

Đánh giá hiệu quả năng lượng của lớp vỏ bao che công trình, nghiên cứu điển hình công trình Nhà hiệu bộ, Trường ĐHXD Miền Tây

Energy efficiency assessment of building envelope, a case study of the administrative building of Mien Tay Construction University

ThS. Lê Hồ Tuyết Ngân^{1,*} và TS. Huỳnh Trọng Nhân¹

¹Khoa Kiến trúc, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây;

*Tác giả liên hệ: lehotuyetngan@mtu.edu.vn

■ Nhận bài: 02/12/2024 ■ Sửa bài: 08/01/2025 ■ Duyệt đăng: 22/02/2025

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu việc áp dụng công cụ mô phỏng để đánh giá hiệu quả năng lượng của lớp vỏ công trình, tập trung vào khả năng cách nhiệt của kết cấu so với các yếu tố môi trường như công trình lân cận, tỷ lệ WWR (Window-to-Wall Ratio) và hướng công trình. Mục tiêu chính của nghiên cứu là phân tích mối quan hệ giữa khả năng cách nhiệt của tường và các yếu tố tác động từ bên ngoài, nhằm tối ưu hóa thiết kế lớp vỏ công trình. Qua quá trình mô phỏng, nghiên cứu chỉ ra rằng các yếu tố như tỷ lệ WWR cao, hướng công trình đối diện với mặt trời (đặc biệt là phía Tây và Đông) có thể dẫn đến mức tiêu thụ năng lượng làm mát cao hơn. Tỷ lệ WWR tối ưu theo hướng tường (từ 25%-40%) để đạt chuẩn OTTV ($26-28 W/m^2$) và cải thiện chiếu sáng tự nhiên (DF đạt 4,57%). Kết quả sử dụng công cụ Autodesk Forma để đánh giá năng lượng trong điều kiện thực tế, khắc phục hạn chế của các phương pháp truyền thống trong QCVN đồng thời hỗ trợ việc lựa chọn giải pháp thiết kế phù hợp để giảm tiêu thụ năng lượng làm mát.

Từ khóa: lớp vỏ bao che công trình, mô phỏng năng lượng, WWR

ABSTRACT

This study explores the application of simulation tools to evaluate the energy efficiency of building envelopes, with an emphasis on the thermal insulation performance of the structure in relation to environmental variables such as adjacent buildings, Window-to-Wall Ratio (WWR), and building orientation. The primary objective is to elucidate the correlation between wall insulation capacity and external factors to optimize envelope design. Simulation results reveal that elevated WWR values and orientations facing the sun, particularly toward the West and East, significantly increase cooling energy demands. The optimized WWR, ranging from 25% to 40% depending on wall orientation, were implemented to achieve compliance with OTTV standards ($26-28 W/m^2$) while enhancing natural daylighting, with a daylight factor (DF) of 4.57%. The study utilized Autodesk Forma to perform energy assessments under realistic conditions, overcoming limitations inherent in traditional QCVN methodologies and facilitating the identification of optimal design strategies for reducing cooling energy consumption.

Keywords: Building Envelope, Energy Simulation, WWR

1. GIỚI THIỆU

Công trình hiệu quả năng lượng tại Việt Nam, đặc biệt là ở Đồng bằng sông Cửu Long

(ĐBSCL), đang trở thành một lĩnh vực quan trọng trong bối cảnh nhu cầu năng lượng ngày càng tăng và những thách thức về biến đổi khí

hậu [1] [2]. Việt Nam đối mặt với việc phát triển kinh tế nhanh chóng, dẫn đến nhu cầu năng lượng gia tăng, đặc biệt trong các ngành công nghiệp và xây dựng. Chính phủ đã đặt ra các mục tiêu cụ thể về tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải carbon, đồng thời triển khai các chương trình khuyến khích tiết kiệm năng lượng trong sản xuất và tiêu thụ [3].

Các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả tại ĐBSCL đang phải đối mặt với những thách thức lớn trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Khu vực này chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của các hiện tượng thời tiết cực đoan như lũ lụt, triều cường, và hạn hán, khiến cho việc thiết kế và vận hành các công trình trở nên khó khăn [4] [5] [6]. Nhiệt độ tăng cao và độ ẩm lớn đòi hỏi các công trình phải có giải pháp tiết kiệm năng lượng hiệu quả đối với lớp vỏ bao che của công trình, như cách nhiệt, thông gió tự nhiên và sử dụng vật liệu xây dựng phù hợp để giảm bớt sự tiêu thụ năng lượng [7] [8].

