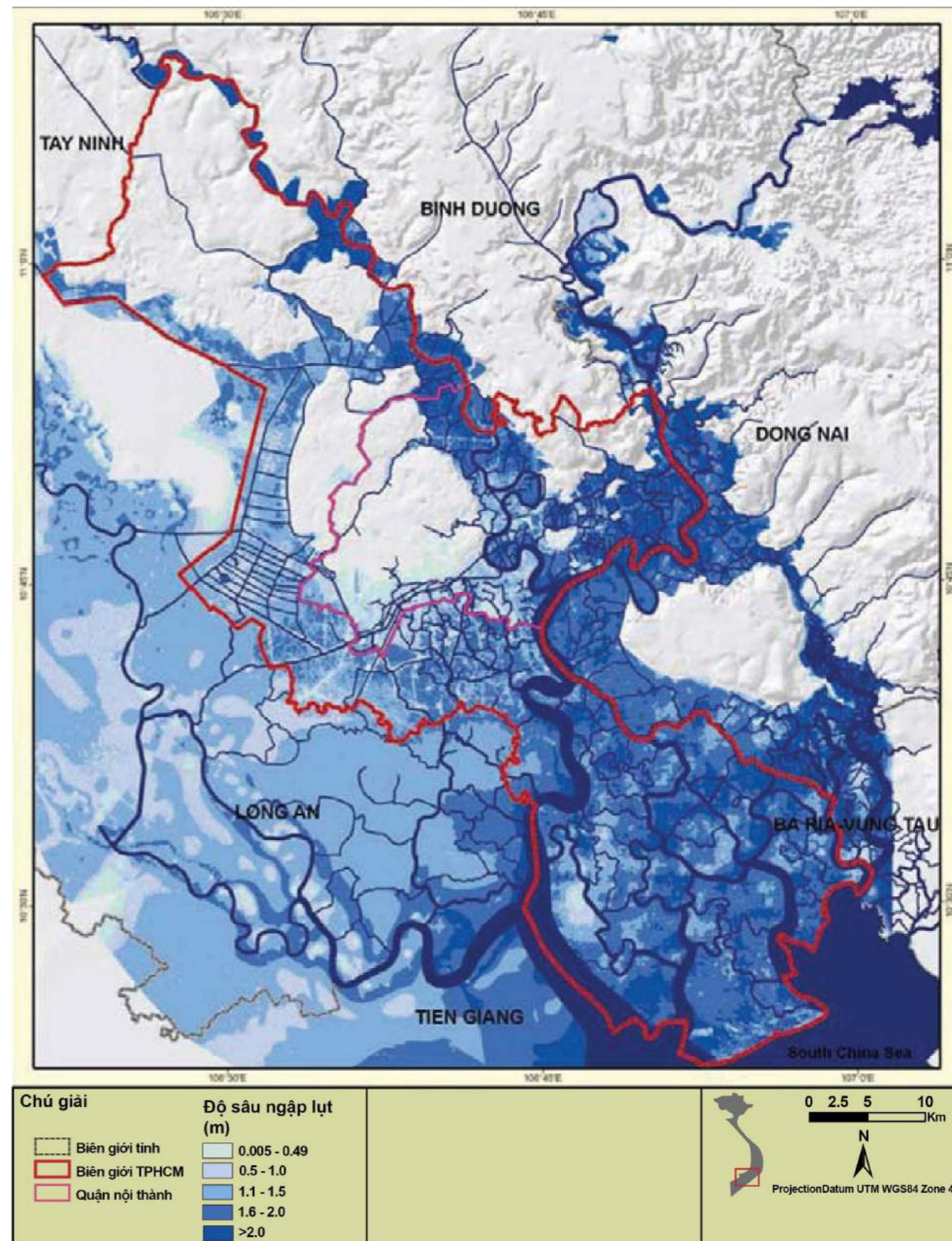
Thành phố Hồ Chí Minh tạo ra 23% GDP của cả nước và là nơi sinh sống của gần 9 triệu dân số. Tuy nhiên do biến đổi khí hậu và vùng trũng thấp ven Sài Gòn, Đồng Nai Sông, tài sản trị giá 26 tỷ USD và 1,9 triệu người dân chịu tác động của lũ lụt ở TPHCM. Do vị trí địa lý nằm cạnh hai dòng sông lớn là sông Sài Gòn và sông Đồng Nai, thành phố Hồ Chí Minh đối mặt với các thách thức từ ngập lụt đô thị do triều cường và lượng mưa lớn. Trong giai đoạn từ năm 1962 đến năm 2001, hệ thống thoát nước của thành phố đã bị quá tải đến 9 lần do các đợt mưa bão nghiêm trọng (với lượng mưa tích lũy cao hơn 100 milimet trong 3 giờ), nghĩa là các trận mưa bão nghiêm trọng này trung bình diễn ra mỗi 4 năm. Tuy nhiên, từ 2002 đến 2017, đã có đến 44 đợt mưa bão nghiêm trọng được ghi nhận, đồng nghĩa với việc tần suất diễn ra các trận mưa bão này đã được nâng lên 3 năm một lần. Trong các thời điểm thủy ss dâng cao, lượng mưa lớn đã làm trầm trọng hóa tình trạng ngập lụt đô thị do mực nước tại các sông ngòi và kênh rạch dâng cao làm cho nước trong các hệ thống thoát nước không thể thoát ra. Về lâu dài, công cuộc phát triển kinh tế - xã hội của thành phố sẽ chịu ảnh hưởng tiêu cực do các vấn đề lũ lụt và biến đổi khí hậu.

Thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM) đòi hỏi một quy chế mạnh mẽ cho một sự đổi mới đô thị dựa trên lợi thế từ hệ sinh thái nhân tạo và tự nhiên sẵn có. Đồ án Quy hoạch Tổng thể được lập dựa trên các mục tiêu kinh tế - xã hội và phát triển bền vững vốn là một phần không thể thiếu của thiết kế không gian. Hệ thống giao thông công cộng và vận tải đường bộ, cùng với mạng lưới kênh rạch và cây xanh, là những khung sườn và trật tự cho quá trình đô thị hóa đa dạng đang hiện hữu của thành phố. Các quy chế mới này hướng dẫn cho một quá trình cần thiết nhằm vượt qua các trở ngại cũng như những rào cản, khoảng cách lớn, và sự đô thị hóa phân mảnh rời rạc thiếu đồng bộ để hình thành một môi trường đô thị hấp dẫn và đáng sống. Quy chế này sẽ hỗ trợ một quá trình lâu dài của việc chuyển hóa và cải thiện chất lượng của tình trạng xây dựng hiện hữu trên quy mô toàn thành phố.

Trong những khía cạnh khác nhau của quy chế cần thiết lập, một tầm nhìn cụ thể về giải pháp Thiết Kế Đô Thị Thích Ứng với Nước (WAUD) sẽ rất quan trọng trong việc đảm bảo những sự phát triển hoặc tái phát triển của thành phố sẽ hiệu quả và bền vững trong việc giải quyết các thách thức của đô thị hóa và các vấn đề biến đổi khí hậu trong dài hạn. Vì vậy, với sự hỗ trợ từ Sở Quy hoạch-Kiến trúc TPHCM (DPA) và Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB), dự án này đã được thành lập để thiết lập một tầm nhìn về WAUD cho các dự án phát triển đô thị với quy mô vừa và nhỏ nhằm thực thi phát triển bền vững trên đa dạng các dự án phát triển/tái phát triển tại Thành phố HỒ CHÍ MINH, và sẽ từng bước chuyển hóa thành phố thành một đô thị bền vững và đáng sống hơn trong tương lai.



Hình 1.1: Hướng dẫn “Thiết Kế Đô Thị Thích Ứng với Nước” nhằm thay đổi thành



Hình 1.2: Dự kiến mức độ ngập lụt tại Thành phố Hồ Chí Minh trong các sự kiện cực đoan vào năm 2050 nếu không có các biện pháp kiểm soát lũ được đề xuất

## 1.2 “THIẾT KẾ ĐÔ THỊ THÍCH ỨNG VỚI NƯỚC” (WAUD) LÀ GÌ?

Các thành phố trên thế giới đang đối mặt với những thách thức về khả năng chống chịu khi các rủi ro khí hậu tương tác với đô thị hóa, suy giảm đa dạng sinh học và lợi ích sinh thái, nghèo đói, và sự gia tăng của bất bình đẳng kinh tế-xã hội. Mưa lớn, lũ lụt, sóng nhiệt và hạn hán đang dẫn đến thiệt hại kinh tế, bất ổn xã hội, và ảnh hưởng đến sức khỏe người dân. Về lâu dài, các thách thức về khả năng chống chịu của đô thị được dự đoán sẽ tăng cao do những quá trình như đô thị hóa, sử dụng đất, và biến đổi khí hậu. Biến đổi khí hậu ước tính sẽ gia tăng tần suất và mức độ của một số hiểm họa thiên nhiên, và đô thị hóa sẽ dẫn đến rủi ro cao hơn cho cư dân và tài sản trong đô thị.

Trong quá khứ, việc can thiệp vào cấu trúc đô thị để giảm thiểu rủi ro thiên tai và cải thiện khả năng chống chịu phần lớn tập trung vào các cơ sở hạ tầng xám (các kênh đào xi măng, và thiết bị cơ khí như máy bơm và ống dẫn nước). Tuy nhiên, các cơ sở hạ tầng này chỉ có chức năng kiểm soát lũ lụt mà không thể đồng thời mang lại các lợi ích khác cho hệ sinh thái. Bên cạnh đó, các cơ sở hạ tầng xám không phải lúc nào cũng phù hợp về chi phí, khả năng chống chịu, về tính bền vững. Cơ sở hạ tầng xám ngày càng dễ thất bại trong điều kiện khí hậu và xã hội luân phiên thay đổi. Gần một nửa dân số thế giới hiện đang sống thiếu nước sạch, và thiên tai đã ảnh hưởng 96 triệu người trong năm 2017. Sự nóng lên toàn cầu đồng nghĩa với việc cơ sở hạ tầng phải gia tăng sức chống chịu để đối phó với hạn hán và lũ lụt nghiêm trọng hơn. Tuy vậy, các nhà cung cấp dịch vụ vẫn phụ thuộc vào các quy tắc cơ sở hạ tầng từ thế kỷ trước để giải quyết các vấn đề của thế kỷ 21, trong khi bỏ qua và làm suy giảm các hệ sinh thái tự nhiên.

Thiết Kế Đô Thị Thích Ứng với Nước (hay còn gọi là Thiết Kế Đô Thị Nhạy Cảm Với Nước) đã và đang được công nhận vai trò quan trọng hơn bao giờ hết trong việc giải quyết các thách thức về khả năng chống chịu của khu vực đô thị.



THIẾT KẾ TRUYỀN THỐNG  
GIẢI PHÁP “ĐÁY VÀO ĐƯỜNG ỐNG”:  
LOẠI BỎ TÀI NGUYÊN NƯỚC



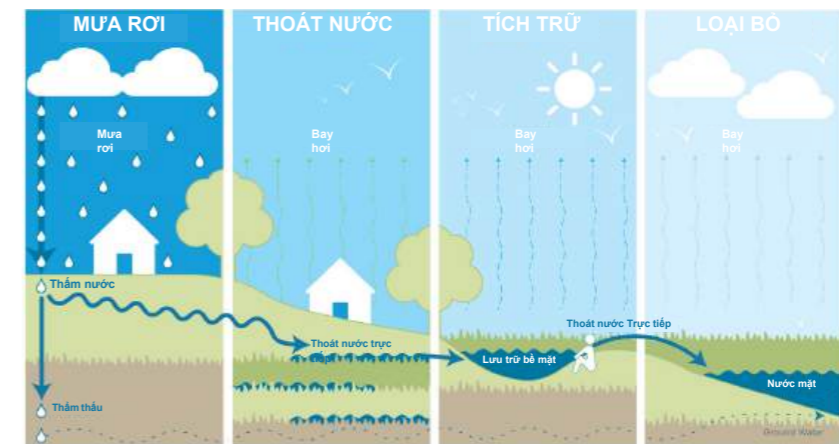
THIẾT KẾ ĐÔ THỊ THÍCH ỨNG VỚI NƯỚC  
GIẢI PHÁP TÍCH HỢP:  
SỬ DỤNG NƯỚC NHƯ MỘT TÀI NGUYÊN GIÁ TRỊ

Hình 1.3: Cách tiếp cận nước đô thị truyền thống so với WAUD

Thiết Kế Đô Thị Thích Ứng với Nước (WAUD) là một giải pháp thay thế tiềm năng nhằm kiểm soát lũ lụt và mang lại những lợi ích bổ sung trong việc cải thiện chất lượng nước thoát, hệ sinh thái và môi trường dân cư, điều mà các cơ sở hạ tầng xám không thể đáp ứng. WAUD sử dụng thiên nhiên và các quá trình tự nhiên để cung cấp cơ sở hạ tầng, dịch vụ, và giải pháp tích hợp nhằm giải quyết cách thách thức gia tăng đối với khả năng chống chịu của đô thị. Các biện pháp can thiệp này thường vượt quá giới hạn của một khu vực và đòi hỏi sự hợp tác liên ngành. WAUD cung cấp nhiều lợi ích cho đô thị và giải quyết nhiều thách thức xã hội khác nhau, bao gồm giảm thiểu rủi ro thiên tai và xây dựng khả năng chống chịu trước biến đổi khí hậu, đồng thời đóng góp vào công cuộc phục hồi đa dạng sinh học, tạo nên những cơ hội vui chơi giải trí, cải thiện sức khỏe con người, an ninh lương thực và nước sạch, và hỗ trợ sức khỏe và chất lượng cuộc sống cộng đồng.

WUSD kết hợp quản lý tuần hoàn nước trong đô thị với quy hoạch và thiết kế đô thị, với mục tiêu dựa trên hệ thống tự nhiên để giảm thiểu tác động tiêu cực đến chu trình tuần hoàn nước tự nhiên, mạng lưới kênh rạch và vịnh. Thiết kế này tạo ra một giải pháp thay thế cho cách tiếp cận tiêu thoát nước truyền thống bằng cách tác động tại nguồn, từ đó giảm thiểu kích thước của hệ thống thoát nước hạ lưu. Nó hạn chế bề mặt không thấm nước, tái sử dụng nước tại nguồn, tận dụng các lưu vực trữ nước để giảm thiểu lưu lượng nước mưa, và kết hợp các hệ thống xử lý nước thải để loại bỏ các tác nhân gây ô nhiễm. WUSD đồng thời mở ra cơ hội đạt được nhiều lợi ích thông qua chu trình quản lý nước bền vững trong đô thị.

Bên cạnh đó, hệ thống WAUD hoàn toàn không bị hạn chế khả năng chống lụt, đồng thời mang lại nhiều lợi ích cho môi trường. Mỗi công trình WAUD được cung cấp khả năng thoát nước thông qua các hố ga, đập tràn nhỏ, v.v..., đảm bảo khả năng chống ngập tương đương các hạ tầng chống ngập truyền thống trong các đợt mưa bão nghiêm trọng. Bên cạnh đó, WAUD sẽ cung cấp thêm không gian điều tiết giúp giảm một phần đỉnh lũ và từ đó giảm thiểu thiệt hại do lưu lượng nước thoát lớn gây ra. Do đó, sẽ không có một sự đánh đổi nào khi thực hiện chuyển đổi từ các hạ tầng truyền thống sang các công trình WAUD.



Hình 1.4: Chu trình nước trong tự nhiên

Chi phí tài sản cố định (CAPEX) và chi phí vận hành (OPEX) của các công trình WAUD sẽ thay đổi tùy thuộc vào quy mô của hệ thống. Các công trình WAUD có hiệu quả kinh tế cao hơn các thiết kế thông thường, vốn thường bao gồm các kênh thoát nước lớn bằng bê tông và máy bơm cỡ lớn. Bên cạnh đó, những lợi ích vô hình và hữu hình đã được đề cập bên trên sẽ có thể lớn hơn những chi phí này trong dài hạn.

WAUD là một hướng tiếp cận toàn diện dựa trên công nghệ tiên tiến để quản lý lưu lượng nước mưa trong đô thị. Nước mưa sẽ được kiểm soát thông qua các công trình cảnh quan nhỏ và hiệu quả về chi phí thay cho việc vận chuyển và quản lý thông qua một hệ thống thủy lợi lớn với chi phí cao tại hạ nguồn của hệ thống thoát nước. Khái niệm kiểm soát nước tại nguồn ở đây hoàn toàn khác biệt so với giải pháp can thiệp vào cấu trúc đô thị truyền thống. Các tính năng thủy văn như thấm thấu nước, kiểm soát tần suất và khối lượng nước xả, và tái tạo nguồn nước ngầm có thể được duy trì thông qua việc hạn chế các bề mặt chống thấm nước, vật liệu chức năng, các đoạn kênh mở, ngăn cản các dòng thủy văn, và sử dụng các cảnh quan có chức năng lọc nước thấm thấu và điều tiết tự nhiên.

Trong cẩm nang này, các kinh nghiệm và chương trình quốc tế liên quan đến WAUD sẽ được trình bày và xem xét để tham khảo cho việc thực thi WAUD tại Thành phố HỒ CHÍ MINH. Các kinh nghiệm quốc tế từ Hoa Kỳ, Úc, Trung Quốc và Singapore sẽ được giới thiệu tại Chương 2. Các yếu tố cần nhắc cụ thể về quy hoạch WAUD và quy trình thiết kế sẽ được phân tích ở Chương 3. Chi tiết về các giải pháp WAUD có thể được ứng dụng tại Thành phố Thủ Đức sẽ được trình bày và giải thích ở Chương 4.

## 1.3 MỤC ĐÍCH CỦA WAUD

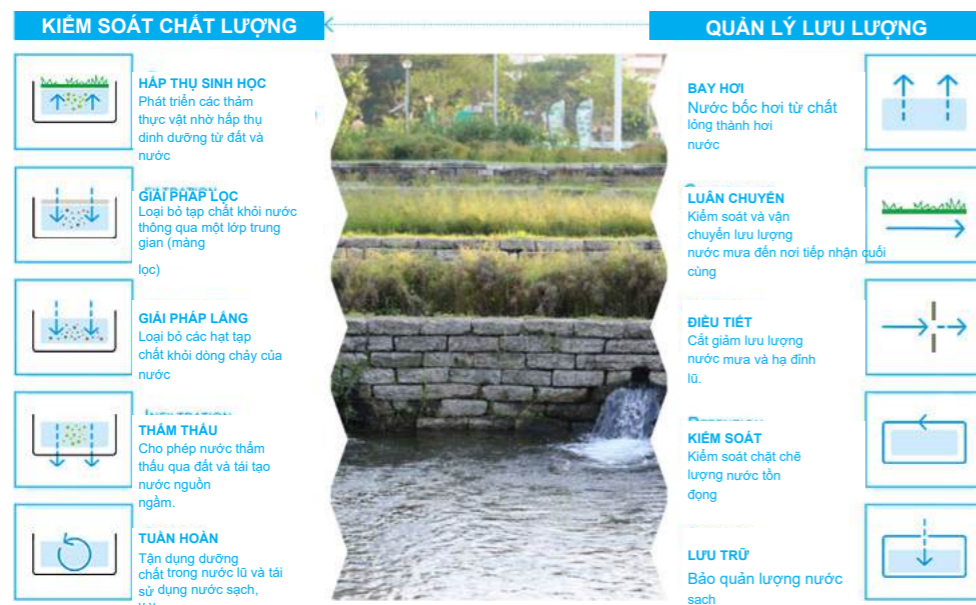
Khái niệm “nước mưa” chỉ lượng nước thoát ra từ bề mặt đô thị sau các trận mưa lớn. Nó đã được xác định là nguyên nhân chủ yếu gây ra ô nhiễm và giảm thiểu chất lượng của hệ thống kênh rạch do chứa đựng một lượng phân bón, dầu, hóa chất tồn dư cũng như đất cát, vi khuẩn và các tác nhân gây ô nhiễm khác. Với sự gia tăng của các dự án phát triển đô thị, tỉ lệ bề mặt không thấm nước trong các lưu vực của thành phố ngày càng tăng lên, dẫn đến gia tăng tốc độ và lưu lượng nước thoát ra các tuyến kênh rạch gây ra các vấn đề xói mòn, lũ lụt và thay đổi hệ thống dòng chảy tự nhiên, vốn có liên hệ với những tác động tiêu cực đến hệ sinh thái. Hiện tượng này đồng thời cuốn theo các tác nhân gây ô nhiễm vào hệ thống dòng chảy, tác động tiêu cực hơn đến sức khỏe của hệ sinh thái sông hồ.

Các công trình WAUD có thể làm chậm dòng chảy và giảm rủi ro lũ lụt. Tuy vậy, khả năng chống lụt sẽ bị giới hạn một phần bởi chính các công trình WAUD này do tốc độ thấm thấu cũng như lưu lượng điều tiết thấp khi phải đối mặt với các trận mưa bão khắc nghiệt. Các công trình WSUD do đó là giải pháp tốt nhất để đối phó với các đợt mưa bão nhỏ hơn, với chu kỳ lặp lại (ARI) thấp hơn 10 năm 1 lần. Một hệ thống kết hợp WAUD và các hạ tầng truyền thống là giải pháp được khuyến nghị, do các công trình WAUD được thiết kế để vận hành trong một hệ thống với nhiều biện pháp thoát nước, và không có giải pháp nào giải quyết được mọi vấn đề. Bên cạnh lũ lụt và ô nhiễm nước, các thách thức chủ yếu mà Thành phố HỒ CHÍ MINH phải đối mặt bao gồm:



Hình 1.5: Thách thức cho các đô thị lớn ở thế kỷ 21

WAUD đã được xác định là một chiến lược tích hợp nhằm cung cấp một giải pháp toàn diện cho các thách thức đặt ra. Nó kiểm soát dòng chảy và lọc nước mưa nhằm loại bỏ các tác nhân gây ô nhiễm. Nó đồng thời đưa ra các giải pháp tiềm năng để giảm thiểu chi phí, giảm thiểu lượng cơ sở hạ tầng và quỹ đất được sử dụng cho các giải pháp thoát nước truyền thống trong khi cung cấp phương án xử lý lượng nước thoát ra tại nguồn. Thiết kế này mô phỏng hệ thống xử lý nước tự nhiên và, khi nước mưa được xử lý gần với nguồn hơn so với cách tiếp cận truyền thống, hiệu quả trong việc tạo ra hiệu ứng dòng chảy mang lại lợi ích cho toàn bộ hệ thống lưu vực. WAUD tập trung kiểm soát chất lượng và lưu lượng nước mưa với các tính năng sau:



Hình 1.6: Chu trình nước tự nhiên

Bằng cách tận dụng thiết kế tích hợp với các công cụ kiểm soát chất lượng và lưu lượng nước, các cải tiến kỹ thuật đạt được bao gồm:

- Loại bỏ hoặc hạn chế kích thước của các hạ tầng điều tiết và thoát nước tập trung lớn
- Hạn chế sử dụng hệ thống ống thoát nước mưa và cấu trúc dẫn nước đầu vào
- Giảm thiểu bề mặt không thấm nước (đường nhựa), mép vỉa hè và mương thoát nước.
- Cung cấp công nghệ tiên tiến để bảo vệ môi trường tiếp nhận nước
- Phát triển tối đa tiềm năng của các quy hoạch và thiết kế thích ứng với môi trường
- Giảm thiểu chi phí xây dựng và bảo trì của các công trình quản lý nước mưa

Bên cạnh đó, các công trình WAUD cũng mang lại các lợi ích cho môi trường và xã hội như:

- Cải thiện và hình thành môi trường sống tự nhiên và không gian sinh sản cho cá
- Góp phần cải thiện chất lượng nước và đa dạng sinh học
- Cung cấp không gian xanh cho các hoạt động giải trí
- Gia tăng sự tiện nghi của công trình
- Giảm thiểu tác động của đảo nhiệt đô thị
- Giới thiệu các khái niệm, công nghệ, và mục tiêu mới trong việc quản lý nước mưa như quản lý vi mô và các công trình cảnh quan đa tác dụng (thảm lọc sinh thái, kênh lọc nước sinh thái, và các khu vực bảo tồn); mô phỏng và tái tạo các chức năng thủy văn; và duy trì sự toàn vẹn sinh thái/sinh học của hệ thống kênh rạch tiếp nhận. Đẩy mạnh giáo dục cộng đồng và khuyến khích người dân tham gia vào công cuộc bảo vệ môi trường.
- Tạo ra lợi ích kinh tế để khuyến khích các dự án phát triển thích ứng với môi trường
- Giúp đỡ các cộng đồng dựa trên quá trình quản lý môi trường
- Khuyến khích sự linh hoạt trong cơ chế nhằm cho phép sáng tạo kỹ thuật và quy hoạch không gian để thúc đẩy các nguyên tắc “phát triển thông minh”.
- Khuyến khích tranh luận trên các vấn đề kinh tế, môi trường, và tính khả thi của công nghệ, tính ứng dụng của giải pháp thoát nước mưa hiện tại, và các giải pháp thay thế.



Hình 1.7: Ví dụ về các mục tiêu chính và nguyên tắc cốt lõi đạt được thông qua việc tận dụng thiết kế tích hợp với các công cụ kiểm soát chất lượng và lưu lượng.

WAUD đóng một vai trò quan trọng trong việc xây dựng một thành phố nhỏ gọn, đáng sống và bền vững trong tương lai. Các thảm thực vật đa dạng góp phần hình thành nên nhiều mức độ thích ứng khí hậu, tùy thuộc vào loại WAUD và chất lượng cũng như là điều kiện khí hậu và sinh thái-xã hội. Thông qua việc tích hợp các mô hình quy hoạch và quy trình hợp tác, chúng ta có thể đảm bảo quy hoạch chiến lược về việc điều chỉnh không gian xanh theo hướng thích nghi hiệu quả với khí hậu và đảm bảo công lý môi trường.

## 1.3 MỤC ĐÍCH CỦA WAUD

Các phân tích chi phí – lợi ích được thực hiện cho công viên Bishan-Ang Mo Kio để tìm hiểu các tác động kinh tế-xã hội của các hạ tầng kênh rạch – cây xanh đối với xã hội.

Các tác động kinh tế - xã hội được tóm tắt trong bảng 1.A. Nhìn chung, những tác động một lần của chi phí tài sản cố định và sự gia tăng giá trị bất động sản đã đóng góp tổng cộng 25 triệu SGD cho nền kinh tế. Các tác động hằng năm bao gồm: chi phí vận hành, thời gian người dân dành ra để di chuyển và tham quan trong các công viên, những lợi ích về sức khỏe từ hoạt động thể chất, thuế bất động sản và giảm thiểu ô nhiễm không khí. Những tác động này được đánh giá là mang lại lợi ích lên đến 105 triệu SGD mỗi năm. Những con số về lợi ích của các tác động hằng năm được lấy từ những ước tính thận trọng nhất.

Tác động kinh tế - xã hội	Mô tả	Giá trị kinh tế - xã hội (SGD)	Một lần (SGD)	Hằng năm (SGD)
Chi phí tài sản cố định	Chi phí đào sông là 50 triệu SGD và nâng cấp công viên là 25 triệu SGD, chưa kể 80 triệu SGD tiết kiệm được so với một kênh đào bê tông.	-75.000.000	-75.000.000	
Chi phí vận hành	Có thể lên đến 4,5 triệu một năm mà vẫn trở thành một dự án hiệu quả về kinh tế	-4.500.000		-4.450.000
Thời gian bỏ ra để di chuyển và tham quan trong công viên	6 triệu người đã đến tham quan công viên. Mỗi đợt tham quan khoảng từ 30 đến 210 phút. Thời gian di chuyển trong công viên khoảng 10 đến 180 phút.	82.690.000		82.690.000
Lợi ích sức khỏe từ hoạt động thể chất	6-16 SGD cho 1 giờ hoạt động thể chất của 1 người. 45% trong số 6 triệu người sử dụng công viên hằng năm để tập thể dục, với thời gian trung bình là 67 phút.	16.200.000		16.200.000
Giá trị bất động sản	Giá trị các bất động sản liền kề công viên biến động 2%-4%	100.000.000	100.000.000	
Thuế bất động sản	10-20% giá trị của bất động sản	10.000.000		10.000.000
Giảm thiểu ô nhiễm không khí	9 tấn mỗi năm	100.000		100.000
<b>Tổng cộng</b>			<b>25.000.000</b>	<b>104.540.000</b>

Bảng 1.A: Tác động kinh tế - xã hội của công viên Bishan-Ang Mo Kio

Nguồn: PUB, NParks, DMU, TERESA, Trust for Public Land, e, Ministry of Ma , Leonardsen and Tovatt, Own calculations

Ghi chú: Chỉ kết quả của những ước tính thận trọng được thể hiện ở hai cột bên phải ngoài cùng.



# 1.4 ỨNG DỤNG THỰC TIỄN CỦA CẨM NANG

## KIẾN TẠO TƯƠNG LAI PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ BỀN VỮNG TẠI VIỆT NAM

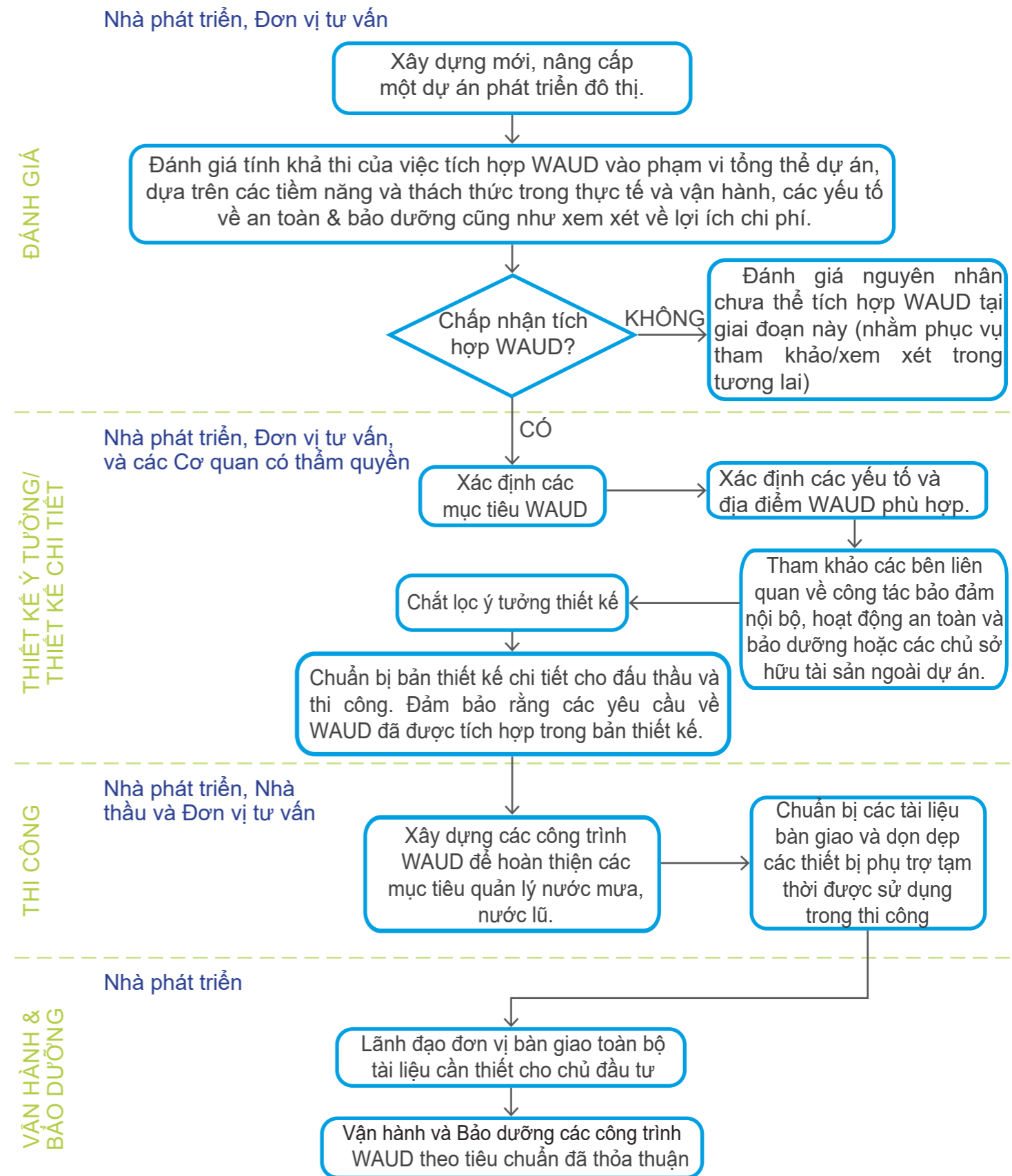
Cẩm nang này chủ yếu tập trung vào việc giới thiệu khái niệm WAUD và quá trình tích hợp Thiết Kế Đô Thị Thích Ứng với nước vào quy trình phát triển các dự án xây mới và cải tạo thành phố (bao gồm quy hoạch, phát triển và thực thi) nhằm tạo ra một môi trường đô thị bền vững và đáng sống cho Thành phố HỒ CHÍ MINH. Nó bao gồm nhiều dự án trong tất cả các lĩnh vực, bao gồm dân cư, thương mại, công nghiệp, công viên và công trình công cộng được phát triển bởi bất kỳ đơn vị nhà nước hoặc tư nhân nào. Cẩm nang này sẽ không cung cấp các giải pháp nào cho các vấn đề của hệ thống thoát nước và xử lý nước thải hiện hữu (v.d. hệ thống thoát nước và xử lý nước thải chưa hoàn thiện, ứng dụng các hệ thống thu thập nước khác nhau mà không phải hàm tụt hoại hiện có, v.v...).

Một cách tiếp cận phổ biến trong việc tổ chức thực hiện dự án sẽ bao gồm nhiều công đoạn quy hoạch dự án, nơi một số lượng lớn chi tiết của dự án sẽ được cân nhắc kỹ lưỡng từ xác định phạm vi dự án và lựa chọn giữa một loạt ý tưởng và thiết kế chi tiết cho đến thi công và bàn giao. Giải pháp WAUD tốt nhất nên được cân nhắc càng sớm càng tốt ở giai đoạn đầu của quá trình này, nhằm cho phép tính khả thi của nó được thông qua bởi dự án để được đánh giá kỹ càng. Khi quyết định lựa chọn cách tiếp cận của WAUD được thông qua, những thiết kế của nó nên được cân nhắc xuyên suốt quá trình phát triển dự án, giai đoạn thi công và vận hành theo quy trình được thể hiện trong sơ đồ bên cạnh.

Đối tượng khán giả mục tiêu mà cẩm nang này hướng đến là các nhà phát triển dự án ở các cơ quan nhà nước và khu vực tư nhân. Cẩm nang này sẽ cung cấp các chỉ dẫn cơ bản cho tất cả các bên liên quan để theo dõi, giám sát, quản lý, đánh giá, vận hành và duy trì các thành phần của WAUD trong bất kỳ dự án phát triển đô thị nào. Mỗi bên liên quan đều có thể sử dụng cẩm nang này theo các cách khác nhau:

- Với các cơ quan nhà nước có thẩm quyền: cẩm nang này sẽ hỗ trợ quy hoạch, quản lý và đánh giá một dự án phát triển mới nhằm quyết định liệu dự án có đáp ứng các yêu cầu của WAUD hay không.
- Với các nhà phát triển dự án: cẩm nang này cung cấp các nguyên tắc tổng quan, vấn đề kỹ thuật và đặt ra các mục tiêu cho các dự án phát triển.
- Với các đơn vị tư vấn: cẩm nang này sẽ là chỉ dẫn quan trọng cho các thiết kế WSUD, chỉ dẫn kỹ thuật và các bước để hiện thực hóa một mục tiêu WAUD cụ thể.
- Với các nhà thầu: cẩm nang này sẽ tóm tắt các điểm quan trọng của quy trình thi công cũng như vận hành & bảo dưỡng các công trình WAUD.

Về lâu dài, cẩm nang này được kỳ vọng sẽ thiết lập nền tảng cho nhiều dự án WAUD được thực hiện tại Thành phố HỒ CHÍ MINH, nơi sẽ là hình mẫu phát triển đô thị bền vững, và dần dần trở thành một phần của tiêu chuẩn quốc gia về WAUD cho mọi dự án tương lai ở bất kỳ quy mô nào, tại bất kỳ thành phố/thị trấn nào tại Việt Nam.



Hình 1.8: Các hoạt động WAUD trong quy trình phát triển một dự án.

## 1.5 LỘ TRÌNH THỰC HIỆN WAUD TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

### 1. Phát triển sâu hơn Cẩm nang WAUD & Thúc đẩy khái niệm WAUD

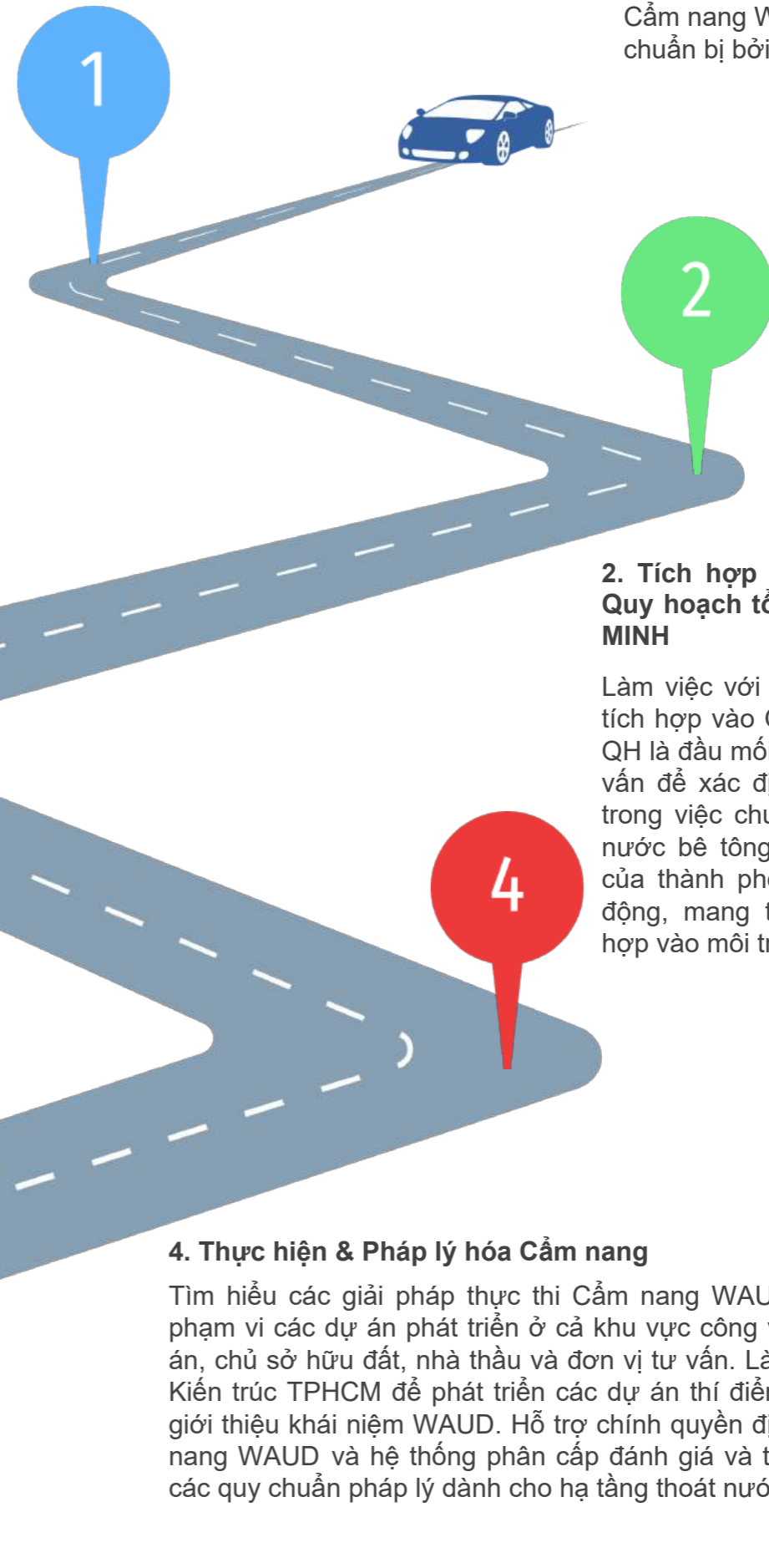
Phối hợp với Viện Kiến trúc Quốc gia, Ủy ban nhân dân Thành phố HỒ CHÍ MINH, Sở Xây dựng, Sở Giao thông Vận tải, Sở Khoa học và Công nghệ, Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn và các cơ quan liên quan khác. Tổ chức các buổi hội thảo, workshop với các ban ngành liên quan để lấy ý kiến về Cẩm nang WAUD và trình Ủy ban nhân dân Thành phố HỒ CHÍ MINH phê duyệt và ban hành

### 3. Đào tạo & Chuyên môn hóa về WAUD

Làm việc với Ủy ban Điều phối kỹ sư chuyên nghiệp tiêu chuẩn ASEAN (ACPECC), các viện kỹ thuật và các hiệp hội kiến trúc cảnh quan tại Việt Nam để phát triển Chương trình Đào tạo WAUD chuyên nghiệp, với mục tiêu nâng cao trình độ chuyên môn của các chuyên gia trong lĩnh vực WAUD tại Việt Nam. Đồng thời phối hợp với Trường Đại học Kiến trúc, Trường Đại học Bách Khoa và các đơn vị đào tạo liên quan để mở các khóa đào tạo ngắn hạn cho mỗi chuyên ngành như thiết kế, xây dựng, giám sát thi công và bảo trì, bảo dưỡng các công trình WAUD.

### 5. Thành lập một Cơ quan WAUD chuyên biệt

Đề xuất thành lập một phòng ban chuyên biệt về WAUD trực thuộc Sở Quy hoạch – Kiến trúc TPHCM để (1) phổ biến các giải pháp và mục tiêu của WAUD trong việc phòng chống lũ lụt, sụt lún, sạt lở và cung cấp các không gian tự nhiên năng động cho cộng đồng, (2) thực thi việc đào tạo con người để thực hiện các giải pháp WAUD trong các dự án thi công và đầu tư, (3) thẩm định và cấp giấy chứng nhận đạt tiêu chuẩn WAUD (dựa trên hệ thống phân cấp đánh giá WAUD) dành cho các dự án và cấp giấy phép hành nghề trong lĩnh vực này cho các tổ chức và cá nhân, (4) tiến hành thanh tra, giám định về sau đối với các dự án được cấp chứng nhận đạt chuẩn WAUD.



Cẩm nang WAUD được chuẩn bị bởi Ramboll

### 2. Tích hợp các khái niệm WAUD vào Quy hoạch tổng thể Thành phố HỒ CHÍ MINH

Làm việc với Sở Kế hoạch và Đầu tư để tích hợp vào QH Xây dựng chung (Sở KT QH là đầu mối). Làm việc với các đơn vị tư vấn để xác định những dự án tiềm năng trong việc chuyển đổi các hệ thống thoát nước bê tông, kênh đào và hồ trữ nước của thành phố thành các dòng chảy chủ động, mang tính thẩm mỹ và được tích hợp vào môi trường xung quanh.

### 4. Thực hiện & Pháp lý hóa Cẩm nang

Tìm hiểu các giải pháp thực thi Cẩm nang WAUD cho các đối tượng trong phạm vi các dự án phát triển ở cả khu vực công và tư như nhà phát triển dự án, chủ sở hữu đất, nhà thầu và đơn vị tư vấn. Làm việc với Sở Quy hoạch – Kiến trúc TPHCM để phát triển các dự án thí điểm và dự án kiểu mẫu nhằm giới thiệu khái niệm WAUD. Hỗ trợ chính quyền địa phương pháp lý hóa Cẩm nang WAUD và hệ thống phân cấp đánh giá và tích hợp các yếu tố này vào các quy chuẩn pháp lý dành cho hạ tầng thoát nước.

5

## 2 PHÂN TÍCH TÀI LIỆU

2.1 Quy định & Tiêu chuẩn địa phương  
2.2 Kinh nghiệm & Chương trình quốc tế

2.2.1 Chương trình Phát Triển với Tác Động Hạn Chế - Oregon, Hoa Kỳ

2.2.2 Thiết kế Đô Thị Thích ứng với Nước New South Wales, Úc

2.2.3 Chương trình Thành Phố Bọt Biển Trung Quốc

2.2.4 Chương trình ABC - Singapore

## 2.1 QUY ĐỊNH & TIÊU CHUẨN ĐỊA PHƯƠNG

Điều quan trọng cần lưu ý là hiện nay chưa có các quy định quốc gia cụ thể về kỹ thuật hay các tiêu chuẩn chuyên biệt về áp dụng WAUD trong phát triển đô thị. Do đó, mục tiêu chính của cẩm nang này là cung cấp các chỉ dẫn cụ thể cho công tác triển khai các tính năng của WAUD trong phát triển đô thị. Tuy vậy, cẩm nang này không có hiệu lực thay thế các quy định sở tại bắt buộc hay tiêu chuẩn kỹ thuật tại Việt Nam. Nếu xảy ra các yếu tố mâu thuẫn giữa bản cẩm nang này và các quy định hay tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia, cần tuân thủ các quy chuẩn và tiêu chuẩn kỹ thuật của pháp luật Việt Nam.

Hướng dẫn này cần được đọc và sử dụng cùng với các quy định, tiêu chuẩn kỹ thuật khác có liên quan đang áp dụng, mà trong giới hạn của tài liệu này chưa đề cập tới.

### CÔNG TÁC THỦY VĂN ĐÔ THỊ

Các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia liên quan:

- QCVN 01:2021/BXD<sup>1</sup> - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Quy hoạch xây dựng
- QCVN 02:2021/BXD<sup>2</sup> - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Số liệu Điều kiện tự nhiên dùng trong Xây dựng
- QCVN 03:2012/BXD<sup>3</sup> - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Nguyên tắc Phân loại, Phân cấp công trình Dân dụng, Công nghiệp và Hạ tầng kỹ thuật Đô thị
- QCVN 07:2016 /BXD<sup>4</sup> - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về công trình hạ tầng kỹ thuật

Các tiêu chuẩn quốc gia liên quan:

- TCVN 7957:2008<sup>5</sup> - Thoát nước – Mạng lưới và công trình bên ngoài – Tiêu chuẩn thiết kế
- TCVN 5942:1995<sup>6</sup> - Tiêu chuẩn chất lượng nước mặt
- TCVN 9845:2013<sup>7</sup> - Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ

### QUY HOẠCH CẢNH QUAN KHÔNG GIAN XANH

Các tiêu chuẩn quốc gia liên quan:

- TCVN 9257:2012<sup>8</sup> - Quy hoạch cây xanh sử dụng công cộng trong các đô thị – Tiêu chuẩn thiết kế

1. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Xay-dung-Do-thi/Thong-tu-01-2021-TT-BXD-QCVN-01-2021-BXD-Quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-ve-Quy-hoach-xay-dung-474747.aspx>

2. [https://moc.gov.vn/Images/itor/files/Quy%20Chu%E1%BA%A9n/QCKTQG\\_s%E1%BB%91%20li%E1%BB%87u%20C4%9i%E1%BB%81u%20ki%E1%BB%87n%20t%E1%BB%B1%20nh%C3%AAn%20d%C3%B9ng%20trong%20x%C3%A2y%20%E1%BB%B1ng\(1\).pdf](https://moc.gov.vn/Images/itor/files/Quy%20Chu%E1%BA%A9n/QCKTQG_s%E1%BB%91%20li%E1%BB%87u%20C4%9i%E1%BB%81u%20ki%E1%BB%87n%20t%E1%BB%B1%20nh%C3%AAn%20d%C3%B9ng%20trong%20x%C3%A2y%20%E1%BB%B1ng(1).pdf)

3. <http://www.ibst.vn/DATA/nhyen/QCVN%2003-2012%20BXD.pdf>

4. [http://vntvietnam.com/xem\\_in/qcvn-072016/bXd-Quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-ve-cac-cong-trinh-ha-tang-ky-thuat-409.html](http://vntvietnam.com/xem_in/qcvn-072016/bXd-Quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-ve-cac-cong-trinh-ha-tang-ky-thuat-409.html)

5. [https://vawr.org.vn/images/File/TCQC/TCVN\\_79572008.pdf](https://vawr.org.vn/images/File/TCQC/TCVN_79572008.pdf)

6. <https://vanbanphapluat.co/cvn-5942-1995-chat-luong-nuoc-tieu-chuan-chat-luong-nuoc>

7. <https://vanbanphapluat.co/tcvn-9845-2013-tinh-toan-cac-dac-trung-dong-chay-lu>

8. <https://thuvienphapluat.vn/TCVN/Xay-dung/TCVN-9257-2012-Quy-hoach-cay-xanh-su-dung-cong-cong-Tieu-chuan-thiet-ke-911133.aspx>

Tiêu chuẩn/ Quy định	Phạm vi điều chỉnh	Vị trí đề cập trong cẩm nang này
QCVN 01:2021/BXD	Quy chuẩn này quy định về các mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý bắt buộc phải tuân thủ trong hoạt động quy hoạch xây dựng vùng huyện, vùng liên huyện, quy hoạch đô thị - nông thôn bao gồm quá trình lập, thẩm định, phê duyệt, điều chỉnh quy hoạch, tổ chức thực hiện quy hoạch và làm cơ sở để xây dựng tiêu chuẩn quốc gia, quy chuẩn địa phương trong lĩnh vực quy hoạch đô thị - nông thôn.	Chương 3 & 4
QCVN 02:2021/BXD	Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng của Quy chuẩn này được áp dụng cho việc lập, thẩm định, phê duyệt các hoạt động xây dựng bao gồm lập quy hoạch xây dựng, lập dự án đầu tư xây dựng công trình, thiết kế xây dựng công trình, thi công xây dựng công trình, giám sát thi công xây dựng công trình, quản lý dự án đầu tư xây dựng công trình tại Việt Nam	Chương 4
QCVN 03:2012/BXD	Quy chuẩn này gồm 10 phần quy định chi tiết những yêu cầu kỹ thuật phải tuân thủ khi đầu tư xây dựng mới, cải tạo, nâng cấp và quản lý vận hành các công trình hạ tầng kỹ thuật. Phần công trình thoát nước của quy chuẩn này cung cấp các chỉ dẫn cần thiết trong việc thiết kế các công trình thoát nước đô thị	Chương 3
TCVN 7957:2008	Tiêu chuẩn này qui định các yêu cầu bắt buộc hoặc khuyến khích áp dụng để thiết kế xây dựng mới hoặc cải tạo, mở rộng và nâng cấp các hệ thống thoát nước (mạng lưới thoát nước và công trình bên ngoài) của các đô thị, khu dân cư tập trung và khu công nghiệp.	Chương 3
TCVN 5942:1995	Tiêu chuẩn này quy định giới hạn các thông số và nồng độ cho phép của các chất ô nhiễm trong nước mặt, và được áp dụng để đánh giá mức độ ô nhiễm của một nguồn nước mặt.	Chương 4
TCVN 9845:2013	Tiêu chuẩn này qui định cách xác định các đặc trưng dòng chảy lũ do mưa rào phục vụ thiết kế các công trình thoát nước nhỏ trên sông, ven sông trong ngành giao thông vận tải thuộc vùng sông không chịu ảnh hưởng của thủy triều và không có lũ bùn đá, đồng thời là tài liệu tham khảo cho các ngành khác khi cần tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ phục vụ thiết kế các công trình liên quan đến dòng chảy trên sông, ven sông.	Chương 4
TCVN 9257:2012	Tiêu chuẩn này áp dụng khi quy hoạch và thiết kế cây xanh sử dụng công cộng trong đồ án quy hoạch đô thị. Tiêu chuẩn này quy định các chỉ tiêu diện tích đất cây xanh sử dụng công cộng áp dụng cho các loại đô thị. Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các đô thị đặc thù và cây xanh trong khu ở, công nghiệp, kho tàng, trường học, cơ quan, công trình công cộng... (cây xanh sử dụng hạn chế) và cây xanh được dùng làm dải cách ly, phòng hộ, nghiên cứu khoa học, vườn ươm... (cây xanh chuyên dụng).	Chương 4 & 5

Bảng 2.A: Các quy chuẩn và tiêu chuẩn kỹ thuật liên quan đến các phần được đề cập trong cẩm nang này

## 2.2 KINH NGHIỆM & CHƯƠNG TRÌNH QUỐC TẾ

Các chiến lược quy hoạch quản lý nước mưa bền vững đã xuất hiện trong vài thập niên gần đây, dưới nhiều tên gọi khác nhau tại nhiều quốc gia khác nhau. Chương trình Phát Triển Với Tác Động Hạn Chế (LID) tại Hoa Kỳ, Thiết kế Đô thị Thích Ứng với nước (WSUD) tại Úc, Chương trình Thành Phố Bọt Biển tại Trung Quốc, và chương trình nước Năng động, Thẩm mỹ và Sạch sẽ (Chương trình ABC) tại Singapore, tất cả đều chú trọng đến các giải pháp quản lý nước mưa toàn diện với nhiều chức năng từ điều tiết, xử lý, và luân chuyển nước mưa trong phạm vi các công trình.

### 2.2.1 Chương trình Phát Triển Với Tác Động Hạn Chế (LID) – Oregon, Hoa Kỳ

Có rất nhiều kinh nghiệm về LID tại rất nhiều địa phương khác nhau trên toàn nước Mỹ. Cẩm nang được đề cập ở đây được dùng cho Quận Washington, bang Oregon, Hoa Kỳ. Chương trình Phát Triển Với Tác Động Hạn Chế (lên môi trường) (LID) là một giải pháp quản lý nước mưa sử dụng một nhóm các biện pháp kiểm soát dòng chảy được phân bổ khắp không gian quy hoạch và được tích hợp thành một giải pháp xử lý nước mô phỏng dòng chảy nước tự nhiên của cảnh quan. Khác với các hệ thống thông thường chuyên kiểm soát và quản lý nước thoát ra bằng một hồ trữ nước nhân tạo nằm ở hạ lưu, các hệ thống LID được thiết kế để thúc đẩy sự suy giảm lượng nước và xử lý nước mưa tại hoặc gần nguồn nước qua một hệ thống điều tiết, kiểm soát, thẩm thấu, xử lý, và thu gom nước mưa. Mục tiêu cốt lõi của trong việc áp dụng các ý tưởng, thiết kế và các hệ thống LID là nhằm cải thiện độ hiệu quả của việc quản lý nước mưa so với các hệ thống thông thường, giảm lưu lượng nước tổng thể và đỉnh lũ, và cải thiện chất lượng nước thải ra từ nguồn.

Bước đầu tiên trong việc áp dụng LID là đánh giá kỹ càng không gian quy hoạch nhằm tìm hiểu dòng chảy của nước qua không gian và cách các dòng chảy tự nhiên có thể được bảo tồn. Kiểm định các điều kiện tự nhiên tại và xung quanh khu vực quy hoạch, bao gồm khảo sát địa hình, thổ nhưỡng và thảm thực vật/hệ sinh thái, xem xét các bản đồ, báo cáo và phát triển một bản đồ cơ sở dành cho không gian quy hoạch.

Các công trình LID có thể được xây dựng ngay trên hoặc xung quanh các tòa nhà, và được tích hợp vào các cảnh quan trong khuôn viên quy hoạch kể cả cảnh quan cứng như bãi đậu xe hoặc hai bên mặt đường. Các công trình này có thể được sử dụng để quản lý lượng mưa rơi và nước chảy từ các khu vực thoát nước hoặc được xây dựng theo một chuỗi các công trình, và việc đánh giá khuôn viên quy hoạch sẽ giúp xác định loại công trình nào phù hợp nhất cho không gian hiện tại. Một số công trình LID nổi bật gồm: kết cấu mặt đường rỗng, mái xanh, thảm lọc sinh thái, kênh dẫn nước sinh thái, đầm thủy sinh nhân tạo quản lý chất lượng nước, và các kênh dẫn nước cách điệu nghệ thuật.



Hình 2.1: Trụ sở tại Tryon Creek, SW



Hình 2.2: Mô hình trung tâm RiverEast, Portlva

Headwaters là một khu dân cư phát triển nơi nhà ở cho người cao tuổi nhà phố và một tòa nhà chung cư được thiết kế để tích hợp với ánh sáng ban ngày (loại bỏ khỏi hệ thống đường ống ngầm) của một nhánh của Tryon Creek.

Nước mưa chảy từ mái nhà luân chuyển theo máng xối vào một bồn nước được tạo nên từ việc tái sử dụng lượng bê tông còn lại sau khi cải tạo tòa nhà. Bồn nước này lưu giữ và giảm tốc độ thoát nước trước khi cho nước chảy vào các thảm lọc và kênh dẫn nước sinh thái kế bên.

### 2.2.2 Thiết Kế Đô thị Thích Ứng với Nước – New South Wales, Úc

Tại Úc, mỗi tiểu bang tự phát triển các quy định riêng về WSUD. Tài liệu chỉ dẫn này được phát triển dưới sự hợp tác của các viên chức liên quan từ Sở Giao thông Đường bộ và Đường biển (RMS); Cơ quan Quản lý Giao thông bang New South Wales (STA); Cơ quan Đường sắt Sydney (Sydney Trains), và Đơn vị Cơ sở hạ tầng và Dịch vụ thuộc Bộ Giao thông Vận tải Úc. Mục tiêu của tài liệu này là nhằm cung cấp cho các nhà quy hoạch và các kỹ sư phương pháp để áp dụng WSUD cho các dự án giao thông vận tải tại bang New South Wales. Tài liệu hướng dẫn này không quy định bắt buộc việc sử dụng các kỹ thuật WSUD, nhưng cung cấp một loạt các tiêu chuẩn liên quan trong lĩnh vực quy hoạch mà có thể được tích hợp một cách thực tiễn vào các dự án của chúng ta và chỉ ra những tình huống nào có thể áp dụng chúng.

