

PHÂN TÍCH HIỆU QUẢ KHI SỬ DỤNG KẾT CẤU THẨM NƯỚC
TRONG HẠ TẦNG GIAO THÔNG ĐÔ THỊ Ở VIỆT NAM
ANALYSIS OF THE EFFICIENCY WHEN USING PERMEABLE STRUCTURES
FOR URBAN TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN VIET NAM

NGUYỄN PHAN ANH^{1*}, BÙI NGỌC DUNG²

¹Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

²Khoa Xây dựng, Trường Đại học Hải Phòng

*Email liên hệ: phananh.ctt@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Dưới sức ép của tỷ lệ đô thị hóa nước ta đang không ngừng tăng nhanh, hạ tầng giao thông đô thị vẫn còn nhiều hạn chế về cả đầu tư nâng cấp và xây mới, dẫn tới việc trong những năm gần đây, tình trạng ngập lụt nghiêm trọng thường xuyên xảy ra khi mưa lớn. Với định hướng đó, bài báo đã phân tích các dạng kết cấu mặt đường thấm nước và đề xuất một số định hướng trong thiết kế về kết cấu cũng như yếu tố thủy văn do mưa lụt để khắc phục. Ngoài ra, một số đánh giá chi tiết về hiệu quả khi ứng dụng hệ thống này vào nước ta ở một số khía cạnh như: Quản lý bền vững môi trường nước, giảm đảo nhiệt trong đô thị, giảm ô nhiễm và chi phí đầu tư đã được đưa ra cụ thể. Qua đó, mặt đường thấm nước đã được xác định là một trong những phương án rất khả thi cho việc áp dụng vào thay thế hoặc làm mới dần hệ thống đường giao thông trong đô thị với mục tiêu phát triển bền vững.

Từ khóa: Mặt đường thấm nước, gạch bê tông tự chèn, phát triển bền vững, mưa ngập, kết cấu thấm nước.

Abstract

Under the pressure of our country's rapidly increasing urbanization rate, urban transport infrastructure still has many limitations in terms of both investment in upgrades and new construction, leading to in recent years, serious floods often occur during heavy rains. With that orientation, the article analyzed the types of permeable pavement structures and proposed some directions in structural design as well as hydrological factors caused by floods to overcome. In addition, some detailed assessments of the effectiveness of applying this system to our country in some aspects such as: sustainable management of the water environment, reduction

of urban heat island, reduction of pollution and investment costs are provided specifically. Thereby, permeable pavement has been identified as one of the very feasible options for applying to replace or gradually renew the urban road system with the goal of sustainable development.

Keywords: Permeable pavement, interlocking concrete block, sustainable development, flood, permeable structure.

1. Giới thiệu

Mặt đường thấm nước lần đầu tiên được áp dụng vào những năm 1800 ở châu Âu và chúng được sử dụng cho các mục đích kết cấu như lát mặt đường, tẩm chèn và tường chịu lực. Chúng trở nên phổ biến trở lại ở nước ngoài sau chiến tranh thế giới thứ hai vì xi măng khan hiếm.

Hiện nay, tỷ lệ đô thị hóa nước ta đạt khoảng 42% và đến năm 2030, 50% dân số Việt Nam sống tại các đô thị. Theo kế hoạch thực hiện Nghị quyết 06-NQ/TW [1] được ban hành vào ngày 24 tháng 01 năm 2022 về Quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 thì tỷ lệ đô thị hóa toàn quốc đến năm 2025 đạt tối thiểu 45%, đến năm 2030 đạt trên 50%.

Sự gia tăng dân số đô thị dẫn tới sự gia tăng bề mặt không thấm nước do bị bê tông hóa sẽ làm giảm bề mặt dòng chảy nếu chúng ta vẫn sử dụng các dạng kết cấu áo đường truyền thống. Trong những năm gần đây, hầu hết các đô thị ở nước ta đều đã xảy ra tình trạng ngập lụt nghiêm trọng khi gặp mưa lớn do công tác quy hoạch các khu dân cư và cơ sở hạ tầng thoát nước hầu hết không đồng bộ hoặc không còn không gian cần thiết để mở rộng hệ thống thoát nước bên cạnh việc tăng diện tích đường giao thông.

