BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO **BỘ XÂY DỰNG**

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

NGUYỄN HOÀNG ANH

TÁC ĐỘNG CỦA HÌNH HỌC ĐÔ THỊ VÀ HÌNH KHỐI CÔNG TRÌNH TỚI TIỆN NGHI NHIỆT NGOÀI TRỜI TẠI THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

NGÀNH: KIẾN TRÚC

Hà Nội - 2026

Luận án được hoàn thành tại: Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học: TS.KTS. Ngô Thị Kim Dung

PGS.TS.KTS. Nguyễn Vũ Phương

Phản biện 1: PGS.TS. Phạm Thị Hải Hà

Phản biện 2: PGS.TS. Nguyễn Anh Tuấn

Phản biện 3: TS. Đỗ Thị Kim Thành

Luận án đã bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án cấp trường

tại trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội.

Vào hồi … giờ … ngày … tháng … năm 2026

Luận án có thể được tìm hiểu tại:

Thư viện quốc gia Việt Nam

Thư viện trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Đảo nhiệt đô thị (UHI), một hiện tượng gia tăng nhiệt độ ở khu vực thành thị, đang gây ra các rủi ro về sức khỏe do nhiệt và tạo gánh nặng lên hệ thống năng lượng làm mát trong đô thị. Tác động tiêu cực của UHI càng trở nên cực đoan tại các thành phố ven biển thuộc đới khí hậu nhiệt đới nóng ẩm. Là một thành phố ven biển thuộc điều kiện khí hậu này, Đà Nẵng đang đối mặt với thách thức về sự gia tăng của UHI và căng thẳng nhiệt do biến đổi khí hậu. Với kịch bản các đợt nắng nóng sẽ tăng cường về cả cường độ lẫn thời gian, khu vực này đòi hỏi phải xây dựng các giải pháp cải thiện điều kiện vi khí hậu ngoài trời để giảm thiểu rủi ro cho người lao động và cộng đồng.

Không gian ngoài trời tiện nghi về nhiệt không chỉ đáp ứng nhu cầu hoạt động thể chất, nâng cao sức khỏe mà còn tăng cường tương tác xã hội và sức sống đô thị. Mức độ tiện nghi nhiệt quyết định trực tiếp đến tần suất sử dụng không gian này; môi trường càng dễ chịu, con người càng có xu hướng tham gia các hoạt động bên ngoài. Từ đó gián tiếp làm giảm thời gian sử dụng thiết bị làm mát trong nhà, giúp tiết kiệm năng lượng và giảm tải cho lưới điện đô thị trong các đợt nắng nóng. Trước thách thức của biến đổi khí hậu và hiệu ứng đảo nhiệt, việc cải thiện điều kiện nhiệt ngoài trời đã trở thành mục tiêu cốt lõi để phát triển đô thị bền vững và nâng cao chất lượng sống.

Tiện nghi nhiệt ngoài trời có thể được dự đoán trong giai đoạn thiết kế, do đó, các yếu tố tĩnh như hướng, chiều cao và hình khối công trình trở thành ưu tiên hàng đầu trong quá trình thiết kế hướng đến tiện nghi nhiệt. Hướng chi phối tốc độ gió và lượng bức xạ mặt trời trực tiếp, trong khi chiều cao và hình khối quyết định diện tích vùng bóng đổ, giúp giảm nhiệt độ bức xạ trung bình tại khu vực hẻm núi. Để lượng hóa vùng không gian giữa hai khối công trình, Oke (1988) đã đề xuất khái niệm "tỷ lệ hẻm núi đô thị" (H/W - tỷ số giữa chiều cao công trình và chiều rộng mặt đường).

Đây là tham số chi phối đặc tính vi khí hậu, với hiệu năng làm mát đã được kiểm chứng rộng rãi qua các nghiên cứu thực địa và mô phỏng ở nhiều vùng khí hậu khác nhau.

Tuy nhiên, mức độ tác động của hướng, chiều cao và hình khối công trình phụ thuộc lớn vào đặc điểm khí hậu từng khu vực. Tại thời điểm thực hiện nghiên cứu này, vẫn chưa có các nghiên cứu đánh giá định lượng cụ thể về những yếu tố này trong bối cảnh vi khí hậu tại Đà Nẵng. Khác với các giải pháp linh hoạt như cây xanh hay vật liệu bề mặt, hình học của công trình mang tính cố định, khó điều chỉnh sau khi đã được xây dựng hoàn tất, nhưng lại có tiềm năng làm mát hiệu quả. Do đó, việc nghiên cứu hiệu quả giảm nhiệt của cấu trúc không gian là yêu cầu cần thiết để tối ưu hóa hình thái công trình, làm cơ sở nâng cao tiện nghi nhiệt ngoài trời cho thành phố.

2. Mục đích của nghiên cứu

Nghiên cứu nhằm thiết lập cơ sở khoa học cho thiết kế kiến trúc và tổ chức không gian thích ứng với đặc thù khí hậu Đà Nẵng, hướng tới nâng cao tiện nghi nhiệt ngoài trời và chất lượng sống. Các mục tiêu cụ thể bao gồm: (1) Phân tích tác động của các tham số hình học (chiều cao, hướng công trình) đến vi khí hậu hẻm núi đô thị; (2) Đánh giá ảnh hưởng của công trình cao tầng đến vi khí hậu khu vực lân cận; (3) Khảo sát sự biến thiên vi khí hậu qua các kịch bản tổ hợp và bố trí hình khối khác nhau; (4) Định lượng hiệu quả làm mát của các chiến lược xanh (mảng xanh tích hợp và cây xanh đô thị) trên nền hình thái hiện hữu; (5) Đề xuất giải pháp thiết kế và tổ chức không gian nhằm tối ưu hóa tiện nghi nhiệt cho hẻm phố.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu tập trung đánh giá tác động của hướng, chiều cao và hình khối công trình lên vi khí hậu ở cao độ người đi bộ. Phạm vi nghiên cứu được thiết lập trong các giới hạn cụ thể sau:

- **Không gian:** Khảo sát mô hình hẻm núi đô thị giữa hai khối công trình. Trong đó, hướng được quy định theo bốn trục đường chính, và chiều cao được xác định theo bề rộng lòng đường nhằm tuân thủ quy chế quản lý kiến trúc hiện hành.
- **Thời gian:** Khảo sát trong điều kiện khí hậu mùa nóng đặc trưng để đánh giá kịch bản bất lợi nhất trong năm.
- **Trọng tâm phân tích:** Đi sâu vào sự tương tác giữa tỷ lệ hẻm núi đô thị, hướng đường, tổ hợp hình khối và sự hiện diện của công trình cao tầng. Giải pháp cây xanh được xem xét như một biến số bổ trợ nhằm kiểm chứng hiệu năng làm mát.
- **Thông số đánh giá:** Kết luận được đúc kết từ việc đối chiếu sự biến thiên của ba chỉ số vi khí hậu cốt lõi: nhiệt độ bầu khô (Ta), nhiệt độ bức xạ trung bình (Tmrt) và nhiệt độ sinh lý tương đương (PET) giữa các kịch bản.

4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu áp dụng hệ thống bốn phương pháp chính: (1) Tổng hợp và phân tích tài liệu, (2) Khảo sát và thu thập dữ liệu, (3) Mô phỏng và xác thực vi khí hậu bằng phần mềm ENVI-met và (4) Thống kê và phân tích dữ liệu. Phương pháp tổng hợp và phân tích tài liệu giúp hệ thống hóa cơ sở lý luận, cập nhật xu hướng nghiên cứu và định vị khoảng trống khoa học. Phương pháp khảo sát và thu thập dữ liệu giúp xây dựng cơ sở dữ liệu đầu vào và xác thực độ tin cậy của mô hình tính toán. Phương pháp mô phỏng vi khí hậu bằng ENVI-met giúp định lượng sự biến thiên vi khí hậu dưới tác động của các thông số hình học. Bước này trích xuất ba biến số nhiệt cốt lõi: nhiệt độ bầu khô (Ta), nhiệt độ bức xạ trung bình (Tmrt) và nhiệt độ sinh lý tương đương (PET). Cuối cùng, phương pháp thống kê và phân tích dữ liệu được áp đụng để xử lý chuỗi kết quả mô phỏng nhằm nhận diện các quy luật đặc trưng, tạo tiền đề vững chắc để đề xuất các giải pháp thiết kế tối ưu hóa tiện nghi nhiệt.

5. Ý nghĩa khoa học của đề tài

Nghiên cứu này góp phần làm rõ hiệu quả của chiến lược thay đổi hình học đô thị đối với điều kiện tiện nghi nhiệt ngoài trời tại thành phố Đà Nẵng. Là cơ sở cho các nghiên cứu chuyên sâu tiếp theo, với việc tích hợp thêm các chiến lược thụ động khác như sử dụng cây xanh, vật liệu bề mặt hoặc khối nước. Ngoài ra, khuyến nghị rút ra từ nghiên cứu này có thể được sử dụng như nguồn tham khảo cho các kiến trúc sư và nhà thiết kế đô thị trong việc cân nhắc những yếu tố hình thái quan trọng ảnh hưởng đến tiện nghi nhiệt ngoài trời trong điều kiện khí hậu của thành phố này.

