

NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ VÒNG ĐỜI SẢN PHẨM TRÊN HỆ THỐNG NƯỚC ĐÔ THỊ

RESEARCH OVERVIEW OF LIFE CYCLE ASSESSMENT METHOD ON URBAN WATER SYSTEMS

Mai Thị Thùy Dương^{1*}, Võ Ngọc Dương¹, Trần Thị Việt Nga², Hồ Dịu Ny³

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

²Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Việt Nam

³Công ty Cổ phần Vinhomes, Việt Nam

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: mttduong@dut.udn.vn

(Nhận bài / Received: 22/4/2024; Sửa bài / Revised: 03/6/2024; Chấp nhận đăng / Accepted: 05/6/2024)

Tóm tắt - Đánh giá vòng đời (LCA) ngày càng được sử dụng rộng rãi và khá phổ biến trên thế giới nhưng vẫn còn mới mẻ ở nước ta, đặc biệt là LCA cho hệ thống nước. Nghiên cứu này đã tổng hợp 12 tài liệu LCA đã qua chọn lọc liên quan đến ít nhất một bộ phận của hệ thống nước. Nghiên cứu đã sử dụng kết hợp các phương pháp thu thập chọn lọc tài liệu, tổng hợp thông kê, phân tích đánh giá,... để so sánh và đưa ra dữ liệu định lượng từ các công bố về tác động môi trường của hệ thống nước và các kịch bản dự báo của chúng. Kết quả cho thấy, tỷ lệ tiêu thụ điện (kWh/m³) của xử lý nước sạch là cao nhất (51%). Việc sử dụng hóa chất, điện năng liên quan đến các tác động về nóng lên toàn cầu, phú dưỡng, axit hóa,... Nghiên cứu còn đưa ra các kiến nghị thúc đẩy các nghiên cứu LCA hơn đặc biệt là cho hệ thống nước tại Việt Nam.

Từ khóa - Đánh giá vòng đời; bền vững; hệ thống nước; công nghệ nước; tác động môi trường

1. Tổng quan

Nước là một nguồn tài nguyên đặc biệt, vô cùng thiết yếu của cuộc sống, là yếu tố giúp duy trì và đảm bảo sự sống cho con người. Hiện nay, cùng với thực trạng khủng hoảng nguồn nước sạch thì việc khai thác, xử lý nước uống, vận chuyển, phân phối, lưu trữ, thải bỏ nước cũng có tác động mạnh mẽ đến môi trường. Nhận thức về tầm quan trọng của bảo vệ môi trường cũng như các tác động có thể xảy ra liên quan đến các sản phẩm nói chung và sản phẩm nước nói riêng, từ khâu sản xuất đến tiêu dùng thải bỏ đã làm gia tăng mối quan tâm đến việc xây dựng phương pháp nhằm đề cập và thông hiểu các tác động này. Một trong những kỹ thuật đang được nghiên cứu triển khai cho mục đích đó là đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA).

LCA phổ biến và được biết đến rộng rãi đầu tiên đối với các ngành dịch vụ, các sản phẩm tiêu dùng trên thị trường. Sau đó được áp dụng vào lĩnh vực môi trường đặc biệt là trên hệ thống nước và ngày càng được biết đến ở thế giới [1]. LCA là công cụ có thể hỗ trợ trong các trường hợp như nhận biết các cơ hội để cải thiện tính năng môi trường của sản phẩm hay hệ thống ở từng giai đoạn trong vòng đời; Thông báo cho người ra quyết định trong ngành công nghiệp, cho các tổ chức chính phủ hoặc phi chính phủ lựa chọn các chỉ thị tính năng môi trường liên quan [2]. LCA đề cập đến các khía cạnh môi trường và các tác động tiềm

Abstract - Life cycle assessment (LCA) is increasingly used widely and popularly in the world but is still new in our country, especially LCA for water systems. This study has compiled 12 selected LCA documents related to at least one part of the water system. The study used a combination of document selection methods, statistical synthesis, and evaluation analysis to compare and provide quantitative data from claims of environmental impacts of the water system and their forecast scenarios. The results show that the electricity consumption rate (kWh/m³) of clean water treatment is the highest (51%). The use of chemicals and electricity is related to the impacts of global warming, eutrophication, acidification, etc. The study also makes recommendations to promote more LCA research, especially for water systems in Vietnam.

