

ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC

TRẦN NGỌC TUẤN

TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG QUẢN LÝ CHẤT THẢI RẮN
Ở THÀNH PHỐ HUẾ BẰNG CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ
VÒNG ĐỜI (LCA)

NGÀNH: QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
MÃ SỐ: 9850101

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ
NGÀNH QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

Người hướng dẫn khoa học:
PGS.TS. LÊ VĂN THẮNG

HUẾ, NĂM 2023

Luận án được hoàn thành tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

Người hướng dẫn khoa học: **PGS. TS. Lê Văn Thăng**

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Huế chấm luận án tiến sĩ họp tại Đại học Huế và hồi ngày.....tháng.....năm

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam

- Trung tâm Thông tin - Thư viện trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

MỞ ĐẦU

1. LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI

Chất thải rắn (CTR) là nguồn chất thải ở thể rắn phát sinh từ hoạt động kinh tế - xã hội của con người. Với sự phát triển kinh tế - xã hội, khối lượng CTR không ngừng gia tăng và tạo ra gánh nặng môi trường. Ở nước ta khối lượng CTR gia tăng khá nhanh, năm 2019 tăng 146% so với năm 2010. Có 3 phương pháp xử lý CTR chủ yếu là chôn lấp (71% tổng khối lượng CTR), ủ phân phân hữu cơ (16%) và đốt (13%).

Mỗi ngày, thành phố Huế phát sinh gần 300 tấn CTR và được xử lý chủ yếu bằng chôn lấp kết hợp ủ phân hữu cơ. Theo Quy hoạch quản lý CTR tỉnh Thừa Thiên Huế đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, CTR thành phố Huế được xử lý tại nhà máy đốt rác phát điện. Tuy nhiên vẫn chưa có sự đánh giá và so sánh tác động môi trường của các phương pháp xử lý nêu trên. LCA là công cụ đã áp dụng vào QLCTR ở các nước trên thế giới, tuy nhiên ở nước ta vẫn còn hạn chế. Xuất phát từ thực tiễn đó đề tài *Tối ưu hóa hệ thống quản lý chất thải rắn ở thành phố Huế bằng công cụ đánh giá vòng đời (LCA)* đã được lựa chọn và thực hiện.

2. MỤC TIÊU VÀ NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

a. *Mục tiêu nghiên cứu:* Xác định được kịch bản QLCTR tối ưu về môi trường cho thành phố Huế trên cơ sở phương pháp tiếp cận LCA.

b. *Nội dung nghiên cứu:*

(1). Nghiên cứu đặc điểm thành phần và tính chất của CTR phát sinh tại thành phố Huế.

(2). Nghiên cứu phương thức quản lý, phương pháp vận hành hệ thống QLCTR ở thành phố Huế.

(3). Xây dựng các kịch bản QLCTR khác nhau áp dụng cho thành phố Huế dựa trên các dữ liệu khảo sát, các xu hướng phát triển của phương pháp xử lý CTR.

(4). Áp dụng công cụ LCA vào các kịch bản đã được xây dựng, từ đó phân tích, so sánh, lựa chọn được kịch bản tối ưu, thân thiện với môi trường nhất để đề xuất áp dụng cho hoạt động QLCTR ở thành phố Huế.

3. GIỚI HẠN NGHIÊN CỨU

a. *Giới hạn về không gian:* Giới hạn không gian nghiên cứu là 27 phường thuộc thành phố Huế trước thời điểm thành phố được mở rộng (01/7/2021) theo Nghị quyết số 1264/NQ-UBTVQH14 ngày 27/4/2021 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội về việc điều chỉnh địa giới hành chính các đơn vị hành chính cấp huyện và sắp xếp, thành lập các phường thuộc thành phố Huế, tỉnh Thừa Thiên Huế.

b. Giới hạn về thời gian: Thời gian thực hiện nghiên cứu giai đoạn 2017 – 2021, trong đó dữ liệu khảo sát đặc trưng thành phần CTRSH hộ gia đình và CTRĐT Huế thực hiện giai đoạn 2017 – 2018, cơ sở dữ liệu của Ecoinvent được sử dụng trong nghiên cứu này được thu thập năm 2020.

c. Giới hạn về nội dung

- Nghiên cứu của đề tài tập trung vào CTRSH hộ gia đình thành phố Huế, CTR đô thị, hoạt động QLCTR thành phố Huế với giới hạn khởi đầu từ hoạt động thu gom thứ cấp đến xử lý cuối cùng.

- Đối tượng CTR được thực hiện trong nghiên cứu này không bao gồm rác thải xây dựng, CTR công nghiệp, bùn từ hệ thống thoát nước đô thị, từ các hệ thống xử lý nước thải, bùn thải từ các nhà vệ sinh tự hoại cũng như các chất thải nguy hại.

- Giới hạn tác động môi trường chỉ tính đến hoạt động vận hành của các cơ sở xử lý CTR, không tính đến quá trình xây dựng.

- Đánh giá tối ưu hóa hệ thống QLCTR trong nghiên cứu này chỉ tính đến khía cạnh tác động lên môi trường của hoạt động QLCTR.

4. NHỮNG ĐIỂM MỚI CỦA LUẬN ÁN

- Lần đầu tiên áp dụng công cụ LCA vào QLCTR ở thành phố Huế.

- Luận án đề xuất được kịch bản QLCTR tối ưu về mặt môi trường cho thành phố Huế trên cơ sở phân tích dữ liệu, kết quả LCA, nghiên cứu đã sử dụng phần mềm OpenLCA và phương pháp đánh giá tác động vòng đời (LCIA) IMPACT 2002+.

5. LUẬN ĐIỂM BẢO VỆ

- **Luận điểm 1:** Các kịch bản QLCTR ở thành phố Huế được xây dựng dựa trên cơ sở khoa học, chiến lược QLCTR quốc gia, cơ sở thực tiễn của địa phương và xu hướng phát triển công nghệ xử lý CTR.

- **Luận điểm 2:** LCA là phương pháp toàn diện và khoa học để hỗ trợ ra quyết định thông qua việc phân tích tác động đến môi trường của các kịch bản QLCTR, áp dụng LCA hỗ trợ việc lựa chọn kịch bản tối ưu về mặt môi trường cho hoạt động QLCTR của thành phố Huế.

6. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI

a. Ý nghĩa khoa học: Kết quả của luận án góp phần hoàn thiện cơ sở lý luận và phương pháp, quy trình nghiên cứu nhằm làm sáng tỏ được kịch bản QLCTR tối ưu về mặt môi trường dựa trên LCA.

b. Ý nghĩa thực tiễn:

- Kết quả nghiên cứu của luận án thể hiện được tổng quan về đặc điểm CTR, công tác QLCTR của thành phố Huế cũng như phương pháp luận và quy trình áp dụng LCA vào QLCTR cho địa bàn nghiên cứu.

- Kết quả nghiên cứu của luận án là tài liệu tham khảo cho các nhà quản lý, các nhà hoạch định QLCTR của tỉnh Thừa Thiên Huế tham khảo, đưa ra các lựa chọn cho giải pháp QLCTR cho địa phương.

- Hướng nghiên cứu này có thể áp dụng cho quy hoạch QLCTR ở các địa phương.

7. CẤU TRÚC CỦA LUẬN ÁN

Luận án được bố cục như sau: Ngoài phần Mở đầu, phần Kết luận, Kiến nghị, Tài liệu tham khảo và Phụ lục, luận án bao gồm các chương:

Chương 1. Tổng quan các vấn đề nghiên cứu

Chương 2. Đối tượng, phương pháp và quy trình nghiên cứu

Chương 3. Đánh giá thực trạng quản lý chất thải rắn ở thành phố Huế

Chương 4. Đánh giá vòng đời các kịch bản quản lý CTR ở thành phố Huế

Chương 1. TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. KHÁI QUÁT VỀ CHẤT THẢI RẮN

1.1.1. Khái niệm chất thải rắn

Theo Nghị định 08/2022/NĐ-CP của Chính phủ Quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT sử dụng thuật ngữ CTR thông thường và CTRSH: CTR thông thường là CTR không thuộc danh mục chất thải nguy hại và không thuộc chất thải công nghiệp phải kiểm soát có yếu tố nguy hại vượt ngưỡng chất thải nguy hại; CTR sinh hoạt là CTR phát sinh trong sinh hoạt thường ngày của con người.

Nghiên cứu này sử dụng định nghĩa CTR theo Nghị định 08/2022/NĐ-CP, tuy nhiên giới hạn sẽ không bao gồm bùn thải, CTR thải xây dựng, CTR công nghiệp mà chỉ tập trung vào CTR đô thị (CTRĐT) thông thường được thu gom, vận chuyển bởi HEPSCO.

1.1.2. Thành phần của chất thải rắn

Thành phần CTR là các loại có cùng đặc trưng, tính chất hoặc nguồn gốc tương tự nhau và được xếp vào 1 nhóm.

1.2. THỰC TIỄN QLCTR TRÊN THẾ GIỚI VÀ Ở VIỆT NAM

1.2.1. Khái niệm về quản lý chất thải rắn

- Theo Tchobanogluos và cộng sự (1993) QLCTR là các nguyên tắc xã hội với việc kiểm soát sự phát sinh, thu gom, lưu trữ, trung chuyển và vận chuyển, các quá trình xử lý và loại bỏ CTR theo cách tốt nhất, hạn chế thấp nhất ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng, hiệu quả kinh tế, kỹ thuật, bảo tồn, tính thẩm mỹ, khía cạnh môi trường và đáp ứng được yêu cầu của cộng đồng.

- Theo Chiến lược quốc gia về quản lý tổng hợp CTR (QLTHCTR) đến 2025, tầm nhìn đến năm 2050 thì QLTHCTR là quản lý toàn bộ vòng đời chất thải từ khi phát sinh đến khi xử lý cuối cùng bao gồm: phòng ngừa, giảm thiểu, phân loại, thu gom, tái sử dụng, tái chế và xử lý cuối cùng nhằm bảo vệ sức khỏe con người, BVMT, tiết kiệm tài nguyên, thích ứng với BĐKH và hướng tới sự phát triển bền vững của đất nước.

1.2.2. Thực tiễn quản lý chất thải rắn trên thế giới

Giới thiệu và phân tích tình hình QLCTR về luật pháp, xử lý CTR một số nước trên thế giới như Nhật Bản, Trung Quốc, Hàn Quốc, Mỹ.

1.2.3. Quản lý chất thải rắn ở Việt Nam

Cuối thế kỷ 20, QLCTR của nước ta chủ yếu thu gom và xử lý CTRSH. Để đáp ứng nhu cầu QLCTR, nước ta ban hành nhiều văn bản pháp luật, xây dựng chiến lược quốc gia về QLCTR, các chính sách ưu đãi trong quản lý, xử lý CTR,...

1.2.4. Quản lý tổng hợp chất thải rắn

Tchobanoglous và cộng sự (1993) xác định QLTHCTR dựa trên sự tích hợp của sáu yếu tố chức năng: Khối lượng CTR phát sinh; phân loại – thu gom thủ công; thu gom CTR; phân loại CTR; vận chuyển và trung chuyển; thải bỏ cuối cùng. Mỗi hệ thống QLTHCTR có các hợp phần cơ bản như sau: Cơ cấu chính sách; cơ cấu luật; cơ cấu hành chính; giáo dục cộng đồng; cơ cấu kinh tế;... thứ bậc ưu tiên trong QLCTR trở thành định hướng cho công tác QLCTR.

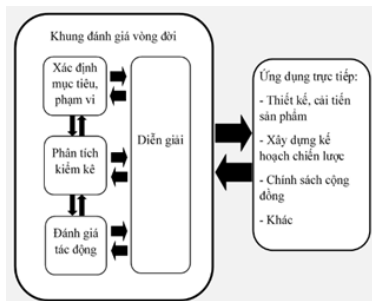
1.3. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TRONG QUẢN LÝ CTR

1.3.1. Giới thiệu một số phương pháp

Ngày nay, nhiều công cụ phát triển để đáp ứng nhu cầu đánh giá tác động, hỗ trợ ra quyết định, Alkhuzai (2014) thống kê nhóm các công cụ quản lý và nhóm các công cụ đánh giá.

1.3.2. Tổng quan về đánh giá vòng đời

LCA (Life Cycle Assessment) 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. LCA có 4 giai đoạn: Xác định phạm vi - mục tiêu, phân tích kiểm kê, đánh giá tác động và giải thích vòng đời. Hình 1.1 là sơ đồ mô tả mối quan hệ của 4 giai đoạn trong LCA.



Hình 1.1. Các giai đoạn của LCA

Một số ưu nhược điểm của LCA

- *Ưu điểm của LCA*: LCA là công cụ mạnh đánh giá phạm vi rộng, hỗ trợ ra quyết định, kết nối được giữa khách hàng, nhà sản xuất, nhà khoa học,...

- *Nhược điểm của LCA*: Tốn nhiều thời gian và phức tạp, tính sẵn có của nguồn dữ liệu, bản thân LCA chỉ là công cụ hỗ trợ ra quyết định LCA và chỉ xem xét tác động đến môi trường,...

1.4. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG LCA VÀO QLCTR

1.4.1. Quá trình phát triển và áp dụng LCA vào quản lý CTR

Các nghiên cứu áp dụng LCA vào QLCTR được thực hiện sau 2008, chủ yếu ở các nước phát triển. Sự thiếu vắng các nghiên cứu ở các nước đang phát triển do thiếu các khái niệm, lý thuyết và thiếu hụt dữ liệu.

1.4.2. Các hướng nghiên cứu áp dụng LCA trong quản lý CTR

Theo Allesch và Brunner (2014) có đến 32% nghiên cứu trên tổng thể hệ thống QLCTR, 24% là phương pháp xử lý CTR, 22% so sánh giữa các phương pháp xử lý, 11% đối với tái chế CTR, 9% đánh giá tác động môi trường của hoạt động thu gom CTR và 3% phần khác.

1.4.3. Một số công trình nghiên cứu áp dụng LCA vào quản lý chất thải rắn trên thế giới và ở Việt Nam

Một số công trình tiêu biểu luận án tổng hợp được:

- *Trên thế giới*: Các nghiên cứu điển hình: Ozeler và cộng sự (2006) đánh giá tác động vòng đời của QLCTR đô thị ở Ankara; Banar và cộng sự (2009) nghiên cứu lựa chọn hệ thống QLCTR cho thành phố Eskisehir của Thổ Nhĩ Kỳ; Abduli và cộng sự (2011) đã so sánh 2 kịch bản QLCTR khác nhau ở thành phố Tehran, Iran; Alkhuzai (2014) nghiên cứu áp LCA để phát triển hệ thống QLCTR cho thành phố Makkah,...

- *Một số nghiên cứu điển hình ở Việt Nam*: Nghiên cứu “Đánh giá tác động của các phương pháp xử lý rác thải đô thị vùng đồng bằng Sông Cửu Long – Việt Nam” đã thực hiện đánh giá tác động môi trường của các phương pháp xử lý CTR đô thị vùng Đồng bằng Sông Cửu Long; Nghiên cứu “Ứng dụng đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA) để nâng cao hiệu quả quản lý chất thải rắn ở Hà Nội; Nghiên cứu “Sử dụng đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA) cho đánh giá tác động môi trường của hệ thống sản xuất biogas tập trung từ CTR đô thị trong các tòa nhà”.

- *Một số nghiên cứu ở thành phố Huế*: “Nghiên cứu phát sinh và đặc điểm CTR ở thành phố Bắc miền Trung Việt Nam – thành phố Huế”; Nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến hệ số phát thải CTR của thương mại và văn phòng; Trường hợp nghiên cứu điển hình thành phố Huế,...

Chương 2. ĐỐI TƯỢNG, QUY TRÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

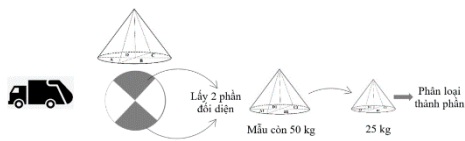
2.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu được xác định bao gồm: hệ thống QLCTR thành phố Huế và phương pháp đánh giá tác động vòng đời.