Về pháp lý, QCVN 09:2017/BXD “Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả” do Viện Kỹ thuật Xây dựng (Hội Kết cấu và Công nghệ Xây dựng Việt Nam) soạn xét trên cơ sở QCVN 09:2013/BXD, Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường trình duyệt, Bộ Xây dựng ban hành đã quy định những yêu cầu kỹ thuật bắt buộc phải tuân thủ khi thiết kế, xây dựng mới hoặc cải tạo các công trình có tổng diện tích sàn từ 2500 m² trở lên thuộc các loại hoặc hỗn hợp các loại công trình: văn phòng, khách sạn, bệnh viện, trường học, thương mại, dịch vụ và chung cư [9] [10]. Tuy nhiên, việc tính toán theo phương pháp trong quy chuẩn còn tương đối hạn chế như: (1) chưa xét đến vai trò che nắng của các công trình lân cận, (2) giá trị áp dụng cho các hướng công trình chưa xét đến góc xoay cụ thể, (3) nhiệt trở tường xác định chưa tính đến tỷ lệ WWR (Tỷ số diện tích cửa sổ - diện tích tường). Vì vậy, trong nghiên cứu này, mục tiêu đặt ra nhằm áp dụng công cụ mô phỏng đánh giá hiệu quả năng lượng của lớp

vỏ công trình, tập trung xem xét mối liên hệ giữa khả năng cách nhiệt của kết cấu so với các điều kiện như công trình lân cận, tỷ lệ WWR và hướng công trình.

2. CÁC YÊU CẦU ĐỐI VỚI LỚP VỎ BAO CHE CÔNG TRÌNH THEO HƯỚNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG

Theo QCVN 09:2017/BXD, vỏ công trình là kết cấu bao che công trình, bao gồm tường và mái không xuyên sáng hoặc xuyên sáng (tường kính, cửa kính...) tạo thành các không gian khép kín bên trong công trình [10]. Do nhiệt độ cao và độ ẩm lớn ở ĐBSCL, cách nhiệt là yếu tố quan trọng để giảm bớt nhu cầu làm mát nhân tạo. Lớp vỏ bao che của công trình - các tường và mái nhà được cách nhiệt có thể ngăn cản nhiệt lượng quá mức xâm nhập vào tòa nhà, giảm tiêu thụ năng lượng cho điều hòa không khí. Cách nhiệt cũng giúp duy trì nhiệt độ trong nhà ổn định, cải thiện điều kiện sống cho cư dân và giảm chi phí năng lượng.

Theo QCVN 09:2017/BXD, đối với lớp vỏ bao che công trình chỉ áp dụng đối với các không gian có điều hòa không khí, quy định tường bao ngoài công trình trên mặt đất (phần tường không xuyên sáng) của không gian có điều hòa không khí phải có giá trị tổng nhiệt trở nhỏ nhất $R_{0,min}$ không nhỏ hơn 0,56 m²K/W [10]. Đồng thời, diện tích các lỗ thông gió, cửa sổ đóng mở được trên tường hoặc trên mái không được nhỏ hơn 5 % diện tích sàn sử dụng của phòng tiếp giáp với không gian bên ngoài. Vì vậy, việc xác định tỷ lệ WWR phù hợp ngay từ bước thiết kế sơ bộ rất quan trọng để đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật về sử dụng năng lượng hiệu quả.

Bên cạnh đó, giá trị truyền nhiệt tổng (OTTV) là cường độ dòng nhiệt trung bình truyền qua lớp vỏ công trình vào môi trường bên trong, được tính theo đơn vị W/m². [10]. Chỉ số OTTV càng thấp, lớp vỏ công trình càng cách nhiệt hiệu quả hơn, từ đó giảm nhu cầu năng lượng làm mát và tiêu thụ năng lượng của công trình.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phương pháp luận chung:

Để xác định R-value (Thermal Resistance) và U-value (Thermal Transmittance) của lớp vỏ công trình, cần hiểu rõ các khái niệm cơ bản và cách tính toán tương ứng. R-value thể hiện khả năng cách nhiệt của vật liệu, cho biết mức độ cản trở dòng nhiệt khi qua vật liệu đó. Công thức tính R-value của một lớp vật liệu là $R=d/k$, trong đó d là độ dày của vật liệu (m) và k là hệ số dẫn nhiệt của vật liệu (W/mK). R-value càng cao, vật liệu càng có khả năng cách nhiệt tốt. Đối với các công trình có nhiều lớp vật liệu, ta tính tổng R-value bằng cách cộng R-value của từng lớp vật liệu lại với nhau. Để tính toán U-value, chỉ cần lấy nghịch đảo của tổng R-value.

Việc tối ưu hóa U-value trong thiết kế lớp vỏ công trình giúp giảm thiểu tiêu thụ năng lượng cho điều hòa không khí và sưởi ấm, đồng thời nâng cao hiệu quả năng lượng và giảm chi phí vận hành. Một lớp vỏ công trình với U-value thấp sẽ giúp duy trì nhiệt độ ổn định trong tòa nhà, giảm bớt sự phụ thuộc vào hệ thống điều hòa và sưởi ấm, góp phần vào việc bảo vệ môi trường và tiết kiệm năng lượng.

3.2. Phương pháp phân tích mô phỏng:

Nghiên cứu áp dụng mô hình năng lượng Envelope Analysis của Autodesk Forma làm công cụ phân tích hiệu suất năng lượng cho lớp vỏ bao che công trình. Công trình được thiết lập mô hình 3D cơ bản với các công trình lân cận và cây xanh theo hiện trạng nhằm đánh giá chính xác hơn. Mô hình năng lượng phát triển các kịch bản theo sự thay đổi của giá trị WWR và kiểm tra giá trị nhiệt trở của lớp vỏ bao che, hiệu quả năng lượng của công trình và khả năng lấy sáng tự nhiên. Mục tiêu khi phân tích nhằm tối đa hóa giá trị WWR nhằm tăng cường khả năng lấy sáng tự nhiên cho các không gian bên trong công trình, đồng thời vẫn đảm bảo khả năng cách nhiệt của lớp vỏ bao che.

Ba kịch bản lớp vỏ bao che được xây dựng theo trình tự bao gồm:

- Kịch bản cơ sở (KB1), tất cả giá trị $WWR = 0$
- Kịch bản so sánh (KB2), tất cả giá trị $WWR = 50$
- Kịch bản tối ưu (KB3), giá trị WWR được xác định để đảm bảo hiệu quả cách nhiệt của lớp vỏ bao che, đồng thời tối đa hóa về khả năng chiếu sáng tự nhiên



Hình 1. Quy trình phân tích đề xuất

3.3. Mô hình Nhà hiệu bộ, Trường ĐHXD Miền Tây:

Theo thông tin dự án, Nhà hiệu bộ cao 07 tầng, chiều cao từ cốt sân đường tới đỉnh mái khoảng 35,4m (cốt sân thấp hơn cốt nền khoảng 1,4m); diện tích sàn khoảng 4969,4m² bố trí các không gian như phòng làm việc, phòng y tế, phòng kho, phòng họp, các phòng kỹ thuật, khu vệ sinh và hành lang. Cụ thể, các tham số công trình được xây dựng trong công cụ mô phỏng như sau:

- Chiều dài: 29,4m, chiều sâu: 19,6m
- Cao độ nền trệt so với sân: 1,4m
- Chiều cao tầng: 4,2m
- Chức năng: Công trình giáo dục
- Kết cấu tường: gạch xây dày 300 kết hợp ô cửa kính lấy sáng
- Kết cấu sàn mái: sàn BTCT, bên trên có lát gạch chống nóng
- Kết cấu sàn sử dụng: sàn BTCT
- Vật liệu kính: kính thủy tinh chịu lực 1 lớp có phủ chống chói, không phủ Low-e



Hình 2. Phối cảnh thiết kế công trình (Nguồn: KTS. Lưu Khánh Quang)