Hướng dẫn Thiết Kế Đô Thị Thích Ứng với Nước của nước Úc tham khảo những bài học về khả năng ứng dụng các nguyên tắc cốt lõi trên, bao gồm các địa điểm đã ứng dụng thành công các quy tắc WSUD trong nhiều năm, đưa ra nhiều lời khuyên hữu dụng cho các nhà quản lý dự án, giúp đỡ các kỹ sư thiết kế và các nhà thiết kế cảnh quan và quy hoạch đô thị về phương pháp thiết kế dự án tích hợp các nguyên tắc Thiết Kế Đô Thị Thích Ứng với Nước, và đề cập chi tiết những vấn đề cần cân nhắc để dẫn đến một thiết kế thành công.

Các nguyên tắc để việc sử dụng các hệ thống WSUD làm cơ sở hạ tầng thoát nước được cân nhắc thành một phần tích hợp của dự án cảnh quan bao gồm:

- Hệ thống quản lý nước mưa cần được xem xét là một phần của bản thiết kế dự án thống nhất
- Hệ thống quản lý nước mưa cần bao gồm một quy trình xử lý nước thay vì một giải pháp “đẩy vào đường ống”, sử dụng nhiều nhân tố kết hợp thay vì một nhân tố đơn lẻ trong việc đạt được các mục tiêu về chất lượng và lưu lượng nước.
- Hệ thống quản lý nước mưa cần giảm thiểu cường độ mưa bằng cách quản lý lưu lượng nước chảy qua không gian đã quy hoạch
- Hệ thống quản lý nước mưa cần hướng đến việc cải thiện chất lượng nước thoát ra hệ thống sông ngòi, kênh rạch.

Có nhiều công cụ WSUD đa dạng để xử lý chất lượng nước có thể được tích hợp vào quy trình xử lý nước mưa thoát ra, bao gồm: kênh dẫn nước sinh thái, thảm lọc sinh thái, thảm lắng sinh thái, đầm thủy sinh kiến tạo, bể lắng chất ô nhiễm, và các kết cấu mặt đường rỗng.



Hình 2.3: Đầm thủy sinh kiến tạo tại Công viên Sydney

Các đầm thủy sinh kiến tạo tại công viên Sydnnet hỗ trợ xử lý nước mưa, cải thiện cảnh quan và tạo nên các hệ sinh thái cho sinh vật hoang dã.



## 2.2 KINH NGHIỆM & CHƯƠNG TRÌNH QUỐC TẾ

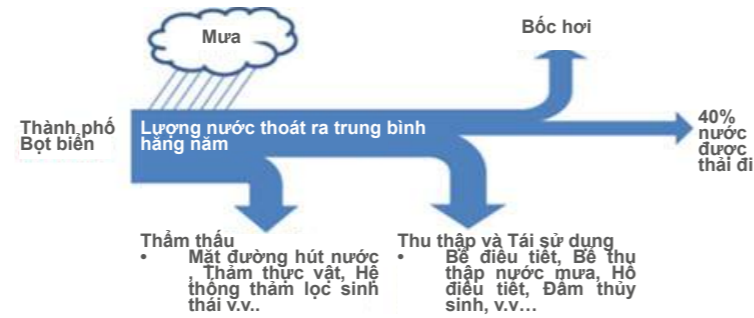
### 2.2.3 Chương trình Thành Phố Bọt Biển – Trung Quốc

Thành phố Bọt biển là một sáng kiến xây dựng đô thị được đề xuất ở Trung Quốc năm 2014. Trong những tình huống thiên tai và biến đổi khí hậu, các đô thị có thể hoạt động như các “bọt biển” thấm hút nước thông qua việc triển khai các tính năng của WAUD. Các thành phố bọt biển ưu tiên kiểm soát lưu lượng nước thoát ra, trong khi các yếu tố WAUD khác như xử lý nước hoặc thu thập nước mưa chỉ là yếu tố phụ trợ.

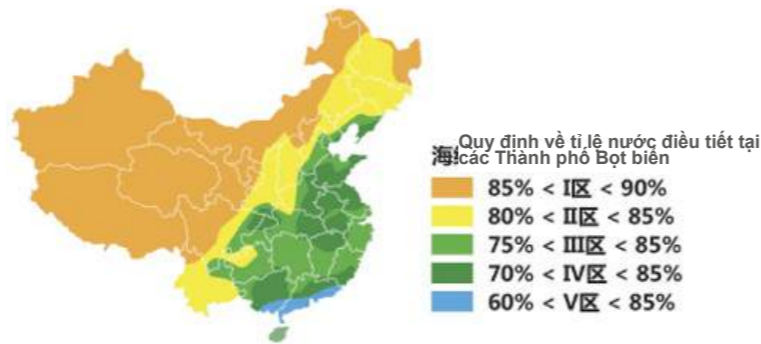
Công tác điều tiết lưu lượng nước thoát ra tại các Thành phố Bọt biển đặt mục tiêu kiểm soát lượng nước bằng với lưu lượng nước mưa được giữ lại hằng năm. Thực tế cho thấy đã có sự tương quan giữa lượng nước mưa được giữ lại hằng năm và lượng mưa dự báo.

Trung Quốc sở hữu lãnh thổ rộng lớn; và các điều kiện thiên nhiên và kinh tế sinh thái khác biệt giữa các khu vực khác nhau. Do đó, mục tiêu kiểm soát lưu lượng nước thoát ra cũng sẽ khác biệt giữa các địa phương.

Các kinh nghiệm về mô hình Thành phố Bọt biển đã được áp dụng tại nhiều đô thị thí điểm khác nhau với sự hỗ trợ kinh phí từ chính quyền trung ương. Rất nhiều nghiên cứu đã được thực hiện tại các dự án thí điểm như dự án Đầm thủy sinh Qingshgang. Tại đây, phù sa và rác thải chiếm phần lớn thể tích lòng sông, và nước thải được đổ ra trực tiếp mà không được xử lý, dẫn đến hậu quả là hệ sinh thái xung quanh dòng sông bị ảnh hưởng nghiêm trọng. Để hoàn thành các mục tiêu của mô hình Thành phố Bọt biển, các kênh dẫn nước sinh thái, thảm lọc sinh thái và đầm thủy sinh đã được xây dựng nhằm xử lý lượng nước chảy vào trước khi đổ ra sông. Lượng nước mưa thu thập được trong các đầm chứa nước được dùng để tưới tiêu nhằm duy trì các không gian xanh của thành phố. Việc nạo vét lòng sông cũng được thực hiện nhằm phục hồi lưu lượng nước chảy trước đây. Nhờ các thay đổi trên, khả năng chống ngập của khu vực được nâng lên đáng kể, với khả năng chống chịu các trận mưa lũ với cường độ 1 lần trên 50 năm.



Hình 2.5: Ý Tưởng về chỉ số lưu lượng nước thoát ra được giữ lại hằng năm



Hình 2.6 Mục tiêu điều tiết lưu lượng nước tại các vùng khác nhau tại Trung Quốc



Hình 2.7 (trái) và 2.8 (phải): Trước và sau khi xây dựng đầm thủy sinh Qingshgang

### 2.2.4 Chương trình ABC - Singapore

Cơ quan Quản lý Nguồn Nước Quốc gia Singapore (PUB) tiến hành chương trình nước Năng động, Thăm mỹ và Sạch sẽ (Chương trình ABC) từ năm 2006 để chuyển đổi quy trình quản lý nước mưa theo hướng bền vững thông qua việc xây dựng các công trình ABC và kết hợp các kênh thoát nước tự nhiên. Chương trình thúc đẩy việc điều tiết và xử lý nước thoát ra tại nguồn để tăng cường khả năng chống chịu lũ lụt và chất lượng nước thoát trước khi đổ vào hệ thống kênh rạch. Các công trình ABC có các chức năng xử lý, luân chuyển và điều tiết nước nhằm cải thiện năng lực quản lý nước mưa toàn diện.

Việc cho nước thoát ra sẽ thẩm thấu qua các thảm lọc sẽ giúp làm sạch và cải thiện chất lượng nước của hệ thống kênh rạch hạ nguồn, tạo nên các khu công viên giải trí đáng sống cho cộng đồng. Ngoài ra, tốc độ thoát nước ra hệ thống kênh rạch được giảm thiểu thông qua các biện pháp điều tiết tạm thời và thẩm thấu đất. Lượng nước mưa được giữ lại có thể dùng cho việc tưới tiêu, hoặc được xả ra từ từ vào các hệ thống thoát nước chung.

PUB công bố Chứng nhận Chương trình ABC vào ngày 1/7/2010 để công nhận nỗ lực của các đơn vị nhà nước và tư nhân trong việc tích hợp các ý tưởng của Chương trình ABC vào các dự án phát triển. Quy trình cấp chứng nhận sẽ được đánh giá thông qua bốn tiêu chí: Năng động, Thăm mỹ, Sạch sẽ và Sáng tạo. Vào tháng 8/2017, Chứng nhận Vàng được công bố dành cho các nỗ lực tích hợp xuất sắc.

Một trong các dự án nổi bật của chương trình ABC là khu liên hợp thể thao quốc gia Sports Hub: một khu liên hợp thể thao đa chức năng nằm cạnh hồ Kallang. Các công trình ABC được tích hợp bao gồm các đầm thủy sinh, kênh lọc nước sinh thái và kênh dẫn nước sinh thái, góp phần làm đẹp cảnh quan ven sông và cung cấp khả năng quản lý nước thoát bền vững.



Hình 2.12 (trái) và 2.13 (phải): Các công trình quản lý nước ABC tại khu liên hợp thể thao quốc gia Sport Hub (Singapore)



Hình 2.9: Khái niệm ABC về nước



Hình 2.10: Chứng nhận Vàng từ chương trình ABC

Bốc hơi	Điểm
Năng động	30
Thăm mỹ	30
Sạch sẽ	30
Sáng tạo	10
Tổng 100 Điểm	

Hình 2.11: Các tiêu chí chấm điểm để phân cấp chứng nhận từ chương trình ABC

## **3** QUY HOẠCH & THIẾT KẾ

3.1 Xác định Quy mô 3.2 Xem xét Quy hoạch

3.3 Quy trình Thiết kế

3.3.1 Quy trình Thiết kế Tổng thể

3.3.2 Thiết kế mặt cắt dọc theo dòng chảy

3.3.3 Quản lý lưu lượng

3.3.4 Kiểm soát chất lượng

3.3.5 Kiểm soát Xói mòn

3.3.6 Kiểm soát về Cảnh quan và Quy hoạch Đô thị

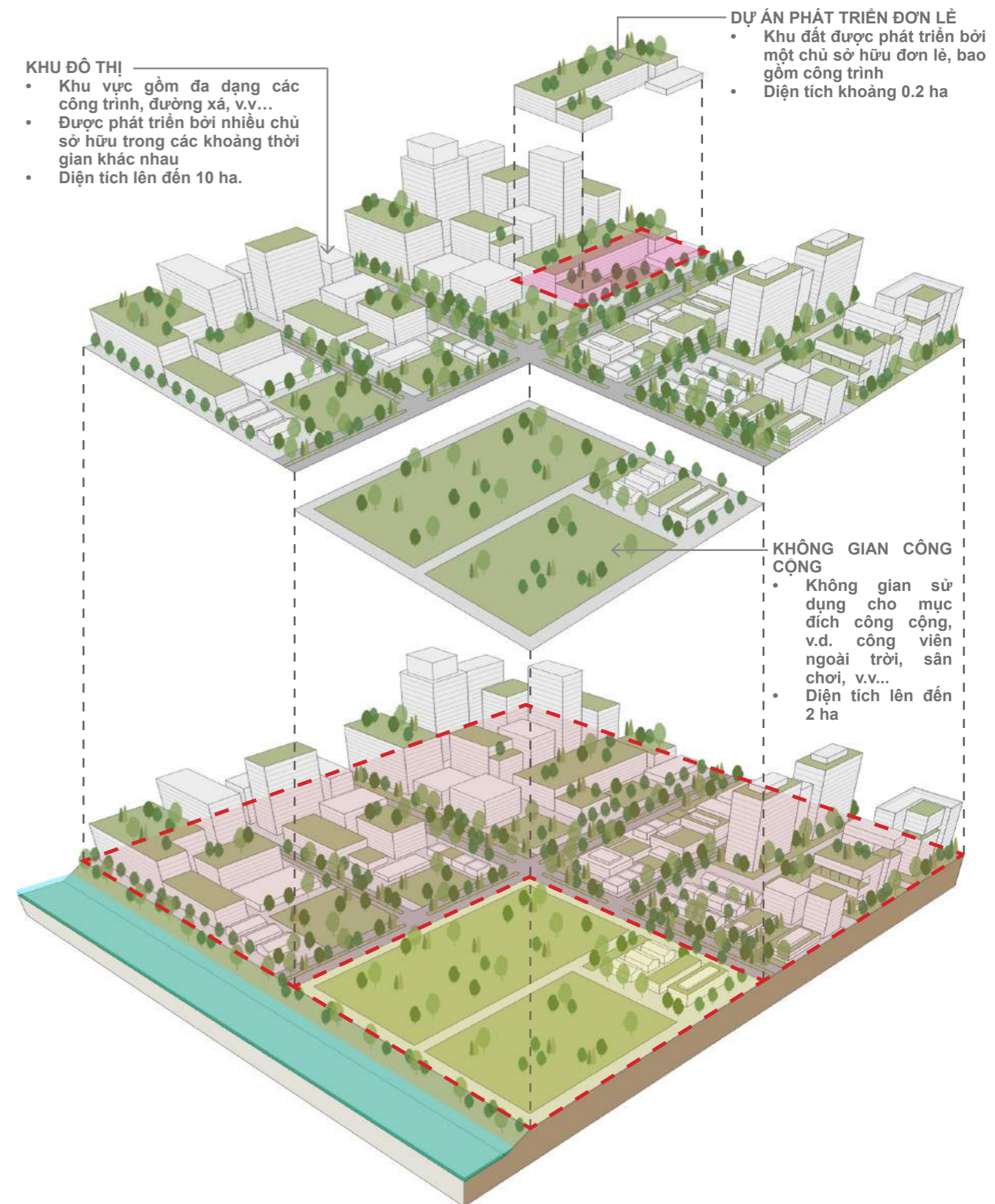
### 3.1 XÁC ĐỊNH QUY MÔ

Trong cẩm nang WAUD này, các dự án phát triển được phân cấp thành 3 loại quy mô: (a) các dự án phát triển vừa và nhỏ, (b) các không gian công cộng, và (c) các khu đô thị. Các quy mô này sẽ hữu dụng trong việc thiết kế và đánh giá, phân cấp công trình WAUD. Chương 4 sẽ đề cập các mô hình thiết kế ở các quy mô khác nhau và chương 6 (6.1) sẽ thảo luận về hệ thống phân cấp công trình WAUD dựa trên các quy mô khác nhau.

#### QUY MÔ VỪA VÀ NHỎ TRONG BỐI CẢNH ĐÔ THỊ

Thành phố HỒ CHÍ MINH sẽ được phát triển thành một trong những khu đô thị tiên tiến nhất trên nhiều mặt, bao gồm cả chất lượng sống của người dân. Một trong những nhiệm vụ hiện tại là tăng cường chỉ số khả năng chống chịu để giúp thành phố có thể thích ứng tốt hơn với biến đổi khí hậu trong những năm tới. Dựa trên bối cảnh đô thị địa phương tại TPHCM, các dự án phát triển nhỏ và các khu ở sẽ đóng một vai trò quan trọng trong việc thay đổi Thành phố HỒ CHÍ MINH. Vì vậy, cẩm nang này sẽ chú trọng vào ba quy mô nhỏ-vừa khác nhau.

Quy mô	Diện tích tối đa (ha)	Tiêu chí quy mô	Trường hợp áp dụng
Dự án phát triển vừa và nhỏ	0.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Công trình được xây mới hoặc cải tạo thuộc sở hữu của một cá nhân</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nhà ở được xây mới hoặc cải tạo</li> <li>Khu căn hộ được xây mới hoặc cải tạo</li> <li>Công trình thương mại được xây mới hoặc cải tạo</li> <li>Công trình đa chức năng được xây mới hoặc cải tạo</li> </ul>
Không gian công cộng	2.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Khu đất được phát triển hoặc cải tạo cho mục đích công cộng thuộc sở hữu của một cá nhân/ đơn vị</li> <li>Có thể được sở hữu bởi đơn vị nhà nước hoặc tư nhân</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Công viên ngoài trời</li> <li>Quảng trường công cộng</li> <li>Trung tâm thương mại/mua sắm hoặc khu dân cư được xây mới hoặc cải tạo.</li> </ul>
Khu đô thị	10.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Một khu vực/Quận được phát triển với nhiều khu đất thuộc sở hữu của nhiều hơn một chủ sở hữu</li> <li>Có thể được phát triển trong các khoảng thời gian khác nhau, bởi các chủ sở hữu khác nhau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Một khu vực/quận mới phát triển bao gồm công trình, đường xá, và các không gian công cộng.</li> </ul>
Quận, huyện	∞	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sẽ được quy định bởi các nhà quy hoạch đô thị tổng thể</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quy hoạch tổng thể quận, huyện</li> <li>Quy hoạch tổng thể thành phố</li> </ul>



Hình 3.1: Phối cảnh một đô thị điển hình, kết hợp giữa các không gian công cộng và dự án phát triển tư nhân.



## 3.2 XEM XÉT QUY HOẠCH

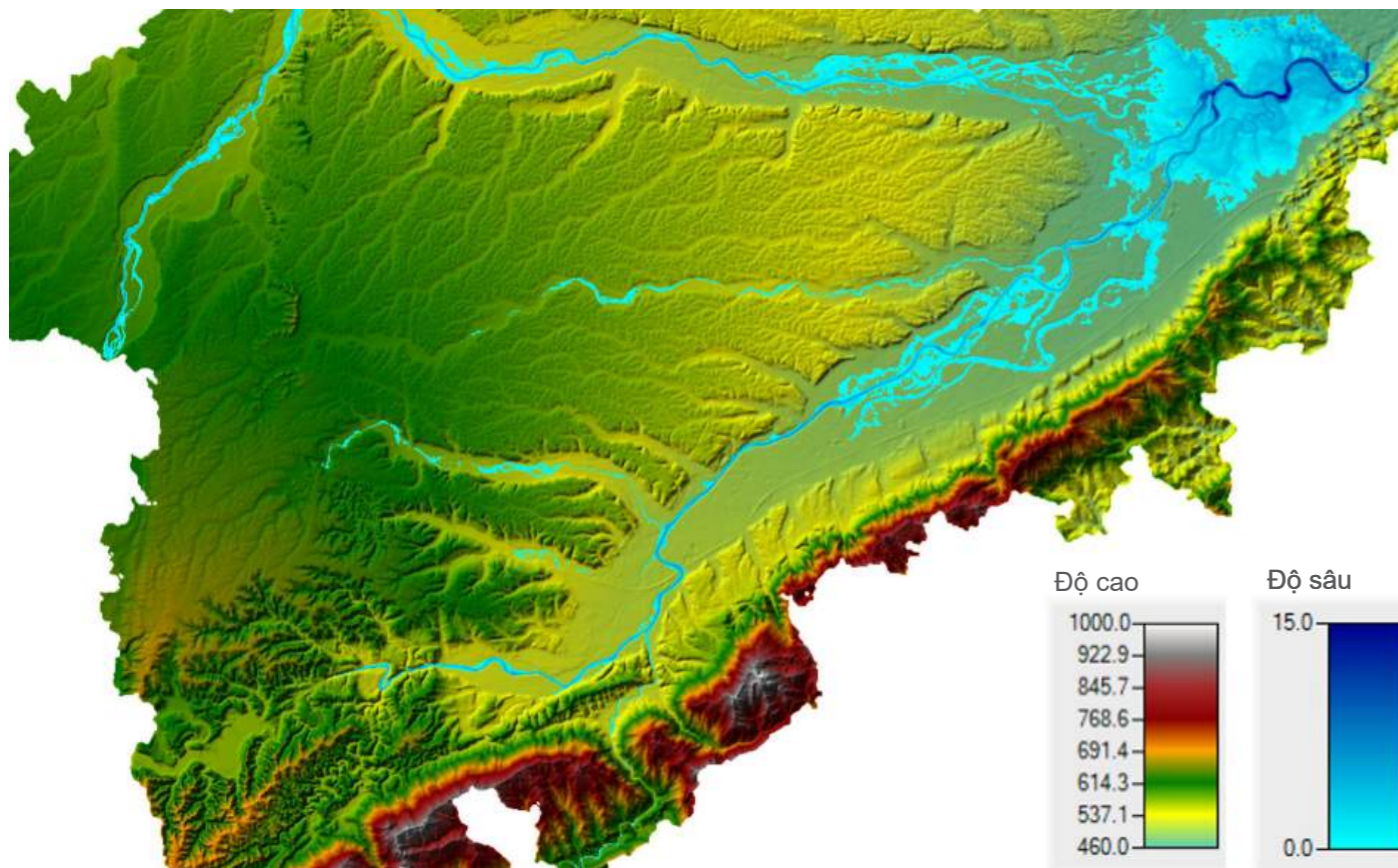
### Yếu tố cần Cân nhắc khi lập Quy hoạch không gian ứng dụng WAUD

Khi quy hoạch một khu vực để ứng dụng WAUD, cần bắt đầu bằng việc phân tích tổng thể không gian cần quy hoạch, trong đó chú trọng vào sự luân chuyển nước mưa tự nhiên và hệ thống thủy văn. Các thông tin về tình trạng tại và xung quanh khu vực quy hoạch như địa hình, sử dụng đất, hệ thống thủy văn, không gian/cơ sở hạ tầng và đa dạng sinh học là cực kỳ quan trọng cho quá trình phân tích.

#### ĐỊA HÌNH

Địa hình thể hiện sự nhấp nhô cao thấp của bề mặt đất, từ đó quyết định dòng chảy bề mặt và lưu vực thoát nước mưa. Các lưu vực này hình thành nên bộ khung then chốt cho việc ứng dụng WAUD. Các thông tin về địa hình thể hiện độ dốc của đất, và các khu vực có độ dốc cao chứa đựng nhiều rủi ro xói mòn và lở đất, vì vậy không thích hợp cho các giải pháp thấm thấu nước mưa.

Địa hình đáy là dạng địa hình dưới nước, thể hiện hình thái đáy biển, đáy sông và địa hình dưới nước thông qua các đường cong ở các cao độ khác nhau (contours) của bản đồ. Độ sâu là nền tảng của thủy lực của các dòng sông, bờ biển, ao hồ, và nó quyết định sự chuyển động của nước. Vì vậy, cao độ đáy rất quan trọng với các khu vực bao gồm vùng nước như sông, kênh rạch và ao hồ. Đánh giá mức độ thủy lực thường rất cần thiết để bổ sung cho thiết kế tổng thể.

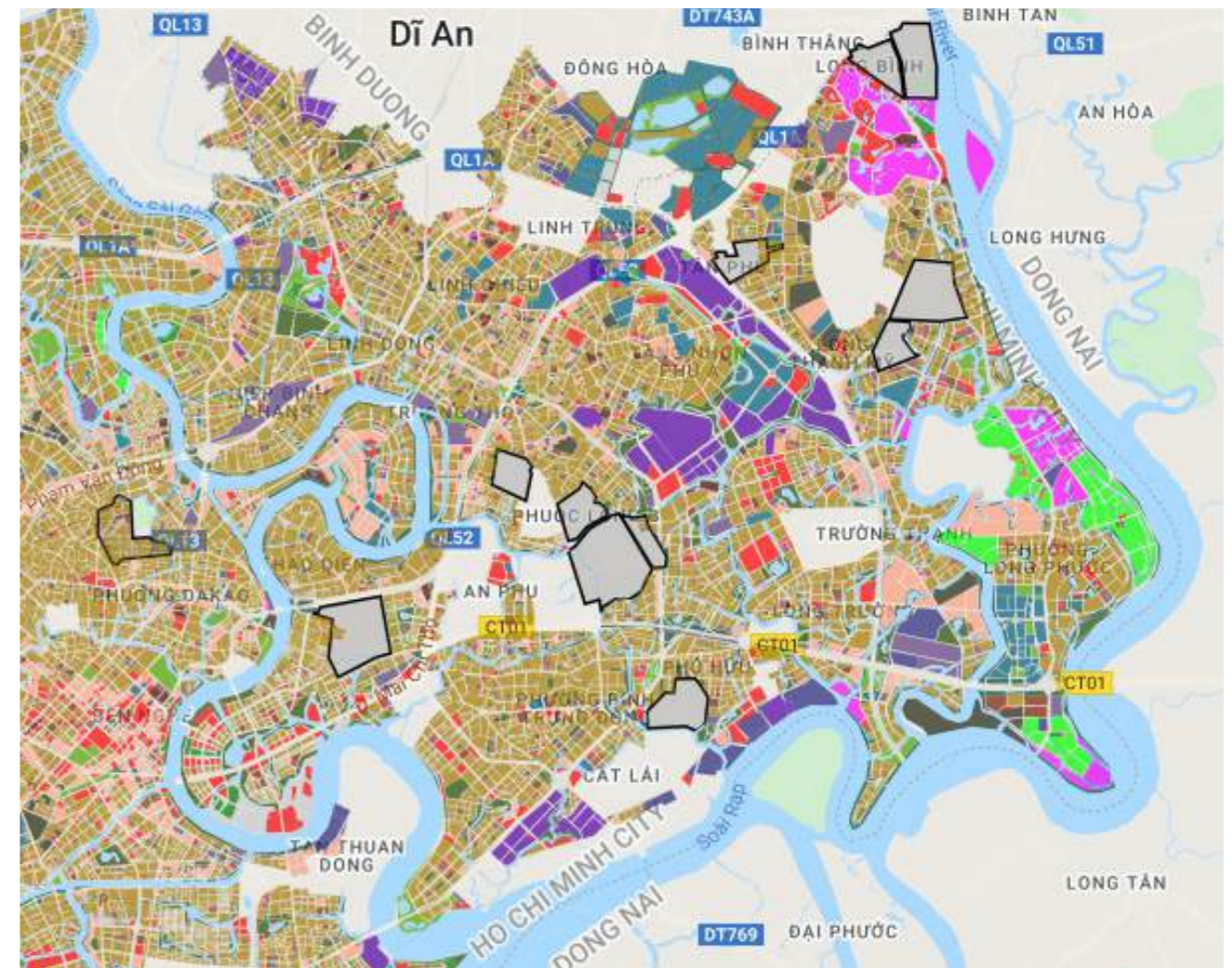


Hình 3.2: Bản đồ địa hình một khu vực tại tỉnh Tứ Xuyên, Trung Quốc

#### SỬ DỤNG ĐẤT

Bản đồ quy hoạch sử dụng đất thể hiện mục đích sử dụng đất bao gồm dân cư, thương mại, công cộng, không gian xanh, giao thông vận tải, v.v... Các mục đích sử dụng đất khác nhau dẫn đến tác động khác nhau đến lượng nước mưa thoát ra của khu vực, cũng như mức độ thấm thấu và tốc độ thoát nước bề mặt. Các chỉ số về mức độ thấm thấu và tốc độ thoát nước bề mặt ảnh hưởng đến các thiết kế WAUD trên nhiều khía cạnh, bao gồm xử lý, điều tiết, thu thập và luân chuyển nước mưa.

Việc quy hoạch mục đích sử dụng đất trong dài hạn cần cân nhắc nhiều khía cạnh kinh tế, xã hội và môi trường. Thông qua việc tìm hiểu quy hoạch mục đích sử dụng đất, các cơ sở hạ tầng và cảnh quan thích hợp chứa đựng các yếu tố WAUD có thể được lựa chọn để đưa vào ứng dụng.



- |   |   |   |
|---|---|---|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #8B4513; border-radius: 50%;"></span> Khu dân cư             | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #008000; border-radius: 50%;"></span> Cây xanh chuyên đề | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FF0000; border-radius: 50%;"></span> Đơn vị ở sử dụng công cộng |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FF8C00; border-radius: 50%;"></span> Sử dụng hỗn hợp        | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #006400; border-radius: 50%;"></span> Cây xanh đơn vị ở  | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FF6347; border-radius: 50%;"></span> Sử dụng công cộng đô thị   |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #483D8B; border-radius: 50%;"></span> Cơ sở hạ tầng kỹ thuật | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #32CD32; border-radius: 50%;"></span> Cây xanh đô thị    | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #4169E1; border-radius: 50%;"></span> Công nghiệp                |

Hình 3.3: Bản đồ mục đích sử dụng đất tại Thành phố Thủ Đức

## 3.2 XEM XÉT QUY HOẠCH

### Yếu tố cần Cân nhắc khi lập Quy hoạch không gian ứng dụng WAUD

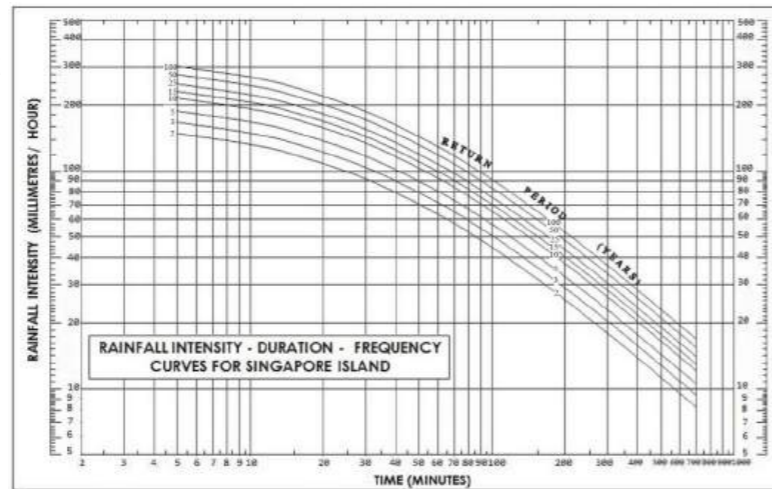
#### THỦY VĂN

Các thông tin thủy văn thể hiện sự luân chuyển nước ra vào khu vực quy hoạch. Chúng rất quan trọng trong việc tìm hiểu các đặc điểm mưa và hệ thống thoát nước tự nhiên để phục vụ công tác ứng dụng các công trình WAUD. Các yếu tố thủy văn quyết định đến thiết kế các công trình WAUD bao gồm:

1. Cường độ mưa
2. Biến động mực nước (do thủy triều và mưa bão)
3. Hệ thống thoát nước tự nhiên

#### 1. Cường độ mưa

Biểu đồ và công thức tính chỉ số cường độ- thời gian dòng chảy-chu kỳ mưa (IDF), thiết lập từ các dữ liệu về lượng mưa trong lịch sử, có thể được dùng để tính cường độ mưa khi có một dữ liệu thời gian dòng chảy mưa bất kỳ. Trong bối cảnh Việt Nam, cường độ mưa của một thành phố cụ thể có thể được tính toán nhờ công thức đề cập trong TCVN 7957:2008, được thể hiện kể bên. Tốc độ dòng chảy, chỉ số quyết định quy mô của các công trình WAUD và hệ thống thoát nước, có thể được tính toán từ chỉ số cường độ mưa. Thông thường, các công trình WAUD được thiết kế để lọc thẩm thấu nước mưa từ các cơn mưa vừa và nhỏ (3 tháng 1 lần). Các hệ thống tràn, cấu trúc luân chuyển nước và hệ thống điều tiết sẽ được thiết kế để đối phó với các cơn bão lớn hơn (10 năm có 1 lần).



Hình 3.4: Biểu đồ thể hiện chỉ số IDF tại Singapore  
IDF = Intensity – Duration – Frequency  
= Cường độ mưa – Thời gian mưa – Tần suất mưa

$$q = \frac{A (1 + C \lg P)}{(t + b)^n}$$

Trong đó:

q - Cường độ mưa (l/s.ha);

t - Thời gian dòng chảy mưa (phút);

P - Chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán (năm);

A, C, b, n - Tham số xác định theo điều kiện mưa của địa phương, có thể chọn theo Phụ lục B; đối với vùng không có thì tham khảo vùng lân cận.

Số liệu mưa cần có chuỗi thời gian quan trắc từ 20 đến 25 năm bằng máy đo mưa tự ghi, thời gian mưa tối đa là 150 - 180 phút.

Chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán P đối với khu vực đô thị phụ thuộc vào qui mô và tính chất công trình, xác định theo Bảng 3.

Hình 3.5: Công thức tính chỉ số IDF tại Việt Nam

#### 2. Biến động mực nước

Bên cạnh đó, biến động mực nước do thủy triều và mưa bão cũng có thể ảnh hưởng đến thiết kế của các công trình WSUD.

Trong các đợt mưa bão nghiêm trọng hay triều cường, mực nước của hệ thống sông ngòi, kênh rạch có thể tăng lên đáng kể. Do đó, thiết kế của các công trình WSUD nên tính đến mực nước cao nhất của các hệ thống sông ngòi, kênh rạch để việc vận hành các công trình này không bị ảnh hưởng bởi biến động mực nước.

#### 3. Hệ thống thoát nước tự nhiên

Hiện trạng của hệ thống thoát nước tự nhiên cần được nghiên cứu nhằm tìm hiểu phương pháp thoát nước ra khỏi khu vực quy hoạch. Các công trình WAUD nên được thiết kế dựa trên các hệ thống thoát nước tự nhiên để nước thoát sau khi được xử lý có thể thoát ra hệ thống sông ngòi, kênh rạch mà không cần sự hỗ trợ của các thiết bị bơm nước.

#### KHÔNG GIAN/CƠ SỞ HẠ TẦNG

Các cơ sở hạ tầng giao thông thường bao gồm các quảng trường, lối đi bộ, làn đường xe đạp và lòng đường với cây xanh và hệ thống thoát nước hai bên đường được bố trí song song với các cơ sở hạ tầng khác. Quá trình quy hoạch cần cân nhắc các phương pháp tích hợp các công trình WAUD vào các hạ tầng giao thông, và các phương pháp tăng cường trải nghiệm và an toàn của người đi bộ.

Các không gian xanh, ví dụ như các khu vui chơi ngoài trời, khu giải trí dưới nước, sân thể thao và các bãi cỏ công cộng cũng có thể là các cơ hội để tích hợp các tính năng WAUD.

Các công trình WAUD, như thảm lọc sinh thái (với bãi cỏ) và thảm lọc sinh thái tuần hoàn, khi kết hợp với các công trình vui chơi giải trí sông nước không chỉ cải thiện cảnh quan đô thị mà còn giúp tối đa hóa việc sử dụng quỹ đất của thành phố.



Hình 3.6 (trên) và 3.7 (dưới): Các không gian xanh tích hợp các công trình WAUD

#### ĐA DẠNG SINH HỌC

Việc thiết kế và lựa chọn các công trình WAUD cần đặc biệt lưu ý đến đa dạng sinh học. Tính ứng dụng của các công trình này là rất cần thiết cho việc tạo ra môi trường sống đô thị bền vững và hấp dẫn cũng như môi trường sinh trưởng quan trọng cho các loài động vật hoang dã.

Nhằm tăng cường mức độ đa dạng sinh học trong không gian quy hoạch, các giải pháp tiếp cận sau có thể được áp dụng: kết hợp các loài thực vật bản địa trong các công trình thoát nước tự nhiên, cung cấp thêm các không gian xanh trong đô thị hoặc trên các công trình kiến trúc, thiết kế không gian để con người tương tác với hệ thống kênh rạch và cây xanh tự nhiên.



Hình 3.8: Đa dạng sinh học tại các công viên đô thị tại Singapore

### 3.3 QUY TRÌNH THIẾT KẾ

#### 3.3.1 Quy trình thiết kế tổng thể

Quy trình thiết kế tổng thể bao gồm 5 giai đoạn chính: Phân tích, Lên ý tưởng, Thiết kế, Đánh giá và Triển khai.

**Phân tích:** Bước đầu tiên của quá trình quy hoạch & thiết kế là nghiên cứu khía cạnh thủy văn và cảnh quan của không gian quy hoạch. Các thông tin cơ bản về thủy văn, địa hình, sử dụng đất rất cần thiết cho việc phân tích hệ thống thủy văn. Phân tích thủy văn sẽ giúp hiểu rõ hơn về cách nước di chuyển và thoát đi trong khu vực, là nền tảng cho việc thiết kế hệ thống quản lý nước mưa. Các thông tin về không gian/cơ sở hạ tầng và đa dạng sinh học tạo điều kiện cho việc phân tích cảnh quan, từ đó hình thành nên các ý tưởng thiết kế.

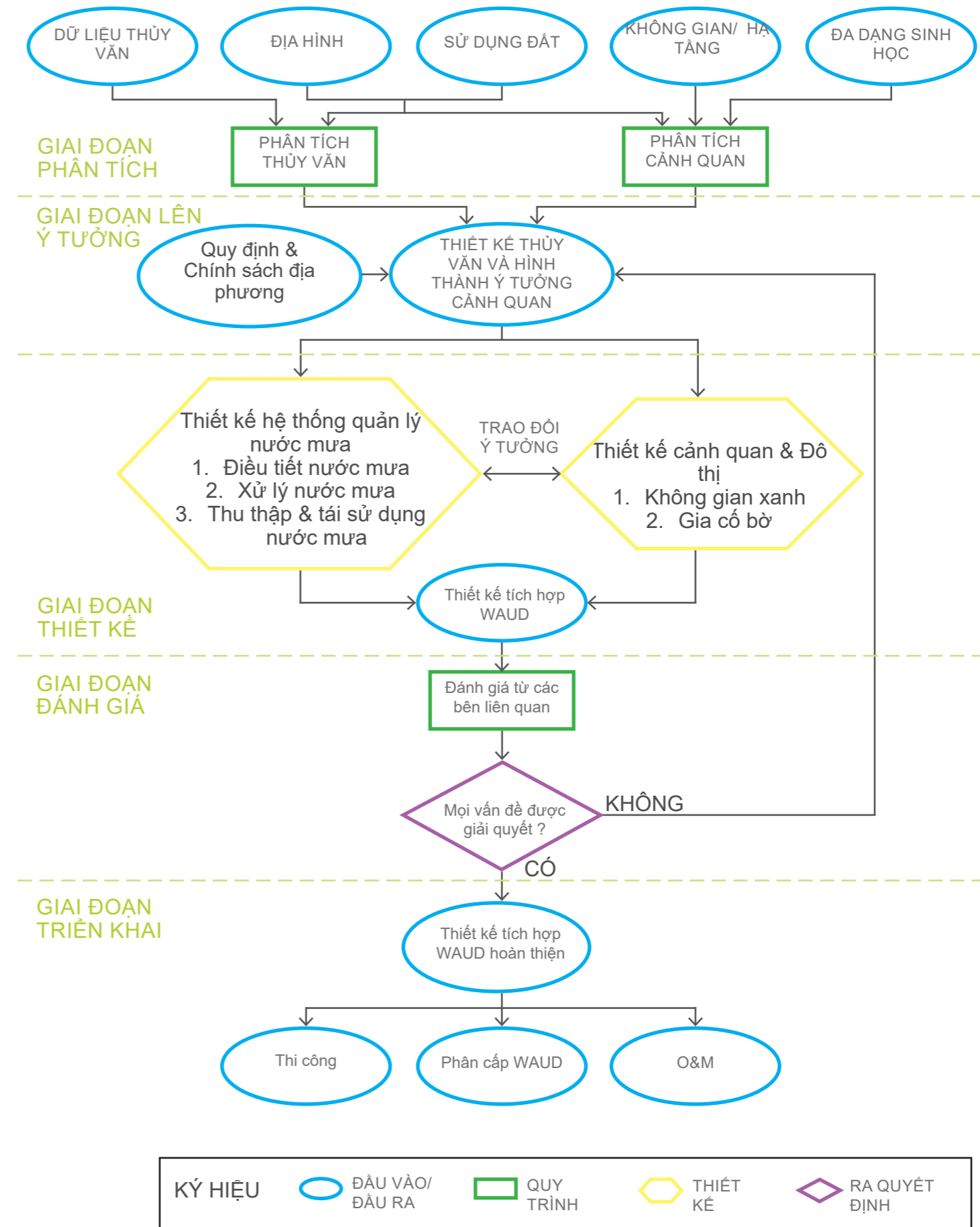
**Ý tưởng:** Sau khi phân tích thủy văn và cảnh quan, một buổi thảo luận cần được tổ chức để thống nhất ý tưởng sơ bộ về thiết kế thủy văn và cảnh quan. Những ý tưởng trong giai đoạn này chưa nhất thiết phải mang tính khả thi về khả năng xây dựng và tài chính, và sẽ còn nhiều quá trình lặp đi lặp lại để đánh giá ý tưởng và hình thành nên bản thiết kế chi tiết.

**Thiết kế:** Tiếp theo, việc thiết kế hệ thống quản lý nước mưa được thực hiện dựa trên các ý tưởng thiết kế thủy văn. Quá trình thiết kế nên hệ thống này bao gồm 3 yếu tố: điều tiết, xử lý, và thu gom và tái sử dụng nước mưa. Thông tin và thiết kế chi tiết của 3 yếu tố này được trình bày ở chương 3 và 4. Các thiết kế hệ thống luân chuyển nước mưa cần cân nhắc cả 3 yếu tố trên để phòng tránh ngập lụt. Bên cạnh đó, một thiết kế tổng thể hệ thống thoát nước cần được hoàn thiện để luân chuyển lượng nước thoát sau mưa. Tuy nhiên, việc thiết kế chi tiết hệ thống thoát nước thuộc về lĩnh vực kỹ thuật công trình dân dụng và sẽ không được đề cập trong cẩm nang này. Trong khi đó, thiết kế cảnh quan và đô thị có thể được thực hiện thông qua các ý tưởng thiết kế cảnh quan, và bao gồm việc cung cấp các không gian xanh và kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên. Các thông tin và thiết kế chi tiết của quá trình thiết kế cảnh quan có thể được tìm thấy trong chương 3 và 4. Thiết kế hệ thống quản lý nước mưa, và thiết kế cảnh quan & đô thị cần được tích hợp thành một bản thiết kế WUSD toàn diện, và các đơn vị thiết kế như không gian xanh đa chức năng, hồ trữ nước mưa và kênh lọc nước sinh thái là những ví dụ điển hình của việc tích hợp này. Quá trình thiết kế tích hợp WAUD đòi hỏi sự hợp tác chặt chẽ giữa các kỹ sư thiết kế hệ thống quản lý nước mưa và các kiến trúc sư quy hoạch cảnh quan & đô thị.

**Đánh giá:** Khi bản thiết kế tích hợp WAUD được hoàn thiện, nó cần được xem xét và đánh giá bởi nhiều bên liên quan bao gồm các nhà phát triển dự án, các cơ quan nhà nước có thẩm quyền và người dân địa phương. Các góp ý của các bên liên quan nên được ghi nhận để đánh giá thiết kế. Thông thường, những đánh giá và góp ý có thể tập trung vào kinh phí, khả năng xây dựng, các quy chuẩn về kỹ thuật, những đòi hỏi của người dân địa phương, và hơn thế nữa. Nếu thiết kế không được như kỳ vọng hoặc không giải quyết được các vấn đề, bộ phận thiết kế cần quay lại quá trình thảo luận và điều chỉnh các ý tưởng thiết kế để bản thiết kế mới sẽ đáp ứng được các mục tiêu đặt ra. Một khi các yêu cầu đã được đáp ứng và các vấn đề liên quan đã được giải quyết, quy trình thiết kế sẽ tiến vào giai đoạn cuối cùng.

**Triển khai:** Trong giai đoạn triển khai, một bản thiết kế kênh rạch – cây xanh WAUD hoàn thiện cần được thiết lập dựa trên các thiết kế ban đầu. Bản thiết kế hoàn thiện này sẽ được sử dụng trong thi công, bảo dưỡng và vận hành với các nhà thầu cụ thể. Việc tính điểm xếp hạng và phân cấp WAUD có thể được thực hiện dựa trên các tiêu chuẩn đã thống nhất.

Dự án sau đó có thể được xem xét và tặng thưởng chứng nhận WAUD dựa trên hệ thống phân cấp đánh giá WAUD được đề cập ở Chương 6. Tổng điểm WAUD dùng để xem xét cấp chứng nhận sẽ được tính toán dựa trên một bộ tiêu chí đầy đủ.



Hình 3.9: Quy trình thiết kế tổng thể

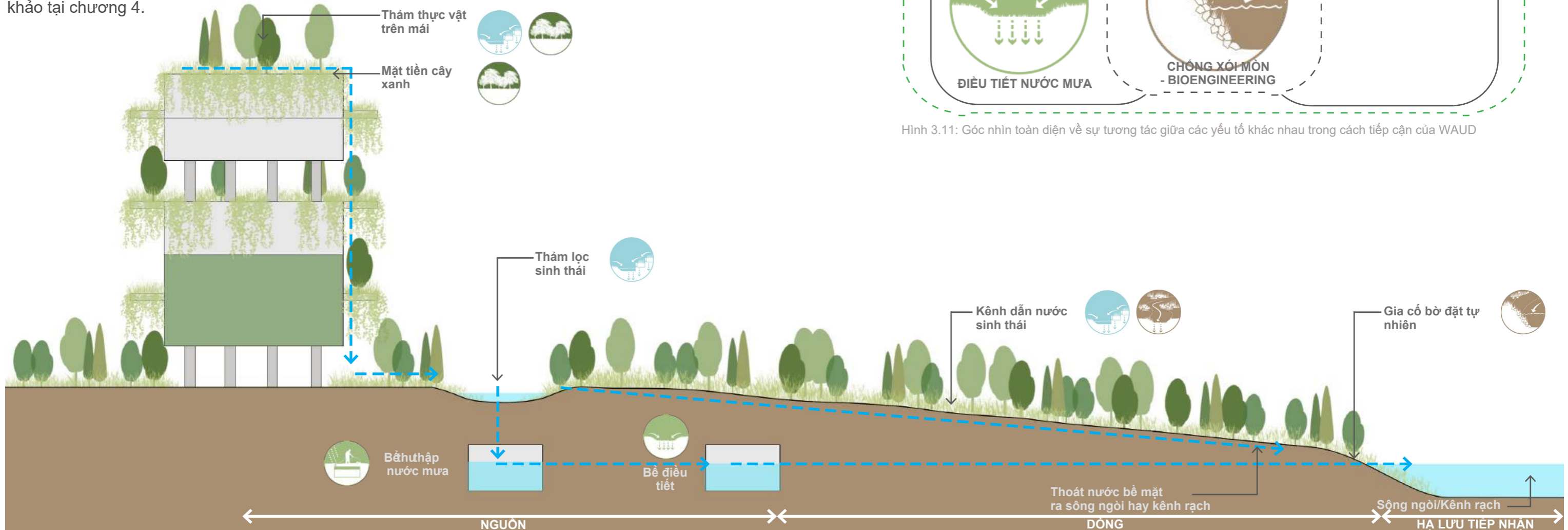
### 3.3 QUY TRÌNH THIẾT KẾ

#### 3.3.2 Thiết kế mặt cắt dọc theo dòng chảy

Một mặt cắt điển hình của không gian thiết kế sẽ thể hiện các khu vực khác nhau nơi nước sẽ chảy qua, sẽ giúp xác định những địa điểm tiềm năng để tích hợp các tính năng của WAUD. Việc quản lý hiệu quả lưu lượng nước mưa từ đô thị sẽ tạo ra một nguồn nước bền vững đồng thời giảm thiểu rủi ro lũ lụt.

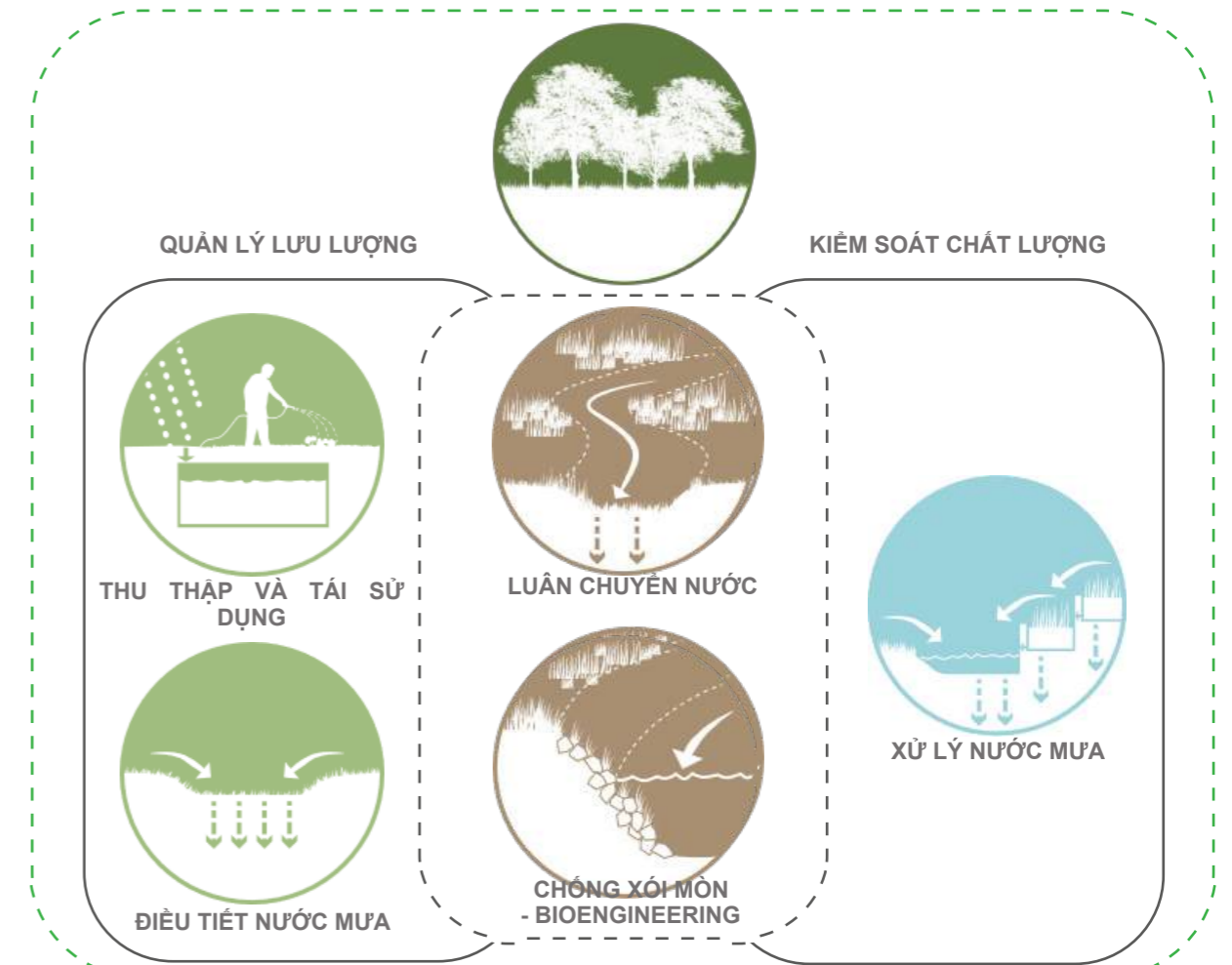
Có nhiều cách trong việc sắp xếp các công trình WAUD khác nhau, tuy nhiên, một cách tiếp cận thông thường sẽ được trình bày ở dưới. Mặc dù không phải tất cả các công trình WAUD đều bắt buộc phải triển khai trong một dự án, việc tìm hiểu tính năng, lợi ích, và hạn chế của từng công trình là rất quan trọng trong việc lựa chọn công trình phù hợp.

Dòng chảy của nước thoát sẽ được làm chậm và thu thập tại nguồn với các công trình WAUD và hệ thống điều tiết. Nước mưa sau đó sẽ có thể được xử lý tại chỗ thông qua các công trình WAUD được tích hợp vào dự án. Từ đây, nước thoát sẽ chảy theo một hệ thống luân chuyển nước được thiết kế với đầy đủ công suất đáp ứng. Việc thu thập nước mưa được khuyến nghị sau khi nước mưa đã được xử lý, và nước mưa thu thập được sẽ có thể được tái sử dụng cho nhiều mục đích như tưới cây hay xả thải nhà vệ sinh, v.v.... Một khi bể thu thập nước mưa đã đầy, một công trình điều tiết nước mưa nên được xây dựng nhằm đảm bảo lưu lượng nước thoát ra cao nhất được kiểm soát trong phạm vi các thông số kỹ thuật được trình bày trong cẩm nang này. Các kỹ thuật gia cố bờ nhân tạo và các yếu tố cảnh quan có thể được lắp đặt tại nhiều địa điểm khác nhau ở hạ lưu tiếp nhận (khu vực giáp sông ngòi, kênh rạch, v.v...) để cải thiện không gian xanh, cũng như cải thiện nền đất & kiểm soát xói mòn. Thông tin chi tiết về việc thiết kế các công trình này có thể được tham khảo tại chương 4.



Hình 3.10: Các công trình thuộc Chương trình ABC được tích hợp vào tòa nhà để giảm tốc độ thoát nước.

#### CÁC YẾU TỐ CẢNH QUAN



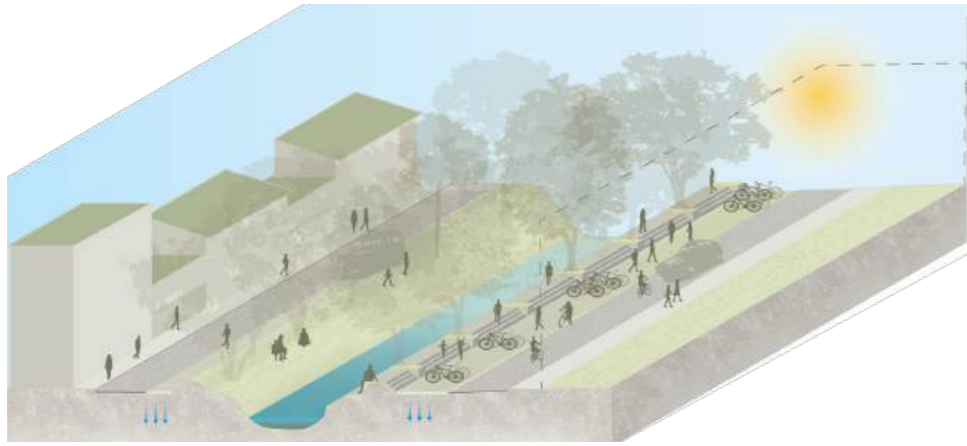
Hình 3.11: Góc nhìn toàn diện về sự tương tác giữa các yếu tố khác nhau trong cách tiếp cận của WAUD

## 3.3 QUY TRÌNH THIẾT KẾ

### 3.3.3 Quản lý lưu lượng

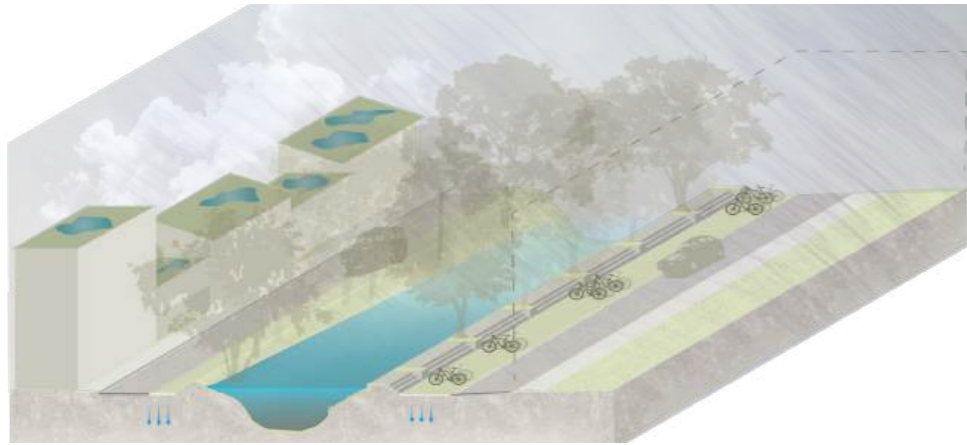
#### ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA

Trong một khu vực được đô thị hóa mạnh mẽ của Việt Nam như thành phố HỒ CHÍ MINH, các dự án phát triển thường bao gồm một diện tích lớn các bề mặt không thấm nước như đường nhựa, mái nhà, bãi đậu xe và quảng trường. Trong các trận bão lớn, các bề mặt này sẽ để cho một lượng nước lớn thoát vào hệ thống thoát nước thay vì thấm xuống mặt đất. Song song với việc đô thị hóa thành phố, sự gia tăng của lượng nước thoát ra sẽ gây áp lực lên hệ thống thoát nước. Ngập lụt xảy ra khi lượng nước thoát ra dần vượt quá công suất thiết kế của hệ thống thoát nước trong các trận mưa bão.



Hình 3.12: Công trình điều tiết nước mưa khi không có mưa

Trong các ngày không mưa, hai bờ sông sẽ trở thành không gian cộng đồng giúp mọi người gần gũi hơn với thiên nhiên và sông nước.



Hình 3.13: Công trình điều tiết nước mưa trong các trận mưa bão

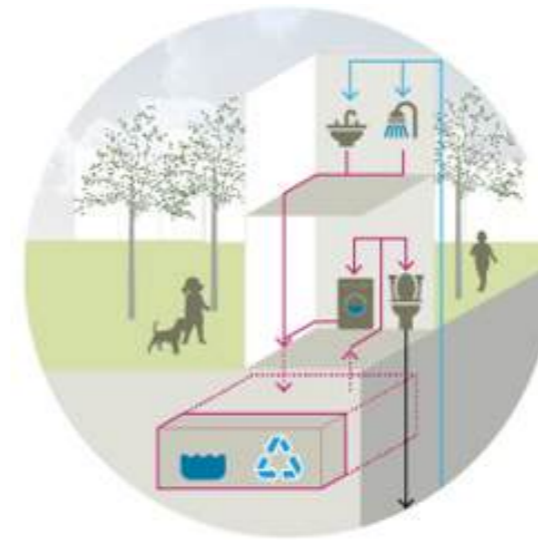
Khi mưa bão xảy ra, các hồ hay bể điều tiết nước mưa sẽ trữ nước tạm thời tại chỗ và từ từ thoát nước ra hệ thống cống rãnh. Lưu lượng nước thoát tối đa vì thế sẽ được giảm thiểu tại các kênh rạch và sông ngòi, bảo vệ khu vực này khỏi lũ lụt.

