

Vòng đời cây xanh đô thị và tiềm năng tái chế thành vật liệu gỗ bền vững tại công viên Lê Văn Tám, TP.HCM

Nguyễn Văn Nhân^{1*}, Đinh Bình Phương Minh¹, Bùi Thức Trung¹, Nguyễn Thị Bích Ngọc¹, Lê Ngọc Thiên¹

¹ Trường Đại học Kiến Trúc TP.HCM

TỪ KHOẢ

Vòng đời cây xanh
Vật liệu gỗ bền vững
Tái chế
Kinh tế tuần hoàn
Phát triển đô thị

TÓM TẮT

Cây xanh đô thị đóng vai trò quan trọng trong giảm thiểu phát thải khí nhà kính, điều hòa vi khí hậu và nâng cao chất lượng sống. Tuy nhiên, tại TP.HCM, mỗi năm có hàng chục cây bị loại bỏ do sâu bệnh, già cỗi hoặc yêu cầu hạ tầng kỹ thuật, tạo ra một lượng lớn sinh khối gỗ chưa được khai thác hiệu quả. Nghiên cứu này sử dụng khung đánh giá vòng đời (Life Cycle Assessment - LCA) để xác định tiềm năng tái chế sinh khối từ cây xanh bị loại bỏ tại Công viên Lê Văn Tám. Dữ liệu khảo sát 473 cây cho thấy trung bình 40 cây/năm bị đốn hạ. Áp dụng phần mềm OpenLCA, nghiên cứu tính toán tiềm năng giảm phát thải CO₂eq và tiết kiệm năng lượng nếu tái chế sinh khối thành vật liệu như ván ép hoặc nội thất công cộng. Chuỗi giá trị tái chế được phân tích theo loài cây và cấp đường kính thân, từ khâu thu gom, phân loại đến thiết kế sản phẩm. Kết quả đề xuất một mô hình hợp tác ba bên giữa đơn vị quản lý cây xanh, doanh nghiệp tái chế và cơ sở nghiên cứu, đồng thời đưa ra khung chính sách tích hợp giữa quy hoạch đô thị, tiêu chuẩn vật liệu và chiến lược carbon thấp. Nghiên cứu đóng góp một hướng tiếp cận mới cho quản lý cây xanh theo vòng đời và phát triển kinh tế tuần hoàn trong bối cảnh đô thị hóa nhanh tại Việt Nam.

KEYWORDS

Tree life cycle
Sustainable wood materials
Recycling
Circular economy
Urban development

ABSTRACT

Urban trees play a vital role in mitigating greenhouse gas emissions, regulating microclimates, and enhancing quality of life. However, in Ho Chi Minh City, dozens of trees are removed each year due to disease, aging, or infrastructure requirements, generating a large amount of biomass that remains underutilized. This study employs the Life Cycle Assessment (LCA) framework to evaluate the recycling potential of biomass from removed trees in Le Van Tam Park. Survey data from 473 trees indicate that an average of 40 trees are cut down annually. Using the OpenLCA software, the study estimates the potential reduction in CO₂-equivalent emissions and energy savings achievable through recycling the biomass into materials such as plywood or public furniture. The recycling value chain is analyzed by tree species and trunk diameter classes, covering stages from collection and classification to product design. The findings propose a tripartite collaboration model involving urban tree management agencies, recycling enterprises, and research institutions, along with an integrated policy framework linking urban planning, material standards, and low-carbon strategies. The study contributes a novel approach to life-cycle-based urban tree management and promotes circular economy development in the context of rapid urbanization in Vietnam.

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và áp lực đô thị hóa nhanh chóng, cây xanh đô thị không chỉ đơn thuần là yếu tố cảnh quan mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện vi khí hậu, hấp thu khí CO₂, bảo vệ đa dạng sinh học và nâng cao chất lượng sống của cư dân đô thị [1]. Trên thế giới, cây xanh được xem là một phần thiết yếu của hạ tầng xanh, cần được quản lý như một hệ thống có vòng đời – từ trồng mới, chăm sóc, đến khi suy thoái và bị loại bỏ [2]. Tuy nhiên, tại nhiều thành phố lớn ở Việt Nam, trong đó có TP.HCM, việc loại bỏ cây xanh chưa đi kèm chiến lược xử lý sinh khối một cách bền vững, dẫn đến lãng phí tài nguyên và phát sinh rác thải sinh học đáng kể [3, 4].

