

Bài báo khoa học

Tổng quan về hệ thống thoát nước đô thị bền vững SUDS

Nguyễn Thanh Ngân^{1,2*}, Nguyễn Hiếu Trung³

¹ Khoa Môi Trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM, Số 236B, Đường Lê Văn Sỹ, Phường 1, Quận Tân Bình, TP.HCM, Việt Nam; ntngan@hcmunre.edu.vn

² Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ Khu II, Đường 3/2, Phường Xuân Khánh, Quận Ninh Kiều, TP. Cần Thơ, Việt Nam

³ Viện Nghiên cứu Biến đổi Khí hậu, Trường Đại học Cần Thơ Khu II, Đường 3/2, Phường Xuân Khánh, Quận Ninh Kiều, TP. Cần Thơ, Việt Nam; nhtrung@ctu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ntngan@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-902382799

Ban Biên tập nhận bài: 5/2/2022; Ngày phản biện xong: 10/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Các hệ thống thoát nước phù hợp với mục tiêu phát triển bền vững quản lý nước mưa gần hơn với nguồn phát sinh của nó, thường là trên hoặc gần mặt đất. Ưu điểm chính của các hệ thống này là khả năng hạn chế dòng chảy và do đó góp phần quản lý rủi ro lũ lụt, khả năng xử lý một phần nước mưa trước khi xả ra môi trường và cơ hội mang lại sự tiện lợi cũng như sự đa dạng sinh học địa phương. Quản lý nước mưa sử dụng các hệ thống không có đường ống là cách tiếp cận thoát nước tại các khu vực phát triển theo một cách tự nhiên hơn. Cách tiếp cận này đã được đặt những cái tên khác nhau ở nhiều quốc gia như Thực hành Quản lý Tốt nhất (BMP) hay Biện pháp Kiểm soát Nước mưa (SCM) ở Hoa Kỳ, Thiết kế Đô thị Nhảy cảm với Nước (WSUD) ở Australia, hay Thành phố bọt biển (Sponge City) tại Trung Quốc, Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững (SUDS) ở Anh. Bài báo này giới thiệu một cách tổng quan về Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững (SUDS) cũng như các công trình được sử dụng trong hệ thống này để phục vụ cho mục đích thoát nước và giảm ngập đô thị một cách bền vững. Hiện nay các hệ thống loại này đã được triển khai thí điểm tại nhiều địa phương của Việt Nam và đem lại một số hiệu quả nhất định.

Từ khóa: Thoát nước đô thị; Giảm ngập đô thị; Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững; SUDS.

1. Giới thiệu

Theo CIRIA (2007), Hệ thống thoát nước được phát triển phù hợp với mục tiêu phát triển bền vững được gọi là Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững (SUDS) [1]. Nói cách khác, SUDS là tập hợp các biện pháp quản lý nước nhằm điều chỉnh hệ thống thoát nước hiện đại với các quy trình xử lý nước tự nhiên [2]. Các hệ thống này được thiết kế để quản lý các rủi ro môi trường do dòng chảy đô thị gây ra và đóng góp các yếu tố để cải thiện môi trường [1]. Những nỗ lực của SUDS làm cho các hệ thống thoát nước đô thị tương thích hơn với các thành phần của chu trình nước tự nhiên [3]. Những nỗ lực này hy vọng sẽ làm giảm tác động của sự phát triển con người đã hoặc có thể có đối với chu trình nước tự nhiên, đặc biệt là xu hướng dòng chảy mặt và ô nhiễm nước [4]. Mục tiêu của SUDS là giảm thiểu tác động từ sự phát triển của các đô thị đến số lượng và chất lượng của dòng chảy, tối đa hóa các cơ hội tiện ích và đa dạng sinh học [1]. Tất cả các mục tiêu phải có vị trí ngang nhau và giải pháp lý tưởng sẽ đạt được lợi ích chung trong cả ba khía cạnh xem xét, mặc dù mức độ có thể sẽ phụ thuộc vào đặc điểm và sự ràng buộc của từng khu vực cụ thể. Các thiết kế của SUDS nhằm

mục đích giảm dòng chảy bằng cách tích hợp các biện pháp kiểm soát nước mưa trên toàn khu vực trong các đơn vị nhỏ và mang tính riêng biệt [1]. Thông qua quá trình kiểm soát dòng chảy hiệu quả tại nguồn, việc triển khai SUDS sẽ hạn chế các cấu trúc làm suy giảm dòng chảy cũng như các cấu trúc điều khiển dòng chảy.

Sau khi được triển khai ở nhiều địa điểm trên thế giới, các nhà khoa học nhận thấy SUDS có một số ưu điểm sau: tăng tính thẩm mỹ của cảnh quan, tác động tích cực đến môi trường như góp phần lọc chất ô nhiễm và giảm lượng nước thải chảy tràn, tăng lượng nước thấm vào các lớp đất và khôi phục trữ lượng nước ngầm, giảm lũ lụt ở vùng hạ lưu sông, giảm thiệt hại và rủi ro do lũ lụt gây ra, giảm tác động tiêu cực đến cộng đồng do giảm lượng chất ô nhiễm, tác động tích cực đến hệ sinh thái nước, tăng giá trị bất động sản. Bên cạnh đó, SUDS cũng có một số mặt hạn chế như: tốn kém chi phí ban đầu khá lớn khi triển khai xây dựng hệ thống, có thể gây ra áp lực cho hệ thống bảo trì đường bộ, tăng rủi ro về mặt an toàn đối với các công trình ao hồ và đất ngập nước.