7. Đóng góp mới của luận án

Từ các kết quả phân tích trong luận án, nghiên cứu đưa ra một số đóng góp về học thuật, cách tiếp cận và ứng dụng như sau. Tối ưu hóa chiều cao (tỷ lệ hẻm núi) và hướng công trình đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời tại Đà Nẵng. Tỷ lệ H/W = 2,5 (tỷ lệ cao nhất có thể ở những tuyến đường khu vực) mang lại hiệu quả cải thiện tiện nghi nhiệt tốt nhất. Ngoài ra, ngưỡng H/W = 2,0 có thể được coi là ngưỡng tối thiểu cần đạt được, mốc tỷ lệ thấp dưới mức này gây ra bất lợi lớn cho vùng tiện nghi nhiệt ngoài trời. Riêng hướng Đông-Tây, gia tăng tỷ lệ lên 4,0 vẫn không đủ để công trình tạo bóng che chắn hoàn toàn mặt đường. Hướng Bắc-Nam được xác định là hướng thuận lợi cho điều kiện tiện nghi nhiệt ngoài trời, trong khi hướng Đông-Tây là hướng bất lợi nhất, cần sự hỗ trợ bổ sung từ các chiến lược thụ động khác. Công trình cao tầng, mặc dù hạn chế lưu thông gió, nhưng lại có khả năng che chắn bức xạ mặt trời, giúp giảm nhiệt độ không khí và cải thiện vùng PET nóng trong các hẻm núi lân cận. Về hình khối công trình, việc áp dụng mô hình xây dựng thấp tầng dàn trải trên toàn bộ diện tích khu đất bộc lộ nhiều điểm hạn chế. Mô hình này được coi là bất lợi nhất cho tiện nghi nhiệt ngoài trời, khi không thể tạo vùng bóng đổ đủ lớn để che mát cho mặt đường, lại lấn chiếm đáng kể quỹ đất vốn có thể dành cho thảm thực vật. Thay vì trải đều trên diện tích khu đất, việc bố trí công trình sát ra biên, với chiều cao H/W lớn hơn 2, được coi là một chiến

lược hiệu quả khi công trình có thể cung cấp bóng đổ đủ rộng để che chắn bề mặt đường phố và giải phóng được bề mặt nền tầng trệt để phát triển các mảng xanh cảnh quan. Đối với các khu vực có hình thái không gian cố định, việc gia tăng cây xanh dọc theo vỉa hè là phương pháp can thiệp mang lại hiệu quả giảm nhiệt rõ rệt nhất.

8. Cấu trúc luận án

Luận án bao gồm ba nội dung chính. *Chương 1*: Tổng quan tình hình nghiên cứu về tiện nghi nhiệt ngoài trời. *Chương 2*: Cơ sở khoa học và phương pháp luận nghiên cứu. *Chương 3*: Kết quả nghiên cứu và định hướng thiết kế thích ứng khí hậu.

9. Các khái niệm và thuật ngữ sử dụng trong luận án

Thuật ngữ: Nhiệt độ sinh lý tương đương (PET), Tỷ lệ hẻm núi đô thị (H/W), Tiện nghi nhiệt ngoài trời (OTC-Outdoor Thermal Comfort), Nhiệt độ bức xạ trung bình (Tmrt-Mean Radiant Temperature), Nhiệt độ bầu khô (Ta-Dry Bulb Temperature).

PHẦN NỘI DUNG

Chương 1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VỀ TIỆN NGHI NHIỆT NGOÀI TRỜI VÀ CÁC YẾU TỐ TÁC ĐỘNG

1.1. Những nghiên cứu về tiện nghi nhiệt ngoài trời trên thế giới

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu phức tạp và đảo nhiệt đô thị gia tăng, việc đảm bảo không gian ngoài trời dễ chịu trở thành vấn đề cần thiết trong các đô thị. Để đáp ứng yêu cầu này, nhiều chiến lược cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời đã được đề xuất và áp dụng. Trong số những chiến lược này, bốn chiến lược thụ động được đánh giá là có hiệu quả và đã được ứng dụng phổ biến bao gồm: (1) thay đổi hình học đô thị, (2) tích hợp cây xanh, (3) áp dụng vật liệu phản xạ và (4) sử dụng mặt nước. Mỗi chiến lược tác động đến môi trường vi khí hậu theo cơ chế riêng, tạo ra hiệu quả làm mát cụ thể trong từng bối cảnh đô thị.

Thay đổi hình học đô thị là chiến lược giúp cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời nhờ vào khả năng che chắn bức xạ mặt trời và điều tiết dòng không khí của các công trình xây dựng. Trong không gian đô thị, những công trình này thường đa dạng về hình dạng và kích thước, từ đó góp phần hình thành nên các hình học đô thị khác nhau. Để nghiên cứu về môi trường nhiệt, hình học đô thị của một khu vực được mô tả và định lượng thông qua các thông số như tỷ lệ hẻm núi đô thị (H/W) và hướng, hoặc hệ số tầm nhìn bầu trời (SVF). Tỷ lệ H/W mô tả mặt cắt ngang của một con phố, được xác định bởi tỷ lệ giữa chiều cao công trình (H) và chiều rộng đường phố (W). Tỷ lệ này quy định độ thông thoáng và khả năng tiếp nhận bức xạ mặt trời và gió của một hẻm núi. Hệ số tầm nhìn bầu trời (SVF) cũng là một chỉ số phản ánh độ mở của một không gian trong đô thị. Chỉ số này thể hiện mức độ nhìn thấy bầu trời tại một điểm quan sát cố định, không có đơn vị và dao động từ 0 đến 1. Những khu vực có SVF thấp cho thấy mức độ cản trở tầm nhìn đến bầu trời cao và ngược lại.

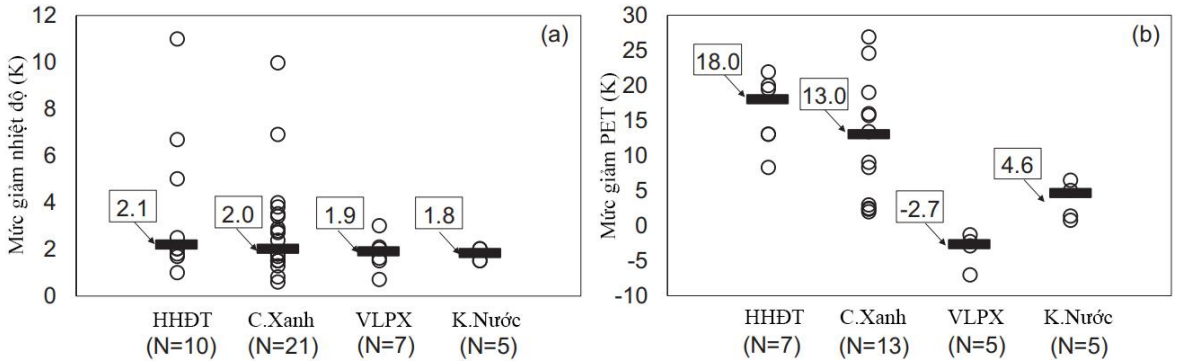
Sử dụng cây xanh cũng là một giải chiến lược quả nhằm giảm nhiệt độ và cải thiện điều kiện vi khí hậu. Cây xanh giúp giảm nhiệt độ không khí thông qua các cơ chế tạo bóng râm, thoát hơi nước và hấp thụ năng lượng mặt trời. Cơ chế tạo bóng râm giúp giảm đáng kể bức xạ sóng ngắn xuống bề mặt bên dưới tán cây, giúp giữ nhiệt độ các bề mặt này thấp hơn đáng kể so với khu vực không có bóng cây.

Sử dụng vật liệu phản xạ là chiến lược giúp giảm nhiệt độ bề mặt nhờ vào khả năng phản xạ lại năng lượng mặt trời. Các vật liệu này có đặc tính phản xạ các bức xạ trên toàn bộ quang phổ mặt trời, đặc biệt là các bước sóng khả kiến và hồng ngoại (nhiệt), thay vì hấp thụ năng lượng này như các vật liệu truyền thống. Cơ chế này giúp giảm lượng nhiệt tích tụ và nhiệt độ bề mặt của các vật liệu này. So với vật liệu truyền thống, vốn chỉ phản xạ 5-15% năng lượng mặt trời, vật liệu phản xạ cho hiệu suất cao hơn, với khả năng phản xạ lại năng lượng tới 65%.

Chiến lược cuối cùng, sử dụng mặt nước, là chiến lược làm mát nhiệt độ không khí nhờ vào dung lượng nhiệt cao và sự bay hơi. Các khối nước tự nhiên như hồ,

sông và ao có khả năng hấp thụ một lượng bức xạ mặt trời lớn hơn so với các vật liệu xây dựng thông thường như bê tông hay nhựa đường mà không làm tăng đáng kể nhiệt độ của chúng. Đặc tính này giúp các thể nước hấp thụ nhiệt và làm giảm nhiệt độ môi trường xung quanh.

Hiện nay, bốn chiến lược cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời nêu trên đều đã được thực hiện trên nhiều nghiên cứu ở nhiều vùng khí hậu khác nhau. Mặc dù các chiến lược này đều có khả năng làm giảm nhiệt độ không khí và cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời; tuy nhiên, hiệu quả của mỗi chiến lược trên thực tế lại phụ thuộc vào nhiều điều kiện khác nhau, dẫn đến các kết quả không thống nhất. Nhằm tổng hợp và phân tích hiệu quả tương đối giữa các chiến lược, Lai và cộng sự (2019) đã thực hiện một nghiên cứu so sánh hiệu quả giảm nhiệt của bốn chiến lược này. Kết quả tổng hợp mức giảm của nhiệt độ không khí và chỉ số PET đối với từng chiến lược được trình bày trong Hình 1.1.