Tại Công viên Lê Văn Tám – một trong những công viên lâu đời và có mật độ cây xanh cao tại TP.HCM (Hình 1) – trung bình mỗi năm có khoảng 40 cây bị đốn hạ do sâu bệnh, già cỗi hoặc ảnh hưởng bởi hạ tầng kỹ thuật. Lượng sinh khối gỗ phát sinh từ quá trình này chưa được khai thác hiệu quả và thường bị xử lý như rác thải thông thường. Thực trạng này làm lãng phí tiềm năng tái chế sinh khối cây xanh thành vật liệu có giá trị sử dụng, đồng thời cho thấy khoảng trống trong chính sách và nghiên cứu ứng dụng đối với cây xanh đô thị.

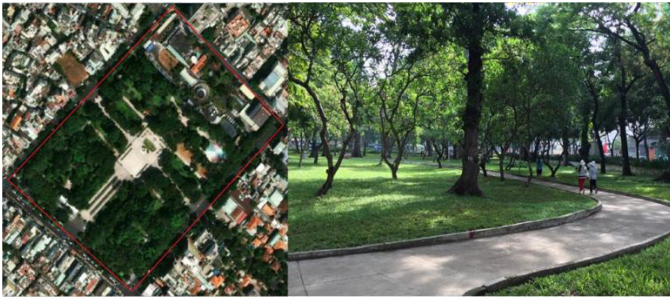
Trên cơ sở đó, nghiên cứu này đặt mục tiêu đánh giá vòng đời cây xanh tại Công viên Lê Văn Tám, ứng dụng phương pháp đánh giá vòng đời (Life Cycle Assessment - LCA) và công cụ GIS để xác định tiềm năng tái chế sinh khối gỗ đô thị thành vật liệu bền vững. Từ các

*Liên hệ tác giả: Nhanvanxd@gmail.com

Nhận ngày 07/10/2025, sửa xong ngày 20/10/2025, chấp nhận đăng ngày 21/10/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2025.1114>

kết quả đạt được, nhóm tác giả đề xuất một mô hình quản lý liên ngành kết hợp giữa quy hoạch cây xanh, phát triển vật liệu xanh và chiến lược đô thị carbon thấp.



Hình 1. Toàn cảnh khu vực công viên Lê Văn Tám, TP. Hồ Chí Minh.

2. Cơ sở khoa học

2.1. Ứng dụng phương pháp về đánh giá vòng đời (LCA) trong quản lý cây xanh đô thị

LCA là phương pháp định lượng thông dụng nhằm đánh giá toàn diện các tác động môi trường liên quan đến toàn bộ vòng đời của một sản phẩm, dịch vụ hoặc hệ thống. Trong lĩnh vực quản lý cây xanh đô thị, LCA được áp dụng để xem xét chuỗi giá trị cây xanh từ giai đoạn trồng trọt, chăm sóc, khai thác, đến xử lý sau khai thác, bao gồm cả tái sử dụng và tái chế. Khung lý thuyết này cung cấp cơ sở khoa học để lượng hóa hiệu quả môi trường và kinh tế của các chiến lược quản lý cây xanh bền vững, đồng thời hỗ trợ ra quyết định trong quy hoạch đô thị có tính đến yếu tố vòng đời.

2.2. Kinh nghiệm quốc tế trong quản lý và tái sử dụng cây xanh đô thị

Nhiều quốc gia đã triển khai các mô hình quản lý vòng đời cây xanh đô thị gắn liền với tái chế sinh khối gỗ, mang lại hiệu quả rõ rệt cả về mặt môi trường lẫn kinh tế. Tại Singapore, chính phủ đã thiết lập hệ thống pháp lý và chương trình hành động nhằm bảo tồn và phát triển cây xanh trong đô thị như "Parks and Trees Act", "Heritage Trees Scheme", và chiến dịch "One Million Trees Movement". Bên cạnh các chính sách công, khu vực tư nhân như BNL Singapore cùng với các nhà máy tái chế gỗ đô thị đã tích cực tham gia chuyển hóa thân cây bị loại bỏ thành vật liệu xây dựng hoặc nội thất có giá trị, cho thấy tiềm năng thương mại và kỹ thuật của mô hình này [5]. Tại Hoa Kỳ, mô hình "Urban Wood Project" tại Baltimore - kết quả hợp tác giữa Cơ quan Lâm nghiệp Hoa Kỳ (USDA Forest Service) và các doanh nghiệp địa phương - đã chứng minh tính khả thi trong việc tái sử dụng gỗ từ cây đô thị để chế tạo các sản phẩm giá trị cao như bàn ghế, sàn gỗ, đồng thời tạo việc làm xanh và giảm phát thải khí nhà kính [6-8]. Các bài học kinh nghiệm này nhấn mạnh sự cần thiết của việc tích hợp quản lý cây xanh với chuỗi giá trị tái chế, hướng đến một chiến lược phát triển đô thị bền vững và kinh tế tuần hoàn.