Trong những năm gần đây, SUDS đã được triển khai tại một số địa điểm cụ thể của Việt Nam như Quận Ninh Kiều–Thành phố Cần Thơ, Huyện Bình Chánh–Thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Vĩnh Yên–Tỉnh Vĩnh Phúc, Thành phố Cà Mau–Tỉnh Cà Mau, Thành phố Long Xuyên–Tỉnh An Giang và Thành phố Rạch Giá–Tỉnh Kiên Giang [5–8].

2. Triết lý và lợi ích của Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững

2.1. Triết lý của Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững

Theo CIRIA (2007), triết lý của SUDS được thể hiện thông qua việc các hệ thống này được thiết kế, xây dựng và bảo trì mang tính bền vững hơn các phương pháp thoát nước thông thường. SUDS có thể làm giảm các tác động bất lợi của dòng nước mưa đô thị đối với môi trường thể hiện qua tám nội dung chính:

- Giảm tỉ lệ dòng chảy, làm giảm nguy cơ lũ lụt ở hạ lưu.
- Giảm thể tích dòng chảy bổ sung và tần suất dòng chảy có xu hướng tăng lên do quá trình đô thị hóa. Điều này có thể làm tăng nguy cơ và thiệt hại của lũ lụt cũng như suy giảm chất lượng nước.
- Khuyến khích sự tái tạo nước ngầm tự nhiên để giảm thiểu tác động đến tầng chứa nước và các tầng đáy sông trong lưu vực tiếp nhận.
- Giảm nồng độ chất ô nhiễm trong nước mưa, giúp bảo vệ chất lượng của vùng nước tiếp nhận.
- Hoạt động như một bộ đệm cho sự cố tràn nước một cách vô tình do mưa bằng cách ngăn chặn việc thải trực tiếp các chất gây ô nhiễm với nồng độ cao vào vùng nước tiếp nhận.
- Giảm thể tích nước bề mặt xả vào hệ thống cống kết hợp, làm giảm lượng nước thải bị ô nhiễm vào nguồn nước thông qua sự cố tràn hệ thống thoát nước kết hợp tràn.
- Góp phần cải thiện cảnh quan, nâng cao tiện ích và giá trị thẩm mỹ của các khu vực phát triển.
- Cung cấp môi trường sống cho động vật hoang dã ở khu đô thị và cơ hội để tăng cường đa dạng sinh học tại khu vực này.

2.2. Lợi ích của Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững

Theo CIRIA (2015), lợi ích của SUDS bao gồm chín nội dung chính:

- Bảo vệ con người và tài sản khỏi nguy cơ rủi ro cao do phát triển đô thị.
- Bảo vệ chất lượng nước ngầm và nước mặt khỏi dòng chảy ô nhiễm do phát triển đô thị.
- Bảo vệ các chế độ dòng chảy tự nhiên (các hình thái và hệ sinh thái liên quan) ở sông, suối, ao, hồ.
- Hỗ trợ các môi trường sống tự nhiên địa phương và các hệ sinh thái liên quan bằng cách khuyến khích tăng tính đa dạng sinh học và liên kết các môi trường sống.

Hội nghị khoa học toàn quốc “Chuyển đổi số và công nghệ số trong Khoa học Trái đất, Mỏ và Môi trường” (EME 2021)

- Cải thiện độ ẩm của đất và bổ sung lượng nước ngầm đã cạn kiệt, cung cấp cho xã hội một nguồn nước quý giá.

- Tạo ra những địa điểm hấp dẫn mà mọi người muốn sống, làm việc và vui chơi thông qua việc tích hợp nước và không gian xanh với môi trường xây dựng.

- Nâng cao hiểu biết của cộng đồng về cách quản lý và sử dụng dòng chảy từ quá trình phát triển của họ cũng như lợi ích của các phương pháp tiếp cận bền vững hơn.

- Hỗ trợ tạo ra sự phát triển có khả năng đối phó với những thay đổi của khí hậu.

- Mang lại cơ sở hạ tầng hiệu quả về chi phí sử dụng ít tài nguyên thiên nhiên hơn và có lượng khí thải carbon cả vòng đời nhỏ hơn so với hệ thống thoát nước thông thường.

3. Chuỗi quản lý và quy trình kiểm soát dòng chảy của Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững

3.1. Chuỗi quản lý của Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững

Theo CIRIA (2007), để bắt chước các quy trình khai thác tự nhiên một cách phù hợp nhất có thể, SUDS cần phải có một “chuỗi quản lý”. Đây là nội dung cơ bản để thiết kế một sơ đồ SUDS thành công vì các hệ thống này sử dụng các kỹ thuật thoát nước theo chuỗi để giảm dần sự ô nhiễm, tốc độ dòng chảy và thể tích nước [1]. Hệ thống phân cấp các kỹ thuật nên được xem xét trong việc phát triển chuỗi quản lý như sau:

- Phòng ngừa: sử dụng các biện pháp thiết kế khu vực và vệ sinh khu vực tốt để ngăn chặn dòng chảy và ô nhiễm, và tái sử dụng hay thu hoạch nước mưa. Chính sách phòng ngừa thường được bao gồm trong kế hoạch quản lý khu vực.

- Kiểm soát tại nguồn: kiểm soát dòng chảy tại hoặc gần nguồn của nó.

- Kiểm soát khu vực: quản lý nước trong khu vực địa phương hoặc địa điểm cụ thể.

- Kiểm soát vùng: quản lý dòng chảy từ một địa điểm hoặc một số địa điểm, thường là trong ao hồ cân bằng nước hoặc vùng đất ngập nước kiến tạo.