Hình 1.1: Mức giảm trung bình của (a) nhiệt độ không khí và (b) PET của bốn chiến lược: hình học đô thị, cây xanh, bề mặt phản xạ và mặt nước. (Nguồn: Lai và cộng sự, 2019)

Kết quả của nghiên cứu chỉ ra rằng, trong bốn chiến lược cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời phổ biến hiện nay, thay đổi hình học đô thị mang lại hiểu quả toàn diện nhất, với khả năng giảm nhiệt độ không khí và PET ổn định ở mức cao. Sử dụng cây xanh cũng mang lại hiệu quả giảm nhiệt rõ rệt, đặc biệt ở các loại cây có tán rộng và khi được kết hợp chung với những hẻm núi có tỷ lệ phù hợp. Mảng xanh tầng thấp như thảm cỏ không mang lại nhiều hiệu quả giảm nhiệt cho vùng không gian phía

trên của chúng khi không thể che chắn bức xạ trực tiếp từ mặt trời. Tương tự, mặt nước, mặc dù có tác dụng giảm nhiệt nhất định, nhưng cũng có hiệu quả giảm nhiệt tương đối thấp khi không che chắn khu vực khỏi bức xạ mặt trời. Đáng chú ý, sử dụng vật liệu phản xạ lại có kết quả ngược lại, làm gia tăng giá trị PET ở môi trường xung quanh thay vì giảm. Do đặc tính phản xạ bức xạ mặt trời, các vật liệu này làm tăng nhiệt độ bức xạ trung bình và gây suy giảm đáng kể điều kiện tiện nghi nhiệt trong không gian đô thị.

1.2. Những nghiên cứu về tiện nghi nhiệt ngoài trời tại Việt Nam

Nghiên cứu về tiện nghi nhiệt ngoài trời là mảng nghiên cứu tương đối mới, chỉ mới bắt đầu vài thập kỷ gần đây nhờ vào tiến bộ trong vật lý truyền nhiệt và công nghệ tính toán máy tính. Do đó, ấn phẩm về nghiên cứu tiện nghi nhiệt ngoài trời mới chỉ thực sự bùng nổ trong những năm gần đây. Tại Việt Nam, mặc dù đã có nhiều báo cáo về gia tăng nhiệt ở các thành phố lớn, những ấn phẩm nghiên cứu về các chiến lược cải thiện vẫn còn hạn chế. Nhằm định lượng những ấn phẩm này, Fong và cộng sự (2019) đã có một nghiên cứu tổng hợp, báo cáo về tình hình nghiên cứu về tiện nghi nhiệt ngoài trời hiện tại ở các nước trong khu vực Đông Nam Á, bao gồm cả Việt Nam. Theo kết quả tổng hợp của Fong và cộng sự (2019), hầu hết các nghiên cứu đều tập trung tại Malaysia (10 nghiên cứu) và Singapore (6 nghiên cứu). Những quốc gia khác có ít hơn ba nghiên cứu gồm Indonesia (3), Việt Nam (1) và Thái Lan (1); các quốc gia còn lại không có nghiên cứu nào. Nghiên cứu của Fong và cộng sự đã làm rõ sự chênh lệch đáng kể trong số lượng các nghiên cứu về tiện nghi nhiệt ngoài trời giữa các quốc gia Đông Nam Á. Các quốc gia có nền kinh tế trên mức khá như Malaysia và cao như Singapore ghi nhận số lượng nghiên cứu vượt trội, trong khi những quốc gia đang phát triển, bao gồm Việt Nam, lại có rất ít công bố học thuật trong lĩnh vực này. Đặc biệt, nghiên cứu cũng cho thấy khoảng trống nghiên cứu cũng như sự thiếu hụt nghiên cứu tại các đô thị đang phát triển của Việt

Nam, nơi có nhiều thành phố ven biển như Đà Nẵng đang chịu ảnh hưởng ngày càng rõ rệt của các vấn đề vi khí hậu đô thị.

1.3. Khoảng trống nghiên cứu và định hướng giải quyết

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về tiện nghi nhiệt ngoài trời vẫn còn tương đối hạn chế, đặc biệt khi so sánh với các quốc gia trong khu vực Đông Nam Á như Malaysia và Singapore. Đây là một khoảng trống nghiên cứu lớn, nhất là trong bối cảnh các đô thị lớn như Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh và Đà Nẵng đang chịu tác động mạnh mẽ của tình trạng biến đổi khí hậu và hiện tượng đảo nhiệt đô thị. Mặc dù đã có nhiều báo cáo về gia tăng nhiệt độ do đảo nhiệt đô thị và biến đổi khí hậu tại các thành phố này, nhưng các nghiên cứu nhằm cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời vẫn còn nhiều giới hạn. Việc thiếu hụt các nghiên cứu thực tiễn về cải thiện môi trường nhiệt ngoài trời khiến việc đưa ra các giải pháp thích hợp để đối phó với biến đổi khí hậu gặp khó khăn.

Riêng tại Đà Nẵng, dù đã có nhiều nghiên cứu báo cáo về tình trạng căng thẳng nhiệt và đảo nhiệt đô thị, nhưng số lượng các ấn phẩm nghiên cứu tập trung vào cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời tại đây vẫn còn rất hạn chế. Những phân tích định lượng có hệ thống giữa tỷ lệ hẻm núi, hướng đường phố, công trình cao tầng và hình khối công trình vẫn còn thiếu hụt. Đà Nẵng đang trong quá trình phát triển và phấn đấu trở thành một thành phố đáng sống, do đó, việc cải thiện môi trường sống và tiện nghi nhiệt ngoài trời là vấn đề cấp thiết. Trong bối cảnh là một thành phố đang phát triển và phải đối mặt với nhiều thách thức liên quan đến biến đổi khí hậu cũng như hiện tượng đảo nhiệt đô thị, những nghiên cứu chuyên sâu và thực tiễn về cải thiện môi trường nhiệt là cần thiết để đưa ra các cơ sở khoa học cho các giải pháp ứng phó hiệu quả hơn với biến động khí hậu đang trở nên phức tạp.

Chương 2. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở thực tiễn

Thành phố Đà Nẵng, nằm tại khu vực Trung Trung Bộ Việt Nam, có tọa độ từ 15°55’19” đến 16°13’20”B và từ 107°49’11” đến 108°20’20”Đ, là một thành phố cảng quan trọng và được xếp hạng là một trong ba đô thị lớn nhất cả nước. Khí hậu thành phố thuộc kiểu nhiệt đới gió mùa, chia thành hai mùa rõ rệt: mùa mưa (tháng 9 đến tháng 3) và mùa khô (tháng 4 đến tháng 8). Trong những năm gần đây, thành phố đã trải qua quá trình đô thị hóa nhanh chóng. Quá trình mở rộng của các khu đô thị mới đã làm thay đổi đáng kể diện tích sử dụng đất của thành phố. Cùng với đó, dân số thành phố cũng được ghi nhận gia tăng rõ rệt, từ 568.000 người năm 2000 lên 1.125.000 người vào năm 2020, và dự kiến sẽ đạt mốc 2 triệu người vào năm 2030. Sự bùng nổ dân số dẫn đến nhu cầu ngày càng tăng về nhà ở và cơ sở hạ tầng, và do đó làm gia tăng đáng kể hiện tượng đảo nhiệt đô thị (UHI) tại thành phố. Theo nghiên cứu của Linh (2015), đảo nhiệt đô thị đã làm nhiệt độ tại các khu vực dày đặc của Đà Nẵng ấm hơn từ 4^{o}C đến 6^{o}C so với các vùng xung quanh. Ngoài ra, là một thành phố ven biển miền Trung, Đà Nẵng còn chịu tác động nghiêm trọng của biến đổi khí hậu (BĐKH). Dưới tác động của biến đổi khí hậu, số ngày và đêm nóng tại thành phố gia tăng, mùa nóng kéo dài hơn và các đợt nắng nóng xuất hiện thường xuyên hơn. Người dân Đà Nẵng sẽ có nguy cơ căng thẳng nhiệt nếu không có các chiến lược cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời.

Trong bối cảnh gia tăng nhiệt độ do đô thị hóa và biến đổi khí hậu, việc tích hợp cây xanh và tối ưu hóa hình học đô thị được coi là hai chiến lược tiên quyết để cải thiện tiện nghi nhiệt ngoài trời. Mặc dù vai trò của thảm thực vật trong việc giảm nhiệt độ không khí là không thể phủ nhận, thực tiễn quy hoạch tại các đô thị Việt Nam, điển hình là Đà Nẵng, sự phát triển của hình học đô thị với công trình “nhà ống” dạng thấp tầng và với mật độ xây dựng cao đã tạo ra áp lực lên vi khí hậu trong đô thị, buộc diện tích cây xanh phải nhường chỗ cho bê tông hóa. Cụ thể, diện mạo

đô thị hiện nay đang bị chi phối bởi công trình nhà phố liên kế với mật độ xây dựng rất cao, chiếm diện tích rất lớn trong tổng diện tích đất dân dụng (Hình 2.1). Khi diện tích dành cho cây xanh bị thu hẹp do ưu tiên các khối nhà thấp tầng san sát với mật độ xây dựng cao, khả năng hấp thụ bức xạ mặt trời của bề mặt đô thị tăng lên đáng kể, làm trầm trọng thêm hiện tượng đảo nhiệt đô thị và gây ra sự khó chịu nhiệt kéo dài cho người dân thành thị.

