

TÍCH HỢP GIÁO DỤC VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG TRONG DẠY HỌC CHỦ ĐỀ STEM “CHẾ TẠO MÔ HÌNH MÁI NHÀ XANH” (TOÁN 7)

INTEGRATING EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN TEACHING THE STEM TOPIC “BUILDING A GREEN ROOF MODEL” (MATH 7)

Đỗ Kim Khánh,
Vương Đăng Khoa,
Nguyễn Trung Khoa,
Nguyễn Công Thành⁺,
Nguyễn Thị Nga

Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh
+ Tác giả liên hệ • Email: thanhnguyen1662005@gmail.com

Article history

Received: 03/4/2026

Accepted: 06/5/2026

Published: 05/8/2026

Keywords:

Education for Sustainable
Development, STEM
Education, Green Roof
Model, Math 7

ABSTRACT

Currently, Education for Sustainable Development (ESD) plays a guiding role in promoting the integration of economic, social, and environmental aspects into teaching. Integrating ESD into STEM education gives students the opportunity to apply their knowledge to solve practical problems. This study involves an experiment with a group of 37 seventh-grade students to evaluate the effectiveness of integrating ESD into the STEM topic "Building a Green Roof Model" (Mathematics 7). During the teaching of this topic, students applied their knowledge of calculating the area and volume of geometric shapes to design and optimize the model. The results of the self-assessment survey before and after the intervention showed a statistically significant improvement ($p < 0.001$) in awareness of sustainable development and the three competencies: systems thinking, collaboration, and forecasting. To enhance implementation effectiveness, teachers need to select relevant practical problems, creating opportunities for students to participate in the design, decision-making, and evaluation of solutions. Simultaneously, emphasis should be placed on organizing collaborative activities, discussions, and reflections to help students clearly understand the connections between economic, social, and environmental factors in the problem-solving process.

1. Mở đầu

Giáo dục vì sự phát triển bền vững (Education for Sustainable Development - ESD) đóng vai trò là một phương tiện để hướng tới mục tiêu phát triển bền vững (PTBV) của Liên Hợp Quốc (Leicht và cộng sự, 2018). Từ khi Chương trình giáo dục phổ thông 2018 được triển khai thì việc tích hợp ESD vào các hoạt động dạy học ngày càng được chú trọng. Trong dạy học môn Toán, ESD được định hướng lồng ghép như một vấn đề cấp thiết mang tính toàn cầu, đòi hỏi môn học phải tăng cường tính ứng dụng và gắn kết chặt chẽ với thực tiễn (Bộ GD-ĐT, 2018a). Do đó, bên cạnh việc đảm bảo phát triển các năng lực đặc thù của môn Toán, cần lồng ghép các yếu tố PTBV để HS có thể trở thành một công dân có trách nhiệm trong tương lai. Tuy nhiên, việc tích hợp ESD vào dạy học môn Toán ở Việt Nam hiện nay còn gặp nhiều khó khăn, số công trình nghiên cứu liên quan đến việc tích hợp ESD trong dạy học môn Toán còn khá hạn chế (Bùi Thị Thanh Nhân và Hà Văn Dũng, 2024). Trên thực tế, rào cản thường gặp là tính trừu tượng của các vấn đề toán học và GV thường thiên về dạy lý thuyết hơn thực hành (Gaanya và cộng sự, 2025).

Giáo dục STEM là mô hình giáo dục dựa trên cách tiếp cận liên môn, giúp HS áp dụng các kiến thức Khoa học, Công nghệ, Kỹ thuật và Toán học vào giải quyết một số vấn đề thực tiễn trong bối cảnh cụ thể. Với mỗi cách tiếp cận khác nhau, giáo dục STEM được hiểu và triển khai theo những cách khác nhau, nhưng giống nhau ở chỗ đều hướng tới đạt được mục tiêu sau cùng là phát triển nguồn nhân lực về Khoa học, Công nghệ, Kỹ thuật và Toán học. Giáo dục STEM được đưa vào như một giải pháp sư phạm thông qua việc lồng ghép liên môn các mục tiêu PTBV vào quy trình thiết kế kỹ thuật và giải quyết các vấn đề thực tiễn (Fathurohman và cộng sự, 2023; Habibaturrohman và cộng sự, 2023). Các nghiên cứu gần đây đã chứng minh hiệu quả của việc tích hợp ESD vào giáo dục STEM (AlAli và cộng sự, 2023; Fathurohman và cộng sự, 2023). Sự kết hợp này giúp người học vượt qua rào cản lý thuyết trừu tượng bởi các hoạt động thực tiễn mà không gây thêm áp lực lên chương trình học, từ đó người học không chỉ hiểu kiến thức sâu sắc mà còn phát triển tư duy phản biện, tư duy hệ thống, năng lực sáng tạo và định hình thái độ sống có trách nhiệm

đối với các vấn đề của môi trường trên toàn cầu (AlAli và cộng sự, 2023). Tại Việt Nam, việc tích hợp ESD vào các hoạt động giáo dục STEM ở THCS, đặc biệt là trong dạy học môn Toán vẫn chưa được nhiều nghiên cứu đề cập đến.

Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất việc tích hợp ESD vào dạy học môn Toán thông qua chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” (Toán 7). Chủ đề này vận dụng các kiến thức toán học thuộc nội dung “Các hình khối trong thực tiễn” (Toán 7) để chế tạo mô hình thử nghiệm, từ đó đánh giá tính khả thi và hiệu quả của phương pháp đối với việc thay đổi nhận thức về PTBV và ba năng lực bền vững (tư duy hệ thống, hợp tác và dự báo) của HS.

2. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo sử dụng phương pháp phân tích và tổng hợp tài liệu nhằm làm rõ cơ sở lý luận liên quan đến ESD, giáo dục STEM, nhận thức về PTBV và năng lực bền vững; thực nghiệm sư phạm được triển khai thông qua chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” cho 37 HS lớp 7 tại Trường Trung học Thực hành Sài Gòn, TP. Hồ Chí Minh từ ngày 28/01/2026 đến ngày 04/02/2026. Tiến trình thực nghiệm được tổ chức với 04 tiết học trực tiếp trên lớp và 01 tuần HS tự nghiên cứu, chế tạo mô hình tại nhà. Đối tượng tham gia là HS đã học xong nội dung “Các hình khối trong thực tiễn” (Toán 7).

Về phương pháp định tính, bảng tiêu chí được sử dụng để đánh giá hồ sơ học tập và sản phẩm mô hình Mái nhà xanh của HS thông qua các giai đoạn học tập. Về phương pháp định lượng, dữ liệu được thu thập từ phiếu khảo sát tự đánh giá sử dụng thang đo Likert 5 mức độ (từ mức 1: Hoàn toàn không đồng ý; đến mức 5: Hoàn toàn đồng ý), được điều chỉnh từ các bộ công cụ chuẩn quốc tế. Độ tin cậy Cronbach’s Alpha của các bộ công cụ gốc đều đạt chuẩn về yêu cầu khoa học: thang đo nhận thức về PTBV là 0,70 (phù hợp với nghiên cứu của Gericke và cộng sự (2019); năng lực tư duy hệ thống là 0,91; năng lực hợp tác là 0,89 (phù hợp với nghiên cứu của Ratinen và cộng sự (2022); năng lực dự báo là 0,793 (phù hợp với nghiên cứu của Mróz và Ocetkiewicz (2024)). Dữ liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS 26.0 thông qua phép kiểm định t cho các mẫu cặp (Paired Samples t-test) và hệ số ảnh hưởng (Effect Size - ES) để đánh giá mức độ tác động của quá trình dạy học. Kết quả khảo sát thực nghiệm trên 37 HS cho thấy, bộ thang đo đạt độ tin cậy khoa học.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Một số vấn đề lý luận

3.1.1. Giáo dục vì sự phát triển bền vững

ESD là sự phát triển nhằm đáp ứng nhu cầu của hiện tại mà không làm tổn hại đến khả năng đáp ứng nhu cầu của các thế hệ tương lai, dựa trên sự cân bằng giữa ba trụ cột: Kinh tế, Xã hội và Môi trường (Leicht và cộng sự, 2018; Nguyễn Văn Hồng và Lê Ngọc Công, 2012). Để hướng tới mục tiêu này, ESD đóng vai trò then chốt, không chỉ đơn thuần là việc truyền thụ kiến thức về bảo vệ môi trường, mà là một quá trình học tập toàn diện, giúp người học hình thành năng lực và thái độ để đưa ra các quyết định có trách nhiệm đối với cả ba trụ cột của sự bền vững (Sachs, 2012; UNESCO, 2020).

Nhận thức về ESD được hiểu là sự hiểu biết và cảm nhận của mỗi cá nhân về các vấn đề của môi trường, xã hội và kinh tế xung quanh (Gericke và cộng sự, 2019); giúp chuyển hóa những hiểu biết của người học thành thái độ tích cực và hành động vì thực tiễn, từ đó thúc đẩy người học cam kết hành động có trách nhiệm nhằm giải quyết vấn đề PTBV của thế giới (Gericke và cộng sự, 2019). Bên cạnh việc nâng cao nhận thức, ESD còn giúp HS hình thành các năng lực bền vững, bao gồm kiến thức, kỹ năng và thái độ để các em có thể đưa ra những quyết định đúng đắn và hành động có trách nhiệm (Sposab và Rieckmann, 2024). UNESCO đã hệ thống hóa một khung gồm 8 năng lực bền vững cốt lõi, cần có ở người học, gồm: tư duy hệ thống, dự báo, chuẩn mực, chiến lược, hợp tác, tư duy phản biện, tự nhận thức và giải quyết vấn đề tích hợp (UNESCO, 2017). Trong đó, năng lực tư duy hệ thống, năng lực dự báo và năng lực hợp tác là ba năng lực có mối liên kết chặt chẽ đối với quá trình phát hiện và xử lý vấn đề của người học (Wiek và cộng sự, 2011). Cụ thể, năng lực tư duy hệ thống là khả năng nhận biết, phân tích các mối quan hệ phức tạp và hiểu rõ cách thức các hệ thống tự nhiên, xã hội và kinh tế đan xen, tương tác trên nhiều quy mô khác nhau (UNESCO, 2017). Năng lực này giúp người học tránh được cái nhìn phiến diện khi đối mặt với các vấn đề bền vững (Wiek và cộng sự, 2011). Bổ trợ cho quá trình đó là năng lực dự báo, cho phép người học phân tích, đánh giá và hình dung về các kịch bản khác nhau trong tương lai (những điều có thể xảy ra, có xác suất cao hoặc mong muốn hướng tới), từ đó lường trước rủi ro và hệ quả của các quyết định hiện tại để có biện pháp ứng phó linh hoạt (UNESCO, 2017; Wiek và cộng sự, 2011). Cuối cùng, do tính chất phức tạp của các vấn đề toàn cầu, năng lực hợp tác đóng vai trò là chất xúc tác then chốt (Wiek và cộng sự, 2011). Đây là khả năng học hỏi từ người khác, thấu cảm, tôn trọng sự đa dạng trong quan điểm, giải quyết xung đột và thúc đẩy sự tham gia tích cực của cộng đồng vào quá trình giải quyết vấn đề. Sự hội tụ giữa nhận thức về ESD và ba năng lực bền vững này giúp người học không chỉ hiểu về thể

giới phức tạp, mà còn tự tin kiến tạo các giải pháp mang tính đổi mới, góp phần hoàn thành các mục tiêu PTBV (Holmberg và cộng sự, 2008; UNESCO, 2017).

ESD đòi hỏi một sự thay đổi mạnh mẽ về phương pháp dạy học sang các cách tiếp cận định hướng hành động và lấy người học làm trung tâm, tạo không gian trải nghiệm để người học trực tiếp đối mặt với các vấn đề thực tiễn (Lambrechts và cộng sự, 2013). Thông qua việc kết nối kiến thức khoa học với các giá trị đạo đức và tinh thần trách nhiệm, ESD vượt ra khỏi ranh giới của lớp học truyền thống để trao quyền và bồi dưỡng cho người học trở thành những người tạo ra sự thay đổi, sẵn sàng kiến tạo các giải pháp nhằm hiện thực hóa 17 mục tiêu PTBV của UNESCO (UNESCO, 2017).

3.1.2. Giáo dục STEM

Giáo dục STEM được hiểu là một phương thức tiếp cận liên môn, giúp HS vận dụng kết hợp kiến thức và kỹ năng từ 4 lĩnh vực: Khoa học, Công nghệ, Kỹ thuật và Toán học để giải quyết các vấn đề thực tiễn (Bybee, 2013). Thay vì học các môn riêng lẻ, giáo dục STEM hiện đại tập trung vào các phương pháp học tập tích cực để HS chủ động kiến tạo tri thức thông qua thực hành và trải nghiệm (Rahman và cộng sự, 2021).

Điểm cốt lõi của giáo dục STEM là quy trình thiết kế kỹ thuật, nơi HS không đơn thuần là lắp ráp mà phải sử dụng Toán học và Khoa học như những công cụ hỗ trợ cho việc phân tích và đưa ra quyết định dựa trên minh chứng (Kelley và Knowles, 2016). Tại Việt Nam, Chương trình giáo dục phổ thông 2018 cũng xác định STEM là mô hình giáo dục dựa trên cách tiếp cận liên môn, giúp HS áp dụng kiến thức vào thực tiễn trong những bối cảnh cụ thể (Bộ GD-ĐT, 2018b).

3.1.3. Cơ sở tích hợp ESD vào dạy học môn Toán chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” (Toán 7)

Vásquez và cộng sự (2023) cho rằng, quá trình tích hợp ESD vào dạy học môn Toán được xây dựng dựa trên 4 lĩnh vực trọng tâm: (1) Nội dung và chương trình: Đưa các vấn đề bền vững vào nội dung và chương trình học tập; (2) Phương pháp dạy học: Lấy người học làm trung tâm và định hướng hành động; (3) Đào tạo và phát triển chuyên môn: Thiết kế các chương trình đào tạo GV để cung cấp kiến thức, công cụ và niềm tin cho họ; (4) Chính sách và quản lý: Biến ESD thành nguyên tắc chỉ đạo trong sự phát triển của nhà trường.

Trong khuôn khổ của bài báo này, chúng tôi vận dụng lĩnh vực 1 để tích hợp ESD trong dạy học môn Toán thông qua chủ đề STEM. UNESCO và MGIEP (2017) đã đề xuất các định hướng tích hợp ESD vào dạy học môn Toán bao gồm: Khai thác bối cảnh thực, Lồng ghép vấn đề thời sự, Giải quyết sự phức tạp, Lồng ghép các giá trị, Tiếp cận dữ liệu, Phân tích tác động của con người, Đề cao bối cảnh, Thúc đẩy tính liên ngành, Chú trọng sự khác biệt, Mở rộng đối thoại, Tăng cường sự cộng tác, Tăng cường khả năng tiếp cận, Khuyến khích người học thử nghiệm, Khuyến khích người học chia sẻ ý tưởng và quan điểm. Tuy nhiên, để đảm bảo tính khả thi, GV cần căn cứ vào nội dung bài học để lựa chọn các hướng dẫn phù hợp. Trong nghiên cứu này, đối với nội dung “Các hình khối trong thực tiễn” (Toán 7), chúng tôi chọn lọc và tập trung vận dụng 5 định hướng: Khai thác bối cảnh thực, Lồng ghép vấn đề thời sự, Giải quyết sự phức tạp, Thúc đẩy tính liên ngành và Tăng cường sự cộng tác.

Dựa trên nội dung “Các hình khối trong thực tiễn” (Toán 7) và 5 định hướng tích hợp ESD ở trên, chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” được chúng tôi xây dựng dựa trên sự giao thoa giữa giáo dục STEM và ESD như sau:

- *Về bối cảnh và vấn đề thời sự*: Chủ đề STEM xuất phát từ thực trạng biến đổi khí hậu khiến các đô thị đối mặt với hiệu ứng đảo nhiệt và ngập lụt cục bộ. Mô hình “Mái nhà xanh” (Green roof) - một hệ sinh thái nhân tạo được thi công trên bề mặt mái của các công trình hoặc tòa nhà gồm nhiều lớp kỹ thuật (thực vật, đất, thoát nước, chống thấm) xếp chồng lên nhau, trong đó mỗi lớp có một độ dày nhất định tạo thành các hình hộp chữ nhật - được giới thiệu như một giải pháp dựa vào thiên nhiên để giải quyết các vấn đề PTBV (Mihalakakou và cộng sự, 2023).

- *Về sự phức tạp và tính liên ngành*: Để giải quyết bài toán thực tế này đòi hỏi sự tích hợp đa ngành. Trong đó, về Khoa học: Vận dụng khả năng làm mát và giữ nước của thực vật, vật liệu để sắp xếp các lớp của mái nhà xanh; Công nghệ: Lựa chọn và sử dụng các vật liệu (vải địa kỹ thuật, màng chống thấm, đồ tái chế) để tạo hệ thống giữ và thoát nước; Kỹ thuật: Phác thảo bản vẽ và lắp ráp, hoàn thiện mô hình thử nghiệm; Toán học: Vận dụng kiến thức nội dung “Các hình khối trong thực tiễn” (Toán 7) để tính toán diện tích phủ xanh, thể tích các lớp vật liệu có dạng hình khối và xác định tỉ lệ bản vẽ.

- *Về mục tiêu hình thành nhận thức về ESD và phát triển năng lực bền vững*: Thông qua quá trình sử dụng kiến thức toán học để thiết kế và thử nghiệm, HS không chỉ củng cố kiến thức môn học mà còn hình thành nhận thức về PTBV và phát triển các năng lực bền vững cốt lõi như: năng lực tư duy hệ thống (liên kết các yếu tố môi trường - KT - XH), năng lực dự báo (đánh giá hiệu quả giảm nhiệt/ giữ nước) và năng lực hợp tác (từ quá trình làm việc nhóm).

Thông qua chủ đề STEM, HS có cơ hội giao tiếp, hợp tác và tạo ra sản phẩm, tiếp cận với các vấn đề PTBV thông qua tìm hiểu và nghiên cứu kiến thức. Bên cạnh đó, HS có cơ hội phát triển nhận thức về ESD và các năng lực bền vững. Vì vậy, việc tích hợp ESD trong dạy học môn Toán chủ đề STEM có tính khả thi cao.

3.2. Quy trình tích hợp ESD trong dạy học chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” (Toán 7)

Theo nghiên cứu của Nguyễn Minh Tài và Thái Hoài Minh (2023), quy trình tích hợp ESD trong dạy học Hóa học thông qua chủ đề STEM gồm 3 giai đoạn sau: (1) Thiết kế kế hoạch bài dạy chủ đề STEM tích hợp ESD; (2) Tổ chức dạy học chủ đề STEM tích hợp ESD; (3) Đánh giá và cải tiến. Dựa trên hướng dẫn của Công văn số 3089/BGDĐT-GDTrH của Bộ GD-ĐT (2020), tham khảo quy trình tích hợp ESD trong dạy học Hóa học thông qua chủ đề STEM của Nguyễn Minh Tài và Thái Hoài Minh (2023), chúng tôi đề xuất quy trình tích hợp ESD trong dạy học chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” (Toán 7) gồm 3 giai đoạn như sau:

Giai đoạn 1: Thiết kế chủ đề STEM. GV lồng ghép yêu cầu cần đạt của nội dung “Các hình khối trong thực tiễn” (Toán 7) vào thiết kế chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” để tính toán thể tích lượng đất trồng và các vật liệu cần thiết khác sao cho không bị thiếu hụt vật liệu và biến dạng kết cấu của mái nhà. Từ đó, mục tiêu của chủ đề STEM đặt ra là thiết kế và chế tạo được mô hình mái nhà được phủ xanh bằng các lớp thực vật. Mục tiêu toán học là HS cần vận dụng công thức tính thể tích, diện tích xung quanh của các hình khối để tính toán chính xác lượng vật liệu cần cho việc thiết kế mái nhà. Mục tiêu ESD hướng đến việc nâng cao nhận thức về PTBV và bước đầu phát triển ba năng lực bền vững (gồm: tư duy hệ thống, dự báo và hợp tác) cho HS. Để chuẩn bị, GV xây dựng bảng kiểm đánh giá mô hình, phiếu khảo sát tự đánh giá nhận thức về PTBV và năng lực PTBV của HS trước - sau thực nghiệm.

Giai đoạn 2: Tổ chức dạy học chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” (Toán 7) theo hướng tích hợp ESD.

Tiến trình dạy học được diễn ra thông qua 04 hoạt động của quy trình thiết kế kỹ thuật:

- *Hoạt động 1: Xác định vấn đề.* HS xem các tư liệu về giải pháp “Mái nhà xanh” giúp giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị và làm xanh đô thị. Từ đó, GV đặt vấn đề: “Làm sao để phủ xanh diện tích mái nhà cho trước mà vẫn đảm bảo an toàn cho ngôi nhà?” GV giao nhiệm vụ thiết kế mô hình “Mái nhà xanh” và yêu cầu HS vận dụng kiến thức toán học thuộc nội dung “Các hình khối trong thực tiễn” để tính toán chính xác thể tích lượng đất cần thiết để trồng cây xanh, các vật liệu cần thiết khác để trải lên bề mặt mái nhà và chi phí để thiết kế mô hình. Tiêu chí thiết kế bao gồm: (1) Tính toán và đưa ra dự kiến về lượng vật tư (đất, sỏi, màng lót) sao cho tiết kiệm, không lãng phí hay thiếu hụt; (2) Mô hình không sập khi trồng cây và có thể tưới nước trên phần mái xanh; (3) Diện tích phủ xanh phải chiếm hơn 50% diện tích mái nhà.

- *Hoạt động 2: Lựa chọn phương án thiết kế.* Các nhóm thảo luận bản vẽ kỹ thuật của mô hình. Tại bước này, HS cần vận dụng kiến thức toán học để tính ra lượng mét vuông các loại màng (lớp chống thấm, màng ngăn rễ, màng lọc và các vật liệu khối (đất trồng, sỏi, ống thoát nước) cần dùng.

- *Hoạt động 3: Chế tạo và thử nghiệm.* Dựa trên bản thiết kế, HS dùng vật liệu tái chế làm các khay trồng cây có dạng hình hộp chữ nhật. Khi trồng cây và tưới nước, các em sẽ tính xem khối lượng đất và nước lúc ướt có làm sập mái nhà hay không. Nếu mô hình quá nặng, HS cần tính lại thể tích bằng cách giảm bớt chiều cao lớp đất để đảm bảo an toàn như tiêu chí ban đầu.

- *Hoạt động 4: Chia sẻ và thảo luận về kết quả.* Các nhóm trình bày sản phẩm, giải thích nguyên lý hoạt động dựa trên các thông số toán học đã thu được. Khi thảo luận, việc phát hiện những sai số trong đo đạc dẫn đến việc cắt thừa/thiếu vật liệu, giúp HS nhận thức rõ sự gắn kết chặt chẽ giữa tính chính xác của toán học và việc bảo vệ tài nguyên. Quá trình tương tác, tôn trọng ý kiến lẫn nhau khi thảo luận giúp HS phát triển năng lực hợp tác.

Giai đoạn 3: Đánh giá và cải tiến. Ở giai đoạn 3, GV thu thập dữ liệu từ bảng kiểm chấm mô hình và kết quả phiếu khảo sát tự đánh giá. Các dữ liệu định lượng và hồ sơ học tập định tính giúp GV có cơ sở khách quan để đánh giá sự thay đổi về nhận thức, năng lực của HS, từ đó rút kinh nghiệm để cải tiến tiến trình cho các chủ đề toán học tiếp theo.

3.3. Kết quả thực nghiệm

3.3.1. Kết quả phân tích định tính

Để đánh giá kết quả thu được thông qua phân tích định tính, chúng tôi tập trung ở Giai đoạn 2 là Tổ chức dạy học chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” (Toán 7) theo hướng tích hợp ESD gồm các hoạt động sau:

Hoạt động 1: Xác định vấn đề. Khi tìm hiểu về mô hình Mái nhà xanh và nhận nhiệm vụ thiết kế, HS không chỉ quan tâm đến việc trồng cây mà bắt đầu nhận ra những thách thức trong khâu kỹ thuật, được thể hiện qua các câu hỏi của HS: “Nếu mình cho nhiều đất quá, lúc tưới nước thì mái nhà có bị sập không?”. Thông qua các câu hỏi như vậy, các em đã bước đầu hình thành nhận thức về PTBV. Cụ thể là HS không chỉ nhìn nhận mái nhà xanh đơn thuần

là việc trồng cây xanh (khía cạnh môi trường), mà đã biết gắn kết với việc phải tính toán vật liệu vừa đủ để tránh lãng phí (khía cạnh kinh tế).

Hoạt động 2: Lựa chọn phương án thiết kế. HS thể hiện năng lực tư duy hệ thống khi không nhìn nhận các lớp cấu tạo mái nhà một cách rời rạc. Biểu hiện là trên bản vẽ phác thảo, các em đã phân tích và sắp xếp sự liên kết của các lớp kỹ thuật. Chẳng hạn ở nhóm 4, các em đã biết dùng công thức tính thể tích hình hộp chữ nhật để ước tính lượng đất cần dùng. Nhờ những số liệu này, năng lực dự báo của HS được biểu hiện thông qua hai hành động: tính toán được lượng vật tư, đảm bảo không bị dư hay thiếu hụt khi thực hiện chế tạo; mặt khác, các em lường trước được sức nặng của mái nhà, đảm bảo độ dày của lớp đất nằm trong giới hạn an toàn để không làm biến dạng kết cấu mái nhà.

Hoạt động 3: Chế tạo mẫu, thử nghiệm và đánh giá. Trong quá trình chế tạo, HS sử dụng vài địa kỹ thuật do GV cung cấp, kết hợp với các vật liệu tự chuẩn bị. Sau khi hoàn thành mô hình, các nhóm tiến hành thử nghiệm mô phỏng để đánh giá hai chức năng chính: khả năng làm giảm nhiệt độ và khả năng quản lí nước mưa (giữ nước và thoát nước).



Hình 1. Mô hình Mái nhà xanh của nhóm 2



Hình 2. Mô hình Mái nhà xanh của nhóm 5

Khi thử nghiệm, nhóm 2 và nhóm 5 gặp tình trạng nước bị ứ đọng, không thoát được. Thay vì chỉ coi đây là lỗi kỹ thuật, GV đã gợi ý các em xem lại tỉ lệ giữa thể tích lớp sỏi thoát nước và thể tích lớp đất giữ nước (xem hình 1 và 2). HS nhận ra, nếu lớp sỏi quá mỏng sẽ không đủ chỗ chứa cho lượng nước đổ vào. Việc tìm cách chỉnh lại các thông số hình học này giúp các em xác định được: Để giải quyết một vấn đề môi trường như chống ngập, ta cần những số liệu tính toán chính xác; đồng thời, việc xử lí tình trạng ứ đọng này cũng giúp lường trước và ngăn chặn nguy cơ nước đọng làm tăng tải trọng đột ngột, gây biến dạng hoặc sập kết cấu mái nhà.

Sự cố kỹ thuật này là cơ hội để HS vận dụng năng lực tư duy hệ thống và năng lực dự báo. Các nhóm cần phân tích nguyên nhân tại sao nước không thoát được (ví dụ: do lớp đất quá đặc hoặc đặt sai vị trí thoát nước) và đề xuất phương án khắc phục. Quá trình thử nghiệm và đối mặt với thử thách này giúp HS nhận thức rõ hơn về tính phức tạp của các yếu tố kỹ thuật khi giải quyết các vấn đề thực tiễn.

Hoạt động 4: Chia sẻ và thảo luận về kết quả. Trong phần báo cáo, HS tự nhận xét về việc sử dụng vật liệu. Có nhóm đã tính thừa diện tích màng chống thấm dẫn đến việc phải cắt bỏ, gây lãng phí. Thông qua việc thảo luận về những sai sót thực tế (như tính sai diện tích dẫn đến cắt thừa màng chống thấm gây lãng phí, hoặc tính thiếu lượng sỏi làm nước bị ứ đọng), HS đã tự rút ra bài học về PTBV. Việc cùng nhau thống nhất phương án cải tiến mô hình dựa trên các con số cụ thể khẳng định khả năng làm việc nhóm để hướng tới một mục tiêu chung bền vững. Với sự định hướng của GV, các nhóm cùng thảo luận để đưa ra phương án cải tiến mô hình. Việc phân tích các giải pháp khắc phục sự cố kỹ thuật nhằm tối ưu hóa hiệu quả sử dụng nước, vật liệu là cơ hội cho HS biết vận dụng được tư duy hệ thống và có ý thức hướng tới tính bền vững trong thiết kế.

3.3.2. Kết quả phân tích định lượng

Kết quả phân tích dữ liệu trước và sau tác động của tích hợp ESD trong dạy học chủ đề STEM thông qua thiết kế mô hình Mái nhà xanh cho thấy, sự thay đổi nhận thức về PTBV và các năng lực bền vững (năng lực tư duy hệ thống, năng lực hợp tác và năng lực dự báo). Bảng 1 dưới đây thể hiện các tham số đặc trưng của nhận thức về ESD và các năng lực bền vững của HS.

Bảng 1. Các tham số đặc trưng mô tả nhận thức về ESD và các năng lực bền vững trước và sau thực nghiệm của HS

TT	Nhận thức và năng lực PTBV	Trước tác động		Sau tác động		<i>t</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
		Mean	SD	Mean	SD			
1	Nhận thức về PTBV	2,96	0,52	4,20	0,54	11,50	< 0,001	1,89
2	Năng lực tư duy hệ thống	3,00	0,49	4,19	0,53	11,35	< 0,001	1,86
3	Năng lực hợp tác	2,82	0,54	4,38	0,47	13,79	< 0,001	2,27
4	Năng lực dự báo	2,85	0,53	4,26	0,40	12,99	< 0,001	2,14

Kết quả thu được từ bảng 1 cho thấy, điểm trung bình ở cả 4 tiêu chí đều có sự tăng trưởng sau tác động, với ý nghĩa thống kê $p < 0,001$. Đặc biệt, hệ số ảnh hưởng (ES) đạt mức rất lớn (từ 1,86 đến 2,27). Kết quả này bước đầu

phản ánh tính khả thi của việc tích hợp ESD vào dạy học môn Toán thông qua chủ đề STEM. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng chỉ số ES cao đột biến có thể xuất phát từ việc HS lần đầu được tiếp cận với mô hình Học tập trải nghiệm mới lạ, kết hợp với quy mô mẫu nhỏ ($N = 37$). Do đó, các kết quả này nên được nhìn nhận như những dấu hiệu tích cực về tiềm năng của phương pháp hơn là một sự khẳng định tuyệt đối về hiệu quả trên diện rộng.

Trong số các tiêu chí, năng lực hợp tác ghi nhận sự thay đổi lớn nhất (điểm trung bình tăng từ 2,82 lên 4,38; $ES = 2,27$). Kết quả này phù hợp với tiến trình dạy học đã thực hiện, khi HS phải thường xuyên thảo luận nhóm để phác thảo ý tưởng, phân công nhiệm vụ và báo cáo sản phẩm. Bên cạnh đó, nhận thức về PTBV ($ES = 1,89$), năng lực dự báo ($ES = 2,14$) và năng lực tư duy hệ thống ($ES = 1,86$) cũng có sự gia tăng đáng kể. Khi tham gia học tập chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh”, HS được phân tích và khắc phục các sự cố kỹ thuật trên mô hình, đã hỗ trợ trực tiếp cho sự phát triển nhận thức và các năng lực hệ thống, dự báo và hợp tác của các em.

Tóm lại, kết quả phân tích định lượng cho thấy, việc tích hợp ESD vào dạy học chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” có tác động tích cực đến HS. Sự cải thiện về điểm số minh chứng cho tính khả thi của việc lồng ghép các mục tiêu ESD trong dạy học môn Toán, phù hợp với định hướng của Chương trình giáo dục phổ thông 2018.

4. Kết luận và bình luận

Kết quả của bài báo cho thấy, việc tích hợp ESD trong dạy học chủ đề STEM “Chế tạo mô hình Mái nhà xanh” (Toán 7) là một hướng tiếp cận khả thi trong dạy học môn Toán ở THCS. Quy trình thiết kế liên môn gắn với bối cảnh thực tiễn đã tạo điều kiện cho HS vận dụng kiến thức toán học vào giải quyết vấn đề. Kết quả thực nghiệm từ cả dữ liệu định tính và định lượng đều chỉ ra rằng, HS có sự cải thiện rõ rệt của nhận thức về PTBV và ba năng lực bền vững (tư duy hệ thống, dự báo và hợp tác). Thông qua việc trải nghiệm và khắc phục các sự cố kỹ thuật thực tế trên mô hình, HS bước đầu nhận biết được mối liên hệ giữa các yếu tố môi trường, xã hội và kinh tế. Kết quả thực nghiệm phản ánh tiềm năng của việc lồng ghép ESD trong dạy học môn Toán nhằm đáp ứng các yêu cầu phát triển phẩm chất và năng lực HS theo Chương trình giáo dục phổ thông 2018.

Dù thu được những kết quả tích cực, bài báo vẫn còn một số hạn chế nhất định, đó là cỡ mẫu thực nghiệm còn nhỏ (37 HS) và thời gian triển khai dự án tương đối ngắn (01 tuần) nên kết quả chưa mang tính khái quát cao. Vì vậy, trong tương lai, các nghiên cứu tiếp theo cần mở rộng quy mô trên đa dạng đối tượng HS, đồng thời kéo dài thời gian thực nghiệm ở nhiều chủ đề học tập khác nhau để có thể đánh giá toàn diện hơn hiệu quả của mô hình này.

Tuyên bố về vai trò của các tác giả: Đỗ Kim Khánh, Vương Đăng Khoa, Nguyễn Trung Khoa và Nguyễn Công Thành: Lên ý tưởng, xác định phương pháp và công cụ nghiên cứu, viết bản thảo. Nguyễn Thị Nga: Chỉnh sửa bản thảo.

Tuyên bố về GenAI và Quyền tác giả: Các tác giả xác nhận không sử dụng các công cụ hỗ trợ AI trong quá trình nghiên cứu và viết bản thảo.

Tuyên bố về xung đột lợi ích: Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích.

Thông tin tài trợ: Nghiên cứu này không nhận tài trợ từ bên ngoài.

Tài liệu tham khảo

- AlAli, R., Alsoud, K., & Athamneh, F. (2023). Towards a sustainable future: Evaluating the ability of STEM-based teaching in achieving sustainable development goals in learning. *Sustainability*, 15(16), 12542. <https://doi.org/10.3390/su151612542>
- Bộ GD-ĐT (2018a). *Chương trình giáo dục phổ thông môn Toán* (ban hành kèm theo Thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT ngày 26/12/2018 của Bộ trưởng Bộ GD-ĐT).
- Bộ GD-ĐT (2018b). *Chương trình giáo dục phổ thông - Chương trình tổng thể* (ban hành kèm theo Thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT ngày 26/12/2018 của Bộ trưởng Bộ GD-ĐT).
- Bộ GD-ĐT (2020). *Công văn số 3089/BGDĐT-GDTrH ngày 14/8/2020 về việc triển khai thực hiện giáo dục STEM trong giáo dục trung học*.
- Bùi Thị Thanh Nhân, Hà Văn Dũng (2024). Tích hợp giáo dục vì sự phát triển bền vững trong đào tạo giáo viên và trong dạy học ở trường phổ thông: Một nghiên cứu tổng quan. *Tạp chí Khoa học Giáo dục Việt Nam*, 20(S1), 9-17.
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Fathurohman, I., Amri, M. F., Septiyanto, A., & Riandi, R. (2023). Integrating STEM based Education for Sustainable Development (ESD) to promote quality education: A systematic literature review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 1052-1059. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.4430>

- Gaanya, I., Batiibwe, M. S. K., Dahl, B., Mango, J. M., & Mayende, G. (2025). Mathematics for sustainable development implementation at secondary school level: A scoping review. *European Journal of Sustainable Development Research*, 9(4), em0321. <https://doi.org/10.29333/ejosdr/16624>
- Gericke, N., Boeve-de Pauw, J., Berglund, T., & Olsson, D. (2019). The sustainability consciousness questionnaire: The theoretical development and empirical validation of an evaluation instrument for stakeholders working with sustainable development. *Sustainable Development*, 27(1), 35-49.
- Habibaturrohman, Z., Kaniawati, I., Solihat, R., & Nirbayati, W. F. (2023). How to integrate ESD (Education for Sustainable Development) into STEM education? A systematic literature review. *Journal of Natural Science and Integration*, 6(2), 270-282. <http://dx.doi.org/10.24014/jnsi.v6i2.29913>
- Holmberg, J., Svanström, M., Peet, D. J., Mulder, K., Ferrer-Balas, D., & Segalàs, J. (2008). Embedding sustainability in higher education through interaction with lecturers: Case studies from three European technical universities. *European Journal of Engineering Education*, 33(3), 271-282. <https://doi.org/10.1080/03043790802088491>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Lambrechts, W., Mulà, I., Ceulemans, K., Molderez, I., & Gaeremynck, V. (2013). The integration of competences for sustainable development in higher education: An analysis of bachelor programs in management. *Journal of Cleaner Production*, 48, 65-73.
- Leicht, A., Heiss, J., & Byun, W. J. (2018). *Issues and trends in education for sustainable development*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/YELO2332>
- Mihalakakou, G., Souliotis, M., Papadaki, M., Menounou, P., Dimopoulos, P., Kolokotsa, D., Paravantis, J. A., Tsangrassoulis, A., Panaras, G., Giannakopoulos, E., & Papaefthimiou, S. (2023). Green roofs as a nature-based solution for improving urban sustainability: Progress and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 180, Article 113306. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113306>
- Mróz, A., & Ocetkiewicz, I. (2024). Anticipatory thinking as a key competence in management for sustainability: The results of research among Polish teenagers. *Sustainability*, 16(22), 10036. <https://doi.org/10.3390/su162210036>
- Nguyễn Minh Tài, Thái Hoài Minh (2023). Tích hợp giáo dục phát triển bền vững trong dạy học hóa học theo hướng STEM thông qua chủ đề “ái chế giấy”. *Tạp chí Giáo dục*, 23(số đặc biệt 7), 114-120. <https://tcgd.tapchigiaoduc.edu.vn/index.php/tapchi/article/view/882>
- Nguyễn Văn Hồng, Lê Ngọc Công (2012). *Con người, môi trường và giáo dục phát triển bền vững*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- Rahman, N. A., Rosli, R., Rambely, A. S., & Halim, L. (2021). Mathematics teachers' practices of STEM education: A systematic literature review. *European Journal of Educational Research*, 10(3), 1541-1559. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.3.1541>
- Ratinen, I., Linnanen, & L. (2022). Exploring systems thinking competence of Finns in fostering sustainable transformation. *World*, 3(2), 287-298. <https://doi.org/10.3390/world3020015>
- Sachs, J. D. (2012). From millennium development goals to sustainable development goals. *The Lancet*, 379(9832), 2206-2211.
- Sposab, K., & Rieckmann, M. (2024). Development of sustainability competencies in secondary school education: A scoping literature review. *Sustainability*, 16(23), 10228.
- UNESCO (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/CGBA9153>
- UNESCO (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNESCO, MGIEP (2017). *Textbooks for sustainable development: A guide to embedding*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000259932/PDF/259932eng.pdf.multi>
- Vásquez, C., Alsina, Á., García-Alonso, I., & Salgado, M. (2023). Integrating sustainability in mathematics education and statistics education: A systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), em2291. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13256>
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203-218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>