Key words - Life cycle assessment; sustainability; water systems; water technology; environmental impact

ẩn từ việc sử dụng nguồn tài nguyên cho đến hậu quả về môi trường do các phát thải trong suốt vòng đời của sản phẩm. Đây được coi là công cụ có thể cung cấp thông tin cần thiết về mức độ tác động đến môi trường của sản phẩm hay hệ thống [1]. Tuy nhiên, việc áp dụng LCA cho môi trường, cụ thể là hệ thống nước vẫn đang phát triển và chưa thực sự nổi bật bởi sự phức tạp và việc thu thập thông tin cũng như số liệu không thật sự dễ dàng, đặc biệt là ở Việt Nam. Đánh giá này nhằm mục đích so sánh các tài liệu, những công bố đã nghiên cứu về LCA liên quan đến công nghệ nước của các quốc gia trên thế giới. Từ đó rút ra được những ưu thế từ các hệ thống nước tiên tiến, làm tiền đề cho nghiên cứu và thúc đẩy phát triển LCA ở Việt Nam.

1.1. Hệ thống nước

Hệ thống nước bao gồm: Trạm xử lý nước sạch (XLNS), mạng lưới cấp nước (MLCN), mạng lưới thoát nước (MLTN), trạm xử lý nước thải (XLNT):

1.1.1. Trạm xử lý nước sạch (XLNS)

XLNS bao gồm các quá trình thu và xử lý nguồn nước đầu vào giúp cải thiện chất lượng của nước để phù hợp với nhu cầu sử dụng của người dùng. Mục đích sử dụng cuối cùng có thể là sinh hoạt, cung cấp nước cho công nghiệp, tưới cây hoặc các mục đích sử dụng khác.

Nguồn nước đầu vào thường được khai thác từ nguồn

¹ The University of Danang - University of Science and Technology, Vietnam (Mai Thi Thuy Duong, Vo Ngoc Duong)

² Hanoi University of Civil Engineering, Vietnam (Tran Thi Viet Nga)

³ Vinhomes Joint Stock Company, Vietnam (Ho Diu Ny)

nước ngầm và nước mặt. Các nguồn nước này có chứa các tạp chất, vi sinh vật, khí H₂S, khí CO₂, khí NH₃, các loại khoáng hòa tan như sắt, canxi, magie,... đa phần có hại cho sức khỏe con người, gây ảnh hưởng tới hệ thống vận chuyển và hệ thống chữa.

Theo tổ chức Y tế thế giới (WHO), khoảng 80% bệnh tật của con người có liên quan đến việc sử dụng nước không an toàn và ô nhiễm môi trường. Nhờ vào các công nghệ xử lý nước, các chất gây ô nhiễm và các thành phần không mong muốn sẽ được loại bỏ hoặc giảm nồng độ của chúng sao cho đảm bảo với chất lượng nước của từng mục đích sử dụng cũng như an toàn đối với sức khỏe con người.

1.1.2. Mạng lưới nước cấp (MLCN)

MLCN là tập hợp các loại đường ống với nhiều kích thước khác nhau, làm nhiệm vụ vận chuyển và phân phối nước tới các điểm dùng nước trong phạm vi thiết kế.

1.1.3. Mạng lưới thoát nước (MLTN)

MLTN là tổ hợp các công trình, thiết bị và giải pháp kỹ thuật được tổ chức để thực hiện nhiệm vụ thu gom, vận chuyển nhanh chóng mọi loại nước thải ra khỏi khu vực dân cư, xí nghiệp công nghiệp và sau đó được đưa tới trạm xử lý nước thải.

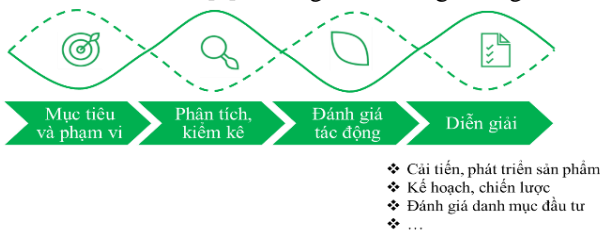
1.1.4. Trạm xử lý nước thải (XLNT)

XLNT là quá trình loại bỏ các tạp chất (không tan như vô cơ, hữu cơ; chất dinh dưỡng; vi trùng, vi khuẩn gây bệnh) ra khỏi nước thải (nước thải hộ gia đình, cơ quan, xí nghiệp, nhà máy sản xuất,...). Nó bao gồm các quá trình cơ học, sinh hóa và sinh học, hóa học để loại bỏ các chất ô nhiễm và nước thải được xử lý an toàn với môi trường.

1.2. Đánh giá vòng đời (LCA) trên hệ thống nước

Theo ISO 14044 [2], LCA là thu thập và đánh giá đầu vào, đầu ra và các tác động môi trường tiềm ẩn của một hệ thống sản phẩm trong suốt vòng đời của nó.