2.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.2.1. Thu thập dữ liệu thứ cấp

Dữ liệu thứ cấp được thu thập bao gồm: kinh tế - xã hội, khối lượng CTR được thu gom, nhiên liệu, hóa chất được sử dụng ở các phương pháp xử lý CTR, cơ sở dữ liệu Ecoinvent.



Hình 2.1. Quy trình lấy mẫu chất thải rắn

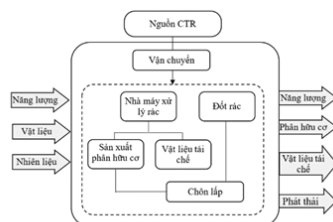
2.2.2. Phương pháp khảo sát thực địa

2.2.2.1. Lấy mẫu chất thải rắn sinh hoạt hộ gia đình

Lấy mẫu CTRSH của 162 hộ gia đình trong thời gian 7 ngày.

2.2.2.2. Lấy mẫu CTR đô thị

Lấy mẫu CTRĐT Huế từ 7 tuyến xe thu gom, quy trình ở hình 2.1.



Hình 2.2. Ranh giới hệ thống nghiên cứu

2.2.3. Phương pháp đánh giá vòng đời

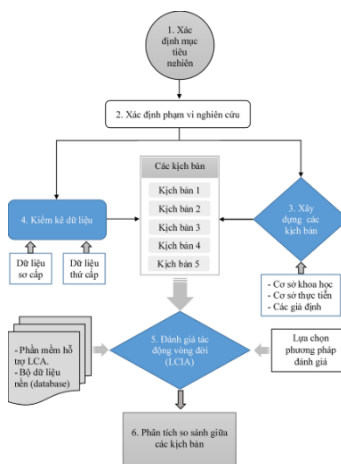
LCA tuân thủ cách tiếp cận hệ thống với 4 giai đoạn để so sánh tác động môi trường của các kịch bản quản lý CTR ở thành phố Huế.

2.2.3.1. Mục tiêu và phạm vi đánh giá vòng đời của hệ thống quản lý chất thải rắn ở thành phố Huế

Đơn vị chức năng là 1 tấn CTR qua hệ thống QLCTR của thành phố Huế. Ranh giới hệ thống và giới hạn được trình bày ở hình 2.2.

2.2.3.2. Tính toán đánh giá vòng đời

(1) Kiểm kê vòng đời; (2) Đánh giá tác động vòng đời (LCIA) trong nghiên cứu này là IMPACT 2002+.



Hình 2.3. Quy trình nghiên cứu

2.3. QUY TRÌNH NGHIÊN CỨU

Quy trình tổng quát của nghiên cứu này được thể hiện ở hình 2.3.

2.4. PHẦN MỀM SỬ DỤNG VÀ CƠ SỞ DỮ LIỆU

Nghiên cứu sử dụng phần mềm OpenLCA và cơ sở dữ liệu Ecoinvent 3.7.

Chương 3. THỰC TRẠNG QLCTR Ở THÀNH PHỐ HUẾ

3.1. KHÁI QUÁT VỀ THÀNH PHỐ HUẾ

3.1.1. Vị trí địa lý

Vị trí địa lý của thành phố là 107°31'45''–107°38' kinh độ Đông và 16°30'45''–16°24' vĩ độ Bắc.

3.1.2. Điều kiện tự nhiên

Khí hậu có mùa khô và mùa mưa ẩm lạnh. Nhiệt độ trung bình năm 24 – 25°C, mưa trung bình năm khoảng 2.500mm và mùa mưa bắt đầu từ tháng IX đến tháng II năm sau.

3.1.3. Đặc điểm kinh tế xã hội của thành phố Huế

Tốc độ tăng trưởng trung bình 13,5%, cơ cấu kinh tế thành phố theo hướng Du lịch – Công nghiệp, xây dựng – Nông lâm ngư nghiệp.

3.1.4. Ảnh hưởng điều kiện tự nhiên, kinh tế xã hội đến phát sinh chất thải rắn ở thành phố Huế

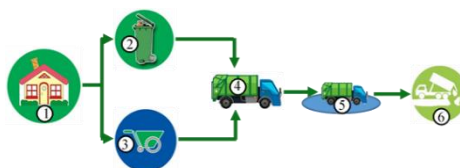
Những thời điểm lũ lụt, khối lượng CTR tăng gấp 1,5 đến 2 lần so với bình thường, đợt lũ 1999 và 2007 đã tăng gấp 3 lần. Theo Trang và cộng sự (2012) CTR hộ gia đình nhiều nhất (44,1%), hộ kinh doanh (25,7%), nhà hàng 21,5%; trường học, khách sạn, bệnh viện và văn phòng lần lượt là 3,8%, 3,2%, 1,2% và 0,5%.

3.2. QUẢN LÝ CHẤT THẢI RẮN Ở THÀNH PHỐ HUẾ

3.2.1. Hoạt động thu gom, vận chuyển CTR ở thành phố Huế

Hoạt động thu gom, vận chuyển và xử lý CTR thành phố Huế được mô tả ở hình 3.1.

①: Nguồn phát sinh CTR; ②: Thùng rác công cộng; ③: Xe gom rác đẩy tay; ④: Xe cuốn ép; ⑤: Trạm cân; ⑥: BCL rác Thủy Phương.



Hình 3.1. Sơ đồ thu gom và chuyển CTR ở thành phố Huế.

Tỷ lệ thu gom CTR đạt

98% và tần suất thu gom dao động từ 1-3 ngày/lần.

3.2.2. Hệ thống văn bản pháp luật quản lý CTR thành phố Huế

Hầu hết các văn bản pháp luật của thành phố đều triển khai trên cơ sở của tỉnh với các nội dung chính như Quy hoạch QLCTR của tỉnh, hướng dẫn phân loại CTR, phân cấp quản lý nhà nước về CTR,...

3.2.3. Ưu điểm và hạn chế của công tác QL CTR ở thành phố Huế

+ *Ưu điểm*: Tỷ lệ thu gom cao, cơ sở hạ tầng đáp ứng cho hoạt động thu gom, sự tham gia của cộng đồng trong vệ sinh môi trường,...

+ *Hạn chế*: Phân bố dân cư không đều dẫn đến khó khăn trong thu gom; nguồn thu chưa bù đắp được chi phí thu gom, vận chuyển; hoạt động phân loại gặp nhiều khó khăn; xử lý chủ yếu chôn lấp;...

3.3. ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN, TÍNH CHẤT CTR THÀNH PHỐ HUẾ

3.3.1. Đặc điểm chất thải rắn đô thị thành phố Huế

Bảng 3.1. Đặc trưng thành phần CTR đô thị Huế

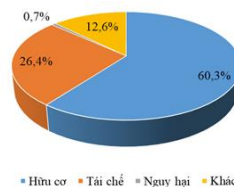
Stt	Thành phần	Tỷ lệ (%)	
		Trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Thực phẩm thừa	50,8	8,3
2	Giấy in, vở học sinh	0,3	0,3
3	Giấy carton	2,8	0,5
4	Giấy khác	1,8	1,4
5	Nhựa	3,0	0,9
6	Nylon	14,4	4,0
7	Dệt may	5,0	1,7
8	Cao su	0,2	0,2
9	Da	0,3	0,3
10	Rác vườn	9,5	4,7
11	Gỗ	0,4	0,4
12	Thủy tinh	3,1	3,4
13	Nhôm	0,1	0,1
14	Sắt	0,2	0,1
15	Đồng	0,0	0,0
16	Inox	0,0	0,0
17	Nguy hại	0,7	1,2
18	Sành sứ, đất cát	2,0	3,9
19	Xốp các loại	0,8	0,5
20	Bim các loại	2,0	2,1
21	Hỗn tạp	2,9	1,9

(Dữ liệu tác giả khảo sát vào tháng 3/2018)

Bảng 3.1 cho thấy nhóm là rác thải có nguồn gốc từ thực phẩm chiếm 50,8; nhóm nhựa 17,4% (nylon 14,4%, nhựa 3%). Tỷ lệ các nhóm CTR khảo sát như ở hình 3.2.

3.3.2. Đặc điểm chất thải rắn sinh hoạt hộ gia đình thành phố Huế

Kết quả khảo sát CTRSH hộ gia đình thành phố Huế được trình bày ở bảng 3.2.

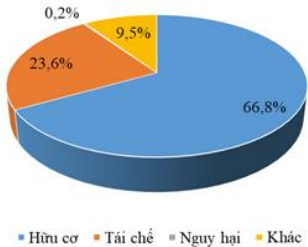


Hình 3.2. Tỷ lệ thành phần CTR thành phố Huế

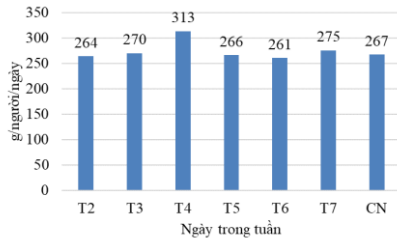
Bảng 3.2. Đặc trưng thành phần CTRSH hộ gia đình thành phố Huế

Stt	Thành phần	Tỷ lệ (%)	
		Trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Thực phẩm thừa	59,6	19,1
2	Giấy A4, vở học sinh	0,8	1,3
3	Giấy carton	1,4	2,1
4	Giấy khác	3,9	4,2
5	Nhựa	3,0	3,2
6	Nylon	12,0	10,1
7	Vải vụn (dệt may)	1,3	3,3
8	Cao su	0,1	0,4
9	Da	0,1	0,8
10	Rác vườn	7,1	10,1
11	Gỗ	0,3	1,5
12	Thủy tinh	0,9	2,5
13	Nhôm	1,0	2,3
14	Sắt	0,5	1,1
15	Đồng	0,0	0,1
16	Inox	0,0	0,1
17	Nguy hại	0,2	0,7
18	Sành sứ, đất cát	1,4	6,3
19	Xốp các loại	0,4	0,9
20	Bim trẻ em	3,9	9,3
21	Hỗn tạp	1,8	3,7

(Kết quả tác giả khảo sát tháng 3/2017)



Hình 3.3. Tỷ lệ thành phần CTRSH hộ gia đình thành phố Huế



Hình 3.4. Sự thay đổi hệ số phát sinh chất thải rắn hộ gia đình qua các ngày khảo sát

Bảng 3.2 cho thấy rác thải thực phẩm là nhóm phổ biến nhất chiếm 59,6%, thứ hai là bao bì nylon là 12% và rác thải vườn (7,1%). Hình 3.3 trình bày 4 nhóm CTRSH hộ gia đình: hữu cơ, tái chế, nguy hại và nhóm còn lại. Kết quả khảo sát cho thấy, hệ số phát thải CTRSH trên mỗi người ở thành phố Huế là 274 ± 175 g/người/ngày, hệ số phát thải CTRSH hộ gia đình qua các ngày khảo sát được thể hiện ở hình 3.4. Khối lượng

CTRSH hộ gia đình thành phố Huế phát sinh 96,3 tấn/ngày và nhóm có thể tái chế 22,8 tấn/ngày.

Chương 4. ĐÁNH GIÁ VÒNG ĐỜI CÁC KỊCH BẢN QUẢN LÝ CHẤT THẢI RẮN Ở THÀNH PHỐ HUẾ

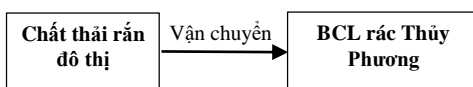
4.1. CƠ SỞ XÂY DỰNG KỊCH BẢN QUẢN LÝ CTR Ở THÀNH PHỐ HUẾ

Cơ sở xây dựng kịch bản bao gồm: Định hướng QLCTR của quốc gia và tỉnh Thừa Thiên Huế; Cơ sở thực tiễn QLCTR thành phố Huế và Việt Nam; Xu hướng phát triển của công nghệ xử lý CTR.

4.2. CÁC KỊCH BẢN QUẢN LÝ CTR Ở THÀNH PHỐ HUẾ

4.1.1. Kịch bản 1 (S1) – Chôn lấp hợp vệ sinh

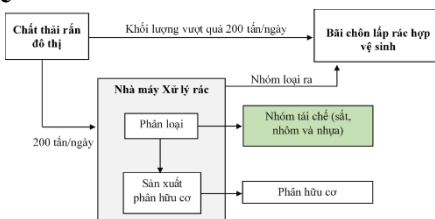
Kịch bản S1, toàn bộ CTR được thu gom ở thành phố Huế sẽ vận chuyển đến xử lý chôn lấp tại BCL Thủy Phương.



Hình 4.1. Kịch bản S1 – Chôn lấp hợp vệ sinh

4.1.2. Kịch bản 2 (S2) - Chôn lấp hợp vệ sinh kết hợp sản xuất phân hữu cơ và thu hồi vật liệu tái chế

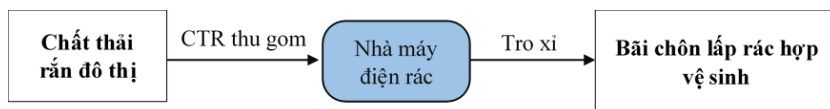
Kịch bản S2 tập trung vào sản xuất phân hữu cơ, giả định của kịch bản S2 với trường hợp Nhà máy Xử lý rác Thủy Phương vẫn còn hoạt động bình thường. Công suất tiếp nhận và xử lý của Nhà máy là 200 tấn CTR mỗi ngày



Hình 4.2. Kịch bản S2 – Sản xuất phân hữu cơ kết hợp chôn lấp hợp vệ sinh

4.1.3. Kịch bản 3 (S3) - 100% CTR được xử lý bằng đốt rác phát điện

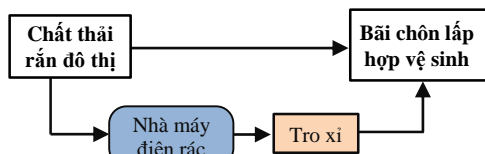
Đối với kịch bản này (S3) toàn bộ CTR được thu gom ở thành phố Huế vận chuyển về nhà máy đốt rác phát điện Phú Sơn (thị xã Hương Thủy, tỉnh Thừa Thiên Huế), nằm cách thành phố Huế khoảng 25km về phía Nam và được thể hiện cụ thể ở hình 4.3.



Hình 4.3. Kịch bản S3 – Xử lý CTR theo công nghệ đốt rác phát điện

4.1.4. Kịch bản 4 (S4) - 50% chất thải rắn được xử lý bằng đốt phát điện, 50% chôn lấp

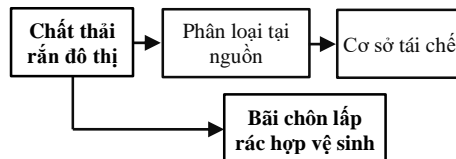
Kịch bản S4 giả định 50% khối lượng CTR thu gom đưa vào BCL và 50% còn lại được xử lý bằng phương pháp đốt, khối lượng tro sau khi đốt sẽ đưa vào BCL ở Phú Sơn và thể hiện ở hình 4.



Hình 4.4. Kịch bản S4 – Xử lý CTR theo công nghệ đốt rác phát điện kết hợp chôn lấp

4.1.5. Kịch bản 5 (S5) – Thu hồi tái chế thông qua phân loại tại nguồn kết hợp chôn lấp

Kịch bản S5 phân loại CTRSH tại nguồn. CTR tái chế sau phân loại được chuyển đến cơ sở tái chế, giả định khoảng cách vận chuyển bằng với kịch bản S1. CTR còn lại xử lý bằng chôn lấp như ở hình 4.5.



Hình 4.5. Kịch bản S5 – Thu hồi tái chế thông qua phân loại tại nguồn kết hợp chôn lấp

4.2. ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG MÔI TRƯỜNG CỦA CÁC KỊCH BẢN

4.2.1. Quy trình tính toán và mô hình dữ liệu sử dụng

Quy trình LCA cho QLCTR ở thành phố Huế được trình bày ở hình 2.3. Thành phần CTR thành phố Huế được trình bày ở mục 3.2.1, cơ sở dữ liệu của Ecoinvent, mô hình hậu quả phiên bản 3.7.