#### THU GOM VÀ TÁI SỬ DỤNG

Việc thu gom nước mưa từ các bề mặt không thấm nước và lưu trữ nước để tái sử dụng là một kỹ thuật đã được sử dụng qua hàng thiên niên kỷ. Việc thu gom nước mưa có tiềm năng quan trọng trong việc tạo ra các lợi ích kinh tế và môi trường thông qua việc giảm lưu lượng nước mưa và bảo tồn nước sạch. Các lợi ích của thu gom nước mưa bao gồm:



- Cung cấp nguồn nước giá rẻ cho việc tưới tiêu & các mục đích không tiêu thụ khác
- Giảm thiểu lượng nước mưa thoát ra và ô nhiễm đi kèm
- Giảm thiểu rủi ro xói mòn trong môi trường đô thị
- Giảm bớt lượng năng lượng cần thiết để xử lý và phân phối nước sạch
- Tạo điều kiện cho các sáng kiến văn hóa và giáo dục để giảm thiểu nhu cầu tiêu thụ nước sạch



Giảm nhu cầu sử dụng nước



Nâng cao nhận thức người dân

Hình 3.14 (trái) và 3.15 (phải): Các lợi ích của việc tái sử dụng nước

Bên cạnh các tác động của việc sử dụng nước đến các nguồn tài nguyên hiện hữu, quá trình thu gom, xử lý và phân phối nước sạch còn có một số hậu quả nhất định về năng lượng và biến đổi khí hậu. Mối liên hệ giữa nước sạch và năng lượng thường bị bỏ qua nhưng thực tế cho thấy quá trình khai thác nước từ sông suối hay nguồn nước ngầm, vận chuyển nước đến các cơ sở xử lý nước, xử lý nước đến khi đạt tiêu chuẩn an toàn để tiêu thụ, và phân phối đến người tiêu dùng tiêu tốn nhiều năng lượng chủ yếu do chi phí bơm và xử lý nước. Hạn chế nhu cầu sử dụng năng lượng là rất quan trọng, nhưng ảnh hưởng của việc giảm thiểu nhu cầu năng lượng đối với lượng khí thải carbon là cực kỳ to lớn. Các dự đoán sơ bộ cho rằng việc giảm thiểu nhu cầu tiêu thụ nước sạch (thông qua việc thu gom và tái sử dụng nước mưa) xuống 1 triệu gallon có thể giảm đến 1 đến 1.5 tấn khí thải carbon tạo ra từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch để hình thành năng lượng.

### 3.3 QUY TRÌNH THIẾT KẾ

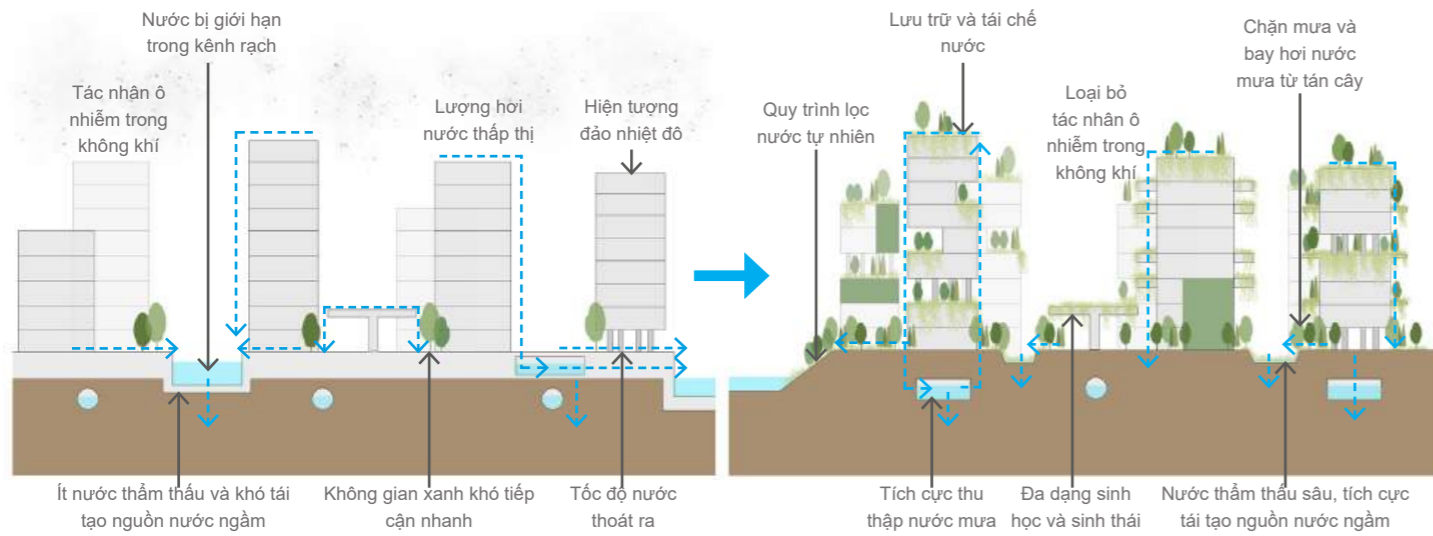
#### 3.3.4 Kiểm soát chất lượng

#### KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG: ĐIỀU TIẾT VÀ LUÂN CHUYỂN

Quá trình đô thị hóa đã tạo ra một lượng lớn bề mặt không thấm nước, làm giảm khả năng thấm thấu nước và làm gia tăng lượng nước thoát ra trên bề mặt. Nhìn chung, nước mưa tương đối sạch. Tuy vậy, khi nước tiếp xúc với mặt đất, nước mưa sẽ hấp thụ các tác nhân gây ô nhiễm có nguồn gốc từ nhiều nguồn khác nhau quá trình phát triển đô thị, bao gồm trầm tích, dưỡng chất, và các tạp chất khác. Trong một hệ thống thoát nước mưa thông thường, nước thoát ra sẽ được luân chuyển qua một hệ thống cống rãnh và kênh đào và đổ thẳng vào các hồ chứa để lưu trữ mà không qua xử lý.



Thông qua các công trình WAUD, các dưỡng chất và chất ô nhiễm sẽ được loại bỏ và nước thoát ra sẽ được xử lý trước khi chảy vào sông ngòi, kênh rạch và hồ chứa, bảo vệ được chất lượng nước trong hệ thống sông ngòi, kênh rạch và hồ, đầm.



Hình 3.16: So sánh phương pháp quản lý nước thông thường và WAUD

Các công trình WAUD là các hệ thống tự nhiên từ thực vật và đất. Mỗi công trình cung cấp một cấp độ xử lý nước khác nhau thông qua các quy trình xử lý nước khác biệt và sở hữu các chức năng quản lý nước mưa khác nhau:

- Các quy trình xử lý nước mưa:
  - Giải pháp lắng: Loại bỏ các hạt tạp chất khỏi dòng chảy của nước
  - Giải pháp lọc: Loại bỏ tạp chất khỏi nước thông qua một lớp trung gian (màng lọc)
  - Hấp thụ sinh học: Phát triển các thảm thực vật nhờ hấp thụ dinh dưỡng từ đất và nước
- Chức năng của việc quản lý nước:
  - Luân chuyển: Kiểm soát và vận chuyển lưu lượng nước mưa đến nơi tiếp nhận cuối cùng
  - Thấm thấu: Cho phép nước thấm thấu qua đất và tái tạo nguồn nước ngầm.
  - Điều tiết: Cắt giảm lưu lượng nước mưa và hạ đỉnh lũ.
  - Kiểm soát: Kiểm soát chặt chẽ lượng nước tồn đọng.

Công cụ xử lý nước mưa		Đảm thuy sinh nhân tạo	Thâm lọc sinh thái tuần hoàn	Kênh lọc nước sinh thái	Kênh dẫn nước sinh thái	Thâm lọc sinh thái	Xử lý nước mưa	Quản lý nước thoát
		Giải pháp lắng Hấp thụ sinh học	Giải pháp lọc Hấp thụ sinh học	Giải pháp lắng Giải pháp lọc Hấp thụ sinh học	Giải pháp lắng	Giải pháp lắng Giải pháp lọc Hấp thụ sinh học	Giải pháp lắng Giải pháp lọc Hấp thụ sinh học	Điều tiết Kiểm soát
		Điều tiết Thẩm thấu	Điều tiết Thẩm thấu	Điều tiết Thẩm thấu Luân chuyển	Điều tiết Luân chuyển	Điều tiết Thẩm thấu	Điều tiết Thẩm thấu	Điều tiết Thẩm thấu

Bảng 3.B: Chức năng xử lý và quản lý nước mưa của một số công cụ WAUD

### 3.3 QUY TRÌNH THIẾT KẾ

#### 3.3.4 Kiểm soát chuất lượng

#### CÁC MỤC TIÊU XỬ LÝ NƯỚC MƯA

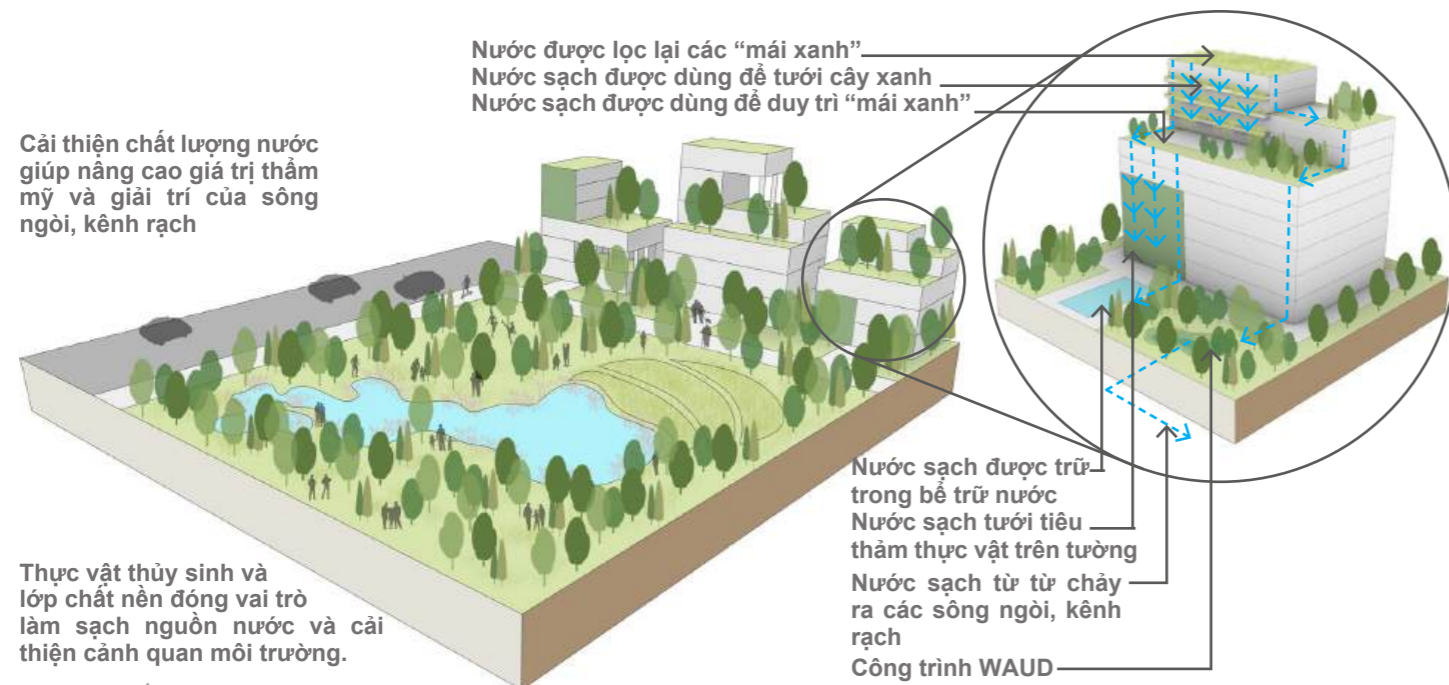
Việc triển khai các công trình WAUD với mục tiêu xử lý theo % cụ thể với các quy mô phát triển khác nhau giúp đạt được quy trình quản lý nước toàn diện và bền vững. Tỷ lệ nước thoát ra được xử lý (%) là một trong những yêu cầu quan trọng nhất để bảo đảm rằng một tỷ lệ nước thoát ra nhất định sẽ được xử lý, từ đó cải thiện chất lượng nước thoát ra trong lưu vực.

Dựa trên các quy mô và đặc điểm khác nhau của các dự án phát triển, một mục tiêu về tỷ lệ nước được xử lý tối thiểu (%) đã được đặt ra nhằm đảm bảo độ hiệu quả của công trình. Với các dự án thuộc quy mô các dự án phát triển/cải tạo vừa và nhỏ, tỷ lệ nước được xử lý tối thiểu được đặt ra là 10%, đồng nghĩa với việc 10% lượng nước thoát ra phải được xử lý thông qua các công trình WAUD trước khi được xả ra hệ thống sông ngòi, kênh rạch. Kiểu dự án này thường có tiềm năng trong việc tích hợp các ý tưởng WAUD vì các không gian được quy định dành riêng cho WAUD đã được chuẩn bị trong giai đoạn khởi đầu dự án, vì vậy mục tiêu về tỷ lệ nước được xử lý tối thiểu sẽ cao hơn.

Các dự án thuộc quy mô “không gian công cộng” thường bao gồm các hạ tầng công cộng và đường xá vốn có lượng nước thoát ra hạn chế, từ đó ảnh hưởng đến tỷ lệ thoát nước tối thiểu. Do đó, mục tiêu tỷ lệ thoát nước tối thiểu dành cho các không gian công cộng sẽ là 5%, thấp hơn so với các dự án phát triển/cải tạo vừa và nhỏ.

Quy mô dự án	Lượng nước mưa thoát ra được xử lý
Dự án phát triển/cải tạo vừa và nhỏ	Tối thiểu 10%
Không gian công cộng	Tối thiểu 5%

Bảng 3.C: Mục tiêu xử lý nước mưa thoát ra (%)



Hình 3.17: Ứng dụng công trình WAUD trên các quy mô dự án khác nhau

#### HIỆU SUẤT XỬ LÝ NƯỚC CÔNG TRÌNH

Các công trình WAUD xử lý nước mưa để bảo vệ nguồn nước đô thị khỏi các tác nhân ô nhiễm. Các chỉ số thể hiện các tác nhân này bao gồm tổng lượng chất rắn lơ lửng (TSS), tổng lượng nitơ (TN) và tổng lượng phot pho (TP). Chỉ số TSS đề cập đến tất cả các hạt chất rắn hữu cơ và vô cơ lơ lửng trong nước. Các giải pháp xử lý nước vật lý như lắng và lọc thường được sử dụng để loại bỏ TSS. Các hoạt động nông nghiệp góp phần gia tăng lượng lớn TN và TP trong nước thoát ra. Thông thường, sẽ cần các giải pháp xử lý sinh học và hóa học để loại bỏ TN và TP trong nước.

Việc tích hợp các công trình xử lý nước thoát WAUD vào các dự án phát triển là không bắt buộc. Tuy nhiên, các nhà phát triển dự án được khuyến khích và sẽ được ghi nhận thông qua chứng nhận được cấp nếu các thiết kế WAUD được tích hợp vào dự án của họ.

Nhìn chung, các mục tiêu xử lý nước mưa thường được thể hiện thông qua nồng độ chất gây ô nhiễm được phép tồn tại trong nước. Dựa trên tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5942-1995, nồng độ TSS và TN được khuyến nghị vào khoảng 20-80mg/L cho các nước sử dụng với mục đích phi tiêu thụ và 10-16 mg/L cho nước uống. Hiện chưa có các quy định cụ thể về lượng TP trong các văn bản của Việt Nam. Vì vậy, mục tiêu xử lý nước trong việc loại bỏ TP được đặt ra dựa trên các quy chuẩn của Chương trình nước ABC (Singapore). Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5942-1995 được tham khảo cho việc thiết lập các mục tiêu xử lý TSS và TN. Các quy tắc thiết kế WAUD chung nhằm đạt được mục tiêu về hiệu suất xử lý nước sẽ được giới thiệu ở Chương 4. Về các chi tiết thiết kế sâu hơn, vui lòng tham khảo trang web của Cẩm nang Quy trình Kỹ thuật cho các Đặc điểm Thiết kế của chương trình ABC (<https://www.pub.gov.sg/abcwaters/designguidelines>). Các mục tiêu xử lý nước thải và hiệu suất hoạt động của các công trình được tóm tắt trong bảng sau.

Tác nhân ô nhiễm	Mục tiêu xử lý nước
Tổng lượng chất rắn lơ lửng (TSS)	Loại bỏ 80% hoặc tồn tại ít hơn 20 mg/L*
Tổng lượng Nitơ (TN)	Loại bỏ 45% hoặc tồn tại ít hơn 10 mg/L*
Tổng lượng Phot pho (TP)	Loại bỏ 45% hoặc tồn tại ít hơn 0.08 ppm**

Bảng 3.D: Mục tiêu xử lý nước thoát ra

\* Mục tiêu được đưa ra dựa trên Tiêu chuẩn TCVN 5942 – 1995 của Việt Nam

\*\* Mục tiêu được đưa ra dựa trên cẩm nang Chương trình ABC của Singapore

Mỗi công trình WAUD có một quy trình xử lý nước riêng biệt cho việc loại bỏ các tác nhân ô nhiễm cụ thể. Nhằm đạt được mục tiêu giảm thải chất gây ô nhiễm, việc lựa chọn các công trình WAUD nên được dựa trên loại chất ô nhiễm cần được loại bỏ để việc xử lý được hiệu quả.

Phân loại kích thước	Bể lọc tạp chất cỡ lớn	Biện pháp xử lý	Thủy lực	
			Q <sub>des</sub> /A <sub>facility</sub>	
Vật thể rắn > 5000 μm	Các bể lắng (Uớt & Khô)	Kênh nước sinh thái & Dải lọc Đầm thủy sinh bề mặt	1,000,000 m <sup>3</sup> /yr	
Vật thể kích thước thô đến trung bình 5000 μm – 125 μm			100,000 m <sup>3</sup> /yr	
Hạt bụi mịn 125 μm – 10 μm	Hệ thống lọc nước	Đầm thủy sinh ngầm	50,000 m <sup>3</sup> /yr	
Hạt bụi rất mịn/dạng keo 10 μm – 0.45 μm			5000 m <sup>3</sup> /yr	
Các vật thể rắn đã hòa tan < 0.45 μm			2500 m <sup>3</sup> /yr	
			1000 m <sup>3</sup> /yr	
			50 m <sup>3</sup> /yr	
			10 m <sup>3</sup> /yr	

Bảng 3.E: Các biện pháp xử lý nước đối với các tác nhân ô nhiễm có kích thước khác nhau

### 3.3 QUY TRÌNH THIẾT KẾ

#### 3.3.5 Kiểm soát xói mòn

Hiện tượng xói mòn hai bên bờ sông xảy ra khi nước cuốn trôi đất đá ở bờ sông. Nó có thể bào mòn kết cấu sông và dẫn đến sự sụp đổ hai bên bờ sông. Vì vậy, việc kiểm soát xói mòn là rất quan trọng để đảm bảo mỹ quan của dòng sông và ổn định kết cấu bờ sông. Các biện pháp kiểm soát xói mòn thường được chia thành ba nhóm chính dựa trên loại vật liệu xây dựng được sử dụng:

- Nhóm giải pháp Xanh chỉ sử dụng các thảm thực vật và vật liệu hữu cơ để bảo vệ bờ sông
- Nhóm giải pháp Xanh-Xám sử dụng cả vật liệu hữu cơ và vô cơ để tạo ra một kết cấu bền vững với khả năng chống chịu xói mòn cao hơn giải pháp Xanh.
- Nhóm giải pháp Xám là các biện pháp tiếp cận kỹ thuật thông thường, được sử dụng khi bờ sông có xói mòn và bất ổn nghiêm trọng.

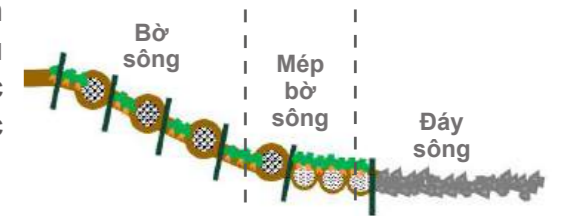


Hình 3.18: Ứng dụng các công trình WAUD ở các quy mô dự án khác nhau

Các kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên bao gồm các biện pháp Xanh và Xanh – Xám, là những giải pháp thay thế thân thiện với môi trường so với các giải pháp kỹ thuật thông thường trong việc bảo vệ bờ sông và mép bờ sông khỏi xói mòn trong khi bảo tồn và tái tạo các đặc trưng tự nhiên của sông hồ. Những kỹ thuật này có thể giúp quản lý chất lượng nước, hình thái, và hệ sinh thái của sông ngòi, giảm thiểu biến đổi khí hậu cũng như tác động tích cực đến sức khỏe con người.

Để được công nhận là bờ sông được gia cố tự nhiên, tối thiểu 20% diện tích bờ phải được gia cố bằng các giải pháp Xanh và/hoặc Xanh-Xám. Tuy nhiên, nếu điều kiện thi công bị giới hạn bởi các đặc điểm địa hình hoặc sông nước (v.d. vận tốc nước hoặc độ dốc bờ sông), sự ổn định của bờ sông phải được ưu tiên hàng đầu thông qua việc triển khai các giải pháp Xám.

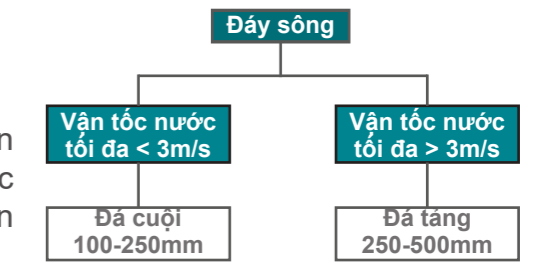
Một mặt cắt sông thông thường có thể được chia ra thành ba vùng: bờ sông, mép bờ sông và đáy sông. Cả ba khu vực này đều dễ dàng bị tác động bởi xói mòn. Vì vậy, các kỹ thuật gia cố bờ nhân tạo đã được đề xuất dựa trên các đặc điểm sông khác nhau.



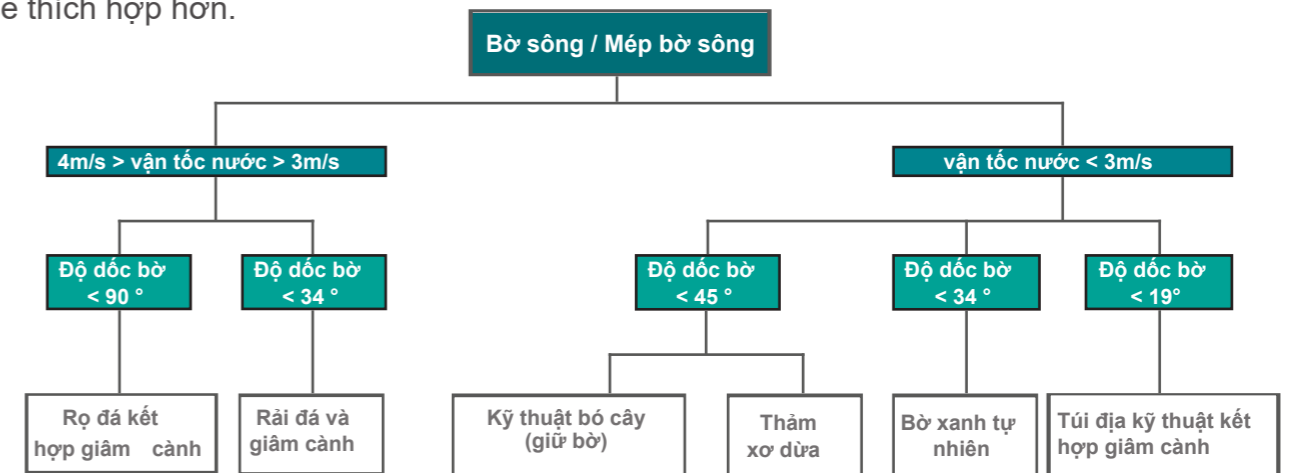
Hình 3.19: Mặt cắt ngang một kết cấu sông phổ biến

Theo tài liệu 'Các giải pháp Xanh trong kỹ thuật Sông – Hỗ trợ triển khai các hạ tầng Xanh', có nhiều yếu tố cần phải cân nhắc trong quá trình lựa chọn kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên phù hợp để bảo vệ bờ sông khỏi xói mòn:

- Độ dốc của bờ sông:
  - Độ dốc của bờ sông là một trong những yếu tố quan trọng nhất góp phần làm suy giảm kết cấu bờ. Việc cân nhắc cẩn thận độ dốc bờ khi xem xét lựa chọn giải pháp gia cố bờ phù hợp là rất cần thiết..
  - Mỗi giải pháp gia cố bờ tự nhiên chỉ có thể được áp dụng cho một khoảng độ dốc bờ cụ thể. Do đó, hãy chắc chắn độ dốc bờ nằm trong khoảng cho phép áp dụng của biện pháp được chọn để tránh làm suy giảm kết cấu bờ.
- Vận tốc dòng nước:
  - Các kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên khác nhau có mức độ chịu đựng vận tốc nước khác nhau, do sự khác biệt về vật liệu và phương pháp xây dựng.
  - Nhìn chung, các giải pháp Xanh và đá cuội sẽ phù hợp cho dòng sông với vận tốc nước thấp do nước chảy chậm có rủi ro thấp hơn trong việc phá thủy các lớp gia cố bờ/đáy sông.
  - Với các dòng sông sở hữu vận tốc nước lớn (hơn 3m/s), các giải pháp Xanh-Xám và lót đá tảng ở đáy sông nên được triển khai nhằm tăng cường mức độ bảo vệ để chống lại dòng chảy mạnh.
  - Nếu vận tốc dòng nước lớn hơn 4m/s, việc ứng dụng các hạ tầng Xám để xử lý dòng nước sẽ thích hợp hơn.



Hình 3.20: Lựa chọn kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên phù hợp cho các điều kiện đáy sông khác nhau



Hình 3.21: Phương án lựa chọn kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên cho bờ sông/mép bờ sông.



### 3.3 QUY TRÌNH THIẾT KẾ

#### 3.3.6 Kiểm soát về Cảnh quan và Quy hoạch đô thị

##### CUNG CẤP KHÔNG GIAN XANH

Để tạo ra một đô thị trong xanh và đáng sống, việc cung cấp công viên và các không gian xanh là rất quan trọng nhằm giải tỏa căng thẳng cho cư dân tại các thành phố được đô thị hóa mạnh mẽ. Các không gian xanh này không chỉ cải thiện mỹ quan của thành phố mà còn hỗ trợ hình thành nên vô số lợi ích cho người dân – một khái niệm được gọi là “Dịch vụ sinh thái”.

Dịch vụ sinh thái được định nghĩa là các lợi ích đa dạng cho con người được cung cấp bởi môi trường tự nhiên từ một hệ sinh thái mạnh khỏe và được quản lý tốt.

Các không gian xanh trong đô thị do đó là các hệ sinh thái tối quan trọng trong việc tăng cường chất lượng sống trong môi trường đô thị. Chúng giúp cung cấp các dịch vụ sinh thái bao gồm cải thiện đa dạng sinh học và kiểm chế biến đổi khí hậu – chẳng hạn như cải thiện chất lượng không khí và điều hòa nhiệt độ. Các không gian xanh của đô thị đồng thời rất cần thiết trong việc tạo ra một thành phố đáng sống và có thể hỗ trợ tăng cường chất lượng cuộc sống, sức khỏe thể chất và tinh thần, và mức độ hạnh phúc của cư dân thành phố.

Các không gian xanh không chỉ giới hạn tại các công viên, và trong quá trình thiết kế nên được tích hợp vào đô thị với các quy mô khác nhau. Một giải pháp tiếp cận đa quy mô cho phép tích hợp các không gian xanh và mở gần hơn với nơi người dân sinh sống, làm việc và vui chơi.

##### Quy mô khu đô thị

- Không gian xanh trong đô thị
- Cảnh quan cây xanh đường phố

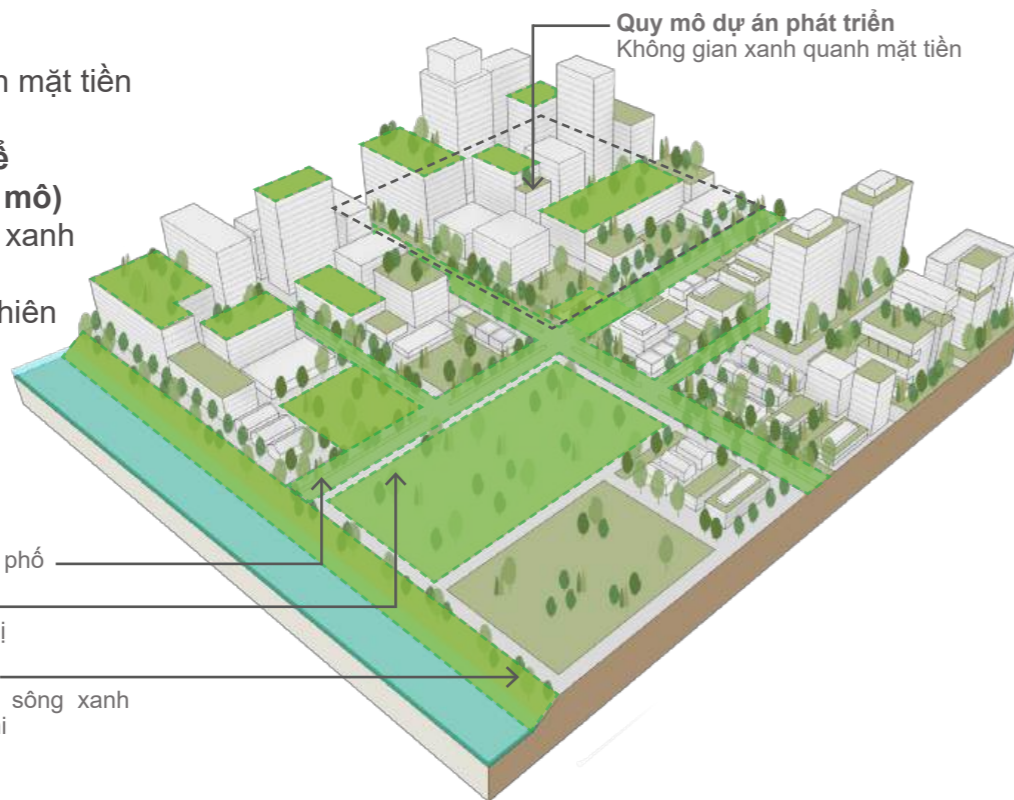
##### Quy mô dự án phát triển

- Không gian xanh quanh mặt tiền

##### Công cụ/Giải pháp cụ thể

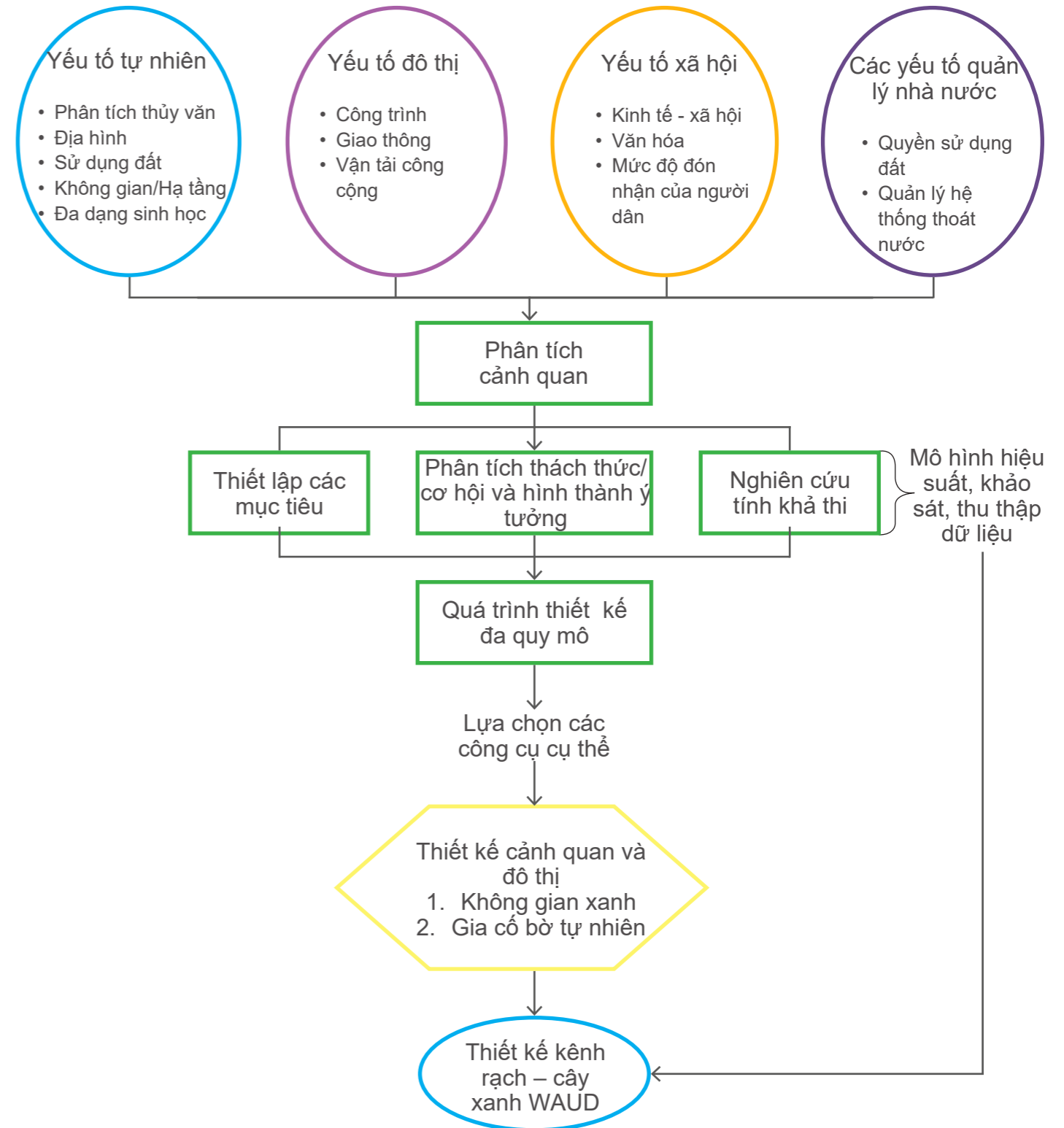
###### (Áp dụng cho cả hai quy mô)

- Không gian sông nước xanh
- Thiết kế bờ sông xanh
- Kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên



Hình 3.22: Các quy mô khác nhau của không gian xanh

##### SƠ ĐỒ QUY TRÌNH THIẾT KẾ CẢNH QUAN



Hình 3.23: Sơ đồ quy trình thiết kế cảnh quan

## 4 THÔNG SỐ VẬN HÀNH & CÔNG CỤ ỨNG DỤNG

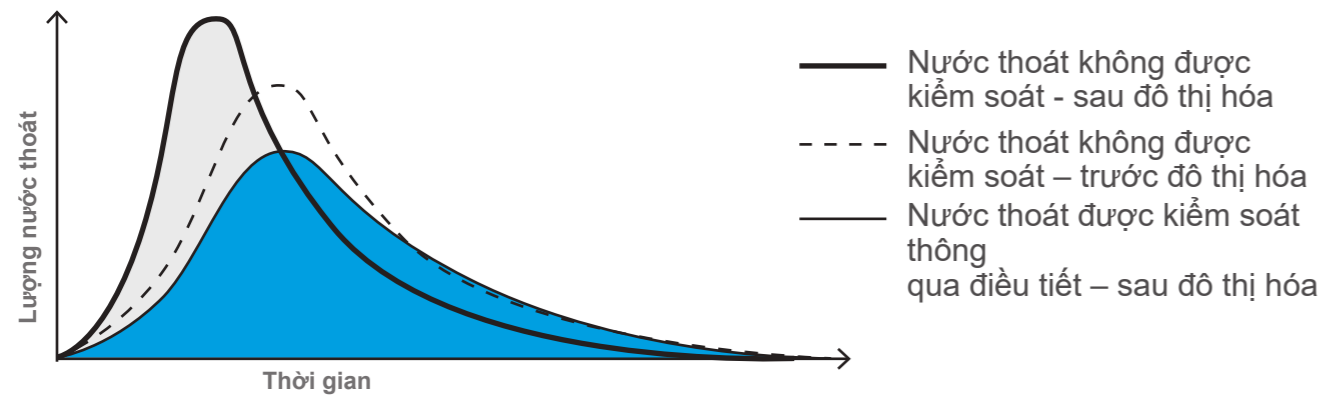
- 4.1 Điều tiết nước mưa
  - 4.1.1 Tổng quan về điều tiết nước mưa
  - 4.1.2 Các tiêu chí về điều tiết nước mưa
  - 4.1.3 Các công cụ điều tiết nước mưa
- 4.2 Xử lý và dẫn nước
  - 4.2.1 Thẩm lọc sinh thái
  - 4.2.2 Kênh dẫn nước sinh thái
  - 4.2.3 Kênh lọc nước sinh thái
  - 4.2.4 Đầm thủy sinh nhân tạo
  - 4.2.5 Đầm thủy sinh bề mặt
  - 4.2.6 Đầm thủy sinh ngầm
  - 4.2.7 Bè thủy sinh
  - 4.2.8 Thẩm lọc sinh thái tuần hoàn
- 4.3 Thu gom & Tái Sử dụng Nước mưa
  - 4.3.1 Tổng quan về thu gom nước mưa
  - 4.3.2 Các tiêu chí về thu gom nước mưa
  - 4.3.3 Công cụ thu gom nước mưa
- 4.4 Cảnh quan & Quy hoạch Đô thị
  - 4.4.1 Không gian xanh trong đô thị
  - 4.4.2 Cung cấp không gian xanh quanh mặt tiền đô thị
  - 4.4.3 Cảnh quan cây xanh đường phố
  - 4.4.4 Không gian xanh trên công trình xây dựng
  - 4.4.5 Hệ thống bờ sông xanh
- 4.5 Kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên
  - 4.5.1 Các công cụ gia cố bờ tự nhiên
  - 4.5.2 Tóm tắt về kỹ thuật, công cụ gia cố bờ tự nhiên

## 4.1 ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA

### 4.1.1 Tổng quan về điều tiết nước mưa

#### TỔNG QUAN HỆ THỐNG ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA

Hệ thống điều tiết nước mưa được tích hợp vào hệ thống quản lý nước mưa đô thị nhằm giảm lưu lượng nước thoát tối đa cho một khoảng các tần suất lũ cụ thể. Chức năng chủ yếu của các công trình điều tiết nước mưa là giảm thiểu lưu lượng nước thoát tối đa thông qua việc trữ nước tạm thời và thoát nước mưa chậm rãi. Hình 4.1. thể hiện hiệu ứng điều tiết nước mưa dưới dạng biểu đồ thủy văn.



Hình 4.1: Hiệu ứng điều tiết nước mưa dưới dạng biểu đồ thủy văn

Các hệ thống điều tiết nước mưa có thể được phân cấp dựa trên địa điểm và kích thước công trình:

**Điều tiết đơn vị:** Hệ thống điều tiết cỡ nhỏ được tích hợp xây dựng trong các dự án phát triển, công trình hoặc cơ sở công nghiệp

**Điều tiết cộng đồng:** Hệ thống điều tiết cỡ trung được xây dựng trong các không gian công cộng, hoặc được tích hợp vào các công trình giải trí & thể thao công cộng.

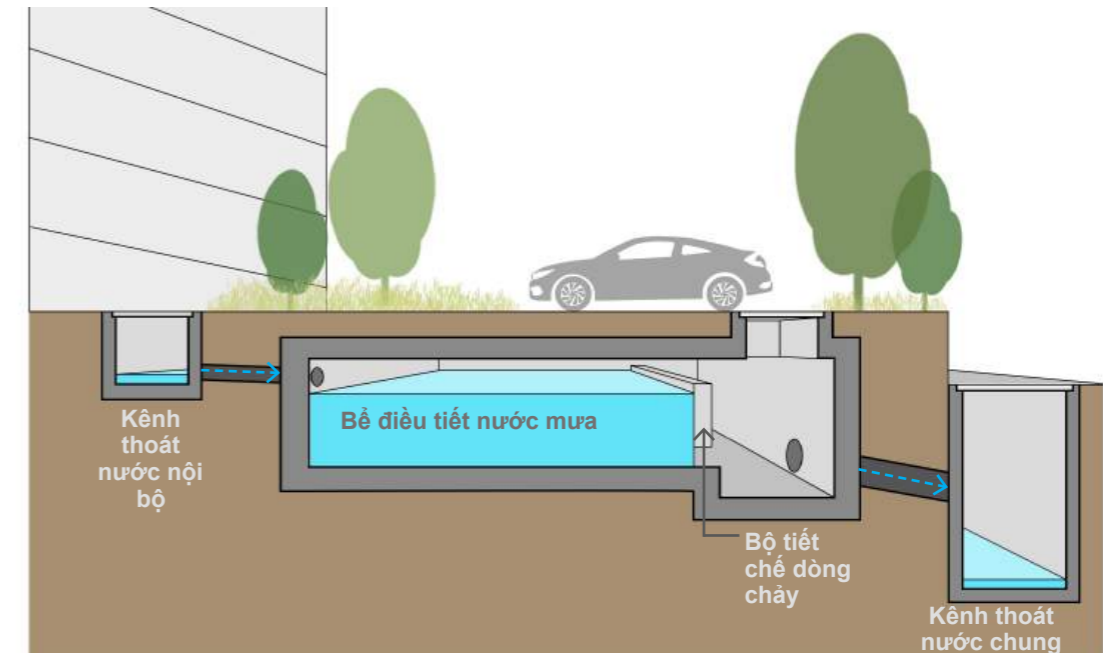
**Điều tiết khu vực:** Hệ thống điều tiết cỡ lớn được xây dựng tại hạ nguồn của hệ thống thoát nước đô thị trước khi cho nước chảy vào các sông ngòi hay hồ chứa.

Cẩm nang này chỉ đề cập đến các hệ thống điều tiết đơn vị và điều tiết cộng đồng do các hệ thống điều tiết khu vực không thể được triển khai trong phạm vi thành phố HỒ CHÍ MINH. Các hệ thống điều tiết cộng đồng cung cấp khả năng điều tiết nước mưa phi tập trung trong một khu vực cụ thể, đảm bảo khả năng quản lý lưu lượng vì áp lực nước thoát tối đa sẽ được phân bổ đều cho các công trình thông qua việc điều tiết nước thoát tại nguồn.

Các yếu tố cần cân nhắc phổ biến trong quy hoạch hệ thống điều tiết nước mưa bao gồm:

- Lưu vực mưa
- Cường độ mưa
- Hiện trạng sử dụng đất
- Quy hoạch hệ thống thoát nước
- Tính khả thi của việc xây dựng
- Quy trình vận hành & bảo dưỡng

Một phối cảnh đơn giản về công trình điều tiết nước mưa đơn vị được trình bày trong hình 4.2



Hình 4.2: Phối cảnh của một bể điều tiết ngầm đóng vai trò điều tiết đơn vị cho một công trình

#### TÍCH HỢP HỆ THỐNG ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA VÀ WAUD

Các công trình điều tiết nước mưa có thể được tích hợp với các công trình WAUD như các thảm lọc sinh thái, hồ điều tiết và kênh sỏi dẫn nước. Các công trình này có thể được thiết kế để lưu trữ nước mưa thu thập được bên trong (1) các không gian trữ nước tạm thời, (2) các khoảng không dưới đất xốp và (3) các ô lưới địa kỹ thuật lót dưới cùng. Thiết kế này tạo ra các công trình quản lý nước mưa đa chức năng với khả năng kiểm soát chất lượng và lưu lượng nước cũng như là không gian giải trí và hoạt động thể chất (v.d. sân tennis, sân bóng đá, v.v...) khi trời không mưa. Bên cạnh đó, các công trình tích hợp này có thể kết hợp với các thiết kế cảnh quan & kiến trúc để mang lại tính thẩm mỹ cho công trình. Các công trình hiện hữu (v.d. sân bóng đá, trường đua ngựa) cũng được khuyến khích cung cấp khả năng điều tiết nước mưa nếu điều kiện thủy lực cho phép. Hình 4.3 và 4.4 thể hiện một bãi cỏ điều tiết với nhiều chức năng tại các thời điểm khác nhau, tối đa hóa không gian trong một thành phố được đô thị hóa mạnh mẽ.



Hình 4.3 (trái) và 4.4 (phải): Một bãi cỏ điều tiết nước mưa được dùng làm sân chơi (trái) và trở thành hồ điều tiết (phải) khi có mưa  
Cẩm nang WAUD cho TP. HỒ CHÍ MINH 51

## 4.1 ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA

### 4.1.2 Các tiêu chí về điều tiết nước mưa

#### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

Hệ số nước thoát là một chỉ số quan trọng trong thiết kế hệ thống điều tiết. Hệ số này thể hiện sự tương quan giữa lượng nước thoát trên bề mặt và lượng nước mưa nhận được. Thông thường, hệ số này sẽ cao hơn tại các bề mặt ít nước thấm thấu và lượng nước thoát cao như mái nhà hay lề đường, và sẽ thấp hơn tại các khu vực thấm thấu cao và lượng nước thoát ít như thảm cỏ và các không gian xanh. Trên thực tế, hệ số này có thể thay đổi do nhiều yếu tố như mức độ bão hòa của đất, cường độ mưa, mực nước ngầm, độ nén của đất, độ ẩm, v.v... Để đơn giản hóa công tác quy hoạch, việc tính toán hệ số nước thoát có thể được ước tính như sau.

Category of drainage surface	Hệ số nước thoát của các Chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán (ARI) khác nhau				
	2	5	10	25	50
Mặt đường nhựa (atphan)	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 (0-2%)	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

Bảng 4.A: Hệ số nước thoát (Tham khảo: Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7957:2008, Bảng 5)

Một hệ số nước thoát sau đô thị hóa có trọng số nên được thống kê thành bảng để đánh giá liệu một hệ thống điều tiết nước mưa có cần thiết cho dự án hay không. Hệ số này có thể được tính toán dựa trên công thức sau:

$$C_{post} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)}$$

Với  $C_{post}$ =Hệ số nước thoát sau xây dựng, có trọng số (không thứ nguyên)

$A_i$ =Diện tích của tiểu khu

$C_i$ =Hệ số nước thoát của tiểu khu (không thứ nguyên)

$n$ =Số lượng tiểu khu

Sau khi tính được hệ số nước thoát sau đô thị hóa có trọng số, việc quyết định liệu một hệ thống điều tiết nước mưa có cần thiết cho dự án hay không có thể dựa trên bảng sau:

Quy mô dự án	$C_{post}$	Yêu cầu điều tiết?	Chỉ số $C_{post}$ mục tiêu
Dự án phát triển/cải tạo vừa và nhỏ	$C_{post} \leq 0.55$	No	N.A.
	$> 0.55$	Yes	0.55
Không gian công cộng	$C_{post} \leq 0.6$	No	N.A.
	$> 0.6$	Yes	0.6

Bảng 4.B: Tiêu chí thiết kế hệ thống điều tiết nước mưa

#### PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Một công trình quản lý nước mưa như bể điều tiết thường được dùng để giảm chỉ số  $C_{post}$  đến chỉ số  $C_{post}$  mục tiêu, và thể tích nước cần được điều tiết sẽ được ảnh hưởng bởi nhiều thông số và có thể được tích dựa trên các quy chuẩn kỹ thuật sau:

- QCVN 02:2021/BXD<sup>1</sup> - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Số liệu Điều kiện tự nhiên dùng trong Xây dựng
- TCVN 7957:2008<sup>2</sup> - Thoát nước – Mạng lưới và công trình bên ngoài – Tiêu chuẩn thiết kế
- TCVN 9845:2013<sup>3</sup> – Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ

Trong các tình huống mà các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia là không đủ để cung cấp phương pháp tính toán lượng nước cần điều tiết, vui lòng tham khảo các tiêu chuẩn quốc tế dưới đây:

- Giải pháp trực tiếp nhằm sửa đổi hợp lý phương pháp (tham khảo: Hướng dẫn Kỹ thuật về các Hệ thống Bể Điều tiết nước mưa tại chỗ của Singapore PUB, Chương 3, 3.4.1.2)<sup>4</sup>
- Phương pháp điều tiết nước thoát toàn diện (tham khảo: Hướng dẫn Kỹ thuật về các Hệ thống Bể Điều tiết nước mưa tại chỗ của Singapore PUB, Chương 3, 3.4.3)<sup>5</sup>
- Định hướng dòng chảy<sup>6</sup> (tham khảo: Cẩm nang Quản lý nước mưa Đô thị dành cho Malaysia, tái bản lần thứ 2, Chương 7: Hồ điều tiết)
- Mô hình Thủy lực<sup>7</sup> (tham khảo: Hướng dẫn Kỹ thuật về các Hệ thống Bể Điều tiết nước mưa tại chỗ của Singapore PUB, Chương 3, 3.4.4)

1. [https://moc.gov.vn/Images/editor/files/Quy%20Chu%20E1%BA%A9n/QCKTQG\\_s%E1%BB%91%20li%E1%BB%87u%20%C4%91i%E1%BB%81u%20ki%E1%BB%87n%20t%E1%BB%B1%20nhi%C3%AA%20d%C3%B9ng%20trong%20x%C3%A2y%20d%E1%BB%B1ng\(1\).pdf](https://moc.gov.vn/Images/editor/files/Quy%20Chu%20E1%BA%A9n/QCKTQG_s%E1%BB%91%20li%E1%BB%87u%20%C4%91i%E1%BB%81u%20ki%E1%BB%87n%20t%E1%BB%B1%20nhi%C3%AA%20d%C3%B9ng%20trong%20x%C3%A2y%20d%E1%BB%B1ng(1).pdf)

2. [https://vawr.org.vn/images/File/TCQC/TCVN\\_79572008.pdf](https://vawr.org.vn/images/File/TCQC/TCVN_79572008.pdf)

3. <https://vanbanphapluat.co/tcvn-9845-2013-tinh-toan-cac-dac-trung-dong-chay-lu>

4. <https://www.pub.gov.sg/Documents/detentionTank.pdf>

5. <https://www.pub.gov.sg/Documents/detentionTank.pdf>

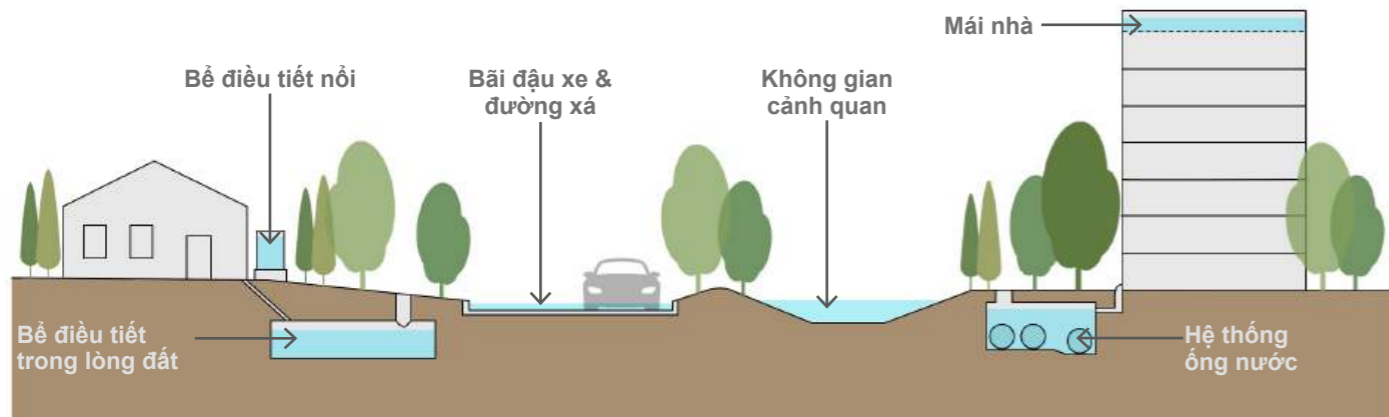
6. [https://www.water.gov.my/jps/resources/PDF/MSMA2ndEdition\\_august\\_2012.pdf](https://www.water.gov.my/jps/resources/PDF/MSMA2ndEdition_august_2012.pdf)

7. <https://www.pub.gov.sg/Documents/detentionTank.pdf>

## 4.1 ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA

### 4.1.3 Các công cụ điều tiết nước mưa

Rất nhiều công trình điều tiết nước mưa có thể được sử dụng nhằm giảm thiểu lưu lượng nước thoát tối đa (hoặc hệ số nước thoát). Chức năng chính của các công trình này là trữ nước mưa tạm thời và thoát nước mưa chậm rãi. Do đó, các công cụ điều tiết có thể được xây dựng trên mái, bên trong tòa nhà, các không gian xanh, bãi đậu xe và dưới lòng đất.

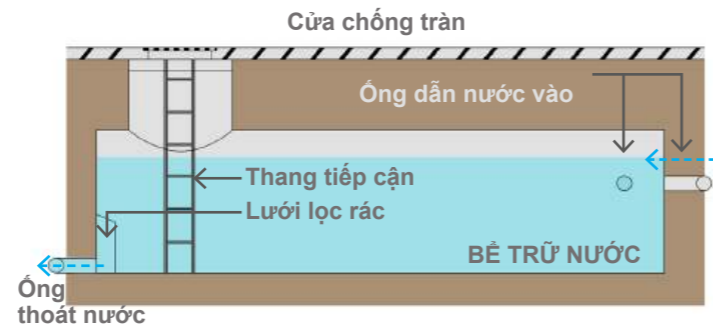


Hình 4.5: Các vị trí đặt công trình điều tiết nước phổ biến

### BỂ ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA



Bể điều tiết nước mưa là công trình phổ biến nhất được dùng để giảm lượng nước thoát tối đa. Nó có thể được xây dựng trên mặt đất hoặc xây ngầm, tùy thuộc vào lưu vực mục tiêu và không gian có sẵn. Một bể điều tiết phổ biến bao gồm một ống nước đầu vào, một ống thoát nước có kiểm soát, một cấu trúc chống tràn và một lối mở để tiếp cận kiểm tra bể.



Hình 4.6: Một bể điều tiết nước mưa điển hình

### HỒ TRỮ NƯỚC



Các hồ trữ nước có thể được sử dụng để trữ nước mưa nếu có đủ không gian cho phép và địa hình không gian xanh thích hợp. Một hồ trữ nước thường được duy trì vĩnh viễn cho cả mục đích xử lý nước và mục đích thẩm mỹ. Trong các trận mưa bão, mực nước của hồ trữ nước có thể tăng lên đến mực nước lũ thiết kế để trữ nước mưa tạm thời, và một đập tràn thường được xây dựng để chuẩn bị cho các trận bão khác nghiệt. So với bể điều tiết, các hồ trữ nước có lợi thế trong việc cung cấp nguồn nước, xử lý nước, giải trí và thẩm mỹ cũng như tái tạo nguồn nước ngầm.

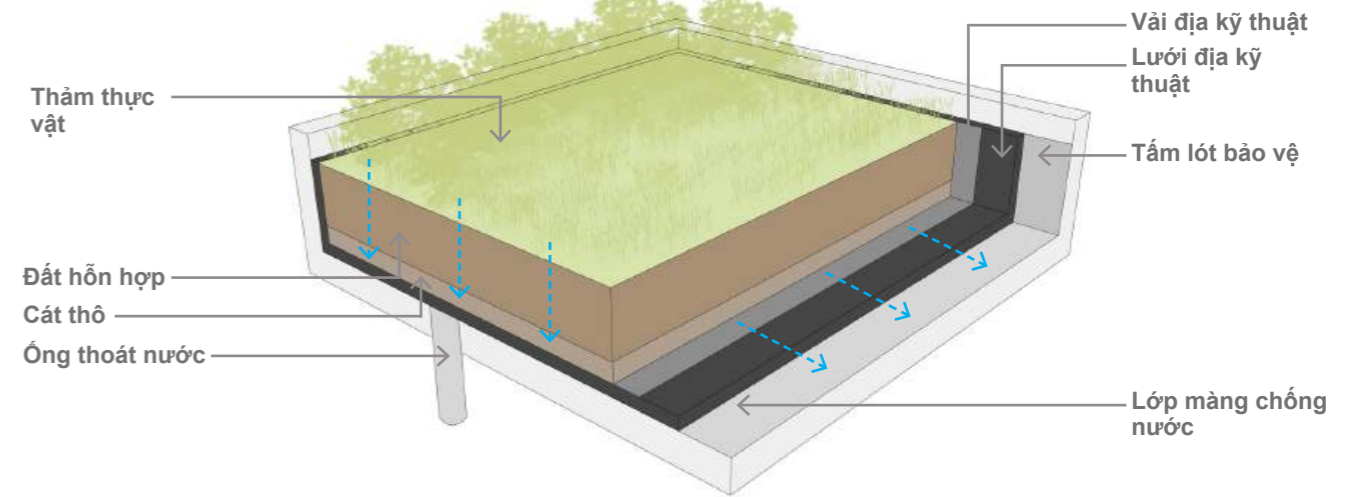


Hình 4.7: Một hồ trữ nước điển hình

### CÁC CÔNG TRÌNH WAUD VỚI CHỨC NĂNG ĐIỀU TIẾT



Các công trình WAUD như thảm lọc sinh thái và bãi cỏ lọc sinh thái có thể được tích hợp các tính năng điều tiết nước mưa. Các lưới địa kỹ thuật thường được sử dụng bên dưới các công trình để tăng trữ lượng nước mưa. Một mặt cắt của một thảm lọc sinh thái điển hình với chức năng điều tiết nước mưa được thể hiện dưới đây.