Do những bề mặt không thấm nước ngày càng tăng từ các tuyến đường giao thông, công viên, bãi đậu xe,... đã khiến nước mưa trong đô thị chảy tràn trên mặt đường không thoát kịp sẽ dẫn tới lụt lội gây

ảnh hưởng nghiêm trọng đến giao thông đi lại, làm cho kết cấu đường ngày càng xuống cấp hư hỏng. Ngoài ra, nước mưa chảy tràn từ đường góp phần lớn vào việc gây ô nhiễm môi trường nước do nước có thể chứa nhiều loại chất độc hại gây ô nhiễm. Để bảo vệ mặt đường và người đi lại khỏi những hư hại do nước gây ra, nước mưa phải được thoát khỏi lòng đường.

Các vụ tai nạn giao thông theo [2] đều xuất phát từ nguyên nhân nước mưa tích tụ trên mặt đường gây ra nhiều dạng hư hỏng mặt đường, làm giảm khả năng chống trượt (hệ số ma sát) của mặt đường, gây ra hiện tượng trượt nước, dẫn tới nước bắn tung tóe và phun nước trên đường. Tất cả đều dẫn đến những va chạm không đáng có cho người tham gia giao thông dẫn đến thương vong. Ngoài ra, việc thoát nước mưa khỏi bề mặt mặt đường là rất quan trọng đối với độ bền, tuổi thọ của đường và giảm những lãng phí không cần thiết do tắc đường, duy tu bảo



Hình 1. Ngập lụt đường giao thông trong đô thị
 (Nguồn báo điện tử Vnexpress)



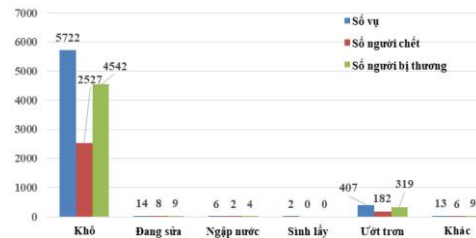
Hình 2. Hư hỏng kết cấu áo đường do mưa ngập
 (Nguồn Báo Pháp luật TP HCM)



Hình 3. Ngập lụt gây mất an toàn giao thông
 (Nguồn báo Điện tử - Đảng CSVN)

dưỡng đường và thậm chí cả chi phí sửa chữa các xe tham gia giao thông, đặc biệt giao thông trong đô thị.

Hơn nữa, việc sử dụng mặt đường thấm tạo ra sự làm mát bề mặt ở bề mặt hoặc bên dưới bề mặt trong khi mặt đường truyền thống lại ngược lại, đặc biệt các đô thị lớn nước ta vào mùa hè thường có nhiệt độ cực cao thì mặt đường thấm nước rất có lợi.



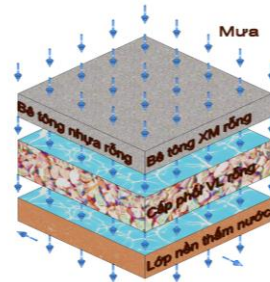
Biểu đồ 1. Tình trạng mặt đường dẫn tới tai nạn giao thông [2]

Chính vì vậy, mặt đường thấm nước (MĐTN) nên được nghiên cứu tới như là một phương án hiệu quả thay thế một phần hoặc toàn bộ mặt đường không có tác dụng thấm nước truyền thống, giúp hạn chế lụt lội, giảm ô nhiễm môi trường nước và tăng cường an toàn cho người tham gia [3].

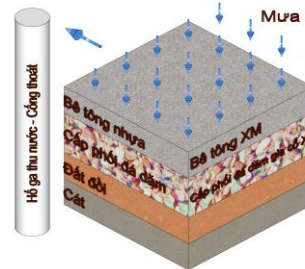
2. Cấu tạo mặt đường thấm nước

2.1. Nguyên lý làm việc

Mặt đường thấm nước là loại mặt đường cho phép nước thấm qua các khoảng trống hoặc lỗ rỗng giữa các vật liệu làm áo đường, theo chiều thẳng



(a) Kết cấu mặt đường thấm nước



(b) Kết cấu mặt đường truyền thống

Hình 4. Mô phỏng nguyên lý làm việc

đúng (như Hình 4a) thay vì đọng trên bề mặt hoặc theo độ dốc mặt đường thoát vào hệ thống cống, rãnh của kết cấu mặt đường truyền thống (như Hình 4b).