4.2.2. Kiểm kê vòng đời các kịch bản

4.2.2.1. Kiểm kê vòng đời của kịch bản 1 – Chôn lấp hợp vệ sinh (S1)

Dòng CTR kịch bản S1 được trình bày ở hình 4.6.



Hình 4.6. Kịch bản S1 về QLCTR thành phố Huế hiện tại

Bảng 4.1. Dữ liệu kiểm kê đặc điểm thành phần CTR, nguồn năng lượng, nhiên liệu và hóa chất sử dụng trong kịch bản S1.

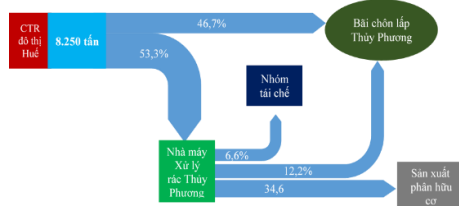
Bảng 4.1. Kiểm kê dữ liệu kịch bản S1

I	Thành phần CTR được xử lý	Số lượng	Đơn vị
1	Rác thải hữu cơ	600	kg
2	Giấy	49	kg
3	Nhựa hỗn hợp	182	kg
4	Dệt may	50	kg
5	Gỗ	4	kg

6	Nhôm	1	kg
7	Sắt	2	kg
8	Còn lại	112	kg
II	Nhiên liệu - Năng lượng		
1	Dầu diesel	0,8	L
2	Điện	4,4	kWh
III	Vật liệu (vật chất)		
1	Nước cấp	35,9	L
2	PAC (polyaluminium chloride)	0,03	kg
3	Vôi bột - lime	12,6	kg
4	Polymer foaming	1,5	kg
5	Ca(OH) ₂ - Calci hydroxide	6,6	kg
IV	Vận chuyển		
1	Khoảng cách vận chuyển	39,7	Km

4.2.2.2. Phân tích, kiểm kê vòng đời của kịch bản 2 – Xử lý CTR kết hợp sản xuất phân hữu cơ và chôn lấp (S2)

Bảng 4.2 là dữ liệu kiểm kê cho kịch bản S2 và bảng 4.3 là khối lượng các thành phần được tính cắt giảm ở kịch bản S2.



Hình 4.7. Kịch bản 2 (S2) – Sản xuất phân hữu cơ kết hợp chôn lấp

Bảng 4.2. Kiểm kê dữ liệu kịch bản S2

I	CTR được xử lý bằng chôn lấp	Số lượng	Đơn vị
1	Rác thải hữu cơ	280,2	kg
2	Giấy	22,9	kg
3	Nhựa hỗn hợp	114,1	kg
4	Dệt may	50,0	kg
5	Gỗ	4,0	kg
6	Nhôm	0,6	kg
7	Sắt	1,3	kg
8	Còn lại	112,0	kg
II	Nhiên liệu - Năng lượng		
II.1	Chôn lấp		
1	Dầu diesel	0,4	L
2	Điện	2,6	kWh
II.2	Ủ phân hữu cơ		
1	Dầu diesel	0,6	L
2	Điện	21,1	kWh
3	Nước cấp	31	L
III	Vật liệu - chôn lấp		
1	Nước cấp	21	L
2	PAC (polyaluminium chloride)	0,015	kg

3	Vôi bột - lime	0,25	kg
4	Polymer foaming	0,03	kg
5	Ca(OH) ₂ - Calci hydroxide	0,13	kg
IV	Vận chuyển		
1	Khoảng cách vận chuyển	39,7	km

Bảng 4.3. Khối lượng cắt giảm từ phân loại tái chế và sản xuất phân hữu cơ

Stt	Cắt giảm	Số lượng	Đơn vị
1	Phân hữu cơ	131,4	kg
2	N	1,1	kg
3	P	0,3	kg
4	K	1,3	kg
5	Nhôm	0,4	kg
6	Sắt	0,7	kg
7	Nhựa	68	kg

Bảng 4.3 là khối lượng của nhóm tái chế và thành phần dinh dưỡng trong chất hữu cơ được tính cho cắt giảm ở kịch bản S2.

4.2.2.3. Kiểm kê vòng đời của kịch bản 3 – Đốt rác phát điện (S3)

Kịch bản S3 giả định toàn bộ CTR thu gom ở thành phố Huế vận chuyển về nhà máy đốt rác phát điện ở xã Phú Sơn cách BCL Thủy Phương là 14 km, do vậy quãng đường vận chuyển CTR của kịch bản S3, S4, S5 sẽ tăng lên so với các kịch bản S1 và S2.



Hình 4.8. Kịch bản S3 – Toàn bộ CTR đưa đến khu xử lý CTR Phú Sơn và xử lý bằng phương pháp đốt rác phát điện

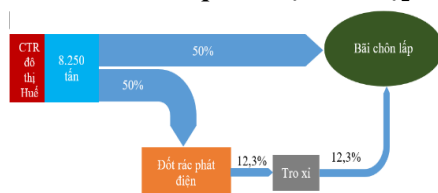
Bảng 4.4. Kiểm kê dữ liệu kịch bản S3

Nội dung	Số lượng	Đơn vị
1. Khối lượng CTR đốt		
1 Rác hữu cơ	600	kg
2 Giấy	49	kg
3 Cao su	2	kg
4 Vải	50	kg
5 Nhựa	182	kg
6 Còn lại	117	kg
2. Nhiên liệu, năng lượng		
1 Diesel	0,076	kg
2 Điện sử dụng	83	kWh
3 Điện sản sinh	435	kWh
4 Điện bán	352	kWh
3. Nguyên, vật liệu		
1 Nước	2,8	m ³
2 Ca(OH) ₂	9	kg

3	Canxi oxit	6	kg
4	Than hoạt tính	0,3	kg
5	Amoniac	1,4	kg
6	Dung dịch kiềm	0,225	kg
7	PAC	0,005	kg
8	NaHSO ₃	0,0015	kg
9	NaOCl	0,00009	kg
10	Na ₂ CO ₃	0,1	kg
4. Vận chuyển			
	Khoảng cách	61,7	km

4.2.2.4. Kiểm kê vòng đời của kịch bản 4 – Đốt rác phát điện kết hợp chôn lấp (S4)

Kịch bản S4 giả định 50% CTR được xử lý bằng đốt ở nhà máy đốt rác Phú Sơn và 50% được chôn trực tiếp tại BCL Phú Sơn cùng với tro sau khi đốt. Sơ đồ dòng chất thải của kịch bản S4 được thể hiện ở hình 4.9.



Hình 4.9. Kịch bản S4 – 50% CTR xử lý bằng đốt và 50% chôn lấp

Bảng 4.5. Kiểm kê dữ liệu đầu vào kịch bản S4

I. Đốt rác phát điện (50%)	Số lượng	Đơn vị	
I.1. Khối lượng CTR đốt			
1	Rác hữu cơ	300	kg
2	Giấy	24,5	kg
3	Cao su	1	kg
4	Vải	25	kg
5	Nhựa	91	kg
6	Còn lại	58,5	kg
I.2. Nhiên liệu, năng lượng			
1	Diesel	0,038	kg
2	Điện sử dụng	42	kWh
3	Điện sản sinh	218	kWh
4	Điện bán	176	kWh
I.3. Nguyên, vật liệu			
1	Nước	1,4	m ³
2	Ca(OH) ₂	4,5	kg
3	Canxi oxit	3	kg
4	Than hoạt tính	0,15	kg
5	Amoniac	0,7	kg
6	Dung dịch kiềm	0,1125	kg
7	PAC	0,0025	kg
8	NaHSO ₃	0,00075	kg

9	NaOCl	0,000045	kg
10	Na ₂ CO ₃	0,05	kg

II. Chôn lấp (50%)

II.1. Khối lượng CTR chôn lấp

1	Rác thải hữu cơ	300	kg
2	Giấy	24,5	kg
3	Nhựa hỗn hợp	91	kg
4	Dệt may	25	kg
5	Gỗ	2	kg
6	Nhôm	0,5	kg
7	Sắt	1	kg
8	Còn lại	56	kg
9	Tro sau đốt	115	kg

II.2. Nhiên liệu, năng lượng

1	Dầu diesel	0,5	L
2	Điện	2,7	kWh

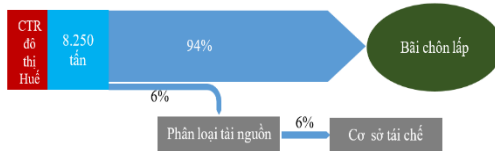
II.3. Nguyên, vật liệu

1	Nước cấp	17,9	L
2	PAC (polyaluminium chloride)	0,01	kg
3	Vôi bột - lime	6,3	kg
4	Polymer foaming	0,7	kg
5	Ca(OH) ₂ - Calci hydroxide	3,3	kg

Khoảng cách vận chuyển ở kịch bản S4 là 61,7 km.

4.2.2.5. Kiểm kê vòng đời kịch bản 5 – Phân loại tại nguồn và chôn lấp (S5)

Đối với kịch bản S5, CTR được thu gom và xử lý như hiện tại, bổ sung hoạt động phân loại CTRSH tại nguồn ở các hộ gia đình



Hình 4.10. Kịch bản S5 – Phân loại chất thải tái chế tại nguồn kết hợp chôn lấp

Bảng 4.6. Kiểm kê kịch bản S5 dữ liệu đầu vào kịch bản S5

I. Chôn lấp CTR		Số lượng	Đơn vị
I.1. Khối lượng CTR được xử lý			
1	Rác thải hữu cơ	603	kg
2	Giấy	34	kg
3	Nhựa hỗn hợp	144	kg
4	Dệt may	50	kg
5	Gỗ	4	kg

6	Nhôm	0	kg
7	Sắt	1	kg
8	Còn lại	108	kg
I.2. Nhiên liệu - Năng lượng			
1	Dầu diesel	0,8	L
2	Điện	4,4	kWh
I.3. Vật liệu (vật chất)			
1	Nước cấp	35,9	L
2	PAC (polyaluminium chloride)	0,03	kg
3	Vôi bột	12,6	kg
4	Polymer foaming	1,5	kg
5	Ca(OH) ₂ - Calci hydroxide	6,6	kg
I.4. Vận chuyển			
1	Khoảng cách vận chuyển	61,7	km
II. Phân loại tại nguồn			
II.1. Thành phần tái chế được thu hồi			
1	Giấy	15	kg
2	Nhựa	37	kg
3	Nhôm	2	kg
4	Sắt	1	kg
5	Thủy tinh	2	kg
II.2. Vận chuyển			
1	Khoảng cách	39,7	km

4.2.3. So sánh tác động môi trường của các kịch bản

Phương pháp LCIA sử dụng trong nghiên cứu này là IMPACT 2002+, kết quả 15 loại điểm giữa được trình bày ở bảng 4.5 và được đặc trưng hóa thành 4 loại thiệt hại là **sức khỏe con người, chất lượng hệ sinh thái, biến đổi khí hậu và tài nguyên.**

Bảng 4.7. Kết quả loại điểm giữa của các kịch bản

Stt	Loại tác động	Đơn vị	S1	S2	S3	S4	S5
1	Độc tính gây ung thư	kg C ₂ H ₃ Cl ₁ -eq	2,57	1,22	0,35	1,46	3,70
2	Độc tính không gây ung thư	kg C ₂ H ₃ Cl ₁ -eq	12,6	22,3	4,17	8,36	22,8
3	Bệnh đường hô hấp do chất vô cơ	kg PM _{2.5} -eq	$7,45 \times 10^{-2}$	$-7,69 \times 10^{-2}$	-1,39	-0,66	$-8,24 \times 10^{-2}$
4	Suy giảm tầng ozone	kg CFC-1 ₁ -eq	$6,17 \times 10^{-6}$	$4,50 \times 10^{-6}$	$9,13 \times 10^{-6}$	$7,65 \times 10^{-6}$	$5,47 \times 10^{-6}$
5	Bức xạ ion hóa	Bq C-14 ₁ -eq	$2,59 \times 10^2$	$-7,08 \times 10^2$	$-4,48 \times 10^3$	$-2,11 \times 10^3$	$-2,87 \times 10^2$
6	Bệnh đường hô hấp do chất hữu cơ	kg C ₂ H ₄ -eq	$3,09 \times 10^{-2}$	$1,17 \times 10^{-2}$	$-1,78 \times 10^{-2}$	$6,56 \times 10^{-3}$	$2,51 \times 10^{-2}$
7	Độc tính sinh thái thủy sinh	kg TEG _{water}	$1,42 \times 10^4$	$1,04 \times 10^4$	$-6,79 \times 10^4$	$-2,69 \times 10^4$	$1,91 \times 10^4$

8	Độc tính sinh thái trên cạn	kg TEG _{soil}	3,55×10 ³	2,04×10 ³	-2,72×10 ⁴	-1,18×10 ⁴	5,79×10 ³
9	Axit hóa và dinh dưỡng trên cạn	kg SO ₂ -eq	1,26	3,99	-6,89	-2,82	0,48
10	Axit hóa thủy sinh	kg SO ₂ -eq	0,48	0,89	-2,69	-1,10	0,17
11	Phủ dưỡng	kg PO ₄ P _{-lim}	6,44×10 ⁻²	1,63×10 ⁻²	-0,28	-0,11	4,58×10 ⁻²
12	Chiếm đất	m ₂ org.arable	3,88	-4,88	-46,8	-21,4	-5,16
13	Nóng lên toàn cầu	kg CO ₂ -eq	1,61×10 ²	44,5	29,7	95,5	1,20×10 ²
14	Khai thác khoáng sản	MJ surplus	0,73	-0,53	-2,85	-1,06	-0,39
15	Năng lượng không tái tạo	MJ primary	6,44×10 ²	-6,82×10 ²	-6,46×10 ³	-2,91×10 ³	27,9

Trong đó: TEG_{soil (water)}: Triethylene glycol đi vào đất (nước); m₂org.arable: Diện tích đất hữu cơ; MJ: Megajoule

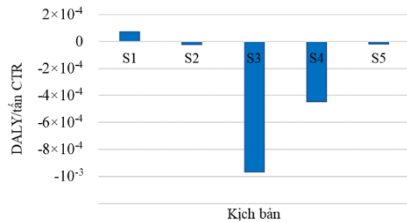
Bảng 4.8 là kết quả đánh giá thiệt hại được tính toán từ bảng 4.7, các giá trị của loại điểm giữa ở bảng 4.8 sẽ được đặc trưng hóa về cùng đơn vị trong cùng một loại thiệt hại. Sự tác động của bốn loại thiệt hại bao gồm sức khỏe con người, chất lượng hệ sinh thái, biến đổi khí hậu và tài nguyên sẽ được trình bày, phân tích ở mục 4.2.3.1 đến 4.2.3.4.