3.2. Quy trình kiểm soát dòng chảy của Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững

Theo CIRIA (2007), SUDS sử dụng bốn quy trình để quản lý và kiểm soát số lượng dòng chảy khi thiết kế các thành phần trong hệ thống. Mỗi lựa chọn về mặt quản lý các quy trình này có thể cung cấp các cơ hội để kiểm soát nước mưa, quản lý rủi ro gây ra do lũ lụt, bảo tồn nước và tái tạo nguồn nước ngầm. Bốn quy trình này bao gồm: (1) thấm nước; (2) giam nước hay suy giảm nước; (3) truyền tải; (4) thu hoạch nước [1].

Theo [9], đối với việc kiểm soát chất lượng dòng chảy, SUDS sử dụng chín quy trình xử lý chất lượng nước tự nhiên khi thiết kế các thành phần trong hệ thống. Các quy trình khác nhau sẽ chiếm ưu thế cho từng kỹ thuật SUDS cụ thể và sẽ có mặt ở các giai đoạn khác nhau trong quá trình xử lý nước. Các cơ chế loại bỏ chất ô nhiễm ra khỏi dòng chảy trong SUDS bao gồm: (1) lắng đọng trầm tích; (2) lọc và lọc sinh học; (3) hấp phụ; (4) phân hủy sinh học; (5) bay hơi; (6) kết tủa; (7) hấp thụ bởi thực vật; (8) nitrat hóa; (9) phản ứng quang hóa [9].

4. Các thành phần chính của Hệ thống Thoát nước Đô thị Bền vững

Theo [3], SUDS thường sử dụng các thành phần được xây dựng giống với các tính năng tự nhiên để tích hợp hệ thống thoát nước đô thị vào hệ thống thoát nước tự nhiên hoặc một khu vực hiệu quả và nhanh nhất có thể. Các thành phần SUDS phổ biến nhất bao gồm: (1) kiểm soát đầu vào; (2) công trình thấm nước; (3) bề mặt thực vật; (4) vỉa hè; (5) công lọc; (6) lưu vực thấm nước; (7) lưu vực giữ nước; (8) ao hồ; (9) đất ngập nước kiến tạo [3].

4.1. Kiểm soát đầu vào

Theo [3], dòng chảy có thể được quản lý tại chỗ hoặc gần nguồn của nó bằng nhiều phương tiện bao gồm mái nhà xanh dương, mái nhà xanh lá cây, thu hoạch nước mưa, thùng đựng nước và tạo vùng lưu trữ trên diện tích lát gạch.

- Mái nhà xanh dương:

Nước mưa có thể được giữ lại trên các mái nhà bằng phẳng, do đó có thể khai thác tiềm năng lưu trữ nước mưa của chúng bằng cách sử dụng các bộ hạn chế dòng chảy cho các công thoát nước trên mái nhà [3]. Điều này sẽ tạo ra một tải trọng trực tiếp bổ sung được tính đến trong thiết kế kết cấu và sẽ phụ thuộc vào độ sâu tối đa của lớp nước được giữ lại [3].

Quá trình chăm sóc công trình này là cần thiết trong việc duy trì các màng chống thấm mái nhà. Trong thực tế, các bộ hạn chế dòng chảy có thể bị chặn, dẫn đến tình trạng tràn hoặc tích trữ nước mưa trong thời gian kéo dài, một lần nữa chỉ ra sự cần thiết phải bảo trì thường xuyên và mở rộng các tuyến thoát nước [3]. Mái nhà xanh dương cũng có thể được chỉ định kết hợp với mái nhà xanh lá cây.

- Mái nhà xanh lá cây:

Theo [3], mái nhà xanh lá cây là khu vực trồng cây có khả năng lưu trữ lượng mưa, khuyến khích thoát hơi nước và cung cấp thêm sự cải thiện chất lượng nước khi nước mưa đi qua lớp đất như trong Hình 1. Mái nhà xanh lá cây sử dụng rộng rãi thường có dạng thảm thực vật, được hỗ trợ bởi môi trường phát triển nhẹ và che phủ một lớp thoát nước, trong khi mái nhà xanh lá cây thâm canh kết hợp thảm thực vật bám rễ sâu hơn [3]. Trong một cơn bão, lượng mưa bị chặn bởi lớp thực vật, được bơm và lưu trữ trong chất nền, sau đó được lưu trữ và vận chuyển xuôi dòng trong lớp thoát nước [3].



Hình 1. Mái nhà xanh lá cây điển hình ở Portland (Oregon).

Mái nhà xanh lá cây cũng có nhiều lợi ích rộng hơn, bao gồm giảm ô nhiễm không khí và tiếng ồn, tăng môi trường sống và đa dạng sinh học, cải thiện thẩm mỹ, tăng tuổi thọ mái nhà, tiết kiệm năng lượng và giảm thiểu hiệu ứng đảo nhiệt đô thị [10–11].

- Thu hoạch nước mưa và thùng đựng nước:

Theo [3], thu hoạch nước mưa bao gồm một hệ thống để thu thập, lọc và lưu trữ lượng nước mưa chảy ra từ mái nhà với ý định sử dụng nước được lưu trữ cho các mục đích không thể uống xung quanh sân nhà và vườn cây. Đặc biệt trong những tháng khô hạn, bề có thể trồng hoàn toàn hoặc một phần trong một khoảng thời gian và do đó, một không gian lưu trữ sẽ có sẵn để giữ lại và cung cấp cho nhu cầu nước lớn hơn năng suất chảy.