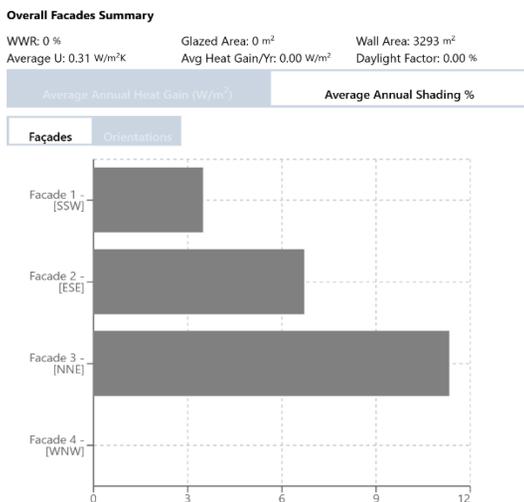


Hình 3. Mô hình năng lượng của công trình được nghiên cứu xây dựng trong Autodesk Forma

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu

Với kịch bản cơ sở, có thể thấy giá trị U của công trình trung bình là 0,31 W/m²K (Hình 4), đảm bảo yêu cầu so với QCVN 09:2017, tuy nhiên đây là phương án không khả thi do thiếu hoàn toàn khả năng chiếu sáng tự nhiên cho công trình. Do hướng công trình quay về Bắc – Đông Bắc và có các công trình lân cận (Nhà B, Nhà H) ở hướng Tây, hướng Nam, nên các mặt công trình được che nắng tương đối nhiều, đặc biệt là mặt hướng Bắc – Đông Bắc (Façade 3).



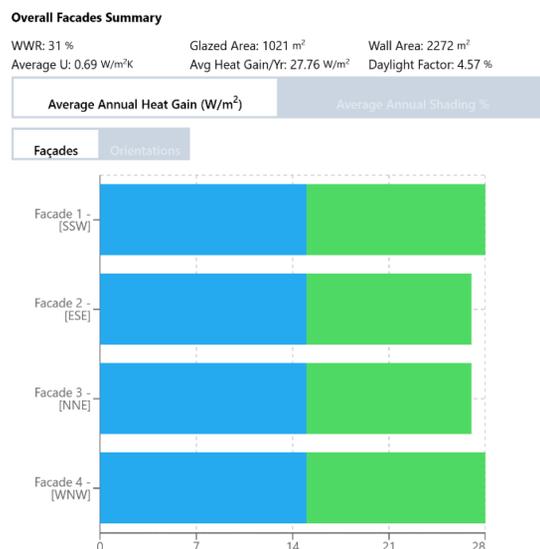
Hình 4 Kết quả phân tích theo KB1

Với kịch bản so sánh, do giá trị WWR cao (50) nên giá trị U trung bình của vỏ bao che tăng gấp 3 lần (0,92 W/m²K), nhưng vẫn đảm bảo so với quy chuẩn (1,78 W/m²K). Tuy nhiên, giá trị OTTV của từng bề mặt chưa đảm bảo cho công trình xanh (khuyến nghị ≤ 30W/m²) (Hình 5).