Hình 4.8: Mặt cắt ngang của một thảm lọc sinh thái tích hợp chức năng điều tiết nước mưa



Hình 4.9: Cảnh với bể chứa nước bên dưới



Hình 4.10: Một hồ trữ nước điển hình

## 4.2 XỬ LÝ VÀ DẪN NƯỚC

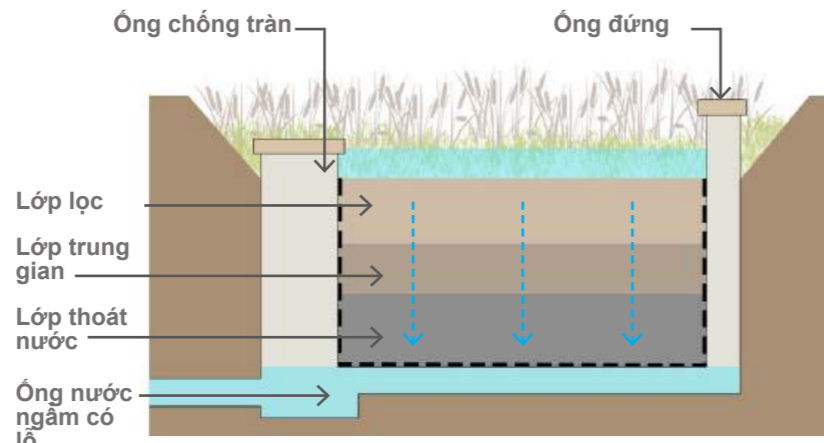
Mỗi công cụ xử lý nước mưa sẽ được giới thiệu chi tiết sau đây các chức năng, bộ phận chính, và các tiêu chí thiết kế của mỗi công trình WAUD đều sẽ được đề cập. Các tính toán chi tiết cho mỗi công trình xử lý nước có thể được tham khảo tại “Cẩm nang Quy trình kỹ thuật cho các Đặc điểm Thiết kế của chương trình ABC” (Singapore). [https://www.pub.gov.sg/Documents/Condensed\\_Booklet\\_of\\_Engin\\_Procedures.pdf](https://www.pub.gov.sg/Documents/Condensed_Booklet_of_Engin_Procedures.pdf)

### 4.2.1 Thẩm lọc sinh thái

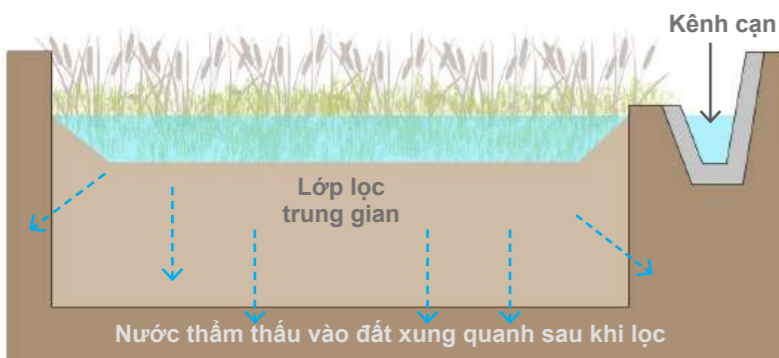
#### NGUYÊN LÝ VÀ ỨNG DỤNG



Thẩm lọc sinh thái là các vùng trũng sinh thái với chức năng điều tiết và xử lý nước. Nó được thiết kế để loại bỏ các vật thể mịn và tạp chất hòa tan. Nước thoát ra sẽ được xử lý thông qua một hệ thống thẩm thực vật dày đặc và sau đó thẩm qua các lớp lọc dưới lòng đất. Tuy nhiên, nó thường được thiết kế để chống chịu các cơn bão thường xuyên, và lượng nước tràn mức trong điều kiện mưa lớn sẽ bỏ qua hệ thống lọc mà xả thẳng vào ống thoát.



Hình 4.11: Mặt cắt ngang của thẩm lọc sinh thái điển hình



Hình 4.12 Mặt cắt ngang của thẩm lọc sinh thái thẩm thấu điển hình

Nhìn chung, các ống nước ngầm có lỗ được lắp đặt trong lớp thoát nước để dẫn và thoát nước đã được xử lý. Tuy nhiên, nếu xuất hiện hạn chế về mặt bằng hoặc không có kênh thoát nước bên cạnh, thẩm lọc sinh thái thẩm thấu có thể được áp dụng nếu độ thấm nước của lớp đất xung quanh đủ tiêu chuẩn.

#### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

Hiệu suất xử lý nước của một hệ thống lọc nước sinh thái phụ thuộc rất lớn vào độ dẫn thủy lực và độ sâu lớp lọc, độ sâu vùng trũng trên bề mặt. Độ dẫn thủy lực phù hợp cho hệ thống lọc nước sinh thái tốt nhất rơi vào khoảng 100-300 mm/h nhằm đảm bảo sự phát triển của các thảm thực vật.

Theo “Cẩm nang Quy trình Kỹ thuật cho các Đặc điểm Thiết kế của chương trình ABC” (Singapore), với một thẩm lọc sinh thái có độ sâu lớp lọc tối thiểu là 600mm, và độ sâu vùng trũng trên bề mặt 100mm, diện tích bề mặt của thẩm lọc sinh thái cần vào khoảng 5% diện tích lưu vực thẩm nước.



Hình 4.13: Hồ tràn nước mưa điển hình



Hình 4.14: Thẩm lọc sinh thái thẩm thấu tại trường Nanyang Junior College

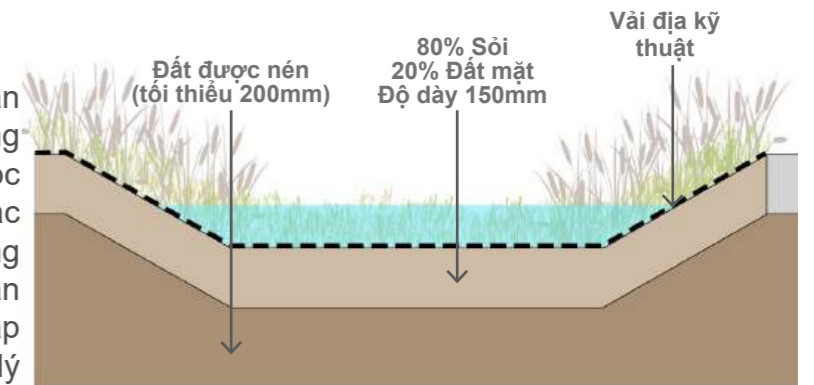
### 4.2.2 Kênh dẫn nước sinh thái

#### NGUYÊN LÝ VÀ ỨNG DỤNG

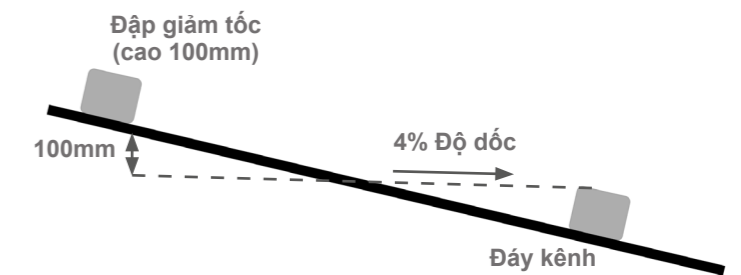


Kênh dẫn nước sinh thái là một kênh dẫn nước tự nhiên với độ dốc thấp. Sự tương tác với các thảm thực vật có thể giảm tốc độ nước thoát trên mặt đất, làm cho các hạt tạp chất thô và vừa lắng xuống. Trong các trận bão thường xuyên, các kênh dẫn nước sinh thái có thể cung cấp giải pháp tiên xử lý để bảo vệ các công trình xử lý nước hạ nguồn hoặc các sông ngòi, kênh rạch khỏi các đợt xói mòn gây tổn hại đến hệ thống hạ lưu. Để tăng cường chất lượng nước được xử lý, các hệ thống lọc nước tự nhiên có thể được lắp đặt dưới đáy để biến kênh thành kênh lọc nước sinh thái.

Độ dốc dọc là một trong những yếu tố tối quan trọng trong việc thiết kế kênh dẫn nước. Nhìn chung, kênh với độ dốc 1~4% có hiệu suất tốt nhất. Độ dốc thấp hơn có thể gây ngập úng và hình thành ao tù, vốn có thể được giải quyết bằng cách cung cấp thêm các ống dẫn nước ngầm bên dưới kênh. Nếu độ dốc cao hơn 4%, các đập giảm tốc (bằng đá sỏi) có thể được sử dụng để giúp làm giảm vận tốc nước đồng thời phân phối đều lượng nước trong kênh rạch.



Hình 4.15: Mặt cắt ngang của một kênh dẫn nước sinh thái điển hình



Hình 4.16: Vị trí đập kiểm tra trong kênh dẫn nước

## 4.2 XỬ LÝ VÀ DẪN NƯỚC

### 4.2.2 Kênh dẫn nước sinh thái

#### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

Do mục đích chủ yếu của các kênh dẫn nước sinh thái là luân chuyển nước, chúng nên được thiết kế để có sức chứa đủ lớn cho việc vận chuyển nước thoát bề mặt khỏi lưu vực với hệ số nhám nhất định (hệ số Manning) phụ thuộc vào vật liệu của kênh dẫn. Loại vật liệu với hệ số nhám cao (v.d. thảm thực vật) có khả năng luân chuyển nước kém hơn so với loại vật liệu có hệ số nhám thấp hơn (v.d. bê tông). Với kênh lọc nước sinh thái, hệ số nhám sẽ biến đổi với độ sâu dòng chảy khác nhau, như được thể hiện trên Hình 4.19. Do đó, hệ số nhám nên được tính toán thông qua việc cân nhắc cả độ cao thảm thực vật và độ cao dòng chảy.

Vật liệu	Hệ số Manning	Ghi chú
Bê tông	0.015	
Thảm thực vật	0.045	Độ cao thảm thực vật < 0.1m
Sỏi	0.030	
Nhựa HDPE	0.011	
Nhựa UPVC	0.013	

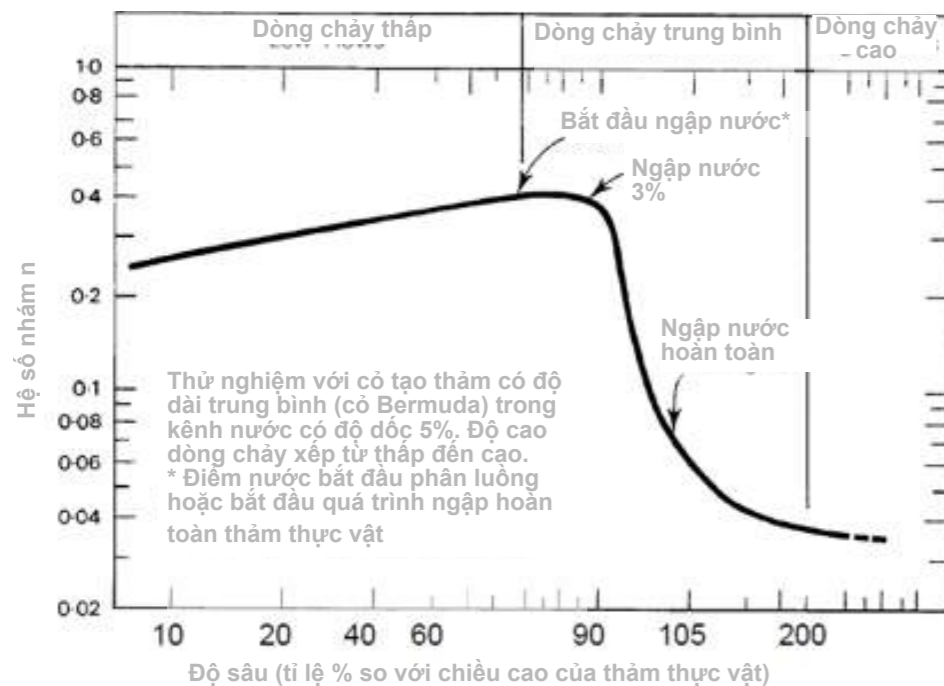


Hình 4.17: Kênh dẫn nước sinh thái tại Công viên Bishan



Hình 4.18: Kênh dẫn nước sinh thái tại Công viên Hồ Jurong

Bảng 4.C: Hệ số Manning cho các vật liệu khác nhau



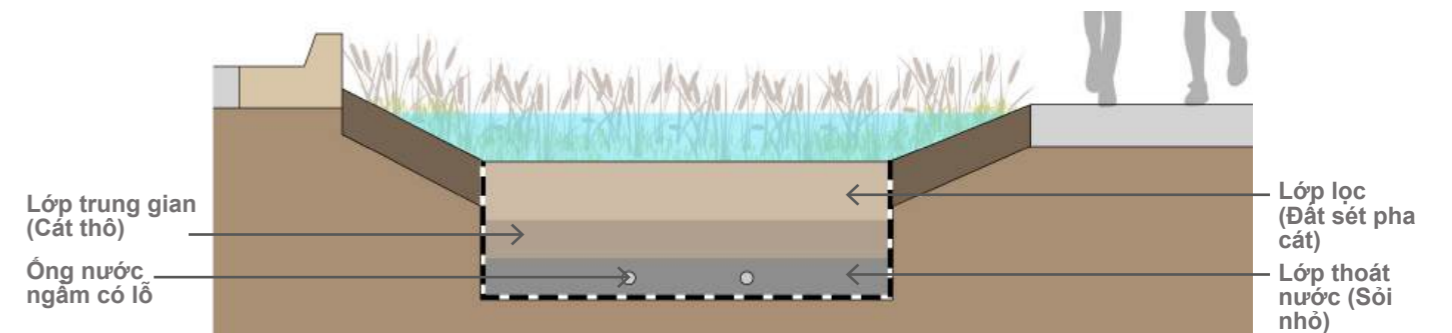
Hình 4.19: Sự tương quan giữa độ sâu dòng chảy và độ nhám thủy lực (tham khảo: "Cẩm nang Quy trình Kỹ thuật cho các Đặc điểm Thiết kế của chương trình ABC" – Singapore)

### 4.2.3 Kênh lọc nước sinh thái

#### NGUYÊN LÝ VÀ ỨNG DỤNG



Kênh lọc nước sinh thái là các kênh dẫn nước sinh thái với các hệ thống lọc nước tự nhiên được lắp đặt ở đáy kênh. Các kênh này cung cấp khả năng luân chuyển nước trong khi hệ thống lọc nước tự nhiên làm công việc xử lý nước mưa. Chúng cung cấp khả năng luân chuyển và lọc nước hiệu quả thông qua việc thấm thấu nước với độ dốc vừa phải và trữ nước tạm thời (điều tiết mở rộng). Nước mưa thoát ra được xử lý trước bởi các thảm thực vật của kênh và được làm sạch sâu hơn khi thấm qua các lớp lọc của hệ thống lọc tự nhiên. Nước sau khi được lọc sẽ được thu giữ bởi các ống nước ngầm có lỗ và có thể được thu thập tại chỗ hoặc luân chuyển ra sông ngòi, kênh rạch hạ nguồn. Tương tự như kênh dẫn nước sinh thái, kênh lọc nước sinh thái có thể giảm vận tốc nước thoát so với kênh thoát nước bê tông, từ đó bảo vệ hạ nguồn khỏi hiện tượng xói mòn.



Hình 4.20: Mặt cắt ngang của một kênh lọc nước sinh thái điển hình



Hình 4.21: Kênh lọc nước sinh thái bên sông Kallang



Hình 4.22: Kênh lọc nước sinh thái ven đường tại khu dân cư Faber Hills

#### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

Kênh lọc nước sinh thái là sự kết hợp giữa một hệ thống lọc nước tự nhiên và kênh dẫn nước sinh thái. Do đó, các yêu cầu về thiết kế của nó bao gồm các tiêu chí áp dụng cho cả hệ thống lọc tự nhiên và kênh dẫn nước sinh thái và có thể được tham khảo ở các phần trước.

## 4.2 XỬ LÝ VÀ DẪN NƯỚC

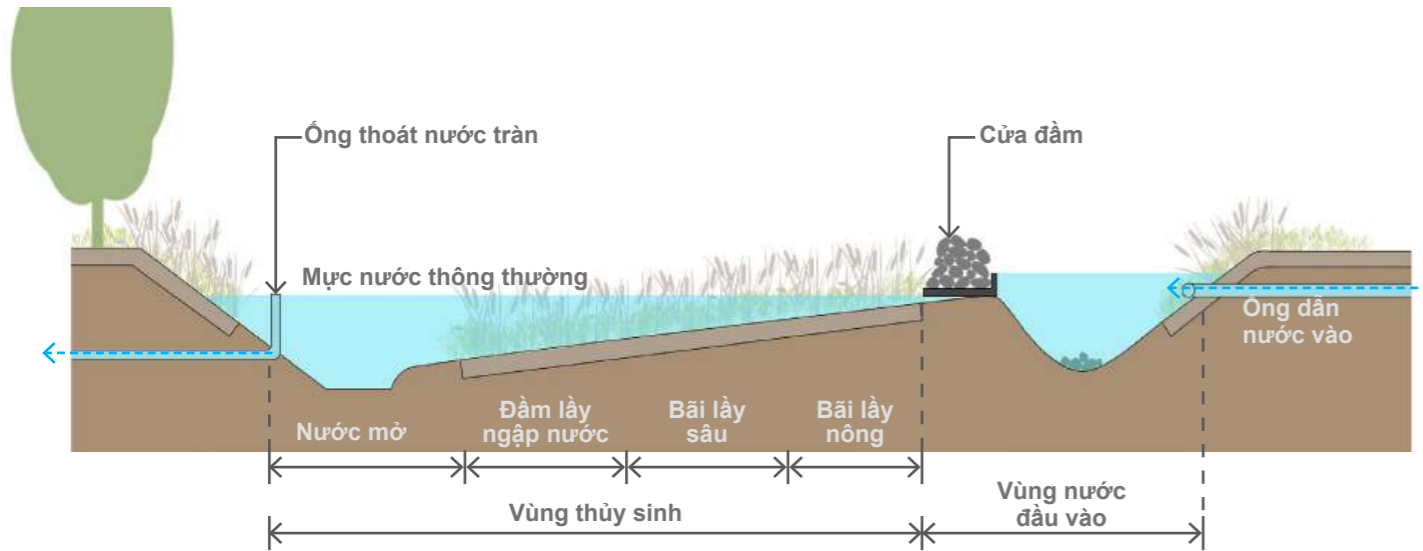
### 4.2.4 Đầm thủy sinh nhân tạo

#### NGUYÊN LÝ VÀ ỨNG DỤNG



Đầm thủy sinh kiến tạo là các đầm nước nông với thảm thực vật dày đặc với chức năng chủ yếu nhằm loại bỏ chất rắn lơ lửng và tạp chất hòa tan. Khi nước chảy qua các thảm thực vật, các vật thể rắn lơ lửng và tạp chất hòa tan sẽ được loại bỏ. Lượng dưỡng chất trong nước có thể được hấp thụ bởi các vi sinh vật sinh sống trên thảm thực vật. Thông thường, các đầm thủy sinh kiến tạo bao gồm các vùng sau:

- Vùng nước đầu vào (một bể lắng để loại bỏ các vật thể kích thước thô đến trung bình)
- Vùng thủy sinh (một vùng nước nông với thảm thực vật dày đặc để loại bỏ bụi mịn và tạp chất hòa tan)
- Một kênh thoát nước vận tốc cao (nhằm bảo vệ vùng thủy sinh khỏi các dòng chảy vận tốc cao)



Hình 4.23 : Mặt cắt ngang của một đầm thủy sinh kiến tạo

#### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

Tương tự như hệ thống lọc sinh thái, hiệu suất xử lý nước của đầm thủy sinh phần lớn phụ thuộc vào độ dẫn thủy lực và độ sâu điều tiết mở rộng. Các yêu cầu về độ dẫn thủy lực bão hòa sẽ thay đổi với các loại đầm thủy sinh khác nhau. Dựa trên “Cẩm nang Quy trình Kỹ thuật cho các Đặc điểm Thiết kế của chương trình ABC” của Singapore, với độ sâu điều tiết mở rộng tối thiểu là 500mm, diện tích của khu vực đầm thủy sinh cần chiếm khoảng 10% diện tích lưu vực thấm nước.

### 4.2.5 Đầm thủy sinh bề mặt

#### NGUYÊN LÝ VÀ ỨNG DỤNG

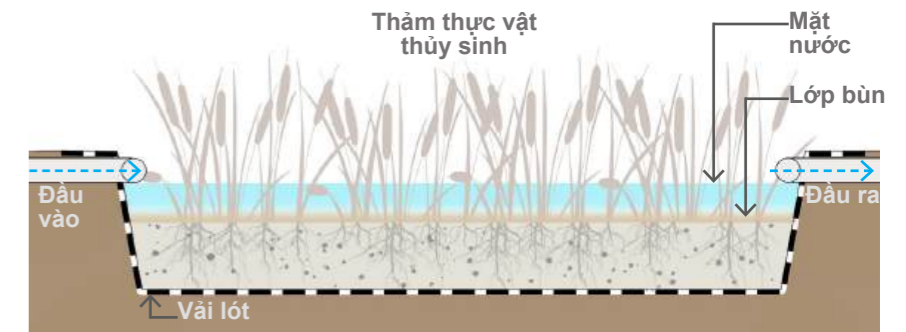


Dựa trên các cơ chế xử lý nước khác nhau, các đầm thủy sinh kiến tạo được phân thành các loại: đầm thủy sinh bề mặt, đầm thủy sinh ngầm, và bề thủy sinh. Trong ba loại đầm, đầm thủy sinh bề mặt là thích hợp nhất cho việc xử lý nước mưa. Đây là một công trình có cấu trúc tương tự một hồ nước cho phép nước chảy xuyên qua đầm trên mặt đất.

Nước chảy ngang qua một lớp thực vật thủy sinh trên bề mặt và sẽ được xử lý tại đây. Mức nước trong đầm thủy sinh thường khá ổn định và được kiểm soát thông qua một thiết bị thoát nước, đảm bảo thời gian điều tiết nước trong đầm vừa đủ cho quá trình xử lý.



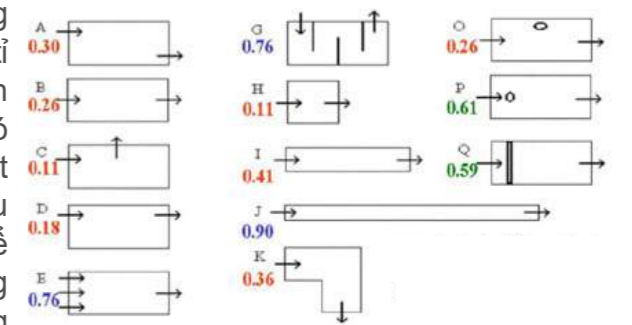
Hình 4.24 : Đầm thủy sinh bề mặt tại Grove Drive



Hình 4.25 : Mặt cắt ngang của một đầm thủy sinh bề mặt điển hình

#### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

Với đầm thủy sinh bề mặt, độ dẫn thủy lực của đất có thể không cao (<200mm/h) do đó phần lớn nước sẽ chảy ngang qua bề mặt thay vì thấm thấu dọc xuống đáy. Bên cạnh đó, tỉ lệ giữa chiều dài và chiều rộng và cách bố trí đầm thủy sinh sẽ tác động rất lớn đến hiệu quả thủy lực của đầm, thứ có quan hệ chặt chẽ với sự hình thành một vùng nước chết trong vùng thủy sinh. Do đó, tỉ lệ giữa chiều dài và chiều rộng của đầm được khuyến nghị không được ít hơn 5:1 để đảm bảo hiệu quả xử lý nước. Thời gian điều tiết nước trong đầm nên vào khoảng 48 giờ, và có thể được kiểm soát thông qua thay đổi kích thước ống thoát nước đầu ra để đảm bảo khả năng xử lý nước hiệu quả.



Hình 4.26 : Hiệu quả thủy lực

### 4.2.6 Đầm thủy sinh ngầm

#### NGUYÊN LÝ VÀ ỨNG DỤNG



Với một đầm thủy sinh ngầm, nước sẽ không được nhìn thấy do được thiết kế chảy ngang hoặc dọc bên dưới mặt đất với một lớp lọc xung quanh. Hệ thống rễ của thảm thực vật giúp cải thiện chất lượng nước thông qua việc hấp thụ các tạp chất trong nước. Các vi sinh vật bên trong hệ thống lọc sẽ hỗ trợ phân hủy các chất gây ô nhiễm. Do đó, loại đầm thủy sinh này rất hiệu quả trong việc loại bỏ các tạp chất hữu cơ.

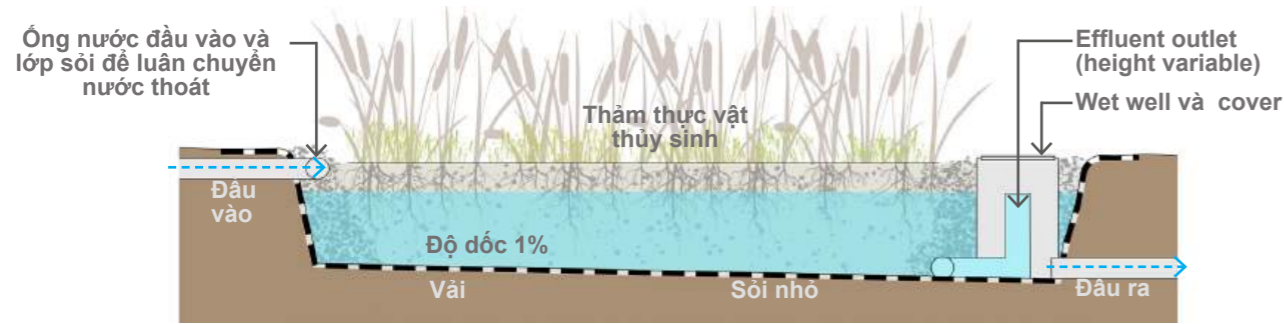


Hình 4.27 : Đầm thủy sinh ngầm Lorong Halus  
Cẩm nang WAUD cho TP. HỒ CHÍ MINH 61



## 4.2 XỬ LÝ VÀ DẪN NƯỚC

### 4.2.6 Đầm thủy sinh ngầm



Hình 4.28 : Mặt cắt ngang của một đầm thủy sinh ngầm

### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

Ngược lại với đầm thủy sinh bề mặt, độ dẫn thủy lực của lớp đất lọc trong đầm thủy sinh ngầm cao hơn (>1000mm/h), tạo điều kiện cho việc lọc nước theo cả chiều dọc và chiều ngang. Bên cạnh đó, tỉ lệ giữa chiều dài và chiều rộng không được vượt quá 4:1 vì dòng chảy dài hơn sẽ tạo ra nhiều lực cản do ma sát giữa nước với lớp lọc và hệ thống rễ thủy sinh.

### 4.2.7 Bè thủy sinh

#### NGUYÊN LÝ VÀ ỨNG DỤNG



Bè thủy sinh bao gồm một thảm nổi mà cây có thể phát triển trên đó. Các loại bè nổi có rễ thường được chọn làm thảm thực vật cho bè thủy sinh. Hệ thống rễ cây phát triển xuyên qua lớp lọc để hấp thụ chất dinh dưỡng trong nước. Đồng thời, bè thủy sinh cung cấp môi trường sống cho động vật dưới nước và các vi sinh vật có thể hỗ trợ phân hủy các tạp chất hữu cơ.



Hình 4.29 : Bè thủy sinh tại Jurong Lake Garden

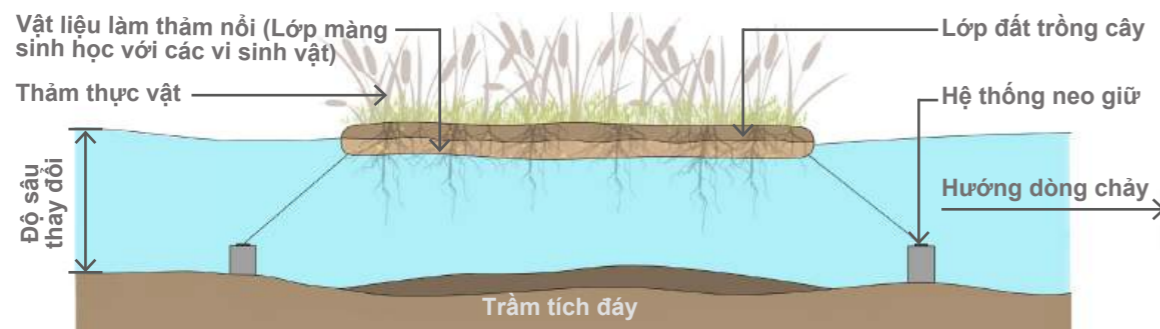


Figure 4.30: Mặt cắt điển hình của đất ngập nước nổi

### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

Việc thiết kế hệ thống neo giữ bè thủy sinh bắt buộc phải tính đến mực nước tối thiểu và tối đa của vùng nước. Hệ thống neo giữ cần được kết nối với tất cả các mô-đun của bè, và phải được cố định dưới đáy để hấp thụ lực đẩy từ gió mạnh và dòng nước trong các trận mưa bão lớn.

### 4.2.8 Thảm lọc sinh thái tuần hoàn

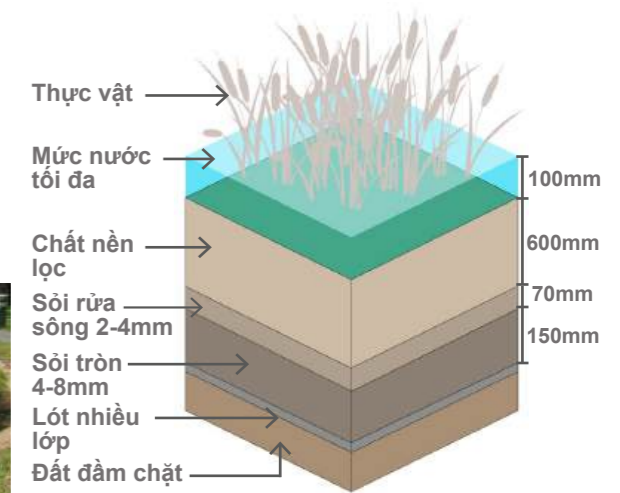
#### NGUYÊN LÝ VÀ ỨNG DỤNG



Thảm lọc sinh thái tuần hoàn là một dạng của đầm thủy sinh kiến tạo mà có thể đảm bảo chất lượng nước cao thông qua lọc nước và hấp thụ sinh học. Thông thường, nó cải thiện chất lượng nước với một hệ thống tái tuần hoàn nước. Nước đã qua xử lý từ thảm lọc sẽ được thải ra sông ngòi, kênh rạch và nước chưa xử lý từ sông ngòi, kênh rạch sẽ được luân chuyển qua thảm lọc để xử lý.

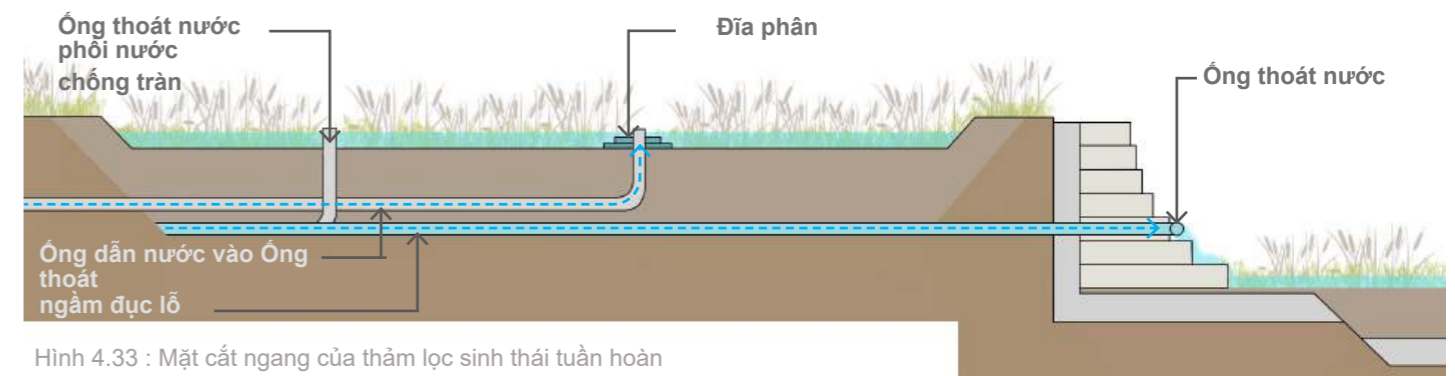


Hình 4.31 : Thảm lọc sinh thái tuần hoàn ở Công viên Bishan



Hình 4.32: Làm sạch hồ sơ sinh học

Các lớp thực vật trong thảm lọc sẽ loại bỏ tạp chất và hấp thụ chất dinh dưỡng trong nước. Các chất nền được bố trí chung với thảm thực vật sẽ lọc ra các hạt tạp chất và loại bỏ photpho. Các loài vi sinh vật trong môi trường chất nền dinh dưỡng kém sẽ lấy ôxi từ rễ cây và tiến hành phân hủy các chất gây ô nhiễm. Một hệ thống thảm lọc sinh thái tuần hoàn có thể được phân thành nhiều cấp độ khác nhau để đa dạng hóa cảnh quan, và nước sẽ chảy qua nhiều cấp lọc theo thứ tự để tăng cường chất lượng nước.



Hình 4.33 : Mặt cắt ngang của thảm lọc sinh thái tuần hoàn

### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

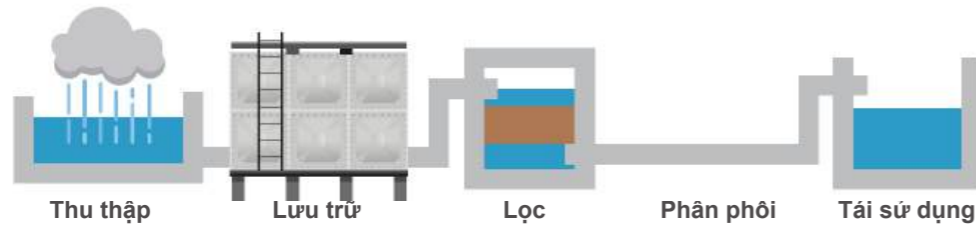
Thời gian điều tiết nước trong thảm lọc quyết định chất lượng của nước thoát. Loại nước chứa nồng độ chất ô nhiễm cao sẽ yêu cầu thời gian điều tiết là 2-3 ngày, trong khi nước có nồng độ các chất này thấp hơn chỉ cần 1-2 giờ để được xử lý. Với các thảm lọc tốc độ thấp, công suất lọc tối đa là 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/ngày, và tiêu chí này có thể được áp dụng cho thảm lọc sinh thái tuần hoàn. Công suất lọc sẽ quyết định số giờ vận hành tối đa mỗi ngày của thảm lọc sinh thái tuần hoàn. Lớp lọc chất nền của thảm lọc bao gồm cát và nham thạch vốn có độ dẫn thủy lực cao (~2000mm/h) cho phép lọc nước theo chiều dọc. Thời gian luân chuyển nước trong ao nước, vốn phụ thuộc vào công suất thiết kế của hệ thống bơm và thời gian vận hành bơm mỗi ngày, nên được tính toán dựa trên kích thước ao để đảm bảo chất lượng nước. Với các hồ nước lớn, thời gian luân chuyển nước được khuyến nghị là dưới 30 ngày để tránh việc tảo trong nước nở hoa.

## 4.3 THU GOM & TÁI SỬ DỤNG NƯỚC MƯA

### 4.3.1 Tổng quan về thu thập nước mưa

#### TỔNG QUAN HỆ THỐNG TÁI SỬ DỤNG NƯỚC MƯA

Thu gom nước mưa là một trong những nguồn cung cấp nước thay thế có thể được sử dụng trong các công trình thương mại hoặc các công trình hoạt động. Đây là một quá trình bao gồm các bước thu gom, lọc nước, lưu trữ và tái sử dụng nước mưa cho các mục đích tiêu thụ hoặc phi tiêu thụ.



Hình 4.34: Mô hình hệ thống thu thập nước mưa

Các yếu tố thường được cân nhắc khi quy hoạch thu gom nước mưa gồm:

- Lưu vực mưa
- Quy hoạch hệ thống thoát nước
- Lượng nước mưa có thể thu thập
- Mục đích sử dụng nước mưa thu thập
- Nhu cầu sử dụng nước mưa thu thập
- Tính khả thi trong thi công & lắp đặt
- Vận hành & Bảo dưỡng

Sau khi được thu gom từ bề mặt lưu vực, nước mưa cần được luân chuyển đến bể thu gom nước mưa thông qua một hệ thống luân chuyển gồm máng xối, ống dẫn nước mưa, và kênh thoát nước. Khi thiết kế và lắp đặt hệ thống luân chuyển, một số vấn đề cần phải được cân nhắc: kích thước của các bộ phận luân chuyển nước, vị trí bể trữ nước, chất lượng nước mưa.

Các bộ phận của hệ thống luân chuyển nước mưa cần có kích thước và độ dốc hợp lý nhằm cung cấp khả năng thoát nước an toàn và nhanh chóng. Sức chứa thủy lực của hệ thống luân chuyển cần phải đủ lớn để đáp ứng các trận bão 10 năm có 1 lần, tham khảo dựa trên Quy tắc Vận hành của Hệ thống Thoát nước mặt tại Singapore ([https://www.pub.gov.sg/Documents/PUB\\_COP\\_7th\\_Edition.pdf](https://www.pub.gov.sg/Documents/PUB_COP_7th_Edition.pdf)).

Điều kiện thoát nước của không gian và vị trí đặt bể trữ nước cần được xem xét khi thiết kế hệ thống thu gom nước mưa. Một số khó khăn có thể hiện hữu tại một số phần của bề mặt lưu vực và hệ thống luân chuyển nước do độ dốc hoặc do cách bố trí không gian. Ví dụ, một ống thoát nước dài có tác dụng luân chuyển nước mưa đến bể trữ nước có thể buộc bể trữ nước phải được đặt sâu trong lòng đất, vốn có thể không khả thi tại một số không gian.

#### TÍCH HỢP HỆ THỐNG THU GOM NƯỚC MƯA

Các công trình điều tiết nước mưa có thể được kết hợp với hệ thống thu gom nước mưa để trữ nước cho các mục đích không tiêu thụ như tưới tiêu cảnh quan, giặt rửa chung và bổ sung nước cho sông ngòi, kênh rạch. Công trình thu gom nước mưa thường được đặt tại thượng nguồn của hệ thống điều tiết, và lượng nước dư thừa từ các hệ thống thu gom nước mưa có thể chảy tràn vào hệ thống điều tiết nước mưa.

Các công trình WAUD được khuyến nghị thiết kế đồng thời với hệ thống thu gom nước mưa. Quản lý chất lượng nước mưa thu gom là một yếu tố tối quan trọng trong một quy trình bền vững. Các công trình WAUD góp phần cải thiện chất lượng nước thông qua một quy trình lọc và hấp thụ sinh học trước khi nước mưa có thể được thu gom và sử dụng.

### 4.3.2 Các tiêu chí về thu thập nước mưa

#### TIÊU CHÍ THIẾT KẾ

Kích thước của một hệ thống điều tiết nước mưa thường bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như nhu cầu sử dụng nước, lượng nước mưa, không gian & mặt bằng khả dụng, chi phí xây dựng, khả năng bảo trì, chi phí vận hành, v.v... Trong giai đoạn phát triển thiết kế của một hệ thống thu gom nước mưa, cần lưu ý tính toán kích thước sơ bộ của hệ thống để đội ngũ thiết kế có thể ước tính được chi phí. Kích thước sơ bộ của một hệ thống thu gom nước mưa có thể được ước lượng thông qua 2 yếu tố: lượng nước mưa có thể thu gom và nhu cầu sử dụng nước mưa.

Giai đoạn tính toán cung – cầu của việc thu gom nước mưa được ước lượng vào khoảng 6.5 ngày. Dựa trên các thông tin về khí tượng tại TPHCM, trung bình sẽ có một trận mưa mỗi 6.5 ngày vào mùa khô (Tháng 12 đến tháng 4 năm sau). Việc ước lượng kích thước của hệ thống thu gom nước mưa được dựa trên lượng nước trữ được & nhu cầu sử dụng trong 6.5 ngày không mưa vào mùa khô tại TPHCM.

Lượng nước mưa có thể thu gom là chỉ số thể hiện lượng nước mưa có thể được thu gom bởi các công trình thu gom nước mưa. Lượng nước mưa có thể thu gom dùng trong 6.5 ngày có thể được tính toán thông qua công thức dưới đây:

$$S_{6.5\text{-day}} = 6.5 \times C \times A \times P_{ave}$$

Trong đó  $S_{6.5\text{-day}}$  = Lượng nước mưa có thể thu thập bởi các công trình thu thập nước mưa, dùng trong 6.5 ngày

$C$  = Hệ số nước thoát có trọng số của lưu vực (không thứ nguyên)

$A$  = Diện tích lưu vực của hệ thống thu thập nước mưa

$P_{ave} = 12.31\text{mm/m}^2$ , lượng mưa trung bình của một ngày mưa vào mùa khô tại TPHCM

Nhu cầu sử dụng nước mưa thể hiện lượng nước mưa thu gom có thể được tái sử dụng vào các mục đích như bao gồm tưới tiêu cho các không gian xanh, xả thải toilet và bổ sung nước cho sông ngòi, kênh rạch. Nhu cầu sử dụng nước mưa trong 6.5 ngày có thể được tính toán như sau:

$$D_{6.5\text{-day}} = 6.5 \times (D_{irr} + D_{wash} + D_{others})$$

Trong đó  $D_{6.5\text{-day}}$  = Nhu cầu sử dụng nước mưa trong 6.5 ngày

$D_{irr}$  = Nhu cầu tưới tiêu không gian xanh mỗi ngày

$D_{wash}$  = Nhu cầu giặt rửa mỗi ngày

$D_{others}$  = Nhu cầu sử dụng nước mưa cho các mục đích khác, mỗi ngày

Sau khi tính toán được lượng cung-cầu trong 6.5 ngày, kích thước sơ bộ đề xuất của hệ thống thu thập nước ước lượng có thể được ước lượng thông qua bảng dưới đây:

	So sánh cung – cầu	Thể tích hiệu quả của hệ thống thu thập nước mưa
Tình huống 1	$S_{6.5\text{-day}} > D_{6.5\text{-day}}$	$D_{6.5\text{-day}}$
Tình huống 2	$S_{6.5\text{-day}} \leq D_{6.5\text{-day}}$	$S_{6.5\text{-day}}$

Bảng 4.D: Tiêu chí ước lượng kích thước sơ bộ của hệ thống thu thập nước mưa

Một nghiên cứu về cân bằng sử dụng nước cần được thực hiện để tính toán thể tích của hệ thống thu thập nước mưa trong một khoảng thời gian dài như 1 năm. Nghiên cứu này có thể được thực hiện thông qua các dữ liệu về lượng mưa mỗi ngày trong lịch sử, diện tích lưu vực, hệ số nước thoát và thể tích hệ thống thoát nước mưa hiệu quả. Một nghiên cứu sâu hơn về mối tương quan giữa thể tích hiệu quả của hệ thống thoát nước mưa và lượng nước mưa hệ thống này thu thập được hàng năm có thể được thực hiện để quyết định kích thước tối ưu nhất, mang lại hiệu quả về kinh phí và vẫn có đủ không gian trữ nước để đáp ứng nhu cầu sử dụng nước và đảm bảo nguồn cung nước mưa đầy đủ.

## 4.3 THU THẬP & TÁI SỬ DỤNG NƯỚC MƯA

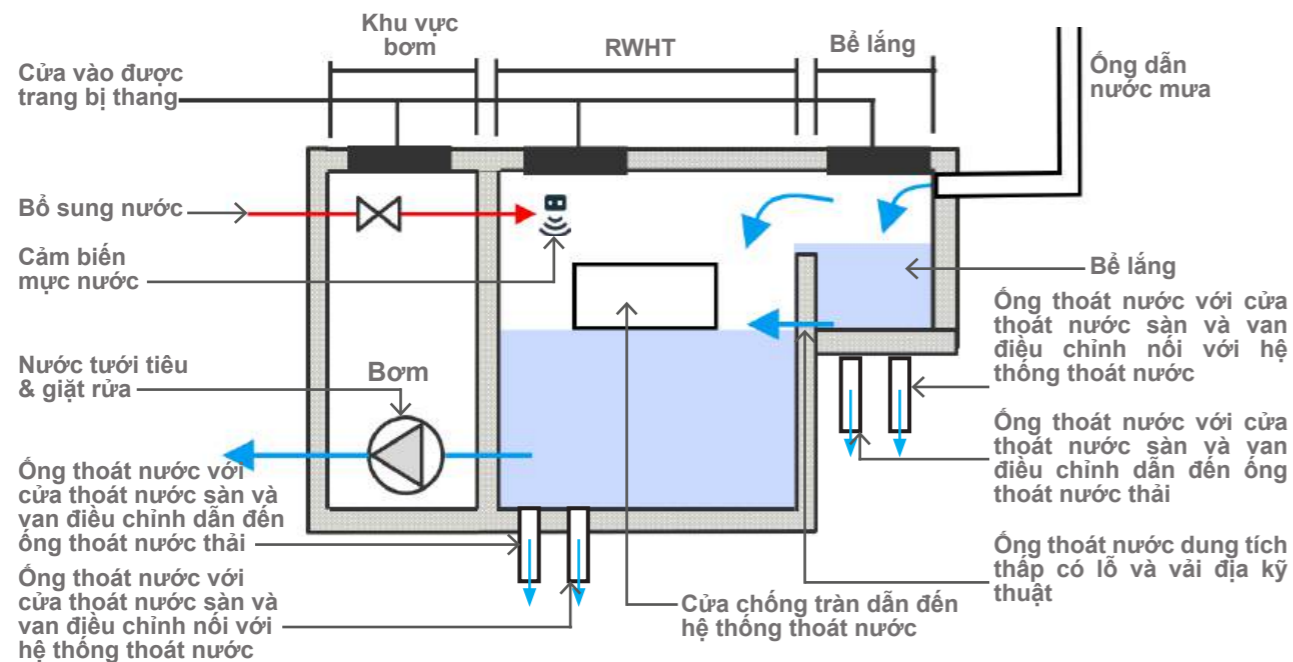
### 4.3.3 Các công cụ thu thập nước mưa

#### BỂ THU GOM NƯỚC MƯA

Bể thu gom nước mưa (BTGNM) là công trình thu gom nước mưa phổ biến nhất. BTGNM có thể được đặt trên hoặc dưới mặt đất, nhưng lưu ý rằng một BTGNM ở độ cao thấp hoặc dưới lòng đất sẽ dễ dàng được tích hợp với các công trình WAUD hơn trong khi một BTGNM ở độ cao lớn hơn sẽ tích hợp dễ hơn với các hệ thống điều tiết nước mưa. Vật liệu của BTGNM có thể là polyethylene, bê tông, thép mạ kẽm, sợi thủy tinh, nhựa gia cố sợi, hoặc thép không gỉ.

Mặt cắt ngang của một BTGNM được thể hiện bên dưới ở hình 4.31, trong đó một BTGNM bao gồm:

1. 2Bể lắng, nơi lưu trữ các trầm tích lắng của nước mưa đặc biệt trong lần xả nước đầu tiên. Bể lắng sẽ nhận nước mưa từ một hoặc nhiều ống thoát nước mưa, và nước mưa được thu gom sẽ được đổ vào BTGNM qua các ống thoát nước dung tích thấp có lỗ được bố trí tại đáy bể lắng. Một đập tràn nhỏ sẽ cho phép lượng nước tràn chảy vào BTGNM.
2. Các cửa thoát nước sàn, được kết nối với một ống dẫn vào hệ thống thoát nước được lắp đặt ở cả BTGNM và bể lắng. Các cửa này được dùng để (1) xả nước khỏi bể cho mục đích bảo trì, và (2) xả toàn bộ nước khi nước mưa được trữ trong bể đủ 7 ngày, nhằm tiêu diệt lăng quăng.
3. Một cửa chống tràn được nối với hệ thống thoát nước để xả lượng nước thừa vào hệ thống thoát nước hạ nguồn.
4. Khu vực bơm chứa các thiết bị bơm dùng để bơm nước mưa được trữ ra ngoài để tưới tiêu & dùng cho các mục đích khác.
5. Một ống dẫn nước bổ sung được dùng để bổ sung nước trong thùng từ các nguồn nước khác.
6. Cảm biến mực nước, được dùng để đo mực nước trong thùng và báo hiệu bổ sung nước hoặc kích hoạt thiết bị bơm khi mực nước quá thấp.
7. Các cửa vào bể lắng, BTGNM và khu vực bơm. Các cửa này thường được trang bị thang để tiếp cận bảo trì bể.



Hình 4.35: Mô hình bể thu thập nước mưa

#### THÙNG TRỮ NƯỚC MƯA

Các thùng và bể chứa nước mưa cỡ nhỏ có thể được lắp đặt để thu giữ nước mưa thoát ra từ mái nhà và lưu trữ để sử dụng sau này. Đây là các hệ thống chi phí thấp cho phép bạn bổ sung nước tại nhà với một nguồn cung cấp nước bền vững và giúp bảo tồn các nguồn nước tại địa phương bằng cách kiểm chế lượng mưa.

Việc thu gom nước mưa từ mái nhà, kể cả với một lượng rất nhỏ, đều đem lại lợi ích cho môi trường do sẽ giảm được lưu lượng và vận tống của nước thoát chảy vào các kênh rạch xung quanh.

Các thùng đựng nước mưa thường có sức chứa từ 200 đến 1000 lít. Chúng chỉ chiếm một lượng không gian rất nhỏ và có thể được kết nối hoặc liên kết thành một hệ thống đơn giản để gia tăng năng lực tích trữ.

Các thùng và bể trữ nước mưa cỡ nhỏ thích hợp cho các không gian với các đặc điểm sau:

- Các mái nhà có ống thoát nước xuống đất.
- Một bề mặt phẳng, chắc chắn là cần thiết để hỗ trợ thùng hoặc bể trữ nước, tránh việc bị xô dịch hoặc ngã đổ. Một thùng trữ nước mưa đầy với dung tích 55 gallons sẽ nặng hơn 181kg. Có một không gian cảnh quan nơi nước thu gom được có thể được sử dụng (hoặc thoát ra nhờ trọng lực) cách thùng trữ nước mưa một khoảng cách hợp lý.
- Có không gian cảnh quan hoặc lối thoát nước an toàn ra hệ thống thoát nước mưa nhằm xử lý nước tràn.

Nhiều phụ kiện có thể được lắp vào thùng và bể trữ nước mưa cỡ nhỏ để đảm bảo chất lượng nước thu gom được và giảm phần việc bảo trì, bao gồm thiết bị bỏ nước đầu trận mưa, màng lọc và lưới chắn rác.

Lá, cành cây, tạp chất và chất thải động vật thường được tìm thấy trong nước thoát, đặc biệt vào giai đoạn đầu trận bão ("nước đầu"). Các vật thể này có thể gây tắc nghẽn và tạo điều kiện sinh sôi vi khuẩn. Một thiết bị loại bỏ nước đầu trận mưa sẽ giúp loại bỏ các vật thể và tạp chất này bằng cách luân chuyển một lượng dung tích nước ban đầu từ mái nhà thẳng xuống cảnh quan thay vì cho nước chảy vào thùng hoặc bể chứa.



Hình 4.36: Một bể trữ nước mưa dùng cho mục đích thương mại tại Trung tâm Kỹ thuật Xanh Chicago.



Hình 4.37: Một thùng chứa nước mưa được lắp bên cạnh nhà

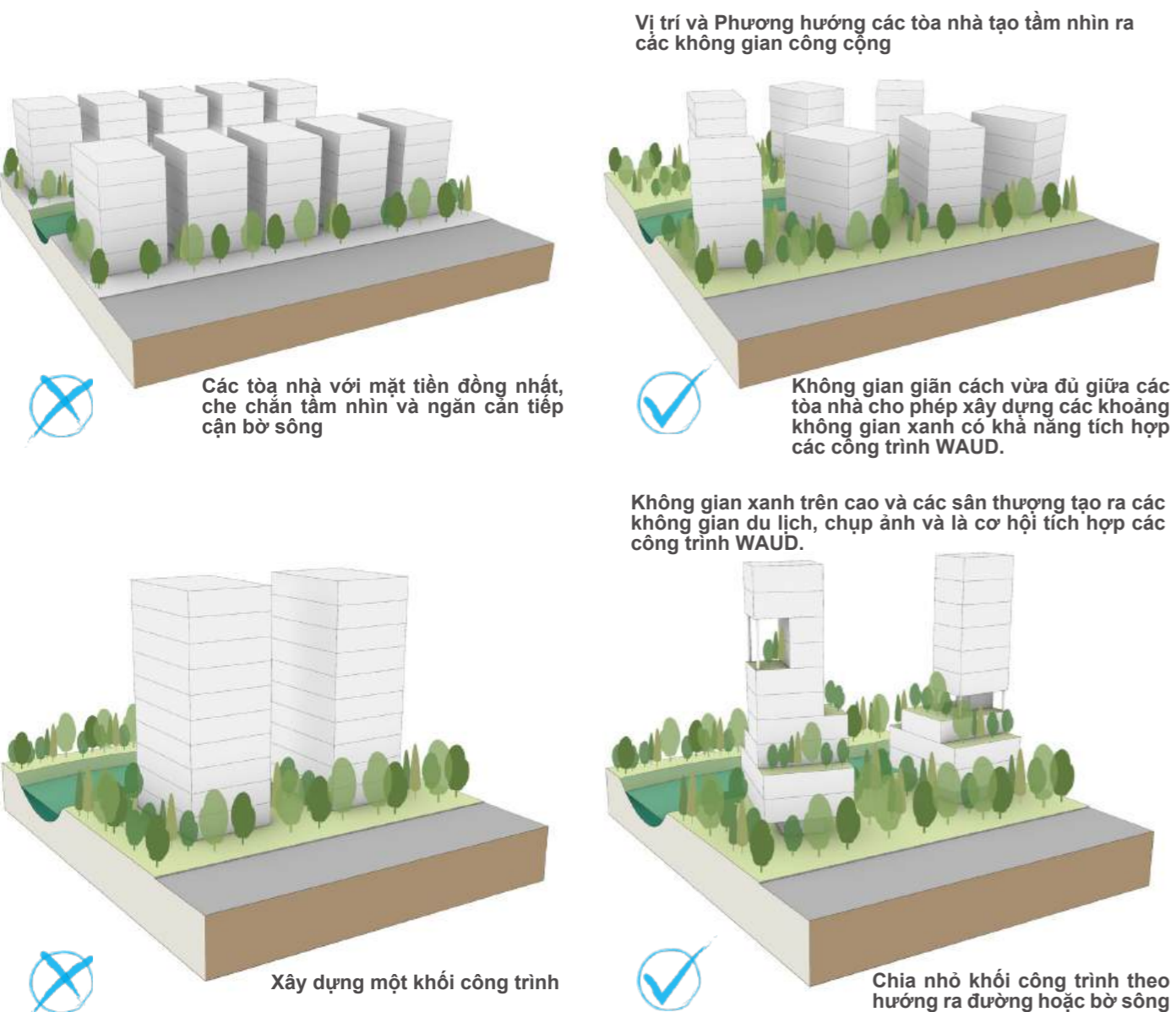
## 4.4 CẢNH QUAN & QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

### 4.4.1 Không gian xanh trong đô thị

#### XÂY DỰNG VÀ NÂNG CAO QUY MÔ TRONG BỐI CẢNH ĐÔ THỊ

Cần quan tâm chặt chẽ đến việc quy hoạch xây dựng và thiết kế thành phố để giảm thiểu hiệu ứng “tường” và tạo sự thoải mái cho cư dân tận hưởng các không gian công cộng. Các khối công trình lớn nên được chia nhỏ thành các tòa nhà quy mô hợp lý hơn, tạo sự thu hút thông qua việc sử dụng các yếu tố tự nhiên.

Bằng cách tôn trọng tầm nhìn và sắp xếp dàn trải các khối công trình xa khỏi đường phố, một trải nghiệm thoải mái hơn sẽ được tạo ra cho cư dân.



Hình 4.38 - 4.41: Các phối cảnh ví dụ về các giải pháp tốt đã phá vỡ xây dựng quá mức vì một thành phố lấy con người làm trọng tâm, cho phép cư dân được hoàn toàn tận hưởng các không gian công cộng.