Điểm mạnh rõ ràng của LCA là bao gồm tất cả các phát thải và tiêu thụ tài nguyên trong suốt vòng đời của sản phẩm hoặc như trong các công bố được so sánh trong nghiên cứu này là về hệ thống nước. Trong khi thực hiện LCA, tất cả các quy trình từ chiết xuất nguyên liệu thô đều được đưa vào, quá trình sản xuất trên sản phẩm hoặc một phần của hệ thống cho đến giai đoạn sử dụng. Nếu có quá trình vận chuyển vật liệu hoặc sản phẩm xảy ra cũng phải được đưa vào LCA [3]. Khung LCA bao gồm 4 giai đoạn:



Hình 1. Các giai đoạn của LCA [ISO 14040:2009]

+ Giai đoạn xác định mục tiêu và phạm vi: xác định được phạm vi của một cuộc LCA, kể cả ranh giới của hệ thống và mức độ chi tiết, tùy theo vào đối tượng và dự định áp dụng của nghiên cứu. Mục tiêu và phạm vi của một LCA có thể khác nhau đáng kể tùy mục đích của LCA cụ thể [2].

+ Phân tích kiểm kê (LCI): là kiểm kê dữ liệu đầu vào, đầu ra của hệ thống đang nghiên cứu. LCI liên quan đến

thu thập các dữ liệu cần thiết nhằm thỏa mãn các mục tiêu của nghiên cứu [2]. Đây thường là một bước khá tốn thời gian vì người chuyên môn LCA thường gặp phải rằng dữ liệu không phải lúc nào cũng dễ dàng tìm hiểu được [1].

+ Đánh giá các tác động môi trường (LCIA): là giai đoạn thứ ba của LCA. Mục đích của LCIA nhằm đưa ra các thông tin môi trường bổ sung (loại tác động, các kết quả của LCI được gán cho loại tác động, chỉ thị của loại tác động, ...) để trợ giúp cho đánh giá kết quả LCI của một hệ thống sản phẩm sao cho hiểu được rõ hơn ý nghĩa môi trường của sản phẩm [2].

+ Diễn giải là giai đoạn cuối của quy trình LCA, trong đó kết quả của một LCA được tổng hòa và xem xét như là cơ sở để kết luận, kiến nghị và ra quyết định cho phù hợp với mục tiêu và phạm vi xác định [2].

LCA ban đầu được phát triển để đánh giá tác động môi trường của sản phẩm, sau được tìm thấy sử dụng trên các dịch vụ, hệ thống cụ thể. Hiện nay, không khó để tìm thấy một nghiên cứu LCA trên một sản phẩm từ ngành thực phẩm [4], sản xuất điện tử [5], phương tiện [6],... được nghiên cứu bởi các tác giả từ khắp các quốc gia trên thế giới.

Trên thế giới, LCA ngày càng được sử dụng rộng rãi để đánh giá các tác động môi trường của công nghệ nước trong hơn 20 năm qua [7]. Tuy vậy, tại Việt Nam, khái niệm về LCA vẫn còn khá mới mẻ, đa số được thực hiện đối với các sản phẩm và ngành dịch vụ như tàu [8], công trình nhà ở [9], lớp xe [10], chất thải rắn [11],... Các công bố áp dụng LCA để đánh giá trên hệ thống nước tại Việt Nam chỉ mới được nghiên cứu bởi các tác giả ở ngoài nước. Do đó, cần kết hợp phân tích các chỉ số đáng tin cậy từ LCA, xem xét các nghiên cứu trước đây trong bối cảnh cụ thể của các công bố để ghi nhận những bài học kinh nghiệm chính và những lỗ hổng đã phát hiện.

2. Đối tượng, nội dung và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Cơ sở lựa chọn: Các bài báo được thu thập đều phải có nghiên cứu LCA ít nhất 1 trên 4 bộ phận của hệ thống nước.

Đối tượng nghiên cứu: 12 bài công bố được sử dụng so sánh trong bài đáp ứng được yêu cầu của cơ sở lựa chọn.

Theo phạm vi: 7 công bố LCA trên hệ thống nước tại các nước Châu Âu, 4 công bố tại các nước ở Đông Nam Á – Châu Á, 1 công bố tại Châu Phi. Trong đó, theo mức độ phát triển, 5 bài nghiên cứu ở các nước đang phát triển và 7 bài báo LCA trên hệ thống nước ở các nước phát triển.

2.2. Nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu, tổng hợp kết quả các LCA trên hệ thống nước từ các công bố được chọn phân tích theo 4 giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Xác định mục tiêu và phạm vi;
- Giai đoạn 2: Kiểm kê dữ liệu;
- Giai đoạn 3 và 4: Đánh giá tác động và diễn giải.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thu thập: tra cứu và chọn lựa các bài công bố trên thế giới phù hợp với mục tiêu, nội dung và đối tượng nghiên cứu.