Hình 2. Mô hình khung lý thuyết tích hợp quản lý cây xanh đô thị theo vòng đời và tái chế tác gỗ.

2.3. Bài học kinh nghiệm

Các mô hình từ các quốc gia cho thấy hiệu quả của việc tích hợp quản lý cây xanh với chuỗi giá trị tái chế gỗ đô thị [9, 10]. Việc thiết lập cơ chế tái sử dụng gỗ từ cây đô thị không chỉ nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên mà còn góp phần vào chiến lược phát triển đô thị bền vững và kinh tế tuần hoàn. Bài học rút ra là cần xây dựng hệ thống quản lý cây xanh theo hướng vòng đời, đồng thời tích hợp gỗ tái chế vào lĩnh vực thiết kế, kiến trúc và vật liệu xây dựng thân thiện với môi trường [11-13].

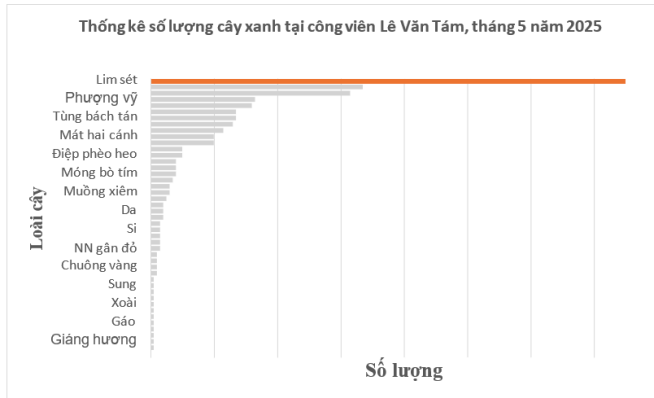
3. Phương pháp nghiên cứu

Nhóm tác giả áp dụng cách tiếp cận liên ngành nhằm phân tích vòng đời cây xanh tại Công viên Lê Văn Tám (TP.HCM), tập trung vào tiềm năng tái chế sinh khối thành vật liệu xây dựng bền vững. Dữ liệu đầu vào bao gồm: (1) hồ sơ hiện trạng cây xanh (số lượng, chủng loại, tuổi thọ, sức khỏe) được tích hợp và hiển thị qua hệ thống thông tin địa lý (GIS); (2) thông số sinh khối thu thập sau khi đốn hạ, bao gồm khối lượng và tỷ lệ các thành phần (thân, cành, lá, rễ) nhằm đánh giá khả năng tái chế theo loại; (3) dữ liệu tham chiếu từ các mô hình quốc tế (Urban Wood Project – Mỹ, NParks – Singapore) để so sánh và nội suy vào bối cảnh Việt Nam.

Phân tích không gian được thực hiện bằng phần mềm QGIS để lập bản đồ phân bố và vòng đời cây xanh, hỗ trợ công tác lập kế hoạch thay thế và phân bổ sinh khối. Phương pháp đánh giá vòng đời (LCA) được triển khai trên nền tảng OpenLCA 1.11, sử dụng cơ sở dữ liệu Ecoinvent 3.7 và khung phân tích midpoint ReCiPe 2016. Chuỗi tác động được mô hình hóa từ giai đoạn đốn hạ, phân loại, vận chuyển, xử lý đến tái chế, với các chỉ số như phát thải CO₂eq, tiết kiệm năng lượng và hiệu quả vòng đời vật liệu.

Ngoài ra, nghiên cứu thực hiện khảo sát thực địa và đánh giá cơ lý một số loài có tiềm năng tái chế cao (Me tây, Dầu rái, Sao đen, Sọ khi). Các mẫu gỗ được thử nghiệm theo ASTM D198/TCVN 358-70 để xác định mật độ, độ cứng Janka và khả năng chống mục. Riêng cây Sọ khi – thường rụng thân sau 30 năm – được đề xuất áp dụng công nghệ kiểm định như Resistograph hoặc Tomograph 3D trước khi phân loại xử lý.