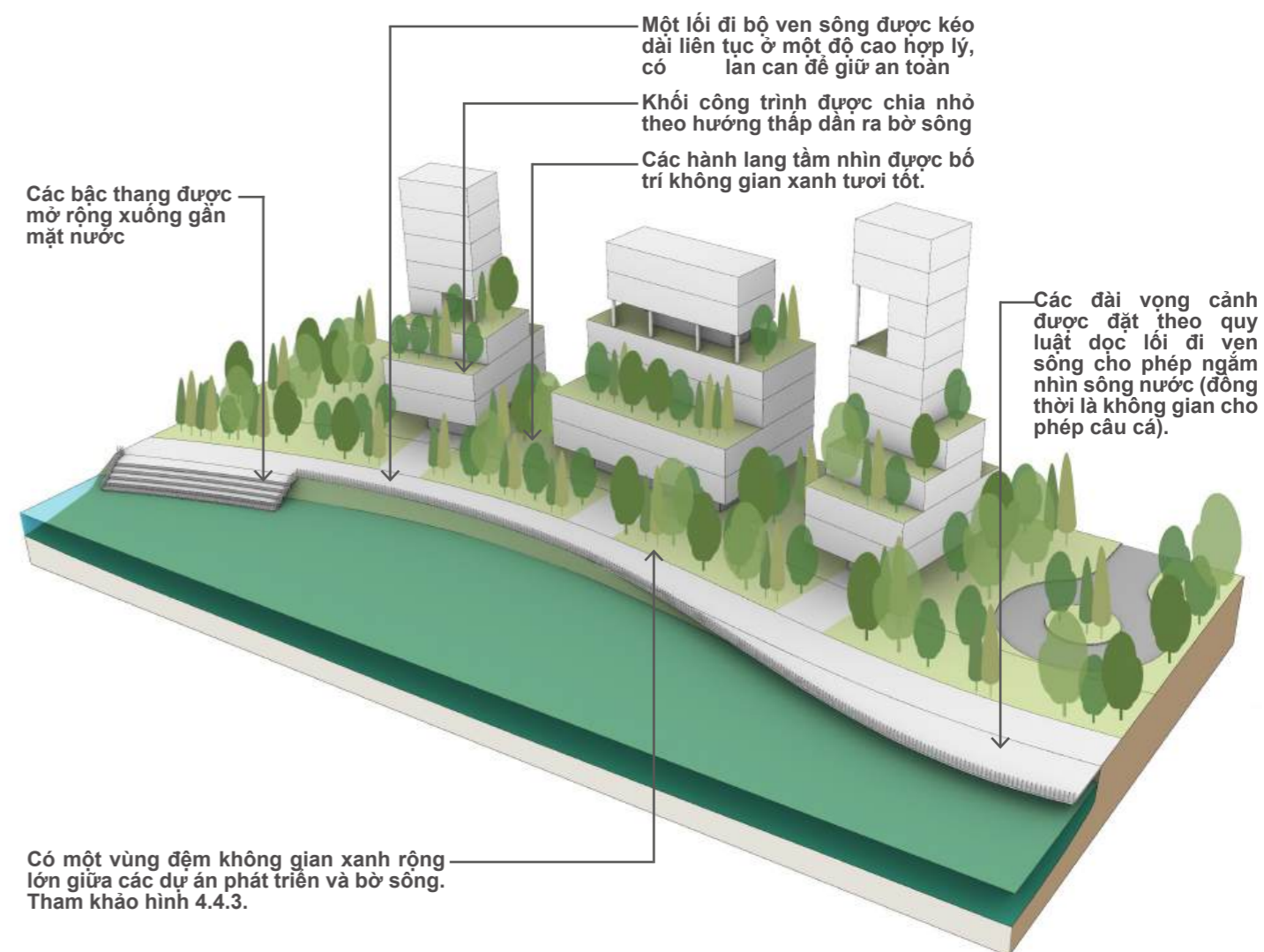
#### CÁC DỰ ÁN PHÁT TRIỂN VEN SÔNG

Một khoảng lùi hợp lý so với bờ sông nên được quy định cho các dự án phát triển ven sông để tạo điều kiện cho cư dân tận hưởng không gian công cộng này.

Cần lưu tâm đặc biệt đến việc lựa chọn vật liệu xây dựng và màu sắc của thảm thực vật để đảm bảo sự nhất quán giữa không gian ven bờ sông và các tòa nhà.

Bắt buộc phải duy trì 70% cây xanh địa phương tại các tuyến đường thủy, kênh rạch và vùng đất ngập nước phát triển để bảo vệ môi trường đa dạng sinh học và giảm thiểu chi phí bảo trì.

Cung cấp các lối tiếp cận bờ sông dễ dàng giữa các tòa nhà và một vùng đệm giữa các không gian ven sông để tạo ra một kết nối thông suốt giữa các chương trình phát triển ven sông.



Hình 4.42: Phối cảnh thể hiện đa dạng các yếu tố cần cân nhắc khi quy hoạch các dự án ven sông. Các chuyên gia quy hoạch đô thị, kiến trúc sư công trình và kiến trúc sư cảnh quan cần hợp tác chặt chẽ để quản lý một môi trường thích nghi được với bờ sông và đánh giá các dự án phát triển dưới góc nhìn của cư dân.

## 4.4 CẢNH QUAN & QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

### 4.4.2 Cung cấp không gian xanh quanh mặt bằng đô thị

#### KHÔNG GIAN XANH THAY THẾ

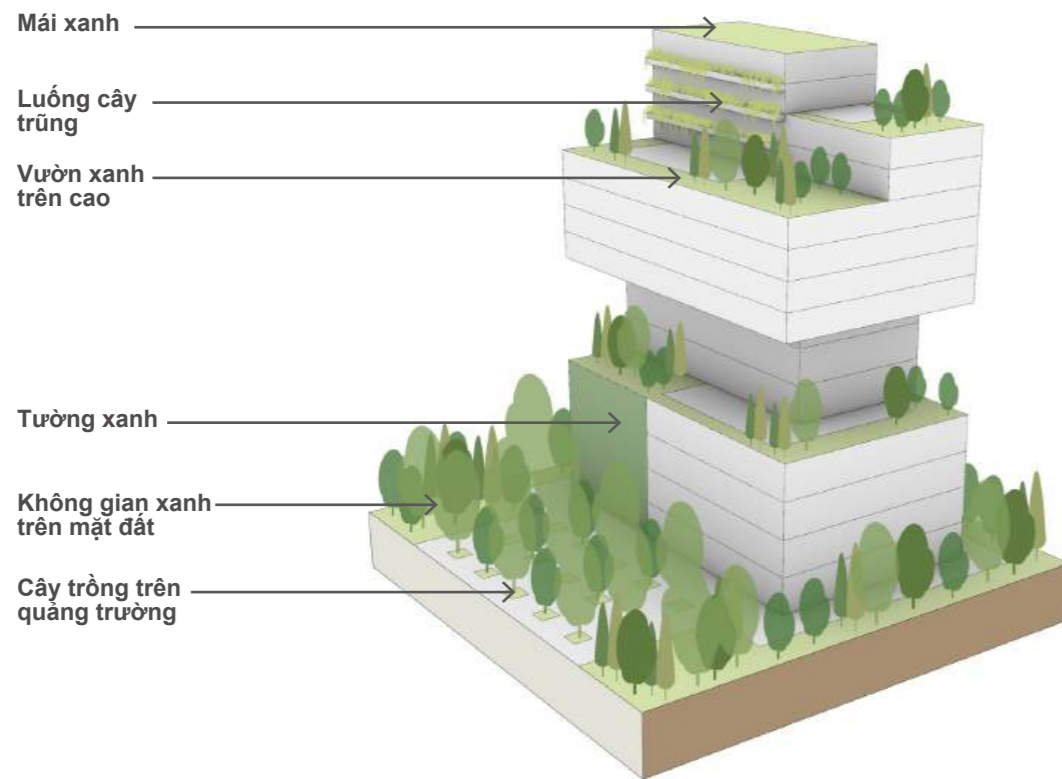
Không gian xanh trong đô thị giúp xây dựng môi trường, cải thiện chất lượng cuộc sống đồng thời điều hòa nhiệt độ, cải thiện chất lượng không khí và tạo cơ hội tích hợp các công trình WAUD trong thành phố.

Với các dự án phát triển có diện tích lớn hơn 0.2ha, các không gian xanh đáng kể sẽ giúp tạo ra một môi trường đô thị thoải mái hơn. Các không gian xanh thay thế (GRA) là các khu vực có trồng cây xanh, ở tầng trệt hay các tầng cao của tòa nhà, mà tổng diện tích các khu vực xanh này cần phải đạt mức yêu cầu được thể hiện ở bảng trong trang kế bên.

Các không gian xanh thay thế này được tích hợp vào tòa nhà thông qua các luống cây trồng để ngăn việc cản trở tầm nhìn và cải thiện trải nghiệm của cư dân. Các không gian này nên trồng kết hợp cây lớn, cây họ cau, cây bụi, cây leo và cây phủ thấp mặt đất, nhưng không bao gồm các bãi cỏ.

Với các luống cây sâu tối thiểu 1000mm nên được dành cho cây lớn và các cây họ cau (dừa, cọ...), 600mm dành cho cây bụi và cây leo, và 300mm cho các cây phủ thấp mặt đất. Các cây trồng trong chậu không được tính là một phần của không gian xanh vĩnh viễn này.

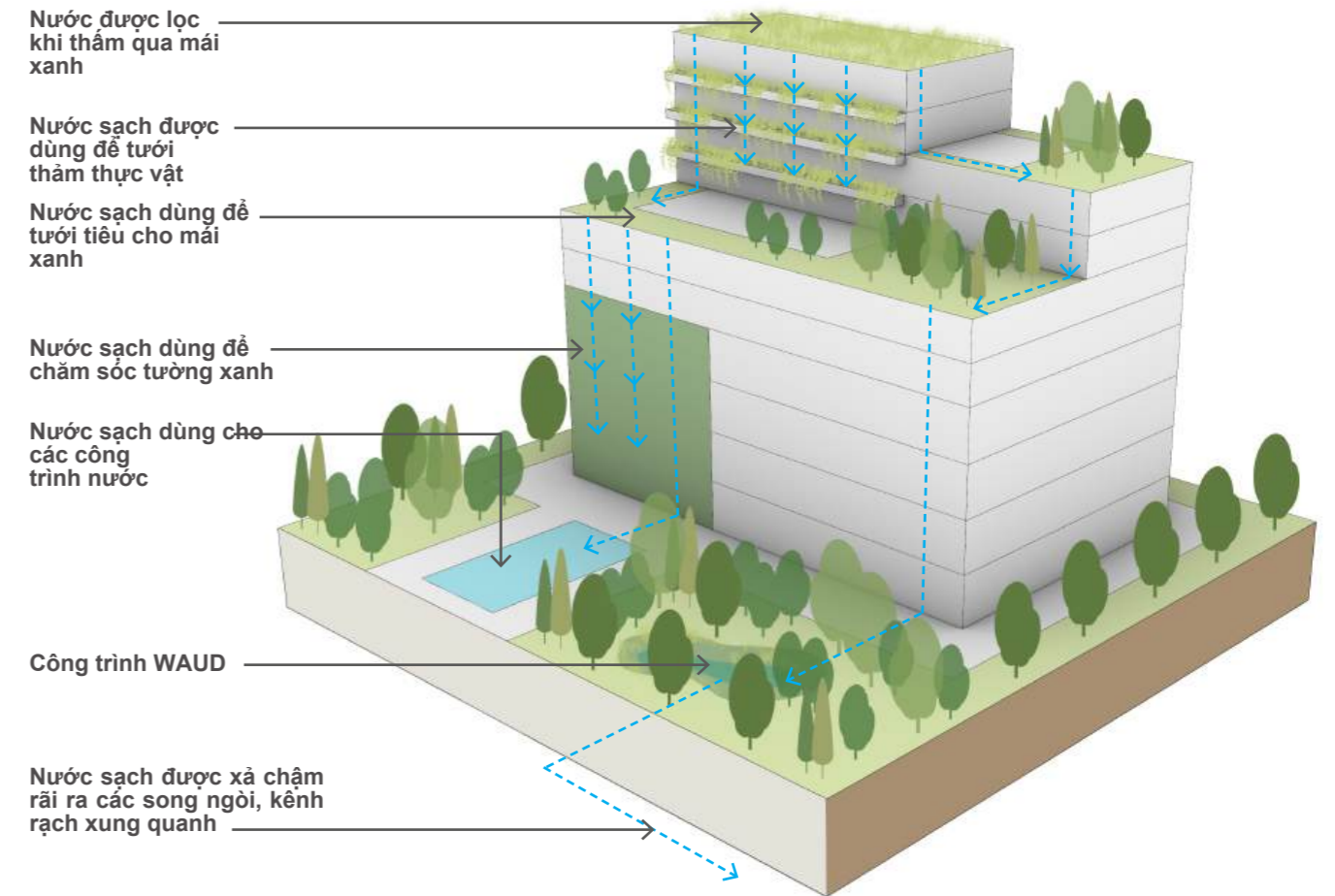
Các công trình WAUD nên được tích hợp nhiều nhất có thể trong các không gian xanh. Vui lòng tham khảo các phối cảnh ở trang kế bên để biết thêm các ví dụ về các công trình WAUD có thể được thiết kế trong không gian mặt bằng.



Hình 4.43: Phối cảnh thể hiện các loại GRA khác nhau có thể được tích hợp vào một công trình (với các dự án phát triển khu đất lớn hơn 0.2 ha). Tổng diện tích GRA bao gồm diện tích bề mặt ngang của các cảnh quan mềm, diện tích bề mặt ngang của các cảnh quan cứng, và diện tích bề mặt dọc của tường xanh (nếu có).

Mục đích sử dụng đất	Mục đích sử dụng chi tiết	GRA yêu cầu
Công viên và không gian mở	Không gian xanh thiết kế theo chủ đề, Không gian xanh đô thị, Đất lâm nghiệp, Đất trồng trọt	75%
Thể thao và sức khỏe	Không gian công cộng, Trung tâm thể dục thể thao, Trung tâm chăm sóc sức khỏe	50%
Hành chính/ Cơ sở hạ tầng	Quốc phòng và an ninh, Công nghiệp, Hạ tầng kỹ thuật, Cơ quan hành chính, Giao thông vận tải, Nghĩa trang, Cơ sở tôn giáo, Di tích lịch sử	25%
Thương mại	Mục đích du lịch và các mục đích sử dụng hỗn hợp khác	35%
Giáo dục	Các cơ sở giáo dục và viện nghiên cứu, Viện đại học, Trường mầm non/tiểu học/THCS/THPT.	35%
Dân cư	Không gian xanh trong khu ở, Đất công cộng đơn vị ở, Khu dân cư, Khu dân cư nông thôn	25%

Bảng 4.E: Lượng không gian xanh thay thế cần thiết cho các mục đích sử dụng đất khác nhau



Hình 4.44: Các ứng dụng phổ biến các công trình WAUD trong các GRA. Các công trình này có thể được ứng dụng đơn lẻ hoặc kết hợp nhiều công trình khác nhau

## 4.4 CẢNH QUAN & QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

### 4.4.2 Cung cấp không gian xanh quanh mặt bằng đô thị

#### KHÔNG GIAN XANH TẠI RANH GIỚI CÔNG TRÌNH

Các thảm thực vật được trồng trên mặt đất tại ranh giới công trình có thể được chia thành hai loại: Vùng đệm xanh (khi là mặt tiền hướng ra đường xá hay sông nước) và Không gian xanh ngoại vi (khi nằm kế bên một công trình khác). Cả hai loại không gian xanh này đều được tính vào diện tích GRA cần thiết cho mỗi dự án phát triển.

Yêu cầu về không gian xanh tại ranh giới công trình chỉ được áp dụng với các dự án phát triển trên khu đất có diện tích lớn hơn 0.2ha.

#### VÙNG ĐỆM XANH

Vùng đệm xanh là thảm thực vật được trồng trên ranh giới không gian quy hoạch, trên mặt tiền hướng ra đường chính hoặc sông nước. Nó có chức năng làm một vùng đệm trung gian giữa công trình phát triển và các hạ tầng giao thông hoặc giải trí, đồng thời góp phần phủ xanh đô thị.

Yêu cầu về bề ngang của vùng đệm xanh sẽ phụ thuộc vào loại đường hoặc bề ngang của sông ngòi, kênh rạch. Vùng đệm thường nên bằng phẳng, với độ dốc tối đa cho phép là 1:2.5. Một lớp đất sâu ít nhất 2000mm nên được chuẩn bị để phục vụ cho việc trồng cây bóng mát.

Loại đường	Mục đích sử dụng đất	Chiều ngang của vùng đệm
1 làn	Tất cả mục đích	2.0m
2 làn	Dân cư/Giáo dục	2.0m
	Tất cả mục đích khác	3.0m
4 làn (không có dải phân cách xanh)	Tất cả mục đích	5.0m
4 làn (với 1 dải phân cách xanh)	Tất cả mục đích	3.0m
6 làn (với 1 dải phân cách xanh)	Tất cả mục đích	5.0m
8 làn (với 1 dải phân cách xanh)	Tất cả mục đích	7.0m

Bảng 4.F: Bảng thể hiện sự tương quan giữa loại đường, loại công trình và bề ngang của vùng đệm xanh được khuyến nghị.

Chiều ngang sông/kênh	Mục đích sử dụng đất	Chiều ngang của vùng đệm
Ít hơn 3.0m	Tất cả mục đích	2.0m
Giữa 3.0m và 9.0m	Dân cư/Giáo dục	2.0m
	Tất cả mục đích khác	3.0m
Trên 9.0m	Tất cả mục đích	5.0m

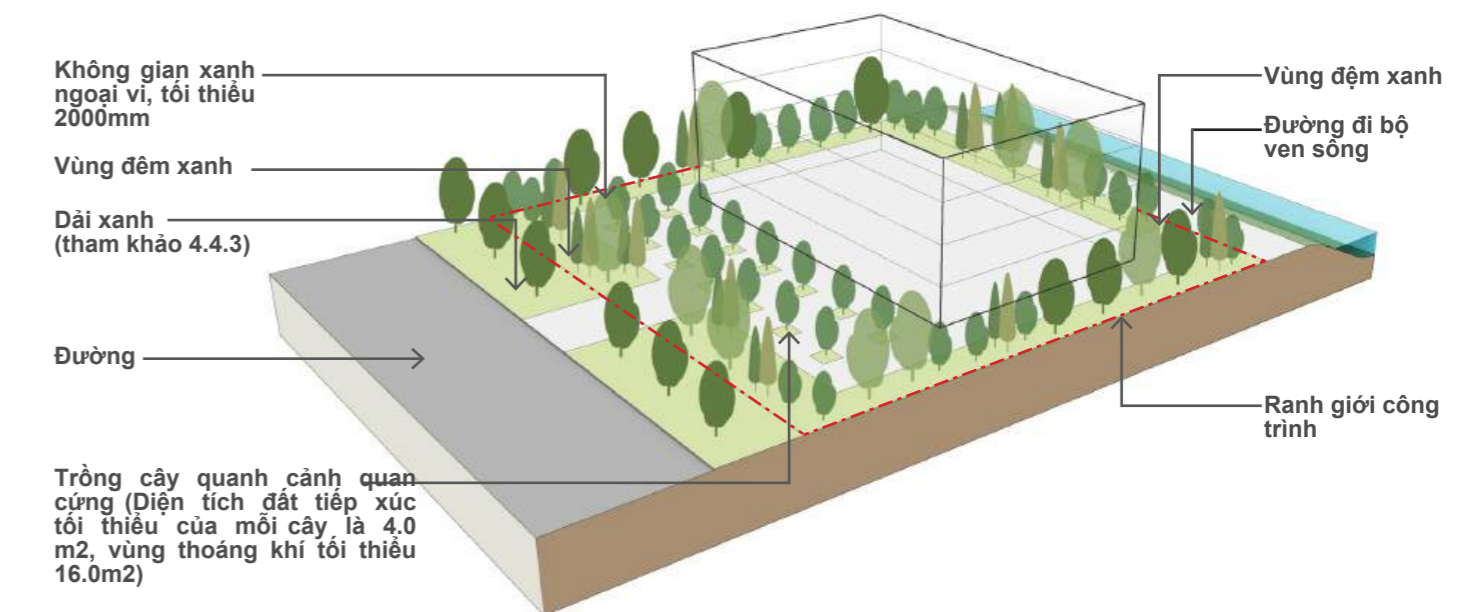
#### TRỒNG NGOẠI VI

Việc trồng cây ngoại vi giữa các khu phát triển lân cận mang lại một khoảng thời gian thư giãn nghỉ ngơi thú vị mà cả hai khu phát triển đều có thể tận hưởng

Chiều rộng tối thiểu 2000mm phải được cung cấp và thường phải bằng phẳng, với độ dốc tối đa cho phép theo tỷ lệ 1:2,5. Độ sâu đất tối thiểu là 2000 mm để trồng cây tán.

#### TRỒNG TRONG CẢNH CỨNG

Cảnh cứng quảng trường là không gian quan trọng trong môi trường đô thị để cư dân tụ tập và diễn ra các sự kiện. Những không gian này có thể được làm mềm và trở nên dễ sống thông qua việc tích hợp cây cối và cây bụi, tạo bóng râm và giảm tác động của hiệu ứng đảo nhiệt đô thị.



Hình 4.45: Phối cảnh thể hiện các yêu cầu về Vùng đệm xanh, Không gian xanh ngoại vi và ví dụ điển hình về việc Trồng cây quanh cảnh quan cứng trong một dự án phát triển điển hình

## 4.4 CẢNH QUAN & QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

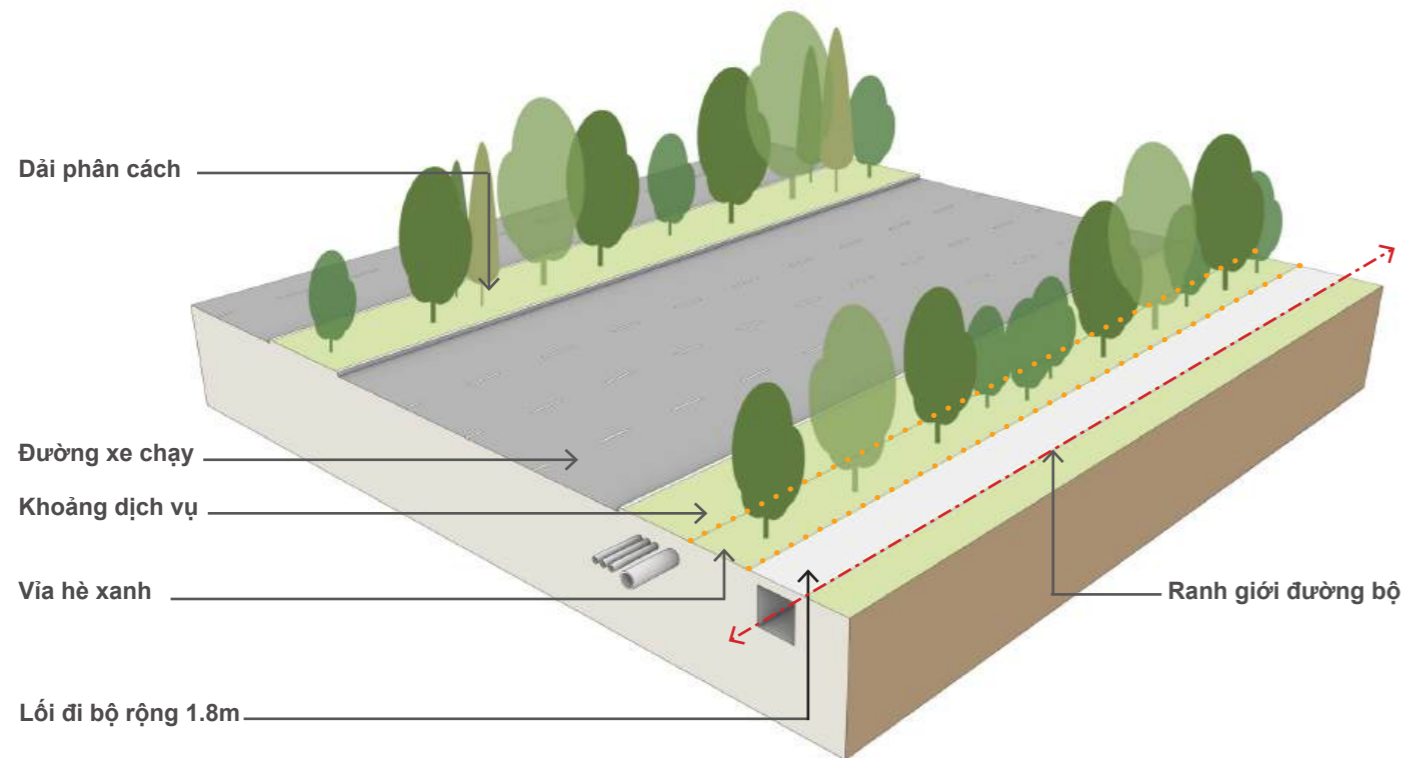
### 4.4.3 Cảnh quan cây xanh đường phố

#### VĨA HÈ XANH

Vĩa hè xanh là các không gian xanh với cây lớn và cây bụi được trồng hai bên đường, trên các đảo giao thông hoặc trên các dải phân cách giữa các làn đường. Vĩa hè xanh ở hai bên đường thường bao gồm một khoảng dịch vụ 2-3m bên cạnh một dải không gian trồng cây rộng tối thiểu 2m.

Đất	Bãi cỏ	Độ dốc
<ul style="list-style-type: none"> <li>Độ sâu tối thiểu 2.0m</li> <li>Lớp đất bề mặt (lớp hỗn hợp đất cho phép sâu 1.0m)</li> <li>Lớp đất đáy (lớp đất sâu 1.0m)</li> <li>Không được bao gồm các vật liệu cứng hoặc các mảnh vật liệu xây dựng trong hỗn hợp đất</li> </ul>	Lớp cỏ dày 50mm với mật độ cỏ cao	Thông thường cần bằng phẳng (1:40). Lớp đất hoàn thiện cần thấp hơn 25mm so với lối đi.

Bảng 4.H: Các yêu cầu về đất, bãi cỏ và độ dốc của một vỉa hè xanh



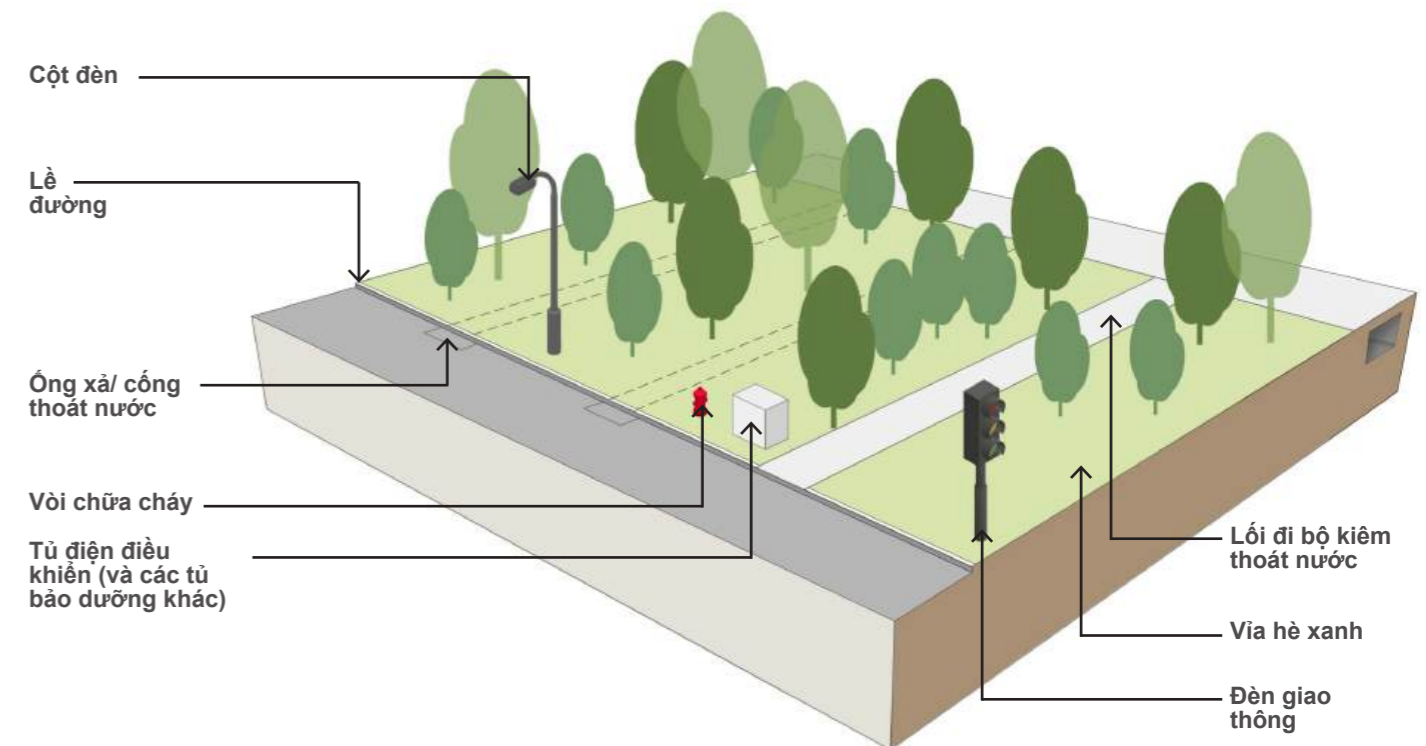
Hình 4.46: Phối cảnh thể hiện không gian xanh đường phố tiêu chuẩn

Loại đường	Độ rộng dải xanh	Độ rộng khoảng dịch vụ	Độ rộng dải phân cách
1 làn	-	-	-
2 làn	2.0m	-	-
4 làn (không có dải phân cách xanh)	2.0m	2.5m	-
4 làn (với 1 dải phân cách xanh)	2.0m	2.5m	2.0m
6 làn (với 1 dải phân cách xanh)	2.5m	2.5m	3.0m
8 làn (với 1 dải phân cách xanh)	2.5m	3.0m	3.0m

Bảng 4.I: Bảng thể hiện sự tương quan giữa loại đường, độ rộng dải xanh, độ rộng khoảng dịch vụ và độ rộng dải phân cách.

#### KHOẢNG CÁCH TỪ CÁC CÔNG TRÌNH VEN ĐƯỜNG ĐẾN CÂY

Với các công trình ven đường trên vỉa hè xanh, cần cung cấp một khoảng cách hợp lý cho cây cối.



Hình 4.47: Phối cảnh thể hiện khoảng cách cần thiết từ cạnh của các công trình ven đường đến chính giữa chậu cây. Các công trình này có thể được nhóm hợp với nhau để tăng diện tích trồng cây.

## 4.4 CẢNH QUAN & QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

### 4.4.3 Cảnh quan cây xanh đường phố

#### THẨM THỰC VẬT TRÊN CÔNG TRÌNH

Các hạ tầng đường xá như cầu vượt đi bộ, cầu cạn và tường chắn đều có thể được phủ cây xanh. Lợi ích của việc phủ xanh các công trình này bao gồm làm giảm sự cứng nhắc của công trình và giảm thiểu hiệu ứng đảo nhiệt đô thị thông qua việc phủ bóng các mặt phẳng bê tông.



Hình 4.48: Các máng cây trồng có thể được bố trí ở cả hai bên của các công trình trên cao, bao gồm cầu đi bộ trên không cũng như các cầu cạn và cầu vượt đường bộ



Hình 4.49: Các luống cây rộng tối thiểu 2.0m có thể được bố trí ở hai bên cầu vượt đường bộ và các công trình trên cao khác



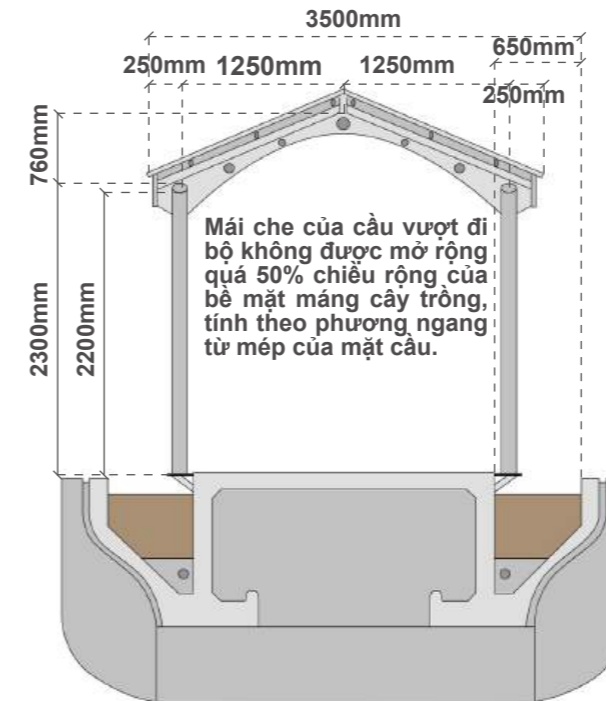
Hình 4.50 (trái) và 4.51 (phải): Một khoảng rộng tối thiểu 2.0m có thể được cung cấp giữa hai cầu vượt song song. Khoảng này cho phép cây lớn, cây cọ hoặc cây bụi có thể được trồng bên dưới cầu vượt



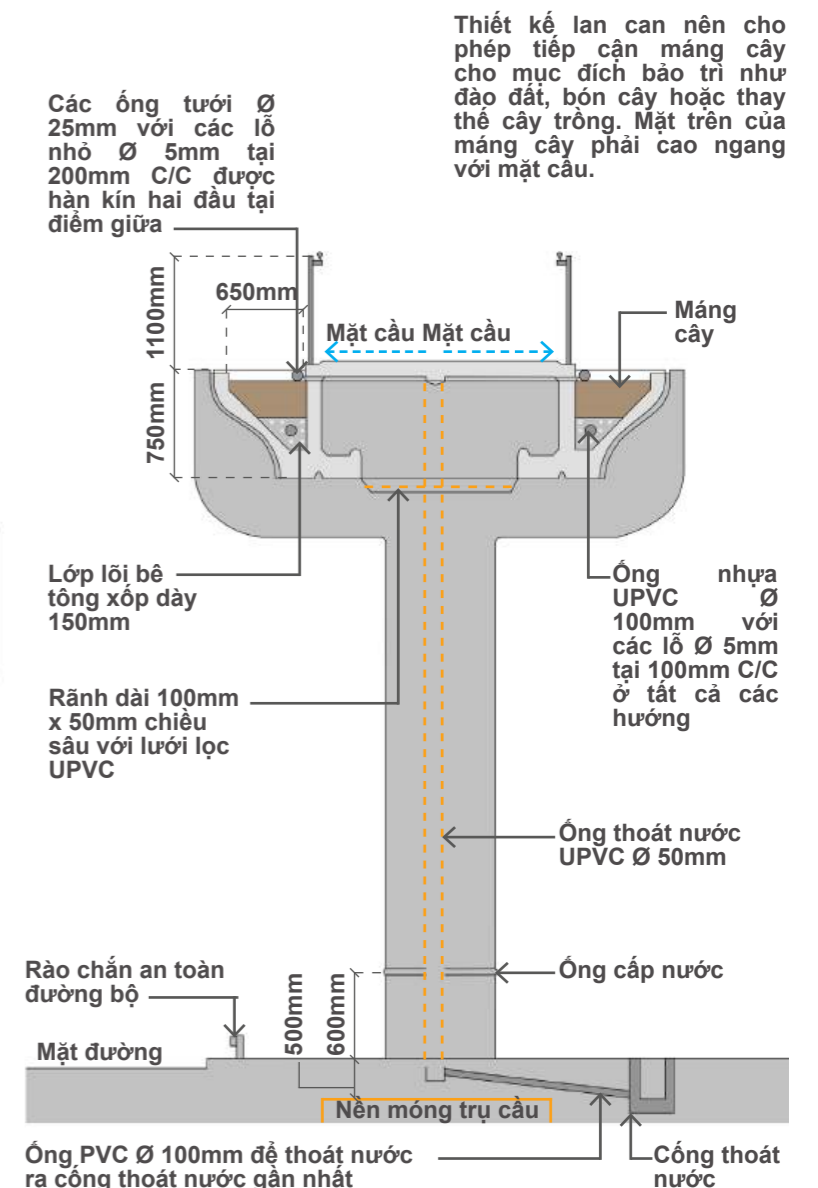
#### PHỦ XANH CẦU ĐI BỘ TRÊN KHÔNG

Cây xanh được bố trí trên cầu vượt đường bộ cung cấp không gian xanh liên tục đóng góp vào cảnh quan đường phố.

- Các máng cây trồng phải có chiều rộng bên trong tối thiểu là 650mm và sâu tối thiểu 750mm, và phải có khả năng chống nước
- Mái che của cầu đi bộ trên không không được mở rộng quá 50% chiều rộng của các bề mặt cây trồng bên dưới.
- Nước tưới phải được cung cấp cho các máng cây, có thể thông qua một ống phun nước làm bằng thép không gỉ được cố định vào bức tường bên trong của máng cây, và phải được đặt cao hơn bề mặt đất.



Hình 4.52: Thiết kế tiêu chuẩn của cầu vượt đi bộ với mái che



Hình 4.53: Mặt cắt ngang của một cầu vượt đi bộ được tích hợp các máng cây, hệ thống tưới và thoát nước



## 4.4 CẢNH QUAN & QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

### 4.4.3 Cảnh quan cây xanh đường phố

#### PHỦ XANH CÁC CẦU CẠN/CẦU VƯỢT

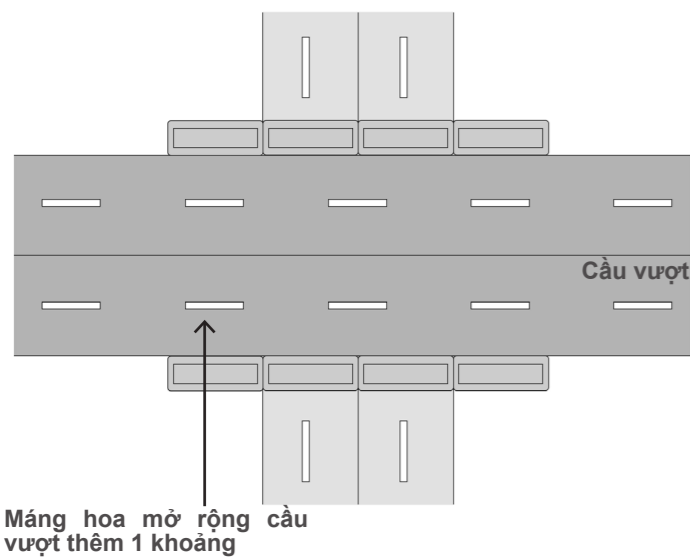


Hình 4.54: Cây xanh trên cầu cạn/cầu vượt

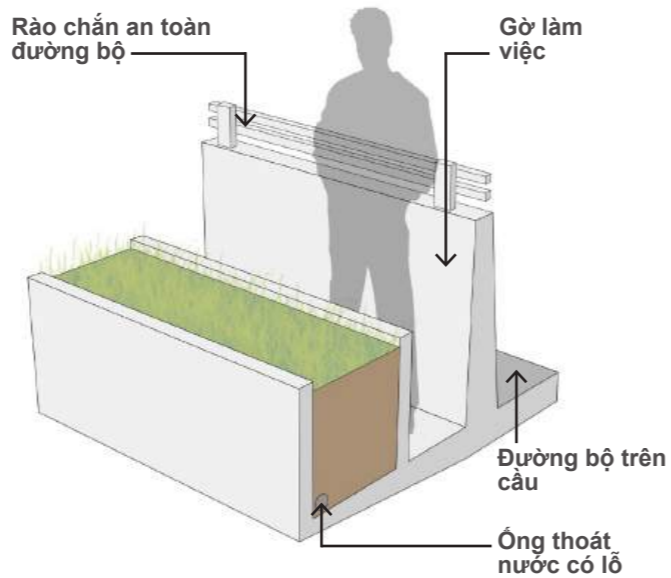
Cây xanh tại các cầu cạn/cầu vượt đường bộ có thể giúp làm dịu đi sự khắc nghiệt của cấu trúc bê tông hai bên đường. Các mảng cây xanh có thể được bố trí xung quanh các nút giao của cầu cạn/cầu vượt và các đoạn đường dẫn.

Các yêu cầu về bố trí cây xanh trên cầu cạn/cầu vượt đường bộ được thể hiện chi tiết như sau:

- Các máng cây trồng phải có chiều rộng bên trong tối thiểu là 650mm và sâu tối thiểu 750mm, và phải có khả năng chống nước
- Nước tưới cần được cung cấp cho các máng cây thông qua một hệ thống ống khô được cố định vào bức tường bên trong của máng cây, và cần được đặt cao hơn bề mặt đất.
- Một ống thoát nước đục lỗ cần được lắp đặt bên trong máng cây để luân chuyển lượng nước thừa đến các ống thoát lớn, từ đó thoát nước xuống mặt đất.
- Một gờ có chiều rộng tối thiểu 500mm cần được xây dựng cạnh các máng cây để phục vụ công tác bảo trì.



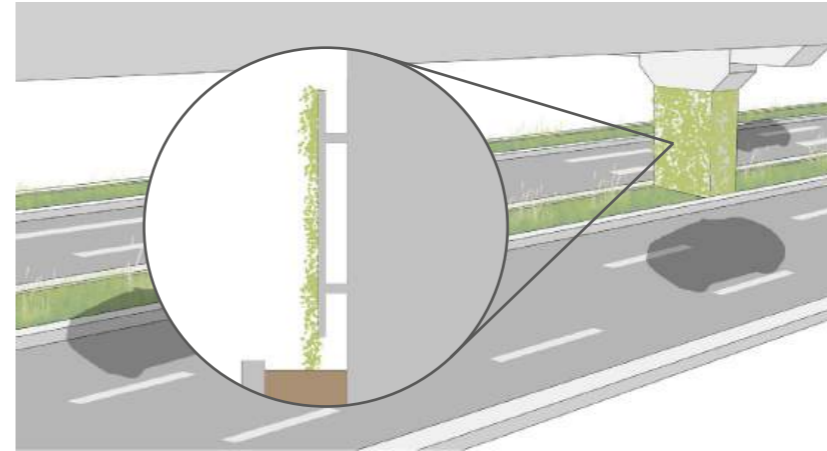
Hình 4.55: Các máng cây có thể mở rộng thêm 1 khoảng cầu vượt ra ngoài giao lộ



Hình 4.56: Minh họa lối đi bảo trì giữa máng cây và đường nhựa.

#### PHỦ XANH CÁC BỀ MẶT ĐỨNG CỦA CẤU TRÚC CẦU CẠN/CẦU VƯỢT

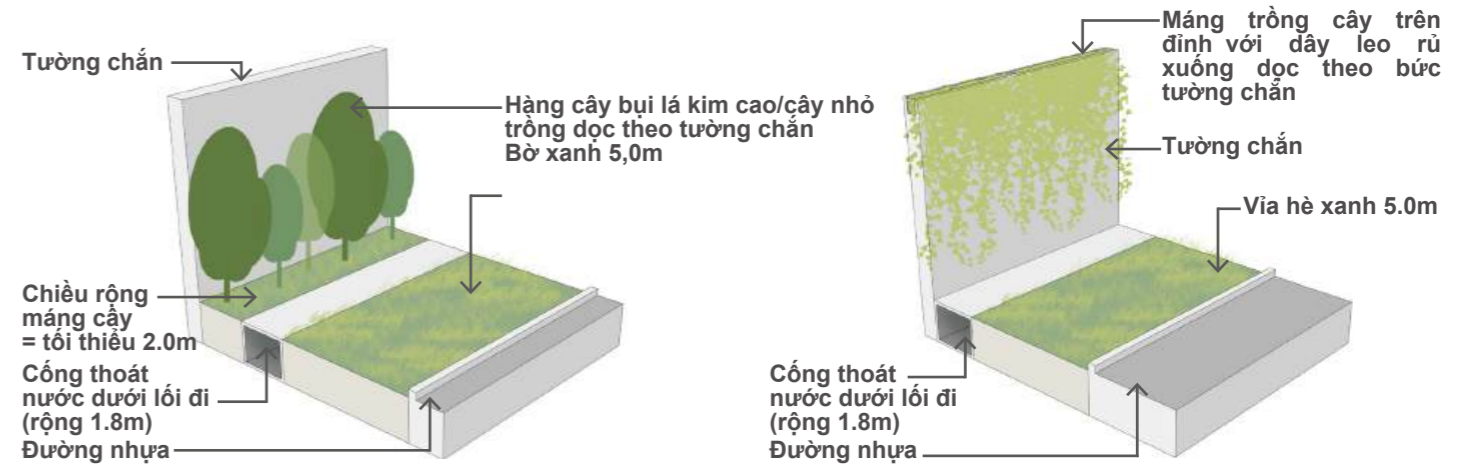
Phủ xanh các bề mặt đứng dọc của cấu trúc cầu cạn/cầu vượt có thể được thực hiện trên các tường chắn và trụ cầu. Các tình huống sau có thể được cân nhắc:



Hình 4.57: Phối cảnh minh họa việc phủ xanh bề mặt đứng của cấu trúc cầu cạn/cầu vượt

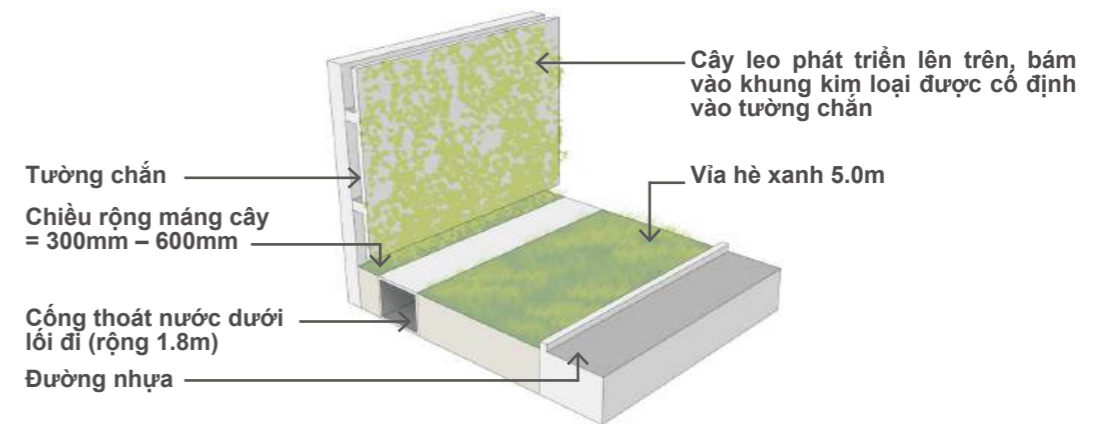
Phủ xanh bề mặt đứng

- Các lưới thép không gỉ có thể được cố định trên các trụ cầu để cho phép các loài cây leo phát triển thẳng đứng theo trụ cầu.
- Một máng cây trên mặt đất với chiều rộng tối thiểu 0.6m



Hình 4.58: Vĩa hè xanh dọc theo tường chắn

Hình 4.59: Máng cây trên đỉnh tường chắn



Hình 4.60: Lưới thép để cây leo phát triển dọc theo tường chắn

## 4.4 CẢNH QUAN & QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

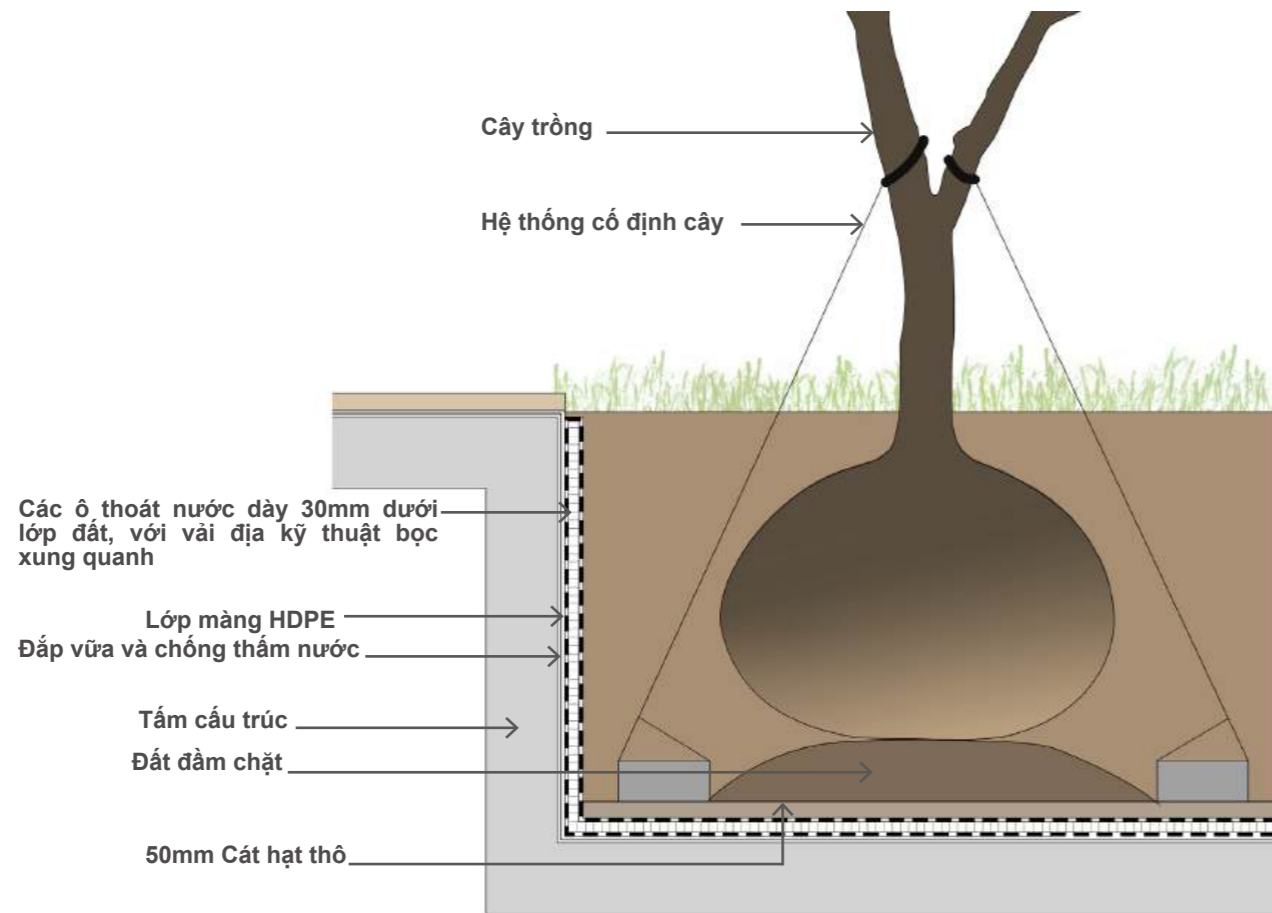
### 4.4.4 Không gian xanh trên công trình xây dựng

#### TRỒNG CÂY VÀ THOÁT NƯỚC TRÊN CÁC CÔNG TRÌNH

Cây xanh trên các cấu trúc công trình như máng cây trên cao cũng như các không gian xanh sân thượng và trên mái được khuyến khích thực hiện tại các thành phố có mức độ đô thị hóa cao do nhiều lợi ích về môi trường và sức khỏe mà chúng mang lại.

Để bố trí cây và bụi cây trên các công trình, người thiết kế phải cân nhắc các yếu tố sau:

1. Độ sâu đất thích hợp để trồng cây. Mặc dù độ sâu đất lớn hơn sẽ được hoàn hảo hơn, cây cối cần đất sâu tối thiểu 1.2m để có thể sinh trưởng, trong khi cây bụi và cây phủ thấp mặt đất có thể sinh trưởng ở độ sâu đất tối thiểu 500mm, tùy thuộc vào loại cây trồng.
2. Tải trọng tác động lên cấu trúc tòa nhà do khối lượng của cây và đất. Loại đất nhẹ có thể được sử dụng để giảm khối lượng của khối cây trồng.
3. Vì lý do an toàn do sức gió trên các tòa nhà cao, cây cối nên được đặt xa khỏi các cạnh nóc một khoảng cách bằng với chiều cao sinh trưởng ước lượng. Cây cũng nên được cố định chắc chắn vào tòa nhà để ổn định.
4. Các tường chắn rễ nên được sử dụng để hạn chế tác động của hệ thống rễ phát triển lên cấu trúc tòa nhà.

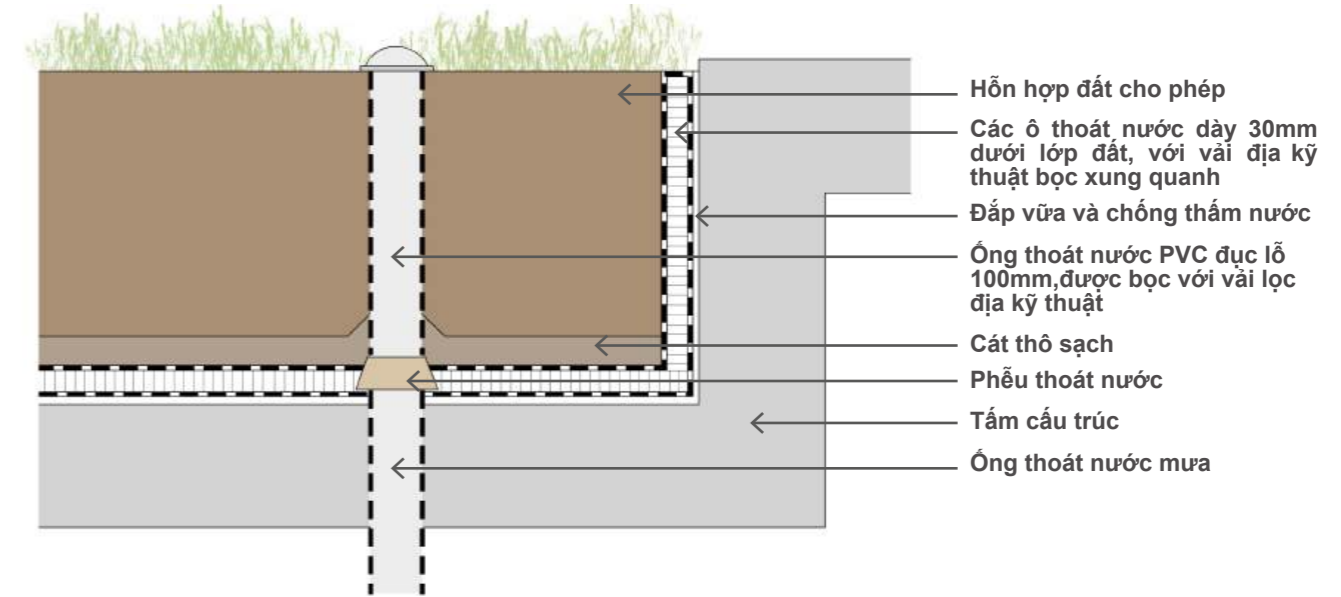


Hình 4.61: Trồng cây và cố định cây vào công trình

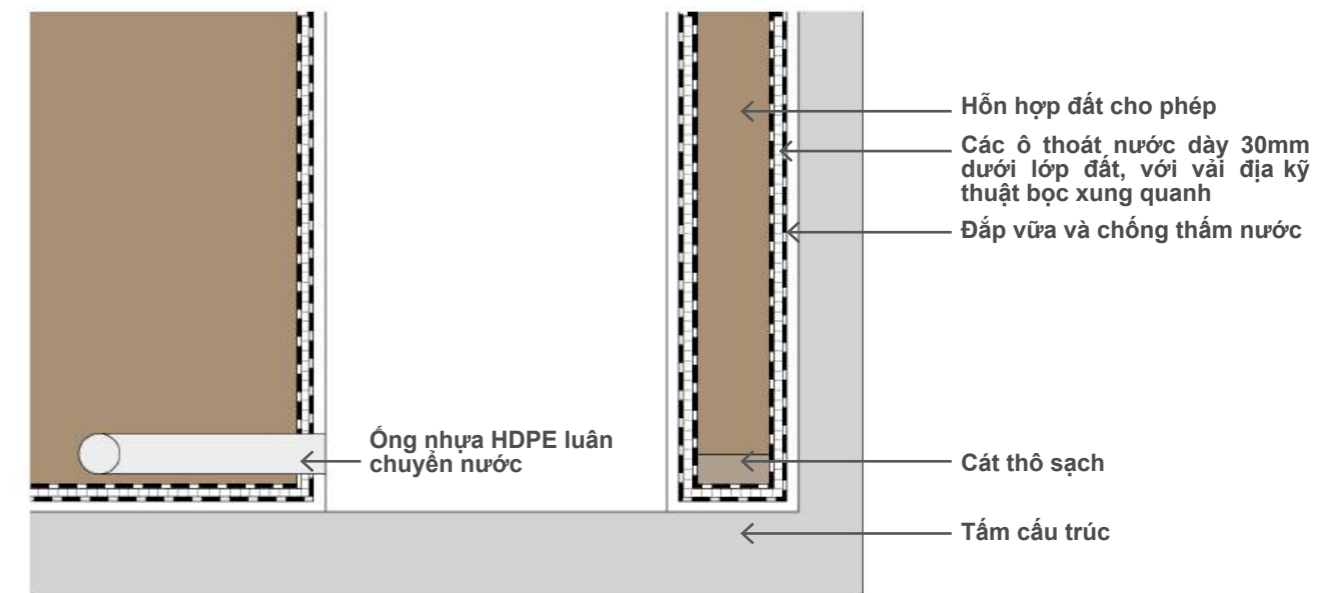
#### THOÁT NƯỚC TRÊN CÁC CÔNG TRÌNH

Hệ thống thoát nước trên các công trình nên được thiết kế hợp lý để tránh việc úng nước trong các máng cây. Do đó, các tấm kết cấu nên có độ dốc hợp lý và bổ sung các ô thoát nước để điều tiết và thoát lượng nước đã ngấm vào đất.

Các bể chứa và bộ lọc (tùy thuộc vào kích thước của máng cây) giúp nhanh chóng thu thập lượng nước chảy bề mặt và cung cấp lối tiếp cận bảo trì để phục vụ công tác kiểm tra định kỳ hệ thống thoát nước.