Thay thế cho một hệ thống thu hoạch nước mưa hoàn chỉnh, một vật chứa với cấu tạo đơn giản hơn có thể được cung cấp dưới chân của đường ống, ở trên hoặc dưới mặt đất để thu hoạch nước mưa [3]. Những thùng đựng nước mưa có dung tích khoảng 200 đến 350 lít được sử dụng với số lượng lớn, có thể có tác dụng tương đương với hệ thống bể chứa trên

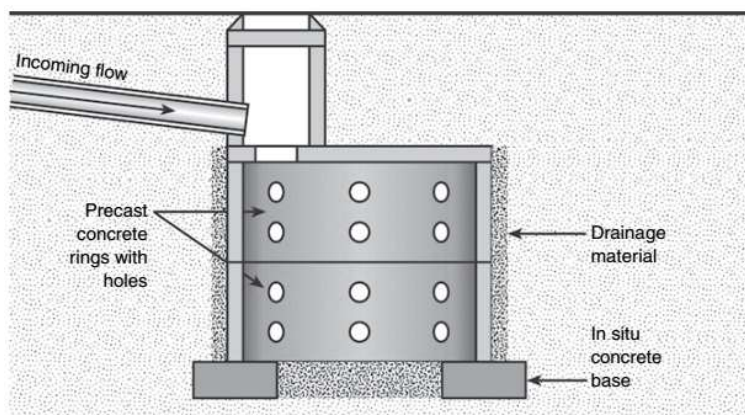
mái nhà hoặc hệ thống thu hoạch nước mưa [3]. Thùng đựng nước về cơ bản vẫn là một phương tiện thu hoạch nước mưa để sử dụng trong vườn, nhưng để có hiệu quả nhất trong việc quản lý nước mưa, nó phải cho phép chảy tràn ra hệ thống thoát nước để có khả năng lưu trữ cho lượng nước mưa tiếp theo [3]. Một giải pháp thay thế đơn giản khác là xả nước ra khỏi tòa nhà và trên các khu vực phổ biến ổn định (như bãi cỏ, đầm lầy, mặt đường xốp) thay vì trực tiếp vào hệ thống đường ống [3]. Do đó, dòng chảy bề mặt bị trì hoãn, sự gia tăng và chất ô nhiễm được loại bỏ ở một mức độ nhất định [3]. Điều này có thể được thực hiện trong các khu vực đô thị hiện tại cũng như được xây dựng mới.

- Tạo vùng lưu trữ trên diện tích lát gạch:

Theo [3], việc xây dựng vùng lưu trữ trên diện tích lát gạch mang lại những lợi ích tương tự đối với vùng lưu trữ trên mái nhà. Các khu vực tiềm năng để triển khai bao gồm bãi đậu xe, bãi lưu trữ được lát gạch và các bề mặt không thấm nước lớn khác. Ưu điểm chính của các vùng này so với vùng lưu trữ trên mái nhà là bề mặt có sẵn lớn hơn nhiều và độ sâu vùng lưu trữ có thể lớn hơn [3]. Nhược điểm của các vùng này liên quan đặc biệt đến sự bất tiện của nước vùng lưu trữ và trong trường hợp cực đoan, có thể xảy ra thiệt hại và các vấn đề an toàn [3]. Ngoài ra, hệ thống sẽ không hoạt động nếu không được bảo trì đúng cách. Các phương pháp để huy động vùng lưu trữ trên mặt đất thường liên quan đến việc hạn chế dòng chảy vào hệ thống cống thông qua các rãnh với các bộ điều chỉnh lỗ hoặc xoay [3].

4.2. Các công trình thấm nước

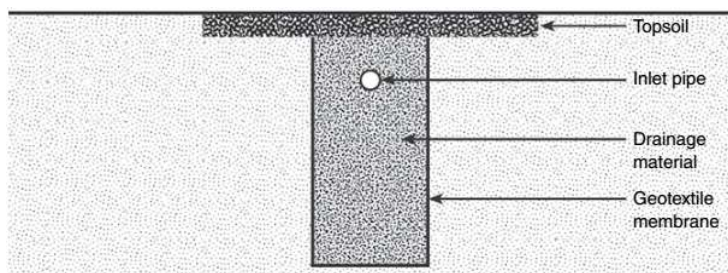
Hai loại công trình thấm nước phổ biến nhất là giếng khô và rãnh thấm [3]. Giếng khô là một cấu trúc ngầm có thể được lát đá, hình thành với các hộp lưới bằng nhựa, lót tường khô hoặc được xây dựng bằng các đơn vị vòng bê tông đúc sẵn như trong Hình 2 [3]. Các giếng khô này nên có tỉ lệ rỗng e (được coi là tỉ lệ giữa thể tích khe hở với thể tích đất) ít nhất là 30% [3].



Hình 2. Cấu trúc một giếng khô.

Drainage material: vật liệu thoát nước; Incoming flow: dòng chảy đến; In situ concrete base: nền bê tông đúc tại chỗ; Precast concrete rings with holes: vòng bê tông đúc sẵn có lỗ [3].

Một rãnh thấm là một hố đào dạng tuyến tính được lót bằng vải lọc, được đắp bằng đá và có thể phủ cỏ như Hình 3 [3]. Dòng chảy được chuyển hướng đến giếng khô hoặc rãnh thấm và thấm vào đất hoặc bốc hơi. Thiết bị này cung cấp khả năng lưu trữ và tăng cường khả năng thấm của đất để tiếp nhận nước bằng cách tạo ra một diện tích bề mặt tiếp xúc [3]. Giếng khô và rãnh thấm không nên được đặt trong phạm vi 5 m từ nền móng của các tòa nhà, hoặc dưới mặt đường [3]. Do đặc điểm hình dạng của chúng, rãnh thấm thường hiệu quả hơn so với giếng khô trong việc kiểm soát dòng chảy [3].