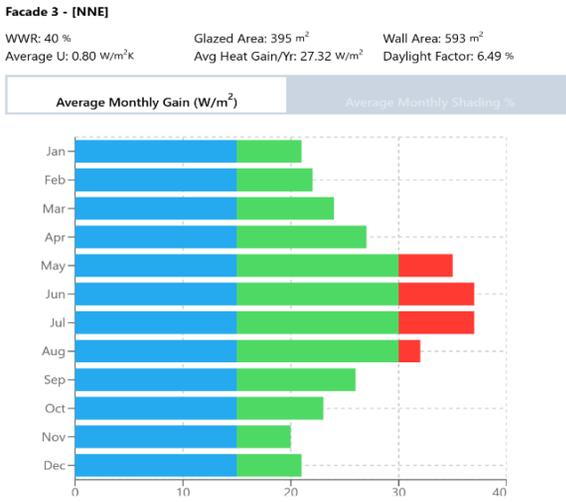


Hình 5 Kết quả phân tích theo KB2

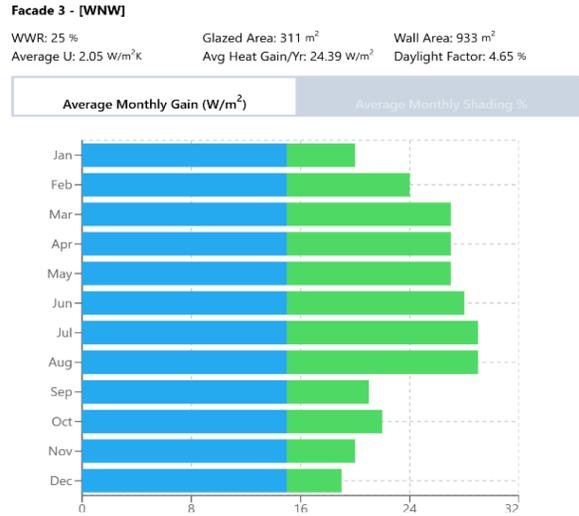
Với kịch bản tối ưu, giá trị WWR được điều chỉnh theo từng bề mặt để đạt chuẩn OTTV, kết quả phân tích như Hình 6. Trong đó giá trị OTTV của các mặt công trình từ 26-28W/m², hệ số chiếu sáng tự nhiên (DF) tăng đến 4,57%. Tuy nhiên, khi xem xét từng mặt tường của công trình, giá trị OTTV vẫn vượt trong một số thời điểm trong năm (Hình 7, Hình 8).



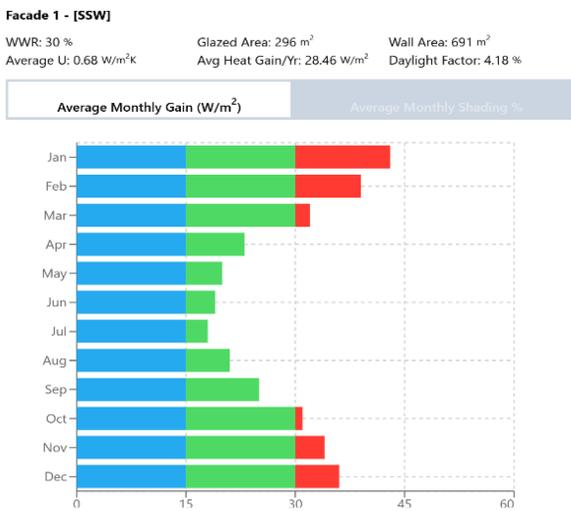
Hình 6 Kết quả phân tích theo KB3



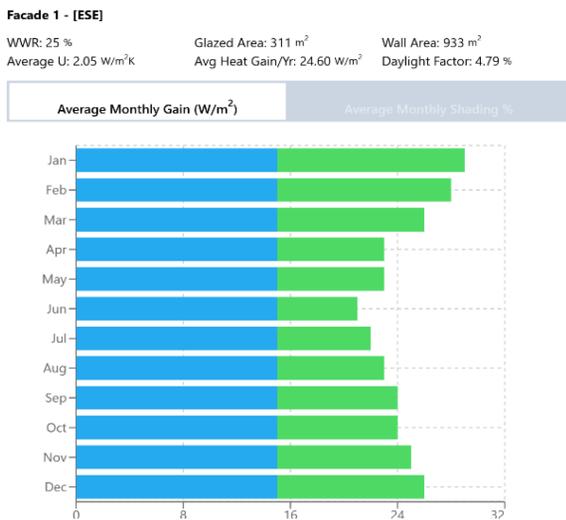
Hình 7 Khả năng cách nhiệt của mặt tường hướng Bắc – Đông Bắc theo các tháng ở trong năm



Hình 10 Khả năng cách nhiệt của mặt tường hướng Tây – Tây Bắc theo các tháng trong năm



Hình 8 Khả năng cách nhiệt của mặt tường hướng Nam – Tây Nam theo các tháng trong năm



Hình 9 Khả năng cách nhiệt của mặt tường hướng Đông – Đông Nam theo các tháng trong năm