Hình 4.62: Đầu thoát nước tiêu chuẩn cho máng cây, thường được dùng cho các máng nhỏ rộng không quá 1m



Hình 4.63: Các bể nước nhỏ thường dùng cho các máng cây lớn với độ sâu lớn hơn

## 4.4 CẢNH QUAN & QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

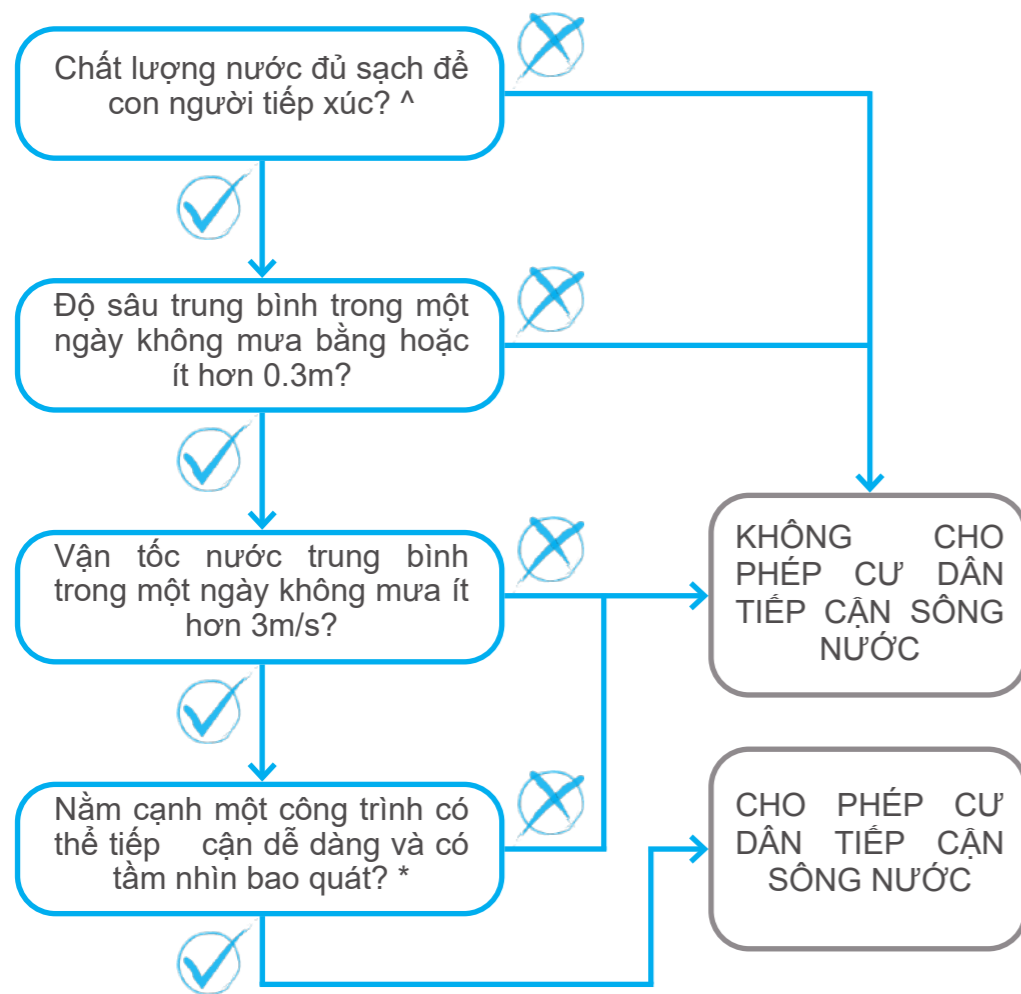
### 4.4.5 Hệ thống bờ sông xanh

#### BỐ TRÍ CÁC BỜ SÔNG

Các không gian bờ sông, bờ kênh có tiềm năng để được bố trí thành các không gian xanh tươi tốt trong thành phố, cung cấp không gian nghỉ ngơi và thư giãn. Tích hợp thêm các công trình WAUD dọc bờ sông sẽ đóng góp rất lớn vào công tác kiểm soát lũ lụt và cải thiện chất lượng nước. Sự an toàn nên được đặt lên hàng đầu trong quy hoạch, với các biển cảnh báo được đặt cách nhau 100m tại các nơi mà độ sâu lớn hơn 0.5m trong một ngày không mưa thông thường. Các phao cứu sinh nên được lắp đặt tại các nơi nhiều người tập trung tại bờ sông, v.d. như ở các đài vọng cảnh hay các bậc thang dẫn xuống nước.

Nhà phát triển dự án của bất kỳ khu đất ven sông nào cũng nên đánh giá tiềm năng trong việc cho phép cư dân tiếp cận sông nước. Các yếu tố ảnh hưởng đến thiết kế ven sông bao gồm: độ sạch của nước, độ sâu của dòng sông, vận tốc dòng nước, và sự hiện hữu của các công trình bên cạnh.

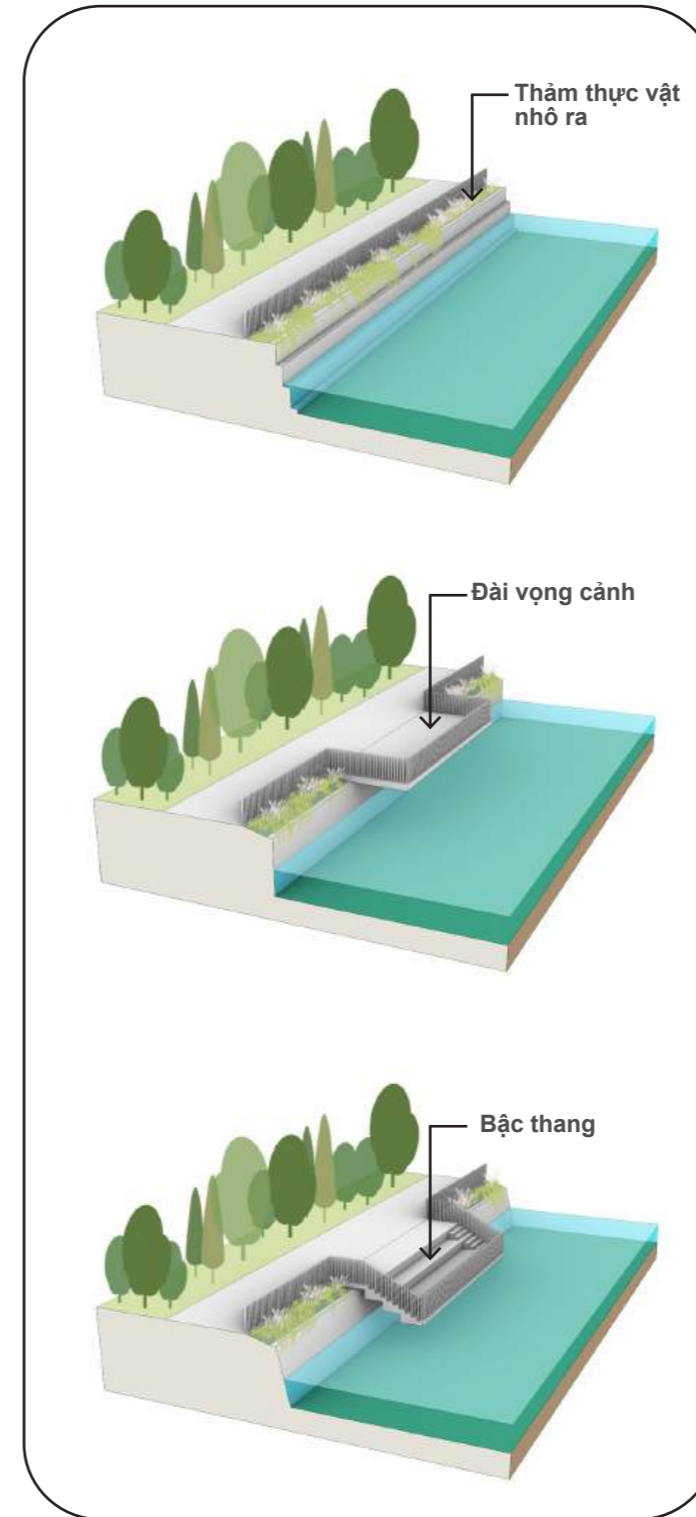
Các ví dụ về thiết kế ven sông được trình bày ở trang kế bên là một phần của nghiên cứu về tương tác giữa cư dân và sông nước. Để biết thêm về các chỉ dẫn liên quan đến kỹ thuật gia cố bờ nhân tạo và bảo vệ dốc bờ, vui lòng tham khảo Chương 4.5.



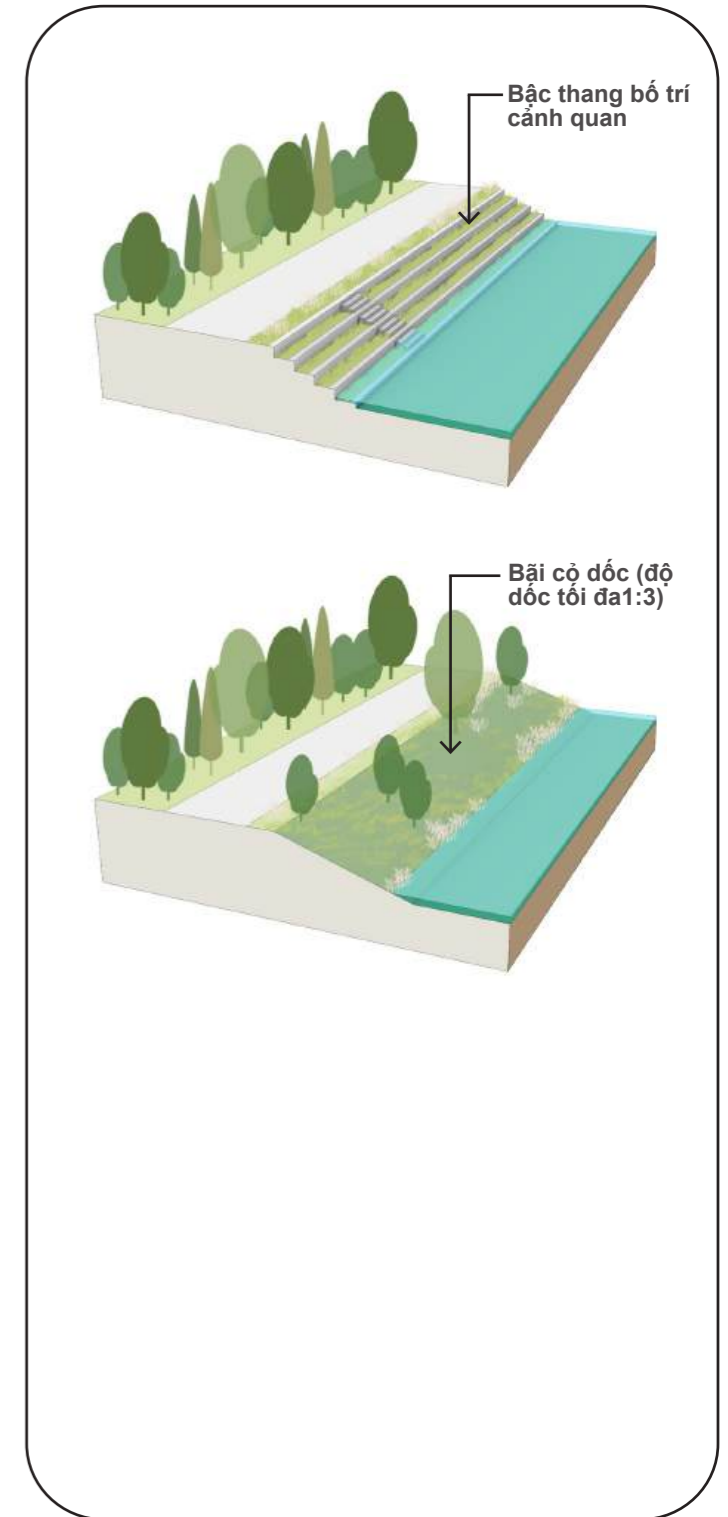
^ Đáp ứng tiêu chuẩn tại Cột A của TCVN 5942:1995: Tiêu chuẩn Chất lượng nước mặt. Nước phải được thử trong một ngày không mưa bình thường

\* Yếu tố này được cân nhắc vì lý do an toàn, để giảm thiểu thời gian cứu hộ trong trường hợp có người ngã xuống nước

#### KHÔNG CHO PHÉP CƯ DÂN TIẾP CẬN SÔNG NƯỚC



#### CHO PHÉP CƯ DÂN TIẾP CẬN SÔNG NƯỚC



Hình 4.65: Các nhóm ví dụ giải thích về cách cư dân tương tác với sông nước

Hình 4.64: Sơ đồ thể hiện các yếu tố ảnh hưởng đến thiết kế bờ sông và quyết định đưa ra trong quá trình thiết kế

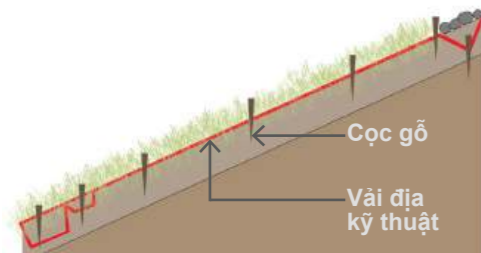
## 4.5 KỸ THUẬT GIA CỐ BỜ TỰ NHIÊN

### 4.5.1 Các công cụ gia cố bờ tự nhiên

#### CÁC GIẢI PHÁP XANH

##### BỜ XANH TỰ NHIÊN

Bờ xanh tự nhiên là một thảm thực vật (v.d. bãi cỏ và cây bụi) được trồng trên đất để ngăn chặn xói mòn bề mặt. Bờ xanh này thường được che phủ bởi vải địa kỹ thuật và được đóng cọc gỗ để tránh xói mòn bờ.



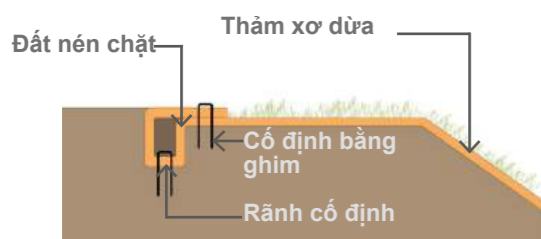
Hình 4.66: Mặt cắt ngang bờ xanh tự nhiên



Hình 4.67: Bờ xanh tự nhiên tại Công viên Bishan

##### THẨM XƠ DỪA/RƠM

Thảm xơ dừa là các vật liệu có khả năng phân hủy sinh học được làm từ sợi xơ dừa tự nhiên, được dùng để ổn định bờ sông trong thời gian các thảm thực vật phát triển. Hình dáng và độ dày của thảm có thể được chỉnh sửa thông qua quá trình dệt và nén. Các thảm phân hủy sinh học này thường được dùng để làm nền cho quá trình tái tạo thảm thực vật, thúc đẩy thảm thực vật phát triển nhanh chóng để ổn định lại bờ sông đang bị xói mòn.



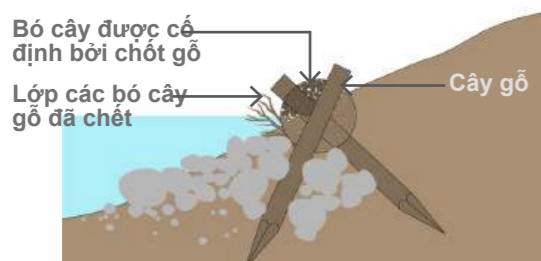
Hình 4.68: Mặt cắt thảm xơ dừa



Hình 4.69: Thảm xơ dừa

##### KỸ THUẬT BÓ CÂY GIỮ BỜ

Các bó cành cây và củi gỗ khô với các liên kết sợi phân hủy sinh học thường được sử dụng để ổn định mặt phẳng hoặc mép bờ sông. Các cành gỗ này có thể còn sống và mọc rễ trở lại, như gỗ cây liễu, hoặc đã chết, như gỗ cây phi hoặc cây hạt dẻ. Các bó cây này thường được đặt song song với dòng chảy sông tại các rãnh nông gần bờ.



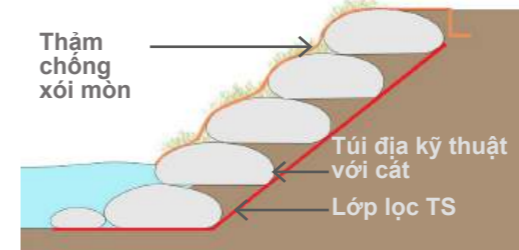
Hình 4.70: Mặt cắt ngang một bó cây được lắp đặt giữ bờ



Hình 4.71: Các bó cây

##### TÚI ĐỊA KỸ THUẬT KẾT HỢP GIÂM CÀNH

Các túi địa kỹ thuật chứa đầy cát được đặt chồng lên nhau ven bờ sông để ổn định bờ sông nhằm bảo vệ bờ khỏi xói mòn. Các túi này sẽ được phủ một lớp đất và bảo vệ bằng một thảm thực vật chống xói mòn.



Hình 4.72: Mặt cắt ngang hệ thống túi địa kỹ thuật



Hình 4.73: Các túi địa kỹ thuật được lắp đặt hoàn tất

##### CÁC GIẢI PHÁP XANH-XÁM

##### RỌ ĐÁ KẾT HỢP GIÂM CÀNH

Các rọ đá là những giỏ lưới thép được lắp đầy bằng đá tại chỗ, kết hợp với thảm thực vật để ổn định mép bờ và/hoặc bờ sông, đặc biệt với các bờ sông có độ dốc lớn.



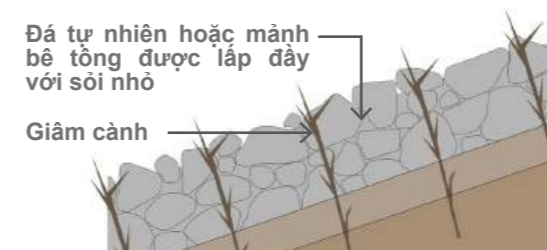
Hình 4.74: Mặt cắt ngang của hệ thống rọ đá kết hợp giâm cành



Hình 4.75: Rọ đá kết hợp giâm cành tại Jurong Lake Garden

##### RẢI ĐÁ VÀ GIÂM CÀNH

Phương pháp rải đá & giâm cành gồm các lớp đá cuội và/hoặc đá tảng và thảm thực vật được trồng trong các khe đá bằng cách giâm cành. Nó tăng cường sự ổn định của bờ sông và/hoặc mép bờ tốt hơn so với bờ xanh tự nhiên. Các lớp giáp đá sẽ được thiết lập giữa các tầng đá xung quanh bờ dốc.



Hình 4.76: Mặt cắt ngang của hệ thống rải đá kết hợp giâm cành



Hình 4.77: Rải đá & giâm cành tại Jurong Lake Garden

## 4.5 KỸ THUẬT GIA CỐ BỜ TỰ NHIÊN

### 4.5.2 Tóm tắt về kỹ thuật, công cụ gia cố bờ tự nhiên

Kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên	Độ dốc áp dụng (độ)	Vận tốc dòng chảy (m/s)	Vật liệu cần thiết
Bờ xanh tự nhiên	<34	<2.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vải địa kỹ thuật tự hủy sinh học</li> <li>Cọc gỗ</li> <li>Hỗn hợp đất cho phép (ASM)</li> <li>Cây xanh</li> </ul>
Thảm xơ dừa	<45	<2.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thảm xơ dừa</li> <li>Cọc gỗ</li> <li>Đất</li> <li>Cây xanh</li> </ul>
Kỹ thuật bó cây	<45	<2.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cọc gỗ</li> <li>Chốt gỗ</li> <li>Các bó cành cây gỗ chết</li> <li>Đất</li> </ul>
Túi địa kỹ thuật kết hợp giâm cành	<19	<2.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Túi địa kỹ thuật</li> <li>Vải địa kỹ thuật</li> <li>Thảm chống xói mòn</li> <li>Cát</li> <li>Đất</li> <li>Cây xanh</li> </ul>
Rọ đá kết hợp giâm cành	<90	<4.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rọ lưới thép phủ uPVC, 1000(dài) x1000 (rộng) x500(cao) mm</li> <li>Bê tông tái sử dụng 150-200mm</li> <li>Đá sỏi granite 10~30 mm</li> <li>Đất</li> <li>Cây xanh</li> </ul>
Rải đá và giâm cành	<34	<3.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vải địa kỹ thuật tự hủy sinh học</li> </ul>

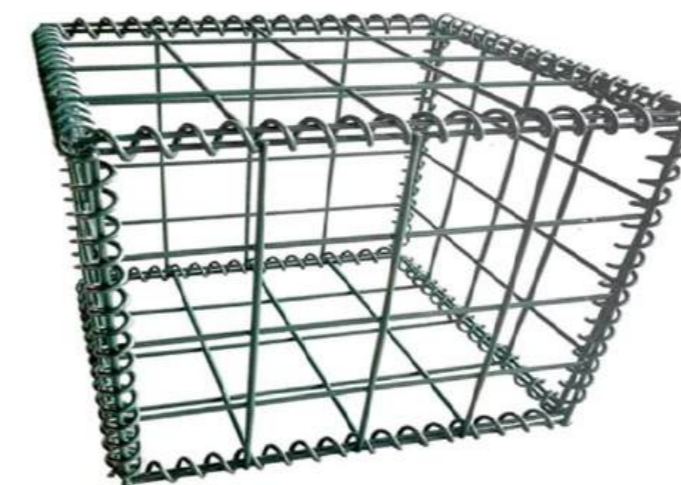
Bảng 4.J: Tóm tắt các kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên



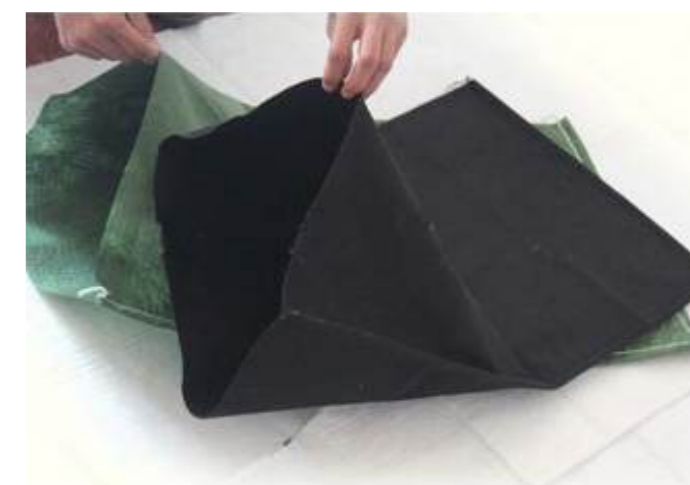
Hình 4.78: Vải địa kỹ thuật tự hủy sinh học



Hình 4.79: Thảm xơ dừa



Hình 4.80: Rọ lưới thép phủ uPVC



Hình 4.81: Túi địa kỹ thuật



Hình 4.82: Cây xanh chuẩn bị được trồng



Hình 4.83: Cọc gỗ

Để có thêm thông tin chi tiết về các kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên, vui lòng tham khảo tài liệu “Các giải pháp Xanh trong kỹ thuật Sông – Hỗ trợ triển khai các hạ tầng Xanh”.

# 5 THI CÔNG, GIÁM SÁT & BẢO DƯỠNG

- 5.1 Thi công & Giám sát
  - 5.1.1 Giám sát & thi công bể thu thập và điều tiết
  - 5.1.2 Giám sát & thi công các công trình WAUD và công trình gia cố bờ tự nhiên
- 5.2 Bảo dưỡng
  - 5.2.1 Bảo dưỡng các công trình WAUD
  - 5.2.2 Bảo dưỡng và duy trì cảnh quan
  - 5.2.3 Bảo dưỡng bể thu thập và điều tiết nước mưa
- 5.3 Tuyên truyền, giáo dục & Nâng cao nhận thức

## 5.1 THI CÔNG & GIÁM SÁT

### 5.1.1 Giám sát & thi công bể thu thập và điều tiết

Bể điều tiết có thể được đặt trên mặt đất hoặc dưới lòng đất. Các bể nước ngầm thường được sử dụng cho mục đích điều tiết và thu thập nước mưa hơn, do tính khả thi trong xây dựng tại hầu hết các điều kiện địa hình. Tuy vậy, bể nước ngầm cũng có các nhược điểm sau:

- Chi phí thi công cao hơn bể chứa nước trên mặt đất
- Khó khăn trong việc kiểm tra và bảo dưỡng, đặc biệt đối với công tác loại bỏ phù sa tích tụ và vật thể lạ.
- Có thể gây nguy hiểm cho người làm việc bên trong và gây mất an toàn cho chủ sở hữu trong quá trình duy trì bể

Do đó, việc thiết kế và thi công hệ thống bể nước ngầm cần hạn chế tối đa nhu cầu kiểm tra và bảo dưỡng định kỳ. Các yêu cầu đối với khả năng làm việc trong không gian hẹp cũng nên được cân nhắc cho việc thiết kế và thi công. Dưới đây là một số lưu ý về thiết kế và thi công cho hệ thống bể nước ngầm:

#### 1. Cấu trúc phù hợp

Các bể nước nên có cấu trúc vững vàng và được xây dựng bằng các vật liệu bền và không thể bị hư hỏng do ăn mòn hoặc xâm thực. Bể cần có khả năng chịu được tải trọng dự kiến được đặt lên cấu trúc. Thiết kế bể nước cần phải được các kỹ sư chuyên về hạ tầng dân dụng và kết cấu xem xét và xét duyệt. Các kỹ sư kỹ thuật địa chất cần kiểm tra nền đất và độ dốc của đất nếu bể được đặt sâu trong lòng đất.

#### 2. Độ dốc sàn bể

Để cho phép tiếp cận dễ dàng mọi bộ phận của bể nước cho mục đích bảo trì, sàn bể không được có độ dốc quá 10%. Tuy nhiên, độ dốc tối thiểu của sàn bể phải từ 2% nhằm phục vụ công tác thoát nước ở sàn bể.

#### 3. Thông hơi

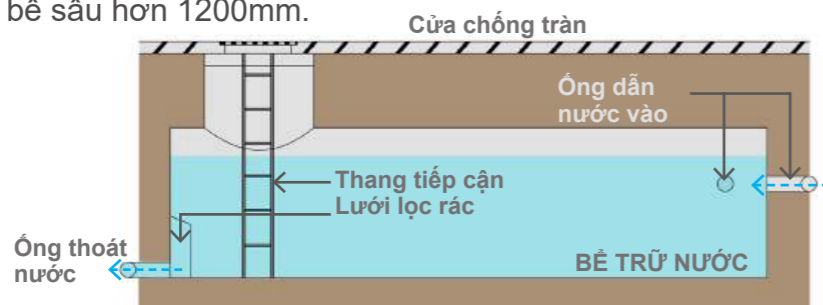
Hệ thống thông hơi rất quan trọng cho bể nước ngầm để tránh việc tích tụ mùi khó chịu. Việc thông hơi có thể được thực hiện thông qua cửa vào bể hoặc qua các ống thông hơi rời. Tuy các ống dẫn nước đầu vào và đầu ra vẫn có chức năng thông hơi, nhưng khả năng thông hơi của chúng rất hạn chế và không đáng tin cậy.

#### 4. Chống tràn

Một hệ thống chống tràn nên được lắp đặt để cho phép bể có thể kiểm soát lượng nước thừa nếu như dung tích của bể bị vượt quá do tắc nghẽn hoặc do một trận bão lớn hơn dự tính.

#### 5. Cửa vào bể

Các bể chứa nước ngầm cần có một lối mở đủ lớn để cho phép nhân viên bảo trì và các thiết bị đi kèm tiếp cận bể. Lối mở tiếp cận cần được đặt ngay trên ống thoát nước ra để cho phép dọn dẹp khi bể đầy, hoặc khi ống nước đầu ra bị tắc nghẽn. Một thang tiếp cận nên được cung cấp cho mỗi lối vào bể nếu bể sâu hơn 1200mm.



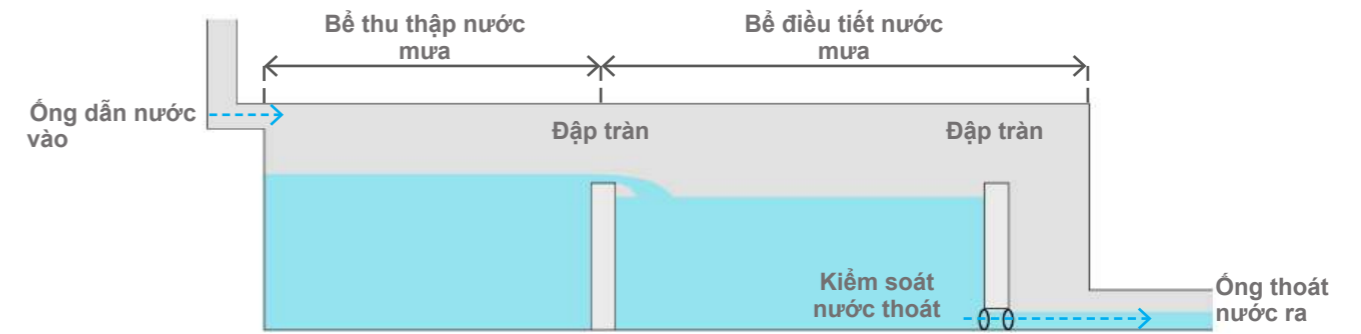
Hình 5.1: Một bể điều tiết nước mưa điển hình

#### 6. Hệ thống bơm

Hệ thống bơm thường cần thiết trong một bể thu thập nước mưa để bơm nước tưới tiêu, và là một yêu cầu bắt buộc trong một hệ thống điều tiết nước khi nước không thể được luân chuyển nhờ trọng lực do yếu tố địa hình. Các kỹ sư cơ khí, điện và máy bơm có thể hỗ trợ các kỹ sư WSUD trong việc thiết kế hệ thống bơm.

#### 7. Hệ thống kết hợp điều tiết và thu thập nước mưa

Khi hệ thống điều tiết và thu thập nước mưa cùng được thiết kế cho một công trình, cả hai hệ thống thường được tích hợp với nhau. Bể thu thập nước mưa nhận nước từ ống nước đầu vào và trữ nước, trong khi lượng nước thừa sẽ đổ vào bể điều tiết nước mưa. Hình 5.2 thể hiện một kết cấu điển hình của một hệ thống tích hợp.



Hình 5.2: Kết cấu phổ biến của một bể kết hợp điều tiết và thu thập nước mưa

#### 8. Các yếu tố khác:

- Không để lọt ánh sáng vào bể để hạn chế tảo phát triển
- Tất cả các mối nối trong bể phải được lắp kín bằng chất trám bên ngoài để đảm bảo không có kẽ hở, và được bao phủ sâu hơn với một lưới làm bằng vật liệu không gỉ.
- Ống dẫn nước đầu vào và đầu ra cần được lắp một lưới mắt nhỏ được cố định bằng đinh vòng để ngăn chặn muỗi vào để trứng.
- Các cửa tiếp cận (trừ ống nước đầu vào và đập tràn) phải có nắp đậy kín và luôn được đóng chặt trừ khi được sử dụng.
- Cửa kiểm tra bể cần phải có nắp đậy kín với gioăng cao su và ổ khóa.

## 5.1 THI CÔNG & GIÁM SÁT

### 5.1.2 Giám sát & thi công các công trình WAUD và công trình gia cố bờ tự nhiên

#### NGHIÊN CỨU HIỆN TRƯỜNG

Việc nghiên cứu hiện trường thi công (bao gồm thử mẫu đất và đánh giá dịch vụ thi công cần thiết) là rất cần thiết trước khi tiến hành khởi công. Khi quan sát thấy sự bất thường và trở ngại trong quá trình nghiên cứu hiện trường, cần phản hồi và báo cáo ngay lập tức để chỉnh sửa thiết kế nhằm thích nghi với điều kiện hiện trường.

#### TỌA ĐỘ ĐỊA ĐIỂM THI CÔNG

Việc hợp tác và giám sát chặt chẽ là cực kỳ quan trọng trong các công đoạn thi công khác nhau: Việc bố trí mặt bằng thi công trong giai đoạn thi công đầu tiên nên được thực hiện kỹ càng nhằm tránh việc đào bới không cần thiết. Việc đào đất quá mức sẽ khiến mặt đất bị sụt lún, đòi hỏi lấp đất lan can an toàn xung quanh các các hệ thống WAUD hoặc các công trình gia cố bờ tự nhiên do mật độ người đi bộ cao.

Diện tích lưu vực của các công trình WAUD cần được xác định thông qua việc phối hợp với các kỹ sư công trình dân dụng, kỹ sư cấu trúc, kiến trúc sư cảnh quan, kiến trúc sư quy hoạch, và kỹ sư chuyên về các công trình WAUD để đảm bảo nước trong phạm vi lưu vực thiết kế sẽ được xử lý thông qua các công trình WAUD.

Trong quá trình lắp đặt, các bộ phận của công trình WAUD nên được kiểm tra kỹ lưỡng

#### CHUẨN BỊ VẬT LIỆU

Vật liệu thi công nên được chuẩn bị dựa trên các yêu cầu được nêu rõ trong thiết kế kỹ thuật. Trước khi tiến hành lắp đặt, mọi bộ phận của các công trình WAUD và các vật liệu gia cố bờ nhân tạo cần phải được kiểm nghiệm vật liệu. Các vật liệu nên được kiểm nghiệm bởi các cơ quan/phòng thí nghiệm có uy tín để đảm bảo các đặc tính của chúng phù hợp với các đặt tính được nêu rõ trong bản thiết kế kỹ thuật. Nếu kết quả kiểm nghiệm và mẫu vật liệu không được thông qua, nhà thầu phải chuẩn bị và nộp các kết quả kiểm nghiệm cũng như mẫu vật liệu khác cho đến khi các thông số đạt chuẩn.

Để đảm bảo các hạt vật liệu có kích thước phù hợp được áp dụng cho mỗi lớp, các kiểm nghiệm về phân bố kích thước hạt cần được thực hiện trong phòng thí nghiệm. Kết quả kiểm tra thường là một biểu đồ đường với hai cột: cột phần trăm kích thước hạt đi qua và cột phân loại kích thước hạt. Các loại kích thước hạt bao gồm: mịn, trung bình, hạt thô, cát, và sỏi để tăng cường tính trực quan của biểu đồ.

Các kiểm nghiệm về độ dẫn thủy lực, trong điều kiện phòng thí nghiệm và cả điều kiện thực tế, cần được tiến hành để đảm bảo lớp lọc trong các hệ thống lọc tự nhiên và thâm lọc sinh thái tuần hoàn có đủ các thành phần phù hợp để đạt hiệu suất lọc tối ưu của công trình để việc xử lý nước không bị ảnh hưởng.

Các lớp vải lót địa kỹ thuật nên được kiểm tra khả năng rò rỉ nước trước khi lắp đặt các công trình WAUD hay công trình gia cố bờ tự nhiên.



Hình 5.3: Lắp đặt lớp thoát nước và ống dẫn nước ngầm



Hình 5.4: Thử nghiệm độ dẫn thủy lực trong điều kiện thực tế



Hình 5.5: Lắp đặt lớp trung gian



Hình 5.6: Sỏi dung trong lớp trung gian



Hình 5.7: Lắp đặt các lớp lọc



Hình 5.8: Hỗn hợp dung trong lớp lọc



## 5.1 THI CÔNG & GIÁM SÁT

### 5.1.2 Giám sát & thi công các công trình WAUD và công trình gia cố bờ tự nhiên



Hình 5.9: Tham số kiểm soát trong kiểm tra rò rỉ



Hình 5.10: Tham số kiểm soát trong kiểm tra rò rỉ



Hình 5.11: Che chắn khu vực đào bới bằng lưới cảnh báo và biển cảnh báo



Hình 5.12: Sử dụng áo bib, tạp dề tại các hồ nước để giữ công nhân không bị ướt

### TRIỂN KHAI CÁC BIỆN PHÁP KIỂM SOÁT ĐẤT (ECM)

Việc ngăn chặn bùn đất và tạp chất từ công trường xây dựng lọt vào các công trình WAUD và hệ thống thoát nước là cực kỳ quan trọng, đặc biệt trong những ngày mưa. Các vật thể này có thể gây tắc nghẽn các lớp lọc của hệ thống lọc sinh học. Do đó, bùn đất và tạp chất nên được kiểm soát chặt chẽ trong công trường thông qua các ECM, đặc biệt trong giai đoạn đào đất và thiết lập nền móng cho các công trình WAUD. Việc triển khai các ECM tại chỗ nên được giám sát và duy trì chặt chẽ để đảm bảo hiệu quả của các ECM.

### LƯU Ý KHI THI CÔNG

Một khi các địa điểm đặt công trình WAUD và gia cố bờ tự nhiên được đào bới, việc lấp đặt các lớp đất, lớp lọc cần được thực hiện ngay lập tức để tránh xói mòn và ứ đọng nước, tạo điều kiện cho muỗi sinh sản.

Sau khi nền đất cho các công trình WAUD đã được ổn định, các phương tiện thi công cơ giới hạng nặng sẽ bị cấm lưu thông qua đây để tránh việc đất bị đè nén quá mức, tác động tiêu cực đến các công trình WAUD.

Trước khi lấp đặt các công trình gia cố bờ tự nhiên, dòng chảy sông nên được điều hướng để chuẩn bị cho quá trình thi công. Một đập gỗ có thể được xây dựng để chuyển hướng nước khỏi bờ sông để các kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên có thể được triển khai trên bờ và tại mép bờ. Các cây xanh sau khi được trồng sẽ cần phải được tưới kỹ nếu không có mưa trong vòng 24 giờ.

### BẢO ĐẢM SỨC KHỎE VÀ AN TOÀN TẠI NƠI LÀM VIỆC

Để đảm bảo sức khỏe cho mọi công nhân, đơn vị thiết kế, nhà thầu và công chúng trong các giai đoạn thi công dự án bao gồm chuẩn bị mặt bằng, thi công và bàn giao dự án, tất cả các dự án thi công phải tuân theo các quy định về an toàn lao động và sức khỏe của Bộ Lao động, Thương binh và Xã hội.



Hình 5.13: Công nhân phải mang quần áo, găng tay bảo hộ khi tiếp xúc với đất



Hình 5.14: Mang tai nghe bảo vệ tai với các công đoạn thi công có độ ồn cao

### ĐÁNH GIÁ AN TOÀN

Các bên liên quan trong dự án bao gồm nhà phát triển, đơn vị tư vấn, và đơn vị đánh giá an toàn độc lập nên thực hiện kiểm tra, đánh giá trong khu vực thi công để đảm bảo các biện pháp an toàn phù hợp đã được triển khai và các hoạt động thi công liên quan đến nước được thực hiện đúng chuẩn, phù hợp với các quy định về an toàn xây dựng. Các hoạt động kiểm tra an toàn nên được thực hiện thường xuyên.

Các vật liệu thi công có thể bị bào mòn theo thời gian trong quá trình xây dựng và có thể gây ra các vấn đề về an toàn. Các thành phần trong thảm thực vật có thể bị phân hủy hoặc chết, và các thành phần xám có thể bị ăn mòn hoặc hư hỏng. Độ dốc của bờ có thể bị xói mòn trong thời gian xây dựng. Do đó, việc kiểm tra, đánh giá tình trạng công trường xây dựng thường xuyên là cần thiết để đảm bảo sự an toàn của người lao động.

## 5.2 BẢO DƯỠNG

### 5.2.1 Bảo dưỡng các công trình WAUD

#### CÁC YÊU CẦU

Các hoạt động bảo trì chủ động và thụ động là cần thiết để đảm bảo hiệu suất của các công trình WAUD. Bảo trì chủ động là công tác bảo dưỡng được thực hiện thường xuyên, định kỳ, trong khi công tác bảo trì để sửa chữa các vấn đề phát sinh được gọi là bảo trì thụ động. Các yêu cầu về việc thực hiện công tác bảo trì chủ động và thụ động được trình bày dưới đây:

- Bảo trì chủ động:
  - a. Kiểm tra khả năng hoạt động của các công trình WAUD.
  - b. Duy trì dòng chảy nước ổn định trong các đầm thủy sinh nhân tạo và thảm lọc tuần hoàn
  - c. Đưa cá vào nuôi trong các đầm thủy sinh về mặt để kiểm soát lăng quăng
  - d. Kiểm tra các dấu hiệu của các dòng chảy trên bề mặt
  - e. Thực hiện dọn dẹp định kỳ và loại bỏ rác/vật thể tích tụ tại bề mặt công trình hoặc lưới miệng cống
  - f. Kiểm tra tạp chất tích tụ tại bề mặt công trình, ống dẫn nước đầu vào, đầu ra và miệng ống chống tràn, và loại bỏ các tạp chất này nếu có
  - g. Kiểm tra các màng sinh học
  - h. Giám sát việc ứ đọng nước sau mưa và loại bỏ các môi trường tiềm năng để muỗi sinh sản
  - i. Kiểm tra các dấu hiệu đất bị xói mòn/rửa trôi
  - j. Đảm bảo không có hư hại gây ra do côn trùng và động vật
- Bảo trì thụ động (dựa trên các khiếm khuyết thấy được):
  - a. Cào hoặc thay thế các lớp lọc bị tắc nghẽn
  - b. Thay thế lớp đất/lớp lọc và trồng lại cây cho các bề mặt bị xói mòn hoặc chỗ trống.
  - c. Xả hết nước khỏi các ống thoát nước ngầm nếu như có tắc nghẽn.
  - d. Loại bỏ các tắc nghẽn ở ống dẫn nước đầu vào/đầu ra.

Thông tin chi tiết về thời gian và công tác bảo trì thích hợp có thể được tham khảo tại danh mục bảo trì ở Chương 6.

#### TRÁCH NHIỆM BẢO TRÌ

Trách nhiệm bảo trì nên được chia sẻ giữa chủ sở hữu đất và cơ quan thoát nước địa phương. Trong giai đoạn thiết kế, chủ sở hữu đất nên làm việc với các đơn vị tư vấn WAUD để phát triển các quy trình bảo dưỡng cụ thể nhằm đảm bảo chức năng và tính thẩm mỹ của các công trình WAUD. Các quy trình bảo trì, bảo dưỡng này cần được trình cơ quan thoát nước địa phương phê duyệt. Sau khi đã được phê duyệt, đơn vị tư vấn WAUD cần tổ chức các buổi đào tạo cho các đội bảo trì-bảo dưỡng của chủ sở hữu đất, và việc này cần được đưa vào phạm vi công việc và hợp đồng của đơn vị tư vấn. Trong quá trình vận hành, chính quyền địa phương cần thanh tra các công trình WAUD thường xuyên dựa trên các quy trình bảo dưỡng đã được phê duyệt. Chứng nhận WAUD có thể bị thu hồi nếu các công trình WAUD không được bảo dưỡng tốt.



Hình 5.15: Công nhân xả nước bằng ống nước mềm



Hình 5.16: Công nhân cào cát trên bề mặt lớp lọc



Hình 5.17: Đảm bảo ống nước mềm được cất kỹ mọi lúc trừ khi được dùng để xả nước



Hình 5.18: Duy trì đĩa phân phối nước trên thảm lọc sinh thái tuần hoàn không bị tắc nghẽn.



Hình 5.19: Ống nước đầu vào bị tắc nghẽn



Hình 5.20: Bề mặt thảm lọc sinh thái bị bào mòn

## 5.2 BẢO DƯỠNG

### 5.2.2 Bảo dưỡng và duy trì cảnh quan

Các công trình WAUD phụ thuộc vào thảm thực vật để làm sạch nước mưa thoát ra nhờ cơ chế hấp thụ dưỡng chất và chất ô nhiễm, cũng như tăng cường khả năng thấm nước của lớp lọc của hệ thống lọc sinh học.

Các thảm thực vật trong công trình WAUD cũng cần được bảo dưỡng, dưới các hình thức cắt, tỉa, trồng lại cây và loại bỏ các mảnh vụn định kỳ hàng tuần và hàng tháng, hoặc vào những lúc cần thiết. Ở một khía cạnh khác, việc sử dụng phân bón hóa học nên được hạn chế hoặc loại bỏ hoàn toàn vì có thể làm gia tăng lượng nitơ và phốt pho thấm vào nước và từ đó thải ra sông ngòi, kênh rạch.

Các công tác bảo dưỡng cảnh quan WAUD cần được thực hiện định kỳ vì các lý do sau:

- Việc cắt tỉa giúp duy trì một bãi cỏ đồng đều trong các công trình như kênh dẫn nước sinh thái, ngăn chặn xói mòn và rửa trôi đất
- Việc cắt tỉa đảm bảo thảm thực vật sinh trưởng hợp lý, từ đó cải thiện hiệu suất của hệ thống WAUD
- Thảm thực vật quá lớn và các vật thể lạ tích tụ trong các công trình WSUD sẽ tăng ma sát bề mặt trong hệ thống, giảm công suất dòng chảy và hiệu suất xử lý nước của các công trình.
- Việc trồng lại cây rất cần thiết, đặc biệt trong giai đoạn mới hoàn thành công trình, để che phủ các mảng trống trên lớp lọc. Điều này cho phép thảm thực vật phủ đều lớp lọc và tối đa hóa khả năng xử lý nước của hệ thống làm sạch và lọc sinh học

### 5.2.3 Bảo dưỡng bề thu thập và điều tiết nước mưa

Kiểm tra và bảo dưỡng thường xuyên giúp bảo đảm hệ thống bề nước có thể hoạt động bình thường trong các trận mưa bão. Chủ sở hữu/nhà phát triển dự án nên tìm hiểu tầm quan trọng của việc bảo trì thường xuyên và đúng cách của hệ thống bề nước để đảm bảo hệ thống hoạt động trơn tru như một phần của hệ thống quản lý nước mưa. Một kế hoạch vận hành và bảo dưỡng có thể được lập để cung cấp các chỉ dẫn cần thiết về các khía cạnh này. Kế hoạch cần bao gồm nhân sự phụ trách công việc cũng như tần suất và phương pháp bảo trì.

Một nhật ký bảo trì thống kê lại ngày tháng và mô tả các công tác kiểm tra và bảo trì đã được thực hiện cũng như các phát hiện từ công tác kiểm tra nên được duy trì. Nhật ký ghi lại mực nước và dòng chảy cũng như nhật ký vận hành máy bơm cũng nên được thống kê và giữ lại. Các danh mục bảo trì mẫu cho cả hệ thống điều tiết và thu thập nước mưa có thể được tìm ở Chương 6.2. Các danh mục này cung cấp các chỉ dẫn cơ bản cho các chế độ vận hành và bảo trì.



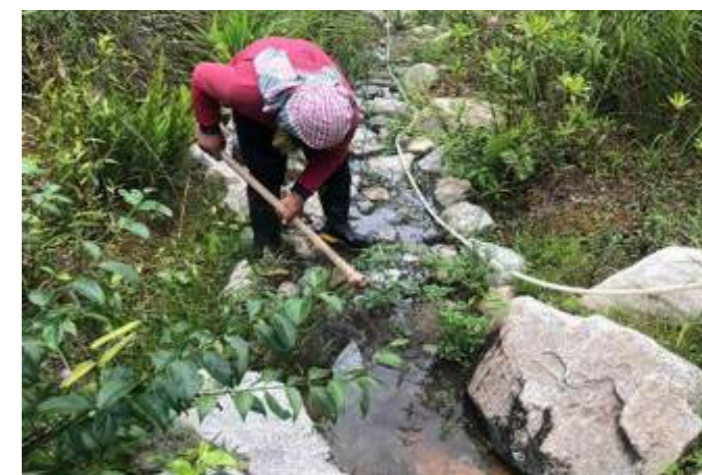
Hình 5.21: Cắt cỏ mọc cao trên bề mặt một thảm lọc sinh thái tuần hoàn



Hình 5.22: Thay thế cây trên bề mặt một thảm lọc sinh thái tuần hoàn



Hình 5.23: Cắt tỉa cây trong một kênh dẫn nước sinh thái



Hình 5.24: Loại bỏ các vật thể lạ trong một kênh dẫn nước sinh thái



Hình 5.25 (trái) và 26 (phải): Hình chụp trước và sau ghi nhận lại khả năng luân chuyển nước được cải thiện trong kênh dẫn nước sinh thái sau khi được bảo trì

## 5.3 TUYÊN TRUYỀN, GIÁO DỤC & NÂNG CAO NHẬN THỨC

Để giáo dục cộng đồng về các tính năng của các công trình WAUD và thuyết phục họ giữ gìn sạch sẽ sông nước, việc tổ chức các chương trình giáo dục và nâng cao nhận thức là rất quan trọng để quảng bá các khái niệm WAUD, bao gồm:

- Đặt các biển thông tin cạnh các công trình WAUD
- Tổ chức các buổi hội thảo (workshop) và các chương trình giáo dục cả khu vực công lập lẫn tư thực
- Giới thiệu các dự án WAUD trên các phương tiện truyền thông đại chúng (tờ rơi/video/trang web) Các biển thông tin có thể được đặt cạnh các công trình WAUD để giáo dục người dân về các chức năng của chúng. Công chúng sẽ nhận ra các công trình WAUD xung quanh môi trường sống của họ và tầm quan trọng của chúng trong việc quản lý nước mưa bền vững thông qua các biển thông tin. Trải nghiệm tham quan công viên sẽ trở nên phong phú hơn khi họ không chỉ tận hưởng các dịch vụ giải trí của công viên đồng thời học hỏi thêm về các công cụ quản lý nước mưa bền vững xung quanh.

Bên cạnh đó, các cơ quan nhà nước và trung tâm cộng đồng có thể tổ chức một loạt các chương trình giáo dục và trải nghiệm học tập để giúp học sinh và cư dân tham gia vào việc triển khai các chương trình WAUD và trang bị cho họ các kiến thức về WAUD. Thông qua việc tổ chức các chương trình này, người dân sẽ có một góc nhìn toàn diện hơn về các dự án WAUD và hiểu sâu hơn về hệ thống xử lý nước tổng thể của dự án. Các hoạt động tình nguyện hàng tháng (v.d. nhặt rác) có thể được tổ chức tại các trường học hay cộng đồng để tăng cường sự tham gia của dân chúng trong việc bảo dưỡng các công trình WAUD, từ đó nâng cao nhận thức người dân về bảo vệ môi trường và giảm thiểu tác động lên sông ngòi, kênh rạch. Các lớp học ngoài trời có thể được tổ chức để học sinh hiểu sâu hơn về hệ sinh thái sông ngòi và nguyên nhân nguồn nước bị ô nhiễm bởi các hoạt động hằng ngày. Các hoạt động xét nghiệm kiểm định chất lượng nước có thể được thực hiện như một phần của các lớp học ngoài trời để mở rộng khả năng khám phá của học sinh, đồng thời tăng cường hiểu biết của các em về hoạt động xử lý nước của các công trình WAUD.

Các sở, ngành và đơn vị công lập có thể tương tác với cộng đồng và các bên liên quan và cho phép họ trình bày góc nhìn của mình trong các giai đoạn quy hoạch ban đầu. Trong thời gian thi công các công trình WAUD, dân chúng có thể tiếp cận và tham gia các hoạt động quy hoạch để đóng góp vào việc triển khai các công trình WAUD.

Các buổi hội thảo có thể được tổ chức để tăng tương tác giữa khối nhà nước và các đơn vị thuộc khối tư nhân để giúp họ hiểu về các ý tưởng thiết kế và lợi ích của các công trình WAUD, từ đó khuyến khích các đơn vị phát triển dự án cả công lập lẫn tư thực tích hợp các ý tưởng WAUD trong các dự án phát triển.

Các phương tiện truyền thông đại chúng như tờ rơi, video và trang web sẽ hữu dụng trong việc truyền tải các thông tin về các dự án của WAUD cũng như thể hiện các nỗ lực của các đơn vị công lập lẫn tư thực đã góp phần xây dựng một môi trường đáng sống hơn cho người dân.

Ví dụ về một buổi hội thảo do Singapore PUB tổ chức về một thiết kế kênh đào. Các bên được mời: URA (đơn vị quy hoạch tổng thể), Hội đồng Công viên Quốc gia, HDB, LTA. Mục tiêu của hội thảo bao gồm:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tương tác giữa nhóm dự án và các bên được mời</li> <li>• Ưu tiên phát triển các mục tiêu của PUB</li> <li>• Xác định cụ thể các vấn đề và đề xuất giải pháp</li> <li>• Đánh giá các kinh nghiệm và cơ hội</li> <li>• Chuẩn bị cho các bên liên quan bên ngoài</li> <li>• Hợp tác và đồng sáng tạo!</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tương tác giữa nhóm dự án và các bên được mời</li> <li>• Ưu tiên phát triển các mục tiêu của PUB</li> <li>• Xác định cụ thể các vấn đề và đề xuất giải pháp</li> <li>• Đánh giá các kinh nghiệm và cơ hội</li> <li>• Chuẩn bị cho các bên liên quan bên ngoài</li> <li>• Hợp tác và đồng sáng tạo!</li> </ul> |
|--|--|



Hình 5.27: Bảng thông tin về một công trình WAUD



Hình 5.28: Chương trình giáo dục



Hình 5.29: Hội thảo học tập ngoài trời



Hình 5.30: Hoạt động nhặt rác tình nguyện



Hình 5.31: Một hoạt động hội họa cho trẻ em

## 6 PHÂN TÍCH TÌNH HUỐNG

- 6.1 Công viên Bishan - Ang Mo Kio, Singapore
- 6.2 Jurong Lake Gardens West, Singapore
- 6.3 Khu căn hộ Kampung Admiralty, Singapore
- 6.4 Punggol Waterway Ridges, Singapore
- 6.5 Putrajaya Wetland & Lakes, Malaysia
- 6.6 Công viên văn hóa Thiên Tân, Trung Quốc

## 6.1 CÔNG VIÊN BISHAN - ANG MO KIO

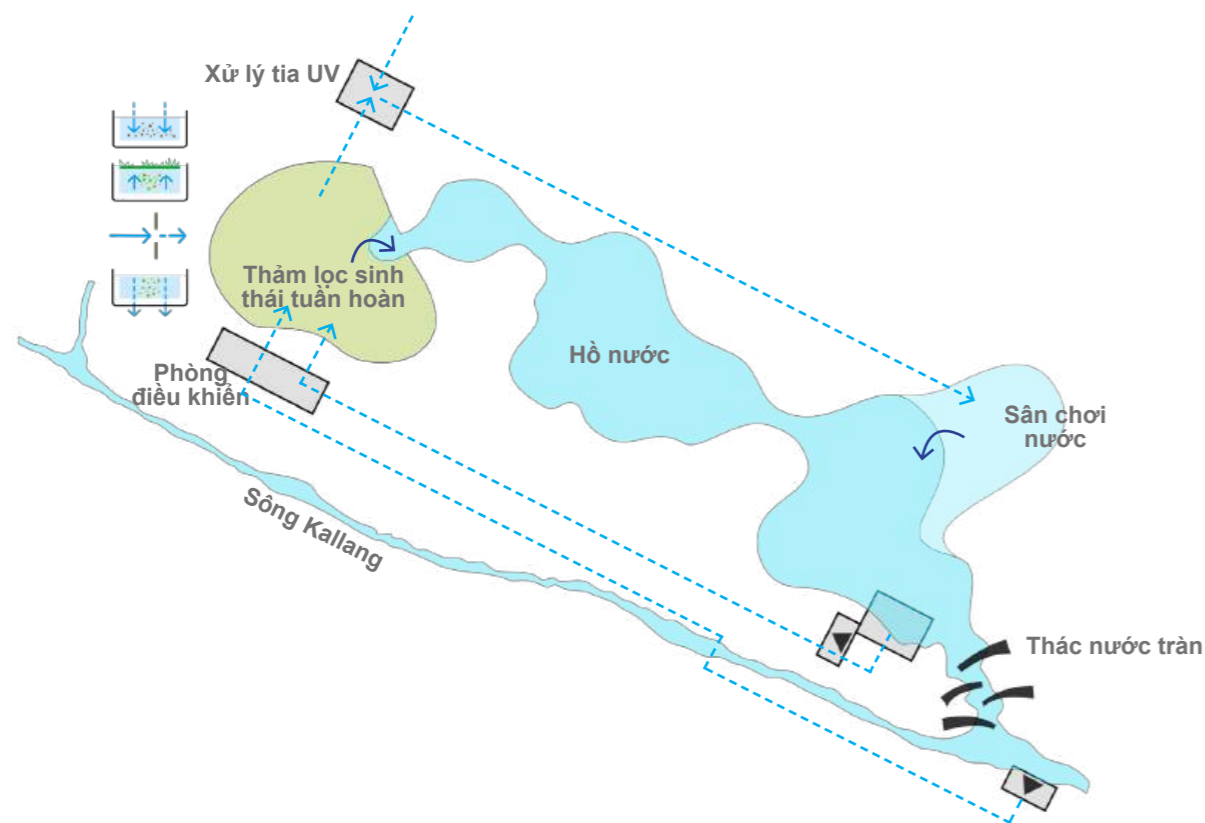
Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

### DÒNG SÔNG TỰ NHIÊN GIỮA TRUNG TÂM THÀNH PHỐ

Công viên Bishan-Ang Mo Kip là một trong những công viên nổi tiếng nhất tại Singapore, được thiết kế bởi Ramboll Studio Dreiseitl trong giai đoạn 2007-2010 và sau đó thắng giải Cảnh quan của năm tại Lễ hội Kiến trúc thế giới năm 2012. Công viên nằm ngay trung tâm của Singapore, và là một phần của một dự án nâng cấp công viên cấp thiết để tăng lưu lượng của kênh Kallang nằm dọc theo rìa ngoài của công viên. Các công việc được thực hiện gần như đồng thời nhằm chuyển đổi một kênh đào bê tông đa dụng thành một dòng sông tự nhiên, tạo ra các không gian xanh mới cho cộng đồng.

Dự án này là một phần của chương trình nước Năng động, Thẩm mỹ và Sạch sẽ (chương trình ABC), một chương trình dài hạn nhằm phát triển các sông ngòi, kênh rạch của đất nước này vượt ra ngoài giới hạn các chức năng thoát nước và cấp nước, biến chúng thành các không gian năng động để tăng cường sức khỏe và tính kết nối trong cộng đồng.

Con kênh thoát nước thẳng bằng bê tông dài 2.7km đã được khôi phục thành một dòng sông tự nhiên dài 3.2km uốn lượn quanh công viên. 62 héc ta đất đã được thiết kế lại một cách trang nhã để phù hợp với sự năng động của một hệ thống sông với mực nước luôn thay đổi, trong khi cung cấp các lợi ích tối đa cho các cư dân sử dụng công viên. Ba sân chơi, nhà hàng và một đài vọng cảnh đã được thi công bằng các vật liệu bê tông tái chế lấy từ vách kênh thoát nước cũ, và rất nhiều không gian xanh đã diễm xuyên cho một kỳ quan tự nhiên: một hệ thống sông ngòi được phục hồi sinh thái ngay tại trung tâm thành phố.



Hình 7.1: Dòng sông tự nhiên vẫn giữ chức năng của một kênh luân chuyển nước, tạo điều kiện cho khách tham quan công viên tương tác với sông nước một cách dễ dàng và an toàn.