Hình 3. Cấu trúc một rãnh thấm.

Drainage material: vật liệu thoát nước; Geotextile membrane: màng vải địa kỹ thuật; Inlet pipe: đường ống vào; Topsoil: lớp đất mặt [3].

4.3. Bề mặt thực vật

Theo [3], Các loại bề mặt thực vật chính được sử dụng trong quản lý nước mưa là dải lọc, hố trồng lót cỏ (Hình 4) và hệ thống xử lý sinh học. Hố trồng là các kênh lót cỏ được sử dụng để vận chuyển, lưu trữ, thấm và xử lý nước mưa [3]. Dòng chảy vào trực tiếp từ các tòa nhà liền kề hoặc các bề mặt không thấm nước khác. Dòng chảy được lưu trữ cho đến khi xảy ra tình trạng thấm hoặc cho đến khi nước theo dòng chảy được chuyển đến nơi khác, ví dụ như hệ thống thoát nước [3]. Dải lọc, còn được gọi là dải đệm thực vật, là những khu vực dốc nhẹ của mặt đất được thiết kế để thúc đẩy dòng chảy của nước mưa [3].

[3] cũng đề cập để hoạt động tốt, những hố trồng đòi hỏi độ dốc nhỏ (thông thường nhỏ hơn 5%) hoặc đoạn đầu các đập chống lũ và đất thoát nước tốt. Thông thường, chúng có độ dốc bên không lớn hơn một phần ba, cho phép chúng dễ dàng được bảo trì bằng máy cày cỏ [3]. Chiều rộng đáy thường nằm trong khoảng từ 0,5 m đến 2 m, độ sâu từ 0,25 m đến 2 m và có thể dễ dàng kết hợp với các đặc điểm cảnh quan [3]. Dải lọc phải cho phép khoảng cách dòng chảy tối thiểu khoảng 6 m [3]. Hố trồng lót cỏ và dải lọc trì hoãn các đỉnh dòng chảy của nước mưa và làm giảm khối lượng dòng chảy do sự thấm và thoát hơi nước. Giá trị vận tốc điển hình nên dưới 0,3 m/s để khuyến khích hiện tượng lắng xảy ra [3]. Chúng thường được sử dụng như một tiền xử lý kết hợp với các biện pháp kiểm soát khác. Các chất ô nhiễm được loại bỏ bằng quá trình bồi lắng, thấm qua cỏ và hấp phụ lên nó cũng như thấm vào đất [3]. Các hệ thống xử lý sinh học hay còn gọi là các khu vườn mưa là những vùng trồng có cảnh quan nông, thường bao gồm một môi trường lọc nước (thường là cát), được lót bởi một lớp thoát nước sỏi [3]. Vai trò của chúng là ngăn chặn dòng chảy từ các cơn bão thường xuyên và xử lý nước mưa bằng cách xả cơ học, bồi lắng, hấp phụ và hấp thu thực vật và vi sinh vật [12].



Hình 4. Ví dụ về hố trồng lót cỏ.

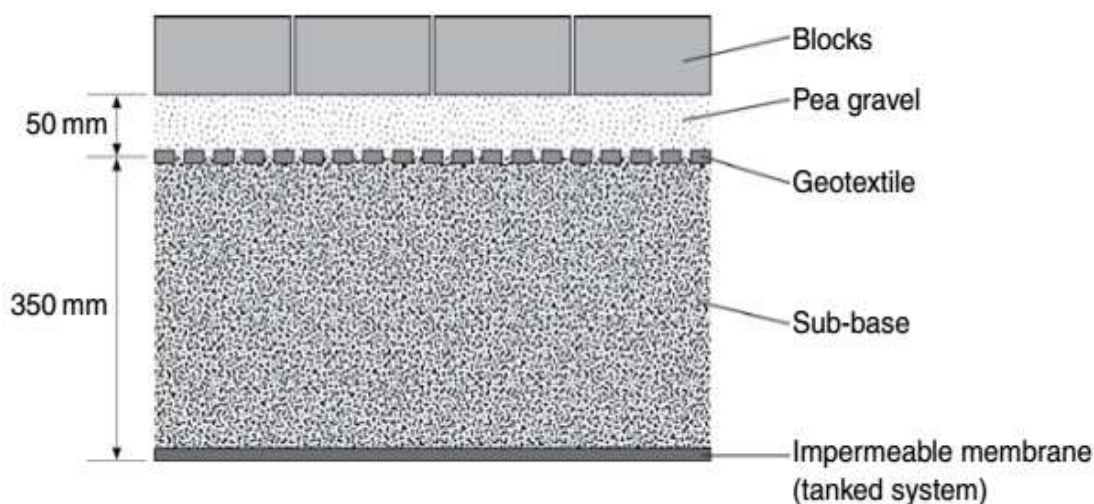
4.3. Vía hè

Mặt đường phổ biến được sử dụng chủ yếu cho các bãi đậu xe và cũng có thể được sử dụng cho các bề mặt khác, nơi không có hoạt động dịch vụ hoặc ít hoạt động dịch vụ [3]. Một sự sắp xếp điển hình cho cấu trúc mặt đường được minh họa theo mặt cắt dọc trong Hình 5. Lớp bề mặt có thể bao gồm một trong nhiều loại khối, hoặc có thể là một lớp nhựa đường xốp [3]. Các khối có thể xốp, cho phép nước thấm qua chúng thông qua các lỗ trong vật liệu, hoặc thấm nơi vật liệu không xốp nhưng các khối được đặt theo cách mà nước có thể đi qua giữa chúng [3]. Các khối được phép có thể vừa khít với nước đi qua các khe hẹp giữa các khối, hoặc có thể được đặt với một mẫu các lỗ rỗng lớn hơn, được làm phẳng bằng đất và cỏ, hoặc một lớp sỏi [3].