- Phương pháp tổng hợp, thống kê: tổng hợp, thống kê các số liệu, kết quả thích hợp để đóng góp và hỗ trợ cho bài nghiên cứu theo dạng văn bản, biểu đồ, hay bảng.

- Phương pháp phân tích, đánh giá: Tìm hiểu sâu hơn về nội dung từng bài công bố, từ đó đánh giá các kết quả liên quan đến đối tượng nghiên cứu.

- Phương pháp kế thừa: Kế thừa các kết quả đã được nghiên cứu, tránh trùng lặp.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. LCA giai đoạn 1: Xác định mục tiêu và phạm vi

3.1.1. Mục tiêu của nghiên cứu

Việc áp dụng LCA trong lĩnh vực cấp nước đầu tiên vào năm 2005, bằng việc so sánh giữa các công nghệ khử mặn nước biển khác nhau: thẩm thấu ngược, khử mặn đa hiệu ứng và khử mặn nhanh nhiều bậc [12]. Sau đó, năm 2008, một công cụ đánh giá linh hoạt dựa trên LCA đã được phát

triển để xem xét kỹ lưỡng các quy trình xử lý nước, hỗ trợ đánh giá tác động môi trường của các công nghệ [13]. Trên thực tế, LCA có thể được sử dụng để đánh giá các kịch bản khác nhau nhằm cải thiện hiệu suất môi trường của hệ thống nước đô thị [14]. Từ đây xác định các khía cạnh môi trường chính cần được xem xét để tối ưu hóa, khuyến nghị nhằm cải thiện và giảm thiểu tác động tới môi trường.

Một số kịch bản được chia thành 3 nhóm sau: (i) Thay đổi hoặc cải tiến công nghệ (ví dụ: xây dựng nhà máy xử lý với công nghệ mới, thay đổi hóa chất); (ii) Thay đổi nguồn nước thô hoặc thay đổi nguồn tiếp nhận; (iii) Sự thay đổi của người dùng (ví dụ: sự gia tăng dân số, thay đổi hành vi của người dùng, sử dụng năng lượng tái tạo)... Các kịch bản được tổng hợp ở Bảng 1.

Bảng 1. Các điểm chính của việc phân tích các bài báo được chọn lọc

Tài liệu	Đất nước	Khu vực, thành phố	Dân số	Các kịch bản đưa ra	Đơn vị	Ranh giới hệ thống	Các bước trong vòng đời	Phương pháp LCIA
[15] [16] [17]	Đan Mạch	Copenhagen	520000	- Thu nước mưa; Khai thác nước ngầm; Mở các miệng giếng mới; Khử mặn nước biển. - 07 công nghệ xử lý nước đã được xem xét, bao gồm cả khai thác nước và vận chuyển trên mạng lưới cấp nước. - LCA xử lý nước thải cho 2 kịch bản: xử lý tập trung và xử lý phân tán. - 04 kịch bản tái chế nước xả toilet được xem xét	1m ³	XLNS, MLCN, MLTN, XLNT	Xây dựng, vận hành	EDIP 1997
[18]	Pháp	-	-	- Khai thác các nguồn nước thô thay thế (Nước ngầm) - Sử dụng nguồn nước mặt ở xa địa phương (80km) - Nhà máy khử mặn với công nghệ thẩm thấu ngược. - Nhà máy chưng cất đa hiệu ứng nước biển địa phương.	1m ³	XLNS, MLCN	Vận hành, xây dựng	CML-IA
[19]	Italia	Sicily	1600000	Đánh giá LCA trên hệ thống nước hiện trạng tại Sicily (Italia). Nghiên cứu xem xét qua 3 quá trình: Thu gom, xử lý và phân phối nước sạch.	1m ³	XLNS, MLCN	Xây dựng, vận hành	EPD 2008
[20]	Romania	Iasi	261384	- Thay đổi tỷ lệ khai thác từ các nguồn nước thô - Giảm thất thoát trên mạng lưới cấp nước xuống còn 28,7%. - Cải thiện hệ thống sao cho 100% nước thải được thu gom. - Cải thiện hiệu suất xử lý sao cho 100% nước thải được xử lý.	1m ³	XLNS, MLTN, XLNT	Xây dựng, vận hành	CML-IA
[21]	Hà Lan	-	-	- Thay đổi hóa chất keo tụ - Thay thế NaOH trong việc làm mềm nước (được sản xuất bằng năng lượng xanh). - Tăng thời gian làm việc của than hoạt tính	1m ³	XLNS, MLCN	Vận hành	Eco-Indicator 99
[22]	Algeria	Algiers, Boudouaoua	-	Đánh giá LCA trên trạm XLNS Boudouaoua	1 lit	XLNS, MLCN	Vận hành	Eco-indicator 99
[23]	Malaysia	-	-	- Thay thế PAC bằng phèn chua - Sử dụng năng lượng sạch	1m ³	XLNS	Vận hành, xây dựng	Eco-Indicator 99
[24]	Việt Nam	Hà Nội	-	3 phạm vi được phân tích (thay đổi từ người sử dụng): - Đun sôi nước nóng - Sử dụng nước đóng chai - Mạng lưới cấp nước uống công cộng	1m ³	XLNS, MLCN	Xây dựng, vận hành	Eco-Indicator 95
[25]	Singapore	Singapore	-	Thay đổi nguồn nước thô là nước tái sử dụng và khử mặn	1m ³	XLNS, MLCN, MLTN, XLNT	Vận hành	Recipe
[26]	Indonesia			Xây dựng hệ thống xử lý bùn, thay thế hóa chất xử lý	1m ³	XLNS	Vận hành	CML-IA