2.2. Các dạng mặt đường thấm nước

MĐTN là loại mặt đường có bề mặt xốp hoặc rỗng, được chia làm 03 loại, cụ thể như sau:

a) Mặt đường bê tông xi măng/bê tông asphalt rỗng:

- Lớp mặt đường bê tông rỗng có tỷ lệ N/XM từ 0,35-0,45 với độ rỗng từ 15%-25%, do vậy loại bê tông này tương đối nhẹ khoảng từ 1600-1900 (kg/m³) với cường độ chịu nén khoảng 28 Mpa [4];

- Mặt đường bê tông nhựa rỗng có tỷ lệ hạt mịn giảm, độ rỗng của lớp khoảng 22% để tạo điều kiện cho nước mưa được thấm nhanh chóng xuống phía dưới. Mặt đường nhựa rỗng loại này còn làm tăng khả năng chống trượt, giảm nước bắn trên mặt đường, giảm độ ồn và phản xạ ánh sáng cho phương tiện tham gia giao thông [5];

- Lớp cấp phối đá rỗng được thiết kế với độ rỗng tối đa lên tới 40%;

- Vải địa kỹ thuật được sử dụng như là một lớp phân tách với nhiệm vụ hạn chế sự di chuyển của các hạt mịn, hỗ trợ giữ lại các chất ô nhiễm thấm xuống nền dưới, tuy nhiên việc bố trí lớp vải địa kỹ thuật này hiện nay cũng còn có nhiều sự tranh cãi như trong các nghiên cứu [6], [7] đã đề cập tới.



Hình 5. Kết cấu nền mặt đường BTXM/BT asphalt rỗng

b) Mặt đường gạch/ bê tông tự chèn:

Gạch/bê tông tự chèn là các mô đun được sản xuất theo những hình dạng và kích cỡ tương đối đa dạng. Các mô đun này được xếp bằng thủ công (nước ta thường dùng) hoặc dùng máy chuyên dụng để trải (nước ngoài mới sử dụng) liền kề nhau theo nhiều kiểu khác nhau. Nước mặt sẽ được thoát qua các khớp hoặc khe hở nhỏ giữa các mô đun, có kích thước thường từ 3mm-13mm. Từ đó, nước sẽ được thấm qua lớp cát đệm hạt trung (là lớp đệm đảm bảo độ dốc hoặc bằng phẳng để trải gạch/bê tông tự chèn

lên) và lớp cấp phối đá rỗng xuống nền đường (như Hình 6).



Hình 6. Kết cấu mặt đường thoát nước bằng các loại gạch/bê tông tự chèn (PICP)

Những loại gạch tự chèn có cường độ thấp và chiều dày nhỏ được làm từ bê tông rỗng thường được sử dụng cho các kết cấu vỉa hè, đường cho xe thô sơ như ở quảng trường hoặc công viên.

Những năm trở lại đây, nhiều loại gạch bê tông tự chèn cường độ cao và chiều dày lớn đã được sử dụng cho hệ thống đường trong cảng biển, sân bay tại nhiều nước trên thế giới, trong đó có cả nước ta. Dạng kết cấu mặt này nước sẽ không có tác dụng thấm qua gạch và chỉ thoát được qua những khoảng hở giữa các viên gạch tự chèn.



Hình 7. (1) Gạch tự chèn cho khu vực đường nội bộ - (2) Gạch bê tông mác 600Mpa, chiều dày 12cm cho đường trong cảng Cái Mép-Gemalink

c) Một số loại kết cấu mặt đường thấm nước khác

- Sỏi, đá tổng hợp: Trên nền xốp, các cốt liệu đá hoặc sỏi có đường kính hạt trung bình có thể sử dụng lát mặt đường dành cho lối đi bộ, xe đạp hoặc bãi đỗ xe ít được sử dụng hơn. Những loại vật liệu này cần được bảo trì thường xuyên khi lát chúng trên nền móng kém ổn định;

- Một số dạng lát hờ kết hợp trồng cỏ: Đặt gạch theo mô hình mở hoặc bán mở, các khoảng hở có thể

sử dụng đất, cỏ, vỏ sò hoặc sỏi để lấp đầy. Kiểu lát này rất phù hợp với công viên, quảng trường, bãi đỗ xe, những nơi không chịu tải trọng lớn và làm tăng thẩm mỹ cho khu vực lát. Bằng cách thay đổi kiểu gạch, khoảng không gian mở sẽ được nâng lên, giúp tăng cường khả năng thấm nước.

- Lát mặt đường bằng lưới nhựa có hình dạng tổ ong. Loại lát này cho phép thấm thực vật như cỏ phát triển nhanh qua các lỗ rỗng hoặc trải đá dăm hoặc sỏi lên bề mặt tạo lối đi. Đây cũng là một phương pháp mới đang được sử dụng nhiều, chủ yếu dùng cho những điểm nhấn trong cảnh quan của cả khu vực.



Hình 8. Mặt đường thấm nước lát hồ

(Nguồn <https://urban-water.co.uk/permeable-pavements>)

2.3. Tính toán thiết kế

Đến hiện nay vẫn chưa có quy trình, tiêu chuẩn nào được áp dụng cho tính toán thiết kế mặt đường thấm nước, để đánh giá được toàn diện về MĐTN, chúng ta cần phải xác định rõ một số vấn đề sau:

- Thiết kế kết cấu có xét đến khả năng chịu tải;
- Thiết kế thủy văn có tính đến khả năng thấm, lưu trữ nước;
- Thời gian cần bảo trì để đảm bảo thấm;
- Tuổi thọ của kết cấu đường;

Trong phạm vi bài báo này, tác giả đề xuất một số phương pháp khác nhau có thể sử dụng trong thiết kế thủy văn và kết cấu của mặt đường thấm như thể hiện trên Bảng 1.

3. Đánh giá hiệu quả khi sử dụng

Về tổng thể, việc ứng dụng MĐTN vào trong các công trình giao thông đô thị là rất hiệu quả, tuy nhiên, chúng ta cần phải đánh giá cụ thể được các đặc điểm chính của loại mặt đường này là rất cần thiết. Trong phạm vi nghiên cứu, bài báo này sẽ đánh giá các ưu và nhược điểm ở một số khía cạnh như sau:

3.1. Giải pháp bền vững quản lý nước mưa

MĐTN cung cấp giải pháp quản lý bền vững cho nước mưa trên đường bằng cách cho phép nước mưa thấm trực tiếp vào mặt đường, nơi nước có thể thấm thấu xuống các lớp đất bên dưới hoặc được thu gom để xử lý. Loại mặt đường này góp phần giảm tốc độ của dòng chảy và khối lượng ngày càng tăng của nước mưa được thu gom ở các khu vực đô thị hóa. Vì lẽ vậy, hệ thống MĐTN này tận dụng được diện tích bất buộc phải bố trí trong hạ tầng đô thị để thấm và lưu trữ nước nên vô hình chung sẽ góp phần giảm diện tích hồ chứa hoặc khu vực thu gom nước cần có trong đô thị.

MĐTN cũng làm giảm tiếng ồn do sự tương tác giữa lớp xe và bề mặt thấm nước, bổ sung nước ngầm. Bằng cách hạn chế hoặc loại bỏ nước khỏi mặt đường, nên MĐTN mang lại sự an toàn cho người dân tham gia giao thông.

3.2. Giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị

Các khu vực đô thị thường xuyên trải qua hiệu ứng đảo nhiệt, đặc trưng bởi nhiệt độ cao hơn do cơ sở hạ tầng đông đúc và hoạt động của con người gây ra. Các nghiên cứu được lựa chọn đang được đánh giá đề cập đến vai trò quan trọng của MĐTN trong việc giảm thiểu vấn đề này. Mặt đường không thấm nước truyền thống có xu hướng hấp thụ và giữ nhiệt, làm tăng nhiệt độ. Trong khi đó, MĐTN có chất lượng hấp thụ nhiệt kém hơn, đặc biệt là những vật liệu làm bằng vật liệu xốp, chúng cho phép nước mưa thấm vào, làm mát mặt đất và giảm khả năng giữ nhiệt ở các khu vực đông dân cư. Ngoài ra, sự hiện diện của hệ thực vật trong một số hệ thống MĐTN hỗ trợ đáng kể trong việc làm mát không khí trong đô thị. Hiệu ứng làm mát được tạo ra bởi cây cối và cỏ, cả hai đều mang lại bóng mát và làm giảm nhiệt độ không khí thông qua sự thoát hơi nước. Điều này sẽ dẫn tới tăng cường sự hấp dẫn và thuận lợi hơn cho các hoạt động ngoài trời cho dân cư trong đô thị.