[3] đề cập bên dưới lớp bề mặt của các khối là một lớp cát hoặc sỏi cỡ nhỏ, được ngăn cách với lớp nền bên dưới bằng một lớp vải địa kỹ thuật (lớp nền không cần thiết với nhựa đường xốp). Nền phụ bao gồm đá nghiền hoặc vật liệu cứng khác, hoặc cấu trúc lưới nhựa [3]. Ở bề mặt thấp hơn của nền phụ là vải địa kỹ thuật phổ biến, nếu dự định cho thấm vào mặt đất, hoặc một màng địa kỹ thuật không thấm nước nếu không cho thấm [3]. Nếu không có sự thấm nước, cấu trúc mặt đường là một hệ thống nghiêng, cung cấp sự suy giảm đáng kể cho nước mưa nhưng vẫn yêu cầu sắp xếp để có lối thoát ra [3].

Tiềm năng lưu trữ của một cấu trúc bãi đậu xe rộng rãi cũng có thể được khai thác bằng cách nhận thêm dòng chảy từ bề mặt mái nhà hoặc các bề mặt không thấm nước khác [3]. Ngoài ra còn có khả năng dòng chảy được lưu trữ trong nền phụ sẽ được sử dụng cho các ứng dụng như nước dội nhà vệ sinh và tưới vườn hay tạo cảnh quan [3]. [13] khẳng định tiềm năng lớn để tái sử dụng nhưng thận trọng về chất lượng nước được tạo ra từ cấu trúc này.

Tỉ lệ thấm thông qua các bề mặt vỉa hè thấm, đặc biệt là các bề mặt mới, thường là khá cao [3]. Đối với các bề mặt mới, tỉ lệ này thường vượt quá 1.000 mm/giờ và đôi khi cao hơn đáng kể, tùy thuộc vào loại bề mặt [3]. Nghiên cứu từ một số quốc gia được báo cáo bởi [14] chỉ ra rằng tốc độ thấm của bề mặt đường có thể giảm hơn 10% giá trị ban đầu. Để hạn chế tắc nghẽn ở bề mặt, người ta khuyến cáo rằng bề mặt phải được làm sạch ba lần một năm [2]. Mặt đường phổ biến thông thường cũng có thể có tác động tích cực đến chất lượng nước bằng cách cung cấp các cơ chế khuyến khích quá trình lọc, bồi lắng, hấp phụ và xử lý hóa học hay sinh học, cũng như lưu trữ nước [14].



Hình 5. Mặt cắt dọc cấu trúc vỉa hè điển hình.

Blocks: các viên gạch; Geotextile: vải địa kỹ thuật; Impermeable membrane: màng không thấm nước; Pea gravel: sỏi dạng đậu; Sub-base: lớp nền bên dưới; Tanked system: hệ thống bể chứa [3].

4.4. *Cống lọc*

Theo [3], cống lọc là các thiết bị tuyến tính bao gồm một ống đục lỗ hoặc xếp trong rãnh của vật liệu lọc. Theo truyền thống, chúng được xây dựng bên cạnh các con đường để chặn và truyền tải dòng chảy, nhưng chúng có thể được sử dụng đơn giản như các thiết bị vận chuyển [3]. Chúng có thể hoặc không cho phép nước thấm xuống đất, giống như mặt đường phổ biến.

4.5. *Lưu vực thấm nước*

Theo [3], lưu vực thấm nước là những vùng trũng có lớp phủ thực vật lưu trữ dòng chảy để thấm vào mặt đất. Chúng được sử dụng ở những nơi có khả năng thấm nước và những nơi thích hợp cho việc thấm nước. Đáy của các lưu vực này bằng phẳng để cung cấp dòng thấm đồng nhất, các sườn bên không được dốc hơn một phần tư [3]. Chúng thường được triển khai với các lưu vực tương đối nhỏ.

4.6. *Lưu vực giữ nước*

Các lưu vực giữ nước cung cấp khả năng lưu trữ cho nước mưa với sự kiểm soát trong giai đoạn tiếp theo của quản lý nước mưa hoặc cho một nguồn nước tự nhiên [3]. Chúng là các cơ sở lưu trữ hiệu quả hình thành từ cảnh quan [3]. Chúng không khuyến khích việc thấm xuống đất và có thể được lót lớp đáy nếu ngăn chặn thấm hoàn toàn [3]. Sau khi đã kiểm soát xong, lưu vực thường bị khô cho đến thời điểm có mưa tiếp theo. Trong nhiều trường hợp, các lưu vực giữ nước hầu như không được cộng đồng chú ý do vấn đề cảnh quan và sự lựa chọn thảm thực vật. Chúng thường được sử dụng với nhiều chức năng khác nhau, cũng hoạt động như các khu vực giải trí và chỉ đầy nước trong các cơn mưa [3]. Các lưu vực giữ nước có thể trực tuyến (dọc theo dòng chảy hoặc nguồn nước) hoặc ngoại tuyến (cách xa dòng chảy và nguồn nước). Chúng có hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm tương đối thấp do sự xói mòn trở lại các chất rắn lắng đọng trước đây trong quá trình làm đầy các lưu vực này [3].