Hình 2.1: Sự chênh lệch về tỷ lệ chiếm dụng đất giữa kiến trúc nhà ống mật độ cao và các công trình có mật độ thấp trong cấu trúc đô thị hiện hữu, ví dụ tại phường An Hải, quận Sơn Trà, Đà Nẵng. (Nguồn: Google Earth)

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng bốn phương pháp nghiên cứu chính bao gồm: phương pháp tổng hợp - phân tích tài liệu; phương pháp khảo sát - thu thập dữ liệu; phương pháp mô phỏng - xác thực mô phỏng vi khí hậu bằng ENVI-met và phương pháp thống kê - phân tích dữ liệu. Trong các phương pháp nghiên cứu đã nêu, phương pháp mô phỏng giữ vai trò chủ đạo, là công cụ chính để tính toán ra kết quả, làm cơ sở cho việc đúc kết các kết luận trong nghiên cứu này. Để mô phỏng thực trạng, công cụ mô phỏng được sử dụng là mô hình ENVI-met, một chương trình mô phỏng và tính toán các giá trị vi khí hậu ngoài trời. Các kịch bản này được phân thành bốn nhóm biến số chính. Nhóm đầu tiên bao gồm 20 kịch bản tập trung khảo sát hình thái hẻm núi đô thị, với sự biến thiên của tỷ lệ H/W (từ 0,5 đến 2,5) trên bốn hướng tuyến phố, nhằm đánh giá sự thay đổi tiện nghi nhiệt theo cấu trúc hình học của hẻm núi.

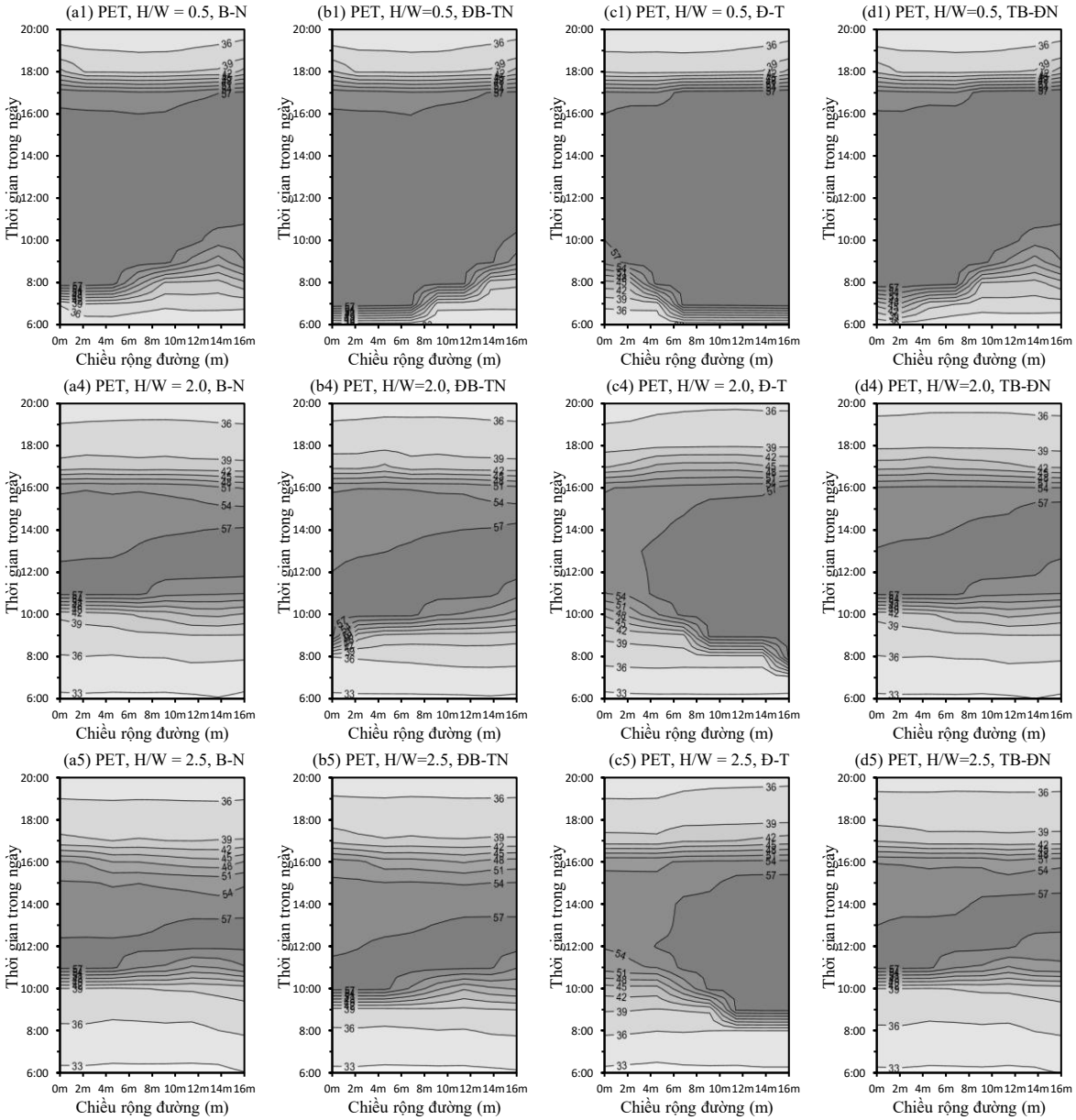
Nhóm thứ hai (4 kịch bản) xem xét tác động của các dãy nhà cao tầng liền kề lên vùng tiện nghi nhiệt trong những hẻm phố lân cận. Nhóm thứ ba (3 kịch bản) đi sâu vào bài toán tổ chức không gian thông qua việc đối chiếu ba hình thái kiến trúc đặc trưng. Cụ thể, các biến số được đưa ra so sánh bao gồm: mô hình phát triển dàn trải (thấp tầng, mật độ cao phủ kín bề mặt); mô hình khối biên (công trình chạy dọc theo chu vi khu đất với mật độ xây dựng thấp) và mô hình tập trung (công trình cao tầng dạng tháp nén tại lõi khu đất). Cuối cùng, nhóm 4 kịch bản can thiệp vào hệ thống cây xanh được áp dụng trên nền hiện trạng giữ nguyên hình khối công trình, bao gồm các giải pháp: mặt đứng xanh, mái xanh, gia tăng cây xanh và giải pháp tích hợp.

Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐỊNH HƯỚNG THIẾT KẾ THÍCH ỨNG KHÍ HẬU

3.1. Tác động của tỷ lệ hẻm núi đô thị

Tỷ lệ hình học của hẻm phố ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian và cường độ bức xạ mặt trời tác động lên bề mặt đường, qua đó chi phối tham số nhiệt độ sinh lý tương đương (PET) trong hẻm núi. Hình 3.1 mô tả sự phân bố của vùng PET ở bốn hướng đường phố, ứng với ba kịch bản tỷ lệ hẻm núi (0,5; 2 và 2,5). Việc gia tăng tỷ lệ hẻm núi đóng vai trò là giải pháp can thiệp thụ động hiệu quả, giúp giảm đồng bộ của các vùng PET nóng trên tất cả các hướng đường phố. Hiệu quả làm mát đạt mức tối ưu tại tỷ lệ hẻm núi lớn nhất (H/W = 2,5), nơi khả năng che chắn bức xạ được phát huy tối đa. Việc nén không gian đô thị thông qua tăng tỷ lệ H/W có thể được coi là một chiến lượt hiệu quả giúp kiểm soát vùng PET nóng trong các hẻm núi. Dữ liệu chênh lệch tuyệt đối (Δ) giữa hai cực của phổ tỷ lệ hẻm núi (0,5 và 2,5) còn cho thấy khả năng giảm vùng PET rất nóng ở những tỷ lệ hẻm núi lớn. Khi xét các mức tỷ lệ hẻm núi trung gian, diện tích vùng PET cao có xu hướng giảm dần tỷ lệ thuận với mức tăng của tỷ lệ hẻm núi. Khi tỷ lệ hẻm núi được nâng dần qua các mốc 1, 1,5 và 2, tần suất xuất hiện vùng PET > 54^{o}C giảm đồng đều ở tất cả các hướng phố, với giá trị trung bình ghi nhận lần lượt là 54,4%, 49% và 39,6%. Mặc dù vậy, tại khoảng