Bảng 4.8. Kết quả tính toán theo loại tác động các kịch bản

Loại điểm giữa	Kịch bản					Đơn vị
	S1	S2	S3	S4	S5	
Độc tính gây ung thư	3,73×10 ⁻⁶	1,77×10 ⁻⁶	5,12×10 ⁻⁶	2,12×10 ⁻⁶	5,37×10 ⁻⁶	DALY
Độc tính không gây ung thư	1,82×10 ⁻⁵	3,23E-05	6,05×10 ⁻⁶	1,21×10 ⁻⁵	3,30×10 ⁻⁵	DALY
Bệnh hô hấp do chất vô cơ	5,22×10 ⁻⁵	-5,39×10 ⁻⁵	-9,71×10 ⁻⁴	-4,60×10 ⁻⁴	-5,76×10 ⁻⁵	DALY
Suy giảm tầng ozone	6,48×10 ⁻⁹	4,72×10 ⁻⁹	9,59×10 ⁻⁹	8,03×10 ⁻⁹	5,75×10 ⁻⁹	DALY
Bức xạ ion hóa	5,43×10 ⁻⁸	-1,49×10 ⁻⁷	-9,41×10 ⁻⁷	-4,43×10 ⁻⁷	-6,03×10 ⁻⁸	DALY
Bệnh hô hấp do chất hữu cơ	6,59×10 ⁻⁸	2,49×10 ⁻⁸	-3,79×10 ⁻⁸	1,40×10 ⁻⁸	5,35×10 ⁻⁸	DALY
Tổng ảnh hưởng đến sức khỏe con người	7,42×10⁻⁵	-1,99×10⁻⁵	-9,66×10⁻⁴	-4,46×10⁻⁴	-1,93×10⁻⁵	DALY
Độc tính sinh thái thủy sinh	1,25	0,92	-6,02	-2,38	1,69	PDF*m ² *yr
Độc tính sinh thái trên cạn	0,31	0,18	-2,41	-1,05	0,51	PDF*m ² *yr
Axit hóa và dinh dưỡng trên cạn	1,31	4,15	-7,17	-2,93	0,50	PDF*m ² *yr
Axit hóa thủy sinh	4,25×10 ⁻³	7,82×10 ⁻³	-2,37×10 ⁻²	9,73×10 ⁻³	1,53×10 ⁻³	PDF*m ² *yr
Phủ dưỡng	0,73	0,19	-3,21	-1,24	0,52	PDF*m ² *yr
Mất đất	4,23	-5,31	-51	-23,4	-5,63	PDF*m ² *yr
Tổng ảnh hưởng đến chất lượng hệ sinh thái	7,85	0,13	-69,8	-31	-2,40	PDF*m ² *yr
Ấm lên toàn cầu	161	44,5	29,7	95,5	120	kg CO ₂ -eq
Tổng biến đổi khí hậu	161	44,5	29,7	95,5	120	kg CO ₂ -eq
Khai thác khoáng sản	3,72×10 ⁻²	-2,68×10 ⁻²	-0,15	-5,40×10 ⁻²	-2,00×10 ⁻²	MJ
Năng lượng không tái tạo	2,94×10 ⁴	-3,11×10 ⁴	-2,95×10 ⁵	-1,33×10 ⁵	1,27×10 ⁵	MJ
Tổng suy thoái tài nguyên	2,94×10⁴	-3,11×10⁴	-2,95×10⁵	-1,33×10⁵	1,27×10⁵	MJ

4.2.3.1. Tác động sức khỏe con người

Hình 4.11 cho thấy tác động đến **sức khỏe con người** từ cao đến thấp, đầu tiên là S1 có giá trị là $7,42 \times 10^{-5}$, các kịch bản S5, S2, S4 và S3 có giá trị lần lượt là $1,93 \times 10^{-5}$, $-1,99 \times 10^{-5}$, $-4,46 \times 10^{-4}$ và $-9,75 \times 10^{-4}$ DALY/tấn. Kịch bản S3 tác động lên sức khỏe con người thấp nhất.



Hình 4.11. Thiệt hại sức khỏe con người của các kịch bản (DALY)

Trong số các loại điểm giữa

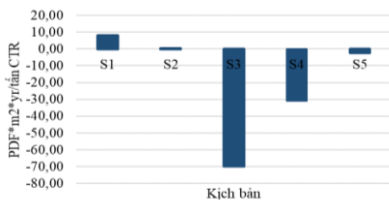
thiệt hại đến **sức khỏe con người**, loại điểm giữa *bệnh hô hấp do chất vô cơ* là yếu tố có giá trị lớn nhất ở tất cả các kịch bản và có giá trị ở S1, S2, S5, S4 và S3 lần lượt là $5,22 \times 10^{-5}$, $-5,39 \times 10^{-5}$, $-5,76 \times 10^{-5}$, $-4,6 \times 10^{-4}$ và $-9,71 \times 10^{-4}$ DALY/tấn, S3 là kịch bản có tác động tích cực nhất.

4.2.3.2. Tác động lên chất lượng hệ sinh thái

Hình 4.12 thể hiện tác động lên **chất lượng hệ sinh thái** của các kịch bản, thứ tự tác động tích cực đến tiêu cực là $S3 > S4 > S5 > S2 > S1$ có giá trị lần lượt là -69,8; -31; -2,4; 0,13 và 7,85 (PDF*m²*yr).

4.2.3.3. Tác động đến biến đổi khí hậu

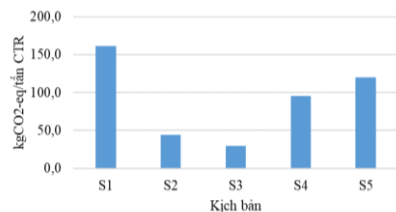
Tác động của BĐKH với loại điểm giữa là *nóng lên toàn cầu*, mức độ tác động do *nóng lên toàn cầu*. Kết quả trình bày ở hình 4.13 theo thứ tự từ tác động tiêu cực đến tích cực đối với **biến đổi khí hậu** của các kịch bản lần lượt là $S1 > S5 > S4 > S2 > S3$ và có giá trị lần lượt là 161; 120; 95,5; 44,5 và 29,7 kgCO_{2-eq}/tấn CTR.



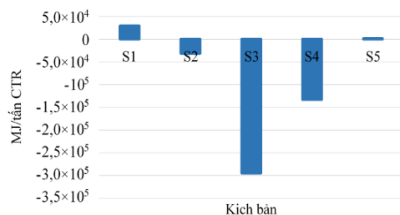
Hình 4.12. Tổng điểm giữa của tác động lên chất lượng hệ sinh thái

4.2.3.4. Tác động lên tài nguyên

Hình 4.14 cho thấy, kịch bản S1 và S5 có tác động tiêu cực, 3 kịch



Hình 4.13. Phát thải CO_{2-eq} trên 1 tấn CTR



Hình 4.14. Mức độ tác động lên tài nguyên của các kịch bản

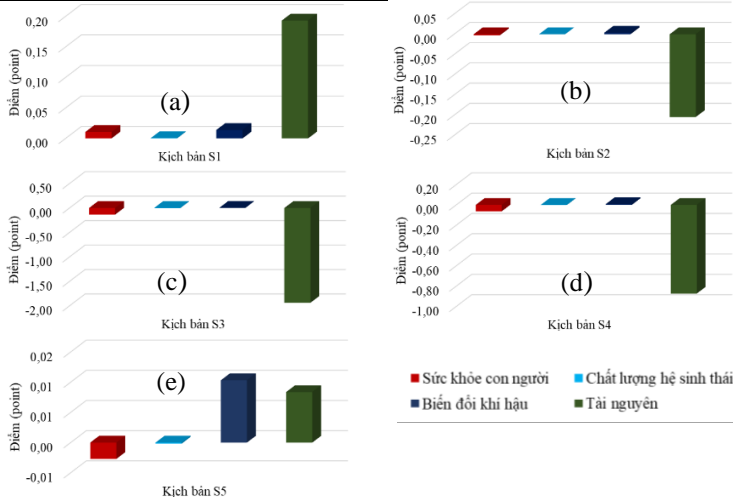
bản là S2, S3 và S4 có tác động tích cực đối với thiệt hại **tài nguyên**. Xét về lợi ích với môi trường, kịch bản S3 tốt nhất, có giá trị là $-2,95 \times 10^5$ tiếp đến S4, S2, S5 và S1.

4.2.4. Kết quả đánh giá vòng đời của các kịch bản

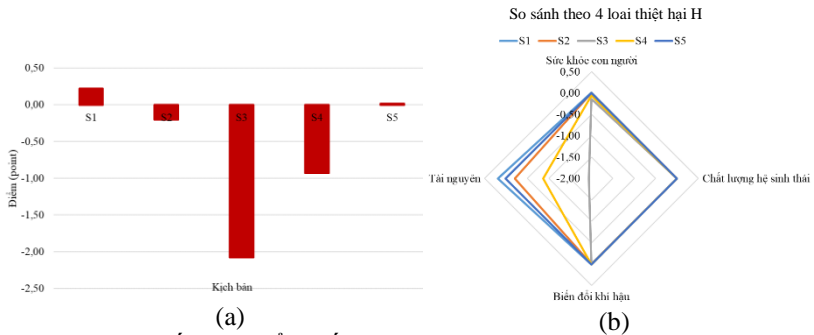
Kết quả điểm LCA các kịch bản được trình bày ở bảng 4.9, hình 4.15 và hình 4.16. Bảng 4.9 là kết quả chuẩn hóa đưa về giá trị điểm từng loại thiệt hại và điểm số cuối cùng kịch bản. Trong 4 loại thiệt hại, **tài nguyên** có sự chi phối lớn nhất đến kết quả kịch bản, ngược loại thiệt hại **chất lượng hệ sinh thái** có ảnh hưởng ít nhất đến kết quả các kịch bản.

Bảng 4.9. Kết quả điểm LCA của các kịch bản QLCTR ở thành phố Huế

Loại thiệt hại	Kịch bản				
	S1	S2	S3	S4	S5
Sức khỏe con người	$1,05 \times 10^{-2}$	$-2,80 \times 10^{-3}$	-0,136	$-6,28 \times 10^{-2}$	$-2,71 \times 10^{-3}$
Chất lượng hệ sinh thái	$5,69 \times 10^{-4}$	$9,49 \times 10^{-6}$	$-5,06 \times 10^{-3}$	$-2,24 \times 10^{-3}$	$-1,74 \times 10^{-4}$
Biến đổi khí hậu	$1,39 \times 10^{-2}$	$3,84 \times 10^{-3}$	$2,26 \times 10^{-3}$	$8,24 \times 10^{-3}$	$1,03 \times 10^{-2}$
Tài nguyên	0,19	-0,20	-1,94	-0,87	$8,37 \times 10^{-3}$
Tổng điểm	0,22	-0,20	-2,08	-0,93	0,02



Hình 4.15. Điểm tác động của các loại thiệt hại



Hình 4.16. Kết quả điểm số tác động vòng đời của các kịch bản

Tương quan vai trò của các loại thiệt hại trong mỗi kịch bản được thể hiện rõ ở hình 4.15. Giá trị loại thiệt hại **tài nguyên** của kịch bản S1 và S5 có tác động tiêu cực và giá trị tổng điểm của 2 kịch bản S1 và S5 cùng có tác động tiêu cực. Cũng tương tự, loại thiệt hại **tài nguyên** của kịch bản S2, S3 và S4 có giá trị tích cực, kết quả cuối cùng của 3 kịch bản S2, S3 và S4 tích cực. Hình 4.15 thể hiện tính quyết định đến kết quả cuối cùng của loại thiệt hại **tài nguyên** ở các kịch bản, ngoại trừ kịch bản S5, cụ thể hình 4.15a và 4.15e loại thiệt hại **tài nguyên** có giá trị dương, kết quả điểm của 2 kịch bản S1 và S5 cũng có giá trị dương. Hình 4.15b, hình 4.15c và hình 4.15d loại thiệt hại **tài nguyên** có giá trị âm, kết quả của kịch bản S2, S3 và S4 có giá trị âm. Tổng điểm cuối cùng của các kịch bản được trình bày ở hình 4.16.

Theo Jolliet và cộng sự (2003) có thể sử dụng các loại thiệt hại để so sánh với nhau. Tuy nhiên, khi so sánh giữa các kịch bản sẽ sử dụng điểm tổng thành phần các loại thiệt hại hệ số mặc định bằng một đối với tất cả loại thiệt hại. Trong nghiên cứu này, trọng số của 4 nhóm thiệt hại là bằng nhau và được sử dụng mặc định bằng 1.

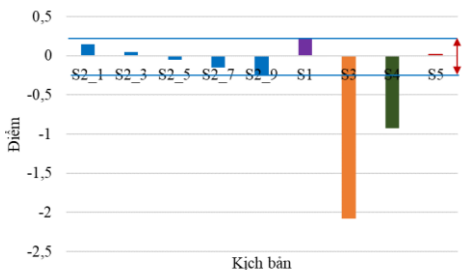
Kết quả biểu diễn ở biểu đồ hình 4.16a cho thấy, trong 5 kịch bản thì kịch bản S3 – đốt CTR phát điện là thân thiện với môi trường nhất, mặc dù khoảng cách vận chuyển là xa hơn các kịch bản khác (khoảng cách vận chuyển của kịch bản S1, S2 là 39,7 km, 3 kịch bản S3, S4 và S5 là 61,7km). Kết quả đánh giá vòng đời của 5 kịch bản theo mức độ thân thiện với môi trường thì thứ tự các kịch bản lần lượt là S3>S4>S2>S5>S1.

Thực hiện QLCTR theo kịch bản S3, cần có sự điều chỉnh cách phân loại CTRSH tại nguồn như hiện nay, nên phân thành 4 loại như sau: nhóm cháy được; nhóm tái chế, tái sử dụng; nhóm nguy hại; nhóm không cháy.

4.2.5. Phân tích độ nhạy

4.2.5.1. Độ nhạy của thu hồi thành phần có thể tái chế ở kịch bản S2

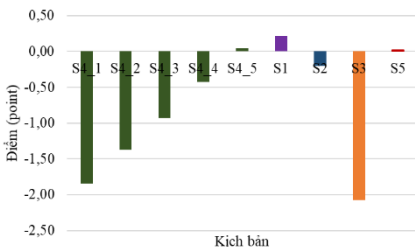
Hình 4.17 nhận thấy sự thay đổi tỷ lệ tái chế ảnh hưởng kịch bản S2, thay đổi có tác động tiêu cực lúc tỷ lệ tái chế 30%, nhưng khi tỷ lệ tái chế đạt 50% thì kịch bản S2 đã có tác động tích cực. Với tỷ lệ tái chế biến động từ 10 đến 90%, vị trí thứ tự kịch bản S2 không thay đổi so với kịch bản S1, S3 và S4. Khi tỷ lệ tái chế S2 đến 50% kết quả tốt hơn so với kịch bản S5, điều này có thể dễ nhận thấy cả hai kịch bản S2 và S5 về hướng đến thu hồi tái chế.



Hình 4.17. Biến thiên điểm tác động khi thay đổi tỷ lệ tái chế ở kịch bản S2

4.2.5.2. Độ nhạy thay đổi tỷ lệ đốt và chôn lấp ở kịch bản S4

Phân tích độ nhạy kịch bản S4 bằng cách thay đổi tỷ lệ đốt và chôn lấp: S4_1 (đốt 90%, chôn lấp 10%), S4_2 (70%, 30%), S4_3 (50%, 50%), S4_4 (30%, 70%) và S4-5 (10%, 90%). Hình 4.18 tăng dần tỷ lệ đốt xu hướng tác động môi trường của kịch bản S4 thân thiện môi trường hơn. Khi đốt trên 20% tổng khối lượng, S4 có tác động tích cực và tỷ lệ đốt từ 30%, kịch bản S4 thân thiện môi trường S2.

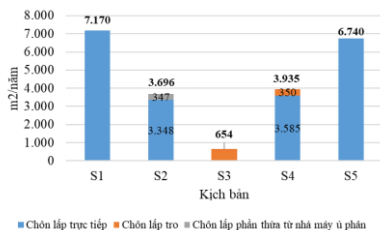


Hình 4.18. Biến thiên điểm tác động khi thay đổi tỷ lệ đốt và chôn lấp ở kịch bản S4

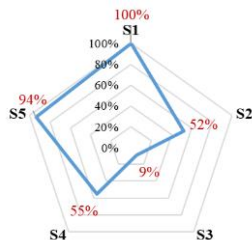
4.2.6. Nhu cầu sử dụng đất chôn lấp cho các kịch bản

Nhu cầu sử dụng đất chôn lấp cho mỗi kịch bản được tính trên cơ sở: CTR chôn trực tiếp, chôn lấp tro sau đốt, chôn lấp phần dư thừa từ ủ phân hữu cơ và tính toán cho khối lượng xử lý trong 1 năm ở các kịch bản. Nhu cầu sử dụng đất thể hiện ở hình 4.19 và hình 4.20. Hình 4.20 so sánh nhu cầu sử dụng đất của kịch bản S1 với các kịch bản còn lại.