Theo Bảng 1, tất cả các nghiên cứu nhằm cung cấp thông tin định lượng về các đặc điểm môi trường và các điểm nóng của hệ thống nước đô thị. Theo kết quả thống kê, có 2 trên tổng số 12 nghiên cứu đánh giá LCA trên một hệ thống nước hiện trạng cụ thể [19], [22]. Và 10 nghiên cứu còn lại đưa ra các kịch bản tương lai để đánh giá khả năng cải thiện môi trường của hệ thống. Trong đó, 8 bài báo kết hợp các loại kịch bản và có 2 bài báo sử dụng 1 loại kịch bản đề xuất [21], [26].

Phần lớn các kịch bản được đưa ra đều đề xuất nhằm thay đổi công nghệ, hóa chất cho thấy đây là giải pháp được đa số các nhà nghiên cứu chú trọng. Tuy nhiên không dễ để thực hiện với các nước đang phát triển vì cần một nguồn kinh phí đầu tư rất lớn.

Những kịch bản đề xuất đều đưa ra được những số liệu cụ thể, có kịch bản giảm thiểu được mức tác động lên môi trường và ngược lại. Việc đề xuất các kịch bản phụ thuộc

vào vị trí địa lý mỗi nơi, nguồn tài nguyên, địa hình khu vực, nhu cầu sử dụng hay cơ sở vật chất, ... Do đó, cần xem xét tất cả yếu tố liên quan như trên để có thể đưa ra những kịch bản phù hợp với mỗi khu vực.

3.1.2. Phạm vi nghiên cứu

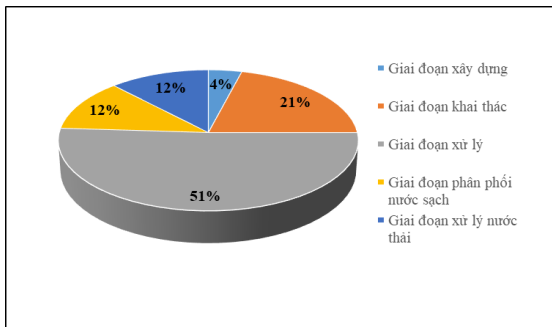
Theo Bảng 1 tất cả các nghiên cứu đều xem xét ít nhất trên nhà máy XLNS trong ranh giới của hệ thống. Trong số đó, 2 bài báo chỉ đánh giá XLNS [23], [26], 5 bài báo xem xét trên bộ phận XLNS và MLCN [18], [19], [21], [22], [24] và 4 bài báo đánh giá bao gồm tất cả các bộ phận nước chính [15], [16], [17] và [25].

Đa số các bài báo đều lựa chọn đơn vị chức năng là 1m³ sau khi đã xử lý.

100% các nghiên cứu phân tích quá trình vận hành của hệ thống, 8 nghiên cứu có xem xét thêm cả quá trình xây dựng. Hầu hết đều bỏ qua giai đoạn phá hủy, vì được xem như ít tác động đến môi trường.

3.2. LCA giai đoạn 2: Kiểm kê vòng đời

Có 2 loại dữ liệu đầu vào: Các dữ liệu đầu vào chung cho toàn mô hình và các dữ liệu đầu vào tương ứng với từng phương pháp xử lý nước tùy thuộc vào nghiên cứu cụ thể. Những dữ liệu này thường có sẵn và có thể tham khảo nguồn tin cậy như các báo cáo hoạt động của đối tượng. Các dữ liệu đầu vào tương ứng với từng phương pháp xử lý (ví dụ như yêu cầu về sử dụng năng lượng, các chi phí vận hành và hiệu suất vận hành) cũng cần có.