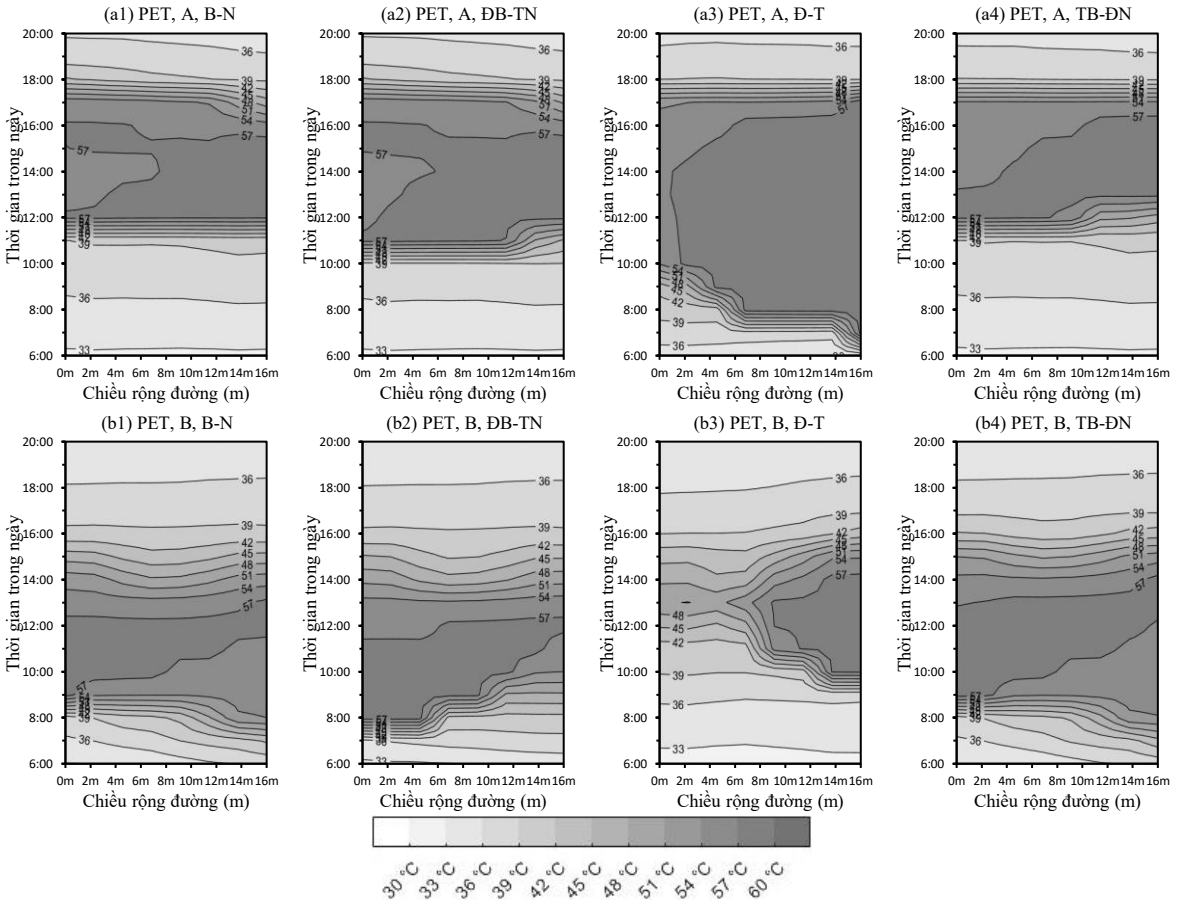
tăng từ 2 lên 2,5, khả năng giảm vùng PET nóng giảm đột ngột và trở nên không đáng kể. Ngưỡng tỷ lệ H/W = 2 do đó có thể được coi là là ngưỡng bão hòa kỹ thuật, mà tại đó khả năng che bóng của công trình đã tiệm cận mức bão hòa. Việc tiếp tục gia tăng chiều cao công trình lên mức H/W = 2,5 không còn mang lại lợi ích tương xứng về mặt tiện nghi nhiệt.



Hình 3.1: Biến thiên của PET theo thời gian và không gian ở năm tỷ lệ hẻm núi theo bốn hướng đường phố: (a) hướng Bắc-Nam, (b) hướng Đông Bắc-Tây Nam, (c) hướng Đông-Tây và (d) hướng Tây Bắc-Đông Nam.

3.2. Tác động của công trình cao tầng

Việc gia tăng chiều cao công trình góp phần mở rộng vùng bóng đổ, từ đó làm giảm lượng bức xạ mặt trời tiếp nhận tại bề mặt và hạn chế sự gia tăng PET. Tại các đường phố theo hướng Bắc-Nam ở Đà Nẵng, vào mùa hè, công trình cao tầng có thể tạo vùng che chắn đáng kể vào buổi sáng và chiều, nhưng khả năng này giảm rõ rệt vào khoảng 12:00 trưa, thời điểm mặt trời gần như ở đỉnh thiên đỉnh. Ở các trục đường theo hướng Đông-Tây, hiện tượng bất đối xứng về bóng đổ giữa hai phía hẻm núi diễn ra rõ rệt: phía bắc hoàn toàn tiếp xúc với bức xạ trực tiếp trong gần như toàn bộ thời gian ban ngày, trong khi phía nam được bảo vệ tốt hơn, ngay cả khi mặt trời ở vị trí cao nhất. Kết quả phân bố nhiệt độ sinh lý tương đương (PET) theo thời gian và không gian của ba loại hẻm núi được minh họa trong Hình 3.2.

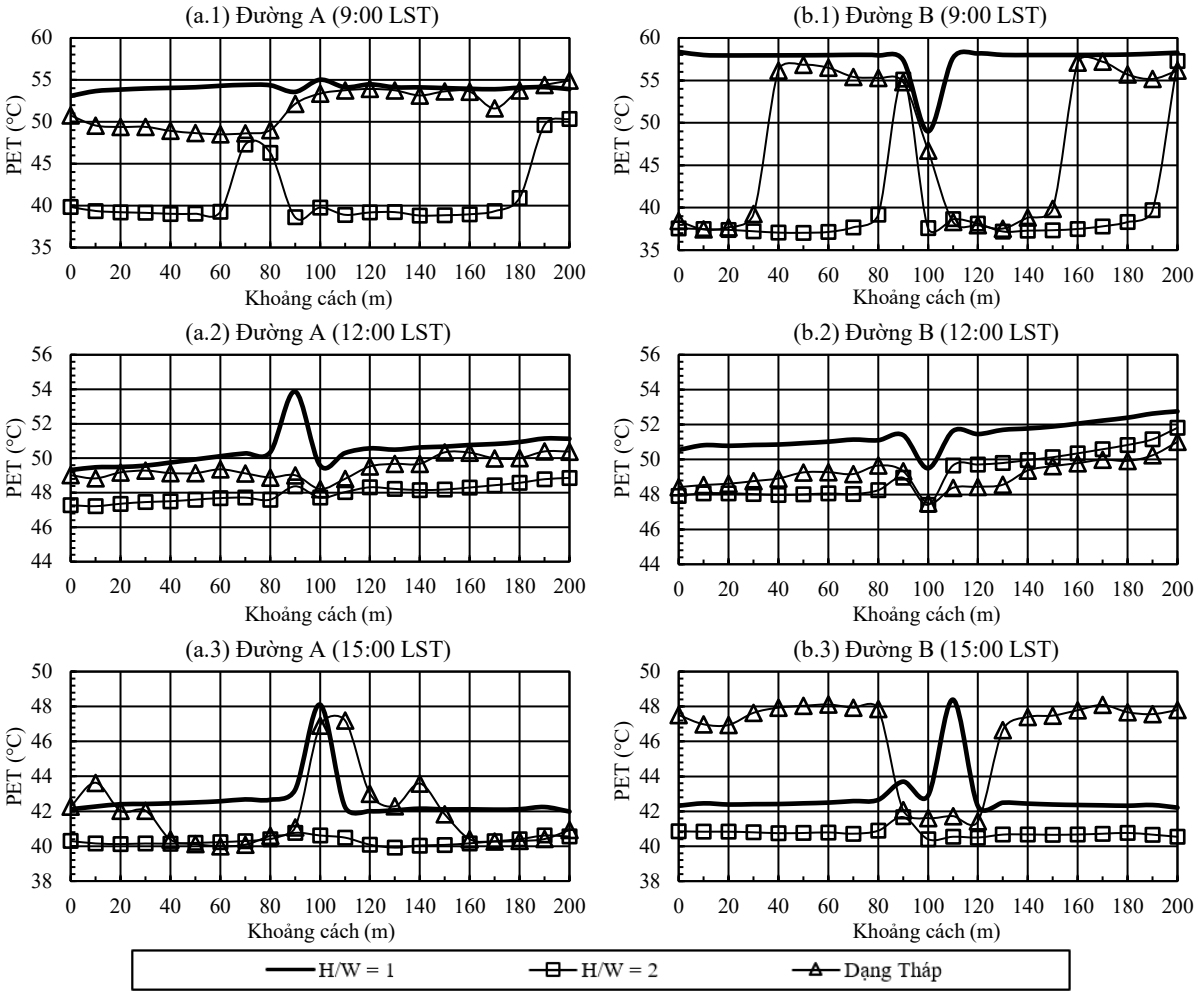


Hình 3.2: Biến thiên theo không gian và thời gian của PET ở (a) mặt đường A và (b) mặt đường B ở bốn hướng đường phố.

Ở mô hình hẻm A, hiệu ứng bóng đổ từ các tòa nhà cao tầng vào buổi sáng giúp duy trì một nền nhiệt PET tương đối ổn định. Tuy nhiên, lợi thế này không còn được duy trì rõ rệt khi bước sang buổi chiều. Ngược lại, ở ba hẻm núi B, nơi các công trình cao tầng che chắn bức xạ vào buổi chiều, vùng PET nóng trong thời gian này cũng được cải thiện rõ rệt. Ở hướng Đông-Tây, sự khác biệt về vùng PET nóng giữa hẻm núi A và hẻm núi B rất đáng kể. Tại hẻm núi A, nơi công trình cao tầng được bố trí ở phía nam, hiệu quả che chắn bức xạ của công trình hầu như rất hạn chế. Nguyên nhân chủ yếu do việc bố trí công trình cao tầng ở phía nam không giúp che chắn được bề mặt đường ở phía bắc trong hầu hết thời gian trong ngày. Ngược lại, ở hẻm núi B, bóng đổ từ công trình cao tầng ở phía bắc che chắn hiệu quả mặt đường phía nam suốt ngày, qua đó hạn chế tích tụ nhiệt và giúp vùng PET nóng giảm mạnh.