4.7. *Ao hồ*

Theo [3], ao hồ cung cấp khả năng lưu trữ và xử lý nước mưa trong một thể tích nước cố định. Chúng có giá trị thẩm mỹ, giải trí và các lợi ích môi trường như trả lại môi trường sống hoang dã cho khu vực thành thị, ngoài ra còn có chức năng kiểm soát lũ tốt [3]. Chúng cũng có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc kiểm soát ô nhiễm do quá trình bồi lắng và sinh học có thể tăng cường chất lượng nước. Điều này là do nhiều chất ô nhiễm được gắn vào chất rắn lơ lửng, chúng bị giữ lại bởi sự lắng đọng [3]. Độ sâu của các ao hồ thường được giới hạn ở mức từ 1,5 đến 3 m để tránh sự phân tầng nhiệt [3]. Các sườn bên nông và thảm thực vật được lựa chọn tốt giúp cho việc đảm bảo an toàn.

Hồ Xáng Thôi ở Quận Ninh Kiều, Thành phố Cần Thơ là một ví dụ về cải tạo đô thị để giảm lũ lụt thông qua các lưu vực giữ nước. Cần Thơ, một thành phố lớn của đồng bằng sông Cửu Long, dễ bị lũ lụt theo mùa và lượng mưa lớn. Đáp lại, chính quyền địa phương đã triển khai các giải pháp chống ngập đô thị như là một phần của sáng kiến cơ sở hạ tầng quốc gia lớn hơn và việc xây dựng Hồ Xáng Thôi là một trong các sáng kiến trên [5].

4.8. *Đất ngập nước kiến tạo*

Theo [3], các vùng đất ngập nước kiến tạo hoặc nhân tạo, trong đó bao gồm các bãi sậy, đầm lầy và hệ thống thực vật, là những vùng đất nông được đào bằng đất, đá, hoặc sỏi, bão hòa nước hoặc được bao phủ bởi nước nông vào thời điểm phát triển và được trồng với các loài thực vật thủy sinh được lựa chọn. Vai trò chính của thực vật là truyền oxygen từ khí quyển đến hệ thống rễ và khuyến khích sự phát triển của vi sinh vật [3]. Các vùng đất ngập nước đòi hỏi diện tích bằng phẳng tương đối lớn với độ dốc mặt đất nhẹ, thông thường dưới 5% [3]. Các vùng đất ngập nước rất đơn giản và không tốn kém để xây dựng, nhưng có một *Hội nghị khoa học toàn quốc “Chuyển đổi số và công nghệ số trong Khoa học Trái đất, Mỏ và Môi trường” (EME 2021)*

số quan điểm bất đồng về sự dễ vận hành của chúng. Để duy trì hiệu quả, vùng đất ngập nước cần các chương trình bảo trì dài hạn, liên quan đến việc trồng và khai thác thực vật thủy sinh [3]. Người ta ước tính rằng một vùng đất ngập nước có tuổi thọ khoảng từ 15 đến 20 năm [3].

Ngoài việc làm suy giảm dòng chảy, vùng đất ngập nước có thể cải thiện đáng kể chất lượng nước bằng cách loại bỏ một lượng lớn các hạt ô nhiễm và hòa tan (bao gồm cả chất rắn lơ lửng, kim loại, chất dinh dưỡng dư thừa và vi khuẩn) thông qua hoạt động sinh học và bồi lắng [3]. Các vùng đất ngập nước cũng là những bể bùn và thúc đẩy quá trình phục hồi DO trong dòng ra [3]. Kết quả cho thấy, vùng đất ngập nước có thể loại bỏ gần như tất cả vi khuẩn, chất rắn lơ lửng, một nửa tổng tải lượng phosphorus và nitrogen trên cơ sở xem xét hàng năm [15]. [3] nhận định chúng cũng có những ứng dụng thứ cấp có giá trị chẳng hạn như cung cấp môi trường sống hoang dã và các khu vực giải trí, giáo dục. Tuy nhiên, vùng đất ngập nước rất nhạy cảm và phải được quản lý cẩn thận để tránh thảm thực vật chết [3].

Các vùng đất ngập nước kiến tạo cần có một hỗn hợp độ sâu của nước, thông thường độ sâu trên 1 m nên chiếm không quá 20% diện tích và độ sâu dưới 0,5 m nên chiếm hơn 50% [3]. Cần có dòng chảy cơ sở liên tục, nhưng vận tốc phải thấp, thông thường dưới 0,1 m/s [3]. Một khu vực nhận nước có khả năng loại bỏ trầm tích thường được bao gồm trong các hệ thống này.

5. Kết luận và kiến nghị

Kết quả nghiên cứu cho thấy SUDS là một mô hình hiệu quả để đảm bảo hoạt động quản lý thoát nước tại các đô thị phù hợp với mục tiêu phát triển bền vững. Các thành phần của SUDS được thiết kế với mức độ linh hoạt cao, giúp cho quá trình thoát nước được diễn ra giống với tự nhiên và do đó làm giảm các tác động tiêu cực của sự phát triển đô thị theo kiểu truyền thống. SUDS là một giải pháp phù hợp cho việc làm giảm các tác động về mặt thủy văn đối với các đô thị có lượng mưa cao, từ đó góp phần giải quyết được vấn đề ngập lụt đô thị đang xảy ra tại nhiều thành phố trên thế giới và tại Việt Nam. Bên cạnh đó, việc triển khai SUDS còn mang lại những tác dụng khác như điều hòa khí hậu, tạo cảnh quan, tăng không gian xanh trong các đô thị và cải thiện chất lượng cuộc sống cho cộng đồng dân cư. Hiện nay SUDS là một cách tiếp cận còn khá mới mẻ với các đô thị Việt Nam. Để áp dụng được SUDS vào thực tiễn của Việt Nam, khi xây dựng mô hình này cần tính đến những đặc điểm riêng biệt và đặc trưng về mặt hạ tầng kỹ thuật, điều kiện tự nhiên cũng như kinh tế xã hội của các đô thị muốn triển khai giải pháp này.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự góp ý của tập thể giảng viên Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ để cho bài báo được hoàn thiện hơn.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Woods-Ballard, B.; Kellagher, R.; Martin, P.; Bray, R.; Shaffer, P. CIRIA. The SUDS. CIRIA C697, London, 2007.
2. Woods, Ballard, B.; Wilson, S.; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R. Kellagher, R. CIRIA. The SUDS., CIRIA C753, London, 2015.
3. Butler, D.; Digman, C.; Makropoulos, C. Davies, J.W. Urban Drainage Fourth Edition. CRC Press, Taylor & Francis, New York, USA. 2018, 449-472.
4. Hoang, L.; Fenner, R.A. System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green infrastructure. *Urban Water J.* **2016**, *13*(7), 739-758.
5. Quan, N.H.; Phi, H.L.; Tran, P.G.; Radhakrishnan, M.; Quang, C.N.X.; Thuyen, L.X.; Vinh, K.Q. Urban retention basin in developing city: from theoretical