Bảng 1 Tổng hợp kết quả phân tích năng lượng lớp vỏ bao che công trình theo KB3

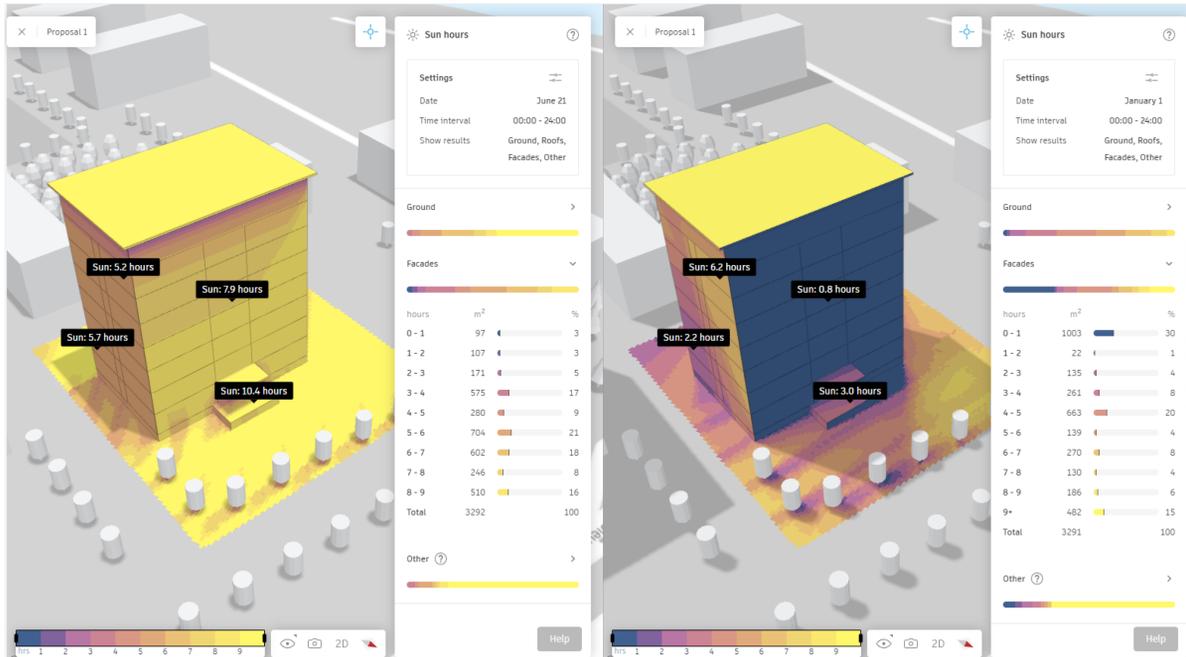
Hướng bề mặt tường	Ký hiệu	WWR	OTTV W/m ²	DF %
Nam – Tây Nam	Façade 1	30%	28	4.18
Đông – Đông Nam	Façade 2	25%	26	3.11
Bắc – Đông Bắc	Façade 3	40%	26	6.49
Tây - Tây Bắc	Façade 4	25%	28	3.73

3.2. Thảo luận

Kết quả phân tích năng lượng của lớp vỏ công trình Nhà hiệu bộ, Trường ĐHXD Miền Tây cho thấy WWR ảnh hưởng đến khả năng cách nhiệt của công trình. Mặc dù giá trị truyền nhiệt trung bình của lớp vỏ bao che công trình trong cả ba kịch bản mô phỏng đều đạt so với quy chuẩn, nhưng để hướng đến các tiêu chuẩn của công trình xanh (tính theo OTTV), cần điều chỉnh và kiểm soát tỷ lệ WWR như Bảng 1. Kết quả chi tiết cũng cho thấy đối với mặt tiền công trình (hướng Bắc-Đông Bắc) vào tháng 5 đến tháng 8 sẽ nhận nhiều bức xạ mặt trời hơn, cần có giải pháp tăng cường khả năng cách nhiệt và đảm bảo

tiện nghi không gian bên trong công trình vào khoảng thời gian này. Với phương án thiết kế hiện tại, WWR của công trình ở hướng Bắc, Đông Bắc đang vượt quá giá trị khuyến nghị (48% so với 40%). Do đó cần có nghiên cứu giải pháp cách nhiệt cho kính và lớp vỏ bao che ở bề mặt tường hướng Bắc – Đông Bắc để tăng cường hiệu quả sử dụng năng lượng cho công trình.

Bên cạnh đó, mô hình 3D toàn bộ khu vực cho thấy hiệu ứng che nắng của các công trình lân cận (Nhà H, Nhà B) ảnh hưởng đến lượng bức xạ mặt trời lên lớp vỏ bao che công trình Nhà hiệu bộ, cũng như sự thay đổi giá trị này giữa các thời điểm trong năm (Hình 9). Mô hình cung cấp kết quả phân tích bám sát điều kiện hiện trạng hơn so với phương pháp phân tích truyền thống theo QCVN 09:2017.