4.2.7. Khuyến nghị kịch bản và giải pháp nâng cao quản lý chất thải rắn cho thành phố Huế



Hình 4.19. Diện tích BCL yêu cầu cho các kịch bản trong thời gian 1 năm



Hình 4.20. So sánh nhu cầu sử dụng đất xây dựng BCL giữa

- Kịch bản S3 thân thiện với môi trường nhất và nhu cầu sử dụng đất chôn lấp thấp nhất nên đã kiến nghị sử dụng cho thành phố Huế.

- Giai đoạn 2014 – 2020, khối lượng CTR thành phố tăng trung bình 6,5%/năm. Đến năm 2030 khối lượng CTR tiệm cận 600 tấn/ngày và đã đạt công suất tối đa của Nhà máy đốt rác Phú Sơn, vậy nên trước năm 2030 nên bổ sung thêm phương án ủ phân hữu cơ (khi xét thêm yếu tố nhu cầu sử dụng đất chôn lấp).

- Phân loại tại nguồn được triển khai như hiện tại sẽ góp phần giảm khối lượng CTR có thể tái chế đi vào BCL, ngoài ra những lợi ích giảm tác động môi trường rõ rệt như kết quả LCA được trình bày ở hình 4.19. Tuy nhiên, các nhóm được phân loại CTR cũng cần điều chỉnh để phù hợp với tình hình thực tiễn xử lý CTR của thành phố, khi xử lý CTR chủ yếu là đốt, cần phân loại có nhóm cháy được.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu luận án rút ra được một số kết luận:

1. Công tác QLCTR cũng phát triển và hướng đến QLTHCTR, để thực hiện tốt điều này cần hoàn thiện hệ thống pháp luật, các chính sách và định hướng mục tiêu quốc gia rõ ràng. Mục tiêu của nước ta hướng đến QLTHCTR, mặc dù hiện tại vẫn còn một số hạn chế như chính sách giảm thiểu phát sinh, phân loại tại nguồn và thu hồi tái chế CTR.

2. Thành phố Huế có tỷ lệ thu gom CTR rất cao, đạt 98%. Hầu hết địa bàn thành phố có tần suất thu gom 1 lần/ngày nhưng nhiều khu vực 2 – 3 ngày/1 lần. Quản lý nhà nước về QLCTR cũng được chú trọng ở tỉnh Thừa Thiên Huế nói chung và thành phố Huế nói riêng, UBND tỉnh đã ban hành

quy định về phân công vai trò, trách nhiệm của các đơn vị quản lý nhà nước về CTR, quy hoạch QLCTR tỉnh Thừa Thiên Huế đến 2030, tầm nhìn 2050, triển khai phân loại CTRSH tại nguồn.

3. Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ số phát thải CTRSH hộ gia đình 274g/người/ngày, tương đương 1.181 g/hộ/ngày, không có sự biến động nhiều về hệ số phát thải CTRSH hộ gia đình giữa các ngày trong tuần. Khối lượng CTRSH hộ gia đình thành phố Huế ước tính 96,3 tấn/ngày. Về đặc trưng của CTRSH hộ gia đình thì hữu cơ chiếm tỷ trọng cao nhất 66,7%. Thành phần CTRĐT thì nhóm CTR hữu cơ cũng chiếm tỷ trọng cao nhất 60,5%, đứng thứ hai là nhóm rác thải nhựa với 17,4%, giấy các loại 6,1%, kim loại 1,5% và thủy tinh 0,9%.

4. Luận án đã xây dựng 5 kịch bản QLCTR ở thành phố Huế: Kịch bản S1: Chôn lấp hợp vệ sinh; Kịch bản S2: Chôn lấp hợp vệ sinh kết hợp sản xuất phân hữu cơ và thu hồi vật liệu tái chế; Kịch bản S3: 100% CTR được xử lý bằng đốt phát điện; Kịch bản S4: 50% CTR được xử lý bằng đốt phát điện, 50% chôn lấp và Kịch bản S5: Thu hồi tái chế thông qua phân loại tại nguồn kết hợp chôn lấp.

5. Áp dụng LCA cho 5 kịch bản đã xác định được kịch bản S3: 100% CTR được xử lý bằng đốt phát điện là kịch bản QLCTR thân thiện với môi trường nhất có điểm số tác động là -2,08 điểm, sự thân thiện của kịch bản từ việc vừa giảm thiểu khối lượng triệt để và sản sinh điện từ quá trình đốt. Xử lý CTR bằng chôn lấp ở kịch bản S1 là phương án tác động môi trường tiêu cực nhất với điểm số tác động là 0,22 điểm. Kịch bản S2 là sự kết hợp ủ phân hữu cơ và thu hồi tái chế và có điểm số tác động là -0,20 điểm. Ủ phân hữu cơ từ CTR không mang lại nhiều tác động tích cực về mặt môi trường, mặc dù sản phẩm phân hữu cơ giúp ích cải tạo đất, thay thế phân hóa học, tuy nhiên quá trình sản xuất phân hữu cơ tiêu thụ nhiều năng lượng do vậy hiệu quả môi trường không cao. Thu hồi vật liệu tái chế có tác động tích cực đến môi trường, do giảm khai thác tài nguyên cũng như quá trình tái chế tiêu tốn năng lượng thấp hơn từ quá trình khai thác nguyên liệu thô. Điều này thấy rõ khi tỷ lệ thu hồi tái chế giảm dần giá trị điểm tác động của S2 gần bằng S1. Cần đẩy mạnh quá trình phân loại tại nguồn để nâng cao tỷ lệ tái chế.

6. Kết quả đánh giá mức độ thân thiện với môi trường của các kịch bản theo LCA lần lượt là $S3 > S4 > S2 > S5 > S1$. Trong đó kịch bản được lựa chọn đề xuất cho thành phố Huế là kịch bản S3: Toàn bộ khối lượng CTR thu gom được xử lý bằng phương pháp đốt và phù hợp với chiến lược quốc gia về QLCTR tổng hợp đến 2025 và tầm nhìn 2050 là tỷ lệ chôn lấp trực tiếp CTR được thu gom dưới 30%.

7. Đối với nhu cầu sử dụng đất chôn lấp cho mỗi kịch bản thấy rằng kịch bản S3 là kịch bản có nhu cầu đất chôn lấp thấp nhất chỉ bằng 9% so với kịch bản S1, hai kịch bản S2 và S3 tương đương nhau lần lượt bằng 52% và 53% so với kịch bản S1. Nhu cầu đất chôn lấp của kịch bản S5 còn rất cao và gần bằng với S1 (94%).

KIẾN NGHỊ

- Quản lý tổng hợp CTR là hoạt động mang tính tổng quát, bao gồm lĩnh vực xã hội, kinh tế và môi trường, cần có nghiên cứu mở rộng xem xét đến ảnh hưởng của xã hội và kinh tế trong LCA để có các đề xuất phù hợp hơn với tình hình kinh tế xã hội của địa phương.

- Dữ liệu để cung cấp cho nghiên cứu LCA thông thường là các dữ liệu thứ cấp được kiểm kê, thu thập theo định hướng của nghiên cứu (một số nghiên cứu có thể thực hiện các điều tra, khảo sát để cung cấp dữ liệu sơ cấp). Các dữ liệu thứ cấp liên quan đến QLCTR cần được các cơ quan quản lý nhà nước thống nhất, đầy đủ, độ tin cậy cao để các nghiên cứu có độ chính xác cao và sát với thực tế địa phương.

- Nghiên cứu LCA cũng có thể áp dụng để lựa chọn công nghệ trong xử lý CTR, nghiên cứu so sánh tác động môi trường giữa các công nghệ xử lý CTR khác nhau từ đó giúp các cơ quan quản lý nhà nước đưa ra lựa chọn công nghệ xử lý CTR phù hợp địa phương.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Tran Ngoc Tuan**, Le Van Thang, Duong Van Hieu, Le Quang Long (2017), Characteristics of households solid waste in Hue city, Vietnam Journal of Science an Technology, 55(4C), pp.168-173.
2. **Trần Ngọc Tuấn**, Lê Văn Thăng (2018), Phát thải khí nhà kính từ xử lý chất thải rắn sinh hoạt hộ gia đình thành phố Huế, *Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Địa lý Toàn quốc lần thứ 10*, Hội Địa lý Việt Nam, Quyển 1, tr.225-234.
3. **Trần Ngọc Tuấn**, Nguyễn Đắc Hoàng Long, Đường Văn Hiều, Lê Văn Thăng (2019), Hiện trạng rác thải nhựa bê mặt đáy sông Hương, thành phố Huế, *Kỷ yếu Hội thảo khoa học quốc gia Ô nhiễm rác thải nhựa trên biển Việt Nam: Thực trạng và giải pháp*, Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội, tr.45-54.
4. **Trần Ngọc Tuấn**, Lê Thị Nhật Anh, Lê Văn Thăng (2021), Hiện trạng tiêu dùng và thải bỏ túi nhựa ở các chợ trên địa bàn thành phố Huế, *Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Địa lý Toàn quốc lần thứ 12*, Hội Địa lý Việt Nam, Quyển 1, tr.559-604.
5. **Trần Ngọc Tuấn**, Lê Văn Thăng (2022), Ước tính phát thải khí nhà kính từ các hoạt động quản lý chất thải rắn ở thành phố Huế, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ trường Đại học Khoa học*, Đại học Khoa học, Đại học Huế (đã nhận đăng)
6. **Trần Ngọc Tuấn**, Lê Văn Thăng (2022), Ứng dụng đánh giá vòng đời trong quản lý chất thải rắn: trường hợp nghiên cứu điển hình ở thành phố Huế, *Tạp chí Khoa học Trái đất và Môi trường*, Đại học Huế (đã nhận đăng)

**HUE UNIVERSITY
UNIVERSITY OF SCIENCES**

TRAN NGOC TUAN

**OPTIMIZING SOLID WASTE MANAGEMENT
SYSTEM IN HUE CITY USING LIFE CYCLE
ASSESSMENT (LCA)**

**SPECIALIZATION: NATURAL RESOURCES AND
ENVIRONMENT MANAGEMENT
CODE: 9850101**

**SUMMARY OF DOCTORAL THESIS
SPECIALIZATION: NATURAL RESOURCES AND
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**

Academic Supervisor:
Assoc. Prof. LE VAN THANG

The counter-thesis was completed at the University of Sciences,
Hue University

Supervisor: **Assoc. Pro. Le Van Thang**

Reviewer 1:

Reviewer 2:

Reviewer 3:

The thesis will be defended at Hue University's Doctoral thesis
committee meeting at Hue University in ...

The thesis can be found at:

- National Library of Vietnam

- Library and Information Center, Hue University of Sciences, Hue
University

INTRODUCTION

1. RATIONALE

Solid waste (SW) refers to unwanted or useless solid materials generated from human activities. With the socio-economic development, the solid waste is constantly increasing and burdening the environment. In Vietnam, the amount of SW increased significantly, i.e., the total amount of SW in 2019 increased by 146% compared to 2010. Currently, Vietnam has three primary methods of SW treatment, mainly landfilling (71% of the total amount of generated SW), composting (16%) and incinerating (13%).

In Hue City, the amount of SW generated daily is nearly 300 tons, which is treated mainly by landfilling combined with organic composting. According to Thua Thien Hue province's SWM plan for 2030, with a vision to 2050, Hue city's SW will be treated at a waste incineration plant to generate electricity. However, there has been still lack of assessment and comparison on the environmental impacts among treatment methods. Life Cycle Assessment (LCA) is a tool that has been applied for SWM in countries worldwide, but its application in Vietnam is still limited. For those reasons, this research chooses the topic "Optimizing solid waste management system in Hue city using life cycle assessment (LCA) tool".

2. RESEARCH OBJECTIVES AND CONTENTS

a. Research objectives: To determine the environmentally optimal SWM scenario for Hue city based on the LCA tool.

b. Research contents:

- (1). Research on the composition and characteristics of solid waste (SW) generated in Hue city.
- (2). Research on management and operation methods of the SWM system in Hue city.
- (3). Develop different SWM scenarios for Hue city based on survey data and development strategies of SWM methods.
- (4). Apply the LCA tool to the develop scenarios to analyze, compare, and select the environmentally optimal scenario and propose to apply to SWM activities in Hue city.

3. RESEARCH SCOPE

a. Research space: The research was conducted in 27 wards in Hue city before the city's expansion (July 1, 2021) according to Resolution No. 1264/NQ-UBTVQH14 dated April 27, 2021, issued by Standing Committee of the National Assembly on the adjustment of administrative boundaries of district-level administrative units and arrangement and establishment of wards in Hue city, Thua Thien Hue province.

b. Research conduct time: The research was carried out from 2017 to 2021. The survey data on characteristics of solid waste generated from of domestic and municipal sources, was conducted from 2017 to 2018. The Ecoinvent database used in this research was collected in 2020.

c. Research contents

- This research focuses on household domestic solid waste, MSW, and the SWM activities in Hue City, starting from secondary collection to final treatment.
- of the term solid waste in this research does not include construction SW, industrial SW, hazardous waste, and sludge from urban drainage systems wastewater treatment systems, and septic tanks.
- The environmental impact in this research is limited to the operation of SW treatment facilities, except for the construction process.
- The assessment of the optimization of the SWM system in this research limits to the environmental impact of SWM activities.

4. THESIS CONTRIBUTION

- This is the first time the LCA tool has been applied to SWM activities in Hue city.
- The thesis proposes an environmentally optimal SWM scenario for Hue City by data analysis, LCA results, research using OpenLCA software and life cycle impact assessment (LCIA) method is IMPACT 2002+.

5. THE THESIS ARGUMENTS

- Thesis argument 1: The SWM scenarios in Hue City are developed based on scientific background, the National SWM strategy, the local practical basis and the SW treatment technology development trend.
- Thesis argument 2: LCA is a comprehensive and scientific method to support decision-making through analyzing the environmental impacts of SWM scenarios. Applying LCA endorses the selection of the environmentally friendly optimal scenario for SWM in Hue City.

6. SCIENTIFIC AND PRACTICAL MEANINGS OF THESIS

a. Scientific significance: The thesis results contribute to perfecting the theoretical basis and research methods and processes in order to elucidate the environmentally optimal SWM scenario using the LCA tool.

b. Practical significance:

- The thesis results showed an overview of solid waste characteristics and SWM activities of Hue City as well as the methodology and the process of applying LCA to SWM for the research area.
- The thesis results will be a reference for Thua Thien Hue managers and policymakers regarding choosing the optimal solutions for SWM.
- This thesis methodology and results could be expanded and applied to SWM planning in other local areas.

7. THESIS STRUCTURE

The thesis is structured as follows: In addition to the Introduction, Conclusions, Recommendations, References, and Appendix, the thesis includes chapters:

Chapter 1. Research problems

Chapter 2. Research object, methodology and process

Chapter 3. Assessment of the current situation of solid waste management in Hue city

Chapter 4. Life cycle assessment of solid waste management scenarios in Hue city

Chapter 1. RESEARCH PROBLEMS

1.1. OVERVIEW OF SOLID WASTE

1.1.1. Concept of Solid waste

According to the Government's Decree 08/2022/ND-CP on the elaboration of several Articles of the Law on Environmental Protection, the term “ordinary solid waste” means waste not included in the list of hazardous wastes and the list of controlled industrial waste of which hazardous elements exceed the hazardous waste thresholds.; “*domestic solid waste*” means the solid waste generated from people’s daily activities..

This research uses the definition of solid waste according to Decree 08/2022/ND-CP, which mainly focuses on municipal solid waste which collected and transported by HEPCO and except for sludge, construction waste, industrial solid waste, maily focus on

1.1.2. Composition of solid waste

SW compositions include types with similar characteristics, propertie, ororigins and are classified into one group.

