VẬT LIỆU & XÂY DỰNG
Tạp chí Vật liệu và Xây dựng
ISSN 1859 - 381X
Website: www. jomc.vn

Phân tích năng lượng trong tòa nhà văn phòng của nhà xưởng công nghiệp trong điều kiện khí hậu nhiệt đới ẩm

Võ Thị Tuyết Giang [1,2*], Phạm Tấn Phát [1,2], Nguyễn Xuân Nguyên [1,2], Hoàng Thị Thơm [3]

[1] Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

[2] Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh

[3] Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Nha Trang

TỪ KHOÁ

Công trình xanh
DesignBuilder
Hướng công trình
LOTUS
Mô phỏng năng lượng
Tỷ lệ cửa sổ

TÓM TẮT

Đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng là yếu tố ngày càng được quan tâm trong thiết kế và vận hành công trình, đặc biệt trong bối cảnh chi phí điện ngày càng tăng cao và nhu cầu phát triển bền vững trên toàn cầu. Nghiên cứu này trình bày kết quả mô phỏng năng lượng của một tòa nhà văn phòng trong nhà xưởng công nghiệp tại tỉnh Bình Dương, Việt Nam với điều kiện khí hậu nhiệt đới ẩm. Tòa nhà sử dụng kính hộp thông thường dày 24 mm với hệ số truyền nhiệt U = 2,7 W/m^2.K, hệ số tổng năng lượng bức xạ mặt trời truyền qua SHGC = 83 %, và hệ số truyền sáng VLT = 82 %. Dữ liệu mô phỏng được thực hiện bằng phần mềm DesignBuilder, với việc thay đổi ba biến số: hướng công trình, tỷ lệ cửa sổ và nhiệt độ đặt điều hòa. Kết quả mô phỏng cho thấy mức tiêu thụ năng lượng có thể chênh lệch hơn 11 % giữa các phương án, và các yếu tố hướng công trình, tỷ lệ cửa sổ ảnh hưởng đáng kể đến tải lạnh và điểm số công trình xanh theo hệ thống LOTUS. Nghiên cứu cũng cho thấy kính thông thường tuy phổ biến nhưng chưa đáp ứng tốt yêu cầu tiết kiệm năng lượng. Từ đó, bài báo đã đưa ra các đề xuất thực tiễn nhằm cải thiện thiết kế và lựa chọn vật liệu công trình phù hợp hơn.

KEYWORDS

Green building
DesignBuilder
Building orientation
LOTUS
Energy simulation
Window-to-wall ratio

ABSTRACT

Evaluating energy efficiency is an increasingly important consideration in building design and operation, particularly in the context of rising electricity costs and the global demand for sustainable development. This study presents the results of an energy simulation for an office building located within an industrial facility in Binh Duong Province, Vietnam, under a humid tropical climate. The building employs conventional double glazing with a thickness of 24 mm, a thermal transmittance U = 2,7 W/m^2.K, a solar heat gain coefficient SHGC = 83 %, and a visible light transmittance VLT = 82 %. Energy performance simulations were conducted using DesignBuilder software, with three variables adjusted: building orientation, window-to-wall ratio, and air-conditioning setpoint temperature. The simulation results indicate that energy consumption may vary by over 11 % across different scenarios. Both building orientation and window-to-wall ratio significantly influence cooling loads and green building scores as assessed by the LOTUS rating system. The study also highlights that while conventional glazing is widely used, it does not sufficiently meet energy-saving requirements. Accordingly, the paper offers practical recommendations for improving building design and selecting more suitable construction materials.

1. Giới thiệu

Ngành xây dựng đóng vai trò quan trọng đến mức tiêu thụ năng lượng toàn cầu và là một trong những nguồn phát thải khí nhà kính lớn nhất. Theo số liệu từ Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA), trong năm 2022, các công trình xây dựng tiêu thụ khoảng 30 % tổng năng lượng và tạo ra hơn 26 % lượng khí CO_2, chủ yếu do các hoạt động chiếu sáng, điều hòa không khí, và vận hành thiết bị [1]. Sự phát triển nhanh chóng của đô thị hóa và nhu cầu nâng cao tiện nghi sống đang làm gia tăng áp lực lên hệ thống năng lượng. Theo Bộ Công Thương, ngành xây dựng chiếm khoảng 35 – 40 % tổng mức tiêu thụ điện tại đô thị, trong đó tòa nhà văn phòng là một trong những nhóm công trình có cường độ sử dụng năng lượng cao nhất [2]. Ngoài ra, trong những năm gần đây, chi phí điện tại Việt Nam có xu hướng tăng do áp lực từ sản lượng tiêu thụ và tác động môi trường từ ngành năng lượng. Trước bối cảnh này, việc phân tích năng lượng trong các tòa nhà được xem là một hướng đi tất yếu để thúc đẩy các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong thiết kế và vận hành công trình, hướng tới mục tiêu phát triển bền vững.

Tại các quốc gia như Mỹ, Úc, Singapore và Hàn Quốc, việc sử dụng phần mềm mô phỏng năng lượng trong thiết kế công trình đã

*Liên hệ tác giả: tuyetgiang.vo@hcmut.edu.vn
Nhận ngày 05/05/2025, sửa xong ngày 25/06/2025, chấp nhận đăng ngày 26/06/2025
Link DOI: https://doi.org/10.54772/jomc.03.2025.956

được quy định hoặc khuyến nghị trong các bộ tiêu chuẩn quốc gia. Ví dụ, quy chuẩn ASHRAE 90.1 được ban hành bởi Hiệp hội Kỹ sư Nhiệt, Lạnh và Điều hòa không khí Hoa Kỳ (ASHRAE) và Hiệp hội Kỹ sư Chiếu sáng Hoa Kỳ (IES) dưới sự công nhận của Viện Tiêu chuẩn Quốc gia Hoa Kỳ (ANSI) đã yêu cầu mô phỏng tiêu thụ năng lượng để chứng minh công trình tiết kiệm hơn mức chuẩn cơ sở [3]. Tại Singapore, hệ thống Green Mark cũng yêu cầu đánh giá năng lượng qua mô phỏng như một nội dung không thể thiếu. Những ví dụ này cho thấy mô phỏng năng lượng không chỉ là một công cụ kỹ thuật, mà còn là một công cụ ra quyết định mạnh mẽ, có thể ảnh hưởng đến thiết kế và lựa chọn vật liệu. Nhiều nghiên cứu quốc tế đã chứng minh rằng việc mô phỏng sớm trong giai đoạn thiết kế có thể tiết kiệm 15 – 30 % năng lượng vận hành [4].

Trên cơ sở đó, bài báo này đã thực hiện các mô phỏng năng lượng cho một tòa nhà văn phòng của nhà xưởng công nghiệp giả định tại Bình Dương, một tỉnh công nghiệp điển hình của miền Nam Việt Nam chịu điều kiện khí hậu nhiệt đới ẩm. Mô phỏng năng lượng được tiến hành bằng DesignBuilder, một phần mềm được nhiều quốc gia sử dụng trong quá trình thiết kế [5]. Trong quá trình thực hiện, DesignBuilder được tích hợp Engine của EnergyPlus [6], cho phép mô phỏng chính xác quá trình trao đổi nhiệt, ánh sáng, thông gió và điều hòa trong công trình. Ba phương án sử dụng kính thông thường được phân tích, nhằm đánh giá ảnh hưởng của hướng nhà, tỷ lệ cửa sổ (window-to-wall ratio, WWR) và nhiệt độ đặt điều hòa đến hiệu suất năng lượng công trình. Nghiên cứu nhằm khai thác dữ liệu từ mô phỏng năng lượng để đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng của tòa nhà theo các quy định hiện hành của Việt Nam, đồng thời kiểm tra mức độ phù hợp với các tiêu chí trong hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS.

2. Cơ sở lý thuyết và hệ thống đánh giá

2.1. Cơ sở lý thuyết

Truyền nhiệt qua bề mặt kính là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tải nhiệt và hiệu quả sử dụng năng lượng trong công trình. Quá trình truyền nhiệt qua kính bao gồm ba cơ chế chính: truyền dẫn nhiệt, bức xạ mặt trời xuyên qua, và trao đổi nhiệt đối lưu với không khí bên trong và bên ngoài. Các thông số đặc trưng cho hiệu suất của kính bao gồm: hệ số truyền nhiệt U (càng thấp càng tốt), hệ số tổng năng lượng bức xạ mặt trời truyền qua $SHGC$ (Solar Heat Gain Coefficient – là tỷ lệ phần trăm năng lượng mặt trời xuyên qua kính và chuyển thành nhiệt bên trong công trình), và hệ số truyền sáng VLT (Visible Light Transmittance – là tỷ lệ phần trăm ánh sáng khả kiến truyền qua kính).

Tổng lượng nhiệt truyền qua kính Q (W) có thể được tính theo biểu thức sau [7]:

$$Q = U.A.(T_{in} - T_{out}) \quad (1)$$

trong đó: U (W/m^2.K) là hệ số truyền nhiệt tổng, A (m^2) là diện tích bề mặt kính, T_{in} và T_{out} (°C) là nhiệt độ không khí bên trong và bên ngoài.

Hệ số U thể hiện tính cách nhiệt của cửa kính, tường bao, mái công trình, và được tính toán bằng Công thức (2):

$$U = \frac{1}{R_s + \sum\frac{d_i}{\lambda_i} + R'_s} \quad (2)$$

trong đó: R_s, R'_s (m^2.K/W) lần lượt điện trở nhiệt bề mặt phía ngoài và phía trong, d_i (m) là chiều dày lớp vật liệu thứ i, λ_i (W/m.K) là hệ số dẫn nhiệt của lớp vật liệu thứ i, $\frac{d_i}{\lambda_i}$ biểu thị khả năng cản trở truyền nhiệt của từng lớp vật liệu.

Trong các phần mềm mô phỏng năng lượng công trình như DesignBuilder hay EnergyPlus, hệ số U đóng vai trò là một thông số đầu vào thiết yếu để đánh giá lượng thất thoát nhiệt trong mùa đông và mức tăng nhiệt không mong muốn trong mùa hè, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất nhiệt của lớp vỏ công trình.

Ngoài ra, trong điều kiện có bức xạ mặt trời, tổng năng lượng mặt trời truyền vào bên trong thông qua kính còn phụ thuộc vào hệ số tổng truyền nhiệt bức xạ mặt trời $SHGC$. Lượng nhiệt bức xạ mặt trời Q_{solar} có thể được ước tính theo công thức sau [8]:

$$Q_{solar} = SHGC.A.G_t \quad (3)$$

trong đó: G_t (W/m^2) là cường độ bức xạ mặt trời tới bề mặt kính, bao gồm bức xạ trực tiếp, khuếch tán và phản xạ.

$SHGC$ là tổng năng lượng mặt trời truyền qua và hấp thụ bởi kính, sau dố được phát xạ vào không gian trong nhà dưới dạng nhiệt. $SHGC$ bao gồm thành phần bức xạ trực tiếp xuyên qua kính (truyền quang học) và thành phần bị hấp thụ và tái phát xà vào trong:

$$SHGC = \tau_s + \frac{\alpha.h_{in}}{h_{in}+h_{out}} \quad (4)$$

trong đó: τ_s (không thứ nguyên) là hệ số truyền bức xạ mặt trời trực tiếp qua kính, α (không thứ nguyên) là hệ số hấp phụ mặt trời của kính, h_{in}, h_{out} (W/m^2.K) lần lượt là hệ số truyền nhiệt đối lưu/phát xạ mặt trong và mặt ngoài kính.

Hệ số truyền sáng VLT là tỷ lệ giữa lượng ánh sáng khả kiến (trong khoảng bước sóng từ 380 đến 780 nm) truyền qua và tổng lượng ánh sáng khả kiến chiếu tới:

$$VLT = \frac{\Phi_{truyền}}{\Phi_{chiếu\ tới}} \quad (5)$$

trong đó: $\Phi_{truyền}$ và $\Phi_{chiếu\ tới}$ (lm) lần lượt là quang thông ánh sáng khả kiến truyền qua kính và chiếu tới kính.

VLT mang nhiều ý nghĩa trong thiết kế công trình, như cần cân bằng với $SHGC$ để kiểm soát nhiệt và năng lượng, dùng để đảm bảo thị giác cho người sử dụng và để tối ưu ánh sáng tự nhiên, giảm chi phí chiếu sáng. Kính thông thường có U cao ($\geq$ 2,7 W/m^2.K), $SHGC$ lớn ($>$ 70 %), khiến cho lượng nhiệt đi vào không gian bên trong cao, làm tăng tải lạnh.

2.2. Hệ thống đánh giá

Theo quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD, các công trình phi nhà ở cần có hệ số truyền nhiệt OTTV $<$ 50 W/m^2. Ngoài ra, hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS (Vietnam Green Building Council – VGBC) đánh giá hiệu quả năng lượng qua nhiều yếu tố như vỏ công trình, HVAC, chiếu sáng, và sử dụng năng lượng tái tạo [4].

Trong hệ thống tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam về hiệu quả năng lượng trong công trình xây dựng, các thông số kỹ thuật như hệ số truyền nhiệt U, hệ số tổng năng lượng bức xạ mặt trời truyền qua $SHGC$ và hệ

số truyền sáng *VLT* được quy định rõ ràng nhằm kiểm soát mức tiêu thụ năng lượng, đảm bảo hiệu suất sử dụng năng lượng và tiện nghi trong không gian bên trong. Cụ thể, theo QCVN 09:2017/BXD (Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình sử dụng năng lượng hiệu quả) [9], giá trị *U* được quy định tùy theo từng loại kết cấu bao che như mái, tường ngoài và cửa kính, đồng thời phân theo vùng khí hậu và chức năng sử dụng công trình. Tại khu vực khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, cửa kính không có che nắng phải có giá trị *U* nhỏ hơn 3,3 W/m^2.K, nhằm hạn chế trao đổi nhiệt với môi trường ngoài, giảm thất thoát nhiệt và tải lạnh vào mùa hè. Tương tự, giá trị *SHGC* cũng được giới hạn ở mức tối đa 0,25 – 0,5 tùy theo mức độ che nắng để kiểm soát để giảm lượng nhiệt mặt trời xâm nhập vào không gian bên trong, góp phần giảm tải cho hệ thống điều hòa. Trong khi đó, đối với giá trị *VLT*, quy chuẩn khuyến nghị lựa chọn vật liệu có giá trị phù hợp để đảm bảo chiếu sáng tự nhiên, đồng thời cân đối với yêu cầu kiểm soát chói và tải nhiệt. Các giá trị cụ thể của ba hệ số này là cơ sở đầu vào quan trọng trong thiết kế kiến trúc, lựa chọn vật liệu vỏ bao và mô phỏng năng lượng công trình, đồng thời là tiêu chí đánh giá khi xét cấp chứng nhận công trình xanh tại Việt Nam như LOTUS hay EDGE.

Ra đời vào năm 2010, LOTUS là hệ thống đánh giá công trình xanh được phát triển bởi Hội đồng Công trình Xanh Việt Nam (Vietnam Green Building Council – VGBC), một tổ chức phi lợi nhuận quốc tế và là thành viên của Hội đồng Công trình Xanh Thế giới (World Green Building Council – World GBC). Sau hơn 8 năm phát triển, hệ thống LOTUS hiện nay bao gồm 7 tiêu chí đánh giá, áp dụng cho đa dạng các loại dự án xây dựng, bao gồm công trình phi nhà ở, nhà chung cư, công trình đang vận hành, nhà ở riêng lẻ, công trình quy mô nhỏ và không gian nội thất. LOTUS đóng vai trò là công cụ định hướng và thiết lập các mục tiêu nhằm xây dựng công trình bền vững, thân thiện với môi trường, nâng cao sức khỏe của người sử dụng, đồng thời giảm thiểu chi phí vận hành trong suốt vòng đời công trình.

Dựa trên các số liệu gần đây từ LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) và LOTUS, được tổng hợp bởi VGBC, có thể nhận thấy rằng trong những năm gần đây, xu hướng công trình xanh đã mở rộng và phát triển mạnh mẽ trong ngành xây dựng Việt Nam. Mỗi năm, VGBC lại tiến hành tổng hợp các số liệu về công trình xanh tại Việt Nam trong năm trước, nhằm đánh giá và phân tích tình trạng phát triển của phong trào công trình xanh trong nước.

Các công trình được chứng nhận LOTUS thể hiện sự phân bổ hợp lý giữa các phân khúc khác nhau, bao gồm giáo dục, văn phòng, công nghiệp và chung cư. Các dự án lựa chọn LOTUS thường nhắm đến việc đạt được sự cân bằng giữa chi phí đầu tư và các lợi ích thực tiễn mang lại từ công trình xanh, đồng thời đáp ứng các yêu cầu về trách nhiệm xã hội và bảo vệ môi trường của các doanh nghiệp và tổ chức [10].

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Phương pháp và mô hình phân tích năng lượng

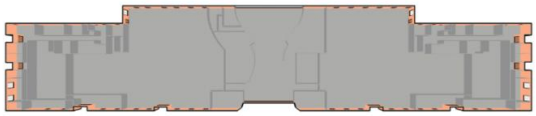
Công trình thực hiện trong mô hình là văn phòng nhà xưởng tại Bình Dương, một khu vực đặc trưng với khí hậu nhiệt đới gió mùa điển hình, như minh họa ở Hình 1. Văn phòng cao 2 tầng với chiều cao thông thủy của mỗi tầng là 4,5 m, tạo điều kiện thuận lợi cho các mô hình đối lưu và tích nhiệt trong không gian nội thất. Diện tích sàn tầng 1 đạt 3.527 m^2, tầng 2 là 3.801 m^2. Hệ sàn sử dụng kết cấu bê tông cốt thép toàn khối, dày 180 mm. Tường bao là gạch CMU 5 lớp, có lớp cách nhiệt giữa, mái bằng bê tông cốt thép. Hệ thống cửa kính được khai báo chính xác theo bản vẽ thiết kế kiến trúc, với các thông số vật lý được tích hợp đầy đủ vào mô hình mô phỏng trong phần mềm DesignBuilder, nhằm đảm bảo tính chính xác của các kết quả phân tích năng lượng và truyền nhiệt.

Các mô phỏng, phân tích và đánh giá hiệu suất năng lượng được thực hiện trên phần mềm DesignBuilder. Nhóm nghiên cứu đã cụ thể hoá công trình xây dựng trên phiên bản 2024 dưới dạng 3D kết hợp với điều kiện thời tiết (tệp dữ liệu khí hậu đầu vào được lựa chọn là BinhDuong.epw, đại diện cho điều kiện khí hậu đặc trưng tại khu vực miền Nam Việt Nam), cấu tạo của vật liệu xây dựng, các thiết bị hệ thống chiếu sáng và hệ thống điều hoà không khí HVAC. Sơ đồ quy trình phân tích năng lượng công trình được minh họa ở Hình 2 [11]. Quy trình bắt đầu với mô hình công trình được đề xuất (Proposed Building Model), bao gồm hình học, vật liệu và thông số kỹ thuật đầu vào. Tiếp theo, dựa trên mô hình này, mô hình cơ sở (Automated Baseline Model Generation) được thiết lập theo các tiêu chuẩn tham chiếu như ASHRAE 90.1. Sau đó, hệ thống điều hòa không khí (HVAC) được xây dựng (Guided HVAC Generation) với yêu cầu đảm bảo tính thống nhất với cả mô hình đề xuất và mô hình cơ sở. Sau khi cả hai mô hình hoàn thiện, bước tiếp theo của quy trình là thực hiện mô phỏng tự động cho cả mô hình đề xuất và các mô hình cơ sở sau khi xoay theo các hướng khác nhau (Automated Simulation of Proposed + Rotated Baselines) nhằm đánh giá ảnh hưởng của hướng công trình đến tiêu thụ năng lượng. Cuối cùng, kết quả so sánh giữa phương án đề xuất và phương án cơ sở (Proposed vs Baseline Results) được hiển thị dưới dạng biểu đồ trực quan, cho phép đánh giá mức độ tiết kiệm năng lượng đạt được theo yêu cầu của các hệ thống chứng nhận công trình xanh như LEED hoặc LOTUS.

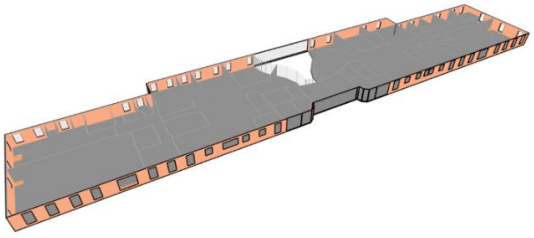
Cấu kiện kính sử dụng trong mô hình là loại kính hộp thông thường dày 24 mm, với các thông số kỹ thuật gồm: hệ số truyền nhiệt U = 2,7 W/m^2.K, hệ số tổng năng lượng bức xạ mặt trời truyền qua SHGC = 83 %, và hệ số truyền sáng VLT = 82 %. Các thông số này đảm bảo mô phỏng chính xác ảnh hưởng của kính đến tổn thất nhiệt và chiếu sáng tự nhiên.

Các kịch bản mô phỏng được xây dựng dựa trên tổ hợp của ba nhóm biến số chính: hướng công trình (0°, 90°, 180°), tỷ lệ diện tích cửa sổ trên tường (Window to Wall Ratio, WWR) với các giá trị 25 %, 30 % và 40 %, cùng với nhiệt độ đặt điều hòa không khí là 24,5 °C và 25 °C. Ba phương án được lựa chọn đại diện cho ba tình huống thiết kế phổ biến trong thực tế. Phương án 1 là mô hình gốc từ hồ sơ thiết kế điển hình của văn phòng nhà xưởng tại Bình Dương. Phương án 2 sử dụng WWR cao (40 %) và hướng Đông – đại diện cho kịch bản "bất lợi về nhiệt" nhằm đánh giá mức độ tiêu thụ năng lượng cực đại. Phương án 3 sử dụng tỷ lệ cửa sổ thấp nhất (25 %) và hướng Nam (180°), đại

diện cho tình huống giảm thiểu hấp thu nhiệt. Các mức nhiệt độ điều hòa (24.5 °C và 25 °C) được chọn theo tiêu chuẩn tiện nghi nhiệt phổ biến tại văn phòng (theo ASHRAE 55 và QCVN 09:2017/BXD).



(a)



(b)

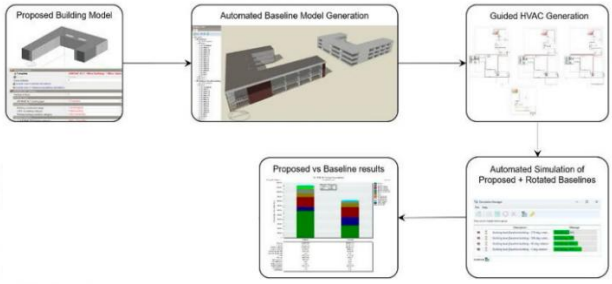
Hình 1. Mô hình 3D của văn phòng: (a) Tầng 1, (b) Tầng 2.

Các thông số hệ thống điều hòa không khí (HVAC) và chiếu sáng được giữ nguyên theo mẫu thiết lập chuẩn dành cho công trình văn phòng (Office template) có sẵn trong phần mềm, nhằm đảm bảo tính đồng nhất khi so sánh giữa các phương án mô phỏng. Sau khi đã thiết lập, các hiệu chỉnh thích hợp sẽ được chạy trên nhân EnergyPlus tiên tiến cho ra độ chính xác cao với giao diện trực quan. Từ đó, nhóm nghiên cứu sẽ dựa trên kết quả cường độ sử dụng năng lượng EUI (Energy Use Intensity) (KWh/m^2/năm) để đánh giá hiệu quả năng lượng công trình. Đây là chỉ số biểu thị lượng điện năng tiêu thụ bình quân hàng năm trên mỗi mét vuông diện tích sàn sử dụng, được tính theo công thức:

$$EUI = \frac{Tổng\ năng\ lượng\ tiêu\ thụ\ hàng\ năm}{Tổng\ diện\ tích\ sàn\ sử\ dụng} \quad (6)$$

trong đó: tổng năng lượng tiêu thụ hàng năm (kWh) bao gồm điện năng phục vụ chiếu sáng, điều hòa không khí, thông gió, thiết bị văn phòng, và các phụ tải khác; tổng diện tích sàn sử dụng (Gross Floor Area) là diện tích thực tế của công trình được sử dụng để phục vụ chức năng chính.

Chỉ số EUI thường được sử dụng trong các hệ thống chứng nhận công trình xanh (như LEED, LOTUS), cũng như trong phân tích hiệu quả đầu tư năng lượng.



Hình 2. Sơ đồ quy trình phân tích năng lượng công trình trong phần mềm DesignBuilder [11].

3.2. Tính toán điểm công trình xanh theo hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS

Điểm năng lượng trong hệ thống LOTUS chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau, bao gồm đặc tính cấu trúc vỏ công trình, hệ thống làm mát, chiếu sáng nhân tạo, và việc sử dụng năng lượng tái tạo. Tuy nhiên, trong khuôn khổ nghiên cứu này, chỉ tập trung vào phân tích và đánh giá hiệu suất năng lượng của phần vỏ công trình. Dựa vào QCVN 09:2017/BXD, số liệu mô phỏng năng lượng với DesignBuilder và LOTUS kết hợp với điểm đánh giá như Bảng 1 để tính toán điểm công trình xanh.

Bảng 1. Điểm đánh giá công trình xanh theo LOTUS về hiệu suất năng lượng của phần vỏ công trình.

Chỉ tiêu	Điểm tối đa
Phần vỏ công trình	8
Giải pháp A: Hệ số truyền nhiệt tổng thể (OTTV)	*3*
Giảm 15% OTTV trung bình của công trình so với mức yêu cầu của QCVN 09:2017/BXD	1
1 điểm: Cho mỗi 15% OTTV trung bình của công trình giảm thêm được so với mức yêu cầu của QCVN 09:2017/BXD (tối đa 45%)	2
Giải pháp B: Thiết kế phần vỏ công trình	
Giải pháp B1: Giảm hấp thụ bức xạ mặt trời	*1*
Thực hiện giải pháp giảm thiểu sự hấp thụ bức xạ mặt trời qua các bề mặt không trong suốt	1
Giải pháp B2: Mặt đứng hướng Tây	*1*
Diện tích mặt đứng hướng Tây nhỏ hơn 20% tổng diện tích mặt đứng của công trình.	1
Diện tích mặt đứng hướng Tây nhỏ hơn 10% tổng diện tích mặt đứng của công.	1
Giải pháp B3: Tỉ số diện tích cửa sổ - tường của mặt đứng hướng Tây và hướng Đông	*2*
WWR của mặt đứng hướng Tây và mặt đứng hướng Đông nhỏ hơn 30%	1
WWR của mặt đứng hướng Tây và mặt đứng hướng Đông nhỏ hơn 15%	2
Giải pháp B4: Kết cấu chắn nắng bên ngoài	*1*
Lắp đặt kết cấu chắn nắng phù hợp cho các cửa kính trong suốt	1

4. Phân tích kết quả

Bảng 2. Tổng tiêu thụ năng lượng của các phương án mô phỏng.

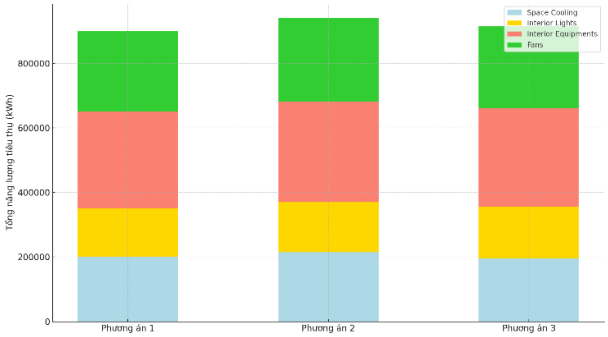
Phương án	Hướng	WWR (%)	Nhiệt độ điều hòa (°C)	Năng lượng tiêu thụ (kWh)
1	0°	30	25,0	950.633,3
2	90°	40	25,0	1.056.452,6
3	180°	25	24,5	977.317,0

Bảng 2 thể hiện kết quả so sánh tổng năng lượng tiêu thụ của ba phương án thiết kế công trình với các thông số khác nhau về hướng xây dựng, tỷ lệ cửa sổ (WWR) và nhiệt độ điều hòa. Kết quả cho thấy phương án 2 (hướng 90°, WWR 40 %, T° 25°C) có mức tiêu thụ năng lượng cao nhất, đạt khoảng 1.056.453 kWh, trong khi phương án 1 và 3 có mức tiêu thụ thấp hơn lần lượt là 950.633 kWh và 977.317 kWh. Phương án 2 có mức tiêu thụ vượt mô hình gốc (phương án 1) hơn 11 %, chủ yếu do hướng Đông kết hợp với diện tích kính lớn. Phương án 3 tuy có sự cải thiện đôi chút về mặt giảm năng lượng tiêu thụ nhưng vẫn chưa đạt hiệu suất tốt. Sự khác biệt này cũng cho thấy tầm quan trọng của việc lựa chọn hướng công trình và tỷ lệ cửa sổ hợp lý trong thiết kế tiết kiệm năng lượng.

Biểu đồ thể hiện tổng năng lượng tiêu thụ chia theo các yếu tố sử dụng điện năng của ba phương án thiết kế được thể hiện trong Hình 3. Các nhóm năng lượng tiêu thụ được tính toán là: làm mát không gian (Space Cooling), chiếu sáng bên trong (Interior Lights), thiết bị nội thất (Interior Equipments), và quạt (Fans). HVAC chiếm đến 55 – 65 % tổng năng lượng tiêu thụ; chiếu sáng và thiết bị nội thất chiếm phần còn lại. Ngoài ra, có thể nhận thấy kính thông thường gây hấp thụ nhiệt cao, khiến tải lạnh tăng vọt vào mùa nắng. Kết quả cũng cho thấy sự khác biệt trong tiêu thụ năng lượng tổng thể giữa các cấu hình công trình. Đây là cơ sở quan trọng để đánh giá hiệu quả năng lượng của từng phương án thiết kế.

Mặc dù ba phương án có mức tiêu thụ năng lượng khác nhau, tất cả đều tuân thủ mức nhiệt độ điều hòa phổ biến (24,5 – 25 °C), đảm bảo vùng tiện nghi theo tiêu chuẩn ASHRAE 55. Tuy nhiên, phương án 2 (WWR 40 %) cho thấy tải lạnh cao hơn, đồng nghĩa với việc hệ thống điều hòa sẽ hoạt động thường xuyên hơn để duy trì tiện nghi nhiệt, gây tiêu tốn năng lượng. Ngược lại, phương án 3 có tải lạnh thấp, nhưng cần kiểm tra thêm về chiếu sáng tự nhiên để đảm bảo không ảnh hưởng đến thị giác người sử dụng.

Bảng 3 thể hiện điểm đánh giá công trình xanh về mặt năng lượng tiêu thụ theo hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS. Có thể thấy, đối với phương án gốc (BIM) vốn dĩ đã được xây dựng từ các vật liệu xanh nên điểm số đạt được là 4 trên tổng số điểm của phần vỏ công trình là 8. Phương án 3 cho mô hình lãng phí nhất về mặt năng lượng. Kết quả này cũng cho thấy vật liệu kính thông thường không thể giúp công trình đạt chứng chỉ xanh nếu không có biện pháp bổ sung khác.



Hình 3. Biểu đồ thể hiện năng lượng tiêu tốn đối với từng yếu tố sử dụng điện năng các phương án mô phỏng.

Bảng 3. Điểm đánh giá công trình xanh về mặt năng lượng tiêu thụ theo LOTUS.

Phương án	Điểm đánh giá trên thang điểm 8	Ghi chú
1	4	Mô hình gốc
2	1	Mô hình lãng phí nhất
3	2	

5. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng hiệu suất năng lượng của một công trình văn phòng trong nhà xưởng công nghiệp tại tỉnh Bình Dương, Việt Nam với điều kiện khí hậu nhiệt đới ẩm. Vật liệu sử dụng là kính thông thường. Với mô hình DesignBuilder tích hợp EnergyPlus, ba phương án thiết kế được xây dựng với sự thay đổi về hướng công trình, tỷ lệ cửa sổ và nhiệt độ điều hòa. Kết quả cho thấy tổng mức tiêu thụ năng lượng dao động từ khoảng 950.000 đến hơn 1.050.000 kWh/năm, tương ứng mức chênh lệch trên 11 % do thay đổi hình thái mặt đứng và điều kiện vận hành. Trong đó phương án có hướng Đông và tỷ lệ cửa sổ cao cho mức tiêu thụ năng lượng lớn nhất. Các kết quả này nhấn mạnh vai trò then chốt của các yếu tố thiết kế kiến trúc và vận hành trong việc tối ưu hóa hiệu suất năng lượng công trình.

Phân tích cũng cho thấy kính thông thường, mặc dù phổ biến, dễ thi công và có chi phí thấp, lại không mang lại hiệu quả nhiệt tốt trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, đặc biệt nếu không được kết hợp với các giải pháp như định hướng nhà, chắn nắng hoặc lựa chọn WWR phù hợp. Việc áp dụng các vật liệu có tính năng cao hơn như kính Low-E, cùng với quy trình mô phỏng từ giai đoạn thiết kế sơ bộ, được xác

định là cần thiết để cải thiện hiệu quả năng lượng và đáp ứng các tiêu chí của chứng chỉ công trình xanh như LOTUS hoặc LEED.

Các nghiên cứu tiếp theo có thể hướng đến việc tối ưu hiệu suất năng lượng công trình bằng cách các loại kính hiệu suất cao như Low-Emissivity (Low-E) hoặc Solar Control thay thế cho kính thông thường, đặc biệt đối với các bề mặt tiếp xúc trực tiếp với bức xạ mặt trời như hướng Đông và Tây.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

[1]. International Energy Agency, *Tracking Buildings 2023*. [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2023. [Truy cập 20/03/2025].

[2]. Bộ Công Thương, *Báo cáo hiện trạng tiêu thụ điện trong ngành xây dựng đô thị năm 2022*. [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://www.moit.gov.vn. [Truy cập 20/03/2025].

[3]. ANSI/ASHRAE/IES, *Standard 90.1-2022: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, Atlanta, GA: ASHRAE, 2022.

[4]. M. Najjar, K. Figueiredo, A. W. A. Hammad, và A. Haddad, "Integrated optimization with building information modeling and life cycle assessment for generating energy efficient buildings," *Applied Energy*, vol. 250, pp. 1366–1382, 2019.

[5]. DesignBuilder Software Ltd., *DesignBuilder Software v7.3 – User Manual*, Stroud, UK: DesignBuilder Software Ltd., 2025. [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://designbuilder.co.uk/helpv7.3/Content/_Index.htm. [Truy cập 20/03/2025].

[6]. U.S. Department of Energy, *EnergyPlus Engineering Reference: The Reference to EnergyPlus Calculations*, Version 23.1, 2023. [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://energyplus.net/documentation. [Truy cập 20/03/2025].

[7]. J. F. Kreider, P. S. Curtiss, và A. Rabl, *Heating and Cooling of Buildings: Design for Efficiency*, 2nd ed., Boca Raton, FL: CRC Press, 2009, pp. 145–147.

[8]. J. Douglas Balcomb, *Passive Solar Buildings*, Cambridge, MA: MIT Press, 1992, pp. 85–87.

[9]. Bộ Xây dựng, *QCVN 09:2017/BXD – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình sử dụng năng lượng hiệu quả*, Hà Nội, Việt Nam: Nhà xuất bản Xây dựng, 2017.

[10]. Báo Kiến Việt, *Tổng kết thị trường Công trình xanh Việt Nam 2018: Chứng nhận LEED và LOTUS*, 2019. [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://kientrucvietnam.org.vn/tong-ket-thi-truong-cong-trinh-xanh-viet-nam-2018-chung-nhan-leed-va-lotus/ [Truy cập 20/03/2025].

[11]. Department of Energy, *Energy Use Intensity (EUI) Basics*. [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://www.energy.gov/eere/buildings/articles/energy-use-intensity-eui-basics. [Truy cập 20/03/2025].