Kết quả đầu ra bao gồm: bản đồ GIS về phân bố và vòng đời cây xanh; bộ chỉ số LCA cho các kịch bản xử lý; chuỗi giá trị sản phẩm tái chế từ gỗ đô thị; và khung chính sách tích hợp cây xanh với chiến lược vật liệu bền vững. Cách tiếp cận này vừa lượng hóa tác động môi trường, vừa hỗ trợ hoạch định chiến lược tài nguyên sinh khối trong phát triển đô thị thích ứng khí hậu. Áp dụng phần mềm OpenLCA, nghiên cứu ước tính tiềm năng giảm phát thải đạt 1,2 tấn CO₂eq mỗi năm nếu toàn bộ sinh khối từ 40 cây bị loại bỏ được tái chế. Ngoài ra, mô hình giúp tiết kiệm khoảng 4.000 MJ/năm năng lượng sơ cấp, tương đương việc thay thế vật liệu gỗ công nghiệp.



Hình 3. Thống kê số lượng cây xanh phổ biến tại công viên Lê Văn Tám tháng 5 năm 2025.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Hiện trạng vòng đời cây xanh tại công viên

Kết quả khảo sát 473 cây xanh và phân tích hồ sơ quản lý cho thấy số lượng cây bị loại bỏ hằng năm tại Công viên Lê Văn Tám tương đối ổn định trung bình 40 cây, chủ yếu từ ba nguyên nhân chính: (i) cây già cỗi, suy giảm chức năng sinh trưởng; (ii) cây bị sâu bệnh nặng, không thể phục hồi; và (iii) yêu cầu điều chỉnh hạ tầng kỹ

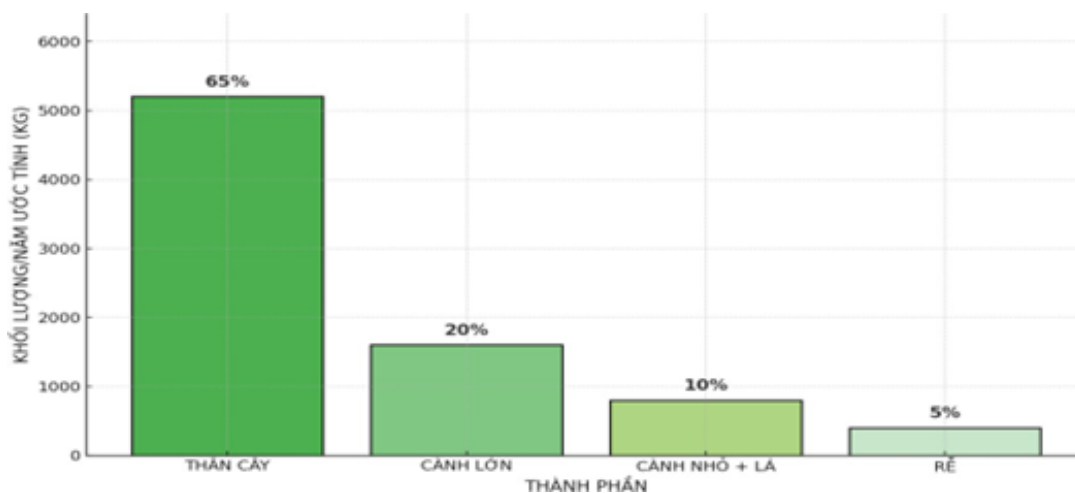
thuật đô thị như vỉa hè, đường ống cấp thoát nước, cáp điện ngầm. Điều này phản ánh chu kỳ vòng đời cây xanh đô thị có mối liên hệ chặt chẽ với cả yếu tố sinh thái và quy hoạch hạ tầng.

4.2. Tiềm năng sinh khối tái chế

Từ dữ liệu định lượng, khối lượng sinh khối phát sinh sau khi đốn hạ bao gồm gỗ thân, cành, lá và rễ. Trong đó, gỗ chiếm tỉ trọng lớn nhất, có tiềm năng tái sử dụng dưới dạng nguyên liệu cho vật liệu xây dựng hoặc nội thất công cộng. Các thành phần khác như lá, cành nhỏ và rễ có thể tận dụng cho các mục đích năng lượng sinh học hoặc sản phẩm thân thiện môi trường. Điều này cho thấy nguồn sinh khối từ cây xanh đô thị là một tiềm năng chưa được khai thác đầy đủ tại Việt Nam.