3.3. Tác động của hình khối công trình

Cách bố trí hình khối của công trình cũng đóng vai trò quan trọng, ảnh hưởng đến điều kiện tiện nghi nhiệt ngoài trời trong các hẻm núi. Mô hình công trình thấp tầng trải đều trên toàn bộ khu đất được coi là bất lợi nhất cho tiện nghi nhiệt ngoài trời (Hình 3.3). Bóng đổ của công trình ở khu vực này không đủ để che chắn bề mặt đường, cùng với đó là sự thiếu hụt diện tích đất tự nhiên cho cây xanh, làm gia tăng đáng kể nhiệt độ không khí ở khu vực này. Khi chuyển dịch mô hình sang dạng nén hình tháp, diện tích đất cho cây xanh được gia tăng thêm, từ đó giúp kịch bản này cải thiện đáng kể nhiệt độ không khí so với mô hình thấp tầng trải đều. Mặc dù vậy, do cấu trúc hình học dạng mở, nhiệt độ bức xạ trung bình ở công trình dạng tháp không thể duy trì vùng bóng đổ ổn định, khiến biên độ dao động nhiệt độ bức xạ xảy ra lớn hơn. Trái ngược với hai kịch bản trên, kịch bản công trình bao quanh với H/W = 2 tạo ra các hẻm núi với nhiệt độ không khí và nhiệt độ bức xạ trung bình thấp và ổn định hơn trong hầu hết thời gian trong ngày. Kịch bản H/W = 2 cũng là kịch bản tối ưu nhất cho tiện nghi nhiệt ngoài trời khi giá trị PET trong kịch bản này luôn ở mức thấp nhất trong ba kịch bản nghiên cứu.

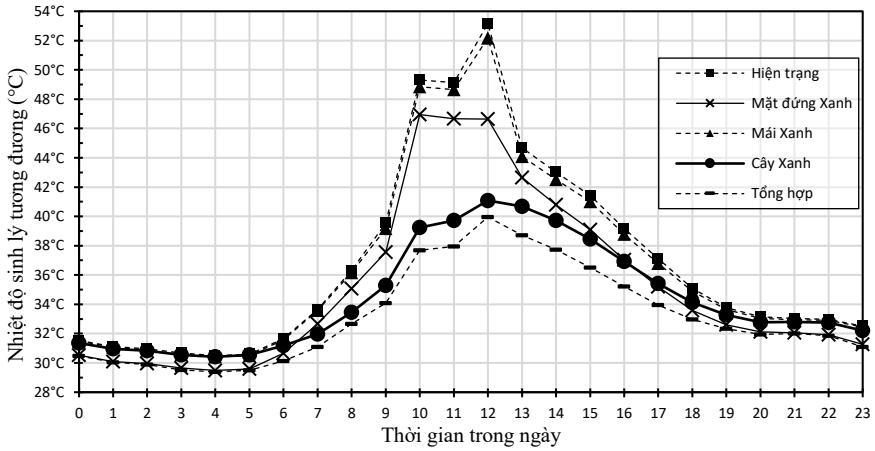


Hình 3.3: Phân bố PET của ba kịch bản ở các mốc thời gian 9:00; 12:00 và 15:00 LST dọc theo (a) Đường A và (b) Đường B.

3.4. Tác động của cây xanh trên nền đô thị hiện hữu

Kịch bản cuối cùng lấy bối cảnh thực tế tại một khu dân cư thấp tầng đặc trưng, nhằm khảo sát hiệu quả của chiến lược thay đổi mảng xanh trên nền tảng cấu trúc đô thị hiện hữu. Việc gia tăng cây xanh vỉa hè được coi là chiến lược hiệu quả giúp giảm giá trị PET nóng vào ban ngày nhờ vào khả năng tạo bóng râm của cây xanh (Hình 3.4). Trong khi đó, mặt đứng xanh lại phát huy tác dụng tối đa vào ban đêm khi đóng vai trò như một lớp vỏ cách nhiệt, ngăn các bức tường tích tụ nhiệt vào ban ngày và xả bức xạ sóng dài ngược ra môi trường, giúp không gian hạ nhiệt nhanh chóng sau khi tắt nắng. Ngược lại, mái xanh được coi là chiến lược ít hiệu quả nhất đối với cảm giác nhiệt ở cao độ của người đi bộ, gần như không làm thay đổi biến thiên nhiệt độ

so với kịch bản hiện trạng do hoàn toàn thiếu đi khả năng che chắn cho các bề mặt mặt đất.



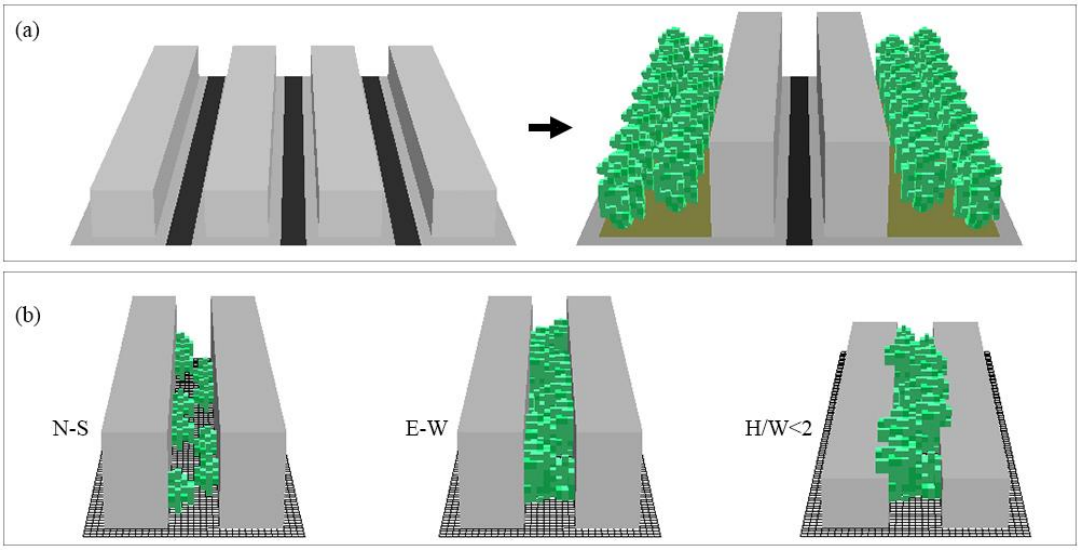
Hình 3.4: Biến thiên của nhiệt độ sinh lý tương đương (PET) trong ngày của năm kịch bản: Cây xanh hiện trạng, sử dụng mặt đứng xanh, sử dụng mái xanh, gia tăng cây xanh và kịch bản tổng hợp.

3.5. Định hướng thiết kế thích ứng khí hậu cho các hẻm phố Đà Nẵng

3.5.1. Định hướng theo hướng đường phố và tỷ lệ hẻm núi đô thị

Việc ứng dụng thực tế tỷ lệ hẻm núi có thể được coi là một phương pháp tiếp cận không gian, cho phép hạ thấp mật độ xây dựng và hoàn trả lại không gian xanh tự nhiên cho đô thị. Trái ngược với mô hình phát triển đô thị dàn trải thấp tầng vốn tiêu tốn nhiều tài nguyên đất, chiến lược nén không gian theo chiều đứng thông qua việc hợp khối công trình giúp giải phóng đáng kể quỹ đất bề mặt cho thảm thực vật. Bên cạnh đó, khi các khối công trình cao tầng được quy hoạch dựa trên tỷ lệ H/W tối ưu, chúng sẽ thiết lập một cơ chế che chắn thụ động tương hỗ lẫn nhau. Cơ chế này trực tiếp ngăn chặn bức xạ mặt trời tiếp cận các bề mặt có dung lượng nhiệt lớn như mặt đường nhựa và vỉa hè, từ đó hạn chế tối đa thời gian phơi nhiễm và mức độ tích tụ nhiệt trong những khung giờ cao điểm. Hiệu quả che chắn và tạo bóng đổ của công trình phụ thuộc vào hướng và tỷ lệ của hẻm núi trong hẻm phố. Đây được coi là hai thông số hình học đô thị có ảnh hưởng lớn đến sự biến thiên của môi trường nhiệt ngoài trời trong điều kiện khí hậu tại Đà Nẵng. Tại những trục đường cho phép bóng

đổ luân phiên trên bề mặt vào ban ngày, tỷ lệ H/W = 2 được coi là ngưỡng tối thiểu nhằm đảm bảo tiện nghi nhiệt ngoài trời. Các mốc tỷ lệ thấp hơn mức này đều gây bất lợi cho điều kiện tiện nghi nhiệt ngoài trời.



Hình 3.5: Định hướng thiết kế theo tỷ lệ hẻm núi đô thị: (a) Giảm cấu hình nhà ở dàn trải với tỷ lệ hẻm núi thấp và mật độ xây dựng cao, thay thế bằng công trình với tỷ lệ tối ưu giúp giải phóng quỹ đất sử dụng cho cây xanh; (b) Hẻm núi tỷ lệ H/W ≥ 2 được coi là tối ưu; trong khi đó, hướng đường phố Đông - Tây và các tỷ lệ thấp hơn cần duy trì mật độ cây xanh cao để đảm bảo che chắn khỏi bức xạ trực tiếp từ mặt trời.