Hình 9 Kết quả phân tích số giờ nắng trong năm của các bề mặt công trình vào tháng 6 và tháng 1

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đạt được mục tiêu đề ra, đó là áp dụng công cụ mô phỏng để đánh giá hiệu quả năng lượng của lớp vỏ công trình, đồng thời làm rõ mối liên hệ giữa khả năng cách nhiệt của kết cấu với các yếu tố như công trình lân cận, tỷ lệ WWR, và hướng công trình. Qua quá trình mô phỏng, kết quả cho thấy khả năng cách nhiệt của các bức tường và các yếu tố liên quan trực tiếp ảnh hưởng đến hiệu suất năng lượng của tòa nhà, đặc biệt là trong bối cảnh các yếu tố môi trường và các công trình xung quanh có thể tác động làm tăng hoặc giảm nhu cầu năng lượng làm mát.

Mối quan hệ giữa tỷ lệ WWR và hướng công trình cho thấy, các bức tường có tỷ lệ

WWR cao và hướng mặt trời mạnh như phía Tây hoặc Đông sẽ tăng đáng kể nhiệt độ bên trong, dẫn đến việc cần phải sử dụng các giải pháp cách nhiệt và bảo vệ khỏi bức xạ mặt trời hiệu quả hơn. Mặt khác, các công trình lân cận có thể tạo ra hiệu ứng che bóng, làm giảm nhu cầu làm mát cho công trình chính, đặc biệt trong các khu vực đô thị. Với công trình Nhà hiệu bộ trường ĐHXD Miền Tây, tỷ lệ WWR tối ưu theo hướng tường (từ 25%-40%) để đạt chuẩn OTTV (26-28 W/m²) và cải thiện chiếu sáng tự nhiên (DF đạt 4,57%). Kết quả từ công cụ mô phỏng không chỉ giúp tối ưu hóa thiết kế lớp vỏ công trình mà còn cung cấp cơ sở dữ liệu quan trọng cho việc áp dụng các chiến lược tiết kiệm năng lượng trong các công trình xây dựng xanh. Nhờ vào việc phân tích các yếu tố ảnh hưởng, nghiên

cứu này đã đóng góp vào việc cải thiện quy trình thiết kế công trình, hướng đến việc giảm thiểu tác động môi trường và tối ưu hóa hiệu quả sử dụng năng lượng trong công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyen, Hong-Trang, and Matthew Gray. "A review on green building in Vietnam." *Procedia Engineering* 142 (2016): 314-321.
- [2]. Diem, Phan Kieu, et al. "Urbanisation and Urban Heat Island in a Mekong Delta City: From Monitoring to Dominant Factors." *Climate Change and Cooling Cities*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. 235-248.
- [3]. Vu, Thi Tuyet Hong, et al. "A practical approach to launch the low-cost monitoring platforms for nearly net-zero energy buildings in vietnam." *Energies* 15.13 (2022): 4924.
- [4]. Garschagen, Matthias, and Frauke Kraas. "Urban climate change adaptation in the context of transformation: lessons from Vietnam." *Resilient Cities: Cities and Adaptation to Climate Change-Proceedings of the Global Forum 2010*. Springer Netherlands, 2011.
- [5]. Phung, Dung, et al. "Temperature as a risk factor for hospitalisations among young children in the Mekong Delta area, Vietnam." *Occupational and Environmental Medicine* 72.7 (2015): 529-535.
- [6]. Birkmann, Jörn, et al. "Vulnerability, coping and adaptation to water related hazards in the Vietnamese Mekong Delta." *The Mekong Delta System: Interdisciplinary Analyses of a River Delta* (2012): 245-289.
- [7]. Diem, N. K., et al. "Monitoring Urban Heat Island Spatial Variability over Urban Structure Types—A Case Study from a Fast-growing City in the Vietnamese Mekong Delta." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1345. No. 1. IOP Publishing, 2024.
- [8]. Huong, Huynh Thi Lan, and Assela Pathirana. "Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam." *Hydrology and Earth System Sciences* 17.1 (2013): 379-394.
- [9]. Chan, Tran Ngoc, and Bui Quang Trung. "Technical indexes-building energy in tropical climate." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 481. No. 1. IOP Publishing, 2019.
- [10]. QCVN 09:2017/BXD "Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả"