

## Xu hướng phát triển của các “tòa nhà không năng lượng” trong công cuộc ứng phó biến đổi khí hậu tại Việt Nam

Development trends of “Zero Energy Buildings” in response to climate change in Vietnam

Phan Hạnh Liên  
Phan Hanh Lien

*Khoa Kiến trúc, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam  
Faculty of Architecture, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam*

*(Ngày nhận bài: 14/09/2023, ngày phản biện xong: 25/01/2024, ngày chấp nhận đăng: 31/01/2024)*

### Tóm tắt

Các “tòa nhà không năng lượng” (Zero Energy Building - ZEB) đang ngày càng trở nên phổ biến. Thông qua phương pháp phân tích và tổng hợp thông tin từ các tài liệu, hướng dẫn và quy chuẩn, bài báo này cung cấp cái nhìn tổng quan về các ZEB; đồng thời đánh giá vai trò của nó trong công cuộc ứng phó biến đổi khí hậu (BĐKH) tại Việt Nam. Nhờ vào việc giảm năng lượng tiêu thụ tới mức tối đa và tự tạo ra năng lượng tái tạo (chủ yếu là từ năng lượng bức xạ mặt trời) cân bằng hoặc lớn hơn so với năng lượng tiêu thụ, các ZEB có thể giảm thiểu lượng phát thải khí nhà kính đáng kể so với các tòa nhà thông thường; góp phần hiện thực hóa cam kết đưa phát thải ròng về “không” vào năm 2050 của chính phủ Việt Nam nhằm ứng phó BĐKH, thúc đẩy sự ổn định khí hậu và phát triển bền vững. Tuy đã có nhiều trường hợp xây dựng thành công trên thế giới, ZEB tại Việt Nam vẫn đang trong quá trình được nghiên cứu, tìm hiểu. Từ đó, bài báo xin đề xuất một số khuyến nghị về phát triển các “công trình không năng lượng” ở Việt Nam trong giai đoạn hiện nay.

*Từ khóa: công trình năng lượng bằng 0, hiệu quả năng lượng, ứng phó biến đổi khí hậu.*

### Abstract

Buildings with “an average annual energy consumption of zero” (ZEB) are becoming more popular. Through the method of analyzing and synthesizing information from official documents, guidelines and standards, this article provides an overview of “zero energy buildings”; and evaluates their design and construction trending in responding to climate change. Although ZEB is one of the effective methods that has been successfully applied in the world and contributes to climate change adaptation, this is still in the process of being researched, understood and developed in Vietnam. Thus, the article would like to propose some solutions to develop “zero-energy buildings” in this country.

*Keyword: zero energy buildings; energy efficiency; responses to climate change.*

### 1. Giới thiệu

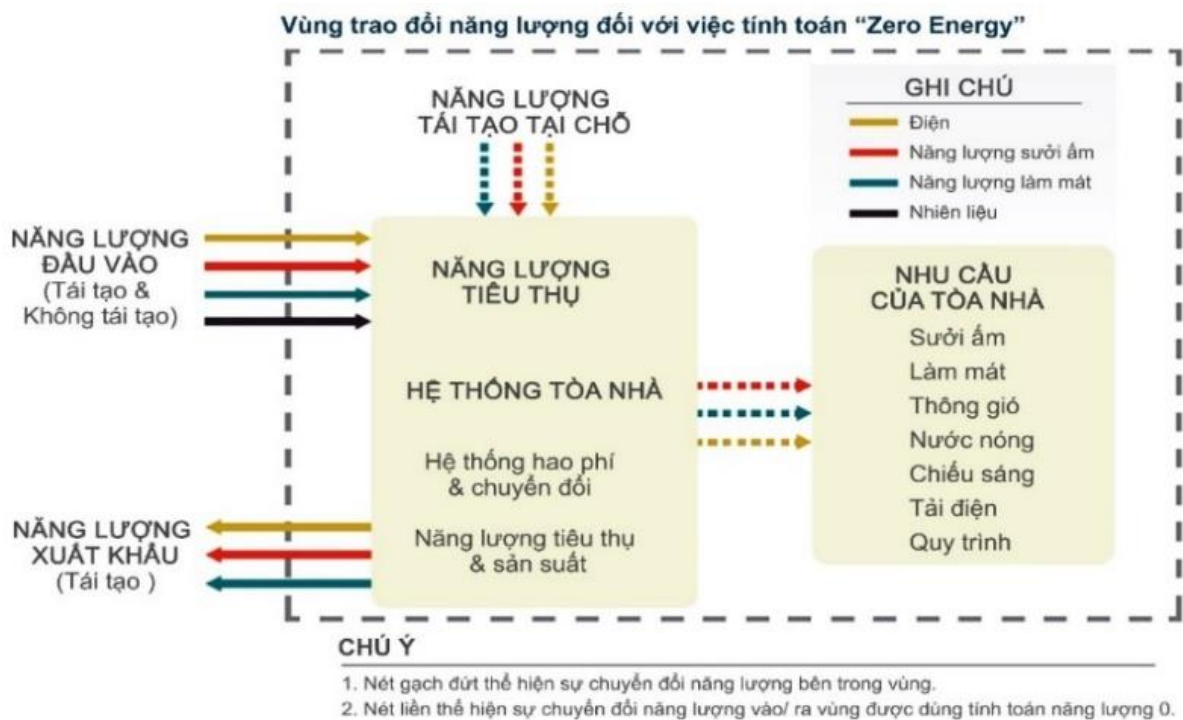
Theo Báo cáo thực trạng toàn cầu (Global Status Report - GSR) do Chương trình Môi trường Liên Hợp Quốc phát hành (United Nations Environment Programme - UNEP) [1] [2] [3], xây dựng và vận hành sử dụng các công trình xây dựng trên phạm vi toàn cầu đã tiêu thụ

gần 1/2 nguồn nguyên vật liệu thiên nhiên, tiêu thụ khoảng 1/6 lượng nước sạch, tiêu thụ khoảng 40% tổng sản xuất năng lượng của thế giới và phát thải khoảng 30% khí nhà kính gây ra BĐKH. Điều này làm gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan, tác động mạnh mẽ đến con người và hệ sinh thái [4] [5] [6]. Thách thức đặt

ra cho các nhà thiết kế công trình là làm sao cắt giảm phát thải khí nhà kính từ việc xây dựng và vận hành các công trình kiến trúc, hình thành và phát triển phong trào thiết kế các công trình sử dụng năng lượng hiệu quả và tiết kiệm. Thực tế cho thấy các “tòa nhà không năng lượng” ra đời như một trong những hướng giải quyết hữu hiệu nhất.

Nguyên lý cấu trúc “tòa nhà không năng lượng” lần đầu tiên được giới thiệu vào năm 1976, khi Essbensen và Korsgard [7] tiến hành phát triển hệ thống sưởi ấm trong các tòa nhà

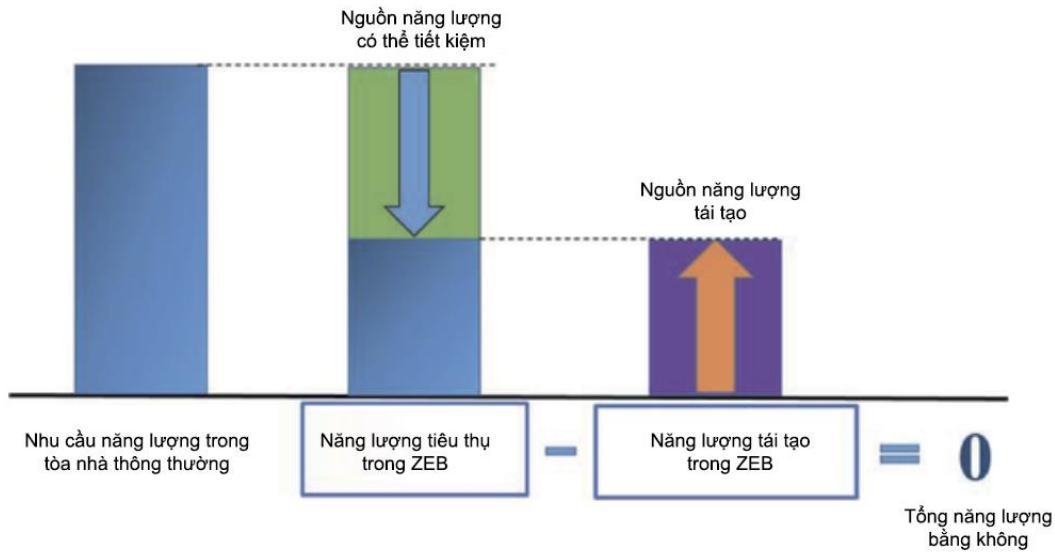
bằng năng lượng mặt trời tại Đại học Kỹ thuật Đan Mạch. Các định nghĩa và mô tả chi tiết có thể tìm thấy trong rất nhiều nghiên cứu như của Sayu P. và cộng sự [8] hay Muresan A.A. và cộng sự [9]. Trong nghiên cứu này, tác giả tuân theo định nghĩa chung của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (U.S Department of Energy - DOE), xem xét ZEB là: “Tòa nhà tiết kiệm năng lượng, trong đó, trên cơ sở năng lượng nguồn, năng lượng thực tế được tiêu thụ hàng năm nhỏ hơn hoặc bằng năng lượng tái tạo tại chỗ.” [10]. Cấu trúc này được biểu diễn như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống tòa nhà năng lượng bằng 0 do DOE công bố (Nguồn: DOE [4]. Bản dịch: Tác giả).

Các chiến lược tiết kiệm năng lượng sẽ tập trung xoay quanh hai nguyên tắc chính: (a) Giảm thiểu nhu cầu sử dụng năng lượng (đặc biệt là nhu cầu sưởi ấm, làm mát và thông gió) trong các tòa nhà về mức tối thiểu thông qua các biện pháp thiết kế và vận hành hiệu quả năng lượng [11]; và (b) bù đắp lượng năng lượng đã tiêu thụ bằng cách áp dụng các nguồn năng lượng tái tạo như quang điện, địa nhiệt, v.v... [12]; và không tiêu thụ năng lượng được sản xuất theo các

phương thức “truyền thống”, có tác động “xấu” đến môi trường tự nhiên như thủy điện, nhiệt điện (than, dầu, gas, v.v...). Cấu trúc cân bằng năng lượng của ZEB (xem Hình 2) có thể loại bỏ sự phụ thuộc của công trình vào hệ thống cung cấp năng lượng chung (lưới điện, nước nóng, gas) mà đa phần sẽ gây hại cho môi trường trong quá trình sản xuất năng lượng, đồng thời đạt được hiệu suất năng lượng cao so với các công trình xây dựng thông thường.



Hình 2. Sơ đồ hiện thức hóa “tòa nhà không năng lượng (Nguồn: Tác giả).

Như vậy, sự phát triển của các tòa nhà ZEB được khuyến khích bởi mong muốn chúng ít tác động đến môi trường hơn, đóng góp ít khí nhà kính tổng thể hơn vào bầu khí quyển trong quá trình hoạt động, phần nào thúc đẩy sự ổn định của khí hậu. Trong bài báo này, tác giả muốn đề cập đến vai trò của ZEB cũng như đưa ra một số khuyến nghị đối với việc phát triển ZEB nhằm thích ứng BĐKH ở Việt Nam.

## 2. Cơ sở hướng dẫn xây dựng ZEB

Đẩy mạnh phát triển ZEBs cần có sự kết hợp toàn diện của cơ sở hành lang pháp lý, sự phát triển trong công nghệ kỹ thuật xây dựng, sự hiểu biết về ZEBs của mọi người dân và các đơn vị, tổ chức. Hiện nay nhiều quốc gia, tổ chức quốc tế đã xây dựng các bộ tiêu chuẩn đánh giá và chỉ dẫn thiết kế, vận hành và kiểm soát mục tiêu cân bằng năng lượng. DOE cùng các đối tác (Viện Kiến trúc Hoa Kỳ - AIA, Hiệp hội Kỹ thuật Chiếu sáng - IES và Hội đồng Công trình Xanh Hoa Kỳ - USGBC) đã nghiên cứu và phát triển Bộ hướng dẫn thiết kế năng lượng tiên tiến (Advanced Energy Design Guides - AEDG), và cung cấp hoàn toàn miễn phí các tài liệu như một nỗ lực nhằm thúc đẩy hiệu quả năng lượng của các tòa nhà trên toàn cầu, cũng như đưa ra phương hướng thiết kế và xây dựng các ZEB ở

tất cả các vùng khí hậu [13]. Cho đến nay, số lượng ZEB được xây dựng thành công gia tăng đáng kể, đặc biệt tại Hoa Kỳ, các nước EU, Nhật Bản, Hàn Quốc, v.v..., ví dụ như tòa nhà Trung tâm Bullitt (Seattle, Hoa Kỳ), tòa nhà Sustie (Nhật Bản), Văn phòng 550 Spencer (Tây Melbourne, Úc), tòa nhà ZEB+ Building (Singapore), v.v... Sự thành công của những dự án kể trên góp phần cho thấy có thể tham khảo sử dụng cách tiếp cận và xây dựng tiêu chuẩn dựa trên những cuốn cẩm nang và áp dụng vào mô hình hướng đến ZEB tại Việt Nam.

Bên cạnh đó, Bộ Xây dựng Việt Nam cũng đã ban hành Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả (QCVN 09:2017/BXD), gồm 06 nội dung: 1- Lớp vỏ công trình, 2- Hệ thống thông gió và điều hòa không khí, 3- Chiếu sáng, 4- Thang cuốn và thang máy, 5- Sử dụng điện năng và 6- Hệ thống đun nước nóng. Trong đó quy định rõ về mặt kỹ thuật, thông qua các yêu cầu cụ thể và những số liệu tương ứng (giá trị, chỉ số, hệ số, công suất, hiệu suất, v.v...) có chia thành các trường hợp và phần phụ lục với một số bảng biểu tra cứu và hình vẽ cấu tạo minh họa các lớp kết cấu [14]. Đi kèm với đó là các tài liệu hướng dẫn hỗ trợ các nhà thiết kế, kiến trúc sư, kỹ sư, v.v...

dễ dàng tiếp cận và thực hiện quy chuẩn [15]. Những điều này tạo tiền đề và cơ sở tốt để có thể nghiên cứu phát triển ZEB phù hợp với bối cảnh xây dựng tại Việt Nam.

### 3. ZEB trong công cuộc ứng phó biến đổi khí hậu tại Việt Nam

Vào năm 2015, tại Hội nghị Liên hợp quốc về BĐKH (Conference of the Parties - COP) lần thứ 21, Hiệp định Paris (Paris Agreement - PA/COP21) [16] ra đời, đánh dấu một bước ngoặt lớn đối với công cuộc giảm BĐKH toàn cầu; trong đó đề ra mục tiêu hoàn toàn khử cacbon vào năm 2050, thông qua việc giải quyết lượng phát thải liên quan đến các tòa nhà hoặc cải thiện hiệu quả năng lượng theo các đóng góp do mỗi quốc gia tự quyết định (Nationally Determined Contributions - NDCs). Thực tế hiện nay, Chính phủ đang từng bước triển khai một số chương trình, kế hoạch nhằm thực hiện các cam kết của Việt Nam tại COP 26. Cụ thể, ngày 30 tháng 01 năm 2022, Chính phủ ban hành Thông báo số 30/TB-VPCP về hướng dẫn thực hiện cam kết COP 26 [17], cũng như dự kiến ban hành thêm nghị định mới về giảm thiểu khí nhà kính bảo vệ tầng ozone; hay thành lập các ủy ban thúc đẩy luật pháp, chính sách, cải cách quản lý đối với cơ sở hạ tầng thích ứng khí hậu và năng lượng tái tạo. Mặc dù đã có một số công trình xây dựng kiến trúc được đánh giá và công nhận là công trình đạt hiệu quả và tiết kiệm năng lượng, công trình xanh, khu đô thị xanh; việc phát triển các công trình xanh cũng mới chỉ đạt được mức tiết kiệm năng lượng khoảng 10 - 30% so với các công trình xây dựng truyền thống [18] [19] [20], hoàn toàn không thể đáp ứng yêu cầu giảm thiểu phát thải khí nhà kính nhằm hạn chế BĐKH theo cam kết của Việt Nam tại Hội nghị COP 26 [21]. Như vậy, để đáp ứng được mức ứng phó với BĐKH thì Việt Nam cần thiết đẩy mạnh phát triển các công trình có hiệu quả năng lượng cao hơn nữa, trong đó xây dựng ZEB là xu thế tất yếu.

Hiện nay, trong khoảng 300 dự án ZEB được liệt kê trên bản đồ thế giới của Chương trình sưởi ấm và làm mát (SHCB) thuộc Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA), hơn 90% được định vị ở các khu vực phát triển của Liên minh Châu Âu và Hoa Kỳ, hầu hết là những vùng có khí hậu lạnh hoặc ôn đới [22]. Điều này dẫn đến có rất nhiều nghiên cứu về các chiến lược thụ động và chủ động phục vụ nhu cầu sưởi ấm, tận dụng giữ nhiệt và bức xạ mặt trời. Trái lại, ở các nước đang phát triển hoặc các vùng khí hậu nóng ẩm hoặc nóng khô như Việt Nam, việc thiết kế ZEB chưa được đẩy mạnh, có lẽ xuất phát từ vấn đề thiếu hụt tài chính và các công nghệ khoa học tiên tiến kèm theo các thách thức về giải quyết tải nhiệt dư thừa của khí hậu nóng. Một trong những giải pháp nhằm giải quyết các vấn đề này là tập trung vào các chiến lược thụ động với khoản đầu tư ban đầu tương đối thấp (tập trung vào quy hoạch hoạt động của người sử dụng, tính toán mô phỏng chi phí trên phần mềm trước khi thi công thực tế, v.v...), kết hợp các chiến lược chủ động hiệu suất cao nhằm thúc đẩy các cơ hội phát triển ZEB [23] [24]. Với những bước đầu tiên hướng đến phát triển ZEB, Việt Nam có thể căn cứ vào các quy chuẩn, cảm nang hướng dẫn trong việc hướng đến các công trình sử dụng năng lượng siêu thấp (công trình tiết kiệm năng lượng khoảng 50% so với mức tiêu thụ năng lượng tham chiếu); sau đó hướng đến công trình gần đạt ZEB là công trình tiết kiệm năng lượng khoảng 75% so với mức tiêu thụ năng lượng tham chiếu và tiếp theo là phát triển công trình đạt tiêu chí 100% là ZEB. Điều này tương tự với việc phát triển ZEB tại các đất nước như Nhật Bản, Singapore, v.v... Dự án này có thể đòi hỏi chi phí lớn, tuy nhiên hiện nay Việt Nam cũng đang được rất nhiều khoản viện trợ dành cho công cuộc ứng phó BĐKH (như nguồn ODA chỉ cho ứng phó BĐKH trị giá 4,6 triệu USD; khoản vay tín dụng của Ngân hàng Đầu tư châu Âu 100 triệu Euro). Như vậy, xây dựng ZEB có thể đóng vai trò như là cơ sở đề nghị quốc tế hỗ trợ, từ đó

tập trung nỗ lực để nắm được các phương án chọn tài trợ và hợp tác tốt nhất.

Gần đây, dựa trên các đặc điểm khí hậu Việt Nam và các tài liệu cơ sở hướng dẫn xây dựng ZEB, tác giả đã thực hiện một nghiên cứu cụ thể

về mô hình ZEB (loại hình công trình văn phòng) [25], kết quả cho thấy nếu tận dụng tối đa các chiến lược thiết kế thích hợp sẽ có thể xây dựng thành công ZEB tại Việt Nam (các chiến lược chi tiết xem ở Bảng 1).

Bảng 1. Một số chiến lược nâng cao hiệu quả năng lượng trong thiết kế ZEBs trong điều kiện khí hậu nóng ẩm tại Việt Nam

CHIẾN LƯỢC	CHI TIẾT		CƠ SỞ XÁC LẬP
1. Quy hoạch mặt bằng, lựa chọn góc và phương vị công trình phù hợp	Tránh bức xạ nóng vào mặt đứng chính		<i>Các phần mềm mô phỏng hiệu quả năng lượng</i>
2. Lớp vỏ bao che và vật liệu xây dựng trong công trình	Tường bao che	Tường gạch lỗ xây 2 lớp dày 250mm, ở giữa 2 lớp có lớp cách nhiệt. Trát vữa hoàn thiện, sơn màu sáng có độ hấp thụ bức xạ mặt trời ở mức tối thiểu SHCG= 0,25; U-value < = 0,59 W/m <sup>2</sup> .K	<i>Mục 2.1.2-1, QCVN 09:2017/BXD. Mục A01, Bảng 1, 2 Tài liệu hướng dẫn QCVN 09:2017/BXD.</i>
	Mái	Mái bê tông cốt thép, độ dày theo (khoảng từ 100- 200mm) Có lớp cách nhiệt U-value < = 0,32 W/m <sup>2</sup> .K	<i>Mục 2.1.2-1, QCVN 09:2017/BXD. Mục A02, Bảng 3, Tài liệu hướng dẫn QCVN09:2017/BXD.</i>
	Cửa kính	Kính hộp low-e 3 lớp, lớp ở giữa là khí Argon dày 30mm. U-value < = 0,54 ; SHGC = 0,40	<i>Mục 2.1.2-2, QCVN 09:2017/BXD. Mục A03, Bảng 3, Tài liệu hướng dẫn QCVN09:2017/BXD.</i>
	Che nắng	Tỉ lệ diện tích cửa kính so với vỏ bao che giảm về mức tối thiểu (15%). Bố trí ô văng che nắng cho các cửa sổ của công trình.	<i>Mục 2.1.2-2, QCVN 09:2017/BXD</i>
	Tường nội thất	Tường gạch xây 1 lớp dày 110mm hoặc vách ngăn thạch cao. Trát vữa hoàn thiện.	<i>Thực tế phổ biến.</i>
	Sàn	Bê tông cốt thép, ốp gạch hoàn thiện.	<i>Thực tế phổ biến.</i>
3. Điều hòa thông gió	Điều hòa	Giữ mức tiện nghi nhiệt 25oC.	<i>Thực tế phổ biến.</i>
	Thông gió	Áp dụng thông gió tự nhiên vào ban đêm (19h-4h hôm sau, mở toàn bộ cửa) và hạn chế mở cửa vào ban ngày, đóng kín cửa vào khoảng thời gian nóng nhất ban ngày (12h- 15h)	<i>Kiểm chứng nghiên cứu khoa học [24]</i>
	Thiết kế cảnh quan	Cây xanh, thảm cỏ và mặt nước giúp điều tiết vi khí hậu ngoài nhà	

4. Chiếu sáng và sử dụng thiết bị điện	Chiếu sáng	Bố trí chiếu sáng tập trung ở các vị trí làm việc, giảm chiếu sáng tổng thể, tương đương 6W/người. Tính toán với tiêu chuẩn 10m <sup>2</sup> / người, chiều cao thông thủy của tầng là 3m.	ASHRAE - AEDGZE-SMO - EL9 Mục D, Tài liệu hướng dẫn QCVN 09:2017/BXD.
	Thiết bị điện	Sử dụng thiết bị với công suất nhỏ, tiết kiệm điện, Tổng suất năng lượng tiêu thụ tương đương 80W/người.	ASHRAE - AEDGZE-SMO - PL9 đến PL15
5. Quy hoạch hành động	Lịch sinh hoạt	Sinh hoạt điều độ.	Ý thức người sử dụng.
	Tiết kiệm điện	Xây dựng ý thức tiết kiệm điện, tắt đèn, tắt nguồn, rút phích cắm	Ý thức người sử dụng
6. Lắp đặt PV	Mái	Bố trí PV theo diện Đông - Tây. Mật độ 80% diện tích mái. Chỉ khi không đủ diện tích mái mới xem xét phương án bố trí mặt đứng.	Các phần mềm mô phỏng hiệu quả năng lượng

Lượng phát thải trong tòa nhà này giảm 60% so với các tòa nhà thông thường. Điều này góp phần củng cố cơ hội xây dựng ZEB trên quy mô lớn trong điều kiện đất nước, cũng như góp phần để đáp ứng cam kết mạnh mẽ của Chính phủ Việt Nam tại COP 26 về tăng cường hợp tác quốc tế chuyên giao công nghệ và nâng cao năng lực thực hiện công trình hiệu quả năng lượng giảm phát thải khí nhà kính, ứng phó BĐKH.

#### 4. Những bàn luận

Việt Nam hiện nay đang có quá ít các nghiên cứu về BĐKH trong mối quan hệ với công trình kiến trúc làm nền tảng cho việc giảng dạy, định hướng cũng như ứng dụng thực tiễn. Vấn đề thích ứng công trình với BĐKH về lâu dài còn luôn gắn liền với một nhiệm vụ khó khăn hơn, đó là cắt giảm phát thải công trình để tiến tới một xã hội phát thải ròng bằng “0” [26]. Mục tiêu đó đòi hỏi nhiều giải pháp cứng và mềm triển khai từng bước và dần tiến đến đồng bộ, trong đó kiến trúc sư và những nhà thiết kế cũng là những người tiên phong, cũng như cần sự nhất quán đối với ứng phó BĐKH từ người dân đến các cấp lãnh đạo. Nhằm đẩy mạnh các nghiên cứu xây dựng các công trình có tính thích ứng

BĐKH cao, cụ thể là công trình ZEB ở Việt Nam, tác giả có những đề xuất sau đây:

- Về phía các cơ sở đào tạo: Có thể đưa một số nội dung về chiến lược hướng đến công trình ZEB vào chương trình giảng dạy tại nhà trường (bậc đại học) hay tích hợp các chủ đề phát triển bền vững, ứng phó BĐKH, tổ chức các buổi hội thảo, ngoại khóa, diễn đàn giao lưu giữa sinh viên và các chuyên gia về vấn đề hiệu quả năng lượng, tạo điều kiện thuận lợi phát triển năng lực học tập chuyên sâu cũng như bồi dưỡng nguồn lực trẻ đóng góp vào cộng đồng nghiên cứu ZEB và các vấn đề liên quan. Trong quá trình nghiên cứu ZEB Việt Nam, có thể gặp nhiều khó khăn về các vấn đề kiểm chứng số liệu thực nghiệm, điều này có thể phần nào giải quyết bằng cách tiếp cận các phương pháp mô hình hóa công trình thông qua các phần mềm mô phỏng tiêu biểu như Energy Plus, Green Building Studio, Revit, v.v...

- Về phía chính quyền, các cơ quan quản lý và các đơn vị doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực tư vấn đầu tư xây dựng: Có sự phối hợp nhuần nhuyễn giữa chính quyền và các tổ chức doanh nghiệp, cần thiết thúc đẩy cơ chế khuyến

khích, động viên các đơn vị đang hoạt động trong lĩnh vực hiệu quả năng lượng tập trung nguồn lực xây dựng và phát triển ZEB. Đồng thời nên ban hành các quy chế, quy định cũng như phương pháp đánh giá hiệu quả năng lượng, nhằm kiểm soát và quản lý việc xây dựng ZEB một cách đúng đắn. Song hành với đó là các chính sách giúp các tổ chức công ty nắm bắt các chiến lược thiết kế và các công nghệ kỹ thuật tiên tiến, trên cơ sở đó chiếm được ưu thế cạnh tranh trên thị trường và đem lại lợi ích lâu dài cho doanh nghiệp. Việc xây dựng ZEB nên được khuyến khích, ưu đãi như: Nhà đầu tư ZEB được ưu tiên vay vốn với lãi suất thấp, được giảm trừ một số loại thuế và các chính sách khuyến khích tài chính khác; dán nhãn công trình ZEB, hoặc tổ chức xét chọn, công nhận và cấp chứng chỉ cho các công trình đạt các tiêu chí của ZEB; nhà nước khen thưởng chủ đầu tư công trình và tổ chức tư vấn thiết kế các ZEB đặc sắc.

- Bản thân chúng ta cũng cần có sự thay đổi và nâng cao nhận thức bằng hành động cụ thể trong việc sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả ngay trong chính căn nhà của mình hoặc nơi mình làm việc. Nếu chúng ta không có sự điều chỉnh về hành vi sử dụng điện thì sẽ phải đầu tư một khoản rất lớn để sản xuất điện năng và phải sử dụng công nghệ đắt đỏ hơn. Tác giả xin nhấn mạnh việc tiết kiệm năng lượng được quyết định bởi yếu tố con người nhiều hơn so với công nghệ.

## 5. Kết luận

Trước thách thức của biến đổi khí hậu, các công trình ZEB là một trong những giải pháp toàn diện nhằm giải quyết mục tiêu kép - giảm thiểu lượng phát thải khí nhà kính CO<sub>2</sub> trong lĩnh vực xây dựng và đảm bảo sự tiện nghi, nâng cao chất lượng môi trường sống của con người. Nhờ những nỗ lực hợp tác xoay quanh ứng dụng năng lượng tái tạo, công nghệ vật liệu tiên tiến và các chiến lược thiết kế phù hợp, các ZEB đã bắt đầu xuất hiện tập trung tại những thành phố lớn trên

thế giới. Không nằm ngoài bước tiến chung của toàn cầu, Việt Nam cần thiết đẩy mạnh các công tác nghiên cứu và phát triển ZEB. Về cơ bản, bài báo đã mô tả vai trò của ZEB đối với công cuộc thích ứng BĐKH tại Việt Nam, cũng như nhấn mạnh việc thúc đẩy các nghiên cứu ZEB và đề xuất một vài kiến nghị đối với việc phát triển ZEB tại Việt Nam. Trong bối cảnh này, tác giả bài báo dự kiến tập trung nghiên cứu quy trình thiết kế ZEB khả thi tại Việt Nam đối với từng loại hình công trình xây dựng, đóng góp thêm vào nguồn tài liệu trong công cuộc phát triển bền vững.

## Tài liệu tham khảo

- [1] United Nations Environment and International Energy Agency. (2017). *The 2017 Global Status Report: Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector*. Nairobi, Kenya: UNEP.
- [2] United Nations Environment and International Energy Agency. (2020). *The 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Nairobi, Kenya: UNEP.
- [3] United Nations Environment Programme. (2021). *The 2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*. Nairobi, Kenya: UNEP.
- [4] Lan, B.T.H. (2020). *Phân tích thực trạng phát thải khí nhà kính tại Việt Nam*. Truy cập 15/04/2022, từ <https://tapchicongthuong.vn/bai-viet/phan-tich-thuc-trang-phat-thai-khi-nha-kinh-tai-viet-nam-72541.htm>.
- [5] United States Global Change Research Program. (2018). *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II: I: Report-in-Brief*. Washington, DC, USA: USGCRP.
- [6] Viện khoa học Khí tượng thủy văn và Môi trường. (2010). *Biến đổi khí hậu và tác động ở Việt Nam*. Hà Nội, Việt Nam: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [7] Esbensen, T.V.; Korsgaard, V. (1977). "Dimensioning of the solar heating system in the zero energy house in Denmark". *Solar Energy*, vol. 19, no. 2, pp. 195-199.
- [8] Sayu P.; Ha H.; Mari H. (2017). "Energy and emission analyses of solar assisted local energy solutions with seasonal heat storage in a Finnish case district". *Renewable Energy*, vol. 107, pp. 147-155.

- [9] Muresan A.; Attia S. (2017). "Energy efficiency in the Romanian residential building stock: A literature review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 74, pp. 349-363.
- [10] U.S. Department of Energy. (2015). *A Common Definition for Zero Energy Buildings*. Washington, D.C: U.S. Department of Energy.
- [11] Saleh, N.; Awni, K. (2019). "Zero energy building (ZEB) in a cooling dominated climate of Oman: Design and energy performance analysis". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 112, pp. 299-316.
- [12] Matthew, D.L.; Efstathios, E.M. (2018). "Grid-Independent Residential Buildings with Renewable Energy Sources". *Energy*, vol. 148, pp. 448-460.
- [13] American Society of Heating Refrigeration and Airconditioning Engineers. (2019). *Advanced Energy Design Guide for Small to Medium Office Buildings: Achieving Zero Energy*. Washington, DC, USA: ASHRAE.
- [14] Bộ Xây dựng. (2017). *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 09:2017/BXD Các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả*. Hà Nội, Việt Nam: Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường..
- [15] Bộ Xây dựng. (2017). *Tài liệu hướng dẫn áp dụng Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 09:2017/BXD về Các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả*. Hà Nội, Việt Nam: Bộ Xây dựng.
- [16] United Nations Framework Convention on Climate Change. (2018). *The Paris Agreement – Publication*. Denmark: Phoenix Design Aid.
- [17] Văn phòng chính phủ. (2022). *Thông báo số 30/TB-VPCP của Văn phòng Chính phủ Công thông tin điện tử chính phủ*. Truy cập 15/04/2022, từ <https://vanban.chinhphu.vn/>
- [18] Thành P.T. (2017). *Giải pháp kiến trúc công trình văn phòng cao tầng tại Hà Nội theo hướng tiết kiệm năng lượng*. (Luận văn thạc sĩ kiến trúc, Đại học Kiến trúc Hà Nội).
- [19] Trung, N.T.; Tới, P.V. (2018). "Nghiên cứu đề xuất tiêu thụ điện năng cho văn phòng làm việc: áp dụng tính toán cho văn phòng làm việc tại Hà Nội". *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, tập 12, số 2, trang 59-64.
- [20] Chính, N.X. (2011). *Nghiên cứu xây dựng giải pháp tiết kiệm và hiệu quả năng lượng cho các tòa nhà trong điều kiện khí hậu tại Việt Nam - Báo cáo tổng hợp*. (Luận án tiến sĩ, Viện khoa học Công nghệ Xây dựng, Hà Nội).
- [21] Son, T.; Vân, H.; Hà, H.; Toàn, V.; Hưng, T. (2021). *COP 26 và dấu ấn Việt Nam*. Truy cập ngày 15/04/2022, từ [https://special.nhandan.vn/COP26\\_Vietnam/index.html](https://special.nhandan.vn/COP26_Vietnam/index.html).
- [22] Torcellini, P.; Pless S. (2016). *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Asilomar, Pacific Grove, California, 2006.
- [23] National Renewable Energy Laboratory (2014). *Cost control strategies for Zero Energy Buildings - High-Performance Design and Construction on a Budget*. Colorado, USA: NREL.
- [24] Tuấn, N.A.; Linh, T.T.T. (28, 07, 2016). "Kiến trúc sư với xu hướng thiết kế kiến trúc hiệu quả năng lượng". *Tạp chí kiến trúc*, tập 255, số 7, trang 30-34.
- [25] Liên, P.H; Tuấn, N.A. (31, 12, 2022). "Tính khả thi của văn phòng theo mô hình zero năng lượng tại Việt Nam". *Tạp chí Kiến trúc*, tập 12, trang 40-44.
- [26] Tuấn, N.A. (2021). *Thực trạng và đề xuất mô hình cho thành phố Đà Nẵng carbon thấp vào năm 2040. Công trình & Thành phố 0 carbon- Con đường Net-Zero, Hội thảo Tuần lễ công trình hiệu quả năng lượng Việt Nam 2021*, Hà Nội, Việt Nam.