3.3. Giảm ô nhiễm

MĐTN có rất nhiều lợi ích cho môi trường về việc giảm chất ô nhiễm như:

- Lọc dòng chảy: Dòng chảy nước mưa được lọc tự nhiên bởi MĐTN, chúng lọc các chất ô nhiễm khi những chất này thấm vào các lớp mặt đường nhờ tính thấm theo chiều dọc mặt đường. Ngoài ra, MĐTN còn thu giữ lại một số chất như ni tơ và phốt pho để ngăn chặn chảy vào các hồ chứa gây hại cho hệ sinh thái và ô nhiễm nước như trong nghiên cứu [12].

Bảng 1. Một số cơ sở thiết kế mặt đường thấm

Thiết kế thủy văn	
Phương pháp	Diễn giải
NRCS 1986 [8]; Phương pháp số đường cong (curve number method)	<p>Xác định độ sâu dòng chảy của lưu lượng mưa thiết kế cần được lưu trữ bởi mặt đường thấm nước:</p> $Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$ <p>Với Q là độ sâu dòng chảy (mm); P là lượng mưa (mm); S lượng lưu trữ tối đa cho dòng chảy tiếp theo:</p> $S = \frac{25400}{CN} - 254$ <p>Với CN là số đường cong căn cứ vào loại đất và mục đích sử dụng đất.</p>
Tính mặt đường thấm nước bằng gạch bê tông tự chèn (PICP) [9]	<p>Xác định diện tích bề mặt mặt đường thấm nước và yêu cầu về độ sâu; Diện tích bề mặt PICP được coi là thấm hết 100%; Để tránh bão hòa lớp móng, thời gian lưu trữ tối đa cho phép được xác định đầu tiên:</p> $d_{max} = \frac{fT_s}{V_{r,max}} - 254$ <p>Với d_{max} là chiều dày lớn nhất của lớp nền móng; f là tốc độ thấm cuối cùng trong lớp nền; T_s là thời gian lưu trữ tối đa; V_r là hệ số độ rỗng của lớp cấp phối đá rỗng (như Hình 6). Đối với MĐTM không có hệ thống thoát nước ngầm, hai công thức được phát triển cho khối lượng nước lưu trữ trong các lớp cấp phối đá rỗng và lớp nền móng như sau:</p> $A_p = \frac{\Delta Q_c A_c}{V_r d_p - P + fT} \text{ và } d_p = \frac{\Delta Q_c R + P - fT}{V_r}$ <p>Với A_p là diện tích bề mặt theo phương ngang của mặt đường thấm nước; ΔQ_c là chiều sâu của dòng chảy từ lưu vực chảy đến mặt đường; A_c là diện tích thêm của lưu vực, V_r là độ rỗng của lớp cấp phối đá rỗng và lớp móng; d_p là chiều dày của lớp cấp phối đá rỗng và lớp móng; R là tỷ lệ của diện tích thêm vào diện tích mặt đường thấm nước; P là độ sâu thiết kế nước chảy do mưa; f là tốc độ thấm cuối cùng vào lớp đất bên dưới; R là thời gian lấp đầy hiệu quả của lớp cấp phối đá rỗng và lớp móng (theo NRCS, 1986 giả định là 2h đối với con bão cấp II đối với thang bão cấp V).</p>
Tính toán kết cấu áo đường thấm	
Nguồn	Diễn giải
Theo AASHTO, 1993 [10]	$\log W = Z_R x S_0 + 9.36 x \log(SN + 1) + \frac{\log[(P_i - P_t) / (P_i - 1.5)]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 x \log(0.145 * M_R) - 8.07$ <p>Với W là tải trọng trục đơn thiết kế, Z_R là độ lệch chuẩn gắn liền với hệ số an toàn R, S_0 là độ lệch chuẩn; SN là chỉ số kết cấu áo đường; P_i và P_t là khả năng sử dụng ban đầu và cuối cùng; M_R là mô đun đàn hồi của nền đường (kPa).</p>

Tất nhiên, mỗi một khu vực hay lưu lượng xe tham gia giao thông khác nhau sẽ dẫn tới các số liệu trong Bảng 2 có thể thay đổi, nhưng đây có thể là một cơ sở khoa học hoàn toàn tin cậy cho việc ứng dụng loại mặt đường này cũng đem lại hiệu quả giảm các chỉ số ô nhiễm tương tự tại nước ta.