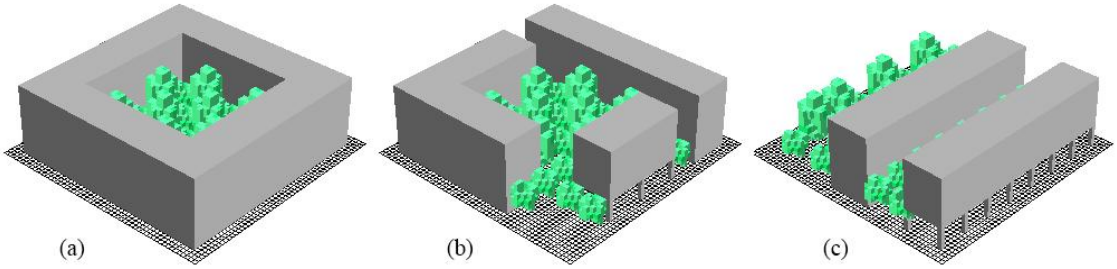
3.5.2. Định hướng thiết kế khối công trình cao tầng kéo dài

Trong bối cảnh khí hậu tại Đà Nẵng, vùng bóng đổ đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện điều kiện tiện nghi nhiệt. Công trình càng cao, độ phủ bóng đổ càng rộng, từ đó mở rộng bán kính của vùng tiện nghi nhiệt tối ưu xung quanh. Mặc dù vậy, một nghịch lý thiết kế cần quan tâm là: trong khi hiệu năng cải thiện PET bị giới hạn trong ranh giới của vệt bóng đổ, thì tác động cản trở dòng khí lưu thông của công trình cao tầng lại có phạm vi ảnh hưởng rộng lớn hơn nhiều. Do đó, trong các kịch bản công trình cao tầng phát triển tuyến tính liên tục, gia tăng độ rỗng hình khối hoặc phân mảnh mặt đứng là yêu cầu thiết kế cần thiết. Ở trường hợp này, hiệu chỉnh hình thái kiến trúc dạng mô hình 'khối đế - tháp' cho hiệu quả vi khí hậu tối ưu hơn. Việc thiết lập khối đế tương ứng với ngưỡng H/W ≥ 2 kết hợp với giải pháp ngắt nhịp các khối tháp bên trên sẽ tạo hành lang cho thông gió tự nhiên thâm nhập sâu

vào đất liền. Thiết kế này mang ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với các trục đường hướng Bắc-Nam tiếp giáp mặt biển. Sự kết hợp giữa khối đế và dãy công trình đối diện duy trì được tỷ lệ không gian hẻm phố tối ưu (H/W ≥ 2), vừa đảm bảo chất lượng môi trường nhiệt trong hẻm núi, vừa ngăn chặn hiện tượng 'bức tường chắn gió' đối với luồng gió biển thổi vào đất liền.

3.5.3. Định hướng thiết kế khối công trình

Trong không gian đô thị, mô hình phát triển dàn trải với tỷ lệ che phủ bề mặt cao đang triệt tiêu đáng kể quỹ đất dành cho hệ thống hạ tầng cây xanh. Nhằm ứng phó với thực trạng này, việc can thiệp vào hình khối công trình thông qua chiến lược nén không gian theo chiều đứng được xem là một giải pháp tiếp cận hiệu quả. Đồng thời, việc tính toán quỹ đạo bóng đổ nhằm cách ly các bề mặt có dung lượng nhiệt cao như mặt đường nhựa và vỉa hè, nhờ vào cơ chế che chắn thụ động của công trình, có thể được coi là bước đầu tiên để kiểm soát hiện tượng tích tụ nhiệt. Nghiên cứu khuyến nghị giải pháp thay thế cấu trúc thấp tầng dàn trải bằng mô hình tuyến công trình với chiều cao được khống chế nhằm thiết lập tỷ lệ hình học hẻm phố tối ưu. Chiến lược hình khối này vừa đảm bảo duy trì định mức diện tích mảng xanh trong nội khu, vừa khai thác triệt để hiệu ứng che chắn luân phiên của công trình lên các bề mặt hấp thụ bức xạ xung quanh. Về mặt tổ hợp không gian, giải pháp hình khối có thể áp dụng mô hình khối chu vi khép kín với cao độ đồng nhất. Khi hai khối công trình được thiết lập dọc theo cùng một trục, cách khoảng tạo nên một hẻm núi bên trong với ngưỡng tỷ lệ hình học tối ưu H/W ≥ 2. Nhờ hiệu ứng bóng đổ luân phiên giữa hai dải công trình, không gian lõi kẹp giữa hai khối luôn duy trì được lượng bóng đổ cần thiết, giúp che chắn bề mặt khỏi bức xạ trực tiếp và đảm bảo môi trường tiện nghi nhiệt tốt hơn.



Hình 3.6: Định hướng thiết kế theo hình khối: Giảm dạng công trình thấp tầng dàn trải, gia tăng dạng công trình tỷ lệ H/W ≥ 2 và mật độ xây dựng thấp: (a) Khối dạng bao quanh, (b) Khối bao quanh ngắt quãng và (c) Khối đôi.

3.5.4. Định hướng yếu tố đặc rỗng của công trình

Từ kết quả của nghiên cứu, việc thiết lập khoảng lùi giữa hai khối công trình với cự ly tương ứng bằng một nửa chiều cao hình khối là điều kiện để duy trì tỷ lệ hẻm núi lý tưởng. Mặc dù đạt hiệu quả cải thiện tiện nghi nhiệt, việc duy trì hai khối tích kiến trúc đặc, kéo dài liên tục lại vô hình tạo nên hẻm núi đóng kín, làm phát sinh áp lực tâm lý thị giác và giảm chất lượng cảm thụ không gian. Nhằm giải quyết mâu thuẫn giữa hiệu năng vi khí hậu và trải nghiệm thị giác, nghiên cứu thực hiện đề xuất một số tổ hợp khối đóng vai trò quyết định đến việc tối ưu hóa vùng bóng đổ lên môi trường nền xung quanh. Nhóm đầu tiên liên quan đến sự thay đổi trên bề mặt lớp vỏ bao che công trình. Sự hiện diện của các cấu kiện vươn ra như ban công, hệ mái đua, hệ lam che nắng hay thảm thực vật mặt đứng xanh đều giúp gia tăng vùng bóng đổ thụ động lên không gian nền xung quanh. Ở mặt cắt ngang, những thành phần vươn ra này thiết lập lại một khoảng cách chiều rộng mới giữa hai khối công trình; từ đó giúp phần khối chính của công trình có thể lùi sâu vào bên trong mà vẫn duy trì được tỷ lệ hẻm núi ban đầu. Bên cạnh sự biến đổi của lớp vỏ bao che, việc khai thác linh hoạt các khoảng rỗng kiến trúc cũng là một giải pháp tổ chức không gian quan trọng. Khi khối rỗng được tích hợp tại đế, vùng không gian đóng vai trò như một vùng đệm chuyển tiếp giữa bên trong và bên ngoài công trình. Khu vực này có thể trở thành không gian công cộng, giúp gia tăng tương tác xã hội. Mặt khác, khi các khoảng rỗng được luân chuyển lên những tầng cao, khối nhà sẽ phát triển theo

hình thái giật cấp, tạo tiền đề để tổ chức các mảng sân vườn ngay trong lòng công trình. Ở một mức độ can thiệp triệt để hơn, thiết kế có thể áp dụng giải pháp giải phóng hoàn toàn mặt bằng tầng. Ở kịch bản này, khối công trình có thể được nâng lên nhờ vào hệ thống cột (*pilotis*), giúp vùng không gian phía trước và phía sau của công trình được kết nối với nhau. Đây là một kịch bản tối ưu, khi có thể tạo khoảng mở thông gió tự nhiên cho khu vực người đi bộ.

3.5.5. Định hướng cải tạo các hẻm phố hiện hữu

Đối với các hẻm phố hiện hữu, bài toán thích ứng khí hậu không còn là lựa chọn lại hướng đường phố hay tái tổ chức hình khối công trình, mà là can thiệp có chọn lọc trên nền hình thái đã tồn tại. Cấp độ ưu tiên cải tạo cao nhất thuộc về các trục đường hướng Đông-Tây, đặc biệt tại các phân đoạn có hoạt động đi bộ lớn, tập trung các hoạt động thương mại hoặc có tần suất khai thác không gian công cộng cao. Kế tiếp là các hẻm phố Tây Bắc-Đông Nam, xuất phát từ thực trạng vùng nóng tại đây bị kéo dài cho đến cuối buổi chiều. Cuối cùng, đối với các tuyến đường hướng Bắc-Nam, chiến lược cải thiện cần tập trung vào việc gia tăng bóng đổ trong thời gian mặt trời đạt vị trí cao nhất trong ngày, hơn là can thiệp diện rộng. Ở những hẻm núi với tỷ lệ thấp (H/W < 1,5), hay những hẻm núi chỉ có công trình ở một bên làn đường, việc gia tăng mật độ cây xanh vỉa hè là giải pháp can thiệp tối ưu nhất. Cơ chế tạo bóng râm từ tán cây giúp triệt tiêu đáng kể lượng bức xạ trực tiếp từ mặt trời xuống bề mặt vỉa hè bên dưới.