1.2. PRACTICE OF SWM IN THE WORLD AND VIETNAM

1.2.1. The concept of solid waste management

- According to Tchobanogluos et al. (1993), SWM is the social principles with control of generation, collection, storage, trans-shipment and transportation; processes of treatment and disposal of SW in the best way, minimize impacts on public health, economic efficiency, technique, conservation, aesthetics, environmental aspects and meet the requirements of the community.

- According to the National Strategy on Integrated Solid Waste Management of up to 2025 vision towards 2050, integrated management of Solid waste is to manage the entire waste life cycle from generation to final treatment, including prevention, minimization, classification, collection,

reuse, recycling and final treatment in order to protect human health, environment, save resources, adapt to climate change and towards the sustainable development of the country.

1.2.2. Practice of Solid waste management in the world

This section introduces and analyzes the situation of SWM in terms of legislation and treatment of SW in some countries worldwide, such as Japan, China, Korea, and the US.

1.2.3. SWM in Vietnam

At the end of the 20th century, SWM in Vietnam mainly collected and treated domestic solid waste. Vietnam promulgated many legal documents to meet SWM requirements, developed a national strategy on SWM, preferential policies in SWM and treatment, etc.

1.2.4. Integrated solid waste management

Tchobanoglous et al. (1993) asserted that SWM was based on integrating of six functional factors: The amount of generated SW; sorting – manual collection; SW collection; SW classification; transportation and transshipment; final disposal. Each SWM system has the following essential components: Policy structure; legal structure; administrative structure; community education; economic structure; etc. the priority hierarchy in SWM becomes the orientation for SWM.

1.3. ASSESSMENT METHODS IN SOLID WASTE MANAGEMENT

1.3.1. Introduction of some methods

Today, many tools have been developed to meet the needs of impact assessment and decision support. Alkhuzai (2014) classified groups of management and assessment tools.

1.3.2. Overview of Life Cycle Assessment

Life Cycle Assessment (LCA) collects and assesses inputs, outputs, and potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle. LCA has 4 phases: scoping-goal definition, inventory analysis, life cycle impact assessment, and life cycle interpretation. Figure 1.1 shows the relationship of the four stages in the LCA.

Some advantages and disadvantages of LCA

- *Advantages of LCA:* LCA is a powerful tool for wide-range assessment and decision support, creating connections between customers, manufacturers, scientists, etc.

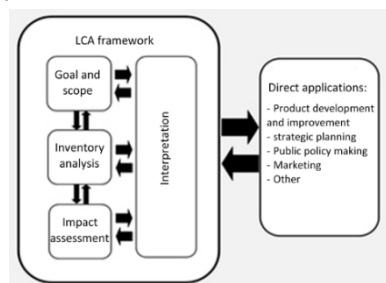


Fig 1.1. The stages of LCA

- *Disadvantages of LCA*: Time-consuming and complicated, availability of data sources, LCA itself is just a decision support tool, and the LCA only considers the impact on the environment, etc.

1.4. OVERVIEW OF RESEARCH AND APPLICATION OF LCA IN SWM

1.4.1. The process of developing and applying LCA in SWM

The studies on applying LCA to SWM were conducted after 2008, mainly in developed countries. The lack of studies in developing countries is due to a lack of concepts, theories, and data.

1.4.2. Research directions on applying LCA in SWM

According to Allesch and Brunner (2014), many scholars research different aspects of SWM, such as up to 32% of research focus on the overall SWM system, 24% focus on SW treatment methods, 22% compare between treatment methods, 11% on SW recycling, 9% on environmental impact assessment of SW collection and other 3%.

1.4.3. Overview of research applied LCA to SWM in the world and Vietnam

Some typical research that this thesis summarized:

- Around the world: Case studies: Ozeler et al. (2006) assessed the life cycle impacts of urban SWM in Ankara; Banar et al. (2009) studied the selection of a SWM system for Eskisehir city in Turkey; Abduli et al (2011) compared two different SWM scenarios in Tehran city, Iran; Alkhuzai (2014) applied LCA to develop a SWM system for Makkah city,...

- Some case studies in Vietnam: The study "Evaluating the impact of urban waste treatment methods in the Mekong Delta - Vietnam" has assessed the environmental impacts of municipal SW treatment methods in the Mekong Delta; Study on "Application of the life cycle assessment (LCA) to improve the efficiency of SWM in Hanoi; Study on "Using LCA for environmental impact assessment of centralized biogas production system from municipal solid waste in buildings".

- *Some studies in Hue city*: "Study on generation sources and characteristics of SW in the north-central city of Vietnam - Hue city"; Research on factors affecting solid waste generation rate from commercials and offices: A case study of Hue City, etc.

Chapter 2. RESEACH SUBJECTS, PROCESS AND METHODOLOGY

2.1. RESEARCH SUBJECTS

The research subjects include: Hue city SWM system and the LCA assessment method.

2.2. RESEARCH METHODOLOGY

2.2.1. Secondary data collection

This thesis collected Secondary data regarding socio-economic data, amount of SW, fuel, chemicals used in SW treatment methods, Ecoinvent database.

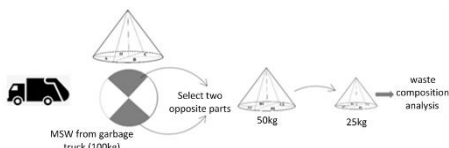


Figure 2.1. The solid waste sampling process

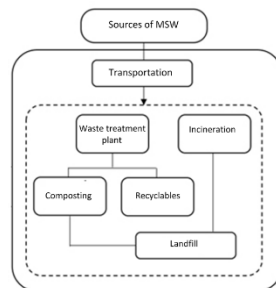
2.2.2. Field survey method

2.2.2.1. Domestic solid waste sampling

Collect DSW samples from 162 households for 7 days.

2.2.2.2. Municipalsolid waste sampling

Collect samples of MSW of Hue city from 7 collection routes. The process is shown in Figure 2.1.



Hình 2.2. solid waste sampling process

2.2.3. LCA method

LCA follows a systems approach with 4 phases to compare the environmental impacts of SWM scenarios in Hue City.

2.2.3.1. Objectives and range of LCA of SWM system in Hue city

The functional unit is 1 ton of solid waste through the SWM system of Hue City. The system boundaries and limits are shown in Figure 2.2.

2.2.3.2. Calculation of LCA

(1) Life cycle inventory; (2) The Life Cycle Impact Assessment (LCIA) in this research was IMPACT 2002+.

2.3. RESEARCH PROCESS

The general process of this research is shown in Figure 2.3.

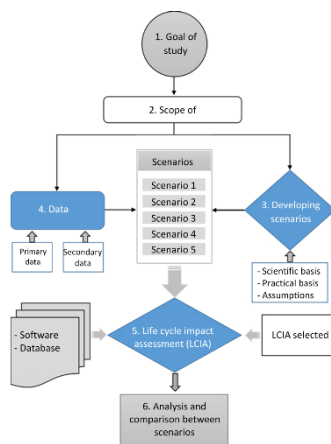


Figure 2.3. Research process

2.4. SOFTWARE USED AND DATABASE

Research using OpenLCA software and Ecoinvent 3.7 database.

Chapter 3. SITUATION OF SWM IN HUE CITY

3.1. OVERVIEW OF HUE CITY

3.1.1. Geographical location

The geographical location of the city is 107°31'45"–107°38' East longitude and 16°30'45"–16°24' North latitude.

3.1.2. Natural condition

The climate has a dry and cold wet season. The annual average temperature is 24-25°C, the average yearly rainfall is about 2,500mm and the rainy season starts from September to February next year.

3.1.3. Socio-economic characteristics of Hue City

The average growth rate is 13.5%, the city's economic structure is in the direction of Tourism - Industry, Construction - Agriculture, Forestry, and Fishery.

3.1.4. Effects of natural and socio-economic conditions on solid waste generation in Hue city

In flooding season, the amount of SW increased by 1.5 to 2 times compared to usual. The floods in 1999 and 2007 increased by three times. According to Trang et al. (2012), the amount of SW generated from households accounted for the most significant percentage (44.1%), followed by business (25.7%), restaurants (21.5%); schools, hotels, hospitals, and offices are 3.8%, 3.2%, 1.2%, and 0.5%, respectively.

3.2. SOLID WASTE MANAGEMENT IN HUE CITY

3.2.1. Solid waste collection and transportation in Hue city

The activities of collection, transportation, and treatment of SW in Hue City are depicted in Figure 3.1.

①: SW generation; ②: Public rubbish bin; ③: Hand-cart; ④: Compactor; ⑤: Weighing station; ⑥: Thuy Phuong landfill.

The rate of SW collection reaches 98% and the collection frequency ranges from 1-3 days/time.



Figure 3.1. Diagram of solid waste collection and transportation in Hue city

3.2.2. Legal documents on solid waste management in Hue City

Generally, legal documents on SWM in Hue city are implemented following provincial legal documents, such as the provincial SWM planning, guidelines for waste classification, decentralization of state management on solid waste, etc.

3.2.3. Advantages and limitations of SWM in Hue city

+ Advantages: High collection rate, adequate infrastructure for collection activities, community participation in environmental sanitation, etc.

+ Limitations: Uneven population distribution leads to difficulties in collection; the revenue has yet to cover collection and transportation costs; classification at source is facing many difficulties; the main treatment is landfilling, etc.

3.3. COMPOSITION AND CHARACTERISTICS OF SOLID WASTE IN HUE CITY

3.3.1. Characteristics of municipal solid waste in Hue city

Table 3.1. Composition of municipal solid waste generated in Hue city

No.	Compositon	Proportion (%)	
		Average	Standard deviation
1	Kitchen waste	50,8	8,3
2	Printed paper	0,3	0,3
3	Carton paper	2,8	0,5
4	Other papers	1,8	1,4
5	Plastic	3,0	0,9
6	Nylon	14,4	4,0
7	Textile	5,0	1,7
8	Rubber	0,2	0,2
9	Leather	0,3	0,3
10	Garden waste	9,5	4,7
11	Wood	0,4	0,4
12	Glass	3,1	3,4
13	Aluminium	0,1	0,1
14	Iron	0,2	0,1
15	Copper	0,0	0,0
16	Inox	0,0	0,0
17	Hazardous waste	0,7	1,2
18	Porcelain, sand soil	2,0	3,9
19	Styrofoam	0,8	0,5
20	Diapers	2,0	2,1
21	Composite waste	2,9	1,9

(Author's survey data in March 2018)

Table 3.1 shows that kitchen waste accounts for 50.8%; followed by plastic group with 17.4% (nylon 14.4%, plastic 3%). Composition of SW generated in Hue city is shown in Figure 3.2.

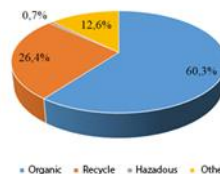


Figure 3.2. Percentage of MSW in Hue city

3.3.2. Characteristics of household solid waste in Hue city

The survey results on household SW characteristics in Hue city are presented in Table 3.2.

Table 3.2. Composition of household SW in Hue city

No.	Components	Proportion (%)	
		Average	Standard deviation
1	Kitchen waste	59,6	19,1
2	A4 paper	0,8	1,3

3	Carton paper	1,4	2,1
4	Other paper	3,9	4,2
5	Plastic	3,0	3,2
6	Nylon	12,0	10,1
7	Rags (textiles)	1,3	3,3
8	Rubber	0,1	0,4
9	Leather	0,1	0,8
10	Garden waste	7,1	10,1
11	Wood	0,3	1,5
12	Glass	0,9	2,5
13	Aluminium	1,0	2,3
14	Iron	0,5	1,1
15	Copper	0,0	0,1
16	Inox	0,0	0,1
17	Hazardous	0,2	0,7
18	Porcelain, sand soil	1,4	6,3
19	Styrofoam	0,4	0,9
20	Diapers	3,9	9,3
21	Composite waste	1,8	3,7

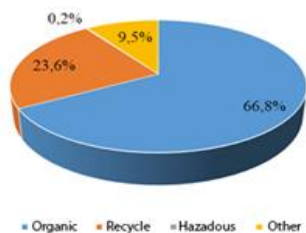


Figure 3.3. Composition of household solid waste in Hue city

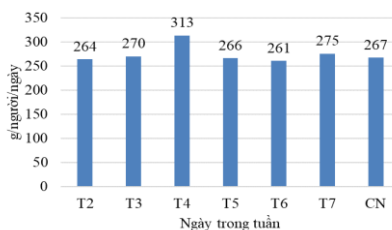


Figure 3.4. Change of household solid waste generation over the survey days

(Author's survey data in Match 2017)

Table 3.2 shows kitchen waste is the highest proportion of household solid waste, accounting for 59.6%, followed by nylon packaging with 12% and garden waste (7.1%). Figure 3.3 presents four groups of household solid waste: organic, recycled, hazardous, and the rest. The survey results show that the amount of SW generated from households per capita in Hue city is 274 ± 175 g/person/day. The amount of household SW over the surveyed days is presented in Figure 3.4. The total amount of household SW generated in Hue city is 96.3 tons/day, of which the amount of recyclable SW is 22.8 tons/day.

Chapter 4. LCA OF SWM SCENARIOS IN HUE CITY

4.1. FOUNDATION OF STRATEGY MANAGEMENT SCENARIOS IN HUE CITY

The basis for developing the scenario includes: Orientation on SWM of the national and Thua Thien Hue provincial level; Practical basis of SWM in Vietnam and Hue city; and development trend of SW treatment technology

4.2. SOLID WASTE MANAGEMENT SCENARIOS IN HUE CITY

4.1.1. Scenario 1 (S1) – Sanitary landfill

In scenario S1, all SW collected in Hue City will be transported and landfilled at Thuy Phuong landfill.

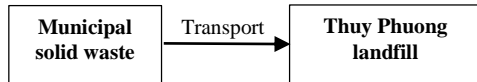


Figure 4.1. Scenario S1 – Landfilling

4.1.2. Scenario 2 (S2) - Sanitary landfill combined with compost production and recycling material recovery

Scenario S2 focuses on organic fertilizer production, assuming Thuy Phuong Waste Treatment Plant is still operating normally. The receiving and processing capacity of the plant is 200 tons of SW per day.

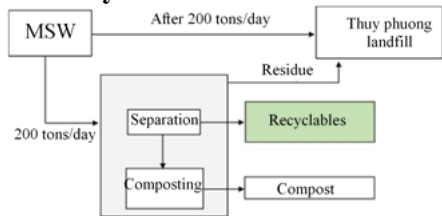


Figure 4.2. Scenario 2 – Composting and landfilling

4.1.3. Scenario 3 (S3) - 100% of SW is treated by incineration

For this scenario (S3), all SW is collected in Hue city and transported to Phu Son waste-to-energy plant for power generation (Huong Thuy town, Thua Thien Hue province), located about 25km from Hue city to the South. The process of S3 is shown in Figure 4.3.

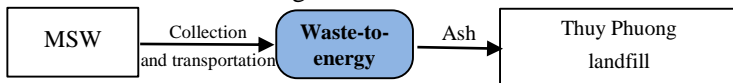


Figure 4.3. Scenario 3 – Incineration with energy recovery

4.1.4. Scenario 4 (S4) - 50% of SW is treated by incineration, 50% landfill

Scenario S4 assumes that 50% of the collected solid waste will be landfilled directly in the BCL and the remaining 50% will be treated by incineration.

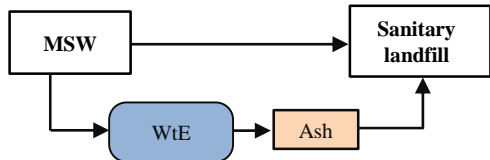


Figure 4.4. Scenario 4 – Incineration with energy recovery and landfilling

4.1.5. Scenario 5 (S5) – Recycling recovery through classification at source combined with landfill

S5 scenario classifies DSW at source. The post-sorted recycled SW is transported to the recycle facilities, assuming the transport distance is equal to the S1 scenario. The remaining SW is landfilled as shown in Figure 4.5.