4.3. Ứng dụng gỗ tái chế

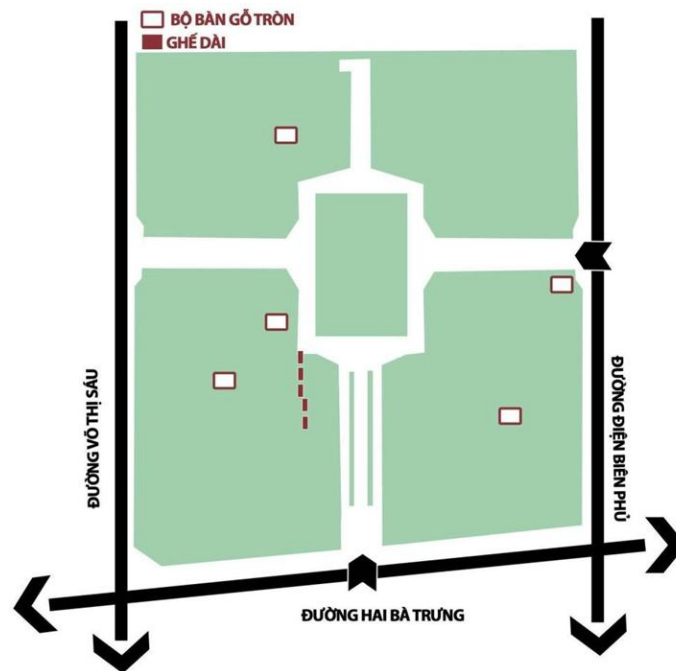
Phân tích chuỗi giá trị tái chế cho thấy gỗ thu hồi từ cây xanh đô thị có tiềm năng ứng dụng đa dạng, mang lại giá trị sử dụng và kinh tế đáng kể. Trong lĩnh vực xây dựng, sinh khối gỗ có thể được chế tác thành ván ép sinh học, tấm ốp trang trí nội thất, hoặc các vật liệu thay thế có nguồn gốc tái tạo, qua đó góp phần giảm phụ thuộc vào tài nguyên nguyên sinh. Đối với các không gian công cộng, vật liệu này có thể được tái thiết kế thành bàn ghế, sàn gỗ và các cấu kiện cảnh quan, vừa tối ưu hóa nguồn lực, vừa nâng cao hình ảnh một đô thị xanh và bền vững. Trong thiết kế sinh thái và cảnh quan, gỗ tái chế từ sinh khối đô thị mang lại khả năng thích ứng cao, phù hợp với các sản phẩm thân thiện môi trường, góp phần cải thiện chất lượng không gian sống và bảo vệ hệ sinh thái đô thị. Để tối ưu hóa hiệu quả sử dụng, chuỗi giá trị được phân loại theo loài cây (Sao đen, Dầu rái, Me tây, Sọ khi) và cấp đường kính thân (D1: < 30 cm, D2: 30–50 cm, D3: > 50 cm), tương ứng với các mục đích sử dụng: D1 cho tiểu cảnh, D2 cho ván ghép, và D3 cho nội thất công cộng.



Hình 1. Biểu đồ khối lượng sinh khối cây tại Công viên Lê Văn Tám.



Hình 4. Công đoạn chế tác các sản phẩm từ gỗ đô thị thành các bàn tròn, ghế tròn, ghế dài và ván lót đường đi tại Công viên Lê Văn Tám theo các bước: 1. đề xuất thiết kế; 2. cầu lắp các lõi gỗ và ván bìa; 3. cửa xẻ ván bìa thành ghế dài và tấm lót; 4. cửa xẻ lõi gỗ thành bàn tròn ghế tròn; 5. vệ sinh bề mặt cấu kiện; 6. mài đánh bóng bề mặt trước khi sơn; 7. thành phẩm cấu kiện bàn tròn ghế tròn; 8. quét dịch dịch bảo quản gỗ bao gồm nhớt và chế phẩm sinh học trừ mối; 9. sơn hoàn thiện kết cấu gỗ; 10. lắp đặt các cấu kiện ghế dài; 11. lắp đặt các cấu kiện bàn tròn ghế tròn; 12. lắp đặt ghế dài tại công viên; 13. lắp đặt bộ bàn, ghế tròn kết hợp ván lót; 14. lắp đặt bàn đơn.