- effectiveness to practical feasibility. In 13th International Conference on Urban Drainage, Kuching, Malaysia, 2014.
6. Hội Cấp thoát nước Việt Nam. Chia sẻ kinh nghiệm áp dụng mô hình thoát nước mưa đô thị theo hướng bền vững và Xây dựng lộ trình giá dịch vụ thoát nước tại ĐBSCL. Tin tức & Sự kiện, Tin trong nước, ngày truy cập 02/12/2021, <http://vwsa.org.vn/vn/article/2034/chia-se-kinh-nghiem-ap-dung-mo-hinh-thoat-nuoc-mua-do-thi-theo-huong-ben-vung-va-xay-dung-lo-trinh-gia-dich-vu-thoat-nuoc-tai-dbscl.html>.
 7. Viện Quy hoạch Đô thị và Nông thôn quốc gia (2020). Thoát nước đô thị bền vững (SUDS) kết hợp với nông nghiệp đô thị, thực hiện thí điểm tại thành phố Vĩnh Yên, tỉnh Vĩnh Phúc, Việt Nam. Nghiên cứu khoa học, Cấp bộ, ngày truy cập 02/12/2021. <https://viup.vn/vn/Cap-bo-nc43-Thoat-nuoc-do-thi-ben-vung-SUDS-ket-hop-voi-nong-nghiep-do-thi-thuc-hien-thi-diem-tai-thanh-pho-Vinh-Yen-tinh-Vinh-Phuc-Viet-Nam-d8595.html>.
 8. Lan, N.T.M.; Dũng, T.Đ.; Quang, C.N.X.; Giang, N.N.H.; Hòa, H.V.; Tấn, L.V. “Đánh giá khả năng áp dụng giải pháp thoát nước đô thị bền vững tại khu vực đang đô thị hóa ở huyện Bình Chánh, thành phố Hồ Chí Minh. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 732, 49–64.
 9. Wilson, S.; Bray, R.; Cooper, P. Sustainable drainage systems: hydraulic, structural and water quality advice. C609, CIRIA, London, 2004.
 10. Early, P.; Gedge, D.; Newton, J.; Wilson, S. Building Greener: Guidance on the Use of Green Roofs, Green Walls and Complementary Features on Buildings. CIRIA C644, London, 2007.
 11. Berardi, U.; GhaffarianHoseini, A.; GhaffarianHoseini, A. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy* **2014**, 115, 411–428.
 12. Hatt, B.E.; Fletcher, T.D.; Deletic, A. Hydrologic and pollutant removal performance of stormwater biofiltration systems at the field scale. *J. Hydrolo.* **2019**, 365(3), 310–321.
 13. Antunes, L.N.; Thives, L.P.; Ghisi, E. Potential for potable water savings in buildings by using stormwater harvested from porous pavements. *Water* **2016**, 8, 11.
 14. Pratt, C.J.; Wilson, S.; Cooper, P. Source Control Using Constructed Pervious Surfaces: Hydraulic, Structural and Water Quality Performance Issues. CIRIA C582, London, 2002.
 15. Ellis, J.B. Quality issues of source control. Proceedings of CONFLO 92: Integrated Catchment Planning and Source Control, Oxford, London. 1992.

Overview of the sustainable urban drainage system SUDS

Nguyen Thanh Ngan^{1,2*}, Nguyen Hieu Trung³

¹ Faculty of Environment, Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment (HCMUNRE); ntngan@hcmunre.edu.vn

² College of Environment and Natural Resources, Can Tho University (CTU)

³ Research Institute for Climate Change, Can Tho University (CTU); nhtrung@ctu.edu.vn

Abstract: Drainage systems in line with sustainability goals manage stormwater closer to its source, usually on or near the ground surface. The main advantages of these systems are their ability to limit runoff and thus contribute to flood risk management, the ability to partially treat stormwater before it is released into the environment and the opportunity to provide convenience as well as local biodiversity. Stormwater management using non-pipe systems is a more natural approach to drainage in developed regions. This approach has been given different names in many countries such as Best Management Practice (BMP) or Stormwater Control Measure (SCM) in the US, Water Sensitive Urban Design (WSUD) in

Australia, Sponge City in China, Sustainable Urban Drainage System (SUDS) in the UK. This paper introduces an overview of Sustainable Urban Drainage System (SUDS) as well as the structures used in this system to serve the purpose of drainage and reduce urban flooding in a sustainable way. Currently these systems have been piloted in many localities of Vietnam and have brought certain effects.

Keywords: Urban drainage; Reduce urban flooding; Sustainable Urban Drainage System; SUDS.