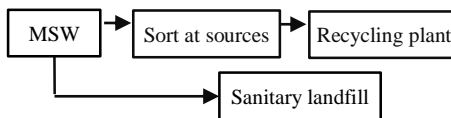


Figure 4.5. Scenario 5 – Sorting recycling at the source and landfilling

4.2. ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE PROPOSED SCENARIOS

4.2.1. Calculation process and data model used

The LCA process for SWM in Hue city is shown in Figure 2.3. Municipal SW composition generated in Hue city are presented in section 3.2.1, Ecoinvent database, consequences model version 3.7.

4.2.2. Life cycle inventory of proposed scenarios

4.2.2.1. Life cycle Inventory of Scenario 1 – Sanitary Landfill (S1)

The flow of SW in Scenario S1 is shown in Figure 4.6.



Figure 4.6. Current city solid waste management

Table 4.1. Inventory data on characteristics and composition of solid waste, energy sources, fuels and chemicals used in S1.

Table 4.1. Data inventory of S1

I	Composition	Quantity	Unit
1	Organic waste	600	kg
2	Paper	49	kg
3	Mixed plastic	182	kg
4	Textiles	50	kg
5	Wood	4	kg
6	Aluminium	1	kg
7	Iron	2	kg
8	Others	112	kg
II	Fuel – Energy		
1	Diesel oil	0,8	L
2	Electricity	4,4	kWh
III	Materials		
1	Water	35,9	L
2	PAC (polyaluminium chloride)	0,03	kg
3	Lime powder	12,6	kg
4	Polymer foaming	1,5	kg

5	Ca(OH) ₂ - Calcium hydroxide	6,6	kg
IV Transport			
1	Transport distance	39,7	Km

4.2.2.2. Analysis and inventory of the life cycle of scenario 2 – SW treatment combined with compost production and landfilling (S2)

Table 4.2 shows the inventory data for S2 and Table 4.3 presents the reduced amount of components in S2.

Table 4.2. Data inventory of S2



Figure 4.7. Scenario 2 (S2) – Composting with landfilling

I	Landfilling SW	Quantity	Unit
1	Organic waste	280,2	kg
2	Paper	22,9	kg
3	Mixed plastic	114,1	kg
4	Textiles	50,0	kg
5	Wood	4,0	kg
6	Aluminium	0,6	kg
7	Iron	1,3	kg
8	Others	112,0	kg
II	Fuel - Energy		
II.1	Landfill		
1	Diesel oil	0,4	L
2	Electricity	2,6	kWh
II.2	Composting		
1	Diesel oil	0,6	L
2	Electricity	21,1	kWh
3	Water	31	L
III	Materials – landfill		
1	Water	21	L
2	PAC (polyaluminium chloride)	0,015	kg
3	Lim powder - lime	0,25	kg
4	Polymer foaming	0,03	kg
5	Ca(HO) ₂ - Calcium hydroxide	0,13	kg
IV	Transport		
1	Transport distance	39,7	km

Table 4.3. Reduced amount from recycling clasfication and composting

No.	Reduced components	Quantity	Unit
-----	--------------------	----------	------

	Organic		
1	fertilizer	131,4	kg
2	N	1,1	kg
3	P	0,3	kg
4	K	1,3	kg
5	Aluminium	0,4	kg
6	Iron	0,7	kg
7	Plastic	68	kg

Table 4.3 shows the amount of the recycling group and the nutrient composition of the organic matter calculated for the reduction in S2.

4.2.2.3. Life Cycle Inventory of Scenario 3 – Incineration for Power Generation (S3)

Scenario S3 assumes that all SW collected in Hue city will be transported to the waste incineration plant in Phu Son waste-to-energy plant, which is 14 km away from Thuy Phuong BCL. Thus, the transport distance in S3 will increase compared to scenarios S1 and S2.



Figure 4.8. Scenario 3 (S3) – All MSW is taken to Phu Son waste to energy plant and treated by incinerating to recovery energy

Table 4.4. Dta inventory of S3

	Content	Quantity	Unit
1.	Amount of SW incinerated		
1	Organic waste	600	kg
2	Paper	49	kg
3	Rubber	2	kg
4	Fabric	50	kg
5	Plastic	182	kg
6	Others	117	kg
2.	Fuel, energy		
1	Diesel	0,076	kg
2	Used electricity	83	kWh
3	Produced electricity	435	kWh
4	Electricity for sale	352	kWh
3.	Materials		
1	Water	2,8	m ³
2	Ca(OH) ₂	9	kg
3	Calcium oxide	6	kg
4	Activated carbon	0,3	kg

5	Amoniac	1,4	kg
6	Iye	0,225	kg
7	PAC	0,005	kg
8	NaHSO ₃	0,0015	kg
9	NaOCl	0,00009	kg
10	Na ₂ CO ₃	0,1	kg
4. Transport			
	Distance	61,7	km

4.2.2.4. Life cycle Inventory of Scenario 4 – Incineration for Power Generation and Landfilling (S4)

Scenario S4 assumes that 50% of the solid waste is treated by incineration at the Phu Son waste-to-energy plant, and 50% is directly buried at the Phu Son landfill along with the ashes after incineration.

The waste flow diagram of the S4 is shown in Figure 4.9.



Figure 4.9. Scenario 4 (S4) – 50% of MSW is treated by incineration and 50% by landfill

Table 4.5. Data inventory for S4

I. Incinerating to generate electricity (50%)		Quantity	Unit
I.1. Amount of SW burned			
1	Organic garbage	300	kg
2	Paper	24,5	kg
3	Rubber	1	kg
4	Fabric	25	kg
5	Plastic	91	kg
6	Others	58,5	kg
I.2. Fuel, energy			
1	Diesel	0,038	kg
2	Used electricity	42	kWh
3	Generated electricity	218	kWh
4	Electricity for sale	176	kWh
I.3. Materials			
1	Water	1,4	m ³
2	Ca(OH) ₂	4,5	kg
3	Calcium oxide	3	kg
4	Activated coal	0,15	kg
5	Amoniac	0,7	kg
6	Iye	0,1125	kg

7	PAC	0,0025	kg
8	NaHSO ₃	0,00075	kg
9	NaOCl	0,000045	kg
10	Na ₂ CO ₃	0,05	kg

II. Landfill (50%)

II.1. Amount of landfilled SW

1	Organic waste	300	kg
2	Paper	24,5	kg
3	Mixed plastic	91	kg
4	Textiles	25	kg
5	Wood	2	kg
6	Aluminium	0,5	kg
7	Iron	1	kg
8	Others	56	kg
9	Ashes after incinerating	115	kg

II.2. Fuel, energy

1	Diesel oil	0,5	L
2	Electricity	2,7	kWh

II.3. Materials

1	Water	17,9	L
2	PAC (polyaluminium chloride)	0,01	kg
3	Lime powder - lime	6,3	kg
4	Polymer foaming	0,7	kg
5	Ca(OH) ₂ - Calcium hydroxide	3,3	kg

Transport distance in S4 is 61.7 km.

4.2.2.5. Lifecycle Inventory of S5 – Classification at source and Landfill (S5)

For the S5, solid waste is collected and treated as usual, supplementing with household SW classification at source.

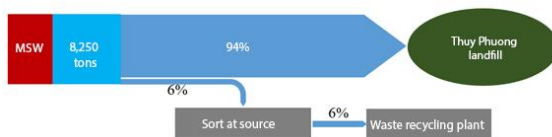


Figure 4.10. Scenario 5 (S5) – Sorting recyclable MSW at source combined with landfill

Table 4.6. S5 scenario inventory S5 Scenario input data

I. Landfill SW	Quantity	Unit
I.1. Amount of SW processed		
1	Organic waste	603 kg
2	Paper	34 kg
3	Mixed plastic	144 kg

4	Textiles	50	kg
5	Wood	4	kg
6	Aluminium	0	kg
7	Iron	1	kg
8	Others	108	kg
I.2. Fuel – energy			
1	Diesel oil	0,8	L
2	Electricity	4,4	kWh
I.3. Materials			
1	Water	35,9	L
2	PAC (polyaluminium chloride)	0,03	kg
3	Lime powder	12,6	kg
4	Polymer foaming	1,5	kg
5	Ca(HO) ₂ - Calcium hydroxide	6,6	kg
I.4. Transport			
1	Transport distance	61,7	km
II. Sorting at source			
II.1. Recovered recycled materials			
1	Paper	15	kg
2	Plastic	37	kg
3	Aluminium	2	kg
4	Iron	1	kg
5	Glass	2	kg
II.2. Transport			
1	Distance	39,7	km

4.2.3. Comparison of the environmental impact of the scenarios

The LCIA method used in this research is IMPACT 2002+, the results of 15 types of midpoints are presented in Table 4.5 and are characterized into 4 types of damages: human health, ecosystem quality, climate change and resources.

Table 4.7. Results of midpoints of proposed scenarios

No.	Impact types	Unit	S1	S2	S3	S4	S5
1	Cancerous	kg C ₂ H ₃ Cl _{eq}	2,57	1,22	0,35	1,46	3,70
2	Non-carcinogens	kg C ₂ H ₃ Cl _{eq}	12,6	22,3	4,17	8,36	22,8
3	Respiratory inorganics	kg PM2.5 _{eq}	$7,45 \times 10^{-2}$	$-7,69 \times 10^{-2}$	-1,39	-0,66	$-8,24 \times 10^{-2}$
4	Ozone layer depletion	kg CFC-1 _{eq}	$6,17 \times 10^{-6}$	$4,50 \times 10^{-6}$	$9,13 \times 10^{-6}$	$7,65 \times 10^{-6}$	$5,47 \times 10^{-6}$
5	Ionizing Radiation	Bq C-14 _{eq}	$2,59 \times 10^2$	$-7,08 \times 10^2$	$-4,48 \times 10^3$	$-2,11 \times 10^3$	$-2,87 \times 10^2$
6	Respiratory organics	kg C ₂ H ₄ _{eq}	$3,09 \times 10^{-2}$	$1,17 \times 10^{-2}$	$-1,78 \times 10^{-2}$	$6,56 \times 10^{-3}$	$2,51 \times 10^{-2}$
7	Aquatic ecotoxicity	kg TEG _{water}	$1,42 \times 10^4$	$1,04 \times 10^4$	$-6,79 \times 10^4$	$-2,69 \times 10^4$	$1,91 \times 10^4$
8	Terrestrial ecotoxicity	kg TEG _{soil}	$3,55 \times 10^3$	$2,04 \times 10^3$	$-2,72 \times 10^4$	$-1,18 \times 10^4$	$5,79 \times 10^3$

9	Terrestrial acidification/nutr.	kg SO ₂ -eq	1,26	3,99	-6,89	-2,82	0,48
10	Aquatic acidification	kg SO ₂ -eq	0,48	0,89	-2,69	-1,10	0,17
11	Aquatic eutrophication	kg PO ₄ P _{lim}	6,44×10 ⁻²	1,63×10 ⁻²	-0,28	-0,11	4,58×10 ⁻²
12	Land occupation	m2org.arable	3,88	-4,88	-46,8	-21,4	-5,16
13	Global warming	kg CO ₂ -eq	1,61×10 ²	44,5	29,7	95,5	1,20×10 ²
14	Mineral extraction	MJ _{surplus}	0,73	-0,53	-2,85	-1,06	-0,39
15	Non-renewable energy	MJ _{primary}	6,44×10 ²	-6,82×10 ²	-6,46×10 ³	-2,91×10 ³	27,9

Where: TEG soil (water): Triethylene glycol entering the soil (water); m2org.arable: Area of organic soil; MJ: Megajoule

Table 4.8 is the result of the damage assessment calculated from table 4.7, the values of the midpoint type in table 4.8 will be characterized in the same units in the same damage category. The impact of four types of damage including human health, ecosystem quality, climate change and resources will be presented and analyzed in sections 4.2.3.1 to 4.2.3.4.

Table 4.8. Calculation results by impact type of scenarios

Types of midpoints	Scenarios					Đơn vị
	S1	S2	S3	S4	S5	
Cancerous	3,73×10 ⁻⁶	1,77×10 ⁻⁶	5,12×10 ⁻⁶	2,12×10 ⁻⁶	5,37×10 ⁻⁶	DALY
Non-carcinogens	1,82×10 ⁻⁵	3,23E-05	6,05×10 ⁻⁶	1,21×10 ⁻⁵	3,30×10 ⁻⁵	DALY
Respiratory inorganics	5,22×10 ⁻⁵	-5,39×10 ⁻⁵	-9,71×10 ⁻⁴	-4,60×10 ⁻⁴	-5,76×10 ⁻⁵	DALY
Ozone layer depletion	6,48×10 ⁻⁹	4,72×10 ⁻⁹	9,59×10 ⁻⁹	8,03×10 ⁻⁹	5,75×10 ⁻⁹	DALY
Ionizing Radiation						
Respiratory organics	5,43×10 ⁻⁸	-1,49×10 ⁻⁷	-9,41×10 ⁻⁷	-4,43×10 ⁻⁷	-6,03×10 ⁻⁸	DALY
Cancerous	6,59×10 ⁻⁸	2,49×10 ⁻⁸	-3,79×10 ⁻⁸	1,40×10 ⁻⁸	5,35×10 ⁻⁸	DALY
Total impact on human health	7,42×10⁻⁵	-1,99×10⁻⁵	-9,66×10⁻⁴	-4,46×10⁻⁴	-1,93×10⁻⁵	DALY
Aquatic ecotoxicity	1,25	0,92	-6,02	-2,38	1,69	PDF*m2*yr
Terrestrial ecotoxicity	0,31	0,18	-2,41	-1,05	0,51	PDF*m2*yr
Terrestrial acidification/nutr.	1,31	4,15	-7,17	-2,93	0,50	PDF*m2*yr
Aquatic acidification	4,25×10 ⁻³	7,82×10 ⁻³	-2,37×10 ⁻²	9,73×10 ⁻³	1,53×10 ⁻³	PDF*m2*yr
Aquatic eutrophication	0,73	0,19	-3,21	-1,24	0,52	PDF*m2*yr
Land occupation	4,23	-5,31	-51	-23,4	-5,63	PDF*m2*yr
Total impact on ecosystem quality	7,85	0,13	-69,8	-31	-2,40	PDF*m2*yr
Global warming	161	44,5	29,7	95,5	120	kg CO ₂ -eq
Total climate change	161	44,5	29,7	95,5	120	kg CO ₂ -eq
Mineral extraction	3,72×10 ⁻²	-2,68×10 ⁻²	-0,15	-5,40×10 ⁻²	-2,00×10 ⁻²	MJ
Non-renewable energy	2,94×10 ⁴	-3,11×10 ⁴	-2,95×10 ⁵	-1,33×10 ⁵	1,27×10 ³	MJ
Total resource degradation	2,94×10⁴	-3,11×10⁴	-2,95×10⁵	-1,33×10⁵	1,27×10³	MJ

4.2.3.1. Human health impact

Figure 4.11 shows the impact on **human health** from high to low. S1 has a value of 7.42×10⁻⁵. S5, S2, S4 and S3 have values of .1.93×10⁻⁵, -1.99×10⁻⁵, -4.46×10⁻⁴ and -9.75×10⁻⁴ DALY/ton respectively. Scenario S3 has the lowest impact on human health.

Among the **human health** damage midpoints, the value of the Respiratory inorganics midpoint category is the most significant compared to other scenarios. The figures for S1, S2, S5, S4 and S3 are 5.22×10^{-5} , -5.39×10^{-5} , -5.76×10^{-5} , -4.6×10^{-4} and -9.71×10^{-4} DALY/tons in turn. S3 is the scenario with the most positive impact.

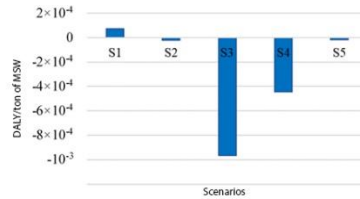


Figure 4.11. Human health damage of scenarios (DALY)

4.2.3.2. Impact on ecosystem quality

Figure 4.12 shows the impact on the ecosystem quality of the scenarios. The order of positive to negative impacts is S3>S4>S5>S2>S1 with values of -69.8, -31; -2.4; 0.13 and 7.85, in turn (PDF*m2*yr).