Hình 5. Hệ thống cây xanh, mảng xanh và tiện ích công cộng tại công viên Lê Văn Tám.

4.4. So sánh quốc tế và bối cảnh Việt Nam

Khi so sánh với các mô hình triển khai thành công tại Singapore và Hoa Kỳ, nghiên cứu cho thấy Việt Nam đang sở hữu tiềm năng lớn trong việc khai thác chuỗi giá trị từ gỗ tái chế từ cây xanh tại các đô thị. Tuy nhiên, hiện vẫn tồn tại nhiều rào cản đáng kể cần được giải quyết [14, 15]. Về mặt kỹ thuật, hệ thống phân loại và xử lý gỗ đô thị tại Việt Nam còn thiếu hụt công nghệ hiện đại, làm giảm hiệu quả chế biến và chất lượng sản phẩm đầu ra. Về mặt chính sách, các cơ quan quản lý vẫn chưa ban hành một khung pháp lý rõ ràng và chuyên biệt điều chỉnh hoạt động tái chế gỗ đô thị, dẫn đến sự thiếu đồng bộ

trong triển khai thực hiện. Ngoài ra, hoạt động thương mại hóa sản phẩm từ gỗ tái chế còn hạn chế, khi thị trường tiêu thụ chưa được kích hoạt mạnh mẽ và thiếu các cơ chế khuyến khích đầu tư từ phía doanh nghiệp tư nhân [16, 17].

4.5. Đề xuất khung chính sách liên ngành

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu và tham chiếu từ các mô hình quốc tế, nhóm tác giả đề xuất xây dựng một khung chính sách liên ngành nhằm phát triển chuỗi giá trị gỗ tái chế tại Việt Nam. Trước hết, cần tích hợp quản lý vòng đời cây xanh vào quy hoạch không

gian công cộng cấp cơ sở theo Luật Quy hoạch đô thị 2023, đảm bảo sử dụng bền vững tài nguyên sinh học đô thị. Đồng thời, việc ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân loại và xử lý gỗ đô thị tái chế – dưới dạng phụ lục mở rộng của QCVN 07- 6:2016/BXD – là cần thiết để thiết lập tiêu chí chất lượng, quy trình kỹ thuật và cơ chế truy xuất nguồn gốc vật liệu tái chế. Bên cạnh đó, nhóm nghiên cứu đề xuất mô hình phối hợp ba bên giữa trung tâm quản lý cây xanh, doanh nghiệp tái chế và viện nghiên cứu kiến trúc nhằm vận hành hiệu quả chuỗi tái chế, hạn chế phân tán trách nhiệm hoặc xung đột lợi ích. Cuối cùng, hoạt động tái chế sinh khối cây xanh cần được tích hợp vào chiến lược phát triển đô thị carbon thấp như một giải pháp hỗ trợ giảm phát thải và thúc đẩy kinh tế tuần hoàn. Nếu được triển khai đồng bộ, khung chính sách này sẽ góp phần hiện thực hóa mục tiêu phát triển đô thị xanh, bền vững tại Việt Nam.

5. Kết luận

Việc quản lý vòng đời cây xanh đô thị cần được định vị trong mô hình kinh tế tuần hoàn nhằm tối ưu hóa tài nguyên sinh học, giảm phát thải khí nhà kính và hướng đến phát triển đô thị bền vững. Trường hợp nghiên cứu tại Công viên Lê Văn Tám cho thấy tiềm năng đáng kể trong việc chuyển hóa sinh khối cây xanh bị loại bỏ thành các sản phẩm có giá trị, đặc biệt trong lĩnh vực vật liệu xây dựng và nội thất công cộng. Không chỉ góp phần giảm thiểu lãng phí, mô hình này còn mở ra chuỗi giá trị kinh tế mới cho đô thị xanh – thông minh – thân thiện môi trường.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất một mô hình tích hợp giữa quản lý vòng đời cây xanh và tái chế sinh khối có thể nhân rộng tại các công viên, không gian công cộng và hệ thống hạ tầng xanh trên toàn quốc. Nếu được hỗ trợ bởi một khung pháp lý rõ ràng và cơ chế phối hợp vận hành liên ngành, mô hình này sẽ đóng vai trò thiết yếu trong tiến trình chuyển đổi sang đô thị carbon thấp và phát triển nền kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam, giúp các đô thị chuyển từ quản lý cây xanh theo hướng thụ động sang chủ động khai thác chuỗi giá trị tuần hoàn - vừa bảo vệ môi trường, vừa tạo động lực phát triển bền vững.

Nghiên cứu đề xuất mô hình hợp tác ba bên gồm: (1) đơn vị quản lý cây xanh đô thị, (2) doanh nghiệp tái chế vật liệu gỗ, (3) cơ sở nghiên cứu và đào tạo. Cơ chế phối hợp này nhằm chuyển đổi sinh khối bị loại bỏ thành sản phẩm công cộng có giá trị, tạo việc làm xanh và đóng góp vào mục tiêu giảm phát thải.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Ủy ban Nhân dân TP.HCM, Sở Xây dựng, *Hướng dẫn ứng xử khi cây xanh nằm trong phạm vi ảnh hưởng của công trình*, TP.HCM, 2025. [Truy cập ngày 15/8/2025]. <https://soxaydung.hochiminhcity.gov.vn>
- [2]. K. H. Trúc Vy, N. M. Trí, T. T. T. Trúc, H. H. Lộc, and T. Thành, “Đánh giá vai trò của nhận thức cộng đồng trong duy trì bền vững đô thị và phát triển dịch vụ hệ sinh thái tại công viên Tao Đàn,” *Tạp chí Môi trường*, no. 1, 2025.
- [3]. L. V. Nhân, N. B. Thành, and Đ. P. Hưng, “Vấn đề thiếu cây xanh ở Thành phố Hồ Chí Minh: góc nhìn từ quản lý đô thị và ý thức xã hội,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Xây dựng Miền Tây*, vol. 10, no. 9, 2024.
- [4]. N. V. N. Sơn, *Nhận diện đô thị Việt Nam đương đại: Câu chuyện Quy hoạch – Kiến trúc*, Hà Nội: NXB Dân Trí / Phanbook, 2023.
- [5]. Hiệp hội Công viên Cây xanh Việt Nam and Hội chuyên gia NParks Singapore, *Tài liệu tập huấn: Đánh giá và quản lý rủi ro cây xanh đô thị*, TP.HCM, 2024.
- [6]. United Nations Environment Programme (UNEP), *Circularity in Cities: Urban resource flows and the circular economy*, 2021.
- [7]. U.S. Forest Service, *Urban Wood Project: Baltimore*, 2019. [Truy cập ngày 16/8/25]. <https://www.fs.usda.gov>
- [8]. E. G. McPherson, N. S. van Doorn, and P. J. Peper, *Urban tree database and allometric equations*, USDA, General Technical Report PSW-GTR-253, 2016.
- [9]. Standards Australia Committee EV-018, *Australian Standard – Protection of Trees on Development Sites (AS 4970-2009, updated AS 4970-2025)*, 2025.
- [10]. City of Toronto, *Tree Protection Policy and Specifications for Construction Near Trees*, 2016.
- [11]. P. Y. Tan, J. Wang, and A. Sia, “Perspectives on five decades of the urban greening of Singapore,” *Cities*, vol. 32, pp. 24–32, 2013. doi: 10.1016/j.cities.2013.02.001
- [12]. Development Bureau, HKSAR Government, *Guidelines on Tree Preservation during Development*, Hong Kong SAR, 2013.
- [13]. F. J. Escobedo, T. Kroeger, and J. E. Wagner, “Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices,” *Environmental Pollution*, vol. 159, no. 8–9, pp. 2078–2087, 2011. doi: 10.1016/j.envpol.2011.01.010
- [14]. G. Finnveden, M. Z. Hauschild, T. Ekvall *et al.*, “Recent developments in Life Cycle Assessment,” *Journal of Environmental Management*, vol. 91, no. 1, pp. 1–21, 2009. doi: 10.1016/j.jenvman.2009.06.018
- [15]. ISO, *ISO 14040: Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework*, International Organization for Standardization, 2006.
- [16]. S. Bratkovich, J. Bowyer, and K. Fernholz, *Reclaiming and Repurposing Urban Wood: A Review of Urban Wood Utilization Initiatives*, Dovetail Partners, 2014.
- [17]. National Parks Board Singapore, *One Million Trees Movement*, 2020. [Truy cập ngày 25/8/24]. <https://www.nparks.gov.sg>