- Vật liệu bề mặt: Việc lựa chọn vật liệu bề mặt cho MĐTN như một biện pháp giảm ô nhiễm. Hiện nay, bằng cách thay thế các cốt liệu tự nhiên bằng vật liệu tái chế, không cần thiết sử dụng xi măng, một số hỗn hợp bê tông, gạch,... được tạo ra với mục tiêu là trung hòa carbon sẽ làm giảm tổng lượng phát thải

Bảng 2. Các chỉ số giảm ô nhiễm của mặt đường thấm nước so với mặt đường không thấm nước theo [11]

Chỉ số	Lượng giảm ô nhiễm (%)
Chất rắn lơ lửng	80-99
Phốt pho	65-71
Ni tơ	75-85
Carbon hữu cơ	82
Chì	50-98
Kẽm	62-99
Chrome	87-88
Cadmium	0-34
Đồng	42
Kim loại nặng	90-99
Nhu cầu oxy sinh hóa	80-83
Nhu cầu oxy hóa học	88
Hydrocacbon	95
Dầu	97

các bon trong quá trình xây dựng mặt đường, giúp giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu.

3.4. Đánh giá về mặt chi phí

Một số lợi ích đáng kể cho việc sử dụng hệ thống MĐTN như sau:

- Giảm chi phí dài hạn: Một số nghiên cứu toàn diện của Rehan cùng cộng sự [13] đã thực hiện so sánh chi phí vòng đời của hai mặt đường không thấm nước thông thường (nhựa đường trộn nóng và bê tông xi măng Portland) và hai mặt đường thấm nước (nhựa đường xốp và bê tông thấm nước). Nghiên cứu đã phân tích các lựa chọn thay thế trong các giai đoạn phân tích 20 năm, 30 năm và 40 năm. Ngoài chi phí xây dựng và bảo trì ban đầu, chi phí xử lý nước mưa cũng được đưa vào phân tích chi phí vòng đời của tất cả các giải pháp thay thế ở những khu vực có hệ thống thoát nước mưa và thoát nước kết hợp. Kết quả cho thấy nhựa đường hỗn hợp nóng có chi phí xây dựng ban đầu thấp nhất, trong khi mặt đường thấm tiết kiệm hơn đáng kể so với mặt đường không thấm nước xét về chi phí bảo trì. Nếu tính cả chi phí xử lý nước mưa thì mặt đường thấm nước sẽ tiết kiệm hơn cho giai đoạn phân tích 20 năm và 30 năm. Trong giai đoạn phân tích 40 năm, bê tông xi măng Portland là tiết kiệm nhất, tiếp theo là nhựa đường xốp, nhựa đường trộn nóng và cuối cùng là bê tông thấm nước.

- Giảm thiểu ngập lụt đô thị: Sẽ làm giảm lãng phí cho những chi phí không đáng có như chậm giờ

công lao động, hỏng hóc phương tiện, tai nạn,...;

- Lợi ích về môi trường: Với hiệu ứng giảm đảo nhiệt đô thị và giảm ô nhiễm môi trường nước sẽ dẫn tới việc tiết kiệm rất nhiều chi phí phát sinh thường xuyên.

3.5. Hạn chế của mặt đường thấm nước

Do các khu đô thị trên cả nước ta đều đang được xây dựng và hoàn thiện nên lượng bụi và rác thải là rất lớn. Điều này dẫn tới một số hạn chế khó khắc phục trong thời gian trước mắt như:

- Theo thời gian, MĐTN có thể bị tắc do trầm tích và để tránh tắc nghẽn thì chúng ta cần phải được bảo trì thường xuyên;

- MĐTN có thể bị hư hỏng khi chịu tải trọng xe lớn;

- Chi phí bảo trì phát sinh thường xuyên có thể cao.

4. Kết luận

MĐTN là một loại hệ thống mặt đường cho phép nước chảy qua, ngăn nước mưa tích tụ trên bề mặt. Điều này không chỉ ngăn ngừa hư hỏng kết cấu đường do mưa mà còn góp phần tạo ra hệ thống thoát nước bền vững cho các ứng dụng khác nhau như đường có mật độ giao thông thấp, làn đi bộ, bãi đỗ xe, công viên,... Thiết kế kết cấu MĐTN cần tính đến cả khả năng chịu tải và yếu tố thủy văn để đảm bảo nó có thể chịu được tải trọng xe và quản lý nước mưa một cách hiệu quả. Tuy nhiên trong bối cảnh hiện nay, MĐTN còn có thêm các ứng dụng đổi mới rất hiệu quả như giảm đảo nhiệt đô thị, sản xuất năng lượng tái tạo, cải thiện chất lượng không khí, cải tạo cảnh quan,...