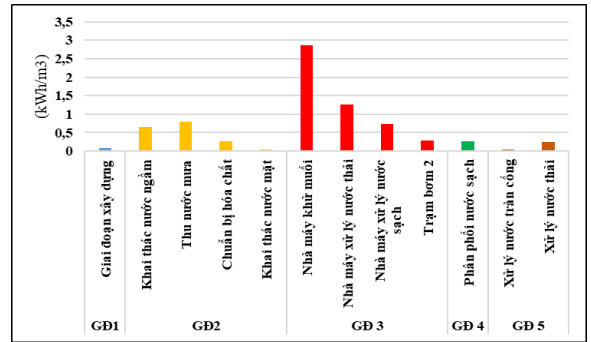
Hình 2. Biểu đồ thể hiện tỷ lệ tiêu thụ điện của từng giai đoạn trong hệ thống nước

Liên quan đến dữ liệu nền, 5 nghiên cứu đã sử dụng SimaPro làm cơ sở dữ liệu cho các quy trình nền [17], [20], [22], [24], [26], 3 nghiên cứu sử dụng cơ sở dữ liệu GaBi (PE International) [16], [17], [18], 3 công bố sử dụng cơ sở dữ liệu Ecoinvent [20], [17], [18] và 2 nghiên cứu sử dụng các nguồn dữ liệu khác. Một vài nghiên cứu có kết hợp các cơ sở dữ liệu nhằm tăng tính chính xác hơn cho dữ liệu bài báo. 9 trên 12 nghiên cứu đã cung cấp dữ liệu kiểm kê mức tiêu thụ điện năng trong bài, 2 bài báo [15], [24] không đưa ra được dữ liệu này. Hình 2 là biểu đồ thể hiện kết quả của 1 trong các dữ liệu kiểm kê của hệ thống nước – dữ liệu điện năng tiêu thụ.

Kết quả cho thấy, mức tiêu thụ điện từ XLNS có thể được đánh giá quá cao trong một số nghiên cứu vì một phần năng lượng đó có thể được sử dụng để bơm ở trạm bơm cấp 2 của nhà máy XLNS và sau đó được phân phối cho MLCN. MLTN là không đáng kể vì quá trình chuyển nước này chủ yếu là do tự chảy.

Từ biểu đồ ta thấy, XLNS chiếm tỷ lệ sử dụng điện cao

nhất. Các bài báo được lựa chọn đa số xem xét trên XLNS, ít số lượng bài báo trên XLNT gây thiếu dữ liệu kiểm kê, do đó kết quả đưa ra có sự chênh lệch quá lớn.



Hình 3. Biểu đồ thể hiện chi tiết mức độ tiêu thụ điện năng ở các giai đoạn trong hệ thống nước

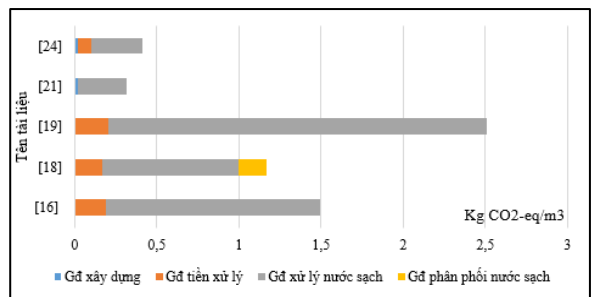
Kết quả dữ liệu cho thấy khử mặn có mức tiêu thụ điện cao nhất (trung bình 2,86 kWh/m³). Trong khi đó, xử lý nước tràn công và bơm nước thải tới nhà máy xử lý đóng góp lượng tiêu thụ điện nhỏ nhất (trung bình 0,5 kW/m³) vì hầu hết mạng lưới thoát nước là mạng tự chảy.

Nguồn tài nguyên nước ngọt đang ngày càng khan hiếm ở một vài nơi, vì vậy ngày càng có nhiều nghiên cứu đưa ra các kịch bản khử mặn nước biển. Tuy vậy các cơ quan quản lý cần xem xét lại mức độ tác động lên môi trường của nó để đưa ra phương án hợp lý nhất cho khu vực.

3.3. LCA giai đoạn 3 & 4: Đánh giá tác động và diễn giải

Để thực hiện giai đoạn đánh giá tác động và diễn giải, cần sử dụng các công cụ hỗ trợ trong việc tính toán. Theo thống kê, 3 nghiên cứu áp dụng công cụ CML-IA [18], [20], [26], 4 nghiên cứu áp dụng Eco-indicator 99 [24], [21], [22], [23], 1 nghiên cứu áp dụng ReCiPe [20] và 3 nghiên cứu áp dụng EDIP [15], [16], [17]. Trong đó, có 1 nghiên cứu đưa ra kết quả chỉ số điểm cuối theo ba lĩnh vực bảo vệ (sức khỏe con người, chất lượng hệ sinh thái và tài nguyên) [23].