4.2.3.3. Impact on climate change

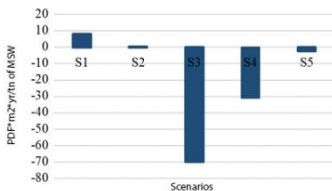


Figure 4.12. Total midpoint of impact on ecosystem quality

The impact of climate change with the midpoint type is global warming, the level of impact due to global warming. The results are presented in Figure 4.13 in order from negative to positive impacts on climate change of the scenarios respectively S1>S5>S4>S2>S3 and have values of 161; 120; 95,5; 44,5 and 29,7 kgCO₂-eq/ton of SW in turn.

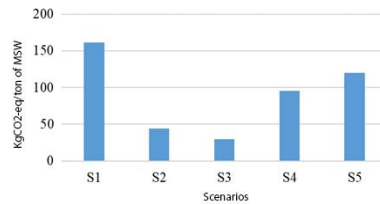


Figure 4.13. CO₂-eq emissions per 1 ton of MSW

4.2.3.4. Impact on resources

Figure 4.14 shows that scenarios S1 and S5 have a negative impact, scenarios S2, S3 and S4 have a positive impact on resource loss. In terms of

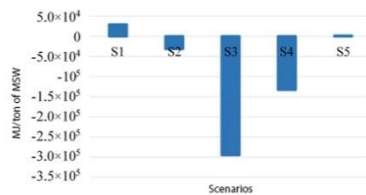


Figure 4.14. Impact on resources of scenarios

environmental benefits, S3 is the best scenario with a value of -2.95×10^5 , followed by S4, S2, S5, and S1, respectively.

4.2.4. Results of life cycle assessment of scenarios

Table 4.9, Figure 4.15, and Figure 4.16 present the results of the LCA scores for the scenarios. Table 4.9 is the normalized score result for each damage type and the scenario's final score. Resources significantly influence scenario outcomes of the four types of damages, whereas ecosystem quality damage has a minor effect on scenario outcomes.

Table 4.9. Results of LCA scores of SWM scenarios in Hue city

Damage type	Scenarios				
	S1	S2	S3	S4	S5
Human health	$1,05 \times 10^{-2}$	$-2,80 \times 10^{-3}$	-0,136	$-6,28 \times 10^{-2}$	$-2,71 \times 10^{-3}$
Ecosystem quality	$5,69 \times 10^{-4}$	$9,49 \times 10^{-6}$	$-5,06 \times 10^{-3}$	$-2,24 \times 10^{-3}$	$-1,74 \times 10^{-4}$
Climate change	$1,39 \times 10^{-2}$	$3,84 \times 10^{-3}$	$2,26 \times 10^{-3}$	$8,24 \times 10^{-3}$	$1,03 \times 10^{-2}$
Resources	0,19	-0,20	-1,94	-0,87	$8,37 \times 10^{-3}$
Total point	0,22	-0,20	-2,08	-0,93	0,02

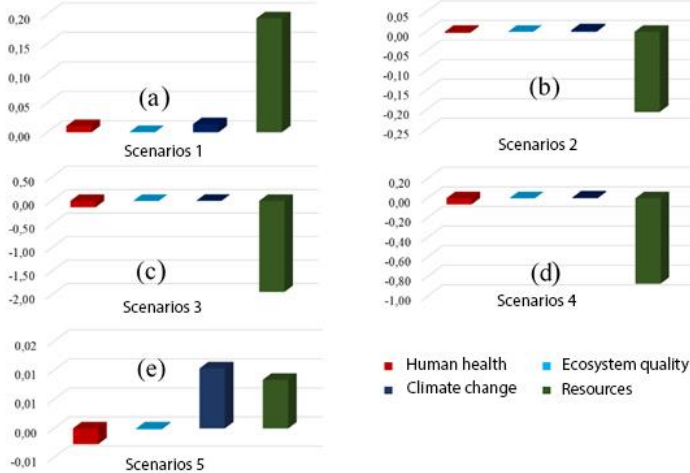


Figure 4.15. Impact point of damage categories

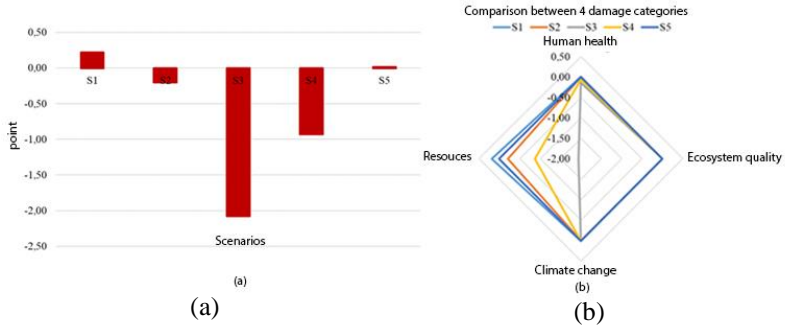


Figure 4.16. Result of the life cycle impact scores of the scenarios

The correlation of the roles of damage types in each scenario is clearly shown in Figure 4.15. The resource damage type values of scenarios S1 and S5 have a negative effect, and the total score values of scenarios S1 and S5 have a negative impact. Similarly, the resource damage category of scenarios S2, S3, and S4 is positive. Figure 4.15 shows the determination of the outcomes of the resource damage type in all scenarios except for the S5 scenario. Specifically, Figures 4.15a and 4.15e have positive values of the resource damage type, resulting in a score of scenarios S1 and S5 that are also positive. In Figure 4.15b, Figure 4.15c and Figure 4.15d, the resource damage category has negative values, and the results of scenarios S2, S3 and S4 have negative values. The total final scores of the scenarios are shown in Figure 4.16.

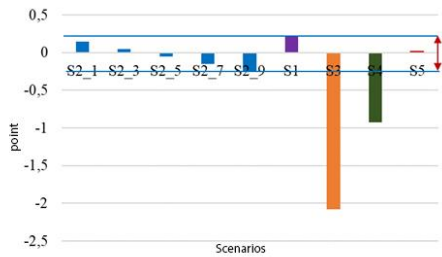


Figure 4.17. Variation of impact point according to SW recycling rate in scenario S2

According to Jolliet et al. (2003), damage types can be used to compare with each other. However, when comparing between scenarios, a default weighting factor of 1 for all damage types will be used. In this study, the weights of the four damage groups are equal and are used by default as 1.

Figure 4.16a shows that, among the five scenarios, scenario S3 – incinerating solid waste to generate electricity is the most environmentally friendly. However, the transport distance is longer than other scenarios (transport distance of scenarios S1 and S2 is 39.7 km, transport distance of scenarios S3, S4, and S5 is 61.7km). Results of LCA of 5 scenarios according to the degree

of environmental friendliness, the rank of scenarios is $S3 > S4 > S2 > S5 > S1$ respectively.

To implement SWM according to the scenario S3, it is necessary to adjust the classification of SW at source as it is now, so it should be classified into 4 types: combustible; recycle and reuse; hazardous and non-combustible groups.

4.2.5. Sensitivity analysis

4.2.5.1. Sensitivity of recyclable composition recovery in scenario S2

Figure 4.17 shows that the change in the recycling rate affects the results of S2 scenario. The change has a negative effect at 30% recycling rate. When the recycling rate reaches 50%, the S2 scenario has a positive impact. With the recycling rate fluctuating from 10 to 90%, scenario S2 does not change compared to scenarios S1, S3 and S4. When the S2 reaches 50%, the recycling rate is better than the S5 scenario; both S2 and S5 target towards recycling recovery.

4.2.5.2. Sensitivity to change the rate of incinerating and landfilling in scenario S4

The sensitivity analysis of scenario S4 is calculated by changing **incinerating** and landfilling rates: S4_1 (90% incineration, 10% landfill), S4_2 (70%, 30%), S4_3 (50%, 50%), S4_4 (30%, 70%) and S4-5 (10%, 90%). Figure 4.18 highlights that the scenario S4 tends to more environmentally friendly when increasing the amount of SW treated by incineration. Particularly, when incinerating more than 20% of the total amount of SW, S4 has a positive impact; and when incinerating rate reaches 30%, S becomes more environmentally friendly compared to scenario S2.

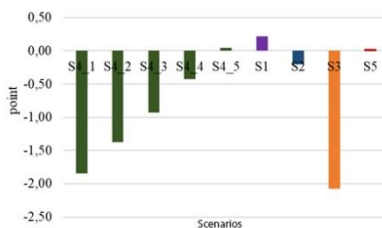


Figure 4.18. Variation of impact point by the rate of incineration and landfilling in scenario S4

4.2.6. Demand for the use of landfill land for scenarios

The demand for landfill area for each scenario is calculated based on: the directly landfilling of SW post-incinerating ash, the residue from organic composting, and calculated for the total amount in 1 year in all scenarios. The landfill demand is shown in Figure 4.19 and Figure 4.20. Figure 4.20 compares the landfill area demand of scenario S1 with other scenarios.

4.2.7. Recommendation to scenarios and solutions for improving solid waste management for Hue city

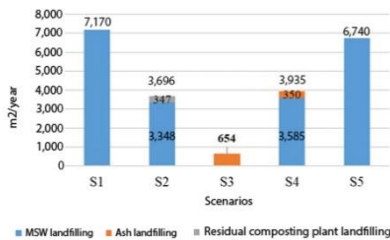


Figure 4.19. Landfill land demand for scenarios over a 1-year period

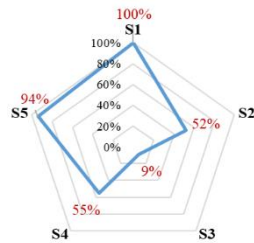


Figure 4.20. Comparison of land use demand for landfill

- Scenario S3 is the most environmentally friendly and has the lowest demand for landfill land, so it is recommended to use it for Hue City.

- From 2014 - 2020, the amount of municipal solid waste generated in Hue City increased by an average of 6.5%/year. By 2030, the amount of Municipal SW will reach 600 tons/day and up to the maximum capacity of the Phu Son **Waste-to-energy** Plant. Therefore, it is necessary to develop organic composting options before 2030 (when considering the demand of using landfill land).

- The current implementation of classification at source will contribute to reducing the amount of recyclable SW entering the landfill site along with the benefit of environmental impact reduction as the LCA results are shown in Figure 4.19. However, the classification of Solid waste into groups also needs to be adjusted to meet the actual situation of SW treatment in the city. In case of the SW treatment is mainly incinerated, it is necessary to classify it as having a combustible group.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

CONCLUSIONS

From the research results, the thesis sums up the following findings

1. The current SWM has been developed and directed towards integrated SWM strategies. Therefore, perfecting the legal document system, policies, and clear national target orientation is necessary. However, some limitations remain, such as policies regarding promoting reduced generation, classifying at source as well as recovering and recycling solid waste.

2. Hue City has a high solid waste collection rate, reaching 98%. The frequency of collection in Hue city is once a day, however, many areas still have collection frequency of once every 2-3 days. Thua Thien Hue

Provincial People's Committee has issued regulations on assigning roles and responsibilities of state management units on solid waste and SWM planning in Thua Thien Hue province to 2030, with a vision to 2050, classifying MSW at the source.

3. The research results show that the generated household domestic SW is 274g/person/day, equivalent to 1,181g/household/day. There is a slight variation in household solid waste generation rate between weekdays. The household solid waste generated in Hue city is estimated at 96.3 tons/day. Regarding the characteristics of household solid waste, organic waste accounts for the highest proportion at 66.7%. In the composition of municipal solid waste, organic solid waste also accounts for the highest proportion at 60.5%, followed by plastic waste at 17.4%, papers at 6.1%, metal at 1.5% and glass at 0.9% in turn.

4. The thesis developed five SWM scenarios in Hue City: Scenario S1: Sanitary landfill; Scenario S2: Sanitary landfill combines compost production and recycling of materials; Scenario S3: 100% of SW is treated by incineration; Scenario S4: 50% of SW is treated by incineration, 50% landfill, and Scenario S5: Recycling recovery through segregation at source combined with landfilling

5. Applying LCA to 5 scenarios identified that scenario S3 with 100% of SW treated by incineration is the most environmentally friendly scenario with an impact score of -2.08 points. The scenario friendliness includes radical mass reduction and power generation from combustion. Solid waste treatment by landfill in scenario S1 is the most harmful environmental option, with an impact score of 0.22 points. Scenario S2 combines composting and recycling recovery and has an impact score of -0.20 points. Composting organic fertilizers from solid waste bring few many positive impacts on the environment. Particularly, although organic fertilizer products help improve soil and replace chemical fertilizers, the production process of organic fertilizer consumes a lot of energy. Therefore, the environmental efficiency is not high. Recovery of recycled materials has a positive impact on the environment due to reduced resource extraction and the lower energy consumption of recycling from the extraction of raw materials. The research results also show that if the recycling recovery rate gradually decreases, the impact point value of S2 is close to S1. Classification at source should be promoted to improve recycling rates.

6. The results of assessing the environmental friendliness of the scenarios according to LCA are $S3 > S4 > S2 > S5 > S1$, respectively. The selected scheme to recommend for Hue City is scenario S3: The collected solid waste volume

is treated by incineration and is consistent with the national strategy on integrated SWM to 2025 and a vision to 2050 with the rate of direct burial of collected solid waste below 30%.

7. For the demand for landfill land for each scenario, scenario S3 has the lowest demand for landfill land, by 9%, compared to scenario S1. The figures for S2 and S3 are equivalent, with 52% and 53%, respectively, compared to scenario S1. The demand for landfill land in scenario S5 is still very high and nearly equal to S1 (94%).

SUGGESTIONS

- Integrated SWM need to include social, economic and environmental fields. Thus, it is necessary to have extensive research to consider the influence of society and the economy in LCA to recommend more suitable solutions to the local socio-economic situations.

- The data for LCA research is usually secondary data that is inventory, collected according to the direction of the research (some studies may carry out surveys, surveys to provide Primary data). Thus, secondary data related to SWM needs to be unified, completed and reliable by state management agencies so that the research has high accuracy and closeness to local reality.

- LCA research can also be applied to select technologies in solid waste treatment; study to compare environmental impacts between different solid waste treatment technologies, thereby supporting state management agencies in choosing the best technology to treat SWM.

LIST OF SCIENTIFIC WORKS OF THE AUTHOR PUBLISHED RELATED TO THE THESIS

1. **Tran Ngoc Tuan**, Le Van Thang, Duong Van Hieu, Le Quang Long (2017), Characteristics of households solid waste in Hue city, Vietnam Journal of Science and Technology, 55(4C), pp.168-173.
2. **Tran Ngoc Tuan**, Le Van Thang (2018), Greenhouse gas emissions from domestic solid waste treatment in Hue city, Proceedings of the 10th National Geographic Science Conference, Geographic Society Vietnam, Volume 1, pp.225-234.
3. **Tran Ngoc Tuan**, Nguyen Dac Hoang Long, Duong Van Hieu, Le Van Thang (2019), Current status of plastic waste at the bottom of the Perfume River, Hue city, Proceedings of the national scientific conference Plastic pollution at sea Vietnam: Situation and Solutions, Institute of Natural Resources and Environment, Hanoi National University, pp.45-54.
4. **Tran Ngoc Tuan, Le Thi Nhat Anh, Le Van Thang (2021)**, Current status of consumption and disposal of plastic bags in markets in Hue city, Proceedings of the 12th National Geographic Science Conference, Vietnam Geographical Society, Volume 1, pp.559-604.
5. **Tran Ngoc Tuan**, Le Van Thang (2022), Estimated GHG emissions from solid waste management activities in Hue city, Journal of Science and Technology University of Science, University of Science and Technology. study, Hue University (received).
6. **Tran Ngoc Tuan**, Le Van Thang (2022), Application of life cycle assessment in solid waste management: case study in Hue city, Journal of Earth and Environmental Sciences, Hue University (received)