Hình 7.2 - 7.4: Hình ảnh về các hoạt động vui chơi giải trí tại Công viên Bishan

## 6.1 CÔNG VIÊN BISHAN - ANG MO KIO

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

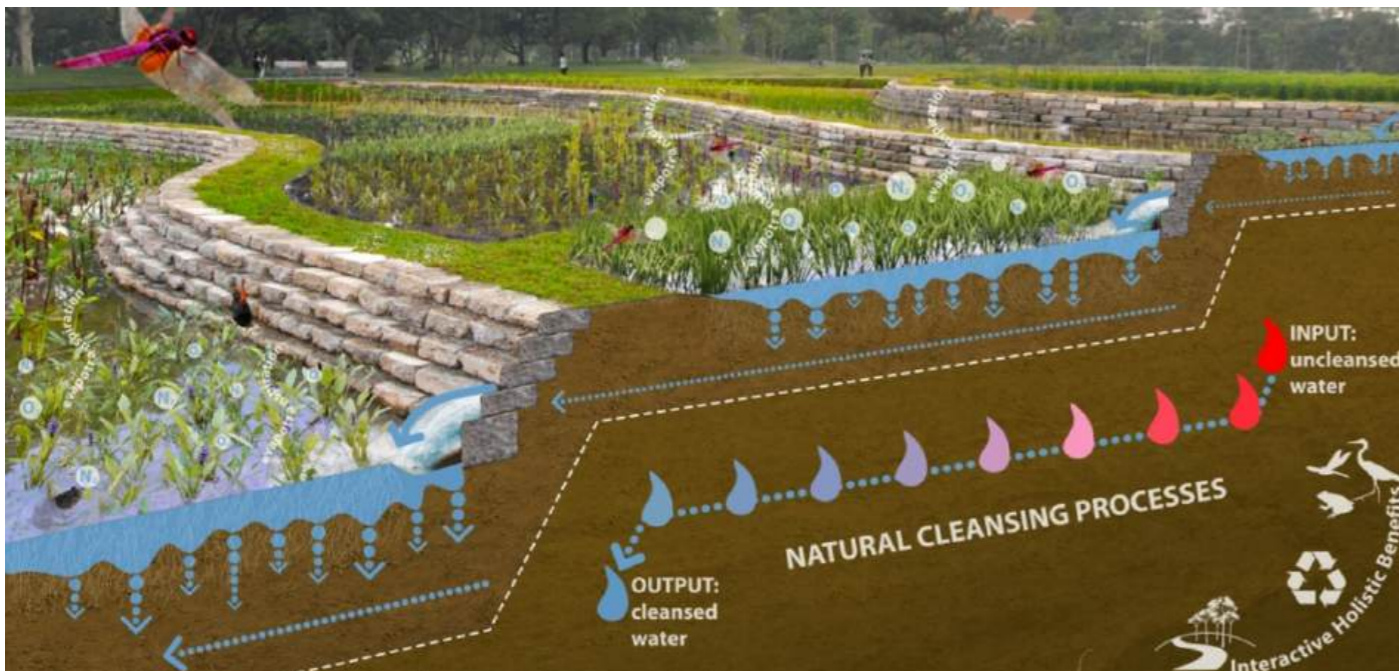
### XỬ LÝ NƯỚC THÔNG QUA THẨM LỌC SINH THÁI TUẦN HOÀN

Một thẩm lọc sinh thái tuần hoàn trong khuôn viên công viên Bishan-Ang Mo Kio đóng vai trò như một hệ thống lọc và xử lý nước tự nhiên. Nó bao gồm 4 bậc và 15 thảm thực vật khác nhau để giúp xử lý lượng nước thoát sau mưa. Các loài thực vật có khả năng làm sạch nước được chọn và trồng trong các ô trồng cây nhờ khả năng chiết xuất và loại bỏ các tác nhân gây ô nhiễm môi trường như photpho, nitơ và đồng trong nước thoát. Thẩm lọc sinh thái tuần hoàn cũng bao gồm các lớp đất nền để có thể lọc ra các tạp chất khác nhau.

Sau cùng, nước thoát bề mặt sẽ được xử lý bằng tia UV để loại bỏ vi khuẩn trước khi được xả ra hệ thống hồ chứa và sông. Nước đã qua xử lý cũng được luân chuyển đến hệ thống sân chơi nước trong công viên. Có tổng cộng 648,000 lít nước sông và 8,640,000 lít nước hồ được làm sạch mỗi ngày thông qua hệ thống này.



Hình 7.5: Hệ thống thẩm lọc sinh thái tuần hoàn tại công viên Bishan-Ang Mo Kio. Nước mưa được luân chuyển qua các thảm thực vật và 4 bậc giúp thanh lọc nước sông và nước thoát.



Hình 7.6: Thẩm lọc sinh thái tuần hoàn có vai trò lọc nước tự nhiên thông qua các bậc thang bằng cách lọc bỏ cặn tạp chất. Các loài thực vật có khả năng làm sạch nước trong các thảm thực vật sẽ làm sạch nước khỏi nitrat và các chất ô nhiễm khác.

### GIA CỐ BỜ TỰ NHIÊN

Hai bên bờ sông cần phải được gia cố để bảo vệ khỏi xói mòn trong các trận lũ lụt, trong khi cần phải giữ được vẻ đẹp tự nhiên và trong xanh.

Một loạt các kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên được áp dụng trong công viên, bao gồm rải đá, rọ đá, bó cây và thảm cây bụi. Các loài thực vật bản địa được thử nghiệm và trồng trên các công trình gia cố bờ tự nhiên để tạo nên vẻ đẹp trong xanh của bờ sông.



Hình 7.7: Các rọ đá kết hợp cây trồng dọc theo bờ kênh giúp giảm rủi ro xói mòn trong các trận lũ lụt.

### KÊNH DẪN NƯỚC SINH THÁI

Kênh dẫn nước sinh thái là một công trình WAUD khác được xây dựng để thay thế hệ thống thoát nước bằng bê tông trong việc luân chuyển nước thoát bề mặt cũng như cung cấp giải pháp tiên xử lý hiệu quả trước khi luân chuyển nước xuống các công trình WAUD hạ nguồn trong công viên Bishan. Nước mưa từ bề mặt công viên và lưu vực thượng nguồn sẽ được thẩm thấu, điều tiết và xử lý trong các kênh dẫn nước sinh thái này trước khi chảy ra sông ngòi. Các kênh dẫn nước sinh thái đã được tích hợp tốt với cảnh quan xung quanh và góp phần làm đẹp môi trường bên cạnh chức năng thoát nước.



Hình 7.8: Kênh dẫn nước sinh thái luân chuyển nước thoát xuống hạ nguồn

## 6.1 CÔNG VIÊN BISHAN - ANG MO KIO

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

### KHÔNG GIAN XANH & ĐA DẠNG SINH HỌC

Dòng sông tự nhiên mới đã giúp tăng cường đa dạng sinh học trong công viên Bishan – Ang Mo Kio. Các nghiên cứu ước tính rằng mức độ đa dạng sinh học đã tăng lên 30% từ khi kênh đào được thiết kế lại thành một dòng sông tự nhiên, với hơn 60 loài hoa dại, 50 loài chim, và 20 loài chuồn chuồn khác nhau đã được ghi nhận xuất hiện tại đây.

Một thay đổi đơn giản trong thiết kế, thay đổi từ một kênh đào bê tông thành một dòng sông uốn lượn tự nhiên đã tạo cơ hội cho cộng đồng tương tác và trân trọng sông nước và thiên nhiên, cũng như tận hưởng một hệ động thực vật đa dạng trong công viên.



Hình 7.9: Dòng sông tự nhiên đã tăng cường cơ hội cho con người được tương tác với sông nước và thiên nhiên, và cải thiện đa dạng sinh học.



Hình 7.10 (trên) và 7.11 (dưới): Kênh đào bê tông đã được chuyển hóa thành một dòng sông tự nhiên cho phép khách tham quan công viên tương tác an toàn với sông nước, đi kèm với các lợi ích trong việc ngăn ngừa lũ lụt, xử lý nước mưa và cải thiện trải nghiệm công viên.



Hình 7.12 (trái) và 7.13 (phải): Phần đất của công viên đóng vai trò như một bãi bồi trong các trận mưa bão, với các hệ thống giám sát mực nước sông và hệ thống cảnh báo để đảm bảo an toàn cho cộng đồng.



## 6.1 CÔNG VIÊN BISHAN - ANG MO KIO

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore



Hình 7.14: Công viên Bishan Ang Mo Kio trước và sau khi ứng dụng WAUD

## 6.2 JURONG LAKE GARDENS WEST

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

### VƯỜN QUỐC GIA SINGAPORE TẠI VÙNG TRUNG TÂM

Jurong Lake Gardens là giai đoạn đầu tiên của dự án phát triển tại hồ Jurong và là vườn quốc gia đầu tiên của Singapore tại vùng lõi của quốc đảo. Công viên này là một dự án của Ramboll Studio Dreiseitl, hướng đến trở thành một khu vườn công cộng có thể được tiếp cận bởi mọi tầng lớp trong cộng đồng. Jurong Lake Gardens được trao chứng nhận bạch kim ở hạng mục Cảnh quan Xuất sắc bởi Cục Quản lý Công viên Quốc gia Singapore vào năm 2020, và giải thưởng xuất sắc của Viện Không gian Đô thị Châu Á-Thái Bình Dương năm 2021.

Công trình 53ha này hướng đến mục tiêu phục hồi di sản cảnh quan của hệ thống đầm nước và rừng rậm, và là nền tảng cho không gian giải trí và các hoạt động cộng đồng. Thiết kế là một nỗ lực nhằm phục hồi cảnh quan tự nhiên độc đáo của vùng Jurong. Công chúng sẽ được chứng kiến một khu rừng rậm và đầm nước được phục hồi, một khu vui chơi nước với chủ đề thiên nhiên, các khu vườn thiên nhiên, và các công trình chăm sóc sức khỏe và thể thao.

Dự án bao gồm một lối đi bộ giúp đưa du khách đến gần hơn với bờ hồ ở phía tây hồ Jurong. Đường đi bộ Rasau sẽ đưa du khách qua một khu rừng nước ngọt đã được phục hồi và nâng cấp với hơn 50 loài cây, bao gồm các bụi cây Rasau, Nibong và cây cọ sấp Sealing. Môi trường đầm thủy sinh ngập nước được dựa trên mực nước trong hồ, tạo ra môi trường sinh sống và kiếm ăn cho các loài chim nước. Nâng cấp môi trường sống cho động vật và giữ gìn sự yên tĩnh cho khu vực là những yếu tố then chốt khi phát triển khu vườn ven hồ, tạo điều kiện cho du khách tận hưởng thiên nhiên và đa dạng sinh học.

Tại Clusia Cove, trẻ em có thể trải nghiệm một sân chơi nước với các thiết bị mô phỏng thủy triều, gợn sóng bề mặt và dòng hải lưu tự nhiên mô phỏng chuyển động của nước biển gần bờ. Thảm lọc sinh thái tuần hoàn đóng vai trò là một hệ thống xử lý nước tự nhiên và hệ thống xử lý nước bằng tia UV được sử dụng để thanh trùng nước trước khi bơm vào khu vực sân chơi này.



Hình 7.15: Đường đi bộ Rasau uốn lượn cung cấp cơ hội cho người dân tiếp cận thiên nhiên quanh bờ hồ.



Hình 7.16 (trên) và 7.17 (dưới): Các không gian vui chơi giải trí tại Jurong Lake Garden

## 6.2 JURONG LAK GARDNS WST

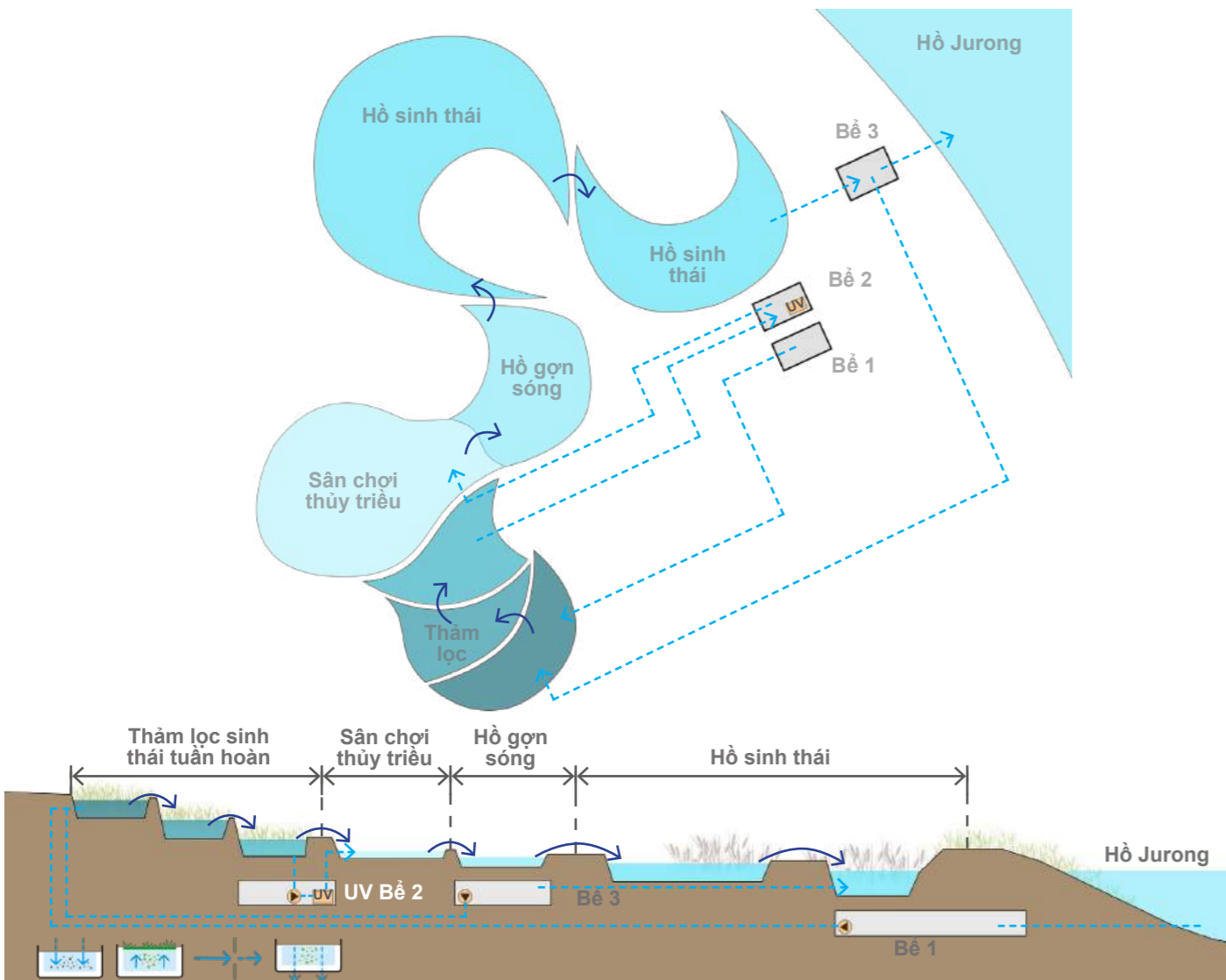
Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

### CLUSIA COVE: XỬ LÝ NƯỚC WAUD

Clusia Cove là một sân chơi tương tác với nước nơi trẻ em có thể trải nghiệm sự chuyển động của nước mô phỏng quá trình lên xuống của thủy triều, gợn sóng bề mặt và các dòng hải lưu tự nhiên tương tự như nước tại các bờ biển. Trẻ em có thể xây lâu đài cát và cảm nhận thủy triều lên xuống ở chân của mình, như một ngày dạo chơi trên bãi biển.

Clusia Cove đồng thời đóng vai trò xử lý nước và bao gồm một hệ thống tuần hoàn nước kín có diện tích 3ha để xử lý nước hồ Jurong một cách tự nhiên trước khi dùng cho sân chơi nước. Các thảm lọc sinh thái tuần hoàn và hệ thống xử lý nước bằng tia UV được sử dụng để thanh trùng nước trước khi bơm vào sân chơi. Thảm lọc sinh thái tuần hoàn được tạo nên từ các ô lọc nước chứa đầy cát và lớp lọc và các thực vật thủy sinh làm công việc hấp thụ các dưỡng chất trong nước.

Hệ thống trong Clusia Cove đóng vai trò là một hệ thống xử lý nước tự nhiên trước khi nước được lọc và thanh trùng sâu hơn.



Hình 7.18 (trên) và 7.19 (dưới): Bản đồ và mặt cắt ngang của hệ thống tái chế nước và làm sạch tự nhiên trong Clusia Cove. Nước lấy từ hồ Jurong được xử lý tự nhiên trước khi được dùng cho sân chơi nước.



Hình 7.20 (trên) và 7.21 (dưới): Hình ảnh sân chơi thủy triều (trên) và hồ sinh thái (dưới) tại Jurong Lake Garden.

## 6.2 JURONG LAKE GARDENS WEST

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

### KÊNH DẪN NƯỚC SINH THÁI

Để cải thiện hệ thống thoát nước trong khu vườn, các kênh dẫn nước sinh thái và kênh sỏi đã được ứng dụng làm giải pháp thoát và luân chuyển nước. 100% nước trong lưu vực sẽ được luân chuyển bởi các công trình thoát nước WAUD trước khi thoát vào hồ Jurong. Tổng cộng 4,750m kênh dẫn nước sinh thái và dòng chảy được xây dựng để luân chuyển nước một cách tự nhiên.

Các tính toán cho hệ thống thoát nước được tiến hành thông qua các mô hình mô phỏng chi tiết và phân tích vận tốc và lưu lượng nước. Việc này đảm bảo tính khả thi cũng như tính chính xác trong thiết kế các dòng chảy thoát nước.



Hình 7.22: Các kênh dẫn nước sinh thái được dung để thoát nước trong khuôn viên Jurong Lake Gardens West thay cho kênh thoát nước bê tông

### DÒNG CHẢY THIÊN NHIÊN

Một kênh thoát nước thẳng dài 300m đã được chuyển đổi thành một hệ thống dòng chảy thiên nhiên uốn lượn quanh các thảm thực vật với tổng chiều dài là 900m. Các dòng chảy thiên nhiên này được biết đến với tên gọi kênh đào Neram. Hai bên bờ của dòng nước đã được gia cố chính xác bằng vô số các kỹ thuật gia cố bờ phù hợp để đảm bảo độ dốc ổn định ở hai bên bờ.

Các dốc bờ được trồng các thảm thực vật phổ biến trong rừng nhiệt đới ven sông. Các cụm cây Neram (*Dipterocarpus oblongifolius*) có thể được tìm thấy tại các khúc quanh của dòng chảy, cải thiện sự đa dạng sinh học trong khu vực.



Hình 7.23: Kênh dẫn nước bê tông ban đầu



Hình 7.24 (trái) và 7.25 (phải): Kênh đào Neram cung cấp các dòng chảy thiên nhiên, giúp cải thiện môi trường công viên và sự đa dạng sinh học trong khu vực.



### GIA CỐ BỜ TỰ NHIÊN

Các mảng bê tông từ những công trình công viên, thoát nước và lối đi bộ bị phá dỡ đã được đập nhỏ và tái sử dụng để gia cố bờ một cách tự nhiên – ví dụ như cấu trúc rải đá tại bờ hồ Jurong.

Các kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên này giúp bảo vệ bờ hồ khỏi xói mòn một cách tự nhiên. Cây cũng được trồng bằng phương pháp giâm cành giữa các tảng đá để tạo ra một cấu trúc xanh – mang đến lợi ích về môi trường và thẩm mỹ cho bờ hồ.



Hình 7.26: Hình ảnh thể hiện hệ thống rải đá và giâm cành và hệ thống gia cố bờ nhân tạo ven bờ hồ Jurong.

### TẠO CÁC VÙNG ĐA DẠNG SINH HỌC

Các điểm nóng về đa dạng sinh học và rừng rậm được bảo tồn và cải thiện một cách cẩn thận. Các hoạt động của con người chỉ được giới hạn ở lối đi bộ và ghé ngồi trong các khu vực này nhằm cung cấp không gian sinh sống cho động vật hoang dã.

Các khảo sát về môi trường sống hoang dã đã được thực hiện trước, trong và sau quá trình thi công nhằm tìm hiểu tác động và các nhóm môi trường sống hoang dã trong khu vực, từ 2014 đến 2019. Các biện pháp giảm thiểu phù hợp đã được thực thi để giảm thiểu việc xáo trộn môi trường sống hoang dã.



Hình 7.27: Hình ảnh thể hiện sự đa dạng sinh học tại khu vực

### CÁC ĐỒNG LỢI ÍCH KHÁC

- Tạo không gian tiếp cận và gắn kết cộng đồng với các lễ kỷ niệm ngày Nước Thế giới được tổ chức tại hồ Jurong, và các cơ hội tuyên truyền, giáo dục về quản lý nước tại hồ trên các tuyến đường đi bộ.
- Khuyến khích các hoạt động thể chất gắn liền với nước để cải thiện sức khỏe và không gian sống của cộng đồng, khi mà chất lượng nước tốt của hồ tại điều kiện tiến hành cho nhiều hoạt động thể thao dưới nước như chèo thuyền Kayak hay đua thuyền rồng.



Hình 6.28: Hình trên cho thấy các học sinh tham gia vào đường mòn giáo dục ABC Waters tại Hồ Jurong.

## 6.3 KHU CĂN HỘ KAMPUNG ADMIRALTY

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

### “NGÔI LÀNG” PHỨC HỢP TÍCH HỢP VỚI CÁC CÔNG CỤ WAUD

Là một công trình tích hợp toàn diện cộng đồng kiêm dân cư, Kampung Admiralty được đồng thiết kế bởi Ramboll Studio Dreiseitl. Công trình là một dự án hàng đầu, tập hợp vô số các chương trình dưới một mái nhà. Được xây dựng trên một khu đất chật hẹp (0.9 ha) với giới hạn về chiều cao là 61m so với mực nước biển, dự án tiên phong trong việc khám phá các nguyên lý tương tác liên cộng đồng và mật độ đô thị tại một Singapore khan hiếm đất, nơi áp lực lên quỹ đất đòi hỏi những giải pháp sáng tạo trong việc tăng cường sử dụng đất.

Công trình được xây dựng theo từng lớp “bánh kẹp” bao gồm một quảng trường năng động, các không gian cộng đồng có mái che, các cửa hàng bán lẻ và trung tâm ăn uống tại tầng trệt, trung tâm Y tế Admiralty trải rộng trên hai tầng giữa và một công viên cộng đồng yên tĩnh và bán riêng tư với một trung tâm chăm sóc sức khỏe người cao tuổi, một trung tâm chăm sóc trẻ em, một trung tâm hoạt động cho người cao tuổi, sân thượng và các căn hộ studio dành cho người cao tuổi ở tầng thượng. Với sự tích hợp các không gian nước và cây xanh với không gian cộng đồng, khu căn hộ Kampung Admiralty dành giải Tòa nhà của năm tại Lễ hội Kiến trúc Thế giới vào năm 2018.

Sự đa dạng không gian xanh trong khu căn hộ Kampung Admiralty đóng vai trò là một không gian lý tưởng cho cộng đồng kết nối và thư giãn. Với chiến lược trồng đa dạng các loại cây từ cây đa dạng sinh học, cây lấy lá và cây ăn quả, cư dân cũng có thể tìm được các loại rau củ, trái cây ăn được và cây thuốc tại trang trại cộng đồng và vườn cây thảo dược trong khuôn viên tòa nhà.



Hình 7.28: Các công trình WAUD được tích hợp tại các tầng khác nhau của khu căn hộ Kampung Admiralty.

Hình 7.29 (trên) và 7.30 (dưới): Các công trình WAUD được tích hợp tại các tầng khác nhau của khu căn hộ Kampung Admiralty.

## 6.3 KHU CĂN HỘ KAMPUNG ADMIRALTY

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

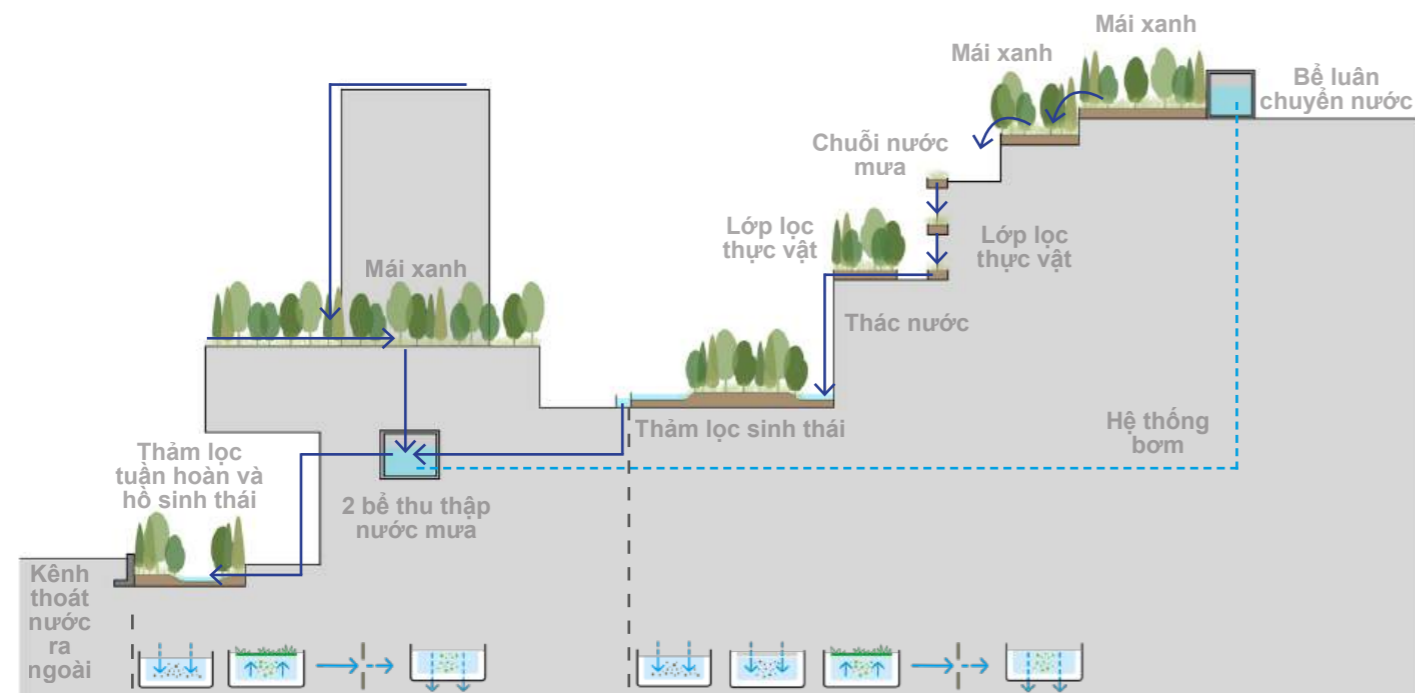
### HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC MƯA TÍCH HỢP

Trong khuôn viên khu dân cư Kampung Admiralty, các công trình WAUD được tích hợp vào các tầng khác nhau của tòa nhà để xử lý và tái sử dụng nước mưa thoát ra.

Đầu tiên, nước mưa thoát ra sẽ được thu thập và xử lý thông qua một hệ thống xử lý phức tạp với các lớp lọc sinh thái trải dài trên các tầng khác nhau của công trình. Nước sạch sẽ được luân chuyển vào một hệ thống thu thập nước mưa có chức năng thu gom cả nước mưa và nước thoát được xử lý, và lượng nước được thu thập này sẽ được tái sử dụng để tưới tiêu các không gian xanh trong công trình và mái xanh. Quá trình này giúp tiết kiệm lượng nước uống được dành cho các hoạt động tiêu thụ của con người.

Sau đó, nước tràn ra từ các bể thu thập nước mưa sẽ được luân chuyển nhờ trọng lực đến các công trình nước khác trong khuôn viên khu dân cư, bao gồm thảm lọc sinh thái, hồ sinh thái và các kênh dẫn nước tại tầng trệt.

Tổng cộng, 33% lượng nước mưa thoát ra được thu thập trong khuôn viên công trình (0.8 héc ta) được xử lý và lưu trữ bởi các công trình WAUD. Để tối đa hóa không gian trong khu phức hợp, các công trình WAUD đã được thiết kế để tích hợp hiệu quả vào các cảnh quan và công trình.



Hình 7.31: Mặt cắt ngang thể hiện các hệ thống thu thập và xử lý nước mưa được tích hợp trong tòa nhà và các không gian xanh.

### THẨM LỌC SINH THÁI VÀ CÁC HỆ THỐNG LỌC TỰ NHIÊN

Nước mưa thoát ra trong công trình sẽ được thu thập và luân chuyển qua ba lớp lọc và qua hệ thống lọc sinh học nằm tại mặt tiền tầng 6, 7 và 8 của tòa nhà.

Nước sạch và nước tràn sẽ được luân chuyển vào thảm lọc sinh thái tại tầng 3 để xử lý lần cuối cùng. Thảm lọc này sẽ được thể hiện cho công chúng và có thể được quan sát thông một cửa sổ kính lớn, nhưng không cho phép người dân được tiếp cận công trình.

Sau cùng, nước mưa đã qua xử lý sẽ được chuyển đến bể thu thập nước mưa nằm tại tầng lửng của tòa nhà.



Hình 7.32 (trái) và 7.33 (phải): Các lớp lọc sinh học với các thảm thực vật nằm trên mặt tiền hình thành nên một hệ thống xử lý nước thoát theo chiều dọc của tòa nhà.



Hình 7.34: Thảm lọc sinh thái có thể được quan sát thông qua các cửa sổ kính lớn tại tầng 3 của Kampung Admiralty.

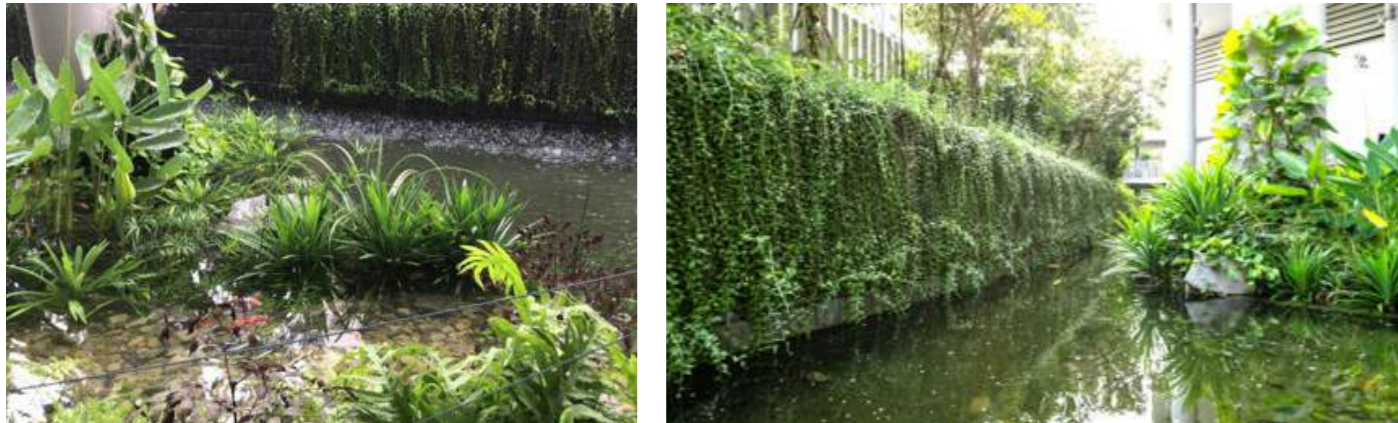
## 6.3 KHU CĂN HỘ KAMPUNG ADMIRALTY

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

### HỒ SINH THÁI

Hồ sinh thái được đặt tại tầng trệt, và đóng vai trò là một không gian xanh và một công trình nước tại sảnh chính của khu căn hộ Kampung Admiralty.

Hồ sinh thái bao gồm các loài cá góp phần xây dựng đa dạng sinh học và một không gian thủy sinh tươi tốt giúp làm đẹp môi trường và tăng cường sự thoải mái của người dân. Việc bổ sung các loài cá và hấp dẫn các loài động vật như chuồn chuồn cũng giúp giảm thiểu các không gian sinh trưởng của loài muỗi.



Hình 7.35 (trái) và 7.36 (phải): Thảm lọc sinh thái tuần hoàn giúp tái tuần hoàn nước từ hồ sinh thái trong khi đóng vai trò là một công trình xử lý nước tự nhiên.

### THẨM LỌC SINH THÁI TUẦN HOÀN

Thẩm lọc sinh thái tuần hoàn được kết nối với hồ sinh thái thông qua một hệ thống tái tuần hoàn nước. Nước được bơm qua từ hồ sinh thái đi qua thảm lọc sinh thái tuần hoàn để được xử lý. Sau khi qua thảm lọc, nước sạch sẽ được luân chuyển tự nhiên qua các kênh dẫn nước sinh thái trở lại hồ sinh thái. Hệ thống tái tuần hoàn nước này giúp nước không bị ứ đọng quá lâu trong hồ sinh thái và ngăn chặn sự sinh sản của muỗi trong khu vực.

Thẩm lọc sinh thái tuần hoàn cũng giúp cải thiện chất lượng nước trong hồ sinh thái và tạo ra một môi trường thủy sinh phong phú về mặt thẩm mỹ lẫn đa dạng sinh học.



Hình 7.37: Môi trường nước mở và không gian xanh tươi tốt của hồ sinh thái hình thành nên một khung cảnh tuyệt đẹp tại lối vào của Kampung Admiralty.

### KÊNH DẪN NƯỚC SINH THÁI

Các kênh dẫn nước sinh thái giúp luân chuyển nước thoát tràn ra từ các hệ thống thu gom nước mưa một cách tự nhiên. Nước được luân chuyển qua các ống dẫn nước mưa trước khi chảy qua các kênh dẫn nước sinh thái, trước khi thoát ra hồ sinh thái trên mặt đất.

Các kênh dẫn nước sinh thái đồng thời thể hiện quá trình luân chuyển nước sạch thoát ra từ thẩm lọc sinh thái tuần hoàn, hỗ trợ công tác giáo dục và tăng cường sự đón nhận của cộng đồng.

### GẮN KẾT CỘNG ĐỒNG

Bên cạnh các công trình nước và cây xanh bền vững tại Kampung Admiralty, một yếu tố then chốt trong thiết kế dự án là khơi gợi tinh thần và trải nghiệm cộng đồng tại Kampung (một ngôi làng truyền thống của cộng đồng người Malaysia và Indonesia), cũng như tạo ra các không gian để thúc đẩy các hoạt động cho người cao tuổi.

Tòa nhà bao gồm một sảnh tầng trệt lớn, các không gian xanh và không gian cộng đồng, và một trang trại, tạo ra đa dạng các cơ hội cho cư dân tụ tập, vui chơi và làm vườn cùng nhau.

Trang trại cộng đồng dành cho cư dân khu căn hộ Kampung Admiralty được đặt trên mái của công trình và bao gồm hơn 30 loài cây ăn trái nhiệt đới, thảo dược, cây gia vị, rau củ và cây thuốc. Trong lúc trồng và thu hoạch các sản phẩm của họ, cư dân có thể tương tác với nhau bên cạnh việc hòa mình và kết nối với thiên nhiên.

### CÁC ĐỒNG LỢI ÍCH KHÁC

- Tiết kiệm một lượng lớn chi phí cho việc sử dụng các hệ thống lọc nước uống, chiếu sáng nhân tạo và hệ thống làm mát. Bằng cách xử lý và tái chế nước mưa cho mục đích tưới tiêu, tòa nhà đã tiết kiệm hơn 4,1 triệu lít nước máy mỗi năm. Bên cạnh đó, các mái xanh, sân vườn, và các bức tường thông khí bên trong tòa nhà giúp hỗ trợ chiếu sáng và giảm nhiệt độ môi trường xung quanh trong một công trình đô thị một cách tự nhiên nhất.
- Các giải pháp cải thiện môi trường cũng được cung cấp để phục vụ cư dân và du khách. Các không gian nước và cây xanh cho phép kết nối với tự nhiên, và tạo điều kiện cho các hoạt động giải trí và tương tác xã hội – làm dịu môi trường đô thị dày đặc xung quanh và tăng giá trị bất động sản trong khu đô thị.



Hình 7.38: Kênh dẫn nước sinh thái luân chuyển nước từ thẩm lọc sinh thái tuần hoàn đến hồ sinh thái.



Hình 6.40: Không gian cộng đồng với các quy mô khác nhau giúp khắc sâu ý thức về tinh thần cộng đồng.

## 6.4 PUNGGL WATERWAY RIDGES

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

### KHÔNG GIAN QUY MÔ TÍCH HỢP KÊNH RẠCH VÀ CÂY XANH

Waterway Ridges tại Punggol là dự án thí điểm ABC đầu tiên tại các khu dân cư công cộng ở Singapore và là thành quả của sự hợp tác giữa hai cơ quan chính phủ - Cục Tiện ích Công cộng và Cục Nhà ở và Phát triển Singapore. Dự án này, được thiết kế và phát triển bởi Ramboll Studio Dreiseitl, hướng đến việc ứng dụng một giải pháp toàn diện trong quản lý nước mưa thoát ra trong một khu vực dân cư. Đây là lần đầu tiên một dự án kiểu này được thực hiện, với các công trình ABC được tích hợp trong một quy mô khu đô thị.

Mục tiêu của dự án là đạt được sự tích hợp kênh rạch – cây xanh, trong khi tối đa quá quỹ đất và hướng đến xử lý nước mưa bền vững trong một khu dân cư mật độ cao. Trong toàn bộ khu đất, hệ thống thoát nước tự nhiên hướng đến việc giữ và xử lý lượng nước mưa của một trận bão với chu kỳ lặp lại 3 tháng 1 lần mà không bị tràn kênh, cũng như cải thiện tối đa chất lượng nước. Lưu lượng nước tối đa tiên phát triển của một trận bão có ARI 10 năm cũng là mục tiêu xử lý của hệ thống, thử thách ranh giới của công nghệ hiện hữu.

Các công trình được lắp đặt đã giảm thiểu tác động của dòng chảy, nâng cao tính thẩm mỹ, tăng cường đa dạng sinh học và đồng thời trở thành một không gian đa chức năng phục vụ các mục đích cộng đồng.



Hình 7.41: Không ảnh của Punggol Waterway Ridges cho thấy các các công trình nước và không gian xanh được tích hợp trong một không gian cộng đồng.



Hình 7.42 (trên) và 7.43 (dưới): Cảnh quan của Punggol Waterway Ridges



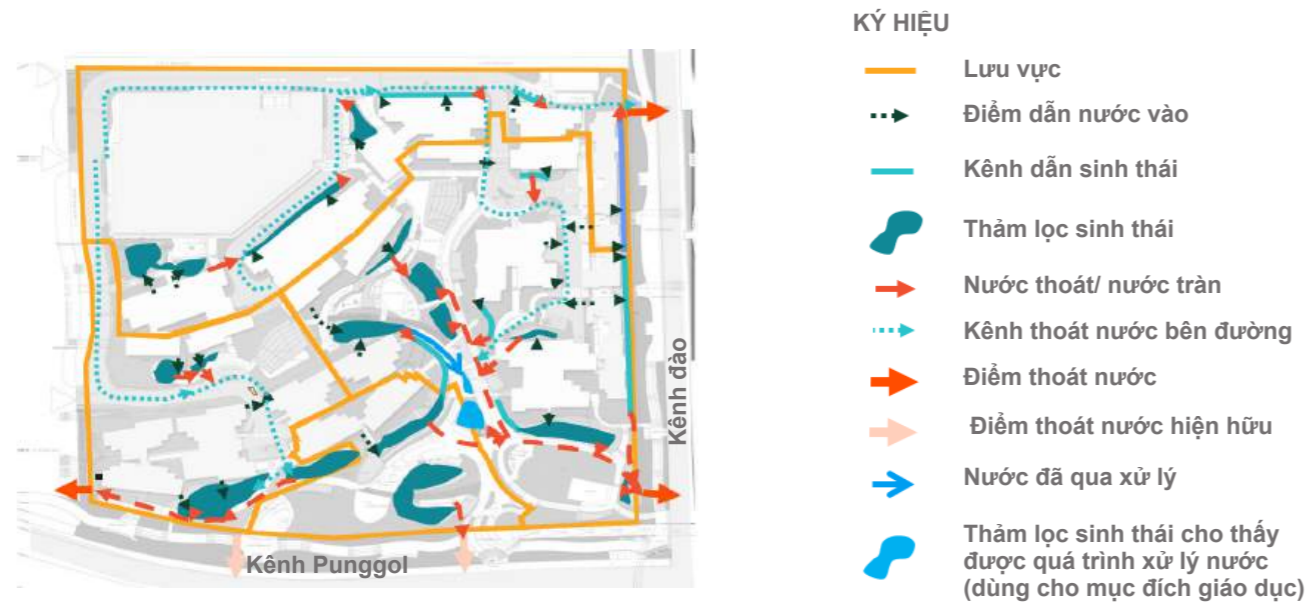
## 6.4 PUNGGOL WATERWAY RIDGES

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore

### THÂM LỌC SINH THÁI

Punggol Waterway Ridges có tổng cộng 21 thảm lọc sinh thái, tạo nên một hệ thống điều tiết và lọc nước mưa toàn diện. Với những trận bão thường xuyên với chu kỳ lặp lại (ARI) 3 tháng 1 lần, lượng nước mưa được xử lý trong khu vực lên đến 58%.

Trong các trận bão lớn hơn, nhằm duy trì hệ số thoát nước mục tiêu ở mức 0.55 trong các trận bão có chu kỳ lặp lại (ARI) 10 năm 1 lần, lượng nước thoát tràn ra sẽ chảy vào một lớp sỏi dày bên dưới các thảm lọc sinh thái. Lượng nước tràn này sẽ được trữ bên trong lớp sỏi trong những trận mưa, trước khi được xả ra từ từ thông qua các lỗ nhỏ.



Hình 7.44: Thiết kế cho thấy sự luân chuyển nước trong khuôn viên Punggol Waterway Ridges



Hình 7.45: Một trong những thảm lọc sinh thái trong khu vực với chức năng điều tiết và lọc nước mưa

### THÂM LỌC SINH THÁI (DẠNG BÃI CỎ)

3 trong 21 thảm lọc sinh thái tại đây được thiết kế dưới dạng bãi cỏ lọc sinh thái. Các bãi cỏ này đóng vai trò như một không gian giải trí đa chức năng để cư dân nghỉ ngơi và vui chơi khi không có mưa. Tuy nhiên, trong các trận mưa bão, chúng đóng vai trò thu thập nước mưa thoát ra. Lượng nước mưa thu thập được sẽ được lọc thông qua nhiều lớp lọc dưới thảm lọc sinh thái, trước khi nước mưa đã qua xử lý được xả vào kênh Punggol.

Sự đa dụng của thảm lọc sinh thái dạng bãi cỏ giúp tối đa hóa không gian trong khu vực, trong khi cải thiện mỹ quan môi trường với không gian xanh mà chúng cung cấp.



Hình 7.46 (trên) và 7.47 (dưới): Thảm lọc sinh thái (dạng bãi cỏ) đóng vai trò là một không gian đa chức năng khi không có mưa, và một thảm lọc sinh thái trong các trận mưa

## 6.4 PUNGGOL WATERWAY RIDGES

Thực hiện Chương trình ABC tại Singapore



Hình 7.48- 7.50: Tích hợp các công cụ WAUD tại Punggol Waterway Ridges

### KÊNH DẪN NƯỚC SINH THÁI

Các kênh dẫn nước sinh thái thay thế hệ thống thoát nước bằng bê tông thông thường trong việc luân chuyển nước mưa thoát ra.

Các kênh dẫn nước sinh thái này có thêm các lớp sỏi nền bên dưới để tối đa hóa khả năng điều tiết của chúng.

Những kênh nước tự nhiên này giúp giảm tốc độ dòng chảy của nước thoát trong khu vực, cũng như giúp tăng cường đa dạng sinh học và tính thẩm mỹ của khu đô thị.

### CÁC ĐỒNG LỢI ÍCH KHÁC

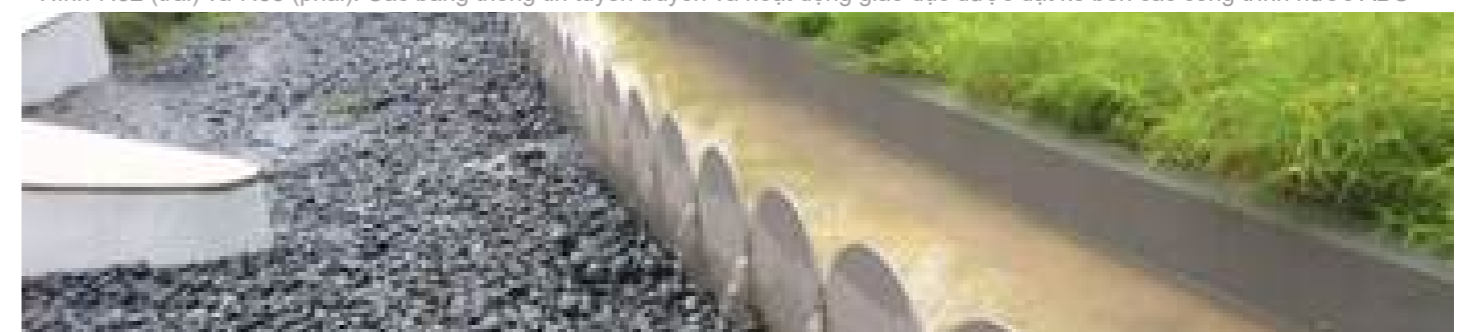
- Các cơ hội tuyên truyền, giáo dục và gắn kết cộng đồng đã được chứng minh. Do sự bắt mắt của các hệ thống ABC, các buổi trình bày về hoạt động luân chuyển nước sau những trận mưa đã thu hút sự chú ý và tham gia tích cực của cộng đồng. Các bảng thông tin tuyên truyền, giáo dục được đặt tại các không gian công cộng đã giúp nâng cao nhận thức người dân về lợi ích của các công trình ABC và tăng cường sự trân trọng của người dân dành cho tài nguyên nước quý giá.
- Đây là khởi đầu cho việc tích hợp thực hiện chương trình ABC vào các công trình đô thị. Là dự án ABC thuộc loại hình này, Punggol Waterway Ridges đã thay đổi hoàn toàn phương pháp quy hoạch và thiết kế đô thị, với sự chú trọng lớn hơn được đặt vào các giải pháp quản lý nước tự nhiên.



Hình 7.51: Kênh dẫn nước sinh thái giúp luân chuyển nước mưa một cách tự nhiên trong khu vực.



Hình 7.52 (trái) và 7.53 (phải): Các bảng thông tin tuyên truyền và hoạt động giáo dục được đặt kế bên các công trình nước ABC



Hình 7.54: Nước được luân chuyển sau một trận mưa bão

## 6.5 HỆ THỐNG HỒ & ĐÀM THỦY SINH PUTRAJAYA

Thực hiện WAUD tại Malaysia

### ĐÀM THỦY SINH KIẾN TẠO ĐẦU TIÊN TẠI MALAYSIA

Taman Wetland Putrajaya (Công viên Thủy sinh Putrajaya) là một trong những đầm thủy sinh nước ngọt nhân tạo lớn nhất Đông Nam Á và là đầm thủy sinh kiến tạo đầu tiên tại Malaysia. Với diện tích 200 héc-ta, nó tọa lạc giữa lòng thành phố, ngay trong lãnh thổ Liên bang Putrajaya của Malaysia. Các đầm thủy sinh được xây dựng tại vị trí hợp lưu giữa hai con sông lớn là Sungai Chuau và Sungai Bisa và ba nhánh sông nhỏ hơn, hội tụ tại hồ Putrajaya.

Dự án này đóng một vai trò quan trọng cho hệ sinh thái của thành phố, mang lại lợi ích kép trong việc kiểm soát lũ lụt cũng như xử lý hiệu quả lượng nước mưa ô nhiễm thoát ra. Với tổng cộng 24 đầm thủy sinh, hệ thống đảm bảo chất lượng nước sẽ luôn đáp ứng Tiêu chuẩn Quốc tế về Chất lượng nước hồ Putrajaya do chính quyền địa phương thiết lập. Các tiêu chuẩn khắt khe về chất lượng nước đã cho phép các hoạt động giải trí dưới nước có thể được thực hiện trên hồ.

Các đầm thủy sinh này còn đóng vai trò là nơi trú ẩn và sinh sống an toàn cho các loài động vật địa phương, tạo nên một hệ sinh thái thủy sinh đa dạng các loài động thực vật bản địa. Do đó, cảnh quan tự nhiên và không gian xanh rộng rãi đã biến Công viên Thủy sinh Putrajaya trở thành một địa điểm du lịch sinh thái nổi tiếng, với vô số các hoạt động khám phá thiên nhiên và thể thao dành cho du khách.

Hệ thống đầm thủy sinh Putrajaya đã đặt ra một tiêu chuẩn mới trong việc quản lý nước mưa và môi trường một cách toàn diện trong khu vực, và làm nổi bật những lợi ích mà một thành phố có thể nhận được với một giải pháp thiết kế và quy hoạch hệ thống kênh rạch – cây xanh một cách bền vững.



Hình 6.55: Hệ thống Hồ & Đầm thủy sinh Putrajaya nhìn từ trên cao.



Hình 6.56 (trên) và 6.57 (dưới): Các loài chim sinh sống xung quanh bờ hồ Putrajaya và quang cảnh mặt hồ

## 6.5 HỆ THỐNG HỒ & ĐÀM THỦY SINH PUTRAJAYA

Thực hiện WAUD tại Malaysia

### THỰC HIỆN WAUD TẠI MALAYSIA

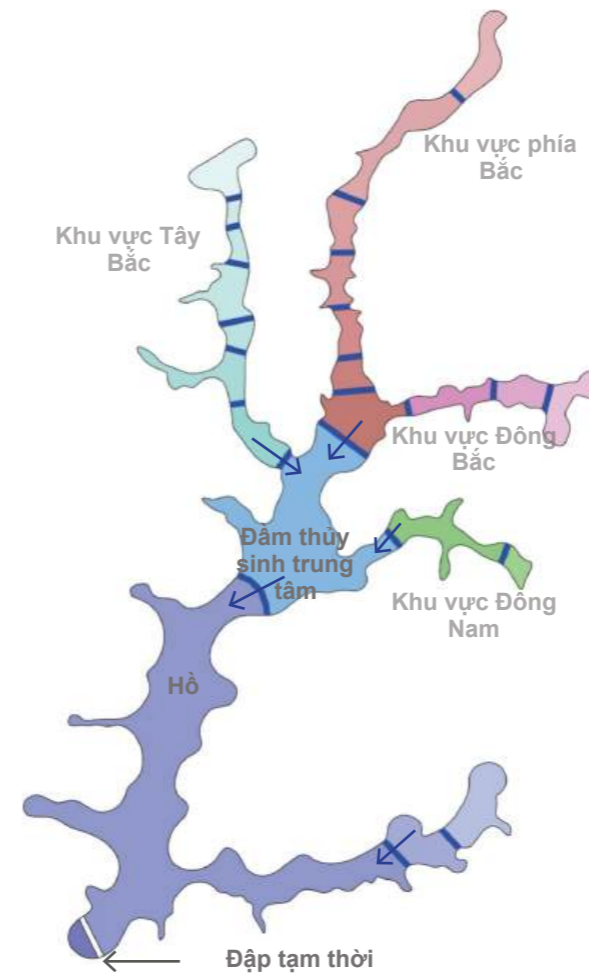
Hệ thống đầm thủy sinh kiến tạo gồm 5 khu vực, với 23 đầm thủy sinh với dòng chảy nước đổ vào một đầm thủy sinh trung tâm, là đầm nước thứ 24. Các đập nước nhỏ làm từ đất và đá được xây dựng giữa các đầm – chia cắt các đầm nước đa dạng về diện tích và độ sâu. Các đầm thủy sinh khác nhau bao gồm đa dạng các loại thực vật khác nhau, với công dụng hấp thụ các tác nhân ô nhiễm khác nhau trong nước. Trong mỗi đầm nước sẽ bao gồm các thảm thực vật thủy sinh có tác dụng ngăn chặn các tác nhân ô nhiễm, tạo nên một vùng rễ nơi các loài vi khuẩn và vi sinh vật đóng vai trò hỗ trợ hấp thụ các dưỡng chất và tác nhân ô nhiễm trong nước mưa.

Các đầm thủy sinh cũng sẽ có độ sâu khác nhau, tạo nên các quần xã sinh vật thủy sinh khác nhau từ rừng ngập nước, đầm lầy sâu đến ao nước sâu. Sự đa dạng này giúp cung cấp môi trường sống cho đa dạng các loài động vật thủy sinh, bao gồm các loài chim, cá, động vật không xương sống và bò sát, phát triển. Tổng cộng có hơn 70 loài thực vật thủy sinh và bán thủy sinh được trồng ở đây, tất cả đều là các loài bản địa của Malaysia nhằm bảo tồn sự đa dạng sinh học địa phương trong khu vực.

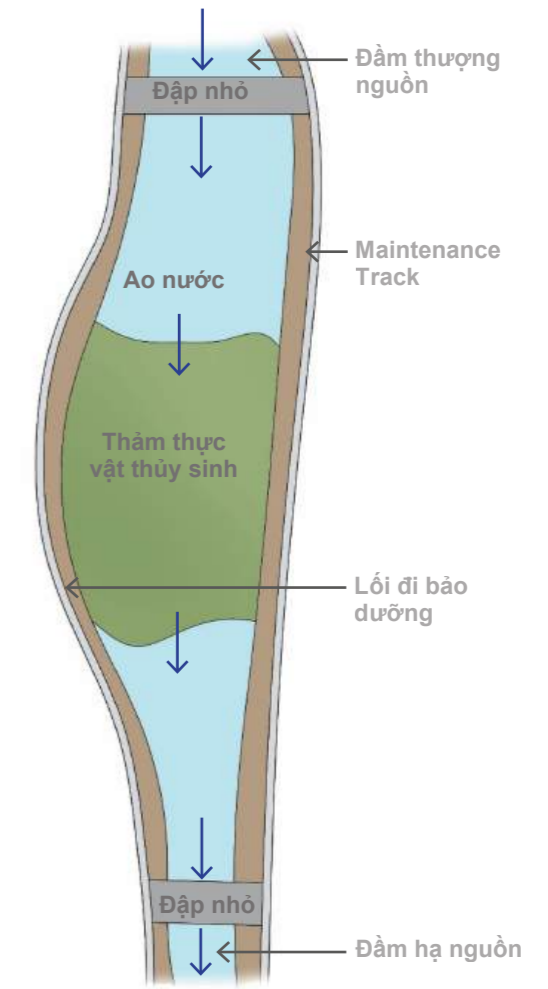
Bên cạnh khả năng xử lý nước, hệ thống đầm nước này còn giúp giảm thiểu lũ lụt và được thiết kế để trữ nước mưa tạm thời trong các trận mưa lũ. Các đầm nước sẽ làm giảm lưu lượng nước thoát tới đa và vận tốc dòng chảy đổ ra đầm nước trung tâm, làm giảm cường độ của các trận lũ lụt.



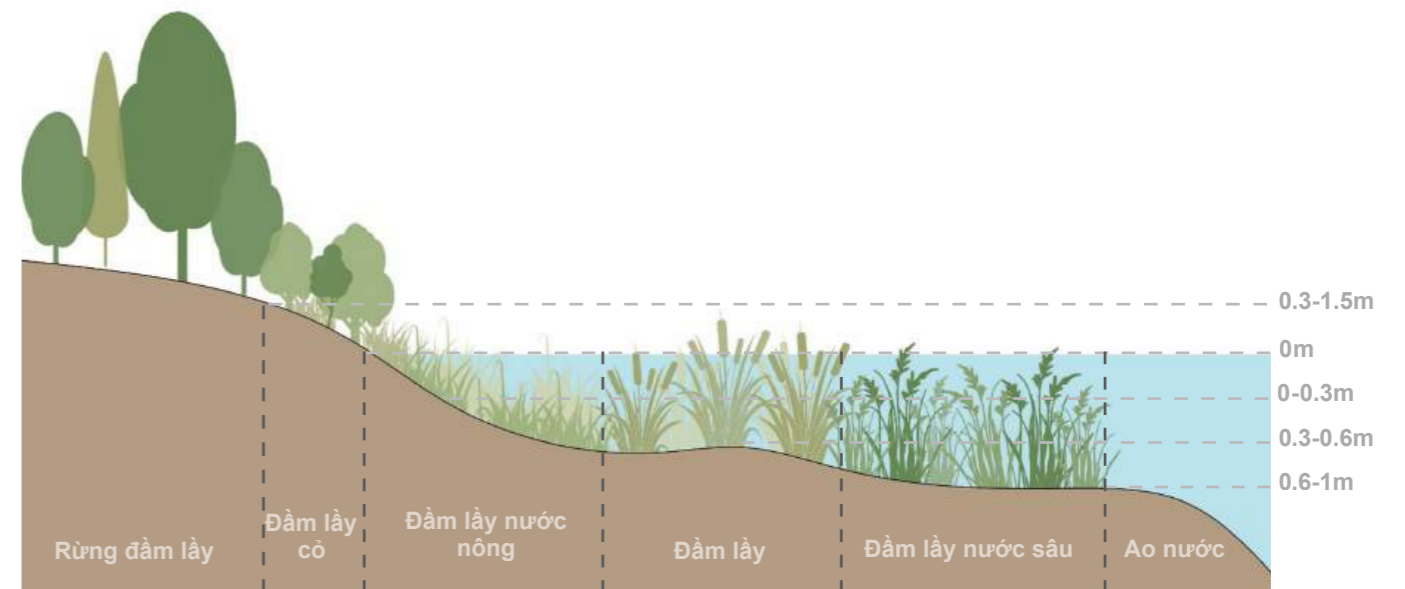
Hình 6.58: Quang cảnh nhìn ra hệ thống đầm thủy sinh kiến tạo Putrajaya.