MĐTN ngày càng nổi tiếng là hệ thống có khả năng thích ứng và thân thiện với môi trường, nên hoàn toàn có thể đẩy mạnh ứng dụng vào trong các đô thị nước ta trong những năm gần đây để cung cấp các giải pháp sáng tạo cho các vấn đề về quản lý nước mưa, phát triển đô thị và bền vững môi trường.

Gần đây, hệ thống MĐTN đang được nghiên cứu đề xuất tích hợp với máy bơm địa nhiệt để tạo ra nguồn năng lượng dự trữ được tìm thấy trên vỉa hè, mặt đường và biến chúng thành nguồn năng lượng thiết thực cho các tòa nhà. Đây là một hướng đi mới mà chúng ta cần có thêm các nghiên cứu chuyên sâu hơn nữa để có thể mở rộng ứng dụng này.

Trong phạm vi bài báo này, một số vấn đề như chiều dày hiệu quả, thời gian cần bảo trì do tắc bề mặt, tải trọng và lưu lượng xe tối ưu cho hệ thống MĐTN này chưa được đề cập tới. Đây cũng là những vấn đề rất quan trọng cần nghiên cứu để hoàn thiện các tính toán và đánh giá tính hiệu quả khi ứng dụng

MĐTN này. Hơn nữa, các nhà quản lý cần chủ động đưa các hướng dẫn về quy trình thiết kế, thi công, nghiệm thu và bảo trì hệ thống mặt đường thấm nước này vào TCVN để làm cơ sở pháp lý cho việc triển khai sâu rộng tại các công trình trong đô thị nước ta.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT24-25.92**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nghị quyết 06-NQ/TW năm 2022.

[2] Trang tin điện tử tổng hợp Cảnh sát nhân dân, <http://csnd.edu.vn/tin-tuc/tinh-hinh-dac-diem-tai-nan-giao-thong-duong-bo-tai-viet-nam-nam-2017-44.html>.

[3] Miklas Scholz, Piotr Grabowiecki (2007), *Review of Permeable Pavement Systems*. Building and Environment, Vol.42, pp.3830-3836.

[4] Pratt, C. J. (1997), *Design guidelines for porous /permeable pavements*. Rowney, Charles Engineering Foundation Conference: Sustaining Water Resources in the 21st Century. Malmö, Sweden, 7-12 September 1997. ASCE, pp.196-211.

[5] Tota-Maharaj, K., Grabowiecki, P., Akintunde, B. & Coupe, S. J. (2012), *The performance and effectiveness of geotextiles within permeable pavements for treating concentrated stormwater*. Sixteenth International Water Technology Conference, IWTC 16. Istanbul, Turkey 7-10 May 2012. pp.1-13.

[6] Rahman, M. A., Imteaz, M. A., Arulrajah, A., Piratheepan, J. & Disfani, M. M. (2015), *Recycled construction and demolition materials in permeable pavement systems: geotechnical and hydraulic characteristics*. Journal of Cleaner Production. Vol.90, pp.183-194.

[7] Ferguson, B. K. (2005), *Porous Pavements*, Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

[8] NRCS (1986), *Urban Hydrology for Small Watersheds: TR-55*, Washington, D.C.: Natural Resources Conservation Service.

[9] Smith, D. R. (2011), *Permeable Interlocking Concrete Pavement (PICP) - Selection Design Construction Maintenance*, 4th Ed. Herndon, VA: Interlocking Pavement Concrete Institute (ICPI).

[10] AASHTO (1993), *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, Washington, DC USA: AASHTO.

[11] Kiran Tota-Maharaj, Miklas Scholz (2010), *Efficiency of Permeable Pavement Systems for the Removal of Urban Runoff Pollutants Under Varying Environmental Conditions*. Environmental Progress & Sustainable Energy, Vol. 29 (3), pp.358-369.

[12] James, E (2013). *A Literature Review on the Effect of Porous Asphalt Roads on Water Pollution*. In *Sustainable Road Surfaces for Traffic Noise Control; Silvia Project Report; European Commission: Ottawa, ON, Canada*.

[13] Rehan, T., Qi, Y., & Werner, A. (2018, March). *Life-cycle cost analysis for traditional and permeable pavements*. In *Construction Research Congress 2018*, pp.422-431.

Ngày nhận bài:	12/12/2024
Ngày nhận bản sửa:	24/12/2024
Ngày duyệt đăng:	27/12/2024