3.5.6. Hạn chế của nghiên cứu và định hướng nghiên cứu tiếp theo

Trọng tâm của nghiên cứu này tập trung vào phân tích về yếu tố hình học đô thị trong điều kiện khí hậu thành phố Đà Nẵng. Những yếu tố khác như loại cây xanh hoặc sử dụng khối nước chưa được đề cập đến trong nghiên cứu này. Do đó, cần có các nghiên cứu chuyên sâu hơn về tác động của những yếu tố này trong từng kịch bản tỷ lệ hẻm núi cụ thể.

Ngoài ra, do đặc điểm hướng gió tương đối phức tạp trong những tháng nóng tại Đà Nẵng, nghiên cứu đã thiết lập mặc định hướng gió vuông góc ở với hướng đường phố ở các kịch bản hẻm núi đô thị. Vào các tháng nóng trong năm (từ tháng 6 đến tháng 8), hướng gió vào buổi sáng tại thành phố có sự biến động đáng kể. Chính vì sự bất định khó kiểm soát này, để giảm thiểu yếu tố nhiễu và đảm bảo tính nhất quán trong so sánh giữa các hướng đường phố, nghiên cứu đã lựa chọn loại bỏ yếu tố này bằng cách giả định hướng gió luôn vuông góc với trục đường trong các kịch bản mô phỏng. Do đó, để đánh giá tác động yếu tố này, cần có một nghiên cứu thêm về tác động của mỗi hướng gió trong từng kịch bản hướng đường phố.

Cuối cùng, để đánh giá tính toàn diện và khả thi của các kết quả đúc kết, giới hạn về mặt thời gian của mô hình cần được xem xét thêm. Nhằm tập trung giải quyết bài toán về cải thiện môi trường nhiệt, toàn bộ các tham số đầu vào và các kịch bản xem xét đều được thiết lập dựa trên dữ liệu khí hậu của mùa hè, lấy tháng 6, tháng nóng nhất, làm đại diện tiêu biểu. Do đó, để chuyển hóa các kết quả nghiên cứu hiện tại thành bộ quy chuẩn thiết kế đô thị linh hoạt, các nghiên cứu trong tương lai cần mở rộng thêm về phổ thời gian đánh giá.

KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Kết luận

Nghiên cứu này nhằm đích đánh giá tác động của hướng đường phố và chiều cao công trình lên tiện nghi nhiệt ngoài trời ở khu vực người đi bộ tại Đà Nẵng. Những kết luận trong nghiên cứu này được đúc kết dựa trên các kết quả tính toán mô phỏng, với thông số vi khí hậu đầu vào lấy từ tháng 6, tháng nóng nhất trong năm tại Đà Nẵng.

Tỷ lệ của hẻm núi đô thị có ảnh hưởng đáng kể đến các chỉ số nhiệt trong hẻm phố tại Đà Nẵng. Gia tăng tỷ lệ hẻm núi giúp giảm nhiệt độ không khí, với hiệu quả thường rõ rệt vào buổi trưa. Việc gia tăng tỷ lệ của hẻm núi cũng giúp giảm tần suất

xuất hiện vùng Tmrt và PET nóng trong hẻm núi. Tỷ lệ hẻm núi cao (H/W = 2,5) mang lại hiệu quả cải thiện tiện nghi nhiệt tốt nhất. Trong khi đó, những tỷ lệ H/W nhỏ hơn 2 luôn mang lại điều kiện bất lợi nhất cho tiện nghi nhiệt ngoài trời.

Hướng đường phố cũng có tác động đáng kể lên nhiệt độ không khí ở các hẻm núi đô thị tại Đà Nẵng. Trong bốn hướng đường phố, hướng B-N là hướng ghi nhận thuận lợi nhất cho tiện nghi nhiệt ngoài trời. Hai hướng trung gian ĐB-TN và TB-ĐN thể hiện nhiều đặc điểm tương đồng với hướng B-N, khi công trình ở các hướng này luân phiên che chắn bề mặt đường trong suốt ngày. Riêng hướng Đ-T, đây là hướng được coi là bất lợi nhất trong bốn hướng.

Đối với công trình cao tầng, việc gia tăng chiều cao giúp mở rộng vùng bóng đổ, qua đó giảm bức xạ trực tiếp từ mặt trời và hạn chế sự gia tăng nhiệt độ. Những hẻm núi được che chắn bởi công trình cao tầng vào buổi sáng hoặc buổi chiều đều ghi nhận mức giảm vùng Tmrt và PET nóng hiệu quả. Mặc dù vậy, ở hẻm núi hướng Đ-T, hiện tượng bất đối xứng về vùng PET nóng diễn ra rõ rệt giữa hai mặt đường phía bắc và phía nam của công trình cao tầng.

Việc bố trí hình khối công trình cũng tác động đến điều kiện tiện nghi nhiệt ngoài trời trong các hẻm núi lân cận. Mô hình công trình thấp tầng trải đều trên toàn bộ khu đất được coi là bất lợi nhất cho tiện nghi nhiệt ngoài trời. Khi chuyển dịch mô hình sang dạng nén hình tháp, diện tích đất cho cây xanh được gia tăng thêm, từ đó giúp kịch bản này cải thiện đáng kể nhiệt độ không khí so với mô hình thấp tầng trải đều. Kịch bản công trình bao quanh với H/W lớn hơn 2 tạo ra các hẻm núi với nhiệt độ không khí và nhiệt độ bức xạ trung bình thấp và ổn định hơn trong hầu hết thời gian trong ngày. Đây cũng là kịch bản tối ưu nhất cho tiện nghi nhiệt ngoài trời khi giá trị PET trong kịch bản này luôn ở mức thấp nhất trong ba kịch bản nghiên cứu.

Cuối cùng, việc gia tăng cây xanh được coi là giải pháp hiệu quả giúp cải thiện tiện nghi nhiệt trong điều kiện hình học đô thị cố định. Trong khi đó, sử dụng mặt

đứng xanh không có nhiều tác dụng giảm nhiệt vào buổi sáng, nhưng giúp hạ nhiệt tốt hơn vào ban đêm nhờ vào việc ngăn cản các bức tường tích tụ nhiệt ban ngày và xả bức xạ sóng dài ngược ra môi trường vào ban đêm. Sử dụng mái xanh được coi là chiến lược ít hiệu quả nhất nhằm cải thiện cảm giác nhiệt ở cao độ người đi bộ, hầu như không làm thay đổi giá trị nhiệt so với kịch bản hiện trạng do không thể cung cấp khả năng che chắn cho bề mặt đường.

Khuyến nghị

Đối với tỷ lệ hẻm núi, trong điều kiện khí hậu mùa hè tại Đà Nẵng, H/W = 2,5 (tỷ lệ cao nhất) mang lại hiệu quả cải thiện tiện nghi nhiệt tốt nhất. Ngoài ra, ngưỡng H/W = 2,0 có thể được coi là ngưỡng tối thiểu cần đạt được, mốc tỷ lệ thấp dưới mức này gây ra bất lợi lớn cho vùng tiện nghi nhiệt ngoài trời. Riêng hướng Đ-T, dù ở tỷ lệ cao nhất (H/W = 2,5), ngưỡng này vẫn không đủ để giảm vùng PET nóng ở hướng đường phố này.

Đối với công trình cao tầng, mô hình như khối đế - tháp có thể mang lại hiệu quả che chắn bức xạ mặt trời đáng kể, đồng thời, cho phép luồng gió đi qua công trình. Những khối đế được thiết kế ở ngưỡng tỷ lệ H/W lớn hơn 2, kết hợp với sự ngắt nhịp của phần tháp ở trên, vừa đảm bảo môi trường tối ưu trong hẻm núi, vừa tạo hành lang cho thông gió tự nhiên thâm nhập sâu vào đất liền.

Về hình khối công trình, việc áp dụng mô hình xây dựng thấp tầng dàn trải trên toàn bộ diện tích khu đất bộc lộ nhiều điểm hạn chế. Thay vì trải đều trên diện tích khu đất, việc bố trí công trình sát ra biên, với chiều cao H/W lớn hơn 2, được coi là một chiến lược hiệu quả khi công trình có thể cung cấp bóng đổ đủ rộng để che chắn bề mặt đường phố, và giải phóng được bề mặt nền tầng trệt để phát triển các mảng xanh cảnh quan.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Anh N. H., Dung N. T. K., (2024). Tác động của hướng đường phố và tỷ lệ hẻm núi đô thị lên tiện nghi nhiệt ngoài trời trong khu vực dân cư thấp tầng ven biển. *Hội thảo khoa học quốc gia, ACEAT2024, ISBN 978-604-82-8109-0, tr. 276-282*.

2. Anh N. H., Dung N. T. K., (2025). Tác động của tỷ lệ hẻm núi đô thị và hướng đường phố tới điều kiện vi khí hậu và tiện nghi nhiệt ngoài trời tại thành phố Đà Nẵng, Việt Nam. *Tạp chí Xây Dựng, ISSN 2734-9888, tháng 10 năm 2025, tr. 66-70*.

3. Anh N. H., Dung N. T. K., (2025). Ảnh hương của chiều cao công trình đến điều kiện vi khí hậu và tiện nghi nhiệt ngoài trời tại thành phố Đà Nẵng, Việt Nam. *Tạp chí Xây Dựng, ISSN 2734-9888, tháng 11 năm 2025, tr. 65-69*.