Hình 6.59: Quy hoạch tổng thể của hệ thống Hồ & Đầm thủy sinh Putrajaya.



Hình 6.60: Thiết kế của một đầm thủy sinh.



Hình 6.61: Mặt cắt ngang các hệ thống quần xã sinh thái tương ứng với độ sâu của một đầm thủy sinh.

## 6.5 HỆ THỐNG HỒ & ĐÀM THỦY SINH PUTRAJAYA

Thực hiện WAUD tại Malaysia

### HỒ PUTRAJAYA

Hồ Putrajaya nằm ở phía nam của hệ thống đầm thủy sinh, với tổng diện tích là 400 héc-ta và thể tích xấp xỉ 23.5 triệu mét khối. Hồ có thời gian lưu trữ nước là 132 ngày, với hơn 60% lượng nước chảy vào là từ các đầm thủy sinh xung quanh và 40% còn lại là từ khu vực lối đi dạo ven bờ hồ. Khu vực này có chiều dài 20m và đóng vai trò như một vùng đệm ven bờ để đảm bảo an toàn đồng thời là không gian giải trí thụ động.

Hồ nước đã tạo cơ hội để tổ chức vô số các hoạt động giải trí như câu cá, thể thao dưới nước, chèo thuyền và đi bộ dọc theo các công viên xung quanh.

### MỘT THIÊN ĐƯỜNG SINH THÁI

Mặc dù hệ thống Hồ & Đầm thủy sinh Putrajaya tọa lạc tại khu vực trung tâm thành phố, thiết kế sinh thái của nó đã giúp chuyển hóa công viên thành một thiên đường sinh thái cho động vật hoang dã.

Các đầm thủy sinh hình thành nên những hệ sinh thái đóng vai trò là nơi sinh sống quan trọng cho các loài động vật, và đã thành công trong việc thu hút đa dạng các loài chim, bao gồm các loài chim sinh sống tại các đầm lầy bản địa như cò trắng, diệc xanh nhỏ hay cò lùn hung. Bên cạnh đó, các loài chim di trú từ bán cầu bắc như cò ruồi cũng đã được phát hiện tại công viên.

Các đầm thủy sinh cũng đầy ắp các loài động vật thủy sinh. Trong quá trình xây dựng công viên, 24 loài cá nước ngọt địa phương đã được thả vào các đầm nước, bao gồm sứa nước ngọt, cá trê, cá xiêm và lươn.

Công viên Thủy sinh Putrajaya hiện là một điểm du lịch sinh thái nổi tiếng tại Malaysia, với mục tiêu không chỉ hướng đến bảo tồn hệ sinh thái tọa lạc trong thành phố mà còn là giáo dục công chúng về tầm quan trọng của hệ thống đầm thủy sinh tự nhiên và việc bảo tồn các loài động thực vật địa phương. Trải nghiệm học hỏi và khám phá này được thể hiện tại Trung tâm Khám phá Tự nhiên của công viên, với các triển lãm tương tác và tour tham quan độc đáo. Du khách có cơ hội học hỏi về công dụng của đầm thủy sinh, cũng như về hệ sinh thái xung quanh công viên.



Hình 6.62 (trái) và 6.63 (phải): Các loài chim được phát hiện trong Công viên Thủy sinh Putrajaya: Diệc lửa và chim cu cu.

### CÁC ĐỒNG LỢI ÍCH KHÁC

- Các nhà khoa học từ đại học Putra Malaysia đã ghi nhận sự gia tăng của giá bất động sản quanh khu vực: với giá nhà cao hơn 5.9% cho mỗi 1km gần hơn đến hệ thống Hồ & Đầm thủy sinh Putrajaya – làm nổi bật giá trị kinh tế gắn liền với các không gian kênh rạch và cây xanh.
- Hệ thống đầm thủy sinh Putrajaya cũng thúc đẩy tham vọng của Malaysia trong việc biến thành phố trở thành một địa điểm du lịch sinh thái quan trọng, cũng như trở thành “Thủ đô chim chóc đô thị” của đất nước nhờ có đa dạng các loài chim sinh sống trong khu vực công viên và đầm thủy sinh. Điều này không những mang lại lợi ích kinh tế mà còn thể hiện thành phố Putrajaya là một thành phố hấp dẫn, sạch sẽ và an toàn để sinh sống.
- Cách giải pháp chú trọng đến môi trường trong quản lý nước và cung cấp không gian xanh trong hệ thống đầm thủy sinh giúp thúc đẩy sức khỏe và độ hạnh phúc của cư dân thành phố Putrajaya. Hệ thống đầm thủy sinh và công viên được đặt tại một trung tâm đô thị dày đặc và do đó đóng vai trò là không gian giải trí quan trọng và không gian xanh cần thiết cho cư dân thành phố thư giãn và tái tạo năng lượng.



Hình 6.64: Du khách tận hưởng cảnh quan ven hồ.

## 6.6 CÔNG VIÊN VĂN HÓA THIÊN TÂN

Thực hiện WAUD tại Trung Quốc

### HỒ NƯỚC NỔI BẬT GIỮA LÒNG KHU ĐÔ THỊ VĂN HÓA

Thiên Tân là một trong 5 thành phố lớn nhất Trung Quốc, không chỉ về dân số và diện tích mà còn về lượng vốn đầu tư kinh doanh. Cách Bắc Kinh chỉ hơn nửa giờ đồng hồ di chuyển bằng tàu cao tốc về hướng đông nam, Thiên Tân đồng thời cũng giáp biển. Mực nước ngầm cao của thành phố cần được duy trì nhằm tránh nước biển xâm nhập mặn vào đất liền, và khí hậu khô hạn khắc nghiệt của thành phố cũng không thể ngăn cản sự xuất hiện của lũ lụt.

Trong giai đoạn thiết kế một khu đô thị văn hóa mới nằm giữa nhà hát opera mới và tòa thị chính hiện tại của thành phố, một mục tiêu chính là cải thiện sự thoải mái ngoài trời và tạo ra các tuyến đi bộ năng động và mang tính xã hội. Khu vực ven hồ mang đậm tính thẩm mỹ với tầm nhìn ấn tượng hướng về nhà hát opera và mặt tiền của bảo tàng, phòng triển lãm và thư viện. Các đại lộ được phủ kín cây xanh giúp che chắn bờ hồ khỏi những đợt gió lạnh từ Mông Cổ tràn về, đồng thời giúp trữ nước để dùng cho mục đích tưới tiêu.

Hồ nước là một công trình trữ nước mưa, một hồ điều hòa giúp xử lý dễ dàng các trận mưa bão 10 năm có một và hỗ trợ che chắn một cơn bão 100 năm có một lần. Hệ thống cây xanh được phủ kín rộng rãi, kết nối hệ thống một kênh lọc nước sinh thái phi tập trung để dẫn nước ra hồ thông qua một thảm lọc sinh thái tuần hoàn. Hồ nước đô thị này giúp phát triển môi trường sinh trưởng tự nhiên và làm giảm nhiệt độ khắc nghiệt. Vẻ đẹp tuyệt vời của nó cũng góp phần tạo nên bối cảnh cho kiến trúc văn hóa nổi bật mới của thành phố Thiên Tân.



Hình 6.65: Quang cảnh nhìn từ trên không của hồ nước với không gian ven hồ năng động.



Hình 6.66 (trên) và 6.67 (dưới): Du khách tận hưởng quang cảnh ven hồ và các đảo nổi dọc theo bờ hồ.

## 6.6 CÔNG VIÊN VĂN HÓA THIÊN TÂN

Thực hiện WAUD tại Trung Quốc

### HỒ ĐIỀU HÒA

Tổng diện tích thu thập nước mưa của hồ điều hòa này là 52 héc-ta, với tổng lượng nước mưa thu thập hằng năm vào khoảng 26 tấn. Trong trường hợp các trận mưa bão khắc nghiệt 100 năm có một lần diễn ra trên toàn bộ khu vực, nước mưa sẽ không được dẫn ra các hệ thống thoát nước bên ngoài, mà sẽ được trữ tại chỗ trong phạm vi hồ điều hòa này.

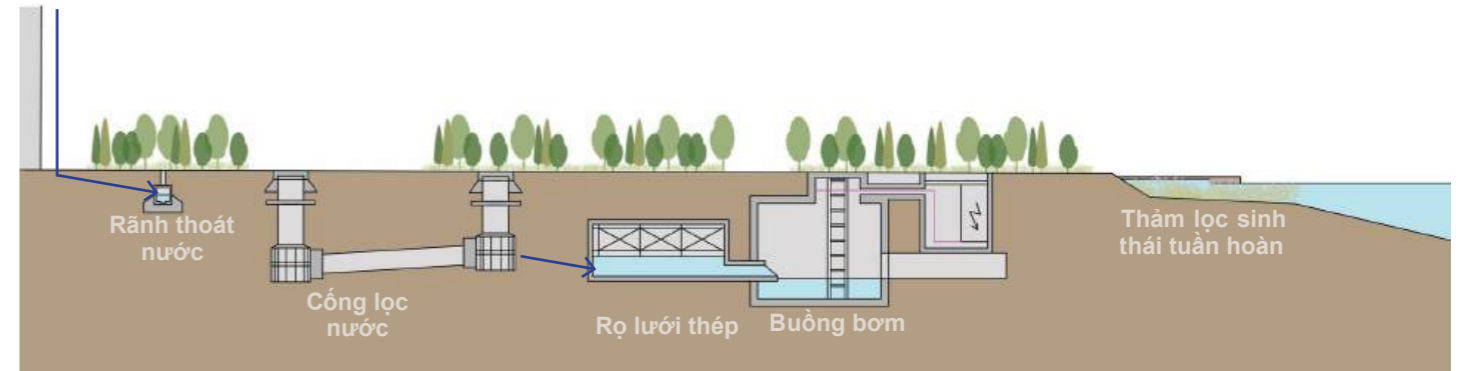
Sức chứa của hệ thống kênh trữ nước mưa nằm tại bờ bắc và nam của hồ nước là vào khoảng 7,000 mét khối, cho phép lượng nước mưa thu thập hằng năm đạt đến con số 200,000 mét khối nước. Lượng nước này sẽ được luân chuyển vào hồ điều hòa ở trung tâm..

Hồ điều hòa đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu lũ lụt trong các khu đô thị nhờ khả năng trữ được lượng nước do các trận mưa bão 100 năm có một lần gây ra. Điều này sẽ dẫn đến các lợi ích gián tiếp về mặt kinh tế như là việc giảm tải hệ thống thoát nước đô thị cũng như kiểm soát lũ lụt nhờ giảm được lượng nước chảy tràn.

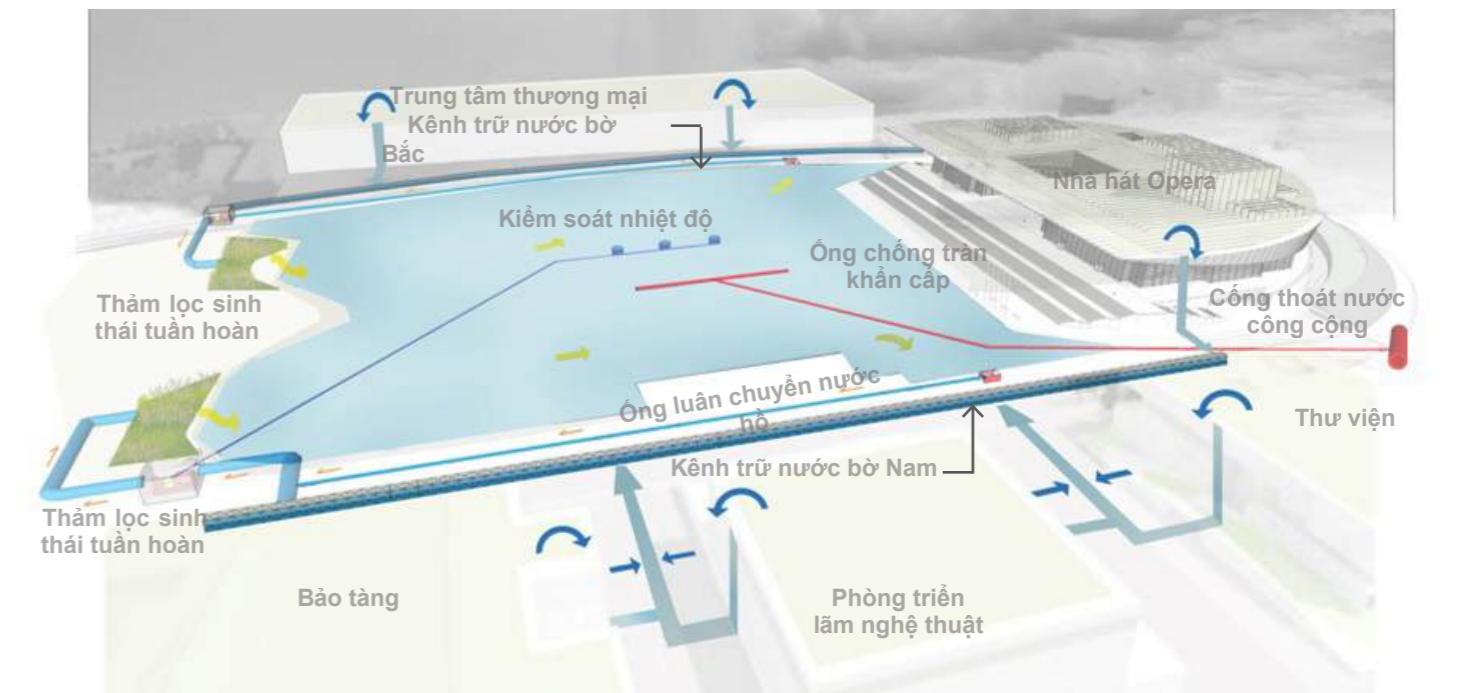
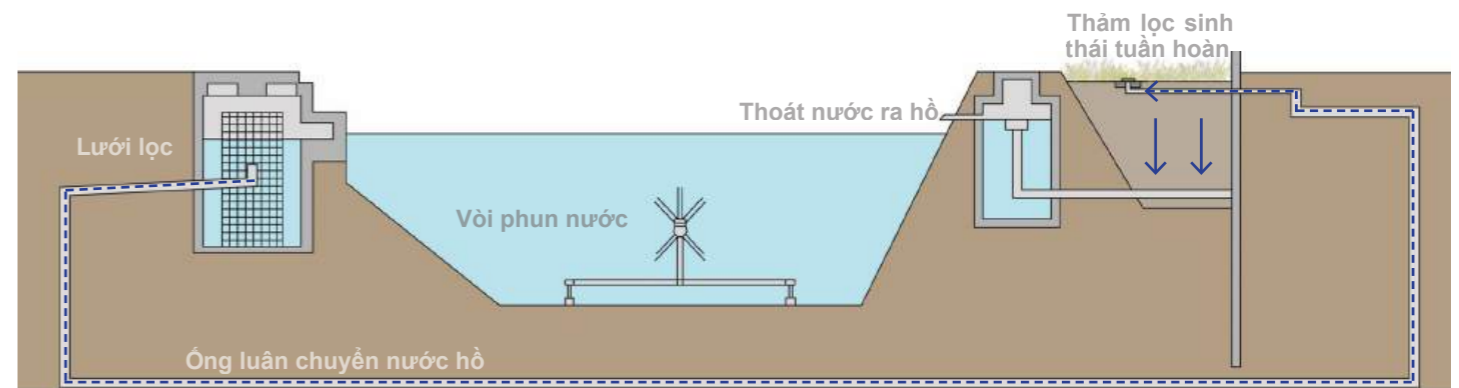


Hình 6.68 (trên) and 6.69 (dưới): Tianjin Cultural Park vào mùa khô và vào trận lũ

### HỆ THỐNG QUẢN LÝ VÀ LÀM SẠCH NƯỚC MƯA



Hình 6.66: Hệ thống quản lý và lưu trữ nước mưa



Hình 6.70 (trên) và 6.71 (dưới): Mặt cắt ngang và Phối cảnh thể hiện hệ thống Làm sạch và Tuần hoàn nước.

## 6.6 CÔNG VIÊN VĂN HÓA THIÊN TÂN

Thực hiện WAUD tại Trung Quốc

### THẨM LỌC SINH THÁI TUẦN HOÀN

Nước trong hồ sẽ được xử lý thông qua hệ thống thẩm lọc sinh thái tuần hoàn được đặt tại bờ Tây của hồ. Các thẩm lọc này hoạt động nhờ một hệ thống bơm tái tuần hoàn nước. Lượng nước tràn chưa qua xử lý từ hồ sẽ chảy qua một lưới lọc, và sẽ được luân chuyển đến một ống tái tuần hoàn trước khi chảy vào thẩm lọc.

Sau đó, các thảm thực vật trong thẩm lọc sẽ đóng vai trò loại bỏ các cặn lắng và lượng dư thừa thông qua quá trình hấp thụ sinh học, trước khi luân chuyển lượng nước đã được xử lý trở lại hồ. Hệ thống này không chỉ giúp cải thiện chất lượng nước trong đô thị, cảnh quan xanh tươi của thảm thực vật do các loài thực vật thủy sinh tạo nên góp phần cải thiện mỹ quan và hệ sinh thái dọc theo bờ hồ. Nước mưa sau khi xử lý bởi thẩm lọc sinh thái tuần hoàn có thể đạt tiêu chuẩn chất lượng nước sạch loại II tại Trung Quốc, và tổng cộng 9,300m<sup>3</sup> nước có thể được xử lý mỗi ngày.

### CÁC ĐỒNG LỢI ÍCH KHÁC

- Việc xây dựng một cảnh quan bờ hồ tuyệt đẹp và mang tính biểu tượng càng khẳng định vị trí của Thiên Tân là một trong năm thành phố dẫn đầu tại Trung Quốc. Con đường chính với những đại lộ thông thoáng, và tầm nhìn chiến lược ra mặt hồ tạo nên một trải nghiệm thưởng ngoạn ấn tượng bên hồ.
- Gắn kết cộng đồng địa phương đồng thời cung cấp không gian cho các hoạt động giải trí. Xuyên suốt cả ngày, các lối đi và quảng trường trong các không gian xanh đầy áp người dân đi dạo và chạy bộ. Tại các quảng trường cũng thường hay diễn ra các hoạt động giải trí như trượt băng và nhảy múa các vũ đạo truyền thống.



Hình 6.72: Hệ thống thẩm lọc sinh thái tuần hoàn với nhiệm vụ làm sạch nước mưa trước khi chảy ra hồ.



Hình 6.73 (trên) và 6.74 (dưới): Các lối đi chính dọc không gian bờ hồ đô thị, và các quảng trường đa chức năng có thể cung cấp không gian cho các hoạt động khác nhau.

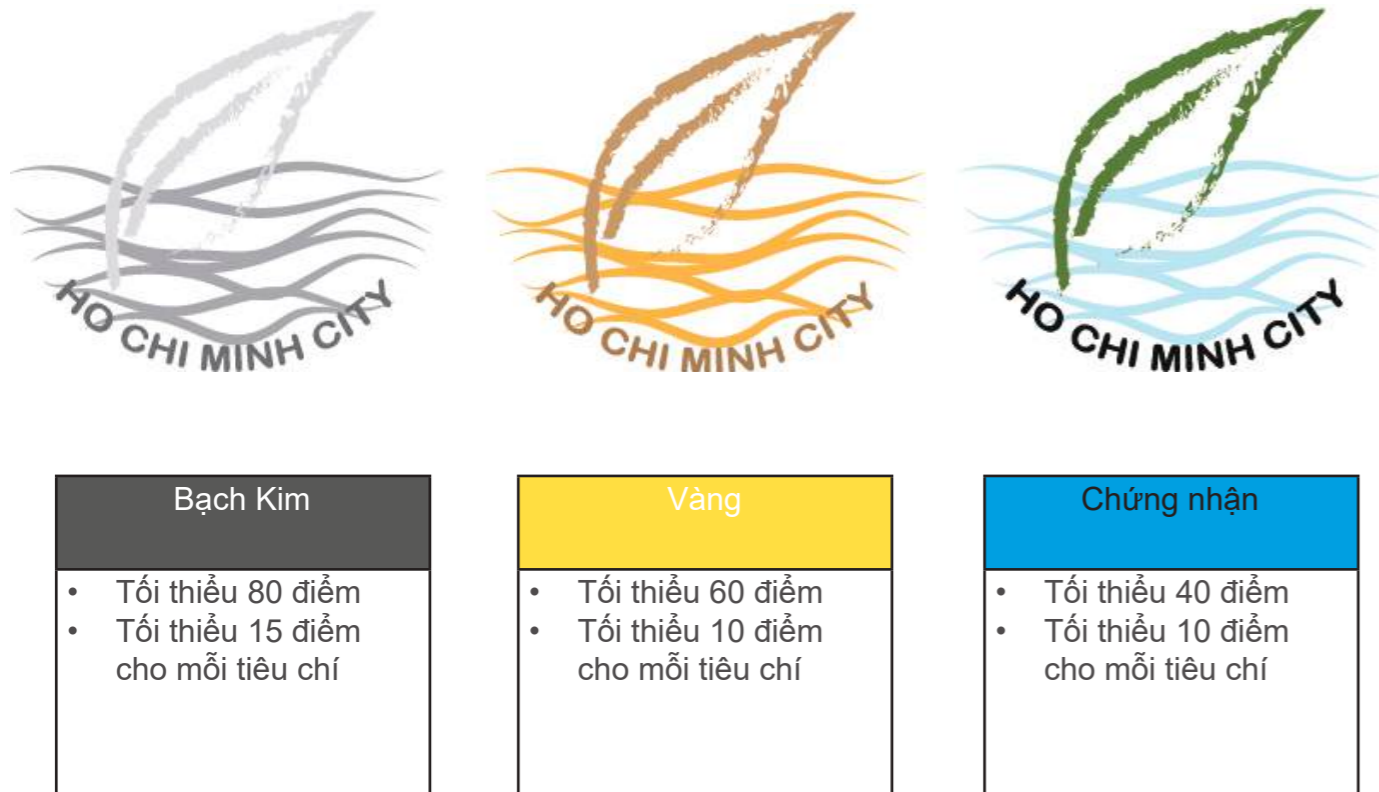


## 7 PHỤ LỤC

- 7.1 Hệ thống phân cấp đánh giá
- 7.2 Danh mục bảo trì
  - 7.2.1 Danh mục bảo trì bể thu thập và điều tiết nước mưa
  - 7.2.2 Danh mục bảo trì thảm lọc sinh thái
  - 7.2.3 Danh mục bảo trì kênh dẫn nước sinh thái
  - 7.2.4 Danh mục bảo trì thảm lọc sinh thái tuần hoàn
  - 7.2.5 Danh mục bảo trì công trình gia cố bờ tự nhiên
- 7.3 Ứng dụng WAUD – Nên và Không nên
- 7.4 Tài liệu tham khảo

## 7.1 HỆ THỐNG PHÂN CẤP ĐÁNH GIÁ

Hệ thống phân cấp, đánh giá WAUD sẽ công nhận các nhà phát triển dự án đã sử dụng các ý tưởng thiết kế kênh rạch-cây xanh bền vững trong dự án của họ. Hệ thống này tập trung vào 4 hạng mục: điều tiết nước mưa, xử lý nước mưa, thu thập và tái sử dụng nước mưa và cảnh quan & không gian đô thị. Điểm tối đa một dự án có thể đạt được là 100 điểm. Điểm tối thiểu để được cấp chứng nhận là 40 điểm. Ba cấp độ chứng nhận được trình bày dưới đây:



Hình 6.1: Logo chứng nhận dự kiến cho các loại xếp hạng chứng nhận khác nhau

## CÁC TIÊU CHÍ VỀ KHẢ NĂNG ĐIỀU TIẾT NƯỚC MƯA

Các tiêu chí thiết kế điều tiết nước mưa được trình bày chi tiết ở chương 4.1. Việc chấm điểm, đánh giá hệ thống điều tiết nước mưa sẽ tập trung vào hệ số nước thoát và việc liệu tính năng điều tiết có thể được thực hiện bằng các công trình tự nhiên hay không.

Hạng Mục Thiết Kế	Công trình/ Công cụ thiết kế	Quy mô	Tiêu chí cụ thể	Điểm	Điểm tối đa	Điểm tối thiểu	Điểm đạt được
1. Điều tiết nước mưa	1.1 Công trình điều tiết nước mưa	Dự án xây mới/ cải tạo	1.1.a Hệ số nước thoát sau xây dựng giảm đến 0.4 hoặc thấp hơn	20	20	10	
			1.1.b Hệ số nước thoát sau xây dựng giảm đến 0.55 hoặc thấp hơn	10			
		Không gian công cộng	1.1.c Hệ số nước thoát sau xây dựng giảm đến 0.5 hoặc thấp hơn	20			
			1.1.d Hệ số nước thoát sau xây dựng giảm đến 0.6 hoặc thấp hơn	10			
	1.2 Hồ/ Đầm điều tiết nước tự nhiên	Mọi quy mô	1.2.a Các công trình điều tiết nước tự nhiên điều tiết tối thiểu 20% lượng nước điều tiết của cả hệ thống	5	5		
			1.2.b Các công trình điều tiết nước tự nhiên điều tiết tối thiểu 10% lượng nước điều tiết của cả hệ thống	2.5			

Bảng 6.A.: Các tiêu chí về khả năng điều tiết nước mưa

## CÁC TIÊU CHÍ VỀ KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC MƯA

Các tiêu chí về xử lý nước mưa được trình bày chi tiết ở chương 4.2. Hệ thống chấm điểm, đánh giá việc xử lý nước mưa sẽ tập trung vào (1) kích thước lưu vực được xử lý bởi các công trình lọc nước và (2) tính sáng tạo của các công trình WAUD.

Hạng Mục Thiết Kế	Công trình/ Công cụ thiết kế	Quy mô	Tiêu chí cụ thể	Điểm	Điểm tối đa	Điểm tối thiểu	Điểm đạt được
2. Xử lý nước mưa	2.1 Công trình WAUD với chức năng xử lý nước mưa	Dự án xây mới/cải tạo	2.1.1 a Các công trình WAUD xử lý nước mưa từ hơn 20% diện tích khu vực	15	15	10	
			2.1.1 b Các công trình WAUD xử lý nước mưa từ hơn 10% diện tích khu vực	10			
		Không gian công cộng	2.1.2.a Các công trình WAUD xử lý nước mưa từ hơn 10% diện tích khu vực	15			
			2.1.2.b Các công trình WAUD xử lý nước mưa từ hơn 5% diện tích khu vực	10			
	2.2 Tích hợp các công trình WAUD sáng tạo trong các công trình	Mọi quy mô	2.2.1 Ít nhất 20% bề mặt công trình có khả năng thấm nước như kết cấu mặt đường rỗng, cảnh quan mềm, v.v...	2.5	10		
			2.2.2 Sử dụng các bề mặt chất ô nhiễm để giảm thiểu lượng rác tại tất cả ống xả nước ra sông ngòi, kênh rạch	2.5			
			2.2.3 Tái chế nước thải xám cho mục đích tái sử dụng như tưới tiêu, cọ rửa, v.v...	2.5			
			2.2.5 Tận dụng nguồn năng lượng sạch (gió, mặt trời, v.v.) để vận hành hệ thống bơm trong các thảm lọc sinh thái tuần hoàn, tưới tiêu, xả nước, v.v...	2.5			

Bảng 6.B.: Các tiêu chí về khả năng xử lý nước mưa

## CÁC TIÊU CHÍ VỀ KHẢ NĂNG THU THẬP & TÁI SỬ DỤNG NƯỚC MƯA

Các tiêu chí thiết kế hệ thống thu gom và tái sử dụng nước mưa được đề cập chi tiết ở chương 4.3. Việc chấm điểm, đánh giá hệ thống thu gom & tái sử dụng nước mưa sẽ tập trung vào (1) mục tiêu về lượng nước mưa thu gom, (2) tích hợp các công trình tự nhiên với việc thu gom nước mưa và (3) tính sáng tạo trong thu gom & tái sử dụng nước mưa.

Hạng Mục Thiết Kế	Công trình/ Công cụ thiết kế	Quy mô	Tiêu chí cụ thể	Điểm	Điểm tối đa	Điểm tối thiểu	Điểm đạt được
3. Thu thập & Tái sử dụng nước mưa	3.1 Hệ thống thu thập nước mưa để tái sử dụng	Mọi quy mô	3.1.a Hệ thống thu thập nước mưa đủ để đáp ứng cho nhu cầu sử dụng nước trong tối thiểu 6 ngày cho mục đích tưới tiêu và các mục đích khả thi khác (v.d. lau nhà, xả toilet)	15	15	10	
			3.1.b Hệ thống thu thập nước mưa đủ để đáp ứng cho nhu cầu sử dụng nước trong tối thiểu 3 ngày cho mục đích tưới tiêu và các mục đích khả thi khác (v.d. lau nhà, xả toilet)	10			
	3.2 Tận dụng các công trình WAUD để thu thập nước mưa (v.d. hồ trữ nước)	3.2.a Các công trình tự nhiên cung cấp ít nhất 20% lượng nước mưa thu thập của cả hệ thống	5	5			
		3.2.b Các công trình tự nhiên cung cấp ít nhất 10% lượng nước mưa thu thập của cả hệ thống	2.5				
	3.3 Tích hợp các giải pháp sáng tạo khác để tiết kiệm nước trong các hoạt động tái sử dụng nước mưa	3.3. Áp dụng các công nghệ thông minh để tiết kiệm nước trong các hoạt động tái sử dụng (v.d. hệ thống tưới thông minh với cảm biến độ ẩm, cảm biến mưa để giám sát & vận hành hệ thống tưới hiệu quả)	5	5			

## CÁC TIÊU CHÍ VỀ CẢNH QUAN & KHÔNG GIAN ĐÔ THỊ

Các tiêu chí về cảnh quan & không gian đô thị được trình bày ở chương 4.4. Các tiêu chí dùng trong chấm điểm, đánh giá về cảnh quan và không gian đô thị sẽ tập trung vào (1) các không gian xanh thay thế, (2) vùng đệm xanh, (3) vỉa hè xanh/cảnh quan cây xanh đường phố và (4) không gian bờ sông.

Hạng Mục Thiết Kế	Công trình/Công cụ thiết kế	Quy mô	Tiêu chí cụ thể	Điểm	Điểm tối đa	Điểm tối thiểu	Điểm đạt được
4. Cảnh quan & Không gian đô thị	4.1 Không gian xanh thay thế	Tất cả dự án phát triển	4.1.a Diện tích không gian xanh thay thế đạt đến tỉ lệ che phủ cần thiết.	5	10	10	
			4.1.b Cộng 1 điểm cho mỗi 5% GRA vượt chỉ tiêu.	5			
	4.2 Vùng đệm xanh	Tất cả dự án phát triển	4.2.a Vùng đệm xanh có chiều ngang đúng theo khuyến nghị cho tối thiểu 80% của chu vi dự án.	5	5		
			4.2.b Vùng đệm xanh có chiều ngang đúng theo khuyến nghị cho tối thiểu 50% của chu vi dự án.	2.5			
	4.3 Vỉa hè xanh/ Cảnh quan cây xanh đường phố	Tất cả dự án phát triển	4.3.a Vỉa hè xanh/Cảnh quan đường phố có chiều ngang đúng theo khuyến nghị cho tối thiểu 80% của phần đường	5	5		
			4.3.b Vỉa hè xanh/Cảnh quan đường phố có chiều ngang đúng theo khuyến nghị cho tối thiểu 50% của phần đường	2.5			
	4.5 Không gian xanh ven sông	Tất cả dự án phát triển ven sông	4.5.a Hơn 50% bờ sông sử dụng các kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên	5	5		
			4.5.b Hơn 25% bờ sông sử dụng các kỹ thuật gia cố bờ tự nhiên	2.5			

Bảng 6.D.: Các tiêu chí về cảnh quan & Không gian đô thị

## 7.2 DANH MỤC BẢO TRÌ

### 7.2.1 Danh mục bảo trì bể thu thập và điều tiết nước mưa

Bảo trì là rất quan trọng để duy trì các chức năng và lợi ích của các tính năng WAUD. Các nhà phát triển và chủ sở hữu phải thuê chuyên gia tư vấn của WAUD để phát triển kế hoạch/danh sách kiểm tra bảo trì cho các tính năng của WAUD trong các dự án. Danh sách kiểm tra cần được xem xét sớm trong quá trình phát triển dự án và xác định các yếu tố trong thiết kế để đảm bảo xây dựng, vận hành và bảo trì an toàn. Các chương trình bảo trì và kiểm tra định kỳ kém hoặc không thường xuyên có thể dẫn đến lỗi hệ thống, dẫn đến việc rút chứng nhận WAUD.

STT	Công việc kiểm tra	Đạt	Không Đạt	Ghi chú
<b>1 Hằng tháng &amp; Sau các trận bão lớn</b>				
a	Lối tiếp cận hệ thống bể chứa được đóng chặt (người dân & người không phận sự không thể tiếp cận) không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Có chướng ngại vật cản lối vào bảo dưỡng hay không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Sự toàn vẹn cấu trúc của bể và công trình có bị xâm phạm (nứt/vỡ/hở nước) không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Có lượng nước thừa tại các cấu trúc đầu vào/đầu ra không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Có muối/ấu trùng muỗi sinh trưởng không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f	Có sinh vật gây hại trong hệ thống hay không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
g	Có tắc nghẽn tại cấu trúc đầu vào/đầu ra và lưới lọc rác hay không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
h	Có lượng lớn trầm tích lắng lại trong bể hay không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
i	Tình trạng (các) máy bơm, thay nhớt và kiểm tra định kỳ bơm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
j	Check condition and conduct test of all pump starters and their controls including level control systems	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

STT	Công việc kiểm tra	Đạt	Không Đạt	Ghi chú
<b>2 Hằng năm/theo quy định (trước mùa gió cuối năm)</b>				
a	Dọn dẹp hệ thống bể, dọn sạch các lưới lọc rác.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Kiểm tra, bảo trì, thay thế, thay nhớt và kiểm tra hiệu suất của (các) máy bơm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Kiểm tra các hệ thống an toàn điện như cầu dao, cầu chì và rơ-le điện thừa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Đánh giá tình trạng và thực hiện kiểm tra các chức năng của hệ thống khởi động và điều khiển máy bơm. Thay thế các bộ phận bị mòn, bị lỗi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Kiểm tra các linh kiện trong bể và tìm kiếm các dấu hiệu bị ăn mòn và/hoặc xuống cấp và thay thế các linh kiện nếu cần.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>3 Công tác bảo dưỡng bổ sung cho hệ thống thu thập nước mưa</b>				
a	Kiểm tra khả năng hoạt động của hệ thống bổ sung nước	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Đánh giá chất lượng nước mưa tại điểm sử dụng để tìm kiếm các dấu hiệu có cặn lắng tích tụ trong bể.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Kiểm tra khả năng hoạt động của cảm biến mực nước	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Kiểm tra khả năng hoạt động của ống thoát nước và hệ thống điều khiển	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Kiểm tra khả năng hoạt động của hệ thống chống tràn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## 7.2 DANH MỤC BẢO TRÌ

### 7.2.2 Danh mục bảo trì thảm lọc sinh thái

STT	Công việc kiểm tra	Đạt	Không Đạt	Ghi chú
<b>1 Hằng ngày</b>				
a	Loại bỏ các vật thể lạ và rác thải, bao gồm cả lá cây rụng, trong các thảm lọc sinh thái và các khu vực xung quanh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Kiểm tra xem có tắc nghẽn ở các điểm thoát nước (đầu vào, đầu ra của thảm) không, đảm bảo thảm hoạt động bình thường và loại bỏ tác nhân gây nghẽn tại các đường dẫn và điểm thoát nước	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>2 Hằng tuần</b>				
a	Kiểm tra tắc nghẽn và cào cát, sỏi trên bề mặt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Giám sát và diệt trừ sinh vật gây hại.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Kiểm tra bằng mắt sự phát triển và tình trạng hiện tại của các thảm thực vật, trồng lại cây nếu cần	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Nhổ cỏ, cắt tỉa, chăm sóc và tưới cây nếu cần thiết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Loại bỏ và thay thế các cây chết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f	Kiểm tra các dấu hiệu xói mòn tại các ống dẫn nước đầu vào, đầu ra và thảm dốc, khắc phục nếu cần.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
g	Kiểm tra độ sạch của thảm và đảm bảo không có các tạp chất hữu cơ.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
h	Kiểm tra các khu vực có thể chứa lăng quăng và thực hiện các biện pháp cần thiết để loại bỏ môi trường sinh trưởng của lăng quăng	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
i	Kiểm tra thảm lọc sinh thái để đảm bảo thảm không bị hư hại và không chứa vật thể lạ.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

STT	Công việc kiểm tra	Đạt	Không Đạt	Ghi chú
<b>3 Hằng tháng</b>				
a	Loại bỏ các tạp chất tích tụ tại các điểm dẫn nước vào, ống chống tràn và các điểm thoát nước	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Kiểm tra các hư hại về bể trữ, ống dẫn nước vào/ra, ống chống tràn, ống xối nước mưa và tất cả các công trình phụ trợ, và tiến hành các công tác sửa chữa cần thiết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Sửa chữa và phủ xanh lại các chỗ hư hại do cọ rửa hoặc xói mòn trên bề mặt thảm lọc sinh thái, bao gồm việc bổ sung phân bón và lớp phủ đất nếu cần thiết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Kiểm tra vị trí các tảng đá tại điểm dẫn nước vào, thực hiện sửa chữa và thay thế nếu cần thiết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Nộp báo cáo đính kèm các hình ảnh về các công tác bảo trì đã được thực hiện và các khuyến nghị cải thiện thảm lọc	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f	Cày xới đất bề mặt nếu cần thiết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>4 Mỗi hai tháng</b>				
a	Cắt cỏ, tỉa cây và chăm sóc các thảm thực vật	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>5 Mỗi quý</b>				
a	Nộp báo cáo bằng văn bản về tình trạng chung của thảm thực vật và môi trường xung quanh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Lấy mẫu nước và tiến hành xét nghiệm vật lý, hóa học và sinh học để đánh giá chất lượng nước. Việc lấy mẫu và xét nghiệm nước phải được thực hiện bởi một phòng thí nghiệm/cơ quan có uy tín.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>6 Hằng Năm</b>				
a	Kiểm tra các tắc nghẽn ở các ô thoát nước và xả hết nước khỏi các ô này thông qua đường ống bảo trì	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Tìm và sửa chữa các khu vực/bộ phận bị xói mòn và rỉ sét	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## 7.2 DANH MỤC BẢO TRÌ

### 7.2.3 Danh mục bảo trì kênh dẫn nước sinh thái

STT	Công việc kiểm tra	Đạt	Không Đạt	Ghi chú
<b>1 Hằng tuần</b>				
a	Có chặn tích tụ tại điểm dẫn nước đầu vào không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Có rác trong kênh thoát nước không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Có xói mòn tại đầu nước vào hoặc các cấu trúc chính không (v.d. các điểm giao nhau) không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Có các hư hại khi luân chuyển nước không ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Có các dấu hiệu kênh bị vứt rác bừa bãi (v.d. ứ đọng rác) không ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f	Có chặn tích tụ tại ống thoát nước đầu ra không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
g	Có bị tắc nghẽn cống thoát nước (chặn lắng hoặc vật thể lạ) không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
h	Có các dấu hiệu ứ đọng nước trong kênh không ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>2 Mỗi hai tuần</b>				
a	Có cần phải cắt cỏ không ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>3 Hằng tháng</b>				
a	Tình trạng thảm thực vật có ổn không (mật độ cây, tình trạng cỏ dại, v.v...)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Có cần phải trồng lại cây không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Hình thái kênh có còn lõm xuống so với lề đường hai bên không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Có cần bón phân hoặc điều chỉnh hỗn hợp đất không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Cần cắt tỉa và/hoặc loại bỏ các cây bệnh hoặc chết không?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

### 7.2.4 Danh mục bảo trì thảm lọc sinh thái tuần hoàn

STT	Công việc kiểm tra(Đ = Đạt; KĐ = Không Đạt)	Đ	KĐ	Ghi chú
<b>1 Hằng Tuần</b>				
a	Kiểm tra thảm lọc sinh thái tuần hoàn để đảm bảo không có hư hại hoặc vật thể lạ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Loại bỏ các vật thể và rác thải, bao gồm cả lá rụng, trong thảm lọc sinh thái tuần hoàn và các khu vực xung quanh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Kiểm tra xem có tắc nghẽn ở các điểm thoát nước (đầu vào, đầu ra của thảm) không, đảm bảo thảm hoạt động bình thường và loại bỏ tác nhân gây nghẽn tại các đường dẫn và điểm thoát nước	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Kiểm tra các khu vực có thể chứa lắng quặng và thực hiện các biện pháp cần thiết để loại bỏ môi trường sinh trưởng của lắng quặng	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Kiểm tra tắc nghẽn và cào cát, sỏi trên bề mặt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f	Giám sát và diệt trừ các sinh vật gây hại	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
g	Kiểm tra bằng mắt sự phát triển và tình trạng hiện tại của các thảm thực vật, trồng lại cây nếu cần	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
h	Nhổ cỏ, cắt tỉa, chăm sóc và tưới cây nếu cần thiết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
i	Loại bỏ và thay thế các cây chết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
j	Pest monitoring and control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
k	Kiểm tra các dấu hiệu xói mòn tại các ống dẫn nước đầu vào, đầu ra và thảm dốc, khắc phục nếu cần.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
l	Weeding and/or pruning including watering of vegetation when required	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## 7.2 DANH MỤC BẢO TRÌ

### 7.2.4 Danh mục bảo trì thảm lọc sinh thái tuần hoàn

STT	Công việc kiểm tra(Đ = Đạt; KĐ = Không Đạt)	Đ	KĐ	Ghi chú
<b>2 Hằng Tháng</b>				
a	Kiểm tra thảm lọc sinh thái tuần hoàn để đảm bảo không có hư hại hoặc vật thể lạ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Loại bỏ các vật thể và rác thải, bao gồm cả lá rụng, trong thảm lọc sinh thái tuần hoàn và các khu vực xung quanh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Kiểm tra xem có tắc nghẽn ở các điểm thoát nước (đầu vào, đầu ra của thảm) không, đảm bảo thảm hoạt động bình thường và loại bỏ tác nhân gây nghẽn tại các đường dẫn và điểm thoát nước	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Kiểm tra các khu vực có thể chứa lắng quặng và thực hiện các biện pháp cần thiết để loại bỏ môi trường sinh trưởng của lắng quặng	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Kiểm tra tắc nghẽn và cào cát, sỏi trên bề mặt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f	Giám sát và diệt trừ các sinh vật gây hại	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
g	Kiểm tra bằng mắt sự phát triển và tình trạng hiện tại của các thảm thực vật, trồng lại cây nếu cần	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
h	Nhổ cỏ, cắt tỉa, chăm sóc và tưới cây nếu cần thiết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
i	Loại bỏ và thay thế các cây chết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
j	Kiểm tra độ sạch của thảm và đảm bảo không có các tạp chất hữu cơ.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>3 Hằng Năm</b>				
a	Kiểm tra các tắc nghẽn/hư hỏng ở các ống thoát nước dưới lòng đất và xả hết nước khỏi các ống này trong giai đoạn thực hiện các công tác bảo trì định kỳ.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Tìm và sửa chữa các khu vực/bộ phận bị xói mòn và rỉ sét trong giai đoạn thực hiện các công tác bảo trì định kỳ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Kiểm tra hình thái thảm có hơi lõm xuống từ điểm dẫn nước vào hay không, và khắc phục nếu cần trong giai đoạn thực hiện công tác bảo dưỡng định kỳ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

### 7.2.5 Danh mục bảo trì công trình gia cố bờ tự nhiên

S/N	Công việc kiểm tra(Đ = Đạt; KĐ = Không Đạt)	Đ	KĐ	Ghi chú
<b>1 Hằng tháng &amp; Sau các trận bão lớn</b>				
a	Cắt tỉa dựa trên loại cây: <ul style="list-style-type: none"> <li>Bãi cỏ (không cao quá 70mm)</li> <li>Cây bụi (không cao quá 300mm)</li> <li>Bụi rậm (không cao quá 500mm)</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b	Tìm kiếm và loại bỏ cây chậm phát triển/cây yếu/cây chết	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c	Kiểm tra, tìm kiếm các phần đất bị xói mòn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d	Kiểm tra, tìm kiếm các t đá bị mất (nếu có )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e	Kiểm tra, tìm kiếm các dây thép, lồng thép bị hư hại (nếu có )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f	Kiểm tra, tìm kiếm các rọ đá bị lỏng (nếu có )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
g	Kiểm tra, tìm kiếm các cấu trúc rọ đá không ổn định (nếu có )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## 7.3 WAUD NHỮNG VIỆC NÊN VÀ KHÔNG NÊN

### NÊN

1. Làm việc với đơn vị tư vấn WAUD trong suốt giai đoạn quy hoạch tổng thể, phát triển sơ bộ tiến độ thi công của từng công đoạn khác nhau để tránh những ảnh hưởng không cần thiết.
2. Tận dụng sự đa năng của các công trình WAUD tích hợp các công trình WAUD vào các công trình cảnh quan khác một cách toàn diện. Vui lòng tham khảo Clusia Cove, một khu vui chơi nước tại Jurong Lake Garden được vận hành nhờ một thảm lọc sinh thái tuần hoàn.
3. Áp dụng các kỹ thuật gia cố bờ nhân tạo dựa trên kết quả đo đạc của các mô hình thủy lực.
4. Làm việc với đơn vị tư vấn WAUD ngay từ những giai đoạn đầu tiên của dự án, cho phép đơn vị tư vấn có thể hợp tác chặt chẽ với các kiến trúc sư cảnh quan, kỹ sư thoát nước, kỹ sư dân dụng và kỹ sư kết cấu.
5. Phát triển các thông số kỹ thuật cụ thể cho các công trình WAUD ngay từ giai đoạn thiết kế để các nhà thầu có thể tuân thủ trong giai đoạn thi công.
6. Xây dựng các thiết kế mô phỏng các công trình WAUD trong giai đoạn thiết kế, để các nhà thầu có thể tuân thủ theo các thiết kế này trong giai đoạn thi công.
7. Biên soạn các tài liệu về biện pháp thi công từ giai đoạn thiết kế, để các nhà thầu có thể tuân thủ trong giai đoạn thi công.

### KHÔNG NÊN

1. Không nên chỉ làm việc với đơn vị tư vấn WAUD trong giai đoạn thi công, làm giới hạn khuôn khổ công việc và sự linh hoạt cần thiết để thiết lập các tính năng WAUD.
2. Không nên bỏ qua chi phí bảo dưỡng của các công trình WSUD trong tính toán. Ước lượng sớm chi phí bảo trì, bảo dưỡng là tối quan trọng, giúp các nhà phát triển dự án/chủ sở hữu đã có thể đóng góp ý kiến chính xác hơn cho bản thiết kế.
3. Không nên bỏ qua việc quản lý thoát nước và kiểm soát xói mòn trong giai đoạn thi công. Kế hoạch về kiểm soát xói mòn cho các công trình WAUD nên được phát triển bởi các nhà thầu.
4. Không nên sử dụng các loài thực vật ngoại lai xâm hại nguy hiểm cho các công trình WAUD vì chúng có thể sinh sôi và làm ô nhiễm vùng nước bên trong các công trình này.
5. Không nên quá nén các lớp lọc tự nhiên trong các công trình WAUD. Độ xốp phù hợp của các lớp lọc đóng vai trò quan trọng trong việc thẩm thấu nước và hấp thụ dinh dưỡng của cây.
6. Không nên bỏ qua các bộ phận cơ và điện của các công trình WAUD, ví dụ như bảng điều khiển hệ thống bề thu thập nước mưa hoặc hệ thống van kiểm soát của các đầm thủy sinh. Các kỹ sư cơ khí và điện chuyên nghiệp nên tham gia vào công đoạn thiết kế.
7. Không nên bỏ qua các bề lắng/vùng lắng được thiết kế trong các công trình WAUD vì chúng rất quan trọng trong việc giảm thiểu xói mòn của các thảm thực vật bên trong công trình.



## 7.4 TÀI LIỆU TRÍCH DẪN BÊN NGOÀI

### 2.0 PHÂN TÍCH TÀI LIỆU

#### 2.1 QUY ĐỊNH & TIÊU CHUẨN ĐỊA PHƯƠNG CÔNG TÁC THỦY VĂN ĐÔ THỊ

##### CÔNG TÁC THỦY VĂN ĐÔ THỊ

Các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia liên quan:

- QCVN 01:2021/BXD<sup>1</sup> - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Quy hoạch xây dựng
- QCVN 02:2021/BXD<sup>2</sup> - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Số liệu Điều kiện tự nhiên dùng trong Xây dựng
- QCVN 03:2012/BXD<sup>3</sup> - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Nguyên tắc Phân loại, Phân cấp công trình Dân dụng, Công nghiệp và Hạ tầng kỹ thuật Đô thị
- QCVN 07:2016 /BXD<sup>4</sup> - National Technical Regulations on Technical Infrastructure Works

Các tiêu chuẩn quốc gia liên quan

- TCVN 7957:2008<sup>5</sup> - Thoát nước – Mạng lưới và công trình bên ngoài – Tiêu chuẩn thiết kế
- TCVN 5942:1995<sup>6</sup> - Tiêu chuẩn chất lượng nước mặt
- TCVN 9845:2013<sup>7</sup> - Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ

#### QUY HOẠCH CẢNH QUAN KHÔNG GIAN XANH

- Các tiêu chuẩn quốc gia liên quan: TCVN 9257:2012<sup>8</sup> - Quy hoạch cây xanh sử dụng công cộng trong các đô thị – Tiêu chuẩn thiết kế

#### 4.0 THÔNG SỐ VẬN HÀNH & CÔNG CỤ ỨNG DỤNG

##### 4.1.2 Các tiêu chí về điều tiết nước mưa PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

- QCVN 02:2021/BXD<sup>9</sup> - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Số liệu Điều kiện tự nhiên dùng trong Xây dựng
- TCVN 7957:2008<sup>10</sup> - Thoát nước – Mạng lưới và công trình bên ngoài – Tiêu chuẩn thiết kế
- TCVN 9845:2013<sup>11</sup> – Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ

1. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Xay-dung-Do-thi/Thong-tu-01-2021-TT-BXD-QCVN-01-2021-BXD-Quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-ve-Quy-hoach-xay-dung-474747.aspx>

2. [https://moc.gov.vn/Images/editor/files/Quy%20Chu%E1%BA%A9n/QCKTQG\\_s%E1%BB%91%20li%E1%BB%87u%20C4%91i%E1%BB%81u%20ki%E1%BB%87n%20t%E1%BB%B1%20nh%C3%AA%20d%C3%B9ng%20trong%20x%C3%A2y%20d%E1%BB%B1ng\(1\).pdf](https://moc.gov.vn/Images/editor/files/Quy%20Chu%E1%BA%A9n/QCKTQG_s%E1%BB%91%20li%E1%BB%87u%20C4%91i%E1%BB%81u%20ki%E1%BB%87n%20t%E1%BB%B1%20nh%C3%AA%20d%C3%B9ng%20trong%20x%C3%A2y%20d%E1%BB%B1ng(1).pdf)

3. <http://www.ibst.vn/DATA/nhyen/QCVN%2003-2012%20BXD.pdf>

4. <http://vntvietnam.com/xem-tin/qcvn-072016/bXd-quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-ve-cac-cong-trinh-ha-tang-ky-thuat-409.html>

5. [https://vawr.org.vn/images/File/TCQC/TCVN\\_79572008.pdf](https://vawr.org.vn/images/File/TCQC/TCVN_79572008.pdf)

6. <https://vanbanphapluat.co/tcvn-5942-1995-chat-luong-nuoc-tieu-chuan-chat-luong-nuoc>

7. <https://vanbanphapluat.co/tcvn-9845-2013-tinh-toan-cac-dac-trung-dong-chay-lu>

8. <https://thuvienphapluat.vn/TCVN/Xay-dung/TCVN-9257-2012-Quy-hoach-cay-xanh-su-dung-cong-cong-Tieu-chuan-thiet-ke-911133.aspx>

9. [https://moc.gov.vn/Images/editor/files/Quy%20Chu%E1%BA%A9n/QCKTQG\\_s%E1%BB%91%20li%E1%BB%87u%20C4%91i%E1%BB%81u%20ki%E1%BB%87n%20t%E1%BB%B1%20nh%C3%AA%20d%C3%B9ng%20trong%20x%C3%A2y%20d%E1%BB%B1ng\(1\).pdf](https://moc.gov.vn/Images/editor/files/Quy%20Chu%E1%BA%A9n/QCKTQG_s%E1%BB%91%20li%E1%BB%87u%20C4%91i%E1%BB%81u%20ki%E1%BB%87n%20t%E1%BB%B1%20nh%C3%AA%20d%C3%B9ng%20trong%20x%C3%A2y%20d%E1%BB%B1ng(1).pdf)

10. [https://vawr.org.vn/images/File/TCQC/TCVN\\_79572008.pdf](https://vawr.org.vn/images/File/TCQC/TCVN_79572008.pdf)

11. <https://vanbanphapluat.co/tcvn-9845-2013-tinh-toan-cac-dac-trung-dong-chay-lu>

- Giải pháp trực tiếp nhằm sửa đổi hợp lý phương pháp (tham khảo: Hướng dẫn Kỹ thuật về các Hệ thống Bể Điều tiết nước mưa tại chỗ của Singapore PUB, Chương 3, 3.4.1.2)<sup>1</sup>
- Phương pháp điều tiết nước thoát toàn diện (tham khảo: Hướng dẫn Kỹ thuật về các Hệ thống Bể Điều tiết nước mưa tại chỗ của Singapore PUB, Chương 3, 3.4.3)<sup>1</sup>
- Định hướng dòng chảy (tham khảo: Cẩm nang Quản lý nước mưa Đô thị dành cho Malaysia, tái bản lần thứ 2, Chương 7: Hồ điều tiết)<sup>2</sup>
- Mô hình Thủy lực (tham khảo: Hướng dẫn Kỹ thuật về các Hệ thống Bể Điều tiết nước mưa tại chỗ của Singapore PUB, Chương 3, 3.4.4)<sup>1</sup>

#### 4.2 PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CÁC TIÊU CHÍ XỬ LÝ NƯỚC

- Cẩm nang Quy trình Kỹ thuật cho các Đặc điểm Thiết kế của chương trình ABC<sup>3</sup>

##### 4.3.1 GIỚI THIỆU VỀ HỆ THỐNG THU THẬP NƯỚC MƯA

- Quy tắc Vận hành của Hệ thống Thoát nước mặt<sup>4</sup>

#### 6.0 PHÂN TÍCH TÌNH HUỐNG

##### 6.1 CÔNG VIÊN BISHAN - Ang Mo Kio, SINGAPORE

<https://blogs.ntu.edu.sg/hp3203-1920s1-u34/increase-in-property-value/>

<https://www.governmentarchitect.nsw.gov.au/resources/case-studies/2017/11/bishan-ang-mo-kio-park>

[https://ramboll.com/-/media/files/rnewmarkets/herbert-dreiseitl\\_part-1\\_final-report\\_22052015.pdf?la=en](https://ramboll.com/-/media/files/rnewmarkets/herbert-dreiseitl_part-1_final-report_22052015.pdf?la=en)

##### 6.2 JURONG LAKE GARDENS WEST

<https://www.pub.gov.sg/abcwaters/explore/juronglake>

##### 6.3 KHU CĂN HỘ KAMPUNG ADMIRALTY, SINGAPORE

<https://www.csc.gov.sg/articles/kampung-admiralty-building-for-all-ages>

##### 6.5 PUTRAJAYA WETLAND & LAKES, MALAYSIA

<https://www.visitselangor.com/taman-wetland-putrajaya>

<https://blog.ppj.gov.my/2019/03/putrajaya-wetlands.html>

<https://www.malaysian-nomad.asia/2018/07/putrajaya-wetlands-park-malaysia.html>

<https://smart.putrajaya.my/project/putrajaya-lake-and-wetland>

[https://www.researchgate.net/publication/321589705\\_A\\_HEDONIC\\_VALUATION\\_IN\\_PUTRAJAYA\\_WETLANDS](https://www.researchgate.net/publication/321589705_A_HEDONIC_VALUATION_IN_PUTRAJAYA_WETLANDS)

<https://www.bbc.com/travel/article/20210901-putrajaya-the-capital-city-youve-never-heard-of>

<https://www.bbc.com/travel/article/20210901-putrajaya-the-capital-city-youve-never-heard-of>

##### 6.6 CÔNG VIÊN VĂN HÓA THIÊN TÂN, TRUNG QUỐC

<https://land8.com/how-tianjin-cultural-park-became-a-union-of-diversity>

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO KHÁC

Tài liệu tham khảo liên quan từ ADB:

- Báo cáo RISE: Nâng cấp các khu định cư không chính thức bằng Thiết kế Đô thị Thích ứng với nước<sup>5</sup>
- Hướng dẫn tích hợp các giải pháp tự nhiên để thích ứng biến đổi khí hậu và quản lý rủi ro thiên tai.<sup>6</sup>

1. <https://www.pub.gov.sg/Documents/detentionTank.pdf>

2. [https://www.water.gov.my/jps/resources/PDF/MSMA2ndEdition\\_august\\_2012.pdf](https://www.water.gov.my/jps/resources/PDF/MSMA2ndEdition_august_2012.pdf)

3. [https://www.pub.gov.sg/Documents/Condensed\\_Booklet\\_of\\_Engin\\_Procedures.pdf](https://www.pub.gov.sg/Documents/Condensed_Booklet_of_Engin_Procedures.pdf)

4. [https://www.pub.gov.sg/Documents/PUB\\_COP\\_7th\\_Edition.pdf](https://www.pub.gov.sg/Documents/PUB_COP_7th_Edition.pdf)

5. <https://www.adb.org/publications/water-sensitive-settlement-upgrading>

6. <https://www.adb.org/publications/nature-based-solutions-climate-change-adaptation-disaster-risk-management>