Tiềm năng nóng lên toàn cầu và phú dưỡng là phổ biến nhất trong các loại tác động được xem xét ở 12 nghiên cứu, 9 bài báo bao gồm axit hóa. Các nghiên cứu LCA khác cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của việc xem xét tiềm năng độc hại sinh thái (5 nghiên cứu).



Hình 4. Tác động biến đổi khí hậu của các công nghệ tạo nên hệ thống nước đô thị từ 5 nghiên cứu

Lượng phát thải CO₂ liên quan đến nóng lên toàn cầu qua từng giai đoạn được thể hiện như Hình 4.

Phú dưỡng nguồn nước, axit hóa cũng là những tác động lớn đến môi trường từ hoạt động của hệ thống nước mà hầu hết các nghiên cứu đề cập đến. Trong hệ thống cấp nước, giai đoạn xử lý vẫn chiếm tác động lớn nhất đến môi trường

so với các giai đoạn còn lại do việc sử dụng điện, hóa chất trong quá trình khai thác, xử lý và vận chuyển nước.

4. Kết luận và kiến nghị

Tác động môi trường là không thể tránh khỏi trong các nhà máy xử lý nước uống. Nghiên cứu này đánh giá các LCA của hệ thống nước, cung cấp tổng hợp, phân tích các kết quả kiểm kê dữ liệu và đánh giá tác động chính, cụ thể như biến đổi khí hậu, phú dưỡng. Đơn vị chức năng là 1 m³ nước sau sản xuất đạt quy chuẩn. Đối với các công nghệ sản xuất nước sạch, tác động vòng đời của nhà máy nước bị chi phối bởi giai đoạn vận hành. Giai đoạn này có mức tiêu thụ vật liệu và năng lượng cao nhất cũng như điểm số môi trường cao nhất cho tất cả các hạng mục tác động được xem xét. Quá trình quan trọng nhất mà hầu hết các gánh nặng môi trường liên quan đến việc sản xuất nước uống đó là việc sử dụng điện.

Một vài đề xuất trong quá trình thực hiện nghiên cứu:

- Cần chú ý bổ sung đầy đủ các dữ liệu về khu vực như dân số, địa hình, vị trí đánh giá để đưa ra cái nhìn tổng quan về hệ thống hiện trạng cũng như việc kế thừa kết quả.

- Các kịch bản dự báo nên kết hợp thay đổi của công nghệ nước, nhu cầu đối tượng sử dụng nước và tài nguyên nước để đưa ra được giải pháp phù hợp và tối ưu nhất.

- Lựa chọn các công bố có đối tượng đa dạng hơn, độ tin cậy cao để kết quả có nhiều giá trị.

Đánh giá này cũng mong muốn mở đường cho các nghiên cứu trong tương lai, với mục đích đưa LCA gần hơn với các nghiên cứu trên hệ thống nước. Việc phát triển LCA trên hệ thống nước tại Việt Nam vẫn còn nhiều khó khăn, nhưng với sự hỗ trợ của các ngân hàng dữ liệu từ các nước phát triển, khả năng triển khai sẽ được mở rộng hơn, khả quan hơn.

Lời cảm ơn: Bài báo này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng với đề tài có mã số: T2024-02-19.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Z. Hauschild and J. Potting, "Spatial differentiation in life cycle impact assessment - the EDIP-2003 methodology", *Guidelines from the Danish EPA, Copenhagen, Denmark. Henriksen*, no. 80, 2005.
- [2] *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*, ISO 14044:2011, 2011.
- [3] H. Wenzel, M. Z. Hauschild, and L. Alting, "Environmental assessment of products - 1: Methodology, tools and case studies In product development", Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA, USA, Chapman & Hall, United Kingdom, 1997.
- [4] L. Person, T. Ekvall, and B. P. Weidema, "Life cycle assessment on packaging systems for beer and soft drinks. Refillable PET bottles", Copenhagen: Danish Environmental Protection Agency. (Environmental Project 404), 1998.
- [5] S. Ehrenberger and H. E. Friedrich, "Life-Cycle Assessment of the Recycling of Magnesium Vehicle Components", *JOM* 65, pp. 1303–1309, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11837-013-0703-3>.
- [6] E. Helmers, J. Dietz, and S. Hartard, "Electric car life cycle assessment based on real-world mileage and the electric conversion scenario", *Int J Life Cycle Assess*, no. 22, pp. 15–30, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0934-3>.
- [7] P. Loubet, P. Roux, E. Loiseau, and V. Bellon-Maurel, "Life cycle assessments of urban water systems: A comparative analysis of selected peer-reviewed literature", *In Water Research*, vol. 67, pp. 187–202, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.048>.
- [8] D. D. Tuan and P. T. T. Hai, "Evaluating environmental impacts of a cargo ship by using life cycle assessment method", *Journal of marine science and technology*, vol. 63, no. 1859–316x, pp. 25–30, 2020.

- [9] L. D. Linh and T. N. Binh, "Integration of BIM and LCA for life cycle assessment of residential buildings in Vietnam: advantages, difficulties, and solutions", *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*, vol. 12, no. 1, pp. 77–82, 2018. [https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12\(1\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12(1)-10).
- [10] H. N. D. Linh and P. T. Anh, "Assessing the environmental impacts of waste-tires pyrolysis process by life cycle assessment - LCA, with Simapro", *Journal of Transportation Science and Technology*, no. 29, pp. 50–55, 2018.
- [11] L. T. M. Huong, "Applying product life cycle assessment (LCA) to improve the efficiency of solid waste management in Hanoi", Doctoral dissertation, Hanoi University of civil Engineering, 2017.
- [12] R. Raluy, Gemma, L. Serra, and J. Uche, "Life cycle assessment of water production technologies-part 1: life cycle assessment of different commercial desalination technologies (MSF, MED, RO)", *The International Journal of Life Cycle Assessment*, no. 10, pp. 285–293, 2005.
- [13] F. Vince, E. Aoustin, P. Bréant, and F. Marechal, "LCA tool for the environmental evaluation of potable water production", *Desalination*, vol. 220, no. 1–3, pp. 37–56, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.021>
- [14] M. E. M. Mahgoub, N. P. V. D. Steen, K. Abu-Zeid, and K. Vairavamorthy, "Towards sustainability in urban water: a life cycle analysis of the urban water system of Alexandria City, Egypt", *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, no. 10–11, pp. 1100–1106, 2010.
- [15] B. Godskesen, "Sustainability evaluation of water supply technologies – by using life-cycle and freshwater withdrawal impact assessment & multi-criteria decision analysis", Doctoral dissertation, Technical University of Denmark, 2012.
- [16] B. Godskesen, M. Hauschild, M. Rygaard, K. Zambrano, and H. J. Albrechtsen, "Life-cycle and freshwater withdrawal impact assessment of water supply technologies", *Water Research*, vol. 47, no. 7, pp. 2363–2374, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.005>
- [17] B. Godskesen *et al.*, "Life cycle assessment of three water systems in Copenhagen-a management tool of the future", *Water Science and Technology*, vol. 63, no. 3, 2011. <https://doi.org/10.2166/wst.2011.258>
- [18] F. Vince, E. Aoustin, P. Bréant, and F. Marechal, "LCA tool for the environmental evaluation of potable water production", *Desalination*, vol. 220, no. 1–3, pp. 37–56, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.021>
- [19] A. D. Borghi, C. Strazza, M. Gallo, S. Messineo, and M. Naso, "Water supply and sustainability: Life cycle assessment of water collection, treatment and distribution service", *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 18, no. 5, pp. 1158–1168, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0549-5>
- [20] G. Barjoveanu, I. M. Comandaru, G. Rodriguez-Garcia, A. Hospido, and C. Teodosiu, "Evaluation of water services system through LCA. A case study for Iasi City, Romania", *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 19, no. 2, pp. 449–462, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0635-8>
- [21] R. Barrios, M. Siebel, A. V. D. Helm, K. Bosklopper, and H. Gijzen, "Environmental and financial life cycle impact assessment of drinking water production at Waternet", *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, no. 4, pp. 471–476, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.07.052>
- [22] M. B. Mohamed-Zine, A. Hamouche, and L. Krim, "The study of potable water treatment process in Algeria (boudouaou station) -by the application of life cycle assessment (LCA)", *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 1–9, 2014. <https://doi.org/10.1186/2052-336x-11-37>
- [23] A. H. Sharaai, N. Z. Mahmood, and A. H. Sulaiman, "Uncovering the Relation Between Environmental Damage and the Rate of Rainfall Received Through a Life Cycle Assessment (LCA) Study on Potable Water Production in Malaysia", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 3, no. 4, pp. 3399–3407, 2009.
- [24] K. Homäki, P. H. Nielsen, A. Sathasivan, and E. J. Bohez, "Life cycle assessment and environmental improvement of residential and drinking water supply systems in Hanoi, Vietnam", *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, vol. 10, no. 1, pp. 27–42, 2003. <https://doi.org/10.1080/13504500309469783>.
- [25] C. Hsien, J. S. C. Low, S. C. Fuchen, and T. W. Han, "Life cycle assessment of water supply in Singapore - A water-scarce urban city with multiple water sources", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 151, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104476>
- [26] N. Kamaningroem and D. R. Anggraeni, Study of Life Cycle Assessment (LCA) on Water Treatment - Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 799, no. 1, 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/799/1/012036>